جمهورية مصر العربية
وزارة الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية
المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء

# الكود المصري
# لإستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في مجال الزراعة
## كود رقم ٥٠١ ـ ٢٠٠٥
## ECP 501 - 2005

## الملحق الأول
## الدليل الإرشادى المصرى لإستغلال
## مياه الصرف الصحى المعالجة فى مجال الزراعة

اللجنة الدائمة لإعداد الكود المصرى
لاستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة والحمأه الناتجة
من محطات الصرف الصحى فى المجالات المختلفة
طبعة ٢٠٠٥

الكود المصرى لاستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة فى مجال الزراعة - الملحق الأول - كود رقم ٥٠١ - ٢٠٠٥

Std.
628.3625
M678c
Suppl.1

جمهورية مصر العربية
وزارة الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية
المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء

# الكود المصري

# لإستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في مجال الزراعة

## كود رقم ٥٠١ - ٢٠٠٥

## ECP 501 - 2005

### الملحق الأول
### الدليل الإرشادي المصري لإستغلال
### مياه الصرف الصحي المعالجة في مجال الزراعة

اللجنة الدائمة لإعداد الكود المصري
لإستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة والحماه الناتجة
من محطات الصرف الصحي في المجالات المختلفة

طبعة ٢٠٠٥

# المحتويات

**مقدمة**

**الباب الأول : الموارد والاحتياجات المائية الحالية والمتوقعة فى مصر**

١-١ مقدمة ١-١

١-٢ الموارد المائية الحالية والمتوقعة فى جمهورية مصر العربية ١-٣

١-٢-١ المياه النيلية ١-٣

١-٢-٢ المياه الجوفية ١-٣

١-٢-٣ مياه الأمطار والسيول ١-٤

١-٢-٤ إعذاب المياه ١-٦

١-٣ إعادة إستخدام مياه صرف الأراضى الزراعية والصرف الصحى والصناعى ١-٨

١-٣-١ مياه صرف الأراضى الزراعية ١-٨

١-٣-٢ مياه الصرف الصحى والصناعى ١-٩

١-٤ الإحتياجات المائية ١-١١

١-٤-١ الإحتياجات المائية لقطاع الزراعة ١-١١

١-٤-٢ مياه الشرب والإستخدام المنزلى والعام ١-١٢

١-٤-٣ الإحتياجات الصناعية ١-١٢

١-٥ الخطة القومية لإدارة الموارد المائية ١-١٤

١-٥-١ الموارد المائية التقليدية ١-١٤

١-٥-٢ الموارد المائية غير التقليدية ١-١٤

١-٦ الإستخدامات غير الزراعية لمياه الصرف الصحى والصناعة المعالجة ١-١٧

**الباب الثانى : القوانين المصرية المنظمة لإعادة إستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة**

٢-١ القانون رقم ١٢ لسنة ١٩٨٤ بشأن إصدار قانون الرى والصرف ٢-١

٢-٢ القانون رقم ٩٣ لسنة ١٩٦٢ فى شأن صرف المخلفات السائلة ٢-٣

٢-٣ قرار وزير الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية – ٢-٣

رقم ٤٤ لسنة ٢٠٠٠ تعديل اللائحة التنفيذية للقانون

رقم ٩٣ لسنة ١٩٦٢ فى شأن صرف المخلفات السائلة

٢-٤ القانون ٤٨ لسنة ١٩٨٢ فى شأن حماية نهر النيل والمجارى المائية ٢-٧

٢-٥ قانون رقم ٤ لسنة ١٩٩٤ فى شأن حماية البيئة ٢-٩

٢-٥-١ المادة التاسعة عشر من قانون رقم ٤ لسنة ١٩٩٤ فى شأن حماية البيئة ٢-٩
٢-٥-٢ المادة العشرون من قانون رقم ٤ لسنة ١٩٩٤ فى شأن حماية البيئة ٢-١٢
٢-٦ قرار نائب رئيس مجلس الوزراء ووزير الزراعة وإستصلاح الأراضى رقم ٦٠٣ لسنة ٢٠٠٢ فى شأن تقييد إستخدام مياه الصرف الصحى فى القطاع الزراعى ٢-١٣

**الباب الثالث : خصائص وطرق معالجة مياه الصرف الصحى**

٣-١ مقدمة ٣-١
٣-٢ تقنيات معالجة مياه الصرف الصحى ٣-٥
٣-٢-١ المعالجة التمهيدية ٣-٦
٣-٢-٢ المعالجة الإبتدائية ٣-٧
٣-٢-٣ المعالجة الثانوية ٣-٧
٣-٢-٤ معالجة الحمأة ٣-٨
٣-٢-٥ المعالجة الثلاثية ٣-٨
٣-٣ إختيار طريقة المعالجة ٣-١٤
٣-٤ الشروط الفنية الواجب مراعاتها فى إختيار النظم العامة للمعالجة ٣-١٤
٣-٥ إختيار أنسب طرق المعالجة ٣-١٥
٣-٦ التصرفات الحالية والمتوقعة لمياه الصرف الصحى المعالجة بعد الإنتهاء من مشروعات الصرف الصحـ .ارى تنفيذها ٣-١٦

**الباب الرابع : الخواص الطبيعية والكيميائية والبيولوجية لمياه الصرف الصحى**

٤-١ مقدمة ٤-١
٤-٢ الخواص الكيميائية والطبيعية لمياه الصرف الصحى ٤-٢
٤-٢-١ الخواص الطبيعية ٤-٣
٤-٢-٢ الخواص الكيميائية ٤-٣
٤-٣ المعالجة والإعتبارات الخاصة بنوعية مياه الصرف الصحى ٤-١٩
٤-٤ معايير نوعية المياه المستعملة فى الرى ٤-٢٠
٤-٤-١ الملوحة ٤-٢٢
٤-٤-٢ القلوية ٤-٢٤
٤-٥ الخواص البيولوجية ٤-٢٧
٤-٥-١ الفيروسات ٤-٢٧
٤-٥-٢ البكتريا ٤-٢٨

٤-٥-٣ البروتوزوا ٤-٣٠
٤-٥-٤ الديدان الطفيلية ٤-٣٢

**الباب الخامس : المخاطر الصحية لإستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة فى الزراعة**

٥-١ مقدمة ٥-١
٥-٢ مدة إستمرار تأثير المسببات المرضية ٥-٣
٥-٣ إنتشار المسببات المرضية فى الهواء ٥-٦
٥-٤ المعايير البيولوجية للحكم على نوعية المياه ٥-٨

**الباب السادس : أهم الاعتبارات الخاصة لمشروع إعادة استخدام مياه الصرف الصحى فى الزراعة (المزرعة)**

٦-١ اعتبارات خاصة بتوصيل المياه من المحطة إلى المزرعة ٦-١
٦-٢ اختيار موقع المزرعة ٦-١
٦-٣ اعتبارات خاصة بالمزرعة ٦-٢
٦-٤ خواص الموقع (المزرعة) ٦-٣
٦-٥ إعتبارات خاصة بإدارة المزرعة ٦-٩

**الباب السابع : الإحتياجات المائية للنباتات**

٧-١ مقدمة ٧-١
٧-٢ التبخر والنتح ٧-١
٧-٢-١ العوامل التى تؤثر فى التبخر والنتح ٧-١
٧-٣ الإستهلاك المائى ٧-٣
٧-٣-١ كفاءة الإستهلاك المائى ٧-٤

**الباب الثامن : إدارة المياه لأغراض التحكم فى المشاكل الزراعية الناتجة عن إستغلال مياه الصرف الصحى المعالجة**

٨- وضع مدونة للإستخدام السليم ٨-١
٨-١ نموذج مدونة سلوك لمعالجة مياه الصرف الصحى واستخدامها للرى ٨-١
٨-١-١ المعالجة ٨-١
٨-١-٢ إستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة للرى ٨-٢
٨-١-٣ المعالجة من المرحلة الثلاثية ٨-٣
٨-٢ شروط الإستعمال الكفء والفعال لمياه الصرف الصحى المعالجة ٨-٤

٨-٢-١ مدونة سلوك تسميد المحاصيل التى تروى بمياه الصرف الصحى المعالجة ٨-٤
٨-٢-٢ قدرة مياه الصرف الصحى على توفير العناصر الغذائية ٨-٤
٨-٢-٣ نظام الرى وكفاءة إمتصاص النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم ٨-٤
٨-٢-٤ طرق الرى ٨-٤
٨-٣ إختيار نظم الرى ٨-٧
٨-٤ كمية المياه وتنظيم مناوبات الرى ٨-١٠

**الباب التاسع : نظم الرى والصرف**

٩-١ العوامل التى تتحكم فى إختيار إسلوب رى المحاصيل ٩-١
٩-١-١ درجة معالجة المياه ٩-١
٩-١-٢ نوعية المحصول المزمع زراعته ٩-١
٩-١-٣ مساحة المزرعة ٩-١
٩-١-٤ نوعية الأراضى ٩-٢
٩-١-٥ نوعية التربة ٩-٢
٩-١-٦ الظروف الجوية ٩-٢
٩-١-٧ نوعية المياه ٩-٣
٩-١-٨ التكاليف ٩-٣
٩-١-٩ العوامل الإجتماعية ٩-٣
٩-١-١٠ طبوغرافية الأراضى ٩-٤
٩-١-١١ النواحى الصحية ٩-٤
٩-٢ نظم الرى ٩-٤
٩-٢-١ نظام الرى السطحى أو الرى بالغمر ٩-٥
٩-٢-٢ الرى بالرش ٩-٧
٩-٢-٣ نظام الرى بالتنقيط ٩-١١
٩-٣ كيفية إختيار نظم الرى ٩-١٢
٩-٤ الإحتياطات التى يلزم إتخاذها عند رى الأراضى بالمياه المعالجة ٩-١٣
٩-٥ إدارة الرى بالمياه المعالجة ٩-١٣
٩-٥-١ طريقة رى الأراضى الجافة ٩-١٤
٩-٥-٢ خلط المياه المعالجة بالمياه العذبة ٩-١٤
٩-٥-٣ إستخدام المياه العذبة بالتبادل مع مياه الصرف الصحى المعالجة ٩-١٤

٩-٥-٤ إستخدام المياه العذبة فى غسيل التربة ٩-١٤
٩-٦ الإحتياجات المائية ٩-١٤
٩-٧ التخزين ٩-١٥
٩-٧-١ تقدير حجم التخزين ٩-١٥
٩-٨ خصائص المياه ٩-١٧
٩-٩ إنتشار وتراكم الأملاح فى التربة والمياه الجوفية ٩-١٨
٩-٩-١ إنتشار الأملاح ٩-١٩
٩-١٠ قيم استرشادية لمعاملات الخواص الفيزوكيميائية للتربة ٩-٢١
٩-١١ الصرف ٩-٢٤
٩-١١-١ أنواع المصارف ٩-٢٤
٩-١٢ عوامل تراكم الأملاح بالتربة ٩-٢٨
٩-١٣ الإستفادة من مياه الصرف الزراعى ٩-٢٩

**الباب العاشر : العناصر الغذائية لنمو النبات**

١٠-١ العناصر الغذائية الضرورية لنمو النبات ١٠-١
١٠-١-١ المغذيات الكبرى ١٠-١
١٠-١-٢ المغذيات الصغرى ١٠-٢
١٠-٢ صور العناصر الغذائية فى الأرض ١٠-٣
١٠-٢-١ النيتروجين ١٠-٣
١٠-٢-٢ الفوسفور ١٠-٩
١٠-٢-٣ البوتاسيوم ١٠-١٤
١٠-٢-٤ العناصر الغذائية الصغرى ١٠-١٨
١٠-٢-٥ إمتصاص النبات للعناصر الغذائية من الأرض ١٠-٢٣
١٠-٣ خصوبة التربة وتغذية النبات ١٠-٢٤
١٠-٣-١ مقدمة ١٠-٢٤
١٠-٣-٢ أهمية العناصر الغذائية للنبات ١٠-٢٤
١٠-٣-٣ مصادر العناصر الغذائية ١٠-٢٦
١٠-٣-٤ أمراض نقص العناصر الغذائية على النبات ١٠-٢٦
١٠-٣-٥ دليل أعراض نقص العناصر ١٠-٢٨
١٠-٣-٦ أهمية السماد العضوى فى تحسين خواص التربة ١٠-٢٩

**الباب الحادى عشر : التربـــــــة**

١١-١ تصنيف أراضى جمهورية مصر العربية طبقاً للنظام العالمى لمنظمة الفاو ١٩٨٨ ١١-١
١١-١-١ رتبة الـ Vertisols ١١-١
١١-١-٢ رتبة الـ Arenosols ١١-٢
١١-١-٣ رتبة الـ Fluvisols ١١-٣
١١-١-٤ رتبة الـ Leptosols ١١-٣
١١-١-٥ رتبة الـ Solonchaks ١١-٤
١١-٢ الخواص الطبيعية للتربة ١١-٦
١١-٢-١ مقدمة ١١-٦
١١-٢-٢ قوام التربة ١١-٧
١١-٢-٣ تقسيم الحبيبات الأرضية ١١-٧
١١-٢-٤ الصفات الفيزيائية لمجموعات حبيبات التربة ١١-٨
١١-٢-٥ البناء الأرضى ١١-١٠
١١-٢-٦ إدارة التربة وأهميتها فى تحسين تركيب التربة ونمو النبات ١١-١١
١١-٢-٧ الخواص الكيميائية ١١-١٣

**الباب الثانى عشر : تأثير استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة على التربة**

١٢-١ بعض المكونات المعدنية لمياه الصرف الصحى المعالجة ١٢-١
١٢-١-١ المواد المغذية ١٢-١
١٢-١-٢ الملوحة Salinity ١٢-٢
١٢-١-٣ القلوية ١٢-٣
١٢-١-٤ العناصر الثقيلة النادرة ١٢-٣
١٢-٢ تأثير المواد العضوية على التربة ١٢-٥
١٢-٢-١ تأثير المواد العضوية الموجودة بمياه الصرف الصحى المعالجة على التربة ١٢-٦
١٢-٢-٢ دور التربة فى التخلص من المواد العضوية ١٢-٨

**الباب الثالث عشر : أهم الاعتبارات لإختيار المحاصيل المروية بمياه الصرف الصحى المعالجة**

١٣-١ ملائمة المحاصيل للإعتبارات الزراعية العامة ١٣-١
١٣-٢ نوعية المياه وإعتبارات الملوحة ١٣-٢
١٣-٣ إعتبارات الصحة العامة أثناء العمليات الزراعية ١٣-٦

١٣-٤ إعتبارات المسببات المرضية المختلفة ١٣-٦
١٣-٥ إعتبارات الكيماويات السامة ١٣-٧
١٣-٦ علاقة إختيار المحاصيل بدرجة معالجة مياه الصرف الصحى ١٣-٩
١٣-٦-١ تصنيف المحاصيل المروية بمياه الصرف الصحى من زاوية الخطورة على الصحة ١٣-٣
١٣-٧ مستويات المعالجة وعلاقتها بتصنيف المحاصيل الممكن زراعتها ١٣-١٥
١٣-٧-١ مستوى المعالجة المحدودة ١٣-١٥
١٣-٧-٢ مستوى المعالجة المتوسط ١٣-١٦

**الباب الرابع عشر : الجوانب البيئية والصحية لإعادة إستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة فى الزراعة**

١٤-١ الجوانب الإيجابية ١٤-١
١٤-٢ الجوانب السلبية ١٤-٢
١٤-٣ الملوثات بمياه الصرف الصحى ١٤-٣
١٤-٣-١ الملوثات الكيميائية ١٤-٣
١٤-٣-٢ الملوثات الميكروبيولوجية ١٤-٣
١٤-٤ طرق إزالة الميكروبات بإستخدام طرق معالجة مياه الصرف الصحى ١٤-٥
١٤-٤-١ المواد المستخدمة فى تطهير مياه الصرف الصحى المعالجة ١٤-٧
١٤-٥ مدة الثقة والإعتماد على كفاءة محطات المعالجة ١٤-٩
١٤-٦ رى المحاصيل والمساحات الخضراء وتأثيرها على البيئة ١٤-١٠
١٤-٧ تأثير مياه الصرف الصحى المعالجة على المياه السطحية ومشكلة تراكم المواد العضوية ونمو الطحالب ١٤-١١
١٤-٨ تأثير المياه المعالجة على المحاصيل والنباتات ١٤-١١
١٤-٩ مشكلات الصحة الحيوانية ١٤-١٢
١٤-١٠ الرصد المتكامل لنوعية مياه الصرف الصحى المعالجة المستخدمة لأغراض الرى ١٤-١٢
١٤-١٠-١ درجة التوصيل الكهربائى (ECw) ١٤-١٢
١٤-١٠-٢ الكاتيونات والأنيونات ١٤-١٣
١٤-١٠-٣ نسبة الصوديوم المدمص ١٤-١٣
١٤-١٠-٤ المعادن الثقيلة والعناصر النادرة ١٤-١٣
١٤-١٠-٥ العناصر المغذية للنبات ١٤-١٣

١٤-١١ إختيار المحاصيل بما يوفر الوقاية الصحية ١٤-١٤

**الباب الخامس عشر : النواحى الاقتصادية والمؤسسية والإجتماعية والثقافية لإستخدام ميـــاه الصرف الصحى المعالجة**

١٥-١ النواحى الإقتصادية ١٥-١

١٥-٢ الإعتبارات المؤسسية لإعادة إستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة ١٥-٥

١٥-٣ الجوانب الإجتماعية والثقافية ١٥-١١

**الباب السادس عشر** : القواعد المنظمة لتداول وإعادة الإستخدام الآمن للحمأة المنتجة من محطات معالجة مياه الصرف الصحى طبقاً لقرار الســيد / وزيــر الإســـكان والمرافـــق والمجتمعات العمرانيــة رقم (٢٥٤) لسنة ٢٠٠٣ بعــض أحكام القرار الوزارى رقم (٤٤) لسنة ٢٠٠٠

# مقدمـــــة عامـــــة

إن الحاجة الماسة إلى الغذاء والماء نتيجة لنمو السكان المتزايد فى مصر تستوجب التوسع فى الزراعة وكذلك التوسع فى توفير إمدادات المياه ، ولـذا أصـبحت الأراضـى الزراعيـة والموارد المائية العاملين الرئيسيين اللذين يحدان من التنمية وبالتالى أصبح التغلب علـى هـذا الوضع يمثل تحدياً إقتصادياً وإجتماعياً كبيراً .

لذا فقد أصبحت إدارة الموارد المائية بصفة عامة وإستعمال الموارد المائية غير التقليديـة من المهام الرئيسية لكل من يهتم بالتنمية فى مصر .

وتعد معالجة مياه الصرف الصحى وإستخدامها فى أغراض الرى من الخيارات الهامة لما تمثله هذه المياه من مصدر إضافى ومتجدد لإمدادات المياه وكذلك لما تحتويـه مـن العناصـر الغذائية التى تحتاجها المزروعات كسماد .

ورغم النتائج الإيجابية لإستعمال المياه المعالجة والمخلفات الصلبة ، فقد تكون لها أيضـاً أثاراً سلبية على الصحة العامة وعلى البيئة ، ويعتمد ذلك إلى حد كبير على خواص هذه الميـاه المعالجة والحمأة ودرجة معالجتها ، وطريقة وأماكن إستعمالها ومن بين الأضـرار المحتملـة لإستعمال المياه المعالجة ، إحتمال تلوث التربة ، والمياه الجوفية والمياه السطحية . ومع ذلـك فإن التخطيط العلمى السليم والإدارة الفعالة لنظم الرى والتسميد يمكن أن يقللا من هذه المخاطر ويجعلا تأثيرها على البيئة فى الحدود المأمونة ، ولذلك فمن المهم تزويد المزارعين بالمعلومات اللازمة لمساعدتهم على تحسين إدارة المياه المعالجة المستعملة فى الـرى وكـذلك المخلفـات الصلبة التى يمكن إستخدامها فى التسميد ، وقد أصبح ذلك ممكناً الآن بعد أن تراكمت الكثير من المعلومات والخبرات على المستوى العالمى ، على أثر النجاح الذى حققته مشروعات إسـتعمال المياه المعالجة فى أغراض الرى . لذا فإن الغرض من هذا الدليل الإرشادى ما يلى :

١ - تجميع المعارف والخبرات المتوفرة لدى مراكز البحوث فى مجـالات إسـتعمال الميـاه المعالجة فى أغراض الرى .

٢ - عرض أساليب المعاملات الزراعية فى إطار منهج متكامل لإدارة هذه النوعية من المزارع.

وقد أصدرت منظمة الأغذية والزراعة (FAO) ومنظمة الصحة العالمية (WHO) عـام ٢٠٠٠ دليل بعنوان "دليل إستعمال المياه المعالجة فى الرى "والغرض منه مساعدة المـزارعين والمسئولين عن الرى ورجال الإرشاد وثيقى الصلة بالمزارعين وغيرهم ممن يستعملون الميـاه المعالجة فى رى المساحات المزروعة بالزراعات الإنتاجية والتجميلية .

ولقد ثبت أن معالجة مياه الصرف الصحى وإعادة إستعمالها هى أحد الخيارات العملية فى سبيل توفير مصادر جديدة للمياه نظرا" لمحدودية الموارد المائية وتلبية الحاجة المتزايدة للمياه فى مصر وكذلك لتحقيق الشروط الخاصة بالتخلص من هذه النوعية من المياه بالشكل الذى يساعد على حماية البيئة والصحة العامة ، خاصة أن معالجة هذه المياه الناتجة عن الإستعمالات المنزلية وإعادة استعمالها ربما يكون من الناحية البيئية أفضل الطرق المأمونة والعملية للتخلص منها .

وقد تم الإعتماد فى إعداد هذا الدليل على كتابة الباحثين والمتخصصين كل فى مجاله حسب الأبواب المتخصصة ، كما تم أخذ دليل منظمة الأغذية والزراعة (FAO) ومنظمة الصحة العالمية (WHO) وأيضاً غيره من المراجع من الولايات المتحدة الأمريكية وبعض الدول الأوروبية والعربية كمراجع رئيسية في إعداد هذا الدليل الإرشادى.

كما أن هذا الدليل مخصص للمستفيد النهائي ، وهو المزارع لشرح توصيات وخطوط توجيهيه وتدابير إدارية الغرض منها زيادة الكفاءة المحصولية إلى الحد الأمثل على أسس بيئية سليمة ومأمونة . وفى هذا الصدد ، يوفر هذا الدليل تدابير وقائية لإدارة المياه المعالجة بالشكل الذى يساعد على تلافى المشكلات المحتملة . وقد روعى أكبر قدر من الحرص عند إعداد الدليل لتحقيق ما يلى :

- أن يكون الأسلوب بسيطاً ومفهوماً لدى المزارع العادى .
- أن يكون السرد فى أضيق الحدود .
- التعرض بإسهاب للجوانب القانونية والمؤسسية وما شابه ذلك .
- التوسع فى الجوانب المتصلة بالمعاملات الزراعية ، مثل الرى والتسميد ، واختيار المحاصيل التى يمكن زراعتها بإستعمال مياه الصرف الصحى المعالجة .
- لم يهتم الدليل بالجوانب المتعلقة بتخطيط منشأت معالجة مياه الصرف الصحى وتصميمها وتشغيلها وصيانتها. بل ويفترض هذا الدليل توافر المياه المعالجة داخل المزرعه وعلى مستوى معين من الجودة بحيث يمكن إستعمالها فى الرى ولذلك فإن الغرض الأساسى هو الإستغلال الأمثل لمياه الصرف الصحى المعالجة بإستعمال التقنيات الحديثة وإدارتها جيداً لتحقيق أفضل النتائج على أساس بيئى وحماية صحة المواطن .

# البـــــاب الأول

# ١ - الموارد والإحتياجات المائية الحالية والمتوقعة فى مصر

## ١-١ مقدمـــــة

تتميز منظومة المياه في مصر بخصائص واضحة من الضروري التعرف عليهـا قبـل التعامل مع أى جزئية من جزيئاتها ويمكن تلخيص هذه الخصائص في الحقائق التالية:

١ - أن الإيراد المائي للبلاد والذي يتمثل بشكل أساسي في حصة البلاد من مياه نهـر النيـل يمثل ما يزيد على ٩٥% من جملة الإيرادات المائية، كما أن هذا الإيراد المـائي شـبه ثابت وتحكمه اتفاقيات دولية التزمت بها مصر ولا يمكن الرجوع عنهـا. أمـا النسـبة المتبقية من الميزانية المائية للبلاد والتي لا تزيد على ٥% فهي مجموع ما يسقط عليهـا من الأمطار وما يستخرج من الخزانات الجوفية المستخدمة الضحلة والعميقة والمتجـددة وغير المتجددة وأيضا ما يحدث من ظاهرة السيول التـي يسـببها الانقـلاب الربيعـي والخريفي والتي تتغير زمانيا ومكانيا.

٢ - أن تعداد السكان في مصر في تزايد مستمر بلغ ما يزيد عن الخمسة وعشـرين ضـعفا" خلال المائتي سنة الماضية. ولا يضاعف التزايد المستمر في أعداد السكان من حـاجتهم المتزايدة للمياه فقط ولكن يشكل هذا التزايد أيضا في نفس الوقت ضغطا مستمرا ومتزايدا على البيئة المائية للبلاد نتيجة لضرورة التخلص من المخلفات الصلبة والسـائلة التـي لا يمكن التخلص منها بالأمان الكافي في مثل هذه الظروف.

٣ - أن البيئة المائية المصرية عبارة عن حوض مغلق تدخل المياه فيه من مصـدر رئيسـي واحد هو نهر النيل له مدخل واحد هو سد أسوان العالي وتتجه إلى سائر أنحـاء الـبلاد خلال شبكة كثيفة من الترع تنتهي إلى شبكة أخرى من مجارى الصرف وليس لكل هذه المنظومة سوى مخرج واحد يتمثل في البحر الأبيض المتوسـط والبحيـرات السـاحلية المتصلة به.

٤ - إن المستهلك الرئيسي للمياه في مصر والذي يستحوذ على مـا يزيـد عـن ٨٠% مـن الميزانية المائية للبلاد الأنشطة الزراعية والتي تشمل ري الأراضي الزراعيـة وتنميـة الثروة الحيوانية والثروة السمكية. وأن ما يمكن استرداده من الفواقد عن طريـق شـبكة المصارف التحت سطحية وما يصل إلى الخزانات الجوفية الضحلة قد يصل إلى درجـة من التلوث لا تسمح بإعادة إستخدامه كما أن ضخامة كميات هذه المياه واختلاطها بالعديد من الكيماويات الزراعية ( الأسمدة والمضادات والمبيدات الكيماوية بأنواعهـا ... الـخ)

بدرجة لا تسمح بمعالجتها وتخلصها من مصادر التلوث المختلفة ومن ثم ينتهي بها الأمر إلى الصرف إلى البحر الأبيض المتوسط أو البحيرات الساحلية المتصلة به.

من هذا المنطلق فإن السياسات المتعاقبة للإدارة المائية في مصر تعتمد على ثلاثة محاور أساسية ورئيسية وهى :

١ - التنمية المستمرة للمصادر المائية في البلاد.
٢ - ترشيد إستخدام المياه في مختلف المجالات.
٣ - المحافظة على البيئة المائية من التلوث.

من هنا فإن فكرة إعداد كود لإعادة إستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الأغراض المختلفة هي في حقيقة الأمر ضرورة تمليها الظروف المائية للبلاد والتي تؤكد على الآتى:

١ - زيادة كفاءة إستخدام المياه بتدويرها وإعادة إستخدامها.
٢ - إن الإستفادة من المياه المعالجة بتدويرها وإعادة إستخدامها هي في حد ذاتها أفضل من الناحية الاقتصادية ومن الناحية البيئية أيضا من "التخلص" من هذه المياه بصرفها إلى المنظومة المائية.
٣ - أنه من الممكن تعظيم الإستفادة بالمياه المعالجة طبقا لنوعيتها سواء كان ذلك في الأغراض الزراعية أو غير الزراعية حتى يكون إستخدامها آمناً من الناحية البيئية .

ومن الجدير بالذكر هنا أن التجربة المصرية في الإدارة المائية على مر العصور تركز على ما يسمى بالإدارة المائية المتكاملة والتي يتم التنسيق فيها بين :

١ - إدارة الإمداد المائي وإدارة الطلب على المياه في نفس الوقت.
٢ - إدارة الخزان ( بحيرة ناصر والخزانات الجوفية وغير ذلك من المصادر) مع إدارة شبكة النقل والتوزيع وإدارة المياه على مستوى الحقل بالكفاءة المطلوبة.
٣ - إدارة نوعية المياه جنبا إلى جنب مع إدارة كمياتها.
٤ - إدارة الأنواع المختلفة من المياه إدارة تكاملية بمعنى إستخدام المياه النيلية العذبة لأغراض الشرب والإستهلاك المنزلي والعام وإستخدام مياه صرف الأراضي الزراعية لري الأراضي الزراعية وإستخدام المياه الجوفية لأغراض الشرب والصناعة وتزويد المناطق التي تبعد عن الوادي والدلتا بالمياه التي يتم إعذابها عن طريق محطات التحلية وهكذا .
٥ - تكامل تزويد الأنشطة المختلفة بالمياه بمعنى أن المياه التي تصرف لإنتاج الطاقة الكهربائية من السد العالي والخزانات والقناطر الكبرى تستخدم أيضا لأغراض

الشرب والصناعة والزراعة والملاحة النهرية دون صرف مياه خصيصا لإنتاج الطاقة الكهربائية أو لأغراض الملاحة النهرية مثلا إلا في أضيق الحدود.

٦ - تكامل الاستفادة من مياه الصرف الزراعي والصحي والصناعي.

ولعل إعداد هذا الكود يهدف في الأساس إلى التنسيق بين ما يعاد إستخدامه من مياه صرف الأراضي الزراعية وما ينتج من محطات معالجة مياه الصرف الصحي والصناعي من مياه قد تصلح لأغراض كثيرة قد تكون من بينها ري الأراضي الزراعية.

## ١-٢ الموارد المائية الحالية والمتوقعة في جمهورية مصر العربية

### ١-٢-١ المياه النيلية

تصل مياه النيل إلى البلاد من مصدرين مختلفين هما هضبة البحيرات الإستوائية وهضبة الحبشة. ويبلغ ما يصل من هضبة الحبشة ستة أسباع الإيراد السنوي.

وبشكل عام فإن الإيراد الطبيعي لنهر النيل عند أسوان يبلغ في المتوسط ٨٤ مليار متر مكعب سنوياً تم الإتفاق على توزيعها بين مصر والسودان على أساس ٥٥,٥ مليار متر مكعب لمصر و١٨,٥ مليار متر مكعب للسودان وتفقد العشرة مليارات متر مكعب المتبقية بالبخر والتسرب.

### ١-٢-٢ المياه الجوفية

تقسم البلاد جغرافيا قبل التطرق إلى أحواض المياه الجوفية إلى أربع مناطق رئيسية هي:

- وادي النيل ويشمل بحيرة ناصر ووادي ودلتا نهر النيل.
- الصحراء الشرقية وهى المنطقة المحصورة بين وادي النيل والبحر الأحمر وخليج السويس.
- الصحراء الغربية وهى المنطقة المحصورة بين وادي النيل والحدود الغربية مع ليبيا وتشاد والحدود الجنوبية مع السودان ويحدها من الشمال البحر الأبيض المتوسط.
- شبه جزيرة سيناء وتحدها من الغرب قناة السويس وخليج السويس ومن الشرق الحدود مع فلسطين وخليج العقبة ومن الشمال البحر الأبيض المتوسط.
- وتشير الدراسات التي تقوم بها أجهزة وزارة الموارد المائية إلى إمكانية الاستفادة بخزانات المياه الجوفية على النحو التالي:

| | |
|---|---|
| حوض نهر النيل | ٧٤٨٢ مليون متر مكعب سنويا |
| الأحواض الساحلية | ٣١ مليون متر مكعب سنويا |
| الصحراء الغربية والشرقية | ٣٩٤٨ مليون متر مكعب سنويا |
| شبه جزيرة سيناء | ٣٠٠ مليون متر مكعب سنويا |
| **الإجمالـــــي** | **١١٧٦١ مليون متر مكعب سنويا** |

أي أن إجمالي ما يمكن سحبه من المخزون الجوفي بأمان يصل إلى حوالي ١٢ مليار متر مكعب سنويا يسحب منها في الوقت الحاضر حوالي ٥ مليار متر مكعب سنويا ويمكن أن يزداد هذا السحب بما لا يقل عن ٦ مليار متر مكعب أخرى سنويا.

ومن الضروري هنا أن نفرق بين المياه التي يمكن إعتبارها من المصـــادر أو المـــوارد والتي تتمثل في الأحواض العميقة (حتى لو كانت مياهها غير متجددة) أما الخزان الضحل الذى يقع تحت الوادى فلا يمكن إعتباره من المصادر نظرا لأنه يتغذى مباشرة من فائض مياه الـــرى إنما يعتبر مخزون مائى.

كما أنه من الضروري الإشارة إلى أن المياه الجوفية العميقة تتميز عن سائر أنواع المياه الأخرى بأنها مخزون إستراتيجي يمكن الحفاظ عليه لإستخدامه وقت الحاجة.

### ١-٢-٣ ميـــاه الأمطـــار والسيـــول

إن كميات مياه المطر التي تهطل على جمهورية مصر العربية تعتبر متناهية في الصـــغر إذا ما قورنت بالإيراد الطبيعي لنهر النيل. إلا أنها تتميز عن المياه الصحية بأن مياهها متجـــددة كما أنها تسقط داخل البلاد بعكس المياه السطحية التي تنبع في أماكن تبعد كثيرا عن حـــدودها، وتصل معدلاتها إلى ما يقرب من ٢٠٠ مم/ سنوياً على السواحل الشمالية بينما يصل هذا المعدل إلى ما يزيد بقليل عن ٥٠ مم/سنة عند مدينة القاهرة وتقل هذه المعدلات لتصل إلى الصفر عند مدينة أسوان.

ويعطى الجدول رقم (١-١) معدل مياه الأمطار في بعض محطـــات الأرصـــاد الجويـــة لإحدى السنوات النمطية.

كما تتعرض بعض سواحل البحر الأحمر وجنوب سيناء ومنطقتي مصر الوسطى والعليا خلال فترتي الانقلاب الربيعي والخريفي لعواصف رعدية تتبعها أمطار تحدث بشـــكل مفـــاجئ وتتباعد فترات حدوثها وتكون عادة ذات تركيز شديد ولكنها لا تدوم سوى فترة وجيزة.

## جدول رقم (١-١) معدل الأمطار في بعض محطات الأرصاد في مصر لسنة نمطية

| المحطة | خط العرض | خط الطول | المنسوب (متر) فوق منسوب سطح الأرض | معدل هطول المطر (مم) |
|---|---|---|---|---|
| السلوم | ٢٥-١١ | ٣١-٣٢ | ٦ | ١٠٤ |
| سيدى برانى | ٢٥-٥٨ | ٣١-٣٨ | ٢٣ | ١٤٣ |
| مرسى مطروح | ٢٧-١٣ | ٣١-٢٠ | ٣٠ | ١٢٣ |
| الضبعة | ٢٨-٢٨ | ٣٠-٥٨ | ١٨ | ١٤١ |
| برج العرب | ٢٩-٣٣ | ٣٠-٥٤ | ٢٠ | ١٠٤ |
| الإسكندرية | ٢٩-٥٧ | ٣١-٢٢ | ٣٢ | ١٩١ |
| بورسعيد | ٣٢-١٨ | ٣١-١٧ | ٦ | ٩٣ |
| سخا | ٣٠-٥٧ | ٣١-٠٧ | ٢٠ | ٦٧ |
| بلطيم | ٣١-٠٦ | ٣١-٣٣ | ٢ | ١٨٥ |
| المنصورة | ٣١-٢٣ | ٣١-٠٣ | ٣٠ | ٥٤ |
| بلبيس | ٣١-٣٥ | ٣٠-٢٤ | ٢٠ | ٢٠ |
| الإسماعيلية | ٣٠-٢٦ | ٣٠-٣٥ | ٢٠ | ٣٨ |
| التحرير | ٣٠-٤٢ | ٣٠-٣٩ | ٢٠ | ٣٥ |
| الجيزة | ٣١-٠٧ | ٣٠-٤٠ | ٢٠ | ٥١ |
| الجيزة | ٣١-١٣ | ٣٠-٠٣ | ١٩ | ١٩ |
| حلوان | ٣١-٢٠ | ٢٩-٥٢ | ١٤١ | ٢٦ |
| بنى سويف | ٣١-٠٦ | ٢٩-٠٤ | ٢٨ | ٨ |
| الواحات البحرية | ٢٨-٥٤ | ٢٨-٢٠ | ٢٠ | ٤ |
| المنيا | ٣٠-٤٤ | ٢٨-٠٥ | ٤٠ | ٤ |
| ملوى | ٣٠-٤٥ | ٢٧-٤٢ | ٧٠ | ٣ |
| أسيوط | ٣١-٠١ | ٢٧-٠٣ | ٧٠ | صفر |
| سوهاج | ٣١-٤٢ | ٢٦-٤٣ | ٦١ | صفر |
| سيوه | ٢٥-٢٩ | ٢٩-١٢ | ١٣ | ١١ |
| شندويل | ٣١-٣٨ | ٢٦-٢٦ | ٦٠ | -١ |
| كوم أمبو | ٣٢-٥٦ | ٢٤-٢٩ | ١٠٢ | صفر |
| الواحات الداخلة | ٢٩-٠٠ | ٢٥-٢٩ | ١١١ | صفر |
| الواحات الخارجة | ٣٠-٠٢ | ٢٥-٢٧ | ٧٣ | صفر |

### ١-٢-٤ إعـــذاب الميـــاه

يبلغ إجمالي ما ينتج من المياه التى يتم تحليتها وإعذابها في الوقت الحاضر حوالى ٣ مليون متر مكعب في السنة ، أن معظم المحطات تقع على السواحل الشمالية وســاحل البحر الأحمر وداخل شبه جزيرة سيناء حيث تكون تكاليف نقل المياه النيلية أعلــى مــن تكاليف الإعذاب المرتفعة فى الوقت الحاضر.

وفى حالة الوصول إلى تقنيات أقل تكلفة وإستخدام طاقة رخيصة الــثمن فــإن تكــاليف الإعذاب ستصل إلى المستوى الاقتصادى الذى يسمح بتعميمه على مناطق جغرافية أوسع مــن تلك التى تستخدم فيها فى الوقت الحالى.

ويوضح جدول (١-٢) بيان تفصيلى بمحطات مياه الشرب بمدن محافظة جنــوب ســيناء عام ٢٠٠٤ .

**جدول (١-٢) بيان تفصيلى بمحطات مياه الشرب بمدن محافظة جنوب سيناء عام ٢٠٠٤**

| اسم المحطة | نوع المحطة | القطاع | الطاقة التصميمية م٣/يوم | الطاقة الفعلية م٣/يوم |
|---|---|---|---|---|
| **رأس صدر** | | | | |
| محطة تحلية بنت السلطان | تحلية | قطاع خاص | ٢٥٠ | ٢٥٠ |
| محطة تحلية قرية أميجو | تحلية | قطاع خاص | ٢٠٠ | ٢٠٠ |
| محطة تحلية تيم ريكوز | تحلية | قطاع خاص | ٢٥٠ | ٢٥٠ |
| محطة تحلية قرية لاسيائدا | تحلية | قطاع خاص | ٧٥٠ | ٧٥٠ |
| محطة تحلية قرية بلوباى | تحلية | قطاع خاص | ٥٠٠ | ٥٠٠ |
| محطة تحلية ريج سوت | تحلية | قطاع خاص | ١٥٠٠ | ١٥٠٠ |
| محطة رفع مياه النيل برأس مسلة | رفع | قطاع حكومى | ٣٣٠٠٠ | ١٣٠٠ |
| **أبو زنيمة** | | | | |
| محطة رفع مياه النيل برأس ملعب | رفع | قطاع حكومى | ٦٥٠٠ | ٤٠٠٠ |
| **أبورديس** | | | | |
| محطة تحلية شركة سوكو | تحلية | قطاع حكومى | ٣٠٠ | ٣٠٠ |
| محطة رفع مياه النيل برأس ملعب | رفع | قطاع حكومى | ٣٠٠ | ٣٠٠٠ |
| **سانت كاترين** | | | | |
| محطة رفع الآبار | رفع | قطاع حكومى | ٧٢٠ | ٥٠٠ |
| **طور سيناء** | | | | |
| محطة رفع مياه الآبار | رفع | قطاع حكومى | ١٥٠٠ | ١٣٠٠٠ |
| **شرم الشيخ** | | | | |
| محطة تحلية ماريا | تحلية | قطاع خاص | ٩٠٠٠ | ٩٠٠٠ |
| محطة تحلية شاطئ عايدة | تحلية | قطاع خاص | ٢٠٠ | ١٨٠ |
| محطة تحلية نيوتاور | تحلية | قطاع خاص | ٥٠٠ | ٤٥٠ |
| محطة تحلية بيتش باتروس | تحلية | قطاع خاص | ٥٠٠ | ٣٥٠ |
| محطة تحلية قرية النوبية | تحلية | قطاع خاص | ٦٠٠ | ٣٠٠ |
| **دهب** | | | | |
| محطة تحلية هلنان دهب | تحلية | قطاع خاص | ٢٥٠ | ٢٥٠ |
| محطة تحلية قرية نوفيتيل | تحلية | قطاع خاص | ٢٣٠ | ٢٣٠ |
| محطة تحلية قرية هيلتون | تحلية | قطاع خاص | ٣٠٠ | ٣٠٠ |
| محطة تحلية قرية جولدن بيتش | تحلية | قطاع خاص | ٢٢٠ | ٢٢٠ |
| محطة تحلية دهب | تحلية | قطاع حكومى | ٥٠٠٠ | ٥٠٠٠ |
| آبار جوفية | شرب | قطاع حكومى | ٣٠٠٠ | ١٣٠٠ |
| **نويبع** | | | | |
| محطة تحلية نويبع | تحلية | قطاع حكومى | ٥٠٠٠ | ٥٠٠٠ |
| محطة تحلية طابا ١ | تحلية | قطاع حكومى | ٥٠٠٠ | ٥٠٠٠ |
| محطة تحلية طابا ٢ (احتياطى) | تحلية | قطاع حكومى | ٢٠٠٠ | ٠ |
| محطة تحلية المالحة | تحلية | قطاع خاص | ٥٠٠٠ | ٤٠٠٠ |
| محطة تحلية هيلتون نويبع | تحلية | قطاع خاص | ٣٠٠ | ٣٠٠ |
| إجمالى | | | ١٦١٩٥٠ | ١١٩٩٩٠ |

## ١-٣ إعادة إستخدام مياه صرف الأراضى الزراعية والصرف الصحى والصناعى

### ١-٣-١ مياه صرف الأراضى الزراعية

بدأت سياسات إعادة إستخدام مياه الصرف بأنواعها في بدايات القرن العشرين حيث تم إنشاء محطة صرف السرو الأعلى لترفع مياه صرف الأراضي الزراعية من مصرف السرو إلى فرع دمياط عام ١٩٢٨ كما أن إستخدام مياه الصرف الصحي في زراعة أشجار الفاكهة والحوامض بمنطقة الجبل الأصفر يعود إلى ما يقارب المائة عام. إلا أن الزيادة الكبيرة التي حدثت في النصف الثاني من القرن العشرين في تعداد السكان واتجاه البلاد إلى استصلاح مساحات كبيرة من الأراضي وصلت إلى ما يقارب المليونين من الأفدنة بعد إتمام إنشاء السد العالي في منتصف الستينات جعلا من إعادة إستخدام مياه صرف الأراضي الزراعية سياسة ثابتة وأصبحت هذه المياه جزء لا يتجزأ من الميزانية المائية للبلاد حيث يتم إستخدامها في ري الأراضي الزراعية.

ولعل من الأسباب الرئيسية التي أدت إلى التوسع في إعادة إستخدام مياه الصرف الزراعى هي:

- إستقطاب فواقد مياه الري خلال شبكة التوزيع.
- تضاؤل فرص الري الليلي والتوسع في إستخدام الميكنة فى عمليات الرى.
- التوسع في إستخدام شبكة الصرف المغطى في الأراضي الزراعية لصرف الزائد من المياه والأملاح.

إلا أن لسياسة إستخدام مياه الصرف الزراعى لأغراض ري الأراضي الزراعية عدد من المحددات الرئيسية هي:

أ - أن أي ترشيد فى إستخدام مياه الري سيؤدى بطبيعة الحال إلى انخفاض في كميات مياه الصرف الزراعى علاوة على زيادة محتوى هذه المياه من الأملاح.

ب - أن الكثير من الزراع يتجه إلى إستخدام مياه الصرف الزراعى بشكل مباشر في حالة صلاحية نوعيتها للزراعة.

جـ- أن إستخدام هذه المياه له الكثير من الآثار البيئية السلبية حيث يمكن أن تحتوى مياه المصارف على مياه صرف صحي أو صناعي.

د - ان الإستمرار فى إستخدام مياه الصرف الزراعى للرى قد يحدث آثار تراكمية على المدى الطويل تؤدى إلى زيادة نسبة تركيز الأملاح فى التربة مما يصعب معه غسيلها.

وتفيد بيانات وزارة الموارد المائية والرى أن جميع مصارف الوجه القبلي (من أسوان جنوبا وحتى القناطر الخيرية شمالا) تعود إلى المجرى الرئيسي لنهر النيل ورغم أن هذه الكمية غير معروفة على وجه التحديد نظرا لعدم قياسها بشكل مجمع ودوري إلا أن بعض المراجع تؤكد أن هذه الكمية لا تقل عن ٤ مليار متر مكعب بأي حال من الأحوال سنويا.

وتبين الدراسات أن كميات مياه صرف الأراضي الزراعية التي أعيد إستخدامها سنويا خلال الفترة من ١٩٨٥/٨٤ وفى عام ٢٠٠٠/١٩٩٩ مقسمة بين مناطق شرق ووسط وغرب الدلتا والتي تشير إلى تزايد كمية ما يعاد إستخدامه من المياه بين ٢,٩ مليار متر مكعب منذ ١٥ عاما إلى ما يقارب ٥,٣ مليار متر مكعب في الوقت الحاضر ومن المنتظر زيادة هذه الكمية لتصل إلى ٧ مليار متر مكعب في السنة في المستقبل القريب بعد إستكمال مشروع ترعة السلام الذي يهدف إلى زراعة ٦٢٠ ألف فدان غرب وشرق قناة السويس في شبه جزيرة سيناء والذي تتكون مياه الري الخاصة به بالخلط من المياه النيلية العذبة من فرع دمياط ومياه الصرف من بحر حادوس والسرو بنسبة ١:١ وأيضا بعد استكمال مشروع خلط مليار متر مكعب سنويا من مياه مصرف العموم بالمياه العذبة لترعة النوبارية.

كذلك أوضحت الدراسات أن نسبة تركيز الأملاح في مياه صرف منطقتي شرق ووسط الدلتا تتراوح بين ٢٠٠٠-٢٥٠٠ جزء في المليون ومثل هذه المياه لا تعتبر صالحة للإستخدام في ري الأراضي الزراعية سواء كان هذا الإستخدام بشكل مباشر أو بعد خلط هذه المياه بالمياه العذبة لخفض نسبة تركيز الأملاح بها. وكذلك فإن صرف هذه المياه إلى البحر ضرورى لمنع تداخل مياه البحر والمحافظة على الميزان المائي الملحي للدلتا.

### ١-٣-٢ مياه الصرف الصحى والصناعى

إن عدد مشروعات الصرف الصحي في كافة أنحاء البلاد لم يزيد عن ثمانية مشروعات حتى عام ١٩٥٢ وقد زادت هذه المشروعات حتى وصلت عام ١٩٨٢/٨١ إلى ٣٦ مشروعاً وسوف تصل عام ٢٠٠٥ إلى ٢٥٦ مشروعاً وقد بلغت الطاقة التصميمية للمشروعات في عام ١٩٥٢ حوالى ٣٦٣ ألف متراً مكعباً في اليوم فقط وزادت لتبلغ ٩٩٥ ألف متراً مكعباً في اليوم عام ١٩٨٢/٨١ وفى عام ٢٠٠٥ ستبلغ الطاقة التصميمية للمشروعات ٨,٢٨٣ مليون متر مكعباً يوميا ومن الطبيعي أن تتطور المبالغ الإستثمارية التي تم إنفاقها على هذه المشروعات من ٨٤ مليون جنيه إلى ٨٢١ مليون جنيه ثم إلى ٢٧ مليار جنيه وذلك للمشروعات قبل عام ١٩٥٢ وتلك التي تمت حتى عام ١٩٨٢/٨١ ثم التي تمت حتى عام ٢٠١٧ على التوالي هذا وتشير التقارير إلى أن الطاقة الإستيعابية الحالية والمشروعات الجاري تنفيذها هي على النحو التالي :

أ - ٢١٢ مشروع تم تنفيذها وتبلغ سعتها التصميمية ٣,٦ مليون متر مكعب في اليوم.

ب - جارى إعادة تأهيل ٦٨ مشروع للمحافظة على السعة التصميمية لها والتي تقدر بحوالي ٢١٢٠٠٠ متر مكعب في اليوم.

جـ- تحسين وتطوير ١٤ محطة معالجة لتزيد سعتها التصميمية بما يعادل ٢٣٦٠٠٠ متر مكعب في اليوم.

د - إنشاء ٤٦٥ مشروع جديد تبلغ سعتها التصميمية ٢,٣ مليون متر مكعب فى اليوم.

أى أن ما يتم إنتاجه من مياه الصرف الصحي المعالجة يبلغ ٦,٣٤٨ مليون متر مكعب يوميا ستزيد بحلول عام ٢٠١٧ إلى ٨,٢٨٣ مليون متر مكعب يوميا. هذا ويمكن توزيع المياه المعالجة بين مناطق الجمهورية على النحو التالى :

| المنطقة | التصرف بالألف م$^3$/يوم |
|---|---|
| القاهرة الكبرى | ٦٨٠ |
| الإسكندرية | ٩٧٠ |
| الجيزة | ١٠٨٠ |
| الدلتا | ٩٥٥ |
| مصر الوسطى والعليا | ٢٧٠ |
| سيناء ومطروح والوادي الجديد | ١٣٠ |
| مدن القناة | ٤١٠ |
| **المجموع** | **٦٥١٥** |

ومن الطبيعي أنه لا يمكن الفصل هنا بين مياه الصرف الصحي والصرف الصناعي التي يجدر بالذكر أنها تخضع لنظم إختبار دقيقة لا تسمح بصرفها من المصنع إلا بعد الوصول بها إلى النوعية التي تتناسب مع المواصفات المحددة للصرف على شبكة الصرف الصحي.

ومن الضروري أيضا التنويه إلى أن الكمية السابق الإشارة إليها والتي يتم بالفعل معالجتها وتلك التي سيصير معالجتها بحلول عام ٢٠٠٥ ليست كل ما ينتج من مياه الصرف الصحي والصناعي التي تزيد عن هذه الكميات بكثير والتي تشير التقديرات إلى أنها تزيد على ١٥ مليون متراً مكعباً يوميا.

## ١-٤ الإحتياجـــات المائيـــة

### ١-٤-١ الإحتياجـــات المائية لقطـــاع الزراعة

من المعروف أن جمهورية مصر العربية تقع فى حزام النطاق الصـــحراوى الجـــاف أو الشبه جاف من العالم حيث يندر هطول الأمطار على ربوعها ماعدا الجزء الســـاحلى منهـــا . ويعتمد النشاط الزراعى كاملا فى الأراضى القديمة على نظام الرى السطحى والـــذى يتطلـــب مجهودات كثيرة لرفع كفاءة إستخدام المياه وتوزيعها توزيعا عادلا على المستخدمين بينما تروى الأراضى الجديدة التى تصل مساحتها إلى ٢ مليون فدان بنظم الرى الحديثة.

وقد زادت مساحة الأراضى الزراعية المرويه من ٦ مليون فدان ( حسب إحصـــاء عـــام ١٩٨٠) إلى ٧,٨ مليون فدان ( حسب إحصاء عام ١٩٩٦/١٩٩٧) وتبلغ الإحتياجـــات المائيـــة لهذه المساحة مايعادل ٥٦ مليار م$^{٣}$ ) وطبقاً لأولويات الخطة القومية التى تقضى بالتوسع الأفقى فى إستصلاح الأراضى الجديدة بمعدلات طموحة فإنه يرى إستصلاح حوالى ١٥٠ ألف فـــدان سنويا مع الإهتمام بزيادة الإنتاج الزراعى من وحدة المساحة لأقصى مايمكن وذلك لسد الفجـــوة الغذائية فى المحاصيل الحقلية الأساسية نتيجة الزيادة المطرده للسكان والتى تعادل معـــدل نمـــو سكانى بلغ ٢,٤% خلال حقبة التسعينات من القرن الماضى وإنخفض إلى أقل مـــن ٢ % مـــع مطلع القرن الجديد.

وعلى ذلك فإن إجمالى المخطط إستصلاحه وإستزراعه يصل إلى حوالى ٣,٤ مليون فدان حتى عام ٢٠١٧.

وتبلغ الإحتياجات المائية لمناطق التوسع الأفقى حوالى ٢٠,٤ مليار م$^{٣}$/سنة وهـــى محســـوبة على أساس أن الإحتياجات المائية تبلغ ٥٢٠٠ م$^{٣}$/فدان فى منـــاطق الـــدلتا و ٧٠٠٠ م$^{٣}$/فـــدان فـــى مناطق الصعيد والوادى. وأيضا على أساس إستخدام نظم الرى المتطور (الرش أو التنقيط) عـــلاوة على عدم زراعة المحاصيل الأكثر إستهلاكا للمياه فى تلك المناطق الجديدة، كما أن تلك الإحتياجات المائية سيتم تدبيرها من المصادر المختلفة حسب ماهو موضح فى الجدول رقم (١-٣).

**جدول (١-٣) : المصادر المائية المزمع الإعتماد عليها فى تدبير الإحتياجات المائية اللازمة لخطة التوسع الأفقى حتى عام ٢٠١٧**

| المصدر | الكمية مليار متر مكعب / سنة |
|---|---|
| المياه الجوفية الضحلة بالدلتا والوادى | ٢,٧ |
| المياه الجوفية العميقة بالصحارى | ٣,٢ |
| إعادة إستخدام مياه الصرف الزراعى | ٥,٥ |
| إستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة | ٢,٠ |
| تعديل التركيب المحصولى | ٣,٠ |
| دعامات تطوير الرى | ٤,٠ |
| **الإجمالى** | **٢٠,٤** |

### ١-٤-٢ ميـــاه الشرب والإستخدام المنزلى والعـــام

تشير تطورات إنشاء محطات تنقية مياه الشرب إلى زيادة عدد المشـــروعات مـــن ٢٥٢ مشروعاً قبل عام ١٩٥٢ إلى ٨٥٧ مشروعاً عام ١٩٨٢/٨١ ثم إلى ٢٧١٠ مشروعاً فى عـــام ٢٠٠٠ وقد بلغت كميات المياه النقية التي تم إنتاجها في عام ١٩٥٢ إلى ١,٢٦٩ مليـــون متـــراً مكعباً يومياً ثم و ٥,٧٤٥ مليون متر مكعب يومياً في عام ١٩٨٢/٨١ ثم زادت إلـــى ١٨,٢٨٦ مليون متراً مكعباً يومياً في عام ٢٠٠٠ وقد بلغت تكاليف إنتاج هذه الميـــاه ١,٢٦٩ ، ٥,٧٤٥ ، ١٨,٢٨٦ مليار جنيه على التوالي.

ومن الواضح أن متوسط نصيب الفرد من هذه المياه والذي يقارب ٣٠٠ لتـــر يوميـــاً لا يعكس الحقيقة نظراً لأن الفواقد في محطات التنقية والشبكات وفى الأجهزة المنزلية قد تصل في بعض الأحيان إلى ما يزيد عن ٥٠% مما يدعو الكثير من متخذي القرار إلى اعتماد التصرفات المائية على اعتبار أنها كافية للعشرين سنة القادمة على أساس أن الحد مـــن الفواقـــد ســـيغطى الزيادة المطلوبة لمجابهة التطور في تعداد السكان.

### ١-٤-٣ الاحتياجـــات الصناعيـــة

تفيد نتائج دراسة قام بها قطاع البحوث الإنشائية بالهيئة العامة للتصنيع بوزارة الصـــناعة والتنمية التكنولوجية على ٣٣٠ منشأة كبرى تتبع ١٧ شركة تشملها ٦ قطاعات نوعية أن ٤٨% من المياه التي تحتاجها المصانع تستخدم في العمليات الصناعية وأن ٤٦% مـــن هـــذه الميـــاه تستخدم في تبريد الماكينات وأن الإستخدام لاغراض مياه الشرب يبلغ نسبة ٦% ، كما أنه مـــن

الممكن توفير ٣٠% من كمية المياه المستخدمة في الوقت الحالي إذا تم إستبدال أجهزة التبريد التقليدية بدوائر التبريد المغلقة والتي يمكن أن تستخدم فقط ١٠% من إجمالي المياه اللازمة للمصنع.

كذلك تبين هذه الدراسة أن ٦٤,٥% من إجمالي الإحتياجات الصناعية يتم سحبها مباشرة من نهر النيل بينما تستخدم مياه الآبار بنسبة ١٧% من الإجمالي ويتم السحب من شبكات المدن بواقع ١٨,٥%.

وتبين الدراسة أن التوزيع الجغرافي لمياه الصناعة يكون على أساس ٢٦% من الإستهلاك العام بمدن القاهرة الكبرى بينما يبلغ إستهلاك محافظة الإسكندرية ١٧% والوجه البحري ٢٣% والوجه القبلي ٣٣% بينما تستهلك مصانع مدن القناة ١,٥% من إجمالي الاستهلاك العام.

أما عن التوزيع حسب النشاط فتبينه الدراسة كالتالى :

- الصناعات الغذائية ٤١% من الاستهلاك الصناعي العام
- الصناعات الكيماوية ٢٠% من الاستهلاك الصناعي العام
- صناعة الغزل والنسيج ١٧% من الاستهلاك الصناعي العام
- الصناعات المعدنية ١٣% من الاستهلاك الصناعي العام
- الصناعات الهندسية ٤% من الاستهلاك الصناعي العام
- صناعات التعدين والحراريات ٥% من الاستهلاك الصناعي العام

ومن الواضح أن هذه الدراسة لم تتطرق إلى العديد من الأنشطة الأخرى مثل صناعة الدباغة والجلود والصناعات الخشبية والأثاث والصناعات البترولية وغيرها كما أن عدد المنشآت الصناعية حسب الحصر الحكومي الأخير قد بلغ ما يزيد عن عشرين ألف مصنع منها الصغير والكبير والعام والخاص والحربي ومن الطبيعي أن يكون من الصعب حصر كل هذه المصانع وحتى إذا أمكن حصرها فإن تحديد أو تقدير استهلاكها للمياه وكمية مياه الصرف الصناعي التى تخرج من كل مصنع ليست بالأمر الذي يسهل تنفيذه أو الإحاطة به ومعرفته.

هذا وقد إنتهت الدراسة إلى حساب الإحتياجات الصناعية في الوقت الحالي (عام ٢٠٠٠) وعام ٢٠١٧ عن طريق بديلين مختلفين لكل منها مجموعة من الإفتراضات وقد بلغ معدل الاستهلاك حسب البديل الأول إلى ٢,٦ ، ٣,٤ ، ٤,١ ، ٥,٠٢٤ مليار متراً مكعباً سنوياً للأعوام ٢٠٠٠ ، ٢٠٠٥ ، ٢٠١٠ ، ٢٠١٧ على الترتيب بينما يدل البديل الثاني على أن هذه الأرقام تقدر بحوالي ٢,٣ ، ٣,٤ ، ٢. ، ١. مليار متر مكعب سنوياً خلال نفس الأعوام.

### ١-٥ الخطة القومية لإدارة الموارد المائية

أشار التقرير القومى لسياسة الموارد المائية فى القرن الحادى والعشرين والمنشور فى المؤتمر الدولى السابع للنيل ٢٠٠٢ فى القاهرة عام ١٩٩٩ إلى أنه من الممكن تصنيف الموارد المائية فى مصر إلى موارد مائية تقليدية وموارد مائية غير تقليدية والتى نوجز أهم بياناتها كالتالى:

#### ١-٥-١ الموارد المائية التقليدية

- نهر النيل هو المصدر الأساسى والوحيد للمياه العذبة فى البلاد والذى يتيح من خلال بحيرة ناصر إستخدام ٥٥,٥ مليار متراً مكعباً سنويا وذلك حسب الإتفاقات الدولية بين كل من مصر والسودان عام ١٩٥٩.
- الأمطار وهى محدودة الموقع وتهطل بشكل أساسى على الساحل الشمالى للبلاد وتتراوح معدلاتها على الإسكندرية فى حدود ٢٠٠مم وعلى بورسعيد ٧٥ مم وتتضاءل كمياتها إلى أقل من ٥٠مم على القاهرة – وتبلغ تلك الكميات حوالى ١,٤ مليار م$^{٣}$/سنة وهى كميات لايمكن الإعتماد عليها نظراً لإختلاف كمياتها زمانياً ومكانياً.
- المياه الجوفية وهى غالبا ماتوجد فى الخزانات الجوفية بالصحراء الغربية وسيناء والتى تمتاز بأنها عميقة وغير متجددة – ويقدر حاليا المستخدم منها بحوالى ٠,٥ مليار م$^{٣}$/سنة – الخزان الجوفى بالدلتا والوادى لايمكن إعتباره مصدرا منفصلا إذ يستمد محتواه المائى من الرشح من النيل والمجارى المائية المفتوحة، إلا أنه يجدر الإشارة إلى أن المستخدم منه يبلغ ٤,٨ مليار م$^{٣}$/سنة.
- إعذاب مياه البحر لايمكن اعتباره إقتصاديا عند إستخدامه كمصدر للمياه فى القطاع الزراعى نظرا لإرتفاع تكاليف عمليات التحلية إلى ٣-٧ جنيهات لكل متر مكعب. وعموما تبلغ الكمية التى يتم تحليتها حوالى ٣ مليون م$^{٣}$/سنة.

#### ١-٥-٢ الموارد المائية غير التقليدية

- مياه الخزان الجوفى السطحى بالدلتا والوادى إذ يتم حالياً إستخدام حوالى ٤,٨ مليار متراً مكعباً سنويا يمكن أن تزيد إلى ٧,٥ مليار متراً مكعباً / سنة مستقبلاً.
- مياه الصرف الزراعى والتى يتم إستخدام حوالى ٤,٦ مليار متراً مكعباً منها حاليا ويمكن زيادتها إلى ٧,٥ مليار متر مكعب بحلول عام ٢٠٠٧ وإلى ٩,٠ مليار متراً مكعباً بحلول عام ٢٠١٧ بشرط حماية هذا المورد من مصادر التلوث المختلفة وإجراء معالجة كاملة

لكل من مياه الصرف الصحى والصناعى التى تصرف مباشرة على المصارف العامة مع خفض معدلات إستخدام الكيماويات والمبيدات والأسمدة.

- مياه الصرف الصحى المعالجة مع الأخذ فى الإعتبار حماية الصحة العامة ، يتم إستخدام حوالى ٠,٤ مليار متراً مكعباً / سنة وسوف تزداد إلى ٢,٥ مليار متراً مكعباً /سنة بحلول ٢٠١٧ وجدير بالذكر أن تلك الموارد غير التقليدية لايمكن اعتبارها موارد مائية منفصلة يمكن إضافتها إلى حصة مصر من المياه العذبة ولكن فى الحقيقة أنها تسهم بشكل كبير فى إستثمار هذه الموارد بهدف رفع كفاءة الإستخدام.
- مشروعات توفير المياه عن طريق مشروعات تطوير الرى والتى تسهم بشكل كبير وفعال فى رفع كفاءة نظم الرى السطحى فى الأراضى القديمة وذلك عن طريق إقامة المنشآت الهندسية التى تتحكم فى طرق توزيع المياه وتحقق مبدأ عدالة التوزيع بالإضافة إلى إستخدام عمليات التسوية وإعادة تأهيل المجارى المائية وفروعها وإنشاء جمعيات مستخدمى المياه – هذه المشروعات توفر حاليا ٠,٥ مليار م$^{3}$ لترتفع إلى ٣,٠ مليار متراً مكعباً / سنة بحلول عام ٢٠١٧.
- المياه المتوفرة والناتجة عن تغيير التركيب المحصولى مثل تحديد مساحات المحاصيل المستهلكة للمياه بشكل كبير مثل كل من الأرز والقصب والتى وصل مساحتها إلى ١,٨، ٠,٤ بليون فدان على التوالى – ومن المتوقع النزول بهذه المساحات إلى ٠,٧ للأرز ، ٠,٢ مليون فدان للقصب وكلاهما سوف يؤدى إلى توفير ٣,٥ مليار متر مكعب سنويا.
- أما عن الإحتياجات المائية للقطاعات المختلفة فهى تبلغ فى مجملها ٦٥ مليار م$^{3}$/سنة تم تلخيصها فيما يلى :
- الإحتياجات المائية لقطاع الزراعة بما فيها الفواقد المختلفة من نظم التوزيع فقد بلغت حوالى ٥٦ مليار متر مكعب سنويا ( على أساس كفاءة إستخدام تصل إلى ٧٥%).
- تبلغ الإحتياجات المائية من مياه الشرب ٤,٥٤ مليار م$^{3}$/سنة ومن المتوقع زيادة هذا الرقم نتيجة للزيادة السكانية المطردة وكذا زيادة معدلات الإستهلاك بالنسبة للفرد.
- تبلغ الإحتياجات المائية لقطاع الصناعة ٦ مليار م$^{3}$ في الوقت الحالى.

والخلاصة أن المتاح من الموارد المائية العذبة يبلغ ٥٥,٥ مليار م$^{3}$/سنة بينما الإحتياجات المائية للقطاعات المختلفة تبلغ حاليا ٦٥ مليار م$^{3}$/سنة – أى أن هناك عجزا بين المتطلبات والمتاح بقدر حوالى ٩,٥ مليار م$^{3}$/سنة ( حاليا ) يتم تدبيره عن طريق إعادة الإستخدام ورفع كفاءة الإدارة المائية متمثلا فى سحب ٤,٨ مليار م$^{3}$/سنة من الخزان الجوفى بالوادى والدلتا ، كما يتم إعادة إستخدام مياه الصرف الزراعى فى أغراض الرى بما يعادل ٤,٣ مليار م$^{3}$/سنة

عن طريق الخلط مع المياه العذبة ، هذا إلى جانب إعادة إستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة فى أغراض الرى بمقدار يصل إلى ٠,٤ مليار م$^{3}$/سنة.

وبناء على ماتقدم فإن الجدول رقم (١-٤) يوضح مقارنة بين الإحتياجات المائية للقطاعات المختلفة حاليا (١٩٩٧) ومستقبلا (٢٠١٧).

**جدول رقم (١-٤) مقارنة بين الإحتياجات المائية للقطاعات المختلفة والموارد المائية المتاحة حاليا (١٩٩٧) - ومستقبلا (٢٠١٧)**

| | القطاعات | ١٩٩٧ | ٢٠١٧ |
|---|---|---|---|
| | | مليار متراً مكعباً / سنة | |
| الإحتياجات المائية: | قطاع الزراعة | ٥٢,١٧ | ٦٧,١٣ |
| | تعويض الفواقد فى النيل شبكات التوزيع | ٢,١٠ | ٢,٣٠ |
| | مياه الشرب والإستخدامات المنزلية | ٤,٥٤ | ٦,٦٠ |
| | قطاع الصناعة | ٧,٤٢ | ١٠,٥٦ |
| | الملاحة والسياحة | ٠,١٥ | ٠,١٥ |
| | **الإجمالى** | **٦٦,٣٤** | **٨٦,٧٤** |
| الموارد المتاحة: | حصة مصر من مياه النيل حسب الإتفاقات | ٥٥,٥ | ٥٥,٥ |
| | الدولية | - | ٢,٠ |
| | مشروعات اعالى النيل | ٤,٨ | ٧,٥ |
| | المياه الجوفية السطحية بالدلتا والوادى | ٠,٥٧ | ٣,٧٧ |
| | المياه الجوفية العميقة بالصحارى | ٤,٩ | ٨,٤٠ |
| | إعادة إستخدام مياه الصرف الزراعى | ٠,١٥ | - |
| | المنصرف من النيل إلى البحر المتوسط | - | ٣,٠ |
| | تعديل التركيب المحصولى | ٠,١٥ | ٤,٠ |
| | توفير المياه من مشروعات تطوير الرى | ٠,٢٠ | ٢,٠ |
| | إعادة إستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة | ١,٠ | ١,٥ |
| | حصاد مياه الأمطار على الساحل الشمالى | | |
| | **الإجمالى** | **٦٧,٢٧** | **٨٧,٦٧** |

المصدر : السياسة المائية والميزان المائى حتى عام ٢٠١٧ - وزارة الرى والموارد المائية - د. طارق صادق

### ١-٦ الإستخدامات غير الزراعية لمياه الصرف الصحى والصناعى المعالجة

بالاضافة الى ما سبق هناك بعض استخدامات اخرى لميـاه الصـرف الصـحى المعالجـة و المستخدمة عالميا مع مراعاة الاثار البيئية الازمة عند الاستخدام تحت محاذير معينة و من هذة الاستخدامات ما يلى:-

١ - غسيل الشوارع.
٢ - رش الطرق الترابية لتثبيت الأتربة.
٣ - أعمال دمك التربة في إنشاء الطرق (طبقة الأساس -التربة الزلطية - الطبقة السطحية).
٤ - تشغيل النافورات المخصصة للزينة.
٥ - المزارع السمكية.
٦ - إطفاء الحريق سواء عن طريق حنفيات الشوارع أو الرش بالطائرات.
٧ - غسيل الزلط والرمل وخلط الخرسانة بأنواعها.
٨ - تبريد الآلات في المصانع.
٩ - الشحن الصناعي للخزان الجوفي لوقف ظاهرة تداخل مياه البحر.
١٠ - تغذية صناديق الطرد داخل المنازل.
١١ - إنشاء البرك الصناعية في مناطق توقف الطيور المهاجرة.
١٢ - تغذية المسطحات المائية مثل البرك والبحيرات.
١٣ - غسيل المصانع.
١٤ - تثبيت الكثبان الرملية ومنع زحفها.
١٥ - تثبيت الردم حول خطوط المواسير.
١٦ - المحافظة على اتزان السفن.
١٧ - العمليات الصناعية التي لا تحتاج لمواصفات خاصة للمياه (مثال تقسية الصلب).
١٨ - رى الأراضي الرطبة المشيدة Irrigating constructed wetlands
١٩ - رى المسطحات الخضراء داخل المدن - ملاعب الجولف - حصائر النجيل .
٢٠ - غلايات المياه بغرض إنتاج البخار.

# الباب الثانى
# القوانين المصرية المنظمة لإعادة إستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة

هناك عدة قوانين وتشريعات تنظم عملية إعادة إستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة فى الزراعة يمكن حصرها على الوجه التالى :

## ٢-١ القانون رقم ١٢ لسنة ١٩٨٤م بشأن إصدار قانون الرى والصرف

تم إصدار هذا القانون بشأن الرى والصرف ثم صدر بعد ذلك قرار وزير الرى رقم ١٤٧١٧ لسنة ١٩٨٧ الخاص باللائحة التنفيذية لقانون الرى والصرف ثم تم تعديل هذا القانون بالقانون رقم ٢١٣ لسنة ١٩٩٤ م، ثم أعقبه إصدار قرار وزير الرى رقم ١٤٩٠٠ لسنة ١٩٩٥م ، والذى تضمن الفصل الثانى منه الترخيص برى الأراضى الجديدة من المصادر المختلفة وجدير بالذكر أن هذا القانون يغطى الجوانب الإجرائية لإعادة إستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة .

## قرار وزير الرى رقم ١٤٩٠٠ لسنة ١٩٩٥ م

### الفصل الثانى – فى رى الأراضى الجديدة

**مادة (٦)** الأرض الجديدة فى أحكام الفصل الخامس من قانون الرى والصرف المشار إليه هى كل أرض لم يسبق الترخيص لها بالرى من مجارى مياه النيل أو من مياه الصرف الزراعى أو الصحى أو المياه المخلوطة بأى منها وسواء كانت هذه الأراضى داخل الوادى أو الدلتا أو فى أرض أخرى داخل جمهورية مصر العربية ومتوافر لها موارد مائية فى خطة الدولة التى تقررها وزارة الأشغال العامة والموارد المائية .

**مادة (٧)** لا يجوز الترخيص برى الأرض الجديدة إلا بإتباع طرق الرى المتطورة ومنها الرى بالرش والرى بالتنقيط أو بأى إسلوب آخر للرى تقره وزارة الأشغال العامة فى ضوء طبيعة التربة والدورة الزراعية المقترحة .

**مادة (٨)** يلتزم المرخص له بإتباع إسلوب الرى المتطور الذى يحدد له فى الترخيص ويعتبر الترخيص لاغى إذا خالف المرخص له طريقة الرى المرخص له بها ولم يقم بإزالة أسباب المخالفة خلال ثلاثين يوماً من تاريخ إنذاره بكتاب موصى عليه بعلم الوصول.

**مادة (٩)** يقدم طلب الترخيص برى الأرض الجديدة إلى الإدارة العامة للرى المختلفة على أن يتضمن الطلب البيانات الآتية :

(أ) إسم طالب الترخيص وصفته ومحل إقامته .

(ب) سند مقدم الطلب فى حيازته للأرض موضوع طلب الترخيص .

(ج) مساحة الأرض المطلوب ريها موقعه على خرائط مساحية بمقياس رسم مناسب ، وموقع عليها مهندس نقابى .

(د) تصنيف كامل للتربة من جهة متخصصة .

(هـ) مصدر الرى المقترح.

(و) الدورة الزراعية المقترحة .

**مادة (١٠)** تتولى الإدارة العامة للرى المختصة فحص طلب الترخيص ومستنداته ويجب على الإدارة أن تصدر قرارها فى الطلب خلال شهرين على الأكثر من تاريخ تقديم المستندات كاملة وإخطار الطالب بذلك.

**مادة (٦٧)** فى حالة التخلص من مياه الصرف الصحى أو مخلفات صناعية سائلة مختلطة بمياه الصرف الصحى على مسطحات المياه غير عذبه ، يجب بناء على طلب الجهة الصحية المختصة معالجة المياه المنصرفة بالكلور لتطهيرها قبل صرفها بحيث لا يقل الكلور المتبقى بها بعد عشرين دقيقة من إضافته عن ٠ر٥٠ ملليجرام / لتر وبحيث تكون أجهزة ومواد التطهير متوفرة وجاهزة بصفة مستمرة لإنجازه هذه المعالجة عند طلب إجرائها .

**مادة (٦٨)** يجب أن تبقى مسطحات المياه غير العذبة التى يرخص بصرف المخلفات السائلة المعالجة إليها فى حدود المعايير والمواصفات الأتية :

| البيـــــان | المعايـير والمواصفـــات |
|---|---|
| درجة الحرارة | لا تزيد على (٥) درجات مئوية فوق المعدل المألوف |
| الأكسجين الذائب | لا يقل عن (٤) ملليجرام/لتر فى أى وقت |
| الأس الهيدروجينى | لا يقل عن (٧) ولا يزيد على (٨,٥) |
| المنظفات الصناعية | لا تزيد على (٠,٥) ملليجرام /لتر |
| الفينول | لا تزيد على (٠,٥٠٠) ملليجرام /لتر |
| العكارة | لا تزيد على (٥٠) وحدة |
| المواد الصلبة الذائبة | لا تزيد على (٦٥٠) ملليجرام /لتر |
| العد الإحتمالى للمجموعة القولونية فى ١٠٠سم$^{3}$ | لا تزيد على (٥٠٠٠) |

**مادة (٦٩)** فى حالة صرف المخلفات السائلة إلى البحيرات - يجب مراعاة ألا تزيد عدد البكتريا القولونية فى مصايد الأسماك بالبحيرة على (٧٠) لكل ١٠٠ سم$^{3}$ كما يجب ألا تزيد عددها على (٢٣٠) لكل ١٠٠سم٣ فى ١٠ % من العينات المأخوذة من مياة البحيرة فى موسم الصيد وذلك حفاظاً على الثروة السميكة وعدم تأثير صرف هذه المخلفات على مصايد الأسماك .

## ٢-٢ القانون رقم ٩٣ لسنة ١٩٦٢ فى شأن صرف المخلفات السائلة

ينظم هذا القانون أحكام تجميع المخلفات السائلة من المساكن والمصانع والمحال العامة والتجارية والصناعية وغيرها ومياه الرشح والأمطار ، بغرض التخلص منها بطرق صحية بعد معالجتها .

وقد تضمنت اللائحة التنفيذية للقانون والصادرة بقرار وزير الإسكان والمرافق رقم ٦٤٩ لسنة ١٩٦٢ فى الباب السادس / ثانياً الإشتراطات والمعايير الواجب توافرها فى المخلفات السائلة التى يتم صرفها بالرى السطحى أو برى الأراضى الزراعية وجدير بالذكر بأن اللائحة التنفيذية للقانون عاليه تم إستبدالها بالقرار الوزارى رقم ٤٤ لسنة ٢٠٠٠ بشأن تعديل اللائحة التنفيذية للقانون رقم ١٩٦٢/٩٣.وقد تضمنت اللائحة التنفيذية المعدلة ، المادة رقم ١٥ بشأن الإشتراطات العامة والمعايير الواجب توافرها فى المخلفات السائلة الصرف الصحى المعالجة والتى يتم إعادة إستخدامها للأغراض الزراعية .

## ٢-٣ قرار وزير الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية - رقم ٤٤ لسنة ٢٠٠٠ تعديل اللائحة التنفيذية للقانون رقم ٩٣ لسنة ١٩٦٢ فى شأن صرف المخلفات السائلة

مادة (١٥) الإشتراطات العامة والمعايير الواجب توافرها فى المخلفات للصرف الصحى المعالجة والتى يتم إعادة إستخدامها للأغراض الزراعية .

يتم تقسيم المخلفات السائلة إلى ثلاث فئات :-

**الفئة** الأولى :

وتشمل المخلفات السائلة لعمليات الصرف الصحى العامة والتى تخضع مباشرة للجهات الحكومية المركزية أو المحلية أو المؤسسات العامة التى تملكها الحكومة .

**الفئة الثانية :**

وتشمل المخلفات السائلة لعمليات الصرف الصحى الخاصة وهى مماثلة لمياه الفئة الأولى إلا أنها غير مملوكة للجهات الحكومية المركزية أو المحلية أو المؤسسات العامة .

**الفئة الثالثة :**

وتشمل المخلفات الصناعية

وتطبق على الفئات الثلاث الإشتراطات العامة والمعايير الواردة بالجداول التالية : (٢-١) ، (٢-٢) ، (٢-٣)

**إشتراطات عامة**

- لا يجوز إستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة لرى الأراضى إلا بعد الحصول على تصريح من وزارة الصحة ويجب الحصول على موافقة وزارة الصحة على الموقع المختار لمحطات تنقية الصرف الصحى العامة كما يتم بعد تشغيل المحطات أخذ عينات دورية من المياه المنصرفة لتحليلها طبقاً لما يقرره وزير الصحة .
- أن تكون مياه الصرف الصحى العامة والخاصة والمخلفات الصناعية مطابقة للمعايير الواردة بهذه اللائحة .
- أن تبعد الأراضى التى يتم صرف المخلفات السائلة إليها بمسافة لا تقل عن ٣-٥ كيلو متر حسب درجة معالجة نواتج الصرف المستخدمة من العمران أو كردون المدينة أو القرية أيهما أبعد .
- لا تقل درجة معالجة المخلفات السائلة بأنواعها عن المعالجة الإبتدائية
- يحظر زراعة الخضروات أو الفاكهة أو النباتات التى تؤكل نيئة فى المزارع التى تروى بمياه الصرف الصحى المعالجة إبتدائياً أو ثانوياً كما لا يجوز تربية الحيوانات أو المواشى المدره للألبان على هذه المزارع .
- يجب تصريف المياه بالسرعة التى لا ينجم عنها أى تجمعات مائيه .

**يراعى عند الترخيص لإعادة إستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة فى الزراعة ما يأتى**

**أولاً :** الإتصال بجهاز شئون البيئة المنوط به أعمال دراسات تقييم الأثر البيئى بموجب الإختصاصات الممنوحة له بالقانون رقم (٤) لسنة ١٩٩٤ لتشكيل لجنة يكون إختصاصها أعمال التقييم البيئى للمناطق التى يتم فيها إستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة فى الزراعة.

**ثانياً :** لا يتم إستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة فى الزراعة إلا بموجب ترخيص يتم الحصول عليه من الجهات المختصة التى يحددها وزير الإسكان والمرافق ويحدد فيه نوعية المياه المعالجة المعاد إستخدامها وتحاليلها وتجرى الفحوص دوريا كل أربعة أشهر على الأقل ويقوم مستخدم هذه المياه بسداد تأمين لحساب تكاليف التحاليل .

**ثالثاً :** تقوم جهات الترخيص بإخطار الجهات الصحية المحلية بالمناطق المصرح لها إعادة إستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة فى الزراعة لتقوم بمراقبة توافر الإحتياطات الصحية ومكافحة الحشرات وناقلات الأمراض .

**رابعاً :** يجب أن يحمل كل من يعمل بهذه المزارع شهادات صحية ساريه المفعول .

**خامساً :** يحظر جنى المحاصيل التى تروى بمياه الصرف الصحى المعالجة إلا بعد إيقاف الرى بأسبوعين على الأقل .

**سادساً :** حظر إستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة إبتدئياً أو ثانوياً فى رى الأراضى المخصصة لدى الماشية المدره للألبان والمنتجة للحوم .

**سابعاً :** يشترط للموافقة على إستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة فى الزراعة أن تكون مطابقة للمعايير والإشتراطات الواردة فى الجداول الآتية أرقام (٢-١) ، (٢-٢) ، (٢-٣).

## جدول رقم (٢-١) الحد الأقصى لمعايير إعادة استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة المسموح بها طبقاً لدرجة المعالجة

### طبقاً لقرار وزير الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية - رقم ٤٤ لسنة ٢٠٠٠ تعديل اللائحة التنفيذية للقانون رقم ٩٣ لسنة ١٩٦٢ فى شأن صرف المخلفات السائلة

| م | البيان | الوحدة | المجموعة الأولى مياه معالجة إبتدائياً | المجموعة الثانية مياه معالجة ثانوية | المجموعة الثالثة مياه معالجة متقدمة |
|---|---|---|---|---|---|
| | الأكسجين الحيوى الممتص $B.O.D_5$ | جزء فى المليون | ٣٠٠ | ٤٠ | ٢٠ |
| ٢ | الأكسجين الكيميائى المستهلك C.O.D داى كرومات | جزء فى المليون | ٦٠٠ | ٨٠ | ٤٠ |
| ٣ | المواد الصلبة العالقة T.S.S | جزء فى المليون | ٣٥٠ | ٤٠ | ٢٠ |
| ٤ | الزيوت والشحوم | جزء فى المليون | غير محددة | ١٠ | ٥ |
| ٥ | عدد خلايا او بيض النيماتودا المعوية | العدد/لتر | ٥ | ١ | ١ |
| ٦ | عدد خلايا الكليفورم البرازى | لكل ١٠٠مليلتر | غير محددة | ١٠٠٠ | ١٠٠ |
| ٧ | أقصى تركيز للأملاح الكلية الذائبة حسب درجة تحمل النبات | جزء فى المليون | حتى ٢٥٠٠ | ٢٠٠٠ | ٢٠٠٠ |
| ٨ | نسبة إمتصاص الصوديوم حسب نوع النفاذيه | نسبة % | ٢٥ | ٢٠ | ٢٠ |
| ٩ | تركيز الكلوريدات | جزء فى المليون | حتى ٣٥٠ | ٣٠٠ | ٣٠٠ |
| ١٠ | تركيز البورون | جزء فى المليون | حتى ٥ | حتى ٣ | حتى ٣ |

## جدول رقم (٢-٢) الحد الأقصى لمعايير إعادة إستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة المسموح بها للمعادن الثقيلة طبقاً لدرجة المعالجة

### طبقاً لقرار وزير الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية - رقم ٤٤ لسنة ٢٠٠٠ تعديل اللائحة التنفيذية للقانون رقم ٩٣ لسنة ١٩٦٢ فى شأن صرف المخلفات السائلة

| درجة المعالجة / المعايير المعدن | الوحدة | ١ المجموعة الأولى إبتدائى | المجموعة الثانية ثانوى | المجموعة الثالثة متقدم |
|---|---|---|---|---|
| الكادميوم | جزء فى المليون | ٠,٠٥ | ٠,٠١ | ٠,٠١ |
| الرصاص | جزء فى المليون | ١٠ | ٥ | ٥ |
| النحاس | جزء فى المليون | غير محددة | ٠ر٢ | ٠ر٢ |
| النيكل | جزء فى المليون | ٠,٥ | ٠,٢ | ٠,٢ |
| الزنك | جزء فى المليون | غير محددة | ٢ | ٢ |
| الزرنيخ | جزء فى المليون | | غير محددة | ٠,١ |
| الكروم | جزء فى المليون | غير محددة | غير محددة | ٠,١ |
| الموليبديوم (الأعلاف الخضراء فقط) | جزء فى المليون | غير محددة | ٠,٠١ | ٠,٠١ |
| المنجنيز | جزء فى المليون | ٠,٢ | ٠,٢ | ٠,٢ |
| الحديد | جزء فى المليون | غير محددة | ٥ | ٥ |
| الكوبلت | جزء فى المليون | غير محددة | ٠,٠٥ | ٠,٠٥ |

## جدول رقم (٢-٣) إعادة إستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة فى الزراعة ودرجة المعالجة ونوع النبات والتربة وطرق الرى

## طبقاً لقرار وزير الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية - رقم ٤٤ لسنة ٢٠٠٠ تعديل اللائحة التنفيذية للقانون رقم ٩٣ لسنة ١٩٦٢ فى شأن صرف المخلفات السائلة

| رقم المجموعة | درجة المعالجة | النباتات المسموح بزراعتها | الإحتياطات البيئية والصحية | طرق الرى المناسبة | أنواع التربة المقترحة |
|---|---|---|---|---|---|
| الأولى | معالجة إبتدائية | الأشجار الخشبية | * عمل سياج حول المزارع<br>* عدم التلامس مع المياه مباشرة مع عدم دخول غير العاملين للمزارع<br>* منع دخول الماشية للمزارع<br>* إتخاذ الإجراءات الصحية اللازمة للحماية من الإصابة بالكائنات الممرضة والعلاج. | بالخطوط | خفيفة القوام يصرح بالإستخدام فى الأراضى الصحراوية التى تبعد عن التجمعات السكانية بمسافة ٥ كم مع الإلتزام بإجراء التقييم البيئى دورياً. |
| الثانية | معالجة ثانوية | أشجار النخيل- القطن - الكتان- التيل- الجوت.<br>* محاصيل الأعلاف<br>* المحاصيل والفواكه القشرية.<br>* الخضروات التى تطهى<br>*الفواكه المصنعة بالحرارة<br>* مشاتل الزهور | * يمكن تربية الماشية غير المدرة للبن أو المنتجة للحوم .<br>* يجب طهى الطعام قبل تناوله . | بالخطوط والغمر | خفيفة ومتوسطة القوام |
| الثالثة | معالجة متقدمة | * النباتات التى تؤكل نيئة<br>* النباتات القشرية.<br>* جميع أنواع المحاصيل والبساتين<br>* الأعلاف والمراعى الخضراء | لا توجد | جميع الطرق عدا الرش | جميع أنواع التربة |

## ٢-٤ القانون ٤٨ لسنة ١٩٨٢ م فى شأن حماية نهر النيل والمجارى المائية

صدر هذا القانون لحماية نهر النيل والمجارى المائية ويعطى القانون معايير وإشتراطات الصرف على مياه نهر النيل والترع والخزان الجوفى والمجارى المائية غير العذبة.

وقد تضمنت اللائحة التنفيذية للقانون ٤٨ لسنة ١٩٨٢ والصادرة بقرار وزير الرى رقم ٨ لسنة ١٩٨٣ أحكام ومعايير صرف مياه الصرف الصحى المعالجة على المسطحات غير العذبة على النحو التالى :

**مادة ٦٦**

يجب أن تتوافر فى مياه الصرف الصحى والمخلفات الصناعية السائلة التى يرخص بصرفها على مسطحات المياه غير العذبة – المعايير والمواصفات الآتية :

فى الصرف على مسطحات المياه غير العذبة

| البيـــــان | | الحد الأقصى للمعاير والمواصفات (ملليجرام/لتر – ما لم يذكر غير ذلك) | |
|---|---|---|---|
| | | مياه الصرف الصحى | المخلفات الصناعية السائلة |
| درجة الحرارة | | ٣٥° مئوية | ٣٥° مئوية |
| الأس الهيدروجينى | pH | ٦ – ٩ | ٦ – ٩ |
| الأكسجين الحيوى الممتص | $BOD_5$ | ٦٠ | ٦٠ |
| الأكسجين الكيميائى المستهلك (الديكرومات) | | ٨٠ | ١٠٠ |
| الأكسجين الكيميائى المستهلك (برمنجنات) | | ٤٠ | ٥٠ |
| الأكسجين الذائب | DO | لا يقل عن ٤ | – |
| الزيوت والشحوم | | ١٠ | ١٠ |
| المواد الذائبة الكلية | TDS | ٢٠٠٠ | ٢٠٠٠ |
| المواد العالقة | TSS | ٥٠ | ٦٠ |
| المواد الملونة | | خالية من المواد الملونة | خالية من المواد الملونة |
| الكبرتيدات | | ١ | ١ |
| السيانيد | | – | – ٠,١ |
| الفوسفات | | – | ١٠ |
| النترات | | ٥٠ | ٤٠ |
| الفلوريدات | | – | – ٠,٥ |
| الفينول | | – | – ٠,٠٠٥ |
| مجموع المعادن الثقيلة | | ١ | ١ |
| المبيدات بأنواعها | | معدوم | معدوم |
| العد الإحتمالى للمجموعة القولونية /١٠٠ سم$^3$ | | ٥٠٠٠ | ٥٠٠٠ |

## ٢-٥ قانون رقم ٤ لسنة ١٩٩٤ فى شأن حماية البيئة

تم إصدار القانون رقم ٤ فى عام ١٩٩٤ ثم تم إصدار اللائحة التنفيذية له بقرار رئيس الوزراء رقم ٣٣٨ لسنة ١٩٩٥ ولم يتطرق القانون لمياه الصرف الصحى المعالجة أو مشروعات إعادة إستخدام المياه المعالجة بنصوص صريحه ولكن المادتين رقم ١٩، ٢٠ من القانون تضمنتا النص على ضرورة عمل دراسات تقييم الأثر البيئى لأى مشروع قبل البدء فى تنفيذه وهاتين المادتين تعتبران من المواد الواجب إعمالها عند التخطيط لمشروعات إعادة إستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة فى الزراعة وتغطى جزء آخر من الجوانب الإجرائية وفيما يلى نص المادتين سالفتى الذكر .

**مادة (١٩)** تتولى الجهة الإدارية المختصة أو الجهة المانحة للترخيص تقييم الأثر البيئى للمنشأة المطلوب الترخيص لها وفقاً للعناصر والتصميمات والمواصفات والأسس التى يصدرها جهاز شئون البيئة بالإتفاق مع الجهات الإدارية المختصة ، وتحدد اللائحة التنفيذية لهذا القانون المنشآت التى تسرى عليها أحكام هذه المادة .

**مادة (٢٠)** تقوم الجهات الإدارية المختصة أو الجهة المانحة للترخيص بإرسال صورة من تقييم الأثر البيئى المشار إليه بالمادة السابقة إلى جهاز شئون البيئة لإبداء الرأى وتقديم المقترحات المطلوب تنفيذها فى مجال التجهيزات والأنظمة اللازمة لمعالجة الآثار البيئية السلبية ، وتتولى هذه الجهات التأكد من تنفيذ هذه المقترحات. ويجب على جهاز شئون البيئة أن يوافى الجهة الإدارية المختصة أو الجهة المانحة للترخيص برأيه فى هذا التقييم خلال مدة أقصاها ٦٠ يوماً من تاريخ إستلامه له ، وإلا اعتبر عدم الرد موافقة على التقييم .

وفى إيضاح لهاتين المادتين المتقدمتين نورد ما يلى :

### ٢-٥-١ المادة التاسعة عشر من قانون رقم ٤ لسنة ١٩٩٤ فى شأن حماية البيئة

**أ- الجهة الإدارية المختصة فى تقييم الأثر البيئى للمنشآت :**

حددت المادة ١٩ من قانون البيئة ٤ لسنة ١٩٩٤م والمادة العاشرة من اللائحة التنفيذية للقانون الصادرة بقرار رئيس مجلس الوزراء رقم ٣٣٨ لسنة ١٩٩٥ كيفية تقييم الأثر البيئى للمنشأة . بحيث تتولى الجهة الإدارية المختصة أو الجهة المانحة للترخيص تقييم الأثر البيئى للمنشأة المطلوب الترخيص لها وفقاً للعناصر والتصميمات والمواصفات والأسس التى يصدرها

جهاز شئون البيئة بالإتفاق مع الجهة الإدارية المختصة وعلى جهاز شئون البيئة مراجعة ذلك كلما لزم الأمر .

**ب- نطاق سريان الأحكام الواردة فى المادة (١٩)**

تضمنت المادة العاشرة من اللائحة التنفيذية نطاق سريان المادة المذكورة (١٩) من القانون حيث أوجبت سريانها على المنشآت المبينة فى الملحق رقم (٢) لهذه اللائحة .

ويتبين من مطالعة الملحق رقم (٢) أنه يتضمن تحديد الجهات الخاضعة لأحكام تقييم الأثر البيئى.

**جـ- كيفية تحديد المنشآت التى تخضع لأحكام تقييم الأثر البيئى وفقاً للضوابط الأساسية التالية**

**أولاً : نوعية نشاط المنشأة**

١- المنشأت الصناعية : الخاضعة لأحكام القانونين رقمى ٢١ لسنة ١٩٨٥ بشأن تنظيم الصناعة وتشجيعها ، ورقم ٥٥ لسنة ١٩٧٧ بشأن إقامة وإدارة الآلات الحرارية والمراجل البخارية .

٢ - المنشأت السياحية : الخاضعة لأحكام القوانين الآتية :

(أ) القانون رقم ١ لسنة ١٩٧٣ فى شأن المنشأت الفندقية.

(ب) القانون رقم ٣٨ لسنة ١٩٧٧ فى شأن تنظيم الشركات السياحية .

(ج) القانون رقم ١١٧ لسنة ١٩٨٣ فى شأن حماية الآثار .

(د) فى القانون رقم لسنة ١٩٩٢ فى شأن المحال السياحية.

٣ - جميع مشروعات البنية الأساسية ومنها محطات معالجة الصرف الصحى وإعادة إستخدام مياهها أو مياه الصرف الزراعى ومشروعات الرى والطرق والكبارى والقناطر والأنفاق والمطارات والموانى البحرية ومحطات السكك الحديدية وغيرها .

٤ - أية منشأة أخرى أو نشاط أو مشروع يحتمل أن يكون له تأثير ملحوظ على البيئة ويصدر بها قرار من جهاز شئون البيئة بعد الإتفاق مع الجهة الإدارية المختصة .

**ثانياً : المنشآت الخاضعة لتقييم التأثير البيئى وفقاً لمواقعها**

ومنها تلك التى تقام على شواطىء النيل وفرعيه والرياحات أو فى المناطق السياحية والأثرية أو حيث تزيد الكثافة السكانية أو عند شواطىء البحار والبحيرات أو فى مناطق المحميات .

**ثالثاً : مدى إستنزاف المنشآت للموارد الطبيعية**

ومنها تلك التى تسبب تجريف الأراضى الزراعية أو التصحر أو إزالة تجمعات الأشجار والنخيل أو تلوث موارد المياه وخاصة نهر النيل وفرعية والبحيرات أو المياه الجوفية .

**رابعاً : نوع الطاقة المستخدمة لتشغيل المنشأة وهى**

١ - المنشأت الثابته التى تعمل بالوقود الحرارى ويصدر عنها إنبعاثات تجاوز المعايير المصرح بها .

٢ - المنشآت التى تستخدم وقود نووى فى التشغيل .

٣ - المنشأت العاملة فى مجال الكشف عن البترول وإستخراجه وتكريرة وتخزينه ونقله والخاضعة لأحكام القوانين التالية :

أ- القانون رقم ٦ لسنة ١٩٧٤ بالترخيص لوزير البترول فى التعاقد للبحث عن البترول.

ب- القانون رقم ٤ لسنة ١٩٨٨ فى شأن خطوط أنابيب البترول .

٤- منشأت إنتاج وتوليد الكهرباء الخاضعة لأحكام :

أ - القانون رقم ١٤٥ لسنة ١٩٤٨ بإنشاء إدارة الكهرباء والغاز لمدينة القاهرة .

ب - القانون رقم ٦٣ لسنة ١٩٧٤ بشأن منشأت قطاع الكهرباء .

جـ- القانون رقم ٢١ لسنة ١٩٦٧ بشأن إنشاء هيئة كهرباء مصر .

د - القانون رقم ١٣ لسنة ١٩٧٦ بشأن هيئة المحطات النووية لتوليد الكهرباء .

هـ- القانون رقم ٢٧ لسنة ١٩٧٦ بشأن هيئة كهرباء الريف .

و - القانون رقم ١٠٢ لسنة ١٩٨٦ بشأن إنشاء هيئة تنمية وإستخدام الطاقة الجديدة والمتجددة .

٥- المنشأت العاملة فى المناجم والمحاجر وإنتاج مواد البناء الخاضعة لأحكام :-

أ- القانون رقم ٦٦ لسنة ١٩٥٣ الخاص بالمناجم والمحاجر .

ب- القانون رقم ٨٦ لسنة ١٩٥٦ الخاص بالمناجم والمحاجر .

**د - إجراءات الترخيص للمنشأة الخاضعة لتقييم الأثر البيئى**

حددت المادة الثانية عشر من اللائحة التنفيذية لقانون البيئة إجراء الترخيص للمنشأت التى تخضع لتقييم التأثير البيئى ، حيث الزم طالب الترخيص بأن يرفق بطلبه بيانا مستوفياً عن المنشأة شاملة البيانات التى يتضمنها النموذج الذى يعده جهاز شئون البيئة بالإتفاق مع الجهة الإدارية المختصة .

ويعد جهاز شئون البيئة سجلاً يتضمن صور هذه النماذج ونتائج التقييم وطلبات الجهاز من صاحب المنشأة .

**هـ- حق جهاز شئون البيئة فى الإستعانة بالخبراء لإبداء الرأى فى تقييم الأثر البيئى للمنشأة**

أجازت المادة الثالثة عشر من اللائحة التنفيذية لقانون جهاز شئون البيئة أن يستعين بأى من المتخصصين الذين تصدر بهم قائمة من الجهاز طبقاً للمعايير التى يضعها مجلس إدارة الجهاز ، وذلك لإبداء الرأى فى تقييم الأثر البيئى للمنشأة المزمع إقامتها وكذلك المطلوب الترخيص له .

**٢-٥-٢ المادة العشرون من قانون ٤ لسنة ١٩٩٤ فى شأن حماية البيئة**

**أ - واجبات الجهة الإدارية المختصة بشأن تقييم الأثر البيئى**

يجب أن تقوم الجهة الإدارية المختصة أو الجهة المانحة للترخيص بإرسال صورة من تقييم الأثر البيئى المشار إليه بالمادة السابقة إلى جهاز شئون البيئة لإبداء الرأى وتقديم المقترحات المطلوب تنفيذها فى مجال التجهيزات والأنظمة اللازمة لمعالجة الآثار البيئية السلبية وتتولى هذه الجهات التأكد من تنفيذ هذه المقترحات .

**ب- يجب على جهاز شئون البيئة الرد بالرأى خلال مدة أقصاها ٦٠ يوماً**

يجب على جهاز شئون البيئة أن يوافى الجهة الإدارية المختصة أو الجهة المانحة للترخيص برأيه فى هذا التقييم خلال مدة أقصاها ٦٠ يوماً من تاريخ إستلامة له . وإلا إعتبر عدم الرد موافقة على هذا التقييم .

**جـ- أثر عدم الرد فى ميعاد الستين يوماً هو موافقة من الجهاز**

أعتبرت المادة العشرون من القانون أن عدم رد الجهة الإدارية فى ميعاد الستين يوماً هو موافقة من الجهاز .

هذا الإتجاه غير مرفق لأنه يلزم أن تكون الموافقة صريحة فى أمر يتعلق بسلامة وصحة البيئة والمجتمع وليس مفترضاً بمضى ٦٠ يوماً .

**تعقيب على نصوص التشريعات المنظمة لإعادة إستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة**

من جميع النصوص السابق ذكرها يتضح أنها قد جاءت خالية من أى عقوبات صدرت بشأنها هذه القوانين نتيجة مخالفتها أو عدم الإلتزام بإحكامها ، الأمر الذى يستوجب النظر فى إفراد تشريعات عقابية مناسبة بعد إكتمال الجوانب الفنية والصحية والإقتصادية لعملية إعادة إستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة .

## ٢-٦ قرار نائب رئيس مجلس الوزراء ووزير الزراعة وإستصلاح الأراضى رقم ٦٠٣ لسنة ٢٠٠٢ فى شأن تقييد إستخدام مياه الصرف الصحى فى القطاع الزراعى

**مادة أولى :** يمنع إستخدام مياه الصرف الصحى سواء المعالجة أو غير المعالجة فى رى الزراعات التقليدية ويقتصر إستخدامها فقط فى رى الأشجار الخشبية وأشجار الزينة.

**مادة ثانية :** مراعاة التدابير الوقائية لعمال الزراعة عند إستخدام مثل هذه النوعية من المياه.

# الباب الثالث

# خصائص وطرق معالجة مياه الصرف الصحى

## ٣ – ١ مقدمة

إن الهدف الرئيسى من عملية معالجة مياه الصرف الصحى هو التخلص من مسببات التلوث سواء كانت كيميائية أو بيولوجية ، عالقة أم ذائبة ويتم ذلك بإستخدام المعالجة الطبيعية أو الكيميائية أو البيولوجية ، كما هو معلوم فإن حوالى ٧٥ % من المواد العالقة وحوالى ٤٠% من المواد الذائبة فى مياه الصرف الصحى هى عبارة عن مواد عضوية كما أن نسب مكونات المواد العالقة والذائبة فى مياه الصرف الصحى كالآتى :

| ١٠٠٠ جزء فى المليون مواد صلبة | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ٣٠٠ مواد عالقة | | | | ٧٠٠ مواد ذائبة | |
| ١٥٠ قابل للترسيب | | ١٥٠ غير قابل للترسيب | | | |
| ١٠٠ عضوى | ٥٠غير عضوى | ١٠٠ عضوى | ٥٠ غير عضوى | ٣٠٠ عضوى | ٤٠٠ غير عضوى |

وتتكون هذه الملوثات من مواد عضوية وغير عضوية.

وتتكون المركبات العضوية من :

- بروتينيات تتراوح ما بين ٤٠ إلى ٦٠ % .
- كربوهيدرات تتراوح ما بين ٢٥% إلى ٥٠%.
- دهون وزيوت تصل إلى ١٠%.

كما تحتوى مياه الصرف الصحى على مركبات عضوية ضارة مثل المبيدات الحشرية الزراعية والمواد الفينولية والمنظفات الصناعية وغيرها ، وهناك عدة إختبارات أساسية لتحديد درجة تركيز الملوثات العضوية لمياه الصرف الصحى نوجزها فيما يلى :

أ – الإحتياج الأكسجينى الحيوى ($BOD_5$).

ب – الإحتياج الأكسجينى الكيميائى (COD).

جـ – الكربون العضوى الكلى ( TOC).

د – الإحتياج الأكسجين الكلى (TOD).

وتوضح الجداول أرقام (٣-١) ، (٣-٢) ، (٣-٣) خواص مياه الصرف الصحى الخام من التجمعات السكانية المختلفة.

## جدول رقم (٣-١)

## محتويات مياه المخلفات السائلة فى ظروف القرى المصرية

| المحتوى | نوعية المخلفات السائلة ودرجة التركيز | | | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|
| | شديدة | متوسطة | ضعيفة | |
| اللون | أسود داكن | أسود | مائلة إلى السواد | |
| الأكسجين الذائب DO | صفر | صفر | صفر | |
| الأكسجين الحيوى الممتص ($BOD_5$) مجم / لتر | ١٢٠٠ | ٨٠٠ | ٦٥٠ | |
| الأكسجين الكيميائى الممتص (COD) مجم / لتر | ١٧٠٠ | ١٥٠٠ | ١٢٠٠ | |
| المواد الصلبة الكلية مجم / لتر (T.S.) | ٢٢٠٠ | ١٨٠٠ | ١٤٠٠ | |
| المواد العالقة( S.S ) مجم / لتر | ٨٥٠ | ٦٠٠ | ٥٠٠ | |
| المواد الذائبة مجم / لتر (D.S) | ١٣٥٠ | ١٢٠٠ | ٩٠٠ | |
| المواد المترسبة مجم/لتر | ٧٠ | ٥٥ | ٣٥ | |
| المواد الكربونية العضوية ( TOC ) مجم / لتر | ٥٠٠ | ٣٠٠ | ١٩٠ | |
| النتروجين الكلى مجم / لتر $N_{total}$ | ١١٠ | ٩٠ | ٦٠ | |
| الفوسفور مجم / لتر $P_{total}$ | ٣٥ | ٢٥ | ١٥ | |
| الكلوريدات مجم / لتر | ٢٠٠ | ١٥٠ | ١٠٠ | |
| الزيوت والشحوم مجم / لتر | ١٠٠ | ٧٠ | ٥٠ | |
| القلويات مجم / لتر ( $Ca\ Co_3$ ) Alkalinity as | ٢٠٠ | ١٠٠ | ٧٠ | |
| البكتريا المسببة للأمراض ( MPN) Total Fecal Coliform | $١٠\times١٥^{٨}$ | $١٠\times٨^{٨}$ | $١٠\times٦^{٨}$ | |

## جدول رقم ( ٣-٢ )

## محتويات مياه المخلفات السائلة فى ظروف المدن المصرية المتوسطة

| المحتوى | نوعية المخلفات السائلة ودرجة التركيز | | | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|
| | شديدة | متوسطة | ضعيفة | |
| اللون | أسود داكن | أسود | مائلة إلى السواد | |
| الأكسجين الذائب DO | صفر | | | |
| الأكسجين الحيوى الممتص ($BOD_5$) مجم / لتر | ٤٥٠ | ٣٣٠ | ٢٨٠ | |
| الأكسجين الكيميائى الممتص (COD) مجم / لتر | ١٢٠٠ | ٧٠٠ | ٦٠٠ | |
| المواد الصلبة الكلية مجم / لتر (T.S.) | ١٨٠٠ | ١٢٠٠ | ٧٠٠ | |
| المواد العالقة( S.S ) مجم / لتر | ٦٠٠ | ٤٥٠ | ٣٥٠ | |
| المواد الذائبة مجم / لتر (D.S) | ١٢٠٠ | ٧٥٠ | ٣٥٠ | |
| المواد المترسبة مجم / لتر | ٤٠ | ٣٠ | ٢٠ | |
| المواد الكربونية العضوية ( TOC ) مجم / لتر | ٣٨٠ | ٢٨٠ | ١٩٠ | |
| النتروجين الكلى مجم / لتر $N_{total}$ | ٩٠ | ٦٠ | ٤٥ | |
| الفوسفور مجم / لتر $P_{total}$ | ٢٥ | ١٥ | ١٠ | |
| الكلوريدات مجم / لتر | ١٧٠ | ١٠٠ | ٥٠ | |
| الزيوت والشحوم مجم / لتر | ١٨٠ | ١٠٠ | ٧٠ | |
| القلويات مجم / لتر ( Alkalinity as ( $Ca\ Co_3$ ) | ٣٠٠ | ١٩٠ | ٧٠ | |
| البكتريا المسببة للأمراض ( MPN) Total Fecal Coliform | $٨×١٠^{٨}$ | $٦×١٠^{٨}$ | $٤×١٠^{٨}$ | |

## جدول رقم ( ٣-٣ )

## محتويات مياه المخلفات السائلة فى ظروف المدن المصرية الكبيرة

| المحتوى | نوعية المخلفات السائلة ودرجة التركيز | | | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|
| | شديدة | متوسطة | ضعيفة | |
| اللون | أسود داكن | أسود | مائلة إلى السواد | |
| الأكسجين الذائب DO | صفر | | | |
| الأكسجين الحيوى الممتص ($BOD_5$) مجم / لتر | ٢٠٠-٢٨٠ | | | |
| الأكسجين الكيميائى الممتص (COD) مجم / لتر | ٤٠٠-٥١٠ | | | |
| المواد الصلبة الكلية مجم / لتر (T.S.) | ٨٠٠-٨٥٠ | | | |
| المواد العالقة( S.S ) مجم / لتر | ١٩٠-٤٤٠ | | | |
| المواد الذائبة مجم / لتر (D.S) | ٤٠٠-٦٠٠ | | | |
| المواد المترسبة مجم / لتر | ١٠ -١٥ | | | |
| الموادالكربونية العضوية ( TOC ) مجم / لتر | ١٥٠-٢٠٠ | | | |
| النتروجين الكلى مجم / لتر $N_{total}$ | ٥٠ -٢٠ | | | |
| الفوسفور مجم / لتر $P_{total}$ | ٥- ١٥ | | | |
| الكلوريدات مجم / لتر | ٣٠-٧٠ | | | |
| الزيوت والشحوم مجم / لتر | ٢٠-٧٠ | | | |
| القلوية مجم / لتر ( $Ca\ Co_3$ ) Alkalinity as | ٥٠ -١٢٠ | | | |
| البكتريا المسببة للأمراض ( MPN) Total Fecal Coliform | $٤\times١٠^{٨}$-$٦\times١٠^{٨}$ | | | |

وباستخدام كل من (COD) ، (BOD) للمياه يتم تقدير حجم الأكسجين اللازم للكائنات لأكسدة المواد العضوية . وتتراوح قيم الإحتياج الأكسجينى الحيوى لمياه الصرف الصحى الخام غير المعالجة من ٢٨٠ ملجم / لتر إلى ١٢٠٠ مجم/لتر ويقدر التركيز المقبول للأكسجين الحيوى (BOD) فى مياه الصرف الصحى المعالجة بحوالى ٣٠ ملجم/لتر كمتوسط شهرى وقد ينخفض إلى ١٠ ملجم / لتر فى بعض البلاد المتشددة فى شروط حماية البيئة.

## ٣ – ٢ تقنيات معالجة مياه الصرف الصحى

تتم إزالة الملوثات الموجودة فى مياه الصرف الصحى من خلال عمليات فيزيائية وكيميائية وبيولوجية ، وتقوم العمليات الفيزيائية بإزالة المواد العالقة ، أما العمليات الكيميائية فيتم فيها تحويل جزء من المواد الذائبة من جراء التفاعلات الكيمائية إلى مواد عالقة يمكن ترسيبها وإزالتها ، ويتركز إستخدام العمليات الحيوية (البيولوجية) فى إزالة المواد العضوية العالقة والذائبة القابلة للتحليل .

وعن طريق تلك العمليات يتم تحويل المواد (العضوية) إلى غازات متطايرة وأنسجة خلايا حيوية تتم إزالتها عن طريق ترسيبها. إضافة إلى ذلك فإن العلميات الحيوية لها دور فى إزالة النيتروجين من المياه الملوثة . وتتبع هذه الطرق عمليات تعقيم مياه الصرف الصحى لإزالة البكتريا والجراثيم المسببة للأمراض .

ويجب أن تحقق طريقة المعالجة كفاءة فى البنود الآتية :

١- نوعية المياه المناسبة لإعادة إستعمالها فى الرى أو إستصلاح الأراضى أو أى غرض آخر.

٢- القضاء على أكبر نسبة من الجراثيم المسببة للأمراض وحجز أكبر نسبة من المواد العضوية والعالقة بحيث لا تتسبب المياه بعد معالجتها فى إنتشار الروائح غير المرغوبة والتأثير على عادات المواطنين وعقائدهم فى حالة التخلص من المياه بعد معالجتها فى المسطحات المائية خاصة فى البلاد التى تنظر إلى مصادر المياه بإحترام وقدسية والتى تستخدم المسطحات المائية فى أغراض حيوية.

٣- التكاليف والموقع المناسب لوحدات المعالجة والعائد المنتظر من إعادة استخدام المياه ومصاريف التشغيل لهذه الأعمال.

٤- إختيار الموقع المناسب لوحدات المعالجة بحيث تكون أعمال الرفع أقل ما يمكن وعلى أن تبعد محطة المعالجة عن المناطق السكنية مسافة لا تقل عن كيلو متر واحد وتكون مساحة الموقع كافية لأى إمتداد أو إضافات لمنشآتها فى المستقبل على أن تشمل مراحل المعالجة مرحلتين أساسيتين:

أ – معالجة طبيعية.

ب – معالجة بيولوجية

وذلك بخلاف ما يمكن أن يضاف من معالجة كيميائية كمرحلة مساعدة ، أو إضافية لزيادة كفاءة المعالجة وتحسين خواص المياه المعالجة.

وتشمل المعالجة الطبيعية حجز المواد الطافية وترسيب المواد التى يمكن ترسيبها فى أحواض حجز الرمال وأحواض الترسيب الإبتدائى فى حدود أسس التصميم ونوعيات المخلفات السائلة وتشمل المعالجة البيولوجية عمليات أكسدة هوائية وتجميع للمواد العضوية بواسطة البكتريا الهوائية ويتم ذلك فى أحواض تهوية أو مرشحات بيولوجية ويتم ترسيب المواد التى تم أكسدتها وتجميعها فى أحواض ترسيب أخرى تلى وحدات المعالجة البيولوجية.

والمعالجة البيولوجية هى فى جوهرها نشاط كيميائى تعمل فيه خلية البكتريا الصغيرة كمفاعل كيميائى يقوم بتحويل العناصر العضوية إلى مكونات غير عضوية.

ويمكن تصنيف تقنيات معالجة مياه الصرف الصحى بطريقة أخرى كما يلى :

١ - المعالجة التمهيدية ( الميكانيكية ).
٢ - المعالجة الإبتدائية ( الطبيعية أو الطبيعية والكيماوية ).
٣ - المعالجة الثانوية ( البيولوجية – الكيميائية ).
٤ - معالجة الحمأة ( المواد المترسبة ).
٥ - المعالجة الثلاثية ( البيولوجية – الكيميائية – الطبيعية ).

وهناك طرق عديدة لمعالجة مياه الصرف الصحى إلا أنه ومن الدراسات السابقة فإن التقنيات التى يمكن استخدامها فى مشاريع الصرف الصحى والتى تلائم ظروف البيئة هى :

**٣ – ٢ – ١ المعالجة التمهيدية**

الهدف من المعالجة التمهيدية هو إزالة المواد الصلبة العالقة غير القابلة للتحلل فى مياه الصرف الصحى وتتم هذه المعالجة فى الوحدات التالية :

**أ – المصافى العادية**

التى تخلص مياه الصرف الصحى من الجوامد الكبيرة الحجم وذلك بحجزها

**ب– المصافى الدقيقة**

التى تخلص مياه الصرف الصحى من الجوامد الصغيرة الحجم وذلك بحجزها.

**جـ– أحواض حجز الرمال والأتربة**

التى تستعمل عادة لإزالة المواد الصلبة غير العضوية كالرمال والأتربة وما شابهها فى مياة الصرف الصحى.

**د- الأحواض المهواه لإزالة الزيوت والشحوم من مياه الصرف الصحى**

هى أحواض تفصل الزيوت والشحوم وفى ذات الوقت تعمل على اعادة تهوية مياه الصرف الصحى قبل الدخول إلى المعالجة التالية:

**٣ – ٢ – ٢ المعالجة الإبتدائية**

الهدف من عملية المعالجة الإبتدائية هو إزالة المواد الصلبة العالقة القابلة للترسيب سواء كانت عضوية أو غير عضوية ، وتتم هذه المعالجة فى أحواض الترسيب التى تستعمل لحجز المواد الصلبة ذات الوزن النوعى الأكبر من ١,٠٠ أما المواد ذات الوزن النوعى الأقل من ١,٠٠ فتطفو على سطح أحواض الترسيب ، وتوجد ثلاثة أشكال رئيسية لأحواض الترسيب وهى :

١ – أحواض الترسيب أفقية الحركة ذات الشكل المستطيل والتى تتم حركة المياه فيها بشكل أفقى من بداية الحوض إلى نهايته.

٢ – أحواض الترسيب رأسية الحركة والتى تتم حركة المياه فيها بشكل أفقى من مركز حوض الترسيب إلى محيطة وتنفذ هذه الأحواض بشكل دائرى أو بشكل مربع فى بعض الأحوال.

٣ – أحواض الترسيب الرأسية الحركة والتى تتم حركة المياه فيها من أسفل إلى أعلى.

٤ – ويمكن للمعالجة الإبتدائية ( الميكانيكية ) هذه أن تزيل تقريباً نسبة ٦٠-٧٠% تقريباً من المواد العالقة ويتسبب فى إنخفاضات فى الأكجسين الحيوى الممتص من مياه الصرف الصحى بنسبة ٢٠-٣٠%.

**٣-٢-٣ المعالجة الكيماوية**

تتم هذه المعالجة بإضافة المواد الكيميائية التى تتفاعل مع المواد العالقة والهلامية وبعض المواد القابلة للتحلل الموجودة فى مياه الصرف الصحى مكونة مواد غير ضارة قابلة للترسيب فى أحواض الترسيب ، ولإجراء المعالجة الكيميائية يلزم وجود الوحدات التالية:

أ – مستودعات حفظ وتحضير المواد الكيميائية.

ب – أحواض المزج السريع التى يتم فيها خلط مياه الصرف الصحى مع هذه المواد الكيميائية.

جـ– أحواض الترويب التى يتم فيها خلط المواد العضوية مع المواد العالقة والهلامية الموجودة فى مياه الصرف الصحى.

د– أحواض الترسيب ويتم ترسيب المواد الناتجة عن هذه التفاعلات.

وتستعمل الطرق الكيميائية بشكل رئيسى لمعالجة المخلفات السائلة الصناعية ، ويمكن إجراء المعالجة الكيميائية بإمرار تيار كهربائى خلال مياه الصرف الصحى يسبب تحلل المياه إلى أيونات موجبة وأخرى سالبة ، فتتنقل الأيونات الموجبة إلى القطب السالب وتنتقل

الأيونات السالبة إلى القطب الموجب فتشكل الأيونات فيما بينها مع القطب الكهربائى مواد جديدة ، فإذا كانت المهابط المستعملة من الحديد ، تتكون نتيجة هذا التحلل مركب الحديد الثلاثى المائى ($Fe(OH)_3$ ) الذى يعمل كمادة مروبة تسرع بعملية ترسيب المواد العالقة وبهذه المعالجة تدخل المياه إلى أحواض الترسيب فيتم ترسيب المواد الصلبة الناتجة من التفاعلات الكيميائية إلى القاع بسهولة.

ويمكن أن تستعمل طرق المعالجة الكيميائية والميكانيكية كمرحلة وحيدة من مراحل المعالجة أو كمرحلة ابتدائية للمعالجة قبل المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحى.

**٣-٢-٤ المعالجة الثانوية**

تحتوى مياه الصرف الصحى على بكتريا وديدان وفيروسات تصنف حسب العائل ، وتعتبر المصدر الرئيسى للكائنات الحية المسببة للأمراض مثل الدوسنتاريا والإسهال والكوليرا إضافة إلى ذلك تحتوى أمعاء الإنسان على أعداد هائلة من البكتريا تعرف باسم بكتريا القولون ويتخلص الانسان يوميا من أعداد تتراوح ما بين ١٠٠ إلى ٤٠٠ مليون إضافة إلى أنواع أخرى من البكتريا ، وتعد هذه الكائنات غير ضارة للإنسان بل نافعة فى التخلص من المواد العضوية أثناء عمليات المعالجة الحيوية لمياه الصرف الصحى.

ونظراً لأن أعداد الكائنات الحية الدقيقة الموجودة فى مياه الصرف الصحى والمسببة للأمراض قليلة ويصعب عزلها ، فإن بكتريا القولون نظراً لوجودها بأعداد هائلة فى مياه الصرف الصحى يمكن استخدامها ككائن حى للدلالة على مدى تلوث المياه المسببة للمرض.

ويمكن قياس المواد العضوية عن طريق قياس متطلبات الأكسجين الكيميائى (COD) والحيـــوى ($BOD_5$) ، وكلما زادت كمية الأكسجين الكيميائى والحيوى دل ذلك على تركيز عالى للمواد العضوية، وعليه فإن إزالة المواد العضوية يتم من خلال تخفيف متطلبات الأكسجين الكيميائى والحيوى بيولوجيا بأستخدام كائنات دقيقة مختلفة أهمها البكتريا ، ويتم إستخدام تلك الكائنات الحية فى تحويل المواد العضوية العالقة والذائبة إلى غازات مختلفة وأنسجة خلايا ، ونظرا لأن تلك الأنسجة أثقل من الماء فإنه يمكن إزالتها عن طريق الترسيب بالجاذبية.

ومن أجل الحصول على معالجة بيولوجية فإنه لابد من توفير البيئة المناسبة لنمو وتكاثر البكتريا ، ويتم التكاثر عادة عن طريق الإنشطار والتزاوج وعن طريق التبرعم ، كما أنه من المعلوم أن البكتريا لا يمكن أن تستمر فى عملية الأنقسام إلى مالا نهاية.

كذلك يعتمد التكاثر على عوامل مختلفة من أهمها توفر الغذاء اللازم ودرجة الحرارة والرقم الهيدروجينى ونوعية المعالجة (هوائية / لا هوائية) وتتم عملية تحويل المواد العضوية من خلال أكسدتها إلى منتجات نهائية . وهذه العملية تتم خلال الحصول على الطاقة الضرورية لإنشاء خلايا جديدة . ومع غياب المواد العضوية فإن الخلايا تتحلل إلى غازات ومتطلبات طاقة لبقاء النوع وتلك الخطوات فى المعالجة تتم بالتتابع أو فى نفس الوقت.

**٣-٢-٤-١ عملية الأكسدة**

أنظر (شكل ٣-١) حيث يتم أكسدة المواد العضوية طبقاً للمعادلة التالية :

مواد عضوية + أكسجين + بكتريا ⟵ ثانى أكسيد الكربون + نشادر + طاقة + نواتج أخرى .

**٣-٢-٤-٢ عملية التشييد**

مواد عضوية + أكسجين + بكتريا + طاقة ⟵ خلايا بكترية جديدة .

**٣-٢-٤-٣ عملية التنفس الذاتى**

خلايا بكتيرية + أكسجين ← ثانى أكسيد الكربون + نشادر + ماء + طاقة + نواتج أخرى.

وبالإمكان التحكم فى العوامل البيئية ذات العلاقة بنمو وتكاثر البكتريا من خلال النقاط التالية:

- التحكم فى الرقم الهيدروجينى لمياه الصرف الصحى (من ٦ إلى ٨).
- التحكم فى درجة حرارة مياه الصرف الصحى (حوالى ٣٦°م)
- إضافة بعض المواد الغذائية الضرورية أى التحكم فى العلاقة (F/M) وهى علاقة بين قيمة المواد الغذائية فى مياه الصرف الصحى (مواد عضوية) وأعداد البكتريا فى مياه الصرف الصحى .
- التحكم فى معدل الأكسجين الذائب فى مياه الصرف الصحى واللازم لعملية الأكسدة.
- إجراء خلط ملائم للمواد العضوية فى مياه الصرف الصحى.

**٣-٢-٤-٤ الإستنبات المعلق (الحمأة المنشطة)**

أنظر شكل (٣-٢) حيث تعتبر عملية الحمأة المنشطة من أشهر العمليات فى هذه النظم وقد أكتسبت هذه العملية هذا الإسم نتيجة تعلقها بإنتاج كتلة نشطة من الأحياء الدقيقة قادرة على تثبيت المخلفات وتتلخص هذه العملية فى ضخ مياه الصرف الصحى المعالجة أبتدائياً والمحتوية على مواد عضوية فى خزان تهوية يحتوى على بكتريا من النوع سالب الجرام

Gram negative وتقوم البكتريا الموجودة فى الخزان بتحويل المواد العضوية إلى مواد بسيطة كما تم شرحـــه (العمليات الثلاث السابقة). ويتم التحكم فى العوامل البيئية فى الخزان عن طريق استخدام الهواء المضغوط او التهوية الميكانيكية التى تضمن تأمين خلط مستمر للمحتويات ، وبعد فترة محددة من الزمن تتراوح ما بين ٦-١٢ ساعة يتم ضخ المخلوط الذى يحتوى على خلايا جديدة إلى أحواض ترسيب ، حيث يتم فصل الخلايا المترسبة عن الماء ، ويتم تدوير وإعادة جزء من الخلايا المترسبة (الحمأة) إلى خزان التهوية من أجل الحفاظ على التركيز المطلوب من الكائنات فى خزان التهوية ، أما المتبقى فيتم التخلص منه ، وتعتمد درجة تركيز الكتلة الحيوية فىخزان التهوية على الفاعلية المطلوبة فى المعالجة وكذلك أمور أخرى تتعلق بتكاثر الأحياء الدقيقة مثل درجة الحرارة والرقم الهيدروجينى ووجود العناصر الضارة.

**٣-٢-٤-٥ النمو الملتصق (المرشحات الزلطية)**

أنظر شكل (٣-٣) حيث تعمل هذه النظم على أساس التصاق الكائنات الحية بوسط يسمح بتحليل المواد العضوية عند مرور مياه الصرف الصحى عليه ، ومن أمثلة هذه النظم عملية المرشح بالتنقيط وهو عبارة عن خزان يحتوى على مواد مثل الصخر تمر المياه من خلالها ثم تقوم الكائنات الحية بالألتصاق بها ، ويتراوح قطر الصخر المستخدم بين ٢٥ إلى ١٠٠ مم أما المرشح فيتراوح ما بين ٠,٩ إلى ٢,٥ من المتر وقد يصل إلى أكثر من ٥ أمتار فى المرشحات البرجية حسب التصميم المطلوب.

وتقوم الشرائح الحيوية وهى عبارة عن طبقة الكائنات الحية الملتصقة بالوسط بإمتصاص المواد العضوية الموجودة فى مياه الصرف ويتم تحليل المواد العضوية من قبل الكائنات الحية الهوائية فى الأجزاء الخارجية من تلك الشرائح ، ومع نمو وتكاثر الكائنات الحية فإن سمك الشرائح يزداد وبالتالى فإن الأكسجين يتم إستهلاكه قبل وصوله إلى داخل الطبقة وعندئذ تكون هناك بيئة لاهوائية قريبة من سطح محتويات المرشح ، وبزيادة سمك طبقات المادة اللزجة فى الشرائح فإن المواد العضوية التى تم امتصاصها يتم استهلاكها عن طريق الكائنات الحية البعيدة عن سطح محتويات المرشح ولا تصل إلى الكائنات الحية القريبة من سطح محتويات المرشح ، ونتيجة لذلك فإن تلك الكائنات الحية تكون فى مرحلة الموت وتفقد مقدرتها على الالتصاق ، ومن ثم تتم إزالتها مع السائل ويبدأ بعد ذلك تكون طبقة أخرى وهكذا.

**٣-٢-٤-٦ المستنقعات والبرك (بحيرات التثبيت أو بحيرات الأكسدة الطبيعية)**

أنظر شكل (٣-٤) حيث تتم معالجة مياه الصرف الصحى فى هذه النظم من خلال استخدام برك ضحلة يتم وضع مياه الصرف الصحى فيها لفترة زمنية بحيث يتم تعريض هذه المياه لعمليات المعالجة الطبيعية ليتم تحقيق المعالجة المطلوبة ، وتختلف المستنقعات عن البرك وذلك أن المستنقعات يضاف إليها الأكسجين عن طريق التهوية الأصطناعية وتقوم البكتريا الهوائية بتحليل المواد العضوية فى الطبقة العليا من البركة متخذة من الطحالب وكذلك الأكسجين الجوى مصدراً للأكسجين ، وفى الجزء السفلى يتم تحليل المواد العضوية عن طريق البكتريا اللاهوائية ، وتعتمد فاعلية البرك على الرياح والخلط الذى يتم وكذلك على درجة حرارة الجو ، لذلك فإن استخدام هذا النوع من المعالجة محدود ويقتصر على مناطق معينة فى القرى أو المدن الصغيرة ذات المساحات المتوفرة أو القريبة من الصحراء.

ونتيجة للجهود الكبيرة فى مجال حماية البيئة من التلوث ، فقد تم الوصول إلى ما يلى:

١ - زيادة فهم الأثر البيئى الناتج عن صرف كميات كبيرة من المياه الملوثة غير المعالجة أو التى تمت معالجتها جزئيا.
٢ - تطور المعرفة فى تأثير المواد الملوثة والموجودة فى مياه الصرف الصحى على البيئة على المدى الطويل.
٣ - زيادة معرفة فى مجالات المعالجة الكيميائية والبيولوجية والميكروبيولوجية.
٤ - المحافظة على المصادر الطبيعية للمياه وإعادة تدوير المياه الملوثة بعد تنقيتها أى إعادة استخدام فائض محطات مياه الصرف الصحى.
٥ - توسيع المعرفة فى اساسيات كفاءة الطرق المختلفة المستخدمة فى معالجة مياه الصرف الصحى.

ومن ثم يجب تحديد درجة المعالجة المطلوبة حتى تلائم القوانين والمعايير والشروط اللازمة للتخلص من فائض محطات معالجة مياه الصرف الصحى بعد معالجتها.

ويوضح الجدول رقم (٣-٤) التالى الخطوط العريضة لخصائص فائض محطات معالجة مياه الصرف الصحى. أما نوعية التلوث فى مياه الصرف الصحى ووحدات المعالجة المناسبة للتخلص منه فمبينة بالجدول رقم (٣-٥) .

**جدول (٣-٤) : الخطوط العريضة لخصائص فائض محطات معالجة مياه الصرف الصحى**

| خصائص السيب ( الفائض ) | معايير السيب طبقاً للقانون | |
|---|---|---|
| | المتوسط الشهرى | المتوسط الأسبوعى |
| $BOD_5$ (مجم / ل) | ٣٠ | ٤٥ |
| S.S (مجم / ل) | ٣٠ | ٤٥ |
| pH (وحدة pH) | ٦ - ٩ | ٦ - ٩ |

### ٣-٢-٥ معالجة الحمأة

تتم معالجة المواد الصلبة المترسبة من المعالجة بالتركيز والتخمير والتجفيف وتتم عملية التركيز فى أحواض التحليل التى تتألف من أحواض ترسيب أفقية الحركة ، التى يتم فيها حفظ الحمأة المترسبة لمدة طويلة ، فيسبب هذا الحفظ فى تحلل المواد العضوية. ويمكن أن تجرى هذه المعالجة فى أحواض التحليل ذات الطابقين أى فى أحواض إمهوف وترافس فيستعمل الطابق العلوى للترسيب والسفلى لتخمير المواد المترسبة، وقد نستعيض عن أحواض التحليل ذات الطابق الواحد أو ذات الطابقين بأحواض التكثيف ثم تنقل الحمأة المترسبة مرتين فى اليوم إلى أحواض خاصة للتخمير يتم فيها تدفئة الحمأة وتحريكها بإستمرار .

وتؤخذ الحمأة من أحواض ترافس أو إمهوف أو أحواض التحليل أو أحواض التخمير إلى أحواض خاصة قليلة العمق يتم فيها تجفيف الحمأة ومن ثم يمكن استعمالها كسماد جيد.

ويمكن أيضا أن تتم إزالة رطوبة الحمأة المعالجة فى أحواض التخمير أو التحليل بشكل أصطناعى وذلك بالتجفيف حراريا أو بواسطة القوى الطاردة فى أجهزة الطرد المركزى.

### ٣-٢-٦ المعالجة الثلاثية

هى معالجة متقدمة لإزالة الأملاح والمواد غير العضوية الذائبة من مياه الصرف وهى باهظة التكلفة ولذا لا تطبق إلا فى أضيق الحدود وحين الحاجة إليها ومن أمثله وحدات المعالجة الثلاثية التبادل الأيونى والأغشية والتناضح العكسى وغيره .

## جدول رقم ( ٣-٥ )

## نوعية التلوث فى مياه الصرف الصحى ووحدات المعالجة المناسبة

| رقم | نوعية التلوث | وحدات عمليات إزالة التلوث |
|---|---|---|
| ٢ | المواد العضوية القابلة للأكسدة بيولوجيا | ١- الحمأة المنشطة بأنواعها<br>• الطريقة التقليدية<br>• التهوية على مراحل<br>• التثبيت بالتلامس<br>• التهوية الممتدة<br>• قنوات الأكسدة<br>٢- المرشحات الزلطية بأنواعها المختلفة (بطيئة المعدل – سريعة المعدل )<br>٣- الأقراص الدوارة<br>٤- بحيرات الأكسدة الطبيعية والمهواه<br>٥- الترشيح الرملى<br>٦-الترشيح فى التربة<br>٧- الطرق الطبيعية والكيميائية |
| ٣ | البكتريا عموما والممرضة خصوصا | ١- الكلور<br>٢- الهيبوكلورين<br>٣- الأوزون<br>٤- الترشيح فى التربة الطبيعية |
| ٤ | النتريت ( النتروجين ) | ١- الاستنبات المعلق ( الحمأة المنشطة )<br>٢- النمو الملتصق ( المرشحات الزلطية )<br>٣- التأزيت وإزالة التأزت<br>٤- الأمونيا<br>٥- التبادل الأيونى<br>٦- الكلور ( بعد نقطة الإنكسار )<br>٧- الترشيح فى التربة الطبيعية |
| ٥- | الفوسفور | ١- إضافة أملاح الألومنيوم أو الحديد ثم الترسيب<br>٢- إضافة مواد التجلط والجير ثم الترسيب<br>٣- المعالجة البيولوجية والكيميائية<br>٤- الترشيح فى التربة الطبيعية |
| ٦ | المواد العضوية غير القابلة للتحلل | ١- الإمتزاز السطحى بالفحم<br>٢- المعالجة الإضافية بالأوزون<br>٣- الترشيح فى التربة |
| ٧ | الأملاح الذائبة | ١- التبادل الأيونى<br>٢- الضغط الإسموزى<br>٣- التحليل الكهربى |
| ٨ | المعادن الثقيلة | ١- الترسيب الكيميائى<br>٢- التبادل الأيونى<br>٣- الترشيح فى التربة الطبيعية |

## ٣ – ٣ إختيار طريقة المعالجة

يعتمد إختيار طريقة المعالجة على مجموعة من العوامل التى سوف يتم دراستها وهى كالتالى:

١ – عدد السكان المخدومين.

٢ – كمية ونوعية مياه الصرف الصحى وهل هى مياه صرف صحى فقط أم مياه صرف صحى مخلوطة بمياه صرف صناعى.

٣ – تصرف المخلفات السائلة الصناعية بالنسبة للتصرفات فى شبكة الصرف.

٤ – إسلوب التخلص من المياه المعالجة والحمأة.

٥ – مدى الإحتياج لإعادة إستخدام المياه المعالجة والحمأة الناتجة فى الزراعة والرى.

٦ – حماية الأراضى والمياه القديمة والمالحة فى الأنهار والبحار.

٧ – مدى الحاجة لحماية البيئة المحلية.

٨ – الحصول على خواص معينة للمياه المعالجة.

٩ – العوامل المناخية ، درجة الحرارة ، سطوع الشمس ، سقوط الأمطار والرياح.

١٠– تكاليف الأرض.

١١– مدى توافر العمالة الماهرة للتشغيل والصيانة وتكاليفها.

١٢– مدى مطابقة الشروط الصحية.

١٣– الأمان والمعرفة لطريقة المعالجة.

١٤– مدى توافر الإعتمادات المالية.

## ٣–٤ الشروط الفنية الواجب مراعاتها فى اختيار النظم العامة للمعالجة

هناك بعض الأسس المقترح مراعاتها عند اختيار الأسلوب المناسب للمعالجة ومنها:

١ – مراعاة النواحى الهندسية والبيئية شاملة تفاصيل التنفيذ والتشغيل مع الربط بين أجزاء مراحل تشغيل وحدات المعالجة للحصول على نظام إقتصادى مناسب.

٢ – أن يكون التصميم على أقصى أحمال يوميه.

٣ – مراجعة أسس التصميم لكل وحدة معالجة للتأكد من أن مقاساتها فى الحدود المقبولة.

٤ – لابد من دراسة تحليلية إقتصادية قبل إختيار نظام المعالجة شاملة رأس المال وتكاليف التشغيل والصيانة ومدى تأثير النظام على الطرق الأخرى.

٥ – مراعاه الإقتصاد فى التنفيذ والإنشاء والتشطيبات المعمارية.

٦ – التشغيل المركزى لأعمال المعالجة.

٧ - الحصول على أفضل عدد وحجم للمعدات المستعملة.

## ٣ - ٥ اختيار أنسب طرق المعالجة

كما ذكر سابقا هناك عدة طرق لمعالجة مياه الصرف الصحى منها على سبيل المثال :

١ - الوحدات النقالى.
٢ - طريقة الحمأة المنشطة.
٣ - المرشحات الزلطية.
٤ - طريقة الحمأة بالتهوية الممتدة مثل نظام قنوات الأكسدة.
٥ - البرك المهواه .
٦ - برك التثبيت (الأكسدة) الطبيعية تحتوى على خزان لاهوائى.
٧ - برك التثبيت (الأكسدة) الطبيعية لا تحتوى على خزان لاهوائى

وهناك العديد من الطرق لم تذكر هنا حيث أن الطرق التى تم ذكرها هى طرق يمكن إستخدامها فى مصر حيث أنها تلائم التصرفات المتاحة ومدى تلوث البيئة والمناخ السائد وحتى يكون الاختيار صحيحاً سوف يتم عمل مقارنة بين هذه الطرق من حيث :

١ - قدرة المحطة على إزالة المواد العضوية ($BOD_5$).
٢ - قدرة المحطة على إزالة الميكروبات المسببة للأمراض.
٣ - قدرة المحطة على إزالة المواد الصلبة العالقة (S.S).
٤ - قدرة المحطة على إزالة الديدان المعوية.
٥ - قدرة المحطة على إزالة الفيروسات.
٦ - إمكانية إعادة إستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة.
٧ - إمكانية الإستفادة من مياه الصرف الصحى المعالجة فى رى الأشجار والمزروعات وتربية الأسماك.
٨ - طريقة الإنشاء بتكلفة بسيطة.
٩ - مساحة الأرض المطلوبة للإنشاء.
١٠- تكلفة وسهولة التشغيل.
١١- تكلفة الطاقة المطلوبة لإدارة المحطة.
١٢- تقليل كمية الحمأة المطلوب إزالتها وكذلك معالجاتها كما هو موضح بالجدول (٣-٦).

كما أن الجدول رقم (٣-٧) يوضح المقارنة بين الطرق المختلفة لمعالجة المخلفات السائلة.

## ٣-٦ التصرفات الحالية والمتوقعة لمياه الصرف الصحى المعالجة بعد الإنتهاء من مشروعات الصرف الصحى الجارى تنفيذها

ويعرض الجدول رقم (٣-٦) طرق معالجة رواسب الصرف الصحى والوحدات المناسبة لمعالجتها.

يوضح الجدول رقم (٣-٨) تصرفات محطات معالجة مياه الصرف الصحى القائمة حالياً والتى يمكن الإستفادة من هذة المياه فى أغراض الزراعة . كما يوضح الجدول التصرفات المتوقعة بعد الإنتهاء من المشروعات الجارى تنفيذها والتوسعات المستقبلية.

## جدول رقم (٣ – ٦)

## طرق معالجة رواسب الصرف الصحى والوحدات المناسبة

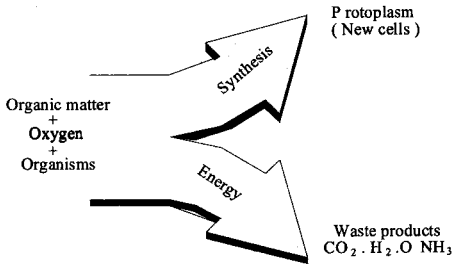
| رقم | طرق المعالجة | وحدات المعالجة المناسبة |
|---|---|---|
| ١ | المعالجة التمهيدية | ١- الضخ والطحن<br>٢- التجانس والتخزين |
| ٢ | التكثيف | ١- التكثيف<br>٢- التكثيف بالتعويم<br>٣- التكثيف بالطرد المركزى |
| ٣ | التثبيت | ١-الأكسدة بالكلور<br>٢- التثبيت بالجير<br>٣- التخمر اللاهوائى<br>٤- التخمر الهوائى<br>٥- التخمر الهوائى بالأكسجين النقى<br>٦- التثبيت الحرارى |
| ٤ | التعقيم | الطرق المختلفة للتعقيم |
| ٥ | التحسين | ١- التحسين الكيميائى<br>٢- التحسين بالغسيل |
| ٦ | سحب المياه | ١- القوة الطاردة المركزية<br>٢- مرشحات الخلخلة<br>٣- مرشحات الضغط<br>٤- السير الضاغط<br>٥- أحواض التجفيف<br>٦- البحيرات والبرك |
| ٧ | التجفيف | المجففات المختلفة |
| ٨ | التحلل | ١- التحلل الطبيعى<br>٢- التحلل الزائد بمساعدة مواد أخرى |
| ٩ | التقليل الحرارى | ١- الفرن متعدد المحارق<br>٢- التسييل<br>٣- الحرق الوميضى<br>٤- التحلل الحرارى<br>٥- الهواء الرطب |
| ١٠ | التخلص واستخدام الحمأة (الاستعادة والتدوير) | ١- الردم<br>٢- النشر على سطح الأرض<br>٣- الكمر<br>٤- استخدامها كسماد<br>٥-الحرق |

## الجدول ( ٣-٧ ) يوضح المقارنات بين أنظمة المعالجة المختلفة

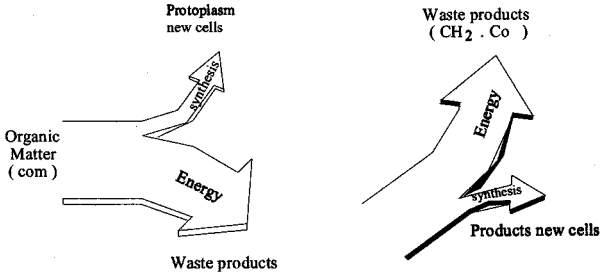
| المعالجة / الصفة | برك التثبيت بالأكسدة الطبيعية تحتوى على خزان لاهوائى | برك التثبيت بالأكسدة الطبيعية بدون خزان لاهوائى | برك الأكسدة المهواه | معالجة بالحمأة المنشطة بالتهوية الممتدة نظام قنوات الأكسدة | معالجة بالحمأة المنشطة بالتهوية الممتدة | معالجة بالمرشحات الزلطية أو البيوفلتر | معالجة بالحمأة المنشطة (التقليدية) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| قدرة المحطة على إزالة $BOD_5$ | ممتاز | ممتاز | ممتاز | ممتاز | ممتاز | ممتاز | ممتاز |
| قدرة المحطة على إزالة البكتريا المسببة للأمراض | ممتاز | ممتاز | ممتاز | ممتاز باستخدام الكلور | ممتاز باستخدام الكلور | ممتاز باستخدام الكلور بكميات كبيرة | ممتاز باستخدام الكلور |
| قدرة المحطة على إزالة S.S | جيدة | جيدة | جيدة | ممتاز | ممتاز | ممتاز | ممتاز |
| قدرة المحطة على إزالة الديدان المعوية | ممتاز | ممتاز | ممتاز | متوسطة | متوسطة | ضعيفة | متوسطة |
| قدرة المحطة على إزالة الفيروسات | ممتاز | ممتاز | ممتاز | متوسطة | متوسطة | ضعيفة | متوسطة |
| إمكانية إعادة استخدام مياه المجارى المعالجة | ممتاز | ممتاز | ممتاز | جيد جدا | ضعيفة | ضعيفة | ضعيفة |
| طريقة إنشاء تكلفة بسيطة | ممتاز | ممتاز | ممتاز | متوسطة | متوسطة | ضعيفة | متوسطة |
| تكلفة الصيانة وسهولة التشغيل | قليلة جدا | قليلة جدا | قليلة | متوسطة | متوسطة | متوسطة | عالية |
| تكلفة الطاقة المطلوبة لإدارة المحطة | قليلة جدا | قليلة جدا | عالية | متوسطة | متوسطة | متوسطة | عالية |
| مساحة الأرض المطلوبة | كبيرة جداً | كبيرة جدا | متوسطة | صغيرة | صغيرة | متوسطة | صغيرة |
| تكلفة الحمأة المطلوب إزالتها | قليلة جدا | قليلة جدا | قليلة | متوسطة | متوسطة | كبيرة | كبيرة |
| إمكانية الإستفادة من مياه الصرف الصحى المعالجة فى تربية الأسماك | ممتازة | ممتازة | ممتازة | ضعيفة | ضعيفة | ضعيفة | ضعيفة |

## جدول رقم ( ٣-٨ )
## تصرفات محطات معالجة مياه الصرف الصحى
## القائمة فى بعض محافظات مصر

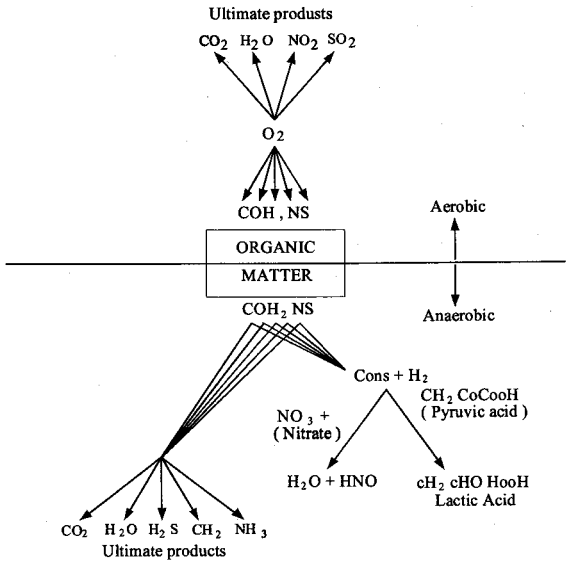
| المحافظة | إجمالى التصرفات ألف م$^3$ / يوم | |
|---|---|---|
| | مشروعات منفذة | مشروعات جارى تنفيذها |
| دمياط | ٢١٥ | ١٢٧ |
| كفر الشيخ | ١٥٨ | ١٨,٥ |
| الدقهلية | ٤٧٥ | ١٣٨ |
| الشرقية | ٣٧٢ | ٢٩٠ |
| القليوبية | ٢١٧ | ٢٠٥ |
| المنوفية | ٢٧١ | ١٥٦ |
| الغربية | ٤٠٥ | ١٦١ |
| البحيرة | ٢٩٩ | ١٦٦ |
| مدن القناة ( الإسماعيلية – السويس ) | ٥٠٥ | ٤٧٥ |
| بورسعيد | – | – |
| الجيزة | ٦٠ | ٦٠ |
| الفيوم | ١٣٢ | ٩٢ |
| بنى سويف | ١١٠ | ١٠ |
| المنيا | ١٨٢ | ١٦٢ |
| سوهاج | ٣٠٠ | ٢٧٨ |
| قنا | ١٩٢ | ١٧٩ |
| أسيوط | ٢٤٥ | ١٨٥ |
| اسوان | ٧٨ | ٣٥ |
| البحر الأحمر | ٦٠ | ٦٠ |
| مطروح | ٤٠ | ٢٥ |



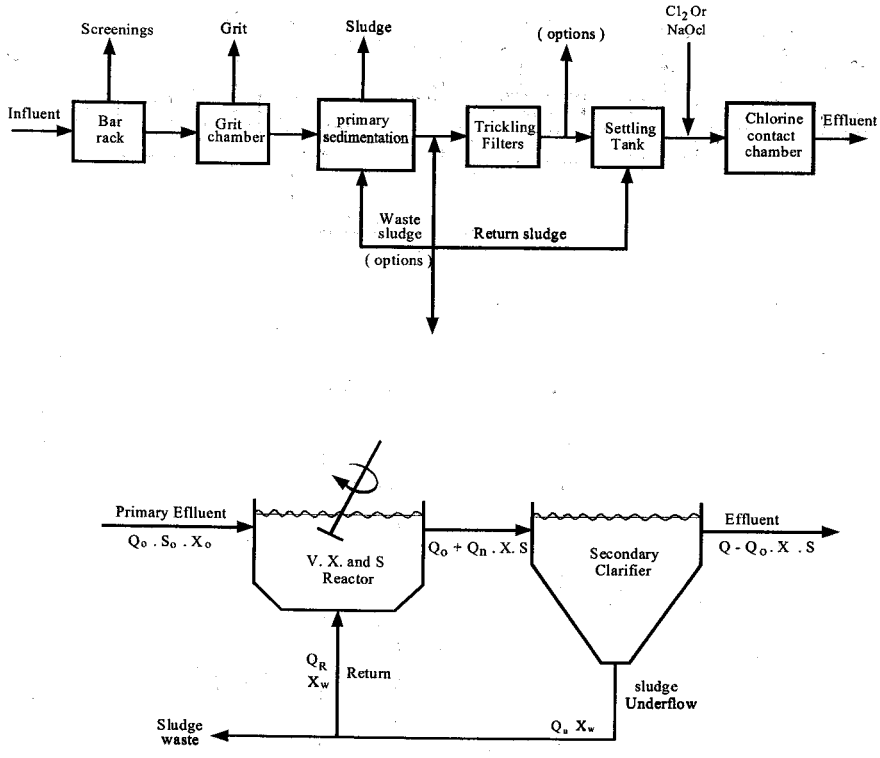

AEROPIC METABOLISM OF ORGANIC MATTER



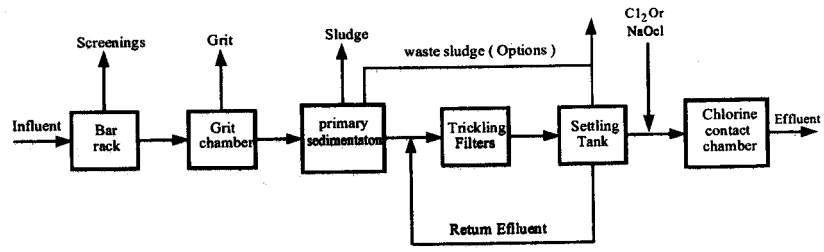

ANAEROBIC METABOLISM OF ORGANIC MATTER

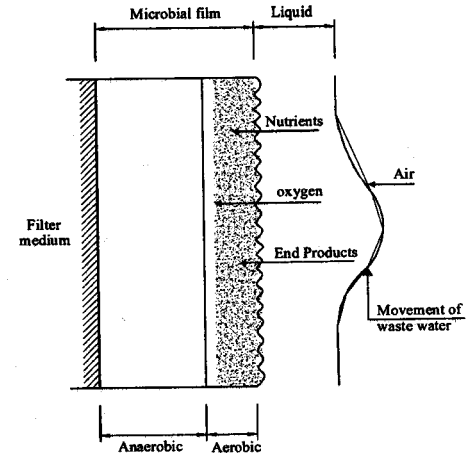



**شكل رقم (٣-١) عمليات نمو وتكاثر البكتيريا**

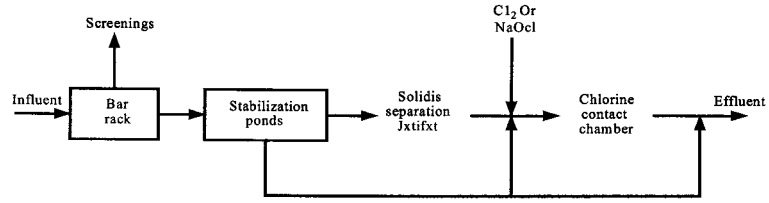


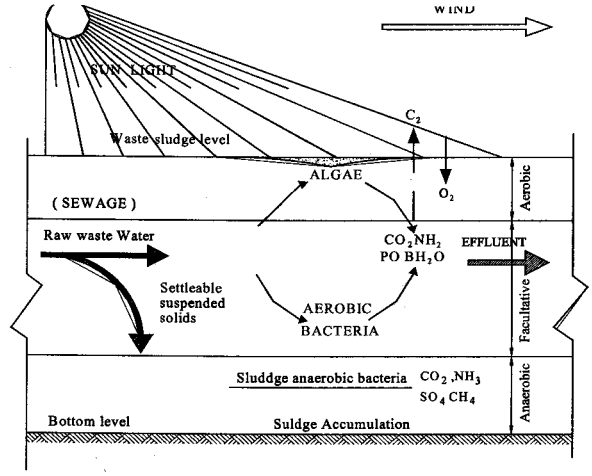

**شكل رقم (٣-٢) نظم الإستنبات المعلق (الحمأة المنشطة)**
**لمعالجة مياه الصرف الصحى**




**شكل رقم (٣-٣) مخطط يوضح المعالجة البيولوجية فى مرشحات التنقيط**




**شكل رقم (٣-٤) نظام معالجة مياه الصرف الصحى**
**بإستخدام بحيرات الأكسدة الطبيعية**

# الباب الرابع

# الخواص الطبيعية والكيميائية والبيولوجية لمياة الصرف الصحى

## ٤-١ مقدمـــة

الغرض الرئيسى من عملية المعالجة هو الحصول على مياه بمعايير معينة تجعل المخاطر التى تتعرض لها الصحة العامة والبيئة فى المستوى المناسب والمقبول. ولذلك فإن أنسب طرق معالجة مياه الصرف الصحى هى التى توفر وتضمن مياها بالنوعية الكيماوية والميكروبيولوجية المطلوبة لإستعمالات معينة بتكلفة منخفضة وبأقل قدر من متطلبات التشغيل والصيانة. وبصرف النظر عن نوع وحدات معالجة مياه الصرف الصحى ، فإنها تؤدى إلى تقليل المـواد الصـلبة العضوية العالقة ، وتزيل المحتويات الكيمياوية التى قد تكون لها آثار سمية علـى المحاصـيل وكذلك المكونات البيولوجية ( أى الكائنات الممرضة ) التى تعد أهم مصـادر القلـق بالنسـبة للصحة العامة.

وتتم المعالجة التقليدية على أربعة مستويات :

- **المعالجة التحضيرية** : إزالة الأحجام الكبيرة من المواد الصلبة وغيرها من العوالق الكبيـرة التى تحملها مياه الصرف الصحى.
- **المعالجة الأولية** : إزالة المواد العضوية وغير العضوية القابلة للترسيب والمواد الطافية.
- **المعالجة الثنائية** : إزالة المواد العضوية وغيرها من المواد الصلبة المتبقية بعـد المرحلـة الأولى من المعالجة.
- **المعالجة الثلاثية و/أو المتقدمة** : إزالة مكونات محددة من مياه الصرف الصـحى ، مثـل العناصر الغذائية ، والمعادن الثقيلة التى يتم إزالتها بإستخدام المرحلة الثانية . وعادة ما يـتم فى هذه المرحلة تعقيم المياه بالكلور لتقليل مستوى المكونات البيولوجية.

وتعد مياه الصرف الصحى المعالجة فريدة فى تركيبها، ولذلك يجب لدى أستخدامها فـى أغراض الرى ، مراعاة مكوناتها الفيزيائية والكيماوية والبيولوجية. ويتضمن هذا الفصل عرضا موجزا للمشكلات المرتبطة بذلك ، مع التركيز على الحلول المناسبة لهذه المشكلات ، وبعـض مناهج وطرق الإدراة المتكاملة للتخفيف من حدة هذه المشكلات و/أو التغلب عليها.

## ٤-٢ الخواص الكيماوية والطبيعية لمياه الصرف الصحى

يتضمن جدول (٤-١) بياناً بالمكونات الواجب مراعاتها بالنسبة لمياه الصرف الصحى المعالجة. ونوضح فيما يلى أهم المكونات التى تهم المزارع.

**جدول (٤-١) المكونات الواجب مراعاتها عند معالجة مياه الصرف الصحى وإستخدامها للرى**

| المكونات | المعالم القياسية | دواعى القلق |
|---|---|---|
| المواد الصلبة العالقة | مواد صلبة منها المتطايرة ومنها الثابتة. | يمكن أن تؤدى هذه المواد إلى ترسب الحمأة وعدم التهوية فى حالة صرف مياه الصرف الصحى غير المعالجة فى بيئة مائية ، كما أن كثرة المواد الصلبة العالقة تؤدى إلى إنسداد شبكة الرى. |
| المواد العضوية القابلة للتحلل البيولوجى | كمية الأكسجين التى تستهلكها المواد العضوية عند التأكسد البيولوجى والتأكسد الكيماوى | تتألف أساسا من البروتينيات والكربوهيدرات والدهون ، وإذا تم تصريف هذه المواد فى البيئة فإن تحللها الكيماوى يمكن أن تؤدى إلى إستنزاف الأكسجين المذاب فى المياه المستقبلة لها ، كما يمكن أن تؤدى إلى ظاهرة تعفن هذه المياه.<br>يمكن إنتقال الأمراض المعدية عن طريق الكائنات الممرضة الموجودة فى مياه الصرف الصحى: البكتريا والفيروسات والطفيليات. |
| الكائنات الممرضة | كائنات تستخدم كمؤشرات ومنها البكتريا البرازية | يمكن أنتقال الأمراض المعدية عن طريق الكائنات الممرضة الموجودة فى مياه الصرف الصحى: البكتريا والفيروسات والطفيليات. |
| العناصر الغذائية | نتروجين ، فوسفور ، بوتاسيوم. | النتروجين والفوسفور والبوتاسيوم عناصر غذائية لاغنى عنها لنمو النبات ، ووجودها يزيد من قيمة المياه فى الرى. وعند تصريف النتروجين والفوسفور فى بيئة مائية يمكن أن يؤديا إلى نمو أحياء مائية غير مرغوبة. أما النتروجين فعندما يتم تصريفه بكميات زائدة فى 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 الصحى، وبعض المركبات العضوية سامة للبيئة، وقد يؤدى وجودها فى مياه الصرف الصحى إلى الحد من صلاحيتها للرى. |
| نشاط أيونات الهيدروجين | درجة حموضة أو قلوية الماء (pH) | درجة حموضة أو قلوية مياه الصرف الصحى تؤثر على قدرة المعادن على الذوبان كما تؤثر على قلوية التربة ، وتتراوح هذه الدرجة فى مياه الصرف الصحى الناتجة عن الصرف الصحى المنزلى بين ٦,٥ و ٨,٥ ، ولكنها تختلف كثيرا فى مياه الصرف الصناعى. |
| المعادن الثقيلة | عناصر معينة (مثل الكادميوم، والرصاص ، والنيكل ، والزئبق) | بعض المعادن الثقيلة تتراكم فى البيئة وقد تكون سامة للنبات والحيوان ، وقد يقلل وجودها من صلاحية مياه الصرف الصحى للرى. |
| المواد غير العضوية المذابة | إجمالى المواد الصلبة الذائبة، والتوصيل الكهربائى، وعناصر معينة (مثل الصوديوم ، والكالسيوم ، والمغنسيوم ، والكلور ، والبورون) | الملوحة الزائدة ربما تتلف بعض المحاصيل. وبعض الأيونات مثل الكلوريد والصوديوم والبورون قد تؤدى إلى تسمم بعض المحاصيل. أما الصوديوم فإنه ربما يسبب مشكلات تتعلق بنفاذية التربة. |
| الكلور المتبقى | كلور منفرد وكلور متحد | وجود كميات زائدة من الكلور المنفرد المتاح ( $> 5\ mg/lCl_2$ ) ربما يؤدى إلى إحتراق أطراف أوراق النبات وإلى أضرار على النباتات الحساسة. ولكن معظم الكلور الموجود فى المياه المعالجة يكون متحدا مع غازات أخرى ، ولهذا لايؤدى إلى إتلاف المحصول ، وهناك أحتمال أن تتسبب المواد العضوية المكلورة إلى تلوث المياه الجوفية. |

### ٤-٢-١ الخواص الطبيعية

**أ - العكارة :**

وهى تنتج من وجود الغرويات العالقة فى مياه الصرف الصحى وهى تصلح كمؤشر أولى للمواد الصلبة غير الذائبة فى حالة التركيزات المنخفضة منها.

**ب - اللون :**

لون مياه الصرف لايعطى دلالة مباشرة عند إستخدامها فى الرى ، ولكنه يعطى دلالة أولية عن مدى التحلل ونسبة الطحالب الخضراء التى تسبب بعض المشاكل فى بعض نظم الرى.

**جـ - الرائحة :**

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

**د - درجة الحرا رة :**

وهى تؤثر على معظم متغيرات الصرف الصحى ، فهى تؤثر على معدل النمو الحيوى ومعدلات التخلص من المسببات المرضية وعلى معدلات الترسيب للمواد الصلبة بمياه الصرف الصحى.

### ٤-٢-٢ الخواص الكيميائية :

**أ - المواد الصلبة :**

تلعب المواد الصلبة دورا رئيسيا عند إستخدام مياه الصرف الصحى فى الزراعة ولذا فإن مؤشرات المواد الصلبة الذائبة وغير الذائبة القابلة للترسيب مؤشرات أساسية عند تصميم وتنفيذ نظم المعالجة ، كما أن نوع الأيونات وتركيزات الأملاح فى المياه تؤثر إلى حد بعيد على نوعية المياه ، وتلعب دورا رئيسيا فى إختيار نظم المعالجة المناسبة للرى.

**ب - الأكسجين المستهلك حيويا وكيماويا ($BOD_5$, COD)**

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

**جـ - الملوحة ونوعية الأملاح المختلفة :**

من المعروف أن قيمة المياه تعتمد بالضرورة على نوع الأملاح الذائبة فيها ، ودرجات تركيزها المختلفة. فالأملاح المذابة فى المياه تؤثر على الأراضى المروية بها فنتيجة للمتغيرات التى تحدثها التركيزات المرتفعة للأملاح المذابة على الضغط الأسموزى تقل قدرة جذور النباتات على إمتصاص المياه من النطاق الرطب فى التربة. كما أن هناك بعض الأملاح الذائبة (الكلوريدات) ذات أثر سام على النبات. كما أن البورون عند تركيزات شديدة الإنخفاض يضر بشدة العديد من المحاصيل المختلفة. ولايتوقف أثر الأملاح المذابة على النباتات بل يمتد أثرها وبدرجات مختلفة على التربة وغالبا ما تأتى بنتائج غير مرغوب فيها كما هو موضح بجدول رقم (٤-٣).

**د - العناصر النادرة Trace elements**

هى مجموعة من العناصر المعدنية التى توجد فى التربة مياه الصرف الصحى المعالجة وبتركيزات قليلة لذا تعرف بالعناصر النادرة لأن تركيزاتها لاتتجاوز عدة ملليجرامات/لتر. وتعرف هذه العناصر فى 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 فى جسم الإنسان.

فمثلا وجود بضعة أجزاء فى المليون من الحديد فى التربة يعد من الأمور الأساسية لسلامة نمو النبات ولاتتضمن التحاليل الروتينية للتربة ولمياه الرى فى العادة تقدير هذه العناصر الغذائية الدقيقة مالم يكن هناك ما يشير إلى نقص ( deficiency ) أحد هذه العناصر.

**جدول (٤-٢) : معايير الصرف الصحى فى قنوات الرى فى كلورادو Colorado , USA**

| المعايير | الحد الأعلى ( ملليجرام / لتر ) | |
|---|---|---|
| | متوسط ٧ يوم | متوسط ٣٠ يوم |
| - الأكسجين الحيوى الممتص $BOD_5$ | ٤٥ | ٣٠ |
| **المواد العالقة S.S** | | |
| - معالجة ثانوية | ٤٥ | ٣٠ |
| - برك أكسدة مهواه | ١١٠ | ٧٥ |
| - برك أكسدة غير مهواه | ١٦٠ | ١٠٥ |
| - الكلور المتبقى | ≤ ٠,٥ | |
| - الزيوت والشحوم | ١٠ | لايوجد |

**المصدر**

Biological Standards for Effluent Reuse in Arizona, Technical report by the Bureau of water Quality control, Arizona, Department of Health Services, Phoenix, Az, March 1980

**جدول (٤-٣) معايير الحدود المسموح بها لإستخدام المياه فى الزراعة Utah, USA**

| المعايير | لاتوجد مشاكل | بداية المخاطر | مخاطر شديدة |
|---|---|---|---|
| - الأملاح الكلية الذائبة ملليجرام/لتر | ٤٨٠> | ٤٨٠ | ١٩٢٠< |
| - الأملاح الكلية الذائبة بعد الترسيب ملليجرام /لتر | ١٢٨> | ١٩٠≤ | ٣٢٠< |
| - الصوديوم المدمص SAR | | ٣٢٠> | |
| - الأس الهيدروجينى pH | ٦> | ٩-٦ | ٩< |
| - **سمية بعض العناصر :** | | | |
| - البورون ملليجرام/لتر | ٠,٥> | ٢,٠- ٠,٥ | ١٠- ٢ |
| - الصوديوم (رى سطحى) ملليجرام/لتر | ٣> | ٩ - ٣ | ٩< |
| - الصوديوم (رش) ملليجرام/لتر | ٦٩> | ٦٩< | |
| - الكلوريد (رى سطحى) ملليجرام/لتر | ١٤٢> | ٣٥٥-١٤٢ | ٣٥٥< |
| - الكلوريد ( رش ) ملليجرام /لتر | ١٠٦> | ١٠٦< | |
| - **تأثير بعض العناصر :** | | | |
| - النتروجين ملليجرام/لتر | ٥> | ٣٠-٥ | ٣٠< |
| - البيكربونات ملليجرام/لتر | ٩٠> | ٢٥٠-٩٠ | ٢٥٠< |

**المصدر**

Ayers, R.S. (1975)
" Quality of water for Irrigation " proceedings of the irrigation and drainage Division, specially conference, Am. Soc. Civil Eng., Logan, UT.

## جدول (٤-٤) المعايير القياسية لمياه الصرف الصحى المعالجة Utah, USA

| المعايير | معالجة ثانوية | معالجة ثانوية وثلاثية |
|---|---|---|
| - الأكسجين الحيوى الممتص $BOD_5$ (ملجم/لتر) | | |
| - المتوسط | ٢٥ | ١٠ |
| - متوسط ٧ يوم | ٣٥ | ٢٠ |
| - التخلص % | ٨٥ | - |
| - المواد الصلبة العالقة ( ملليجرام/لتر) : | | |
| - متوسط ٣٠ يوم | ٢٥ | ١٠ |
| - متوسط ٧ يوم | ٣٥ | ١٢ |
| - التخلص % | ٨٥ | - |
| - بكتريا القولون (خلية/١٠٠ مللى ): | | |
| - متوسط ٣٠ يوم | ٢٠٠٠ | ٢٠٠ |
| - متوسط ٧ يوم | ٢٥٠٠٠ | ٢٥٠ |
| - بكتريا القولون البرازية (خلية/١٠٠ مللى ): | | |
| - متوسط ٣٠ يوم | ٢٥ | - |
| - متوسط ١٠ يوم | ٢٥٠ | - |
| - رقم الpH | | ٩,٠-٦,٥ |

**المصدر**

Biological Standards for Effluent Reuse in Arizona. Technical Report by the Bureau of water quality control, Arizona, Department of Health services, Phoenix, Az, March 1980.

أما فى تحليل مياه الصرف الصحى المعالجة ، فإن تحديد هذه العناصر يعد من الضرورى الإلتزام بالحدود القصوى كما هو موضح فى جداول أرقام (٤-٥)، (٤-٦) وخصوصا إذا كانت مخلفات المصانع تصرف على شبكة الصرف الصحى. وبالرغم من أن بعض هذه المعادن تعد ضرورية لتغذية النبات فإن وجودها بتركيزات عالية فى مياه الرى يمكن أن تكون له آثار سمية (Toxic) ضارة بالنباتات.

وفى الواقع أن جميع المعادن المشار إليها فى الجداول أرقام (٤-٥) ، (٤-٦) ليست كلها ضرورية لنمو النبات. والمعادن التى تعد ضرورية لتغذية النبات هى الحديد (Fe) والمنجنيز (Mn) والزنك (Zn) والنحاس (Cu) والبورون (B) وموليبدنم (Mo).

نخلص من ذلك بأن وجود هذه العناصر فى مياه الرى أو مياه الصرف الصحى المعالجة، بتركيزات معينة، يعد مفيدا وله قيمته.

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

ويساعد إنخفاض رقم حموضة التربة ( إلى أقل من ٦ pH) على إحداث هذا الأثر ولحسن الحظ أن ذلك لايعد شائعا فى معظم أنواع التربة بأقليم الشرق الاوسط الذى تنتشر فيه أنواع التربة القلوية ( رقم الحموضة أعلى من ٧ pH) .

ومن الجوانب الأخرى المناسبة فى هذا الصدد أن معظم هذه المعادن الثقيلة تكون أوكسيدات أو هيدروكسيدات فى مياه الصرف الصحى 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 الزراعية بطريقة مأمونة ومناسبة لتلافى مخاطر التلوث بالمعادن الثقيلة نتيجة لإضافة الحمأة إلى التربة وتراكمها لسنوات طويلة. وقد وضعت فى كثير من البلدان بعض الخطوط التوجيهية وطبقت معايير للأمان فيما يتعلق بإعادة إستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة بما فى ذلك نوع التربة والمحاصيل ، ونظم الرى، والظروف المناخية ، وغيرها. ومن الواضح أنه من المطلوب إجراء المزيد من البحوث فى هذا المجال لوضع خطوط توجيهية تنظم الإستخدام الآمن لمياه الصرف الصحى المعالجة ونواتجها .

## جدول (٤-٥) الحدود القصوى المسموح بها من العناصر النادرة لمياه الرى FAO 2000

| العنصر | الحدود المسموح بها ( ملجم/لتر) | |
|---|---|---|
| | الإستعمال طويل الأجل (١) | الإستعمال قصير الأجل (٢) |
| الألومنيوم (Al) | ٥,٠ | ٢٠,٠ |
| الزرنيخ (As) | ٠,١٠ | ٢,٠٠ |
| البورون (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 |
| الليثيوم (Li) | ٢,٥ | ٢,٥٠ |
| المنجنيز (Mn) | ٠,٢٠ | ١٠,٠٠ |
| موليبدنم (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 إستعمال المياه فى جميع أنواع الأراضى

(٢) يمكن إستعمال المياه لمدة لاتزيد عن ٢٠ سنة وفى الأراضى الرملية المتعادلة.

## جدول(٤-٦) الحدود القصوى لتركيزات العناصرالثقيلة فى مياه الرى وأثارها على المحاصيل المختلفة طبقاً لمواصفات منظمة الأغذية والزراعة (FAO)

| العنصر | التركيزالأقصى الموصى به (ملجم/لتر) | ملاحظات |
|---|---|---|
| الألومنيوم | ٥,٠ | يمكن أن يؤدى إلى نقص الإنتاجيةعندما ينخفض الرقم الهيدروجينى عن ٥,٥ pH أما فى حالة الزيادة عن ذلك فإن هذا الأثر يختفى. |
| الزرنيخ | ٠,١ | تختلف تأثيراته السامة من نبات إلى آخر فيمكن لعشب السودان أن يحتمل ١٢ملجم/لتر. بينما لايحتمل الأرز أكثر من ٠,٥ مجم/لتر |
| البريليوم | ٠,٠١ | سام لكل من الفاصوليا والبنجر واللفت عند تركيزات تصل إلى ٠,١ ملجم/لتر. وروعى فى وضع الحد الأقصى أقل من هذه القيمة نظرا لقدرة العنصر العالية على التراكم فى النباتات والتربة إلى تركيزات خطيرة للإنسان. |
| الكوبلت | ٠,٠٥ | يؤدى إلى تسمم الطماطم عند ٠,١ مجم/لتر، ويمكن أن ينخفض تأثيره فى التربة القاعدية والمتعادلة. |
| الكروميوم | ٠,١ | وضعت هذه القيمة القصوى نظرا لمحدودية المعلومات المتوفرة عن تأثير هذا العنصر. |
| النحاس | ٠,٢ | يمكن أن يؤدى إلى تسمم العديد من النباتات فى المدى من ٠,١ إلى ١,٠ مجم/لتر. |
| الفلوريد | ١,٠ | تحبط التربة القلوية والمتعادلة تأثيراته. |
| الحديد | ٥,٠ | لايؤثر على النباتات فى التربة المهواه ، ولكنه يمكن أن يسهم فى زيادة الحامضية وفقد بعض من الفوسفور والمولبيدنيوم الضرورى للتربة. |
| الليثوم | ٢,٥ | يمكن إحتمال معظم المحاصيل لتركيزات تصل إلى ٥ مجم/لتر ، لكن الموالح تتأثر إلى حد كبير بتركيزاته المنخفضة ( أكبر من ٠,٠٧٥ ملجم/لتر). |
| المنجنيز | ٠,٢ | يمكن أن يؤثر بالضرر على عدد كبير من المحاصيل فى المدى من عدة أعشار إلى عدة ملليجرامات فى اللتر، لكن التربة الحامضية تلاشى تأثيره. |
| المولبدنيوم | ٠,٠١ | عند التركيزات العادية لايؤدى إلى أضرار للمحاصيل ، ولكنه يؤدى إلى آثار ضارة على الثروة الحيوانية عند إستخدام الأعلاف المزروعة فى تركيزات مرتفعة للعنصر. |
| النيكل | ٠,٢ | يؤثر على العديد من المحاصيل فى المدة من ٠,٥ إلى ١,٠ مجم/لتر ، لكن هذا الأثر يتلاشى فى التربة القاعدية أو المتعادلة. |
| الرصاص | ٠,٥ | يعوق نمو الخلايا النباتية بوجه عام عند التركيزات المرتفعة. |

## تابع جدول(٤-٦) الحدود القصوى لتركيزات العناصرالثقيلة فى مياه الرى وفق مواصفات منظمة الأغذية والزراعة (FAO)

| العنصر | التركيزالأقصى الموصى به (ملجم/لتر) | ملاحظات |
|---|---|---|
| السيلنيوم | ٠,٠٢ | يؤدى إلى تسمم النباتات عند التركيزات التى تزيد عن ٠,٠٢٥مجم/لتر ، ويؤثر على الثروة الحيوانية فى حالة إستخدام الأعلاف المزروعة فى ظروف التركيزات المرتفعة. كما أنه عنصر ضرورى للنبات عند تركيزاته المنخفضة. |
| القصدير | – | إحتمال النباتات له غير معروف. |
| التتانيوم | – | إحتمال النباتات له غير معروف. |
| التنجستين | – | إحتمال النباتات له غير معروف. |
| الفناديوم | ٠,١ | يؤثر على العديد من النباتات عند تركيزات منخفضة. |
| الزنك | ٢,٠ | يؤثر على العديد من النباتات وهذا التأثير ينخفض عندما يرتفع الرقم الهيدروجينى عن ٦,٠٠ وأيضا عندما تتميز التربة بالنعومه وأرتفاع تركيزات المواد العضوية بها. |

### د-١ الإعتبارات وجوانب الإدارة الخاصة بالعناصر النادرة والمعادن الثقيلة

تنحصر القضية فى إذا ما كانت هذه العناصر النادرة تمثل مخاطر صحية و/أو بيئية شديدة. وعموما فإن المعادن الثقيلة والعناصر النادرة لاينبغى النظر إليها على أنها تمثل مشكلة ملحة أو خطيرة لسببين هما :

* أن تركيز المعادن الثقيلة فى مياه الصرف الصحى الناتجة عن الإستهلاك المنزلى منخفض نتيجة لقلة أنشطة الصناعات الثقيلة.

* كما أن أنواع التربة المصرية التى ترتفع فيها غالبا نسبة كربونات الكالسيوم والتى تؤدى إلى تجاوز الرقم الهيدروجينى (pH) للرقم ٧ ، وهذا يؤدى إلى تثبيط نشاط المعادن الثقيلة والحد من إنتقالها إلى المحاصيل وتركيزها فيها. وفى مثل هذه الظروف تصبح المعادن الثقيلة غير متاحة للإمتصاص وتكون الحدود القصوى والتركيزات التى تتجاوز ماجاء فى الجدولين (٤-٥) ، (٤-٦) مقبولة.

ولذلك يمكن القول أنه :

١- لاينبغى فى ظروف انواع التربة الكلسية إعتبار أن المعادن الثقيلة الموجودة فى مياه الصرف الصحى المعالجة تمثل مشكلة حقيقية ، وبالتالى فليس من اللازم تطبيق معاملات إدارية خاصة.

٢- أما فى حالة التربة الحامضية يمكن أن تمثل المعادن الثقيلة مشكلة ، وفى هذه الحالات يوصى بإتباع التدابير التالية على مستوى المزرعة :

* إضافة المواد الكلسية إلى التربة ( بإستخدام كربونات الكالسيوم ) وبهذه الطريقة يرتفع الرقم الهيدروجينى فى التربة مما يقلل من قابلية المعادن الثقيلة للذوبان.
* تجنب التسميد بالأسمدة ذات التأثير الحامضى.
* إختبار المحاصيل القادرة على تحمل مقادير معينة من المعادن الثقيلة.
* وإختبار المحاصيل قليلة القدرة على تجميع معادن ثقيلة معينة وتركيزها فى أنسجتها أو فى أجزاء منها.

وينبغى تشجيع المزارعين على الرجوع للمختصين قبل إتخاذ قرارات نهائية بهذا الشأن.

**هـ - المواد الكيميائية الأخرى**

بالإضافة إلى المعادن الثقيلة أو العناصر النادرة المشار إليها ، تحتوى مياه الصرف الصحى المعالجة أيضا على مجموعة من المواد الكيميائية ( العضوية وغير العضوية ) ، وهذا يرجع أساسا إلى تصريف المخلفات الصناعية فى شبكة الصرف الصحى. ومن الكيماويات العضوية التى توجد فى مياه الصرف الصحى 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 إهتماما كبيرا من جانب منظمة الصحة العالمية (WHO) . ومن المرجح أن المخاطر الصحية المرتبطة بهذه المركبات تنشأ من سوء استخدامها فى المناطق المروية أكثر مما تنشأ من إستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة التى تحتوى على نسب من هذه المركبات.

ومن ناحية أخرى ، تعد النترات $NO_3$ من أهم المركبات غير العضوية التى تضر بالبيئة، بالإضافة إلى المعادن الثقيلة المشار إليها ومع أن جميع التقارير والوثائق تؤكد على وجود النترات فى مياه الصرف الصحى المعالجة، فإن تركيزها أعلى بكل تأكيد فى مياه الصرف الزراعى نظرا لتسرب الكميات الزائدة من الأسمدة النتروجينية التى تضاف إلى التربة فى مياه الصرف. وقد أسترعى تلوث موارد المياه الجوفية بالنترات اهتماما واسعا فى جميع

أنحاء العالم ، ولاسيما من جانب الباحثين والمعنيين بشئون البيئة. ومن الأمثلة التى تؤكد خطورة هذه المشكلة ان الإستثمارات التى أنفقتها الولايات المتحدة الأمريكية للتحكم فى نسب تركيز النتروجين والفوسفور بمنطقة البحيرات الكبرى على مدى عشر سنوات فقط تجاوزت قيمتها عدة مليارات من الدولارات.

**و - العناصر المغذية للنبات فى مياه الصرف الصحى المعالجة**

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

**و-١ قيمة العناصر الغذائية التى تحتويها مياه الصرف الصحى المعالجة**

تحتوى المواد العالقة والغروية والمذابة فى مياه الصرف الصحى المعالجة على عناصر غذائية كبرى (macronutrients) وعناصر غذائية صغرى (micronutrients) لها دور أساسى فى تغذية المحاصيل. ومع ذلك ، قد يتجاوز ما تحتويه من العناصر الغذائية احتياجات المحصول ، مما يمثل خطرا محتملا لتلوث المياه الجوفية ، كذلك قد تؤدى هذه العناصر الغذائية الزائدة عن حاجة النبات إلى مشكلات تتصل بزيادة نمو المجموع الخضرى للنبات ، وتأخير النضج أو عدم إنتظامه ، أو الإضرار بجودة المحاصيل لذلك يجب حساب العناصر الغذائية الموجودة فى مياه الصرف الصحى المعالجة ومراعاتها فى البرنامج العام للتسميد. وهنا ، من اللازم إجراء تحليل لمياه الصرف الصحى المعالجة المعالجة مرة واحدة على الأقل قبل بداية موسم الزراعة.

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

ويمكن بالإستعانه بالجدول (٤-٧) ، للوصول إلى تقدير سليم للعناصر الغذائية التى تحتويها مياه الصرف الصحى المعالجة، إستناداً إلى نتائج تحليلها الكيماوى.

## الجدول (٤-٧) مستويات مختلفة من العناصر الغذائية المحملة فى مياه الصرف الصحى ومايقابلها من كميات العناصر السمادية

| مياه الرى م٣/هكتار/سنة | مستويات تركيز العناصر المغذية فى مياه الصرف الصحى المعالجة (ملليجرام/لتر) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ٥ | ١٠ | ١٥ | ٢٠ | ٢٥ | ٣٠ | ٣٥ | ٤٠ | ٥٠ |
| | كميات العناصر المغذية المضافة مع الرى (كجم/هكتار/سنة) | | | | | | | | |
| ١٠٠٠ | ٥ | ١٠ | ١٥ | ٢٠ | ٢٥ | ٣٠ | ٣٥ | ٤٠ | ٥٠ |
| ٢٠٠٠ | ١٠ | ٢٠ | ٣٠ | ٤٠ | ٥٠ | ٦٠ | ٧٠ | ٨٠ | ١٠٠ |
| ٣٠٠٠ | ١٥ | ٣٠ | ٤٥ | ٦٠ | ٧٥ | ٩٠ | ١٠٥ | ١٢٠ | ١٥٠ |
| ٤٠٠٠ | ٢٠ | ٤٠ | ٦٠ | ٨٠ | ١٠٠ | ١٢٠ | ١٤٠ | ١٦٠ | ٢٠٠ |
| ٥٠٠٠ | ٢٥ | ٥٠ | ٧٥ | 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 |

وهنا تجدر الإشارة إلى أنه قد لايكون من اللازم إستخدام أية أسمدة فى حالة زراعة محاصيل معينة. كما يمكن أن يساعد استعمال مياه الصرف الصحى المعالجة على زيادة المحصول وتحسين نوعيته.

و-٢ **النتروجين** : يتراوح محتوى مياه الصرف الصحى المعالجة الناتجة عن الإستخدام المنزلى من النتروجين، بعد مرحلة المعالجة الثنائية ، بين ٢٠ و ٦٠ ملجم/لتر. وعليه يمكن أن تكون كمية النتروجين المضاف بمياه الصرف الصحى المعالجة المعالجة أكثر من إحتياجات المحصول. ومن الضرورى معرفة نسبة تركيز النتروجين فى مياه الصرف الصحى المعالجة وأساليب الإدارة السليمة للنتروجين والفوسفور والبوتاسيوم حتى يمكن التغلب على المشكلات المرتبطة بإحتمال إرتفاع نسبة تركيز النتروجين.

و-٣ **الفوسفور**: يتراوح محتوى مياه الصرف الصحى المعالجة من الفوسفور ، بعد مرحلة المعالجة الثنائية ، بين ٦ و ١٥ ملليجرام/لتر ( أو مايعادل ١٥-٣٥ بصورة $P_2O_5$) ، مالم يتم التخلص من هذه النسبة أثناء المعالجة. وينبغى أن تتم عملية تقييم الفوسفور فى

المياه العادمة جنبا إلى جنب مع إجراء الإختبارات على التربة حتى يمكن وضع خطة التسميد المناسبة.

**و-٤ البوتاسيوم** : إن تركيز البوتاسيوم فى مياه الصرف الصحى المعالجة لايتسبب فى تأثيرات ضارة على النبات أو البيئة ، حيث أن البوتاسيوم من العناصر الغذائية الكبرى التى تحدث تأثيرات إيجابية على خصوبة التربة ، وغلة المحصول ، ونوعيته. ويتراوح محتوى مياه الصرف الصحى المعالجة من البوتاسيوم، بعد مرحلة المعالجة الثنائية ، بين ١٠-٣٠ ملليجرام/لتر(أو مايعادل ١٥-٣٦ بصورة $K_2O$) ويجب أن يؤخذ هذا المقدار فى الإعتبار، لدى وضع برنامج التسميد تبعا لإحتياجات المحصول.

**و-٥ العناصر المغذية الأخرى** : تحتوى مياه الصرف الصحى المعالجة، فى معظم الحالات ، على مقادير كافية من الكبريت ، والزنك والنحاس وغيرها من العناصر الغذائية الصغرى. أما البورون فيجب أن يكون محل إهتمام خاص. فرغم أن مياه الصرف الصحى المعالجة تحتوى على عنصر البورون بمقدار يكفى لتصحيح نقص هذا العنصر ، فإنه يوجد بمقادير زائدة فى بعض أنواع مياه الصرف الصحى المعالجة، مما يؤدى إلى المشكلات المرتبطة بإصابة النبات بالتسمم. وللتغلب على مشكلة البورون ، يوصى بإتباع نفس التدابير التى تتبع فى حالة المياه المحتوية على نسب عالية من الأملاح الذائبة (أى إختيار المحاصيل ، وغسيل التربة ، وتنظيم مناوبات الرى، واختيار نظام الرى الملائم).

وينبغى عموما ، أن يتذكر المزارعون مايلى فيما يتعلق بعنصر البورون :

* أن أشجار الفواكه أكثر حساسية للبورون من محاصيل الخضر.
* وأنه فى حالة وجود البورون بتركيزات عالية نسبيا فمن المفضل زراعة المحاصيل الحولية.

### و-٥-١ محتوى النتروجين والفوسفور والبوتاسيوم فى مياه الصرف الصحى المعالجة

يمكن أن يختلف تركيز النتروجين والفوسفور فى مياه الصرف الصحى المعالجة بعد المرحلة الثنائية من المعالجة اختلافا كبيرا تبعا لمصدر مياه الصرف الصحى المعالجة وعملية المعالجة نفسها. وعادة تكون تركيزات النتروجين والفوسفور فى مياه الصرف الصحى المعالجة الناتجة عن وحدات المعالجة التقليدية أعلى مما هى فى المياه الناتجة عن برك التهوية أو الأكسدة. وعموما تنخفض نسبة النتروجين والفوسفور أثناء عملية المعالجة ولكن البوتاسيوم يبقى فى حدود المستويات التى كانت قبل المعالجة.

ويوضح الجدول (٤-٨) مقادير تركيز النتروجين والفوسفور والبوتاسيوم الممكن إضافتها لدى أستخدام ١٠٠٠مم للهكتار فى مياه الصرف الصحى المعالجة المستعملة فى الرى. ومن الواضح أن كمية العناصر المغذية تعتمد على الكمية الإجمالية للمياه المضافة. ومن المفترض أنه لزيادة فعالية العناصر المغذية ينبغى أن يستند الرى على الإحتياجات المائية للمحاصيل.

**الجدول (٤-٨) إمكانيات التسميد عن طريق استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة للرى ( المكتب الإقليمى للشرق الأدنى ١٩٩٢)**

| تركيز العناصر الغذائية (ملجم/لتر) | النتروجين | الفوسفور | البوتاسيوم |
|---|---|---|---|
| العناصر الغذائية التى تضاف سنويا (كجم) من خلال مياه الرى المضافة بمعدل ١٠٠٠٠ متر مكعب / هكتار (١٠٠٠مم) | ٤٠<br>٤٠٠ | ١٠<br>١٠٠ | ٣٠<br>٣٠٠ |

وهذه المعدلات توفر لعدد من المحاصيل الزراعية جميع إحتياجاتها أو ربما أكثر من عنصر النتروجين، كما توفر جانبا كبيرا من إحتياجات النبات من الفوسفور والبوتاسيوم. وفى هذا الصدد ينبغى دراسة كل محصول على إنفراد بعناية لتقدير إحتياجاته من الأسمدة التكميلية. وقد تكون العناصر الغذائية المتوافرة فى مياه الصرف الصحى المعالجة ، فى بعض الحالات ، أكثر مما هو مطلوب لتحقيق النمو المتوازن للمحصول. وقد يمثل ذلك مشكلة بالنسبة لبعض المحاصيل مثل دوار الشمس ، والقطن وبعض أصناف الفواكه. وفى هذه الحالة ، يمكن التغلب على المشكلة بإختيار التركيب المحصولى المناسب و/أو خلط مياه الصرف الصحى المعالجة بمياه عذبة للتقليل من مقادير العناصر السمادية المضافة من خلال الرى.

## و-٦ السيطرة على مشكلة زيادة عنصر النتروجين فى مياه الصرف الصحى المعالجة

### و-٦-١ تقدير نسبة تركيز النتروجين

من اللازم إجراء تحليل كيميائى لتقدير نسبة عنصر النتروجين فى مياه الصرف الصحى المعالجة. وعلى أساس هذا التحليل يمكن للمزارع أن يحسب مقدار النتروجين المضاف إلى التربة من خلال مياه الصرف الصحى المعالجة المستعملة فى الرى. وينبغى خصم هذه الكمية من مقدار السماد اللازم للمحصول ولسهولة الوصول إلى هذه التقديرات ، ينبغى على المزارع أن يتذكر أن:

**جزء فى المليون = ملليجرام/لتر = واحد جرام/مترمكعب من مياه الرى**

يعتمد مقدار النتروجين وغيره من العناصر الغذائية التى تضاف إلى التربة عن طريق مياه الصرف الصحى المعالجة على كمية مياه الرى ، ولذا يجب أن يكون المزارع مدركا لطريقة الرى المناسبة.

**و-٦-٢ اختيار المحصول المناسب اعتماد أعلى مستوى النتروجين**

من اللازم اختيار المحصول إعتمادا على مستوى النتروجين فى مياه الصرف الصحى المعالجة لغرضين هما :

* **تحقيق أفضل استفادة ممكنة من النتروجين الموجود فى مياه الصرف الصحى المعالجة**

فإذا كان مقدار النتروجين الموجود فى مياه الصرف الصحى المعالجة غير كاف ، يلزم إعطاء كمية تكميلية من السماد النتروجينى حتى يمكن تحقيق غلة اقتصادية من المحصول. وفى حالة الإستخدام طويل الأجل للمياه العادمة ، ينبغى ضبط مستويات السماد النتروجينى المضاف لتعويض كميات النتروجين التى يمتصها النبات بالإضافة إلى الكميات التى تفقد من جراء تطاير النتروجين وتلك التى تفقد بالغسيل. وتتضمن الفصول التالية تحديد احتياجات أهم المحاصيل من النتروجين والفوسفور والبوتاسيوم.

* **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 فى صورة نترات ($NO_3$-N) مما يؤدى إلى تلوث المياه الجوفية. وترجع قدرة هذه المحاصيل على إزالة النترات من التربة للأسباب التالية

* قدرتها على تجميع النترات.
* يمكن حشها أكثر من مرة فى الموسم الواحد ، وبذلك يمكن الإستفادة من قدرة المحصول على النمو.
* محتواها من النتروجين لايتضاءل بمرور الوقت.
* وجذورها عميقة.

**و-٦-٣ تنظيم مناوبات الرى**

لما كانت العناصر الغذائية توجد على الدوام فى المياه العادمة المعالجة، فإن أى مياه زائدة عن إحتياجات المحصول قد تتسبب فى مشكلة. ويمكن أن تكون هذه المشكلة بيئية أو زراعية أو

كليهما. وينبغى على المزارع ان يتذكر أنه فى حالة الرى بمياه الصرف الصحى المعالجة، يكون التقيد بمناوبات الرى السليمة أكثر أهمية من التقيد بها فى حالة الرى بمياه ذات نوعية جيدة.

* **كمية المياه**

ينبغى أن يكون الرى بما يتفق مع حاجة المحصول إلى المياه. وينبغى التأكيد على أنه لما كانت كمية مياه الرى تختلف من مكان لآخر تبعا للظروف المناخية، يمكن أن تكون العناصر الغذائية الموجودة فى مياه الصرف الصحى المعالجة زائدة على إحتياجات المحصول أو أقل منها رغم تماثل حالة الخصوبة فى المواقع المختلفة. كذلك ، فإن مياه الصرف الصحى المعالجة، حتى إذا تماثلت فى نوعيتها، يمكن أن تكون لها آثار بيئية سيئة فى مكان ما ولكن إستعمالها يكون مأمونا فى مكان آخر. ولذلك، فمن الصعب إعطاء أرقام مطلقة للتسميد فى حالة إستعمال مياه الصرف الصحى المعالجة، بينما يختلف الأمر عن ذلك فى حالة إستعمال المياه العذبة.

* **عدد الريات**

ينبغى أن يدرك المزارعون أنه حتى عندما تصل المحاصيل إلى مرحلة النمو الكامل يجب أن تكون كمية المياه المستعملة فى كل رية متماثلة على الدوام حتى يمكن للماء أن يصل إلى عمق التربة المعين الذى تتركز فيه الجذور النشطة. فنظرا لأنه لاتوجد كمية مطلقة من مياه الرى فى جميع الظروف المناخية ، ينبغى تغيير عدد الريات مع بقاء كمية المياه المستخدمة فى كل رية ثابتة.

**د - نظام الرى**

لتجنب التلوث بالنترات ينبغى أن يكون نظام الرى من النوع الذى يتضمن انتظام تدفق المياه. وفى المحصلة النهائية ، فإنه كلما إرتفعت كفاءة نظام الرى، إرتفعت قدرة المحصول على إمتصاص النتروجين وانخفضت احتمالات فقد النترات واحتمالات التلوث. ومراعاة العناية فى تصميم وتركيب وإدارة نظم الرى بالتنقيط أو الرى الدقيق أو الموضعى (micro-irrigation) تزيد من كفاءة الرى. وفى حالة الرى بالخطوط ، يجب أن يراعى المزارع أن تكون الخطوط قصيرة الطول خاصة إن لم تكن تسوية سطح الأرض جيدة.

**و-٦-٤ خلط مياه الصرف الصحى المعالجة بالمياه العذبة**

تخلط مياه الصرف الصحى المعالجة بالمياه العذبة إن أمكن وذلك بغية خفض تركيز عنصر النتروجين فى مياه الرى.

## ز – المشكلات الأخرى

### الإنسداد

ينبغى الإهتمام بالمكونات التى تحتوى عليها مياه الصرف الصحى المعالجة والتى قد تتسبب فى إنسداد شبكات الرى. وقد تكون المشكلات المترتبة على إنسداد شبكات الرى بالرش ، أو الرى بالرشاشات الصغيرة ، أو الرى بالتنقيط ، شديدة التأثير على كفاءة الرى. فنمو الفطريات الغروية والبكتريا ، وغيرها عند فوهات الرشاشات والفوارات أو فى خطوط الأنابيب، وكذلك وجود تركيزات عالية من الطحالب والمواد العالقة يمكن أن يؤدى إلى الإنسداد. وتحدث أخطر مشاكل الإنسداد فى حالة الرى بالتنقيط. ولذلك ، يجب ترشيح مياه الصرف الصحى المعالجة قبل إستعمالها. ومن هذا ، تحتاج شبكة الرى بالتنقيط عند إستعمال مياه الصرف الصحى المعالجة إلى مزيد من الإهتمام والعناية.

### الحلول المقترحة لتلافى مشكلة الأنسداد

* لتلافى المشاكل الناجمة عن الطحالب العالقة التى تتراكم على سطح الماء والمشاكل الناجمة عن تراكم الحمأة فى قاع الخزان ، ينبغى تثبيت المضخة على عمق متر واحد تقريبا من سطح الماء.

* **الترشيح** : يجب ترشيح المياه قبل إستعمالها فى الرى ، وهذا يتوقف على درجة تركيز المواد الصلبة والطحالب وغيرها من الشوائب. ومن اللازم استخدام مرشحات الحصى أو الرمال أو غيرها من أنواع المرشحات فى حالة نظم الرى الموضعى (micro-irrigation systems).

* **إختيار طريقة الرى** : ينبغى تجنب استخدام نظم الرى الموضعى فى حالة وجود شوائب وعدم وجود نظام للترشيح. وقد يكون من الأفضل استخدام الرى بالرش ، وهذا يتوقف على نوع المحصول. وربما كان من الأفضل اتباع طريقة الرى السطحى بشرط مراعاة العناية بتسوية الأرض.

## ٤-٣ المعالجة والأعتبارات الخاصة بنوعية مياه الصرف الصحى

من المرغوب فيه بدرجة كبيرة ، فى النظم المتكاملة لمعالجة مياه الصرف الصحى المعالجة وإستعمالها فى أغراض الرى، أن يكون هناك ضمان لدرجة المعالجة مع استمرار عملية الرصد ، وهذه الجوانب لاتقع تحت سيطرة المزارع ولذلك ، فعند التخطيط لإقامة مشروعات جديدة لإستصلاح مياه الصرف الصحى المعالجة وإستعمالها وتنفيذ هذه المشروعات،

ينبغى أن تكون الإستخدامات المقصودة من المياه العادمة هى التى تحكم مستوى المعالجة ومدى إمكانية الوثوق بها وكيفية تشغيلها. ومع ذلك ، ففى وحدات المعالجة القائمة تكون نوعية المياه الناتجة معروفة سلفا ويكون المزارعون مضطرين إلى تعديل طرق الإدارة التى يطبقونها بما يتفق مع نوعية المياه التى يحصلون عليها

## ٤-٤ معايير نوعية المياه المستعملة فى الرى

تكون الخواص الكيماوية والفيزيائية مياه الصرف الصحى المعالجة مماثلة لأى مياه أخرى تستعمل فى الرى. وفى هذا الصدد ، يمكن استخدام الخطوط التوجيهية العامة الموضحة فى الجدول (٤-٩) لتقييم مياه الصرف الصحى المعالجة لإستعمالها فى أغراض الرى من حيث محتوياتها من المواد الكيماوية مثل الأملاح المذابة ، ونسبة الصوديوم المدمصة والأيونات ذات السمية. وتكون التدابير المتبعة فى ذلك هى نفس التدابير التى تطبق مع أنواع المياه الأخرى.

## جدول(٤-٩) معايير استرشادية لتحديد نوعية المياه المستخدمة فى الرى
## ( منظمة الأغذية والزراعة ١٩٨٥)

| مشاكل الرى المحتملة | الوحدة | درجة تفيدالأستعمال | | |
|---|---|---|---|---|
| | | لاتوجد قيود | قيود خفيفة إلى متوسطة | قيود مشددة |
| **الملوحة** | | | | |
| التوصيل الكهربائى (EC)[1] | (dS/m) | <٠,٧ | ٠,٣-٠,٧ | >٣,٠ |
| المواد الصلبة الذائبة (TDS) | ملجم/لتر | <٤٥٠ | ٢٠٠٠-٤٥٠ | >٢٠٠٠ |
| **التسرب** | | | | |
| معدل ادمصاص الصوديوم (SAR)، والتوصيل الكهربى ($EC_o$) | | | | |
| **صفر - ٣** | DS/m | <٠,٧ | ٢,٠-٠,٧ | >٠,٢ |
| ٣ - ٦ | | <١,٢ | ٠,٣-١,٢ | >٠,٣ |
| ٦ - ١٢ | | <١,٩ | ١,٩-٥٠, | >٠,٥ |
| ١٢ - ٢٠ | | ٢,٩ | ١,٣-٢,٩ | >١,٣ |
| ٢٠ - ٤٠ | | ٥,٠ | ٢,٩-٥,٠ | >٢,٩ |
| التسمم بايونات الصوديوم | | | | |
| الري السطحي | (SAR) | <٣ | ٣-٩ | >٩ |
| الري بالرش | | <٣ | >٣ | |
| الكلوريد | | | | |
| الري السطحي | meq/1 | <٤ | ٤-١٠ | >١٠ |
| الري بالرش | meq/1 | <٣ | >٣ | |
| البورون | mg/1 | <٠,٧ | ٠,٧-٣,٠ | >٣,٠ |
| تأثيرات متنوعة | | | | |
| النترات ($NO_3$-N) | meq/1 | < ٥ | ٥-٣٠ | >٣٠ |
| بيكربونات ($HCO_3$) | meq/1 | < ١,٥ | ١,٥-٨,٥ | >٨,٥ |
| الرقم الأيدروجيني | تتراوح النسبة المعتادة بين ٦,٥-٨,٤ | | | |

(١) يقاس التوصيل الكهربائى بالديسى سايمنز /م (dS/m) فى درجة حرارة ٢٥ مئوية.
(٢) $NO_3$-N تعنى نترات ويعبر عنها بالنتروجين كعنصر.. وينبغى أيضا إختبار $NH_4$-N والنتروجين العضوى فى مياه الصرف الصحى المعالجة.

### ٤-٤-١ الملوحة

تعتبر نوعية المياه المستخدمة فى الأغراض المنزلية فى معظم البلدان هى أفضل نوعية متاحة من المياه، وعادة مايكون مستوى ملوحتها منخفضا. ومع ذلك ، فقد تمثل الملوحة مشكلة فى الظروف التى تكون فيها المياه شحيحة. وتعد كمية ونوع الأملاح الموجودة فى المياه مهمة فى تقدير مدى ملائمة مياه الصرف الصحى المعالجة للرى. أما المشكلات المحتملة فتكون مرتبطة بالمحتوى الإجمالى من الأملاح ، ونوعها أو بمدى تركيز واحد أو أكثر من العناصر المالحة.

وللتغلب على مشكلة الملوحة على مستوى المزارعين ، يجب زيادة الإهتمام بمايلى :

أ - **اختيار المحاصيل** حيث يتم اختيار المحاصيل التى تتحمل ملوحة مياه الصرف الصحى المعالجة وتكون مريحة فى نفس الوقت. وقد يكون الجدول (٤-١٠) دليلاً للمزارعين فى اختيار التركيب المحصولى المناسب تبعا 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 إرتفعت درجة الملوحة ازدادت صعوبة اختيار المحاصيل ، وبإستثناء بعض محاصيل الخضر ، يصبح الإختيار مقصورا تقريبا على محاصيل الأعلاف.

ب - **اختيار المحاصيل المحتملة للملوحة والقادرة على إمتصاص مقادير كبيرة من الأملاح** دون أن تكون لذلك تأثيرات سمية خاصة ( المحاصيل التى تجمع الأملاح ). وفى حالة الرى بمياه الصرف الصحى المعالجة التى تكون نسبة الملوحة فيها مرتفعة ، ولاسيما فى المناطق التى تكون إمكانيات الرشح الطبيعى للتربة فيها محدودة نظرا لقلة الأمطار، من المحتمل أن تؤدى زراعة المحاصيل القادرة على امتصاص الأملاح ، لفترات طويلة ، على خفض درجة تراكم الأملاح فى التربة. ومن بين المحاصيل التى يوصى بزراعتها فى هذه الظروف السوداكس ، والذرة الرفيعة ، وحشيشة برمودا والشعير.

جـ- **اختيار نظام الرى الذى يضمن توزيع المياه بشكل منتظم** وبمستوى كفاءة مرتفع ويوفر إمكانية زيادة عدد الريات. وبإستخدام نظم الرى التى تعمل تحت الضغط وخصوصا الرى بالتنقيط والرى بالرشاشات الصغيرة ، يمكن التجاوز عن إرتفاع مستويات الملوحة المسموح بها للمحاصيل المروية. وفى 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 وإستخدام نظم الرى الحديثة.

## جدول (٤-١٠) مستويات تحمل بعض المحاصيل الزراعية للملوحة
## (مأخوذة بتصرف من منظمة الأغذية والزراعة ، ١٩٨٥)

| التوصيل الكهربائى لمياه الرى (dS/m, and mg/1)* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| أقل من ٢<br>أقل من<br>١٢٨٠ | ٢-٣<br>-١٢٨٠<br>١٩٢٠ | ٣-٤<br>-١٩٢٠<br>٢٥٠٠ | ٤-٥<br>-٢٥٦٠<br>٣٢٠٠ | ٥-٧<br>-٣٢٠٠<br>٤٤٨٠ | أكثرمن ٧<br>أكثر من<br>٤٤٨٠ |
| الحمضيات | التين | الذرة الرفيعة | فول الصويا | القرطم | القطن |
| التفاح | الزيتون** | الفول السودانى | نخيل التمر** | القمح | الشعير |
| الخوخ | البروكلى | الأرز | حشيشة هاردنج | بنجر السكر | القمح (كعشب) |
| العنب | الطماطم | البنجر | البرسيم | حشيشة الراى | |
| الفراولة | الخيار | عكرش Tall fascue | الخرشوف | الشعير (كعشب) | |
| البطاطس | الكانتلوب | | | حشيشة برمودا | |
| الفلفل | البطيخ | | | السوداكس (sudax) | |
| الجزر | السبانخ | | | | |
| البصل | البيقية | | | | |
| الفول | حشيشة السودان | | | | |
| الذرة | البرسيم الحجازى | | | | |

* ١ ديسى سايمنز /متر = ٦٤٠ ملجم/لتر

** أشارت التقارير إلى أن مستوى التوصيل الكهربائى كانت أعلى كثيرا من ذلك ( وصلت إلى ٦ ديسى سايمنز/متر) فى حالة الزيتون فى تونس **

*** جاء فى أحد التقارير أن مستوى التوصيل الكهربى كان أعلى من ذلك بالنسبة لأشجار نخيل التمر فى الجزائر (وصلت إلى ٧-٨ ديسى سايمنز/متر) ، ACSAD

د - **تنظيم مناوبات الرى** تعد كمية مياه الرى وعدد مرات الرى من العوامل الحرجة فى التحكم فى درجة الملوحة. ويمكن بإستخدام نظم الرى الدقيق زيادة عدد الريات والإبقاء على مستوى منخفض لملوحة التربة فى المنطقة القريبة من النبات المروى.

هـ- **غسل التربة** : رغم أن غسل التربة من العمليات المعتادة التى يلجأ إليها المزارعون ، فربما لاتكون أفضل الحلول فى حالة ندرة الموارد المائية، أوعدم توافرمرافق كافية للصرف ، أو عند إرتفاع مستوى الماء الأرضى. فبمرور الوقت ، يجب أن تظل كمية الأملاح التى تدخل التربة مع مياه الصرف الصحى المعالجة (الأملاح الداخلة إلى التربة) ومعدل إزالة الأملاح عن طريق غسل التربة وامتصاص المحاصيل للأملاح (الأملاح الخارجة من التربة) متساوية تقريبا. وتعد الطريقة التى سيقع عليها الأختيار لإخراج الأملاح من التربة مهمة جدا فى اختيار التركيب المحصولى وتحقيق الإدارة الفعالة لإستعمال مياه الصرف الصحى المعالجة فى الرى. والمحاصيل ذات القيمة الإقتصادية القادرة على حصاد الأملاح، مثل السوداكس والذرة الرفيعة، تحقق نتائج جيدة. ولذلك توصى الدراسات بزراعة أحد المحاصيل القادرة على حصاد الأملاح كل سنة أو من حين لآخر.

و - **لاتوصى الدراسات بإستخدام البوليمرات** و/أو غيرها من مصلحات التربة ، رغم كفاءتها فى ظروف ولفترات معينة فى حالة زراعة المحاصيل فى الحقول المكشوفة. فغالبا ماتكون فترة نصف الحياه بالنسبة لها قصيرة وأسعارها عالية.

ز - **الصرف** : يعد وجود مرافق للصرف من بين التدابير اللازمة للحيلولة دون إصابة التربة بالتطبيل (التغدق) والملوحة فى المناطق الجافة وشبه الجافة. فالصرف ، بالإضافة إلى وضع مناوبات مناسبة للرى، يسمح بغسل الأملاح الزائدة من منطقة جذور النبات.

### ٤-٤-٢ القلوية

إن مرحلة تفرق غرويات التربة ، واستقرار حبيباتها ، وتركيبها ونفاذيتها للمياه تعد كلها شديدة الحساسية لنوع الأيونات القابلة للتبادل فى مياه الرى. وأى زيادة فى قلوية التربة نتيجة لإرتفاع تركيز عنصر الصوديوم ، حتى فى حالة غسل التربة ، تقلل من نفاذية التربة للمياه ، ولاسيما بالقرب من سطحها ، لأن المواد الطينية الموجودة فى التربة تتفرق وتنتفخ نتيجة لإرتفاع مستوى الصوديوم المتبادل (ESP). ومع ذلك فعند نسب معينة للصوديوم المدمص (SAR) فى المياه يرتفع معدل التسرب أو ينخفض مع مستوى الملوحة. لذلك ، ينبغى الجمع بين إستخدام معدل أدمصاص الصوديوم (SAR) والتوصيل الكهربائى للماء ($EC_w$) فى تقييم المشكلات التى يمكن أن تحدث فى المستقبل.

وقد خلصت الدراسات إلى التوصية بالحلول التالية فى مجال الإدارة :

أ - **المحسنات الكيماوية :** من الشائع استخدام المواد الجيرية الأصل مثل الجبس فى تحسين خواص التربة عند إرتفاع نسبة الصوديوم فى السعة التبادلية للكاتيونات (CEC) أو عند الرى بمياه يكون معدل ادمصاص الصوديوم (SAR) فيها مرتفعا. والصوديوم الموجود فى التربة قابل للتبادل مع الكالسيوم الموجود بالجبس وبذلك يقلل تفرق الغرويات. وينبغى تكرار استخدام الجبس من حين لآخر تبعا لمحتوى المياه من الصوديوم وطاقة تبادل الأيونات فى التربة. ومن المفضل أن يحاول المزارعون الحصول على مساعدة الفنيين لتقدير كمية الجبس اللازم استخدامها ومرات الأستخدام.

ب - **نظام الرى المناسب :** غالبا ما تتكون قشرة خارجية على سطح التربة نتيجة للرى بمياه معدل أدمصاص الصوديوم (SAR) فيها مرتفع. وهذه المشكلة تتفاوت حدتها حسب نظم الرى. وعموما، تؤدى نظم الرى السطحى بمياه معدل أدمصاص الصوديوم فيها مرتفع إلى تكوين قشرة سميكة فوق سطح التربة، ويحدث نفس الشئ عند الرى بالرش عندما تكون طاقة تصريف الرشاشات مرتفعة. وهذا يؤثر على نفاذية التربة للمياه كما يمنع التربة من الحصول على التهوية اللازمة وبالتالى يؤثر على إنبات البذور. ومع ذلك، يمكن الحد من تكون القشرة على سطح التربة عن طريق اختبار نظام الرى الذى يقوم على إستخدام رشاشات ونقاطات ذات معدلات تصرف صغيرة لما يوفره ذلك من إطالة مدة الرى والسماح بوقت كاف لنفاذ المياه إلى داخل التربة.

جـ- **المواد العضوية :** كذلك يمكن حل مشكلة القلوية عن طريق إضافة مواد عضوية إلى التربة مثل القش ، أوغيره من المواد النباتية أو السماد الطبيعى.

**الأيونات ذات التأثيرات السمية الخاصة**

توجد عادة فى مياه الصرف الصحى المعالجة أيونات ذات تأثيرات سمية خاصة أهمها الصوديوم، والكلوريد والبورون الذى يتسبب فى أكثر حالات التسمم. ورغم أن البورون يعد أحد العناصر الأساسية للنبات فى دليل استعمال مياه الصرف الصحى المعالجة فى الرى إلا أن وجوده بتركيزات زائدة تتجاوز ٠,٥ ملليجرام/لتر يمكن أن يؤدى إلى تسمم المحاصيل الحساسة ( الجدول ٤-١١).

**التدابير الموصى بها للتغلب على سمية الأيونات**

- من الصعب تصحيح مشكلة التسمم بالبورون فى المحاصيل الحساسة بدون تغيير المحصول أو تغيير إمدادات المياه وفى حالة استعمال مياه ذات مستوى تركيز معين من البورون، ينبغى اختيار المحاصيل التى تتحمل هذه النسبة من التركيز.
- قد يساعد غسل التربة فى المحافظة على نسبة تركيز البورون فى التربة فى مستويات مماثلة لماهو موجود فى المياه المستعملة فى الرى. وعادة يضاف مقدار إضافى معين من مياه الرى إلى إحتياجات الرى التقديرية، تبعا لنوع التربة.
- يساعد تكرار الرى على التخفيف من تركيز البورون فى محلول التربة.
- يساعد استخدام نظم الرى الدقيق على التحكم فى كمية المياه وفى عدد مرات الرى.

ويعد الكلوريد والصوديوم أقل سمية من البورون. ونظرا للأرتفاع النسبى لمحتوى المياه من الصوديوم والكلوريد فى المناطق الجافة وشبه الجافة ، فقد يؤدى استعمال مياه الصرف الصحى المعالجة المعالجة إلى إرتفاع نسبة تركيز هذين العنصرين. ومع ذلك يمكن بالإدارة المناسبة للرى ( نظام الرى ، وعدد الريات ، وغسل التربة ) خفض التأثيرات السمية بدرجة كبيرة ، وبذلك لايكون هناك مايحول دون إستعمال مياه الصرف الصحى المعالجة.

**جدول (٤-١١) قدرة النباتات النسبية على تحمل سمية البورون فى مياه الرى (Ayers, 1977)**

| نباتات حساسة (ملجرام/لتر) | نباتات متوسطة القدرة على تحمل البورون (٢ملجرام/لتر) | نباتات عالية التحمل للبورون (٣ ملجرام/لتر) |
|---|---|---|
| الحمضيات | الفاصوليا | الجزر |
| الأفوكادو | الفلفل | الخس |
| المشمش | الطماطم | الكرنب |
| الخوخ | الذرة | البصل |
| الكريز | الزيتون | بنجر السكر |
| العنب | الفجل | نخيل التمر |
| التفاح | الفرع العسلى | الأسباراجوس |
| الكمثرى | القمح | اللفت |
| البرقوق | البطاطس | |
| الفراولة | عباد الشمس | |

### ٤-٥ الخواص البيولوجية

تعتبر زيادة محتوى مياه الصرف الصحى من الكائنات الحية الدقيقة والموضحة في جداول (٤-١٢) ، (٤-١٣) من أهم الفروق الجوهرية بين مياه الصرف الصحى والمياه العذبة. ومن الجدير بالذكر أن هذه الكائنات الدقيقة ليست كلها بالضرورة مسببة للأمراض بل إنه فى 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 فى قلة أعدادها اللازمة لإحداث المرض للإنسان والحيوان ولذلك سيتم التركيز فى عرض الخواص البيولوجية لمياه الصرف الصحى على تلك الكائنات المسببة للأمراض من فيروسات وبكتريا وبروتوزوا وديدان طفيلية.

#### ٤-٥-١ الفيروسات

هى مجموعة كبيرة غير متجانسة من الكائنات الحية الدقيقة والمتناهية فى الصغر ، حيث لايمكن رؤيتها إلا من خلال المجهر الإلكترونى. ومن أهم الخصائص التى تجمع تلك الطائفة من الكائنات الدقيقة وتميزها عن غيرها هى أنها تعتبر من الطفيليات الإجبارية ، أى التى لاتستطيع أن : تحيا" وتنمو وتتكاثر دون الأعتماد على عائل وسيط من الخلايا الحية.

وتتباين أشكال الفيروسات وأحجامها ، فالكبير منها يبلغ حجمه ربع حجم خلية بكتيرية تقريبا، وفى نفس الوقت فإن هناك أحجاما من الفيروسات تستطيع عدة آلاف منها العيش فى خلية بكتيرية واحدة. وتنمو الفيروسات فى انسجة النباتات والحيوانات والحشرات وبداخل الخلية البكتيرية ، وتلك الأخيرة يطلق عليها أسم بكتيروفاج.

والكثير من الفيروسات لايضر ولا يسبب اذى للانسان أو الحيوان أو النبات ، بل قد يكون مفيدا فى بعض الأحيان . فمثلا عندما يصاب نبات بصل الزينة بالفيروس فإن ذلك يتسبب فى إنتاج ازهار ذات تخطيطات جميلة بدلا من تميزها بلون واحد ، وهذا التغير يرفع من قيمتها الجمالية والمادية.

وأبرز خصائص الفيروسات أنها طفيليات إجبارية، تتكاثر أو يزداد تركيزها فقط فى 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 أن تتواجد فى خلايا العائل التى تسخرها لحسابها ، بمعنى أن وجود جزيئات الفيروس فى الخلايا يجبرها على تجهيز البروتينيات والأحماض الأمينية وكل مايلزم من أجل تكاثر الفيروس.

وهناك طوائف عديدة من الفيروسات تسبب الأمراض للإنسان والحيوان والنبات ، ومن أبرز تلك الطوائف فيروسات الجهاز الهضمى ، وهى تصيب الإنسان بالعدوى المرضية وتخرج مع البراز ، وتعود فتصيب الإنسان عن طريق التنفس أو الفم. إن جراما واحدا من براز الإنسان يحتوى على $10^9$ من الفيروسات المعوية ، بعضها يصيب الأنسان بالأمراض ، وهذه الفيروسات لاتستطيع التكاثر إلا فى خلايا مناسبة ، لكنها يمكنها البقاء بمفردها دون عائل مناسب لعدة أسابيع عديدة فى البيئة ، خاصة إذا كانت درجة الحرارة أقل من ١٥ درجة مئوية.

وعند قياس تركيزات الفيروسات المعوية فى مياه الصرف الصحى الخام ، وجد أنها تبلغ حوالى ١٠ فيروس معوى لكل لتر من مياه الصرف الصحى . هذا وقد تم فصل العديد من الفيروسات المسببة للأمراض من تربة تعرضت للبراز الآدمى.

ويمكن تقسيم الفيروسات التى تخرج من البراز وتسبب أمراضا للإنسان إلى عدة أنواع والجدول (٤-١٢) يوضح أنواع الفيروسات المعدية وآثارها على الأنسان ، وحالات شلل الأطفال التى يسببها البوليوفيروس لاتظهر فيها أمراض مرضية كاملة ، وفى بعض الحالات تظهر العدوى في صورة أعراضا شبيهة بأعراض الأنفلونزا أو الألتهاب السحائى أو الشلل الكامل ، غالبا ماتنتهى بإعاقة دائمة وأحيانا بالموت. وقد وجد أن شلل الأطفال فى العالم كله يحدث بنسبة ١ : ١٠٠٠ حالة من الإصابة بالفيروس ، ومعظم الحالات المصابة بالشلل تنتمى إلى الدول النامية.

وتسبب فيروسات الأسكو والكوكسالى أمراضا عديدة مصحوبة بأعراض متنوعة ، بدءا من الحمى البسيطة الإلتهاب السحائى وأمراض التنفس والشلل ، وانتهاءاً بأمراض القلب. كما أن فيروسات الروتا وجدت فى براز عدد كبير من الأطفال المصابين بالإسهال ، وهى تمثل مجموعة مهمة من الفيروسات المعوية ، ويعتبر دورها فى حدوث الأمراض غير محدد ولكنها مسئولة عن نسبة كبيرة من الإسهال بين الأطفال.

أما فيروس الإلتهاب الكبدى "أ" فهو يؤدى إلى ظهور الصفراء ، ولكن عادة لاتظهر له أعراض ، خصوصا فى صغار الأطفال.

### ٤-٥-٢ البكتريا

تضم البكتريا مجموعة كبيرة من الميكروبات واسعة الإنتشار فى الكرة الأرضية ، وهى توجد فى كل مكان تقريبا ولايخلو منها إلا أماكن محدودة للغاية. وهى عبارة عن كائنات حية دقيقة لاترى بالعين المجردة ، بل تحتاج إلى ميكروسكوبات ذات قوة تكبير عالية لمشاهدتها،

وتتكاثر البكتريا بالإنقسام الثنائى البسيط كما أنها تتميز بالصفات الأربع الهامة التى تميز الكائنات الحية ، وهى : النمو والتكاثر والتنفس "والأيض" أو التمثيل الغذائى.

**جدول (٤-١٢) أهم مجموعات الفيروسات التى يمكن أن تتواجد فى مياه الصرف الصحى**

| مجموعة الفيروسات | الأمراض التى تسببها |
|---|---|
| - فيروسات الغدد ( أدينوفيروس) | أمراض الجهاز التنفسى وألتهاب العين |
| -الفيروسات المعوية<br>فيروس شلل الأطفال<br>الأيكوفيروس<br>الكوكساكى فيروس | شلل الأطفال ، الشلل ، أمراض اخرى<br>الإلتهاب سحائى ، إسهال ، أمراض جهاز تنفسى ،<br>الإلتهاب سحائى ، إسهال |
| - فيروس الإلتهاب الكبدى | مرض الصفراء أو الإلتهاب الكبدى |
| - الروتافيروس وأنواع أخرى | الإسهال |

وتوجد البكتريا فى التربة الزراعية بأعداد كبيرة تصل إلى ١٠ مليون خلية فى الجرام الواحد ، وتكون أعدادها أكبر مايمكن فى الطبقة السطحية من الأرض الخصبة ، وتقل مع العمق. كما يحتوى الماء الصالح للشرب على أقل من ١٠ خلية فى كل ١٠٠ سم$^3$ واللبن الممتاز غير المبستر يحتوى على ٥٠,٠٠٠ ميكروب فى كل ١ سم$^3$ ، كما تحتوى مخلفات الحيوان والأنسان على ملايين الميكروبات ، فربع براز الإنسان عبارة عن ميكروبات.

وتلعب البكتريا دورا أساسيا في الحفاظ على الحياه على وجه الأرض ، فهى تقوم بخطوات عملها فى تحويل العديد من العناصر الغذائية للنبات والحيوان إلى صورة صالحة ، كما أنها تلعب دورا أساسيا فى تحلل المواد العضوية فى التربة. ونتيجة لسرعة تكاثرها المدهش، فإن الإتجاهات الحديثة فى تكنولوجيا توفير الغذاء تبحث فى الإعتماد على البكتريا وغيرها من الميكروبات المفيدة كمصدر رئيسى للبروتينات والمواد الغذائية الغنية وبعض منتجات الطاقة.

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

وفى المقابل ، فإن هناك أنواع من البكتريا تسبب أضرارا هامة وخطيرة للإنسان والكائنات الحية ، فهى تصيبه بالعديد من الأمراض وتتسبب فى 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 فى درجات حرارة أقل من ٧٠ درجة مئوية ، فإن البكتريا المتجرثمة يمكنها أن تظل حية لمدة تزيد عن العشر ساعات فى درجة حرارة ١٠٠ درجة مئوية ، ولذلك تستعمل معقمات البخار تحت ضغط عال فى إبادتها.

ونظرا لأن الكشف عن الميكروبات المرضية فى المياه يحتاج إلى ظروف خاصة لتنميتها، فإنه يجرى الكشف عن تلوث المياه بفحصها بكتريولوجيا وقياس تركيز بكتريا مجموعة القولون فيها. والمعروف أن هذه المجموعة البكتيرية موطنها الأصلى أمعاء الأنسان والحيوان ، وبالرغم من أن معظم هذه الميكروبات غير مرضية إلا إنها تعتبر مؤشرا هاما لوجود مسببات الأمراض فى المياه.

ويوضح جدول (٤-١٣) الأنواع الرئيسية للمسببات البكتيرية للأمراض الموجودة فى مياه الصرف الصحى والأمراض التى تصيب الإنسان بها.

### ٤-٥-٣ البروتوزوا

وهى أحياء دقيقة حيوانية وحيدة الخلية ، واسعة الإنتشار فى الأراضى وخصوصا الرطبة والمسمدة بالأسمدة العضوية كما توجد فى البحار والمحيطات والبرك والمستنقعات وأيضا فى أمعاء الحيوانات. والبروتوزوا منها " الرمى"الذى يتغذى على مواد عضوية ميتة ، ومنها مايتغذى على الكائنات الحية الأصغر كالبكتريا ، ومنها ماهو متطفل ويسبب أمراضا للأنسان. وللبروتوزوا أشكال عديدة ، لعل أشهرها الأميبا التى تتميز بأنها ليست لها شكل ثابت بحيث يمكن لمحتويات الخلية أن تتجه أى أتجاه مكونة أقداما عادية ، وبذلك تتحرك الخلية ككتلة واحدة فى إتجاه الأقدام.

"والتحوصل" شائع فى البروتوزا بأنواعها المختلفة ، فإذا ما تعرضت البروتوزا لظروف سيئة مثل الجفاف أو تراكم نواتج التمثيل الغذائى والفضلات فإنها تتحوصل بأن تتركز مادتها الحية وتصبح أكثر كثافة ، ثم تحيط نفسها بجدار سميك. والخلايا المتحوصلة أكثر مقاومة

للجفاف والظروف السيئة من الخلايا غير المتحوصلة ، وعندما تتحسن الظروف تخرج البروتوزوا من جديد وتمارس نشاطها.

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

**جدول (٤-١٣) أهم مجموعات البكتريا المسببة للأمراض والتى يمكن تواجدها فى مياه الصرف الصحى**

| مجموعة البكتريا | الأمراض التى تسببها |
|---|---|
| - مجموعة القولون المرضية | الإسهال |
| - مجموعة السلامونيلا<br>سلامونيلا التيفى<br>سلامونيلا الباراتيفى<br>أنواع أخرى | <br>حمى التيفود<br>حمى الباراتيفود<br>التسمم الغذائى والدوسنتاريا الباسيلية |
| - مجموعة الشيجيلا<br>أنواع أخرى | دوسنتاريا<br>الإسهال |
| - بكتريا القولون E. Coli | الإسهال |
| - أنواع أخرى | الكوليرا |

وهناك أنواع عديدة من البروتوزوا تسبب أمراضاً للإنسان والحيوان من أبرزها الدوسنتاريا والملاريا وغيرها. والجدول رقم (٤-١٤) يبرز الأنواع المختلفة من البروتوزوا والأمراض التى تسببها للإنسان والموجودة فى المجارى.

**جدول (٤-١٤) أهم الكائنات الحيوانية وحيدة الخلية (البرتوزوا) التى يمكن تواجدها فى مياه الصرف الصحى**

| نوع الكائن وحيد الخلية | الأمراض التى تسببها |
|---|---|
| البالنتيديوم كولاى | الإسهال – الدوسنتاريا – قرحة الأمعاء |
| الأنتاميبا هيستوليتيكا | قرحة الأمعاء – الدوسنتاريا الأميبية – خراج الكبد |
| الجيارديا لامبليا | الإسهال – سوء الهضم |

**٤-٥-٤ الديدان الطفيلية**

هناك عديد من الديدان الطفلية تعتمد على الإنسان كعائل أساسى لها ، وبعض هذه الديدان تصيب الإنسان بأمراض متباينة فى خطورتها.

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

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

ومن أشهر الديدان التى تصيب المصريين: البلهارسيا والأسكارس والأنكلوستوما والدودة الشريطية وغيرها. والجدول (٤-١٥) يوضح عدد الديدان الطفيلية الهامة فى حياة المصريين ، والتى تخرج بويضاتها مع البراز وأطوار حياتها.

**جدول (٤-١٥) أهم الديدان الطفيلية التى يمكن تواجدها فى مياه الصرف الصحى**

| نوع الدودة الطفيلية | الأسم الشائع | المرض الذى تسببه | دورة الإنتقال |
|---|---|---|---|
| إنكلستوما الإثنى عشر | الإنكلستوما | الإنكلستوما | الإنسان – التربة – الإنسان |
| الأسكارس الخرطومية | ثعبان البطن | الإسكارس | الإنسان – التربة – النبات |
| الدودة الدبوسية | الدبوسية | الدبوسية | الإنسان – الإنسان |
| التنياساجناتا | الدودة الشريطية | الشريطيات | الإنسان – البقرة – الإنسان |
| التنياسوليم | الدودة الوحيدة | الشريطيات | الإنسان – الخنزير – الإنسان |
| الترايكيورس ترايكيورا | الدودة السوطية | السوطيات | الإنسان – التربة – الإنسان |
| الشستوسوما | دودة البلهارسيا | البلهارسيا | الإنسان – القوقع – المياه – الإنسان |

# الباب الخامس

# المخاطر الصحية لإستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة فى الزراعة

## ٥-١ مقدمة

من المعروف أن مياه الصرف الصحى تحتوى على أغلب طوائف الميكروبات والمسببات المرضية المعروفة ، مثل الميكروبات المسببة لحمى التيفود والنزلات المعوية والدوسنتاريا وأمراض الجهاز التنفسى ، وجميع الأمراض المتوطنة مثل البلهارسيا والأسكارس وغيرها . وتتراوح نسب وجودها بين $10^{0}$ خلية فى كل لتر إلى $10^{7}$ أو أكثر فى اللتر. وعمليات المعالجة التقليدية يمكنها تخفيض المحتوى الميكروبى بنسب عالية تتراوح بين ٩٠-٩٩% ، ولكن الأمور لا تقاس بهذه النسب ، فهى تعطى إنطباعاً خاطئا وتضلل القارىء. فمثلا إذا كانت هناك مياه ذات محتوى ميكروبى يبلغ $10^{7}$ ميكروب فى اللتر ، فإن تخفيضاً مقداره ٩٩% منها يعنى أن الباقى فى المياه لا يزال $10^{0}$ ميكروب فى اللتر ، وهو رقم مرتفع للغاية ، ويعتبر مصدر خطر حقيقى ، لذا فمن الأفضل والأدق إتباع طرق إستخدام التركيز عن إتباع طريقة النسبة المئوية فى وصف المحتوى الميكروبى. وعند إعادة استخدام مياه المجارى " المعالجة " فى الرى ، فإن العديد من المسببات المرضية يستمر نشاطها وتستمر حياتها عدة أسابيع ، وقد تستمر فى بعض الأحيان – مثل بيض الأسكارس وبعض أنواع الجراثيم إلى أكثر من عام كامل فى التربة. وعلى الرغم من أن مدة بقاء المسببات المرضية فى المحاصيل تعتبر قصيرة ، إلا أنها قد تمتد عدة أيام ، بل وعدة أسابيع فى حالة الزراعات المحمية وزراعات الخضروات. ولا يتوقف إنتشار المسببات المرضية فى التربة فقط ، بل يمتد إلى المحاصيل ذاتها ليظهر فى أسواق الإستهلاك.

ومن الأمثلة المشهورة التى تؤكد خطر إستخدام الصرف الصحى – دون تخفيض للمخاطر الصحية – فى الرى والزراعة ما حدث فى صيف ١٩٧٠ فى القدس عندما إنتشرت الكوليرا وأصبحت ظاهرة وبائية ، ومنذ ظهورها فقد تم اكتشاف ٢٥٠ حالة كوليرا خلال ستة أسابيع فقط منذ ظهورها ، وعند فحص مياه الشرب وجد أنها آمنة وخالية من أى أثر للميكروب المسبب للمرض ، ولكن فحص المحاصيل الخضرية التى تم ريها بمياه الصرف الصحى (غير مطابقة للمواصفات المعمول بها هنالك ) وجد أنها السبب المرجح فى عمليات الإنتشار السريعة

للكوليرا التى قدمت إلى البلد بشكل فردى من الخارج ، وبدأت الانتشار من خلال مياه الصرف الصحى إلى الخضروات فى المنطقة التى انتشر فيها الوباء. كما أظهرت الإختبارات على عينات من التربة وجود ميكروب الكوليرا ، وعند فحص عينات من الخضروات التى تمت زراعتها على مياه الصرف الصحى وجد أنها ميكروب الكوليرا.

وإذا كانت إعادة استخدام مياه الصرف الصحى بالطريقة غير السليمة التى تمت فى القدس هى السبب فى انتشار الكوليرا وتحولها إلى وباء ، فإن الاستخدام غير السليم وغير الآمن لمياه الصرف الصحى له أخطاره على العاملين الزراعيين فى الأراضى التى يتم ريها بمياه الصرف الصحى غير الآمنة ، فقد لوحظ فى الهند إنتشار الانكلستوما والأمراض المعوية المختلفة بين العاملين الزراعيين فى المزارع التى تروى بمياه صرف صحى آمنة ، وقد كان لعادة السير بدون أحذية دورها الهام فى توسع وإنتشار تلك الأمراض الطفيلية بين العمال.

وعند إعادة استخدام مياه الصرف الصحى – دون تخفيض لمخاطرها الصحية – فى الأعشاب فى المناطق الشعبية الصالحة لتربية الماشية والرعى بوجه عام ، فإن عددا من المشاكل الصحية تطل برؤسها من جراء هذا الإستخدام غير السليم ، فقد حدث فى الدانمرك عام ١٩٥٢ إنتشار لمرض المارة الحيوانية بين قطعان الماشية التى كانت ترعى على عشب تم ريه بمياه صرف صحى غير معالجة صحيا. ومعروف أن بعض الأمراض التى تصيب الحيوان تؤثر على الإنسان المستهلك لمنتجات الحيوان المريض ، هذا بالإضافة إلى الآثار الإقتصادية الضارة على الثروة الحيوانية.

وعند إعادة إستخدام مياه الصرف الصحى دون معالجة فى مزارع تربية الأسماك ، ظهر أيضا العديد من المخاطر الصحية. فمن الزاوية الميكروبيولوجية هناك أمران مرتبطان تمام الإرتباط ، أحدهما إمكانية إنتقال مسببات المرض خلال جلود الأسماك وقشورها إلى داخل مطابخ المستهلكين ، والثانى عندما يستوطن مرض من الأمراض المتوطنة يحتاج إلى القواقع لتقوم بدور العائل الوسيط ، فوجود تلك القواقع يؤدى إلى إنتقال التلوث إلى الإنسان وإصابتة بالمرض.

وبالتالى فإن إعادة استخدام مياه الصرف الصحى دون معالجة صحية هو أمر شديد الخطورة على الصحة العامة ، وبالتالى على المجتمع ككل ، وفى نفس الوقت فإن التخلص من مياه الصرف الصحى دون أى شكل من أشكال الإستفادة منها يعتبر تبديدا لموارد هامة ، فمياه

الصرف الصحى تحتوى على العديد من العناصر الغذائية الصالحة والمناسبة فى الزراعة ، ويمكن فى حالة استخدامها تحسين الإنتاجية الزراعية أو توفير بعض الأسمدة ، أو الإثنين معاً.

### ٥-٢ مدة إستمرار تأثير المسببات المرضية

منذ خروج المسببات المرضية مع فضلات الإنسان تبدأ أعداد الكائنات المسببة للأمراض (المسببات المرضية) فى الإنخفاض نتيجة للموت أو للمنافسة بين بعضها البعض على الغذاء أو لغير ذلك من الأسباب وتبدأ الفيروسات والبروتوزوا فى الإنخفاض مباشرة أما البكتريا فقد يحدث لها أحيانا زيادة فى العدد والتركيز عندما لا تكون هناك منافسة على غذائها ، وأيضا عندما يكون الوسط مناسبا من أغلب الوجوه.

ويوضح جدول (٥-١) مدد إستمرار تأثير المسببات المرضية المختلفة فى براز الإنسان ، كما يظهر من الجدول فإن تأثير الفيروسات يمكن أن يستمر لمدة مائة يوم ، ولكن غالبا ما ينتهى تأثيرها فى أقل من ٢٠ يوما. أن مدد تأثير البكتريا تتراوح بين خمسة أيام وخمسين يوما فى أغلب الأحوال والبروتوزوا من نوع أكياس الإنتاميبا هيستولوتيكا المسببة للدوسنتاريا يمكن أن تستمر لمدة خمسة عشر يوما ، ولكن غالباً ما يختفى أثرها بعد ثلاثين يوما أما بويضات الديدان الطفيلية فإنها أكثر تلك المسببات قدرة على البقاء فيمكن لبيض الاسكارس أو ثعبان البطن أن تستمر مدة تأثيرها إلى عام أو أكثر وتزيد مدة استمرار تأثير المسببات المرضية فى المياه النقية أو مياه الصرف الصحى عن مدة استمرار تأثيرها فى البراز بدرجات ملحوظة فالفيروسات عادة لا ينتهى تأثيرها قبل خمسين يوما ، كما أنه يمكن استمرار مدة تأثيرها فى بعض الأحيان حتى أربعة أشهر.

**جدول (٥-١) مدد بقاء بعض المسببات المرضية فى البراز**

| نوع المسبب المرضى | مدة البقاء فى البراز |
|---|---|
| الفيروسات | تصل إلى ١٠٠ يوم وعادة لا يزيد عن ٢٠ يوما |
| **البكتريا :** | |
| مجموعة القولون | تصل إلى ٩٠ يوم وعادة لا يزيد عن ٥٠ يوما |
| السلامونيلا | تصل إلى ٦٠ يوم وعادة لا يزيد عن ٣٠ يوما |
| الشيجلا | تصل إلى ٣٠ يوم وعادة لا يزيد عن ١٠ يوما |
| الكوليرا | تصل إلى ٣٠ يوم وعادة لا يزيد عن ٥ يوما |
| **البروتوزوا** | |
| من النوع الأنتامبيا هيستولوتيكا | تصل إلى ٣٠ يوم وعادة لا يزيد عن ١٥ يوما |
| بيض الأسكارس | عدة أشهر |

ويوضح جدول (٥-٢) مدد إستمرار تأثيرالمسببات المرضية فى المياه النقية ومياه الصرف الصحى أيضا ومن الواضح أن مدة استمرار تأثير البروتوزوا هى أقل مدة لاستمرار تأثير المسببات المرضية تقريبا، فمدة بقاء الانتاميبا هيستولوتيكا لا تزيد عن عشرين يوما فى مياه الصرف الصحى، أما أكثر تلك المسببات قدرة على البقاء والحفاظ على فاعليتة فهو بيض الاسكارس.

أما إستمرار تأثير المسببات المرضية فى التربة فهى عملية مختلفة ، وذلك نتيجة للعديد من العوامل التى تؤثر على تلك المسببات المرضية ، مثل رطوبة التربة وكميات الأسمدة العضوية المختلطة بها ، وتركيزات الأسمدة غير العضوية ، وقاعدية التربة أو حمضيتها ، وضوء الشمس المباشر ، بالإضافة إلى درجة الحرارة ومقدرة التربة على الاحتفاظ بالرطوبة فمثلا يمكن استمرار تأثير السالمونيلا لمدة عام تقريبا إذا كانت التربة باردة ورطبة وغنية بالمواد العضوية المغذية ، وهذه الحالة تختلف بالطبع تبعا لمواصفات البكتريا وخواصها ، وعلى وجه العموم فإن المدة القصوى لإستمرار تأثير السالمونيلا تبلغ فى المتوسط حوالى خمسين يوما تقريبا . ويوضح جدول (٥-٣) مدة استمرار تأثير بعض المسببات المرضية فى التربة تحت الظروف العادية.

ومن ناحية أخرى فإن مدة إستمرار المسببات المرضية على المحاصيل تتوقف بدرجة كبيرة من الأهمية على التعقيم والحفظ عند استخدام مياه الصرف الصحى فى الرى. ومن المعروف أن الفيروسات والبكتريا لا يمكنها اختراق قشرة الثمار طالما كانت سليمة وغير مصابة. ومن أكثر المزروعات التى تتأثر بالتلوث بالمسببات المرضية الخضروات ذات الجذور. وهناك عوامل كثيرة تؤثر على حياة المسببات المرضية الموجودة فى المحاصيل والمزروعات ، كالأجواء الدافئة وضوء الشمس والهواء ، فإنها عوامل تساعد فى تقليل مدة استمرار تأثير المسببات المرضية وتؤدى إلى قتلها.

ويوضح جدول (٥-٣) أيضاً مدد استمرار تأثير المسببات المرضية على المحاصيل المروية بمياه الصرف الصحى ، والملاحظة العامة فى هذا الصدد أن مدد استمرار تأثير المسببات المرضية فى تلك المحاصيل أقل بدرجات ملحوظة من مدة استمرار تأثير تلك المسببات فى البراز والتربة ومياه المجارى ، وحتى المياه النقية.

**جدول (٥-٢) مدد بقاء بعض المسببات المرضية**
**فى كل من الماء النقى ومياه الصرف الصحى**

| نوع المسبب المرضى | مدة البقاء فى الماء النقى أو مياه الصرف الصحى |
|---|---|
| الفيروسات | تصل إلى ١٢٠ يوم وعادة لا يزيد عن ٥٠ يوماً |
| **البكتريا:** | |
| مجموعة القولون | تصل إلى ٦٠ يوم وعادة لا يزيد عن ٣٠ يوماً |
| السلامونيلا | تصل إلى ٦٠ يوم وعادة لا يزيد عن ٣٠ يوماً |
| الشيجلا | تصل إلى ٣٠ يوم وعادة لا يزيد عن ١٠ أيام |
| الكوليرا | تصل إلى ٣٠ يوم وعادة لا يزيد عن ١٠ أيام |
| البروتوزوا<br>من النوع الأنتاميبا هيستولوتيكا | تصل إلى ٣٠ يوم وعادة لا يزيد عن ١٥ يوماً |
| بيض الأسكارس | عدة أشهر |

## جدول (٥-٣) مدد بقاء بعض المسببات المرضية على المحاصيل وفى التربة

| الممرض | مدة البقاء (باليوم) | |
|---|---|---|
| | فى التربة | على المحاصيل |
| - الفيروسات | | |
| > فيروسات معوية | < ١٠٠ وعادة تكون < ٢٠ | < ٦٠ وعادة تكون < ١٥ |
| - البكتيريا | | |
| > الكوليفورم البرازى | < ٧٠ وعادة تكون < ٢٠ | < ٣٠ وعادة تكون < ١٥ |
| > السلامونيلا | < ٧٠ وعادة تكون < ٢٠ | < ٣٠ وعادة تكون < ١٥ |
| > فيبروكوليرا | < ٢٠ وعادة تكون < ١٠ | < ٥ وعادة تكون < ٢ |
| - البروتوزوا | | |
| > أكياس انتاميبا هيستولوتيكا | < ٢٠ وعادة تكون < ١٠ | < ١٠ وعادة تكون < ٢ |
| - الديدان | | |
| > بويضات الاسكارس | عدة أشهر | < ٦٠ وعادة تكون < ٣٠ |
| > يرقات الدودة الشريطية | < ٩٠ وعادة تكون < ٣٠ | < ٣٠ وعادة تكون < ١٠ |
| > بويضات الدودة الشريطية | عدة أشهر | < ٦٠ وعادة تكون < ٣٠ |
| > بويضات الدودة السوطية | عدة أشهر | < ٦٠ وعادة تكون < ٢٠ |

المصدر : التقرير الفنى رقم ٧٧٨ الصادر من منظمة الصحة العالمية بخصوص الخطوط الإرشادية الصحية لإعادة إستخدام مياه الصرف الصحى فى الزراعة والبيئة المائية (جنيف - ١٩٨٩).

### ٥-٣ إنتشار المسببات المرضية فى الهواء

فى أغلب عمليات تداول مياه الصرف الصحى يتطاير الكثير من الرذاذ الدقيق والذى لا يتجاوز قطر الحبة منه الخمسين ميكروناً. ورذاذ مياه الصرف الصحى يحمل معه المسببات المرضية الموجودة فى مياه الصرف الصحى ، وهذا الرذاذ ينتج عن عمليات التهوية فى محطات المعالجة أو من رشاشات المرشحات البيولوجية أو من رشاشات الرى بمياه المجارى وفى حالة استخدام الرى بالرش فإن الرشاشات المستخدمة يمكنها أن تخرج إلى الجو ما يقرب من ١ % من المياه على شكل رذاذ يحمل المسببات المرضية التى تنتشر بدورها فى الهواء الجوى المحيط. وتتوقف كمية المياه التى تتحول إلى رذاذ وتتطاير فى الجو على عوامل كثيرة مثل الرطوبة النسبية وقوة الريح وضغط الرشاشات وقطر فتحة الرشاشات وغيرها.

ويتوقف تركيز المسببات المرضية فى الرذاذ المتطاير فى الجو بالضرورة على تركيزة فى المياه المستخدمة فى الرى فعند استمرار مياه الصرف الصحى الخام يكون تركيز المسببات المرضية فيها مرتفعا.

وتتابين مقاومة الميكروبات المرضية المنتشرة فى الهواء تبعا للرطوبة النسبية والأشعة فوق البنفسجية وأيضا درجة الحرارة.

من الممكن الآن الخروج ببعض النتائج الأولية بعد إستعراض المخاطر المرضية لمياه الصرف الصحى ، وأنواع المسببات المرضية ، الأمراض المرتبطة بها ، ومدد استمرار تأثيرها فى التربة والمحاصيل وانتشارها فى الهواء.

- إن المسببات المرضية الموجودة بتجميع معين (فيروسات وبكتريا وبروتوزوا وديدان طفيلية) يمكن أن يتراوح تركيزها فى مياه الصرف الصحى التى تمت معالجتها بين ١٠٠ و ١٠٠٠٠ وحدة فى اللتر.
- عند استخدام مياه الصرف الصحى مباشرة فى الزراعة دون أى عمليات معالجة فإن الكثير من مسببات الأمراض يستمر تأثيرها لفترات طويلة ، قد تصل فى بعض الأحيان إلى عدة شهور ، خصوصا فى حالة التربة الرطبة. ومن بين جميع المسببات المرضية نجد أن الديدان الطفيلية مثل الأسكارس يستطيع بيضها أن يبقى حيا وأن يستمر تأثيرها لمدة تزيد عن العام الكامل.
- على الرغم من أن إستمرار تأثير المسببات المرضية على المحاصيل أقل نسبيا من مدد إستمرارها فى التربة ، وهى غالبا ما تتراوح بين أيام وأسابيع ، خصوصا فى الأراضى الرطبة وعند زراعة خضروات السلاطة ، فإن جميع الدراسات والأبحاث قد أكدت على سهولة انتقال الأمراض عن طريق استخدام المحاصيل المرويه بمياه الصرف الصحى ، وعلى وجه الخصوص المحاصيل التى تؤكل طازجة.
- كما أن العمال الزراعيين فى المزارع المرويه بمياه الصرف الصحى يتعرضون بالتبعية للإصابة بالأمراض وتتوقف درجة الإصابة على مستوى الميكنة وفرص التعرض أو التربة الملوثة ، وأيضا على عاداتهم الإجتماعية
- إن مسببات الأمراض يمكنها أن تنتشر من خلال الرذاذ فى الهواء الجوى ، وأن تذهب لمسافات بعيدة تتوقف على عوامل كثيرة وبذلك يزداد الخطر على الصحة فى نطاق واسع حول المناطق التى يتم فيها تداول المجارى الخام.

## ٥-٤ المعايير البيولوجية للحكم على نوعية المياه

تعد المعايير والخطوط التوجيهية الخاصة بنوعية المياه ضرورية جدا لنجاح أى مشروع يقوم على استعمال مياه الصرف الصحى للمعالجة. وتعد نوعية المياه من حيث ما تحتوية من المواد الميكروبيولوجية فى غاية الأهمية بالنسبة لعمال المزارع وكذلك بالنسبة للأفراد الذين قد يتعرضون لمياه الصرف الصحى بشكل مباشر أو غير مباشر. ويمكن أن يكون استعمال هذه المياه مقيدا أو غير مقيد ، تبعا لنوعية المياه من الناحية الميكروبيولوجية فمن المفترض أن يكون هناك خطوط توجيهيه أو نظم ولوائح ينبغى أن يتقيد بها المزارعون . وينبغى أن يكون المزارعون على علم بهذه الخطوات التوجيهية وبنوعية مياه الصرف الصحى المعالجة المتاحة لهم حتى يكون بوسعهم تطبيق نظم الإدارة المناسبة فى حدود المخاطر الصحية والبيئية المقبولة. أما البلدان التى لم تضع بعد أى خطوط توجيهية خاصة بها ، فعليها أن تطبق الخطوات التوجيهية التى اقتراحتها منظمة الصحة العالمية جدول (٥-٥) وينبغى التأكيد على أن كل بلد يجب أن يكون لديه الخطوط التوجيهية ومدونة السلوك الخاصة به وفى هذا السياق ، يتضمن هذا الدليل جدول (٥-٦) الخطوط التوجيهية المطبقة فى قبرص على سبيل المثال.

**جدول (٥-٥) الخطوط الإرشادية الموصى بها لنوعية مياه الرى من الناحية الميكروبيولجية لدى استخدام المياه المعالجة فى الزراعة (منظمة الصحة العالمية ١٩٨٩)[١]**

| الفئة | شروط الإستعمال | المجموعة المعرضة | الديدان المعوية (٢) المتوسط الحسابى لعدد البيض فى اللتر (٣) | البكتريا البرازية المتوسط الحسابى الهندسى العدد لكل ١٠٠ ملليلتر (٣) | المعالجة اللازمة للمياه العادمة لتحيق النوعية الميكروبيولوجية المطلوبة |
|---|---|---|---|---|---|
| أ | رى المحاصيل المحتمل تناولها دون طهى ، الملاعب الرياضية والمنتزهات العامة | العمال المستهلكون والعامة | واحد أو أقل | ١٠٠٠ أو أقل (٤) | سلسلة أحواض الترسيب مصممة لتحقيق النوعية الميكروبيولوجية المشار إليها المعالجة أو ما يعادلها |
| ب | رى المحاصيل الحبوب والمحاصيل الصناعية محاصيل العلف ، المراعى والأشجار | العمال | واحد أو أقل | لا يوجد معيار واحد | الحجز فى أحواض الترسيب لفترة ٨-١٠ أيام أو ما يعادلها من معالجة لإزالة الديدان المعوية والميكروبات البرازية |
| ج | نظم الرى الموضعى لرى المحاصيل فى الفئة (ب) إذا أمكن تجنب تعرض العمال والعامة للمياه | لا يوجد | لا ينطبق | ينطبق | معالجة المياه حسب متطلبات نظام الرى المستخدم بشرط ألا يقل عن أحواض الترسيب الأولية |

١ - فى حالات خاصة ، تراعى الاعتبارات المرضية الوبائية ، والظروف الإجتماعية وعليه يتم تعديل هذه التوصيات الإرشادية.

٢ - تشمل ديدان الأسكارس والتريكيورس والديدان الخطافية.

٣ - وذلك فى خلال فترة الرى.

٤ - يحسن تطبيق شروط أشد (ما يعادل أو يقل عن ٢٠٠ من البكتريا البرازية لكل ١٠٠ ملليلتر ) عند الاستخدام لرى المسطحات الخضراء العامة كما فى الفنادق والمنتزهات نظرا لتعرض العامة لذلك بشكل مباشر.

٥ - فى حالة الأشجار المثمرة يجب إيقاف الرى لمدة أسبوعين قبل قطف الثمار كما يجب عدم التقاط الثمار الساقطة على الأرض ، مع ضرورة تجنب طريقة الرى بالرش.

## جدول (٥-٦) خطوط توجيهية بشأن نوعية مياه الصرف الصحى المعالجة المستخدمة للرى فى قبرص

| الرى | الطلب البيولوجى للأكسجين ( BOD) | مواد صلبة عالقة ( ملليجرام / لتر ) | البكتريا البرازية / ١٠٠ لتر | الديدان المعوية/ لتر | المعالجة اللازمة |
|---|---|---|---|---|---|
| جميع المحاصيل (١) | (أ) ١٠* | ١٠* | ٥*<br>١٥** | لا يوجد | معالجة من المرحلتين الثانية والثالثة وتطهير من الجراثيم |
| الأماكن العامة المفتوحة للجميع والخضروات تؤكل مطهوة (٢) | (أ) ١٠*<br>١٥** | ١٠*<br>١٥** | ٥٠*<br>١٠٠** | لا يوجد | معالجة ثنائية وثلاثية وتطهير من الجراثيم |
| المحاصيل المخصصة للاستهلاك الآدمى | (أ) ٢٠*<br>٣٠* | ٣*<br>٤٠** | ٢٠٠<br>١٠٠٠** | لا يوجد | معالجة ثنائية وتخزين لمدة أكثر من أسبوع ثم تطهير من الجراثيم ، أو معالجة ثلاثية وتطهير من الجراثيم |
| الأماكن العامة غير المفتوحة للجميع | (ب)- | - | ٢٠٠*<br>١٠٠٠** | لا يوجد | ترسيب الماء وتخزينة فى برك الإيضاح لمدة تزيد عن ٣٠ يوما ، أو معالجة ثنائية وتخزين الماء أكثر من ٣٠ يوما |
| محاصيل العلف | (أ) ٥٠*<br>٣٠** | ٣٠*<br>٤٥** | ١٠٠٠*<br>٥٠٠٠** | لا يوجد | معالجة ثنائية وتخزين لأكثر من أسبوع أو معالجة ثلاثية وتطهير من الجراثيم |
| | (ب) - | - | ٥٠٠٠* | لا يوجد | ترسيب الماء وتخزينة فى برك الإنضاج لمدة تزيد عن ٣٠ يوما ، أو معالجة ثنائية وتخزين الماء أكثر من ٣٠ يوما |
| المحاصيل الصناعية | (أ) ٥٠*<br>٧٠** | -<br>- | ٣٠٠٠*<br>١٠٠٠٠** | -<br>- | معالجة ثنائية وتطهير ، وترسيب الماء وتخزينة فى برك الانضاج لمدة ٣٠ يوماً ، أو معالجة ثنائية وتخزين الماء أكثر من ٣٠ يوماً |
| | (ب) - | - | ٣٠٠٠* | - | |
| | | | ١٠٠٠٠* | - | |

أ - ميكنة طرق المعالجة (الحمأة المنشطة وغيرها)

ب - برك الترسيب

* يجب عدم تجاوز هذه القيم فى ٨٠% من العينات شهريا. ولا يقل عدد العينات عن ٥.

** القيم القصوى المسموح بها.

١ - غير مسموح برى الخضروات الورقية والأبصال التى تؤكل دون طهيها.

٢ - البطاطس ، والبنجر ، والقلقاس.

ملحوظة : لا يسمح باحتواء الماء المعالج على أى من المواد التى تتراكم فى الأجزاء التى تؤكل والتى ثبت أنها سامة للإنسان والحيوان

# الباب السادس

# أهم الاعتبارات الخاصة لمشروع إعادة استخدام مياه الصرف الصحى فى الزراعة (المزرعة)

## ٦ – ١ اعتبارات خاصة بتوصيل المياه من المحطة إلى المزرعة

يجب أن تنتقل المياه المعالجة من المحطة إلى مكان استخدامها فى أنابيب ، ولا يسمح بنقلها بواسطة القنوات المفتوحة ، أو صرفها على المجارى المائية مثل المراوى أو المصارف. وإذا ما تم ذلك ، لا ينطبق الكود على مثل هذه النوعية من المياه ، ويجب تطبيق البنود التالية :

١ – يفضل أن تكون محطة المعالجة فى أماكن مرتفعة عن أماكن الإستخدام (المزرعة الإنتاجية أو أماكن التخضير العمرانى).
٢ – أن تكون محطات الرفع ذات كفاءة عاليه ومتصلة بوسائل الإنذار ومصدر إضافى للطاقة.
٣ – أن تكون المسافة بين محطة المعالجة والمزرعة أقرب ما يمكن حتى يمكن توفير وتفادى الأعطال وأن تكون مجاورة للمرزعة تماماً كلما أمكن.
٤ – أن تكون الأنابيب الموصلة للمياه ذات كفاءة عالية ومحسوبة على أعلى إنتاج للمياه وسهلة الصيانة والتنظيف وينطبق عليها الكود المصرى للمواسير .
٥ – أن تكون مادة الأنابيب الموصلة للمياه غير قابلة للتفاعل مع نوعية المياه المارة بها، وأن تدفن على أعماق مناسبة بحيث لا تتأثر بالمرور عليها .
٦ – أن تميز الأنابيب المكشوفة الناقلة للمياه المعالجة ، سواء كانت قبل المزرعة أو داخل المزرعة أو داخل مناطق الإستخدام باللون الأحمر الأرجوانى .
٧ – أن تكون هناك محابس متعددة باللون الأحمر الأرجوانى ، سواء كانت قبل المزرعة أو داخل مناطق الإستخدام .

## ٦ – ٢ إختيار موقع المزرعة

الموقع أو المزرعة هى المساحة التى سوف تستقبل جميع كميات المياه الواردة من محطة المعالجة لكى تستخدم فى الزراعة الإنتاجية أو التجميلية ، ويشترط فى هذا الموقع الآتى :

١ – أن تكون المساحة المخصصة لإستخدام كل مياه محطة المعالجة كافية مع حساب التوقعات المستقبلية للتوسع فى المحطة فى حدود ٢٥ % لعمل الدورة الزراعية المناسبة .

٢ – أن تخصص المساحة كلها إلى شركة أو مستثمر ، أو إلى جمعية زراعية لها إدارة موحدة لإدارة الإنتاج بجانب الأمور الإدارية الأخرى .

٣ – أن يكون الموقع قابل للزراعة من حيث الخواص الطبوغرافية والجيولوجية ، ونوع التربة وعمق المياه الجوفية والمناخ ، وبعيداً عن مخرات السيول ، وتتم الدراسة المسبقة لاختيار الموقع ليناسب الإنتاج المطلوب من قبل المختصين فى الهيئة القومية ووزارة الزراعة .

٤ – أن يكون أقرب ما يمكن من محطة المعالجة .

٥ – أن تكون البنية الأساسية متوفرة (الطرق – الكهرباء – التليفون – الحماية الأمنية – المواصلات – وسائل الإعاشة من مياه شرب وسكن وغيره) ، أو الإلتزام بتوفيرها .

٦ – أن تأخذ الشكل المربع أو الدائرى وأن تبتعد عن الأشكال المستطيلة لتقليل تكلفة الإنتاج وتوزيع المياه داخل المزرعة ، وأن تتناسب مع خطوط الكنتور كلما أمكن ذلك .

### ٦ – ٣ اعتبارات خاصة بالمزرعة

عند الاتفاق على موقع ما لإستقبال المياه المعالجة لإستخدامها فى الإنتاج يجب الإلتزام بالبنود التالية :

١ – عزل المساحة الخاصة بالموقع عن المناطق الزراعية المجاورة لها بمسافة لا تقل عن ٢٥٠ متر .

٢ – عمل سور حماية حول المزرعة من نباتات الأسوار الشائكه أو مصرف دائرى قاطع على الحدود الخارجية للمزرعة على أن يستعمل معا فى رى الحزام الأخضر الخارجى من السلك الشائك على الأقل أو من السلك الشبك أو من المبانى وأن يكون هناك مدخل واحد فقط يمكن غلقه.

٣ – يزرع حزام من الأشجار الخشبية حول المزرعة كمصد للرياح بعرض ٢٠ م يستعمل لإنتاج الأخشاب وفى نفس الوقت يمكن أن يستقبل المياه غير المطابقة للمواصفات فى حالة حدوث أعطال ويروى بمياه الصرف .

٤ – يجب إنشاء خزانات موازنة أو أحواض فى أعلى منطقة فى الموقع تكفى لرى النباتات لمدة أسبوع على الأقل .

٥ – تقسم المزرعة إلى وحدات إنتاجية ، كل وحدة لا تزيد مساحتها عن ٢٠ فدان محاطة بطرق بعرض ٤ م .

٦ – عمل فتحة رى على كل وحدة إنتاجية قابلة للتوافق مع نظام الرى المتبع .

٧ – تحاط كل وحدة إنتاجية بصف واحد من أشجار مصدات الرياح .

٨ – يجب أن تكون مبانى الإدارة والمخازن وتجهيز المحصول للتسويق وغيرها قريبة من البوابة لتقليل الحركة داخل المزرعة .

٩ – يجب أن تكون أماكن جمع القمامة وعمل المكمورات وتخزين الأسمدة العضوية فى الجهة المقابلة لمنطقة المبانى (الجهة القبلية).

## ٦ – ٤ خواص الموقع (المزرعة)

الخواص التى تميز الموقع المختار للزراعة باستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة يمكن أن تؤثر على التخطيط والتصميم.

فيما يلى بعضاً من الخواص الهامة المؤثرة على إختيار الموقع لتحديد معدل الرشح والنفاذية للتربة.

### أ – فحص الموقع

من العوامل الهامة فى تقييم الموقع: الخواص الطبوغرافية ، جيولوجية التربة ، المياه الجوفية ، الاستعمال الأمثل للأرض ، المناخ ، المتغيرات التى تؤثر على نظام التخطيط ، نظام المياه ، نظم الزراعة المتبعة ، المحاصيل ، ونظم الرى المختارة.

### ب – طبوغرافية الموقع

أهم الخواص الطبوغرافية للموقع تشمل الانحدارات ، الارتفاعات ، التضاريس، السيول. ويمكن تحديد الانحدار والتضاريس من الخرائط الطبوغرافية " بالإضافة إلى أنه يمكن تحديدهما من الخرائط التفصيلية للتربة".

ويجب أن يؤخذ فى الاعتبار الخواص الطوبوغرافية للأرض المحيطة بالموقع المختار ومدى تأثير أحواض الصرف لها فى سريان المياه من وإلى الموقع وكذلك الترشيح إلى المياه الجوفية.

### جـ – الانحدار والتضاريس

هما خاصتان غير مرغوبتان لإستخدام مياه الصرف فى الرى فزيادة الإنحدار تسبب المشكلات الآتية:

- زيادة كمية المياه المنصرفة.
- عدم ثبات خواص التربة عندما تتشبع بالمياه.

- صعوبة نمو المحاصيل.
- التكلفة المرتفعة فى الرى.
- ويختلف تأثير هذه العوامل بإختلاف نوع المحاصيل.

وتعرف التضاريس بأنها الفرق فى المنسوب بين جزء وآخر فى نظام الرى. وهى تؤثر على ضخ المياه من باطن الأرض وتوزيعها على الموقع.

**د - قابلية حدوث فيضان**

استخدام مياه الصرف الصحى فى رى المناطق التى يمكن أن يحدث بها فيضان يمكن أن يساعد أو يصعب من عملية الرى ويتوقف ذلك على نظام التصميم والتخطيط وبوجه عام فإن مناطق الفيضان غير مرغوبة بسبب الخواص المتغيرة لأحواض الصرف بها ويؤدى إلى تدمير الخواص الطبيعية للنظام وتكون الدلتا والسهول الفيضية والرواسب الوديانية.

وبصفة عامة فإن السهول الفيضية غير مقبولة لتشييد مبانى سكنية أو إنشائية تجارية ولكن يمكن للمحاصيل أن تنمو فى هذه السهول إذا كانت مياه الفيضانات كافية لجعلها إقتصادية.

لذا فإنه من الضرورى تقييم مخاطر الفيضان على الموقع وحساب كيفية الإستفادة من مياهه وطرق الحماية منها فى حالة شدتها.

**هـ - مسح التربة**

هو إعداد خرائط للتربة مبين عليها الحدود بين الأنواع المختلفة للتربة على أساس العمق والتدرج الحبيبى ويتراوح مقياس الرسم لهذه الخرائط من ١ : ٢٠٠٠٠ إلى ١ : ٤٠٠٠٠ وتكون المعلومات عن الخواص الكيميائية محددة على هذه الخرائط.

ويمكن عمل "قطاعات" للتربة تبين الطبقات التى تتشابه فى التركيب والسمك.

وبناءاً على الاختلاف فى التدرج الحبيبى والانحدار والتعرية والملوحة ونوعية التربة السطحية والتحت سطحية فإنه يمكن تصنيف التربة إلى عدة أنواع يمكن تسميتها باسم المنطقة التى تقع بها أو القريبة منها.

**و - التربة**

أنواع التربة فى الموقع المختار يمكن تعريفها حسب خواصها الطبيعية والهيدروليكية والكيميائية.

وأهم الخواص الطبيعية :

البناء ، التركيب ، العمق.

وأهم الخواص الهيدروليكية :

معدل الرشح والنفاذية ، أما الخواص الكيميائية تشمل: pH ، التوصيل الكهربى ، نسبة الصوديوم والفوسفور والبورون والمواد العضوية.

**و-١ الخواص الطبيعية للتربة**

مثل التدرج الحبيبى والتركيب وهى ذات أهمية بسبب تأثيرها على الخواص الهيدروليكية.

**أ - بناء التربة**

- يصنف على أساس النسبة المئوية للرمل والطين والغرين.
- تتراوح حبيبات الرمل فى الحجم من ٠,٠٥ مم إلى ٠,٢مم.
- وحبيبات الغرين تتراوح من ٠,٠٠٢ مم إلى ٠,٠٥ مم.
- أما حبيبات الطين فتكون أقل من ٠,٠٠٢ مم.

وتعتبر التربة ذات القوام المتوسط هى الأفضل فى الري باستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة.

**ب - تركيب التربة**

يعتمد على شكل تجمعات حبيبات التربة. والتربة التى تحتوى على فجوات بين حبيباتها تعتبر أجود الأنواع فى التركيب لأن ذلك يساعد على التهوية وسهولة رشح المياه منها والصرف الطبيعى لها.

**جـ - عمق التربة**

ويعتبر عمق التربة من العوامل الهامة لنمو الجذور وامتصاصها للأملاح الذاتية فى مياه الصرف الصحى مثل الفوسفور ، وجذور النبات يمكن أن تستخلص المياه على أعماق تتراوح من ٣٠ سم إلى ٣ م أو أكثر .

ويعتبر العمق من ١/٢ - ١ م مناسباً للرى باستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة، أما المحاصيل ذات الجذور العميقة فيمكن أن تزرع فى تربة أكثر عمقاً من ذلك.

### و – ٢ الخواص الهيدروليكية

تشمل الخواص الهيدروليكية كلاً من معدل الرشح والنفاذية المشبعة ولكلاهما أهمية قصوى فى معظم استخدام مياه الصرف الصحى فى الرى.

وتوضح قطاعات التربة معدلات النفاذية لكل طبقة ، وتقسم درجات النفاذية إلى الدرجات الآتية : بطيئة جداً (أقل من ٠,١٥ سم /ساعة) ، بطيئة ، متوسطة البطء ، متوسطة السرعة، سريعة ، سريعة جداً (أكبر من ٥٠ سم/ساعة).

### و – ٣ الخواص الكيميائية للتربة

تؤثر هذه الخواص على كل من النفاذية وإمكانية نمو المحصول.

وأهم هذه الخواص الأس الهيدروجينى ، التوصيل الكهربى ، النسبة المئوية للصوديوم والفوسفور والمواد العضوية والبورون. وتعتبر التربة التى تحتوى على نسبة صوديوم ١٥% أو أكثر تربة قلوية، وتؤثر نسبة وجود الصوديوم على إنتشار حبيبات الطين فى التربة بسبب طبيعة آيون الصوديوم وبالتالى فإن إنتشار حبيبات الطين يسبب تقليل النفاذية. ويمكن تحسين خواص التربة القلوية بإضافة الكالسيوم المذاب إلى التربة.

### ز – المياه الجوفية

يعتبر عمق وكمية المياه الجوفية من العوامل الهامة فى فحص الموقع. فالمياه التى توجد على أعماق صغيرة يمكن أن تتعارض مع نمو المحصول ، وتوجد المياه الجوفية فى أغلب الأحيان على عمق يتراوح من ١– ١,٥ م أو أكثر (١ إلى ١,٢م) أو أكثر. والأعماق الأقل من ذلك تتطلب وسائل صرف تحت سطحية.

كما يختلف عمق المياه الجوفية تبعاً لإختلاف فصول السنة.

### ح – جيولوجيا الموقع

المعلومات الجيولوجية ذات أهمية خاصة فى مرحلة التخطيط للرى بمياه الصرف الصحى، فيجب معرفة طبيعة ونوع الصخور التحت سطحية (الصخور أسفل التربة). لأن ذلك يؤثر على سرعة تسرب مياه الصرف الصحى المستخدمة ووصولها إلى مستوى المياه الجوفية.

ويجب معرفة عمق المياه الجوفية والتى على أساسها يمكن زراعة المحصول المناسب. والعمق الذى يتراوح من (١–١,٥ م) أو الأكثر هو الأنسب والمفضل ويتوقف ذلك على فصول السنة ففى فصل الشتاء مثلاً يمكن استخدام تربة لها عمق مياه أقل من ذلك.

**ط - استخدام الأراضى فى المناطق المحيطة**

يجب أن يتوافق الرى باستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة مع الأهداف الآتية:

١ - حماية المناطق المفتوحة من التلوث.

٢ - إنتاج محاصيل زراعية أو منتجات الغابات.

٣ - تحسين خواص التربة المالحة.

٤ - تحسين خواص السهول الفيضية.

٥ - تكوين مناطق مصدات حول المواقع الهامة مثل المطارات.

لتقييم الاستخدام الأمثل للأراضى فى المناطق المحيطة والمدن يجب وضع خطط إقليمية وذلك باستخدام خرائط الصور الجوية وصور الأقمار الصناعية بأنواعها المختلفة.

**ع - المناخ**

العوامل المناخية مثل المطر ، البخر ، درجة الحرارة ، الرطوبة ، والرياح تستخدم فى تحديد الآتى:

١ - الميزان المائى للمحصول.

٢ - طول فصل النمو.

٣ - عدد أيام التوقف عن الرى.

٤ - إحتمالات السعة التخزينية فى الأرض.

٥ - الجريان السطحى للمياه.

ويجب إعداد ملخص شهرى لبيانات العوامل المناخية السابق ذكرها والمؤثرة على منطقة الدراسة.

وتشمل النشرة المناخية فى الولايات المتحدة مثلاً البيانات المناخية لعشر سنوات من محطات عديدة فى نفس منطقة الدراسة أو قريبة منها.

وهذه النشرة يتوافر بها المعلومات الآتية:

١ - الترسيب لكل شهر.

٢ - سقوط الجليد.

٣ - متوسط عدد الأيام مع ترسيب يزيد على (٠,٢٥ إلى ١,٣سم).

٤ - متوسط درجة الحرارة.

٥ - متوسطات درجات الحرارة العظمى والصغرى.

٦ - متوسط عدد الأيام فى الشهر المسجل بها درجة حرارة تساوى أو تقل عن (صفر م) وتساوى أو تزيد على (٣٢,٥م).

وباستخدام البيانات الشهرية السابقة يمكن إعداد (نشرة سنوية) لبيانات المناخ والطقس.

**ق - الإختبارات الحقلية**

وتشمل فحص الموقع ، تقييم قطاعات التربة ، وإختبار معدل الرشح.

**١ - فحص الموقع**

ضرورياً للمساعدة على الاستخدام الأمثل للأرض المحيطة ومعرفة خواص الصرف والخواص الطبوغرافية. بالإضافة إلى معرفة خواص التربة التى تؤثر على نمو الحشائش الطبيعية التى تنمو فى الأراضى الجافة كمؤشر لمعرفة خواص التربة التى تؤثر على نمو النبات.

ومن المهم معرفة معدلات الرى والفترات المناسبة لتوقف الرى وكذلك معرفة أنواع الأسمدة المناسبة.

ويمكن إعداد جدول يبين أنواع النباتات المناسبة لكل نوع من التربة طبقاً لخواصها.

**٢ - فحص قطاعات التربة**

يتم بأخذ عينة من حفرة تحت سطحية على عمق يتراوح من ١ - ٢ م قدم مما يساعد على معرفة الخواص المختلفة والهامة للتربة مثل التشقق ، نوع الصخور القريبة من السطح ، تواجد طبقات الطين ، وجود مخادش ذات اللون الرمادى والذى يعتبر من شواهد وجود مياه جوفية.

**٣ - اختبار معدل الترشيح**

ويتم ذلك باستخدام تقنيات مختلفة مثل :

- حوض الفيضان
- جهاز إسطوانة الترشيح
- رشاش الترشيح
- جهاز قياس نفاذية الهواء

## ٦ – ٥ إعتبارات خاصة بإدارة المزرعة

١ – يجب على كل مزرعة تستخدم المياه المعالجة أن تكون لها إدارة واحدة ، سواء كانت هذه المزرعة تدار من خلال شركة أو جمعية مستخدمى المياه المعالجة أو مستثمر رئيسى.

٢ – يجب أن تدار المزرعة بكفاءات فى المجال الزراعى لها خبرة فى استخدام هذه النوعية من المياه.

٣ – يجب تواجد الإدارة داخل حدود المزرعة مع إجراء المتابعة اليومية .

٤ – يجب إلتزام الإدارة الزراعية بالقيود الخاصة بجميع بنود الكود المصرى لإستخدام المياه المعالجة .

٥ – يجب على أفراد الإدارة أن تحمى نفسها والعمالة الزراعية من الأضرار الصحية المتوقعة وحماية البيئة داخل وخارج المزرعة .

٦ – يجب على الإدارة الزراعية تنفيذ الخطة المناسبة لنوعية المياه ، والتى تعطى عائداً مجزياً والتى تلتزم بالقيود الخاصة بالكود ، بالإضافة إلى حل المشاكل اليومية والطارئة .

٧ – يجب على الإدارة الإلتزام بحماية العمالة الزراعية من أضرار المياه وذلك بتفادى تلامس العمال للمياه ، وذلك من خلال إرتداء الملابس والأحذية الواقية أو إتباع أساليب رى مناسبة مثل الرى الموضعى ، أو إيقاف رى المحاصيل لمدة أسبوعين قبل الجنى أو الحصاد، مع تلوين مواسير المياه والمحابس باللون الأحمر الأرجوانى للدلالة على نوعية المياه مع كتابة تحذير "مياه صرف صحى معالجة ممنوع إستعمالها للشرب أو الغسيل" مع عمل تحليل وفحوصات صحية دورية (كل ٣ أشهر) على جميع العاملين فى المزرعة وإعطاء شهادة بخلوهم من الأمراض .

# الباب السابع
# الإحتياجات المائية للنباتات

## ٧ – ١ مقدمة

إن الهدف النهائى من إضافة الإحتياجات المائية إلى النباتات فى الحقل أن تكون الرطوبة الأرضية فى حالة مثلى لنمو النباتات .

وتجمع الطرق المختلفة التى تفقد بها المياه من الأراضى سواء قبل تسربها إلى داخل الأرض أو بعده ، تحت عنوانين عامين : (١) الفقد على صوره بخار ، (٢) الفقد على صوره سائل .

وعلى أساس من المنطق فإننا قبل أن نبدأ هذا نأكد مبدأ التعميم الذى يجب أن يظل عالقاً بالأذهان دائماً ، هو أن فقد بخار الماء من الأراضى ظاهرة لا يمكن عملياً التحكم فيها، إلا فى بعض الحالات الخاصة والحقيقة أن إحدى طرق الفقد على صوره بخار هى النتح من المحاصيل والتى تشجع على زيادة إنتاج المحاصيل ، وهو هدف يسعى معظم المزارعين جاهدين إلى إدراكه . وكثيراً ما تستعمل بيانات المطر بإعتبار أنها تصل جميعها إلى الأرض غير أن هذا بعيد كل البعد عن الحقيقة ، لأن الإنسان عليه أن يضع فى إعتباره أن للغطاء النباتى القدره على تبديد المطر وتزداد بوجه عام بإنخفاض كميه الأمطار وتكون نسبة الفقد المتوقع عاليه عندما يستقبل المطر على هيئه رخات خفيفه إذ غالباً ما تفقد مثل هذه الأمطار كليه ولا تصل للأرض.

## ٧ – ٢ التبخر والنتح

يحدث الفقد فى بخار الماء من الأرض بطريقتين : (١) "تبخير الماء من سطح الأرض، (٢) "النتح" من سطوح الأوراق وهاتين العمليتين، تسمى البخر نتح evapo-transpiration وهو يشكل الجزء الأكبر من الماء الأرضى المزال تحت ظروف الحقل الطبيعية ومن ذلك يتضح ما لهذه الظاهره من أهميه خاصه للنباتات الناميه .

### ٧-٢-١ العوامل التى تؤثر فى التبخر والنتح

معدل فقد الماء بالتبخير سواء من الأرض أو عن طريق النتح يتحدد أساسا بإنحدار الضغط البخارى – أى بمقدار الفرق بين الضغط البخارى عند سطح الأوراق أو الأرض ،

والضغط البخارى للجو ، كما أن إنحدار الضغط البخارى ، بدوره يرتبط بعدد من عوامل المناخ والأرض المعروفه .

أ - **طاقه الإشعاع** : يحتاج الماء إلى كمية كبيرة من الطاقة الإشعاعية لكى يتبخر من الأرض مباشره أو من سطوح الأوراق والشمس هى المصدر الأساسى لهذه الطاقة ويختلف ما يمتص من طاقه الإشعاع بواسطة الأرض والنبات إختلافاً كبيراً من مساحة إلى أخرى ومن يوم إلى أخر فى المنطقة الواحدة . وتختلف حرارة الشمس فى أى منطقة بالذات من يوم إلى آخر نتيجة لوجود السحب أو غيابها وما دامت الرطوبة متيسره لعملية التبخر فإن المرء يتوقع وجود علاقة وطيده بين التبخر وإمتصاص الطاقة الإشعاعية ، وهذا هو ما يحدث فعلاً ، لأن جهد النتح والتبخر يتوقف على الطاقه التى تمتص من الشمس بالإضافه إلى عوامل أخرى سيأتى ذكرها فيما بعد .

ب - **الضغط البخارى للجو** : يساعد الضغط البخارى للجو على التحكم فى البخر من الأرض والنباتات فإذا كان منخفضاً عن الضغط البخارى عند سطوح النباتات والأرض ، يأخذ التبخر مجراه بسرعه أما إذا كان مرتفعاً كما هو الحال فى الأيام " الرطبه " فإن التبخر يكون بطيئاً ويتضح أثر الضغط البخارى للجو على النتح والبخر من الإرتفاع النسبى لكمية البخار المفقود من الأرض التى تروى فى المناخ الجاف .

جـ- **درجه الحراره** : يتأثر تبخر الماء بالحرارة إلى درجة كبيره وتبعاً لذلك يكون الضغط البخارى مرتفعاً عند سطح الأوراق أو التربه الرطبه فى الأيام الدافئه أو الحاره وبما أن درجه الحراره ليس لها نفس التأثير المباشر فى الضغط البخارى للجو فإننا نجد لذلك أن هناك فرقاً كبيراً فى الضغط البخارى بين سطوح الأوراق أو التربة ، وبين الجو فى الأيام الحاره - فى التحكم فى عمليتى النتح والبخر وتكون النباتات وكذلك الأراضى بصفه خاصة أدفأ من الجو فى الأيام الصحو الساطعة .

د - **الرياح** : تداوم الرياح الجافة على إكتساح بخار الماء بعيداً عن السطح المبتل وبهذا يحل هواء ذو رطوبه أقل محل الهواء الرطب المزاح ويؤدى ذلك إلى إستمرار وجود إنحدار فى الضغط البخارى وهذا من شأنه يساعد كثيراً على تشجيع التبخر، حيث أن التأثير المجفف للرياح حتى الضعيفه منها يكون ملحوظاً حتى إذا لم يكن معدل الرطوبه فى الرياح المتحركه منخفضاً لهذا فإن قدره الرياح السريعه على تنشيط عمليه التبخر سواء من الأراضى أو من النباتات يكون كبيراً للغايه عندما يكون إنحدار الضغط البخارى شديداً .

هـ- **مورد الرطوبه الأرضيه :** عند مناقشة أثر العوامل الأخرى فى النتح والتبخر ، إفترضنا أن سطوح التربه والنباتات تحتوى على رطوبه وفيره تحت هذه الظروف تتحكم عوامل المناخ السابق ذكرها فيما يفقد من بخار بدرجة كبيرة إلا أن قوة شد الرطوبة الأرضية تحدد معدل صعود الماء إلى سطوح التربة والنباتات تكون محتوياتها من الرطوبة منخفضة ، ويقل الفقد والنتح والتبخير تبعاً لذلك .

بإستنفاد الرطوبة من سطح التربة ومنطقة الجذور ، يقل الفاقد بالنتح والبخر ويستجيب النبات لهذا النقص فى الرطوبة بإغلاق ثغور الأوراق ثم بالذبول فى نهاية الأمر وفى الأرض تقوم الخاصة الشعرية فى البداية بتعويض جزئى للرطوبة التى تفقد من السطح بالتبخير ولكن بمضى الوقت يتسبب معدل الفقد بالتبخير ، وكذلك الإمتصاص بواسطة النباتات فى إفراغ سطح التربة من رطوبتها ويكون صعود الماء بالخاصية الشعرية إلى الطبقات العليا بطيئاً حينئذ لدرجة تجعله قليل الأهمية من الناحية العملية ، وتحت تأثير هذه الظروف تتحرك بعض الرطوبة من الآفاق السفلى فى صورة بخار فى معظم الحالات وقد يكون ماء طبقة الحرث فقط هو الذى ينتابه نقص محسوس بسبب التبخر من السطح خصوصاً إذا وجدت به جذور قوية تمتص ما يعترضها من الماء المتحرك إلى أعلى .

### ٧-٣ الإستهلاك المائى Consumptive-Use

وهو مجموع الفاقد من المياه من سطح التربة والنتح ويعتبر مقياس لمجموع الماء الذى يفقد بالنتح والتبخر فى إنتاج المحاصيل كما أن لقيمته أهمية من الناحية العملية خصوصاً فى المساحات التى يستخدم الرى فيها لسد إحتياجات المحاصيل من الماء .

يوجد كالمتوقع ، تباين واضح فى مقادير المياه التى تستهلك فى إنتاج محاصيل مختلفة بالمناطق المتباينة ، فكل العوامل التى سبق ذكرها من ناحية تأثيرها فى النتح والتبخر يظهر فعلها هذا بالإضافة إلى أهمية خصائص النبات مثل تعمق الجذور وطول موسم النمو .

وفى بعض الحالات تكون لأرقام الإستهلاك المائى اليومى أهمية عملية أكثر من جملة الإستهلاك لموسم النمو ففى خلال الفترات الحارة الجافة من فصل الصيف ، يصل معدل الإستهلاك اليومى للذرة الأمريكية على سبيل المثال إلى رقم عال من أفراغ منطقة جذور النباتات من الرطوبة السهلة الإمتصاص ومن الطبيعى أن تفقد الأرض الرملية معظم الرطوبة المتيسرة بها فى أيام قليلة تحت هذه الظروف - وبهذا يتضح ما للفقد بالتبخر من أهمية .

**مقارنة البخر السطحى بالنتح**

من الموضوعات الهامة التى يجب أخذها في الإعتبار هى مقارنة البخر فى الماء من سطح التربة بالفاقد بالنتح وعموماً فإن الفقد النسبى يحدده عدد من العوامل ، ومن بينها ما يأتى:

١ - نسبة الغطاء لسطح التربة
٢ - كفاية النباتات المختلفة لإستهلاك الماء
٣ - الفترة الزمنية التى يمكثها المحصول فى الأرض ، خصوصاً خلال أشهر الصيف
٤ - الظروف المناخية .

**٧-٣-١ كفاءة الإستهلاك المائى**

إن الرقم الدال على مقدار ما يمكن الوصول إليه من إنتاج المحصول مقابل إستعمال مقدار معلوم من الماء لرقم هام ، خصوصاً فى الجهات التى تندر فيها المياه ويمكن التعبير عن هذه الكفاءة بأنه الإستهلاك بالوحدات ($م^3$) مقابل كل وحدة من أنسجة النباتات الناتجة (كجم) .

**العوامل التى تؤثر على كفاية إستهلاك الماء**

تتأثر الكفاءة التى يستهلك بها الماء لإنتاج المحاصيل بعوامل عدة منها المناخ والأرض والمغذيات بالإضافة إلى نوعية مياه الرى.

**إستخدام مياه الصرف الصحى فى الرى**

عند إستخدام مياه الصرف الصحى سواء المعالجة أو غير المعالجة فى الرى يجب الأخذ فى الإعتبار عدة عوامل منها ما يتعلق بنوعية المياه ومحتوياتها من العناصر أو الأملاح الذائبة ومنها ما يتعلق بنظم الرى المستخدمة ومنها ما يتعلق بالعوامل الصحية والبيئية .

أما فيما يتعلق بنوعية المياه فإنه يجب معرفة التحليل الكيميائى لمياه الصرف الصحى المستخدمة لمعرفة ما يلى وأخذة فى الإعتبار عند إستخدام هذه المياه فى الرى .

١- محتوى المياه من العناصر الغذائية ومدى تغطيتها للإحتياجات الغذائية لبعض العناصر (نيتروجين - فوسفور - حديد - منجنيز ....الخ) ومدى تأثير تواجد بعض العناصر بتركيزات معينه على نمو أو نضج بعض المحاصيل (تركيز النتروجين كمثال وعلاقته بالنمو الخضرى ونضج بعض المحاصيل )

٢- محتوى المياه من بعض العناصر ذات التأثير السام كالعناصر النادرة ثم الثقيلة والتى يمكن أن تؤثر على نمو النباتات أو قد تتراكم داخل النبات بتركيزات أعلى من المسموح بها للإستخدام الآمن للإنسان أو الحيوان وكذلك وجود بعض العناصر السامة .

٣- تركيز الأملاح الذائبة فى مياه الرى والتى قد يكون لها تأثير سلبى على نمو النباتات أو قد يؤدى وجودها إلى أخذها فى الإعتبار وإعطاء كميات مياه إضافية لمنع تراكم الأملاح فى التربة .

ومن المعروف أن هناك تداخل بين العلاقات والتأثيرات المختلفة كنتيجة لنوعية مياه الرى وإستخداماتها فعند أخذ طرق الرى فى الإعتبار فإنه يجب ملاحظة تركيزات أيون الكلوريد والبيكربونات عند إستخدام طرق الرى بالرش وكذلك نسبة الصوديوم المدمص ومن ناحية أخرى فإن وجود مواد معلقة قد يؤدى إلى إنسداد فى نظام الرى تحت الضغط وخاصة الرى بالتنقيط .

هذا بالإضافة إلى تأثير وجود الميكروبات المرضية على إستخدام طرق معينة للرى وتحت ظروف بيئية محددة ولمحاصيل معينة .

# الباب الثامن
# إدارة المياه لأغراض التحكم فى المشاكل الزراعية الناتجة عن إستغلال مياه الصرف الصحى المعالجة

## ٨- وضع مدونه للإستخدام السليم

يعد وجود مدونة للسلوك السليم أهم بالنسبة للمزارعين من الخطوط التوجيهية الخاصة بنوعية مياه الصرف الصحى المعالجة المستعملة فى الرى وتتكون مدونه السلوك من مجموعة الإقتراحات والتوصيات والخطوط التوجيهية أو المعايير التكميلية المقصود منها مساعدة المزارعين على حسن إدارة إستعمال مياه الصرف الصحى المعالجة بأفضل طريقة ممكنة .

ومدونة السلوك هذه تتوجه إلى العاملين فى وحدات المعالجة والمزارعين وتوضح لهم كيفية إدارة مياه الصرف الصحى المعالجة فى الرى والمحاصيل التى يمكن زراعتها ونظم الرى الواجب تطبيقها تبعاً لنوع المحصول ونوعية مياه الصرف الصحى المعالجة. كذلك تهتم مدونة السلوك بالتدابير الإحتياطية الواجب مراعاتها لضمان سلامة المزارعين وتحقيق نتائج إقتصادية جيدة وبهذه الكيفية يكون بوسع المزارع حماية نفسه ، وحماية السكان الأخرين المقيمين بالقرب من المناطق التى تروى بمياه الصرف الصحى المعالجة ، وحماية المستهلكين بالإضافة إلى حماية البيئة .

## ٨ – ١ نموذج مدونة سلوك لمعالجة مياه الصرف الصحى وإستخدامها للرى

### ٨-١-١ المعالجة

- يجب القيام بمعالجة وتطهير مياه الصرف الصحى بإستمرار بالطرق السليمة والفعالة طالما كان الغرض هو إستخدامها للرى وطبقاً للترخيص الصادر والتشريعات القائمة .
- يتعين الإستعانة بذوى الكفاءة فى تشغيل محطة المعالجة والتطهير بعد الحصول على إقرار الجهة المعنية بأن الأشخاص المعينين لهذه المهمة لديهم الكفاءة المطلوبة لتأديتها بما يفى بالإشتراط الوارد فى الفقرة-١ .
- يتعين التفتيش يومياً على محطة المعالجة والتطهير ، وفقاً للبرنامج الصادر من الجهة المسئولة كما يتعين تسجيل كافة العمليات التى تتم بناء على تعليمات جهة الإختصاص وينبغى أن توجد نسخة من هذا السجل فى المحطة لكى يتيسر الرجوع إليها .

- يجب إغلاق جميع المنافذ والصنابير والصمامات فى شبكة الرى غلقاً محكماً يمنع المتطفلين من إستخدامها مع مراعاة طلائها باللون الأحمر أو الأرجوانى وإضافة تحذير واضح عليها بعدم صلاحية الماء للشرب .
- لا يسمح بتركيب أى وصلات متعامدة مع خط المواسير المخصص لنقل مياه الشرب ويجب تغليف جميع خطوط المواسير الناقلة لمياه الصرف الصحى بشريط أحمر تميزاً لها عن مواسير مياه الشرب . وفى الحالات الإضطرارية التى تستلزم مد مواسير الصرف الصحى إلى جانب مواسير مياه الشرب يجب دفن الأولى تحت الأخيرة المخصصة لمياه الشرب بفاصل لا يقل عن ٥٠سم.

**٨-١-٢ إستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة للرى**

تختلف طرق الرى ونظم هذا الماء حسب الأراضى والنباتات المزروعة :

**٨-١-٢-١ الحدائق العامة وحدائق الزينة فى المناطق المفتوحة للجميع**

- طرق الرى تحت سطح التربة (Subsurface Irrigation)
- الرى بالتنقيط (Drip Irrigation)
- رشاشات نابضة (Pop-up Sprinklers) منخفضة الضغط عالية التصرف منخفضة الزاوية ( أقل من ١١ درجة) ويفضل أن يتم الرش ليلاً بعيداً عن الناس مع تجنب القيام به أثناء هبوب الرياح .

**٨-١-٢-٢ الحدائق العامة وحدائق الزينة فى المناطق غير المفتوحة للجميع والمحاصيل الصناعية ومحاصيل العلف**

- الرى بالتنقيط (Drip Irrigation)
- الرى بالفوارات (Bubblers)
- الرى بالرشاشات النابضة (Pop-up Sprinklers)
- الرى السطحى (Surface Irrigation Systems)
- الرشاشات ذات التصريف المنخفض (Low Capacity Sprinklers)

ويسمح بالرى بالرشاشات أو بالبخاخات مع وجود منطقة عازلة عرضها ٣٠٠م، وبالنسبة لمحاصيل العلف ينصح بوقف الرى قبل أسبوع على الأقل من موعد الحصاد وعدم السماح للحيوانات المدرة للألبان بالرعى فى المراعى المروية بمياه الصرف . (كما يجب إخطار جهاز الخدمة البيطرية بذلك) .

**٨-١-٢-٣ الكروم**

- الرى بالتنقيط
- الرشاشات الصغيرة والعادية ( وفى حالة إبتلال المحصول فإنه يجب وقف الرى قبل الحصاد بأسبوعين )
- لا يسمح بإستخدام نظم الرى المتنقلة .
- لا يجوز إلتقاط المحصول من على الأرض .

**٨-١-٢-٤ أشجار الفواكه**

- الرى بالتنقيط
- الرى بالخراطيم
- الرى بالفوارات
- الرى بالرشاشات الصغيرة

لا يجوز إلتقاط الثمار من على الأرض بإستثناء الجوزيات وفى حالة إبتلال المحصول يوقف الرى قبل الحصاد بإسبوع .

**٨-١-٢-٥ الخضر**

- الرى تحت سطح التربة
- الرى بالتنقيط

يجب عدم ملامسة المحصول للأرض أو مياه الصرف الصحى المعالجة ( محاصيل الخضر القائمة على دعامات والمرتفعة عن سطح الأرض) ويجوز إتباع نظم رى أخرى .

الخضر التى تؤكل بعد طهيها

- الرى بالرشاشات
- الرى تحت سطح التربة
- الرى بالتنقيط

ويمكن السماح بإتباع نظم رى أخرى بعد موافقة السلطات المعنية إذ يجوز لها أن تمنع نظماً معينة حرصاً على سلامة الصحة العامة والبيئية .

**٨-١-٣ المعالجة من المرحلة الثلاثية**

١- يمكن إتباع طرق المعالجة الثلاثية التالى بيانها :

- التخثر والإندماج الذى يعقبه الترشيح السريع بواسطة الرمل .
- أجهزة الترشيح البطىء بواسطة الرمل .
- أية طريقة أخرى تضمن الإستبعاد التام لبويضات الديدان المعوية وتقليل البكتريا البرازية إلى مستوى مقبول شريطة موافقة الجهة المعنية المسئولة .

٢ - يجب إتباع طرق التطهير الملائمة عند إستخدام مياه الصرف لأغراض الرى . وفى حالة المعاملة بالكلور يجب ألا يقل المستوى الإجمالى للكلور الحر عند منفذ خزان إضافة الكلور بعد ساعة من إضافته عن ٥ر٠ملجم /لتر، وإلا يزيد على ٢ملجم/لتر .

٣ - يجب أن يكون موقع المعالجة مزوداً بوسيلة ملائمة لرصد المعالم الأساسية لنوعية الماء وحفظ معلومات الموقع .

## ٨-٢ شروط الإستعمال الكفء والفعال لمياه الصرف الصحى المعالجة

لتحديد برنامج الرى السليم ، ينبغى إجراء تحاليل على التربة ومياه الصرف الصحى المعالجة، إذ يختلف التسميد مع إستعمال مياه الصرف الصحى المعالجة عن التسميد مع المياه العذبة .

### ٨-٢-١ مدونة سلوك لتسميد المحاصيل التى تروى بمياه الصرف الصحى المعالجة منهج تدريجى

يتم التسميد بناء على خبرة المزارع وعلى التوصيات العامة أما الطريقة العلمية فى التسميد فتأخذ فى إعتبارها الحصول على العناصر الغذائية ، ومستوى خصوبة التربة ، ومحتوى مياه الصرف الصحى المعالجة من العناصر الغذائية والغلة المتوقعة ويزود كل مزارع على حدة بمعلومات يمكنه الإعتماد عليها فيما يتعلق بالإحتياجات السمادية لحقله

### ٨-٢-٢ قدرة مياه الصرف الصحى على توفير العناصر الغذائية

تعتمد هذه القدرة على كمية مياه الصرف الصحى التى يروى بها كل هكتار سنوياً ومقادير العناصر الغذائية المعينة التى تحتوى عليها كما تم ذكره فى الجدول (٤-٨) وتضاف هذه المقادير إلى كميات العناصر الغذائية التى توفرها التربة ويطرح الناتج من كمية العناصر الغذائية التى يتطلبها المحصول. وكمية العناصر الغذائية اللازمة للمحصول لا تكون معادلة بالضرورة للكمية الواجب إضافتها لأن المحصول لا يستفيد من جميع العناصر الغذائية المضافة سواء عن طريق الأسمدة أو مياه الصرف الصحى المعالجة . وعادة ما تكون الكمية الفعلية التى

توفرها الأسمدة أعلى مما يتطلبه المحصول ويتوقف إمتصاص العناصر الغذائية على عدة أمور منها نظم الرى .

### ٨-٢-٣ نظام الرى وكفاءة إمتصاص النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم

تختلف قدرة المحصول على إمتصاص العناصر الغذائية بإختلاف نظم الرى وعموماً كلما إرتفعت كفاءة نظام الرى أرتفعت بالتالى كفاءة إمتصاص العناصر الغذائية ويوضح الجدول (٨-١) المقادير التى يمكن أن يمتصها نفس المحصول من النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم فى حالة نظم الرى المختلفة .

**الجدول (٨-١) نسبة إمتصاص النبات للعناصر السمادية (النيتروجين ، والفوسفور والبوتاسيوم) حسب نظام الرى**

| نظم الرى | النيتروجين % | الفوسفور% | البوتاسيوم% |
|---|---|---|---|
| الرى بالخطوط | ٤٠-٦٠ | ١٠-٢٠ | ٦٠-٧٥ |
| الرى بالرش | ٦٠-٧٠ | ١٥-٢٥ | ٧٠-٨٠ |
| الرى الموضعى | ٧٥-٨٥ | ٢٥-٣٥ | ٨٠-٩٠ |

المصدر منظمة الأغذية والزراعة ، المكتب الإقليمى للشرق الأدنى ١٩٩٢.

وتكون كفاءة الإستفادة من التسميد فى أدنى مستوياتها فى حالة الرى السطحى ، إذ أنه يؤدى إلى غسل العناصر الغذائية من التربة وتقليل كفاءة الإستفادة من التسميد النيتروجينى بدرجة كبيرة ، ولذلك فإن تقدير الكميات الإجمالية للعناصر الغذائية التى يجب وجودها فى التربة لتلبية متطلبات محصول معين يلزم معرفة كفاءة إمتصاص المحصول للأسمدة .

#### ٨-٢-٣-١ مقادير النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم اللازمة للمحاصيل المختلفة

ومع مراعاة المقادير المطلوبة من العناصر الغذائية لتحقيق غلة معينة والعناصر الغذائية التى تحتوى عليها التربة ومياه الصرف الصحى وكفاءة إمتصاص المحصول للعناصر الغذائية فى ظروف الرى المختلفة يمكن إستخدام المعادلة التالية لتقدير كميات النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم المتاحة فى التربة .

العناصر الغذائية المطلوبة للنبات (كجم/هكتار) = المقادير المطلوبة من العناصر الغذائية لتحقيق غلة معينة – العناصر الغذائية المتاحة فى التربة + العناصر الغذائية التى تحتوى عليها مياه الصرف الصحى المعالجة ×١٠٠ كفاءة إمتصاص العناصر فى نظام الرى المتبع .

**٨-٢-٤ طرق الرى**

**٨-٢-٤-١ طرق الرى السطحى بالضغط**

الرى بالرش ( رشاشات ذات قدرة عالية ورشاشات صغيرة عادية وبخاخات ) ويؤدى هذا النظام إلى تبليل المحاصيل والتربة كما يحدث فى حالة سقوط الأمطار .

**٨-٢-٤-٢ الرى بالتنقيط ( نظام الرى الموضعى) وأهم سمات هذا النظام ما يلى :**

- كفاءة إستخدام عالية ، ويعتبر هذا النظام فى حالة إستخدامه بالشكل المناسب أفضل طريقة رى فى المناطق التى تشح فيها المياه .
- يعد من الطرق الملائمة للتصدى للمشكلات المتعلقة بملوحة مياه الرى وبقلوية التربة .
- تعد هذه الطريقة مأمونة فضلاً عن أنها قد تكون مبشرة بأفضل النتائج فيما يتعلق بالرى بمياه الصرف الصحى المعالجة،خصوصاً إذا تمت تنقيتها إلى الحد الذى يمنع حدوث الكثير من الإنسدادات.
- تجعل التلامس بين مياه الصرف الصحى وكل من المزارعين والمحاصيل المروية عند الحد الأدنى الممكن .
- لا يترتب عليها حدوث رذاذ دقيق متطاير ، وبالتالى عدم حدوث تلوث للجو أو المناطق المجاورة للحقول المروية .

**٨-٢-٤-٣ الرى تحت سطح التربة**

لم تستخدم هذه الطريقة حتى الآن فى الرى بمياه الصرف الصحى المعالجة، ولكنها قد تكون مفيدة فى حالة الرى بمياه الصرف الصحى ذات النوعية الأدنى والتى تزداد معها نسبة التعرض لمخاطر صحية وبناء عليه فإن الرى تحت سطح التربة والرى بالنقاطات (Drippers) ربما يتيحان أكبر قدر ممكن من الوقاية الصحية .

### ٨-٢-٤-٤ الرى بالفوارات (Bubblers)

وهى وسيلة للرى الموضعى تضمن تنظيم كمية التدفق ، وهى أفضل من طريقتى التنقيط والرشاشات الصغيرة فيما يتعلق بالإنسدادات .

### ٨-٣ إختيار نظم الرى

يتوقف إختيار نظم الرى الملائمة على نوعية مياه الصرف الصحى المعالجة، وعلى نوع المحصول ، والتقاليد المرعية ، والتجارب السابقة والمهارات ، وقدرة المزارعين على التعامل مع مختلف الطرق، وعلى ما يمثله النظام من مخاطر محتملة على صحة المزارعين والصحة العامة والبيئة، ويتضمن الجدول (٨-٢) تقييما لمدى صلاحية نظم الرى الشائعة وهى الرى بالغمر والرى بالخطوط والرى بالرشاشات والرى بالتنقيط لإستخدام المياه المالحه ، وينطبق ما ورد بالجدول أيضاً على إستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة ، خصوصاً بالنظر إلى نسبة الملوحة فيها .

## جدول (٨-٢) تقييم مدى صلاحية إستخدام المياه المعالجة (Brackish Water) فى نظم الرى الشائعة (Kandiah ,1990)

| معالم التقييم | الرى بالخطوط | الرى بالغمر | الرى بالرش | الرى بالتنقيط |
|---|---|---|---|---|
| إبتلال الأوراق وما يترتب عليه من إتلاف لها يؤدى إلى ضعف المحصول | الأوراق لا تتعرض لأضرار نظراً لأن المحصول يزرع على حواف الخطوط | ربما تصاب بعض أوراق الجزء الأسفل من ساق النبات ، ولكن ليس إلى الحد الذى يؤدى إلى ضعف المحصول | أضرار شديدة تصيب الأوراق فتؤدى إلى خسائر كبيرة فى المحصول | لا تتعرض الأوراق لأية أضرار |
| تراكم الأملاح فى منطقة الجذور مع تكرار الرى | تراكم الأملاح فى الحواف ربما يضر بالمحصول | تتحرك الأملاح عمودياً إلى أسفل ولا يحتمل أن تتراكم فى منطقة الجذور | تتحرك الأملاح إلى أسفل ولا يحتمل أن تتراكم فى منطقة الجذور | تتحرك الأملاح فى إتجاه حركة الماء وتتكون رواسب ملحية فيما بين النقاطات |
| القدرة على تحمل إرتفاع نسبة الماء فى التربة | ربما تتعرض النباتات للإجهاد فى الفترات الفاصلة بين نوبات الرى | ربما تتعرض النباتات للإجهاد فى الفترات الفاصلة بين نوبات الرى | من غير الممكن المحافظة على أرتفاع نسبة الرطوبة فى التربة طول فترة النمو . | يسمح بإستمرار إرتفاع نسبة الرطوبة فى التربه طوال فترة النمو ، ويقلل تأثير الملوحة إلى أدنى حد |
| مدى صلاحية إستخدام المياه المالحة دون التعرض لخسائر كبيرة فى المحصول | مقبول إلى متوسط ويمكن الحصول على محصول معقول بشرط جودة معاملات الرى والصرف | مقبول إلى متوسط ويمكن الحصول على محصول مقبول بشرط جودة معاملات الرى والصرف . | سيىء إلى مقبول تتعرض معظم المحاصيل لتلف فى الأوراق وإنخفاض فى الغلة | ممتاز إلى جيد ، ويمكن زراعة جميع المحاصيل تقريباً دون التعرض لإنخفاض يذكر فى الغلة |

وربما يمثل الإنسداد مشكلة خطيرة فى نظم الرى أو الرشاشات الصغيرة أو بالتنقيط أو فى نظام الرى تحت سطح التربة، حيث أن ظهور الغرويات أو البكتريا أو غيرها على فوهات الرشاشات أو الفوارات أو فى خطوط الإمداد يؤدى إلى إنسدادها وربما ينشأ الإنسداد بفعل الأملاح والمواد الصلبة العالقة ، ولكنه يشتد بصفة خاصة فى نظام الرى بالتنقيط وهو الذى يعتبر مثالياً من حيث الوقاية الصحية وحماية النبات من التلوث ، وإن كان يصعب إستخدامه فى الرى بمياه الصرف الصحى المعالجة بها نسبة عالية من هذه المواد الصلبة .

وعند إستخدام مياه صرف صحى معالجة خصوصاً إذا كانت غير مطابقة للخطوط التوجيهية التى توصى بها منظمة الصحة العالمية فإنه يجب إتباع إجراءات خاصة لطرق الرى المستخدمة كما هو موضح بجدول (٨-٣) .

**جدول (٨-٣) الإجراءات الخاصة اللازمة عند إستخدام مياه الصرف الصحى خصوصاً إذا كانت غير مطابقة للخطوط التوجيهية التى توصى بها منظمة الصحة العالمية (Mara Cairncross,1988)**

| طرق الرى | العوامل التى تؤثر على الإختيار | إجراءات خاصة لإستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة |
|---|---|---|
| **الرى بالغمر** | أقل التكاليف ولا يشترط التسوية التامة | وقاية واقية لعمال الحقل والمتعاملين مع المحصول والمستهلكين |
| **الرى بالخطوط** | تكاليف منخفضة وربما يحتاج الأمر إلى تسوية | وقاية لعمال الحقل ، وربما أيضاً للمتعاملين مع المحصول والمستهلكين . |
| **الرى بالرش** | كفاءة متوسطة فى إستخدام المياه ولا يلزم التسوية | ينبغى عدم زراعة بعض محاصيل الفئة ب ، خصوصاً أشجار الفاكهة ويجب ألا تقل المسافة عن ٥٠-١٠٠ م من الطرق والمنازل، كما يجب ألا تكون المعالجة بالطرق اللاهوائية نظراً لما تشيعه من روائح كريهة |
| **الرى تحت السطحى والرى الموضعى** | تكاليف مرتفعة ، وكفاءة عالية فى إستخدام المياه ومحصول وفير | الترشيح لمنع إنسداد الرشاشات |

- فئات المحاصيل مبينة فى الفصول اللاحقة .

ويوصى بالآتى :

- أن يقتصر الرى بالرش ( الرشاشات الصغيرة البخاخات ، وغيرها ) على محاصيل العلف والألياف والمحاصيل البذرية .
- أن تتم عمليات الرى بالرش عند إستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة فى رى الحدائق أو المساحات المفتوحة للعامة أثناء الليل .

- ألا تتم عمليات الرى بالرش أثناء هبوب الرياح ، فمن المحتمل عندئذ أن تنتقل الكائنات الممرضة مع الضباب الذى يتكون من الرذاذ الدقيق فتشكل خطراً على صحة العمال والمزارعين وسكان المناطق المجاورة .
- أن تخلط المياه العادمة المعالجة غير المستوفية للشروط الصحية أو البيئية بمياه الرى العادية وذلك لرفعها إلى مستوى الخطوط التوجيهية الموصى بها لإستخدام المياه لأغراض معينة .

كذلك التأنى فى إختيار طريقة الرى بحيث تكون ملائمة للمنطقة المعنية وبحيث يمكن تلافى أى تلوث يمكن أن تسببه للمحاصيل وخصوصاً للأجزاء التى تؤكل منها (جدول ٨-٣).

## ٨-٤ كمية المياه وتنظيم مناوبات الرى

كمية الماء التى تحتاج إليها النباتات المحصولية تكاد تتعادل مع كمية البخر والنتج وربما تزيد الإحتياجات عن ذلك فى حالة غسل التربة .

ويبين الجدول (٨-٤) كميات المياه التى تحتاج إليها المحاصيل مع مراعاة تعديل الكميات الفعلية حسب معدل الأمطار الفعال ، وإحتياجات غسل التربة وكميات الفاقد عند الإستخدام ، وما إلى ذلك من عوامل أخرى فالكمية الموصى بها لمحصول ما ولمكان معين تقدر بناء على بيانات الأرصاد الجوية ونوع المحصول وموعد زراعته ونوع التربة وكمية الغسيل.....إلخ.

ولا تعد عمليات الرصد والتقييم من الناحية الميكروبولوجية من إختصاص المزارعين ولذلك فإن التدابير الإحتياطية التى يجب على المزارعين إتخاذها فى أى وقت ، وكذلك التدابير الإضافية التى ينبغى عليهم مراعاتها فى حالة ما إذا كانت مياه الصرف الصحى المعالجة التى يحصلون عليها ليست بالنوعية المتوقعة ، ينبغى أن تزودهم بها السلطات المختصة فى الدولة .

ومن المهم أن يرصد المزارعون التأثيرات التى تتعرض لها التربة والمحاصيل من جراء الكيماويات وخصوصاً من وجهة النظر المتصلة بالعناصر الغذائية التى تحصل عليها المحاصيل حتى يمكن تعديل الأساليب الزراعية تبعاً لذلك .

## جدول (٨-٤) كميات الماء التى تحتاج إليها محاصيل مختارة
## ( أخذت بتصرف من منظمة الأغذية والزراعة ١٩٩٢)

| المحصول | كمية الماء اللازمة (مم/فترة النمو) |
|---|---|
| برسيم حجازى | ٨٠٠-١٦٠٠ |
| موز | ١٢٠٠-٢٣٠٠ |
| فاصوليا | ٣٠٠-٥٠٠ |
| كرنب | ٣٨٠-٥٠٠ |
| حمضيات | ٩٠٠-١٢٠٠ |
| قطن | ٧٠٠-١٣٠٠ |
| فول سودانى | ٥٠٠-٨٠٠ |
| ذرة صفراء | ٥٠٠-٨٠٠ |
| بطاطس | ٥٠٠-٧٠٠ |
| أرز | ٣٥٠-٧٠٠ |
| عباد الشمس | ٨٠٠-١٢٠٠ |
| ذرة رفيعة | ٤٥٠-٦٥٠ |
| قمح | ٤٥٠-٦٥٠ |

# الباب التاسع
# نظم الرى والصرف

## أولاً : الرى

### ٩-١ العوامل التى تتحكم فى إختيار أسلوب رى المحاصيل

يتوقف اختيار أسلوب الرى في حالة إستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة على مجموعة من العوامل يمكن إيجازها فيما يلي:

#### ٩-١-١ درجة معالجة المياه

من الطبيعي أن يكون استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة ذات النوعية الجيدة في ري كافة أنواع المحاصيل بينما يزداد التدقيق في اختيار المحاصيل كلما كانت درجة معالجة هذه المياه أقل حتى يصل الأمر إلى التوصية برى أشجار الخشب فقط بمياه الصرف الصحى التي تكون معالجتها إبتدائية أو ما هو أقل من ذلك.

#### ٩-١-٢ نوعية المحصول المزمع زراعته

بعض المحاصيل الكثيفة ( مثل القمح والبرسيم ) لا يمكن ريها إلا بالغمر في الأحواض أو الشرائح الطولية أو باستخدام الري بالرش بينما يمكن زراعة محاصيل كثيفة أخرى (مثل القطن والذرة) على الخطوط والفارق بين النظامين جوهري حيث يتم إبتلال كامل مساحة الأرض المنزرعة في حالة المجموعة الأولى من المحاصيل بينما يكون الابتلال جزئيا فقط في حالة الري بالخطوط ، كذلك فإن الكثير من محاصيل الخضر والفاكهة والنخيل والأشجار يمكن الاعتماد في ريها على الخطوط (الري السطحي) وأيضا بإستخدام نظم الرى بالتنقيط السطحى وتحت السطحي والرشاشات الصغيرة في بعض الأحيان.

#### ٩-١-٣ مساحة المزرعة

حيث أن المزارع الصغيرة تعوق في كثير من الأحوال من تزويد المياه عن طريق الضغط في الأنابيب إلا بعد اللجوء إلى الكثير من التقنيات التي تزيد في غالب الأحوال من التكاليف أما في حالة ري المساحات الكبيرة فيمكن إستخدام أنظمة مثل أجهزة ومعدات الري

المحوري التي تقل تكلفتها الاستثمارية كما أن تكاليف تشغيلها وصيانتها تكون أيضاً أقل عما عداها من النظم .

### ٩-١-٤ نوعية الأراضى

حيث يختلف الحال في ري أراضى الوديان عن ري أراضى الحياض أو رى أراضى الدلتات عن ري الأراضي التي تنخفض أو ترتفع مناسيبها على شكل مساطب متباينة المناسيب عن ري الأراضي المرتفعة " Uplands " وهكذا

### ٩-١-٥ نوعية التربة

حيث يمكن إستخدام نظم الري السطحي في حالة التعامل مع تربة طينية أو طميية أو سلتيه خفيفة أو ثقيلة أما الأراضي الرملية الخشنة أو الناعمة والخفيفة القوام بشكل عام فيفضل في ريها الكميات القليلة من المياه مع تقصير الفترات بين الريات وزيادة عدد مرات الري وتكرارها على خلاف النوعية الأولى من التربة التي يمكن اختزان كميات كبيرة من المياه في منطقة الجذور تسمح بزيادة الفترة بين الريات – ويعود السبب في ذلك بشكل أساسي إلى أن التربة الثقيلة تتميز بقدرة أكبر على الإحتفاظ بالمياه والرطوبة بينما تكون قدرتها على تمرير المياه والتي تمثلها النفاذية أقل بينما تتميز التربة الرملية بقدرة أكبر على تمرير المياه حيث تكون كفاءتها أكبر بينما تكون قدرتها على الإحتفاظ بها أقل.

### ٩-١-٦ الظروف الجوية

تؤثر الظروف الجوية بشكل مباشر على إختيار نظام الري فعلى سبيل المثال يوصى بإيقاف تشغيل نظم الري بالرش في حالة زيادة سرعة الرياح عن مستوى معين حيث أن سرعة الرياح ستعمل في هذه الحالة على تشتيت ذرات المياه وسقوطها في غير الموقع المطلوب سقوطها فيه وعليه وفى نفس الوقت قد يستدعى الأمر إستخدام عملية الري لا بغرض توصيل المياه إلى منطقة الجذور كما هو مطلوب دائماً ولكن يستخدم الري لزيادة نسبة الرطوبة في الجو المحيط بالنبات في حالة إرتفاع درجات الحرارة بشكل حاد عن المعدلات التي يستطيع النبات أن يتحملها ومن الطبيعي أن يؤدى الري بالرش دوراً أفضل من العديد من الأنظمة الأخرى في هذه الحالة – كذلك فإنه في حالات تكون الصقيع الليلي أو إنخفاض درجات الحرارة إلى ما تحت الصفر بما يؤدى إلى تجمد المياه الأرضية السطحية فإنه يوصى بالري لرفع درجات الحرارة إلى المعدل الذي يمكن أن تتحمله الجذور ومن الطبيعي أن يكون الري الحوضى بالغمر هو الأفضل في مثل هذه الحالات وهكذا.

### ٩-١-٧ نوعية المياه

تعتبر نسبة المواد الصلبة العالقة بالمياه من أهم العوامل التي تسبب إنسداد الرشاشات والنقاطات في نظامي الري بالرش والرى بالتنقيط ومن المعلوم أن كفاءة هذين النظامين تتوقف إلى حد كبير على كفاءة هذين العنصرين كذلك فإن إستخدام مياه ذات نوعية غير مناسبة في حالات الري بالرش يؤدى سقوطها إلى إحتراق الأوراق بسبب إحتواء هذه المياه على عناصر ضاره يؤدى ذلك إلى التوصية بعدم إستخدام الري بالرش عند التعامل مع هذه النوعيات من المياه.

### ٩-١-٨ التكاليف

من المعلوم أن نظم الرى الحديثة تحتاج إلى معدات وأجهزة قد لاتكون من الإنتاج المحلى ومن ثم فإنها لا تحتاج فقط إلى نفقات إستثمارية باهظة ولكنها تحتاج أيضاً إلى تدبير النقد الأجنبى الذى قد لا يكون متاحاً بالقدر الكافى – ثم أن الأمر لاينتهى عند حد تدبير تكاليف الإنشاء وإنما يمتد إلى الإحتياج المستمر لقطع الغيار وأعمال الصيانة الدورية التى قد تتطلب عمالة ماهرة قد لا تكون متاحة محلياً أيضاً ومن ثم يكون اللجوء إلى استيرادها مما يزيد من التكلفة ويقلل من الجدوى الإقتصادية لمثل هذه المشروعات – إلا أنه من الضرورى الإشارة هنا إلى أن مشروعات الرى الحديث (الرش والتنقيط) تقل الحاجة فيها إلى العمالة عنها فى نظم الرى السطحى إلى حد كبير ومن ثم فمن الضرورى المقارنة بين متطلبات تشغيل العمالة المحلية المنخفضة التكلفة والغير ماهرة فى أغلب الأحيان وتشغيل العمالة الماهرة التى قد تكون أجنبية مع تدبير الموارد المالية اللازمة لإنشاء الشبكات فى نفس الوقت.

### ٩-١-٩ العوامل الاجتماعية

يتوقف إختيار نظام الري على الظروف الاجتماعية السائدة بالمنطقة التي يزمع ريها ففي حالة وجود العمالة الزراعية التقليدية فإن الكثير من هؤلاء يجيدون الري السطحي الذي توارثته أجيالهم جيلاً بعد جيل ويحتاج التحول من هذا النظام إلى نظم أخرىإلى تدريب مستمر ليس فىالأمور الفنية فحسب ولكن أيضاً في تطوير القدرة على العمل كفريق والمشاركة في مصدر ري واحد بين مجموعة من الزراع. ومن هذا المنطلق فإن العديد من التجارب تشير إلى نجاح المشروعات التى يشارك المنتفعين فى إدارتها.

### ٩-١-١٠ طبوغرافية الأراضى

يتوقف تزويد أي منطقة بالرى السطحي بالغمر على استواء سطح الأراضي المزمع ريها وفى حالة عدم استواء سطح الأرض أو زيادة انحداراتها في اتجاه الري أو في الاتجاه العمودي عليه فإنه لا يمكن ري هذه الأراضي بدون الالتجاء إلى تسويتها ولاشك أن تكاليف التسوية بين القطع والنقل و الردم تكون في غالب الأحيان كبيرة إلى الدرجة التي لا يمكن فيها سوى التوجيه باستخدام نظم الري الحديث التي يكون ضخ المياه فيها إلى أعلى نقطة على سطح الحقل بصرف النظر عن إستواء التربة من عدمه.

### ٩-١-١١ النواحي الصحية

من الطبيعي أن يتأثر العاملين فى رى المزارع في حالة إستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة بنظام الري حيث يختلف الأمر في حالة الري بالغمر وضرورة تعرض العمال المباشر للمياه عن الري بالرش الذي ينشر ذرات المياه التي قد لا تكون خالية تماماً من الفيروسات والميكروبات والطفيليات عن إستخدام نظام الري بالتنقيط التحت سطحي الذي لا يتعرض فيه العامل بشكل مباشر للمياه ومن ثم تقل خطورة هذا النظام عن النظامين الأولين.

### ٩-٢ نظم الرى

ظل الإنسان يستخدم نظم الري السطحي بالغمر في معظم أنحاء المعمورة حتى بدايات القرن العشرين حين بدأ مخزون المياه السطحية في النضوب ولجأت العديد من البلدان إلى السحب من المخزون الجوفي أو الإقتصاد في إستخدام المياه السطحية ومن ثم بدأ التفكير في تقليل الفواقد التي تتعرض لها المياه نتيجة نشرها على سطح الأراضي خلال عمليات الري بالغمر وقد كان التفكير المنطقي أن يحاول الإنسان محاكاة الأمطار في حال سقوطها على المزروعات ومن هنا بدأ دخول الري بالرش إلى الخدمة المائية إلا أن الري بالرش لم يثبت كفاءة مرتفعة في بعض الأحيان خصوصاً عند إرتفاع درجات الحرارة وتبخر كميات كبيرة من المياه في الجو قبل سقوطها على النباتات أو عند سقوط المياه على أوراق النباتات وتبخرها إلى الجو الخارجي مباشرة دون وصولها إلى منطقة الجذور وهى المنطقة المستهدفة بوصول المياه إليها كذلك فإن نوعية المياه وإحتوائها على بعض العناصر التي تضر بالأوراق وارتفاع سرعة الرياح بما يؤدى إلى تشتت ذرات المياه كما أن متطلبات النظام من المعدات والطاقة اللازمة لتشغيله وكلفتها العالية قد أدت أيضاً إلى تحجيم إستخدام نظم الري بالرش ومن ثم كان الانتقال إلى الري بالتنقيط الذي يتميز بتوصيل المياه إلى منطقة الجذور مباشرة دون الإضرار بالأوراق

أو الساق أو نشر المياه بشكل مباشر للظروف الجوية المحيطة والإنخفاض النسبى للتكلفة الإستثمارية وإحتياجات الطاقة ومصروفات التشغيل ومن هذا المنطلق لاقى الري بالتنقيط نجاحاً كبيراً في أغلب الأحيان إلا أن هذا النظام لا يصلح لرى المحاصيل الكثيفة مثل الحبوب والأعلاف (البرسيم) ولكنه يصلح وبجدارة لرى الخضر والفاكهة ويزيد أيضاً من إنتاجيتها نتيجة لإمكانية خلط مياه الري بالأسمدة وتوجيهها مباشرة لمنطقة الجذور إلا أن مشاكل الإنسداد والتملح هي أيضاً من المشاكل التي يلزم أخذ الحذر منها عند استخدام نظام الري بالتنقيط ولاشك أن مثل هذه المشاكل لها حلول عملية وعلمية يمكن باللجوء إليها وتحجيم آثارها إلى حد كبير ولذلك سنحاول فيما يلي استعراض نظم الري التي يسود إستخدامها في الوقت الحاضر ومميزات وعيوب كل منها مع التركيز على صلاحية أو ضعف أو عدم صلاحية كل منها للتعامل مع مياه الصرف الصحي المعالجة.

### ٩-٢-١ نظام الرى السطحى أو الرى بالغمر

ينقسم ري الأراضي بالغمر إلى الأقسام الآتية :

#### ٩-٢-١-١ الري بالأحواض

ويتم فيه إطلاق المياه في أحواض تكون في الغالب متساوية أو شبه متساوية الأبعاد (مربعة في الشكل بوجه عام) وتتوقف أبعاد هذه المربعات على مدى إستواء سطح التربة وإنحدارها في اتجاه الري أو في الإتجاه العمودي عليه وتحاط هذه الأحواض بجسور للمحافظة على المياه داخلها والسماح بتشربها داخل قطاع التربة حيث تختزن لفترة زمنية يتسنى للنبات خلالها السحب منها لمجابهة متطلبات البخر والنتح وعند الوصول بهذا المخزون إلى مستوى يقلل من قدرة النبات على سحب إحتياجاته بشكل سهل ومنتظم تضاف المياه مرة أخرى خلال عملية ري جديدة ومن الممكن في حالة تقليل فواقد البخر والسريان السطحي والرشح إلى الأراضي المنخفضة المجاورة والإقتصار على ما يفقد من المياه من خلال عملية الرشح والتسرب العميق ومن الممكن في هذه الحالات الوصول بكفاءة التطبيق في نظام الري بالأحواض إلى حوالي ٨٥%.

#### ٩-٢-١-٢ الرى بالخطوط

يستخدم الري بالخطوط عادة عندما تتميز التربة والطبوغرافية بالإنتظام بشكل مناسب وعند إطلاق المياه في الخطوط تتسرب هذه المياه إلى التربة عن طريق القاع راسيا إلى اسفل وعن طريق الجوانب في الإتجاه الأفقي أيضا وتفقد المياه في هذه الحالة بالتسرب العميق الذي

يزيد من قدرة التربة على الإحتفاظ بالماء وبالسريان السطحي فى نهاية الخط الذي يمكن بطبيعة الحال إعادة إستخدامه .

ويتم تحديد الحد الأقصى للمسافة بين الخطوط بحيث تسمح الحركة الأفقية بابتلال المساحة كاملة في زمن يقل عن زمن الري اللازم لتعويض العجز الرطوبى عند نهاية الخط وفى بعض الأحيان يمكن زيادة المسافة بين الخطوط لترك جزء من الأرض جاف بدون إبتلال كذلك فأن المحصول المنزرع والميكنة المتاحة تحددان المسافة بين الخطوط أيضاً – ومن الممكن أن يكون قطاع الخط على شكل حرف (v) ويتميز بصغر الطول المبتل وصغر معدل التسرب وإختلاف معدلات الإبتلال بين بداية الحقل ونهايته كما يمكن أن يكون قطاع الخط بيضاوياً ويصل فيه عرض القاع إلى ٣٠ سم وعمقه إلى ٨٠ سم ويكون الطول المبتل في هذه الحالة متماثلا على طول الخط – وتتماثل إنتظامية توزيع المياه في حالة الري بالخطوط مع نسبة التقدم فإذا كان الخط متسع بقدر كافي بما يسمح بوصول المياه إلى الطرف الأسفل في زمن يعادل ربع زمن الري فان الانتظامية يمكن أن تصل إلى ٩٠-٩٥% ويتطلب الأمر في مثل هذه الحالات أعداد كبيرة من العمالة كما أن السريان السطحي يمكن أن يصل إلى ٣٥% مما يقل من كفاءة التطبيق أما إذا أعيد إستخدام مياه السريان السطحي فان إنتظامية التوزيع قد تتساوى مع كفاءة التطبيق وتكون الحاجة إلى العمالة أقل ما يمكن وفى حالة وصول نسبة الإنتظامية إلى الواحد الصحيح فان كمية كبيرة من المياه تتسرب عند الطرف العلوي من الحقل إلى أعماق أكبر من اللازم ويكون السريان السطحي أقل ما يمكن وتقل كفاءة التطبيق في هذه الحالة إلى أدني مستوى .

### ٩-٢-١-٣ الرى بالشرائح الطولية

يستخدم الري بالشرائح الطولية في حالات نوعيات التربة المناسبة والتي يغلب عليها الطبيعة الطينية والطمية والسلتية و أيضا حين تكون الانحدارات قليلة في أحد الاتجاهين ، وأكبر في الاتجاه الآخر وغالبا ما يختار اتجاه الري موازيا للانحدار الأقل وتشتمل كل وحدة على شريحة ذات عرض مناسب وتكون مستوية في الاتجاه العمودي على اتجاه انسياب المياه وتحاط كل شريحة بحدين مرتفعين بدرجة تسمح باحتواء المنصرف من المياه – وعندما تفتح المياه عند الطرف العلوي يكون معدل انسيابها بما يسمح بإيجاد عمق كافي لانتشارها على كامل عرض الشريحة ويقفل مصدر المياه عندما يصل التقدم إلى ٦٠ – ٩٠% من كامل طول الشريحة حسب معدلات التسرب بطيئا كان أم سريعا والذي يتوقف بطبيعة الحال على نوعية التربة ويتم ري الجزء السفلي بالمياه التي تزيد عن قدرة الجزء العلوي على استيعابها وتفقد المياه بالتسرب العميق أو بالسريان السطحي من نهاية الشريحة إلا إذا كانت هذه النهاية محاطة

بجسر واقى لا يسمح بتمريرها إلى المناطق المجاورة ومن الضروري في جميع الأحوال أن يكون ميل الشرائح منتظماً ومتدرجاً.

والري بالشرائح من النظم المعقدة والتي تحتاج إلى أقصى مستويات المهارة في الإدارة للوصول بها إلى درجة عالية من الكفاءة والتي لا يمكن الوصول إليها إلا بالتحكم في حجم قناة التوصيل ومعدل التقدم بحيث تتناسب مع ظروف الانحسار لتعطي بشكل تقريبي زمن انتهاز متساوي عند بداية الشريحة ونهايتها على أن يحدث ذلك لحظيا مع تعويض العجز الرطوبى وأيضا بما يكفي لوصول المياه إلى نقطة معينة عند إغلاق المصدر بما يقلل من السريان السطحي.

**٩-٢-٢ الري بالرش**

الري بالرش هو توزيع المياه خلال الهواء لتغطية البقعة من الأرض المطلوب ريها وذلك عن طريق دفع المياه تحت ضغط من نافورات ليخرج على شكل رذاذ يكون أقرب ما يكون إلى تساقط الأمطار ومن غير الممكن أن يكون التوزيع منتظما تماما ولكن في كثير من الأحيان يمكن استخدام كميات أقل من المياه بمعدل تساقط أقل وأيضا تساقط بتوزيع أكثر انتظاما من طرق أخرى مثل الرى السطحى وسيتم استعراض نظم الرى بالرش كالتالى .

**٩-٢-٢-١ نظام الري بالرش الثابت**

يتكون هذا النظام عادة من أنبوبة رئيسية تغذي مباشرة من المصدرو يتفرع منها أنبوبتين ثانويتين عن طريق صمامي تحكم تغذي كل منهما مجموعة من الأنابيب الفرعية سواء على جانب واحد أو على الجانبين عن طريق صمامات مآخذ وتكون المسافات بين الأنابيب الفرعية متساوية وتوضع الرشاشات أيضا على أبعاد متساوية على طول الأنابيب الفرعية وتثبت فيها عن طريق قوائم ذات ارتفاعات تتناسب مع أطوال النباتات المطلوب ريها ومن الممكن أن تكون ارتفاعات هذه القوائم ثابتة ومن الممكن زيادتها بزيادة ارتفاع النبات باستخدام القوائم التلسكوبية ومن المعتاد أن تكون الأنبوبة الرئيسية والأنابيب الثانوية مدفونة في قطاع التربة إلا أن تركها فوق سطح الأرض على دعامات ممكن أيضا.

**٩-٢-٢-٢ نظام الرى بالرش النقالى**

يشيع استخدام نظم الري بالرش المتنقلة في الأماكن التي تحتاج إلى ري تكميلي وغالبا ما تصنع الأنابيب الرئيسية والثانوية من الألومنيوم الخفيف الوزن حتى يسهل نقلها وتحريكها

ويتكون نظام الري النقالي من أنبوبة رئيسية تحمل المياه تحت ضغط كافي أو يجرى تزويدها بالضغط اللازم عن طريق مضخة دفع وتتصل الأنبوبة الرئيسية بأخرى ثانوية فتكون كلتاهما ثابتتين مع إمكان تحريكهما إلى مكان آخر بعد انتهاء ري المساحة بالكامل وتوضع على طول الأنبوبة الثانوية صمامات مأخذ تتفرع منها الأنابيب الفرعية التى يكون عددها واحدة أو أكثر تتحرك على عجلات وتركب عليها الرشاشات.

### ٩-٢-٢-٣ نظام الرى بالرش النصف ثابت (النصف نقالى)

تدفن الأنابيب الرئيسية فى هذا النظام فى باطن التربة بينما يتم تحريك الأنابيب الفرعية خفيفة الوزن على طول الأنبوبة الثانوية عن طريق صمامات مأخذ وتركب الرشاشات على قوائم توضع على مسافات متساوية على طول الأنابيب الفرعية وتصنع الأنابيب الرئيسية والثانوية عادة من الحديد أو الأسبستوس الأسمنتي أو البولي فينيل كلورايد ويكون معامل الاحتكاك للصنفين الأخيرين أقل من الأول مما يعطي وفراً في استهلاك الطاقة وتصنع أنابيب الأسبستوس الأسمنتي عادة بأطوال ٣,٠ ، ٣,٥ ، ٤,٠ ، ٥,٠ متر ويستحسن إستعمال أطوال أقصر في حالة الأنابيب حتى قطر ٣٥ سم في أنواع التربة الثقيلة كما يلزم دائما الاهتمام بإعتدال واستقامة مسار الأنبوبة ووضعها برفق فوق وسادة من الرمل أو الزلط الصغير الحجم.

وعادة ما تنتج أنابيب ألومنيوم بأطوال ٦م أو ١٢م تتصل ببعضها عن طريق وصلات سريعة الفك والتركيب ويكون بها مخارج لقوائم الرشاشات يتراوح قطرها بين ٢٠، ٣٥مم وتتصل القوائم ذات الارتفاعات الكبيرة بوصلات الفك والتركيب بقطع إضافية تعمل على الإسراع في الفك والتركيب.

ومن المعتاد وضع صمامات المأخذ على أبعاد تتـــراوح بين ١٢-١٨متراً فإذا وضعت الأنبوبة الفرعية على بعد ١٢متراً أمكن وضع صمامات المأخذ على بعد ٣٦ متر بين كل منها والآخر يخدم المأخذ الواحد ثلاث نقلات للأنبوبة الفرعية ومن الممكن أن يحتاج نقل الأنابيب الفرعية باليد إلى عمالة زائدة ووقت أطول إذا كانت التربة من النوعية الثقيلة والنباتات ذات أطوال مرتفعة لذلك يمكن أحيانا تركيب هذه الأنابيب على عجلات وجرها بين المحطة والأخرى على طول الأنبوبة الفرعية.

ونظرا لأن نظم الري بالرش النصف ثابتة تحتاج إلى عدد أقل من الأنابيب الفرعية وبالتالي تحتاج إلى تكاليف أقل لذلك فإنها تعتبر النظام الأكثر شيوعا في الاستخدام كذلك فإن إبعاد الأنابيب الفرعية عن الحقل يسبب عدم التعارض مع العمليات الزراعية المختلفة إلا أن الحاجة إلى عمالة لنقل الأنابيب من محطة إلى المحطة التالية لها يسبب المشاكل أحيانا.

### ٩-٢-٢-٤ نظام الري بالرش المجمع

عندما يكون الحصول على العمالة صعباً أو مكلفاً يصبح نظام الري بالرش المجمع البديل المناسب لنظام الري بالرش الثابت والمتنقل ونصف النقالي حيث يتم وضع النظام بالكامل في أول الموسم الزراعي ويرفع فقط فى نهاية الموسم ويتكون نظام الري بالرش المجمع من أنبوبة ثانوية من البلاستيك أو الألومنيوم تمر خلال منتصف الحقل وتغذى أنابيب فرعية من البولي ايثيلين المرن وخلال الآونة الأخيرة أصبح استخدام الرشاشات الصغيرة التي تعطى تصرف يتراوح بين ٣٠، ١٢٠لتر/ ساعة عند ضغط ١٥ - ٢٠ متر أكثر شيوعاً.

ومن الممكن أن يروى الرشاش الصغير شجرة حديثة النمو تزداد قوته بزيادة عمر الشجرة والخطوط الفرعية في النظام المجمع لا تغذى عن طريق صمامات مآخذ لذلك فإن كل قطعة تروى كوحدة مستقلة ويتم اختيار قطر الأنبوبة لكل حقل بحيث لا يزيد الفرق في الضغط عن النسب المسموح بها - ويمكن استبدال الأنبوبة الثانوية الطويلة بأنبوبة رئيسية وعدد من الأنابيب الثانوية ويتيح ذلك إمكانية ري جزء من القطعة بدلاً من ري القطعة كلها كوحدة واحدة ويسمح ذلك في نفس الوقت بتقليل قطر الأنبوبة إلا أن طول الأنبوبة الرئيسية يجب أن يزداد في هذه الحالة.

### ٩-٢-٢-٥ النظم الأوتوماتيكية

كان لإدخال النظم الأوتوماتيكية في الرى بالرش الفضل في زيادة كفاءة التطبيق وتخفيض احتياجات العمالة إلى حد كبير ومن الممكن استخدام درجات متفاوتة من الأنظمة ومن أسهل هذه الطرق استخدام صمامات القياس الأوتوماتيكية التي يمكن التحكم فيها هيدورليكياً بتمرير حجم معين من الماء تقفل بعده هذه الصمامات تلقائياً ومن الممكن تركيب هذه الصمامات عند مداخل القطع أو الأنابيب الثانوية أو مجموعة من الأنابيب الفرعية التي تروى مع بعضها في وقت واحد ويضمن وجود هذه الصمامات انسياب الحجم اللازم من المياه إلا أن التوزيع الداخلي قد يكون غير منتظم بسبب الاختلاف المتزايد في الضغط على سبيل المثال .

### ٩-٢-٢-٦ آلات الرى بالرش المتحركة

أصبحت آلات الرى بالرش المتحركة أكثر شيوعا في الوقت الحاضر نظراً لأنها تحتاج إلى أقل عمالة ممكنة وهناك العديد من هذه الآلات التي سنذكر فيما يلي بعض منها.

### ٩-٢-٢-٦-١ النظم التى تتحرك ذاتيا على عجلات جانبية

وهي عبارة عن أنبوبة من الألومنيوم يركب عليها رشاشات دوارة تعمل كمحور لعجلات توضع على مسافات متساوية يمكن أن تصل إلى ٣٠ متراً.

### ٩-٢-٢-٦-٢ الأذرع الرشاشة

يتكون هذا النظام من ذراع يصل طوله إلى عدة عشرات من الأمتار يتم تحميله فى المنتصف على دعامة توضع فوق عربة متحركة يثبت على طول الذراع رشاشات يتحدد حجم كل منها والمسافات بينها بحيث يكون توزيع المياه على طول الحقل منتظما ويزود طرفي الذراع برشاشات من نوع خاص لتغطية المساحة الركنية ويدور الذراع حول الدعامة بسرعة محسوبة بحيث يغطي ري كامل المساحة خلال الفترة المطلوبة لري الحقل أو الحقول.

### ٩-٢-٢-٦-٣ الرشاش المدفعي المتحرك ذاتيا

يزود هذا النظام برشاش مدفعي يتحرك بشكل مستمر عن طريق جهاز يعمل تحت تأثير الضغط المؤثر على المياه وإذا كان هذا الضغط أقل من اللازم يمكن تدعيم الجهاز بمضخة دفع خاصة لهذا الغرض – ويتصل النظام بمصدر المياه عن طريق أنبوبة طويلة مرنة ملفوفة على بكرة يبلغ قطرها ٥٠ –١٢٥ مم ويتراوح طولها بين ١٥٠ – ٤٥٠ متر والرشاش المدفعي له قدره التفاف ترددية بزاوية تتراوح بين ٣٠ – ٣٣٠ درجة ويعمل تحت ضغط تشغيل يتراوح بين ٤ – ١٠ جوي ويصل نصف قطر الرش إلى ٥٠ متر.

### ٩-٢-٢-٧ نظام الرى بالرش المحورى Center Pivot

يتكون نظام الري بالرش المحوري من أنبوبة واحدة يكون قطرها عادة في حدود (١٥٠) مم ويصل طولها إلى عدة مئات من الأمتار عليها رشاشات دوارة وتحمل هذه الأنبوبة على أبراج يتراوح ارتفاعها بين ( ٢-٣ ) متر وتحمل هذه الأبراج على عجلات مطاطية تتحمل الخدمة الشاقة وتكون المسافة بين الأبراج من ( ٣٠ – ٦٠ ) متر.

وتزود بعض الأجهزة بأذرع خاصة تمتد عند الزوايا لري الأجزاء التي تتخلف من المربعات بسبب الحركة الدورانية للأنبوبة الرئيسية حول محور الارتكاز وكذلك من الممكن تزويد نهاية الأنبوبة برشاشات خاصة يصل رذاذها إلى هذه الزوايا .

ومن المعتاد أن يتم جهاز الرش المحوري لفة كاملة خلال (١٢-٩٦ ) ساعة ويتوقف عمق مياه الري على سرعة دوران الأنبوبة حول المحور وتصريف الرشاشات ومساحة الأرض المراد تبليلها.

ونظرا لأن الرشاشات التي تكون بالقرب من نهاية الأنبوبة يكون دورانها أسرع والمساحة التي تغطيها أكبر من تلك التي تكون أبعد من النهاية لذلك فإنه من المعتاد أن تكون الرشاشات أكبر كلما ابتعدت عن المحور أو أن تكون المسافات بينها أقل بالإبتعاد عن هذا المحور.

ولا يوصي باستخدام الري المحوري للأراضي الثقيلة التي يقل معامل تشربها للمياه ولكن يوصى باستخدامها في الأراضي الخفيفة القليلة العمق مع زراعة محاصيل مثل الخضراوات أو البطاطس أو الذرة بأنواعها أو بنجر السكر والعلف أو القمح ويرجع السبب في ذلك إلى أن تزويد التربة بريات عديدة وخفيفة يتيح ظروف مناسبة من الرطوبة الأرضية.

ونظم الري المحوري التي تصمم بعناية تعطي توزيع منتظم للمياه على سطح التربة ومع أن أسعار الأجهزة مرتفعة جداً إلا أن توزيع التكاليف على المدى الطويل يمكن أن تعتبر معه اقتصادية ، كما أن التكاليف المرتفعة للطاقة اللازمة للتشغيل ينظر إليها أحيانا على أنها من أسباب عدم شيوع استخدام مثل هذا النظام.

**٩-٢-٣ نظام الرى بالتنقيط**

الرى بالتنقيط أسلوب متطور يستخدم فى رى حقول الخضر وبساتين الفاكهة والموالح والزهور ومحاصيل الحقل بمختلف أنواعها ويتم فيه تزويد منطقة الجذور بالمياه بصورة متكررة وشبه مستمرة وبمعدلات صغيرة تعتمد على الإحتياجات الفعلية للنباتات ونوعية التربة مع ترك المسافة بين النباتات أو الأشجار شبه جافه بما يقلل من فواقد المياه نتيجة التسرب والبخر أقل ما يمكن كما يتيح هذا النظام إمكانية إضافة الأسمدة إلى مياه الرى وتقديمها للنبات عند منطقة الجذور وتتميز نظم الرى بالتنقيط بالتوفير فى مياه الرى وإستهلاك الطاقة والعماله اللازمة لتشغيل الشبكات ولهذه النظم عيبين رئيسيين هما إمكانية إنسداد المنقطات نتيجة المواد العضوية وغير العضوية العالقة بالمياه ومن هنا فإنه من الضرورى ترشيح مياه الرى قبل إطلاقها فى شبكة المواسيروتكوين طبقة ملحيه على حافه المنطقة المبتله من موضع جذور النباتات تنتشر فى حالة إضافة كميات كبيرة من مياه الرى أو الأمطار بما قد يضر بحياه النبات إذا زادت نسبة تركيز الأملاح فى التربة عن تلك التى يستطيع النبات تحملها.

وتتكون شبكة الرى بالتنقيط من خط الأنابيب الرئيسى وخطوط المواسير الثانوية التى تغذى من الخط الرئيسى ثم الخطوط الفرعية التى تغذى من الخطوط الثانوية وعليها تركب

المنقطات التى تتناسب المسافات بينها مع المسافات بين الأشجار أو النباتات حيث يغذى كل شجرة أو نبات منقط أو أكثر أما المسافة بين الخطوط الفرعية فتتوقف على المسافة بين صفوف النباتات أو الأشجار – كما يلحق بشبكة الرى بالتنقيط خزان لخلط الأسمدة مع مياه الرى ومرشح لحجز المواد العالقة لتقليل مخاطر إنسداد المنقطات ومجموعة من المحابس ومضخة بمشتملاتها لدفع المياه من مصدر المياه إلى خطوط الرى حتى تصل إلى كافة المنقطات بالضغوط التصميمية اللازمة لها وتشمل تلك المحابس التى تستخدم للتحكم والقفل والفتح وأخرى لتخفيف الضغط عند اللزوم وتحتاج شبكات الرى بالتنقيط إلى عدادات لقياس التصرف وغرفة للتحكم الآلى فى حالة التشغيل الأوتوماتيكى للشبكات ومن المميزات الرئيسية لنظام الرى بالتنقيط أن التلامس بين المياه والزراع والمحاصيل المرويه تكون عند الحد الأدنى .

### ٩-٣ كيفية اختيار نظام الرى

يتوقف اختيار نظام الرى الملائم على نوعية المياه المعالجة ونوع المحصول والخبرة السابقة ومهارة العمال القائمين على تشغيل وإدارة النظام وقدرة المزراعين على التعامل مع مختلف الطرق وعلى ما يمثله النظام من مخاطر محتملة على صحة الزراع والصحة العامة والبيئة وبصفة عامة يعتمد اختيار طريقة معينة عند استخدام المياه المعالجة على العوامل الآتية:

أ – إبتلال ساق النبات و/أو الأوراق و/أو الثمار .

ب – توزيع المياه والأملاح والملوثات فى قطاع التربة .

جـ– سهولة المحافظة على مستوى مرتفع من الرطوبة فى التربة بشكل مستمر .

و – كفاءة التطبيق ونسبة الفواقد المائية .

هـ– إمكانية تفادى الإضرار بالزراع والتربة والمياه الجوفية والسطحية والمحصول .

ومن الضرورى التنويه هنا إلى أن قرار إختيار نظام الرى هو فى الأساس قرار إقتصادى إلا أنه ينصح بأن ينظر بعين الإعتبار للمخاطر الصحية التى قد ترتبط بالطرق المختلفة أما إذا لم يتوافق مستوى المعالجة مع المعايير الصحية العالمية فإن التوجيه يكون على النحو التالى :

أ – يقتصر إستخدام الرى بالرش بما فى ذلك الرشاشات الصغيرة فى محاصيل الأعلاف والمحاصيل الصناعية (القطن – التيل – الجوت – الكتان) وفى إنتاج البذور .

ب – يقتصر إستخدام الرى بالرش فى المساحات التى لا يمكن منع الدخول إليها على الرى الليلى فقط .

جـ– يوقف تشغيل نظم الرى بالرش فى حالة زيادة سرعة الرياح حتى لا تنتقل البكتريا إلى العمال والمواطنين القاطنين فى المناطق المجاورة للمزارع.

د – يوصى بخلط المياه المعالجة بالمياه العذبة للوصول بالخليط الى المواصفات القياسية المطلوبة وحتى إذا كانت المياه العذبة غير كافية للوصول إلى هذه المواصفات فإن مجرد إضافتها تحسين لخواص المياه المعالجة مما يقلل من المخاطر الصحية لإستخدامها.

أما العوامل التى تؤثر على اختيار طريقة الرى والإجراءات الخاصة التى يلزم إتباعها عند إستخدام المياه المعالجة خصوصاً إذا كانت غير مطابقة للخطوط التوجيهية التى أوصت بها منظمة الصحة العالمية فيمكن إيجازها فى جدول (٨-٣) السابق ذكره.

## ٩-٤ الاحتياطات التى يلزم إتخاذها عند رى الأراضى بالمياه المعالجة

١ – إرتداء الملابس الواقيه لمنع ملامسة الجراثيم والحفاظ على درجة عاليه من النظافة وشروط الصحة العامة .

٢ – ارتداء أحذية مناسبة فى الحقل ضد التعرض للإصابة بالديدان والآفات .

٣ – تحصين المجموعات الأكثر تعرضاً ضد التيفود والتهاب الكبد الوبائى كلما كان ذلك ضرورياً .

٤ – تجهيز تسهيلات طبيه كافية لمعالجة أمراض الإسهال وخلافه .

٥ – القيام بحملات توعية وتحذير المستهلكين للتأكد من طبخ الطعام جيداً قبل الإستهلاك مع تطبيق قواعد الصحة العامة .

٦ – إبلاغ السكان المعنيين بدقة ووضوح من خلال وسائل الاعلام المرئية والمسموعة والمقروءه عن مواقع الحقول المروية بالمياه المعالجة لكى يتجنب الأهالى خصوصاً الأطفال ملامسة المياه أو إستخدامها .

٧ – عدم إستخدام نظم الرى بالرش فى حدود ٥٠ – ١٠٠ متر من المنازل أو الطرق لتجنب مخاطر إبتلال الماره بالقرب منها .

٨ – تحذير كل المقيمين والعمال والزائرين من شرب المياه أو الإستحمام بها أو إستخدامها للأغراض المنزلية .

٩ – وضع علامات ظاهرة على جميع قنوات وأنابيب شبكة المياه المعالجة ويفضل دهانها بلون مميز كما يجب إستعمال المحابس والتوصيلات من الأنواع التى يمكن إغلاقها باحكام والمصممه بشكل جيد وذلك لتجنب سوء الإستخدام .

## ٩-٥ إدارة الرى بالمياه المعالجة

من الممكن إستخدام المياه المعالجة لرى الأراضى بإحدى الطرق الاتية :

### ٩-٥-١ طريقة رى الأراضى الجافة

فى حالة وجود أراضى متسعة يمكن تقسيمها إلى قطع على شكل رقع الشطرنج مع رى بعض القطع خلال موسم زراعى وإستبدالها ورى قطع أخرى خلال الموسم التالى وهكذا ... وتعمل هذه الطريقة على تجنب تراكم الملوثات فى قطعة واحده وتعريضها للجو الخارجى خلال موسم زراعى كامل والمحافظة على المخزون الجوفى من التلوث .

### ٩-٥-٢ خلط المياه المعالجة بالمياه العذبة

وذلك لتحسين خواص الخليط وإن كانت بعض المراجع تفضل إستخدام المياه بدون خلط منعاً لتلوث المحتوى المائى العذب والإستفادة به فى الأغراض التى تكون الحاجة إليها أشد مثل الشرب أو تبريد الآلات أو غير ذلك .

### ٩-٥-٣ إستخدام المياه العذبة بالتبادل مع مياه الصرف الصحى المعالجة

ذلك لأن الكثير من المحاصيل تحتاج إلى مياه ذات نوعية جيدة خلال مراحل معينة من عمر المحصول فعلى سبيل المثال فإن الكثير من النباتات تحتاج إلى مياه عذبة خلال مرحلة الإنبات وظهور البادرات وخلال مراحل التزهير ومرحلة الإثمار بينما يمكن المحافظة على نسبة مناسبة من الرطوبة الأرضية بإستخدام المياه المعالجة خلال فترة النمو الخضرى وخلال فترة إكتمال النمو والحصاد . ومن الطبيعى أن يحتاج مثل هذا النوع من الإدارة إلى مستوى مهارى معين من القائمين على إدارة المزرعة سواء كان ذلك من المهندسين أو الفنيين أو العمال.

### ٩-٥-٤ إستخدام المياه العذبة فى غسيل التربة

من الممكن إستخدام المياه المعالجة على مدى مواسم نمو المحصول بالكامل مع الإستفادة بالمياه العذبة لغسيل التربة ويمكن أن يكون ذلك بشكل مستمر عقب كل ريه أو عقب كل مجموعة من الريات ومن الممكن أيضاً أن يكون الغسيل موسمياً بعد جمع المحصول وقبل زراعة المحصول التالى .

### ٩-٦ الاحتياجات المائية

كمية المياة التى تحتاج اليها النباتات المحصولية تكاد تتعادل مع كمية البخر و النتح وربما تزيد الاحتياجات عن ذلك فى حالة غسيل التربة .

فالكمية الموصى بها لمحصول ما ولمكان معين تقدر بناء على بيانات الأرصاد الجوية ونوع المحصول وموعد زراعته ونوع التربة وكمية الغسيل كما تم ذكره فى بند (٨-٤)

## ٩-٧ التخزين

### ٩-٧-١ تقدير حجم التخزين

يتم تقدير حجم التخزين طبقا للخطوات التالية :

الخطوة (١) : يتم وضع الحمل التصميمى الهيدروليكى الشهرى فى جدول كما هو موضح فى الجدول رقم (٩-١) .

الخطوة (٢) : يتم تحويل قيم الحمل الهيدروليكى الشهرى الى وحدة الحجوم بأستخدام المعادلة التالية

$$Vw = \frac{Aw \times Lw}{12} \qquad (9\text{-}1)$$

حيث :

$V_w$ = حجم معدل التحميل الهيدروليكى الشهرى ( فدان . قدم )

$A_w$ = مساحة الأرض المزروعة (فدان )

$L_w$ = معدل الحمل الهيدروليكى الشهرى (بوصة)

الخطوة (٣) : بعد تحديد الحجم المطلوب للتخزين يتم حساب الحجم الفعلى للتخزين = $\Delta$ Vs

$$\frac{(P - Epond - seege) \times As}{12inches/Ft} = \Delta \mathbf{V_s}$$

حيث :

$\Delta Vs$ = الحجم الفعلى للتخزين (فدان . قدم)

$(P^{-}E_{pond})_{90}$ = ( قيمة الامطار التى تحدث بنسبة تتعدى ٩٠ % من قيمة البخر)، بوصه

$A_s$ = مساحة البحيرة أو الخزان ( فدان ) .

## جدول رقم (٩-٢) : نموذج تسجيل الحمل التصميمى الهيدروليكى الشهرى على مدار السنة

| السنة | (٢) | (٣) | (٤)=(٢)+(٣) | (٥) | (٦) | (٧)=(٥)-(٦) | (٨) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $[ET-P]^a$ 90 | $W_p$ p | $Lw^c$ | $V_w$ الحمل الهيدروليكى لمياه الصرف | Qm التصرفات المقامة | s التغيير فى التخزين | S التخزين التجميعى |
| يناير<br>فبراير<br>مارس<br>ديسمبر | | | | | | | |
| المجموع السنوى | | | | | | | |

(a) : القيم التى تتواجد بأكثر من ٩٠ % بالنسبة للبخر و الامطار و التسرب

(b) : التسرب المسموح طبقا لمعامل نفاذية للتربة يساوى ٠,٢ بوصة / ساعة وهذا بـــإفتراض أن الرى سيتم فى جميع أيام الشهر

$W_p(max)=(0.2\ inch/hour) \times (24) \times 30 \times 0.04 = 5.8$

(C) : $L_w$ = معدل الحمل الهيدروليكى

(d) : يتم حساب المساحة المزروعة (Aw) بإستخدام ($L_{w(2)}$) المحسوبة فى العمود رقم ٤ من الجدول رقم ٩ – ١ و أيضا بإستخدام المعادلة رقم ٩ – ١

$$Aw = \frac{Q \times 365day \times 3.06}{Lw \times \left(\frac{1}{12}\right)} = Feddans$$

حيث : Q = التصرف اليومى المتوسط .

وإستكمالاً لهذا الموضوع يتم الرجوع إلى المرجع التالى :

* Source : Irrigation with Reclaimed Municipal Wastewater A Guidance manual Chapter 8
California State Water Resources
Report No , 84 – 1 Wr . June 1984
Prepared by Department of Land , Air , Water Resources
University of California , Davis .

## ٩-٨ خصائص المياه

يبين الجدول رقم (٩-٢) قيم استرشادية لحدود صلاحية المياه للرى طبقاً لمستوى الملوحة بها، بينما يوضح الجدول رقم (٩-٣) صلاحية المياه للرى بناءا على نسبة ادمصاص الصوديوم.

والجدول رقم (٩-٤) يبين صلاحية المياة للرى على أساس قيم الكربونات المتبقية ، بينما يوضح الجدول رقم (٤-٩) الذى تم ذكره فى الباب الرابع الخطوط التوجيهية لتحديد نوعية المياة المستخدمة فى الرى بناء على بعض المشاكل المحتمل حدوثها نتيجة الرى بالمياة المعالجة.

**جدول (٩-٢) صلاحية المياة للرى طبقاً لمحتواها من الأملاح**

| قسم الصلاحية | درجة التوصيل الكهربائى (ملليموز/سم على ٢٥°م) | مجموع الأملاح الذائبة (جزء فى المليون) | مدى الصلاحية للرى |
|---|---|---|---|
| ١ | أقل من ٠,٧٥٠ | أقل من ٥٠٠ | يمكن استعمالها بدون خطورة فى رى الأراضى |
| ٢ | من ٠,٧٥٠ إلى ١,٧٥٠ | من ٥٠٠ إلى ١١٠٠ | تصلح لزراعة الأراضى الجيدة الصرف مع الإكثار من كمية المياه المستعملة ليتسنى إزالة الأملاح المتبقية فى التربة من الريات السابقة |
| ٣ | من ٠,٧٥٠ إلى ٣ | من ١١٠٠ إلى ٢٠٠٠ | يمكن استعمالها فى رى الأراضى الجيدة النفاذية والصرف مع الإكثار من كمية المياه المستعملة واختيار الحاصلات التى تحتمل الملوحة المتوسطة والعالية |
| ٤ | من ٣ إلى ٥ | من ٢٠٠٠ إلى ٣٢٠٠ | يمكن استعمالها بنجاح فقط فى الحاصلات الشديدة المقاومة للملوحة فى الأراضى الجيدة النفاذية والصرف |
| ٥ | أكثر من ٥ | أكثر من ٣٢٠٠ | هذه المياه غير صالحة للرى غالباً إلا فى ظروف خاصة جداً |

**المصدر : معهد بحوث الأراضى والمياه والبيئة – مركز البحوث الزراعية وزارة الزراعة وإستصلاح الأراضى عام ٢٠٠٠ .**

**جدول (٩-٣) تقييم صلاحية المياه للرى طبقاً لقيم معدل ادمصاص الصوديوم**

| SAR<br>نسبة ادمصاص الصوديوم | الصلاحية |
|---|---|
| أقل من ١٠ | هذه المياه تصلح لجميع أنواع الأراضى |
| ١٠ – ١٨ | تصلح للأراضى الجيدة النفاذية الخفيفة أو الأراضى المتوسطة القوام التى بها كميات من الجبس |
| ١٨ – ٢٦ | لا تتناسب معظم الأراضى حيث تؤدى إلى رفع نسبة الصوديوم المتبادل ويشترط لإستخدامها تحسين شبكة الصرف، وإضافة الجبس إما لمياه الرى أو للأرض |
| أكبر من ٢٦ | غير صالحة للرى |

**جدول (٩-٤) تقييم صلاحية المياه للرى طبقاً لقيم الكربونات المتبقية**

| RSC<br>الكربونات المتبقية | الصلاحية |
|---|---|
| أقل من ١,٢٥ | مياه صالحة للرى فى جميع أنواع الأراضى |
| ١,٢٥ – ٢,٥ | متوسطة الصلاحية |
| أكبر من ٢,٥ | غير صالحة للرى حيث تؤدى إلى قلوية الأرض |

## ٩-٩ أنتشار و تراكم الاملاح فى التربة و المياة الجوفية :

### ٩-٩-١ أنتشار الأملاح :

يمكن إستخدام المعادلة التالية لتحديد تركيز الملوثات مع الزمن .

$$\frac{c(x,t)}{(c_o)} = \frac{1}{2} \times \frac{(erfc\ \beta\ (x - Ut)}{2(\alpha_x\ X\ Ut)}$$

حيث :

C تركيز الملوثات ، مجم / لتر

Co التركيز عند الزمن صفر

X المسافة ، م

t الزمن ، اليوم

erfc داله الخطأ المكمله ( يرجع للجدول رقم ٩-٦ ).

D معامل الانتشار الديناميكى للسوائل

V السرعة

$\alpha_x$ معامل الإنتشار الطولى

ويمكن استخدام القيم الموضحة بالجدول رقم (٩-٥) لمعاملات انتشار بعض الكاتيونات والايونات .

هذا ويوضح الجدول رقم (٩-٦) قيم مختلفة للثابت ($\beta$) و دالة الخطأ المناظرة لكل قيمة وكذلك دالة الخطأ المكملة .

**جدول (٩-٥) معاملات الانتشار لبعض الأيونات بالمياة عند ٢٠°م**

| الكاتيون | معامل الانتشار Dd ($10^{-6}$ سم / ث) | الانيون | معامل الانتشار Dd ($10^{-6}$ سم$^2$ / ث) |
|---|---|---|---|
| $H^+$ | ٩٣,١ | OH- | ٥٢,٧ |
| $Na^+$ | ١٣,٣ | F- | ١٤,٦ |
| $K^+$ | ١٩,٦ | C1- | ٢٠,٣ |
| $Rb^+$ | ٢٠,٦ | Br- | ٢٠,١ |
| $Cs^+$ | ٢٠,٧ | Hs- | ١٧,٣ |
| $Mg^{2+}$ | ٧,٠٥ | $Hco_3$- | ١١,٨ |
| $Ca^{2+}$ | ٧,٩٣ | $CO_3^{2-}$ | ٩,٥٥ |
| $Sr^{2+}$ | ٧,٩٤ | $SO_3^{2-}$ | ١٠,٧ |
| $BA^{2+}$ | ٨,٤٨ | | |
| $Ra^{2+}$ | ٨,٨٩ | | |
| $Mn^{2+}$ | ٦,٨٨ | | |
| $Fe^{2+}$ | ٧,١٩ | | |
| $Cr^{3+}$ | ٥,٩٤ | | |
| $Fe^{3+}$ | ٦,٠٦ | | |

## جدول (٩-٦) قيم erf c (β) , erf (β) للقيم الموجبة من (β)

| β | erf (β) | erf c (β) |
|---|---|---|
| ٠ | ٠ | ١,٠ |
| ٠,٠٥ | ٠,٠٥٦٣٧٢ | ٠,٩٤٣٦٢٨ |
| ٠,١ | ٠,١١٢٤٦٣ | ٠,٨٨٧٥٣٧ |
| ٠,١٥ | ٠,١٦٧٩٩٦ | ٠,٨٣٢٠٠٤ |
| ٠,٢ | ٠,٢٢٢٧٠٣ | ٠,٧٧٧٢٩٧ |
| ٠,٢٥ | ٠,٢٧٦٣٢٦ | ٠,٧٢٣٦٧٤ |
| ٠,٣ | ٠,٣٢٨٦٢٧ | ٠,٦٧١٣٧٣ |
| ٠,٣٥ | ٠,٣٧٩٣٨٢ | ٠,٦٢٠٦١٨ |
| ٠,٤ | ٠,٤٢٨٣٩٢ | ٠,٥٧١٦٠٨ |
| ٠,٤٥ | ٠,٤٧٥٤٨٢ | ٠,٥٢٤٥١٨ |
| ٠,٥ | ٠,٥٢٠٥٠٠ | ٠,٤٧٩٥٠٠ |
| ٠,٥٥ | ٠,٥٦٣٣٢٣ | ٠,٤٣٦٦٧٧ |
| ٠,٦ | ٠,٦٠٣٨٥٦ | ٠,٣٩٦١٤٤ |
| ٠,٦٥ | ٠,٦٤٢٠٢٩ | ٠,٣٥٧٩٧١ |
| ٠,٧ | ٠,٦٧٧٨٠١ | ٠,٣٢٢١٩٩ |
| ٠,٧٥ | ٠,٧١١٥٦ | ٠,٢٨٨٨٤٤ |
| ٠,٨ | ٠,٧٤٢١٠١ | ٠,٢٥٧٨٩٩ |
| ٠,٨٥ | ٠,٧٧٠٦٦٨ | ٠,٢٢٩٣٣٢ |
| ٠,٩ | ٠,٧٩٦٩٠٨ | ٠,٢٠٣٠٩٢ |
| ٠,٩٥ | ٠,٨٢٠٨٩١ | ٠,١٧٩١٠٩ |
| ١,٠ | ٠,٨٤٧٠١ | ٠,١٥٧٢٩٩ |
| ١,١ | ٠,٨٨٠٢٠٥ | ٠,١١٩٧٩٥ |
| ١,٢ | ٠,٩١٠٣١٤ | ٠,٠٨٩٦٦٨٦ |
| ١,٣ | ٠,٩٣٤٠٠٨ | ٠,٠٦٥٩٩٢ |
| ١,٤ | ٠,٩٥٢٢٨٥ | ٠,٠٤٧٧١٥ |
| ١,٥ | ٠,٩٦٦١٠٥ | ٠,٣٣٨٩٥ |
| ١,٦ | ٠,٩٧٦٣٤٨ | ٠,٠٢٣٦٦٥٢ |
| ١,٧ | ٠,٩٨٣٧٩٠ | ٠,٠١٦٢١٠ |
| ١,٨ | ٠,٩٨٩٠٩١ | ٠,٠١٠٩٠٩ |
| ١,٩ | ٠,٩٩٢٧٩٠ | ٠,٠٠٧٢١٠ |
| ٢,٠ | ٠,٩٩٥٣٢٢ | ٠,٠٠٤٦٧٨ |
| ٢,١ | ٠,٩٩٧٠٢١ | ٠,٠٠٢٩٧٩ |
| ٢,٢ | ٠,٩٩٨١٣٧ | ٠,٠٠١٨٣٦ |
| ٢,٣ | ٠,٩٩٨٨٥٧ | ٠,٠٠١١٤٣ |
| ٢,٤ | ٠,٩٩٩٣١١ | ٠,٠٠٠٦٨٩ |
| ٢,٥ | ٠,٩٩٩٥٩٣ | ٠,٠٠٠٤٠٧ |
| ٢,٦ | ٠,٩٩٩٧٦٤ | ٠,٠٠٠٢٣٦ |
| ٢,٧ | ٠,٩٩٩٨٦٦ | ٠,٠٠٠١٣٤ |
| ٢,٨ | ٠,٩٩٩٩٢٥ | ٠,٠٠٠٠٧٥ |
| ٢,٩ | ٠,٩٩٩٩٥٩ | ٠,٠٠٠٠٤١ |
| ٣,٠ | ٠,٩٩٩٩٧٨ | ٠,٠٠٠٠٢٢ |

## ٩-١٠ قيم استرشادية لمعاملات الخواص الفيزوكيمائية للتربة

تبين الجداول الأتية (٩-٧) ، (٩-٨) القيم الإسترشادية لبعض المعاملات .

**جدول رقم (٩-٧) حدود استرشادية لمعامل انتشار بعض المحاليل الحرة**

| الالكتروليت (١) | معامل الانتشار $١٠^{-١٠}$ م$^{٢}$ / ث (٢) |
|---|---|
| HCI | ٣٣,٣٦ |
| HBr | ٣٤,٠٠ |
| Lici | ١٣,٦٦ |
| Libr | ١٣,٧٧ |
| Nici | ١٦,١٠ |
| NaBr | ١٦,٢٥ |
| NaI | ١٦,١٤ |
| KCI | ١٩,٩٣ |
| KBr | ٢٠,١٦ |
| KI | ١٩,٩٩ |
| $CsCI^2$ | ٢٠,١٦ |
| $CaCI^2$ | ١٣,٣٥ |
| $BaCI^2$ | ١٣,٨٥ |

Reported by Shackelford and Daniel , 1991 after Robinson and Stokes , 1959 . Reprinted from the Journal of Geotechnical Engineering , Vol . 117 ,No . 3,pp .467-484. Copyright © 1991 . With permission of ASCE .

## جدول رقم (٩-٨) المدى العملى لثوابت السريان للتربة ذات الحبيبات الناعمة

| الثوابت | الرمز | الوحدة | حد أدنى | حد أقصى |
|---|---|---|---|---|
| المسامية | n | - | ٠,١ | ٠,٧ |
| النفاذية الهيدروليكية | $K_h$ | م ث$^{-١}$ | ١ × ١٠$^{-١١}$ | ١ × ١٠$^{-٦}$ |
| النفاذية الحرارية | $K_t$ | وات م$^{-١}$ ك$^{-١}$ | ٠,٢٥ | ٢,٥ |
| النفاذية الكهربية | $Q_e$ | سيمنز م$^{-١}$ | ٠,٠١ | ١,٠ |
| النفاذية الكهربية الازموزية | $K_e$ | م$^{٢}$ ث$^{-١}$ فولت$^{-١}$ | ١ × ١٠$^{-٩}$ | ١ × ١٠$^{٨}$ |
| معامل الانتشار | $D^*$ | م$^{٢}$ ث$^{-١}$ | ٢ × ١٠$^{-١٠}$ | ٢ × ١٠$^{-٩}$ |
| الكفاءة الازموزية | $\omega$ | – | ٠ | ١,٠ |
| الحركة الايونية | u | م$^{٢}$ ث$^{-١}$ فولت$^{-١}$ | ٣ × ١٠$^{٩}$ | ١ × ١٠$^{-٨}$ |

**ملحوظة :** القيم الموضحة بالجدول لمعاملات السريان تكون فى حالات التربة المشبعة ومن المحتمل أن تكون أقل بكثير فى حالات التربة المشبعة جزئياً .

## جدول (٩-٩) المواد التى تحتوى عليها مياه الصرف الصحى والتى قد ينجم عنها مشاكل فى حالة إستخدامها فى الرى

| العنصر | طريقة التقدير أو القياس | أسباب حدوث المشاكل |
|---|---|---|
| المواد الصلبة العالقة | المواد الصلبة العالقة بما فيها المواد المتطايرة والثابته | تؤدى إلى ترسب الحمأة فى حالة صرف مخلفات خام إلى المجارى المائيه – قد تسبب إنسداد نظام الرى . |
| المواد العضوية القابلة للتحليل البيولوجى | الأكسجين الحيوى الكيماوى والأكسجين الكيماوى | تتكون أساساً من البروتينات والكربوهيدرات والدهون ويؤدى صرفها إلى المجارى المائية إلى تحلل بيولوجى يؤدى إلى إستنزاف الأكسجين الذائب. |
| الجراثيم المسببة للأمراض | كوليفورم بكتيريا | يتسبب عنها نقل الأمراض عن طريق البكتريا والفيروسات والطفيليات |
| المغذيات | النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم | مغذيات ضرورية لنمو النبات ويحسن وجودها من قيمة المياه للرى إلا أن النيتروجين والفوسفور قد يؤدى إلى نمو النباتات والحشائش المائية وإذا زادت كميتها فى المياه قد تؤدى إلى تلوث الخزان الجوفى |
| المواد العضوية | الفينول والمبيدات الحشرية الهيدروكربونات المكلوره | من الصعب التخلص منها عن طريق نظم المعالجة التقليدية وبعض هذه العناصر سام ويقلل من صلاحية المياه للإستخدام فى الرى |
| النشاط الهيدروجينى | تركيز الأيون الهيدروجينى | يؤثر تركيز الأيون الهيدروجينى فى المياه على ذوبان المعادن وقلوية التربة ويتراوح هذا التركيز فى مياه الصرف الصحى المنزلى بين ٦,٥ ، ٨,٥ إلا أن مياه الصرف الصناعى قد تكون مختلفة عن ذلك كثيراً |
| العناصر والمعادن الثقيلة | الكادميوم والزنك والنيكل والزئبق والرصاص | بعض هذه العناصر سام للنبات والحيوان عند تراكمه فى التربه ويمكن أن يؤدى وجودها إلى خفض صلاحية المياه للإستخدام فى الرى |
| الأملاح الذائبة | مجموع الأملاح الذائبه والتوصيل الكهربائى (الصوديوم – الكالسيوم – الماغنسيوم – البوتاسيوم) | قد تؤدى الملوحة الزائدة إلى الإضرار ببعض المحاصيل كما أن بعض الأيونات مثل البورون سامه لبعض المحاصيل كذلك فإن الصوديوم قد يسبب خفض معدل النفاذية . |
| الكلور المتبقى | الكلور الحر والمشترك | إذا زادت كمية الكلور الحر عن ٥ ملجم/لتر فإنه قد يسبب احتراق أطراف الأوراق والأضرار ببعض المحاصيل الحساسه – قد تؤدى بعض المواد العضوية المكلوره إلى الإضرار بالمياه الجوفية |

## ٩-١١ ثانياً الصرف

الصرف الزراعى هو حجر الزاوية فى جميع أعمال ومشروعات تحسين الأراضى والمحافظة عليها . والهدف من الصرف هو منع تغدق الماء خلال موسم النمو والسماح بوجود نطاق ملائم لنمو الجذر – كما يمنع تملح التربة بواسطة الرى أو الخاصية الشعرية مما يكون له تأثير مباشر على نمو المحاصيل .

وقد يكون الصرف طبيعياً بإنسياب الماء خلال طبقات ومسام التربة بفعل الجاذبية إلى طبقات عميقة – أو يكون الصرف صناعى وذلك بواسطة تدخل الإنسان وحفر الخنادق المفتوحة أو عمل الأنابيب تحت سطح التربة .

### ٩-١١-١ أنواع المصارف

#### ٩-١١-١-١ الصرف المكشوف

الصرف المكشوف يناسب الأراضى بطيئة النفاذية حيث تكون سرعة المياه الزائدة (مطر – رى – رشح) بطيئة الحركة خلال قطاع التربة إلى مصب سطحى أو جوفى وهو يناسب الأراضى المستصلحة حديثاً حيث يتم إزالة الأملاح بالطبقة السطحية الملحية قبل تسربها إلى أعماق التربة .

وتنقسم المصارف المكشوفة بالنسبة لحجمها إلى :

**أ – مصارف حقلية**

وهى التى تقوم بإستقبال مياه الصرف مباشرة فى الحقل من التربة ثم نقلها إلى المصارف العامة .

**ب – مصارف عامة**

وهى تقوم بإستقبال مياه الصرف من المصارف الحقلية وحملها إلى المصب وهى عبارة عن المصارف العمومية (الرئيسية – الفرعية بدرجاتها المختلفة)

ومن أجل تخطيط المصارف المكشوفة يتم عمل ميزانية شبكية للمساحة المراد إنشاء المصارف بها – ثم يتم تخطيط المصارف المكشوفة فى الأماكن المنخفضة بصفة عامة بحيث تسير المصارف فى خطوط مستقيمة بقدر المستطاع .

وتعتمد المسافة بين المصارف على الآتى :

١ – نوع التربة (القوام – الخواص الطبيعية والكيميائية).

٢ – العمق المطلوب للماء الأرض والذى يعتمد على أنواع المحاصيل .

٣ – كمية المياه المراد إزالتها ويعتمد على طرق ونظم الرى وبرامجة والعوامل الهيدرولوجية والجوية .

ويمكن حسابها بإستخدام قانون دونان

قانون دونان

$$S = 2\,(K/R)\frac{1}{2}(H^2\,h^2)^{\frac{1}{2}}$$

حيث :

R = كمية المياه المطلوب التخلص منها

K = معامل التوصيل الهيدروليكى

S = المسافة بين المصرفين

H = متوسط سطح الماء عند منتصف المسافة بين مصرفين فوق سطح الطبقة الصماء

h = إرتفاع منسوب المياه فى المصرف فوق سطح الطبقة الصماء

ويتوقف عمق الصرف بالحقل على عدة عوامل أهمها :

- إختلاف طبقات ونوع التربة سواء كانت طينية أو رملية وذلك نتيجة لإختلاف معامل التوصيل الهيدروليكى لكل نوع ولإختلاف التكوين الحبيبى ودرجة إحتفاظها بالمياه وسرعة تخلصها منه والحركة الشعرية للماء .
- وقد لوحظ أنه إذا زاد عمق المصارف فى الأراضى الرملية كثيراً فقد تذبل النباتات نتيجة تسرب مياه الرى وعدم إحتفاظ الأراضى بالرطوبة .

**نوع النبات**

- الخضر : تحتاج إلى طبقة غير مشبعة بالماء عمقها من ٣٠ – ٧٠ سم
- المراعى : تحتاج إلى طبقة غير مشبعة بالماء عمقها من ٥٠ – ٧٥ سم
- الحبوب : تحتاج إلى طبقة غير مشبعة بالماء عمقها من ٧٥ – ١٢٥ سم
- القطن : يحتاج إلى طبقة غير مشبعة بالماء عمقها من ١٥٠ – ٢٠٠ سم
- الفواكه : تحتاج إلى طبقة غير مشبعة بالماء عمقها من ١٢٥ – ٢٥٠ سم

ويمكن القول بصفة عامة أن معظم النباتات تخترق جذورها عمق قد يتراوح بين ١٢ – ١٨٠سم .

يوصى بأن يكون أقل مستوى ماء أرضى لازم لنمو المحاصيل هو :

- ٩٠ سم فى شمال الدلتا
- ١١٠ سم فى وسط الدلتا
- ١٢٥ سم فى جنوب الدلتا ومصر الوسطى

ويلاحظ أن نمو الحشائش فى المجارى المائية تقلل من سعتها المائية فيرتفع منسوب الماء فى المصارف الحقلية المكشوفة – ولذلك فإنه يجب تطهير المصارف المكشوفة بصورة دورية وهذا من أهم الأعمال اللازمة لصيانتها والمحافظة على كفاءتها .

**٩-١١-١-٢ الصرف المغطى**

وهو عبارة عن مجارى مغلقة (مواسير أسمنتية – برابخ أو بلاستيك) توضع فى باطن الأرض لتتلقى مياه الصرف وتحملها إلى مجارى أكبر حجماً (مجمعات) والتى تصب بدورها فى مصرف عمومى مكشوف .

بالمقارنة بين نظامى الصرف المغطى والصرف المكشوف فإنه يمكن إستخلاص الآتى:

- توفر المصارف المغطاة من ١٠ – ١٥ % من المساحة المنزرعة والمفروض أن تشغلها المصارف المكشوفة ما يوازى ٧٥٠ ألف فدان من إجمالى الأراضى الزراعية فى مصر .
- لا يسمح نظام الصرف المغطى بنمو الكثير من الحشائش أو الأعمال الصناعية مثل الكبارى والتعديات وغيرها أو عمليات الصيانة المستمرة بسبب النحر أو الإطماء .
- يمكن إجراء العمليات الزراعية بسهولة بإستعمال الآلات الزراعية الحديثة .
- تساعد على التخلص من المياه الفائضة والغسيل وبالتالى يزيل من الأملاح الذائبة فى التربة بمتوسط من ٢ – ٣ طن ملح للفدان الواحد فى السنة مما يساعد على زيادة معدل إنتاج الفدان بمتوسط ٤٠ – ٥٠ % .
- قلة الاحتياجات المائية بنسبة ٢٠ % تقريباً نتيجة لعدم تسرب مياه الصرف السطحى بكثرة إلى المصارف مما يوفر مياه الرى .

إلا أنه يعاب عليه كثرة تكاليفه بالمقارنة بالصرف المكشوف ويحتاج إلى كثير من الخبرات والوقت من أجل التنفيذ والصيانة وطرق الصرف المغطى تشمل الطرق التالية :

١ – الطريقة الطبيعية Natural System فى حالة مناسيب الأرض وإنحدارها كبير .

٢ – طريقة هيكل السمكة Herritagnone System فى حالة أرض منحدرة من الجانبين.

٣ – طريقة المجمعين Main System عندما يكون بالأرض منخفض عميق .

٤ – طريقة الشبكة Grid System فى حالة أرض منبسطة ذات إنحدار منتظم .

أ – ومنها المصارف الطويلة Longitudinal Drainage وفيها توضع المصارف فى إتجاه أكبر ميل متعامد مع خطوط الكنتور وإنحدار الأرض أقل من ١ % .

ب – والمصارف العرضية Transeveral Drainage ويوضع المصرف فى إتجاه عمودى على أكبر ميل أى فى إتجاه خطوط الكنتور وإنحدار سطح الأرض أكبر من ١/٣٠٠ .

ويتوقف تحديد المسافة بين كل مصرفين متجاورين على طبيعة التربة ودرجة المسامية وأقل عمق لمنسوب الماء الأرضى فى منتصف المسافة بين كل مصرفين (العمق الحرج) وطريقة الرى والمعادلة الشائعة فى تصميم المصارف هى :

معادلة هوخودت

$$L^2 = 8\ k_b\ h + 4\ k_a\ h$$

حيث :

$L$ = هى المسافة بين المصارف

$k_a$ = التوصيل الهيدروليكى للتربة فى الطبقات فوق المصارف (م/يوم).

$k_b$ = التوصيل الهيدروليكى للتربة فى الطبقات تحت المصارف (م/يوم).

وسريان الماء من التربة إلى المصارف يعتمد على العوامل الآتية :

- التوصيل الهيدروليكى للتربة ويختلف من منطقة إلى أخرى على حسب قوام الأرض أو وجود طبقات صماء من عدمة.
- عمق الماء الأرضى والضغط الهيدروليكى للماء الجوفى .
- عمق أنابيب الصرف أو قنوات الصرف .
- المسافة الأفقية بين المصارف وبعضها .
- خواص المصرف إذا كان قناة مفتوحة وأنابيب مغلقة .
- المادة المغلفة .
- قطر الأنابيب .

### ٩-١١-١-٣ الصرف الرأسى أو الآبار

فى هذا النوع من الصرف تدق مواسير رأسية حيث يركب عليها مضخات لنزح المياه الجوفية من باطن الأرض ومن الأعماق البعيدة محدثة هبوط فى منسوب الماء الأرضى العالى ثم تصرف هذه المياه إلى المصارف العمومية إذا لم يمكن الإستفادة منها فى الرى .

**الشروط الواجب توافرها لإستخدام الصرف الرأسى**

١ – يجب أن يكون عمق خزان المياه الأرضية والطبقات الحاملة للماء عميق بدرجة كافية بحيث لا يقل العمق عن ١٠ متر تقريباً .

٢ – يجب أن تكون المسامية خلال الطبقات المراد صرفها كبير بدرجة تسمح بسرعة سحب المياه بواسطة الطلمبات .

٣ – قدرة البئر على الإحتفاظ بعمق مناسب لمستوى الماء الأرضى يتوقف على التصميم من حيث العمق والقطر وطول المصافى وتصميم ووضع الفلتر الزلطى حول البئر وتنظيم مجموعة من الآبار وكذلك مدى تأثير كمية المياه المرفوعة على تسرب المياه من القنوات ومجارى المياه المجاورة .

٤ – دراسة مدى إمكانية إستعمال المياه للرى أو الأغراض المدنية والصناعية وكذلك يجب دراسة مدى تداخل المياه المالحة وأثرها .

وبالنسبة للأراضى المصرية فإن الطبقة الرسوبية السطحية يصل سمكها من ثمانية أمتار إلى أحد عشر متراً وهى ذات نفاذية بطيئة جداً يليها طبقات من الرمل والحصى عالية المسامية وغالباً يتسبب إرتفاع منسوب مياه النيل خلف القناطر والترع فى إرتفاع منسوب الماء الأرضى كما هو الحال فى جنوب الدلتا وبعض المناطق بوادى النيل .

ولذلك فإنه لا شك أن المصرف الرأسى هو وسيلة نموذجية لمثل هذه المساحات ولاسيما فى المناطق التى يصعب توصيلها إلى المصارف العامة حيث يحقق الصرف الرأسى المحافظة على مستوى الماء الأرضى عند المستوى المطلوب كما أنه قد يحقق الحصول على مصدر هام من المياه الأرضية قد يصل إلى مليار متر مكعب تضيع سنوياً فى البحر.

### ٩-١٢ عوامل تراكم الأملاح بالتربة

تعتبر حركة الأملاح وتجمعها من خلال عمليتى التبخير والترسيب هى المسئولة عن تملح الأراضى وهذا يحدث من خلال واحد أو أكثر من المصادر التالية :

١ – ماء البحر .
٢ – الماء السطحى والماء الأرضى .
٣ – الماء الأرتوازى العميق .
٤ – ماء الرى .

فالأراضى القريبة من البحار والبحيرات تتأثر بصورة مباشرة أو غير مباشرة بملوحة ماء البحر الذى تسبب ملوحة الأرض والماء الأرضى بتركيزات تتراوح بين ٢٥ – ١٠٠ جم/لتر فى الماء الأرضى . وفى الأراضى الصحراوية تنتج الملوحة من إنتقال وترسيب الأملاح أثناء عمليات التعرية وتكوين الأراضى وتتراوح ملوحة الماء الأرضى فى هذه الأرض من ٥ – ١٠٠ جم/لتر مع وجود تركيز قليل من البيكربونات وتركيز متوسط من الكبريتات وتركيز عالى من أملاح الكلوريد وأحسن مثال لهذه الأراضى – أراضى الفيوم ومنخفض وادى النطرون .

وقد أكدت الدراسات أنه فى المناطق الجافة تنتج عملية التملح بالخاصية الشعرية عندما يرتفع منسوب الماء الأرضى إلى العمق الحرج ويقترب من سطح الأرض بأقل من ٣ متر كما لوحظ أن صرف الأراضى المستحدثة قد أدى إلى تدهور معظم الأراضى القديمة التى تجاورها وتقع فى مستوى طبوغرافى منخفض عنها وأوضح مثال لذلك تدهور معظم الأراضى المجاورة لترعة النوبارية فى منطقة حوش عيسى وأبو المطامير وغيرها خاصة بعد توسيع ترعة النوبارية وتعميقها وجعلها ترعة للملاحة كما حدث نفس الشئ بزمام ترعة الإسماعيلية .

وفى هذا قد أمكن عن طريق الصرف الزراعى منع تدهور التربة ورفع إنتاجية المحاصيل بنسب تتراوح من ٢٠ – ٥٠ % .

### ٩-١٣ الاستفادة من مياه الصرف الزراعى

نتائج الدراسات منذ عام ١٩٨٠ لإعادة استخدام مياه الصرف تتلخص فيما يلى :

١ – أن ما يتم إعادة إستخدامه من مياه الصرف ذات نوعية مناسبة تبلغ ٣,٥ مليار متر مكعب بالسنة .
٢ – إن إجمالى مياه الصرف التى لا يعاد إستخدامها حوالى ١٢,٨ مليار متر مكعب منها ما يلى :
- حوالى ٤ مليار لا تزيد ملوحتها عن ١٥٠٠ جزء فى المليون .
- حوالى ٤,٧ مليار تصل ملوحتها إلى أكثر من ٢٠٠٠ جزء فى المليون .

- حوالى ٤,١ مليار تصل ملوحتها إلى أكثر من ٣٠٠٠ جزء فى المليون .

تشير المقاييس والمعايير العالمية لصلاحية مياه الصرف لأغراض الرى إذا لم تزيد ملوحتها عن ١٥٠٠ جزء فى المليون وإذا إستخدمت فى الأراضى الرملية الخفيفة ولأنواع من المحاصيل التى تتحمل الملوحة .

# الباب العاشر

# العناصر الغذائية لنمو النبات

## ١٠-١ العناصر الغذائية الضرورية لنمو النبات Essential Nutrient Elements

عند تحليل النباتات الخضراء نجد أنها تحتوى على حوالى ٧٠-٩٠% من وزنها ماء ١٠-٢٥% من وزنها مادة جافة وتكون المادة الجافة فى المتوسط من ٩٠% من المواد العضوية ومن ١٠% من المواد غير العضوية أو المعدنية (الرماد) .

ولقد أظهر التحليل الكيميائى للمادة الثانية إحتوائها على العديد من العناصر والتى قد تصل إلى حوالى ٩٠عنصراً وليست كل هذه العناصر الداخلة فى تركيب النبات ضرورية أو أساسية لحياته بل أن النبات له القدرة على إمتصاص العناصر الموجودة فى وسط نموه سواء كانت ضرورية له أم لا ، ولقد وجد أنه من بين الـ٩٠عنصر التى يمكن أن توجد فى النبات أن ١٦ عنصراً منها فقط أساسية وهى ما يطلق عليها العناصر الغذائية الضرورية لحياة النبات Essential Elements ويعتبر العنصر من العناصر الضرورية إذا توافرت فيه الشروط الأتية:

١ - فى حالة غياب العنصر فإن النبات لا يستطيع أن يكمل دورة حياته الخضرية أو الثمرية.
٢ - لا يمكن إستبدال هذا العنصر بعنصر آخر يحل محله فى تغذية النبات .
٣ - أن يكون للعنصر أثر مباشر فى تغذية النبات ولا يكون لازماً فقط لحالة خاصة كرفع حالة التسمم أو لوقاية النبات عند غزو الأحياء الدقيقة.
٤ - أن يدخل العنصر فى تركيب أحد المركبات الهامة أو يساعد فى تكوين مثل هذه المركبات فى عدد كبير من النباتات .
٥ - أن يؤدى دوراً أساسياً فى واحدة أو أكثر من العمليات الحيوية الأساسية داخل النبات لعدد كبير من النباتات المختلفة .

وعادة ما يتم تقسيم العناصر الضرورية لنمو النبات إلى مجموعتين على حسب كمية العنصر فى النبات هما :

### ١٠-١-١ المغذيات الكبرى Macro-nutrients

وهى التى يحتاجها النبات بكمية كبيرة تتراوح بين ٥٠٠-١٠٠٠ جزء فى المليون أو أكثر بالنسبة لمادة النبات الجافة وتشمل : الكربون - الأكسجين - الأيدروجين - النيتروجين- الفوسفور- الكبريت - البوتاسيوم- الكالسيوم- المغنيسيوم.

### ١٠-١-٢ المـــغذيات الصغرى Micro nutrients

وهى العناصر التى يحتاجها النبات بكميات صغيرة تقل عن الحد السابق ذكـــره وتشـــمل عناصر : الحديد – المنجنيز– النحاس– الزنك– البورون– المولبيديوم – الكلور.

ويبين جدول (١٠-١) الصورة التى يمتص عليها كل عنصر من هذه العناصر ، والـــدور الذى يقوم به فى العمليات الحيوية داخل النبات .

وجدير بالذكر أنه توجد عناصر أخرى غير هذه العناصر يمكن أن تنشط نمـــو النباتـــات بدرجة ملحوظة ولكن لا تتعلق عليها شروط العنصر الضرورى ولذلك تسمى عناصر منشـــطة مثل : الصوديوم – السيليكون– الكوبالت– الفاناديوم .

**جدول (١٠-١) العناصر الضرورية لنمو النبات**

| دورة فى العمليات الحيوية | الصورة التى يمتص عليها بواسطة النبات | الرمز الكيماوى | العنصر |
|---|---|---|---|
| مكونات أساسية فى تكـــوين المواد العضوية داخل النبات | $CO_2$ خلال الأوراق من الجو | C | الكربون |
| | $H_2O$ من المحلول الأرضى | H | الأيدروجين |
| | $CO_2O_2$ خلال الأوراق من الجو | O | الأكسجين |
| | $NH_4NO_3$ من المحلول الأرضى | N | النيتروجين |
| | $SO_4$ من المحلول الأرضى | S | الكبريت |
| إختزان وتبادل الطاقة | $H_2PO_4$ | P | الفوسفور |
| تؤثر فى الضغط الأسموزى للخلايا وتساعد فى النشـــاط الأنزيمى وتوازن الأنيونـــات كما تتحكم فى نفاذية الأغشية والجهد الكهربى . | $H_2BO_3, H_3BO_3$ | B | البورون |
| | $K^+$ | K | البوتاسيوم |
| | $Ca^{++}$ | Ca | الكالسيوم |
| | $Mg^{++}$ | Mg | المغنسيوم |
| | $Mn^{++}$ | Mn | المنجنيز |
| | $Cl$ | Cl | الكلور |
| تساعد فى إنتقال الألكترونات | $Fe^{++}$ | Fe | الحديد |
| | $Cu^{++}$ | Cu | النحاس |
| | $Zn^{++}$ | Zn | الزنك |
| | $MoO_4=$ | Mo | المولينيوم |

## ١٠-٢ صور العناصر الغذائية فى الأرض

## Forms of Nutrient Elements in Soil

تمد الأرض النبات النامى عليها بالماء وبالعناصر الغذائية وتؤثر خواص الأرض المختلفة على كمية Amount وصلاحية Availability النبات ويعتبر الماء والعناصر الغذائية من عوامل النمو للنبات ولقد سبق الحديث عن الماء ( فى الباب الرابع ) وسنقوم هنا بدراسة سلوك العناصر الغذائية فى الأرض أى دراسة ما يسمى بالسلوك الفيزيوكيميائى Physicochemical Behaviour لهذه العناصر ويشمل :

- دراسة صور مركبات العناصر فى الأرض .
- دراسة درجة ذوبان هذه المركبات المتباينة .
- متابعة تحول العنصر من صورة إلى أخرى ومعدل هذا التحول .

ومن خلال هذه الجوانب الثلاثة للدراسة يمكننا معرفة مدى صلاحية كل عنصر غذائى ومقدار الجزء العالى الصلاحية منه Intensity ثم قدرة الأرض على إمداد المحاصيل المتتابعة بهذا العنصر Soil Supplying Power إذ أن خصوبة الأرض الكامنه أو حاجتها للتسميد أساسها معرفة موقف كل عنصر غذائى بها وسلوك هذا العنصر بين الإنطلاق إلى الصورة الصالحة أو التثبيت حتى لا يضيع من وسط نمو النبات .

### ١٠-٢-١ النيتروجين Nitrogen

يعتبر النيتروجين من أكثر العناصر الغذائية أثراً فى تحديد نمو النبات نظراً لدخوله فى العديد من المركبات الهامة داخل النبات مثل البروتينات ، الكلورفيل ، الأحماض النووية وغيرها، ولذلك فإن نقص النيتروجبن فى الأرض يؤدى إلى نقص كبير فى محصول النبات . ولا يدخل النيتروجين فى تركيب أى من معادن الأرض الأولية أو الثانوية التركيب ومصدر كل النيتروجين فى الأرض هو النيتروجين الهواء الجوى حيث أنه يوجد فوق كل فدان من الأرض حوالى ٣٥ ألف طن ولا تستطيع النباتات الإستفاده من هذا النيتروجين فيما عدا بعض نباتات العائلة البقولية التى لها قدرة على تثبيت النيتروجين الجوى أما باقى النباتات فيلزمها أن يتحول النيتروجين إلى صورة نترات $No^{-}_{3}$ أو أمونيا $NH_4^{+}$ حتى تستطيع النباتات إمتصاصه .

#### ١٠-٢-١-١ تثبيت النيتروجين الجوى Nitrogen Fixation

تثبيت النيتروجين هى عملية تحويل النيتروجين الغازى إلى أحد صور النيتروجين غير العضوية ( المعدنية ) ويوجد نوعان من عملية التثبيت :

- تثبيت غير حيوى يتم إما طبيعياً أثناء البرق والعواصف أو كيماوياً أثناء صناعة الأسمدة حيث يتم إتحاد النيتروجين إما مع الأكسجين لتكوين النترات أو مع الأيدروجين لتكوين النشادر.
- تثبيت حيوى ويضم نوعين من البكتريا هما البكتريا العقدية التى تعيش فى جذور النباتات البقولية ثم البكتريا غير المنفعية التى تعيش فى الأرض.

**أ- البكتريا العقدية أو المنفعية**

ويطلق على التثبيت فى هذه الحالة تثبيت تكافلى Symbiotic Fixation حيث تقوم البكتريا من جذر Rhizobium بتكوين عقد على جذر النبات البقولى وتكمن فيها ويقوم النبات بإمدادها بالمواد الكربوهيدراتية وتقوم بتثبيت النيتروجين الجوى وإمداد النبات به . وتصل كمية النيتروجين المثبت بهذا النوع من البكتريا بين ٢٢- ١٠٠ كجم نيتروجين/ فدان ويتوقف ذلك على نوع النبات البقولى والحالة الغذائية له من حيث نقص النيتروجين المعدنى فى الأرض ووجود كميات مناسبة من عناصر الفوسفور ، البوتاسيوم، الكالسيوم، والموليبديوم. ولقد وجد أن حوالى ثلثى النيتروجين الكلى فى النبات البقولى على الأقل مصدره هذه البكتريا والباقى يأخذه النبات البقولى من التربة وجدير بالذكر أن معظم النيتروجين المثبت يرحل إلى قسم النباتات وخاصة فى الأعمار المتأخرة للنمو وخصوصاً فترة التزهير والإثمار لذلك ينصح عند إستخدام هذه النباتات البقولية كسماد أخضر أن يحرث النبات بأكمله فى الأرض قبل فترة التزهير مباشرة على إعتبار أن عملية التثبيت تصل إلى أقصاها خلال هذه الفترة .

**ب - البكتريا غير المنفعية**

ويطلق على التثبيت فى هذه الحالة تثبيت غير تكافلى Non-Symbiotic Fixation حيث يقوم بعملية التثبيت كائنات دقيقة تعيش حرة فى الأراضى وهى أما هوائية مثل بكتريا الأزوتوباكتر Azotobacter أو لا هوائية من جنس الكلوستريديم Clostridium وكذلك الطحالب الخضراء المزرقة ، حيث تقوم بتحويل نيتروجين الهواء الجوى إلى نيتروجين بروتوبلازمى داخل أجسامها ، وبعد موتها يتحول هذا النيتروجين إلى صورة الأمونيوم والنترات الصالحة لإمتصاص النبات وكمية النيتروجين المثبت بهذه الطريقة أقل منه فى الحالة الأولى وتصل إلى ٥-٢٥كجم نتروجين/ فدان .

**١٠-٢-١-٢ صور النيتروجين فى الأراضى**

تنقسم صور النيتروجين فى الأرض إلى :

**أ - الصورة المعدنية**

تشمل الصورة المعدنية أيونات النترات وتوجد كلها ذائبة فى المحلول الأرضى وأيونات الأمونيوم التى توجد معظمها فى حالة تبادل على سطوح العقد الغروى كما قد يحتوى المحلول الأرضى على أيونات النيتريت كمرحلة وسطية لعملية أختزال النترات ولا تمثل الصورة المعدنية إلا حوالى ١-٢% من الكمية الكلية للعنصر ، وتعتبر هذه الصورة داخل المادة العضوية وهى الصورة القليلة الصلاحية للنبات وتمثل حوالى ٩٨-٩٩% من كمية النيتروجين الكلية فى الأراضى ، والعوامل التى تزيد محتوى الأرض من المادة العضوية تؤدى بالتالى إلى زيادة محتوى الأرض من النيتروجين وعموماً يقل محتوى الأراضى من المادة العضوية وبالتالى محتواها من النيتروجين كلما كانت الأرض خشنة القوام (الأراضى الرملية) ويزداد فى الأراضى الطينية .

الأراضى المعدنية تحتوى على ١-٢% مادة عضوية كما أن الكمية الكلية للنيتروجين تتراوح بين ٥٠ر٠-١ مجم / لتر .

**ب - الصور العضوية**

يوجد النيتروجين فى المادة العضوية على صورة أمين ($NH_2$) ولا تستطيع النباتات الراقية الإستفادة من هذه الصورة مباشرة ألا بعد تحلل المادة العضوية وإنطلاق النيتروجين منها وتحويله إلى أحدى صور النيتروجين المعدنية وتسمى هذه العملية معدنية النيتروجين Nitrogen Mineralization وهناك أنواع عديدة من ميكروبات التربة تقوم بأكسدة كربون المادة العضوية وينفرد النيتروجين على صورة أمونيوم ويسمى هذا التفاعل بالنشدرة Ammonification

$$\text{proteins} \longrightarrow \text{R-NH}_2+\text{CO}_2 + \text{طاقة} + \text{نواتج أخرى}$$

$$\text{R-NH}_2+\text{HOH} \longrightarrow \text{NH}_3+\text{R-OH} + \text{طاقة}$$

**والنشادر الناتجة مع الماء أو حامض الكربونيك يكون أيونات الأمونيوم $NH_4^+$**

$$\text{NH}_3+\text{HOH} \longrightarrow \text{NH}_4\text{OH} \longrightarrow \text{NH}_4^+\,\text{OH}$$

$$\text{NH}_3+\text{H}_2\text{CO}_3 \longrightarrow (\text{NH4})_2\text{CO}_3 \longrightarrow \text{NH}_4+\text{NH}_4\text{CO}_3$$

وأيونات الأمونيوم الناتجة من العملية السابقة يمكن أن يحدث لها الآتى :

أ - تمتص بواسطة النباتات

ب - تدمص على سطح الطين مثل أى كاتيون أخر .

جـ- تثبيت Fixation بين طبقات بعض معادن الطين .

د - تحدث لها عملية تأزت Nitrification بفعل بكتريا التأزت .

وتتم عملية التأزت على مرحلتين :

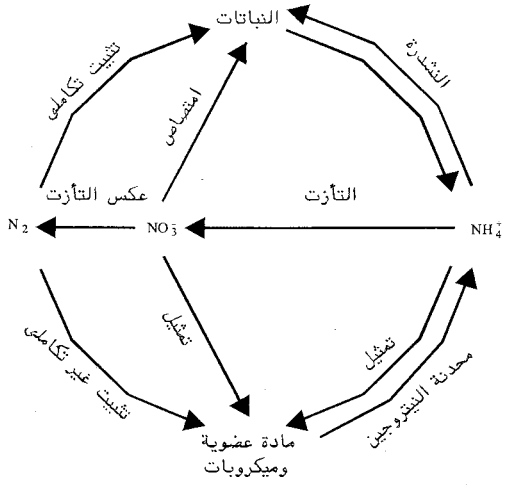
فى المرحلة الأولى يتم أكسدة أيون الأمونيوم إلى أيون النيتريت ($No_2$) ويقوم بهذه العملية مجموعة من البكتريا تسمى Nitrosomonas

$$2NH_4{+}{+}3O_2 \xrightarrow{\text{Nitrosomonas}} 2NO_2+2H_2O+4H^+$$

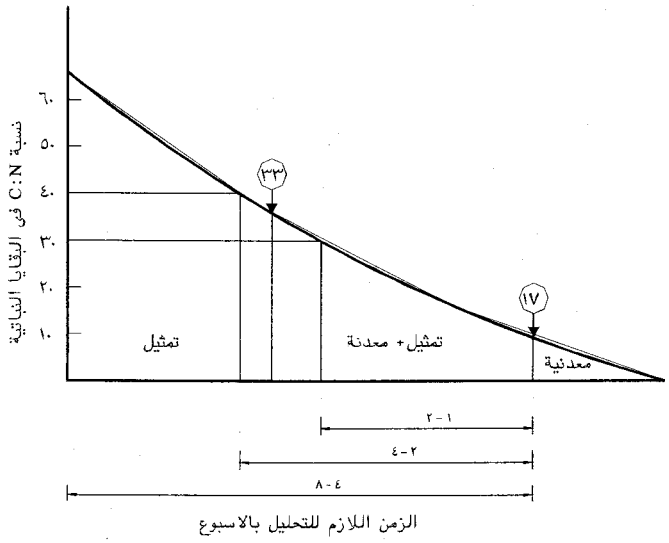
$$2NO_2+O_2 \xrightarrow[\text{طاقة}]{\text{Nitrobacter}} 2NO_3+$$

وتحتاج عملية التأزت إلى توافر قدر كاف من هواء التربة ووجود رطوبة أرضية مناسبة (٦٠-٧٠% من السعة الحقلية) وأيضاً رقم أيون هيدروجينى مناسب وفى حالة سوء التهوية أو رطوبة عالية أو رقم أيون هيدروجينى غير مناسب وفى وجود أنواع خاصة من البكتريا والفطر فإن النترات الناتجة تختزل إلى نيتريت ثم إلى نيتروجين غازى يتصاعد فى الجو وبالتالى يفقد النيتروجين من التربة ولا تستطيع النباتات النامية الأستفادة منه وتسمى هذه العملية بعملية عكس التأزت Denitrification شكل (١٠-١) والنتروجين المعدنى يتحول داخل أجسام البكتريا إلى النيتروجين فى المادة العضوية فكلما كانت نسبة الكربون إلى النيتروجين فى المادة العضوية كبيرة (أكبر من ٣٣: ١) يزداد حدوث عملية التمثيل ويحدث نقص شديد فى النيتروجين المعدنى من الأراضى وتحوله إلى نيتروجين عضوى داخل أجسام الميكروبات وبالتالى تعانى النباتات النامية من نقص النيتروجين الصالح للإمتصاص بينما إذا كانت نسبة الكربون: النيتروجين فى المادة العضوية ضيقة (١٧: ١) فإن ذلك يؤدى إلى الإسراع بعملية معدنة النيتروجين وبالتالى تجد النباتات النامية حاجتها من النيتروجين المعدنى وبين النسبتين السابقتين تسير كل من العمليتين السابقتين جنباً إلى جنب بمعدل واحد تقريباً ( شكل ١٠-٢) .

ومن الرسم يتضح أنه يلزم مدة لا تقل عن ٨ أسابيع إذا كانت نسبة C : N فى المادة العضوية حوالى ٦٠: ١ أما إذا زادت النسبة عن ذلك كما هو الحال فى تبن النجيليات والتى تبلغ نسبة C : N فيها أكثر من ١٠٠: ١ فلا يمكن الزراعة إلا بعد حوالى شهور ، ويمكن تقصير تلك الفترة بإضافة أى سماد أزوتى معدنى للتربة للعمل على تقليل نسبة C : N أما فى حالة البرسيم والذى تكون نسبة C : N فيه حوالى ٢٠: ١ فيمكن الزراعة بعد ١٠-١٥ يوم.




**شكل (١٠-١) دور النيتروجين فى الأرض**




**شكل (١٠-٢) العلاقة بين نسبة C : N فى المادة العضوية والزمن اللازم لمعدن النيتروجين**

### ١٠-٢-١-٣ فقد النيتروجين من الأرض

يفقد النيتروجين من الارض نتيجة لواحد أو أكثر من الأسباب الأتية :-

أ - ما ينتزعه المحصول من الارض ، وهذا يختلف بإختلاف المحاصيل وإختلاف طريقة أخذ المحصول وقد تصل هذه الكمية إلى حوالى ٢٠-١٠٠ كجم /فدان جدول (١٠-٢).

ب - عملية الانحراف Erosion سواء بالماء الجارى أو الرياح للطبقة السطحية من التربة وذلك نظراً لإرتفاع محتواها من المادة العضوية .

جـ- فقد النيتروجين النتراتى بالترشيح إلى طبقات التربة التحت سطحية أو إلى المصارف نتيجة للإسراف فى إستعمال ماء الرى ، ويبدو هذا أكثر وضوحاً فى الأراضى الجيدة الصرف والأراضى الرملية الخفيفة القوام وذات النفاذية العالية كما قد تفقد عن طريق عملية عكس التأزت Denitification .

د - الفقد بالتطاير حيث تفقد الأمونيا الموجودة قرب سطح الأرض على صور غاز إنتشار وذلك فى المناطق الحارة والأراضى القلوية والجيرية .

**جدول (١٠-٢) الكميات المزالة من النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم ببعض المحاصيل ( كجم / فدان )**

| المحصول | N | P | K | المحصول | N | P | K |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| الشعير | ٣٠ | ٧ | ٢٦ | البطاطس | ٧ | ٦ | ١٠ |
| القمح | ٣٧ | ٧ | ٢١ | الطماطم | ٧ | ١٠ | ٩٠ |
| الذرة | ٧٥ | ١٣ | ٢٧ | البصل | ٣٥ | ٦ | ٣٥ |
| القطن | ٦٥ | ١٨ | ٦٠ | بنجر السكر | ٦٠ | ١١ | ٨٠ |
| الأرز | ٤١ | ٨ | ٣١ | قصب السكر | ٦٥ | ١٦ | ٩٠ |
| القرن | ١٥٠ | ١٢ | ٤٥ | البرتقال | ١١٠ | ١٠ | ٧٥ |
| ألبرسيم | ٧٥ | ٨ | ٥٥ | الخوخ | ٣٥ | ٤ | ٣٠ |
| فول الصويا | ٥٥ | ٩ | ٢٤ | الكمثرى | ٧٠ | ١٢ | ٩٠ |

### ١٠-٢-١-٤ موقف النيتروجين فى الأراضى المصرية

تنحصر أهم مشاكل النيتروجين فى الأراضى المصرية فيما يأتى :-

أ - إنخفاض نسبة المادة العضوية وبالتالى النيتروجين الكلى ويرجع ذلك لعدم إعادة بقايا النباتات للأرض عند جنى المحصول وكذلك لسرعة تحليل المادة العضوية لإرتفاع درجة الحرارة وشدة الجفاف فى معظم فترات السنة وتتراوح نسبة المادة العضوية فى الأراضى

المصرية الرسوبية بين ١-٣% وهى تقل كثيراً عن هذا الحد فى أراضى الساحل الشمالى والواحات وأراضى التوسع الرسوبية بين ٥٠٠-١٥٠٠ جزء فى المليون وحيث أن النيتروجين المعدنى لا تزيد نسبته فى هذه الأراضى عن ٢-٥% من النيتروجين الكلى وعلى ذلك فلا تزيد كمية النيتروجين العالى الصلاحية للنبات عن ٢٠-٥٠ جزء فى المليون وهى كمية لا تكفى لمد حاجة معظم المحاصيل حتى تلك ذات الإحتياجات المنخفضة من العنصر .

ب - فقد النيتروجين من الأرض بالطرق المختلفة وخاصة الغسيل والتطاير وعكس التأزت .

ويمكن حل هذه المشاكل عملياً بإتباع الأتى :

١ - حرث مخلفات المحاصيل فى الأرض بغرض زيادة المادة العضوية بها .

٢ - إضافة الأسمدة العضوية المختلفة .

٣- إضافة الأسمدة النيتروجينية المعدنية .

٤- إتباع دورة زراعية ملائمة يكون أحد محاصيلها من العائلية البقولية وخصوصاً تلك المستخدمة فى الرعى (البرسيم والبرسيم الحجازى) لا المستخدمه فى إنتاج البذور (الترمس والفول) .

٥- عدم الإسراف فى إستعمال مياه الرى خصوصاً فى الأراضى الرملية .

٦- أضافة السماد على دفعات وعند الحاجة إليه خاصة فى الأراضى الخشنة القوام (الرملية)

ومن المفضل عملياً محاولة المحافظة على المستوى المعتاد ( المتزن) فقط من النيتروجين فى الأرض وفى نفس الوقت العمل على جعل النيتروجين فى حالة نشطة مناسبة بزراعة البقوليات وإضافة المادة العضوية ذات النسبة C : N الضيقة .

### ١٠-٢-٢ الفوسفور Phosphorus

يوجد الفوسفور فى جميع الخلايا الحية فهو يدخل فى تركيب الأحماض النووية (DNA,RNA) كما يدخل فى تخزين ونقل الطاقة من خلال بعض المركبات الفوسفاتية العالية الطاقة (ATP,ADP) ويشجع الفوسفور النمو المبكر للنبات وتكوين الجذور كما يسرع من عملية النضج وتكوين البذور .

وتتراوح الكمية الكلية من الفوسفور فى الأرض بين ٠٫٠٥-٠٫٢٥% حيث تزداد الكمية فى الأراضى الطينية الثقيلة وتقل فى الأراضى الرملية وتركز معظم هذه الكمية فى الطبقات السطحية للقطاع الأرضى نظراً لسوء حركة العنصر ولقلة الكمية المفقودة منه بواسطة الماء الراشح .

### ١٠-٢-٢-١ صور ومصادر الفوسفور فى الأرض

#### أ - الصور العضوية

وهو الفوسفور الذى يرتبط بأصل عضوى فى الأرض وتتوقف كميته على مقدار المادة العضوية بها وتتراوح كمية الفوسفور العضوى ٣٠-٧٥% من الكمية الكلية للفوسفور فى الأرض ولقد أمكن تمييزه ومن مكونات الفوسفور العضوى في الأراضى الآتى :

١ - الفيتين Pirl/tin ومشتقاته ويكون ٤٠-٨٠% من محتوى المواد الدبالية من الفوسفور وهو يوجد على صورة أملاح كالسيوم ومغنسيوم فى الأراضى القلوية أو أملاح حديد والومنيوم فى الأراضى الحامضية ويعتبر هذا المركب مخزناً للفوسفور داخل النبات ومصدر هام للفوسفور العضوى فى الأرض .

٢ - الأحماض النووية : ويكون صفر-١٠% من الفوسفور العضوى .

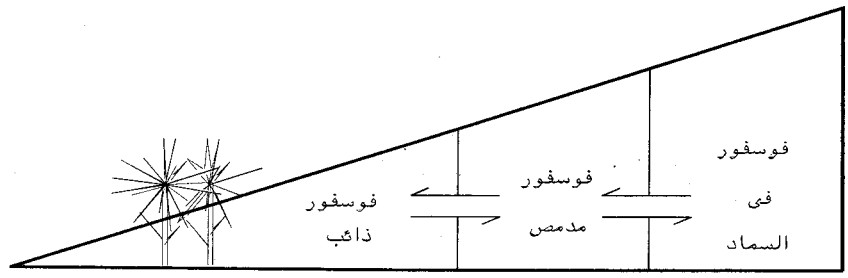
٣- الفوسفوليبيدات : وتكون ٠,٣% من الفوسفور العضوى.

وتتوقف عملية إنطلاق الفوسفور العضوى إلى المحلول الأرضى على ظروف التربة حيث يسير موازياً لتحلل كل من النيتروجين والكربون ، كما أن الفوسفور يكون أكثر حساسيه للتغيرات الحادثة فى رقم pH الأرض .

#### ب- الصورة المعدنية

١ - المعادن المحتوية على الكالسيوم وهى تسود فى الأراضى القلوية والجيرية وأهمها معدن الأباتيت Apatite ورمزه $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$

٢ - المعادن المحتوية على الحديد والألومنيوم وهى التى تسود تحت الظروف الحامضة مثل الإسترانجيت Strengite ورمزه $Fe(OH)_2H_2PO_4$ والفارسكيت Variscite ورمزه $Al(OH)_2H_2PO_4$ وتتواجد معظم الكمية الكلية للفوسفور فى الأرض فى صورة المعادن السابقة الذكر وهى شحيحة الذوبان في الماء أما الجزء القليل المتبقى فيوجد إما على صورة فوسفات مدمصة على سطح الطين والأكاسيد السداسية وكربونات الكالسيوم، أو على صورة ذائبة فى المحلول الأرضى والصور المختلفة للفوسفور فى حالة إتزان مستمر ، حيث أن النقص فى إحدى هذه الصور يعوضه إمداد من الصور الأخرى وإن كان معدل التعويض يختلف من صورة لأخرى (شكل ١٠-٣) .




**شكل (١٠-٣) الإتزان بين صور الفوسفور المختلفة فى الأرض**

### ١٠-٢-٢-٢ تثبيت الفوسفات Phosphate Fixation

تركيز الفوسفور الذائب فى المحلول الأرضى فى حدود ١ر٠-٠ر١ جزء فى المليون ولا يزداد هذا التركيز كثيراً حتى عقب إضافة الأسمدة الفوسفاتية الذائبة للأرض بكميات كبيرة ويرجع ذلك لحدوث عملية تثبيت للفوسفات Phosphate Fixation حيث تتحول الفوسفات الذائبة إلى فوسفات غير ذائبة نتيجة لتفاعلها مع العديد من المركبات فى الأرض ، وعملية التثبيت عملية مفيدة حيث أنها تحفظ العنصر من الضياع بتأثير عمليات الغسيل مع ماء الصرف، كما أنها عملية ضارة أيضاً حيث تقلل صلاحية العنصر للإمتصاص بواسطة النباتات ويتم تثبيت الفوسفور فى الأرض كما يلى :-

#### أ- الترسيب فى المحلول الأرضى

تترسب الفوسفات الذائبة فى المحلول الأرضى فى الأراضى الحامضية عن طريق التفاعل مع أيونات الحديد والألومنيوم مكونة مركبات فوسفات حديد وألومنيوم بينما فى الأراضى القلوية والجيرية كما هو الحال فى الأراضى المصرية فيتم الترسيب بواسطة أيونات الكالسيوم مكونة العديد من مركبات فوسفات الكالسيوم المختلفة فى درجة ذوبانها حيث يتوقف ذلك على نسبة Ca:P فى المحلول الأرضى .

$$Ca^{++}+H_2PO_4 \rightleftharpoons C\,aHPO_4+H^+$$

**ب- التفاعل مع الأكاسيد السداسية**

يتم ادمصاص الفوسفات على أسطح الأكاسيد السداسية لوجودها فى صورة غروية Gels فى الأرض ثم تتحول بمرور الوقت إلى مركبات الفارسكيت أو الإسترانجيت :

$$Fe\begin{matrix}OH\\OH\\OH\end{matrix} + H_2PO_4 \rightleftharpoons Fe\begin{matrix}H_2PO_4\\OH\\OH\end{matrix} + OH$$

**جـ- التفاعل مع معادن الطين**

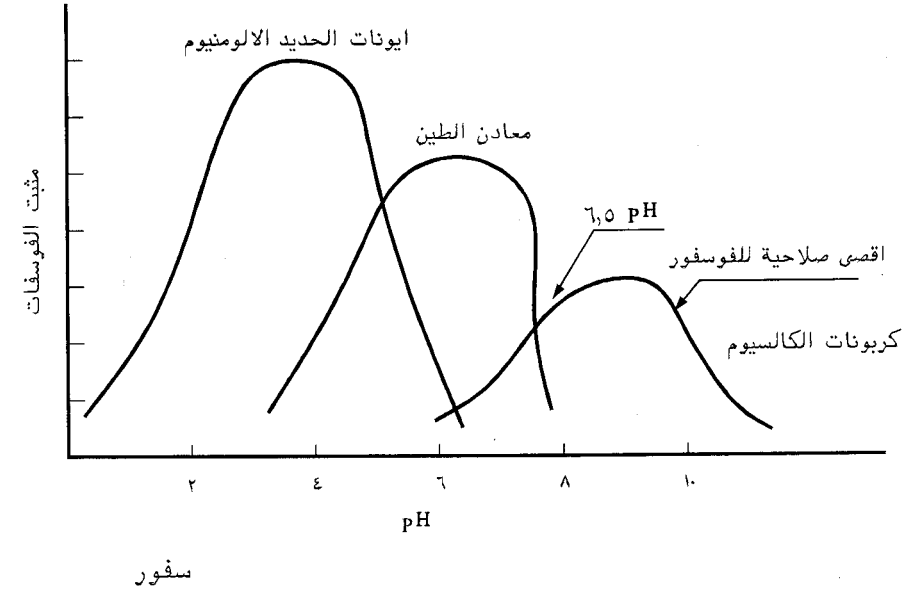
يتم ادمصاص الفوسفات على أسطح معادن الطين ويزداد بزيادة كمية الطين وسيادة معدن طين الكاؤولينيت .

$$Clay\begin{matrix}OH\\OH\\OH\end{matrix} + H_2PO_4 \longrightarrow Clay\begin{matrix}O\\O\text{-}P\text{-}OH\\OH\\OH\end{matrix} + OH$$

**د - التفاعل مع كربونات الكالسيوم**

يتم ادمصاص الفوسفات على أسطح كربونات الكالسيوم ويزداد معدل الإدمصاص بزيادة كمية كربونات الكالسيوم فى الأرض وصغر قطر حبيباتها .

يوضح شكل (١٠-٤) علاقة رقم pH في الأرض بتثبيت الفوسفور .




سفور

**شكل (١٠-٤) علاقة رقم pH بتثبيت الفوسفور**

ومما سبق يتضح أن الفوسفور من العناصر غير المتحركة فى الأرض أو المحلول ولذلك يجب أن يضاف فى وقت الحاجة إليه أما عملية فقد الفوسفور من الأرض عن طريق الغسيل فهى قليلة جداً .

**١٠-٢-٢-٣ صلاحية الفوسفور فى الأراضى المصرية**

تبلغ الكمية الكلية لتركيز الفوسفور فى الأراضى الرملية والجيرية (٥٠٠-٦٠٠ جزء فى المليون) وهى كمية منخفضة بينما فى الأراضى الرسوبية داخل الوادى والدلتا فالكمية كبيرة إلا أن معظمها يوجد فى صورة غير صالحة لإمتصاص النبات ويرجع السبب فى إنخفاض صلاحية الفوسفور الموجود فى الأراضى المصرية إلى الأسباب الآتية :

أ - إرتفاع كمية الكالسيوم فى المحلول الأرضى وفى مادة الأرض الصلبة .

ب - ميل معظم الارض للقلوية حيث يبلغ متوسط رقم pH للأراضى الرسوبية حوالى ٨ر٠ وهو بعيد عن الحدود المناسبة لذوبان الفوسفات (٦,٥-٧,٥) .

جـ- قلة المادة العضوية التى قد تعمل على إذابة وتحويل جزء من الفوسفات المعدنية غير الذائبة إلى صورة ذائبة صالحة لإمتصاص النبات .

د - تعرض معظم كميات الأسمدة الفوسفاتية المضافة إلى التثبيت بسرعة متحولة إلى صورة غير صالحة بحيث أن معامل الإستفادة من السماد الفوسفاتى المضاف لا يزيد على ١٥%

ومن الملاحظ أن كمية الفوسفور التى تمتص بواسطة المحصول كمية قليلة (٧-١٠كجم/فدان) ويمكن تعويضها عن طريق إضافة الأسمدة الفوسفاتية ، ولذلك فإن هذه الكمية لا تمثل مشكلة فى حد ذاتها وعليه فإن حل مشكلة الفوسفور يستدعى التفكير فى كيفية زيادة صلاحية الفوسفور الموجود أصلاً فى الأرض وأيضاً كيفية تأخير أو تقليل عمليات تثبيت الفوسفات المضافة ويتم ذلك عملياً بعدة وسائل منها :

١ - الإهتمام بإضافة المادة العضوية للأرض حيث يؤدى تحللها وخروج ثانى أكسيد الكربون منها إلى تكوين حامض الكربونيك مما يخفض قليلاً من رقم pH الأرض ويعمل على تحريك جزء من الفوسفور ، وكذلك فإن إنفراد الأحماض العضوية أثناء تحليل المادة العضوية تعمل على جلب أيونات الحديد والألومنيوم والكالسيوم ، مما يقلل من أثرها فى عملية تثبيت الفوسفات .

٢ - وضع السماد الفوسفاتى فى جور قرب النباتات أو فى شرائح محددة من الأرض أو صنع الأسمدة الفوسفاتية على شكل كريات أو مجمعات بغرض تقليل نقط التلامس بين الأرض والسماد المضاف .

٣- إستخدام الأسمدة النيتروجينية ذات التأثير الفسيولوجى الحامضى مثل سلفات النشادر .

### ١٠-٢-٣ البوتاسيوم Potassium

يمتص النبات البوتاسيوم على صورة أيونات $K^+$ ولا يدخل البوتاسيوم فى تركيب أى مادة عضوية داخل النبات بكمية محسوسة وبالرغم من ذلك فإنه يعتبر هام جداً فى عملية تكوين وترحيل السكريات وتكوين النشا داخل النبات ، وكذلك فهو ضرورى فى عملية قفل وفتح الثغور بواسطة الخلايا الحارسية كما أنه يشجع من نمو الجذور ويزيد من مقاومة النبات للأمراض ويحسن نوعية الثمار والبذور .

#### ١٠-٢-٣-١ صور البوتاسيوم فى الأرض

تتراوح الكمية الكلية للبوتاسيوم فى الأرض بين ١-٣% وتزداد هذه الكمية فى الأراضى الثقيلة القوام وتقل فى الأراضى الخشنة القوام مثل الأراضى الرملية حيث تصل الكمية الكلية للبوتاسيوم إلى حوالى ٠,٠٥%.

ويوجد البوتاسيوم فى الأراضى على الصور التالية :

أ - البوتاسيوم الأصلى Native Potassium أو غير المتبادل والذى يدخل فى تركيب معادن الأرض الأولية والثانوية المختلفة والحاملة للبوتاسيوم مثل الفلسبارات وأهمها الأرثوكلاز والميكروكلين $KAlSi_3O_6$ وكذلك شبيهات الفلسبات مثل اليوسيت$KAlSi_3O_6$ الميكا وأهمها المسكوفيت $K(Si,Al)_4Al_2O_{10}(OH)$ والميكا البيوتيت $K(Si,Al)_4(Al,Mg,Fe)_3O_{10}(OH)_2$ والصور المعدنية تمثل حوالى ٩٠-٩٨% من الكمية الكلية للبوتاسيوم فى الأرض وهذه الصورة تعتبر صعبة الصلاحية للنبات وينظر إليها على أنها المخزن أو الرصيد الدائم الذى قد يتحول بعد فترة من الزمن إلى صورة أكثر صلاحية بفعل عوامل التعرية المختلفة ويمكن ترتيب هذه المعادن من حيث قابليتها للتعرية كالأتى :

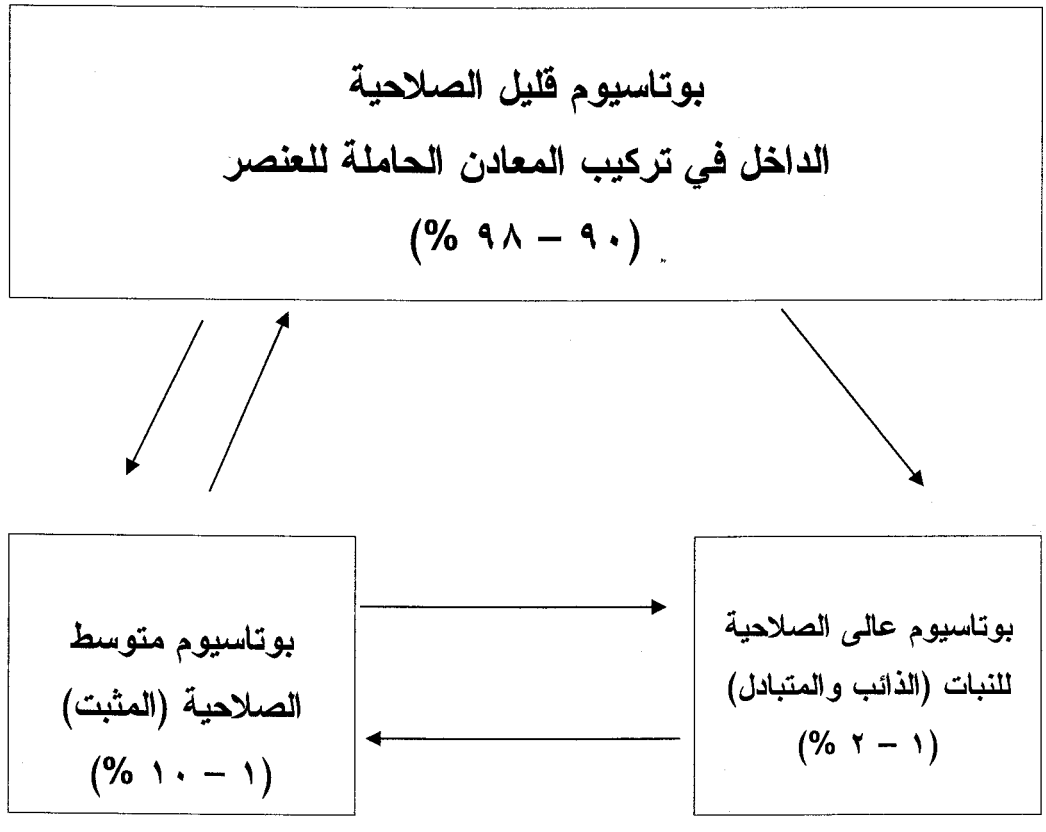
الليوسيت >المسكوفيت> البيوتيت> الأرثوكلاز>الميكروكلين

ب - البوتاسيوم المثبت Fixed-K بين طبقات معادن الطين فى صورة غير متبادلة وهذه الصورة تمثل حوالى ١-١٠% من الكمية الكلية للبوتاسيوم فى الأرض والبوتاسيوم فى هذه الصورة يعتبر بطىء أو متوسط الصلاحية للنبات .

جـ- البوتاسيوم المتبادل Exchangeable-K على أسطح غرويات الأرض المعدنية (الطين) والعضوية وهو يمثل حوالى ١-٢% من البوتاسيوم الكلى والبوتاسيوم فى هذه الصورة سريع أو عالى الصلاحية للنبات .

د – البوتاسيوم الذائب Soluble-K فى المحلول الأرضى وهو يكون حوالى ١٠% من البوتاسيوم المتبادل والبوتاسيوم فى هذه الصورة يعتبر سريع أو عالى الصلاحية للنبات النامى .

وجدير بالذكر أن صور البوتاسيوم المختلفة فى الأرض تكون فى حالة إتزان مع بعضها (شكل ١٠–٥) بحيث أن النقص فى إحدى هذه الصور يتم تعويضه من الصور الأخرى وإن كان معدل هذا التعويض يختلف بإختلاف صور البوتاسيوم المختلفة وخواص التربة ونسبة الرطوبة الأرضية .




**شكل (١٠–٥) الأتزان بين صور البوتاسيوم فى الأرض**

### ١٠-٢-٣-١ مشاكل البوتاسيوم فى الأرض

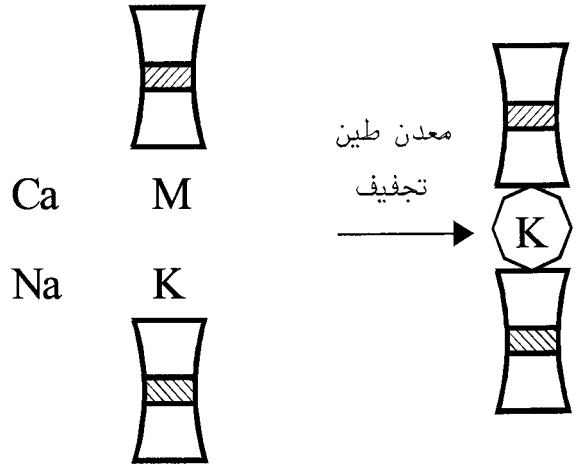
#### أ - تثبيت البوتاسيوم

عند زيادة تركيز البوتاسيوم فى المحلول الأرضى نتيجة لإضافة الأسمدة البوتاسية فإن جزء كبير منه يتم تثبيته بين طبقات بعض معادن الطين من نوع ٢: ١ مثل الفيرمتوليت والأيلليت المنتموريلونيت ويمكن تفسير ميكانيكية تثبيت البوتاسيوم كالآتى :

١ - تتكون الأسطح المعرضة بين الطبقات لمعادن الطين من نوع ٢: ١ من طبقة أو صفيحة Sheet من أيونات الأكسجين التى تترتب على شكل سداسى تحصر فيما بينها فراغاً قطره ٢,٨ إنجستروم.

٢ - عند جفاف معادن الطين فإن الطبقات تقترب من بعضها وتفقد الأيونات ماء تأدرتها وتصل أقطار بعض الأيونات إلىقطر يقارب قطر الفراغ السابق ( القطر فى حالة أيونى البوتاسيوم والأمونيوم يكون ٢٫٦٦، ٢٫٩٦ إنجستروم على الترتيب) .

٣ - الأيونات التى تتماثل أقطارها غير المتأدرتة مع أقطار الفراغات السابقة تمسك بقوة داخل هذه الفراغات وتصبح الطبقات أكثر إقتراباً من بعضها ولا يمكنها التمدد مرة أخرى بالابتلال (شكل ١٠-٦).




**شكل (١٠-٦) ميكانيكية تثبيت البوتاسيوم**

ويختلف مقدار هذا التثبيت من أرض لأخرى على الآتى :

١ - نوع معدن الطين السائد فى الأرض حيث يثبت الفيروميكوليت أكثر من الأيلليت الذى يثبت أكثر من المنتموريللونيت .

٢ - قوام الأرض حيث يزداد التثبيت بزيادة نسبة الطين .

٣ - تبادل عمليات الترطيب والتجفيف تؤدى إلى زيادة الكمية المثبتة .

٤ - زيادة تركيز البوتاسيوم المتبادل الذائب يؤدى إلى زيادة التثبيت .

٥ - الفقد بالغسيل فالنباتات تميل إلى إمتصاص البوتاسيوم بكميات تزيد كثيراً عن حاجتها إذا ماتوافرت لها كميات كبيرة فى الأرض ويطلق على هذه الظاهرة بالإستهلاك الترفى لأن الزيادة الممتصة لا تسبب أى زيادة فى المحصول .

**١٠-٢-٣-٣ موقف البوتاسيوم فى الأراضى المصرية**

تعتبر الأراضى المصرية الرسوبية غنية بالبوتاسيوم الكلى ، حيث تصل نسبته فى هذه الأراضى إلى حوالى ١-٢% ويبلغ مقدار البوتاسيوم الصالح (الذائب والمتبادل على الأسطح الغروية) حوالى ٢٠٠-٤٠٠ كجم$K_2O$/فدان مما يجعل هذه الأراضى غنية بالبوتاسيوم الصالح للنبات وخصوصاً إذا زرعت هذه الأراضى بمحاصيل الحقل العادية ولكنها قد لا تكفى إذا زرعت الأرض ببعض المحاصيل العالية الإحتياج للبوتاسيوم مثل البصل والقصب والبطاطس ، وعلى العكس من ذلك تقل هذه الكمية كثيراً فى الأراضى خارج الوادى والدلتا وخصوصاً أراضى التوسع الرملية والجيرية .

وتنحصر أهم مشاكل البوتاسيوم فى الأراضى المصرية فى الآتى :

أ - إنخفاض كميته الكلية والصالحة فى الأراضى الرملية والجيرية .

ب - الفقد بالغسيل والرشح خصوصاً فى الأراضى الرملية عقب التسميد والرى الغزير.

جـ- الكمية المزالة من البوتاسيوم من الأرض بواسطة المحاصيل كمية كبيرة خصوصاً فى المحاصيل الدرنية والسكرية (حوالى ١٢٥كجم/فدان).

والحلول العملية لهذه المشاكل تنحصر فى :

أ - إضافة السماد البوتاسى على عدة دفعات خصوصاً إذا كانت كميته كبيرة والأرض خفيفة القوام وذلك لتقليل الفقد بالغسيل وتقليل معدل التثبيت فى الأراضى الطينية.

ب - أحكام الرى وعدم المغالاه فيه حتى لا يتعرض جزء من السماد البوتاسى للغسيل قبل إستفادة النبات منه .

### ١٠-٢-٤ العناصر الغذائية الصغرى Micronutrients

من بين العناصر الستة عشر الضرورية لنمو النبات والكائنات الدقيقة للتربة توجد سبعة عناصر يحتاج إليها النبات بكميات قليلة ولذلك تسمى بالمغذيات الصغرى وتشمل عناصر الحديد، المنجنيز ، الزنك ، النحاس ، البورون، المولبدنيوم، والكلور وفيما عدا عنصر الحديد فإن هذه العناصر توجد أيضاً فى الأرض بكميات قليلة جدول (١٠-٣) كما أنها تشترك جميعها فى أن وجودها بكميات صغيرة يعتبر ضرورى لنمو النبات ولكنها تعتبر سامة إذا ما توافرت صورها الميسرة فى الأرض بكميات كبيرة وعلى ذلك فى نطاق ضيق .

**جدول (١٠-٣) الكمية الكلية من العناصر الصغرى فى الأرض**

| العنصر | الحديد | المنجنيز | الزنك | النحاس | البورون | المولبدنيوم | الكلور |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| الكمية | ٥٠٠٠- | ٥- | ١٠- | ١٠- | ٣- | ٠ر٣- | ١٠- |
| (جزء/مليون) | ٥٠ر٠٠٠ | ١٠٠٠ | ٣٠٠ | ١٠٠ | ١٠٠ | ٠ر٧ | ١٠٠٠ |

وتتواجد معظم الكمية الكلية لهذه العناصر الصغرى فى الأرض فى المعادن الأولية والثانوية للتركيب ومعظمها غير صالحة لإمتصاص النبات (جدول ١٠-٤) .

**جدول (١٠-٤) أهم المركبات الحاملة للعناصر الصغرى فى الأراضى**

| العنصر | | أهم المعادن الحاملة للعناصر |
|---|---|---|
| الحديد | Fe | الهيماتيت $Fe_2O_3$ البيريت $FeS_2$ الأولفين $(FeMg)_2SiO_4$ |
| المنجنيز | Mn | البيرولوسيت $MnC_2$ ومعادن البيوتيت والهورنبلند |
| الزنك | Zn | الاسفاليريت ZnS السيمثوسنيت $ZnCO_3$ |
| النحاس | Cu | الكالكوبيريت $CuFeS_2$ المالاكيت $Cu_2(OH)_2CO_3$ |
| البورون | B | البوراكس $Na_2B_4O_7$ ومعدن التورمالين |
| الموليبدنم | Mo | الموليدونيت $MoS_2$ |

### ١٠-٢-٤-١ العوامل التى تؤثر على صلاحية العناصر الغذائية الصغرى للنبات

#### أ - رقم تفاعل التربة pH

يزداد ذوبان العناصر الغذائية الصغرى وبالتالى صلاحيتها (عدا عنصر الموليبدنم) بإنخفاض رقم pH الأرض أى كلما إتجهنا ناحية الحموضة حيث يزداد تركيز بعض هذه العناصر كثيراً وخصوصاً عنصرى الحديد والمنجنيز فى المحلول الأرضى لدرجة قد تصبح هذه العناصر سامه لكثير من النباتات بينما بإرتفاع رقم pH كما هو الحال فى الأراضى الجيرية والقلوية فإن المغذيات الصغرى تكون أيدروكسيدات وأكاسيد غير ذائبة وبالتالى يصبح التركيز الذائب منها قليل وبالتالى تقل صلاحيتها كثيراً كما هو الحال فى الأراضى المصرية .

$$Fe^{++} + 2OH \longrightarrow Fe(OH)_2$$

ذائب غير ذائب

#### ب- جهد الأكسدة والإختزال

حيث أن ثلاثة من كاتيونات المغذيات الصغرى ( الحديد، المنجنيز، والنحاس) لها أكثر من تكافؤ وبالتالى فإن ذوبان هذه العناصر يتأثر كثيراً بظروف التهوية (التأكسد) فى الأرض ، فمن الملاحظ أن الأراضى الغدقة والسيئة الصرف تساعد على الإختزال وتتحول الصورة المؤكسدة لهذه العناصر إلى الصورة الثنائية التكافؤ وبذلك يزداد معدل ذوبان وصلاحية هذه العناصر .

$$Fe^{+3} + e^- \rightleftharpoons Fe^{+2}$$

$$Mn^{+4} + 2e^- \rightleftharpoons Mn^{+2}$$

أما بإزدياد تهوية الأرض فإن التفاعل العكسى يسوء وبالتالى يقل ذوبان وصلاحية عنصر الحديد والمنجنيز .

#### جـ - مستوى العناصر الغذائية الأخرى فى الأرض

لوحظ أن ذوبان المغذيات الصغرى يتأثر بدرجة كبيرة بمستوى بعض العناصر الغذائية فى الأرض فقد وجد أن إضافة كمية كبيرة من السماد الفوسفاتى تؤدى إلى نقص ذوبان وصلاحية عناصر الحديد والزنك والنحاس ، لذا يجب من الناحية العملية أن يتم استعمال مخصبات الفوسفات بكميات تكفى فقط للحصول على نمو ومحصول جيد من النبات كذلك ثبت

أن وجود أيون البيكربونات يعمل على تشجيع الإصفرار المتسبب عن زيادة الجير ( نقص الحديد) فى أشجار الفاكهة ، حيث يؤدى أيون البيكربونات إلى إنخفاض عنصر الحديد داخل النبات .

**د- التراكيب العضوية**

يؤدى وجود بعض التراكيب العضوية مثل الأحماض الأمينية ومكونات الدبال وبعض الأحماض الناتجة عن تحلل المادة العضوية فى التربة إلى إرتباطها مع كاتيونات المغذيات الصغرى وتكون ما يسمى بالمعقدات العضوية وقد يبدو أن تكون هذه المعقدات مفيدة فى بعض الأحيان حيث تحفظ المغذيات الصغرى من بعض التفاعلات الضارة كترسيب الحديد بالفوسفات وقد يكون ضاراً حيث يؤدى تكوين هذه المعقدات إلى خفض صلاحية هذه العناصر إلى مستوى أقل من الإحتياجات الضرورية للنبات كما فى حالة تكوين معقدات النحاس والزنك فى الأراضى الغنية بالمادة العضوية وهى المسئولة عن ظهور أعراض نقص هذين العنصرين فى هذه الأراضى وذلك نظراً لإرتباط كل من النحاس والزنك بقوة كبيرة بالمادة العضوية .

وجدير بالذكر أنه قد يستفاد من تكوين معقدات من الزنك والمنجنيز والنحاس والحديد بوجه خاص فى صنع مركبات تخليقية تسمى بالمخلبيات Chelates كمصدر هذه العناصر فى صورة تحفظها من بعض التفاعلات غير العضوية الضارة فى الأراضى ، كما أنه يمكن فى نفس الوقت إستعمال المغذيات المخلبية فى أثناء نمو النباتات .

مما سبق يتضح أن ظهور أعراض نقص العناصر الصغرى على النباتات لا يرجع إلى قلة الكميات الصالحة منها فى الأراضى فقط ولكن يرجع أيضاً إلى وجود بعض العوامل الأرضية التى من شأنها أن تقلل من ذوبانها وبالتالى صلاحية هذه العناصر .

ويبين جدول (١٠-٥) أنواع الأراضى والمحاصيل الأكثر حساسية لنقص العناصر الغذائية الصغرى .

**جدول (١٠-٥) أنواع الأراضى والمحاصيل الأكثر حساسية لنقص مغذيات العناصر الصغرى**

| العنصر | أنواع الأراضى والظروف التى تؤدى إلى نقص العنصر | أكثر المحاصيل حساسية لنقص العنصر |
|---|---|---|
| الحديد | الأراضى القلوية ، الأراضى الجيرية ، زيادة التسميد الفوسفاتى | الفول ، فول الصويا ، الذرة الشامية ، الذرة الرفيعة ، أشجار الفاكهة ، نبات الزينة |
| المنجنيز | الأراضى الرملية ، الأراضى القلوية، الأراضى العضوية ، الأراضى الجيرية | فول الصويا ، محاصيل الحبوب أشجار الفاكهة، القطن، الخضروات الورقية . |
| الزنك | الأراضى الرملية ، الأراضى العضوية | الفول ، فول الصويا ، الموالح، الذرة ، الذرة الرفيعة ، البصل ، البطاطس، أشجار ، الفاكهة ، الكتان ، بنجر السكر، الأرز. |
| النحاس | الأراضى الرملية ، الأراضى العضوية، الأراضى الحامضية المغسولة، ظروف الجفاف | محاصيل الحبوب ، الخضروات ، أشجار الفاكهة ، البصل . |
| البورون | الأراضى الرملية الحامضية | البرسيم ، التفاح ، البنجر، الموالح ، القطن ، الذرة ، البطاطا، والطماطم . |
| المولبيديوم | | القرنبيط ، الموالح ، البرسيم الحجازى، كرفس |

**١٠-٢-٤-٢ علاج نقص المغذيات الصغرى**

أ - إتباع عمليات خدمة مناسبة لتحريك بعض المخزون من هذه العناصر فى الأرض وتحويله إلى صورة صالحة ، مثل إضافة مادة عضوية قابلة للتحلل مع الرى الغزير ، حيث يؤدى تحلل المادة العضوية إلى إنطلاق كمية كبيرة من ثانى أكسيد الكربون الذى يذوب فى الماء مكوناً حامض الكربونيك مما يساعد على خفض رقم الأيون الهيدروجينى قليلاً وبالتالى يزيد من ذوبان هذه العناصر ، كذلك فإن الرى الغزير ينتج عنه سيادة الظروف اللاهوائية بالتربة لفترة قصيرة مما يساعد على إختزال مركبات الحديد والمنجنيز وبالتالى

زيادة صلاحيتها ، كذلك يفضل فى حالة الأراضى المنزرعة بأشجار الفاكهة عدم ترك المسافات بين الأشجار خالية وإنما تزرع ببعض المحاصيل المؤقته حيث يؤدى تنفس جذور النباتات إلى خفض رقم الأيون الهيدروجينى التربة بواسطة حامض الكربونيك المتكون .

ب - إضافة الأسمدة المحتوية على العناصر الصغرى إما إلى التربة أو رشها على النباتات مباشرة وجدير بالذكر أن الإضافات الأرضية للأسمدة قد لا تنجح أحياناً فى علاج نقص ذوبان وصلاحية كميات العناصر الموجودة أصلاً بالأرض والتى لا تزال قائمة بالتربة وسوف تؤدى إلى إنخفاض ذوبان وصلاحية العناصر المضافة كسماد لذلك ينصح فى هذه الحالة بإستخدام الأسمدة الورقية المحتوية على هذه العناصر على أن تضاف هذه الأسمدة رشاً على المجموع الخضرى للنباتات القائمة .

والأسمدة المستخدمة لعلاج نقص المغذيات إما أسمدة مغذية مثل أملاح الكبريتات لهذه العناصر أو أسمدة عضوية مثل مخلبيات هذه العناصر (EDTA.DTPA,EDDHA) وعادة ما يضاف الجير إلى محاليل الرش بهذه العناصر ليقلل من سرعة دخول هذه العناصر للأوراق وبالتالى تقليل إحتمال حدوث السمية (جدول ١٠-٦) علماً بأن الكميات المضافة للأرض تختلف بإختلاف المحصول ودرجة النقص فى الأرض .

## جدول (١٠-٦) مقدار الإضافة الأرضية وتركيز محلول الرش لمعالجة نقص العناصر الصغرى

| العنصر | إضافة أرضية للفدان | إضافة بالرش | |
|---|---|---|---|
| | | الكمية لكل ١٠٠جالون | التركيز |
| الحديد | غير فعالة | ٨كجم كبريتات حديدوز(٢٠%حديد) | ٠ر٢% |
| الزنك | ٥ر٧-١٥كجم كبريتات زنك | ٢,٤كجم كبريتات زنك(٢٣%زنك) | ٦ر٠% |
| المنجنيز | ٥-١٠ كجم كبريتات منجنيز | ١,٢كجم كبريتات منجنيز | ٣ر٠% |
| النحاس | ١٠كجم كبريتات نحاس | ٢كجم كبريتات نحاس+٢كجم ايدروكسيد كالسيوم | ٥ر٠% |
| يلاحظ أنه فى حالة إستخدام المركبات المخلبية المحتوية على المغذيات الصغرى يضاف حوالى ثلث الكميات السابقة والمضافة للأرض . | | | |

## ١٠-٢-٥ إمتصاص النبات للعناصر الغذائية من الأرض

## Nutrients Absorption by Plants

توالت دراسات تغذية النبات لمعرفة العناصر الضرورية والصور التى يستطيع النبات إمتصاصها من هذه العناصر وميكانيكية النبات فى إمتصاص العناصر والظروف التى تؤثر على عملية إمتصاص هذه العناصر والظروف التى تؤثر على عملية الإمتصاص . ولقد عمد الباحثون إلى إمتصاص هذه العناصر عند تنمية النبات فى محاليل تحتوى على العناصر الغذائية تجنباً للتعقيدات التى تؤثر على إمتصاص هذه العناصر عند تنمية النبات فى الأرض والمحلول الغذائى هو محلول مائى لخليط من الأملاح تحتوى على العناصر الضرورية للنبات والمكونة لرمادة ، ويجب أن تتوافر الشروط التالية فى المحاليل الغذائية .

١ - يجب أن تكون نسب العناصر الغذائية المختلفة الموجودة فى المحلول الغذائى قريبة ما أمكن من معدل سرعة إمتصاص النبات للعناصر المكونة للمحلول .

٢ - يجب أن تكون متوازنة Balanced أى يمتص النبات منها تقريباً مقادير من الكاتيونات مساوية لما يمتصه من الأنيونات حتى تفادى التحول ناحية الحموضة أو القلوية الفسيولوجية .

٣ - يجب أن يظل رقم الأيون الهيدروجينى للمحلول المغذى طوال مدة التجربة ملائماً لنمو النبات .

٤ - يجب أن لا يزيد الضغط الأسموزى عن واحد ضغط جوى.

ويقوم النبات بإمتصاص العناصر الغذائية الذائبة فى المحلول الأرضى إلا أن مقادير هذه العناصر الذائبة لا يمكن أن تكفى حاجة النبات ، ولذا برزت أهمية الطور الصلب وإنطلاق العناصر منه إلى المحلول الأرضى ومساهمته فى مد النبات بحاجته من العناصر الغذائية وقد قسمت عملية حصول النبات على حاجته من العنصر الغذائى من الجزء الصلب من الأرض إلى الخطوات التالية :

أولاً : تحول العنصر من الجزء الصلب إلى المحلول الأرضى.

ثانياً : تحرك العنصر خلال المحلول الأرضى ووصوله إلى جذر النبات.

ثالثاً : إمتصاص الجذور لهذا العنصر.

رابعاً : انتقال أو ترحيل العنصر من جذر النبات إلى المجموع الخضرى للنبات.

## ١٠-٣ خصوبة التربة وتغذية النبات

### ١٠-٣-١ مقدمة

النباتات النامية عموماً تحتاج لعدة عناصر غذائية تشترك جميعها فى تكوين أنسجته الحيوية فيحصل النبات على عناصر الكربون والأيدروجين والأكسجين من الهواء المحيط به وكذلك من الماء أما بقية العناصر الضرورية مثل الأزوت والفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والماغنسيوم والكبريت والزنك والحديد والمنجنيز والنحاس والموليبدنيم والبورون فيحصل عليها النبات أساساً عن طريق التربة أو البيئة التى ينتشر فيها المجموعة الجذرى ، هذا بالإضافة إلى إمكانية حصول النباتات على تلك العناصر المغذية عن طريق المجموع الخضرى بطريقة رش محاليل تلك المغذيات تحت ظروف خاصة لتعويض نقص عنصر أو أكثر من تلك العناصر .

### ١٠-٣-٢ أهمية العناصر الغذائية للنبات

#### ١٠-٣-٢-١ الأزوت

ترجع أهمية النيتروجين فى النبات إلى وجوده فى تركيب جزىء البروتين والأنزيمات وكثير من المركبات الحيوية للخلية النباتية لتكوين جميع الأنسجة .

#### ١٠-٣-٢-٢ الفوسفور

يدخل عنصر الفسفور في تركيب المركبات الهامة في النبات مثل الأحماض النووية والفوسفوليبدات ومكونات إنزيمات الطاقة .

#### ١٠-٣-٢-٣ البوتاسيوم

من المعروف أن للبوتاسيوم صلة وثيقة بقدرة الأوراق لتمثيل ثانى أكسيد الكربون ، كما أنه يزيد كمية النشا الناتجة ويحافظ على نسبة الكربون الى الأزوت فى الحالة الطبيعية ويلعب البوتاسيوم دوراً هاماً فى تقليل درجة النتح بالنسبة لوحدة المادة الجافة الناتجة ويشجع أيضاً على نمو الجذور.

#### ١٠-٣-٢-٤ الكالسيوم والماغنسيوم

يقوم الكالسيوم بدور مهم فى حياة النبات كمكون لجدار الخلية ووجود الكالسيوم بكميات قليلة ضرورى فى عملية النمو ( الإنقسام الغير مباشر ) وكمنشط لإنزيمات الطاقة وكثير من الإنزيمات الأخرى مثل الأرجنين كيفاز .

أما المغنسيوم فهو العنصر الأساسى لتكوين المادة الخضراء (الكلوروفيل).

ولا تعمل كثير من الإنزيمات فى عدم وجوده ، وله دور حيوى فى تكوين الزيوت النباتية ويقوم أيضاً بتصحيح حموضة الخلايا.

**١٠-٣-٢-٥ الكبريت**

من أهم وظائفه دخوله فى تكوين الأحماض الأمينية الكبريتية والفيتامينات ومصاحبات الإنزيمات ويعتبر ضرورى لنشاط الإنزيمات .

**١٠-٣-٢-٦ الحديد**

دوره العام هو عملية التمثيل الضوئى والتمثيل الغذائى فهو مرتبط أساساً بالمركبات البروتينية للكلورفيل فى العملية الحيوية وأيضاً إنزيمات التنفس .

**١٠-٣-٢-٧ الزنك**

يعتبر الزنك ضرورى لتكوين الهرمون النباتى أندول حمض الخليك (IAA) ، كما أنه يعمل كمنشط لكثير من الإنزيمات .

**١٠-٣-٢-٨ المنجنيز**

عنصر هام جداً فى عملية التمثيل الضوئى ومصاحب لعملية التمثيل الغذائى للنيتروجين وكذلك لتنشيط بعض الإنزيمات .

**١٠-٣-٢-٩ النحاس**

مرتبط مع الأزوت فى تكوين البروتين وعدد من الإنزيمات وهو المحسن للرائحة أو الطعم لكثير من النباتات و(خاصة الخضر) ويدخل فى الكثير من المركبات السامة فى النبات.

**١٠-٣-٢-١٠ الموليبدنم**

يعتبر مهماً فى تثبيت الأزوت الجوى وفى تمثيل النترات والنيتروجين والفسفور فى النبات.

**١٠-٣-٢-١١ البورون**

مهم فى عملية إنتقال الكربوهيدرات خلال أنسجة النبات وكذلك له أهميته فى تمييز وتطوير الخلايا وتمثيل الأزوت والإخصاب والإمتصاص النشط وتمثيل الهرمونات والدهون والفوسفور والعلقات المائية .

**١٠-٣-٣ مصادر العناصر الغذائية**

١ - الأسمدة الكيماوية البسيطة أو المركبة سواء الصلبة منها أو السائلة .
٢ - التربة الطبيعة ( معادن الطين )
٣ - المادة العضوية سواء كانت طبيعية أو مضافة للأرض على صورة مخلفات نباتية أو حيوانية أو على صورة أسمدة عضوية مصنعة من تلك المخلفات .

**١٠-٣-٤ أعراض نقص العناصر الغذائية على النبات**

**١٠-٣-٤-١ الأزوت**

- فرار النصل من الخارج للداخل .
- فرار النصل مع إحمرار بين العروق الصغيرة.

**١٠-٢-٤-٢ الفوسفور**

- لون النصل أرجوانى من الخارج إلى الداخل .
- الحواف أرجوانية وملتوية من بقع سوداء .
- العروق حمراء .
- الفروع حمراء .

**١٠-٣-٤-٣ البوتاسيوم**

- النصل مزركش ببقع كبيرة بنية غامقة .
- النصل مزركش أبيض مصفر مع بنى محمر .
- إصفرار وموت طرف النصل .
- إصفرار جزء من النصل العلوى مع بقع بسيطة محمرة مع عروق ثانوية بيضاء .
- عروق ثانوية بيضاء .
- الحواف محمرة ثم أرجوانى من الداخل مع التواء الأعلى .

**١٠-٣-٤-٤ الكالسيوم**

- الحواف حمراء
- تبقع بنى محمر على الثمار
- الثمرة خضراء مصفرة مع موت قمة الثمرة وتحولها للثنى.

**١٠-٣-٤-٥ الماغنسيوم**

- إصفرار النصل من الخارج للداخل مع تبقع الحواف
- على النصل بقع كبيرة محمرة بنية .
- إحمرار النصل كله أو تواجد لون بنى غامق حول الأعناق الثانوية والحواف تبقى خضراء.
- ثلثى النصل مزركش بلون أصفر .
- لون أصفر بين العروق الخضراء .
- العرق الوسطى أبيض .

**١٠-٣-٤-٦ الكبريت**

- إصفرار الأجزاء الحديثة فى النبات وتتشابه مع أعراض نقص الآزوت .

**١٠-٣-٤-٧ الحديد**

- النصل أصفر باهت أو تواجد بقع كبيرة محمرة أو بيضاء .
- الحواف بنية متأكلة
- الحواف بنية غامقة متأكلة
- العروق لونها بنى

**١٠-٣-٤-٨ المنجنيز**

- النصل به هالات كبيرة بنى محمر فى ثلثى الورقة العلوى
- النصل به بقع صغيرة لونها بنى محمر حول العرق الوسطى
- النصل مزركش أصفر
- النصل أبيض بين العروق
- العروق بها خطوط طولية صفراء
- عنق الورقة بنى محمر

**١٠-٣-٤-٩ الزنك**

- النصل أحمر يشبه أعراض نقص الفوسفور أو أخضر فاتح ولكنه أفتح مع خطـوط طوليـة للعروق الوسطية ومتجعدة .
- حواف الورقة تتجه لأعلى
- تبدو النباتات صغيرة ومتقزمة .
- الأوراق تصبح قزمية أو غير متكونة وميتة .
- تكون الأوراق عنقودية فى نهايات الغصن .

**١٠-٣-٤-١٠ النحاس**

- الأوراق تتحول إلى اللون الأصفر أو الأبيض .
- ذيل قمة الورقة يموت ويسقط .
- لون النبات رمادى مخضرأو أخضر زيتونى
- النباتات تكون عاجزة عن النمو/خصوصاً البراعم الطرفية.

**١٠-٣-٤-١١ البورون**

- النصل أبيض مع تظليل بنى محمر لقمة النصل .
- حواف النصل أحمر مع موت القمة النامية للفرع .
- موت القمة النامية للفرع.
- نفس أعراض الزنك مع موت القمة .
- الثمار بها أنسجة فلينية أو إنحلال وتهتك الأنسجة الداخلية .
- تساقط أوراق .

**١٠-٣-٤-١٢ الموليبدنم**

- صفر سطح نصل الورقة
- اللون أخضر مصفر مثل أعراض نقص الأزوت .
- إنحناء حواف الأوراق لأعلى .
- ظهور أنسجة ميتة على طول الحواف .

**١٠-٣-٥ دليل أعراض نقص العناصر**

١ - التغير فى لون الأوراق العليا مع موت البرعم الطرفى (كالسيوم، بورون)
٢ - التغير فى الأوراق السفلية : أزوت- فوسفور- بوتاسيوم- مغنسيوم وأحياناً الزنك .

### ١٠-٣-٦ أهمية السماد العضوى فى تحسين خواص التربة

١- يعتبر كمخزن رئيسى للأنيونات الضرورية لنمو النبات مثل النترات والفوسفات والكبريتات والبورات الموليبدنم والكلوريد .

٢- يزيد السعة التبادلية للتربة بمعدل ٥-١٠ مرات وبالتالى يزيد من الكاتيونات المغذية والتى تمتص أعلى الدبال مثل الأمونيا والبوتاسيوم والكالسيوم والماغنسيوم .

٣- منظم للتربة ضد التغيرات السريعة والناتجة من الحموضة والقلوية والأملاح والمبيدات وكذلك سمية المعادن الثقيلة .

٤- حماية سطح التربة ضد التجريف بالمياه والرياح ويحتفظ بتجمعات الحبيبات وزيادة السعة التشبعية للماء الميسر والكلى بالتربة وزيادة ترطيب سطح التربة .

٥- تمد الكائنات الحية بالغذاء مثل الديدان الأرضية وبكتريا العقد الجذرية والفطريات ذات الفائدة مثل الميكوريزا .

٦- تقلل من إرتفاع درجات حرارة التربة السطحية وخاصة لما يضاف منها على السطح .

٧- تقليل التبلور والتصلب لمعدن التربة فى الأجواء الإستوائية الرطبة والغنية فى معادن الحديد والألومنيوم الذائبة لتكوين مركباتها مع الدبال وكذلك بواسطة المحافظة على درجة حرارة التربة العلمية ورطوبتها .

٨- تمد النباتات بالمغذيات الضرورية وبصورة منتظمة طوال عمره وحسب إحتياجه منها .

٩- تجعل الفوسفات والعناصر الصغرى الضرورية أكثر يسراً للإمتصاص بواسطة النباتات لأثر المادة العضوية على حموضة التربة .

١٠- يمكن إستخدام المبيدات بالتركيزات المرتفعة طالما هناك تزايد فى المادة العضوية .

١١- تقلل تكوين التشققات على سطح التربة وذلك بتقليل فعل تفريق التربة .

# الباب الحادى عشر
# التربـــــــة

## ١١-١ تصنيف أراضى جمهورية مصر العربية طبقا للنظام العالمى لمنظمة الفاو ١٩٨٨

طبقا للدراسات السابقة وعلى ضوء بيانات خريطة التربة لمصر Soil Map of Egypt والتى قامت بإعدادهـــا الهيئة القومـــية للإستشعار عن البعد وعلوم الفضاء عام ٢٠٠١ أمكن تصنيف أراضى جمهورية مصر العربية تبعا للنظام العالمى الفاو عام ١٩٨٨ إلى الرتب الآتى ذكرهـــا مع توضيح العلاقة الجيولوجيه بين أنواع التربة والتكوينات الصخريه طبقا للخريطه الجيولوجيه لمصر مقياس رسم ١ : ٢٠٠٠٠٠٠ والتى أعدتها المساحة الجيولوجيه المصريه عام ١٩٨١ .

### ١١-١-١ رتبة الـــ Vertisols

تشمل هذه الرتبه الأراضى التى تحتوى على ٣٥% أو أكثر من الطين حتى عمق ٥٠ سم على الأقل وتتصف بوجود تشققات على سطح التربة بعرض حوالى ١ سم وعمق ٥٠ سم فـــى بعض أوقات السنة كما يوجد بهذه الأراضى ظاهرة الأنزلاقات الأرضيه أو تجمعات طينيه تشبه الأنابيب المتوازيه على عمق يتراوح من ٢٥ سم إلى ١٠٠ سم من سطح التربة.

### ١١-١-١-١ Utric Vertisols

وهذه الأراضى تمثل الصفات الأساسيه للرتبه وتنتشر فى الدلتا ووداى النيـــل والأوديـــه الجافة وهى عبارة عن رسوبيات نهرية حديثه دقيقه الحبيبات فى المناطق المنبسطه بعيدة عـــن سفوح المنحدرات.

### ١١-١-١-٢ Gypsic Vertisols

وهذه الأراضى تحتوى على أفاق من الجبس فى الطبقات العلويه حتى عمق ١١٥ ســـم من سطح التربة وتنتشر هذه النوعية من الأراضى فى الوادى والدلتا فى المناطق سيئة الصرف حيث تتراكم فيها المياه لفترة طويلة وتتعرض للبخر.

ومن الناحيه الجيولوجية فإن هذه النوعية من التربة تعلو صخور تتركز فى المنخفضـــات المعروفه فى الصحراء الغربية المصرية مثل منخفض القطارة والواحات البحرية وابـــو رواش وجنوب غرب الفيوم وشرق الخارجة وتتكون بصفة عامة من الرواسب الفتاتية مع طبقة رقيقـــة

من المواد الكربوناتية على القمه. وفى منطقة منخفض القطارة تنتمى هذه الرسوبيات إلى العصر السينومينى والتورونى (حقب الباليوزوى).

### ١١-١-٢ رتبة الـ Arenosols

تشمل هذه الرتبه الأراضى الرملية خشنة القوام ولايوجد بها آفاق تشخيصية وهى أراضى عميقة القطاع ويوجد بهذه الرتبه تحت الرتب الآتيه :

### ١١-١-٢-١ Haplic Arenosols

وهى الأراضى ذات القوام الطميى الرملى الخشن نوعا والممتد حتى عمق حوالى ١٠٠ سم من سطح التربة وليست بها آفاق تشخيصية وتنتشر هذه الأراضى فى شمال سيناء وغرب مصر فى المناطق التى يسود حولها مكاشف لصخور رملية مثل الحجر الرملى النوبى التى تغذى تكون كثبان رملية أو رسوبيات نهرية رملية.

وهذه التربة ممثلة فى مناطق منتشرة فى أقصى الشرق والغرب للدلتا ( غرب منطقة الأسماعيلية وجنوب محافظة البحيرة ) وهى مغطاه بالكثبان الرملية وتنتمى إلى الحقب الرابع.

### ١١-١-٢-٢ Calcaric Arenosols

تنتشر هذه النوعية من الأراضى فى الساحل الشمالى الغربى وغرب جبل قطران ولها صفات الرتبة بالإضافة إلى محتواها من كربونات الكالسيوم وهى تقع بين الإرتفاعات الشاطئية (Coastal Ridgs) للحقب الرابع وعلى هضبة المارماريكا (ميوسين أوسط) الجيرية وتعلو هذه النوعية من التربة صخور تغطى مساحات شاسعة فى الجزء الجنوبى الغربى من الصحراء الغربية حتى الحدود مع ليبيا والسودان وكذلك فى المنطقة الواقعة جنوب بحيرة ناصر وتنتمى هذه الصخور إلى الحقب الرابع والممثلة أيضا بالرواسب الوديانية ورواسب البلايا.

### ١١-١-٢-٣ Ferralic Arenosols

توجد هذه النوعية من الأراضى فى جنوب غرب مصر ( منطقة مشروع تنمية جنوب الوادى والمعروفة بمشروع توشكى ) ولها صفات الرتبه بالإضافة إلى سيادة أكاسيد الحديد بالحجر الرملى النوبى ( باليوزوى - طباشيرى أسفل ) وتوجد هذه الصخور أيضا فى منطقة وادى قنا حيث يوجد معها صخور الباليوسين ( الحقب الثلاثى ) والتى تتكون من الجزء السفلى من الطبقة الأسناوية Esna Shale.

### ١١-١-٣ رتبة الـ Fluvisols

تشمل هذه الرتبة الأراضى الناشئة من الترسيبات النهرية الحديثة وتتصف بإنخفاض محتواها من المادة العضوية بالعمق لتصل إلى ٠,٢ % حتى عمق ١٢٥ سم. ولاتحتوى أراضى هذه الرتبة على آفاق تشخيصية غير أفاق ، Mollic, Ochric, Sufuric horizone Umbric أو Histic horizone تتصف هذه الرتبة بوجود مواد كبريتية حتى عمق ١٢٥ سم من سطح التربة. ويوجد فى هذه الرتبة تحت الرتب التالية:

### ١١-١-٣-١ Calcaric Fluvisols

تنتشر أراضى تلك تحت الرتبة على حواف دلتا النيل وهى أراضى نهرية حديثة التكوين ( الحقب الرابع ) تحتوى على كربونات كالسيوم فى الطبقة مابين ٢٠ - ٥٠ سم من سطح التربة وتكون فى الغالب قريبة من مكاشف للحجر الجيرى الأيوسينى وهذه المناطق هى مناطق الزراعة حول وادى النيل وتوجد أيضا حول بركة قارون بالفيوم وفى وسط وشمال سيناء.

### ١١-١-٣-٢ Salic Fluvisols

توجد هذه الأراضى فى وادى النيل بالقرب من البحيرات الشمالية وتحتوى على نسبة من الأملاح حيث تتراكم فيها مياه الصرف ويزيد فيها البخر بالإضافة إلى تأثير تسرب مياه البحر الأبيض المتوسط إليها.

### ١١-١-٤ رتبة الـ Leptosols

تشمل هذه الرتب الأراضى ذات العمق المحدود نتيجة لوجود الصخور الصلبة أو مواد كلسية ملتحمة ( كربونات كالسيوم ) تعادل أو تزيد عن ٤٠% أو وجود طبقة أسمنتية لاحمة سمكها حوالى ٣٠ سم من سطح التربة ولاتحتوى على آفاق تشخيصية.

ويوجد فى هذه الرتبة تحت الرتب التالية :

### ١١-١-٤-١ Lithic Leptosols

وتتصف أراضى تحت الرتبة بعمقها المحدود نظرا لوجود الصخور الصلبة أو الطبقات الجيرية الصلبة حتى عمق حوالى ١٠ سم من سطح التربة وتنتشر هذه الأراضى بشكل متفرق بجنوب شرق مصر ( الصحراء الشرقية ).

وتعلو هذه التربة صخور تغطى مساحات شاسعة بوسط الصحراء الغربية والجزء الغربى من الصحراء الشرقية وتنتمى هذه الصخور إلى عصر الأيوسين ( الحقب الثلاثى ) وتتكون من طبقات ذات سمك كبير من الحجر الجيرى وسمك قليل من الطين ومكاشف هذه التتابعات تكون هضاب وجروف عاليـــة فى المنطـــقة الواقعة بين أسنا والقاهرة وجرف سن الكداب (Sin El Kaddab Scarp ) والهضاب المنتشرة حول طريق درب الأربعين ومناطق الخارجة والفرافـــرة والواحات البحرية وكذلك مناطق جبل ضوى وعش المويلحة والجلالـــة وعتاقـــة بالصـــحراء الشرقية وهضبتى التيه وعجمة بسيناء وتتمثل هـــذه الصـــخور بتكوينـــات الرواســـب الفتاتيـــة (الأيوسين العلوى) بمنطقتى القاهرة والفيوم.

### ١١-١-٥ رتبة الـ Solonchaks

هى الأراضى التى تظهر صفات الأفق الملحى ولايوجد بها آفاق تشخيصية أخرى ســـوى Gypsic, Calcic, Cambic, Histic ويوجد بهذه الرتبة تحت الرتبة التالية :

### ١١-١-٥-١ Gypsic Solonchaks

توجد أراضى هذه التحت رتبة بمنطقة سهل الطينة بسيناء وتتصف بوجود أفق من الجبس فى الجزء العلوى حتى عمق ١٢٥ سم من سطح التربة.

ويوضح الجدول (١١-١) المعايير الملائمة للتربة ومدى ملائمتها للرى بميـــاه الصـــرف الصحى المعالجة حيث قسمت التربة إلى ملائمة جداً ومتوسطة وضعيفة وغير ملائمـــة مؤقتـــاً وغير ملائمة على الإطلاق.

## يوضح الجدول (١١-١) معايير ملائمة التربة للرى بمياه الصرف الصحى

| الخاصية | ملائمة جدا | متوسطة | ضعيفة | غير ملائمة ( مؤقتا ) | غير ملائمة |
|---|---|---|---|---|---|
| الفيضان | لاتغمر إطلاقا | نادرا | غالبا | دائما | دائما |
| عمق مادة الأصل (سم) | أكبر من ٣٠٠ | أكبر من ١٨٠ | ١٠٠- ١٨٠ | أقل من ١٠٠ | أقل من ٥٠ |
| عمق الطبقة الصماء (سم) | أكبر من ٢٠٠ | أكبر من ١٨٠ | ١٠٠-١٨٠ | أقل من ١٠٠ | أقل من ٥٠ |
| التغطية بالمياه | لاتغطى إطلاقا | لاتغطى إطلاقا | نادرا | غالبا | دائما |
| منسوب الماء الأرضى (سم) | أكبر من ٣٠٠ | أكبر من ١٨٠ | ١٠٠- ١٨٠ | أقل من ١٠٠ | أقل من ٥٠ |
| معدل الرشح سم/ساعة ٣٠-١٥٠سم | ٢ - ٦,٥ | ٠,٥ - ٦,٥ | < . > ٠,٥ ٦,٥ | < > ٠,٥ ٦,٥ | ٦,٥< > ٠,٥ |
| الإنحدار % | أقل من ٣ | ٣ - ٨ | ٨-١٢ | ٨-١٢ | أكبر من ١٥ |
| الحصى % (٧,٥ سم >) | أقل من ٢٠ | أقل من ٣٥ | أكبر من ٣٥ | | |
| القوام | ١- طميية<br>٢- طميية طينية رملية<br>٣- طميية رملية<br>٤- طميية سلتية<br>٥- سلتية | ١- طميية<br>٢- طميية طينية رملية<br>٣- طميية طينية<br>٤- طميية طينية سلتية<br>٥- طميية رملية<br>٦- طميية سلتية<br>٧- رملية سلتية<br>٨- رملية طميية<br>٩- سلتية | جميع القوام ما عدا الطينية | ١- طينية<br>٢- رملية خشنة | ١- طينية<br>٢- رملية خشنة |
| البناء | محبب<br>كتلى ذو زوايا | كتلى منشورى | صفائحى مندمج | رأسى | |
| نسبة الصوديوم المدمص | أقل من ١٢ | أقل من ١٢ | أكبر من ١٢ | | |
| رقم الحموضة والقلوية | ٧,٣ - ٨,٤ | ٦,٦ - ٧,٣ | ٥,٦ - ٦,٥ | أقل من ٥,٦ | أقل من ٥,٦ |
| التوصيل الكهربى للأملاح ملليموز/سم | أقل من ١٦ | أقل من ١٦ | أكبر من ١٦ | أكبر من ١٦ | أكبر من ٢٤ |
| السعة التبادلية الكاتيونية ملليمكافئ / ١٠٠ جم/ تربة | أكبر من ١٦ | ٨-١٦ | أقل من ٨ | أقل من ٨ | |
| الأملاح % | أقل من ٠,٠٩ | ٠,٠٩ - ٠,١٦ | ٠,١٦ - ٠,٢٦ | ٠,١٦ - ٠,٤١ | |

## ١١-٢ الخواص الطبيعية للتربة

### ١١-٢-١ مقدمة Introduction

تعتبر الأرض نظام طبيعي غير متجانس ، يتكون أساسا من ثلاث مكونات هي المكون الصلب بما يشمله من الحبيبات المعدنية والمادة العضوية والمكون السائل وهو الماء الموجود في القطاع الأرضي والمكون الغازي وهو الهواء الأرضي. ودراسة الخواص الفيزيائية للأرض تتعرض بالتفصيل إلى المكونات الثلاثة السابقة ، فتتناول الجزء الصلب من حيث حجوم حبيباته وترتيب وحداته، وما يتبع ذلك من خصائص فيزيائية مرتبطة مثل الكثافات والتماسك والليونة والسطح النوعي والمسام التي تحتوي على المكون السائل والغازي.

وتلعب خصائص الجزء الصلب دورا أساسيا في تحديد صلاحية الأرض للاستخدامات الزراعية والهندسية مثل عمليات إعداد مهد البذرة وسهولة اختراق الجذور للتربة، والتهوية وخدمة الأرض والنبات النامي وصيانة الأرض وتصميم الترع والمصارف، وتقسم الخواص الطبيعية للجزء الصلب إلى مجموعتين من الخواص :

١ - الخواص الثابتة في المدى القصير أو التي تتغير ببطء شديد وتشمل التوزيع الحجمي لحبيبات التربة وما يصاحبها من خواص مرتبطة مثل كثافة التربة الحقيقية ومساحة الأسطح الخارجية.
٢ - الخواص المتغيرة (الديناميكية) في المدى القصير أو السريعة التغير نتيجة لظروف الخدمة والظروف الكيميائية والفيزيائية أو كلاهما معا وتشمل نظام ترتيب الحبيبات والبناء الأرضي والكثافة الظاهرية ونسبة الفراغات البينية.

ولكل أرض تامة التطور مميز ومحدد للخواص والآفاق والتي يمكن استخدامها في تقسيم الأراضي. ويجب أن نشير هنا أنه من وجهة النظر الفيزيائية التطبيقية يقسم القطاع الأرضي إلى طبقة الخدمة وطبقة التربة وطبقة تحت التربة والطبقات التحتية.

ويقصد بطبقة الخدمة الجزء العلوي من القطاع الأرضي الذي يتعرض للعمليات الزراعية الميكانيكية ويطلق عليها أحيانا "طبقة الحرث" وهذه الطبقة تحتوي على أعلى كمية من المادة العضوية والتي تكسبها لونا داكنا وهي الطبقة التي يستطيع الإنسان التحكم في خواصها ميكانيكيا. وتحتوي على معظم العناصر الغذائية الصالحة للنبات ، كما أنها تمد النبات بالجزء الأكبر من الماء الذي تستعمله، وهي الطبقة التي يمكن تحسين خواصها بالتسميد وإضافة الجير والجبس

والبقايا ، أي أنه من الممكن رفع أو خفض أو حفظ خصوبتها ولدرجة أقل إنتاجية عند مستوى مناسب لانتاج محصول إقتصادي . ويلي طبقة الحرث طبقة تحت التربة وهي أقل احتواءا للمادة العضوية، وتتحدد إنتاجية الأرض بطبيعة تحت تربتها ، وطبقة تحت التربة لا تتعرض إلا لتغيرات ضئيلة فيما عدا ما ينتج عن الصرف وحتى إذا لم تتعمق جذور النباتات كثيرا في طبقة تحت التربة فإن مساميتها وطبيعتها تؤثر تأثيرا حسنا أو سيئا في التربة السطحية باعتبارها بيئة لنمو النبات . وتنتشر جذور النبات أيضا في هذا الجزء من القطاع ولذا تسمى أحيانا "طبقة الجذور" ويتحدد العمق في هذه الحالة حسب نوع الجذور وقدرتها على الانتشار من ناحية ووجود الطبقات الصماء ومستوى الماء الأرضي من ناحية أخرى أما الطبقات التحتية فهي تتعرض بدرجة قليلة لعمليات التجوية وتقل فيها المادة العضوية بدرجة كبيرة جدا ، حتى تصل إلى مادة الأصل.

### ١١-٢-٢ قوام التربة Soil Texture

يرتبط قوام التربة بحجم الحبيبات المعدنية ،ويقصد به على التحديد المقادير النسبية أو التوزيع النسبي لمجموعات الأحجام المختلفة لحبيبات التربة المفردة (الحبيبات السطحية). وقوام الأرض لا يمكن تغييره ولذلك تعتبر صفةٍ أساسية للأرض تعرف بها إلى حد بعيد القيمة الاقتصادية لأي أرض . ويحدد قوام التربة إلى مدى بعيد كثيرا من خواصها الطبيعية كمعدل رشح الماء وتحرك الماء الشعري ، وقوة التماسك ...الخ، كما سيرد ذكره عند استعراض هذه الخواص.

### ١١-٢-٣ تقسيم الحبيبات الأرضية Classification of Soil Particles

تعتبر الحبيبات الأرضية غير منتظمة الشكل عادة ولكنها تميل في مجموعها إلى الشكل الكروي، ولذلك يفترض دائما عند الكلام عنها من الوجهة النظرية أنها كرات منتظمة، كما أن حبيبات التربة في الغالب مختلفة الأقطار فهي تندرج في الحجم من الحصي الكبير حتى تصل إلى حجم الجزيئات الغروية، ولكي ندرس الحبيبات المعدنية لأرض ما بنجاح نقوم عادة بفصلها إلى مجموعات سهلة وعملية تبعا لحجومها، حيث تشمل كل مجموعة على الحبيبات المحصور أقطارها في نطاق معلوم. ويطلق على المجموعات الحجمية المختلفة أسم مفصولات التربة Soil Separates

ولقد وضعت العديد من التقسيمات لحجوم الحبيبات ، ولكن سنعرض منها إثنين هامين الأول التقسيم الأمريكي المعتمد من إدارة الزراعة بالولايات المتحدة، والثاني التقسيم الدولي الذي عدل بواسطة الجمعية الدولية لعلوم الأراضي كما هو موضح فى الجدول (١١-٢) ، وهو أكثر التقسيمات شيوعا ويستخدم في مصر . والتقسيمان يشتركان في نقطتين فقط :

١ - لا يدخل الحصي والحجارة ذات القطر أكبر من ٢مم في المجموعات الحجمية المقررة لقوام التربة على الرغم من دخولهما في الفحص العملي وتقييم ثمن التربة ، ولذلك تقرر كمياتها منفصلة.

٢ - اعتبار الحجم الأعلى لقطر مجموعة الطين ٠,٠٠٢ مم حيث أنه الحد الذي تظهر عنده الخواص الغروية للحبيبات.

**جدول (١١-٢) تقسيم حبيبات التربة طبقا للنظام الأمريكي والنظام الدولي**

| مجموعة الحبيبات | حدود القطر (مم) | |
|---|---|---|
| | التقسيم الأمريكي | التقسيم الدولي |
| رمل خشن جدا | ٢ – ١ | |
| رمل خشن | ١ – ٠,٥ | ٢ – ٠,٢ |
| رمل متوسط | ٠,٥ – ٠,٢٥ | |
| رمل ناعم | ٠,٢٥ – ٠,١ | ٠,٢ – ٠,٠٢ |
| رمل ناعم جدا | ٠,١ – ٠,٠٥ | |
| سلت | ٠,٠٥ – ٠,٠٠٢ | ٠,٠١ – ٠,٠٠٢ |
| طين | أقل من ٠,٠٠٢ | أقل من ٠,٠٠٢ |

### ١١-٢-٤ الصفات الفيزيائية لمجموعات حبيبات التربة
### Physical Nature of the Soil Separates

#### ١١-٢-٤-١ المجموعة الخشنة
#### Coarse Separates

وتشمل الحصي والرمال الناعمة ، وتتميز بكبر حجمها وتفلطح سطحها مما يجعلها في حالة تنفصل عن بعضها كما أنها ليست لها القدرة على مسك الماء أو حفظه في التربة.

ونظرا لكبر الحيز بين حبيبات هذه المجموعة فإن مرور ماء الري يكون سريعا ، وهي بذلك تسهل الصرف وتشجع الحركة الجيدة للهواء ،وعلى ذلك فالأراضي التي تسود بها الرمل الخشن والحصي تصبح ذات طبيعة مفتوحة ، كما أن صرفها وتهويتها جيدة ، وغالبا ما تكون مفككة ، ورخوة وسهلة الخدمة . وعلى ذلك فان وجود الحصي والرمل الخشن بكمية كبيرة في التربة أمر غير مرغوب فيه.

وفي حالة سيادة الرمل الناعم فإن الأرض تبدأ فيها ظهور أول درجات التماسك ويمكن تحويلها إلى ارض منتجة بإضافة المواد العضوية والاهتمام بالري والتسميد. كما أن معدلات الرشح تكون سريعة ولكن بدرجة اقل من الرمل الخشن. وإذا وجد الرمل الناعم في التربة مختلط مع السلت والطين كان الأثر الطيب في تحسين خواص التربة المائية والهوائية وتسمى الأرض التي تسود فيها هذه المجموعة بالأراضي الخفيفة التهوية والخدمة.

**١١-٢-٤-٢ المجموعات الناعمة** **Fine Separates**

وتشمل حبيبات السلت والطين وتتميز بدقة الحجم وزيادة السطح والسلت له قدرة على الاحتفاظ بالماء أكبر من الرمل الناعم واقل من الطين ، كما انه يظهر خاصية التماسك بوضوح، كما يظهر أولى مظاهر الليونة والتمدد بالابتلال والانكماش بالجفاف.

أما مجموعة الطين فإنها تتميز بسطح نوعي كبير ومسافات بينية دقيقة، ولذا فقدرتها على حفظ الماء كبيرة، وليونتها عالية كما أنها تتمدد وتلتصق بالابتلال وتنكمش وتتماسك بالجفاف منتجة شقوق كبيرة بالتربة. وعند ترطيبها يحدث الانتفاخ مع انبعاث كمية من الحرارة تسمى حرارة الابتلال، ويؤدي سيادة الطين إلى بطأ شديد في سرعة رشح الماء في التربة لبطء نفاذيتها.كما أن الطين له قدرة عالية على مسك الكاتيونات الذائبة، وعلى ذلك فسيادة الطين يكسب الأرض قواما ناعما وحركة بطيئة للماء والهواء وتصبح الأرض شديدة الليونة ولزجة عندما يوجد بها رطوبة عالية وتتصلب وتتكتل إذا جفت وعلى ذلك توصف مثل هذه الأراضي بأنها ثقيلة بسبب صعوبة خدمتها.

ويبين جدول (١١-٣) تأثير حجم حبيبات التربة على صفاتها المختلفة

**جدول رقم (١١-٣) عدد الحبيبات ومساحة السطح الخارجي في ١جم من مفصولات التربة**

| مفصولات التربة | عدد الحبيبات (N) | مساحة السطح ( S ) |
|---|---|---|
| رمل خشن جدا | ٩٠ | ١١ |
| رمل خشن | ٧٢ | ٢٢ |
| رمل متوسط | ٥٧٠٠ | ٤٥ |
| رمل ناعم | ٤٦٠٠٠ | ٩١ |
| رمل ناعم جدا | ٧٢٢٠٠٠ | ٢٢٧ |
| سلت | ٥٧٧٦٠٠٠ | ٤٥٤ |
| طين | ٩٠٢٦٠٨٥٢٠٠٠ | ٨٠٠٠٠٠ |

بنيت الحسابات على أكبر قطر مسموح به بإعتبار كثافة مادة الحبيبات ٢,٢٥جم /سم$^{٣}$.

## ١١-٢-٥ البناء الأرضي Soil Structure

بالرغم من أن لقوام التربة قيمة عظمي في تحديد خواص معينة لها فإن النظام الذي يتجمع عليه الحبيبات له بدوره تأثير كبير أيضا علي صفات التربة وكلمة بناء الأرض هي تعريف حقلي لوصف الأجزاء الكبيرة الناتجة من تجمع الحبيبات فهو اصطلاح يعبر عن كيفية تجمع الحبيبات في تجمعات ثابتة Aggregates وكذلك نظام ترتيب هذه المجمعات والحبيبات المفردة ونظام تجاورها مع الأخذ في الاعتبار المسافات البينية المتخلقة عن هذا الترتيب .

ويؤدي تكوين البناء الأرضي إلي تعديل نسبة المسافات البينية في التربة ، وبذلك تعدل من خواص التربة المائية والهوائية والحرارية كما تعدل من كثافتها الظاهرية ففي الأراضي الرملية فإن تشجيع التجمع يؤدي إلي أن تتخلق في التربة المسام الصغيرة الحجم بداخل التجمع نفسه مما يزيد من قدرة الأراضي الرملية علي حفظ الماء وتقلل من سرعة رشح الماء بها أما في الأراضي الطينية فالتجمع يؤدي إلي زيادة نسبة المسافات البينية وتخليق المسام الكبيرة مما ينقص من قدرتها علي مسك الماء ويزيد من سعتها الهوائية ويسرع من رشح الماء الزائد .

## ١١-٢-٦ إدارة التربة وأهميتها في تحسين تركيب التربة ونمو النبات

### ١١-٢-٦-١ تأثير تركيب التربة على نمو النباتات

**أ - التأثير المباشر**

يؤثر تركيب التربة بصورة مباشرة على نمو النبات بسبب تأثير المقاومة الميكانيكية للتربة على نمو البادرات ونمو وتغلغل الجذور في التربة . ومن الصعوبة جداً في كثير من الأحيان التأكد من أن الانخفاض في النمو والإنتاج هو بسبب زيادة المقاومه الميكانيكية للتربة بسبب تداخل عوامل عديدة في التأثير على نمو النبات ، ولكن هناك بعض الحالات التي سنوردها هنا والتي تؤكد على أن التأثير المباشر لتركيب التربة هو السبب الرئيسي في اختلاف نمو النبات وإنتاجه فمثلاً يؤثر تركيب التربة مباشرة على بزوغ البادرات في التربة التي تتقشر (Cructed) عند جفافها . فلاشك أن انحناء البادرات الذي يحدث عندما تلاقي البادرات قشرة جافة في السطح خلال بزوغها يتسبب عن التأثير المباشر للمقاومة الميكانيكية لقشرة التربة وقد أظهرت بعض الدارسات بأن استعمال المخصبات يؤدي إلى التقليل جزئياً من تكون قشرة سطحية في التربة وبالتالي إلى تحسين نسبة بزوغ البادرات وإنتاج المحاصيل ، كذلك فإن الدراسات المختبرية وفي البيوت الزجاجية بينت بأن نمو الجذور ينخفض بدرجة كبيرة مع زيادة الكثافة الظاهرية عن الكثافة المثلى لنمو ذلك النبات تحت ظروف إجراء التجربة ، ولقد قام تيلر و كاردنر بزراعة بذور قطن في اسطوانات تربة رملية ناعمة مدكوكة لكثافات ظاهرية مختلفة ولها نسب رطوبة مختلفة ، وقد لوحظ أن تغلغل الجذور قد انخفض مع زيادة الكثافة الظاهرية للتربة ، وكلما جفت التربة قل اختراق الجذور لها عند ثبات الكثافة الظاهرية ، وهذا يبين أن الاختلاف في تغلغل الجذور مع تغير نسبة الرطوبة ليس متسبباً بصورة أساسية عن الاختلاف في التهوية لأن أكثر تغلغل حدث عندما كانت الرطوبة أعلى ما يمكن وحيث تكون نسبة الهواء أقل ما يمكن ، كما أن نسبة الجذور التي اخترقت التربة انخفضت مع زيادة مقاومة التربة حتى أصبح الاختراق صفراً عندما كانت المقاومة مساوية ٣٠ بار ، من هذا يتبين بأن الاختلاف في درجة اختراق الجذور قد يتسبب بصورة رئيسية عن اختلاف مقاومة التربة لتغلل الجذور وليس بسبب الرطوبة أو التهوية أو الكثافة الظاهرية علما بأن هذه العوامل الثلاثة تؤثر على مقاومة التربة .

**ب - التأثير غير المباشر**

ويرجع إلى أن أي تغيير في تركيب التربة قد ينتج تغييراً بالنسبة الحجمية مسام التربة الكبيرة أو المسامات غير المجهرية (non-capillar.pores) إضافة إلى تغيير المسامية الكلية للتربة،

وهذا التغيير يؤثر على علاقات الماء والهواء في التربة وهذا يؤثر بدوره على جاهزية الماء للنبات وعلى تهوية التربة ونمو النبات ، ففي الكثير من الأحيان يتأثر امتصاص النبات للعناصر الغذائية من التربة بسبب نقص أو زيادة الرطوبة أو نقص الأوكسجين أو بسبب عدم تغلغل البذور في التربة بصورة جيدة بسبب زيادة المقاومة الميكانيكية للتربة .

**١١-٢-٦-٢ إدارة التربة وأهميتها في تحسين التركيب**

إن الغرض الرئيسي من تحسين تركيب التربة هو تهيئة الظروف الملائمة لنمو الجذور وامتصاصها للعناصر الغذائية والماء ، لذلك فإن الطرق المستعملة لتحسين تركيب التربة تعتمد على قوام التربة فالتربة الرملية تتصف بزيادة التهوية وانخفاض قابليتها على الاحتفاظ بالماء والعناصر الغذائية بسبب تركيبها ووجود نسبة عالية من المسامات الكبيرة ، وهذه الظروف قد لا تكون ملائمة لنمو النبات إلا باستعمال طرق خاصة في الري والتسميد وغيرها من العمليات الزراعية فيكون الري على فترات متقاربة وبكمية قليلة لأجل تهيئة الرطوبة المناسبة دون غسيل للعناصر الغذائية ، ولذلك تضاف لهذه الأراضي المواد العضوية التي لا تؤدي إلى تحسين البناء فحسب بل أيضاً تزيد من قابليتها على الاحتفاظ بالماء والكاتيونات الغذائية ، أما إدارة الأراضي ناعمة القوام فتكون أكثر صعوبة وتعقيداً من الأراضي الخشنة القوام لزيادة تماسكها وتمددها وانكماشها بسبب وجود الكميات الكبيرة من الطين الغروي والتي تؤدي إلى زيادة قابلية الأرض للترحيل خصوصاً وهي رطبة ، وهنا يجب أن تعامل هذه الأراضي بصورة خاصة حيث أن حرث هذه الأرض وهي عالية الرطوبة يؤدي إلى تعجنها وانخفاض مساميتها مما يؤدي إلى ظروف غير ملائمة لنمو النبات كما أن حرثها وهي جافة تؤدي إلى تكسرها إلى كتل كبيرة يصعب تكسيرها عند تحضير مهاد التربة وغالباً ما يقترح العاملين في الزراعة ان يتم الحرث للزراعة عند نسبة رطوبة مناسبة والتى تكافيء أعلى نسبة رطوبة للتربة والتي لا تلتصق التربة بالمحراث، كذلك فإن الدورات الزراعية تساعد على المحافظة على تركيب التربة مقارنة بالزراعة المستمرة لمحصول معين كما يتبين من الجدول (١١-٤).

**جدول (١١-٤) النسبة المئوية للمجاميع الثابتة بالماء تحت نظم زراعة مختلفة :**

| المحاصيل المزروعة | نسبة المجاميع الثابتة بالماء (أكثر من ١مم) |
|---|---|
| ذرة صفراء باستمرار | ٨,٨ |
| ذرة في دورة زراعية | ٢٣,٣ |
| مرعى في دورة زراعية | ٤٢,٢ |
| حشائش باستمرار | ٥٧,٦ |

ويؤدي استعمال الآلات الثقيلة بكثرة في الأراضي وخصوصاً الحاوية على نسب عالية من الطين إلى تحطيم المجاميع ودك التربة وقد يؤدي بالتالي إلى عكس الغرض المطلوب من العمليات الزراعية .

**١١-٢-٧ الخواص الكيميائية**

**١١-٢-٧-١ رقم تفاعل التربة**

**أ - التعريف**

رقم الـــpH هو اللوغاريتم السالب لتركيز أيون الإيدوجين معبراً عنه بالمول / لتر.

$$pH = - Log\ H$$

وينتج ايون الإيدوجين فى الأراضى عن طريق بعض التفاعلات الحيوية وعمليات الأكسدة للمواد المختلفة فى التربة ( المواد العضوية – غازات التربة – مركبات الحديد والكبريت ).
ويتراوح رقم الـــ pH فى الأراضى المصرية ما بين ٧,٥ – ٧,٢ ، ويرجع ذلك إلى إحتوائها على كمية كبيرة من الطين وكربونات الكالسيوم التى تعادل أى حموضة تتكون فى الأراضى نتيجة للعمليات السابقة.

**ب - طرق قياس رقم pH فى الأرض**

**١ - طريقة الأدلة Indicators**

الأدلة عبارة عن مواد يتغير لونها فى المحاليل تبعاً لدرجة حموضة أو قلوية هذه المحاليل، ولمعظم الأدلة لونان ، أحدهما يظهر فى ظروف الحموضة والأخر يظهر فى ظروف القلوية ، كما أن لبعض الأدلة لون واحد مرئى والذى يفقد تماماً فى ظروف الحموضة أو القلوية ويوضح جدول (١١-٥) بعض الأدلة ومدى الـــ pH الذى تعمل خلاله.

**جدول (١١-٥) بعض الأدلة المستخدمة فى قياس pH**

| الدليل | مدى pH | تغيير اللون |
|---|---|---|
| Methyl orange | ٣,١ – ٤,٤ | أحمر – برتقالى |
| Bromocresol green | ٤,٠ – ٥,٦ | أصفر – أزرق |
| Methyl red | ٤,٤ – ٦,٢ | أحمر – أصفر |
| Bromocresol red | ٦,٢ – ٧,٦ | أصفر – أزرق |
| Phenol red | ٦,٤ – ٨,٠ | أصفر _ أحمر |
| Cresol red | ٧,٢ – ٨٠٨ | أصفر _ أحمر |
| Phenol Phthaline | ٨,٠ – ١٠,٠ | عديم اللون – أحمر |

**٢ – استخدام جهاز الـ pH**

يتكون جهاز الـ pH من الكترودين Electrodes أحدهما معروف الجهد يسمى قطب الكالوميل Calomel electrode ( وهو يحتوى على نقطة من الزئبق فى حالة تماس مع محلول كلوريد البوتاسيوم المشبع ) والقطب الأخر يسمى بالقطب الزجاجى Glass electrode ويتكون من غشاء زجاجى ذو جدار رفيع جداً شديد الحساسية لرقم الـ pH ومتصل بساق زجاجى عالى المقاومة ويوجد فى الغشاء الزجاجى محلول حامض إيدروكلوريد HCL تركيزه ٠,٠٢٥ أساسى وينغمس فى هذا المحلول قطب قياسى داخلى عادة ما يكون فضة / كلوريد فضة ولقياس الـ pH ينغمس الالكترودين فى المحلول المراد قياسه وتقاس القوة الدافعة الكهربية للخلية ومنه يمكن معرفة رقم pH المحلول وذلك بعد معايرة الجهاز وضبطة بوضعة فى محلول قياسى معروف رقم pH له.

**جـ – العوامل المؤثرة على رقم pH فى الأرض**

يجرى قياس pH الأرض فى معلقات الأرض والماء وتختلف النتائج المتحصل عليها على حسب :

١- نسبة الأرض : الماء dilution : حيث يرتفع رقم pH الأرض بالتخفيف أى زيادة نسبة الماء : الأرض ولذلك يفضل قياس الـ pH فى عجينة التربة المشبعة Saturated Soil Paste.

٢ - تأثير المعلق Suspension effect : عند قياس رقم pH فى معلق الأرض فإن القيمة الناتجة تختلف باختلاف المكان الذى توضع فيه الأقطاب فمثلاً إذا ترك المعلق ليرسب الجزء الصلب (الأرض) وتكون الأقطاب فى المحلول الرائق نجد أن الأرقام المتحصل عليها تكون عالية أما إذا كانت الأقطاب فى الراسب تكون الأرقام المتحصل عليها أقل من تلك فى حالة المحلول الرائق ، وعلى ذلك فأفضل القياسات نتحصل عليها عندما تكون الأقطاب فى المعلق. ويتم تفسير ذلك على أساس أن تركيز أيون الإيدروجين يزداد بالقرب من سطح الحبيبات ثم ينخفض بشدة بالبعد عن هذه الأسطح طبقاً لمفهوم الطبقة الكهربائية المزدوجة.

٣ - تأثير الأملاح Salt effect : تنخفض قيم رقم الـ pH المتحصل عليها كلما ازداد تركيز الأملاح فى الأرض ويرجع ذلك إلى أنه كلما زاد تركيز الأملاح فى المحلول الأرضى كلما قل فرصة الانحلال المائى للصوديوم من على سطح الطين ، كذلك تؤدى زيادة تركيز الأملاح إلى ضغط الطبقة الكهربائية المزدوجة.

٤ - الضغط الجزئى لثانى أكسيد الكربون : يؤدى تركيز $CO_2$ فى الهواء الأرضى إلى انخفاض رقم pH التربة ويرجع ذلك إلى ذوبان جزء من هذا الغاز فى الماء الأرضى مكوناً حامض الكربونيك الذى يعمل على خفض رقم pH التربة ، ويمكن حساب رقم pH من المعادلة :

$$pH = PK_1 - 0.5 \sqrt{\frac{[HCO_3]}{[CO_2]}}$$

حيث :

PK1 = ثابت الانقسام الأول لحامض الكربونيك ويساوى ٦,٢٦ عند درجة ٢٤°م

1 = القوة الأيونية للمحلول الأرضى.

وتعتبر الأراضى الجيرية حساسة للتغيرات فى ضغط $CO_2$ عن ذلك الموجود فى الهواء الجوى ولذلك فإن رقم pH بها يتغير بدرجة محسوسة ويمكن حساب رقم pH الأراضى الجيرية غير الملحية من المعادلة :

$$2pH = K + p\,Ca + P\,CO_2$$

حيث :

K = ثابت يعبر عن ذوبان كربونات الكالسيوم ويتراوح بين ١٠ ، ١٠,٥ .

PCa = اللوغاريتم السالب لنشاط أيون الكالسيوم.

$PCO_2$ = اللوغاريتم السالب للضغط الجزئى لغاز $CO_2$ فى الهواء الأرضى.

٥ - درجة التشبع بالقواعد : هناك كاتوينات مدمصة تسبب زيادة القلوية مثل الكالسيوم والمغنسيوم والصوديوم وأخرى تسبب الحموضة مثل الهيدروجين والألومنيوم.

**د - التغيرات فى رقم pH التربة**

١ - عوامل مكونة للحموضة : عند انحلال المادة العضوية تتكون بعض الأحماض العضوية مثل حمض الكربونيك $H_2 Co_3$ من تفاعل $CO_2$ مع الماء وتأثيره على انخفاض رقم pH ضعيفة نسبياً وتعتبر الأحماض الغير عضوية مثل $HNO_3$،$H_2SO_4$ مصادر لأيونات الإيدروجين فى التربة ويعزى إليها مع الأحماض العضوية القوية حالات الحموضة المعتدلة والقوية ، وتتكون هذه الأحماض من إنحلال المادة العضوية وأيضاً من إضافة المخصبات مثل الكبريت وكبريتات النشادر ، ومما يشجع على تكوين الحموضة عملية الغسيل ، حيث تزال القواعد الذائبة والمدمصة فى مياه الصرف مما يشجع الإيدروجين على دخول معقد التبادل .

٢ - عوامل مكونة للقلوية : تعتبر عملية زيادة القواعد المتبادلة ( Ca K Na K Mg ) سبباً فى نقص الحموضة وزيادة القلوية ، وتعتبر عمليات التهوية أهم العمليات التى تسبب ذلك. كما أن إضافة المواد المحتوية على القواعد مثل الجير هي طريقة شائعة يستخدمها الإنسان لخفض الحموضة ، ومن جهة أخرى فإن مياه الرى الملحية يمكن لكتيوناتها أن تمتص بواسطة غرويات التربة مما يساعد على زيادة القلوية . ويحدث تغيرات طفيفة فى رقم pH التربة نتيجة لارتفاع درجة الحرارة وعلى ذلك ففى الصيف تتجة قيم pH إلى الإنخفاض ويرجع ذلك إلى الأحماض الناتجة من الكائنات الحية. كما يلاحظ ازدياد قيم pH فى الشتاء والربيع ويرجع إلى بطء النشاط الحيوى.

**هـ - الأهمية التطبيقية لرقم pH الأرض**

يعطى رقم pH الأرض الكثير من المعلومات عن خصائص الأرض ومدى مناسبتها لنمو النباتات . وسوف نتبين فيما يلى كيف يؤثر رقم pH الأرض على ذوبان وصلاحية العناصر الغذائية للنباتات وعلى الكائنات الدقيقة فى الأرض وعلى جذور النباتات.

١ - صلاحية العناصر الغذائية للنباتات : يؤثر رقم pH على نمو النبات عن طريق تأثيره على ذوبان وصلاحية العناصر المغذية للنبات ، ويؤدى ارتفاع pH الأرض إلى قلة

ذوبان بعض العناصر المغذية التى يحتاجها النبات بكمية صغيرة مثل الحديد والمنجنيز والزنك والنحاس نتيجة لترسيبها على صورة أيدروكسيدات وبالتالى فإن النباتات التى تنمو فى الأراضى القاعدية تعانى من نقص هذه العناصر ، والعكس فى الأراضى الحامضية وعلى العكس نجد أن عنصر المولبدنيوم يقل ذوبانه فى الأراضى الحامضية نتيجة لتكوين مركبات غير ذائبة مع الحديد ويزداد كلما ارتفع رقم pH الأرض.

أما بالنسبة للمغذيات الكبرى مثل الفسفور فإن ذوبانة يقل فى الأراضى القاعدية نتيجة لتفاعلة مع الكالسيوم ، وفى الأراضى الحامضية نتيجة لتفاعلة مع الحديد والألومنيوم ، وبصفة عامة تصل صلاحية العناصر الغذائية أقصاها عند رقم pH ٦,٥.

٢ - أثر رقم pH الأرض على جذور النباتات : ينخفض نمو النباتات بشدة فى الأراضى شديدة الحموضة (pH أقل من ٤ ) نتيجة لزيادة ذوبان الألومنيوم مما يؤدى إلى سمية الجذور وأيضاً ينخفض نموها فى الأراضى شديدة القلوية (pH أكبر من ٩) وتختلف النباتات فى مدى تحملها لدرجات متفاوتة من الـ pH فى الأراضى ويختلف رقم الـ pH الأمثل لنمو النبات من نبات إلى أخر وتتحمل بعض النباتات مثل الشاى والصنوبريات والأناناس درجات شديدة من الحموضة وتنمو بطريقة جيدة بعكس نباتات أخرى مثل البرسيم والفول والشعير وبنجر السكر والتى تنمو بطريقة جيدة فى الأراضى القاعدية الخفيفة فقط نتيجة لكبر احتياجاتها من الكالسيوم أو لعدم تحملها تركيزات عالية من الألومنيوم. ويوضح جدول (١١-٦) مدى الـ pH المناسب لنمو بعض المحاليل.

**جدول (١١-٦) مدى الـ pH المناسب لبعض المحاصيل**

| المحصول | رقم pH الأمثل |
|---|---|
| محاصيل محبة للحموضة : الأناناس والتفاح والكريز والخوخ | ٥-٦ |
| محاصيل متوسطة التحمل للحموضة : الذرة والذرة الرفيعة والقمح والخس والفول السودانى والبطاطا | ٦-٧ |
| محاصيل حساسة للحموضة : البرسيم والشعير والفول والقطن وفول الصويا والبسلة والسبانخ وبنجر السكر | ٦,٥-٨ |

٣ - أثر الـ pH على نمو الكائنات الدقيقة : يؤثر رقم pH الأرض على وجود ونشاط بعض الكائنات الدقيقة فى الأرض. وبصفة عامة تزداد كميات الطحالب فى وسط نمو

الجذور حول رقم pH ٥,٥ بينما تكون السيادة للبكتريا عند رقم pH أعلى من ذلك وعملية تثبيت النيتروجين الهوائى ســواء بواسطة البكتريا الحرة التى تعيش فى الأرض ( مثل الأزوتوباكتر ) أو البكتريا التكافلية التى تعيش فى جذور النباتات البقولية ( مثل الزيزوبيوم ) تنشط أكثر فى ظروف الأراضى القريبة من التعادل. وعملية التأزت Nitrification ( أكسدة الأمونيوم والنيتريت إلى نترات ) والتى تقوم بها البكتريا النتروزوموناس والنتروباكتير برقم pH الأرض حيث يزداد نشاط هذه البكتريا فى الوسط المتعادل ويقل كلما ازدادت حموضة الأرض ، كما تقلل الحموضة أيضاً من نشاط البكتريا التى تقوم بتحليل المواد العضوية والتى يؤدى تحللها إلى انطلاق النيتروجين وبعض العناصر الأخرى التى يستخدمها النبات.

**و - الأراضى المتأثرة بالأملاح Salt affected Soils**

تأتى أهمية هذه الأراضى من أنها ذات انتاجية منخفضة مما يستلزم معالجة هذه الأراضى حتى تنضم إلى المساحات المنتجة اقتصاديا ، ومن الاحصاءات العالمية يتضح أن نحو ٥٠% من مساحة الأراضى المروية فى العالم بدأ انتاجها يتأثر ويظهر عليها أعراض الأراضى المتأثرة بالملوحة ، وفى مصر تبلغ مساحة هذه الأراضى أكثر من ثلث الأراضى المنزرعة ، أما فى شمال الدلتا فلا تقل النسبة عن ٦٠% من مساحة المنطقة .

**١ - الأراضى الملحية Saline Soils**

تعتبر الأرض ملحية عندما يصل تركيز الأملاح الذائبة بها إلى حد يبدأ فى التأثير على نمو النباتات ونظرا لأن النباتات المختلفة تختلف فى قدرتها على تحمل الأملاح لذا اختلفت الحدود التى يقال عندها أن الأرض أصبحت ملحية ، فبعض الآراء ترى أن الأرض تصبح ملحية عندما تصل نسبة الأملاح الذائبة إلى ٠,٢% بينما ترى آراء أخرى أنها تكون ملحية عندما تصل نسبة الأملاح الذائبة إلى ٠,١% فقط.

ويمكن تحويل قيم التوصيل الكهربى بالملليموز إلى وحدات أخــرى للتعبيــر عــن تركيز الأملاح كما يلى :

١- تركيز الأملاح بالمليمكافىء / لتر = التوصيل الكهربى بالملليموز × ١٠.

٢- تركيز الأملاح بالجزء / مليون = التوصيل الكهربى بالملليموز × ٦٤٠.

٣-الضغط الأسموزى للمحلول ( ضغط جوى ) = التوصيل الكهربى بالملليموز × ٠,٣٦.

وبصفة عامة فإن تركيز الأملاح الذائبة فى الأرض يقاس بدرجة التوصيل الكهربائى فى مستخلص عجينة التربة المشبعة Saturated Paste extract وتعتبر الأرض ملحية إذا وصل التوصيل الكهربى إلى أكثر من ٤ ملليموز/سم ( ١ ملليموز mmhos= ١/١٠٠٠ موز mhos )

ويطلق لفظ الأملاح الذائبة فى الأرض على الأملاح التى لها ذوبان أكبر من ذوبان الجبس ( ٢,٤ جم / لتر ) على ذلك فإن المحلول الأرضى يحتوى على كاتيونات $Na, Ca^{++}, Mg^{++}, NO_3^-$ وأنيونات $SO_4^-, Cl, HCO_3^-$ ، مع تركيزات أقل من أنيونات $CO_3^- NO_3^-$ وكاتيونات $K^+, NH_4^+$ .

وتتميز الأراضى الملحية بالآتى :

- تركيز الأملاح فى مستخلص عجينة التربة المشبعة أكبر من القيمة ملليموز / سم.
- الصوديوم المتبادل أقل من ١٥ % من السعة التبادلية.
- pH الأرض لا يزيد عن ٨,٥.
- توجد أملاح متزهره على سطح الأرض
- نفاذية الأرض للماء جيدة نظراً لتجمع الغرويات الأرضية بالأملاح .

كما أن مصدر الاملاح فى الأرض ينشأ من الآتى :

- انحلال الصخور والمعادن الموجودة بالأرض.
- إضافة الأملاح إلى الأرض مع مياه الرى.
- انتقال الأملاح إلى الأرض مع المياه المتسربة إليها من مناطق مجاورة ( أرض عالية أو بحار ومحيطات ).

وفى حالة سوء الصرف بما لا يسمح بإزالة الأملاح من الآراضى مع مياه الصرف فإن مستوى الماء الأرضى يكون قريباً من مسطح الأرض فترتفع المياه إلى أعلى بالخاصية الشعرية حيث تتبخر المياه تاركة ما بها من أملاح تتراكم على سطح الأرض وبتوالى هذه العملية تصل تركيزات الأملاح إلى درجة كبيرة مما يؤدى فى النهاية إلى تكوين الأراضى الملحية.

**إصلاح الأراضى الملحية**

كما سبق القول تتميز الأراضى الملحية باحتوائها على تركيزات عالية من الأملاح من ناحية وارتفاع مستوى الماء الأرضى فى هذه الأراضى من ناحية أخرى . وعلى ذلك فإن

استصلاح هذه الأراضى يستلزم أولاً إنشاء شبكة من المصارف وتوافر كميات وافرة من المياه العذبة لغسيل الأرض Leaching من الأملاح ويتم الإصلاح عن طريق غمر هذه الأراضى بالمياه حيث تغسل الأملاح إلى المصارف حيث يتم التخلص منها . وتتوقف كمية المياه اللازمة لإصلاح الأراضى الملحية على :

١ - عمق طبقة الأرض المراد غسيلها.

٢ - كمية الأملاح المراد إزالتها.

٣ - طريقة الغسيل عن طريق الغمر الدائم أو المتقطع.

وبصفة عامة يمكن القول أن عمق من الماء قدره ٣٠ سم يكون كافيا لإزالة ٧٠-٨٠% من الأملاح الموجودة فى الأرض لعمق ٣٠ سم ، الغسيل المتقطع يكون أكثر كفاءة من الغمر المستمر فى إزالة الأملاح من الأرض ويوفر ٣٠% من المياه اللازمة للإصلاح فى الغمر المستمر.

**٢ - الأراضى القلوية Alkali Soil**

تعتبر الأرض قلويـــة إذا زادت النسبة المئوية للصوديـــوم المتبادل (Exchangeable Sodium Percentage , ESP) بالنسبة للسعة التبادلية عن ١٥% ويرجع السبب فى تحديد هذا الرقم إلى أنه إذا زادت نسبة الصوديوم المتبادل على سطح الطين عن هذا الحد يحدث تفرقة لحبيبات الأرض مما يؤدى لسوء نفاذية الأرض وتلف خواصها الطبيعية ، وكذلك تتميز الأرض القلوية بوجود نسبة عالية من كربونات الصوديوم $Na_2CO_3$ مما يرفع رقم pH الأرض إلى حدود عالية (أكثر من ٨,٥) ، والتوصيل الكهربى فى مستخلص عجينة التربة المشبعة لهذه الأراضى أقل من ٤ ملليموز / سم وتكون المادة العضوية ذائبة وتكون طبقة لونها أسود على سطح الأرض ( زئبق ).

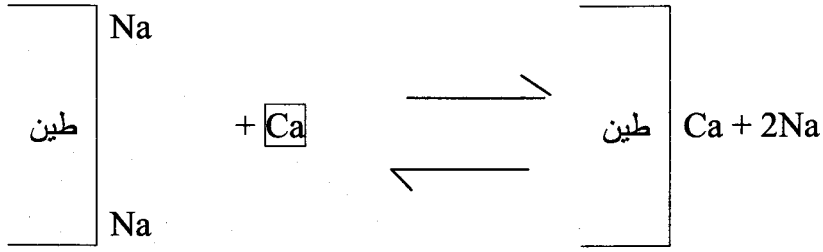
وقد يتكون نوع آخر من الأراضى قبل الوصول إلى تلك الأراضى القلوية ويطلق عليها : الأراضى الملحية القلوية Saline alkali Soil : وتتميز بالأتى :

- التوصيل الكهربى لمستخلص عجينة التربة المشبعة أكثر من ٤ ملليموز / سم.
- الصوديوم المتبادل أكثر من ١٥% من مجموع الكاتيونات المتبادلة.
- pH الأرض أقل من ٨,٥.

**إصلاح الأراضى الملحية القلوية**

يختلف إصلاح هذه الأراضى عن إصلاح الأراضى الملحية ، حيث أنه فى الأراضى القلوية تكون نفاذية الأرض للماء سيئة نتيجة تفرق الحبيبات الأرضية من ارتفاع النسبة المئوية للصوديوم المتبادل ، وحتى إذا كانت نفاذية الأرض للماء جيدة فإن الماء فقط لا يستطيع إزالة الكميات الزائدة من الصوديوم المتبادل من على سطح الطين وعلى ذلك فإنه يجب أولا إحلال الصوديوم من على سطح الطين بواسطة كاتيون أخر حيث يخرج الصوديوم إلى المحلول ويمكن عند ذلك غسيله إلى المصارف والتخلص منه .

وعادة يستخدم أيون الكالسيوم لإحلال الصوديوم من على سطح الطين حيث أن الكالسيوم يشجع تكوين المجمعات الأرضية وبالتالى تزداد نفاذية الأرض للماء مما يسهل عملية الغسيل.




ويستخدم عديد من المواد كمصدر للكالسيوم اللازم للإصلاح أهمها :

**الجبس : $CaSO_4 2H_2O$**

وهو أرخص مواد الإصلاح فى مصر وأحسنها ودرجة ذوبانه ٢,٤ جم / لتر.

**حامض الكبريتيك : $H_2SO_4$**

ويفيد الحامض فى معادلة كربونات الصوديوم فى الأرض ، وكذلك يستخدم فى حالة ما تكون الأرض محتوية على كربونات كالسيوم حيث يتفاعل معها ويكون كبريتات كالسيوم (الجبس) وبذلك يكون له نفس تأثير الجبس المضاف للأرض.

$$H_2SO_4 + CaCO_3 + H_2O \rightleftharpoons CaSO_4 + 2H_2O + CO_2$$

ويعاب على حامض الكبريتيك عدم سهولة إضافتة للأرض حيث يسبب بعض المخاطر للعمال.

**الكبريت : S**

حيث يخلط بالأرض وتقوم البكتريا بأكسدته فيتكون حامض كبريتيك وهذا الأخير يتفاعل مع كربونات الكالسيوم فى الأرض فيكون الجبس :

$$S \xrightarrow{\text{Oxidation}} H_2SO_4$$

$$H_2SO_4+CaCO_3+H_2O \rightleftharpoons CaSO_4+2H_2O+CO_2$$

**الاحتياجات الجبسية**

تتوقف الاحتياجات الجبسية اللازمة للإصلاح على كمية الصوديوم المتبادل اللازم التخلص منها ويقدر ذلك بطريقة Schoonover كما يلى :

ترج ٥ جم من الأرض القلوية مع ١٠٠ سم$^3$ من محلول الجبس المشبع (يحتوى على ٢٥-٢٠ مللم مكافىء كالسيوم / لتر) وبعد الرج والترشيح يقدر تركيز الكالسيوم الباقى فى المحلول ومنه يحسب كمية الكالسيوم التى دخلت على سطح الطين محل الصوديوم وتحسب بالملليمكافىء كالسيوم / ١٠٠ جم أرض ( meq ) ، فتكون : الاحتياجات الجبسية بالطن لكل ٣٠ سم عمق الأرض ( 1.72 x meq ).

**مثال :** إذا كان كمية الكالسيوم اللازمة لإصلاح أرض قلوية = ١٥ ملليمكافىء / ١٠٠جم.
**الحل :** كمية الجبس الواجب إضافتها لإصلاح فدان لعمق ٣٠ سم = ١٥ × ١,٧٢ = ٢,٨٥ طن.

وإذا استخدمت مصلحات أخرى غير الجبس فإن كميات هذه المصلحات بالمقارنة بكمية الجبس تكون كما يلى :

| المصلح | الجبس | حامض الكبريتيك | الكبريت | كبريتات الحديد |
|---|---|---|---|---|
| كمية ( طن ) | ١,٠٠ | ٠,٥٨ طن | ٠,١٨ طن | ١,٢٦ طن |

وتضاف كمية المصلحات المحسوبة للأرض وتحرث بها ثم تغمر الأرض بالماء لإجراء عملية الغسيل. ولقد أثبتت التجارب أنه من الأفضل عند الغسيل أن نبدأ بمياه محتواها مرتفع

نسبياً من الأملاح حيث أن هذه الأملاح تساعد على المحافظة على التجمعات الأرضية مما يسمح بنفاذ الماء . أما إذا استخدم ماء عذب من البداية فإن ذلك يؤدى إلى تفرقة حبيبات الأرض وغدقها. وعلى ذلك فعند بداية الغسيل نستخدم مياه محتواها متوسط من الأملاح وبعد التخلص من جزء كبير من الصوديوم المتبادل وإحلاله بالكالسيوم يمكن إجراء الغسيل بمياه عذبة.

ويجب القول بأن المياه الملحية المستخدمة فى الغسيل يجب أن يكون محتواها منخفض من الصوديوم.

**خدمة الأراضى بعد استصلاحها**

يجب أن يؤخذ فى الاعتبار أن كفاءة شبكة الصرف عملية مهمة جداً لدوام التخلص من نواتج عملية الإصلاح وأن إهمال الصرف ولو لمدة بسيطة يعيد الأرض إلى حالتها السابقة ولذلك يجب أن لا تتوقف عملية الاستصلاح قبل انتهائها ويراعى بعد الانتهاء من عملية الاستصلاح ما يلى :

١- الإقلال من كميات مياه الرى وعدم الإسراف فيها.

٢- صيانة شبكة المصارف باستمرار.

٣- زراعة محاصيل تتحمل الأملاح قبل البدء فى زراعة المحاصيل التقليدية.

٤- حيث أن الأملاح تضاف للأرض مع مياه الرى فلابد من إجراء عملية غسيل لهذه الأملاح بعيداً عن منطقة الجذور ، ولذلك تضاف كمية إضافية من المياه زيادة عن احتياجات الرى للمحصول مع كل رية وتسمى هذه الكميات مـــن المياه الاحتياجات الغسيلية ( Leaching Requirement, LR )

وتحسب كما يلى : $$LR = \frac{EC\,1}{EC\,d}$$

حيث $EC_d$ ، $EC_1$ هى التوصيل الكهربى لماء الرى وماء الصرف على التوالى.

فمثلا إذا كان $EC_1$ = ١,٠ ملليموز ، ويراد المحافظة على $EC_d$ عند ٤ ملليموز تكون LR= ٢٥ أى يضاف كمية ماء قدرها ٢٥% زيادة عن الاحتياجات المائية.

٥- عند زراعة النباتات يراعى وضعها على طرف الخط وليس على قمته حيث أن الأملاح عند صعودها إلى سطح الأرض تتراكم على قمة الخط.

## الأراضى الجيرية Calcareous Soils

الأراضى الجيرية هى الأراضى التى تحتوى على كمية من الكربونات الثنائية التكافؤ ( مقدرة فى صورة كربونات كالسيوم ) بمستوى يؤثر بوضوح على خواص التربة الفيزيائية مثل علاقة التربة بالماء أو الكيميائية مثل صلاحية العناصر الغذائية للنبات.

وقد اتفقت الآراء على اعتبار أن الأرض جيرية اذا زادت نسبة كربونات الكالسيوم بها عن ٨-١٠% وقد تصل نسبة الكربونات فى الأراضى الجيرية الى أكثر من ٧٠% وتتكون هذه الأراضى غالبا من مادة أصل جيرية تحت ظروف المناخ الجاف والشبه الجاف وظروف مناخ حوض البحر الأبيض المتوسط. والمادة الجيرية ( الكربونات الثنائية التكافؤ ) تتواجد فى صورة مختلفة قليلة الذوبان فى الماء وهذه الصور هى :

١ - الكالسيت $CaCO_3$ : وهى عبارة عن كربونات كالسيوم شحيحة الذوبان فى الماء .

٢ - المغنسيت $Mg\ Co_3\ 3H_2O$ : وهى عبارة عن كربونات مغنسيوم ، درجة ذوبانه عشرة أضعاف ذوبان الكالسيت.

٣ - الدولوميت $Ca,Mg\ (CO_3)_2$ : وهى عبارة عن كربونات كالسيوم ومغنسيوم.

٤ - السيدريت $FeCO_3$ : وهو عبارة عن كربونات حديدوز.

وتميل الأراضى الجيرية إلى القلوية حيث أن التحلل المائى لكربونات الكالسيوم قد يرفع رقم pH إلى حوالى ١٠ وخاصة عند غياب $CO_2$ تبعا للتفاعل :

$$CaCO_3+H_2O \longrightarrow Ca^{++}+HCO_3^- + OH^-$$

وتحت الظروف الطبيعية لا يحدث تراكم لأيونات الأيدروكسيل المسئول عن رفع رقم pH لتواجد تركيزات من $Co_2$ والتى تكون حمض كربونيك يعمل على خفض رقم pH الفعلى للأراضى الجيرية ليصل إلى ٨,٢-٨,٥ فى حالة سيادة كربونات الكالسيوم وإلى ٩,٥-٩,٩ فى حالة الأراضى الجيرية المغنيسية.

### مشاكل الأراضى الجيرية

#### ١- نقص صلاحية البوتاسيوم

تحتوى الأراضى الجيرية على معدن طين الأتابولجيت والذى تأخذ حبيباته شكل أليف، ويتميز هذا المعدن باحتوائه على أنابيب بأقطار تسمح بدخول أيونات البوتاسيوم داخلها ،

وتقوم حبيبات كربونات الكالسيوم بغلق هذه الأنابيب وتقيد البوتاسيوم ولهذا يجب عدم إضافة السماد البوتاسى دفعه واحدة بل يفضل إضافته على عدة دفعات.

**٢- ترسيب الفوسفات الذائبة**

تدمص أنيونات الفوسفات الذائبة ( $H_2pO_4$ ) , ( $HpO_4$ )$^-$ على سطوح حبيبات معادن الكربونات ، وتتم عملية الترسيب بتحول الفوسفات الذائبة ( أحادية وثنائية الكالسيوم) إلى فوسفات ثلاثية الكالسيوم قليلة الذوبان وبالتالى تنعدم استفادة النبات منه خاصة إذا حدث الترسيب بعيداً عن جذر النبات.

$$Ca(H_2{+}PO_4) + 2Ca(OH)_2 \longrightarrow Ca_3(PO_4)_2 + H_2O$$

| | | |
|---|---|---|
| ماء | فوسفات ثلاثى الكالسيوم ( شحيح الذوبان ) | هيدروكسيد فوسفات آحادى الكالسيوم |

**١ - ترسيب مركبات الحديد**

تعمل كربونات الكالسيوم فى الأراضى الجيرية على نقص صلاحية الحديد للنباتات وذلك بترسيبها على صورة أيدروكسيدات حسب المعادلات التالية :

$$Fe^{++} + CaCO_3 \longrightarrow FeCO_3 \quad Ca^{++}$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| ايونات | كربونات | كربونات | ايونات |

$$4\,FeCo_3 = O_2 + Ca(HCO_3)_2 \longrightarrow Fe_2(CO_3)_3 + Ca(OH)^2$$

| | |
|---|---|
| كربونات | بيكربونات |

$$Fe_2 = (CO_3)_3 + 3\,H_2O \longrightarrow Fe_2O_3 + 3H_2CO_3$$

| | | |
|---|---|---|
| حمض | أكسيد | كربونات |

**فقد الأمونيا**

لوحظ أن النباتات المنزرعة فى الأراضى الجيرية لا تستجيب للتسميد النتروجينى عند تسميدها بسماد سلفات النشادر ويرجع ذلك لارتفاع رقم pH الأراضى الجيرية أى تواجد تركيزات مرتفعة من OH والتى تتفاعل مع كاتيونات الأمونيا وتحولها إلى نشادر يتطاير :

$$NH_4^+ + OH \longrightarrow NH_3\uparrow + H_2O$$

ويحدث أيضا تفاعل بين كربونات الكالسيوم مع سماد سلفات النشادر يؤدى إلى انطلاق النشادر مما يقلل من استفادة النبات النامى من السماد المضاف.

$$CaCO_3 + (NH_4)_2SO_3 \longrightarrow CaSO_4 + (NH_4)_2CO_3$$

كربونات كبريتات سلفات كربونات

$$(NH_4)_2\,CO_3 \longrightarrow NH_3 + CO_2 + H_2O$$

**التقشر السطحى Surface Crust**

تظهر بوضوح فى الأراضى الجيرية ظاهرة التقشر السطحى ، وهى طبقة لا يتعدى سمكها عدة سنتيمرات قليلة من حبيبات تربة تفككت بفعل عوامل عديدة ثم تصلبت عند الجفاف نتيجة التصاق الحبيبات الناعمة بعضها ببعض بقوى فيزيائية إلى جانب حبيبات كربونات الكالسيوم . كما أن تركيز الأملاح فى التربة ومياه الرى تؤثران على تكوين القشرة وخاصة ما تحتويه من ايونات البيكربونات وحمض الكربونيك الذى يعمل على إذابة جزء من حبيبات كربونات الكالسيوم إلى بيكربونات الكالسيوم الذائبة والتى عند جفاف القشرة السطحية تترسب مرة أخرى على صورة مادة لاحمة من كربونات الكالسيوم مسببة تصلبها وتماسكها ، ويتزايد هذا التأثير بتكرار دورات الترطيب والتجفيف.

وتزيد تفرقة حبيبات التربة وبالتالى يزيد إحتمال تكون القشرة السطحية إذا روت الأرض بمياه رى ذات قيم SAR أكبر من ١٠ مع انخفاض تركيز الأملاح بها ( أقل من ٢ مللى مكافىء/لتر) تزيد ويقل تكون القشرة عندما تقل نسبة الصوديوم المتبادل عن ٥% وعندما تزيد الأملاح عن ٥ مللى مكافىء / لتر لقله حدوث التفرقة ويساعد نظام الرى بالرش على تكوين القشرة السطحية نتيجة لقوى التصادم لنقط المياه على سطح التربة وتفريقها للمجمعات الأرضية.

ولمقاومة تكوين القشرة السطحية فى الأراضى الجيرية يتبع الآتى :

١ – استخدام المحسنات المختلفة الطبيعية النشأة أو المخلقة لتقليل التلاحم بين حبيبات الجير وتكوين تجمعات حقيقية ثابتة فى الماء وتعتبر المادة العضوية من أنجح الوسائل فى محاربة تكوين القشرة الأرضية ومن أرخصها . وحديثاً أمكن استخدام أملاح الحديد لتقليل التلاحم بين الجير وتكون تجمعات ثابتة.

٢ – استخدام مياه رى لا تزيد قيم SAR عن ١٠ ولا تحتوى على أيونات كربونات ذائبة.

٣ – عدم ترك الأرض للجفاف ، حتى لا يحدث ترسيب الكربونات مرة أخرى على هيئة مادة لاحمة للحبيبات الأرضية.

**استزراع الأراضى الجيرية**

١ – عدم ترك الأرض للجفاف الشديد حتى لا تتكون القشرة السطحية التى تؤثر على مقاومة نمو البادرات وكذلك أثرها على سيقان النباتات النامية، وعلى ذلك يجب العناية بإضافة المادة العضوية لكى تعمل على زيادة ضعف هذه الطبقة وتغيير عمق الحرث باستمرار مع استخدام محاصيل عميقة يتبادل مع محاصيل سطحية.

٢ – تظهر على المحاصيل النامية فى الأراضى الجيرية ظاهرة الاصفراء Chlorosis وهى نتيجة عدم قدره النبات على امتصاص الحديد الذى يتواجد بصورة غير ميسرة، ولقد وجد أن أغراض الاصفرار تحدث عندما تتواجد الكربونات بنسبة مرتفعة فى مجموعة الطين ( الكربونات النشطة ) بحيث تتعدى الكربونات النشطة ١% من وزن التربة . وعلى ذلك يجب عدم المغالاة فى استخدام مياه الرى وذلك للعمل على الإقلال من التحلل المائى بكربونات الكالسيوم ويمكن أيضا زيادة نسب $CO_2$ بإضافة المحسنات ذات الأثر الحامضى ولكن هذه الطريقة الأخيرة تعتبر غير اقتصادية نظراً للقدرة التنظيمية العالية للأراضى الجيرية مما يتطلب معه إضافة كميات كبيرة من هذه الأحماض.

٣ – استخدام الأسمدة ذات التأثير الفسيولوجى الحامضى.

٤ – استخدام المحاصيل التى لها القدرة على النمو فى الأراضى الغنية بكربونات الكالسيوم ( المحبة للجير ):

محاصيل الحقلية : القمح – الشعير – الذرة – الفول

محاصيل الخضر : الطماطم – الباذنجان – الفلفل – الكوسة – البطيخ .

محاصيل الفاكهة : الزيتون – التين – العنب – الخوخ – النخيل.

# الباب الثانى عشر

# تأثير استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة على التربة

**مقدمـــــة**

هناك قاعدتان تحكمان استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة فى جميع مراحله فى الرى حتى لا يؤثر على التربة وهما :

أولاً : منع تراكم المواد الكيماوية السامة على سطح التربة الطبيعى .

ثانياً : عدم السماح لهذه التلوثات من التجمع (التراكم) حتى لا تؤثر علـى سـعة التربـة مـن الإسـتيعاب (Assimilating) أو الـوهن (Attenuting) وكـذلك إزالـة السـموم (Detoxifying) وبذلك تقليل التأثير الذى يحدث على الإنسان والمحاصيل البيئية.

## ١٢-١ بعض المكونات المعدنية لمياه الصرف الصحى المعالجة

### ١٢-١-١ المواد المغذية

أ – العناصر الغذائية الضرورية وهـى الكربـون والهيـدروجين والأكسـجين والفوسـفور والبوتاسيوم والمغنسيوم والكبريت .

ب – العناصر الغذائية الضرورية الصغرى هى الحديد والبورون والكلوريد والمنجنيز والزنك والنحاس والمولبيديوم والكلوريد.

**١ – النيتروجين**

- يجب أن يكون مدى النيتروجين الكلى فى مياه الصرف الصحى المعالجة والمسـتخدمة فـى مياه الرى فى جميع مراحله ما بين ٢٠ – ١٠٠ مجم/لتر .
- يتواجد النيتروجين فى مياه الصرف على هيئة أمونيـا عضـوية ونتـرات ويعبـر عنهـا بالنيتروجين (محوله جميعها إلى نيتروجين).

أ – فى المعالجة الثانوية : (Secondry) يكون معظم النتروجين غالباً علـى هيئـة مركبـات الأمونيا أما فى بعض أنظمة معالجة مياه الصرف الصحى التى تحقق عمليات النترجه تحتوى مياه الصرف المنتجة مبدئياً علـى نتـرات معبراً عنها بالنتروجين .

وللتحكم فى نوعية وكمية النتروجين اللازمة للتربة والنبات يجب اختيار الطريقة المناسبة للرى والغمر والصرف (الفاصل الزمنى فى الرى).

**٢ – الفوسفور**

- وتحتوى مياه الصرف الصحى المعالجة من ٥ – ٥٠ مجم/لتر فوسفور ويعتمد تواجده على النظام الغذائى للسكان .

**أثر مركبات الفوسفور على التربة**

١ – مركبات الفوسفات مركبات ثابتة من الناحية الكيماوية ولذلك فإن أثارها تبقى فى التربة زمناً طويلاً ولا يمكن التخلص منها بسهولة كما أنها تتصف بأثرها السام فى كل من الحيوان والإنسان .

٢ – زيادة مركبات الفوسفور ترسب بعض الفلزات النادرة (مثل النحاس) التى توجد فى التربة الزراعية (والتى يحتاجها النبات فى نموه) وتحولها الى مواد عديمة الذوبان.

٣ – نقص الفوسفور فى التربة يؤدى إلى عدم خصوبتها وتؤثر على النبات ويظهر فى تلوين أسفل الأوراق باللون البنفسجى وصغر حجم الجذور وقلة إنتاج الثمار ويبدو النبات قصيراً والأشجار بطيئة النمو .

**طرق التحليل**

يرجع إلى كتاب الطرق القياسية لتحاليل المياه ومياه الصرف الصحى
(Standard Methods for the Examination of water & waste water)

**١ – النيتروجين الكلى Total Nitrogen (TN)**

- يتم القياس بطريقة Kjeldhal

**٢ – الفوسفور الكلى Total phosphorus (Tp)**

- طريقة التحليل الضوئى .

**٢-١-١٢ الملوحة Salinnity**

تحتوى مياه الصرف الصحى المعالجه على نسبة تتراوح ما بين ٥٠٠ إلى ٨٠٠ ميكروسيمنز/سم وهى نسبة تكافئ المعدلات المسموح بها فى مياه الرى وتحدث مشكلة الملوحة فى مياه الرى عندما يحدث تجمع للأملاح بمنطقة الجذور . تنشأ الأملاح فى الأراضى المروية من وجود مياه جوفية مرتفعة عاليه الملوحة أو من الأملاح فى مياه الرى والأملاح المسئولة عن مشكلة تمليح التربة هى الأملاح الذائبة فى مياه الصرف الصحى المعالجه فى أعلى من معدلاته المذكورة أعلاه .

**١٢-١-٣ القلوية**

تحتوى مياه الصرف الصحى المعالج على ٥٠ – ٢٠٠ مجم/لتر معبراً عنها كربونات كالسيوم وهى فى حدود ومواصفات مياه الرى .

فى حالة إستخدام مياه رى تحتوى على كاتيون الصوديوم بنسبة كبيرة بالمقارنة بالكالسيوم والمغنسيوم تسبب تدهور التربة وقد توصلها إلى التصحر وذلك من المخاطر القلوية وهو من الآثار البيئية وقد قسمت المياه حسب كربونات الصوديوم إلى :

**ماء صالح للرى** : إذا كانت كربونات الصوديوم المتبقية أقل من ١,٢٥ ملليمكافئ/لتر وماء متوسط الصلاحية (١,٢٥ إلى ٢,٥ ملليمكافئ/لتر) وماء عديم الصلاحية (أعلى من ٢,٥ ملليمكافئ/لتر).

**١٢-١-٤ العناصر الثقيلة النادرة**

مياه الصرف الصحى فى العادة يحتوى على تركيزات قليلة من المعادن الثقيلة النادرة أقل من المسموح به فى مياه الرى حسب مواصفات FAO 1985 وهذه التركيزات قد ترتفع فى حالة خلط مياه الصرف الصحى بصرف المصانع والورش .

**أ – الزرنيج**

**خاصية حركته ونفاذه فى التربة**

- خاصية رشحه فى التربة ضعيفة وذلك لأنه يمتص بالتربة والرواسب الموجودة بها ولكن الصورة الذائبة تتحرك بسهولة مع الماء وتنتقل مسافات كبيرة فى مياه الانهار .
- خاصية إدمصاصه فى التربة والرواسب ترد فى وجود الطين وأكاسيد الحديد وايدروكسيد الألومنيوم ومركبات المنجنيز والمواد العضوية .

**ب – الكادميوم**

**خاصية حركته ونفاذه فى التربة**

- لا ينفصل عنصر الكادميوم عن الماء عند pH المنخفضة وعند الإنخفاض الزائد فى pH ينفصل عن الماء ، كما أن أيونات الكبريتات والكلوريدات تقلل من إدمصاصة فى التربة .

**جـ – الكروميوم**

**خاصية حركته ونفاذه فى التربة**

- تعتمد حركته على نوعية التربة ومكوناتها وعلى أكسيد الحديد $Fe_2O_3$ والمواد العضوية بها.
- ادمصاص الكروميوم السداسى يحدث فى التربة الحمضية أو المتعادلة .
- أقل من pH4 يحدث ادمصاص للكروميوم الثلاثى فى التربة .
- تتكون المركبات المعقدة باتحاد الكروميوم الثلاثى مع المواد العضوية الذائبة فى التربة ويزيد من حركته فى التربة .
- الكروميوم السداسى والثلاثى الذائب والذى لم يحدث له ادمصاص فى التربة ينفذ إلى المياه الجوفية .
- نفاذ الكروميوم السداسى فى التربة يزيد بزيادة pH وعلى العكس فإن وجود pH منخفضة نتيجة الأمطار الحمضية تساعد على تكوين الكروميوم الذائب الحامضى الذى ينفذ من خلال التربة .
- وفى أغلب الأحيان فإن الكروميوم الموجود فى المياه يتم ترسبه على الرواسب .

**د - الرصاص**

**خاصية حركته ونفاذه فى التربة**

- الرصاص يحتجز فى التربة ويكون مركبات معقدة مع المواد العضوية فى التربة ويعتمد تكوين مركبات الرصاص على مقدار pH ويمكن أن تتكون على صورة مواد عضوية أو أكسيد أو كربونات أو فوسفات حيث أن مكونات الرصاص في هذه الصورة لايتم انتقالها للمياه السطحية أو الجوفية حيث أنها تحتجز فى التربة لكن pH من ٤-٦ يكون المكون العضوى للرصاص يكون فى صورة ذائبة وينفذ فى التربة .

**هـ - الزئبق**

**خاصية حركته ونفاذه فى التربة**

- الصورة المتطايرة من الزئبق تتبخر فى الجو .
- قابلية امتصاص التربة للزئبق تزيد بزيادة pH وعموماً فهو يمتص بالمواد العضوية الموجودة فى التربة .
- نفاذه فى التربة قليلاً نوعاً ما ولكن الرى السطحى من الممكن أن يزيل الزئبق من التربة إلى مياه الصرف وبالأخص فى التربة التى تحتوى على كمية كبيرة من المحتوى الرطوبى .

- يكون الزئبق مركبات معقدة مع الكلوريدات والأيدروكسيدات الموجودة فى التربة حسب تغيير قيمة pH والأملاح ومكونات التربة.
- ويمكن أن يوجد على صورة رواسب مع الكربونات والفوسفات والكبريتات والكبريتيدات .

**و - البورون**

يعتبر البورون عنصراً أساسياً فى تغذية النبات لاحتياجه إليه بكميات ضئيلة والجدول (١٢-١) يوضح درجات المياه المحتوية على البورون تبعاً لتحمل المحاصيل له.

**جدول (١٢-١) درجات المياه المحتوية على البورون تبعاً لتحمل المحاصيل له**

| رتبة المياه | محاصيل حساسة | محاصيل متوسطة للحساسية | محاصيل متحملة |
|---|---|---|---|
| | جزءئ فى المليون | جزء فى المليون | جزء فى المليون |
| ممتازة | أقل من٠,٣٣ | أقل من ٠,٦٧ | أقل من ١,٠٠ |
| جيدة | ٠,٣٣- ٠,٦٧ | ٠,٦٧ – ١,٣٣ | ١,٠٠-٢,٠٠ |
| مسموح بها | ٠,٦٧ – ١,٠٠ | ١,٣٣ – ٢,٠٠ | ٢,٠٠-٣,٠٠ |
| مشكوك فى صلاحيتها | ١,٠٠ – ١,٢٥ | ٢,٠٠ – ٢,٥ | ٣,٠٠-٠٣,٧٥ |
| غير صالحة | أكبر من ١,٢٥ | أكبر من ٢,٥ | أكبر من ٣,٧٥ |
| أنواع المحاصيل | البرقوق/الكمثرى/التفاح /العنب/الخوخ/المشمش/ التين/الموالح | الفاصوليا/الفلفل/الفول/ البطاطس/الشعير/القمح /الأرز/الزيتون/البسلة/ الطماطم | البرسيم الحجازى/بنجر السكر/ اللفت/البصل/النخيل/ الخس/الكرنب |

المصدر : معهد بحوث الأراضى والمياه والبيئة عام ٢٠٠٠

**١٢-٢ تأثير المواد العضوية على التربة**

تحتوى مياه الصرف الصحى (متوسطة القوة ) على ٧٥% مواد صلبة عالقة ومن ناحية أخرى فإن ٤٠% من المواد الصلبة المرشحة ذات طبيعة عضوية .

والمركبات العضوية تتكون أساساً من خليط من الكربون والهيدروجين والأكسجين وقد ترتبط مع النتروجين والكبريت والفوسفور والحديد .

والمجاميع الرئيسية من المواد العضوية الموجودة فى مياه الصرف هى البروتينات (٤٠% - ٦٠% )، الكربوهيدريت (٢٥% - ٥٠% ) والدهون والزيوت (١٠% ).

**تقدير كميات المواد العضوية**

يمكن تقدير كمية المواد العضوية الكلية الموجودة بمياه الصرف عن طريق تقدير الكربون العضوى الكلى ( TOC ) والأكسجين المطلوب كيماوياً ( C.O.D ) .

ويمكن قياس جزء المواد العضوية القابلة للتحلل عن طريق تعيين الأكسجين المستهلك حيوياً ( $B.O.D_5$ ) .

هذا ويتم استخدام مرجع الطرق القياسية لتحاليل المياه ومياه الصرف فى إجراء جميع التحاليل الخاصة بتقديرات المواد العضوية فى صورها المختلفة .

**١٢-٢-١ تأثير المواد العضوية الموجودة بمياه الصرف الصحى المعالجة على التربة**

تتكون مياه الصرف الصحى الخام من مخلفات دورات المياه ومخلفات المطابخ والمنظفات السائلة والزيوت والشحوم وأي مواد أخرى تجد طريقها إلى هذه المياه .

وتعتمد الحاجة إلى إزالة المواد العضوية من مياه الصرف على الغرض من إعادة استخدام هذه المياه . وتؤثر المواد العضوية الموجودة بمياه الصرف تأثيرات مختلفة على التربة حسب درجة معالجة هذه المياه .

وعلى كل حال سيتم مناقشة تأثير المواد العضوية المتبقية بمياه الصرف على التربة بعد معالجتها أولياً وثانوياً وثلاثياً

**أولا : تأثير مياه الصرف المعالجة أولياً على التربة**

تحتوى مياه الصرف المعالجة أولياً على مواد صلبة عالقة ومواد عضوية بنسبة ٥٠% و ٧٠% من قيمتها بالصرف الخام بالإضافة إلى بعض الزيوت والشحوم . وتؤثر هذه المواد إلى حد كبير تأثيراً سلبياً على التربة ويحدث تحلل لاهوائى لهذه المواد حيث أنه عند إكتمال حدوث التحلل اللاهوائى لا تنتج بقايا مواد عضوية .

ويجب أن نأخذ فى الإعتبار إن هذا التحلل قد لا يكتمل فى بعض الأحيان ويصل إلى مرحلة متوسطة فقط مكوناً الميثين وثانى أكسيد الكربون وكبرتيد الهيدروجين وبقايا مواد

عضوية . ورغم قيام التفاعلات اللاهوائية بتكسير المواد العضوية إلا أن بعض الدراسات قد أظهرت أن الظروف اللاهوائية بسطح التربة تسهم بدور كبير فى انسداد مسامها ولذا فإن عمليات التجفيف تلعب دورا أساسيا فى إصلاح التربة وتحسين معدل الترشيح بها . على أى حال فإن انسداد مسام التربة يصبح مشكلة كبيرة فى حالة استخدام كميات كبيرة ومعدلات عالية من مياه الصرف ويمكن حل هذه المشكلة بتهوية التربة بمعدلات مناسبة وتجفيفها باستمرار واستخدام الإضافات المناسبة من المحسنات التى تحسن خواص الترشيح بالتربة.

**ثانيا : تأثير المواد العضوية بمياه الصرف المعالجة ثانويا**

إن معالجة التصرفات معالجة ثانوية لا يزيل المواد العضوية بنسبة ١٠٠% ولكن يبقى بها نسبة تتراوح ما بين ٥% ، ١٠% مهما كانت التكنولوجيا المستخدمة . وإزالة المواد العضوية تتأثر أساسا بالتحليل البيولوجى بالكائنات الدقيقة والامتصاص خلال عملية الرى.

تتوقف عملية التحلل البيولوجى بالتربة على طبيعة المواد العضوية وعلى وجود الأكسجين الذائب والنترات والكبريتات. ويحدث التكسير البيولوجى للمواد العضوية السهلة أولا على سطح التربة ثم تحتها مباشرة . ويعتمد تأثير انتشار المواد العضوية بالتربة وامتصاصها والتكسير البيولوجى لها على زمن التغير فى تركيزات المواد العضوية.

ويجب التأكد قبل البدء فى الرى بمياه الصرف المعالجة ثانويا من أن محتوى المياه من المواد الصلبة العالقة والعكارة قليل جدا قبل إجراء عملية التعقيم بالكلور وذلك :

١ - لتقليل كمية الكلور المستخدمة منه لخفض نفقات استخدامه.
٢ - لتفادى الضرر الناتج من تأثير استخدام كمية كبيرة من الكلور على النبات ( إذا زاد الكلور الحر المتبقى فى المياه بعد التعقيم عن ٠,٥ مليجرام/ اللتر ) بعد ٢٠ دقيقة .
٣ - حتى لاتتفاعل المواد العضوية مع الكلور مكونة مركبات الهيدروكربونات الهالوجينية (مركبات سرطانية) .

وعموما فإن خصائص مياه الصرف المعالجة ثانويا تكون جيدة ومناسبة للرى إذا كانت العكارة تتراوح ما بين ٧-٩ وحدة وتكون المواد الصلبة العالقة من ١٤-٢٢ مليجرام / اللتر والأكسجين المستهلك كيماوياً من ٤٠-٨٠ مليجرام / اللتر .

ولقد وردت الخصائص الواجب توافرها فى مياه الصرف حتى يمكن إعادة استخدامها فى الرى فى القانون رقم ٩٣ لسنة ٦٢ واللائحة التنفيذية المعدلة له فى القانون رقم (٤٤) لسنة ٢٠٠٠ .

**ثالثاً : تأثير المواد العضوية بمياه الصرف المعالجة ثلاثياً**

يمكن استخدام مياه الصرف المعالجة ثلاثياً فى رى أى أنواع من أنواع الأراضى وزراعة أى نوع من المحاصيل والنباتات سواء التى تؤكل نيئة أو بالطهى وذلك لأن هذه المياه لها مواصفات المياه النقية ويمكن استخدامها بطريقة آمنة صحياً وبيئيا ولكنها مكلفة جداً حيث يتم معالجة التصرفات المعالجة ثانوياً كيماوياً ( مروبات ) ثم الترشيح لإزالة المواد الصلبة العالقة أو استخدام مرشحات الكربون لإزالة المواد العضوية المتبقية

**١٢-٢-٢ دور التربة فى التخلص من المواد العضوية**

**أ - دور التربة فى إزالة المواد الصلبة العالقة**

عند استخدام مياه الصرف المحتوية على مواد عضوية عالقة فى رى التربة تتكون طبقة رقيقة من نمو كائنات دقيقة ورواسب عضوية على الحد الفاصل بين التربة والمياه تسمى طبقة الإنسداد ويحدث هذا النمو فى حالة امتصاص التربة العادى .

وتنمو هذه الطبقة ( طبقة الانسداد) خلال شهور قليلة من بداية المشروع مع نقص سريع فى معدل الترشيح فى التربة وخاصة التربة الطينية ثم يثبت معدل الترشيح بعد ذلك.

١ - تتفاوت تركيزات المواد الصلبة العالقة فى مياه المجارى تبعاً لدرجة المعالجة ونوعها . فالمعالجة الأولية تزيل ٥٠% من هذه المواد الصلبة العالقة بينما تزيل المعالجة الثانوية أكثر من ٩٠% منها وتزيل المعالجة الثلاثية أكثر من ٩٩% من هذه المواد .
ويمكن أن تنحصر الخصائص البيولوجية لمياه الصرف على مدى تأثيرها على قابلية التربة للترسيب إذ تؤدى التجمعات الحيوية من تجمعات بكتيرية وطحالب ومواد صلبة عالقة إلى انسداد مسام التربة عن طريق تكوين قشرة غير مسامية على سطح التربة .
وقد أشار الباحثين فى هذا المجال إلى أن انسداد المسام السطحية للتربة هو السبب الأساسى فى تقليل أو منع تسرب المياه خلالها .
وبالإضافة إلى تكون القشرة الغير مسامية فى استمرار الرى بمياه الصرف المحتوية على مواد صلبة عالقة يؤدى إلى تقليل مسامية التربة مما ينتج عنه عدم تهويتها بطريقة جيدة وبطء سريان المياه فيها . ويمكن التغلب على ذلك بالقيام بعمليات تجفيف متعاقبة من خلال دورات منتظمة وقد ساعد ذلك فى تحقيق معدلات ترشيح مقبولة للتربة عندما تكون تركيزات المواد الصلبة العالقة فى مياه الصرف حوالى ١٠ملجم /اللتر ولكن عند تركيزات أعلى من هذا التركيز تنخفض معدلات الترشيح ويساعد استخدام معدات

ميكانيكية مناسبة فى تخليص التربة من طبقات المواد الصلبة المترسبة على سطحها وأمكن الاحتفاظ بمعدلات ترشيح مقبولة للتربة.

وعموماً فإن رى التربة الطينية بهذه المياه قد ينجم عنه مشاكل كثيرة مثل سد المسام ومنع مرور المياه بها ولذا فمن غير المستحب استخدام مياه تحتوى على مواد صلبة عالقة (أكثر من ١٠ملجم/اللتر) فى رى التربة الطينية وقد يختلف الحال فى التربة الرملية حيث تقوم هذه المواد بالعمل كمرشح بالتربة ليعالج مياه الصرف ويزيد من خاصيةاحتفاظها بالماء ويمدها بالمحتوى العضوى المطلوب بها .

ورغم المشاكل الناجمة من المواد الصلبة العالقة على التربة إلا أنها تلعب دوراً فى توفير الغذاء اللازم لنمو البكتريا . ومن ناحية أخرى فإن المحتوى العضوى بمياه الصرف يحسن نوعية التربة الطبيعية والكيماوية .

٢ - إن استمرار ورى التربة بمياه صرف معالجة أولياً تحتوى على الزيوت والشحوم ولو بكميات قليلة قد يؤدى إلى انسداد مسام التربة نتيجة تراكم هذه المواد على سطحها مما ينتج عنه ظهور برك من مياه المجارى مع عدم تهوية حبيبات التربة.

ويظهر تأثير مياه الصرف المحتوية على زيوت وشحوم سريعاً فى التربة الطينية ويأخذ وقتاً أطول فى التربة الرملية ولذا فمن الضرور التخلص من الزيوت والشحوم قبل استخدام مياه الصرف فى الرى .

٣ - تحتوى مياه الصرف المعالجة أوليا أيضا على مواد عضوية قابلة وغير قابلة للتحلل ، ويتوقف تكسير هذه المواد أو تحللها ( إلى مواد غير عضوية ثابتة بسيطة ) على التكسير البيولوجى الذى تقوم به بعض الكائنات الدقيقة الموجودة بالتربة . وفى حالة توافر الأكسجين تتكسر هذه المواد هوائياً متحولة إلى ماء وثان أكسيد الكربون وفى غياب الأكسجين تتكسر هذه المواد لاهوائيا ( بواسطة بكتريا لا هوائية ) وتتحول إلى ماء وميثان وأمونيا وكبريتيد الهيدروجين .

وطبقة الإنسداد التى تحدث فى وجود كمية قلية من الأكسجين تؤدى إل تقليل معدل الترشيح بالتربة وعلى العكس فعندما يتوافر الأكسجين يكون معدل الترشيح أكثر . وتزيد طبقة الانسداد من كفاءة ترشيح المواد العضوية والميكروبات خلال التربة وخاصة فى التربة الرملية ولذا فإن هذه الطبقة قد تكون مفيدة فى عملية المعالجة فى التربة الرملية .

ويعتمد تأثير طبقة الإنسداد على سريان المياه خلال التربة على التدرج الحبيبى وتركيب التربة وبطبيعة الحال ففى التربة ذات النفاذية المنخفضة ( مثل التربة الطينية ) تصبح نفاذية التربة هى العامل المؤثر فى سريان المياه خلالها وليست طبقة الإنسدد التى قد

توقف سريان المياه خلال التربة بينما تكون طبقة الإنسدد هى العامل المؤثر فى ترشيح المواد الصلبة العالقة فى التربة الرملية لذا فإنه يفضل رى التربة الرملية بالتصرفات المعالجة أولياً حيث ستقوم هذه التربة بترشيح هذه التصرفات ومعالجتها من المواد الصلبة العالقة وعلى كل حال فإن رى التربة المتقطع بمياه الصرف يسمح للمواد الصلبة بالتجفيف وخاصة إذا كانت هذه المواد من النوع العضوى القابل للتحلل حيث سيتم تكسيرها وتصبح جزء من التربة بمرور الوقت .

**ب – دور التربة فى إزالة المواد العضوية القابلة للتحلل ($BOD_5$)**

تعتبر التربة مرشح بيولوجى يحتوى على كميات كبيرة من الكائنات الدقيقة . ويعتمد إزالة الأكسجين المستهلك الحيوى ($BOD_5$) الموجود بمياه الصرف بواسطة التربة على :

١ – امتصاص المواد العضوية الذائبة .

٢ – الأكسدة الميكروبية بواسطة الكائنات الدقيقة (بكتريا – طحالب) الموجودة بعامود التربة الأعلى وبالتالى هى المسئولة عن إزالة المواد العضوية القابلة للتحلل($BOD_5$) من مياه الصرف بعد رى التربة بهذه المياه .

والنمو البيولوجى لهذه الكائنات يعتمد على درجة الحرارة ، فدرجة الحرارة العالية نسبياً مناسبة لنمو هذه الكائنات وإن كانت تسطيع التكاثر حتى فى درجات الحرارة المنخفضة ولكن بمعدل أقل ومن ناحية أخرى فإن وجود أى مواد سامة فى مياه الصرف سيؤثر على حياة هذه الكائنات وتختل عملية معالجة مياه الصرف بالتربة .

# الباب الثالث عشر

# أهم الإعتبارات لإختيار المحاصيل المروية بمياه الصرف الصحى المعالجة

تخضع عملية اختيار أنواع المحاصيل التى سوف تروى بمياه المجارى لعديد من الاعتبارات أهمها :

١- ملاءمة المحاصيل لمختلف الاعتبارات الزراعية من زوايا التربة والمناخ والموقع والتسويق ...الخ.

٢- تحديد القيود المناسبة والمتعلقة بنوعية المياه المستخدمة من زوايا الملوحة والعناصر الضارة وتأثيرات أنواع الأيونات المختلفة.

٣- تحديد القيود المناسبة والمرتبطة بالمخاطر الصحية لتداول تلك المحاصيل من زاويتين أساسيتين هما : المسببات المرضية المختلفة ، والمواد الكيماوية السامة والضارة بالصحة العامة.

وأهم تلك الاعتبارات الأساسية فى إختيار المحاصيل المناسبة التى يمكن ريها باستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة هو تطبيق ما جاء فى الكود المصرى لإستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة (الجزء الأول) ونوجز هنا أهم الاعتبارات التى وردت فى الإرشادات الدولية وهى :

## ١٣-١ ملائمة المحاصيل للاعتبارات الزراعية العامة

لا شك أنه عند إختيار تركيب محصولى معين لأرض زراعية – فإن هذا الاختيار يخضع للعديد من الاعتبارات الزراعية ، سواء كانت المياه التى ستستخدم فى الرى عذبة أم مياه مجارى معالجة بطبيعة معينة. ومن أبرز هذه الاعتبارات نوعية التربة السطحية وعمقها وطبيعة المناخ وخبرة المزارعين فى زراعة المحاصيل المختلفة ، واحتياجات المجتمع للمحصول ، وكذلك الجدوى الإقتصادية من المحصول ودرجة استهلاكة للمياه ، وذلك بالإضافة إلى طريقة الرى المقترحة ، فمثلا لا يصلح الرى بالتنقيط أو من خلال القنوات الممتدة داخل الحقول فى زراعة الحشائش ومحاصيل الحبوب والأعلاف ، كما أن بعض المحاصيل البستانية لا يصلح معها بعض طرق الرى بالرش.

## ١٣-٢ نوعية المياه واعتبارات الملوحة

تؤثر درجة ونوعية ملوحة مياه الرى على التربة ، وكذلك على المحاصيل المروية ، إذ تسبب زيادة الملوحة تلف التربة وعدم ملاءمتها للإنتاج الزراعى بوجة عام وتختلف خطورة الملوحة تبعاً لخطورة الأيونات المختلفة – وخصوصاً أيون الصوديوم – على التربة ، إذ يؤدى زيادة تركيز الصوديوم إلى تفتت التربة وتعويق عمليات تماسكها ، وذلك بالنسبة للتربة قليلة المسامية والنفاذية.

وقد وضع معمل الملوحة فى الولايات المتحدة الأمريكية مجموعة من القواعد الإرشادية لتصنيف مياه الرى تبعاً للملوحة ومخاطر الصوديوم المحتملة ، وقد اعتمد استنباط تلك الإرشادات على متابعة وملاحظة العديد من التجارب المحلية المنظمة.وشكل (١٣-١) يوضح أثر الملوحة ومخاطر الصوديوم فى عمليات الرى والمحور الأفقى فى الرسم يبين تغير معامل التوصيلية للمياه ، وهو يعكس زيادة الملوحة، فكما هو معروف – كلما زادت التوصيلية زادت نسبة الملوحة بوجه عام فى المياه. والمحور الرأسى يبين زيادة خطر الصوديوم فى المياه. وتقابل توصيلية مقدارها حوالى ٢٠٠ ميكرموز / سم تركيز أملاح إجمالى يقترب من ١٣٠ جزء فى المليون تقريباً. أما توصيلية مقدراها ١٠٠٠ ميكرموز / سم تقابل حوالى ٦٥٠ جزءاً فى المليون تقريباً من إجمالى الأملاح الذائبة فى المياه ومعيار خطر الصوديوم يقاس بما يعرف بنسبة إدمصاص الصوديوم ، والتى تساوى :

$$\frac{\text{تركيز أيونات الصوديوم}}{\text{( تركيز أيونات الكالسيوم + تركيز أيونات المغنسيوم )}\ ^{1}/_{2}}$$

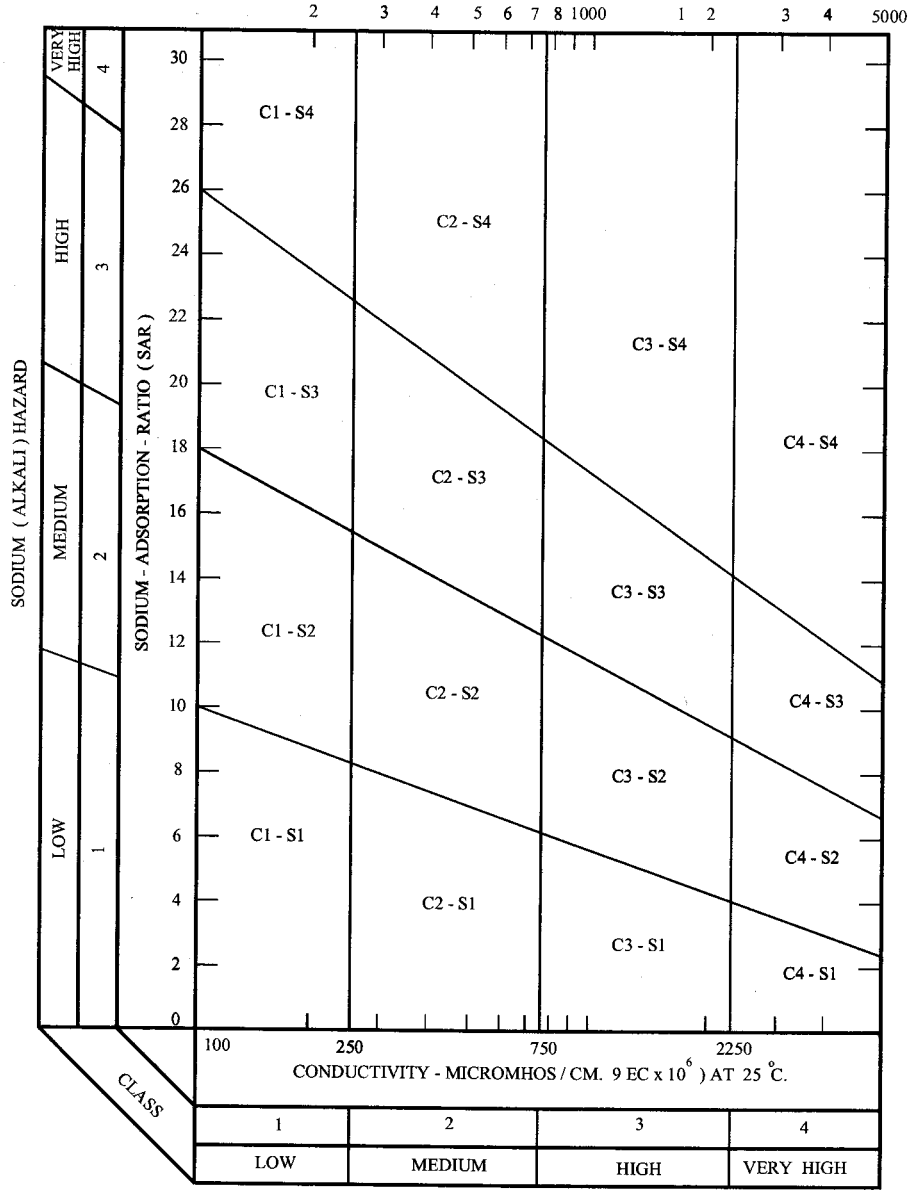
أ – يطبق الرى بمياه الصرف الصحى غالباً فى المناطق الجافة والقاحلة أو ما شابها. وفى هذه الحالة ، وتحت تلك الظروف المناخية ، فإن مشاكل الملوحة سوف تظهر بوضوح فندرة مياه الأمطار ومصادر الرى التقليدية فى تلك المناطق تؤدى إلى ارتفاع تركيزات الأملاح عند استخدام مياه الصرف الصحى فى رى تلك الأراضى ، وذلك لندرة عملية انتزاع الأملاح الطبيعية التى تعرضت لها التربة خلال تاريخ جفافها ، وبالتالى فإن الأملاح المذابة سوف تتراكم فى نطاق جذور المحاصيل المروية وتمارس تأثيراتها المختلفة.

ب – دائماً ما تزيد تركيزات الأملاح المذابة فى مياه الصرف الصحى عن المياه المستخدمة للأغراض المنزلية بدرجات ملحوظة ، ولابد من أخذ تلك الزيادة فى الإعتبار . وقد سجل العديد من الباحثين أرقاماً للفروق بين تركيزات الأملاح الذائبة فى مياه الصرف الصحى

والمياه المنزلية التى تم استخدامها فى إنتاج تلك المياه. تراوحت الأرقام التى تم تسجيلها فى المناطق الجافة جداً – مثل ولاية الاريزونا – من ٦٠٠ إلى ٨٢٠ جزء فى المليون فى شهور الشتاء. على أية حال ، تختلف تلك الفروق من مكان إلى آخر ، ومن طريقة معالجة إلى أخرى ، ولكن هذا المستوى من الملوحة يمكن تصنيفه من زوايا الخطر الكيميائى تبعاً للرسم الذى تعرضنا له سلفاً ، والذى حدده معهد الملوحة بالولايات المتحدة الأمريكية بأنه يتراوح بين التأثير المتوسط والقوى.

يؤدى الاستخدام الزائد للمياه مرتفعة الملوحة إلى تلف المحاصيل ، كما أن زيادة تركيز الصوديوم فى مياه الصرف الصحى يؤدى إلى ضعف مسامية التربة، وقد يصل إلى فقد مساميتها مما يجعل من غير الممكن ريها . وفى هذه الحالة لابد من اتباع أنواع محددة من المعوضات الكيميائية للمياه والتربة من أجل الاحتفاظ بمستوى مناسب لكليهما.

ويبين جدول (١٣-١) مدى تحمل عدد من المحاصيل الهامة للملوحة الموجودة فى مياه الصرف الصحى المستخدمة فى الرى.




**شكل (١٣-١) : تصنيف مياه الرى من زوايا الملوحة وخطر الصوديوم**

## جدول (١٣-١) : حدود تحمل المحاصيل المختلفة للملوحة

| المحاصيل | مقدار النقص فى الإنتاجية | | |
|---|---|---|---|
| | صفر % | ١٠ % | ٢٥ % |
| | التوصيلية Ec | التوصيلية Ec | التوصيلية Ec |
| الفواكة : | | | |
| التمر | ٢,٧ | ٤,٥ | ٧,٣ |
| الجريبفروت | ١,٢ | ١,٦ | ٢,٢ |
| البرتقال | ١,١ | ١,٦ | ٢,٢ |
| البرقوق | ١,١ | ١,٥ | ١,٩ |
| اللوز | ١,٠ | ١,٤ | ١,٩ |
| العنب | ١,٠ | ١,٧ | ٢,٧ |
| الخوخ | ١,٠ | ١,٤ | ١,٩ |
| التوت | ٠,٧ | ٠,٩ | ١,٢ |
| **الخضروات :** | | | |
| البنجر | ٢,٧ | ٣,٤ | ٤,٥ |
| الطماطم | ١,٧ | ٢,٣ | ٣,٤ |
| الخيار | ١,٧ | ٢,٢ | ٢,٩ |
| السبانخ | ١,٣ | ٢,٢ | ٣,٥ |
| البطاطس | ١,١ | ١,٧ | ٢,٥ |
| الفلفل | ١,٠ | ١,٥ | ٢,٢ |
| البصل | ٠,٨ | ١,٢ | ١,٩ |
| الجزر | ٠,٧ | ١,١ | ١,٩ |
| محاصيل حقلية : | | | |
| البرسيم الحجازى | ١,٣ | ٢,٢ | ٣,٦ |
| أعلاف الشعير | ٤,٠ | ٤,٩ | ٦,٣ |
| أعشاب الجاودار المعمرة | ٣,٧ | ٤,٦ | ٥,٩ |
| **محاصيل حقلية :** | | | |
| القطن | ٥,١ | ٦,٤ | ٨,٣ |
| القمح | ٤,٠ | ٤,٩ | ٦,٣ |
| الذرة | ١,١ | ١,٧ | ٢,٥ |
| بنجر السكر | ٤,٧ | ٥,٨ | ٧,٥ |
| الشعير | ٥,٣ | ٦,٧ | ٨,٧ |

وحدة قياس التوصيلية هى : ديسى سايمنز (dS) لكل متر – وهى تعادل ١ مليموز/ ( mmhos/cm) لكل سنتيمتر.

### ١٣-٣ اعتبارات الصحة العامة أثناء العمليات الزراعية :

لا شك أنه عند اختيار المحاصيل التى يمكن ريها بمياه مجارى الصرف الصحى ، فأنه لابد من إخضاع ذلك لبعض القيود المناسبة والمرتبطة بالمخاطر الصحية . وذلك من زاويتين أساسيتين هما :

- المسببات المرضية المختلفة.
- المواد الكيميائية السامة والضارة بالصحة العامة.

### ١٣-٤ اعتبارات المسببات المرضية المختلفة :

لابد من الأخذ فى الاعتبار تلوث النبات وأجزائة بمياه الصرف الصحى وذلك عند أختيار محصول معين ، خصوصاً المحاصيل التى يتم استهلاكها مباشرة من قبل الإنسان أو الحيوان دون أى عمليات خاصة ، مثل التعقيم أو الطبخ أو الحفظ أو غيرها كما أنها ترتبط بتلوث المخزون من المحاصيل ويوضح جدول (٥-٣) ، (٥-٤) السابق ذكرها مدة حياة بعض مسببات الأمراض فى التربة على سطح المحاصيل.

وعند اختيار محاصيل غذائية للزراعة يتم ريها بمياه الصرف الصحى ، فمن المناسب تخفيض تلامس المياه مع ثمار النبات التى تستخدم فى الغذاء إلى أكبر قدر ممكن لهذا فإن زراعة محاصيل تتميز بجذوع طويلة مثل نخيل البلح وأشجار الفاكهة الطويلة خاصة مع استخدام تكنولوجيا رى ملائمة مثل الرى السطحى أو حتى الرى بالرش لمستويات منخفضة – يسمح بتحقيق أقل قدر من تلامس المياه مع الثمار ، وبالتالى قدر أقل من التلوث وانتشار العدوى.

ولتلافى مشكلة خطر إصابة الإنسان والحيوان بالأمراض المنقولة من استخدام مياه الصرف الصحى ، يمكن أن تستخدم هذه المياه فى رى المحاصيل التى لا تدخل فى غذاء الإنسان والحيوان ، مثل الألياف والخشب ، كما أن القطن يعتبر من الاختبارات المناسبة فى هذا الصدد.

والمستوى الثانى من مستويات المحاصيل الغذائية التى يمكن زراعتها على مياه المجارى هى المحاصيل التى تجرى عليها عمليات التجفيف أو التسخين أو تعرض للأشعة فوق البنفسيجية ولا تستخدم مباشرة عقب جنيها ، بل تستخدم بعد عدة أسابيع إلى عدة شهور مثل تعقيم محاصيل الحبوب وبعض أنواع الفاكهة.

والأفضلية فى أنواع الفواكه التى يجرى غسلها ثم تغطيتها بالشمع قبل تداولها فى الأسواق مثل الموالح.

والمستوى التالى من النباتات التى يمكن استخدام مياه الصرف الصحى فى زراعتها هى تلك النباتات القصيرة والمنتصبة ، مثل أشجار العنب الأرضى ، على أن يرتبط ذلك بطريقة الرى السطحى.

أما المحاصيل التى يستحيل معها تخفيض تلامس المياه مع أجزاء النبات والثمار ، وبالتالى يستحيل معها وقف التلوث وإنتشار العدوى من خلالها ، فمنها على سبيل المثال الخيار وأنواع كثيرة من الطماطم والفراولة والفول ، والمحاصيل الجذرية على وجه العموم مثل الجزر والفجل والسبانخ والبطاطس والبنجر والبصل.ومن الطبيعى أن ترتبط نوعية المياه المستخدمة بدرجات المعالجة وطرقها ، لذا فمن الممكن أن تقل القيود السابق ذكرها فى حالة استخدام مياه معالجة بطريقة مناسبة ينخفض فيها تركيز المسببات المرضية إلى أقل درجة ممكنة.

### ١٣-٥ اعتبارات الكيماويات السامة

**جدول (١٣-٢) المعادن الثقيلة فى مياه الصرف الصحى حدودها وتراكمها فى البرسيم واللبن**

| العنصر | الحد الأقصى للتركيز (*) المسموح به | تركيزه فى مياه الرى | تركيزه فى البرسيم | تركيزه فى اللبن |
|---|---|---|---|---|
| | (مجم / لتر) | (مجم / لتر) | (مجم / لتر) | (مجم / لتر) |
| البورون | ٠,٧٥ | ٢,٨ | اقل من ٥ | غير موجود |
| الكاديوم | ٠,٠١ | ٠,٠٣ | ٥,٢٥-١,٥ | ٩ |
| النحاس | ٠,٢ | ٠,٣٥ | ٢٥ | غير موجود |
| الكروم | ٠,١ | ٠,٢١ | ٢٢-٥ | ٣ |
| الحديد | ٥,٠ | ١٢,٩ | ٣٠٠٠ | ١٠ |
| منجنيز | ٠,٢ | ٠,٣٢ | ١٠٠ | ٣ |
| الموليديوم | ٠,٠١ | ١,٤٤ | أقل من ٥٠ | ٩ |
| الرصاص | ٠,٠٥ | ٠,٢٢ | اقل من ٢٥ | ٩ |

* أنظر الحدود القصوى لتركيزات العناصر الثقيلة فى جدول (١٣-٣)

ومن الواضح – من الجدول السابق – أن البرسيم الحجازى يسهم فى تركيز العناصر الثقيلة بدرجة كبيرة ، لكن الأبقار لا تمرر كل هذه العناصر إلى ألبانها ، ولكنها تمرر البعض وتمنع البعض الآخر. وإجمالاً ، فإن اللبن يزداد به تركيز تلك المواد عن تركيزها فى مياه الرى. يوضح

جدول (١٣-٣) الحدود القصوى لتركيزات العناصر الثقيلة فى مياه الرى وفق مواصفات منظمة الأغذية والزراعة (FAO) .

**جدول (١٣-٣) الحدود القصوى لتركيزات العناصر الثقيلة فى مياه الرى وفق مواصفات منظمة الأغذية والزراعة ( FAO)**

| العنصر | التركيزات الأقصى الموصى به ملج/لتر | ملاحظات |
|---|---|---|
| الألومنيوم | ٥,٠ | يمكن أن يؤدى إلى تقصى الانتاجية عندما ينخفض الرقم الهيدروجينى عن ٥,٥ أما فى حالة الزيادة عن ذلك فإن هذا الأثر يختفى |
| الزرنيخ | ٠,١ | تختلف تأثيرات السامة من نبات إلى آخر. فيمكن لعشب السودان أن يتحمل ١٢ مجم/لتر ، بينما لا يحتمل الأرز اكثر من ٠,٥٠ مجم/لتر |
| البريليوم | ٠,٠١ | سام لكل من الفاصوليا والبنجر واللفت عند تركيزات تصل إلى ٠,١ مجم/لتر. وروعى فى وضع الحد الأقصى أقل من هذه القيمة نظراً لقدرة العنصر العالية على التراكم فى النباتات والتربة إلى تركيزات خطيرة للإنسان. |
| الكوبلت | ٠,٠٥ | يؤدى إلى تسمم الطماطم عند ٠,١ مجم/لتر. ويمكن أن ينخفض تأثيرة فى التربة القاعدية والمتعادلة. |
| الكروم | ٠,١ | وضعت هذه القيمة القصوى نظراً لمحدودية المعلومات المتوفرة عن تأثير هذا العنصر. |
| النحاس | ٠,٢ | يمكن أن يؤدى إلى تسمم العديد من النباتات فى المدى من ٠,١ إلى ١,٠ مجم/لتر. |
| الفلوريد | ١,٠ | تحيط التربة القلوية والمتعادلة تأثيراته. |
| الحديد | ٥,٠ | لا يؤثر على النباتات فى التربة المهواه ، ولكنة يمكن أن يسهم فى زيادة الحامضية وفقد بعض من الفسفور المولبيديوم الضرورى للتربة. |
| الليثيوم | ٢,٥ | يمكن احتمال معظم المحاصيل لتركيزات تصل إلى ٥ مجم/ لتر ، لكن الموالح تتأثر إلى حد كبير بتركيزات المنخفضة (أكبر من ٠,٥٧ مجم/لتر ) |
| المنجنيز | ٠,٢ | يمكن أن يؤثر بالضرر على عدد كبير من المحاصيل فى المدى من عدة أعشار إلى عدة ملليجرامات فى اللتر ، لكن التربة الحامية تلاشى تأثيره. |
| المولبيدنم | ٠,٠١ | عند التركيزات العادية لا يؤدى إلى أى أضرار للمحاصيل ولكنه يؤدى إلى أثار ضارة على الثروة الحيوانية عند استخدام الأعلاف المزروعة فى تركيزات مرتفعة للعنصر. |
| النيكل | ٠,٢ | يؤثر على العديد من المحاصيل فى المدة من ٠,٥ إلى ١,٠ مجم / لتر لكن هذا الأثر يتلاشى فى التربة القاعدية أو المتعادلة. |
| الرصاص | ٠,٥ | يعوق نمو الخلايا النباتية بوجه عام عند التركيزات المرتفعة |
| السلينيوم | ٠,٢ | يؤدى إلى تسمم النباتات عند التركيزات التى تزيد عن ٠,٠٢٥ مجم / لتر ، ويؤثر على الثروة الحيوانية فى حالة استخدام الأعلاف المزروعة فى ظروف التركيزات المرتفعة. كما أنه عنصر ضرورى للنبات عند نركيزاته المنخفضة |
| القصدير | – | احتمال النباتات له غير معروف |
| التيتانيوم | – | احتمال النباتات له غير معروف |
| التانجستين | – | احتمال النباتات له غير معروف |
| الفناديوم | ٠,١ | يؤثر على العديد من النباتات عند تركيزات منخفضة |
| الزنك | ٢,٠ | يؤثر على العديد من النباتات فى مدى واسع حتى التركيزات ، وهذا التأثير ينخفض عندما يرتفع الرقم الهيدروجينى عن ٦ ، أيضاً عندما تتميز التربة بالنعومة وارتفاع تركيزات المواد العضوية بها. |

كما أن جدول (١٣-٤) يوضح بياناً بتركيزات العناصر الثقيلة فى عدد من المحاصيل التى تروى بمياه الصرف الصحى، والتى تمت زراعتها فى مزرعة أبو رواش .

**جدول رقم (١٣-٤) محتويات بعض النبات المنزرعة فى مزرعة أبو رواش التى تروى بمياه الصرف الصحى من العناصر الثقيلة ( جزء فى المليون )**

| المحصول | زنك | حديد | نحاس | نيكل | كروم | كوبالت | كادميوم |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| فول بلدى | ١٧١ | ٢١٨ | ٩ | ٢٣ | ١٩ | ١٣ | ٢ |
| شعير | ٤٠ | ١٠١ | ٤ | ٢٥ | ٢١ | ٣٥ | ٣ |
| ترمس | ٥٨ | ٢٤٩ | ٧ | ٤٣ | ٢٦ | ٢٨ | ٣ |
| موالح | ٢٠ | ١٢٧ | ١,٤ | ٢١ | ١٤ | ١٥ | ٢ |

إن المعطيات السابقة تؤكد على ضرورة توخى الحرص والحذر اللازمين فى استخدام مياه الصرف الصحى التى تحتوى على تركيزات مرتفعة من العناصر الثقيلة ، وأيضاً لابد من تحديد مستويات تلك العناصر أو الحدود غير الضارة للإنسان والمدى الذى تصل إليه تلك التركيزات فى مختلف أنواع المحاصيل الغذائية.

### ١٣-٦ علاقة اختيار المحاصيل بدرجة معالجة مياه الصرف الصحى

إن استخدام مياه الصرف الصحى فى الزراعة يتم فى مناطق عديدة من العالم بنوعيات معالجة متفاوتة ، وبكفاءة متفاوتة ، ويجب أخذ ذلك فى الاعتبار عند اختيار المحاصيل المقترح ريها بمياه الصرف الصحى المعالجة.

ويوضح جدول (٥-٥) السابق ذكره مؤشرات نوعية مياه الصرف الصحى الميكروبيولوجى الناتجة من نوعية معالجة مقترحة وشروط إعادة استخدامها والمجموعات المعرضة للعدوى ، حيث تم تقسيم نوعية مياه الصرف الصحى المعالجة إلى ثلاث درجات أ ، ب ، ج ، وتعتبر (أ) أفضلها ، ويمكن توقع الحصول عليها عند استخدام مجموعة من بحيرات الأكسدة مصممة خصيصاً للوصول إلى النوعية المذكورة ( المتوسط الحسابى للنيماتودا المعوية : أقل من ١ / لتر ، المتوسط الهندسى للكلوليفورم البرازى أقل من ١٠٠٠ / ١٠٠ ملليلتر) ، يمكن استخدام هذه النوعية فى رى المحاصيل المحتمل أكلها بدون طهى أو فى رى الحدائق العامة أو الملاعب الرياضية.

ومن الجدير بالذكر أن المجموعات المعرضة للعدوى فى هذه الحالة هى العاملين فى الزراعة والرى والمستهلكين من عامة الشعب ، مما يتطلب تحرى الدقة فى تصميم وتشغيل مثل هذه الوحدات من المعالجة.

أما بخصوص النوعية (ب) ، والتى يمكن الحصول عليها بعد ٨-١٠ أيام مدة مكث فى بحيرات أكسدة ، فيمكن استخدامها فى رى محاصيل الحبوب والمحاصيل الصناعية والأعلاف والأشجار والنخيل ، حيث تكون المجموعة المعرضة للعدوى هى العاملين فى المشروع بصفة أساسية.

وتستخدم النوعية (ج) الناتجة من معالجة إبتدائية فى رى محاصيل المجموعة (ب) ، مع توخى الحذر فى عدم تعرض العاملين وعامة الشعب للمياه أثناء عمليات الرى وعمليات الزراعة وخلافه .

ويوضح جدول (١٣-٥) عمليات معالجة مياه الصرف الصحى المقترحة لضمان المؤشرات الصحية لإعادة إستخدام مياه الصرف الصحى فى الزراعة أو فى تربية الأسماك، كما يوضح الجدول أيضاً طرق الرى المحتملة.

ويبين جدول (١٣-٦) خبرات بعض الدول فى استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة فى زراعة المحاصيل المختلفة واشتراطاتها.

## جدول (١٣-٥) عمليات معالجة مياه الصرف الصحى المقترحة لضمان المؤشرات الصحية لإعادة استخدمها

| المعالجة | أنواع المحاصيل المزروعة | | | طرق الرى | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | لا تستخدم مباشرة للاستهلاك الآدمى | محاصيل تؤكل مطهية – تربية أسماك | محاصيل تؤكل بدون طهى | غمر | رش | تنقيط |
| ابتدائية | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ |
| معالجة ثانوية | | +++ | +++ | + | +++ | +++ |
| مرشحات رملية | | + | + | | +++ | +++ |
| تطهير | | + | + | | +++ | +++ |

+++ ضرورية

++ ضرورية وبعدها عمليات

+ تطلب أحياناً

## جدول (١٣-٦) المؤشرات الحالية لإعادة استخدام مياه الصرف الصحى فى الزراعة

| المحصول | كاليفورنيا | فلسطين المحتلة | جنوب افريقيا | المانيا الاتحادية |
|---|---|---|---|---|
| مزارع العنب | تنقية إبتدائية لا يستخدم الرى بالرش | تنقية ثانوية | تنقية متقدمة تطهير شديد لا يستخدم الرى بالرش | لا يستخدم الرى بالرش |
| محاصيل تطهى قبل الاستخدام الأدمى | تنقيةابتدائية للرى السطحى الرى بالرش يجب تطهير بعد التنقية الثانوية | يجب تطهير أقل من ١٠٠٠ كوليفورم / ١٠٠ مكعبات أقل من ٢٣ كاليفورم / ١٠٠ مليلتر | تنقية متقدمة | تروى حتى ٤ أسابيع من الحصاد |
| رى – المحاصيل السليلولوزية والبذور | تنقية ابتدائية | تنقية ثانوية ولكن يسمح برى المحاصيل بذور لانتاج الخضروات | تنقية ثانوية | تنقية ابتدائية الرى بالرش يلزم تنقية ثانوية وتطهير |
| محاصيل للاستخدام الآدمى تؤكل بدون طهى | أقل من ٢,٢ كولوفيورم / ١٠٠ ملليلتر للرى السطحى الرى بالرش تنقية ثانوية وتطهير وترشيح على أن تكون العكارة ١٠ وحدات | لا تستخدم فى الرى إلا الفواكة التى تقشر قبل الأكل مثل البرتقال | | البطاطس والحبوب تروى أثناء التزهير فقط |

## ١٣-٦-١ تصنيف المحاصيل المروية بمياه الصرف الصحى من زاوية الخطورة على الصحة

يمكن تصنيف المحاصيل التى تروى بمياه الصرف الصحى المعالجة إلى ثلاثة أقسام رئيسية تبعاً لدرجة خطورتها على الصحة العامة ، ويوفر هذا التصنيف دلالات هامة تفيد فى إختيار نوع المحاصيل المراد ريها عند معرفة نوعية المياه ودرجة جودتها ، وأيضاً العكس : بمعنى معرفة مستوى المعالجة المطلوبة ، ودرجة جودة المياه الملائمة لنوع محدد من المحاصيل المراد زراعتها.

والمجموعة الأولى من المحاصيل هى المجموعة الأقل خطراً على الصحة العامة عند استخدام مياه المجارى فى ريها ، وتلائمها درجة متواضعة من المعالجة ، أما المجموعة الثانية من المحاصيل فتصنف على أنها متوسطة الخطر على الصحة العامة ويحتاج بالتالى إلى درجة متوسطة من المعالجة تكون كافية لخفض آثارها المرضية الضارة. والمجموعة الأخيرة تشتمل على المحاصيل الأشد خطراً على الصحة العامة عند استخدام مياه المجارى فى ريها وتحتاج إلى درجة متقدمة من المعالجة حتى يمكن إزاحة خطرها على الإنسان والحيوان.

ومن الجدير بالذكر أنه فى حالة المجموعات (أ) ، (ب) فإنه على الرغم من محدودية التأثير على المستهلكين ، إلا أنه يوجد تأثير قوى على العمال العاملين فى الزراعة مما يستوجب إتخاذ إحتياطات لعدم تعرضهم للعدوى.

### المجموعة الأولى ( أ )

وتشتمل على المحاصيل الآتية :

١ - المحاصيل غير المنتجة للإستهلاك الآدمى ، مثل القطن والألياف والأخشاب وحرير القز.

٢ - المحاصيل التىسبق استهلاكها عملية تجفيف أو تسخين مثل محاصيل الحبوب والبذور الزيتية وقصب السكر وبنجر السكر.

٣ - محاصيل الأعلاف التى يتم تجفيفها بواسطة أشعة الشمس قبل استخدامها كغذاء للحيوان.

٤ - الرى فى الأراضى المحاطة بسياج يمنعها عن الاستخدام العام مثل المشاتل والغابات والأحزمة الخضراء حول المدن.

### المجموعة الثانية (ب)

وتشتمل على المحاصيل الآتية :

١ - المراعى ومحاصيل الأعلاف الخضراء مثل البرسيم.
٢ - المزروعات المنتجة لأغراض الاستهلاك الآدمى ، بشرط أن لا تتلامس ثمارها مباشرة مع مياه المجارى ، وبالتالى - فإن الثمار التى تسقطها الرياح ينبغى عدم استخدامها كما فى بساتين الفواكة أو بعض المحاصيل التى تربى على اسلاك مثل الطماطم والخيار.
٣ - المحاصيل التى تنتج من أجل الاستهلاك الآدمى وتؤكل بعد طهيها مثل البطاطس.
٤ - المحاصيل التى تستخدم طازجة وتتميز بأن قشرتها لا تؤكل ، مثل الموز والفول السودانى والموالح.

**المجموعة الثالثة (جـ)**

وتشتمل على المحاصيل الآتية :

١ - جميع المحاصيل التى تنتج للإستهلاك الآدمى وتستخدم بدون طهى وتتهيا لثمارها فرصة التلامس مع مياه المجارى أثناء النمو ، ومنها الخضروات مثل الجزر والطماطم والخس والفواكة المروية بالرش.
٢ - المزروعات فى الأراضى غير المحاطة بسياج يمنع عنها المواطنين.
٣ - جميع المزروعات التى تروى بالرش وتكون قريبة جداً من التجمعات السكانية.

ويتطلب تقييد أنواع المحاصيل ، كوسيلة للوقاية الصحية والبيئية ، وجود إطار مؤسسى قوى وقادر على رصد ومتابعة الامتثال للوائح . ولابد من إبلاغ المزارعين بأسباب وجوب هذا التقييد ومساعدتهم فى وضع نظام محصولى.

وفيما يلى ترتيب مفيد للمحاصيل من حيث احتمالات نقل الكائنات الممرضة فى حالة ريها بمياه عادمة معالجة ، بصرف النظر عن طريقة الرى أو نوعية المياه العادمة المستخدمة ، مع مراعاه أن هذه الاحتمالات تتناقص كلما اتجهنا إلى أسفل فى القائمة :

١ - الخضر التى تؤكل نيئة.
٢ - الخضر التى تؤكل مطهوة.
٣ - نباتات الزينة التى تزرع فى الصوبات .
٤ - الأشجار التى تعطى ثماراً تؤكل نيئة دون تقشير.
٥ - الحدائق الترفيهية المفتوحة للجمهور.
٦ - الأشجار التى تعطى ثماراً تؤكل نيئة بعد تقشيرها.
٧ - عنب المائدة.

٨ - نباتات وأشجار الزينة التى يكون دخول الجمهور فيها مقيداً.
٩ - محاصيل العلف .
١٠- أشجار الجوزيات وما يماثلها.
١١- المحاصيل الصناعية.

ويعتبر تقييد المحاصيل استراتيجية تكفل الوقاية لجمهور المستهلكين ، إلا أنها لا توفر الحماية لعمال الزراعة وعائلاتهم ، فهم يظلون معرضين لمخاطر كبيرة بفعل تعرضهم للكائنات الممرضة الموجودة فى المياه العادمة وفى التربة والمحصول. ولهذا فإن الاقتصار على تقييد المحاصيل لا يعد إجراء كافياً بالنسبة للمزارعين ، وإنما يجب استكماله بتدابير أخرى من بينها اتباع قواعد النظافة الصحية العامة للفرد والأسرة.

## ١٣-٧ مستويات المعالجة وعلاقتها بتصنيف المحاصيل الممكن زراعتها

### ١٣-٧-١ مستوى المعالجة المحدودة

أن مجموعات المحاصيل التى تم تصنيفها من حيث خطورة ريها بمياه المجارى تحت اسم المجموعة (أ) ، والتى تشتمل على المحاصيل مثل القطن ومحاصيل الحبوب والسكر وغيرها ، هى أقل المحاصيل خطورة على الصحة فى حالة ريها بمياه المجارى . والمياه المستخدمة فى رى تلك المحاصيل تحتاج على الأقل إلى بعض عمليات الترسيب من أجل تقليل محتوى المسببات المرضية الطفيلية فى المياه ، وتخفيض مستوى الرواسب الصلبة إلى درجة مقبولة. والحد المرغوب فيه من تركيز بيض الديدان الخيطية بوجه عام ، مثل البلهاسيا والاسكارس وغيرها فى تلك المياه ، ولا يزيد عن اللتر كحد ادنى للمعالجة ، يمكن استخدام البرك غير الهوائية التى تتميز بإمكانية بقاء المياه لمدة عامين ، وأيضاً يمكن استخدام خزان الترسيب الذى يتمتع بنفس الخاصية فى بقاء مياه المجارى.

كما أن هذه الطريقة للمعالجة تعتبر أفضل بكثير من الطرق التقليدية التى لا تزيد فيها مدد بقاء المياه فى الترسيب من ساعتين أو ثلاث ، وأيضاً عن الخزانات المخروطية. ومن الطبيعى أن ناتج تلك العملية البسيطة للمعالجة غير الهوائية يكون مخيباً للآمال من زاوية الرائحة ، تبدو مشكلة الرائحة هى الإعتراض الأساسى على ذلك النوع من المعالجة .

وإذ استبدلت البركة غير الهوائية ببركة أكسدة مزدوجة الفعل ، مدة بقاء مياه المجارى فيها حوالى خمسة أيام ، تكون نواتج المعالجة على درجة كبيرة من الجودة وتفى بمتطلبات

زراعة هذا النوع من المحاصيل ، وتحقق شروط أمان إضافية ، وتقضى على مشكلة الرائحة وأثرها المزعج.

**١٣-٧-٢ مستوى المعالجة المتوسط**

إن مجموعة المحاصيل التى سبق تصنيفها تحت اسم المجموعة ( ب ) والتى تشتمل على المحاصيل الخضراء الغذائية والأعشاب المخصصة للرى والمحاصيل الغذائية التى تؤكل بعد طهيها وغيرها ، لها درجة خطورة متوسطة على الصحة العامة عند استخدام مياه المجارى فى ريها.

كما أن استخدام نظام من برك الأكسدة يبدأ ببركة غير هوائية تتميز بإمكانية بقاء مياه المجارى فيها لمدة يومين ، ثم يتبع البرك اللاهوائية برك هوائية لا هوائية ثم برك إنضاج حيث تصل المدة الإجمالية لبقاء المياه في البرك إلى حوالى عشرة أيام ، أو أى نظام مكافىء لنظام الأكسدة المذكور يمكنه أن يزيل كل المسببات المرضية الطفيلية من ديدان وبروتوزوا ، وأيضاً يمكنه تخفيض المحتوى الميكروبى بنسبة لا تقل عن ٩٠%.

أما المستوى المتقدم للمعالجة ، والذى من الممكن أن تروى محاصيل المجموعة ( ج ) ، وبالتالى أى محاصيل زراعية ، بالمياه الناتجة عنه ، ويمكن تحقيق الدرجة المطلوبة من جودة المياه الملائمة لمحاصيل المجموعة ( ج ) باستخدام نظام من ثلاث أو اربع برك أكسدة ، تعقب بركة غير هوائية مدتها يومان ، بحيث لا تقل مدة بقاء المجارى فى مجموعة برك الأكسدة عن عشرين يوماً ، وبذلك يمكن الوصول إلى كفاءة تقرب من ٩٩,٩٩٩% فى التخلص من البكتريا، وأيضاً كفاءة ١٠٠% فى التخلص من الطفيليات، وبالتالى أعلى درجات الأمان المطلوبة.

# الباب الرابع عشر

# الجوانب البيئية والصحية لإعادة إستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة فى الزراعة

تشكل مياه الصرف الصحى المعالجة نسبة تعادل حوالى ١٠ % من الموارد المائية المتاحة بمصر والتى تبلغ حوالى ٦ مليار م$^{3}$ سنوياً عام ٢٠١٧ ويمكن استغلالها لرى مساحة تبلغ ٣٢٠ ألف فدان وعليه فإن إستغلالها كبديل للمياه العذبة فى الرى أو تربية الأحياء المائية وغيرها يحقق عديداً من المزايا الإقتصادية بشرط أن يكون الهدف الرئيسى من إعادة استخدام هذه المياه هو تحقيق المزايا الإقتصادية والحفاظ على البيئة وحماية الصحة العامة فى نفس الوقت .

وتشمل الجوانب البيئية والصحية لإعادة إستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة فى الزراعة على الآتى :

## ١٤-١ الجوانب الإيجابية

تحتوى مياه الصرف الصحى على ملوثات إذا تم إفراغها فى البيئة مباشرة يمكن أن تخلق مشاكل تلوث عديدة لا سيما المواد العضوية ومركبات النيتروجين والفسفور والبوتاسيوم ولكن عند إستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة فى مياه الرى أو فى برك الأسماك فإن هذه المواد والمركبات تعمل كمغذيات "Nutrients" ويمكن الإستفادة منها فى زيادة الإنتاج عند إدارتها بطريقة سليمة .

وقد أسفرت الدراسات التى تم إجراؤها فى كثير من دول العالم عن زيادة غلة المحاصيل فى الأراضى التى تم ريها بمياه الصرف الصحى المعالجة إبتدائياً وثانوياً مع خفض الحاجة أو الإستغناء عن الأسمدة التجارية بالإضافة إلى أن المواد العضوية المضافة عن طريق الرى بالمخلفات السائلة المعالجة تعمل كمحسن للتربة فتزيد من قدرتها على الاحتفاظ بالماء .

وتعتبر إعادة إستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة أفضل طريقة لغسيل التربة من المياه الملحية التى قد تنتج من استخدام المياه الجوفية فى الرى .

ويعود استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة فى زراعة الغابات "Forestry" بمزايا هامة على البيئة المحيطة بالمدن الكبيرة التى عادة ما تعانى من إزالة الأشجار وما ينجم عن ذلك من تدهور للبيئة .

وفى المناطق القاحلة تساعد أحزمة الأشجار "Tree Belts" على تثبيت الكثبان الرملية حول المدن وتحجم من تأثير الزوابع الترابية بجانب المحاصيل التى تنتج منها .

**١٤-٢ الجوانب السلبية**

وعلى الجانب الآخر فإن إفراغ مياه الصرف الصحى غير المعالجة أو المعالجة جزئياً فى البيئة يمكن أن يتسبب فى إنتشار الأمراض وتلوث المياه السطحية والجوفية وكذلك الأراضى ومجمل القول فإن التخطيط السليم والدقيق لإعادة استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة فى الرى أو تربية الأسماك يمنع مشاكل التلوث ويقلل من الخسائر الناجمة ويعوض جزئياً تكلفة مشروعات معالجة مياه الصرف الصحى والتى لا تحقق عائداً مالياً يغطى تكلفتها الإستثمارية.

ويعتبر تلوث المياه الجوفية من المشكلات الهامة والمحتمل أن تنتج من إستعمال مياه الصرف المعالجة فى الرى حيث يشكل تراكم النترات فى المياه الجوفية مشكلات عديدة فى كثير من الدول ، وتعتمد درجة التلوث على معدل الإضافة للمياه المعالجة والظروف البيئية لكل دولة حيث تقل مخاطر تلوث المياه الجوفية فى حالة وجود طبقة عميقة متجانسة غير مشبعة تعلو الطبقة المشبعة من التربة حيث يتم حجز معظم الملوثات فى هذه الطبقة الغير مشبعة .

وتتفاقم مخاطر مشكلة تراكم النترات فى حالة وجود طبقة سطحية غير مشبعة ذات مسامية عاليه أعلى الطبقة المشبعة بالمياه .

وعلى الجانب الآخر فإن المحاصيل تمتص النيتروجين من مياه الرى وبالتالى تقلل من احتمال تلوث المياه الجوفية .

وقد تسبب استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة لفترة طويلة فى الزراعة إلى تعرض التربة لعدة مشاكل منها التملح والقلوية وسوء التغذية وتراكم العناصر الثقيلة إلى حد يصيب التربة بالسمية .

وينبغى دائماً مراعاة الدقة فى تصميم المشروعات الخاصة بإعادة استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة وتجنب تكوين مواطن لنواقل الأمراض مثل الناموس أو القواقع . وتتكاثر بعوضة بيبنز "Culex pipiens" فى المياه الملوثة والبرك الساكنة وهذه البعوضة تنقل مرض الملاريا ، وينبغى استخدام الوسائل والتقنيات القياسية لمكافحة نواقل الأمراض فى جميع مراحل أطوارها تجنباً لإنتشار الأمراض .

## ١٤-٣ الملوثات بمياه الصرف الصحى

تحتوى مياه الصرف الصحى على نوعيات مختلفة من الملوثات أهمها .

### ١٤-٣-١ الملوثات الكيميائية

ويرجع تواجد هذه الملوثات إلى الترخيص بصرف مياه الصرف الصناعى فى شبكات الصرف الصحى ، وقد يحتوى الصرف الصناعى على مواد سامة للإنسان والنبات والحيوان والأحياء المائية .

وتحتوى مياه الصرف الصناعى على معادن ثقيلة وعضويات غير قابلة للتحلل لها أضرار بالغة على صحة الإنسان والبيئة .

ويوصى بعدم الترخيص بصرف مخلفات المصانع على الشبكات العامة للصرف الصحى فى حالة احتواء هذه المخلفات على تركيزات من هذه المواد تخالف المعايير المنصوص عليها بالقانون رقم ٩٣ لسنة ١٩٦٢ واللوائح التنفيذية الخاصة به فى شأن الصرف على شبكات الصرف الصحى ويجب إلزام هذه المصانع بإنشاء وحدات خاصة لمعالجة مخلفاتها السائلة وفقاً لإشتراطات القانون رقم ٤ لسنة ١٩٩٤ بشأن حماية البيئة .

ويفضل عزل المناطق الصناعية وإنشاء نظام صرف متواصل للمخلفات السائلة خاص بهذه المناطق .

وجدير بالذكر أن تراكم المواد السامة والمعادن الثقيلة فى التربة والمحاصيل من أهم المشاكل التى قد تنتج من استخدام مياه صرف صحى معالجة مختلطة بمياه صرف صناعى كمصدر للرى .

حيث تتزايد تركيزات المعادن الثقيلة والأملاح فى التربة بمضى الزمن إلى حد يصل إلى السمية ويشكل خطراً على حياة الإنسان وعلى سلامة البيئة المحيطة .

### ١٤-٣-٢ الملوثات الميكروبيولوجية

تحتوى مياه الصرف الصحى عامة على العديد من الطفيليات والبكتريا والفيروسات والبروتوزوا والديدان وخاصة فى البلاد التى تنتشر فيها أمراض الإسهال والطفيليات المعوية ولذلك يجب مراعاة عدم تعدى محتوى هذه الملوثات بالمياه المستخدمة فى الرى الحدود والمعايير الصحية العالمية المصرح بها فى هذا الشأن وهناك العديد من مخاطر الإصابة بالأمراض عند إعادة إستخدام مياه الصرف الصحى غير المعالجة .

وتختلف هذه الأمراض حسب خصائص مسببات المرض حيث تلعب هذه الخصائص دوراً كبيراً فى تحديد المعايير التى يمكن فى إطارها إعادة إستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة .

وقد سبق عرض لمسببات الأمراض بمياه الصرف الصحى المعالجة فى الباب الرابع.

**١٤-٣-٢-١ فئات الامراض التى تنقل عن طريق مياه الصرف الصحى**

يمكن تصنيف الأمراض التى يمكن التعرض للإصابة بها عند إعادة استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة أو الحمأة فى الزراعة إلى خمسة فئات طبقاً لخصائص مسبب المرض (الممرض) وطرق انتقالها فى البيئة طبقاً لما هو موضح بالمرفــق رقم (١٤-١) والمرفق (١٤-٢) .

**الفئة الأولى**

وتتضمن الأمراض التى تحدثها الفيروسات المنتشرة بمياه الصرف الصحى وتنتقل عن طريق الأشخاص المصابين ولا تتكاثر فى البيئة .

**الفئة الثانية**

وتتضمن الأمراض التى تحدثها البكتريا مسببة الأمراض فى مياه الصرف الصحى وتنقل عن طريق الأشخاص المصابين ويمكن أن تتكاثر فى البيئة خارج العائل .

**الفئة الثالثة**

وتتضمن الأمراض الناتجة من النيماتود المعوية (الديدان المدورة) والتى تنقل عن طريق التربة ولا تحتاج لعائل وسيط ويمكن لكائن ممرض واحد إحداث العدوى .

**الفئة الرابعة**

الأمراض التى تسببها الدودة الشريطية والدودة السوطية ، وهى تحتاج إلى عائل وسيط لإستكمال دورتها التى لا تتم إلا بعد أن تلتهم الأبقار أو الخنازير البويضات الحية للدودة ، وتنتقل للإنسان عن طريق تناول لحم غير مطهى .

**الفئة الخامسة**

تشمل الأمراض التى تسببها الديدان الطفيلية التى تعيش فى الماء وتحتاج إلى عوامل مائية وسيطة مثل القواقع أو الأسماك .

### ١٤-٣-٢-٢ طرق انتقال العدوى والوقاية

كما سبق وذكرنا أن الممرضات تختلف فى طريقة تكاثرها واحتياجها فى تكاثرها لعائل وسيط ، كما تختلف فترة المكون من ممرض لآخر ، وكذا قدرة صمودها فى الظروف البيئية .

ولا تحدث العدوى بالمرض عند إستخدام مياه الصرف الصحى إلا بتوافر العوامل الآتية :

- أن يتكاثر الكائن الممرض بالحقل باعداد كبيرة تسبب العدوى .
- أن تصل الجرعة المعدية من المرض إلى العائل البشرى .
- أن يصبح العائل معدياً .
- أن ينتقل المرض من شخص لآخر .

## ١٤-٤ طرق إزالة الميكروبات بإستخدام طرق معالجة مياه الصرف الصحى

يتم تجميع مياه الصرف الصحى ونقلها لمحطات المعالجة حيث تختلف درجات ونوعيات المعالجة من محطة لأخرى حسب وسائل المعالجة وتكنولوجيا المعالجة المستخدمة ولا تكون لوسائل المعالجة الإبتدائية أو الثانوية التقليدية بمحطات المعالجة تأثير يذكر فى إزالة الميكروبات والجدول (١٤-١) يوضح نسب إزالة الكائنات الدقيقة عن طريق المعالجة التقليدية لمياه الصرف الصحى .

**جدول (١٤-١) نسبة إزالة الكائنات الدقيقة عن طريق المعالجة التقليدية لمياه الصرف الصحى**

| الوسيط المعدى | نسبة الإزالة عن طريق المعالجة الإبتدائية (%) | نسبة الإزالة للوسيط المعدى المتبقى عن طريق المعالجات الثانوية | |
|---|---|---|---|
| | | الحمأة المنشطة (%) | المرشحات الزلطية (%) |
| الفيكال كوليفورم* | < ١٠ | ٩٩ – ٠ | ٩٩ – ٨٥ |
| سلمونيلا | ١٥ – ٠ | ٩٩ – ٧٠ | ٩٩ – ٨٥ |
| بكتريا السل الرئوى | ٦٠ – ٤٠ | ٩٠ – ٥ | ٩٩ – ٦٥ |
| الشيجلا | ١٥ | ٩٠ – ٨٠ | ٩٩ – ٨٥ |
| انتاميباهوستلونيكا | ٥٠ – ٠ | محدودة | محدودة |
| بويضات الديدان | ٩٨ . ٥٠ | محدودة | ٧٥ – ٦٠ |
| الفيروسات المعوية | محدودة | ٩٩ – ٧٥ | ٨٥ – ٠ |

* تحتوى مياه الصرف الصحى الخام على اعداد حوالى ٨ × ١٠ $^{٦}$ وحدة لكل ١٠٠ مليلتر.

والتطهير disinfection هو أهم عملية للقضاء على الكائنات الدقيقة الممرضة فى مياه الصرف الصحى وتتم بعد المعالجة الثانوية فى معظم الحالات .

وعلى مستوى جمهورية مصر العربية فإن الكلور هى المادة الأكثر شيوعاً فى الإستخدام فى عملية التطهير سواء لمياه الشرب أو مياه الصرف الصحى المعالجة وعلى الرغم من أن الأوزون والأشعة الفوق بنفسيجية تستخدم عالمياً فى تعقيم مياه الصرف الصحى المعالجة إلا أنها لم تستخدم فى هذا المجال فى مصر .

وقد نصت المادة الخامسة من اللائحة التنفيذية للقانون رقم ٤٨ لسنة ١٩٨٢ بشأن حماية نهر النيل والمجارى المائية :

"على أنه يجب تعقيم المخلفات بعد المعالجة وقبل صرفها إلى مجارى المياه العذبة ويفضل الأوزون وفى حالة إستخدام الكلور ومشتقاته يجب ألا يقل الكلور المتبقى بعد عشرين دقيقة من إضافته عن ٠,٥ مليجرام / لتر ولا يزيد عن ١ مليجرام / لتر " .

كما نصت المادة رقم ٦٧ من ذات اللائحة "على أنه فى حالة صرف مياه الصرف الصحى أو مخلفات صناعية سائلة مختلطة بمياه الصرف الصحى إلى مسطحات المياه غير العذبة يجب بناء على طلب الجهة الصحية المختصة معالجة المياه المنصرفة بالكلور لتطهيرها قبل صرفها بحيث لا يقل الكلور المتبقى بعد عشرين دقيقة من إضافته عن ٠,٥ مليجرام/لتر وبحيث تكون أجهزة ومواد التطهير متوفره وجاهزة للعمل بصفة مستمرة لإنجاز هذه المعالجة عند طلب إجرائها" .

ومن أهم العوامل لتقييم جدوى البدائل المستخدمة فى عملية تطهير المياه ما يلى :

- الكفاءة فى التخلص من الكائنات الممرضة .
- التكلفة الإنشائية .
- التكلفة الدورية للتشغيل والصيانة .
- سهولة تداول المادة وتخزينها .
- طرق الإضافة والتحكم والأمان .
- التأثيرات المضادة المحتملة والاخطار التى قد تتعرض لها الأحياء المائية أو الإنسان نتيجة تكوين مواد سامة أو مسرطنة .

والمرفق رقم (١٤-٣) يوضح النقاط الهامة التى تساعد فى المفاضلة بين المواد المستخدمة فى التطهير .

## ١٤-٤-١ المواد المستخدمة فى تطهير مياه الصرف الصحى المعالجة

### أولاً : الكلور

يتم تعبئة غاز الكلور المسيل فى اسطوانات تحت ضغط عال ويتم تخزينها فى مواقع محطات المعالجة مع إتخاذ كافة احتياطات الأمان اللازمة والكمية المخزنة لا يجب أن تزيد عن احتياج المحطة لمدة شهر واحد .

تتأثر جرعة الكلور المستخدمة فى تطهير مياه الصرف الصحى المعالجة للمستوى المطلوب بصورة كبيرة على المكونات الموجودة بمياه الصرف الصحى فوجود المكونات العضوية يستهلك نسبة من جزئيات مادة التطهير وهذا يحمى جزئيات الكائنات الدقيقة المراد التخلص منها من تأثير المادة المطهرة .

وتتفاعل الأمونيا بمياه الصرف الصحى مع الكلور لتكون الكلورامين والذى يعتبر نوع من المطهرات أقل كفاءة من الكلور الحر .

وعمليات جرعة الكلور المضاف تحدد من الخبرة استناداً إلى كمية الكلور المتبقى المطلوبة ومواصفات المياه المعالجة المطلوبة والكلور الذى يعتبر فى تركيزاته المنخفضة سام لعديد من الكائنات المائية يمكن التحكم فيه بسهولة فى مياه الإستصلاح عن طريق عملية إزالة الكلور بإستخدام ثانى أكسيد الكبريت والجدول (١٤-٢) يوضح جرعة الكلور المستخدمة حسب درجة المعالجة

جدول (١٤-٢) جرعة الكلور المستخدمة حسب درجة المعالجة

| نوع المعالجة | جرعة الكلور من الخبرة العملية |
|---|---|
| المعالجة الإبتدائية | من ١٨ – ٢٤ مليجرام / لتر |
| المعالجة الثانوية | من ٨ – ١٢ مليجرام / لتر |

وتعتمد كفاءة عملية الكلوره على درجة حرارة المياه والأس الهيدروجينى ودرجة الخلط ومدة التفاعل ووجود مواد أخرى قد تدخل فى التفاعل وتركيز الكلور وطبيعة وتركيز الكائنات الصغيرة المراد القضاء عليها وعادة فإن البكتريا أقل مقاومة للكلور من الفيروسات والفيروسات بدورها أقل مقاومة للكلور من الطفيليات وبويضات الديدان ويجب تحديد جرعة الكلور المضافة بدقة تجنباً لتفاعل الكلور مع المواد العضوية مكوناً مواد مسرطنة أو سامة .

### ثانياً : هيبوكلوريت الصوديوم

يوجد فى صورة محلول بتركيز حوالى ٣ % وعليه ترتفع تكلفة نقله وتخزينه بالإضافة إلى قابليته للتحلل عند تحضيره لتركيزات مرتفعة ويتأثر هيبوكلوريت الصوديوم بالتعرض للضوء والحراره . لذا يجب تخزينه بمواقع باردة وخزانات مقاومة للتآكل ولا يستخدم محلول هيبوكلوريت الصوديوم فى تطهيره مياه الصرف الصحى فى مصر على الرغم من أنه لا يحتاج لإحتياطات أمان فى نقله وتخزينه بمواقع المحطات .

**ثالثاً : الأوزون**

الأوزون ($O_3$) وسيط مطهر قوى للغاية ومؤكسد كيمائى قوى فى كل من التفاعلات العضوية والغير عضوية ونظراً لعدم اتزان غاز الأوزون فى الطبيعة فيجب توليده فى الموقع من الهواء أو حاويات غاز الأكسجين .

ويدمر الأوزون البكتريا والفيروسات عن طريق الأكسدة السريعة لكتل البروتين ويحدث تطهير المياه فى دقائق معدودة .

ومن عيوب استخدام الأوزون فى التطهير إرتفاع التكلفة واستهلاك الطاقة ويعتبر نظام التطهير بالأوزون أكثر تعقيداً فى التشغيل والصيانة من نظام الكلوره كما أنه لا يكون له أثر متبقى فى المياه المعالجة .

والأوزون ذو كفاءة عاليه كمطهر فى المحطات التى تستخدم مستويات المعالجة المتقدمة حيث يزيل اللون تماماً ويزيد من الأكسجين المذاب فى المياه المعالجة .

**رابعاً : الأشعة فوق البنفسجية (UV)**

الأشعة فوق البنفسيجية هى وسيط فيزيائى مطهر ولها اشعاع بطول موجى قدرة ٢٥٤ نانوميتر حيث تخترق الأشعة جدار الخلايا ويتم إمتصاصها بواسطة الحامض النووى للخلايا الأمر الذى يمنع انقسام الخلايا ويتسبب فى موتها .

وتلقى الأشعة الفوق بنفسجية اهتماماً متزايداً كمطهر للمياه المعالجة التى تستخدم فى الزراعة لأنها فى بعض الأحيان تكون أقل تكلفة من التطهير بالكلور بالإضافة إلى أنها أكثر أماناً فى الإستخدام والتداول من غاز الكلور ولا تسبب فى تكوين هيدروكربونات مكلوره كما يحدث فى حالة التطهير بإستخدام الكلور .

وتستخدم الأشعة الفوق بنفسجية فى تطهير مياه الصرف الصحى المعالجة على نطاق واسع عالمياً وخاصة فى الولايات المتحدة الأمريكية .

ويعبر الجدول (١٤-٣) عن كفاءة التخلص من الكوليفورم البرازى بإستخدام جرعات مختلفة من الأشعة الفوق بنفسجية .

**جدول (١٤-٣) كفاءة التخلص من الكوليفورم البرازى بإستخدام جرعات مختلفة من الأشعة الفوق بنفسجية**

| الجرعات بالميكروووات ثانية /سم$^{٢}$ | محتوى الكوليفوم البرازى |
|---|---|
| ٦٠ | ٢٣ وحدة لكل ١٠٠ مليلتر |
| ٩٧ | ٢,٢وحدة لكل ١٠٠ مليلتر |

### ١٤-٥ مدة الثقة والإعتماد على كفاءة محطات المعالجة

تحتاج عملية إعادة استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة إلى نظام أو أسلوب تحكم يضمن استمرارية تغذية الأراضى بالمياه بالمعدل والكفاءة المطلوبة وحتى يمكن الثقة والإعتماد على كفاءة محطات معالجة مياه الصرف الصحى يجب التأكد مما يلى :

١ – تغذية المحطة من أكثر من مصدر كهربائى مع ضرورة وجود مصدر كهربائى احتياطى لتغطية حالات انقطاع التيار .
٢ – تزويد المحطات بوحدات ومعدات احتياطية .
٣ – تزويد المحطات بأنظمة قياس وتحكم آليه وأجهزة إنذار للأعطال فى كل عملية من عمليات المعالجة .
٤ – متابعة سجلات التشغيل للتحقق من وجود العمالة المؤهلة للتشغيل والصيانة فى جميع الورديات .
٥ – تطبيق نظام جودة للتحقق من دقة أخذ وتحليل العينات فى المعمل وبالتالى كفاءة المعالجة.
٦ – وجود منشأ لتخزين الطوارئ لمنع استخدام المياه المعالجة غير المطابقة للمواصفات فى الرى وبشكل يسمح بإعادة معالجة المياه أو التخلص منها بشكل آمن بيئياً وصحياً .
٧ – وجود وسائل تخزين إضافى للتحقق من امداد المستخدم بإحتياجاته المائية .
٨ – إحكام الرقابة على الصرف الصناعى والتأكد من مطابقته للمعايير قبل صرفه على الشبكات .
٩ – استخدام نظام تشغيل يحقق مرونة فى استخدام الشبكات والطلمبات .
١٠– المتابعة الدقيقة لتحديد جرعات الكلور المضافة للتطهير والتحكم الآلى فى نسبة الكلور المتبقى .

١١- وجود مناطق تخزين طوارئ للحمأة أو التخلص النهائى من الحمأة غير المطابقة للمعايير الآمنة .

**١٤-٦ رى المحاصيل والمساحات الخضراء وتأثيرها على البيئة**

من العوامل التى تزيد من احتمال تلوث البيئة عند استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة فى الزراعة زيادة حجم تلك المياه عن احتياج المساحات المحيطة بمحطات المعالجة والتى يمكن ريها بهذه المياه وينتج عن ذلك :

١ - إضافة مياه الصرف الصحى بمعدلات أسرع من معدل النفاذية للتربة يؤدى إلى تجميع الماء وركوده فوق سطح التربة مما يؤدى إلى قتل معظم الغطاء النباتى وتوليد رائحة كريهة .

٢ - إنتشار الكائنات الدقيقة المسببة للأمراض .

٣ - زيادة تركيز العناصر الثقيلة فى التربة الى معدلات قد تكون سامة للنبات أو الإنسان أو الحيوانات التى تتغذى على النباتات .

٤ - زيادة تركيز كل من الكربون والنيتروجين والفسفور فى المياه السطحية مما يؤدى إلى زيادة نمو الطحالب ونباتات مائية أخرى .

٥ - زيادة تركيز الصوديوم أو الأملاح الكلية أو كليهما فى التربة إلى درجة تكون سامة للنبات.

بالإضافة إلى أن مياه الصرف الصحى تحتوى على كربون نشط Active Carbon يمثل مصدراً للطاقة لنمو البكتريا وتكاثرها . وعندما تصل مياه الصرف الصحى إلى مصدر المياه السطحية فإن البكتريا التى تقوم بإستغلال الكربون أثناء عمليات الأيض وتتسبب فى نقص الأكسجين الذائب فى الماء الضرورى لحياة الأسماك والأحياء المائية الأخرى مما يؤدى إلى الإختلال البيئى (Eutrophication) .

وفى حالة صرف مياه الصرف الصحى المعالجة على المجارى المائية العذبة أو غير العذبة يجب مراعاة عدم تجاوز المعايير الموضوعة بالقانون ٤٨ لسنة ١٩٨٢ بخصوص قيمة الأكسجين الحيوى المستهلك $BOD_5$ .

وفيما يلى الأساليب الموصى بها للتغلب على المشكلات الناتجة عند إستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة فى الزراعة .

- تحديد كمية مياه الرى فى ضوء احتياجات المحصول للمياه مع الحد الأدنى من غسل التربة .

- تحديد مناوبات الرى بناء على احتياجات المحصول للمياه ، وقدرة التربة على الاحتفاظ بالمياه ، ونوعية المياه العادمة .
- اختيار المحاصيل التى تستطيع أن تمتص المكونات الخطيرة الموجودة فى المياه المعالجة.
- إدخال زراعة المحاصيل الحاصدة للأملاح ضمن الدورة المحصولية ، فى حالة استخدام المياه المالحة .

وتجنباً للتلوث بالنترات ($NO_3$-N) يمكن تقليل كمية المياه التى تزود المحصول بما يحتاج إليه من النيتروجين ، وفى حالة زيادة كمية النيتروجين عن حاجة المحصول فعندئذ يجب اتباع ما يلى :

- اختيار محصول يحتاج إلى كمية كبيرة من النيتروجين .
- اختيار نظام للرى يضمن أعلى مستوى من توزيع المياه بالتساوى .
- خلط المياه بمياه عذبة .
- تشغيل شبكة الرى وصيانتها عند مستوى مقبول .

## ١٤-٧ تأثير مياه الصرف الصحى المعالجة على المياه السطحية ومشكلة تراكم المواد العضوية ونمو الطحالب

يعتبر وجود عضو النيتروجين بدرجة تركيز عالية وكذلك عنصر الفسفور من الأهمية وخاصة عندما تجمع المياه المعالجة خلف السدود قبل إستخدامها للرى لأن هذان العنصران ربما يهيئان الظروف المواتية لتراكم المواد العضوية . ففى مثل هذه الأحوال يشيع ازدهار الطحالب الخضراء ، ويتعذر التغلب على ما يصاحب ذلك من مشكلات أهمها انسداد شبكات الرى بالضغط ، وهذه المشكلة بالذات تؤرق المزارعين .

## ١٤-٨ تأثير المياه المعالجة على المحاصيل والنباتات

تصيب بعض مكونات المياه العادمة المحاصيل التى تروى بها بأضرار عامة من بينها الملوحة الى جانب احتمال إصابتها بالتسمم الناتج عن إرتفاع نسبة تركيز عناصر معينة فيها مثل البورون وبعض المعادن الثقيلة ، وفى هذه الحالة تموت أجزاء من أوراق النبات ويكون فى موتها دلالة على أعراض التسمم بالبورون فى المحاصيل الحساسة له .

### ١٤-٩ مشكلات الصحة الحيوانية

يمكن استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة لسقى الحيوانات إذا كانت مطابقة للمعايير الواردة فى الجدول مرفق (١٤-١) الذى يبين القيم القصوى المسموح بها لأهم العناصر بالمياه المعالجة . حيث أنه فى معظم الحالات يصعب منع الحيوانات الداجنة من شرب المياه المعالجة.

### ١٤-١٠ الرصد المتكامل لنوعية مياه الصرف الصحى المعالجة المستخدمة لأغراض الرى

وفيما يلى الثوابت الكيماوية المقترحة بشأن نوعية المياه والتى يمكن رصدها دورياً أو بإنتظام إما بواسطة المزارعين أو بواسطة السلطات المختصة .

#### ١٤-١٠-١ درجة التوصيل الكهربائى ($EC_w$)

وهذه يعبر عنها بوحدات ديسى سايمنز / متر (dc/m) عند درجة حرارة ٢٥ مئوية ، وهى من أكثر وحدات القياس شيوعاً ، خصوصاً فى المناطق الجافة وشبه الجافة ، لتقدير إجمالى كمية الأملاح القابلة للذوبان فى الماء وقد تكون الملوحة هى أهم المعايير التى يحدد على ضوئها التركيب المحصولى وكيفية إدارة الحقول التى تروى بمياه الصرف الصحى المعالجة والجدول (١٤-٤) يوضح الحد الأعلى لدرجة لدرجة ملوحة مياه الصرف الصحى المعالجة وعلاقتها بنسبة الطين (Clay) بالتربة.

**جدول (١٤-٣) الحد الأعلى لدرجة ملوحة مياه الصرف الصحى المعالجة وعلاقتها بنسبة الطين (Clay) بالتربة**

| طبيعة التربة | طبيعة المحصول | الحد الأعلى لتوصيل الكهرباء ميكروموز * |
|---|---|---|
| تربة نسبة الطين بها لا تقل عن ٣٠ % | شبه متوائم | ١٥٠٠ |
| | متوائم | ٢٠٠٠ |
| تربة نسبة الطين بها من ٢٠ إلى ٣٠ % | شبه متوائم | ٢٠٠٠ |
| | متوائم | ٤٠٠٠ |
| تربة نسبة الطين بها من ١٠ إلى ٢٠ % | شبه متوائم | ٤٠٠٠ |
| | متوائم | ٦٠٠٠ |
| تربة نسبة الطين بها أقل من ١٠ % | شبه متوائم | ٦٠٠٠ |
| تربة نسبة الطين بها أقل من ١٠ % | شبه متوائم | ٦٠٠٠ |
| | متوائم | ٨٠٠٠ |

* يراعى تخفيض هذه القيم إلى النصف فى حالة إرتفاع منسوب المياه الجوفية إلى منسوب جذور النباتات .

### ١٤-١٠-٢ الكاتيونات والأنيونات Cations & Anions

هى أنيونات الكالسيوم والماغنسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والكربونات والبيكربونات والكبريتات والكلوريدات وبعضها يجوز رصده فى البداية فقط على أن يرصد بعد ذلك على فترات لأنه لا يتعرض لتغيرات كثيرة . وهناك أنيونات أخرى ، منها البورون ، يجب رصدها بإنتظام لأن وجود البورون قد يكون عائقاً أساسياً لإستخدام المياه لأغراض الرى .

### ١٤-١٠-٣ نسبة الصوديوم المدمص Sodium Adsorption Ratio

هو أكثر المقاييس شيوعاً لرصد التحولات الفيزيائية والكيماوية التى تتعرض لها التربة .

$$SAR = Na / [(ca + Mg) / 2]^{1/2}$$

حيث يعبر عن تركيزات الأيونات بالمللى مكافئ / لتر (Meq/1)

### ١٤-١٠-٤ المعادن الثقيلة والعناصر النادرة Heavy metals and trace elements

على الرغم من وجود المعادن الثقيلة والعناصر النادرة (Trace elements) مثل الألومنيوم (AL) ، والزرنيخ (As) ، والباريوم (Ba) ، والكادميوم (Cd) ، والكروم (Cr) ، والنحاس (Cu) ، والحديد (Fe) ، والرصاص (Pb) ، والليثيوم (Li) ، والمنجنيز (Mn) ، و الزئبق (Hg) ، والنيكل (Ni) ، والسيلينيوم (Se) فى المياه العادمة ، فإن وجودها لا يحول دون استخدام هذه المياه . ومع ذلك ينصح بإستكشاف هذه المواد ولو مرة واحدة قبل بداية الرى بهذه المياه . كما يوصى بالرصد الدورى لما هو موجود منها بتركيزات قد تؤثر على العلاقة بين التربة والنباتات .

### ١٤-١٠-٥ العناصر المغذية للنبات

ينصح برصد النيتروجين بصورة نترات ($NO_2$-N) والأمونيوم ($NH_4$-N) والفسفور (P) ، والبوتاسيوم (k) لثلاثة أسباب رئيسية هى :

- دير كمية الأسمدة الإضافية اللازمة لتعظيم الغلة ونوعية المحصول .
- المساعدة فى تحديد التركيب المحصولى الملائم للإستخدام الأفضل للمياه والعناصر الغذائية.
- حماية المياه السطحية والمياه الجوفية من التلوث بالنترات ($NO_3$-N)

## ١٤-١١ اختيار المحاصيل بما يوفر الوقاية الصحية

حددت توصيات منظمة الصحة العالمية مواصفات مياه الصرف الصحى المعالجة المصرح بها للإستخدامات غير المقيدة :

- أقل من ١٠٠٠ وحدة بكتيريا برازية لكل ١٠٠ ملليمتر .
- أقل من بيضة ديدان معوية واحدة للتر .

وفى هذه الحال يمكن إستخدامها لرى جميع المحاصيل دون الحاجة إلى أية تدابير أخرى للوقاية الصحية ، أما فى حالة عدم توافق المياه توافقاً تاماً مع هذه التوصيات ، فيمكن أيضاً إستخدامها لرى محاصيل مختارة دون أن يمثل ذلك خطراً على صحة المستهلك عن طريقين :

- أولاً : تقييد زراعة المحاصيل .
- ثانياً : الحد من التعرض البشرى .

### أولاً : تقييد زراعة المحاصيل

يتطلب الأمر تقييد أنواع المحاصيل للإقلال من احتمالات نقل الكائنات الممرضة فى حالة ريها بمياه صرف صحى معالجة ، بصرف النظر عن طريقة الرى أو نوعية المياه المعالجة المستخدمة مع مراعاة أن احتمالات نقل الكائنات الممرضة تتناقص كلما إتجهنا إلى أسفل فى القائمة :

١ – الخضر التى تؤكل نيئة .
٢ – الخضر التى تؤكل مطهوة .
٣ – نباتات الزينة التى تزرع فى الصوبات لبيعها .
٤ – الأشجار التى تعطى ثماراً تؤكل نيئة دون تقشير .
٥ – الحدائق الترفيهية المفتوحة للجمهور .
٦ – الأشجار التى تعطى ثماراً تؤكل نيئة بعد تقشيرها .
٧ – عنب المائدة .
٨ – نباتات وأشجار الحدائق الترفيهية التى يكون دخول الجمهور فيها مقيداً .
٩ – محاصيل العلف .
١٠– أشجار الجوزيات وما يماثلها .
١١– المحاصيل الصناعية .

**حماية العمال والمستهلكين**

ويعتبر تقييد المحاصيل استراتيجية تكفل الوقاية لجمهور المستهلكين ، إلا أنها لا توفر الحماية لعمال الزراعة وعائلاتهم ، فهم يظلون معرضين لمخاطر كبيرة بفعل تعرضهم للكائنات الممرضة الموجودة فى مياه الصرف الصحى المعالجة وفى التربة والمحصول . ولهذا فإن الإقتصار على تقييد المحاصيل لا يعد إجراء كافياً بالنسبة للمزارعين ، وإنما يجب إستكماله بتدابير أخرى من بينها إتباع قواعد النظافة العامة للفرد والأسرة .

ويمكن تقسيم المحاصيل إلى ثلاث مجموعات حسب درجة احتياجها لإتخاذ إجراءات للوقاية الصحية طبقاً لجدول (١٤-٥):

الفئة ( أ ) : محاصيل لا تحتاج تدابير إضافية لها وإنما تحتاج تدابير وقائية لعمال الزراعة وهى التى تروى بإستخدام مياه درجة معالجتها لا تقل عن المعالجة الإبتدائية .

- المحاصيل غير المخصصة للإستهلاك الآدمى (القطن والسيزال) .
- المحاصيل التى يتم معاملتها بالحرارة أو التجفيف قبل عرضها للإستهلاك الآدمى (الحبوب ، البذور الزيتية وبنجر السكر).
- الخضر والفواكه التى تزرع لأغراض التعليب أو لأغراض التصنيع الأخرى التى تقضى بالفعل على الكائنات الممرضة .
- محاصيل العلف التى تحصد وتجفف فى الشمس قبل أن تستهلكها الحيوانات .
- رى الحدائق المقامة فى مناطق محاطة بأسوار وغير مفتوحة للجمهور (المشاتل والغابات والأحزمة الخضراء).

الفئة (ب) : محاصيل يلزم معها اتخاذ تدابير إضافية (للمحاصيل وعمال الزراعة) وهى التى يستخدم فى ريها مياه معالجة ثانوياً مع الإزالة الكاملة للديدان والقولونيات البرازية:

- أراضى المراعى ومحاصيل العلف الأخضر .
- المحاصيل المخصصة للإستهلاك الآدمى ، ولا تتلامس مباشرة مع المياه العادمة، والتى يشترط أيضاً ألا تلامس الأرض وألا تروى بنظام الرش (الأشجار المثمرة ، والكروم وغيرها).
- المحاصيل المخصصة للإستهلاك الآدمى ، ولا تؤكل عادة إلا بعد طهوها (البطاطس ، الباذنجان والبنجر).
- المحاصيل المخصصة للإستهلاك الآدمى ، ولا يؤكل قشرها (الشمام ، البطيخ ، الحمضيات والموز والجوزيات والفول السودانى).

- أى محصول يروى بنظام الرش .

الفئة (جـ) : محاصيل لا تحتاج أية تدابير وقائية للمحاصيل أو عمال الزراعة وتروى بمياه معالجة معالجات متقدمة تحقق المستويات الميكروبيولوجية الموضوعة من منظمة الصحة العالمية :

- أية محاصيل تؤكل عادة نيئة وتزرع فى مكان شديد القرب من مصدر المياه العادمة (الخضروات الطازجة مثل الخس والجزر أو الفواكه المروية بالرش).
- الحدائق المفتوحة للجمهور (المتنزهات العامة ، والمسطحات الخضراء وملاعب الجولف).

**جدول (١٤-٥) تقسيم المحاصيل إلى مجموعات طبقاً لإحتواء مياه الصرف الصحى المعالجة على المسببات المرضية**

| الفئة | المتوسط الحسابى لبيضة النيماتويد/لتر | المتوسط الهندسى للكوليفورم البرازية / ١٠٠ مليليتر | نوع المعالجة |
|---|---|---|---|
| أ | غير مقيد | غير مقيد | معالجة إبتدائية على الأقل |
| ب | ≤ ١ | لا يوجد معيار محدد | بحيرات أكسدة بمدة مكث من ٨ إلى ١٠ أيام |
| ج | خالية | ≤ ١٠٠٠ | معالجة متقدمة |

**ثانياً : الحد من تعرض البشر لمياه الصرف الصحى المعالجة وعلاقته بالصحة العامة**

إن الحد من المخاطر التى تتعرض لها الصحة العامة من جراء الأمراض التى تنقل عن طريق المياه عند استخدام المياه العامة المعالجة فى أغراض الرى له أهمية بالغة . ولا بد من تحديد ودراسة مجموعات الأفراد المعرضين لهذه المخاطر ، والأسباب التى تجعلهم معرضين لها . ويمكن تحديد المجموعات على النحو التالى:

**عمال المزارع**

إن إحتمال ابتلال أيديهم أو ملابسهم أو أجزاء أخرى من أجسامهم من جراء التسرب أو غيره ، يمثل بلا شك أكبر المخاطر التى يتعرضون لها . ولهذا يجب عليهم أن يكونوا على دراية بهذه المخاطر وأن يتعاملوا بحذر مع المياه العادمة.

**العمال الذين يتداولون المحاصيل الملوثة أو يقومون بتعبئتها**

إذا لم تتم مرحلة المعالجة بالحرص الواجب ، وإذا لم يتبع النظام الملائم للرى ، فإن الكائنات الممرضة ربما تظل موجودة فى المحاصيل بتركيز شديد يؤدى إلى تلوث أيدى المزارعين وملابسهم .

**المستهلكون**

هذه الفئة تضم فى حقيقة الامر الجمهور العام الذى يشمل الاطفال والمسنين وغيرهم من ذوى القدرة المحدودة على مقاومة الكائنات الممرضة . ويجب على المزارعين أن يتحملوا مسئوليتهم عن هذه الفئة وأن يتعاملوا مع المياه العادمة بالشكل الذى يحمى المحاصيل من التلوث، لآن المحاصيل الملوثة بالكائنات الممرضة ، وخصوصا التى تؤكل نيئة ، تعرض المستهلكين للاصابة بهذه الكائنات ، فى حالة عدم غسل وتنظيف الكائنات كما يمكن الحد من المخاطر التى يتعرض لها المستهلكون بالظهور الجيد واتباع تعليمات النظافة والصحة المعتادة . ويجب احاطة السكان المحلين احاطة تامة بمواقع جميع الحقول المروية بالمياه العادمة المعالجة، وذلك بتحاشى السكان دخول هذه الحقول ويمنعون أطفالهم من دخولها.

**الجمهور العام الذى يستخدم المرافق الترفيهية التى تروى بالمياه العادمة**

وخصوصا فى حالة رى الحدائق التى يلعب فيها الآطفال أو التى يدخلها غيرهم. ففى حالة وجود الكائنات الممرضة بتركيز شديد فى هذه الحدائق عند ريها تزيد احتمالات انتقال الكائنات الممرضة ، ولا يكون المزارعون فى هذا الوقت مسئولين عن استخدام المياه العادمة.

**المارة أو السكان المقيمين بجوار المناطق المروية بالمياه العادمة المعالجة**

ومن البديهى أن الحد من المخاطر الصحية يقتضى أن يكون المزارعون أولا وقبل أى شئ على دراية وافية بنوعية الكائنات الدقيقة الموجودة فى المياه العادمة.

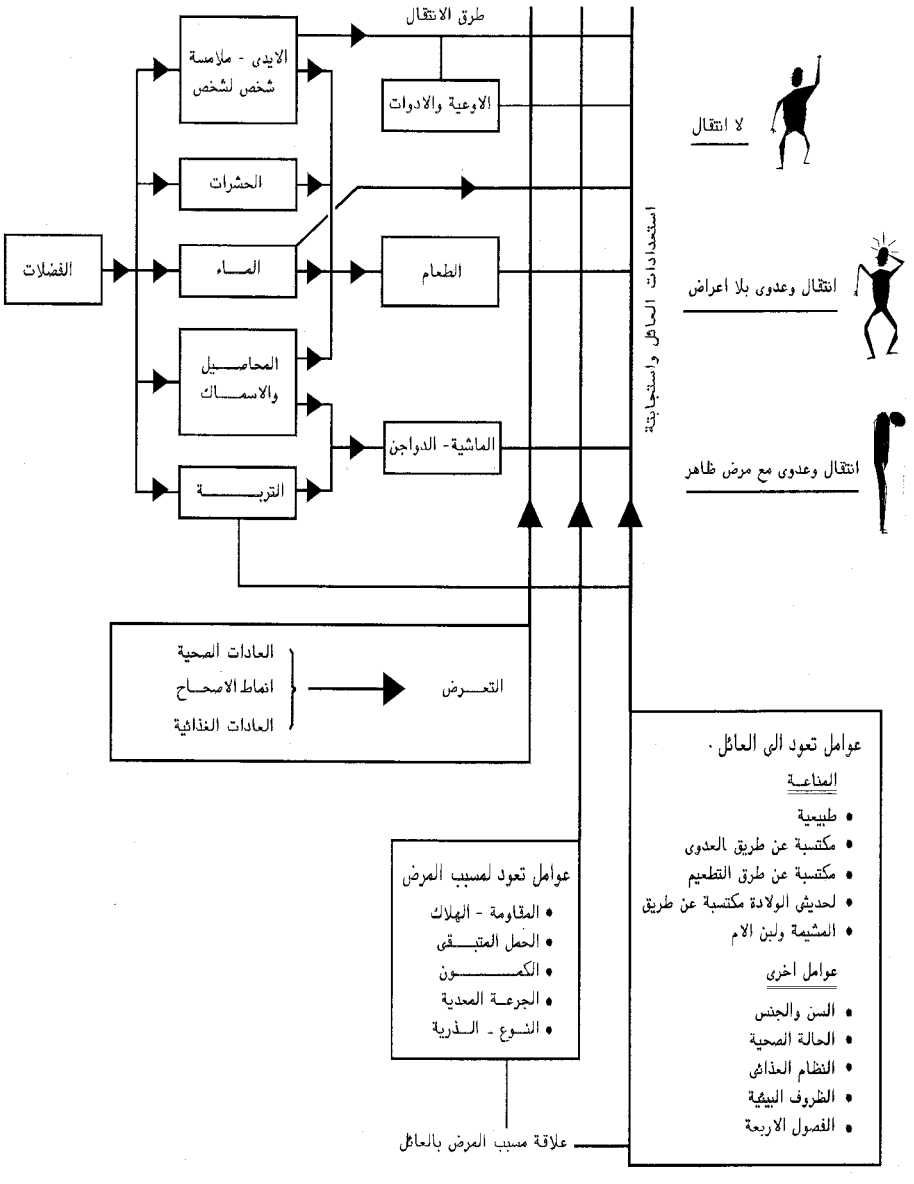
## (مرفق ١٤-١)

## الأمراض التى تنقل عن طريق مياه الصرف الصحى

| الفئة والصفات الوبائية | الممرض | مصدر الإنتقال للبيئة | طرق السيطرة والوقاية |
|---|---|---|---|
| **الفئة الأولى**<br>الأمراض الغير كاملة ذات معدل عدوى منخفض | فيروسات معوية<br>فيروس الإلتهاب الكبدى ( أ )<br>فيروس روتا<br>القربية القولونية (بلانتيديوم كولاى)<br>انتاميبا هستوليتكيا<br>الجيارديا اللمبلية<br>انتروبياس فرميكولازس<br>هيمنوليس نانا | الأشخاص | الإمداد بمياه الشرب النقية<br>زيادة الوعى الصحى<br>تحسين الظروف السكنية<br>الإمداد بخدمات الصرف الصحى |
| **الفئة الثانية**<br>الأمراض الغير كامنة ذات معدل عدوى متوسط أو سريع (لها قدرة على البقاء والتكاثر) | كمبايلو باكترفيتس<br>الكوليرا<br>الاسريكية القولونية الممرضة<br>السلمونيلا<br>الشيجيلا<br>التيفود<br>اليرسنية المعوية القولونية<br>فيبروكوليرا | الأشخاص<br>المياه<br>المحاصيل | الإمداد بمياه الشرب النقية<br>الاهتمام بالوعى الصحى<br>الإمداد بخدمات الصرف الصحى<br>معالجة المخلفات قبل إعادة استخدامها أو التخلص منها . |
| **الفئة الثالثة**<br>أمراض كامنة لا تحتاج لعائل وسيط | الإسكارس<br>الديدان الخطافية<br>الاسطوانة البرازية<br>تريكورس | الحدائق<br>الحقول<br>المحاصيل | الإمداد بخدمات الصرف الصحى<br>معالجة المخلفات قبل إضافتها للأراضى |
| **الفئة الرابعة**<br>أمراض كامنة تحتاج لعائل وسيط مثل الأبقار والخنازير | الديدان الشريطية والشريطية الوحيدة | الحدائق<br>الحقول<br>الطرق التى ترتادها الحيوانات | الإمداد بخدمات الصرف الصحى<br>معالجة المخلفات قبل إضافتها للأراضى<br>الكشف عن اللحوم قبل طهوها |
| **الفئة الخامسة**<br>أمراض كامنة تحتاج لعائل مائى وسيط | البلهارسيا<br>المتورقة الكبدية (Fasciola) | المجارى المائية | الإمداد بخدمات الصرف الصحى<br>معالجة المخلفات قبل التخلص منها |
| | جاسترد دسكويدس<br>هتروفيس<br>العوساء العريضة | | العناية بالحيوانات<br>مراقبة العائل الوسيط<br>طهو النباتات المائية والأسماك<br>الإقلال من الاحتكاك بالماء الملوث |

# (مرفق ١٤-٢)

## الأمراض التى تنقل عن طريق مياه الصرف الصحى



## (مرفق ١٤-٣)

## المفاضلة بين الوسائل المستخدمة فى عملية التطهير

| الإعتبارات الهامة | الكلورة | الأوزون | الأشعة الفوق بنفسجية |
|---|---|---|---|
| حجم المحطة | كل الأحجام | متوسطة إلى كبيرة | صغيرة لمتوسطة |
| مستوى المعالجة المستخدم قبل عملية التعقيم | كل مستويات المعالجة | معالجة ثانوية | معالجة ثانوية |
| مدى الثقة فى المعدات | جيد | متوسط - كبير | متوسط - كبير |
| التحكم فى العملية | متطور جداً | جارة تطويره | جارة تطويره |
| تعقيد التكنولوجيا | بسيطة إلى متوسطة | معقدة | بسيطة إلى متوسطة |
| احتياطات الأمان عند النقل | هامة جداً | لا يوجد | لا يوجد |
| احتياطات الأمان بالموقع | مستمرة | متوسطة | أقل ما يمكن |
| كفاءة التخلص من البكتريا | جيد | جيد | جيد |
| كفاءة التخلص من الفيروسات | غير مؤثر | جيد | جيد |
| سمية الأسماك | سام | غير متوقع | غير سام |
| المركبات الجانبية | يكون مواد خطره | غير متوقعة | لا يكون مواد خطره |
| وجود نسبة متبقية | ذات تأثير طويلة | لا يوجد | لا يوجد |
| مدة التفاعل التلامس | طويلة | متوسطة | قصيرة |
| الأكسجين المذاب المساهم | لا | نعم | لا |
| التفاعل مع الأمونيا | نعم | نعم (فى حالة إرتفاع الأس الهيدروجينى) | لا |
| إزالة اللون | متوسط | نعم | لا |
| زيادة المواد الصلبة الذائبة | نعم | لا | لا |
| الاعتماد على الأس الهيدروجينى | نعم | فى حالة إرتفاع الأس الهيدروجينى | لا |
| حساسية التشغيل والصيانة | ضئيلة | مرتفعة | متوسطة |
| احداث التآكل | نعم | نعم | لا |

# الباب الخامس عشر
# النواحى الاقتصادية والمؤسسية والإجتماعية والثقافية لإستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة

## ١٥-١ النواحى الاقتصادية

يتم تحديد عدد من المؤشرات التى يتحدد على ضوئها إتخاذ الإجراء المناسب حول مدى اقتصادية استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة فى المجالات المختلفة سواء فى الزراعة أو الصناعة أو الأغراض الأخرى ، وبمعنى آخر لا ينبغى أن يقتصر اتخاذ القرار الخاص باستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة على مؤشر التكاليف السوقية والربحية فقط وإنما مقارنة التكاليف الاستثمارية الموظفة للاستخدام فى مجال معين وبين الاستفادة بالمصادر التقليدية (الأنهار – الأمطار – الآبار) ومياه الصرف الصحى المعالجة.

بل ينبغى أن يؤخذ فى الاعتبار المؤشرات الأخرى مثل التأثير على البيئة والصحة العامة وعناصر التكلفة لكل مجال.

فمثلا فى مجال الزراعة والرى ينبغى أن تؤخذ فى الاعتبار العناصر الآتية :

- وجود مصادر أخرى للمياه وتكلفتها
- ثمن الأرض
- نوعية وجودة مياه الصرف الصحى المعالجة
- العناصر المغذية للتربة ( فوسفور – بوتاسيوم – نيتروجين – ألخ )
- نوعية المزروعات
- موقع الأرض بالنسبة لمحطة المعالجة
- توافر العمالة بالمنطقة
- مراكز التسويق المحيطة

ولما كانت معالجة مياه الصرف الصحى من الأعمال الهامة والضرورية للحفاظ على البيئة من التلوث وتوفير مناخ صحى جيد لمجموع المواطنين ، فإن من الواجب الإستفادة من مياه الصرف الصحى المنقى فى بعض المجالات المناسبة لهذه النوعية من المياه حيث أن تكلفة المعالجة الثانوية للمتر المكعب من هذه المياه تتراوح بين ٣٠-٥٠ قرشاً (أجور عمالة – مواد كيماوية – كلور – كهرباء – قطع غيار – زيوت – مستلزمات تشغيل – تكاليف خدمة الدين)، طبقاً لسعة المحطات وطريقة المعالجة وموقع المحطات.

يتناول هذا الباب الجدوى الاقتصادية لاستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة فى المجالات المختلفة بفروعها المتعددة ، فمثلاً بالنسبة للمجال الزراعى فإنه يشتمل على فروع عديدة (الأشجار الخشبية – نباتات الزينة – الخضر والفاكهة – مزارع الأسماك– انتاج الحرير ألخ).

كما يشتمل على أمثلة لاقتصاديات استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة فى الزراعة، الجدوى الاقتصادية فى مجال الزراعة والإنتاج التجارى.

**الجدوى الإقتصادية لإستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة فى الزراعة**

**١ – فى مجال الأشجار الخشبية**

لقد أثبتت التجارب أن التجمع الشجرى فى مساحة فدان واحد من الأراضى الزراعية يمتص ٤٥٠كجم من غاز ثانى أكسيد الكربون ويطلق حوالى ٢٥٠كجم من الأكسجين / ساعة ، كما ثبت أيضاً أن رى الأشجار الخشبية بمياه الصرف الصحى المعالجة سواء فى الغابات أو المساحات الخضراء يعطى عائد اقتصادى مرتفع بالمقارنة بالمساحات التى تروى بالمياه التقليدية (الأنهار – الأمطار – الآبار) ، وأن النقل النوعى للأشجار المروية بالمياه المعالجة أعلى منه بتلك المروية بالمياه العادية لما تحتويه مياه الصرف الصحى المعالجة من عناصر مغذية ومواد عضوية مفيدة وبالتالى تصلح هذه المياه فى استصلاح الأراضى الصحراوية بزيادة قدرتها على الاحتفاظ بالمياه وتحسين قوام التربة وزيادة محتواها من المواد العضوية ، الأمر الذى يجعل إنتاجية هذه الأراضى المستصلحة تفوق مثيلتها التى تروى بالمياه العادية.

**وفيما يلى دراسات لبعض المجالات (Case Study)**

**- الأشجار الخشبية**

تعتبر الأشجار الخشبية ثروة كبيرة من حيث قيمتها المادية نظراً لاستخدامها فى مجالات متعددة وكذا زيادة الطلب عليها تباعاً حيث أن العالم سيواجة نقصاً شديداً منها فى الأعوام القادمة حيث تستخدم فى العديد من الأغراض منها صناعة الأثاث ، أعمال التشييد والبناء فى جميع دول العالم وبعض الأغراض الأخرى مثل إنتاج الفحم النباتى.

والمشكلة الحقيقية التى تواجة الاستثمار فى هذا المجال تختلف طبقاً لنوعية الأشجار والظروف المناخية فىموقع الغابات وأيضاً عدد الأشجار فى الفدان الواحد تبعاً لنوع الأشجار كما هو موضح بالجدول أدناه خاصة طول المدة اللازمة لإستكمال دورة نمو الأشجار والتى قد تصل إلى نحو ثلاثين عاماً قبل الحصول على العائد .

**جدول (١٥-١) دورة النمو لنوعيات مختلفة من الأشجار الخشبية**

| النوع | مسافة الزراعة ( متر ) | عدد الأشجار / فدان | دورة استكمال نمو الاشجار (سنة) |
|---|---|---|---|
| الكازوارينا | ٨×٤ = ٣٢ | ١٣٠ | ١٢-١٥ |
| الحور | ٨×٥ | ١٠٥ | ١٢-١٨ |
| الكافور | ٥×٥ | ١٦٨ | ١٢-١٥ |
| الكايا | ٥×٥ | ١٦٨ | ٢٠-٢٨ |
| الماهوجنى | ٣,٥×٣,٥ | ٣٤٠ | ٢٠-٢٨ |

**بيان التكلفة الاستثمارية**

تتكون البنيه الأساسية من العناصر الآتية

- خزانات أرضية لمياه الصرف الصحى المعالجة.
- مصافى.
- محطة طلمبات لرفع المياه بتصرف مناسب.
- محطة فلاتر بأعداد ونوعية مناسبة.
- المحابس بأنواعها المختلفة.
- خطوط مواسير رئيسية وفرعية.
- طلمبات حقن للتسميد.

وتبلغ القيمة التقديرية لتنفيذ أعمال البنية الأساسية بأسعار السوق الحالى للفدان حوالى عشرة آلاف جنية مصرى شاملة قيمة الشتلات وذلك فى الأراضى المستوية المستصلحة.

اما بالنسبة للتكاليف الجارية للأعمال الزراعية فتقدر بحوالى أربعة جنيهات للشجرة الواحدة فى السنة بخلاف تكلفة النقل ومعالجة المياه وتشغيل وصيانة المعدات.

**- الجدوى الاقتصادية لأشجار الكازوارينا**

من الأشجار سريعة النمو خاصة فى الأراضى الصحراوية حيث تستخدم كمصدات للرياح وتبلغ دورة نموها حوالى خمسة عشر سنة حيث تعطى الشجرة الواحدة بعد استكمال نموها حوالى ١٠٠٠ كجم من الأخشاب بمعنى أن الفدان الواحد يعطى أخشاب تقدر بحوالى ١٣٠ طن.

**- الجدوى الاقتصادية لأشجار الكافور**

تتميز أشجار الكافور باستدامة خضرتها وارتفاعها وسرعة نموها وتستغل للتظليل فى الطرق السريعة ودورة نموها تبلغ ١٥ سنة وتعطى الشجرة الواحدة بعد استكمال نموها أخشاب تقدر بحوالى ٦٠٠ كجم بمعنى أن الفدان الواحد يعطى عائد يقدر بحوالى ١١٠ طن من الأخشاب.

**- الجدوى الاقتصادية لأشجار الحور**

من الأشجار المناسبة التى تستخدم فى تصنيع القشرة الخشبية ، الأبلاكاش ودورة نموها حوالى ١٨ سنة ويعطى الفدان الواحد فى نهاية الدورة الزراعية أخشاب تقدر بحوالى ١٩٠ طن أخشاب حور.

**- الجدوى الاقتصادية لأشجار الكايا أو الماهوجنى الأفريقى**

تستخدم أشجار الكايا فى صناعة الأثاث وأنتاج نوع جيد من القشرة الخشبية حيث يتميز لونه باللون البنى المائل إلى الحمرة ودورة نمو هذا النوع من الأخشاب حوالى ٢٨ سنة ويعطى ناتج يقدر بحوالى ٢٠٠ طن من الأخشاب فى الفدان الواحد (٢٠٠ – ٣٥٠ طن).

وبالأخذ فى الإعتبار الأسعار السائدة للأخشاب فى الوقت الحالى ودورة النمو لكل نوع من هذه الأشجار فإنه يمكن تقدير العائد المادى للفدان الواحد من نوعيات الأشجار المختلفة كالآتى :

الكازوارينا : يعطى عائد سنوى للفدان الواحد يقدر بحوالى ٢٠٠٠ جنية .

الحور : يعطى عائد سنوى للفدان الواحد يقدر بحوالى ٥٠٠٠ جنية.

الكافور : يعطى عائد سنوى للفدان الواحد يقدر بحوالى ٢٠٠٠ جنية.

الكايا (الماهوجينى) : يعطى عائد سنوى للفدان الواحد يقدر بحوالى ٧٠٠٠ إلى ١٠٠٠٠ جنيه

وعليه يمكن حساب العائد الصافى للفدان من كل من الأشجار بعد خصم التكلفة ( عمالة – أسمدة – تشغيل وصيانة شبكات الرى ومستلزماتها ) مع الآخذ فى الإعتبار قيمة الجنية من جداول الفائدة والخصم ويحسب التضخم على مدار الدورات الزراعية لكل نوع من هذه الأشجار.

**٢ – نباتات الزينة**

بنفس الطريقة يمكن حساب العائد الإقتصادى للأستثمار فى مجال نباتات الزينة لكل نوع على حدة فى حالة استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة ، وهكذا بالنسبة لباقى المجالات الزراعية مثل :

- أشجار التوت لتربية دودة القز لإنتاج الحرير
- الأشجار التى تنتج أنواع من الزيوت مثل الهوهوبا
- أشجار الوبريات لإنتاج القطن والكتان.

## ١٥-٢ الاعتبارات المؤسسية لإعادة استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة

### أ - الوزارات والهيئات الحكومية التى لها علاقة بإعادة استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة

يمكن تحديد الوزارات التى يجب أن تشترك فى إتخاذ قرار إعادة استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة فى الزراعة على النحو التالى :

- وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى.
- وزارة الموارد المائية والرى.
- وزارة الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية.
- وزارة التخطيط.
- وزارة الصحة.
- وزارة الدولة لشئون البيئة.
- وزارة التنمية المحلية

ولا يوجد هيكل موحد ومعتمد ينظم كيفية تضافر هذه الوزارات والهيئات والأجهزة التابعة لها لتحقيق إعادة استخدام المياه المعالجة وزيادة الرقعة الزراعية والإنتاج الزراعى بشرط الحفاظ على الصحة العامة والبيئة فى آن واحد.

وبالدراسة المتأنية لوضع مشروعات إعادة استخدام مياه الصرف المعالجة فى الزراعة نجد أن واجبات ومسئوليات تلك الوزارات متداخلة وأن تحقيق التنسيق بينها من أهم الوسائل التى تحقق أكبر عائد من مشروعات إعادة استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة.

**مسئوليات الوزارات المعنية**

**١ - وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى**

وهى الجهة المسئولة عن تخطيط وتصميم وتنفيذ المشروعات الزراعية فى جمهورية مصر العربية كما أنها مسئولة عن سلامة المنتج الزراعى ومستوى جودته وتقوم الوزارة بتنفيذ

مهامها من خلال عديد من الهيئات والأجهزة مثل الهيئة العامة لمشروعات التعمير والتنمية الزراعية وغيرها.

**٢ - وزارة الموارد المائية والرى**

وهى الوزارة المسئولة عن كافة مشروعات الرى والصرف وكافة الموارد المائية بمصر كى تقوم الوزارة بتنفيذ جميع المشروعات الخاصة بالمحافظة على تنمية الموارد المائية بمصر والحفاظ عليها وحمايتها من التلوث.

**٣ - وزارة الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية**

تختص الوزارة بالعديد من المسئوليات نذكر منها المسئوليات الخاصة بالتخطيط وتصميم وتنفيذ جميع مشروعات مياه الشرب والصرف الصحى بمصر كما أنها الجهة الفنية المنوط بها وضع القوانين والمعايير اللازمة لضمان سلامة مستوى المعالجة ولحماية المواطن.

وتقوم الوزارة فى هذا الصدد بتنفيذ أعمالها من خلال عديد من الهيئات والأجهزة كما تشرف الوزارة فنياً على الهيئات المختصة بتشغيل وصيانة مرافق المياه والصرف الصحى والتى تتبع إدارياً المحافظات والمحليات .

**٤ - وزارة التخطيط**

وهى الوزارة المسئولة عن تجميع وتحليل ودراسة جميع خطط الدولة ووضع الأولويات وتدبير الاعتمادات اللازمة لتتنفيذ الخطة التى يتم اعتمادها.

**٥ - وزارة الصحة**

وهى الوزارة المعنية بصحة المواطن المصرى وتقوم الوزارة بدور كبير فى مجال حماية الصحة العامة كما تقوم بمراجعة القوانين المرتبطة بمجال عملها وتقوم الوزارة بتنفيذ أعمالها من خلال العديد من الهيئات والمعاهد والوحدات.

**٦ - وزارة الدولة لشئون البيئة**

وهى الوزارة المعنية بسلامة البيئة المصرية وحمايتها من التلوث وتقوم بمباشرة عملها من خلال جهاز شئون البيئة كما تقوم بالمراقبة البيئية واتخاذ الإجراءات والتدابير اللازمة لحماية البيئة.

ولوزارتى الصحة والبيئة دور محدد ومنظم بقوانين ومعايير وإجراءات لضمان سلامة البيئة والمحافظة على صحة المواطن المصرى.

**ب – مسئولية الهيئات والجهات المتخصصة عن تطبيق الكود والدليل الارشادى لأستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة (يرجع إلى الكود المصرى لإستخدام المياه المعالجة فى الزراعة : الجزء الأول)**

المعنى بهذا البند الجهات الحكومية التى تدرج لها أستثمارات لتنفيذ المشروعات على مستوى المدن والقرى مثل الهيئة القومية لمياه الشرب والصرف الصحى أو هيئة المجتمعات العمرانية أو شركات وهيئات مياه الشرب والصرف الصحى وتكون مسئوليات هذه الجهات فيما يخص تطبيق هذا الكود ما يلى:

١ – تلتزم الجهة الحكومية المسئولة عن إنشاء محطة مياه الصرف الصحى – باعتبارها المسئولة عن المشروع بدء من مرحلة تخطيطة – بمعاملة مشروع إعادة الاستخدام كجزء لا يتجزأ من مشروع معالجة مياه الصرف الصحى ، وتقع عليها مسئولية التنسيق مع وزارة الموارد المائية والرى فى كافة مراحل التنفيذ.

٢ – تضطلع هذه الجهات بمسئولية تخطيط مشروع إعادة استخدام المياه المعالجة وإعداد الدراسات الأولية والتصميمات الابتدائية لكافة عناصر مشروع إعادة الاستخدام.

٣ – تلتزم الجهة المسئولة عن مشروع الصرف الصحى بالتنسيق مع الجهات الحكومية بتوفير مساحة المزرعة المطلوبة لمشروع إعادة الاستخدام فى الموقع المناسب طبقاً لمتطلبات وشروط هذا الكود.

٤ – تلتزم الجهة المختصة بإنشاء مشروع الصرف الصحى باستيفاء متطلبات القانون ٤ لسنة ١٩٩٤ فيما يختص بإجراء دراسة تقييم الاثار البيئية والصحية للمشروع طبقاً لما ورد فى ملحق (ب) من هذا الكود.

٥ – بحصول الجهة المسئولة عن مشروع الصرف الصحى على موافقة جهاز شئون البيئة باعتباره الجهة المختصة – على دراسة تقييم الآثار البيئة والصحية لمشروع إعادة الاستخدام ، تعتبر هذه الموافقة التزاماً قانونياً من الجهة بتنفيذ ما يخصها فى مشروع إعادة استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة فى الموقع المحدد وبالتصميم الذى حصلت بناء عليه على الموافقة ، ويشمل ذلك :

أ – محطة رفع المياه المعالجة من موقع محطة المعالجة إلى موقع المزرعة.

ب – خط المواسير الناقلة بين موقع محطة المعالجة إلى موقع المزرعة بكافة مشتملات هذا الخط.

**جـ- مسئوليات الجهة المالكة لمشروع إعادة استخدام مياه الصرف الصحى فى حالة الأراضى الصحراوية المخصصة لهذا الغرض**

يقصد بالجهة المالكة لمشروع إعادة استخدام مياه الصرف الصحى الجهة المالكة للمزرعة بناء على صدور قرار تخصيص أرض المزرعة باسمها أو آلت لها ملكيتها بأى من الطرق القانونية . وتكون مسئولية هذه الجهة ما يلى :

١ - تنفيذ أعمال البنية الأساسية للمزرعة بالمستوى الذى يحقق استيفاء متطلبات حماية البيئة والصحة العامة وفقاً لما ورد فى دراسة تقييم الآثار البيئية والصحية.

٢ - تنفيذ كل ما ورد فى دراسة تقييم الآثار البيئية والصحية تحت بنود خفض الآثار السلبية Mitigation measures.

٣ - تنفيذ الأعمال الإنشائية لبوابة وسور حول المزرعة وذلك لمنع دخول غير العاملين إليها مع التحقق من وجود فاصل الأمان البيئى الذى يفصل المزرعة عما يجاورها طبقاً لشروط هذا الكود.

**د - مسئوليات الجهة المختصة بعملية تشغيل مشروع إعادة استخدام مياه الصرف الصحى**

يمكن أن تكون الجهة المالكة لمشروع إعادة استخدام مياه الصرف الصحى هى نفسها الجهة القائمة بالتشغيل ، وفى حالة قيام الجهة المالكة بإسناد عملية إدارة وتشغيل مشروع إعادة استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة إلى جهة أخرى (سواء بموجب عقد من عقود الإدارة الإيجار أو عقود الامتياز) ، تنتقل إلى الجهة القائمة بالتشغيل جميع المسئوليات المتعلقة بتنفيذ الشروط والمعايير الواردة فى هذا الكود وذلك فيما يختص بكل ما يتعلق بالرى والاستزراع وتنفيذ اشتراطات الصحة والآمان وتتضمن مسئولية الجهة القائمة بالإدارة والتشغيل ما يلى:

١ - الإدارة الزراعية المتكاملة للمزرعة بناء على خطة استزراع معتمدة من مديرية الشئون الزراعية بالمحافظة.

٢ - تدريب العاملين على أعمال الأمان الصحى والبيئى وتوقيع الكشف الدورى عليهم.

٣ - توفير جميع مستلزمات التشغيل من أجهزة وآلات ومعدات.

٤ - دهان جميع خطوط مواسير مياه الصرف الصحى المعالجة باللون الأحمر الأرجوانى ، مع كتابة واضحة لعبارة " مياه صرف صحى ".

٥ - توفير نظام ملائم لتسجيل البيانات وحفظها وإعداد تقارير لها سواء بشكل الكترونى أو فى سجلات ورقية. ويجب عمل ملفات احتياطية لتجنب فقدان هذه البيانات.

٦ - توفير نظام لمراقبة الجودة والتأكد منها.

**هـ- مسئوليات الجهة المحلية المسئولة عن تشغيل شبكات ومحطات الصرف الصحى بالمدن والقرى**

فى المدن والتجمعات السكانية التى بها مشروعات صرف صحى متكاملة من شبكات ومحطات رفع وخطوط طرد ومحطات لمعالجة مياه الصرف الصحى وحيث أن أداء هذه الوحدات مجتمعة يؤثر على نوعية المياه المعالجة والمعاد استخدامها لأغراض الزراعة ، تكون مسئولية الجهة الحكومية المختصة ما يلى :

١ - إلزام جميع المنشآت التى تصرف على شبكة الصرف الصحى بتطبيق القانون رقم ٩٣ لسنة ١٩٦٢ ولائحتة التنفيذية المعدلة.

٢ - اضطلاع الجهة المسئولة عن التفتيش على المنشآت الصناعية التى تصرف على شبكة الصرف الصحى بمسئولياتها فى التحقق من التزامها بمتطلبات القرار الوزارى رقم ٤٤ لسنة ٢٠٠٠ ، وإبلاغ المدير المسؤل بمحطة الصرف الصحى عن موقف المنشآت المخالفة.

٣ - تلتزم الإدارة المختصة بتشغيل وصيانة محطات معالجة مياه الصرف الصحى المرتبطة بخطة إعادة استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة بمعايير الأداء المطلوبة للحصول على درجة المعالجة المطلوبة حسبما هو موضح فى الفصل الرابع من هذا الكود ، وتعتبر هذه المعايير الحد الأدنى المطلوب تحقيقة خلال التشغيل المستمر لوحدات المعالجة.

٤ - تكون مسئولية الإدارة المختصة بتشغيل وصيانة محطات المعالجة تنفيذ برنامج رصد وتحليل وتسجيل نوعية المياه بعد معالجتها وفقاً لمتطلبات هذا الكود.

٥ - فى حالة ثبوت حيود نوعية مياه الصرف الصحى المعالجة عن المعايير المطابقة لدرجة المعالجة المطلوبة لإعادة الاستخدام للأغراض المحددة يجب إتخاذ إجراءات تصحيحية وتنفيذ خطة الطوارىء، ويجب على الإدارة المختصة أن تقوم بإبلاغ الجهات الآتية :
- المدير المسئول عن مشروع إعادة استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة.
- مديرية الزراعة بالمحافظة.
- إدارة البيئة بديوان عام المحافظة.
- مديرية الشئون الصحية بالمحافظة.

**و - مسئوليات الجهات الرقابية على المستوى المحلى**

تضطلع الجهات الحكومية على مستوى المحافظة بمسئوليتها الرقابية كل فيما يخصة للتحقق من التزام الجهة المسئولة عن إعادة استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة على الوجه التالى:

١ - مديرية الشئون الصحية : لكونها مسئولة عن :
- التحقق من تطبيق الكود فيما يخص الحفاظ على صحة العاملين.
- الرقابة الصحية على المحاصيل والمنتجات الزراعية إن وجدت.

٢ - الإدارة المركزية للموارد المائية والرى بالمحافظة : لكونها مسئولة عن :
- الرصد والتفتيش على نوعية المياه الجوفية.
- الرصد والتفتيش على نوعية مياه الرى.
- الرصد والتفتيش على مياه المصارف الزراعية.

٣ - مديرية الزراعة بالمحافظة : لكونها مسئولة عن :
- الإرشاد الزراعى.
- التفتيش على الآثار التراكمية بالتربة.
- التحقق من الالتزام بالكود فيما يخص اختيار المزروعات والمحاصيل.

٤ - الإدارة البيئية على مستوى المحافظة : باعتبارها المسئولةعن :
- التحقق من الالتزام بشروط موافقة جهاز شئون البيئة على نتائج دراسة تقييم الآثار البيئية والصحية لمشروع إعادة الاستخدام فىمراحل إنشائة وتشغيله.

**ز - مهمة التنسيق بين الجهات الحكومية ذات الصلة**

يمكن للسادة المحافظين تشكيل لجان مؤقتة أو دائمة للقيام بمهام التنسيق بين الجهات التنفيذية على مستوى المحافظة والتى لها صلة بمشروعات إعادة استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة ، وتشمل هذه الجهات:
- الإدارة المركزية للموارد المائية والرى.
- مديرية الشئون الصحية على مستوى المحافظة.
- مديرية الإسكان على مستوى المحافظة.
- إدارة البيئة بالمحافظة.

ويمكن تحديد اختصاصات هذه اللجنة فيما يلى:

أ - التنسيق بين الجهات التنفيذية على مستوى المحافظة والتى لها صلة بمشروعات إعادة استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة.

ب - دراسة ملاءمة المواقع البديلة لمشروعات إعادة الاستخدام فى إطار خطة عامة على مستوى المحافظة.

جـ- التنسيق بين الجهات المحلية والجهات المركزية ذات الصلة بمشروعات إعادة الاستخدام.

**ح - المشروعات المملوكة للقطاع الخاص**

يمكن للقطاع الخاص أن ينشىء أو يدير مشروعات لإعادة استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة لأغراض الزراعة مع الالتزام بما ينطبق عليه فى هذا الكود كما يلى :

١ - إعداد دراسة تقييم الآثار البيئية والصحّية للمشروع والحصول على موافقةجهة الشأن مع إتباع الاجراءات الواردة بالفصل السادس من هذا الكود.

٢ - الالتزام بكافة الشروط الواردة فى هذا الكود فيما يختص بنوعية المياه والنبات والمحاصيل وطرق الرى واشتراطات الأمان الصحى والبيئى.

٣ - تخضع جهات القطاع الخاص المسئولة عن إعادة الاستخدام من رقابة وإشراف للجهات الحكومية كل فيما يخصه.

**١٥-٣ الجوانب الاجتماعية والثقافية**

يقتصر هذا الجزء على ما يهم المزارعين اهتماما مباشرا ، وهو أقرب إلى أهتمام خبراء الانتاج الزراعى المكلفين بمهام الإرشاد ، وينبغى أن يكونوا على دراية بالمسائل القانونية والمؤسسية بحيث يمكنهم اسداء النصح إلى المزارعيين بما يمكنهم من التغلب على المشكلات الشائعة المتعلقة باستخدام المياه العادمة المعالجة.

**١ - تقبل المجتمع لمفهوم استخدام المياه العادمة والإعلام العام**

يعتبر استخدام المياه العادمة المعالجة مفهوما جديدا فى بعض البلدان ، ولهذا فإن عملية توعية جميع المشاركين فى عملية استخدام مياه الصرف الصحى الناتج عن المدن يعتبر شرطا مهما لسلامة هذا الاستخدام ولجدواه من الناحية الاقتصادية ، كما أنه لابد من تدريب الأفراد المسئولين عن إدارة وصيانة مرافق معالجة المياه ، وكذلك المزارعين المستخدمين للمياه ذاتها.

والمياه العادمة ، كمورد ، قد تستغل بالقدر الكافى ، بل أنه فى بعض الحالات لا يكون أمر استخدامها مطروحا للنظر فيه أساسا ، وذلك للأسباب الرئيسية التالية :

- قلة المعلومات عن فوائدها.
- التخوف من المخاطر الصحية المقترنة باستخدامها.
- رفضها لأسباب ثقافية أو دينية أو لمعتقدات شائعة.
- عدم وجود منهج للتحليل الاقتصادى الشامل لمشاريع استخدامها.
- قلة الخبرات المكتسبة من استخدامها فى المناطق التى استخدمت فيها دون ضوابط.

ولهذه الأسباب يجب الحرص على وضع برامج توعية وتثقيف للمواطنين عى إختلاف مستوياتهم ولا تكون مقصورة على المزارعين وحدهم ، كما يلزم اتخاذ خطوة تالية تتمثل فى وضع برنامج تدريبى للمستخدمين للمياه (المزارعين) لأن إساءة استخدام هذه المياه ربما يؤدى إلى النفور منها.

وينبغى تنظيم حملات لتوعية الجماهير بأهمية هذه القضية ، على أن يكون الهدف الأول لهذه الحملة هو زيادة الوعى العام وبيان أهمية استخدام هذه المياه كبديل يمكن الاعتماد عليه ، فضلا عن توعية المستخدمين المحتملين بالحقائق المتعلقة باستخدام هذه المياه ، إذ يجب أن يكون المزارعون وعامة الناس أيضا على علم بالفوائد التى تعود عليهم من استخدام المياه العادمة المعالجة وبالمخاطر الصحية والبيئية المرتبطة بذلك ويجب أن تؤدى حملات التوعية إلى الحد وبقدر الإمكان من المحاذير الثقافية والنفسية الخاصة بالمياه العادمة.

**٢ - التدريب وتنمية الموارد البشرية**

يمكن أن تؤدى قلة المعارف والمهارات إلى الإخفاق فى تنفيذ المشاريع بوجه عام ، وفى حالة مشاريع استخدام المياه العادمة يمكن أن تؤدى إلى زيادة المخاطر البيئية والصحية العامة. ولهذا السبب ، ينبغى أن تكون برامج التدريب جزءا أساسيا من المشاريع ذاتها ، كما يجب أن تتألف هذه البرامج من عناصر تقنية وبيئية وصحية واقتصادية واجتماعية . ويجب ايضا ان يشمل عنصر التوعية بيانا بتفاصيل التقنيات المستخدمة وما تنطوى عليه من مخاطر ، فضلا عن الاحتياطات التى يلزم اتخاذها بحيث يمكن تنفيذ العمليات فى حدود أمنة مقبولة وبتكاليف معقولة.

ويعتبر توقيت البرنامج ومدته أمر بالغ الأهمية ، إذ يجب إتمام التدريب بالقدر الذى يكفى لجعل المتدرب يؤدى مهمته على ما يرام عندما يكلف بذلك ومعنى هذا أنه لابد أن يكون المزارع قد تلقى التدريب الكافى قبل أن يبدأ فى استخدام هذه المياه. وينبغى أن يبادر المزارعون إلى طلب التدريب وأن يشتمل التدريب بشكل أو بأخر على ما ورد فى هذا الدليل.

وليس التدريب أمرا مطلوبا قبل البدء فى استخدام المياه العادمة فقط وانما هو أمر مطلوب أيضاً من حين لآخر بعد ذلك ، إذ ينبغى أن يكون تجديد وتطوير المهارات وتدريب المزيد من المزارعين عملية متواصلة.

**٣ - الجوانب المؤسسية وتدابير الرصد والمراقبة**

هناك إتجاه متزايد نحو النظر إلى إستخدام المياه العادمة بعد معالجتها كوسيلة لزيادة موارد المياه فى الحاضر والمستقبل ، بحيث يمكن تلبية الطلب المتزايد عليها . وتعتبر المياه المعالجة مصدراً يمكن الإعتماد عليه حتى فى سنوات الجفاف ، خصوصاً فى البيئات الحضرية التى يمكنها من التوفير فى مياه الشرب عن طريق تحويل هذه المياه المعالجة للأغراض غير المنزلية ، إلا أنه لا بد من مراعاة الحذر تجنباً للمخاطر البيئية والصحية .

ونظراً للمخاطر المقترنة بإستخدام المياه العادمة المعالجة ، يتعين دائماً وضع نظام مؤسسى واف لأغراض الرقابة والإشراف والإرشاد فيما يتعلق بمشاريع الإستخدام ضماناً للسلامة والآمان . وتقع مسئولية استخدام المياه العادمة المعالجة ، على المستوى القطرى ، على العديد من الوزارات والجهات ومن هنا ينبغى مراعاة الدقة فى تحديد شكل الإطار المؤسسى وفى توزيع المسئوليات . ونظراً لكثرة عدد المؤسسات المعنية بهذه المسألة ، فأن العمليات لا تنفذ بالسلامة المطلوبة فى جميع الأوقات . فشكل الإطار المؤسسى واشتراطات تشغيله يختلفان من بلد إلى آخر ، وينبغى أن يكونا ملائمين للظروف المحلية . ويجب أن يكون المزارعون على علم بمسئوليات كافة المؤسسات بحيث يستطيعون أن يحددوا المؤسسة التى ينبغى أن يتوجهوا إليها بأية إستفسارات أو طلبات لحل مشكلات بذاتها ، فبدون هذا الترتيب تعم الفوضى وتختلط الأمور .

**٤ - الإعتبارات التنظيمية والجوانب القانونية**

الصحة العامة والبيئة هما أهم ما تعنى به مشاريع استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة. ومن هنا كانت الأهمية الكبرى للخطوط التوجيهية الخاصة بنوعية المياه ، بالإضافة إلى الإشتراطات المتعلقة بالمعالجة وأخذ العينات والرقابة فى جميع الدول . بل أن بعض الدول تفرض إجراءات رقابية صارمة على هذا الإستخدام ، وتلزم المزارعين بهذه الإجراءات ضماناً لسلامة الصحة العامة والبيئة . ونظراً لعدم التأكد من درجة التزام المزارعين بذلك أصبح الرصد الدقيق ضرورة لا غنى عنها ، فضلاً عن أن الأمر ربما يحتاج إلى سن تشريعات تكفل الأمتثال لهذه الإجراءات .

وتستخدم معظم الدول التى تستخدم المياه المعالجة لوائح خاصة بالصحة العامة والبيئة تحكم عمليات المعالجة والإستخدام ، وهى لوائح تعتبر بمثابة خطوط توجيهية أو مدونات سلوك القصد منها هو حماية المستهلكين والعمال . وربما تحظر هذه اللوائح الرى بالمياه العادمة فى غضون فترات محددة قبل موسم الحصاد ، وتقتضى ارتداء ملابس معينة ، وتوفر الرعاية الصحية الوقائية للعمال . وتتسم الخطوط التوجيهية الخاصة بإستخدام المياه العادمة بالصرامة الشديدة ، ورغم اختلافها من بلد إلى آخر ، لأنها تراعى اشتراطات مكافحة تلوث المياه . ومن هنا فإن التكنولوجيا المستخدمة فى عملية المعالجة وسلامة تشغيل النظام المتاح للمعالجة يجب أن يحققا الأهداف المنشودة من الخطوط التوجيهية . ولذلك يجب أن تكون الأجهزة التنظيمية على إستعداد فى جميع الأوقات لمراقبة نوعية المياه المعالجة وسن التشريعات الملائمة من أجل الحفاظ على صحة كل من المزارعين والمستهلكين .

وتفتقر عدة دول فى الشرق الأدنى إلى التكنولوجيا اللازمة لإنتاج مياه معالجة بالمستوى المطلوب ، وإذا وجدت هذه التكنولوجيا فإنها لا تحظى بالصيانة المطلوبة . ونادراً ما تستطيع الأجهزة التنظيمية أن تنفذ الخطوط التوجيهية ، ولذلك فإن إستخدام المياه العادمة لا تخضع لضوابط فى كثير من الحالات مما يجعل العمال والمستهلكين معرضين عادة للمخاطر . ولهذا فالخطوة الأولى لحل مشكلة تعذر تنفيذ الخطوط التوجيهية هى وضع معايير واقعية تبين المخاطر الشائعة . ولا بد أن تكون المعايير الخاصة بنوعية المياه من النوع الذى يشجع على استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة وليس على الحد من استخدامها .

**٥ - الجوانب الإقتصادية**

الحافز الرئيسى للمزارعين هو الربح المتوقع من استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة للرى . فالمزارع لا يهتم بتكاليف جمعها أو معالجتها أو توزيعها ، ولكنه يهتم حقيقة بمدى قدرته على تحقيق أرباح من زراعته التى يرويها بكمية ذات نوعية معينة من المياه العادمة التى تعطى له نظير سعر معين أو بدون مقابل ، مع الزامه بتقييد استخدامها لرى محاصيل معينة .

**الفوائد**

يمكن تلخيص الفوائد على النحو التالى :

- تحقيق الوفر فى استخدام المياه العذبة.
- تحقيق الوفر في استخدام الأسمدة.
- زيادة الانتاج
- إيجاد فرص عمل.

وخلاصة القول أن أهم الفوائد بالنسبة للمزارعين تتمثل فى أنهم يجدون فى مياه الصرف الصحى المعالجة مصدرا يمكن الاعتماد عليه حتى فى السنوات شديدة الجفاف ، وأن العناصر الغذائية العادمة تؤدى إلى زيادة المحصول وتحسين نوعيته حتى بدون استخدام أسمدة ، أو استخدام كمية محدودة منها.

# الباب السادس عشر

## استخـــدام الحمـــأة

تنتج محطات معالجة مياه الصرف الصحي بجمهورية مصر العربية كميات كبيـــرة مـــن الحمأة سنوياً (انظر جدول ١٦-١) وهذه الكميات الهائلة يجب الاستفادة منها أو التخلص منهـــا بشكل آمن علي البيئة وعامة فإن الحمأة غنية بالمواد العضوية المغذية للتربة الزراعية ويمكـــن استخدامها كمحسن عضوي غني بالمواد النتروجينية والفسفورية بشرط تخفيض محتوي الكائنات الممرضة والمعادن الثقيلة بها للحدود المسموح بها وإحكام الرقابة و الرصد البيئي لاستخدامها .

**(جدول ١٦-١) كميات الحمأة الجافة الناتجة من محطات الصرف الصحي بمصر عام ٢٠٠٢**

| بيـــــــان | الحمأة الجافة المنتجة | | |
|---|---|---|---|
| | ألف م$^3$ /يوم | ألف م$^3$ /سنة | ألف طن / سنة |
| القاهرة | ٠,٧٥٠ | ٢٧٣,٧٥ | ١٩١,٦٢٤ |
| الإسكندرية | ٠,١٨٠ | ٦٥,٧٠٠ | ٤٥,٩٩٠ |
| المحافظات الإقليمية والمدن الجديدة | ٠,٦٢٩ | ٢٢٩,٥٠٠ | ١٦٠,٦٥٠ |
| **الإجمالـــــي** | **١,٥٥٩** | **٥٦٨,٩٥** | **٣٩٨,٢٦٤** |

ويمكن تصنيف الحمأة حسب مناطق إنتاجها بمحطات معالجة مياه الصرف الصحي علي النحو الآتي :

١ - **الحمأة الابتدائية :** وهي المخلفات المترسبة بأحواض الترسيب الابتدائي وهـــي كريهـــة الرائحة ذات لون رمادي غامق يميل للأسود وقوامها أثقل من قوام الحمأة الثانوية وتحتوي هذه الحمأة علي مواد غير عضوية ومواد عضـــوية ، وعلـــي العديـــد مـــن الكائنـــات الممرضـــة "Pathogens" مثل البكتريا والفيروسات والطفيليات .

٢ - **الحمأة الثانوية :** وهي المخلفات المترسبة بأحواض الترسيب الثانوي وهي ذات لون بنـــي خفيفة القوام وتحتوي علي كتل بيولوجية والعديـــد مـــن الكائنـــات الممرضـــة مثـــل البكتريـــا والفيروسات والطفيليات.

**الملوثات بالحمأة :**

**مصادر التلوث بالحمأة :**

يمكن حصر مصادر التلوث بالحمأة علي النحو التالي ..

١ - **الصرف الآدمي :** تحتوي الحمأة الناتجة من الصرف الآدمي علي العديد من الكائنات الممرضة مثل البكتريا والطفيليات والفيروسات .

٢ - **الصرف الصناعي :** تحتوي مياه الصرف الصناعي الغير معالجة علي محتوي كبير من المعادن الثقيلة مثل الزنك والنحاس والنيكل والكادميوم والرصاص والزئبق والكروم والموليدنم والسلينيوم والزرنيخ وغيرها وتراكم هذه المعادن في التربة الزراعية قد يسبب سمية التربة وتراكمها في أنسجة النبات يعد من مسببات أمراض العصر الحديث للإنسان .

**عمليات معالجة الحمأة :**

يتم تجميع الحمأة الابتدائية والحمأة الثانوية الناتجة من عمليات معالجة مياه الصرف الصحي ، ويتم معالجتها و/أو تجفيفها بواسطة بعض أو كل العمليات الآتية :

١ - عملية تركيز أو تغليظ الحمأة (أحواض التركيز) .

٢ - عملية تثبيت الحمأة : يتم معالجة الحمأة بأحد الطرق الآتية [تخمر هوائي - تخمر لا هوائي - الكمر - التثبيت بالجير - المعالجة الحرارية].

٣ - عملية التجفيف : وتتم إما باستخدام أشعة الشمس (أحواض التجفيف) ، أو ميكانيكياً (التجفيف بالقوة الطاردة المركزية - ماكينات السير الضاغط) .

**أولاً: عملية تركيز أو تغليظ الحمأة :**

تهدف هذه العملية إلى زيادة تركيز المواد الصلبة في الحمأة بسحب جزء من المحتوي المائي بها ، وبالتالي يتم تقليل حجم الحمأة .

وهناك نوعان من أحواض التركيز..

**أ - التركيز بالترسيب الطبيعي (Gravity thickener) .**

يتم فيها تركيز المواد الصلبة في الحمأة الابتدائية لنسبة تصل من ٤- ٧% من محتوي الحمأة وذلك باستخدام الترسيب الطبيعي للمواد الصلبة .

**ب - أحواض التركيز بالتعويم ( Dissolved Air flotation thickener) .**

يتم فيها زيادة تركيز محتوي المواد الصلبة بالحمأة الثانوية لنسبة تصل من ٤- ٥% ، نظرا لأن هذه الحمأة منشطة ولها قابلية للطفو .

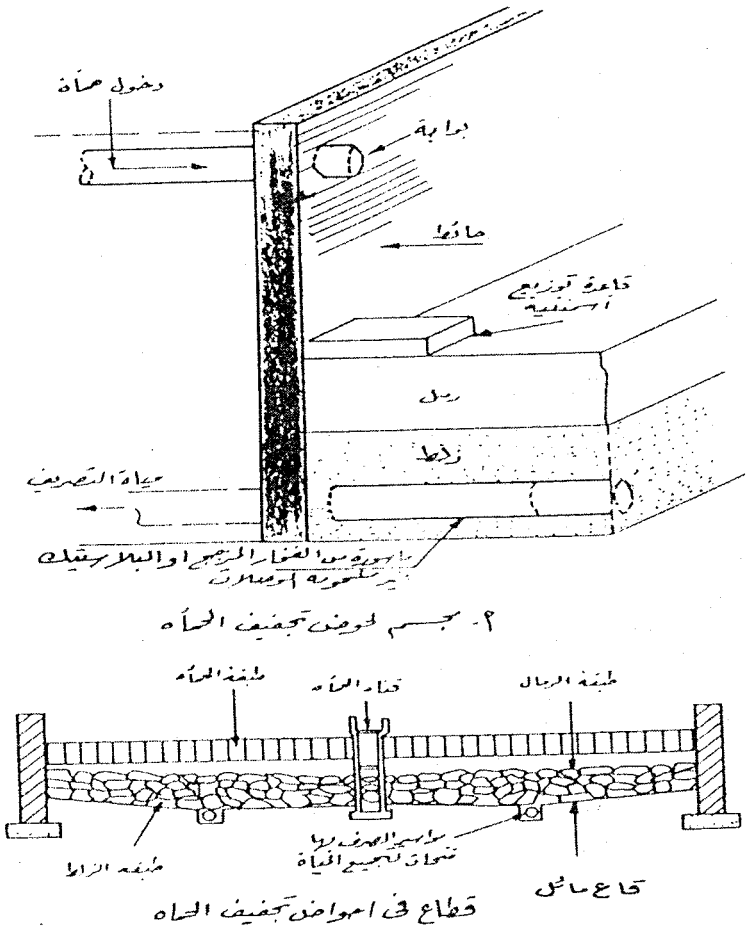
## ثانياً: عمليات تثبيت الحمأة :

تهدف هذه العمليات إلى تثبيت المواد العضوية المتطايرة الموجودة بالحمأة وكذا التخلص من أو تخفيض محتوى الكائنات الممرضة بها للحد الآمن بيئياً للتعامل مع الحمأة .

ويمكن إيجاز طرق معالجة الحمأة على النحو التالي ..

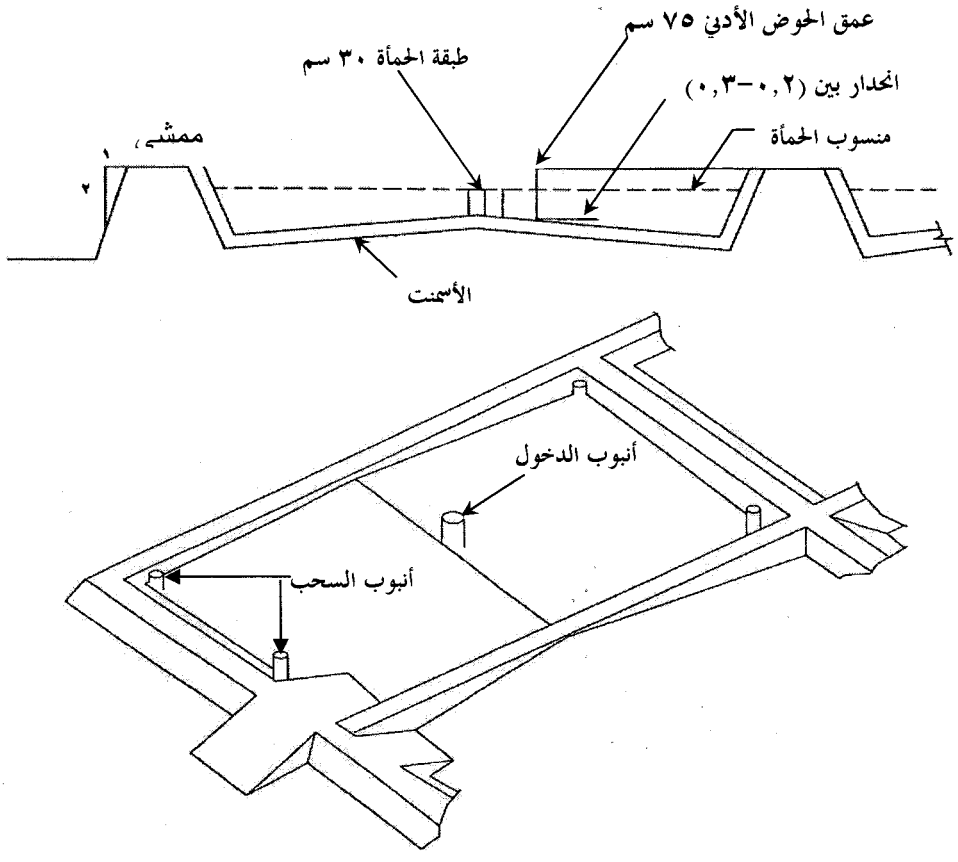
**التجفيف الشمسي :**

وهي الطريقة الأكثر شيوعا في مصر والمناطق الحارة الجافة ويتم فيها فرش الحمأة على طبقات (الفترة الزمنية لطبقة الحمأة قبل غمرها بطبقة أخرى من الحمأة ٤ أيام) ويبلغ سمك كل طبقة للحمأة من ١٠-١٥سم ، حيث يتم فرش طبقات الحمأة فوق طبقتين من الزلط والرمل كلاً منهما بسمك يتراوح من ١٥-٣٠سم في أحواض تجفيف مزودة بمواسير مثقبة ممتدة أسفل طبقة الزلط والرمل المشار إليها ويتم تجميع المياه المرشحة خلال الزلط والرمل عن طريق تلك المواسير المثقبة وفي هذه الأحواض يتم التخلص من جزء كبير من المحتوي المائي بالحمأة عن طريق البخر بفعل أشعة الشمس وعن طريق الترشيح عبر الطبقات الوسيطة ولا ترفع الحمأة من أحواض التجفيف إلا بعد وصول تركيز المواد الصلبة بمحتواها لنسبة أكثر من ٢٥% .




**شكل (١)**
**أحواض التجفيف الرملية**

- ✓ وقد يتم تنفيذ أحواض تجفيف خرسانية مزودة بقاع أسمنتي مائل ونظام لنزح المياه من الحمأة لحماية المياه الجوفية من تسرب المياه الموجودة بالحمأة ، وهذا النظام أسهل في التشغيل ، وذلك طبقاً لشكل (٢) .

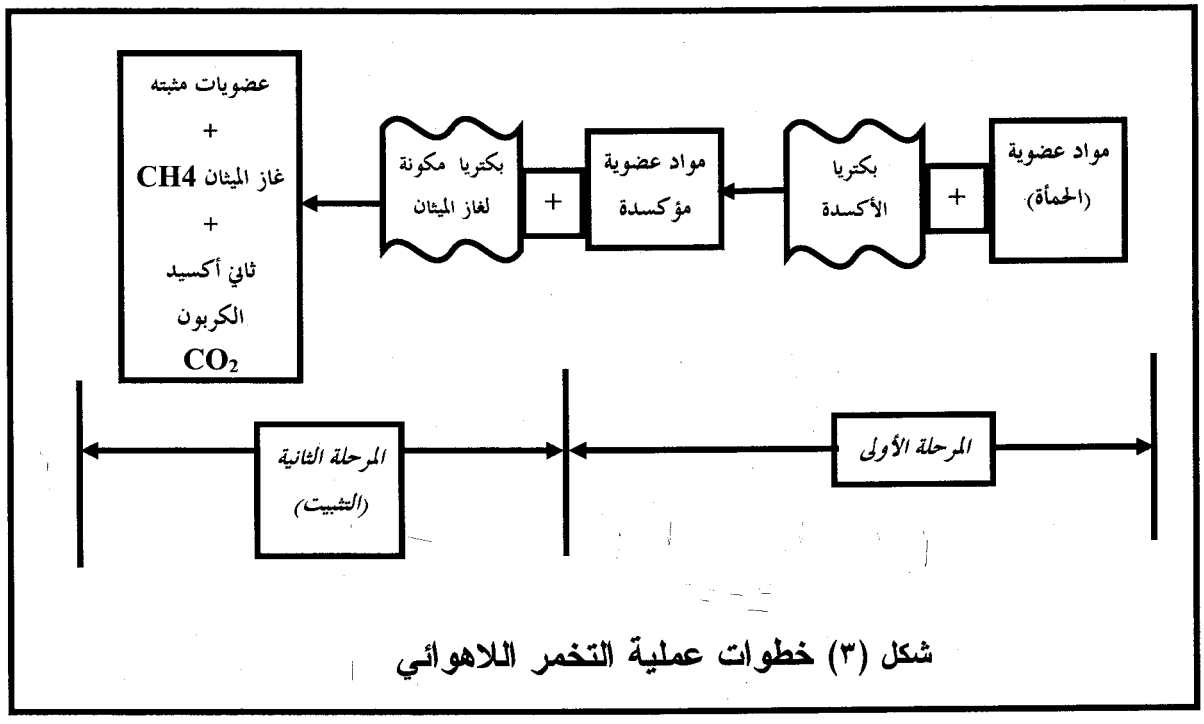



**شكل (٢) أحواض التجفيف الخرسانية**

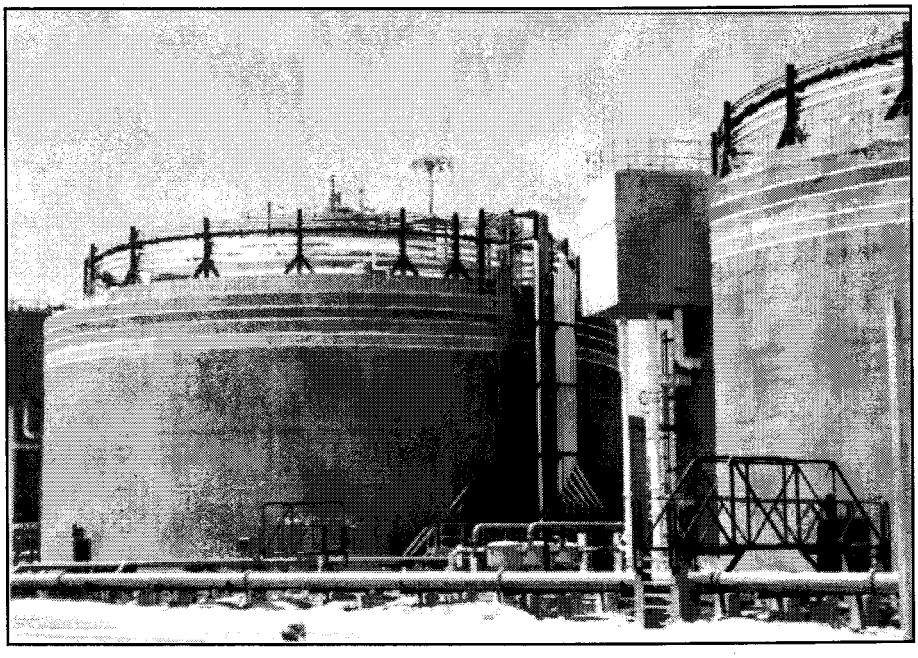
II. **التخمر الهوائي (Aerobic Digestion) :**

وتهدف هذه العملية إلى تهديم المواد الصلبة العضوية المتطايرة الموجودة في الحمأة الثانوية أو خليط من الحمأة الابتدائية مع الثانوية وتحويلها إلى نواتج مستقرة أو خاملة بتأثير الأكسجين الحر(الهواء) الذي يتم تأمينه عن طريق ناشرات الهواء أو الهوايات السطحية ، وتبلغ مدة المكث بأحواض التخمر الهوائي من ١٠-٢٠ يوم حسب نوعية الحمأة التي يتم معالجتها ففي حالة الحمأة الثانوية يتم إمداد الأكسجين بأحواض التخمر الهوائي بمعدل من ١,٢٥ – ٢,٣ (م$^٣$/ساعة/م$^٣$) ، وفي حالة الحمأة الابتدائية مضافاً إليها الحمأة الثانوية يكون معدل احتياج الأكسجين من ٣-٤ (م$^٣$/ساعة/م$^٣$) ، وتتم في هذه العملية تخفيض المواد الصلبة العالقة المتطايرة بالحمأة بنسبة ٤٠-٥٠% .

III. **التخمر اللاهوائي (Anaerobic Digestion)** : تهدف هذه العملية إلى تهديم المواد الصلبة العضوية المتطايرة الموجودة بالحمأة وتحويلها إلى نواتج مستقرة أو خاملة ، وتتم هذه العملية في خزانات مغلقة ومكتومة لمدة تمتد من ١٥ : ٣٠ يوم في درجة حرارة ثابتة (تختلف حسب نوع البكتريا القائمة بعملية التخمر فتكون من ٢٨م إلى ٣٥م في حالة البكتريا الميزوفيلك ، وترتفع من٥٥-٧٠ْ م في حالة البكتريا الثرموفيلك) ، وينتج عن التفاعل داخل الخزانات المغلقة غاز الميثان الذي يتم تجميعه واستخدامه كمصدر للطاقة .




**شكل (٣) خطوات عملية التخمر اللاهوائي**

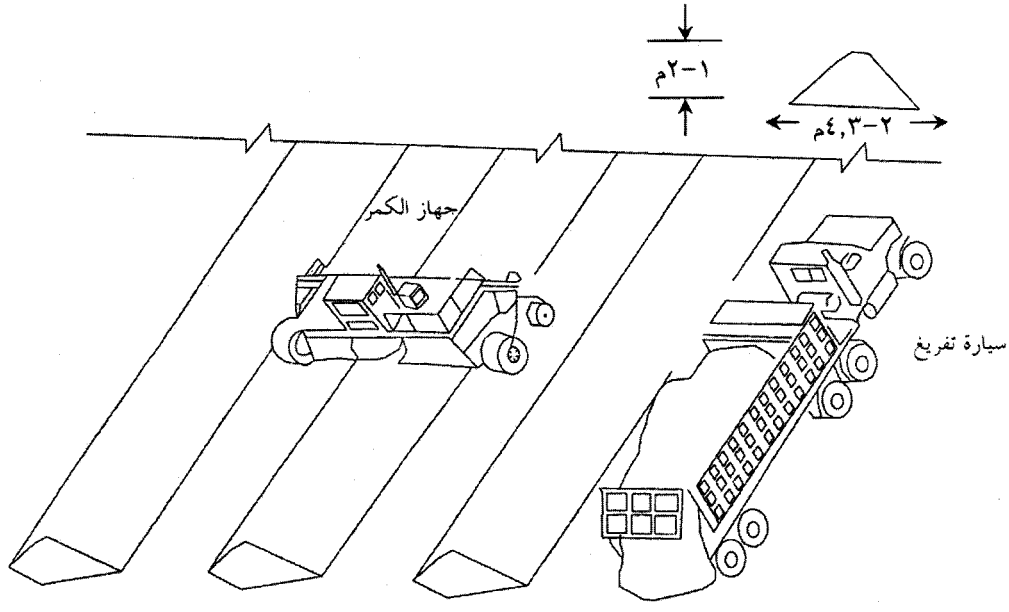


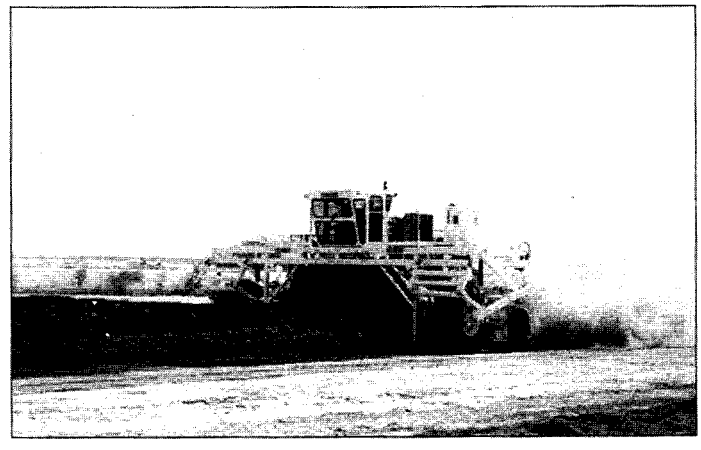
**شكل (٤)**
**خزانات التخمر**
**اللاهوائي للحمأة**

## VI. الكمر (Composting):

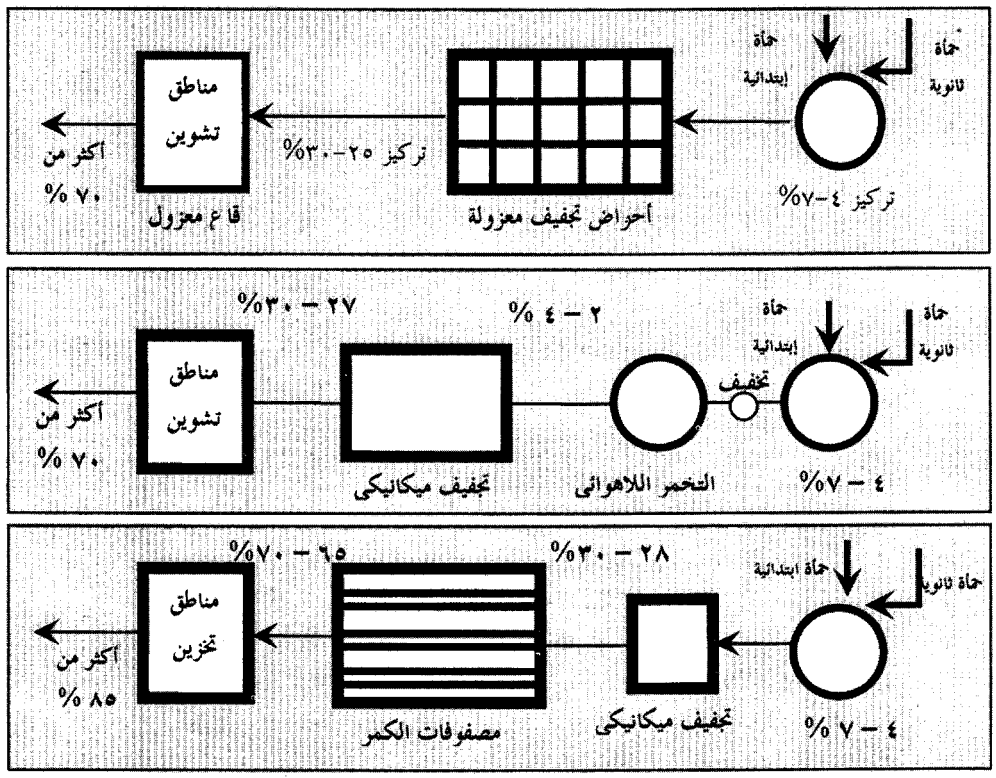
تهدف هذه العملية إلي تفكيك المواد العضوية بالحمأة وكذلك الكتل البكتيرية وتحويلها إلي نواتج مستقرة ويتم أثناء هذه العملية القضاء علي الجراثيم والديدان الموجودة بالحمأة نتيجة ارتفاع درجة الحرارة أثناء عملية الكمر ( والتي قد تصل إلي ٧٠ م ). وقد تستخدم بعض المواد المضخمةBulking Agents مثل نشارة الخشب أو المخلفات الزراعية أو تراب الأسمنت أو غيرها.....

وفي هذه العملية يتم وضع الحمأة في أكوام مهواه Aerated Static Piles أو في صفوف مستمرة Windrows وحتى تنجح عملية الكمر فيجب أن يصل تركيز المواد الصلبة المعالجة في الحمأة المراد كمرها من ٤٠- ٥٠% وتمتد فترة الكمر بالحمأة سواء في الأكوام أو الصفوف من ٢٠- ٢٨ يوم .



**شكل (٥) يوضح الكمر بطريقة الصفوف المستمرة**




**شكل (٦) نماذج لعمليات معالجة الحمأة المختلفة**

### VII. إضافة الجير (Lime Stabilization) :

يهدف التثبيت بالكلس "$Ca(OH)_2$" إلي إنقاص المحتوي الجرثومي في الحمأة وإزالة الروائح الكريهة بها والحيلولة دون تعفنها ويتم فيها رفع قيمة pH الأس الهيدروجيني إلي أكثر من ١٢ ولا يوصي باستخدام الحمأة المعالجة بهذه الطريقة في الأراضي القلوية .

**جدول (١٦-٢) جرعة الجير المطلوبة لتثبيت الحمأة السائلة:**

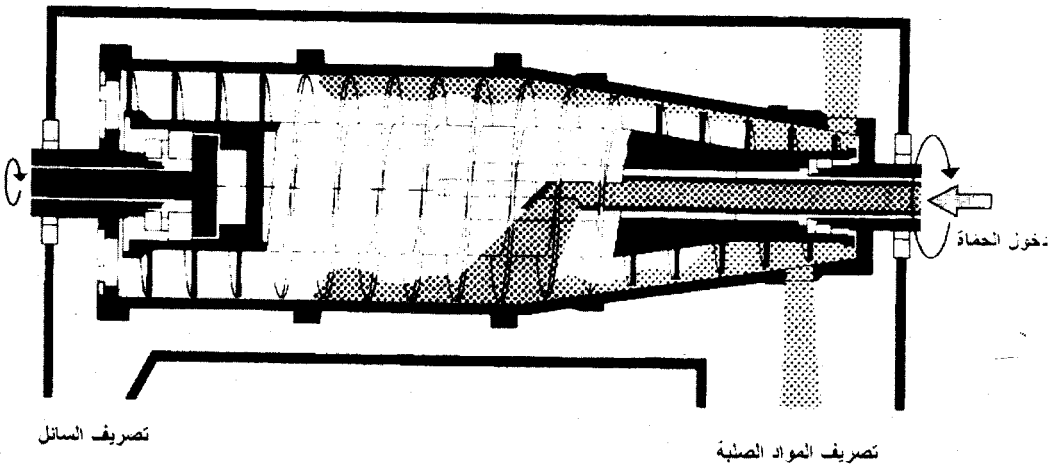
| نوعية الحمأة | تركيز المواد الصلبة % | جرعة الجير المضافة (كجم/طن) |
|---|---|---|
| ابتدائية | ٣-٦ | ٥٤-١٥٤ |
| ثانوية | ١-١,٥ | ١٩٠-٣٩٠ |
| متخمرة هوائياً | ٦-٧ | ١٢٧-٢٢٧ |

### VIII. المعالجة الحرارية:

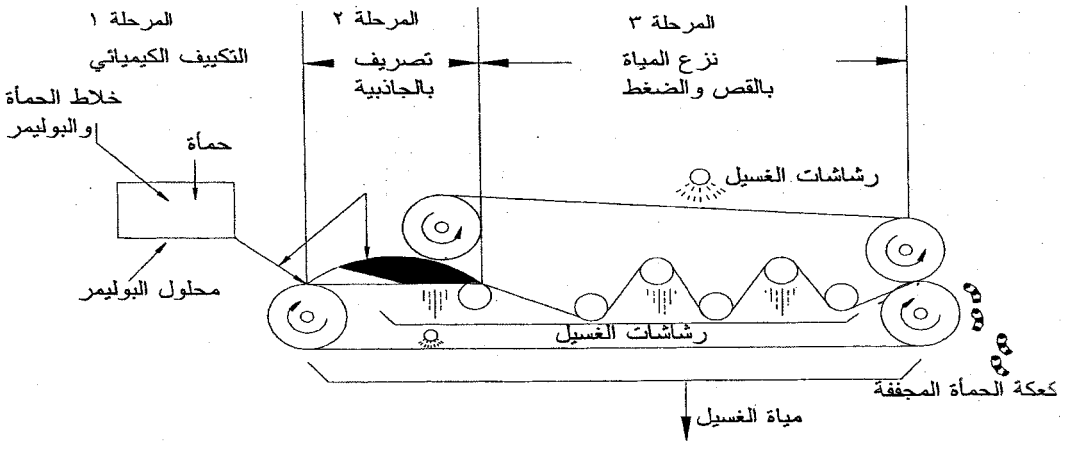
تهدف المعالجة الحرارية إلي القضاء علي الجراثيم الموجودة بالحمأة وجعلها أكثر استجابة لفصل المياه عن المواد الصلبة دون الاستعانة بمركبات كيميائية مخثرة ويتم في هذه العملية تسخين الحمأة إلي درجة حرارة حوالي ٢٦٠ْم وتحت ضغط جوي ٢٧ بار لمدة حوالي ٣٠ دقيقة .

## عملية تجفيف الحمأة:

الهدف منها زيادة تركيز المواد الصلبة في الحمأة وإنقاص حجمهـا وتـتم هـذه العمليـة بأحواض التجفيف التي يليها مناطق التشوين أو عن طريق التجفيف الميكانيكي عن طريق الطـرد المركزي أو ماكينات السير الضاغط وهذه العملية قد تتم قبل المعالجة كما في حالة الكمر أو بعدها في حالة المعالجة بالتخمر اللاهوائي ، وعادة ما يتم إضافة جرعات من البوليمرز للحمأة المـراد تجفيفها ميكانيكياً ، حيث تساعد مادة البوليمرز على تسهيل فصل المياه من المواد الصلبة بالحمأة .




**شكل (٧) التجفيف الميكانيكي بالقوة الطاردة المركزية (Centrifuge)**




**شكل (٨) التجفيف الميكانيكي بماكينات السير الضاغط (Belt Filter Press)**

**استخدامات الحمأة بمصر :**

تستخدم الحمأة كمخصب عضوي للتربة الزراعية بمصر منذ أكثر من سبعين عاماً وعلي الرغم من ذلك لم يتم وضع معايير ومحاذير وقواعد لإضافتها إلا مؤخراً حيث أصدر السيد الدكتور وزير الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية القرار رقم "٢١٤" لسنة ١٩٩٧ بشأن اللائحة التطبيقية الخاصة بالتداول والاستخدام الآمن للحمأة ، وقد تم إصدار هذه اللائحة ليعمل بها مرحلياً لحين نهو دراسة تطبيقية استمرت ٤٨ شهرا لتقييم إعادة استخدام الحمأة في الزراعة من خلال تجارب حقلية وقد تم إنهاء أعمال الدراسة و شارك فيها العديد من الخبراء المحليين والعالميين وتم إعداد اللائحة المنظمة للتداول والاستخدام الآمن للحمأة المنتجة من محطات الصرف الصحي في ضوء نتائج هذه الدراسة .

وتم اعتماد اللائحة النهائية من وزارة الصحة وإصدارها كجزء من اللائحة التنفيذية للقانون ٩٣ لسنة ٦٢ بشأن صرف المخلفات السائلة بموجب القرار الوزاري رقم ٢٥٤ لسنة٢٠٠٣ المنشور بجريدة الوقائع المصرية رقم ٢٧٦ الصادرة في ديسمبر ٢٠٠٣ .

وجدير بالذكر أن اللائحة المرحلية [الصادرة بالقرار ٢١٤ لسنة ١٩٩٧] قد شملت علي معايير لمحتوي الكائنات الممرضة بالحمأة لا يجب أن تتعداها وتلك المعايير مطابقة تماما للقرار رقم "٢٥٤" لسنة ٢٠٠٣ فيما عدا معيار الحد الأقصى للفيروسات والذي تم إرجاء المراقبة البيئية بشأنه لعدم توافر أجهزة قياس الفيروسات .

**ونوصي** بإعادة النص على هذا المعيار ضمن معايير محتوى الكائنات الممرضة بالحمأة الجافة بالبند السادس باللائحة الصادرة بالقرار "٢٥٤" لسنة ٢٠٠٣ علي النحو الآتي:

**الفيروسات:**

يجب أن لا تتعدى الفيروسات المعوية الكلية الحد الآتي :

"١" وحدة لكل "١٠٠" ملي عند تركيز ٥% مواد صلبة علي أساس الوزن الجاف .

ومرفق فيما بعد اللائحة المنظمة للتداول والاستخدام الآمن للحمأة المنتجة من محطات الصرف الصحي ، والصادرة بقرار وزير الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية رقم "٢٥٤" لسنة ٢٠٠٣ .

# وزارة الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية

## قرار رقم (٢٥٤) لسنة ٢٠٠٣

## بتعديل بعض أحكام القرار الوزاري رقم "٤٤" لسنة ٢٠٠٠

**وزير الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية**

- بعد الإطلاع على القانون رقم ٩٣ لسنة ١٩٦٣ في شأن صرف المخلفات السائلة ؛
- وعلى قرار وزير الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية رقم ٣٣٩ لسنة١٩٩٥ والقرارات المعدلة له بتشكيل لجنة قيادية عليا لدراسة إعادة استخدام الحمأة المنتجة من محطات الصرف الصحي ؛
- وعلى قرار وزير الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية رقم ٤٤ لسنة ٢٠٠٠ باللائحة التنفيذية للقانون رقم ٩٣ لسنة ١٩٦٢ ؛
- وعلى القرار الوزاري رقم ٢٢٢ لسنة ٢٠٠٢ بشأن القواعد المنظمة لتداول وإعادة الاستخدام الآمن للحمأة المنتجة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي ؛
- وعلى المذكرة المرفوعة من وزارة الزراعة واستصلاح الأراضي للسيد أمين عام مجلس الوزراء بشأن اللائحة المعدلة لإعادة استخدام الحمأة ؛
- وعلى موافقة وزير الصحة والسكان ؛
- وعلى ما عرضه السيد المهندس رئيس القطاع المشرف على مكتب الوزير بناء على عرض السيد المهندس رئيس الجهاز التنفيذي لمشروع الصرف الصحي للقاهرة الكبرى ؛

**قـــرر**

**مادة أولى :**سحب القرار الوزاري رقم ٢٢٢ لسنة ٢٠٠٢ بشأن القواعد المنظمة لتداول وإعادة الاستخدام الآمن للحمأة المنتجة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي .

**مادة ثانية:** يضاف إلى اللائحة التنفيذية للقانون رقم ٩٣ لسنة ١٩٦٢ المشار إليه والصادرة بقرارنا رقم ٤٤ لسنة ٢٠٠٠ باب ثامن بعنوان "القواعد المنظمة لتداول وإعادة الاستخدام الآمن للحمأة المنتجة من محطات معالجة الصرف الصحي" على النحو المرافق بهذا القرار .

**مادة ثالثة:** يغلى القرار الوزاري رقم ٢١٤ لسنة ١٩٩٧ الصادر باللائحة التطبيقية الخاصة بتداول وإعادة الاستخدام الآمن للحمأة .

**مادة رابعة:**ينشر هذا القرار في الوقائع المصرية ، ويعمل به من تاريخ صدوره .

صدر في ٢٠٠٣/٩/١٠

**وزير الإسكان والمرافق**
**والمجتمعات العمرانية**

**أستاذ دكتور مهندس /**

**محمد ابراهيم سليمان**

# البـــاب الثامـــــن

# القواعد المنظمة لتداول وإعادة الاستخدام الآمن للحمأة المنتجة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي

## البنـــــد الأول

## الهدف من الباب ومجالات تطبيقه

**أولا: الهدف من هذا الباب**

يهدف هذا الباب إلي تنظيم الاستخدام الآمن للحمأة بما يحقـق إنتـاج زراعـي صـالح للاستخدام الآدمي و حماية النظام البيئي و الصحة العامة .

**ثانيا :مجالات تطبيقها**

يتناول هذا الباب الإجراءات و الخطوات اللازم إتباعها لتأمين جميع عمليـات تـداول واستخدام الحمأة ومراقبتها كما يحتوى على المعايير والشروط العامة والخاصة التي يجب أن تطبق على الحمأة المستخدمة .

**ثالثا: الجهات المسئولة عن تطبيق هذا الباب**

- المسئولين عن إنتاج الحمأة بمحطات الصرف الصحي .
- جهات إصدار التراخيص .
- المسئولين عن الرقابة و الإرشاد في الجهات المعنية .
- الجهات و الأفراد المستخدمة للحمأة .

## البند الثاني

## تعريفات عامـــــه

**أولا: الحمأة**

هي الناتج النهائي المترسب من عمليات معالجة مياه الصرف الصحي .

**ثانيا: المنتـــج**

هو الشخص أو الهيئة أو المؤسسة المنتجة للحمأة .

**ثالثا: الموزع**

هو الشخص أو الهيئة أو المؤسسة التي تقوم بنقل و توزيع الحمـأة مـن المنـتج إلـى المستخدم.

**رابعا: المستخدم**

الأفراد و الجهات التي تستخدم الحمأة في الزراعة أو أي أغراض أخرى .

## البند الثالث

## المتطلبات العامة (التراخيص) لإنتاج واستخدام الحمأة

**أولا:**

على كل من المنتج و الموزع الحصول على ترخيص من الجهة الإدارية المختصة بوزارة الإسكان و المرافق و المجتمعات العمرانية كما يجب الحصول على موافقة وزارة الصحة بالنسبة لأماكن معالجة الحمأة التي لا تقع داخل حدود محطات معالجة الصرف الصحي .

و يجدد الترخيص كل ثلاث سنوات .

**ثانيا: متطلبات إنتاج الحمأة**

يقوم المنتج بتقديم خطة إدارة للحمأة على مستوى المنشأة عند التقدم للحصول على الترخيص و يجب أن تشتمل الخطة على الأتي:-

١- اسم وعنوان وتليفون المنشأة .
٢- النشاط والشكل القانوني للمنشأة .
٣- سنة بدء النشاط .
٤- بيانات صاحب المنشأة .
٥- بيانات المدير المسئول عن عملية إنتاج الحمأة .
٦- لوحه بمقياس رسم مناسب لموقع الإنتاج مبين عليها المكونات المختلفة لعملية إنتاج الحمأه .
٧- بيان بالمعدات المستخدمة في الإنتاج .
٨- بيان مصدر (مصادر) الحمأة الخام قبل المعالجة .
٩- معدل إنتاج الحمأة .
١٠- وصف عملية المعالجة و خطة التشغيل .
١١- بيانات المعمل القائم بالتحاليل .
١٢- نتائج تحاليل الحمأة المنتجة و مدى مطابقتها للمعايير (البند السادس) .
١٣- خطة مراقبة الجودة للحمأة المنتجة .
١٤- خطه للطوارئ في حالة الحيود عن المعايير المحددة في البند السادس من هذا الباب بما في ذلك تحديد أماكن دفن الحمأة الغير مطابقة للشروط .
١٥- دراسة تقييم الأثر البيئي المعتمدة من جهاز شئون البيئة .
١٦- خطة الأمن الصناعي والصحي وحماية العاملين .

وعند طلب تجديد الترخيص يقدم نسخه محدثه من الخطة .

**ثالثا: متطلبات ترخيص توزيع الحمأة**

تقوم الجهات والأفراد والمسئولين عن نقل وتوزيع الحمأة بتقديم البيانات التالية للحصـــول على التراخيص طبقا للشروط الواردة في قانون البيئة :

١ - مصادر الحمأة الموزعة .

٢ - نسخه من تراخيص الجهات المنتجة .

٣ - شرح لوسائل التحميل والنقل والتفريغ والتخزين .

٤ - خطة التسويق .

٥ - الإحتياطات المتخذة لتداول الحمأة .

وعند طلب تجديد الترخيص يقدم نسخه محدثه من البيانات المشار إليها .

## البند الرابع
## إنتاج الحمأة
## داخل محطات معالجه مياه الصرف الصحي

حتى تكون الحمأة آمنة يجب أن يكون تركيز المعادن الثقيلة و محتوى الكائنات الممرضة في الحدود المسموح بها و ذلك على النحو الوارد في البند السادس من هذا الباب .

وعلى الجهات المنتجة للحمأة مراعاة الآتي :

**أولا: معالجة الحمأة**

على الجهات المنتجة للحمأة مراعاة تطابق معايير الحمأة وقت بيعها لإعادة استخدامها في الزراعة للمعايير الواردة بالبند السادس من هذا الباب و ذلك بتثبيت الحمأة بإحدى الطرق الآمنة مثل:

١ - التخمر الهوائي .

٢ - التخمر اللاهوائى .

٣ - المعالجة الحرارية .

٤ - إضافة الجير .

٥ - الكمر أو الكمر مع مواد عضويه (co-composting) .

٦ - التخزين بمناطق التشوين مع التعرض لأشعة الشمس المباشرة لمده تمتد إلى ســـتة أشهر .

**ثانيا: ضوابط إنتاج الحمأة بالمحطات :**

١ - أن تملأ أحواض التجفيف بالحمأة بحيث لا يتوالد الذباب و البعوض أو الروائح بقدر الإمكان ، وذلك بأن يتم ملئها على فترات كل فترة لا تزيد عن أربعة أيام بعمق لا يزيد عن ١٥ سم في المرة الواحدة وأن لا يزيد العمق الكلى عن ٤٥ سم .

٢ - أن تكون الأحواض معزولة عن المياه الجوفية أو مصادر المياه وأبسط طرق العزل طبقتين من الطين والرمل بنسبة دمك أكبر من ٩٥% و سمك الطبقة ٢٠سم قبل الدمك ويمكن استخدام تراب الأسمنت أو الجير أو خام البانتونيت في أعمال الدمك.

٣ - عدم نقل الحمأة إلي مواقع التخزين إلا بعد الوصول لنسبة رطوبة في حدود ٧٠% بالوزن، مع مراعاة الشروط الآتية :-

أ - أن يكون قاع هذه المواقع معزولا عن المياه الجوفية .

ب - أن يكون ارتفاع التخزين (التكويم) في حدود من ٦٠ - ٨٠ سم .

جـ- أن تغطى أكوام الحمأة بحمأة أخرى جافه أو مواد تغطيه أخرى لمنع تكاثر الذباب.

٤ - على المنتج مراعاة ما يلي :

أ - توعية عمال الصرف الصحي المتعاملين مع الحمأة بضرورة الالتزام بلبس الأحذية و القفازات الواقية وأن يتم تطهيرها في كل مرة تستخدم فيها .

ب - إجراء فحوص طبية دورية على العاملين مع إجراء التطعيمات ضد أية أمراض محتملة .

جـ- تقديم التسهيلات الطبية السريعة لمعالجة العمال ضد أمراض الإسهال و المعالجة المنتظمة لمنع العدوى .

د - إصدار نشرات توعية عن استخدامات الحمأة ونوعيتها و أخطار كل منها و توزيع صورة منها على المستخدمين .

هـ- إعداد نموذج بيع حمأة كالمرفق بهذا الباب مع إعلام وزارة الصحة وجهاز شئون البيئة ومكاتب الإرشاد الزراعي كل ٣ أشهر بصورة من هذه النماذج.

## البند الخامس

## تنظيم تداول الحمأة

## خارج محطات الصرف الصحي

**أولا: عدم استخدام الحمأة في الحالات التالية:-**

١- أراضى طرح النيل أو أية أراضى أخرى تضع أيا من وزارتي الزراعة والموارد المائية والري قيودا على استخدام الحمأة بها .

٢- الأراضي التي تكون المياه الجوفية فيها على عمق أقل من ١,٥متر من سطح الأرض .

٣- الحدائق العامة أو الملاعب التي يرتادها الجمهور .

٤- الأراضي المنزرعة بالخضروات التي تؤكل نيئة أو المنزرعة بالمحاصيل التي تكون ثمارها ملامسة للتربة أو تتكون تحت سطحها أو المنزرعة بالفاكهة التي لا تنزع القشرة منها .

٥- المخالفة في تركيبها الكيميائي أو محتواها الميكروبي عن الحدود الموضحة بالبند السادس من هذا الباب .

**ثانيا: يجب مراعاة الشروط الآتية عند تداول الحمأة ..**

١- لا يسمح بإلقاء الحمأة في المجارى المائية أو المصارف .

٢- لا يتعدى معدل استخدام الحمأة المعدلات الواردة في البند السادس من هذا الباب .

٣- لا تستخدم الحمأة إلا في المواقع المرخص لها بالإنتاج أو التوزيع أو الاستخدام .

٤- لا تقل المسافة بين أماكن تشوين وتجميع الحمأة عن:-

أ - ١٠ أمتار من حدود الأرض

ب - ١٥٠ مترا من آبار الشرب – المستشفيات – المدارس

جـ- ١٥ مترا من آبار ليست للإستخدام الآدمي

د - ١٥ مترا من حد الطريق

هـ- ٣٠ متر من حد المياه (المجارى المائية - الأنهار و الترع - القنوات البحيرات – التجمعات المائية – حدود فيضان النهر ٠٠٠٠)

٥- العربات المستخدمة في نقل الحمأة:

أ – يراعى غسل العربات المستخدمة في نقل الحمأة و صرف مياه الغسيل إلى وحدات المعالجة أو الشبكة في مواقع الاستخدام أو التخزين أو الإنتاج المتاحة .

ب – يجب وضع علامات على العربات بكتابات واضحة .

ج- من الضروري منع التسرب و تدفق السوائل من السيارة أو تطاير الحمأة من السطح .

د- يجب حفظ العربات في حالة نظافة تامة .

هـ– جميع الأحمال يجب أن تغطى عند النقل ، بحيث لا يكون هناك أي أثر للحمأة على جوانب العربات عند الدخول إلى الطرق العامة .

## البند السادس

## معايير استخدام الحمأة في الزراعة

للسماح باستخدام الحمأة في الزراعة يجب عدم تجاوز المعايير التالية لأى عنصر من العناصر

**أولا: محتوى المعادن الثقيلة في الحمأة الجافة**

**الحد الأقصى لمحتوى المعادن الثقيلة في الحمأة**

| المكونات | الرمز | الحد الاقصى للحمأه الآمنة مجم/ كجم |
|---|---|---|
| زنك | Zn | ٢٨٠٠ |
| نحاس | Cu | ١٥٠٠ |
| نيكل | Ni | ٤٢٠ |
| كادميوم | Cd | ٣٩ |
| رصاص | Pb | ٣٠٠ |
| زئبق | Hg | ١٧ |
| كروم | Cr | ١٢٠٠ |
| موليبدنم | Mo | ١٨ |
| سلينيوم | Se | ٣٦ |
| الزرنيخ | As | ٤١ |

**ثانيا: محتوى الكائنات الممرضة في الحمأة الجافة**

محتوى الكائنات الممرضة (Pathogens) لا يزيد عن الحدود الآتية:

١ - أن يكون العد الاحتمالي لخلايا الكوليفورم البرازى (Fecal Coliform) اقل من ١٠٠٠ خليه لكل جرام مواد صلبه على أساس الوزن الجاف، و يكون العد الاحتمالي للسلمونيلا اقل من ٣ خليه لكل ١٠٠ مللى عند تركيز ٤% مواد صلبه على أساس الوزن الجاف .

٢- بويضات الديدان:

(الإسكارس): عدد ١ بويضة حية لكل ١٠٠ مللى عند تركيز ٥% مواد صلبه على أساس الوزن الجاف (لا يسمح بتواجد أكثر من ثلاثة أجناس من بويضات الديدان)

**ثالثا: يراعى أن تتناسب معدلات الإضافة السنوية من الحمأة المعالجة الجافة مع نوعية الأراضي و أن تكون في الحدود الواردة فيما يلي:**

١- أراضى ثقيلة القوام (طينيه – جيرية) معدل إضافة الحمأة الجافة في حدود من ٨ – ١٤ م٣/للفدان .

٢- أراضى متوسطة القوام (رمليه طينيه – جيرية) معدل الإضافة من الحمأة الجافة في الحدود من ١٠ – ١٦ م٣/للفدان .

٣- أراضى خفيفة القوام (رمليه) معدل إضافة الحمأة الجافة في الحدود من ١٢ – ٢٠ م٣/للفدان .

## البند السابع

## أساليب التخلص من الحمأة غير المطابقة

**أولا: الحمأة المنتجة من محطات معالجة الصرف الصحي**

في حالة إحتواء الحمأة على معادن ثقيلة أو كائنات ممرضه تزيد عن المعايير القياسية الموضحة بالبند السادس من هذا الباب فانه يجب ردم هذه الحمأة ردما صحيا في حفرة ردم طبقا للمواصفات الفنية المعروفة للردم الصحي أو يمكن ترميدها بمحارق آمنة على أن يكون الغاز الناتج نظيفا و على أن يراعى اتخاذ كافة الإحتياطات والشروط البيئية المتعلقة في هذا المجال وغير ذلك من الطرق الآمنة بيئيا .

**ثانيا: الحمأة المستخرجة من الترانشات**

يحظر استخدام الحمأة المستخرجة من الترانشات في الزراعة مباشرة و يجب عمل المعالجة اللازمة لها و مطابقتها لمعايير هذا الباب أو التخلص منها بنفس أسلوب التخلص من الحمأة غير المطابقة للمعايير .

## البند الثامن

## مراقبة استخدام الحمأة

**أولا: جمع عينات تحليل الحمأة**

يتم أخذ وتجميع وحفظ وتحليل عينات الحمأة طبقا لما ورد باللائحة التنفيذية المعدلة لقانون رقم ٩٣ لسنة ١٩٦٢ مع مراعاة الأتي:

١- **الأوعية**

تؤخذ العينات في أوعية ملائمة محكمه الغلق من البلاستيك أو الزجاج النظيفة الجافة .

٢- **حجم العينة**

لا يقل حجم العينة المجمعة عن ٥٠٠ جرام و تكون العينة ممثله لطبيعة الحمأة على قدر المستطاع على أن يراعى عدم أخذ العينة من السطح و لا من القاع وبناء عليه يتم اخذ عينه مركبه من عدة عينات فرديه تؤخذ من الكومة الواحدة على أبعاد لا تزيد عن ١٠ متر بين كل عينتين و من عمق لا يقل عن ٥٠سم من سطح الكومة .

٣- **مواعيد التحليل**

يجرى التحليل بعد أخذ العينة مباشرة في موعد أقصاه ٢٤ ساعة من جمع العينة.

٤- **حفظ العينة**

إذا تعذر إجراء التحليل في الفترة المحددة فيلزم حفظ العينة داخل صندوق ثلاجة مع إحاطة الوعاء بطبقه من الثلج على أن تصل العينة إلي المعمل و بها بقيه من الثلج أو كما تنص عليه الطرق القياسية و بحد أقصى ٢٤ ساعة .

**ثانيا: المتابعة الدورية**

على الجهات المعنية كل فيما يخصه مراعاة الآتي :

١- المتابعة الدورية وإجراء التحاليل السنوية اللازمة للتأكد من أن مدى تراكم المعادن الثقيلة في الحمأة و التربة و النباتات في الحدود البيئية و الصحية المسموح بها .

٢ - إجراء تحاليل دوريه للتأكد من محتوى الكائنات الممرضة بكل من الحمأة والتربـــــة والنباتات واتخاذ كافة الإجراءات اللازمة طبقا لما تسفر عنه نتائج هذه التحاليل .

٣ - الرصد الدوري لمصادر المياه السطحية و الجوفية و منتجات المزارع للتأكد من عدم تأثرها باستخدام الحمأه .

٤ - تؤخذ العينات ويتم التحليل طبقا للطرق القياسية مع تحديد المكلف بأخذ العينة من كل جهة والمعامل المصرح فيها بالتحاليل .

٥ - إجراء مسح صحي للمتعاملين مع الحمأة بصفة دورية كل سنة ضمن أعمال المتابعة الدورية السنوية .

## نموذج لتحليل عينة من الحمأة

أسم المعمل:

أسم المنتج: العنوان:

أسم المنشأة: العنوان:

التاريخ: الوقت:

أسم جامع العينة: أسم مستلم العينة بالمعمل:

ساعة الوصول للمعمل:

تاريخ الأنتهاء من التحليل:

وصف عام للعينة:

نسبة الرطوبة:

الأس الهيدروجينى (pH):

## نتائج تحاليل المعادن الثقيلة

| م | العنصر | النتيجة مجم/كجم | الحد الأقصى المسموح | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|
| | زنك | | ٢٨٠٠ | |
| | نحاس | | ١٥٠٠ | |
| | نيكل | | ٤٢٠ | |
| | كادميوم | | ٣٩ | |
| | رصاص | | ٣٠٠ | |
| | زئبق | | ١٧ | |
| | كروم | | ١٢٠٠ | |
| | موليبدنيوم | | ١٨ | |
| | سيلينيوم | | ٣٦ | |
| | زرنيخ | | ٤١ | |

## نتائج تحاليل الكائنات الممرضه

| م | البيان | النتيجة | الحد الأقصى المسموح | ملاحظات |
|---|---|---|---|---|
| | خلايا الكوليفورم البرازى | | أقل من ١٠٠٠ خليه لكل جرام مواد صلبه على أساس الوزن الجاف٠ | |
| | السلمونيلا | | العد الأحتمالى أقل من ٣ خلية لكل ١٠٠ مللىعند تركيز ٤% مواد صلبه على أساس الوزن الجاف٠ | |
| | بويضات الاسكارس | | وحده لكل ١٠٠ مللى عند تركيز ٥% مواد صلبة على أساس الوزن الجاف٠ لا يسمح بتواجد أكثر من ثلاثة أجناس من بويضات الديدان٠ | |

**العينة مطابقة / غير مطابقة :**

**مدير المعمل**

**يعتمد،**

## البند التاسع

## حالات سحب التراخيص

**أولا:**

يوقف العمل بالترخيص الصادر لمنتج الحمأة حتى انتهاء مدته في حالة ارتكابه أي من الأفعال التالية:

١ - بيع الحمأة المخالفة للمعايير المذكورة في البند السادس من هذا الباب .

٢- عدم إجراء التحاليل المذكورة بنماذج البيع بصفة دوريه .

٣- عدم حفظ نماذج البيع الخاصة بالموزعين المتعاملين معه في سجل خاص للمتابعة مع الجهات الرقابيه .

وفي حالة عودته لإرتكاب ذات الأفعال يسحب منه الترخيص و لا يمنح ترخيصا جديدا إلا بعد انقضاء سنه من تاريخ السحب .

و في جميع الأحوال يتم إعدام المواد المخالفة بإحدى الطرق الآمنة بيئيا .

**ثانيا:**

يوقف العمل بالترخيص الصادر لموزع الحمأة حتى انتهاء مدته في حالة إرتكابه أي من الأفعال التالية:

١ - عدم الالتزام بشروط التخزين المذكورة بهذا الباب .

٢ - عدم الإلتزام بما ورد بهذا الباب بخصوص نقل الحمأة بواسطة عربه تنظف دوريا بعد كل إستخدام وتغطية الحمأة أثناء النقل وعدم الإحتفاظ بسجل خاص تدون فيه البيانات الخاصة بالمشترين ومواقع الأراضى الخاصة بهم .

وفي حالة عودته لارتكاب ذات الأفعال يسحب منه الترخيص و لا يمنح ترخيصا جديدا إلا بعد إنقضاء سنه من تاريخ السحب .

# ملحق خاص
# بتفاصيل الطرق القياسية
# لتحاليل الحمأة

## الطرق القياسية لتحليل الحمأة

| البيـــــان | الحدود الآمنة | الطريقة المعملية المستخدمة | الجهاز المستخدم |
|---|---|---|---|
| أ_ الأس الهيدروجينى PH | ٦-٩ وحدة | قياس الحمضية /القلويـــة للحمأة | PH Meter |
| ب- محتوى المعادن الثقيلة | مجم /كجم | طريقة التحليل الطيفـــي للمعادن | -Color meter<br>-Spectrophotometer<br>-Atomic Absorption |
| زنك ( Zn ) | ٢٨٠٠ | | |
| نحاس (Cu) | ١٥٠٠ | | |
| نيكل (Ni) | ٤٢٠ | | |
| كادميوم (Cd) | ٣٩ | | |
| رصاص (Pb) | ٣٠٠ | | |
| زئبق (Hg) | ١٧ | | |
| كروم (Cr) | ١٢٠٠ | | |
| موليبدنم (Mo) | ١٨ | | |
| سلينيوم (Se) | ٣٦ | | |
| الزرنيخ (As) | ٤١ | | |
| ج- محتوى الكائنات الممرضة ( خلية /جم )<br>* (السلامونيلا)<br>* بويضات الديدان (الإسكارس ) | ٣ خلية/١٠٠مـــم عند تركيز ٤%<br>١ بويضـــــــــةحية /١٠٠مم عند تركيز ٥% | الفحص المجهري بطريقة العد الاحتمالي | *Auto matic colony counter<br>*Stero zoom microscope<br>*Binocular microscope |

**الطرق القياسية لتحليل الحمأة**

**١ - اختبار الأس الهيدروجيني (PH)**

يتم الاختبار باستخدام جهاز قياس الأس الهيدروجيني **(PH Meter)**

**تحضير محلول الحمأة المستخدم فى قياس الآس الهيدروحينى**

- بالنسبة للحمأة السائلة المهضومة والمركزه الخارجة من مركزات الحمأة عند تركيزات ٢% & ٣% يقاس لها الآس الهيدروحينى بأخذ ٦٠ ملى منها مباشرة .
- اما بالنسبة للحمأة الجافة (المجففة بأحواض التجفيف يتم عمل محلول لها باستخدام الماء المقطر لتصبح فى صورة سائلة .

**خطوات التجربة**

١- يتم أخذ ٦٠ ملى لتر من المحلول السابق تحضيره فى كأس اختبار سعته ١٠٠ ملى .

٢- يوضع على جهاز التقليب المغناطيسى مع التقليب يدويا" .

٣- يشطف قضيب جهاز قياس الأس الهيدروجينى **(PH)** بالماء المقطر ثم يوضع داخل العينة .

٤- ينتظر حتى نحصل على قراءة ثابتة محددة .

٥- يتم تسجيل النتيجة على ورقة العمل لجهاز قياس الأس الهيدروجيني (PH) .

٦- تكرر الخطوات السابقة لعدد من العينات حتى يتم الحصول على نتائج دقيقة متقاربة .

**٢ - اختبار المعادن الثقيلة باستخدام جهاز الامتصاص الذرى**

**المواد المستخدمة :-**

١. حامض نيتريك عالي النقاوة
٢. حامض كبريتيك مركز ٩٦- ٩٨ % عالي النقاوة
٣. حامض هيدروكلوريك مركز
٤. محلول كلوريد بوتاسيوم

**خطوات التجربة**

**هضم الحمأة**

١- يتم معرفة تركيز الحمأة المراد تحليلها بتحديد نسبة المواد الصلبة الكلية (TS%) للعينة .

٢- يضاف لكل ١ جرام من العينة ٧,٥ ملى من حمض الهيدروكلوريك (قوة ٦ عياري) و يضاف أيضا ٢,٥ ملى من حمض النيتريك .

٣- تقلب العينة جيدا فى قارورة الغليان مع وضع مكثف أعلى القارورة وتوصيله بالمياه لعمل تبريد مع ترك القارورة فى درجة حرارة الغرفة لمدة ١٦ ساعة .

٤- توضع القارورة بعد ذلك على السخان و تسخن لمدة ساعتان .

٥- تبرد العينة مع غسل المكثف بماء مقطر .

٦- يرشح المحتوى الموجود بالقارورة .

٧- تبرد العينة ثم أضف ١ ملي من محلول البوتاسيوم (١٠% تركيز ) ثم خفف بحمض نيتريك ( ١٢,٥ % تركيز ) .

٨- تقاس العينة بعد ذلك على جهاز الامتصاص الذرى وتبعا لتعليمات التشغيل بالجهاز يتم الحصول على النتيجة .

**٣) طريقة اختبار الكائنات الممرضة ( باستخدام الفحص المجهري )**

**أ- اختبار السلامونيلا :-**

**الطريقة الأولى**

١ - يتم عمل وسط غذائي لنمو البكتيريا ( Tetra thionate broth )

٢ -نأخذ وزنة معلومة من الوسط الغذائي(السابق ) حسب تعليمات الشركة المنتجة ( حسب وزن العبوة )

٣ -يتم وضع ٥٠ ملي من الوسط الغذائي السابق في عدة أنابيب معقمة

٤ -يتم عمل نمو البكتيريا بطريقة التزويد( Enrichment ) ويتم ذلك بأخذ عدة تخفيفات (تخفف البكتيريا بالماء المقطر ) ونأخذ ٥ملى ويتم حقنها على أنابيب الوسط الغذائي

٥ -توضع العينة فى الحضانة عند ٣٧ درجة مئوية لمدة ٥ أيام ويتم عمل تخصيص لنمو ميكروب السلامونيلا فقط دون الميكروبات الاخرى Subculture وتكون كالأتي :-

* كل ٢٤ ساعة تخرج العينة من الحضانة ونأخذ منها (١ ملى ) ويوضع في ٥٠ ملي وسط غذائي جديد ثم توضع فى الحضانة مرة ثانية ونتخلص من الباقي

* تكرر العملية السابقة لمدة ٥ أيام وذلك لاعطاء فرصة أكبر للميكروب بالنمو والبعد عن الميكروبات الأخرى التي قد تظهر معه فى الوسط الغذائي السابق (لتقليل فرصة نمو ميكروب موجب جرام ) ٠

٦ - بعد ٥ أيام يتم عمل صبغة جرام وتفحص تحت الميكروسكوب

٧ - تظهر السلامونيلا سالب عصوى الشكل

**الطريقة الثانية باستخدام الوسط الغذائى (Bismoth solfite agar ) أو (Salmonella Shigella agar )**

١- يتم تحضير وزنة١ لتر من الوسط الغذائي حسب تعليمات الشركة المنتجة وتوضع فى اناء بترى **(Petri dish)**

٢- يتم حقن العينة فى الإناء حسب تخفيفات وليكن ١ ملى

٣- توضع العينة فى الحضانة عند ٣٧ درجة مئوية لمدة ٤٨ ساعة

٤- يلاحظ ظهور السلامونيلا على هيئة مستعمرة سوداء

٥- يتم عمل صبغة جرام ثم تفحص تحت الميكروسكوب تظهر السلامونيلا (سالب جرام ) عصوي الشكل

**ب- طريقة التعيين والتعرف على الاسكارس**

١- نأخذ ١ لتر من العينة وتترك لمدة ١-٢ ساعة لتستقر حتى ينفصل السائل عن الراسب

٢- نتخلص من ٩٠% من السائل ثم نأخذ الباقي ( الراسب + قليل من السائل )

٣- ينقل بعناية الى أنبوبة جهاز الطرد المركزي وتترك فى الجهاز لمدة ١٥ دقيقة حتى نحصل على كتلة متماسكة من العينة .

٤- تعلق الأنبوبة بعد إضافة ٥أضعاف حجمها من محلول Aceto acetate Puffer (اسيتو اسيتات) ( $PH_{4.5}$) بحيث يكون حجم بفر (Puffer) أعلى بمقدار عن العينة

٥- يتم فصل العينة الى طبقات (Extraction) بواسطة استخدام ( اثيل اسيتات) EthylAcetate أو ايثير (Ether) ٠

٦- يضاف ضعف حجم العينة اثيل اسيتات (Ethyl Acetate) ثم تخلط جيدا بجهاز الخلط ثم ترج جيدا باليد .

٧- توضع العينة في جهاز الطرد المركزي لمدة ١٥ دقيقة بعد ذلك تنفصل العينة إلى ثلاث طبقات :-

- طبقة علوية رائقة (سائل) هي محلول بفر (Puffer) نقى .
- طبقة دهنية هي المواد التى اختلطت مع الاثيل اسيتات وكونت كتلة سوداء أعلى العينة .

- الطبقة الثالثة (غير دهنية) تحتوى على كائنات وحيدة الخلية ( البروتوزوا) وهى الطبقة السفلية .

٨- نسجل حجم الكتلة التي تكونت أعلى العينة التي تحتوى على البويضات ونتخلص من السائل الموجود في الأنبوبة .

٩- نعلق العينة مرة أخرى بعد إضافة خمسة أضعاف حجمها كبريتات الزنك ثم نسجل حجم العينة النهائي .

١٠- تخلط العينة جيدا ثم يسحب منها بالماصة المخلوط المتكون بعد الخلط ثم ينقل إلى الشريحة الخاصة بالميكروسكوب ( MC Master) حوالي (٠,٣ملى ) .

١١- تترك الشريحة حتى تستقر قبل الفحص لمدة ٥ دقائق حتى تسمح للبويضات أن تطفو على السطح .

١٢- نضع الشريحة على الميكروسكوب ثم تفحص بقدرة تكبير ١٠ X & ٤٠ X .

١٣- تعد البويضات التي ترى تحت الميكروسكوب .

١٤- نحسب عدد البويضات فى حجم ١ لتر ( هو حجم العينة ) من القانون :-

$$N = A\,x\,/\,PV$$

**حيث ان :-**

**(N)** عدد البويضات في ١ لتر

**(A)** عدد البويضات التي ترى تحت الميكروسكوب

**(X)** حجم العينة النهائي بعد إضافة كبريتات الزنك(خطوة ٩)

**( P )** حجم العينة على الشريحة (٠,٣)

**(V)** حجم العينة الأصلي ١ لتر

## نموذج
## بيع حمأة آمنة للأستخدام الزراعي

أسم الجهة المختصة : ت

أسم المشترى : ت

عنوان المشترى بالتفصيل : قرية مركز محافظة

نوع المحاصيل المطلوب تسميدها بالحمأة:

عدد الأفدنة :

كمية الحمأة : متر مكعب

تم تحليل العينة بمعمل: بتاريخ:

إرشادات:

لضمان سلامتك و للحفاظ على البيئة يجب إتباع الإرشادات التالية:-

١- لا تستخدم الحمأة فى حالة محاصيل الخضر التى تؤكل نية او اية محاصيل تكون ثمارها ملامسة للتربة او تحت سطحها او فى حالة الفاكهة التى تؤكل بدون نزع قشرتها.

٢- لا تستخدم الحمأة فى محاصيل الخضر الورقية التى تستخدم فى السلاطة مثل الخـــس، و محاصيل الفاكهة الملامسة للتربة مثل الفراولة. او المحاصيل الدرنية و الجذرية مثل البطاطس و الجزر و اللفت و الفول السودانى.

٣- لا يسمح برعى المحاصيل المستخدمة كعلف للماشية إلا بعد مرور شهرين من إستخدام الحمأة و أخر رية.

٤- إستخدام الطرق الميكانيكيه عند نثر الحمأة بقدر الإمكان و لا تستخدم الطرق اليدويه الشائعة فى نثر السماد البلدى.

٥- لا تخزن الحمأة بالقرب من المصارف و قنوات الرى و مصادر المياه.

٦- تغطية الجروح أو الخدوش فى الجلد عند تداول الحمأة و استخدامها و غسل المنطقة المتأثرة فورا.

٧- ارتداء الملابس الواقية أثناء استخدام الحمأة مثل الأقنعة و القفازات و الأحذية.

٨- غسل الأيدى بعد استخدام الحمأة و قبل الأكل و الشرب أو التدخين.

٩- عدم الأكل و الشرب أو التدخين أثناء إضافة الحمأة.

١٠- تقليل الغبار المتصاعد من الحمأة عن طريق خفض عدد مرات نقلها و تجنب تداولها فى الأجواء العاصفة.

١١- عدم تناول الثمار المتساقطة على الأرض.

نشر القرار الوزارى الخاص بالكود فى العدد رقم ١٠١
من الوقائع المصرية بتاريخ ٩ مايو لسنة ٢٠٠٥