استخدام وتطبيق المياه المعالجة water reuse في مجالات متعددة:

إعادة استخدام مياه الصرف الصحي لها فوائد مختلفة. أولاً: يمكن لمياه الصرف الصحي المعاد تدويرها أن تكون بمثابة مصدر مياه، حيث تحتوي على مواد مفيدة لبعض الاستخدامات. على سبيل المثال، قد تكون كمية ونوعية مياه الصرف الصحي المتاحة أكثر تجانساً مقارنة بالمياه العذبة. ومع المعالجة المناسبة، يمكن لمياه الصرف الصحي أن تلبي احتياجات وأغراض محددة، مثل تنظيف المراحيض، ومياه التبريد، وغيرها من التطبيقات. تعد إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة أمراً مهماً بشكل خاص في المناخات القاحلة والمناطق التي تواجه نمو الطلب على المياه والتي تعاني من ظروف الإجهاد المائي. تحتوي بعض مجاري مياه الصرف أيضًا على مواد مفيدة، مثل الكربون العضوي والمواد المغذية مثل النيتروجين والفوسفور. قد يؤدي استخدام المياه الغنية بالمغذيات للزراعة والحدائق الطبيعية إلى تقليل أو إلغاء استخدامات الأسمدة.

والفائدة الثانية: لإعادة استخدام مياه الصرف الصحي هي أنها تؤدي إلى تقليل استهلاك المياه واحتياجات المعالجة، مع ما يرتبط بذلك من توفير في التكاليف. في العديد من التطبيقات، تكون إعادة استخدام مياه الصرف الصحي أقل تكلفة من استخدام المياه العذبة، مع انخفاض حجم المعالجة الإضافية لمياه الصرف الصحي.

في مجالات متعددة:water reuse استخدام وتطبيق المياه المعالجة

- استخدام المياه المعالجة في ري المزروعات والحدائق الخضراء Agricultural and landscape irrigation
- استخدام المياه المعالجة في الصناعة Industrial water reuse

- **شحن المياه الجوفية بالمياه المعالجة Ground Water Recharge with Reclaimed Water**
- **استخدام المياه المعالجة للدفق في التواليتات والمباول TOILET AND URINAL FLUSHING**

استخدام المياه المعالجة في ري المزروعات والحدائق الخضراء

Agricultural and landscape irrigation

ان الخواص الميكانيكية والفيزياوية للتربة مثل

- درجة التشتت لدقائق التربة
- هيكلية التربة
- نفاذية التربة

تعتبر حساسة لنوعية التبادل الايوني الموجود في ماء الارواء ولهذا عندما يتم الارواء بماء معالج لا يتأثر المحصول لوحده فقط ولكن تختلف خصائص التربة ايضا.

غالبا تؤخذ محددات كاليفورنيا عند دراسة ماء الري بالمياه المعالجة

ان المحددات الرئيسية للإرواء بالمياه المعالجة تعتمد على اربعة خصائص تحدد صلاحيته لهذا الغرض وهي:

A. الملوحة
B. معدل ارتشاح الماء
C. السمية الايونية
D. تأثيرات متنوعة وتشمل: النتروجين الكلي،البيكاربونات،الدالة الحامضية ثم الكلور المتبقي.

A. **الملوحة Salinity**:

يمكن تحديد الملوحة لمياه الارواء بقياس درجة التوصيلية الكهربائية لها EC والتي بدورها تعطي قيمة تقريبية لتركيز TDS الموجودة في الماء. تقاس التوصيلية الكهربائية بوحدة dS/m أو mmhos/cm وتقاس تركيز المواد الصلبة المذابة بوحدة mg/l

علما ان كل 1 dS/m=1 mmhos/cm ، وهنالك علاقة تقريبية تصل الى 10 % فقط في نسب الخطأ بين TDS وبين EC وهي كما يلي :

TDS (mg/l)≈ EC (dS/m or mmhos/cm)*640

ملاحظة: اذا كان التوصيل الكهربائي لمياه الارواء اقل من 2.25مليموز تعتبر صالحة لري جميع المحاصيل

ان وجود الاملاح يؤثر في نمو النباتات من ثلاثة اوجه :

1. *التأثير الأسموزي Osmotic effects والذي يحدث بسبب التركيز العالي للأملاح الذائبة الكلية في ماء التربة عند المنطقة الجذرية وبذلك يصرف النبات الطاقة المتوفرة لديه للحصول على ماء التربة وتصحيح الضغط الأسموزي ولا تبقى لديه الطاقة اللازمة للنمو ولذلك يجب عمل بزل جيد للتربة لتسهيل حركة الماء والأملاح بشكل مستمر من المنطقة الجذرية .
2. السمية النوعية لكل ايون (Specific Ion Toxicity) توجد بعض الاملاح مثل (الكبريتات) بتركيز معين في التربة يؤدي الى تلف الجذور وموت النباتات.

3. تشتت دقائق التربة (تكون تربة قليلة النفاذية) والذي يحدث بسبب وجود تركيز عال لأيونات الصوديوم.

معدل ارتشاح الماء: Water infiltration rate

لمعرفة تركيز الملوحة لماء الارواء تحت المنطقة الجذرية ECdw وتركيز الملوحة لعينة التربة المستخرجة في المنطقة المشبعة ECe يجب ان نتعرف على نسبة الرشحLF .

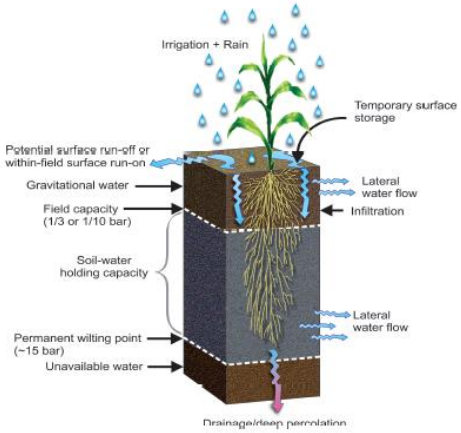
- **نسبة الرشح Leaching Fraction LF** : وتعني النسبة بين عمق الماء الراشح Ddw اسفل المنطقة الجذرية الى عمق ماء الارواء السطحيDiw وبذلك تكون نسبية الرشح بدون وحدات علما ان الرشح يحدث اذا كان ماء الارواء المتوفر اكبر من حاجة النبات ، علما انه كلما كانت نسبة الرشح كبيرة معنى هذا ان تركيز الاملاح المتجمعة حول المنطقة الجذرية قليل.

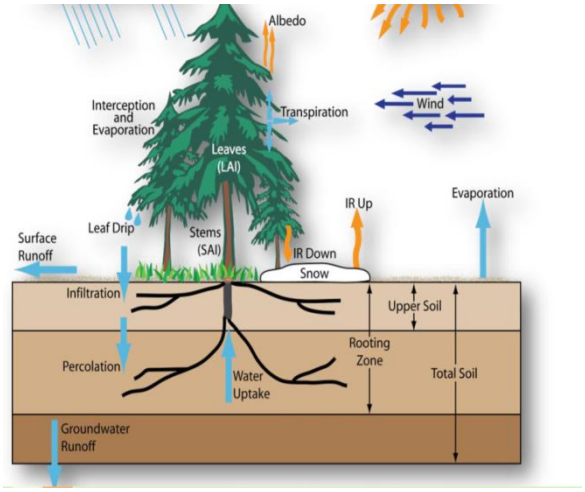
- Ddw*ECdw=Diw*ECiw
- Ddw= depth of water leached below the root zone , mm (drained water)
- Diw= depth of water applied at the surface , mm (irrigation water)
- ECdw = Salinity of the drainage water percolating below the root zone
- ECiw = salinity of irrigation water
- Since : LF= $\frac{Ddw}{Diw}$ or LF= $\frac{ECiw}{ECdw}$
- $EC_{dw} = \frac{ECiw}{LF}$

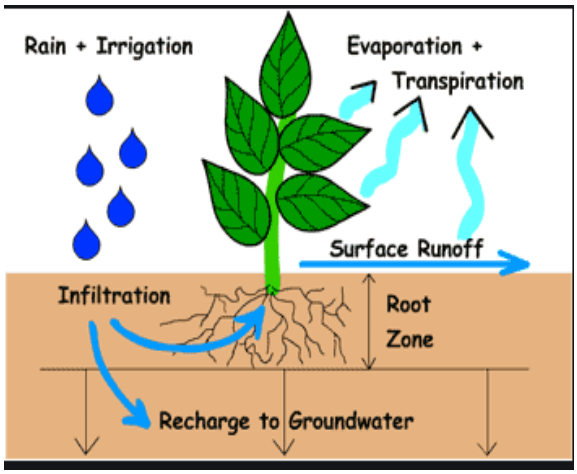
Electrical : التوصيلية الكهربائية لعينة التربة المشبعة المستخرجة .ECe

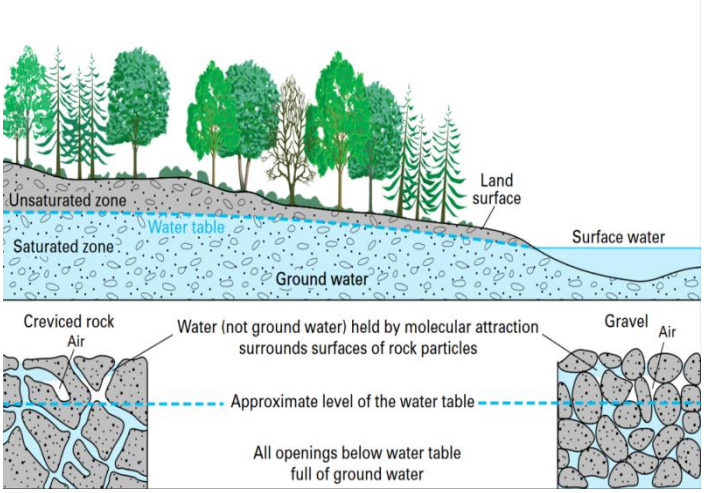
Conductivity of the extracted saturated soil sample

- ملاحظة : ان قيمة ECdw تختلف عن قيمة ECe حيث ان ECdw تعادل ضعف قيمة ECe تقريبا









- **مثال** : نبات معين معروف بأنه يعاني من قلة الانتاج عندما تصل تركيز المواد الذائبة الكلية TDS=5000 mg/l ، يروى هذا النبات بماء معالج له توصيلية كهربائية 1 dS/m وكانت نسبة الرشح LF=0.15 (ويعني ان 85 % من الماء المجهز يستعمل من قبل النبات)

a) احسب هل ان هذا النبات سوف يحصل له قلة في الانتاج ؟

b) ما ذا تتوقع ان تكون قيمة التوصيلية الكهربائية لنموذج التربة المشبعة المستخرجة؟ ECe=

Solution:

- **a)** ECdw =ECiw/LF
- =1/0.15=6.7 dS/m
- TDS=ECdw *640=6.7*640 = 4290 <5000mg/l ok
- اذن لا يحصل للنبات قلة في الانتاج
- **b)** ECdw =2*ECe
- 6.7=2*ECe
- So, ECe=6.7/2= 3.25 dS/m

SAR & SAR adjusted

لدارسة امكانية ترشح المياه خلال التربة يجب ان تحسب قيمة SAR sodium adsorption ratio

- حيث تشتت دقائق التربة (تكون تربة قليلة النفاذية) و يحدث بسبب وجود ايون الصوديوم بتركيز عال في ماء الارواء وبالتالي يعمل على تشتت التربة لكونه يحل محل ايون الكالسيوم والمغنسيوم.
- اذن يعرف SAR بانه نسبة ايون الصوديوم الى المركبات الاخرى التي يمكن ان يحل محلها مثل الكالسيوم والمغنسيوم
- مع زيادة مستويات SARتحدث حالتان: **تصبح التربة مالحة حول جذور النبات أو يصبح سطح التربة أقل نفاذية في كلتا الحالتين تعاني النباتات من حرمان المياه بسبب تفاعلات الصوديوم في التربة**. وتتكون التربة المالحة من الكميات الوفيرة من الصوديوم في التربة التي تجذب جزيئات الماء وتزيل المياه المخصصة للجذور. على الرغم من أن التربة قد تبدو رطبة على السطح ، فإن التربة المحيطة بجذور النبات لن تكون رطبة لأنها مليئة بالملح الذي يمتص الماء بعيدًا عن النبات.
- يكمن خطر الصوديوم **فى تراكم الملح على سطح التربة مما يتسبب في صعوبة تسرب الماء إلى جذور النبات**. لذلك يوصى باستخدام أنظمة معالجة المياه لضمان الحفاظ على مستويات SAR نسبة أمتصاص الصوديوم

وتوازنتها للحفاظ على صحة التربة من أجل إنتاج منتجات مناسبة. يحدث هذا من خلال تصفية الجسيمات

والأملاح من مصدر الماء **مثلا باستخدام نظام التناضح العكسي**

SAR & SAR adjusted

The sodium adsorption ratio (SAR) is a parameter related to the sodium, calcium, and magnesium

$$SAR = \frac{[Na^+]}{\sqrt{1/2([Ca^{2+}] + [Mg^{2+}])}}$$

تم تعديل معادلة احتساب نسبة امتصاص الصوديوم حيث تم الاخذ بنظر الاعتبار **التغيرات في ذوبانية الكالسيوم في سوائل التربة** لهذا

SAR & SAR adjusted

$$\text{adj } R_{Na} = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca_x + Mg}{2}}}$$

- adj RNa (adjusted Sodium Adsorption Ratio)
- Na=sodium in the irrigation water reported in meq/l
- Cax=a modified calcium value taken from **Table (1)** , reported in meq/l.

Cax represents Ca in the applied irrigation water but modified due to salinity of the applied water (ECw), its HCO_3/Ca ratio (HCO_3 and Ca in meq/l) and the estimated partial pressure of CO_2 in the surface few millimetres of soil (PCO_2 = 0.0007 atmospheres)

- Mg=magnesium in the irrigation water reported in meq/l

Table (1): value of Cax^{+2} used in adj SAR Eq. as a fuction of the $HCO3/Ca^{+2}$ ratio and solubility

Ratio of HCO_3^-/Ca^{2+} in meq/L	Values of Ca_x^{2+}, meq/L											
	Salinity of applied water (EC_w), dS/m or mmhos/cm											
	0.1	0.2	0.3	0.5	0.7	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	6.0	8.0
0.05	13.20	13.61	13.92	14.40	14.79	15.26	15.91	16.43	17.28	17.97	19.07	19.94
0.10	8.31	8.57	8.77	9.07	9.31	9.62	10.02	10.35	10.89	11.32	12.01	12.56
0.15	6.34	6.54	6.69	6.92	7.11	7.34	7.65	7.90	8.31	8.64	9.17	9.58
0.20	5.24	5.40	5.52	5.71	5.87	6.06	6.31	6.52	6.86	7.13	7.57	7.91
0.25	4.51	4.65	4.76	4.92	5.06	5.22	5.44	5.62	5.91	6.15	6.52	6.82
0.30	4.00	4.12	4.21	4.36	4.48	4.62	4.82	4.98	5.24	5.44	5.77	6.04
0.35	3.61	3.72	3.80	3.94	4.04	4.17	4.35	4.49	4.72	4.91	5.21	5.45
0.40	3.30	3.40	3.48	3.60	3.70	3.82	3.98	4.11	4.32	4.49	4.77	4.98
0.45	3.05	3.14	3.22	3.33	3.42	3.53	3.68	3.80	4.00	4.15	4.41	4.61
0.50	2.84	2.93	3.00	3.10	3.19	3.29	3.43	3.54	3.72	3.87	4.11	4.30
0.75	2.17	2.24	2.29	2.37	2.43	2.51	2.62	2.70	2.84	2.95	3.14	3.28
1.00	1.79	1.85	1.89	1.96	2.01	2.09	2.16	2.23	2.35	2.44	2.59	2.71
1.25	1.54	1.59	1.63	1.68	1.73	1.78	1.86	1.92	2.02	2.10	2.23	2.33
1.50	1.37	1.41	1.44	1.49	1.53	1.58	1.65	1.70	1.79	1.86	1.97	2.07
1.75	1.23	1.27	1.30	1.35	1.38	1.43	1.49	1.54	1.62	1.68	1.78	1.86
2.00	1.13	1.16	1.19	1.23	1.26	1.31	1.36	1.40	1.48	1.54	1.63	1.70
2.25	1.04	1.08	1.10	1.14	1.17	1.21	1.26	1.30	1.37	1.42	1.51	1.58
2.50	0.97	1.00	1.02	1.06	1.09	1.12	1.17	1.21	1.27	1.32	1.40	1.47
3.00	0.85	0.89	0.91	0.94	0.96	1.00	1.04	1.07	1.13	1.17	1.24	1.30
3.50	0.78	0.80	0.82	0.85	0.87	0.90	0.94	0.97	1.02	1.06	1.12	1.17
4.00	0.71	0.73	0.75	0.78	0.80	0.82	0.86	0.88	0.93	0.97	1.03	1.07
4.50	0.66	0.68	0.69	0.72	0.74	0.76	0.79	0.82	0.86	0.90	0.95	0.99
5.00	0.61	0.63	0.65	0.67	0.69	0.71	0.74	0.76	0.80	0.83	0.88	0.93
7.00	0.49	0.50	0.52	0.53	0.55	0.57	0.59	0.61	0.64	0.67	0.71	0.74
10.00	0.39	0.40	0.41	0.42	0.43	0.45	0.47	0.48	0.51	0.53	0.56	0.58
20.00	0.24	0.25	0.26	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30	0.32	0.33	0.35	0.37

- **مثال** : فيما يلي نتائج تحليل مياه معالجة مستعملة لأغراض الري:

1. احسب قيمة adj. SAR ؟ 2.احسب فيما اذا كانت هنالك مشاكل للرشح قد تنشأ من استعمال هذا الماء للإرواء ؟

WQ parameters	Concentration (mg/l)
BOD	39
TSS	160
Total N	4.4
Total P	5.5
pH	7.7
Cations: Ca	37 (37/20)
Mg	46 (46/12)
Na	410 (410/23)
K	27
Anions : HCO_3	295 (295/61)
SO_4	66
Cl	526
ECiw	2.4 ds/m
TDS	1536
Boron	1.2
Alkalinity as $CaCO_3$	242 (242/50)
T. Hardness as $CaCO_3$	281

Solution

Ca=37/20=1.85 meq/l , Mg = 46/12 =3.79 meq/l

Na=410/23=17.83 meq/l ,HCO_3=295/61=4.84 meq/l

$SAR=Na/ [(Ca+Mg)/2]^{1/2}$

$SAR=17/ [(1.85+3.79)/2]^{1/2} = 10.12$

ECiw =2.4 So, $HCO_3/Ca= 4.84/1.85=2.62$

From Table 1, Ca=1.2 meq/l

$adj\ SAR=17.83/[(1.2+3.79)/2]^{0.5}$ =11.2 increased

From Table 2 , from the values of adj SAR =11.2 & ECiw=2.4 . The result there are no problems in using this reclaimed wastewater for irrigation.