

# الملاحق

• ملحق (أ)

• ملحق (ب)



## الملحق (أ)

### الصرف وإصلاح الأراضي المثلثة بالمياه

#### Drainage and Reclamation of Water Logged Lands

##### ١- تعريف الملوحة والغمر بالمياه:

يقال أن الأرض الزراعية مثقلة بالمياه، عندما تتأثر إنتاجيتها بارتفاع خط المياه الجوفية (High Water Table). في الحقيقة فإن إنتاجية الأرض الزراعية تتأثر عند غمر منطقة الجذور للنباتات بالماء، وبذا تصبح عديمة التهوية. عدم التهوية يقلل من إنتاجية المحصول، كما سيتم شرحه.

في الواقع عمر النبات يتوقف على مواد الغذاء (Nutrients) مثل النترات، والشكل الذي يتم به إستهلاك النترات بواسطة النباتات يتم الحصول عليه بواسطة البكتريا، في عملية تسمى عملية النترجة (Nitrification). تلك البكتريا تحتاج إلى الاكسجين لتعيش. الإمداد بالاكسجين ينقطع عندما تصبح الأرض عديمة التهوية، بما ينتج عنه موت تلك البكتريا وضعف إنتاج الغذاء للنبات (مثل النترات) وبالتالي ضعف نمو النبات والذي يقلل من إنتاجية الحاصلات. بالإضافة إلى ضعف التهوية للنباتات، فإنه تنتج مشاكل كثيرة أخرى في حالة غمر المياه كما سيتم شرحه:

أ- عمليات الزراعة الطبيعية مثل ضبط الميول (Tilling) والحرث... الخ. لا يمكن عملها بسهولة في التربة الرطبة. في الحالات الحادة قد ترتفع المياه فوق سطح الأرض، بما يجعل من المستحيل القيام بعمليات الزراعة. في اللغة العادية مثل هذه الأرض تسمى أرض المستنقع (Swampy).

- ب- بعض النباتات المحبة للماء مثل الحشائش، الأعشاب... الخ. تنمو فى الأرض المغمورة بالمياه، بما يؤثر ويتداخل مع نمو الحاصلات الزراعية.
- ج- كذلك غمر المياه يؤدي إلى الملوحة. حيث فى حال ارتفاع خط المياه الجوفية، لو حدث أن أصبحت جذور النبات خلال تخوم الخاصية الشعرية (Capillary Fringe)، فإن المياه تظل تتبخر باستمرار بالخاصية الشعرية. بدأ استمرار التدفق العلوى للمياه من خط المياه الجوفية (Water Table) إلى سطح الأرض. مع هذا التدفق العلوى، فإن الأملاح المذابة فى المياه ترتفع كذلك نحو السطح، بما ينتج عنه ترسيب الأملاح فى منطقة الجذور للحاصلات الزراعية (Crops). تركيز تلك الأملاح القلوية الموجودة فى منطقة الجذور للنبات تحدث تأثير التآكل والتلف على الجذور، والذى يقلل من النشاط الأوسموزى للنبات ويعيق نمو النبات، وأخيراً ذبول النبات وموته. مثل هذه التربة تسمى التربة المالحة (Salinesoil). لذلك فإن غمر المياه يؤدي إلى الملوحة والذى ينتج عنه خفض إنتاجية الحاصلات الزراعية. لهذا السبب فإن الملوحة وغمر المياه يتم التعامل معهم كمشكلة مزدوجة، تحت عنوان الملوحة وغمر المياه. حيثما يوجد غمر للمياه فإنه لا بد من وجود الملوحة.

## ٢- أسباب غمر المياه (Causes of Water Logging)

غمر المياه هو ارتفاع خط المياه الجوفية، والذى يمكن أن يحدث بسبب العوامل الآتية:

### أ- الرى الكثيف المفرط:

عند تبنى سياسة الرى الكثيف والمفرط، فإن هذا يؤدي إلى الإسراف فى الرى والذى بالتالى يؤدي إلى زيادة تسرب مياه الرى نحو الخزان الجوفى (Percolation) والذى يترتب عليه ارتفاع خط المياه الجوفية. لهذا السبب، ولتجنب غمر المياه فإن سياسة الرى الفسيح أى المنتشر على مناطق متسعة يجب أن تكون البديل لسياسة الرى الكثيف.

## ب- تسرب المياه خلال القنوات:

المياه يمكن أن تتسرب خلال قاع وأجناب القنوات المجاورة، والخزانات... الخ، الموجودة عند مستوى أعلا من الأرض التي تتأثر، بما ينتج عنه ارتفاع خط المياه. هذا التسرب يكون زائدا، عندما تكون التربة عند أجناب القنوات والخزانات... الخ. شديدة المسامية.

## ج- العائق غير المسامي (Impervious Obstruction):

تسرب وإرتشاح (Scepage) المياه أسفل التربة يتحرك أفقياً (أى عرضياً) ولكن قد يجد عائق غير مسامي، والذي يسبب ارتفاع خط المياه على الجانب فوق التيار للعائق. بالمثل، الطبقة الصماء غير المسامية قد تكون أسفل الطبقات العليا للتربة المسامية. فى هذه الحالات، فإن إرتشاح المياه خلال التربة المسامية لا يكون قادراً على الذهاب إلى الأعماق السفلى، وبالتالي، ينتج عن ذلك الإرتفاع السريع لخط المياه.

## د- إرتشاح وتسرب المياه من الأراضى العالية القريبة:

المياه من الأراضى القريبة العالية قد تتسرب نحو أسفل التربة للأرض والذى يعمل على إرتفاع خط المياه الجوفية.

## هـ- الصرف الطبيعي غير المناسب:

التربة ذات الطبقة التحتية ذات المسامية والنفاذية القليلة (مثل الطفلة) أسفل الطبقات العليا من التربة المسامية، لا تكون قادرة على صرف المياه إلى مسافات عميقة فى التربة، وبالتالي، ينتج عن ذلك إرتفاع منسوب المياه فى التربة.

## و- الصرف السطحي غير المناسب:

مياه الأمطار الساقطة فوق الأرض ومياه الري الزائدة يتم إزالتها ولايسمح لها بالتسرب إلى أسفل فى حالة عدم توفير الصرف المناسب فإن المياه سوف تستمر فى الترشح والتسرب بإستمرار وسوف يرتفع منسوب خزان المياه الجوفية.

## ز- المطر الزائد:

المطر الزائد يؤدي إلى الغمر المؤقت بالمياه، وعدم الصرف الجيد قد يؤدي إلى الغمر المستمر للمياه.

## ح- الغمر بسبب فيضان المياه:

إذا حدث أن استمر غمر الأرض بالمياه، فإن النباتات المحبة للماء مثل الحشائش، الأعشاب، الخ يمكن أن تنمو والذي يعيق الصرف السطحي الطبيعي للتربة وبهذا زيادة فرص غمر المياه.

## ط- طبوغرافية الأرض غير المنتظمة أو المستوية:

في حالة الأرض ذات الميول فإن المياه يتم صرفها سريعاً. في حالة الأرض المستوية أو غير المنتظمة ذات الانخفاضات.. الخ فإن الصرف يكون ضعيفاً جداً. كل تلك العوامل تؤدي إلى زيادة مكوث المياه على الأرض، بما يسبب زيادة الرشح وارتفاع خط المياه.

## ٣- التحكم في غمر المياه: (Water – Logging Control)

من الواضح أن غمر المياه يمكن التحكم فيه فقط إذا كانت كمية المياه في التربة السفلية يمكن خفضها وعدم وصولها. للحصول على هذا، فإن المياه المتدفقة في الخزان الأرضي يجب خفضها والتدفق الخارج من الخزان الأرضي يجب زيادته. الإجراءات المختلفة المستخدمة في التحكم في غمر المياه كالآتي:

أ- تبطين القنوات والمجاري المائية: يتم محاولة خفض رشح وتسرب المياه من القنوات والمجاري المائية وذلك بتبطينها حيث التبطين طريقة مؤثرة للتحكم في غمر المياه.

ب- خفض شدة وحدة الري: في المساحات حيث احتمال غمر المياه، فإنه يتم خفض شدة الري بدرجة كبيرة. جزء صغير فقط من الأرض التي يتم ريها يجب أن

يستقبل مياه المجرى المائي في موسم معين. المساحات الباقية يمكن أن تستقبل المياه في الموسم التالي، بالتعاقب.

ج- استخدام تعاقب المحصول Introducing Crop – Rotation: محاصيل معينة تحتاج إلى الماء الزائد ومحاصيل أخرى تحتاج إلى مياه أقل. إذا استمرت زراعة المحاصيل التي تحتاج إلى مياه زائدة في الحقل، فإن فرص غمر المياه تكون كبيرة. ولتجنب ذلك، فإن المحصول الذي يحتاج مياه كثيرة يجب أن يليه محصول يحتاج إلى مياه أقل ثم محصول لا يحتاج إلى المياه. الأرز يمكن أن يعقبه القمح والقمح يليه محصول جاف مثل القطن.

د- أفضل استخدام للمياه (Optimum Use of Water): من المعروف أن كمية معينة ثابتة من مياه الري تعطي أفضل نتائج. أقل من هذه أو أكثر من هذه يعمل على خفض المحصول. ولكن معظم الزراع غير مدركين لتلك التقنية حيث الشعور باستخدام الزائد من مياه الري يزيد من المحصول وهذا وهم خاطئ. يمكن مراجعة هذا الخطأ بترشيد المزارعين. كذلك، فإن الإيراد أو الريع يجب أن لا يقدر على أساس المساحة المروية وليس على أساس كمية المياه المستخدمة. يجب الملاحظة الحاسمة عند مخرج المياه لايقاف تدفق المياه الزائدة.

هـ- توفير الصرف المعترض (Providing Intercepting Drains): يجب توفير نظام صرف كفاء لصرف مياه الأمطار ومياه الري الزائدة. نظام الصرف الجيد يتكون من المصارف السطحية والمصارف تحت السطح.

و- تحسين الصرف الطبيعي للمساحة: لخفض الرشح والتسرب فإن المياه يجب عدم مكوثها فترة طويلة. يمكن المساعدة في هذا الإتجاه بإزالة العوائق من مسار التدفق الطبيعي. حيث تتم إزالة الأشجار والاحراش...الخ مع تحسين ميول خطوط الصرف الطبيعي.

ز- استخدام الري بالرفع (Introduction of Lift Irrigation) الري بالرفع يستخدم المياه الجوفية للري. وهذا يساعد على خفض خط المياه خلال آبار الأنابيب..الخ.

لذلك فإنه يمكن إستبدال الري بالقنوات بالري بالرفع، فى المساحات المحتمل غمرها بالمياه.

#### ٤- إستصلاح الأراضي المالحة والقلوية:

##### Reclamation of Saline and Alkaline Lands

استصلاح الأراضي هو العملية التى بها تحول الأرض غير القابلة للزراعة لتكون مناسبة للزراعة. الأراضي المالحة والمغمورة بالمياه تعطى حاصلات قليلة جداً، ولذلك، تكون غير مناسبة للزراعة، إلا فى حالة إستصلاحها. وقبل تلخيص العلاجات لإستصلاح مثل هذه الأراضي، فإنه سوف يتم أولاً مراجعة العملية التى تصبح بها الرطوبة مالحة أو فى الحالات المتقدمة تكون قلوية.

كل تربة زراعية تحتوى على أملاح معدنية معينة - بعض من هذه الأملاح يكون مفيداً للنباتات حيث توفر الغذاء للنبات، بينما البعض الآخر يشكل خطورة على النبات. الأملاح الخطرة هذه تسمى الأملاح القلوية (Alkaline Salts) ومن أمثلتها العادية كربونات الصوديوم ( $Na_2 CO_3$ )، كبريتات الصوديوم ( $Na_2 SO_4$ )، وكلوريد الصوديوم (NaCl) كربونات الصوديوم ( $Na_2 CO_3$ ) أو القلوى الأسود\* هو الأكثر ضرراً، أما كلوريد الصوديوم هو الأقل أذى. تلك الأملاح قابلة للذوبان فى الماء. فى حالة ارتفاع خط المياه، أو لو حدث أن جذور النبات أصبحت خلال تخوم الخاصية الشعرية، فإن المياه من خط المياه تبدأ فى التدفق إلى أعلى. كذلك الأملاح القلوية المذابة تتحرك إلى أعلى مع الماء حيث ترسب فى التربة خلال جذور النبات وكذلك على سطح الأرض. هذه الظاهرة لتحرك الاملاح إلى أعلى فى المحلول وتكون قشرة رقيقة على السطح (٥ إلى ٧,٥ سم)، بعد تبخير المياه تسمى التزهير أو فقدان ماء التبخر (Efflorescence). الأرض التى تأثرت بهذا التزهير تسمى التربة المالحة. المياه المالحة التى تحيط بجذور النباتات تقلل من النشاط الأسموزى للنبات، كما سيتم شرحه.

\* يعرف بالقلوى الأسود (Black alkali) لأنه يذيب بعض المكونات العضوية للتربة، التى عندما تكون فى المحلول معها تبدو سوداء. لذلك، الأرض، تكون ملطعة بلطع سوداء.

حيث نظر جذور النبات تعمل كأغشية شبه نفاذه (Semi - Permeable membranes)، لذلك فإنه توجد مياه نقية على أحد أجناب الغشاء (أى الماء الذى سبق استخلاصه بواسطة الجذور) والمحلول الملحي على التركز على الجانب الآخر. الآن، من المعلومات عن الكيمياء الطبيعية، يمكن إستنتاج أن الماء سوف يبدأ فى التدفق خارج الجذور بالاسموزى (Osmosis) وأن النبات سوف يموت بسبب نقص المياه.

مثل هذه التربة التى تأثرت بالاملاح تكون غير منتجة وتعرف بالتربة المالحة (Saline Soil). فى حالة استمرار التزهير وفقدان الماء لفترة أطول فإنه يحدث تفاعل التبادل القاعدى، خاصة إذا كانت التربة طفلية، وبذا تتحول الطفلة إلى الصوديوميه (Sodiumising the Clay)، بما يجعلها غير نفاذه وبالتالي عديمة التهوية وعالية عدم الإنتاجية. مثل هذه التربة تسمى التربة القلوية (Alkaline Soils). استصلاح التربة القلوية شديد الصعوبة.

### استصلاح الأرض التى تأثرت بالملح:

من الواضح من المناقشة السابقة أنه يمكن تجنب التزهير فى حالة إستمرار خط المياه أسفل الجذور بمسافة كافية، بما لا يمكن مياه الخاصية الشعرية من الوصول إلى جذور النبات. لذلك، فإن كل تلك الإجراءات التى تم إقتراحها لمنع غمر المياه تنطبق كذلك على منع الملوحة للأراضى. نظام الصرف الكفاء المكون من الصرف السطحى والصرف تحت السطحى يجب أن يتم توفيره لخط المياه فى الأرض المالحة. بعض خفض خط المياه المرتفع بالصرف المناسب، فإن التربة يتم تحريرها من الأملاح الموجودة بواسطة عملية تسمى (Laching) أى نزع الأملاح المعدنية من التربة بغسلها.

### نزع الأملاح المعدنية من التربة (غسيل التربة) (Leaching)

فى هذه العملية، يتم غمر الأرض بالقدر المناسب من المياه. الأملاح القلوية الموجودة فى التربة، يتم إذابتها فى هذه المياه، والتى ترتشح إلى أسفل للوصول إلى

خط المياه أو الصرف بواسطة الصرف تحت السطحي. العملية يتم تكرارها حتى إنخفاض الأملاح في الطبقة العليا للأرض حتى إمكان نمو بعض الحاصلات التي تقاوم الملح. هذه العملية تعرف بإذابة الأملاح المعدنية وإزالتها من التربة (Leaching). الحاصلات ذات المقاومة العالية للملح مثل البرسيم، علف الماشية،... الخ. تنمو حالياً في تلك الأرض التي تم غسيل الأملاح منها لموسمين أو ثلاثة حتى خفض الملوحة إلى الحد الذي يمكن من نمو الحاصلات العادية مثل الحنطة والقطن. الأرض يقال أنه تم استصلاحها (Reclaimed). عند وجود كربونات الصوديوم في التربة المالحة، يتم إضافة الجبس ( $CaSO_4$ ) إلى التربة قبل الغسيل لإزالة الأملاح المعدنية مع الخلط الجيد بالماء. تتفاعل كربونات الصوديوم ( $Na_2CO_3$ ) مع الجبس ( $CaSO_4$ ) مكونة ( $Na_2SO_4$ ) التي يمكن غسيلها وإزالتها من التربة كما سبق شرحه.

### متطلبات غسيل التربة لإزالة الأملاح المعدنية

#### Leaching Requirement of the Soil (LR)

يهدف المحافظة على استمرار الوضع المناسب لملوحة التربة ولتجنب أي زيادة إضافية في ملوحتها، فإنه يكون من الضروري استخدام ماء للتربة يزيد عن الاستخدام الاستهلاكي (أي المتطلبات التي تحقق حاجة البخر والنتج). هذا الماء الزائد سوف يتدفق إلى أسفل ما بعد جذور النبات إلى نظام الصرف تحت الأرض أو إلى الخزان الجوفي، مع غسيل وإزالة الأملاح الزائدة، والتي كان يمكن أن ترسب في التربة بما يزيد من ملوحتها. هذا الماء الزائد، الذي يكون مطلوباً لتحقيق متطلبات الغسيل وإزالة الأملاح، يقدر عموماً كنسبة مئوية لكل مياه الري للإستخدام الحقل لتوفير استخدام الاستهلاك وكذلك متطلبات غسيل الأملاح. هذه الكمية النسبية للمياه اللازمة لاستمرار الإتران في محتوى الأملاح للتربة، ثم حسابها حيث تقدر طبقاً للمعادلة الآتية:

متطلبات الغسيل (Leaching Requirement) (LR)

$$LR = \frac{D_d}{D_i}$$

$$(I) \quad = \frac{\text{عمق الماء الذي تم صرفه لوحد المساحة}}{\text{عمق مياه الري المستخدمة لوحد المساحة}}$$

حيث:

 $D_i =$  العمق الكلي لمياه الري المستخدمة $C_u =$  (استخدام الاستهلاك)  $+ D_d$  (الصرف خارج عمق المياه)

$$(2) LR = \frac{D_d}{D_i} = \frac{D_i - D_u}{D_i}$$

للإتزان الملحي، فإن النسبة  $\frac{D_d}{D_i}$  وجد أنها تساوي  $\frac{C_i}{C_d}$  حيث  $C_i$  هو محتوى

مياه الري من الأملاح،  $C_d$  هو محتوى مياه الصرف أو مياه الغسيل من الأملاح.

حيث أن المحتوى من الأملاح يتناسب مع التوصيل الكهربى (EC)، فإن  $\frac{C_i}{C_d}$

سوف تساوى =

$$\frac{EC(i)}{EC(d)} =$$

حيث:

$EC(i)$  هو التوصيل الكهربى لمياه الري

$EC(d)$  هو التوصيل الكهربى لمياه الصرف (مياه الغسيل)

لذلك: فإن المعادلة رقم (1) يمكن كتابتها كالاتى:

$$(3) LR = \frac{D_d}{D_i} = \frac{EC(i)}{EC(d)}$$

التوصيل الكهربى (EC) لمياه الصرف، أو مياه غسيل الأملاح أى  $EC(d)$  يمكن

إفترضها على أساس الحد المقبول للملح المسموح به للمحصول الذى ينمو، ولكن

يفترض عموماً أن يكون ضعف مقدار  $EC$  لمستخرج تشبع التربة (Saturation Soil

Extract). أى  $EC(e)$ . عندئذ المعادلة (3) يمكن كتابتها كالاتى:

$$LR = \frac{D_d}{D_i} = \frac{EC(i)}{EC(d)} = \frac{EC(i)}{2 EC(e)}$$

## مثال:

يتم تقدير متطلبات الغسيل لإزالة الأملاح من التربة عندما تكون قيمة التوصيل الكهربى (EC) لمستخرج التربة المشبع ١٠ مللى مهو/سم (10 mm ho/cm) عند خفض ٢٥% من إنتاجية المحصول. ما هو العمق المطلوب للماء لاستخدامه فى الحقل إذا كان استخدام الاستهلاك المطلوب للمحصول هو ٨٠ ملليمتر؟ قيمة EC لمياه الغسيل يمكن إفتراضها بشكل مناسب.

## الحل:

القيم المعطاه هي:

EC (e) = قيمة التوصيل الكهربى (EC) لمستخرج التربة المشبعة

EC (i) = قيمة التوصيل الكهربى (EC) لمياه الرى

= ١,٢ مللى هو/سم (1.2 millim ho/Cm)

Cu = الاستخدام الاستهلاكى

= ٨٠ ملليمتر

متطلبات مياه غسيل الأملاح طبقا للمعادلة رقم (3) هو:

$$LR = \frac{Dd}{Di} = \frac{EC(i)}{EC(d)}$$

حيث:

EC<sub>(d)</sub> هي قيمة EC لمياه الغسيل، التى يمكن إفتراضها أن تكون مساوية لضعف

EC<sub>(e)</sub>.

$$\therefore 2 EC_{(e)} = 2 \times 10 \text{ mm ho/cm}$$

إستبدال القيمة السابقة، نحصل على:

$$LR = \frac{EC_{(i)}}{EC_{(d)}} = \frac{1.2 \text{ milli mho/cm}}{20 \text{ milli mho/cm}}$$

$$= \frac{1.2}{20} \times 100\%$$

$$= 6\%$$

لذلك، فإن متطلبات مياه الغسيل للأملح هي ٦% (1) والآن باستخدام المعادلة رقم (2)، عندئذ

$$LR = \frac{Dd}{Di} = \frac{Di - Cu}{Di}$$

$$(2) \quad = \frac{Di - 80 \text{ mm}}{Di} \times 100\%$$

وبمساواة المعادلة رقم (1) ورقم (2) عندئذ

$$6 = \left( \frac{Di - 80 \text{ mm}}{Di} \right) \times 100$$

أو

$$6 Di = 100 Di - 8000 \text{ mm}$$

أو

$$94 Di = 8000 \text{ mm}$$

أو

$$Di = \frac{8000}{94} \text{ mm}$$

$$= 85.1 \text{ mm}$$

لذلك، يكون عمق المياه المطلوب للرى هو = ٨٥,١ ملليمتر

### الصرف الأرضي: (Land Drainage)

الرى السطحي يكون نعمة فقط إذا تم تنفيذه بحرص شديد. كمية المياه التي يتم استخدامها تكون هي المطلوبة فقط للنبات، طبقاً لحاجة ذلك النبات، وكذلك خواص التربة التي يجب أن يعطى لها كل الاعتبار. الماء الزائد الذي لا يتم امتصاصه في

منطقة الجذور للتربة، قد يتسرب ويساعد في ارتفاع خط المياه. أحياناً، هذا الماء الذي يتسرب بالجاذبية قد تقابله طبقة صماء ولا يتم صرفه إلى خط المياه. كما تم شرحه، هذا الماء الزائد ليس فقط فاقداً ولكن يمكن أن يكون ضاراً لإنتاجية المحصول. فى حالة احتمال حدوث مثل هذه الحالات، فإنه يكون من الضروري، إزالة هذا الماء الزائد وصرفه من أسفل التربة ثم عودته ثانية إلى النهر، أو الترعة .. الخ أو لأى مكان آخر. لذلك، فإنه عند تصميم شبكة الري يكون أحياناً توفير نظام صرف مناسب، لإزالة مياه الري الزائد. هذا قد يكون ضرورياً فى المناطق حيث خط المياه الجوفية العالى وفى دلتا الأنهار، عند امتداد نظم الري لمثل هذه المساحات. كذلك يكون نظام الصرف مطلوباً لصرف مياه الأمطار، وذلك لمنع تسربها وضمان التخلص منها.

يمكن توفير نوعين من الصرف وهما:

(١) الصرف السطحي

(٢) الصرف تحت السطحي أو الصرف تحت الأرض.

### ١ - الصرف السطحي: Surface Drainage or Open Drainage

الصرف السطحي هو إزالة الماء الزائد باستخدام وإنشاء الحفر المفتوحة (Open Ditches)، الصرف الحقلى (Field Drains)، والتدرج الأرضى (Land Grading) والمنشآت ذات العلاقة. عند إمتداد السرى إلى المناطق الجافة والقاحلة (Arid Regions)، فإن حفر الصرف تكون ضرورية لإزالة المياه اللازمة لإذابة وغسيل الأملاح غير المرغوبة من التربة وللتخلص من المطر الزائد. الحفر المفتوحة التى يتم إنشائها بهدف إزالة الزائد من مياه الري المستخدم فى الحقل وكذلك إزالة مياه الأمطار، هذه الحفر تكون عريضة وضحلة وهى تسمى حفر الصرف السطحي الضحلة. حفر الصرف هذه تحمل مياه الأمطار إلى الصرف الخارجى والذى يكون قادراً على حمل فيض المياه ويكون بالعمق الكافى لتوفير المخارج للصرف تحت الأرض. مصارف المخرج هذه تسمى المصارف السطحية العميقة (Deep Surface Drains).

المصارف السطحية المنشأة لإزالة مياه الري الزائدة المستخدمة فى المزارع ولمياه الأمطار، يجب أن لا تكون عميقة، لتتداخل مع عمليات الري. ولذلك يتم تصميمها كمصارف سطح ضحلة.

التدرج الأرضى الذى ينتج عن ميل مستمر للأرض نحو الصرف الحقلى، وهو جزء هام من نظام الصرف السطحى. التدرج الأرضى أو التسوية الأرضية يكون ضروريا كذلك للرى السطحى.

### المصارف السطحية الضحلة: (The Shallow Surface Drains)

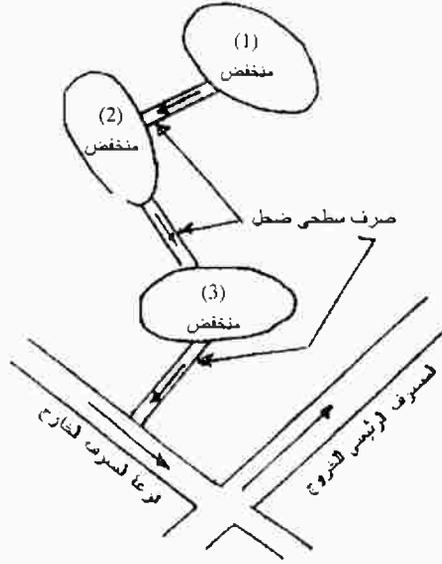
المصارف السطحية الضحلة تكون ذات مقطع القطع المكافئ، تحديداً يتم تصميمها لحمل مياه الأمطار العادية، زائد، مياه الري الزائدة. فى كثير من الحالات يتم إهمال مياه الري الزائدة حيث تصمم تلك المصارف فقط لتدفقات المياه السطحية الناتجة عن هطول المطر المتوسط. إنه ليس من المرغوب فيه إقتصادياً تصميم تلك المصارف لحالات العواصف المظيرة الاستثنائية. يمكن استخدام معادلات (Kutter's or Manning) لتصميم تلك المصارف، مع المحافظة على السرعة خلال حدود السرعة الحرجة، وبذا، تجنب ترسيب الغرين (Silling) أو التعرية وتآكل السطح (Scouring). وعموماً فإن معادلة ماننج (Manning) تستخدم لتصميم المصارف السطحية الضحلة وكذلك العميقة.

### المصارف السطحية العميقة: (Deep Surface Drains)

المصارف السطحية العميقة أو مصارف المخرج (Outlet Drains) تحمل تصرف مياه الأمطار من المصارف السطحية الضحلة، وكذلك مياه الشرب القادمة من المصارف المغطاة بالقرميد أو البلاطات... الخ. (Tile Drains). لذلك فإنها تصمم لصرف كل من المصارف السطحية الضحلة وكذلك المصارف المغطاه. عموماً يتم توفير مخرج فى وسط طبقة الصرف لحمل مياه التسرب، حيث يكون هذا المخرج بميل حاد ويكون مبطناً لتحمل سرعات التدفق العالية وبذا إعاقة نمو الحشائش. المقطع الممتلى يكون مناسباً فقط للإستخدام أثناء حدوث العاصفة الممطرة.

### المدخل السطحي: (Surface In Let)

المياه السطحية من المنخفضات، حفر الطريق، والمزارع وما يتبعها من مباني (Farm Steads) يمكن إزالته إما بتوصيلهم مع الصرف السطحي الضحل، والذي يسمى الصرف الحقلّي العشوائى شكل (١).

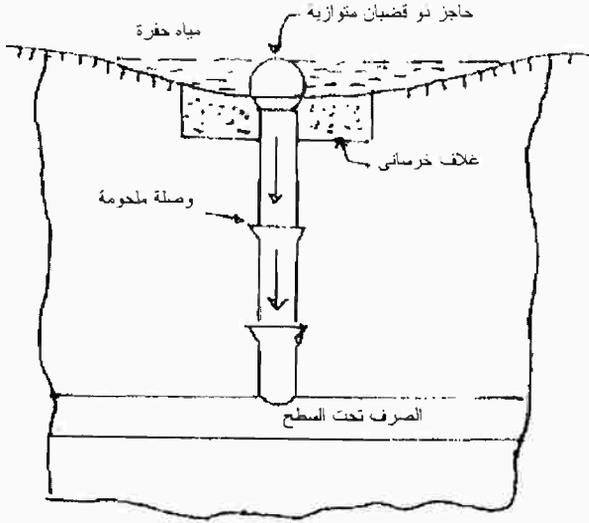


المصرف الرئيسي للخروج

شكل (١) نظام الصرف الحقلّي العشوائى للصرف السطحي

أو بإنشاء مدخل مأخذ الذى يسمى المدخل المفتوح أو المدخل السطحي شكل (٢). المدخل السطحي عبارة عن منشأ يقام لحمل مياه الحفر إلى تحت السطح أو مجرى الصرف من أنبوبة الفخار. يمكن استخدام أنبوبة حديد مجلفن. أحيانا يستخدم فتحة دخول مع أحواض الترسيب كمأخذ سطحية.

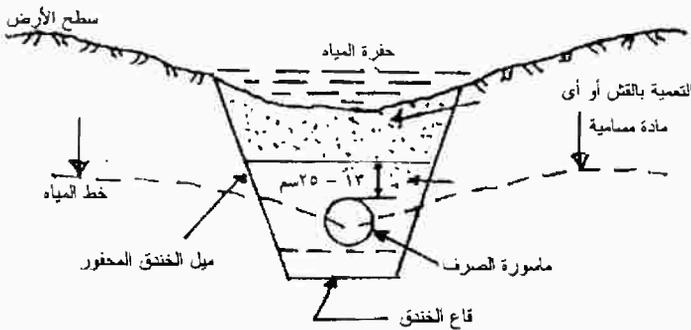
عند سطح الأرض يتم إنشاء حلقة خرسانية ممتدة حول المآخذ على الأنبوبة الصاعدة (Riser) لمنع نمو النباتات ولتنقيته في مكانه. على أعلا الأنبوبة الصاعدة يتم أحيانا توفير شبكة حديدية مناسبة (Grate) لمنع دخول الأعشاب الطافية إلى الأنبوبة. عند إنشاء المدخل في أرض بها زراعات فإن المحيطة بالمدخل مباشرة يجب أن تكون محاطة بالحشائش.



شكل (٢) المدخل السطحي لصرف المياه السطحية في أنبوبة الصرف

### الصرف الفرنسي: (French Drain)

عندما تكون كمية المياه اللازم إزالتها من الحفر أو من المنخفضات صغيرة، فإنه يمكن إنشاء مدخل مسدود (Blind Inlet) فوق أنبوبة الصرف من الفخار أو القرميد (Tile Drain). المدخل المسدود يسمى كذلك المصرف الفرنسي. وهذه تنشأ بملاً خندق أنبوبة الصرف بمواد متدرجة مثل الزلط والرمل الخشن، أو بالقش أو بعيان القمح الجافة أو أى مواد أخرى مشابهة كما في الشكل (٣).

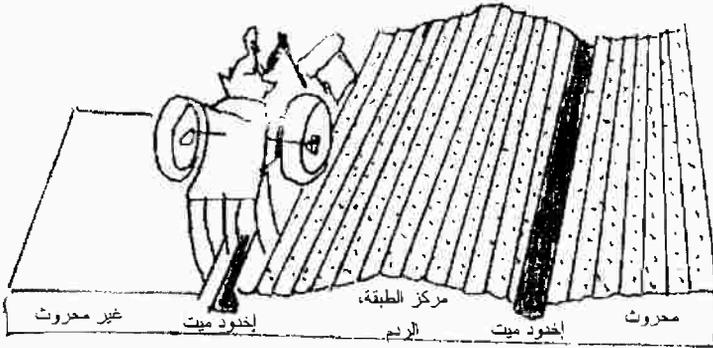


شكل (٣) المدخل المغلق لمدخل الصرف

مثل هذه المداخل ليست مؤثرة باستمرار. الفراغات فى مواد الردم للمدخل المسدود تصبح مملوءة مع مرور الوقت بما يقلل من كفاءتها. رغم أنها ليست مؤثرة بشكل مستمر، إلا أنها اقتصادية فى الإنشاء ولا تتداخل مع عمليات الزراعة.

### فرشة التأسيس: (Bedding)

فرشة التأسيس هى طريقة الصرف السطحى التى تستخدم الأخاديد الميتة (Dead Furrows) كما فى الشكل (٤). المسافة بين اثنتين من الأخاديد المتجاورة تعرف بطبقة التأسيس (Bed)، حيث عمق هذه الطبقة يتوقف على خواص التربة وعمليات الحرث (Tillage). فى منطقة طبقة التأسيس يكون إتجاه الزراعة إما موازياً أو عمودياً على الأخاديد الميتة. عمليات الحرث تكون موازية لطبقات التأسيس (Beds) تعيق حركة المياه إلى الأخاديد الميتة. الحرث يكون دائماً موازياً للأخاديد الميتة. التأسيس يكون عملياً على الميول المستوية لأقل من ١٥%، حيث التربة تكون ذات نفاذية بطيئة والصرف ليس اقتصادياً.



شكل (٤) مقطع فى طبقة أساس يوضح طريقة الإنشاء

### ٢- الصرف تحت السطحى أو الصرف المغطى:

#### Subsurface Drainage or Tile Drainage

النباتات تحتاج إلى الهواء وكذلك إلى الرطوبة فى منطقة جذورها وذلك حياتها ونموها - الري الزائد بمياه الري الحقلى يكون حراً للتحرك نحو الصرف المغطى، فى حالة توفيره. هذا الماء يؤخر نمو النبات، لأنه يملأ مسام التربة ويعيق التهوية

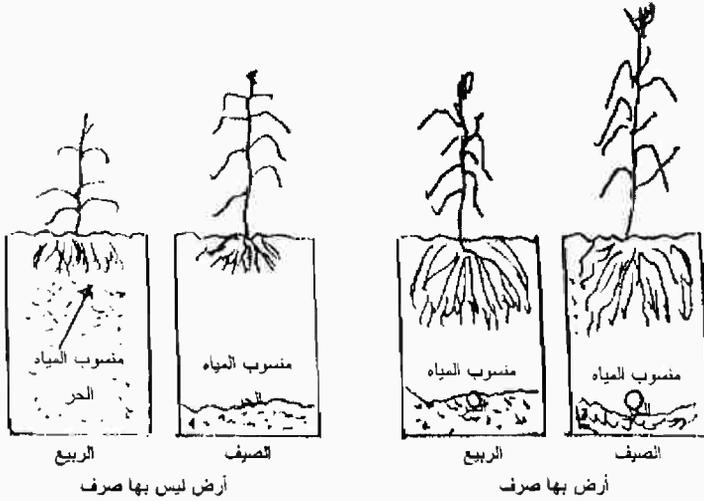
الجيدة. لذلك فإن الصرف السطحي يكون مطلوباً لإزالة الزائد من مياه الري، وذلك لمعظم الحاصلات المزروعة على الطبوغرافية المستوية أو المتموجة على الجانب الآخر فإن المصارف تحت السطح تكون مطلوبة للتربة ذات الصرف الداخلى الضعيف وحيث يكون خط المياه الجوفية مرتفعاً. إذا لم يحدث وجود طبقة صماء أسفل أرض الحقل وأن خط المياه الجوفية يكون منخفضاً، فإن الصرف الداخلى قد يكون كافياً مع عدم الحاجة إلى الصرف المغطى (Tile Drains). لتحقيق أقصى إنتاجية لمعظم الحاصلات، لذلك تكون الحاجة أساسية لكل من الصرف السطحي والصرف تحت السطح.

### مميزات الصرف المغطى (تحت السطح): (Tile Drainage)

الصرف المغطى يساعد في زيادة إنتاجية المحصول وذلك بصرف المياه أو بخفض خط المياه بالطريقة الآتية:

- إزالة الحرارة التدفق بالجاذبية والتي غير متاحة مباشرة للنباتات.
- زيادة حجم التربة التي يمكن للنبات أن يمتص منها الغذاء.
- زيادة تدوير الهواء.
- زيادة نشاط البكتريا في التربة، بذا تحسين بناء التربة بما يجعل غذاء النبات متاحاً بشكل أسرع.
- خفض برى التربة. التربة ذات الصرف الجيد تكون ذات قدرة عالية على الإمساك بالمياه، بما ينتج عنه خفض للتدفق السطحي وبالتالي خفض البرى والتآكل للتربة.
- خفض وإزالة المواد السامة مثل الصوديوم والأملاح المذابة الأخرى، التي عند وجودها بتركيزات عالية قد تؤخر نمو النبات.
- خفض الوقت والعمالة اللازمة للحراثة والحصاد، حيث أن تلك المصارف لا تعيق العمليات الحقلية - في حالة محصول مثل الحنطة، التأخير في الإنبات قد يقلل الإنتاجية. كل تلك المشاكل تزال في التربة ذات الصرف المغطى.

- الصرف بالقرميد (الصرف المغطى) يسمح بالجذور العميقة لتنمو وذلك يخفض خط المياه، خاصة خلال شهور الربيع كما في الشكل (٥).



شكل (٥) تنمية الجذور لنمو المحاصيل على الأرض التي بها صرف والأرض التي ليس بها صرف  
 ملاحظة: النبات ذو الجذور العميقة يمكنه استخلاص الماء من أعماق أكبر وبالتالي يمكنه تحمل الجفاف أفضل من ذلك ذو الجذور الضحلة. هذا بالإضافة إلى أن النباتات ذات الجذور العميقة تكون أكثر ضخامة ولذلك تكون قادرة على زيادة النتج والإرتشاح (Transpiration) وبالتالي زيادة الإنتاجية.

#### غلاف المرشحات: (Envelope Filters)

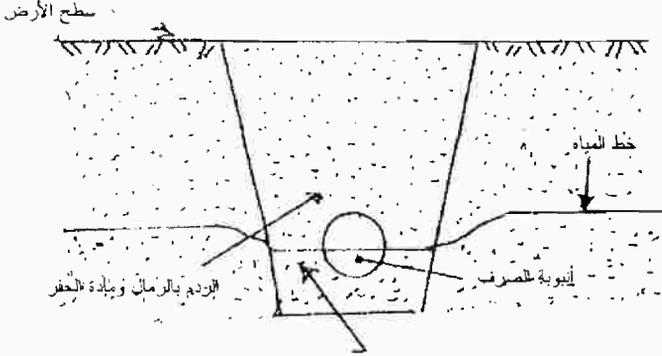
مصارف القرميد أو الفخار هي عادة أنبوبة صرف مصنوعة من مادة طفالية مسامية وتكون ذات مقطع مستدير. الأمطار قد تتراوح ما بين ١٠ سم إلى ٣٠ سم. تلك الأنابيب يتم وضعها أسفل منسوب الأرض، مع التناكب مع بعضها (Butting) بواسطة وصلات مفتوحة.

الخنادق التي توضع فيها يتم ملئها بالرمل ومواد الحفر كما هو موضح في الشكل (٦). كلما أمكن ذلك فإنه يجب عدم وضع تلك الأنابيب المثقبة أسفل طبقة أقل مسامية. لأنه في هذه الحالة، قد تظل جافة حيث تكون الأرض فوق طبقة التربة غير المسامية مغمورة بالمياه، حيث المياه لا تكون قادرة على الوصول إلى الصرف - عند وضع

أنابيب الصرف في تربة ذات مسامية قليلة، فإنها عموماً تحاط بواسطة مرشحات زلطية مدرجة والتي تسمى غلاف المرشحات شكل (٧) - غلاف المرشح يؤدي وظيفتين:

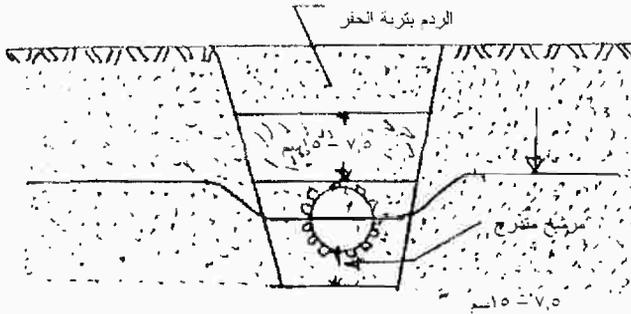
١- منع دخول مواد التربة في أنبوبة الصرف.

٢- زيادة تأثير قطر أنبوبة الصرف وبالتالي زيادة معدل التدفق إلى داخل الأنبوبة.



شكل (٦) مقطع في الصرف في التربة المسامية (بدون أى مرشح)

المرشح يتكون من تدرجات مختلفة، مثل الزلط، الرمل الخشن، المادة الخشنة الأكبر حجماً) يتم وضعها فوق الأنبوبة الفخار مباشرة، ثم خفض الحجم بالتدرج نحو سطح التربة - أدنى سمك للمرشح هو ٧,٥ سم. المرشح المدرج يمكن استبداله أحياناً بواسطة تدرج واحد، طبقاً للمتاح واعتبارات التكلفة شكل (٧).



شكل (٧) مقطع في الصرف في تربة أقل مسامية (بمرشح مدرج)

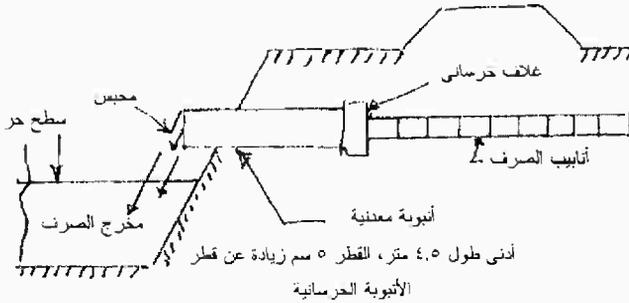
## المخارج لأنابيب الصرف أو الصرف المقفل:

## Outlets for Tile Drains or Closed Drains

المياه التي يتم صرفها بواسطة أنابيب الصرف من الفخار المثقبة يتم صرفها في مصارف أكبر، والتي تسمى المصارف السطحية العميقة. المياه من أنابيب الصرف المثقبة يمكن صرفها في مخارج تلك المصارف اما بالجاذبية أو بالضخ، طبقاً للمتاح من المخارج بالجاذبية أو مخارج الضخ كما سيتم وصفه.

## مخارج الجاذبية: (Gravity Outlets)

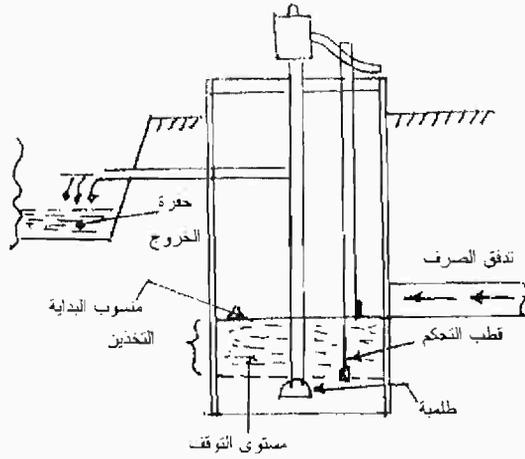
إذا كان مستوى طبقة التأسيس ومستوى الامداد الكلى لمخرج المصرف أدنى من مستوى قاع أنبوبة الصرف المثقبة، عندئذ فإن الماء يمكن صرفه بسهولة بفعل الجاذبية. يتم توفير أنبوبة معدنية مموجة ذات مغلاق متدلى (Flap Shutter) لمنع دخول القوارض وذلك عند نقطة المخرج. في حالة احتمال خطورة التدفق العكسي لمياه الفيضان في الأنبوبة من الصرف السطحي العميق، عندئذ يمكن توفير محبس لاحكام الفيضان شكل (٨).



شكل (٨) مخرج الجاذبية لأنابيب الصرف الخرسانية

## مخارج الضخ: (Pump Outlets)

عندما يكون مستوى القاع لمخرج الصرف أعلا عن ذلك لصرف الأنبوبة المثقبة، فإنه يتم تجهيز مخرج المضخة كما في الشكل (٩). وهو يتكون من مضخة التحكم الآلي ذات حوض تخزين صغير. مخارج المضخة مكلفة وتحتاج تقنية. لذلك، يتم دراسة وبحث تعميق مخرج المضخة، حيث يتم مقارنة تكاليف إقامة وصيانة مخرج المضخة مع ذلك لحفر وصيانة مخارج الصرف العميقة، وذلك قبل الاختبار النهائي.

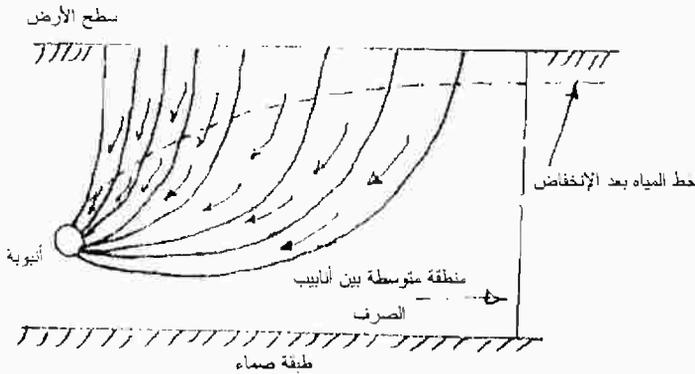


شكل (٩) مخرج المضخة لصرف أنبوبة الصرف

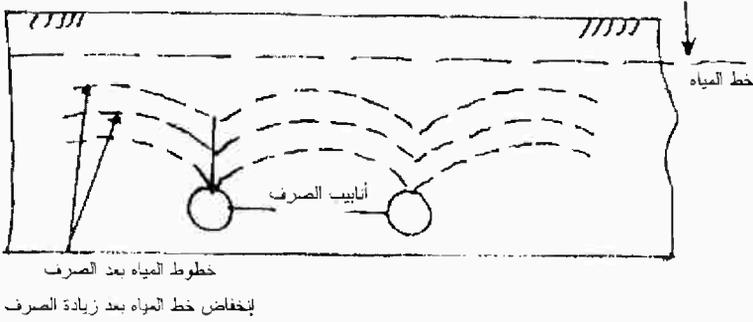
منحنى الانخفاض أو تحرك المياه في أنبوبة الصرف:

(Drawdown Curve or Movement of Water Into Tile Drainage)

في التربة المشبعة، تتدفق المياه إلى أنبوبة الصرف على طول المسار الموضح في الشكل (١٠-أ). وحيث أن كمية المياه التي تتحرك بين أي خطين تدفق تكون واحدة، فإن الانخفاض سيكون أكبر قرب الأنبوبة عنه عند النقط البعيدة. بعد صرف التربة المشبعة ليوم مثلا، فإن خط المياه الناتج سيكون كما هو موضح في الشكل (١٠-أ، ١٠-ب).



شكل (١٠-أ) منحنى الإنخفاض باستخدام أنبوية صرف واحدة



شكل (١٠ ب) منحني الإنخفاض باستخدام سلسلة من الأنابيب

مع سلسلة من أنابيب الصرف، فإن مستوى المياه تحت التربة مباشرة فوق الأنابيب، تكون أدنى من المنسوب المتوسط بينهم.

عند توفير المرشح حول أنبوبة الصرف لإحاطة الصرف بتربة مسامية زائدة، عندئذ فإن إجمال الإنخفاض سيكون أكبر. معدل إنخفاض خط المياه يتوقف أساساً على نفاذية التربة والفواصل بين أنابيب الصرف. في هذه الحالة، الماء يتحرك أفقياً مسافة تزيد عن الرأسى قليل وصولها إلى الصرف، النفاذية الأفقية للتربة ذات أهمية كبيرة. نفاذية معظم أنواع التربة تقل مع العمق. هذا التغيير في النفاذية يؤثر على شكل خطوط التدفق ومعدل هبوط خط المياه.

#### عمق وفواصل أنابيب الصرف:

أنابيب الصرف المقللة عموماً تكون بفواصل بالمسافة التي تمكن من خفض خط المياه أسفل منطقة جذور النباتات بالعمق الكافي بالنسبة لمعظم النباتات يجب أن تكون النقطة العليا لخط المياه لا تقل عن ١ إلى ١,٥ متر أسفل منسوب الأرض، ذلك رغم أن هذه المسافة قد تتغير من ٠,٧ إلى ٢,٥ متر، طبقاً لنوع التربة ولنوع المحصول.

أنابيب الصرف يمكن أن توضع عند حوالي ٠,٣ متر أسفل أعلا منسوب مطلوب لخط المياه.

#### معامل الصرف: (Drainage Coefficient)

المعدل الذي يتم به إزالة المياه بالصرف يسمى معامل الصرف. ويقدر بعمق الماء بالسنتيمتر أو المتر المطلوب إزالته في ٢٤ ساعة من مساحة الصرف، يتوقف

معامل الصرف إلى حد كبير على سقوط الأمطار ولكنه يتغير مع نوع التربة، ونوع المحصول، درجة الصرف السطحي... الخ. قيمة معامل الصرف الموصى بها هي ١% من متوسط سقوط المطر السنوي المطلوب إزالته في اليوم.

في المساحة المروية، التصريف خلال أنابيب الصرف قد يتغير ما بين ١٠ إلى ٥٠% من إجمالي المياه المستخدمة. حيث أن المساحة الكلية ليست مروية في نفس الوقت، فإن مساحة الصرف المطلوب استخدامها لحساب تدفق أنبوبة الصرف ليست واحدة عند كل المساحة التي تحتوى على أنابيب الصرف، ولكن تقدر من المساحة المروية. القيمة المناسبة لمعامل الصرف يمكن أن تؤخذ طبقاً للظروف المحلية. القيم من ١ إلى ٢,٥ سم/اليوم للتربة الطبيعية المعدنية و ١,٢٥ إلى ١٠ سم/اليوم للتربة العضوية لمختلف أنواع الحاصلات، وهذه القيم إقترحت للمناطق الرطبة.

مثال:

نظام الصرف بالأنابيب الفخار، لصرف ١٢ هكتار، التدفق عند طاقة تصميمية لمدة يومين، بعد العاصفة الممطرة. إذا كان النظام مصمم باستخدام معامل الصرف ١,٢٥ سم، كم من الأمطار المكعبة من الماء سيتم إزالتها خلال تلك الفترة.

الحل:

معامل الصرف بمقدار ١,٢٥ سم يعني أنه سيتم إزالة مياه بعمق ١,٢٥ سم من مساحة الصرف بالصرف خلال ٢٤ ساعة.

حجم المياه الداخلة للصرف في اليوم

$$= \frac{1,25}{100} \times (12 \times 10^4) \text{ متر مكعب اليوم}$$

$$= 1500 \text{ متر مكعب في اليوم.}$$

حجم المياه الذي يمر خلال الصرف خلال يومين من التدفق

$$= 2 \times 1500 = 3000 \text{ متر مكعب.}$$

**مساحة الصرف: (Drainage Area)**

المساحة التي يتم صرفها بنظام أنابيب الصرف تسمى مساحة الصرف. أحياناً، يتم إزالة المياه السطحية كذلك بواسطة أنابيب الصرف. في هذه الحالة، فإن مساحة غمر المياه ستكون هي مساحة الصرف حتى وإن كانت ليست مجهزة كلية بأنابيب الصرف.

**حجم أنابيب الصرف:**

أنابيب الصرف يتم تصميمها طبقاً لمعادلة ما نتج لحمل صرف معين يتم تعيينه بواسطة معامل الصرف ومساحة الصرف. يتم وضع الأنابيب على ميل طولى معين يتراوح من ٠,٠٥ إلى ٣%. أدنى تدرج مناسب هو ٠,٢%. عند عدم توفر الميل المناسب فإنه يمكن خفض التدرج في الميل إلى ٠,١%. طبقاً للميل المتاح لسطح التربة وعمق المخرج، فإنه يمكن إعطاء قيمة مناسبة. للميل الطولى للأنابيب. قطرها يمكن تقديره بسهولة من معادلة ما ينتج. أدنى قطر للأنابيب يوصى به هو من ١٠-١٥سم. أدنى قطر للأنابيب المثقبة يمكن خفضه وفي هذه الحالة تكون عدم الإستقامة للوصلات أو التشققات ليست مشكله.

مثال:

عين القطر عند المخرج لنظام صرف ٦ هكتار، إذا كان معامل الصرف هو اسم وتدرج الميل للأنابيب هو ٠,٣%. افترض معامل التجعد (Rugosity Coefficient) للمادة هو ٠,٠١١.

الحل:

معامل الصرف اسم يعنى أن اسم من الماء من مساحة ٦ هكتار تدخل الأنابيب كل يوم.

حجم الماء المار في الأنابيب في اليوم =  $(\frac{1}{100} \times 6 \times 10^4)$  متر مكعب

$$= 600 \text{ متر مكعب}$$

$$\text{حجم الماء المار في الأنابيب في الثانية} = \frac{600}{3600 \times 24} = \frac{1}{144} \text{ م}^3/\text{ث}$$

$$\therefore Q = \frac{1}{144} \text{ متر مكعب/ثانية}$$

الآن:

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} - S^{1/2}$$

بالنسبة للأنبوبة المستديرة ذات قطر D، عندئذ

$$A = \frac{\pi D^2}{4}, P = \pi D, R = \frac{D}{4}$$

أو

$$\frac{1}{144} = \frac{1}{0.011} \times \left( \frac{\pi D^2}{4} \right) \cdot \left( \frac{D}{4} \right)^{2/3} \left( \frac{0.3}{100} \right)^{1/2}$$

أو

$$\frac{1}{144} \times \frac{0.011 \times 4}{\pi} = \frac{D^2 \cdot D^{2/3}}{(4)^{2/3}} \times \frac{1}{\sqrt{333.3}}$$

أو

$$\frac{0.011 \times 4 \times 2.52 \times 18.26}{144 \times \pi} = D^{8/3}$$

$$D = (0.00447)^{3/8}$$

$$D = 0.132 \text{ متر}$$

$$= 13.2 \text{ سم}$$

سؤال الأنابيب:

الأنابيب المستخدمة في الصرف تصنع عادة من الطفلة أو من الخرسانة، بأطوال قصيرة. أحياناً، قد تصنع من الصلب المغطى بالبنتيومين من الداخل ومن الخارج.

المواسير البلاستيك الموجهة والمتقبة أصبحت مفضلة بسبب خفة وزنها وسهولة تداولها.

### مقارنة بين الأنابيب من الطفلة ومن الخرسانة:

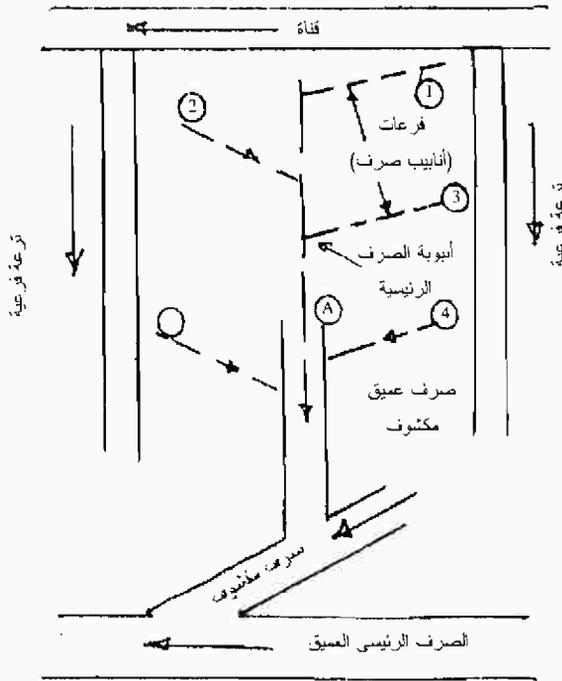
الأنابيب الخرسانية ذات النوعية الجيدة شديدة المقاومة للتجمد وإذابة الجليد ولكن يمكن أن تتلف في التربة القلوية أو الحامضية. المواد من الطفلة لا تتأثر بالتربة الحامضية أو القلوية عند التعرض للحالات المستمرة من التجمد وأنصهار الجليد وجد أن الأنابيب الخرسانية آمنة عن الأنابيب من الطفلة، ذلك رغم أن الأنابيب من الطفلة تقاوم التلف بفعل التجمد. كلا نوعي الأنابيب يجب أن يكون له القوة الكافية لتحمل الأحمال الاستاتيكية والأحمال الصدمية التي تنقل إليها من التربة التي فوقها.

الأنابيب الجيدة من الطفلة أو من الخرسانة يجب أن يكون لها الخواص الآتية:

- ١- مقاومة العوامل الجوية والتلف في التربة.
- ٢- الامتصاص المنخفض للماء أى الكثافة العالية.
- ٣- التجانس فى الشكل وسمك الجدار...الخ.
- ٤- عدم وجود عيوب مثل التشققات...الخ.
- ٥- القوة الكافية لمقاومة الأحمال الاستاتيكية والأحمال الصدمية المصممة عليها.

### وضع أنابيب الصرف: (Layout of Tile Drains)

أنابيب الصرف قد تكون مصفوفة بطرق مختلفة، طبقاً لطبوغرافية الأرض. عموماً التفرعات من أنابيب الصرف (Laterals) تمر خلال معظم مساحة الصرف وتتصل بخط الصرف الرئيسى (Mains) والذي بالتالى يصرف خلال المخارج فى المصارف العميقة المفتوحة. شبكة بسيطة من نظام الصرف موضحة فى الشكل (١١).

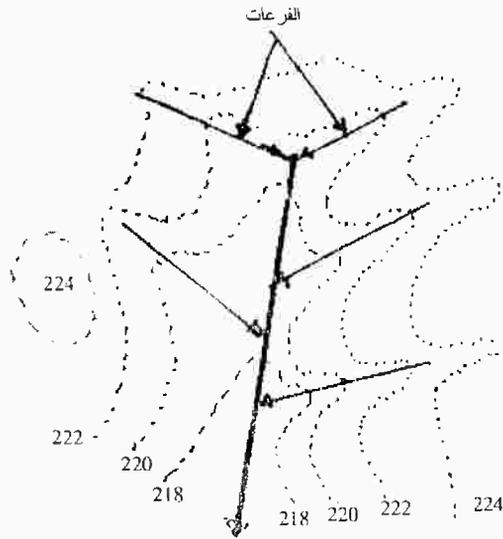


شكل (١١) المخطط العام لشبكة أنابيب الصرف

بدائل مختلفة ممكنة لأوضاع نظم أنابيب الصرف موضحة في الشكل (١٢)، حيث سيتم مناقشتها.

### ١ - النظام الطبيعي (Natural System)

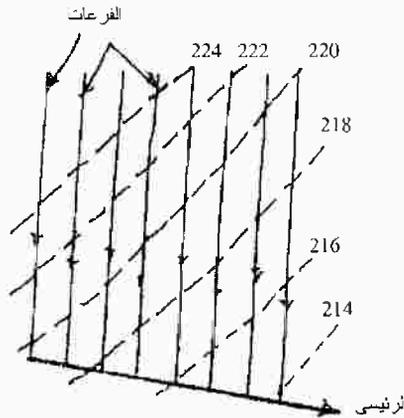
النظام الطبيعي يستخدم عموماً في الأرض ذات الطبوغرافية المتدحرجة حيث يكون المطلوب صرف مساحات معزولة. التفرعات الرئيسية والفرعيات المتصلة يتم توفيرهم في مسلك طبيعي كما في الشكل (١٢-أ). هذا النظام مناسب عندما لا يتم الصرف بكل الأرض. النظام مرن إلى حد ما ويسمح بالصرف المحلى حيث يكون مطلوباً.



شكل (١٢-أ) النظام الطبيعي

## ٢- نظام المصبعة (الشبكة الحديدية) (Grid Iron System)

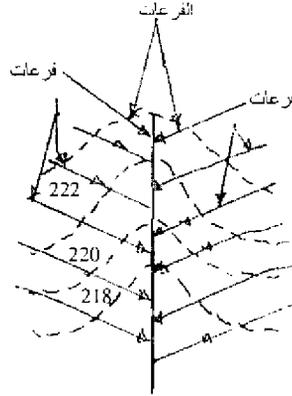
نظام الصرف المكون من فرعات رئيسية وفرعية موضح في الشكل (١٢-ب). في هذا النظام، يتم توفير الفرعيات على جانب واحد من الفرع الرئيسي (Mains) كما هو موضح. هذا النظام يتم تبنينه عندما تكون الأرض مستوية عمليا، أو حيث يكون ميل الأرض بعيدا عن الفرع الرئيسي الثانوي على جانب واحد، وعندما تكون كل المساحة يلزم صرفها.



شكل (١٢-ب) نظم الشبكة الحديدية

**٣- نظام عظام السمكة (Herring Bone System)**

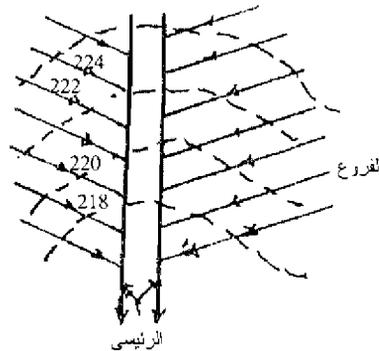
في إطار هذا الوضع، تتصلل الفرعات مع الفرع الرئيسي أو الفرع الرئيسي المساعد على كل جانب بالتبادل كما في الشكل (١٢-ج). يتم استخدام هذا الوضع عندما يكون الفرع الرئيسي موجودة في منخفض الأرض على طول الفرع الرئيسي يكون ذات صرف مضاعف، ولكن لكونه في منخفض، فإنه من المحتمل أن يتطلب زيادة في الصرف عنه في حالة الأرض على الميول المجاورة.



شكل (١٢-ج) نظام عظام السمكة

**٤- النظام ذو الفرع الرئيسي المزدوجة (Double Main)**

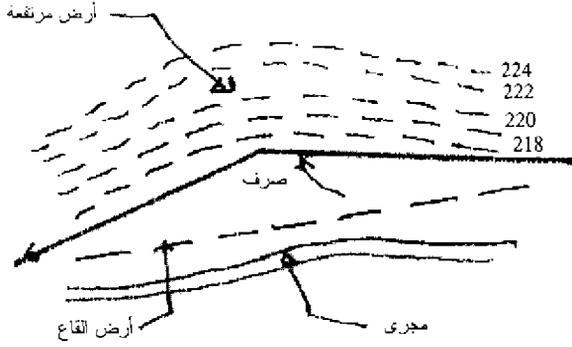
هذا النظام له اثنين من الفروع الرئيسية مع وجود فروع منفصلة لكل منهما كما في الشكل (١٢-د). يستخدم هذا الوضع عندما يكون قاع المنخفض متسعاً. هذا النظام يقلل من طول الفروع وبلغى الكسر في ميل الفرع عند طرف المنخفض.



شكل (١٢-د) نظام الخط الرئيسي للصرف المزدوج

**٥- نظام أنابيب الصرف المتقاطعة:**

في هذا النظام، لا توجد فروع صرف. يتم استخدام الفروع الرئيسية عند طرف نهاية الميل كما هو موضح في الشكل (١٢-هـ). هذا النظام مفضل عندما يكون المصدر الرئيسي للصرف من أرض مرتفعة Hilly Land.



شكل (١٢-هـ) نظام أنابيب الصرف المعترضه

عموماً، كل الفروع الرئيسية والفرعية يجب أن تكون بعيدة عن الأشجار، حيث الجذور لتلك الأشجار يمكنها بسهولة دخول الوصلات المفتوحة للمواسير حيث عندئذ يحدث الإنسداد للنظام.

## الملحق (ب) نوعية المياه المطلوبة للرى

كما فى حالة أن كل المياه ليست مناسبة للإستخدام الأدمى، فإن كل المياه ليست مناسبة لحياة النبات. المياه المحتوية على الملوثات، التى تكون ضارة لنمو النبات، ليست مناسبة للرى.

نوعية مياه الرى المناسبة تتأثر بمكونات التربة إلى حد كبير التى سيتم ريهها بالماء. نوع معين من المياه قد يكون ضاراً فى حالة استخدامه فى نوع معين من التربة، ولكن نفس نوعية المياه قد تكون مقبولة أو حتى مفيدة فى رى نوع آخر من التربة. مختلف أنواع الملوثات التى يمكن أن تجعل المياه غير مناسبة للرى يمكن تقسيمها كالاتى:

- ١- تركيز الرواسب فى الماء.
- ٢- التركيز الكلى لأملاح الصوديوم فى الماء.
- ٣- نسبة أيونات الصوديوم إلى الكاتأيونات الأخرى.
- ٤- تركيز العناصر السامة الموجودة فى الماء.
- ٥- تركيز البيكربونات بالنسبة لتركيز الكالسيوم زائد المغنسيوم.
- ٦- التلوث البكتيرى.

تأثير تلك الملوثات كالاتى:

### ١- الراسب: (Sediment)

تأثير الراسب الموجود فى مياه الرى يعتمد على نوع الأرض المرورية. عند ترسيب الرواسب الدقيقة من الماء على التربة الرملية، فإن الخصوبة تتحسن. ولكن،

إذا كانت الرواسب ناتجة عن نحت وبرى مساحات من الأرض، فإنها يمكن أن تقلل الخصوبة أو تقلل نفاذية التربة. المياه الحاملة للرواسب تخلق مشاكل في قنوات الري، حيث ترسب والذي يترتب عليه زيادة تكاليف الصيانة. عموماً، المياه الجوفية أو المياه السطحية من الخزانات... الخ. ليس بها رواسب كافية لإحداث مشاكل حادة في الري.

## ٢ - التركيز الكلي للأملاح المذابة:

الأملاح المذابة في الماء للصدديوم ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )، ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ )، ( $\text{NaCl}$ ) و ( $\text{Na}_2$ ) ( $\text{NO}_3$ ) و للمغنسيوم مثل ( $\text{MgSO}_4$ )، ( $\text{Mg d}_2$ ) و للبتوناسيوم ( $\text{KCl}$ )، ( $\text{KNO}_3$ )، للكالسيوم مثل ( $\text{CaCl}_2$ )... الخ. عند وجود تلك الأملاح في مياه الري (أو في التربة المروية) قد تسبب مضار لنمو النباتات والحاصلات. عند وجود مثل هذه الأملاح بكميات وفيرة، فإنها تقلل النشاط الأوسموزي في النباتات لمنع التهوية المطلوبة وإعاقة نمو النبات. الضرر الذي يحدث لنمو النبات يتوقف على تركيز الأملاح الموجودة في محلول التربة أو مستخلص التربة (أي عينة الماء المأخوذة من التربة المشبعة)، والتي تحتوى على أملاح تزيد عن تركيز الأملاح الموجودة في مياه الري. أنه في حالة الاستخدام المستمر للمياه المالحة في الري، فإنها تترك خلفها كمية من الأملاح في التربة المروية، والتي قد تؤدي معاً إلى زيادة تركيز الأملاح في الحاصلات فيما بعد، حتى لو كان تركيز الأملاح في مياه الري ليس عالياً. لذلك، فإن مياه الري يجب أن يكون محتواها من الأملاح أقل كثيراً عن القيم التي يمكن تحملها لنمو النبات. على أساس مثل هذه الحالات فإن التركيز الحرج للملح في مياه الري يمكن تحديده طبقاً لحالة الملح في التربة، ونوع الحاصلات. عموماً، الأملاح التي تزيد عن ٧٠٠ ملجرام/لتر تعتبر ضارة لبعض الحاصلات والأملاح التي تزيد عن ٢٠٠٠ ملجرام/لتر تكون ضارة لكل الحاصلات.

تركيز الأملاح في مياه الري أو في مستخلص التربة يتم قياسه بتعيين التوصيل الكهربى للمياه المالحة، بمساعدة جهاز قياس التوصيل الكهربى. يقدر التوصيل الكهربى بالميكرومومو هوز/سم أو بالمليمومو هوز/سم (Micromhos/cm or Millimhos/cm). وذلك عند درجة حرارة معينة، وهي مرتبطة تقريباً بالمحتوى من الأملاح المذابة بالملجرام/لتر طبقاً للمعادلة

الأملاح المذابة بالملجرام/لتر = التوصيل الكهربى بالميكروموهو/سم  $\times 0,65$ .

عندما يكون التوصيل الكهربى لمياه الرى حتى 250 ميكروموهو/سم عند  $25^{\circ}\text{C}$  فإنها تصنف كمياه ذات توصيل كهربى منخفض ويرمز لها (C1).

عندما تكون القيمة ما بين 250 إلى 750 فإنها تكون مياه ذات توصيل متوسط (C2).

عندما تكون القيمة ما بين 750 إلى 2250 فإن الماء يكون عالى التوصيل (C3).

عندما تكون القيمة أعلا من 2250 فإنها تصنف بالمياه ذات التوصيل العالى جداً (C4).

مناسبة تلك الأنواع الأربعة من المياه تناقش فى الجدول التالى:

م	نوع المياه	الاستخدام فى الرى
1	المياه ذات الملوحة المنخفضة (C1) التوصيل ما بين 100 إلى 150 ميكروموهو/سم عند $25^{\circ}\text{C}$	تستخدم لرى كل الحاصلات تقريباً. قد توجد القليل جداً من القلوية والتي تتطلب الغسيل بالماء لإزالتها (Leaching) ولكنها مناسبة فى ظروف الرى العادية عدا فى حالة التربة ذات النفاذية المنخفضة جداً.
2	المياه ذات الملوحة المتوسطة (C2) التوصيل ما بين 250 إلى 750 ميكروموهو/سم عند $25^{\circ}\text{C}$	يمكن استخدامها فى حالة عمل كمية متوسطة من غسيل الأملاح. يمكن رى النباتات ذات التحمل الطبيعى للأملاح بدون التحكم فى الملوحة وحفظها.
3	المياه عالية الملوحة (C3) حيث التوصيل ما بين 750 إلى 2250 ميكروموهو/سم عند $25^{\circ}\text{C}$	لا يمكن استخدامها فى التربة ذات الصرف المحدود. يتم إتخاذ الإجراءات للتحكم فى الملوحة حيث يمكن فقط زراعة النباتات التي تتحمل الملوحة العالية.
4	المياه ذات الملوحة العالية جداً (C4) حيث التوصيل من 2250 وأعلى ميكروموهو/سم عند $25^{\circ}\text{C}$	عموماً غير مناسب للزراعة

لاحظ أن C1، C2، C3، تمثل الزيادة فى الخطورة من تركيز الأملاح.

## نسبة أيون الصوديوم إلى الكاتأيونات الأخرى:

معظم أنواع التربة يحتوى على أيونات الكالسيوم والمغنسيوم وكميات صغيرة من أيونات الصوديوم. نسبة أيونات الصوديوم هي عموماً أقل من ٥% لكل الكاتأيونات القابلة للتبادل. إذا زادت هذه النسبة إلى حوالى ١٠% أو أكثر فإن الشكل الحبيبي للتربة يندمج، وتصبح التربة أقل نفاذية ويصعب حرثها. فهي تبدأ فى التقشير عندما تكون جافة، وعندما يزداد رقمها الهيدروجينى (pH) نحو ذلك للتربة القلوية. لذلك فإن التربة ذات المحتوى العالى من الصوديوم تكون لذنه، لصفة عندما تكون رطبة ومعرضة لتكوين الكتل الطينية (Clods)، وقد تتقشر عند الجفاف.

لذلك فإن نسبة أيون الصوديوم فى مياه الري يجب أن يتم التحكم فيها، وهى عموماً تقاس بمعامل يسمى نسبة امتصاص الصوديوم (SAR) (Sodium Absorbption Ratio)، والتي تمثل خطورة محتوى الماء على الصوديوم.

تعرف نسبة امتصاص الصوديوم (SAR) بالآتى:

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

حيث تركيز الأيونات يقدر بالملى مكافئ للتر (meq/L). يتم الحصول على الملى المكافئ بقسمة تركيز الملح بالملجرام فى اللتر على وزنه المكافئ أى الوزن الذرى + التكافؤ.

عندما تقع قيمة (SAR) بين صفر إلى ١٠، فهي تسمى الماء المنخفض الصوديوم (S1)، وتسمى الماء متوسط الصوديوم (S2) ما بين ١٨ إلى ٢٦، وتسمى الماء عالى الصوديوم (S3) عندما تزيد نسبة امتصاص الصوديوم عن ٢٦ (S4). مناسبة تلك الأنواع الأربعة لمياه الري سيتم تناوله فى الجدول التالى. بإضافة الجبس (Caso4) إلى الماء أو إلى التربة فإن قيمة نسبة امتصاص الصوديوم (SAR) منخفضة.

## مناسبة أنواع المياه المحتوية على الصوديوم فى الري

م	نوع المياه	الاستخدام فى الري
١	المياه ذات المحتوى المنخفض من الصوديوم (S1) نسبة الامتصاص للصوديوم ما بين صفر إلى ١٠	يمكن استخدامها لري كل أنواع التربة ولمعظم الحاصلات باستثناء تلك ذات الحساسية العالية للصوديوم مثل أشجار الفاكهة ذات النواة (Stone Fruit) كالخوخ والتمر والمشمش... الخ.
٢	المياه ذات المحتوى المتوسط من الصوديوم (S2) حيث نسبة امتصاص الصوديوم من ١٠ إلى ١٨	يشكل خطورة على التربة ذات الحبيبات الدقيقة والتي تحتاج إلى إضافة الجبس... الخ ولكن يمكن استخدامها على التربة ذات الحبيبات الخشنة أو العضوية ذات النفاذية الجيدة.
٣	المياه ذات المحتوى العالى من الصوديوم (S3) وحيث نسبة امتصاص الصوديوم ما بين ١٨ إلى ٢٦	قد تكون ضارة على كل أنواع التربة غالباً، وتتطلب الصرف الجيد، وإضافة الجبس والغسيل لإزالة الاملاح... الخ وذلك لتوفير الري الجيد.
٤	المياه ذات المحتوى العالى جداً من الصوديوم (S4) نسبة امتصاص الصوديوم أعلا من ٢٦	عموما هذه المياه غير مناسبة للري.

ملاحظة: S1، S2، S3، تمثل الزيادة المضطربة فى الخطورة بسبب الصوديوم القابل للتبادل.

## تركيز العناصر ذات السمية الشديدة:

عدد كبير من العناصر قد يكون ساما للنبات. الآثار القليلة من عنصر البورون يعتبر أساسى لنمو النبات، ولكن التركيزات أعلى من ٠,٣ جزء فى المليون تكون خطيرة على النقل (Nuts) أى الجوز واللوز، وكذلك على الفواكه الحامضية (الليمون والبرتقال)، ولكن القطن ونبات الحبوب كالحنطة والشعير ومحاصيل الخضروات

يمكنها تحمل البورون، بينما التمر، البنجر، النبات من الفصيلة الزنبقية (Asparagus) تتحمل إلى حد ما. حتى في حالة المحاصيل التي تتحمل فإن تركيز البورون يجب أن لا يزيد عن ٤ جزء في المليون، البورون يوجد عموماً في مختلف أنواع الصابون. مياه الصرف التي تحتوى على الصابون... الخ، يجب لذلك أن تستخدم بحرص شديد في الري.

السيلينيوم حتى في التركيزات المنخفضة، يعتبر سام ويجب تجنبه.

تركيز البيكربونات بالنسبة إلى تركيز الكالسيوم والمغنسيوم:

التركيز العالى لأيون البيكربونات قد ينتج عنه ترسيب بيكربونات الكالسيوم والمغنسيوم من محلول التربة، بما يزيد من المقدار النسبى لأيونات الصوديوم والذى يسبب مخاطر الصوديوم.

**التلوث البكتيرى:**

التلوث البكتيرى لمياه الري ليس من المشاكل الحادة، إلا في حالة رى المحاصيل التى تؤكل نيئة بالمياه الملوثة. المحاصيل مثل الأقطان... الخ التى يتم تصنيعها بعد الحصاد يمكن استخدام مياه الصرف.

**مثال:**

ما هو تقسيم مياه الري ذات الخواص التالية:

- تركيز Na، Ca، Mg هو ٢٢، ٣، ١,٥ مللى مكافئ على اللتر على التوالى والتوصيل الكهربى هو ٢٠٠ ميكروموهوز/سم عند ٢٥°م.
- ما هى المشكلة التى يمكن أن تنشأ باستخدام هذا الماء على التربة ذات الحبيبات الدقيقة؟
- ما هو العلاج المقترح للتغلب على تلك المشكلة؟

$$\begin{aligned} \text{SAR} &= \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++})}{2}}} \quad -\text{أ} \\ &= \frac{22}{\sqrt{\frac{3+1.5}{2}}} = \frac{22}{\sqrt{2.25}} \\ &= \frac{22}{1.5} = 14.67 \end{aligned}$$

إذا كانت نسبة امتصاص الصوديوم (SAR) ما بين ١٠ إلى ١٨ فإن المياه تصنف كمياه متوسطة المحتوى من الصوديوم، وتمثل بالرمز (S2) كما في الجدول السابق (٢).

التوصيل الكهربى هو ٢٠٠ ميكروموهوز/سم عند ٢٥°م. طبقاً للجدول (١) فإن الماء يسمى ذو التوصيل المنخفض (C1)، إذا كانت قيمة التوصيل الكهربى ما بين ١٠٠ إلى ٢٥٠ ميكروموهوز/سم عند ٢٥°م فإنه عندئذ يكون ماء من الدرجة (C1). لذلك، فإن هذا الماء يصنف (S2,C1) ماء.

ب- فى التربة ذات الحبيبات الناعمة يمكن للمياه متوسطة الصوديوم (S2) أن تخلق المشاكل الآتية:

- أن تصبح التربة أقل نفاذية.
- تبدأ فى التقشير عند الجفاف.
- تصبح لدنه ولاصقة عند البلل.
- يزداد الرقم الهيدروجينى نحو التربة القلوية.

ج- إضافة الجبس ( $\text{Ca SO}_4$ ) إما للتربة أو للماء يمكن من التغلب على مشكلة الصوديوم. الغسيل للتربة بالماء لإذابة الأملاح قد يؤثر على إزالة المحتوى من الملح والذي قد يزداد بعد ذلك بإضافة الجبس.



## المراجع References

- 1- Raw – K. N. C. J. George and K. S Ramasastri "Potential Evapotranspiration. India 1971 pp A2-1-14.
- 2- Chow V. T. "Ed Handbook of applied Hydrology" McGraw Hill. New York 1984.
- 3- Alexander Binnie "The variation in Rain fall" Ins. Civil Engrs (London) Vol 109.
- 4- Weinsner, C. J. "Hydrometeorology" Chapman and Hall Limited London U.K 1990.
- 5- Chow V. T. "Open Channel Hydraulics" McGraw Hill, New York 1989.
- 6- Davis C. V. and T. E. Sorensen "Handbook of Applied Hydraulic" McGraw Hill Book Co. New York 1989.
- 7- Rao. K. L. "Indian's Water Wealth" Orient Longman New Delhi 1990.
- 8- Greager W. P., I. P. Justin and Julian Hinds "Engineering of Dams" Vol I, Willey 1996.
- 9- Barrows, H. K. "Water Power Engineering", McGraw Hill Book Co. Inc. New York 2001.
- 10- Sowers. G. G. and H. L. Sally, "Earth and Rockfill Dams". Asia Publishing Co. New Delhi 1992.