التربة والمياه

(استصلاح التربة والري والصرف)

صاحب الربيعي

مع تحيات د. سلام حسين الهلالي

salamalhelali@yahoo.com

https://www.facebook.com/salam.alhelali

https://www.researchgate.net/profile/Salam_Alhelali?ev=hdr_xprf

07807137614

محتويات الكتاب

المدخل:	٩
الفصل الأول: تدهور التربة واستصلاحها	١٣
١:١ علاقات ملكية الأرض	١٥
٢:١ المبادئ العامة لدراسات التربة	٢١
٣:١ التربة وعوامل تدهورها	٢٧
٤:١ خصائص الترب القلوية والمالحة	٣٧
٥:١ التصنيف الدولي للترب القلوية والمالحة	٤٩
٦:١ استصلاح الترب القلوية والمالحة	٥٥
الفصل الثاني: نظام التربة والمياه	٦٩
١:٢ النظام المائي في التربة والنبات	٧١
٢:٢ صلاحية مياه الري للتربة والنبات	٨٥
٣:٢ التاثيرات السلبية للتملح على التربة والنبات	٩٧
الفصل الثالث: الري والصرف الزراعي	١٠٣
١:٣ اختيار طريقة الري	١٠٥
٢:٣ طرق وآليات الري التقليدي	١١١
٣:٣ طرق وآليات الري الحديث	١٢٩
٤:٣ اختيار طريقة الصرف	١٥٣
٥:٣ طرق وآليات الصرف المكشوف	١٥٧
٦:٣ طرق وآليات الصرف المغطاة	١٦٩
الخلاصة:	١٨٩
الملاحق:	١٩١
المفاهيم والمصطلحات	١٩٣
المعادلات الرياضية	١٩٥
المراجع العربية	٢٠٣
المراجع الأجنبية	٢٠٤
ملخص الكتاب بالإنكليزية	٢٠٥

لائحة الجداول

رقم الجدول	التبيان	رقم الصفحة
١	تقسيم وتصنيف الترب تبعاً لمكوناتها وأبعاد حبيباتها	٢٨
٢	العلاقة بين نفاذية الترب ونوعها وسرعة تسرب المياه داخل التربة	٢٩
٣	أشكال تدهور الترب وسبل معالجته	٣٣
٤	تأثيرات وسلوكيات بعض الأملاح الذائبة في التربة والمياه على النبات	٣٨
٥	عمق التوضع الملحي في الترب الحامضية والقلوية وخصائصها	٤٢
٦	التصنيف الدولي للترب الملحية	٤٩
٧	التصنيف الأمريكي للترب الملحية	٥٠
٨	حجم المركبات الكيميائية المستخدمة في استصلاح الترب المختلفة	٥٨
٩	المتطلبات المائية اللازمة لغسل أعماق الترب المختلفة	٦٢
١٠	العلاقة بين الـ PH في التربة الحامضية وحاجتها للكلس في عملية الاستصلاح	٦٥
١١	العلاقة بين منسوب الماء الجوفي وصعود الماء الشعري تبعاً لنوع التربة	٧٣
١٢	مستوى الماء الأرضي المثالي لمجموعة من النباتات في ترب مختلفة	٧٤
١٣	الحد الأقصى لامتداد جذور بعض النباتات في التربة	٧٨
١٤	تصنيف مياه الري تبعاً لتركيز بعض عناصره وناقليته الكهربائية	٨٧
١٥	تركيز الأملاح في مياه الري تبعاً لحساسية الترب المختلفة	٨٨
١٦	تصنيف مياه الري تبعاً للناقلية الكهربائية المحددة لتركيز الأملاح	٩٠
١٧	تصنيف الترب تبعاً لتركيز عناصر الأملاح	٩٩
١٨	تصنيف الترب تبعاً لدرجة ونوعية ملوحتها	١٠٠
١٩	التقنيات الهيكلية لطريقة الري بالشرائح في الترب المختلفة	١١٥
٢٠	مساحة أحواض الري وتدفق المياه في طريقة الري بالأحواض في الترب المختلفة	١١٩
٢١	العلاقة بين مساحة الحوض وميله وسرعة التدفق المائي ومتطلباته المائية في طريقة الري بالأحواض	١٢٠

٢٢	العلاقة بين نوع التربة والمواصفات المختلفة لطريقة الري بـالخطوط (الارتشاح، الأخاديد)	١٢٤
٢٣	العلاقة بين أبعاد الأنابيب وسرعة التدفق المائي	١٣٣
٢٤	العلاقة بين (كثافة، توزيع، تدفق، ضغط، قطر فوهة الرش) للمرشـات (نوع U٦٤) والمساحة المروية	١٣٤
٢٥	العلاقة بين بُعد المرش زاوية ميله وزاوية ميل سطح التربة	١٣٩
٢٦	العلاقة بين كثافة الرش والغطاء النباتي ونوع التربة	
٢٧	العلاقة بين سرعة التدفق المائي للمرش وحجم رذاذ الماء واستخداماته	١٤١
٢٨	العلاقة بين (عدد المنقطات ومسافات الزراعة) والاحتياجـات المائيـة للنبات	١٤٩
٢٩	أبعاد منظومة الري بالتنقيط تبعاً لنوع المزروعات	١٥٠
٣٠	السرعة المثالية لجريان ماء الصرف في قنوات الصرف المكشوفة تبعاً لنوع التربة والمياه	١٥٨
٣١	قيم الخشونة في قنوات الصرف المكشوفة	١٥٩
٣٢	العلاقة بين أنواع الطبقات الحاملة للماء وتدفقها المائي ونـصف قطـر دائرة تأثيرها على حفر الآبار	١٦٧
٣٣	الاختلاف بمواصفات الأنابيب وتأثيرها على انسياب الماء	١٧٠
٣٤	العلاقة بين (مسافة، عمق، عدد) أنابيب الصرف والطبقة الكتيمة للتربة في طريقة الصرف المغطاة	١٧٧

لائحة الأشكال

رقم الشكل	البيان	رقم الصفحة
١	أجهزة القياس الحقلية	٢٥
٢	أنواع الطبقات الحاملة للماء تحت سطح التربة	٧٥
٣	حركة الماء في آفاق التربة	٨١
٤	طريقة الري بالغمر الحر	١١٣
٥	الغمر المتحكم للري بطريقة الشرائح	١١٧
٦	الغمر المتحكم للري بطريقة خطوط التسوية والأحواض	١٢١
٧	الغمر الجزئي لسطح التربة بطريقة الري بالخطوط (الارتشاح)	١٢٥
٨	مخطط توضيحي لأهم عناصر محطة الضخ لطريقة الري بالرذاذ	١٣١
٩	توزيع المرشات على شكل مثلثات ومربعات بطريقة الري بالرذاذ	١٣٧
١٠	مخطط توضيحي لمجموعة الري بالتنقيط	١٤٧
١١	قناة الصرف المكشوف	١٦١
١٢	توضعات الماء الجوفي	١٦٥
١٣	توزع أنابيب شبكة الصرف المغطاة	١٧٥
١٤	مقطع لتوضع المصارف على أفق كتيم تحت سطح التربة	١٧٩
١٥	جهاز لتنظيف أنابيب الصرف بضغط عالي	١٨٣
١٦	الصرف الدهليزي	١٨٧

المدخـــل

يعود تدهور التربة للتغيرات المختلفة في مكوناتها الأساس بفعل عوامل عديدة طبيعية وبشرية مما يتسبب في تملحها أوقلويتها حيث تزداد أو تقل بعض نسب عناصرها الأساس، فتحدث اختلالاً في توازنها البنيوي لتخرج من حيز الإستخدام الزراعي.

مما يتطلب معالجتها باعتماد إحدى طرق الاستصلاح: الفيزيائية، الكيميائية، البيولوجية، الكهربائية، والتساندية لاستعادة خصوبتها وإدخالها حيز الاستخدام الزراعي ثانية.

تتطلب الزراعة الناجحة اتباع السُبل الحديثة للعلوم الزراعية لتحقيق الحد الأقصى من الإنتاج الزراعي المحتكم لمعيار الجدوى الاقتصادية للعمل الزراعي. ويعتبر علم الري أحد الفروع الأساسية للعلوم الزراعية لما له من أثر كبير على التربة والنبات، فالماء العنصر الأساس لنمو النباتات وتدهور خصوبة التربة.

وتشكل العلوم الثلاثة (التربة، النبات، والري) قاعدة الهرم الزراعي وبغض النظر عن الأشكال المتعددة للري وأهدافها الثانوية المحددة بـــ: المحافظة على رطوبة التربة، تسهيل عمليات الخدمة الزراعية، وتشجيع النشاط الحيوي لكائنات التربة...وغيرها.

تتلخص أهداف علم الري الأساسية بـــ: تحديد المتطلبات المائية للنباتات المزروعة، توفير المياه اللازمة لكافة مراحل نمو النبات، إقامة الشبكات والقنوات الفرعية اللازمة لنقل المياه من مصادرها الأساس لكافة أرجاء الحقل الزراعي، دراسة طبوغرافية التربة لإقامة شبكات الري الفعالة وغير المعرقلة لحركة الآليات الزراعية داخل الحقل، تحديد الآلية المناسبة لتوزيع المياه داخل الحقل الزراعي، دراسة صلاحية مياه الري وتأثيرها على التربة والنبات، تحديد الطرق المناسبة للري تبعاً لطبوغرافية الأرض والظروف المناخية المحيطة، تحديد المتطلبات المائية الفعلية للنبات تلافياً للهدر المائي وغمر التربة بالماء، وتأمين شبكات صرف مناسبة للتخلص من المياه الزائدة عن حاجة النبات.

يتطلب اختيار الطريقة المناسبة للري إجراء دراسات حقلية وبحوث مخبرية متنوعة عن مساحة الأرض المراد ريها (ميلها، تضاريسها، قربها أو بُعدها عن مصدر المياه الأساسي، قوام التربة، نفاذيتها، ومساميتها...) المتلازمة مع نوع النبات المراد زراعته ومتطلباته المائية وجدواه الاقتصادية، العوامل المناخية (شدة الرياح، درجة الحرارة، وحجم الهطول المطري)، معرفة المبلغ المالي المرصود لإقامة شبكة المياه، درجة وعي المزارع بالتقنيات الحديثة للري، توفر مستلزمات الري الحديث وبأسعار مناسبة في الأسواق، توفر المياه (نوعها، صلاحيتها، كميتها، درجة تلوثها، وملوحتها..) وأخيراً

وجود السوق التنافسية للمنتجات الزراعية التي تحقق الربح الملموس والمتناسب مع الجهد الزراعي المبذول.

المساحات الزراعية الصغيرة لايمكنها تغطية النفقات المالية الكبيرة لإقامة شبكات ري حديثة وفعالة مقابل شبكات ري تقليدية قليلة النفقات المالية، فالنفقات المالية الإضافية لشبكة الري الحديثة (الإنشاء، الصيانة، الطاقة، والآليات...) يتوجب حسابها بشكل دقيق لتحديد الجدوى الاقتصادية لإجمالي العمل الزراعي وعلى الضد من ذلك فإنها تسهم في خسارة المشروع الزراعي.

لايتعلق تحديد المتطلبات المائية الفعلية للنبات بحجم التدفق المائي للمجرى المائي الرئيس حسب أشهر السنة وحسب، بل بإجمالي الحاجات الفعلية لمراحل نمو النبات مضافاً إليه نسبة ٢٥% من حجم المتطلبات الكلية لتلافي عمليات الفقد والهدر المائي الناتج عن التبخر–نتح، والتسربات المائية عبر القنوات المائية الفرعية داخل الحقل الزراعي.

إن الحاجات المائية لمراحل نمو النبات ليست متباينة فقط بحجم المياه وعدد الريات المطلوبة وإنما بنوعية المياه، فمرحلة البادرات تكون حساسة جداً للملوحة العالية لمياه الري واحتياجاتها المائية ليست كبيرة قياساً بالحاجات المائية لمرحلة النمو الخضري الذي تزيد فيه معدلات التبخر–نتح مما يتطلب كميات كبيرة من المياه وريات أكثر تبعاً للظروف المناخية المحيطة، وتقل الحاجات المائية (نسبياً) لمرحلة الإنتاج تبعاً لنوع النبات وصنفه.

لذلك يتعين اختيار الطريقة المناسبة للري القادرة على تأمين الحاجات المائية الفعلية لكافة مراحل نموه، فالاختلال بالحاجات المائية لأية مرحلة من مراحل نمو النبات يؤثر سلباً على مراحل النمو اللاحقة وبالمحصلة على مجمل الإنتاج الزراعي.

هناك علاقة متلازمة ومتكاملة بين الري والصرف الزراعي، ففعالية الري مرتبطة، ارتباطاً مباشراً بالصرف الزراعي الذي يعتبر جزءً من علوم (التربة، النبات، المناخ والأرصاد الجوية، الهيدرولوجيا، الطبوغرافيا، الفيزياء، الرياضيات، والتصميم لشبكات الري والصرف...).

فبدون المعرفة والدراية الكاملة بتلك العلوم المختلفة لايمكن الوثوق بالتطبيقات الحية على أرض الواقع للوصول إلى النتائج المرضية، فأختلال التوزان بين عمليات الري والصرف الزراعي يؤدي لأضرار فادحة بالتربة والنبات.

لأن عملية الري والصرف تهدف لإيجاد نوع من التوازن بين الماء والهواء في آفاق التربة المتعددة، لتهيئة الظروف المناسبة لنمو النبات والحفاظ على خصوبة التربة والحد من تدهورها بما يضمن إنتاجاً وفيراً يحقق معيار الجدوى الاقتصادية للإنتاج الزراعي.

ويهدف علم الصرف البحث في آفاق التربة لتحديد إجمالي السعة الحقلية وحاجة الحقل لشبكات الصرف ونوعها وأشكالها المناسبة لإيجاد السُبل المناسبة للتخلص من مياه الري

الزائدة عن حاجة النبات في آفاق التربة ومن ثم نقلها عبر قنوات ذات أبعاد متباينة إلى خارج الحقل الزراعي لتأمين الظروف المناسبة لنمو ونشاط الكائنات الدقيقة في آفاق التربة لتحرير العناصر الغذائية اللازمة لنمو النباتات.

بالإضافة إلى الحد من تدهور التربة وإمكانية أصابتها بالتملح نتيجة انحباس مياه الصرف في آفاقها الكتيمة ومن ثم تبخرها بالخاصية الشعرية مخلفةً الأملاح التي تقلل من خصوبتها.

إن الحسابات الدقيقة للحاجات المائية للنبات ومتطلبات التبخر-نتح، والمفقودات المائية عبر شبكات الري، وكمية الأمطار وفعاليتها المرتبطة بميل الأرض ونفاذية ومسامية التربة، يخلق حالة من التوازن بين حجم متطلبات الري وحجم مياه الصرف في آفاق التربة. وتلك الحالة تتطلب وجود شبكة صرف فعالة إلى جانب شبكة الري للتخلص من المياه الزائدة عن حاجة التربة والنبات للحفاظ على خصوبة التربة ومنع تدهورها.

واجهتنا عدة إشكاليات في سياق البحث منها: أن نفس المعطيات متوفرة في أكثر من مصدر بصياغات لغوية مختلفة دون ذكر مصدرها الأساس، مما تطلب إغفال الاشارة لبعضها انطلاقاً من مبدأ بحثي معتمد (وجوب من عدم وجوب الاشارة إلى المصدر) لأنها تعد معلومات عامة وليست من نحت المؤلفين ذاتهم.

وإن اختلاف الصياغات اللغوية بطرح الفكرة في المصادر المختلفة أساء للفكرة العلمية ذاتها وأخرجها عن مدلولها العلمي. اجتهدنا في إعادة الصياغة اللغوية بدلالة علمية، مع تدقيق المعطيات الواردة من دون ذكر مصادرها، بذكر مصادرها الأساس.

وبالنسبة للجداول الواردة في متن البحث، وجدنا أنها متكررة أيضاً دون ذكر مصدرها الأساس (مع الاختلاف في بعض النسب) ونتيجة عدم وجود تحليل للجداول ولا استنتاجات تضاءلت أهميتها.

ولمقتضيات الأمانة العلمية تم الإشارة إلى اقتباس الجداول من المصادر الثانوية مع ذكر عبارة (عدم ذكر مصدرها الأساس) وتلافياً للاختلال في بعض النسب الخاطئة الواردة في بعض الجداول التي بانت بوضوح عند تحليلها والتوصل للاستنتاجات، اجتهدنا في تصحيحها ونتحمل مسؤوليتها العلمية حيث أشرنا في أسفل الجدول بعبارة بتصرف (المؤلف-الربيعي). أما دوافعنا لانجاز هذه الدراسة، البحث في:

١-الجوانب المائية المتعددة التي لم نتطرق إليها في بحوثنا السابقة والبالغة ١٦ كتاباً.

٢-ابعاد العلاقة المتلازمة بين المياه والتربة.

٣-صلاحية من عدم صلاحية مياه الري وتأثيراتها المختلفة على التربة والنبات.

٤-العلاقة بين طرق الري و (التربة، النبات).

٥-العلاقة بين طرق الصرف و (التربة، النبات).

تتألف الدراسة من ثلاثة فصول: تناول الفصل الأول البحث في: علاقات ملكية الأرض، المبادئ العامة لدراسات التربة، التربة وعوامل تدهورها، وخصائص الترب القلوية والمالحة، التصنيف الدولي للترب القلوية والمالحة، استصلاح الترب القلوية والمالحة. والفصل الثاني بحث في محاور: النظام المائي للتربة والنبات، وصلاحية مياه الري للتربة والنبات.

والفصل الثالث بحث في محاور: اختيار طريقة الري، طرق وآليات الري التقليدي، طرق وآليات الري الحديث، اختيار طريق الصرف، وطرق وآليات الصرف المكشوف، وطرق وآليات الصرف المغطاة. وتلاه خلاصة البحث. وأخيراً تضمن باب الملاحق: المفاهيم والمصطلحات، المعادلات الرياضية المختلفة للري والتربة والنبات، المراجع العربية والأجنبية، وملخص باللغة الانكليزية عن ماهية الدراسة.

نأمل أن نكون وفقنا في تسليط الضوء على مرفق آخر من مرافق المياه المتعددة، سعياً للاستخدام الأمثل للمياه والحفاظ على خصوبة التربة ووفرة في الإنتاج الزراعي.

ستوكهولم-السويد

تشرين الثاني ٢٠٠٧

الفصل الأول:

تدهور التربة واستصلاحها

١:١ علاقات ملكية الأرض

٢:١ المبادئ العامة لدراسات التربة

٣:١ التربة وعوامل تدهورها

٤:١ خصائص الترب القلوية والمالحة

٥:١ التصنيف الدولي للترب القلوية والمالحة

٦:١ استصلاح الترب القلوية والمالحة

علاقات ملكية الأرض

تعتبر الأرض إحدى مقومات نشوء الدولة، فالأرض المحددة جغرافياً تمثل الاطار السيادي للدولة وبالتالي فإنها تخضع لملكية الدولة الممثلة لمجموعة سكانية محددة. أي أن الأرض ملك صرف للدولة لايحق لرئيسها بيع جزءاً منها لدولة أخرى أو التفريط بها باعتباره يمثل رأس الهرم في الدولة.

وهذا الأمر يختلف عن إعادة رسم الحدود الدولية لأسباب سياسية-أمنية تؤطرها العلاقات الدولية وتصادق عليها الأمم المتحدة. أما على المستوى الداخلي فإن ما يطلق عليه بعقود ملكية الأرض الخاصة للأفراد والشركات...تعتبر عقوداً لتنظيم علاقات استثمار الأرض لمدة قد تمتد لعشرات العقود لتعود ملكية ثانية للدولة، حيث يمكن للدولة استعادة الأرض من مالكها (مستثمرها) المفترض عند الحاجة لإقامة منشآت عامة عبر ما يسمى باعادة الاستملاك. حيث تقوم الدولة بدفع تعويضات مالية للمستثمر عن أضرار إزالة منشآته الخاصة على الأرض، وليس تعويضاً مالياً عن قيمة الأرض لأن الأرض وما بداخلها من ثروات ملك صرف للدولة وحدها.

الأرض غير المستثمرة ليست بذات قيمة مادية، لكنها تصبح كذلك عند استثمارها، أي أن قيمتها المادية تعبر عن قيمتها الإنتاجية أو الاستثمارية. لذلك تعمد الدولة لتنظيم علاقات ملكية الأرض لتمنحها قيمة مادية أو استثمارية من خلال منح الأفراد او الشركات صكوك تمليك (موقته!) لاستثمار الأرض لتحقيق المنفعة الذاتية لمالكها المفترض وفي الوقت ذاته منح قيمة مادية مفترضة للأرض على المدى البعيد.

إن آلية علاقات ملكية (استثمار) الأرض تعكس تطبيقاتها الحية في استثمار الأرض للأغراض الزراعية، أي تحويلها من أرض (جدباء) غير منتجة إلى أرض منتجة زراعياً، ويمكن تحديد المواصفات العامة للأرض الزراعية بـ[1]:

١-الأرض مصدر اساسي للانتاج الزراعي، ولكنها في النهاية مثبتة في العرض ضمن دولة على صعيد الأمة (والواقع على صعيد الكرة الأرضية) فزيادة مساحة الأرض في الأماكن الهامشية ممكن لكنه يتطلب تكاليف عالية عند تجفيف أراضي المستنقعات أو البحار، ويمكن أن ترتبط قيمة الأرض بمدى انتاجيتها (خصوبتها، بعدها أو قربها من طرق المواصلات، وتوفر المياه..).

---

[1] فرانكلن إيليس ((السياسات الزراعية في البلدان النامية)) ترجمة إبراهيم الشهابي، منشورات وزارة الثقافة السورية، دمشق ١٩٩٧ ص ٢٧٣، ٢٧٥. بتصرف (المؤلف-الربيعي).

٢-تعد الأرض مخزوناً من رأس المال (استثمار ثابت) ومقياس للثروة، وتلعب أدواراً متعددة في هذا المجال. إن قيمة الأرض (سعر الهكتار) نادراً ما يعكس معدل العائدات المتوقعة للأرض كاستثمار رأس المال في الإنتاج الزراعي. إذ يحتفظ بالأرض أيضاً كضمان للمعيشة تماماً كالضمان المالي وكإنتقال الثروة من جيل إلى آخر، وكمصدر لتلبية غايات الاستهلاك (العقارات الريفية التي تحتفظ بها نخبة المدينة لأغراض الراحة والاستجمام). وثمن الأرض يعكس المطالب والخدمات والاستخدامات.

٣-الأرض غالباً ما تكون ممتلكات خاصة وبذاك لايمكن تحويلها في القانون، وتصاغ ملكية الأرض في وثائق قانونية (صكوك تمليك) وتثبت في قوائم السجل العقاري. وهناك استثناءات للأرض المملوكة جماعياً في المجتمعات الفلاحية حيث الحقوق تخضع للأعراف والتقاليد أو ما يطلق عليه بـ (حقوق الانتفاع) وهناك الأراضي التي تملكها الدولة. أما الملكية الخاصة فيجري توارثها بموجب القانون، فتنتقل ملكيتها من جيل إلى آخر.

٤-تتضمن ملكية الأرض الزراعية علاقات اجتماعية بين الاقطاعي والقن، ومالك الأرض والمستأجر المحاصص، والمالك والمستأجر بالمال، وشاغل الأرض والعمالة المأجورة، ومالك المزرعة والعمالة المأجورة. يُعد شاغلي الأرض الذين يمكلونها ملكية مطلقة حديثي العهد نسبياً في التاريخ الاجتماعي لمعظم البلدان لاستفادتهم من الإصلاح الزراعي، فالمزارعون حصلوا (تاريخياً) على الأرض عن طريق الاستئجار أو الانتفاع بموجب الأعراف والتقاليد أكثر منها عن طريق التملك.

ارتبطت علاقات تنظيم ملكية الأرض الزراعية تاريخياً بأصحاب رؤس الأموال والنفوذ القبلي-السياسي اللذان فرضا هيمنتهما على الدولة وتقاسما مواردها حيث تم تقاسم أراضي الدولة على المتنفذين سياسياً، وأصبح بقية أفراد المجتمع أقنان أو مستأجرين عند المالكين الأقطاعين.

ومع التحولات المتتالية في الأنظمة السياسية في العالم، تراجع دور الاقطاع لصالح السواد الأعظم من الفلاحين العاملين في القطاع الزراعي اللذين كانوا أيدي عاملة مأجورة أو مُستأجرين ثانويين للأرض الزراعية، وأخذت مسارات التغيير في ملكية الأرض أشكالاً متعددة منها[٢]:

١-أراضي كانت تحرث سابقاً من مستأجرين، بيعت لهم كمالكين مطلقين. وتضمن ذلك تغييراً في حجم توزيع الأراضي وملكيتها (اليابان ١٧٩٠، كوريا الجنوبية ١٩٤٧،

---

[٢] المصدر السابق ص ٢٨٣-٢٨٦.

تايون ١٩٥١، وبوليفيا ١٩٥٢). فتوجه مدرسة الكفاية الفكرية يدعو لملكية زراعية صغيرة للفلاحين (مزارع صغيرة، وملكية حرة مطلقة).

٢-أراضي انتزعتها الدولة من المالكين الكبار، واحتفظت بملكيتها كمزارع دولة أو مزارع مجتمعية مشاعية الملكية. وهذا التوجه اتبعته معظم الدول الاشتراكية السابقة.

٣-أراضي انتزعتها الدولة من المالكين الكبار، وقامت بتأجيرها للمزاعين الصغار أما على أساس فردي أو تعاوني (المكسيك ١٩١٧) أو بشكل تعاونيات مشتركة (البيرو ١٩٦٤) أو مزارع مجتمعية مشاعية (تشيلي ١٩٧٤).

٤-تغيير قوانين الايجارات تشريعياً، كمنح عقود خدمة العمل أو تخفيض حصة المالك في ايجار المحاصصة، أو تحويل ايجار المحاصصة إلى إيجار نقدي. وأتبع هذا النهج في (الهند، الباكستان، والفلبين).

٥-تحويل أنماط الملكية المشاعية (حقوق الانتفاع بالأرض) إلى سندات ملكية خاصة.

٦-تحويل أنماط الملكية المشاعية إلى ملكية الدولة لإقامة المزارع التعاونية أو المجتمعية المشاعية لانتهاج نمط الاقتصاد الزراعي المختلط (تنزانيا ١٩٦٧).

٧-تأميم المزارع الكبيرة التي تديرها شركات خاصة، واتباع نهج التكامل الاقتصادي في العمل الزراعي عبر إقامة مشاريع للصناعات الغذائية (السكر، الموز، المطاط، الشاي، والزيتون) كما هو الحال في (فيجي ١٩٢٥).

٨-تأميم المزارع الكبيرة للمالكين من قبل الدولة وتحويلها إلى تعاونيات أو توزيعها على الفلاحين بسندات تمليك، كما هو الحال في العديد من الدول الأفريقية.

٩-إعادة توطين السكان في أراضي الدولة، فإما يتم بيع الأراضي للسكان أو تأجيرها بعقود زراعية طويلة الأجل كما هو الحال في (أندونيسيا، جاوا، سومطرة، وغينيا).

إن التغير في مسارات ملكية الأرض الزراعية أخذت أشكالاً متعددة كإصلاح علاقات مليكة الأرض، إعادة توزيع الأرض، إعادة توزيع السكان والتي أطرت بمفهوم الإصلاح الزراعي المترافق مع استصلاح الأرض لتأمين حاجة المستثمرين الجدد من الفلاحين لتحقيق عدالة في توزيع وملكية الأرض.

ففي إطار إصلاح علاقات ملكية الأرض انتزعت الدولة الأراضي غير المستثمرة من الاقطاعيين، وإعادت توزيعها على الفلاحين والذي تطلب إعادة توزيع المزارعين الجدد على الأرض غير المستوفية لكافة مستلزمات العمل الزراعي، مما تطلب المزيد من النفقات المالية التي أرهقت موازنات الدول النامية لتحقيق اهداف اصلاح علاقات ملكية الأرض (وقد أخفقت العديد من الدول في تأمين الموازنات اللازمة لهذا الغرض). لكن هذا الأمر لم يحقق عدالة التوزيع للأراضي الزراعية للمزارعين الجدد بسبب قلتها مما تطلب

إدخال أراضي جديدة (بعد استصلاحها) حيز الاستخدام الزراعي لتحقيق مبدأ العدالة في توزيع الأرض.

لاتهدف آلية الإصلاح الزراعي إلى إعادة توزيع الأرض وحقوق الملكية وحسب، وإنما تغييراً في نمط الاحكام الشرعية واللاشرعية بين المالك والمستأجر من خلال[٣]:

١-إعادة توزيع الأراضي: انتزاع الملكية، التعويض المالي، صياغة قوانين الاستثناء (جمعيات خيرية، وأراضي الأوقاف...)، وتوزيع الأراضي.

٢-إعادة توزيع السكان (توطين المزارعين): توزيع إجباري لحقوق الملكية الخاصة للأراضي، إعادة تأجير أراضي الدولة لأجل استيطانها، منح أراضي جديدة للاستيطان، إعادة توزيع الأراضي التي تخلى أصحابها عنها على المستوطنين الجدد، منح القروض الزراعية، وتحديد نوع الزراعات من قبل الدولة.

٣-إصلاح نمط علاقات الملكية: منع أنماط التأجير الاقطاعية، فرض سقف لحصة مالك الأرض، عقود إيجار المحاصصة، تحويل عقود الايجارات الاقطاعية أو شبه الاقطاعية العينية إلى عقود على أساس نقدي، وإلزام المالكين بالتشريعات الجديدة لأراضيهم المؤجرة.

إن علاقات ملكية الأراضي الزراعية المعبر عنها بمفهوم الإصلاح الزراعي ذات أبعاداً سياسية متعلقة بشكل النظام السياسي في الدولة وتوجهاته في المجال الزراعي لأجل تقويض سلطة الاقطاع وفرض هيمنة الدولة على القطاع الزراعي لتحقيق البُعد السياسي للنظام القائم والذي كان يشكل الهاجس الأكبر للنظم الإشتراكية السابقة.

وكذلك بالبُعد الاجتماعي الهادف لخلق حالة من العدالة الاجتماعية على مستوى الريف والمناطق الهامشية الممتهنة للزراعة، وكبُعد اقتصادي رفع مستوى الدخل للعاملين في القطاع الزراعي ليكون أقرب لدخول العاملين في القطاعات الانتاجية الأخرى في المدن لتشجيع الزراعة ووقف الهجرة من الريف إلى المدينة وتحقيق الأمن الغذائي للبلد المرتبط بالبُعد السياسي أكثر من البُعد الاقتصادي الذي تم الترويج له.

كما تطلب تأمين العدالة في توزيع الأراضي الزراعية على الفلاحين إدخال أراض جديدة حيز الاستخدام الزراعي من خلال استصلاح أراض غير قابلة للزراعة وتوفير كافة مستلزمات استثمارها الزراعي. فعملية استصلاح الاراضي تسهم في تحقيق أهداف الإصلاح الزراعي خاصة منها عدالة التوزيع لكنها ليست سهلة لحاجتها لخبرات علمية وكادر متخصص في استصلاح التربة وموارد مالية كبيرة، بالإضافة إلى مستلزمات

---

[٣] المصدر السابق ٢٨٧-٢٩١. بتصرف (المؤلف-الربيعي).

العمل الزراعي الأساسية (منشآت مائية، قنوات مائية، مضخات، قروض مالية، وإرشاد زراعي....) وتلك المتطلبات المتعددة أدت لحالات من اخفاق الإصلاح الزراعي في الدول النامية. فبعد أن تم استصلاح مساحات كبيرة من الأراضي لم يجر إدخالها حيز الاستخدام الزراعي مباشرة نتيجة عدم توفر مستلزمات العمل الزراعي مما أدى لخروجها ثانية من حيز الاستخدام الزراعي وتطلب استصلاحها ثانية موازنات مالية مضاعفة.

واجهت إجراءات إصلاح ملكية الاراضي في الدول النامية العديد من المعوقات منها: العادات والتقاليد الضاربة جذورها في عمق التاريخ، توظيف الاقطاعين لبعض رجال الدين في اعتبار اجراءات نزع ملكية الأراضي متعارضة مع الدين، عدم وجود كادر ذي خبرة في تنفيذ اجراءات الإصلاح الزراعي، ضعف الموازنات المالية للدول النامية في تأمين مستلزمات العمل الزراعي كالقروض، توفير المياه، سوق لتصريف الانتاج الزراعي، وجود ثغرات في قانون الإصلاح الزراعي أدى لعرقلة الكثير من إجراءات نزع ملكية الأراضي من الإقطاعيين، وتفشي الفساد والرشوة في لجان تنفيذ إجراءت الإصلاح الزراعي.

المبادئ العامة لدراسات التربة

يطلق على العلوم الزراعية مجازاً علم العلوم لأن مجال دراساتها وبحوثها تتطلب استخدام علوم متعددة كـ (الكيمياء، الأحياء، الاقتصاد، الرياضيات، الأرصاد الجوية، الجيولوجيا، الوراثة، والفيزياء.....) بالإضافة إلى علوم أخرى ذات صلة بالوسط النباتي كـ (الميكروبات، الحشرات، الأمراض والمكافحة، التشريح، الماء، التربة، والهيدروليك...) ويعتبر علم التربة أحد العلوم الأساسية لتهيئة الوسط الملائم لنمو النباتات الذي يتطلب معرفة ودراية بكافة العلوم التطبيقية الخاصة بمكونات التربة لخلق وسط بيئي تحت أرضي منسجم ومتفاعل مع الوسط البيئي الأرضي لتحقيق الجدوى الاقتصادية للزراعات المختلفة، فالبحث في الوسط الترابي يتطلب دراسة عمق العمود الترابي وطبقاته المتعددة ونوعها ليتم تحديد نوع وصنف التربة المراد زراعتها.

فالآفاق الترابية وأعماقها وأنواعها تحدد قوام التربة ونوع أملاحها المتراكمة والمؤثرة في (مواصفات التربة الفيزيائية والكيميائية، النمو النباتي، الحالة التوازنية لمبادلات التربة، توازن العناصر القابلة للامتصاص من قبل النبات، تسمم النبات، الخلل في المواصفات الفيزوكيميائية لبناء التربة، ناقلية حركة الماء في التربة، وإنتاجية النبات) والتي يكون بعضها ملائم أو غير ملائم لنمو النباتات المختلفة من حيث حساسيتها للأملاح أو عمق جذورها الممتدة نحو آفاق التربة.

إن تركيز ونوع أملاح التربة يحدد نوع النبات المزروع نظراً لاختلاف حساسية النباتات للأملاح المختلفة (الكربونات، الكلوريدات، السلفات، النترات، والبورات...) كما أن غنى أو فقر التربة بالمغذيات الأساسية لنمو النباتات يحدد درجة خصوبتها ومدى حاجتها للأسمدة المعدنية أو العضوية حيث أن نسبة المادة العضوية في التربة تحدد مدى قابليتها على الاحتفاظ بالماء في آفاقها المتعددة، وبالتالي معرفة المتطلبات المائية للمراحل المختلفة لنمو النبات.

ويفيد ذلك في قياس درجة رطوبة التربة الظاهرية لتحديد حاجاتها المائية لغسل الأملاح، عدم تضرر الأحياء الدقيقة في التربة، الحفاظ على قوام التربة، وتأمين المتطلبات المائية للنبات.

إن احتفاظ التربة بالماء في آفاقها المتعددة مرتبط أيضاً بخصائص التربة الفيزيائية، فالترب المفككة نفاذيتها عالية للماء، والترب الكتيمة تحتفظ بكميات زائدة عن حاجة التربة والنبات فتسبب أضراراً بالغة بنمو النبات نتيجة ارتفاع منسوب الماء الأرضي وما يسببه

س ،حسنق جذور النباتات ومن ثم ذبولها. كما أن انحباس الماء في آفاق التربة يؤدي لتراكم الأملاح المضرة بخصوبة التربة التي تخرجها مع الزمن من حيز الاستخدام الزراعي.

إن التحليل المخبري (الكيميائي والفيزيائي) لعينات ترابية من آفاق التربة المتعددة يفيد في تحديد نوع وتركيز الأملاح ورطوبة التربة الظاهرية، ونسبة المادة العضوية، ودرجة PH التربة، فهناك العديد من الأجهزة المخبرية والطرق الحسابية لتحديد ناقلية التربة للماء، وتحديد عمق الماء الجوفي وتركيز أملاحه، وقابلية التربة والنبات على تحمل ملوحة مياه الري.

إن إحدى المهام الأساسية لمهندس التربة الدراية والمعرفة الكاملة بسُبل إجراء الدراسات الحقلية السابقة الذكر والتي تعد الحجر الأساس في تحقيق الجدوى الاقتصادية للانتاج الزراعي، وكذلك القدرة على إصلاح الخلل في التوازن الملحي للتربة عن طريق استصلاح التربة بالطرق العلمية والتي سيتم بحثها لاحقاً. ومن أهم سُبل إجراء الدراسات الحقلية والأجهزة والقياسات المتبعة عالمياً لايجاد وسط ترابي ملائم لنمو النباتات هي[٤]:

أولاً-الخرائط الطبوغرافية والجوية:

١-خارطة طبوغرافية للمساحة المراد استصلاحها بمقايس (١:٢٥٠٠٠) أو (١:٥٠٠٠٠).

٢-خارطة طبوغرافية تتضمن المساحات المجاورة.

٣-خارطة جوية في حال توفرها تبين (أنواع الترب، درجات الحرارة، والرطوبة).

٤-خرائط جوية في حال توفرها عن (توزع وكثافة الغطاء النباتي، وخرائط هيدرولوجية).

ثانياً-أجهزة السبر:

١-مسبر من نوع (بروكهاوير) طوله يتراوح بين (١-١,٥) م.

٢-قطع لتطويل المسبر بطول يتراوح بين (١-٢) م.

٣-مسبر على شكل رأس مريني لأخذ العينات المضطربة مع قطع إضافية للتطويله.

---

[٤] Hooghoudt-Errnst. Brueckhauer-Bohrer in Unesco, FAO ١٩٧٣ and Collins, H.J ١٩٧٨...est.

اقتباس من علي عبد الله ((ري وصرف ومعالجة التملح)) مؤسسة الكويت للتقدم العلمي-إدارة التأليف والترجمة والنشر، الكويت ١٩٩٥ ص ١٨-٢٢.

ثالثاً-الأجهزة اليدوية:

١-مطرقة مطاطية لطرق المسابر داخل الجسم الترابي ولأغراض أخرى.

٢-لوازم الحفر (معول، رفش...).

٣-مقياس متري بطول مترين (ذو لونين لكل عشرة سنتمترات منه).

٤-بوصلة، وعدسة مكبرة، ومقياس لتحديد درجة ميل الأرض.

٥-محلول حمض الكلور للكشف عن الكربونات، وماء مقطر للكشف عن لون التربة وتحديد نسبة حبيباتها الرئيسية.

٦-محفظة للخرائط ومستلزمات الكتابة ودفتر لتسجيل المشاهدات الحقلية ونوع المقاطع الترابية.

٧-خرائط محددة لألوان الترب، نموذج (ميونسيل).

٨-أكياس بلاستيكة أو قوارير معدنية لأخذ العينات المضطربة.

٩-اسطوانات معدنية لأخذ العينات غير المضطربة.

١٠-مرجع لتحديد نوع وتصنيف الغطاء النباتي لمعرفة المجتمعات النباتية في المساحة المراد سبرها.

رابعاً-أجهزة القياس:

١-جهاز قياس النفاذية (الأسطوانة المضاعفة).

٢-جهاز قياس الناقلية الهوائية للتربة.

٣-جهاز قياس الناقلية المائية، نموذج (هوخهاوت-ارنست).

٤-جهاز لقياس PH التربة.

٥-جهاز تنزيوميتر لقياس توتر رطوبة التربة.

٦-ميزان حقلي، ومستلزمات مخبرية لقياس الرطوبة الحقلية للتربة بواسطة الحرق بالكحول (الشكل رقم ١).

خامساً-القياسات المخبرية:

١-قياسات فيزيائية: قياس قوام التربة، إجراء التحليل الميكانيكي، قياسات (الكثافة الحقيقية والظاهرية) للتربة، حساب إجمالي مسامات التربة، سعة الأشباع، قياس الناقلية المائية، وقياس نقطة الذبول والماء الهيكروسكوبي بواسطة العينات المضطربة.

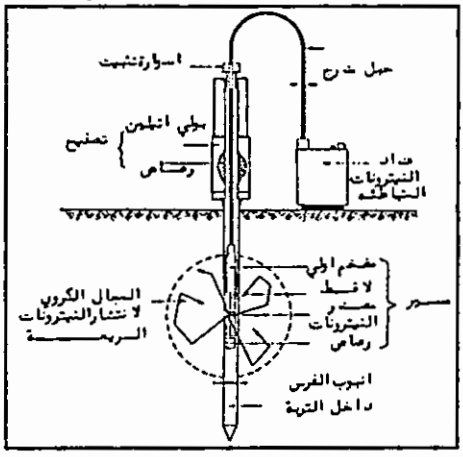
٢-قياسات كيميائية: قياس نسبة المادة العضوية في التربة، قياس السعة التبادلية، قياس كاتيونات (الصوديوم، الكالسيوم، الكالسيوم، المنغنيزيوم، الأزوت، الفسفور، والبورون) وأيونات التربة (الكلور، الكربونات، البيكربونات، والسلفات).

تعد النتائج الدقيقة للدراسات الحقلية العامل الحاسم في خلق الوسط البيئي الملائم لنمو النباتات وبالتالي تحقيق الجدوى الاقتصادية للانتاج الزراعي، فمعيار نجاح الزراعة لايقاس بالنمو النباتي وإنما بما يحققه من إنتاج زراعي ذي جدوى اقتصادية تحقق المنفعة والربح المنشود من الجهد المبذول في العمل الزراعي. وتحقيق معادلة الجدوى الاقتصادية للعمل الزراعي، تبين مدى الفرق بين الجهد التقليدي للمزارع العادي غير القادر على حساب المقاربة بين الجهد المبذول في العمل الزراعي وما يحققه الانتاج الزراعي من منفعة وربحية مناسبة والمهندس الزراعي المتسلح بالعلوم الزراعية الساعي لتحقيق أكبر منفعة وربحية في العمل الزراعي من خلال تحقيق إنتاج زراعي وفير.

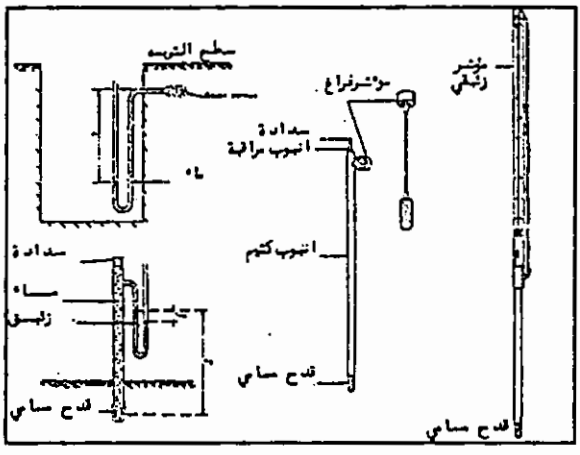
الشكل رقم ١

أجهزة قياس الحقلية

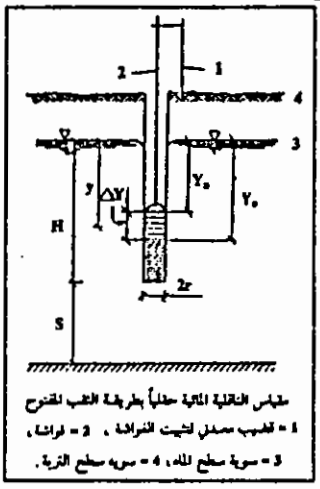
أ-جهاز قياس الرطوبة النيتروني



ب-أجهزة قياس توتر ماء التربة



ج-جهاز قياس الناقلية المائية



التربة وعوامل تدهورها

أولاً-الخصائص العامة للتربة:

تتطلب دراسة التربة التعرف على خصائصها الفيزيائية والكيميائية والجيولوجية والبيولوجية لتحديد صلاحيتها للزراعة، درجة خصوبتها، نوع النبات المراد زراعته، نوعية مياه الري، شبكات الري والصرف، طرق الري، نوع الخدمة الزراعية، والدورة الزراعية...لضمان إنتاج زراعي وفيرٌ. ويتوجب التمييز بين الزراعات التقليدية غير الخاضعة لأسس العلوم الزراعية، والزراعات الخاضعة لاشتراطات العلوم الزراعية التي تتطلب البحث في كافة مواصفات التربة قبل المباشرة في زراعة الأرض لتحديد الجدوى الاقتصادية للإنتاج الزراعي. ولتناول الأوجه المختلفة لتلك الاشتراطات، نبحث في النقاط أدناه:

١-تصنيف الترب تبعاً لتشكلها: يستند للمكونات الأساس للتربة (المكونات الصخرية) وتحولاتها الجيولوجية وتوضعاتها على مدى العصور المحددة لحجم ونسب العناصر الكيميائية، وبالتالي قوامها وتشكلها النهائي. ولاتقتصر تلك المحددات على الطبقة السطحية منها، وإنما على الطبقات العميقة المسؤولة عن كافة النشاطات الحيوية وما تشغله من مغذيات للنبات.

وتصنف الترب إلى: تربة لوم الوديان المختلطة، المتشكلة من عمليات الترسيب في مناطق الغمر من السيليت والرمل الطيني. وتربة مارل رسوبي، تشكلت منذ االعصر الجليدي نتيجة التوضعات المتماسكة للجير، وتمتاز بكونها كتل منفصلة وسيليت وطين وترسبات أخرى غير متوازنة. وأخيراً تربة اللوس المتشكلة من رواسب متجانسة وناعمة جداً، يغلب عليها السيليت والرمل الناعم والمشبعة بالكلس.

ولايمكن الركون للتصنيف السابق للتربة في تحديد دقيق لمكوناتها وأبعاد حبيباتها التي تتطلب قياسات مخبرية خاصة لتحديد مدى نفوذيتها. ولتبيان تصنيف التربة تبعاً لمكوناتها وأبعاد حبيباتها، نورد الجدول أدناه.

جدول رقم (١) يبين تقسيم وتصنيف الترب تبعا لمكوناتها وأبعاد حبيباتها

المجال	التسمية	أبعاد الحبيبات (ملم)
الحبيبات الخشنة (فتحة المنخل)	كتل صخرية	٢٠٠
	حجارة	٢٠٠-٦٣
	حبيبات حصوية	٦٣-٢
	حصى خشن	٦٣-٢٠
	حصى متوسط	٢٠-٦,٣
	حصى ناعم	٦,٣-٢,٠
	حبيبات رملية	٢,٠-٠,٠٠٦
	رمل خشن	٢,٠-٠,٦
	رمل متوسط الخشونة	٠,٦-٠,٢
الحبيبات الناعمة (حبيبات الأوحال)	رمل ناعم	٠,٢-٠,٠٦
	حبيبات السيليت	٠,٠٦-٠,٠٠٢
	حبيبات سيليت خشن	٠,٠٦-٠,٠٢
	حبيبات سيليت متوسط	٠,٠٢-٠,٠٠٦
	حبيبات سيليت ناعم	٠,٠٠٦-٠,٠٠٢
	حبيبات الطين	٠,٠٠٢ >

المصدر: هاينس بات وآخرون ((الوجيز في الفيضانات-التأثيرات والحماية)) ترجمة عز الدين حسن، المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر، دمشق ٢٠٠٥ ص ٢٠٢، ٢٠٣. بتصرف (المؤلف-الربيعي).

من الجدول أعلاه، يتبين أن تصنيف التربة يخضع لنوع حبيباتها (الخشنة، والناعمة) فالمكونات الأساس لحبيبات التربة الخشنة تتحدد بـ (كتل صخرية، حجارة، حبيبات حصوية، حصى خشن، حصى متوسط، حصى ناعم، حبيبات رملية، رمل خشن، ورمل متوسط الخشونة) على التوالي ذات الأبعاد [٢٠٠، (٦٣-٢٠٠)، (٢-٦٣)، (٢٠-٦٣)، (٦,٣-٢٠)، (٢,٠-٦,٣)، (٠,٠٠٦-٢,٠)، (٠,٦-٠,٢)، (٠,٢-٠,٦)] ملم على التوالي.

في حين أن مكونات حبيبات التربة الناعمة تحدد بـ (رمل ناعم، السيليت، سيليت خشن، سيليت متوسطة، سيليت ناعمة، والطين) على التوالي ذات الأبعاد [(٠,٠٦-٠,٢)، (٠,٠٠٢-٠,٠٦)، (٠,٠٢-٠,٠٦)، (٠,٠٢-٠,٠٦)، (٠,٠٠٦-٠,٠٢)، (٠,٠٠٢-٠,٠٠٦)، (٠,٠٠٢ >)] ملم على التوالي.

نستنتج مما سبق أن حبيبات التربة الخشنة تدلل على التفاوت الكبير والمتوسط لنفاذيتها، وحبيبات التربة الناعمة تدلل على مدى نفاذيتها (المعتدلة، المتدنية، والمعدومة).

٢-تصنيف التربة تبعاً لنفوذيتها وقوامها: اعتمد معيار النفاذية لتصنيف الترب على علاقة بين مسامية التربة (حجم وأبعاد حبيباتها، وتوضعاتها في أفق التربة) وسرعة انسياب الماء إلى أعماقها المتعددة. أي أن الترب ذات النفاذية العالية تكون خاصية احتفاظها بالماء قليلة أو معدومة. في حين أن الترب الناعمة (المتراصة) أبعاد حبيباتها

قليلة تكون خاصية احتفاظها بالماء عالية. يخضع معيار نفاذية التربة (الخشنة والناعمة) لسرعة جريان المياه فيها (احتفاظها بالماء) وفقاً لمعطيات الجدول أدناه.

جدول رقم (٢) يبين العلاقة بين نفاذية الترب ونوعها وسرعة تسرب المياه داخل التربة

الخاصية	سرعة تسرب الماء داخل التربة (ملم/ ساعة)
درجة النفاذية:	
غير نفوذة	٠,٣٦ >
ضعيفة النفاذية	٣,٦-٠,٣٦
متوسطة النفاذية	٣٦-٣,٦
نفوذة	٣٦٠-٣٦
نفوذة جداً	٣٦٠ >
نوع التربة:	
طينية جداً	١,٢ >
طينية	١,٥-١,٣
سيليتية	٢٠-٥
سيلتية-رملية	١٢٠-٦٠
رملية ناعمة-متوسطة	٢٥٠-١٢٠
رملية خشنة	١٠٠٠-٢٥٠

المصدر: أحمد الخضر، علي كنجو، وسوسن هيفا ((الري والصرف الزراعي)) جامعة تشرين-كلية الزراعة، اللاذقية ١٩٩٦ ص ١٤١، ١٤٢. بتصرف (المؤلف-الربيعي).

من الجدول أعلاه، يتبين أن درجات نفاذية التربة متفاوته (غير نفوذة، ضعيفة النفاذية، متوسطة النفاذية، نفوذة، ونفوذة جداً) على التوالي تعمل على إعاقة أو تسريع سرعة جريان الماء فيها بمعدلات [> ٠,٣٦، (٠,٣٦-٣,٦)، (٣,٦-٣٦)، (٣٦-٣٦٠)، < ٣٦٠] ملم/ ساعة على التوالي.

كما أن معيار سرعة جريان الماء في التربة يخضع لتصنيف الترب (طينية جداً، طينية، سيليتية، سيليتة-رملية، رملية ناعمة-متوسطة، ورملية خشنة) على التوالي بمحددات سرعة قدرها [> ١,٢، (١,٣-١,٥)، (٥-٢٠)، (٦٠-١٢٠)، (١٢٠-٢٥٠)، (٢٥٠-١٠٠٠)] ملم/ ساعة على التوالي.

نستنتج مما سبق أن تصنيف الترب تبعاً لحجم حبيباتها يحدد درجة نفوذيتها، وتصنيف الترب تبعاً لقوامها يحددان سرعة جريانها المائي، أي قدرتها على الاحتفاظ بالماء في آفاقها السطحية والعميقة. وبشكل عام تمتاز الترب الرملية بنفاذية وصرف مائي عالي، والترب السيليتية نفاذيتها متوسطة ومائها متاح، والترب الطينية نفاذيتها متدنية ومائها غير متاح.

٣-تصنيف التربة تبعاً لموقعها الجغرافي-المناخي: يخضع معيار هذا التصنيف لموقع التربة (بعدها أو قربها من المناطق الصحراوية وشبه الصحراوية، البحار والمحيطات، مجاري الأنهار والبحيرات العذبة) المرتبطة بطبيعة مناخها (الجاف، شبه الجاف، المطري وحجمه ومواسمه، وانحسار الامطار). وتعاني الترب القريبة من

المناطق الصحراوية من هشاشة بناءها وضعف قوامها نتيجة تعرضها للحت والتدهور بفعل الرياح الجافة المتأثرة بالضغط الجوي (ارتفاعه، وانخفاضه) في خطوط الطول والعرض على سطح الأرض.

في حين أن الترب القريبة من شواطئ البحار والمحيطات والمتأثرة بعواصفه وأمواجه معرضة للتدهور في بناءها الكيميائي نتيجة زيادة تركيز الأملاح في مكوناتها التي تعمل على تدهور خصوبتها (تملحها، وقلويتها).

ويختلف الأمر حين تتوضع الترب بالقرب من المجاري المائية والبحيرات...فتميل أكثر للثبات (بناءها، قوامها) بفعل تأثرها بحمولات الطمي ووفرة المياه لتكون صلاحيتها للزراعة أكبر بفعل خصوبتها العالية.

بالإضافة إلى ذلك فإن طبيعة الغطاء النباتي لموقع التربة يلعب دوراً كبيراً في الحفاظ على خصوبة التربة، فإن كان الغطاء النباتي (غابات، مراعي، ومصادات رياح...) فقيراً زاد احتمال تعرضها للتدهور والحت بفعل الرياح، وعلى الضد من ذلك فإنها تميل أكثر للثبات وتزداد قدرتها على الاحتفاظ بالماء.

إن آلية تأثير الغطاء النباتي على تدهور خصوبة التربة وتملحها يتعلق بنشاط عملية النتح فإن كانت أعلى من عملية التبخر ينخفض الصعود الشعري للملح نحو سطح التربة، وفي الوقت ذاته فإن النبات يفرز ثاني أوكسيد الكربون في منطقة الجذور مما يؤدي لتثبيت كربونات الكالسيوم ويحول دون ترسبها في آفاق التربة، كما أن للنبات القدرة على التأثير على محلول التربة الأيوني (بوجود مياه ري منخفضة الملوحة) من خلال امتصاص أملاح التربة وتخزينها في أنسجته تبعاً لنوع النبات.

٤-تصنيف التربة تبعاً لدرجة خصوبتها: تعود خصوبة التربة (عالية، متوسطة، وضعيفة) لمحتواها من العناصر الكيميائية (المغذيات الزراعية) القابلة للامتصاص من قبل النبات، فكلما كانت درجة الخصوبة عالية كان الانتاج الزراعي وفيراً، وكلما قلت خصوبة التربة كان الانتاج الزراعي متدنياً تبعاً لنوع الزراعة وأصناف النباتات المزورعة، ونوعية مياه الري المستخدمة، وطريقة الري المعتمدة...المؤثرة في ديمومة الخصوبة أو تعرضها للتدهور.

كما أن للنشاطات المختلفة للإنسان على الأرض تأثير كبير على مجمل بناء التربة وبالتالي على خصوبتها وناتجها الزراعي، فإن كان نشاطاً عقلانياً مستنداً لشروط العلوم الزراعية ينعدم التدهور بخصوبة التربة، وإن كان غير عقلاني-تقليدي تتدهور خصوبة التربة مع الزمن، وتصبح فقيرة بعناصرها الغذائية وبالتالي يتدنى إنتاجها الزراعي.

٥-**تصنيف التربة تبعاً لنوعية مياه الري:** هناك نوعان من التربة الزراعية، ديمية تعتمد على مياه الأمطار، وتربة زراعية مروية بشكل كلي أو جزئي. ولنوعية المياه (الأمطار، والأنهار) تأثير كبير على تدهور خصوبة التربة، فالأمطار الحامضية أو القلوية (بفعل التلوث البيئي) تعمل على إخراج التربة من حيز الاستخدام الزراعي على المدى البعيد. ومياه الري (مجاري الأنهار، والمياه الجوفية) إن كانت جودتها متدنية (غير صالحة للري كلياً أو جزئياً) بسبب (ملوحتها، ملوثاتها) تعمل على تدهور خصوبة التربة.

إن درجة تأثير مياه الري على تدهور خصوبة التربة يرتبط بعوامل أخرى لاتقل أهمية عن مياه الري ذاتها كـ: نوعية التربة (قوامها، خصائصها الفيزيائية، مكوناتها الحبيبية، تشكل ونوع آفاق طبقاتها العميقة)، طريقة الري المعتمدة، وجود من عدم وجود شبكة صرف زراعية، نوع النباتات المزروعة وأصنافها، درجة مقاومتها للملوحة، وارتفاع مستوى الماء الأرضي...إلخ.

نستنتج من نقاط البحث السابقة لعمومية خصائص الترب أن للتربة نظام متشابك العوامل يخضع لحسابات ومعادلات رياضية غاية في التعقيد مستمدة من التخصصات المختلفة للعلوم الزراعية، لايصح إغفالها عند العمل على بناء الخطط التنموية الزراعية-المائية على المستوى الوطني.

ثانياً-العوامل المؤثرة في تدهور التربة:

لايقتصر تدهور التربة على طبقتها السطحية، وإنما يمتد ليطال آفاقها المتعددة تبعاً لنوع التدهور وعوامله المؤثرة. إن التفاوت بدرجات التدهور متعلق بشدة العامل المؤثر وزمن التأثير ومكونات التربة وقابليتها على المقاومة. وكذلك بكثافة ونوع الغطاء النباتي (الزراعي- الطبيعي) الذي يعمل على التخفيف من شدة التأثير، ويعيق التدهور لفترة زمنية أطول وتؤدي سرعة التدهور لإخراج التربة من حيز الاستخدام الزراعي، ومن أهم العوامل المؤثرة في تدهور التربة:

١-**انجراف التربة المائي:** يحصل غالباً عند زيادة تدفق المجاري المائية وبوجود عامل مساعد مثل الحرارة والبرودة، تتعرض ضفاف المجرى لعمليات الانجراف والحت التدريجي فيختل نظامها الهيدرولوجي مما يؤدي لظاهرة الأسر للروافد المائية. يبلغ انجراف التربة المائي أشده عند حدوث الفيضانات حيث يزداد التدفق بمعدلات متسارعة ولفترة زمنية طويلة نسبياً. فتفقد التربة قدرتها التماسكية وتتفكك عناصرها لتصبح سهلة الانجراف.

ويعتبر هذا العامل الأشد خطورة على تعرض التربة للتدهور خاصة عند عدم وجود مصارف مائية كافية وقادرة على التخلص من كميات المياه الزائدة في الوقت المناسب،

والتخفيف من حدة تدفقها عبر المجاري المائية. وبما أن الطاقة الاستيعابية للمجاري المائية محدودة وغير قادرة على تصريف الكميات الكبيرة من مياه الفيضانات تنساب المياه خارج مجاريها، وتؤدي لإنجراف سطح التربة بفعل سرعة وزمن التدفق وحجم المياه. حينئذ لايقتصر تأثيرها على تدهور التربة وحسب، بل يطال تأثيرها السلبي على المزروعات والمنشآت والأبنية السكنية...ويسبب كارثة بيئية. يحصل هذا النوع من الانجراف المائي عادة في المناطق الباردة ذات الهطولات الثلجية والمطرية العالية، حيث تنساب كميات كبيرة من المياه بعد ذوبان الثلوج أو عند سقوط الأمطار الغزيرة عبر المجاري المائية ذات الطاقة الاستيعابية المحدودة فتسبب الكوارث البيئية، ويكون تأثيرها كبيراً على تدهور التربة حيث تغمرها بكميات كبيرة من المياه مما يؤدي لتخريب خصائصها الفيزيائية وتعطيل نظامها الحيوي.

٢-**انجراف التربة الريحي:** يحدث في المناطق الصحراوية وشبه الصحراوية بسبب هبوب الرياح أو العواصف الموسمية الجافة، فتحدث تخلخل في الطبقة السطحية للتربة وتعمل على تشتيت حبيباتها خاصة حين يكون غطاءها النباتي فقيراً، فيؤدي لتصحرها مع الزمن. وتعمل العواصف الرملية على تدهور الأراضي الزراعية وتسبب تلوث الجو، فالتربة في المناطق الجافة وشبه الجافة تكون مهيئة لعمليات الحت والانجراف لتعرضها للجفاف لفترة طويلة من الزمن لتسود ظاهرة التصحر.

٣-**تدهور العناصر الكيميائية للتربة:** أن التغيير الذي يطرأ على الخصائص الكيميائية للتربة (زيادة أو نقص بعض عناصرها الأساسية) يؤدي لإصابته بالتملح أو القلوية. ومن أهم مسببات التدهور الكيميائي للتربة مياه الري والصرف (الزراعي، المنزلي، والصناعي) فعند استخدامها بشكل مفرط في الري تسبب تراكم العناصر المسببة للملوحة أو القلوية في آفاق التربة وتخرجها من حيز الاستخدام الزراعي. وهناك عوامل عديدة مساعدة تسهم في زيادة تراكم العناصر الكيميائية في التربة، فعلى سبيل المثال حين تكون معدلات PH التربة نحو (٦,٢١، ٥,٥٠، ٧,١٢، ٨,٦٠، ٩,٢٠، ١٠,٢) على التوالي تعمل على زيادة انحلالية $CaCO_3$ بمعدلات تصل لنحو (١٩,٣، ١٤,٤، ٧,١، ٢,٧، ١,١، ٠,٨) ميليمكافئ/ لتر على التوالي فيؤدي لتراكم الأملاح في التربة.

كما أن التراكيز العالية من سلفات الكالسيوم في مياه الري (عند درجة حرارة ٢٠ م°) يؤدي لتدهور التربة بوجود عامل مساعد مثل: كميات متزايدة من كلوريد الصوديوم في التربة تقدر بنحو (٠، ١٧٢، ٢٠٠، ٢٤٤، ٢٩٣، ٣٥٨) غ/ لتر على التوالي يزداد انحلال سلفات الكالسيوم بنحو (٢,٠٤، ٧,٩٧، ٨,٢٣، ٨,٢٠، ٨,١٤، ٧,٠٩) غ/ لتر على التوالي.

نستنتج مما سبق أن تدهور العناصر الكيميائية للتربة يؤدي لتراكم كميات متزايدة من عناصر كيميائية معينة على حساب عناصر أخرى فتسبب تملح أو قلوية التربة. ويبين الجدول أدناه أشكال تدهور التربة وسُبل معالجته.

جدول رقم (٣) يبين أشكال تدهور الترب وسبل معالجته

العنصر	مسببات التدهور	معالجة التدهور
إدارة الخصائص الفيزيائية للتربة	تصلب سطح التربة تصلب آفاق التربة تشمع التربة انجراف التربة المائي انجراف التربة الريحي أهمال التربة اجهاد التربة	إقامة الحواجز إقامة الترسات التحريج الاصطناعي للأراضي العناية بالمزروعات إعادة تفتيت وحراثة التربة خدمة التربة الزراعة المغطاة زراعة مصادات الرياح اعتماد طرق مناسبة للزراعة
إدارة الري والصرف للتربة	سوء الصرف انجراف التربة المائي انخفاض قدرة التربة للاحتفاظ بالماء انخفاض الرشح المائي ارتفاع الملوحة	طريقة ري مناسبة حصاد المياه الصرف الحقلي صرف مياه الزائدة الترشيح المتقطع
إدارة الخصائص الكيميائية	القلوية الحموضة فقد العناصر ضياع المادة العضوية حرق المخلفات النباتية نضوب العناصر المخصبة	الترشيح التسميد بالسماد البلدي التسميد بالسماد الأخضر التسميد بمخلفات الحيوانات غسل الترب الملحية والقلوية إضافة الكلس للترب الحامضية
إدارة الخصائص البيولوجية للتربة	الاستخدام المفرط للمخصبات الزراعية التلوث الصناعي	تهيئة الظروف المناسبة لنمو الأحياء الدقيقة في التربة التسميد بالأزوت لتشجيع نشاط الأحياء الدقيقة في التربة
إدارة الغطاء النباتي	فقر الغطاء النباتي اختلال المجال الحيوي انخفاض تنظيم الأنواع انخفاض الأنواع القيمة	زيادة الغطاء النباتي زيادة الأنواع تحسين نظام الأنواع تحسين الأنواع القيمة

Source: Scherr and Yadav ١٩٩٦.

اقتباس من محمود الأشرم ((اقتصاديات البيئة والزراعة والغذاء)) المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر، دمشق ٢٠٠٣ ص ١٨٩. بتصرف (المؤلف-الربيعي).

من الجدول أعلاه، يتبين أن اختلال البناء الفيزيائي للتربة يعود إلى: تصلب في سطح وآفاق التربة المتعددة، تشمع التربة، انجراف التربة المائي، انجراف التربة الريحي، إهمال التربة، وإجهاد التربة. مما يتطلب معالجات منها: إقامة الحواجز، إقامة الترسات، العناية بالمزوعات، تحسين المواصفات الفيزيائية للتربة عن طريق الحراثات السطحية والعميقة، تحسين الخدمة الزراعية، اعتماد الزراعات المغطاة، زراعة مصادات الرياح، واعتماد طرق مناسبة للزراعة.

في حين أن الإدارة السيئة للري والصرف الزراعي تؤدي لتدهور التربة نتيجة سوء الصرف، انجراف التربة المائي، انخفاض قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء، انخفاض الرشح المائي، ارتفاع ملوحة التربة. مما يتطلب معالجات متعددة منها: اختيار طريقة مناسبة للري، حصاد المياه، تأمين قنوات صرف فعالة، والعمل على التخلص من المياه الزائدة عن حاجة التربة والنبات.

أما اختلال العناصر الكيميائية للتربة، فإنه يؤدي لتدهور التربة بسبب: القلوية، الحموضة، انحلال وضياع المادة العضوية، وانحلال وضياع مغذيات التربة ومخصباتها الزراعية. وتتطلب المعالجة: اعتماد طريقة مناسبة للترشيح المائي، التسميد العضوي (البلدي، الأخضر، ومخلفات الحيوانات)، غسل الترب الملحية والقلوية، وأخيراً إجراء عمليات استصلاح للتربة بإضافة المواد الكيميائية المعادلة كالكلس للترب الحامضية لتحسين مواصفاتها الكيميائية واستعادة خصوبتها لإدخالها حيز الاستخدام الزراعي.

أما الاختلال بالخصائص البيولوجية للتربة المسببة لتدهورها فتعود للاستخدام المفرط للمخصبات الزراعية، مما يتطلب اجراء موازنة بين عناصر المخصبات الزراعية لتهيئة الظروف المناسبة لنمو ونشاط الكائنات الدقيقة في التربة وتنشيط مجالها الحيوي.

وأخيراً فإن الغطاء النباتي يلعب دوراً ملموساً في تدهور التربة بسبب: فقر الغطاء النباتي لسطح التربة، اختلال المجال الحيوي للتربة، وتفاوت نوع وعدد الكائنات الدقيقة في التربة المسؤولة عن تمثيل العناصر الغذائية. وتتطلب المعالجة: زيادة رقعة الغطاء النباتي، وتحسين الشروط البيئية للمجال الحيوي لنمو ونشاط كائناته الحية.

نستنتج مما سبق أن متطلبات تحسين مواصفات التربة تتلخص بالنقاط التالية: خفض منسوب الماء الأرضي، استخدام متوازن للمخصبات الزراعية، إقامة شبكة صرف متوازنة، اختيار طريقة ري مناسبة، استخدام مياه صالحة للري، إجراء حراثات متوسطة وعميقة للتربة، عدم إجهاد التربة، اتباع دورة زراعية مناسبة، واختيار نوع النبات المناسب.

توصيات المعهد الدولي للبحوث الغذائية للحد من تدهور الترب في الدول النامية[٥]:

١-تحسين أنظمة المعلومات لإدارة الأراضي الزراعية.

٢-اقتناء التكنولوجية الزراعية الحديثة، وتشجيع أبحاث التربة.

٣-تشجيع الاستثمار في مجالات استصلاح الأراضي وتحسين مواصفات التربة.

---

[٥] اقتباس من محمود الأشرم ((اقتصاديات البيئة والزراعة والغذاء)) منشورات المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر، دمشق ص ٢٠١-٢٠٤. بتصرف (المؤلف-الربيعي).

٤-إجراء تعديل في قوانين وأنظمة الاستثمار الزراعي لتشجيع الاستثمار في المجال الزراعي.

٥-تطوير أنظمة تخطيط مرنة لاستملاك الأراضي الزراعية.

٦-دعم المنظمات المحلية لإدارة الموارد المائية.

٧-تطوير البنى التحتية للقطاعات المختلفة (التسويقية، السعرية، والمنافسة..)

٨-تحسين نظام الحوافز لأسعار المنتجات الزراعية.

٩-المساعدة على زيادة الدخل المالي للمزارعين لتشجيعهم على الزراعة وعدم الهجرة إلى المدينة.

١٠-تسهيل القروض الزراعية وبفوائد مناسبة.

خصائص الترب القلوية والمالحة

أولاً-الخصائص العامة للترب القلوية والمالحة:

أ-الأملاح القابلة للإنحلال في التربة: يعود تدهور الترب لاختلال التوزان بين العناصر المختلفة لمكوناتها نتيجة عوامل عديدة مسببة للملوحة والقلوية في التربة أهمها: الكربونات وعناصرها، الكبريتات وعناصرها، الكلوريدات وعناصرها، والنترات والبورات وعناصرها، والسلفات وعناصرها.

حيث تتفاعل مع العناصر المختلفة لتشكل معقدات كربونية، كبريتية، كلوريدية، ونتراتية تعمل على إعاقة امتصاص النبات للعناصر الأخرى في التربة، فيتغير تركيب محلول التربة وقيم الحموضة لتصبح الترب حامضية أو قلوية أو حامضية-قلوية ذات نسب متفاوتة من العناصر المسببة للحموضة أو القلوية.

إن تشكل المعقدات الكيميائية المختلفة في التربة يترك أثره السلبي على قوام التربة ونمو النبات، فمن جهة يحدث اختلالاً في بناء التربة وقوامها لتصبح التربة حامضية أو قلوية مما يقلل أو يعدم خصوبة التربة، ومن جهة أخرى فإن هذا الاختلال يترك أثره الضار على النبات كـ: إعاقة النمو، تقزم النبات، يباس الجزء الخضري، قلة الانتاج، وتسمم النبات...مما يتطلب اتخاذ إجراءات وقائية للحد من تدهور التربة والتقليل من آثار العناصر السمية على النبات.

إما عن طريق إضافة عناصر معادلة للتربة لإعادة التوازن لمكوناتها أو غسل التربة لإزالة العناصر المسببة للحموضة أو القلوية أو اعتماد الدورات الزراعية المناسبة للتقليل من الأثر السمي على النبات. ولتسليط الضوء أكثر على الأملاح وعناصرها المختلفة المسببة لملوحة وقلوية التربة وأضرارها على النبات، نورد الجدول أدناه.

جدول رقم (٤) يبين تأثيرات وسلوكيات بعض الأملاح الذائبة في التربة والمياه على النبات

الأملاح وعناصرها	انتشارها	أضرارها على النبات	ذوبانها في الماء (غ/لتر)	ملاحظات
الكربونات وأملاحها:				
كربونات الكالسيوم	الصحاري والسهول الغابية	سميتها عالية لبعض النبات	٠,٠١٣	تسبب قلوية التربة
كربونات المغنيزيوم	الترب الدولومينية	سميته عالية لبعض النبات	عالية	تسبب قلوية التربة
كربونات الصوديوم	معظم الترب والمياه	سميته ضعيفة لبعض النباتات	١٧٨	تسبب قلوية التربة وتعالج بإضافة مادة الكلس
كربونات البوتاسيوم	ضئيل	سميته ضعيفة	-	تسبب قلوية التربة
الكبريتات وأملاحها:				
كبريتات الكالسيوم	الترب الصحراوية وشبه الصحراوية	ضار للنبات	٢	يستخدم في استصلاح الأراضي القلوية، وزيادتها في يسبب حامضية التربة
كبريتات المغنيزيوم	الترب المالحة	سميته عالية	٢٥٢	يسبب ملوحة التربة
كبريتات الصوديوم	الترب المالحة ومياه البحيرات	سميته ملموسة	انحلالية ضعيفة	يتم التخلص منها بعملية غسل التربة في الفصول الدافئة
كبريتات البوتاسيوم	ترب المناجم على شكل خامات الملح	سميته متفاوتة	-	يسبب تملح الترب
الكلوريدات وأملاحها:				
كلوريد الكالسيوم	يندر وجوده في التربة لأنه عنصر متحول	سميته ضعيفة	٥٠٠-٤٠٠	وجوده في المياه الجوفية العميقة يدلل على وجود خزانات نفطية في الأرض، ويسبب حموضة التربة
كلوريد المغنيزيوم	ترب المستنقعات والبحيرات المالحة	سميته عالية	٣٥٣	يسبب حموضة التربة
كلوريد الصوديوم	الترب المالحة ومياه البحيرات	سميته عالية	٢٦٤	يتم التخلص منه بغسل التربة
كلوريد البوتاسيوم	انتشاره قليل لاستخدامه من قبل الأحياء الدقيقة في التربة	سميته ضعيفة	-	-
النترات والبورون:				
نترات البوتاسيوم والصوديوم	في الترب المالحة	سميته عالية	٠,٠٥	يسبب تملح التربة
البورون	مناطق البراكين	سميته شديدة	-	يسبب تملح التربة

المصدر: الجدول من إعدادنا (المؤلف-الربيعي).

من الجدول أعلاه يتبين أن هناك أربعة مجموعات رئيسية مسؤولة عن حموضة وقلوية التربة (الكربونات، الكبريتات، الكلوريدات، والنترات والبورن) ولكل مجموعة منها آلية تأثير وتحول لأملاحها الذائبة لتشكل معقدات كيميائية في التربة. فمجموعة الكربونات تتفاعل كيميائياً مع العناصر السائدة في التربة حسب منشأها حيث تشكل مجموعات الكربونات: كربونات الكالسيوم، كربونات المنغنيزيوم، كربونات الصوديوم، وكربونات البوتاسيوم. ففي الأراضي الصحراوية وشبه الصحراوية والسهول الغابية الغنية بالكالسيوم تتشكل كربونات الكالسيوم حيث يقدر حجم ذوبانها في الماء بنحو ٠,٠١٣ غ/ لتر المسببة لملوحة التربة ولسمية عالية لبعض النباتات.

في حين أن كربونات المنغنيزيوم تسود في الترب الدولومينية وتسبب قلوية التربة ولها أثر سمي على النباتات. وتسود كربونات الصوديوم في معظم الترب الغنية بعنصر الصوديوم (يقدر حجم ذوبانه في الماء بين ١٧٨ غ/ لتر) مسبباً قلوية التربة ولها أثر سمي على النباتات. وأخيراً فإن تشكل كربونات البوتاسيوم، يعد ضعيفاً في معظم الترب ويسبب تملح الترب وأثره السمي ضعيف على النباتات.

أما مجموعة الكبريتات فإنها تشمل: كبريتات الكالسيوم السائدة في الترب الصحراوية وشبه الصحراوية الغنية بالكالسيوم، (يقدر حجم انحلالها في الماء بنحو ٢ غ/ لتر) ولها أثر سمي عالي على النباتات. في حين أن كبريتات المنغنيزيوم تسود في الترب المالحة (يقدر حجم ذوبانها في الماء بنحو ٢٥٢ غ/ لتر) وتسبب تملح التربة وسميتها عالية للنباتات. وتتشكل كبريتات الصوديوم في الترب المالحة ومياه البحيرات وانحلاليتها ضعيفة وسميته ملموسة للنباتات. وأخيراً كبريتات البوتاسيوم التي تسود في ترب المناجم على شكل خامات الملح وتسبب تملح التربة وسميتها متفاوتة للنباتات.

أما مجموعة الكلوريدات فإنها تشمل: كلوريد الكالسيوم، العنصر المتحول ويندر وجوده الحر في التربة (يقدر حجم ذوبانه في الماء بين ٤٠٠-٥٠٠ غ/ لتر) وسميته ضعيفة للنباتات ويوجد بتراكيز عالية في المياه الجوفية العميقة.

في حين أن كلوريد المنغنيزيوم يسود أكثر في ترب المستنقعات والبحيرات المالحة، (يقدر حجم ذوبانه في الماء بنحو ٣٥٣ غ/ لتر) وسميته عالية للنباتات. ويسود كلوريد الصوديوم في الترب المالحة ومياه البحيرات (يقدر حجم انحلاله في الماء بنحو ٢٦٤ غ/ لتر) وسميته عالية للنبات. وأخيراً فإن كلوريد البوتاسيوم، العنصر المتحول الذي تعمل الأحياء الدقيقة في التربة على تفككه بسهولة وسميته ضعيفة للنباتات. أما مجموعة النترات (انحلاليته في الماء ٠,٠٥ غ/ لتر) والبوران فتشمل: نترات البوتاسيوم

والصوديوم السائدة في الترب المالحة (خاصة ترب السونتشاك الغنية بالنترات والكلوريدات) ويمتازان بسميتهما العالية للنباتات. وأخيراً عنصر البوران السائد في الترب البركانية والمسببة لملوحة التربة وسميته عالية للنباتات.

نستنتج مما سبق أن المجموعات الأربعة الرئيسية المسؤولة عن ملوحة وقلوية الترب، لها تأثيرات متباينة على التربة والنبات تبعاً لتركيزها وحجم انحلالها في الماء وآلية تشكلها الكيميائية التي تعمل على تغيير تركيب محلول التربة فتعيق جذور النباتات على امتصاص العناصر المغذية وتسبب أضراراً بالغة بالنباتات.

ب-ظاهرة التبادل الكاتيوني في التربة القلوية: معادلات التبادل الكاتيوني: عند زيادة نسبة الكالسيوم في محلول التربة يحصل استبدال الكالسيوم بالصوديوم الممدص على المبادل. وهذا يؤدي لزيادة الصوديوم في محلول التربة، وتعد هذه الظاهرة مهمة سواء للري أو الاستصلاح، ذلك أن قيمة الصوديوم الممدص على مبادلات التربة مرتبطة بحجم الماء المستعمل لتمديد الأيونات المنحلة. كما يمكن أن يستبدل الصوديوم بالهيدروجين في الترب القلوية والغنية بكربونات الكالسيوم عند زيادة تمدد محلول التربة وبوجود قيم PH مرتفعة نتيجة انحلال الكربونات والبيكربونات.

ج-تشكل الأملاح في التربة: تتشكل الأملاح في التربة بفعل عوامل طبيعية وبشرية، فالعوامل الطبيعية تشمل الهطول المطري، تعاقب موجات الجفاف، ارتفاع درجات الحرارة، النقص التدريجي بالغطاء النباتي، نقص المادة العضوية في التربة...تؤثر بمجملها على النشاطات الفيزوكيميائية والبيولوجية في التربة مما يؤدي لتدهور قوام التربة وإصابتها بالتملح.

أما العوامل البشرية فتعود لكافة النشاطات البشرية في الأرض غير المتقيدة بشروط العلوم الزراعية منها الاختيار غير الموفق لأنظمة الري أو قلة فعاليتها، عدم اعتماد دورة زراعية مناسبة، عدم وجود شبكات صرف مناسبة وفعالة...تؤدي بمجملها إلى غمر التربة بالمياه ومن ثم ارتفاع لمنسوب الماء الأرضي وبوجود عامل الحرارة تتبخر المياه مخلفةً الأملاح في التربة. وهناك عوامل أخرى تسهم في تجمع الأملاح في التربة منها[٦]:

١-الدورات القارية: تعمل على توزيع، تحريك، وتجمع أملاح الكربونات والسلفات، والكلوريدات في المناطق الداخلية ذات الصرف السيء. تحصل عملية التملح للتربة بعد غسل أملاح الصخر الأم بفترة زمنية، حيث تحتوي مياه الغسل (تركيز أملاحها ١ غ/ لتر) على نسب عالية من كربونات وهيدروكربونات الكالسيوم والمنغنيزيوم وبنسب

---

[٦] Unesco, FAO ١٩٧٣.

اقتباس من علي عبد الله-مصدر سابق ص ٥٢١-٥٢٣.

متوسطة من كربونات وبيكربونات الصوديوم ونسب متدنية من الكلوريدات وتتسرب نحو آفاق التربة العميقة لكنها في الأراضي المنخفضة وبفعل التبخر يبدأ تركيبها الملحي بالتغيير.

٢-دورات الدلتات: حركة وتجمع وتوضع الأملاح في مصبات الأنهار ذات المنشأ القاري، المياه الجوفية، والبحار.

٣-الدورات الارتوازية: الخاصية الشعرية لصعود الأملاح إلى سطح التربة من التصدعات التكتونية لطبقة سطح الأرض.

٤-الدورات البشرية: تملح الأراضي المروية، ارتفاع منسوب الماء الأرضي، الغمر المائي، والري بالمياه المالحة.

٥-الدورات الجيومورفولوجية: المرتبطة بالمناطق المنخفضة، والشروط الهيدرولوجية الناتجة عن انعدام الامطار، التبخر-نتح وكذلك بالشروط الجيولوجية القديمة والحديثة. ويعد عامل التبخر-نتح الأهم عند ارتفاع منسوب الماء الأرضي في تشكل التجمعات الملحية في المناطق القارية خاصة، فحين يتراوح منسوب الماء الأرضي بين (٢-٣) م يصل حجم التبخر السنوي بين (١٥٠٠-٣٠٠٠) ملم.

د-تغيرات التركيب الملحي للمحاليل المائية في الطبيعة:

إن ترسب الأملاح في التربة يعود لسببين هما: التبخر الناتج عن ارتفاع درجات الحرارة الذي يخلف الأملاح، وارتفاع منسوب الماء الأرضي إلى سطح التربة (الخاصية الشعرية) الذي يخلف الأملاح أيضاً. أما أشكال ترسب الأملاح في التربة فيعود إلى:

١-تترسب في البدء الأملاح الأقل انحلالية في الماء (تحديداً كربونات الكالسيوم والمنغنيزيوم) أما بيكربونات الكالسيوم فتتحول إلى كربونات الكالسيوم وفقاً للتفاعلات التالية:

$$Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2CO_3$$

$$H_2CO_3 \rightarrow H_2O + CO_2$$

٢-يتزايد تركيز السلفات في المحلول المتبقي إلى درجة عالية (عند عدم وجود كربونات الصوديوم) حيث يرتفع المحلول الشعري وتتوضع السلفات فوق كربونات الكالسيوم مباشرة ليشكل الأفق الملحي الثاني.

٣-إن المحلول المحلي الصاعد شعرياً نحو سطح الأراضي المنخفضة يصبح فقيراً بالمركبات الملحية ذات الانحلالية المتدنية والغنية بالكلوريد حيث يصبح الماء الأرضي غنياً بالكلوريدات.

تعود زيادة تركيز الأملاح في التربة إلى ارتفاع منسوب الماء الأرضي، فعند ارتفاع منسوبه يحصل ترطيب لسطح التربة، فإذا كانت مساميتها عالية فإنها تسمح بمرور كميات كبيرة من محلول التربة في وحدة الزمن حيث تزداد كمية الأملاح في منطقة الجذور. وحين تزداد درجة انحلالية الأملاح تقل درجة ترسبها نحو آفاق التربة مما يؤدي لتركيزها في المحلول الترابي بحيث تحصل فروق تركيزية بين محلول التربة في منطقة الجذور والماء الأرضي.

وفي هذه الحالة يستبدل المحلول العلوي ذو الوزن النوعي العالي بمحلول ممدد من الماء الأرضي ليرتفع تركيز الأملاح في منطقة الجذور لنحو (٣٠٠-٤٠٠) غ/ لتر، أما اذا كان منسوب الماء الأرضي منخفضاً ومسامية التربة ضعيفة فإن الخاصية الشعرية تصبح محدودة، لكنها قد تسبب تملح سطح التربة (تصل سماكتها لنحو ٣٠-٦٠ سم) دون أن تتأثر آفاقها، أي أن نسبة الملوحة في سطح التربة تقل بانخفاض منسوب الماء الأرضي.

أما ظاهرة تصلب التربة فتحصل في الترب الطينية الجافة ذات الحبيبات الناعمة بوجود كربونات الصوديوم، ووجود مبادلات التربة الغنية بالصوديوم، ووجود أشكال الدبال القلوية في آفاقها المتعددة.

ه-توضع الأملاح في آفاق التربة: لكل مجموعة من المجموعات السابقة الذكر المسببة لحموضة وقلوية التربة خصائص وتوضعات للطبقة الملحية في آفاقها المتعددة، لذلك فإن طرق استصلاحها مختلفة وتتطلب معالجات خاصة تبعاً لتركيز وسمك الطبقة الملحية وتوضعها وما تتركه من أثار على قوام التربة وأضرار على النباتات المزروعة. ولتوضيح ذلك نورد الجدول أدناه.

جدول رقم (٥) يبين عمق التوضع الملحي في الترب الملحية والقلوية وخصائصها

نوع التربة	عمق التوضع الملحي (سم)		خصائص الترب الملحية	خصائص الترب القلوية
	الحامضية	القلوية		
سولونتشاركية (أو سولونتسية) متملحة سطحيا	٣٠	٣٠-٥	-غير قابلة للزراعة -فقيرة بالغطاء النباتي -فقيرة جداً بالمادة العضوية في الطبقة السطحية -فقيرة بالعناصر الغذائية الأساسية وتحديداً الأزوت.	-عالية اللزوجة عند الرطوبة العالية -كثيرة التشقق والصلابة عند الجفاف -مجالها الحيوي متباين في الرطوبة والجفاف. -خصوبة آفاقها متفاوتة -غنية بعناصر الصوديوم الممدص والمنغنيزيوم -تنتشر في ترب المنخفضات والوديان والسهول والترب السيئة الصرف
سولونتشاركية (أو سولونتسية) متملحة وسطيا	٨٠-٣٠	١٠٠-٣٠	-قيم الـ PH= ٨,٣-٧,٥ عند وجود كربونات وبيكربونات الكالسيوم والمنغنيزيوم، وعند قيم الـPH = ٩-١١ عند وجود كربونات وبيكربونات الصوديوم	
سولونتشاركية (أو سولونتسية) متملحة عميقا	١٥٠-٨٠	١٥٠-١٠٠	-يحصل تركيز الأملاح في طبقاتها السطحية بين (٢٠٠-٤٠٠) غ/ لتر ولنحو (٥٠٠) غ/ لتر في طبقاتها العميقة -إنتاجية النباتات فيها تنخفض بنحو (٣٠-٦٠) في المائة	
غير متملحة (حامضية أو قلوية)	١٥٠>	٢٠٠-١٥٠		

المصدر: الجدول من إعدادنا (المؤلف-الربيعي).

من الجدول أعلاه يتبين أن هناك ثلاثة مجموعات رئيسية للترب المالحة والقلوية تبعاً لتوضع الأملاح في آفاقها، فمجموعة الترب المالحة: سونتشاكية متملحة سطيحاً، شبه سونتشاكية متملحة وسطياً، شبه سولونتشاركية متملحة عميقاً، وترب غير متملحة. فالترب المتملحة سطحياً تتركز الأملاح في أفق لايتعدى ٣٠ سم عن سطح التربة. ويزاد عمق تراكم الأملاح في الترب شبه سونتشاكية الوسطية ليصل بين (٣٠-٨٠) سم، في حين أن عمق الطبقة الملحية في الترب شبه السونتشاكية العميقة يتراوح بين (٨٠-١٥٠) سم، وبعمق أكثر من ١٥٠ سم لطبقة تراكم الأملاح لاتؤثر على قوام التربة ولا تتسبب في تملحها.

وتمتاز مجموعة الترب المالحة بخصائص عامة منها: متفاوتة بدرجة الخصوبة، فقيرة بالغطاء النباتي، فقيرة بالمادة العضوية في الطبقة السطحية، فقيرة بالعناصر الرئيسية المغذية للنبات خاصة منها الآزوت، سعتها التبادلية منخفضة، وعند قيم الـ PH= ٧,٥-٨,٣ تدلل على وجود كربونات وبيكربونات الكالسيوم والمنغنيزيوم، وعند قيم الـ PH= ٩-١١ يدلل على وجود كربونات وبيكربونات الصوديوم، ويقدر تركيز الأملاح في طبقاتها السطحية بين (٢٠٠-٤٠٠) غ/ لتر وبنحو (٠-٥٠) غ/ لتر في طبقاتها العميقة، وأخيراً فإن إنتاجية نباتاتها المزورعة تنخفض لنحو (٣٠-٦٠) في المائة.

أما مجموعة الترب القلوية (سولونتس متملحة سطحياً، شبه سولونتس متملحة وسطياً، شبه سولونتس متملحة عميقاً، وغير متملحة) فإن توضع الأملاح في الترب السولونتسية السطحية يتراوح بين (٥-٣٠) سم عن سطح التربة، وفي الترب شبه السولونتسية المتوسطة تتراكم الأملاح على عمق (٣٠-١٠٠) سم عن سطح التربة، ويزيد العمق في الترب شبه السولونتسية العميقة ليصل لنحو (١٠٠-١٥٠) سم عن سطح التربة. وأخيراً فإن تراكم الأملاح على عمق يزيد على (١٥٠-٢٠٠) سم لايؤثر سلباً في قوام التربة ولا يتسبب في قلويتها وليس له تأثير سمي على النباتات.

تتلخص الخصائص العامة للترب القلوية بكونها: عالية اللزوجة حين تكون التربة رطبة، وكثيرة التشقق ومتصلبة حين تكون التربة جافة، مجالها الحيوي ونشاط كائناتها الدقيقة متعلق برطوبة وجفاف التربة، خصوبة آفاقها متفاوتة، غنية بعناصر الصوديوم الممدص والمغنيزيوم، وتنتشر في المنخفضات والوديان والسهول والترب السيئة الصرف.

نستنتج مما سبق أن تصنيف الترب المالحة والقلوية يستند لعمق توضع طبقة الأملاح، وتختلف خصائصها تبعاً لنوع وتركيز العناصر المؤثرة في ملوحة وقلوية التربة. ويمكن تمييزها بعضها عن بعض بوضوح على أرض الواقع أو من خلال التعرف على مكونات التربة وموقعها.

ثانياً-الخصائص الكيميائية للترب القلوية والملحية:

ذات إنتاجية متدنية، مركباتها الملحية المنحلة تتراوح بين (٠,٣-٠,٥) في المائة وقد تصل لنحو (٢-٣) في المائة تبعاً لمستوى الماء الأرضي، نسب كربونات الصوديوم مرتفعة، قيم الحموضة مرتفعة، وجود كربونات وبيكربونات الصوديوم المنفصلة أو المتحدة مع السلفات والكلوريدات، تصل نسبة السيليكات القابلة للانحلال بين (٦٠-١٠٠) غ/ لتر، نسبة الطين تصل لنحو ٦٠%، تتراوح نسبة السيليكات إلى الأكاسيد نحو ١:٤، غنية بحبيبات الطين الناعمة، غنية بالدبال، لونها غامق، عرضة للتقلص الشديد عند الجفاف والتمدد الكبير عند الترطيب نظراً لتباين قوامها. وللوقوف على عوامل وظروف تشكلها نبحث في[٧]:

أ-العوامل الرئيسية لتشكل وتجمع كربونات الصوديوم في التربة:

١-تحت تأثير التآكل الحاصل في القشرة الأرضية والصخور البركانية عبر الزمن فإن نسبة عالية من الفيلدسبار تتحول إلى محاليل من السيليكات والكربونات والبيكربونات.

٢-تحت تأثير محاليل الكلوريدات والسلفات على الصخور الكاربونية-الكلسية تتشكل كربونات الصوديوم من خلال التفاعلات التالية:

$$CaCO_3 + 2NaCl \rightarrow Na_2CO_3 + CaCl_2$$

$$CaCO_3 + Na_2SO_4 \rightarrow Na_2CO_3 + CaSO_4$$

٣-إن الحركة الصاعدة لمحاليل ضعيفة التركيز من سلفات وكلوريد الصوديوم تؤدي لتكثيف الصوديوم على مبالادت التربة، وبوجود حمض الكربون وكربونات الكالسيوم في محلول التربة تتشكل كربونات الصوديوم.

٤-إن تمعدن المادة العضوية في التربة يمكن أن يؤدي إلى تشكل كربونات وبيكربونات الصوديوم.

٥-في شروط لاهوائية (بمعزل عن الأوكسجين) تؤدي لتفاعل السلفيد من المركبات الكبريتية لتشكل كربونات الصوديوم تبعاً للتفاعلات التالية:

$$Na_2SO_4 + 2C \rightarrow Na_2S + 2CO_2$$

$$Na_2S + CO_2 + H_2O \rightarrow Na_2CO_3 + H_2S$$

٦-في شروط هوائية (بوجود الأوكسجين) تتحول التفاعلات من القلوية إلى الحامضية تبعاً للتفاعلات التالية:

$$2FeS_2 + 2H_2O + 7O_2 \rightarrow 2FeSO_4 + 2H_2SO_4$$

---

[٧] Kovda in Unesco, FAO ١٩٧٣.

اقتباس من علي عبد الله مصدر سابق ص ٥٠٥-٥١٥.

$$FeSO_4 + H_2O \rightarrow Fe(OH)_2 + H_2SO_4$$

$$NaCO_3 + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + H_2O + CO_2$$

ب-شروط تواجد وتجمع كربونات الصوديوم الحرة:

١-توجد كربونات الصوديوم الحرة في الترب الناشئة على صخور بركانية حديثة العهد، وفي ترب المنخفضات والمناطق الجافة حيث يكون التبخر أعلى من الهطول المطري.

٢-وجود أو عدم وجود سلفات وكلوريد الكالسيوم حيث يمكنهما التفاعل مع كربونات الصوديوم الحرة لتشكل سلفات أو كلوريد الصوديوم.

٣-وجود المبادلات الترابية الغنية بالكالسيوم يؤثر في تشكل أو عدم تشكل كربونات الصوديوم حيث يحصل استبدال الكالسيوم المبادل بكربونات الصوديوم.

٤-وجود السيليكات والأكاسيد المنحلة تؤثر في تشكل أو عدم تشكل كربونات الصوديوم حيث تتحول مركباتها عند الجفاف إلى حبيبات طينية ثانوية ناعمة تعمل على تثبيت الكالسيوم داخلها، وتلعب دوراً أساسياً في إزاحة أيونات الصوديوم والبوتاسيوم من محاليل المياه الطبيعية أي أنها تعيق تشكل كربونات وبيكربونات الصوديوم.

ج-الخصائص الفيزوكيميائية لكربونات الصوديوم:

١-حين تصل درجة الحرارة بين (٠-١٥) درجة مئوية تترسب كربونات وسلفات الصوديوم في البحيرات والترب.

٢-يبقى كلوريد الصوديوم منحلاً في الماء (السطحي أو الأرضي) ففي المناطق الباردة تحصل توضعات مهمة لكربونات وسلفات الصوديوم، بعكس المناطق الحارة فإن كربونات الصوديوم لها خاصية إنحلالية في درجات الحرارة العالية لذلك تحصل توضعات مهمة لكربونات وسلفات الصوديوم في التربة.

٣-إن وجود كربونات الصوديوم في محلول ما، تقلل من انحلالية كربونات الكالسيوم. وهذا ما يفسر عدم وجود الكلس في المياه الجوفية الغنية بالأملاح القلوية، في حين تظهر التجمعات الكلسية في الترب الغنية بكربونات الصوديوم.

٤-مكونات الترب القلوية غنية بيكربونات الصوديوم والصوديوم المبادل ومركبات السيليكات وهيدروكسيد الألمنيوم ومادة عضوية.

٥-تتميز الترب القلوية الغنية بكربونات الصوديوم باللون الغامق وبالتمدد الكبير.

د-العلاقة بين الملوحة والقلوية في التربة:

إن قلوية التربة المعبر عنها بـ PH تتناقص مع تزايد ملوحة التربة في ظروف مناخية خاصة، فحين يكون تركيز الأملاح في المياه الجوفية ٤ غ/ لتر تتوافق مع قيم الـ

PH في حدود ٧,٨-٨,٠، وبزيادة تركيز الأملاح في المياه الجوفية أو السطحية لمنطقة ما فإن قيم الحموضة تقل. فعلى سبيل المثال حين يكون تركيز الأملاح في المياه الجوفية يتراوح بين (٣٠-٥٠) غ/ لتر فإن فعله يصبح معدلاً لحموضة الماء الأرضي والتربة.

ويعود تفسير ذلك إلى إمكانية بعض الأملاح تعديل القلوية، أي تعديل كربونات وبيكربونات الصوديوم، ويسهم عامل الحرارة في زيادة انحلالية الصوديوم، لذا فإن الترب القلوية-الصودية الملحية المتشكلة فوق مياه جوفية قليلة الملوحة تكون ملوحتها ضعفية.

ه-آلية تشكل الترب الملحية والقلوية وأنواعها[٨]:

تتلخص آلية تشكل الترب المالحة-القلوية بوجود أيون الصوديوم أما بشكل أملاح ($NaCl$ ،Na_2SO_4) أو بشكل متبادل على شكل مركبات الادمصاص أو بالشكلين معاً، وتركيزها مرتبط بعاملين: مصدر دائم لأيون الصوديوم (ماء جوفي مالح، صخور ملحية)، وظروف مناخية (هطول مطري) يعمل على غسل أيونات الصوديوم. وفي الظروف الجافة تنعدم عملية غسل عنصر الصوديوم فتتشكل الترب المالحة-القلوية. ويتميز تطور الترب المالحة-القلوية بوجود ظاهرتين:

أ-التملح: يتشكل من مركب الادمصاص مشبعاً بأيونات الصوديوم، وبعض الكاتيونات الأخرى مثل الكالسيوم والمنغنيزيوم. والمصدر الرئيس لأيونات الصوديوم هو الماء الأرضي أو مياه الري الغنية بأيونات الصوديوم.

ب-القلوية: تتشكل حين ينعدم وجود ماء جوفي غني بأيونات الصويوم يغذي مركبات الادمصاص بهذا الأيون، وبتوفر الماء وثاني أوكسيد الكربون ليحل أيون الهيدروجين مكان أيون الصوديوم على مركبات الادمصاص لتصبح التربة حامضية. وتقسم الترب المالحة-القلوية تبعاً لتلك الآلية إلى:

١-الترب المالحة البيضاء: تتميز بوجود ماء أرضي مالح ترسب من سطح التربة، غني بأيونات الصوديوم الذي يزيد من تركيز أملاح الصوديوم في التربة بالخاصية الشعرية للماء الأرضي، وعند تبخره تترسب الأملاح على سطح التربة بشكل قشور ملحية بيضاء، حيث تتراوح ناقليتها الكهربائية بين (٤-١٠) ميليموس/ سم، وتصل قيم الـ PH= ٥-٨، وبعدم وجود للأفق B في طبقات التربة. وفي الغالب تكون: ترب مالحة-كلسية، أو ترب مالحة-صودية.

---

[٨] أحمد الخضر، علي كنجو، وسوسن هيفا ((الري والصرف الزراعي)) جامعة تشرين-كلية الزراعة، اللاذقية ١٩٩٦ ص ٣٨٨-٣٩٣.

٢-الترب الكبريتية السوداء: تتشكل نتيجة غمرها بمياه البحار المالحة، وتتصف بـ: ارتفاع نسبة الطين والمادة العضوية والكبريت لنحو (٥-١٠) في المائة، وبانخفاض تركيز الأملاح في الماء الأرضي في التربة يتشكل حمض الكبريت الذي يؤدي لخفض قيم الـ PH في التربة لتصبح التربة حامضية.

٣-الترب القلوية: تتميز بقلة ملوحتها، وغناها بأيونات الصوديوم المتبادل، ومحلول التربة يكون غنياً بالأملاح القلوية (كربونات وبيكربونات الصوديوم). وتقسم لثلاثة أنواع حسب درجة تطورها:

أ-ترب قلوية غير مغسولة: تتميز بوجود أملاح كربونات وبيكربونات الصوديوم، وتصل قيم الـ PH=٨,٥-١٠. ويكون قوام التربة متماسكاً في فصل الشتاء وموشوري في فصل الصيف.

ب-ترب قلوية مغسولة: تتمييز بانفراج طينها الصودي، لذلك ينغسل نحو الأسفل ويشكل أفقاً متميزاً. ويكون قوام التربة متدهوراً.

ج-ترب قلوية متدهورة: تتميز بانخفاض قيم الـ PH في الأفق السطحي لنحو الصفر، في حين تتجمع الأملاح القلوية في آفاقها السفلية، وقوام التربة يكون متدهوراً.

بشكل عام يمكن التعرف على نوع الأملاح المسببة لملوحة وقلوية التربة من خلال ألوان آفاقها، فاللون الأبيض يدلل على وجود كربونات الكالسيوم، واللون الأحمر يدلل على وجود أكاسيد الحديد الثلاثية ومركباتها، واللون الأسود الفاتح يدلل على وجود مركبات المنغنيز، واللون الأسود القاتم يدلل على وجود المركبات العضوية، واللون الأسود المائل إلى الأزرق يدلل على وجود مركبات الحديد الإرجاعية، وأخيراً اللون البرتقالي (قرميدي) يدلل على وجود مركبات الحديد.

التصنيف الدولي للترب القلوية والمالحة

يستند تصنيف الترب المالحة إلى ثلاثة معايير، الناقلية الكهربائية لمحلول التربة، نسبة الأملاح، والتأثير السمي للأملاح على النبات ومنها يتم تحديد نوع الترب (مالحة، قلوية) تبعاً لنسبة الصوديوم المبادل وقيم الـ PH، المحددة لنوع الملح الظاهر على سطح التربة (أبيض، أسود) والذي يمكن مشاهدته بالعين المجردة لتحديد نوع الترب بشكل أولي، ولبيان التصنيف الدولي للترب نورد الجدول أدناه.

جدول رقم (٦) يبين التصنيف الدولي للترب الملحية

التصنيف الأمريكي للترب الملحية	التصنيف السوفيتي للترب الملحية	الناقلية الكهربائية (ميليموس/سم)	نسبة الصوديوم المبادل (%)	PH
قلوية بيضاء (ملحية)	ملحية	٤ <	١٥ <	٨,٥ ≤
قلوية بيضاء (ملحية قلوية)	سولنتشاك	٤ <	١٥ <	٨,٥<
قلوية سوداء (غير ملحية قلوية)	سولونيتز	٤ >	١٥>	١٠-٨,٥
قلوية سوداء مفككة	سولود	-	-	٧<

Source: Taschenbuch Der Wasserwirtschaft...et ١٩٧١.

اقتباس من علي عبد الله ((ري وصرف ومعالجة التملح)) مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، الكويت ١٩٩٥ ص ٥٢١.

من الجدول أعلاه يتبين أن هناك تصنيفين (أمريكي، وسوفيتي) للترب الملحية، فالتصنيف الأمريكي يتحدد بـ [(قلوية بيضاء، ملحية)، (قلوية بيضاء، ملحية قلوية)، (قلوية سوداء، غير ملحية قلوية)، (قلوية سوداء، مفككة)] على التوالي. والتصنيف السوفيتي للترب الملحية يتحدد بـ (ملحية، سونتشاك، سولونيتز، وسولود) على التوالي.

يستند كلا التصنيفين للترب الملحية على الناقلية الكهربائية لتركيب محلول التربة المتراوح بين (٤>-٤) ميليموس/ سم على التوالي، وكذلك على نسبة الصوديوم المبادل المتراوح بين (١٥>-١٥) في المائة على التوالي، وأخيراً قيم الـ PH المتراوح بين (٨,٥-١٠).

نستنتج مما سبق أن قيم الناقلية الكهربائية، ونسبة الصوديوم المبادل، وقيم الـ PH في كلا التصنيفين متقاربة، لكنها تختلف في تحديد مواصفات الترب تبعاً لنسبة الأملاح ونوعها. فعلى سبيل المثال التصنيف السوفيتي يصنف ترب السولنتشاك إلى ترب جبسية

غنية بأملاح (نترات، نترات-كلوريد، كلوريد، كلوريد-سلفات، سلفات-كلوريد، وسلفات) وترب سولنتشاكية غير جبسية غنية بأملاح (صودا-سلفات، صودا، وبورات). في حين نجد أن التصنيف الأمريكي للترب المالحة يعتمد معيار تركيز الأملاح في محلول التربة ومدى تأثيره على إنتاجية النبات، كما يبين الجدول أدناه.

جدول رقم (٧) يبين التصنيف الأمريكي للترب الملحية

تصنيف التربة	ناقليتها الكهربائية (ميليموس/ سم)	نسبة الأملاح (%)	تأثيرها على النباتات
خالية من الأملاح	٤-٠	٠,١٥-٠	غير مؤثرة عدا النباتات الحساسة للملوحة
ضعيفة الملوحة	٨-٤	٠,٣٥-٠,١٥	انخفاض إنتاجية النبات
متوسطة الملوحة	١٥-٠	٠,٦٥-٠,٣٥	متباينة التأثير تبعاً لنوع النبات
شديدة الملوحة	١٥	٠,٦٥	إنتاجية النبات متدنية عدا النباتات المقاومة للأملاح

Source: Unesco, FAO ١٩٧٣.

اقتباس من علي عبد الله-مصدر سابق ص ٥٤٣.

من الجدول أعلاه يتبين أن تصنيف الترب (خالية من الأملاح، ضعيفة الأملاح، متوسطة الملوحة، وشديدة الملوحة) على التوالي تبعاً إلى درجة الناقلية الكهربائية لمحلول التربة [(٠-٤)، (٤-٨)، (٠-١٥)، ١٥] ميليموس/ سم على التوالي والمحددة لنسبة الأملاح في التربة على نحو [(٠-٠,١٥)، (٠,١٥-٠,٣٥)، (٠,٣٥-٠,٦٥)، ٠,٦٥] في المائة على التوالي والتي تترك تاثيرها الضار على إنتاجية النباتات على نحو (غير مؤثر عدا النباتات الحساسة للملوحة، انخفاض الإنتاجية، متباينة التأثير على إنتاجية النبات تبعاً لنوع النبات، إنتاجية متدنية للنباتات عدا النباتات المقاومة للأملاح) على التوالي. نستنتج مما سبق أنه كلما إرتفعت درجة الناقلية الكهربائية لمحلول التربة كلما زادت نسبة الأملاح في التربة مما يؤثر سلباً على إنتاجية النباتات.

التصنيف السوفياتي للترب الملحية والقلوية:

١-**الترب المتصلبة**[٩]: تظهر على سطح التربة في المناطق الصحراوية قشور ملحية متصلبة تصل صلابتها الوزنية بين (٨٠-١٠٠) في المائة وسماكتها تتراوح بين (٥-١٠) سم وقد تصل لأكثر من (٥٠-١٠٠) سم أو بضع أمتار في حالات محددة، من أهمها:

أ-تصلبات كلسية: تنتشر في المناطق الجافة بسبب تبخر الماء الأرضي أو مياه الغمر وتصل نسبة كربونات الكالسيوم فيها بين (٦٠-٧٠) في المائة، وتمتاز تربتها بتدني الانتاجية وغير صالحة للري ويمكن زراعتها عند خلوها من كربونات المنغنيزيوم

---

[٩] Unesco, FAO ١٩٧٣. Scheffer, /schachtschabel ١٩٤٨.

اقتباس من علي عبد الله-مصدر سابق ص ٥٢٧-٥٣٢. بتصرف (المؤلف-الربيعي).

لتأثيرها السام على النبات، ويمكن استصلاحها عن طريقة الحراثة العميقة والتسميد الكيماوي.

ب-تصلبات جبسية: تنتشر في المناطق الجافة على سطح وآفاق التربة مشكلة طبقات جبسية تحت سطح التربة حسب طبيعة تشكلها: حديثة التشكل ناتجة عن تبخر الماء الأرضي وتمتاز بنسب عالية من الأملاح الجبسية، وقديمة التشكل ناتجة عن تبخر الماء الأرضي أو مياه المستنقعات في عصور غابرة. وتصل نسبة سلفات الكالسيوم في الترب ذات التصلبات الجبسية بين (٦٠-٩٠) في المائة وسماكتها نحو (١٠-١٥) سم وقد تصل لنحو (١-٢) م. وتمتاز بـ: قساوتها العالية التي تعيق نمو جذور النباتات، وجود كمية كبيرة من الماء البلوري المرتبط بسلفات الكالسيوم المؤدي لشح مياه التربة، فقيرة بعناصرها الغذائية وإنتاجيتها ضعيفة، وعند ريها تصاب بالغدق لعدم تسرب الماء نحو آفاقها.

٢-**ترب التاكير**: تنتشر في الشمال الأمريكي وصحاري آسيا والصحاري الملحية، تتشكل بعد عملية الاستصلاح في شروط مناخية حارة أو صحراوية، غطائها النباتي فقير جداً، سماكة أملاح أفقها العلوي يتراوح بين (٣-٥) سم وأفقها السفلي بين (٢٠-٣٠) سم، تحوي قشرة مسامية ذات نسبة عالية من السيليت، عمق مائها الأرضي ١٠ م، قيمة الـ PH تصل لنحو ١٠، مواصفاتها الفيزيائية سيئة، فقيرة بالدبال، استصلاحها معقد بإضافة الرمل والدبال لتحسين مواصفاتها الفيزيائية وغسل مكثف جداً وصرف عالي.

٣-**ترب السولونيتز**: تنتشر في الوديان الباردة والمناطق الصحراوية وعلى سطح الخزانات المائية الجوفية والمناطق الجافة، نسبة الصوديوم ١٥% في أفقها B، نسب الصوديوم والمغنيزيوم أكبر من الكالسيوم، لونها داكن، أفقها العلوي A يحوي نسبة منخفضة من الطين والأكاسيد، قيمة الـ PH تصل لنحو ٨. ومن أهم أنواعها: ترب السولونيتز الحقيقية، ترب السولونيتز المتبقية، وترب السولونيتز-السولوديزية.

٤-**ترب السولنتشاك**: سطح تربتها مغطى بتوضعات ملحية صلبة لونها رمادي فاتح إلى رمادي مع تبقعات صفراء مسمرة، وتحتوي كميات كبيرة من الأملاح السهلة الذوبان في الماء ذات سمية عالية للنباتات، سماكة أملاحها على سطح أو تحت سطح التربة بين (٠-٣٠) سم وتزيد نسبة أملاحها على ٢%. وفي حال وجود نسبة دبال عالية فيها يكون لونها مظلل بالسواد ذات بقع بيضاء وقد تتأثر ألوانها بنوع الماء الأرضي لتكون صدئية ذات بقع خضراء اللون.

وتمتاز بشكل عام بـ: فقر غطاءها النباتي (عدا ترب سولنتشاك المروج)، نسبة عالية من الطين تبعاً لأماكن تشكلها، نسبة عالية من الأملاح، نسبة منخفضة من الدبال تتراوح بين (٠,٧-١,٣) في المائة تتوضع على سطحها العلوي، وتصل نسبة الدبال في

المناطق الباردة لنحو (٢-٣) في المائة، قيمة الـ PH للترب القلوية الخفيفة منها بين (٧,٥-٨,٣) في المائة، والترب المتوسطة القلوية تصل قيم الـ PH لنحو ٩، وترتفع في الترب الشديدة القلوية لتصل بين (٩-١١). تصل نسبة أملاحها السهلة الذوبان في الماء لنحو ٧% في الأفق العلوي المحصور بين (٠-٢٠) سم ولنحو (٢٠-٣٠) في المائة في الأفق السفلي المحصور بين (٢٠-٢٥) سم. أهم املاحها في الأفق العلوي كلوريد الصوديوم والمنغنيزيوم، وسلفات الصوديوم والمنغنيزيوم وكربونات الصوديوم، فقيرة بكربونات وسلفات الكالسيوم، تركيز محلول التربة المحلي في آفقها العلوي يتراوح بين (١٠٠-٢٠٠) غ/ لتر ويمكن أن يصل لنحو ٤٠٠ غ/ لتر لكنه يتناقص في آفقها السفلي ليصل لنحو (٢٠-٥٠) غ/ لتر، ويكون أكبر من التركيز الملحي للماء الجوفي.

الأنواع الرئيسية لترب السولنتشاك[١٠]:

أ-تبعاً لمواصفاتها الهيدرولوجية والمورفولوجية والكيميائية:

١-ترب السولنتشاك الفعالة: متوضعة بشكل تواترات فصلية، عمق منسوب مائها الأرضي بين (٠,٥-٣,٥) م تبعاً لفصول السنة وقد يصل لنحو (٥-٩) م، يرتفع منسوب مائها الأرضي ليصل بين (٢-٢,٥) م عند الري لتتكشف أملاحها على سطح التربة، يتم استصلاحها بالغسل والصرف السريع.

٢-ترب السولنتشاك الجافة (المتبقية): تنتشر في المناطق الجافة خاصة في شمالي أفريقيا وأواسط آسيا وأمريكا اللاتينية، عمق منسوب مائها الأرضي يتراوح بين (٢٠-٢٥) م، تركيز محلولها الملحي في الأفق العلوي يكون عالياً ومتأثراً بالمناخ القاري الشديد، تحوي حبيبات الطين والرمل بفعل تعرضها للانجراف الريحي، نسبة الأملاح في أفقها العلوي يتراوح بين (٢٠-٢٥) في المائة وقد يصل لنحو ٥٠%، واستصلاحها يتم بإزاحة أفقها الملحي ميكانيكياً والمحافظة على مائها الأرضي عند المستوى التحسسي.

٣-ترب السولنتشاك الميزالية (السبخات): تنتشر في العراق وبعض مناطق سوريا والدول العربية، ارتفاع منسوب مائها الأرضي بسبب نشاط الخاصية الشعرية، طبقتها السطحية تحوي على قشرة ملحية متصلبة غنية بكلوريد المنغنيزيوم والكالسيوم، لونها داكن، طبقتها السطحية غنية بالماء الهيكروسكوبي.

٤-ترب السولنتشاك المنتفخة: أفقها العلوي مفكك بالكامل ومعرض للانجراف الريحي، تحوي مسحوق ملحي وبلورات ملحية ناعمة وكربونات الكالسيوم والكبريت بنسب (١٠-٢٠) في المائة وكذلك على كلوريد وكبريتات الصوديوم.

---

[١٠] Unesco, FAO ١٩٧٣.

اقتباس من علي عبد الله-مصدر سابق ص ٥٣٢-٥٤٣.

٥-ترب السولنتشاك ذات القشور المتصلبة: تحوي قشور ملحية متصلبة على سطحها نتيجة الترطيب الدوري وتراكم الجبس وتبلوره، سماكة أملاحها الصلبة تتراوح بين (٢-٥) سم.

٦-ترب السولنتشاك الكتلي: تنتشر في الوديان الجليدية، لونها بني وقوامها تكتلي سماكته بين (١٠-٢٠) سم، فقيرة بأملاح الكلوريدات والسلفات، غنية بالدبال والطين مما يكسبها اللون الغامق.

ب- تبعاً لمركباتها الملحية:

١-ترب سولنتشاك النتراتية: تنتشر في تيشلي والبيرو والصين وآسيا الصغرى، غنية بنترات الصويدوم والكالسيوم، نسبة النترات في آفاقها العليا تتراوح بين (٥-١٠) في المائة، ونفقات استصلاحها عالية.

٢-ترب سولنتشاك الكلوريدية: تنتشر في في المناطق القريبة من البحار الغنية بكلوريد الصوديوم وذات تركيز مالحي عالٍ، غنية بأملاح كلوريد الصوديوم والمنغنيزيوم والكالسيوم، استصلاحها سهل عند وجود الجبس في آفاقها وصعب عند انعدامه وتتطلب عمليات غسل مكثفة وحراثة عميقة وصرف سطحي وإضافة مادة الجبس.

٣-ترب سولنتشاك كلوريدية-سلفاتية: تنتشر في منخفضات آسيا الصغرى ودلتا الفولغا، تحوي نسب متفاوتة من أملاح الكلوريدات والسلفات، نسب أملاحها السهلة الإنحلال في آفاقها العليا تتراوح بين (٣-٥) في المائة، ويتم استصلاحها بالغسل.

٤-ترب سولنتشاك السلفات-الكلوريدية: نسبة أملاح السلفات أعلى من الكلوريدات، ونسبة ذوبانها تتراوح بين (٢-٥) في المائة، ويتم استصلاحها بالغسل والصرف.

٥-ترب سولنتشاك السلفاتية: تنتشر في المنخفضات القارية، غنية بأملاح سلفات الصوديوم والمنغنيزيوم والكالسيوم، سميتها قليلة للنباتات، استصلاحها بالغسل والصرف السريع.

٦-ترب سولنتشاك الصودية-السلفاتية: تنتشر في هنغاريا والهند والباكستان وأفريقيا، غنية بأملاح السلفات، نسبة كربونات الصوديوم تتراوح بين (٠,١-٠,١٥) في المائة، قيم الـ PH تتراوح بين (٨,٧-٩,٥).

٧-ترب سولنتشاك الصودية: غنية بأملاح سلفات الصوديوم والمنغنيزيوم وكربونات وبيكربونات الصوديوم والدبال، سميتها عالية للنباتات، قيم الـ PH تتراوح بين (٩,٥-١١)، نسبة الصوديوم المبادل تتراوح بين (٧٠-٨٠) في المائة، قوام التربة عمودي موشوري، ارتفاع منسوب الماء الأرضي، نسبة أملاحها تصل لنحو ١,٥%، استصلاحها بالصرف والغسل وإضافة محسنات كيميائية وزراعتها بالأرز.

٨-ترب سولنتشاك البورات: تنتشر في الصحاري الجافة والترب البركانية وتشيلي والصين، نسبة البوران تصل لنحو ٣٧%، إنتاجية النبات منخفضة، غنية بأملاح البروات والكلوريدات والسلفات، سماكة أفقها الملحي يتراوح بين (١٥-٢٠) سم.

ج- ترب مشابهة لترب السولنتشاك:

تتركز أملاحها في منطقة الجذور على عمق (١-١,٥) م، خصوبتها ضعيفة، إنتاجية نباتاتها تتراوح بين (٣٠-٦٠) في المائة، نسبة أملاحها سهلة الانحلال تتراوح بين (٠,٥-١,٥) في المائة. أهمها:

١-ترب المروج الملحية: عمق منسوب مائها الأرضي يتراوح بين (١,٥-٣) م تبعاً لفصول السنة، تركيز أملاح مائها الأرضي يتراوح بين (٣-٥) غ/ لتر تبعاً لفصول السنة، استصلاحها بالغسل الكثيف والصرف العميق وإضافة الجبس أو السلفات لتعديل القلوية.

٢-ترب جافة: عمق مائها الأرضي يتراوح بين (١٠-٢٠) م، تركيز أملاح مائها الأرضي يتراوح بين (١٠-٣٠) غ/ لتر ويتركز على عمق (٣٠-١٠٠) سم، تركيز محلول التربة الملحي يصل لنحو ١,٥ غ/ لتر، بناءها تكتلي لوجود الصوديوم المبادل، قيمة الـ PH تصل لنحو ٩. واستصلاحها بالغسل.

استصلاح الترب القلوية والمالحة

هناك طرق عديدة لاستصلاح الأراضي المالحة منهـا طـرق فيزيائيـة، كيميائيـة، كهربائية، زراعية، ومائية. ولايجوز اعتماد إحداها دون إجراء جملة من الاختبارات على التربة لتحديد الطريقة المناسبة للاستصلاح ومن أهمها معرفة: شدة التملح ونوعه، توضع الطبقة الملحية في آفاق التربة، تضاريسية المنطقة، طرق الري المعتمدة، نوعيـة ميـاه الري، طبيعة شبكة الصرف توزعها، مسببات التملح، وكثافة الغطاء النبـاتي للمنطقـة. بالإضافة إلى نوعية مياه الري، ونوعية الماء الأرضي ومنسوبه ونسبة أملاحه، ودرجـة مقاومة النباتات المزروعة للملوحة، وكيميائية التربة (ناقليتها الكهربائية، النسبة المئويـة للصوديوم على مبادلات التربة، PH التربة، نسبة كربونات وبيكربونات الصوديوم).

تعتبر كلفة الاستصلاح للتربة عالية جداً مما يتطلب اختيار الطريقة المناسبة والأقـل كلفة وذات الفعالية العالية، لإزالة مسببات التملح نهائياً لاستعادة خصوبة التربة وإلا فـإن عملية الاستصلاح تصبح عديمة الجدوى.

يتوجب استثمار التربة المستصلحة مباشرة بعد عملية الاستصلاح لتلافي تملحها ثانية لأن كلفة استصلاحها حينئذ تصبح مضاعفة. كمـا يتوجـب حـساب معيـار الجـدوى الاقتصادية لعملية الاستصلاح، فلا يجوز القيام بعمليات الاستصلاح للأراضي مع وجـود أراضي زراعية غير مستثمرة أو عدم وجود مياه كافيـة (هطـولات، ري) للاسـتثمار الزراعي أو عدم توفر المياه الكافية والصالحة لعمليات غسل الأراضي المملحة.

أولاً-أهم طرق استصلاح الترب القلوية والمالحة[11]:

١-طرق فيزيائيـة: تهدف لتحسين مواصفات التربة والتوزان بين الماء والهواء فـي التربة والناقلية الكهربائية وتهيئة شروط الغسل وتجنب غدق التربة، ومن أهمها:

أ-الحراثة العميقة: تجرى في الترب المالحة المروية حين تكون نفاذية آفاقها متفاوتة. وفي الترب القلوية ذات التوضعات الجبسية، تعمل الحراثة العميقة علـى تفكيـك الأفـق

---

[11] Unesco, FAO ١٩٧٣. Taschenbuch Der Wasserwirtschaft ١٩٧١. Sanodal, F.M, Benz,I,C ١٩٧٣. Puttswamygwad,B,S Wallihan/ E,F. Pratt,P,F ١٩٧٣. اقتباس من علي عبد الله-مصدر سابق ص ٦٠٣-٦٠٦. نفس المعطيات موجودة عند فلاح أبـو نقطة ((استصلاح الأراضي-٢)) منشورات جامعة دمشق، كلية الزراعـة، دمـشق ١٩٩٦ ص ٩٥-١٠٠ دون ذكر مصدرها الأساس.

الجبسي وتغيير توضعه في الأفق السطحي خاصة في الترب السولونتس دون الحاجة لإضافة مادة الكلس. وتتم الحراثة بزاوية ١٣٠ درجة وبعمق يتراوح بين (٤٠-١٥٠) سم لإزالة الطبقة الكتيمة وقلب وتحريك آفاق التربة.

ب-النقب العميق تحت سطح التربة: تنقب التربة لعمق يتراوح بين (٤٠-١٥٠) سم حيث تعمل على فتح أخاديد أو أثلام عميقة في آفاق التربة تحسن من نفاذيتها. ويكون النقب فعالاً عند تهديم الأفق الكتيم (B_1) أو الأفق الكربوني، ويتوجب أن تكون زاوية ميل شلف التحريك بين (٢٥-٣٠) درجة وعرض سطحه ١٢ سم، طوله ٤٠ سم والبعد بين الخنادق ٧٠ سم وميله ٥%. وتضاف محسنات للتربة قبل ردم الخنادق ثانية لتحسين ناقليتها المائية.

ج-إضافة الرمل: يضاف الرمل للطبقة السطحية للتربة الثقيلة لزيادة نفاذيتها وتسهيل عملية غسلها من الأملاح.

د-تبديل مواضع الآفاق: تتم هذه العملية عند وجود طبقات سطحية ملائمة للزراعة، تتوضع على طبقات غير ملائمة للزراعة كما هو الحال في الترب السولونتس، حيث تترك الطبقة السطحية للتربة دون مساس ويتم تبديل الأفق (B_1) بالأفق (B_2) عن طريق استخدام محراث ثلاثي الدرجات.

٢-**طرق بيولوجية:** تسهم الكائنات الحية حتى بعد موتها في استصلاح الترب المالحة والقلوية حيث: تحسن نفاذية التربة، وطرح غاز ثاني أوكسيد الكربون أثناء تنفسها أو تفسخها. ويقلل الغطاء النباتي من تبخر الماء من سطح التربة فتضعف الخاصية الشعرية الصاعدة للماء الأرضي.

وإن زراعة البقوليات (خاصة نبات الفصة) في المناطق المروية تعمل على تقليل الماء الأرضي نتيجة امتداد جذورها لأعماق التربة مما يفسح المجال لغسل الترب لأعماق كبيرة. ويعمل التسميد العضوي لسطح التربة على تحسين نفاذيتها، حيث ينتج عنه غاز ثاني أوكسيد الكربون يسهم في استصلاح الترب القلوية-الكلسية.

٣-**طرق كيميائية:** تستخدم المواد الكيماوية في استصلاح التربة مثل: أملاح الكالسيوم الذائبة ($CaCl_2$ ،$CaSO_4.2H_2O$). ومركبات الكالسيوم قليلة الذوبان في الماء مثل: الجبس $CaCO_3$، ومخلفات صناعة السكر $Ca(OH)_2$. ومواد حامضية مثل: الأحماض اللاعضوية H_2SO_4 والكبريت وسلفات الحديد الثنائي $FeSO_4$ حيث تتفاعل (بشكل مباشر أو غير مباشر) مع كربونات التربة مكونة الجبس (مصدر الكالسيوم الذائب) حيث يعد الجبس أرخص وأكثر فعالية في عملية الاستصلاح.

تتلخص آلية الاستصلاح بـــ: تأثير الهيدروجين المنطلق من التفاعلات الكيميائية في التربة حيث يعمل على تعديل الصودا أو التفاعل مع كربونات الكالسيوم في الترب الكلسية مما يؤدي لتحول الكالسيوم إلى مركبات ذائبة ومفيدة لعملية الاستصلاح، وعنـــد إضـــافة الجبس مع كربونات الكالسيوم والزبل في الترب القلويـــة تـــصبح فعاليتـــه أكبـــر فـــي الاستصلاح بسبب تشكل بيكربونات الكالسيوم الناتجة عن تفسخ الزبل.

تعتبر كربونات الكالسيوم فعالة في الوسط الحامضي لاستصلاح ترب الـــسولونيتيز-السولوديزية، وفعالية الكبريت الاستصلاحية تكمن بتشكيله حمض الكبريت بفعـــل نـــشاط الكائنات الحية في التربة.

٤-**طرق التقنيات المائية (الهيدروتكنيكي):** إن عملية غسل وصرف ماء الغسل شرط أساسي لنجاح عملية استصلاح الترب المالحة والقلوية، حيث تزال الأمـــلاح مـــن آفـــاق التربة المتعددة، مع وجوب اتخاذ التدابير الاحترازية لمنع حدوث القلونة أو التملح ثانيـــةً في التربة.

وتهدف عملية الصرف لمياه الغسل لخفض مستوى الماء الأرضـــي عـــن طريـــق الصرف الشاقولي والأفقي (العميق والسطحي) ويعد الصرف الشاقولي أكثر فعاليـــة فـــي عملية الاستصلاح. مما يتطلب وضع المصارف في منتصف المسافة بين أقنية الري فـــي المنطقة السهلية، وفي المناطق ذات التضاريس المتباينة توضع المصارف فـــي المنـــاطق المنخفضة وأقنية الري في المناطق المرتفعة.

٥-**طرق كهربائية:** تعريض سطح التربة لتيار كهربائي مستمر يـــؤدي لاستـــصلاح الترب الصوديومية المالحة نتيجة الاستقطاب الأيوني لعنصر الصوديوم.

٦-**طرق الأثر التساندي:** استخدام كافة الطرق الفيزيائية للاستصلاح (الحراثة العميقة، النقب العميق للترب، تبديل آفاق مقطع التربة، والتسميد العضوي) فالترب المالحة تحتاج للغسل والصرف لتحسين نفاذيتها، والترب القلوية تحتاج لتعديل الصودا الحرة واســـتبدال صوديوم الادمصاص بالكالسيوم.

ثانياً-استصلاح الترب القلوية (غير الملحية):

١-باستخدام المركبات الكيميائية:

تعتبر المركبات الكيميائية المستخدمة في استصلاح الترب المختلفة عوامل تسهم فـــي تنشيط التفاعلات الكيميائية بين أملاح التربة لإزاحة أو إستبدال أو طرد أو إحلال عنصر كيميائي محل آخر في التربة لتعديل توازنها الملحي وبالتالي زيادة خصوبتها، وتختلـــف حجم المركبات الكيميائية المستخدمة في عملية الاستصلاح باختلاف نوع وتركيز الملـــح

ومدى قابليته على التفاعل مع العناصر الأخرى لاحلال التوازن الملحي في التربة. ولتوضيح ذلك نورد الجدول أدناه.

جدول رقم (٨) يبين حجم المركبات الكيميائية المستخدمة في استصلاح الترب المختلفة

المركبات الكيميائية	الصيغة الكيميائية	الكمية المستخدمة (طن/ هكتار)
الجبس	$CaSO_4,2H_2O$	١,٠٠
كلوريد الكالسيوم	$CaCl_2,2H_2O$	٠,٨٥
الصخر الكلسي	$CaCO_3$	٠,٥٨
الكبريت	S	٠,١٩
حمض الكبريت	H_2SO_4	٠,١٩
سلفات الحديد	$FeSO_4,7H_2O$	١,٦٢
سلفات الألمنيوم	$Al_2(SO_4)_3,18H_2O$	١,٢٩
بولي سلفيد الكالسيوم (٢٤% كبريت)	CaS_5	٠,٧٢

Source: Unesco, FAO ١٩٧٣.

اقتباس من علي عبد الله مصدر سابق ص ٦١٤.

من الجدول أعلاه يتبين أن المركبات الكيميائية المستخدمة في استصلاح الترب المختلفة (الجبس، كلوريد الكالسيوم، الصخر الكلسي، الكبريت، حمض الكبريت، سلفات الحديد، سلفات الألمنيوم، وبولي سلفيد الكالسيوم) لكل منها استخداماته المحددة تبعاً لنوع وتركيز أملاح التربة المراد استصلاحها. وتختلف كمية المركبات الكيميائية المستخدمة في عملية الاستصلاح تبعاً لنوعها على نحو (١,٠٠، ٠,٨٥، ٠,٥٨، ٠,١٩، ٠,١٩، ١,٦٢، ١,٢٩، ٠,٧٢) طن/ هكتار على التوالي.

نستنتج مما سبق أنه هناك تفاوت متباين بحجم المركبات الكيميائية المستخدمة في عملية الاستصلاح، فالمركبات الكيميائية (الجبس، سلفات الحديد، وسلفات الألمنيوم) على التوالي المستخدمة في عملية الاستصلاح تصل كمياتها لنحو (١,٠٠، ١,٦٢، ١,٢٩) طن/ هكتار على التوالي، تليها من حيث الكمية المستخدمة (كلوريد الكالسيوم، بولي سلفيد الكالسيوم، والصخر الكلسي) على نحو (٠,٨٥، ٠,٧٢، ٠,٥٨) طن/ هكتار على التوالي، وأخيراً فإن الكمية المستخدمة لـ (حمض الكبريت، وسلفات الحديد) تصل لنحو ٠,١٩ طن/ هكتار على التوالي.

يعود هذا التفاوت بحجم الاستخدام للمركبات الكيميائية في عملية الاستصلاح إلى نوع وتركيز الأملاح في التربة المراد استصلاحها، لأن عمليات الإزاحة أو الإستبدال أو فصل عنصر ما من حبيبات التربة يتطلب تفاعلات كيميائية متفاوتة في التعقيد، فكلما كان العنصر الملحي المراد إزالته ذا قابلية كبيرة على التفاعل مع العوامل الكيميائية المساعدة

قلت كميات المركبات الكيميائية المستخدمة لإزالة التملح من التربة. ولتوضيح آلية التفاعلات الكيميائية الجارية بين العوامل الملحية في التربة والعوامل المساعدة لإزالة التملح من التربة، نبحث بصورة مفصلة في استصلاح انوع مختلفة من الترب باستخدام المركبات الكيميائية السابقة الذكر:

١-استصلاح ترب السولونيتز[١٢]:

أ-استصلاح ترب السولونيتز-السولنتشاك: تعتبر غنية بكربونات الكالسيوم في آفاقها العميقة، وتكمن آلية استصلاحها باستبدال الصوديوم المبادل بالكالسيوم باستخدام عدة مركبات كيميائية منها:

١-باستخدام مركبات الجبس وفقاً للتفاعل التالي:

$$Na\text{-(مبادل)-}Na + CaSO_4 \leftrightarrow \text{(مبادل)-}Ca + Na_2SO_4$$

٢-باستخدام الكبريت وفقاً للتفاعلات التالية:

$$2S + 3O_2 \rightarrow 2SO_3$$

$$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$$

$$H_2SO_4 + 2CaCO_3 \rightarrow CaSO_4 + Ca(HCO_3)_2$$

$$Na\text{-(مبادل)-}Na + CaSO_4 \leftrightarrow \text{(مبادل)} \rightarrow Ca + Na_2SO_4$$

٣-باستخدام بولي سلفيد (CaS_5) وفقاً للتفاعلات التالية:

$$CaS_5 + +O_2 \rightarrow CaSO_4 + 4H_2SO_4$$

$$H_2SO_4 + CaCO_3 \rightarrow CaSO_4 + CO_2 + H_2O$$

$$Na\text{-(مبادل)-}Na + CaSO_4 \leftrightarrow \text{(مبادل)} \rightarrow Ca + Na_2SO_4$$

٤-باستخدام سلفات سلفات الحديد وفقاً للتفاعلات التالية:

$$H_2SO_4 + 3H_2O \rightarrow 2H_2SO_4 + FeO\,/\,Fe(OH)_2$$

$$H_2SO_4 + CaCO_3 \rightarrow CaSO_4 + CO_2 + H_2O$$

$$Na\text{-(مبادل)-}Na + CaSO_4 \leftrightarrow \text{(مبادل)} \rightarrow Ca + Na_2SO_4$$

ب-استصلاح ترب السولونيتز الحقيقية: نظراً لارتفاع قيم الـ PH لنحو ٨,٥ تأخذ المعالجة منحنين: استبدال الصوديوم المبادل بالكالسيوم، وتخفيض الـ PH باستخدام عدة مركبات كيميائية منها: الجبس عبر تفاعلاته الثابتة، والكبريت عبر التفاعلات الكيميائية

---

[١٢] Unesco,FAO ١٩٧٣. Scheffer,B. Kuntze ١٩٨٤.

اقتباس من علي عبد الله-مصدر سابق ص ٦١١-٦٢١. بتصرف (المؤلف-الربيعي).

السابقة الذكر وبدلالة استبدال الصوديوم المبادل مباشرة بهيدروجين حمض الكبريت وفقاً للتفاعل التالي:

$$Na\text{-(مبادل)-}Na + H_2SO_4 \leftrightarrow H\text{-(مبادل)-}H + Na_2SO_4$$

وفيما بعد يتم استبدال الـ Na بـ H حمض الكبريت.

ج-استصلاح ترب السولونيتز-السولوديزية: تتصف هذه الترب بأن أفقها A حامضي، وأفقها B غني بالصوديوم المبادل مما تتطلب عملية الاستصلاح رفع قيم الـ PH للأفق A وطرد الصوديوم المبادل من الأفق B بواسطة كربونات الكالسيوم أو مركبات كلسية أخرى وفقاً للتفاعل التالي:

$$Na\text{-(مبادل)-}Na + CaCO_3 \leftrightarrow (\text{مبادل}) \rightarrow Ca + NaCO_3$$

٢-باستخدام محسنات لتخفيض قيم الـ PH التربة:

أ-استصلاح ترب السولونيتز المروية: توظيف عناصر التربة الغنية بكربونات الكالسيوم في عملية الاستصلاح نظراً لوجود علاقة بين انحلالية كربونات الكالسيوم في الماء وقيم الحموضة في التربة، فحين تكون قيم PH التربة نحو ٦,٢ تصل انحلالية كربونات الكالسيوم لنحو ١٩,٣ غ/ لتر. وعند ارتفاع قيم PH التربة لنحو ١٠,٢ تقل انحلالية كربونات الكالسيوم لنحو ٠,٣٦ غ/ لتر. فآلية استصلاح الترب الغنية بكربونات الكالسيوم، والترب المروية تكمن بتخفيض قيم الـ PH لزيادة انحلالية كربونات الكالسيوم عبر إضافة مواد تحسينية للتفاعل كالزبل الذي يطلق ثاني أوكسيد الكربون فيخفض قيم الحموضة أو بزراعة النباتات المتحملة للقلوية كالأرز.

ب-استصلاح ترب السولونيتز الصودية غير المروية: استخدام محسنات كيميائية أو الاستفادة من كربونات وسلفات الكالسيوم الموجودة في التربة، ففي الترب الفقيرة بالكالسيوم يتطلب إضافة مركبات كلسية للحصول على التوازن الملحي، أما في الترب الغنية بالكالسيوم فتضاف مركبات سلفاتية كالجبس وإجراء الحراثة العميقة. وتتوقف فعالية عملية الاستصلاح على: كمية الهطول المطري، درجة انحلالية المركب الكيميائي المستخدم في عملية الاستصلاح، العامل الاقتصادي، والمدة الزمينة.

٣-باستخدام طرق متعددة: يتم استصلاح ترب السولوتينز (الكلوريدية-السلفاتية) بالحراثة العميقة لتفتيت الطبقة الكلسية الكتيمة، وتأمين شروط مناسبة لاستبدال الصوديوم المبادل بالكالسيوم. وباستخدام التسميد الأخضر لتحرير ثاني أوكسيد الكربون الذي يزيد من انحلالية كربونات الكالسيوم أو زراعة الأرض بالفصة، كما تجرى عملية الغسل للتخلص من الأملاح الناتجة عن عملية الاستبدال.

ثالثاً-استصلاح الترب الملحية[١٣]:

أ-الاستصلاح الوقائي لتجنب تملح وغدق التربة: للمحافظة على التوازن الملحي في التربة عن طريق: المحافظة على الموازنة المائية لتخفيض منسوب الماء الأرضي، تحديد حجم المتطلبات المائية للنبات، واعتماد دورة زراعية مناسبة. كما يهدف لتخفيض تركيز أملاح ومنسوب الماء الأرضي في الترب المروية تحديداً عن طريق: التحكم بحجم مياه الري أو الغسل أو الهطول المطري باعتماد شبكات ري وصرف فعالة ودورة زراعية مناسبة كزراعة الأرز.

وأخيراً يهدف لتخفيض نسبة التبخر للماء الأرضي من سطح التربة عن طريق: تضليل سطح التربة بالنباتات الزراعية لأطول فترة ممكن من السنة خاصة في فصل الجفاف، وزراعة نبات الفصة ذات الجذور العميقة التي تستهلك كميات كبيرة من الماء الأرضي (يخفض منسوب الماء الأرضي لنحو ١٠٠ سم) وبالتالي خفض نشاط الخاصية الشعرية، وتحسين بناء التربة من خلال إضافة المحسنات كالمادة العضوية او الحراثات العميقة للتربة، وزراعة الأشجار على ضفاف قنوات الري لتخفيض عامل التبخر ومنسوب الماء الأرضي، حيث أن الغطاء الغابي يستهلك سنوياً نحو ١٥ ألف م٣ من المياه مما يؤدي لانخفاض منسوب الماء الأرضي لنحو (٠,٧-١,٠) م وأخيراً إنشاء منظومة صرف مناسبة للتخلص من المياه الزائدة عن حاجة التربة.

ب-استصلاح للحفاظ على التوازن الملحي للتربة: عن طريق الحراثة العميقة لتحسين مواصفات التربة الفيزيائية وتخفيض تركيز الأملاح وتجرى عادة في الفصول الرطبة، اعتماد دورة زراعية كزراعة الفصة والنباتات العلفية الأخرى، والري الكثيف للحفاظ على رطوبة التربة في حدود (٧٥-٨٥) في المائة من السعة الحقلية لخفض الضغط الاسموزي للتربة، والري الوقائي في الشتاء لغسل الأملاح سهلة الذوبان من آفاق التربة خاصة عند ندرة الهطولات المطرية، والغسل الشتوي لترب السولنتشاك والترب الشديدة الملوحة (تركيز أملاحها ١-٢%) التي تتطلب للهكتار الواحد (٥-٦) آلاف م٣ من المياه بوجود منظومة صرف فعالة لعرقلة نشاط الخاصية الشعرية عند ارتفاع منسوب الماء الأرضي، والصرف العميق عند استخدام مياه ري ذات تراكيز عالية من الأملاح خاصة في الأراضي المستنقعية مما يتطلب إقامة منظومة صرف فعالة.

رابعاً-غسل التربة من الأملاح:

---

[١٣] Unesco, FAO ١٩٧٣.

اقتباس من علي عبد الله-مصدر سابق ص ٦٢١-٦٣٣. بتصرف (المؤلف-الربيعي).

إن تراكم المياه الزائدة عن حاجة التربة في آفاقها الكتيمة، وعدم وجود (أو انخفاض فعالية) شبكة الصرف الزراعي يؤدي مع الزمن لإرتفاع مستوى الماء الأرضي الذي يتبخر مخلفاً الأملاح على سطح التربة أو في آفاقها المتعددة تبعاً لنوع التربة والظروف الجوية المحيطة (درجات الحرارة، شدة الرياح، والغطاء النباتي...) فيؤدي لتدهورها مما يتطلب إجراء عملية الإستصلاح عن طريق غسل آفاقها المتملحة لتكون صالحة للاستخدام الزراعي. ولتبيان الحاجات المائية لعملية غسل التربة من الأملاح، نورد الجدول أدناه.

جدول رقم (٩) يبين المتطلبات المائية اللازمة لغسل أعماق الترب المختلفة

الوصف	نوع الترب			الناقلية الكهربائية لمستخلص العجينة المشبعة للتربة (ميليموس/سم)
	طينية ثقيلة (منخفضة النفاذية)	متوسطة القوام (متوسطة النفاذية)	رملية خفيفة (عالية النفاذية)	
المتطلبات المائية لعملية الغسل لعمق التربة (ألف م٣)	١,٥-١,٠	١,٣-٠,٩	٠,٨-٠,٥	٤-٢
	٥,٤-١,٥	٤,٤-١,٣	٢,٨-٠,٨	٨-٤
	٦,٥-٥,٤	٥,٣-٤,٤	٢,٤-٢,٨	١٢-٨
	٧,٦-٦,٥	٦,٢-٥,٣	٤,٠-٣,٤	١٦-١٢
	٩,٩-٧,٦	٨,٠-٦,٢	٥,٠-٤,٠	٢٤-١٦

المصدر: تنسيق الجدول من إعدادنا (المؤلف-الربيعي). المعطيات من جميل عباس وعبد الناصر الضرير ((الري والصرف)) منشورات جامعة حلب، كلية الزراعة، حلب ١٩٩٣ ص ٢٧٣.

من الجدول أعلاه يتبين أن هناك ثلاث أنواع من الترب تبعاً لدرجة نفاذيتها (طينية ثقيلة، متوسطة القوام، ورملية خفيفة) تختلف بمتطلباتها المائية لغسل أعماقها من الأملاح، فحين تكون الناقلية الكهربائية لمستخلص العجينة المشبعة للتربة تتراوح بين (٢-٤) ميليموس/ سم تصل متطلباتها المائية بين [(١,٠-١,٥)، (٠,٩-١,٣)، (٠,٥-٠,٨)] ألف م٣ على التوالي.

وحين تزيد الناقلية الكهربائية لمستخلص العجينة المشبعة للتربة لنحو (٤-٨) ميليموس/ سم تتراوح متطلباتها المائية بين [(١,٥-٥,٤)، (١,٣-٤,٤)، (٠,٨-٢,٨)] ألف م٣ على التوالي. وبزيادة الناقلية الكهربائية لمستخلص العجينة المشبعة للترب المختلفة بنحو [(٨-١٢)، (١٢-١٦)، (١٦-٢٤)] ميليموس/ سم على التوالي، تزيد المتطلبات المائية لعملية الغسل للتربة الطينية لتصل لنحو [(٥,٤-٦,٥)، (٦,٥-٧,٦)، (٧,٦-٩,٩)] ألف م٣ على التوالي.

في حين تصل المتطلبات المائية لغسل التربة المتوسطة القوام لنحو [(٤,٤-٥,٣)، (٥,٣-٦,٢)، (٦,٢-٨)] ألف م٣ على التوالي. وأخيراً فإن المتطلبات المائية لغسل

التربة الرملية الخفيفة من الأملاح تصل لنحو [(٢,٨-٢,٤)، (٣,٤-٤,٠)، (٤,٠-٥,٠)] ألف م٣ على التوالي.

مما سبق نستنتج أن المتطلبات المائية لعملية الغسل لآفاق التربة من الأملاح مرتبط بالناقلية الكهربائية لمستخلص العجينة المشبعة لنوع التربة، حيث تزداد المتطلبات المائية لعملية الغسل في الترب الطينية الثقيلة نتيجة تراكم الأملاح في طبقاتها الكتيمة وتقل بدرجة أقل المتطلبات المائية لعملية الغسل في الترب المتوسطة القوام لوجود إمكانية أكبر لتسرب الأملاح نحو آفاقها العميقة.

وتكون المتطلبات المائية لعملية غسل التربة الرملية الخفيفة من الأملاح أقل من مثيلاتها في (الترب الطينية الثقيلة والترب متوسطة القوام) لارتفاع خاصية التسرب للإملاح نحو آفاقها العميقة.

آليات استصلاح الترب المالحة والقلوية بالغسل[١٤]:

النظام الملحي للتربة: كافة العمليات الديناميكية الجارية في آفاق التربة المتعددة من حركة واتجاه للعناصر الملحية السهلة الذوبان في الماء تحت تأثير تعاقب الظروف الجوية الفصلية والري، تسهم الهطولات المطرية الفصلية في زيادة رطوبة التربة مما يؤدي لتغيير نظامها الملحي، وتنشط عملية التبخر-نتح من حركة المحاليل الملحية الصاعدة نحو سطح التربة.

أما في الترب المالحة-المروية فإن عدد الريات وعمليات الغسل والماء الزائد والراشح من شبكة الري ونتح النباتات المزروعة والحراثة والتسميد تلعب دوراً كبيراً في تملح أو قلوية التربة. فالمتطلبات المائية للري التقليدي المقدرة بنحو ١٠ آلاف م٣ سنوياً تخلف ما قدره (٣-٥) أطنان من الأملاح في التربة مضافاً إليها أملاح مياه الرشح وارتفاع منسوب الماء الأرضي، مما يؤدي لصعود الأملاح من الطبقات العميقة إلى آفاقها السطحية، فتعيق امتصاص النبات للعناصر الغذائية في منطقة الجذور وتنخفض خصوبة التربة التي تنعكس على إنتاجية النباتات المزروعة.

إن الإدارة الفعالة لمياه الري والصرف والحسابات الدقيقة لمعامل الغسل والصرف تحقق التوزان الملحي المثالي للتربة في كافة المواسم الزراعية. ويمكن إجمال آليات استصلاح التربة بعملية الغسل:

---

[١٤] Unesco, FAO ١٩٧٣.

اقتباس من علي عبد الله-مصدر سابق ص ٦٣٣-٦٣٦، ٦٤٤-٦٤٦، ٧٣٩-٧٤٠، ٧٤٨-٧٥٠. وكذلك فلاح أبو نقطة-مصدر سابق ص ١٣٣، ١٣٥، ١٤٢، ١٤٦، ١٤٧، ٢٥٦، ٢٦٣، ٢٦٤. بتصرف (المؤلف-الربيعي).

١-الآلية العامة لاستصلاح ترب السونتشاك بعملية الغسل: تعد عملية الصرف الزراعي جزءً لايتجزأ من شبكة الري في الأراضي المالحة، فغسل التربة لعمق ١,٥ م من الأملاح متعلق بشبكة الري والصرف للحفاظ على مستوى الماء الأرضي عند عمق ٩٠ سم من سطح التربة.

ولنجاح عملية الغسل يتطلب: تنظيف سطح التربة من الاعشاب، وتسوية الأرض بحيث لايزيد ميلها على (± ٥ سم)، حراثة عميقة للأرض بعمق (٢٥-٣٠) سم، والنقب العميق تحت سطح التربة لتفكيك طبقاتها الكتيمة، تسوية سطح التربة ثانية، ومن ثم تقسيم الأرض لعدة أحواض تبعاً لتضاريسها بواقع (٠,٣-١) هكتار مفصولة بعضها عن بعض باكتاف ترابية، تملأ بالماء بشكل سريع عن طريق أقنية الري تبعاً لدرجة ميلها وعلى دفعات بمعدل (١٥٠٠-٢٠٠٠) م٣/ هكتار لإيصال رطوبة التربة إلى السعة الحقلية وعلى عمق واحد متر حيث يتم التخلص من (٥٠٠-٧٠٠) طن من الأملاح في الهكتار الواحد.

وبعد فترة (٢-٣) يوم على الدفعة الأولى لمياه الغسل، تعطى الدفعة الثانية بمعدل (١٥٠٠-٢٠٠٠) م٣/ هكتار لطرد الأملاح المتبقية، ثم تتوالى الدفعات المائية للغسل على نفس الفترة الزمنية للوصول إلى حالة التوازن الملحي للتربة. وفي الوقت ذاته يجب مراقبة مياه الصرف (الناتجة عن عمليات الغسل) دورياً وقياس تركيز أملاحها بطريقة الناقلية الكهربائية للتأكد من فعالية الغسل.

عملياً الدفعات المائية المتتالية لعملية الغسل للتخلص من الأملاح تتم بشكل متعاقب حيث تغسل أملاح كلوريد الصوديوم والمغنيزيوم أولاً، يليها غسل أملاح السلفات (عدا سلفات الصوديوم التي تبقى في التربة فترة أطول خاصة في المناطق الباردة)، ولايتأثر الجبس بعمليات الغسل، ولضمان عملية التوازن الملحي في التربة بعد عملية الغسل يتوجب زراعتها بالنباتات العلفية كالفصة. وعند استصلاح ترب السونتشاك بعملية الغسل يتوجب مراعاة:

أ-توقيت وطرق الغسل: أن يتم الغسل في فصل الخريف وبداية الشتاء حيث تكون رطوبة التربة في حدها الأدنى وكذلك منسوب الماء الأرضي لتكون فعالية الغسل أكبر. أما عند إجراء عملية الغسل في فصل الصيف فالمتطلبات المائية للغسل تكون كبيرة جداً وبوجود عامل التبخر يحصل التملح الثانوي لذا تكون فعالية الغسل منخفضة، ويحذر من إجراء عملية الغسل في فصل الربيع لانخفاض فعاليتها وخطورة التملح الثانوي.

ب-حساب جرعات الغسل: تصل كمية مياه الغسل للترب منخفضة الملوحة لنحو ٥٠ ملم/ هكتار لغسل نصف الأملاح على عمق ترابي قدره ١٠ سم، ولنحو ١٠٠ ملم/ هكتار

لغسل نصف الأملاح على عمق ترابي قدره ٢ م. وتتعلق كمية مياه الغسل بنوعيتها ونوع التربة المراد غسلها وبالسعة الحقلية للتربة ومنسوب مائها الأرضي.

ج-عراقيل عملية الغسل: منظومة الصرف غير كافية (أو غير فعالة) مما يؤدي لخطور التملح من جديد، وتلافياً لذلك تزرع الأرض مباشرة بعد عملية الغسل بنباتات القطن أو الشوندر السكري على خطوط لاحتواء الري الكثيف واتباع دورة زراعية مناسبة.

أن عدم توفر مياه الغسل بصورة كافية في فصل الخريف والبالغة بين (٥-٧) آلاف م٣/ هكتار يتطلب إجراء عملية الغسل على فصلي خريف متتالين بحيث تزرع التربة بعد الغسل الأول بنباتات مقاومة للملوحة كالشعير أو الشوندر السكري، وبعد الحصاد تتم عملية الغسل الثانية للتخلص من الأملاح المتبقية وتزرع بالنباتات العلفية.

وفي حال عدم توفر شبكة صرف في الأرض عند إجراء عملية الغسل يتوجب مراعاة: أن لاتسبب عملية الغسل ارتفاعاً بمنسوب الماء الأرضي، تتم عملية الغسل في فصل الخريف حيث يكون منسوب الماء الأرضي في حدوده الدنيا. وأن تكون مسامية التربة عالية وتجرى عملية الغسل على مدى فصلين أو ثلاثة.

أن تحدد الاحتياجات المائية للغسل تبعاً لسعة رطوبة التربة العليا والسفلى، فحين يكون مستوى الماء الأرضي بين (٢,٤-٣) م تكون سعة الرطوبة بين (٢٧٠٠-٨٢٠٠) م٣/ هكتار، وحين ينخفض مستوى الماء الأرضي لنحو (١,٥-٢) م تصل رطوبة التربة لنحو (١٦٠٠-٢٣٠٠) م٣/ هكتار.

تهدف عملية الغسل لاستصلاح ترب السونتشاك إلى: المحافظة على منسوب الماء الأرضي تحت العمق التحسسي بين (٢,٥-٣) م بوجود شبكة صرف فعالة. تخفيض تركيز الأملاح من سطح التربة لنحو (٠,٣-٠,٤) في المائة بوجود شبكة ري فعالة، وتخفيض تركيز الأملاح في الماء الأرضي لنحو (٢-٣) غ/ لتر بوجود شبكة صرف فعالة، وأخيراً تخفيض تركيز الأملاح السامة للنباتات في منطقة الجذور بعملية الغسل.

٢-آلية استصلاح ترب البودزول (تحت الرماد): يتم إزاحة الـ H من معقد الادمصاص وإحلال الكالسيوم مكانه، وبذلك ترتفع نسبة التشبع بالقواعد وبوجود الكالسيوم تتعادل حموضة التربة وينخفض تركيز بعض العناصر الصغرى الذائبة ذات النسب العالية في الظروف الحامضية، فتتحسن الخصائص الفيزيائية للتربة. ولاستصلاح الترب الحامضية تضاف كربونات الكالسيوم (الجير) وتضاف كبريتات الكالسيوم (الكلس) لاستصلاح الترب القلوية. ولتبيان حاجة الترب الحامضية للكلس، نورد الجدول أدناه.

جدول رقم (١٠) يبين العلاقة بين الـ PH في التربة الحامضية وحاجتها للكلس في عملية الاستصلاح

قيمة الـ PH الملحي	الحاجة للكلس (كربونات الكالسيوم)
٤,٥ >	شديدة
٥-٤,٥	متوسطة
٥,٥-٥	ضعيفة
٥,٥ >	معدومة

المصدر: فلاح أبو نقطة ((استصلاح الأراضي-٢)) منشورات جامعة دمشق، كلية الزراعة، دمشق ١٩٩٦ ص ٢٥٧.

من الجدول أعلاه يتبين أن تفاوت قيم الـ PH بسين [> ٤,٥، (٤,٥-٥)، (٥-٥,٥)، <٥)] على التوالي تصبح الحاجة للكلس لاستصلاح الترب الحامضية (شديدة، متوسطة، ضعيفة، ومعدومة) على التوالي. نستنتج مما سبق أن شدة الحموضة في التربة تتطلب كميات كبيرة من الكلس لإعادة التوازن لعناصر التربة لتصبح قابلة للزراعة، فكلما قلت الحموضة في التربة كلما قلت حاجتها لمتطلبات الكلس في عملية الاستصلاح.

٣-آلية استصلاح الترب السلفاتية-الحامضية: يتم عن طريق خفض التفاعلات اللاهوائية في التربة، التخلص من الأملاح الحامضية السامة للنبات مثل: الهيدروجين، الألمنيوم، المنغنيزيوم، والكبريت. حيث تغمر التربة بالماء لغسلها من الأملاح مع إضافة مادة الكلس لتخفيض درجة الحموضة.

٤-آلية استصلاح الترب المستنقعية (العضوية): عن طريق إزالة الاشجار والجذور من ترب الغابات، وإنشاء قنوات صرف مناسبة لتجفيف التربة الغدقة من المياه، ويمكن إضافة الكلس لإزالة الحموضة.

٥-آلية غسل التربة مع زراعتها بالأرز: تصل الاحتياجات المائية للأرز بسين (٣٠-٤٠) ألف م٣/ هكتار لغمر حقل أرز حيث يمكنها غسل أملاح التربة، وتعتبر هذه الطريقة فعالة في استصلاح الترب شديدة الملوحة والترب الصودية والترب ذات القشور الملحية على سطحها والترب المستصلحة حديثاً. ويرتبط نجاحها بالعامل المناخي وباعتماد دورة زراعية لمدة (٢-٣) سنة تزرع النباتات العلفية والقطن والشوندر السكري. وفي الترب الصودية أو الغنية بسلفات الصوديوم فإن عملية الغسل المقترنة بزراعة الأرز في الخريف والشتاء غير فعالة نظراً لانخفاض انحلالية هذه المركبات بدرجات الحرارة المنخفضة. ومن شروط نجاحها وجود شبكة صرف فعالة على عمق لايقل عن ٢,٥ م أو وجود منظومة صرف سطحية على عمق لايقل عن واحد متر وبأبعاد تصل لنحو ٢٠ م.

الإجراءات الواجب مراعاتها عند إجراء عملية الغسل للتربة[١٥]:

---

[١٥] Unesco, FAO ١٩٧٣.

١-كمية الأمطار الهاطلة خلال فصل الشتاء قد تكون كافية لغسل أملاح التربة، وعند عدم كفايتها تتم عملية الغسل خاصة للترب المتملحة سطحياً قبل إدخال شبكة الري حيز الاستخدام.

٢-يتم تحديد الفترات الزمنية بين عمليات الغسل عن طريق حساب التوزان المائي والملحي واتجاه حركة الماء في التربة. ويتعين أن يأخذ برنامج غسل التربة تذبذب تركيز أملاح محلول التربة في فصل النمو (فصل الصيف) المحدد بقيمتين وسطها الحسابي يساوي القيمة الحدية المسموح بها لتركيز الأملاح. فإذا افترضنا أن تركيز الأملاح المسموح بها في خلاصة محلول إشباع التربة هو (EC=٤) فيمكن أن تتذبذب قيمة تركيز الأملاح في خلاصة محلول إشباع التربة بين (EC=٢) في بداية فصل النمو ونحو (EC=٦) في نهاية فصل النمو (الحصاد) وبعد الحصاد تتم عملية الغسل ليعود تركيز الأملاح في خلاصة محلول إشباع التربة إلى القيمة (EC=٢).

٣-تتم عملية الغسل الرئيسية للترب كل ٣ سنوات لإزالة خطر تملحها، بالإضافة إلى عمليات الغسل الدورية خلال فترة الاستخدام للأرض للمحافظة على التوزان المائي-الملحي في منطقة الجذور. وتجرى عملية الغسل عادة في الخريف بعد الموسم الزراعي أو في فصل الشتاء وذلك قبل أو بعد فترة تجمد التربة إن كانت درجات الحرارة منخفضة جداً في الشتاء.

٤-للتغلب على تذبذب ملوحة التربة يترك الملح يتزايد في التربة لعدة سنوات، وبعد ذلك تجرى عملية تعويم التربة بالماء لغسل أملاحها بعد مرحلة الحصاد. وعند عدم وجود مياه كافية تجرى عمليات الغسل على دفعات.

٥-نجاح عملية الغسل ترتبط بعدة عوامل منها: قوام، بناء، نفاذية التربة، نوعية مياه الري، نسبة الأملاح في التربة، طرق الري وفعاليتها، طرق ومواعيد عملية الغسل، ونوع شبكة الصرف وعمقها والمسافات بينها.

٦-في الترب الكتيمة ذات النفاذية المتدنية عملية الغسل لاتجرى إلا بعد الحصاد لأن تعويم التربة بالماء خلال فصل النمو يؤدي إلى غدق التربة وبالتالي اختناق منطقة الجذور وانخفاض إنتاجية النبات. ويمكن تبوير (نظام النير والنير المُعتمد في جنوبي العراق) قسماً من الأرض بدون زراعة، وزراعة القسم الآخر بالتناوب للمحافظة على توزانها الملحي وباعتماد الدورة الزراعية المناسبة.

اقتباس من علي عبد الله-مصدر سابق ص ٥٩٧، ٥٩٨. وجميل عباس وعبد الناصر الضرير ((الري والصرف)) جامعة حلب، كلية الزراعة، حلب ١٩٩٢ ص ٢٧٢. بتصرف (المؤلف-الربيعي).

الفصل الثاني:

نظام التربة والمياه

٢:١ النظام المائي في التربة والنبات

٢:٢ صلاحية مياه الري للتربة والنبات

٢:٣ التأثيرات السلبية للتملح على التربة والنبات

النظام المائي في التربة والنبات

أولاً-النظام المائي في آفاق التربة:

يعود التباين في النظام المائي في آفاق التربة بالدرجة الأساس لنوع التربة وقوامها وقابليتها على الاحتفاظ بالماء، فإن كانت التربة طينية كتيمة وغدقة انخفض تمايز نظامها المائي، وفي الترب الرملية الخفيفة ينعدم التمايز حيث تضعف قابليتها على الاحتفاظ بالماء في آفاقها المتعددة. لكن حين تكون التربة ذات مواصفات مثالية (القوام، النفاذية، المسامية، والخصوبة...) تزيد قابليتها على الاحتفاظ بالماء مما يؤدي لتمايز نظامها المائي. هناك مصدان أساسيان لمياه التربة: ترسبات مياه المجاري والقنوات المائية المنتشرة على سطح التربة والتي تزود آفاق التربة المتعددة بالمياه تبعاً لحجم التدفق المائي ونوع النبات المزروع والغطاء النباتي في المنطقة المحيطة والظروف الجوية المحيطة، وكذلك تسربات الهطول المطري نحو آفاق التربة (حجمها، ومواسمها).

وتخضع حجم التسربات المائية نحو آفاق الترب لجملة من الظروف الأرضية (المناخية) وتحت أرضية (الجيولوجية) فدرجات الحرارة العالية وسرعة الرياح تؤدي لزيادة معدلات التبخر-نتح مما يؤدي لانخفاض رطوبة التربة خاصة في آفاقها السطحية.

يخضع تسرب المياه نحو آفاق التربة العميقة إلى: استهلاك النبات للماء في منطقة الجذور، ومدى نشاط مجالها الحيوي. وما يتسرب من المياه نحو آفاق التربة العميقة يتراكم على الطبقة الكتيمة التي قد تسبب تملح أو قلوية التربة عند عدم إتباع إجراءات وقائية لتلافي أضرارها المحتملة. ويتسرب قسماً من المياه نحو الخزانات الجوفية العميقة ويعرف بـ (المياه المتجددة) تبعاً لمدى نفاذية طبقات التربة وحجم المياه المتسربة. بهذا فإن النظام المائي لآفاق التربة يأخذ صوراً متعددة منها[١٦]:

١-منطقة عدم التشبع: تنقسم لثلاث مناطق:

أ-المنطقة العليا: توجد فيها جذور النباتات المختلفة، ويتوقف عملها على عمق الجذور وتعرف مياهها بـماء التربة.

---

[١٦] جميل عباس وعبد الناصر الضرير-مصدر سابق ص ٩٧، ٩٨.

ب-المنطقة السفلى: المنطقة التي يرتفع منسوب مياهها فوق منسوب المياه الجوفية وتملأ فراغات التربة بتأثير الخاصية الشعرية وتعرف بالمياه الشعرية. ويتوقف عمقها على نوع حبيبات التربة ومساماتها.

ج-المنطقة الوسطى: المنطقة المحصورة بين المنطقتين السابقتين، فإذا كان عمق منسوب المياه الجوفية كبيراً فإن المنطقتين (العليا والسفلى) يبتعدان بعضهما عن بعض بمسافة كبيرة لتظهر المنطقة الوسطى والتي تحتوي على مياه تعرف بمياه الجاذبية الأرضية والتي تصل لمستوى منسوب المياه الجوفية. أما إذا كان عمق المياه الجوفية تحت سطح الأرض قليلاً فإن المنطقتين العليا والسفلى تتداخلان بعضهما مع بعض فينعدم وجود المنطقة الوسطى.

٢-منطقة التشبع: تكون فراغاتها الهوائية مملوءة بالماء وخاضعة لضغط هيدروستاتيكي موجب وتعرف بمنطقة المياه الجوفية. ويفصلها عن منطقة عدم التشبع سطح مائي يعرف بسطح المياه الجوفية (مستوى الماء الجوفي) والذي تكون فيه شدة الضغط عند أية نقطة مساوية للضغط الجوي، ويحد منطقة التشبع من الأعلى سطح المياه الجوفية، ومن الأسفل طبقة كتيمة بينهما منطقة عدم التشبع الواقعة فوق سطح المياه الجوفية وتمتد حتى سطح التربة. وفي بعض الحالات تكون منطقة التشبع محصورة بين طبقتين كتيمتين عند ذلك تعرف مياهها بالمياه الارتوازية، وفي حالات معينة توجد مناطق موضعية مشبعة بالماء محددة من الأسفل بطبقة كتيمة وفوقها توجد منطقة التشبع تعرف بالمياه المحمولة (المياه المعلقة).

الصور المتعددة للنظام المائي تحت سطح التربة ليست صوراً ثابتة ومستقرة، ومحددة المواقع وإنما تخضع لعوامل عديدة ومساراتها المائية تحت سطح التربة متعددة ومتعلقة بتشكل الطبقة الحاضنة للماء، فالرشح المائي، ومسامية ونفاذية التربة، وعامل الناقلية الكهربائية للماء لها تأثير كبير على تغيير حركة الماء نحو الأعلى أو الأسفل أو الحركات الجانبية والموضعية. وينعكس ذلك على حجم المياه في الطبقات الحاضنة للماء تحت سطح التربة، ويمكن تمييز ثلاث طبقات حاضنة للماء تحت سطح التربة[١٧]:

أ-الطبقة الحاملة للمياه الحرة المعلقة (المحمولة): توجد هذه المياه بالقرب من سطح الأرض وعمقها يتراوح بين عدة سنتمترات وعدة أمتار ويحدها من الأسفل طبقة كتيمة موضعية أو تكون بشكل عدسات، وتغذيتها المائية من الهطولات المطرية أو من رشح مياه الري.

ب-الطبقة الحاملة للمياه الحرة: الطبقة المائية المتوضعة على أفق كتيم حاملة إلى

---

[١٧] المصدر السابق ص ٩٩، ١٠٠.

مستوى سطح التربة، ويكون سطح مياهها الحرة خاضع للضغط الجوي وتعرف بالسطح الحر. وتغذيتها المائية من الهطولات المطرية والثلجية، ومن الجريان السطحي ورشح أقنية الري.

ج-الطبقة الحاملة للمياه المحصورة (الحبيسة): الطبقة النفوذة المحصورة بين طبقتين كتيمتين من الأعلى والأسفل، ومياهها خاضعة لضغط يزيد على الضغط الجوي ومتأثر بميل الطبقة وذات قيمة أصغرية في الطبقات الأفقية. إن النظام المائي لآفاق التربة تحكمه عوامل رئيسية: التشكل الجيولوجي لآفاق التربة وطبقاتها الحاضنة للماء، قوام التربة ونفاذيتها، حجم المياه المتسربة نحو أعماق التربة، ونوع النباتات المزروعة. وعوامل ثانوية تسهم في تسريع أو عرقلة حركة الماء بين الآفاق المتعددة للتربة. حيث تتحكم بحجم المياه المخزونة في آفاق التربة، فكلما كانت الطبقات الحاضنة للماء ذات بنية تكوينة مستقرة، كلما زادت قابليتها على الاحتفاظ بالماء، وكلما كانت بنيتها التكوينة هشة، تسرب الماء نحو الطبقات الأخرى الأكثر استقراراً لتتوضح أكثر طبيعة الصور المائية المتشكلة تحت سطح التربة: مياه سطحية، مياه جوفية ارتوازية، ومياه جوفية عميقة (الشكل رقم ١).

ثانيا-العلاقات المتلازمة بين الماء والتربة والنبات:

أ-العلاقة بين عمق الماء الأرضي والخاصية الشعرية: يختلف منسوب الماء الأرضي باختلاف نوع التربة وتوضع آفاقها المتعددة تحت سطح الأرض، فكلما كانت أقرب إلى سطح التربة ونفاذيتها عالية كلما كان الترسب المائي كبيراً.

وبوجود عامل الحرارة والتبخر تنشط الخاصية الشعرية ليرتفع الماء دورياً إلى سطح التربة ويتبخر مخلفاً الأملاح على سطح التربة وتوضعات ملحية متفاوتة على آفاقها المتعددة تحت سطح التربة، مما يؤدي مع الزمن إلى تملح التربة وخروجها من حيز الاستخدام الزراعي. ولتبيان العلاقة بين عمق الماء الأرضي عن سطح التربة والحد الأعظمي لصعوده الشعري في الترب المختلفة، نورد الجدول أدناه.

جدول رقم (١١) يبين العلاقة بين منسوب الماء الأرضي وصعود الماء الشعري تبعاً لنوع التربة

بُعد الماء الأرضي عن سطح التربة (سم)	الحد الأعظمي لصعود الماء الشعري إلى سطح التربة (ملم/ يوم)			
	لوم طيني وطين	لوم	لوم رملي	رمل متوسط
٢٥	١٠	عالي	عالي جداً	١٠
٤٠	٤	١٠	عالي جداً	٢,٥
٥٠	٢,٥	٣	عالي	١,٠
٧٥	١,٠	١,٠	عالي	٠,٥
١٠٠	٠,٥	-	١٠	٠,٢
١٥٠	٠,٢	-	٤-١	-
٢٠٠	-	-	١-٠,٥	-

Source: Unesco, FAO ١٩٧٣.

اقتباس من علي عبد الله مصدر سابق ص ٥٨٤.

من الجدول أعلاه يتبين أنه حين يكون بُعد الماء الأرضي عن سطح التربة (٢٥، ٤٠، ٥٠، ٧٥، ١٠٠، ١٥٠، ٢٠٠) سم على التوالي في التربة الطينية واللومية الطينية، يكون الحد الأعظمي لارتفاعه إلى سطح التربة نحو (١٠، ٤، ٢,٥، ١,٠، ٠,٥، ٠,٢، -) ملم/ يوم على التوالي. وفي الترب اللومية لذات البُعد السابق للماء الأرضي تكون قيم الخاصية الشعرية على نحو (عالي، ١٠، ٣، ١,٠، -، -، -) ملم/ يوم على التوالي، في حين تصبح قيم الخاصية الشعرية في الترب اللومية الرملية لذات البُعد للماء الأرضي على نحو [عالي جداً، عالي جداً، عالي، عالي، ١٠، (١-٤)، (٠,٥-١)] ملم/ يوم على التوالي. وأخيراً فإن قيم الخاصية الشعرية في الترب الرملية المتوسطة لنفس البُعد للماء الأرضي على نحو (١٠، ٢,٥، ١,٠، ٠,٥، ٠,٢، -، -) ملم/ يوم على التوالي.

نستنتج مما سبق أنه كلما أقترب الماء الأرضي من سطح التربة، كلما زاد الحد الأعظمي لصعود الماء الشعري إلى سطح التربة باختلاف نوع التربة (قوامها، نفاذيتها) وبوجود عوامل مساعدة كإرتفاع درجات الحرارة المحددة لسرعة التبخر المائي من سطح التربة.

وهذا الأمر له الأثر المباشر على تملح التربة وإنخفاض إنتاجيتها وفي مراحل متقدمة تؤدي لخروجها من حيز الاستخدام الزراعي. إن تأثير الماء الأرضي ليس له علاقة مباشرة بتملح التربة وإنما تأثيره غير مباشر من خلال تأثير التبخر-نتح للماء الأرضي المرتبط بالخاصية الشعرية نتيجة زيادة حجم مياه الري الفائضة عن حاجة النبات، وعلى الضد من ذلك فإن الري المثالي يقلل من نشاط الخاصية الشعرية.

ب-العلاقة بين مستوى الماء الأرضي المثالي للنبات ونوع التربة: تفيد دراسة النظام المائي لآفاق التربة المتعددة التعرف على مدى قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء، وبالتالي تحديد متطلباتها المائية تبعاً لنوع النباتات المزورعة، إضافة لتحديد طرق الري المناسبة وحاجة التربة لشبكات الصرف لمنع تدهور خصوبتها. إن ارتفاع مستوى الماء الأرضي في التربة يسبب اضرار بالغة للنباتات المزروعة، مما يتطلب الحفاظ على مستواه المثالي في التربة تبعاً لنوع النباتات المزروعة. ولتوضيح العلاقة بين مستوى الماء الأرضي المثالي في الترب المختلفة ونوع النباتات المزروعة، نورد الجدول أدناه.

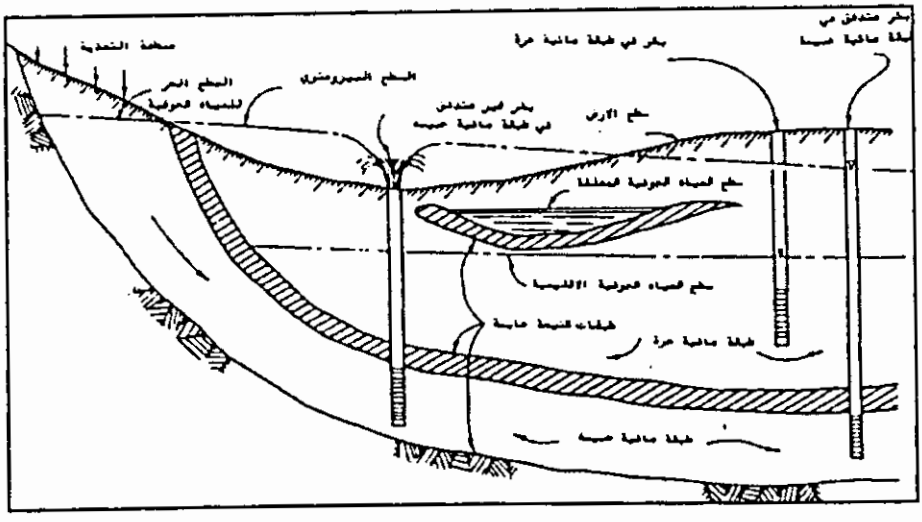
جدول رقم (١٢) يبين مستوى الماء الأرضي المثالي لمجموعة من النباتات في ترب مختلفة

نوع النبات	مستوى الماء الأرضي المثالي في ترب مختلفة (سم)		
	تربة طينية	تربة طينية سيلتية	تربة رملية
محاصيل حولية	٨٠-٧٠	٩٠-٨٠	٧٠-٦٠
بطاطا	٩٠-٨٠	٩٠-٧٠	٨٠-٧٠
خضروات	٧٠-٦٠	٧٠-٥٠	٦٠-٥٠
المروج	٦٥-٦٠	٦٠-٥٥	٦٠-٥٠
اشجار مثمرة	١٢٠-١١٠	١٥٠-١٢٠	١٢٠-١٠٠

المصدر: جميل عباس وعبد الناصر الضرير-مصدر سابق ص ٢٦٣. بتصرف (المؤلف-الربيعي).

الشكل رقم ٢

أنواع الطبقات الحاملة للماء تحت سطح التربة



المصدر: جميل عباس وعبد الناصر الضرير-مصدر سابق ص ١٠٠.

من الجدول أعلاه يتبين أنه عند زراعة المحاصيل الحولية في الترب (الطينية، الطينية السيلتية، والرملية) على التوالي فإن مستوى الماء الأرضي المثالي يتراوح بين [(٧٠-٨٠)، (٨٠-٩٠)، (٦٠-٧٠)] سم على التوالي وتتراوح متطلبات مستوى الماء الأرضي المثالي لزراعة البطاطا بين [(٨٠-٩٠)، (٧٠-٩٠)، (٧٠-٨٠)] سم على التوالي. ومتطلبات مستوى الماء الأرضي المثالي لزراعة الخضروات في الترب المحددة أعلاه يتراوح بين [(٦٠-٧٠)، (٥٠-٧٠)، (٥٠-٦٠)] سم على التوالي. في حين تنخفض متطلبات الماء الأرضي المثالي للمروج في الترب السابقة الذكر بنحو [(٦٠-٦٥)، (٥٥-٦٠)، (٥٠-٦٠)] سم على التوالي. وأخيراً فإن زراعة الأشجار المثمرة في الترب أعلاه يتطلب مستوى ماء أرضي مثالي قدره [(١١٠-١٢٠)، (١٢٠-١٥٠)، (١٠٠-١٢٠)] سم على التوالي.

نستنتج مما سبق أن مستوى الماء الأرضي المثالي يختلف تبعاً لنوع التربة والنبات، فارتفاعه عن التقديرات السابقة لمتطلبات النباتات المختلفة يؤدي لاختناق النباتات وعرقلة العمليات الحيوية في منطقة الجذور ومن ثم يباس الجزء الخضري وموته التدريجي.

ج-العلاقة بين نوع النبات والتربة:

إن تحديد مستوى الماء الأرضي المثالي للترب المختلفة يفيد في تحديد نوع النباتات المناسبة للزراعة، فهناك نباتات ذات جذور سطحية تصلح زراعتها في الترب السطحية قليلة الخصوبة والتي تعاني من تملح أو قلوية طبقاتها العميقة. لكن عند زراعتها لسنوات متتالية تصاب التربة بالإجهاد وتتدهور خصوبتها مع الزمن مما يتطلب المزيد من المخصبات الزراعية واتباع دورة زراعية مناسبة لتلافي تدهور التربة.

وفي الترب التي تعاني من ضعف قدرتها على الاحتفاظ بالماء في آفاقها السطحية، فيمكن زراعتها بالنباتات ذات الجذور العميقة للتخلص من الماء الأرضي الزائد في طبقاتها الكتيمة وتلافي تملحها أو قلويتها. وكذلك في الترب التي تعاني من انخفاض خصوبة طبقاتها السطحية، يُفضل زراعة النباتات ذات الجذور العميقة لاستثمار المغذيات الزراعية في طبقاتها العميقة. ولتبيان حجم الاختلاف بين أعماق جذور النباتات المختلفة وامتدادها في أعماق الترب، نورد الجدول أدناه.

جدول رقم (١٣) يبين الحد الأقصى لامتداد جذور بعض النباتات في التربة

نوع النبات	جذور عميقة (سم)	نوع النبات	جذور سطحية (سم)
فصة	١٠٠-٢٠٠	فاصوليا	٥٠-٧٥
كرمة	١٠٠-٢٠٠	بطاطا	٤٠-٦٥
زيتون	١١٠-١٧٠	خضروات	٣٥-٦٠
ذرة صفراء	٨٠-١٧٠	ملفوف	٤٠-٥٥
حمضيات	١٢٥-١٥٠	سبانخ	٣٠-٥٠
عباد الشمس	٨٥-١٥٠	فريز	٢٥-٣٠

المصدر: الجدول من إعدادنا (المؤلف-الربيعي). والمعطيات من مصادر متعددة.

من الجدول أعلاه يتبين أن هناك اختلافاً كبيراً بين الحد الأقصى لامتداد الجذور في أعماق التربة للنباتات المختلفة، فنباتات (الفصة، الكرمة، الزيتون، الذرة الصفراء، الحمضيات، عباد الشمس، الفاصوليا، البطاطا، الخضروات، الملفوف، السبانخ، والفريز) على التوالي تتراوح أعماق جذورها بين [(١٠٠-٢٠٠)، (١٠٠-٢٠٠)، (١١٠-١٧٠)، (٨٠-١٧٠)، (١٢٥-١٥٠)، (٨٥-١٥٠)، (٥٠-٧٠)، (٤٠-٦٥)، (٣٥-٦٠)، (٤٠-٥٥)، (٣٠-٥٠)، (٢٥-٣٠)] سم على التوالي.

نستنتج مما سبق أن هناك علاقة متلازمة بين نوع التربة (نفاذيتها، مساميتها، قدرتها على الاحتفاظ بالماء، ومستوى الماء الأرضي...) ونوع النبات المزروع، فكلما أحسن الاختيار لنوع النبات (ذات الجذور السطحية أو العميقة) تبعاً لنوع التربة، كلما كانت الجدوى الاقتصادية للمحصول عالية، وعلى الضد من ذلك تنخفض الجدوى الاقتصادية للمحصول وتتدهور خصوبة التربة.

ثالثاً-التأثيرات المختلفة لمياه الري على مكونات التربة[١٨]:

أ-التأثير الكيمياتي المباشر لمياه الري: يتعلق بـ:

١-تمدد محلول التربة: يتراوح متوسط تركيز الأملاح في التربة بين (٤-٨) غ/ لتر ففي محاليل الترب الخفيفة والمتوسطة يصل لنحو (٢٠-٣٠) غ/ لتر، وفي الترب السولنتشاك الملحية يتراوح بين (١٠٠-٣٠٠) غ/ لتر ويقدر تركيز الأملاح في مياه الأنهار بين (٠,٢-٢,٥) غ/ لتر ونحو (٢-٥) غ/ لتر في مياه البحار فعند زيادة تركيز محلول التربة الملحي على (١٢-١٥) غ/ لتر يتوقف نمو نباتات القطن والفصة.

---

[١٨] Kovda, Sharrigin in Cass.A١٩٨٠. Fireman in Unesci, FAO ١٩٧٣. Palival,K. Gandhi,A.P ١٩٧٦. Siya.G,R.S...est ١٩٨٣.

اقتباس من علي عيد الله-مصدر سابق ص ٤٤٧-٤٥٨. بتصرف (المؤلف-الربيعي).

٢-ترسب وانحلال أملاح التربة: تؤثر مياه الري على توازن الأملاح في التربة فكلما كان الماء عذباً كلما زادت قدرته على حل الأملاح المترسبة في التربة. كما أن وجود ثاني أوكسيد الكاربون في مياه الري يعمل على تحويل $CaCO_3$ إلى Ca_2HCO_3 وكذلك الأمر بالنسبة لسلفات الكالسيوم والصوديوم. ووجود أملاح NaCl بنسبة (٥-٧) غ/ لتر في مياه الري تعمل على حل كربونات وسلفات الكالسيوم والتي لها تأثير سمي على النباتات. وتعمل بعض أملاح مياه الري على ترسيب كربونات وبيكربونات الصوديوم في الترب الغنية بالجبس أو كلوريد الكالسيوم.

٣-تغير في قلوية التربة: أي ارتفاع في قيم الـ PH لمياه الري وانحلال الكربونات وبيكربونات التربة يؤدي لقلويتها حيث أن التركيز المالحي العالي لمحلول التربة قبل الري يصل لنحو ٧ يصبح بعد الري بين (٨-٩) ويمكن معالجة الارتفاع المفاجئ لقلوية التربة عن طريق زيادة حجم مياه الري لغسل التربة.

٤-تغير الكاتيونات المبادلة للتربة: تعمل مياه الري على تغيير الحالة التوازنية لكاتيونات التربة (تمديد محلول التربة) حتى لو كانت مياه الري عذبة حيث تتغير قيم الـ PH ونسبة كربونات وبيكربونات الصوديوم، ونسبة الصوديوم الأيوني، والناقلية المائية للتربة. إن ارتفاع قيم الـ PH في مياه الري ووجود الكالسيوم والمنغنيز يؤدي لترسب كاربونات وبيكربونات الصوديوم فيقلل من خصوبة التربة.

٥-تغير في الناقلية المائية للتربة: تتأثر الناقلية المائية للترب بنسبة الصوديوم الممدص في مياه الري، والناقلية الكهربائية للتربة. إن تناقص الناقلية الكهربائية لمحلول التربة يقابله تناقص منتظم في الناقلية المائية للتربة عند ارتفاع نسبة الصوديوم الممدص، كما أن الهطول المطري الغزير يؤثر سلباً في الناقلية المائية للتربة نتيجة انخفاض الناقلية الكهربائية لمحلول التربة فتتغير الحالة التوازنية السائدة لمنظومة (التربة، المياه، الأملاح المنحلة) وعند ثبات واستقرار نسب الصوديوم المبادل في عمود التربة تصبح ناقليتها المائية ثابتة.

٦-تغير نسب الصوديوم المبادل في التربة: تتأثر نسب الصوديوم على مبادلات التربة بماء الري عند وجود نسب عالية من الصوديوم الممدص، ونسب عالية من كاتيونات الكالسيوم والمنغنيزيوم.

ب-التغير الكيميائي والبيولوجي للتربة: عند استخدام مياه مالحة في الري يقل تثبيت آزوت التربة وتتحول النترات إلى أمونيا، وعند انخفاض الناقلية المائية للتربة وبوجود نسب عالية من الصوديوم الممدص في مياه الري يؤدي إلى ذبول النباتات. كما أن وجود

نسب عالية من الكالسيوم في مياه الري يؤدي لعرقلة امتصاص النباتات لعنصر البوتاسيوم من التربة.

رابعاً-التأثيرات السلبية للمياه الزائدة عن حاجة التربة:

إن تراكم المياه الزائدة عن حاجة النبات في آفاق التربة يؤدي لتدهورها بسبب ارتفاع مستوى الماء الأرضي وتبخره مخلفاً الأملاح التي تعمل على تملح التربة وخروجها من حيز الاستخدام الزراعي.

إن آلية حركة مياه الري على سطح التربة والنبات تتلخص بـ: قسم منه يتأثر بالتبخر-نتح من سطح التربة والجزء الخضري للنبات، والقسم الآخر يرطب الطبقة السطحية للتربة، وقسم منه يسهم في رفع مستوى الماء الأرضي، والقسم الأخير ينفذ نحو آفاق التربة المتعددة ليسهم في تغذية الخزانات الجوفية بالمياه ويرتبط حجمه، بحجم المياه الزائدة عن حاجة التربة والنبات وكذلك بوجود أو عدم وجود شبكة صرف زراعية.

إن المصادر الأساسية للمياه الزائدة في آفاق التربة تعود إلى: الكميات الغزيرة من الأمطار (أو العواصف المطرية الموسمية) التي تعمل على إغراق آفاق التربة بكميات كبيرة من المياه تفوق قدرتها التصريفية، وتزيد على حاجة النباتات المزروعة، ومياه الفيضانات التي تفوق الطاقة الاستعابية للأنهار وخزاناتها المائية.

وكذلك طاقة التصريف للمجاري نحو البحار والبحيرات، تعرض شبكات الصرف الزراعي للتلف أو الانسداد مما يؤدي لتراكم المياه الزائدة في آفاق التربة الكتيمة ورفع منسوب الماء الأرضي المرتبط بنفاذية التربة ودرجة مساميتها، وأخيراً فإن اعتماد طريقة الري التقليدية تؤدي لهدر كميات كبيرة من المياه تتسرب نحو آفاق التربة وتتراكم في طبقاتها الكتيمة.

إن آلية ترسب الماء في آفاق التربة:"لايكون سريعاً نظراً للإعاقة التي يواجهها من التربة (درجة نفاذيتها). وتؤدي شقوق التربة المعرضة للجفاف لتسريع الجريان كما يعمل تكوين الصخر المحلي والاجهاد السطحي بين الماء والمجال المسامي المملوء بالهواء على إعاقة جريان الماء. وعند تسرب الماء في آفاق التربة يعمل على إزاحة هواء التربة، وعملية انضغاط الهواء الناتجة عن عملية الإزاحة تعيق دخول جبهة المياه الراشحة. فالعوامل المؤثرة فيها غاية في التعقيد. وتسهم المياه الزائدة التي تغمر طبقات التربة السطحية في تغذية الخزانات الجوفية، حيث يكون ترطيب سطح التربة في البداية كبيراً ويتناقص مع شدة الهطول المطري ليصل لقيمة نهائية ثابتة"[١٩].(الشكل رقم ٣).

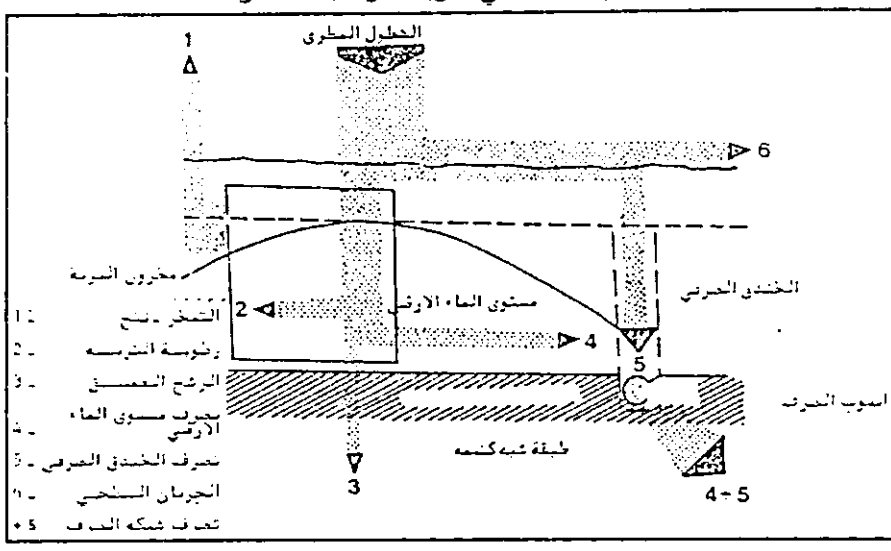
---

[١٩] Mangels ٢٠٠٠.

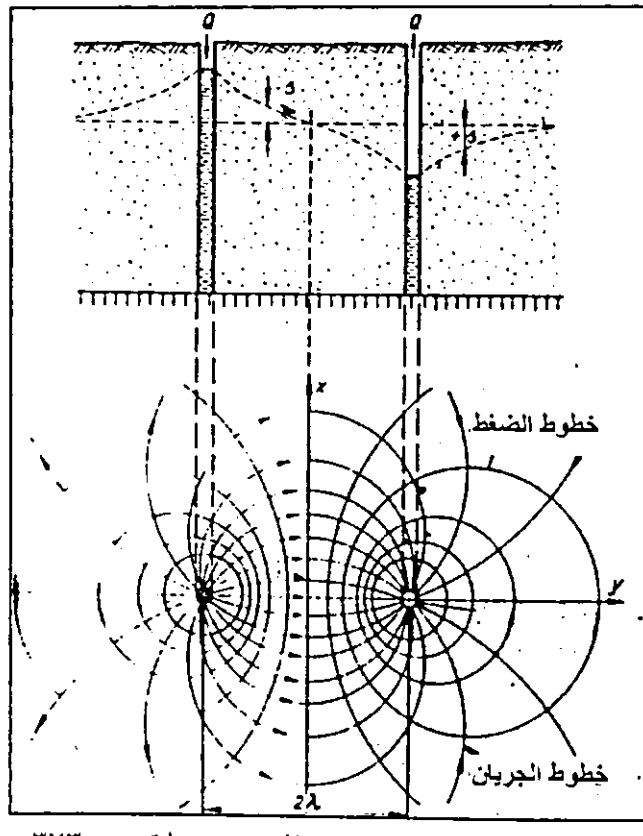
الشكل رقم ٣

حركة الماء في آفاق التربة

أ-حركة الماء في التربة نحو شبكة الصرف



ب-البيزومترات وحركة الماء المتعامدة على خطوط الضغط



المصدر: أحمد الخضر،علي كنجو، وسوسن هيفا-مصدر سابق ص ٣٧٣. وجميل عباس وعبد الناصر الضرير-مصدر سابق ص ٢٦٣.

خامساً-الحد من الفواقد المائية في التربة والنبات:

تتحدد فعالية الري بالتوزيع المثالي للمياه على كافة أرجاء الحقل الزراعي لتأمين المتطلبات المائية المثالية للنباتات والحد من الهدر المائي للاستفادة القصوى من المياه، مما يتطلب تهيئة الظروف المناسبة للتربة والنبات لانجاح عملية الري. إن الحد من الفواقد المائية (التبخر-نتح) تتطلب إجراء اختبارات خاصة بالتربة لمعرفة درجة خصوبتها، مساميتها، قوامها، ونفاذيتها...لأجل تحديد طريقة الري المناسبة فكلما كانت التربة هشة، غير متماسكة...كلما ضعفت قدرتها على الاحتفاظ بالماء مما يتطلب رفع درجة خصوبتها.

وبالتالي قابليتها على الاحتفاظ بالماء المثالي لنمو النبات من خلال اتباع عمليات الخدمة الزراعية (التسميد المعدني، العضوي، والنباتي) لتحسين مواصفاتها وتأمين الظروف المناسبة لنمو النبات، فامتداد جذور النبات نحو أعماق التربة يمنحها الفرصة للاستفادة القصوى من الماء الأرضي والتزود بالعناصر الغذائية، كما أنه يعيق تراكم الأملاح في آفاق التربة التي تسبب تملحها فتزداد المتطلبات المائية لعملية غسيلها من الأملاح وبالتالي زيادة عمليات الهدر المائي.

إن امتداد جذور النباتات نحو آفاق التربة يؤمن حاجة النبات من المتطلبات المائية ويقلل من عدد الريات الدورية، وعند وجود المادة العضوية بشكل كاف في التربة يزيد من تماسكها ويمنحها القدرة على الاحتفاظ بالماء ويحد من عملية الهدر المائي نحو أعماقها المختلفة. كما أن التسميد المعدني يشجع على النموالخضري للنبات ويزيد من قابليته على امتصاص العناصر المغذية من التربة خاصة العناصر الأساسية كالآزوت والفوسفور والبوتاسيوم، فيزيد من استهلاك النبات للماء نتيجة زيادة عمليات التمثيل الضوئي والنتح من الجزء الخضري، فالأراضي المسمدة بشكل جيد تحتاج لكميات إضافية من المياه في وحدة المساحة مقارنة بمثيلتها الفقيرة بالمغذيات الزراعية، لكن في الوقت ذاته فإن المتطلبات المائية اللازمة لانتاج الكتلة الجافة من النبات تقل بفعل التسميد.

إن أعمال خدمة الأرض الزراعية تقلل كثيراً من فواقد المياه، فعملية التعشيب والعزق للأراضي الزراعية تقلل من استهلاك مياه التربة وتحد من التنافس على استهلاك العناصر الغذائية في سطح التربة، وكذلك من عمليات النتح الكبيرة للنباتات العشبية الضارة في الأراضي الزراعية وتمنح فرصة أكبر لإمتداد الجذور إلى أعماق التربة مما يعيق من تراكم الأملاح في آفاقها المتعددة.

كما أن الحراثات المختلفة (السطحية والعميقة) للتربة في الأوقات المناسبة تعمل على تفكيك الطبقة السطحية للتربة لتفسح المجال لتسرب مياه الأمطار نحو آفاقها المتعددة وتعيق نمو الاعشاب الضارة على سطح التربة.

إن وجود غطاء نباتي مناسب على سطح الأرض الزراعية يحد من عمليات التبخر للماء من سطح التربة بفعل الرياح الجافة وارتفاع درجات الحرارة، وبالمقابل يعمل على زيادة عمليات النتح من الجزء الخضري للغطاء النباتي لكنه لايضاهي حجم الفواقد المائية لسطح التربة. وبالمقابل فإن وجود مصادات الرياح حول الحقل الزراعي يقلل من فواقد التبخر-نتح للتربة والنبات بسبب انخفاض الطلب الطاقي للمناخ المحيط بالأرض الزراعية حيث يقلل من سرعة الرياح الجافة التي تسرع من عمليات التبخر-نتح ويزيد من رطوبة الهواء.

كما أن اتباع دورات زراعية مناسبة في الأرض الزراعية من خلال زراعات متعاقبة لنباتات سطحية وعميقة الجذور يحافظ على خصوبة التربة وبالتالي قدرتها على الاحتفاظ بالماء، وبالمحصلة فإن الفواقد المائية تنخفض لحدودها الدنيا.

إن طرق الري وتصميم ونوع شبكات الري والصرف لها أثر كبير على تخفيض أو زيادة فواقد مياه التربة، مما يتطلب إيلاء الاهتمام الكافي بالاجراءات اللازمة لتحديد الطرق المثلى للاستفادة القصوى من المياه. ويمكن تحديد العوامل المسببة للفواقد المائية في الحقل الزراعي (انخفاض فعالية الري) بالنقاط التالية[٢٠]:

١-حين تكون مياه الري تفوق القدرة التخزينية للتربة تحديداً في منطقة انتشار الجذور النباتية، يضيع جزء كبير من المياه عن طريق الصرف (باستثناء زيادة حجم مياه الري لغسل التربة من الأملاح).

٢-حين يكون تدفق الري عالياً، ونفاذية التربة متدنية يضيع جزء كبير من المياه بالجريان السطحي خاصة في الأراضي المنحدرة.

٣-حين يكون سطح التربة غير مستوي بشكل كامل وباعتماد طريقة الري التقليدي (بالغمر)، تغمر المناطق المنخفضة بالمياه فيذهب معظمها بالصرف ولاتحصل المناطق المرتفعة من الحقل على حاجاتها المائية الكافية.

٤-حين لاتكون الظروف الجوية ملائمة لطريقة الري، كالري بالرذاذ عند ارتفاع درجة الحرارة وشدة الرياح يؤدي لضياع جزء كبير من المياه بالتبخر السريع ويحول دون تسربه نحو أعماق التربة ويضيع جزء آخر منه خارج حدود الحقل الزراعي.

٥-عند استخدام طريقة ري غير ملائمة لنوع التربة، كطريقة الري التقليدي (بالغمر) في الترب الرملية يؤدي لضياع معظم المياه بالارتشاح الباطني في بداية الحقل.

---

[٢٠] أحمد الخضر، علي كنجو، وسوسن هيفا-مصدر سابق ص ٢٨١، ٢٨٢. بتصرف (المؤلف-الربيعي).

صلاحية مياه الري
للتربة والنبات

أولاً-تحليل مياه الري:

توجب اشتراطات العلوم الزراعية إجراء تحليل للمياه قبل استخدامها في الري تلافياً لآثارها السلبية على التربة والنبات، ومن أهم التحاليل الواجب إجراءها: تحديد إجمالي نسب الأملاح بطريقة قياس الناقلية الكهربائية لمياه الري عند درجة حرارة ٢٥ درجة مئوية، وقياس كاتيونات مياه الري (Na^+، P، K^+، Mg^{+2}، Ca^{+2}) بطريقة الفوتوميتر اللهبي أو بطريقة الكواشف (CDTA، EDTA) لقياس (Cu^+، Mg^{+2}، Ca^{+2}، Li^+، Fe^{+2}). كما يتم قياس (HCO_3^-، Co_3^{-2}، F^-) بطريقة المعايرة، وقياس (HCl^-، H_2SO_4) بطريقة كاشف الفينول نتالين والمثيل البرتقالي، وقياس الـ SO_4 بطريقة الترسيب على شكل سلفات الباريوم.

وقياس الـ Cl^- بطريقة المعايرة أو بواسطة نترات الفضة أو مركب نتراتي أو بطريقة الكلورميتر. وقياس الـ NO_3^- بطريقة نفتالين أمين، وقياس الحديد بطريقة حمض الزركونيوم. وأخيراً قياس العناصر النادرة كالبورون بطريقة المعايرة بواسطة مانيتول أو طريقة الكلورميترية، وقياس السيليسيوم بطريقة الملوبدنيوم الأزرق[٢١].

ثانياً-تأثير مياه الري على التربة والنبات:

يختلف تركيز الأملاح في مياه الري تبعاً لاختلاف مصادر ومجاري المياه، فموقع المصدر المائي في الأراضي الصحراوية أو شبه الصحراوية أو السهلية أو الغابية يلعب دوراً كبيراً في تركيز الأملاح الذائبة في المياه، بالإضافة إلى أن جريان المياه عبر الأراضي المختلفة يؤدي لذوبان أملاح الصخور والترب المختلفة مما يؤثر على تركيز الأملاح في المياه. وكذلك الأمر بالنسبة لطبيعة المصدر المائي (سطحي، جوفي، وينابيع) حيث أثبتت الدراسات المخبرية أن نوعية المياه تختلف باختلاف مصادرها فمرور المجاري المائية في الأراضي الصحراوية يؤدي لذوبان أملاح (NaCl، $NaNO_3$، $MgCl_2$، $MgSO_4$) من التربة فيصل تركيزها في مياه الأنهار بين (٢٠-٣٠) غ/ لتر ونحو (٢٠٠-٢٢٠) غ/ لتر في المياه الجوفية، ولنحو (٣٥٠-٤٥٠) غ/ لتر في مياه البحيرات المالحة. في حين أن مرور المياه في المناطق شبه الصحراوية يؤدي لذوبان

---

[٢١] Unesco, FAO ١٩٧٣. Schlich Ting, E.Blume, H.P ١٩٦٦.

اقتباس من علي عيد الله- مصدر سابق ص ٤٤٤-٤٤٦.

أملاح ($MgSO_4$ ،$CaSO_4$ ،Na_2Cl ،NaCl) في مياه الأنهار بتركيز يصل لنحو (١٠-٣٠) غ/ لتر ويتعلق ذلك بالصخر الأم، والظروف المناخية، طبيعة تربة المجرى المائي، والتلوث المائي. وبنحو (١٠٠-١٥٠) غ/ لتر في المياه الجوفية ويتعلق بالصخر الأم للخزانات الجوفية، التغييرات الفيزيائية والبيوكيميائية. وبنحو (٣٠٠-٣٥٠) غ/ لتر في مياه البحيرات المالحة الغنية بأملاح الكلوريد، الصوديوم، المنغنيز، البوتاس، الأيونات، الغازات، والمواد العضوية. ويصل ذوبان أملاح (Na_2SO_4، NaCl، Na_2CO_3) في الأراضي السهلية بنحو (٣-٧) غ/ لتر لمياه الأنهار، وبتركيز (٥٠-١٠٠) غ/ لتر للمياه الجوفية، وبنحو (١٠٠-١٥٠) غ/ لتر لمياه البحيرات المالحة.

وأخيراً يصل ذوبان أملاح (Na_2SO_4، Na_2SO_4، Na_2CO_3) في المناطق الغابية نحو (٠,٥-١) غ/ لتر لمياه الأنهار، ونحو (١-٣) غ/ لتر للمياه الجوفية، ونحو (١٠-١٠٠) غ/ لتر لمياه البحيرات المالحة.

إن أخطار وجود كميات عالية من أملاح الصوديوم في مياه الري يؤدي إلى: هدم بناء التربة فتصبح كتيمة، وعند جفاف التربة تصبح صلبة وقاسية يصعب حراثتها، وتظهر على سطح التربة قشور ملحية بيضاء تعيق نمو البادرات النباتية، وتزايد قيم الحموضة يعيق امتصاص الكالسيوم والمنغيزيوم من قبل النبات، ويقل نشاط الكائنات الحية في التربة، ويكون لها تأثير سام على بعض النباتات الحساسة للصوديوم كالأشجار المثمرة وأشجار الزينة.

تؤشر المعطيات السابقة الذكر إلى وجود علاقة مباشرة بين مياه الري والتربة، وإن استخدام مياه ذات تراكيز عالية بالأملاح للري يؤدي لتدهور خصوبة التربة وفي مراحل متقدمة يؤدي لتملحها. لذلك يتوجب إجراء تحليل لمكونات التربة والمياه لمعرفة درجة خصوبة التربة وصلاحية المياه للري قبل إدخالها حيز استخدام الزراعي للوقوف على الجدوى الاقتصادية للإنتاج الزراعي.

ثالثاً-تصنيف مياه الري تبعاً:

١-لتركيز عناصر البورون والصوديوم الممدص والمبادل: إن وجود نسب عالية من البورون والصوديوم الممدص والمبادل (نتيجة التلوث المائي، أو استخدام مياه الصرف) في الري يرفع من تركيز أملاحها وبالتالي من ناقليتها الكهربائية المؤثرة تأثيراً مباشراً على خصوبة التربة وإنتاجية النبات، فحين يرتفع تركيز العناصر السابقة الذكر في مياه الري تؤدي لإعاقة النبات على امتصاص العناصر الغذائية الضرورية لنموه من آفاق

التربة المتعددة. ولتبيان العلاقة بين درجة تصنيف مياه الري وتركيز الأمـــلاح وناقليتهـــا الكهربائية، نورد الجدول أدناه.

جدول رقم (١٤) يبين تصنيف مياه الري تبعاً لتركيز بعض عناصره وناقليته الكهربائية

درجة التصنيف	البورون (جزء في المليون)	نسبة الصوديوم الممدص (%)	نسبة الصوديوم المتبادل (%)	تركيز الأملاح (جزء في المليون)	الناقلية الكهربائية (ميليموس/ سم)
١	٠,٥-٠	٦-٠	٦٠	٧٠٠-٠	١٠٠٠-٠
٢	٢-٠,٥	١٠-٦	٧٥-٦٠	٢٠٠٠-٧٠٠	٣٠٠٠-١٠٠٠
٣	٢ >	١٠ >	٧٥ >	٢٠٠٠ >	٣٠٠٠ >

المصدر: جميل عباس وعبد الناصر الضرير-مصدر سابق ص ١٣٥. بتصرف (المؤلف-الربيعي).

من الجدول أعلاه يتبين أن هناك ثلاث درجات لتصنيف مياه الري تبعاً لتركيز الأملاح وناقليتها الكهربائية، فدرجة التصنيف الأولى لمياه الري حددت تركيز البورون بين (٠-٠,٥) جزء في المليون، ونحو (٠-٦) في المائة للصوديوم الممدص، ونسبة ٦٠% للصوديوم المتبادل، ونحو (٠-٧٠٠) جزء في المليون لبقية الأملاح بواقع (٠-١٠٠٠) ميليموس/ سم للناقلية الكهربائية.

أما درجة التصنيف الثانية لمياه الري، فحدد تركيز البورون فيها بنحو (٠,٥-٢) جزء في المليون، ونحو (٦-١٠) في المائة للصوديوم الممدص، ونحو (٦٠-٧٥) في المائة للصوديوم المتبادل، وبقية تراكيز الأملاح بنحو (٧٠٠-٢٠٠٠) جزء في المليون بواقع (١٠٠٠-٣٠٠٠) ميليموس/ سم للناقلية الكهربائية.

وأخيراً درجة التصنيف الثالثة لمياه الري حددت تركيز البورون بأكثر من ٢ جزء في المليون، وبأكثر من ١٠% للصوديوم الممدص، وبأكثر من ٧٥% للصوديوم المتبادل، وتركيز الأملاح بأكثر من ٢٠٠٠ جزء في المليون بواقع أكثر من ٣٠٠٠ ميليموس/ سم للناقلية الكهربائية.

نستنتج مما سبق أن تصنيف مياه الري يستند لتركيز الأملاح الذائبة للمياه المحددة للناقلية الكهربائية لمياه الري. وهذا التصنيف يفيد في تحديد مدى صلاحية مياه الري للترب المختلفة، فالناقلية الكهربائية لمياه الري تعد معياراً أساسياً لتحديد صلاحيتها للري في الترب المختلفة ومدى صلاحيتها للنباتات المزروعة. تصل درجة تحمل نباتات (النخيل، الشوندر السكري، والجزر) للبورون لنحو (٢-٤) جزء في المليون حيث تعتبر عالية التحمل، وتقل في نباتات (البطاطا، القطن، الزيتون، والشعير) لتصل لنحو (١-٢) جزء في المليون حيث تعتبر متوسطة التحمل، وفي نباتات (الجوز، التفاح، المشمش، والحمضيات) تصل لنحو (٠,٣-١) جزء في المليون حيث تعتبر حساسة التحمل للبورون.

يتحدد خطر وجود الصوديوم في مياه الري على التربة بأربع حالات[٢٢]:

---

[٢٢] Wilcox in Unesco, FAO ١٩٧٣.

اقتباس من علي عبد الله-مصدر سابق ص ٤٧٢-٤٧٤، ٤٧٦.

أ-حين تكون نسبة الصوديوم منخفضة في مياه الري (المجال S١)، يصلح استخدامها في جميع الترب، مع وجود خطورة طفيفة لتشكل طبقة من أملاح الصوديوم في التربة.

ب-حين تكون نسبة الصوديوم متوسطة في مياه الري (المجال S٢)، يصلح استخدامها في الترب الطينية (الناعمة) والخالية من الجبس وكذلك في الترب الرملية الخشنة والترب العضوية، مع وجود خطورة متوسطة لتشكل طبقة من أملاح الصوديوم في التربة.

ج-حين تكون نسبة الصوديوم عالية في مياه الري (المجال S٣)، يصلح استخدامها في الترب ذات الصرف الجيد وذات معدلات غسل عالية وغنية بالمواد العضوية مع إضافة مواد الجبس للتقليل من خطورة إصابتها بالقلوية.

د-حين تكون نسبة الصوديوم عالية جداً في مياه الري (المجال S٤)، لايصلح استخدامها للري بشكل عام، وفي حالات خاصة يمكن استخدامها في الترب المنخفضة والمتوسطة الملوحة مع إضافة الجبس.

بالإضافة إلى تلك الحالات توجد حالة إضافية حين تكون مياه الري غنية بالبيكربونات تعمل على تشكيل كربونات الصوديوم (المتبقية)، فعندما تكون نسبتها أكبر من ٢,٥% في المياه تكون غير صالحة للري، وإن تراوحت نسبتها بين (١,٢٥-٢,٥) في المائة تكون صلاحيتها للري متوسطة، وتكون صلاحيتها عالية للري عند نسبة أقل من ١,٢٥%.

٢-لحساسية الترب المختلفة لتركيز الأملاح في مياه الري: يختلف تركيز الاملاح في المياه باختلاف مصادرها، وتتحدد درجة صلاحية استخدامها في الري بنوعية التربة التي تختلف بدرجة تحملها لتركيز الأملاح في مياه الري دون أن تتأثر درجة خصوبتها، فالترب العالية النفاذية لها القدرة على تحمل تراكيز عالية من أملاح مياه الري لقدرتها العالية على تصريفها نحو آفاقها المتعددة دون أن تؤثر على إنتاجية النبات. والترب ذات النفاذية الضعيفة تكون حساسة لتراكيز الأملاح العالية في مياه الري لعدم قدرتها على تصريفها نحو أفاقها المتعددة نتيجة كتامة طبقاتها تحت السطحية. ولتبيان الاختلاف بدرجة حساسية الترب المختلفة النفاذية لتركيز أملاح مياه الري، نورد الجدول أدناه.

جدول رقم (١٥) يبين تركيز الأملاح في مياه الري تبعاً لحساسية الترب المختلفة

نوع التربة	درجة الحساسية لتركيز أملاح مياه الري (جزء في المليون)		
	حساسة	متوسطة الحساسية	منخفضة الحساسية
رملية	٢٥٠٠	٦٥٠٠	٨٠٠٠
لومية-رملية	١٦٠٠	٤٠٠٠	٥٠٠٠
لومية	١٠٠٠	٣٠٠٠	٤٠٠٠
طينية لومية	٨٠٠	٢٠٠٠	٢٤٠٠
طينية	٤٠٠	١٠٠٠	١٢٠٠

المصدر: جميل عباس وعبد الناصر الضرير-مصدر سابق ص ١٣٧. بتصرف (المؤلف-الربيعي).

من الجدول اعلاه يتبين أن هناك خمسة أنواع للترب (رملية، لومية-رملية، لومية، طينية-لومية، وطينية) تبعاً لنفاذية وقوام التربة، وبالتالي لقدرتها على الاحتفاظ بالماء وتصريف الأملاح الزائدة عن حاجة النبات إلى آفاقها العميقة. كما يتبين أن هناك ثلاث تصنيفات لدرجة حساسيتها لتركيز أملاح مياه الري (حساسة، متوسطة، ومنخفضة) تبعاً لنوع وتصنيف التربة، ومدى تأثيرها على النبات.

فعند زراعة النباتات في الأراضي المختلفة يتطلب النظر لنوع التربة وتصنيفها ونوع النبات وصنفه ومدى صلاحية مياه الري تبعاً لقيم تركيز أملاح مياه الري. وففي الترب الرملية تتراوح درجة الحساسية بين (٢٥٠٠، ٦٥٠٠، ٨٠٠٠) جزء في المليون على التوالي، وتختلف درجة الحساسية في الترب اللومية-الرملية تبعاً لاختلاف القيم الثلاث لتركيز أملاح مياه الري بنحو (١٦٠٠، ٤٠٠٠، ٥٠٠٠) جزء في المليون على التوالي نظراً لاختلاف درجة نفاذية التربة.

وتنخفض القيم الثلاث لتركيز أملاح مياه الري في الترب اللومية لتصل لنحو (١٠٠٠، ٣٠٠٠، ٤٠٠٠) جزء في المليون على التوالي. وفي الترب الطينية-اللومية ذات النفوذية المتدنية، تنخفض القيم الثلاث لتركيز أملاح مياه الري لتصل لنحو (٨٠٠، ٢٠٠٠، ٢٤٠٠) جزء في المليون على التوالي. وبتدني النفاذية للترب الطينية تزداد حساسية التربة للتراكيز العالية لأملاح مياه الري بنحو (٤٠٠، ١٠٠٠، ١٢٠٠) جزء في المليون على التوالي.

نستنتج مما سبق أن هناك علاقة بين نوع التربة ومستويات تصنيفها، وتركيز الأملاح في مياه الري تبعاً لمستويات القيم الثلاث (حساسة، متوسطة الحساسية، ومنخفضة الحساسية).

ففي الترب ذات النفاذية العالية يمكن استخدام مياه الري ذات التراكيز العالية من الأملاح دون الخشية من تعرض التربة للتدهور والإضرار بالنباتات المزروعة لارتفاع خاصية التربة على تصريف الأملاح الزائدة.

وتنخفض تلك الخاصية بإنخفاض درجة نفاذية الترب المختلفة التي تحدد نوع الزراعة وصنف النبات، وبالتالي صلاحية المياه للري لتلافي تدهور الترب وانخفاض انتاجية النبات.

٣-للناقلية الكهربائية وتركيز الأملاح لمياه الري: إن إحدى المعايير المعتمدة لتصنيف مياه الري قياس درجة ناقليتها الكهربائية عند درجة حرارة ٢٥ درجة مئوية لتحديد تركيز الأملاح المحددة لتصنيف درجة ملوحة مياه الري، وبالتالي مدى صلاحية استخدامها في الترب المختلفة والزراعات المتنوعة تبعاً للمعايير السابقة الذكر عن درجة تحمل الترب لتراكيز الأملاح المختلفة من جهة، ومن جهة أخرى على درجة تحمل النباتات لتراكيز أملاح مياه الري دون أن تؤثر في خصوبة التربة وإنتاجية النبات. ولبيان العلاقة بين الناقلية الكهربائية لمياه الري والمحددة لتركيز الأملاح لتحديد درجة ملوحة مياه الري، نورد الجدول أدناه.

جدول رقم (١٦) يبين تصنيف مياه الري تبعاً للناقلية الكهربائية المحددة لتركيز الأملاح

تصنيف مياه الري تبعاً لتركيز الأملاح	الناقلية الكهربائية (عند درجة حرارة ٢٥ مo)	تركيز الأملاح (غ/لتر)
منخفض	٢٥٠-٠	<٠,٢
عادي	٧٥٠-٢٥٠	٠,٢
متوسط	٢٢٥٠-٧٥٠	٠,٥-٠,٢
عالي	٤٠٠٠-٢٢٥٠	١,٥-٠,٥
شديد	٦٠٠٠-٤٠٠٠	٣-١,٥
شديد جداً	٦٠٠٠ <	٣ <

Source: Unesco, FAO ١٩٧٣.

اقتباس من علي عبد الله مصدر سابق ص ٤٦٦. بتصرف (المؤلف-الربيعي).

من الجدول أعلاه يتبين أن التصنيف المعتمد لمياه الري تبعاً لتركيز الأملاح (منخفض، عادي، متوسط، عالي، شديد، وشديد جداً) على التوالي يعود لدرجة ناقليتها الكهربائية عند درجة حرارة ٢٥ درجة مئوية على نحو [(٠-٢٥٠)، (٢٥٠-٧٥٠)، (٧٥٠-٢٢٥٠)، (٢٢٥٠-٤٠٠٠)، <٦٠٠٠] ميليموس/ سم على التوالي يحدد تركيز الاملاح في مياه الري على نحو [< ٠,٢، ٠,٢-٠,٥)، (٠,٥-١,٥)، (١,٥-٣)، < ٣] غ/ لتر على التوالي.

نستنتج مما سبق أنه كلما زادت درجة الناقلية الكهربائية لمياه الري، كلما زاد تركيز الأملاح في مياه الري المحدد لتصنيف مياه الري. وعلى الضد من ذلك فإن انخفاض درجة الناقلية الكهربائية لمياه الري يعد مؤشراً على انخفاض تركيز الأملاح في مياه الري والمحدد أيضاً لتصنيف مياه الري.

رابعاً-العوامل المحددة لصلاحية المياه للري:

تختلف نوعية المياه في المصادر المائية باختلاف مكونات صخور خزاناتها ومجاريها المائية وقابلية أملاحها للذوبان في الماء وبالتالي صلاحية المياه للري. وتختلف باختلاف نوع التربة والنبات، فلا يجوز استخدام المياه للري دون إجراء عدد من الاختبارات الخاصة بالتربة لتحديد نوعيتها وخصائصها (قوامها، مساميتها، نفاذيتها، درجة خصوبتها،

درجة ملوحتها أو قلويتها، عمق الطبقة السطحية، عمق الطبقة الكتيمة، وقدرتها على تصريف المياه...) وبالتالي تحديد نوع الزراعات المناسبة لها ليصار لمعرفة درجة صلاحية المياه للترب (مواصفاتها الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية) بالإضافة إلى نسبة أملاحها الذائبة ومدى تأثيرها على خصوبة التربة ومراحل نمو النبات. وإن قياس ملوحة مياه الري تتطلب معرفة: نسبة الصوديوم إلى إجمالي كاتيونات ماء الري، ونسبة الصوديوم الممدص، درجة الناقلية الكهربائية، ونسبة الأملاح في مياه الري. ومن أهم العوامل المحددة لصلاحية المياه للري هي[٢٣]:

١-**الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة:** الترب الخفيفة تكون عادة جيدة البناء، أقل تعرضاً للأخطار المختلفة لمياه الري مقارنة بالترب الثقيلة سيئة البناء وذلك بسبب:

أ-كمية المياه التي تحتفظ بها الترب الخفيفة عند السعة الحقلية أقل من كمية المياه التي تحتفظ بها الترب الثقيلة، وعملية الصرف في الأولى أفضل من الثانية مما يتسبب في تملح الترب الثقيلة دون الخفيفة عند استخدام نفس مياه الري.

ب-نسبة المسامية الشعرية في الترب الخفيفة أقل من نسبها في الترب الثقيلة، وبالتالي فإن معدل الصعود الشعري لمحلول التربة نحو سطح التربة وما يترافق معه من تراكم الأملاح في آفاقها يكون أقل أيضاً.

ج-السعة التبادلية الكاتيونية للترب الخفيفة أقل من مثيلاتها في الترب الثقيلة وبالتالي فإن معقدات ادمصاصها لاتحتفظ إلا بكميات قليلة من شوارد الأملاح، ويمكن أن تفقدها بسهولة لذلك تكون الترب الثقيلة أكثر عرضة للتملح من الترب الخفيفة.

٢-**نوع النبات ومراحل نموه:** هناك تباين في درجة التحمل للملوحة والقلوية ولآثار العناصر النادرة والسامة في مياه الري بالنسبة للنباتات ومراحل نموها، فمرحلة نمو البادرات والإزهار تعتبر من أكثر المراحل حساسية للملوحة في حياة النبات.

"إن نسبة الكاتيونات الأحادية على الكاتيونات الثنائية تتأثر بنوع وتركيز الملح، وكذلك بمراحل نمو النبات المختلفة، ففي مرحلة نمو البادرات لنبات القطن تزداد نسب الصوديوم والبوتاسيوم على نسب المنغنيزيوم والكالسيوم كلما زادت درجة الملوحة، وتتعرض هذه النسبة للتذبذب في مرحلة النمو الخضري (تتناقص في وسط ترابي متوسط الملوحة قياساً بوسط ترابي خفيف الملوحة وتزداد في وسط ترابي شديد الملوحة). وتعود هذه النسبة إلى التزايد في مرحلة النمو الثمري لنبات القطن بإطراد كلما زادت درجة الملوحة. كما يزداد إدمصاص النبات للكاتيونات في شروط النمو غير الملحية بتزايد قيم الـ PH، وبوجود

---

[٢٣] المعطيات مصدرها الأساس من Unesco, FAO ١٩٧٣ واعتمدها أحمد الخضر، علي كنجو، وسوسن هيفا-مصدر سابق ص ٤٧-٥٠ دون ذكر المصدر. بتصرف (المؤلف-الربيعي).

٣-الناقلية الكهربائية وتركيز الأملاح لمياه الري: إن إحدى المعايير المعتمدة لتصنيف مياه الري قياس درجة ناقليتها الكهربائية عند درجة حرارة ٢٥ درجة مئوية لتحديد تركيز الأملاح المحددة لتصنيف درجة ملوحة مياه الري، وبالتالي مدى صلاحية استخدامها في الترب المختلفة والزراعات المتنوعة تبعاً للمعايير السابقة الذكر عن درجة تحمل الترب لتراكيز الأملاح المختلفة من جهة، ومن جهة أخرى على درجة تحمل النباتات لتراكيز أملاح مياه الري دون أن تؤثر في خصوبة التربة وإنتاجية النبات. ولبيان العلاقة بين الناقلية الكهربائية لمياه الري والمحددة لتركيز الأملاح لتحديد درجة ملوحة مياه الري، نورد الجدول أدناه.

جدول رقم (١٦) يبين تصنيف مياه الري تبعاً للناقلية الكهربائية المحددة لتركيز الأملاح

تصنيف مياه الري تبعاً لتركيز الأملاح	الناقلية الكهربائية (عند درجة حرارة ٢٥ م°)	تركيز الأملاح (غ/لتر)
منخفض	٢٥٠-٠	<٠,٢
عادي	٧٥٠-٢٥٠	٠,٢
متوسط	٢٢٥٠-٧٥٠	٠,٥-٠,٢
عالي	٤٠٠٠-٢٢٥٠	١,٥-٠,٥
شديد	٦٠٠٠-٤٠٠٠	٣-١,٥
شديد جداً	>٦٠٠٠	>٣

Source: Unesco, FAO ١٩٧٣.

اقتباس من علي عبد الله-مصدر سابق ص ٤٦٦. بتصرف (المؤلف-الربيعي).

من الجدول أعلاه يتبين أن التصنيف المعتمد لمياه الري تبعاً لتركيز الأملاح (منخفض، عادي، متوسط، عالي، شديد، وشديد جداً) على التوالي يعود لدرجة ناقليتها الكهربائية عند درجة حرارة ٢٥ درجة مئوية على نحو [(٠-٢٥٠)، (٢٥٠-٧٥٠)، (٧٥٠-٢٢٥٠)، (٢٢٥٠-٤٠٠٠)، >٦٠٠٠] ميليموس/ سم على التوالي يحدد تركيز الاملاح في مياه الري على نحو [< ٠,٢، ٠,٢، (٠,٢-٠,٥)، (٠,٥-١,٥)، (١,٥-٣)، < ٣] غ/ لتر على التوالي.

نستنتج مما سبق أنه كلما زادت درجة الناقلية الكهربائية لمياه الري، كلما زاد تركيز الأملاح في مياه الري المحدد لتصنيف مياه الري. وعلى الضد من ذلك فإن انخفاض درجة الناقلية الكهربائية لمياه الري يعد مؤشراً على انخفاض تركيز الأملاح في مياه الري والمحدد أيضاً لتصنيف مياه الري.

رابعاً-العوامل المحددة لصلاحية المياه للري:

تختلف نوعية المياه في المصادر المائية باختلاف مكونات صخور خزاناتها ومجاريها المائية وقابلية أملاحها للذوبان في الماء وبالتالي صلاحية المياه للري. وتختلف باختلاف نوع التربة والنبات، فلا يجوز استخدام المياه للري دون إجراء عدد من الاختبارات الخاصة بالتربة لتحديد نوعيتها وخصائصها (قوامها، مساميتها، نفاذيتها، درجة خصوبتها،

درجة ملوحتها أو قلويتها، عمق الطبقة السطحية، عمق الطبقة الكتيمة، وقدرتها على تصريف المياه...) وبالتالي تحديد نوع الزراعات المناسبة لها ليصار لمعرفة درجة صلاحية المياه للترب (مواصفاتها الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية) بالإضافة إلى نسبة أملاحها الذائبة ومدى تأثيرها على خصوبة التربة ومراحل نمو النبات. وإن قياس ملوحة مياه الري تتطلب معرفة: نسبة الصوديوم إلى إجمالي كاتيونات ماء الري، ونسبة الصوديوم الممدص، درجة الناقلية الكهربائية، ونسبة الأملاح في مياه الري. ومن أهم العوامل المحددة لصلاحية المياه للري هي[٢٣]:

١-**الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة:** الترب الخفيفة تكون عادة جيدة البناء، أقل تعرضاً للأخطار المختلفة لمياه الري مقارنة بالترب الثقيلة سيئة البناء وذلك بسبب:

أ-كمية المياه التي تحتفظ بها الترب الخفيفة عند السعة الحقلية أقل من كمية المياه التي تحتفظ بها الترب الثقيلة، وعملية الصرف في الأولى أفضل من الثانية مما يتسبب في تملح الترب الثقيلة دون الخفيفة عند استخدام نفس مياه الري.

ب-نسبة المسامية الشعرية في الترب الخفيفة أقل من نسبها في الترب الثقيلة، وبالتالي فإن معدل الصعود الشعري لمحلول التربة نحو سطح التربة وما يترافق معه من تراكم الأملاح في آفاقها يكون أقل أيضاً.

ج-السعة التبادلية الكاتيونية للترب الخفيفة أقل من مثيلاتها في الترب الثقيلة وبالتالي فإن معقدات ادمصاصها لاتحتفظ إلا بكميات قليلة من شوارد الأملاح، ويمكن أن تفقدها بسهولة لذلك تكون الترب الثقيلة أكثر عرضة للتملح من الترب الخفيفة.

٢-**نوع النبات ومراحل نموه:** هناك تباين في درجة التحمل للملوحة والقلوية ولآثار العناصر النادرة والسامة في مياه الري بالنسبة للنباتات ومراحل نموها، فمرحلة نمو البادرات والإزهار تعتبر من أكثر المراحل حساسية للملوحة في حياة النبات.

"إن نسبة الكاتيونات الأحادية على الكاتيونات الثنائية تتأثر بنوع وتركيز الملح، وكذلك بمراحل نمو النبات المختلفة، ففي مرحلة نمو البادرات لنبات القطن تزداد نسب الصوديوم والبوتاسيوم على نسب المنغنيزيوم والكالسيوم كلما زادت درجة الملوحة، وتتعرض هذه النسبة للتذبذب في مرحلة النمو الخضري (تتناقص في وسط ترابي متوسط الملوحة قياساً بوسط ترابي خفيف الملوحة وتزداد في وسط ترابي شديد الملوحة). وتعود هذه النسبة إلى التزايد في مرحلة النمو الثمري لنبات القطن بإطراد كلما زادت درجة الملوحة. كما يزداد إدمصاص النبات للكاتيونات في شروط النمو غير الملحية بتزايد قيم الـ PH، وبوجود

---

[٢٣] المعطيات مصدرها الأساس من Unesco, FAO ١٩٧٣ واعتمدها أحمد الخضر، علي كنجو، وسوسن هيفا-مصدر سابق ص ٤٧-٥٠ دون ذكر المصدر. بتصرف (المؤلف-الربيعي).

نسب معينة من أملاح الكلوريدات يتيح للنبات إمصاص الكلور، في حين تـزداد قـدرة النبات على امتصاص أملاح الكلور والكبريت قياساً بامتصاص الأمونيا وعلـى حـساب النترات وأخيراً فإن نسبة الآزوت تتناقص في نبات القطن كلما زادت ملوحة التربة"[٢٤].

تختلف حساسية النباتات لمياه الري، باختلاف نوع وصنف النبـات، فهنـاك نباتـات تتحمل تراكيز عالية من أملاح التربة والمياه، ونباتات قـدرتها علـى تحمـل الملوحـة متوسطة، ونباتات أخرى قدرتها على تحمل الملوحة ضعيفة تبعاً لقابليتها على أمتـصاص وتخزين الأملاح في أنسجتها، أو طرحها عبر النتح.

فنباتات (النخيل، الشعير، الشوندر السكري، القطن، والسبانخ) لها القدرة على تحمل نسب وزنية عالية من أملاح التربة والمياه تقدر بنحو (٥,٠-١,٠) فـي المائـة وبناقليـة كهربائية تصل لنحو (١٠-١٦) ميليموس/ سم. ونباتات (الرمان، التين، الزيتون، البطاطا، البصل، الخيار، القمح، البندورة، الشوفان، الفصة، الأرز، الذرة الصفراء، والعنب) درجة تحملها لملوحة التربة والمياه متوسطة وتقدر بنحو (٠,٢-٠,٥) في المائة وبناقلية كهربائية تصل لنحو (٤-١٠) ميليموس/ سم.

في حين أن نباتات (الكمثرى، التفاح، البرتقال، الكريفون، الخوخ، الـدراق، اللـوز، المشمش، البازلاء، الفاصوليا، وقصب السكر) تتراوح درجة تحملها لملوحة التربة والمياه من الضعيفة إلى الحساسة جداً وتقدر بنحو ٠,٢% وبناقلية كهربائية تتراوح بـين (٢-٤) ميليموس/ سم مما يؤثر على انتاجية النبات وبالتالي على جدواه الاقتصادية.

"إن التغييرات الفيزولوجية والتشريحية المحدثة في أنسجة النبـات لاتتـأثر بإجمـالي أملاح التربة وإنما بتأثير نسب كل ملح منها على المراحل المتعددة لنمو النبات، فالزيـادة بنسبة أملاح الكلوريدات يؤثر سلباً على مرحلة الإنبات وتخفض من عدد الخلايا النباتيـة المشكلة، وتؤثر أملاح السلفات في نمو الخلايا النباتية أكثر من تأثيرها في تشكل الخلايـا نفسها. كما يؤثر التباين النوعي للملح في بنية جذوع وبناء الأوعية المائية فـي أنـسجة النبات"[٢٥].

"تتكيف النباتات النامية في شروط ملحية مع وسطها الملحـي مـن خـلال تخفـيض التحولات الفيزولوجية في أنسجتها (كما هو الحال عند انخفـاض درجـات الحـرارة أو موجات الجفاف) حيث توجد علاقة بين الأيونات الحرة الممدصة والأيونات الحـرة فـي

---

[٢٤] Unesco, FAO ١٩٧٣. Wallace,A.Romney,E.M...est ١٩٧٤.

اقتباس من علي عبد الله-مصدر سابق ص ٥٥٥-٥٥٧. بتصرف (المؤلف-الربيعي).

[٢٥] Unesco, AFO ١٩٧٣.

اقتباس من علي عبد الله-مصدر سابق ص ٥٥٤، ٥٥٥.

النباتات النامية في شروط ملحية، فعند امتصاص جذور النباتات للكلوريد تزداد الأيونات الحرة والتي ستؤثر بدروها على النبات. كما أنها قادرة على تعديل وظائفها الأساس لتكيف مع الشروط الملحية المستجدة بشكل سريع عن طريق هدرتة البلاسما النباتية بواسطة التأثير النوعي للأيونات الملحية، وتسلك النباتات سلوكاً دفاعية ضد الأملاح العالية من خلال ربط الشوارد الملحية بالأحماض العضوية داخل أنسجتها"[٢٦].

لايتعلق التأثير السمي للأملاح على النباتات بنوعية الأملاح ذاتها وإنما بما تشكله من مركبات عضوية سامة داخل أنسجتها، فعلى سبيل المثال التحولات الفيزولوجية للأزوت والنشويات داخل أنسجة النبات (في وسط ملحي لنمو النبات) ينتج أحماض أمينية وأميدية لها تأثيرات سمية مباشرة على النبات تفوق التأثير السمي غير المباشر لكلوريد الصوديوم.

٣-طبيعة المناخ السائد وتغيرات عوامله: إن الطلب الطاقي المناخي المرتفع والمترافق مع هطولات قليلة الكمية والتكرارية، تُوجب الحذر من استخدام مياه الري ذات تراكيز ملحية متوسطة. فشدة التبخر من سطح التربة تؤدي لتخلف الأملاح في آفاق التربة وبسبب قلة الأمطار لاتتاح الفرصة لغسلها، وبالعكس في المناطق ذات الطلب الطاقي المناخي المنخفض والأمطار الغزيرة ذات فترات الانحباس القصيرة تكون معدلات التبخر من سطح التربة منخفضة وبالتالي فإن تراكم الأملاح ضئيل في آفاقها المتعددة وفرصة انغسالها بمياه الأمطار عالية.

إن نباتات (الشعير، الشوندر السكري، القطن، القمح، الشوفان، والفاصوليا) المزروعة في منطقتين مناخيتين مختلفتين كالولايات المتحدة الأمريكية وشمالي أفريقيا، تعتبر نباتات متباينة في تحملها للملوحة لكنها تتأثر بالعوامل المناخية (ارتفاع درجات الحرارة، سرعة التبخر، ومعدل الأمطار) للمنطقة التي تزيد أو تخفض من درجة تحملها للملوحة. ففي الولايات المتحدة الأمريكية تبلغ الناقلية الكهربائية لمياه الري التي تتحملها النباتات أعلاه (١٨، ١٦، ١٦، ١٤، ١٢، ٣,٠) ميليموس/ سم على التوالي، وفي شمالي أفريقيا تصل لنحو (١٧، -، ١٢، ١٤، ١٢، ٤,٠) ميليموس/ سم على التوالي.

فعند المقارنة بين العامل المناخي في الولايات المتحدة الأمريكية، وشمالي أفريقيا نجد هناك تفاوتاً ملموساً بتحمل النباتات السابقة الذكر لملوحة مياه الري، حيث أن الفارق بين نباتات الشعير والفاصوليا في كلا المنطقتين يصل لنحو درجة واحدة على التوالي، وفي

---

[٢٦] Arnold, Protsenke. Shakhov, Bernestein in Unesco, AFO ١٩٧٣.

اقتباس من علي عبد الله-مصدر سابق ص ٥٥٣.

نبات القطن يرتفع الفارق ليصل لنحو ٤ درجات على التوالي لكن تتساوى درجة التحمل لملوحة مياه الري في نباتات القمح والشوفان في كلا المنطقتين.

٤-**طريقة الري والصرف الحقلي:** إن نوعية المياه قد تكون صالحة للري عند استخدامها بطريقة ري معينة، وغير صالحة بطريقة ري أخرى تبعاً لنوع التربة والنبات في ظل نفس الظروف المناخية. فمياه الري العكرة أو التي تحتوي على نسبة عالية من البيكربونات مثلاً لاتصلح للري بطريقة الرش والتنقيط لأنها تعمل على انسداد المصافي والمرشات والمنقطات وتشكل طبقة كلسية على الأوراق فتعرقل عملية التبادل الغازي (الأوكسجين، وثاني أوكسيد الكربون) بين النبات والوسط البيئي المحيط خاصة اذا كانت النباتات حساسة للأملاح. في حين أنها تصلح بطريقة الري السطحي (بوجود شبكة صرف جيدة).

٥-**نوعية مياه الري:** تتحدد بمواصفاتها الفيزيائية والكيميائية والصحية تبعاً للمعايير الدولية المعتمدة. وبالرغم من أن صلاحية مياه الري تتحدد بكمية الأملاح الذائبة في الماء وتأثيرها على تدهور التربة وقابلية النبات على تحمل الملوحة، فإنه يمكن استخدام المياه المالحة في بعض أنواع الترب كالترب الخفيفة ذات النفانية العالية والتي تسمح بصرف الأملاح إلى آفاقها العميقة.

فعلى سبيل المثال حين يكون قوام التربة (طين وسيليت، رمل ناعم، رمل متوسط، رمل خشن،، حصى، رمل حصى، صخور متماسكة، حجر رملي، وصخور كلسية) على التوالي فإن مساميتها تتراوح بين [(٥٠-٦٠)، (٤٠-٥٠)، (٣٥-٤٠)، (٢٥-٣٥)، (٢٠-٣٠)، (١٠-٣٠)،< ١، (٥-٣٠)، (١٠-٢٠)] في المائة على التوالي وتصل سرعة نفاذ الماء فيها لنحو [(٠,٠١-٠,٢)، (١-٥)، (٥-٢٠)، (٧٠-١٠٠)، (١٠٠-١٠٠٠)، (٥-١٠٠)، (٥-١٠٠)، ٠,٠٠٠٠٥،، (٠,٠٠١-١)، (٠,٠١-١)] م/ يوم على التوالي.

بالإضافة إلى ذلك يتوجب اختيار أصناف زراعية مستنبطة ذات قابلية عالية على تحمل ملوحة المياه، ولكن في الوقت ذاته يتوجب اتخاذ جملة من التدابير الاحترازية عند الري بالمياه المالحة لتلافي تدهور التربة منها[٢٧]:

١-أن تكون التربة خفيفة القوام، عالية النفانية، أو بوجود شبكة صرف فعالة تحد من تراكم الأملاح في التربة.

---

[٢٧] أحمد الخضر،علي كنجو،وسوسن هيفا-مصدر سابق ص ٦٣، ٦٤. بتصرف (المؤلف-الربيعي).

٢-أن تكون التربة خالية من الأملاح، ومستوى الماء الأرضي منخفضاً (بعمق لايقل ١,٥ م عن سطح التربة) لتلافي نشاط الخاصية الشعرية وتأثيراتها السلبية على منطقة الجذور النباتية.

٣-أن يكون الطلب الطاقي للغلاف الجوي منخفضاً (قدر الامكان) للحد من تراكم الأملاح على سطح التربة ومنطقة الجذور بفعل تبخر الماء من سطح التربة وبالتالي نشاط الخاصية الشعرية.

٤-أن تكون كميات مياه الري كافية أيضاً لغسل الأملاح من منطقة الجذور، لتأمين وسط مناسب لنمو النباتات.

٥-أن يكون اختيار النباتات متوائماً مع ملوحة مياه الري.

٦-أن تختصر الفترة الزمنية بين الريات لإتاحة الفرصة لإنحلال الأملاح المتراكمة وغسلها خارج منطقة الجذور.

٧-أن يتم إعداد التربة بطريقة مناسبة لظروف استخدام مياه الري المالحة، كغسل التربة من الأملاح قبل إدخالها حيز الاستخدام الزراعي، وتجنب زراعة البذور في مواقع ظهور الأملاح الراشحة على خط الزراعة (تزرع البذور في أعلى الثلث السفلي أو بداية الثلث المتوسط من خطوط الزراعة، لأن الأملاح الراشحة تظهر في الثلث العلوي من خط الزراعة).

٨-تحسين الخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة، بإضافة الأسمدة العضوية والمعدنية لتحسين مواصفاتها الفيزيائية، وإضافة مادة الجبس للترب الغنية بالأملاح الكربونية لتعديل قيم الحموضة لتحسين خواصها الكيميائية.

التأثيرات السلبية
للتملح على التربة والنبات

أخذت ظاهرة تملح الترب في العالم حيزاً كبيراً من ابحاث علوم التربة المختلفة، وأصبحت تهدد المساحات الزراعية خاصة المروية منها حيث خرجت مساحات كبيرة من الأراضي من حيز الإستخدام الزراعي. ووصلت نسبة الترب المالحة في العالم لنحو (١٥-١٧) في المائة من إجمالي المساحات المزورعة، نصفها من الأراضي المروية بالرغم من الاحتياطات المتخذة ومن تطور الأساليب الزراعية للحد من ظاهرة تملح الأراضي في العالم. تعد كلفة استصلاح الأراضي المالحة، كلفة عالية ليس بمقدور موازنات الدول الفقيرة تغطيتها. فهذه الظاهرة تبرز بشكل كبير في المناطق الجافة وشبه الجافة من العالم والتي تعاني من ضعف في مجال الخبرات الحديثة للعلوم الزراعية للحد من ظاهرة تدهور الأراضي الزراعية. ويمكن تصنيف الترب المتأثرة بالأملاح إلى: ترب مالحة، ترب قلوية، وترب مالحة-قلوية، وتتلخص آلية تراكم الأملاح في التربة وتأثيرها على النباتات بـ[٢٨]:

١-التمعدن الحرج للماء الأرضي: يحصل نتيجة صعود الماء الأرضي بالخاصية الشعرية إلى سطح الأرض، وبوجود عامل التبخر تتراكم الأملاح على سطح التربة. إن الحد التحسسي للماء الأرضي الغني بالسلفات والكلوريدات يتراوح بين (٢-٣) غ/ لتر، ولكربونات الصوديوم بين (٠,٧-١,٠) غ/ لتر. فعند تجاوزها تصاب بالتربة بالتملح أو القلوية وتنخفض خصوبتها مما يتطلب خفض منسوب الماء الأرضي في التربة.

٢-العمق الحرج لمستوى الماء الممعدن: يتم عند زيادة الإملاح في الماء الأرضي ليزداد العمق الحرج لتوضعه. فعند زيادة تركيز الأملاح في الماء الأرضي لنحو (١٠-١٥) غ/ لتر في المناطق القاحلة يؤدي لزيادة العمق الحرج ليصل لنحو (٢-٢,٥) م.

---

[٢٨] Unesco, FAO ١٩٧٣.

اقتباس من علي عبد الله-مصدر سابق ص ٥٢٤-٥٢٧. ونفس المعطيات موجودة عند فلاح أبو نقطة-مصدر سابق ص ١٦-١٩، ٥٤، ٥٥، ٨٣، ٢٥٧، ٤٢٩ دون ذكر مصدرها الأساس. بتصرف (المؤلف-الربيعي).

وفي الأراضي التي تعاني من سوء الصرف يصل حجم الأملاح في الماء الأرضي لنحو (١-٢) غ/ لتر ليزداد العمق الحرج لتراكم الأملاح في التربة لنحو (١-١,٥) م والمرتبط أساساً بشدة التبخر.

٣-السمية الفيزولوجية للأملاح على التربة والنبات: إن تراكم الأملاح في التربة يؤدي إلى أضرار بالغة بالمزروعات حيث تتغير معدلات الحموضة في التربة مما يتسبب في تراكم متفاوت لعناصر الأملاح في آفاقها وتغيير شواردها القابلة للذوبان في الماء لتصبح شوارد غير قالبة للذوبان في الماء يصعب على النبات امتصاصها.

فمثلاً حين تتراوح قيم الـ PH= ٧,٧-٩ تصل نسبة البيكربونات في التربة لنحو ٠,٠٨%، وعند ارتفاع قيم الـ PH= ٩,٥-١٠ تصل نسبة البيكربونات في التربة لنحو (٠,١-٠,٢) في المائة فتؤدي لموت النباتات المزروعة. إن تفاوت قيم PH التربة من [٥، (٥,١-٥,٥)، (٥,٦-٦,٠)، (٦,١-٦,٥)] على التوالي يعد معياراً لتصنيف الترب الحامضية إلى (شديدة جداً، شديدة، متوسطة، وخفيفة) على التوالي. وعند ارتفاع قيم الـ PH لنحو [(٧,٤-٧,٨)، (٧,٩-٨,٤)، (٨,٥-٩,٠)، <٩,١] على التوالي يصبح تصنيف الترب القلوية (خفيفة، متوسطة، شديدة، وشديدة جداً) على التوالي.

٤-التركيز المثالي للأملاح في محاليل التربة: يقدر الحجم المثالي لأملاح الترب المروية بين (٣-٥) غ/ لتر وعند زيادته لنحو (٥-٦) غ/ لتر تظهر آثاره السلبية على بعض النباتات، وتكون أضراره شديدة حين يصل تركيز الأملاح لنحو (١٠-١٢) غ/ لتر، وبزيادة تركيز الأملاح لنحو (٢٠-٢٥) غ/ لتر تؤدي لموت النباتات.

٥-التأثير السمي للصوديوم الممدص على التربة والنبات: حين يزداد تركيز الصوديوم الممدص في التربة تصبح قلوية، وتصنف الترب القلوية تبعاً لنسبة الصوديوم الممدص فعند نسب [<٣، (٣-١٠)، (١٠-١٥)، (١٥-٢٠)، <٢٠] في المائة على التوالي تصنف الترب إلى (غير قلوية، خفيفة، معتدلة، شديدة، وشديدة جداً) على التوالي. ويبرز التأثير الضار للصوديوم الممدص في الترب المروية على النبات عند تركيز (١٠-١٥) في المائة، ويكون تأثيره مميتاً للنباتات عند تركيز (٢٠-٣٥) في المائة. ولتبيان العلاقة بين تراكم الأملاح المختلفة ونسبها وتصنيف الترب المالحة، نورد الجدول أدناه.

جدول رقم (١٧) يبين تصنيف الترب تبعاً لتركيز عناصر الأملاح

درجة الملوحة	نوعية الملوحة تبعا للأيونات (%)						
	كلورية	كلورية سلفاتية	سلفاتية كلورية	سلفاتية صودية	صودية كلورية	صودية سلفاتية	سلفاتية
غير مالحة	<٠,٠٥	<٠,١	<٠,٢	-	<٠,٠١	<٠,١٥	<٠,٣
قلية الملوحة	٠,٠٥-٠,١٥	٠,١٠-٠,٢	٠,٢-٠,٤	-	٠,٠١-٠,٢	٠,١٥-٠,٢٥	٠,٣-٠,٦
متوسطة الملوحة	٠,١٥-٠,٣٠	٠,٢-٠,٤	٠,٤-٠,٦	٠,٢٥-٠,٤	٠,٢-٠,٣	٠,٢٥-٠,٤٠	٠,٦٠-١,٠٠
شديدة الملوحة	٠,٣-٠,٧	٠,٤-٠,٨	٠,٦-٠,٩	٠,٤-٠,٦	٠,٣-٠,٥	٠,٤-٠,٦	١٠٠
شديدة الملوحة جداً	<٠,٧	<٠,٨	<٠,٩	<٠,٦	<٠,٥	<٠,٦	<٢

Source: Bazilevich ١٩٨٦.

اقتباس من فلاح أبو نقطة ((استصلاح الأراضي-٢)) مصدر سابق ص ٥٥. بتصرف (المؤلف-الربيعي).

من الجدول أعلاه يتبين أن لنوعية الأملاح ونسبها تأثير كبير على تحديد صنف التربة المالحة، فوجود أملاح [كلورية، (كلورية-سلفاتية)، (سلفاتية-كلورية)، (سلفاتية-صودية)، (صودية-كلورية)، (صودية-سلفاتية)، سلفاتية] على التوالي وبنسب أقل من (٠,٠٥، ٠,١، ٠,٢، -، ٠,٠١، ٠,١٥، ٠,٣) في المائة على التوالي ليس لها تأثير سلبي على التربة. في حين عند زيادة الأملاح لنحو [(٠,٠٥-٠,١٥)، (٠,١٠-٠,٢)، (٠,٢-٠,٤)، (-)، (٠,١-٠,٢)، (٠,١٥-٠,٢٥)، (٠,٣-٠,٦)] في المائة على التوالي تسبب ملوحة قليلة للتربة.

وعند زيادة نسب الأملاح لنحو [(٠,١٥-٠,٣٠)، (٠,٢-٠,٤)، (٠,٤-٠,٦)، (٠,٢٥-٠,٤)، (٠,٢-٠,٣)، (٠,٢٥-٠,٤)، (٠,٦٠-١,٠٠)] في المائة على التوالي تصبح ملوحة التربة متوسطة.

وبزيادة تركيز الأملاح لنحو [(٠,٣-٠,٧)، (٠,٤-٠,٨)، (٠,٦-٠,٩)، (٠,٤-٠,٦)، (٠,٣-٠,٥)، (٠,٤-٠,٦)، (١-٢)] في المائة على التوالي تصبح التربة شديدة الملوحة. وأخيراً عند زيادة تركيز الأملاح أكثر من (٠,٧، ٠,٨، ٠,٩، ٠,٦، ٠,٥، ٠,٦، ٢) في المائة على التوالي تصبح التربة ذات ملوحة شديدة جداً.

نستنتج مما سبق أن أختلاف الأملاح ونسبها في التربة يستخدم كمعيار لتصنيف الترب المالحة لخمسة أصناف (غير مالحة، قليلة الملوحة، متوسطة الملوحة، شديدة الملوحة، وشديدة الملوحة جداً).

٦-التأثيرات السلبية لزيادة تركيز الأملاح في التربة على النبات: أولاً تعمل على إعاقة نمو النباتات، تأخر مرحلة إنبات البذور، تشوه وعدم انتظام النمو الخضري، قزمية النبات، وإنخفاض إنتاجيته. وثانياً اختلال الوظائف الحيوية للنباتات: ارتفاع الضغط الاسموزي لمحلول التربة مما يؤدي لإعاقة النبات على امتصاص العناصر الغذائية في منطقة الجذور، واختلال النظام المائي فيصبح الماء غير متاح ويؤثر فيزولوجياً على النبات.

وثالثاً تختل عملية التنفس للنبات، فتقل عمليات التمثيل الضوئي والغذائي بسبب ارتفاع تركيز الأملاح في التربة فتقلل إنتاجية النبات وفي مراحل متقدمة يؤدي ليباس الجزء الخضري ومن ثم موته تدريجياً. أما نوعية الأملاح ونسبها في التربة المحددة لتصنيف درجات ملوحة التربة، وتأثيرها على إنتاجية النبات، فيمكن بيانه في معطيات الجدول أدناه.

جدول رقم (١٨) يبين تصنيف الترب تبعاً لدرجة ونوعية ملوحتها

درجة الملوحة وحالة المحاصيل الزراعية متوسطة التحمل للملوحة	نوعية الملوحة- الراسب الجاف (%)						
	صودية	صودية كلورية او كلورية صودية	صودية سلفاتية او سلفاتية صودية	كلورية	سلفاتية كلورية	كلورية سلفاتية	سلفاتية
غير متملحة	٠,١٠ >	٠,١٥ >	٠,١٥ >	٠,١٥ >	٠,٢٥ >	٠,٢٠ >	٠,٣٠ >
خفيفة الملوحة: انخفاض المحصول بنسبة ١٠-٢٠%	٠,١٠-٠,٢٠	٠,١٥-٠,٢٥	٠,١٥-٠,٣٠	٠,١٥-٠,٣٠	٠,٢٥-٠,٤٠	٠,٢٠-٠,٣٠	٠,٣٠-٠,٦٠
متوسط الملوحة انخفاض المحصول بنسبة ٢٠-٥٠%	٠,٢٠-٠,٣٠	٠,٢٥-٠,٤٠	٠,٣٠-٠,٥٠	٠,٣٠-٠,٥٠	٠,٤٠-٠,٧٠	٠,٣٠-٠,٦٠	٠,٦٠-١,٠٠
شديدة الملوحة انخفاض المحصول بنسبة ٥٠-٨٠%	٠,٣٠-٠,٥٠	٠,٤٠-٠,٦٠	٠,٥٠-٠,٧٠	٠,٥٠-٠,٨٠	٠,٧٠-١,٢٠	٠,٦٠-١,٠٠	١,٠٠-٢,٠٠
سونتشك، شديدة الملوحة جدا لا وجود للمحصول عمليا	٠,٥٠ >	٠,٦٠ >	٠,٧٠ >	٠,٨٠ >	١,٢٠ >	١,٠٠ >	٢,٠٠ >

Source: Kovda ١٩٨٦.

اقتباس من فلاح أبو نقطة- مصدر سابق ص ٥٤. بتصرف (المؤلف-الربيعي).

من الجدول أعلاه يتبين أن نوعية الأملاح [صودية، (صودية-كلورية أو كلورية-صودية)، (صودية-سلفاتية أو سلفاتية-صودية)، كلورية، سلفاتية-كلورية، كلورية-سلفاتية، وسلفاتية)] على التوالي بنسب أقل من (٠,١٠، ٠,١٥، ٠,١٥، ٠,١٥، ٠,٢٥، ٠,٢٠، ٠,٣٠) في المائة على التوالي لاتؤدي لمتلح التربة وليس لها تأثير على إنتاجية النبات. لكن عند ارتفاعها لنحو [(٠,١٠-٠,٢٠)، (٠,١٥-٠,٢٥)، (٠,١٥-٠,٣٠)، (٠,١٥-٠,٣٠)، (٠,٢٥-٠,٤٠)، (٠,٢٠-٠,٣٠)، (٠,٣٠-٠,٦٠)] في المائة على التوالي تسبب ملوحة قليلة للتربة وتقلل من إنتاجية النبات بنسبة تتراوح بين (١٠-٢٠) في المائة.

وعند ارتفاع تركيز الأملاح لنحو [(٠,٢٠-٠,٣٠)، (٠,٢٥-٠,٤٠)، (٠,٣٠-٠,٥٠)، (٠,٣٠-٠,٥٠)، (٠,٤٠-٠,٧٠)، (٠,٣٠-٠,٦٠)، (٠,٦٠-١,٠٠)] في المائة على التوالي تسبب ملوحة متوسطة للتربة وتقلل من إنتاجية النبات بنسبة (٢٠-٥٠) في المائة.

وحين تزداد تراكيز الأملاح لتصل لنحو [(٠,٣٠-٠,٥٠)، (٠,٤٠-٠,٦٠)، (٠,٥٠-٠,٧٠)، (٠,٥٠-٠,٨٠)، (٠,٧٠-١,٢٠)، (٠,٦٠-١,٠٠)، (١,٠٠-٢,٠٠)] في المائة

على التوالي تسبب ملوحة شديدة للتربة وتقلل من إنتاجية النبات بنسبة (٥٠-٨٠) في المائة. وحين تكون تراكيز الأملاح أكبر من (٠,٥٠، ٠,٦٠، ٠,٧٠، ٠,٨٠، ١,٢٠، ١,٠٠، ٢,٠٠) في المائة على التوالي تسبب ملوحة شديدة جداً للتربة وتصبح التربة غير صالحة للزراعة. نستنتج مما سبق أن نوعية الأملاح وتراكيزها تعتمد كمعيار لتصنيف ملوحة التربة، وتلعب دوراً كبيراً في تحديد مستوى الإنتاج الزراعي. وتفقد التربة خصوبتها بشكل كلي لتصبح تربة غير صالحة للزراعة عند تراكم تراكيز عالية جداً من الأملاح في آفاقها المتعددة.

الإجراءات الواجب اتباعها لتلافي تملح التربة[٢٩]:

أولاً-خفض مستوى الماء الأرضي في الأراضي المروية عن طريق:

١-تقنين وتنظيم استخدام مياه الري: باتباع طرق ري حديثة، توزيع منتظم للمياه في الحقل، وتحديد دقيق للمتطلبات المائية للنبات.

٢-تحسين استثمار شبكة الري وصيانتها: تقليل نسب التسربات المائية من قنوات الري، ومنع وصول مياه الفيضانات إلى الأراضي المنخفضة، والصيانة الدورية لشبكات الري.

٣-تحسين تقنيات الري: استخدام طرق الري الحديثة (الرذاذ، التنقيط) لتأمين انسياب طبيعي لمياه الري لمنع انجراف التربة وهدر المياه، وتخفيض مستوى الماء الأرضي بنحو (١٥-٢٥) في المائة عن طريق تحديد الحاجات المائية الفعلية للنبات.

٤-ترشيد استخدام المياه شتاءً: عن طريق تحديد عدد الريات اللازمة للري التكميلي أو لغسل التربة في موسم الشتاء لتقليل من غدق التربة.

٥-الصيانة الدورية لشبكات الصرف الصحي وشبكات المياه لتقليل مستوى الماء الأرضي.

٦-بناء منشآت لدرأ الفيضانات عن الأراضي المروية والمنخفضة.

٧- الحد من الهدر المائي في الأراضي المروية.

ثانياً-تقليل نسب التبخر من التربة عن طريق:

١-زراعة نبات الفصة في الدورة الزراعية: تمتد جذور نبات الفصة عميقاً في التربة فتحسن من مواصفاتها الفيزيائية، وتقلل من تبخر المياه من سطح التربة، وتخفض من مستوى الماء الجوفي.

---

[٢٩] فلاح أبو نقطة-مصدر سابق ص ١٢٥-١٣٥. بتصرف (المؤلف-الربيعي).

٢-المحافظة على قوام التربة: استخدام الأسمدة العضوية، إجـراء حراثـات عميقـة للتربة، عزق التربة السطحية، واستخدام طرق ري حديثة.

٣-تحريج جوانب قنوات الري: لتقليل سرعة الرياح والحد من انجراف التربة، تقليل نسب التبخر من سطح التربة، وتخفيض مستوى الماء الجوفي.

٤-استخدام مياه الصرف في الري: استخدام مياه الصرف الزراعي إن كانت صالحة للري مما يؤدي لخفض منسوب الماء الجوفي.

٥-تزويد التربة بالمخصبات الزراعية: لتشجيع النمو الخضري للنبات، وتقليل نـسب التبخر من سطح التربة.

الفصل الثالث:

الري والصرف الزراعي

٣:١ اختيار طريقة الري

٣:٢ طرق وآليات الري التقليدي

٣:٣ طرق وآليات الري الحديث

٣:٤ اختيار طريقة الصرف

٣:٥ طرق وآليات الصرف المكشوف

٣:٦ طرق وآليات الصرف المغطأة

اختيار طريقة الري

هناك جملة من الدراسات الحقلية يتوجب إجراءها لاختيار الطريقة المناسبة للري منها المتعلقة بنوعية التربة وقوامها ومنسوب مائها الأرضي وكذلك بنوعية مياه الري لتكـون فعالية الري عالية ولاتؤثر سلباً في خصوبة التربة ونمو النباتـات المزروعـة. كمـا أن للعامل الاقتصادي أثره في اعتماد طريقة الري فكلما كانت النفقات الأولية لمشروع الري منخفضة كلما حقق المشروع الزراعي جدواه الاقتصادية تبعاً لمساحة الأرض المزروعة ونوع النبات والظروف المناخية المحيطة.

اولاً-السياسة العامة لتخطيط المشاريع الزراعية-الإروائية[٣٠]:

١-الدخول الزراعية وسماتها التكميلية.

٢-القروض الزراعية المتعلقة بالنفقات العالية للزراعات المروية.

٣-المكننة الزراعية التي تتطلب سُبل مماثلة لتكنولوجيا أنظمة الري.

٤-استصلاح الأراضي المرتبطة بإقامة مشاريع الري لاستثمار الأرض الزراعية.

٥-تسويق المنتجات الزراعية والمرتبطة بوجود بنية تحتية لسوق يستوعب وفرتها.

٦-نظام التسعيرة المناسبة للمنتجات الزراعية لتغطية نفقات أنظمة الري.

٧-البحوث المائية والزراعية لإعداد الخطط الزراعية المستقبلية لتغطية حاجة السوق من المنتجات الزراعية من خلال إدخال مساحات جديدة حيز الاستخدام الزراعي متوافقة والموارد المائية المتاحة.

ثانياً-أهداف سياسة الري[٣١]:

١-يقلل من الآثار السلبية الضارة لتقلبات المناخ (تفاوت الهطول المطري) على نمـو النباتات، ويحافظ على أستقرار الإنتاج الزراعي.

٢-يرفع من وتيرة الانتاج الزراعي، نتيجة تأمين الحاجات المائية الأساسـية للنبـات خلال مراحل نموه المتعددة.

٣-يؤمن دخلاً مالياً مستقراً للمزارعين.

٤-استثمار المساحات غير المزروعة وتقليل المدة اللازمة للانتاج الزراعي.

---

[٣٠] فرانكك إيليس-مصدر سابق ص ٣٥٦، ٣٥٧. بتصرف (المؤلف-الربيعي).

[٣١] المصدر السابق ص ٣٥٨، ٣٥٩.

٥-يزيد من المساحات الزراعية عن طريق استصلاح أراضي جديدة.

٦-يحافظ الري التكميلي على استقرار الانتاج الزراعي في الأراضي الديمية.

ثالثاً-المفهوم الإقتصادي لسياسة الري:

١-سوق العرض والطلب.

٢-تسعيرة المياه.

٣-القروض لشراء تقنيات أنظمة الري.

٤-ندوات ودورات لشرح ميزات أنظمة الري الحديثة وتقنياتها.

٥-المنشآت المائية الأساسية لمشاريع الري (سدود، قنوات، ومصارف).

رابعاً-التقنيات الحديثة في إدارة الري[٣٢]:

١-حساب الموازنة الرطوبية بين النبات والتربة لتقدير حاجاتها الفعلية للمياه.

٢-تحديد برنامج الري لكل نبات بشكل علمي يحدد عمق التربة والمدة الزمينة اللازمة بين الريات تبعاً لمراحل نمو النبات.

٣-إعداد برامج توزيع المياه عبر القنوات الرئيسية والفرعية وآليات التوزيع تبعاً للزمن.

٤-برنامج توزيع المياه على المزارعين يحدد مدة وحصص المياه.

٥-تطوير برامج المتطلبات المائية على مستوى الإقليم تبعاً لنوع الزراعة وحجم المياه المتاحة.

٦-تطوير قواعد المعلومات الخاصة ببيانات الري (شهري، سنوية، المساحات المروية، نوع الزراعات، كفاءة الري، وترشيد المياه).

خامساً-العوامل المؤثرة في اختيار طريقة الري[٣٣]:

١-طبيعة التربة: في معظم الترب يتناقص معدل امتصاص سطح التربة للماء بعد عملية الري ليصل في النهاية إلى سوية ثابتة (المعدل الأساسي للامتصاص) يضاف إليه عامل الرشح الذي يلعب دوراً مهماً في اختيار طريقة الري، ويسهم الرشح العميق في عملية غسل التربة من الأملاح. وتختلف الاحتياجات المائية للترب باختلاف أنواعها

---

[٣٢] عبد الله الدباغ ووليد عبد الرحمن ((تقرير عن تقنيات الري الحديثة والمتقدمة ذات الكفاءة في العالم العربي)) ورقة قدمت إلى اللقاء القومي لمسؤولي قطاع الزراعة والري في الوطن العربي، المنظمة العربية للتنمية الزراعية، القاهرة ١٩٩٥. اقتباس من محمود الأشرم-مصدر سابق ص ١٥٦، ١٥٧.

[٣٣] Unesco, FAO ١٩٧٣.

اقتباس من علي عبد الله- مصدر سابق ص ٢٦٢-٢٦٩. بتصرف (المؤلف-الربيعي).

فالاحتياجات المائية للترب الطينية تصل لنحو ٥ ملم/ ساعة، وللترب اللومية نحو ١٠ ملم/ ساعة، وتزداد الحاجات المائية للترب الرملية والبركانية واللوتس مما يتطلب مراقبة كميات الرشح المائي نحو آفاق التربة المتعددة لأنها قد تسبب حالات الغدق فتنشط حركة الأملاح نحو الأعلى.

٢-طبوغرافية التربة: تحتاج معظم طرق الري لتسوية سطح التربة مما يتطلب دراسة آفاقها المتعددة من حيث: خصوبتها، قوامها، مقاومتها للانجراف، سعتها الحقلية، الماء المتاح، ميلها، سعة صرفها. إن تسوية شريط ترابي سماكته ١٠ سم ولمساحة هكتار واحد يتطلب إزاحة نحو ١٠٠٠ م٣ من التربة، ويفضل أن يكون ميل التربة بين (٠,٢-٤) في المائة تبعاً لطريقة الري المراد استخدامها عدا طريقة الري بالخطوط (الغمر المنتظم، الأحواض) فإنها لاتحتاج لعمليات التسوية. والميل المثالي لطريقة الري بالخطوط يتراوح بين (٠,٥- ١,٥) في المائة منعاً لانجرافها، ولاتحتاج طريقة الري بالرش والتنقيط إلى تسوية سطح التربة.

٣-المساحة المراد زراعتها: إن المساحات الزراعية الصغيرة والمبعثرة تزيد من الكلفة الاقتصادية لمشروع الري، وعلى الضد من ذلك فإن المساحات الزراعية الواسعة (بالرغم من ارتفاع تكاليفها الأولية خاصة عند اعتماد طرق ري حديثة) فإنها تقلل من إجمالي النفقات على المدى البعيد. ويفضل استخدام طرق الري بالأحواض في المساحات الصغيرة والمعزولة، وطريقة الري بالرذاذ للمساحات الشاسعة، والتنقيط في الزراعات المغطاة. ويتوقف ذلك على مدى توفر مياه الري، واعتماد سُبل التقليل من الضياعات المائية.

٤-الشروط الملحية للتربة: إن وجود الملح بشكل ملحوظ في التربة ومياه الري، والمياه الجوفية يحد من طرق الري حيث تصلح معظم طرق الري السطحي لغسل التربة من الأملاح بخاصية الرشح لكن طول فترة الغمر تؤدي لتملح التربة.

ففي طريقة الري بالخطوط (خاصة في الترب الملحية والقلوية) يؤدي لظهور الأملاح على أكتاف الخطوط نتيجة الرشح المائي، ولايفضل اعتماد طرق الري تحت السطحي في الترب الملحية لأنها تزيد من أملاح التربة ويستعاض عنها بطريقة الري بالرذاذ.

٥-منسوب الماء الأرضي وماء الصرف: إن ارتفاع منسوب الماء الأرضي نحو سطح الأرض يؤدي لتملح التربة ويؤثر سلباً على نمو جذور النباتات حيث تصاب التربة بالغدق المائي وتتضرر النباتات. مما يتطلب ايجاد نوع من التوازن بين الري والصرف للمحافظة على التوازن الملحي للتربة من خلال اعتماد طريقة ري مناسبة ومتوافقة مع

شبكة صرف فعالة تعمل على تقليل منسوب الماء الأرضي لتأمين الحاجات المائية الفعلية للنباتات.

٦-المتطلبات المائية للنبات: إن تأمين الحاجات المائية الفعلية للنباتات المزروعة يرتبط بوجود شبكة توزيع لمياه الري متناسبة مع طريقة الري المعتمدة، مع وجوب توفر مصدر مائي قادر على تأمين المتطلبات المائية السنوية للنباتات المزروعة. فالمعدلات العالية للرشح المائي تتطلب تدفقات مائية كبيرة، فحين يكون المصدر المائي محدوداً يفترض اختيار طريقة ري مناسبة قادرة على الحد من الفواقد المائية كطريقة الري بالتنقيط أو الرذاذ تبعاً لنوع التربة والنبات المزروع.

وعند وجوب استخدام طريقة الري بالخطوط (في حالة عدم توفر مصدر مائي غني) فيفضل تقليل عدد خطوط الري بما يتناسب وحجم المياه المتوفرة بشرط أن تؤمن الحاجات المائية الفعلية للنباتات. وعند استخدام إحدى طرق الري تحت السطحي فإن الحاجات المائية للهكتار لاتتجاوز ١٧ ملم/ يوم بما فيها مفقودات المياه، وتقل الحاجات المائية عند استخدام طريقة الري بالرذاذ لتصل لنحو ٦ ملم/ ساعة لكل ١,٨ هكتار.

٧-نوعية مياه الري: حين تكون نوعية مياه الري غير نقية تحد من اختيار طرق الري، فوجود كميات كبيرة من الأوساخ والطمي في مياه الري لايسمح باستخدام (دون مرشحات خاصة للتصفية) طريقة الري بالرذاذ والتنقيط لأنها تعمل على انسداد فتحات المرشات والمنقطات وتقلل من فعالية الري، لذا يفضل استخدام طريقة الري بالأحواض. كما أن وجود نسبة كبيرة من الأملاح في مياه الري يؤثر سلباً على قوام التربة ويعرقل نمو النباتات.

٨-نوع النباتات المزروعة: يرتبط بالحاجات المائية الفعلية للنبات وتوفر مصدر مائي قادر على تغطية المتطلبات المائية للنباتات المزروعة تبعاً لنوع التربة والظروف المناخية المحيطة. إن درجة مقاومة النباتات لأملاح مياه الري يوفر إمكانية في استغلال مياه غنية (نسبياً) بالأملاح في الري لكنه يحد من خيارات اعتماد طرق الري المختلفة. حيث أن طرق الري تحت السطحي والري بالرذاذ والتنقيط تصلح لكافة الزراعات عدا زراعة الأرز.

وطريقة الري بالخطوط تصلح للنباتات المزروعة على شكل صفوف وكذلك في البساتين، وتصلح طريقة الري بالأحواض لكافة زراعات الحبوب والبساتين عدا زراعة الأرز. وأخيراً فإن طريقة الري بالغمر تصلح لكافة الزراعات العلفية والحبوب والمروج تبعاً للحاجات المائية للمزروعات ومراحل نموها ونوع التربة والظروف المناخية المحيطة.

سادساً-مهام مهندس الري:

١-تحديد القيم السنوية الصغرى والعظمى لمناسيب المجرى المائي، لضمان توفير كميات كافية من مياه الري لكافة مراحل نمو النباتات.

٢-تحديد التصاريف الأعظيمة للفيضانات المحتملة والتنبؤ بمواسمها للتقليل من أضرارها المحتملة على المزروعات.

٣-تحديد تصاريف المجرى المائي وروافده ومساحة حوضه لتوظيفها في التوسع بالمساحات الزراعية وإعداد الخطط المستقبلية.

٤-تحديد قيم مكونات التوازن المائي (الهطول المطري، التبخر، وتفاوت درجات الحرارة) لتأمين الحاجات المائية المثالية لكافة مراحل نمو النبات.

سابعاً-مشاكل ومعوقات إختيار طريقة الري في الدول النامية[٣٤]:

١-معوقات الإدارة الفعالة لنظام الري:

أ-ضعف الخبرة المعلوماتية والتقنية في حساب مقننات الري بشكل دقيق.

ب-ضعف الخبرة التقنية في توزيع المياه بشكل أمثل على أرجاء الحقل الزراعي.

ج-عدم وجود بنك للمعلومات التقنية عن التربة والنباتات لحساب المقننات المائية.

٢-معوقات انخفاض كفاءة العاملين في إدارة الري:

أ-انعدام التأهيل الفني لاستخدامات تقنيات الري.

ب-استخدام الطرق التقليدية في إدارة أنظمة الري.

ج-ضعف البرامج التقنية لتوزيع المياه.

د-انخفاض مستوى وعي المزارع بطرق وآليات أنظمة الري.

٣-المشاكل الاجتماعية والاقتصادية:

أ-ارتفاع نسبة الأمية للعاملين في القطاع الزراعي.

ب-انخفاض مستوى الدخل الاقتصادي للمزارع مما يعيقه عن اقتناء تقنيات الري الحديثة.

---

[٣٤] عبد الله الدباغ ووليد عبد الرحمن ((تقرير عن تقنيات الري الحديثة والمتقدمة ذات الكفاءة في العالم العربي)) ورقة قدمت إلى اللقاء القومي لمسؤولي قطاع الزراعة والري في الوطن العربي، المنظمة العربية للتنمية الزراعية، القاهرة ١٩٩٥. اقتباس من محمود الأشرم-مصدر سابق ص ١٥٠-١٥٢.

ن -عدم الدافع الذاتي والرغبة لدى المزارع في اقتناء تقنيات الري الحديثة وتفضيله أساليب وطرق الري التقليدية نظراً لعدم حاجتها لخبرة كبيرة.

٤-المشاكل التنظيمية:

أ-صعوبات في الهيكل الإداري والفني للإدارة الفعالة للري.

ب-عدم وجود صيانات دورية لمنشآت الري.

ج-ضعف الموازنات المالية المرصودة للنهوض بقطاع المياه.

٥-مشاكل غياب الإرشاد الزراعي:

أ-ضعف الإرشاد والتعريف بطرق الري الحديثة ومزاياها.

ب-انعدام التنسيق والتعاون بين القطاع الزراعي وقطاع المياه.

ج-عدم وجود تنسيق بين القطاعات المختلفة في الدولة لتصنيع أو استيراد تقنيات الري الحديثة وبأسعار مناسبة.

د-عدم وجود قطع غيار كافية في السوق بأسعار مناسبة لاستبدال القطع التالفة في أنظمة الري الحديثة.

طرق وآليات الري التقليدي

أولاً-الري السطحي: هو كافة الأشكال والأساليب وملحقاتها المعتمدة لتخطيط الأخاديد والقنوات المائية على سطح التربة لاتخاذها كمجاري وممرات مائية لنقل وتوزيع المياه بصورة مثالية على كافة أرجاء الحقل لتأمين المتطلبات المائية للنباتات المزروعة، وهناك أساليب عديدة معتمدة في الري السطحي منها:

الري بالغمر الكامل لسطح التربة:

أ- الغمر الحر: تتلخص آليته برفع منسوب المياه في قناة الري الرئيسية باستخدام عوارض أو بوابات حديدية غير ثابتة تعيق جريان الماء عند نقطة محددة من قناة الري الرئيسية لرفع منسوب الماء خلف العوارض والبوابات لتجري حرة على سطح التربة على جانبي قناة الري الرئيسية لتأمين المتطلبات المائية للنباتات المزروعة في مساحة محددة من أرض الحقل.

ومن ثم تكرر العملية على أجزاء أخرى من القناة الرئيسية بغرض انسياب المياه إلى مساحات أخرى من الحقل لسقاية نباتاتها المزروعة. يعتبر الغمر الحر أحد أساليب الري التقليدية المعتمدة في معظم دول العالم النامي وبشكل خاص في الدول ذات الوفرة المائية والتي تعتمد أساليب الزراعة التقليدية في الانتاج الزراعي (الشكل رقم ٤).

تمتاز عملية الري بالغمر الحر بـ: قلة نفقاتها، عدم حاجة التربة للتسوية والتمهيد، يصلح استخدامها في الأراضي التي تقل درجة ميلها عن ١٠% وكذلك في الأراضي غير المستوية، وفي الترب الضحلة التي يصعب حراثتها وتسويتها، والزراعات الحقلية والعلفية.

ومن مساوئها: انخفاض فعالية الري، عدم انتظام توزيع المياه على كافة أرجاء الحقل، خطورة انجراف سطح التربة، فقدان كميات كبيرة من المياه عن طريق التبخر من سطح التربة، هدر كميات كبيرة من المياه وتسربها نحو أعماق التربة، وتملح التربة عند عدم وجود شبكات صرف كافية.

ب-الغمر المتحكم: تتلخص آليته بالترطيب الجزئي لسطح التربة حيث تمرر المياه من القناة الرئيسية إلى الأخاديد والقنوات المائية الفرعية المختلفة الأحجام والتي تم تنظيمها على سطح التربة لتأمين المتطلبات المائية للنباتات المزروعة، وهناك أساليب عديدة للري بالغمر المتحكم منها:

١-الري بالشرائح الطولية المتوازية: تتلخص آليتها بتقسيم أرض الحقل إلى شرائح طولية متوازية تفصلها حواجز ترابية (أكتاف) يتراوح عرضها بين (٣-١٥)

بين (٦٠-٣٠٠) م وانحدارها بين (٠,٠٥-٠,٦٠) في المائة تبعاً لقوام التربة وميلها ونوع النباتات المزروعة لتنساب المياه من خلالها لكافة أرجاء الحقل لتأمين المتطلبات المائية المثلى للنباتات.

"يتحدد طول الشريحة بشدة تيار ماء الري لتلافي انجراف التربة، وكذلك ميلها، ونوعية وقوام التربة. فكلما قل الميل أمكن اعتماد تيار ماء عالٍ مما يسمح بطول أكبر للشريحة، وكلما زاد ميل الشريحة تطلب تيار ماء أقل وبالتالي طول شريحة أقل. كما يتحدد طول الشريحة (ميلها أقل من ٠,٢%) في الترب الناعمة بالمتطلبات المائية لمساحة الحقل. وعرضها يتحدد بتدفق الماء وقوام التربة وحركة الآليات الزراعية في الحقل، وميلها يرتبط بطول وعرض الشريحة وقوام التربة والتدفق المائي، فعند ميل قدره ٢% يكون التدفق المائي المثالي ٠,٣ لتر/ ثا لكل متر من عرض الشريحة فالتدفقات المائية العالية تتطلب ميلاً أقل للشريحة والتدفقات المائية المنخفضة تتطلب ميلاً أكبر. أما ارتفاع أكتاف الشريحة فيجب أن يكون أعلى في الشريحة ذات الميل القليل وأخفض للشريحة ذات الميل الكبير. وأما النسبة المثالية للأبعاد (الأفقية والعمودية) للشريحة فيجب أن لاتقل عن ١:٢. وفي الشرائح ذوات الميل الكبير يصل ارتفاع الشريحة ١٠ سم وعرضها ٦٠ سم، وعلى الضد من ذلك في الشرائح ذوات الميل الخفيف فإن ارتفاعها يصل لنحو ٢٠ سم وعرضها ١٢٠ سم"[٣٥].

تمتاز عملية الري بالشرائح الطولية المتوازية بـ: فعالية الري العالية، قلة نفقاتها (الأيدي العاملة، الصيانة)، التحكم بكميات المياه المنسابة عبر الشرائح، يصلح استخدامها في الترب الثقيلة.

ومن مساوئها: تتطلب إجراء تسوية جيدة للأرض، وميل محدد للشريحة حسب طبيعة الأرض، لاتصلح للترب الضحلة تلافياً لانجراف التربة، تتطلب دراية ومعرفة كافية لبناء الأكتاف التي تفصل الشرائح الطولية، وتصريف عالٍ لقناة الري، فالشريحة الواحدة تحتاج لنحو (٢-١٥) لتر/ ثا، وتشترط ميول محددة للشريحة تتراوح بين (٠,٢-٠,٣) في المائة لتأمين انسياب حر للمياه. ولتبيان العلاقة بين نوع التربة ومواصفات طريقة الري بالشرائح (ميلها، عرضها، طولها، وتدفق الماء) نورد الجدول أدناه.

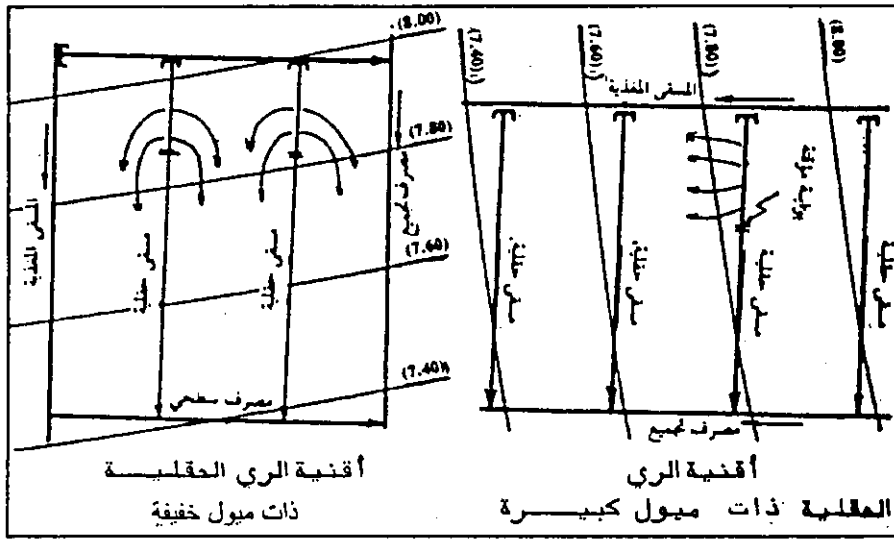
---

[٣٥] Unesco, FAO ١٩٧٣ ((Irrigatio...Drainag and Salinity)).

اقتباس من علي عبد الله-مصدر سابق ص ١٩٧٨، ١٩٧٩.

الشكل رقم ٤

طريقة الري بالغمر الحر



المصدر: جميل عباس وعبد الناصر الضرير-مصدر سابق ص ١٥٦.

جدول رقم (١٩) يبين التقنيات الهيكلية لطريقة الري بالشرائح في الترب المختلفة

نوع التربة	الميل (%)	عرض الشريحة (م)	طول الشريحة (م)	تدفق الماء في الشريحة (ل/ثا)
رملية	٠,٢-٠,٤ ٠,٤-٠,٦ ٠,٦-١	١٢-٣٠ ٩-١٢ ٦-٩	٦٠-٩٠ ٦٠-٩٠ ٧٥	١٠-١٥ ٨-١٠ ٥-٨
رملية لومية	٠,٢-٠,٤ ٠,٤-٠,٦ ٠,٦-١	١٢-٣٠ ٩-١٢ ٦-٩	٧٥-١٥٠ ٧٥-١٥٠ ٧٥	٧-١٠ ٥-٨ ٣-٦
لومية رملية	٠,٢-٠,٤ ٠,٤-٠,٦ ٠,٦-١	١٢-٣٠ ٦-١٢ ٦	٩٠-٢٥٠ ٩٠-١٨٠ ٩٠	٥-٧ ٤-٦ ٢-٤
لومية طينية	٠,٢-٠,٤ ٠,٤-٠,٦ ٠,٦-١	١٠-٣٠ ٦-١٢ ٦	١٨٠-٣٠٠ ٩٠-١٨٠ ٩٠	٣-٤ ٢-٣ ١-٢
طينية	٠,٢-٠,٦	٠,٢٠-١,٠٠	١٥٠-٣٠٠	٠,١-٠,٢

Source: Darlot in Unesco, FAO ١٩٧٣. HOFFMAN, G.J, JOOBS. ALVES,W.J ١٩٨٣.

من الجدول أعلاه يتبين أن هناك أنواع من الترب (رملية، رملية لومية، لومية رملية، لومية طينية، وطينية) على التوالي، فالترب الرملية ذات الميل [(٠,٢-٠,٤)، (٠,٤-٠,٦)، (٠,٦-١)] في المائة على التوالي تكون عرض الشريحة فيها [(١٢-٣٠)، (٩-١٢)، (٦-٩)] م على التوالي وبطول قدره [(٦٠-٩٠)، (٦٠-٩٠)، ٧٥] م على التوالي وتتطلب تدفقاً مائياً للشريحة قدره [(١٠-١٥)، (٨-١٠)، (٥-٨)] ل/ ثا على التوالي.

وفي الترب الرملية اللومية ذات الميول السابقة الذكر تكون عرض الشريحة [(١٢-٣٠)، (٩-١٢)، (٦-٩)] م على التوالي وبطول قدره [(٧٥-١٥٠)، (٧٥-١٥٠)، ٧٥] م على التوالي وتتطلب تدفقاً مائياً في الشريحة قدره [(٧-١٠)، (٥-٨)، (٣-٦)] ل/ ثا على التوالي.

في حين أن الترب اللومية الرميلة ذات الميول السابقة الذكر تكون عرض الشريحة فيها [(١٢-٣٠)، (٦-١٢)، ٦] م على التوالي وبطول قدره [(٩٠-٢٥٠)، (٩٠-١٨٠)، ٩٠] م على التوالي وتتطلب تدفقاً مائياً في الشريحة نحو [(٥-٧)، (٤-٦)، (٢-٤)] ل/ ثا على التوالي.

وفي الترب اللومية الطينية ذات الميول السابقة تكون عرض الشريحة [(١٠-٣٠)، (٦-١٢)، ٦] م على التوالي وطول الشريحة قدره [(١٨٠-٣٠٠)، (٩٠-١٨٠)، ٩٠] م على التوالي تتطلب تدفقاً مائياً في الشريحة قدره [(٣-٤)، (٢-٣)، (١-٢)] ل/ ثا على التوالي. وأخيراً الترب الطينية ذات الميل (٠,٢-٠,٦) في المائة تكون عرض الشريحة

فيها نحو (٠,٢٠-١,٠٠) م وطول الشريحة يصل لنحو (١٥٠-٣٠٠) م وتتطلب تدفقاً مائياً قدره (٠,١-٠,٢) ل/ ثا.

نستنتج مما سبق أنه كلما زادت نسب ميل التربة كلما قل عرض وطول الشريحة تبعاً لنوع التربة (نفاذيتها، مساميتها، وقوامها) وتؤثر تلك العلاقة على حجم التدفق المائي داخل الشريحة، فبزيادة نسبة ميل التربة يؤدي لانسيابية أكبر للمياه داخل الشريحة مما يقلل من حجم التدفق المائي المطلوب داخل الشريحة تبعاً للمتطلبات المائية للنباتات المزروعة.

٢-**الري بالشرائح المستطيلة:** تتلخص آليته بتقسيم أرض الحقل إلى مساحات مستطيلة الشكل تفصل أضلاعه الأربعة أكتاف ترابية يكون عرضها مساوياً أو أكبر من ارتفاعها عن المساحات المستطيلة الأخرى داخل الحقل.

تمرر المياه إليها لتغمرها بالكامل حيث ينفذ الماء داخل آفاق التربة بعملية الترشيح بعد فترة وجيزة من غمرها بالمياه. ويصلح استخدام هذه الطريقة من الري في الترب الثقيلة سيئة الصرف، وكذلك للترب الخفيفة ذات النفاذية العالية والتي تعاني من عمليات الحت والانجراف لسطح التربة بسبب ضعف قوامها وتماسكه (الشكل رقم ٥).

٣-**الري حسب خطوط التسوية:** تقطع خطوط التسوية للتربة بحواجز ترابية طولية وعرضية تفصلها عن المساحات الأخرى المراد ريها من إجمالي مساحة الحقل، وتترك منافذاً لتمرير المياه من القناة الرئيسية إلى قنوات التوزيع ومنها إلى القنوات الفرعية المتوافقة مع خطوط التسوية لتأمين المتطلبات المائية للنباتات المزروعة على كامل مساحة الحقل.

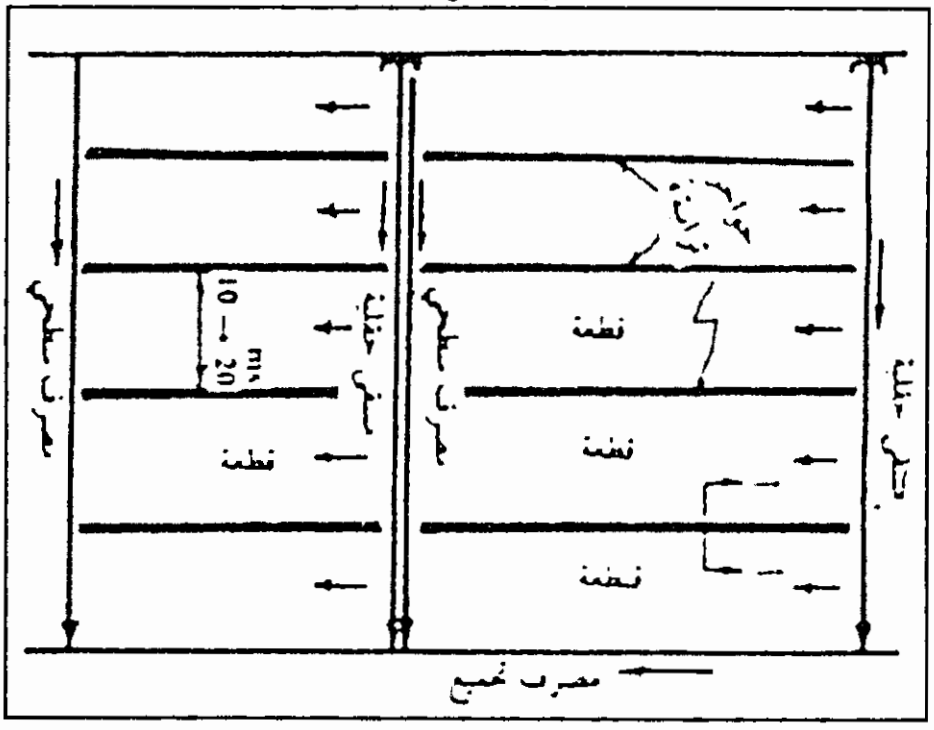
٤-**الري بالأحواض:** تقسم الأرض إلى أشكال مربعة أو مستطيلة محاطة بأكتاف ترابية يصل عمقها بين (١٦-٢٥) سم وعرضها لنحو (٤٠-٦٠) سم تبعاً لطبوغرافية الأرض ودرجة ميلها ونوع النباتات المزروعة، ويصل متوسط مساحة الحوض بين (٢٥-٤٠) م٢ تغمر بالمياه لعمق ١٠ سم وتترك لفترة من الزمن حيث تتسرب بطريقة الرشح إلى آفاق التربة المختلفة. تمتاز هذه الطريقة بكونها: تصلح لكافة أنواع الترب المتجانسة والمستوية وذات الميول الخفيفة وتحديداً الترب الثقيلة (اللومية والطينية)، قلة الأيدي العاملة، نسبة الهدر المائي قليلة، توزيع المياه متجانس في كافة أرجاء الحقل.

ومن مساوئها: فعالية الري منخفضة، تؤدي لتصلب سطح التربة فتعيق نمو البادرات، الأكتاف الترابية للأحواض تعيق حركة الآليات الزراعية، لاتصلح للترب الخفيفة لأن فواقد المياه بالرشح كبيرة، تتطلب تسوية لسطح التربة، تكاليفها عالية، وتحتاج لكميات كبيرة من المياه. ولتبيان أوجه العلاقة بين مساحة أحواض الري وتدفق المياه في الترب المختلفة، نورد الجدول أدناه.

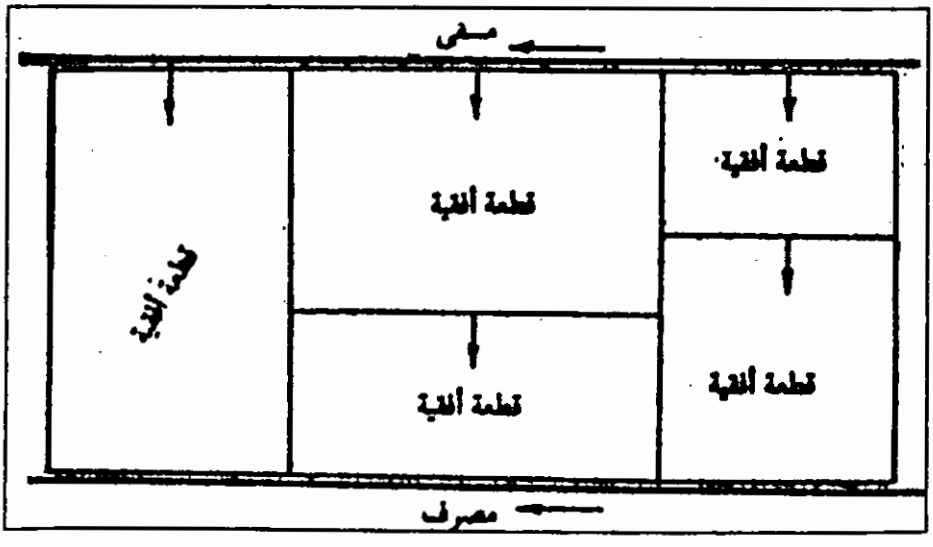
الشكل رقم ٥

الغمر المتحكم للري بطريقة الشرائح

أ-طريقة الري بالشرائح الطويلة المتوازية



ب-طريقة الري بالشرائح المستطيلة



جدول رقم (٢٠) يبين مساحة أحواض الري وتدفق المياه في طريقة الري بالأحواض في الترب المختلفة

مساحة الحوض في الترب المختلفة (م٢)				متوسط التدفق المائي (لتر/ ثا)
الرملية	رملية لومية	طينية لومية	طينية	
٢٠٠	٦٠٠	١٢٠٠	٢٠٠٠	٣٠
٥٠٠	١٦٠٠	٣٠٠٠	٥٠٠٠	٧٥
١٠٠٠	٣٠٠٠	٦٠٠٠	١٠٠٠٠	١٥٠
١٥٠٠	٤٥٠٠	٨٠٠٠	١٥٠٠٠	٢٢٥
٢٠٠٠	٦٠٠٠	١٢٠٠٠	٢٠٠٠٠	٣٠٠

Source:COLLINS,H.J ١٩٧٨.

اقتباس من علي عبد الله مصدر سابق ص ٢٠١.

من الجدول أعلاه يتبين أنه تختلف مساحات أحواض الري باختلاف نوع التربة ومواصفاتها، ففي الترب الرميلة تصل مساحات أحواض الري لنحو (٢٠٠، ٥٠٠، ١٠٠٠، ١٥٠٠، ٢٠٠٠) م٢ على التوالي، ولنحو (٦٠٠، ١٦٠٠، ٣٠٠٠، ٤٥٠٠، ٦٠٠٠) م٢ على التوالي للترب الرملية اللومية. في حين أن مساحة أحواض الري في الترب الطينية اللومية تقدر بنحو (١٢٠٠، ٣٠٠٠، ٦٠٠٠، ٨٠٠٠، ١٢٠٠٠) م٢ على التوالي، ولنحو (٢٠٠٠، ٥٠٠٠، ١٠٠٠٠، ١٥٠٠٠، ٢٠٠٠٠) م٢ على التوالي للترب الطينية، وبمتوسط تدفق مائي قدره (٣٠، ٧٥، ١٥٠، ٢٢٥، ٣٠٠) لتر/ ثا على التوالي لكافة أنواع الترب وأصنافها.

نستنتج مما سبق أنه كلما زادت نفاذية التربة كلما قلت مساحة حوض الري تبعاً لنوع التربة ومواصفاتها وبالعكس كلما قلت نفاذية (الترب الطينية الكتيمة تحديداً) كلما زادت مساحة حوض الري.

وذلك لأن عملية رشح الماء داخل حوض الري إلى آفاق التربة المتعددة مرتبط ارتباطاً مباشراً بنسبة نفاذية ومسامية التربة، وعملية الترشيح للماء تكون سريعة في الترب الخفيفة وأقل سرعة في الترب المتوسطة النفاذية وبطئية في الترب الثقيلة متدنية النفاذية. وبالمقابل فإن متوسط التدفق المائي نحو أحواض الري يبقى ثابتاً نسبياً ومتعلق بنوع التربة ومواصفاتها ومساحة حوض الري.

إن حساب المتطلبات المائية لأحواض الري في الحقل الزراعي يتعلق بمساحة الحوض ودرجة ميله ومتوسط التدفق المائي، ولإيضاح تلك العلاقة يتطلب النظر في معطيات الجدول أدناه.

جدول رقم (٢١) يبين العلاقة بين مساحة الحوض وميله وسرعة التدفق المائي ومتطلباته المائية في طريقة الري بالأحواض

مساحة الحوض في الحقل (م٢) بميول متباينة (%)				المتطلبات المائية (م٣/ هكتار)	متوسط التدفق المائي (سم/ ساعة)
٠,٠٠١	< ٠,٠٠٢	< ٠,٠٠٣	< ٠,٠٠٥		
٤٠٠	٦٠٠	٨٠٠	١٠٠٠	١٢٠٠	٦
٧٥٠	٩٠٠	١٠٠٠	١٠٠٠	١٥٠٠	
٤٠٠	٥٥٠	٧٠٠	٨٠٠	١٥٠٠	١٢-٦
-	٣٢٥	٣٧٥	٤٢٥	١٥٠٠	١٨-١٢

المصدر: الجدول من إعدادنا (المؤلف-الربيعي). والمعطيات من مصادر متعددة.

من الجدول أعلاه يتبين أن المتطلبات المائية متعلقة بنسبة ميل أرض الحقل ومساحته، فعند نسب ميل [٠,٠٠١، > (٠,٠٠٢، ٠,٠٠٣، ٠,٠٠٥)] في المائة على التوالي تكون مساحة حوض الري المثلى (٤٠٠، ٦٠٠، ٨٠٠، ١٠٠٠) م٢ على التوالي، وتقدر متطلباتها المائية بنحو ١٢٠٠ م٣/ هكتار على التوالي، وبثبات نسب الميل واختلاف مساحة أحواض الري لنحو (٧٥٠، ٩٠٠، ١٠٠٠، ١٠٠٠) م٢ على التوالي ترتفع المتطلبات المائية لتصل لنحو ١٥٠٠ م٣/ هكتار على التوالي حيث يقدر متوسط التدفق المائي للمساحات والميول السابقة بنحو ٦ سم/ ساعة على التوالي.

وبثبات الميول السابقة أيضاً واختلاف مساحات أحواض الري لنحو (٤٠٠، ٥٥٠، ٧٠٠، ٨٠٠) م٢ على التوالي نجد أن هناك ثابتاً في حجم المتطلبات المائية والمقدرة بنحو ١٥٠٠ م٣/ هكتار مقابل زيادة بمتوسط التدفق المائي يتراوح بين (٦-١٢) سم/ ساعة. وأخيراً عند مساحات أحواض ري (-، ٣٢٥، ٣٧٥، ٤٢٥) م٢ على التوالي وبذات الميول السابقة نجد أن هناك ثابتاً في المتطلبات المائية يقدر بنحو ١٥٠٠ م٣/ هكتار مقابل ارتفاع بمتوسط التدفق المائي لنحو (١٢-١٨) سم/ ساعة.

نستنتج مما سبق أن انسياب الماء الحر إلى أحواض الري في الحقل الزراعي يتعلق بدرجة ميل الحوض والمتطلبات المائية لحوض الري والمرتبط بمساحة الحوض ونوع النبات المزروع، فكلما زادت مساحة حوض الري كلما زادت متطلباته المائية المرتبطة أساساً بمتوسط التدفق المائي إلى حوض الري وبالتالي بإجمالي مساحات أحواض الري في الحقل الزراعي (الشكل رقم ٦).

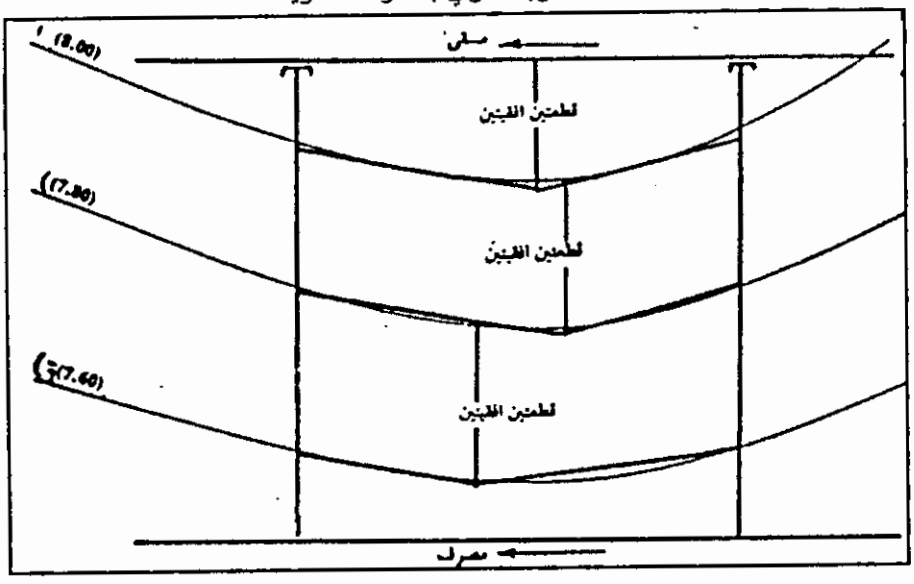
ج-الري بالغمر الجزئي لسطح التربة:

الري بالخطوط (الارتشاح): تقسم الأرض على شكل خطوط طولية متوازية أو أقنية متوافقة أو متعامدة مع ميل الأرض حيث تجري فيها المياه لتأمين المتطلبات المائية للنباتات المزروعة على كامل مساحة الحقل، ويقدر الميل المناسب للخط بين (٠,٠٠٨-٠,٠٠١) في المائة لتأمين إنسياب حر للمياه داخل خط الري بحيث لايقل عمق الماء داخل

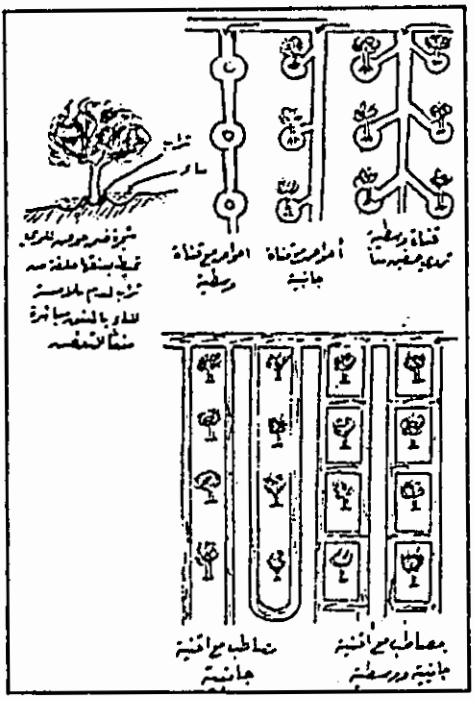
الشكل رقم ٦

الغمر المتحكم للري بطريقة خطوط التسوية والأحواض

أ-طريقة الري بخطوط التسوية



ب-طريقة الري بالأحواض



الخط عن (١٥-٢٠) سم. في حين أن أطوال الخطوط المناسبة تبعاً لنوع النبات تتراوح بين (٢٠٠-٤٠٠) م والمسافة بينها تصل لنحو (٥٠-٦٠) سم في الأراضي الخفيفة ولنحو (٦٠-٨٠) سم في الأراضي المتوسطة النفاذية ولنحو (٨٠-١٠٠) م للأراضي الثقيلة متدنية النفاذية.

يتطلب تنفيذ الخطوط في الحقل مراعاة أن تكون رطوبة التربة مثالية لضمان تماسك الخطوط، وعرض الخط يكون كبيراً في الأراضي المزروعة بالأشجار المثمرة نظراً لمتطلباته المائية العالية، وطوله متعلق بقوام التربة ونوع النبات المزروع.

هناك نوعان من تصميم أشكال الخطوط: بشكل حرف (V) وبشكل دائري حيث يتراوح عرض الخط في الشكل الدائري بين (٢٠-٣٠) سم وعمقه بين (٥-١٥) سم ورشحه المائي في عمق التربة يصل بين (٣٠-٥٠) سم تبعاً لنوع التربة ونوع النبات المزروع ويفضل أن يكون البعد بين الخطوط (٦٠-١٠٠) سم (الشكل رقم ٧).

مزاياه: يصلح لكافة أنواع الترب ومنها ذات التضاريس المتباينة لإمكانية تطويل أو تقصير طول وعرض الخطوط، لاتحتاج لأيدي عاملة كبيرة، تصلح للزراعات المختلفة كـ (القطن، الذرة، الشوندر السكري، الأشجار المثمرة، الخضروات، والبطاطا)، قلة الضياعات المائية بالتبخر والتسرب، توزيع مناسب لمياه الري على أرجاء الحقل الزراعي، تحافظ على خصائص التربة الفيزيائية، سطح التربة يكون رطباً يساعد على نمو البادرات، يعيق انتشار الأمراض الفطرية على النباتات لأن المياه لاتغمر سطح التربة بالكامل، وسهولة إجراء الخدمة الزراعية.

مساوؤه: النفقات الأولية للتسوية وإنشاء خطوط الري عالية، تتطلب مراقبة متواصلة لعملية الري، تحتاج لدراية وخبرة كافية بتوزيع المياه عبر خطوط الري، عملية الري بطئية، تعيق حركة الآليات الزراعية في الحقل، خطوط الري الطويلة تسبب ضياع كميات كبيرة من المياه، لاتصلح للترب الرملية بسبب نفاذيتها العالية، تسبب انجراف التربة عند بداية خط الري نتيجة تدفق الماء ودرجة ميل الخط فالميل القليل يؤدي لرشح مائي أكبر نحو آفاق التربة والميل الكبير يؤدي لانجراف التربة. ولتبيان العلاقة بين مواصفات التربة وطول وعرض وميل خط الري وتدفقه المائي، نورد الجدول ادناه.

جدول رقم (٢٢) يبين العلاقة بين نوع التربة والمواصفات المختلفة لطريقة الري بالخطوط (الارتشاح، الأخاديد)

الوصف	مواصفات الترب			متوسط ميل الخط (%)	متوسط التدفق المائي (ل/ث)
	خفيفة	متوسطة	ثقيلة		
طول خط الري (م)	٦٠-١٩٠	١٢٠-٤٠٠	٣٠٠-٤٠٠	٠,٠٥	١٢
	٩٠-٢٢٠	١٨٠-٤٧٠	٣٤٠-٥٠٠	٠,١	٦
	١٢٠-٣٠٠	٢٢٠-٥٣٠	٣٧٠-٦٢٠	٠,٢	٣
	١٥٠-٤٠٠	٢٨٠-٦٠٠	٤٠٠-٨٠٠	٠,٣	٢
	١٢٠-٣٠٠	٢٨٠-٣٥٠	٤٠٠-٧٥٠	٠,٥	١,٢٥
	٩٠-٢٥٠	٢٥٠-٤٧٠	٢٨٠-٦٠٠	١	٠,٦
	٨٠-٢٢٠	٢٢٠-٤٠٠	٢٥٠-٥٠٠	١,٥	٠,٤
	٦٠-١٩٠	١٨٠-٣٤٠	٢٢٠-٤٠٠	٢	٠,٣
عرض الخط (سم)	٣٠-٣٥	٤٠-٤٥	٥٠-٦٠	-	-
عمق الخط (سم))	١٠-١٥	١٥-٢٠	٢٠-٣٠	-	-
المسافة بين الخطوط (م)	٤٠-٧٠	٨٠-٩٠	٩٠-١١٠	-	-
عيار السقاية (ملم)	٥٠-١٢٥	٥٠-٢٠٠	٧٥-٣٠٠	-	-
الرشح المائي (م٣/ ساعة) لكل ١٠٠ م من طول الخط	١,١-١,٨	٠,٩-١,٣	٠,١-٠,٥	-	-

المصدر: الجدول من إعدادنا (المؤلف-الربيعي) المعطيات من مصادر متعددة.

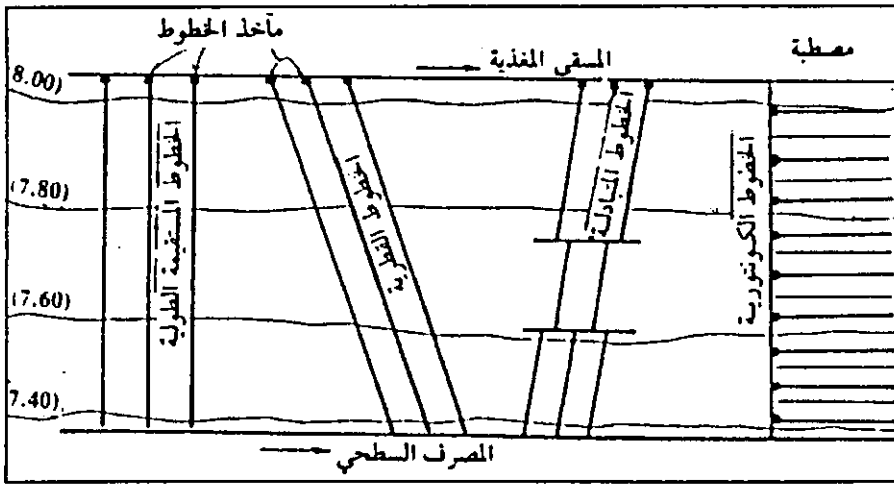
من الجدول أعلاه يتبين أن المواصفات المختلفة للترب الخفيفة تلعب دوراً كبيراً في تحديد طول خط الري حيث يقدر بنحو [(٦٠-١٩٠)، (٩٠-٢٢٠)، (١٢٠-٣٠٠)، (١٥٠-٤٠٠)، (١٢٠-٣٠٠)، (٩٠-٢٥٠)، (٨٠-٢٢٠)، (٦٠-١٩٠)] م على التوالي، وبمتوسط عرض قدره (٣٠-٣٥) سم وعمق خط الري يتراوح بين (١٠-١٥) سم على التوالي، وتصل المسافة بين خطوط الري بين (٤٠-٧٠) سم على التوالي وبنحو (٥٠-١٢٥) ملم على التوالي لعيار السقاية.

أما في المواصفات المختلفة للترب المتوسطة النفاذية فإن أطوال خطوط الري تصل لنحو[(١٢٠-٤٠٠)، (١٨٠-٤٧٠)، (٢٢٠-٥٣٠)، (٢٨٠-٦٠٠)، (٢٨٠-٣٥٠)، (٢٥٠-٤٧٠)، (٢٢٠-٤٠٠)، (١٨٠-٣٤٠)] م وبمتوسط عرض لخط الري يتراوح بين (٤٠-٤٥) سم على التوالي، وبمتوسط عمق يصل لنحو (١٥-٢٠) سم على التوالي، والمسافة بين خطوط الري تقدر بنحو (٨٠-٩٠) سم ولنحو (٥٠-٢٠٠) ملم لعيار السقاية على التوالي.

وعند المواصفات المختلفة للترب الثقيلة تصل أطوال خطوط الزي لنحو [(٣٠٠-٤٠٠)، (٣٤٠-٥٠٠)، (٣٧٠-٦٢٠)، (٤٠٠-٨٠٠)، (٤٠٠-٧٥٠)، (٢٨٠-٦٠٠)، (٢٥٠-٥٠٠)، (٢٢٠-٤٠٠)] م على التوالي، وبمتوسط عرض يتراوح بين (٥٠-٦٠) سم، وبمتوسط عمق لخط الري يصل لنحو (٢٠-٣٠) سم على التوالي والمسافة بين الخطوط تقدر بنحو (٩٠-١١٠) سم على التوالي ويصل عيار السقاية لنحو (٧٥-٣٠٠) ملم على التوالي.

الشكل رقم ٧

الغمر الجزئي لسطح التربة بطريقة الري بالخطوط (الارتشاح)



المصدر: جميل عباس وعبد الناصر الضرير-مصدر سابق ص ١٦٨.

ويتحدد متوسط ميل خطوط الري في المواصفات المختلفة للترب السابقة الذكر بنحو (٠,٠٥، ٠,١، ٠,٢، ٠,٣، ٠,٥، ١، ١,٥، ٢) في المائة على التوالي، وبمتوسط تدفق مائي قدره (١٢، ٦، ٣، ٢، ١,٢٥، ٠,٦، ٠,٤، ٠,٣) ل/ ثا على التوالي. ويتعلق الرشح المائي لكل ١٠٠ م من طول الخط بمواصفات الترب السابقة الذكر بنحو [(١,١-١,٨)، (٠,٩-١,٣)، (٠,١-٠,٥)] م٣/ ساعة على التوالي.

نستنتج مما سبق أن نوع التربة ومواصفاتها المختلفة تلعب دوراً أساسياً في تحديد الأطوال المختلفة لخطوط الري وعرضها وعمقها والمسافة بينها، بالإضافة إلى الاختلافات المتباينة بعيار سقايتها، مقابل تماثل بنسب متوسط ميل الخطوط ومتوسط تدفقها المائي. وتختلف قيم الرشح المائي في خط الري تبعاً لقوام التربة.

ثانياً-الري تحت السطحي:

لايصلح استخدامه للأراضي الخفيفة ذات النفاذية العالية والأراضي الرملية الغضارية الكتيمة متدنية النفاذية وكذلك الأراضي سيئة الصرف على أعماق (٢-٣) م، تتلخص آليته بطمر أنابيب مثقبة تحت سطح التربة على عمق (٠,٤٠-٠,٦٠) م ويتراوح البعد بينها نحو (١-١,٥) م وأطوالها تصل لنحو (٢,٥-٨) م حسب نوع النبات، تمرر المياه من خلالها لتأمين متطلبات النباتات من المياه عند منطقة الجذور. وتتألف الشبكة من قناة مائية رئيسية مكشوفة ومن أنابيب مثقبة لتوزيع المياه وشبكة صرف مطمور تحت التربة. ويمكن تمييز نوعين من الري تحت سطحي هما:

أ-الري تحت السطحي الطبيعي: تمرر مياه الري عبر أنابيب فخارية أو قنوات حجرية ذات فتحات محددة إلى منطقة الجذور لتمصها النباتات عبر الخاصية الشعرية،

ولهذه الطريقة محاذيرها: ترفع منسوب الماء الأرضي نتيجة الانسياب غير المتحكم بالمياه لآفاق التربة المتعددة مما يؤدي لاختناق جذور النباتات، تسبب تملح التربة عند عدم وجود شبكة صرف فعالة، وتتطلب خبرة كبيرة بعمليات الري والصرف الزراعي.

ب-الري تحت السطحي الاصطناعي: تتلخص آليته بتمرير المياه عبر أنابيب بلاستيكة ذات الفتحات الدائرية مطمورة تحت سطح التربة على عمق يتراوح بين (١-١,٥) م تثبت عليها المنقطات، ويقدر عيار سقايتها بنحو ١٠ لتر/ ساعة حسب نوع النبات، وتتطلب شبكة صرف فعالة تلافياً لارتفاع منسوب الماء الأرضي.

مزاياه: لايشغل مساحة واسعة من سطح التربة، سهولة حركة الآليات الزراعية على سطح التربة، توزيع الماء بشكل متجانس تحت ضغط يصل لنحو ٢,٥ ضغط جوي للحد من انسداد الأنابيب بالشوائب والأوساخ، انعدام خطر انجراف التربة بالري، انعدام الضياعات المائية بالتبخر من سطح التربة، يصلح استخدامه للمناطق الباردة والغنية

بالهطولات المطرية، لاتتطلب أيدي عاملة كبيرة، الحد من ظهور الأعشاب الضارة على سطح التربة وبالتالي توفير الجهد اللازم للتعذيق، ونفقات الصيانة قليلة لعدم تعرضها للأضرار المحتملة على سطح التربة.

مساوئه: لايصلح استخدامه لكافة الترب خاصة الخفيفة والمالحة، يؤدي لتراكم الأملاح في آفاق التربة نتيجة ارتفاع منسوب الماء الأرضي بالخاصية الشعرية، كلفة الإنشاء عالية، يعرقل نمو البادرات بسبب انخفاض رطوبة التربة والتي تؤدي لتصلب سطحها، ضياع كميات ملموسة من المياه بالتسرب لآفاق التربة، خطورة انسداد فتحات المنقطات للأنابيب تحت سطح التربة بالشوائب العالقة في المياه مما يقلل من فعالية الري.

طرق وآليات الري الحديث

أولاً-طريقة الري بالرذاذ (الرش):

١-آلية طريقة الري بالرذاذ: تتلخص بتأمين المتطلبات المائية للنباتات عن طريق ضخ المياه عبر مضخات خاصة إلى أنابيب التوزيع المرتبطة بأذرع حاملة لمرشات موزعة على مسافات محددة وبأعداد مناسبة تبعاً لنوع النبات، لتخرج المياه بشكل رذاذ يتساقط على الأجزاء الخضرية للنباتات وعلى سطح التربة.

لاتقتصر طريقة الري بالرذاذ على تأمين المتطلبات المائية للنباتات المزروعة في الحقل وحسب، بل لتأمين حماية النباتات من الصقيع خاصة للأشجار المثمرة منها عند انخفاض درجات الحرارة تحت الصفر المئوي، بالإضافة إلى التقليل من تأثير ارتفاع درجة حرارة الجو البالغة (٣٥-٤٠) م^{o} والتي تؤدي لتساقط الثمار حيث يعمل الرش الضبابي على امتصاصها وتخفيضها لنحو ٧ م^{o}.

كما يمكن استغلال شبكة الرش لإضافة الأسمدة الكيماوية في مياه الري لتزويد النباتات بالمغذيات الزراعية، وكذلك إضافة المبيدات عن طريق مياه الري لمكافحة الأمراض الفطرية والبكترية التي تصيب النباتات مع مراعاة الشروط اللازمة لنجاحها.

٢-تصميم شبكة الري بالرذاذ (الرش): تتطلب إجراء دراسات واختبارات مخبرية لقوام التربة لتحديد درجة نفاذيتها وخصائصها المختلفة وتحديد مستوى الماء الأرضي وقدرتها على الاحتفاظ بالماء وطبوغرافية الأرض (فرق الارتفاع بين المصدر المائي والأرض المراد سقايتها)، وصلاحية المياه للري.

بالإضافة إلى دراسة الظروف الجوية المحيطة (المناخ، الهطول، التبخر، ودرجة الحرارة) وتحديد نوع النبات (حاجته المائية، عمق امتداد جذوره، ودرجة مقاومته للملوحة) ومساحة الأرض المراد زراعتها لتحديد إمكانية المصدر المائي على تأمين المتطلبات المائية للنباتات المزروعة في المساحة المحددة. وتحديد شبكة الطرق اللازمة لخدمة الأرض، تحديد نوع وأقطار أنابيب الري المراد استخدامها وكلفتها ومقاومتها للكسر والصدأ، وتقدير عمرها الافتراضي.

يفيد معرفة درجة نفاذية التربة في حساب عدد الريات اللازمة في الموسم الزراعي والتباعد بين الريات لتحديد كثافة الرش ونوع المرشات المطلوبة. كما يتطلب حساب: عيار السقاية، التدفق المائي المطلوب، زمن الري، مسافة الرش، التباعد بين المرشات،

وتوزيع المرشات من خلال استخدام معادلات رياضية خاصة أو جداول بيانية (تفصيلة) تبين المعطيات اللازمة.

٣-أجهزة وتقنيات شبكة الري بالرذاذ: تتألف من مجموعة متكاملة من النظم المنفصلة ذات المهام المترابطة لنقل الماء من مصدره الأساس عبر الأنابيب والشبكات المائية والمرشات إلى المساحة المحددة من الأرض لتأمين المتطلبات المائية للنباتات المزروعة حيث تحدد النظم والتجهيزات اللازمة لشبكة الري بالرش بـ[٣٦]:

أ-محطة الضخ: تتألف من مضخات محددة الاستطاعة تبعاً لحجم الأرض المراد سقايتها، ومضخة لتفريغ الهواء من الأنابيب، جهاز قياس التدفق لضبط حجم المياه المتدفقة، خزان الضغط المتوازن لجميع أجزاء الشبكة المائية، لوحة القيادة وتضم أزرار إقلاع وإغلاق الشبكة وأجهزة المراقبة ومقياس الجهد والشدة، وأنابيب لنقل المياه من المصدر الرئيس عبر المضخات إلى ملحقات الشبكة المائية.

وتتحدد مهام محطة الضخ بـ: سحب الماء من المصدر الرئيسي، وضخه عبر أنابيب الشبكة إلى المرشات لتوزيعه بشكل أمثل على أرجاء الحقل، وتأمين الضغط اللازم لجريان المياه عبر الأنابيب في كافة أرجاء الشبكة المائية. وهناك نوعان من المضخات الشائعة الاستخدام (عمودية، وغاطسة) وباستطاعات مختلفة تبعاً لنوع المصدر المائي وبعده وارتفاعه عن الحقل الزراعي (الشكل رقم ٨).

ب-أنابيب نقل المياه: تعتبر حلقة الوصل بين محطة الضخ والمرشات لتوصيل المياه لكافة أرجاء الحقل الزراعي، وتختلف أقطارها بين (٢٥-٢٥٠) ملم تبعاً لاختلاف مهامها

فمنها الانابيب الرئيسية (بلاستيكة أو معدنية) ذات الاقطار الكبيرة (المطمورة تحت سطح التربة أو المكشوفة) ومنها الأنابيب الفرعية ذات الاقطار الصغيرة والتي يمكن وصلها بعضها مع بعض بوصلات مختلفة الاحجام والاغراض (آلية الضغط، أو ميكانيكية) وسهلة التركيب والفك. تشكل الكلفة الاقتصادية لأنابيب الشبكة المائية نحو ٧٠% من إجمالي النفقات لمشروع الري بالرذاذ.

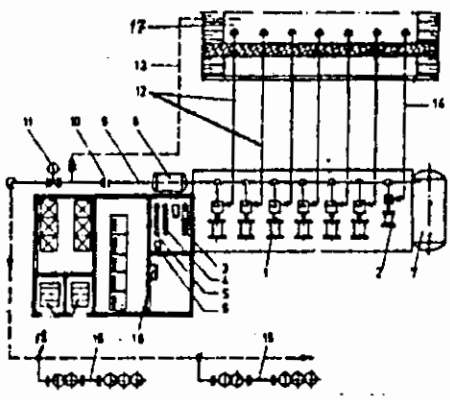
هناك ثلاث أنواع لشبكة الري (الثابتة، المتحركة، والمختلطة) فالشبكة الثابتة منها تتكون من مضخة مثبتة بالقرب من المصدر المائي ومتصلة مع الأنبوب الرئسي، وتتفرع منها القنوات الفرعية الحاملة لأذرع المرشات. وتمتاز بارتفاع تكاليف الانشاء وبجدواها الاقتصادية في المواسم اللاحقة، ويصلح استخدامها في البساتين والأراضي المعرضة لظاهرة الصقيع لقدرتها على مكافحته.

---

[٣٦] جميل عباس وعبد الناصر الضرير-مصدر سابق ص ١٩٠، ١٩٨، ٢١١، ٢١٣. بتصرف (المؤلف-الربيعي).

الشكل رقم ٨

مخطط توضيحي لأهم عناصر محطة الضخ لطريقة الري بالرذاذ



1- المضخات الرئيسية
2- مضخة قيادة
3- مضخة تفريغ الهواء
4- ضابط هواء
5- ساعة قياس
6- جهاز قياس التدفق
7- خزان الهواء المضغوط
8- خزان التفريغ
9- انبوب الضخ الرئيسي
10- مقياس ضغط
11- سكر لتنظيم تدفق الماء
12- أنابيب امتصاص الماء للمضخات
13- انبوب لنقل المياه الزائدة الى مصدرها.
14- انبوب امتصاص لمضخة القيادة.
15- آلات الرش
16- لوحة القيادة الكهربائية
17- المصدر المائي
18- مأخذ مائي

المصدر: جميل عباس وعبد الناصر الضرير-مصدر سابق ص ١٩١.

أما الشبكة المتحركة فتتألف من مضخات وأنابيب ومرشات يمكن نقلها إلى كافة ارجاء الحقل نظراً لسهولة تركيبها وفكها وخفة وزنها. وتمتاز بانخفاض تكاليف الانشاء، لكنها بحاجة لأيدي عاملة كبيرة عند التشغيل. وأما الشبكة المختلطة فإنها مكونة من مضخات وأنابيب ثابتة ومتحركة وأجهزة رش قابلة للنقل. وتمتاز بتكاليفها المعتدلة وتعد الأكثر شيوعاً في الاستخدام من الشبكات الأخرى. ولتبيان العلاقة بين أبعاد أنابيب الشبكة وسرعة تدفقها المائي، نورد الجدول أدناه.

جدول رقم (٢٣) يبين العلاقة بين أبعاد الأنابيب وسرعة التدفق المائي

قطر الأنبوب (ملم)	طول الأنبوب (م)	سرعة التدفق المائي لأنابيب الشبكة (م٣/ هكتار)	سرعة التدفق المائي في أنبوب المرش (م٣/ هكتار)
٥٠	٢٤٠	١٢	٢٠
٧٠	٣٢٠	٢٥	٤٠
٨٩	٣٦٠	٤٥	٧٠
١٠٨	٣٦٠	٧٥	١٠٠
١٣٣	٣٦٠	١٣٠	-
١٥٩	٤٢٠	٢٠٠	-

Source: Taschenbuch Der Wasserwirtschaft ١٩٧١.

اقتباس من علي عبد الله مصدر سابق ص ٢٢٢. بتصرف (المؤلف-الربيعي).

من الجدول أعلاه يتبين أنه عند استخدام أنابيب لشبكة الرذاذ ذات أقطار (٥٠، ٧٠، ٨٩، ١٠٨، ١٣٣، ١٥٩) ملم فإنها تتطلب أطوال أنابيب قدرها (٢٤٠، ٣٢٠، ٣٦٠، ٣٦٠، ٣٦٠، ٤٢٠) م على التوالي مما يتطلب سرعة تدفق مائي في أنابيب الشبكة قدرها (١٢، ٢٥، ٤٥، ٧٥، ١٣٠، ٢٠٠) م٣/ هكتار لتحقيق تدفقاً مائياً في أنبوب المرش قدره (٢٠، ٤٠، ٧٠، ١٠٠، -، -) م٣/ هكتار على التوالي.

نستنتج مما سبق أنه حين يكون قطر الأنبوب (٥٠، ٧٠، ١٥٩) ملم على التوالي يزداد طول الأنبوب بواقع (٢٤٠، ٣٢٠، ٤٢٠) م على التوالي، لكن عند زيادة قطر الأنبوب على نحو (٨٩، ١٠٨، ١٣٣) ملم لايحصل تغيراً في طول الأنبوب ويبقى ثابتاً على طول ٣٦٠ م على التوالي.

وهذا الاختلاف في العلاقة بين قطر الانبوب وطوله لايؤثر في سرعة التدفق المائي في كافة أنابيب الشبكة حيث يتدرج من (١٢-٢٠٠) م٣/ هكتار، وكذلك الأمر بالنسبة لسرعة التدفق المائي في أنبوب المرش حيث يتدرج من (٢٠-١٠٠) م٣/ هكتار.

ج-مجموعة الرش: تعمل على توزيع المياه على كافة أرجاء الحقل، وهناك أنواع عديدة من أجهزة الرش (دوارة، وثابتة) وتختلف بأقطار فوهات الرش والتدفق المائي ومسافة الرش.

وآلية المرشات الدوارة تتلخص بمرور تيار الماء عبرها واصطدامه بصفيحة الرش المرتبطة بنابض اتوماتيكي متناوب الحركة مع تيار الماء فيؤدي لدوران رأس المرش حول محوره لتوزيع المياه باتجاهات متعددة لتأمين السقاية لمساحة محددة من الحقل الزراعي. إن حركة المرش ودرجة انحراف فوهته وقطره لها علاقة بنوع الرش المائي (رذاذ مائي، رذاذ ضبابي) ولتبيان أوجه العلاقة بين نوع المرشات وتوزعها على أذرع أجهزة الرش والمساحة المروية، نورد الجدول أدناه.

جدول رقم (٢٤) يبين العلاقة بين (كثافة، توزيع، تدفق، ضغط، وقطر فوهة الرش) للمرشات (نوع U٦٤) والمساحة المروية

كثافة الرش (ملم/سا)		المساحة المروية (م٢)		المسافة بين المرشات (م)		مسافة الرش (م)	تدفق المرش (م٣/سا)	الضغط (ضغط جوي)	قطر فوهة المرش (ملم)
طراز توزيع المرشات									
مثلث	مربع	مثلث	مربع	مثلث	مربع				
٥,١٣	٦,٨٥	٤٣٢	٣٢٤	١٨/٢٤	١٨/١٨	١٥	٢,٢٢	٠,٢٥	٦,٤
٤,٥٨	٦,١١	٥٧٦	٤٣٢	٢٤/٢٤	١٨/٢٤	١٧	٢,٦٤	٠,٣٥	
٥,٢٠	٦,٩٤	٥٧٦	٤٣٢	٢٤/٢٤	١٨/٢٤	١٨	٣,٠٠	٠,٤٥	
٤,٥٠	٥,٦٢	٧٢٠	٥٧٦	٢٤/٣٠	٢٤/٢٤	١٨	٣,٢٤	٠,٢٥	٧,٧
٥,٥٨	٦,٩٧	٧٢٠	٥٧٦	٢٤/٣٠	٢٤/٢٤	١٩	٤,٠٢	٠,٣٥	
٦,٤١	٨,٠٢	٧٢٠	٥٧٦	٢٤/٣٠	٢٤/٢٤	١٩	٤,٦٢	٠,٤٥	
٧,٦٦	٩,٥٨	٧٢٠	٥٧٦	٢٤/٣٠	٢٤/٢٤	١٩	٥,٥٢	٠,٢٥	٩,٨
٧,٢٦	١٣,٥٤	٩٠٠	٥٧٦	٣٠/٣٠	٢٤/٢٤	٢١	٦,٥٤	٠,٣٥	
٦,٨٨	١٠,٣٣	١٠٨٠	٧٢٠	٣٦/٣٦	٢٤/٣٠	٢٣	٧,٤٤	٠,٤٥	
٨,٩٣	١٣,٩٥	٩٠٠	٥٧٦	٣٠/٣٠	٢٤/٢٤	٢٠	٨,٠٤	٠,٢٥	١١,٧
٨,٧٥	١٠,٥١	١٠٨٠	٩٠٠	٣٠/٣٦	٣٠/٣٠	٢٤,٥	٩,٤٦	٠,٣٥	
٨,١٤	٩,٧٧	١٢٩٦	١٠٨٠	٣٠/٣٦	٣٠/٣٦	٢٦	١٠,٥٦	٠,٤٥	

المصدر: تنسيق الجدول من إعدادنا (المؤلف-الربيعي). نفس المعطيات موجودة عند جميل عباس وعبد الناصر الضرير-مصدر سبق ص ٢١١. وعند أحمد الخضر، علي كنجو، وسوسن هيفا-مصدر سابق ص ٣٣٩. دون ذكر مصدرها الأساس.

من الجدول أعلاه يتبين أن هناك طرازين لتوزع المرشات على أذرع أجهزة الري بالرذاذ (مثلثة، ومربعة) يختلفان بكثافة الرش التي تنعكس على (المساحة المروية، المسافة بين المرشات، ومسافة الرش)، فالطراز المثلث للمرش الذي تبلغ كثافة (٥,١٣، ٤,٥٨، ٥,٢٠) ملم/ ساعة يروي مساحة من أرض الحقل قدرها (٤٣٢، ٥٧٦، ٥٧٦) م٢ على التوالي، حيث تصل المسافة بين المرشات لنحو (١٨/٢٤، ٢٤/٢٤، ٢٤/٢٤) م على التوالي.

في حين أن الطراز المربع للمرش الذي تبلغ كثافة رشه (٦,٨٥، ٦,١١، ٦,٩٤) ملم/ ساعة يروي مساحة قدرها (٣٢٤، ٤٣٢، ٤٣٢) م٢ على التوالي حيث تصل المسافة بين المرشات لنحو (١٨/١٨، ١٨/٢٤، ١٨/٢٤) م على التوالي.

تبلغ مسافة الرش لكلا الطرازين (المثلث والمربع) نحو (١٥، ١٧، ١٨) م على التوالي ويصل تدفق مرشاتهما لنحو (٢,٢٢، ٢,٦٤، ٣,٠٠) م٣/ ساعة بواقع ضغط مائي قدره (٠,٢٥، ٠,٣٥، ٠,٤٥) ضغط جوي على التوالي يمر من خلال فوهة مرش قطرها ٦,٤ ملم. أما حين تكون كثافة الرش للطراز المثلث نحو (٤,٥٠، ٥,٥٨، ٦,٤١) ملم/ ساعة فإن المساحة المروية تبلغ ٧٢٠ م على التوالي على أن تكون المسافة بين المرشات ٢٤/٣٠ م على التوالي.

وفي الطراز المربع عند كثافة المرش (٥,٦٢، ٦,٩٧، ٨,٠٢) ملم/ ساعة على التوالي تصل المساحة المروية لنحو ٥٧٦ م٢ على التوالي وتكون المسافة بين المرشات نحو ٢٤/ ٢٤ م على التوالي، لتصل مسافة الرش في الطرازين (المثلث والمربع) لنحو (١٨، ١٩، ١٩) م بواقع تدفق للمرشاة يبلغ (٣,٢٤، ٤,٠٢، ٤,٦٢) م٣/ ساعة على التوالي وضغط مائي قدره (٠,٢٥، ٠,٣٥، ٠,٤٥) ضغط جوي وبنحو ٧,٧ ملم لقطر فوهة المرشات.

وعند زيادة كثافة المرشات بواقع (٧,٦٦، ٧,٢٦، ٦,٨٨) ملم/ ساعة للطراز المثلث تبلغ مساحة الرش (٧٢٠، ٩٠٠، ١٠٨٠) م٣/ ساعة على التوالي لتصل المسافة بين المرشات لنحو (٢٤/٣٠، ٣٠/٣٠، ٣٦/٣٦) م على التوالي.

في حين أن الزيادة بكثافة المرش للطراز المربع بنحو (٩,٥٨، ١٣,٥٤، ١٠,٣٣) ملم/ ساعة تصل المساحة المروية لنحو (٥٧٦، ٥٧٦، ٧٢٠) م٢ على التوالي لتصبح المسافة بين المرشات نحو (٢٤/٢٤، ٢٤/٢٤، ٢٤/٣٠) م على التوالي.

وتقدر مسافة الرش للطرازين بنحو (١٩، ٢١، ٢٣) م وبدفق مائي يصل لنحو (٥,٥٢، ٦,٥٤، ٧,٤٤) م٣/ ساعة على التوالي وبواقع ضغط مائي قدره (٠,٢٥، ٠,٣٥، ٠,٤٥) ضغط جوي على التوالي حيث يتطلب فوهة مرش لكلا الطرازين قطره ٩,٨ ملم.

وأخيراً فإن الزيادة بكثافة الرش للطراز المثلث بنحو (٨,٩٣، ٨,٧٥، ٨,١٤) ملم/ ساعة تروي مساحة قدرها (٩٠٠، ١٠٨٠، ١٢٩٦) م٢ على التوالي حيث تصل المسافة بين المرشات لنحو (٣٠/٣٠، ٣٠/٣٦، ٣٠/٣٦) م على التوالي.

وعند الزيادة بكثافة الرش للطراز المربع بنحو (١٣,٩٥، ١٠,٥١، ٩,٧٧) ملم/ ساعة تصل المساحة المروية لنحو (٥٧٦، ٩٠٠، ١٠٨٠) م٢ على التوالي لتصبح المسافة بين المرشات نحو (٢٤/٢٤، ٣٠/٣٠، ٣٠/٣٦) م على التوالي.

وتبلغ مسافة الرش لكلا الطرازين (المثلث والمربع) نحو (٢٠، ٢٤,٥، ٢٦) م بواقع تدفق للمرش قدره (٨,٠٤، ٩,٤٦، ١٠,٥٦) م٣/ ساعة على التوالي وبضغط مائي يصل

لنحو (٠,٢٥، ٠,٣٥، ٠,٤٥) ضغط جوي على التوالي وبنحو ١١,٧ ملم لقطر فوهة المرش.

نستنتج مما سبق أن طراز توزيع المرشات (المثلث والمربع) يختلف باختلاف كثافة الرش المحدد لإجمالي المساحة المروية والمرتبط بالمسافة بين المرشات، لكن مسافة الرش، تدفق الرش، الضغط المائي المطلوب للمرش، وقطر فوهة المرش تكون متماثلة في كلا الطرازين لتوزيع المرشات. ويتعلق نوع الاستخدام للطرازين (المثلث والمربع) بتضاريس الأرض وقوام التربة والظروف الجوية المحيطة ونوع النباتات المزروعة.

ويمكن تصنيف المرشات لثلاثة أصناف تبعاً لمسافة الرش: مرشات قليلة المدى، مرشات متوسطة المدى، ومرشات بعيدة المدى بواقع [(١٤-٢٠)، (٢٤-٣٩)، (٣٢-٥٠)] م باختلاف قطر فوهة المرشات بنحو [(٢,٤-٧)، (٨-٢٤)، (١٥-٣٠)] ملم على التوالي بواقع تدفق مائي للمرش قدره [(١-٣,٨)، (١٦,٥-٥٤,٥)، (٣٢-٦٠)] م٣/ ساعة وكثافة رش تصل لنحو [(٣,١-٦,٦)، (٥-١٥)، >١٥] ملم/ ساعة على التوالي وبمتوسط ضغط مائي يصل لنحو [(٠,٢٥-٠,٤٥)، (٠,٣-٠,٥)، (٠,٥-١,٢)] ضغط جوي على التوالي (الشكل رقم ٩).

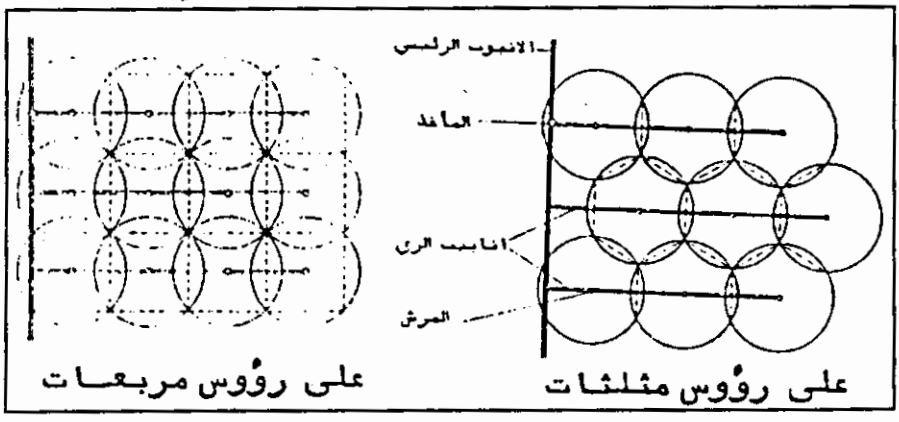
وتفيد المعرفة لأصناف المرشات في تقليل أو زيادة عدد أجهزة الرش الموزعة على مساحة الحقل لتأمين المتطلبات المائية للنباتات المزروعة، لكنها تتطلب أجهزة وتقنيات ري أكثر تطوراً كـ (مضخات ذات استطاعة كبيرة، تأمين ضغط عالي للمياه نحو المرشات، زيادة بالتدفق المائي عبر المرشات، وطراز حديث للمرشات متوافق مع الأغراض المطلوبة).

٤-العلاقات الحسابية لمنظومة الري بالرذاذ:

أ-العلاقة بين زاوية ميل المرش وسطح التربة: إن إحدى ميزات منظومة الري بالرذاذ صلاحيتها للاستخدام في الأراضي ذات التضاريس المتباينة، كونها منظومة ري مرنة الحركة وسهلة النقل والنصب في مواضع مختلفة على سطح الأرض. لكن لهذا الأمر اشتراطاته المتعلقة بالبُعد بين المرشات وميلها وزاوية ميل سطح التربة بما يحقق توزيع منتظم للمياه على كافة أرجاء التربة، وضمان فعالية عالية للري. وللوقوف على هذه الاشتراطات، نورد الجدول أدناه.

الشكل رقم ٩

توزيع المرشات على شكل مثلثات ومربعات بطريقة الري بالرذاذ



المصدر: جميل عباس وعبد الناصر الضرير-مصدر سابق ص ٢١٠.

جدول رقم (٢٥) يبين العلاقة بين بُعد المرش زاوية ميله وزاوية ميل سطح التربة

البُعد بين المرشات (م)	زاوية ميل المرش (%)	زاوية ميل سطح التربة (%)
٥	٤	٨,٧
١٠	٨	١٧,٦
١٥	١١	٢٦,٨
٢٠	١٤	٣٦,٤
٢٥	١٦,٥	٤٦,٤
٣٠	١٩	٥٧,٦
٣٥	٢١	٧٠,٠
٤٠	٢٣	٨٣,٩

Source: Perrot- Hand-buch der Beregnunptechnik ١٩٦٦.

اقتباس من علي عبد الله مصدر سابق ص ٢٢٤.

من الجدول أعلاه يتبين أنه حين يكون البُعد بين المرشات (٥، ١٠، ١٥، ٢٠، ٢٥، ٣٠، ٣٥، ٤٠) م فإن زاوية ميلها تكون (٤، ٨، ١١، ١٤، ١٦,٥، ١٩، ٢١، ٢٣) في المائة على التوالي والتي تتوافق مع زاوية ميل سطح التربة (٨,٧، ١٧,٦، ٢٦,٨، ٣٦,٤، ٤٦,٤، ٥٧,٦، ٧٠,٠، ٨٣,٩) في المائة على التوالي. نستنتج مما سبق أن هناك علاقة طردية بين بُعد وميل المرشات من جهة، ومن جهة أخرى بين ميل سطح التربة لضمان تحقيق توزع مثالي للمياه على سطح التربة وبالتالي رفع كفاءة الري.

ب-العلاقة بين كثافة الرش والغطاء النباتي ونوع التربة: ترتبط كثافة الرش بثلاثة عوامل رئيسية: درجة ميل سطح التربة، نوع التربة، وكثافة غطاءها النباتي فالمتطلبات المائية لأنواع الترب متباينة من حيث درجة ميلها وكثافة غطاءها النباتي مما يتطلب أخذها بنظر الاعتبار عند حساب الحاجات المائية في تصميم منظومة الري بالرذاذ، ولبيان ارتباط العوامل السابقة بكثافة الرش، نورد الجدول أدناه.

جدول رقم (٢٦) يبين العلاقة بين كثافة الرش والغطاء النباتي ونوع التربة

درجة الميل سطح التربة (%)	كثافة الغطاء النباتي	كثافة الرش تبعاً لنوع التربة (ملم/ساعة)					
		ثقيلة	ثقيلة إلى متوسطة	متوسطة	متوسطة إلى خفيفة	خفيفة	خفيفة جداً
٤<	ضعيفة	٣,٥	١٠-٥	١٨-٨	٢٥-١٣	١٨-	٥٠-٢٥
	جيد	٨-٤	١٥-٨	٢٥-١٠	٣٥-١٨	٣٥ -٢٥ ٦٠	٧٥-٣٥
٨-٤	ضعيف	٤-٣	٦-٤	١٣-٥	١٨-١٠	١٣-	٣٥-١٨
	جيد	٥-٤	٩-٥	١٨-٨	٢٥-١٥	٢٥ -٢٥ ٣٥	٦٠-٢٥
٨>	ضعيف	٣<	٤-٣	٨-٤	١٣-٨	١٠-	٢٥-١٣
	جيد	٤<	٥-٤	١٠-٦	١٨-١٠	١٨ -١٥ ٢٥	٢٥-١٨

Source: Taschenbuch Der Wasserwirtschaft ١٩٧١.

اقتباس من علي عبد الله مصدر سابق ص ٢٢٣.

من الجدول أعلاه يتبين حين يكون الميل أقل من ٤% للترب (الثقيلة، الثقيلة إلى المتوسطة، المتوسطة، المتوسطة إلى الخفيفة، الخفيفة، والخفيفة جداً) وبكثافة غطاء نباتي ضعيف تكون كثافة الرش [٣,٥، (٥-١٠)، (٨-١٨)، (١٣-٢٥)، (١٨-٢٥)، (١٨-٣٥)، (٢٥-٥٠)] ملم/ ساعة على التوالي. وتختلف قيم كثافة الرش في ذات الترب حين تكون كثافة الغطاء النباتي جيدة بنحو [(٤-٨)، (٨-١٥)، (١٠-٢٥)، (١٨-٣٥)، (٢٥-٦٠)، (٣٥-٧٥)] ملم/ ساعة على التوالي.

ومع زيادة ميل سطح الترب السابقة الذكر لنحو (٤-٥) في المائة وبكثافة غطاء نباتي ضعيف تصبح كثافة الرش [(٣-٤)، (٤-٦)، (٥-١٣)، (١٠-١٨)، (١٣-٢٥)، (١٨-٣٥)] ملم/ ساعة على التوالي. وحين تكون كثافة الغطاء النباتي جيدة تصبح كثافة الرش [(٤-٥)، (٥-٩)، (٨-١٨)، (١٥-٢٥)، (٢٥-٣٥)، (٢٥-٦٠)] ملم/ ساعة على التوالي. ومع زيادة ميل سطح الترب السابقة الذكر لنحو أكثر من ٨% وبكثافة غطاء نباتي ضعيف تصبح كثافة الرش [(<٣، (٣-٤)، (٤-٨)، (٨-١٣)، (١٠-١٨)، (١٣-٢٥)] ملم/ ساعة على التوالي، وحين تكون كثافة الغطاء النباتي جيدة تصبح كثافة الرش [<٤، (٤-٥)، (٦-١٠)، (١٠-١٨)، (١٥-٢٥)، (١٨-٢٥)] ملم/ ساعة على التوالي.

نستنتج مما سبق أنه عند درجة ميل سطح التربة بنحو ٤% وبكثافة غطاء نباتي (ضعيفة، وجيدة) هناك اتجاه تصاعدي بقيم كثافة الرش في الترب المختلفة سابقة الذكر، وعند درجة ميل لسطح التربة تتراوح بين (٤-٨) في المائة لذات الترب والغطاء النباتي يقل الاتجاه التصاعدي لقيم الرش، وأخيراً بميل قدره ٨% لسطح التربة والغطاء النباتي ينخفض الاتجاه التصاعدي أكثر لقيم الرش. بمعنى آخر في كافة الميول السابقة لسطح الترب وأنواعها منحني كثافة الرش يأخذ اتجاهاً تنازلياً عدا في الترب الثقيلة بكثافة غطاء نباتي ضعيف حيث تكون كثافة الرش بين [٣,٥، (٤-٥)، <٣] ملم/ ساعة على التوالي يأخذ منحني كثافة الرش اتجاهاً تصاعدياً ثم ينخفض، وعلى الضد من ذلك حين تكون كثافة الغطاء النباتي جيدة يأخذ منحني كثافة الرش اتجاهاً تنازلياً.

ج-العلاقة بين سرعة التدفق المائي للمرش وحجم رذاذ الماء واستخداماته:

إن سرعة التدفق المائي عبر المرش متعلقة بحجم الضغط المائي في أنبوب المرش، فكلما كان الضغط عالياً كلما زادت سرعة التدفق عبر المرش مما يؤثر على حبيبات الماء الخارجة من فوهة المرش تبعاً لاختلاف أقطاره. هذه العلاقة تفيد في حساب المتطلبات المائية لأنواع الترب والنباتات وبالتالي تحديد صلاحية استخدامها في الزراعات والمناخات المختلفة، وكذلك في عمليات الخدمة الزراعية (التسميد، والمكافحة) ولتوضيح ذلك نورد الجدول أدناه.

جدول رقم (٢٧) يبين العلاقة بين سرعة التدفق المائي للمرش وحجم رذاذ الماء واستخداماته

النسبة بين الضغط المائي للمرش وسرعة تدفقه (%)	حجم رذاذ الماء	صلاحية الاستخدام
<١:١,٠	ناعم جداً	البساتين
(١: ١,١)- (١: ١,٠)	ناعم	جميع المحاصيل الزراعية
(١: ١,٢)- (١: ١,١)	متوسط النعومة	المحاصيل الحقلية
(١: ١,٣)- (١: ١,٢)	متوسط الخشونة	المروج
<١:١,٣	خشن	في فصل الشتاء بدلاً من غمر التربة

Source: Uhden- Taschenbuch Landwirtschaft..et.

اقتباس من علي عبد الله-مصدر سابق ص ٢٢٥.

من الجدول أعلاه يتبين أنه حين تكون النسبة بين الضغط المائي وسرعة التدفق للمرش أقل من (١,٠: ١) في المائة فإن حجم رذاذ الماء يكون ناعماً جداً فيصلح استخدامه في البساتين. وحين تتراوح النسبة بين الضغط المائي وسرعة التدفق للمرش بين [(١: ١,١)، (١: ١,٠)] في المائة يصبح حجم رذاذ الماء ناعماً فيصلح استخدامه لكافة المحاصيل الزراعية. وعند ارتفاع النسبة لتصل بين [(١: ١,٢)- (١,١- ١)] في المائة يصبح حجم رذاذ الماء متوسط النعومة فيصلح استخدامه للمحاصيل الحقلية، وبزيادة النسبة بين [(١: ١,٣)- (١: ١,٢)] في المائة يصبح حجم رذاذ الماء متوسط الخشونة فيصلح استخدامه للمروج. وأخيراً عند زيادة النسبة لنحو (١: ١,٣) في المائة يصبح حجم رذاذ الماء خشناً فيصلح استخدامه في فصل الشتاء تلافياً لغمر التربة بالمياه.

نستنتج مما سبق أن اختلاف نسب الضغط المائي في أنبوب المرش إلى سرعة تدفقه المائي يسفر عن اختلاف بحجوم حبيبات الماء الخارجة من فوهة المرش والمرتبطة أساساً بقطر فوهة المرش وحركته وسرعة دوارنه. بمعنى آخر إنها آلية للتحكم بالمتطلبات المائية ونوعيتها وكذلك بالظروف المناخية المحيطة (الحرارة، والصقيع) وبعمليات الخدمة الزراعية (التسميد، والمكافحة) والمتعلقة أساساً بنوعية الترب والنباتات المزروعة.

الشروط الأساسية لمكافحة الصقيع وتوزيع المبيدات في منظومة الري بالرذاذ[٣٧]:

أ-مكافحة الصقيع يجب أن تكون:

١-سرعة دوران المرش دورة واحدة في الدقيقة.

٢-آمان العمل للمرش لايتأثر بدرجة حرارة (-١٠) درجة مئوية.

٣-أجهزة القياس والمراقبة خارج مساحة الرش.

---

[٣٧] Perrot ١٩٦٦ ((Hand-bueh der Beregnunptechniki Stuttgarter Verlags kontor, Stuttgart.

اقتباس من علي عبد الله- مصدر سابق ص ٢٢٧، ٢٣١.

ب-توزيع الأسمدة:

١-عند استخدام منظومة الري بالرذاذ من النوع الثابت فالأنسب أن تكون مواصفاتها التكنيكية متطابقة لتلك المستخدمة في مكافحة الصقيع سواءً من حيث كثافة الرش أو الضغط المائي في المرش.

٢-الحد الأدنى لدورات المرش يجب أن تكون دورة واحدة في الدقيقة.

٣-الحد الأدنى للضغط المائي في المرش يجب أن يتراوح بين (٤-٤,٥) ضغط جوي.

٤-تغذية منظومة الري بالسائل الحاوي على المبيدات يجب أن يتم اختياره تبعاً للشروط المكانية.

٥-يتطلب وضع صمام خاص تحت كل مرش في الأراضي ذات الميول الحادة، وذلك لجعل السائل الحاوي على المبيدات غير خاضع لفرق الارتفاع بالنسبة لنقطة بدء تدفق السائل، ونقطة نهاية التدفق وأيضاً لتلافي تدفق السائل من المرش بعد الانتهاء من عملية الرش.

مزايا طريقة الري بالرذاذ:

١-تصلح لكافة الأراضي غير المستوية وذات الميول التي تزيد على ١٠% دون الحاجة لإجراء عمليات التسوية للأرض، وكذلك للأراضي الخفيفة والثقيلة.

٢-يصلح استخدامها للأراضي الشاسعة خاصة المزروعة بالمحاصيل الحقلية والأشجار المثمرة.

٣-توفر كميات كبيرة من المياه حيث تنخفض المتطلبات المائية للهكتار الواحد لنحو ٧٥٠٠ م^3 مقارنة بالمتطلبات المائية لذات المساحة من الأرض بطريقة الري التقليدية (الغمر) والتي تصل حاجتها المائية لنحو ١٢٠٠٠ م^3 حسب نوع النبات نتيجة قلة الضياعات المائية بالتبخر من سطح التربة والتسربات المائية نحو آفاقها المتعددة.

٤-توفر الأيدي العاملة اللازمة لعملية الري حيث تتطلب عامل واحد لكل ٦٠ هكتاراً، وكذلك تخفيض نفقات الخدمة الزراعية (التسميد، والمبيدات).

٥-إمكانية التحكم بالظروف المناخية المحيطة (الصقيع، وارتفاع درجات الحرارة).

٦-إمكانية استخدام المكننة الزراعية في الحقل دون عوائق قنوات المياه المكشوفة.

٧-كفاءة الري عالية، وأجهزة الري سهلة النصب والفك.

٨-عمرها الافتراضي كبير ويوفر نفقات الري في المواسم التالية.

٩-زيادة في الانتاج الزراعي وتحسين نوعيته.

١٠-توفر توزيعاً منتظماً للمياه على كافة أرجاء الحقل الزراعي.

١١-توفر المساحات الزراعية في الحقل لعدم الحاجة لإقامة قنوات ري مكشوفة.

مساوئ طريقة الري بالرذاذ:

١-نفقات الإنشاء عالية، ليس بوسع المزارعين ذوي الدخول المنخفضة تأمينها خاصة في الأراضي الزراعية الصغيرة المساحة.

٢-تعتبر غير فعالة في الحقول المكشوفة والمعرضة للرياح بسرعة ٥ م/ ثـا لعـدم انتظام توزع المياه على كافة ارجاء الحقل، وبالتالي عدم حصول قسم من النباتات علـى حاجاتها المائية الكافية.

٣-عند ارتفاع درجات الحرارة على ٤٥ م^{o} يؤدي لضياع كميات كبيرة مـن الميـاه بالتبخر المباشر في الجو، وتلافياً لذلك يتطلب إجراء عملية الري في المساء أو الـصباح الباكر لإنخفاض درجات الحرارة.

٤-تتطلب خبرة ودراية كافية لعمليات التشغيل والصيانة لأجهزة الري.

٥-تشجع على انتشار الأمراض الفطرية والبكترية بسبب ارتفاع نسبة الرطوبة علـى الأجزاء الخضرية للنباتات.

٦-تقل فعالية الري عند استخدام مياه ذات نسب مرتفعة من الأملاح لخطورة انـسداد فتحات المرشات.

٧-تشجع على نمو الأعشاب الضارة، لارتفاع نسبة الرطوبة على سطح التربة.

٨-تتطلب ريات متتابعة لفسح المجال لتسرب المياه نحو آفاق التربة المتعددة.

٩-تعرض أنابيب نقل المياه للعطب والمرشات للانسداد، وكذلك الحسابات الخاطئـة لعدد المرشات وتوزعها في الحقل تقلل من عيار السقاية.

ثانيا-طريقة الري بالتنقيط:

١-آلية طريقة الري بالتنقيط (الري الموضعي): تتألف مـن شـبكة ري أتوماتيكيـة وقنوات فرعية تثبت عليها منقطات يتدفق عبرها الماء ويتراوح تصريفها بـين (٢-١٠) لتر/ ساعة تعمل على ترطيب جزء من التربة المحيطة بالنبات لتأمين متطلباتـه المائيـة وتختلف عدد المنقطات وتوزعها وأقطارها باختلاف نوع النبات. حيث تصل كفاءة الري بالتنقيط لنحو ٨٥% في الزراعات المغطاة، ويصلح استخدامها في الترب الخفيفة والمالحة بعد استصلاحها.

٢-تصميم شبكة الري بالتنقيط: يتطلب إجراء اختبارات للتربة (قوامهـا، نفاذيتهـا، مساميتها، وقدرتها على الاحتفاظ بالماء) ودراسة للمتطلبات المائية للنباتـات المزروعـة وكميات المياه في الرية الواحدة وعدد وفترات الريات في الموسم الزراعـي. ودراسـة الظروف الجوية المحيطة (حجم الهطول المطري، درجات الحرارة، وحجم التبخر-نتح).

وأخيراً دراسة الجدوى الاقتصادية لمشروع الري بالتنقيط المتعلق بمساحة الأرض، ونوع النبات والانتاج الزراعي. وحساب متطلبات الري هو حاصل ضرب شدة الكثافة الزراعية مع معامل الغطاء النباتي المرتبط بمراحل نمو النبات، فكلما تقدم النبات في مراحل نموه زادت حاجته للمياه.

٣-أجهزة وتقنيات الري بالتنقيط:

أ-محطة الضخ: تتألف من مضخة باستطاعة محددة تنصب بالقرب من المصدر المائي (مزودة بمصافي خاصة لتنقية المياه من الشوائب) لتضخ المياه إلى خزان على ارتفاع (١-٣) م يؤمن ضغطاً طبيعياً لجريان الماء نحو أنابيب توزيع المياه [أو تضخ المياه تحت ضغط يتراوح بين (٠,١-٠,٢) ضغط جوي] تبعاً لنوع التربة والنبات. ويمكن استخدام الخزان المائي لتوزيع الأسمدة والمبيدات الزراعية على النباتات عن طريق مياه الري.

ب-لوحة التحكم: تضم أزرار التشغيل والإغلاق ومقياس الضغط والشدة للتيار الكهربائي.

ج-مجموعة المصافي: تنصب على الأنبوب الرئيس الخارج من الخزان المائي لتنقية الماء من الشوائب تلافياً لانسداد المنقطات.

د-شبكة الأنابيب الرئيسية والفرعية: الأنبوب الرئيس (معدني أو اسمنتي) مطمور تحت سطح التربة على مسافة (٥-١٠) سم ويتراوح قطره بين (١٢-٢٥) ملم، والأنابيب الفرعية يتراوح أقطارها بين (٦-١٢) ملم وطولها بين (٥٠-١٠٠) م تبعاً لطول خط الزراعة وتتوضع المنقطات عليها.

العوامل المحددة لطول أنابيب منظومة الري بالتنقيط[٣٨]:

١-الضغط في الأنبوب: تعمل معظم المنقطات في ضغوط جوية تتراوح بين (١-٢) ضغط جوي، مما يتطلب ضغط ثابت في الأنبوب يؤمن تدفقاً ثابتاً للماء. فعلى سبيل المثال عند وجود فرق في الارتفاع بين بداية ونهاية الأنبوب بمقدار متر واحد فإنه يؤثر سلباً بنحو ١٠% من ضغط الأنبوب الداخلي أي بما يعادل واحد ضغط جوي. وهذا التغيير السلبي في الضغط داخل الأنبوب قد يصل لنحو (٣٠-٥٠) في المائة أي ما يعادل (٠,٢-٠,٣) ضغط جوي، لذلك يتم اعتماد ضغوط تتراوح بين (١-٢) ضغط جوي في أنابيب منظومة الري، لكنها تنخفض في الزراعات المغطاة لتصل بين (٠,٢-٠,٤) ضغط جوي نتيجة الشكل المستوي لسطح التربة.

---

[٣٨] Gilaadi, Y. und Marco. A ١٩٧٧ ((Tropf beweasserung Erlaeuterung Zur Bemessuny Von tropfen und tropfen leitungen)) Z.F. Bewaesserungswirtstshsft, ١٢-Jabrgang, Welt ٢: ٢٥-٦٥, ١٩٨٠.

اقتباس من علي عبد الله-مصدر سابق ص ٢٣٩، ٢٤٣-٢٥٤. بتصرف (المؤلف-الربيعي).

٢-عامل الخسارة: هناك عوامل عديدة تؤثر في خسارة الضغوط وفي مقاومة التدفق المائي في المنقطات منها نوع المنقطة، شكلها الهندسي، حجم تدفقها، وطول الأنابيب، فعند ارتفاع عامل الخسارة من ٠,٥ إلى ١,٠ يتغير طول الأنبوب بنسبة ٧%. أما المنقطات من نوع (Insert) فتتحدد قيمة عامل الخسارة بقيمة غزارة المنقطة على الأنبوب من جهة، ومن جهة أخرى بقيمة المقطع الداخلي للأنبوب بحيث تصبح قيمة محصلة الخسارة صفراً. في حين أن قيمة الخسارة في المنقطات من نوع (in-Line) تتعلق بشكل الوصل ومقطع تدفق المنقطات، فعلى سبيل المثال عند اختلاف مقطع تدفق المنقطات تزداد مقاومة التدفق في نقاط الوصل فتزداد الخسارة في الضغط.

٣-التوزيع المتجانس للتدفق المائي: هناك عوامل عديدة مؤثرة في التوزيع المتجانس للتدفق المائي منها: الشكل التصميمي للمنقطة، ومواد التصنيع وطرازه. إن أبسط أنواع المنقطات ذات الثقب الواحد في جدار أنبوب التنقيط تتأثر بسماكة جدار الأنبوب، وشكل الثقوب، وعدم تجانسها في جدار الأنبوب. لذا هناك عدة اشتراطات يجب توفرها في المنقطات منها: التدفق المائي للمنقطة التي يجب أن تكون فعاليتها لاتقل عن ٧١,٤% من مواصفات التصنيع، ومقياس التدفق المائي للمنقطة يجب أن لايقل عن واحد بار (واحد ضغط جوي) وأن لاتقل فعاليته عن ± ٨%.

٤-التغير في التدفق المائي للمنقطة الأخيرة على الأنبوب: يعني الاختلاف الأعظمي للمنقطتين الواقعتين على طرفي أنبوب التنقيط الواحد، ويحصل هذا الفرق بسبب تغير الضغط في الأنبوب (والناتج عن عامل الخشونة، واختلاف طبوغرافية سطح الأرض) أي عند انخفاض القدرة يزيد فرق التدفق المائي بين المنقطة الأولى والأخيرة على الأنبوب الواحد.

٥-إجمالي الخسارة في الضغوط: أن الخسارة في الضغط في مقطع من منظومة الري يعود للخسارات في الضغوط الناتجة عن عامل الخشونة والوصل وميل الأنبوب، وحسابه يفيد في تحديد الضغط المائي اللازم في بداية الأنبوب.

٦-قطر الأنبوب: يتطلب تحديد طول الأنبوب وعدد منقطاته المطلوبة لأن حساب القطر الداخلي للأنبوب له علاقة مباشرة بطول الأنبوب، وعدد المنقطات المحددة لسرعة التدفق المائي داخل الأنبوب وما يتعرض من خسارات في الضغط.

٧-ميل الترب: يؤثر في طول الأنبوب بسبب تغير الضغط الناتج عن الميل والذي يكون موجباً عند الانحدار وسالباً عند الارتفاع، ويمكن تحديد ذلك بثلاث حالات لتوضع الأنابيب:

أ-أنبوب ممتد على شكل أفقي: لايؤثر الميل في الضغط، وإنما فرق التدفق المائي يكون بين المنقطة الأولى في بداية الأنبوب والمنقطة الأخيرة في نهاية الأنبوب.

ب-أنبوب ممتد على سطح التربة تصاعدياً: يتناقص الضغط في الأنبوب مع مسار التدفق المائي ويكون الفرق كبيراً بين المنقطة الأولى والأخيرة على الأنبوب.

ج-أنبوب ممتد على سطح التربة تنازلياً: يرتفع الضغط في الأنبوب باتجاه حركة السائل، ويكون متناسباً طردياً مع درجة الميل. ويتناقص الضغط بتزايد الخسارة في الضغط والناتجة عن عامل الخشونة، أما فرق التدفق المائي فيقع في المنقطة ذات الضغط المنخفض والمتوضعة في النقطة الأخفض من سطح التربة (ميل الأنبوب).

٨-درجة الحرارة: إن مادة صنع أنابيب التنقيط في الغالب من مادة البولي ايتلين المتأثرة بأشعة الشمس فيؤدي لرفع درجة حرارة الماء داخل الأنبوب، وتتناسب درجة سخونة الماء مع شدة ومدة الاشعاع الشمسي ونوع التربة وكذلك مع سرعة التدفق المائي داخل الأنبوب. حيث يؤدي ارتفاع درجات حرارة الماء داخل الأنبوب لتخفيض عامل اللزوجة، وتمدد في المنقطات وبالتالي تمدد في مقطع السيلان. أي أن ارتفاع درجات الحرارة يزيد من تدفق الماء في الأنبوب وبالتالي من زيادة تدفق الماء في المنقطة الأخيرة على الأنبوب بالرغم من عدم ارتفاع التدفق المائي في بداية الأنبوب. ونظراً لوجود علاقة طردية بين ارتفاع درجات الحرارة وطول الأنبوب تؤثر سلباً في التدفق المائي للمنقطات مقابل انخفاض بالتدفق المائي بسبب عامل الخشونة يتطلب الأمر زيادة التدفق المائي حين يكون عدد المنقطات على الأنبوب كبيراً جداً.

٩-توجيه التدفق المائي: يتم تقليل مقطع المنقطات في النقاط المعرضة لارتفاع الضغط في الأنبوب (مثلاً في بداية الأنبوب) للتحكم بالتدفق المائي لتحقيق: مستويات عالية من الضغط داخل الأنبوب مما يؤثر إيجاباً على طول الأنبوب والزيادة بعدد منقطاته، وتحقيق تجانس في التدفق المائي على طول الأنبوب، وتوفير إمكانية أفضل لاستخدام منظومة الري بالتنقيط في تضاريس متباينة من الترب وبفعالية عالية.

ه-**مجموعة المنقطات:** تعمل على توزيع المياه على النباتات حيث تختلف أشكالها وأغراضها (متقبة، ذات صمامات، وحلزونية). ويتراوح التدفق المائي للمنقطة الواحدة بين (٢-٨) لتر/ ساعة تبعاً لنوع التربة والنبات (الشكل رقم ١٠). تتحدد آلية وتقنيات المنقطات بـ[٣٩]:

أ-عبارة عن أنبوب مطاطي دقيق له مقطع صغير يدخل في الأنبوب الناقل للماء، وحجم التدفق المائي في المنقطة يرتبط بمقطع وطول الأنبوب. وتلافياً لاشكاليات طول الأنبوب وصغر مقطعه، يفضل استخدام المنقطات الحلزونية والمتوضعة دائرياً على

---

[٣٩] علي عبد الله- مصدر سابق ص ٢٣٤، ٢٣٥. بتصرف (المؤلف-الربيعي).

الشكل رقم ١٠

مخطط توضيحي لمجموعة الري بالتنقيط

تتألف مجموعة الري بالتنقيط كما هو مبين بالشكل من العناصر التالية :

1- محطة الضخ (مضلـــة).

2- مكر وقف الضخ.

3- خزان اضافة السماد.

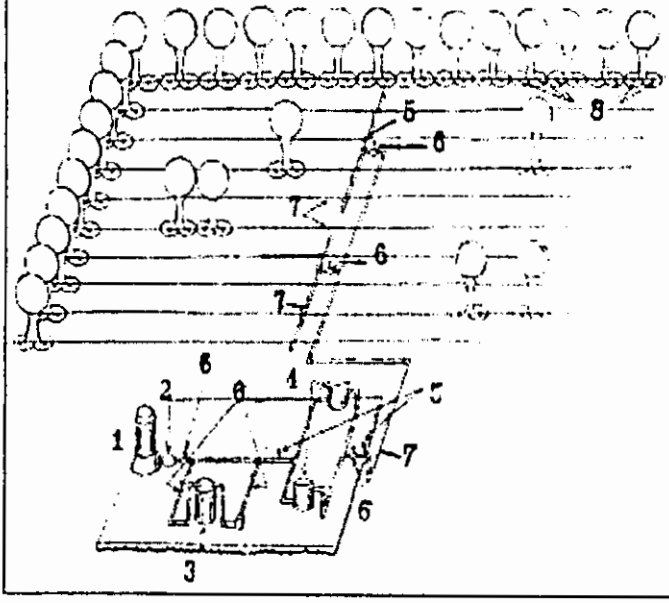
4- مجموعة تصفية .

5- منظم ومقياس ضغط .

6- منظم وعداد قياس التدفق .

7- شبكة الانابيب الرئيسية والفرعية .

8- المنقطات .



المصدر: جميل عباس وعبد الناصر الضرير-مصدر سابق ص ٢٤٦.

الأنبوب الناقل للماء. وهناك أشكال تصميمية متعددة للمنقطة منها على شكل (بريمي أنبوبي) تتعشق على الأنبوب الناقل للماء أو عند مفاصله المتعددة.

ب-عبارة عن أنابيب مسامية مصنوعة من مواد بلاستيكة، سطوح جدرانها نافذة للماء، وأقطارها تتراوح بين (٠,٥-٤) ميكرون حيث تشكل فلتراً ناعماً مع جدران الأنبوب. ومن مساوئها: عمرها الافتراضي قصير، وسرعة انسداد مساماتها بالشوائب.

ج-منقطات نفاثة يرتبط تدفقها المائي بحجم مقطعها وبضغط الماء في الأنبوب وذات تقنيات تصميمية متنوعة (نابضة، ودائرية). ومن مساوؤها: مقطعها الصغير قياساً بمقطع الانبوب مما يؤدي لسرعة انسداد مساماتها بالشوائب. ولتباين العلاقة بين عدد وتباعد المنقطات والاحتياجات المائية للنبات، نورد الجدول أدناه.

جدول رقم (٢٨) يبين العلاقة بين (عدد المنقطات ومسافات الزراعة) والاحتياجات المائية للنبات

الوصف	عدد المنقطات							مسافات الزراعة (م)
	٢	٣	٤	٥	٦	٨	١٠	
الاحتياجات المائية الأعظمية (ملم/يوم)	٠,٠٤	٠,٠٦	٠,٠٨	٠,١	٠,١٢	٠,١٦	٠,٢١	١×٠,٥
	٠,٣٨	٠,٥٦	٠,٧٥	٠,٩٤	١,١٢	١,٥	١,٨٨	٣×١,٥
	٠,٦٧	١,٠	١,٣٣	١,٦٧	٢,٠	٢,٦٧	٣,٣٣	٤×٢
	١,٥	٢,٢	٣,٠	٣,٨	٤,٥	٦,٠	٧,٥	٦×٣
	٢,١	٣,١	٤,٢	٥,٢	٦,٢	٨,٣	١٠,٤	٥×٥
	٣,٠	٤,٥	٦,٠	٧,٥	٩,٠	١٢,٠	١٥,٠	٦×٦
	٤,١	٦,١	٨,٢	١٠,٢	١٢,٢	١٤,٣	٢٠,٠	٧×٧
	٥,٣	٨,٠	١٠,٧	١٣,٣	١٦,٠	٢١,٣	٢٦,٧	٨×٨
	٨,٣	١٢,٥	١٦,٧	٢٠,٨	٢٥,٠	٣٣,٣	٤١,٧	١٠×١٠

المصدر: تنسيق الجدول من إعدادنا (المؤلف-الربيعي) المعطيات من جميل عباس وعبد الناصر الضرير مصدر سابق ص ٢٥٢، ٢٥٣. دون ذكر مصدرها الأساس.

من الجدول أعلاه يتبين أنه عند زيادة عدد المنقطات بنحو (٢، ٣، ٤، ٥، ٦، ٨، ١٠) منقطة فإن المتطلبات المائية للنباتات المزروعة على مسافة (١×٠,٥) م تصل لنحو (٠,٠٤، ٠,٠٦، ٠,٠٨، ٠,١، ٠,١٢، ٠,١٦، ٠,٢١) ملم/ يوم على التوالي. وبزيادة المسافة بين النباتات المزروعة لنحو (٣×١,٥) م لنفس متوالية عدد المنقطات السابقة فإن الاحتياجات المائية تزداد بنحو (٠,٣٨، ٠,٥٦، ٠,٧٥، ٠,٩٤، ١,١٢، ١,٥، ١,٨٨) ملم/ يوم على التوالي.

وبتوالي الزيادة بالمسافات بين النباتات المزروعة بنحو [(٤×٢)، (٦×٣)، (٥×٥)، (٦×٦)، (٧×٧)، (٨×٨)، (١٠×١٠)] م فإن المتطلبات المائية لنفس الزيادات المتتالية لعدد المنقطات أعلاه تزيد لتصل بين [(١,٥-٨,٣)، (٢,٢-١٢,٥)، (٣,٠-١٦,٧)، (٣,٨-٢٠,٨)، (٤,٥-٢٥,٠)، (٦,٠-٣٣,٣)، (٧,٥-٤١,٧)] ملم/ يوم على التوالي.

نستنتج مما سبق أن الاختلاف بعدد المنقطات يقلل من الاحتياجات المائية الأعظمية للنباتات المزروعة والمرتبطة أساساً باختلاف المسافات بين النباتات المزروعة،

فكلما قلت المسافة بين النباتات المزروعة قلت متطلباتها المائية وكلما زادت المسافة بين النباتات المزروعة زادت متطلباتها المائية.

إن اعتماد منظومة الري بالتنقيط لاتقتصر على المعايير السابقة الذكر وحسب، بل أنها تتعلق بنوع النباتات المزروعة نتيجة اختلاف متطلباتها المائية. مما يتطلب تصميماً محدداً لمنظومة الري بالتنقيط لكل نبات على حده، حيث تختلف أبعاد خطوط الزراعة وبالتالي أبعاد أنابيب الري وكذلك أبعاد وعدد المنقطات تبعاً للشروط الزراعية المثالية وحاجاتها المائية. ولبيان العلاقة بين نوع النبات المزروع واختلاف تصميم منظومة الري بالتنقيط، نورد الجدول أدناه.

جدول رقم (٢٩) يبين أبعاد منظومة الري بالتنقيط تبعاً لنوع المزروعات

نوع النبات	البعد بين خطوط الزراعة (م)	البعد بين أنابيب الري بالتنقيط (م)	البعد بين المنقطات على أنابيب الري (م)	طول أنابيب الري (م/ هكتار)	عدد المنقطات في الـ (هكتار)
كرمة	٣,٠٠	٣,٠٠	٠,٨٠	٣٣٣٣	٤١٦٦
بندورة	١,٧٥	١,٧٥	٠,٨٠	٥٧١٤	٧١٤٢
قطن	١,٠٠	٢,٠٠	٠,٨٠	٥٠٠٠	٦٢٥٠
بصل	٠,٣٣	٠,٦٦	٠,٣٣	١٥١٥٢	٤٥٤٥٦

Source: G.Gilead in Tropandandwirts magazine No. April ١٩٧٦ p ٥٢
اقتباس من علي عبد الله مصدر سابق ص ٣٣٣.

من الجدول أعلاه يتبين أن أنواع النباتات المزروعة (كرمة، بندورة، قطن، وبصل) تتطلب أبعاداً لخطوط الزراعة قدرها (٣,٠٠، ١,٧٥، ١,٠٠، ٠,٣٣) م على التوالي مما يؤثر في البعد بين أنابيب الري على نحو (٣,٠٠، ١,٧٥، ٢,٠٠، ٠,٦٦) م، وبالتالي على البعد بين المنقطات المتوضعة على انابيب الري على نحو (٠,٨٠، ٠,٨٠، ٠,٨٠، ٠,٣٣) م على التوالي. وبالمحصلة فإن أطوال أنابيب الري المطلوبة للنباتات السابقة الذكر تقدر بنحو (٣٣٣٣، ٥٧١٤، ٥٠٠٠، ١٥١٥٢) م/ هكتار على التوالي مقابل الحاجة لعدد من المنقطات يصل لنحو (٤١٦٦، ٧١٤٢، ٦٢٥٠، ٤٥٤٥٦) منقطة لكل هكتار من الأرض المزروعة.

نستنتج مما سبق أن اختلاف أبعاد خطوط الزراعة لنباتات الكرمة والبندورة والمقدرة بنحو (٣,٠٠، ١,٧٥) م على التوالي يتطلب أبعاداً مماثلة بين أنابيب الري، وحين تكون أبعاد خطوط الزراعة غير متماثلة كما في نباتات القطن والبصل والمقدرة بنحو (١,٠٠، ٠,٣٣) م على التوالي فإنها تتطلب أبعاداً غير متماثلة تقدر بنحو (٢,٠٠، ٠,٦٦) م على التوالي.

وهذا الاختلاف يؤثر أيضاً على البُعد بين المنقطات المتوضعة على أنابيب الري للنباتات المختلفة حيث يتساوى البُعد في نباتات الكرمة، البندورة، والقطن على نحو ٠,٨٠ م لكل منها، لكنه يختلف بالنسبة لنبات البصل ليصل لنحو ٠,٣٣ م.

وينعكس ذلك على أطوال أنابيب الري المستخدمة لتأمين المتطلبات المائية للنباتات المذكورة على نحو (٣٣٣٣، ٥٧١٤، ٥٠٠٠، ١٥١٥٢) م لكل هكتار على التوالي، وبالتالي

ينحسب الاختلاف على عدد المنقطات المطلوبة لتأمين الحاجات المائية للنباتات المذكورة على نحو (٤١٦٦، ٧١٤٢، ٦٢٥٠، ٤٥٤٥٦) منقطة لكل هكتار.

المعايير الواجب مراعاتها عند استخدام منظومة الري بالتنقيط[٤٠]:

١-إختيار أنابيب ذات أقطار صغيرة توزع على مساحات واسعة من الحقل لتقليل الكلفة الاقتصادية.

٢-اعتماد عدد محدود من المخارج المائية لكل متر من طول أنابيب الري، لتقليل خسارة الضغوط الصغيرة والمتعلقة بطول الأنابيب وصغر أقطارها.

٣-بالنظر لعدم جدوى مراقبتها وتنظيفها الدوري من الناحية العملية لارتفاع عددها يصمم مقطع أعظمي لجريان الماء في المنقاطات تلافياً لانسدادها.

٤-يجب أن يكون وصل المنقطات بأنابيب الري محكم بحيث يتحمل الصدمات الميكانيكية عند التفاف الانابيب بالنقل والحركة اليومية، وكذلك نتيجة تأثيرات اختلاف الضغوط في مقاطع أنابيب الري والتغيرات بدرجات الحرارة خاصة في الأنابيب الفارغة من الماء.

مزايا طريقة الري بالتنقيط:

١-قلة الأيدي العاملة اللازمة لإجراء عملية الري حيث تحتاج لعامل واحد لكل ١٠٠ هكتار من الأرض.

٢-توفر المياه بنسب تتراوح بين (٥٠-٧٠) في المائة مقارنة بطرق الري التقليدية.

٣-تصلح لكافة الترب الزراعية خاصة منها ذات النفاذية العالية.

٤-توفر إمكانية جيدة لعمل الآليات الزراعية في الحقل.

٥-تؤمن توزيعاً مثالياً للمياه على النباتات.

٦-لاتتطلب إجراء تسوية لسطح التربة.

٧-تحد من نمو الأعشاب الضارة على سطح التربة نظراً لترطيبها جزء محدد من التربة.

٨-إمكانية إضافة الأسمدة والمبيدات مع مياه الري لتزويد النباتات بالمغذيات الزراعية وكذلك بمواد المكافحة للأمراض الزراعية.

٩-عدم تأثر فعاليتها بالعوامل الجوية المحيطة كارتفاع درجات الحرارة أو شدة الرياح.

١٠-تحد من انتشار الأمراض الفطرية والبكترية لعدم ملامسة مياه الري للجزء الخضري من النباتات مقارنة بطريقة الري بالرش.

---

[٤٠] المصدر السابق ص ٢٣٣، ٢٣٤.

١١-تزيد وتُحسن من إنتاجية النبات خاصة للمحاصيل الحقلية والأشجار المثمرة.

١٢-فعالية الري عالية خاصة في الزراعات المغطاة.

١٣-لاتسهم في رفع منسوب الماء الأرضي في الأراضي المستصلحة حديثاً مما يحد من إصابتها بالتملح ثانية.

مساوئ طريقة الري بالتنقيط:

١-كلفة الإنشاء عالية مقارنة بطرق الري الأخرى.

٢-خطورة انسداد المنقطات بشوائب المياه والأعشاب الضارة، كما أنها تتطلب مياهاً ذات نسب محددة من الأملاح.

٣-خطورة إصابة الترب بالتملح في الأراضي الطينية الكتيمة والغدقة.

٤-تحد من امتداد جذور النباتات نحو أعماق التربة مما يضعف مقاومة الأشجار للعواصف والرياح القوية.

٥-إمكانية تحكمها بالظروف الجوية المحيطة (الصقيع، وارتفاع درجات الحرارة) محدودة.

٦-فعالية الري قليلة في الترب الضحلة والترب الطينية الكتيمة لانخفاض نسب الرشح المائي نحو آفاق التربة المتعددة مما يؤدي لتراكم المياه على سطح التربة. وتلافياً لذلك يتطلب استخدام منقطات ذات تدفقات مائية قليلة أو زيادة المدة بين الريات.

الصيانة الدورية لمنظومة الري بالتنقيط:

١-صيانة الخزانات والمجاري المائية: القيام بعمليات الكري الدورية لقاع الخزانات المائية ومجاري الأنهار للحفاظ على طاقتها التخزينية وتدفقها المائي لاستيعاب فوائض المياه خلال موسم الفيضان.

٢-صيانة أنابيب ومحطات الضخ: ابدال الأنابيب والوصلات والصمامات التالفة وإجراء عمليات (التزييت، التشحيم، وإبدال قطع الغيار التالفة) لمحطات الضخ، وتفريغها كلياً من الماء بعد انتهاء موسم الري تحاشياً لموجات الصقيع وانخفاض درجات الحرارة تحت الصفر المئوي التي تؤدي لتلف معدات الري.

٣-صيانة معدات وآلات الرش والمنقطات: يتم تزييت وتشحيم الاذرع الحاملة للمرشات والتأكد من عدم انسداد فتحات المرشات والمنقطات بالترسبات المختلفة وكذلك سلامة وصلات وأنابيب المياه.

اختيار طريقة الصرف

تكمن أهمية الصرف الزراعي في التخلص من المياه الزائدة عن حاجة التربة والنبات والتي تتراكم في الطبقة الكتيمة من التربة فتؤدي لغمر منطقة الجذور بالمياه مما يتسبب في اختناقها وتضعف قدرتها على امتصاص العناصر الغذائية، فارتفاع مستوى الماء الأرضي يؤدي لتعفن جذور النباتات وموتها تدريجياً نتيجة اختلال التوزان بين نسبة الأوكسجين والماء في التربة. بالإضافة إلى ذلك فإنها تعرقل العمليات الحيوية التي تقوم بها الكائنات الدقيقة في التربة لتحرير العناصر الغذائية لتجعلها قابلة للامتصاص من قبل النبات.

أن إنغمار التربة بالمياه يؤدي لارتفاع مستوى الماء الأرضي بخاصية الرشح نتيجة عملية الإشباع لمكوناتها فتظهر المستنقعات المائية على سطحها، وعند تبخر الماء يخلف الأملاح التي تتراكم على سطح التربة وفي آفاقها المتعددة وتسبب تدهور خصوبتها مما يستوجب إجراء عملية الاستصلاح لإدخالها ثانية حيز الاستخدام الزراعي.

وتؤثر فترة الغمر المائي للتربة على مراحل نمو معظم النباتات فإن تجاوزت خمسة أيام انخفضت انتاجية النباتات بنحو ٥٠% وبزيادة فترة الغمر لنحو ٧ أيام تتسبب في اختناق جذور النباتات ومن ثم موت النباتات تدريجياً.

أن أهم أهداف الصرف الزراعي العمل على تحسين خواص التربة (التهوية، الحرارة، وعمليات الخدمة الزراعية) مما يؤدي لزيادة إنتاجية المحصول وتحسين نوعيته، فالنباتات ذات الحساسية العالية للرطوبة تضعف مستويات انتاجها. فوجود شبكة صرف ملائمة ومتوافقة مع شبكة الري يسهل عمليات الخدمة الزراعية، ولايعرقل عمل الآليات الزراعية في أرض الحقل.

كما أنها تعمل على التخلص من المياه الزائدة عن حاجة النبات والتربة نتيجة تعرضها للهطولات والعواصف المطرية الموسمية التي تغمر التربة بكميات كبيرة من المياه تسيء لخصوبتها. وتسهم في الحد من تراكم الأملاح في آفاق التربة الكتيمة، وبالتالي توفر تكاليف عملية الاستصلاح.

وعلى الضد من ذلك فإن التربة تتعرض للتدهور وتنخفض خصوبتها مما يؤثر سلباً على إنتاجية النباتات وتدهور نوعية المحاصيل وانتشار الأمراض الفطرية والبكترية نتيجة ارتفاع نسب الرطوبة التي تهيأ الظروف المناسبة لنمو وتكاثر الحشرات الزراعية.

تتطلب إقامة شبكة صرف فعالة للحد من تدهور التربة والمحافظة على إنتاجية النباتات المزروعة إجراء جملة من الدراسات أهمها[٤١]:

١-دراسة العناصر المناخية المحيطة بمنطقة الحقل: كمية الهطولات المطرية ومواعيدها، شدة العواصف المطرية ومواسمها المسببة لغمر التربة بالمياه، درجات الحرارة، نسبة التبخر-نتح، شدة الرياح، ونسبة ونوع الغطاء النباتي.

إن تعرض شبكة الصرف الزراعي لحمولة مائية عالية لفترة زمنية طويلة يؤدي لتدهور الخصائص الفيزيائية والهيدروديناميكية للتربة، لذلك يجب دراسة التصريف المائي الحرج للشبكة من حيث التكرارية والاستمرارية لتحديد حمولتها المائية.

٢-تصميم الخرائط الطبوغرافية والجيولوجية بمقاييس: ١/١٠٠٠، ١/٥٠٠٠، ١/١٠٠٠٠، ١/٢٥٠٠٠ للمساحة المراد إقامة شبكة الصرف فيها. لتحديد اختلاف الميول في أرض الحقل الزراعي لتأمين انسياب طبيعي لمياه الصرف، واختيار أنابيب ذات أقطار مناسبة لحجم مياه الصرف ومستوى الماء الأرضي.

٣-دراسة خصائص التربة (قوامها، بناؤها، نفاذيتها، وآفاقها المتعددة) لتحديد نوع شبكة الصرف المناسبة لكل قسم من أقسام الحقل، وكذلك لتحديد نظام الصرف المناسب تلافياً لانسداد انابيب الصرف خاصة في الترب (السيليتية، والرملية). ويفضل أن تتضمن دراسة خصائص التربة (اللون، القوام، البناء، الكثافة الظاهرية، الكثافة الحقيقية، نسبة الكلس الحي، نسبة الكلس الفعال، نسب الحديد، معامل التربة الهيدروجيني، نسبة المادة العضوية، نسب الآزوت، ونسب المغذيات الزراعية الأساسية).

٤-إجراء تحاليل مخبرية لتحديد نسب الأملاح في آفاق التربة المتعددة، لتحديد الأبعاد بين أنابيب شبكة الصرف.

٥-تحديد أنواع وأصناف النباتات المراد زراعتها ومتطلباتها المائية.

٦-تحديد طرق الري المناسبة للنباتات المزروعة.

٧-دراسة أحواض الصرف (الطبيعي، التضاريسي، والطبوغرافي) للموقع المراد إقامة شبكة الصرف فيه، لتحديد نوع الصرف المناسب للتربة (مغطى، مكشوف، عمودي، مساعد، دهليزي، وحراثات عميقة).

٨-إجراء اختبارات لصلاحية مياه الري وتوافقها مع طرق الري المستخدمة.

٩-تحديد أعماق وتوزع شبكة الصرف المكشوفة والمغطاة على أرض الحقل الزراعي.

---

[٤١] جميل عباس وعبد الناصر الضرير-مصدر سابق ص ٢٦١-٢٦٨. وأحمد الخضر، علي كنجو، وسوسن هيفا-مصدر سابق ص ٣٩٦-٤٠١. بتصرف (المؤلف-الربيعي).

١٠-دراسة الجدوى الاقتصادية لمشروع الصرف (كلفة الحفر، سعر أنابيب الصرف، تكاليف الانشاء والتصميم).

١١-حساب إجمالي التكلفة الاقتصادية لإقامة مشروع الري والصرف على المساحة المحددة من الحقل لتحديد الجدوى الاقتصادية للمشروع الزراعي على المدى المتوسط.

١٢-تحديد مستوى الماء الأرضي (عمقه عن سطح التربة، اتجاه حركته، ومصدره) عن طريق استخدام جهاز البيزومتر لرسم خريطة لمستوى الماء الأرضي لمنطقة الحقل الزراعي.

١٣-تحديد معامل الصرف من خلال حساب نسبة المياه الراشحة من الأمطار الشتوية المفترض صرفها خلال ١٤ يوم ونسبة المياه الراشحة من الأمطار الشتوية الهاطلة خلال (٢-٣) يوم والمطلوب صرفها خلال ٣٤ ساعة بالإضافة إلى النسبة المئوية لميل سطح الأرض.

١٤-تحديد معامل الغسل: كمية المياه المفترض إضافتها للمتطلبات المائية للنباتات المزروعة لغسل منطقة الجذور لمنع تراكم الأملاح. ويتعلق ذلك بنسبة ملوحة مياه الري ونسبة الملوحة المسموح بها في منطقة الجذور بحيث تكون كمية الأملاح الكلية لمياه الصرف مساوية لكمية الأملاح الكلية الموجودة في مياه الري بإغفال العوامل الأخرى المؤثرة التي تخفض نسب الأملاح (امتصاص النباتات، غسلها بمياه الأمطار، والتوزع المثالي لمياه الري في الحقل).

١٥-دراسة تنظيم مصبات أنابيب الصرف لتحديد الأماكن المناسبة لصرفها (مجاري مائية طبيعية، وقنوات صرف خاصة) لخفض نفقات المشروع.

١٦-دراسة اجتماعية-اقتصادية لمشروع الصرف تهدف لخفض الكلفة الاقتصادية مع زيادة مساحة الصرف، والحصول على حق الارتفاق للقنوات الرئيسية للصرف في أراضي الغير لتصرف نحو المجاري الطبيعية، حيث يمكن أن تكون القنوات الرئيسية للصرف مشتركة مع الحقول المجاورة لتقليل النفقات الإنشائية على شرط أن تكون فعالية الصرف للقنوات متناسبة مع مياه الصرف لكافة الحقول المشتركة بالقناة.

طرق وآليات الصرف المكشوف

أولاً-آلية طريقة الصرف المكشوف:

تعتبر من الطرق التقليدية المعتمدة للتخلص من المياه الزائدة عن حاجة التربة والنبات تلافياً لاصابة التربة بالتملح، حيث يتم حفر قنوات مكشوفة داخل وحول الحقل الزراعي بأعماق وميول محددة تعمل على استقبال مياه الري الزائدة أو الامطار الفائضة عن حاجة التربة والنبات ونقلها عبر مصارف أكثر إتساعاً إلى خارج الحقل لتصب في مجمعات مائية خاصة أو مجاري مائية. وفي حالات خاصة يمكن الاستفادة من مياه الصرف للري إن كانت نسب أملاحها مناسبة ولاتؤثر سلباً على خصوبة التربة.

تكون فعالية القنوات المكشوفة عالية في الترب الطينية الكتيمة (ذات الناقلية المائية الضعيفة جداً) خاصة في الحقول ذات المساحات المحدودة لأن نفقات إنشائها ليست كبيرة، وكذلك في الأراضي المعرضة للعواصف المطرية الموسمية أو الأمطار الغزيرة التي تسبب غمر التربة بكميات كبيرة من المياه تعمل على رفع مستوى الماء الأرضي، فعند ارتفاع درجات الحرارة تتبخر المياه مخلفةً الأملاح، وأخيراً فإنها تصلح للترب المستصلحة حديثاً وكذلك للترب ذات المستوى المنخفض للماء الأرضي. تخضع عملية إقامة المصارف المكشوفة لحسابات دقيقة تبعاً لنوع التربة (لضمان فعاليتها في صرف المياه) من أهمها حساب: نصف القطر الهيدروليكي لقناة الصرف، ميل جوانب القناة، عرض قاعدة القناة وارتفاعها، وحساب الأعماق المتباينة لقنوات الصرف الفرعية والرئيسية.

حيث تعتمد في الحقول المتوسطة والصغيرة المساحة أبعاداً نموذجية لقنوات الصرف تتحدد بـ: عرض قنوات الصرف الفرعية بين (٤٠-٦٠) سم، وعرض قناة الصرف الرئيسية يصل لنحو ٢ م وبأعماق تتراوح بين (١,٨-٢,٥) م تبعاً لنوع وصنف النباتات المزروعة وقوام التربة. أما ميل القنوات فيتراوح بين (٠,٠١-٠,٠٢) في المائة تبعاً لتضاريس الأرض وحجم مياه الصرف وعمق القناة، ويراعى أن يكون انسياب مياه الصرف في القناة إنسياباً طبيعياً بحيث لايسبب تيارات قوية تؤثراً سلباً على جوانب قناة الصرف وتعمل على حتها أو تجريفها مع الزمن. ولتبيان العلاقة بين قيم السرعة المثالية لجريان الماء في قنوات الصرف المكشوف تبعاً لنوع التربة والمياه، نورد الجدول أدناه.

جدول رقم (٣٠) يبين السرعة المثالية لجريان ماء الصرف في قنوات الصرف المكشوفة تبعاً لنوع التربة والمياه

نوع تربة قناة الصرف المكشوفة	نوعية المياه والسرعة المثالية لجريان الماء (م/ ثا)		
	ماء عديم الشوائب	ماء بحمولات طمية	ماء بشوائب متعددة
رمل ناعم (غير غروي)	٠,٤٥	٠,٧٥	٠,٤٥
لوم رملي (غير غروي)	٠,٥٠	٠,٧٥	٠,٦٠
لوم سلتي (غير غروي)	٠,٦٠	٠,٩٠	٠,٦٠
سلت لحقي (غير غروي)	٠,٦٠	١,٠٥	٠,٦٠
لوم عادي	٠,٧٥	١,٠٥	٠,٧٠
رماد بركاني	٠,٧٥	١,٠٥	٠,٦٠
حصى ناعم	٠,٧٥	١,٥٠	١,١٠
طين صلب (غروي جداً)	١,١٠	١,٥٠	٠,٩٠
سلت حلقي (غروي)	١,١٠	١,٥٠	٠,٩٠
حصى خشن	١,٢٠	١,٨٠	١,٩٥

Source: Scobey. Fortier in Unesco, FAO ١٩٧٣.

اقتباس من علي عبد الله-مصدر سابق ص ٣٢٤. بتصرف (المؤلف-الربيعي).

من الجدول أعلاه يتبين أن هناك علاقة بين نوع تربة قناة الصرف المكشوف والسرعة المثالية لجريان الماء فيها تبعاً لنوعية مياه الصرف، ففي الترب [(رمل ناعم، لوم رملي، لوم سلتي، سلت حلقي) غير غروي، لوم عادي، رماد بركاني، حصى ناعم، طين صلب غروي جداً، سلت حلقي غروي، حصى خشن] وبنوعية مياه صرف خالية من الشوائب تكون سرعة جريان الماء المثالية في قناة الصرف (٠,٤٥، ٠,٥٠، ٠,٦٠، ٠,٦٠، ٠,٧٥، ٠,٧٥، ٠,٧٥، ١,١٠، ١,١٠، ١,٢٠) م/ ثا على التوالي. وبإختلاف نوعية مياه الصرف الغنية بالحمولات الطمية لذات ترب قناة الصرف، تختلف السرعة المثالية لجريان الماء فيها على نحو (٠,٧٥، ٠,٧٥، ٠,٩٠، ١,٠٥، ١,٠٥، ١,٥٠، ١,٥٠، ١,٥٠، ١,٨٠) م/ ثا على التوالي. وأخيراً حين تكون نوعية مياه الصرف غنية بشوائب متعددة لذات ترب قنوات الصرف فإن السرعة المثالية لجريان الماء في قناة الصرف تكون (٠,٤٥، ٠,٦٠، ٠,٦٠، ٠,٦٠، ٠,٧٠، ٠,٦٠، ١,١٠، ٠,٩٠، ٠,٩٠، ١,٩٥) م/ ثا على التوالي.

نستنتج مما سبق أنه كلما زادت نفاذية تربة قناة الصرف المكشوف، كلما زادت السرعة المثالية لجريانها المائي تبعاً لنوعية مياه الصرف. فحين تكون مياه الصرف عديمة الشوائب تتراوح السرعة المثالية لجريانها المائي بين (٠,٤٥-١,٢٠) م/ ثا على التوالي. وعندما تكون نوعية مياه الصرف ذات حمولات طمية عالية لذات ترب قنوات الصرف تتراوح السرعة المثالية لجريانها المائي بين (٠,٧٥-١,٨٠) م/ ثا على التوالي. وأخيراً حين تكون نوعية مياه الصرف غنية بالشوائب المختلفة لذات ترب قنوات الصرف فإن السرعة المثالية لجريان الماء فيها تتراوح بين (٠,٤٥-١,٩٥) م/ ثا على التوالي.

وعلى الضد من ذلك فإن السرعة المثالية لجريان الماء في ذات ترب قنوات الصرف تقلل، وتزيد فعالية قناة الصرف كلما زادت زاوية التقاء المصارف الحقلية مع ميلها. أما تحديد المسافة بين أقنية الصرف المكشوف فتتعلق بقوام الترب المختلفة وبمستوى الماء الأرضي، وكذلك بحجم مياه الصرف وكمية الأمطار الهاطلة. ولتبيان العلاقة بين نوع تربة قناة الصرف وعامل خشونتها، نورد الجدول أدناه.

جدول رقم (٣١) يبين قيم الخشونة في قنوات الصرف المكشوفة

طبيعة تربة قناة الصرف المكشوفة	قيم عامل الخشونة		
	الدنيا	المتوسطة	العظمى
ترابية مستوية ونظيفة	٠,٠١٦	٠,٠١٨	٠,٠٢٠
ترابية مستوية مع أعشاب	٠,٢٢	٠,٠٢٧	٠,٠٣٣
ترابية متعرجة وهشة (مع أو بدون أعشاب)	٠,٣٠	٠,٠٣٥	٠,٠٤٠
ترابية ذات أعشاب كثيفة	٠,٠٥٠	٠,٠٨٠	٠,١٢

Source: Vante Chow in Unesco, FAO ١٩٧٣.

اقتباس من علي عبد الله مصدر سابق ص ٣٢٥. بتصرف (المؤلف-الربيعي).

من الجدول أعلاه يتبين أنه عند إقامة قناة صرف مكشوفة في الترب (الترابية المستوية والنظيفة، الترابية المستوية مع الأعشاب، الترابية المتعرجة والمتداعية مع أو بدون أعشاب، والترابية ذات الأعشاب الكثيفة) فإن عامل خشونتها الدنيا يصل لنحو (٠,٠١٦، ٠,٢٢، ٠,٣٠، ٠,٠٥٠) على التوالي، ويصل عامل خشونتها المتوسطة لنحو (٠,٠١٨، ٠,٠٢٧، ٠,٠٣٥، ٠,٠٨٠) على التوالي، وأخيراً عامل خشونتها العظمى لنحو (٠,٠٢٠، ٠,٠٣٣، ٠,٠٤٠، ٠,١٢) على التوالي.

نستنتج مما سبق أنه كلما كانت تربة قناة الصرف مستوية وخالية من عوامل الإعاقة (أعشاب، تعرجات، وهشة) كلما قل عامل خشونتها المعيقة لجريان الماء داخل قناة الصرف. وعلى الضد من ذلك فإن عامل الإعاقة (خشونة تربة القناة) يزداد فيؤثر سلباً على جريان الماء داخل قناة الصرف.

تتطلب المصارف المكشوفة إقامة عدة قنوات: قنوات رئيسية لجمع الماء من المصارف إلى القناة الرئيسية خارج منطقة الحقل. وأقنية جمع، لجمع الماء من القنوات الفرعية وتحويلها نحو القناة الرئيسية. وقنوات تحويلية، لتحويل مياه الصرف من الأقنية الفرعية إلى القناة الرئيسية. وقنوات التعويم، لنقل الماء العائم وصرفه خارج الحقل. ينصح باستخدام طريقة الصرف المكشوف حين تكون كميات مياه الصرف كبيرة، مع مراعاة أن يكون: عمق وقناة خندق الصرف واتساعه متوافقاً مع حجم المياه المراد صرفها، وعرض القناة العلوي مرتبطاً بعرض قاعه وميل جوانب القناة، وتحديد سرعة تدفق مياه الصرف في قناة الصرف، وتحديد نوع تربة قناة الصرف لتأثيرها على تصميم شكل القناة، وجود من عدم وجود الغطاء النباتي في محيط قناة الصرف (الشكل رقم ١١).

إن فعالية المصارف الحقلية مرتبط أساساً بطرق تصميمها (ميل القناة المتعلق بتضاريس الأرض، آلية تنفيذها يدوية أو ميكانيكية، فترة تنفيذها، صيانتها الدورية، توزيعها المناسب داخل الحقل لتلافي عرقلة حركة الآليات الزراعية، بناءها الهندسي لإطالة عمرها الافتراضي، وملحقات الانشاءات الهندسية كالعبارات والبوابات....وغيرها).

لكن هذه الفعالية قد تنخفض إلى الحدود الدنيا عند انخفاض فعالية المصارف الرئيسية التي تعتبر المصبات الرئيسية لمياه الصرف الحقلية المرتبطة بشبكات صرف فرعية تصب في المصب العام (المجاري المائية، البحيرات، والبحار). ويفضل أن يكون هناك مصب عام منفصل تماماً عن المجاري المائية الطبيعية أو البحيرات العذبة، كما هو الحال في المصب العام (النهر الثالث في العراق) الذي يتوسط نهري دجلة والفرات ليصب في نقطة أقرب للخليج العربي والذي يختلف تصميمه ومنشآته الهندسية والميكانيكية عن المصارف الحقلية حيث تم إنجازه في العقد الأخير من القرن العشرين لتلافي ظاهرة التملح للأراضي الزراعية خاصة منها الطينية الكتيمة في جنوبي العراق.

الاجراءات الواجب اتباعها عند تصميم شبكات الصرف المكشوفة[٤٢]:

١-تخطط المصارف بشكل مستقيم (قدر الإمكان) وعند عدم توفر الشروط التضاريسية للأرض، يتم إجراء منعطف في جدار قناة الصرف لمنع عمليات الحت ويتعلق ذلك بسرعة جريان الماء وثباتية جوانبه.

٢-عند عدم وجود إمكانية لتفادي عمليات حت جدران القناة تقلل سرعة جريان الماء من خلال زيادة عرض القاع أو تغيير ميل الجوانب أو بإجراء عمليات تكسية اسمنتية لجوانب القناة.

٣-إقامة المصارف في أماكن منخفضة من الحقل.

٤-القيام بأعمال الحفر لقنوات الصرف في الأوقات المناسبة ويفضل بعد انتهاء الموسم الزراعي لتخفيض الأضرار على المحصول.

٥-يجب أن تكون أطوال المصارف الرئيسية (المصبات الرئيسية) مناسبة وتتراوح بين (٣٠-٥٠) كم لسهولة إجراء الصيانة الدورية كعمليات تنظيفها من النباتات العشبية والأوساخ.

٦-يجب تحديد نسب الأملاح في مياه الصرف قبل استخدامها للري تلافياً لتدهور خصوبة التربة.

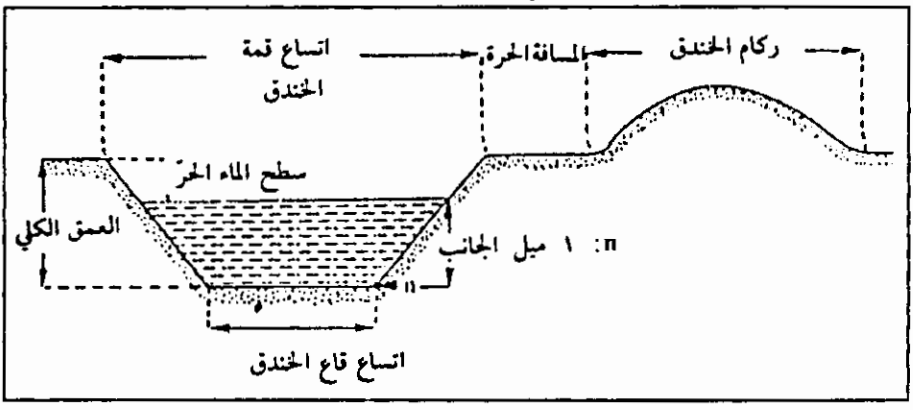
---

[٤٢] جميل عباس وعبد الناصر الضرير-مصدر سابق ص ٢٨٢. بتصرف (المؤلف-الربيعي).

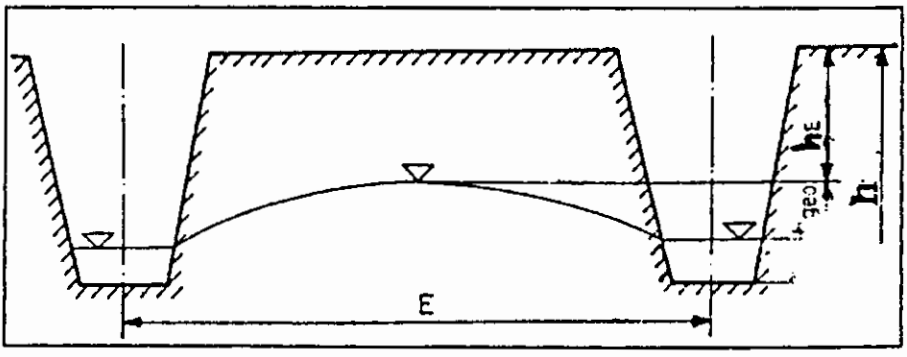
الشكل رقم ١١

قناة الصرف المكشوف

أ-مقطع لقناة الصرف المكشوف



ب-حساب عمق قناة الصرف المكشوف



المصدر: علي عبد الله-مصدر سابق ص ٣١٦. وجميل عباس وعبد الناصر الضرير- مصدر سابق ص ٢٧٧.

٧-اختيار المواقع المناسبة في الحقل (المناطق الأقل خصوبة) لحفر المصارف الحقلية تبعاً لتضاريس الأرض.

٨-إقامة المصارف في المواقع غير المعرضة للإنهيار والتهدم للمحافظة على عمرها الافتراضي.

٩-يجب أن لاتشغل المصارف الحقلية وملحقاتها الإنشائية نسبة (١٠-٢٠) في المائة من المساحة الإجمالية للحقل الزراعي.

مزايا شبكات الصرف المكشوف:

١-انخفاض التكاليف الإنشائية.

٢-فعالية الصرف عالية في وحدة الزمن.

٣-تكاليف الصيانة منخفضة.

٤-إمكانية زيادة طاقتها التصريفية بتوسيع عرض وعمق وطول القناة.

مساوئ شبكات الصرف المكشوف:

١-تشغل مساحات تتراوح بين (١٠-٢٠) في المائة من إجمالي مساحة الحقل مما يؤدي لخسارة بالمساحات المزروعة بالتالي بانتاجية وحدة المساحة. فعلى سبيل المثال حين يكون عمق قناة الصرف ٣ م، وميل جوانبها ١:٢، وعرضها ١ م فإن المساحة الضائعة تقدر بنحو ١,٨ هكتار لكل كيلومتر من طول قناة الصرف.

٢-تعرقل حركة الآليات الزراعية في الحقل.

٣-تحتاج لمنشآت إضافية (جسور، عبارات، وبوابات).

٤-تتطلب صيانه دورية لإزالة الاعشاب والاوساخ لضمان انسياب حر لمياه الصرف، كذلك ترميم ضفاف القناة لتعرضها للانجراف، وكري الحمولات الطمية من قاع القناة للحفاظ على طاقتها التصريفية.

٥-تباين في انخفاض منسوب الماء الأرضي في أرجاء الحقل لاختلاف ميول قنوات الصرف في بداية ونهاية الحقل الزراعي.

ثانياً-طريقة الصرف العمودي (الصرف عن طريق الآبار):

تتلخص آليتها بحفر عدد من الآبار الارتوازية في أرض الحقل تفصلها مسافات محددة تبعاً لنوع ومواصفات التربة (تقلل المسافة بين الآبار المحفورة عند عدم انخفاض منسوب الماء الأرضي بعملية الضخ) للتخلص من ارتفاع مستوى الماء الأرضي عن طريق ضخ المياه منها إلى القنوات المكشوفة. وتصلح هذه الطريقة للأراضي المروية والترب الغدقة والأراضي الواقعة تحت تأثير منابع مائية حرة لمراقبة مستوى الماء الأرضي وتهدف لتأمين الشروط المناسبة لنمو النباتات والحد من تعفن الجذور، ويمكن

الاستفادة من مياه الصرف لأغراض الري بعد إجراء الاختبارات اللازمة لتحديد نسب أملاحها لتلافي الإضرار بخصوبة التربة.

تقسم آبار الصرف تبعاً لـ[٤٣]:

أ-استخدامها:

١-آبار التدفق (التضاريسية): عبارة عن آبار ارتوازية تخترق الطبقة الحاملة للماء الجوفي، ليفرغ الماء منها بالتدفق الحر.

٢-آبار التغذية: تحفر شاقولياً على الطبقة الحاملة للماء الجوفي تحت سطح الأرض، لتصرف مياهها خارج منطقة الصرف.

٣-آبار الضخ (التفريغ): يضخ الماء منها إلى خارج المساحة المراد صرفها، وتكون أعماقها في الغالب سطحية. والنوع الأكثر شيوعاً منها البئر الشبكي المحاط بالحصى والذي يأخذ عمقاً محدداً تبعاً لعمق الطبقة الحاملة للماء الجوفي، حيث يضخ الماء منه بواسطة مضخات خاصة (يرتبط حجم الضخ بـ: عمق وقطر البئر، طول وعمق مناخل التصفية، واستطاعة المضخات). ويرتبط تصميم مناخل التصفية بقوام التربة المحيطة بالبئر حيث تسمح لحبيبات التربة الناعمة اختراقها لتندفع عبر الضخ المائي نحو الخارج، وتلافياً لذلك تستخدم فلاتر خاصة. ويفضل أن يتم حفر البئر بين قناتي ري ليكون أكثر فعالية في صرف الماء الجوفي الزائد إلى الخارج عبر قنوات مكشوفة حيث يمكن استخدامه في حال صلاحيته للري.

ب-توضع الطبقة الحاملة للماء الجوفي:

١-آبار غير خاضعة للتوتر: تكون الطبقة الحاملة للماء الجوفي متوضعة فوق طبقة كتيمة، ويكون مستوى سطح مائها حراً تجاه سطح التربة دون أن تفصله أية طبقة كتيمة.

٢-آبار خاضعة للتوتر: تكون الطبقة الحاملة للماء الجوفي متوضعة بين طبقتين كتيمتين من الأسفل والأعلى (الشكل رقم ١٢).

٣-آبار خاضعة لتوتر شبه محدود: تكون الطبقة الحاملة للماء الجوفي متوضعة فوق طبقة كتيمة، وطبقتها العليا تكون شبه كتيمة.

---

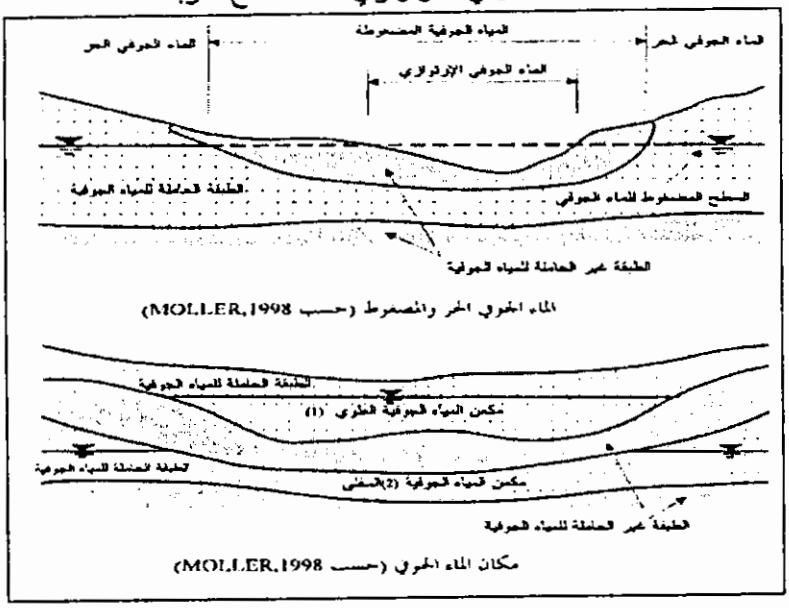
[٤٣] FAO, Unesco ١٩٧٣.

اقتباس من علي عبد الله- مصدر سابق ص ٢٩٢، ٢٩٧.

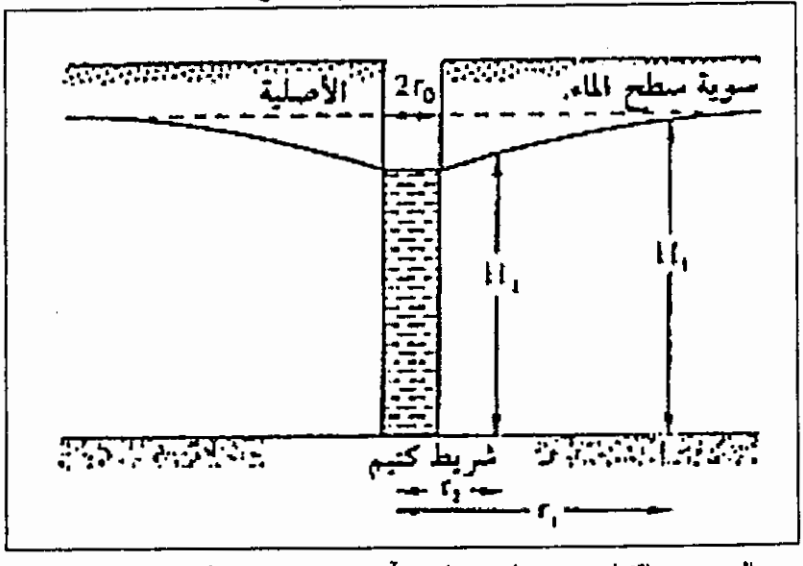
الشكل رقم ١٢

توضعات الماء الجوفي

أ-الماء الجوفي الارتوازي تحت سطح التربة



ب- مقطع في بئر ارتوازي خاضع للتوتر



المصدر: اقتباس من هاينس بات وآخرون-مصدر سابق ص ٢١٦.

واقتباس من علي عبد الله-مصدر سابق ٢٩٨.

آلية نجاحها تتلخص بـــ[٤٤]:

١-نفانية التربة: يمتد الماء الأرضي من منطقة جذور النباتات وحتى الطبقة الكتيمة أسفل الطبقة الحاضنة للماء، فعند ضخ الماء من أسفل الطبقة الحاضنة للماء (فوق الطبقة الكتيمة مباشرة) فإن المياه تجري من الطبقات السطحية إلى الأسفل وتؤدي لخفض منسوب الماء الأرضي.

٢-سماكة الطبقة الحاضنة للماء واتساعها: يلعب عمق واتساع وامتداد الطبقة الحاضنة للماء دوراً هاماً في نجاح الصرف العمودي، حيث تكون فعالية الصرف عالية حين يتراوح عمق الطبقة الحاضنة للماء بين (٢٥-١٠٠) م تحت سطح التربة.

٣-المسافة بين الآبار الارتوازية المحفورة: يتم تحديد البُعد الأمثل بين آبار الصرف بإجراء التجارب والاختبارات الحقلية، بحيث يحقق الضخ المائي انخفاضاً في منسوب الماء الأرضي بنحو (٢-٢,٥) م عند منتصف المسافة بين بئرين ارتوازين متجاورين. وتزود الآبار الارتوازية بمضخات تعمل بصور مستمرة أو متقطعة وعلى مبدأ الفواشة، فعند ارتفاع منسوب الماء الأرضي في البئر لمستوى معين فإن الفواشة المرتبطة بسلك يصل إلى المضخة يحرضها على العمل لسحب الماء الزائد عن منسوب الماء الأرضي المطلوب حينها تتوقف المضخة عن العمل اتوماتيكياً. ولتبيان أوجه الاختلاف بين أنواع الطبقات الحاملة للماء وتأثيرها على حفر آبار الصرف، نورد الجدول أدناه.

جدول رقم (٣٢) يبين العلاقة بين أنواع الطبقات الحاملة للماء وتدفقها المائي ونصف قطر دائرة تأثيرها على حفر الآبار

أنواع الطبقات الحاملة للماء	نصف قطر دائرة التأثير على حفر الآبار (م)
سيليت	١٠-٢٠
رمل ناعم جداً	٢٠-٥٠
رمل متوسط	٥٠-٧٥
رمل خشن	٧٥-١٠٠
رمل خشن جداً أو حصى	١٠٠-١٥٠
حصى صغيرة ورمل	١٥٠-٢٠٠
حصى خشن	٢٠٠-٣٠٠

المصدر: جميل عباس وعبد الناصر الضرير-مصدر سابق ص ١١٠. بتصرف (المؤلف-الربيعي).

من الجدول أعلاه يتبين أن هناك أنواع مختلفة من الطبقات الحاملة للمياه تحت سطح التربة (سيليت، رمل ناعم جداً، رمل متوسط، رمل خشن، رمل خشن جداً أو حصى، حصى صغيرة ورمل، وحصى خشن) لكل منها تدفق مائي محدد عند حفر الآبار الارتوازية، ويتأثر هذا التدفق بالمسافة بين الآبار على شكل نصف قطر دائرة تماثل

---

[٤٤] جميل عباس وعبد الناصر الضرير-مصدر سابق ص ٣١٩-٣٢١.

في المياه في الطبقة الحاملة على نحو [(١٠-٢٠)، (٢٠-٥٠)، (٥٠-٧٠)، (٧٥-١٠٠)، (١٠٠-١٥٠)، (١٥٠-٢٠٠)، (٢٠٠-٣٠٠)] م على التوالي.

نستنتج مما سبق أن البُعد بين الآبار الارتوازية العمودية يحدد مستوى الخفض المطلوب لمنسوب الماء الأرضي، والذي يرتبط أساساً بمواصفات تشكل الطبقة الحاملة للماء تحت سطح التربة ومنحني توضعها المائي وبالتالي بتدفق الماء نحو الآبار الارتوازية مما يتطلب تحديد نصف قطر دائرة التأثير المائي للبئر الارتوازي قبل حفره لتكون فعاليته عالية في سحب الماء وتؤثر ايجاباً في تخفيض مستوى الماء الأرضي في الحقل.

ميزات طريقة الصرف بالآبار[١٥]:

١-أعماق الآبار تصل لنحو ١٥ م أو أكثر تبعاً لتوضع الطبقة الحاملة للماء الجوفي.

٢-يقدر حجم ماء الصرف في اليوم بنحو ١٠٠ م٣.

٣-فعاليتها عالية في تخفيض منسوب الماء الأرضي.

٤-ليس لها تأثيرات سلبية كبيرة، بالرغم من وجود تأثيرات طفيفة على التربة والماء والشروط البيولوجية المؤثرة على العمر الافتراضي للبئر.

٥-تكاليفها منخفضة قياساً بطرق الصرف الأخرى.

٦-إمكانية استخدام المياه المصرفة (في حالة صلاحيتها) في الري.

---

[١٥] FAO, Unesco ١٩٧٣.

لة، ص ٢٩٣، ٢٩٤.

طرق وآليات الصرف المغطاة

أولاً- طريقة وآلية الصرف المغطاة:

تتألف من مجموعة من الأنابيب ذات أقطار متباينة (الصغيرة منها لاستقبال مياه الصرف، والكبيرة لتجميع المياه وصرفها خارج الحقل) تتوضع تحت سطح التربة على شكل خطوط مستقيمة وبمسافات وأعماق محددة تبعاً لنوع ومواصفات التربة والعوامل الجوية المحيطة.

تهدف للتخلص من المياه الزائدة عن حاجة التربة والنبات وتصريفها عبر الأنابيب الفرعية ومنها إلى الأنابيب الرئيسية نحو مجاري الأنهار أو البحيرات أو البحار، وبالتالي فإنها تعمل على تخفيض مستوى الماء الأرضي لتحسين الشروط الملائمة في منطقة الجذور لتهيئة الظروف المناسبة لنمو وتطور النبات.

كما أنها تعتبر وسيلة للتخلص من الآثار السلبية لغمر التربة بالمياه نتيجة الهطولات الغزيرة والعواصف المطرية الموسمية التي تعمل على رفع مستوى الماء الأرضي لمستويات مضرة بنمو النباتات. فحين يصل إجمالي الهطول المطري السنوي [٧٠٠، (٧٠٠-١٠٠٠)،< ١٠٠٠] ملم، يتطلب تصريفاً قدره [١,٠، ١,٢، (٢,٠-٣,٠)] لتر/ ثا لكل هكتار من الأرض الزراعية.

يتطلب إنشاءها إجراء عدداً من الدراسات والاختبارات لمواصفات وطبوغرافية التربة (بناءها، قوامها، عمق طبقتها الكتيمة، ميل الأرض، نسبة الأملاح، نسبة الصخور والأحجار، مستوى الماء الأرضي، ونسب الحديد والكبريت).

بالإضافة إلى دراسة العوامل الجوية والهيدرولوجية لمنطقة الحقل (حجم الهطولات المطرية، توزعها، درجات الحرارة، التبخر-نتح، وحجم التسربات المائية لمجاري الأنهار) وكذلك نوع ومواصفات النباتات المزروعة (تحملها للملوحة، متطلباتها المائية، عمق امتداد جذورها ومساحة انتشارها في التربة) حيث أنها تفيد في تحديد أعماق أنابيب الصرف، ميلها، وتحديد أقطارها.

وهناك أنواع عديدة من الأنابيب المستخدمة في شبكات الصرف لكل منها مواصفات خاصة (قديمة وحديثة) تبعاً لنوع الاستخدام وتكاليف الإنشاء. ولتبيان أوجه الاختلاف بمواصفات الأنابيب وتأثيرها على انسياب المياه، نورد الجدول أدناه.

جدول رقم (٣٣) يبين الاختلاف بمواصفات الأنابيب وتأثيرها على انسياب الماء

نوع الأنبوب	معيار الإعاقة للمياه (ملم)	قطر الأنبوب (ملم)	قساوة جدران الأنبوب (%)
بولي إيتيلين أملس (P.E)	٠,٠١	٤٨	٦٠
بولي فلين غليكول خشن (P.V.C)	٠,٠٢	٤٤	٤٥
اسبستوس إسمنتي	٠,٠٢٥-٠,١	٦٠	٥٠
فخاري	٠,٠٥-٠,١٦	٧٢	٧٠
بيتوني	٠,١-٠,٨	٧٤	٧١
بلاستيكي متموج (أنابيب صرف)	٢,٠	٤٧	٤٣

المصدر: الجدول من إعدادنا (المؤلف-الربيعي) والمعطيات من مصادر متعددة.

من الجدول أعلاه يتبين أن هناك ستة أنوع من الأنابيب (بولي إيتيلين أملس، بولي فلين غليكول خشن، اسبستوس إسمنتي، فخاري، بيتوني، وبلاستيكي متموج) لكل منها استخدام محدد تبعاً لمهام شبكة المياه ونوع مياه الري والكلفة الاقتصادية لمشروع الري حيث تختلف بعضها عن بعض بمعيار إعاقتها للماء بنحو [(٠,٠١، ٠,٠٢، (٠,١-٠,٢٥)، (٠,١٦-٠,٠٥)، (٠,٨-٠,١)، ٢,٠] ملم على التوالي.

كما أنها تختلف بأقطارها بنحو (٤٨، ٤٤، ٦٠، ٧٢، ٧٤، ٤٧) ملم على التوالي تبعاً لنوع الاستخدام، وتتفاوت درجة قساوتها وتحملها للكسر والاضرار بنحو (٦٠، ٤٥، ٥٠، ٧٠، ٧١، ٤٣) في المائة.

نستنتج مما سبق أن أنابيب الشبكة المائية مختلفة تبعاً لاختلاف الاستخدام (ري، صرف) فمنها أنابيب تقليدية يندر استخدامها حالياً ومنها أنابيب صناعية حديثة شائعة الاستخدام خفيفة الوزن وذات كفاءة عالية وسهلة النقل.

وتتوائم وتقنيات التحديث قياساً بالأنابيب التقليدية من حيث معيار إعاقتها لإنسياب الماء وذات أقطار متعددة يصلح استخدامها في كافة أجزاء الشبكة المائية وذات مقاومة عالية للكسر والتضرر أثناء النقل والاستخدام، بالإضافة لمقاومتها لنسب عالية من الأملاح في مياه الري[٤٦].

---

[٤٦] مواصفات الأنابيب الفخارية: أسطوانية أو مضلعة الشكل، طولها ٣٣ سم وأقطارها بين (٤-٢٠) سم، أقطار ثقوبها بين (١,٣-١,٥) ملم، نهاياتها مستوية وعمودية على محور الأنبوب، جدرانها الداخلية ملساء، مواد تصنيعها خالية من الكلس وبقايا الحجارة والطين، معرضة للشوي بشكل كافي لتصبح فخاراً. مواصفات الأنابيب البلاستيكة: أشكالها (ملساء، حلزونية)، خفيفة الوزن وسهلة النقل، متحملة للصدمات، تتحمل درجات الحرارة لحدود ٦٠ درجة مئوية، أقطار فتحاتها بين (٢,٥-٤) ملم، أطولها تصل لنحو ٥ م، لاتتأثر بالعوامل الكيميائية، نسبة استخدام نوع الـ

ويجدر الإشارة لوجود مواصفات متعددة لأنابيب الصرف الحديثة في الأسواق المحلية تبعاً لأقطارها (الداخلية والخارجية) بأبعاد (٤٤/٥٥، ٥٨/٦٥، ٧٢/٨٠، ٩١/١٠٠، ١١٥/١٢٥، ١٤٨/١٦٠، ١٨٢/٢٠٠) ملم وبأطوال أعظمية للبكرة الواحدة قدرها [(٢٠٠-٢٥٠)، (١٥٠-٢٠٠)، (١٠٠-١٥٠)، (٥٠-١٠٠)، ٥٠، ٤٥] م على التوالي وتختلف أسعارها باختلاف مواصفاتها ومهامها وجودتها. يقدر عمق أنابيب الصرف في الأراضي المزروعة بالمحاصيل بين (١,١-١,٦) م وفي الأراضي المزروعة بأشجار الفاكهة نحو ٢ م، وفي الأراضي المتأثرة بالأملاح لنحو ٢,٥ م. ويمكن تصنيف أعماق المصارف تبعاً:

١- لنوع التربة وناقليتها المائية[٤٧]:

أ-العمق السطحي للمصارف: يتراوح بين (٠,٨-١,٠) م للترب ذات الناقلية المائية المتدنية خاصة في المناطق الرطبة، كما أنها تصلح للترب الخفيفة للمحافظة على رطوبتها.

ب-العمق المتوسط للمصارف: يتراوح بين (١,٠-١,٢) م للترب الثقيلة والمتوسطة، والترب المتأثرة بالماء الأرضي والترب الفقيرة بالعناصر الغذائية.

ج-العمق في المصارف العميقة: يتراوح بين (١,٢-١,٣) م في الترب ذات الناقلية المائية المتوسطة.

د-العمق في المصارف العميقة جداً: يتراوح بين (١,٣-١,٨) م للترب ذات القوام المتوسط والمتشكلة من عمود ترابي عميق. من ميزاتها: تسمح ببعد أكبر بين أنابيب الصرف، تصريفها المائي، تسمح بنمو جذور النباتات بشكل أكبر للاستفادة من مخزون الماء الأرضي لذلك فإنها صالحة لزراعة النباتات ذات الجذور العميقة، فعاليتها كبيرة في الترب ذات المنسوب العالي للماء الأرضي. ومن مساوئها: تصريفها المائي أقل للماء من المصارف السطحية والمتوسطة العمق، وفعاليتها في الترب الثقيلة متدنية.

P.V.C تصل لنحو (٧٠-٨٠) في المائة، ونسبة استخدام الـ P.E تصل لنحو (١٠-١٥) في المائة نظراً لارتفاع ثمنها وتأثرها بالضوء.

Collins, H.J ١٩٧٨.

اقتباس من علي عبد الله- مصدر سابق ص ٤١١-٤١٥.

[٤٧] Schlhevet, J. Bielovai, H ١٩٧٨ and Taschenbuch ١٩٧١.

اقتباس من علي عبد الله- مصدر سابق ص ٣٥٩، ٣٦٠.

عمودياً على خطوط ميل الحراثة وعلى الضد من ذلك تكون أنابيب الشبكة المائلة متقاطعة مع خطوط ميل الحراثة وبزاوية حادة (الشكل رقم ١٣).

المحاذير العامة لتصميم شبكة الصرف المغطاة:

١-لاتتوضع مصبات أنابيب الجمع الرئيسية تحت الجسور مباشرة تلافياً لاختناقات مياه الصرف داخل الانابيب.

٢-لاتتوضع مصبات أنابيب الجمع في الأماكن المعرضة للترسبات الترابية أو الانجراف المائي.

٣-لاتتوضع أنابيب الجمع في الأماكن المرتفعة، وإنما في الأماكن المنخفضة من الحقل.

٥-عدم تطويل أنبوب الجمع نحو القناة الرئيسية، وإنما مده من أقصر مكان ليصل إلى القناة الرئيسية.

٦-عند وجود اختلاف في تضاريس الأرض يفضل إقامة مجمعات مائية فاصلة بين أنابيب الشبكة والأنبوب الرئيسي وكذلك بينه وبين قناة الصرف الرئيسية.

٧-عدم استعمال أنابيب ذات أقطار متجانسة، وإنما أقطار متباينة لأنابيب الشبكة الفرعية وأنبوب الجمع والأنبوب الرئيسي نحو قناة الصرف الرئيسية.

تتلخص آلية طريقة الصرف المغطاة: بتوضع أنابيب الشبكة تحت سطح التربة على ميول متباينة لتأمين انسياب طبيعي لمياه الصرف عبر الأنابيب ذات الاقطار والمهام المختلفة في الشبكة حيث تغطى بمواد فلترية محددة[٥٢].

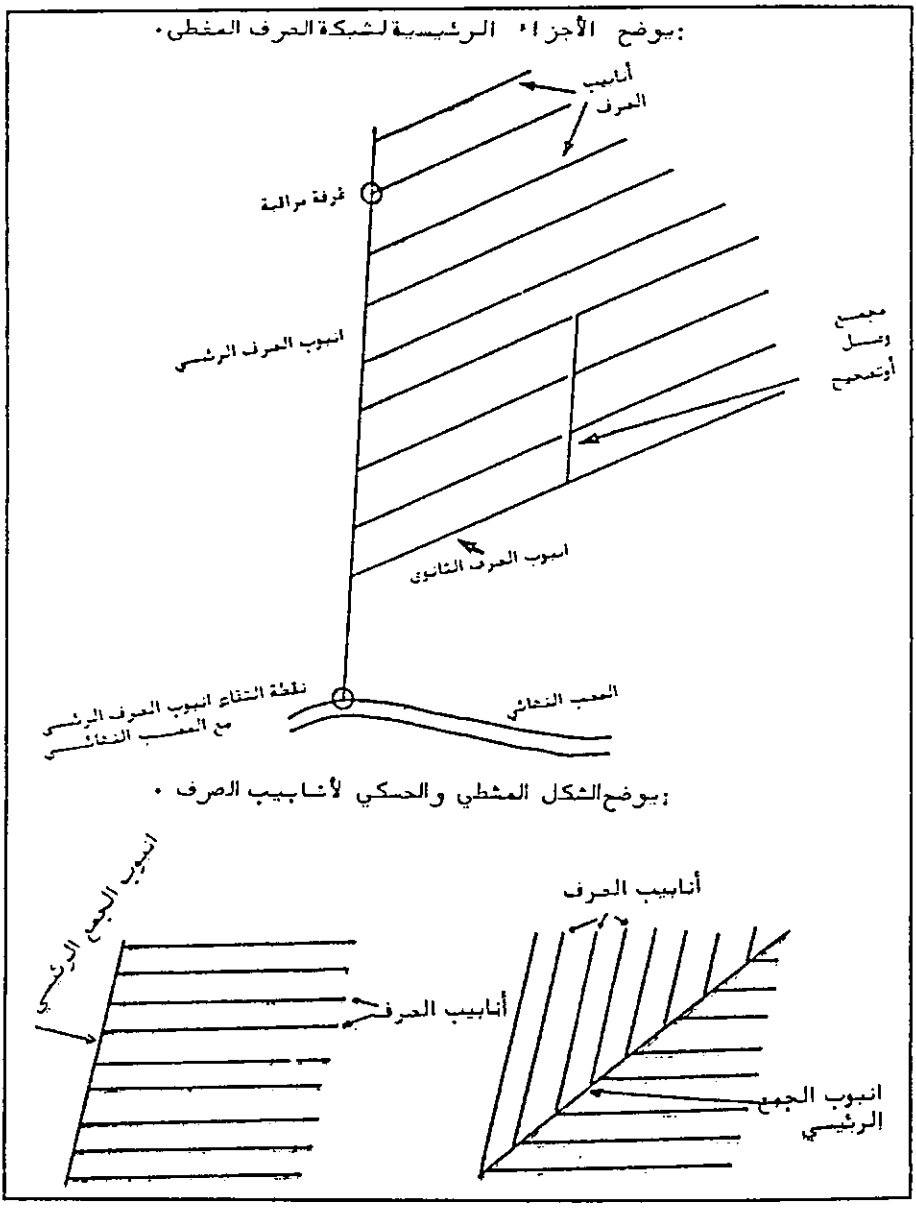
وتكون حركة الماء فيها عمودية وأفقية ونصف دائرية لاختلاف الميول في مناطق الشبكة حيث تقترب منحنيات انسياب المياه في الشبكة بعضها من بعض لتصب في الأنبوب الرئيس للشبكة الذي بدوره ينقل مياه الصرف إلى خارج منطقة الحقل لتصرف نحو المجاري المائية. وتقدر المسافة بين أنابيب الصرف في الترب الطينية والغضارية قليلة النفاذية بين (١٠-٢٥) م، وفي الأراضي الرملية عالية النفاذية بين (٢٠-٥٠) م. ولتبيان العلاقة بين الأبعاد المختلفة لأنابيب الصرف مواصفاتها وعمق الطبقة الكتيمة، نورد الجدول أدناه.

---

[٥٢] أهم المواد المستخدمة كفلاتر لتغطية أنابيب الصرف: مواد ترابية أو حصوية، بقايا صخور عضوية مفككة كالتورف، القش وبقايا نباتية ومواد عضوية، نسيج صوفي، مواد رغوية بلاستيكية، نسيج زجاجي أو صوف زجاجي. وظيفتها: الحد من تسرب الحبيبات الترابية الناعمة إلى داخل أنبوب الصرف، زيادة فعالية الصرف، والحد من ترسب أكاسيد الحديد إلى داخل أنبوب الصرف.

الشكل رقم ١٣

توزع أنابيب شبكة الصرف المغطاة



المصدر: أحمد الخضر، علي كنجو، وسوسن هيفا-مصدر سابق ص ٤٢١.

جدول رقم (٣٤) يبين العلاقة بين (مسافة، عمق، عدد) أنابيب الصرف والطبقة الكتيمة للتربة في طريقة الصرف المغطاة

البيان	المسافة بين أنابيب الصرف (م)						عمق أنابيب الصرف عن سطح التربة (م)
	٥	٨	١٠	١٢	١٥	٢٠	
عمق الطبقة الكتيمة (م)	٠,٣٩	٠,٤٢	٠,٤٤	٠,٤٥	٠,٤٦	٠,٤٧	٠,٥
	٠,٤٧	٠,٥٤	٠,٥٨	٠,٦١	٠,٦٤	٠,٦٧	٠,٧٥
	٠,٥٢	٠,٦٢	٠,٦٨	٠,٧٢	٠,٧٦	٠,٨١	١,٠٠
	٠,٥٣	٠,٧٢	٠,٨٠	٠,٨٧	٠,٩٥	١,٠٥	٠,٥٠
	٠,٥٣	٠,٧٤	٠,٨٧	٠,٩٥	١,٠٧	١,٢١	٢,٠٠
	٠,٥٣	٠,٧٦	٠,٩٠	١,٠	١,١٩	١,٤١	٣,٠٠
	٠,٥٣	٠,٧٦	٠,٩٠	١,٠١	١,٢٨	١,٥٤	٥,٠٠
	٠,٥٣	٠,٧٦	٠,٩٠	١,٠٢	١,٢٩	١,٥٥	١٠
	٠,٥٣	٠,٧٦	٠,٩٠	١,٠٢	١,٣٠	١,٥٦	١٠ >
أطوال أنابيب الصرف اللازمة في الهكتار (م)	١٠٨٠	٩٨٠	٨٨٠	٧٩٠	٥٨٥	٤٢٠	-

المصدر: تنسيق الجدول من إعدادنا وبتصرف (المؤلف-الربيعي) المعطيات من أحمد الخضر، علي كنجو، وسوسن هيفا-مصدر سابق ٤٠٦. وجميل عباس، عبد الناصر الضرير-مصدر سابق ص ٢٩٨. دون ذكر مصدرها الأساس.

من الجدول أعلاه يتبين أنه حين تكون أعماق الطبقة الكتيمة للترب بين [(٠,٣٩-٠,٥٣)، (٠,٤٢-٠,٧٦)، (٠,٤٤-٠,٩٠)، (٠,٤٥-١,٠٢)، (٠,٤٦-١,٣٠)، (٠,٤٧-١,٥٦)] م فإن المسافة بين أنابيب الصرف تبلغ نحو (٥، ٨، ١٠، ١٢، ١٥، ٢٠) م على التوالي، ويبلغ عمق أنابيب الصرف عن سطح التربة نحو (٠,٥، ٠,٧٥، ١,٠٠، ٠,٥٠، ٢,٠٠، ٣,٠٠، ٥,٠٠، ١٠، < ١٠) م حيث تقدر حاجة الهكتار الواحد من أنابيب الصرف نحو (١٠٨٠، ٩٨٠، ٨٨٠، ٧٩٠، ٥٨٥، ٤٢٠) م على التوالي.

نستنتج مما سبق أنه كلما زادت أعماق الطبقة الكتيمة للترب زادت أعماق أنابيب الصرف عن سطح التربة، وكلما زادت أعماق الطبقة الكتيمة للترب كلما زادت المسافة الفاصلة بين أنابيب الصرف تحت سطح التربة، وبالمقابل تقل حاجة الهكتار الواحد من أنابيب الصرف.

ويدلل ذلك على أن التربة الغدقة (مستوى مائها الأرضي مرتفع) تتطلب شبكة أنابيب مكثفة لتكون قادرة على التخلص من المياه الزائدة عن حاجة التربة والنبات، مما يؤدي لزيادة التكاليف الإنشائية. بالإضافة إلى التكاليف الأساسية لأسعار الأنابيب وأنواعها، وتكاليف الحفر والردم والتصميم والنصب لشبكة الصرف المغطاة (الشكل رقم ١٤).

العوامل المؤثرة على معدل التصريف في شبكة المصارف المغطاة[٥٢]:

١-عوامل طبيعية: كمية وتوزيع الهطول المطري، الظروف المناخية المحيطة، طبوغرافية المنطقة، صفات التربة الفيزيائية (ناقليتها المائية، السعة الحقلية، وتوضع آفاقها تحت سطح التربة).

٢-عوامل تكنولوجية-زراعية: التغيرات الحاصلة في حركة ماء التربة، طبيعة المصارف الإنشائية وكفاءتها، حجم التبخر-نتح، نوعية النباتات المزروعة، العمر الافتراضي للمصارف، والتغيرات الحاصلة في مكونات عناصر التربة.

العوامل المؤثرة على فعالية شبكات الصرف المغطاة:

١-خصائص التربة: إن التربة الغنية بالمواد العضوية والطينية الكتيمة تعمل على إعاقة تسرب الماء نحو آفاق التربة، مما يتطلب عند نصب شبكات الصرف تحت سطح التربة تغطيتها بمادة الجبس أو الكلس الناعم أو الحصى الناعم لتحسين خصائصها الفيزيائية والهيدروديناميكية.

٢-تصميم وحساب مقننات الصرف: إن التوزيع المناسب لأنابيب شبكة الصرف على أرجاء الحقل والتحديد الدقيق للمسافة بين الأنابيب وأعماقها وميولها تحت سطح التربة يؤثر ايجاباً على التصريف النوعي للمياه في شبكة الصرف.

٣-تنفيذ شبكة الصرف: إن اختيار الوقت المناسب لتنفيذ عمليات الحفر في طبقات التربة لنصب أنابيب الصرف يؤثر بشكل كبير على فعالية شبكة الصرف، فحين تكون رطوبة التربة عالية عند حفر الخنادق لنصب أنابيب الشبكة ومن ثم ردمها يؤدي لتشكل كدرات طينية متراصة فوق أنابيب الصرف تعيق تسرب الماء نحو أنابيب الصرف، وتؤثر سلباً على الخصائص الفيزيائية للتربة.

وحين تكون التربة جافة فإن حبيباتها تصبح ناعمة ومفككة وعند تعرضها للرطوبة تشكل طبقة متراصة تعمل على إعاقة تسرب الماء نحو أنابيب الصرف. لذلك يتوجب أن تكون التربة رطبة نسبياً في آفاقها المتعددة لتسهل عمليات الحفر والردم بعد توضع أنابيب والشبكة لتلافي التأثيرات السلبية لرطوبتها وجفافها الكبير.

٤-نوع وصنف النبات المزروع: تختلف النباتات بامتداد جذورها نحو أعماق التربة فمنها ذات الجذور السطحية ومنها ذات الجذور العميقة التي تعمل على الإضرار بأنابيب شبكة الصرف وتغلق فتحاتها خاصة في الأنابيب الفخارية أو أن لجذورها خاصية فرز أحماض قوية تعمل على الإضرار بأنابيب الشبكة وتقلل من عمرها الافتراضي.

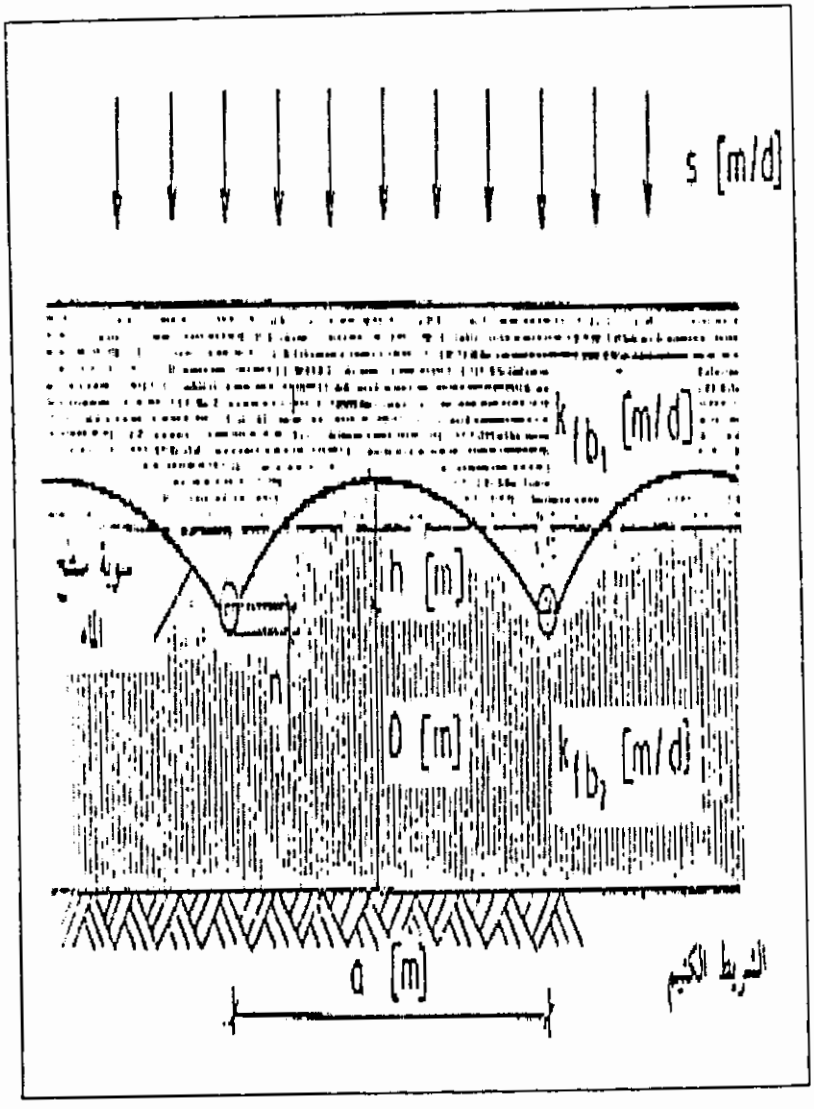
---

[٥٢] Schlhevet, J. Bielovai, H ١٩٧٨.

اقتباس من علي عبد الله- مصدر سابق ص ٣٦١. بتصرف (المؤلف-الربيعي).

الشكل رقم ١٤

مقطع لتوضع المصارف على أفق كتيم تحت سطح التربة



المصدر: اقتباس من علي عبد الله-مصدر سابق ص ٣٣٤.

مما يتوجب حساب الأعماق المناسبة لتوضع أنابيب شبكة الصرف تحت سطح التربة لتكون أعمق من امتداد الجذور تلافياً لأثارها السلبية.

٥-الدورة الزراعية: إن تعاقب النباتات المزروعة ذات الجذور السطحية والعميقة في الموسم الزراعي، يمنع إجهاد التربة ويزيد من خصوبتها ويُحسن من مواصفاتها الفيزيائية مما يؤثر ايجاباً على نفاذيتها وبالتالي على تسرب مياه الصرف نحو آفاقها المتعددة وصولاً لأنابيب الصرف.

٦-تحسين مواصفات التربة: إضافة المواد المحسنة لمواصفات التربة الفيزيائية كالكلس المطفأ، والفوسفوجبس فوق أنابيب شبكة الصرف قبل عمليات الردم، وكذلك على سطح التربة مع المخصبات الزراعية.

٧-عمليات الخدمة الزراعية: إن إجراء عمليات العزق والحراثة السطحية والعميقة الدورية تحسن من نفاذية التربة وتسهل عملية تسرب مياه الصرف نحو آفاق التربة المتعددة باتجاه أنابيب الصرف.

٨-الري التكميلي: إن عدم كفاية مياه الأمطار لتغطية الحاجات المائية للتربة يؤثر سلباً على مواصفات التربة مما يتطلب إجراء عمليات الري التكميلي لتأمين الحاجات المائية المناسبة للتربة والمحافظة على ميزانها المائي تلافياً لظهور تشققات على سطحها نتيجة الجفاف والتي تترك آثارها السلبية على نمو النبات.

٩-المخصبات الزراعية: إن عمليات الري المتتالية تؤدي لغسل بعض مخصبات التربة الزراعية وتسربها مع مياه الصرف، كما أن إجهاد التربة بالزراعات المتماثلة يقلل من خصوبتها مما يؤثر على خصائصها المختلفة. مما يتطلب تزويد التربة بالمخصبات الزراعية بشكل دوري للحفاظ على خصوبتها وبالتالي على خصائصها الفيزيائية المؤثرة على عمليات الري والصرف الزراعي. فحين تكون أعماق المصارف (٠,٥، ١,٠، ١,٥) م على التوالي، تخسر التربة نسبة من عنصر الآزوت بعملية الغسل عبر الصرف تقدر بنحو (١١,٥، ٦,٠، ٥,٣) في المائة على التوالي من النسبة الكلية لآزوت التربة.

١٠-صيانة شبكات الصرف: إن إجراء الصيانة الدورية لأنابيب شبكة الصرف وملحقاتها، وتقليل فرص إنسداد فتحات أنابيب الشبكة له تأثير إيجابي على فعالية شبكة الصرف في التخلص من المياه الزائدة عن حاجة التربة والنبات.

مزايا طريقة الصرف المغطاة:

١-توفير مساحات واسعة من الأرض تصل لنحو ١٥% من إجمالي مساحة الحقل قياساً بالمساحة التي تشغلها طريقة المصارف المكشوفة.

٢-توفر التكاليف الكبيرة للإنشاءات الهندسية الملحقة بمشروع الصرف كالجسور والعبارات والبوابات.

٣-تكاليف الصيانة منخفضة قياساً بالمصارف المكشوفة.

٤-توفر حركة حرة للآليات الزراعية في الحقل.

٥-عمرها الافتراضي كبير قياساً بطرق الصرف الأخرى ويقدر بنحو ٤٠ عاماً.

٦-كفاءتها عالية في صرف المياه وغسل التربة من الأملاح خاصة في الأراضي المستصلحة حديثاً.

٧-إمكانية استخدام مياه الصرف (تحت شروط خاصة) للري متاحة خاصة في فترة الجفاف.

مساوئ طريقة الصرف المغطاة:

١-التكاليف الإنشائية لعمليات الحفر وشراء ونصب أنابيب الشبكة عالية.

٢-فعاليتها محدودة في صرف كميات كبيرة من المياه خاصة الهطولات والعواصف المطرية الغزيرة.

٣-تحتاج إلى خبرة عالية لتحديد ميول أنابيب الشبكة تحت سطح التربة.

٤-الصيانة الدورية للشبكة معقدة وتحتاج لخبرة كبيرة لتحديد أماكن أنسداد أنابيبها.

الصيانة الدورية لشبكات الصرف:

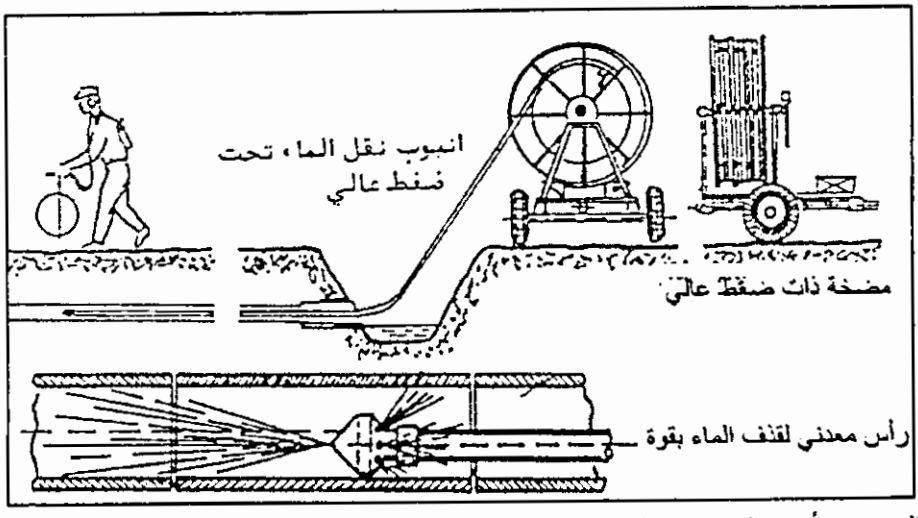
١-صيانة أقنية الصرف المكشوف: عملية الكري لإزالة ترسبات حبيبات (السيليت، الرمل الناعم، والوحل) من داخلها، ترميم جدران القناة المتعرضة للإنهيار والتهدم، وإزالة الأعشاب والأوساخ للمحافظة على سعتها المائية.

٢-صيانة أنابيب الصرف: إن نسب انسداد فتحاتها يعود إلى: ٦٦% للحبيبات الرملية والطينية، و ٣٠% لأكاسيد الحديد وكربونات الكالسيوم، و ٤% لامتداد جذور النباتات ولتلافي ذلك يتطلب وضع فلاتر مناسبة، وصيانة الوصلات بين الأنابيب.

٣-غسل أنابيب الصرف: يتم عن طريق خراطيم مائية ذات ضغوط مختلفة تحقن في داخل أنابيب الشبكة، فعند استخدام ضغط مائي منخفض (٢ بار) تتطلب ضخ (٣-٤) آلاف لتر من الماء ولمدة (٢-٣) دقائق لغسل الترسبات الحبيبية والاكاسيد. وعند استخدام ضغط عالي (٢٠-٨٠) بار فإنه كفيل بإزالة الترسبات عن الجدران الداخلية لشبكة الصرف بفعالية عالية (الشكل رقم ١٥).

الشكل رقم ١٥

جهاز لتنظيف أنابيب الصرف بضغط عالي



المصدر: أحمد الخضر، علي كنجو، وسوسن هيفا-مصدر سابق ص ٤٧٨.

ثانياً-طريقة الصرف المساعد:

تهدف للتغلب على انخفاض فعالية الصرف المكشوف والمغطى، أي يمكن اعتباره صرف تكميلي لعمل شبكة الصرف القائمة، فهناك نوعين للصرف المساعد[٥٤]:

أ-الصرف الدهليزي: يُعتمد عند انخفاض فعالية الصرف المغطى نتيجة تراص طبقات التربة وضعف قدرتها على صرف المياه الزائدة نحو آفاق التربة المتعددة خاصة في الترب الطينية الكتيمة. ويتم تنفيذه على مرحليتن:

١-حفر الخنادق الصرفية بعمق ٣٥ سم من سطح التربة والمسافة بينها تتراوح بين (٣٠-٦٠) م تكون بمثابة أنابيب جمع المياه في الصرف المغطى، تملأ بمواد عالية النفاذية (حصى، ورمل خشن) ليكون عمق الدهليز مساوياً لارتفاع المواد النفوذة عند سطح التربة بحيث يسمح لمياه الصرف التسرب نحو قنوات الصرف الرئيسية التي تصب مباشرة في مجاري الأنهار خارج منطقة الحقل. ويقدر عمرها الافتراضي بنحو ١٥ سنة.

٢-انشاء الدهاليز الصرفية بشكل عمودي على خنادق الصرف ذات النفاذية العالية يتراوح البعد بينها (٢-٣) م لتقوم بنفس مهام أنابيب الصرف المغطى أي جمع المياه الزائدة (الماء السطحي وتحت السطحي) مباشرة من التربة لتصب داخل شبكة الصرف. ويقدر عمرها الافتراضي بين (٢-٣) سنة.

تتلخص آليته: بإدخال أسطوانة معدنية ذات قطر معين داخل التربة ثم جرها بواسطة جرار زراعي ذات استطاعة عالية لتحفر خندق دهليزي دائري الشكل بالقرب من سطح التربة يتراوح عمقه بين (٠,٤-٠,٨) م وقطره بين (٨٠-٢٠٠) ملم والمسافة بينها متعلقة بمواصفات التربة ويملأ بالمواد النفوذة وترتبط بعضها مع بعض بوصلات معدنية حيث تتجمع مياه الصرف فيها لتصب في قناة الصرف الرئيسية (الشكل رقم ١٦).

يفضل أن تجرى عملية حفر الخنادق الدهليزية في شروط محددة من الرطوبة للتربة (رطوبة التربة في أعماق الدهليز مساوية أو أكبر قليلاً من الرطوبة على سطح التربة) مع مراعاة أن لاتقل نسبة الطين في التربة عن ٣٥% وأن تقام الدهاليز بشكل معاكس لاتجاه خطوط الحراثة لتأمين انسياب حر لمياه الصرف نحوها.

ب-الصرف بالحراثة العميقة: تتلخص آليته بإجراء حراثات عميقة في التربة (يجب أن يكون ميلها ثابتاً لتلافي تجمع مياه الصرف على الطبقة الفاصلة بين الآفاق المفككة والطبقة التي تليها نحو الأسفل) لخلخلة آفاقها وبالتالي لزيادة نفاذيتها وتأمين الظروف

---

[٥٤] أحمد الخضر، وعلي كنجو، وسوسن هيفا-مصدر سابق ص ٤٤١-٤٤٧.

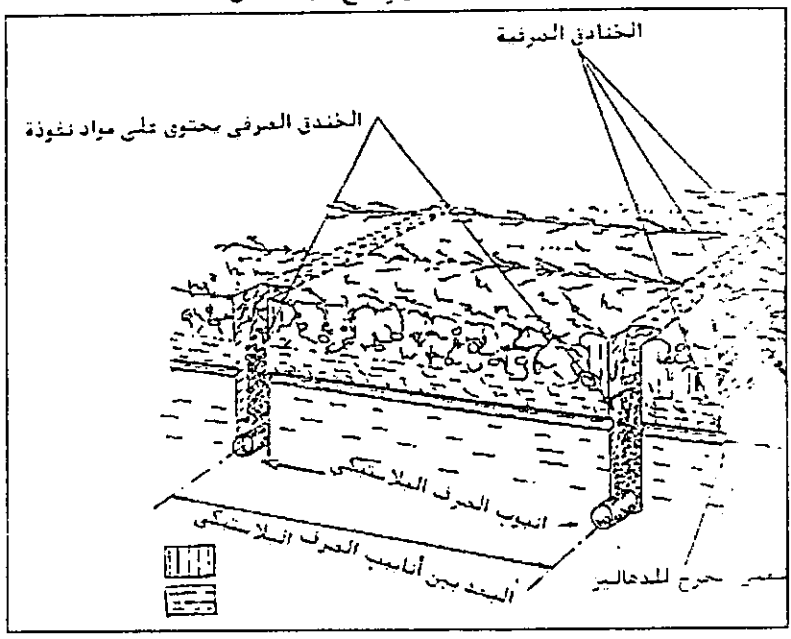
اللازمة لتسرب مياه الصرف نحو آفاق التربة (تحديداً إلى منطقة توضع شبكة الصرف المغطاة).

وتجرى الحراثة العميقة كل (٢-٣) سنة لمنع تشكل طبقة كتيمة ومتراصة بين سطح التربة وشبكة الصرف المغطاة لتأمين الانسياب الحر لمياه الصرف الزائدة. وتشترط أن تكون الحراثات السطحية للتربة عمودية على الحراثات العميقة حين يكون ميل التربة طبيعي، أما حين يكون ميل التربة شديداً يفضل أن تجرى الحراثات السطحية بزاوية قدرها ٤٥ درجة مع اتجاه الحراثات العميقة للتقليل من انجراف التربة السطحية.

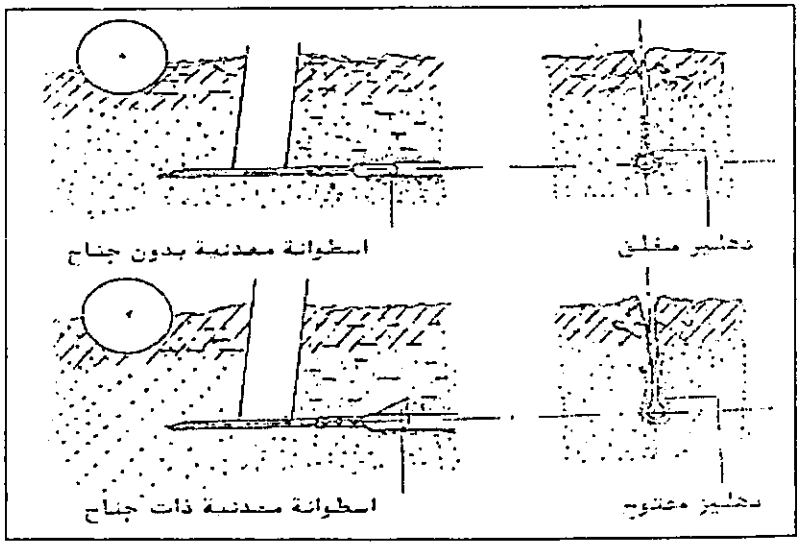
الشكل رقم ١٦

الصرف الدهليزي

أ-خنادق الصرف الدهليزي مع شبكة صرف مغطاة



ب-تنفيذ أشكال الصرف الدهليزي (المفتوح والمغلق)



المصدر: أحمد الخضر، علي كنجو، وسوسن هيفا-مصدر سابق ص ٤٤٣، ٤٤٤.

الخلاصة

١-تصنف الترب تبعاً لـ (نشأتها، نفوذيتها، قوامها، موقعها الجغرافي-المناخي، ودرجة خصوبتها).

٢-مسببات تدهور الترب الانجراف (المائي، الرياحي، وتدهور عناصر التربة).

٣-تتحدد العوامل الكيميائية المسؤولة عن تملح وقلوية التربة بمجموعات (الكربونات، الكبريتات، الكلوريدات، النترات والبورون).

٤-أهم طرق استصلاح الأراضي المالحة (فيزيائية، كيميائية، بيولوجية، كهربائية، وتساندية) لكل منها آلياتها تبعاً لنوع التربة.

٥-تعتمد نوعية الأملاح وتركيزها في التربة كمعيار لتحديد مستوى ملوحة التربة ومدى تأثيرها على الإنتاج الزراعي.

٦-مستوى الماء الأرضي المثالي في التربة يختلف تبعاً لنوع التربة والنبات، وارتفاعه يؤدي لاختناق النبات وعرقلة العمليات الحيوية في منطقة الجذور. وبالتالي يباس الجزء الخضري للنبات، ومن ثم موته التدريجي.

٧-تزداد المتطلبات المائية لعملية الغسل في الترب الطينية الثقيلة نتيجة تراكم الأملاح في آفاقها الكتيمة، وتقل في الترب متوسطة القوام لامكانية تسرب الأملاح نحو أعماقها، وتنخفض المتطلبات المائية لعملية الغسل في الترب الخفيفة عن مثيلاتها لنفاذيتها العالية وبالتالي زيادة في تسرب الأملاح نحو آفاقها المتعددة.

٨-تصنف المياه تبعاً لتركيز الأملاح فيها، فالناقلية الكهربائية لمياه الري تعد إحدى معايير تحديد صلاحيتها للري المتعلقة أساساً بحساسية النباتات للملوحة ومدى نفاذية التربة.

٩-تقسم طرق الري التقليدي إلى الري بـ: الغمر الكامل لسطح التربة [الغمر الحر، الغمر المتحكم (الشرائح الطويلة، الشرائح المستطيلة، حسب خطوط التسوية، والأحواض)] والري بالغمر الجزئي لسطح التربة (بالخطوط). والري تحت السطحي (الطبيعي، والاصطناعي) لكل منها مزاياها ومساوئها تبعاً لعوامل عديدة منها نوع التربة والنباتات المزروعة.

١٠-تقسم طرق الري الحديث إلى الري بالرذاذ، والتنقيط لكل منها مزاياها ومساوئها تبعاً لنوع التربة والنباتات المزروعة.

١١- تقسم طرق الصرف إلى [المكشوف، العمودي، المغطى، المساعد (الـدهليزي، الحراثة العميقة)] لكل منها مزاياه ومساوئه تبعاً لنوع التربة والنباتات المزروعة.

الملاحـــــــــــق:

- المفاهيم والمصطلحات
- المعادلات الرياضية
- المراجع العربية
- المراجع الأجنبية
- ملخص الكتاب بالإنكليزية

المفاهيم والمصطلحات

-**علم الهيدرولوجيا:** يدرس كافة الخصائص الكيميائية والفيزيائية للمياه وتداخلها مع الوسط البيئي، وما يسفر عنها من تغيرات سلبية نتيجة النشاط البشري والطبيعي.

-**الدراسات البيدولوجية (الترابية):** سلسلة من المراقبات والقياسات التي تجرى للتربة المراد استصلاحها والتي يجب أن تتم قبل عملية الاستصلاح سواءً أكان الاستصلاح رياً أم صرفاً أم معالجة مشكلة الملوحة.

-**عمليات الاستصلاح:** القيام بمجموعة من الخطط التصميمية والعمليات الإنشائية المراد تطبيقها على تربة زراعية أو تربة يراد إدخالها حيز الاستخدام الزراعي.

-**الموازنة الملحية:** نسبة ماء الصرف إلى ماء الري المطلوبة لإبقاء محلول التربة حتى منطقة الجذور على تركيز ملحي معين.

-**الحاجة الغسلية:** كمية ماء الصرف مقسوماً على كمية ماء الري المكافئ.

-**معامل الغسل:** كمية المياه الواجب إضافتها لمتطلبات الري في وحدة المساحة لغسل منطقة جذور النباتات المزروعة لمنع تراكم الأملاح فيها.

-**الكثافة الظاهرية للتربة:** وزن وحدة حجمية من التربة المجففة على درجة حرارة ١٠٥ مئوي.

-**السعة المائية للتربة:** كمية الماء التي تستطيع التربة تخزينها في آفاقها المتعددة والمتعلقة بعمق جذور النباتات المزروعة وبضغط أعلى من الضغط الجوي.

-**الماء الميت في التربة:** الماء الذي تحتفظ به التربة حين يبدأ النبات بالذبول.

-**الري التكميلي:** حجم مياه الري اللازم لنمو وتطور النبات لسد النقص في متطلباته المائية من مياه الأمطار.

-**التدفق المائي:** كمية الماء المتدفقة في الخط في وحدة الزمن في بداية الإرواء حيث يعمل على ترطيب المساحة المروية فقط.

-**تدفق الراشح:** كمية الماء المتدفقة في وحدة الزمن بعد الانتهاء من تدفق الإطلاق حيث يغمر كامل المساحة المروية ثم يرشح.

-**ماء الجاذبية الأرضي (الماء الحر):** الماء الذي يتحرك بتأثير تسارع الجاذبية الأرضية نحو الأسفل بحركة عمودية مرتبطة سرعتها بخصائص ونفاذية التربة.

-**الماء الشعري:** الماء الموجود في مسامات التربة بفعل القوى (الشعرية، الامتصاص) ويعد المصدر الأساسي لتغذية النبات ويتصف بشكلين قابل وغير قابل للامتصاص من قبل النبات تبعاً لخصائص التربة المختلفة.

-**جهاز البيزومتر:** أنبوب لايتجاوز قطره ٥٠ ملم يغرز في التربة بصورة عمودية لعمق محدد وفي مناطق متعددة من الحقل الزراعي لتحديد مستوى مائه الأرضي.

-**مياه ارتوازية متدفقة:** ارتفاع منسوب المياه في البئر الارتوازي فوق مستوى سطح الأرض.

-**مياه ارتوازية صاعدة:** ارتفاع منسوب المياه في البئر الارتوازي دون مستوى سطح الأرض.

-**المنسوب البيزومتري:** منسوب المياه في الطبقة الحاملة للماء المحصورة (الحبيسة).

-**السطح البيزومتري:** سطح وهمي لا جود له إلا في الآبار الارتوازية المخترقة للطبقة الحاملة للماء المحصورة (الحبيسة).

-**السطح الحر:** منسوب الماء في الطبقات المائية الحرة ذات الامتداد الإقليمي والتصريف الكبير والمستقر ويتأثر بالتغذية المائية.

-**آبار تامة:** الآبار التي تخترق الطبقة الحاضنة للماء حتى مستوى أساسها وتندفع المياه إلى جوف الآبار من خلال الفتحات الموجودة على جدرانها.

-**آبار غير تامة:** الآبار التي لاتصل لمستوى أساس الطبقة الحاملة المخترقة وتندفع المياه إليها من خلال الفتحات الموجودة على جدران وقاعدة الآبار.

-**الآبار غير التامة ذات الجدران والقاع غير النفوذ:** الآبار التي تصل إلى الطبقة الحاضنة من قواعدها فقط حيث تندفع المياه من قاعدة البئر إلى داخله، وكلما زادات أعماقها كلما زاد تدفقها المائي.

-**معامل الصرف:** كمية مياه الصرف الجارية عبر شبكة الصرف خلال أو بعد هطول الأمطار.

-**ميل الصرف:** فرق المنسوب بين بداية ونهاية قناة الصرف مقسوماً على طولها.

-**عمق أنابيب الصرف:** المسافة الشاقولية بين سطح التربة ومحور أنبوب الصرف.

-**الصرف:** إحداث حالة توازن بين ماء وهواء التربة في منطقة الجذور.

-**الغدق:** حالة الغمر المائي الطويل الأمد الذي يحدث في التربة ويخفض من سعتها الهوائية إلى الحدود الدنيا.

-**نقطة الذبول:** نقطة التفريغ المائي للتربة والمحسوبة على أساس نقطة ذبول نبات عباد الشمس.

-**النتح:** بخر الماء من سطح النبات الأخضر.

-**عامل النتح:** كمية الماء اللازمة لإنتاج كيلو غرام واحد من المادة الصلبة لنوع معين من النبات.

المعادلات الرياضية

لحساب مقننات الري والصرف والتربة

١-حساب كمية الجبس اللازمة للتربة السولوتتسية المراد استصلاحها:

$$CaSO_4 . 2H_2O = ٠,٠٨٦ (Na - ٠,٠٥ \times E) L \times D$$

$CaSO_4 . 2H_2O$= كمية الجبس (طن/ هكتار)

٠,٠٨٦= تحويل واحد ميليكافئ جبس إلى غرام

Na= عدد ميليكافئات صوديوم الادمصاص في ١٠٠ غرام تربة في الأفق B_1

٠,٠٥= نسبة الصوديوم الممدص

E= سعة الادمصاص (ميليمكافئ في ١٠٠ غرام من التربة في الأفق B)

L= عمق طبقة الحراثة (سم)

D= الكثافة الظاهرية (الوزن الحجمي) للأفق B_1 (غ/ سم٣)

٢-حساب جرعات الغسل لاستصلاح الأراضي:

$$M= Fc - M + n \times Fc$$

M= حجم مياه الغسل (م٣/ هكتار)

Fc= السعة الحقلية (م٣/ هكتار)

M= الاحتياطي المائي الموجود في التربة قبل عملية الغسل (م٣/ هكتار)

n = عامل ثابت يتراوح بين (٠,٥-٢,٠) متعلق بتركيز الأملاح في التربة

٣-حساب مقنن الغسل للحقل:

$$M= p - m + np$$

M= مقنن الغسل للحقل

P= السعة الحقلية (م٣/ هكتار)

m= مخزون الماء في التربة قبل عملية الغسل (م٣/ هكتار)

np= معامل الغسل يتراوح بين (٠,٥- ٢) تبعاً لدرجة الملوحة وعمق الماء الأرضي

٤-حساب عامل الغسل:

أ- للري السطحي:

$$LR=ECW/ ٥ Max\text{-}Ece \times ١/ Le$$

ب-للري بالتنقيط:

$$LR=ECW/ ٢MaxEce$$

LR= عامل الغسل

Le=فعالية الغسل (قيمته الثابتة ٠,٧)

ECW=الناقلية الكهربائية لمياه الري (ميليموس/ سم)

Ece=الناقلية الكهربائية لمستخلص العجينة المشبعة (ميليموس/ سم)

MaxEce=الناقلية الكهربائية العظمى لمستخلص العجينة المشبعة التي تفوق قدرة النبات على تحملها (ميليموس/ سم).

٥-حساب مخزون التربة المائي:

$$RA= Z \times S \times da \times HA$$

RA= مخزون التربة المائي (م٣)

Z= عمق الطبقة المدروسة من التربة (م)

S= مساحة سطح التربة (م٢)

da= الكثافة الظاهرية للتربة (طن/ م٣)

HA= الرطوبة الوزنية (جزء من واحد)

٦-حساب الميزانية المناخية:

$$BC=P - ETP$$

BC= الميزانية المناخية

P= إجمالي كمية الأمطار الهاطلة خلال فترة زمنية ما (ملم)

ETP= إجمالي كمية الأمطار المفقودة بـ (التبخر-نتح) خلال نفس الفترة الزمنية (ملم)

٧-حساب الميزانية الهيدرولوجية:

$$BH=P - ETP \pm Es - Dr$$

BH= الميزانية الهيدرولوجية

P= إجمالي كمية الأمطار الهاطلة خلال فترة زمنية ما (ملم)

ETP= إجمالي كمية الأمطار المفقودة بـ (التبخر-نتح) خلال نفس الفترة الزمنية (ملم)

Es= كمية المياه الداخلة والخارجة لمساحة محددة من الأرض لنفس الفترة الزمنية عن طريق الجريان السطحي (ملم)

Dr= إجمالي كمية المياه المصروفة خلال نفس الفترة الزمنية (ملم)

٨-حساب المياه المتجددة في الأحواض الجوفية:

$V=A \times P$

V= حجم المياه المتجددة (م٣)

A= مساحة الحوض (م٢)

P= عمق التسرب لمياه الأمطار نحو باطن الأرض (م)

٩-حساب الموازنة المائية بين الماء والملح في منطقة المياه الجوفية:

$P + S = C + D \pm \Delta G$

P= الماء النافذ عبر العمود الترابي إلى ماء الجوف

S= الماء المتسرب إلى ماء الجوف

C= الماء الصاعد شعرياً من ماء الجوف

D= الصرف الطبيعي من ماء الجوف

ΔG= التغيير في مخزون ماء الجوف (منسوب الماء الجوفي)

١٠-حساب فعالية مشروع الري:

فعالية مشروع الري= حجم المياه المخزونة في منطقة الجذور ÷ حجم المياه الموزعة من مركز الضخ والتوليد

١١-حساب التصريف المائي للحقل:

$Q= q \times b$

Q= التصريف المائي للحوض (لتر/ ثا)

q= التصريف النوعي للماء الجاري (لتر/ ثا)

b= عرض الحوض (م)

١٢-تقدير تدفق المياه في خط الري:

$$Q = ٠,٦٠ \div i$$

Q= التدفق المائي (لتر/ ثا)

i= ميل خط الري (%)

١٣-حساب متوسط عمق مياه الري في الخط:

$$D = (Q \times ٣٦٠٠) \div (T \times i)$$

D= متوسط عمق مياه الري في الخط (ساعة/ ملم)

Q= التدفق المائي (ملم/ ثا)

T= المسافة بين خطوط الري (م)

i= طول خط الري (ساعة/ م)

١٤-حساب كثافة الرش (طريقة الري بالرذاذ):

$$d = m \div S$$

d= كثافة الرش (مم/ ساعة)

m= المعامل (التدفق) المائي للمرش (م٣/ ساعة)

S= مساحة الري للمرش (م٢)

١٥-حساب عيار السقاية (طريقة الري بالرذاذ):

$$Dr = Q \div N$$

Dr= عيار السقاية (م٣)

Q= الاحتياجات المائية الشهرية (م٣/ هكتار)

N= عدد الريات في الشهر

١٦-حساب زمن الري (طريقة الري بالرذاذ):

$$t = dr \div d$$

t= زمن الري (ساعة)

dr= عمق الماء اللازم للرية الواحدة (ملم)

d= كثافة الرش (ملم/ ساعة)

١٧-حساب مساحة الوحدة الحقلية للري (طريقة الري بالرذاذ):

$S = M \div d$

S= مساحة الوحدة الحقلية للري (م٢)

M= التدفق المائي (معيار الري) (م٣/ ساعة)

d= كثافة الرش (م/ ساعة)

١٨-حساب مساحة التدفق المطلوب (طريقة الري بالرذاذ):

$Q = (S \times Dr) \div t$

Q= مساحة التدفق المطلوب

S= المساحة المروية (هكتار)

Dr= عيار السقاية (ملم)

t= عدد ساعات الري (ساعة)

١٩-حساب حجم مياه الري:

$I = E - R$

I= حجم مياه الري (م٣)

E= حجم الهطول المطري (ملم)

R= حجم المياه المفقودة بـــالتبخر-نتح (ملم)

٢٠-حساب الحاجات المائية للرية الواحدة:

$W = (nFC \times d \times ٠,٧٥) \div ١٠$

W= كمية الماء الواجب تقديمها في الرية الواحدة لإيصال رطوبة التربة علـــى إمتـــداد منطقة الجذور إلى السعة الحقلية (ملم)

nFC= الماء المتاح للتربة مقدراً بالنسبة الحجمية لرطوبة التربة (%)

d = عمق منطقة الجذور (سم)

٠,٧٥= معامل ثابت للمحافظة على احتياطي ماء التربة معادلاً لـــ ٢٥% من الماء المتاح الذي لايعرض النبات للإجهاد

١٠= معامل ثابت (كل واحد منه هو نسبة حجمية مقدرة بالمائة على عمق ترابي قـــدره ١٠ سم ويعادل واحد ميليمتر ماء)

٢١-حساب مفقودات المياه في القنوات المائية المكشوفة:

$$\sum s = Sv + S_B + Sz$$

$\sum s$ = إجمالي مفقودات الماء في القناة (م٣)

Sv= مفقودات البخر (م٣/ ثا لمسافة كيلومتر)

S_B = مفقودات الرشح (م٣/ ثا لمسافة كيلومتر)

Sz= مفقودات الأخطاء الإنشائية للقناة المائية المكشوفة (م٣/ ثا لمسافة كيلومتر)

٢٢-حساب مفقودات الماء بالرشح في الأقنية المائية المكشوفة:

$$S = s \times Q \times L \div ١٠٠$$

S= خسارة الماء بالرشح بـــ (المائة لكل كيلومتر)

s = ثابت ناقلية التربة للماء

Q= كمية الماء المتدفق في القناة في وحدة الزمن (م٣/ ثا)

L= طول القناة المائية المكشوفة (كم)

٢٣-حساب كمية الماء المتدفق في الحوض الواحد (طريقة الري بالأحواض):

$$Q = n \times A$$

Q= كمية الماء المتدفق (م٣)

n = عدد ثابت في (الترب الرملية من (١-٢٠)، والترب اللومية من (٢-١٠)، والتـــرب الطينية من (٠,٥-٢)

A= مساحة الحوض (م٢)

٢٤-حساب كمية السماد الصافي لكل مرش (طريق الري بالرذاذ):

$$M = G \times F \div ١٠,٠٠٠$$

M= كمية السماد الصافي في كل مرش (كغ)

G= كمية السماد الصافي للهكتار (كغ/ هكتار)

F= مساحة الرش (م٢)

٢٥-حساب البُعد بين المصارف المغطاة (معادلة يرنست):

$$h = hv + h_h + hr$$

h = إجمالي الخسارة في ارتفاع عمود الماء (م)

hv = الخسارة في ارتفاع التدفق الشاقولي (م)

h_h = الخسارة في ارتفاع التدفق الأفقي (م)

hr = الخسارة في ارتفاع التدفق المحوري (م)

٢٦-حساب كمية المياه المصروفة في قناة الصرف:

$$q = k_u \times L$$

q= كمية المياه المصروفة من قناة الصرف (م٣/ يوم)

k_u= الناقلية العمودية لتربة قناة الصرف (م/ يوم)

L= عرض قناة الصرف (م)

٢٧-حساب عمق قناة الصرف:

$$h = h_E + h_{geo} + h_{mQ}$$

h= عمق قناة الصرف (م)

h_E= عمق الصرف اللازم (م)

h_{geo}= المنسوب الهدروليكي للماء الأرضي (م)

h_{mQ}= ارتفاع الماء في قناة الصرف عند متوسط التدفق (م)

المراجع العربية

١-هانيس بات وآخرون ((الوجيز في الفيضان-التأثيرات والحماية)) ترجمة عز الدين حسن، المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر، دمشق ٢٠٠٥.

٢-صاحب الربيعي ((المياه الجوفية في الوطن العربي)) دار الكلمة، دمشق ٢٠٠١.

٣-محمود الأشرم ((اقتصاديات البيئة والزراعة والغذاء)) المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر، دمشق ٢٠٠٣.

٤-محمود الأشرم ((اقتصاديات المياه في الوطن العربي والعالم)) مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت ٢٠٠١.

المراجع الأجنبية

١-Mark Rosegrant ١٩٩٥ ((Water Resources in the ٢١st Century)) Paper presented at a conference in Japan, International Food Policy Research institute No. ٧.

٢- Mark Rosegrant ١٩٩١ ((Irrigation investment and management in Asia: trend piorities and policy direction)) World Bank, Washington.

٣-Dellapenna, J ١٩٩٣ ((Build international water Management institution)) The role of treaties and other legal arrangement, Unpublished paper.

٤-Svedsen, Mark ١٩٨٦ ((Metting irrigation system recurrent Cost obligation)) ODI-IIMI Irrigation Management, Network paper. London ODI.

٥-The Word Bank ١٩٩٣ ((Water Resources Management)) A world Bank Policy paper. Washington Dc.

Summary of the study:

Soil and Water

(Reforming the Soil, Irrigation and the drainage)

The agriculture requires suitable conditions in order to achieve economic results. The soil for instance, requires certain physical and chemical preparation in order to allow the plants to absorb the necessary nutritional elements required for its growth and development. This is accompanied with enough supply of water for irrigation containing certain proportions of well balanced salts, without harming the soil and the plants.

The low salt concentration of water in irrigation plays important role in keeping the ideal salt balance in the soil that reflects positively on the growth and development of the plant and achieve good agricultural product. The study consists of three chapters, a summary and supplements:

Chapter ١: is about the deterioration of the soil and how to improve it through several approaches: the ownership of the land, the general principles of studying the soil, the soil and the factors which lead to its deterioration, the properties of the alkaline and salty soil, the international classification of the alkaline and salty soil, and how to improve the alkaline and salty soil.

Chapter ٢: studies the system of the soil and water through several ways: The water system in the soil and plant, the suitability of the irrigational water for the soil and the plant, and their adverse effects of salt rise on the soil and plant.

Chapter ٣: looks into the irrigation and drainage systems in different ways: To select the irrigation method, ways and mechanisms of the conventional irrigation, ways and mechanisms of modern irrigation, selecting drainage method, the covered and uncovered ways and mechanisms of the drainage systems.

The summary and supplements: In the summary the author mentioned the most important aspects of the research, its results and its conclusion. In the supplements, the author mentioned definitions of the concepts and terminologies used in the study, and the special mathematical formulae he used in calculations in the tables (the soil, water and plants) then followed by a list of references used for the study in the Arabic and foreign languages.

صدر للمؤلف:

١-((أزمة حوضي دجلة والفرات وجدلية التناقض بين المياه والتصحير)) دار الحصاد ودار الكلمة، دمشق ١٩٩٩.

٢-((الأمن المائي ومفهوما السيادة والسلام في حوض نهر الأردن)) دار الحصاد، دمشق ٢٠٠٠.

٣-((صراع المياه وأزمة الحقوق بين دول حوض النيل)) دار الكلمة، دمشق ٢٠٠١.

٤-((القانون الدولي وأوجه الخلاف والاتفاق حول مياه الشرق الأوسط)) دار الكلمة، دمشق ٢٠٠١.

٥-((المتغيرات المناخية العالمية وتأثيراتها على المياه العذبة)) دار الحصاد ودار الكلمة، دمشق ٢٠٠٢.

٦-((المياه الجوفية في الوطن العربي)) دار الكلمة، دمشق ٢٠٠٢.

٧-((الأنهار الدولية في الوطن العربي)) دار الكلمة، دمشق ٢٠٠٢.

٨-((مشاريع المياه في الشرق الأوسط)) دار الحصاد، بمشق ٢٠٠٣.

٩-((أهوار الجنوب في بلاد ما بين النهرين- العراق)) دار الحصاد، دمشق ٢٠٠٣.

١٠-((ملف المياه والتعاون الإقليمي في- الشرق الأوسط الجديد)) دار الحصاد، دمشق ٢٠٠٣.

١١-((دليل البحوث المائية في الشرق الأوسط- للباحثين وطلبة الدراسات العليا)) شركة الديوان للطباعة، بغداد ٢٠٠٤.

١٢-((تنمية وإدارة الموارد المائية غير التقليدية في الوطن العربي)) شركة الديوان للطباعة، بغداد ٢٠٠٤.

١٣-((الصراع المائي السوري في حوضي اليرموك والعاصي)) شركة الديوان للطباعة، بغداد ٢٠٠٤.

١٤-((المثقف بين المهادنة والتحدي)) شركة الديوان للطباعة، بغداد ٢٠٠٥.

١٥-((سلطة الاستبداد والشعب المقهور)) دار صفحات، دمشق ٢٠٠٧.

١٦-((رؤية الفلاسفة في الدولة والمجتمع)) دار صفحات، دمشق ٢٠٠٧.

١٧-((دور الفكر في السياسة والمجتمع)) دار صفحات، دمشق ٢٠٠٧.

١٨-((الموارد والمتطلبات المائية في حوضي-سوس، ماسة ودرعة-المغربي)) دار الحصاد، دمشق ٢٠٠٨.

١٩-((التلوث المائي، الأسباب والمعالجات)) دار الحصاد، دمشق ٢٠٠٨.

٢٠-((مؤسسات المياه وإعداد الكادر)) دار الحصاد، دمشق ٢٠٠٨

التـــربـــة والميـــاه

يعتمد المؤلف في دراسته حول التربة (آلية استصلاحها)، والمياه (الري والصرف، المتعلقان به)، على ثلاثة محاور، الأول: تدهور التربة واستصلاحها ويركز فيه على علاقات ملكية الأرض والمبادئ العامة الناظمة لدراسة التربة ومن ثم خصائص الترب القلوية والمالحة والتصنيف الدولي لهذه الخصائص وكيفية استصلاح هذا النوع من الترب

والثاني: نظام التربة والمياه ويبين فيه النظام المائي في التربة والمياه وصلاحية مياه الري لهما ومن ثم التأثيرات السلبية للتملح على التربة والنبات .

وفي المحور الثالث (الري والصرف الزراعي) يشرح طرق وآليات الري، التقليدي منها والحديث وكيفية اختيار الطريقة الأفضل وينتهي إلى تبيان طرق وآليات الصرف، المكشوفة منها والمغطاة . ويختتم الدراسة بملاحق توضح المفاهيم والمصطلحات وكذلك المعادلات الرياضية التي تهم في هذا المجال .