وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الموصل

الري
تصميم وممارسة

ترجمة
د. احمد يوسف حاجم
سعد سعيد الديوه جي

الري
تصميم وممارسة

حقوق الطبع © محفوظة (١٤١٠ هـ - ١٩٩٠ م)
لمديرية دار الكتب للطباعة والنشر
جامعة الموصل

لا يجوز تصوير أو نقل أو أعادة مادة الكتاب
وبأي شكل من الاشكال الا بعد موافقة الناشر

نشر وطبع وتوزيع :
مديرية دار الكتب للطباعة والنشر
شارع ابن الاثير - الموصل
الجمهورية العراقية
هاتف ٧٦٣٢٣١
٧٦٣٢٣٥
تلكس ٨٠٩٢

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الموصل

الري
تصميم وممارسة

بروس ويندرز
ستانلي ڤيبوند

ترجمة

الدكتور احمد يوسف حاجم — أستاذ مساعد
سعد سعيد الديوه چي — مدرّس

قسم هندسة الري والبزل — كلية الهندسة
جامعة الموصل

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة المترجم

ان تأصيل العلوم وانتشار المعارف في اية امة لايكون الا بلغتها ذلك فضلاً عن أن اللغة مقوم اساسي من مقومات وجود الامة واستمراها . وقد وعت الامة العربية هذه الحقائق منذ نهضتها الحديثة فأسهمت في نقل المصطلح العلمي والاهتمام بحركة تعريب وترجمة مختلف مناحي العلوم والمعارف . ومساهمة في هذه الحركة فقد قمنا بترجمة هذا الكتاب ليكون مرجعاً مفيداً للطلاب والعاملين في حقول الري والزراعة والهندسة المدنية والموارد المائية . وقد حرصنا توخي ترجمة المصطلحات العلمية بدقة وذلك بالاعتماد على المصادر الموثوقة كمعجم مصطلحات المجمع العلمي العراقي والمجمع العلمي الاردني ومعجم المصطلحات الفنية ولم نتصرف بترجمة المصطلح ذاتياً الاعند الضرورة القصوى .

وفي الوقت الذي نفتخر ونعتز بانه قد اتيح لنا ان نخدم المكتبة العربية في ميدان لنا فيه الامكانية والطاقة لايسعنا الا ان نعرب عن صادق شكرنا وتقديرنا لكل من ساهم في هذا الانجاز، ونخص بالذكر الدكتور نعمة حمد عمارة – الاستاذ في قسم هندسة البناء في الجامعة التكنولوجية لتقويمه الكتاب علمياً والدكتور جليل رشيد فالح – الاستاذ المساعد في قسم اللغة العربية كلية الاداب في جامعة الموصل لمراجعة الكتاب لغوياً . وكذلك نشكر منتسبي مطبعة وزارة التعليم العالي والبحث العلمي في الموصل على جهودهم التي ابدوها في اعداد وطبع هذا الكتاب .

نسأل الله التوفيق والعون في سبيل خدمة امتنا العربية ولغتها العريقة المتجددة

المترجمـــان

المحتويات	ص

المقدمة	١٧
الري عملية زراعية	١٧
الحاجة الى الري	١٧
الري الكلي والري التكميلي	١٩
الهدف	٢٠
المهندس في الري	٢٠
المهندس الزراعي	٢٣
هندسة الري الحقلي	٢٣
الري موضوع واسع	٢٤
الفصل الاول-دراسات الجدوى الاقتصادية	٢٥
الموارد-الارض والمياه والطقس	٢٦
مسوحات التربة	٢٧
مصادر المياه	٢٧
المسوحات الطوبوغرافية	٢٨
تحريات الطقس المتعلقة باستهلاك المحاصيل للماء	٢٩
الزراعة	٣٠
الممارسات الحقلية الجارية	٣٠
التغيرات الاجتماعية	٣١
الحقوق التقليدية-الارض والمياه	٣٢
النقل والتسويق	٣٣
الوضع المستقبلي	٣٣
الاعمال الدائمية والتغيير الاجتماعي	٣٤
الادارة والتنظيم	٣٤
تنظيم اعمال الانشاء	٣٥

تنظيم التشغيل ٣٦
التدريب وخدمات التطوير ٣٧
الهندسة ٣٧
ظروف الموقع ٣٨
مواد البناء وطرقه ٣٨
المقننات المائية ٣٩
الاعمال الحقلية ٣٩
الري والبزل ٣٩
التصاميم الأولية ٤٠
المناحي المالية والاقتصادية ٤٠
التخصصيات المالية للانشاء ٤١
المنافع ٤١
علاقات الكلف والمنفعة/الكلفة ٤٢

الفصل الثاني-ممارسات الري ٤٥
الري السطحي ٤٥
العلاقات الهيدروليكية في الجريان السطحي ٤٦
ري المروز ٥٠
مروز الميل العرضي ٥٢
السطور ٥٢
شرائط الحدود ٥٣
نقاط عامة تخص ري المروز وشرائط الحدود ٥٥
الاحواض ٥٦
احواض الكفاف ٥٧
الغمر الطليق ٥٩
الري الجوفي ٦٠
الري الجوفي الطبيعي ٦٠
الري الجوفي الصناعي ٦١
الري العلوي او الراسي ٦١
المرشاة الدوارة ٦٢
خصائص المرشاة ٦٥
انظمة الرش ٦٧

الري العضوي	٧٠
خطوط الرذاذ	٧٠
مكائن الرش المتحركة والتطورات الحديثة	٧١
الوقاية من الصقيع في الاجواء الباردة	٧٢
الري بالشن او التنقيط	٧٣
الفصل الثالث-الرطوبة في التربة	٧٧
مكونات التربة	٧٧
سلوك الرطوبة داخل التربة	٧٩
قوام التربة	٧٩
بناء التربة	٨٢
القوام والبناء وخصائص رطوبة التربة	٨٣
خصائص الرطوبة ودلالاتها	٨٤
طرق ايجاد خصائص منحني الرطوبة	٨٦
التخلف وخصائص الرطوبة	٨٨
تصنيف رطوبة التربة	٨٩
الماء الجذبي	٨٩
الماء الشعري	٩٠
الماء المقيد	٩٠
تقويم الماء المتوافر للنبات	٩٠
السعة الحقلية	٩٠
نقطة الذبول الدائمية	٩١
مدى الرطوبة المتوافرة	٩٢
قياس كثافة التربة الجافة	٩٣
الماء الكلي المتاح للنبات	٩٣
نموذج استخلاص ماء التربة بوساطة النبات	٩٤
حساب دورات الري	٩٥
حركة الماء داخل الترب-الارتشاح	٩٦
قياس معدل الارتشاح لاغراض تصاميم الري	٩٨
معدلات التشرب للري بالغمر	٩٨

معدل الارتشاح للري بالغمر الجزئي (المروز) ٩٩
معدل الارتشاح لاغراض تصاميم الري بالرش ١٠٠

الفصل الرابع-الاستهلاك المائي ١٠٣
احوال الطاقة للنباتات ١٠٤
انتشار بخار الماء على الاسطح ١٠٥
استخدام معادلة الطاقة ومعادلة دالتون لحساب التبخر ١٠٦
مثال عن طريقة بنمان ١١١
بعض الملاحظات على طريقة بنمان ١١١
استخدام الاحواض المسطحة -المفتوحة لقياس التبخر ١١٤
عوامل التربة والنبات المؤثرة على التبخر ١١٧
طرق وضعية لتقدير التبخر ١١٩
طريقة ثورن وايت ١٢٠
طريقة اوليفر ١٢٢
طريقة بليني كريدل ١٢٦
التقويم التجريبي للتبخر من المحاصيل باستعمال مقياس التسرب ١٢٧
قياس التبخر الكامن ١٢٩
قياس التبخر غير الكامن ١٣٠
جدولة الري ١٣٢
طرق مسك الدفاتر ١٣٢
طرق قياس رطوبة التربة ١٣٣
دلائل للنبات ١٣٧

الفصل الخامس-الترب الملحية والقلوية ١٤١
تصنيف المياه والترب وتحمل المحاصيل ١٤٢
الترب ١٤٢
الماء ١٤٥
المحاصيل ١٤٨
ادارة الترب الملحية والقلوية في المناطق الاروائية ١٤٨
معادلات التوازن الملحي والمائي واحتياجات الغسل ١٥٠

الترب الملحية ١٥٣
الترب القلوية ١٥٦
استصلاح الترب الملحية والقلوية والملحية-قلوية ١٥٧
الترب الملحية ١٥٧
الترب الملحية-القلوية ١٦١
الترب القلوية ١٦١

الفصل السادس-تصميم نظم الري الحقلي ١٦٥
اختيار طريقة الري ١٦٥
مقدمة الى تصميم المخطط الحقلي لشبكة الري السطحي ١٦٨
تصميم مخطط الري بالمروز ١٧٢
شكل المروز والفواصل بينها ١٧٢
اختيار جريان التقدم للمرز ١٧٤
اختبار التصاريف الرئيسية للري ١٧٤
ميل الحقل ١٧٥
طول المرز ١٧٦
عرض الحقل ١٨١
تصميم الري الشرطي ١٨١
عرض الشريط ١٨١
ميل الشريط ١٨٢
انشاء سداد الحدود ١٨٢
اختيار جريان التقدم ١٨٢
طول الشريط ١٨٤
ملاحظات متنوعة على تصميم الري ١٨٦
ري الترب الطينية الثقيلة بوساطة المروز ١٨٦
تصميم الري الحوضي ١٨٧
تصميم الري الجوفي ١٨٨
تصميم انظمة الري بالرش ١٨٩
تخطيط النظام ١٨٩
اختيار المرش والفواصل والمحصول ١٩١
تصميم انبوب الرش الجانبي ١٩٣

تصميم الانبوب الرئيسي ١٩٥
اختيار المضخة ١٩٦

الفصل السابع-بزل الاراضي المروية ١٩٩
الاسباب الموجبة للبزل ١٩٩
المياه الزائدة وعمليات الغسل ١٩٩٠
ماء المطر ٢٠٠
التسرب من القنوات ٢٠١
التسرب تحت المنشآت ٢٠١
الظروف الارتوازية ٢٠١
الفيضانات ٢٠٢
البزل السطحي ٢٠٢
البزل السطحي في الحقل ٢٠٣
قنوات البزل السطحي (المبازل المفتوحة) ٢٠٣
التخلص من ماء البزل ٢٠٩
الملوحة ومنشآت البزل ٢١٠
عمليات البزل الجوفي ٢١١
السيطرة على منسوب الماء الجوفي ٢١٣
الترب ذات النفاذية الواطئة ٢١٤
الماء الجوفي الخارجي ٢١٦
المبازل الحقلية (الانبوبية) ٢١٧
تحريات سطح الماء الجوف ٢٢٠
تصميم انظمة البزل الجوفي الحقلية ٢٢٠
الظروف الحقلية وفرضيات التبسيط ٢٢٢
حل هوكوت لمشكلة البزل في حالة الجريان الثابت ٢٢٣
طريقة (USBR) لمستوى الماء الجوفي المترواح ٢٢٨
الطرق الحقلية لقياس الايصالية المائية ٢٣١
حساب العمق والمسافة الفاصلة ٢٣٤
قطر المبزل الانبوبي وانحداره ٢٣٥

الفصل الثامن–نظام القنوات	٢٤١
تخطيط القنوات	٢٤١
التخطيط التمهيدي للقنوات	٢٤١
المعالم الموجودة	٢٤٥
التسلط	٢٤٥
اعتبارات مزرعية	٢٤٨
تصريف القناة والمقننات المائية	٢٤٩
تصميم القنوات	٢٥٣
الانحدار الجانبي	٢٥٣
فضلة العمق وتصريف الهروب	٢٥٤
خشونة سطح القناة	٢٥٥
القنوات المستقرة (غير المنجرفة)	٢٥٧
القنوات المنجرفة	٢٦١
التسرب	٢٧٠
تبطين القنوات	٢٧٢
الابعاد القياسية	٢٧٤
منشأت القنوات	٢٧٤
ناظم صدر القناة	٢٧٥
المساقيط ومصبات النهاية	٢٧٩
النواظم القاطعة	٢٨٠
منافذ المياه والمنافذ الجانبية	٢٨١
الصيانة	٢٨٣
الفصل التاسع–قياس الجريان	٢٨٧
المعادلات الاساسية	٢٨٧
الطاقة النوعية	٢٨٩
القفزة المائية	٢٩٢
الهدارات والفوهات والسحارات	٢٩٤
الهدارات الصفيحية (ذوات الحافات الحادة)	٢٩٥
الهدارات ذات الحافات العريضة	٣٠٦
هداركرمب	٣٠٧
البوابات المنزلقة	٣١٠
الفوهة	٣١١

السحارة.	٣١٢
قنوات القياس (الصناعية)	٣١٣
مقياس بارشال	٣١٥
مقياس WSC	٣٢٤
مقاييس H	٣٢٥
مقاييس التيار	٣٢٨
الاجهزة	٣٢٨
قياس التصريف	٣٣٠
طرق اخرى لقياس التصريف في القنوات المفتوحة	٣٣٢
قياسات الطفو	٣٣٢
سرعة الملح	٣٣٣
سرعة الصبغة	٣٣٣
التركيز الملحي	٣٣٣
طرق النظائر المشعة	٣٣٤
المقاييس الرفاصة	٣٣٤
مقياس ديثريج	٣٣٤

الفصل العاشر -المكننة وتهياة الارض لعمليات الري	٣٣٩
مبادئ المكننة.	٣٣٩
درجات المكننة	٣٣٩
عمليات المكننة الحقلية	٣٤٠
مكائن والات زراعية للاستعمالات العامة	٣٤١
الساحبات	٣٤١
مكائن استصلاح الاراضي وتطويرها	٣٤٢
المحاريث والحراثة الاولية	٣٤٢
الات الحراثة الثانوية	٣٤٥
مكائن خدمة المحصول	٣٤٦
عمل الاكتاف للمحاصيل الخطية وري المروز	٣٥٢
العوامل المؤثرة على كفاءة المكننة	٣٥٣
التوافق بين المكننة والري	٣٥٤
مسح الاراضي واعدادها للري	٣٥٦

مسح الكفاف وتخطيط الحقل ٣٥٦
استعمالات التصوير الجوي ٣٥٩
اعداد الارض ووضع العلامات عليها ٣٥٩
تخمين حجم الاعمال الترابية ٣٦٠
تعيين مواقع القنوات المفتوحة ٣٦٣
المصطلحات العلمية ٣٦٦
دليل ٣٩٢

المقدمة:

الري عملية زراعية :

ان الري في الاساس عملية زراعية تعني بتجهيز النبات بحاجته من الماء ، وعند المزارع فهو عبارة عن عملية تكاملية اساسية لزرع المحاصيل في الاجواء الجافة وشبه الجافة اذ يستوي معها اعطاء الاسمدة ومكافحة الاعشاب الضارة والقوارض وعمليات الحصاد الجيد والبزل الصحيح. والري وحده لايكفي لنمو النبات ولكن بتفاعله مع العمليات الاخرى قد يكون مفيداًاو ضاراً وذلك حسب المهارة والخبرة التي يدار بها. وكمثال على ذلك توافق عمليتي الري والبزل بصورة مفيدة او مؤذية ففي الحالة الاولى وعندما يتم تجهيز ماء الري بصورة مرضية ويعمل نظام الصرف بكفاءة فان ذلك سيؤمن تربة ذات رطوبة وتهوية مثالية لجذور النبات وعندما لاتتوافق عمليتا الري والبزل لسبب ما فأن ذلك يؤدي الى تغدق التربة بالماء وسوء التهوية وبالتالي الى اختناق الجذور وموت النبات.

والماء المجهز للنبات يجعل المغذيات والاسمدة مهيأة لامتصاص الجذور لها ولكن الماء الزائد المعطي بالري يعمل على غسل الاسمدة والمغذيات من المجال الذي يستفيد منه النبات ويذهب به بعيداًللاعماق.

وفي كثير من البلدان تكون الاراضي الزراعية بعيدة عن مصادر المياه ويتطلب نقل المياه لهذه الاراضي اعمالاً هندسية ضخمة مكلفة ومن وجهة نظر زراعية فان اهمية اساليب نقل هذه المياه يعتمد على تأثيرها في توفير الكلفة ونوعية المياه فضلاً عن مدى تعارض وجود شبكة النقل مع العمليات الزراعية في الحقل.

الحاجة الى الري :

ان الري ضروري جداً في الاجواء الجافة ،ولكن مفهوم الجو الجاف يحتاج الى تعريف وفي هذا الكتاب ، سنعرفه بانه ذلك الجو الذي لاتكفي كمية الامطارrainfall الساقطة خلاله لسد احتياجات النبات المائية خلال فترة نموه. وهنالك مناطق واسعة في العالم خصبة ولكنها تشكو من قلة سقوط الامطار ولذلك يجب ان تحتل عملية الري في هذه

المناطق قصب السبق عند التخطيط لاستغلالها . والري لايقتصر على مناطق الاجواء الجافة بل يتعداه الى مناطق اخرى وذلك للفوائد المتعددة التي تتأتى عنه . ففي المناطق التي لايعتمد على الساقط المطري اعتماداً كبيراً نتيجة تذبذبه من موسم لاخر تكون عملية الري خير ضمان لنجاح الزراعة اذا ماتأخر المطر او قلت كميته . ان التقسيمات المتبعة لتصنيف الاجواء او المناخ الى جاف او استوائي ...الخ . قد تكون مربكة بعض الاحيان ، لأن الخواص المناسبة لنظام الري المطلوب يجب ان تعتمد في الاساس على كمية الماء المطلوبة للنبات او ان الري كلي او تكميلي او على مدار السنة او لجزء منها او لكل السنوات او لبعضها .

الجدول 1.1 تصنيف عام لاحتياجات الري

Proportion of plant water requirement	1 *Total*				2 *Part (supplemental)*			
Duration of irrigation season	A All year		B Part of year		A All year		B Part of year	
Frequency	X All years	Y Some years	X All years	Y Some years	X All years	Y Some years	X All years	Y Some years

امثلة مختلفة على احتياجات بعض الاقطار للري :

1AX العراق ، مصر ، غرب الولايات المتحدة الامريكية :

في العراق مثلاً تعد الاراضي المحصورة بين نهري دجلة والفرات من الاراضي الخصبة جداً ولكن شحة الامطار وسقوطها في موسم الشتاء فقط يجعل استغلالها صعباً جداً بدون عملية الري ولذلك يتوجب اخذ كل الاحتياجات اللازمة لزراعة المحاصيل الشتوية والصيفية من النهر.

1BX الفلبين ، شمال نيجيريا، جاوا :

ففي الفلبين مثلاً تكون كمية الامطار الساقطة قليلة محصورة بين كانون الاول وآذار ومعدومة في الفترة المتبقية من العام وعليه فالري ضروري جداً لنجاح الزراعة في موسم الجفاف.

1AY استراليا ، الهند :

تعاني كل من الهند واستراليا من مشكلات تذبذب الامطار. ففي احدى المناطق الاسترالية المسماة «بريفيرينا» تتراوح كمية الامطار الفصلية من (200) الى (500) ملم وهذا الفرق بالكمية يعني تذبذباً واسعاً وقد نجحت تربية الاغنام في مساحات واسعة من هذه المنطقة منذ منتصف القرن التاسع عشر ومن ثم تأثرت سلبياً بشكل كبير بنقص الامطار المتكرر، في حين نجد المساحات الصغيرة نسبياً من المراعي المرواة والتي تقوم عليها محطات تربية الاغنام والابقار قد حققت مستويات من الربح والنجاح فاقت ما عليه تلك التي تقوم على الاراضي المعتمدة على الامطار فضلاً عن تجنبها المخاطر الناتجة من الاعتماد على المطر الساقط وكذلك حققت بساتين الفواكه نجاحاً منقطع النظير كما حققت ارباحاً هائلة.

2BY هولندا ، شرق انكلترا :

في المناطق الشرقية من انكلترا يمكن زراعة معظم الخضروات بالاعتماد على المطر لساقط فقط ولكن في تسع سنوات من عشر امكن الحصول على ارقام اعلى في الانتاج تطبيق مبدأ الري التكميلي Supplemental irrigation . ان هذا التصنيف يعد دليلاً على وعية نظام الري العام المطلوب. وهنالك اعتبارات اساسية اخرى يجب اخذها بعين لاعتبار في الاجواء الجافة والحارة جداً.

الري الكلي والري التكميلي :

في بعض الاقطار كالهند والعراق حيث لايمكن الاعتماد على المطر الساقط خلال جزء او طول فترة النمو للمحصول ، يعد الري الكلي total irrigation ضرورياً اى ان النبات يحتاج الى السقي طوال فترة نموه. اذ ان عمليتي الزراعة والري توأمان لايمكن الفصل بينهما

ولذلك فان اي قرار للاستثمار في مشروع زراعي يجب ان يقوم بصورة مبدئية على الظروف الاجتماعية والاقتصادية والسياسية المحيطة.

لذلك تتحكم هذه الامور في كثير من المناطق بنوعية الري الواجب اتخاذه لانجاح المشروع فضلاً عن الاسس العلمية التي لا مناص منها. ويقترن الري التكميلي بصورة اساسية بالزراعة العلمية الحديثة حيث يعد مظهراً من مظاهر التقنية الحديثة المستعملة في الزراعة وفي طرق ممارستها واخيراً فان تقرير الري من عدمه يعتمد كلياً على الربح الناتج من كلتا العمليتين.

الهـــدف :

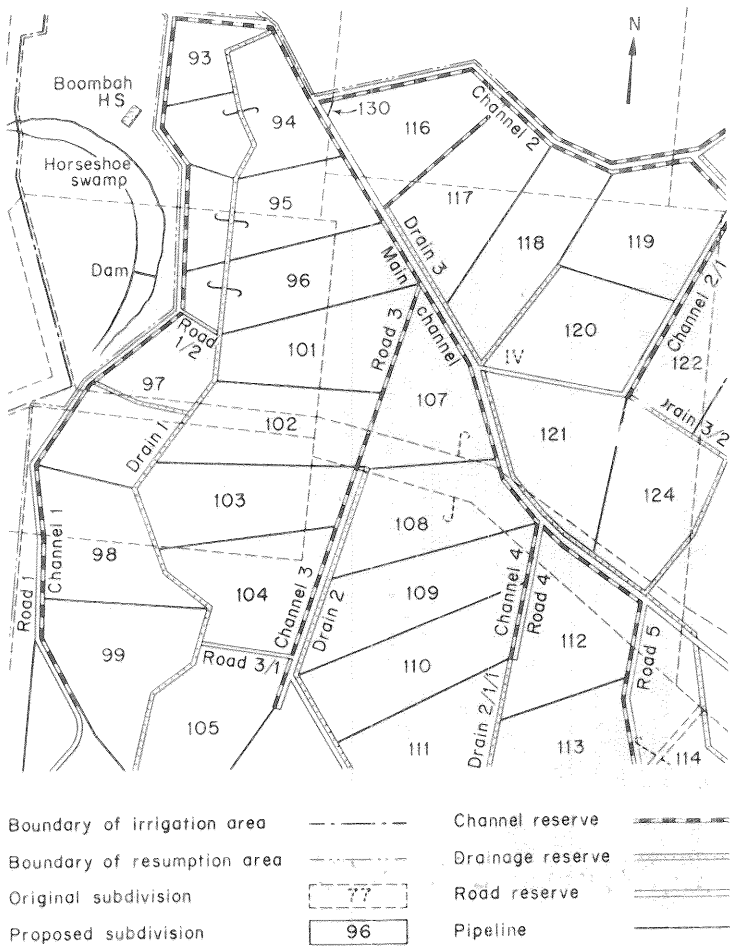
تصمم انظمة الري في الاساس لانتاج انماط مرغوب فيها من توزيع المياه تلائم نوع النبات والنمو الخضري الهائل للمحاصيل لايعطي بالضرورة محصولاً وفيراً دائماً ويكون من بعد ذلك انتاج الغلة (حبوب او خضروات او فواكه) الهدف الأبعد لتكامل الري مع عمليات الزراعة الاخرى– وهذه المسألة هي دالة لكل العمليات الضرورية لانتاج المحصول ويمكن تعريفها على انها الربح المحقق من اعلى نسبة حاصل الى الكلفة الكلية وهناك الاستثناءات الاجتماعية عندما تكون الاعتبارات الاخرى اهم من الربح.

وفي حالة محدودية احد المصادر الرئيسية للانتاج كالارض اوكمية المياه عندها يعرف المحصول المثالي بدلالة ذلك المصدر نفسه فقط ، ولذلك يجب تقرير كل خطوة من اي نظام ري حديث بصورة واضحة قبل بدء التصميم والعمل بالمشروع.

المهنـــدس في الـــري :

ان عمل المهندس التقليدي في مجال الري هو نقل الماء من مصدره الاولي ثم توزيعه بصورة متساوية فوق المساحة الزراعية المطلوب سقيها. وفي المراحل الاخيرة من العملية تظهر مشكلة الملوحة ومشكلة الارض المتغدقةwater logged ground وهنا برزت مسألة تصريف الماء الزائد او مايسمى بالصرفdrainage كمسألة ملازمة ، ولذلك فالمطلوب الان من المهندس تصميم متكامل لنظام تجهيز الماء وصرفه لضمان نجاح المشروع.

وعليه اذا اريد تنفيذ كل من النظامين(الري والصرف) بكفاءة فيجب ان يصمما بطريقة الحلقة المفقودة missing link اي مرور ماء الري من مصدره الحقلي (قناة) الى الحقل ثم للتربة الحاملة للنبات ومرور ماء الـ ف ، الزائد خلال التربة ، ومن بعد فان اهتمام المهندسين بهذا الامر قد زاد بصورة مضطردة في السنين الاخيرة .



الشكل.1منطقة سانت جورج الاروائية في مقاطعة كويتزلاند

الشكل 1 منطقة سانت جورج الاروائية في مقاطعة كويتزلاند والرسم يمثل جزء من التصميم العام للقنوات والمبازل .

ان حجم العمل الهندسي يتطلب تمويلاً كبيراً وحتى في المشاريع المتوسطة الحجم هنالك مئات الكيلومترات من القنوات Canals الرئيسية والفرعية التي تقوم بتجهيز الماء لعشرات الكيلومترات المربعة من الاراضي الزراعية .

اما مخططو المشاريع الكبيرة فيجب ان يأخذوا بالحسبان وجود احواض نهرية يمكن استغلالها بكفاءة حيث تصل قيمة المصروفات ملايين الدنانير لخدمة مئات او الوف الكيلو مترات المربعة من الاراضي الزراعية الشاسعة وانه لشعور طبيعي جداً ان يرى المهندس المدني الزراعة كاحد مركبات نظام هندسي معقد بدل ان يراها هدفاً وحيداً قائماً لذاته .

الصورة1 منطقة سان جورج في كويتزلاند تصوير جوي للمخطط الموضح في الشكل 1

المهندس الزراعي :

ان المهندس الزراعي العامل في الري هو ذلك الشخص الذي يملأ الفراغ بين المهندس المدني والخبير الزراعي . وينحصر عمله في تصميم الاعمال الهندسية داخل حدود المزرعة وهو مهندس يصمم نظمة الري والبزل ولكن بحدود منطقة زراعة المحصول ، وعليه سينحصر جهده وتفكيره لتوفير افضل الظروف المطلوبة لنمو المحصول ويجب ان يكون ملماً ببعض المواضيع كالمكننة الزراعية والاقتصادية وادارة المزرعة وعلوم التربة والمحاصيل الحقلية وبذلك يكون مهيأ لتصميم الانظمة الحقلية المناسبة للخبرة العملية الموجودة وكذلك مهيأ لتقديم المشورة للمهندسين المدنيين بشأن التأثيرات الجانبية التي قد تحدث لقنواتهم وشبكة انابيبهم المقترحة ومدى تأثير ذلك على كفاءة عمل النظام الشامل والذي تكون المزرعة احد اجزائه .

ان حجم الاعمال الهندسية التي يقوم بها المهندس الزراعي مقارنة بالاعمال التي يقوم بها المهندس المدني تعد اقل كلفة ولكن هذه المقارنة ظاهرية فقط ولا تعني الكثير لان المبلغ المصروف على انشاء سد بمئات الملايين من الدنانير قد يكون قليل الفائدة او معدومها اذا لم تنفذ شبكات الري والبزل الحقلية بكفاءة وبصورة اقتصادية او اذا كانت المفقودات المائية من المشروع كبيرة جداً.

هندسة الري الحقلي :

يعد الري الحقلي من المواضيع المكملة للهندسة الزراعية والرئيسية فيها ومن المواضيع المساعدة للهندسة المدنية ضمن تخصص الري .

وهدف هذا الكتاب هو تلبية متطلبات طلبة الهندسة الزراعية والمدنية الراغبين في العمل في حقل الري . وان صعوبة عمل كتاب مثل هذا تكمن في كونه يعتمد على مصدرين مختلفين للمعلومات هما علوم التربة والهيدروليك . وقد تضمن الكتاب بعض المعلومات الاساسية والضرورية عن كلا الموضوعين كمقدمة لتصميم اعمال الري وللحصول على معلومات كاملة عن التربة والهيدروليك فانه يفضل الرجوع الى الكتب المتخصصة في هذين المجالين حيث هناك مصادر عامة في نهاية كل فصل وبالرجوع الى المجالات العديدة والمختلفة التي يمارس بها الري والري الحقلي بالذات فان على القارئ ان يحصر ذهنه

بتطبيقات العلوم المعنية في هذا المجال ولايشطح للامور التي قد تبدو متشابكة او متداخلة معها. فالشخص الذي يصمم مشروعاً للري التكميلي في بريطانيا يكون في غنى عن التفكير بمشكلات الملوحة والذي يصمم مشروعاً للري السطحي في جنوب العراق لايستطيع باي حال من الاحوال التفكير في الري التكميلي واعتباره بديلاً عن الري الشامل وذلك للظروف الجوية القاسية ولوجود مشكلة الملوحة وعلى كل حال فان مهندس الري الجيديعد كلا الموضوعين من اختصاصه وعليه مواجهتها ان تطلب منه ذلك.

الري موضوع واسع :

ان الري موضوع مهم وواسع وتأثيره ابعد من كونه ممارسة وربطاً بين حقلي الزراعة والهندسة وذلك لان تاثير المشاريع الكبيرة على الحياة الريفية كبير جداً وكذلك على المدن القريبة من هذه المشاريع ولكن على نحو اقل ويبدو هذا التاثير واضحا عند استحداث هذه المشاريع لاول مرة في مناطق لم تشهد التطور ولم تمتد لها يد التنمية بعد وذلك لتبدل انماط الحياة الاقتصادية والاجتماعية خلال فترات وجيزة لاتتعدى بضع سنوات فقط. ويزداد الاحساس بهذه الظاهرة عند توطن البدو الرحل وظهور القرى والمدن الصغيرة. عندها تظهر عادات وتختفي اخرى ويتبع ذلك وعي اقتصادي بقيمة الارض وماعليها، لذلك وجب على الحكومات ان تكون واعية ومدركة للنتائج المترتبة على قيام اي مشروع مقترح.

الفصل الاول

دراسات الجدوى الاقتصادية

قبل ان تلتزم اي مؤسسة بتنفيذ اي مشروع تنموي وصرف الاستثمارات عليه تقوم باستدعاء ذوي الخبرة لتقديم المشورة والدراسات اللازمة المبنية على اسس علمية لكل ما يتعلق بالمشروع .

وما يتصل بمشاريع الري فان هذه الامور تقوم بها شركات هندسية متخصصة يساعدها مستشارون زراعيون او مؤسسات حكومية تضم متخصصين باعمال الزراعة والري .

تشمل دراسات الجدوى الاقتصادية Feasibility studies الامور والاعمال الاساسية الاتية :-

أ) مسح مصادر الارض والمياه .
ب) مسح وتقويم الواقع الزراعي القائم .
جـ) وضع مقترحات لانماط جديدة في الزراعة المروية .
د) وضع خطوط عريضة لتصميم الاعمال الهندسية المقترحة مع تخمين الكلفة ولعدة بدائل هندسية ممكنة والمقارنة بينها .
هـ) تحليل اقتصادي يتضمن التغيرات المالية والاقتصادية المقترحة من جراء انشاء المشروع في تلك المنطقة .
و) قدرة البلد على البناء ، المواد اللازمة و تجهيزها بسهولة .
ز) الادارة اللازمة لتنفيذ المشروع .
ر) الادارة اللازمة لتشغيل المشروع في المستقبل .
ع) تدريب الاداريين والمزارعين والمشرفين الزراعيين .

ل) تنظيم اجراءات التمويل وبرمجتها خلال عملية البناء.
ك)العمل على توفير الخدمات الضرورية للمزارعين كتسهيل السلف وتسويق الحاصل .... الخ.
غ) تطوير طرق النقل والمواصلات داخل المشروع وربطها بالاسواق الخارجية.

وبعد ذلك يتم وضع نتائج كل هذه الاعمال والتحليلات في تقرير الجدوى الاقتصادية متضمناً توصيات وقرارات واضحة عن نجاح المشروع او عدمه ويتضمن التقرير ملحقات تحتوي على المعلومات الضرورية المهمة المنتقاة من المعلومات الكثيرة المتجمعة في اثناء اعداد الدراسة فضلا عن مجلدات تحتوي على خرائط طوبوغرافية وخرائط تصنيف التربة والطاقات الزراعية الممكنة.

وعلى الرغم من ان المهندس الذي سيقوم بأعمال التصميم التفصيلي للمشروع سوف يحتاج الى معلومات مفصلة جدا لبعض الامور فان الكثير من احتياجاته الاساسية للتصميم المفصل يمكن ان يجدها في مستندات تقرير الجدوى الاقتصادية التي تعد ذات اهمية بالغة في تخطيط عمله الحقلي. وفضلا عن ذلك فاذا كان عمله متعلقا بجزء من المشروع فان القسم الوصفي من التقرير سيجهز المهندس بنظرة شمولية واسعة عن كل التطورات المقترحة. لهذه الاسباب تم وضع هذا الفصل لشرح كل الدراسات الممكن اجراؤها والمداخلات المتعلقة بالزراعة المرواة على نطاق واسع.

1.1 الموارد – الارض والمياه والطقس

هنالك اربع خواص رئيسية للارض الصالحة للزراعة المرواة:
أ) طوبوغرافية صالحة للارواء.
ب) توفر تربة خصبة.
ج) طقس ملائم لنمو المحاصيل.
د) مصدر معتمد لماء صالح للري.

يتناول هذا القسم من الفصل الموارد الانفة الذكر المتعلقة بالموضوع.

1.1.1مسوحات التربة

ان الهدف من مسوحات التربة هو معرفة اصنافهاوخصائص الصرف drainage فيها ومعدلات ارتشاحها infiltration rate والطاقات الزراعية الكامنة في ارض المشروع. وتصنف الترب بالاستناد الى خصائصها الفيزياوية والكيمياوية كتدريجها ودرجة الحامضية pH اما خصائص الصرف فيمكن تحديدها من نوعية بناء التربة soil structure ومقدار نفاذيتها permeability والتوزيع الافقي والعمودي للانواع المختلفة منها اما القابلية للزراعة فتعتمد على نوع التربة ومميزات الصرف فيها مع بعض المحددات المفروضة كالملوحة Salinity وعمق التربة والطوبوغرافية.

ويمكن اجراء مسح التربة بالتصوير الجوي الذي يعتمد على تقنية خاصة يقوم بها اخصائيون على نماذج معلومة يتم مقارنتها بما يستحصل من صور فضلاً عن العينات من ثقب البريمة auger holes ومن حفر الاختبار ويتم تحديد مواقع هذه الفحوصات الحقلية بالاستناد الى الصور الجوية للحصول على اكبر قدر من المعلومات باقل كلفة.

تقدم المعلومات المستحصلة عن التربة والمتعلقة بالزراعة والري والصرف على شكل جداول ورسومات بيانية واشكال وخرائط مع ملاحظات توضيحية ويوضح كل ذلك بملحق مع التقرير الرئيسي. اما المعلومات الهندسية عن خصائص التربة فانها توضع في قسم مستقل خاص بالتحريات الموقعية للمنشأت.

1.1.2 مصادر المياه

تعد المسوحات الهيدرولوجية ضرورية لتقويم مصادر المياه المتوفرة للمشروع المقترح ويتطلب ذلك سجلات بعيدة الامد لتصاريف النهر ونوعية المياه وعند عدم توفر هذه البيانات التاريخية يتم تخمينها بالاعتماد على كميات المطر الساقط او تصاريف المياه في افرع قريبة لاستيفاء المعلومات الضرورية عن تصاريف النهر ولو بشكل تقريبي. واذا ارتأى المختص ان هذه المعلومات غير كافية فانه يجب وباسرع مايمكن انشاء مقاييس لقراءة تصريف النهر مع محطات انواء جوية على اساس ان معلومات المدى القصير خير من عدم وجود اية معلومات وفضلا عن الارقام المسجلة يجب ان يكون هنالك تقويم صحيح لواقعيتها وصحتها.

اما بالنسبة لمصادر المياه الجوفية فانه يمكن تقويم مصادر الماء الارضي المستخلص على المدى القصير بحفر ابار الفحص testing wells ويمكن تخمين انتاجية المدى الطويل لمصادر المياه الجوفية باجراء دراسة مفصلة عن الطبقات الحاملة (المشارج) بالاضافة لخواصها الجيولوجية وخواص جريان الماء فيها والظروف المناخية فوق المساحات المجهزة لهذه الطبقات بالماء. والماء سلعة مهمة وثمينة في عالمنا المزدحم وان المقترحات التي تنادي باستخدام كميات هائلة منه لاغراض غير حيوية تصطدم بالتأكيد بطلبات حيوية اخرى كأحتياجات المدن الكبيرة ومتطلبات محطات القوى الكهرومائية والاحتياجات الصناعية الاخرى.

وتتفاقم هذه الصعوبات بوجود الحدود الدولية التي تقسم احواض الانهر والمكامن المائية ويجب اخذ جميع هذه المشكلات بنظر الاعتبار عند تقسيم المصادر المائية المتوفرة لاغراض الري.

والمعلومات النموذجية المجدولة التي يمكن اجراؤها عند عمل تقرير يجب ان تتضمن :

١. منسوب النهر والتصريف او تصريف ابار الاختبار ومقدار الهبوط بمنسوب الماء الارضي

ب) المقدار الكلي للمواد العالقة

جـ) المقدار الكلي للمواد المذابة

د) نوعية المواد العالقة والمذابة

يشمل التقرير لكل فقرة ما يأتي :

البيانات الاصلية

قيم المعدلات السنوية

قيم المعدلات الشهرية

اكبر واصغر قيمة لاي فترة عودة

1.1.3 المسوحات الطوبوغرافية

تتبع المسوحات الطوبوغرافية مسوحات التربة وتكون محصورة بصورة رئيسية بالمساحات المروية والتي تم تحديدها سلفاً فضلاً عن المساحات التي ستكون مساراً للطرق الرئيسية والفرعية والقنوات والمبازل والمنشأت الهايدروليكية الرئيسية. ومن وجهة نظر اقتصادية فان درجة دقة هذه المسوحات تقترن بالمتطلبات الخاصة لنوعية العمل. ومن الناحية العملية قد تبدو هذه المسألة بسيطة ولكنها تحتاج للتفكير السليم. ونادراً ما تقدم

الخرائط الطوبوغرافية وحدها في التقرير كوحدات منفصلة ولكنها تظهر اساساً لتخطيطات الموقع ورسومات مواقع المبازل والقنوات على اختلاف انواعها.

وقد تلحق معلومات بصورة منفصلة عن مسوحات اضافية كتحديد مناسيب النهر river stages في مواقع مختلفة ومعظم اراضي الري في العالم تقع في مناطق الحضارات القديمة كحضارة وادي الرافدين وحضارة مصر، حيث هنالك الهياكل القديمة والاثار النفيسة داخل مساحة المشروع وهذه الامور تحميها القوانين وحمايتها وصيانتها من الامور الواجب اخذها بعين الاعتبار عند تخطيط مشاريع الري في هذه المناطق.

1.1.4 تحريات الطقس المتعلقة باستهلاك المحاصيل للماء :

يعد الطقس climate احد مصادر الثروة وعاملاً مهماً من عواملها وفي كثير من بلدان العالم يمكن بالاعتماد على تحليل الظواهر الجوية الحصول على معلومات مهمة عن حالة الطقس على المدى الطويل ويكون ذلك بالتسجيل اليومي والمستمر لكمية الامطار الساقطة ودرجات الحرارة والرطوبة وساعات السطوع الشمسي ومقدار التبخر.... الخ.

وقد تم استنباط وتطوير الكثير من طرق تنبؤ استغلال المعلومات الجوية (انظر الفصل الرابع) وبما ان المعلومات التي يمكن الركون اليها قد تكون محدودة فان عمل محطات جوية وبالسرعة الممكنة وبدقة لا باس بها امراً لابد منه حتى يتم تجميع اكبر قدر من المعلومات قبل البدء بالمشروع. والمهندس الذي سيأتي بعد عدة سنوات لاعداد التصميم التفصيلي لشبكة الري سيجد سجلاً بالبيانات المناخية للفترة التي تلت تقديم تقرير الجدوى الاقتصادية.

ان احتياجات النبات للماء تمثل مشكلة معقدة تحتاج الى حل وهذه الاحتياجات يمكن تقديرها من المعلومات المتوافرة عن حالة الطقس فضلاً عن نوعية المحاصيل المزروعة وطبيعة دورة حياتها تحت الظروف المناخية المعينة لتلك المنطقة. اما من الناحية العملية فيمكن تخمين مقدار التبخر evaporation من سطح مائي مفتوح من معلومات غير كافية والعلاقات تبين التبخر والاحتياجات المائية water requirements للمحاصيل يمكن مماثلتها بين منطقة واخرى او قطر وآخر اذا كانت الظروف المناخية متماثلة مع بعض التحفظ في بعض الاحيان. ويجب ان يكون مهندس التصاميم حذراً في قبوله للاحتياجات المائية

المقدمة في تقارير خاصة ، ويجب ان يطلب بالحاح نتائج التجارب المحلية المتعلقة بالاستهلاكات المائية consumptive use قبل قدومه على اي عمل يحتاج لمعلومات مفصلة . وان خطأ مقداره (20%) في تقدير الاحتياجات المائية قد يؤدي الى فرق عظيم بالتحليل الاقتصادي للمشروع وبخاصة اذا كانت كلفة الماء كبيرة جداً .

1.2 الزراعة

هنالك هالة من الاغراء تجعل المهندسين يستغرقون في اعمالهم وتجعلهم يخسرون قسماً من النظرة الواسعة الواجب معرفتها لكي يكون عملهم ذا طبيعة شاملة وبعيداً عن الوقوع في اخطاء غير متوقعة . ان غاية الري هي الزراعة وليس نقل conveyance الماء وكذلك نظام كفوء لتوزيع الماء ويجب ان يصمم للتغلب على صعوبات نقل الماء والاستفادة من خصائص النظام الزراعي الذي يصمم نظام الري لخدمته .

لتحديد فوائد اي مشروع مقترح يتطلب اجراء نوع من التخمينات لمنافعه للمجتمع وفي تقرير الجدوى الاقتصادية يتم تقييم الوضع القائم للزراعة والمجتمع الزراعي مع التنبوء بالوضع المستقبلي لهما بعد قيام مشروع الري . ويعتبر هذا القسم من التقرير ذو اهمية في تحديد نجاح المشروع .

1.2.1 الممارسات الحقلية الجارية :

هنالك الكثير من المعلومات الاحصائية التي يمكن ايجادها في الدوائر الزراعية الرسمية والخاصة بمعظم بلدان العالم ولكن المهمة الصعبة هي غربلة هذه المعلومات واختيار الانسب منها وما يمكن الاعتماد عليه ، والنقاط الرئيسية هي :—

أ) عدد الحقول المختلفة المساحات .
ب) طريقة الفلاحة المتبعة .
جـ) تحديد المساحات المزروعة والمروية .
د) اعداد انواع المكائن الحقلية المستخدمة .
هـ) انتاجية المحصول لكل هكتار .
و) كمية المحصول النباتي وكلفته .
ز) العمالة المتوفرة للعمليات الحقلية .

ومن الضرورة بمكان وضع هذه المعلومات على نحو واضح وبعض العوامل التي لا تأخذ مكانها في الجداول الاحصائية قد تغير من فوائد هذه الجداول بصورة كبيرة فقد يكون هنالك عدد كبير من الساحبات الزراعية ولكن الايدي الماهرة اللازمة لصيانتها وادواتها قليلة .

وعلى كل حال يجب ان لايعتمد على المعلومات المتوفرة داخل كراريس الوزارات والمؤسسات بل يجب البحث والتنفيذ باستمرار وبالطرق المستحدثة على الدوام . ان طرق الاحصاء الشاملة (للسكان مثلاً) قد تكون غير عملية ولكن استخدام نوع من التقنية المختصرة البسيطة قد يكون ذا جدوى اكثر. ان بعض التخمينات العملية للممارسات الحقلية والانتاج يمكن الحصول عليها من عمل نماذج بصورة دقيقة فضلاً عن الاسئلة العملية الرصينة .

وهنا تجدر الملاحظة ان بعض الاخطاء الكثيرة قد تظهر في اثناء عملية الانتاج بسبب المعلومات الاحصائية غير الدقيقة والتي يتم الاستناد عليها وهذا ماظهر في اماكن كثيرة وعليه فمن المستحسن التعامل بحذر ويقظة مع المعلومات الاحصائية كافة حتى لو كانت رسمية .

1.2.2 التغيرات الاجتماعية :

تحدث مشاريع الري الكبيرة تغيرات هائلة على المجتمعات بالاضافة الى حثها لسلسلة من التغيرات التي تظهر بسبب الرخاء الاقتصادي وطريقة الحياة الجديدة ، والجدير بالذكر هنا ان التنبؤ الكامل بكلفة المتغيرات امر صعب ولكن هذا لايعني ترك عملية التقدير والتخمين انطلاقاً من الحالة الراهنة بوصفها نقطة انطلاق ، ومن اهم العوامل الواجب اخذها بنظر الاعتبار عند اجراء مثل هذه الدراسات هو مستوى التعليم والمعرفة الزراعية والمهارات المتوفرة للزراعة المرواة . والاستعداد للتغيير في المجتمع المعني . ولطريقة الحياة الريفية والبناء الاجتماعي نفس الاهمية ويمكن ملاحظة الاخطاء المرتكبة والتي ارتكبت من خلال اهمال مثل هذه العوامل ، والفلاح الذي يعتقد بأن زيادة ماء الري سيعمل على زيادة المحصول سيعمل على كسر المنشآت المتحكمة بمنفذ الماء لمزرعته للحصول على كمية اكبر والرجل الذي اعتاد العيش في مجموعات عائلية سيجد نفسه غير

قادر على مشاركة اناس غرباء عنه والعيش ولو في قرية صغيرة ، وعندما تتجه النية الى توطين اناس جدد في مساحة مستصلحة فان مسالة التنافس تطرح نفسها وبشدة ، اما في البلاد التي تسكنها اقليات مختلفة فأن من الصعوبة اهمال المشكلات الناتجة عن احتكاك الاجناس المختلفة بعضها ببعض والممارسات الحقلية المتبعة يجب ان تكون معروفة سلفاً حتى تكون اسس التخطيط التنموي عملية وقيمة وكذلك يجب فهم طبيعة سكان الارياف حتى يكون بالمستطاع مواكبة حركة التطور بالاستناد لقابلياتهم ودرجة تعلمهم .

1.2.3 الحقوق التقليدية – الارض والمياه :

هنالك بعض المحددات التي تفرض نفسها على مشاريع الري تأتي من الحقوق التقليدية والقوانين الجارية وغالباً ماتكون المشكلات المتعلقة بتجهيز المياه موروثة وقديمة ويتمسك بها ويدافع عنها ملاكو الاراضي ، وهذه الحقوق غالباً ماتتعارض مع الممارسات الحديثة في الزراعة ولوكانت القوانين تسمح باعادة التوزيع اما بالطرق المتبعة او التي على وشك الظهور فانه يجب ذكر هذه الحقوق في خصائص المشروع . ولو صعب تحقيق التوزيع اوكان غير ممكن فانه يجب صرف النظر عن المشروع نهائياً او لحين يكون بالامكان التغلب على الصعوبات القانونية ولاتقوم الجهات الممولة للمشاريع على الاعمال الكبيرة عادة اذا كانت هنالك معوقات قانونية تصطدم بعملية البناء واذا وجد احتمال ظهور مثل هذه المعوقات التي قد تلحق خسارة بالمشروع . وهنالك مشكلات كثيرة في العديد من بلدان العالم تتعلق بحق ملكية الارض ويعزى وجودها الى اجراءات الاصلاح الزراعي والتي تهدف الى توزيع الاراضي على الفلاحين الصغار.

وانه لمن الصعب بمكان ايجاد نظام عملي وعادل لتوزيع الاراضي المرواة لان الملكية الشاملة للارض والتحكم الكامل بنظام الري سيحول الفلاح الصغير الى عامل اجرة لاغير والملكية الخاصة المطلقة تفسد كفاءة الري وخاصة في البلدان النامية . ومهما تكن حالة الارض والمياه من وجهة نظر قانونية فان الغاية من مثل هذه الدراسة هي ملاحظة التوصيات اللازمة وتسجيلها واعطاؤها ولذلك يتوجب على مهندس الري استعمال ذكاءه للتغلب على الصعوبات ثم تقديم نظام كفوء للري على الرغم من كل المحددات المفروضة .

1.2.4 النقل والتسويق

لايمكن الاستفادة من الانتاج الفائض في اي قطر مالم يصل للمستهلك بصورة جيدة وصالحة للاستعمال ، وفي هذه الحالة يجب توفر وسائط النقل والتسويق لضمان سير هذه العملية بصورة سليمة ، ولذلك يجب دراسة حالة السوق وطرق المواصلات وتقويمها ومعرفة قدراتها الكامنة الضرورية لعملية التطوير ولاستيعاب الانتاج الزائد من الاراضي المرواة ، ولغرض تقويم نجاح اي مشروع اروائي اقتصادياً يجب دراسة سعر السوق وكلفة النقل والانتاج لمختلف المحاصيل لضمان نجاح المشروع والتخطيط السليم لدوراته الزراعية .

ان الربح المتحقق من بعض المحاصيل يكون حساسا جداً ومرتبطاً جداً بكلفة النقل وخاصة للمحاصيل السريعة التلف ، وعليه فاقامة مصانع تعليب او تجميد داخل بعض المناطق الزراعية تعد امراً ضرورياً .

ويجب ان تنهض الجمعيات بدور مهم في بناء المخازن الحديثة وشراء المكائن وبيع الغلة حتى تسير عمليتا التسويق والانتاج بكفاءة عالية ، واذا تم فرض هذه الجمعيات على الفلاحين بقوانين واوامر من المدينة وبدون معايشة للواقع الزراعي فان حظها من النجاح سيكون ضئيلاً جداً ، واذا وجدت الجمعيات قبل البدء بالمشروع فان وضعها العام ومدى فعاليتها يعدان دليلاً مفيداً على مواقف الفلاحين تجاه عملية التسويق . ان الاهمية المعطاة لهذه المواضيع في التقرير التخطيطي للمشروع تكون عرضة للتغيير وتعد النتائج ذات اهمية بالنسبة للمهندس الحقلي حيث تؤثر على عملية اختيار البدائل وموازنة اختيار المحاصيل وتخطيط الحقل وطريقة الري .

1.2.5 الوضع المستقبلي للزراعة

ان القسم الاعظم من دراسة الزراعة يتعلق بالوضع المعاش لها في موقع المشروع ، وليس من قلة الاهمية ولكن من الصعوبة جداً تقويم النتائج على ضوء التنبوأت للمشاريع المقترحة والتقويم العام الذي يعد ضرورياً لاعتبارات اقتصادية ولاعتبارات الفائدة المرجوة من المشروع يجب ان يستند لحقائق ثابتة ومعروفة فضلاً عن بعض الفرضيات التي يجب شرحها بالتفصيل داخل التقرير التخطيطي لكي تكون مقنعة وقابلة للجدل .

ويمكن اقتراح نماذج جديدة لزراعة المحصول ودراستها بالتتابع على اساس :

أ) ملاءمة التربة والطقس
ب) امكان تحمل الدورة الزراعية
ج) امكان تجهيز المقننات المائية
د) وجود الأسواق القريبة والمزدهرة والقادرة على امتصاص الانتاج الزائد من الغلة .
هـ) امتلاك القوة العاملة للمعرفة الزراعية الضرورية لزراعة المحاصيل المقترحة اوها القابلية على امتلاك هذه المعرفة .
و) توافر الخدمات التدريبية والارشادية بصورة كافية .
ز) تسهيل تقديم القروض للفلاحين وخاصة في مستهل سنوات الانتاج للتغلب على الصعوبات المالية .

1.2.6 الأعمال الدائمية والتغيير الاجتماعي

ان التطور الاجتماعي لن يتبلور بعد افتتاح المشروع الجديد بصورة مباشرة ولكن النتائج الواردة تكمن في الارتفاع المضطرد لمستوى المعيشة والتعليم الافضل وتراكم الخبرة وهذه الامور لاتاتي دفعة واحدة ، وتتجه الزراعة كذلك نحو المكننة وترتفع كفاءة استخدام الارض والايدي العاملة مع مر السنين وينعكس مستوى المعيشة في المدن المجاورة على انماط الزراعة حيث تزرع محاصيل جديدة لمواكبة الذوق العام في المأكل والمشرب والملبس .

وتتأثر طرق الزراعة بانظمة الري المستخدمة وتتبدل انماط الانتاج كذلك بطرق توزيع المياه . واما مسألة التنبؤ بهذه التبدلات فتبدو صعبة وغير ممكنة لذلك يستحسن عند التصميم بناء نظام للتوزيع المائي يسمح بالمرونة واعادة تخطيط المزارع ويواكب تطور انظمة الزراعة .

1.3 الادارة والتنظيم

ان الادارة الجيدة ضرورية جداً في عملية بناء المشاريع الادارية وتشغيلها ، والتقارير العملية المقدمة للبنوك العالمية او لمؤسسات الاستثمار تؤخذ امثلة ذلك وامثلة على المنافسة بين الناس المسؤولين عن التنظيم ضمن دائرة الاخلاص والتفاني في سبيل نجاح المشروع .

ومن غير المحتمل ان يكون المهندس الشاب في موقع يؤهله للسيطرة على سياسة المشروع وطريقة ادارته وذلك لقلة خبرته ، ومن الانسب له ان يكون واعياً تجاه المشكلات الادارية وحتى في المشاريع الصغيرة نسبيا قد تكون الاخطاء الادارية مكلفة ومسببة لتاخير لامسوغ له .

1.3.1 تنظيم اعمال الانشاء

يتضمن بناء المشاريع عدداً من المقاولات الرئيسية والثانوية التي يجب السيطرة عليها وتوجيهها بصورة منتظمة وفاعلة والشخص العامل في هذا المجال من غير خبرة سابقة سيجد نفسه محاطا بصعوبات ومشكلات لاقبل له بها ، ويكمن اساس التنظيم بوضع برنامج زمني يعتمد على الخبرة والعلم التطبيقي يأخذ نصيبه من التنفيذ في الاقسام الجديدة من نظام الري والتي تحل محل القديمة .

ان مقاولة واحدة او اثنين لاتنفذان كما ينبغي اوكما هو مخطط لها قد تؤديان الى قلب المشروع راساً على عقب مما يفضي الى خسارة اقتصادية كبيرة ، ولذلك يجب اختيار المقاولين المنفذين بعناية ودقة من قبل السلطة المسؤولة عن المشروع والعمل على تذليل الصعوبات التي تظهر في اثناء تنفيذ المشروع على نحو سريع وكفوء . ويقضي العرف العام بقبول اوطأ العطاءات بدون تقييم كامل لقدرة المقاول على المنافسة والتنفيذ . ومسألة قبول اوطأ العطاءات منطقية وقانونية ولكن هنالك سبيلين لتنفيذ هذا العرف . اولها ان المواصفات لاتسمح لكل انواع المعوقات للظهور في اثناء التنفيذ وهذا يأتي من معرفة خبرة المقاول السابقة وثانيها انه يحق للجهة المنفذة مطالبة المقاول باثبات قدرته على المنافسة فاذا اثبتها فعليه بيان قدرته الانية على تسيير المشروع ودفع الغرامات في حالة الفشل ، والمرونة في التعامل مع المعوقات حال ظهورها وتجب الاستفادة من الخبرة الخاصة للمقاول عند التنفيذ والبناء وهنا يبدو اختيار المقاول ذي السمعة الحسنة امراً وارداً ومنطقياً خاصة اذا كانت اسعاره معقولة وكان يحرص على سمعة السلطة المنفذة كما يحرص على سمعته والذي لم تسجل عليه مخالفات نوعية او لم يعمل مايخالف المواصفات . ولمستويات الايدي الفنية العاملة لدى المقاول شأن في عملية التنفيذ فاذا كانت دون المستوى المخطط له فان ذلك يؤدي الى مشكلات لانهاية لها حيث يتأخر الانجاز النهائي وبمستويات تنفيذ سيئة وتظهر مشكلات الصيانة بعد انتهاء المشروع مباشرة ولاتنتهي مطلقاً .

والمعدل الزمني للتنفيذ يجب ان يكون ضمن البرنامج المخطط له والا تعرض المقاول لمشكلة ارتفاع الاسعار وتراكم الغرامات وعندها تتفاقم وتختلط المشكلات والخطر الكامن في احالة المقاولات لمقاولين غير جيدين يعرض برنامج البناء للخطر البالغ وهنا تبرز الحاجة للخبرة والادارة المحنكة لهذه النوعية من الاعمال .

1.3.2 تنظيم التشغيل

يعد تشغيل المشاريع الكبيرة من الامور المعقدة التي تحتاج الى ادارة ناجحة ، ومن الضروري توفير العدد الكافي من المهندسين المتدربين والمهندسين الزراعيين المدعومين بعدد معقول من التقنيين وكافة الاختصاصات الضرورية . وفي كثير من بلدان العالم النامية هناك شحة في الايدي الفنية العاملة والتي بدورها تفضل العمل داخل المدن لتوفر مستلزمات الحياة الحديثة وعندما تكون الحالة كذلك فانه يجب اعطاء الادارة صلاحية تجهيز المشروع بالكادر المتدرب في الوقت المناسب او اعادة تصميم قنوات المشروع ومفاصله الحيوية بحيث يمكن تشغيلها من قبل كادر قليل الخبرة وباشراف قليل .

وتقع مسؤولية جسيمة على الكادر المشغل وخاصة في الايام المبكرة للري وفي المناطق التي لم تكن قد اعتادت على عمليات الري بعد. وعلى كل حال يفضل تشغيل كادر كفوء وبموجب القواعد والاسس الاتية :

أ) توزيع الاراضي على الفلاحين بصورة عادلة
ب) الاهتمام بالمزارع الصغيرة من ناحية التصميم والاشراف
ج) جدولة الري استناداً الى نوعية التربة واحتياجات النبات
د) السيطرة على الماء الجاري في القنوات تبعاً للاحتياجات المائية
هـ) تطوير وتحسين خبرات الري باستمرار وعلى ضوء المستجدات والاجهزة الحديثة .

وحالما يبدأ النظام بالعمل فان الهدف الرئيسي لهيأة السيطرة يكون بالمحافظة على القنوات والسيطرة على المقننات المائية . والصيانة ضرورية وحيوية ويجب ان تنفذ مباشرة وبدون تأخير اما السيطرة على المقننات المائية فتكون صعبة خصوصاً في المناطق المأهولة بفلاحين غير متعلمين وغير معتادين على الاساليب الحديثة في الري . والري الفائض او اعطاء ماء للنبات اكثر مما يحتاج والاستخدام السيء لمنافذ المياه هي من الامثلة النموذجية

لممارسات قديمة يعتقدها الفلاحون صائبة . والسيطرة على توزيع المياه بمثل هذه المناطق يحتاج الى صبر طويل وصراحة لامناص منها في بعض الاحيان .

1.3.3 التدريب وخدمات التطوير

يعتمد التقدم الزراعي لاي مشروع اروائي جديد على استعداد الفلاحين للتعلم وتبني الافكار الحديثة المقدمة لهم في اثناء التدريب او بوساطة خدمات اخرى عديدة مساعدة . وخدمات التطوير النموذجية يجب ان تشمل على :

أ) زيارات للمزارع النموذجية الناجحة لكي يشاهد الفلاح نتائج التطوير من خلال التطبيقات العملية المباشرة .
ب) انشاء مراكز للتدريب مع اعطاء دروس عن اساليب الزراعة وبخاصة الحديثي العهد بالزراعة ودروس متطورة للفلاحين المتمرسين .
جـ) تأسيس مراكز للبحوث التطبيقية تعني بالمشكلات الخاصة بالمنطقة .
د) توفير مرشدين حقليين مدعومين باخصائيين ومختبرات مجهزة بشكل جيد لتحليل التربة ومكافحة الامراض . . . . الخ .

ومن [illegible]ات الشاقة الاخرى الملقاة على عاتق المرشدين محاولة تطوير التعاونيات الزراعية المسؤولة عن تسويق المحاصيل . حيث يتطلب هذا العمل مثابرة وسياسة ودراية مستمرة باحوال السوق ومن الامور الضرورية تقدير عدد الكوادر المتدربة بدقة حيث ان هذه الفلسفة تقوم بالكامل على توفير الطاقات البشرية القادرة على ادارة وتنظيم وزراعة مشاريع الري بصورة كفوءة . . .

1.4 الهندسة

يتضمن القسم الهندسي للتقرير التخطيطي البحث عن مصادر الثروة وظروف الموقع وكل العوامل المتعلقة بتصميم الاعمال الهندسية وتوضع المقترحات بصورة مسبقة عن جمع الماء ونقله وتوزيعه ونظام بزله بالطرق العملية الحديثة .

1.4.1 ظروف الموقع :

درسنا في القسمين 1.1 و 1.2 الزراعة والطقس ومصادر المياه وتحريات التربة ولكن الخصائص الهندسية للترب كقوة تحملها وثباتها وانضمامها يجب ان تقدر بدقة وخاصة في مواقع المنشأت الكبيرة.

ان كشف الموقع يعني دراسة ظروف واحوال الطبقات العميقة التي تؤثر على تصميم وبناء المنشأ المقترح حيث يتم جمع نماذج من الترب والصخور والماء الارضي بواسطة ثقب البريمة والخصائص الرئيسية لهذا العمل هي :

أ) عمل صور ثلاثية الابعاد للطبقات المختلفة

ب) اجراء الفحوصات المختبرية على نماذج للترب والصخور للتاكد من قوتها وخصائص انضمامها consolidation.

ج) تقويم حالة الماء الارضي.

تشكل كلفة تحريات الموقع جزءاً من كلفة المنشأ ولكنها مهمة اذا ماقورنت بالاخطار المتوقعة المترتبة عن عدم الكشف الدقيق والتي ينتج عنها انهيار كامل للمنشأت في بعض الاحيان. ان غاية المسح العام للتربة هو تقويم طاقاتها الزراعية الكامنة وينصب الاهتمام على التربة السطحية topsoil من حيث بناؤها وقوامها ودرجة خصوبتها. اما التحريات الموقعية او مايسمى بالكشف الموقعي فانه يهتم بالخصائص الميكانيكية للتربة التحتانية subsoil الحاملة للاسس وتكون مجالاً لحركة الماء الارضي وتزداد اهمية هذه التحريات بكبر حجم البناء وكمية الاثقال عليه خصوصاً اذا كان الشك بقوة الطبقات الحاملة للاساس كبير، اما شكل الاساس ونوعه فيعتمدان على قوة تحمل الطبقات الحاملة للاسس وتفاصيل الكشف الموقعي قد تكون مطلوبة حتى في المراحل الاولية من التصميم.

1.4.2 مواد البناء وطرقه

يتطلب البحث عن مواد البناء كالحديد والسمنت وباقي المواد قبل اكمال التصميم الهندسي للمشروع ، ويشمل البحث التدقيق في قوانين الاستيراد والتأخرات الناتجة عن

النقل ومن الافضل ان يقوم التصميم على نتائج فحوصات قوة التحمل والخصائص الهندسية الاخرى للمواد المزمع استخدامها في المشروع . وقد يؤدي استخدام المواصفات العالمية المعقدة كالمواصفات البريطانية في تصميم المنشأت في بعض الاقطار النامية حيث من الصعب الوفاء بمتطلبات هذه المواصفات الى مشكلات لاحصر لها وخاصة عندما يكون الاستيراد صعباً او مستحيلاً . ويجب ان تتضمن الدراسة العملية نظرة فاحصة لنوعية البناء المحلي مع ملاحظات عن الايدي الماهرة المتوفرة والمقاولين ذوي الخبرة. وليس المهم دائماً انهاء البناء في وقته مالم يقترن باقل كلفة ممكنة ولخدمة الغاية المرجوة منه بكفاءة.

1.4.3 المقننات المائية

يتم حساب نماذج للاستهلاك المائي ولمحاصيل مختلفة واستناداً للظروف المناخية وطبيعة المحصول نفسه وهذا ماسنفصله في الفصل الرابع .

ويجب ربط تقديرات المقننات المائية الشهرية بالاحتياجات المنزلية واحتياجات المواشي وتضاف اليها الضائعات المائية خلال النقل وغيره وذلك لتصميم معدلات جريان المياه بصورة سليمة لتقارن بمعدلات التجهيز ثم يحسب الفارق للتخزين وهو امر ضروري جداً .

1.4.4 الاعمال الحقلية

وهذه الاعمال يجب ان تعار نوعاً من الاهمية في التقرير حيث لايمكن تطبيق جميع التصاميم بصورة عشوائية وذلك لاعتبارات موقعية كأختلاف نوعية الترب من مكان لاخر واختلاف الطوبوغرافية وبعض المتغيرات الاخرى المتحكمة بتقديرات كلفة المشروع . ولتقدير المنافع المرجوة من المشروع فانه من غير الممكن تقدير حجم الاعمال الحقلية بصورة مضبوطة الا بعد الانتهاء من المشروع والبدء بتشغيله لذلك لايمكن نقل تجربة مشروع حرفيا الى مكان اخر بدون اخذ المتغيرات الواردة انفا بنظر الاعتبار.

1.4.5 الري والبزل

ترتبط كلمتا الري والبزل في بعض الاحيان بصورة واقعية اووهمية فعند تسليط الماء للارض بكميات فائضة عن احتياجات النبات لعدم كفاءة الري فان هذا الارتباط من

النوع الوهمي ، وعند اضافة نسبة من الماء لغرض غسل الاملاح الموجودة في المنطقة الجذرية فان هذا الارتباط واقعي لان المسار النهائي لهذا الماء يجب ان يكون للمبازل .

1.4.6 التصاميم الاولية :

تتبدل مفاهيم الدراسات العملية واسسها بصورة كبيرة حسب الظروف ، واذا لم يكن هنالك دراسة سابقة عن المنطقة فان مقارنة لعدة مناطق محيطة وقريبة قد تكون ذات فائدة واذا كانت التقارير والمسوحات الاولية لهذه المناطق موجودة فانه من المستطاع اخذ قرار مبدئي او اولي لتطوير جزء من المنطقة المنوي اقامة المشروع عليها واذا نجحت تعمم على باقي الاجزاء بحذر .

والمشروع الذي يمكن تنفيذه يعني بصورة ضمنية نجاح الزراعة فيه وامكانية تنفيذ منشأته وضمان نجاحه الاقتصادي ، اما انماط الزراعة المقترحة ميكانيكية توزيع المياه فيجب ان تدرس بالتفصيل وذلك ليكون امر تقويمها ممكناً وحساب الكلف والارباح بدقة متناهية .

1.5 المناحي المالية والاقتصادية

هنالك ثلاثة اسئلة يجب الاجابة عليها فيما يتعلق بالامور المالية للمشروع وهي :

أ) هل الاموال الموجودة كافية لاكمال المشروع ؟

ب) هل الاموال الموجودة كافية لتشغيل المشروع بكفاءة ؟

جـ) هل الارباح المالية والمردودات الاجتماعية تستحق الاهتمام ؟

1.5.1 التخصصيات المالية للانشاء

وهذه النقطة لاتعني ببساطة مقدار النقد المتوافر عند ابتداء المشروع ، فاستمرار مشروع كبير لعدة سنوات ونجاحه يعتمد على حسن تخطيطه وادائه حتى اذا مالم تتوافر كل الاموال دفعة واحدة ، ولذلك يجب توزيع المال بصورة منتظمة فضلا عن وجوب الضمان الاكيد لتوافر المال اللازم على المدى البعيد ، والفشل في توفر مقدار المال في الوقت المناسب يؤدي الى تعطيل خطة بناء المشروع بالكامل ، والمشاريع التي تتاخر او تكمل جزئياً

تكون عرضة لضعف بنائها وتاكل بعض الاقسام فضلا عن التبذير والهدر اللذين يحصلان في مواد البناء المطروحة وتلف قسم منها .

1.5.2 المنافع

يتعقد تمويل اي مشروع كبير بمقدار تشعب ذلك المشروع ، ومن وجهة نظر نقدية بسيطة فان المشروع الذي يدار بكفاءة من داخله يكون ناجحاً ولذلك وبعد تجارب عديدة وخاصة في البلدان النامية فان الكلام الانف ذكره يعد قانونا لامناص منه .

ومنافع الري بالاساس اقتصادية واجتماعية ومنها مباشرة واخرى غير مباشرة وبعضها ملموس والاخر غير ملموس . ومن الممكن ان يعد استصلاح الارض واستخدامها خدمة اجتماعية حيث توفر للعاطلين عن العمل فرصا جديدة للشغل ومن بعد تولد عندهم الاعتزاز بالنفس ، واذا ماتوافرت مثل هذه الفرص لمزارعين جدد يعتمدون على الري فانه من الواجب تشجيعهم بتخفيض الضرائب وتمليك وسائل الانتاج وبدعم اسعار بيع منتجاتهم ان كان ذلك يسمح وتخفيض سعر الماء وباقي الخدمات .

ومن الافضل تقرير سياسة التشغيل عند الشروع بالعمل وذلك لكي يكون هنالك وقت معقول لعمل الدراسات الاقتصادية للمنافع غير المباشرة وحتى تكون قوانين وتشريعات الحكومة بما يتعلق بالضرائب والدعم منطقية استناداً الى الاطار العام لسياسة التشغيل واذا كانت هنالك افكار مشوشة عن اهداف تطوير المشروع فان مسألة تبرير عمليات الري وتوسيعها يجب ان تدرس بعناية بالغة لان مسالة الربح ستصبح حرجة للغاية .

وبشكل عام فقد وجد من العملي جداً ان يتم تجهيز الماء وباقي الخدمات للفلاحين لقاء مبالغ تكفي لاستمرار تشغيل المشروع وصيانته وهذا الامر يجعل للماء قيمة عند الفلاح ويقلل من التبذير ويحاول الفلاح بدوره تجنب الاضرار بمنشأت المشروع ويأخذ المشروع بدوره نوعاً من الاستقلالية الذاتية ويكون قبول السلطات له امراً وارداً .

1.5.3 علاقات الكلف والمنفعة / الكلفة

ان طبيعة الاثار البعيدة المدى التي يتركها اي مشروع يجعل امر تقويمه بصورة كاملة عملية مستحيلة لان المعلومات المتوافرة غالباً ماتكون غير متوافرة بالقدر المطلوب لتسويغ التحليلات الاقتصادية. وفي حالات عديدة فانه من غير الواقعي تطبيق مبدأ الفحص القياسي للربح السنوي الى نسبة الكلفة او اية فحوصات اخرى غير دقيقة تستعمل وسيلة للمقارنة بين المشاريع المختلفة والتكاليف المستخدمة في دراسات نسبة المنافع للكلفة ليست بالضرورة هي المستخدمة في تخمين كلفة بناء المشروع، وعلى كل حال فانه يجب ان لايغيب عن البال كلفة الطرق وباقي الخدمات الضرورية لاعمال المشروع.

وقد تكون اسعار العمالة غير طبيعية كنتيجة لتدخل الحكومة وعليه فانها تحتاج للضبط ضمن اسعار السوق الحرة free market ويسجل ذلك داخل التقرير ويجب ان يتضمن التقرير كلفة الاعمال الحقلية على الفلاح وتكاليف جهده والزيادات المتوقعة في مصاريف البذور والاسمدة وكلفة اندثار المكائن. اما منافع المشروع بصورة عامة فتقوم على اساس السعر الحقلي للناتج مطبقة على اساس الناتج المقدر وتقدير القيمة الاجمالية الانية للمحصول من العائدات الاجمالية المستقبلية للحصول على المنافع الاجمالية وتطرح الزيادة الحاصلة في كلف الانتاج الداخلة ضمن مبالغ التشغيل والصيانة من المنفعة الاجمالية الانية للحصول على صافي المنفعة.

ان التحليلات التي يمكن استخدامها هي نسب المنفعة الحقلية الى الاستثمار وهنا يجب التأكيد على ان هذه التحليلات مفيدة لاغراض المقارنة ومن المفضل استخدامها للمشاريع التي تتشابه في ظروفها الزراعية.

والدراسات المنفصلة لتقويم كل فلاح على حدة تعد مفيدة وكذلك محاولة عمل استمارة ميزانية للانواع المختلفة من المزارع الداخلة في المشروع انما هي من المسائل الضرورية وغاية هذه الدراسات كلها بيان قابلية المزارع في مواجهة زيادة كلف الانتاج ولتقويم زيادة الدخل المتوقع. وتعطي هذه الدراسات دليلاً واضحاً على كلف المياه وباقي الخدمات التي يتوقع الفلاح ان يدفعها ولو في الحدود الدنيا فضلاً عن درجة المنفعة المتوقعة لاستثماره وجهده...

المصادر:

1 CANTOR, L M *A World Geography of Irrigation*, Oliver and Boyd, Edinburgh 1967

2 CARRUTHERS, I D *Irrigation Development Planning, Aspects of Pakistan Experience*, Department of Economics, Wye College, Ashford, Kent 1968

3 OLIVIER, H *Irrigation and Water Resources Engineering*, Edward Arnold, London 1972

4 CLARK, C *The Economics of Irrigation. Second edition*, Pergamon 1970

5 REID, P A *Appraisals of irrigation projects in underdeveloped countries*, International Irrigation and Drainage Congress, Tokio 1964

6 WARRINER, DOREEN *Land Reform in Principle and Practice*, Clarendon Press, Oxford 1969

7 BERGMANN, H *Guide to Economic Evaluation of Irrigation Projects*, Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris 1973

8 OVERSEAS DEVELOPMENT ADMINISTRATION *A Guide to Project Appraisal in Developing Countries*, HMSO London 1972

الفصل الثاني

ممارسات الري

ان هدف الري الحقلي هو نقل الماء في شبكة مناسبة من الانابيب او القنوات الى داخل التربة وبالاخص للمنطقة الجذرية وبالاشكال الاتية :

أ) ترك الماء يجري على السطح حتى يرشح infiltrate داخل التربة

ب) حقن الماء داخل التربة للعمق الذي يستطيع الصعود به الى المنطقة الجذرية بوساطة الخاصية الشعرية capillary action

ج) ترك الماء يسقط على التربة بطريقة ما بحيث لايؤذي المحصول او التربة وتلك هي الطرق الرئيسية في عملية اضافة الماء للتربة وتسمى بالري السطحي Surface irrigation والري التحتي او السفلي sub-irrigation والري العلوي او الرأسي over-head irrigation ولكل طريقة فوائدهاومضارها التي تؤثر على امكانية استعمالها بالنسبة لاي موقع .

2.1 الري السطحي

منذ الاف السنين والبشرية تمارس توزيع ماء السقي على الارض بواسطة الري السطحي وقد تم في كل بلد تمارس فيه عمليات الري السطحي تطوير طرق محلية تناسب ظروف ذلك البلد ، وقد شمل التطوير العلمي في السنوات الاخيرة انتخاب انجح الطرق وتطويرها . اذ ان جوهر العمليات الحقلية الحديثة هي السيطرة على الماء وذلك لزيادة كفاءة استغلاله وتقليل الجهد وتجنب اخطار التشبع الكامل والملوحة .

وسيتم هنا وصف التقنيات الاساسية مع بعض الملاحظات على الظروف التي تعمل على تفضيل طريقة على اخرى ، وسنشرح هنا خطوات التصميم فضلا عن شرح مفصل لطريقة الاختيار والتي سيتم تفصيلها في الفصل السادس .

ويجب ان لاتؤخذ وصف الطرق الحقلية خلاصة للتطبيقات الراهنة وجوابا عن جميع المشكلات ، لكن تعد قاعدة لتصميم الانظمة الحقلية يمكن تبنيها حتى نستطيع الاستفادة من الصفة المميزة لموقع الحقل المقترح .

2.1.1 العلاقات الهيدروليكية في الجريان السطحي

ان العلاقة الموسعة بين الجريان السطحي surface flow والارتشاح سوف تدرس بالتفصيل لاحقاً ، ولكن اخذ فكرة عامة بسيطة للعلاقات بين المتغيرات المتداخلة في هذه المرحلة يعد امراً ضرورياً وذلك لتقدير تاثيرات كل من خصائص التربة والطوبوغرافية على ملائمة طرق الري المختلفة بخصوصية الحقل المعني.

ان الحصيلة النهائية المرغوب فيها لاي طريقة ري هي منطقة جذرية مرواة بصورة منتظمة مع كمية مناسبة من الماء النافذ للعمق لغسل الاملاح الضارة بصورة كفوءة والعمق المبلل هو دالة للعوامل الهيدروليكية الاتية :

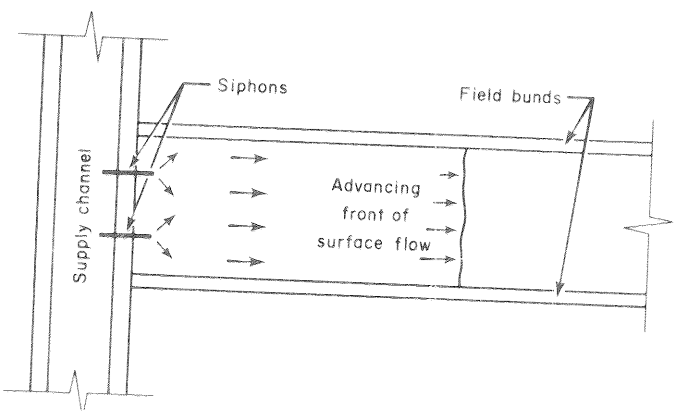
أ) التصريف discharge
ب) ميل المضمار slope of run
جـ) خشونة السطح surface roughness
د) شكل القناة الحقلية

وعوامل التربة التالية

أ) مقاومة سطح التربة لعملية الارتشاح
ب) النفاذية العمودية
جـ) النفاذية الافقية
د) معدل الصرف (البزل)

يعد عمق الجريان السطحي دالة للعوامل الهيدروليكية المذكورة انفاً وان معدل الارتشاح هو دالة لعوامل التربة بصورة عامة ، حيث يؤخذ الماء من نظام نقله اذاكان انبوباً او قناة ثم ينشر في الحقل باتجاه الميل الاسفل او من نقطة التجهيز ويكون الجريان محصوراً بين سدتين ترابيتين يتناسب ارتفاعها مع عمق الماء الجاري . لنأخذ حقلاً بميل ثابت وطول غير محدود ، تربته منتظمة ومعدلا تصريف الماء فيه والارتشاح ثابتان (العمق / ساعة) بالنسبة للزمن .

قبل بدء الجريان تعد التربة بمحتوى رطوبي واطئ ومنتظم، بعد بدأ الجريان يباشر الماء بالحركة اسفل الميل كموجة متقدمة ثم يرتشح داخل التربة ليتحرك عمودياً وجانبياً كطليعة ابتلال wetting front وبتقدم الموجة لاسفل الحقل تقل كميتها نتيجة كميات الماء الداخلة للتربة حتى الوصول الى نقطة يكون فيها الارتشاح قد استكمل كل التصريف وعندها ينتهي التقدم . وبعد الوصول لهذه الحالة وهي حالة ثابتة steady state من الجريان على اعتبار ان التصريف المجهز قد انتشر كله كارتشاح اسفل الطول المبلل للحقل ، فان الطليعة المبتلة داخل التربة تتحرك الى اسفل وجانبياً بتاثير الجاذبية والخاصية الشعرية وكذلك تتأثر بنفاذية التربة واخيراً بمعدل الصرف . والان لنعتبر الحالة غير ثابتة unsteady flow في اثناء الجريان في حالة تقدم ، فأن مدة الارتشاح التي يتم اختيارها في اي لحظة سوف تقل من اعظم قيمة عند نقطة التجهيز الى الصفر عند الجبهة المتقدمة advancing front .



الشكل 2.1 يمثل حركة الماء في الحقل (شرائطي) .

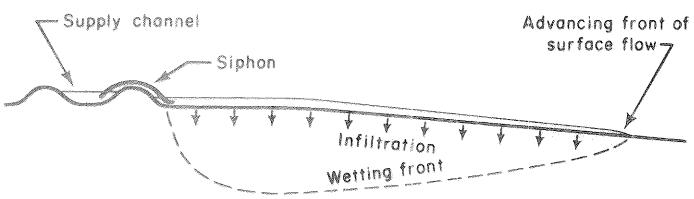
وبعد الوصول للحالة الثابتة فان الارتشاح يحدث على طول المضمار المبتل ، وبعد انتهاء التجهيز(غلق مصدر الماء) فان نهاية (ذيل) الموجة سوف تتحرك اسفل الحقل بنقصان واضح وهذه العملية تعرف بالانحسار recession وهي عملية معاكسة جزئيا للارتشاح غير المنتظم اثناء عملية التقدم،ولغرض فصل تأثيرات العوامل التي يمكن السيطرة عليها فان الجدول الاتي يبين نتيجة تبديل بعض العوامل وابقاء البعض الاخر ثابتا استنادا لصيغة مانيج Manning Formula مع سماح لعملية الارتشاح.

زيادة المتغير	المتغيرات المعتمدة		
	زيادة	نقصان	الملاحظات
التصريف	عمق الجدول سرعة الجريان معدل الارتشاح معدل التقديم		يزداد العمق المبلل بصورة منتظمة لطول محدد من الحقل ويزداد الماء الجاري على السطح
الميل	سرعة الجريان معدل التقديم	عمق الجريان معدل الارتشاح	كما جاء اعلاه ولكنها محددة بتأثيرنقصان عمق الجريان
خشونة السطح	عمق الجدول معدل الارتشاح	سرعة الجريان معدل التقدم	تقل درجة انتظام تبلل العمق لطول محدد ولدرجة انتظام معينة يقل طول الحقل ايضا
معدل الارتشاح		عمق الجريان سرعة الجريان	كما في حقل خشونة السطح

الجدول 2.1 علاقات الجريان

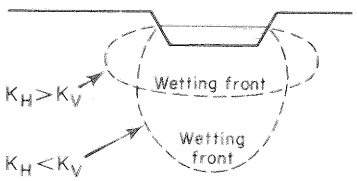
ان احدى فرضيات الفكرة البسيطة المشروحة انفا هي ثبات الارتشاح مع الزمن ، وفي الحقيقة فان معدل الارتشاح لكل انواع الترب يقل بزيادة المحتوى الرطوبي للتربة ويقل معدل الارتشاح بسرعة وفي مدة تتراوح من خمس الى خمس عشرة دقيقة ولمعظم انواع الترب ثم يصبح قيمة ثابتة يطلق عليها معدل الارتشاح الاساسي basic infiltration rate مالم تحدد قيمته اكثر بمعدل الصرف. وفي حالة سماح ظروف الري العملية فان مشكلة الانتظام الواطئ للعمق المبلل او الخسارة الكبيرة للماء بواسطة الجريان السطحي الناتجة عن نقصان معدل الارتشاح مع الزمن يمكن السيطرة عليها باستعمال تقنية خاصة تسمى بالقطع الرجعي cutting back حيث يستخدم تصريف عال يسمح بتقدم سريع للجريان في بداية عمليه الري حتى يتم تغطية كل طول الجريان ثم يقلل تدفق جريان الماء من المصدر لاعطاء فرصة كافية لتتناسب عمليات الارتشاح على طول مضمار الحقل.

ان الماءيتحرك عمودياًو افقياً داخل التربة ويمكن مشاهدة طليعة الابتلال على شكل فقاعة.



الشكل 2.2 حركة الماء في التربة

حيث يتحرك الماء للاسفل تحت تأثير الجاذبية والخاصية الشعرية وبالاتجاه الافقي بتأثير الخاصية الشعريةفقط ، وفي الترب المتجانسة يكون معدل تقدم طليعة الابتلال سفلياًاسرع منه جانبيا ولكن معظم الترب غير متجانسة وتختلف نفاذيتها العمودية عن الافقية وكلما قلت نسبة النفاذية الافقية K_H الى النفاذية العمودية K_V اي $(K_H:K_V)$ استطالت الفقاعة بالاتجاه العمودي والعكس صحيح كذلك.



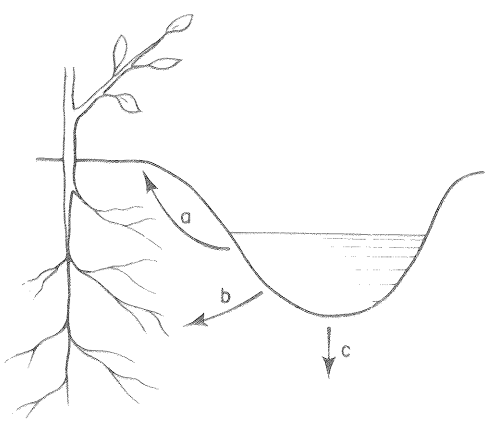
الشكل 2.3 طريقة ابتلال تربة غير متماثلة حيث K_V النفاذية العمودية و K_H النفاذية الافقية

2.1.2 ري المروز

يمكن لكثير من المحاصيل النمو في مراقد منفصلة بعضها عن بعض بسواقي صغيرة تدعى المروز وعندما يحتاج النبات للسقي فان الماء يجري داخل المروز ويغذي جوانبها حيث يكون المحصول مزروعا ، وهذا النظام كفوء اذا كان التصميم الهيدروليكي للمروز صحيحا ومنتظما على طول الخط ، وكذلك اذا كانت النفاذية الافقية للتربة اكبر من النفاذية العمودية اي $K_H > K_V$ ومن غير المرغوب في هذه الطريقة صعود الماء لمنطقة مرقد النبات بواسطة الخاصية الشعرية لانه في حالة وجود املاح في التربة او بالماء فانه ستنتقل لسطح المرز على شكل محاليل ثم تترسب لتكوين طبقة ملحية رقيقة بعد تبخر الماء مالم تكن هنالك كمية من ماء المطر لعكس العملية ،ومقارنة بطرق الري السطحي الاخرى فان سطح الماء الجاري المعرض للجو اقل من الطرق الاخرى وعليه فالفاقد نتيجة التبخر سيكون اقل وكذلك يقل خطر ((توحّل)) الترب الثقيلة حيث يستطيع الفلاحون والمكائن العمل فورا بعد انتهاء السقي . توضع المروز عادة باتجاه الانحدار الرئيسي للحقل وللاسفل ويتم تجهيز الماء من الاعلى ويفضل وجود ساقية عند نهاية المروز لجمع الماء الفائض واعادة استعماله في المستويات الاقل انخفاضا .

ويجب تجنب الاسلوب القديم في نظم الري الحقلية والقاضي بكسر جوانب القناة لاطلاق الماء من القناة العلوية ((الموزِعة)) للمروز لان ذلك يؤدي الى ضعف جوانب القناة وزيادة التسرب حتى بعد اصلاح الكسر فضلا عن صعوبة السيطرة على كميات الماء الداخل،ويفضل استعمال السحارات Siphons الخفيفة الوزن المصنوعة من الالمنيوم والبلاستك ، وبذلك يسهل السيطرة على الجريان والحفاظ على جوانب السواقي وبهذه الطريقة يمكن استعمال ري المروز لسقي المحاصيل التي تزرع على شكل خطوط او صفوف row crops في كل الترب عدا ذات النفاذية العالية ، واما الانحدارات التي يفضل عندها استخدام هذا النظام فتتراوح من صفر الى خمسة بالمئة .

الصورة 1 تبين ري اشجار اليوكالبتوس بطريقة المروز في مدينة الموصل شمال العراق.



(a) to the soil surface
(b) to the plant root, and
(c) to waste

الشكل 2.4 لحركة الماء من المرز

ان المبادئ الهيدروليكية الاساسية لهذا النظام قد تم شرحها في الجزء (2.1.1) والقائمة على اساس تبني نظام المروز لكي يناسب الطوبوغرافية والتربة وان اخطر مشكلة يمكن ان تظهر عندما تجتمع كل العوامل لتجعل من طول المرز الامثل طويلا جدا او قصيرا جداً. ومثال ذلك عندما يتحتم زراعة محصول صفي row crop على ارض بانحدار 5% وفي تربة رملية ذات معدل ارتشاح عال جدا وقابلية كبيرة على الحت erosion ، عندها سيكون طول المرز لظروف الابتلال المنتظم قصيرا جدا ويكون الحل الامثل لهذه المشكلة بعمل الحقل على شكل مصاطب ثم تخطيط المروز باتجاه عمودي على الميل او استخدام الري بالرش.

في حالة اخرى عندما يراد زرع محصول على شكل صفوف في تربة طينية ذات معدل ارتشاح واطئ وميل لايتجاوز 0.1% فان طول المرز اللازم للابتلال المنتظم بدون السماح لحدوث سيح كثير سيكون طويل جدا ، والجواب الامثل لهذه المشكلة هو عمل المروز مستوية (ميل يساوي صفر) وحصر الماء بداخلها او استعمال الري بالرش.

مروز الميل العرضي cross slope furrows

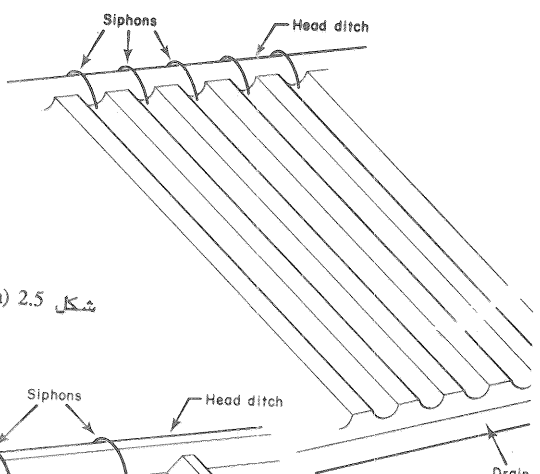
ليس من الضروري دائماً ان يكون اتجاه المروز باتجاه انحدار الارض الرئيسي لانه يمكن تخطيط المروز لتقاطع اتجاه المنحدر الرئيسي وخاصة عند زراعة المحاصيل الصفية وفي اراضي يصل انحدارها الى حد 12٪ وكلما اشتد الانحدار gradient زاد تأثيره على طول المروز وازدادت خطورة فشل وانهيار جوانب المرز بتحطمه وانهياره او عدم استقرار التربة، وعند استعمال طريقة المروز المتقاطعة مع الميل فانه يمكن جعل المروز تنحني باتجاه الكفاف الطبيعية natural contours وبهذا تقل نسبة الضائعات من مساحة الحقل.

السطور Corrugations :

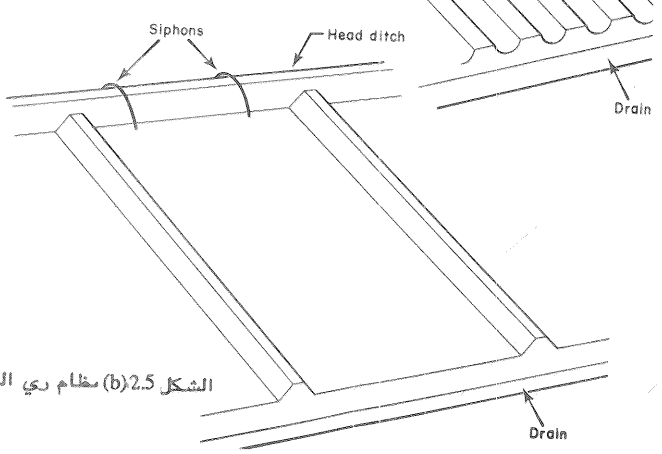
وهي نوع من المروز الضحلة والمتباعدة وتستعمل لري المراعي والمحاصيل الخضراء القصيرة ، ويستعمل هذا النوع اسفل المنحدرات وفي المناطق التي يتراوح ميلها من 0.4٪ الى 8٪ وبميل متقاطع يصل الى حد 12٪ . اما في المناطق الاشد انحداراً فيمكن تسوية اراضيها Land levelling بازالة التموجات الصغيرة فقط ثم العمل بالمبدأ نفسه.

2.1.3 شرائط الحدود Border strips :

هنالك طريقة للري تناسب سقي المراعي والمحاصيل المشابهة في طريقة نموها تسمى (شرائط الحدود) او الري الشر[illegible] يكون هنالك قناة تجهيز على امتداد اعلى خط كفاف في الحقل ثم تقسم الارض الى شرائط strips بعرض يصل الى 20 متراً اي حوالي سبعين قدماً باتجاه الانحدار الاكبر ثم تفصل الاشرطة بسداد ترابية واطئة تسمى بالمنظمات checks للسيطرة على الجريان،ويجب ان يكون الشريط مستوياً باتجاه عرضه بدرجة خطأ لاتتجاوز (30∓) ملم ويمكن في هذه الطريقة استعمال مجرى تجهيز شريطي border supply للماء بدل استعمال المنظمات البسيطة وهذه التقنية تعطي سيطرة كبيرة على الماء الجاري ومفيدة كذلك في اغراض البحوث حيث يمكن تجهيز الماء عند اية نقطة من نقاط المجرى.



شكل 2.5 (a) ري المروز



الشكل 2.5(b) نظام ري الشرائط

ان التصريف المجهز يجب ان يكون مناسباً لعرض الشريط المنتخب لكي يكون الجريان اسفل الشريط على شكل صفيحة رقيقة منتظمة من الماء ، واذا كانت كمية الماء الجاري قليلة فان ذلك يعني عمقاً ضحلاً وان التعرجات السطحية الصغيرة سوف تعمل على حيود الماء وجعله يجري على شكل قنوات متعرجة دقيقة بين البقع اليابسة. ومن المفيد ايضاً ترك مسافات قصيرة مستوية عند اعلى الشريط وذلك لغرض توزيع الماء بصورة منتظمة قبل عبوره لاسفل الميل.

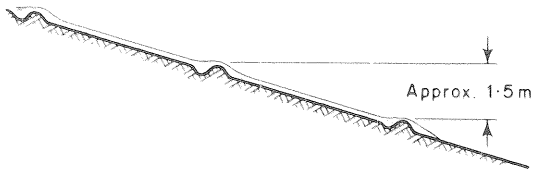
وعندما يكون من المرغوب زراعة محاصيل صفية في بعض الاوقات فانه يمكن وضع المروز اسفل الشرائط الحدودية على ان يؤخذ بالحسبان الاحتفاظ بشكل الارض الاصلي في حالة الاستغناء عن هذه المروز.

ان المنحدرات التي يبلغ ميلها 0.1 % تعد صالحة لطريقة الشرائط الحدودية وبخاصة اذا كانت نفاذية التربة متوسطة الى واطئة ويمكن تطبيقها حتى في الاراضي المستوية. ان اقصى قيمة للميل يجب ان لا تتعدى 3.0 % ولكن في بعض الاحيان يمكن استعمال سواقي الكفاف الضحلة shallow contour ditches في الاراضي الاكثر انحداراً.

وبازدياد الانحدار فان الجبهة المتقدمة تكون غير قادرة لتغطية كامل عرض الشريط ، وهذه الظاهرة يمكن التخلص منها بعمل المساقي الضحلة shallow ditches باتجاه الكفاف محاطة بسداد بسيطة في الجانب السفلي ومعدله بعناية ، وهكذا يحافظ على الجبهة المتقدمة الى حين امتلاء المجرى وعندها يبدأ الماء بالسيح بصورة منتظمة من فوق السدة الوقائية السفلية مغطياً كامل عرض الشريط ويستمر تقدمه بانتظام. ويكفي ان يكون مجرى هذه المساقي بعمق 125 ملم ويجب تجهيزه بسدة وقائية عريضة تمنع حته وان المسافة العمودية بين مستقى واخر تبلغ 1.5 متر.

الشكل 2.6 مقطع عرضي لنظام السواقي الحدودية.

* A. NAGEL, Queens Land Agricultural Journal, Volume 87, 1961.



الشكل 2.7 سواقي الكفاف.

وقد تم في جنوب ويلز الجديدة تطوير نظام يستخدم هذه الطريقة لري المناطق الريفية لاستخدامها لرعي الاغنام. فقد تم بناء خزانات reservoir ذات مستوى واطئ لتجميع المياه من احواض التغذية catchments areas التابعة للمزارع المعنية ثم بنيت وحدة ضخ صغيرة لغرض ملأ الخزانات الصغيرة أعلى المرتفع. ان من الضروري جداً ان يطلق الماء بتصاريف كبيرة نسبياً ليكون الري كفوءاً في حالة استخدام شرائط الحدود وخاصة في المناطق الشديدة الانحدار وبهذه الطريقة تعود بقية المياه الجارية الى الخزان الرئيسي وتنعدم الضائعات تقريباً.

2.1.4 نقاط عامة تخص ري المروز وشرائط الحدود

تغيير الميل بطول المسافة

كلما تقدم الماء الجاري اسفل المروز او الشريط تناقصت السرعة وقل التصريف مما يسبب حت في الاعلى وترسيب في الاسفل خصوصاً بزيادة طول المجرى ويزداد الامر تعقيداً في المنحدرات المحدبة على العكس من المنحدرات المقعرة التي يكون فيها الابتلال اكثر انتظاماً ومن المفضل عمل منحدرات «مهذبة» اي ذات الميل الثابت.

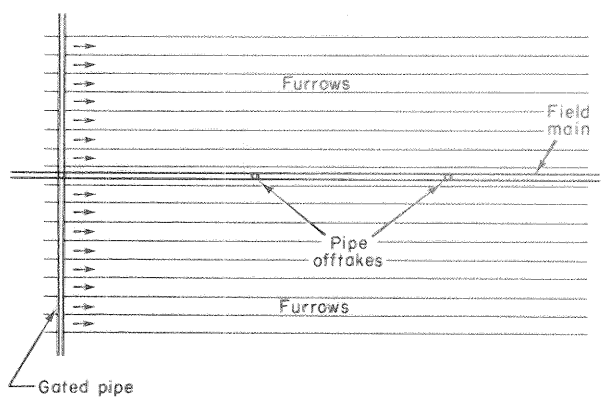
الانابيب المبوبة : Gated Pipes

ان الطول الثابت لمضمار الري (مرزاً او شريط) ليس شيئاً مثالياً او ثابتاً، لان معدل التشرب intake rate للحقل يأخذ بالتناقص بتعاقب عمليات الري وان عمق الماء اللازم تجهيزه للنبات يتبدل بدرجة نمو المحصول، فقد يكون تصميم مضمار قصير لعمليات الري البدائية عاجز من ان يواكب عمليات الري النهائية ولذلك يجب ان يكون الطول المنتخب موفقاً بين الاثنين.

وهنالك حل بديل وذلك بالتعويض عن المجرى الرأسي او العلوي بانبوب متنقل ذي قطر كبير (الى حد 450 ملم) وذي فتحات مبوبة مفصولة بمسافات تتناسب مع مسافات المروز ويمكن تغذيته من مجرى رئيسي او انبوب ضغط واطئ موضوع بموازاة المروز.

ان طول الانبوب قد يصل الى 300 متر وبوضع مستو او ميل بسيط للتعويض عن الخسارة بالشحنة نتيجة الاحتكاك.

ان طول المروز لا يقيد باستعمال الانابيب المبوبة لانها لا تشغل مساحة كبيرة وكذلك تزداد كفاءة المكائن الحقلية وعليه فالزيادة في الكلفة التشغيلية لنقل الماء ستقابل بتوفير مرونة في طول مضمار الري.



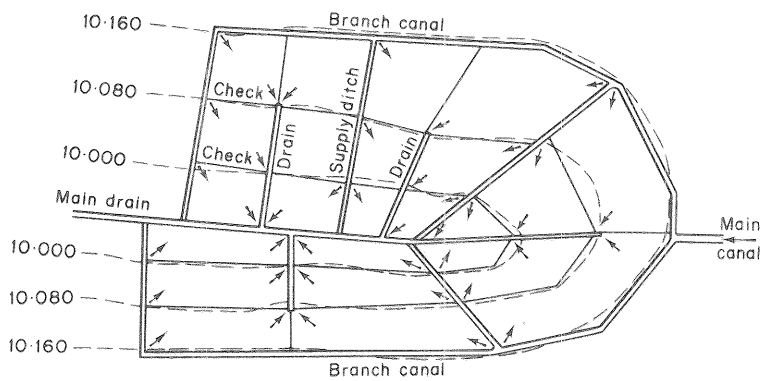
الشكل 2.8 تخطيط عام لنظام الانابيب المبوبة.

2.1.5 الاحواض : Basins

الحوض عبارة عن قطعة ارض مستوية محاطة بسداد وتستخدم لري الاشجار المنفردة داخل الحقول والبساتين اولسقي مناطق الحشائش ويأخذ الحوض اشكالاً واحجاماً مختلفة في الحقل.

احواض الكفاف : Contour Checks

عندما يكون ميل الارض اقل من 0.1 % والتربة بنفاذية متوسطة الى عالية فان طريقة احواض الكفاف تكون كفوءة للجهد المستخدم وماء الري المستعمل وخاصة عند زراعة المحاصيل الخضراء ومحاصيل الحبوب القصيرة .



الشكل 2.9 تخطيط شكل نواظم الكفاف.

يبدأ العمل بازالة التموجات undulations السطحية الصغيرة بمسطحة الارض وعمل واكمال شبكة المساحة (انظر الفصل العاشر). وعليه فاكمال خريطة كفاف امر ضروري لتقسيم الحقل لاحواض رئيسية مستوية .

وبعد انشاء سداد ترابية على طول خطوط الكفاف وبفاصل عمودي مقداره 80 ملم توضع قنوات التجهيز الرئيسية على طول المصاطب المرتفعة ومبازل الحقل الرئيسية على طول المنخفضات وقنوات التجهيز الثانوية تجري اسفل الميل وبمسافات تقريبية تبلغ ضعف الطول التصميمي المقرر على ضوء خصائص التربة .

ان قنوات التجهيز هذه تنتهي عند المصارف وتكون مسدودة عندها ببوابات رافعة بسيطة ، اما المبازل الثانوية فتبدأ عند منتصف اوطأ خط لاعلى حوض ثم يجري اسفل الميل العام بموازاة قنوات التجهيز الثانوية وذلك ليتم تصريف المياه الى المبزل الحقلي الرئيسي ، وعليه فالاحواض تحيط بكافة القنوات وبهذه الطريقة يتم تقسيم الحقل الى احواض بمساحة تصل الى حد هكتارين ويكون كل حقل مجهز بقناة تغذية ومبزل ويدخل

الماء الى الحوض بوساطة بوابة منظمة check gate او بوساطة سحارات عند اعلى نقطة، والماء الزائد يزل كذلك عبر بوابات تنظيم خاصة الى اسفل الحوض. ان ارتفاع سداد احواض الكفاف يتراوح من 150 ملم الى 300 ملم واما عرضها فيتراوح من واحد متر الى مترين عند القاعدة حتى تستطيع المكائن الزراعية عبورها بدون اية مصاعب.

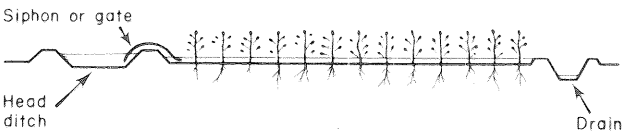
ان الاعمال الترابية الواجب اجراؤها عند استخدام طريقة الري هذه تعد قليلة جداً اذا جرى معايرتها بالنسبة للطوبوغرافية وليس العكس. اما مضارها فتكمن بالاشكال غير المنتظمة للتصاميم والحاجة لتقليص مساحات الاحواض وخاصة عندما تكون نفاذية التربة عالية جداً.

وهذه الطريقة واسعة الاستعمال في سقي المراعي الخضراء في جنوب ويلز الجديدة وباشكال مختلفة، وباستعمال فواصل عمودية الى حد 120 ملم وبنواظم اكبر تستعمل لتوزيع التصاريف الكبيرة من القنوات السريعة.

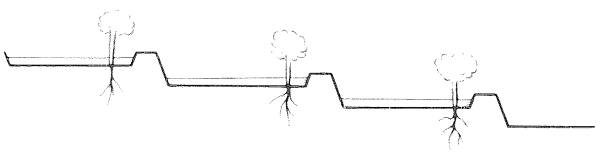
المصاطب Terraces

تصبح الاحواض في المناطق الشديدة الانحدار ضيقة جداً لذلك يجب عمل الارض على شكل مصاطب متتالية لانه كلما ازداد الميل ازدادت كلفة التسوية وازدادت خطورة الحت وانهيار السداد الجانبية وانحصر استعمال المكائن الحقلية.

كذلك لايمكن استخدام الترب الطينية التي تتشقق عند الجفاف لعمل سداد امينة ولا يمكن استخدام الترب الخفيفة لنفاذيتها العالية، لوجود كل هذه الامور فان عمل المصاطب يبدو مناسباً فقط عندما تكون الترب عميقة وبنفاذية متوسطة الى واطئة وهذه الطريقة محبذة عندما تكون كلفة الايدي العاملة اللازمة لعمل المصاطب وصيانتها قليلة، وهي شائعة الاستعمال في الصين والشرق الاقصى لزراعة محصول الرز في المناطق الجبلية. وعندما تكون كلفة الايدي العاملة عالية ويتحتم عمل المصاطب بواسطة المكائن فانه من المستحسن زراعة المحاصيل ذات القيمة العالية كالفواكه والزيتون.



الشكل 2.10(a) لحوض



الشكل 2.10(6) لصاطب

الاحواض المستوية : Level Basins

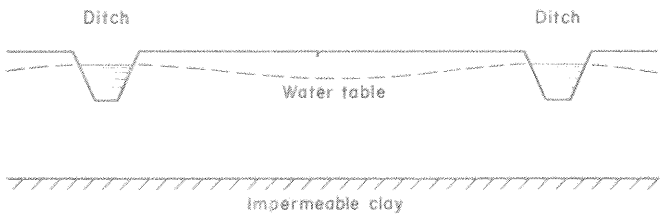
يعتمد شكل الحوض وحجمه في الاراضي المستوية (ميلها اقل من 0.02%) بصورة رئيسية على خصائص التربة وكمية الماء الجاري ونوعية الزراعة المتبعة ، والتخلص من تأثيرات ميل السطح يعني مرونة اكثر في تخطيط المزرعة وهنا يمكن اعطاء اعتبارات للتصميم الامثل لنظام القنوات والمبازل حيث كلفة انشائها تعد حساسة جدا بالنسبة لمقدار ميل الارض ، وعليه يمكن توزيع الماء بصورة منتظمة اذا ما روعيت مسألة تسوية التعرجات والمرتفعات الصغيرة بواسطة مُسطِحة الارضLand plane،حيث يقوم بالري فلاحون غير مثقفين ليس هناك مسوغ لتقسيم الارض لاحواض صغيرة والذي يعني تخللا percolation عميقا غير ضروري للماء وثقلا مضاعفا على نظام البزل او ان اجزاءا من المحصول لاتأخذ كفايتها من الماء وسيحدث نقص بالحاصل .

2.1.6 الغمر الطليق Wild Flooding

مازالت عملية الغمر الطليق تمارس وتعد عملية مقبولة كونها وقتية فقط ، والعملية تتلخص بكسر جانب قناة الري والسماح لفيض كاسح بالانتشار فوق المنطقة المعنية وبعدها يرمم الجانب المكسور للقناة ويكون تسليط الماء غير منتظم واما النتائج المترتبة على هذه الطريقة فهي حدوث التغدق water logging وتملح التربة .

2.2 الري الجوفي Sub-irrigation

ان الفوائد المترتبة على استخدام الري الجوفي تجعل منها مسألة جذابة للذين يقومون بالري اذا استطاعوا ان ينفذوها بالوسائل المتوافرة واهم فوائدها تجنب خسائر التبخر التي تحدث في القنوات المفتوحة او نتيجة ابتلال سطح التربة وكذلك التخلص من العوائق التي تؤثر على حركة المكائن كالانابيب والقنوات .



الشكل 2.11 مثال للري الجوفي
حركة الماء يمكن تحسينها داخل التربة باستخدام الانابيب الفخارية

2.2.1 الري الجوفي الطبيعي

يدعى هذا النوع بالري الجوفي الطبيعي natural sub-irrigation بسبب الظروف الجيولوجية والطوبوغرافية التي تجعله متيسرا وهذه الظروف هي انخفاض قطعة الارض ووجود طبقة عميقة من التربة ذات نفاذية جانبية وافقية عاليتين جدا تليها طبقة غير نفاذة بعمق 2 متر الى 7 متر واذا كانت هذه الظروف تغطي منطقة واسعة جدا فانها تمثل خزانا جوفيا ضخما يمكن تغذيته بوساطة الابار او القنوات ، ويقتضي الامر تدقيق ارتفاع الماء الجوفي باستمرار في المناطق المرواة وعند نقاط ثابتة وذلك لتعويض الخسارة الناتجة عن الاستهلاك اليومي بوساطة الحشائش والتسرب من المصدر .

ولما كانت حركة الماء من المصدر الى النبات بشكل عمودي فهذا يعني حركة للاملاح الضارة بالاتجاه نفسه وهذه مسألة خطيرة في المناطق الجافة لان كمية الامطار الساقطة لاتكفي لعكس اتجاه مسار الاملاح وارجاعها الى الاعماق وعندها تتراكم على السطح وفي هذه الحالة (اي مطر قليل) فان اجراء غسل التربة بتسليط كميات ضخمة من الماء على السطح امر ضروري لهذا الغرض فضلا عن وجود نظام للبزل يأخذ ماء الغسل بعيدا .

اما في المناطق الرطبة التي يكون فيها الري التكميلي مفيدا خلال الربيع والصيف والبزل مطلوب في الشتاء فقط والتربة بنفاذية عالية او تربة عضوية فان السيطرة على الماء تتأتى بعمل قنوات متوازية عميقة.ففي الاوقات التي يسقط فيها المطر بغزارة يمكن السيطرة على الماء بوساطة خاصية الجاذبية او بالضخ حيث يخزن جزء منه في خزانات كبيرة لاعادة تجهيزه للحقل بواسطة القنوات خلال فترات الجفاف، ولهذا النظام فائدة اخرى هي الاقلال من الفاقد بالترب العضوية نتيجة التأكسد oxidation وذلك ببقاء مستوى الماء الارضي مرتفعا والحفاظ على المادة العضوية بشكل رطب.

2.2.2 الري الجوفي الصناعي Artificial Sub-irrigation

يتضمن الري الجوفي الصناعي استعمال نظام من الانابيب المدفونة والمثقبة يمر الماء بداخلها تحت ضغط معين ثم يقوم الماء بالتخلل داخل التربة وهذه الطريقة ناجحة في حالة امتلاك التربة نفاذية افقية عالية ونفاذية عمودية واطئة والمسافات الفاصلة بين الانابيب لاتزيد عن 450 ملم وبعمق لايتجاوز 500 ملم.

وهذه الطريقة مكلفة فضلا عن تعرض الانابيب المستمر للكسر نتيجة الحراثة العميقة او مرور المكائن فوقها ، وفي اثناء التشغيل تحتاج للصيانة المستمرة والمحافظة على الضغط بواسطة الضخ او الجاذبية من خزان عال و نتيجة لهذه المحددات فلا تزال هذه الطريقة غير عملية في الاستعمالات الحقلية ويعد الري بالتنقيط حيث يؤخذ الماء خلال انابيب بلاستيكية صغيرة موضوعة على السطح الى النبات مباشرة وعلى الرغم من الاختلاف الجذري بينها بديلا لهذه الطريقة في بعض الاحيان.

2.3 الري العلوي او الرأسي Over head Irrigation

يتكون نظام الري العلوي اساسا من مصدر مائي مغذ ووحدة ضخ ونظام انابيب للنقل واخيرا تركيب خاص لقذف الماء في الهواء ليسقط على شكل رذاذ ، ويزداد النظام احكاما اذا اشتمل على خزانات للموازنة بين التجهيز والطلب ومجموعة من قنوات النقل خصوصا اذا كان كبيرا جدا.

2.3.1 المرشات الدوارة Rotating Sprinklers

من اشيع النظم السائدة لنثر المياه هي المرشات الدوارة وتتكون من مبثق nozzle مائل او اثنين متراكبين على جسم دوار حول محور عمودي بواسطة فعل مايسمى ريشة المطرقة (hammer blade) ويوضع المرش عادة فوق حامل انبوبي يبلغ قطره 25 ملم والذي يربط بدوره بالانبوب الحقلي الذي يقوم بعملية التغذية ، واما الريشة blade فانها تكبح وترجع مكانها بوساطة نابض spring خفيف ، والرجوع ينتهي بالوقوف على الجسم الذي يدور خلال زاوية صغيرة بفعل الدفع impulse وتعود المطرقة لتقطع الرذاذ المندفع وتتكرر العملية . واذا كانت المباثق مصممة بصورة جيدة ونظام الري لايشكو من العطلات وصيانته مستمرة ويعمل بالضغط الصحيح فان تناسق الارواء * application uniformity قد يصل الى اكثر من 85% واما اذا كان ماء الري غير نظيف فان المباثق تتعرض للانسداد clogging وتقل كفاءة النظام لذلك يجب وضع المرشحات Filters عند عدة نقاط على الانابيب مع الفحص والتبديل المستمر.

يمكن تقسيم المرشات الى ثلاثة اقسام رئيسية وهي الواطئة والمتوسطة والعالية حسب مقدار الضغط المستخدم والجدول 2.2 يبين المقارنة بين الانواع الثلاثة .

اما اهم النقاط الواجب اتباعها عند اختيار نظام ما فهي :

أ) معدل التساقط precipitation rate وهو يكافئ معدل سقوط المطر وهو دالة للتصريف وقطر الارض المبلل والمسافة الفاصلة .

ب) تناسق قطرات الماء الساقط (ماء الرش) .

جـ) كيفية توزيع احجام القطرات – دالة لقطر المبثق وللضغط المسلط .

د) الكلفة .

---

* $C_u = 100\left(1.0 - \frac{\Sigma x}{mn}\right)$

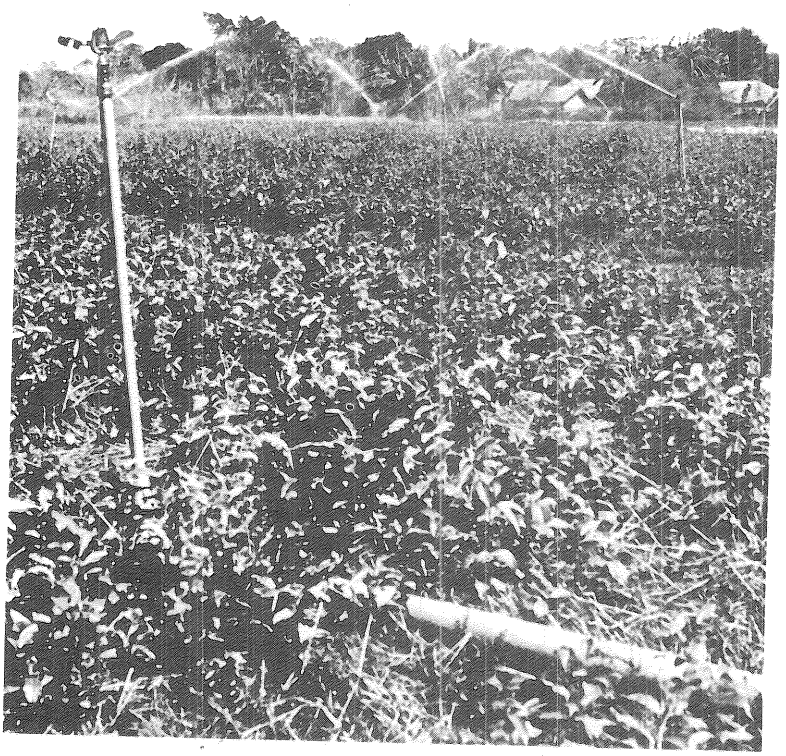
حيث ان :

x = انحرافات الاعماق المختلفة عن المتوسط

m: معدل الاعماق المختلفة

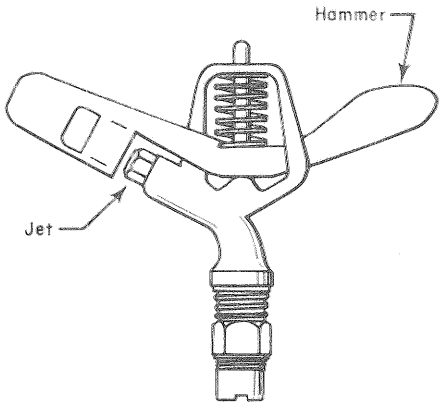
n: عدد الاعماق المقاسة

ان اعظم معدل تساقط مقبول هو معدل الارتشاح الاساسي للتربة ، ولكن يفضل استخدام معدلات اوطأ في الاراضي المتعرضة لخطر انهيار بناء التربة وذات التهوية الجيدة . والمرشات ذات الضغط المتوسط هي الاكثر استعمالا وانتشارا واذا استعملت عند ضغط مناسب وبمسافات تتناسب مع نوعية المباثق فانها تعطي تناسقا جيدا لماء الرش مع وجود مخاطر ضئيلة على المحصول والتربة .



الصورة 2.2 لنظام ري بالرش شرق البرتغال

ان المساحة التي تغطيها مرشات الضغط العالي اكبر من التي تغطيها المرشات ذات الضغط المتوسط والاولى اقل كلفة بالتشغيل لوحدة المساحة المسقية وابسط في التشغيل ، ولكن هنالك محددات صارمة في استعمالها وذلك لان حجم القطرات يميل الى الكبر ويزداد معدل التساقط .



الشكل 2.12 مرش بضغط متوسط مبثق واحد

الجدول 2.2. المرشات

Type of sprinkler	*Pressure range*	*Wetted diameter*	*Discharge*	*Equivalent rainfall*	*Comment*
Low pressure	10–30 psi 0·7–2 kg/cm^2 70–200 kN/m^2	30–80 ft 9–25 m	0·5–5 gpm 0·15–1·5 m^3/h	0·1–1 in./h 2·5–25 mm/h	Fair to good uniformity. Tendency to large drop sizes with large nozzle diameters, small wetted diameter with small nozzle diameters.
Medium pressure	30–70 psi 2–5 kg/cm^2 200–500 kN/m^2	70–140 ft 20–45 m	2–20 gpm 0·55–5·5 m^3/h	0·13–1·8 in./h 3·3–45 mm/h	Good to very good uniformity. Suitable for most field applications.
High pressure	70–140 psi 5–10 kg/cm^2 500–1,000 kN/m^2	110–400 ft 35–120 m	15–400 gpm 4–110 m^3/h	0·3–1·9 in./h 7·5–48 mm/h	Poor to good uniformity. Very sensitive to wind. Tendency to large drop dias. at end of throw. Wide variety of special-purpose sprinklers in this range.
Rain guns for farm effluent	20–70 psi 1·4–5 kg/cm^2 140–500 kN/m^2	70–200 ft 20–60 m	40–150 gpm 10–40 m^3/h	0·2–0·9 in./h 5–18 mm/h	
Low angle	Usually adapted versions of low- and medium-pressure sprinklers				As for low- and medium-pressure sprinklers. Low angle of trajectory intended to keep spray below foliage in orchards.
Frost protection	Usually adapted versions of low- and medium-pressure sprinklers				Good uniformity and low equivalent rainfall rates (1–4 mm/h) are required.
Spray lines	Wide variety of types in low- and medium-pressure ranges				Good uniformity on rectangular pattern. Most suitable for lawns and horticultural purposes.

وعليه يجب ان يكون سطح التربة ذو بناء مستقر ليستطيع مقاومة ارتطام القطرات او يجب ان يكون هنالك غطاء كاملا من المحصول الذي يجب ان لا يكون حساسا لمسألة ارتطام القطرات بالاضافةلكونمعدل التشرب intake rate الاساسي للتربة عاليا جدا.

اما منافع المرشات ذات الضغط الواطئ فتكمن بحاجتها لطاقة قليلة للضخ ، ومضارها بالاحتياج لمعدات كثيرة وذلك للتغطية القليلة لكل وحدة فضلا عن قلة التصريف بالنسبة لحجم القطرات المحدودة والمرشات ذات الزاوية المنخفضة توضع في خانة النوعيات المتوسطة او الواطئة لان زاوية اسقاطها واطئة لغرض الاستعمال في الحدائق تحت الاشجار.

2.3.2 خصائص المرشات

سرعة الرياح ونمط الابتلال

ان نمط الابتلال wetting pattern العمودي الاساسي لمرش احادي المنبثق Single nozzle sprinkler هو مخروطي الشكل بصورة تقريبية ويعتمد على ميل وقطر وضغط تشغيل نفاث الماء ،ويمكن فصل المباثق عادة لتغطي مجال الاختيار في الحقل وتبديلها حسب الاقطار المرغوبة ، واما المرشات ذات المبثقين فلها مرونة اكبر في تنظيم نمط الابتلال وقد اجريت ابحاث كثيرة في العالم على المسافات spacings بين المرشات لايجاد اعظم درجة لانتظام الابتلال فاثبتت ان احسن المسافات الفاصلة التي تكون بشكل ثلاثي تبادلي ، ولكن النمط الرباعي (مستطيل) عملي اكثر. والرياح تعمل على تحطيم اشكال الابتلال الدائري وتجعلها بيضوية وهنالك سماح يمكن اجراءه بتقليل المسافات العمودية باتجاه الريح. وهذه العملية مفيدة في حالة الرياح الثابتة. وتتراوح من صفر الى 8 كم/ ساعة ولا يتاثر الانتظام بصورة ملحوظة وتعتبر العملية مقبولة عندما تكون سرعة الرياح الى حد 13كم/ ساعة وما بعد هذه السرعة فالانتظام معرض للانهيار واكثر الانواع تاثراً بهذه المسألة هي المرشات ذات الضغط العالي.

الجدول 2.3المسافات الفاصلة وسرعة الريح

سرعة الريح (كم/ ساعة)	المسافات الفاصلة للمرشات المتعامدة مع اتجاه الريح كنسبة للقطر المبلل
صفر	65
0-6	55
7-13	40
13	30

حجم القطرات

ان لحجم القطرات اثراً عظيماً على المحصول والتربة ومدى النفاث ، والقطرات التي يزيد قطرها عن 4 ملم تميل لتحطيم النباتات النحيفة والسريعة التأثر وتعمل على تكون طبقة صماء على سطح التربة الحاوية على نسبة كبيرة من الطين. اما القطرات التي يبلغ قطرها واحد ملم فانها تتاثر بالسقوط في الهواء الساكن وتحيد مساراتها بسهولة في الرياح الخفيفة والمرشات المتوسطة والواطئة الضغط ينتج عنها قطرات باقطار من واحد الى 4 ملم. وتميل احجام القطرات من المرشات الكبيرة جداً للتشتت الواسع ويكون نسبة كبيرة من القطرات بحجم يساوي او اكبر من 4 ملم.

انطلاق الدوران Rotation Speed

لانطلاق الدوران الواطئ جداً تاثير ضارٌ خاصة في التربة الناعمة جدا وعند النقاط التي تمر بها فترات طويلة لتساقط الماء والتي يعقبها فترات جافة اطول يتكسر البناء لسطح التربة فضلاً عن ان تاثير النوبات الجافة الطويلة على المحاصيل امر ضار خصوصاً اذا كانت نسبة الاملاح عالية في التربة. وقد لوحظ عند الانطلاقات الدورانية العالية هبوط في الانتظام ووجد ان انطلاقاً مقداره 2 م/ ثا عند محيط نزول الماء تكون مناسبة.

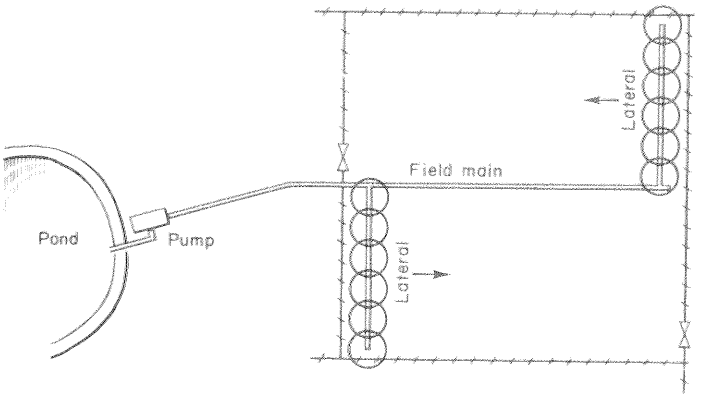
التبخر: Evaporation

وجد ان فاقد التبخر من الرذاذ في الاجواء الحارة والرطبة مساوٍ لحد كبير للفاقد نتيجة عمليات الري السطحي ، ويزداد الفاقد صيفاً ولذلك ينصح بالقيام بعملية الارواء ليلاً لتقليل الفاقد. اما في الاجواء الحارة جداً فيمكن جعل الساقط كثيفاً جداً باستعمال مرشات الضغط العالي لكي يكون حجم القطرات كبيراً خصوصاً اذا كان النبات المزروع والتربة يستطيعان تحمل عواقب هذا الاجراء.

2. انظمة الرش

المنقول : Portable

ان ابسط انواع انظمة الرش هي المتكونة من مضخة نابذة centrifugal pump قابلة للتنقل ويمكن تشغيلها بوساطة مخلص القدرة الخلفي للساحبة PTO وانابيب خفيفة تتراوح اقطارها من 75 ملم الى 150 ملم ومرشات ذات ضغط متوسط مركبة على روافع من نوع خاص ، اما الانابيب الحقلية الفرعية Laterals فهي مصممة لتغذية المرشات وبمسافات فاصلة من 7.5 م الى 12 م. عند التشغيل توضع المضخة بجانب مجرى ماء او بحيرة ثم توصل بانبوب رئيسي يوضع عادة في منتصف الحقل مجهز بصمامات للتحكم بتوزيع الماء على مسافات من 10 م الى 20 م فضلاً عن انبوبتين جانبيتين مع مرشاة لتغذية جانبي الحقل ، ومن المعتاد ايضاً ان يوضع انبوب فرعي على كل جانب من الانبوب الرئيسي وعند نهايتين متعاكستين من الحقل «الشكل 2.13» وبعد فترة السقي الاولى المحسوبة اعتماداً على نوعية التربة والمحصول وخصائص الرش المستعمل (انظر الفصلين الثالث والرابع) يقطع تجهيز الماء ثم يترك الحقل ليجف لمدة نصف ساعة تقريبا ثم يسمح لنوبة اخرى من السقي وتحرك الانابيب الفرعية الى مواقع جديدة باتجاه الانبوب الحقلي الرئيسي وتستمر الدورة.



الشكل 2.13 شكل مبسط لنظام رش متنقل.

الصورة 2.3 لمضخة تشغيل بواسطة مخلص القدرة الخلفي لساحبة تسحب الماء من خزان (انكلترا)

ولغرض تشغيل الانابيب الفرعية بكفاءة فانها توضع على ارض مستوية او ذات ميل قليل باتجاه اسفل الحقل (محسوب بدقة) لغرض موازنة الطاقة المفقودة نتيجة الاحتكاك خلال الجريان داخل الانابيب، وكذلك يجب تحديد الفاقد بالطاقة نتيجة الضغط على طول الانبوب (انظر الفصل السادس)، والا فانتظام توزيع الماء سيكون ضعيفاً وتعاني المرشات البعيدة (عند نهاية الانبوب) من نقص بالضغط في حين تتعرض المرشات الموضوعة في مقدمة الحقل لضغوط عالية نسبياً.

ان الماء المجهز يجب ان يكون خالياً من المواد العالقة والقطع والاجسام الصغيرة والغريبة وقطع الحشائش ولذلك يجب وضع مشبكات ومصاف عند مدخل المضخة وكذلك داخل الانابيب، اما الماء الحاوي على كميات كبيرة من الغرين Silt والطين فيجب امراره داخل بحيرات او مستنقعات لترسيب اكبر كمية ممكنة حتى لاتنسد مخارج المباثق الحساسة اوتتأكل. وعليه فان عملية فحص وصيانة المصافي والمرشحات باستمرار وتبديلها ضرورية جداً لا ستمرار عمل النظام بكفاءة وسلامة. ان الانظمة المحمولة والمتنقلة بالكامل ذات فوائد كبيرة للاسباب التالية:

أ) امكان اجراء الري التكميلي في الاجواء الحارة والرطبة.
ب) تزويد الماء بكميات مناسبة ودقيقة خلال فترة الانبات والسيطرة على رطوبة التربة خلال الاوقات الحرجة.

وهكذا فارواء منتظم وكفوء امر يمكن الوصول اليه بدون الحاجة لايدي عاملة ذات مهارة عالية لان مستلزمات هذه الانظمة تعد بسيطة وروتينية ولكن تشغيلها شاق ومتطلبات الايدي العاملة لها عالية.

الانظمة شبه الدائمة Semi-permanent Systems

عندما يتطلب الامر تصميم نظام للرش اكبر من النوع البسيط المذكور انفاً فان المسألة الاقتصادية المتعلقة بوضع انابيب مطمورة بدل الانابيب المتنقلة تبدو واردة جداً وعملية مفضلة حتى اذا كان الري تكميلياً. ولسعة حقلية معينة فان الانابيب الاسبستية او البلاستيكية تعد ارخص بالنسبة لوحدة الطول من انابيب الالومنيوم المتنقلة فضلاً عن كونها محمية من خطر انكسارها تحت المكائن الحقلية. وامكانية استخدامها لنقل ماء

الشرب ، وتزداد اطوال الانابيب في هذا النظام ولكن تقل كلفة التشغيل . ان نظام الرش الشبه الدائمي يتضمن وحدة ضخ ثابتة ويجب ان تكون مخارج المياه على طول الانبوب الرئيسي المطمور وبمسافات تناسب مواقع الانابيب الفرعية .

الانظمة الدائمة Permanent systems (Solid Set)

عندما تكون الايدي العاملة مكلفة او قليلة والتربة رملية وقابلية احتفاظها بالماء قليلة ومعدلات التبخر عالية جداً وقيمة المحصول عالية فان وضع نظام كامل ودائمي للرش يبدو امراً اقتصادياً لان الحاجة للعمالة ستقل الى ادنى حد ومثل هذه الظروف موجودة في مزارع الحمضيات في الاراضي الرملية في منطقة كاليفورنيا .

وتصمم هذه المزارع بحيث تدفن الانابيب الفرعية مع روافع متحركة ذات قوارن فورية quick coupling لكل اثنين او ثلاثة مخارج وتتحرك الروافع فقط بالنسبة لكل تركيب ويتم غلق المخارج بصورة اوتوماتيكية عندما تتحرك الروافع .

2.3.4الري العضوي Organic Irrigation

الري العضوي عبارة عن اصطلاح يطلق على عملية رش فضلات الحيوانات من خلال رشاشات ذات مباثق كبيرة بعد امرارها في احواض وتحويلها للحالة السائلة مع عملية الرج الدائم لمنع ترسيبها. حيث تدفع من الاحواض بمضخات لها القدرة عللى سحق القش والمواد الشبه الصلبة وبالتالي يتم دفعها الى المرشات المعنية وهذه العملية شائعة الاستعمال في الاراضي المزروعة بالحشائش والمراعي.

2.3.5 خطوط الرذاذ Spray Lines

هنالك عدة اشكال متوافرة من خطوط الرذاذ بين المتوسط الى الواطئ وأحد هذه الانواع عبارة عن انبوب بلاستيكي مجهز بفوهات رذ على شكل ازرار وعلى مسافات منتظمة ويمكن لف انبوب بطول 25 م على اسطوانة خاصة لغرض نقله واستعماله في الحقل ، ويقترن استعماله بالانابيب الرئيسية الحقلية .

ويمكن استخدام خط أدق للرذ يتكون من انبوب للماء بقطر حوالي 30ملم مثقب في ربع واحد على طوله ومركب على حمالات بسيطة التركيب.عند التشغيل.يتم الدوران حول محور الانبوب للامام وللخلف خلال زاوية مقدارها 90° بواسطة محرك هيدروليكي عند احدى النهايتين.

2.3.6 مكائن الرش المتحركة والتطورات الحديثة

ان قلة العمالة وارتفاع اجورها في بعض البلدان كالولايات المتحدة والدول الاوربية قد ادت الى تطوير وتحديث انظمة الرش الرأسية وهذه بعض الامثلة :

خط الرش الاحادي السيار

وهذه النوعية تتخذ اشكالاً عديدة حيث يركب خط الرش على عمود محوري بعجلات يصل قطرها الى 1.5 م وبمسافات فاصلة تصل الى 30 م ثم يربط محرك احتراق داخلي(ديزل عادة) لتشغيل العجلات بواسطة عمود ادارةshaftمعلق بانبوب الرش ، ولكل عجلة فاصل حركةClutchللسماح بمعايرةوتثبيت استقامة الانبوب اذا حدث بها تغيير في اثناء الحركة ويمكن تحريك خط الرش كقطعة واحدة ولحد 300 م بهذه الطريقة وهذا النظام ناجح جداً في الاراضي المستوية الشاسعة.

شبكة الرش السيارة*

وهو عبارة عن مجموعة من الانابيب الدقيقة(قطرها لايتجاوز 30 ملم) تكون ثابتة والرئيسية منها توضع على جانبي الحقل وتربط بها الانابيب الفرعية وعلى مسافات متساوية وبالتوازي،وتكون مجهزة بقارنات فورية وبمسافات من 7.5 م الى12 م لكي تناسب المرشات المستعملة ، وهنالك مرش واحد او اثنين على كل انبوب عند اى وقت. عند التشغيل تحرك المرشات من مخرج لاخر على طول الانبوب ولهذا يستعاض عن الزمن المستغرق في تحريك الانابيب الفرعية بنقل الروافع لمواقع جديدة.

المرش الاحادي الكبير السيار*

وهو رشاش مطري هائل يصل تصريفه من 40 الى 120 م^3/ ساعة اى مايكافىء من 150 الى 450 كالون بالدقيقة ومجهز بخرطوم مرن ومحرك هيدروليكي لدفع العربة الى الامام

* ترجمت بتصرف لكون معظمها مصطلحات تجارية

بواسطة لف سلك حولها ، ونهاية السلك مربوطة عند نهاية مسار العربة وعلى الرغم من السعة الهائلة والمدى الواسع للرش والذي يبلغ نصف قطره حوالي 60 متراًفان توزيع حجم القطرات يعد جيداً .

2.3.7 الوقاية من الصقيع في الاجواء الباردة

عندما يتكون الصقيع على النباتات المزروعة فانه بالعادة يؤدي الى هلاكها وعلى كل حال فان للسوائل داخل النباتات درجات انجماد اقل بقليل من الصفر المئوي ، فاذا بقيت درجات الحرارة ضمن هذه المستويات فأن النبات يكون بمأمن من خطر الصقيع ، ولذلك فأن عملية رفع درجة حرارة المحاصيل واجواء المزارع تبدو امراً وارداً ولكنها مكلفة وقد وجد ان الري بالرش اقتصادي اكثر وبديل جيد ومناسب للاستعمال في درجات الحرارة التي تحت (9C°−) وهنالك طريقتان فنيتان كل منهما مناسبة لظروف جوية معينة .

الري المتقدم

ويمكن استعمال هذا النوع من الري في نهاية الربيع عندما تكون الليالي صافية وباردة بعد ايام دافئة . ولما كانت قابلية التربة لخزن الطاقة الحرارية تزداد بازدياد رطوبتها وخاصة عندما يكون سطحها غير مغطى ودرجة رصه متوسطة حيث تصل الحرارة للطبقات السفلى بصورة اسرع فانه يمكن استخدام هذا النوع من الري كي تصل التربة الى سعتها الحقلية بالسرعة الممكنة لليوم الذي يسبق التنبؤ بالصقيع وعليه فان الطاقة المخزونة في النهار ستتحرر ليلاً وتكون كجهاز واق ضد الانجماد الخفيف والى حد (2.5C°−) في الهواء الساكن .

الابتلال المستمر :

عند حالات الانجماد الحادة حيث تقترن درجات الحرارة الواطئة جداً بالرياح الخفيفة فان الحماية تتوفر بواسطة الابتلال المستمر طالما استمرت ظروف الانجماد ، فعند انجماد الماء على سطح النبات الخارجي يفقد الماء حرارته الكامنة وتنحدر درجة حرارته لتصل الى الصفر مئوي ، ويجب ان تكون للنبات القابلية على حمل وزن الجليد المتكون وان تكون للمبازل الحقلية القابلية على صرف الماء الذائب بعد ارتفاع درجات الحرارة .

وهذه الطريقة تم تطبيقها بنجاح في مزارع الفاكهة وبعض حقول المحاصيل مثل البطاطا والطماطة والخيار والبقول والشليك ، وهي غير مناسبة للنباتات الطويلة ذات السيقان الضعيفة كمحاصيل الحبوب قبيل حصادها .

اما اهم العوامل الواجب اخذها بنظر الاعتبار في تشغيل المرشات لدرء الانجماد فهي معدل التساقط وسرعة الرياح ودرجة الانجماد . ومعدل الدوران الثابت هو دورة لكل (30)ثانية ويمكن استخدام معدلات دوران بطيئة قد تصل الى دورة واحدة كل ١ – ٤ دقيقة ولكن تعطي حماية أقل،والرياح الخفيفة تزيد من حدة الانجماد وبالنتيجة تزداد الحماية المطلوبة وان معدلات التساقط المناسبة يمكن تخمينها على اساس 0.45ملم / ساعة الى0.90 ملم / ساعة لكل درجة مئوية تحت الانجماد وتستخدم المعدلات الواطئة في الهواء الساكن وتطبق المعدلات العالية عندما تكون سرعة الرياح 8كم / ساعة.في ظروف الهواء الساكن يحدث بعض الاحيان انقلاب في درجات الحرارة بالقرب من سطح الارض وذلك للقابلية السريعة للارض على فقد الحرارة ولذلك فان استعمال المرشات سيؤدي الى حث امتزاج الطبقات العليا مع السفلى لهذا السبب ترتفع درجة حرارة الهواء بالقرب من المحصول ، وعلى كل حال فان عملية الانجماد هي التي توفر الحماية المضمونة في هذه المسائل .

2.4 الري بالشن او التنقيط Drip or Trickle Irrigation

على الرغم من مضي زمن طويل على استخدام الري بالشن داخل البيوت الزجاجية فانه لم يستعمل على نطاق واسع في المزارع والحقول الا في السنوات الاخيرة ، وذلك لان كلفته عالية جداً فضلاً عن مشكلات الجريان التي يصعب التغلب عليها في بعض الاحيان . ولكن هذا النظام لايخلو من فوائد قد لايستطيع نظام اخر توفيرها في بعض الحالات الخاصة ، واساس هذا النظام انبوب بلاستيكي مثقب يوضع على الارض بامتداد صف من النباتات المزروعة او الاشجار ويتم تجهيزه من انبوب رئيسي والذي يبقى في مكانه طوال فترة النمو ويتم تجهيز الماء يومياً بوساطة صنابير او صمامات خاصة . والطريقة ذات فائدة عظيمة عندما يراد تجهيز الاسمدة للنبات بشكل سائل ، ويتم تصميم الثقوب لكي يخرج منها الماء بشكل نقاط متعاقبة وليس بشكل نفاث وتصمم المسافات بين الثقوب للحصول على شريحة ابتلال على طول الصف او بصلة ابتلال Wetted bulb في التربة لكل نبتة .

والثقوب البسيطة في الانبوب وغير المنتظمة لها القابلية على الانسداد ومن بعد يكون تناسق الانبعاث على طول الانبوب قليل والذي هو امر ضروري جداً لتكون هذه الطريقة عملية في الحقل ، لان طول الانبوب يتراوح من 50 م الى 100 م . وقد ابتكرت عدة طرق للتغلب على هذه المشكلة والمتسببة بشكل رئيسي عن الهبوط بالضغط على طول الانبوب . وأحد النظم المستعملة يتم باستخدام انابيب من البولثيين بقطر 100 ملم وتحت ضغط مقداره من واحد الى 2.3 ضغط جوي ثم تعمل ثقوب في هذه الانابيب وتشد بها رووس للتنقيط بمسافات من 0.5 م الى 1.0 م ويتم تبديد dissipate ضغط الانبوب بواسطة مجرى حلزوني spiral duct في المنقط ، وان مقدار تصريف الشن trickle discharge يتراوح من 2 لتر / ساعة الى 8 لتر / ساعة تبعاً للمنقط المستعمل ، ويوجد نظام اخر يستعمل على نطاق تجاري في الولايات المتحدة يتم باستخدام انبوب ذى جدارين double walled pipe حيث هناك اربعة ثقوب في الانبوب الخارجي لكل ثقب واحد في الانبوب الداخلي وعلى مسافات بينية تبلغ 200 ملم . وتم تطوير نظام اخر في جزر الهاواى يستعمل رووس تنقيط يهبط عندها الضغط الى ثلث قيمة الضغط الجوي وبعد ذلك يتم تكسير النفاث المنبثق بواسطة غطاء تحريف خاص . ان اهم فائدة يمكن استخلاصها من نظام الري بالشن والتي لاتستطيع باقي النظم مجاراته بها هي السيطرة التامة على كمية الماء المجهز للنبات . ويكون بالمستطاع تجهيز كميات من الماء يومياً قريبة جداً الى معدل استهلاك النبات اليومي فضلاً عن تقليل الضائع نتيجة التبخر الى اقل حد ممكن مع تجنب التخلل العميق .

ان النقص deficit في رطوبة التربة يبقى عند مستويات واطئة جداً بوساطة السقي اليومي فضلاً عن تحسين تهوية التربة وبقاؤها ثابتة واضافة الاسمدة لماء الري بهذه الطريقة يضمن وصول المغذيات لجذور النبات بصورة مباشرة ،ولكونها ذائبة فان النبات يستفيد منها بصورة مباشرة وهذان التأثيران يمكن دمجها لخلق اجواء حسنة بشكل كبير تصلح لنمو النبات وتحسين نوعية المحصول وكميته.وقد طبقت هذه التجربة على محاصيل عديدة فأثبتت نجاحاً جيداً الى حد 100٪ في الحاصل لوحده حجم الماء المستعمل والى حد 25٪ في الحاصل لكل هكتار ، والنتائج الحقلية على محصول الطماطة اثبتت زيادة مقدارها 65٪ اكبر من تلك المستحصلة بطريقة الري بالمروز او الري بالرش وباستعمال ماء صالح نسبياً .

ومن الواضح ان الزيادة الكمية تعتمد على نوعية التربة والطقس والمحصول وطريقة الفلاحة المستعملة وعليه يمكن القول فقط وبصورة عامة انه من المتوقع ان يعطي نظام الري بالتنقيط نتائج مشجعة افضل بكثير من طرق الري الاخرى.

وقد وجد على وجه الخصوص ان هذه الطريقة مشجعة وذات فائدة عظيمة عندما يكون الماء مالحاً (900 ملغم / لتر كلورايد مثلاً) والاملاح غير المرغوب فيها تتحرك الى الحافة الخارجية من منطقة او بصلة الابتلال بينما تكون قوة الشد الرطوبي moisture tension واطئة في منطقة وجود الجذور وهذا يعني عدم تأثير القوى الازموزية للاملاح الذائبة على اعاقة عملية امتصاص الماء من قبل النبات.

اما الفوائد الاخرى لهذه الطريقة فتكمن في مسألة تشغيلها من كونها مناسبة وبسيطة التركيب ولاتحتاج الى ايدي عاملة كثيرة . ولكن من سوء الحظ ان الكلفة العالية للري بالتنقيط عالية الى حد ما مقارنة بطرق الري الاخرى وان مسألة انسداد مخارج المياه لاتبدو انها قد وجدت حلولاً بصورة كاملة الى وقتنا الحاضر . ولكن النتائج المتجمعة لحد الان عن كثير من التجارب في بلدان العالم المختلفة تؤكد ان هذه الطريقة في الري فعالة وان فوائدها تطغي على صعوباتها.

المصادر:

1 SCHWAB, G O, FREVERT, R K, EDMINSTER, T W, and BARNES, K K *Soil and Water Conservation Engineering*, second edition, John Wiley, New York 1966

2 HAGAN, R M, HAISE, H R, and EDMINSTER, T W (editors) *Irrigation of Agricultural Lands*, American Society of Agronomy 1967

3 The International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, Netherlands *Annotated Bibliography on Surface Irrigation Methods*, Bibliography No. 9, The Institute 1971

4 ISRAELSEN, O W and HANSEN, V E *Irrigation Principles and Practices*, third edition, John Wiley, New York 1962

5 US Department of Agriculture 'Water' *The Yearbook of Agriculture* 1955

6 ZIMMERMAN, J D *Irrigation*, John Wiley, New York 1966

7 VAN'T WOUDT, B D 'Trickle irrigation – a promising second tool for a breakthrough in food production in tropical, subtropical, and desert areas', *Bulletin*, International Commission on Irrigation and Drainage 1968/69

8 HURST, G W and RUMNEY, R P *Protection of Plants Against Adverse Weather*, World Meteorological Organisation, Technical Note No. 281, 1971

9 PAIR, C H, HINZ, W H, REID, C, and FROST, K R (editors and compilers) *Sprinkler Irrigation*, third edition, Sprinkler Irrigation Association, Washington DC 1969

10 US Department of Agriculture Soil Conservation Service *National Engineering Handbook*, Section 15, 'Irrigation'

الفصل الثالث

الرطوبة في التربة

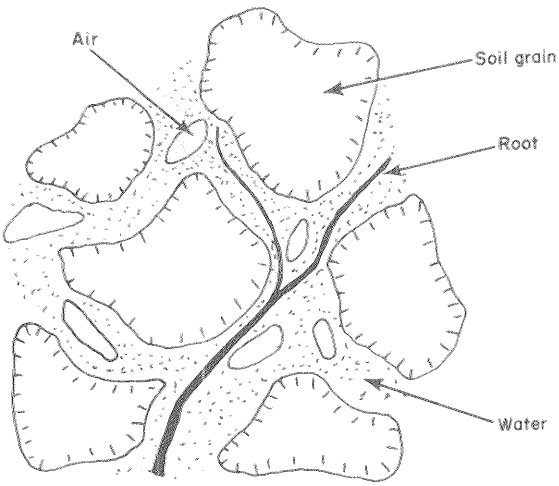
رطوبة التربة وعمليات الري

ان الهدف من عملية الري هو تأمين ما يحتاج اليه النبات من كميات مناسبة من المياه في منطقته الجذرية لغرض الانتاج المثالي ، وان تصميم عمليات الري وادارتها تتعلقان بمشكلتين رئيسيتين هما توقيت الري وكمية المياه المطلوبة .

ان للترب قابلية محدودة على خزن المياه وعليه فان جزءاً من الماء المجهز يكون متيسراً للنبات ويجب اضافة الماء قبل نضوب هذا الجزء . اما مسألة التوقيت فتتضمن حساب الرطوبة الموجودة ومعدل نضوبها ومقدار الماء المضاف يعتمد على الكمية المتبقية داخل الترب لاحسن الظروف لاستهلاك النبات لها وهي في العادة اكبر كمية يمكن خزنها في التربة ضمن مجال المجموعة الجذرية .

3.1 مكونات التربة

التربة عبارة عن مركب معقد من المعادن والمواد العضوية تترتب في بناء معين يحتوي على الماء والهواء والمغذيات والتي تؤثر جميعها بصورة مباشرة على نمو النبات ، وتتكون الحبيبات المعدنية للتربة بفعل عمليتي التجوية weathering والحت للصخور وهي مركبة بصورة رئيسية من السليكا والسيلكات فضلاً عن بعض العناصر الاخرى كالبوتاسيوم والكالسيوم والفسفور.



الشكل 3.1 كتلة التربة.

اما المادة العضوية فتتكون من بقايا النباتات والحيوانات المختلفة والترب الموجودة في الاجواء الرطبة تحتوي على كميات من المواد العضوية على عكس تلك الموجودة في الاجواء الجافة. وتكمن فوائد المادة العضوية في تجهيز المغذيات nutrients وتوفير الجو الملائم لمعيشة الكائنات الحية الدقيقة الضرورية لمعيشة النبات فضلاً عن تحسين التربة وتثبيت بنائها، ووجود المادة العضوية بكثرة يساعد التربة على زيادة سعتها للاحتفاظ بالماء وخاصة في الترب الرملية وتحسين خواص صرف الترب الطينية والغرينية. تعد كمية الماء التي يحتاج اليها النبات لغرض بناء خلاياه ونقل المغذيات قليلة جداً اذا قورنت بالكميات التي يحتاجها في العمليات الفيزيائية الاخرى كالنتح وخاصة في الاجواء الحارة. والهواء ضروري جداً لتنفس الكائنات الحية الدقيقة ولتهيئة الجو المناسب لنمو الجذور ولامتصاص absorption المغذيات. وهناك الأملاح في التربة بشكل ذائب ومنها ما يفيد النبات ومنها ما يؤذي النبات اذا زاد عن حدود معينة.

وعليه لكي ينمو النبات بصورة جيدة يجب ان يتوافر له الماء والهواء والمغذيات بكميات متوازنة. وان هدف عمليات الري بصورة عامة هو خلق هذا التوازن وجعل هذه الكميات بنسبها الصحيحة اي ان استمرار عملية اضافة الماء للتربة الزراعية يجب ان يجري بطريقة علمية. بحيث لا يؤثر تاثيراً سلبياً على وجود الهواء والمغذيات والمواد العضوية.

3.1.1 سلوك الرطوبة داخل التربة

عندما يضاف الماء الى التربة بوساطة الري او المطر يتشبع سطح التربة بالبداية وتمتلىء الفراغات ويطرد الهواء خارجاً ، ثم يبدأ الماء بالنزول للاسفل تحت تاثير الجاذبية والخاصية الشعرية وبازدياد الماء المضاف يزداد العمق المتشبع . واذا ماتم قطع تجهيز الماء فان حركته تبقى مستمرة للاسفل بعد التشبع Saturation فعندها يسمى هذا الماء بماء الصرف او ماء البزل . وبعملية فحص التربة نجد ان قسماً من الماء يبقى داخلها شاغلاً معظم حيز المسام pore space وسبب ذلك ان القوى الرابطة اياً كان سببها داخل كتلة التربة تكون اكبر من قوة الجاذبية وبذلك تمنع الصرف الكامل للماء . وسبب هذه القوى الرابطة معظمه يعود للشد السطحي Surface tension والفراغات داخل التربة تشكل نظاماً من الانابيب الشعرية مختلفة الاقطار وقد دلت التجارب الكثيرة على ان ارتفاع عمود الماء الصاعد في الانبوب الشعري يتناسب عكسياً مع قطر الانبوب وكذلك فان قوة الامتصاص اللازمة للسحب من هذا الانبوب تتناسب عكسياً مع قطره ولهذا السبب فان قوى المص الصغيرة لاتستطيع استخلاص الماء الا من المسام Pores الكبيرة والقوى الاكبر من المسام الصغرى وعليه فان سهولة استخلاص الماء لاي نبات تعتمد على المحتوى الرطوبي للتربة وعلى شكل النظام الشعري داخل كتلة التربة والذي يعتمد بدوره على نوعية قوام وبناء التربة .

3.1.2 قوام التربة Soil Texture

يعرف قوام التربة بانه مقدار توزيع حجم حبيباتها Particles ، وحجم حبيبات الترب الزراعية يتراوح من اقل من 0.002 ملم لبعض جزيئات الطين الى 50 ملم لبعض انواع الاحجار . وتتكون الترب بصورة عامة من الرمل Sand والغرين Silt والطين Clay والمعرفة في الجدولين التاليين

الجدول 3.1 التصنيف العالمي للتربة

نوع المادة	قطر الحبيبات المؤثر (ملم)
رمل خشن	0.2-2
رمل ناعم	0.02-0.2
غرين	0.002-0.02
طين	اقل من 0.002

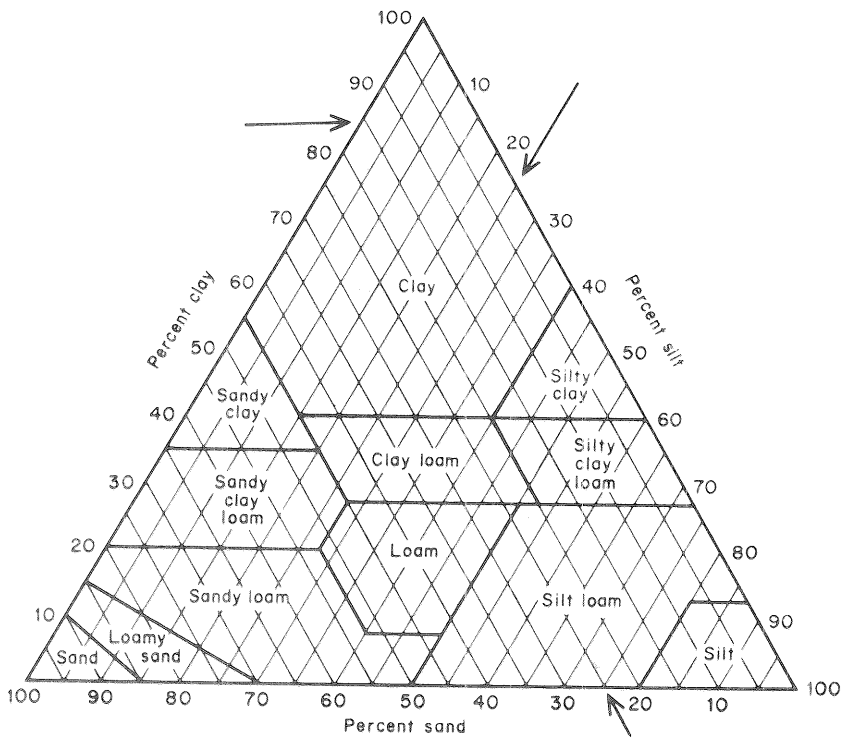
الجدول 3.2 تصنيف USDA*

نوع المادة	قطر الحبيبات المؤثر (ملم)
رمل خشن جداً	1-2
رمل خشن	0.5-1
رمل متوسط	0.25-0.5
رمل ناعم	0.1-0.25
رمل ناعم جداً	0.05-0.1
غرين	0.002-0.05
طين	اقل من 0.002

ويمكن ايجاد نسبة كل من الرمل والطين والغرين في اي نموذج اما بالطريقة الميكانيكية Sieve analysis او بطريقة التحليل المبتل. ويمكن ايجاد نسب الحبيبات الكبيرة بواسطة التحليل المنخلي والحبيبات الاصغر باستعمال المكثاف Hydrometer والذي يعتمد على قانون ستوك (انظر المصدر الاول). وبعد ايجاد توزيع الحبيبات فانه من المفيد تصنيف التربة باستعمال مثلث القوام USDA Soil Triangle انظر الشكل (3.2).

* United State Department of Agriculture

ان خاصية حفظ الرطوبة في التربة تعتمد بالاساس على كمية ونوعية الحبيبات الصغيرة الموجودة في حين تشكل الحبيبات الكبيرة ركاماً غير فعال. ويتركب الطين بصورة رئيسية من معادن صفائحية لها بعض الخصائص الكهربائية تعتمد بالاساس على الايونات الموجبة الشحنة المجهزة من رطوبة التربة وتقوم بجذب او طرد بعضها بدرجات متفاوتة ، ومعادن الطين المتنوعة تختلف بصورة كبيرة في قابليتها على جذب الكاتيونات (الايونات الموجبة الشحنة).



الشكل 3.2 مثلث القوام

والجدول (3-3) يبين اختلاف سعة التبادل الكاتيوني النسبي Cation exchange ability لثلاثة انواع رئيسية من معادن الطين. ان سحب الماء من الطين يؤدي الى انضمامه وتقارب حبيباته وان جزءا من الطاقة الضرورية للانضمام يذهب للتغلب على القوى الدافعة بين الحبيبات وباعادة تبليل التربة فانها تنتفخ مرة ثانية كدالة للقوى الدافعة التي تفصل الحبيبات عن بعضها ، وعلى هذا الاساس يمكن ملاحظة عمليتي الانتفاخ swelling والتقلص shrinking بصورة واضحة في الحقل.

الجدول (3.3) سعة التبادل الكاتيوني النسبي

نوع المعدن	قابلية التبادل الكاتيوني النسبي
كالونايت	1-4
إلايت	6-12
مونتموريلانايت	18-25

3.13 بناء التربة Soil Structur

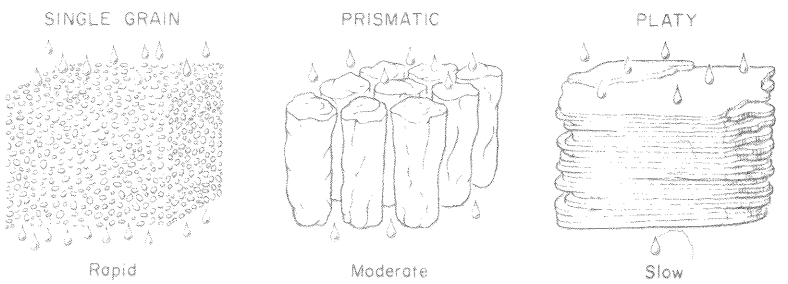
ان مجاميع من حبيبات التربة المختلفة يلتصق بعضها ببعض لتشكل مجاميع اكبر aggregates ويمكن وصف بناء التربة بالتراتيب الترادفية للحبيبات المختلفة المجاميع بالنسبة لبعض اخر، وكما ذكرنا سابقا فان تكوين النظام الشعري يتأثر بصورة كبيرة بنوعية بناء التربة.

وتتأثر حياة النبات بصورة كبيرة بنوعية بناء التربة وذلك لان لشكل الفراغات ونوعيتها داخل التربة اثر على سعة حفظها للماء وتهويتها وصرفها وخصائص حتها والمسام الكبيرة مطلوبة للتهوية وضرورية لتسهيل تخلل الماء داخل التربة، بينما تكون المسام المتوسطة مطلوبة لحركة الماء المثالية والمسام الصغيرة مطلوبة لزيادة حفظ الماء في التربة.

ويمكن الحفاظ على بناء التربة او تحسينه بنوعية الزراعة والري المستخدمين (انظر الفصول الثاني والخامس والعاشر) ويمكن ان يتدهور البناء بالمعاملة الخاطئة للتربة.

ويجب ان تجري عملية فحص التربة تحت نظم ري مختلفة باستمرار ولاجراء التطوير ومنع تدهور اي ارض زراعية جيدة .

ويمكن تصنيف بناء التربة بصورة اساسية الى البسيط simple حيث لاوجود للاسطح المشققة والمركب compound حيث تكون هذه الاسطح بادية للعيان. ان البناء ذا الحبيبات الاحادية كالرمل الحاوي على مواد عضوية ضئيلة والتراكيب الصماء في الترب الطينية التي تتكون بالاساس من معدن الكالونايت هي امثلة على البناء البسيط والترب الطينية التي تتكون بالاساس من معدن المونتمورولانايت هي امثلة للبناء المركب وباقي الاشكال المفصلة يمكن مشاهدتها في الشكل 3.3 .



الشكل 3.3 تراكيب بناء التربة

3.2القوام والبناء وخصائص رطوبة التربة

لكون حجم مسام الترب الرملية كبيراً فان هذه الترب لاتستطيع ان تؤثر بقوة كافية معاكسة للجاذبية الارضية لمنع حدوث الصرف عند التشبع ، ولهذا السبب فان سعة حفظ الماء water holding capacity لهذه الترب واطئة ، وعلى كل حال فبامكان النبات استخلاص الرطوبة المتبقية بسهولة بواسطة الجذور، اما الترب الطينية فانها تحتوي على نسبة عالية من المسام الصغيرة ولهذا تكون قابليتها على حفظ الماء اكبر وهذا يعني ان استخلاص الرطوبة منها من قبل النبات يحتاج الى جهد اكبر والترب المثالية هي المزيجية اى خليط من الرمل والطين والغرين حيث يكون لها سعة حفظ رطوبة جيدة وتسمح للجذور باستخلاص الرطوبة بقوى متوسطة وهي جيدة بالصرف الداخلي وجيدة التهوية .

3.2.1 خصائص الرطوبة ودلالاتها :

يتحرك الماء بين نقطتين اذا كان هنالك انحداراً بالطاقة الكامنة (الجهد) بينها حيث ينتقل الماء من النقطة ذات الطاقة الكامنة العالية الى الواطئة وعموماً فان الاجهادات الداخلية المؤثرة على الرطوبة هي :

أ) الجهد الكامن نتيجة القوى الشعرية
ب) الجهد الازموزي نتيجة الاملاح الذائبة في الماء
ج) الجاذبية والضغط الكامن بالنسبة لموقع الرطوبة لمستوى ثابت.

تعتمد حركة الماء الى داخل الجذور على كون الضغط بداخله اقل من ذلك المسلط على الرطوبة التي حوله وباهمال النقطة (جـ) المذكورة انفاً حيث القوى صغيرة نسبياً فان معدل الجريان يعتمد على امرين اولها ان المواد الذائبة في المحلول داخل الجذر تجعل الطاقة بداخله اقل من تلك الموجودة في ماء التربة وعليه سيجري الماء لداخل الجذر، وبازدياد نسبة المواد المذابة في ماء التربة يقل الانحدار بالطاقة بين ماء التربة ومحلول الجذر ومن بعد يقل الجريان من التربة المحيطة الى الجذور (سوف نشرح ذلك بالتفصيل في الفصل الخامس) ، والامر الثاني ينتج عن تبخر الماء من الاوراق حيث تقل نضارة الورقة بازدياد فقدان الماء.

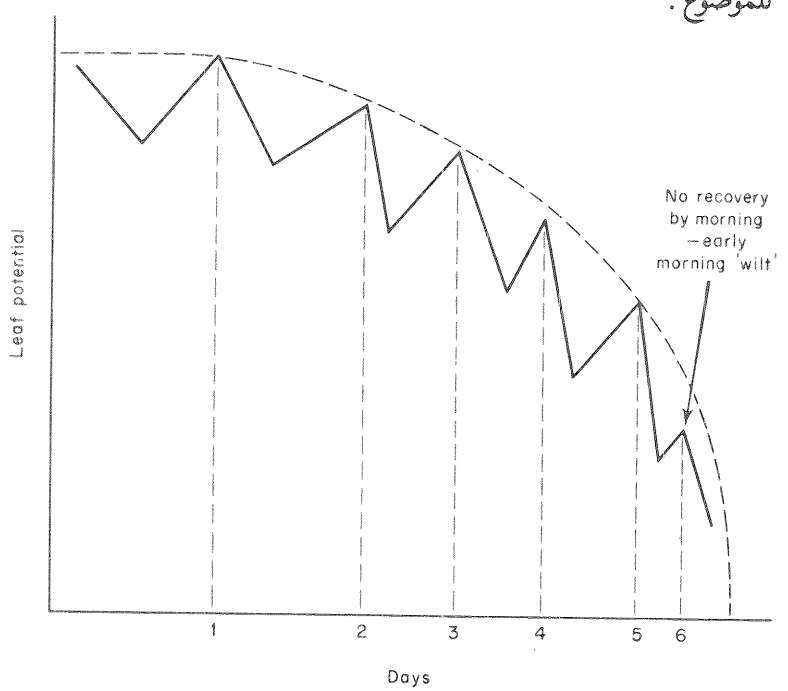
وتزداد قابليتها على امتصاص الماء ويحدث انحدار بالجهد يؤدي الى جريان الماء من الخلايا المجاورة وبالنتيجة من التربة الى الجذور. وهذه العملية تؤدي بالنتيجة الى نقصان المحتوى الرطوبي اى بمعنى زيادة الشد الشعري في محلول التربة وللحفاظ على استمرار جريان الماء يجب ان تهبط الطاقة الكامنة داخل الاوراق لاكثر حتى تصل الى مرحلة تعتمد على معدل التبخر وخصائص رطوبة التربة ثم يصل الى مرحلة التغيرات الخلوية للنبات نتيجة عدم كفاية المحتوى المائي والمسببة لاعراض الذبول الواضح التي تؤثر على نمو النبات.

وعامل اخر يسبب نقصاناً في كمية الماء الداخل الى الجذور عند درجات الجذب العالي للرطوبة من قبل التربة هو قلة الماء المتيسر للجريان نحو الجذور وذلك لان نقصان المحتوى الرطوبي يعني بقاء الماء داخل الفراغات الصغيرة فقط والتي تحتفظ به بقوة اكبر ولاتسمح للجريان الا بصعوبة بالغة، ولذلك فان انحداراً شديداً في الطاقة يكون ضرورياً لاستمرار انتقال الماء للجذور. ان التغيير اليومي في الطاقة داخل الاوراق يعتمد على الفرق بين

عمليتي التبخر وامتصاص الماء. وفي معظم النباتات تنغلق الثغور ليلاً ولايحدث التبخر الا نادراً وبسبب بقاء الانحدار بالطاقة بين الاوراق والجذور فان عملية دخول الماء للجذور تستمر وذلك لازالة هذا الفرق بالجهد.

وخلال دورة الجفاف يقل المحتوى الرطوبي للتربة ولهذا السبب تنقص بالتدريج طاقة التوازن ولذلك فعند محتوى رطوبي معين سوف لاتكفي طاقة التوازن لتمكين النبات من البقاء ومقاومة النقص في الماء، ومقاومة النقص في كمية الماء الذي يحدث خلال الايام التالية، وعليه يجب سقي النبات قبل وصوله لهذه النقطة وذلك لتجنب النقص الخطير في الحاصل. وتعد قوة جذب مسلطة من التربة على الماء بحدود من واحد الى اثنين بار أمراً عملياً ومقبولاً وامينالمعظم النباتات وهذه التوصية يجب ان تؤخذ بعين الاعتبار بعد ربطها بباقي العوامل وبخاصة كلفة عمليات الري وحساسية النبات لمعدل نفاذ رطوبة التربة.

ويكون من الضروري من الناحية العملية معرفة كمية ماء النضوب قبل الوصول لمثل هذه الحالة وخصائص رطوبة التربة وهي منحني الامتصاص – الرطوبة النسبية يعطي تصوراً شاملاً للموضوع.

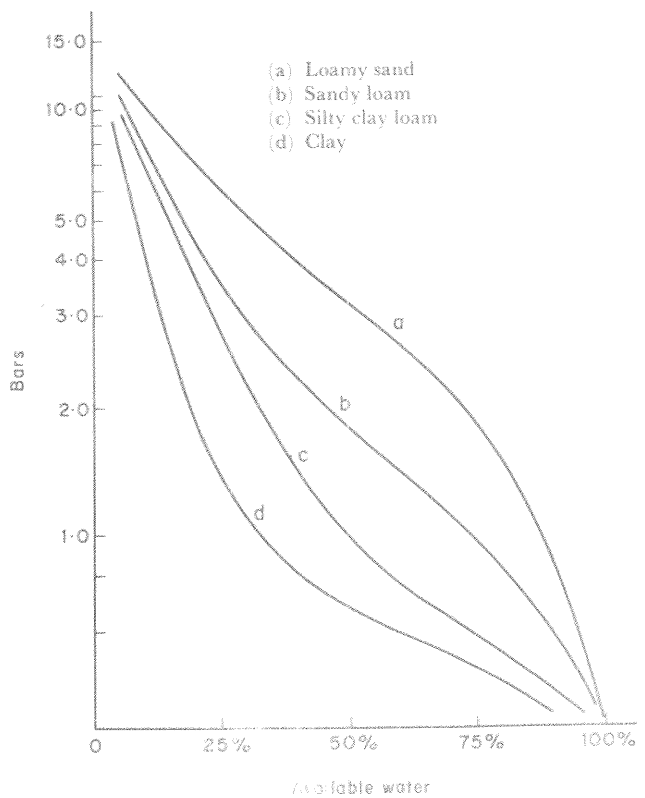


الشكل3.4التغيراليومي في طاقة الاوراق الكامنة

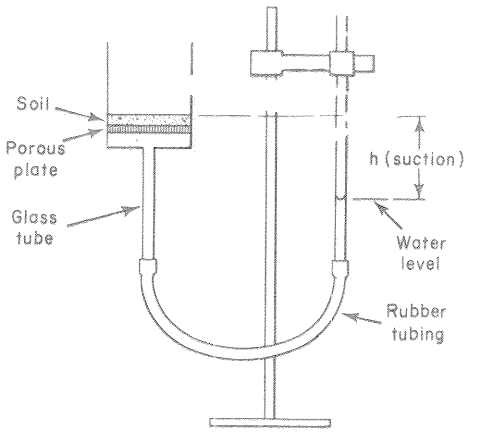
3.2.2 طرق ايجاد خصائص منحني الرطوبة

أ) طريقة مقياس الشد(المشداد) : The Tensiometer Method

ومدى هذه الطريقة من صفر الى0.8 بار يوضع نموذج من التربة المشبعة على صفيحة مسامية في جهاز كالموضح في الشكل 3.6 ثم تسلط قوى المص بواسطة خفض مستوى الماء في المانوميتر(مقياس الضغط) وعندما تصل الى حالة توازن معينة يؤخذ النموذج ويوزن ثم تستمر العملية بزيادة المص الى اعلى قيمة تبلغ حوالي0.8 بار وبعد ذلك يوجد المحتوى الرطوبي النهائي بوزن النموذج ثم تجفيفه بالفرن واعادة وزنه مرة اخرى ويستخرج المحتوى الرطوبي كنسبة مئوية للوزن النهائي الجاف (انظر 3.4) وبعدها توجد محتويات رطوبة متوسطة من وزن النموذج وتقارن هذه المحتويات بالوزن النهائي الجاف.



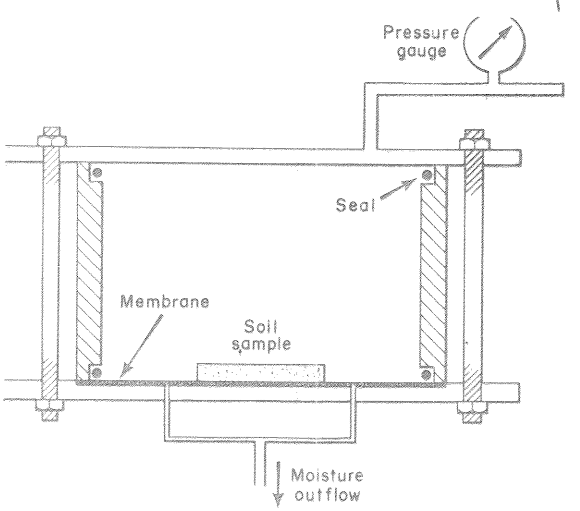
الشكل3.5 خصائص الرطوبة لانواع متعددة من التربة. الماء الجاذبي سيعرف لاحقاً في القسم



الشكل 3.6 مقياس التوتر (المشداد)

ب) جهاز صفيحة الضغط Pressure Plate apparatus

ومدى هذا الجهاز من صفر الى 100 بار. توضع النماذج المشبعة على غشاء سليلوزي رقيق نفاذ للماء (وليس للهواء) موضوع في جهاز كالموضح في الشكل 3.7 ثم يتم رفع ضغط الهواء في الوعاء مسببا جريان الماء من النموذج وخلال الغشاء حتى تصل حالة التوازن . عند هذه النقطة يكون ضغط الهواء مكافئا لقوة المص Suction Force في التربة وبالتالي يتم حساب المحتوى المائي عند كل مرحلة كما في الطريقة السابقة .

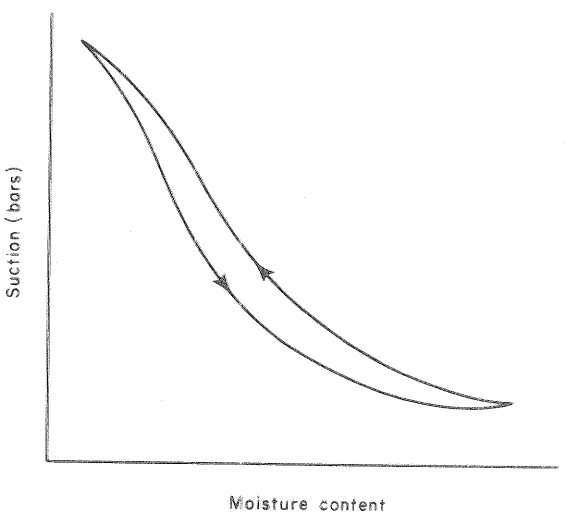


الشكل 3.7 جهاز صفيحة الضغط

3.2.3 التخلف وخصائص الرطوبة

سبق وان حددنا معنى الدورة الجافة ، ولو وجدت خصائص الرطوبة لتربة حيث يزداد المحتوى الرطوبي فانه سينتج عن ذلك منحني يختلف تماما عن السابق . وهذا التأثير يعرف بالتخلف Hysteresis ويعتقد بانه يظهر بسبب اختلاف اقطار انظمة القنوات الشعرية في كتلة التربة ، فعندما تبدأ التربة المبتلة بالجفاف فان الاجزاء الكبيرة من النظام الشعري والمملوءة بالماء سوف لن تفرغ من محتواها حتى تكون قوة المص اكثر من تلك اللازمة لتفريغ الاجزاء الصغيرة منه وعلى العكس من ذلك فعندما تبدأ التربة الجافة بالتبلل فان المقاطع ذات الاقطار الكبيرة لن تمتلئ مرة ثانية حتى تهبط قوة المص للقيمة المناظرة لقوة المص في المقاطع الكبيرة وعليه فالمحتوى الرطوبي عند اي قوة مص يميل ليكون اكثر للتربة الجافة اكثر منه للتربة المبتلة .

وهنالك نتيجة مهمة جدا لهذه الظاهرة الطبيعية تظهر عند عملية الري في ظروف المطر المتقطع وعلى الرغم من احتمال ارتفاع المحتوى الرطوبي فان قوة مص التربة لن تعاني هبوطا سريعا مكافئا .



الشكل 3.8 تأثير التخلف

3.3 تصنيف رطوبة التربة .

ان قسما من رطوبة التربة غير متيسرة للنبات ولهذا يبدو من المناسب جدا تصنيف رطوبة التربة حسب هذه الاهمية .

3.3.1 الماء الجذبي Gravitational Water

ويشغل هذا الماء المسافات الكبيرة للتربة ويصرف من التربة تحت تأثير الجاذبية الارضية والحد الاعلى لماء الجذب هو عندما تكون التربة مشبعة اي عندما تكون المسامات مملوءة بالكامل بالماء . ولهذا فان سعة التشبع تساوي مسامية التربة
والتي يعبر عنها بالمعادلة الاتية :

$$P = \frac{100(S - V)}{S} \qquad (3.1)$$

حيث ان :
p : النسبة المئوية للمسامية من الحجم الكلي
S : كثافة حبيبات التربة بالغم / سم^3
V : الكثافة الظاهرية لكتلة التربة الجافة بالغم / سم^3

ولو كانت مسامية التربة 50٪ من الحجم فانه يمكن التعبير عن سعة التشبع على اساس 500 ملم ماء لكل متر عمق من التربة او بتعبير اخر هو ان كمية الماء الموجودة عند التشبع في متر واحد من عمق التربة تبلغ 500 ملم .

ويصرف ماء الجذب من منطقة المجموعة الجذرية مالم يمنع بوساطة حاجز كطبقة صماء او بوجود ماء ارضي عالي المستوى وعملية الصرف هذه تستغرق اقل من يوم واحد في الرمل الخشن وثلاثة الى اربعة ايام في الترب الطينية الثقيلة وبسبب ظاهرة الاختفاء السريع نسبياً لهذا الماء فهو لايدرج عادة تحت خانة الماء المتوافر للنبات ولذلك يجب الانتباه فقط للوقت الذي يستغرقه هذا الماء في اثناء صرفه عند عمل حسابات دورة الري .

3.3.2 الماء الشعري Capillary Water

وهو ذلك الماء الممسوك بواسطة الشد السطحي في المسافات بين الحبيبات والحد الاعلى لهذا الماء عندما يكتمل صرف ماء الجذب خارجا ، عندها يقال ان التربة في سعتها الحقلية Field Capacity وهي الحد الاعلى للماء المتوافر للنبات لذلك يعد الماء الشعري مصدرا اساسياً من الماء المتوافر للنبات .

3.3.3 الماء المقيد Hygroscopic Water

وهذا الماء موجود على شكل غشاء رقيق جداً حول حبيبات التربة وهو ممسوك بشدة بحيث لايستطيع النبات الاستفادة منه الا في حالات نادرة من الجفاف.

3.4 تقويم الماء المتوافر للنبات

ان الماء المتوافر للنبات هو المدى المحصور بين السعة الحقلية كحد اعلى والماء المقيد كحد ادنى اي عندما يكون الماء مشدوداً بقوة الى سطوح الحبيبات بحيث لايستطيع النبات استخلاصه بسهولة لكي يبقى حياً . وعلى الرغم من وجود عدد من التعاريف لهذا الحد فانه يفضل للاغراض العملية استخدام مصطلح نقطة الذبول الدائمة Permanent wilting piont وهو المحتوى الرطوبي الذي يكون النبات عنده في حالة ذبول دائم وعند هذه الحالة لايستطيع النبات الرجوع الى حالته الطبيعية بعد اضافة الماء الى التربة وللاغراض العلمية البحتة تعرف نقطة الذبول الدائم بقوة الشد التي تسلطها التربة على الماء الذي بداخلها وقد بينت التجارب ان هذه النقطة تظهر عند قوة شد مقدارها 15 بار لمعظم المحاصيل الزراعية .

3.4.1 السعة الحقلية Field Capacity

لايجاد السعة الحقلية تبلل التربة المعنية الى نقطة قريبة من التشبع موقعياً ثم تترك للصرف الطبيعي لمدة يومين او ثلاثة بعد تغطيتها بغطاء مناسب لمنع عملية التبخر. ثم يؤخذ من مقد التربة عدة نماذج بكر Undisturbed Sample قدر المستطاع ويحسب المحتوى الرطوبي لها باستعمال فرن تبلغ درجة حرارته 105° مئوي لان اي درجة حرارة اعلى

ستعمل على حرق المادة العضوية وكذلك الزيادة في خسارة الرطوبة ولايجاد السعة الحقلية يمكن استخدام المعادلة الاتية :

$$\% \text{ السعة الحقلية} = \frac{\text{الخسارة بالوزن}}{\text{الوزن النهائي الجاف}} \times 100 \qquad (3.2)$$

ان بعض التحفظات ضرورية اذ يجب اعطاء وقت كاف بين التبلل وجمع النماذج للوصول الى حالة منتظمة وثابتة من الرطوبة وكذلك فان جمع النماذج باستمرار سوف يكون دليلاً ممتازاً لتقدم الصرف ووجود سطح ماء جوفي قريب قد يؤدي الى ظاهرة التخلف للتربة العميقة، وبذلك تحدث لها دورة ابتلال غير مشابهة لما يحدث في الطبقات العليا وعند عدم وجود سطح ماء جوفي water table فان قوة الشد وليست الجاذبية ستؤثر على الرطوبة في المناطق السفلى لمقد التربة .

3.4.2 نقطة الذبول الدائمية

للحصول على نتائج سريعة يفضل استخدام صفيحة الضغط لايجاد خصائص الرطوبة للتربة المستعملة . يعرض النموذج لضغط مقداره 15 بار ثم يقاس المحتوى الرطوبي النهائي له وتحسب نقطة الذبول كما في (3.2) اما الطريقة البديلة فتتم في حالة وجود وقت كاف وذلك بزراعة اي نبات له اعراض ذبول واضحة في اناء حاو على التربة المعنية وان يكون هذا الاناء من السعة بحيث يسمح للنبات بمد جذوره في جميع الاتجاهات وبنمو عدد لاباس به من الاوراق . بعد الوصول لهذه المرحلة يغطى سطح التربة باحكام لمنع التبخر ولا يعطي للنبات اي ماء حتى تبدو اعراض الذبول على الاوراق ، عندها يوضع الاناء في غرفة رطبة لمدة ليلة واحدة حيث تختفي اعراض الذبول فاذا استعاد النبات نشاطه فانه يجب وضع الاناء خارجاً ويعاد تسجيل الملاحظات حتى ظهور الذبول الدائمي اما المحتوى الرطوبي فيوجد بتجفيف التربة ثم تفصل الجذور خارجاً عن النموذج لايجاد الوزن النهائي الجاف لكتلة التربة .

3.4.3 مدى الرطوبة المتوافرة

ان مدى الرطوبة المتوافرة هو السعة الحقلية ناقصاً تلك التي تحدث عندها نقطة الذبول الدائمية ويعبر عنها كنسبة مئوية من وزن التربة الجافة ، ولغرض حساب عمق ماء الري فانه يجب تحويل هذه النسبة الى عمق ماء بالملمترات .

لنأخذ عموداً مبللاً من التربة وبوحدة مقطع المساحة والكتلة الكلية (W_w) تتكون من وزن التربة الجاف وما تحويه من ماء اي

$$W_w = (D \times A) + (d \times I)$$

حيث ان :

D : عمق التربة .

A : كثافة التربة الجافة (غم / سم^3) .

d : العمق المكافئ للماء الموجود داخل التربة (نفس وحدات D) .

I : كثافة الماء (تعتبر ١ غم / سم^3) .

وعليه فبعد تجفيف التربة فان وزن التربة هو (D × A) ووزن الماء هو (d × I) ولو وجدت الرطوبة النسبية (M) فانه يمكن تطبيق المعادلة الاتية :

$$M\% = \frac{d}{DA} \times 100$$

اي ان :

$$d = \frac{MDA}{100} \qquad (3.3)$$

ولو طلب d بالملميتر لكل متر عمق من التربة فان

$$d = 10MDA \qquad (3.4)$$

وهنالك نتائج نموذجية للفحوصات المذكورة اعلاه يمكن مشاهدتها في الجدولين 3.4 و 3.5 .

الجدول 3.4 نتائج فحوصات السعه الحقلية ونقطة الذبول الدائمية لعدة ترب.

نوع التربة	الرطوبة النسبية (٪وزنا) السعة الحقلية	نقطة الذبول الدائمية
طينية	45%	30%
طينية مزيجية	40	25
رملية مزيجية	28	18
رمل ناعم	15	8
رمل	8	4

الجدول 3.5 : نتائج فحوصات نموذجية للماء المتاح لعدة انواع من الترب

نوع التربة	الماء المتاح (ملم / متر من التربة)
طينية	135
طينية مزيجية	150
رملية مزيجية	120
رملية ناعمة	80
رملية	55

3.4.4 قياس كثافة كتلة التربة الجافة

تعطى الكثافة density بواسطة الوزن الجاف للتربة (غم) مقسوماً على حجمها (سم^3) ومن المناسب قياسها على نماذج تؤخذ بوساطة اسطوانات معروفة الحجم ذات جدران نحيفة (لتجنب رص التربة)

3.4.5 الماء الكلي المتاح للنبات Total Available Water

لوكان عمق المجموعة الجذرية لاي نبات مقداره D متر، فأن الماء الكلي المتاح يعطى بالمعادلة الاتية :

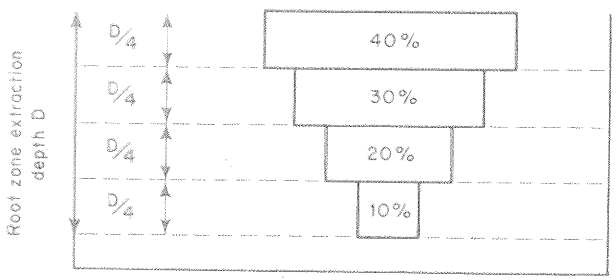
$$T_{wu} = \frac{D}{10} d \text{ mm} \qquad (3\text{-}5)$$

حيث ان d بالمليمتر ماء/ متر من التربة

وهذه المعادلة يمكن تطبيقها على الترب المتجانسة والمنتظمة وعندما تكون الظروف غير متجانسة فانه يجب اخذ الاجراءات الاتية بعين الاعتبار.

3.5 نموذج استخلاص ماء التربة بوساطة النبات

يحدث النمو الاعظم للجذور بصورة عامة في الترب المنتظمة وفي الطبقات العليا من التربة وليس في مكان اخر. وهذا الامر يؤثر على نمط استخلاص extraction pattern الرطوبة من مقد التربة soil profile بوساطة النبات فبالنسبة لانظمة الري عندما تكون رطوبة التربة عند مستويات عالية فان التقريب الاتي لنموذج الاستخلاص يكون مقبولاً لمعظم المحاصيل وفي الترب المركبة (مكونة من طبقات) فان الرطوبة المتاحة تتبدل حسب نوعية تلك الطبقة وتبعاً لذلك سيتبدل النموذج الموصوف اعلاه. وكذلك بازدياد جفاف الطبقات العليا نتيجة استخلاص الرطوبة من قبل النبات فان النموذج اعلاه سوف يتحور استناداً الى قوى الشد في كل طبقة.



الشكل 3.9 نموذج استخلاص الرطوبة من تربة متجانسة بواسطة الجذور

ان اعماق المجاميع الجذرية المعطاة في الجدول 3.6 هي للنمو غير المحصور في ترب حرة الصرف ومسمدة، وهنالك عوامل عديدة كنوعية الفلاحة المستخدمة ومحدودية طبقة التربة العلوية وعدد الطبقات تؤثر على عمق المجموعة الجذرية ونمط نمو الجذور ولغرض عمل تخمين دقيق لعمق المجموعة الجذرية فانه من الضروري فحص نمو النباتات تحت الظروف الحقلية الخاصة لكل حالة قيد الدرس.

Alfalfa	2 to 3 m	Deciduous orchards	2 to 3 m
Artichokes	1 to 3 m	Grain	1·3 m
Asparagus	2 to 3 m	Grass pasture	1 m
Beans	1 m	Clover	up to 1 m
Beets (sugar)	1·3 to 2 m	Lettuce	up to 0·3 m
Beets (table)	up to 1 m	Onions	up to 0·3 m
Broccoli	0·7 m	Parsnips	1 m
Cabbage	0·7 m	Peas	1 to 1·3 m
Carrots	up to 1 m	Potatoes	1 to 1·3 m
Cauliflower	up to 1 m	Potatoes (sweet)	1·3 to 2 m
Citrus	1·3 to 2 m	Tomatoes	2 m
Corn (sweet	1 m	Turnips	1 m
Corn (field)	1 m	Strawberries	1 m
Cotton	up to 2 m	Watermelons	2 m

الجدول 3.6 اعماق نموذجية للمجاميع الجذرية لمحاصيل مختلفة

3.6 حساب دورات الري

ان المسألة الرئيسية هنا تتضمن تخمين عمق الماء المتاح (بالمليمتر) في المنطقة الجذرية للمحصول ثم تقسيمه بمعدل استهلاك يومي (ملم/ يوم) ثم يضرب الزمن الناتج بين الريات (بالايام) بعامل يدل على كمية الماء المستنزفة قبل ان تصبح قوة الشدالرطوبي للتربة عالية جدا مما يعيق نمو النبات.

وكانت التوصيات السابقة تؤكد ان قوة الشد الرطوبي للتربة يجب ان تتراوح من واحد الى اثنين بار ومعظم الترب تفقد نصف مائها المتاح على الاقل قبل الوصول الى هذا المستوى من الشد وقد ادى ذلك لظهور قانون الابهام rule of thumb لحساب دورات الري على اساس استنزاف depletion نصف الماء المتاح.

وعلى كل حال فقد ظهرت بعض التعقيدات، ففي الترب الطينية المتنفخة فان من الصعوبة بمكان للماء ان يرتشح مالم تكون كتلة التربة في حالة تشقق والتي لاتكون كذلك حتى ينضب معظم الماء المتاح. ولذلك لايمكن تطبيق مبدأ فقدان نصف الماء المتاح. اما الترب الرملية فانها تفقد 80% عند قوى شد اقل من 1 بار وعلى اية حال فالرطوبة المتبقية عند هذه المرحلة قليلة جدا واذا اخذنا احتمال توقف السقي (لسبب ميكانيكي او اداري) عندها لايكون من الحكمة السماح للرطوبة بالنضوب الى هذا الحد قبل اعادة السقي ولهذا لايطبق مبدأ نصف الماء المتاح.

هنالك نقطة مهمة الا وهي اختلاف عمق الجذور خلال موسم النمو ماعدا لبعض المحاصيل المعمرة كالمراعي الخضر وقصب السكر (نظام هذه المحاصيل يجدد نفسه باستمرار ويمكن اعتبار الكلام اعلاه صحيحا للاغراض العملية) والتنبؤ بمعدل نمو الجذور امر صعب جدا لكثرة العوامل في هذه العملية فانه يجب الاعتماد على هذه الملاحظات الحقلية في اثناء فترة الزراعة التجريبية، وكذلك يجب ملاحظة ان الجذور لاتستطيع اختراق الترب الجافة لذلك يجب اضافة ماء كامل لتبليل التربة تحت مستوى المجموعة الجذرية خلال فترة النمو لتمكينها من التغلغل للاسفل.

3.7حركة الماء داخل الترب – الارتشاح Infiltration

ان احد العوامل المهمة جدا في تصميم انظمة الري هو معرفة معدل دخول الماء لتزويد المنطقة الجذرية. ومعدل الارتشاح للتربة هو اعظم معدل يستطيع الماء الدخول به للتربة من السطح والعاملان الرئيسيان المتحكمان بخصائص الارتشاح هما بناء التربة وقوامها فضلا عن بعض العوامل الثانوية الاخرى.

يقل معدل الارتشاح بازدياد زمن الابتلال حتى يصل الى قيمة ثابتة تساوى صفراً في الترب الطينية الثقيلة والمعادلة العامة لمعدل الارتشاح هي:

$$I = (aT^n + b) \qquad \text{ملم / ساعة} \qquad (3.6)$$

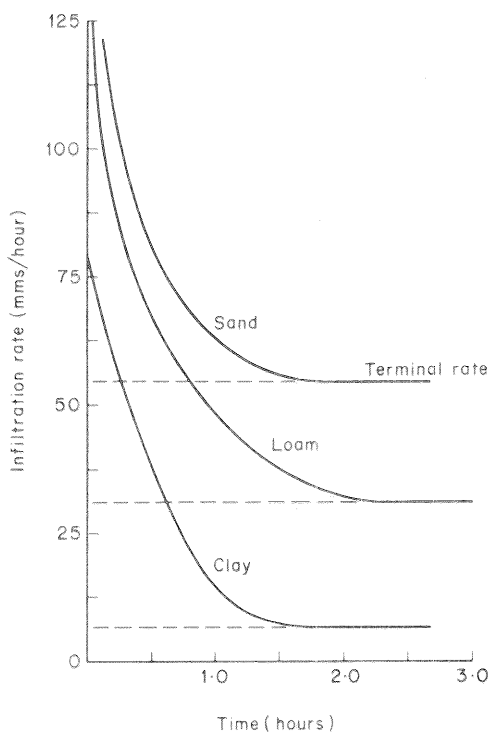
حيث ان a و b و n ثوابت و T هو زمن الابتلال المنصرم والترب التي ينتهي معدل ارتشاحها عند الصفر فان قيمة (b) تكون صفراً ايضاً.

وهذا يعني ان الارتشاح يتاثر بالمحتوى الرطوبي للتربة وبازدياد جفاف الطبقات السفلى يزداد انحدار خط الطاقة بين الجبهة المبتلة وكتلة التربة السفلية ولهذا يزداد معدل الارتشاح. والتطبيق العملي لذلك يكون باجراء تجارب تقويم معدلات الارتشاح المستخدمة في تصاميم الري على نماذج من الترب وهي بحالة مناسبة من الجفاف.

ان الماء الارضي القريب من سطح التربة يقلل معدل الارتشاح بسبب توزع الرطوبة في الطبقات القريبة وكذلك لوجود طبقة صماء قوية تؤثر على تقدم الجبهة المبتلة ولهذا فان عمق هذه الطبقة يشكل امراً مهماً في مسألة تقدم الجبهة المبتلة.

هنالك نقطة غالباً مايتم التغاضي عنها وهي تغير معدل الارتشاح اثناء موسم الري ، فمرور الماء على التربة يسبب حركة الحبيبات الصغيرة جداً للداخل مسببة غلق المسامات في الطبقة السطحية بالاضافة لما تحدثه العجلات الزراعية والتي تعمل على رص التربة وغلق المسامات اكثر ، ولهذا فان نمو الجذور في الطبقات العلوية من التربة يعزز من عملية الارتشاح ويفيدها وخاصة في الترب الطينية حيث تعمل الجذور على تكسير البناء الاصم للطين .

ان اضافة المواد العضوية للرمل يعمل على ربط الحبيبات بعضها ببعض ويعمل على تقليل معدل التشرب Intake rate اما في الترب الطينية فانها تعمل على تكسير البناء الاصم كما ذكرنا انفاً وفي كلتا الحالتين تكون الاضافة مفيدة .



الشكل 3.10 معدلات ارتشاح نموذجية لترب مختلفة .

3.7.1 قياس معدل الارتشاح لاغراض تصاميم الري

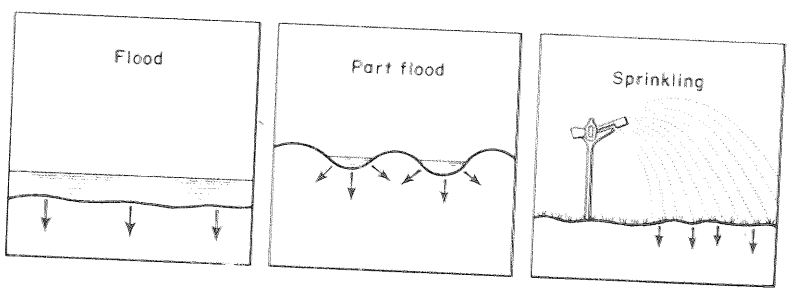
تمارس عملية الري بصورة رئيسية بثلاث طرق هي :

أ) غمر سطح التربة بالكامل .

ب) غمر جزء من السطح .

جـ) بالرش .

والطريقة المستعملة تؤثر على معدل التشرب المقاس ولهذا فانه عند تصميم نظام الري فان الطريقة المستعملة لقياس معدل الارتشاح يجب ان تحاكي قدر المستطاع ميكانيكية تشرب الماء خلال عملية الري .

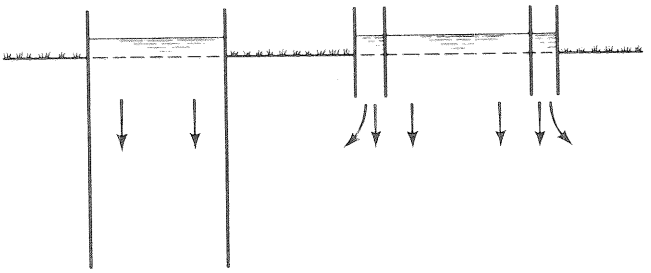


الشكل 3.11 الارتشاح تحت طرق مختلفة من الري .

3.7.2 معدلات التشرب للري بالغمر

لنفترض انه تم الحصول على نماذج مثالية فانه يمكن اتباع الطريقة (١) الموصوفة أدناه لقياس معدل الارتشاح .

ان مقياس الارتشاح (المرشاح) الشائع الاستعمال يتكون من اسطوانتين متحدتي المركز، ويبلغ قطر الاسطوانة الداخلية حوالي 40 سم والخارجية 50 سم ويتم حفظ الماء بداخلهما بنفس المستوى وبخمسة وعشرين ملمتراً فوق سطح التربة او اعلى من ذلك اذا كان هنالك احتمال ارتفاع مستوى الماء في اثناء الري ، والماء المترشح من الحلقة الخارجية يمنع التسرب الجانبي للماء الموجود بالاسطوانة المركزية وبقياس معدل الماء المضاف للاسطوانة المركزية نستطيع تخمين معدل الارتشاح وبالتالي ايجاد مقدار المتشرب المتراكم cumulative intake .



الشكل 3.12 انواع من المراشيح

3.7.3 معدل الارتشاح للغمر الجزئي (المروز)

فضلاً عن كل العوامل الاعتيادية المؤثرة على الارتشاح في التربة فان تشرب الماء يعتمد على المسافات بين المروز وعلى شكلها ، وعليه يكون من الضروري عند ايجاد معدل الارتشاح لري المروز استعمال ثلاثة مروز متوازية حيث يعمل المرزان الخارجيان كمصدرين buffers للمرز الوسطي والذي توخذ جميع القراءات منه . والطريقة الاولى تعنى بقياس الجريان الداخل والخارج من الماء لطول محدود من المرز وعند فواصل زمنية منتظمة ويمكن تحويل تشرب التربة عند اي زمن باللتر لكل ثانية الى معدل ارتشاح بالملم لكل ساعة للعرض المخدوم من التربة بوساطة المرز، وهنالك مثال عددي معطى في الفصل السادس عن هذه المسألة وبالتفصيل .

هنالك طريقة بديلة تتم باستخدام مقياس الارتشاح المروزي Furrow infiltrometer وهذا الجهاز يحتاج الى ماء اقل وتحضير للارض اقل كذلك من الطريقة السابقة وهما فائدتان جيدتان على الرغم من احتمال ظهور بعض الاخطاء بسبب عدم اختيار النماذج الجيدة ، وهنالك فائدة اخرى لهذه الطريقة تكمن في سهولة مراقبة التغيرات الحاصلة في شكل المروز وبالمسافات الفاصلة بينها. يتم انتخاب طول محدود وقصير من مرز ثم يعزل بوساطة قطعتين من الصفيح المعدني تغرسان الى عمق 150 ملم في التربة وبوضع المصدات عند نهايتي المساحة المفحوصة يصب الماء بعناية داخل المروز الثلاثة الى العمق المعتاد للري . ثم يحسب معدل التشرب بقياس معدل الماء الذي يجب اضافته للحفاظ على هذا العمق .

3.7.4 معدل الارتشاح لاغراض تصاميم الري بالرش

ان ميكانيكية الارتشاح تحت ظروف الري بالرش تختلف بصورة واضحة عن تلك التي تحدث تحت ظروف الري السطحي حيث لا توجد هناك شحنة ماء Head of water فوق سطح التربة بالاضافة الى ان ارتطام القطرات بسطح التربة يعمل على رصها وبذلك يقلل من معدل ارتشاحها . ان الطريقة المثالية لقياس معدل الارتشاح تحت ظروف الري بالرش هي باستعمال المرشات بمعدلات مختلفة من الرش وهذه العملية ليست سهلة في حالات عديدة وذلك لقلة المعدات وشحة الماء وعليه يتوجب استخدام تحويرات معينة لطريقة قياس الارتشاح ويكون ذلك برش الماء داخل مقياس ارتشاح حلقي ring infiltrometer بمعدل بالكاد يكفي لابقاء الماء بعمق قليل جداً على السطح ، اما معدل التشرب فيوجد كما في طريقة مقياس الارتشاح السابقة ويمكن جعل هذه الطريقة دقيقة جداً اذا تم الرش بفواصل زمنية تطابق دوران رأس الرشاش المائي (المرش) .

المصادر

1 DECKER, G J 'Application of the soil moisture characteristic curve', *Agricultural Engineering*, February 1953

2 GARDNER, W R 'Dynamic aspects of water availability to plants', *Soil Science*, volume 89, No. 2, February 1960

3 RICHARDS, L A 'Pressure-membrane apparatus – construction and use', *Agricultural Engineering*, October 1947

4 SHOCKLEY, D R 'Capacity of soil to hold moisture', *Agricultural Engineering*, February 1955

5 YOUNGS, E G 'The hysteresis effect in soil moisture studies', Seventh International Congress of Soil Science, Wisconsin USA 1960

6 HANSEN, V E 'Infiltration and soil water movement during irrigation', *Soil Science*, volume 79, No. 2, February 1955

7 CHILDS, E C *The Physical Basis of Soil Water Phenomena*, John Wiley, New York 1969

8 HILLEL, D *Soil and Water: Physical Principles and Processes*, Academic Press, New York 1971

الفصل الرابع

الاستهلاك المائي

ان معرفة معدل استهلاك الماء بواسطة المحاصيل وخصائص احتفاظ التربة بالمياه تعد من الامور الاساسية في تصميم نظم تجهيز المياه وجدولة عمليات الري.

ان نمط الاستهلاك المائي للمحصول مع الاخذ بنظر الاعتبار كمية المطر الساقط والفاقد نتيجة عمليات التشغيل هو الذي يقدر سعة القنوات والانابيب وخصائص المضخات والامور الاخرى.

ينتقل الماء على شكل بخار من السطوح المبللة الى الجو بواسطة عملية التبادل الاضطرابي والسطح المبلل قد يكون سطحاً مائياً طليقاً (free water surface) أو سطحاً طليق جزئياً كالثغور على اوراق النباتات، ان عدد الثغور وسعتها في الاوراق تتغيران حسب صنف النبات ونوعه ولكن كل النباتات لها القابلية على تغيير حجم ثغورها بوساطة الخلايا الحارسة guard cells ثم تقليل كمية الماء المتبخر.

والتبخر من وحدة تربة – محصول crop – soil unit يشمل التبخر من سطح التربة والنتح من النبات بوساطة اوراقه. ولو غطى النبات سطح الارض بصورة كاملة فان التبخر يحدث بصورة كاملة من خلال النبات، ولو استطاعت الجذور امتصاص الماء بمعدلات عالية بشكل كاف فان الطقس يكون المتحكم الوحيد بانتقال البخار.

ومعدل الاستهلاك الرطوبي هذا ينسب الى معدل التبخر الكامن potential evaporation rate وهو دالة للطاقة المتوفرة لتبخر الماء بالاقتران مع معدل انتقال البخار من سطح الورقة، والنتائج النموذجية لمعدل التبخر الكامن هي من واحد الى ثلاثة ملم ماء لكل يوم في الاجواء المعتدلة (المملكة المتحدة مثلا) أو من خمسة الى ثمانية ملم ماء لكل يوم في الاجواء الاستوائية الرطبة، وتصل لحد اثني عشر ملم ماء لكل يوم في الاجواء الجافة.

والتبخر الحقيقي من المحصول مقارنة بالتبخر الكامل يعتمد على :

أ) شد التربة للرطوبة حيث يقلل من امتصاص الماء من قبل الجذور الى معدل اقل من ماتستطيع امتصاصه ويظهر مايسمى بجهد الماء الداخلي internal water stress في النبات حيث يبدأ عمل الخلايا الحارسة جزئياً بغلق الثغور.

ب) الغطاء الورقي لانه يمثل في المراحل الاولية من النمو سطحاً غير متكامل لعملية انتقال البخار للجو وفي هذه الظروف يمكن فهم معدل التبخر الكامن اذا كان سطح التربة المعرض للجو مبللاً وبجفاف هذا السطح يقل التبخر من سطح التربة الى الصفر تقريباً معطياً بالنتيجة مساحة صافية لها القابلية لنقل الماء الى الجو.

ج) التغيرات الطبيعية في المحصول كموت الاوراق في فترة النضوج.

ان تقدير استهلاك المحاصيل للماء يكون بحساب جهد التبخر ومن ثم تحوير ذلك استناداًالى الفقرات المذكورة انفاً وبالتحديد فان اعظم قوة شد رطوبي للتربة وتأثيرها على التبخر والحاصل لايمكن السيطرة عليها الا من خلال تصميم المشروع وتشغيله بشكل امثل حيث يكون المردود الاقتصادي والغلة دالتين مهمتين لنجاح هذه العملية او مثلها.

وعلى الرغم من كثرة البحوث حول علاقة الماء بالنبات والصلة بين نوع المحصول والنبات فانه ليس هناك صيغة عالمية موحدة او مجموعة من الصيغ لحساب الاستهلاك المائي للنبات وان الخبرة والتجارب المباشرة هما الطريقتان المتوافرتان والاكثر اعتماداً والشروحات التالية تصف بعض الطرق العملية لعلاج هذه المسألة .

4.1 احوال الطاقة للنباتات : Energy Environment of Plants

ان التبخر من السطح المبلل يستغل الطاقة المجهزة من الاشعاع الشمسي solar radiation والتي تصل السطح الخارجي بمعدل 2 سعرة/سم٢/دقيقة مقيسة بصورة عمودية مع الحزمة الموجية Rs والاشعاع الشمسي لايصل كله سطح الارض لان الغلاف الخارجي للارض يعمل على تشتيت قسم منه، اما القسم الاخر فينعكس من على سطح الارض وما يتبقى يمتص ويدخل في العمليات الحرارية الاخرى واهمها

الانبعاث الحراري باموا‌ج طويلة ، زيادة الحرارة الكامنة للجو والتي تمثل زيادة في درجة الهواء sensible heat ، والتبخر من النبات والسطوح المبللة ان الموازنة balance بين الطاقة الداخلة والخارجة يمكن اعطاؤها بالمعادلة التالية

$$R_I = rR_I + R_B + H + E \qquad (4.1)$$

حيث أن :

R_I : الاشعاع الواصل لسطح الارض (سعرة/سم^2/دقيقة)

r : معامل انعكاس السطح (بدون وحدات)

R_B : الاشعاع الراجع باموا‌ج طويلة (سعرة/سم^2/دقيقة)

H : الزيادة في الحرارة الكامنة للجو والهواء (سعرة/سم^2/دقيقة)

E : الطاقة المتاحة للتبخر من السطح (سعرة/سم^2/دقيقة)

والبخار المتكون يعمل على تشبع طبقة رقيقة من الهواء من سطح التبخر واذا حدث ذلك فسيكون ضغطالبخارفي جوالارض القريب للطبقةالمتلامسة مع سطح التبخربنفس الضغط تقريبا وعليه ستتوقف عملية التبخر اي ان عمليتي التكاثف والتبخر في اي نظام متشبع هما عمليتان متوازنتان،ولاستمرار عملية التبخر يجب ازالة البخار المتكون والهواء المتحرك فوق سطح الارض كفيل بهذه العملية .

4.1.1 انتشار بخار الماء على الاسطح Diffusion of Water Vapour From the Surfaces

ان معدل التبخر هو دالة لمقاومة انتقال البخار خلال طبقات الهواء فوق سطح التبخر ويعتمد على انحدار ضغط البخار vapour Pressure gradient وعلى سرعة الرياح في ذلك الموقع .

وهنالك معادلة عامة للتبخر تسمى بمعادلة دالتون Dalton equation وهي شائعة الاستعمال في هذا المجال ويعبر عنها بالشكل التالي :

$$E = f(u)\,(e'_s - e) \qquad (4.2)$$

حيث ان

E : معدل التبخر (ملم/يوم)

$f_{(u)}$: دالة لسرعة الريح (متر/ثانية)

$\bar{e}_s$: ضغط البخار المشبع عند سطح التبخر (ملم زئبق)
e : ضغط البخار في الهواء العلوي المحيط (ملم زئبق)

4.1.2 استخدام معادلة الطاقة ومعادلة دالتون لحساب التبخر:

اذا امكن حل اي من المعادلتين (4.1) و (4.2) فان ذلك يعني توافر طريقة فعالة لحساب التبخر. ولكن لسوء الحظ فان كلتا المعادلتين تتضمن قياسات عند سطح التبخر وهذا يعني الاقحام في مشاكل اجهزة القياس وطرق استعمالها وصيانتها، والاجهزة المستخدمة ان توافرت فهي معقدة وحساسة للعطب وان المشكلات الحقلية تحتاج الى طرق مبنية على قياسات جوية شائعة وبسيطة.

وقد ربط بنمان PENMAN المعادلتين المذكورتين انفاً لاشتقاق الصيغة الاتية :

$$E = \frac{\frac{\Delta}{\gamma} N + Ea}{\frac{\Delta}{\gamma} + 1} \qquad (4.3)$$

حيث ان :
E : الطاقة المتاحة للتبخر
N : صافي الاشعاع اي $[R_I(1-r)-R_{\bar{B}}]$
Δ : انحدار منحني ضغط البخار المتشبع – درجات الحرارة (ملي بار/درجة حرارية مئوية) او (mb/c°)
γ : ثابت مقياس رطوبة الجو(ملي بار/م°)
Ea : يساوي $f(u)(e_s - e)$
e_s : ضغط البخار المتشبع عند درجة حرارة الهواء(ملم زئبق)
وسوف يتم شرح حل كل جزء من المعادلة وطريقته لاحقاً واما انسب وحدة للقياس فهي ملم ماء/ يوم(من الممكن ملاحظة ان سعرة/سم^2/ دقيقة هي تقريباً ١ ملم ماء متبخر/ ساعة)

$$R_I = R_s(a + bn/N_p) \qquad (4.4)$$

حيث ان Rs هو الاشعاع الداخل بالملم/ماء/يوم في اعلى الغلاف الجوي(انظر الجدول 4.1).

الجدول 4.1 قيم R_a ملم/ماء/يوم

Northern hemisphere

Month	90°	80°	70°	60°	50°	40°	30°	20°	10°	0°
JAN	—	—	—	1·3	3·6	6·0	8·5	10·8	12·8	14·5
FEB	—	—	1·1	3·5	5·9	8·3	10·5	12·3	13·9	15·0
MAR		1·8	4·3	6·8	9·1	11·0	12·7	13·9	14·8	15·2
APRIL	7·9	7·8	9·1	11·1	12·7	13·9	14·8	15·2	15·2	14·7
MAY	14·9	14·6	13·6	14·6	15·4	15·9	16·0	15·7	15·0	13·9
JUNE	18·1	17·8	17·0	16·5	16·7	16·7	16·5	15·8	14·8	13·4
JULY	16·8	16·5	15·8	15·7	16·1	16·3	16·2	15·7	14·8	13·5
AUG	11·2	10·6	11·4	12·7	13·9	14·8	15·3	15·3	15·0	14·2
SEPT	2·6	4·0	6·8	8·5	10·5	12·2	13·5	14·4	14·9	14·9
OCT	—	0·2	2·4	4·7	7·1	9·3	11·3	12·9	14·1	15·0
NOV	—	—	0·1	1·9	4·3	6·7	9·1	11·2	13·1	14·6
DEC	—	—	—	0·9	3·0	5·5	7·9	10·3	12·4	14·3

Southern hemisphere

JAN	17·6	17·3	16·5	16·6	17·1	17·3	17·3	16·8	15·8
FEB	10·7	10·5	11·2	12·7	14·1	15·2	15·8	16·0	15·7
MAR	1·9	3·6	6·1	8·4	10·5	12·2	13·6	14·6	15·1
APRIL	—	—	1·9	4·3	6·6	8·8	10·8	12·5	13·8
MAY	—	—	0·1	1·9	4·1	6·4	8·7	10·7	12·4
JUNE	—	—	—	0·8	2·8	5·1	7·4	9·6	11·6
JULY	—	—	—	1·2	3·3	5·6	7·8	10·0	11·9
AUG	—	—	0·8	2·9	5·2	7·5	9·6	11·5	13·0
SEPT	—	1·3	3·8	6·2	8·5	10·5	12·1	13·5	14·4
OCT	7·0	7·1	8·8	10·7	12·5	13·8	14·8	15·3	15·3
NOV	15·3	15·0	14·5	15·2	16·0	16·5	16·7	16·4	15·7
DEC	19·3	18·9	18·1	17·5	17·8	17·8	17·6	16·9	15·8

bga ثابتان يختلفان الى حد ما بمواقع خط العرض والجدول 4.2 يعطي معدل قيم bga لخطوط عرض مختلفة وn مدة بقاء ضوء الشمس او ساعات السطوع الشمسي مقاسة موقعياً بمسجل السطوع الشمسي sunshine recorder

N_p : اعظم مدة لاحتمال بقاء السطوع الشمسي (بالساعات) معتمدة على مواقع خطوط العرض

ان قيمة r تتبدل تبعاً للمحصول ونوع الغطاء الخضري crop cover والى حد ما على الظروف الجوية والموقع ، وقيمة مثل 0.25 لغطاء خضري كامل و0.05 لسطح مائي مفتوح تعد نموذجية واما قيمة R_B فهو الاشعاع الموجي الطويل العائد (ملم ماء/ يوم) ويمكن تخمينه من الصيغة الاتية :

$$R_B = \sigma T_a^4 (0{\cdot}56 - 0{\cdot}092\sqrt{e})\,(0{\cdot}10 + 0{\cdot}90n/N_p) \qquad (4.5)$$

حيث ان :

σ : ثابت ستيفان بولتزمان(ملم/ماء/يوم/ درجة حرارة مطلقة)

T_a : درجة الحرارة المطلقة في المواقع بالقياس المطلق

وقيم σT_a^4 يمكن مشاهدتها في الجدول 4.4

الجدول 4.2 مدة السطوع الشمسي

Maximum possible duration of sunlight in the northern and southern hemispheres expressed in units of 30 days of 12 hours each

N	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0	1·04	0·94	1·04	1·01	1·04	1·01	1·04	1·04	1·01	1·04	1·01	1·04
5	1·02	0·93	1·03	1·02	1·06	1·03	1·06	1·05	1·01	1·03	0·99	1·02
10	1·00	0·91	1·03	1·03	1·08	1·06	1·08	1·07	1·02	1·02	0·98	0·99
15	0·97	0·91	1·03	1·04	1·11	1·08	1·12	1·08	1·02	1·01	0·95	0·97
20	0·95	0·90	1·03	1·05	1·12	1·11	1·14	1·11	1·02	1·00	0·93	0·94
25	0·93	0·89	1·03	1·06	1·15	1·14	1·17	1·12	1·02	0·99	0·91	0·91
26	0·92	0·88	1·03	1·06	1·15	1·15	1·17	1·12	1·02	0·99	0·91	0·91
27	0·92	0·88	1·03	1·07	1·16	1·15	1·18	1·13	1·02	0·99	0·90	0·90
28	0·91	0·88	1·03	1·07	1·16	1·16	1·18	1·13	1·02	0·98	0·90	0·90
29	0·91	0·87	1·03	1·07	1·17	1·16	1·19	1·13	1·03	0·98	0·90	0·89
30	0·90	0·87	1·03	1·08	1·18	1·17	1·20	1·14	1·03	0·98	0·89	0·88
31	0·90	0·87	1·03	1·08	1·18	1·18	1·20	1·14	1·03	0·98	0·89	0·88
32	0·89	0·86	1·03	1·08	1·19	1·19	1·21	1·15	1·03	0·98	0·88	0·87
33	0·88	0·86	1·03	1·09	1·19	1·20	1·22	1·15	1·03	0·97	0·88	0·86
34	0·88	0·85	1·03	1·09	1·20	1·20	1·22	1·16	1·03	0·97	0·87	0·86
35	0·87	0·85	1·03	1·09	1·21	1·21	1·23	1·16	1·03	0·97	0·86	0·85
36	0·87	0·85	1·03	1·10	1·21	1·22	1·24	1·16	1·03	0·97	0·86	0·84
37	0·86	0·84	1·03	1·10	1·22	1·23	1·25	1·17	1·03	0·97	0·85	0·83
38	0·85	0·84	1·03	1·10	1·23	1·24	1·25	1·17	1·04	0·96	0·84	0·83
39	0·85	0·84	1·03	1·11	1·23	1·24	1·26	1·18	1·04	0·96	0·84	0·82
40	0·84	0·83	1·03	1·11	1·24	1·25	1·27	1·18	1·04	0·96	0·83	0·81
41	0·83	0·83	1·03	1·11	1·25	1·26	1·27	1·19	1·04	0·96	0·82	0·80
42	0·82	0·83	1·03	1·12	1·26	1·27	1·28	1·19	1·04	0·95	0·82	0·79
43	0·81	0·82	1·02	1·12	1·26	1·28	1·29	1·20	1·04	0·95	0·81	0·77
44	0·81	0·82	1·02	1·13	1·27	1·29	1·30	1·20	1·04	0·95	0·80	0·76
45	0·80	0·81	1·02	1·13	1·28	1·29	1·31	1·21	1·04	0·94	0·79	0·75
46	0·79	0·81	1·02	1·13	1·29	1·31	1·32	1·22	1·04	0·94	0·79	0·74
47	0·77	0·80	1·02	1·14	1·30	1·32	1·33	1·22	1·04	0·93	0·78	0·73
48	0·76	0·80	1·02	1·14	1·31	1·33	1·34	1·23	1·05	0·93	0·77	0·72
49	0·75	0·79	1·02	1·14	1·32	1·34	1·35	1·24	1·05	0·93	0·76	0·71
50	0·74	0·78	1·02	1·15	1·33	1·36	1·37	1·25	1·06	0·92	0·76	0·70
S												
5	1·06	0·95	1·04	1·00	1·02	0·99	1·02	1·03	1·00	1·05	1·03	1·06
10	1·08	0·97	1·05	0·99	1·01	0·96	1·00	1·01	1·00	1·06	1·05	1·10
15	1·12	0·98	1·05	0·98	0·98	0·94	0·97	1·00	1·00	1·07	1·07	1·12
20	1·14	1·00	1·05	0·97	0·96	0·91	0·95	0·99	1·00	1·08	1·09	1·15
25	1·17	1·01	1·05	0·96	0·94	0·88	0·93	0·98	1·00	1·10	1·11	1·18
30	1·20	1·03	1·06	0·95	0·92	0·85	0·90	0·96	1·00	1·12	1·14	1·21
35	1·23	1·04	1·06	0·94	0·89	0·82	0·87	0·94	1·00	1·13	1·17	1·25
40	1·27	1·06	1·07	0·93	0·86	0·78	0·84	0·92	1·00	1·15	1·20	1·29
42	1·28	1·07	1·07	0·92	0·85	0·76	0·82	0·92	1·00	1·16	1·22	1·31
44	1·30	1·08	1·07	0·92	0·83	0·74	0·81	0·91	0·99	1·17	1·23	1·33
46	1·32	1·10	1·07	0·91	0·82	0·72	0·79	0·90	0·99	1·17	1·25	1·35
48	1·34	1·11	1·08	0·90	0·80	0·70	0·76	0·89	0·99	1·18	1·27	1·37
50	1·37	1·12	1·08	0·89	0·77	0·67	0·74	0·88	0·99	1·19	1·29	1·41

To find the maximum possible duration of sunlight for any month, multiply 12 × 30 × coefficient.

الجدول 4.3 قيم المعاملين a و b .

Latitude	*Mean values*	
(*N and S*)	*a*	*b*
54°	0·21	0·55
36°	0·23	0·53
24°	0·28	0·49
13°	0·26	0·50
3°	0·25	0·44

الجدول 4.4 قيم σT_a^4

Temperature °K	°C	σT_a^4 (*mm water/day*)
273		11·22
278	5	12·06
283	10	12·96
288	15	13·89
293	20	14·88
298	25	15·92
303	30	17·02
308	35	18·17
313	40	19·38

في الصيغة (4.5) تم ادخال القوس الاخير لحساب تأثير غطاء السحاب والبقية لغرض اعطاء الاشعاع الرجعي في محيط عديم السحب ، وتتبدل المعاملات في تأثير السحب تبعاً لارتفاعها ولدرجات الحرارة ولها الصيغة العامة $[x+(1-x)n/N_p]$ وقيم x النموذجية المسجلة من 0.10 الى 0.20 في الاجواء الرطبة وتصل الى 0.30 في الاجواء الحارة .

اما بالنسبة للسطوح المائية المفتوحة فقد اعطي بنمان المعادلة العامة الاتية

$$Ea = 0{\cdot}35(0{\cdot}5 + \frac{5u}{800})(e_s - e) \text{ mm/water/day} \qquad (4.6)$$

حيث تمثل U سرعة الرياح بالكلم/يوم مقاساً عند ارتفاع مترين فوق السطح .

والمعادلة تصلح للمحاصيل القصيرة وتتحول لحساب الخشونةroughness الزائدة للسطح مقارنة بالماء ولتصبح :

$$Ea = 0{\cdot}35(1 + \frac{5u}{800})(e_s - e) \text{ mm/water/day} \qquad (4.7)$$

قيم Δ/γ و e_s معطاة في الجدولين 4.5 و4.6

الجدول 4.5 قيم Δ/γ

Temperature (°C)	Δ/γ	*Temperature* (°C)	Δ/γ
0	0·67	30	5·57
5	0·92	35	4·53
10	1·23	40	5·70
15	1·64	45	7·10
20	2·14	50	8·77
25	2·78		

الجدول 4.6 قيم e_s (ملم زئبق)

Temperature (°C)	e_s	*Temperature* (°C)	e_s
0	4·58	30	31·86
5	6·54	35	42·23
10	9·21	40	55·40
15	12·79	45	71·97
20	17·55	50	92·60
25	23·78		

4.1.3 مثال عن طريقة بنمان :

DATA

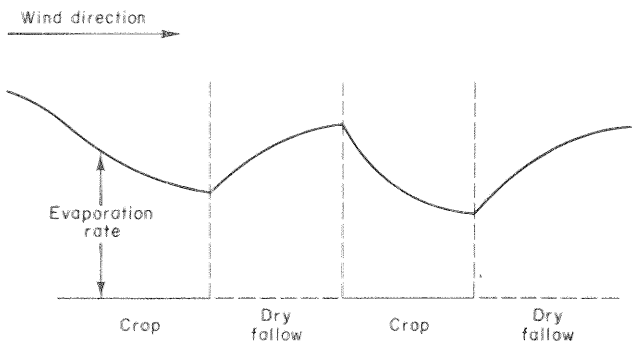
Item		
1	Air temperature (°C)	27
2	Relative humidity (%)	72
3	Sunshine (n/N_p)	0·73
4	Windspeed (km/day)	356
5	Radiation rate mm/water/day (R_s)	13·6
6	Reflection coefficient (r)	0·25
7	$(1-r)$	0·75
8	$0{\cdot}21+0{\cdot}55\ n/N_p$	0·58
9	Item 5 × Item 7 × Item 8	5·92
10a	Saturation vapour pressure (e_s)	26
10b	Actual e (Item 2 × e_s)	18·7
10c	$\sqrt{e}$	4·32
11	σT_a^4	16·34
12	$0{\cdot}56-0{\cdot}092\sqrt{e}$	0·15
13	$0{\cdot}10+0{\cdot}90\ n/N_p$	0·76
14	Item 11 × Item 12 × Item 13	1·87
15	Item 9 − Item 14 = N	4·05
16	$0{\cdot}35(e_s-e)$	2·55
17	$(1+{}^{5u}/_{800})$	3·21
18	Item 16 × Item 17 (Ea)	8·16
19	Δ/γ	3·18
20	$(\Delta/\gamma)\times N$	13·71
21	Ea	8·46
22	$\Delta/\gamma+1$	4·18
23	Emms/day	5·31
24	Emms/month	159·00

4.1.4 بعض الملاحظات على طريقة بنمان :

على الرغم من امكان تطبيق المعادلة (4.3) بصورة عامة ، فان الثوابت الوضعيةempirical constants قد تم تطويرها للمحاصيل القصيرة في المناطق الرطبة المزروعة بكثافة ولهذا فان استعمال المعادلات الوضعيةempirical equations يجب ان يحدد بالظروف المعطاة .

ففي المناطق الجافة ، قد يهب الهواء فوق مساحات شاسعة ولايوجد اي تبخر، لهذا السبب فان الحرارة المحسوسة sensible heat للهواء ستكون اعلى فيما لو هب الهواء على مساحة خضراء وعندما يعترض هذا الهواء الحار الجاف محصول ما فان حرارة اضافية لتلك المجهزة بالاشعاع ستساعد على زيادة التبخر. ان تاثيراً مهماً ولافتاً للنظر لظاهرة انتقال

الطاقة بصورة افقية في حقل مستعرض الشكل يمكن ملاحظته في الشكل 4.1 والذي يلاحظ فيه تبدل معدل التبخر عندما تهب الرياح على منطقة مزروعة وخالية منه بالتناوب .



الشكل 4.1 تبدل معدلات التبخر فوق مساحات شاسعة قسم منها مسقي والاخر يابس .

ولهذا يمكن استنتاج نقطة بالغة الاهمية وهي ان القياسات الجوية المأخوذة في موقع ما لايمكن تطبيقها لمنطقة مجاورة ما لم تؤخذ بعض المحاذير لذلك .

وقد تظهر بعض الاخطاء عند استعمال المعادلات الوضعية في ظروف غير مناسبة وتزداد حدة ذلك باستعمال معدل قيم تعتمد على قراءة او قرائتين للمقياس ، اما من الناحية المثالية فيجب قياس كل المركبات الداخلة في المعادلة وعدم الاعتماد على التخمين وان هذه القياسات يجب ان تؤخذ بفترات متكررةfrequent intervals .

ولغرض الغاء القاعدة التجريبية فقد اقترح عدة باحثين معادلة اكثر دقة(انظر المصدرين4و5) وهذه المعادلة هي كالتالي :

$$E = \frac{N\Delta/\gamma + LC(e_s - e)}{\Delta/\gamma + 1} \quad \text{ملم/ساعة} \qquad (4.8)$$

حيث ان :

$$C = \frac{\lambda_a \varrho K^2}{P} U \ln[(Z/Z_o)]^{-2}$$
$$= (1.61 \times 1)^{-7} U \ln[Z/Z_o]^{-2}$$

عند 25 م و760 ملم زئبق

λ_a : كثافة الهواء وتساوي 1.17×10^{-3} غم/سم^3

ε: نسبة الاوزان الجزئية للماء والهواء 0.622

K : ثابت ڤون كارمن Von Karmen constant = 0.42

P : الضغط الجوي بالملم زئبق

Z : ارتفاع مقياس سرعة الريح(مترين فوق سطح المحصول)

Z_o : «امتداد الخشونة» للمحصول، وهو الارتفاع فوق المحصول الذي تتلاشى عنده سرعة الريح بالمتر

U : سرعة الريح بالسم/دقيقة

e_s : ضغط البخار المشبع والحقيقي في الهواء بالملم زئبق(مقاسة عند ارتفاع مترين فوق السطح)

N : صافي الاشعاع مقاساً بالسعرة/سم^2/دقيقة

ويمكن تقريب قيمة Z_o لارتفاع الغطاء الخضري H بواسطة $\text{Log } Z_o = a + b \log H$ حيث ان a و b ثابتين يمكن اخذ معدل قيمتها a = − 1.385, b = 1.417 (المصدر السادس SELLERS)

اما باقي القيم فهي مقتبسة من ايكلستون EAGLESTON(المصدر السابع)

الجدول 4.7 قيم الخشونة السطحية

	Surface	*Roughness length (cm)*
Grass	1·5 cm high	0·2
	3·0 cm	0·7
	4·5 cm ($u = 2$ m/s)	2·4
	4·5 cm ($u = 7$ m/s)	1·7
Alfalfa	20 to 30 cm	1·4
Maize	90 cm	2·0
	170 cm	9·5
	300 cm	22·0
Sugar cane	100 cm	4·0
	200 cm	5·0
	300 cm	7·0
	400 cm	9·0

والفائدة الرئيسية للصيغة انها تتضمن عامل لخشونة المحصول crop roughness وتقويم هذا العامل امر مرهق ويحتاج لقياسات غير متوافرة دائماً وغالباً ما يحتاج مهندس الري الى حلول بسيطة وهي ليست بالضرورة دقيقة جداً لاعطاء نتائج معقولة ضمن حدود باقي ممارسات عمليات الري.

4.2 استخدام الاحواض المسطحة – المفتوحة لقياس التبخر

وهي طريقة عملية لايجاد قابلية التبخر للجو المحيط (قابلية التبخر الجوي)، وذلك بقياس فاقد الماء من سطح مائي حر. والحوض المسطح المفتوح عبارة عن وعاء يسمح لسطح الماء بالتعرض الكامل للجو ولهذا فان النتائج المستحصلة من هذا الجهاز يجب ان توضح الصلة القوية للماء المتبخر من المحصول للظروف نفسها.

وتكمن فائدة هذه الاحواض انها تجهزنا بطريقة بسيطة ورخيصة للحصول على معلومات قد يستحصل عليها بنفس الدقة من اجهزة معقدة، وقد تم استخدام انواع عديدة من الاحواض في كل انحاء العالم واشهرها الموصوف في الجدول 4.8.

الجدول 4.8 مقارنة لعدة احواض تبخر مفتوحة قياسية.

Pan	*Dimensions*	*Situation*	*Comments*
USWB Class A	1·22 m diameter 250 mm deep	Mounted 150 mm above ground surface	General use
Australian	900 mm diameter 900 mm deep Large pan 1,200 mm diameter 850 mm deep	Enclosed in larger pan filled with water to stabilize thermal behaviour. Sunk in ground	General use
British Standard	1·83 m square 610 mm deep	Sunk in ground. Rim protrudes 75 mm	General use
US Geological	900 mm square 450 mm deep	Supported by floats rim 75 mm above water surface	Measures evaporation from large surfaces of water

طريقة استخدام الاحواض: بعد ان توضع الاحواض في اماكنها المقررة يصب فيها الماء الى الارتفاع المقرر ثم يسجل الارتفاع المضبوط بواسطة محدد قياس خطافي Hook gauge ويسجل ارتفاع الماء بفواصل زمنية يتم حسابها بالساعات او الايام، ويسجل ارتفاع الماء الجديد عند هذه الفواصل والفرق بين كل ارتفاعين يمثل مقدار التبخر الحاصل لتلك الفترة.

ومسألة تحويل معدل التبخر الحوضي الى معدل تبخر كامن امر ضروري اذا اريد حساب الاستهلاك المائي للمحصول – وهنا تكمن الصعوبة – والنتائج المستحصلة من احواض متشابهة تتبدل تبعاً لمواضعها ومقدار تعرضها لاشعة الشمس.

وحوض في مساحة مروية داخل منطقة جافة سوف يعطي قراءات اوطأ من ذلك الموجود خارجها ، ومالم تكن الاحواض متماثلة لتعرضها لاشعة الشمس فان مسألة المقارنة بين نتائجها لموقعين مختلفين تبدو مسألة مستحيلة.

وانواع مختلفة من الاحواض في المنطقة نفسها تنتج عنها قياسات تبخر مختلفة وهذه الاختلافات قد لاتكون ثابتة ولكنها تعتمد على التغيرات الحاصلة في العوامل الجوية ، واما الشكل واللون فهما عاملان مهمان ، فالنتائج المستحصلة من حوض دائري لاتعتمد على اتجاه الريح ولكن المستحصلة من حوض رباعي تتاثر باتجاه الريح حيث يقرر اتجاه الريح طول مسار السطح المائي.

اما لون الحوض فانه يؤثر على انعكاس الاشعة وتبعاً لذلك على مقدار التبخر وتنظيف الحوض من وقت لاخر وازالة الترسبات منه امران ضروريان لادامته وصيانته ، وتأثير مسار الريح على الحوض يعتمد على الارتفاعات النسبية لسطح الماء وحافتهrim ولهذا يجب ان يحفظ مستوى الماء داخل الحوض عند ارتفاع ثابت قدر المستطاع.

والعلاقات بين الاحواض توجد بصورة عامة بمقارنة كمية التبخر منها بذلك الخارج عن الاسطح المائية الواسعة ، وتكون الاختلافات ناتجة عن تأثير طول مسار الريح او ارتفاع درجات حرارة السطح او انتظام طبقات الريح فوق الفسح المائية.

الجدول4.9 معاملي الاحواض المفتوحة(أسطح مائية مفتوحة او احواض)

Mean	Range	Pan
0·70	0·60–0·80	Class A
0·90	0·60–1·20	Australian
0·90	very variable	British

والان يبدو ظاهرياً ان اي صلة بين التبخر من المحصول والحوض هي صلة خاصة متفردة لذلك الحوض والمحصول والموقع . والنتائج التجريبية لمعاملي المحصول(اي نسبة استهلاك المحصول للماء الى تبخر الحوض) متوافرة ويجب استعمالها مع بعض الحذر، خصوصاً عندما تكون المعلومات المتجمعة من مساحة يمكن تطبيقها على اخرى .

وتتضمن الفروق بين التبخر من المحصول والحوض مايأتي :

أ) عدم تماثل الانعكاس من المحصول وسطح الماء– الاخير يتأثر بلون الحوض .

ب) اختلاف قطاع الريح فوق المحصول عن الذي فوق الحوض... ففي المحاصيل التي تسمح بمرور الهواء من خلالها بدلاً من المرور فوقها فقط فان النتح من الاوراق السفلية يكون كبيراً وهنا يزيد الاستهلاك المائي للمحصول عن تبخر الحوض .

ج) سعة الخزن الحراري في الاحواض امر مهم جداً لذلك يزداد معدل التبخر بارتفاع درجة حرارة الماء .

د) يكون التبخر من الاحواض مستمراً ليلاً ونهاراً ولكن معظم النباتات تغلق ثغورها خلال الظلام ويتوقف التبخر ، فالتفريق بين التبخر الليلي والنهاري في الاحواض لامناص منه .

ه) ليس ثمة في الاحواض اي مقاومة «من قبل ثغور او ما شابهها» للفقدان المائي ولهذا يجب ان يربط التبخر من الاحواض بقوة فقط بالتبخر الكامن .

ان معظم المعلومات التجريبية لمعامل المحصول تعطي بالصيغة الآتية :

$$E_a = K\, E_o \qquad (4.10)$$

حيث ان :

E_a : التبخر من المحصول

K : معامل المحصول

E_o : التبخر من الحوض

والجدول 4.10 المنشور من قبل هركريفز HARGRAVES المصدر الثاني) يعطي قيم K لانواع من المحاصيل عند مراحل نمو مختلفة تحت ظروف ملائمة لاعظم نمو واعلى انتاج في الممارسات الزراعية السائدة وقيم معامل K تاخذ بنظر الاعتبار الظلال غير الكاملة للنبات على الارض وبعض المقاومة الفسيولوجية(الوظيفية) للتبخر وتتغير هذه الامور حسب درجة رطوبة التربة والجو.

الجدول 4.10 نسب تبخر المحصول / الحوض

Percentage of crop-growing season

	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Alfalfa	0·55	0·60	0·70	0·80	0·90	0·95	0·95	0·95	0·90	0·80	0·65
Beans	0·20	0·30	0·40	0·65	0·85	0·90	0·90	0·80	0·60	0·35	0·20
Citrus and avocados	0·50	0·45	0·45	0·45	0·45	0·45	0·50	0·55	0·60	0·55	0·50
Corn	0·20	0·30	0·50	0·65	0·80	0·90	0·90	0·85	0·75	0·60	0·50
Cotton	0·10	0·20	0·40	0·55	0·75	0·90	0·90	0·85	0·75	0·55	0·35
Fruit, deciduous	0·20	0·30	0·50	0·65	0·70	0·75	0·70	0·60	0·50	0·40	0·20
Fruit with cover	Averages about 1·00 for periods of rapid growth of cover crop										
Grain sorghum	0·20	0·35	0·55	0·75	0·85	0·90	0·85	0·70	0·60	0·35	0·15
Grain, Spring	0·15	0·20	0·25	0·30	0·40	0·55	0·75	0·85	0·90	0·90	0·30
Grain, Winter	0·15	0·25	0·35	0·40	0·50	0·60	0·70	0·80	0·90	0·90	0·30
Grapes	0·15	0·15	0·20	0·35	0·45	0·55	0·55	0·45	0·35	0·25	0·20
Ladino clover	Averages about 0·95 for maximum growth										
Nuts, walnuts	0·30	0·35	0·55	0·70	0·75	0·75	0·75	0·65	0·55	0·30	0·15
Nuts, pecan	0·35	0·45	0·55	0·75	0·75	0·65	0·50	0·45	0·40	0·35	0·30
Peanuts	0·15	0·25	0·35	0·45	0·55	0·60	0·65	0·65	0·60	0·45	0·30
Potatoes	0·20	0·35	0·45	0·65	0·80	0·90	0·95	0·95	0·95	0·90	0·90
Rice	0·80	0·95	1·05	1·15	1·20	1·30	1·30	1·20	1·10	1·90	1·50
Sugar beets	0·25	0·45	0·60	0·70	0·80	0·85	0·90	0·90	0·90	0·90	0·90
Sugar cane	Varies from 0·55 to 1·00 depending upon rate and stage of growth										
Vegetable, deep rooted	0·20	0·20	0·25	0·35	0·50	0·65	0·70	0·60	0·45	0·35	0·20
Vegetable, shallow rooted	0·10	0·20	0·40	0·50	0·60	0·60	0·60	0·55	0·45	0·35	0·30

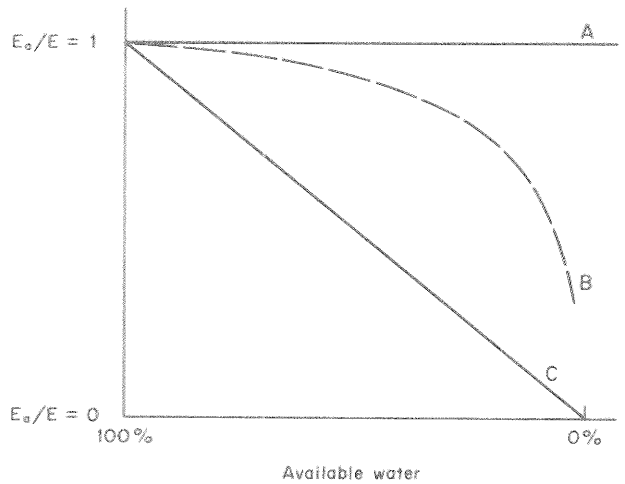
[a] Coefficients, *k*, to be multiplied by Class A Pan evaporation.

ويمكن استعمال هذه التخمينات الاولية مع مراعاة بعض الاحتياطات لاي مناخ.

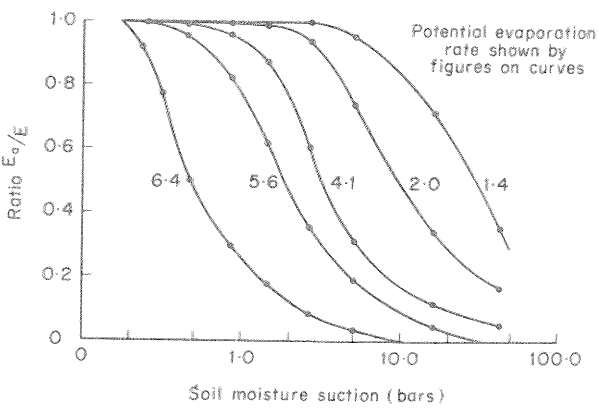
4.3 عوامل التربة والنبات المؤثرة على التبخر:

عند بعض مراحل نمو النبات وعندما تكون ظروف رطوبة التربة soil moisture واطئة فان معدل التبخر الكامن يعد غير حقيقي عندما يزداد الشد الرطوبي للتربة ، ولذلك فان انحدار الجهد بين ماء التربة والاوراق يقل ولهذا يقل معدل جريان الرطوبة والتأثير يكون

بالاقلال من التبخر من معدل الجهد E الى قيمة اخرى E_a وقد تم التوصل الى عدة منحنيات تربط العلاقة بين شد التربة وتبخر النباتات تتراوح من الخط المستقيم الافقي عندما $E_a/E = 1.0$ دلالة على جاهزية ثابتة للماء من السعة الحقلية الى نقطة الذبول الدائمية Permanent wilting point أو خط يربط $E_a/E = 1.0$ عند السعة الحقلية الى النقطة $E_a/E = 0$ عند نقطة الذبول الدائمية ، ومن المحتمل ان الموقع الصحيح للمنحني هو أي موقع توفيقي بين الخطين المذكورين اعلاه وبشكل يعكس خصائص رطوبة التربة .



الشكل 4.2 مقترحات مختلفة لتخمين انحدار التبخر مع نقصان كمية المحتوى الرطوبي .



الشكل 4.3 تأثير الطقس على انحدار التبخر مع نقص المحتوى الرطوبي للتربة

وهنالك تعقيداً اخر يظهر في الاجواء القاسية ، فعندما يتطلب الامر تجنب انخفاض رطوبة الورقة لفترة محددة فان رد فعل النظام التداخلي بين التربة والنبات يجب ان يكون سريعاً حيث ان الجذور تستطيع امتصاص الرطوبة بمعدلات ثابتة لأي حال لرطوبة التربة ، ولهذا فاعلى معدل لطاقة التبخر يعني مزيداً من الانحدار E_a/E وبالنسبة للاستعمال الحقلي فان ابسط طريقة تكون باستخدام المنحني C خلال مدة دورة الري وعليه فالاخطاء اليومية المتوقعة سوف تميل الى الانعدام اذا امكن تقويم الماء المتيسر بصورة منتظمة .

ويؤخذ بالحسبان كذلك درجة كثافة النبات ومرحلة نموه والنتح الناتج عن المحاصيل اليانعة اقل منه عند اكتمال نموها بسبب ضآلة حجم الاوراق وقلة عددها . من المعتاد في الحقل ان يتم تقدير نسبة مساحة الاوراق الى التربة ثم تقارن بالغطاء الكامل المؤثر وبسبب زيادة تأثير الرياح التي تهب خلال فترة نمو المحصول فان هذه النسبة تتراوح من 60% الى 70% من الغطاء الكامل الفعال ولو كانت المساحة مغطاة بنسبة 30% فان قيمة E_a/E تبلغ حوالي 0.50 في ظروف التربة ذات المحتوى الرطوبي العالي وتزداد هذه القيمة بزيادة شد التربة، ومن النقاط الواجبة مراعاتها عند تخمين نقطة الذبول الدائمية هي ضآلة المجموعة الجذرية في مراحل النمو المبكرة . اما احسن اسلوب يمكن الاعتماد عليه في دراسات الري العملية والتي يباشر بها قبل توافر المعلومات الحقلية فهو الموصوف في الجدول 4.10 .

4.4 طرق وضعية لتقدير التبخر:

تم استخدام كثير من الطرق التجريبية لتقدير التبخر من المحاصيل في الماضي ومعظمها يعتمد على درجات الحرارة . وتكمن فوائد هذه الطرق في اعتمادها على المعلومات الاعتيادية المقيسة (وهذا يعني امكان استعمالها في معظم المناطق) وانها تحتاج الى حسابات بسيطة فقط وعلى كل حال فان طبيعتها التجريبية تحد من فائدتها بشكل كبير. والتبخر هو دالة للنباتات وتفاعل ايجابي مع مقدار الطاقة الكلية المحيطة مع العلم ان درجة الحرارة والرطوبة نفسهما ليسا عاملين لقياس الطاقة الكلية على الرغم من تأثرها بها .

واستخدام الصيغة الوضعية يجب ان يكون محصوراً لنوع المناخ climate الذي استنبطت فيه الصيغة وحيثما يكون ممكناً فانه يجب معايرة هذه الصيغ لغرض تطبيقها في ظروف مغايرة اما باستخدام الليزومترات (الجزء 4.5) أو باستخدام طرق دقيقة جداً، لمعادلة التبخر.

واذا حدثت تبدلات موقعية في درجات الحرارة مع بقاء الرطوبة humidity ثابتة ولو بصورة ضعيفة، عندها يجب ان تستخدم طريقة قائمة على درجات الحرارة، ولو بقيت درجات الحرارة ثابتة أو متبدلة بصورة ضئيلة على مدار الفصل فان طريقة تعتمد على الرطوبة ستعطي نتائج افضل من اخرى قائمة على درجات الحرارة. وفي حالة حدوث شك فانه من المستحسن استخدام كل الطرق المتوافرة ثم اختيار الطريقة التي تعطي افضل النتائج المحتملة وهذا الامر ليس كافياً ولكن المنهج العلمي يحتم ذلك.

4.4.1 طريقة ثورن وايت The Thornthwaite Method

قدم ثورن وايت 1948 صيغة تجريبية تقوم على درجات الحرارة لتقدير التبخر الكامن وبالصيغة التالية

$$E = 16{\cdot}0\left(\frac{10\,T}{I}\right)^{a} \quad \text{ملم/ شهر} \qquad (4.11)$$

حيث ان :

T : معدل درجات الحرارة الشهري بالنظام المئوي

I : دليل الحرارة لاثنا عشر شهرً في السنة $I = \Sigma i = \Sigma (T/5)^{1{\cdot}514}$

ولكل شهر من شهور السنة و

$$a = 6{\cdot}75 \times 10^{-7}\, I^3 - 7{\cdot}71 \times 10^{-5}\, I^2 + 1{\cdot}792 \times 10^{-2}\, I + 0{\cdot}49239.$$

ويمكن اختصار طريقة الاستعمال بالشكل الاتي :

ا) اوجد متوسط درجات الحرارة الشهري لكل شهر من السنة T

ب) احسب i من المعادلة (انظر الجدول 4.12) $i = (T/5)^{1.514}$

ج) احسب I بالشكل $I = \Sigma i$ ولمدة اثنا عشر شهراً

د) احسب a (انظر الجدول 4.11)

الجدول 4.11 قيم a في معادلة ثورن وايت

I	a	I	a
10	0·664	60	1·435
15	0·753	65	1·516
20	0·825	70	1·600
25	0·902	75	1·687
30	0·978	80	1·778
35	1·054	85	1·873
40	1·128	90	1·973
45	1·203		
50	1·280		
55	1·356		

الجدول 4.12 قيم دليل الحرارة i

T (°C)	i	T (°C)	i	T (°C)	i	T (°C)	i
Less than 0	0						
0	0	11	3·3	22	9·4	33	17·4
1	0·1	12	3·8	23	10·1	34	18·2
2	0·3	13	4·3	24	10·8	35	19·0
3	0·5	14	4·8	25	11·4	36	19·9
4	0·7	15	5·3	26	12·1	37	20·7
5	1·0	16	5·8	27	12·9	38	21·6
6	1·3	17	6·4	28	13·6	39	22·4
7	1·7	18	7·0	29	14·3	40	23·3
8	2·0	19	7·6	30	15·1		
9	2·4	20	8·2	31	15·8		
10	2·9	21	8·8	32	16·6		

هـ) احسب $\left[16{\cdot}0 \left(\frac{10T}{I}\right)^{a} \right]$ للشهر المطلوب حساب التبخر الكامن فيه

و) الحسابات المذكورة انفاً تعطي قيمة التبخر الكامن غير المعدل ويمكن تحويله الى تبخر كامن حسب طريقة ثورن وايت بالتصحيح لمدة السطوع الشمسي duration of sunlight أي بالضرب بالعوامل المعطاة في الجدول 4.3 للشهر المعني

وقد طورت طريقة ثورن وايت في شرق الولايات المتحدة وعلى الرغم من محدداتها الواضحة فقد حققت نجاحاً لابأس به في المناخ الرطب في كل انحاء العالم.

الجدول 4.13 مثال عن طريقة استخدام ثورن وايت

Month	*Temperature (°C)*	*Heat index 'i'*
JAN	−2·2	0
FEB	1·0	0·5
MARCH	5·2	1·0
APRIL	9·5	2·5
MAY	13·3	4·0
JUNE	18·0	7·0
JULY	22·5	10·0
AUG	21·6	8·5
SEPT	16·3	6·0
OCT	10·6	2·8
NOV	4·3	1·0
DEC	−1·6	0

مثال : احسب مقدار التبخر الكامن لشهر تموز في المنطقة الواقعة عند 44°N وبمعدلات درجات الحرارة الشهرية الاتية (الجدول 4.13)

الحل : $\Sigma i = 43{\cdot}3 = I$

وباستعمال طريقة الاستكمال الخطي interpolation ومن الجدول 4.11 فان قيمة a هي 1.148

$$(5{\cdot}19)^{1{\cdot}184} = 6{\cdot}98 \qquad \frac{10T}{I} = 5{\cdot}19$$

ومنه نحصل على : −

ملم / شهر $E = 16 \times 6{\cdot}98 = 118$

وهذه القيمة الغير معدلة

واذا نظرنا الى الجدول 4.2 نجد ان عامل التعديل او المعايرة لشهر تموز عند 44 N° هو 1.3 ولهذا فان قيمة التبخر الكامن تبلغ

ملم $118 \times 1{\cdot}30 = 153$

4.4.2 طريقة اوليفر Oliviers Method

تنص هذه الطريقة (المصدر التاسع) على انه يمكن وصف التبخر كعملية تكاملية للتغيرات الدورية في الجو المحيط ، وتتأثر بدرجات الحرارة والرطوبة والرياح ويمكن التعبير عن معادلة دالتون بالصيغة الاتية

$$E = f(u)\ (Td - Tw) \qquad (4.12)$$

حيث ان :

T_d : درجة الحرارة الجافة لبصيلة المحرار

T_w : درجة الحرارة الرطبة لبصيلة المحرار

$f(u)$: دالة الريح

وقد وجد اوليفر اعتمادا على النتائج المقيسة بان المقدار (E/T_d-T_w) هو تقريباً واحد (اذا اخذ على مدار السنة) وان معدل الهبوط السنوي في درجات الحرارة الرطبة بالقياس المئوي يساوي معدل التبخر اليومي للسنة بالمليمتر (مقيساً بجهاز قياسي خاص يكافيء تقريباً النوع القياسي A من الاحواض المفتوحة) .

اما بالنسبة للمدد الشهرية فقد فرضت بالمعادلة الآتية :

$$E_o = aEy \qquad (4.13)$$

حيث ان :

E_o : معدل التبخر الشهري بالملم / يوم

E_y : معدل التبخر السنوي بالملم / يوم

a : ثابت مقداره واحد لمدار السنة ولكنه يتبدل مع الشهر والموقع بالنسبة

عندها استنتج اوليفر ان التبخر من المساحات الشاسعة يتاثر بصورة رئيسية بالمركبة العمودية للاشعاع الشمسي ، وان البصيلة المبللة تستجيب للاشعاع الكلي ولهذا فمن المنطقي ان يجري التصحيح للهبوط بالبصيلة المبللة وذلك باستعمال نسبة الاشعاع العمودي / الكلي . وهذه النسبة L توجد من الميل الزاوي declination للشمس ومعدلها لسنة وخط عرض واحد يسمى L_o وطريقة اوليفر تستخدم كالاتي :

أ) التخمين للصنف A من احواض التبخر : يعطى التبخر A من احواض التبخر بالمعادلة

$$E_o = (Td - Tw)/(L/L_o) \qquad (4.14)$$

حيث ان :

E_o : التبخر بالملم / يوم / للشهر المعني و L/L_o تؤخذ من الجدول و T_d/T_w معدل هبوط البصيلة المبللة للشهر (درجة مئوي) .

ب) تقدير التبخر من المحصول

ويمكن استخدام المعادلة

$$E_c = (Td - Tw)/(L^2/L_o) \qquad (4.15)$$

او

$$E_c = E_o/L$$

وان :

E_c : التبخر بالملم / يوم للشهر

واستنادا الى تجارب مؤلف الكتاب فان الطريقة (أ) صالحة للاستعمال في المناطق المفتوحة ذات السماء الصافية ، اما قيم L و L_o فيمكن اخذها من الجدول 4.15.

اما طريقة (ب) فقد اثبتت انها غير موثوق بها

الجدول 4.14 مثال لطريقة اوليفر (1953)

Month	$Td - Tw$ °C	L/L_o *for* 35 °N	E_o *mm/day*	E_o *in./day*	E *measured in/day*
JAN	1·90	1·28	1·49	0·058	0·049
FEB	2·20	1·12	1·96	0·077	0·076
MARCH	3·13	0·94	3·33	0·131	0·128
APRIL	4·23	0·85	4·98	0·196	0·205
MAY	5·63	0·80	7·03	0·277	0·275
JUNE	6·91	0·80	8·64	0·341	0·338
JULY	5·55	0·80	6·94	0·274	0·228
AUG	5·17	0·86	6·02	0·237	0·260
SEPT	4·95	0·89	5·55	0·218	0·218
OCT	4·00	1·03	3·88	0·153	0·155
NOV	2·84	1·25	2·27	0·089	0·085
DEC	2·00	1·39	1·44	0·057	0·045
			Means	0·176	0·177