ENSIAP

Environmental Sustainability of Irrigated Agriculture in Lebanon and Jordan

إدارة الري

الدليل التدريبي للمرشدين الزراعيين

ICU

Istituto per la Cooperazione Universitaria

مؤسسة التعاون الجامعي

روما - إيطاليا

ENPI CBCMED

التعاون عبر الحدود في البحر الأبيض المتوسط

مشروع ممول من الاتحاد الأوروبي

إدارة الري

دليل التدريب للمرشدين الزراعيين

المركز الوطني
للبحث والإرشاد الزراعي

عمان، الأردن
٢٠١٤

إعداد
مؤسسة التعاون الجامعي – ICU

Istituto per la Cooperazione Universitaria
مؤسسة التعاون الجامعي
روما - ايطاليا

في إطار مشروع انسياب – تحسين الاستدامة البيئية لإنتاج الزراعة المروية في لبنان والأردن

ENSIAP
Environmental Sustainability of Irrigated Agriculture in Lebanon and Jordan

الميزانية الإجمالية للمشروع تحسين الاستدامة البيئية لإنتاج الزراعية المروية في لبنان والأردن هو ١,٩٩٧,٧٣٤ يورو ويتم تمويل ذلك، بمبلغ ١,٧٩٧,٧٣٤ يورو) ٪(٩٠، من قبل الاتحاد الأوروبي) برنامج حوض البحر الأبيض المتوسط (ENPI CBC Med من خلال الجوار والشراكة الأوروبية.

مشروع مموّل من
الإتحاد الأوروبي

ENPI CBCMED

REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

إخلاء المسؤولية. وقد أعد هذا الدليل التدريبي بمساعدة مالية من الاتحاد الأوروبي في إطار «برنامج حوض البحر الأبيض المتوسط ENPI CBC ". محتويات هذا الدليل هي المسؤولية الوحيدة المؤسسة التعاون الجامعي (ICU)، ويمكن تحت أي ظرف من الظروف أن تعتبر أنه يعبر عن موقف الاتحاد الأوروبي أو الهياكل الإدارية للبرنامج.

برنامج حوض البحر الأبيض المتوسط (ENPI CBC) ٢٠٠٧–٢٠١٣ هو مبادرة متعددة الأطراف للتعاون عبر الحدود الممولة من أداة شراكة الجوار الأوروبية (ENPI). البرنامج يهدف إلى تعزيز عملية التعاون المنسجمة والمستدامة على مستوى حوض البحر الأبيض المتوسط بالتعامل مع التحديات المشتركة وتعزيز إمكاناتها الذاتية. أنه يمول مشاريع التعاون كمساهمة في التنمية الاقتصادية والاجتماعية، والبيئية والثقافية لمنطقة البحر الأبيض المتوسط. البلدان ال ١٤ التالية المشاركة في البرنامج: قبرص، مصر، فرنسا، اليونان، إسرائيل، إيطاليا، الأردن، لبنان، مالطا، السلطة الفلسطينية، البرتغال، إسبانيا، سوريا وتونس. هو سلطة الإدارة المشتركة (JMA) هي منطقة ذاتية الحكم في سردينيا (إيطاليا). اللغات الرسمية للبرنامج هي العربية والإنجليزية والفرنسية.

© 2014 ICU – Istituto per la Cooperazione Universitaria / ENSIAP project

مقدمة

أن الزيادة في احتياجات المياه المنزلية والصناعية في لبنان والأردن على حد سواء قد أدى إلى انخفاض كبير في المياه المتاحة لأغراض الري. هذا هي المسألة الأساسية للبلدان النامية والتي تستخدم ما يقارب ٨٠ ٪ من المياه المتاحة في مجال الزراعة على الرغم من أنها ليست المشكلة الوحيدة، فهنالك الإفراط في استنزاف المياه الجوفية ومحدودية استخدام أساليب الري الصديقة بالبيئة وتعرض المياه والتربة للتلوث من خلال الممارسات الزراعية الغير ملائمة فيما يتعلق بممارسات التسميد وحماية النبات (المبيدات). وباعتبار الحاجة الماسة إلى تعزيز السياسات على الصعيد الوطني والإقليمي، ينفذ مشروع «انسياب» سلسلة من الأنشطة كمساهمة للحد من الآثار البيئية السلبية للزراعة المروية على الموارد الطبيعية وتغير المناخ. وعلى وجه الخصوص، يستخدم المشروع نهج التطبيق على ثلاثة مستويات: على مستوى المزارع، من خلال الأخذ بالابتكارية ومورد المحافظة على الممارسات الزراعية، بما في ذلك استخدام مصادر الطاقة المتجددة تدعمها أنشطة التدريب؛ وعلى الصعيد المؤسسي، من خلال بناء القدرات في أفضل الممارسات الزراعية وتقديم الدعم للشبكات المؤسسية على أساس إقليمي مع التركيز بصفة خاصة على استخدام الدقة في الزراعة المروية؛ وأخيراً على مستوى المجتمع المدني، من خلال زيادة التوعية العامة للأنشطة المتعلقة بالمياه والقضايا البيئية بما في ذلك الاستخدام المناسب لمصادر الطاقة المتجددة.

إن برنامج حوض البحر الأبيض المتوسط "ENPI CBC" والممتد من ٢٠٠٧-٢٠١٣ هو مبادرة تعاون متعددة الأطراف عبر الحدود تمولها "ENPI" بحيث يهدف هذا البرنامج إلى تعزيز عمليات التعاون المستدامة والمنسجمة على مستوى حوض البحر الأبيض المتوسط بالتعامل مع التحديات المشتركة وتعزيز إمكاناتها الذاتية. كما أن البرنامج يمول مشاريع التعاون كمساهمة في التنمية الاقتصادية والاجتماعية والبيئية والثقافية لمنطقة البحر الأبيض.

تم إعداد الدليل التدريبي هذا للاستخدام من قبل المرشدين الزراعين وفنيي الري أو القرية أو الحي الذين يرغبون في زيادة قدراتهم على التعامل مع قضايا الري على مستوى المزرعة بهدف تحسين سلوك المزارعين المتعلقة بإدارة المياه. وجاءت دليل التدريب هذا كجزء من بناء القدرات بشأن ممارسات إدارة الري المناسبة لدعم الشبكات المؤسسية على مستوى إقليمي من خلال أنشطة بناء القدرات المتعلقة بالمياه والقضايا البيئية. ولقد إحتوى دليل التدريب هذا على مواد تهدف إلى توفير الدعم لمبادئ إدارة الري بغاية تحسين التفاعل بين المزارعين ومصادر المعرفة وكسب المهارات وتوسيع الثقة والاطمئنان للمزارعين في المعلومات الواردة.

الأهداف الممثلة لهذا الدليل هي: (١) توفير معلومات أساسية عن التخطيط الناجح للري بالتنقيط بما في ذلك جمع البيانات ، وتقدير الاحتياجات المائية للنبات ، وجدولة الري، وتصميم شبكة الري، والمراقبة والتقييم ، والممارسات الإدارية، (٢) تجهيز الإرشاد الزراعي بمبادئ تشغيل وإدارة نظم الري على مستوى المزرعة ضمن أسس علاقات النبات بالتربة والماء ، (٣) تأهيل المرشدين الزراعيين بالمهارات اللازمة لتحسين كفاءة استخدام المياه على مستوى المزرعة مع الحفاظ على مستوى الإنتاج الأمثل، (٤) تحسين قدرات المرشدين الزراعيين على تحديد وحل المشاكل العملية التي تواجه معظم المزارعين في الأردن وفي مختلف مناطق المملكة ولمختلف موارد المياه والتربة.

ويركز محتوى الدليل التقني على مفاهيم التخطيط الناجح للري بالتنقيط والمراقبة والتقييم. حيث قدم هذا الدليل نظريات علاقات التربة والماء والنبات بالتفصيل. وبالإضافة إلى ذلك، ناقش الدليل منهجيات تقدير الاحتياجات المائية للنبات من خلال مقارنة المتطلبات والمميزات وعيوب كل منهج. كما وأعطيت أهمية كبرى لجمع البيانات الدقيقة، والمراقبة، والمقارنة المرجعية بما في ذلك أرشفة البيانات من أهمية حيوية لتحقيق إدارة ري ناجحة.

تم إعداد ورقة "قائمة التقييم المرجعي" لتقييم نظم الري بالتنقيط وتقييم المنهجيات المعتمدة والمتبعة على مستوى المزرعة، وخطة جدولة الري، وخطة المراقبة، وخطط التقييم والصيانة، وتقنيات حفظ التربة ولماء وفعالية هذه الممارسات في تحسين كفاءة نظام الري المستخدم.

الفهرس

مقدمة

المقدمة	٨
١. تخطيط نظام الري	**٩**
٢. جمع البيانات	**٩**
٣. تقدير الاحتياجات المائية للنبات (CWR)	**١١**
٣,١. استيعاب مصطلح (ET)	١١
٣,٢. تقدير التبخر والنتح (ET)	١٢
٣,٣. تقدير التبخر والنتح المرجعي للنبات ET_o	١٢
٣,٤. تقدير الاحتياجات المائية للنبات	١٤
٤. جدولة الري	**١٦**
٤,١. تقدير النسبة المئوية لمنطقة الترطيب (P)	١٦
٤,٢. تقدير أعماق الري الصافي والإجمالي	١٦
٤,٣. تقدير الفترات الزمنية للري، الفترات الزمنية لإدارة الري ، ومدة الري	١٧
٤,٤. حساب تدفق النظام و تدفق النقاط وعدد الوحدات الفرعية	١٨
٥. تصميم الري	**١٩**
٥,١. خصائص واختيار النقاط	١٩
٥,٢. حساب خسائر الاحتكاك وتحديد أحجام الأنابيب	٢٠
٥,٣. التجهيزات و الملحقات	٢١
٥,٤. إختيار المضخة	٢٢
٦. تقييم شبكة الري بالتنقيط	**٢٣**
٦,١. كفاءات النقل والتطبيق والتخزين	٢٣
٦,٢. معامل إختلاف تدفق النقاطات (CV) وتجانس الإنبعاثات (E_u)	٢٤
٦,٣. كفاءة استخدام المياه (WUE)	٢٥
٧. مراقبة وإدارة الري	**٢٥**
٧,١. المبادئ العامة وطرق قياس وضع المياه	٢٦
٧,٢. ما هو "الري الناقص"؟	٢٦
٧,٣. انسداد النقاطات وإحتياجات الفلترة	٢٧
٧,٤. برنامج الصيانة	٢٩
٧,٥. برنامج التسميد	٣٠
٨. قياس المرجعية وأرشفة البيانات	**٣٠**

الملحق أ: الدليل المرجعي العملي الميداني

المقدمة

إن التربة والماء والهواء والضوء (أشعة الشمس) هي المتطلبات الرئيسة لنمو جميع المحاصيل الحقلية. حيث يوفر نظام التربة الوسط والاستقرار لنمو النبات؛ فالتربة تقوم بتخزين المياه والمواد الغذائية التي يمكن للنبات امتصاصها من خلال نظمها الجذرية. ومن ناحية أخرى، إن أشعة الشمس هي مصدر الطاقة الرئيسي الضرورية لنمو النبات، بينما يسمح الهواء النباتات إلى "التنفس". وبالتالي معرفة التفاعلات بين هذه النظم مهم جداً للتعامل مع النبات. وينبغي على المزارعين والمرشدين الزراعيين قياس وتقدير الخواص الفيزيائية والكيميائية الرئيسية من هذه النظم قبل الشروع في أي أنشطة ميدانية.

على سبيل المثال، معرفة الكميات الحقيقة من الاحتياجات المائية للنبات هي نقطة حيوية لبقاء النبات على قيد الحياة. بدون ماء لا يمكن للنبات أن ينمو ، بينما كثرة توافر الماء في التربة قد يؤثر سلبياً على النبات وزيادة مخاطر التلوث المحتملة من تدفق مياه التربة إلى المياه الجوفية. وهكذا، فإن كمية مياه الري وجدولة أوقاته والذي يعرف باسم "جدولة مياه الري" تتوقف ليس فقط على مدى توافر ونوعية الموارد المائية المتاحة فحسب، ولكن أيضا على الاحتياجات المائية للنبات وعلى مستوى الملوحة في التربة. وبالتالي فإنه من الضروري تحديد الاحتياجات المائية للنبات بدقة.

يتم عادة تصميم الري استناداً إلى نتائج جمع البيانات وجدولة الري. فهنالك عدة معايير يجب أن تتبع لتحديد أحجام أنابيب الخطوط الفرعية والوسطى والرئيسية. ووفقاً لتصميم شبكة الري، يمكن تحديد متطلبات المضخة اعتماداً على بعض القواعد الأساسية. وعلى الرغم من أن هذه القضايا تبدو صعبة ومعقدة ، حاول المحتوى التقني لهذا الدليل تبسيط هذه المفاهيم قدر المستطاع للقراء.

أخيرا، أخذ هذا الدليل أيضا بعن الاعتبار الإدارات المختلفة لمياه الري لتحسين الإنتاجية النباتية واستدامة موارد الأرض تجنباً لأي تلوث غير متوقع لأنظمة التربة والنبات والمياه الجوفية. ويبحث هذا الدليل أيضا القضايا التقنية من أجل تحديد كيفية تطبيق الأنواع المختلفة من إدارات الري، بما في ذلك تحسين نوعية مياه الري ، والحد من تشدد التربة، وتحسين حفظ التربة للماء ، وتمكين أفضل جدولة الري ، وتمكين صيانة وبرامج التسميد. كما ويركز هذا الدليل أيضا على المقارنة والقياسات المرجعية وأرشفة البيانات لتحسين أداء المزرعة على أسس متقدمة من الإدارة. وهذا يستند إلى التدابير المتعلقة بقياس كفاءات الري ضمن الزراعة المروية واستدامة موارد المياه في إلا نتاج النباتي، وتقييم الأداء البيئي الذي يقيس آثار الزراعة المروية على موارد الأراضي والمياه.

المحتويات التقنية الرئيسية لهذا الدليل، والذي يعكس مواضيع التدريب، هي على النحو التالي:

	موضوع التدريب
الجزء ١ :	مقدمة إلى تخطيط نظام الري
الجزء ٢ :	جمع البيانات
الجزء ٣ :	تقدير الاحتياجات المائية للنبات
الجزء ٤ :	جدولة الري
الجزء ٥ :	تصميم شبكة الري
الجزء ٦ :	تقييم نظام الري بالتنقيط
الجزء ٧ :	إدارة ومراقبة الري
الجزء ٨ :	قياس المرجعية وأرشفة البيانات

١- تخطيط نظام الري

الري كمصطلح هو التلاعب البشري بالدورة الهيدرولوجية من أجل تحسين إنتاجية وجودة النبات ولتقليل الأثر الاقتصادي للجفاف. وبصفة عامة، يتحقق الري لأحد الأسباب التالية:

- زيادة الإنتاجية حيث المياه هي المحدد،
- تعديل التربة أو البيئة المناخية المحيطة عن طريق الغسل والاستصلاح والحماية من الصقيع،
- التقليل من مخاطر الكوارث الناجمة عن الجفاف كنقص الغذاء وفقدان النباتات ذات القيم العليا،
- زيادة سكان مناطق القاحلة والفقيرة لإعادة توزيع السكان أو كخط دفاع وطني.

ووفقا للوضع الاقتصاد العالمي الحالي ، يمكن القول أن "الري في العديد من البلدان هو فن قديم كقدم الحضارة، ولكنه يعتبر الآن من الفنون العصرية من منطلق البقاء على قيد الحياة". ولذلك، يعتبر تخطيط وإدارة الري مصطلح زراعي متقدم عوضاً عن المفهوم الهندسي البسيط. ويتطلب تصميم نظام ري خالي من العيوب المعرفة بالخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة والتغير المكاني وعلاقة النبات بالتربة والماء. ويشمل تخطيط الري عموماً ما يلي : المسح الإستطلاعي، المسح الميداني المفصل ، جمع البيانات، جدولة الري، تصميم شبكة الري، تركيب الشبكة ، المراقبة ، التقييم والصيانة.

٢- جمع البيانات

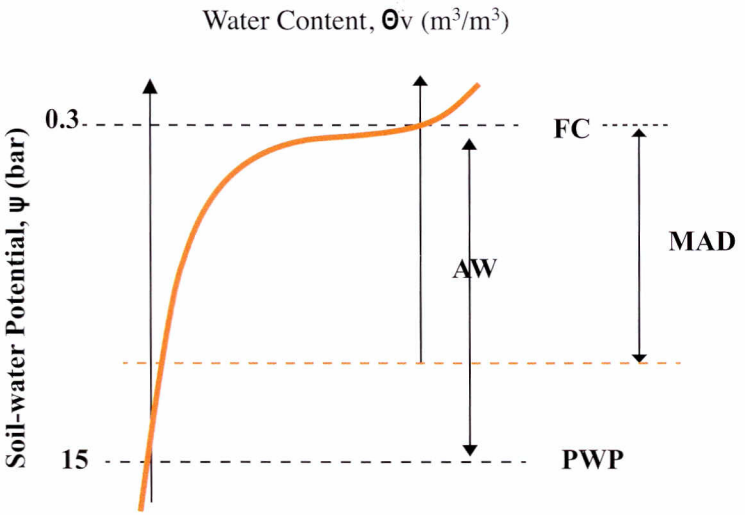
ينبغي جمع البيانات بعناية لضمان الأدارة السليمة لنظام الري. كما ينبغي أن تشمل البيانات التي يتم جمعها على الأقل الخصائص الرئيسية لموارد التربة، والنبات، والمناخ، والمياه ونظام الري. هذه البيانات مهمة من أجل: (١) تحديد جدولة الري ،(٢) تصميم نظام الري، (٣) تحديد وإختيار النقاطات المناسبة (٤) مراقبة نظم التربة والماء والنبات.

وينبغي أن تشمل بيانات التربة قياس نسيج التربة، بناء التربة، كثافة التربة ، قدرة تماسك الكدرات، علاقات التربة بالماء، معدل رشح التربة للماء، الموصلية الهيدروليكية للتربة، حموضة وملوحة التربة، نمط تبلل وترطيب التربة بالماء. ومن ناحية أخرى فإن معرفة خصائص النبات هام جداً لتحديد الاحتياجات من أنظمة التربة والماء والبيئة المحيطة. كما وتشتمل البيانات مراقبة مراحل النمو والإنتاج، وعمق الجذور ومقاومة الملوحة، والخصائص النباتية المتعلة بالاحتياجات المائية. كما وتختلف النباتات في توزيع الجذور والعمق وفقاً للبيئة المحيطة بها، وتختلف في مقاومتها لملوحة التربة تبعاً لخصائصها التركيبية والفسيولوجية. كا وتختلف النباتات أيضا في مقدار الاحتياجات المائية للنمو. فبعض النباتات قد تتطلب كمية منخفضة من المياه كالأعلاف والمحاصيل، بينما تتطلب بعض النباتات الأخرى كميات كبيرة من المياه كالأرز وكأشجار الموز.

البيانات المناخية وبيانات مصادر المياه المتغيرة مع الزمن أيضا هامة. وبما أن الظروف المناخية هي دالة لنمو النبات، فتختلف الاحتياجات المائية تبعاً لحالة المناخ ومرحلة النمو. ومن ناحية أخرى، يمكن أن يكون مصدر المياه متغير خلال الموسم الزراعي وبهذا فإن المعرفة بهذه التغيرات في كميات ونوعيات مياه الري مهم جداً للتخطيط السليم والأمثل لإدارة الري.

محتوى التربة من الماء هو مكون بيئي بالغ الأهمية لنمو النبات والنمو الميكروبي والتفاعلات الكيميائية في التربة. وهو متغير كبير في الزمان والمكان، ولكن الفهم الجيد إلى حد ما لهذه المعلمة بحاجة إلى أن يتحقق كي يكون المنفذ بيئي ناجح. محتوى الماء في التربة يمكن التعبير عنه على أساس كتلي (كجم / كجم) أو على أساس حجمي (م٣/م٣). وهناك العديد من الطرق قد تم تطوير تقنياتها لقياس محتوى التربة من الماء. كل تقنية لها أسلوب منفرد بمزايا وعيوب من حيث الاستخدام والتكلفة والدقة والموثوقية. وهذه الطرق تنقسم إلى فئتين، المباشرة كأسلوب القياس الكتلي وغير المباشرة كالتقنيات النووية (مثل المجس النيوتروني ومجس أشعة غاما) وتقنيات الكهرومغناطيسية (مثل جهاز القياس الزمني للانعكاس (TDR)، وجهاز المقاومة، وجهاز السعة المكثفة). وبالنسبة لمعظم التقنيات المطبقة في الميدان، تستخدم غالباً أجهزة السعة المكثفة ومجسات القياس الزمني للانعكاس في إدارة نظم الري الآلية.

إن معرفة علاقة التربة بالماء كعلاقة "منحنى الشد الرطوبي للتربة " مهمة جداً للإدارة الناجحة. النبات يستهلك المياه المخزنة في التربة خلال الفترات بين الأمطار أو الري. أثناء ممارسات الري، يرشح الماء في التربة ثم يبدء بالتماسك والالتصاق من قبل النسيج الصلب من نظام التربة خاصة في المسامات الدقيقة. عندما تكون جميع المسامات (الكلية والجزئية) مملوءة بالمياه، يطلق عليها مصطلح "حالة التشبع». ومع ذلك، لا يمكن للنبات استهلاك المياه المتحركة إلى الأسفل بالطاقة الجاذبية، وبالتالي واعتماداً على نسيج التربة، فمياه الجاذبية تتوقف بعد ١–٣ أيام (الترب الرملية تحتاج إلى عدد أقل من الأيام مقارنة مع الترب الطينية). ومن ثم تصل التربة إلى الحد الأقصى من قدرتها في مسك الماء ، ويمكن التعبير عن كمية المياه في هذه النقطة بالسعة الحقلية (FC).

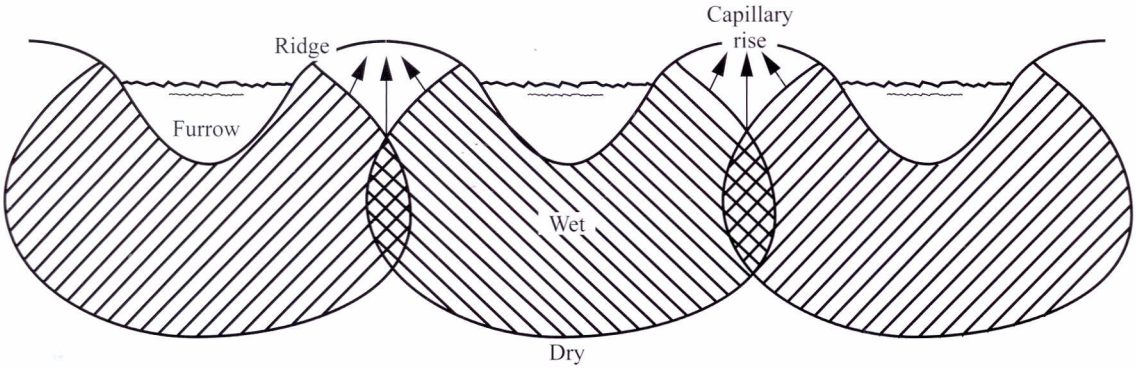


Soil-water sorption curve

ولقد تم فرض هذه النقطة بشد رطوبي مساوي ٠,٣ بار مما يعني أن النباتات يمكن أن تمتص المياه عند هذه النقطة بوجود فارق قدرة إجمالي بين خارج وداخل الخلية بـ ٠,٣ بار فقط. هذه النقطة تعبر عن أعلى قدرة تخزين للتربة، ومن ثم إذا أبقى المزارع نظام التربة طوال الوقت في هذه المرحلة، فسيتحقق إنتاج المحاصيل أو النبات الأمثل إلى أعلى مستوى. ومع ذلك، يتم إبقاء النبات عملياً إلى استنزاف الماء المخزن في التربة إلى مستوى أدنى. المرحلة التي يبدأ النبات يذوي بسبب نقص المياه المخزنة في نظام التربة تسمى مرحلة الذبول. ومن ثم نقطة «الذبول الدائم» والتي تعبر عن كمية الماء في التربة التي يموت عندها النبات بسبب الجفاف والعطش (عموما تكون ضمن شد رطوبي ١٥ بار).

الفرق بين السعة الحقلية ونقطة الذبول يسمى بالماء المتاح للاستنزاف من قبل النبات. وتختلف الترب في مقدار قدرتها التخزينية تبعاً لخصائصها الفيزيائية. فمن المهم معرفة هذه العلاقة لتحديد أعماق وجدولة الري. كما وتختلف النباتات في القدرة على استنزاف المياه دون الحد من الغلة. فيسمى مصطلح " الاستنفاذ المسموح به إداريا" (MAD) على النسبة المئوية من المياه المتاحة التي يمكن أن تستخدم أو تستنفذ من قبل النبات مع الحفاظ على العائد بفارق غير معنوي عن أقصى إنتاج (٩٠–٩٥٪ تبعاً للدقة المطلوبة). وعموماً، يتم تصنيف الاستنفاذ المسموح به إداريا إلى ثلاث فئات، ٤٠٪ للنباتات ذات الجذور الضحلة، ٥٠٪ للنباتات ذات الجذور المتوسطة و ٦٠٪ للنباتات ذات الجذور العميقة.

إن نمط التبلل أو الترطيب تحت نظام الري بالتنقيط أيضا يعتبر كدالة تفاعل المياه في التربة. عادة في الزراعات المتقاربة، التداخل بين مناطق الترطيب مفيد لتغطية منطقة الجذر كاملة. ومع ذلك، يلاحظ وجود شكل (V) في التربة الرملية. ويمكن استخدام الصبغة كتقنية لتحديد منطقة الترطيب تحت الري من واحد أو أكثر من نقاطة.



حموضة التربة والملوحة تؤثران على كلا جدولة الري خاصة فيما يتعلق بجزء الغسيل وبرنامج التسميد وعلى برنامج الصيانة. الترب ذات الملوحة العالية تتطلب علاجات و/أو نسبة إضافية من الغسيل كضمان بيئي لملائمة نمو الجذور. التربة ذات الملوحة أعلى من $4dS \cdot m^{-1}$ تصنف بكونها مالحة. وبسبب اختلاف قدرة النباتات على مقاومة ملوحة التربة ، تختلف كميات مياه الغسيل. وتقسم النباتات تبعاً للحد الذي يبدأ الغلة بالتناقص تدريجياً من أعلى إنتاج وحتى الصفر. ومن المهم معرفة أن الأملاح يمكن أن تؤثر على نمو النبات من خلال أكثر من طريقة مثل الآثار السمية المباشرة والآثار غير المباشرة كالتناضح.

كما ويجب مسح الأراضي ميدانياً بسبب اختلاف وتموج التضاريس (الارتفاع والانحدار) ولابد من تحديد التغيرات المكانية للخصائص بصورة متقدمة. وهكذا يمكن تحديد إتجاه المنحدر أو متطلبات التسوية بعد توفر هذه الخرائط. كما أن هذه الخرائط تساهم أيضا في تصميم الري والإدارة. فإن خصائص التربة والنبات ليست محض عشوائية في المناظر الطبيعية ولكن لديها بعض الترتيب المكاني (عدم التجانس). إذا كانت البيانات هي ذات ارتباط مكاني، فسيؤثر هذا على تقدير القيم في المناطق الغير محددة. التنبؤ المكاني هو الإجراء الحسابي لتقدير التغيرات في الحقل (Variogram)، حيث يتم دمج المعرفة بالتغيرات المكانية للتنبؤ بالقيم الموجودة في المواقع الغير مرصدة.

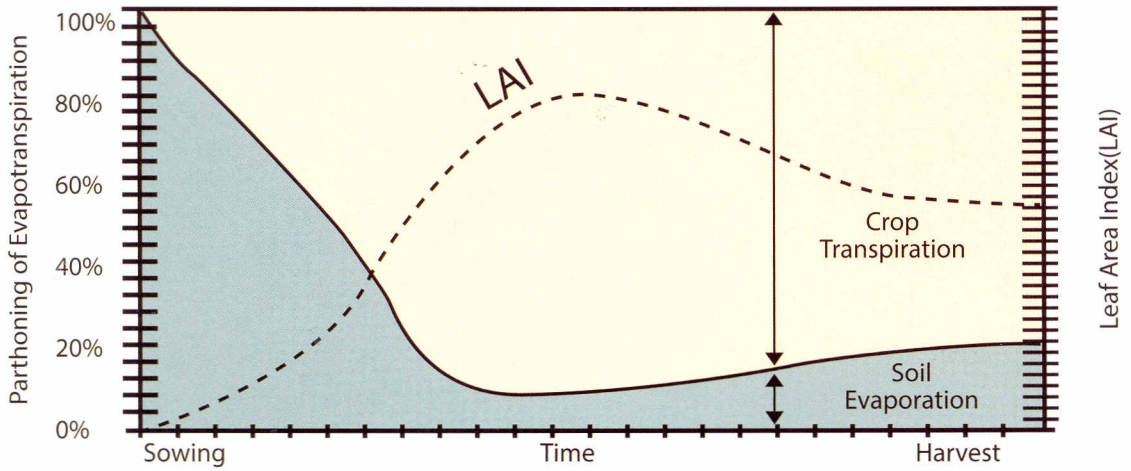
٣- تقدير الاحتياجات المائية للنبات (CWR)

إضافة القليل جداً من الماء سوف يقلل من إنتاجية النبات، بينما إضافة الكثير من المياه سوف يهدر الطاقة والمياه المستغلة والنفايات والمغذيات، بالإضافة إلى استنزاف المياه الجوفية. ولذلك، التقدير أو القياس المناسب للاحتياجات المائية مهم ومطلوب بدقة. في جميع البلدان النامية، إمدادات المياه في التربة ليست على المستويات المثلى، ونادراً ما تكون صحيحة خلال موسم الزراعة. ولذلك، تحدث خسائر كبيرة في نمو النباتات والمحاصيل موسمياً بسبب انخفاض سوء الإدارة والكفاءة، وسنوياً بسبب العجز المتكرر أو المستمر في تقدير المياه المستنزفة من قبل النبات.

الاحتياجات المائية للنبات (CWR) تعرف بأنها "كمية الماء اللازمة للتعويض عن فقدان التبخر والنتح (ET) من الحقول المزروعة". وعلى الرغم من أن قيم ET وقيم الاحتياجات المائية للنبات متطابقة ، إلا أن الاحتياجات المائية للنبات تشير إلى كمية المياه التي تحتاج أن تتوفر للنبات ، بينما مصطلح ET تشير إلى كمية المياه المستنزفة من قبل التبخر والنتح.

٣-١. استيعاب مصطلح (ET)

في الواقع إن مصطلح (ET) هو دمج ما بين عمليتي الكتلة والطاقة بحيث تربط الطاقة بدورات المياه ، وهي ليس من السهل قياسها. فهي تمثل أكبر جزئية هيدرولوجية "الخسارة"، وثاني أكبر مكون للدورة الهيدرولوجية. المصطلح (ET) هو مجموع كمية المياه الناتجة من النباتات خلال عملية النمو وكميات التبخر من التربة والغطاء النباتي. وتحدث عمليتي التبخر والنتح في وقت واحد ظن وليس هناك أي وسيلة سهلة للتمييز بين هاتين العمليتين.

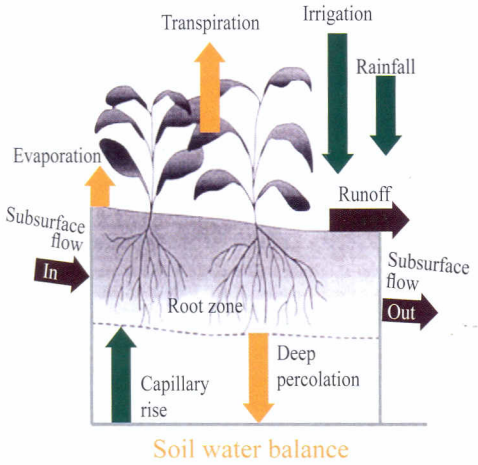


إن معدل التبخر هو العملية التي يتم تحويل الماء السائل إلى حالة غازية (تحدث فقط عندما تتوفر المياه) من خلال نقل الطاقة الحرارية (فقدان الماء من التربة والسطوح المائية الحرة) وتقتضي بأن تكون نسبة الرطوبة في الغلاف الجوي أقل من السطح المتبخر (في الرطوبة النسبية ١٠٠ ٪ لا يكون هنالك أي تبخر). وهي تمثل في الواقع عملية إنتقال الكتلة الذي ينتج من التدرجات في توزيع تركيز كتلة بخار الماء (أي التدرج في الرطوبة المحددة). وبالتالي يعتمد التبخر من سطح التربة على: (١) حالة التربة السطحية ، (٢) نسبة التظليل أسفل النبات، (٣) كمية المياه المتاحة. ويتم تقدير كمية التبخر من التربة من خلال فقط المعرفة بالأحوال الجوية.

بينما يعبر معدل النتح عن تبخر الماء في وقت محدد من خلال الثغور الصغيرة أسفل أوراق النبات والتي تستخدم مباشرة في بناء الأنسجة النباتية. ويعتمد النتح مثل التبخر المباشر على الإمداد بالطاقة والبخار وتدرج الضغط والرياح. العوامل المؤثرة في معدل النتح هي (١) الإشعاع ودرجة حرارة الهواء والرطوبة الجوية والرياح، (٢) محتوى الماء في التربة وقدرة التربة على نقل الماء إلى الجذور، (٣) الخصائص النباتية والجوانب البيئية المحيطة والممارسات الزراعية.

وهناك العديد من العوامل التي تؤثر على معدل وكمية التبخر والنتح. فمعلومات الطقس والتي تشمل الإشعاع الشمسي (تأثيرها طردي) ، درجة حرارة الهواء (تأثيرها طردي)، ورطوبة الهواء (تأثيرها عكسي) ، وسرعة الرياح تؤثر بطرق مختلفة. كما أن الخصائص النباتية أيضا تؤثر على معدل ET من خلال نوع النبات، والصنف، ومرحلة النمو، وخشونة الأوراق، ونسبة الغطاء الأرضي، وعمق الجذور، وإرتفاع النبات ومقاومة النتح.

وبالإضافة إلى ذلك، تؤثر الإدارة والبيئة أيضا على معدل ET من خلال ملوحة التربة، وخصوبة التربة، والتسميد، والسيطرة على الأمراض ومكافحة الآفات، وإدارة التربة، واستخدام البقايا النباتية، والكثافة النباتية، ومحتوى الماء في التربة (مشروطة بحجم العجز في المياه ونوع التربة).



Soil water balance

٣-٢. تقدير التبخر والنتح (ET)

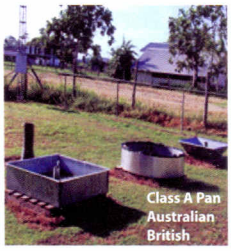
هناك أربع طرق مختلفة لتقدير الاستهلاك المائي للنبات: (١) الموازنة المائية في التربة وذلك باستخدام جهاز يدعى "الليسيميتر"، (٢) توازن وحفظ الطاقة ، وهنالك العديد من المعادلات العالمية المستخدمة مثل بنمان مونتيث، منظمة الأغذية والزراعة-٢٤، رايت وجنسن، رايت، جنسن هايز، هارجريفز، بلاني كريدل، والتبخر الحوضي، (٣) فسيولوجيا النبات، (٤) الأساليب التجريبية.

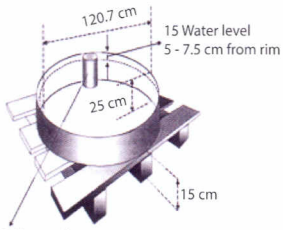
ويعتمد أسلوب الموازنة المائية في التربة على تقييم تدفق المياه الواردة والصادرة في منطقة جذور النبات في فترة معينة من الزمن.

$$ET = I + P - RO - DP + CR \pm \Delta SF \pm \Delta SW$$

حيث أن (I) الري، (P) الأمطار،(R) الجريان السطحي، (D) الصرف، (CR) إرتفاع الماء بالخاصية الشعرية، (SFΔ) التغير في التدفق تحت السطح و (SWΔ) التغيير في محتوى الماء في التربة خلال فترة من الوقت.

يتطلب أسلوب الليسيميتر على عزل النبات ومنطقة الجذور من بيئتها والسيطرة على العمليات التي يصعب قياسها ميدانيا. ويمكن استخدام معادلة توازن المياه في التربة ثم تحديد الاحتياجات المائية للنبات على أساس يومي مع درجة كبيرة من الدقة. يتم قياس فقدان المياه في الليسيميتر الوزني مباشرة من خلال التغيير في الوزن مع الزمن، وبذلك يمكن حساب الاحتياجات المائية الفعلية للنبات بدقة لبضع مئات من المليمتر، ويمكن اعتبار فترات زمنية صغيرة مثل ساعة. بينما في الليسيميتر الحجمي، يتم تحديد الاحتياجات المائية للنبات لفترة زمنية معينة من خلال ضخ و قياس مياه الصرف الزراعي التي تتجمع أسفل الليسيميتر وطرحها من كميات المياه المضافة على التربة. ويشترط في نظم الليسيميتر أن يكون الغطاء النباتي متابطق على حد سواء داخل وخارج الجهاز (تطابق في الارتفاع ومؤشر مساحة الورقة). ونظراً لصعوبة وتكلفة الليسيميتر بالإضافة إلى تطلب الرعاية الخاصة في البناء والتركيب والتشغيل والصيانة، فيقتصر استخدامها لأغراض إجراء البحوث.


Class A Pan Australian British



Stilling well

٣-٣. تقدير التبخر والنتح المرجعي للنبات ETo

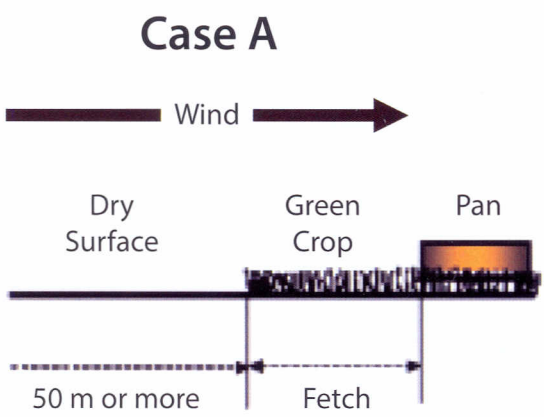
في حالة تقدير الاحتياجات المائية للنبات بالطرق الغير مباشرة ، يتم استخدام التبخر والنتح المرجعي (ET_o). حيث تم تصميم التبخر والنتح المرجعي للسطوح المرجعية المزروعة بالحشائش أو البرسيم ، والتي تمثل الغطاء النباتي الأخضر ذات لارتفاع المتجانس وبنمو متماثل وتظليل كامل للأرض. وتستخدم عموما البيانات المناخية لتقدير التبخر والنتح المرجعي ، ومن أهمها: درجة حرارة الهواء (المتوسط والحد الأدنى والأعلى اليومي)، رطوبة الجو (متوسط ضغط البخار اليومي، رطوبة الجو الدنيا والعليا اليومية)، بيانات الضغط الجوي (الجافة و الرطبة)، درجة حرارة الندى، الإشعاع (المتوسط الصافي اليومي)، سرعة الرياح (المتوسط اليومي)، وبيانات الموقع (الإرتفاع و درجات خط الطول والعرض).

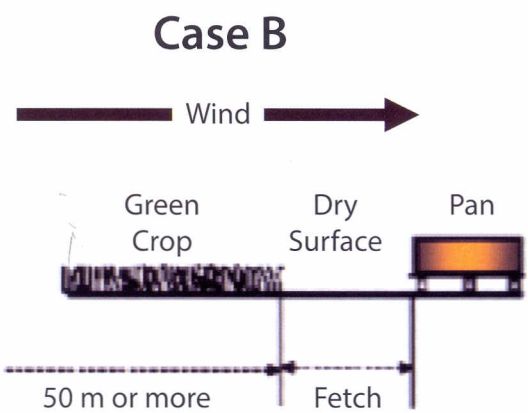
هناك العديد من الأساليب المتبعة لتقدير التبخر والنتح المرجعي، وتلك التي تعتمد على درجة الحرارة، أو على الإشعاع، أو على مزيج من الحرارة والإشعاع. وهنالك العديد من المعادلات والمتوفرة في العديد من البرمجيات يمكن استخدامها وهي بلاني كريدل (١٩٥٠)، ماكينك (١٩٥٧)، نموذج بنمان (١٩٤٨)، ثورنثويت (١٩٤٨)، هارجريفز (١٩٥٦)، جينسن هيز (١٩٦٣)، هامون (١٩٦٣)، هالمسروم (١٩٦٩)، لينكر (١٩٧٧)، هراجريفيس و سامانى (١٩٨٢ و ١٩٨٥)، سليتر و مكلروي (١٩٦١)، بريستلي تايلور (١٩٧٢)، ماكينك، ترك، إلخ.

إن إختيار أفضل أسلوب يعتمد على توافر البيانات المطلوبة في أقرب محطة رصد جوي. وعموماً في بعض الحالات التي لا يتوفر بيانات جوية قريبة يمكن استخدام أسلوب «حوض التبخر». ويعتبر حوض التبخر من الطرق العملية السريعة لتقدير الإحتياجات المائية اليومية للنبات وهو يعبر عن الظروف الجوية ضمن نطاق صغير (داخل المزرعة) وبالتالي يتغير تبعاً للظروف المحيطة للحوض.

ويعتبر أسلوب «حوض التبخر» عن التكامل بين التبخر من سطح المياه الحر والتبخر والنتح المرجعي من خلال استخدام معامل الحوض (K_{pan}). وينبغي قياس التبخر من سطح المياه الحر (E_{pan}) على أساس يومي. يتم تحديد معامل الحوض باستخدام الجدول أدناه وفقاً لسرعة الرياح ودرجة رطوبة الجو والغطاء النباتي المحيط للحوض

وعموماً هناك حالتين من حوض التبخر، حالة (A) عندما تكون السطوح المجاورة للحوض مزروعة بنبات دائم الخضرة، والحالة (B) للأسطح الجافة المحيطة للحوض. ينبغي على المرشد الزراعي التفريق بين الأسلوبين والقدرة على حساب التبخر والنتح المرجعي من خلال المعادلة التالية:





Pan coefficients (K_p) for Class A pan for different pan siting and environment and different levels of mean relative humidity and wind speed (FAO Irrigation and Drainage Paper No. 24)

Class A pan	Case A: Pan placed in short green cropped area				Case B: Pan placed in dry fallow area			
RH mean (%) →		low <40	medium 40-70	high >70		low <40	medium 40-70	high >70
Wind speed ($m\ s^{-1}$)	Windward side distance of green crop (m)				Windward side distance of dry fallow (m)			
Light	1	.55	.65	.75	1	.7	.8	.85
<2	10	.65	.75	.85	10	.6	.7	.8
	100	.7	.8	.85	100	.55	.65	.75
	1000	.75	.85	.85	1000	.5	.6.	.7
Moderate	1	.5	.6	.65	1	.65	.75	.8
2-5	10	.6	.7	.75	10	.55	.65	.7
	100	.65	.75	.8	100	.5	.6	.65
	1000	.7	.8	.8	1000	.45	.55	.6
Strong	1	.45	.5	.6	1	.6	.65	.7
5-8	10	.55	.6	.65	10	.5	.55	.65
	100	.6	.65	.7	100	.45	.5	.6
	1000	.65	.7	.75	1000	.4	.45	.55
Very strong	1	.4	.45	.5	1	.5	.6	.65
>8	10	. 45	.55	.6	10	.45	.5	.55
	100	.5	.6	.65	100	.4	.45	.5
	1000	.55	.6	.65	1000	.35	.4	.45

ويمثل نموذج بنمان–مونتيث أفضل طريقة اعتمدتها منظمة الأغذية والزراعة والتي يمكن أن تستخدم في حالة توفر جميع بيانات الطقس. يوفر هذا النموذج معياراً لمقارنة الإحتياجات المائية للنبات في فترات مختلفة من السنة أو في مناطق أخرى أو مع نبات آخر ذات صلة. ولقد تم تفضيل هذا الأسلوب نظراً بكونه يدمج ديناميكيات الإشعاع والحرارة في نظريات التقدير. فعلى الرغم من أن هذا الأسلوب متاح في جميع البرمجيات ومتصل حديثاً مع كل محطة رصد جوي، ينبغي على المرشد الزراعي أن يكون قادراً على استخدام هذه الطريقة لحساب الاحتياجات المائية اليومية للنبات من خلال تقدير النتح والتبخر المرجعي على النحو التالي:

$$ET_O = \frac{\Delta\,(Rn - G) + p \times Cp \times \dfrac{(e_a - e_d)}{r_a}}{\Delta + y\,(1 + \dfrac{r_c}{r_a})}$$

$$ET_O = \frac{0.408 \times \Delta\,(Rn - G) + \gamma\left(\dfrac{900}{T - 273}\right) \times U_2\,(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma\,(1 + 0.34\,U_2)}$$

$$y = \frac{0.386\,P}{L}, \quad \Delta = 2\,(0.00738\;\; T \;\; + 0.8072\,)^7 \; - \; 0.00116$$

حيث أن (ET_o) هو النتح والتبخر المرجعي بوحدة مم/يوم، (R_n) صافي الإشعاع على سطوح النبات بوحدة MJ/م٢/يوم، (G) سرعة تدفق حرارة التربة بوحدة MJ/م٢/ يوم، (T) درجة حرارة الهواء اليومي على إرتفاع ٢م، (U_2) سرعة الرياح اليومية على إرتفاع ٢م بوحدة م/ثانية، (e_s) ضغط البخار المشبع بوحدة kPa، e_s - e_a العجز في ضغط البخار المشبع بوحدة kPa) . Δ) ميل منحنى ضغط البخار بوحدة kPa/درجة مئوية، (C°) ثابت بوحدة kPa/درجة مئوية.

٣-٤. تقدير الاحتياجات المائية للنبات

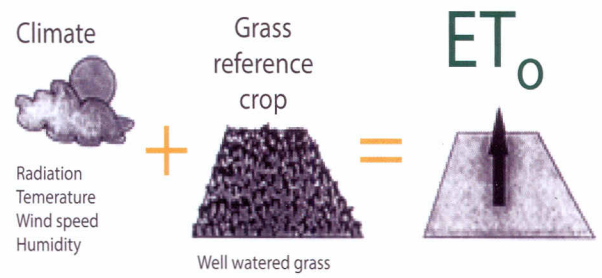
إن مجموع التبخر والنتح من النباتات المسمدة جيدا وخالية من الأمراض والتي تزرع في الحقول الكبيرة تحت ظروف مياه التربة الأمثل وتحقق كامل الإنتاج تحت ظروف مناخية معينة تسمى "التبخر والنتح للنبات تحت الظروف القياسية (ET_c)". ويمكن حسابها باستخدام المعادلة التالية، حيث أن Kc هو معامل النبات:

$$ET_c = K_c \cdot ET_o$$

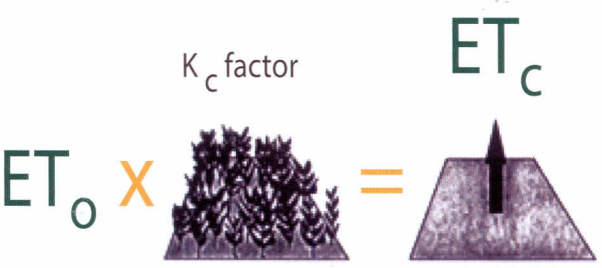
إن الاختلافات في تركيب النبات، وخصائص الثغور، والخواص المتعلقة بديناميكية الهواء والإنعكاس الحراري على سطوح النبات تؤدي لإختلاف جوهري في كمية التبخر والنتح الحقيقي للنبات تحت الظروف القياسية عن التبخر والنتح المرجعي تحت نفس الظروف المناخية. وبسبب الاختلافات في الخصائص النباتية خلال موسم ومراحل النمو، يتغير معامل النبات (Kc) تبعاً لذلك من مرحلة البذرة وحتى الحصاد..

ومن ناحية أخرى ، يطلق اسم "التبخر والنتح للنباتات تحت الظروف الغير قياسية» (ET_{cadj}) في الحالات التي تزرع بها النباتات تحت إدارة وظروف بيئية مختلفة عن الظروف القياسية (ظروف غير مثلى). ويمكن جرد العوامل التالية والتي تقلل من التبخر والنتح القياسي: إرتفاع ملوحة التربة، فقر خصوبة التربة، محدود الأسمدة، ووجود آفاق التربة الصلبة والتي لا يمكن اختراقها بسهولة، غياب السيطرة على الأمراض والآفات، عجز المياه أو إرتفاع منسوب المياه في التربة، الممارسات الزراعية وأسلوب

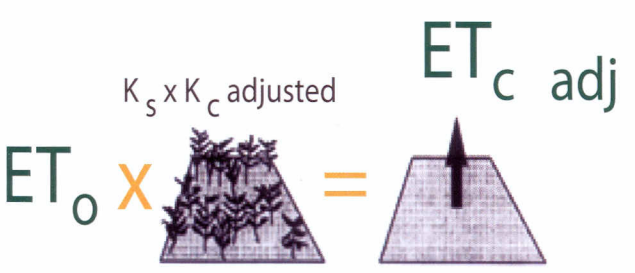
الري الغير متقن، عدم وجود مصدات الرياح، استخدام الغطاء البلاستيكي (الملش) أو الأغطية الغير منفذه للأشعة، والإدارة الخاطئة للترب الفقيرة. ويتم حساب التبخر والنتح للنباتات تحت الظروف الغير قياسية باستخدام معامل إجهاد مياه (K_s) و/أو عن طريق تعديل معامل النبات (K_c) لجميع أنواع القيود البيئية المذكورة مسبقاً.



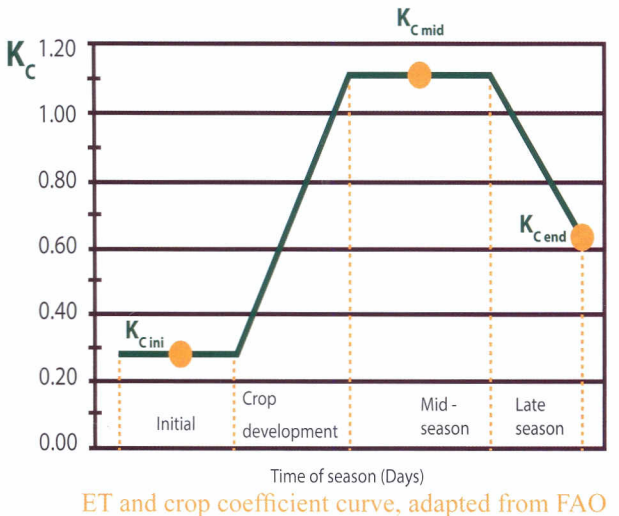
إن معامل النبات مهم جداً لتحويل النتح والتبخر المرجعي إلى قياسي حقيقي للنبات. وهو يعبر عن مجموع نسب الاختلافات الفيزيائية والفسيولوجية بين النبات الحقيقي والمرجعي بما في ذلك الخصائص الأولية الستة التالية: ارتفاع النبات، معدل الانعكاس الحراري من سطوح النبات والتربة، مقاومة النبات، التبخر من التربة ولاسيما المعرضة مباشرة إلى أشعة الشمس، إختلاف أنواع وأصناف النباتات ونسبة التغطية تبعاً لمراحل النمو، والاختلافات في تركيب أوراق النبات وخصائص الثغور. هناك طريقتان لتقدير معامل النبات: (١) معامل النبات الأدنى (K_{cb}) والتي تم تبنيها من قبل رايت وبروت، و(٢) معامل النبات المتوسط (K_{cm}) والتي تم تبنيها من قبل منظمة الأغذية والزراعة رقم ٢٤.



إن معامل النبات المتوسط (K_{cm}) هو الأكثر شيوعاً حيث يوفر هذا الأسلوب معامل النبات وفقاً لمرحلة النمو. ولقد قامت منظمة الأغذية والزراعة بتقسيم نمو النبات إلى أربع مراحل رئيسية:



المرحلة البدائية: وهي الفترة من مرحلة البذرة أو التشتيل حتى أن يبدأ النبات بتغطية الأرض بنسبة تقارب ١٠٪ للمحاصيل الحقلية أو عندما تبدأ الأشجار بالتوريق.



ET and crop coefficient curve, adapted from FAO

مرحلة النمو المتصاعد: وهي الفترة ما بين نهاية المرحلة البدائية وتستمر حتى الوصول إلى تغطية كاملة للأرض (تغطية الأرض ٧٠–٨٠ في المائة) للمحاصيل الحقلية أو عندما تبدأ الأشجار بالتزهير ؛ وهذا لا يعني بالضرورة أن المحصول في أقصى ارتفاع له.

مرحلة منتصف الموسم: وتبدأ هذه الفترة في نهاية مرحلة النمو المتصاعد وتستمر حتى إكتمال النمو؛ وتشمل تكوين الثمار وإعداد الحبوب.

مرحلة آخر الموسم: وتبدأ هذه الفترة في نهاية مرحلة منتصف الموسم ويستمر حتى آخر يوم من الحصاد؛ ويشمل ذلك النضوج.

ونظراً لتغير قيم معامل النبات المتوسط تبعاً لنوع النبات ومرحلة النمو، فلقد قامت منظمة الأغذية والزراعة بجدولة معامل النبات لكل مرحلة نمو للنباتات الأكثر شيوعاً كما في الجدول أدناه. ويتوجب على المرشد الزراعي القدرة على استخدام الجدول التالي لتحديد معامل النبات تبعاً للزراعات المتوفرة في كل مزرعة.

K_{cm} at each stage for most common crop. Adapted from FAO.

المحصول	بداية الموسم	نمو المحصول	منتصف الموسم	الحصاد
فاصوليا خضراء	٠.٣٥	٠.٧٠	١.٠٠	٠.٩٠
فاصوليا	٠.٣٥	٠.٧٥	١.١٠	٠.٩٥
ملفوف	٠.٤٥	٠.٧٥	١.٠٥	٠.٩٠
جزر	٠.٤٥	٠.٧٥	١.٠٥	٠.٩٠
قطن	٠.٤٥	٠.٧٥	١.١٥	٠.٧٥
خيار	٠.٤٥	٠.٧٠	٠.٩٠	٠.٧٥
باذنجان	٠.٤٥	٠.٧٥	١.١٥	٠.٨٠
فستق	٠.٤٥	٠.٧٥	١.٠٠	٠.٧٥
خس	٠.٤٥	٠.٦٠	١.٠٠	٠.٩٠
ذرة حلوة	٠.٤٠	٠.٨٠	١.١٥	١.٠٠
ذرة	٠.٤٠	٠.٧٥	١.١٥	٠.٧٠
بطيخ	٠.٤٥	٠.٧٥	١.٠٠	٠.٧٥
بصل اخضر	٠.٥٠	٠.٧٠	١.٠٠	١.٠٠
بصل	٠.٥٠	٠.٧٥	١.٠٥	٠.٨٥
بازيلاء	٠.٤٥	٠.٨٠	١.١٥	١.٠٥
فلفل	٠.٣٥	٠.٧٥	١.٠٥	٠.٩٠
بطاطا	٠.٤٥	٠.٧٥	١.١٥	٠.٧٥
سبانخ	٠.٤٥	٠.٦٠	١.٠٠	٠.٩٠
قرع	٠.٤٥	٠.٧٠	٠.٩٠	٠.٧٥
ذرة رفيعة	٠.٣٥	٠.٧٥	١.١٠	٠.٦٥
شمندر	٠.٤٥	٠.٨٠	١.١٥	٠.٨٠
قصب السكر	٠.٤٥	٠.٨٥	١.١٥	٠.٦٥
عباد الشمس	٠.٣٥	٠.٧٥	١.١٥	٠.٥٥
بندورة	٠.٤٥	٠.٧٥	١.١٥	٠.٨٠

٤- جدولة الري

وبعد جمع بيانات التربة والنبات والموارد المائية وبيانات المناخ وتقدير الاحتياجات المائية للنبات خلال مراحل النمو، ينبغي على المرشد الزراعي عمل خطة لجدولة الري. وتتضمن جدولة الري تحديد كميات وفترات مياه الري معتمداً على الإدارة المثلى ضمن مستوى المزرعة. وينبغي أن تكون إدارة الجدول الزمني بنوع من البساطة والدقة في نفس الوقت. وفيما يلي بعض الخطوات الرئيسية المطلوبة لتحديد أنسب جدولة:

٤-١. تقدير النسبة المئوية لمنطقة الترطيب (P)

إن النسبة المئوية لمنطقة التبلل أو الترطيب (P) هي "نسبة ما بين منطقة الترطيب أسفل النقاطة إلى المساحة الكلية المغطاة من النبات الواحد". وهذه النسبة تعتمد فعلياً على نوع التربة، وتصريف النقاطة، والمسافة مابين النقاطات وفترة الري. يجب أن تكون القيم الدنيا لهذه النسبة تقارب حوالي ٣٠٪ إلى ٣٥٪. وينبغي اختبار قيمة P لكل نقاطة على حدى بحيث يتم استخدام أداة حفر التربة أو المجرفة لتحديد أبعاد ومدى الترطيب بحوالي ١٥ إلى ٣٠ سم أسفل سطح التربة عند كل نقاطة. وعموماً تكون منطقة الترطيب من نقاطة واحدة قليلة في الترب الرملية (٠,٥-٢ م^{٢})، في حين أنها أعلى في الترب الطينية (٦-١٥ م^{٢}).

٤-٢. تقدير أعماق الري الصافي والإجمالي

العمق الصافي للري (d_n) يمثل مقدار المياه المطلوبة (مم) للرية الواحدة للوصول إلى السعة الحقلية، ويمكن أن تقدر على النحو التالي:

$$d_n = (FC - WP) \cdot MAD \cdot R_z \cdot P$$

حيث أن dn هو عمق الري الصافي، FC هو السعة الحقلية، WP نقطة الذبول، MAD نسبة الاستنزاف المسوح به إدارياً، R_z هو عمق منطقة الجذور وP هو النسبة المئوية للترطيب أو التبلل.

ليست جميع المياه المروية يتم تخزينها ضمن نطاق الجذور وذلك بسبب الاختلافات في توزيع النقاطات وقدرة التربة على تخزين المياه. وبالإضافة إلى ذلك، فإن نسبة ملوحة التربة تؤثر على نمو النبات وتمنع تغلق البذور وتقييد القدرة على إمتصاص ماء التربة. وحيث أن النباتات تختلف في قدرتها على تحمل ملوحة التربة، فينبغي إبقاء نطاق الجذور في التربة رطباً لغسل الأملاح ومنعها من ملامسة وإصابة جذور النباتات. يتم التحكم بملوحة التربة باستخدام جزء الغسيل (LF) والمطلوبة لنقل الأملاح تحت منطقة الجذور. ويقدر جزء الغسيل وفقاً لمقاومة النبات لملوحة التربة والإنتاجية المطلوبة. ونظراً بأن وجود الأملاح سيقلل من العائد الإنتاجي للأسباب المباشرة وغير المباشرة (زيادة القدرة الأسموزية، اختلال امتصاص المواد الغذائية، إلخ)، يقدر جزء الغسيل من خلال المعرفة بنسبة إنخفاض الغلة الناتجة من ملوحة التربة (EC_e) وملوحة مياه الري (EC_w).

ويتم تحديد نسة إنخفاض الغلة الناتجة من خلال تحديد الحد الأدنى لملوحة التربة والتي يمكن يتحملها النبات دون حصول أي خفض ملحوظ أو معنوي في الإنتاجية، ويتم تحديد الحد الأقصى لملوحة التربة والتي تقل بها الإنتاجية إلى حد الصفر. ثم يتم حساب نسبة إنخفاض العائد على النحو التالي:

$$Y = \frac{\max EC_e - EC_w}{\max EC_e - \min EC_e}$$

حيث Y هو نسبة إنخفاض الغلة، EC_w هي الموصلية الكهربائية لمياه الري (dS/m)، min EC_e هو الحد الأدنى لملوحة التربة والتي يمكن يتحملها النبات دون حصول أي خفض ملحوظ أو معنوي في الغلة، max EC_e هو الحد الأقصى لملوحة التربة والتي تقل بها الإنتاجية إلى حد الصفر. الحدود الصغرى والعليا يمكن استخراجها من الجدول أدناه.

المحصول	EC_e (dS/m)		المحصول	EC_e (dS/m)	
	الحد الأدنى	الحد الاعلى		الحد الأدنى	الحد الاعلى
المحاصيل الحقلية			**المحاصيل الحقلية**		
قطن	٧.٧	٢٧	ذرة	١.٧	١٠
شمندر	٧.٠	٢٤	كتان	١.٧	١٠
ذرة رفيعة	٦.٨	١٣	فول	١.٦	١٢
صويا	٥.٠	١٠	لوبيا	١.٠	٨.٥
قصب السكر	١.٧	١٩	فاصوليا	١.٠	٦.٥
الفواكة و المكسرات			**الفواكة و المكسرات**		
نخيل	٤.٠	٣٢	مشمش	١.٦	٦
تين و زيتون	٢.٧	١٤	عنب	١.٥	١٢
رمان	٢.٧	١٤	لوز	١.٥	٧
جريب فروت	١.٨	٨	برقوق	١.٥	٧
برتقال	١.٧	٨	العليق	١.٥	٦
ليمون	١.٧	٨	توت العليق	١.٥	٦
التفاح والكمثرى	١.٧	٨	افوكادو	١.٣	٦
جوز	١.٧	٨	توت	١.٠	٥.٥
خوخ	١.٧	٦.٥	فواكة	١.٠	٤
الخضروات			**الخضروات**		
كوسا	٤.٧	١٥	ذرة حلوة	١.٧	١٠
شمندر	٤.٠	١٥	بطاطا حلوة	١.٥	١٠.٥
بروكلي	٢.٨	١٣.٥	فلفل	١.٥	٨.٥
بندورة	٢.٥	١٢.٥	خس	١.٣	٩
خيار	٢.٥	١٠	فجل	١.٢	٩
شمام	٢.٢	١٦	بصل	١.٢	٧.٥
سبانخ	٢.٠	١٥	جزر	١.٠	٨
ملفوف	١.٨	١٢	لفت	٠.٩	١٢
بطاطا	١.٧	١٠			

ومن ناحية أخرى، المعادلة التالية والمقترحة من منظمة الأغذية والزراعة العامة هي الأكثر شيوعاً لتقدير جزء الغسيل، حيث أن EC_e هي الموصلية الكهربائية الفعلية للتربة (dS/m) :

$$LF = \frac{EC_w}{5\,EC_e - EC_w}$$

كما أنه لابد من إضافة بعض المياه للتعويض عن جميع الخسائر من نظام الري ومتطلبات الترشيح سواء كانت بسبب الإحتكاك أو التسريب أو غيرها. وتمثل كمية الري الإجمالي (d_g) عمق الماء الري المطلوب للوصول إلى السعة الحقلية بما في ذلك الخسائر و متطلبات الغسيل، ويمكن التعبير عنها على النحو التالي :

$$d_g = \frac{d_n}{E \times (1 - LF)}$$

حيث أن E هو كفاءة نظام الري بما في ذلك كفاءة التخزين وكفاءة التوزيع، وLF هو جزئية أو نسبة الغسيل.

٤-٣. تقدير الفترات الزمنية للري، الفترات الزمنية لإدارة الري ، ومدة الري

وتمثل فترات الري (f) الفاصل الزمني بين إحداثيات الري. ويمكن حسابها كنسبة بين عمق الري الصافي (d_n) والإحتياجات المائية الفعلية للنبات (ET_c) كما يلي :

$$f = \frac{d_n}{ET_c}$$

حيث أن f هو الفاصل الزمني للري (اليوم)، d_n عمق الري الصافي (مم)، ET_c هو الإحتياجات المائية الفعلية للنبات مم/يوم.

ينبغي على المرشد الزراعي بأن يأخذ في الإعتبار أن الفاصل الزمني للري هو دالة للمناخ والتربة. حيث أنه في التربة الخشنة ، يجب أن تكون أحداث الري على شكل فترات متقطعة بكميات قليلة مرة واحدة أو مرتين في يوم في المناخ الحار، بينما في التربة الثقيلة يكون الفاصل الزمني للري ٢-٣ أيام للمناخ الحار. ويلخص الجدول التالي الحالات العملية والقابلة للتطبيق كدالة لظروف نسيج التربة والمناخ.

المناخ	نسيج التربة		
	خشنة جداً	الرملية الناعمة	الثقيلة كالخليط والطين
حار وجاف مع ارتفاع النتح	نبضات من الري خلال اليوم أو مرة واحدة في يوم، عندما تستخدم النباتات معظم الماء	الفاصل الزمني ليوم ١ أو ٢ عندما يتواجد بعض السلت أو الطين في التربة	٢ أو ٣ أيام فاصل في التربة الثقيلة التي لها تهوية سيئة
متوسط	نبضات من الري خلال اليوم أو مرة واحدة في يوم، عندما تستخدم النباتات معظم الماء	الفاصل الزمني ٢ أو ٣ أيام	الفاصل الزمني لمدة ٣ إلى ٤ أيام
بارد ومنخفضة النتح	نبضات من الري خلال اليوم أو مرة واحدة في اليوم، عندما تستخدم النباتات معظم الماء	٣ إلى ٤ أيام فاصل زمني (مرتين في الأسبوع) عندما يتوفر القدرة على الاحتفاظ بالمياه	٦ إلى ٨ أيام لفاصل زمني (مرة في أسبوع)

وبما أن جميع نظم الري تحتاج إلى جدولة الصيانة سواء كان لتنظيف خطوط الري أو لإصلاح بعض أجزاء النظام، ينبغي إيلاء فاصل للإدارة. وهكذا، خلال فترات الذروة لابد من وجود مدة ٢ إلى ٤ ساعة لعمليات الصيانة، ويقترح في أيام غير الذروة يوم كل أسبوع كضمان ولأعمال الصيانة العامة. ويسمى هذا الوضع "فترات إدارة الري" (f_x) والتي تكون أقل أو مساوية للفاصل الزمني للري. وينبغي على المرشد الزراعي أن يكون قادراً على تحديد الفاصل الزمني السليم للري مع مراعاة وجود برنامج الصيانة داخل الجدول الزمني التشغيلي لنظام الري.

إن أرخص نظام ري يمكن تصميمه من خلال إعتبار مدة الري مساوية للفترات الفاصلة ما بين الري (٢٤ ساعة من الري يومياً) عن طريق الحفاظ على معدلات التدفق في النظام منخفضة قدر الإمكان (وبالتالي يحتاج النظام سعة أقل من حجم الأنابيب وسعة أقل من المضخة). ولكن في الإدارة الصحيحة، تتحدد مدة الري (I_d) كدالة على نوع التربة. في الترب ذات النسيج الخشن ينصح بـ ١-٢ ساعة للري يومياً كحد أقصى، بينما في الترب ذات نسيج الطين يمكن أن تصل مدة الري إلى ١٨ ساعة كحد أقصى. ويمكن زيادة مدة الري خلال فترات الذروة إلى ٢٠-٢٢ ساعة في اليوم الواحد.

يجب جدولة مدة الري وفقاً لتدفقات النقاطات المتاحة في السوق. وبصفة عامة، يمكن أن يكون تصريف النقاط الواحد ٢، ٤، ٨، و ١٦ لتر/ساعة وبالتالي، يمكن حساب مدة الري كالتالي:

$$I_d = \frac{A \times d_g}{N_e \times q_e}$$

حيث أن Id هو مدة الري، A هو المساحة الإجمالية (م^2)، d_g هو العمق الإجمالي للري (متر)، N_e هو عدد النقاطات و q_e هو تدفق النقاط (م^3/ساعة).

٤-٤. حساب تدفق النظام و تدفق النقاط وعدد الوحدات الفرعية

الخطوة الأخيرة لجدولة الري هو تحديد تدفق النظام وتدفق النقاط الواحد. وينبغي أن يمثل التدفق لكل موزع (q_e) التدفق لكل نقاط أو مجموعة من النقاطات للنبتة الواحدة لتحقيق نمط توزيع جيد. ويمكن تحقيق ذلك على النحو التالي:

$$q_e = \frac{d_g \times A}{I_d} = \frac{d_g}{I_d} \times S_e \times S_l$$

حيث أن q_e هو تدفق النقاط الواحد أو مجموعة من النقاطات للنبتة الواحدة (م^3/ساعة)، d_g عمق الري الإجمالي (متر)، A المساحة المغطاة من النبتة الواحدة (م^2)، I_d هي مدة الري (ساعة)، S_e و S_l هي المسافات بين النقاطات وخطوط الري على التوالي (متر).

إذا كانت مساحة المزرعة كبيرة أو إمدادات المياه المتاحة لا تفي لري المزرعة كاملة في جميع الأوقات، وبالتالي يصبح نظام الري معقد ولا يمكن إدارته بسهولة، يمكن تقسيم المزرعة ونظام الري إلى عدة وحدات فرعية (N). كل وحدة فرعية تمثل مجموعة من الخطوط الفرعية التي تتقاسم صمام أو محبس واحد. ويتم حساب عدد الوحدات الفرعية على النحو التالي:

$$N \leq \frac{f_x' \times 24}{I_d}$$

حيث أن f_x' هو فترات إدارة الري (يوم) و I_d هو مدة الري (ساعة).
ثم يتم حساب إجمالي تدفق النظام (Q_s) كدالة لكل وحدة كما يلي:

$$Q_s = \frac{d_g}{I_d} \times \frac{A}{N}$$

حيث أن d_g عمق الري الإجمالي، A هي مساحة المزرعة، I_d هي مدة الري، N هو عدد الوحدات الفرعية.

ينبغي على المرشد الزراعي أن يكون قادراً على تحديد أفضل عدد من الوحدات الفرعية للتقليل من تدفق النظام وللتحكم بإدارة الري في المزرعة مع مراعاة مدة الري لكل وحدة فرعية والفاصل الزمني للري مع وجود نظام الصيانة. هذه الخطوة تعتبر من أهم أجزاء التخطيط الأمثل لإدارة الري، وهكذا سوف يقلل من إحتياجات المضخة ونفايات الطاقة بقدر الإمكان أثناء إدارة الوقت وبوجود برنامج محدد للصيانة وجدول زمني للعمالة.

٥- تصميم الري

لتصميم نظام ري مناسب، ينبغي إتباع الخطوات التالية بعناية:

١. جدولة الري أثناء الذروة (ET_c peak) من خلال استخدام الاحتياجات المائية القصوى للنبات.
٢. تحديد نوع النقاط استناداً إلى خصائص التربة والنبات، ومصدر المياه، وجدولة الري، وخصائص النقاطات المتوفرة في السوق.
٣. حساب خسائر الاحتكاك في الخطوط الفرعية والوسطية والرئيسية وتحديد أحجام الأنابيب.
٤. تعريف وسرد الوصلات والملحقات.
٥. إختيار المضخة استناداً إلى قوة العمل وقوة المحرك والضغط الكلي وكفاءة المحركات المتوفر في السوق.

في الخطوة الأولى، لابد من جدولة الري خلال فترة الذروة لضمان تحديد أكبر حجم من الخطوط المطلوبة لنقل الكميات الكبيرة من المياه أثناء الذروة ، ويتضمن ذلك حساب عمق الري الصافي عند الذروة (d_x)، عمق الري الإجمالي عند الذروة (d_g)، والفاصل الزمني للري في فترة الذروة (f_x)، تدفق النقاط الواحد (q_e)، عدد الحدات الفرعية (N)، والتدفق الكلي للنظام (Q_s).

٥-١. خصائص واختيار النقاط

هناك فئتان من النقاطات: النقاطات الداخلية والنقاطات الخارجية. عموما، تستخدم النقاطات الداخلية في ريّ الخضروات بحيث تتراوح المسافات مابين النقاطات ٢٥-٥٠ سم. ومن ناحية أخرى، تستخدم النقاطات الخارجية في ري الأشجار.

إن البواعث أو النقاطات مصممة لتبديد طاقة المياه عند المخرج لتصل إلى الضغط الجوي. ومع ذلك، هذا التبديد يختلف حسب التكنولوجيا المستخدمة من قبل المصنع ، وبالتالي تختلف علاقة تدفق النقاط (q_e) مع الضغط الداخلي (H) تبعاً للتكنولوجيا المستخدمة في النقاط. ولذلك، تصنف النقاطات وفقاً للعلاقة الأسية للضغط الداخلي (x)، حيث أن $q = k_d H_x$. عندما تكون (x < ٠,٥) تسمى vortex ، وعندما تكون (٠,٥ > x > ١) تسمى long path ، وعندما تكون (x = ٠,٥) تسمى orifice، بينما النقاطات ثابتة التدفق (pressure compensating) تكون (x * ٠).

في الوقت نفسه، بعض النقاطات تمتاز بخاصية التفريغ أو التنظيف المستمر للمساعدة في الحيلولة دون انسداد النقاطة مع المحافظة على معدلات التدفق الصغيرة. وهنالك بعض النقاطات التي تمتاز بثبوتية التدفق لتوفير معدل تدفق ثابت عبر طائفة من ضغوط التشغيل. كما أنه تم تصميم بعض النقاطات بنوافذ وبواعث متعددة.

Different types of emitters

وهناك عدة عوامل التي تؤثر على إختيار النقاط، وتلك:

١. نوع النبات: النباتات التي تزرع على شكل صفوف تتلاءم مع النقاطات الداخلية بينما العنب والتوت تتلاءم مع النقاطات الخارجية ، والأشجار المثمرة تتلاءم مع التقاطات متعددة البواعث.

٢. نوعية المياه: يجب أن يطابق التكنولوجيا المستخدمة للنقاط مع نوعية المياه المتوفرة مثل ذاتية التنظيف.

٣. المسافة بين النباتات: معدل تصريف النقاط والمسافة بين النقاطات مرتبط بالمسافة بين النباتات حيث إذا تم تغيير المسافة بين النباتات قد يؤدي إلى تغير نوع النقاط. فمثلاً النقاط متعددة البواعث أو الفوهة يستخدم في ري الأشجار المتباعدة بينما وحيدة الفوهة تستخدم في ري الأشجار القريبة.

٤. إدارة المزرعة: الحصاد والحراثة والغطاء المستخدم وغيرها من الممارسات الزراعية تحدد نوع النقاط.

٥. تركيب النظام: لا يمكن بسهولة في نظام الري بالتنقيط تحت سطح لأرض التحقق من الإنسداد أو التدفق وبالتالي يحتاج ذلك إلى أنواع محددة من النقاطات.

٦. التكلفة: هناك أكثر من نوع واحد من النقاطات تلاءم كل حالة وبالتالي يكون السعر هو الحد الفاصل في الإختيار.

٥-٢. حساب خسائر الاحتكاك وتحديد أحجام الأنابيب

وفقا لمعادلة بيرنولي لتوازن الطاقة ، فإن الضغط المفقود داخل الأنابيب يعتمد على التغير في الطاقة بين نقطتين وتتمثل بمجموع قوى الارتفاع والضغط والسرعة. فقدان الضغط في منظومة الأنابيب يعزى أساسا إلى الفقدان بالإحتكاك ضمن القطر الداخلي للأنبوب. وهكذا، فإن خشونة الأنابيب ونمط حركة المياه داخل الأنابيب (مثل الصفائحي والعشوائي والمتوسط) ستؤثر على قيمة خسارة الاحتكاك (وهذا ما يسمى بمخطط مودي).

عموماً، هناك أربع طرق رئيسية تستخدم لحساب خسائر الإحتكاك في الأنابيب، وتلك هي دارسي وهازن وسكوبي ومانينغ. الأكثر شيوعاً هو أسلوب وليام هازن والذي يقدر الإحتكاك على النحو التالي :

$$h_f = K\left(\frac{Q}{C_{HW}}\right)^{1.852} \times D^{-4.871} \times L_e \times F$$

حيث أن hf هو قيمة فاقد الاحتكاك (متر)، K هو ثابت (١٠,٦)، Q هو التدفق في خط الري (م٣/ثانية)، C_{HW} هو معامل هازن وليام (عادة ١٥٠ للأنابيب البلاستيكية) ، D هو قطر الأنبوب الداخلي (متر)، L هو طول الأنبوب (متر)، و F هو معامل التصحيح لعدد المخارج في الأنبوب كما هو الحال في الخطوط الفرعية والوسطية ، L_e هو طول الأنابيب المعدل في حالة الخطوط الفرعية ليضمن الاحتكاك الناجم عن الحركة في المسافات الإضافية داخل النقاط. ويتم حساب معامل التصحيح كدالة لعدد المخارج أو النقاطات (n) على النحو التالي :

$$F = \frac{n(n+1)(2n+1)}{6n^3}$$

في حين يتم احتساب طول الأنابيب المعدل (L_e) كدالة للطول المعدل والمرتبط بنوع النقاط (f_e) على النحو التالي :

$$L_e = L + n_e \times f_e$$

هناك اثنين من المعايير الرئيسية المستخدمة لتحديد أحجام أنابيب الري: (١) تجنب مياه المطرقة، وهو التغير في سرعة المياه داخل الأنبوب والمؤدي إلى تحطم الخط، حيث أنه لا ينبغي أن تتجاوز سرعة المياه داخل الأنابيب عن ٢,٥-٣,٥ م/ساعة ، (٢) فقد الطاقة المسموح به هو ١٠-١٥٪ من ضغط التشغيل لبواعث المسار الطويل (long path) و ٢٠٪ لبواعث التدفق المضطرب (turbulent flow)، بحيث يسمح بـ ٥٥٪ من فقد الطاقة المسموح به للوحدات الفرعية و ٤٥٪ من فقد الطاقة المسموح به للوحدات الوسطية.

ينبغي على المرشد الزراعي أن يستفيد من تباين الإرتفاع في المناطق المنحدرة وإدخالها ضمن فقد الطاقة المسموح به. فينبغي أن تكون الخطوط الفرعية في الأراضي المنحدرة مصممة بشكل كنتوري لضمان تساوي تدفق النقاطات ، بينما يكون الميل مع إتجاه المنحدر للتقليل من طاقة المضخة المطلوبة.

٣-٥ التجهيزات و الملحقات

هناك عدة تجهيزات (وصلات) مطلوبة لتثبيت خطوط الري، وذلك مثل الكوع ، وصلة T، الروابط ، البوابات ، الناشر أو المكبر ، المقلص أو النقاصة ، إلخ. وبعد سرد كل التجهيزات والملحقات اللازمة في الحقل، يجب على المرشد الزراعي حساب الإحتكاكات كخسائر محلية ناجمة من هذه الملحقات وفقاً للمعادلة التالية :

$$h_L = K \times \frac{V^2}{2g}$$

حيث h_L هو الفاقد المحلي (متر)، K هو معامل الملحق والمستمد من التصنيع أو يمكن إيجادة ضمن الجداول المرفقة من المصنع كما هو أدناه ، v هو سرعة المياه (م/ثانية)، و g هي تسارع الجاذبية (٩,٨ م/ثانية^2).

Friction Loss Equivalent Length – feet of Straight Pipe (ft)													
Fitting	Nominal Pipe Size (inches)												
	½	¾	1	1 ¼	1 ½	2	2 ½	3	4	6	8	10	12
90° Elbow	1.5	2.0	2.5	3.8	4.0	5.7	6.9	7.9	12.0	18.0	22.0	26	32
45° Elbow	0.8	1.1	1.4	1.8	2.1	2.6	3.1	4.0	5.1	8.0	10.6	13.5	15.5
Gatevalve	0.3	0.4	0.6	0.8	1.0	1.5	2.0	3.0					
Tee Flow-Run	1.0	1.4	1.7	2.3	2.7	4.3	5.1	6.2	8.3	12.5	16.5	17.5	20.0
Tee Flow-Branch	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	12.0	15.0	16.0	22.0	32.7	49.0	57.0	67.0
Male/Female Adapter	1.0	1.5	2.0	2.8	3.5	4.5	5.5	6.5	9.0	14			

٣-٥ إختيار المضخة

يعتمد إختيار المضخة على تدفق نظام الري المطلوب في كل حادثة ري، والضغط المطلوب لتشغيل النقاطات وفقاً لخصائص الصناعية للنقاطات. وهناك فئات عديدة من المضخات مثل الطرد المركزي، مكبس متعدد الاسطوانة ، المكبس المتري ، الدايفراغم المتري ، والبخاري المباشر ، والتدفق المحوري، إلخ.

ويتم حساب المجموع الكلي للضغط كما يلي:

$$H = H_{OP} + hf_{main} + hf_{submain} + hf_{manifold}\, hf_{lateral} + hf_{local} + hf_{lift} \pm \Delta Z$$

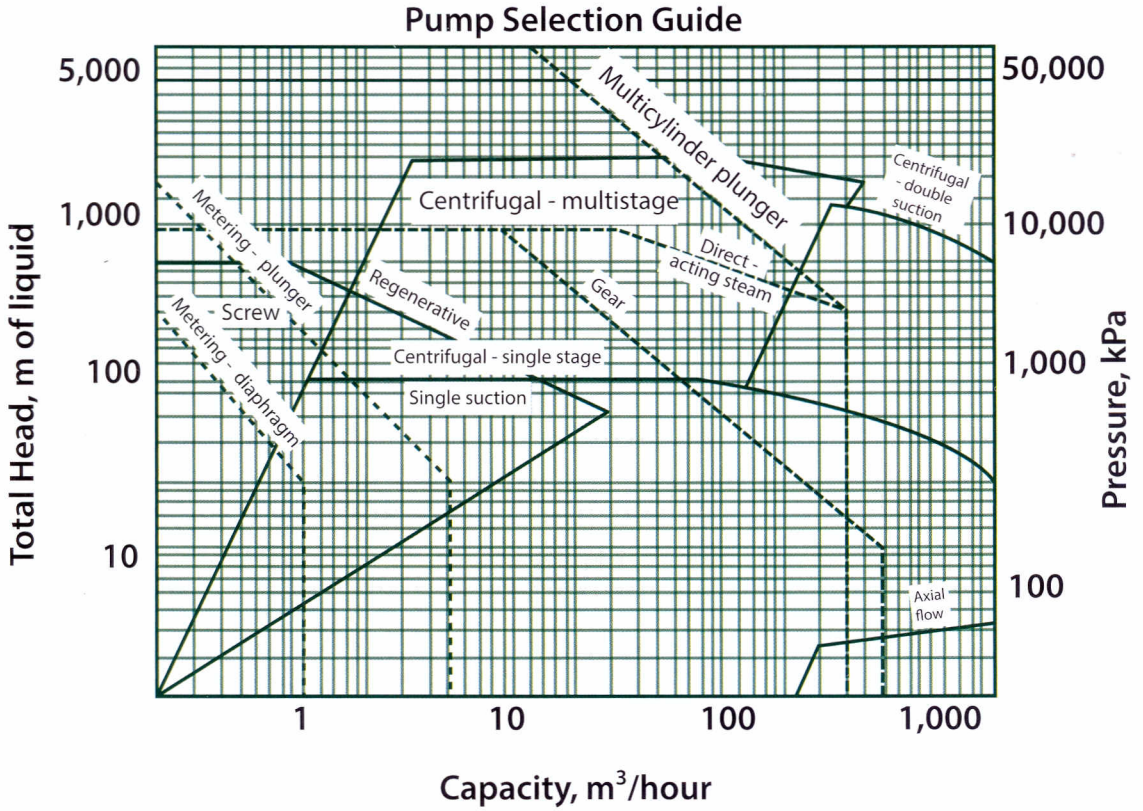
حيث أن H هو الضغط الكلي، H_{op} هو الضغط التشغيلي للنقاط، hf_{main}، $hf_{submain}$، $hf_{manifold}$، $hf_{lateral}$، hf_{local} هم الفقد بالاحتكاك في الخط الرئيسي، الخط التحت رئيسي ، الخط المتوسط أو الجانبي، والخط الفرعي ، والملحقات على التوالي ، hf_{lift} هو الضغط اللازم لسحب أو رفع المياه من البئر أو الخزان الأرضي ، و $Z\Delta$ هو التغيير في الإرتفاع.

يتم تقدير قوة عمل المضخة (P_W) كما يلي، حيث أن كل قوة حصان (HP) يساوي ٠,٧٤٦ كيلو واط:

$$P_W = Q \times H \times \gamma$$

حيث أن P_W هي قوة عمل المضخة، H هو الضغط الكلي ، Q هو تدفق النظام، و ɣ هو ثابت يساوي كثافة الماء مضروب بتسارع الجاذبية.

وبعد تحديد فئة أو صنف المضخة الرئيسية وتحديد قوة العمل، يتم تحديد طراز المضخة وفقاً لتوفر الطاقة الحركية للمتور (P_m) والكفاءة المطلوبة. بحيث لكل طراز أو موديل كفاءة مختلفة في الضغط الكلي والتدفق، وهكذا ينبغي على المرشد الزراعي تحديد أفضل طراز وفقاً لأعلى كفاءة محرك متوافقاً مع متطلبات المضخة.



٦- تقييم شبكة الري بالتنقيط

يعتبر تقييم شبكة الري إحدى الخطوات الرئيسية لإدارة المزرعة. التغير في الإنتاج النباتي عادة مستمدة من الأخطاء المرتبطة في توزيع المياه وتخزينها داخل منطقة الجذور. هذا الجزء يسمح للمرشد الزراعي بتنفيذ إختبار التقييم ميدانياً، والتوصية بأي تعديلات إضافية لنظام الري على مستوى المزرعة. يفترض أن يكون نظام الري بالتنقيط هو الأكثر كفاءة ذات محدودية الترطيب ، فينبغي أن تتجاوز كفاءة هذا النظام ٩٠٪ بالمقارنة بنظم الري الأخرى كالرشاشات أو الري السطحي.

يستخدم مصطلح كفاءة الري لتقدير نسبة «الفائدة" أو العائد الناجم عن تحويل قيمة محددة من المياه. ويشار التقييم الميداني في بعض الأحيان إلى الإدارة الجيدة. فتمثل كفاءة الري النسبة بين المخرجات من عملية ما في مرحلة معينة إلى مدخلات العملية. تدني كفاءة الري يمكن أن تعزى إلى: (١) عدم تماثل التصريف في نقاط مختلفة نظراً لاختلاف الضغوط داخل النظام أو عيوب التصنيع، و (٢) خسائر المياه من النظام بسبب التسرب، والتبخر، والترشيح العميق، إلخ.

وهناك عدة أوجه ومسميات لكفاءة الري والتي يمكن للمرشد الزراعي التحقق منها، مثل كفاءة النقل(E_c) وكفاءة التطبيق (E_a)، كفاءة المشروع (E_p)، وكفاءة تخزين المياه (E_s)، وكفاءة التوزيع (E_d)، تجانس الإنبعاثات (E_u)، وكفاءة استخدام المياه (WUE).

٦-١ كفاءات النقل والتطبيق والتخزين

كفاءة النقل(E_c) هي النسبة بين المياه المنقولة إلى المزرعة من مصدر المياه الرئيسي. في بعض الحالات كما هو الحال في وادي الأردن، كمية المياه المخزنة في البركة أو في الخزانات السطحية أو الأرضية يمكن أن تضيع بسبب التسريب من أنابيب الضغط أو من القناة أو من البركة نفسها. وفي حالات أخرى، يمكن أن يكون مصدر المياه داخل المزرعة ومن ثم تحويل المياه من المصدر إلى منطقة الزراعة قد تكون مرتبطة مع بعض الخسائر من التسرب.

تشير كفاءة التطبيق (E_a) إلى جودة النظام لتوصيل المياه إلى سطح التربة أو أسفل سطح التربة. وتشمل كلاً من القدرة على تخزين المياه في التربة وكفاءة نظام التوزيع. تمثل كفاءة التطبيق النسبة بين متوسط عمق المياه المخزنة في منطقة الجذور لعمق المياه المضافة والمقاس عند وحدة التحكم على الخط الرئيسي بعد المضخة. نظراً لوجود خسائر طفيفة داخل النظام أثناء الري، لذلك ينبغي أن تكون كفاءة التطبيق أكثر من ٩٠٪ . تدني كفاءة التطبيق تعزى إلى سوء تصميم النظام وتباين معامل تصنيع الباعث أو النقاط. قد يؤدي رداءة نوعية الأنابيب والنقاطات إلى التغير في توزيع المياه وهكذا فإنه ينبغي إختبارها سنوياً. وأخيراً، كفاءة المشروع (E_p) وهو حاصل ضرب الكفاءات السابقة (النقل والتطبيق) آخذا في الاعتبار جميع مراحل النقل والتطبيق من مصدر الماء حتى التخزين في نطاق الجذور.

كفاءة التخزين (E_s) تمثل النسبة بين متوسط عمق المياه المخزنة في منطقة الجذور لمتوسط عمق التطبيق أو الإضافة إلى سطح التربة. ويعتمد هذا المصطلح على إدارة الري، ونسيج التربة وبناء التربة. زيادة في السعة التخزينية للماء في التربة (WHC) على الاحتفاظ بالمياه بإضافة المواد العضوية كالقش أو السماد الطبيعي تحسن من قدرة التربة على الإحتفاظ بالمزيد من المياه خلال عمليات الري. ومن ناحية أخرى، إن السعة التخزينية للماء في التربة ذات القوام الخشن منخفضة مقارنة بالتربة الثقيلة كالطينية. وهكذا، فالأخطاء البسيطة في جدولة الري قد تؤدي بسهولة إلى خسائر المياه بكميات عالية وقد تسبب بمخاطر التلوث المحتملة، خاصة في حالة الترب الخشنة والمروية بكميات كبيرة بمدة طويلة دون الإعتماد إلى كفاءة التخزين. الجدول أدناه يشير إلى كفاءة التخزين لفئات مختلفة من نسيج التربة.

General storage efficiency (E_S) for different soil type

نوع التربة	كفاءة التخزين ٪
التربة الرملية أو الخفيفة الخشنة مع باطن الحصى	٨٧
التربة الرملية	٩١
التربة السلتيه	٩٥
التربة الخليطة والطينية	١٠٠

كفاءة التخزين الجيدة يجب أن تكون ما بين ٨٥٪ إلى ٩٠٪. يتم إختبار كفاءة التخزين من خلال إجراء تجربة صغيرة في الموقع حيث يتم تثبيت أجهزة قياس الماء لحساب كمية المياه المخزنة في منطقة الجذور لأكثر من خمسة إلى ستة تكرارت بأبعاد ١٥ سم. ويمكن تحديد كفاءة التخزين من خلال تحديد النسبة ما بين الكمية المخزنة في نطاق الجذور والكمية المضافة، ويمكن أيضاً تقدير كمية الفاقد والمترشح أسفل نطاق الجذور من خلال حساب الفرق بين الكمية المضافة والكمية التي تم تخزينها في التربة.

٦-٢ معامل إختلاف تدفق النقاطات (CV) وتجانس الإنبعاثات (E_u)

إن الإختلافات في مصنعية النقاطات تؤدي إلى تباين في تدفق وتصريف النقاطات. ويمثل معامل إختلاف تدفق النقاطات (CV) التغير عن المتوسط الحسابي كدالة عن الانحراف المعياري. ينبغي على المرشد الزراعي التحقق من هذه الإختلافات وضمان أنها تقع ضمن الفئة المقبولة. ومن وجهة النظر الإحصائية، جميع قيم تدفق النقاطات تندرج ضمن (١ ± ٣cv) من متوسط التدفق، بينما ٩٥٪ من قيم تدفق النقاطات تندرج ضمن (١ ± ٢cv) من متوسط التدفق، و٩٠٪ من قيم تدفق النقاطات تندرج ضمن (١ ± ١,٢٧cv) من متوسط التدفق، و ٦٨٪ تندرج ضمن (١ ± cv) من متوسط التدفق.

يمكن للمرشد الزراعي استخدام الجدول أدناه لتحديد جودة الانبعاثات وفقا لمعامل إختلاف تدفق النقاطات المقاسة. وعموماً، ينبغي أن يكون معامل إختلاف تدفق النقاطات الخارجية أفضل من النقاطات الداخلية. في تصميم الري السليم، يجب أن يتراوح معامل إختلاف تدفق النقاطات بين فئة المتوسط إلى الممتاز. معامل إختلاف تدفق النقاطات الفقير أو غير مقبول سيؤدي إلى وجود تفاوت كبير في الإنتاجية و/أو ضعف نمو النبات وقد يؤدي إلى خسارة النبات. فتصميم الري المتقن يسمح بتغير ٥٪ داخل النظام وهكذا فإنه ينبغي أن يندرج معامل إختلاف تدفق النقاطات ضمن الفئة الممتازة.

Range of emission CV in drip and line source emitters

الجودة	النقاطات الخارجية	النقاطات الداخلية
ممتازة	$cv < 0.05$	$cv < 0.1$
في المتوسط	$cv < 0.07 > 0.05$	$cv < 0.2 > 0.1$
هامشية	$cv < 0.11 > 0.07$	
الفقراء	$cv < 0.15 > 0.11$	$cv < 0.3 > 0.2$
غير مقبولة	$cv > 0.15$	$cv > 0.3$

وبإمكان المرشد الزراعي حساب معامل إختلاف تدفق النقاطات بتحديد النسبة المئوية للإنحراف عن المتوسط الحسابي باستخدام المعادلة التالية:

$$(CV) = \frac{SD}{q_a} = \frac{\sqrt{\left[q_1^2 + q_2^2 + q_3^2 + \cdots + q_n^2 - n\,q_2^a\right]/(n-1)}}{q_a}$$

حيث أن q_a هو المتوسط الحسابي للتدفقات، $q_1, q_2, \ldots, q_n$ هي التدفقات المقاسة في الميدان، n هو العدد الإجمالي للنقاطات المقاسة. في حالات وجود أكثر من باعث أو نقاطة للنبات الواحد، يتم حساب معامل إختلاف تدفق النقاطات بإدراج الجذر التربيعي لعدد النقاطات المستخدمة لكل نبته.

يتضمن تجانس الإنبعاثات (E_u) مفهوم معامل إختلاف تدفق النقاطات في تحديد تباين الإنبعاثات أو النقاطات في الميدان. فهي تمثل تجانس إضافة المياه على التربة والتي تعتمد على مصنعية النقاط وتباين التدفق أو صرف النقاطات في الحقل. ويمثل تجانس الإنبعاثات النسبة بين معدل الإنبعاثات الدنيا إلى متوسط الإنبعاثات. وفي بعض الأحيان، يحسب تجانس الإنبعاثات من معامل إختلاف تدفق النقاطات على افتراض أن ٩٠٪ من قيم تدفق النقاطات سوف يندرج ضمن (١ ± ١,٢٧cv) من متوسط الإنبعاثات على النحو التالي :

$$E_u = 100 \times \left[1 - \frac{1,27 \times CV}{\sqrt{e}}\right] \times \frac{q_{\min}}{q_{ave}}$$

حيث أن CV هو معامل معامل إختلاف تدفق النقاطات ، q_a هو متوسط التدفق، q_{min} هو متوسط الحد الأدنى من الإنبعاثات، e هو عدد النقاطات المستخدمة لكل نبته.

وينبغي على المرشد الزراعي ضمان تجانس الإنبعاثات ما بين ٨٥٪ إلى ٩٥٪ وضمان التجانس ضمن الفئات الموصى بها في الجدول أدناه. قد يعزى عدم كفاءة أو تدني تجانس الإنبعاثات إلى: (١) التغير في خصائص التوزيع نظراً لسوء الجودة في عملية التصنيع، (٢) التصميم الخاطئ أو الغير كفء والإدارة الفقيرة، (٣) استخدام الضغط التشغيلي خارج النطاق المقترح والمعتمد للنقاط، (٤) التغيرات الفيزيائية في النظام والتي قد تحدث مع مرور الوقت.

Ranges of design emission uniformities in different settings

نوع النقاط	المسافات	الطبوغرافية	الميل (٪)	تجانس الإنبعاثات (٪)
النقاطات الخارجية للنباتات الحولية	٤<	متجانس	٢ >	٩٠–٩٥
		متموج	٢ <	٨٥–٩٠
النقاطات الخارجية الشبة دائمة	٤>	متجانس	٢ >	٨٥–٩٠
		متموج	٢ <	٨٠–٩٠
النقاطات الداخلية للنباتات الموسمية والحولية	جميع	متجانس	٢ >	٨٠–٩٠
		متموج	٢ <	٧٠–٨٥

فيما يلي الخطوات الرئيسية التي يمكن استخدامها من قبل المرشد الزراعي للتحقق من تجانس الإنبعاثات في أي مزرعة:

١. حدد وحدة فرعية ممثلة لمتوسط الظروف التشغيلية.
٢. حدد أربعة خطوط فرعية على طول الخط التشغيل الوسطي (واحد قرب المدخل، وآخر قرب النهاية ، وإثنان في المنتصف).
٣. قياس الضغط في بداية ونهاية الخطوط الفرعية.
٤. اختيار أربعة مجموعات من النقاطات في كل خط فرعي بحيث تكون على الأقل نقاطتين متجاورتين لكل مجموعة (المدخل، ثلث، ثلثي، وفي النهاية الخط الفرعي).
٥. قياس التدفق من البواعث أو النقاطات عن طريق جمع التدفق وقياسه مع مرور الوقت.
٦. حساب متوسط تصريف النقاطات (وهو متوسط ٣٢ نقاطة ، أي ١٦ مجموعة).
٧. استخدام متوسط أدنى أربعة مجموعات كمعدل أدنى للتصريف أو التدفق.
٨. حساب تجانس الإنبعاثات أو التصرف كالتالي:

$$E_u = 100 \times \frac{q_{\min}}{q_{ave}}$$

٦-٣ كفاءة استخدام المياه (WUE)

يمكن استخدام مصطلح آخر للإشارة إلى كفاءة نظام الري بما في ذلك جميع الممارسات الإدارية والعمليات الزراعية وهو كفاءة استخدام المياه (WUE). ويشير هذا المصطلح إلى قيمة المياه المستخدمة في الإنتاج النباتي ويمثل النسبة بين إحتياجات مياه الري (المقدرة عن طريق ET_c) واستنزاف المياه الفعلي (الغلة الطازجة). ويمكن حساب كفاءة استخدام المياه على عدة مقاييس (النبات، الحقل، مشاريع الري، الحوض، البلد، إلخ). وعموماً، بإمكان المرشد الزراعي حساب كفاءة استخدام المياه إما بناءاً على غلة الإنتاج مقابل كمية أو عمق مياه الري الإجمالية المستخدمة (كجم/م^3) أو ممكن أن تعكس قيمة النبات بوحدة (دينار/م^3). وهكذا، تختلف قيم كفاءة استخدام المياه حسب نوع النبات، والممارسات الإدارية، والظروف البيئية. ويعكس أعلى كفاءة استخدام للمياه الإدارة السليمة للمياه في القطاع الزراعي الإنتاجي.

٧- مراقبة وإدارة الري

هذا الجزء هو الجزء الأكثر فعالية في ممارسات الري. تحسين إنتاجية النبات (كماً ونوعاً) يمكن أن يتحقق فقط من خلال المراقبة والإدارة السليمة للري. وتتضمن خطة إدارة الري: (١) الفحص الدوري وتقييم مكونات نظام الري (بما في ذلك برنامج الصيانة) (٢) مراقبة ورصد نظام النبات والتربة والماء (٣) حفظ التربة والماء مثل استخدام الغطاء البلاستيكي ، إلخ، (٤) إدراج التكنولوجيات الحديثة من النقاطات وأنظمة الطاقة الشمسية، وتنقية المياه، إلخ، (٥) تحسين كفاءة استخدام المياه .

قبل المبادرة بأي خطة إدارة على مستوى الحقل، ينبغي رصد ومراقبة العلاقات ما بين التربة والماء والنبات. ومن أجل ضمان نمو صحي للنباتات بعيداً عن مخاطر الجفاف وبتحكم في كفاءات الري، لابد من مراقبة ورصد العمليات التي تحكم تدفقات المياه من مصدر الإنبعاث حتى إمتصاصها من النبات بدقة. الرصد ينبغي أن يشمل الأرصاد الجوية ، خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية ، الفسيولوجيا النباتية ، كفاءة الري ، وتطور نمو النبات والعائد الإجمالي. الأهداف الرئيسية للمراقبة والرصد: (١) تحسين صحة النبات واستخدام النبات للمياه والمواد الغذائية عن طريق تمكين تتطابق الري مع الاحتياجات المائية للنبات، (٢) تحسين نوعية الإنتاج والغلة، (٣) حفظ المياه وتعزيز استدامتها، (٤) الحصول على جدولة الري الأمثل، (٥) لإدارة نقل الأسمدة في التربة، و (٦) الحصول على شمولية المعلومات عن حيوية وديناميكية مياه التربة.

٧-١ المبادئ العامة وطرق قياس وضع المياه

هناك عدة تقنيات يمكن إعتمادها لرصد تفاعل نظم التربة والمياه والنبات. قد تختلف هذه التقنيات في التكلفة والتكنولوجيا والإحتياجات. وينبغي على المرشد الزراعي تحديد الأسلوب الأكثر جدوى وإعتماد الأسلوب الذي يلبي إحتياجاته على مستوى المزرعة. يتم رصد نظم المياه في التربة والنبات عموماً بالقياس المباشر سواءاً على أساس الكمية أو الطاقة.

ويمكن رصد وضع المياه في التربة باستخدام أجهزة الاستشعار البسيطة والتي يمكن أن ترتبط بوحدة التحكم الآلي لنظام الري مباشرةً. وإعتماداً على الدقة المطلوبة، قد تختلف هذه المجسات في قدراتها على رصد المياه في التربة مرتبطةً بالخصائص الكيميائية الأخرى للتربة كالملوحة أو التركيزات الأيونية.

ومن ناحية أخرى، يمكن قياس حالة المياه في النبات مباشرة بتقدير نسبة المحتوى المائي (RWC) في عينة طازجة من النبات. ويمثل RWC نسبة الماء في الوزن الطازج لأقصى نسبة ماء ممكنة في حالة الإشباع:

$$RWC = \frac{(\text{Fresh weight} - \text{Dry weight})}{(\text{Turgid weight} - \text{Dry weight})}$$

حيث أن الحد الأقصى للنبات (Turgid weight) يتم تحديده من خلال تشبيع عينة من النبات ضمن بيئة مشبعة بالماء لفترة زمنية.

هناك طريقتان لقياس محتوى الماء داخل النبات. الأسلوب المباشر بما في ذلك أسلوب (Psychrometric) وغرفة الضغط (Pressure chamber). الأسلوب الأول يتضمن موازنة الأنسجة النباتية مع الهواء في دائرة مغلقة وتقدير ضغط البخار باستخدام المجسات الحرارية الرطبة والجافة. غرفة الضغط (مجس ضغط الخلية النباتية) تستخدم لقياس الضغط الداخلي للخلية النباتية. الأساليب غير المباشرة تتضمن تحليل نمو النبات أو الاستجابات الفسيولوجية كمؤشر للعجز في المياه. على سبيل المثال تظهر تعبيراً عن تزايد عجز المياه النبات مثل الذبول من خلال التغيير الشكلي على النبات مثل الجذع، الأوراق، أو إنكماش الفاكهة التقلص المعروفة جيدا في معدل التطور والنمو في الخلايا النباتية المرتبطة بالعجز في المياه. ويمكن أن تكون الاستجابات الفسيولوجية إغلاق الثغور وإنخفاض في معدل التمثيل الضوئي.

الإجهاد المائي في النبات يمكن تحديدها وقياسها من خلال:

- زرع مؤشرات الإجهاد المائي (الجفاف المحاصيل الحساسة).
- مراقبة ورصد محتوى الماء في التربة.
- مراقبة ورصد ضغط بخار الماء فوق سطح أوراق النبات.
- مراقبة ورصد الضغط داخل جدار الخلية النباتية.

٢-٧ ما هو "الري الناقص»؟

يمكن تعريف الري الناقص (DI) بممارسة الري التي تتضمن خفض إمدادات المياه أدنى متطلبات والإحتياجات الفعلية المائية للنبات (ET_c) بينما يسمح بإجهاد معتدل على النبات مع أدنى حد من التأثير على الغلة. ويمكن تصنيف الري الناقص بالري الناقص المكتمل (CDI) أو الري الناقص المنتظم (RDI)، بحيث يتم تطبيق الأخير على بعض مراحل النمو بينما السابق تجري طوال كامل الموسم.

عند وجود المياه في منطقة الجذر بكميات كافية لتعويض نتح النبات، التربة ستسمح للنبات بأخذ كامل إحتياجاتها بحرية مع عدم وجود أية عقبات. ومن جهة أخرى، فإن إنخفاض محتوى الرطوبة في التربة يؤدي إلى زيادة تركيز الأملاح في المحلول المائي في التربة، وسيحد من المياه المتوفرة لإمتصاص النبات وبالتالي يقلل من كمية النتح والتبخر. يمكن للمرشد الزراعي إعتماد أي من هذه الأساليب لتقليل وحفظ كميات كبيرة من المياه مع الحفاظ على الإنتاجية بنفس المستوى المعنوي. وعموماً، أثبتت العديد من الدراسات العالمية والمحلية بأن تقليص كمية الري ١٠-٢٥٪ (أي توفير ٧٥-٩٠٪ من الاحتياجات المائية للنبات) هي فعالة بفارق إنتاجي غير معنوي وبدقة إحصائية تصل إلى ٩٥٪.

٣-٧ انسداد النقاطات وإحتياجات الفلترة

انسداد التقاطات هو من أهم عيوب نظام الري بالتنقيط ولكن يمكن إدارتها بسهولة باستخدام خطة الإدارة السليمة. الانسداد يمكن أن يعزى إلى الأسباب الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية التالية: (١) الرمل والطمي، والرقائق البلاستيك، والرقائق المعدنية، (٢) ترسبات الحديد والأملاح وكربونات الكالسيوم والأسمدة، (٣) نمو الطحالب والوحل البكتيري والترسبات البكتيرية من الحديد والكبريت. ينبغي على المرشد الزراعي أن يكون قادراً على تحديد السبب وراء وجود الانسداد في نظام الري الزراعي.

ونظراً بأن نوعية مياه الري هي المحدد الأساسي في إنسداد النقاطات أو البواعث، ينبغي على المرشد الزراعي رصد مياه الري بشكل دوري وذلك للصفات التالية:

- إجمالي المواد الصلبة العالقة (TSS)،
- تحليل الأيونات الموجبة والسالبة كاملة
- الصلابة ودرجة الحموضة،
- إجمالي المواد الصلبة الذائبة (TDS)،
- الحديد وسولفيد الهيدروجين،
- التعداد أو المحتوى البكتيري.

إعتماداً على نتائج نوعية المياه، هنالك درجة من القيود على استخدام المياه والحاجة إلى التنقية أو العلاج قبل الاستخدام. يقدم الجدول التالي التقييد لكل مشكلة احتمالية الانسداد. لكل مشكلة معاملة خاصة قد تشمل العلاجات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية.

Restriction for each potential emitter clogging problem

الإحتمالية	الوحدة	درجة من التقييد على استخدام		
		لا يوجد	خفيفة إلى معتدلة	شديدة
الفيزيائية:				
المواد الصلبة العالقة	ملغ / لتر	< ٥٠	٥٠–١٠٠	< ١٠٠
الكيميائية:				
درجة الحموضة		< ٧,٠	٧,٠–٨,٠	< ٨,٠
الصلبة الذائبة	ملغ / لتر	< ٥٠٠	٥٠٠–٢٠٠٠	< ٢٠٠٠
المنغنيز	ملغ / لتر	< ٠,١	٠,١–١,٥	< ١,٥
الحديد	ملغ / لتر	< ٠,١	٠,١–١,٥	< ١,٥
سلفيد الهيدروجين	ملغ / لتر	< ٠,٥	٠,٥–٢,٠	< ٢,٠
البيولوجية:				
التعداد البكتيري	الحد الاعلى / مل	< ١٠٠٠٠	١٠٠٠٠–٥٠٠٠٠	< ٥٠٠٠٠

هناك العديد من وحدات العلاج الفيزيائية يمكن استخدامها، وهي تشمل: حوض الترسيب (ينبغي أن يستغرق ١٥ دقيقة لتصفية أكبر من جسيمات ٠،٠٨ ملم) الفلتر الإعصاري (Cyclone filter)، الفلتر الشبكي (Screen mesh filter)،الفلتر القرصي (Disc filter) والفلتر الرملي (Sand media filter). تبعاً لطبيعة الشوائب في مياه الري، يمكن للمرشد الزراعي اعتماد تدابير بسيطة أو مجموعة من تدابير العلاج لإزالة الشوائب. وبشكل عام، تتطلب مصادر المياه الجوفية وحدات الترشيح البسيطة مثل الفلاتر الشبكية أو القرصية كمرشحات لإزالة أي شوائب رملية موجودة. من ناحية أخرى، يجب أن تستخدم العلاجات الكيميائية إذا تفضل تغيرات درجة الحموضة ودرجة حرارة الترسيب للمواد الكيميائية في مصادر المياه الجوفية. أما في موارد المياه المفتوحة، تكون المعالجة المسبقة بأحواض الترسيب أو الفلتر الإعصاري يتبعها فلاتر الرمل والشبكية جنبا إلى جنب مع العلاجات الكيميائية التي قد تكون مطلوبة.

Different types of filtration systems

من ناحية أخرى، يحدث ترسب المعادن عندما تفضل درجة الحموضة و/أو درجة حرارة الوسيط ترسيب المعادن الذائبة والتي تسبب انسداد البواعث أو النقاطات. وينبغي على المرشد الزراعي العلم بخيارات الترشيح الكيميائية التي يمكن استخدامها لتنقية مياه الري تبعاً للمشكلة القائمة. على سبيل المثال، يمكن استخدام وحدات العلاجات الكيميائية التالية :

- تهوية الأحواض لحل رواسب الحديد والمستويات العالية من البايكربونات.
- إضافة الكلور لأكسدة الحديد. المتقطع: ١٥–٢٠ جزء في المليون كلور على أساس شهري، مستمر: ٣–٥ جزء في المليون مع بقايا ١– ٢ جزء في المليون من الكلور، الجرعة الكتلية: ٢٠٠–٥٠٠ جزء في المليون كلور مضافة بين النباتات.
- الحقن بحمض الهيدروكلوريك، وحمض الكبريتيك أو حمض الفوسفوريك لإزالة الكربونات (٠،٠٢ – ٠،٢ ٪ من قدرة النظام). وفقاً لتيب الدولية (١٩٩٦)، ينبغي حقن الأحماض في ١– ٢ ساعة قبل نهاية عملية الري وإبقاء الحمض إلى ١–٥ ساعات في نظام الري المغلق ثم يتم فتح نهاية الخط للغسل الخطوط واستمرارية الري.
- تحلية المياه باستخدام نظام التناضح العكسي (RO).

يمكن أن يكون سبب انسداد النقاطات هو العمليات البيولوجية مثل الطحالب والوحل التي تم إنشاؤها بواسطة البكتيريا. الطحالب أكثر شيوعاً في معظم الموارد المائية السطحية التي يتم تساند النمو السريع لوجود العناصر الغذائية في حالة دافئة. وعموماً يمكن إزالة كميات صغيرة من الطحالب بالفلاتر الشبكية ولكن المرشحات الرملية هي أكثر فعالية. وينصح باستخدام مضخة شفط عائمة في المياه السطحية. وينبغي على المرشد الزراعي إعتماد أفضل الممارسات وفقا للمشكلة القائمة. وتتحقق التنقية البيولوجية من خلال:

- استخدام مرشحات أو فلاتر الشبكية لإزالة الطحالب الكبيرة، واستخدام الخطوط والبواعث السوداء للحيلولة دون النمو.
- استخدام مضخة شفط عائمة في أحواض المياه السطحية.
- إضافة الكلور للقضاء على الطحالب والوحل البكتيري.

يمكن اعتماد ثلاثة أساليب للمعالجة بالكلور: متقطعة: ١٥–٢٠ جزء في المليون كلور على أساس شهري في فصل الصيف بصفة أسبوعية، مستمر: ٣–٥ جزء في المليون مع تبقي ١–٢ جزء في المليون من الكلور، والجرعة الكتلية: ٢٠٠–٥٠٠ جزء في المليون كلور مضافة بين النباتات. الجدول التالي يوصي باستخدام العلاجات المناسبة أزاء كل مشكلة بيولوجية وكيميائية :

الطحالب	استخدام ٠,٥–١,٠ جزء / مليون من الكلورين باستمرار حتى ٢٠ جزء في المليون خلال الدقائق ال ٢٠ الأخيرة لكل عملية ري
الأوحال	الحفاظ على الكلور المتبقي الحر بتركيز ١ جزء في المليون في نهاية الخطوط الفرعية
بكتيريا الحديد	استخدم ١ جزء في المليون على مدى عدد أجزاء الحديد في المليون في مياه الري
سلفيد الهيدروجين	استخدام ٣,٦–٨,٤ مضروب محتوى كبريتيد الهيدروجين
ترسب الحديد	استخدام مضروب ٠,٦٤ بمحتوى Fe^{2+} للحفاظ على الكلور المتبقية ١ جزء في المليون في نهاية خطوط الري
ترسب المنغنيز	استخدام ١,٣ مضروب محتوى المنغنيز في مياه الري

ومن المشاكل الأخرى التي قد تواجه نظام الري بالتنقيط هي انسداد النقاطات بجذور النبات. وبغاية الحفاظ على جذور النباتات من انسداد البواعث أو النقاطات، ينصح المرشد الزراعي بـ: (١) تجنب إجهاد الرطوبة في التربة، (٢) الحفاظ على ضغط جيد في الخطوط الفرعية، (٣) استخدام بواعث مع تصميم منافذ مناسبة (٤) استخدام المواد الكيميائية القابلة للتحلل الحيوي من خلال النظام.

٤–٧ برنامج الصيانة

ينبغي على المرشد الزراعي توفير خطط صيانة مناسبة للمزارعين لضمان استدامة نظام الري. وعلى الرغم من أن جدولة وتصميم نظام الري مهم جداً، فإن صيانة نظام الري تعادلها وزناً. قد يؤدي عدم الانتباه إلى تدابير وإجراءات التشغيل والصيانة في خلل النظام، وبالتالي انخفاض العائد والمخاطر البيئية. وفيما يلي بعض التوصيات الرئيسية لبرنامج الصيانة التي يجب أن ينفذها المزارع مرة واحدة أسبوعياً على الأقل :

- التحقق من كافة المكونات،
- غسل الفلاتر الرئيسية والفرعية،
- التحقق من الضغط والتدفق في النقاط الحرجة للنظام،
- غسل الخطوط المتوسطة والخطوط الفرعية،
- المعالجة بالكلور،
- العلاج بالحمض ،
- حماية الخطوط الفرعية ضد الحشرات والقوارض،
- حماية انسداد البواعث من جذور النبات.

وبالإضافة إلى ذلك، فإن منظمة الأغذية والزراعة قد اقترحت بعض الحلول لمختلف المشاكل المحتملة والحلول المقترحة التي قد تواجه المزارعين في نظم الري بالتنقيط كما هو في الجدول التالي :

المشكلة المحتملة	الحل المقترح
ضغط جوي منخفض جداً عند مخرج المضخة	▪ تحقق من شبكة الشفط وتنظيفها من الأوساخ ▪ التحقق من موصلية وقدرة المضخة وتنظيفها من الأوساخ ▪ التحقق من كسر الأنابيب خاصة في الخط الرئيسي. ▪ التحقق والتأكد من أن عدد الوحدات الري لا يتجاوز العدد المحدد في التصميم.
ضغط منخفض جداً عند مخرج المرشح الرئيسي	▪ إذا كان الضغط على مدخل التصفية محدد كما في التصميم والضغط عند المخرج منخفض، قم بتنظيف المرشحات.
ضغط منخفض جداً عند مدخل الوحدة	▪ التحقق من وجود كسر لأنابيب في النظام وتصحيحها. ▪ تحقق من الخطوط الفرعية مفتوحة على مستوى الوحدة وإغلاقها. ▪ التحقق من عدد الوحدات في عملية الري وأن لا تتجاوز عدد التصميم.
ضغط جوي منخفض جداً في الخطوط الفرعية	▪ التحقق من فلتر الوحدة وتنظيفها. ▪ البحث عن الخطوط الفرعية المفتوحة نهايتها وإغلاقها. ▪ تحقق من ضغط مدخل الوحدة ؛ إذا كان منخفض تابع التوصيات السابقة.
ضغط مرتفع جداً في نهاية الفلتر	▪ التحقق من عدد الوحدات التشغيلية. ▪ يمكن أن يكون عدد الوحدات أقل من العدد الموصى به في العملية. ▪ التحقق من عامل التصفية للتصدعات وتصحيحها.
الافتقار إلى المعرفة في الوقت المطلوب للأسمدة للخروج من النظام	استخدم جسر التوصيل كهربائي (EC) لقياس الموصلية الكهربائية لمياه الري. المضي قدما مع حقن الأسمدة فرق ضغط محدد. قياس الموصلية الكهربائية عند مخرج الباعث الأبعد في الوحدة. ستزيد الموصلية الكهربائية وثم تنخفض إلى مستوى قياس قبل توصيل المحقن. سجل الوقت المستغرق للوصول إلى الموصلية الكهربائية للمياه واستخدامها في المستقبل مع نفس فرق ضغط المحدد.
انسداد البواعث أو النقاطات	▪ غسل الخطوط الوسطية والخطوط الفرعية واحد في كل مرة حتى تخرج المياه نظيفة. ▪ الكلورة. ▪ استخدام الأحماض.
انخفض معدل تدفق بعد الفلاتر الرئيسية خلال الأشهر القليلة الماضية	▪ انسداد تدريجي من بواعث. ▪ استخدام الكلور و/أو الأحماض. ▪ الغسيل المنتظم للخطوط الوسيطة والفرعية.
تسرب الخطوط الفرعية	▪ قص الجزء المتسرب وتوصيل طرفي مع موصل.

٥-٧ برنامج التسميد

هناك العديد من الفوائد لابد من التأكيد عليها من خلال جمع الري والتسميد معاً للمزارعين والبيئة: (١) من خلال هذه الممارسة يتم توفير المواد الغذائية بصورة متاحة للنبات وعلى نحو متوازن، وبالتالي تجنب التراكيز العالية التي قد تكون لها آثر سلبي على النمو والإنتاج، (٢) زيادة كبيرة في الغلة التي قد تصل إلى ١٠٠٪ لبعض النباتات مثل غلة حقل مفتوح من الطماطم قد تصل إلى ١٨٠ طن/هكتار، البطاطا ٧٠ طن/هكتار، والبطيخ ١٥ طن/هكتار، (٣) توفير في الأسمدة والمياه للكيلو من المنتج، (٤) استخدام أكثر فعالية للمياه المالحة، (٥) تحسين الرقابة على الأسمدة يقلل من خطر تلوث المياه الجوفية، (٦) والتطبيق الأسهل من الأسمدة.

ومع ذلك، ينبغي على المرشد الزراعي العلم بأن تكون الأسمدة كاملة الذوبان في الماء. شكل المغذيات في الأسمدة يجب أن تكون قابلة للاستخدام من قبل النبات والبقاء على شكلها في التربة لأطول فترة ممكنة. ينبغي أن يكون تركيز المغذيات في الأسمدة على أعلى مستوى ممكن. التكلفة لكل وحدة من المواد الغذائية يجب أن يكون منخفضاً. الأسمدة السائلة القابلة للذوبان الكامل هي نترات الأمونيوم (٣٤,٥ ، ٠ ، ٠) بمعدل ذوبان ١١٩٠ غرام/لتر، اليوريا بذوبان ١١٠٠ غرام/لتر، سلفات الأمونيوم (٢١ ، ٠ ، ٠) بذوبان ٧١٠ غرام/لتر، نترات البوتاسيوم (١٣ ، ٠ ، ٤٦) بذوبان ٣٢٠ غرام/لتر، وفوسفات أحادي الأمونيوم (١٢ ، ٦١ ، ٠) بذوبان ٢٣٠ غرام/لتر.

استناداً إلى ذلك أعلاه، يوصي باستخدام نترات الأمونيوم (٣٥,٥-٠-٠)، وفوسفات الأمونيوم (١٢-٦١-٠) أو (١٤-٦١-٠) ونترات البوتاسيوم (١٣-٠-٤٦) للتسميد. وقد اقترحت منظمة الأغذية والزراعة نسب مختلفة لكل نبات مستخدماً تركيزات المغذيات الإرشادية ل N, P, K كما يلي:

النبات	دليل تركيز العناصر الغذائية في مياه الري ($g \cdot m^{-3}$)		
	N	P	K
الخيار	١٥٠ - ٢٠٠	٣٠ - ٥٠	١٥٠ - ٢٠٠
الباذنجان	١٣٠ - ١٧٠	٥٠ - ٦٠	١٥٠ - ٢٠٠
الفلفل	١٣٠ - ١٧٠	٣٠ - ٥٠	١٥٠ - ٢٠٠
البندورة	١٥٠ - ١٨٠	٣٠ - ٥٠	٢٠٠ - ٢٥٠
البطاطا	١٣٠ - ١٥٠	٣٠ - ٥٠	١٢٠ - ١٨٠
الفول الفرنسي	٨٠ - ١٢٠	٣٠ - ٥٠	١٥٠ - ٢٠٠
الفراولة	٨٠ - ١٠٠	٣٠ - ٥٠	١٥٠ - ٢٠٠
الخس	١٠٠	٣٠ - ٥٠	١٥٠
القطن	٤٠ - ٦٠	٢٠ - ٣٠	١٠٠
البطيخ	١٢٠ - ١٣٠	٥٠ - ٦٠	١٠٠

هناك ثلاثة أساليب رئيسية للتسميد، وتلك هي (١) (Bypass) وهي منخفضة السعر ولكن كفاءتها أيضاً منخفضة ، (٢) (Venturi) وهو يوفر الضغط السلبي بتقليل حجم الأنبوبة.، و (٣) الحقن (Pump). وينبغي أن يشير المرشد الزراعي إلى التوصية للمزارعين باستخدام الأسلوب (Venturi) حيث تم الموافقة عليها دولياً لإستخدامها في توزيع جميع أنواع الكيماويات بما في ذلك المبيدات. وهو موصى به أيضا للأسباب التالية: جهاز آمن، متفوق الخلط، دائماً دقيق (تجانس توزيع المواد)، خالية

من المتاعب – لا أجزاء متحركة، بسيطة الاستخدام – ذاتية التوقف ، وقادرة على تشغيل الجاف دون أية مشكلة، طويلة الأمد أو العمر – اللدائن الحرارية قوية، وعادة لا يوجد مضخات أو محركات مطلوبة.

٨- قياس المرجعية وأرشفة البيانات

قياس المرجعية والمقارنة نشأت في قطاع الشركات التجارية كوسيلة لقياس كفاءة الشركات للعمل وتحسين أدائها مقارنة بالمنافسين الرئيسيين. من خلال دراسة النواتج الرئيسية للمنافسين والعمليات المستخدمة لتحقيق هذه النواتج، استطاعت العديد من المنظمات اعتماد أفضل الممارسات الإدارية وتحسين الأداء الخاصة بها.

يتم تحديد نطاق قياس المرجعية بأهداف ونطاق السعي في البحث عن "أفضل الممارسات". في أي نظام، مثل شبكة ري، القياس ينبغي أن يشمل: المدخلات والعمليات والنواتج والآثار. وهناك مجموعة متنوعة من مجالات الري (أو الأنظمة) التي يمكن أن يكون المرشد الزراعي مهتم بها. الثلاث التي ذات أهمية أساسية هي:

- **تقديم الخدمات:** هذا المجال يشمل مجالين من مجالات تقديم الخدمة: (أ) مدى كفاءة عملية نظام توزيع مياه الري وإرضاء المستخدمين من المياه المطلوبة (نظام التشغيل)، و (ب) كفاءة استخدام الموارد لتقديم الخدمة (الأداء المالي).
- **الكفاءة الإنتاجية:** تدابير الكفاءة في الزراعات المروية التي تستخدم الموارد المائية في إنتاج الغذاء والمحاصيل والألياف.
- **الأداء البيئي:** يقيس آثار الزراعة المروية على موارد الأراضي والمياه.

يجب على المرشد الزراعي وضع نقاط مرجعية لكل مزرعة للتأكد من أن التدابير المستخدمة في المزرعة تحافظ على موارد الأراضي (بما في ذلك نظم المياه والتربة). هذا نوع من قياس المرجعية لتقييم الأثر البيئي على مستوى المزرعة. من التغيرات في خصائص التربة والمياه ، يمكن إعطاء التوصيات اللازمة لتحسين إنتاجية المزرعة واستدامة مصادرها.

تسجيل المعلومات وأرشفة البيانات هو عامل هام رئيسي للنجاح. معظم المزارعين الأذكياء هم أشخاص غير متعلمين زراعياً ولكن توسعت معرفتهم من خلال التجارب والخبرات مع مرور الوقت. تسجيل البيانات اليومية والأرشفة دائماً يساند إنتاجية المزرعة إذا كانت مستخدمة بشكل صحيح. وهكذا ينبغي أن يوصي المرشدين الزراعيين على الاحتفاظ بالسجلات اليومية كاملة، ولابد من توثيق وتسجيل البيانات لتحديد الفجوة، والقيود، والأخطاء، والاكتشافات. السجلات الرئيسية ينبغي أن تشمل على الأقل ما يلي:

الديموغرافية	مسح الموقع	خصائص التربة	خصائص مياه الري
خصائص النبات	كفاءة الري	كميات الري	العائد الإنتاجي

وينبغي اعتماد المرشدين الزراعيين دليل مرجعي عملي بسيط يمكن تطبيقه ميدانياً لرصد وتقييم أداء نظام الري في كل مزرعة. قائمة الاختيار في الملحق تلخص جميع المحتويات الرئيسية لهذا الدليل وبالتالي يمكن الاستفادة من هذا الدليل في تحديد نقاط الضعف على مستوى المزرعة. ينبغي على المرشد الزراعي أن يكون قادراً على تقديم توصيات محددة بناء على نتائج الدليل الميداني مثل هذه المرجعية. هذا الدليل قد قدم قائمة في المرفق (أ) ، وتشمل القائمة المرجعية مؤشرات الديموغرافيا، والموقع والمناخ ومياه الري، والنبات وخصائص التربة. كما يوفر هذا الدليل ببساطة تقييم التدابير المنفذة لتصميم، والجدولة، والرصد، وبرامج الصيانة. تقييم النظام يمكن أن يتحقق بسهولة على أساس ستة عشر عينة من النقاطات وكذلك مؤشرات للفعالية التاريخية. مع مرور الوقت ، هذه القوائم المرجعية يمكن استخدامها كقاعدة بيانات لممارسات المزارعين في منطقة معينة وبالتالي تساند صانع القرار في إتخاذ التدابير والإجراءات المناسبة ووضع الخطط التنفيذية والمستقبلية لتطوير الزراعة والممارسات الزراعية على مستوى البلد.

الملحق أ:

الدليل المرجعي العملي الميداني

التاريخ:

الديموغرافيا

الموقع
صاحب المزرعة
نوع الحيازة
التعليم
أفراد الأسرة
وجود مدير تنفيذي
عدد العماله
ملاحظة

خصائص الموقع

مقدار الميل أو المنحدر
محتوى الحصى
نوع مادة الأصل
بيئة الموقع
نوع استخدام الأراضي
وجود المسح الميداني

الخصائص المناخية

تقدير الإحتياجات المائية
مؤشرات الإجهاد المائي للتربة
مؤشرات إجهاد النبات

خصائص المياه

مصادر المياه
القياسات الدورية
العكورة
الملوحة
درجة الحموضه
مقدار الكربونات
الخ

الوقت:

خصائص النبات

نوع وصنف النبات
مرحلة النمو
تاريخ الزراعة
الاستنزاف المسموح
عمق الجذور
مدى الصحة
وجود إصابات

خصائص التربة

النسيج
الكثافة الظاهرية
معدل رشح التربة للماء
القدرة على الإحتفاظ بالماء
محتوى المادة العضوية
التقشر (وجود الطبقة السطحية الصماء)
وجود الملح
تلون وتبقع التربة

أسلوب تخزين المياه

نظام النقل
أنظمة التحويل
برك

خصائص النقاطات أو البواعث

النوع
مقدار التدفق
المسافات بين النقاطات
عدد النقاطات لكل نبته
إنسداد النقاطات
النسبة المئوية لمنطقة الترطيب

تحديد الموقع:

خصائص شبكة الري

تصميم وأحجام الخطوط الفرعية
تصميم وأحجام الخطوط الوسيطة
الخطوط الرئيسية والمساندة
مدى ملاءمة التجهيزات والملحقات
مقاييس المياه
منظم الضغط
وحدة التحكم
فحص الصمامات

جدولة الري

d_n
LF
d_g
f_x
I_d

الإدارة و الصيانة

الغسيل
وحدات الترشيح
طرق حفظ الماء
برنامج المراقبة
برنامج التسميد
الأسمده
نوع التسميد
التطبيق الدوري
الكلورة
علاجات الحمض
قياس المرجعية
أرشفة البيانات
ملاحظة

الإسم:

الكفاءة

E_c
E_a
E_s
q_1
q_2
q_3
q_4
q_5
q_6
q_7
q_8
q_9
q_{10}
q_{11}
q_{12}
q_{13}
q_{14}
q_{15}
q_{16}
q_{ave}
q_{min}
E_u

ملاحظات إضافية