وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

منشورات جامعة دمشق
كلية الزراعة الثانية- فرع السويداء

تخطيط وتصميم شبكات الري والصرف

(الجزء النظري)

الدكتور عدنان علي أبو سمرة
أستاذ في قسم الهندسة الريفية

جامعة دمشق

1433-1432هـ
2012-2011م

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفهرس

الموضوع	رقم الصفحة
المقدمة	7
الفصل الأول: تقانات الري والسقاية	9
1-1- أساليب وتقنية السقاية	9
1-2- المتطلبات التقنية لشبكات الري	23
1-3- توزيع تقنية السقاية وفق المناطق وتقييم استخدام أنواعها من أجل ري أرض معينة	29
1-4-الرابطةالمشتركةبين تقنية وشبكة الري، وتأثيرها على إنتاجية المحاصيل الزراعية	33
1-5- شبكات الري والتحكم الفعال بالسقاية	43
الفصل الثاني: تخطيط وتصميم شبكات الري السطحي	65
2-1- تقانات ترطيب التربة	65
2-2- الري بالغمر	67
2-3- تكنولوجيا السقاية في الأثلام	69
2-4- تكنولوجيا السقاية في الأخاديد	72
2-5- الأجهزة والوسائل التقنية المستخدمة في الري السطحي	82
2-6- شبكات الري السطحي الثابتة	103
2-7- تقييم الاستخدام التقني لتقانات السقاية	108
2-8- أنظمة ري الرز	108
الفصل الثالث: تخطيط وتصميم شبكات الري بالرذاذ	121
3-1- عناصر تقانات السقاية بالرذاذ وتكنولوجيا تشكيل سحابة الرذاذ	121
3-2- الوسائل التقنية وتكنولوجيا الري بالرذاذ	126
3-3- تقييم الاستخدام التقني لتقانات التذرير	203

3-4- تحديد إنتاجية نقاطات التقطير	204
3-5- أنظمة الري بالرذاذ الثابتة والثابتة الموسيمية	213
3-6- الري بالرذاذ النبضي التزامني	216
3-7- الري بالضباب	219
الفصل الرابع: رابعا: تخطيط وتصميم شبكات الري بالتنقيط	223
4-1- الري بالتنقيط فوق سطح التربة	223
4-2- الري بالتنقيط تحت سطح التربة	244
الفصل الخامس: تخطيط وتصميم شبكات الصرف في الأراضي المروية	261
5-1- أسباب التملح الأولي والثانوي في الأراضي المروية. متطلبات التربة للنظام المائي الملحي.	261
5-2- طرق مكافحة الملوحة والغمر في الأراضي المروية.	266
5-3- الغسل الاستثماري للتربة المالحة.	268
5-4- التنبؤ بالنظام المائي والملحي في الأراضي المروية.	275
5-5- الدريناج في الأراضي المروية.	281
5-6- تخطيط وتصميم وأنواع توضع شبكات الدريناج.	282
5-7- الدريناج الأفقي.	286
5-8- الدريناج الشاقولي.	304
5-9- الدريناج المركب.	312
دليل المصطلحات العلمية:	317
المراجع العلمية:	321
الفهرس:	5

Damascus University

المقدمة:

يتطوّر الإنتاج الزراعيّ في القطر العربيّ السوريّ في مناطق مناخيّة مختلفة بدءاً من الرطوبةالمرتفعة جداًوحتى الجافة جداً، تقع في المناطق الجافة حوالي: 65% من الأراضي البوروغير المستصلحة للزراعة، وتشكل نسبة: 40% من مساحة الأراضي التي يكون فيها تساقط الأمطار أقل من: [300[mm، ويتكرّر الجفاف عدّة مرات في العام، ممّا يؤدّي لعدم استقرار أو ثبات إنتاجيّة المحاصيل الزراعيّة في جزءٍ كبيرٍ نسبياً من مساحة القطر.

تشكّل مساحة الأراضي المروية نسبة: 25% من المساحة الكلية البور، وهي أقلّ بدرجة كبيرة من البلدان ذات الشروط المناخية الأكثر ملائمة للزراعة.

يتّجه تطوّر الريّ للحصول على إنتاج زراعي ثابت مرتفع غيرمتعلق بالشروط الجوية السائدة. بدت مسائل تقانات السقاية بعيدا عن نطاق تأمين زيادة إنتاجية العمل، وتظهر تأثيراً محدداً على كامل العملية التكنولوجية لري الأرض، ومستوى تقنية شبكات الري، ودرجة فعالية استخدام الموارد (المصادر) الطبيعية والمادية، والحفاظ على الوسط الطبيعي الجيولوجي (البيئي).

يجري تطوير تقنية الري بالتزامن مع تطوّر الإنتاج الزراعي ككل، فأكثر من نسبة 90% من شبكات الريّ تنجز في شكل مجموعة أنابيب أو مواسير، وأحواض وقنوات مبطنة، وتروى أكثر من نسبة: 43% من الأرض بواسطة الآلات.

افترضت متطلبات الريّ مجموعةمن التقانات والآلات التي تسمح في فترة الجفاف بتحويل مساحات كبيرة من الأرض إلى مساحات مروية. بلغ الوزن النوعي لآلات التذرير مرتفعة الإنتاجية ذات العرض العامل الكبير في بنية شبكات الري بالرذاذ نسبة: 35%وتحافظ على التطورالمستقبلي لزيادتها،ووجد المدخل لتصميم مجموعات تقنية متطوّرة لشبكات الري بالاعتمادعلى التقنية ذات العرض العامل الكبير .ارتفع المستوى التقني لشبكات الري بالرذاذ بصورة ملحوظة في الأعوام الأخيرة.

يتطوّر باستمرار تصميم آلات التذرير لجميع الأنواع، لكن يؤخذ عليها كمية المعدن الكبيرة بالإضافة إلى الكفاءة الضعيفة لشبكة الأنابيب. وتعتبر غير منتظمة من حيث اللوازم ومعدات الخدمة لجميع أنواع هذه الآلات والأجهزة، وتجّهز بصورة ضعيفة بتقنيسة القياس والحاسوب وبوسائل الأتمتة (وسائل التحكم الآلي).

تدرس في الأعوام الأخيرة رفع مستوى تقانة الري السطحي من: 40% – 60%، باستخدام تقنية جديدة للسقاية السطحية، التي تسمح بالانتقال لتأمين جمع المياه بواسطة تكنولوجيا صناعية متداولة للسقاية المنفصلة والسقاية بتدفق دافوري متغير، بما في ذلك السقاية في الأثلام قصيرة الطول.

ازدادت في المرحلة الحالية بصورة جوهرية متطلبات الإنتاج الزراعي ومنطقياً حاجة الطبيعة لتقنية وتكنولوجيا الري. يجب على تقنية وتكنولوجيا الري أن توفر المياه وتحافظ على البيئة، لذلك في الشبكات الجديدة ذات التقنية الحديثة تدرس تكنولوجيا الري البطيء، والتقطير، والتزامني–النبضي والريّ بالرذاذ، وأيضاً بالتنقيط والري تحت سطح التربة لتوفير المياه والمحافظة على البيئة.

تسمح أجهزة شبكات الريّ الحديثة بنقل الأسمدة المعدنية والعضوية، ومواد الري، والمواد الكيميائية السامة (المبيدات) سوية مع مياه السقاية.

لا يعتبر تطور تقنية الري جوهرياً بدون نمذجة أي وضع تصاميم نموذجية ومثالية، لذلك سندرس تقنية السقاية في هذا الكتاب من منطلق التحليل النظامي في تكوين شبكة الري. لذا تكنولوجيا السقاية فندرسها كجزء تكويني من المجموعة التكنولوجية الصناعية لزراعة المحاصيل الزراعية.

يسمح الاقتصاد الزراعي الفعال بدءاً من وجود تكنولوجيا متطورة في تقانات الري بتحسين شروط وزيادة إنتاجية العمل للسقاية من: 2.5 – 1.5 مرّة، وإنقاص المساحات الموجودة تحت القنوات والمنشآت المائية، وبتأمين الوفر في المياه والحفاظ على الوسط البيئي.

حاولت وضع فصول هذا الكتاب في شكل مركّز وواضح وبسيط، ممّا يعني التقانات اللازمة المطلوبة لتخطيط وتصميم شبكات الريّ والصرف الحديثة والمؤتمتة. ويشمل الكتاب المعلومات والمفاهيم والنماذج المطلوبة لتحقيق الحسابات التصميمية النظرية والعملية وفق أشكال المادة النظرية والنموذجية.

أتمنى أن أكون قد وفقت في إعداد هذا الكتاب ليكون كتاباً سهلاً ومبسطاً، وأن يجد الطلاب المهندسون فيه الفائدة المرجوة في تفهم تخطيط وتصميم شبكات الريّ والصرف الحديثة، وأن يكون عوناً لهم بعد تخرجهم لتخطيط وتصميم واستثمار أنواع عديدة من هذه الشبكات.

المؤلف

الفصل الأول

تقانات الري والسقاية

1-1- أساليب وتقنية السقاية:

الري: هو أحد أشكال استصلاح الأراضي بالمياه في مناطق الرطوبة المنخفضة والمناطق التي فيها الرطوبة الطبيعية غير مستقرة، والذي يتّجه لمنع جفاف التربة وجزئياً لمنع جفاف الوسط الجوي.



الشكل (1-1): الأهداف العامة والوظائف الأساسية للسقاية

الوظيفة الأساسية للريّ: إنتاج محاصيل زراعية مضمونة غير متعلّقة بالشروط الجويّة السائدة على حساب التحكّم بالنظام المائيّ المتعلّق به أيضاً النظام الهوائيّ والحراريّ والملحيّ والميكروبيولوجي والغذائي في التربة. يستخدم الريّ أيضاً من أجل غسل التربة ومكافحة الجفاف الجويّ، وكوسيلة ضدّ التجمد (أضرار الصقيع)، ومن أجل تسميد الأسمدة المعدنية والعضوية مع مياه السقاية، وأيضا من أجل وسائل المكافحة الكيماوية للمحاصيل ووقايتها من الأمراض والحشرات الضارة الشكل (1-1).

أسلوب الريّ: أسلوب اصطناعي لنقل المياه على سطح التربة وفي نواقل المياه وتحويلها إلى حالة جديدة لترطيب التربة والهواء. يتصف أسلوب الري بتلامس المياه مع المحاصيل، ومع طبقة التربة وطبقة الهواء الملامسة لسطح التربة، الذي يحدث عند ذلك العمليات الفيزيائية والفيزيولوجية، ويؤدي لزيادة مدّة استمرارية وشدّة التأثير على المحاصيل الزراعية والوسط المحيط.

يميز أسلوبا الريّ: 1- أسلوب الريّ التقليديّ الدوريّ، 2- وأسلوب الريّ المستمر. ينسب إلى الأسلوب الأول أساليب السقاية شائعة الاستخدام في الأثلام والأخاديد، والرذاذ، التي تكون عندها شدّة التغذية الاصطناعية بالمياه أكبر من شدّة استهلاك المياه (من 100 – 1000 مرة)، وزمن استمرار التأثير على المحاصيل والوسط المحيط قليلٌ. وينسب إلى أساليب الريّ المستمر الريّ بالتنقيط، والرذاذ التزامني-النبضيّ، الذي يعتمد على تغذية المياه بشدّة ضعيفة تتطابق مع شدّة الاستهلاك المائي أو ما يسمى بالاحتياج المائي لكامل فترة نموّ المحاصيل الزراعية.

يعتمد تصنيف أساليب وتكنولوجيا الريّ على مجموعة مؤشرات متميّزة باختلافات مبدئية كافية كاملة لقدرة العملية التكنولوجية للسقاية وتقنية تأثيرها على المحاصيل والوسط المحيط (التربة – طبقة الهواء الملامسة لسطح التربة). يبين الجدول (1-1) المؤشرات الأساسية لصفات وتقنية تحويل المياه من حالة الجريان المائي إلى حالة ترطيب التربة والهواء. ودرجة التلامس الموضعي للمياه مع التربة. ومدّة واستمرارية العملية التكنولوجية للريّ. وشدة التغذية بالمياه ودرجة تطابقها مع شدّة الاستهلاك المائي للمحاصيل الزراعية.

الجدول (1-1): أساليب السقاية ومؤشراتها المميزة.

المؤشرات الأساسية المميزة	أساليب السقاية ومواصفات المؤشرات المختلفة
1- تقنية تحويل المياه من حالة الجريان إلى حالة ترطيب التربة والهواء.	1.1- السقاية السطحية بالغمر في المستنقعات، والجريان في الأثلام. 1.2- السقاية السطحية في الأخاديد. 1.3- الري بالتقيط ذي التوزيع السطحي للمياه. 1.4- الري بالرذاذ. 1.5- الري بالضباب. 1.6- الري داخل التربة. 1.7- الري بالتقيط ذو توزيع المياه داخل التربة. 1.8- الري بتنظيم منسوب المياه الجوفية. 1.9- السقاية المركبة بالرذاذ - السطحية. 1.10- السقاية المركبة بالرذاذ - داخل التربة.
2- مدة استمرار عملية الري	1.2- الري الدوري (المتقطع). 2.2- الري المستمر.
3- درجة الموضعية	1.3- الري الدوري التقليدي. 2.3- الري الموضعي.
4- شدة تغذية المياه ودرجة تطابقها مع شدة الاستهلاك المائي	1.4- الري اللاتزامني ذو الشدة المرتفعة. 2.4- الري التزامني ذو الشدة المنخفضة بصورة مطلقة. 3.4- الري التزامني ذو الشدة المنخفضة.
5- تقنية توزيع مياه الري	1.5- جريان المياه بين أجهزة السقاية العاملة في دورة واحدة (الري التقليدي). 2.5- تجميع المياه عند مجموعة أجهزة السقاية (الري التخزيني). 3.5- توزيع المياه دون جريان وتجميع المياه.

أساليب الري الشكل (1 – 2):

- **السقاية السطحية بالغمر:** عندها يتم جريان المياه في الأثـــلام بطبقـــة: $20 - 1[cm]$، وتتوزع على سطح التربة مرطبة إياها بصورة رئيسية بفعل قوى الثقالة (الجاذبية).

- **السقاية السطحية في الأخاديد:** عندها تجري المياه وفق تضاريس سطح التربة بطبقـــة لعدة سنتيمترات، وترطبها بتأثير القوى الجاذبية والشعرية.

- **السقاية السطحية-بالتنقيط:** عندها تتساقط المياه على شكل قطرات منفصـــلة بقطـــر: $2 - 1[mm]$ أو بشكل تدفق مستمرّ على قطاعات موضعيّة لسطح الأرض ولا توزع وفـــق السطح، وإنما ترطّب التربة بصورة رئيسية بتأثير القوى الشعرية.

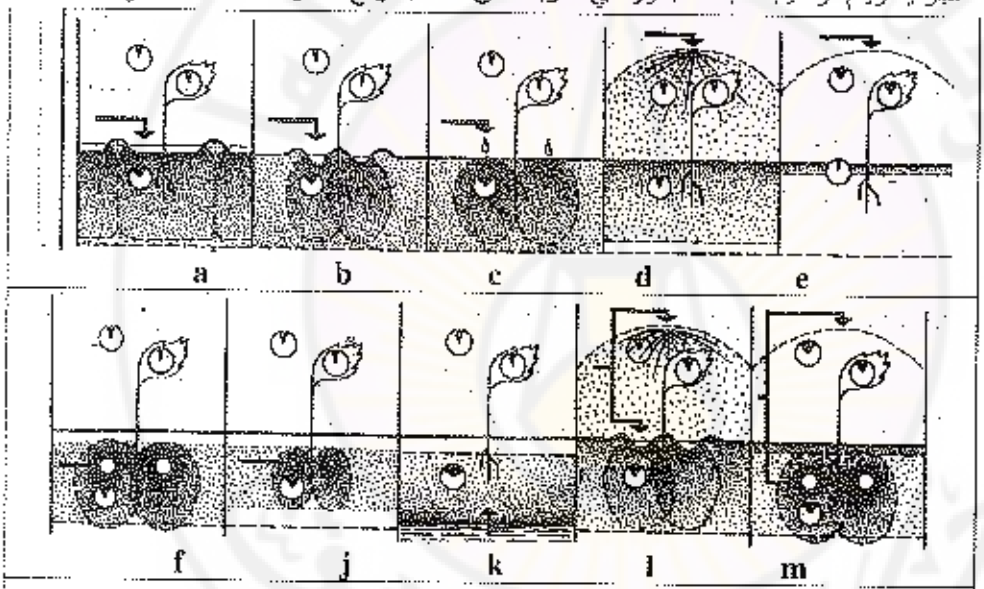
- **السقاية بالرذاذ (المطر الاصطناعي):** عندها يُشكّل الرذاذ اصـــطناعياً علـــى شـــكل قطرات بقطر: $2 - 0.5[mm]$، وترطّب طبقة الهواء المنخفضة عند سطح التربة، وترطّـــب جزء الطبقة فوق المحاصيل وكذلك طبقة التربة بتأثير القوى الشعرية دون جريان المياه على سطح التربة.

- **الري بالضباب (الترطيب بالهباب):** يشكّل الرذاذ على شكل ضباب بقطرات ذات قطر: $500 - 100[mk]$، والتي توزعها الرياح فوق سطح الأرض، وبذلك تزداد رطوبـــة طبقـــة الهواءالملامسة لسطح الأرض،ويرطّب طبقة جزئية فوق المحاصيل الزراعية وجزئياً طبقـــة التربة السطحية بتأثير القوى الشعرية وعلى حساب تكاثف الرطوبة.

– **السقاية داخل التربة** (تحت سطح التربة): تعني توزيع المياه على كامل المساحة المرويّة أو على قطاع موضعيّ وفق ثقوب أنابيب الترطيب (معدات أو أجهزة الترطيب) أو باختصار مباشرة في طبقة التربة المحروثة (تحت سطح الطبقة المحروثة)، بترطيبها أساساً بفعل القوى الشعرية.

– **السقاية تحت سطح التربة بالتنقيط:** تعني توزيع المياه في القطاعات الموضعيّة لسطح التربة من مسامات أجهزة الترطيب أو من فوهات الخروج المكروية (النقطات) مباشرة في الأساس وذلك بتأثير القوى الشعرية.

– **السقاية تحت سطح التربة** (بالمياه الجوفية): عندها يرفع اصطناعياً منسوب المياه الجوفية ويتمّ ترطيب طبقة الجذور في التربة على حساب رفع منسوب المياه الشعريّ.



الشكل (2-1): أساليب السقاية (المخطط التصنيفي): a– بالغمر السطحي، b– بالأخاديد السطحية، c– بالتنقيط، d– بالرذاذ، e– الترطيب بالضباب (الرذاذ بالضباب)، f– داخل التربة، j– داخل التربة بالتنقيط، k– تحت سطح التربة (بالمياه الجوفية الشعرية)، l– المركبة سطحية – رذاذ، m– المركبة داخل التربة – رذاذ.

– **السقاية المركبة بالرذاذ – السطحية:** عندها توزّع المياه جزئياً على سطح التربة وترطبّ طبقة التربة بتأثير قوى الجاذبية والشعرية، وأيضاً على شكل ضباب بصورة رئيسيّة فوق الجزء المنخفض للمحاصيل وعند طبقة الهواء الملامسة لسطح التربة.

- **السقاية المركبة بالرذاذ – داخل التربة:** عندها توزّع المياه جزئياً مباشرة في طبقة التربة وبتأثير القوى الشعرية بصورة رئيسية، وترطّب بالضباب الطبقة المنخفضة للهواء فوق المحاصيل.

يميز الريّ التقليديّ والريّ الموضعيّ وفق **مؤشر المساحة.**

تحدد ميزات عملية الري مدة وشدّة التأثير على المحاصيل والوسط خلال نموها والمراحل المنفصلة لنموها والدورة اليومية لها.

وتميّز أنواع الري التالية وفق **درجة تطابق شدّة تغذية المياه من شدّة الاستهلاك المائي للريّ:**

الريّ التزامني المطلق: فيه تتطابق شدّة التغذية للمياه بالكامل مع الشدّة المتغيرة للاستهلاك المائي خلال كامل فترة السقاية والدورة اليومية.

الريّ التزامنيّ: فيه تتطابق شدّة التغذية للمياه مع الشدّة اليوميّة الوسطيّة للاستهلاك المائيّ خلال الدورة اليومية.

الريّ اللاتزامنيّ: فيه تكون شدّة التغذية للمياه أكبر من الشدّة اللحظية ومن الشدّة الوسطية للاستهلاك المائي اليومي.

تقانات توزيع المياه لدى شبكات الريّ: يوجد لكلّ أسلوب سقاية نوع خاص من تقانات السقاية، وشبكة نقل وتوزيع المياه.

– الدورة المائية بين أجهزة السقاية المستقلة أو بين مجموعات الأجهزة العاملة في دورة تكنولوجية واحدة، عندما تجرى السقاية دورياً.

– تجميع المياه في خزانات أو أحواض خاصة مباشرة عند أجهزة السقاية أو على شبكة نقل المياه الخاصة بها من أجل تأمين عملية الريّ.

– توزيع المياه بوسائل بسيطة دون دورة مائية، وجمع المياه من أجل استمرار العمل بنفس الوقت لريّ القطاعات.

يمتلك كلّ أسلوب تكنولوجيا خاصة به متميزة بالعمليات المتتالية لعمليّة توزيع المياه ودرجة مكننتها وأتمتتها وبصورة خاصة قنوات المياه وأسلوب التغذية للمحاصيل الزراعية وللوسط المحيط.

تتطوّر تكنولوجياالسقاية باستمرار. تغيرت التكنولوجيا المرتفعة شدّة التغذية وبصورة رئيسيّة الرذاذ الموضعي، إلى تكنولوجيا ضعيفة الشدّة للرذاذ – البطيء، والرذاذ المتقطع،

والنبضي. تتميّز تكنولوجيا السقاية وفق مسامات الأخاديد بتدفق مستمر بتوزيع المياه بانتظام ضعيف، وبضياع كميّات كبيرة نسبياً على الصرف (التسرب) وعمق الارتشاح. لذلك يجب أن تستبدل بتكنولوجيا سقاية متطوّرة مع تغير تدفق السقاية، وبتقطّع توزيع المياه (النبضي).

لا توجد أساليب ريّ غير متطورة. لكن قد تكون تقنية وتكنولوجيا هذا الأسلوب غير متطورة. تمتاز كلّ تكنولوجيا ريّ بقيمة عناصر شبكة الريّ كتدفق مياه السقاية، ومدّة عنصر السقاية، وشدّة الرذاذ وغيرها. يتّم الجمع المنطقي لقيم عناصر شبكات الري بالاعتماد على الحسابات النظرية وعلى البحوث التجريبية وعلى اختبارات السقاية.

تؤثّر بصورة جوهرية العوامل الزراعية الطبيعية أو ظروف إجراء السقاية (مثل: نفاذية التربة للمياه، والانحدار والتضاريس الخ...) على قيم عناصر شبكة الري، لذلك يجب المفاضلة بين هذه العناصر وفق العلاقة بظروف الريّ. تتصف درجة الاقتران المثالي لعناصر شبكة الري من أجل شروط معينة بثوابت الجودة والكفاءة لعملية السقاية، وبإنتاجية عملها، وبحفظ الموارد المائية.

يجب أن تقيم درجة تطور تكنولوجيا وتقنية وسائل السقاية من موقع التحليل النظامي في تكوين شبكة الري ومجموعة تكنولوجيا زراعة المحاصيل الزراعية. شبكة الري معقدة بالإضافة لحالات الشبكة متعددة الوظائف الشكل (3-1). الهدف الكلي لشبكة الري هو تحقيق أساس اقتصادي مرتفع وجودة في العلاقة الاقتصادية لمنتجات الإنتاج الزراعي الشكل (4-1).

تتعلق درجة تطور شبكات الري الزراعية، بجودة وكفاءة العمليات التكنولوجية لمنشآت سحب المياه، وتوزيع المياه والسقاية، ودرجة استخدام الموارد الأرضية، والمائية، والقدرة الكهربائية والمادية بخواصها وبمراماتها كما مبين في الشكل (3-1). يشمل التكوين المورفولوجي لشبكات الريّ الزراعية على شكبات فرعيّة ومشاريع مختلفة المستويات: منشآت سحب المياه ومراكز تشكيل الضغط مع الأجهزة من أجل تغيير جوهري لخواص المياه (أجهزة التسميد الإضافي، المصافي وغيرها)، التي تنقل المياه من معدّات الشبكة (الوصلات، المنظمات)، وأجهزة التوزيع لمياه الريّ، وقنوات الربط المباشر والعكسي بين المشاريع ووسائل التحكم بها. يرتبط تكوين شبكة الريّ بصورة واضحة وجليّة وغالبا مشترط ببنية الإجراءات والتدابير الزراعية الصناعية، وبأنظمتها الفرعية ومشاريعها. وبدورها ترتبط الوحدات البنيوية للدورة الزراعية للأرض من حيث المساحة بالشبكات الفرعية وشبكات الري، بصورة متبادلة محددة نسبة لبعضها البعض.



الشكل (3-1): شبكة الري (التحليل التكويني)

تعتمد البنية المعلوماتية لشبكات الريّ على معطيات الدخل الناتجة كما في الشبكات الفرعية والمشاريع، وأيضاً من مشاريع الشبكات الزراعية الصناعية. تستخدم معلومات الخرج وفق نتائج شبكات الريّ الوظيفية من أجل تحقيق إنتاجية مرتفعة وثابتة للأرض المرويّة ولفعالية مياه السقاية.

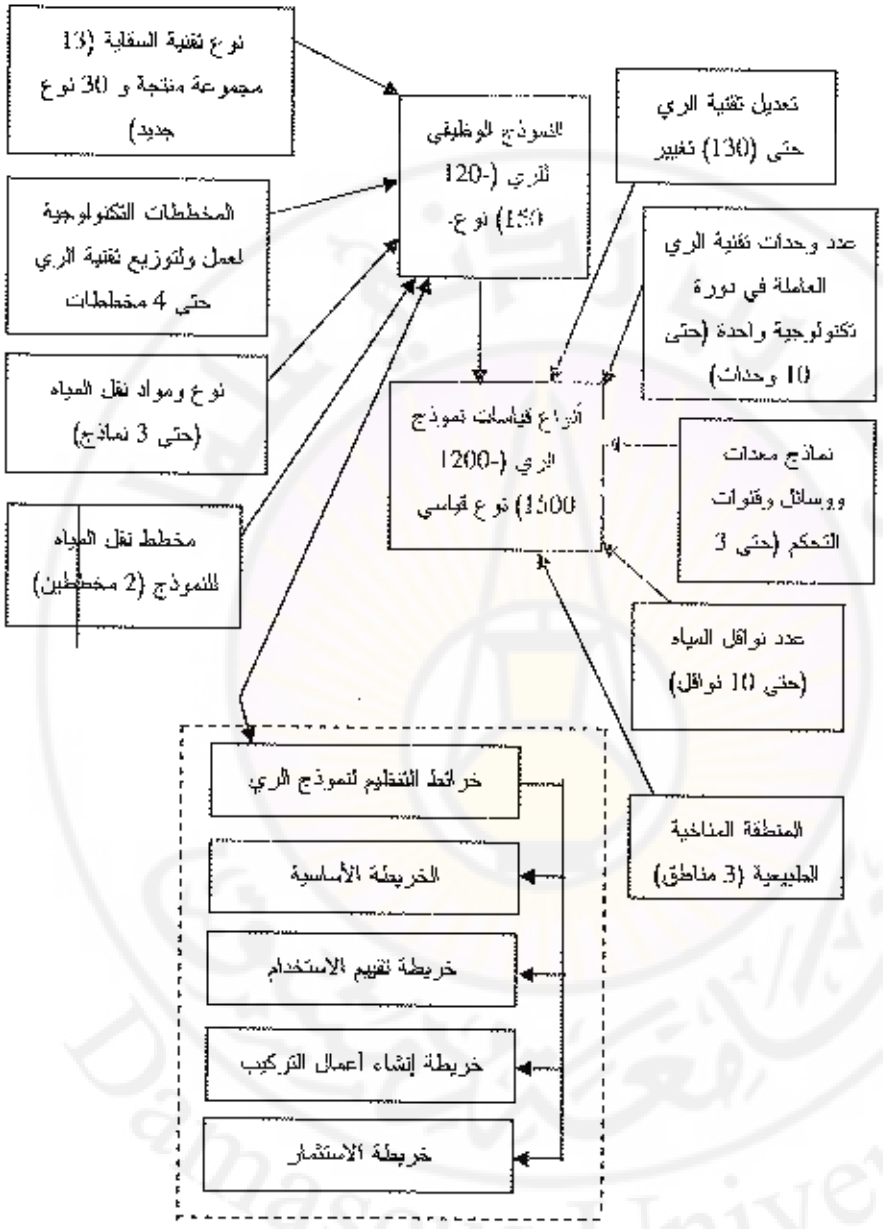
تنسب شبكات الريّ الزراعية وفق المؤشرات المورفولوجية للمشاريع التي تشكل شبكاتها الفرعية إلى النوع المختلط. جزء من المشاريع (مراكز سحب المياه وتشكيل الضغط ومراكز النقل، ونقل المياه للنظام القديم ومعدات توزيع المياه وغيرها) ليست واحدة أي أنّها غير متجانسة، الأخرى متجانسة هي (أجهزة وآلات الري والسقاية، النظام الأصغري لنقل المياه والمعدات المختلفة وغيرها). الشبكة الفرعية للمشاريع المتجانسة، يتعلق عددها الذي على شبكة الري الزراعية بقدرتها وقياساتها، ويمكن أن يتغير من الواحد حتّى عدّة عشرات وحتى المئات، يمكن عند حدود معينة الدراسة كشبكة فرعيّة وظيفية مستقلّة – يتكون النموذج (المودول) الوظيفي للري من مجموعة مشاريع محددّة (تقنية الري، شبكة الري وغيرها) مع مجموعة الربط بينها، ومن الخواص والبارامترات المميزة لها.

وضعت الحلول النوعيّة التقنية لشبكات الريّ في شكل مجموعات أجهزة متحركة. يتكوّن أساس المخططات التصميميّة النوعيّة من المبدأ التقليديّ للتصميم الكامل، الذي يتطلب معالجة فرديّة لها تبعاً للظروف الطبيعية الزراعية المحددة. تكشف الإمكانيات الجديدة الكبيرة نسبيا لشبكة الري الزراعية عن الانتقال إلى مبدأ نموذجي متقدّم لتصاميمها. يستخدم بصورة شائعة المبدأ النموذجي المركّب لتصميم وسائل تقنية، التي تحقق أساليب تصنيعها واستثمارها.

يستخدم الحلّ التصميمي المحققّ لمجموعة شبكات الري في جودة النموذج الوظيفي للريّ والسقاية تصميمياً وتقنياً، الذي يعتبر الجزء المكوّن الرابط لشبكة الريّ الزراعية والذي يشمل: وحدة تقنية الريّ أو مجموعة وحداتها العاملة في دورة تكنولوجية واحدة، وشبكة نقل المياه، ومعدات ومنشآت مائية، ووسائل وقنوات التحكم المتوضعة على قطاع معدل للخدمة الموسمية لهذه التقنية. بالاعتماد على التحليل النظامي يوجد أكثر من 150 نوعاً وأكثر من 1000 نوع من القياسات المميزة بالمختلطة: يبين الشكل (5-1) المخططات التكنولوجية لعمل تقنية الريّ المعدّلة والحلول التقنية لشبكة نقل المياه وغيرها.

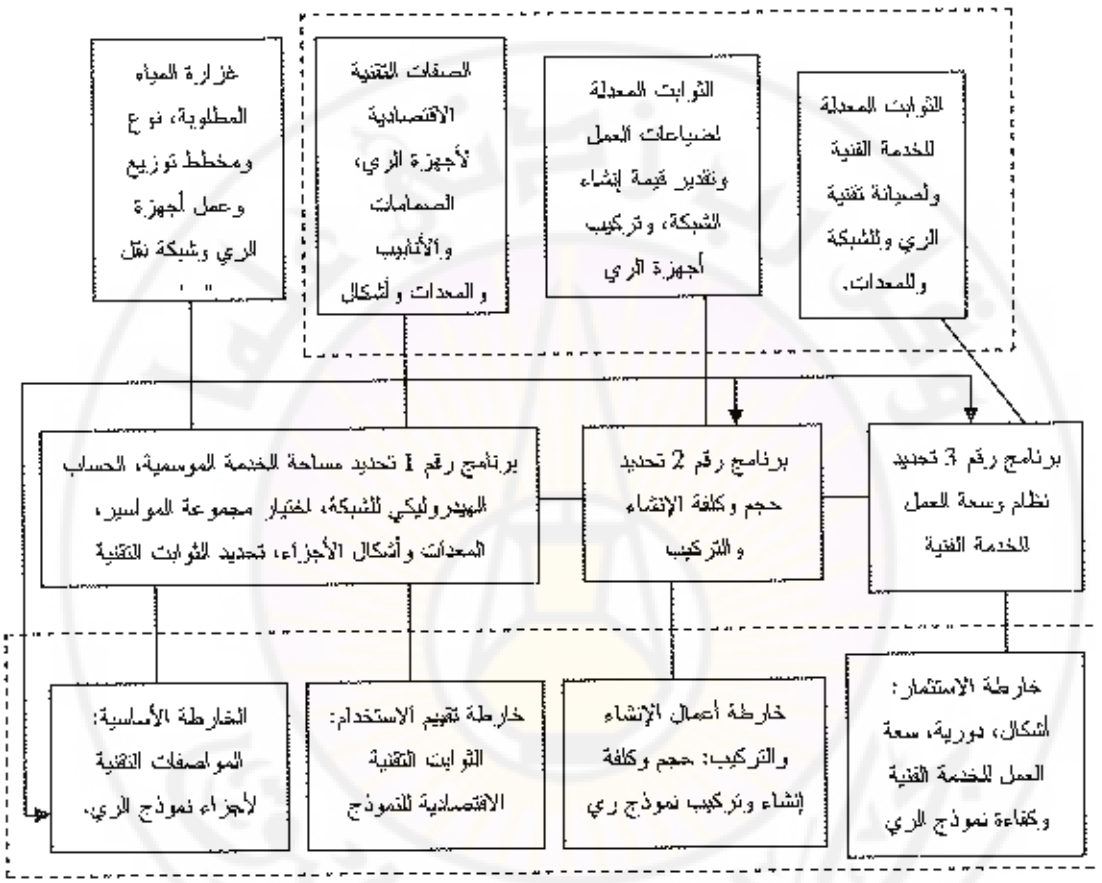


الشكل (4-1): مسائل تقنية الري المثالية في تكوين شبكات الري الزراعية



الشكل (5-1): المخطط الأساس لتقنية الري المثالية بالاعتماد على المبدأ النموذجي.

يمتاز كلّ نموذج وظيفي للريّ بخرائط منظّمة من: المكونات، والاستخدام، والتركيب والاستثمار، التي فيها تبين الثوابت المميزة الأساسية المؤثرة من أجل كل نموذج. تجرى حسابات الخرائط وفق برنامج مؤتمت لتصميم نموذج الري الوظيفي الشكل (6-1).



الشكل (6-1): المخطط التصميمي المؤتمت للنموذج الوظيفي للري

تعمم مسمّيات (مصطلحات) النموذج في الأساس لجميع الحلول التقنية الموجودة والاقتصادية المناسبة لتقنية نقل المياه وتوزيعها على الأرض (نوع تقنية الري، تكنولوجيا عملها، مخططات الشبكة والنقل المياه، المواد ... الخ). عدد الأنواع القياسية المستخدمة الأصغرية اللازمة والكافية لاستخدام النموذج في مجال واسع لتغير الثوابت الزراعية الطبيعية. لذلك تجمع الأنواع القياسية في مجموعات وفق المناطق المناخية انطلاقاً من شرط تحقيق تدفّق المياه

المطلوب لها، والتي تشكل من أجل المناطق الجافة: $100[m^3/hr]$ في اليوم، ومن أجل المناطق شبه الجافة (المعتدلة): $80[m^3/hr]$ في اليوم، ومن أجل المناطق الرطبة: $60[m^3/hr]$ في اليوم. تشمل الخارطة الرئيسية المنظمة على المواصفات الهندسية وتوزيع الضغط، ومواصفات العناصر المجمعة والمخطط البياني العام مع بيان أجهزة التسيكة، وموضع تغذية المياه، وتوزيع أجهزة الري والمعدات، الجدول (2-1).

الجدول (2-1): الخارطة الأساسية المنظمة لنموذج الري الوظيفي.

مواصفات النموذج وأنواع قياساته						
الرقم	عناصر النموذج	كتلة العنصر	كلفة العنصر	عدد العناصر في الأنواع القياسية		
				1	2	i
1	جهاز الري	m_1	c_1	$n_{1,1}$	$n_{1,2}$	$n_{1,i}$
2	المواسير	m_2	c_2	$n_{2,1}$	$n_{2,2}$	$n_{2,i}$
3	الصمامات	$\frac{m_3}{\sum_i m}$	$\frac{c_3}{\sum_i c}$	$n_{3,1}$	$n_{3,2}$	$n_{3,i}$

تتعلق المعلومات الدقيقة، وبالتالي فائدة وقيمة النموذج، غالباً بالنظام المختار للثابت التقني الاقتصادي، وبكامل الصفات البارامترية للنموذج وعناصره. عند ذلك الشرط الأساسي يعتبر مطابقاً لثوابت النموذج. هذه مجموعة مؤشرات محققة في الخارطة المنظمة للتقييم الاستخدام التي تشمل: مقدمة عن مجالات الاستخدام التقني لنموذج الري الوظيفي وفق العامل الطبيعي الزراعي، وتشمل معلومات عن نقص موارد العمل، والمصادر المائية. يميز نظام الثوابت والمعايير المستوى التقني الاقتصادي للنموذج وتأثير جودة العملية التكنولوجية على إنتاجية المحاصيل الزراعية. الجدول (3-1).

يشمل النظام التقني الاقتصادي: كمية المعدن النوعية، ورأس المال وكمية الطاقة، والحمولة على عامل واحد، وثابت استخدام الأرض، وثابت المردود المفيد، وثابت الاستخدام في زمن الرصيد الأساسي، وثابت الكفاءة، وثابت جودة العملية التكنولوجية.

تحدد جميع البارامترات بالكامل التي تصف الري النموذجي الوظيفي كأي مشروع بكمية وجودة المعلومات المقدمة عنه. نجد في الشرائط المنظمة لوسطي واحد وفق صعوبات نموذج الريّ الوظيفيّ المؤثرة أكثر من 100 اسم ثابت وأكثر من 700 صفة عددية وبيانية له.

الجدول (3-1): جدول خارطة الاستخدام لنموذج الري الوظيفي.

الشروط التقنية الاقتصادية لاستخدام الأنواع القياسية للنموذج					الشروط الطبيعية الزراعية لاستخدام النموذج		
قيمة الثابت حسب نوع قياس النموذج			تسمية الثابت	الرقم	مجالات استخدام النموذج	تسمية العامل	الرقم
j	2	1					
$m_{1,j}$	$m_{1,2}$	$m_{1,1}$	كمية المواد	1	V_{min}, V_{max}	سرعة الرياح	1
$\Pi_{2,j}$	$\Pi_{2,2}$	$\Pi_{2,1}$	مقدار العمل	2	i_{min}, i_{max}	الميل	2
$g_{3,j}$	$g_{3,2}$	$g_{3,1}$	كمية الطاقة	3	K_{min}, K_{max}	نفاذية التربة للمياه	3
$\Pi 3_{i,j}$	$\Pi 3_{i,2}$	$\Pi 3_{i,1}$	الضياعات المحولة	j	H_{min}, H_{max}	ارتفاع النبات فوق التربة	i

تشمل خارطة أعمال الإنشاء التركيب الجدول (4-1) مقدمة عن حجوم وكمية العمل، وكلفة الأشكال الأساسية لأعمال الإنشاء والتركيب لنموذج الري الوظيفي، وتكوين التقنيات والآلات المستخدمة عند إنشائه، مخططات الربط للعناصر التصميمية للنموذج في المستوي الشاقولي وأجزائه.

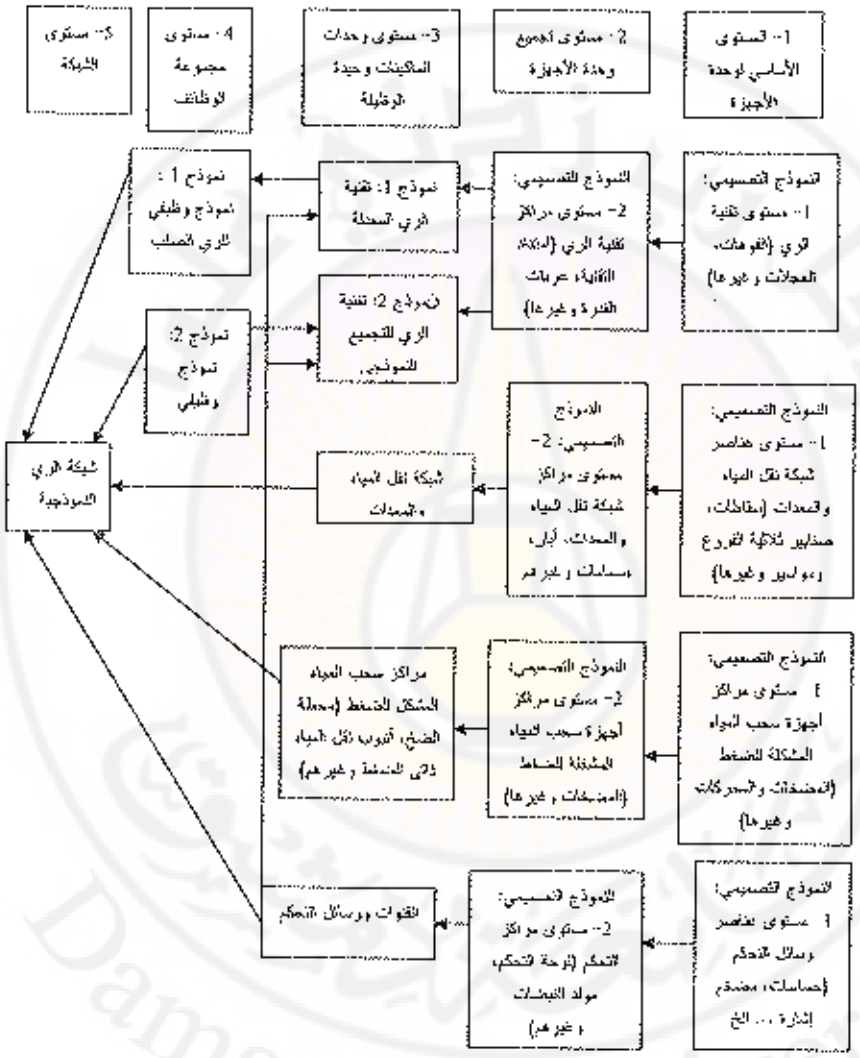
الجدول (4-1): خارطة الإنشاء التركيب لنظام الري النموذجي الوظيفي.

حجم وكلفة العمل وفق قياس النموذج			تكوين المعدات والآلات	نوع الأعمال	الرقم
i	2	1			
$V_{1,i}; C_{1,i}$	$V_{1,2}; C_{1,2}$	$V_{1,1}; C_{1,1}$	$Q_1; Q_2$	أرضية	1
$V_{2,i}; C_{2,i}$	$V_{2,2}; C_{2,2}$	$V_{2,1}; C_{2,1}$	$Q_3; Q_4$	بيتونية	2
$V_{i,i}; C_{i,i}$	$V_{i,2}; C_{i,2}$	$V_{i,1}; C_{i,1}$	Q_5	تركيب الأجهزة	i

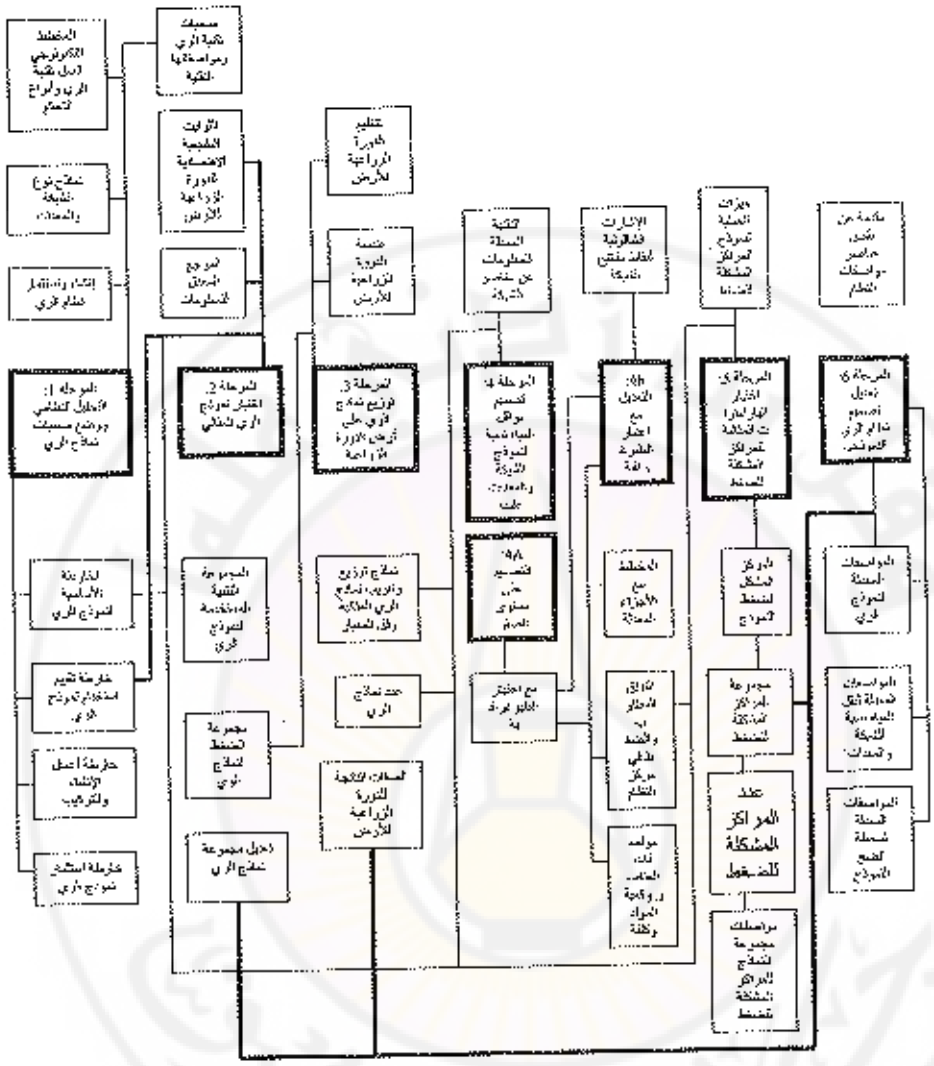
تبين خارطة الاستثمار الجدول (5-1) والخدمة التقنية لنموذج الري الوظيفي (أشكال، دورية، كمية العمل)، وفترات الخدمة، والثوابت المميزة للكفاءة، والحمولة على الآلة -- والعامل والحلقة المتخصصة وفق الخدمة التقنية.**الجدول (5-1): خارطة الخدمة التقنية:**

سعة العمل الموجود وفق نوع القياس			ثوابت الكفاءة		تسمية عناصر النموذج	الرقم	أشكال ودورية الخدمة التقنية
i	2	1	مدة الخدمة	معالجة العطل			
$\Delta t_{1,i}$	$\Delta t_{1,2}$	$\Delta t_{1,1}$	T_1	t_1	أجهزة السقاية	1	TO-1
$\Delta t_{2,i}$	$\Delta t_{2,2}$	$\Delta t_{2,1}$	T_2	t_2	صنابير	2	TO-2
$\Delta t_{i,i}$	$\Delta t_{i,2}$	$\Delta t_{i,1}$	T_i	t_i	نقل المياه	i	TO-3

تُشكّل نوعيّة تقنية الريّ في تكوين شبكات الري بالاعتماد على مبدأ النموذج وشروط مرحلية (زمنية) من أجل طرق التصميم التصنيعية، وإنشاء واستثمار شبكات الـري التقنيـة المحققة الشكل (7-1)، وأيضاً إمكانية الانتقال إلى تكنولوجيا متطورة لتصميم فهرس مؤتمتت لشبكة الري الزراعية ككل. الشكل (8-1).



الشكل (7-1): مستويات شبكة الري النموذجية



الشكل (8-1): المخطط العبدلي لتصميم شبكات الري النموذجية

1-2- المتطلبات التقنية لشبكات الري:

السقاية: هي أسلوبٌ تقنيٌ زراعيٌ معقّد ذي جهد عملي كبير، تحدّد الروابط المستمرة والمختلفة للسقاية وغيرها من الأساليب الزراعية المتبعة المتطلبات المرتفعة والمختلفة لتقنية تحقيقها.

تمتلك المرحلة المتطورة لريّ المحاصيل الزراعية خواصّها المميـزة، والحسـابات المطلوبة عند تشكيل المتطلبات التقنية لشبكات الري.

وُضعت وأُثبتت واُعتمدت متطلبات التقنية الزراعية في جميع أشكال تقنيـة الـري والسقاية بالرذاذ. فترات تأثيرها محدودة لذلك التقنية محققة دوما، وبالتالي تـزداد المتطلبـات عليها. تعتمد المتطلبات الخاصة للريّ بالرذاذ أو بواسطة الات السقاية على متطلبات الإنتـاج الزراعيّ الأكثر شمولية لتقنية الريّ.

يجب أن تطابق متطلبات الإنتاج الزراعي لتقنية الريّ مع أهدافها العامّـة. ومـن المناسب تقسيم المجموعات الأساسية الثلاثة التالية لمتطلبات تقنية الري وفق الجـدول (6-1): الزراعية البيولوجية (الشروط المثالية لتغذية المحاصيل بالمياه)، استصلاح الأراضي والبيئـة (الحفاظ على خصوبة التربة وتحسينها، واستصلاح حالتهـا)، الزراعيـة المنتظمـة (ثابـت الاستخدام المرتفع لتقنية السقاية، وجميع المصادر الطبيعيـة والماديـة، والتنظـيم المنطقـي لمساحات العمل واستخدام المياه في الأراضي المروية دون الإساءة لشروط إجـراء أسـاليب زراعية أخرى عند متابعة الاعتناء بالمحاصيل الزراعية).

الجدول (6-1): متطلبات الإنتاج الزراعي لتقنية الري والسقاية.

القيم المقترحة للثوابت، مجالات التغيير	الثوابت المستخدمة لتنظيم المتطلبات	تسمية المتطلبات
المتطلبات البيولوجية الزراعية		
$\frac{m}{ET} = 1 \pm 0.05$	بارامترات شبكة الري (معدل السقاية، الفترة البينية للسقاية). درجة تطابق معدل السقاية m وقياس التبخر خلال الفترة المنتظمة لنمو المحاصيل ET	تغذية المحاصيل بالكمية المطلوبة من المياه خلال الفترات بالتطابق مع المراحل البيولوجية لنموها
$1 - - - 50$	شدة غزارة المياه U، درجة تطابق شدة غزارة المياه مع شدة الاستهلاك المائي: U/K	الشدّة ضعيفة لتأثير عملية الري على المحاصيل بسبب انخفاض شدة التغذية بالمياه
$K_{ef} \geq 0.7; K_{as} \leq 0.15;$ $K_{un} \leq 0.15$ $0.9 - - - 1$	ثوابت السقاية الفعالة: K_{ef} ، المنخفضة: K_{as} ، الفائضة: K_{un} ثابت انخفاض الإنتاجية في أجزاء من الواحد الصحيح بسبب عدم انتظام السقاية	التوزيع المنتظم للمياه على الأرض وحسب الأفق الترابي على عمق انتشار النظام الجذري للمحاصيل
$0.1 - - - 10$	النسب المثالية لمعدلات الري (السقاية) الجزئية	تأمين الشروط المناسبة المثالية

	من أجل المحاصيل التي ترطب الهواء عند سطح طبقة التربة والطبقة الترابية	للمحاصيل وفق الرطوبة المحتواة في التربة وفي طبقة الهواء عند سطحها، المطابقة لقدرة النمو الزراعية البيولوجية
$\leq 0.5 - - - - 2\%$ $d_m \leq 1[mm]$	ثابت الضرر بالمحاصيل خلال عملية التهيئة وإجراء السقاية. القطر الوسطي التكعيبي لقطرة الرذاذ: (d_m) وطاقتها الكامنة	حماية المحاصيل من الأضرار الميكانيكية (كسر سوق المحاصيل، وتحطم نظامها الجذري) خلال عملية التهيئة والإعداد للسقاية، وأيضاً منع التأثير السلبي على المحاصيل خلال تدفق المياه او من خلال قطرات الرذاذ (تحطم الزهور ...)
$0.4 - - - - 1$	درجة ترطيب سطوح الأوراق خلال عملية التسميد بمياه السقاية بأسلوب الرذاذ، بما في ذلك محاليل المواد الكيماوية السامة فيها (أجزاء من 1)	تأمين إمكانية التغذية المباشرة بالمياه لأوراق المحاصيل وبواسطة محاليل فيها عناصر التغذية كالأسمدة المعدنية والمبيدات الكيماوية
متطلبات الاستصلاح الترابية والبيئية		
$W_{opt} = 70 - 90\%$ من المسامات $S_{ar} = 10 - 30\%$ $\Delta = \pm 5\%$	المحتوى الرطوبي المثالي: W_{opt} ورطوبة الهواء: S_{ar} في مسامات التربة والانحراف المسموح به: Δ خلال عملية الري	تأمين إمكانية تشكيل ودعم المنسوب المثالي للرطوبة والنهوية في طبقة التربة من أجل الحفاظ على بنية وعضوية الكتل الماتية الترابية، وعلى المواد الحيوية العضوية الفعالة في التربة وزيادة خصوبتها
$\frac{H}{H - \Delta H} \leq 1.03$	ارتفاع منسوب المياه الجوفية: ΔH عند الري خلال عام (موسم الري) عن الحالة الأولية: H ، تطابق تغذية المياه النظرية والحقيقية خلال الفترة المنتظمة (موسم، فترة السقاية)	منع ارتفاع منسوب المياه الجوفية، ومنع غمر سطح التربة بالمياه وتحويله لمستنقع، بسبب الشدة الضعيفة لمعدل تغذية المياه عند الري، إلغاء (خفض) ضياعات المياه على الصرف والتسرب العميق
$V_r \leq V_{cr}$	تطابق سرعة جريان مياه السقاية في الأخاديد والأثلام مع القيمة الحرجة المسموح بها من شرط عدم اجتراف التربة: V_{cr} .	الحذر من التعرية المائية للتربة نتيجة جريان المياه عند توزيعها على السطح (الأخاديد والأثلام)

$\rho_m \le K_m$	تطابق الشدة الوسطية للرذاذ: ρ_m والسرعة الوسطية لتسرب المياه في التربة: K_m .	الحذر من تشكل البرك عند الرذاذ والجريان من جميع الجريانات المتتابعة (اختلاط الرطوبة، تكرار ترطيب القطاعات المنخفضة، التعرية المائية)
$\ge 15-25[mm]$	قدرة التخزين لطبقة التربة حتى بداية الفترة التالية للسقاية دون جريانات سطحية وتسربات عميقة	تأمين إمكانية تخزين جزء من الأمطار الطبيعية عند تساقطها مباشرة بعد تحقيق السقاية على حساب الشدة الضعيفة لمعدلات السقاية
$0.6---1$	ثابت انتظام توزيع الأسمدة والمبيدات الكيماوية على المساحة عند الري المتعدد الأهداف	تأمين إمكانية التسميد للتربة سوية مع مياه السقاية بالأسمدة المعدنية والعضوية، وبالمبيدات الكيماوية
$0---2$	زيادة محتوى الأملاح في الأفق الترابي العلوي % عن الحالة الأولية خلال عام واحد لاستثمار شبكة الري	منع ارتفاع منسوب الأملاح إلى الأفق الترابي العلوي عند الري والسقاية
>20	خروج الأملاح من طبقة التربة % عن الحالة الأولية خلال الغسل	تأمين خروج الأملاح من شبكة الصرف عند إجراء الغسل
≥ 0.97	تغير محتوى الدبال في التربة عند الري خلال عام عن الحالة الأولية	الحفاظ على بنية وحدات الكتل الترابية المائية عند الري، رفع خصوبة التربة على حساب تثبيت المستوى المثالي للرطوبة والهواء فيها
المتطلبات التنظيمية الزراعية		
≥ 0.97	ثابت استخدام الأرض	الاستخدام الفعال للموارد الأرضية، خفض ضياعات المساحة أسفل شبكة الري وتقنية السقاية
>0.97 $0.8---1$	ثابت استخدام الأرض: ثابت التأثير المفيد لتقنية السقاية: $\eta = \frac{Q_m}{Q_m + \Delta Q_i}$ Q_m – الغزارة الصافية للمياه، ΔQ_i – ضياعات المياه على الصرف والتسرب العميق	الاستخدام الفعال للموارد الأرضية، خفض ضياعات المساحة أسفل شبكة الري وتقنيات السقاية، الاستخدام الفعال للمصادر المائية، خفض ضياعات المياه على الصرف والتسرب العميق

$\leq 2[h]$	طاقة العمل لعملية السقاية لألف متر مكعب من المياه المعطاة.	خفض طاقة العمل على عملية السقاية، وزيادة إنتاجية العمل لأجهزة السقاية
$\frac{T_M}{T_m + T_M} = 0.5 - 1$	مستوى المكننة والأتمتة لعملية الري- علاقة مدة استمرار العملية المحققة ميكانيكيا: T_M إلى مدة استمرار جميع العمليات المحققة ميكانيكياً ويدوياً: T_m.	
$E_H \leq 500 - 1500$	ضياعات الطاقة على رفع 1 ألف متر مكعب مياه سقاية: $[K.VOLT.h]$:	خفض طاقة عملية الري
$E_H \leq 50 - 200$	عند الري بالرذاذ عند الري السطحي وبالتنقيط وداخل التربة: $E_H = 2.72(H/\eta)$ η : مردود محطة الضخ	
$K_{en} \geq 0.96$ سنوات: $T_{ns} \geq 8$	ثابت جاهزية أجهزة السقاية: K_{en} . فترة خدمة أجهزة السقاية: T_{ns}.	تأمين كفاءة مرتفعة للعملية التكنولوجية للري وعمر عملي طويل الأمد لأجهزة أنظمة الري
$0.5 - - - 1$ $0.1 - - - 0.6$	الكمية النوعية للمواد طن بالهيكتار: للأنظمة الثابتة للأنظمة نصف الثابتة	خفض كمية مواد أنظمة الري
$1 - - - 3$ $0.2 - - - 1.5$	الكلفة النوعية ألف ليرة بالهيكتار: للأنظمة الثابتة للأنظمة نصف الثابتة	خفض كلفة أنظمة الري في الحقول الزراعية
$0.3 - - - 1$	ثابت استخدام الأجهزة التكنولوجية في الزمن -- علاقة زمن الاستخدام المفيد: T_{ns} إلى الزمن الكلي: T_{sn}	الاستخدام الفعال في الزمن لتقنية السقاية ولشبكة نقل المياه
حتى: 10	الانخفاض (%) بالمقارنة مع معدل الإنتاجية بواسطة وحدة ماكينات الجرارة عند مكننة زراعة البذور عند الري	إزالة الشروط (الظروف) السيئة لإجراء أساليب زراعية أخرى، بما في ذلك المعاملة الميكانيكية لزراعة البذور عند الري

يجب أن تحقق تقانات (شبكات) الري ما يلي:

شدّة ضعيفة ولمدة طويلة وتأثيراً إيجابياً على المحاصيل الزراعية وعلى التربة وطبقة الهواء الملامسة لسطح التربة على حساب خفض شدّة التغذية بالمياه واقتراب قيمتها من شدة

الاستهلاك المائي، إلغاء ضياعات المياه على الصرف والتسرب العميق وتحقيق قيمة المردود الأعظمي لتقنية الري بحيث يبلغ: 0.98.

تحقيق جودة عالية للعملية التكنولوجية للسقاية على حساب التوزيع المنتظم للمياه (بثابت سقاية فعّال أكبر من: 0.7) على كامل المساحة المرويّة، ومنع تشكّل البرك والمستنقعات بسبب جريان المياه على سطح التربة عند الريّ بالرذاذ، وأيضاً منع تحطم البنية الترابية والضرر بالخواص الفيزيا مائية والفيزيا ميكانيكية للسطح الترابي العلوي.

تحقيق كفاءة مرتفعة للعملية التكنولوجية للسقاية وتحقيق ثابت جاهزية لآلات التذرير ومعدات السقاية حتى: $1-0.98$، ومنع حالات العطل لصرف المياه.

تحقيق إمكانية استخدام الأمطار الطبيعية على عمق حتى: $20-15[mm]$ وتثبيت قدرة التخزين للأفق العلوي على المستوى المطابق على حساب الشدّة الضعيفة وعلى حساب تجزئة معدلات السقاية: m، الذي جوهرياً لا يتجاوز التسرب الوسطي اليومي: ε، $m=(1-10)\varepsilon$.

المجال الصغير لتغير مستوى العامل المتحكّم برطوبة التربة: $20\%HB-0$ من رطوبة التربة الأولية، الذي يلغي انتقال الأملاح إلى الأفق الترابي العلوي، يمكن أن يمتلك أهمية كبيرة عند التذبذبات الكبيرة لرطوبة التربة قبل: ($70\%HB-60$ من الرطوبة الأولية) وبعد كل سقاية: ($100\%HB$ من الرطوبة الأولية). يمكن تخزين المياه ليس فقط في طبقة التربة، وإنما في طبقة الهواء عند سطح التربة (تزداد رطوبة الهواء بعد فترة طويلة بشدة رذاذ ضعيفة بنسبة: $15-5\%$ وبالتطابق ينخفض التبخر من سطح التربة، وتنقل الأملاح إلى أفقها العلوي.

يمكن التغير في مجال واسع: $100-0[m^3/cy]$ وفق العلاقة بالظروف الجوية السنوية لتغذية المياه على امتداد فترة النمو للمحاصيل، وأيضاً في فترات الخريف والربيع من أجل زيادة احتياطي الرطوبة في التربة عند عدم كفاية الأمطار الخريفية الشتوية والربيعية.

يمكن عدم تصميم شبكة نقل لصرف المياه في الأعوام الرطبة على حساب انخفاض الاستهلاك المائي للري في المساحات الخصبة المجاورة لشبكة الري.

يمكن إضافة الأسمدة المعدنية والعضوية سوية مع مياه السقاية، وإضافة عناصر التغذية والمبيدات من أجل زيادة النمو للمحاصيل وخصوبة التربة. يمكن استحكم الفعال بالسقاية، والحفاظ المثالي على فترات ومعدلات السقاية مع اعتبار الشدد السنوية المتراكمة بالاعتماد على استخدام وسائل مؤتمتة متطورة وتقنية تكنولوجية.

1-3- توزيع تقنية السقاية وفق المناطق، وتقييم استخدام أنواعها من أجل ري أرض معينة:

تقع أراضي الري في مناطق باردة وحارة ومعتدلة. يستخدم الري بالرذاذ بنسبة: 90% في المناطق الرطبة، ويستخدم الري السطحي بنسبة: 98% في المناطق الجافة، ويستخدم الري بالرذاذ بنسبة: 53% وأيضا الري السطحي بنسبة: 47% في المناطق المعتدلة. يكون الري بالرذاذ أكثر شيوعا: في المناطق المتميزة بعدم انتظام توزيع الأمطار كما على امتداد العام خلال الموسم، وأيضا لوجود تربة خفيفة وقليلة التكوين الميكانيكي. تتميز المناطق الجافة بتكرار سنوات الجفاف مقارنة بمعدلات سقاية غير كبيرة وبازدياد واسع النطاق لتعرية التربة وتضاريس متقطعة عديدة.

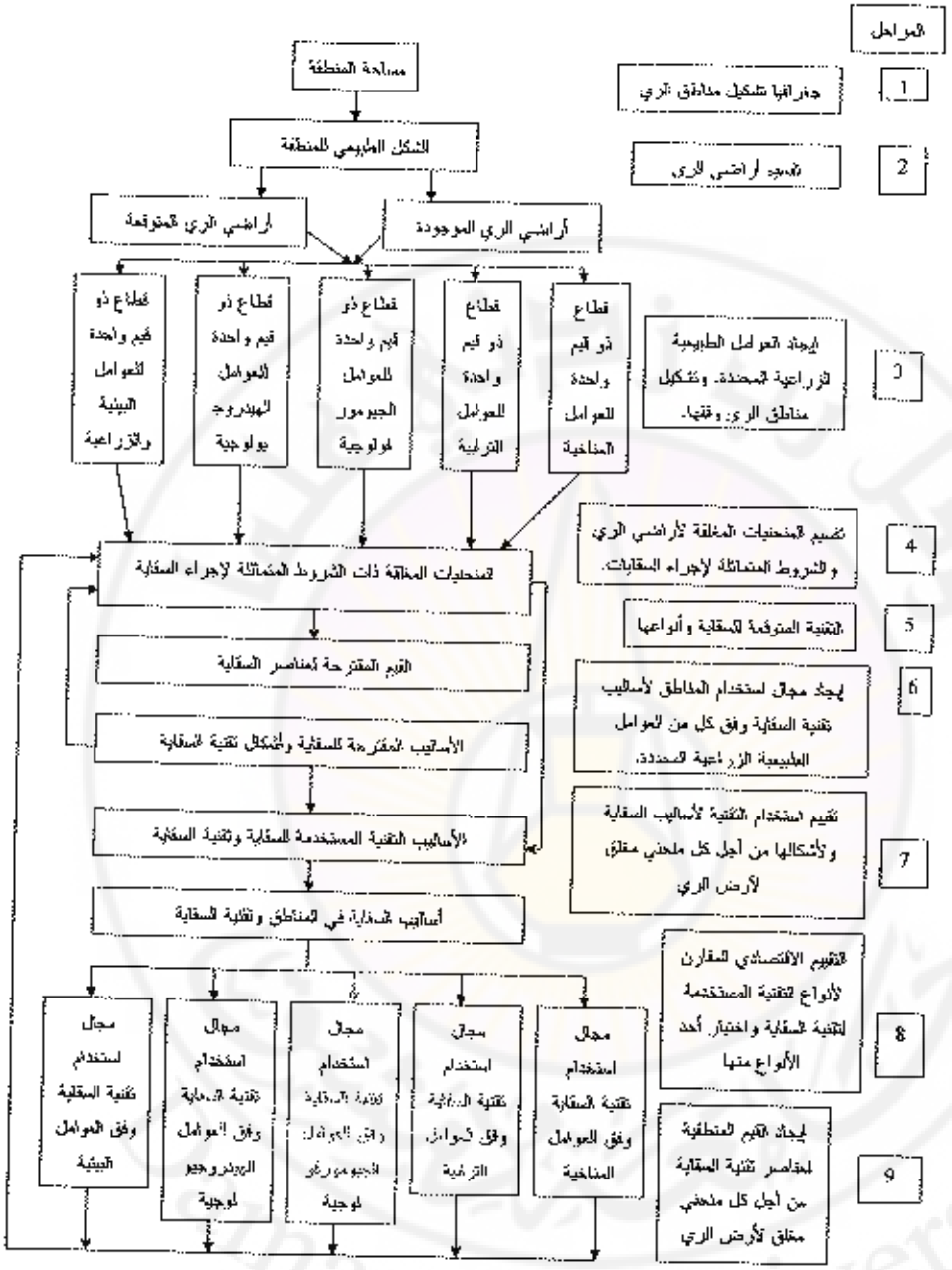
تتميز المناطق المعتدلة بتكرار سنوات الجفاف لدرجة كبيرة نسبياً: 75% - 23%، وبوجود التربة ذات النفاذية الجيدة للمياه المتعرضة للتعرية المائية في جزء من مساحتها، ووجود تضاريس كثيرة. تستخدم تقنية الأسلوب السطحي للسقاية بصورة رئيسية في المناطق الجافة والمعتدلة، باستثناء المناطق القريبة والمجاورة للمياه الجوفية والتضاريس الصخية، وفي المناطق الصحراوية ذات التربة الرملية، وفي المناطق الجبلية الجافة والهضاب والسهول الصحراوية.

يجد الري بالتنقيط وداخل التربة استخداماً محدوداً في المناطق ذات النقص الحاد بمصادر المياه، وفي المناطق الجافة والمعتدلة. توجد تجارب كثيرة للري داخل التربة والري بالانسياب في المناطق الرطبة.

تحدد العوامل الطبيعية الزراعية المستقلة استخدام أساليب السقاية، وأنواع تقنية السقاية وعناصرها. يبين الشكل (9-1) المخطط المبدئي لمساحة المناطق للأراضي المروية وفق أسلوب وتقنية السقاية. تحقق مراحل مساحة المناطق وفق شروط إجراء السقايات بتشكيل النموذج الذي يصف العوامل المتجانسة والتي تظهر التأثير الحاسم لاختيار الأساليب وتقنية السقاية.

يبين الشكل (10-1) المخطط المبدئي لبرنامج مجموعة التقييم لاستخدام واختيار نوع تقنية السقاية الذي يشمل ثلاث مراحل أساسية: 1- تقييم الاستخدام التقني، 2- إيجاد بارامترات العمل، 3- تقييم الملائمة الاقتصادية. تعتبر المعطيات الأولية للحساب على الحاسوب معلومات عن أرض الري (الخارطة الأولية رقم 1) وجدول كشف بالأنواع المطابقة لتقنية السقاية (الخارطة الأولية رقم 2).

الاستخدام التقني لتقنية السقاية (يمكن استخدامها في شروط طبيعية معينة) يحدد بمجموعة كبيرة من العوامل (13).



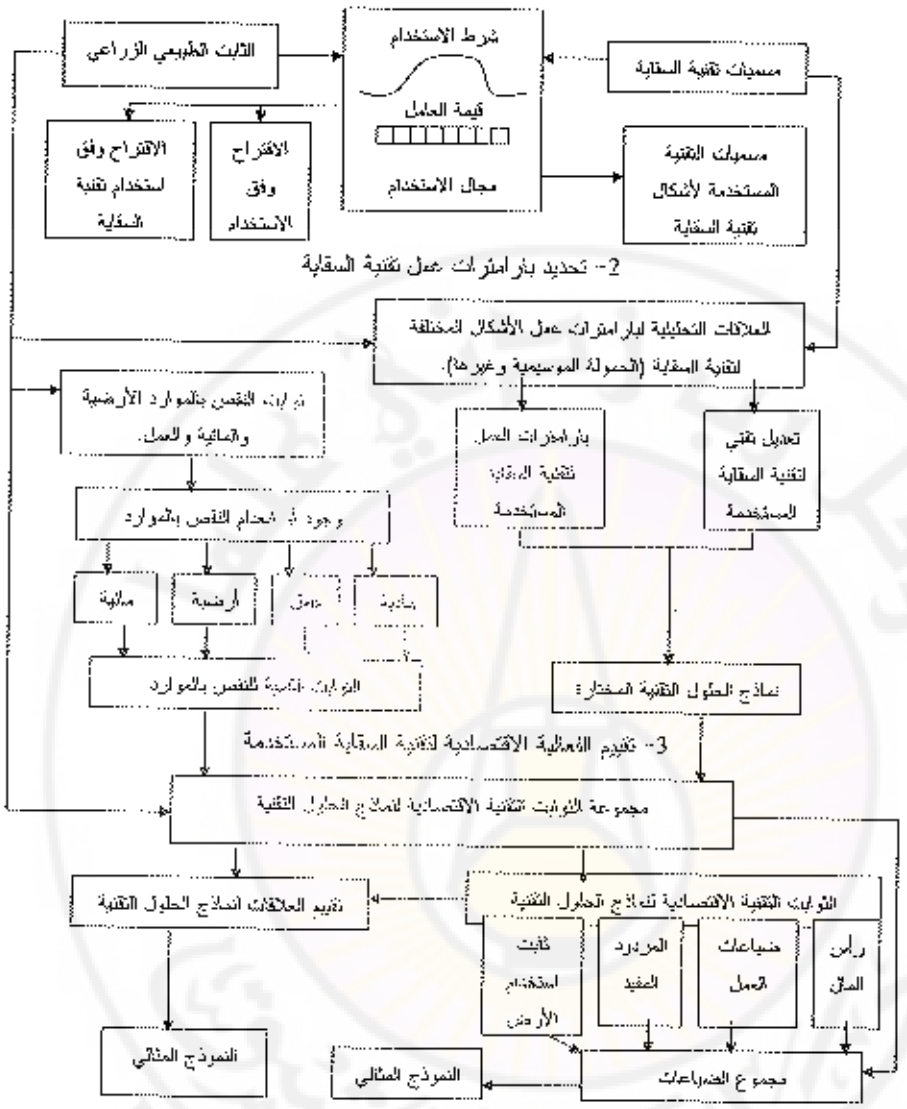
الشكل (9-4): المخطط الأساسي للمناطق وفق أسلوب وتقنية السقاية

تعتبر رطوبة الأرض من **العوامل المناخية** الأكثر أهمية والتي تحدد وغالباً تشترط الحاجة للري وأساليب تحقيقه. تكون في المناطق الجافة المتميزة بثابت رطوبة الأرض المساوي أقل من: 0.33 ونقص التبخر أكبر من: $5000[m^3/hr]<$ بصورة رئيسية تستخدم تقنية السقاية السطحية، والري بالتنقيط وتحت سطح التربة، وفي المناطق الرطبة المتميزة بثابت رطوبة الأرض: $1.33-0.77$ ونقص تبخر أقل من: $2000[m^3/hr]>$ يستخدم بصورة رئيسية الري بالرذاذ، في المناطق المعتدلة المتميزة بالقيم البينية لهذه الثوابت يستخدم بصورة رئيسية الري بالرذاذ وتقنية الري السطحي. من العوامل المناخية الأخرى يظهر تأثير سرعة الرياح وتكرارها على تقنية السقاية.

تعتبر سرعة امتصاص المياه في التربة، وعمق طبقة التربة، درجة ملوحة التربة، وعمق منسوب طبقة المياه الجوفية العذبة والمعدنية من عوامل **الاستصلاح الترابية** المؤثرة على تقنية السقاية والمحددة لها. لا ينصح في الحالة العامة باستخدام الري السطحي عند العمق القليل لطبقة التربة والنفاذية الشديدة للمياه (أكثر من: $15[cm]$ خلال الساعة الأولى) بسبب الضياعات الكبيرة للمياه على عمق الصرف وصعوبة انتشارها حسب المساحة المروية. لا ينصح بالرذاذ في التربة ضعيفة النفاذية للمياه (أقل من: $55[cm]$ خلال الساعة الأولى) بسبب عدم إمكانية ترطيب التربة على العمق المطلوب دون تشكل البرك والجريانات المائية على سطح التربة. في الأراضي غير الملائمة للاستصلاح يجب تشكيل نظام رطب دون جريان المياه. عند الري بالرذاذ والري داخل التربة فإن تشكيل مثل هذا النظام معقد جداً.

يعتبر الانحدار الموضعي ودرجة استواء سطح التربة من **العوامل الجيومورفولوجية** التي لها تأثير مباشر على تقنية السقاية. تحدد هذه العوامل تقريبا استخدام جميع أشكال تقنية السقاية السطحية والأشكال المختلفة لتقنية الرذاذ وغيرها.

تظهر جميع **العوامل البيئية والزراعية** المختلفة تأثيراً ملموساً على استخدام تقنية السقاية. يحدد ارتفاع أجزاء المحاصيل فوق سطح التربة استخدام الآلات والخلوص بين سطح التربة وأسفل الآلة. يحدد وجود العوائق الطبيعية والاصطناعية على المساحة المروية (خطوط الغابات، وخطوط نقل الكهرباء وغيرها) أساسَ استخدام التقنية ذات العرض العامل الكبير. يناسب استخدام تقنية بإنتاجية منخفضة في المناطق ضعيفة الخصوبة وذات نقص بالمصادر العمالية، يناسب استخدام تقنية ذات شبكة نقل المياه المكشوفة في المناطق ضعيفة المياه، ويناسب استخدام تقنية ذات ثابت مردود منخفض في المناطق ذات الموارد الأرضية المحدودة.



الشكل (10-1): المخطط الأولي لتقييم الاستخدام التقني بواسطة البرمجة والحاسوب لتقنية السقاية في شروط طبيعية زراعية معينة

يجب التقييم وفق مجموعة ثوابت عمل تقنية السقاية ومستوى استخدام الموارد (المصادر) في الشروط الطبيعية المعينة من أجل تخطيط الري في أقاليم جديدة والتنبؤ بمساحات مناطق الري وفق أسلوب الري وتقاناته.

وُضع وعُولج برنامج صلب ومرن لمجموعة تقييم فعاليّة السقاية مع حساب النقص في الموارد وإيجاد الثوابت التفاضلية لقيمها.

يحدد وجود النقص لأيّ من الموارد بالعلاقة التالية:

$$DR_{min} < DR_i < DR_{max} \qquad (1\text{-}1)$$

$$\frac{DR_i - DR_{min}}{DR_{max} - DR_{min}} \qquad (1\text{-}2)$$

حيث: DR_{min}, DR_{max}, DR_i بالتطابق قيم I مصدر في الإقليم، القيم الحدية العلوية والسفلية له في كامل الإقليم (المنطقة).

الثابت أو المعامل الوزني ل I مورد نجده عند ذلك حسب نقصه من شرط أن مجموع الثوابت الوزنية لجميع الموارد تساوي: 1.

في النتيجة الحاصلة تقارب مرتفع لأكثر من: 80% لنتائج اختيار تقنية السقاية حسب البرنامج الموضوع باستخدام البرمجة والحاسوب والحلول التقنية، والمقترحة التصميمية وتنظيم البحوث العلمية.

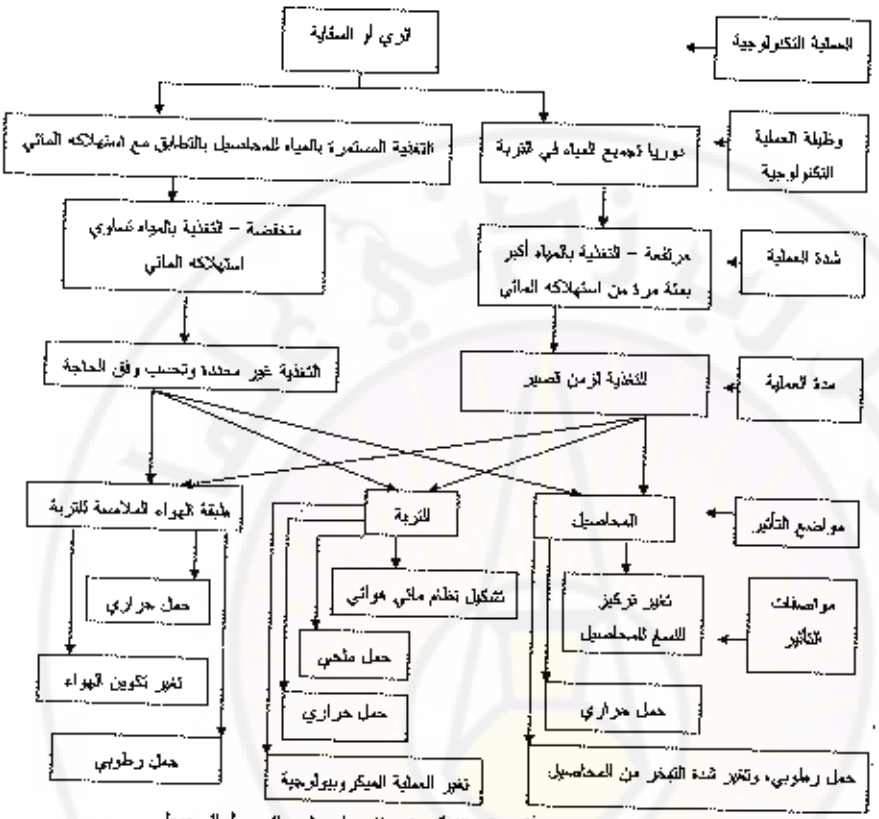
الجهد المبذول لاختيار تقنية السقاية بواسطة الحاسوب وفق معطيات المعاهد التصميمية تمّ اختصاره بمقدار: 300-600 مرّة، والضياعات على الوسائل بمقدار: 11 مرّة. على سبيل المثال: عند اختيار تقنية السقاية قبل العمل التصميمي وخلاله في منطقة بافالوجيا – روسيا تمّ ضياع أكثر من: 300 ساعة على دورة زراعية واحدة بمساحة: 1.5 ألف هيكتار، أمّا على إعداد المعطيات الأولية وحسابها لنفس المساحة المذكورة باستخدام الحاسوب فلم تتجاوز: 30 دقيقة، وهذا يعني زيادة الإنتاجية وجودة التصميم بسبب كثرة النماذج المعالجة.

وضعت الطرق الأساسية والخوارزميات من أجل التركيب النموذجي لتقنية الري بالرذاذ ذات العرض العامل الكبير ولتقانات السقاية لتحقيق ريّ أرض معينة. تُوحّد تقانات السقاية أي تجمع أو تركّب من نماذج تصميمية موحّدة، ومنتجة في المصانع. مثل النموذج الوظيفي يسمح بصورة جوهرية وملموسة بزيادة فعالية استخدام تقنية السقاية بسبب مثالية بارامتراتها التصميمية وتوزّعها المنطقي في المساحات.

I-4 الرابطة المشتركة بين تقنية وشبكة الري، وتأثيرها على إنتاجية المحاصيل الزراعية:

ترتبط شبكة الريّ وتقنية السقاية اللتان تحددان شدّة ومدّة تأثير مياه الريّ على المحاصيل ووسط تغذيتها (تربة، وطبقة الهواء الملامسة لسطح التربة) بصورة جليّة وواضحة

وباستمرار مع بعضها البعض. لا يلغي التأثير المتبادل لحدودها الكثيرة الوظيفة الأساسية للتقنية السقائية وإنّما يوجد نظام عمل معيّن للري الشكل (1-11).



الشكل (1-11): تأثير السقاية على المحاصيل والوسط المحيط

تتعلّق إنتاجية المحاصيل بصورة جوهريّة بالعامل المائي. للحصول على إنتاجيّة أعظميّة: Y_{max} عند ظروف زراعية وأحوال جوية معينة يجب أن تتشكل للمحاصيل شروط مناسبة لرطوبة التربة ولطبقة الهواء الملامسة لسطح التربة. يمكن التعبير عن تأثير عوامل حياة المحاصيل أو نموها على إنتاجيتها في الحالة العامة بالعلاقة التالية:

$$\varepsilon = \Delta Y_{max} \sum_{i=1}^{n} \left[1 - (1 - f_i)^2 \right] \qquad (1\text{-}3)$$

حيث: ΔY_{max} – النمو أو الإنتاج الأعظمي عند التحقيق الأمثل لجميع العوامل.

f_i – القيمة النسبية لـ: i عامل (نسبة قيمته الفعلية إلى قيمته المثالية).

n – عدد العوامل المؤثرة على الإنتاج.

يقيّم تأثير أحد العوامل المستقلة بصورة خاصة الواقع في الحد الأدنى والمؤثر بصورة جوهرية على الإنتاج (العوامل الأخرى غير متغيرة ولا تقع في الحدود الدنيا) من العلاقة التالية:

$$Y_i = \Delta Y_i \left[1 - (1 - f_i)^2\right] \qquad (1\text{-}4)$$

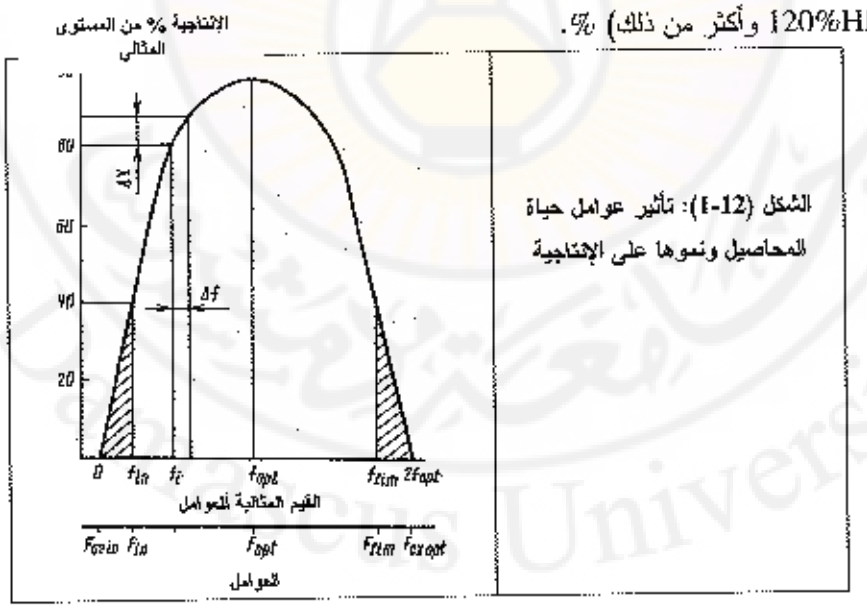
حيث: ΔY_i – نمو الإنتاج عند التحقيق الأمثل ل: i عامل.

القيمة الأولية: f_{in} والنهائية: f_{lim} هي القيم النسبية للعوامل، على سبيل المثال رطوبة التربة الشكل (1-12) نجدها من العلاقات التالية:

$$f_{in} = \frac{\beta_{cr} - \beta_{fad}}{\beta_{opt} - \beta_{fad}} \qquad (1\text{-}5)$$

$$f_{lim} = 1 + \frac{\beta_{FC} - \beta_{opt}}{\beta_{tcr} - \beta_{opt}} \qquad (1\text{-}6)$$

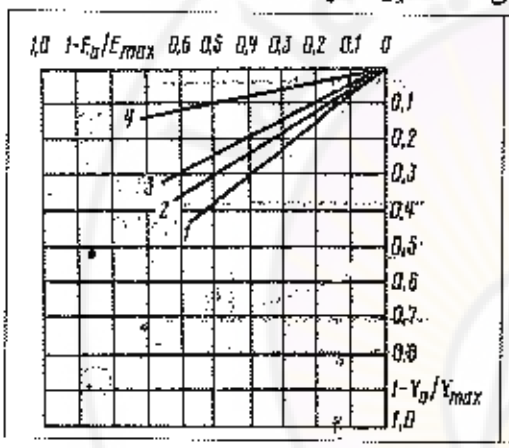
حيث: β_{cr} – رطوبة التربة البدائية قبل السقاية (الحد الأدنى المسموح به) %. β_{fad} – رطوبة التربة الأولية الحرجة التي تؤدي إلى تلف المحاصيل (40%HB وأقل من ذلك) %. β_{opt} – رطوبة التربة المثالية للمحاصيل %. β_{FC} – رطوبة التربة النهائية (الحد العلوي المسموح به) %. β_{tcr} – رطوبة التربة النهائية الحرجة التي تؤدي لتلف المحاصيل (120%HB وأكثر من ذلك) %.



الشكل (1-12): تأثير عوامل حياة المحاصيل ونموها على الإنتاجية

توجد من الناحية العلمية والعملية العديد من المادة المعلوماتية لإيجاد رطوبة التربة الحرجة والمثالية لجميع أنواع المحاصيل. أنشئت وشكلت نماذج لنمو وتطور المحاصيل الزراعية المستقلة من أجل مساحات ذات رطوبة طبيعية مختلفة.

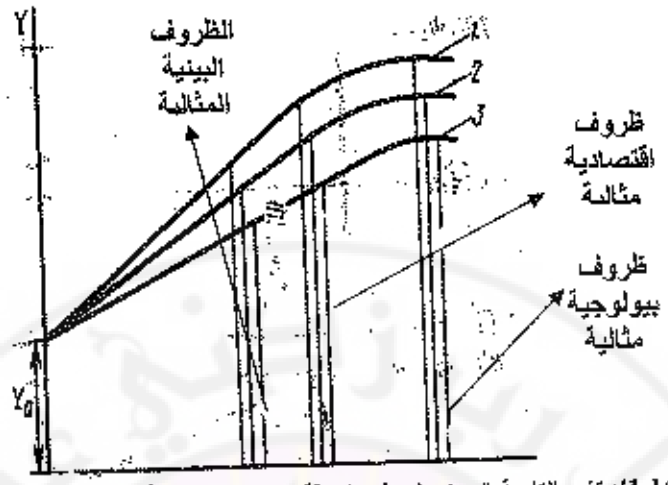
في المناطق ذات الرطوبة الطبيعية المنخفضة أو غير المستقرة التي تظهر عجزاً بتوفير المياه من أجل الحصول على إنتاجية مرتفعة يجب موازنته (تعويضه) بالتغذية بالمياه اصطناعياً أو بالريّ. وجدت تجريبياً روابط واضحة وجلية الشكل (1-13) بين ثابت انخفاض الإنتاجية: $1-\frac{Y_i}{Y_{max}}$ وبين نقص المياه بالتبخر أو بمجموع الاستهلاك المائي، الذي يشمل استهلاك المياه على التبخر من التربة والنتح من المحاصيل نفسها.



الشكل (1-13): تأثير النقص بالنتح على إنتاجية المحاصيل: E_a التبخر الفعلي بالنتح، E_{max} – التبخر الأعظمي: 1و2و3و4– مراحل نمو المحاصيل.

تعتمد الطرق البيوميناخية الموجودة لحساب معدل الري: M وتوزيعه خلال الموسم على تحقيق التوزيع البيولوجي الأمثل، وهذا يعني الحصول على الإنتاجية الأعظمية: Y_{max} عند الظروف المناخية المتوقعة والمستوى الرفيع للتقنية الزراعية وخصوبة التربة. تحسب معدلات الاستهلاك المائي عند الريّ في الظروف الواقعية من أجل مستويات مختلفة للتقنية الزراعية وللنقص بالتبخر التي تحقق إمكانية توفير بالموارد. الشكل (1-14).

بالإضافة لبارامترات شبكة الري كمعدل السقاية: m والفترة بين السقايات: T يمنع إيجادها دون الأخذ بالاعتبار تقنية الري. تنخفض معدلات السقاية عند الري بالرذاذ أكثر بمرتين بالمقارنة مع الريّ السطحي. شكّلت في الأعوام الأخيرة تكنولوجيا الري المستمر ذات مجال منخفض لتغذية المياه لمرة واحدة (الري بالتنقيط، الري بالرذاذ المتقطع، الري بالرذاذ النبضي التزامني).



الشكل (1-14): تغير إنتاجية المحاصيل وفق العلاقة بمعدل الري من أجل مستويات مختلفة للتقنية الزراعية.

تحسب بارامترات شبكة الري: m,T من العلاقات التالية:

$$m = 100\gamma h_z(\beta_{FC} - \beta_\sigma) \qquad (1\text{-}7)$$

$$T = \frac{m}{E} \qquad (1\text{-}8)$$

حيث: $\gamma[ton/m^3]$ – الوزن الحجمي للتربة.

$h_z[m]$ – عمق توزع الكتلة الأساسية لجذور المحاصيل في التربة.

β_{FC}, β_σ – الحدود السفلية والعلوية لرطوبة التربة: ПВ%.

$E[m^3/hr]$ – التبخر اليومي للمياه.

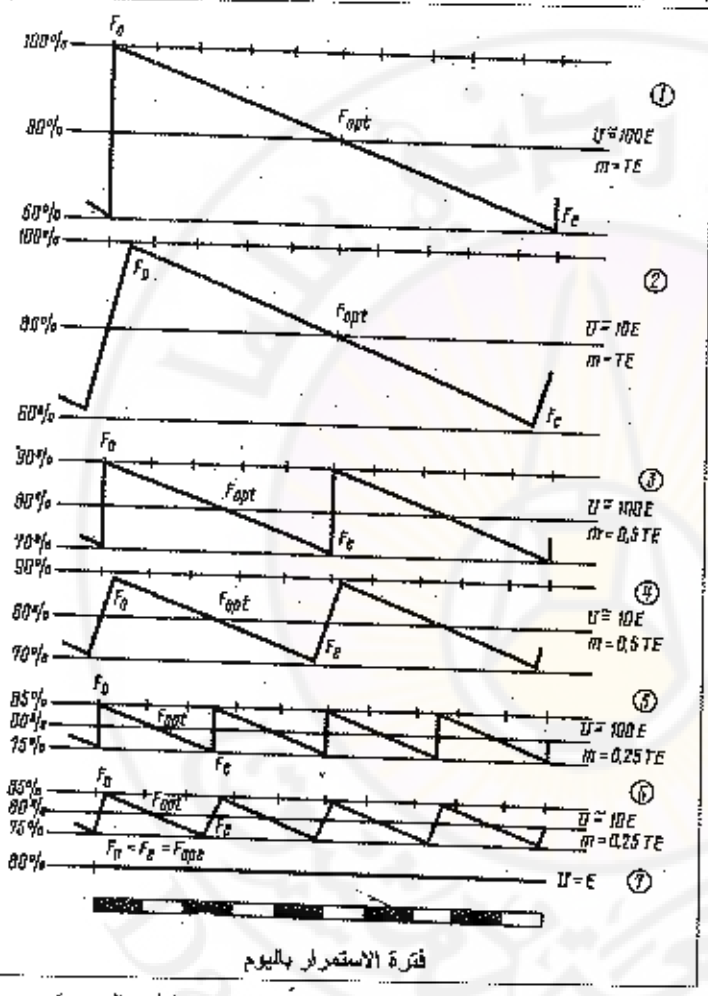
يمكن استخدام هذه العلاقات فقط من أجل إيجاد مجالات القيم: m,T. يتمّ إيجاد معدلات السقاية المثالية أيضاً في الفترات بين السقايات من أجل كلّ نوع من أشكال التقنية، انطلاقاً من المتطلبات التنظمية الزراعية والاقتصادية والبيئية.

يمكن تحقيق تغذية المياه المطلوبة من أجل تحقيق التبخر عملياً بعدد لا محدود له من النماذج التطبيقية لمقارنة: m,T الشكل (1-15). الانحراف الأصغري لرطوبة التربة عن المثالية ستساوي عند شدة التغذية بالمياه: U المساوية لشدة الاستهلاك المائي: E هذا يعني:

$$m = ET\left(1 - \frac{E}{U}\right) \qquad (1\text{-}9)$$

عندما: $E = U$

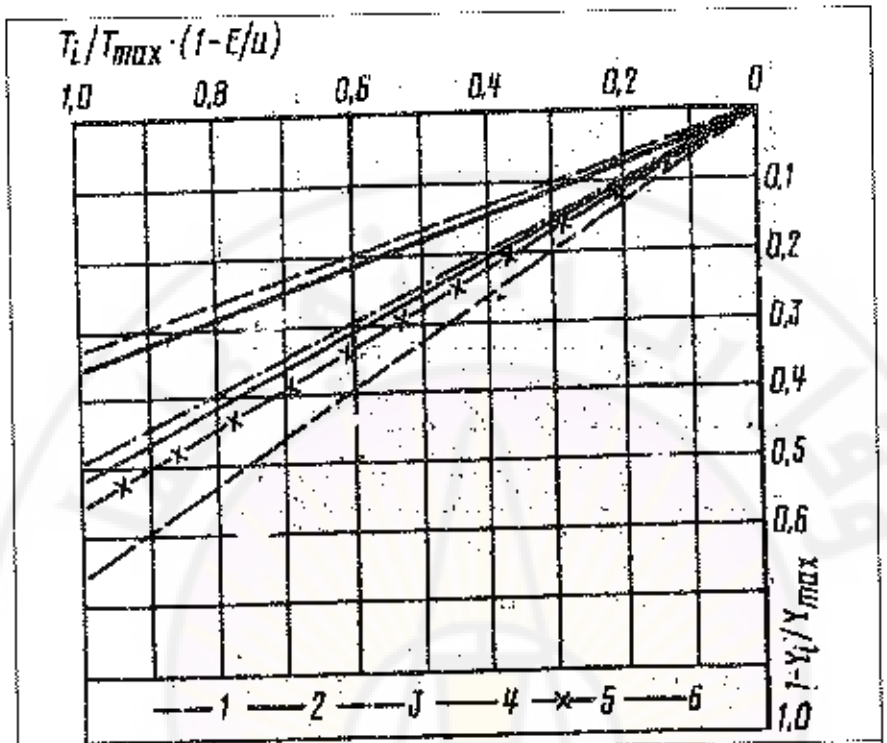
بهذا الشكل تؤثر بصورة جوهرية بارامترات تقنية الري: U على نظام ترطيب التربة وفي النتيجة على إنتاجية المحاصيل الزراعية. تحقق الإنتاجية المرتفعة عند استقرار رطوبة التربة دون تذبذبات كبيرة عن القيمة المثالية: F_{opt} مما تؤكده التجارب المتنوعة العديدة المعينة. الشكل (1-15).



الشكل (1-15): النماذج الممكنة لتغذية المياه ذات المقارنات المختلفة لمعدلات السقاية وللفترات بين السقايات.
$-F_{opt}, F_c, F_0$ القيمة البدائية والنهائية والمثالية للعوامل (رطوبة التربة). $-T$ مدة استمرار الفترة بين السقايات لنموذج تغذية المياه ذي معدل السقاية الأعظمي. E – التبخر اليومي. m – معدل السقاية لنماذج مختلفة لتغذية المياه. U – شدة تغذية المياه.
1 – – – 7 – نماذج تغذية المياه.

تعتبر أيضاً القدرة الإيجابية لتكنولوجيا الريّ منخفضة الشدة في مناطق الريّ غير المستقرة ممكنة بسبب وجود قدرة التخزين الحركي الأفق العلويّ للتربة الأكثر إنتاجاً لاستخدام الأمطار الطبيعية في فترة نمو المحاصيل، هذا يعني هي البيئة الآمنة التي تحقق تخزين المياه.

يجب الأخذ بالحسبان تأثير تقنية السقاية مباشرة على المحاصيل والوسط المحيط ككل لدرجة كبيرة نسبيا.

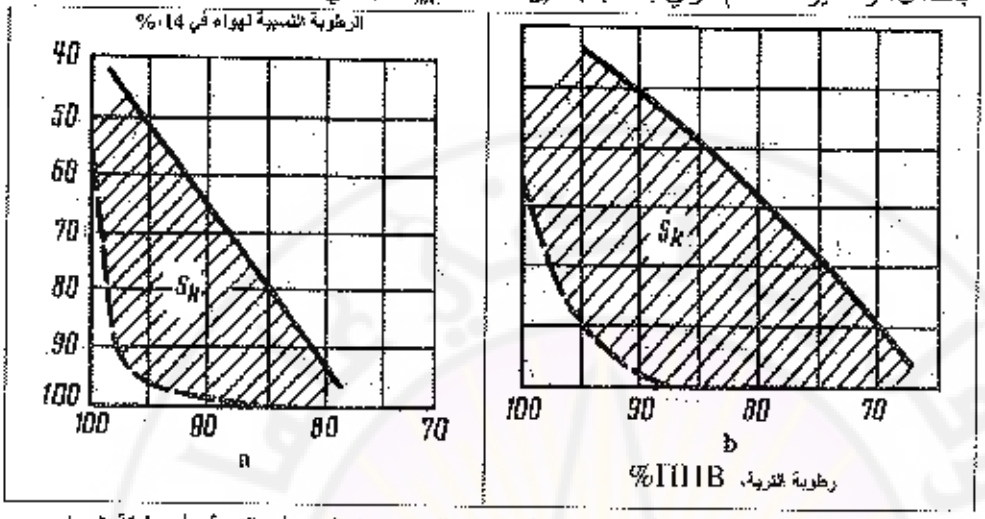


الشكل (1-16): تأثير شدة تغذية المياه على إنتاجية المحاصيل الزراعية: 1- خضار (خس)، 2- بصل، 3- برسيم، 4- زهور، 5- شوفان، T_i - الفترة بين السقايات لنموذج التجربة، T_{max} - الفترة الأعظمية بين السقايات للنماذج التجريبية، Y_i - إنتاجية المحاصيل الزراعية وفق نموذج التجربة، Y_{max} - الإنتاجية الأعظمية لنموذج التجربة، E - شدة التبخر، U - شدة التغذية بالمياه (الغزارة).

يسمح استخدام التكنولوجيا المختلفة للسقاية بتشكيل ظروف مثالية للمحاصيل التي تتميز بمقارنة محدّدة للمحتوى الرطوبي في التربة وفي طبقة الهواء الملامسة لسطح التربة. الشكل (1-17). فنقص الرطوبة المتشكّل في طبقة الهواء يخفّض إنتاجية المحاصيل.

تختلف تكنولوجيا الري وفق درجة التأثير على المناخ الجويّ. يؤثر الري بالتنقيط داخل التربة والري السطحي بدرجة ضعيفة نسبياً على المناخ الجوي (يشكّل ثابت المناخ الجوي القيمة: $K_{mr.} = 0.05 - 0.2$).عند شدّة التغذيّة المائيّة لزمن قليل وباستخدام التكنولوجياالتقليدية للري

بالرذاذ فإن: $K_{MC} = 0.25 - 0.5$ ، وعند الشدة المنخفضة باستمرار، والتأثير للري بالرذاذ المتقطع والري بالرذاذ النبضي التزامني فإن: $K_{MC} = 0.55 - 0.75$ ، وعند الاستمرار تقريباً بالكامل، والتأثير المنتظم للري بالضباب فإن: $K_{MC} = 0.9$ بمافي ذلك شروط التربة المغلقة.



الشكل (17-1): الظروف المثالية للمحاصيل وفق وجود المحتوى الرطوبي في التربة وفي طبقة الهواء الملامسة لسطح التربة.a – من أجل محاصيل الشاي بطبقة: $b، 0 - 50[cm]$ – من أجل أشجار التفاح في الطبقة $S_k ،0 - 100[cm]$ – مجال شروط الرطوبة المثالية.

وجد تجريبياً أن تنظيم المناخ الجوي (زيادة رطوبة الهواء بمقدار: $10 - 30\%$ وخفض درجات الحرارة في ساعات الجو الحارة اليومية بمقدار يتراوح: $2 - 8c^{\circ}$ بهدف تحسين نظام العمل المائي وبهدف زيادة التمثيل الضوئي للمحاصيل يؤدي لزيادة إنتاجية المحاصيل: لمزارع الشاي بنسبة: $30 - 40\%$ ، وللأشجار المثمرة بنسبة: $25 - 30\%$ ، ولمحاصيل الحبوب بنسبة: $15 - 20\%$.

تسمح تقنيات الريّ بالرذاذ المستقلة بتحويل الهواء إلى حالة ترطيب له بنسبة: $50 - 90\%$ من كمية المياه الكليّة المتساقطة. يستهلك الجزء الأساسي من هذه المياه حتى نسبة: $60 - 80\%$ وإنتاجياً تستفيد منها المحاصيل في تشكيل مناخ جوي فوق الأرض المروية، ويحمل جزء منها بواسطة الرياح للأرض المجاورة. فكلما كانت شدّة غزارة المياه أقل واستمراريّتها أكبر، وبالتالي كلما كانت السقاية بنفس الوقت أكبر في واحدة المساحة، كلما كان التأثير الفعال في الواحة أقل وضياعات المياه أقل أيضا.

تؤثّر جودة وكفاءة العملية التكنولوجية للسقاية بصورةٍ ملموسةٍ على نظام استثمار الريّ، وبالتالي على إنتاجية المحاصيل الزراعية.

يسمح انتظام توزيع المياه باقتراب معدلات السقاية الفعلية من المعدلات المقترحة. يستخدم ثابت فعالية السقاية: K_{ef} في جودة معيار انتظام توزيع المياه لطبقة الرذاذ (المطر) المتميز بنسبة المساحة المرويّة بشدة في مجالات التقنية الزراعية المسموح بها، والقيمة الوسطية تساوي: $\pm 25\%$. يجب أن لا يقل $K_{ef} \geq 0.7$ من أجل تقنية الري بالرذاذ. يلاحظ الانخفاض المحسوس بإنتاجية المحصول عندما يكون: $K_{ef} < 0.7$.

تتعلق الأضرار الناتجة عن عدم كفاية السقاية لجزء المساحة ليس فقط بقيمة: K_{ef} وإنّما أيضاً بالرطوبة الطبيعية للمساحة وبالإنتاج الناتج على الأراضي الخصبة: Y_o والمروية: Y_{ir}

$$\Delta Y = 1 - \left(1 - \frac{Y_o}{Y_{ir}}\right)\left(1 - \frac{K_{ef}}{2}\right)^2 \qquad (1\text{-}10)$$

حيث: ΔY – ثابت انخفاض الإنتاجية بأجزاء من الواحد الصحيح.

عند تخطيط استخدام المياه يجب حساب تأثير ثابت كفاءة تقنية السقاية والأجهزة لنظام الري في نظام عمل استثماري وبالنتيجة الحساب على إنتاجية المحاصيل الزراعية. التقطع أو عدم انتظام عمل التقنية أو عدم جودة انتظام توزيع المياه يؤدي لتبديد بارامترات العمل لأجهزة السقاية ويشوه نظام العمل لمخطط غزاة المياه مما سلبيا يظهر على قيمة الإنتاج الناتج.

من أجل شبكات الري المتميزة بثابت جاهزية محدد، وعمر عملي طويل الأمد للأجهزة وبقيم وسطية لتوقف الجريان، والأضرار الناتجة عن عدم كفاية السقاية، فإنه تبعا لذلك، يشكل الانخفاض في الإنتاج للمحاصيل النسبة: $20\% - 0$.

تقيم كفاءة عمل الأجهزة التكنولوجية لشبكات الريّ بمجموعة ثوابت – ثابت الجاهزية: K_{or}. يتصف باحتمال أن الموضوع يبدو متميزاً في لحظة زمنية اختيارية (عشوائية)، إضافة للفترات التي خلالها لم يدرس استخدام المشروع وفق الوظيفة:

$$K_{or} = \frac{\tau_{mf}}{\left(\tau_{mf} + \tau_{mr}\right)} \qquad (1\text{-}11)$$

حيث: τ_{mf} – الوضع (المعالجة) الوسطية على التعطل أو التوقف.

τ_{mr} – الزمن الوسطي لإعادة الإصلاح.

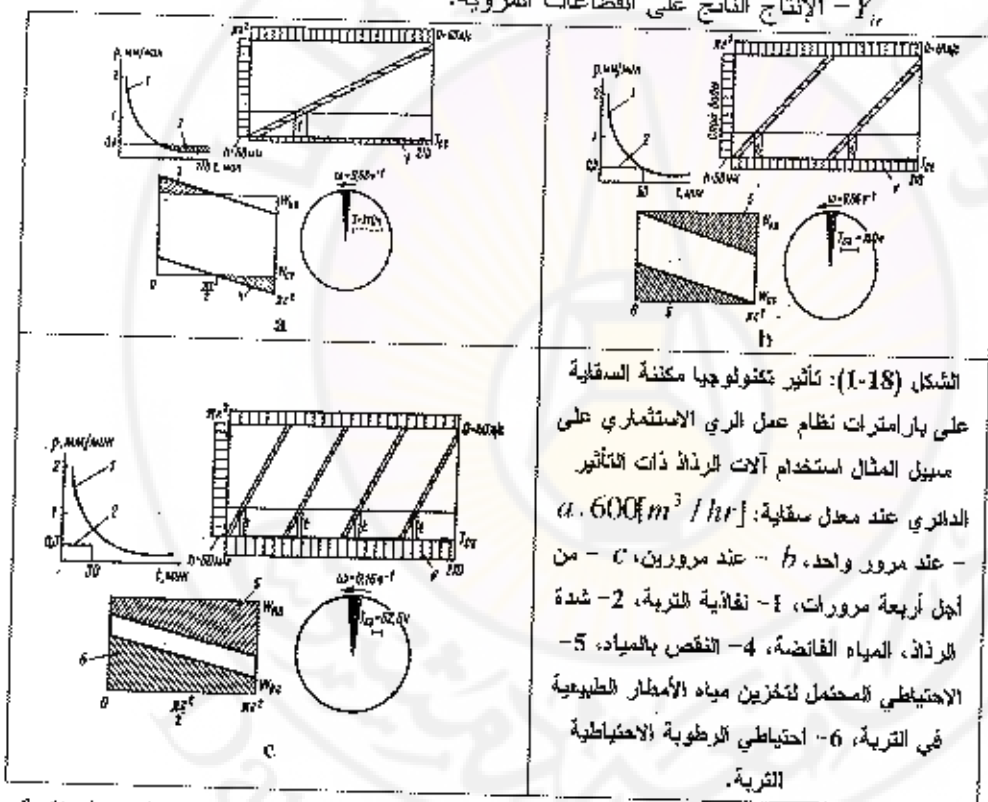
يجب أن يتراوح ثابت الجاهزية للأجهزة التكنولوجية لشبكات الري القيمة: 0.95 – 0.9. يؤدي انخفاض كفاءة الشبكة إلى تقطع العملية التكنولوجية للسقاية وبالنتيجة إلى إنتاج سيء وفق المعادلة التالية:

$$\Delta Y = 1 - \left(1 - \frac{Y_o}{Y_{ir}}\right)(1 - K_{ir})^2 \qquad (1\text{-}12)$$

حيث: ΔY – انخفاض الإنتاج في أجزاء من الواحد.

Y_o – الإنتاج الناتج على الأرض الخصبة.

Y_{ir} – الإنتاج الناتج على القطاعات المروية.



الشكل (1-18): تأثير تكنولوجيا مكننة السقاية على بارامترات نظام عمل الري الاستثماري على سبيل المثال استخدام آلات الرذاذ ذات التأثير الدائري عند معدل سقاية: $[a \cdot 600 m^3/hr]$ – عند مرور واحد، b – عند مرورين، c – من أجل أربعة مرورات، 1- نفاذية التربة، 2- شدة الرذاذ، المياه الفائضة، 4- النقص بالمياه، 5- الاحتياطي المحتمل لتخزين مياه الأمطار الطبيعية في التربة، 6- احتياطي الرطوبة الاحتياطية التربة.

يخطط استخدام المياه في شبكات الري مع مكننة السقاية واعتبار قدرة استخدام تقنية السقاية. يختلف نظام رطوبة التربة في بداية ونهاية الأرض المروية بصورة ملموسة بين بعضها بسبب عدم السقاية بنفس الوقت الشكل (1-18). تسمح المقارنات المختلفة لمعدلات السقايات للأرض المروية بتثبيت الرطوبة المطلوبة للتربة.

1-5- شبكات الريّ والتحكم الفعال بالسقاية:

تتميز شبكة الري للمحاصيل الزراعية بفترات ومعدلات تغذية مياه الريّ على الأرض بهدف الحفاظ على رطوبة التربة المطلوبة لنمو وتطور المحاصيل، وللحصول على إنتاج مرتفع في الأراضي المروية ومراقبة متطلبات الحفاظ على البيئة.

الثوابت الأساسية لشبكة الريّ: فترات إجراء السقاية، وقيمة معدل السقاية ومدة الفترة بين السقايات. ومن المهم أيضاً معدل الري والمودول الهيدروليكي (الهيدرومودول).

تعتبر طريقة التجربة الحقلية الطريقة الأكثر كفاءة لإيجاد شبكة الريّ، لكنها تتطلب جهوداً وضياعات زمنية كبيرة. تستخدم الطرق الحسابية في التطبيقات العملية بصورة شائعة. يحدد عند ذلك مجموع الاستهلاك المائي (التسرب أو التبخر) كقاعدة بطريقة بيومناخية، أما معدلات الري والسقاية، وفترات السقاية ومدة استمرار الفترة بين السقايات فتحدد بطريقة التوازن المائي.

1-5-1- تحديد مجموع الاستهلاك المائي للمحاصيل الزراعية:

في معظم الطرق الحسابية من أجل تحديد مجموع الاستهلاك المائي يستخدم في الأساس التبخر الكامن، ويصحح بالثوابت البيولوجية والمناخ الجوي:

$$ET_{crop} = ETk_{bio}k_a \qquad (1\text{-}13)$$

حيث: ET_{crop} ;$[mm]$ – مجموع الاستهلاك المائي،

ET ;$[mm]$ – التبخر.

k_{bio} – ثابت بيولوجي يصف دور المحاصيل في استهلاك المياه من الأرض.

k_a – ثابت المناخ الجوي الذي يأخذ بالاعتبار قدرة التبخر للجو بفعل الري.

من الطرق العالمية لتحديد التبخر الكامن والأكثر شيوعا هي معادلات بانمان، بليني- كريدلا، تيورك: تكتب معادلة بانمان في الشكل العام التالي:

$$ET = k_W R_{nf} + (1 - k_W)E_a \qquad (1\text{-}14)$$

حيث: ET ;$[mm/dy]$ – التبخر الكامن.

R_{nf} ;$[mm/dy]$ – المجموع المتبقي (الفعال) من الاشعاع الشمسي في الطبقة المكافئة للتبخر.

k_w – الثابت (المعامل) الوزني المتعلق بارتفاع الموقع عن مستوى سطح البحر ودرجة حرارة الهواء جدول (7-1).

$E_x;[mm/dy]$ – خطوط التبخر المتساوية.

يتميز الطرف الأيسر في هذه المعادلة بالطاقة، ويتميز الطرف الأيمن بالجزء الأيروديناميكي (المتساوي بالحرارة) للتبخر.

الجدول (7-1): الثابت الكلي – k_w.

الارتفاع فوق مستوى سطح البحر [m]	درجة حرارة الهواء C^o											
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
0	0.49	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	0.66	0.69	0.71	0.73	0.75	0.77
500	0.51	0.54	0.57	0.60	0.62	0.65	0.67	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78
1000	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	0.66	0.69	0.71	0.73	0.75	0.77	0.79
2000	0.55	0.58	0.61	0.64	0.66	0.69	0.71	0.73	0.75	0.77	0.79	0.81

يحسب المجموع المتبقي (الفعال) للاشعاع الشمسي المكافئ للتبخر من المعادلة التالية:

$$R_{ef} = (1-\alpha)R_s - R_l \qquad (1\text{-}15)$$

حيث: α – قدرة السطح على التبخر، للمياه: $\alpha = 0.95$.

$R_s;[mm/dy]$ – الموجة الاشعاعية القصيرة المؤثرة.

$R_l;[mm/dy]$ – الموجة الاشعاعية القصيرة المتبقية.

يحسب الجزء المتساوي التبخر في المعادلة (1-14) من المعادلة التالية:

$$E_x = (l_a - l_d)f(v) \qquad (1\text{-}16)$$

حيث: $l_a;[mm]$ – مرونة البخار المشبع.

$l_d;[mm]$ – المرونة الفعلية للهواء المشبع.

$f(v)$ – تابع لسرعة الرياح:

$$f(v) = 0.35(1 + 0.54v_2) \qquad (1\text{-}17)$$

حيث: $v_2;[m/\sec]$ – سرعة الرياح على ارتفاع: $2[m]$ من سطح الأرض.

تستخدم معادلة بلين كريدلا في الأعوام الأخيرة في شكلها المعدل التالي:

$$ET = n(0.46t + 8.13)k_w \qquad (1\text{-}18)$$

حيث: n – مدة الاستمرار اليومية الوسطية للزمن اليومي، % سنوياً (كود).

$t;[C^o]$ – درجة حرارة الهواء.

k_o - ثابت تصحيح يأخذ بالاعتبار رطوبة الهواء، ومدة استمرار الأشعة الشمسية وسرعة الرياح، ويتراوح في المجال: $k_o = 0.5 - 0.8$ في المناطق الرطبة، وفي المجال: $k_{cr} = 1 - 1.4$ في المناطق الجافة وشبه الجافة.

تملك معادلة تيورك الشكل التالي:

$$ET = 23.4(R_{act} + 0.85)(t/t + 15) \qquad (1\text{-}19)$$

حيث: R_{act}; $[mm/dy]$ - الاشعاع الشمسي الناتج على السطح الأفقي:

$$R_{act} = R_a(0.18 + 0.62\frac{N_{abc}}{N_{max}}) \qquad (1\text{-}20)$$

حيث: R_a; $[mm/dy]$ - الإشعاع الشمسي عند حدود الجو.

N_{abc}; $[h/dy]$ - مدة استمرار الأشعة الشمسية.

N_{max}; $[h/dy]$ - المدة الأعظمية الممكنة لاستمرار الأشعة الشمسية.

t; $[C^o]$ - درجة حرارة الهواء.

من أجل استخدام معادلة بنمان، نيورك أو بلين كرديلا يجب وضع المعطيات الأولية المطابقة وثوابت المحاصيل الزراعية: k_b . لا توجد أية صعوبة تذكر لتحديد استهلاك المياه وفق المعادلات المبينة أعلاه عند وجود مثل هذه المعطيات.

من الطرق الروسية الشائعة لتحديد استهلاك المياه لاقت طريقة إيفانوف استخداماً عملياً، لأنها تتميز بالثابت البيولوجي للمحاصيل الزراعية: k_b ، والذي يحدد تجريبيا كنسبة المجموع الفعلي للتبخر إلى النقص في رطوبة الهواء. جمعت معلومات كثيرة من التجارب المعطاة وفق الثابت البيولوجي، التي يمكن استخدامها عند تحديد مجموع الاستهلاك المائي لمحاصيل مختلفة في مناطق طبيعية مختلفة:

$$ET_{crop} = k_b \sum d \qquad (1\text{-}21)$$

حيث: k_b - ثابت بيولوجي. $\sum d$; $[Mb]$ - مجموع النقص الوسطي اليومي في رطوبة الهواء خلال الفترة الحسابية: Mb .

يستخدم المودول الحسابي لتحديد مجموع الاستهلاك المائي المقترح وفق دايفلتشينكو بالاعتماد على وضع المعادلة الكاملة المعدلة لإيفانوف:

$$ET = k_t df(v) \qquad (1\text{-}22)$$

حيث: k_t; $[mm/Mb]$ - عامل طاقة التبخر. d; $[Mb]$ - نقص رطوبة الهواء.

$f(v)$ – تابع لسرعة الرياح.

يحسب عامل الطاقة الحراري من المعادلة التالية مع اعتبار العلاقة الخطية بين ET و d:

$$k_t = 0.0061(25+t)^2 / l_a \qquad (1\text{-}23)$$

حيث: $t;[C^o]$ – درجة حرارة الهواء.

l_a – مرونة البخار المشبع جدول (1-8) المطابقة لدرجة الحرارة هذه خلال الفترة: Mb.

الجدول (1-8): مرونة البخار المشبع: $l_a;[Mb]$.

درجة الحرارة الكلية: $[C^o]$	درجة الحرارة لكل عشرة أيام									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	8.1	8.2	8.2	8.3	8.4	8.4	8.5	8.5	8.6	8.7
5	8.7	8.8	8.8	8.9	9	9.1	9.2	9.2	9.2	9.3
6	9.4	9.4	9.5	9.5	9.6	9.7	9.7	9.8	9.9	10
7	10	10.1	10.2	10.2	10.3	10.4	10.4	10.5	10.6	10.6
8	10.7	10.8	10.9	11	11	11.1	11.2	11.2	11.3	11.4
9	11.5	11.6	11.6	11.7	11.8	11.9	12	12	12.1	12.2
10	12.3	12.4	12.4	12.5	12.6	12.7	12.8	12.9	13	13
11	13.1	13.2	13.3	13.4	13.5	13.6	13.7	13.8	13.8	13.9
12	14	14.1	14.2	14.3	14.4	14.5	14.6	14.7	14.8	14.9
13	15	15.1	15.2	15.3	15.4	15.5	15.6	15.7	15.8	15.9
14	16	16.1	16.2	16.3	16.4	16.5	16.6	16.7	16.8	16.9
15	17.1	17.2	17.3	17.4	17.5	17.6	17.7	17.8	18	18.1
16	18.2	18.3	18.4	18.5	18.7	18.8	18.9	19	19.1	19.3
17	19.4	19.5	19.6	19.8	19.9	20	20.1	20.3	20.4	20.5
18	20.6	20.8	20.9	21	21.2	21.3	21.4	21.6	21.7	21.8
19	22	22.1	22.3	22.4	22.5	22.7	22.8	23	23.1	23.2
20	23.4	23.5	23.7	23.8	24	24.1	24.3	24.4	24.6	24.7
21	24.9	25	25.2	25.4	25.5	25.7	25.8	26	26.1	26.3
22	26.5	26.6	26.8	26.9	27.1	27.3	27.4	27.6	27.8	27.9
23	28.1	28.3	28.5	28.6	28.8	29	29.2	29.3	29.5	29.7
24	29.9	30	30.2	30.4	30.6	30.8	31	31.1	31.3	31.5
25	31.7	31.9	32.1	32.3	32.5	32.7	32.9	33	33.2	33.9
26	33.6	33.8	34	34.2	34.4	34.6	34.9	35.1	35.3	35.5
27	35.7	35.9	36.1	36.3	36.5	36.8	37	37.2	37.4	37.6
28	37.8	38.1	38.3	38.5	38.7	39	39.2	39.4	39.6	39.9
29	40.1	40.3	40.6	40.8	41	41.3	41.5	41.8	42	42.2
30	42.5	42.7	43	43.2	43.5	43.7	44	44.2	44.5	44.7
31	45	45.2	45.5	45.8	46	46.3	45.5	46.8	47.1	47.3
32	47.6	47.9	48.1	48.4	48.7	49	49.2	49.5	49.8	50.1
33	50.4	50.6	50.9	51.2	51.5	51.8	52.1	52.4	52.7	53
34	53.3	53.6	53.8	54.2	54.5	54.8	55.1	55.4	55.7	56

يحسب النقص في رطوبة الهواء من المعادلة التالية عند انعدام المعطيات:

$$d = l_a(1 - 0.01\varphi) \qquad (1\text{-}24)$$

حيث: $\varphi;[\%]$ – الرطوبة النسبية للهواء.

يحسب تابع سرعة الرياح من المعادلة التالية:

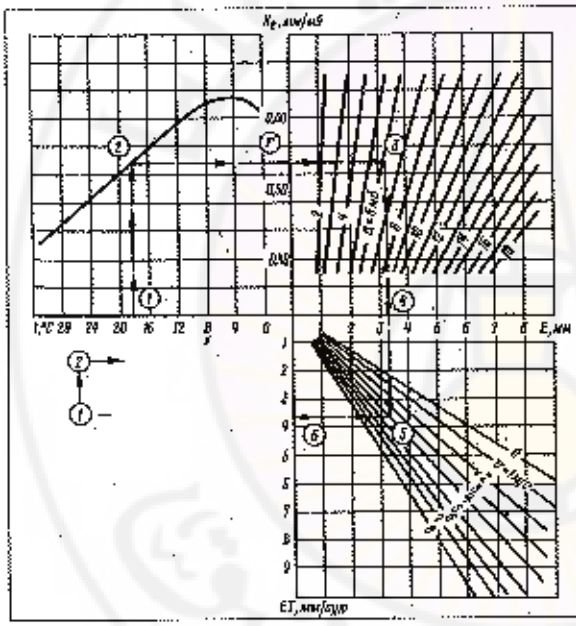
$$f(v) = 0.64(1 + 0.19v_2) \qquad (1\text{-}25)$$

حيث: v_2 [$m/\sec$] – سرعة الرياح على ارتفاع: 2[m] من سطح الأرض.

من أجل تحويل سرعة الرياح الملحوظة على ارتفاع: 2[m] يستخدم ثابت التناقص: k_v الذي وفق العلاقة بتغير الارتفاع H يشكل القيم التالية:

H;[m]	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
k_v	0.83	0.81	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75	0.75	0.75	0.75

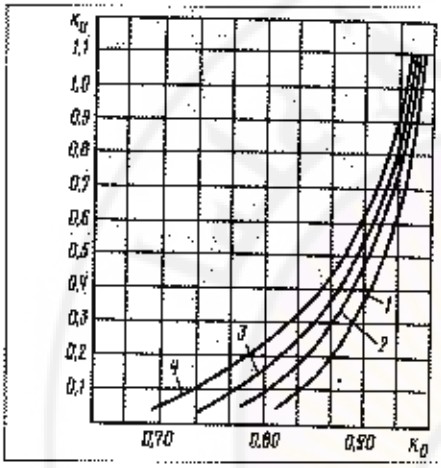
من أجل حساب التبخر وفق المعادلة (1-22) يمكن استخدام الخطوط البيانية المبينة في الشكل (1-19).



الشكل (1-19): الخطوط البيانية لحساب التبخر الكامن، t – درجة حرارة الهواء، $k_{,}$ – ثابت حراري، d – النقص في رطوبة الهواء، v – سرعة الرياح على ارتفاع: 2[m] من سطح الأرض، ET – كمية التبخر.

في المعادلة (1-13) الآتية: $ET_{crop} = ETk_{bio}k_o$ من أجل تحديد مجموع الاستهلاك المائي وفق النموذج الحسابي لثابت المناخ الجوي: k_o الذي يأخذ بالاعتبار احتمال تغير العوامل الميتارولوجية على الأرض الزراعية بتأثير الري (انخفاض درجة حرارة الهواء وسرعةالرياح،ارتفاع رطوبة الهواء). يمتلك الثابت المناخ الجوي ميزات إقليمية ويتعلق بالرطوبةالطبيعية للإقليم وبقياس المساحة المرويةأيضاً،تتراوح قيمة ثابت المناخ الجوي في المناطق الجافةوشبه الجافة(القاحلة)في المجال: 1 – 0.75. ويعتبرعملياً متماثلاً في المناطق

الرطبة وفائضة الرطوبة بالربط مع الري بدوائر صغيرة والري بالغرين المترسب، وأيضا الرطوبة الطبيعية المرتفعة لمناخ المساحات المروية وغير المروية للأراضي الزراعية. على سبيل المثال: في منطقة الغابات ذات الرطوبة الفائضة الثابت المناخ الجوي: k_0 من أجل المساحات المروية: $100 - 1000[hr]$ ككل خلال فترة نمو المحاصيل قريباً من الواحد ا ويتناقص فقط كل عشرة أيام جافة منفصلة حتى: $0.96 - 0.94$، وفي المناطق الرطبة يمكن أن يتناقص في العشرة الأيام الجافة حتى: $0.92 - 0.9$.



الشكل (1-20): ثابت المناخ الجوي k_0 المتعلق بالمساحة المروية F وبالرطوبة الطبيعية للإقليم k_0 : 1-
2- $F_1 = 100[hr]$
3- $F_2 = 1000[hr]$
4- $F_3 = 10000[hr]$
$F_4 = 50000[hr]$ ،

يمكن استخدام معطيات الجدولين (1-9) و (1-10) والشكل (1-20) عند الحسابات حيث مبينة العلاقة بين: k_0 وثابت رطوبة المساحة: k_0 خلال الفترة الحسابية:

$$k_0 = (W_0 + P) / ET \qquad (1\text{-}26)$$

حيث: W_0;$[mm]$ – الاحتياطي الفعال للرطوبة في طبقة التربة المغذية للجذور عند بدء الفترة الحسابية.

P;$[mm]$ – كمية الأمطار الجوية خلال الفترة الحسابية.

ET;$[mm]$ – مقدار التبخر خلال نفس الفترة.

عند استخدام المعطيات الميتالورجية من أجل الحساب الناتجة مباشرة في الأرض المروية، يؤخذ ثابت المناخ الجوي: $k_0 = 1$.

الجدول (9-1): ثابت المناخ الجوي: k_a وفق العلاقة بقياس المساحة وبثابت رطوبة المساحة: k_a.

المساحة المروية: $[hr]$	ثابت رطوبة المساحة: k_μ										
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.1
100	0.85	0.88	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99
1000	0.81	0.85	0.88	0.91	0.93	0.94	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99
10000	0.76	0.82	0.86	0.89	0.91	0.93	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99
50000	0.72	0.78	0.83	0.87	0.90	0.92	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98

الجدول (10-1): التذبذب الداخلي الموسمي لثابت المناخ الجوي k_a في مناطق طبيعية مختلفة.

المناطق الطبيعية	الأشهر						
	04	05	06	07	08	09	10
رطبة	1	0.95	0.95	0.96	0.97	0.93	1
معتدلة	1	0.94	0.92	0.91	0.93	0.93	0.99
جافة	1	0.93	0.89	0.85	0.84	0.87	0.95
شبه جافة	0.96	0.86	0.85	0.83	0.82	0.83	0.90
قاحلة	0.93	0.84	0.81	0.80	0.80	0.80	0.84

يفهم من الثابت البيولوجي: k_{bio} عادة دور المحاصيل في استهلاك المياه من الأرض الزراعية. عملياً هذا ثابت التناسب بين التبخر الفعلي للمياه من الأرض والتبخر الذي بالإضافة للدور البيولوجي للمحاصيل، يأخذ بالاعتبار الخواص الطبيعية الزراعية والجوية للإقليم (عدد مرات وغزارة الأمطار الجوية خلال فترة نمو المحاصيل، ومستوى التقنية الزراعية ... الخ). تختلف الثوابت البيولوجية من أجل محاصيل زراعية مختلفة، مما يشترط ميزات خاصة في نظام نمو وتطور المحاصيل.

تملك الثوابت البيولوجية ميزات إقليمية ملموسة. هكذا في المنطقة الرطبة وفائضة الرطوبة على امتداد فترة النمو يتغير الثابت البيولوجي تقريبا: 1.1 – 0.75، أمّا في المناطق الجافة وشبه الجافة يتغير من: 1.15 – 0.5.

يبين الجدول (1-11) الثوابت البيولوجيةالوسطية السنوية للمحاصيل المروية في المناطق الرطبة، والجافة وشبه الجافة عندتحديد الاستهلاك المائي وفق النموذج الحسابي للمعادلات (1-22----1-13).

الجدول (1-11): الثوابت البيولوجية: k_{bio} للمحاصيل الزراعية المروية من أجل مناطق طبيعية مختلفة.

المحاصيل الزراعية	مجموع درجات الحرارة اليومية فوق عتبة الاستهلاك المائي $\sum t_i(t_i^{**})$														
	0-200	201-400	401-600	601-800	801-1000	1001-1200	1201-1400	1401-1600	1601-1800	1801-2000	2001-2200	2201-2400	2401-2600	2601-2800	2801-3000
المناطق الرطبة															
قمح عادي	0.82	0.87	0.96	1.07	1.1	1.05	0.97	0.9	-	-	-	-	-	-	-
قمح دورم	0.77	0.81	0.92	1.04	1.1	1.07	0.93	0.9	-	-	-	-	-	-	-
بطاطا	0.76	0.78	0.85	0.96	1.06	1.1	1.05	0.98	0.88	0.82	-	-	-	-	-
ذرة حلو السكر	0.78	0.78	0.82	0.88	0.97	1.05	1.1	1.09	1.03	0.98	0.85	-	-	-	-
بقوليات مجففة	0.83	0.91	0.96	1.04	1.09	1.08	1.05	0.96	-	-	-	-	-	-	-
بقوليات مطبوخ	0.82	0.85	0.9	0.95	1.02	1.08	1.1	1.08	1.05	1	0.98	0.97	-	-	-
فستق (فليفلة - كوسة)	0.8	0.82	0.88	0.95	1.05	1.1	1.08	1.08	1.07	-	-	-	-	-	-
جلور علفية	0.74	0.77	0.83	0.91	1.02	1.1	1.06	0.94	0.8	0.65	-	-	-	-	-
لبيبة مصرة	0.82	0.89	0.98	1.07	1.1	0.81	0.83	1.01	1	0.81	0.87	1.01	-	-	-
خروع وسمسم	0.86	0.96	1.07	0.82	0.92	1.05	0.82	0.93	1.16	0.82	0.93	1.05	-	-	-
المناطق المعتدلة															
قمح عادي	0.76	0.76	0.94	1.07	1.12	0.99	0.65	-	-	-	-	-	-	-	-
قمح دورم	0.63	0.63	0.8	1.01	1.11	1.05	0.9	0.56	-	-	-	-	-	-	-
بطاطا	0.67	0.81	0.92	0.94	1.01	1.12	1.12	1.02	0.82	0.6	-	-	-	-	-
ذرة	0.6	0.6	0.7	0.83	0.92	1.04	1.11	1.17	1.07	0.7	0.65	-	-	-	-
بقوليات	0.72	0.72	0.87	0.98	1.06	1.1	1.11	1.08	1.03	0.7	0.86	0.8	-	-	-
فستق (فليفلة - كوسة)	0.76	0.76	0.86	0.98	1.06	1.1	1.1	1.08	0.97	0.87	0.82	-	-	-	-
شوندر سكري	0.62	0.62	0.72	0.78	0.85	0.94	1.02	1.09	1.14	1.14	1.09	1.02	0.91	0.8	0.66
لبيبة مصرة	0.76	0.83	1	1.12	0.75	0.85	1	1.11	0.75	0.83	1	1.1	0.75	0.83	1
خروع وسمسم	0.8	0.91	1.07	0.79	0.91	1.06	0.79	0.91	1.06	0.79	0.91	1.06	0.79	0.91	1.06
ذرة	0.52	0.55	0.62	0.73	0.86	0.97	1.05	-	-	-	-	-	-	-	-
بقوليات مجففة (فول - حمص - عدس)	0.53	0.58	0.7	0.91	1.08	0.76	0.57	-	-	-	-	-	-	-	-
المناطق الجافة وشبه الجافة															
قمح شتوي	0.7	0.76	0.9	1.08	1.13	0.95	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-
ربيعي	0.56	0.62	0.79	1.01	1.12	1.03	0.76	0.5	-	-	-	-	-	-	-
بطاطا	0.54	0.58	0.66	0.79	0.96	1.1	1.12	1.01	0.8	0.57	-	-	-	-	-
ذرة	0.53	0.56	0.63	0.76	0.89	1.02	1.13	1.12	1.05	0.86	0.63	-	-	-	-
بقوليات	0.7	0.77	0.88	0.97	1.05	1.11	1.1	1.05	0.96	0.87	0.8	0.76	-	-	-
فستق	0.72	0.75	0.86	0.97	1.06	1.1	1.1	1.01	0.9	0.8	0.72	-	-	-	-
شوندر سكري	0.56	0.62	0.67	0.74	0.82	0.92	1	1.08	1.13	1.12	1.08	1	0.9	0.77	-
لبيبة	0.75	0.83	1.01	1.12	0.71	0.8	1	1.12	0.71	0.8	1	1.12	0.71	0.8	1
خروع وسمسم	0.76	0.9	1.07	0.76	0.9	1.06	0.76	0.9	1.06	0.76	0.9	1.06	0.76	0.9	1.06
ذرة مجففة	0.5	0.54	0.6	0.71	0.87	0.99	1.08	1.1	1.08	-	-	-	-	-	-
بقوليات مجففة (فول - حمص - عدس)	0.5	0.53	0.66	0.9	1.08	0.71	0.8	1	-	-	-	-	-	-	-

* من أجل المحاصيل المعرضة لإجهاد الاستهلاك المائي لفترة محددة يتم تعديل المحاصيل من أجل المحاصيل السنوية وغيرها لتغير عتبة الاستهلاك المائي من تاريخ الزراعة أو الزرع.

عند حسابات مجموع الاستهلاك المائي (تبخر، نتح) من أجل سنوات معينة، والظروف السنوية الملائمة التي تختلف عن السنوية الوسطية، تستخدم ثوابت بيولوجية: k_{bio} الجدول (1-12) المطابقة لهذه السنة:

$$k_{bio} = k_{bio}\sigma = k_{bio}(0.3/\alpha + 0.7) = k_{bio}(0.3ET/ET_i + 0.7) \qquad (1\text{-}27)$$

حيث: σ – ثابت تصحيح.

α – نسبة التبخر الوسطية السنوية (لسنوات عديدة) خلال الفترة الحسابية ET المحسوبة وفق المعادلة (1-22) إلى التبخر ET_i المحسوبة لهذه السنة (أي للسنة المعتبرة).

الجدول (1-12): الثابت البيولوجي الحسابي: k_{bio} وفق العلاقة بنسبة التبخر الفعلي: ET_i إلى التبخر الوسطي لسنوات عديدة: ET.

k_{bio}	ET_i / ET																
	0.1	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2
0.3	0.43	0.39	0.36	0.34	0.32	0.31	0.3	0.29	0.28	0.28	0.27	0.27	0.27	0.26	0.26	0.26	0.25
0.4	0.58	0.52	0.48	0.45	0.43	0.41	0.4	0.39	0.38	0.37	0.36	0.36	0.35	0.35	0.35	0.34	0.34
0.5	0.72	0.65	0.60	0.56	0.54	0.51	0.5	0.48	0.47	0.46	0.45	0.45	0.44	0.44	0.43	0.43	0.42
0.6	0.87	0.78	0.72	0.67	0.65	0.62	0.6	0.58	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53	0.52	0.52	0.52	0.51
0.7	1.01	0.91	0.84	0.79	0.76	0.72	0.7	0.68	0.67	0.65	0.64	0.63	0.62	0.61	0.61	0.6	0.59
0.8	1.16	1.04	0.96	0.9	0.87	0.83	0.8	0.78	0.76	0.74	0.73	0.72	0.71	0.7	0.69	0.69	0.68
0.9	1.31	1.17	1.08	1.01	0.97	0.93	0.9	0.87	0.85	0.84	0.82	0.81	0.8	0.79	0.78	0.77	0.76
1	1.45	1.3	1.2	1.13	1.08	1.04	1	0.97	0.95	0.93	0.91	0.9	0.88	0.87	0.87	0.86	0.85
1.1	1.59	1.43	1.32	1.23	1.19	1.14	1.1	1.06	1.04	1.02	1	0.99	0.97	0.96	0.95	0.95	0.93
1.2	1.73	1.56	1.44	1.35	1.3	1.24	1.2	1.16	1.14	1.11	1.09	1.08	1.06	1.05	1.04	1.03	1.02

يبين الجدول (1-13) مجموع الاستهلاك المائي للمحاصيل الزراعية من أجل مناطق طبيعية مختلفة المطابقة لشرط الاستهلاك المائي المثالي للمحاصيل والإنتاجية مرتفعة. يمتلك تغير الاستهلاك المائي ميزات إقليمية وجوهرية يتذبذب حسب السنوات. إذا كان التصميم الفعلي للإنتاجية أو المخطط لها (النظرية) على الأرض المروية أصغر من العظمى فإنه يخفض مجموع الاستهلاك المائي المبين في الجدول (1-13). إنخفاض الاستهلاك المائي الموسمي (في المجال الأعظمي) بالربط مع انخفاض الإنتاجية (في المجال الأعظمي المطابق للاستهلاك المائي الأعظمي) يمكن أن يقرب وفق المعادلة التالية:

$$ET_{crop} = 0.59 + 0.85Y_i - 0.44Y_i^2 \qquad (1\text{-}28)$$

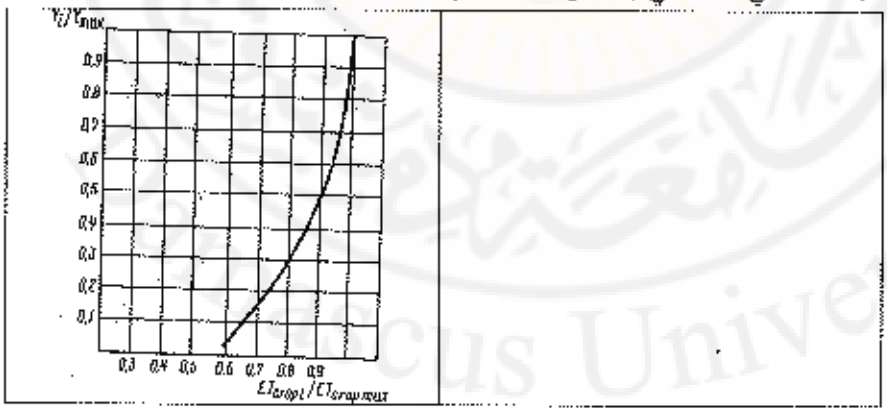
حيث: ET_{crop} – الاستهلاك المائي في المجال الأعظمي: $ET_{crop\,max}$.

Y_i – الإنتاجية في المجال الأعظمي: Y_{max}.

الجدول (13-1): مجموع الاستهلاك المائي لعدة محاصيل زراعية في مناطق طبيعية زراعية مختلفة [mm].

محاصيل زراعية	النسبة المئوية للإنتاجية: %	المناطق الطبيعية					
		رطبة جدا: $k_w = 0.86$ -1.2	الرطبة: $k_w = 0.51$ -0.85	المعتدلة: k_w -0.41 -0.5	الجافة: $k_w = 0.3$ 0.4	شبه الجافة: $k_w = 0.19$ -0.3	القاحلة: $k_w = 0.05$ -0.18
سنابل قمح	50	270	310	350	390	420	450
	75	290	350	400	430	460	490
	95	320	390	460	480	530	560
ذرة	50	320	400	470	530	580	640
	75	350	440	520	580	630	690
	95	400	500	590	650	700	760
شوندر سكري	50	-	480	570	640	710	790
	75	-	550	630	690	750	830
	95	-	630	700	750	810	870
قصة	50	360	480	580	660	720	830
	75	400	510	630	690	760	860
	95	490	590	710	770	830	920
بطاطا	50	280	350	420	450	500	-
	75	310	380	450	490	540	-
	95	350	430	490	540	600	-
خضار (ملفوف، بندورة...)	50	280	360	430	470	520	620
	75	320	390	460	500	560	650
	95	370	440	510	550	610	700
جذور درنية	50	280	380	440	480	540	640
	75	320	410	480	530	590	690
	95	360	460	540	600	650	740

الاستهلاك المائي عند تأمين الاستهلاك المائي المثالي للمحاصيل يتغير لا طرديا مع تغير الإنتاجية الشكل (21-1). وهكذا عند انخفاض الإنتاجية بمقدار: 50% فإن مجموع الاستهلاك المائي الأعظمي يتناقص فقط بمقدار: 10%.



1-5-2- تحديد معدل الري:

معدل الري: هو كمية المياه التي تنقل لري مساحة هيكتار واحد خلال فترة نمو المحاصيل المقدر: $[m^3/hr]$ أو بطبقة المياه (عمود ماء). يحدد المعدل كفرق بين مجموع الاستهلاك المائي (التبخر) للمحاصيل وتأمينها الطبيعي. يستخدم عادة معدل الري مساوياً للنقص بمجموع الاستهلاك المائي للمحاصيل خلال فترة نموها.

$$M = \sum_{i=1}^{n} \Delta ET_{crop} \qquad (1\text{-}29)$$

حيث: M – معدل الري الصافي.

$\sum_{i=1}^{n} \Delta ET_{crop}$ – مجموع النقص في الاستهلاك المائي خلال فترة النمو للمحاصيل الزراعية.

يحدد النقص في الاستهلاك المائي من أجل أية فترة للنمو وفق معادلة التوازن المائي التي تأخذ الشكل المبسط التالي:

$$\Delta ET_{crop} = ET_{crop} - W_{ai} - P_i\alpha - V_{gr} + V_i \qquad (1\text{-}30)$$

حيث: ET_{crop};$[mm]$ – مجموع الاستهلاك المائي للمحاصيل الزراعية خلال الفترة الحسابية.

W_{ai};$[mm]$ – الاحتياطي الفعال لرطوبة التربة عند بداية الفترة الحسابية.

P_i;$[mm]$ – كمية الأمطار الجوية خلال الفترة الحسابية.

α – ثابت استخدام الأمطار الجوية الطبيعية.

V_{gr};$[mm]$ – التسرب الشعري للمياه الجوفية في الطبقة الحسابية.

V_i;$[mm]$ – جريان الرطوبة خارج مجال الطبقة الحسابية.

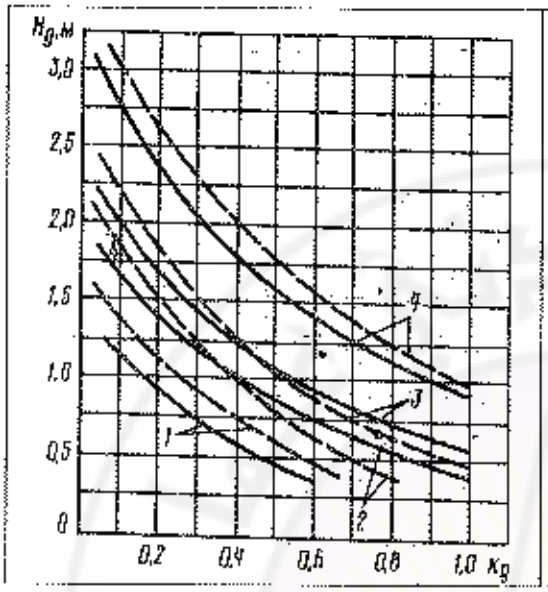
يحسب الاحتياطي الفعال لرطوبة التربة: W_{ai};$[mm]$ في هذه المعادلة كفرق بين الاحتياطي الأولي للرطوبة في الطبقة الحسابية: W_{in} واحتياطي المياه المسموح به: W_{cr} (قبل السقاية) في نفس تلك الطبقة.

يحدد ثابت استخدام الأمطار الطبيعية: α بالشكل التالي:

إذا كان: $P_i \le ET_{crop} + (W_{FC} - W_{in})$ فإن: $\alpha = 1$، أما إذا كان: $P_i) ET_{crop} + (W_{FC} - W_{in})$ فإن: $\alpha = \left[ET_{crop} + (W_{FC} - W_{in})\right] / P_i$. حيث:

W_{FC};$[mm]$ – المحتوى الرطوبي الأصغري (قدرة الاحتفاظ بالمياه) في الطبقة الترابية

الحسابية العظمى من أجل محاصيل معينة، W_m;[mm] – احتياطي الرطوبة في نفس تلك الطبقة الترابية لبداية الفترة الحسابية.



الشكل (22-1): تغير الثابت: k_g المتصف باستخدام المياه الجوفية في مجالات الاستهلاك المائي: ET_{crop} للتربة الثقيلة أو الخفيفة وفق تركيبها الميكانيكي. 1– السطح دون نباتات، 2– السطح ذو نباتات بعمق جذورها حتى: [$60 cm$]، 3– أيضا حتى: [$100 cm$]، 4– أيضا حتى أكثر من: [$100 cm$] – H_g عمق توزيع المياه الجوفية، k_g – ثابت استخدام المياه الجوفية.

تتعلق قيم التسرب الشعري للمياه الجوفية المطلوب منها تأمين المحاصيل بالرطوبة بعمقها، وبقدرة النظام الجذري للمحاصيل، وبالبنية الترابية الحجرية في مجالات التهوية، وأيضاً بعدد مرات ترطيب سطح التربة بالأمطار الطبيعية وبالسقايات. عند انعدام المعطيات التجريبية للاستخدام الشعري للمياه الجوفية تحسب قيمة التسرب الشعري من العلاقة التالية:

$$V_{gr} = ET_{crop} k_g \qquad (1\text{-}31)$$

حيث: V_{gr};[mm] – التسرب الشعري للمياه الجوفية المستخدمة.

ET_{crop};[mm] – مجموع الاستهلاك المائي خلال الفترة الحسابية.

k_g – ثابت استخدام المياه الجوفية في مجالات مجموع الاستهلاك المائي.

عند الحسابات التقريبية يستخدم ثابت استخدام المياه الجوفية وفق الجدول (1-14) أو وفق الشكل (22-1).

تحدد كمية مياه الري المطلوبة لتأمين شبكة الري من المعادلات (29-1 و 30-1)، هذا يعني الحفاظ على رطوبة مثالية للتربة.

كمية المياه من أجل ري الأراضي المالحة والمائلة للتملح تحسب بالاعتماد على التنبؤات بالنظام الملحي والهوائي للتربة.

الجدول (14-1): ثابت استخدام انتقال المياه الجوفية: k_g وفق العلاقة بعمقها، وبنوع التربة وبعمق جذور المحاصيل الزراعية.

عمق المياه الجوفية: $H_g:[m]$	تربة خفيفة وفق تركيبها الميكانيكي				تربة ثقيلة وفق تركيبها الميكانيكي			
	سطح دون غطاء نباتي	محاصيل ذات نظام جذري: $[cm]$			سطح دون غطاء نباتي	محاصيل ذات نظام جذري: $[cm]$		
		$60[cm]$	$100[cm]$	$)100[cm]$		$60[cm]$	$100[cm]$	$)100[cm]$
0.5	0.45	0.85	1	1	0.55	0.75	0.95	1
1	0.15	0.4	0.55	0.9	0.25	0.35	0.5	0.95
1.5	-	0.15	0.25	0.55	0.05	0.2	0.3	0.65
2	-	-	0.1	0.3	-	0.05	0.15	0.4
2.5	-	-	-	0.15	-	-	0.05	0.25
3	-	-	-	0.05	-	-	0	0.1

ملاحظة: عند المياه الجوفية المعدنية فإن الثابت المبين في الجدول (10-1) يخفض بمقدار: 1.5-2 مرة.

الجدول (15-1): معدلات الري البيولوجية المناخية المثالية الصافية: $[mm]$ للمحاصيل الزراعية (عند المياه الجوفية العميقة).

محاصيل زراعية	احتمال عدم التجاوز: %	المناطق الطبيعية					
		رطبة جدا $k_a=0.86$ -1.2	رطبة $k_a=0.51$ -0.85	معتدلة $k_a=0.41$ -0.5	جافة $k_a=0.86$ -1.2	شبه جافة $k_a=0.19$ -0.3	قاحلة $k_a=0.05$ -0.18
ذرة	50	60	160	260	320	400	500
	75	110	220	320	380	460	550
	95	200	320	410	460	540	630
شوندر سكري	50	-	190	300	390	540	680
	75	-	270	390	470	600	740
	95	-	380	490	570	680	840
اعشاب معمرة	50	80	200	320	430	570	760
	75	130	280	400	510	640	830
	95	220	390	530	620	740	930
بطاطا	50	60	140	230	300	370	-
	75	100	190	300	360	430	-
	95	170	270	380	440	500	-
خضار	50	70	160	250	300	380	490
	75	120	210	300	350	430	540
	95	200	310	390	440	520	630
محاصيل علفية	50	60	150	240	310	380	490
	75	100	200	310	370	440	550
	95	190	300	390	460	540	640

معدلات الري البيواوجية المناخية (البيومناخية) المثالية الصافية لبعض أنواع المحاصيل الزراعية وفق المناطق الطبيعية المناخية المختلفة تحدد وفق الموديل (النموذج)

الحسابي المبينة في الجدول (15-1). وهي محسوبة لمستوى مرتفع للتقنية الزراعيـة وعلـى الإنتاجية العظمى الناتجة.

عندما تكون الإنتاجية أصغر من العظمى (والمحققة فعلياً أو النظرية) فإنّ معـدلات الريّ البيولوجية المناخية المثالية تُخفض مع الأخذ بالاعتبار العلاقة (28-1). بالإضافة لـذلك هذه المعدلات لا تأخذ بالاعتبار إمكانية استخدام المياه الجوفية. عندما يكون منسـوب الميـاه الجوفية قريباً من سطح الأرض فإنّ معدلات الري البيولوجية المناخيـة الحسـابية تُخفـض باستخدام المعادلات (30-1 و 31-1).

بما أنّه لا يمكن التخلص في العملية التكنولوجية للسقاية من الضـياعات اللاإنتاجيـة لمياه الري (في شبكات الري ومباشرة على الأرض)، فإنّه عنـد تخطـيط اسـتخدام الميـاه وتحقيقه يجب تصحيح (تعديل) معدلات الري الكلية التي تأخذ بالاعتبار هذه الضياعات.

1-5-3- تحديد معدلات السقاية:

معدل السقاية: هو كمية المياه المنقولة للأرض خلال السقاية مرة واحـدة ويقـدر: $[m^3/hr]$ أو $[mm]$ لطبقة المياه.

في الحالة العامة تتعلق قيمة معدل السقاية بالخواص الفيزيا-مائية للتربـة وبدرجـة جفافها حتى لحظة السقاية، وبالعمق المطلوب للترطيب وبأسلوب وتكنولوجيا السقاية.

يحسب مجال معدل السقاية من معادلة أ.ن. كوستياكوف التالية:

$$m = W_{FC} - W_{cr} = 10\gamma h_z(\beta_{FC} - \beta_{cr}) \qquad (1\text{-}32)$$

حيث: $m;[mm]$ – معدل السقاية الحسابي، $W_{FC};[mm]$ – المحتوى الرطوبي الأصغري أو قدرة الاحتفاظ بالمياه في طبقة التربة المحسوبة. $W_{cr};[mm]$ – الاحتياطي المسموح بـه أو الفعلي للرطوبة في نفس تلك الطبقة الترابية. $h_z;[mm]$ – الطبقة (العمق) الحسابي لترطيـب التربة. $\gamma;[ton/m^3];[gr/cm^3]$ – الكثلة الحجمية لطبقة التربة المحسـوبة. $\beta_{cr};\beta_{FC}$ – رطوبة التربة المطابقة للمحتوى الرطوبي الأصغري والحد الأدنى المسموح به للجفـاف، % من الكثلة.

بمطابقة هذه العلاقة نجد معدل السقاية انطلاقاً من شرط تحقيق الرطوبة في الطبقـة الحسابية للتربة حتى المحتوى الرطوبي الأصغري. ديناميكاً الطبقة الحسابية (طبقـة تغذيـة جذور) للتربة في المناطق الرطبة والجافة مبينة في الجدول (16-1).

الجدول (16-1): ديناميكا الموسم الداخلي للنظام الجذري للمحاصيل المروية: [cm].

محاصيل زراعية	النظام الرقمي لكل عشرة أيام منذ بدء نمو المحاصيل*													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
المناطق الرطبة														
قمح شتوي	50	50	60	70	75	80	80	80	80	-	-	-	-	-
ذرة رفيعي	35	35	40	55	70	75	80	80	80	-	-	-	-	-
بطاطا	30	30	35	45	55	60	65	65	65	65	65	65	-	-
ذرة	35	40	50	60	70	75	80	80	80	80	80	80	-	-
مقثوء	30	35	40	50	55	60	60	60	60	60	60	60	60	-
خضار	30	35	40	45	50	50	50	50	50	50	50	-	-	-
جذور درنية جذرية	30	35	40	50	60	60	70	70	70	70	-	-	-	-
فصة اخضر	30	30	35	45	60	60	75	80	80	80	80	80	80	-
فصة معمرة	55	60	70	85	90	90	90	90	90	90	90	90	90	-
برسيم	40	45	50	55	60	60	60	60	60	60	60	-	-	-
أعلاف معمرة	45	50	60	70	75	75	75	75	75	75	75	75	75	-
أعلاف عام واحد	30	35	45	55	70	75	75	75	75	75	75	75	75	-
مزارع عائلة معمرة	60	65	70	85	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
المناطق الجافة														
قمح شتوي	55	60	75	85	90	90	90	90	90	-	-	-	-	-
ذرة رفيعي	40	45	55	70	80	85	90	90	90	90	-	-	-	-
بطاطا	40	40	45	55	65	70	75	75	75	75	75	75	-	-
ذرة	40	45	55	70	80	85	90	90	90	90	90	90	-	-
مقثوء	30	35	40	50	55	60	60	60	60	60	60	60	60	-
خضار	30	35	40	50	55	60	60	60	60	60	60	-	-	-
جذور درنية جذرية	40	40	45	55	70	75	80	80	80	80	80	80	80	80
فصة اخضر	35	35	40	50	65	80	85	85	85	85	85	85	85	85
فصة معمرة	60	65	75	85	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
برسيم	45	50	55	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
أعلاف معمرة	50	55	65	75	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
أعلاف عام	35	40	50	60	75	80	80	80	80	80	80	80	80	80
مزارع عائلة معمرة	75	80	90	95	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

*-- يستخدم تاريخ البذر أو الزراعة لبداية الفترة الحسابية من أجل المحاصيل الزراعية لعام واحد، ويستخدم تاريخ بدء النمو من أجل المحاصيل المعمرة.

عند السقاية بالرذاذ يحسب معدل السقاية مع اعتبار شدة وجودة الرذاذ، وقدرة التربة على الامتصاص، والحالة التقنية الزراعية، وتضاريس وميل سطح التربة.

بما أنّه تتحقق الجودة المطلوبة وفعالية الرذاذ فقط عند السقاية بمعدلات كافية، فإنّه بالمقارنة مع السقاية السطحية (بالتقالة) فإنّ معدل السقاية بالرذاذ يمكن أن يكون أقل في التربة الثقيلة وأكبر في التربة الخفيفة وفق تكوينها الميكانيكي، بالربط مع ذلك يجب أن تعتمد شبكة

الري على المعدلات التكنولوجية الممكنة للسقاية. في جميع الحالات يجب أن لا يتجاوز المعدل التكنولوجي للسقاية بالرذاذ المعدل الكافي (للتعرية المسموح بها)، ويحسب من المعادلة التالية:

$$m_{alm} = \frac{P}{\left(\sqrt{\rho} e^{0.5}\right)} \qquad (1\text{-}33)$$

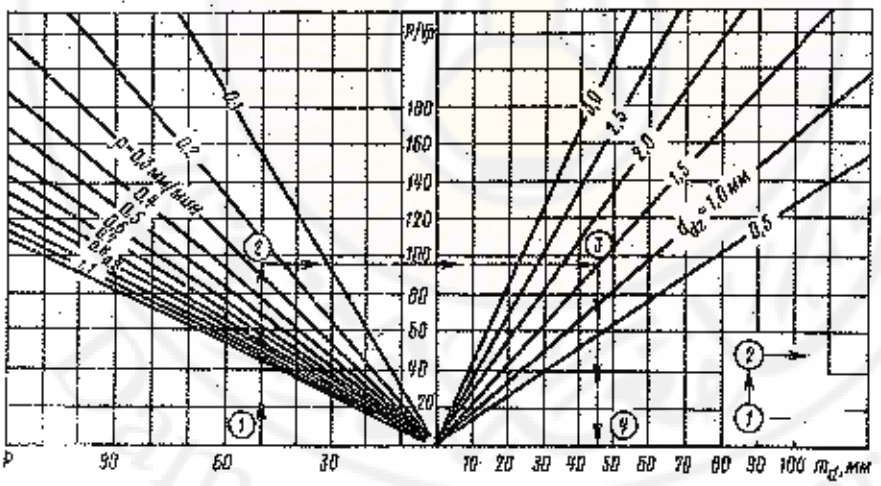
حيث: $P;[mm]$ – ثابت يأخذ بالاعتبار قدرة الامتصاص للتربة الذي وفق العلاقة بنفاذية المياه بشكل حسب إيريخوف القيم التالية:

نفاذية المياه	تربة ضعيفة وضعيفة جدا	وسطية	جيدة	شديدة وشديدة جدا
$P;[mm]$	≤ 30	$30-60$	$60-90$	≥ 90

$\rho;[mm/\min]$ – شدة الرذاذ (الغزارة). $e = 2.72$ – اللوغاريتم الطبيعي الأساسي.

$d;[mm]$ – القطر الوسطي لقطرة الرذاذ.

إذا كان ناتج معدل السقاية الكافي أصغر من المعدل الحسابي المحسوب وفق المعادلة فإنّ المعدل الحسابي يُحقق من أجل عدة أساليب للمعدلات التكنولوجية، والتي لا تتجاوز المعدل الكافي. يمكن تحديد معدل السقاية الكافي من أجل ظروف معينة وفق الخطوط البيانية المبينة في الشكل (1-23).



الشكل (1-23): الخطوط البيانية لتحديد معدل السقاية الكافي: $P;[mm]$ – بارامتر يصف قدرة الامتصاص للتربة، $\rho;[mm/\min]$ – شدة الرذاذ، $d_{th};[mm]$ – القطر الوسطي لقطرة الرذاذ، m_d – معدل السقاية الكافي.

الجدول (17-1): معدلات السقاية الكافية إلى ما قبل التعرية من أجل أنـواع مختلفـة مـن التربة وبارامترات الطاقة للرذاذ [mm].

القطر الوسطي لقطرة الرذاذ: $d:[mm]$	شدة الرذاذ: $\rho:[mm/\min]$											
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.1	1.2
تربة ضعيفة النفاذية: $P=30[mm]$												
0.5	74	52	43	37	33	30	28	26	25	24	23	22
1	58	41	33	29	26	23	22	20	19	18	17	17
1.5	45	32	26	22	20	18	17	16	15	14	14	13
2	35	25	20	17	16	14	13	12	12	11	11	10
2.5	27	19	16	14	12	11	10	10	9	9	8	8
3	20	15	12	10	9	8	7	7	6	6	5	5
تربة وسطية النفاذية: $P=60[mm]$												
0.5	147	104	85	74	67	60	56	53	50	47	45	44
1	115	81	66	58	51	47	43	41	38	36	35	34
1.5	90	63	52	45	40	37	34	32	30	29	27	26
2	70	49	40	35	31	28	26	25	23	22	21	20
2.5	55	39	31	28	25	22	21	19	18	17	16	16
3	44	31	25	21	19	17	16	15	14	13	13	13
تربة جيدة النفاذية: $P=90[mm]$												
0.5	222	157	130	110	99	91	85	79	74	70	68	65
1	172	122	100	86	77	70	65	61	58	55	52	50
1.5	135	95	78	67	60	55	51	47	45	43	41	39
2	104	74	64	52	47	43	40	37	35	33	32	30
2.5	81	58	47	41	37	33	30	29	28	26	25	24
3	65	45	36	32	31	27	24	22	21	20	19	18
تربة شديدة النفاذية: $P=120[mm]$												
0.5	296	210	170	149	134	122	112	105	99	95	90	85
1	230	163	133	115	103	94	87	81	77	73	69	66
1.5	180	127	104	90	80	73	67	63	60	57	54	52
2	136	99	81	70	62	57	53	49	47	44	42	40
2.5	109	77	63	55	48	45	41	39	36	35	33	31
3	82	60	49	43	39	35	32	31	29	28	26	24

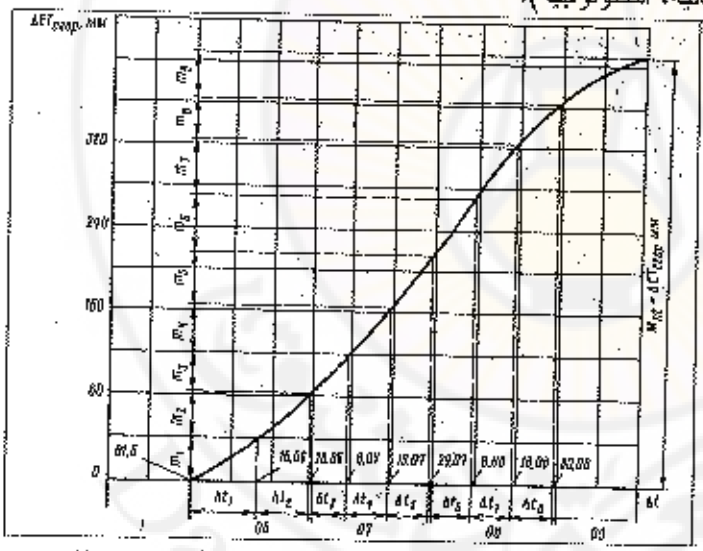
يبين الجدول (17-1) معدلات السقاية في أنواع مختلفة من التربة عند شدة وبنية رذاذ مختلفة. عند الري بالرذاذ فإنّ معدل السقاية لمرة واحدة يتعلق ليس فقط بعمق النظام الجذري، وإنمـا في الدور الأول بشدة وجودة الرذاذ، وبقدرة الامتصاص للتربة. عند ذلك التقريب الأعظمـي

لمعدل السقاية الفعلي إلى المعدل الحسابي يجب أن يحقق على حساب المخططات التكنولوجية المثالية للسقاية.

المعدلات الكافية المبينة في الجدول (I-17) تأخذ بالاعتبار بصورة أساسية خواص التربة المروية وبارامترات الطاقة للرذاذ (ضخامة القطرة وشدتها). في شروط معينة يتعلق المعدل الكافي بدرجة معينة أيضاً بميل (انحدار) السطح المروي، وبرطوبة التربة قبل السقاية وبالحالة الخلفية التقنية الزراعية (الغطاء النباتي وبتفكيك أو كبس سطح طبقة التربة). لذلك يمكن تصحيحها.

1-5-4- فترات وعدد مرات السقاية:

يتم إيجاد فترات السقاية واستمرارية الفترة بين السقايات عند تخطيط وتصميم شبكة الري الاستثمارية للمواسم المقبلة بالتطابق مع توزيع معدلات الري خلال المواسم. من أجل ذلك وفق النقص في الاستهلاك المائي كلّ عشرة أيام لري المحاصيل في العام المعتبر للتأمين الحسابي ينشأ المنحني التكاملي لازدياد النقص في مجموع الاستهلاك المائي الموسمي الشكل (I-24) الذي يستخدم لتحديد لشبكة الري بيانيا، عدد السقايات وفترات إجرائها ومعدلات استمراريتها (الحسابية، الكافية، التكنولوجية).



الشكل (I-24): الحساب التحليلي البياني لشبكة الري وفق المنحني التكاملي للنقص الاستهلاك المائي: m – معدل السقاية، ΔET_{crop} – النقص في الاستهلاك المائي، M_{ni} – معدل الري الصافي، Δt – الفترة بين السقايات، – 16.08 – 30.8 التواريخ الوسطية للسقايات.

في الشكل العام العلاقة بين معدل السقاية واستمرارية الفترة بين السقا ... هذا يعني الزمن بين سقايتين متتاليتين يعبر عنها بالعلاقة التالية:

$$... = (m + P\alpha + W_a) / ET_{crop} \qquad (I\text{-}34)$$

حيث: Δt – الفترة بين السقايات باليوم، $m;[mm]$ – معدل السقاية الفعلي الصافي، $P;[mm]$ كمية الأمطار الطبيعية خلال الفترة، α – ثابت استخدام الأمطار الطبيعية، $W_a;[mm]$ – احتياطي الرطوبة في الطبقة الحسابية للتربة فوق الحرجة في لحظة السقاية، $ET_{crop};[mm]$ – التبخر اليومي الوسطي لرطوبة الأرض خلال الفترة Δt.

إذا خلال الفترة المدروسة يمكن استخدام المياه الجوفية فإنّه يجب أخذها بالاعتبار.

يتعلق عدد مرات سقايات المحاصيل خلال فترة النمو N بمعدل الري والسقاية:

$$N = M / m_{mit} \qquad (1\text{-}35)$$

حيث: $M;[mm]$ – معدل الري.

$m_{mit};[mm]$ – معدل السقاية الوسطي.

1-5-5- التحكم الفعال بالسقايات:

تظهر ضرورة لا بدَّ منها في العملية الفعلية لاستثمار شبكات الري لتصحيح فترات ومعدل السقاية المخطط له مع اعتبار المتغيرات الجوية، والتقنية الزراعية، والتنظيم الزراعي وغيرها من الحالات على الشبكة ككل، وعلى الأراضي المروية المنفصلة، هذا يعني تظهر ضرورة التحكم الفعال بالسقايات.

يظهر التحكم الفعال بالسقايات أكثر فعالية، إذا اعتمد على استخدام الوسائل التقنية للجمع السريع والمعالجة المطلوبة للمعلومات ووجود التكنولوجيا المطابقة للخدمة.

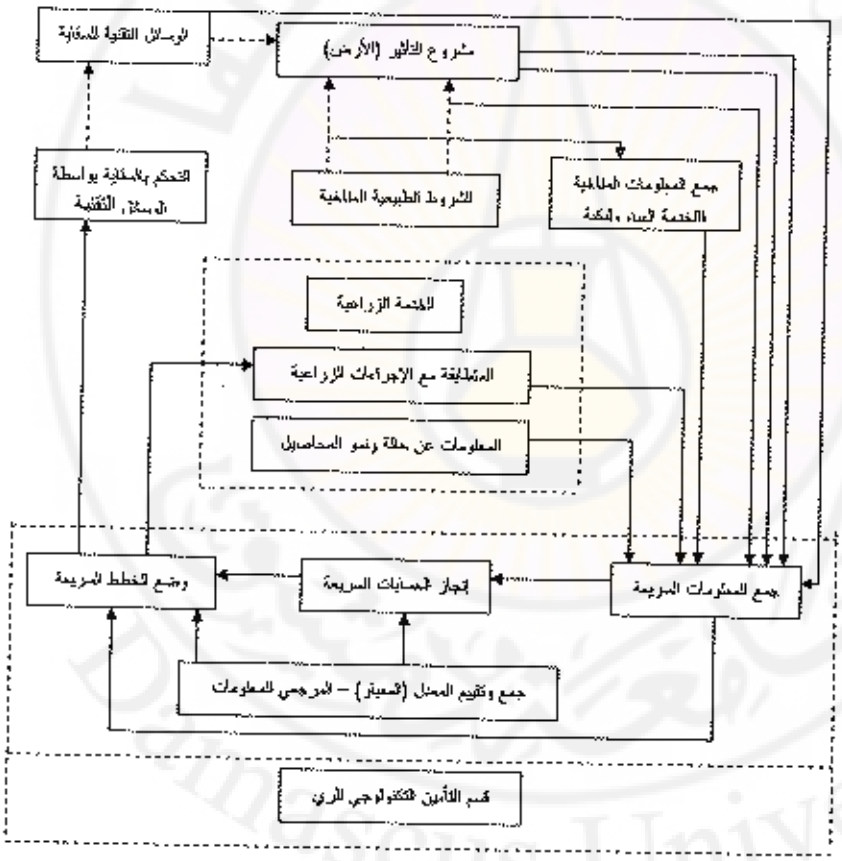
الخدمة التكنولوجية من أجل التحكم الفعّال (السريع) للسقايات يجب تشكيلها في نظام الخدمات الموجودة لاستثمار شبكات الريّ الزرعية الداخلية بهدف جودة تأمين الفترات ومعدلات السقاية المثالية للمحاصيل الزراعية مع اعتبار الحالات الجوية (المناخية) المتوقعة، والتقنية الزراعية، واستصلاح الأراضي وغيرها من العوامل.

يسمح الحساب النظامي اليومي للعوامل المناخية والتنظيمات الزراعية بالتنبؤ باحتياطي الرطوبة الترابية لخمسة إلى عشرة أيام وتصحيح فترات ومعدلات السقاية مع اعتبار حالة رطوبة التربة والمحاصيل في كلّ قطاع سقاية مستقلّ.

تتحقق كامل دورة العمل للتحكم بالسقاية الفعالة بهذه الخدمة في إطار الزراعة لاستخدام المياه أو التنظيم الذي يشغل استثمار الشبكة.

يتحقق التحكم بدورة العمل الكاملة للسقايات بهذه الخدمة في مجال الزراعة باستخدام المياه أو بالتنظيم استثمارها. تعتمد الخدمات الوظيفية للتحكم بدورة العمل الكاملة للسقايات على استخدام مجموعة معلومات حسابية للتحكم السريع بالسقايات المبينة في الجدول (1-18) التالي. يعتبر المخطط التكويني – الوظيفي للتحكم السريع بالسقاية عادة مغلقاً بعدة دوائر للروابط المعلوماتية. الشكل (1-25).

الحلقة المركزية للخدمة التكنولوجية للتحكم بدورة العمل الكاملة للسقايات– قسم التأمين التكنولوجي للري الذي فيه تتركز وتعالج جميع المعلومات الأولية وتعدّ حلول التحكم. القاعدة من أجل تشكيل مثل هذا القسم يمكن أن يكون مخبر التربة الذي يحقق في نظام الخدمة الهندسية الاستثمارية.



الشكل (1-25): المخطط التكويني الوظيفي للتحكم السريع بالسقايات.

حسب المؤشرات الوظيفية في قسم التأمين التكنولوجي للري يمكن تقسيمها إلى التقسيمات التكوينية التالية: مجموعة التخطيط السريع للسقايات، مجموعة التأمين الرياضي ، ومخبر استصلاح التربة. التكوين التقريبي، تعداد وبنية قسم التأمين التكنولوجي للري وفق العلاقة بالمساحة المستخدمة مبينة في الجدول (19-1).

يجرى جمع ومعالجة وحفظ المعلومات الدائمة لتقنية تنظيم المعدلات والمعلومات الفعالة باستخدام آلات حاسبة معتمدة على البرمجة والحاسوب بالتطابق مع برامج التأمين. يمكن نتيجة لتطور البرمجة والحاسوب استخدامه من أجل حلّ مسائل أخرى متعلقة بالإجراءات والتدابير الزراعية. بالإضافة لذلك إلى يمكن أن يربط الحاسوب مع نظام آلي لجمع معلومات ميتارولوجية وغيرها من المعلومات الفعّالة. عند توفر قنوات ربط موثوقة للحاسوب يمكن أن يربط مع نظام العمل السابق.

الجدول (18-1): مجموعة المعلومات الحسابية للتحكم السريع بالسقاية.

الوظائف الأساسية	المسائل الوظيفية
معالجة أنظمة العمل المخططة للري في الدورة الزراعية للمحاصيل في الموسم المقبل	جمع وتحليل مقدمة عن الحالة التقنية لنظام الري، بنية وتوزيع البذار، توزيع تقنية السقاية على الأرض، معطيات أولية أخرى. وضع أنظمة العمل الاستثمارية المخططة لري الدورة الزراعية للمحاصيل في الموسم المقبل.
تنظيم وتحليل حالة الاستصلاح للأراضي المروية	جمع وتقييم المعطيات عن الخواص الفيزيا -مائية للتربة، ديناميكا منسوب المياه الجوفية ومعدنيتها وغيرها. تحديد الاحتياطي الرطوبي الأولي في التربة على الأراضي المروية وتنظيمها المستقبلي
التخطيط السريع وتصحيح الخطوط البيانية للسقاية	جمع وتحليل المعلومات الميتارولوجية، مقدمة عن حالة التربة والمحاصيل، المعلومات الفعالة عن تفصيلات حالة نظام الري، وتقنية السقاية، وحقيقة السقايات. تخطيط فترات ومعدلات السقاية لكل عشرة أيام قادمة وتصحيحها بالاعتماد على تقييم حالة المعلومات التفصيلية والمتوقعة. قبول الحل الجاهز ونقل الاقتراح لتحقيق مخطط السقاية.
التحكم السريع بالسقايات	تنظيم تنفيذ الخطط السريعة وجودة السقاية. مراجعة الإدارة للتدابير المختصة. جمع المعلومات عن تنفيذ مخطط السقاية السريع. الاستخدام الثاني للمعلومات لأهداف الدراسة والحساب.

الجدول (19-1): بنية تكوين وتعداد التأمين التكنولوجي للري:

البلدة	التكوين	عدد الأشخاص وفق العلاقة بالمساحة المستخدمة (هيكتار)		
		5000	10000	25000
مجموعة التخطيط السريع بالدراسات	مهندس هيدروتقني	1	1	1
	عامل الرصد الجوي	-	1	1
	عامل تقني	-	1	2
المجموع		1	3	4
مجموعة التأمين الارضي	مهندس عامل على الحاسوب	1	1	1
	عامل تقني للحاسوب	-	1	2
المجموع		1	2	3
مخبر استصلاح التربة	عامل التربة	-	1	1
	تقني	2	2	5
المجموع		2	3	6
	المجموع	4	8	13

Damascus University

الفصل الثاني
تخطيط وتصميم شبكات الري السطحي

2-1- تقنية ترطيب التربة:

تتلخص تقنية ترطيب التربة عند الريّ السطحي بجريان المياه بحركة أفقيـــة علـــى سطح الأرض (بطبقة متصلة وفي الأثلام) وبالتسرّب الشاقولي لها في التربة بفعـــل الجاذبيـــة والقوى الشعرية الجدول (1-2).

الجدول (1-2): المخطط التصنيفي لتوزيع المياه عند الري السطحي وفق كوستياكوف.

توزيع المياه على سطح التربة	تكنولوجيا السقاية	
	ذات ضغط وتدفق منخفض للمياه	ذات ضغط وتدفق مرتفع للمياه
على سطح التربة:		
بطبقة متصلة	في الخطوط (الأخاديد)	الغمر
في الأثلام	الجريان في الأثلام السطحية	في الأثلام العميقة

اقترح كوستياكوف العلاقة التي تأخذ بالاعتبار السرعة الديناميكية لامتصاص الميـــاه في مساحة ترطيب جزئية:

$$K_{pt} = K_V / t^{\alpha};\ K_m = K_V /(1-\alpha)t^{\alpha} \qquad (2\text{-}1)$$

حيث: $K_{pt}:[cm/h]$ – سرعة الامتصاص في اللحظة الزمنية:t.

$K_V:[cm/h]$ – ثابت نفاذية التربة المعينة (المعتبرة) في واحدة الزمن الأولية الجدول (2-2).

α – ثابت تخامد سرعة الامتصاص التي تتغير من: 0.2 حتى: 0.8 من أجل أنواع مختلفـــة للتربة الجدول (2-2).

$K_m:[cm/h]$ – السرعة الوسطية لامتصاص المياه في التربة خلال الزمن:t.

$t:[h]$ – المدة الزمنية لامتصاص المياه.

الجدول (2-2): القيم الوسطية للثوابت: α ; k_v – وفق جارافوي.

التربة	α	$k_1:[cm/h]$
تربة خفيفة	0.14	17.6
تربة وسطية	0.45	8.4
تربة ثقيلة	0.75	6

تستخدم المعادلة من أجل تقريب عملية امتصاص المياه في التربة مع إضافة حد إضافي الذي يحدد سرعة الامتصاص:

$$K_{Pt} = K_S t^{-\alpha} + K_{VST} \qquad (2\text{-}2)$$

حيث: K_S – ثابت يتعلق بالخواص الفيزيا–مائية للتربة الجدول (2-3).

K_{VST} – السرعة الجدولية لامتصاص المياه في التربة الجدول (2-3). $[m/h]$:

الجدول (3-2): بارامترات معادلات الامتصاص وفق (لاكتيف).

طبقة الحراثة	α	الطبقة أسفل سطح الحراثة	K_{VST} ;$[m/h]$	K_S
تربة جيدة البنية في الحالة المفككة	.333	طفال رملي	0.015	1.45
		تربة خفيفة	0.0088	2.5
		تربة وسطية	0.0045	4.55
		تربة ثقيلة	0.0025	7.05
		تربة طينية	0.0015	14.6
تربة وسطية البنية والتماسك	0.6	طفال رملي	0.015	0.73
		تربة خفيفة	0.008	1.47
		تربة وسطية	0.0045	2.5
		تربة ثقيلة	0.0025	4.5
		تربة طينية	0.0015	7.9
تربة ضعيفة البنية ومكبوسة بشدة	0.75	طفال رملي	0.015	0.48
		تربة خفيفة	0.008	0.39
		تربة وسطية	0.0045	1.55
		تربة ثقيلة	0.0025	2.9
		تربة طينية	0.0015	4.7

بالربط مع عدم التغطية بنفس الوقت للمياه وفق طول عناصر السقاية فإن السرعة الوسطية للامتصاص وفق الطول ستكون بعدة مرات أصغر من السرعة الوسطية للامتصاص في المساحة الجزئية المعتبرة: K_m وتبعا لمعادلة كوستياكوف:

$$K_m = \frac{K_\psi}{(1-\alpha)(2-\alpha)} \cdot t^{-\alpha} \qquad (2\text{-}3)$$

عند السقاية بطبقة متصلة تمتص المياه بالتربة بالاتجاه الشاقولي غالباً بفعل الجاذبية، أما عند السقاية في الأثلام فتمتص المياه في التربة بالاتجاهين الشاقولي والجانبي فغالباً بفعل القوى الشعرية.

سرعة حركة المياه: $[m/\sec]$ على سطح الأرض المروية:

$$V_a = c\sqrt{hi_a} \qquad (2\text{-}4)$$

حيث: $h;[m]$ – سماكة طبقة المياه.

i_a – انحدار (ميل) سطح التربة.

$c = 1.4 - 4[m/\sec]$ – ثابت السرعة المتعلق بثابت خشونة سطح الأرض.

سرعة امتصاص المياه في التربة بشكل عام:

$$V_{ads} = K_V \frac{h_a + d_h + h_{cap} + P_{ag}}{d_h} \qquad (2\text{-}5)$$

حيث: $K_V;[cm/h]$ – ثابت لارتشاح التربة.

$h_a;[cm]$ – سماكة طبقة المياه على سطح التربة.

$d_h;[cm]$ – سماكة طبقة التربة الممتصة للمياه.

$h_{cap};[cm]$ – ارتفاع المياه الشعري في التربة المعينة (المختبرة).

$P_{ag};[cm]$ – ضغط الهواء الغائص في التربة.

2-2- تقنية السقاية بالثمر:

يستخدم أسلوب الري بالثمر لغسل التربة ولإشباعها بالرطوبة، ولري الأرز في الأراضي ذات الميل القليل (أصغر من: 0.001).

مستنقعات السقاية هي نظام غمر المساحات المستوية أو ذات الميل القليل بمقاسات من: 0.2 وحتى: $1 - 5[hr]$ وأكثر من ذلك، التي تقسم بأمشاط (بحواجز) ترابية مقطها على شكل شبه منحرف. في المساحات ذات التضاريس غير الملائمة خاصة، كقاعدة عامة يسمح بالمستنقعات المنحرفة مع الأخذ بالاعتبار تقاطع الأمشاط الترابية الطولية والعرضية بما لا يتجاوز: 70^0.

لا تشكل الأمشاط الترابية العرضية في خرائط (شرائح) المستنقعات الضخمة ذات المساحات الكبيرة: $30[hr] - 20$ وذات الجبهة العريضة لإملاء ولصرف المياه.

تشكّل الأمشاط الترابية الطولية بصورة دائمة، أمّا العرضية فتشكّل بصورة دائمة أو مؤقتة، انتقالية أو غير انتقالية من أجل مرور الآلات الزراعية. ارتفاع المشط الترابي: [35][cm]، وعرضه من الأعلى: [35 – 30][cm]، وميل المشط الترابي الانتقالي لا يقل عن: 1/4، وغير الانتقالي: 1/1.5.

تعطى المياه بتدفقات كبيرة عند السقاية بالغمر في المستنقع أو في خرائط المستنقعات، وهي تُمتصّ في التربة بفعل قوى الجاذبية.

يكون تصميم المستنقعات قدر الإمكان بقياسات كبيرة. الشروط التي تحدد قياسات المستنقع تعتبر الزيادة المسموح بها لحجم الأعمال المخطط لها وعمق حفر التربة. تتعلق قياسات المستنقع بالعمق المطلوب لغمره وبميل سطح التربة. نظام الغمر لمستنقع الأرز يتحدد من شروط زراعة الأرز. الانحراف المسموح به لطبقة الغمر في المستنقع عن القيمة الوسطية عند زراعة الأرز يشكل: ± 5.

تتعلق تغذية المياه لغمر المستنقع عند الأعماق الكبيرة لمنسوب المياه الجوفية بشدة التبخر ؛ بامتصاص المياه في التربة:

$$Q_{ch} t_n = A_{ch} (h_n + h_E + h_{ads} + h_{ad}) \qquad (2\text{-}6)$$

حيث: Q_{ch};$[m^3/h]$ – تدفق المياه عند غمر مستنقع الأرز.

t_n;$[h]$ – مدة (زمن) غمر المستنقع.

A_{ch};$[m^2]$ – مساحة المستنقع.

h_n;$[m]$ – سماكة طبقة المياه المطلوبة للغمر.

h_E;$[m]$ – طبقة التبخر في فترة غمر المستنقع (تحدد من العلاقات المعلومة للتبخر).

h_{ads};$[m]$ – طبقة المياه الممتصة في التربة (تحدد حسب السرعة الوسطية للامتصاص مع الأخذ بالاعتبار عدم التغطية بنفس الوقت لمساحة المستنقع).

h_{ad};$[m]$ – طبقة المياه المضافة التي تحقق غمر المستنقع في الفترة المطلوبة بسبب الارتشاح ومقاسات المستنقع المعتبر (قيد الدراسة).

2-3- تكنولوجيا السقاية في الخطوط (الأخاديد):

تستخدم السقاية في الخطوط للمحاصيل التي يتمّ بذرها باستمرار (الحبوب والأعشاب وغيرها) وعندما تكون التربة مشبعة بالرطوبة. تميّز السقاية بدخول المياه من الأعلى ومن الجانب إلى الخطوط المشكلة المحددة بالأمشاط الترابية الطولية.

تستخدم السقاية في الخطوط ذات الدخول الجانبي للمياه عندما يصعب تحقيق السقاية في الخطوط بدخول المياه من الأعلى. على سبيل المثال، عند الميل العرضي الكبير نسبياً. عند ذلك تدخل المياه إلى الخطوط بعد كل: $20-10[m]$ من الأثلام المساعدة المحفورة سوية مع الأمشاط الترابية الطولية المحددة للخطوط.

تستخدم السقاية في الخطوط ذات الدخول من الأعلى للمياه من شبكة ريّ مؤقتة أو من أجهزة السقاية في المساحات المخططة عند ميل عرضي لا يتجاوز: 0.002. ويجب أن لا يتجاوز الميل الطولي عند ذلك: 0.015.

تتعلق بارامترات **عناصر شبكة السري** في الخطوط ذات دخول المياه من الأعلى بدرجة تخطيط الأرض، وبالميل الطولي والعرضي، وبمعدل السقاية، وبنفاذية التربة وبالتقنية الزراعية المستخدمة للمحاصيل المزروعة.

يستخدم طول الخط l_{fur}: مساويا: $500-50[m]$ وفي بعض الحالات حتى: $1000[m]$. تحفر الخطوط الطويلة على مساحات مخططة جيدا ذات الميل الطولي: $0.001-0.003$ عند نفاذية ضعيفة للتربة.

التدفق النوعي للمياه q_{osp} عند بداية الخط نجده من: 1 وحتى: $20[l/\sec]$ لكل: $1[m]$ من عرض الخط. التدفق النوعي الأعظمي للمياه المسموح به عند الميل الطولي: $0.001-0.003$. يمكن أن تؤدي زيادة تدفق المياه في الخطوط عند الميل الكبير إلى اجتراف وتعرية التربة.

يستخدم عرض الخط: b من: $1.8[m]$ (خطوط ضيقة) حتى: $30-10[m]$ (خطوط عريضة). الخطوط الأكثر شيوعا بعرض: $4.2-3.6[m]$ الجدول (4-2). تشكل الخطوط العريضة على المساحات المخططة بصورة ممتازة عند انعدام الميل العرضي.

يتعلق ارتفاع المشط الترابي المحدد للخط: H بتدفق المياه في الخط، وبقيمة الميل الطولي والعرضي وهو يتراوح من: $0.1-0.15[m]$ حتى: $0.2-0.25[m]$.

تحدّد العناصر الهيدروليكية للتدفق في بداية الخط وفقَ المعادلة التالية:

$$x = b - 2mH + 2mh_0\sqrt{1+m^2}\,;\; h_0 = \sqrt{\frac{q_{sp}}{c}} \qquad (2\text{-}7)$$

$$S = h_0(b - 2mH + mh_0) \qquad (2\text{-}8)$$

حيث: $x;[m]$ – محيط الترطيب.

$b;[m]$ – عرض الخط.

m – ميل الجوانب للمشط الترابي.

$H;[m]$ – ارتفاع المشط الترابي.

$h_0;[m]$ – سماكة طبقة المياه.

$q_{sp};[m^3/(\sec.m)]$ – التدفق النوعي لمياه السقاية.

$c;[cm/h]$ – ثابت السرعة.

$S;[m^2]$ – المقطع العرضي الفعلي للخط.

الجدول (2-4): عناصر شبكة الري في الخطوط ذات العرض العامل: $3.6[m]$ وبارتفاع المشط الترابي: $0.15[m]$.

التربة	الميل باتجاه السقاية	طول الخط: $[m]$	التدفق النوعي: $[l/\sec]$ في $i[m]$
خفيفة مرتفعة النفاذية للمياه	0.003	200	5.5
	0.006	150	4
وسطية وسطية النفاذية للمياه	0.003	400	8
	0.006	350	7
ثقيلة منخفضة النفاذية للمياه	0.003	500	8.5
	0.006	400	7.5

يحدد التدفق النهائي $[m^3/\sec]$ لمياه السقاية عند بداية الخط من شرط عدم اجتراف التربة:

$$q_{fim} = \frac{V_{cr}^2}{c} \qquad (2\text{-}9)$$

حيث: $V_{cr}^2;[m/\sec]$ – السرعة الحرجة من شرط عدم اجتراف التربة: $V_{cr} = 0.15 - 0.2[m/\sec]$. وتحسب مدة الاستمرار: $[\sec]$ لتدفق مياه السقاية على طول الخط وفق معادلة كوستياكوف التالية:

$$t_l = (nK_{wl}l_{bor}/q_{sp})^{1/\alpha} \qquad (2\text{-}10)$$

حيث: n – ثابت يأخذ بالاعتبار حجم المياه المتجمعة في الخط، يتساوي وفق كوستياكوف تقريباً: $n = 1.1$.

K_{var};$[m/\sec]$ – السرعة الوسطية لامتصاص المياه في التربة خلال واحدة الزمن الأولية.

l_{bor};$[m]$ – طول الخط.

q_{SP};$[m^3/(\sec . m)]$ – التدفق النوعي لمياه السقاية.

ويمكن حساب مدة الاستمرار: t_l لتدفق مياه السقاية على أطوال: l_{bor} مختلفة للخط من المعادلة التالية:

$$l_{bor} = V_0 t_l^{\beta} \qquad (2\text{-}11)$$

حيث: V_0;$[m/\min]$ – سرعة جريان المياه في خط جاف خلال واحدة الزمن الأولية.

β – ثابت تناقص سرعة جريان المياه في الخط الجاف: $\beta = 0.5 - 1$، تتحقق القيمة العظمى عند التغذية الضعيفة للتربة والتدفقات النوعية الكبيرة لمياه السقاية.

تختار قيم المقارنة لأطوال الخطوط ولتدفقات مياه السقاية وفق المعادلة التالية:

$$T = m l_{bor} / (3600 q_{SP}) \qquad (2\text{-}12)$$

حيث: T;$[h]$ – مدة (زمن) استمرار السقاية التي تقريبا تساوي مدة الاستمرار: t_l.

m;$[m]$ – معدل السقاية المعين في شكل طبقة المياه.

يتعلق انتظام رطوبة التربة وفق طول خطوط السقاية بمدة استمرار ترطيب الخطوط المجاورة المختلفة. ومن أجل التسميد فإنّ معدل السقاية المعين: m في بداية خطوط السقاية يجب تكراره عدة مرات، أمّا في نهاية الخطوط فلا يعاد تكراره. عدم انتظام توزع معدلات السقاية وفق طول عناصر السقاية يتميز بثابت عدم انتظام الترطيب: η – نسبة معدلات السقاية الفعلية في بداية ونهاية الخط:

$$\eta = (m - \Delta m)/(m + \Delta m) = (t_l / T)^{1-\alpha} \qquad (2\text{-}13)$$

حيث: m;$[m]$ – معدل السقاية المعين.

Δm;$[m]$ – الانحراف عن معدل السقاية المعين.

t_l;$[h]$ – زمن (مدة) استمرار جريان المياه إلى نهاية الخط.

T;$[h]$ – مدة استمرار السقاية.

α – ثابت تخامد سرعة امتصاص المياه في التربة.

2-4- تكنولوجيا السقاية في الأثلام:

تجري المياه عند السقاية في الأثلام بتدفقات منفصلة وتمتص في التربة بفعل قوى الجاذبية والشعرية عبر سطح الترطيب. السقاية في الأثلام هي تكنولوجيا السقاية الأساسية الأكثر شيوعاً. تروى في الأثلام المحاصيل الحقلية (القطن، الشوندر، البطاطا، الذرة ... الخ) وأشجار الكرمة والأشجار المثمرة، وفي بعض المناطق تروى المحاصيل المزروعة في خطوط ضيقة (الحبوب، الأعشاب ... الخ). في الحالة الأخيرة يجب أن تكون الأثلام مبذورة.

أثلام السقاية: هي نظام المجاري المتوازية ذات مقطع عرضي صغير، والمتوضعة على سطح الأرض بميل إيجابي محدد (أحيانا بميل قريبا من الصفر)، والذي يحقق الحركة الانتقالية لجريان المياه من بدايتها وحتى نهايتها.

تتعلق قياسات وشكل المقطع العرضي لأثلام السقاية عند تشكيلها باستخدام معدات تشكيل الأثلام (محاريث الحفارة، قواطع الأثلام)، بالخواص الفيزيا ميكانيكية للتربة، وبالعرض بين خطوط الأثلام المزروعة بالمحاصيل الحقلية. تميز الأثلام المحفورة بعرض كبير بين الخطوط: أثلام عميقة: $[cm]24 - 18$ ووسطية العمق: $[cm]18 - 15$ وقليلة العمق: $[cm]15 - 10$.

الأثلام الكليلة (الصماء) هي الأثلام التي لها حاجز ترابي عرضي عند نهاية التلم. تستخدم هذه الأثلام في القطاعات ذات الميل القليل حتى: 0.003، بحيث انخفاض مستوى العلامات المساحية (الجيوديزية) عند بداية ونهاية خط قعر التلم لا تتجاوز ثلث عمقه.

الأثلام المسامية أو أثلام الصرف هي الأثلام التي لا تملك حواجز ترابية في نهايتها خطوطها تستخدم في القطاعات التي مجالات الميل لها كبيرة: $0.03 - 0.001$ وأكبر من ذلك.

الأثلام المشقوقة هي الأثلام التي تحفر بواسطة معدات خاصة، وتستخدم لزيادة قدرتها على امتصاص المياه في التربة ضعيفة النفاذية للمياه. عرض الشق المشكل في قعر التلم يشكل: $[cm]4 - 3$ وعمقه: $[cm]15 - 10$.

الأثلام المكبوسة هي الأثلام التي تحفر بواسطة معدات تشكيل الأثلام ذات المدحرجات الأسطوانية للتشكيل الجانبي، وتستخدم في التربة ذات النفاذية المرتفعة للمياه من أجل خفض قدرة امتصاصها لها ولرفع جودة مقاومة مجرى التلم لجرف التربة.

الأثلام الزراعية الناعمة هي الأثلام التي تحفر بواسطة معدات تشكيل الأثلام الخاصة(محاريث ضحلة الحراثة)المعلقةمع آلات البذر في خطوط ضيقة للبذر المتصل

(محاصيل الحبوب، والمحاصيل السنبلية ... الخ)، تنمو المحاصيل عند ذلك ليس فقط في الأمشاط الترابية وإنّما أيضاً في الجوانب وفي قعر الثلم.

اتجاه أثلام السقاية وفق العلاقة بالميل الموضعي الأساسي يختار مع الأخذ بالاعتبار تحقيق جودة إجراء السقايات وإمكانية مكننة معاملة المحاصيل الحقلية. يفضل حفر أثلام السقاية على طول الميل الموضعي. تتناقص في هذه الحالة إمكانية جريان المياه عبر أمشاط الأثلام. تحفر الأثلام بزاوية نسبة للميل الموضعي الأساسي فقط في السطوح المستوية وعند انعدام التجاويف والانخفاضات الصغيرة باتجاه الميل الأعظمي.

تغذى المياه إلى أثلام السقاية أساسا عند بداية خطوطها وفي الخطوط البينية المتجاورة وفقاً لطولها. عند ذلك يمكن تغذية المياه إلى الأثلام بالتدفقات التالية: 1- بتدفق مستمر في فترة إملاء الثلم دون صرف في نهاية الخط. 2- بتدفق مستمر في فترة وصول المياه إلى نهاية الثلم، عمليا دون صرف. 3- بتدفق مستمر في فترة السقاية، بما في ذلك فترة الترطيب، كقاعدة ذات صرف كبير نسبياً عند نهاية خط الثلم. 4- بتدفق متغير متميز بالتناقص في فترة الترطيب، وبالمقارنة الصرف غير كبير. 5- بتدفق متغير انسيابياً في فترة الترطيب دون صرف. 6- بتدفق مستمر ومتحرك على طول الأثلام باستخدام كالونات الترطيب.

التغذية المتقطعة ذات التدفق المستمر أو المتميزة بتناقص التدفق على امتداد عدة فترات دورية لوصول المياه إلى نهاية خط الثلم تكون عملياً دون صرف. عند مثل هذه التكنولوجيا للسقاية فإن جريان المياه ينتشر (يتوزع) وفق المساحة وحسب الزمن.

يمكن استخدام أنابيب السقاية من أجل التغذية النبضية للمياه في الأثلام مع الأخذ بالاعتبار جودة أجهزة التوزيع. يبقى دائماً تدفق مياه السقاية مستمراً، وتنظم مدة نبضة التغذية بالمياه لمجموعات أثلام منفصلة. التشغيل المؤتمت للصمامات ذات التصاميم البسيطة يمكن حسابها لتغذية التدفق الكلي أو نصفه. يمكن لزمن قصير استمرار جريان المياه من أجل ترطيب التربة في نهاية الثلم.

تمتاز الأشكال المختلفة لتكنولوجيا توزيع المياه في الأثلام برابطة عامة مشتركة بين عناصر شبكة الري وثوابت الجودة للعملية التكنولوجية للسقاية.

عناصر شبكة الري في الأثلام: طول أثلام السقاية، وقياس وأشكال مقاطعها العرضية، وتدفق مياه السقاية مع الأخذ بالاعتبار مدة استمرار السقاية. تتعلّق قيم عناصر شبكة الري بشروط طبيعية زراعية معينة، وبدقة أكثر بشروط إجراء السقايات كميل قعر الثلم، واستواء

(تخطيط) سطح قطاع السقاية، ونفاذية التربة للمياه، والقيمة المقترحة لمعدل السقاية، والعرض بين خطوط المحاصيل المزروعة.

نستنتج من ذلك أنّه بقدر ما هو صحيحٌ اختيار المقارنة لقيم شبكة الري، فإنّ جودة السقاية وإنتاجية العمل تتعلّق بمعدات وأجهزة السقاية.

تقيّم جودة تحقيق العملية التكنولوجية للسقاية: وفق درجة اقتراب معدّل السقاية الفعلي من المعدل المطلوب، ووفق انتظام رطوبة التربة على طول الثلم، ووفق وجود كمية المياه المتدفقة عبر مشط الثلم، ووفق اجتراف مجرى الثلم، ووفق وجود ضياعات المياه على الصرف وعمق التسرب.

السقاية الأكثر شيوعاً في الأثلام هي السقاية بتدفق متغير. تقسم السقاية شرطياً إلى فترتين: فترة وصول المياه إلى نهاية ثلم السقاية، وفترة التغذية الإضافية بالمياه بهدف ترطيب التربة في الجزء النهائي للثلم. تكنولوجيا وقيم عناصر شبكة الري في الأثلام تتغير في مجالات كبيرة وفق العلاقة بشروط معينة لإجراء السقايات وصعوبة أساليب تحقيقها.

يبين الجدول (5-2) المعادلات الحسابية لتحديد عناصر شبكة الري في الأثلام وقيمها النهائية. تسمح القيم النهائية لعناصر شبكة الري بتحديد مجال البحث عن النماذج المثالية من أجل شروط طبيعية مختلفة.

العوامل التي تحدّد تدفق مياه السقاية هي: التعرية الترابية عند الميل الكبير لقعرها وفياضان الأثلام عند الميل الصغير لقعرها. ويحدد الطول النهائي للثلم بالتدفق النهائي لمياه السقاية.

يتعلق التدفق الأعظمي المسموح به لجريان مياه السقاية من شرط منع (انعدام) فياضانها عبر أمشاط الأثلام بقدرتها على تمريرها للمياه.

عند الميل الكبير لقعر الثلم ولمنع الاجتراف فإنّ تدفق مياه السقاية يخفض حتى: $0.1[l/\sec]$ وفي حالات خاصة يخفض حتى: $0.05[l/\sec] - 0.03$. عند استخدام التدفقات الكبيرة لمساحة واحد هيكتار يمكن اجتراف التربة الخصبة بمقدار يتراوح: 5-15 طن خلال الموسم. تتوقف التعرية الترابية عند زيادة كمية المواد العالقة في تدفق مياه السقاية حتى حدود قدرة انتقالها. يحدث اجتراف لمجرى الأثلام عندما تتجاوز السرعة الوسطية لتدفق المياه القيمة: $0.1 - 0.15[m/\sec]$.

الجدول (2-5): المعادلات الحسابية لإيجاد القيم النهائية لتدفقات مياه السقاية وأطوال أشلام السقاية.

عناصر شبكة الري	المعادلات الحسابية أو التجريبية	الملاحظات
التدفق الأعظمي لجريان مياه السقاية في بداية التلم: $[l/\sec]$:		
من شرط عدم الاجتراف عندما: $i_{fur} = 0.003 - 0.02$	$q_{lim} = q_{red} / i_{fur}$ حيث: q_{red} - التدفق المعتبر لجريان المياه $[l/\sec]$	وجد تجريبيا أن: $q_{lim} = 0.004[l/\sec]$ من أجل التربة الوسطية والضعيفة، $q_{lim} = 0.005[l/\sec]$ من أجل التربة مرتفعة المقاومة للاجتراف (للتعرية). يمكن زيادة التدفق في الأشلام في التربة الحجرية من:2 إلى 10 مرة.
من شرط انعدام فيضان المياه من التلم عندما: $i_{fur} < 0.003$	$q_{lim} = 1.28\sqrt{i_{fur}}(0.6H - 2\Delta)^2$ حيث: $H;[cm]$ - عمق التلم، Δ - دقة التخطيط.	
الطول النهائي للتلم: $[m]$	$l_{lim} = q_{lim} / (x\mu K_{st})$ حيث: $x;[m]$ - محيط الترطيب للتلم، $\mu = 0.75 - 0.85$ - ثابت يأخذ بالاعتبار تناقص x وفق طول التلم، $K_{st};[m/h]$ - ثابت سرعة الامتصاص.	$l_{lim} = 50 - 500[m]$، محيط الترطيب في بداية التلم يمكن أن يساوي: $0.1[m]$

مسألة معرفة القيم المثالية لعناصر شبكة الري في الأشلام كقاعدة تحل بالطرق المضافة لبعضها البعض: الحساب النظري، والتجارب الحقلية، والسقايات الاختبارية. والمقارنات المقترحة لعناصر شبكة الري في الأشلام بتدفقات مستمرة ومتغيرة للمياه بالاعتماد على جميع الطرق الثلاثة مبينة في الجدول (6-2).

الجدول (6-2): المقارنات المقترحة لعناصر شبكة الري في الأثلام.

التربة	الثابت	الميل الطولي على طول أثلام السقاية، عادة يطابق الميل الموضعي الأعظمي				
		0.0048	0.01	0.005	0.00175	0.0035
عند تدفق مستمر (ثابت) وفق معطيات الاختبار						
تربة خفيفة شديدة النفاذية للمياه	$l_{fur};[m]$	40	105	180	200	150
	$q_{fur};[l/s]$	0.1	0.5	0.75	1.5	1
	$t_1;[h]$	5.5	1.3	3	2.25	1.8
	$t_2;[h]$	2.5	1.9	0.5	0.75	0.2
	$t_{sur};[h]$	8	3.2	3.5	2	2
تربة وسطية مرتفعة النفاذية	$l_{fur};[m]$	75	130	250	300	250
	$q_{fur};[l/s]$	0.1	0.25	0.75	1	0.75
	$t_1;[h]$	7.8	4.6	2.8	3.1	4.6
	$t_2;[h]$	14	9.4	5.9	5.2	5.8
	$t_{sur};[h]$	6.2	4.8	3.1	2.8	1.2
تربة وسطية وسطية النفاذية	$l_{fur};[m]$	100	175	300	300	350
	$q_{fur};[l/s]$	0.1	0.25	0.5	0.5	0.5
	$t_1;[h]$	6	5	5.2	6	10
	$t_2;[h]$	17	11	7.8	6.5	4
	$t_{sur};[h]$	23	16	13	12.5	14
تربة ثقيلة منخفضة النفاذية	$l_{fur};[m]$	150	200	325	400	600
	$q_{fur};[l/s]$	0.1	0.1	0.25	0.25	0.5
	$t_1;[h]$	9	18	19	20	13
	$t_2;[h]$	32.5	29	26	17	8
	$t_{sur};[h]$	41.5	47	36	37	21
تربة طينية ضعيفة النفاذية	$l_{fur};[m]$	125	150	250	300	600
	$q_{fur};[l/s]$	0.05	0.05	0.1	0.1	0.25
	$t_1;[h]$	64	20	20	34	35
	$t_2;[h]$	76	67.5	55	41	20
	$t_{sur};[h]$	90	87.5	75	75	55
عند تدفق متغير						
تربة خفيفة شديدة النفاذية للمياه	$l_{fur};[m]$	40	105	200	250	-
	$q_{fo}/q_{fc};[l/s]$	0.1/0.05	0.5/0.25	1/0.5	2/1	-
	$t_0;[h]$	5.5	1.3	1.7	1.1	-
	$t_c;[h]$	2.5	1.9	1.3	0.8	-
	$t_{sur};[h]$	8	3.2	3	1.9	-

تربة رملية مرتفعة النفاذية	$l_{fm}:[m]$	75	130	300	350	-
	$q_{fh}/q_{fc}:[l/s]$	0.1/0.05	0.25/0.125	1/0.5	1.5/0.75	
	$t_0:[h]$	7.8	4.6	2.4	1.8	-
	$t_c:[h]$	6.2	4.8	3.1	3.2	-
	$t_{mr}:[h]$	14	9.4	5.5	5	-
تربة رملية وسطية النفاذية	$l_{fm}:[m]$	100	175	350	350	400
	$q_{fh}/q_{fc}:[l/s]$	0.1/0.05	0.25/0.125	0.75/0.375	0.75/0.375	0.75/0.375
	$t_0:[h]$	6	5	3.8	4.5	0.5
	$t_c:[h]$	17	11	7.2	7	3.5
	$t_{mr}:[h]$	23	16	11	11.5	11
تربة ثقيلة منخفضة النفاذية	$l_{fm}:[m]$	100	200	400	400	600
	$q_{fh}/q_{fc}:[l/s]$	0.05/0.25	0.1/0.05	0.05/0.25	0.5/0.25	0.75/0.375
	$t_0:[h]$	12	18	6.5	7.5	10.9
	$t_c:[h]$	37	29	18.5	15.5	8.1
	$t_{mr}:[h]$	49	47	25	23	19
تربة طينية ضعيفة النفاذية	$l_{fm}:[m]$	125	250	350	450	700
	$q_{fh}/q_{fc}:[l/s]$	0.01/0.025	0.1/0.05	0.25/0.0125	0.25/0.125	0.5/0.25
	$t_0:[h]$	14	18	10	18	18
	$t_c:[h]$	86	67	40	41	26
	$t_{mr}:[h]$	100	85	50	59	44

ملاحظة: q_{fh} تدفق عالي، q_{fc} تدفق معين.

طريقة الحساب النظري لعناصر شبكة الريّ في الأثلام: تعتمد هذه الطريقة على استخدام المعادلات النظرية والتجريبية التي تعكس تقنية ترطيب التربة بالأسلوب السطحي.

وضع كوستياكوف نظرية حساب عناصر شبكة الريّ السطحي التي تشمل جميع الحالات الأساسية لتوزيع المياه على الأرض ولترطيب التربة. النظرية الأساسية للري السطحي تعتبر معادلة التوازن المائي في عنصر السقاية وحساب السرعة الديناميكية لامتصاص المياه في التربة.

وضعت خوارزميات أي مجموعة قواعد دقيقة وبرامج لاختيار عناصر شبكة الري في الأثلام على الحاسوب باستخدام العلاقات الخاصة بتقنية ترطيب التربة عند جريان المياه السطحي.

يمكن أن يتّصف جريان المياه في الثلم كما وجد، بتدفّق متغيّر على طول خطه وفق مجرى قطع مكافئ غير ثابت. بالربط مع امتصاص المياه في التربة وفق طول أثلام السقاية

يتغيّر تدفق مياه السقاية، وبالتالي تتغيّر البارامترات الهيدروليكية الأخرى للتدفقات الصغيرة. من أجل كلّ خط للأثلام باستثناء بداية الثلم، يتغير بصورة مميزة تدفق مياه السقاية من الصفر في لحظة الوصول حتّى القيمة النهائية لجريان أو لصرف المياه.

تحسب مدة استمرار وصول المياه في الثلم الجاف مع الأخذ بالاعتبار السرعة الديناميكية لامتصاصها في التربة من معادلة كوستياكوف:

$$t_1 = \left[\frac{b_{act} n K_v l_{far}}{(1-\alpha) q_0}\right]^{1/\alpha} \qquad (2\text{-}14)$$

حيث: t_1; $[h]$ – مدة استمرار وصول تدفق المياه حتى نهاية الثلم.

b_{act}; $[m]$ – العرض الفعال لامتصاص المياه في الثلم.

n – ثابت يأخذ بالاعتبار تجمع المياه في الثلم.

K_v; $[m/h]$ – ثابت نفاذية التربة للمياه (ثابت تسرب المياه في التربة).

l_{far}; $[m]$ – طول الثلم.

α – ثابت تخامد سرعة امتصاص المياه.

q_0; $[m^3/h]$ – تدفق المياه في بداية الثلم.

تتلخّص حقيقة حساب عناصر شبكة الري السطحي في الأثلام بمعدل الوصول حتى نهاية الثلم بحل المعادلة التالية:

$$\frac{m l_{far}}{q_0} b = \left[\frac{b_{act} n K_v l_{far}}{(1-\alpha) q_0}\right]^{1/\alpha} \qquad (2\text{-}15)$$

حيث: m; $[m]$ – معدل السقاية المعين (المطلوب).

b; $[m]$ – العرض بين خطوط المحاصيل الزراعية.

عند جريان مياه السقاية في الأثلام مع الصرف فإن المعادلة (2-15) تأخذ الشكل التالي:

$$\frac{m l_{far} b}{q_0 (1-\sigma)} = \left[\frac{b_{act} n K_v l_{far}}{(1-\alpha) q_0}\right]^{1/\alpha} \qquad (2\text{-}16)$$

حيث: σ – جريان جزء من مياه السقاية عند بداية الثلم.

بسبب انعدام ثبات محيط مجرى الثلم (بسبب عدم انتظام مجرى الثلم) فإنّ البارامترات الهيدروليكية في بداية الثلم كقاعدة نجدها من المعادلات التجريبية التالية:

$$S_{fur} = Aq_0^{2\beta} / i_{fur}^{\beta} \qquad (2\text{-}17)$$

$$x = A_1 q_0^{2\gamma} / i_{fur}^{\gamma} \qquad (2\text{-}18)$$

حيث: S_{fur}; $[m^2]$ – المقطع الفعال في بداية الثلم.

$\beta = 0.375; A = 0.128$ – ثوابت تجريبية وفق كريفاقياز وتساوي وفق لاكتييف: $\beta = 0.3; A = 0.062$

i_{fur} – ميل قعر الثلم، $[m]$; x – المحيط المرطب في بداية الثلم.

$\gamma = 0.135, A_1 = 0.106$ – ثوابت تجريبية وفق لبابينو. وتساوي وفق كريفافيساز: $\gamma = 0.125, A_1 = 0.69$ وتساوي وفق شاسينكو: $\gamma = 0.165, A_1 = 0.105$.

طول الوصول: $[m]$ لجريان المياه في الثلم الجاف وفق معطيات معهد الري والاستصلاح الأراضي في موسكو: 1997 يمكن التعبير عنه أيضا بالمعادلة التجريبية التالية:

$$l = V_0 t_l^{\gamma} \qquad (2\text{-}19)$$

حيث: V_0; $[m/\sec]$ – سرعة جريان المياه في الثلم الجاف خلال واحدة الزمن الأولية.

γ – ثابت تخامد سرعة جريان المياه في الثلم الجاف.

t_l; $[\sec]$ – مدة استمرار وصول المياه لنهاية الثلم.

المعادلة (2-19) بسيطة وتتطابق جيداً مع المعطيات التجريبية، التي وفقها العلاقة: $l = f(t)$ حتى نهايات معينة لإحداثيات الشبكة اللوغاريتمية يعبّر عنها بخطوط مستقيمة. الثابت: γ وفق العلاقة بقدرة مجرى الثلم لامتصاص المياه، ويتدفق مياه السقاية تتغير من: 0.4 حتى: 0.9 وتبلغ القيمة العظمى في التربة ضعيفة النفاذية وعند التدفق الكبير نسبياً لمياه السقاية.

طريقة وضع الاقتراحات وفق معطيات التجارب الحقلية: تعد هذه الطريقة الأساسية، والتي فعلياً توجد علاقة عناصر شبكة الري مع الثوابت التي تصف شروط جودة إجراء السقاية على أرض معينة، تختار وفق نتائج التجارب الحقلية المقارنات المنطقية لعناصر شبكة الري بتطابق الثوابت الناتجة مع الثوابت المعيارية (القياسية) التي تعكس الجودة المطلوبة للعملية التكنولوجية للسقاية.

عند وضع الاقتراحات وفق قيم عناصر شبكة الري في الأثلام بالاعتماد على نتائج التجارب الحقلية تستخدم المعايير التالية: الانحراف المسموح به لمعدلات السقاية الفعلية الوسطية عن المعدلات المعينة (المطلوبة) على امتداد جميع السقايات المتتالية لنمو المحاصيل يجب أن لا تتجاوز: 15% – 10. معدل وصول المياه إلى نهاية الثلم يجب أن لا يقل عن: 0.65 وأن لا يتجاوز 0.85 من معدل السقاية المطلوب. ثابت عدم انتظام رطوبة التربة وفق طول أثلام

السقاية يجب أن لا يقل عن: 0.75. ضياعات المياه على الصرف في نهاية الثلم عند السقاية بتدفق مستمر يجب أن لا تتجاوز: 30% من غزارة المياه المعطاة، وبتدفق متغير يجب أن لا يتجاوز: 10%. يجب إلغاء فيضان المياه عبر أمشاط الأثلام عند السقاية، والمراقبة البصرية لاجتراف مجرى الأثلام ولا يسمح بزيادة تلوث (تعكر) المياه وفق طولها. يجب أن يكون تدفق مياه السقاية أصغر من التدفق النهائي المسموح به بنسبة: 20% – 10 (وذلك انطلاقاً من شرط عدم السماح باجتراف التربة والفيضانات عبر أمشاط الأثلام). يجب أن يكون طول الأثلام أصغر من الطول النهائي المسموح به.

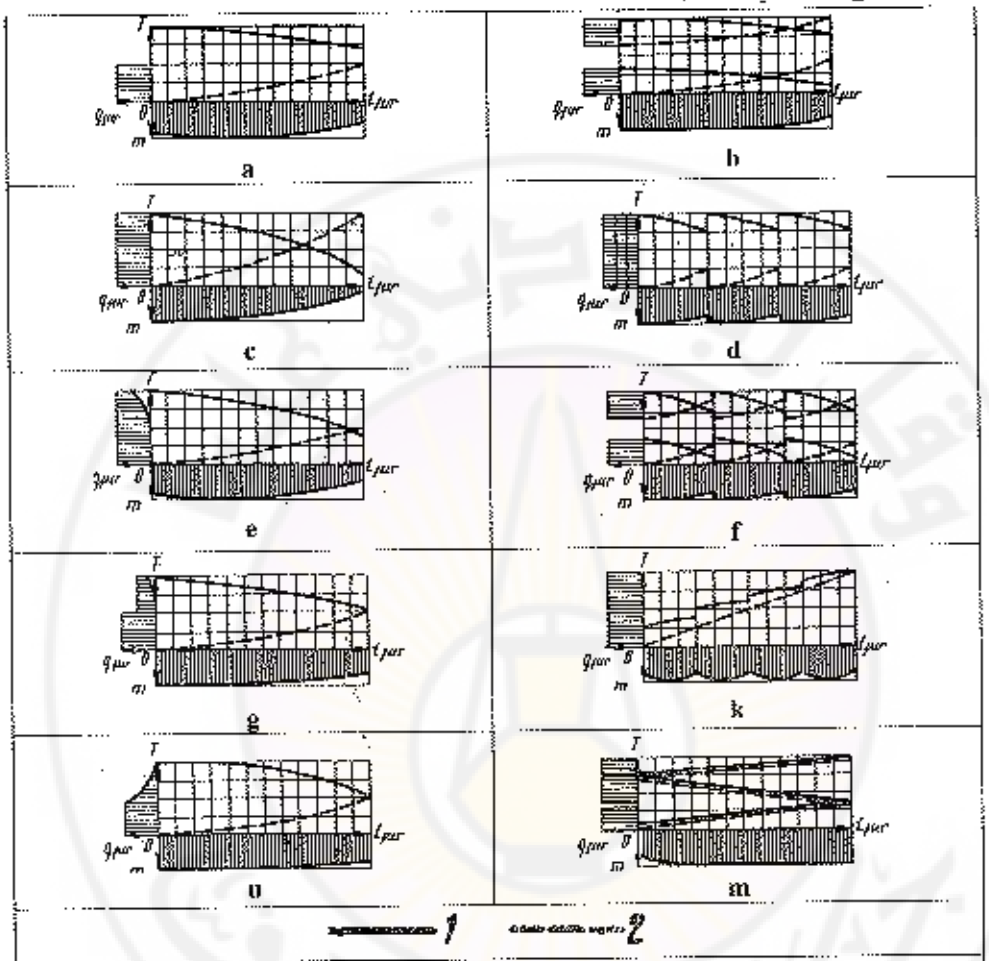
تنسب الاقتراحات وفق تقنية السقاية الناتجة بطرق تجريبية على قطعة ما من الأرض إلى مساحة كامل منطقة الري. سلبيات هذه الطريقة: عدم إمكانية تعميم الاقتراحات الناتجة على مناطق ريّ أخرى والاختلاف عن الشروط الطبيعية المدروسة.

طريقة السقايات الاختبارية: تستخدم لتدقيق قيم عناصر شبكة الري مباشرة في قطاع السقاية. تسمح السقايات الاختبارية المطابقة للسقايات الإنتاجية بالتحقق من القيم المقترحة لعناصر شبكة الري وتحقيق التقريب الأكبر لمعدلات السقاية الفعلية نسبة للمعدّل الحسابي في كلّ أرض زراعية ذات شروط خاصة لإجراء السقايات. يمكن إجراءها بواسطة مهندس زراعي وباستخدام معدات وأجهزة الساقية البسيطة.

يكون لتحديد الزمن أهمية بالغة في التطبيقات العملية، والذي يلزم لحفظ المياه في الثلم من أجل إعطاء المياه للتربة بمعدّل السقاية المطلوب. يمكن حلّ هذه المسألة بإجراء تجارب خاصة على قطاعات معينة من الثلم التي تحدّد بألواح فاصلة وتملأ بالمياه حتّى المستوى المطلوب. تتحدد المدّة الزمنية المطلوبة لاستمرار حفظ المياه في الثلم من أجل إعطاء معدل معين بالمدة الزمنية المطلوبة لاستمرار امتصاص حجمها المماثل في قطّاع معين من الثلم عند حفظ المياه فيه بمستوى ثابت.

تجرى السقايات الاختبارية أيضاً من أجل إيجاد تدفّق مياه السقاية. تُجرى السقاية وفق التسلسل التالي: تختار على قطاع السقاية عدّة أثلام للسقاية (ثلاثة أو أربعة)، وتنظّم التغذية في بدايتها بالأسلوب الحجمي أو بجريان المياه بتدفقات مختلفة، والقيم التي تقريبياً تعني القيم المقترحة الموجودة. تسجّل المدّة الزمنية لاستمرار وصول مياه السقاية حتّى نهاية الثلم ويتمّ إيجاد المعدّل الفعليّ لوصوله حتّى نهاية الثلم. يفترض إعطاء تدفق المياه الذي عنده معدل

الوصول يشكل: 3/4 – – – 2/3 من معدل السقاية المطلوب. يبين الشكل (1-2) تكنولوجيا تقنية توزيع المياه في الأثلام.



الشكل (1-2): المخططات التتابعية لتكنولوجيا توزيع المياه في الأثلام الكلية والأثلام مع الصرف. c,a – معدلات الغمر، b– معدلات الوصول الدورية لنهاية الثلم، d– الترطيب بتدفق مستمر من أجهزة تدفق المياه الموزعة على طول الثلم، e– الترطيب بتدفق مستمر، f– معدلات الوصول الدورية من أجهزة خروج المياه الموزعة على طول الثلم، g– الترطيب بتدفق متناقص، k– خلال الحركة لجهاز السقاية بمرور واحد، u– الترطيب بتغيير التدفق بالتطابق مع قدرة الامتصاص، m– خلال الحركة لجهاز السقاية لعدة أشواط. T – المدة الزمنية لاستمرار السقاية، l_{fur} –طول الثلم، q_{fur} – تدفق مياه السقاية، m – معدل السقاية، 1– استمرارية الترطيب، 2– استمرارية الوصول.

2-5- الوسائل والأجهزة التقنية للسقاية السطحية:

2-5-1- معدات السقاية:

عند السقاية في الأثلام غير المسلّحة (المقوّاة) في بدايتها فإنّ المياه تجري عبر الشقوق في جوانب (متن) الأثلام. لذلك تستخدم تأبيسة (تغطية) للشقوق من أجل تثبيت التربة، مما يتطلّب ضياعات كبيرة نسبياً للعمل اليدوي وللوسائل. الأساليب الأكثر استخداماً لتوزيع المياه بواسطة معدات محمولة هي: المواسير وحواجز السقاية، وأيضا السيفونات (المشعب) الأحادية والمجمعة.

تسمح معدّات السقاية المحمولة بتحقيق معدّل غزارة المياه في الأثلام بالمقارنة مع الضياعات الإضافية غير الكبيرة نسبياً لهيكتار واحد من المساحة المستخدمة. يبين الجدول (2-7) والجدول (2-8) مواصفات حواجز السقاية والسيفونات.

الجدول (2-7): قدرة التدفق الحواجز.

ضغط المياه: $[cm]$	تدفق مياه السقاية: [l/sec]		
	ثقب دائري بقطر: $2[cm]$	مقطع مثلثي بزاوية: 90^0	مقطع مثلثي بزاوية: 45^0
2	0.12	0.08	0.05
3	0.15	0.22	0.13
4	0.17	0.45	0.26
5	0.19	0.78	0.45
6	0.2	1.23	0.71

الجدول (2-8): قدرة التدفق للسيفونات.

ضغط المياه:	تدفق مياه السقاية: [l/sec] عند القطر الداخلي للسيفون: $[cm]$				
$[cm]$	2	3	4	5	6
2	0.12	0.26	0.51	0.83	1.23
4	0.17	0.38	0.73	1.18	1.75
5	0.20	0.45	0.88	1.42	2.1
8	0.24	0.53	1.03	1.65	2.45
10	0.26	0.58	1.14	1.83	2.72
12	0.30	0.66	1.28	2.07	3.16
14	0.31	0.69	1.36	2.18	3.24

تستخدم السيفونات التي لا تحدث تخلخلاً لتغذية المياه من قنوات الريّ المؤقتة (الفرعية) إلى أثلام السقاية عند ريّ القطن ومحاصيل زراعية أخرى. يتكوّن السيفون المركّب من

مرفق (كوع) مصنّع من مواسير ألمنيومية، ومن مخـــرجين لصـــرف الميـــاه (مصـــرفين) مصنعين من البولي إيتلين الشكل (2-2).

يتكون السيفون البلاستيكي من مرفق مصنّع من مواسير البولي إيتلين ومن مخرجين للمياه مصنعين من البولي إيتلين أيضاً الشكل (2-3).



الشكل (2-3): السيفون البلاستيكي، 1- المرفق، 2- الكأس.

الشكل (2-2): السيفون المركب اللاتفريغي، 1- مرفق المنيوم، 2- وعاء (كأس) بلاستيكي.

يُثبّت مصرف المياه إلى المرفق بمتانة بواسطة الضغط. صياغات العمل على تركيب (تجميع) 90 سيفوناً – 1.6 شخص ساعة. يخدم عامل واحد (120-90) سيفوناً.

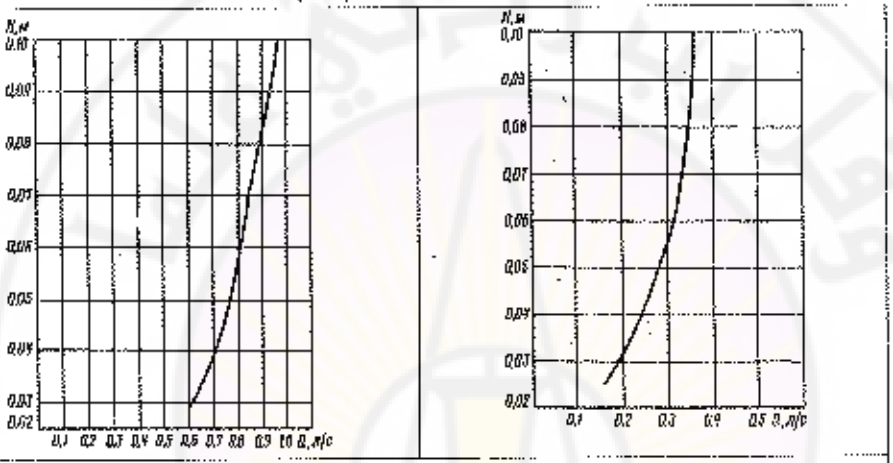
الجدول (2-9): المواصفات التقنية للسيفونات اللاتفريغية.

الثوابت	سيفون مركب	سيفون بلاستيكي
القطر الداخلي: $[mm]$	25	35.4
القطر الخارجي: $[mm]$	27	40.8-41.3
سماكة الجدار: $[mm]$	1	2.75-3.4
الارتفاع: $[mm]$	296	370
الطول: $[mm]$	950	1544
الكتلة الكلية: $[kg]$	0.438	1.295
التدفق: $[l/sec]$ عند الضغط: $0.1[m]$	0.400	0.96
إنتاجية العمل الصافية: $[m^3/h]$	120-160	200-260
استمرارية إملاء سيفون واحد: $[sec]$	23	54
ثابت الخدمة التكنولوجية	0.95-0.96	0.92-0.94
ثابت كفاءة العملية التكنولوجية	0.99	0.99
ثابت استخدام الزمن	0.94-0.95	0.92-0.94
العاملون المستخدمون: [شخص]	شخص واحد لكل 90 سيفون	شخص واحد لكل 90 سيفون

في فترة عمل السيفونات اللاتفريغية الجدول (2-9) يجب أن يكون منسوب المياه في القناة أعلى من الحافة العليا لكأس الصرف. يتوقف عمل السيفون عندما ينخفض منسوب المياه إلى مستوى أسفل حافته، لكنه لا يحدث تخلخل لأنه يبقى في الكؤوس حجم معيّن من المياه الذي

يمنع دخول الهواء إلى التجويف الداخلي. تشكّل المياه الموجودة في بداية المصرف والمدخل تخلخلاً في الجزء العلوي للسيفون. هذا يحدّد عدم التخلخل للسيفون عند انخفاض منسوب المياه في المصدر. يسمح الكأس المثبّت في بداية المصرف بتنظيم تدفق المياه.

عند انتهاء السقاية الموسمية تنظف السيفونات من التربة العالقة بها، وتغسل بمياه نقية وتوضع على رفوف خاصة. وفق دراسة لتوزيع السيفونات البلاستيكية، شكلت ضياعات العمل لإعداد 98 سيفوناً من أجل حفظها القيمة: 0.28 [شخص–ساعة]، أما للسيفونات المركبة فشكلت القيمة: 0.37 [شخص–ساعة]. يبين الشكل (4-2) مواصفات تدفق الضغط للسيفونات.



الشكل (4-2): مواصفات التدفق – الضغط للسيفون البلاستيكي ذو القطر الداخلي: [35.4 و: 25][mm]

2–5–2– أنابيب السقاية المتحركة المرنة والصلبة:

يقترح استخدام أنابيب السقاية المتحركة في الأرض المخططة ذات الميل الوسطي: 0.003–0.006 وفي التربة ذات النفاذية المنخفضة (الضعيفة) للمياه، وهذا يعني حيث تحفر أثلام السقاية بأطوال كبيرة. يمكن نقل الأنابيب المرنة باستخدام أجهزة وآلات لف مختلفة وأيضاً يدوياً.

يمكن استخدام خراطيم البولي إيتلين والكابرون لنقل المياه (أنبوب نقل المياه المرن)، وأيضاً من أجل توزيعها في أثلام السقاية، وفي الأخاديد (أنابيب السقاية). تصمم أنابيب السقاية البولي إيتلينية دون ثقوب معايرة، أمّا الأنابيب ذات النسيج الخاص بالري فتصمم مسع ثقوب معايرة.

يناسب استخدام معدات المعايرة الخاصة لتوزيع المياه في الأثلام من الأنابيب في ظروف الميل الكبير والتضاريس الموضعية الصعبة. عند التخطيط الجيد للتضاريس الموضعية يمكن توزيع المياه دون استخدام أجهزة المعايرة. يجب عند توزيع المياه بانتظام اختيار مقارنات مناسبة مثالية لطول الأنبوب، ولميله وفق مسلكه (خطه) وضغطه عند بداية الأنبوب مع الأخذ بالاعتبار تغير تدفق المياه وفق طول الأنبوب.

عند حساب أنابيب السقاية يجب حساب تغير تدفق المياه وفق طول الأنابيب. يمكن حساب التدفق في أنبوب السقاية الصلب من المعادلة التالية:

$$Q_h = \sqrt{\frac{d_P^5 (H_0 - H_L + i_L l_P)}{0.0277 \lambda l_P}} \qquad (2\text{-}20)$$

حيث: $Q_h ; [m^3 / \sec]$ – تدفق المياه في أنبوب السقاية الذي يساوي مجموع تدفقات المياه في أثلام السقاية. $d_P ; [m]$ – قطر الأنبوب. $H_L , H_0 ; [m]$ – الضغط البيزومتري عند بداية ونهاية الأنبوب. i_L – الميل المستوي (الجيوديزي) وفق مسلك الأنبوب. $l_P ; [m]$ – طول الأنبوب أو جبهة التغذية بالمياه بنفس الوقت.

λ – ثابت المقاومة (الضياعات) وفق طول الأنبوب الذي تقريبياً يمكن حسابه من المعادلة التالية:

$$\lambda = 0.015 / d_P^{0.92} \qquad (2\text{-}21)$$

يمكن حساب التدفق في أنبوب السقاية البولي إيتيليني المرن من المعادلة التالية:

$$Q_n = \sqrt{\frac{d_P^5 \left(\frac{1 - n^2}{n^2} H_L + i_L l_P \right)}{0.0277 \lambda l_P - 0.09 d_P}} \qquad (2\text{-}22)$$

حيث: n – القيمة التي تأخذ بالاعتبار علاقة ثابت التدفق بالسرعة: تتغير من: 0.93 عند السرعة: $1[m / \sec]$ حتى: 0.85 عند السرعة: $2[m / \sec]$. الرموز الباقية كما في المعادلة (2-20).

كي لا تسد أنابيب السقاية يجب أن لا تقل السرعة فيها عن الحرجة (المعيارية). عندما يكون قطر الجزيئات المترسبة حتى: $0.1[\mathrm{mm}]$ وكثافة المواد العالقة بالمياه لا تتجاوز: $5[gr / l]$ فإنه يمكن تحديد السرعة الحرجة: $[m / \sec]$ القياسية من المعادلة التالية وفق زيوليكوف:

$$V_c \geq 0.045\sqrt{d_{fict}^{0.25}\rho 8g1/\lambda} \qquad (2\text{-}23)$$

حيث: d_{fict} – القطر الوسطي لتشظية الجزيئات العالقة، $[mm/\sec]$.

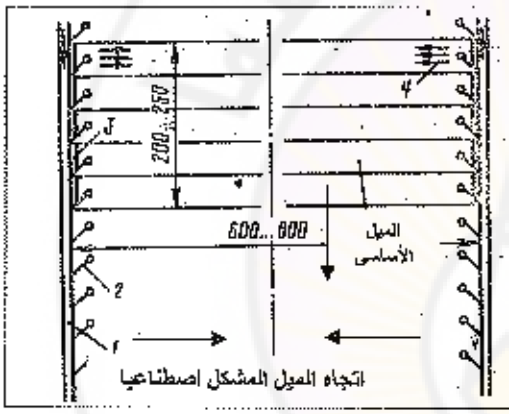
ρ – كثافة المواد العالقة في مياه الري، $[ton/m^3]$.

g – تسارع السقوط الحر، $[m/\sec^2]$.

λ – ثابت المقاومة الهيدروليكي.

تستخدم أنابيب السقاية وفق ثلاثة تشطيبات مبدئية (أساسية) مختلفة.

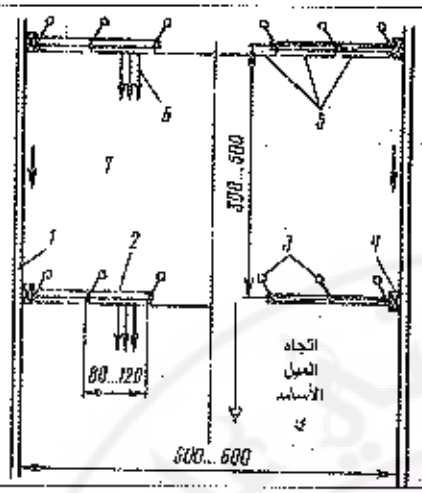
أولاً: تستخدم الأنابيب الصلبة أو المرنة لنقل الماء إلى الأثلام، وتوضع على الأرض عمودياً على اتجاه أثلام السقاية الشكل (2-5). تجمع وتوضع الأنابيب يدوياً أو بواسطة أجهزة اللف (ملفاف).



الشكل (2-5): مخطط شبكة الري باستخدام أنابيب مرنة (المخطط العرضي، $i = 0.001 - 0.003$)، 1- قناة زراعية داخلية أو حوضية، 2- فوهات تمرير المياه إلى أنابيب السقاية المرنة، 3- أنبوب سقاية مرن، 4- اتجاه السقاية، 5- المساحة المروية بنفس الوقت، القياسات مقدرة بالمتر $[m]$.

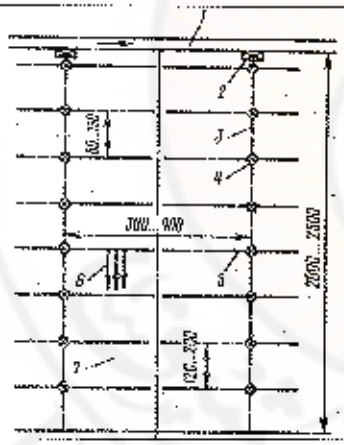
عند مثل هذا المخطط لاستخدام الأنابيب يمكن السقاية بمرّة واحدة أو بعدّة مرات وفق المخططات الطولية والعرضية لتوضع شبكة الريّ المؤقتة. تجرى السقاية مرة واحدة عندما قدرة التمرير للأنابيب تسمح بنقل المياه إلى جميع الأثلام.

ثانياً: تستخدم الأنابيب المرنة لتبديل كامل شبكة الري المؤقتة. جزء الأنابيب الذي يبدل عوضاً عن شبكة الريّ المؤقتة يعتبر الناقل ويستخدم لنقل المياه إلى أنبوب السقاية. أنبوب السقاية المرن ذي الثقوب على كامل طوله كما في المخطط الأول يسمح بأتمتة توزيع المياه بين الأثلام. الشكل (2-6).



الشكل (6-2): مخطط شبكة الري باستخدام أنابيب مرنة (المخطط الطولي: $i = 0.03 - 0.07$)، 1- قناة زراعية بينية، 2- أنبوب توزيع قطاعي، 3- فوهات تمرير المياه إلى أنبوب السقاية المرن، 4- ماخذ سحب المياه، 5- أنابيب السقاية المرنة،6- اتجاه السقاية،7- مساحة السقاية بنفس الوقت، القياسات بالمتر: [m].

ثالثاً: يثبت الأنبوب الناقل في التربة أسفل الأفق المحروث. وتظهر على سطح التربة الصنابير ذات السقاطات المنزلقة (الصمامات المنزلقة)، التي إليها توصل أنابيب السقاية المرنة، والمتوضعة على سطح التربة في زمن السقاية. المسافة بين الصنابير تطابق طول أثلام السقاية. الشكل (7-2).



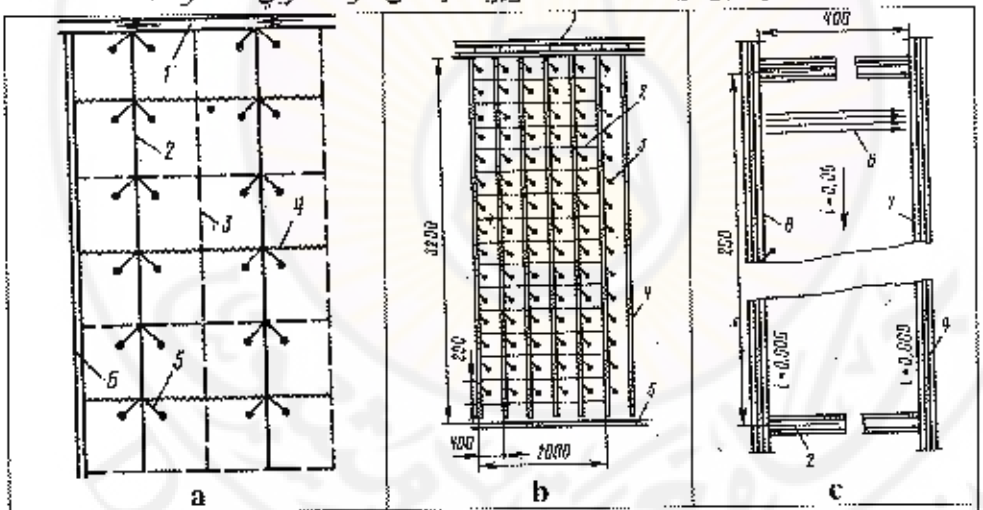
الشكل (7-2): مخطط شبكة الري باستخدام الأنابيب المرنة من أجل الميل: $0.03 - 0.01$، 1- قناة زراعية داخلية، 2- ماخذ سحب المياه، 3- أنبوب ناقل مغلق، 4- صنبور خروج المياه، 5- أنبوب سقاية مرن، 6- اتجاه السقاية، 7- مساحة السقاية بنفس الوقت، القياسات مقدرة بالمتر: [m].

يظهر استخدام أنابيب السقاية المنخفضات المرتفعة لمياه الري: تلوث المياه في حالة استخدام الخراطيم يجب أن لا يتجاوز: $1 - 1.5[gr/l]$، من أجل الأنابيب تحت سطح التربة يجب أن لا يتجاوز: $3.4[gr/l]$. يتعلق نظام غسل الخراطيم والأنابيب تحت سطح التربة بدرجة التلوث. يجب عزل المواد الملوثة العالقة بالمياه بواسطة المصافي وشبكات التصفية المثبتة عادة

عند منشآت سحب المياه، يختار نوع أنابيب السقاية وفق قيمة الضغوط المؤثرة، والمسافة بين أثلام السقاية، نوع المحاصيل الزراعية المروية وبالتطابق مع تنظيم المساحة والظروف الأخرى.

يتعلق مخطط عمل الأنابيب بقيمة وبنسبة الميل الطولي والعرضي. يستخدم المخطط العرضي عند الميل الأقل من: 0.003 عند التخطيط الدقيق باتجاه السقاية، تترمن المخططات العرضية للسقاية مسبقاً وفق طول الثلم: $[m]400-300$ بتدفق مياه السقاية بقسيم كبيرة: $[l/\sec]2.5-1.5$ وتتطلب مسافة بين الأثلام لا تقل عن: $[m]0.9$.

في المناطق الجافة عند **الميل الصغير** جداً يمكن عكس اتجاه حركة المياه في الأثلام، مما يحقق الميل المشكل اصطناعياً على حساب تخطيطات بسيطة لحجم حتى: $[m^3/hr]200-150$ الشكل (8-2). يسمح مثل هذا المخطط بزيادة المسافة بين قنوات الري الزراعية الداخلية أو الحوضية حتى: $[m]800-600$ وزيادة هذا الطول لمسافة أبعد من ذلك. لإعطاء تدفقات كبيرة لمياه السقاية تستخدم خراطيم سقاية كاوتشوكية مرنة قصيرة بطول: $[m]60-40$ وبقطر كبير: $[mm]420-350$ وتسحب المياه بواسطة السيفونات من القنوات الحوضية أو عبر فوهات خاصة لتمرير المياه من قنوات الري المكشوفة.



الشكل (8-2): مخطط شبكات الري للسقاية وفق قطاعات سقاية ثابتة عند الميل الصغير جدا: 0.0003-0.0005: a- في منطقة رطبة، 1- قناة رئيسية، 2- قناة ري فرعية، 3- طريق ترابي زراعي، 4- قناة ري مؤقتة، 5- مخارج المياه من قنوات الري المؤقتة، 6- طريق حصوية معبدة، b,c- في المناطق الجافة وشبه الجافة، 1- قناة ري، 2- قنوات صرف، 3- مخارج المياه إلى قطاعات السقاية، 4- قناة حوضية، 5- مجرى عام لتجميع المياه وصرفها، 6و7و8- أثلام سقاية وصرف وخروج المياه، القياسات بالمتر: $[m]$.

يمكن أيضاً استخدام المخطط العرضي للسقاية في التربة الثقيلة والوسطية عند **الميل:** 0.003 – 0.007 عندما تستخدم الأثلام بطول: [m]500 – 300، وعند جودة تخطيط جيدة باتجاه السقاية. يشكّل طول خراطيم السقاية: [m]100 – 80، تدفق مياه السقاية: [$l/\sec$]1.5 – 0.5، قطر الخراطيم المرنة: [mm]420 – 350. يمكن زيادة طول الخراطيم المرنة حتى: [m]200 – 100.

شبكة الري المركبة ذاتية الضغط المغلقة ذات الأنابيب والخراطيم المرنة المثقبة للسقاية وفق العرض بين خطوط الأنابيب والخراطيم المرنة تستخدم في الأراضي ذات الميل التدريجي المتناقص من: 0.02 حتى: 0.005. في الجزء العلوي لوصل أنابيب السقاية إلى القناة حيث ضغط المياه لا يتجاوز: [m]4 – 3 تستخدم الخراطيم المرنة، وفي الجزء الباقي تستخدم أنابيب السقاية المثقبة التي توضع تحت سطح التربة. تستخدم الأنابيب تحت سطح التربة عند التغذية بمياه السقاية بتدفق لا يقل عن: [$l/\sec$]0.2، لأنّ ثقوب السقاية محسوبة على التدفق الأدنى، المتأثرة بالأوساخ أو بالمواد العالقة والصلبة التي تحدد القطر الصغير لثقوب أنابيب السقاية: [mm]4 – 2.

في الأراضي حيث تدفق مياه السقاية فيها أصغر من: [$l/\sec$]0.2 وأيضاً في الأراضي ذات الميل: 0.03 – 0.01 عند تدفق مياه السقاية: [$l/\sec$]0.2 – 0.005 وطول الثلم: [m]200 – 80 تستخدم فقط الخراطيم المرنة وتغذى بالمياه من صمامات شبكة التوزيع المغلقة. طول الأنابيب المرنة في هذه الحالة يجب أن يكون: [m]150. وفق العلاقة بالتضاريس الموضعية تستخدم الأنابيب المرنة التالية:

الميل	مادة وقطر أنبوب السقاية
أكبر من: (0.015 – 0.02)	الخراطيم البولي إيتيلينية بقطر: [mm]250 – 150 وبقطر ثابت لفوهات خروج المياه اللامنتظمة.
0.015 – 0.005 وأقل من ذلك.	الخراطيم الكاوتشوكية بقطر: [mm]350 – 250 ذات فوهات خروج المياه المنتظمة واللامنتظمة.

في الأراضي ذات **الميل الكبير:** 0.03 – 0.01 عند المخطط الطولي حيث تستخدم أثلام السقاية القصيرة: [m]100 – 75، ويقترن إنشاء أنابيب السقاية المغلقة الثابتة بالكلفة الإضافية (رأس مال إضافي). في هذه الظروف، بصورة خاصة في التربة الخفيفة جيدة تحتوي

على حصى حادة النهايات التي تسد الثقوب في أنابيب السقاية المغلقة، مما يزيد صعوبة الاستثمار، لذلك يفضل استخدام أنابيب السقاية الصلبة المتحركة.

من أجل توزيع المياه في القطاعات المخططة جيداً بصورة نصف مؤتمتة كان قد اقترح استخدام أنابيب مرنة ذات ثقوب مؤطّرة ثابتة القطر، والمختارة وفق العلاقة بالتدفق الحسابي. توزع الأنابيب وفق الميل الحسابي: 0.005 – 0.002. ينظم التدفق عند ذلك بنفس الوقت في كامل طول الأنبوب المرن، بتغيير الضغط في بدايته بواسطة الصنبور السقاطة (الصمام المنزلق). إذا وفق مسلك الأنبوب مرناً كان الميل متغيراً، يتطلب تنظيماً خاصاً لكل تدفق لمياه السقاية. من أجل هذا الهدف الثوابت المفضلة تملكها فوهات خروج المياه المعايرة ذات الصمام عالي المقاومة أو من النوع الصفائحي الخاص بالريّ.

تعمّر الأنابيب الصلبة أكثر من الخراطيم المرنة، وهي سهلة الفحص والصيانة، وتغسل بسهولة، ويمكن أن تستبدل أجزاء منفصلة منها. ويمكن استخدامها كبديل لشبكة الريّ المكشوفة كالقنوات الترابية الموجودة في التربة المزروعة بالأشجار. سلبيات الأنابيب الصلبة هي: صعوبة تكنولوجيا نقلها من موقع لآخر لموضع مواز. يفضل نقلها وفق أحد المسالك وأيضاً وفق نفس المسلك.

شبكات السقاية المتحركة ذات الأنابيب الصلبة والمرنة:

الأنابيب الصلبة تصنع من مواسير ألومنيوم رقيقة الجدران ومجموعة من الأنابيب المرنة التي تستخدم أساساً في مناطق ريّ القطن. وتكون هذه الأنابيب قابلة للفك والتركيب السريع وهي تستخدم لسقاية القطن ومحاصيل زراعية أخرى في الأثلام غالباً في شروط التضاريس الموضعيّة الصعبة. ويمكن إجراء السقاية وفق المخططات العرضية أو الطولية من موضع واحد أو عدّة مواضع خلال الموسم، وأيضاً عرضياً نسبة لمخطط اتجاه الأثلام في التربة الرطبة ذات الميل الموضعي حتى: 0.004. تتكون تجهيزات المجموعة من 19 حلقة من الأنابيب ذات وصلات قابلة للتركيب والفك السريع، ومن خراطيم الربط والتجميع. تملك كل حلقة ستة ثقوب لخروج المياه بتدفقات منتظمة لمياه السقاية.

يمكن أن يعمل الأنبوب بتغذية من فوهات خروج المياه للقناة الحوضية بما ذلك السيفون وأيضاً من صنبور أنبوب الري المغلق. ويمكن التغذية بالمياه من قنوات الريّ المؤقتة.

عند العمل من الشبكة المغلقة تربط الأنابيب الصلبة إلى ماسورتين متجاورتين من الموزعات القائمة للأنبوب المغلق. يركّب داخل الموزع القائم لوح حاجز من أجل الحفاظ على

مستوى المياه المطلوب. توصل بداية الأنبوب إلى جزء الضغط للموزع القائم وتوصل نهايته إلى الجزء اللاضاغط التالي المتوضع أسفل الموزع القائم. ينقل الأنبوب الصلب القابل للفك والتركيب السريع من موضع لآخر بواسطة الجرار أو يدوياً. نبين فيما يلي المواصفات التقنية له:

العرض العامل: $[m]$	102
التدفق الأعظمي: $[l/sec]$	30
مساحة السقاية من موضع واحد: $[hr]$	40
تدفق تيار السقاية: $[l/sec]$	0.02-0.1
الإنتاجية: $[hr/h]$	0.15
قطر الأنبوب: $[mm]$	
المقاومة للسقاية	150
الثابتة للتوزيع	189-250
الميل المسموح به	0.1
كتلة المجموعة: $[kg]$	349

مجموعة الأنابيب المرنة تستخدم للسقاية في الأعلام بتغذية من شبكة ري معلقة أو مكشوفة وتوضع طولياً أو عرضياً على اتجاه شبكة الري (المخططات الطولية والعرضية للسقاية). يمكن استخدامها للعمل في وحدة ماكينات ذات وحدات الضخ منخفضة الضغط على سحب المياه من أحواض (قنوات) تجميع المياه المختلفة.

المواصفات التقنية لمجموعة الأنابيب المرنة:

التدفق التوزيعي الأصغري: $[l/sec]$	40
الضغط: $[m]$	1-3
مادة ونوع الأنبوب	كاوتشوك مع خطية من النايلون ومزود بقفل التركيب
الطول الكلي للأنبوب الناقل: $[m]$ بقطر: $300[mm]$	700
طول أنبوب السقاية: $[m]$ بقطر: $160[mm]$	400
طول قطاع وحيد من الأنبوب الناقل: $[m]$	50
المسافة بين فوهات خروج المياه: $[m]$	0.6-0.9
كتلة المجموعة: $[kg]$	110
الإنتاجية خلال ساعة عمل واحدة: $[hr]$ (معدل السقاية: $1200[m^3/hr]$)	0.24
مساحة السقاية من موضع واحد: $[hr]$	16-24

تتكون المجموعة من الأنابيب الناقلة وأنابيب السقاية، ومن وصلات تصالبية، وحلقات بلاستيكية، وسيفونات حوضية ذات مضخة تفريغ وسدادات محكمة ضاغطة. الصفات التقنية لمجموعة الأنابيب المرنة مبينة في الجدول أعلاه.

مجموعة أنابيب السقاية البولي إيتيلينية: تتكون من أنابيب ناقلة وأنابيب سقاية، وتستخدم لسقاية المحاصيل النامية، لزيادة رطوبة التربة ولسقايات الغسل عند زراعة القطن وغيره من المحاصيل الزراعية بتغذية مائية من السيفونات الحوضية أو من فوهات خروج المياه، ومن صنابير أنابيب الري المغلقة، وسحب المياه من أنابيب الري إلى المجاري الترابية. تبين فيما يلي المواصفات التقنية لمجموعة أنابيب السقاية البولي إيتيلينية:

التدفق: [l/sec]	35-60
الضغط: $[m]$	1
المسافة بين فوهات خروج المياه: $[m]$	0.6-0.9
مساحة السقاية من موضع واحد: هيكتار	19.2
طول الأنبوب الناقل: $[m]$ بقطر: $[mm]$ 210	400
طول أنبوب سقاية واحد: $[m]$	800
الكتلة: $[kg]$	380
فترة الخدمة، المواسم	1-3

تبين في الجدول (10-2) الاقتراحات والتوصيات لاختيار مقارنات شبكة توزيع المياه وأجهزة السقاية. من أجل اختيار المقارنات المثالية لشروط موضعية معينة يحقق الحساب باستخدام التابع المثالي. يجرى الحساب المثالي وفق أقل الضياعات.

الجدول (2-10): المقارنات المختلفة لشبكة التوزيع القطاعية ولأجهزة السقاية وفق العلاقة بميل قطاعات الري.

الميل	نوع شبكة التوزيع وأجهزة السقاية	الاستخدام
<0.0015	أتمتة مجاري السقاية	للتوزيع وفق المخطط العرضي
	أنابيب السقاية المرنة	التوزيع وفق المخطط الطولي
	أتمتة المجاري لشبكة ري وحيدة	السقاية وفق قطاع دائم في تربة منخفضة السعة الرطوبية
	السقاية باستخدام صنابير – فوهات خروج المياه بتدفق: 100 – 120[l / sec]	دورة السقاية خلال يوم ونصف
0.0015 – 0.003	أنابيب ناقلة ذاتية الضغط مغلقة، خراطيم سقاية مرنة	الطول النوعي لشبكة الري الثابتة: [7.5 – 20[m] لكل: [4[hr] ، والخراطيم المرنة: [4 – 12[m] لكل: 1[hr]
	أنابيب صلبة سريعة الفك والتركيب	السقاية وفق المخطط العرضي في تربة رطبة
	أنابيب منقبة ثابتة تحت سطح التربة ذات تحكم بالتدفق إلى الأثلام	في قطاعات قصيرة الأثلام
0.001 – 0.02	الشبكة المغلقة ذات أنابيب منخفضة الضغط وتدفق للمياه من فوهات خروج المياه من الموزع القائم وأنابيب السقاية الصلبة	
>0.02	أنابيب مغلقة بالمقارنة مع الأنابيب الصلبة، التي تعمل في نظام دون ضغط.	
	شبكة مغلقة ذات أنابيب ري ثابتة ومعايرة التغذية لتدفق المياه ذاتية	

2-5-3- آلات (وحدات ماكينات) السقاية المتحركة ذات الخراطيم المرنة:

آ- آلة السقاية المتحركة البسيطة ذات الخراطيم المرنة: تستخدم هذه الآلة للسقاية بالغمر المحاصيل المرافقة للرز في الدورة الزراعية، وأيضاً لتوزيع المياد في الخطوط أو في مجموعة أثلام السقاية. تتكون من محطة ضخ معلقة وأنبوب سقاية مرن ملتف على جهاز دوار (بكرة أو ملفاف أسطواني).

يرتبط الهيكل (الإطار) بعتلة الشد لجهاز التعليق للجرار، تثبت من الجهة اليسرى للهيكل على الدعامة لوحة الأجهزة التي عليها يثبت المانومتر والفاكومتر. المضخة من النوع المحوري الأفقي (مروحية). يتصل عمود المضخة مع المخفض المسنني ذي مرحلة تدريجية واحدة والموجود في صندوق واحد. يثبت الدولاب العامل للمضخة والمسنن القائد في المخفض على نفس عمود الدوران.

يتكون أنبوب الامتصاص (السحب) من جزئين واللذان يُربطان عند تثبيت الآلة في الموضع. عند حركة الآلة فإنّ جزءاً من الأنبوب مع المصفاة يغلق ويثبت على حامل التعليق المثبت على الجزء الدوار للأنبوب. يتحقق رفع خط السحب بواسطة محول من النظام الهيدروليكي للجرار.

يمتلك خط الضغط (الضخ) في نهايته حلقتين متعرجتين لربطه مع أنبوب السقاية، ويثبت إلى علبة (صندوق) الصمامات. تعمل الصمامات المغلقة بواسطة شدّ الكبل يدوياً من مقصورة السائق.

يستخدم جهاز التفريغ الغازي (الفاكومتر) لتشكيل ضغط تخلخلي في حجرة المضخة وإملائها بالمياه، ويثبت على ملسورة العادم للجرار.

يستخدم ميكانيزم الشد (اللف) لحلّ ولجمع أنبوب السقاية. يثبت الملفاف الأسطواني من أجل لفّ أو حلّ أنبوب السقاية على هيكل ملحوم مثبت في مقدمة الجرار بصورة متناظرة وهو قابل للفك والتركيب. يستمد الملفاف حركته من محرك هيدروليكي مكبسي- محوري، العامل من النظام الهيدروليكي للجرار، والذي منه يستمد ملفاف رفع الكبل حركته.

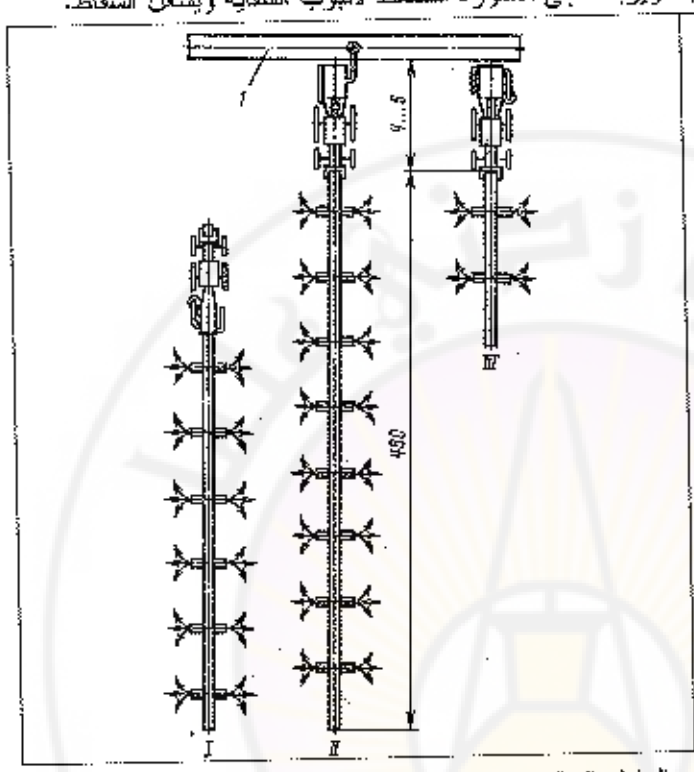
يستخدم أنبوب السقاية لنقل ولتوزيع المياه بالجريان (بالانسياب)، ويتكون من أربعة قطاعات من الخراطيم الكاوتشوكية المقتبة المرنة بطول: $120[m]$. تربط القطاعات فيما بينها بنهايات إضافية لقطاعات الأنبوب بداخل بداية الخرطوم التالي وتثبت بواسطة أشواط (شرائط) وحلقات الإحكام، وبانتظام تثبت وفق القطر، أو بواسطة سواسير وحلقات تثبيت محكمة.

توجد في كلّ قطاع ستة فوهات لخروج المياه تثبت قطرياً كل اثنين عني مسافة $20[m]$ عن بعضها البعض. تصنع فوهات خروج المياه من القماش أيضاً كما هو للأنابيب، تثبت وتحاك إلى الأنبوب. يوجد على كلّ فوهة صفيحة (شريحة) لمعايرة تدفق المياه من الصفر حتى: $25[l/sec]$ -0. يثبت مقعد قماشي من القنب (القنّان) عند أسفل أول فوهة بواسطة كبل شريطي متين وحلقات لإحكام من أجل تأمين إخماد تدفق المياه ولمنع اختراق التربة في موضع جريان المياه من فوهات الخروج.

مبدأ العمل التكنولوجي الشكل (9-2):

تجرى السقاية موضعياً. قبل تثبيت وحدة الماكينات في الموضع يوزع أنبوب السقاية. عند حركة الجرار وفق مسلك التوزيع فإنّ الأنبوب يُشدّ بفعل قدرة ثقله ويتمدد على الأرض. بعد الانتهاء من الشدّ لكلّ قطاع للأنبوب فإنّ وحدة الماكينات تتوقف، وتربط بداية القطاع مع نهاية

الأنبوب المتوضع على الأرض بطريقة التثبيت بواسطة أشوطة وحلقة إحكام. بعد وضع الطول المطلوب للأنبوب تتجه وحدة الماكينات إلى أنبوب الري، وتتوقف في الموضع، يخفض سائق الجرار أنبوب السحب، ويربطه إلى ماسورة الضغط لأنبوب السقاية ويشغل الشفاط.



الشكل (9-2): مخطط السقاية بواسطة وحدة الماكينات المتحركة ، 1- أنبوب الري، I- $Q = 400[l/sec]$ توزيع الأنبوب لو شده، II- توضع أنبوب السقاية، III- جمع الأنبوب، القياسات مقدرة بالمتر: $[m]$.

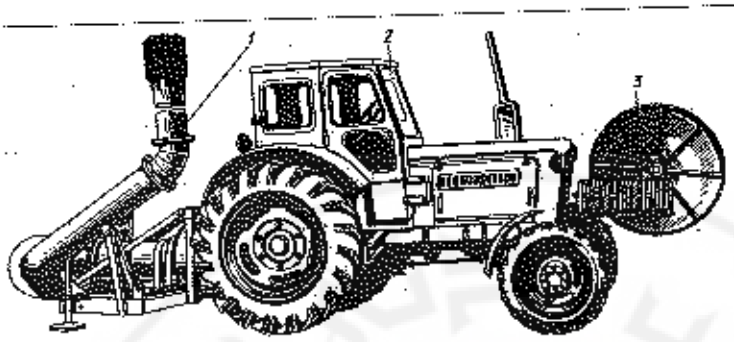
خلال السقاية يراقب العامل الساقي توزيع المياه المتدفقة من فوهات الخروج، وعند الضرورة يغلقها أو ينظم التغذية. بالإضافة لذلك في بداية العمل يربط الساقي المخمد القماشي لجريان المياه إلى أنبوب السقاية.

يخدم وحدة الماكينات سائق الجرار والعامل الساقي. تسمح هذه الآلة بزيادة إنتاجية العمل في السقاية 2-2.5 مرة بالمقارنة مع العمل اليدوي.

استخدام وحدة الماكينات لسقاية المحاصيل النامية كالقصة في مستنقعات الرز المتواصلة بغمر المياه عند انتظام جيد لتوزيع رطوبة التربة يسمح بالاقتصاد أي بتوفير حتى: 40% من المياه المستخدمة في الأساس من قنوات الصرف. ويشكل الاقتصاد بضياعات العمل في الحساب لمدة عام بالمقارنة مع توزيع المياه يدوياً في المستنقعات حوالي: 800 شخص – ساعة.

الصفات التقنية لآلة (لوحدة ماكينات) السقاية المتحركة البسيطة:

الشد (اللف) مع أجهزة أخرى ثانوية بما فيها أنبوب السقاية المرن. نبين فيما يلـــي الصـــفات التقنية لوحدة الماكينات.



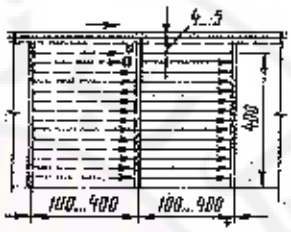
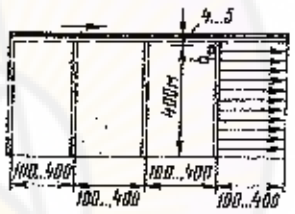
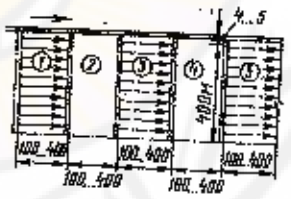
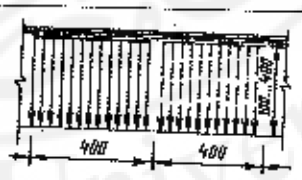
الشكل (10-2): آلة السقاية الشاملة: 1- خط السحب، 2- جرار، 3- بكرة (ملفاف أسطواني)

الصفات التقنية لآلة (لوحدة ماكينات) السقاية الشاملة.

تدفق المياه: $[l / \sec]$	150-200
تدفق المياه من الفوهة: $[l / \sec]$	0---2
الضغط: $[m]$	4-5,5
العرض بين الخطوط: $[cm]$	60,70,90
المساحة المروية من موضع واحد: $[hr]$	8---10
الإنتاجية: $[hr / h]$ عند معدل سقاية: $1200[m^3 / hr]$	0.6
الإنتاجية الموسمية: $[hr]$	120
كتلة الآلة مع مجموعة الأنابيب دون الجرار: $[kg]$	1212
السرعة الانتقالية: $[km / h]$	15
عدد العاملون: [شخص]	2
الأنبوب المرن:	
القطر: $[mm]$	300
الطول: $[m]$	300
طول القطاع: $[m]$	100
كبل الشد:	
الطول: $[m]$	250
القطر: $[mm]$	5---6,5
القياسات الحجمية في وضعية النقل: $[mm]$	6930,2172,2485
الكتلة مع مجموعة الأنابيب دون الجرار	1240

يبين الجدول (11-2) المخططات التكنولوجيـــة لعمـــل آلات الســـقاية الخرطوميـــة المتحركة والشاملة.

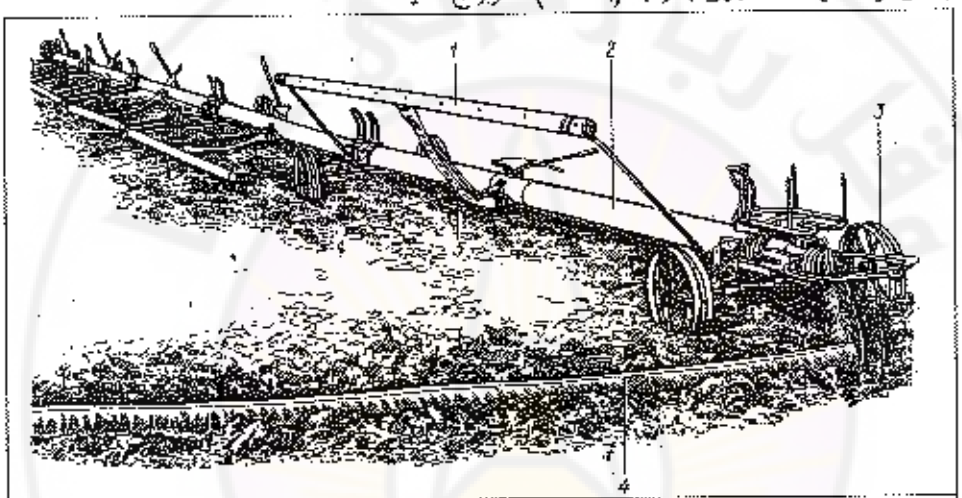
الجدول (11-2): المخططات التكنولوجية لعمل آلات السقاية الخرطومية: والشاملة.

مخطط توزيع الآلات وحركتها	شرح لمخططات العمل	حسنات المخطط	سيئات المخطط
	يوضع أنبوب السقاية عمودياً على قناة أو أنبوب الري، وينقل بعد الانتهاء من السقاية إلى الموضع التالي، تبدأ السقاية من بداية قناة أو أنبوب الري.	يتحقق التنقل وفق طريق زراعي موجود على طول قناة أو أنبوب الري.	يوضع الأنبوب على سطح الأرض الرطب.
	يوضع أيضاً أنبوب السقاية عمودياً على قناة أو أنبوب الري، وتبدأ السقاية من بداية قناة أو أنبوب الري.	ينقل ويوضع الأنبوب على سطح الأرض الجاف.	زيادة زمن الانتظار لإملاء القناة حتى المستوى المطلوب، تزداد ضياعات المياه من قناة أو أنبوب الري.
	توضع أنابيب السقاية عمودياً على قناة أو أنبوب الري. تتحقق السقاية من خلال موضع واحد.	ينقل ويجمع الأنبوب وفق سطح الأرض الجاف نسبياً، لا توجد مرحلة فارغة (شوط فارغ) في نهاية سقاية الأرض.	زيادة الزمن لتبديل الموضع.
	يوضع أنبوب السقاية على طول قناة أو أنبوب الري.	تتحسن ظروف توزيع وجمع أنبوب السقاية.	يختصر المسافة بين قنوات أو أنابيب الري، وبالتالي تزداد ضياعات الكلفة.

2-5-4- أنابيب السقاية العجلية (ذات العجلات الاستنادية):

أ- **أنبوب السقاية ذو العجلات الاستنادية:** يستخدم للسقاية الموضعية للمحاصيل الزراعية وتوزيع المياه في الأثلام أو في الخطوط التي بطول: $[m]500 - 300$ ويتم سحب المياه من شبكة قنوات الري المكشوفة أو تكون التغذية من صنابير أنابيب الريّ المغلقة.

يتكون أنبوب السقاية من عدّة قطاعات متجانسة النوع الشكل (11-2). طول القطاع الأنبوبي: $[m]9$ يتكون من ماسورة من الألمنيوم الأساسية بقطر: $[mm]220$ وأنبوب قسلاب بقطر: $[mm]100$ مجهز بثقوب (بفتحات) لخروج المياه.

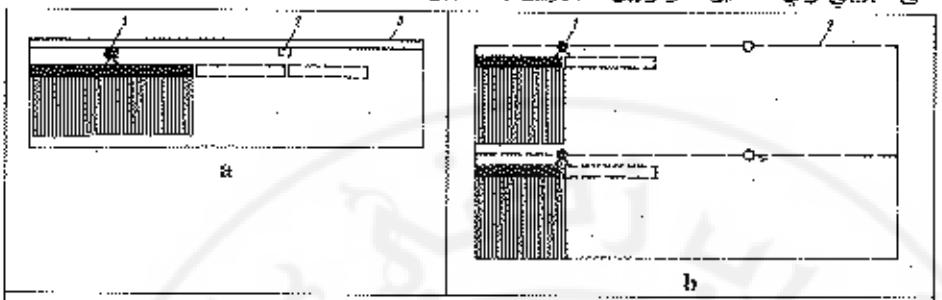


الشكل (11-2): أنبوب السقاية ذو العجلات الاستنادية: 1- الأنبوب القلاب، 2- الأنبوب (القطاع) الأساسي، 3- عربة ذات عجلات استنادية، 4- خرطوم نقل المياه.

يجمع الطول المطلوب للأنبوب من عدّة قطاعات متجانسة النوع بواسطة وصلات ربط مرنة. تثبت نهاية القطاع في مواضع الوصلات المرنة على محور العربات ذات العجلات الاستنادية. طول الأنبوب القلاب: $[m]9$. المسافة بين ثقوب تدفق المياه من أجل توزيعها في الأثلام تطابق العرض بين الخطوط الزراعية وتشكل وفق الحجز المطلوب: $[cm]60;70;90$. عدد ثقوب خروج المياه على أنبوب قلاب واحد: 16-11. ينظم تدفق المياه إلى الأثلام بنفس الوقت في جميع ثقوب الأنبوب القلاب بواسطة سقاطة (صمام منزلق)، المثبت في موضع وصل الأنبوب القلاب مع الأنبوب الأساسي.

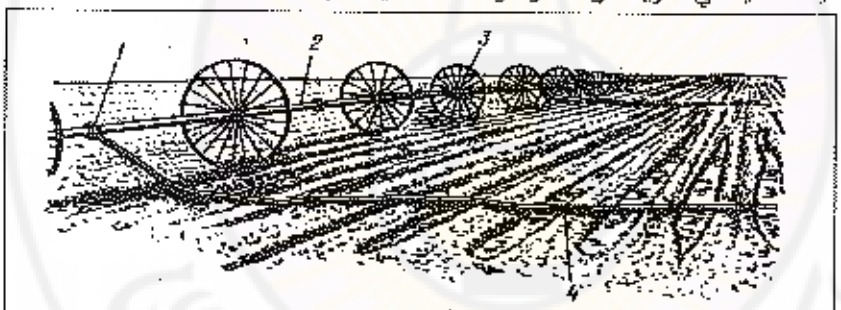
عند السقاية وسحب المياه من قناة ريّ مكشوفة الشكل (2-12,a) يربط أنبوبي السقاية اللذين بطول حتى: $[m]100$ مع محطة الضخ. وفق طول الثلم أو الخط كلّ أنبوب يوزع المياه

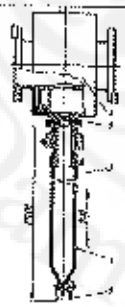
بتدفق: [120 – 100 l / sec]. عند السقاية بتغذية من صنابير أنابيب الريّ المغلقة الشكل (2-12,b) تتكون مجموعة السقاية من أنبوبين سقاية بطول: [100 m] وجرار. تثبت أنابيب السقاية على أنبوبي ريّ مغلقين متوازيين مجهزين بصنابير.



الشكل (2-12): المخططات التكنولوجية لأنبوب السقاية: a– من شبكة قناة الري المكشوفة، 1و2– الموضع الأول والثاني لمحطة الضخ، 3– قناة ري مكشوفة، b– أنبوب السقاية بتغذية من شبكة قناة الري المغلقة، 1– صنبور عامل،2– أنبوب ري مغلق.

ب– الأنبوب ذو العجلات الاستنادية وذو الجناحين: يستخدم للسقاية في الأثلام لري المحاصيل الزراعية الحقلية في التربة مرتفعة ومتوسطة النفاذية للمياه.

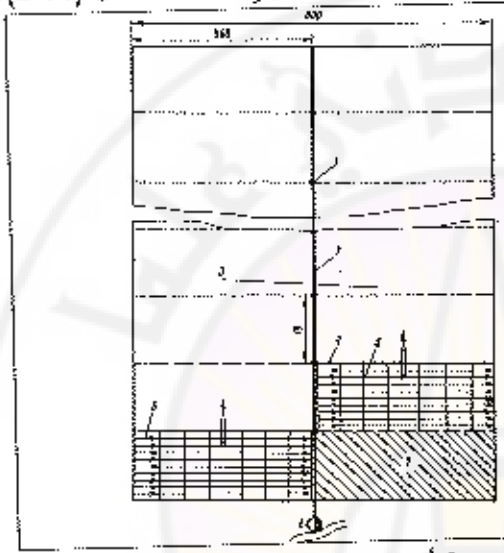




الشكل (2-13): أنبوب السقاية: a– الشكل العام: 1– قارنة، 2– خط أنبوب النقل، 3– عجلة استنادية، 4– أنبوب السقاية المرن ، b– القارنة والأنبوب الذيلي للسقاية في الثلم، 1– قارنة،2– غشاء مرن، 3– خرطوم مرن، 4– ثقوب خروج المياه (20 ثقب)، 5– سدادة محكمة لغسل الأنبوب الذيلي.

يمتلك الأنبوب جناحين وستة عشرة 16 قارنة دوارة بحرية، والتي تملك أغشية مرنة اهتزازية. تثبت القارنات في الشفات التناكبية للمواسير بين كلّ أربعة قطاعات عجلية استنادية. وتثبت إلى القارنات خراطيم ذيلية منخفضة الضغط ذات ثقوب لتدفق المياه ويمكنها الدوران في المستوي. المسافة بين ثقوب خروج المياه تطابق العرض بين الخطوط الزراعية. الشكل (2-13).

تجرى السقاية موضعياً ويربط الأنبوب العجلي بصنبور شبكة الريّ المغلقة. الشكل (2-14).



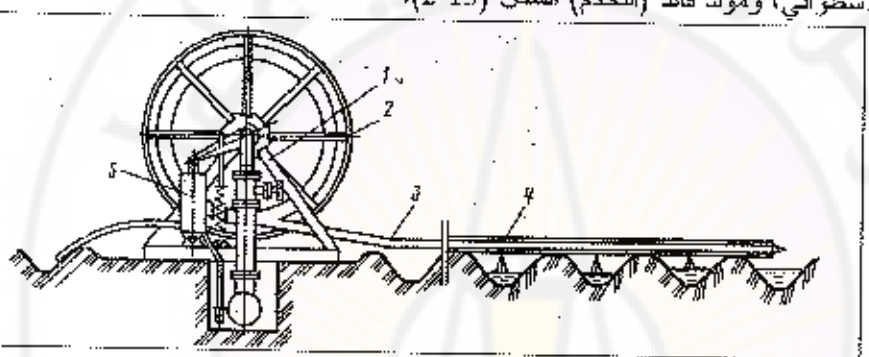
الشكل (2-14): المخطط التكنولوجي للسقاية: 1- صنبور، 2- أنبوب نقل المياه، 3- ميل سطح الأرض، 4- جناح أنبوب السقاية، 5- خرطوم السقاية المرن والثقوب، 6- ثلم السقاية واتجاه السقاية وفق الميل، 7- المساحة المروية، القياسات بالمتر: $[m]$، 8- محطة الضخ.

خارطة المواصفات التقنية للأنبوب العجلي مبينة أدناه كالتالي:

التدفق: $[l / \sec]$	110
الضغط على الصنبور: $[m]$	10---20
عدد القارنات	16
المسافة بين القارنات: $[m]$	50.4
عدد الخراطيم الذيلية	16
طول الخرطوم الذيلي: $[m]$	21.2
عدد ثقوب خروج المياه	41.27.21
المسافة بين الثقوب في الخرطوم الذيلي: $[m]$	0.45,0.7,0.9
المساحة المروية: $[hr]$ من موضع واحد عندما عرض القطاع: $800[m]$	1.44
إنتاجية العمل الصافي: $[hr / h]$ عند معدل سقاية: $800[m^3 / hr]$	0.45
عدد العاملون: [شخص]	شخص واحد لأربعة أجنحة
الكتلة: $[kg]$	5000

2-5-5- مجموعة الأجهزة المؤتمتة من أجل السقاية في الأثلام:

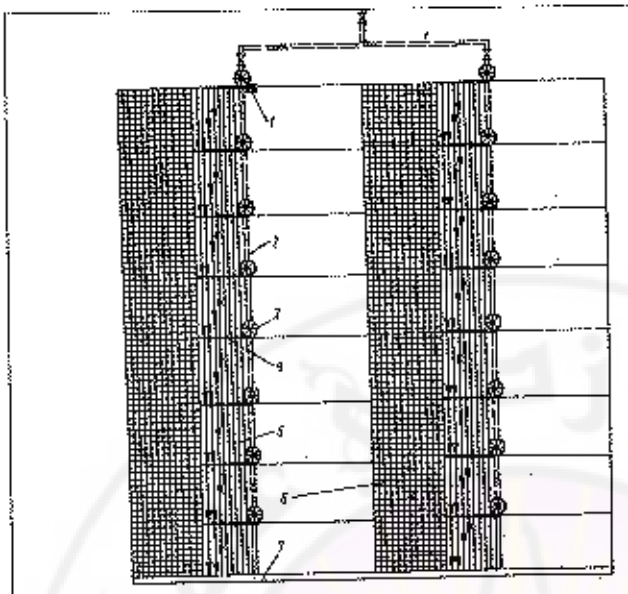
تستخدم المجموعة الثابتة الموسمية لسقاية المحاصيل الزراعية الحقلية في الأثلام في التربة المتوسطة والمنخفضة النفاذية للمياه. تؤمّن السقاية بالغمر في الأثلام بتدفق متغير وتغذية المياه بصورة منفصلة. تتحقق التغذية من صنابير شبكة السري المغلقة المتوضعة بصورة موازية لأثلام السقاية. العامل الوحيد المستخدم للمجموعة من أجل سقاية مساحة: 120−160[hr] تشمل على 16 حتى 24 جهاز سقاية خرطومي. هذا تصميم نصف ثابت، بما في ذلك الجهاز ذو الخرطوم الذي له في جزئه النهائي ثقوب معايرة لتنظيم خروج المياه: 3−5 وأكثر من ذلك ومخمدات اهتزازية لتدفق مياه السقاية، ومحول هيدروميكانيزمي للملفاف الأسطواني، ومولد قائد (التحكم) الشكل (2-15).



الشكل (2-15): مخطط جهاز السقاية الخرطومي: 1- هيكل، 2- ملفاف أسطواني، 3- خرطوم السقاية، 4- ثقوب خروج المياه، 5- أسطوانة هيدروليكية.

تجرى السقاية في نظام عمل مؤتمت. تعمل المحولات الهيدروليكية لجميع أجهزة اللف بوقت واحد في نظام عمل مبرمج وفق إشارة مولد القيادة (التحكم). تنقل عند ذلك خراطيم السقاية في كل مرةّ على خط بيني. ينظم تدفق المياه من الثقوب بتغطية جزء من مقطعه.

يبين الشكل (2-16) المخطط التكنولوجي لعمل المجموعة، وأيضا أدناه مبينة المواصفات التقنية الاستثمارية.



الشكل (16-2): مخطط الشبكة المؤتمتة وأجهزة السقاية الخرطومية AWY-32: 1- مولد النبضات، 2- أنبوب الري، 3- جهاز السقاية الخرطومي AWY-32، 4- خرطوم السقاية، 5- أثلام السقاية، 6- المساحة المروية، 7- قناة صرف.

المواصفات التقنية الاستثمارية لجهاز السقاية الخرطومي:

النوع	نصف ثابت
التدفق: $[l / sec]$	3-4.5
الضغط عند المخرج: $[MPa.]$	0.3-0.4
عدد الفوهات	3-5
المسافة بين الفوهات: $[m]$	0.6,0.7,0.9
الطول الفعلي لخرطوم السقاية: $[m]$	100-200
كتلة المحطة مع الخراطيم بدون مياه: $[kg]$	330-410
المقاسات الحجمية (ارتفاع، عرض، طول): $[m]$	1.8,1.8,1.7
ثابت استخدام الزمن الفعلي	0.95
الحمولة المرسيمية: $[hr]$ على جهاز واحد عندما معدل السقاية: $600[m^3 / hr]$	4-8
عدد الأجهزة التي يخدمها العامل	16-24

2-6- شبكات الري السطحي الثابتة:

تستخدم شبكات الريّ السطحي الثابتة لسقاية المحاصيل المرتفعة الاقتصادية (القطن، الأشجار المثمرة، الكرمة). من أجل خفض ضياعات الكلفة على إنشاء أو تصميم مثل هذه الشبكات ولتأمين إمكانية المعاملة الميكانيكية للمزروعات فإن تحديد المسافة بين أنابيب السقاية

بشكل نهائي (وبالتالي أطوال أثلام السقاية) يستخدم الطول الأعظمي الممكن كقاعدة (لا يقل عن: $300-400[m]$).

تميز **الشبكات الثابتة ذات توزيع المياه في عناصر السقاية:** من أنابيب مغلقة مثقبة، ومن أنابيب الضغط المنخفض ذات فوهات خروج المياه تحت سطح التربة، ومن قنوات حوضية وبيتونية وبواسطة المجموعات الموسيمية - الثابتة.

تسمح الأنابيب المثقبة بأتمتة عملية توزيع المياه في الأثلام بطول لا يقل عن: $300[m]$. توضع الأنابيب البلاستيكية المثقبة، ومن الأسبستوس الإسمنتي، والبيتونية بقطر: $100-300[mm]$ عرضياً على اتجاه الأثلام أسفل الأفق المحروث. تتدفق المياه عبر ثقب بقطر: $3-8[mm]$ على سطح التربة بين الخطوط الزراعية البينية في شكل نقعة صغيرة وتجري في الثلم وفق ميله.

من أجل توزيع مياه السقاية بانتظام فإنّ طول الأنابيب يجب أن لا يتجاوز: $150-250[m]$. تغذى المياه في أنابيب السقاية من الأنابيب الناقلة عند ضغط: $4-6[m]$.

يجرى الحساب الهيدروليكي لأنابيب السقاية المغلقة المثقبة وفق المعادلات التالية وباستخدام الخطوط البيانية المساعدة (الثانوية):

$$Q_{cal} = l_p q_m / b \qquad (2\text{-}24)$$

حيث: $Q_{cal}; [l/\sec]$ – التدفق الحسابي في بداية أنبوب السقاية.

$l_p; [m]$ – طول أنبوب السقاية.

$q_m; [l/\sec]$ – القيمة الوسطية لتدفق مياه السقاية المنقولة إلى الثلم.

$b; [m]$ – العرض بين الخطوط الزراعية.

قطر أنبوب السقاية: $[m]$ في بداية القطاع:

$$d_{pi} = 1.13\sqrt{Q_{cal}/V_{adm}} \qquad (2\text{-}25)$$

حيث: $V_{adm}; [m/\sec]$ – السرعة العظمى المسموح بها في الأنبوب (لا تتجاوز: $2.5-3[m/\sec]$).

قطر ثقوب السقاية $[m]$:

$$d_{ori} = \sqrt{Q_{cal}/3.48\mu\sqrt{H_{pz}}} \qquad (2\text{-}26)$$

حيث: μ – ثابت تدفق المياه من الثقب عند وجود سرعة طوابة:

$\mu = 0.95$ – من أجل أنابيب الأسبستوس (الخزف) الإسمنتي. $\mu = 0.98$ – من أجل أنابيب بلاستيكية. H_{pz}:[m] – الضغط البيزومتري المؤثر.

$$\mu = 2.1\mu_e / 2.1Fr \qquad (2\text{-}27)$$

حيث: μ_e – ثابت التدفق من الثقب عند انعدام السرعة الطولية (من أجل أنابيب الأسبستوس (الخزف) الإسمنتي تستخدم قيمة: $\mu_e = 0.95$). Fr – عدد فرود. H_{pz}:[m] – الضغط البيزومتري المؤثر.

تتشكل عند السقاية باستخدام أنابيب السقاية المغلقة فوق السطح الترابي أقماع اجتراف ترابية على شكل مخروط بقطر يتراوح على السطح: [mm]650 – 200.

أنابيب السقاية تحت سطح التربة يمكن أن تجهّز بفوهات تدفق مياه ذات مواسير قائمة خاصة. من فرع ناقل المياه (تحويل المياه) الذي يمكن أن يخدم القناة الملبسة أو أنبوب نقل المياه، يوضع أنبوب نقل المياه تحت سطح التربة وفق الميل الأكبر، التي عليه عبر مسافات بينية معينة تساوي لعرض المدارج، تثبت فوهات تدفق المياه القائمة. ويثبت صندبور سقاطة (صمام منزلق) للغسل في نهاية أنبوب نقل المياه. تجري المياه إلى فوهات التدفق القائمة عبر ثقوب في أنبوب السقاية التي تحسب مقاساتها.

يمكن استخدام صندبور لخروج المياه ذي ضغط دائم في جودة فوهات التدفق القائمة. عند توضّع المحاصيل على خط واحد في المدرج فإنّ المياه تجري من الصندبور عبر المواسير من جهتي الخط. وعند توضع المحاصيل على خطوط عديدة يمكن توزيع المياه بواسطة خراطيم مرنة غير طويلة ذات ثقوب، وتتصل هذه الخراطيم بفوهات التدفق القائمة.

من أجل سقاية الكرمة والأشجار المثمرة في الأتلام وفي الهضاب والجبال على المواضع ذات الميل: 0.2 – 0.004 يمكن استخدام شبكة ريّ ذاتية الضغط ذات أنابيب توزيع للمياه وأنابيب السقاية تحت سطح التربة، وذات مواسير فوهات تدفق القائمة المتميزة بمخطط طولي للسقاية. تثبت أنابيب توزيع المياه وفق الميل الأعظمي للموضع على عمق: [cm]100 – 80 وتثبت أنابيب السقاية عرضياً على خطوط زراعة الكرمة وعلى طول الطرق البينية على عمق: [cm]60 – 40 من الماسورة الأعلى.

تحدد أقطار أنابيب السقاية المثقبة الواقعة أسفل خطوط الكرمة وفق طول الأنبوب حسابياً. وتثبت فوق ثقوب السقاية مواسير فوهات التدفق القائمة المصنعة من مواسير البولي

إيتلين بقطر: [mm]125 – 100. ويثبت في جزئها العلوي ثقوب خروج المياه. تثبت معدات (منشآت) سحب المياه وشبكات التصفية في بداية أنابيب توزيع المياه. وتثبت صنابير سقاطة للغسل (صمامات منزلقة) على نهايات جميع الأنابيب.

يتم التحكم بتوزيع المياه بوقت واحد حتى: 150 – 100 ثلم بواسطة الصمامات المنزلقة المثبتة في بداية أنبوب توزيع المياه.

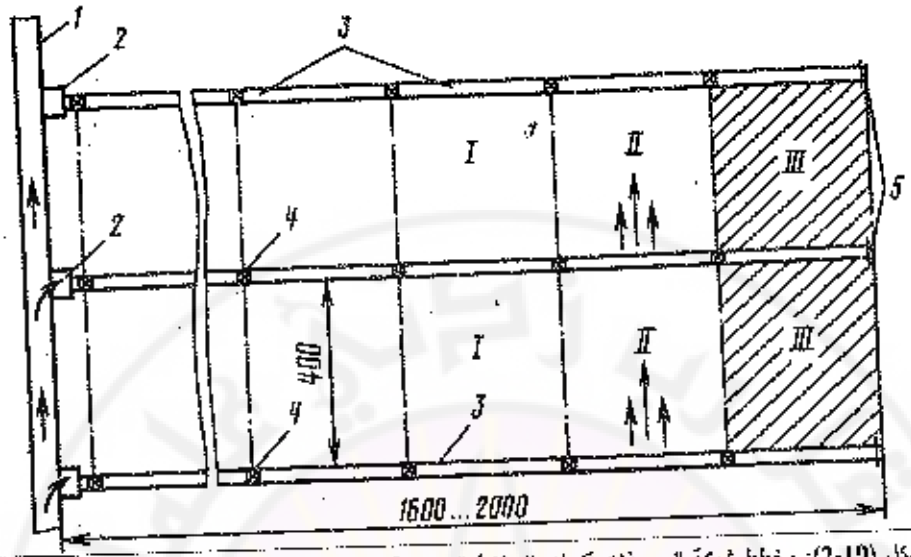
المياه السطحيّة المتسربة من الطبقات (المستويات) العلوية تستخدم من أجل سقاية المساحات المنخفضة. البارامترات التقنية للشبكة المغلقة عند المخطط الطولي للسقاية مبينة كالتالي:

طول أنبوب التوزيع: [m]	500-2500
المسافة بين أنابيب التوزيع: [m]	300-500
مساحة السقاية من أنبوب توزيع وحيد: [hr]	15-125
طول أنبوب السقاية: [m]	150-250
تدفق المياه من فوهة التدفق للثقب (من ثقب خروج المياه): [l / scc]	4
الضغوط الفعلية المثالية في أنابيب السقاية: [m]	1-4
إنتاجية العمل السائي (لمعدات السقاية) في وردية واحدة: [hr]	8-12
ثابت الاستخدام المفيد (المردود)	0.94

بالمقارنة مع شبكة الريّ المؤقتة في القنوات (المجاري) الأرضية فإنّ شبكة الريّ المغلقة تسمح بخفض ضياعات المياه بمقدار: 1.7 – 1.5 مرة، وبزيادة ثابت استخدام الأرض بمقدار: 6% وتزداد إنتاجية المحصول بسبب إمكانية الحفاظ على نظام معين للسقاية.

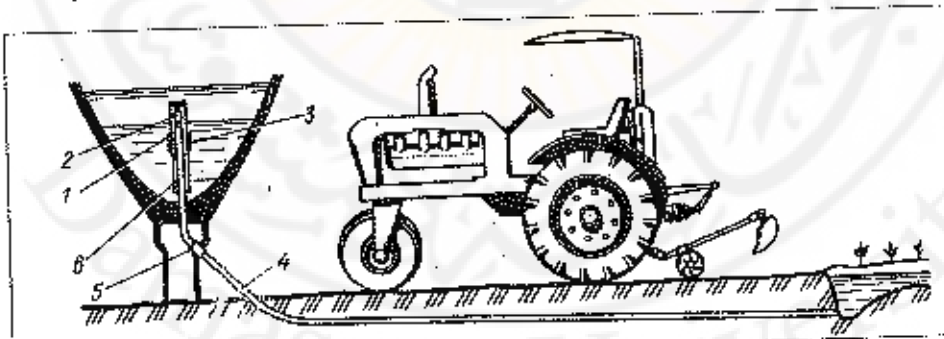
يمكن استخدام قنوات حوضية بتصاميم مختلفة للسقاية من أجل توزيع المياه في شبكة السقاية وفي الشبكات الثابتة للري السطحي. تستخدم القناة الحوضية المؤتمتة ذات التحكم الهيدروميكانيكي وفق برنامج مؤقت للسقاية وفق طول الثلم بتدفّق ثابت (دائم) في التربة متوسطة ومنخفضة النفاذية للمياه.

تتكون القناة الحوضية التي توزّع المياه من جهة واحدة ولها مخطط عرضي للسقاية من قطاعات متجانسة (تستخدم مجموعات حوضية ذات ثقوب في القعر، والخطوة تساوي العرض المستخدم بين الخطوط الزراعية). يبين الشكل (19-2) مخطط شبكة الريّ ذات قنوات سقاية حوضية مؤتمتة.



الشكل (2-19): مخطط شبكة الري ذات قنوات السقاية الحوضية المؤتمتة، 1- قناة توزيع زراعية داخلية، 2- منشأة سحب المياه، 3- قطاعات السقاية الحوضية، 4- غالقات مؤتمتة، 5- مصد نهائي، I- حفر الثلم، II- اتجاه السقاية، III- القطاعات المروية، القياسات بالمتر: [m].

تتدفق المياه من القناة الحوضية إلى الثلم بواسطة فوهات خروج المياه من السيفونات. يربط خرطوم من البولي إيثلين إلى فوهة الخروج، الذي تجري فيه المياه من الخط أسفل الحوض وتجري إلى بداية أثلام السقاية. الشكل (2-20). يتمّ التحكّم بالسقاية بواسطة الغالق الهيدروميكانيكي المؤتمت وبجهاز مؤقت زمني، والذي يؤمّن التغذية بمعدل سقاية معين.



الشكل (2-20): مخطط التغذية بالمياه من القناة الحوضية إلى بداية أثلام السقاية، 1- ، أسورة، 2- جلبة معايرة، 3- فواشة، 4- خرطوم بولي إيثليني، 5- جلبة وصل سقاية، 6- ، س

2-7- تقييم الاستخدام التقني لتقنية السقاية:

يجرى تقييم الاستخدام واختيار تقنية السقاية من أجل قطاعات ريّ معينة وفق العلاقة بالظروف المناخية والترابية الاستصلاحية والجيومورفولوجية والتنظيم الزراعي. إذا تحققت هذه الشروط (الظروف) في عدّة وسائل تقنية وتكنولوجية فإنّ الاختيار النهائي يجرى عند تحليل مجموعة العوامل المتعددة لفعالية النماذج الممكنة (المحتملة) بمثالية وفق الضياعات المحوّلة أو وفق الربح (الجدوى) الناتجة في القطاعات النموذجية لشبكة الريّ. مثل هذا التحليل يتحقّق باستخدام البرمجة والحاسوب وتحقيق البرنامج المطابق.

2-8- شبكات الريّ بالغمر (ري الرز):

تتوضع شبكات ريّ الرزّ في المناطق ذات الظروف المناخية الملائمة وذات المصادر المائية الكافية، ويبلغ الميل الأعظمي لسطح الأرض حتى: 0.005، وفي الأساس في الأراضي ذات الظروف الترابية الاستصلاحية غير الملائمة لزراعة محاصيل أخرى.

يزرع الرزّ في الدورة الزراعية مع محاصيل زراعية أخرى مرافقة. عدد الحقول: 3-8، والتي تشمل الرزّ بنسبة: 75% – 50 من الدورة الزراعية الرزيّة. تكوين محاصيل الدورات الزراعية ومخططاتها المتناوبة (المتتالية) تستخدم وفقا لاقتراحات منظمة البحوث العلمية من أجل ظروف طبيعية اقتصادية معينة، ومساحة الحقل: $[hr]150 - 50$.

تعتبر خارطة السقاية للرز العنصر الأول للدورة الزراعية للرز، التي تحدد وفقا لمحيط قنوات الري والصرف، والأمشاط الترابية والطرق. طول الخارطة: $[m]1200 - 400$ ، العرض: $[m]360 - 140$ (من مضاعفات: $[m]20$). تُقسّم (تُخطط) الخارطة بالأمشاط الترابية العرضية في المستنقع بمساحة، كقاعدة لا تقل عن: $[hr]3$.

من أجل النمو الطبيعي للرز يجب ترطيب التربة عند بدء النمو (في مرحلة الإنتاش والنمو الأولي)، وأيضاً تنظيم طبقة المياه في المستنقع في المجال: $[cm]15 - 10$ في المراحل التالية للنمو.

عند بذر الرز من الطائرات يجرى الغمر الأولي لخرائط السقاية الرزية قبل: 3-4 أيام من بدء البذر، أما في التربة الجافه يجب أن يجرى الغمر الأولي بما لا يتجاوز ثلاثة أيام بعد البذر. وتُدخل الدورة المائية بين قنوات الري الخارطية.

عند ذلك بداخل الخارطة، يجب أن لا تكون المدّة الزمنية للغمر الأولي أكثر من يوم واحد. هيدرومودول مستنقع الرز: $[l/\sec.hr]$ يُحدّد وفقا للفترة الحسابية لتغير طبقة المياه في المستنقع من المعادلة التالية:

$$q = m/(86.4\tau) \qquad (2\text{-}28)$$

حيث: $m;[m^3/hr]$ معدل السقاية خلال الفترة الحسابية.

$\tau;[dy]$ – مدة الفترة الحسابية تقدر باليوم.

تروى المحاصيل الحقلية المرافقة للرز في أثلام غير منحدرة أو عند الري بالرذاذ من قنوات الري المؤقتة، والمحفورة خلال فترة السقاية داخل المستنقعات، أمّا محاصيل البذر المستمر فتروى بالرذاذ، وتروى بالغمر لزمن قصير أو في الخطوط. عند الريّ بالغمر للتخلص من تشكّل حفر مائية للنباتات فإنّ المستنقعات يمكن تقسيمها إلى أمشاط ترابية مؤقتة أكثر نعومة، المغمورة والمجففة بالتسلسل. عند الحدود الساحلية (البحرية) لا تروى المحاصيل الحقلية المرافقة للرز.

يجب أن يدرس تصميم الشبكة الرزية مسبقاً إمكانية الاستخدام المتكرر لمياه الصرف – الدريناج. يفضل إنشاء قنوات الري والصرف الخارطية بحيث تكون ذات تحكم من جهتي القناة، وهذا يعني خلال الغمر الأولي، ويجب عليها تأمين الغمر للمستنقع الأكثر ارتفاعاً بطبقة مياه: $[15-10][cm]$، وأمّا في فترة الحفاظ على منسوب المياه في المستنقع فيجب تأمين الغمر للمستنقع حتى: $[25.$ الانخفاض في منسوب المياه الأصغري عند مخارج المياه: $[15][cm]$. تنشأ قنوات الري الخارطية كقاعدة بسدود ترابية أفقية.

يجب أن لا يقل منسوب المياه في قناة الصرف الخارطية عند الصرف المؤقت بتدفق أعظمي عن: $[0.5][m]$ أسفل سطح المستنقع الأكثر انخفاضاً. عمق قنوات الصرف الخارطية كقاعدة عند الدريناج النظامي المغلق: $[1.5-1][m]$، أمّا عند عمل قنوات الصرف كمصرف: $[2.5-2][m]$.

تُخطّط سطوح المستنقعات أسفل المستوى الأفقي ويُقسّم المخطط إلى: 1- مخطط إنشائي والمنجز خلال عملية الإنشاء أو خلال عملية التصميم للشبكة الرزية. 2- مخطط الكلفة المنجز خلال عملية كلفة الصيانة عندما يكون الفرق الأعظمي لإشارات سطوح المستنقعات أكثر من: $[20.3][cm]$ – المخطط الاستثماري المنجز للمزروعات مرة واحدة في 1-3 أعوام خلال الفترة البينية للنمو.

يدرس مسبقاً استصلاح الحقل من أجل إمكانية إجراء مخطط التكلفة والصيانة للشبكة في تكوين الدورة الزراعية الرزيّة، والذي يمكن استخدامه لزراعة محاصيل سريعة النمو.

يجب إجراء المخطط الإنشائي لسطح حقل الرز بأقل ضرر أو تشوه للطبقة الخصبة. وعندما تكون قدرة الطبقة الترابية ضعيفة الخصوبة وعند أعماق الحفر الكبيرة لابدّ من استخدام أساليب خاصة لأعمال التخطيط، التي تؤمّن الحفاظ على الطبقة العلوية للتربة، أو إجراءات الاستصلاح لترميم مخطط الضرر بخصوبة الطبقة الترابية.

عند الاقتطاعات غير المسموح بها لطبقة التربة الخصبة فإنّ الطبقة النباتية من مواضع الاقتطاعات الكبيرة والردميات (وأحياناً من كامل المستقع) ومبدئياً تنزع وبعد التخطيط تعاد بالعكس (التخطيط المنزلق وغيرها من أشكال التخطيط).

عند الاستصلاح أسفل مزروعات الرز في الأراضي ذات القدرة النباتية حتى: $0.5[m]$ يجرى تعدين النباتات من أجل تشكيل طبقة محروثة، والتي تلبي المتطلبات التقنية الزراعية والبيولوجية.

عند التربة المتأثرة بالتشوهات الطولية، فإن المخطط ينجز بمرحلتين: 1- في مرحلة الإنشاء، 2- مرحلة بعد الإنشاء، بحيث بعد عام أو عامين تستخدم المساحات أسفل الرز المزروع.

ينجز تصميم المخطط الإنشائي والقنوات الخرائطية في مخططات طبوغرافية عادة بمقياس: 1/2000 شبكة المربعات: $20\times20[m]$، التي تُثبت في رؤوسها الإشارات للسطح المعين.

يمكن تحقيق تصميم القنوات الخرائطية والمخطط الإنشائي لسطح خرائط الرز بواسطة الحاسوب باستخدام برامج موضوعة لهذا الهدف.

عند الانتهاء من المخطط الإنشائي فإنّ انحراف نقاط السطح المخططْ عن الإشارات الوسطية للمستقع بعد الترطيب يجب أن لا يتجاوز: $\pm5[cm]$. لرفع جودة التخطيط تتم باستخدام التقنية الليزرية (على سبيل المثال: نظام كالينا -1).

تحدّد جودة التخطيط للمستقع من المعادلة التالية:

$$\Delta=\sqrt{\frac{\sum(h_i-h_m)^2}{n-1}} \qquad (2\text{-}29)$$

حيث: h_i;$[cm]$ – الإشارة المساحية لـ: i مربع.

h_m;$[cm]$ – الإشارة الوسطية لسطح المستنقع.

n – عدد المربعات المرطبة.

Δ – يجب أن لا تتجاوز: $[2.5cm]$، والفرق الأعظمي للإشارات في المستنقع يجب أن لا يتجاوز: $6[cm]$ (بنسبة: 10% من المساحة – $10[cm]$).

يُدرس مسبقاً في كل مستنقع المرور على الطرق بعرض لا يقل عن: $8[m]$ وبميل لا يتجاوز: 20% أي بميل: 0.02.

الأمشاط الترابية المستنقعية كقاعدة تكون دائماً من النوع المسدود، وتصميمها ومقاساتها تُحدد بالتطابق مع الجدول (19-2).

الجدول (19-2): العرض المعياري العلوي للأمشاط الترابية المستنقعية المسدودة وفق العلاقة بنوعها.

نوع المشط الترابي	شروط الاستخدام	العرض من الأعلى: $[m]$
I	بين المستنقعات المتجاورة عند عمق قناة المستنقعية أقل من: $0.5[m]$	0.4
II	بين المستنقعات المتجاورة عند عمق قناة المستنقعية أقل من: $0.5[m]-0.8[m]$ ومن جهة واحدة للمشط الترابي متوضعة قناة الري – الصرف لخارطة المستنقع	1
III	بين الخرائط المتجاورة ومن جهتين للمشط الترابي متوضعة قناة الري – الصرف	3

الفرق بين الإشارات السطحية للمستنقعات المتجاورة – المدارج – يجب أن لا تتجاوز: $0.25-0.3[m]$، أمّا الفرق الأعظمي للإشارات السطحية للمستنقعات في الخارطة فيجب أن لا يتجاوز: $1[m]$.

من أجل تحسين شروط الإنشاء والصرف لطبقة المياه وفق محيط المستنقع تحفر قنوات مستنقعيّة ذات مقطع على شكل شبه منحرف (عرض القعر: $0.35[m]$، العمق: $0.5[m]$) أو قناة مقطعها مثلثي (العمق: $0.3[m]$) وذات نفس الميل.

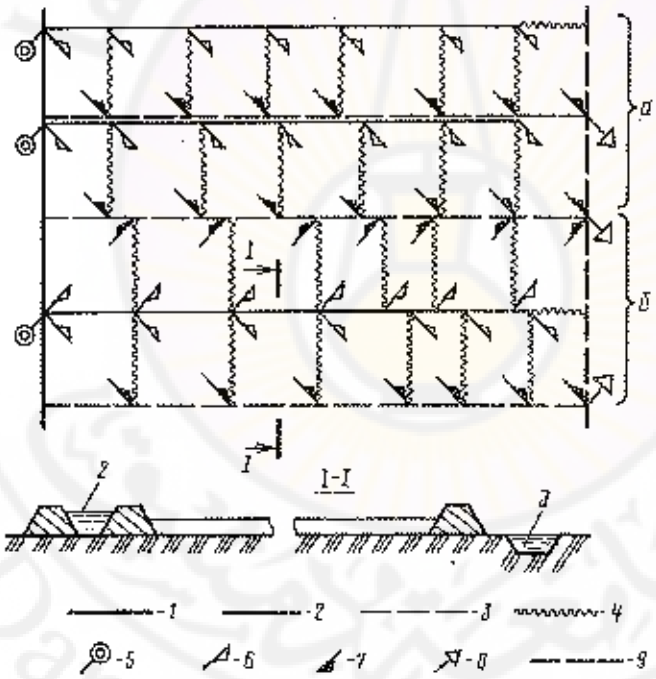
يتمّ التحكم بالنظام المائي في مستنقع الرزّ بواسطة قنوات أي فتحات خروج المياه المستنقعيّة، والتي كقاعدة توضع في الوضعية المقابلة لزواياه.

تقسم القنوات (الفتحات) المستنقعية إلى فتحات من قناة الريّ إلى المستنقع، ومن المستنقع إلى قناة الصرف، ومن قناة الري – الصرف إلى المستنقع. الفتحات المستنقعية تستخدم وفق تصميم نوعي مؤثر أو وفق تصميم متكرر الاستخدام.

في شبكات ريّ الرزّ يجب تأمين إمكانية الأتمتة لجميع العمليات التكنولوجية للحفاظ على منسوب المياه المطلوب في المستنقعات ولتوزيع المياه بالاستعمال الأعظمي للأتمتة الهيدروليكية.

يجب تأمين التحكم بمنسوب المياه عند التنظيم المتسلسل وفقاً للحوض السفلي، بما في ذلك الهبوط في فتحات الصرف من قناة الري إلى المستنقع ولا يقل عن: $25[cm]$.

يجب أن يُؤمّن تصميم قنوات (فتحات) صرف المياه المستنقعية المؤتمتة دقة تنظيم منسوب المياه في المستنقعات: $\pm 2[cm]$.



الشكل (2-21): مخطط خارطة كراسنادار: 1– قناة توزيع قطاعية، 2و3– قناة ري وقناة صرف، 4– مشط ترابي، 5و6– فتحات خروج المياه من قناة التوزيع إلى قناة الري ومن قناة الري إلى المستنقع، 7و8– فتحات خروج المياه من المستنقع إلى قناة الصرف ومن قناة الصرف إلى مجرى عام لتجميع المياه، 9– مجرى تجميع المياه، a وb–التحكم من جهة واحدة والتحكم من جهتين.

في شبكات ريّ الرزّ عند الضرورة ينشأ الـدرينـاج الأفقـي المغلـق والمكشـوف والمركب، والخندقي، أمّا في الأراضي المرويّة فيجرى الصرف بالخنادق، وبالتفكيك العميق، وبالشقوق، وبالتمشيط.

ينشأ الدرينـاج المغلق بين المستنقعات المتقاطعة بعمق حتى: $0.8[m]$ في الأراضـي الملحية بين المستنقعات وبانخفاض لمنسوب المياه لأكثر من: $30[cm]$، وهو يستخدم من أجل سحب المياه المعدنية، ولا يسمح بارتفاع الأملاح إلى الخط الـذي بعـرض: $15-20[cm]$، المجاور لأسفل المستنقع.

يستخدم الدرينـاج النظامي المغلق بشكل نهائي لخرائط الرزّ لتأمين نظام الغسل فـي فترة نمو الرزّ وللحفاظ على منسوب المياه الجوفية في المستنقعات، وانطلاقاً مـن متطلبـات المحاصيل المرافقة وإجراء أعمال الحراثة وجني المحصول في الفترة الواقعة خارج فترة نمو المحصول.

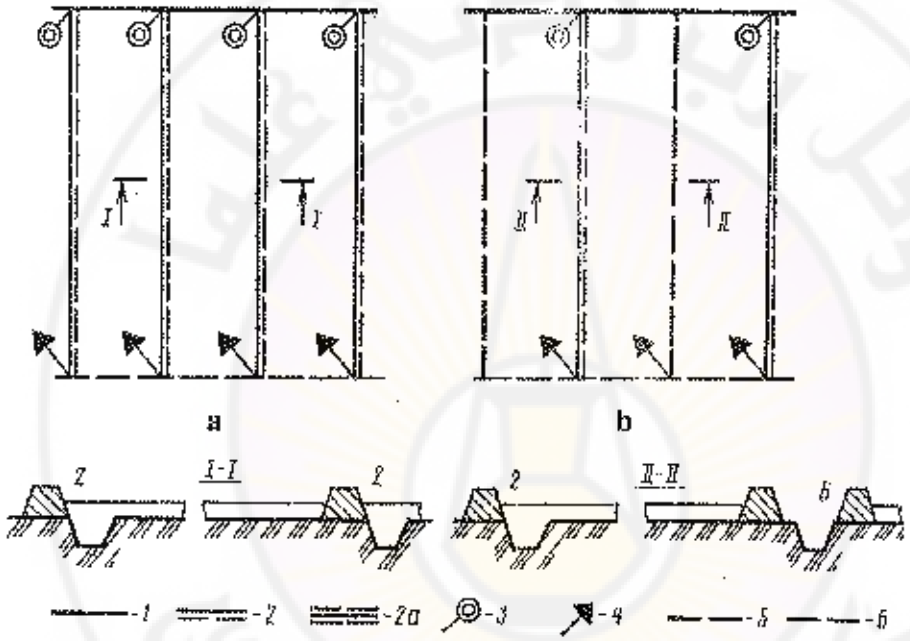
تُصمم شبكات ريّ الرزّ بالتطابق مع أنظمة ريّ الرزّ ومعدلات التصـميم. الأنـواع المتطورة لمجموعة الخرائط الرزية: خارطة كراسنادر، وخارطة المسـتنقعات، والخارطـة الكوبية.

خارطة كراسنادار: الشكل (21-2): عبارة عن قطاعات مستطيلة، في إحدى الجهات الطويلـة التي (عند التحكم بها من جهة واحدة) تكون متوضعة قناة ري خارطية، ومن الجهة الأخـرى تكون متوضعة قناة صرف خارطية. تقسم الأمشاط الترابية العرضية الخارطة إلى مستنقعات، والتي تحوي أو تشمل فتحات خروج المياه من قناة الريّ الخارطية إلى المسـتنقع وفتحـات خروج المياه من المستنقع إلى قناة الصرف الخارطية. تستخدم قناة الصرف الخارطية من أجل إخراج المياه السطحية من الخارطة، أمّا في الأراضي الملحية فتنجز المصـارف الوظيفيـة. المستنقعات كقاعدة ذات (الآبار الشاقولية – الاتجاه العرضي لخارطة قناة الري نسـبة لقنـاة الصرف. مساحة الخارطة: $10-30[hr]$، الطول حتى: $120[m]$، العرض: $150-250[m]$. مساحة المستنقع: $1-4[hr]$.

السلبيات الأساسية لخارطة كراسنادار: الجهد الكبير المبذول وصعوبة توزيع المياه والحفـاظ على عمق الغمر المثالي في المستنقعات. الأمشاط العرضية تخفـض إنتاجيـة عمـل الآلات وتسيء لجودة العمل. يحدث تجفيف الخارطة بصورة غير منتظمة. صعوبة تنقل الآلات مـن مستنقع لأخر.

خارطة المستنقعات: الشكل(22-2)الخارطة الرزية ذات الجبهةالعريضـة للإملاءوالمصـرف. كامل الخارطة عبارة عن مستنقع كبير،مخطط تحت إشارة واحدة. تستخدم خارطة المستنقعات

عند التضاريس المستوية بدون ميل. مساحة خارطة المستنقعات: [hr]12 – 8، الطول: [m]600 – 500، الطول الأعظمي: [m]1000. على طول الخارطة تحفر قناة وحيدة التي تعتبر قناة الري – الصرف. يحدث غمر خارطة المستنقعات بسرعة وبسهولة من قناة الري – الصرف. أبسط ممّا في الخارطة العادية ويتحقق صرف المياه من المستنقع، لأنّ المياه تجري على كامل جبهة طول الخارطة إلى قناة الصرف – الري. هذا يشكل ظروفاً ملائمة من أجل إنجاز الأعمال الزراعية بنفس الوقت وبجودة عالية.



الشكل (22-2): مخطط خارطة المستنقعات: a– بدون درينـاج (صرف)، b– مع درينـاج، 1– قناة توزيع قطاعية، 2– قناة الري – الصرف، 2a– قناة الري – الصرف ذات التحكم من جهتين، 4– فتحات خروج المياه من قناة الري – الصرف (مصرف) إلى مجرى تجميع المياه، 5– مجرى تجميع المياه، 6– قناة صرف مكشوفة.

يمكن أن تكون قناة الري – الصرف بتحكم من جهة واحدة ومن جهتين. عند التحكم من جهة واحدة فإنّ أحد أقطاب قناة الري – الصرف تغمر بالمياه. في بداية ونهاية قناة الري – الصرف تنشأ منشآت مائية لدخول ولصرف المياه.

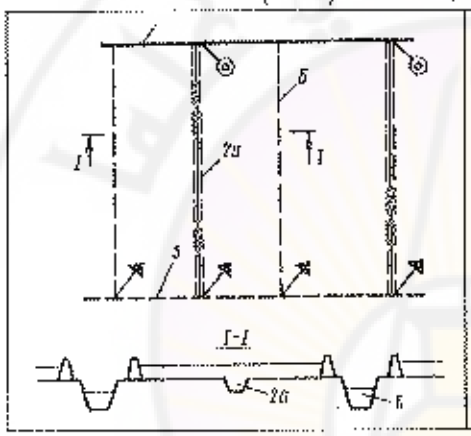
عدد منشآت المعايرة في خارطة المستنقعات بمرتين أو ثلاثة أقلّ مما في الخرائط العادية، ممّا يسهل الأتمتة. إنشاء قناة الري الصرف أبسط من قناة الري في الردم.

سلبيات خارطة المستنقعات: انعدام الصرف في فترة نمو الرزّ، مما يسوّثر على إنتاجيته، وأيضاً على إنتاجية المحاصيل المرافقة.

يلاحظ عند صرف المياه من خارطة المستنقعات وانخفاض منسوب المياه في قناة الري – الصرف الخارطية إلى أدنى من سطح خارطة المستنقعات أحياناً اجتراف بفعل المياه وتسييخ لسطح الطبقة العلوية للتربة وبحدث تشوّه لسطح خارطة المستنقعات.

تتطلب المساحة الكبيرة لخارطة المستنقعات حفراً عميقاً وردماً مرتفعاً، ممّا يؤدي ليس فقط لتخطيط حجم كبير من الأعمال، وإنّما يصعّب إجراؤها.

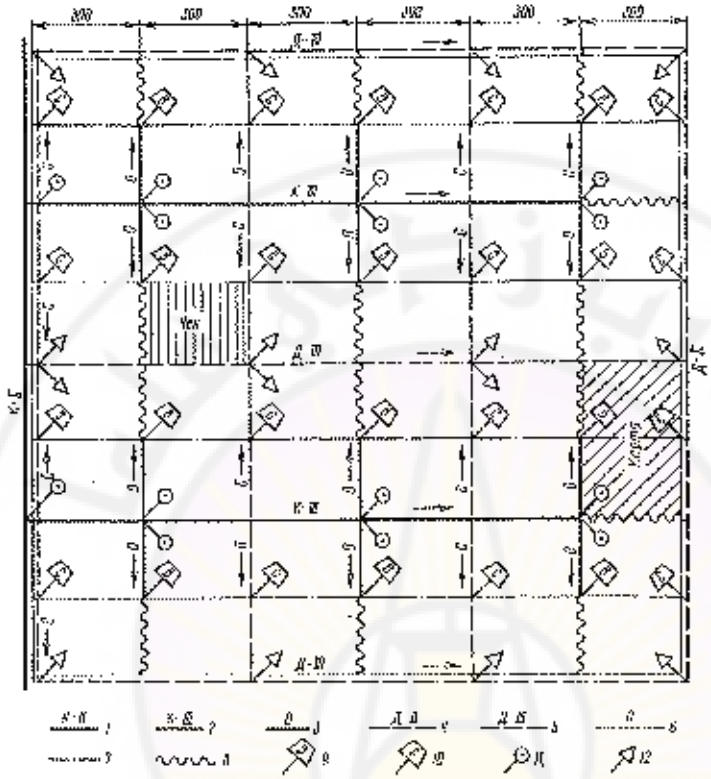
كمثال على الأراضي المالحة وضعت خارطة المستنقعات ذات قناة الري – الصرف والتأثير من جهتين وقنوات الصرف المكشوفة، الشكل (23-2).



الشكل (23-2): مخطط خارطة المستنقعات ذات قناة الري – الصرف والتأثير من جهتين وقنوات الصرف المكشوفة، الرموز الشرطية مبينة في الشكل (22-2)

في الأراضي المالحة، بالإضافة إلى قناة الري – الصرف تنشأ قنوات صرف خارطية مكشوفة أو مغلقة. عندما تكون المسافة بين قنوات الصرف: $[m]400$ تنشأ قنوات ريّ – صرف مزدوجة، أمّا عندما تكون المسافة حوالي: $[m]200$ فتنشأ قنوات الري – الصرف ذات التحكم من جهتين أنظر الشكل (23-2). المحاصيل المرافقة يمكن سقايتها بالانسياب أو بالرذاذ. في الأراضي المالحة يتحدّد عرض خارطة المستنقعات بالمسافة بين قنوات الصرف،أمّا عند استخدام آلات التتريرفيستخدم عرض خارطةالمستنقعات مساويا لضعف العرض العامل للآلة. **الخارطة الكوبية:** الشكل (24-2) شبكة ريّ الرزّ الكوبية تتكون من نماذج تصميمية، والتي كلّ منهما يخدم دورةزراعية حقلية،حيث تجري دورةكاملةلزراعةالرز أوالمحاصيل الزراعية المرافقةله فسي الدورةالزراعية.تتكوّن الدورةالزراعيةالحقليةمن ثلاثةخلايا، ومصارف كونتورية(تحت سطح التربة)،وقنوات الصرف الخارطيةومجاري تجميع المياه.كلّ خلية تملك قطاعين

للسقاية، والتي هي عبارة عن مساحات جزئية عنصرية -- (خلية الصرف). من كـل ستة قطاعات سقاية للدورة الحقلية تحوي أربعة مستنقعات.



الشكل (2-24): مخطط نظام ري الرز الكوبي: قناة توزيع من النظام الثاني II، 2- قناة توزيع من النظام الثلاثي III، 3- قناة ري خارطية، 4- مجرى تجميع مياه من النظام الثاني II، 5- مجرى تجميع مياه من النظام الثلاثي III، 6- قناة صرف خارطية، 7- طريق، 8- أمشاط ترابية بين المستنقعات، 9- المركز الرئيسي لخروج المياه إلى المستنقعات وإلى نهاية قناة الري الخارطية، 10- المركز الرئيسي لخروج المياه من المستنقعات إلى قنوات الصرف الخارطية وإلى مجاري تجميع المياه، 11- فتحة تفريغ المياه إلى بداية قناة التوزيع من النظام II وإلى قناة الري الخارطية، 12- فتحة تفريغ المياه إلى نهاية مجرى تجميع المياه وإلى قناة الصرف الخارطية.

توضع قناة التوزيع القطاعية وفقاً لمحور الحقل كقاعدة عمودياً على قناة نقل المياه. تتوزع مجاري تجميع المياه القطاعية من جهتي الحقل بصورة موازية لقناة التوزيع،وأما من الجهة الثالثةللحقل يوضع مجرى تجميع المياه بصورةموازية لقناة توزيع المياه.في وسط قطاع السقايةوحتى منتصف طوله تنشأ قناتيّ بالردم،التي منها تنقل المياه إلى المستنقع. وفقاً لحدود

قطاعات السقاية بين قناة التوزيع القطاعية والطريق توضع قنوات الدريناج، التي فيما بعد تعتبر قنوات الدريناج – الصرف، التي تمر بين الطريق ومجرى تجميع المياه القطاعي.

الطريق الاستثمارية تحاذي قنوات نقل المياه ذات الجوانب الترابية (باستثناء قنوات الريّ)، أمّا الطرق الزراعية فتوضع وفقاً لخط تقسيم المستنقعات وعلى طول قناة التوزيع ومجرى تجميع المياه. تجهّز القنوات والطرق بمنشآت هيدروتقنية مجمعة. توحّد المنشآت المستنقعية مع المركز الرئيسي.

تنشأ وفقاً لمحيط المستنقعات الأمشاط الترابية المستنقعية بارتفاع: $0.3-0.4[m]$. وفقاً للميل الموضعي العام الأكبر من: 0.0015 فإنّ قطاعات السقاية تصمّم بحيث تكون الجهة الطولية متعامدة مع الميل (أو بزاوية نسبة له). وعند الميل الصغير – يكون موازياً.

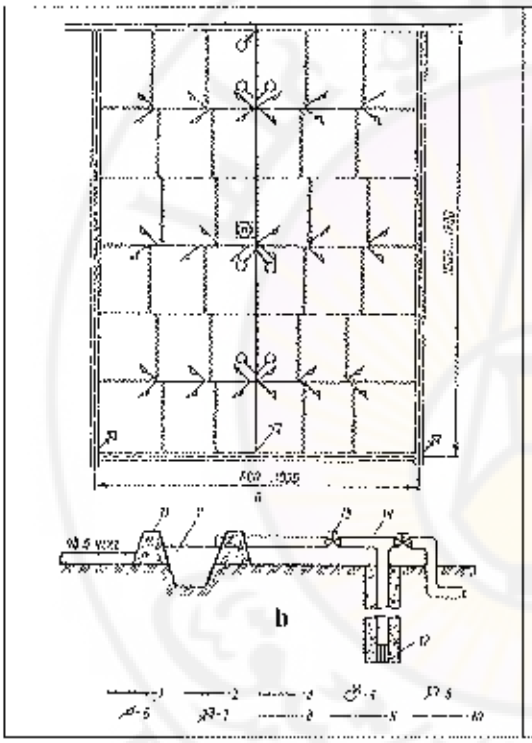
عناصر الشبكة الزراعية الداخلية في تصميم النظام الرزي الكوبي بالكامل نظامية أي استندر بشكل نهائي لحدود الحقل للدورة الزراعية. مساحة المستنقع: $(200\times300)[m]$؛ $6[hr]$، قنوات الري والصرف الخارطية – ذات تحكم من جهتين. مساحة قطاع السقاية: $24[hr]$، المودول من ستة قطاعات للسقاية يشكا مساحة كلية: $144[hr]$ هو عبارة عن حقل الدورة الزراعية. يعطى الانتباه في الاستثمار لتخطيط الأرض، والحساب، وتوزيع المياه، وأيضاً لتنظيم وإنتاجية العمل لصيانة الشبكة والمنشآت المائية عليها، وتخطيط المستنقعات.

بهدف توحيد مخططات التخطيط للشبكة الزراعية الداخلية في جودة تصميم المودول تستخدم ثلاثة أنواع للدورة الزراعية: 1- المربعة: $1200\times1200[m]$ (المساحة: $144[hr]$)، 2- المستطيلة: $800\times1800[m]$ و: $600\times1200[m]$، (المساحة بالتطابق: $144[hr]$ و: $72[hr]$). 3- تستخدم مقاسات المستنقع الكوبي للنظام الرزي: $200\times300[m]$ و: $120\times300[m]$. عدد الأنواع القياسية للمنشآت الهيدروتقنية بالمقارنة مع الخارطة الكراسنادارية يختصر من: 47 إلى 9.

المنشآت المستنقعية(فتحات خروج المياه من قنوات الري إلى المستنقع وفتحات خروج المياه من المستنقع إلى قنوات الصرف)بقدرة تدفق مسموح بها: $100-120[l/sec]$ تؤدي لمطابقة المشروع المصمّم (المنشآة الهيدروتقنية من البيتون المسلح موحدة القياسات من أجل استخدامها المتكرر في مشاريع أنظمة الري. المنشآت المستنقعية في الأنظمة الرزيّة). منشآت الصرف المستنقعية وفتحات خروج المياه إلى المستنقعات الرزيّة من قناة الصرف إلى المستنقع.

شبكات الري الرزيّة ذات آبار الدريناج الشاقولي: تملك بدلاً من المصارف الخارطية المكشوفة في وسط الحقل للدورة الزراعية بئراً للصرف (للدريناج) الشاقولي، الشكل (25-2).

تشمل الشبكة على قنوات لنقل المياه، وقناة توزيع المياه الزراعية داخلية، وقناة توزيع حقلية، وقنوات ري خارطية ومنشآت هيدروتقنية من أجل معايرة التدفقات ومنسوب المياه. من أجل نقل المياه من بئر الدريناج الشاقولي ينشأ مصرف نهائي إلى مجرى تجميع المياه. على طول قناة التوزيع، ومجاري تجميع المياه وخارطة الرز من الجهة المقابلة لقناة الري الخارطية توضع الطرق المشكلة من سدود ترابية.

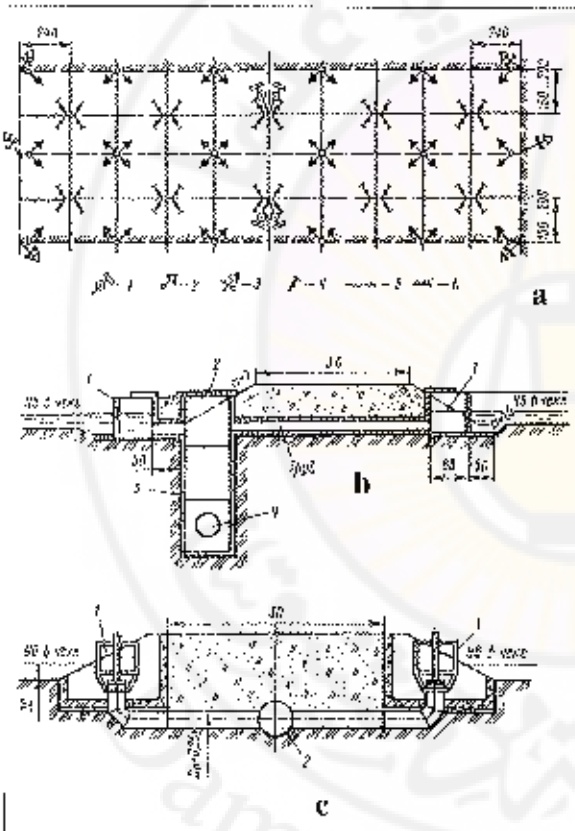


الشكل (25-2): مخطط شبكة الرز ذات الصرف الشاقولي، a- حقل أو لرض الدورة الزراعية، b- ناقل المياه من بئر الدريناج الشاقولي، 1- قناة توزيع زراعية، 2- قناة توزيع حقلية، 3- قناة ري خارطية، 4 و5 و6 و7- منشأة هيدروتقنية من أجل معايرة التدفقات ومستوى المياه، 8- الصرف النهائي إلى قناة الري، 9- مجرى تجميع المياه، 10- طريق، 11- أمشاط ترابية مستنفعية، 12- المصرف الشاقولي، 13- صنبور سفاطة (سكر)، 14- أنبوب نقل المياه، المقاسات بالمتر: $[m]$.

عمق البئر: $[m]50$. يجهّز البئر بمضخات دوارة. الدريناج الشاقولي، الذي ينجز الدور الأولي للصرف، ويشكل المصرف المطلوب للرواسب، ويؤمن توزعاً ثابتاً لمياه التربة والمياه الجوفية، بتخفيض منسوبها إلى العمق المطلوب. الشبكة لا تتطلب تشكيل مصارف سطحية وصرف للمياه في مستنقعات الرز. غمر المياه في المستنقعات الرزية، وتفريغها، يتحقق على حساب امتصاص طبقة المياه في التربة عند عمل الآبار.

يختصر استخدام مياه الدرناج للري سحب المياه إلى الشبكة حتى: 20%. يزداد المودول الدريناجي للدرناج الشاقولي: 1.5 مرة بالمقارنة مع قنوات الصرف المكشوفة. يرفع انعدام المصارف الأولية المكشوفة ثابت استخدام الأرض. يقترح النظام عند إعادة تصميم الأنظمة الرزية المؤثرة.

الأنظمة الرزية المغلقة ذات شبكة الري والصرف: أصبحت تستخدم بالربط مع إنشاء الأنظمة الرزية في الأراضي ذات التربة المائعة والخثية، وأيضاً ذات المصادر المائية القليلة وذات الاستخدام الواسع لآلات رفع المياه. بالإضافة للميزات العامة للشبكة المغلقة، وتُبسّط أتمتة التغذية بالمياه.



الشكل (26-2): مخطط نظام الرز المغلق،
a- مخطط حقل (أرض) الرز ذو شبكات الري الخارطية المغلقة والدرناج والصرف، 1- فتحة خروج المياه من أنبوب الضغط إلى أنبوب نقل المياه، 2- فتحة تفريغ المياه من المستنقع إلى قناة الصرف، 3- فتحة خروج المياه من قناة الدرناج الصرف الخارطية إلى مجرى تجميع المياه، 4- فتحة خروج المياه من الأنبوب الخارطي إلى المستنقع، 5- أمشاط ترابية ممتنعية، 6- حدود الحقل، b- فتحة خروج المياه من المستنقع إلى قناة الدرناج الصرف المغلقة، 1- المدخل الرئيسي، 2- غطاء (سدادة): $d = 1240[mm]$، 3- بئر استقبال من البيتون المسلح: $d = 1[m]$، 4- قناة الدرناج الصرف الخارطية من مواسير الأسبستوس الإسمنتي، c- فتحة خروج المياه من قناة الري المغلقة الخارطية إلى المستنقع، 1- منظم مؤتمت لمستوى المياه، 2- أنبوب ري مغلق من مواسير الأسبستوس الإسمنتي، المقاسات بالمتر: $[m]$.

وضع وتحقق تصميم النظام الرزي المغلق (وفق معهد الري واستصلاح الأراضي في موسكو) كما مبين في الشكل (26-2) من أجل ظروف دلتا دونيا. تضخ المياه بواسطة مضخة في أنبوب الضغط لنقل المياه إلى قطاع الدورة الزراعية بمساحة: $[hr]800 - 500$، ثم تجري مباشرة إلى قنوات الري الخارطية من مواسير الأسبستوس الإسمنتي بقطر: $[mm]500 - 300$، ومنها عبر جهاز التحكم المؤتمت الهيدروليكي إلى المستنقعات.

الصرف عبارة عن قناة مكشوفة بعمق: $[m]1 - 0.7$. أسفل الطريق الخارطي، والذي يسير على طول الصرف على عمق: $[m]2.5 - 2$ توضع ماسورة الصرف بقطر: $[mm]250 - 200$. توزع مواسير الري الخارطية ذات التحكم من الجهتين على مسافة: $[m]400 - 300$ عن بعضها البعض، وأيضا مثل هذه المسافة بين المصارف.

طول الخارطة: $[km]1$، طول المستنقع يستخدم ضعف العرض العامل لآلة التذرير ذات الجناحين المعلقين (الكانتصولية)، والمستخدمة من أجل سقاية المحاصيل المرافقة للرز. تستخدم الأمشاط الطولية للمستنقعات للطرق فوق مواسير الري الخارطية وفوق المصرف المغلق على طول الصرف. عرض الطريق: $[m]3$ وثابت استخدام الأرض وثابت المردود المفيد لمثل هذا النظام يزداد حتى: 0.95. والذي منع الانتشار الواسع لشبكة الرز المغلقة هو النقص بالمواسير.

أتمتة ري الرز: هذا يعني أتمتة عمليات توزيع المياه والتحكم بجريانها، وبصورة خاصة النظام الحراري والملحي لأرض الرز ولكامل التوقعات. يمكن معايرة درجات الحرارة والمياه المعدنية في المستنقعات الرزية على حساب الصرف التدريجي بالكامل للمياه من المستنقع، وعلى حساب زيادة ارتفاع الغمر قليلاً وصرف المياه إلى المستنقع.

الحل الأكثر بساطة يمكن أن يكون بالحفظ الدائم المستمر لمنسوب المياه في المستنقعات بواسطة الأجهزة الهيدروليكية المؤتمتة (وفق الحوز السفلي)، المنشآة أو المرافقة لفتحات خروج المياه من أنبوب الري الخارطي إلى المستنقع.

وضعت وجربت العديد من التصاميم لمعايرة منسوب المياه في المستنقعات الرزية، المعاير (المنظم) الهيدروهوائي لمنسوب المياه وغيره.

الفصل الثالث
تخطيط وتصميم شبكات الريّ بالرذاذ (التمطير الاصطناعي)

3-1- عناصر أو أجزاء شبكة السقاية وتكنولوجيا تشكيل سحابة الرذاذ:

تتساقط المياه عند الريّ بالرذاذ على سطح التربة في شكل مطر اصطناعي، متحولة من حالة تدفق المياه إلى حالة ترطيب الهواء والتربة دون تشكل جريانات سطحية على سطح التربة. يتّصف الرذاذ المشكّل بواسطة الآلات ومحطات تشكيل الرذاذ بالشدّة وبقياسات قطر القطرة، وبالكمية المتساقطة خلال دورة سقاية واحدة، وبانتظام توزع الرذاذ المتساقط على الحقل المروي.

شدّة الرذاذ $\rho_i[mm/\min]$ في نقطة ما على سطح التربة نعبر عنها بزيادة كمية الرذاذ $dh[mm]$ خلال الزمن الجزئي $dt_n[\min]$:

$$\rho_i = \frac{dh}{dt_n} \qquad (3\text{-}1)$$

تكون الشدّة في نقاط مختلفة لمحيط الترطيب غير متجانسة، لذلك من أجل تشكيل سحابة رذاذ متميّزة تستخدم الشدّة الفعليّة $\rho_{act}[mm/\min]$، التي منها يؤثّر الرذاذ على التربة والمحاصيل.

يتساقط الرذاذ دورياً في كلّ نقطة على المساحة المروية عند السقاية بواسطة الآلات والأجهزة المتحركة أو الدوارة. في هذه الحالة من أجل مواصفات سحابة الرذاذ تستخدم الشدّة الوسطية للرذاذ $\rho_m[mm/\min]$.

لا تتعلق الشدّة الوسطية للرذاذ بسرعة حركة الآلات والأجهزة الدوارة. فمن أجل آلات الرذاذ العاملة أثناء الحركة، وأن البارامتر الأساسي، والذي يميز تكنولوجيا تشكيل سحابة الرذاذ يعتبر كمية الرذاذ المتساقطة خلال شوط واحد أو خلال دورة واحدة للآلة. الجدول (3-1).

حيث: $Q_M[l/\sec]$ – تدفق الآلة.

$b[m]$ – عرض المساحة العاملة لآلة الرذاذ.

$l[m]$ – طول المساحة العاملة لآلة الرذاذ.

$a[m]$ – طول الحوز المائي (جزء من نهر أو قناة).

$V_m;[m/\min]$ – السرعة الوسطية لحركة الآلة مع الأخذ بالاعتبار التوقفات الزمنية القصيرة.

$R;[m]$ – نصف قطر تأثير الآلة أو الجهاز.

n – عدد دورات الجهاز أو الآلة.

$q_{mz};[l/\sec]$ – تدفق جهاز واحد.

الجدول (3-1): يبين العلاقات الحسابية لتحديد ميزات الرذاذ لأنواع مختلفة من آلات وأجهزة تشكيل الرذاذ.

آلة أو جهاز التذرير	الشدة الفعلية للرذاذ $\rho_{act}[mm/\min]$	الشدة الوسطية للرذاذ $\rho_m[mm/\min]$	كمية الرذاذ خلال شوط واحد أو دورة واحدة للآلة $h;[mm]$
آلات التذرير العاملة أثناء الحركة الجبهية	$\frac{60Q_M}{bl}$	$\frac{60Q_M}{b}$	$\frac{60Q_M}{V_m b}$
آلات التذرير العاملة أثناء الحركة والحركة الدائرية لأجهزة التذرير.	$\frac{60Q_M}{\pi R^2}$	$\frac{60Q_M}{\pi R^2}$	$\frac{60Q_M}{\pi R^2 n}$
آلات التذرير متعددة المساند ذات التأثير الموضعي	$\frac{60Q_M(q_{mz})}{a}$	$\frac{60Q_M}{bl}$	-

تتعلق كمية الرذاذ بسرعة حركة سحابة الرذاذ، وتؤثر على عملية امتصاص المياه في التربة، ويحدد معدل السقاية: $[mm]$ من المعادلة التالية:

$$m = 10hn \qquad (3\text{-}2)$$

حيث: $h;[mm]$ – كمية الرذاذ خلال شوط واحد (دورة واحدة) للسقاية. n – عدد الأشواط (الدورات).

فرضياً المدة الزمنية المثالية لتساقط الرذاذ هي الفترة التي ما قبل تشكّل الجريانات السطحية على سطح التربة. عملياً إلى ما قبل هذه اللحظة تكون سرعة امتصاص المياه في التربة أكبر أو تساوي السرعة الفعلية (من أجل الآلات العاملة أثناء الحركة) أو تساوي الشدة الوسطية للرذاذ.

شدة الرذاذ التي تحقق في شروط معينة غزارة المعدل المطلوب للسقاية دون تشكّل جريانات سطحية تسمّى بالشدة المسموح بها. تحدد هذه الشدة تجريبياً من تكنولوجيا الرذاذ

المختلفة حسب الجدول (2-3). وهي تتعلق بنفاذية التربة للمياه، وبميل سطح الأرض، وبالغطاء النباتي، وبحالة الطبقة السطحية للتربة وبعوامل أخرى كما مبين في الجدول (3-3).

الجدول (3-2): الشدة الوسطية للرذاذ المسموح بها $[mm/\min]$ عند معدلات سقاية $300-500[m^3/hr]$.

نوع التربة	الرذاذ الموضعي	الرذاذ أثناء حركة الآلات والأجهزة
تربة خفيفة	0.8-1	0.3-0.35
تربة وسطية وثقيلة	0.5-0.8	0.22-0.27
تربة طينية	0.4-0.6	0.12-0.2
تربة رملية	0.3-0.5	0.07-0.15

الجدول (3-3): الشدة المسموح بها للرذاذ وفق العلاقة بنوع التربة وبميلها وبوجود المحاصيل وعدم وجودها: $[mm/\min]$.

التربة	الميل							
	$i_p = 0-0.05$		$i_a = 0.05-0.08$		$i_a = 0.08-0.12$		$i_a \rangle 0.12$	
	بوجود محاصيل	لا توجد محاصيل	بوجود محاصيل	لا توجد محاصيل	بوجود محاصيل	لا توجد محاصيل	بوجود محاصيل	لا توجد محاصيل
رملية	0.85	0.85	0.85	0.64	0.64	0.44	0.42	0.21
خفيفة	0.74	0.42	0.53	0.34	0.42	0.25	0.32	0.17
وسطية	0.42	0.21	0.34	0.17	0.25	0.13	0.17	0.09
ثقيلة وطينية	0.09	0.07	0.07	0.04	0.05	0.034	0.04	0.025

يحسب معدل السقاية المسموح به: $[mm]$ دون تشكل جريانات سطحية من العلاقة التجريبية التالية:

$$m_{min} = P / \sqrt{\rho_m} \cdot e^{0.5 d_{dr}} \qquad (3-3)$$

حيث: $P;[mm]$ – ثابت الامتصاص الحر (دون ضغط) للمياه في التربة.

$\rho_m;[mm/\min]$ – شدة الرذاذ الوسطية من أجل الآلات التأثير الموضعي، والشدة الفعلية من أجل الآلات العاملة أثناء الحركة الجدول (4-3).

e – اللوغاريتم الطبيعي الأساسي.

$d_{dr};[mm]$ – القطر الوسطي لقطرة الرذاذ.

الجدول (4-3): مواصفات جودة الرذاذ لآلات ومحطات التذرير.

الثابت	جهاز تذرير موجسمي رادوكا	آلة تذرير متحركة ذات جناحين	آلة تذرير معلقة بالجرار ذات أجهزة بعيدة: 70	آلة تذرير مقطورة بالجرار ذات أجهزة بعيدة: 100	آلة تذرير عاملة موصعة يا فالينكا	أنبوب التذرير العجلي لوكا	آلة التذرير ذاتية الحركة متعددة المساند لوريكات	آلة التذرير الكهربائية متعددة المسات والعرض العامل دزوير	جهاز التذرير العجلي	آلة التذرير منخفضة الضغط الكهربائية كوبان
شدة وسطية للرذاذ: $[mm/\min]$	0.23	0.22	0.4	0.32	0.27	0.16	0.28	0.28	0.31	0.002
قطر وسطي لقطرة الرذاذ: $[mm]$	1	1.6	1.9	1.4	1.5	1.1	0.8	1.2	1.5	0.9

ملاحظة: تتطلب آلة التذرير ذات الجناحين المعلقين قناة مائية بطول: $[m]300$، وتتطلب آلة كوبان قناة مائية بطول: $[m]1000$.

ثابت الامتصاص عددياً يساوي المعدل الكافي عند السقاية بالرذاذ بشدة: $[mm/\min]1$ ويبين الجدول التالي القيم التقريبية لثابت الامتصاص: $P;[mm]$ من أجل أنواع مختلفة للتربة.

نوع التربة	الثابت: $P;[mm]$
تربة طينية وثقيلة	20-30
تربة وسطية	30-60
تربة خفيفة	60-90
تربة رملية	>90

يحدد عدد الأشواط والسرعة المطلوبة لحركة الآلة حسب العلاقة بمعدل السقاية المسموح به. يمكن تحديد المدة الزمنية (الاستمرارية) للرذاذ المستمر: $[\min]$ إلى ما قبل بدء تشكل الجريانات السطحية حسب العلاقة التجريبية التالية:

$$\tau_{pud} = A / \rho_m \gamma_P \qquad (3\text{-}4)$$

حيث: A, γ_P – بارامترات تصف نفاذية التربة للمياه وتحدد بالطرق التجريبية عند التذرير المستمر.

ρ_m;[$mm/\min$] – الشدة الوسطية للرذاذ.

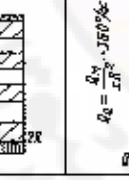
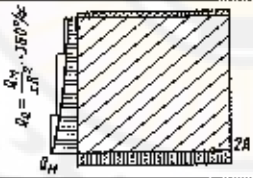
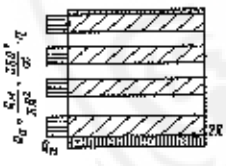
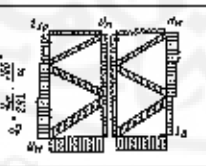
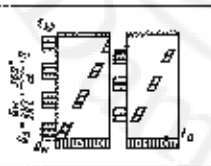
من أجل التربة ضعيفة النفاذية للمياه فإنّ البارامتر A لا يتجاوز: 6 — 5، وفي التربة الخفيفة يصل إلى: 30 – 20. تتراوح قيمة البارامتر γ_n في المجال: 1.7 – 1.3.

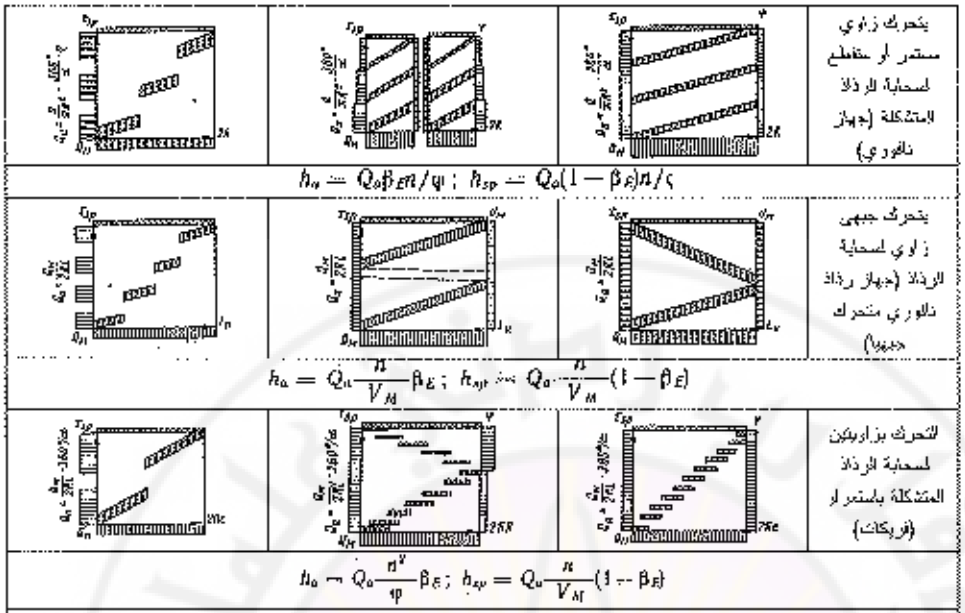
من أجل تقييم جودة الرذاذ، القيمة الهامة هي قطر قطرات الرذاذ المتشكّلة. من أجل المحاصيل الزراعية غالباً ما يناسبها الرذاذ المتشكل بقطر: [mm]0.9 – 0.4. تسبب قطرات الرذاذ التي قطرها أكبر من: [mm]0.9 تلف للمحاصيل وتشوه لبنية التربة. وتسبب في التربة اللامتماسكة انخفاضاً حاداً في سرعة الامتصاص. يحافظ على التربة المرتفعة النفاذية للمياه عند شدّة واحدة ولنفس الشدة لفترة أطول نسبياً عندما تكون قطرات الرذاذ صغيرة.

إحدى أهمّ الميزات الأساسية لجودة الرذاذ هي درجة انتظام توزعه في المساحة المروية. المتطلبات التقنية الزراعية لآلات ومحطات تشكيل الرذاذ درست مسبقاً ثابت السقاية الفعال حيث لا يقل عن: 0.7، هذا يعني أكثر من: 70% من المساحة يجب أن تروى بشدة وسطية: ρ_m ضمن المجالات المسموح بها: أي ليس أقل من: $0.75\rho_m$ وليس أكبر من: $1.25\rho_m$.

تكنولوجيا تشكيل سحابة الرذاذ: تمتاز بنية وشعلة الرذاذ لأجهزة أو فوهات التذرير، وأيضا بتثبيتها على أجهزة توزيع المياه وبپارامترات الحركة وفق المساحة المروية. يبين الجدول (3-5) تكنولوجيا توزيع الرذاذ حسب الزمن وفي الفراغ الذي يظهر تأثير ملحوظاً على جودة السقاية وتأثيره على التربة والمحاصيل.

الجدول (3-5): تكنولوجيا توزيع المياه بالرذاذ حسب الزمن وفي الفراغ.

تكنولوجيا الرذاذ	تدفق المياه من جهاز التذرير		
	دائم	متناوب	دوري
الرذاذ الموسمي باستخدام فوهات مشقوقة أو موجهة بالشدة الفعلية.			
$h_n = Q_n \tau_{SP} \beta_E ; h_{SP} = Q_n \tau_{SP} (1 - \beta_E)$			
مع حركة جبهة لمرة واحدة أو عدة مرات (كوبان)			
$h_n = Q_n \frac{L_n n}{V_H} \beta_E ; h_{SP} = Q_n \frac{L_n n}{V_H} (1 - \beta_E)$			

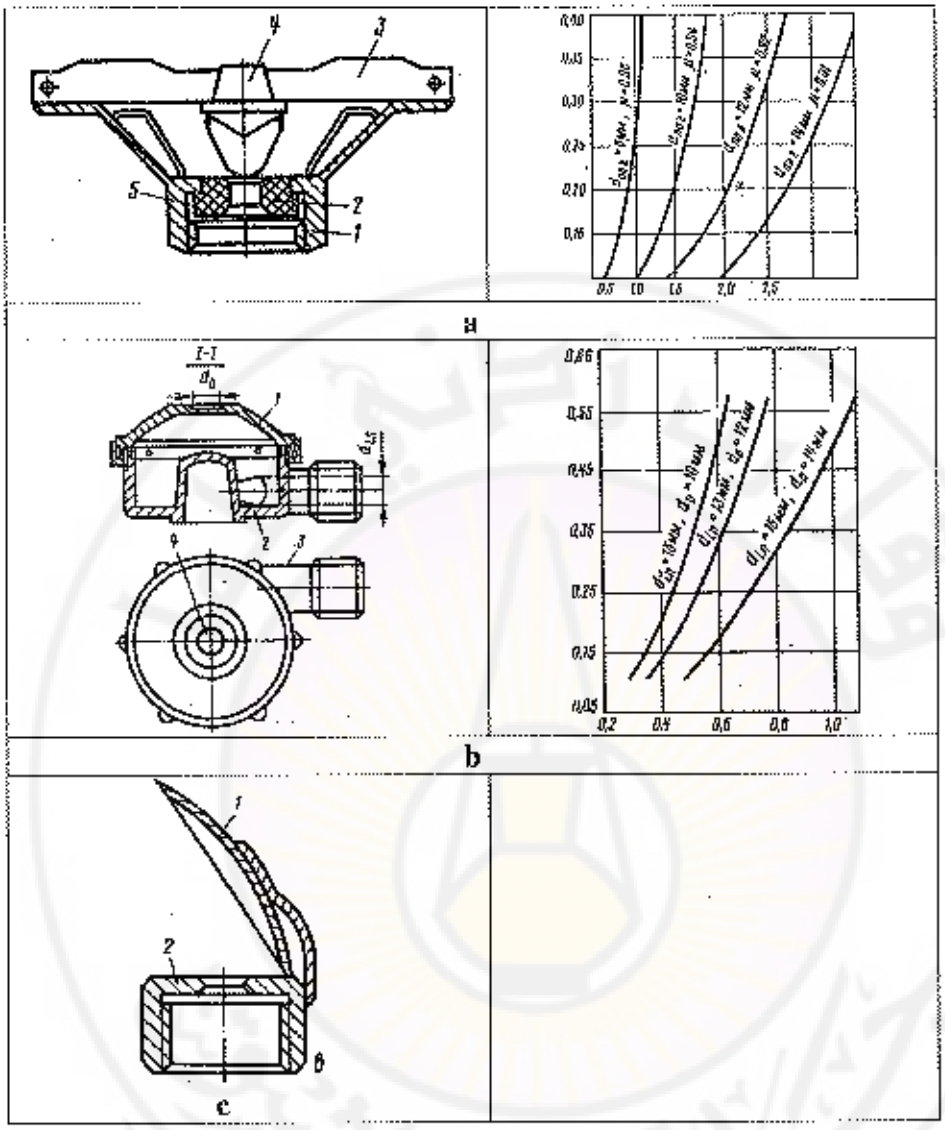


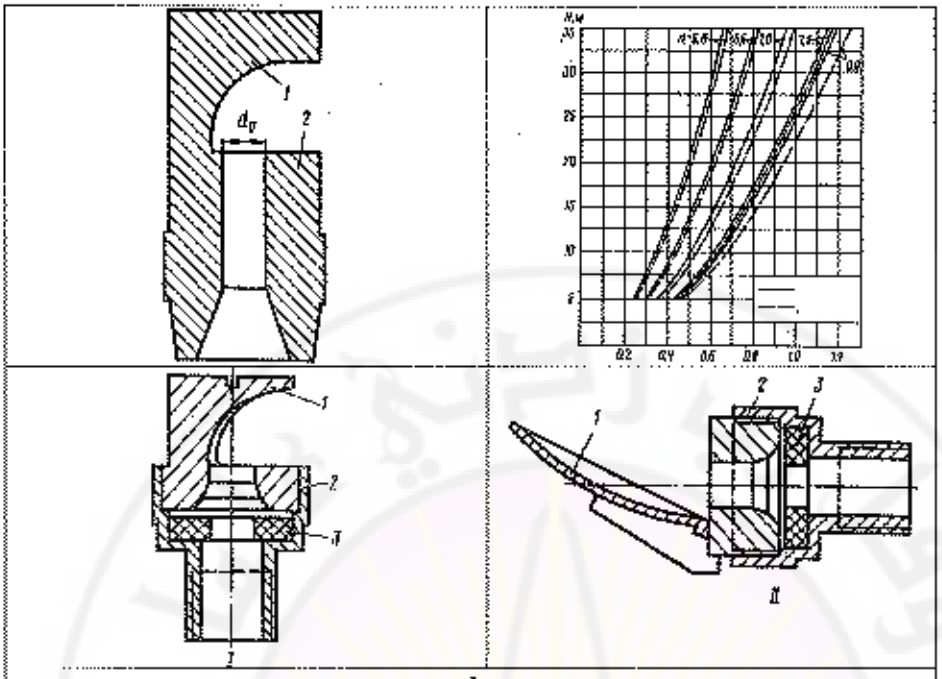
Q_a – شدة غزارة المياه $[m^3/\sec]$، Q_M – تدفق جهاز الرذاذ $[m^3/\sec]$، τ_{sp} – استمرارية السقاية، $[\sec]$؛ h_{sp} ؛ h_a ؛ $[m]$ – كمية الرذاذ التي ترطب التربة والهواء، β_E – التبخر خلال عملية الرذاذ بالنسبة لغزارة المياه، $R;[m]$ – نصف قطر تأثير جهاز أو فوهة الرذاذ، وآلات التأثير الدائري، $La;[m]$ – طول القطاع باتجاه حركة جهاز توزيع الرذاذ، $V_{M\varphi};[m/\sec]$ – السرعة الخطية والزاوية لجهاز توزيع الرذاذ، η – ثابت لا قياسي يأخذ بالاعتبار دورية عمل جهاز توزيع الرذاذ، α – زاوية قطاع فوهة الرذاذ، n – عدد أشواط ودورات جهاز توزيع الرذاذ.

3-2- الوسائل التقنية وتكنولوجيا السقاية:

3-2-1- الأجزاء العاملة لتشكيل الرذاذ (المطر الاصطناعي)، فوهات وأجهزة التذرير:

تستخدم من أجل تشكيل الرذاذ فوهات وأجهزة موجهة عاكسة وتدفقية. تيار المياه في الفوهات الموجهة، والخارج من ثقب الفوهة يكون بسرعة محددة ويصطدم بالموجه (لوح عاكس) أو ينساب عليه، بشكل شريحة مائية رقيقة (فيلم) والتي تتوزع إلى قطرات منفصلة في الهواء. أمّا في الفوهات التدفقية فإنّ تيار المياه الخارج من الفوهة بسرعة كبيرة للجو المحيط يواجه مقاومة الهواء، وتدريجياً يتوزع إلى قطرات. ترفق عادة أنواع الفوهات ومجال استخدامها في جداول خاصة من قبل الشركات الصانعة. وفيما يلي يبين الشكل (3-1) الأشكال العامة للفوهات، ويبين الجدول (3-6) أنواع الفوهات ومعدلاتها الحسابية ومجال استخدامها، ويبين الجدول (3-7) بارامتراتها.


4
3
5
2
1
0,60
0,55
0,50
0,45
0,40
0,35
0,30
0,25
0,20
0,15
0,5
1,0
1,5
2,0
2,5
a
I-I
d_0
1
d_0
2
3
4
0,60
0,55
0,45
0,35
0,25
0,15
0,05
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0
b
1
2
6
c



d

الشكل (1-3): الأشكال العامة للفوهات والصفات التدفق- الضغط لها.

a- فوهة موجهة قصيرة المسافة لتطاير الرذاذ،1- صامولة وصل،2- فوهة متغيرة، 3- قاطع، 4- موجه،5- الهيكل، $P;[MPa.]$ - الضغط عند مدخل الفوهة، $q_{noz};[l/\sec]$ - تدفق الفوهة، $d_{noz};[mm]$ - قطر الفوهة، μ -ثابت الاحتكاك الهيدروليكي. b - فوهة ثابتية (رادوكا): 1- سدادة،2- هيكل، 3- ماسورة، 4- ثقب، $d_{in}, d_o;[mm]$ - قطر الخروج والدخول.c - فوهة ذات موجه مغرفي: 1- موجه، 2- هيكل.d - فوهة موجهة مشقوقة (كوبان وتفاريا): I- هيكل، 2- موجه، $H;[m]$ - الضغط عند مدخل الفوهة.e - فوهة ذات حلقات لتنظيم التدفق (كوبان): 1- موجه، 2- هيكل، 3- حلقة المثبت (المنظم)، I- الرئيسية، II- الجانبية.

تقسم أجهزة التذرير التدفقية شرطياً إلى متوسطة وبعيدة المسافة لتطاير قطرات الرذاذ، تكون المسافة المتوسطة: $35-15;[m]$، والبعيدة: $100-35;[m]$ وأكبر من ذلك. ونبين فيما يلي المعادلات التجريبية لتحديد مسافة تطاير الرذاذ: $[m]$:

معادلة بيكالوف (الفعلية عندما: $H_a/d_1>1000;\theta_0=32^o$)

$$R=0.42H_a+1000d_1 \qquad (3\text{-}5)$$

حيث: $H_a;[m]$ - الضغط عند مدخل الفوهة. $d_1;[m]$ - قطر الفوهة عند المخرج.

معادلة ماركفارديت:

$$R = \frac{2H_a \sin 2\theta_0}{1 + 4\lambda H_a / d_1 \sin \theta_0} \qquad (3\text{-}6)$$

حيث: $\lambda = 1 - e^{-H_a/1.6d_1}$ ، و: e - الأساس الطبيعي اللوغاريتمي.

الجدول (3-6): أنواع فوهات التذرير ومعادلاتها الحسابية ومجال استخدامها.

نوع الفوهة	المعادلات الحسابية: التدفق: $q_{noz}, [l/s]$	نصف قطر القطاع المروي: $R;[m]$	مجال استخدامها
دائرية موجهة	$q_{noz} = \mu\omega\sqrt{2gH}$ حيث: $\mu = 0.8 - 0.94$ - ثابت التدفق، ω مساحة المقطع العرضي لثقب الخروج للفوهة $[m^2]$، g- تسارع السقوط الحر $[g/cm^2]$.	$R = \frac{H}{0.43 + 0.0014(H/d_s)}$ حيث: $d_s;[m]$ - قطر ثقب الخروج للفوهة. $H;[m]$ - الضغط عند ثقب الخروج.	وحدة ماكينات الرذاذ الكلاسيكية، وري القطاعات الزراعية، وحدائق الزينة.
قطاعية موجهة	$q_{noz} = \frac{K_1}{\sqrt{1 + K_2^2 \frac{K_1^2}{1 - K_1^2}}} \cdot S\sqrt{2gH}$ حيث: $K_2; K_1$ - ثوابت، عندما: $K_2 = 4$ فإن: $K_1 = 38$، وعندما: $K_2 = 3$ فإن: $K_1 = 44$.	$R_{sc} = \frac{H}{115 + 0.00003(H/b_{sb})^2 - 2000(H/b_{sb})(5000}$ حيث: $b_{sb};[m]$ عرض الحز (الفتحة).	آلات الرذاذ ذات العرض العامل الكبير، وري القطاعات الزراعية، وحدائق الزينة.
تارذية	$K_2 = \frac{R_1 r_j}{r_{noz}^2}$ حيث: $R_1;[m]$ - المسافة من محور أنبوب نقل المياه حتى مركز فتحة الفوهة، $r_j;[m]$ نصف قطر تأثير تيار المياه الخارج، $r_{noz};[m]$ - نصف قطر مدخل مأسورة الفوهة، $S;[m^2]$ مساحة المقطع العرضي للفوهة.		لتوزيع مياه السقاية مع الجريانات السطحية الناتجة عن المخلفات الحيوانية. وري القطاعات الزراعية، والتسميد وري حدائق الزينة.

الجدول (3-7): مواصفات أنواع فوهات النذرير (العمل دون تغطية).

نوع الفوهة	قطر الفوهة [mm]	الضغط: [mm]	سرعة الرياح: [m/sec]	التدفق على المساحة العاملة: [l/sec]	ثابت هيدروليكي μ	المساحة العاملة [m^2]	شدة الرذاذ: [mm/min]	القطر الوسطي التكعيبي للقطرة: [mm]
موجهة	12	14	0	1.33	0.906	192	0.416	1.58
مخروطية	14	15	1.5	1.61	0.908	326	0.296	0.91
ملعقية		10	1.3	0.29	0.696	59	0.298	1.37
قطاعية	7	15	0.8	0.43	0.723	86.7	0.304	1.37
		25	1.15	0.5	0.686	93.5	0.321	1.37
		38	0.27	0.70	0.699	102.1	0.413	1.37
موجهة ذات عاكس نصف كروي	6	20	0	0.38				
	6.5	22		0.45	0.83	54	0.52	-
	7	20	0	0.52	0.83	54	0.52	-
	7.5	20	0	0.60	-			
	8	20	0	0.68	-	54	0.52	-
ملعقية نابذية مع تنظيم التدفق	10	15	2.09	0.28	0.252	175.5	0.098	0.82
	6	15	0.99	0.28	0.68	80.8	0.208	1.24
		25	1.2	0.36	0.62	97	0.227	1.24
		37	1.1	0.36	0.50	107.5	0.204	1.24

معادلة ليبدوف (الفعلية عندما: $(4000 > H_a / d_j > 800)$):

$$R = \frac{H_a}{0.4 + 0.00025 H_a / d_j} \qquad (3\text{-}7)$$

حيث: H_a – الضغط عند مدخل الفوهة. $[m]$؛ d_j – قطر الفوهة عند المخرج.

عند وجود معدل في الماسورة الرئيسية للجهاز (في جذع الجهاز) بدلاً من: 0.4 يعوض في المعادلة السابقة: 0.5.

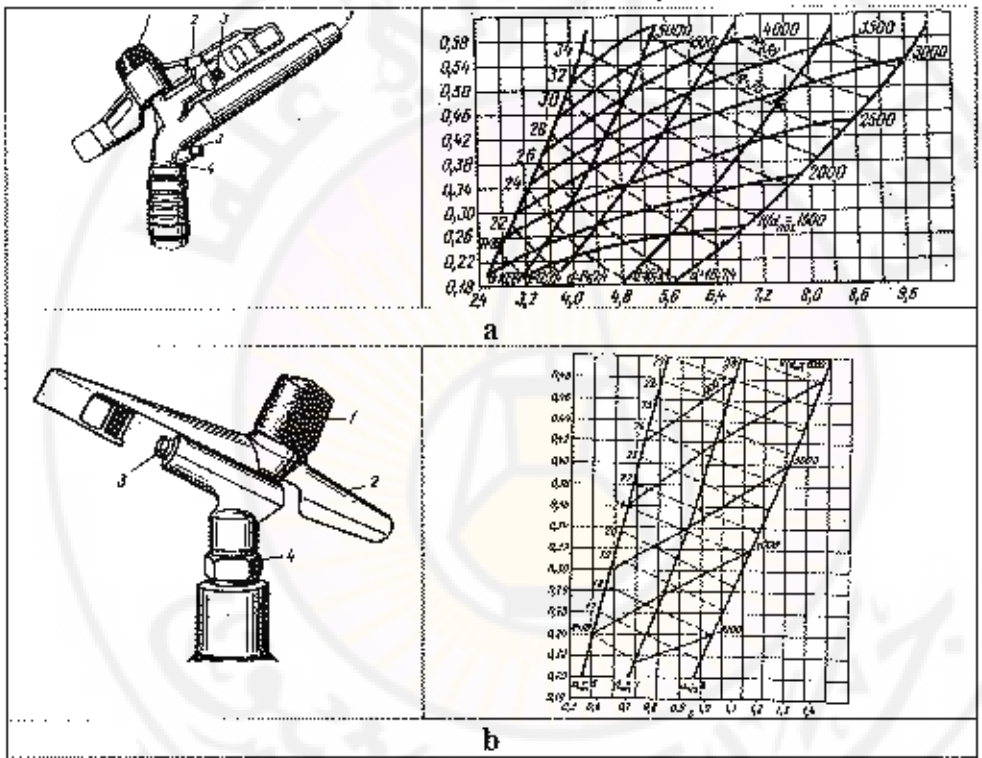
عندما يكون عدد دورات الماسورة الرئيسية للجهاز: $[r.p.m]$ 0.1 – 1 فإنّ مسافة تطاير الرذاذ تتناقص بنسبة: 5 – 15%. وعند عدم وجود الرياح يعتبر شكل المساحة العاملة بالرذاذ دائرياً بنصف قطر: R، أمّا عند وجود الرياح يعتبرُ شكلُ المساحة العاملة بالرذاذ قطعاً ناقصاً (إهليلجياً)، الذي يتطابق عنده المحور الكبير مع اتجاه الرياح ويساوي تقريباً: $2R$، أمّا المحور

الصغير فيتناقص حسب زيادة سرعة الرياح. شدة تقلص القطع الناقص تحدث عندما سرعة الرياح تساوي: $3 - 3.5[m/\sec]$.

يمكن حساب شدة تقلص القطع الناقص عند سرعة رياح حتى: $8[m/\sec]$ حسب معادلة سالخوف وغوسين التالية:

$$P = 0.34e^{-0.35V_w} + 0.66 \qquad (3\text{-}8)$$

حيث: P – نسبة عرض القطع الناقص إلى طوله، e– اللوغاريتم الطبيعي الأساسي. $V_w;[m/\sec]$ – سرعة الرياح.



الشكل (3-2): أجهزة الرذاذ متوسطة المسافة لتطاير الرذاذ ومواصفاتها التقنية التدفق الضغط.

a– روزا–3، b– روزا–1، 1– سدادة نابضية، 2– ذراع متأرجح (هزاز)، 3– منفث، 4– هيكل.

$P;[MPa]$ – الضغط عند مدخل الجهاز، $H;[m]$ – الضغط عند الفوهة، $q_{noz};[l/\sec]$ – تدفق الجهاز، $d_{noz};[mm]$ – قطر الفوهة، $R;[m]$ – مسافة تطاير الرذاذ.

تقسم أجهزة التطاير المتوسطة والبعيدة المسافة لتطاير الرذاذ حسب نوع نقل الحركة الدورانية للعامود الرئيسي للجهاز إلى: هزازة تأرجحية ودوارة (عنفية) هيدروليكية فعالة.

يمكن لأجهزة التذرير متوسّطة المسافة لتطاير الرذاذ أن تملك حتّى ثلاثة منافث عاملة. تنحرف أجهزة التذرير الهزازة العاملة في المستوي الأفقي أو الشاقولي بسبب طاقة التيار المائي، وبالعكس تعود لوضعها بفعل النابض. فعند الحركة العكسية لها بفعل النابض يحدث صدم على الماسورة الرئيسية للجهاز، ممّا يؤدي لدوران هيكله بزاوية: "3 – 2 درجة.

يتحقق رذاذ متقطع عند دوران الماسورة الرئيسية، الذي عنده مجموع كمية الرذاذ تتشكل من طبقات منفصلة، التي تعطى عبر فواصل زمنية محددة، وبفضل ذلك تمتص المياه وعندئذ تتحقق السقاية دون تشكل جريانات سطحية.

الجدول (3-8): الصفات التقنية لأجهزة التذرير متوسطة المسافة لتطاير الرذاذ.

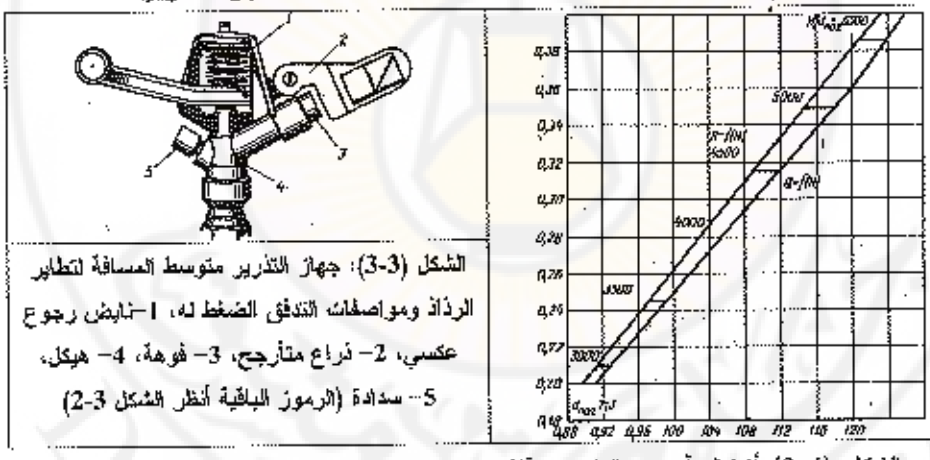
البارامترات	روزا-1	روزا-2	روزا-3	DKW-64	DKH-80
التدفق: $[l/sec]$	0.45-1.25	1-3.4	2.5-9.5	1	4.5
الضغط عند مدخل الجهاز: $[MPa]$	0.2-0.5	0.2-0.5	0.2-0.6	0.35-0.4	0.4-0.6
نصف قطر السقاية حسب محيط الدائرة: $[m]$	13-21	15-28	23-40	18-19	25-27
كمية الرذاذ الوسطية دون تغطية: $[mm/min]$	0.51-0.05	0,08	0.09-0.15	0.053-0.059	0.12-0.13
عدد الدورات: $[r.p.m]$	0.25-0.5	0.25-0.5	0.25-1	0.5-0.75	0.5-1
قطر الفوهة الأساسية: $[mm]$	6,7,8	5,7,8,9	10,12,14,16,18	7	14,18
الثانوية		7.4	7,4	3	-
تكنولوجيا عمل الجهاز	سقاية دائرية	سقاية دائرية أو قطاعية	سقاية دائرية أو قطاعية	سقاية دائرية	سقاية دائرية
كتلة الجهاز: $[kg]$	0.63	1.45	1.5	0.19	2

يبيّن الشكل (2-3) الأشكال العامة لأجهزة التذرير روزا وصفاتها التقنية التدفق – الضغط التي تثبت على محطة التذرير المتحركة، وعلى آلات دنبير وأوكا. وتبين الجداول (3-8;3-9) المواصفات التقنية الأساسية لمجموعة أجهزة التذرير المتوسطة المسافة لتطاير الرذاذ.

الجدول (3-9): المواصفات التقنية لأجهزة التذرير لآلة فريكات:

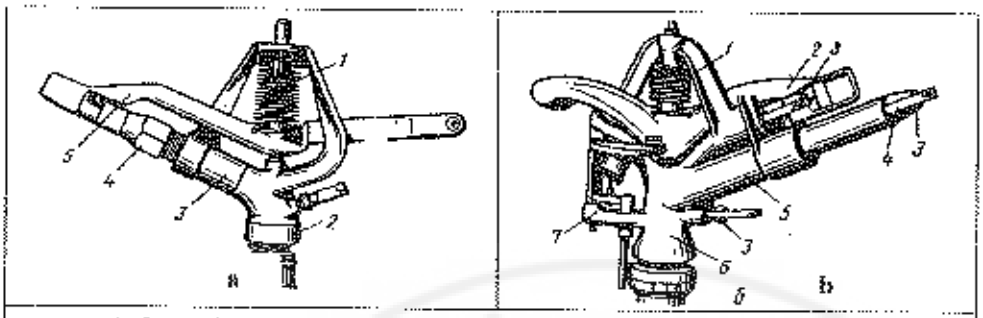
البارامترات	رقم 1	رقم 2	رقم 3	رقم 4	فوهة ثلاثية	فوهة ثنائية
التدفق: $[l/sec]$	0.092-0.57	0.28 1	0,82-2.75	2.16-3.9	5.4-14.2	2.8-5.8
الضغط في مقطع تصغير التيار: $[MPa]$	0.14-0.35	0.18-0.42	0.18-0.5	0.3-0.5	0.42-0.7	0.25-0.5
نصف قطر السقاية وفق حدود قطرات الرذاذ: $[m]$	11-13	13-17	16-24	20-30	32.5-35.5	25-30
الشدة الوسطية للرذاذ دون تغطية: $[mm/min]$	0.09-0.07	0.04-0.06	0.06-0.09	0.10-0.08	0,1-0.21	0.26
عدد الدورات: $[r.p.m]$	0.75-1	0.25-0.5	0.25-0.5	0.25-0.5	0.25-0.5	0.25-0.5
قطر الفوهة: $[mm]$						
الأساسية	2,8;3.2	3.6;3.9;4.3; 4.8;5.1;5.6	5,6;6;7.1; 7.9;8;9.5	9.5;10.3 11;11.9	12.7;13.5; 14.3;15.9	12.7;14.3 15.9;17.5
الثانوية	-	سدادة: 2.4;3.2	4,3;4.8; 5.6	5.6	6.3	7.9;9.5 6.3;7.9
الكتلة: $[kg]$	0.4	0.5	1.2	1.7	5.3	1.7
تكنولوجيا العمل	دائرية				وفق قطاع معين	

ويبين الشكل (3-3) الأشكال العامة والموصفات التدفقية – الضغط لأجهزة التذرير.



الشكل (3-3): جهاز التذرير متوسط المسافة لتطاير الرذاذ ومواصفات التدفق الضغط له، 1–نابض رجوع عكسي، 2– ذراع متأرجح، 3– فوهة، 4– هيكل، 5– سدادة (الرموز الباقية أنظر الشكل 3-2)

ويبين الشكل (3-4) أشكال أجهزة التذرير لآلة فريكات، ومواصفات الضغط– التدفق لها.



الشكل (4-3): أجهزة التذرير لآلة فريكات وصفات الضغط- التدفق لها، a- المجموعة المنتجة رقم 4: 1- نابض رجوع، 2- هيكل، 3- جذع، 4- فوهة، 5- ذراع متأرجح، b- الجهاز النهائي، 1- نابض رجوع، 2- ذراع متارجح، 3- فوهة، 4- قاطع موجه، 5- جذع، 6- هيكل، 7- ميكانيزم قطاعي.

تقسم **أجهزة التذرير بعيدة المسافة** وفق نوع ميكانيزم نقل الحركة الدورانية للماسورة الرئيسية إلى:1- هزازة أو متأرجحة.2- ذات عنفة هيدروليكية فعّالة.3- رد فعلية (عكوسة).4- تخلخلية وغيرها. وهي تستخدم في شبكات التذرير الثابتة، وفي الشبكات الثابتة موسميا، وفي آلات التذرير (التمطير الاصطناعي).

تعمل أجهزة التذرير مع دوران الماسورة الرئيسية دائرياً أو وفق قطّاع معين. يجب أن يكون عدد دورات ماسورة الجهاز بحيث لا تتجاوز سرعة حركة الجزء النهائي للتدفق وفق محيط الجزء المرطب على سطح القطاع المروي: $2[m/sec]$. يحدث انحناء للتدفق المائي عند عدد الدورات الكبير للماسورة وتتناقص مسافة تطايره. تتعلّق مسافة تطاير الرذاذ بالتعديل الكافي للتدفّق بداخل ماسورته، وبقطر الفوهة وضغط المياه. وتتعلق جودة الرذاذ بصورة رئيسية بنسبة الضغط إلى قطر التدفق المائي أي قطر الفوهة عند المخرج، الجدول (3-10).

تنتج أجهزة التذرير بعيدة المسافة لتطاير الرذاذ بفوهة وحيدة، أو بفوهتين.الأكثر شيوعاً هو الجهاز بفوهة وحيدة. الشكل (3-5,b).

يملك ميكانيزم دوران الماسورة لأجهزة التذرير ثلاثة مخفّضات دودية، ويعمل الجهاز بواسطة العنفة الدوارة المثبّت عليها مجموعة من الشفرات على عمق داخل التدفّق المائي: $[mm]10-7$. يتغيّر عدد دورات العنفة بعمق تثبيتها في التدفق المائي، مما يحقّق تغير عدد دورات ماسورة الجهاز في عدّة مجالات. يتكلم التدفّق المتجه بالشفرات جزئياً عند دوران العنفة مما يُحسّن من جودة توزيع الرذاذ بالقرب من الجهاز.

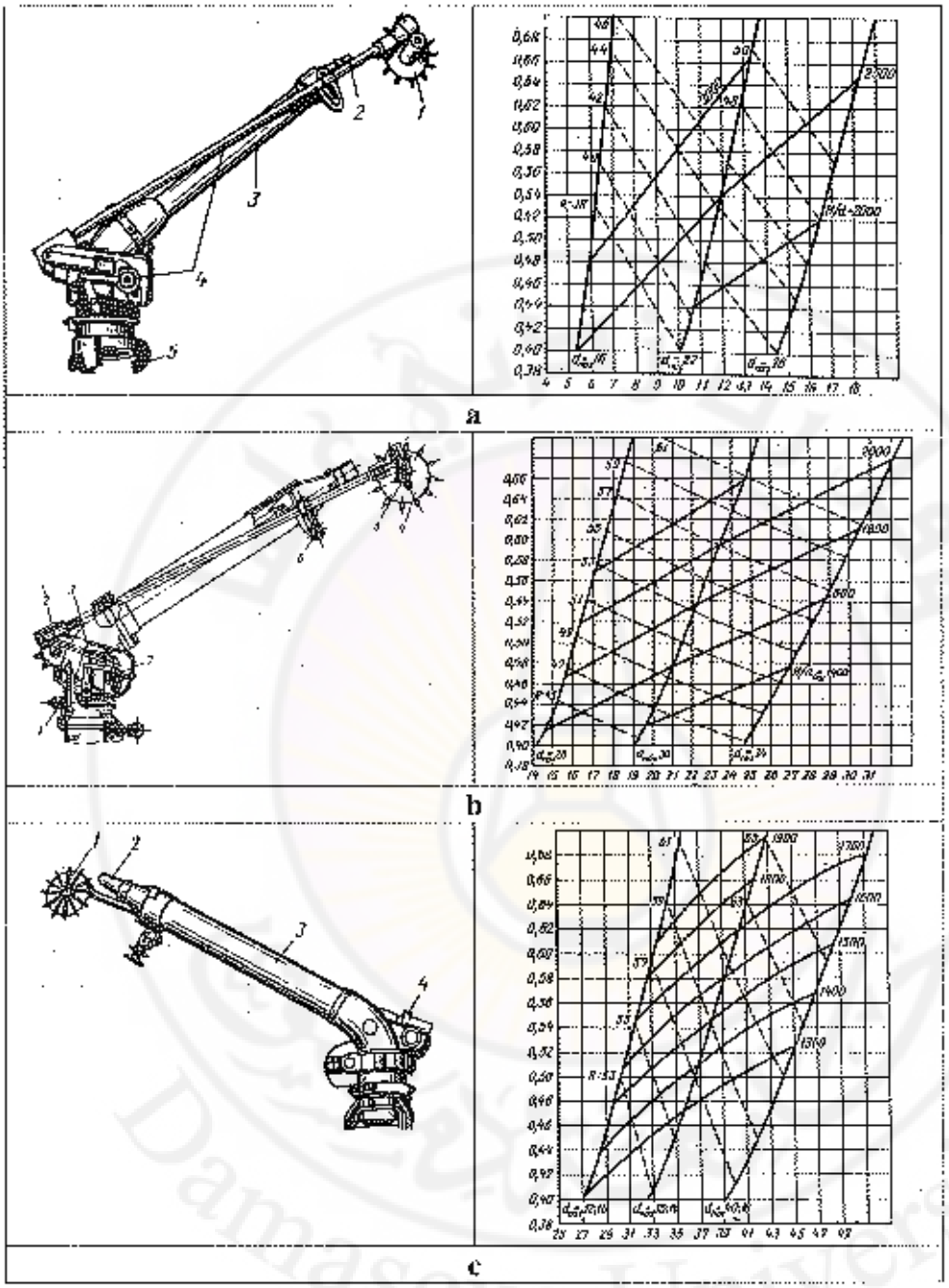
الجدول (10-3): بارامترات وصفات توزع التيار (التدفق) إلى قطرات رذاذ:

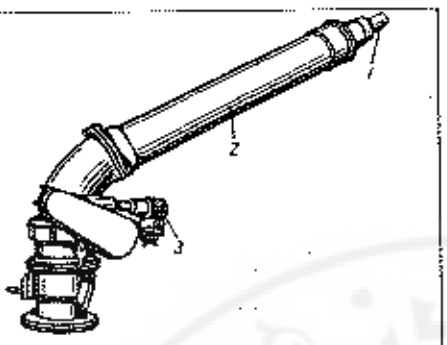
$\frac{H}{R}$	$\frac{H}{d_1}$	صفات توزع التيار، واستخدام الرذاذ
0.59	حتى: 900	التدفق مستمرّ، لا يتوزع إلى قطرات (غير مناسب للري)
0.62-0.72	900-1500	توزع للتدفق ضعيف إلى قطرات ضخمة (غير مناسب للري)
0.77	1500-1600	توزع التدفق إلى قطرات وسطية الضخامة (يناسب ريّ الأعشاب والمروج)
0.83	1700-1800	توزع التدفق إلى قطرات صغيرة (يناسب ريّ المحاصيل الزراعية النامية)
0.91	2000-2200	توزع التدفق إلى قطرات صغيرة جداً (لريّ جميع المحاصيل الزراعية)
1	2400-2600	توزع التدفق إلى قطرات صغيرة رذاذ (يناسب ريّ نباتات الزينة والورود)
وأكبر 1.11	وأكبر 3000	التوزع الدقيق للتدفق على شكل ضباب

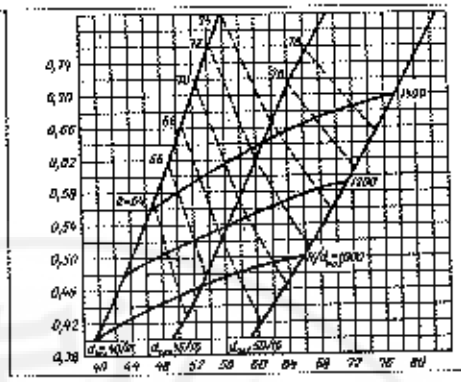
$H;[m]$ الضغط عند المخرج من الفوهة. $R;[m]$ – مسافة تطاير تيار الرذاذ. $d_1;[m]$ – قطر الفوهة عند المخرج. $H;[m]$ – الضغط عند المخرج من الفوهة. $R;[m]$ – مسافة تطاير تيار الرذاذ. $d_1;[m]$ – قطر الفوهة عند المخرج.

تشابه تصاميم أجهزة التذرير بعيدة المسافة (لتطاير الرذاذ) أجهزة التذرير متوسطة المسافة، وتختلف عنها بوجود فوهة صغيرة جداً بعيدة عن المرفق، المثبت عليه العنفة وميكانيزم نقل الحركة الدورانية.

يبيّن الشكل (3-5) الصفات التدفقيّة الضغط لأجهزة التذرير البعيدة المسافة لتطاير الرذاذ. عند استثمار أجهزة التذرير في الشبكات الثابتة فهي تثبّت على دعائم (قوائم) أنبوبية شاقوليّة على ارتفاع لا يقلّ عن: 1.5[m] فوق سطح التربة. ويبيّن الجدول (3-11) الصفات التقنية لأجهزة التذرير بعيدة المسافة لتطاير الرذاذ. ويبيّن الجدول (3-12) بارامترات أجهزة التذرير الوسطية والبعيدة المسافة لتطاير الرذاذ.


1
2
3
4
5
a
b
c





d

الشكل (5-3): أجهزة تشكيل الرذاذ بعيدة المسافة لتطاير الرذاذ وصفات التدفق – الضغط لها:

a- جهاز التذرير DD-15، 1- عنفة، 2- فوهة، 3- جذع، 4- ميكانيزم الدوران، 5- جهاز وصل. h- جهاز التذرير DD-30، 1- مسند قطاعي، 2و5- أجهزة نقل حركة دودية، 3- ميكانيزم الارتداد (الرجوع للعكسي)، 4- عنفة، 6- مسند معايرة، 7- ميكانيزم دوران الجذع. c- جهاز التذرير DD-50، 1- عنفة، 2- فوهة، 3- جذع، 4- ميكانيزم الدوران. d- جهاز التذرير DD-80، 1- فوهة، 2- جذع، 3- ميكانيزم الدوران (الرموز الباقية انظر الشكل (3-2)).

الجدول (3-11): المواصفات التقنية لأجهزة التذرير بعيدة المسافة لتطاير الرذاذ:

البارامترات	DD-15	DD-30	DD-50	DD-80
التدفق: $[l/sec]$	5-15	15-30	38-55	55-85
الضغط عند مخرج الجهاز: $[MPa]$	0.5-0.6	0.5-0.6	0.5-0.7	0.5-0.7
نصف قطر السقاية عند حدود قطرات الرذاذ: $[m]$	35-50	40-60	44-70	57-80
عدد الدورات: $[r.p.m]$	0.15-0.2	0.15-0.2	0.2	0.2
قطر الفوهة: $[kg][mm]$	16;22;26	26;30;34	32;30;40	40;46;52
الكتلة: $[kg]$	15	16	23.5	25.5

الجدول (12-3): بارامترات أجهزة التذرير وفق جدول المواصفات العالمي رقم: 17238-77.

نوع الجهاز	التصميم 1			التصميم 2		
	تدفق المياه: $[Dm^3/sec]$ بالانحراف المعياري: 5%	الضغط الأصغري والأعظمي: $[MPa]$	مسافة تطاير الرذاذ (وفق حدود القطرات) ابن أقل من : $[m]$	تدفق المياه: $[Dm^3/sec]$	الضغط الأصغري والأعظمي: $[MPa]$	مسافة تطاير الرذاذ (وفق حدود القطرات)، ليس أقل من : $[m]$
الوسطية المسافة لتطاير الرذاذ						
1	0.45	0.2	10	0.12-0.5	0.2-0.5	8-12
	1.25	0.5	20	0.3-1	0.2-0.5	10-15
2	1	0.2	15	0.8-2.7	0.2-0.5	15-25
	3.4	0.5	25	2-3.5	0.2-0.5	20-25
3	2.5	0.25	20	2.5-6	0.25-0.6	20-30
	9.5	0.6	35	5-10	0.25-0.6	28-35
البعيدة المسافة لتطاير الرذاذ						
4	10-15	0.5-0.7	35-50	-	-	-
5	15-30	0.5-0.7	40-60	-	-	-
6	30-50	0.5-0.7	50-65	-	-	-
7	50-80	0.5-0.7	65-75	-	-	-

ملاحظة: تحدد مسافة تطاير الرذاذ عند سرعة رياح مساوية للصفر، وارتفاع تثبيت الأجهزة عن سطح الأرض للأنواع الثلاثةالأولى(3-1) يساوي: $[m]1$، ومن أجل البقية فيساوي: $[m]1.5$.

3-2-2- آلات ومحطات وأجهزة وشبكات الري بالرذاذ:

يمكن تقسيم آلات ومحطات وأجهزة وشبكات الري بالرذاذ وفقا لتكنولوجيا إنتاجيـة السقاية إلى الأنواع الأساسية التالية:

1- آلات ومحطات التذرير العاملة موضعياً والتغذية من صـنابير أنابيـب الـري المغلقة أو سحب المياه من قنوات الريّ المكشوفة، (والانتقـال الميكـانيكي بـين المواضـع، والانتقال اليدوي بين المواضع). 2- أجهزة التذرير العاملة موضعياً بواسطة أجهـزة اللّـف وأجهزة التذير، التي تقوم بالسقاية أثناء الحركة وتنقل المياه عبر خـراطيم مرنـة. 3- آلات التذرير العاملة بالحركة الدائرية، وبالحركة الجبهيّة. 4- الشبكات الثابتة المؤتمتة--الموسـمية. والشبكات والأجهزة الثابتة.

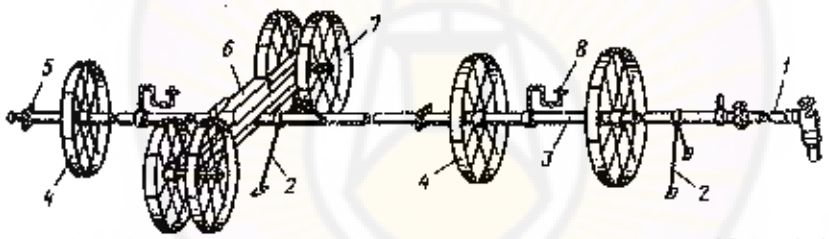
وفقاً لتكنولوجيا التذرير (تغذية معدّل الري) تقسم جميع هذه التقنيات إلـى العاملـة بتقطّع أي دورياً لتغذية معدل السقاية، وأيضاً العاملة باستمرار خلال نمّـو النبـات لإمـداده بالرطوبة بالتطابق مع تغيّر استهلاكه للمياه (التذرير النبضيّ التزامنيّ).

آلات السقاية الموضعيّة والتغذية من صنابير أنابيب الريّ ومن قنسوات الـريّ المكشـوفة: يُنسب إلى الآلات العاملة موضعياً من صنابير شبكة الريّ المغلقة وذات الحركة الميكانيكيـة بين المواضع: أنبوب التذرير العجليّ أي ذو العجلات الاستنادية، والأنبوب الخطـي، وآلات متعددة المساند (دنبير).

يمكن استخدام محطة وآلة التذرير المعلّقة بعيدة المسافة لتطاير الرذاذ للسـقاية مـع سحب المياه من صنابير الأنابيب المغلقة، وأيضاً من قنوات الريّ المكشوفة.

1- **أنبوب التذرير العجليّ** فالجنكا: يستخدم لسقاية محاصيل الحبوب قصيرة السوق التي يصل ارتفاعها حتى: $1.2[m]$، ولسقاية محاصيل الخضار، والأعشاب المعمّرة، والمروج والمراعي في القطاعات ذات الميل الموضعي الذي لا يتجاوز: 0.02.

تتكوّن الآلة من أنبوب ذي عجلات استنادية ذاتية الحركة، مـزود بـأجهزة تـذرير متوسّطة المسافة لتطاير الرذاذ. تجرى السقاية موضعيا مع التغذية بالمياه من صنابير شـبكة الريّ المغلقة والمتوضعة على مسافة: $18[m]$ عن بعضها البعض. يتحقّق الانتقال من موضع إلى آخر جبهياً بواسطة محوّلٍ من محرك احتراق داخلي باستطاعة: $3[K.Volt]$.



الشكل (6-3): آلة التذرير فالجنكا، 1- خرطوم وصل،2- مسند فرملة، 3- ماسورة الأنبوب، 4- عجلة استنادية، 5- سدادة محكمة طرفية، 6- عربة قائدة، 7- عجلة قائدة، 8- جهاز الرذاذ مع ميكانيزم التثبيت الخاص به.

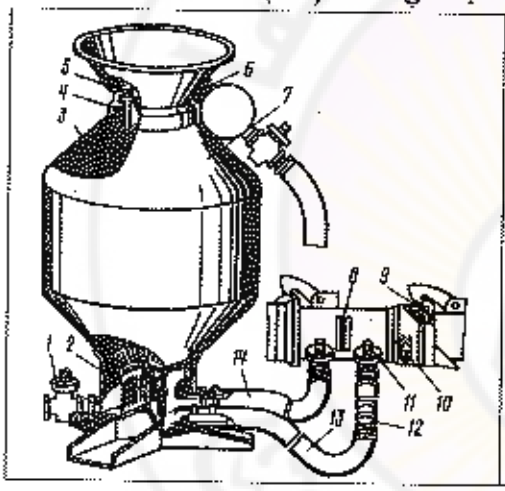
تملك الآلة زوجاً من أجنحة التذرير العاملة بصورة مستقلّة عن بعضها البعض مع التغذية من صنابير مختلفة. يتكون كل جناح معلق من 32 ماسورةً متجانسة بطول: $12.6[m]$ مصنّعة من الألمنيوم بقطر: $130[mm]$ ذات وصلات ربط تناكبية، والتي تملك حلقات إحكام مرنة، والتي بواسطتها تثبّت عجلات السير على المحور. تثبت أجهزة التذرير متوسّطة المسـافة لتطـاير الرذاذ على وصلات الربط بفعل دائريّ وصمّام صرفٍ آلي. تملك أجهزة التذرير ميكـانيزم تثبيت ذاتي (خاص) لتأمين وضعيتها الشاقولية بعد دحرجة الأنبوب ذي العجلات.

تثبت العربة القائدة على أربع عجلات استنادية في مركز الجناح، وهي مزودة بمحرك ومخفض، ومجهّزة بفرامل لزيادة ثباتها في الموضع وبذراع واق للعجلة.

يشمل جهاز الوصل لجزء الدخل لجناح التذرير على خرطوم مرن ومرفق من أجل وصله مع صنبور أنبوب الري، ويبيّن الشكل (6-3) مخططاً لآلة الريّ بالرذاذ فالجنكا.

تتكوّن المجموعة الكاملة للآلة من الأجزاء الأساسية التالية: 1- العربات المجمّعة -- 2، 2- مواسير: $[130\times2;5\times12600[mm]$ - 60، ومواسير: $[130\times2;5\times5990[mm]$ - 4، 3- عجلات استنادية - 64.

يمكن تثبيت الآلة بطول جناح: $[m]150;200;250;300;350;400$، ويدخل في تكوين المجموعة أيضاً 50 صنبوراً ذا وصلات ربط بقطر: $[mm]200$ من أجل وصلها بشبكة الريّ المغلقة وزوج من أجهزة التسميد الإضافي الشكل (7-3).

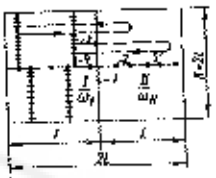
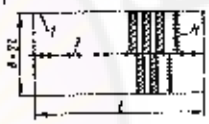


الشكل (7-3): جهاز تسميد إضافي، 1- صنبور صرف، 2- كاس شبكي وهيكل، 3- عتلة شد، 4و9- حلقات إحكام، 5- غطاء محكم، 6- مشبك، 7- وعاء، 8- غشاء مرن، 10- ماسورة ربط، 11- صنبور، 12- ماسورة رصد (بصرية)، 13و14- خراطيم الدفع والسحب.

يبين الجدول (13-3) المخططات التكنولوجية المقترحة للعمل على سقاية المحاصيل الزراعية.

الجدول (13-3): المخططات التكنولوجية لتوزع وحركة آلة الريّ بالرذاذ فالجنكا لسقاية المحاصيل الزراعية.

مخططات توزع وحركة الآلة	طريقة العمل	الحسنات	السيئات
	تعمل الآلة في حقل واحد وفق مخطط عادي: تتحرك باتجاه واحد في وضعية	إمكانية وضع خطوط المزروعات وفق كامل طول الحقل، الريّ بحسب التدفق	استمرارية عظمى للسقاية، وانتقالات كثيرة للعامل عند خدمة عدّة الآلة.

	العمل، وتعود إلى الوضع البدائي دون عمل.	فعلي واحد للآلة.	
	الثنان تعملان بصورة مزدوجة الواحدة تلو الأخرى بذات الاتجاه، على مسافة تساوي طول السقاية للحقل. يخدمُ الاثنين عاملٌ واحد فقط.	استمرارية صغرى للسقاية في الحقل، ينتقل عامل واحد على طريق (على طول أنبوب الري)، ويمكن استخدام وسيلة نقل ممّا يؤمّن شرطاً جيداً للتحكم البصري بعمل الآلات.	زيادة قطر أنبوب الري لتأمين تدفقين فعاورين للآلة، يتم التنقل الآلة في الشوط الفارغ على أرض رطبة، إمكانية التداخل (للعرقلة) في العمل والانتقال الفارغ للأجنحة، ومسافة كبيرة بين خطوط المزروعات.
	الثنان تعملان على جانبين متجاورين، متوضعتان في الخط الموازي لطول جهة الأرض، يخدم عامل واحد الآلتين.	استمرارية سقاية صغرى للحقل، الري بحسب المدفق فعلي واحد للآلة. تتحرك الآلة في الشوط الفارغ على أرض جافة.	يمنع إنشاء خطوط زراعية في جهة التجاور للحقلين، يزداد طول الطريق على العامل عند الانتقال من آلة لأخرى (عند الانتقال على الطريق)
	تعمل الآلة أثناء الحركة دون أشواط طويلة فارغة للأجنحة، موضعها البدائي في وسط الحقل (القطاع). وتوزّعها الأولي مماثل للمخطط السابق.	تزال الأشواط الفارغة، وتتحرك الآلة فقط على أرض جافة. بين الحقول يمكن وضع خطوط زراعية على طول الحقل، ممّا يحقّق جهداً منتظماً لآلة السقاية.	يتناقص ثابت استخدام زمن الوردية لدرجة غير كبيرة نسبيا.
	أربع الات تعمل في حقول متجاورة، المتحركة بالتقابل الواحدة مع الأخرى في وضعية العمل وفي الوضعية المعاكسة للاتجاه عند الشوط الفارغ.	ينتقل العامل فقط على الطريق الذي على طول أنبوب الري.	جهد كبير غير منتظم للعامل، تحكم بصري سيء عند وجود خطوط زراعية بين الحقلين المتجاورين I و II.
	أربع الات تعمل في حقول متجاورة ، وتتحرك بنفس الاتجاه على مسافات متساوية (منتظمة) فيما بينها.	ينتقل العامل فقط على الطريق على طول أنبوب الري، جهد منتظم وشرط جيد لمراقبة عمل الآلات.	تحكم بصري سيء لعمل الآلات عند وجود خطوط زراعية بين الحقلين المتجاورين I و II.

ملاحظة: 1- حدود الحقل، 2- أنبوب الري مع الصنابير، 3- اتجاه خط السير الفعلي للجناح، 4- جناح فالجنكا، 5- شوط فارغ، I,II- رقم الحقل، ω_I ، ω_{II} - مساحة الحقول، l- طول الجناح، b- طول الحقل، b- عرض الحقل.

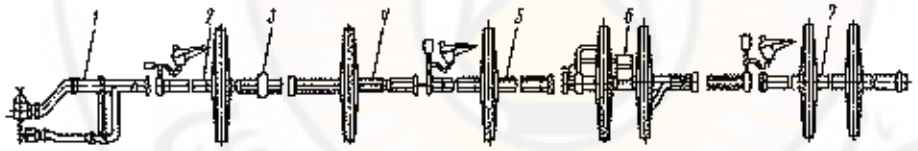
يبين الجدول (14-3) استمرارية عمل أجنحة فالجنكا في الموضع وفق العلاقة بمعدل السقاية وقيمة التبخر.

الجدول (14-3): استمرارية العمل: [min] لآلة فالجنكا في الموضع وفق العلاقة بمعدل السقاية وقيمة التبخر: $m;[mm]$.

معدل السقاية: $m;[mm]$	ضياعات المياه على التبخر: %					
	0	5	10	15	20	25
10	38	40	42	45	48	51
30	112	118	126	135	144	153
40	150	160	168	180	192	204
50	188	200	210	225	240	225
60	226	240	252	270	288	306
80	301	320	336	360	384	408

2- **أنبوب الري بالرذاذ ذو العجلات الاستنادية أوكا:** ذو عمل دوري لأجهزة التذرير متوسطة المسافة لتطايره ويتمّ التحكم من نهاية الأنبوب. يستخدم للسقاية موضعياً للمحاصيل الزراعية قصيرة السوق (الحبوب، الخضار، الأعشاب المعمرة، المروج والمراعي) في جميع مناطق الري.

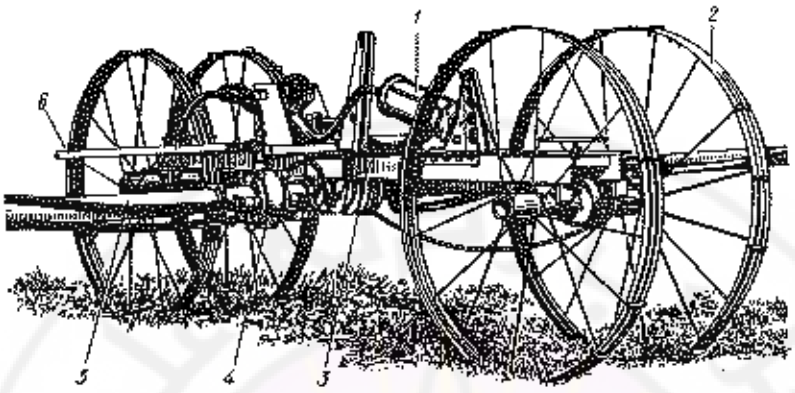
تتكوّن هذه الآلة من أنبوب الريّ العجليّ ذي الجناحين، طولُ كلٍّ جناح: [400[m، مثبتة عليه أجهزة تذرير متوسطة المسافة لتطاير الرذاذ. ويتكوّن أنبوب النقل الرئيسي لكلّ جناح من قطاع متغيّر من مواسير الألمنيوم بقطر: [150[mm وبطول: [11.8[m، وتثبت عليه العجلات الاستنادية وصمامات الصرف، كما مبيّن بالشكل (9-3). تثبّت العربة المركزية ذات المحول الهيدروليكي في وسط الجناح من أجل نقل الأنبوب من موضع لآخر، الشكل (10-3).



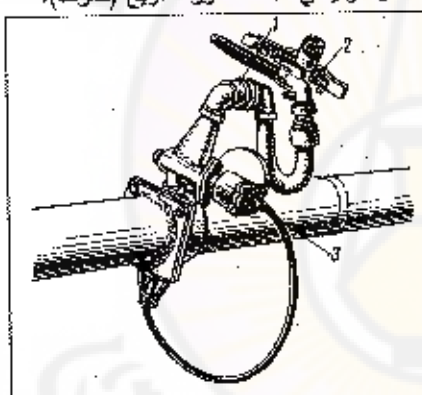
الشكل (9-3): مخطط تكوين أنبوب الري بالرذاذ أوكا: 1- مركز الوصل إلى الصنبور، 2- قطاع من الأنبوب مع جهاز التذرير (مكشوف نظاميا)، 3- جهاز منظم (ميرمج)، 4- قطاع من الأنبوب دون جهاز تذرير، 5- قطاع مع جهاز تذرير (مغلق نظاميا)، 6- عربة ذات محول هيدروليكي، 7- قطاع نهائي.

يستخدم مكبس أسطواني ثنائي التأثير في المحرّك الهيدروليكي. ويتمّ التحكّم بالمحرّك الهيدروليكي عن طريق العامل بواسطة الصنبور المثبّت عند نهاية جناح الريّ. يشمل خط نقل المياه إلى المحوّل الهيدروليكي على مضخّة والتي تغذّي وتتحكّم بنقل المياه، وعلى ميكانيزم التثبيت الذاتي،وقارنة وصل ومفتاح تشغيل هيدروليكي. يربط إلى صنبور شبكة أنبوب الريّ

لكلّ جناح بواسطة المضخة ومراكز الوصل. تثبّت أجهزة الرذاذ بعد كلّ قطاعين، وهي ذات ميكانيزم تثبيت ذاتي في الوضعية الشاقولية وذات صمّامات تحكّم هيدروليكية. الشكل (3-11).



الشكل (3-10): العربة المركزية لأنبوب الري بالرذاذ أوكا: 1- محرك هيدروليكي، 2- عجلة قائدة، 3- هيكل، 4- قارنة محيطية (دائرية)، 5- أنبوب النقل الرئيسي، 6- ماسورة تفريغ (صرف).



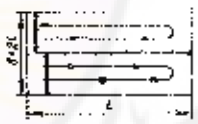
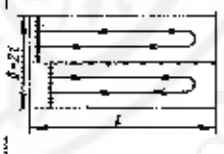
الشكل (3-11): ميكانيزم التثبيت الذاتي وصمّام التحكّم الهيدروليكي لأنبوب التذرير أوكا: 1- ميكانيزم التثبيت الذاتي، 2- جهاز التذرير، 3- صمام تحكم هيدروليكي.

تعمل أجهزة التذرير دورياً لكل مجموعة، أو مجموعتين (تفتح وتغلق نظامياً)، وهي تُشغّل بواسطة الجهاز المنظّم، والذي ينقلُ ضغطاً نبضياً إلى الصمّام الهيدروليكي عند جريان المياه في الأنبوب. يسمح عمل مجموعة أجهزة التذرير بزيادة الطول العامل للأنبوبه، وبالتالي تزداد المسافة بين الصنابير حتى: [36m]، ويزداد زمن البقاء الموضعي: 2-1.5 مرة بالمقارنة مع آلة فالجنكا. يختصر استخدام المحول الهيدروليكي عند التحكّم بانتقال الآلة من نهاية الأنبوب ضياعات الزمن على الخدمة التكنولوجية للآلة. لذلك يستطيع عامل واحد أن يخدم ثلاث أو أربع آلات، وبالتالي تزداد إنتاجيّة العمل للسقاية من: 3-2 أضعافاً بالمقارنة مع آلة فالجنكا. وتبيّن في الجدول التالي المواصفات التقنية لآلة أوكا.

نوع الآلة	أنبوب رذاذ ذاتي الحركة ذو تأثير موضعي
المحول	هيدروليكي مع استخدام طاقة مياه الري
العرض العامل (المسافة بين أنابيب الري): $[m]$	800
التدفق: $[l/\sec]$	100
الضغط على الصنبور: $[MPa]$	0.5
المسافة بين المواضع: $[m]$	36
إنتاجية العمل الصافي: $[hr/h]$ عند معدل سقاية: $600[m^3/hr]$	0.6
شدة الغزارة الوسطية للرذاذ: $[mm/\min]$	0.21
سرعة حركة الآلة عند تغير الموضع خلال السقاية: $[m/\min]$	
عند ري المحاصيل في فترة نموها	5-9
عند زيادة الرطوبة (الرطوبة الإضافية)	3.5-4
المساحة المروية من موضع واحد: $[hr]$	2.88
ارتفاع الأنبوب فوق سطح الأرض: $[m]$	0.9
قطر أنبوب السقاية وسماكة جدرانه: $[mm]$	150×2
كتلة الآلة: $[kg]$	6400

يبين الجدول (15-3) المخططات التكنولوجية المقترحة لعمل آلة أوكا.

الجدول (15-3): المخططات التكنولوجية لعمل آلة الرذاذ أوكا:

مخطط توضع وانتقال الآلة	طريقة العمل	الحسنات	السيئات
	تخدم الآلة حقلاً واحداً. تتحرك باتجاه واحد في حالة العمل وتعطي معدل السقاية الحسابي. تعود إلى موضعها البدائي بشوط فارغ.	يحسب أنبوب السقاية لتدفق واحد للآلة. تتحقق إمكانية زراعة الخطوط على كامل المحيط الخارجي للحقل.	انتقالات كثيرة للعامل الساقي عند خدمة عدة آلات.
	تخدم الآلة حقلاً واحداً وتعطي جزءاً من معدل السقاية خلال حركتها، وتعطي الجزء المتبقي عند عودتها. يمكن للموضع البدائي للآلة أن يتوسط الحقل.	يحسب أنبوب السقاية لتدفق واحد للآلة. وبانعدام الشوط الفارغ تتحقق زراعة الخطوط على كامل المحيط الخارجي للأرض وإعطاء معدلات سقاية كبيرة دون جريانات سطحية.	انتقالات كثيرة للعامل الساقي عند خدمة عدة آلات. تتناقص إنتاجية الوردية للآلة ويزداد الجهد على العامل الساقي.

ويبين الجدول (16-3) استمرارية العمل في الموضع وفق العلاقة بمعدل السقاية وقيمة التبخر.

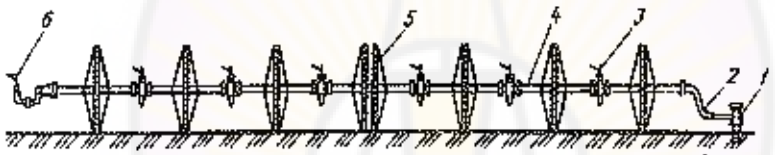
الجدول (3-16): استمرارية عمل آلة التذرير أوكا: [min] ذات تدفق فعلـي: $100[l/sec]$ في الموضع.

معدل السقاية: $[mm]$	ضياعات المياه على التبخر: %					
	0	5	10	15	20	25
10	48	50	53	55	58	60
20	96	101	106	111	115	120
30	144	151	159	166	173	180
40	192	202	212	221	230	240
50	240	252	264	276	288	300
60	288	302	317	331	346	360
80	384	404	423	442	461	480

وفي الجدول الآتي نبين ثابت استخدام زمن الوردية: K_{sh} من أجل معدلات سقاية مختلفة: m.

$m;[m^3/hr]$	200	300	400	500	600	800
K_{sh}	0.70	0.76	0.81	0.84	0.86	0.88

3- أنبوب التذرير العجلي: الشكل (3-13): يستخدم لسقاية المحاصيل العلفيّة والمروج والمراعي بمياه نقية، وأيضاً بمياه ممتزجة مع المخلفات الحيوانية الجاهزة. يجب أن يحتوي مزيج الأسمدة بما لا يتجاوز: 2% من موادّ جافة بقياس جزيئات يصل حتى: $10[mm]$.

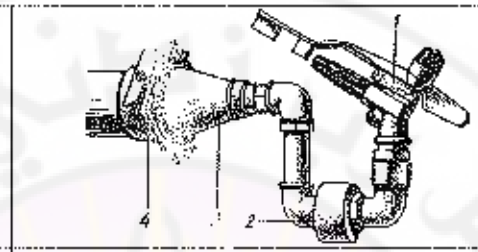


الشكل (3-13): أنبوب التذرير العجلي: 1- صنبور،2- خرطوم،3- جهاز رذاذ،4- قطاع أنبوبي،5- عربة قائدة،6- جهاز رذاذ طرفي.

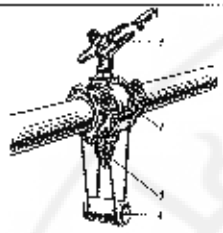
يمتلك أنبوب نقل المياه درجة عالية من التوحيد القياسي مع آلة فالجنكسا. عدّلت المراكز والعقد الأساسية في التصميم، ويعتبر التعديل هو ميكانيزم التثبيت الذاتي لجهاز الرذاذ، وصمام الصرف ذو الفتح القسري، وجهاز تذرير متوسّط المسافة ذو فوهة وحيدة للتدفق الناقوري المعالج بالاعتماد على جهاز روزا-3. وأُدخل جهاز التثبيت الذاتي على نهاية الجناح.

يحقّق ميكانيزم التثبيت الذاتي الوضعية الشاقولية لجهاز الرذاذ وصمّام الصرف. وهو يتكوّن من ماسورة ذات شفّة مربّعة كما عند حلقات الجناح، وقارنة نصفيّة علويّة وسفليّة مع حلقات إحكام مشقوقة ومطاطيّة لمنع التسرب. تثبّت مدحرجات التوازن وحامل التعليق الخاص مع ثقل موازن على الطرف الخارجي للقارنة. ويثبّت جهاز الرذاذ على الجزء العلويّ للقارنة النصفيّة. الشكل (3-14)، ويثبّت صمّام الصرف في ثقب القارنة النصفيّة السفليّة.

يعتبر جهاز التذرير مطوراً عن روزا-3 حيث زود بفوهة تحويل مخمّدة وفوهة للسقاية القريبة، والجذع قصير بمقدار: [84]mm والجذع المقوّى مُدعم بالنابض، وبمجرفة أو ريشة متأرجحة مثبّتة على الفوهة الأساسية لتحويل التدفق المائي. يبيّن الشكل (3-3) صفات التدفق والضغط للجهاز. تُجمع القطع المكوّنة عند التركيب من جهاز الرذاذ ذي الميكانيزم التثبيت الذاتي وصمّام الصرف، والذي يثبت على الأنبوب الرئيسي بعد كل حلقتين كل: [25.2]m.



الشكل (3-15): ميكانيزم التثبيت الذاتي لجهاز الرذاذ النهائي لأنبوب التذرير: 1- جهاز التذرير، 2- مرفق مع الثقل الموازن، 3- ماسورة مخروطية- شفة (وصلة) مربعة.



الشكل (3-14): ميكانيزم التثبيت الذاتي لجهاز التذرير: 1- جهاز التذرير، 2- قارنة،3- صمام الصرف،4- ثقل موازن.

يثبّت جهاز تذرير نهائي ذو ميكانيزم تثبيت ذاتي خاص على نهاية جناح الأنبوب عوضاً عن السدادة. وهو يتكوّن من ماسورة مخروطيّة ذات شفّة مربّعة لجهاز التذرير، ومرفقٍ مع ثقل موازن والذي يحقق الوضعية الشاقولية للجهاز النهائي. الشكل (3-15). تملك صنابير شبكة المري وأكواعها ووصلات ربطها مقاطع عبور كبيرة أكثر مما عند آلة فالجنكا. ونبيّن فيما يلي الصفات التقنية للآلة المعدّلة المتطوّرة (أنبوب التذرير العجليّ المعدّل).

الصفات التقنية لأنبوب التذرير ذو العجلات المعدّل:

البارامترات	80-معدل	70-معدل	60-معدل
التدفق: [l / sec]	90	70	60
عدد أجهزة التذرير وقطر الفوهة: [14]mm	20	16	12
عدد أجهزة التذرير النهائية وقطر الفوهة: [18]mm	2	2	2
الضغط على الصنبور: [MPa]	0.45	0.45	0.45
شدة الغزارة الوسطية للرذاذ مع التغطية: [mm / min]	0.3	0.31	0.33
العرض العامل للجناحين: [m]	600	500	400
المسافة بين المواضع: [m]	27	27	27
مساحة التغطية في موضع واحد مع اعتبار التغطية: [hr]	1.6	1.33	1.07
إنتاجية العمل الصافي: [hr / h] عند معدل سقاية: [600]m^3 / hr	0.48	0.42	0.36

يبين الجدول (17-3) استمرارية العمل في الموضع لأنبوب التذرير العجليّ المعدّل وفق العلاقة بقيم معدلات السقاية.

الجدول (17-3): استمرارية العمل في الموضع لأنبوب التذرير العجليّ المعدّل عند معدّلات سقاية مختلفة: [min].

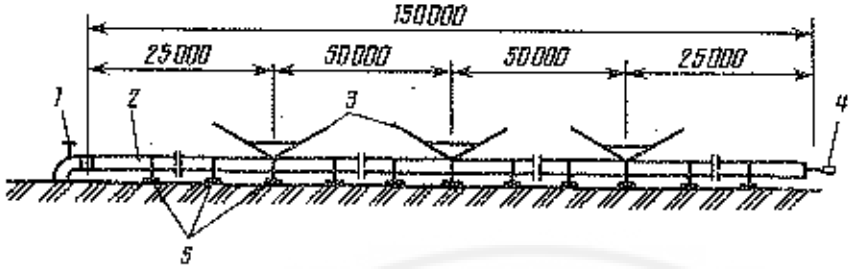
معدل السقاية:	ضياعات المياه على التبخر: %					
[mm]	0	5	10	15	20	25
10	30	32	33	35	36	38
20	61	64	67	70	73	76
30	92	97	102	106	110	115
40	122	129	134	140	147	153
50	151	159	166	174	181	189
60	181	191	199	208	217	226
80	243	256	267	280	292	304

تجرى سقاية جريانات المخلفات الحيوانية الجاهزة والمياه النقية بواسطة أنبوب التذرير العجليّ المعدّل وفق المخططات التالية: I- السقاية وفق مخطط جريان المخلّفات الحيوانية -- المياه من مزارع تربية المواشي، II- وفق مخطط مياه – مواد عضوية – مياه، III- السقاية الخفيفة من جريانات مزراع تربية المواشي. بعد التغذية بالمعدّل المطلوب من محلول السماد يعاد من جديد جريان مياه الريّ النقية وبنفس الوقت يتمّ غسل الآلة.

4- **أنبوب التذرير الخطيّ الرئيسيّ المقطور:** يستخدم لسقاية المروج والمراعي والمحاصيل الزراعية والبساتين غالباً في القطاعات ذات المسافة (الشوط) التي لا تقل عن: [1000m].

الميل العرضي المسموح به للقطاع حتى: 0.07، والطولي حتى: 0.05. تجرى السقاية موضعياً مع التغذية من صنابير شبكة أنابيب الريّ المغلقة، يتحقق الانتقال بالاتجاه المحوري بواسطة القطر مع الجرار ذي العجلات.

يتكوّن أنبوب التذرير الخطيّ من أنبوب فولاذي مقطعه: 2×102، بطول: [150m]، وثلاثة أجهزة تذرير تثبت كلّ: [50m] عن بعضها البعض وفق طول الأنبوب. تُثبّت ماسورة وصل مفصلية عند نهاية الأنبوب الخطيّ، والتي بواسطتها يتّم وصل إحدى نهايات الأنبوب الخطي إلى صنبور شبكة الضغط (الري)، وتغطّى ماسورة الوصل الثانية بسدادة محكمة. الشكل (17-3).



الشكل (17-3): الشكل العام للأنبوب الخطي المقطور: 1- صنبور أنبوب الري المغلق، 2- الأنبوب الرئيسي لنقل المياه، 3- جهاز تذرير، 4- حلقة إحكام من أجل وصل كبل الشد بالجرار، 5- زلاقات استنادية.

تثبت على الأنبوب الخطي ثلاث قطع إضافية لزيادة الطول عند العمل في البساتين.

ونبين فيما يلي الصفات التقنية لأنبوب التذرير الخطي:

المواصفات التقنية لأنبوب التذرير الخطي:

التدفق: $[l / \sec]$	26-30.5
الضغط الفعلي عند مدخل الأنبوب الذيلي: $[MPa.]$	0.5
المسافة بين خطوط الأنابيب الثابتة دوما: $[m]$	300
المسافة بين الصنابير على الأنبوب الثابت دوما: $[m]$	60
المسافة بين أجهزة الرذاذ: $[m]$	50.7
مساحة السقاية من موضع واحد: $[hr]$	0.9
الطبقة الوسطية للرذاذ: $[mm / min]$	0.126-0.168
إنتاجية العمل الصافي: $[hr / h]$ عند معدل سقاية: $600[m^3 / hr]$	0.15
ثابت استخدام الأرض	0.98
سرعة الحركة: $[k.m / h]$	2.52
عدد أجهزة الرذاذ	3
قياسات الأبعاد: $[mm]$	
الطول	151920
العرض	1730
الارتفاع (الصورة للسقاية الحقلية، المخرج للبساتين والأشجار)	4750/6930
كتلة الأنبوب الذيلي: $[kg]$	1560

يبين الجدول (3-18) استمرارية عمل الأنبوب الخطي في الموضع وفق العلاقة بقيمة معدل السقاية، ويبين الجدول (3-19) المساحة المعالجة أو العمل خلال ساعة زمنية.

الجدول (3-18): استمرارية عمل أنبوب التذرير الخطيّ في الموضع عند معدلات سقاية مختلفة: [min].

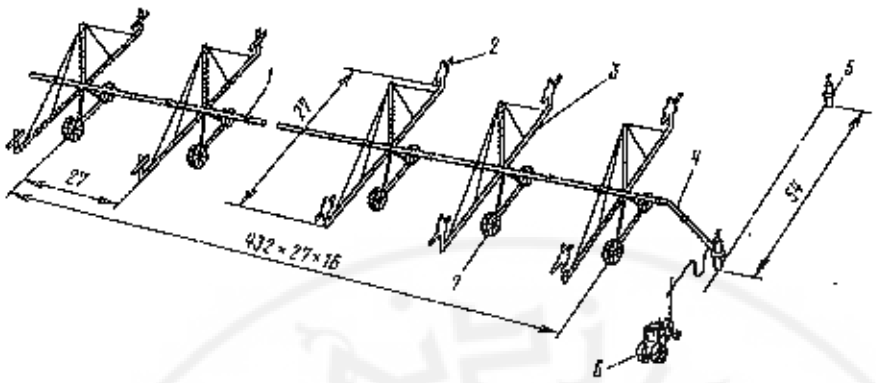
معدل السقاية: [mm]	ضياعات المياه على التبخر: %					
	0	5	10	15	20	25
10	60	63	66	69	72	75
20	120	126	132	138	144	150
30	180	189	198	207	216	225
40	240	252	264	276	288	300
50	300	315	330	345	360	375
60	360	378	396	413	430	450
80	480	504	526	550	575	600

الجدول (3-19): المساحة المعالجة باستخدام أنبوب التذرير الخطيّ خلال ساعة زمنية: [hr]

معدل السقاية: [mm]	ضياعات المياه على التبخر: %					
	0	5	10	15	20	25
10	0.9	0.85	0.82	0.78	0.75	0.72
20	0.45	0.43	0.41	0.39	0.37	0.36
30	0.3	0.28	0.28	0.26	0.25	0.24
40	0.22	0.21	0.2	0.2	0.19	0.18
50	0.18	0.17	0.16	0.16	0.15	0.14
60	0.15	0.14	0.14	0.13	0.12	0.12
80	0.11	0.11	0.1	0.1	0.09	0.09

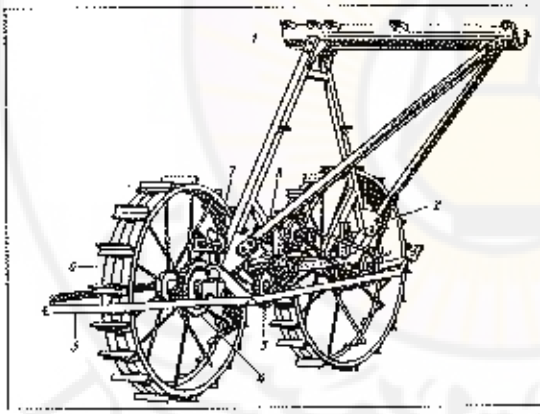
5- آلة التذرير الكهربائية متعدّدة المساند وكبيرة العرض العامل (دنبير): تستخدم لسقاية محاصيل الحبوب، والخضار، وأيضاً لري المروج والمراعي في المساحات ذات الميل حتى: 0.02. تجرى السقايةُ موضعياً مع التغذية من صنابير شبكة أنابيب الريّ المغلقة، وتستمد حركتها الجبهيّة بين المواضع من محول من محطة كهربائية متحركة، ومثبّتة على الجسرار، تنقل من قطاع إلى قطاع آخر بالاتجاه المحوري على وصلة القطر للجرار. الشكل (3-19).

تتكوّن آلة دنبير من 17 عربة ذاتيّة الحركة مزودة بعجلات استناديّة. يثبّت عليها الأنبوب الرئيسي لنقل المياه مع الجوانح العرضية بطول: [13.7[m]، والتي تُثبّت عليها أجهزة التذرير متوسّطة المسافة لتطاير الرذاذ روزا 3. تمتلك الجوانح العرضيّة والأنبوب الرئيسي لنقل المياه على حبال توازن لأنبوب الوصل المفصلي المنحرف، وملفافٌ رفع مسنن. تُجهّز الآلة بمحرك كهربائيّ وبمنظّم تزامنيّ لحركة المساند. يعمل المحرّك الكهربائي للمساند ذاتية الحركة دورياً، ويشغل ويُوقف بتأثير النظام التزامني. استطاعة المحرك الكهربائي لنقل العربات: [1.1[KW].



الشكل (3-19): الشكل العام لآلة دنيبر: 1- الأنبوب الرئيسي لنقل المياه، 2- جهاز التذرير، 3- جناح عرضي،4- جهاز وصل،5- صنبور،6- محطة كهربائية معلقة على الجرار،7- عربة ذاتية الحركة، الأبعاد: $[m]$.

تستمدّ محوّلات عجلات السير حركتها من المحركات الكهربائية (المخفّضات) المثبّتة على هيكل المساند عبر أجهزة نقل الحركة السلسلية والنهائية. يمكن لمحاور عجلات السير الدوران بهدف تطابق التوضع عند نقل الآلة من قطّاع إلى قطاع آخر عند قطرها بالجرار. الشكل (3-20).



الشكل (3-20): العربة الاستنادية لآلة دنيبر: 1- مجرى، 2- حلقة شد نجمية، 3و4- جهاز نقل الحركة السلسي والمسنني، 5- قضيب النقل (الجر)، 6- عجلة استنادية، 7- محور، 8- محرك كهربائي مخفض.

يتكوّن الخط الرئيسي لنقل المياه من مواسير الألمنيسوم بطول تسعة أمتار: $180\times3.5[mm]$ ذات وصلات ربط وصمامات صرف. ارتفاع الخط الرئيسيّ فوق سطح التربة $2.1[m]$ حسب المحور. ونبيّن فيما يلي الصفات التقنية للآلة المعدّلة دنيبر، ويبين الجدول (3-20) مخططات عملها.

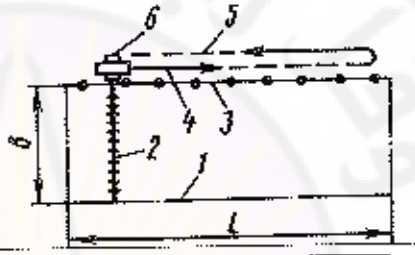
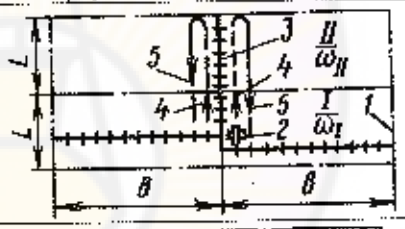
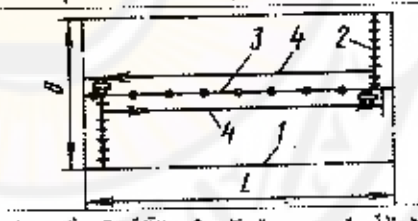
الصفات التقنية للآلة المعدلة دنبير:

البارامترات	0-دنبير	1-دنبير	2-دنبير	3-دنبير	4-دنبير
إنتاجية العمل الصافي: $[hr/h]$ عند معدل سقاية: $600[m^3/hr]$	0.71	0.67	0.63	0.59	0.55
التدفق: $[l/\sec]$	120	113	106	99	92
الضغط عند المسنبور: $[m]$	45	45	45	45	45
شدة الغزارة الوسطية للرذاذ: $[mm/\min]$	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
العرض العامل: $[m]$	460	433	406	379	352
ارتفاع تثبيت الأنبوب الرئيسي: $[m]$	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
عدد عربات السير الاستنادية	17	16	15	14	13
عدد أجهزة الرذاذ:					
ذات تأثير دائري	30	28	26	24	22
ذات ميكانيزم سقاية قطاعي	4	4	4	4	4
الاستطاعة المطلوبة: $[KW]$	18.7	17.6	16.5	15.4	14.3
سرعة الحركة: $[km/h]$	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
قياسات الأبعاد في وضعية النقل: $[m]$	448× 27×5.3	421× 27×5.3	394× 27×5.3	367× 27×5.3	340× 27×5.3
الكتلة: $[kg]$	13880	13080	12280	11480	10680

تُثبّت على أنبوب الربط الفرعي، والذي يمتلك عند كلّ نهاية للآلة صندوق تشغيل النظام الكهربائي للآلة الموصول إلى المحطّة الكهربائيّة المتحركة، ويثبّت مانومتر ومقياس لمستوى الماء. تشمل الأجهزة الكهربائية للآلة على محوّل كهربائيّ ومحطة كهربائية. يتكوّن المحوّل الكهربائيّ من محرّك مُخفّض، وصناديق الوصل، ومراكز وميكانيزمات التحكم، ونظام الإشارات والإضاءات، وكوابل وأسلاك كهربائية.

يحقّق ميكانيزم التحكم التزامني تسويّة منتظمة للعربات البينية للآلة المتحركة عند انحراف المحرّك المخفّض للعربة المتقدمة. عند انحناء الأنبوب الرئيسي لنقل المياه فإن الآلة تبلغ الحدّ النهائي المسموح به، لذلك تضاء على لوحة التحكم لمبةٌ وتُشغّل الإشارةُ الصوتية للجرار. يثبّت نظام الإشارات الضوئية على العجلات الاستنادية.

الجدول (3-20): المخططات التقنيّة لعمل آلة دنبير:

مخطط العمل	مخطط حركة الآلة
تجري السقاية على كامل طول القطاع، وتتحرك الآلة باتجاه واحد. تكون الحركة العكسية فارغة (شوط فارغ) أي دون سقاية.	
تقوم الآلة بالري حتّى وسط القطاع، ثمّ تتحرّك بشوط فارغ، وتروي كامل القطاع بالاتجاه المعاكس.	
تستخدم آلتان بواسطة جرار واحد وترويان قطاعين متجاورين. تتحقّق التغذية بالمياه من أنبوب ريّ واحد أي من نفس أنبوب الريّ.	
تروي الآلة قطاعين من كلا جهتي أنبوب الريّ. وتتحوّل الآلة إلى وضعيّة النقل عند الشوط المعاكس.	

ملاحظة: 1- حدود الحقل، 2- الآلة، 3- أنبوب السقاية مع الصنابير، 4- الشوط العامل للآلة، 5- الشوط الفارغ أي غير العامل للآلة، 6- الجرار والمحطة الكهربائية، II,I- رقم القطاع، L- طول الحقل، b- عرض الحقل.

تتكوّن الآلة من 35 صنبوراً، تُثبّت على أنابيب الريّ بمسافة بينيّة عن بعضها البعض: $54[m]$ ، سرعة الحركة التزامنية للآلة والمحطة الكهربائية عند تغيير الموضع: $0.49[km/h]$.

يبيّن الجدول (3-21) استمرارية عمل آلة دنبير في الموضع عند معدّلات سقاية مختلفة. ونبيّن فيما يلي ثابت استخدام زمن الوردية: K_{sh} من أجل معدلات سقاية مختلفة: m .

ثابت استخدام زمن الوردية: K_{Sh} من أجل معدّلات سقاية مختلفة: m .

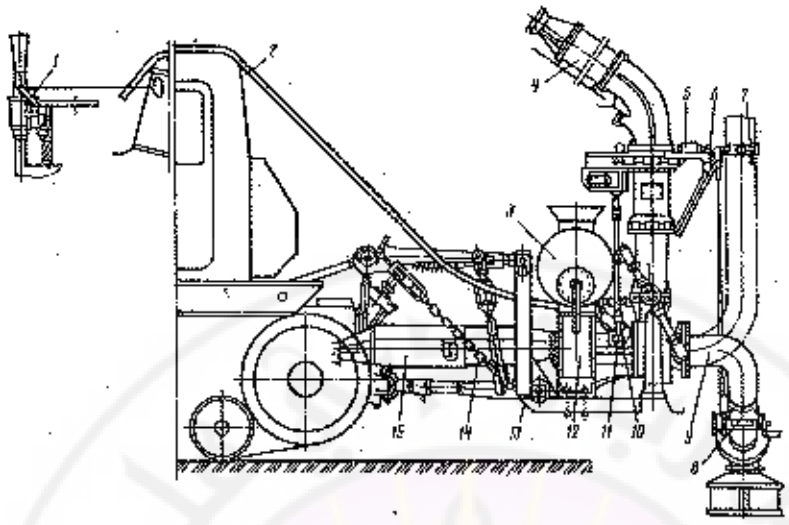
$m;[mm]$	20	30	40	50	60	80
K_{Sh}	0.67	0.74	0.78	0.81	0.82	0.84

الجدول (21-3): استمرارية عمل آلة دنبير: DF في الموضع عند معدلات سقاية مختلفة: [min].

معدل السقاية: $[mm]$	ضياعات المياه على التبخر: %					
	0	5	10	15	20	25
10	33	35	36	38	40	42
20	67	70	73	76	80	85
30	100	105	110	115	120	126
40	133	140	146	153	160	168
50	167	175	183	192	200	210
60	200	210	220	230	240	252
80	267	280	294	306	320	337

6- محطة وآلة التذرير المعلقة بعيدة المسافة لتطاير الرذاذ: تستخدم لسقاية محاصيل زراعية مختلفة، بما في ذلك المحاصيل ذات السوق الطويلة وأيضاً البساتين، والمروج والمراعي والحشائش وتوزّع المياه دائرياً وقطاعياً. تجرى السقاية موضعياً ويتمّ سحب المياه من أحواض تجميع المياه، ومن شبكات الريّ المكشوفة والمغلقة.

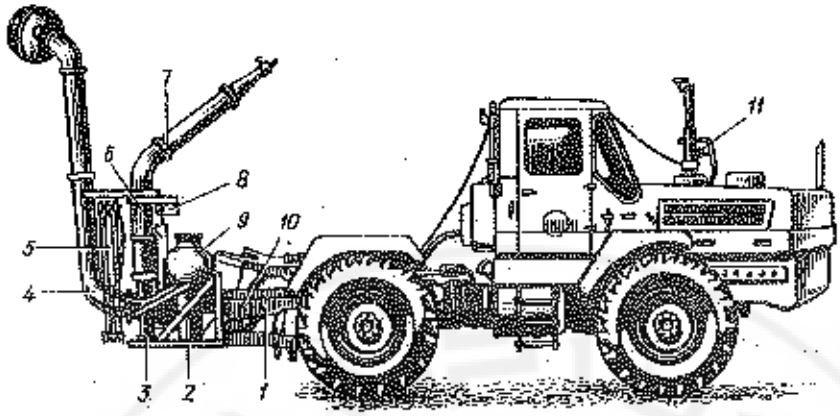
يمكن استخدام الآلة أيضاً كمحطة ضخ متحرّكة على الجرار. تملك الآلة ذات المخطط التصميميّ لعدّة أنواع منها. أجزاؤها الأساسية: هيكل معلق، وعمود كردان، ومخفّض أسطوانيّ وحيد المرحلة، ومضخّة معلّقة وخطّ السحب، ومخفّض دودي، وجهاز تذرير بعيد المسافة لتطاير الرذاذ، وميكانيزم دوران لأجهزة التذرير عند السقاية دائريا وقطاعيا، وعساء جهاز التسميد من أجل توزيع المحلول المائي للأسمدة المعدنية مع مياه السقاية. تُجهّز الآلة بجهاز خفض ورفع خطّ السحب (ملفاف أسطواني لكبل الآلة أو بأسطوانة هيدروليكية ذات كبل للآلة). غذاذ أو مقياس منسوب المياه، وجهاز إيجاكتور (شفّاط) من أجل إملاء المضخة بالماء. 63% من الأجزاء الأساسية لهذه الآلات موحّدة المقاسات. يبيّن الشكلان (22-3) و(23-3) الأشكال العامة لأجهزة التذرير بعيدة المسافة لتطايره المستخدمة في هذه الآلات.



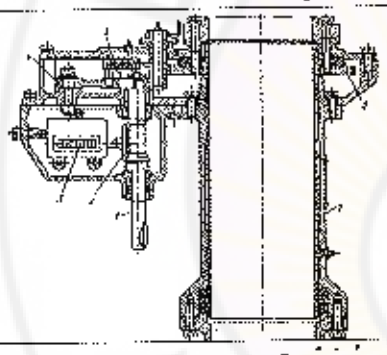
الشكل (22-3): محطة التذرير المعلقة بعيدة المسافة لتطاير الرذاذ:

1- جهاز-تفريغ، 2- أنبوب تفريغي، 3- جهاز التسميد الإضافي، 4- ميكانيزم دوران مع الجذع، 5- فرامل، 6- حارف (موجه)، 7- ماسك (حلقة إحكام)، 8- سلفاف مرفاع، 9- أنبوب السحب، 10- مخفض دودي، 11- دحراج مفصلي، 12- مضخة-مخفض، 13- هيكل، 14- سلسلة تفريغ، 15- عمود كردان والغلاف (الغطاء).

تعلّق محطة التذرير بالجرار، ويمتلك جهاز التذرير فوهتين كبيرة وصغيرة، تُجهّز الفوهة الصغيرة بشفرات للتذرير، وبتغيّر وضعيتها تنظّم السقاية بالقرب من الآلة. من أجل انتظام التدفق يوجد في مرفق الجهاز سكينان، ويوجد معدّل في الجذع الرئيسي. يستمدّ الجهاز دورانه من مأخذ القدرة الخلفي للجرار عبر عمود تلسكوبيّ مفصليّ، وعبر الأسطوانة الأساسية والمخفض الدودي أو الحلزوني. يربط ميكانيزم دوران الجهاز من عمود الخرج للمخفض الدودي بواسطة العمود المفصلي والذي يتكوّن من كامة لا مركزيّة، وصفيحة مع السقّاطة (الكلّابة) والمسنن، والمضغوطة على كأس (وعاء) الجهاز، والذي إليه يثبت جذع جهاز التذرير بصلابة. الشكل (24-3). تنظّم زاوية قطّاع السقاية في المجال: [°360 – 0] كل: °20 . ويبيّن الشكل (25-3) جهاز التسميد الإضافي لمحطّة التذرير.



الشكل (3-23): آلة التذرير بعيدة المسافة لتطاير الرذاذ المعلقة على الجرار:
1- سلسلة تفريغ، 2- هيكل، 3- مضخة-مخفض، 4- أنبوب السحب، 5- أسطوانة هيدروليكية، 6- دحراج مفصلي، 7- الجذع، 8- ميكانيزم دوران الجذع، 9- جهاز التسميد الإضافي، 10- عمود كردان والغلاف، 11- جهاز تفريغ التدفق-الغازي.

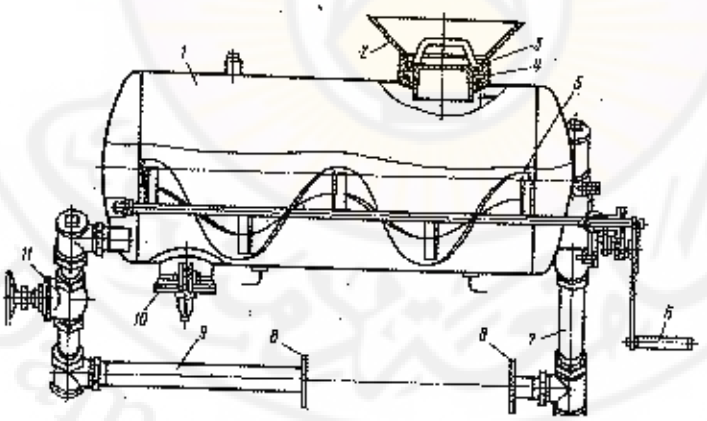


الشكل (3-24): ميكانيزم دوران جذع لمحطة التذرير:
1- عمود الدخل، 2- جهاز نقل الحركة المخروطي، 3- مقياس مستوى المياه، 4- عتلة، 5- ميكانيزم مسنن وسقاطة، 6- عجلة بسقاطة، 7- هيكل الآس.

تعلّق آلة التذرير بالجرّار وتستخدم فيها وصلة قطْر آلية. يمكن استخدام محطة التذرير في مجموعة أجهزة التذرير المتحركة التي يدخل فيها محطة ضخ متحركة مرتفعة الضغط، محطّة التذرير بعيدة المسافة لتطاير الرذاذ، والأنابيب الرئيسية والفرعية سريعة الفك والتركيب وأنابيب التوزيع بطول: 1200[m] ومعدّات توزيع المياه (صنابير-صمامات منزلقة، مضخات، سدادات محكمة)، وجهاز من أجل وصل المحطّة مع المضخّة على صندوق أنبوب التوزيع. ويبيّن الجدول التالي المواصفات التقنية وتكوين أجهزة الريّ المتحركة لمحطة التذرير.

المواصفات التقنية وتكوين أجهزة الري المتحركة لمحطة التذرير:

50-60	تدفق المياه: $[l/sec]$
0.54	الضغط: $[MPa.]$
0.41	الغزارة الوسطية للرذاذ: $[mm/\min]$
45	قطر الفوهة المتغيرة: $[mm]$
	المساحة: $[hr]$
0.72	المروية من موضع واحد
50	المستخدمة خلال الموسم
0.6	إنتاجية العمل الصافي: $[hr/h]$ عند معدل سقاية: $[m^3/hr]$ 300.
	مكونات المجموعة:
1	محطة ضخ متحركة
1	محطة تذرير
240	مواسير التوزيع بقطر: $[mm]$ 180 والطول الكلي: $[m]$ 1200.
15	صنابير -صمامات منزلقة: $[mm]$ 180×180×180.
2	مضخات: $[mm]$ 180×180
3	سدادة محكمة: $[mm]$ 180



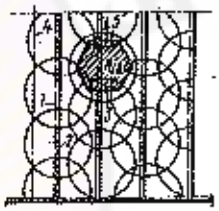
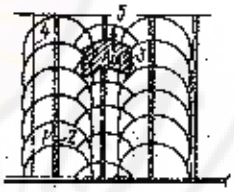
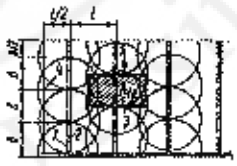
الشكل (25-3): جهاز التسميد الإضافي لمحطة وآلة التذرير المعلقة-

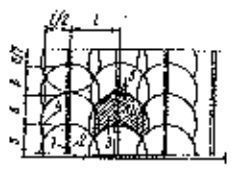
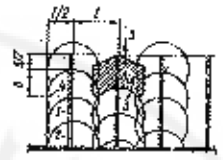
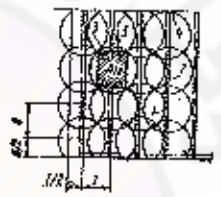
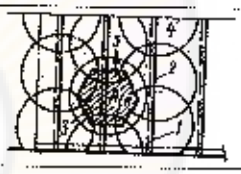
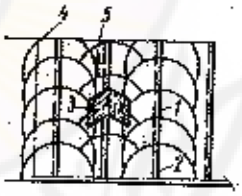
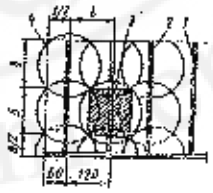
1- وعاء، 2- سدادة فمعية الشكل، 3- سدادة محكمة، 4- حلقة إحكام لمنع التسر... ناقل حلزوني، 6- قبضة يدوية، 7و9- مواسير، 8- وصلة ربط على شكل ... 11- لولب.

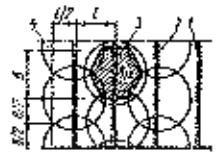
يمكن أن تجرى السقاية دائرياً (عند المخططات المستطيلة أو المثلثية لتوضع الصنابير) أو أيضاً حسب القطاع. تعتبر سرعة الرياح الحرجة: $5[m/sec]$ التي جودة الرذاذ والسقاية عندها تتناقص بصورة حادّة. عند السرعات الصغيرة للرياح يقترح مخطط العمل وفق المخطط الدائري، أمّا عند زيادة سرعة الرياح: $2-3[m/sec]$ على ارتفاع: $2[m]$ يقترح مخطط العمل وفق القطاع أو حسب المخطط المستطيل عند المواضع المتجاورة.

يبيّن الجدول (3-22) مخططات العمل لمحطة لآلة التذرير وحسنات وسيئات كلّ مخطّط، وتبيّن الجداول (3-23) وحتى (3-28) ثوابت العمل الأساسية لمحطة ولآلة التذرير عند مخططات سقاية مختلفة.

الجدول (3-22): المخططات التكنولوجية لتوزع وعملمحطة وآلة التذرير المعلقة:

مخطط توضع وحركة الالات	مبدأ العمل	الحسنات	السيئات
محطة التذرير المعلقة			
	تتحرك الآلة على طول قناة الري أو على طول الأنبوب حتى نهاية القطاع، ثم تعود على طول القناة التالية. توزع الصنابير في نظام شطرنجي وفق المخطط: $100\times110[m]$	بالمقارنة غزارة غير كبيرة للرذاذ، مسافة صغرى لشبكة الري، مساحة السقاية من الموضع مع اعتبار التغطية تشكل: $0.94[hr]$	جودة جيدة للسقاية فقط عند سرعة رياح حتى: $2[m/sec]$.
	تعمل الآلة وفق القطاع وتوزّع في المواضع كل: $55[m]$ على قنوات أو أنابيب الريّ المتجاورة في النظام الشطرنجي حسب المخطط: $100\times55[m]$	جودة سقاية جيدة عند سرعة رياح: $2-3[m/sec]$ على ارتفاع: $2[m]$ عن سطح الأرض.	غزارة الرذاذ مرتفعة، ضياعات كبيرة في الزمن بسبب الانتقال من موضع لأخر، مساحة سقاية صغيرة من الموضع: $0.55[hr]$.
	تجرى السقاية دائرياً بتغطيتين. المواضع على قنوات أو أنابيب الريّ المتجاورة موزّعة في نظام شطرنجي. يقترح عند سرع الرياح الكبيرة.	تغطية جيدة بالرذاذ للقطاعات عند سرعة رياح: $2-3[m/sec]$	غزارة كبيرة للرذاذ، مساحة صغيرة المروية من الموضع، يتكرر مراراً تغيير موضع الآلة لموضع اخر.

	تجرى السقاية حسب القطاع عند مخطط مستطيل لتوزع المواضع: $145 \times 85[m]$، يقترح عند سرُع الرياح الكبيرة.	تحقق الجودة المطلوبة للسقاية عندما سرعة الرياح لا تتجاوز: $2-3[m/\sec]$	مساحة سقاية صغيرة في الموضع، ثابت منخفض: K_m، غزارة الرذاذ كبيرة.
	تجرى السقاية قطاعياً عند التوزع في المواضع على قنوات أو أنابيب الريّ المتجاورة في نظام شطرنجيّ.	بصورة كافية موثوقة التغطية الموضعية عند زيادة المساحة المروية من الموضع بالمقارنة مع المخطط السابق.	مساحة سقاية صغيرة من الموضع، غزارة الرذاذ كبيرة.
	تعمل الآلة دائرياً وفق المخطط المستطيل لتوزع المواضع: $90 \times 70[m]$. يقترح عندما سرعة الرياح أكبر من: $2-3[m/\sec]$	جودة مناسبة للسقاية عندما سرعة الرياح: $2-3[m/\sec]$	غزارة الرذاذ كبيرة، الشبكة كثيفة من أنابيب نقل المياه، ثابت منخفض لاستخدام الزمن المتغير (الوردية)، مساحة السقاية من الموضع صغيرة: $0.63[hr]$.
	تعمل الآلة دائرياً حسب المخطط: $90 \times 100[m]$ مع توزّع مثلثي للمواضع.	جودة مناسبة للسقاية عند سرعة حتى رياح: $2-3[m/\sec]$	المسافة أصغر بين قنوات أو أنابيب نقل المياه مما في المخطط 1. شدّة الرذاذ مرتفعة.
	تعمل الآلة قطاعياً وفق المخطط: $90 \times 50[m]$ مع توزع مثلثي للمواضع.	جودة مناسبة للسقاية عند سرعة حتى رياح: $2-3[m/\sec]$	شدّة الرذاذ مرتفعة، مساحة سقاية صغيرة من الموضع، ضياعات زمنية كبيرة نسبيا على الانتقال من موضع لآخر.
آلة التذرير المعلقة			
	تجرى السقاية دائريا عند توزع المواضع على رؤوس [illegible]	يحقق جودة سقاية مناسبة عند سرعة رياح: $2-3[m/\sec]$	شدة مرتفعة للرذاذ، مساحة السقاية الفعالة صغيرة.

	. المساحة المروية الفعالة: $1.44[hr]$.		
يقترح فقط عند سرعة رياح: $2[m/\sec]$.	تغطية جيدة للرذاذ وفعالية عظمى للمساحة المروية: $1.7[hr]$، شدة الرذاذ ضعيفة.	تجرى السقاية دائرياً عند توزع المواضع على رؤوس مثلث، يستخدم عند سرعة رياح حتى: $2[m/\sec]$.	

ملاحظة: 1- طرق زراعية حقلية، 2- قنوات أو أنابيب الري، 3- مساحة الري الفعالة، 4- حدود الحقل، 5- اتجاه حركة الآلة. b المسافة بين المواضع (الصنابير)، l - المسافة بين قنوات أو أنابيب الري، A_m - مساحة السقاية الحسابية.

الجدول (23-3): المواصفات التقنية لمحطة وآلة التذرير (السقاية دائرياً):

البارامترات (المقاسات)	محطة التذرير		آلة التذرير	
إنتاجية العمل الصافي: $[hr/h]$ عند معدل سقاية: $600[m^3/hr]$.	0.39	0.7	0.6	0.51
تدفق المياه: $[l/\sec]$	65	115	100	85
الضغط: $[MPa.]$	0.52	0.65	0.65	0.65
الشدة الوسطية للرذاذ عند العمل دائرياً: $[mm/\min]$	0.36	0.31-0.38	0.27-0.3	0.3-0.34
مسافة تطاير الرذاذ: $[m]$	69.5	85	85	75
قطر الفوهة: $[mm]$				
المتغيرة	55	60,65,58	56,58,64	54
الثانوية الصغيرة	16	20	20	20
عدد دورات جذع الجهاز: $[r.p.m]$	0.2	0.2	0.2	0.2
سعة وعاء جهاز التسميد الإضافي: $[DM^3]$	0.12	0.12	0.12	0.12
المسافة بين قنوات أو أنابيب الري: $[m]$	100	120	120	110
المسافة بين المواضع: $[m]$	110	145	145	110
قياسات الأبعاد في وضعية النقل: $[mm]$	2710×1440 ×3600	8420×2320 ×4020	2710×1850 ×4210	6387×1740 ×4290

الجدول (3-24): ثوابت عمل محطة التذرير عند مخططات سقاية مختلفة:

الثوابت	السقاية دائرياً حسب المخططات			السقاية قطاعية حسب المخطط المثلثي	
	حسب المثلث		حسب المستطيل		
	$100\times110[m]$	$90\times100[m]$	$70\times90[m]$	$100\times55[m]$	$90\times50[m]$
المسافة بين فوهات أو أنابيب الري $[m]$	100	90	70	100	90
المساحة المروية من موضع واحد مع اعتبار التغطية $[hr]$	0.94	0.84	0.63	0.55	0.45
شدة الرذاذ الحمراء الوسطية دون اعتبار التغطية $[mm/\min]$	0.25	0.25	0.35	0.5	0.5

الجدول (3-25): ثوابت العمل لآلة التذرير عند مخططات سقاية مختلفة:

الثوابت	السقاية دائرياً حسب المخططات			السقاية قطاعياً حسب المخططات	
	مثلثي	مستطيل		مستطيل	مثلثي
	$120\times145[m]$	$120\times120[m]$	$145\times85[m]$	$145\times85[m]$	$155\times85[m]$
المسافة بين فوهات أو أنابيب الري $[m]$	120	120	145	145	155
المساحة المروية من موضع واحد مع اعتبار التغطية $[hr]$	1.75	1.41	1.23	1.23	1.32
شدة الرذاذ الحمراء الوسطية دون اعتبار التغطية $[mm/\min]$	0.26	0.26	0.53	0.35	0.53

الجدول (3-26): استمرارية عمل محطة التذرير في الموضع: [min]

معدل السقاية: $[m^3/hr]$	ثابت ضياعات الرياح على التبخر	السقاية دائرياً حسب المخططات			السقاية قطاعي حسب المخطط المثلثي	
		مثلثي		مستطيل		
		$100\times110[m]$	$90\times100[m]$	$70\times90[m]$	$100\times55[m]$	$90\times50[m]$
200	1	48	43	32	28	23
	1.1	54	48	36	31	26
	1.2	60	54	40	35	29
300	1	72	65	48	42	34
	1.1	81	72	53	47	38
	1.2	91	81	60	52	42
400	1	97	87	64	56	46
	1.1	107	97	71	62	51
	1.2	116	109	80	70	58
500	1	121	108	81	70	57
	1.1	134	120	90	78	63
	1.2	151	135	101	88	68
600	1	145	130	97	84	69
	1.1	161	143	107	92	76
	1.2	181	156	116	101	82
800	1	193	173	129	113	92
	1.1	214	191	142	125	101
	1.2	241	208	155	136	110

الجدول (3-27): استمرارية العمل لآلة التذرير في الموضع: [min]

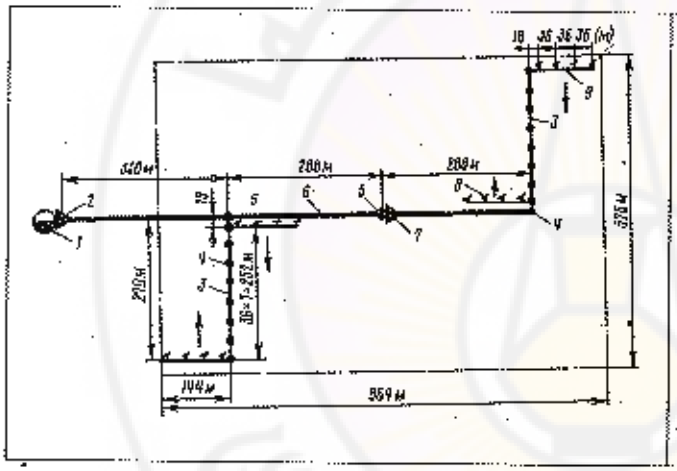
معدل السقاية: $[m^3/hr]$	ثابت ضياعات المياه على التبخر	السقاية دائريا حسب المخططات			السقاية قطاعياً حسب المخططات	
		مستطيل	مثلثي		مستطيل	مثلثي
		$120\times120[m]$	$85\times145[m]$	$145\times145[m]$	$85\times145[m]$	$85\times155[m]$
200	1	48	41	58	41	44
	1.1	53	46	65	46	49
	1.2	60	51	73	51	55
300	1	72	61	87	61	66
	1.1	80	68	97	68	73
	1.2	90	77	109	77	83
400	1	97	82	167	82	88
	1.1	107	91	130	91	98
	1.2	120	102	146	102	110
500	1	120	102	146	102	110
	1.1	133	114	162	114	122
	1.2	150	128	182	128	138
600	1	144	123	175	123	132
	1.1	160	137	134	137	147
	1.2	180	154	219	154	165
800	1	192	164	233	164	176
	1.1	213	182	254	182	196
	1.2	240	205	292	205	220

الجدول (3-28): ثابت استخدام زمن الوردية لمحطة ولآلة التذرير:

معدل السقاية: $[m^3/hr]$	السقاية دائرياً حسب المخططات		السقاية قطاعياً حسب المخطط
	مثلثي	مستطيل	المثلثي
محطة التذرير المعلقة			
200	0.78	0.66	0.6
300	0.77	0.73	0.69
400	0.8	0.77	0.72
500	0.83	0.8	0.76
600	0.85	0.82	0.79
800	0.87	0.84	0.81
آلة التذرير المعلقة			
200	0.76	0.75	0.73
300	0.81	0.79	0.78
400	0.83	0.81	0.8
500	0.84	0.83	0.81
600	0.85	0.84	0.82
800	0.86	0.85	0.83

7- **محطة التذرير الموضعيّة رادوكا** الجدول (3-29) تستخدم لـري محاصيل الخضارية والعلفية والتقنية وري المروج والبساتين والأشجار المثمرة ومشاتل النباتات والأشجار في الأراضي صغيرة المساحة، بما في ذلك الأراضي ذات التضاريس الصعبة. وهي تتكوّن من محطّة ضخ متحركة محمولة على محطّة تذرير متوسطة المسافة لتطاير الرذاذ، ومزوّدة بجهاز تسميد إضافي.

يتمّ يدوياً فكّ وتركيب وجمع ونقل محطة التذرير وجناحها من موضع لآخر. تتكوّن محطّة التذرير من الجناح الرئيسي، وجناحي التوزيع وأربعة أجنحة تذرير مع أجهزة التذرير المتوسّطة المسافة لتطاير الرذاذ. تتكوّن الأنابيب من مواسير ألمينيوميّة سريعة الفكّ والتركيب: بأقطار مختلفة (عابرة، مواسير – صنابير، عاملة) بطول: [6[m]، ومن المعدات، الشكل (3-29).



الشكل (3-29): مخطط عمل المحطة المتنقلة الموضعية:
1- محطة الضخ، 2و7- المعابر: 150×180 و: 150×125، 3- الموزع، 4و5- ماسورة – صنبور: ($D_n=125[mm]$ و $D_n=150[mm]$)، 6- الأنبوب الرئيسي، 8- جهاز الرذاذ، 9- جناح الرذاذ.

محطة التذرير الموضعيّة المتنقلة تتكوّن من الأنبوب الرئيسيّ وجناحي التذرير. تثبّت على كلّ جناح أربعة أجهزة تذرير متوسّطة المسافة لتطاير الرذاذ. يوضع الأنبوب الرئيسي على سطح قطاع الريّ لكامل فترة الموسم. تثبّت ثلاثة صنابير على طول الأنبوب الرئيسي في محطة التذرير المعدّلة و 24 صنبوراً لمحطة التذرير الأساسية، وذلك حسب طول الأنبوب الذي إليه تُربط أنابيب التوزيع من أجل المعدلة، والأجنحة العاملة من أجل الأساسية. المسافة بين الصنابير: [286[m] من أجل المعدلة و: [36[m] من أجل الأساسية. يعمل عند المحطة المعدّلة جناحا التذرير بنفس الوقت واحدا واحدا على كلّ موزّع، وعند المحطّة الأساسية تعمل أجنحة التذرير بصورة متغيّرة. ويبيّن الجدول (3-29) المواصفات التقنية للمحطتين المذكورتين.

الجدول (29-3): المواصفات التقنية للمحطة المتنقلة:

البارامترات	المحطة	
	المعدلة	الأساسية
إنتاجية العمل الصافي: $[hr/h]$ عند معدل سقاية: $600[m^3/hr]$	0.28	0.17
المساحة المرويّة من موضع واحد: $[hr]$	50	25
غزارة المياه: $[l/sec]$	47.2	31
الضغط عند جناح الرذاذ: $[m]$	45	40
الشدّة الوسطية للرذاذ: $[mm/min]$	0.28	0.4
مخطط توزع الأجهزة: $[m]$	36×36	36×36
طول الأنبوب الرئيسي: 125: $[m]$	899(613+286)	842.5
طول أنبوب التوزيع:: $[m]$	271×2	
طول جناح التذرير:: $[m]$	126	127
عدد أجهزة التذرير متوسّطة المسافة لتطاير الرذاذ	16	8
إنتاجية العمل الصافي لجهاز التسميد الإضافي: $[kg/h]$	180	180
الكتلة: $[kg]$ للمحطة ككل	5680	4460
لمحطة الضبع	2680	1060

عند سقاية البساتين والمحاصيل مرتفعة السوق، تثبّت أجهزة التذرير على قوائم (دعامات) ذات ثلاث أرجل بارتفاع: $[mm]1200$، متّصلة بالأنبوب العامل.

يُشغّل جهاز التسميد الإضافي من أجل التسميد مع مياه الرذاذ بمحاليل الأسمدة المعدنية في البداية من الأنبوب التوزيعي. يمكن إدخال جهاز تسميد ثانٍ للمحطة. يخدم هذه المحطة سائق الدراجة النارية وعاملان.

8- أجهزة التذرير العاملة من موضع توضّع جهاز اللفّ أو الشدّ (البكرة) ومن المعدّات التي تقوم بالسقاية أثناء الحركة.

تستخدم هذه الأجهزة لسقاية المحاصيل الزراعية في القطاعات ذات الأشكال غير المنتظمة، وأيضاً ذات التضاريس اللامستوية بمياه نقية وأيضاً بجريانات جاهزة من مزارع تربية المواشي، تتحقّق التغذية بالمياه من صناديق أنابيب الريّ المغلقة.

يثبّت هيكل (شاسي) جهاز اللفّ والملفاف الأسطواني في الموضع عند الصنبور، يقوم جهاز التذرير من على العربة بالسقاية أثناء الحركة، وعند حلّ الخرطوم الملتف على الملفاف الأسطواني.

أ- **آلة التذرير الخرطومية ذات الجهاز المتحرك** تتكوّن من: هيكل قطْر بمحور وحيد على عجلات عاملة بالهواء المضغوط ومن الملفاف الأسطواني (أسطوانة دوارة)، ومن الزلاقة وجهاز التذرير. يستخدم أنبوب نقل المياه أيضاً من أجل نقل القوى على زلاّقة الشدّ.

يتكوّن ميكانيزم نقل الدوران للملفاف الأسطواني من:1- عنفة (مضخّة) محورية،2- مخفّض دودي،3- قارنة،4- مخفّض مخروطي،5- صنبور ثلاثي الفروع،6- جهاز القطر للنقل، ينظّم عدد دورات المضخّة بتغيير تدفّق المياه المار عبرها.

تتحقّق المعايرة اللاتدريجية لسرعة حركة جهاز التذرير بواسطة منظّم السرعة. ينظّم قطر الملفاف الأسطواني بواسطة الميكانيزم ومدحرج التلامس، والذي يتغيّر وفق العلاقة بطبقة الخرطوم الملتف، ويؤمّن سرعة معيّنة ثابتة لحركة الزلاقة ولجهاز التذرير. تظهر السرعة بصورة غير مباشرة على عدّاد السرعة.

تملك الزلاّقات خلوصاً كبيراً ومنتظماً في المجال: $[2800 - 1500][mm]$ من العرض بين العجلتين (في المحور ذاته). يجهّز إطار الزلاقات بوصلة قطر من أجل الربط بالجرار عند حلّ الخرطوم في بداية مرور العامل. ارتفاع فوهة جهاز الرذاذ حوالي: $1.7[m]$.

يوجد ميكانيزم تسارع لشدّ الخرطوم، العامل من مأخذ القدرة الخلفي للجرار. تسارع الشدّ لابدّ منه عند حالات الأعطال، ومن أجل صرف المياه منه عند وضع الآلة للحفظ.

في الجزء الأساسيّ لوصل الآلة إلى الصنبور تدخل مضخّة ربط وخرطوم ضغط بوليميري مستوي الدوران بقطر: $[150][mm]$، وبطول: $[10][m]$.

بعد الإيقاف الآلي (المؤتمت) فإنّ تغذية المياه في نهاية مرور الملفاف الأسطواني الذي يدور بواسطة النظام الهيدروليكي للجرّار بمقدار: 180^{0} على دائرة من أجل سقاية قطّاع الأرض من الجهة الأخرى من خطّ الصنابير.

في نهاية السقاية تدخل الزلاّقات على المرفاع وبواسطة المسند تضغط على حلقة التلامس، يقوم الكبل بتدوير الصنبور ثلاثي الفروع – لتغذية المياه على المضخة، تتوقّف تغذية المياه على الآلة يدوياً على الصنبور.

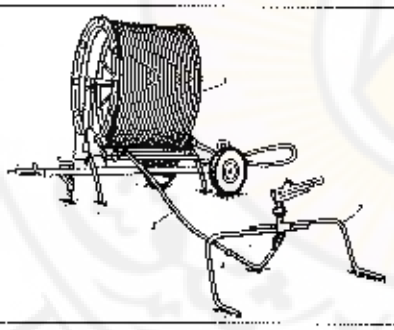
عند وضع الهيكل على الموضع فإنّه يثبت بواسطة مسند تلسكوبي (يـربط بالنظـام الهيدروليكي للجرار)، ويفرغ الشاسي العامل بالهواء المضغوط. تحمل الزلاقات مـع جهـاز التذرير بواسطة الجرار إلى بداية المرور العامل. تثبت السرعة بواسـطة السدولاب المعـدل لمنظّم السرعة المطلوبة لمعدل السقاية (طبقة الرذاذ خلال المرور أو الشوط). تجرى السـقاية في نظام عمل آلي. يبيّن الجدول التالي الصفات التقنية لآلة التذرير الخرطومية.

المواصفات التقنية لآلة التذرير الخرطومية:

نوع الآلة	جهاز متحرك مع خرطوم
تربط أو تقطر	جرار
المحول	هيدروليكي من ضغط قناة الري
الاستطاعة المطلوبة: $[KW]$	32.3
القوة على حركة الزلاقات للمحول الهيدروليكي: $[K.N]$	20
سرعة ضخ أنبوب نقل المياه: $[m/h]$	10-50
العرض العامل: $[m]$ والتغطية عند سرعة رياح: $0.7[m/\sec]$	86
عدد أجهزة الرذاذ	1
التدفق: $[l/\sec]$	30
الضغط: $[MPa.]$	
على المحور	1.1
على الجهاز	0.5
شدة الرذاذ	لا تتجاوز: 0.3
ثابت توزيع الرذاذ مع اعتبار التغطية عند سرعة رياح: $0.7[m/\sec]$ (نهاية السقاية).	0.8
ثابت استخدام الأرض	0.90
أنبوب نقل المياه:	
المادة	أنبوب من البولي إيثلين
القطر الداخلي:	90
سماكة الجدران:	10
الطول:	400
خرطوم مركز الوصل:	
المادة	اصطناعي (تركيبي)
القطر الداخلي: $[mm]$	110
سماكة الجدران: $[mm]$	4
الطول: $[m]$	10
المسافة: $[m]$	
بين قنوات (أنابيب) الري	800
بين المصاطب	80

محول جهاز الشد (اللف)، النوع	عنفة هيدروليكية ذات شد مباشر
قطر الملفاف الأسطواني: $[mm]$	1985
العرض المنتظم للمسافة بين الزلاجات (على نفس المحور): $[mm]$	1500-2800
قياسات أبعاد الآلة: $[m]$	
في الوضعية العاملة	
الطول	305
العرض	2.84
الارتفاع	3.85
في وضعية النقل:	
الطول	7.8
العرض	2.89
الارتفاع	4.18
السرعة: $[km/h]$	
الانتقال	15
عند تغيير الموضع	10
عند حمل أنبوب نقل المياه	5

ب- أجهزة التذرير الخرطومية: سبكما: تستخدم لسقاية جميع المحاصيل الزراعية في القطاعات غير المنتظمة الشكل، بما في ذلك الأراضي ذات التضاريس الصعبة. ويمكن استخدامها أيضاً لسقاية زوايا الأرض المرويّة بواسطة آلات فريكات. القطاع المستخدم هو محطة ضخّ واحدة ومجموعة أجهزة التذرير الخرطومية، وتشكل: $[hr]300 - 150$.



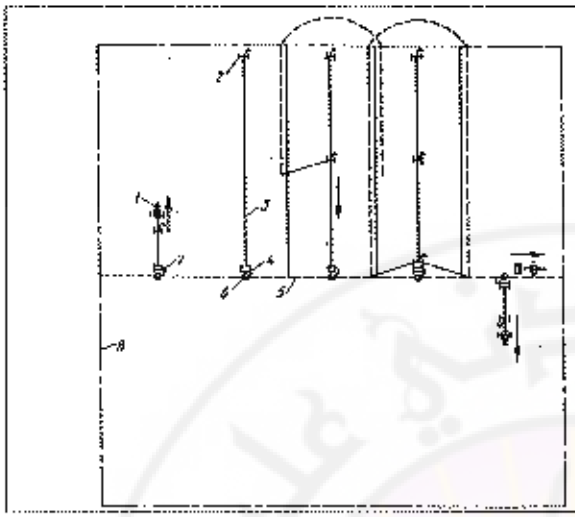
الشكل (31-3): الشكل العام لجهاز التذرير الخرطومي: 1- الهيكل مع جهاز اللف البكرة، 2- الزلاقات مع جهاز التذرير، 3- خرطوم من البولي إيتلين.

تتكوّن الأجهزة من جهاز اللفّ وملفاف أسطواني لدوران الخرطوم، وميكانيزم تحويل الملفاف الأسطواني، وخرطوم دفع المياه من البولي إيتلين، جهاز تذرير متسارجح، والمثبت على زلاقات محمولة على ثلاثة قوائم. الشكل (31-3). ميكانيزم تحويل الدوران للملفاف الأسطواني، والذي يستخدم طاقة المياه الجارية للسقاية يتكوّن من مضخّة قطريّة رد فعلية، ومحول انتقالي، منظّم سرعة (حدافة)، ومضخّة زيت مستنبة ومحرك مكبسي هيدروليكيّ. تجرى السقاية من

موضع توضع جهاز اللفّ المتصل بصنبور أنبوب الريّ الضغط المغلـق، ويُشـد خرطوم دفع المياه على الملفاف الأسطواني عند الحركة المستمرة المؤتمتة لجهـاز التـذرير خلال الشوط العامل. الشكل (3-32). ونبين فيما يلي المواصفات التقنيـة لأجهـزة التـذرير الخرطومية.

المواصفات التقنية لأجهزة التذرير الخرطومية:

الضغط المطلوب على الصنبور: $[MPa.]$	0.6-0.8
مقاسات الخرطوم البولي إيثيلين: $[mm]$	
القطر الخارجي	75
القطر الداخلي	65
الطول: $[m]$	285
سرعة اللف (اللف): $[cm/\min]$	10-60
ضياعات الضغط في الخرطوم: $[MPa.]$	0.15-0.5
جهاز التذرير:	
قطر الفوهة المتغيرة: $[mm]$	20-22
الضغط عند مدخل جهاز الرذاذ: $[MPa.]$	0.3-0.6
تدفق المياه: $[l/\sec]$	7.2-10.6
مسافة تطاير الرذاذ: $[m]$	31-48
السرعة الوسطية للرذاذ: $[mm/\min]$	0.19
الكتلة: $[kg]$	6.5
العرض المنتظم للمسافة بين الزلاجات: $[m]$	1200-1500
مقاسات أخدود المغاية من أجل الجور:	
الطول: $[m]$	293-300
العرض: $[m]$	55-85
المساحة: $[hr]$	1.6-2.5
طبقة الرذاذ من أجل مرور واحد: $[mm]$	10-75
ثابت فعالية السقاية	0.65-0.98
القطر الوسطي لقطرة الرذاذ: $[mm]$	1.45-1.7
استمرارية الشوط العامل: $[h]$	8.3-50
ثابت استخدام الزمن الفعلي للوردية عند معدل سقاية: $600[m^3/hr]$	0.82
إنتاجية العمل التصافي: $[hr/h]$ عند معدل سقاية: $300[m^3/hr]$	0.08-0.12
الميل المسموح به للقطاع:	
وفق اتجاه حركة جهاز الرذاذ	حتى:0.05
عرضيا على اتجاه الشوط العامل	حتى:0.1
كتلة الأجهزة دون مياه: $[kg]$	1500



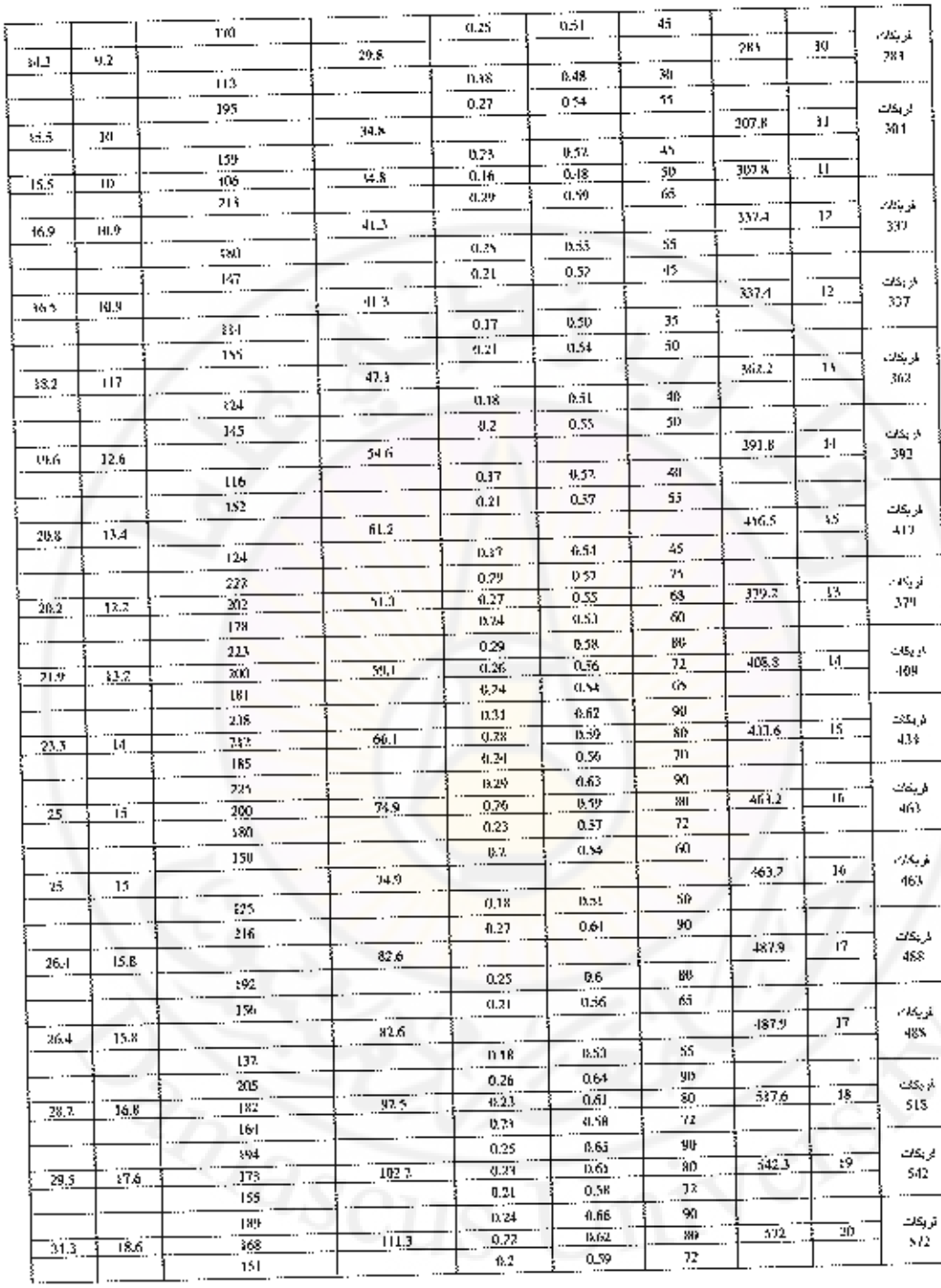
الشكل (32-3): المخطط التكنولوجي لجهاز التذرير الخرطومي، 1- جرار، 2- جهاز التذرير، 3- خرطوم بولي إيتلين، 4- خرطوم وصل، 5- شبكة الري، 6- صنبور على شبكة الري، 7- الهيكل (الشاسي) مع جهاز اللف، 8- حدود قطاع الري.

9- آلات التذرير العاملة في الحركة: تنسب لهذه الآلات آلات التذرير متعددة المساند ذات العرض العامل الكبير وذات السقاية الدائرية عند الحركة الجبهية، وأيضاً وحدة ماكينات التذرير الكانتصولية ذات الجناحين المعلقين. تجرى السقاية بتغذية المياه من صنابير أنابيب الري المغلقة، والآبار الارتوازية، وأيضا من مأخذ المياه من قنوات الريّ المكشوفة.

أ- آلة التذرير متعدّدة المساند ذاتية الحركة فريكسات الجدول (30-3): تستخدم لسقاية المحاصيل الزراعية، بما في ذلك المحاصيل ذات السوق الطويلة والمروج والمراعي. تتحقق السقاية دائرياً أثناء حركة الآلة.

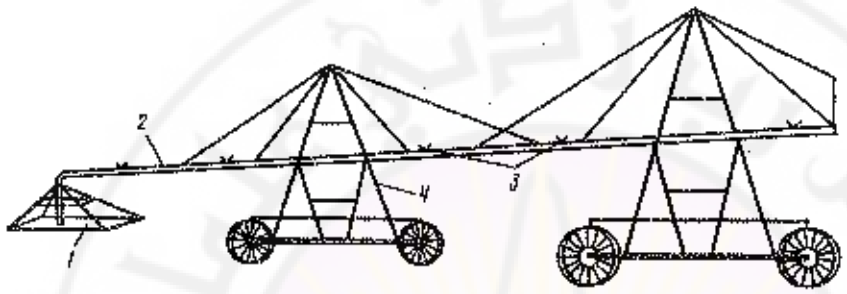
الجدول (30-3): المواصفات التقنية للآلات المعدلة المطورة المختلفة لآلة فريكات:

آلات معدلة	عدد المرشات	طول الآلة $[m]$	تدفق المياه للآلة $[l/sec]$	ضغط المياه عند المدخل $[MPa.]$	الشدة الوسطية للرش $[mm/min]$	مساحة السقاية للمرشة الواحدة $[m^2/hr]$	معدل إنتاجية الآلة $[m^3/hr]$	كمية مياه الآلة $[ton]$	
								مع مياه	بدون مياه
فريكات 199	7	199	28	0.47	0.22	53.8	277	50.2	6.5
			26	0.47	0.17		96		
فريكات 238	8	238.7	32	0.48	0.22	20.2	342	61.5	7.4
			25	0.47	0.18		111		
فريكات 253	9	253.5	38	0.50	0.21	24.4	196	72.7	8.2
			28	0.47	0.19		114		



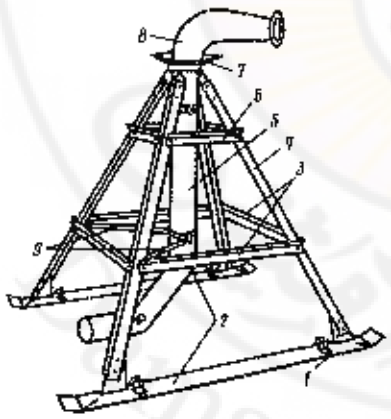
ملاحظة: 1- عدد تشكيلات مياه لآلة يفض الماركة تحقق توضع أجهزة تذرير مختلفة للضغوط من المجموعة المتوضعة مع الآلة والمتطابقة مع معاييرها. 2- عند الآلات المعدلة السبين في المواصفات التقنية محصولاً على تحقيق الفعالية العظمى لها في الشروط الزراعية والتضاريس، والمناخية والتربية المختلفة التي جميعها تؤخذ بالحسبان عند تصميم شبكات الري.

يستند الخطّ الرئيسي لدفع المياه للآلة ولأجهزة التذرير متوسطة المسافة لتطايره على مساند ذاتية الحركة، التي تملك عربات بجناحين معلّقين، والعاملة بقدرة المياه المتدفقة للسقاية الشكل (3-33).



الشكل (3-33): مخطط آلة التذرير فريكات: 1- مسند ثابت،2- أنبوب نقل المياه الرئيسي،3- جهاز التذرير،4- عربة استنادية ذاتية الحركة.

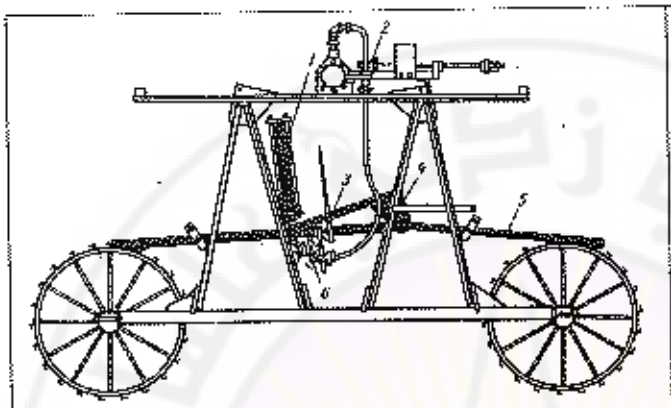
تجري المياه إلى الآلة من صنابير شبكة الريّ المغلقة أو من آبار ارتوازية. يوضع فوق الصنبور مسند ثابت ودعامة، التي تدور الآلة حولها. المسند الثابت عبارة عن تصميم معدني مثبّت على قاعدة بيتونية الشكل (3-34).



الشكل (3-34): المسند الثابت المركزي لآلة فريكات: 1- حلقة،2- زلاقة،3- قطعة سفلية مثلثية المقطع،4- دعامة،5- ماسورة،6- قطعة معدنية علوية مثلثية المقطع،7- مجرى،8-مرفق دائري،9- حامل.

وفق العلاقة بقيمة وشكل قطاع الري يمكن استخدام آلة فريكات المعدّلة بعدد مختلف من المساند. تثبّت آلة فريكات بعدة مساند: 7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20. يمتلك النموذج الأساسي: 16 مسنداً.

تتكوّن عربة الآلة من مسند عجليّ ذاتي الحركة وميكانيزم المحـول الهيـدروليكي، والماسورة الرئيسية لنقل المياه وجهاز التذرير. يبيّن الشـكل (3-35) العارضـة التشـابكية (الجملون) على شكل حرف: A ونظام التثبيت الكبلي للخط الرئيسي لنقل الميـاه، والأجـزاء الأساسية للنظام التزامني المؤتمت للحركة ولمحطة الأعطال.



الشكل (3-35): عربة استنادية ذاتية الحركة لآلة فريكات: 1- أسطوانة هيدروليكية، 2- صمام خانق، 3- عتلة صمام التوزيع، 4- عتلة بكتفين، 5- دافع، 6- صمام توزيع.

من أجل تحقيق سقاية منتظمة للمساحة تجهّز الآلة بأربعة أنواع قياسية من أجهـزة التذرير متوسطة المسافة لتطاير الرذاذ ذات تأثير دائري وبجهاز تذرير نهائي وحيد، والـذي يعمل وفق القطاع ويحقّق سقاية لجزء من المساحة حسب زاوية القطاع. توزّع أجهزة التذرير حسب طول الآلة، وتُصمّم بالتطابق مع تعليمات (إرشادات) المصنع المنتج لها.

يبين الجدول (3-19) مواصفات أجهزة التذرير لآلة فريكات، ويبيّن الشـكل (3-4) صفات التدفق- الضغط لهذه الأجهزة.

يتكوّن ميكانيزم المحوّل الهيدروليكي من أسطوانة هيدروليكية ومن نظام العتلات الناقلة لقوى تماسك التربة لعجلات السير للمساند ذاتية الحركة. يستخدم الصمام الخانق للنظام الهيدروليكي لتحقيق التزامن المؤتمت لحركة المساند. يرتبط ذراع (ساق) الصمام مباشرة بالميكانيزم العتلي بواسطة قضبان شدّ، والتي تثبّت إلى كلّ ماسورة للخط الرئيسي لنقل المياه من كـلا جهتـي العربة. عندما تتغير سرعة إحدى العربات الاستنادية ينحني الأنبوب الناقل للميـاه، وتـؤدي قضبان الشدّ بفعل تأثير الميكانيزم العتلي لزيادة أو لإنقاص سرعة جريان المياه عبر الصـمام الخانق في الأسطوانة الهيدروليكية، وبفضل ذلك تنظم آلياً سرعة حركة [illegible] العربة.

تجهّز آلة فريكات بأنظمة حماية من الأعطال الميكانية والكهربائية عنـد انحنـاء الأنبوب الناقل للمياه، والذي يُشكّل خطراً على متانة التصميم.

يعتمد تأثير نظام الحماية الميكانيكي على التنظيم المؤتمت لتدفق المياه الجارية للأسطوانة الهيدروليكية للعربة النهائية عبر صمّام كرويّ، المحول الذي يتّصل بالمسند الثابت لسلك الشدّ المار على طول الخط الرئيسي لنقل المياه للآلة. يغلقُ الصمّام الكرويّ في حالة الانحناء اللاممسوح به للآلة وتتوقّف العربة. ثمّ عند عمل النظام التزامني للحركة تتوقّف جميع العربات.

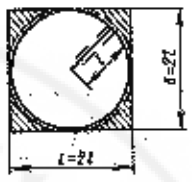
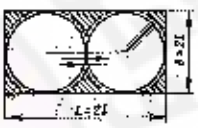
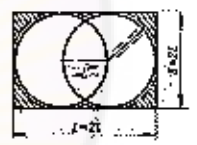
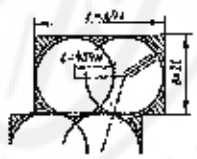
يتكوّن نظام الحماية الكهربائي من قواطع (فواصل) زئبقيّة موصلة على التسلسل (مرتبطة على التتالي)، ومُثبتة على كل عربة وتثبّت على رفصات (نواتات) بجانب ميكانيزمات تحويل الصمامات الخانقة للنظام التزامني. عند الانحناء الخطر يزداد ميل الرفاصات والفواصل الزئبقية بقدر ماء ويؤدّي لفصل (قطع) سلسلة التحكم بالمسافة العرضية بين العجلتين، ويوقف الميكانيزم التصميمي محطّة الضخ أو يفتح الصمّام المنزلق (المقاطة) عند مدخل آلة التذرير.

تُحدّد قيمة معدّل السقاية بطريقة تغيّر سرعة حركة الآلة. يمكن استخدام آلة فريكات في قطاع الريّ من أجل السقاية من موضع واحد أو من موضعين. تنقل الآلة بالاتجاه المحوري بواسطة جرار – قطر. عند ذلك تدور عجلات السير للعربات بمقدار: "90.

عند قطاعات الريّ ذات التضاريس والانحدارات الموضعية الصعبة في المجال: 0.1 – 0.07 توضع قطع وصل مرنة في الخط الرئيسي لنقل المياه للآلة عند المسند الثابت، مواسير بينية وعلى المسند ذاتي الحركة بالتبادل مواسير قصيرة. تملك القطع المرنة انحناءً حراً فقط في المستوي الشاقولي. تثبّت فرامل ميكانيكية على العربة الأخيرة أو النهائية للآلة ذات الوصلات المرنة. تدخل عتلة الفرملة في تشابك (تعشيق) مع عجلات التماسك بالتربة عند كلّ شوط لمكبس الأسطوانة الهيدروليكية.

تنتج آلة فريكات بتصميمين أولهما ذو خطّ رئيسيّ لنقل المياه بقطر: 152.4[mm] وتجهيزات من أجل تثبيت الوصلات المرنة عند السقاية في القطاعات ذات التضاريس الصعبة. وثانيهما بقطر أنبوب للخط الرئيسي لنقل المياه: 177.8[mm].

الجدول (3-31): المخططات التكنولوجية لتوزع ولعمل آلة فريكات على الأرض في الدورة الزراعية:

المخططات	مبدأ العمل	الحسنات	السيئات
	تعمل آلة فريكات على موضع واحد، تتطلق المساحة المروية بواسطة الآلة بيار امتراتها التصميمية. تشكل الزوايا غير المروية عند عمل جهاز الرذاذ النهائي نسبة: $16-18\%$، ثابت استخدام الأرض: $KZU=0.82-0.84$	تعمل الآلة بصورة مستقلة، وانعدام ضياعات الزمن والعمل على نقلها على امتداد (كامل) فترة نمو المحاصيل	ثابت استخدام الأرض منخفض، والجمولة الموسمية صغرى، والكلفة كبيرة.
	تعمل آلة فريكات في موضعين بمناطق الحقل الواحد أو أيضا في الحقول المختلطة، $KZU=0.82-0.84$	زيادة الحمولة الموسمية على الآلة تنقص الكلفة الكبيرة، عند استخدام اثنين لحقلين مختلفين يتناقص زمن السقاية	ثابت استخدام الأرض منخفض، ضرورة نقل الآلة من موضع لموضع آخر، وغير مطولة مشكلة سقاية الزوايا.
	تعمل آلة فريكات في موضعين بمناطق الحقل الواحد، تثبت الصنابير على مسافة مساوية للطول التصميمي للآلة، $KZU=0.91-0.93$	يزداد ثابت استخدام الأرض حتى: $KZU=0.91-0.93$، تزداد حمولة الآلة بالمقارنة مع المخطط 1، تتناقص مسافة نقل الآلة.	التغطية جزئية لمساحة الأرض بواسطة السقاية، والتغذية على المساحة بمعدل السقاية وفق دائرتين، ضرورة تغير سرعة حركة الآلة في العملية التكنولوجية للسقاية.
	تعمل آلة فريكات في موضعين على الصنابير التي في مناطق الحقل متوضعة على مسافة مساوية: $1.4[m]$ للطول التصميمي للآلة، المسافة بين الصنابير في الأراضي المختلطة تشكل: 1.925 من طول الآلة، $KZU=0.91-0.93$	يزداد ثابت استخدام الأرض بنسبة: $7-8\%$، تزداد حمولة الآلة بالمقارنة مع المخطط 1، من أجل سقاية الزوايا لا تتطلب تقنية سقاية أخرى.	التغطية بالسقاية جزئيا لمساحة الحقل، تتدفق المياه بنسبة: 6-7%، يمر الجزء المعلق للآلة فوق الأرض المختلطة، تزداد سويا إمكانية زراعة الأشجار بين الأراضي المختلطة.

ملاحظة: L - طول الحقل، b - عرض الحقل، l - الطول الهندسي للآلة.

ترفق مع آلة فريكات إضافياً مجموعات متغيرة: 1- ماسورة قصيرة ووصلة مرنة مثبتة على العربة بدلاً من الماسورة القصيرة بدون الوصلة المرنة. 2- ماسورة بينية فاصلة ووصلة مرنة

متوضعة في الفتحات المرنة عوضاً عن المحورة الفاصلة بدون وصلة مرنة، (تستخدم مجموعة المواسير والوصلات المرنة فقط في الآلات المعدلة).3- عربة أخيرة ذات فرملة ميكانيكية بدلاً من العربة الأخيرة بدون فرملة ميكانيكية.5- نظام حماية كهربائي أو مجموعة أنظمة حماية هيدروليكية.6- نظام حماية كهربائي خارجي أو مجموعة أنظمة حماية هيدروليكية خارجية.

وترفق مجموعات إضافية من الأجزاء والوحدات المجمعة:1- وصلة مرنة عند المسند الثابت، وألواح واقية للأنابيب الهيدروليكية للعربات، وحواجز واقية لعجلات العربات.2- فرامل ميكانيكية للعربات البينية، ونظام إيقاف لجهاز التذرير النهائي.3- مجموعة من أجل وصل الآلة بالمواضع الإضافية، ومجموعة لنقل الآلة من جهة المسند الثابت، ومجموعة لنقل الآلة من جهة الجزء المعلق.4- مجموعة تجهيزات من أجل الأنابيب بقطر: $[mm]$;152.4;177.8، المستخدمة عند تبديل المواسير القصيرة وحلقات منع التسرب لأنابيب نقل المياه.5- مجموعة مصافي منتظمة بقطر: $D_n = 300[mm]$ .6- مجموعة وحدة الماكينات لإدخال الأسمدة السائلة.

يبيّن الجدول (3-30) المواصفات التقنية لآلة فريكات المعدلة ويبيّن الجدول (3-31) المخططات التكنولوجية لعمل آلة فريكات.

تتعلّق فعالية استخدام آلة التذرير فريكات في مناطق مختلفة بصحة وبدقّة اختيار موديل آلة التذرير وتطابق تدفقها والمساحة المروية للشروط الزراعية- الطبيعية، المعينة الجدول (3-32).

يجب عند التخطيط لاستخدام آلة فريكات معرفة تدفقاتها وضغوطها الفعلية، يمكن تحديد التدفق الحسابي المثالي الفعليّ للآلة من أجل مناطق طبيعية مختلفة حسب الخطوط البيانية المبينة في الشكل (3-36).

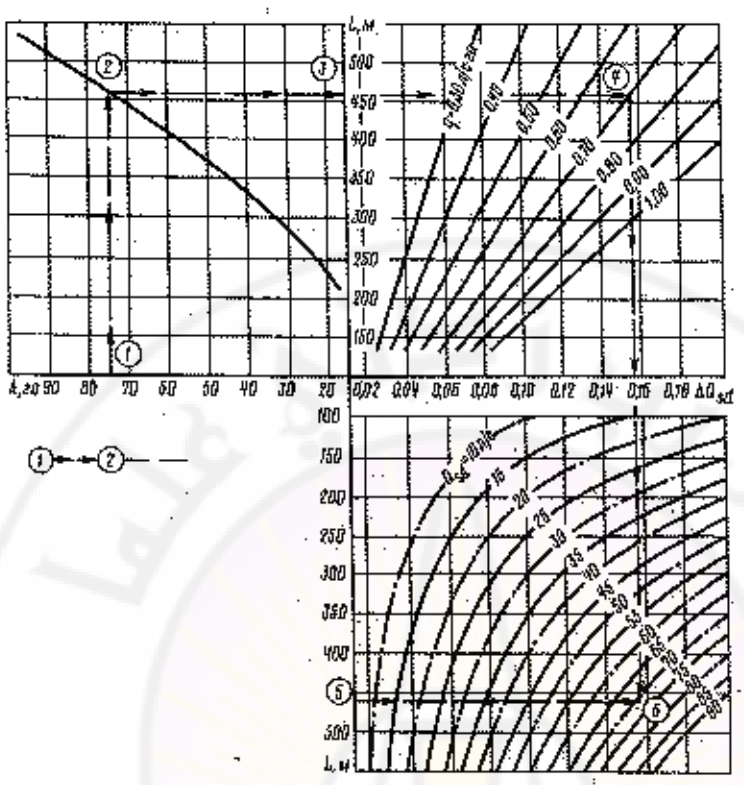
يسمح التدفّق المثالي في المناطق الرطبة وشبه الرطبة بإنقاص شدّة الرذاذ بصورة حادةً عند انعدام الجريانات السطحية عند معدلات سقاية أكثر ارتفاعاً عملياً في جميع أنواع التربة، لخفض ضياعات طاقة السقاية ورأس المال (الكلفة) على إنشاء شبكات الري.

الجدول (32-3): استخدام آلة فريكات في مناطق مناخية طبيعية مختلفة:

ماركة الآلة فريكات	عدد العربات الاستنادية	تدفق الآلة: [l/sec]	مساحة السقاية من موضع واحد مع جهاز الرذاذ النهائي: [hr]	المنطقة الطبيعية				
				رطبة	شبه رطبة	جافة	جافة جدا	شبه جافة
فريكات 283	10	45	29.8	++	++	++/	+	±
فريكات 308	11	30	34.8	++/	+	±	-	-
فريكات 308	11	55	34.8	++	++	++	+	±
فريكات 337	12	45	41.3	++	+	±	+	+/
فريكات 337	12	65	41.3	++	++	++	±	±
فريكات 362	13	50	47.1	++	+	+	+	+/
فريكات 392	14	50	54.6	++	+	+	+/	-
فريكات 417	15	55	61.2	++	±	++/	+/	-
فريكات 379	13	75	51.3	++	++	+	+	+
فريكات 409	14	80	59.1	++	++	+	+	+
فريكات 434	15	90	66.1	++	++	+	+	+
فريكات 463	16	60	74.9	+	+	+	-	-
فريكات 46	16	90	74.9	++	++/	+	±	±
فريكات 488	17	65	82.6	+	+	+	-	-
فريكات 488	17	90	82.6	++	+	+	±	+/
فريكات 518	18	90	92.5	++	±	+	+/	-
فريكات 542	19	90	102.2	+	±	+	-	-
فريكات 572	20	90	111.3	+	±	+	-	-

ملاحظة: ++ تعني أنّ الآلة يمكنها تحقيق السقاية لموضعين، + تعني أن الآلة يمكنها تحقيق السقاية لموضع واحد، – تعني أن الآلة لا يمكنها تحقيق السقاية لموضع واحد، / تعني بإمكانية النقص بنظام عمل السقاية للمحاصيل الزراعية.

Damascus University



الشكل (3-36): المخططات البيانية لتحديد التدفق الحسابي الفعلي لآلة فريكات في مناطق طبيعية زراعية مختلفة: A، $[hr]$ – مساحة الري من الموضع، L – طول الآلة، Q_{sd} – التدفق الفعلي للآلة، q – الهيدروموديول الحسابي.

التعديلات الخاصة بآلة فريكات:

1- تستخدم آلة فريكات ذات المناورة العالية في التربة ذات قدرة جفاف منخفضة كالتربة الجافة والملحية وغيرها. من أجل إنقاص المسافة البينية العرضية المشكلة تجهّز آلة التذرير فريكات بعجلات ذات إطارات عاملة بالهواء المضغوط بضغط منخفض، والتي توحّد المحور والصرة والمحول الحلقي مع المشبك الخطاف (المثبت، الموقف) المثبتون وفق المحيط بقطر يساوي قطر العجلة المنتجة. تثبّت حلقة التحويل(النقل) بواسطة حوامل تعليق ولوالب ربط إلى محيط (طوق) العجلة. البارامترات التقنية المتغيرة لآلة فريكات:الخلسوص للخسط الرئيسي لأنبوب نقل المياه: $[2.34[m]$، عرض الطريق: $0.73[m]$، مقاسات العجلة-القطر: $[1570[mm]$، العرض:

404[mm]، المعدل الأصغري للسقاية خلال دورة واحدة للآلة: [m^3 / hr]175 – 72، الاستمرارية الصغرى لدورة كاملة: [h]48 – 15.7.

2- آلة الضغط المنخفض فريكات الآلة المعدّلة والمنخفضة الضغط والمدخرة للطاقة على عجلات معدنية من أجل العمل في التربة ذات قدرة الجفاف المرتفعة وعلى عجلات ذات إطارات عاملة بالهواء المضغوط من أجل جميع أنواع التربة. تستخدم هذه الآلات في شبكات الريّ ذات الأنابيب المصنعة من الأسبستوس الإسمنتي أو المعدنية الرقيقة الجدران ذات الطلاء المقاوم للصدأ والتآكل. تستخدم أسطوانة هيدروليكية بقطر متزايد من أجل الآلات على العجلات المعدنية في ميكانيزم التحويل (نقل الحركة) للعربات ، أمّا من أجل الآلات على الإطارات العاملة بالهواء المضغوط. تستخدم ذراع تقصير لعتلة القوة وفق المقارنة مع آلة فريكات.

المواصفات التقنية للموديل الأساسي:

الطول: [m]	463.2
عدد العربات	16
التدفق: [$l / \sec$]	72
الضغط: [$MPa.$]	0.41
نصف قطر السقاية: [m]	486
معدل السقاية الأصغري: [m^3 / hr]:	
آلة على عجلات معدنية	340
آلة على عجلات عاملة بالهواء المضغوط	267
الشدة الوسطية للرذاذ: [$mm / \min$]	0.533
القطر الوسطي لقطرة الرذاذ: [mm]	1
الخلوص بين سطح الأرض والخط الرئيسي لأنبوب نقل المياه: [m]	2.38
الضغط على التربة: [$KPa.$] عند عمق للعجلات: [cm]5:	
آلة على عجلات معدنية	160
آلة على عجلات عاملة بالهواء المضغوط	70
ثابت فعالية السقاية	0.8
الإنتاجية: [hr / h] عند معدل سقاية: [m^3 / hr]600	0.44
كتلة الآلة بدون مياه: [kg]:	
آلة على عجلات معدنية	15000
آلة على عجلات عاملة بالهواء المضغوط	21000

آلة الضغط المنخفض مصمّمة بأربعة أنواع قياسية بطول: [m]379;409;434;463 وبتدفق مياه بالتطابق: [$l/\sec$]50;57;63;72.

تستخدم الآلة المعدّلة للري بالرذاذ باستخدام المياه النقية والمجموعة السائلة الجاهزة من الإنتاج الحيواني. سوائل المخلفات الناتجة عن الحيوانات يجب أن تحوي ما لا يقل عن: 1% مواد جافة، قياس الجزيئات الصلبة يجب أن لا يتجاوز: [mm]2.5 . يبيّن الجدول أعلاه المواصفات التقنية للموديل أو النموذج الأساسي. تصنع خمسة أنواع معدّلة لآلة فريكات. ويبيّن الجدول التالي الآلات المعدلة.

الآلات المعدلة لآلة فريكات:

المعدلة	فريكات 337	فريكات 362	فريكات 393	فريكات 417
التدفق: [$l/\sec$]	45	50	50	55
المساحة المستخدمة: [hr]	41	47.1	54.6	61.2

توضع على الآلة فوهات متجانسة (بقطر واحد) لأجهزة التذرير بقطر الفوهة أكبر من: [mm]5.6، بتصميم جديد لصمامات التفريغ، والمعبر المخروطي إلى نهاية الجهاز. ومعايرة الأجهزة بدون صنبور.

يستخدم جهاز التسميد الإضافي لآلة فريكات من أجل تهيئة وإعداد محاليل الأسمدة المعدنية ومعايرة تدفقاتها مع مياه السقاية عند ري المحاصيل الزراعية، وأيضاً من أجل معايرة المياه في الأسمدة السائلة.

يتكوّن جهاز التسميد الإضافي من مضخّة غشائية (رقمية) معايرة ومن محوّل هيدروليكي وأجهزة تكنولوجية. تشمل الأجهزة التكنولوجية على وعاء تجميع المحاليل من أجل تهيئتها، وجهاز السحب، ومقياس الضغط ووصلات أنبوبية ومعدّات الإغلاق. يبين الشكل (3-37) مخطط عمل مضخة المعايرة الرقمية.

يحدّد التدفق المطلوب: [$l/\sec$] لمضخة المعايرة من العلاقة التالية:

$$q_{TP} = \frac{A_{II} fR}{\sum \tau_f} = \frac{3.6 fRQ_M \tau_f}{m\beta_R \sum \tau_f} \qquad (3\text{-}9)$$

حيث: A_{II};[hr] – مساحة السقاية.

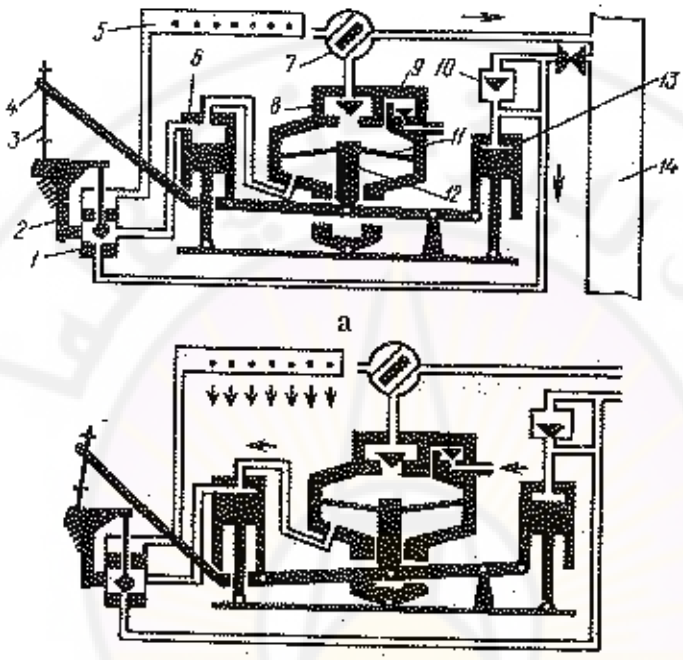
fR;[l/hr] – معدل المحلول المطلوب.

τ_f; [h] – استمرارية أو زمن سقاية الأسمدة.

Q_M; [l / sec] – تدفق آلة فريكات.

m; [m^3 / hr] – معدل السقاية.

β_k – ثابت التبخر.



a

b

الشكل (37-3): المخطط المبدئي لعمل مضخة المعايرة: a– الضغط أو الدفع، b– الامتصاص أو السحب، 1– صمام الموزع،2 – عتلة التحويل (التشغيل)، 3– قضيب شد (ساق)، 4– قضيب أو عتلة الإملاء، 5– أنبوب مثقب، 6– الأسطوانة العاملة، 7– صنبور حساس الإنتاجية، 8و9– صمامات، 10– صمام عكوس، 11– غشاء مرن، 12– حاجز، 13– أسطوانة الإعادة، 14– أنبوب آلة التفريز.

يمكن استخدام جهاز التسميد الإضافي لآلة فريكات أيضاً من أجل توزيع المبيدات مع مياه السقاية. تجهّز المحاليل العاملة عند انحلال معدّل معين من المبيدات في: [l]300 – 100 ماء. ويثبّت المقدار المطلوب من المبيدات لتسميدها مع مياه السقاية عند تطابق تغيّر عدد الدورات العاملة للأسطوانات الهيدروليكية للمضخة. وبحسب تدفق مضخة المعايرة: [l / h] وفق المعادلة التالية:

$$q_{tr} = \frac{3.6 Q_M \, gR V_s}{mG} \qquad (3\text{-}9a)$$

حيث: $Q_M ; [l / \sec]$ – تدفق آلة التذرير.

$gR ; [kg / hr]$ – معدل تسميد المبيدات.

$V_s ; [l]$ – حجم المحلول العامل.

$m ; [m^3 / hr]$ – معدل السقاية.

$G ; [kg]$ – وزن عينة المبيدات عند تهيئة المحلول العامل.

يبين الجدول التالي المواصفات التقنية لجهاز التسميد الإضافي.

المواصفات التقنية لجهاز التسميد الإضافي:

تدفق مضخة المعايرة: $[l / \sec]$	30-460
ارتفاع التفريغ المسموح به للسحب لمضخة المعايرة: $[m]$	2
حجم وعاء تجميع المحاليل: $[m^3]$	7-10
المقاس المسموح به للجزيئات العالقة في المحلول: $[mm]$	حتى: 0.2
نسبة التركيز لمحلول الأسمدة في أنبوب النقل الرئيسي للآلة: %	لا يتجاوز: 0.04

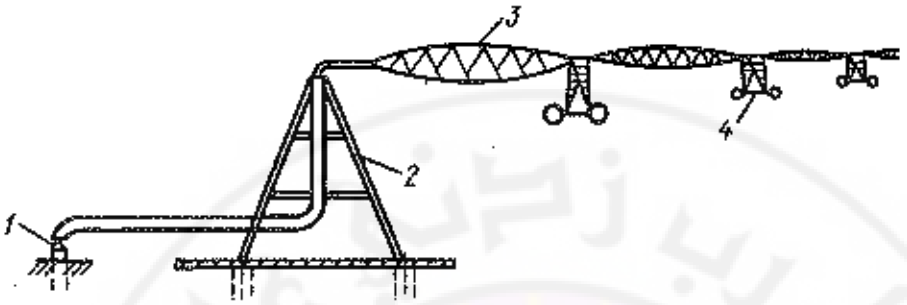
ب– آلة التذرير الكهربائية ذات الضغط المنخفض كوبان: تجرى السقاية أثناء الحركة دائرياً وتستخدم لريّ المحاصيل الزراعية، بما في ذلك المحاصيل ذات السوق الطويلة، في القطاعات ذات التضاريس البسيطة. تتحقّق التغذية بالمياه من صنابير شبكة الريّ المغلقة والمصنعة من مواسير الأسبستوس الإسمنتي.

يشابه المخطط التصميمي للآلة ومبدأ عملها لآلة فريكات. وتملك عناصرها التصميمية درجة عالية من التوحيد مع آلة فريكات المعدّلة (كوبان) الشكل (3-39).

يشمل خط نقل المياه العرضي الرئيسي للآلة طولاً: $[m]$49 – 39 ذو هيكل دعم بقوائم انضغاطية صلبة، المستند على 10 قواعد (مساند). تملك المساند ذاتية الحركة عربة على عجلات عاملة بالهواء المضغوط مع محوّل الحركة من محرك هيدروليكي مثبّت مركزياً. يجهز الجزء الكانصولي (الجناح المعلق) لأنبوب نقل المياه بآلية تعليق حبال شدّ الصواري.

تثبّت أجهزة التذرير II الخاصة بمجموعة آلة فريكات على خط نقل المياه الرئيسي (على أول خطين جناحين، وعلى الخطّ الأخير وعلى الخطّ الجناح المعلق – المجموع بالكامل: 37)، وأيضا: 125 فوهة قطاعية قصيرة المسافة لتطاير الرذاذ. بسبب استخدام أجهزة التذرير

والفوهات القطاعية يتحقّق انتظام جيّد لتوزع الرذاذ وفق طول الآلة، وانخفاض الشدّة الوسطيّة للرذاذ، وزيادة مساحة الترطيب بنسبة: 4% بالمقارنة مع استخدام فقط الفوهات القصيرة المسافة لتطاير الرذاذ.



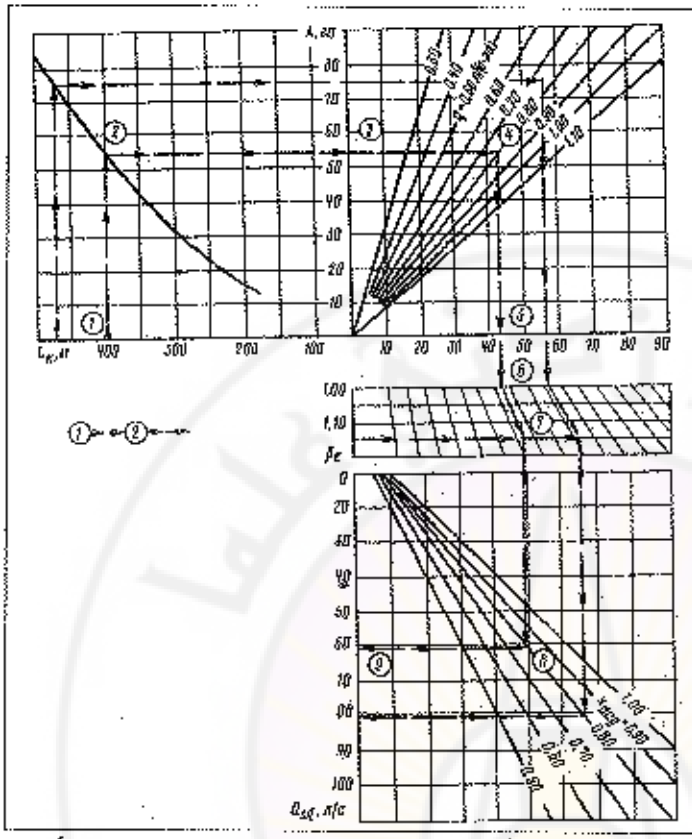
الشكل (3-39): آلة كوبان: 1- جهاز سحب (امتصاص) المياه، 2- مسند مركزي ثابت،3- هيكل جملوني لنقل المياه للأنبوب الرئيسي،4- عربة استنادية ببنية ذاتية الحركة.

تستمدّ الآلة طاقتها الكهربائية من محطّة تحويل فرعية عبر حلقة المجمع (المبدل)، المثبّت على مرفق دوراني لوصل الآلة بالمسند الثابت. تجهّز الآلة بنظام تزامني لحركة المساند، وبأنظمة تحكم بالمحركات الكهربائية للعربات الاستنادية، وبعناصر حماية وأمان ومحوّلات تشغيل الدارة الكهربائية، وأنظمة التحكّم والإشارات لعمل الأجهزة الكهربائية، والإضاءة، وأيضاً التحكم بمعدّات السحب على شبكة أنابيب نقل المياه. تثبّت لوحة التحكم بعمل الآلة على مسند ثابت مركزي أو على قاعدة ثابتة مركزية. يحقّق المحول الكهربائي للآلة بسهولة التحكم العكسي بالحركة في زمن العمل، وأيضاً الحركة دون سقاية عند الأشواط الفارغة.

تتعلق فعالية استخدام آلة التذرير كوبان في مناطق طبيعية مختلفة بصحة اختيار التدفق الفعلي، الذي يحدد كتابع للطول التصميمي للآلة، المساحة المروية من الموضع، الاستهلاك النوعي الحسابي في الري (إحداثيات الهيدرومودول)، ضياعات المياه على التبخر عند الرذاذ وثابت استخدام الزمن اليومي في فترة نمو استهلاك المياه للمحاصيل المروية. يمكن تحديد التدفق الحسابي حسب المخططات البيانية المبينة في الشكل (3-40).

المواصفات التقنية الاستثمارية لآلة كوبان:

تدفق المياه عند الميل الصفر: $[l / \sec]$	70
الضغط عند مدخل الآلة: $[MPa.]$	0.35-0.4
نصف قطر السقاية دون تغطية: $[m]$	483 ± 5
المساحة المروية: $[hr]$	73.3
عدد العربات الاستنادية	10
المسافة الشاقولية لخط نقل المياه الرئيسي: $[m]$	2.7
معدل السقاية: $[m^3 / hr]$	90-500;-900
الاستمرارية الصغرى للدوران الكامل: $[h]$	26
إنتاجية العمل الأساسي: $[hr / h]$ عند معدل سقاية: $60[m^3 / hr]$	0.42
الكهرباء	من شبكة التيار المتغير الجهد: $50[hrz]$ وترددها: $380[Vol.]$
الاستطاعة المطلوبة: $[KWT]$	حتى: 10
الميل الأعظمي المسموح به للأرض:	
على طول خط نقل المياه الرئيسي	0.01
حسب اتجاه حركة العربات الاستنادية	حتى: 0.07
المقاسات الكلية: $[m]$	
العرض	6.7
الارتفاع	7.1
الطول	473.2
الكتلة: $[kg]$	21
كمية الرذاذ من أجل مرور واحد: $[mm]$	8.7
الثابت:	
السقاية الفعالة	0.805
الصيانة التكنولوجية	0.99
استخدام زمن الوردية	0.99
استخدام الزمن الاستثماري	0.95



الشكل (40-3): المخططات البيانية لتحديد التدفق الحسابي لآلة كوبان: L_k – الطول التصميمي للآلة، A – مساحة الري من الموضع، β_E – ثابت يأخذ بالاعتبار الضياعات على التبخر، $q;[l/(\sec.hr)]$ – الهيدرومودول الحسابي، K_{day} – ثابت استخدام الزمن باليوم، $Q_{eq};[l/\sec]$ – تدفق الآلة.

ج- آلة التذرير الكهربائية ذاتيّة الحركة متعدّدة المساند ذات الحركة الجبهية كوبان المعدّلة:

تستخدم لسقاية المحاصيل الزراعية التقنية والخضار والحبوب العلفية، بما فيها المحاصيل ذات السوق الطويلة، وفي المساحات ذات التضاريس البسيطة، والمتميزة بها المناطق الجافة وشبه الجافة. تجرى السقاية أثناء الحركة بحركة جبهية وسحب المياه من قناة ريّ مكشوفة، تخدم القطاعات بمقاسات: $(2000 \div 1500) \times 800[m]$ وفق العلاقة بتدفق الآلة ومنطقة الاستخدام.

تتكوّن الآلة من عربة كهربائية ومضخّة السحب، وخط نقل المياه الرئيسي، والمثبّت على مساند ذاتية الحركة، ونظام تثبيت المسار أي الاتجاه ونظام تزامني لحركة المساند، وأجهزة حماية وأمان للطوارئ، وأجهزة كهربائية.

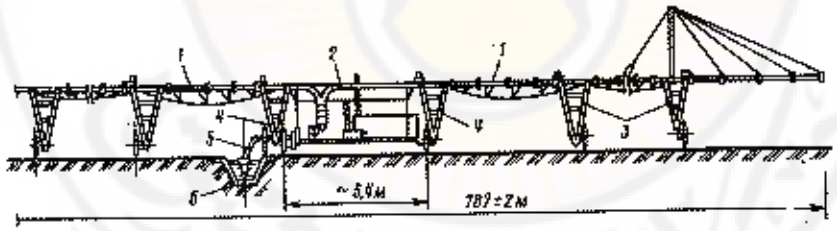
تثبّت وحدة ماكينات الضخّ السحب على الهيكل العام وتتكوّن من محرّك ديزل، ومضخّة نابذة وخط السحب، والذي يمتلك صمّام سحب عائم، يجهّز محرّك الديزل بنظام مؤتمت

يحقق انخفاضه والتحكم ببارامتراته العاملة، ومدخرة شاحنة مجمعة (بطارية) ومحطة مؤتمتة للمحرك عند الميل غير المسموح به لنظام عمله.

آلةُ التذرير المعدّلة إذا ما قورنت مع تصميم الآلات المعدّلة سابقاً فهي أكثر آلة تطوراً، وجميع الوحدات والأجزاء الأساسية بما فيها جهاز السحب والخط العرضي التشابكي (الجملون) وعربات السير متغيرة (مختلفة). تخفض على العربة الكهربائية قاعدة العجلات الاستنادية حتى: $5.4[m]$، وتثبت أوعية حرارية (خزانات حرارية)، ولوحة تحكم بحركة الآلة وفق اتجاه المسار، وفي خط ونظام العمل. ويثبت إضافياً جهاز من أجل حركة الآلة دون سقاية. وتمّ تطوير نظام التجهيزات الكهربائية لهذه الآلة.

تشمل آلة التذرير المعدّلة على عربة كهربائية وجهاز الضخ السحب، وجهاز سحب عائم، وخط نقل المياه الرئيسي الذي يتكون من: 16 خطا أنابيب عرضيّة مرتبطة مفصلياً فيما بينها من النوع التشابكي (الجملون)، وخط أنبوبي عرضي مركزي، وأيضا 18 عربة سير استنادية واثنان من الخطوط المطقة الكانصولية. الشكلين (3-42) و(3-43).

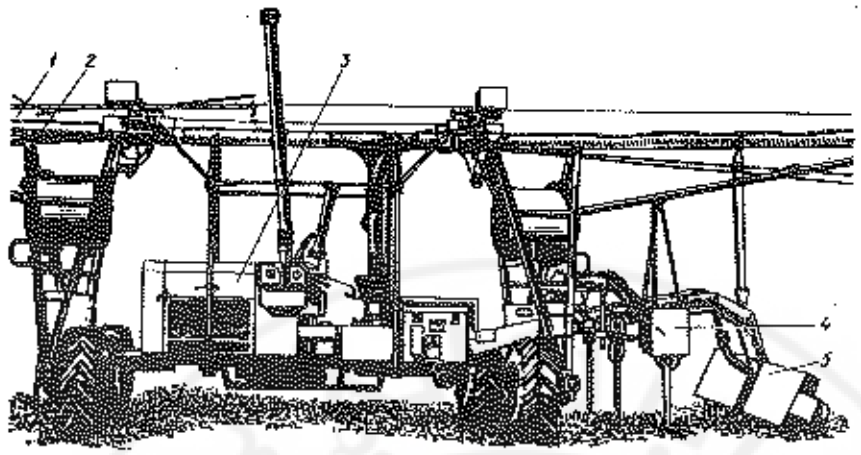
تملك الخطوط العرضيّة التشابكيّة أطوالاً وأقطاراً مختلفة لمواسير نقل المياه. تملك الخطوط الأولية ثلاثة خطوط عرضيّة لكلّ جناح للآلة، بدءاً من العربة الكهربائية، وتملك طولاً: $38.5[m]$ والمقطع العرضي للماسورة: $203\times2.65[mm]$، والأخير وما قبل الأخير طوله: $51.7[m]$ ومقطع الماسورة: $152.4\times1.9[mm]$;$102\times2.5[mm]$.



الشكل (3-42): آلة التذرير كوبان: 1- جملون فرمي،2- أنبوب فرمي مركزي،3و4- عربات استنادية ومركزية،5- خرطوم الامتصاص،6- قناة ري.

تثبّت 303 فوهة تذرير على خط أنبوب نقل المياه الرئيسي وعلى مواسير قصيرة منحنية، ممّا يلغي تساقط الرذاذ على العارضة التشابكية، وينقص تآكلها بفعل الرياح.

تتكوّن كلّ عربة سير استنادية من عمود برجيّ، وقضيب طوليّ، وزوج من العجلات العاملة بالهواء المضغوط، ومحوّل يستمد حركته من موتور، ومُخفّض كهربائي بواسطة أعمدة كردان، ومخفضات سرعة دودية.



الشكل (3-43): الجزء المركزي لآلة الرذاذ كوبان: 1- أنبوب نقل المياه الرئيسي،2- عربة مركزية،3- مولدة ديزل،4- محساس النظام التزامني،6- جهاز السحب.

بالمقارنة مع الآلات المعدّلة سابقاً، يلاحظُ التغييرُ التصميميّ للمخفّضات الدوديّة وأساليب تثبيتها إلى القضيب الطولي، وأيضاً الموتور المخفّض لإنقاص قدرة المحرك بذات الوقت. واستخدامُ عجلاتٍ عاملة بالهواء المضغوط ذات قابلية عالية للحركة والمناورة.

تتغيّر سرعةُ حركةِ الآلة بذات الوقت مع تغيّر استمرارية معلوم لزمن شوط الحركة والتوقف على ساعة توقّف آلية وعلى تعديل ساعة التوقف الآلية.

تستخدم الأجهزة الكهربائية لأجل التحكّم بالحركة، والانتقال، والخفض والتثبيت، والسرعة الوسطية المعلومة للحركة (معدل السقاية)، وللتثبيت المؤتمت للآلة عند حدود القطاع، ولأتمتة الحركة التزامنية للعجلات الاستنادية ذاتية الحركة عند السير بالاتجاه المباشر والعكسي. يكونُ التثبيتُ المؤتمت للآلة في الحالات الطارئة وتثبيت الآلة يدوياً من أيّة عجلة استنادية. وإعطاء الإشارة لإيقاف المحرك عند إيقاف الآلة يدوياً أو كهربائياً.

تجهّز الآلة بأنظمة مؤتمتة للحركة التزامنية وللحماية الطارئة. لا تختلف حماية آلة كوبان الأساسية والمعدّلة من حيث المبدأ. يحقق النظام التزامني لحركة العربات حركة خطية مستقيمة لكامل الآلة. يستخدم نظام تثبيت اتجاه مسار الحركة، والمؤثر المشترك بحبل الشد على طول جانب القناة، يستخدم من أجل تثبيت مسار معين بطريقة التعديل أو التصحيح المؤتمت. يوقف آليا نظام الحماية الطارئ الآلة عند الزوايا الحرجة لانكسار خط الأنابيب الرئيسي لنقل المياه في مفاصل الوصل، وعند الانتقال الحرج المحوري للآلة نسبة لقضيب

الشد التوجيه (التحكم)، وعند وصول الآلة إلى حدود الحقل، وعند إعادة السقاية، وعند تعطل عمل المحرك، وعند تعطل تغذية المياه بواسطة المضخة. ... الخ.

الثوابت الاستثمارية التقنية الأساسية لآلة كوبان:

تدفق المياه: $[l/\sec]$	200
الضغط الذي تعطيه المضخة: $[MPa.]$	0.31
شدة الرذاذ: $[mm/\min]$	1.3
طبقة الرذاذ خلال شوط واحد: $[mm/\min]$	8---70
ميل سطح القطاع:	
على طول القناة	0.0001-0.003
على طول الآلة	$\pm 0.015---0.02$
عدد عربات السير الاستنادية	18
قطر وسماكة جدار أنبوب نقل المياه الرئيسي: $[mm]$	$(203;168;152)\times 2.65$
قطر وسماكة جدار أنبوب الجزء المعلق:	$(152;102)\times 2.5$
استطاعة المحرك: $[KW]$	158
استطاعة الموك: $[KW]$	30
استطاعة المحول الكهربائي للعربات: $[KW]$	0.75
الحدود المتبقية	1.1
كتلة الآلة بدون مياه: $[kg]$	$41000\pm 3\%$
إنتاجية الزمن الأساسي: $[hr/h]$ عند معدل سقاية: $600[m^3/hr]$	1.2
ثابت التأثير المفيد	0.975
عدد العمال المستخدمون	شخص واحد لكل أربعة الات

يتحقق سحب المياه من قناة ريّ مكشوفة مبطّنة بغطاء إسمنتي، وفي الحسالات الاستثنائية عند وجود الأساس التقني الاقتصادي في جودة التغطية ضدّ الارتشاح لمجرى القناة يمكن أن يستخدم ألواح (بلاطات) اسمنتية مسلحة أو الإسفلت الإسمنتي. المقطع العرضي للقنوات عند الإنشاء بعمق: $1.1[m]$ يمكن أن تكون بعرض عند القعر: $0.6[m]$ وبكون ميل جوانب القناة: 1/1.5 وتكون بعرض عند القعر: $0.4[m]$ عند ميل للجوانب: 1/1.

تنشأ القنوات ذات الميل حتى: 0.0001 حتى بدون حواجز فاصلة، أمّا على القنوات ذات الميل الذي يتجاوز: 0.0001 فيدرس مسبقاً بإنشاء حواجز ثابتة من النـــوع الغسلطس أو الظاهر.

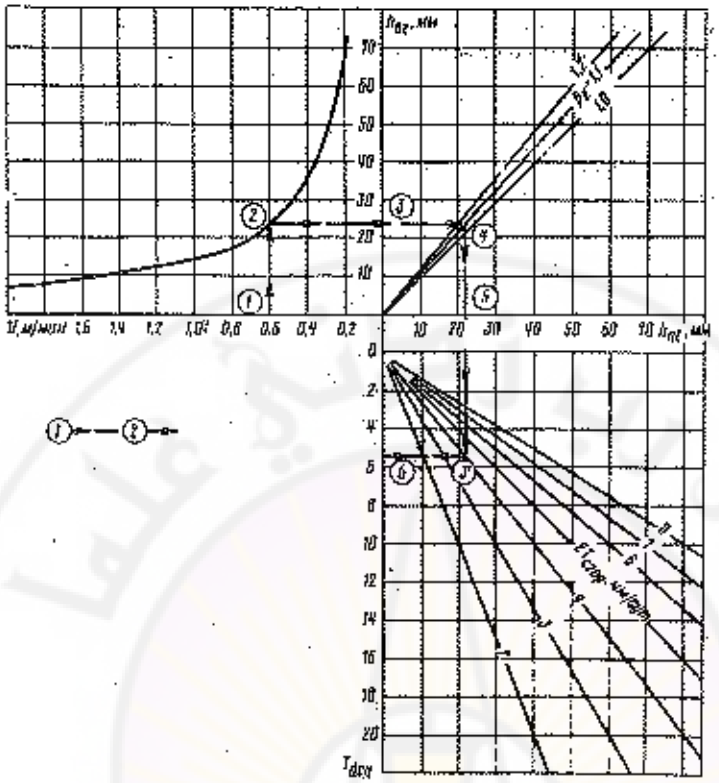
يجب أن لا يتجاوز ميل أرض الريّ على طول الخطّ الرئيسيّ لنقل المياه (الأنبـــوب الرئيسي) للآلة: $0.007 \pm$. تنشأ قناة الريّ في وسط القطاع وتقسمه إلى جـــزئين متســـاويين. يوضع الطريق بجانب القناة من إحدى الجهات، الذي يدكّ (يكبس) بمثابة حتى المثانة الطبيعية للتربة، أمّا على طول جوانب القناة فيشد الكبل الذي يتحكّم باتجاه حركة العربات الكهربائية.

تتمتّع الآلة بشوطٍ عكسيّ فارغ، تتحقّق السقاية وفق مخططّات تكنولوجيـــة مختلفـــة، ولابدّ من إجراء السقايات التصحيحية عند وجود الأشواط الفارغة. المخططات الأكثر فعاليـــة هي المخططات التي تكون دون أشواطٍ فارغة ودون فوارق كبيرة بمعدّلات السقاية وفق طول القطاع. هذا يسمح بالمحافظة على الرطوبة المثالية للتربة على امتداد كامـــل دورة الســـقاية، وتصرف مياه الري، ويسمح بإجراء السقاية دون تشكّل جريانات ســـطحية، ويـــزداد ثابست استخدام الآلة. وتقريبيا تُستخدم المخططات التكنولوجية، التي تبدأ عندها السقاية مـــن وســـط الحقل.

طبقة الرذاذ المتساقط (معدّل السقاية) المعطى في مجـــال ســـرعة حركـــة الآلـــة: $[0.2-2 m/\min]$، يمكن تحديدها وفق المخططات البيانية الشكل (44-3). باستخدام هـــذه المخططات يمكن تحديد سرعة حركة الآلة عند معدّل سقاية كافٍ ومعلـــوم. إذا كـــان معـــدّل السقاية الكافي أقلّ من المحسابي، فإنّ المعدّل يُعطى بعدّة أساليب (عملياً خلال شوطين).

يبيّن الجدول (33-3) علاقة طبقة الرذاذ المتساقط (معدّل السقاية) بســـرعة حركـــة الآلة. ويبين الجدول (34-3) المخططّات الممكنة لإعطاء معدّلات السقاية المحسابية في أنـــواع التربة مختلفة النفاذية للمياه.

إذا تتطلب إعطاء معدّل السقاية خلال شوطين، فإنّه يُفضّلُ حيث الجزء الأساسي منه، وأن يُعطى في الشوط العكسي لحركة الآلة، وذلك بهدف تحسين مرور الآلة على أرض أكثر جفافاً.



الشكل (44-3): المخططات البيانية لتحديد طبقة الرذاذ المتساقط والفترة الزمنية بين السقايات لآلة كوبان:
$v;[m/\min]$ – سرعة حركة الآلة، $h_{br};[mm]$ – طبقة الرذاذ خلف الآلة، $h_m;[mm]$ – طبقة الرذاذ (معدل السقاية) على الأرض، $T_{akty};[day]$ – الفترة بين السقايات بالأيوم، β_E – ثابت حساب ضياعات المياه على التبخر، $Ut_{crop};[mm/day]$ – الاستهلاك (التدفق) اليومي لمياه الري على الحقل.

الجدول (33-3): طبقة الرذاذ (معدل السقاية): $[mm]$ عند سرع مختلفة لحركة الآلة وضياعات المياه على التبخر.

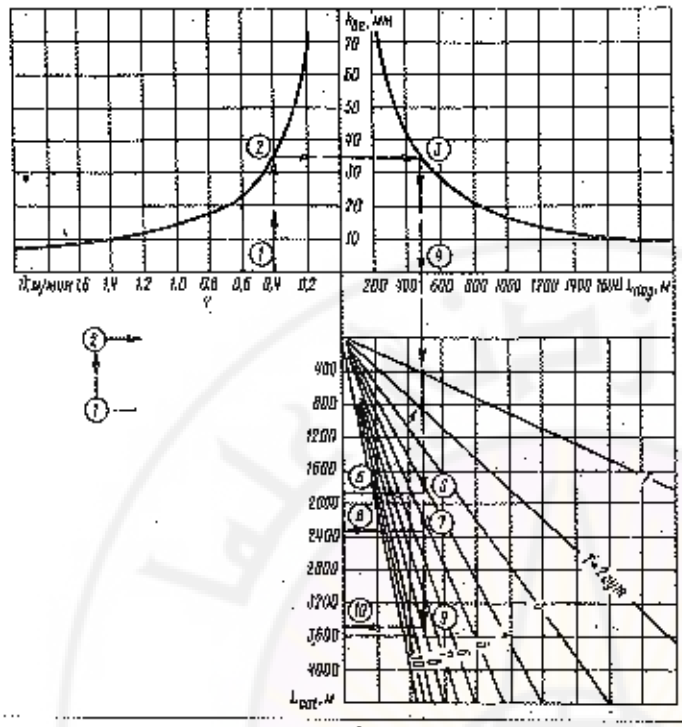
سرعة حركة الآلة: $[m/\min]$													ضياعات المياه على التبخر:%
0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.2	1.4	1.6	1.8	
75	50	37.5	31.3	25	21.4	18.7	16.6	15	12.5	10.7	9.4	8.4	0
71.5	47.7	36	30	23.8	20.4	17.8	15.8	14.3	11.9	10.2	9	8	5
68.2	45.5	34.1	28.4	22.7	19.5	17	15.1	13.7	11.4	9.7	8.6	7.7	10
65.3	43.5	32.6	27.2	21.4	18.6	16.2	14.4	13	10.9	9.3	8.2	7.3	15
62.5	41.7	31.3	26.1	20.8	17.8	15.6	13.8	12.5	10.4	8.9	7.8	7	20

الجدول (34-3): مخططات إعطاء معدلات السقاية عند الري باستخدام آلة كوبان في التربة مختلفة النفاذية للمياه.

معدل السقاية الحسابي: $[m^3/hr]$	نفاذية التربة للمياه (معدل السقاية الكافي: $[m^3/hr]$ ؛ m_0)			
	ضعيفة: $m_0 = 100-200$	وسطية: $m_0 = 200-400$	فوق الوسط: $m_0 = 400-600$	شديدة: $m_0 = 600$
200	200/1	200/1	200/1	200/1
	100/2			
	200/1	300/1	300/1	300/1
300	100/1	100/1	100/1	100/1
	150/2	200/1	200/1	200/1
		150/2		
400	200/2	400/1	400/1	400/1
		300/1	200/2	100/1
		200/2	400/1	300/1
		150/1	300/1	200/2
		250/1		
500		150/1	500/1	500/1
		350/1	100/1	100/1
		200/1	400/1	400/1
		300/1	200/1	200/1
		250/2	300/1	300/1
600		300/1	600/1	600/1
		300/1	100/1	100/1
		200/1	500/1	500/1
		400/1	200/1	200/1
			400/1	400/1
			300/1	300/1
			300/1	300/1

ملاحظة: المعدل خلال شوط واحد: $[m^3/hr]$، المخرج - عدد الأشواط.

تختار المخططات التكنولوجيّة المنطقيّة لآلة السقاية كوبان بالاعتماد على تقييم تضاريس وميل سطح أرض الري، وقدرة التربة على الامتصاص، والحالة الزراعية، ومقاسات معدل السقاية (الحسابي والكافي)، وشدّة تبخر المياه من الأرض المروية في الفترة البينية للسقاية. يمكن تحديد الطول الأعظمي للقناة من أجل عمل الآلة من المخطط البياني المبين في الشكل (45-3).



الشكل (45-3): المخطط البياني لتحديد طول القناة لعمل آلة كوبان،
$-v;[m/\min]$ سرعة حركة الآلة،
$-h_{pr};[mm]$ طبقة الرذاذ خلف الآلة،
$-L_{day};[day]$ مسير الآلة خلال يوم،
$-L_{cal};[m]$ الطول الحسابي لقناة الآلة،
$-T;[day]$ الفترة بين السقايات.

أظهرت التطبيقات العملية لاستثمار آلة كوبان، أنّه عند استخدام محركات الديزل فإنه يتطلّب تنظيم الخدمة والصيانة التقنية لمحرك الديزل، وتظهر مشاكل الحفظ لمواد الوقود والزيوت، وتتمثل بخطورة تلوث الوسط المحيط بالمواد النفطية. لذلك وبالاعتماد على آلة كوبان فقد تُستخدم في إنتاج آلات معدلة ذات محولات كهربائية لجميع وحداتها عند الإمداد المركزي لها بالطاقة.

يُربط الكبل إلى خط الجهد العالي لنقل الكهرباء المتوضّع على حدود القطاع المرويّ. يوضع الكبل على عمق لا يقل عن: $1[m]$ نسبة لوسط قناة الري وفقا لطولها.في هذه النقطة تثبت محولة خفض التيار الكهربائي باستطاعة: $250[kBA]$ ،التي يمتد منها على قعر القناة كبل مرن بطول يساوي طول قناة السقاية. النهاية الحرّة للكبل توصل للآلة. في زمن عمل الآلة، ينزلق على قعر القناة الكبل المرن المجهز بغلاف بلاستيكي بحرية. في جودة الصندوق المتين يثبت على الهيكل محرك كهربائي باستطاعة: $110[KW]$ والجهد: $660[Volt]$ من أجل نقل القدرة للمضخة المائية وللمحولة استطاعة: $25[kBA]$ من أجل تغذية دارة التحكم ومحوّل الحركة للآلة.درست مسبقاًأجهزة الحمايةوالأمان من أجل تأمين العمل الآمن للعامل المستخدم،

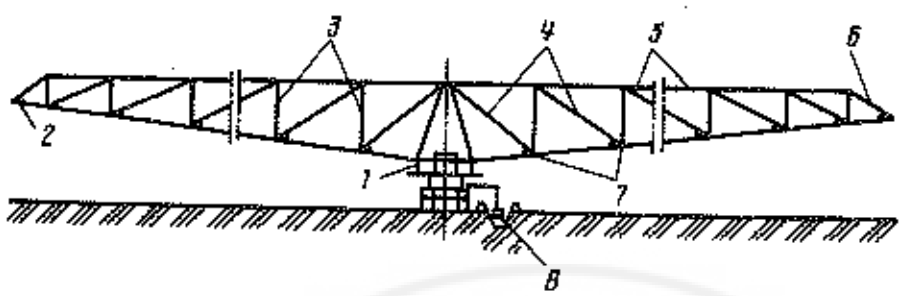
وأيضاً من أجل حماية الأجهزة الكهربائية من القصر القصير (إغلاق قصير) للشبكة الكهربائية والحمولة الكبيرة. لم تتغير حماية الأجهزة الكهربائية من الآلة نفسها وتصميم باقي الوحدات وأجزاء الآلة، وأيضا بارامتراتها الاستثمارية التقنية كما لآلة كوبان. تنخفض كلفة السقاية لهيكتار واحد بمرتين بسبب إنقاص الكتلة وزيادة فترة الخدمة لوحدة القدرة، واختصار عدد العمال المستخدمين، واستخدام طاقة أكثر رخصاً. وفيما يلي المواصفات التقنية للتعديل الأولي لآلة كوبان:

المواصفات التقنية للتعديل الأولي لآلة كوبان:

تدفق المياه: [/ sec]	185
ضغط المضخة: $[MPa.]$	0.37
عدد العربات	16
قطر ماسورة الأنبوب الرئيسي: $[mm]$	168;3.2
استطاعة المحرك: $[KW]$	158
الميل المسموح به على طول الآلة	± 0.007
الميل المسموح به على طول القناة	0.0001
معدل السقاية خلال شوط واحد: $[m^3 / hr]$	60-600
الإنتاجية خلال: $1[h]$ من الزمن الأساسي عند معدل سقاية: $600[m^3 / hr]$	1.12
ثابت استخدام الأرض لمساحة القطاع المروي	0.97
كتلة الآلة بدون مياه: $[ton]$	47.8
عدد العمال المستخدمون: [شخص]	واحد لكل اربعة آلات

د- وحدة ماكينات التذرير الكانصولية ذات الجناحين: تستخدم لسقاية محاصيل الحبوب بالرذاذ، وكذلك الخضار، والمحاصيل العلفية، والمشاتل الخصبة، والمروج والمراعي. تجرى السقاية خلال الحركة وسحب المياه من قنوات الري المكشوفة المتوضعة كل: $120[m]$.

تثبّت وحدة ماكينات الرذاذ على الجرار وتشتمل على عارضة تتسابكية (جملون) مزدوجة على شكل جناحين معلقين في الفراغ وفتحات وفوهات التذرير، وهيكل من أجل تثبيت العارضة على الجرار ومحطة ضخ وجهاز التسميد ونظام التحكم الهيدروليكي ونظام الإضاءة الشكل (3-47).



الشكل (3-47): وحدة ماكينات التذرير المعلقة ذات الجناحين: 1- لولب،2- قوهة نهائية،3- دعائم شاقولية،4- دعائم مائلة،5- فيرما بانيل،6- بانيل نهائي،7- فوهات،8- صمام عائم.

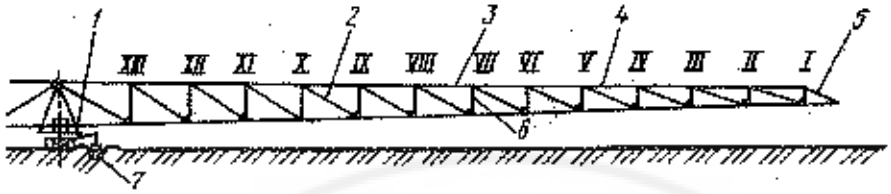
يعتبر الجرار المسند ذاتي الحركة وهو مصدر القدرة لعمل الآلة. من أجل خفض حركة سرعة الآلة في ترانسميسيون الجرار بدلاً من مزود عزم الدوران يثبّت مخفض الحركة.

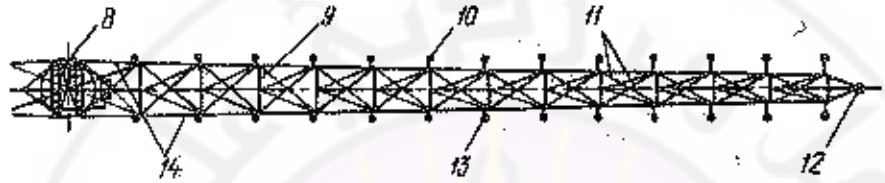
العارضة التشابكية ذات التصميم الفراغي لثلاثة أنابيب رئيسية، تتكون من زوج من الأجنحة ذات الأقواس الاستنادية ومن ماسورة حلقيّة في المركز الشكل (3-48). طول العارضة: $110.3[m]$، الارتفاع في المركز: $3.075[m]$، الارتفاع في النهايات الجانبية: $[m]$. يتكوّن كلّ جناح من 13 جزءاً هيكلياً موشوراً وواحد مثلثي نهائي، مجهّزة بأقواس استنادية. يستندُ القرص الدوار على أربع مدحرجات، مثبتة إلى سواعد الأسطوانات الهيدروليكية. وهو يستخدم لتوزيع تدفّقات المياه بين الأنابيب الرئيسية للعارضة المعلّقة، وأيضاً من أجل الدوران نسبة للمحور الشاقولي للجرار (من أجل ضبط أو تحديد وضعيّة النقل عند انتقال وحدة الماكينات لمسافة كبيرة وعند وجود عوائق مختلفة في القطاع). ينظّم ميل العارضة (الجناحين) في المستوي الشاقولي بواسطة الأسطوانات الهيدروليكية.

تثبّت على العارضة التشابكية 52 فوهة تذرير موجهة قصيرة المسافة لتطاير الرذاذ ذات تأثير دائري بتدفق قدره: $2.3[l/\sec]$ ومن فوهتين قطاعيتين نهائيتين بتدفّق لكلّ منهما قدره: $.5[l/\sec]$

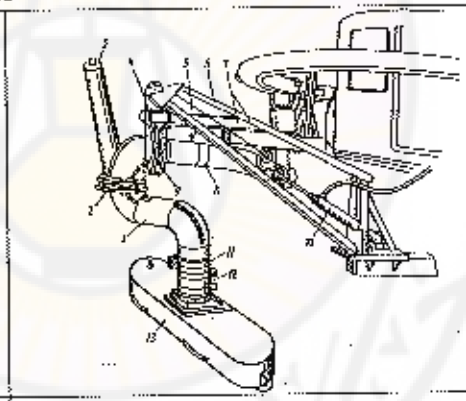
تتكوّن محطّة الضخ من مضخّة وميكانيزم محوّل نقل الحركة، وخط السحب وصمّام عائم لسحب المياه وميكانيزم رفعه، وشفّاط من أجل إملاء المضخة والخزان. يثبّت ميكانيزم محوّل الحركة إلى هيكل الجسر الخلفي للجرار بدلاً من مأخذ القدرة الخلفي. تشغّل المضخّة من مقصورة الجرّار. يسمح خط السحب بامتصاص المياه من القنوات الشكل (3-49)، ومستوى

المياه الذي يمكن أن يتذبذب بمقدار: [400[mm] للأعلى و: [600[mm] للأسفل نسبة لمستوى الطريق الذي يتحرك عليه الجرار.

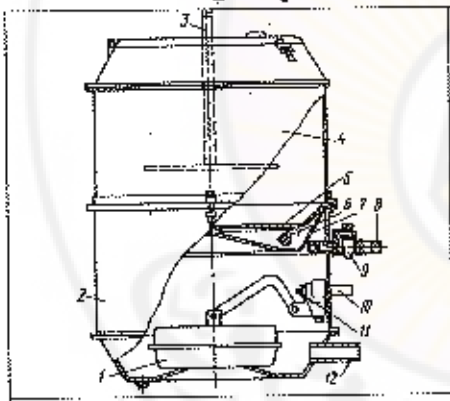




الشكل (48-3): مخطط العارضة التشابكية (الجناحين) لوحدة ماكينات التذرير، 1- الجرار، 2- دعائم مائلة، 3- أجزاء هيكلية (قضبان، ألواح)، 4- الأنبوب الرئيسي العلوي، 5- نهاية الجزء الهيكلي، 6- دعائم، 7- صمام عائم، 8- القرص الدوار، 9- قطع أو قضبان مباعدة، 10- فوهة، 11- قطعة لو وصلة شد، 12- فوهة نهائية، 13- فتحات، 14- ماسورة الأنبوب الرئيسي السفلي.



الشكل (49-3): خط السحب، ماسورة الصمام العائم، 2و9- قارنات مفصلية، 3- ثقل موازن، 4- سلم متحرك، 5- حبل، 6- حامل تعليق، 7- عارضة تعليق، 8- ماسورة تربط بالمضخة، 10- أسطوانة هيدروليكية لرفع صمام السحب، 11- قوس مانع، 12- خرطوم، 13- الصمام العائم.



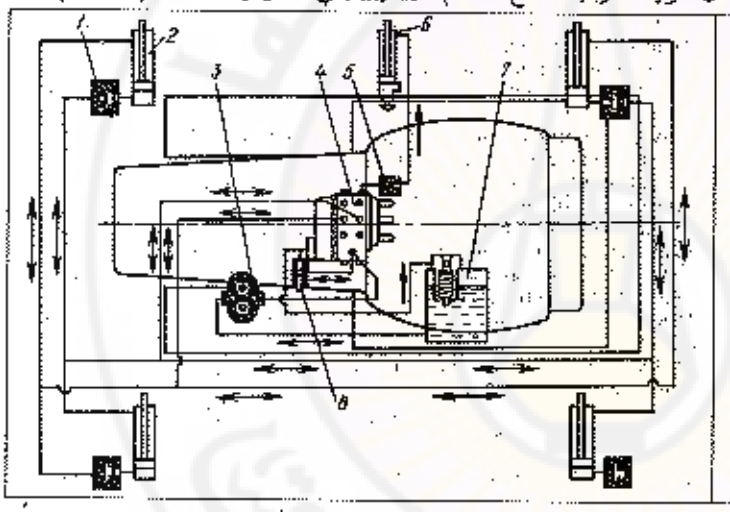
الشكل (50-3):جهاز التسميد الإضافي لتسميد محاليل الأسمدة المعدنية، 1- المعوم، 2- الوعاء السفلي، 3- مبين مستوى الأسمدة، 4- وعاء علوي، 5- شبكة، 6- فوهة، 7- معاير، 8و10- ماسورة دخول، 9- صنبور معايرة، 11- صمام السحب، 12- ماسورة خروج.

يعطى معدّل السقاية خلال عدّة أشواط للآلة. تستخدم حواجز مرنة محمولة (منقولة) من أجل الضغط العلوي للمياه من مجرى قناة الري.

يثبّت جهاز التسميد من أجل تسميد المحاليل المعدنية للأسمدة مع مياه السقاية إلى يسار حامل تعليق العارضة. الشكل (50-3).

تُعطى المياه لتحليل الأسمدة إلى جهاز التسميد من خط الضغط لوحدة الماكينات. يجري محلول الأسمدة من الوعاء السفلي إلى أنبوب السحب، ثمّ إلى المضخّة النابذة التي تمزجه مع مياه السقاية ومن ثمّ يتوزّع على المساحة المرويّة.

يتكوّن النظام الهيدروليكي من أربع أسطوانات هيدروليكية لمعايرة وضعيّة العارضة التشابكيّة المعلّقة، والأسطوانة الهيدروليكية ذات التأثير من جهة واحدة من أجل رفع خطّ السحب، الموزعات وتواقل الزيت مرتبطة مع النظام الهيدروليكي للجرار. الشكل (51-30).



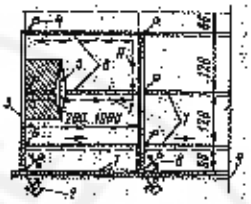
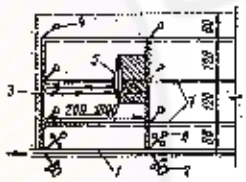
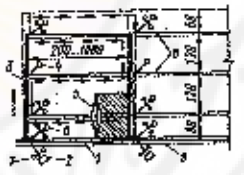
الشكل (51-3): المخطط الهيدروليكي لوحدة ماكينات الرذاذ المتحركة، 1- صمام الإعاقة (البطء)، 2- أسطوانة هيدروليكية للعارضة، 3و7- مضخة الزيت وحوض الجرار، 4- موزع الجرار، 5- مجرى خانق، 6- أسطوانة هيدروليكية لصمام السحب، 8- مقسم (موزع) التيار.

يُمكن عمل وحدة الماكينات عند وجود نظام الإضاءة في أوقات الليل. المخططات التكنولوجية لعمل وحدة ماكينات التذرير المتحركة ذات الجناحين مبينة في الجدول (35-3)، وفيما يلي نبيّن المواصفات التقنية لها.

المواصفات التقنية لوحدة ماكينات التذرير المتحركة الكانصولية ذات الجناحين:

تدفق المياه: $[l / \sec]$	130
الضغط الكلي: $[m]$	37
عدد دورات عمود المضخة: $[c^{-1}]$	29.2
ارتفاع العارضة النشابكية فوق الأرض: $[m]$	1.5-3.5
عداد المياه:	
القياس النهائي للتدفق: $[l / \sec]$	80-130
تقريب القياس: %	± 5
الكتلة: $[kg]$	8.5
جهاز الأسمدة:	
سعة الوعاء: $[Dm^3]$	130
كتلة حمولة الأسمدة: $[kg]$	100
المقاسات الحجمية للآلة: $[m]$	
في وضعية العمل:	
الطول	6.28
العرض	110.3
الارتفاع	4.83
في وضعية النقل	
الطول	110.3
العرض	4.85
الارتفاع	4.83
سرعة حركة وحدة الماكينات: $[km / h]$	
الفعلية للأمام	1.07
الفعلية للخلف	0.6
الانتقالية	4.27
طبقة الرذاذ المتساقط خلال شوط واحد للآلة: $[mm]$	
للأمام	3.8
للخلف	6.8
كتلة وحدة الماكينات بدون جرار: $[kg]$	4240
كتلة وحدة الماكينات والجرار مملوء: $[kg]$	10790
العمال المستخدمون [شخص]	1

الجدول (35-3): المخططات التكنولوجية لتوزيع ولعمل وحدة ماكينات الرذاذ المتحركة ذات الجناحين

مخطط توزع وحركة الآلات	طريقة العمل	الحسنات	السيئات	الملاحظات
	تتحرك الآلة إلى بداية قناة الري المؤقتة وتبدأ السقاية من الحوض (الخزان) الأول. تملئ خلال زمن الشوط الأخير وفقاً للحوض بمياه الحوض التالي. بعد الانتهاء من السقاية على القناة تنتقل وحدة الماكينات في وضعية الانتقال أو العمل للجناحين إلى بداية قناة الري التالية.	ضياعات غير كبيرة نسبياً على الارتشاح، لأن إملاء الخزان بالمياه يبدأ من بداية قناة الري المؤقتة. لا تتطلب إنشاء ممرات في بداية قناة الري المؤقتة.	مسافة كبيرة للأشواط الفارغة عند الانتقال من قناة ري إلى أخرى، مما يخفض ثابت الاستخدام الزمني للوردية.	يهدف اختصار الجهد على الانتقال وتطبيق الحواجز المرنة ينصح باستخدام مجموعة آلات من وحدة ماكينات السقاية، بحيث يخدم شخص واحد من الاثنين إلى ثلاثة آلات.
	قناة الري المؤقتة تملئ بالمياه، وحدة الماكينات تبدأ السقاية من نهاية قناة الري المؤقتة، في زمن السقاية يملأ الحوض الأخير بالمياه من قناة الري التالية. بعد الانتهاء من السقاية على القناة الأولى تنتقل الآلة إلى نهاية قناة الري التالية في وضعية النقل أو العمل وفقاً للعلاقة بالظروف الموضعية.	يزداد بعدة مرات ثابت الاستخدام الزمني للوردية، يمكن أن تعامل دون إنشاء ممرات في بداية قناة الري المؤقتة.	تزداد ضياعات المياه على الارتشاح من القناة لدرجة كبيرة.	
	تجري السقاية بالتبادل على قناة ري واحدة بدءاً من بداية القناة، وعلى الجهة الأخرى من نهاية القناة.	يزداد ثابت الاستخدام الزمني للوردية.	لابد من إنشاء ممرات ماسورية في بداية قناة الري المؤقتة للانتقال، مما يزيد التكلفة لدرجة كبيرة لشبكة الري.	

ملاحظة: 1- قناة رئيسية، 2- منشأة حواجز، 3- قطاع الري، 4- فتحات مرور المياه على قناة الري المؤقتة، 5 - وحدة الماكينات، 6- قناة الري المؤقتة، 7- طريق زراعي، 8- فتحات مرور المياه إلى قطاع الري، 9- طريق استثماري، I- الشوط العامل للآلة، II- الشوط الفارغ للانتقال إلى الموضع التالي (قناة الري التالية)، القياسات بالمتر: [m].

تتعلق المدة الزمنية: [min] لاستمرار العمل الأساسي لوحدة الماكينات بطول القنـــاة وبقيمة معدل السقاية:

$$\tau_r = \frac{m a l_r \beta_E}{600 Q_M} \qquad (3\text{-}10)$$

حيث: $m;[m^3/hr]$ – معدل السقاية.

$a;[m]$ – المسافة بين قنوات الري.

$l_r;[m]$ – طول القناة.

β_E – ثابت، يأخذ بالاعتبار ضياعات المياه على التبخر خلال عملية السقاية.

$Q_M;[l/\sec]$ – تدفق الآلة.

يؤخذ ثابت الاستخدام الزمني للوردية: K_{sh} المتعلّق بقيمة معدل السقاية وبطول قناة الريّ من الجدول (3-61).

الجدول (3-61): ثابت الاستخدام الزمني للوردية: K_{sh} لوحدة ماكينات الرذاذ المتحركة ذات الجناحين وفق العلاقة بطول قناة الري.

معدل السقاية: $m;[m^3/hr]$	طول القناة: $[m]$		
	150-200	200-300	300-400
200	0.6	0.67	0.72
300	0.67	0.73	0.77
400	0.71	0.76	0.79
500	0.74	0.78	0.81
600	0.76	0.8	0.82
800	0.79	0.82	0.84

تحدّد استمرارية عمل: [min] وحدة ماكينات التذرير المتحركة ذات الجناحين على القناة من المعادلة التالية:

$$\tau_C = \frac{m A_0 \beta_E}{0.06 Q_M} \cdot \frac{1}{K_{sh}} \qquad (3\text{-}11)$$

حيث: $A_0;[hr]$ – المساحة بدون قناة الري.

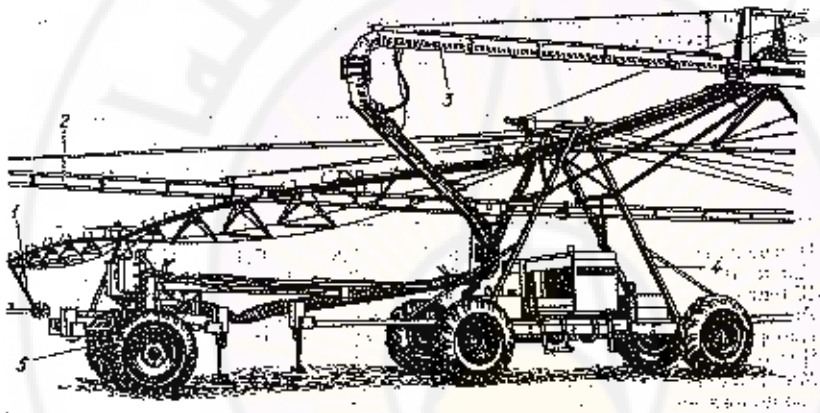
K_{sh} – ثابت الاستخدام الزمني للوردية.

ه- **آلة التذرير ذات الحركة الجبهية المؤتمتة تفاريا:** تستخدم من أجل ريّ المحاصيل الزراعية، بما في ذلك المحاصيل مرتفعة السوق، والبساتين والأشجار المثمرة كما في القطاعات السهلة، وأيضاً في القطاعات ذات التضاريس الصعبة.

تجرى السقاية خلال الحركة بحركة جبهية على طول أنابيب الريّ المغلقة والتغذية بالمياه من صنابيرها ويوصل الآلة إلى الصنابير وفصلها، وأيضاً تتحقّق السقاية آلياً (أوماتيكياً).

تشمل الآلة على صندوق الطاقة لدى المحطة المثبّت على العربة الرئيسية للمحطّة ومحرك ديزل ومضخّة الزيت للنظام الهيدروليكي، وجهازين مؤتمتين لسحب المياه، والأنبوب الرئيسي الذي يتكون من جناحيّ تذرير يساريّ ويمينيّ، الأنظمة المؤتمتة هي للتحكّم بمسار حركة الآلة، وبالحركة التزامنية لسير العربات للأنبوب الرئيسي، الشكل (53-3).

يتكوّن كلّ جناح للأنبوب الرئيسي من ثمانية عوارض تشابكية معلّقة، ومن قطاع نهائي معلّق. أوّل ثلاثة عوارض معلّقة عن العربة الرئيسية للجناح الأيمن (مقطع مواسير الأنبوب: $203\times2.65[mm]$) تملك الأطوال: $39.8;38.5;38.5[m]$. وطول كلّ من العارضتين التاليتين هو: $48.7[m]$ (مقطع الماسورة: $168\times2.65[mm]$)، وثم بطول: $51.7[m]$ (مقطع المواسير: $152.4\times2.65[mm]$).



الشكل (53-3): آلة التذرير تفاريا، 1- مسند السير للعارضة المعلقة، 2- قضبان مستعرضة، 3- الأنبوب الرئيسي المفصلي، 4- العربة الرئيسية وصندوق الطاقة للمحطة، 5- معدات التوصيل لسحب المياه.

القطاع المعلّق للأنبوب بطول: $31.5[m]$ (يتكوّن من مواسير مقاطعها: $152.4\times2.65;102\times2.5;50\times3.5[mm]$) تثبّت إلى العربة النهائية (الأخيرة) بواسطة الكابلات. الجناحُ الأيسر وفق التكوين مماثل للجناح الأيمن، لوصل الجناح الأول بصلابةٍ تُثبّت نهايته إلى هيكل (إطار) العربة الرئيسيّة وعربات السير التالية التي تملك الجزء الرئيسيّ للوصل المفصليّ لزوج من أنابيب نقل المياه، المبتعدة عن جهاز سحب المياه، طول مسافة التعليق: $37.2[m]$، مقطع الأنابيب: $203\times2.65[mm]$. يكون هذا التعليق الصلب بعد التجميع، ويمكن الوقوف بثبات، ممّا يحقّق تركيباً سهلاً للأنابيب العرضيّة الباقية للآلة.

يملك جزء السير لعربات الأنبوب الرئيسيّ محولاً كهربائياً خاصاً من موتور المخفّض، والذي يشمل على أعمدة كردان ومخفضاً دودياً لكلّ عجلة.

تُوزّع على الأنبوب الرئيسي وبخطوات ثابتة (متساوية) 310 فوهة رذاذ قطاعية منخفضة الضغط وقصيرة المسافة لتطاير الرذاذ وبثلاثة أنواع لأقطار ثقوب خروج المياه: [6.5;7;7.5][mm] ويتطاير تيار المياه بزاوية: 45° نسبة للأفق. يبقى تدفق الآلة في العمل ثابتاً. يُنظّم معدّل السقاية بتغيير سرعة حركة الآلة.

يثبّت صندوق محطّة الطاقة على عربة السير الرئيسيّة المتوضعة على أربع عجلات مع محرك الديزل، المولّد الكهربائي ومضخّة الزيت المسننة وخزانات الوقود والزيت، ولوحات التحكّم. يثبّت على هيكل عربة السير الرئيسية أنبوبان مستعرضان، والتي وفقهما تتحرك المساند الكروية المنزلقة للحلقة الوسطية للأنبوب المفصلي لجهاز سحب المياه. م تؤمّن محطة الطاقة الطاقة الكهربائية لميكانيزمات محوّلات الحركة لعربات السير وللنظام الهيدروليكي الزيتي ولجهاز سحب المياه ولنظام التحكّم المؤتمت لحماية الآلة.

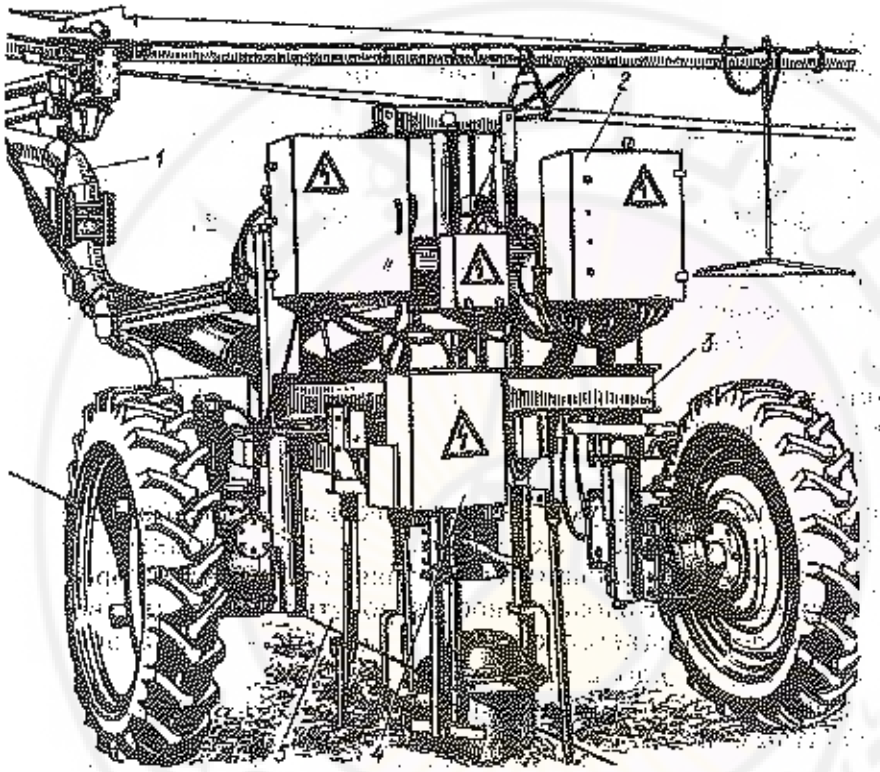
تجهّز الآلة بجهازين مؤتمتين لسحب المياه وبمجموعة من 135 صنبوراً ذات تصميم خاص، التي تؤمّن تغذيتها من أنابيب الريّ المغلقة عند السقاية أثناء الحركة. يمتلك جهاز السحب زوجاً من الأجهزة الآلية (روبات)، أحدهما يتحرّك للأمام، والآخر للخلف بواسطة الطاقة الكهربائية للعربة وفق خط سيرها على طول أنبوب الريّ.

كلّ جهاز آليّ مزوّد بعربة عجلية وبرأس لسحب المياه وصمّام عدم رجوع ذي تصميم خاص، ميكانيزم هيدروليكي لوصل رأس سحب المياه بالصنبور، وتكتشف أجهزة النظام آلياً (أتوماتيكيا) موضع توضّع الصنبور والحركة الثابتة (المتوازنة) للعربات وفق المسار، وتنظّم وضعيّة الميكانيزم الهيدروليكي لدوران عربات السير للجهاز الآلي آلياً في المستوي الأفقي للهيكل (جهاز الميل أو الجنوح). يؤمّن الأنبوب المفصلي وصل رأس سحب المياه مع الأنبوب الرئيسي للآلة الشكل (54-3).

تعمل الآلة بالشكل التالي: عند اقتراب الجهاز الآلي الأول لسحب المياه من الصنبور يعمل آلياً نظام البحث عن الصنبور، والذي تُكتشف عربته بهذه الوضعية، عندها يتوضع فوق رأس سحب المياه، ثُمّ يعمل الميكانيزم الهيدروليكيّ على وصل الرأس ويفتح صمام الصنبور المياه بفعل الضغط من أنبوب الريّ المغلق، وتجري عبر الأنبوب المفصليّ إلى الأنبوب الرئيسي للآلة. يتوقف رأس سحب المياه للجهاز الآلي الخلفي بعد وصل الرأس الأمامي إلى الصنبور

آلياً. يبدأ الجهاز الآلي الخلفي آلياً تحركه إلى الصنبور التالي. الآلة بصورة دائمة موصولة إلى أحد الصنابير وتتحرك على الأرض حركة جبهية والسقاية جارية.

يتابع نظام توازن حركة الآلة وفق المسار حركة الآلة وأجهزة سحب المياه. يحدث عند الحركة وفق كبل التوجيه تعديلٌ (تصحيحٌ) دائم لأجهزة سحب المياه وفق المسار، وأيضاً وفق الارتفاع النسبيّ للصنابير.



الشكل (3-54): جهاز سحب المياه لآلة تقاريا، 1- أنبوب نقل المياه المفصلي، 2- صناديق أنظمة التحكم لتوازن المسار، 3- هيكل العربة، 4- صندوق نظام التحكم لاكتشاف الصنبور، 5- كبل التوجيه.

من أجل الحفاظ على استقامة الأنبوب الرئيسي عند الحركة يعمل النظام التزامني المؤتمت لحركة عربات السير الاستنادية في الخط، والذي يعمل عند زاوية إزاحة نسبية محددة للأجزاء المجاورة المعلّقة. تُنظّم سرعة حركة الآلة وفق ساعة اليد (موقّت آلي) من: $0.0032 - 0.032[m/sec]$. وفيما يلي نبيّن المواصفات الاستثمارية التقنية لآلة تقاريا.

المواصفات الاستثمارية التقنية لآلة تقاريا:

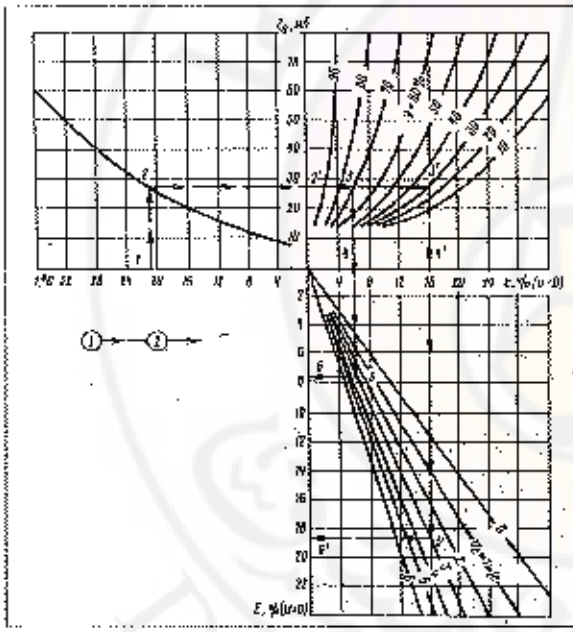
تدفق المياه: $[l/\sec]$	200
الضغط على الصنبور عند الميل الصفري: $[MPa.]$	0.37
العرض العامل للرذاذ: $[m]$	810
إنتاجية العمل: $[hr/h]$ عند معدل سقاية: $[m^3/hr]$	
الزمن الأساسي	1.24
الاستثماري	1.13
استطاعة المحرك: $[KW]$	44
استطاعة المولد: $[kVA]$	30
استطاعة المحرك الكهربائي: $[KW]$	
العربة النهائية (الأخيرة) والجهاز الآلي لسحب المياه	0.75
العربة الرئيسية والعربات البينية	1.1
السرعة:	
الفعلية: $[m/\sec]$	0.003-0.03
الانتقالية: $[km/h]$	0.108
الكتلة: $[kg]$	41100
الخلوص: $[m]$	2.7-2.9
التدفق النوعي للوقود: $[kg/hr]$	3.3-4.9
القطر الوسطي لقطرة الرذاذ: $[mm]$	0.78
ثابت فعالية السقاية عند سرعة رياح حتى: $1.5[m/\sec]$	0.84-0.89
عرض الخط الممتد على طول الأنبوب المغلق: $[m]$	7
ثابت الجاهزية	0.98
خطوة تثبيت المذابير: $[m]$	16
الميل العام للأرض:	
على طول الأنبوب الرئيسي	0.01
باتجاه حركة الآلة	0.01-0.03
على طول خط المذابير	0.015
عدد العمال المستخدمين: [شخص]	شخص واحد لكل 4 6 آلات

تقع سرعة حركة الآلة الحسابية النهائية في المجال: $0.18-1.8[m/\min]$، تؤمّن آلة تقاريا التغذية بطبقة رذاذ خلال شوط واحد من: 7.6 حتى: $78[mm]$، طبقة الرذاذ وفق العلاقة بسرعة حركة الآلة وضياعات المياه على التبخر في لحظة السقاية مبينة في الجدول (36-3).

الجدول (36-3): طبقة الرذاذ (معدّل السقاية): $[mm]$ لآلة تقاريا وفق العلاقة بالسرعة الفعلية لحركة الآلة.

سرعة حركة الآلة: $m/\min$									ضياعات المياه على التبخر، %
1.8	1.6	1.4	1.2	1	0.8	0.6	0.4	0.2	
8.4	9.4	10.7	12.5	15	18.7	25	37.5	75	0
8	9	10.2	11..9	14.3	17.9	23.8	35.8	71.6	5
7.7	8.6	9.7	11.4	13.7	17	22.7	34.1	68.2	10
7.3	8.2	9.3	10.9	13	16.2	21.4	32.7	65.3	15
7	7.8	8.9	10.4	12.5	15.6	20.8	31.3	62.6	20
6.6	7.4	8.4	9.9	12	15	20.2	30	60	25

المخططات البيانية لتحديد ضياعات المياه على التبخر عند السقاية بالرذاذ لآلة تقاريا مبينة في الشكل (3-55).



الشكل (3-55): المخططات البيانية لتحديد ضياعات المياه على التبخر عند السقاية بالرذاذ لآلة تقاريا، $t;[c^0]$ – درجة حرارة الهواء في لحظة السقاية، $\varphi;\%$ – الرطوبة النسبية للهواء، $l_{\alpha};[Mb]$ – مرونة البخار المشبع خلال الفترة الحمامية، $v;[m/\sec]$ – سرعة الرياح على ارتفاع: $2[m]$، $E;\%$ – ضياعات المياه على التبخر.

يُختار معدّل السقاية الكافي (السرعة الفعلية للحركة) والمخطط التكنولوجي لعمل آلة تقاريا على السقاية تختار مع اعتبار التضاريس وميل سطح الأرض، والخواص الفيزيائية للتربة والحالة الزراعية.

3-3- تقييم الاستخدام التقني لشبكات (لتقانات) الريّ بالرذاذ:

تقييم تقنية التذرير من أجل شروط موضعية معينة يتلخّص باختيار النمـوذج لعـدّة أشكال لها وفق العلاقة بالشروط: المناخية والترابية والجيومورفولوجيسا والهيدروجيولوجيـة والتقنية الزراعية والزراعية عند المقارنة الاقتصادية والمثالية التالية.

الجدول (3-37): شروط استخدام شبكات الري بالرذاذ وفـق العلاقـة بالعوامـل الطبيعيـة والزراعية.

رقم حالة وشبكة الري	شروط الاستخدام									
	مناخية		الخصائص الترابية		الجيومورفولوجية			الزراعية	
	التبخر في الأيام الحارة m^3/hr	سرعة الرياح حتى: m/s	كمية الهطول السنوي الكافية خلال فترة الري: cm/h	سوية توضع الانتشار الشعيري أكثر من: m	سوية توضع منسوب المياه الجوفية الحرة أكثر من: m	قيمة الوضع الانحداري	حجم الهطل المطلوب: m^3/hr	الارتفاع الأدنى لسوية الرشاش: m	الارتفاع فوق سطح الحاصيل حتى: m	معدل التغذية: m^3/hr
1	1-3	5	15-30	0.5	2	0-0.1	600	300	4	200-1200
2	1-5	6	10-30	0.5	2	0.001-0.004	300	120	2	200-1200
3	2-6	6	5-30	0.5	2	0-0.1	400	800	3.5	200-1200
4	2-5	7	5-30	0.5	2	0-0.02	500	300	0.9	200-800
5	2-5	8	7-30	0.5	2	0-0.02	500	300	2.5	200-800
6	2-5	8	5-30	2	2	0-0.03	500	398	2.5	200-800
7	1-4	5	15-30	1.5	2	0.001-0.007	300	100	5	200-800
8	2-5	4	10-30	0.5	2	0-0.1	400	200	2	200-1200
9	2-5	4	10-30	0.3	2	0-0.2	800	100	5	100-600
10	2-5	5	1-30	0.3	2	0-0.3	3000	300	4	200-1200
11	2-5	4	10-30	0.5	2	0-0.07	500	150	3-7	200-1200
12	2-5	6	5-30	0.5	2	0-0.02	500	900	3.5	200-1200

ملاحظة:1- محطة تذرير متوسطة المسافة لتطاير الرذاذ (الثوابت محددة وفق المحطة الموضعية المتنقلة).2- آلات التذرير الكانصولية قصيرة المسافة لتطاير الرذاذ وسحب المياه من قناة مكشوفة.3-آلة التذرير الكهربائيةمتعددةالمساند ذات فوهات قصيرةو العاملةفي الحركةمن شبكةمكشوفة.4- آلة التذرير ذات العرض العامل الكبيروحتى المسافة لتطاير

الرذاذ والعاملة موضعياً فالجنكا.5- آلة التذرير ذات العرض العامل الكبير العاملة موضعياً دنيير.6- آلة التذرير ذات العرض العامل الكبير ومتوسطة المسافة لتطاير الرذاذ والعاملة دائرياً عند العمل في موضع واحد وفي موضعين فريكات.7- آلات التذرير بعيدة المسافة لتطاير الرذاذ وسحب المياه من القنوات.8- أجهزة ذاتية الحركة متوسطة وبعيدة المسافة لتطاير الرذاذ، والعاملة خلال الحركة والتغذية من خرطوم عالي الضغط.9- أنظمة التذرير الثابتة المؤتمتة.10- الأنظمة الثابتة والمجموعة الثابتة الموسمية للتذرير النبضي التزامني وفق مساحة: [10،11hr]- أنبوب التذرير الخطي.12- آلة التذرير الكهربائية متعددة المساند ذات الفوهات القصيرة والعاملة خلال الحركة والتغذية من الشبكة المغلقة.

يُجرى الاختيار المثالي النهائي للوسائل التقنية بالاعتماد على الثوابت التقنية الاقتصادية لأشكال مختلفة وعلى تعديل (تغيير) تقنية التذرير وعناصرها الخاصة داخل الجزء الزراعي لشبكة الريّ (ثابت استخدام الأرض وثابت التأثير المفيد وضياعات العمل وكلفة مودول السقاية)، وأيضاً مع اعتبار المصادر المائية المتوفرة في الإقليم (المنطقة)، والمصادر الأرضية والجهدية وفق قيمة الضياعات المحوّلة ومستوى إنتاجية استخدام جميع المصادر في شروط معينة. تنجز هذه الأعمال باستخدام الحاسوب وبالتطابق مع البرنامج المتوفر. شروط استخدام تقنية التذرير وفق العلاقة بالعوامل الطبيعية والزراعية مبيّنة في الجدول (3-37).

3-4- تحديد إنتاجية شبكات (تقنيات) الري بالرذاذ:

تتعلّق إنتاجية الورديّة لتقنية السقاية بصورة رئيسيّة بمقدار معدّل السقاية المطلوب. من أجل آلات التذرير العاملة موضعياً، يحدّد معدل السقاية الفعلي بشدّة الرذاذ وباستمرارية عمل الآلة في الموضع مع الأخذ بالاعتبار ضياعات المياه على التبخر في وقت السقاية.

يُمكن حساب معدّل السقاية: $[mm/hr]$ في هذه الحالة وفق المعادلة التالية:

$$m_{tt} = \frac{60Q_{sd}t_{sd}}{A\beta_E} = \frac{\rho t_{sd}}{\beta_E} \qquad (3\text{-}12)$$

حيث: Q_{sd};$[l/s]$ – تدفق الآلة.

t_{sd};[min] – استمرارية عمل الآلة في الموضع.

A;$[m^2]$ – المساحة المرطبة بالرذاذ بنفس الوقت.

β_E – ثابت يأخذ بالاعتبار ضياعات المياه على التبخر في وقت السقاية.

ρ;$[mm/\min]$ – شدة (غزارة) الرذاذ.

من أجل آلات التذرير المعلّقة بعيدة المسافة لتطاير الرذاذ تُحدد كمية الرذاذ (معدل السقاية) من المعادلة الآتية:

$$m_{rt} = \frac{60Q_{rd}}{r^2 v \beta_t} \qquad (3\text{-}13)$$

حيث: m_{rt} – كمية الرذاذ؛ $[mm]$

r – نصف قطر الدائرة المروية؛ $[m]$

v – عدد دورات جهاز التذرير ويقدّر بدورة بالدقيقة؛ $[\min^{-1}]$

من آلات التذرير العاملة خلال الحركة تُحسب كمية الرذاذ من الآلة (معدل السقاية) من المعادلة الآتية:

$$m_{rt} = \frac{60Q_{rd}}{vb\beta_t} \qquad (3\text{-}14)$$

حيث: v – سرعة حركة الآلة؛ $[m/\min]$

b – العرض العامل للرذاذ باتجاه حركة الآلة (من أجل آلة التذرير الكانصولية: $b = 18[m]$، من أجل آلات التذرير كوبان وتقاريا: $b = 12[m]$).

يقيّم الاستخدام الموسميّ لتقنية التذرير بالبارامترات الآتية:

1- الحمولة الموسمية- المساحة بالهيكتار، التي يمكن للآلة تحقيقها بنظام الريّ المطلوب بما في ذلك في الفترة الحرجة (الذروة) لاستهلاك المياه للمحاصيل.

2- العمل الموسمي- المساحة بالهيكتار للسقاية، التي يمكن للآلة أن تخدمها خلال الموسم بنظام الريّ المطلق المطلوب لريّ المحاصيل الزراعية.

3- الحمولة الموسمية- عدد ساعات زمن الوردية، التي تؤديها الآلة خلال فترة النمو لسقاية المساحة المثبتة عليها.

يُحدد حساب الحمولة الموسمية $[hr]$ لآلة التذرير أو المساحة الموسمية المستخدمة للآلة من المعادلة الآتية:

$$A_{sal} = \frac{Q_{rd} k_{shr}}{q\beta_t} \tau \qquad (3\text{-}15)$$

أو:

$$A_{cal} = \frac{86.4 Q_{sd} k_{day}}{\tau T_{crop} \beta_E} \qquad (3\text{-}16)$$

حيث: k_{day} – ثابت الاستخدام الزمني باليوم؛ $[day]$

q – الاستهلاك النوعيّ لمياه الري (الهيدرومودول) في الفترة الحرجة (الذروة، المثالية) لاستهلاك المياه، يتغير وفق طبيعة المناطق والمحاصيل والأعوام من: $q = 0.3 - 1 [l/(s.hr]$.

β_E – ثابت يأخذ بالاعتبار ضياعات المياه على التبخر في وقت السقاية. يتغير وفق طبيعة المناطق من: $1.3 - 1.05$.

$\tau = 0.85 - 0.95$ – ثابت يتميّز بإمكانية ضياعات الزمن الفعلي وفق الأسباب التنظيمية والميتاورولوجية، وأيضاً بسبب أعطال محطات الضخ، وشبكة الريّ، والمعدّات والمنشآت المائية، وهذا يعني كفاءة النظام.

IT_{crop} – الاستهلاك اليومي لمياه الريّ (النقص في الاستهلاك المائيّ) في فترة الذروة؛ $[m^3/hr]$

تحدد q من المعادلة الآتية:

$$q = \frac{IT_{crop}}{86.4} \qquad (3\text{-}17)$$

حيث: IT_{crop} – النقص اليومي الوسطي في الاستهلاك المائي المعطى لمحاصيل الدورة الزراعية كلّ عشرة أيام متتالية متجاورة من الأيام والنقص الأعظمي للتوازن المائي في فترة النموّ لتأمين العام الحسابي؛ $[m^3/hr]$

يُحدّد ثابت الاستخدام الزمني باليوم من المعادلة الآتية:

$$k_{day} = \frac{n t_{sh} K_{sh}}{24} \qquad (3\text{-}18)$$

حيث: n – عدد الورديّات الفعليّة باليوم؛ $[day]$

t_{sh} – استمرارية الورديّة بالساعة؛ $[h]$

K_{sh} – ثابت الاستخدام الزمني للورديّة.

يُستخدم عند الاستخدام اليوميّ الدوريّ للآلة السقاية: $k_{day} = K_{sh}$.

الثابت: τ الذي يتميّز بإمكانية ضياعات الزمن الفعلي لأسباب لا تتعلّق بالآلة، ولا يدخل في توازن زمن الوردية، ويُحسب من المعادلة الآتية:

$$\tau = \frac{1}{1+\sum f} = \frac{1}{1+f_{ps}+f_{in}+f_{\varphi}+f_{org}} \qquad (3\text{-}19)$$

حيث: $\sum f$ – مجموع الضياعات للزمن الفعلي بسبب أعطال محطّة الضخ: f_{ps} ، شبكة الريّ، الأجهزة والمنشآت: f_{in} ، والضياعات وفق الظروف الميتاورولوجية: f_{φ} والضياعات لأسباب تنظيمية زراعية: f_{org} .

تشكّل الضياعات الزمنية الفعلية الممكنة:%:

1----2	بسبب أعطال المحطة
2----5	بسبب أعطال شبكة الري والمنشآت المائية عليها
4----6	بسبب زيادة سرعة الرياح، التي عندها تصبح جودة السقاية غير كافية (عندما تتجاوز السرعة الفعلية للرياح الحدود المسموح بها)
3----5	الأسباب التنظيمية الزراعية

الثابت الذي يأخذ بالاعتبار ضياعات المياه على التبخر عند الريّ بالرذاذ:

$$\beta_E = 1 + 0.01E \qquad (3\text{-}20)$$

حيث: $E;[\%]$ – التبخر .

يمكن أن تحدّد ضياعات المياه على التبخر % عند الري بالرذاذ وفْقَ الخطوط البيانية الشكل (3-56) أو المحسوبة وفق المعادلة الآتية:

$$E = 0.71\frac{td}{l_a}(1+0.21v_2) \qquad (3\text{-}21)$$

حيث: $t;[C^\circ]$ – الحرارة الوسطية للهواء في فترة السقاية.

$l_a;[Mbar]$ – مرونة البخار المشبع المطابق لهذه الحرارة.

$d;[Mbar]$ – النقص الوسطي لمرونة الهواء المشبع.

$v_2;[m/s]$ – سرعة الرياح على ارتفاع: $2[m]$ من سطح الأرض.

الثوابت الميتاورولوجية: t,d,v تستخدم وفق معطيات محطّة الأرصاد القريبة. إذا ما قِيسَتْ سُرعةُ الرياح في المحطّةِ على ارتفاعٍ مختلف، فإنّها تُحوّل على ارتفاع: $2[m]$ من سطح الأرض.

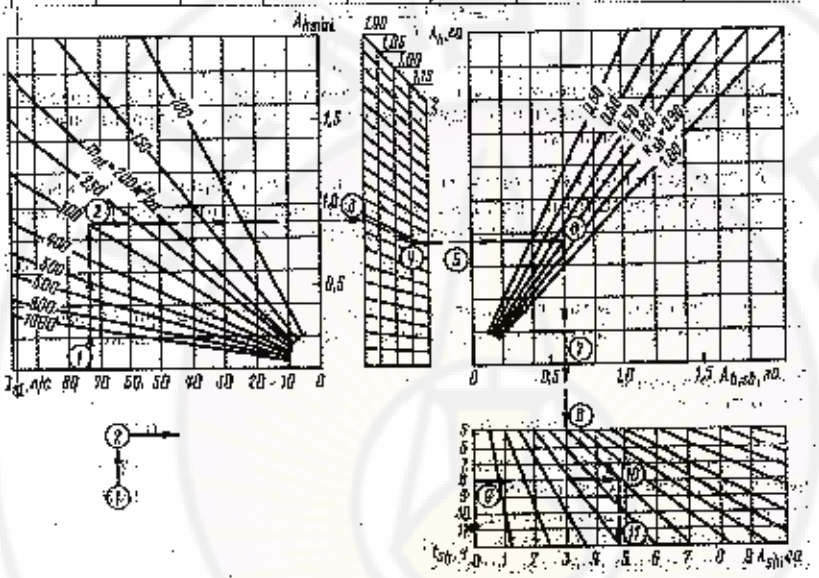
$$v_2 = v\mu \qquad (3\text{-}22)$$

حيث: $v_2;[m/s]$ – سرعة الرياح على ارتفاع: $2[m]$ من سطح الأرض.

$v;[m/s]$ – سرعة الرياح على ارتفاع القياس.

μ – ثابت التحويل المبين في الجدول الآتي:

ارتفاع قياس سرعة الرياح: $[m]$	4	5	6	7	8	9	10	11	12
μ	0.89	0.85	0.83	0.81	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75



الشكل (3-56): الخطوط البيانية من أجل تحديد وردية العمل لآلات ومحطات التذرير:

$Q_{sd};[l/s]$ – تدفق الآلة او المحطة، $m_m;[m^3/hr]$ – معدل السقاية الصافي، $[hr]$; $A_{h\max}$ – العمل الأعظمي الممكن خلال ساعة، η – ثابت التأثير المفيد، $A_h;[hr]$ – عمل الآلة خلال ساعة من الزمن الأساسي، k_{sh} – ثابت استخدام زمن الوردية، $A_{hsh};[hr]$ – العمل خلال ساعة من زمن الوردية، $t_{sh};[h]$ – استمرارية الوردية بالساعة، $[hr]$; A_{sh} – العمل خلال الوردية.

يحدّد العمل الموسمي للآلة وفق الحمولة الموسمية وعدد السقايات خلال الموسم، والمطابق لنظام الريّ المطلوب، والذي يأخذُ بالاعتبار ليس فقط فترة النمو، وإنّما السقايات الإضافية وغيرها من أنواع السقايات. العمل الموسمي: $[hr]$ يساوي حجم العمل المنجز من آلة التذرير خلال كامل الموسم، ويحدّد من المعادلة الآتية:

$$W_{sal} = A_{sal} N \qquad (3\text{-}23)$$

حيث: A_{cal};$[hr]$ – الحمولة الموسمية لآلة التذرير.

N – عدد مرات السقاية خلال الموسم.

تحدد الحمولة الموسمية بالساعات من زمن الوردية لآلات التذرير، والضائعة عن تحقيق حجم العمل الموسمي من المعادلة الآتية:

$$\sum T = W_{cal} / A_{sh} \qquad (3\text{-}24)$$

حيث: A_{sh};$[hr]$ – العمل الوسطي للآلة خلال ساعة من زمن الوردية عند معدل السقاية الوسطيّ الموسميّ: m والمياه الضائعة على التبخر في وقت التذرير: β_E.

من أجل تخطيط وتحقيق أنظمة الاستثمار للريّ (الخطوط البيانية لمكننة السقاية) يجب وضع المعطيات عن الساعات، والورديات والأيام العاملة لآلات التذرير.

الجدول (3-38): عمل الوردية لآلات التذرير خلال سبع ساعات عمل للوردية: $[hr]$.

نوع ومارکة الآلة	ضياعات المياه على التبخر: E;$[\%]$	معدل السقاية: m_{tr};$[m^3/hr]$							
		200	300	400	500	600	700	800	1000
	0	10.5	7.7	6	5	4.2	3.7	3.2	2.6
كاتيوشا	10	9.5	7	5.4	4.5	3.8	3.4	2.8	2.4
	20	8.7	6.4	5	4.1	3.5	3.1	2.6	2.2
	0	7.8	5.5	4.3	3.5	2.9	2.5	2.2	1.8
السلقة	10	7.1	4.95	4	3.1	2.6	2.3	2.1	1.7
	20	6.5	4.65	3.7	2.8	2.5	2.1	1.9	1.5
	0	5.5	3.86	3.1	2.6	2.2	2	1.7	1.4
معلقة محملة	10	4.9	3.56	2.8	2.4	2	1.8	1.5	1.2
	0	5.4	3.98	3.2	2.6	2.2	1.9	1.8	1.4
قالجنكا	10	4.95	3.7	2.9	2.4	2	1.8	1.6	1.3
	20	4.5	3.3	2.6	2.2	1.8	1.6	1.4	1.2
	0	9.6	7.1	5.6	4.6	3.9	3.5	3	2.5
دنيبر	10	8.7	6.4	5	4.2	3.6	3.2	2.5	2.2
	20	8	5.9	4.7	3.8	3.3	2.9	2.5	2.1
	0	20.6	13.7	10	8.3	6.9	6.1	5.2	4.2
كوبان	10	18.6	12.5	9.4	7.5	6.3	5.5	4.7	3.8
	20	17.2	11.5	8.6	6.9	5.8	5	4.3	3.5
	0	8.1	5.4	4.1	3.24	2.7	2.3	2	
كوبان	10	7.36	7.9	3.7	3	2.5	2.1	1.8	.

-	1.7	1.9	2.3	2.7	3.4	4.5	6.76	20	معدل
2	2.5	2.7	3.1	3.6	4.5	5.6	7.6	0	
1.8	2.2	2.5	2.9	3.4	4.1	5.2	6.96	10	أنبوب التذرير العجلي
1.6	2	2.3	2.5	3.1	3.7	4.61	6.26	20	
0.5	0.6	0.7	0.8	0.95	1.2	1.5	2	0	
0.5	0.6	0.7	0.8	0.87	1.1	1.34	1.82	10	الأنبوب الخطي
0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.97	1.23	1.66	20	
1	1.3	1.5	1.7	2	2.5	3.31	5	0	
0.95	1.1	1.4	1.5	1.8	2.3	3.01	4.5	10	المجموعة المتنقلة
0.85	1.1	1.3	1.4	1.7	2.1	2.8	4.2	20	
1.1	1.4	1.6	1.9	2.2	2.8	3.7	5.55	0	
1	1.3	1.5	1.7	2	2.5	3.4	5.1	10	فريكات
0.9	1.1	1.3	1.6	1.8	2.3	3.1	4.1	20	
1.1	2.5	2.9	3.3	4	5	6.65	10	0	
1.8	2.3	2.6	3	3.6	4.5	6.03	9.03	10	فريكات $1_م$
1.7	2	2.4	2.8	3.3	4.1	5.5	8.3	20	
1	1.7	1.5	1.7	2	2.5	3.4	5	0	
0.9	1.2	1.3	1.5	1.8	2.3	3.1	4.6	10	فريكات $2_م$
0.8	1	1.2	1.4	1.7	2.1	2.8	4.2	20	
2.9	3.6	4.2	4.8	5.8	7.2	9.6	14.4	0	
2.7	3.2	3.8	4.4	5.3	6.6	8.8	13	10	كرافيل
2.4	3	3.5	4	4.8	6	8.1	12	20	
1.8	2.2	2.4	2.8	3.2	4	5	6.76	0	
1.6	2	2.3	2.6	2.9	4.6	4.58	6.2	10	لركا
1.4	1.8	2	2.3	2.7	3.3	4.13	5.6	20	

تحدّد الإنتاجية: $[hr]$ خلال ساعة من الزمن الأساسي لعمل آلة التذرير من المعادلة الآتية:

$$A_h = \frac{3.6Q_{sd}}{m\beta_E} \qquad (3\text{-}25)$$

حيث: Q_{sd} - تدفق الآلة $;[l/s]$.

$m;[m^3/hr]$ – معدل السقاية.

β_E – ثابت يأخذ بالاعتبار ضياعات المياه على التبخر في وقت التذرير.

إنتاجية الوردية: $[hr]$ (العمل خلال الوردية) يحدد من المعادلة الآتية:

$$A_{sh} = \frac{3.6 Q_{sd} t_{sh}}{m \beta_E} K_{sh} \qquad (3\text{-}26)$$

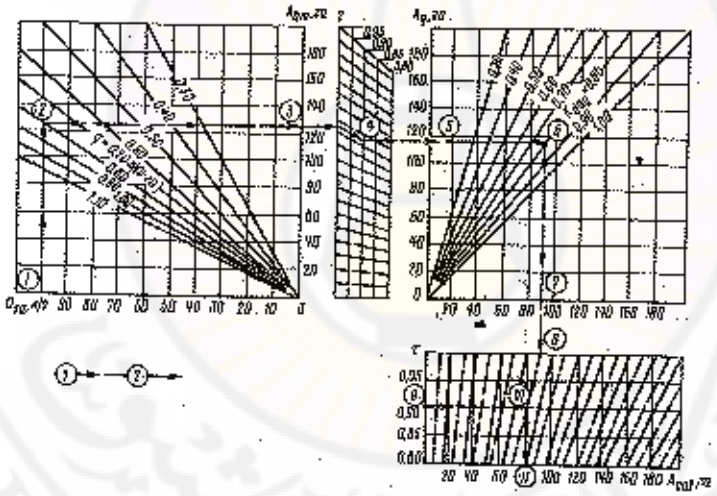
حيث: t_{sh}؛$[h]$، استمرارية الوردية بالساعة.

k_{sh} – ثابت استخدام زمن الوردية.

من أجل تحديد إنتاجية الورديّة يمكن استخدام الخطوط البيانية الشكل (3-56) أو الجدول (3-38).

تحسب الإنتاجية خلال يوم من المعادلة الآتية:

$$A_{day} = \frac{86.4 Q_{sd} k_{day}}{m_{sd} \beta_E} \tau \qquad (3\text{-}27)$$



الشكل (3-57): الخطوط البيانية لتحديد الحمولة الموسمية لآلات ومحطات التذرير:

$q;[l/(s.hr)]$ – الهيدرومودول الحسابي، $A_{Hor};[hr]$ – الحمولة الحدية المحتملة لآلة التذرير، k_{day} – ثابت الاستخدام الزمني باليوم، τ – ثابت الكفاءة لتحقيق عملية السقاية في النظام (الشبكة)، $A_{cal};[hr]$ – الحمولة الموسمية للآلة (باقي الرموز كما في الشكل (3-56)).

تحدد استمرارية السقاية للقطاع أو للحقل باليوم من المعادلة الآتية:

$$T_{fd} = \frac{A_{fd} m \beta_{it}}{86.4 Q_{rd} k_{day}} \cdot \frac{1}{\tau} \qquad (3\text{-}28)$$

حيث: A_{fd} [hr]: مساحة الحقل أو القطاع.

يمكن تحديد الإنتاجية الموسمية لتقانات الريّ بالرذاذ في مناطق طبيعية زراعية مختلفة وفق الجدول (3-39) ووفق الخطوط البيانيّة المبيّنة في الشكل (3-57).

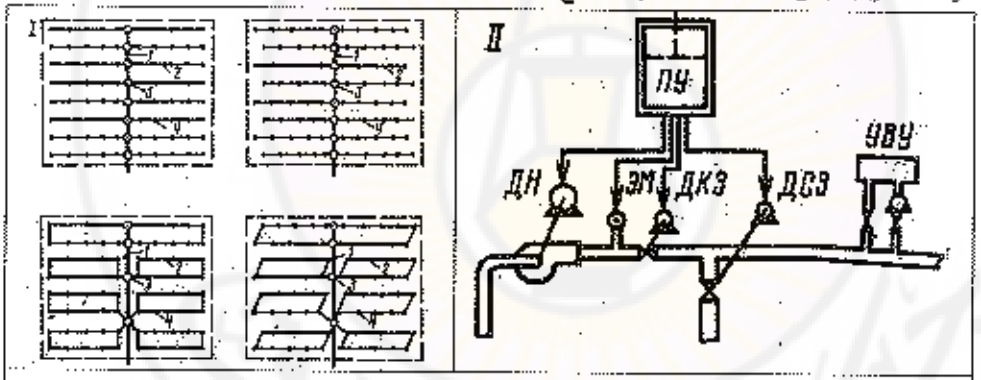
الجدول (3-39): البارامترات الوسطية للإنتاجية الوسطية لتقانات التذرير (الحمولة، العمل [hr]، الحمولة الزمنية: [h]) في مناطق طبيعية مختلفة.

نوع وماركة تقنية السقاية	المناطق الطبيعية					
	قاحلة: $k_y = 0.05 - 0.2$	شبه جافة: $k_y = 0.2 - 0.3$	جافة: $k_y = 0.3 - 0.4$	معتدلة: $k_y = 0.4 - 0.5$	رطبة: $k_y = 0.53 - 0.85$	فائضة الرطوبة: $k_y = 0.86 - 1.2$
كانصولية	70,600,1360	80,600,1200	90,590,1040	110,610,860	135,610,770	165,580,560
متنقلة موضعية	45,380,1250	50,380,1100	60,390,1000	75,415,830	95,420,730	110,390,530
فالينكا	40,340,1400	46,340,1220	52,340,1130	64,350,920	76,345,820	90,315,580
دنير	70,600,1470	80,600,1250	93,610,1080	110,610,820	135,600,650	165,560,610
كوبان	130,1120,1570	150,1200,1440	170,1100,1170	200,1100,910	260,1170,840	300,1050,570
كوبان م1	120,1020,1550	140,1040,1340	160,1030,1170	185,1020,990	240,1080,930	280,1030,660
أنبوب عجلي	55,470,1460	60,460,1240	70,460,1130	85,470,890	105,475,810	125,440,570
كوبان م2	.	75,550,1420	73,480,1130	73,400,760	73,330,470	73,260,248
متنقلة موضعية م	35,300,1300	40,300,1120	45,290,970	55,300,815	70,315,770	85,310,565
أنبوب خطي	15,130,1440	17,130,1300	20,130,1180	25,135,1000	30,135,870	35,125,610
متنقلة موضعية	25,220,1220	30,230,1100	35,230,1000	45,230,840	55,250,740	65,230,510
أوكا	50,420,1400	55,410,1200	62,400,1120	75,410,910	95,430,795	110,385,565
كارفيلا	90,765,1530	100,750,1290	110,715,1080	130,715,850	170,765,800	200,700,540
فريكات	75,-,-	75,565,1345	75,490,1075	75,410,715	75,340,515	75,260,295

3-5- شبكات الريّ بالرذاذ الثابتة والشبكات الثابتة – الموسمية (الفصلية):

تسمّى بالشبكات الثابتة إضافة لأجهزة التذرير، وتعمل جميع الأجزاء التكوينية (محطّة الضخ، وشبكة الريّ، والمنشآت المائية الأساسية عليها) في الحقل بصورة دائمة.

تملك الشبكات الثابتة حقيقةً كميّة معدن كبيرة، وكلفة إنشاء مرتفعة، لذلك تستخدم في الأساس لسقاية المحاصيل المعمرة مرتفعة السوق. بالإضافة لسقاية النباتات الدامية (الشتول)، يمكن إجراء سقايات ترطيب، وسقايات اعتيادية وسقايات أخرى. تُحقّق الشبكات الثابتة إنتاجية عمل عُظمى وأتمتة عالية للسقاية. تُستخدم من أجل التفريغ الأعظمي لشبكة الري في الشبكات الثابتة بصورة أساسية معدّات وأجهزة التذرير بعيدة المسافة لتطاير الرذاذ. الأكثر منطقيّة لأجهزة التذرير بعيدة المسافة لتطايره هي ذات العنفة، والتي لا تشكّل قوى عكسية أثناء العمل، والمؤثرة على القوائم الساندة. توزّع من أجل وصل أجهزة التذرير الصنابير والقسوائم الساندة في الحقل حسب رؤوس مربع أو مثلث متساوي الأضلاع. تُوضع أنابيب الريّ وفق مخطط مستقيم أو دائري. يمكن أن تعمل أجهزة التذرير على أنبوب الري، دورياً، أو واحداً واحداً، أو بمجموعات منفصلة أو الجميع بذات الوقت.



الشكل (3-58): I- أنواع مخططات شبكات الري المغلقة و II- الأجهزة من أجل التحكم الهيدرونبضي للسقاية في الشبكة. 1- الأنابيب الرئيسية وأنابيب توزيع المياه،2- أنابيب الري،3- بئر (حوض)توزيع المياه، 4- جهاز الرذاذ، NY- مبرج (لوحة التحكم)، DH- محرك كهربائي للمضخة، AM- مانومتر تلامسي، DKZ- محرك كهربائي للتحكم بالسقاطة، DCZ- محرك كهربائي لإملاء السقاطة، YBY- محطة الأسمدة السائلة.

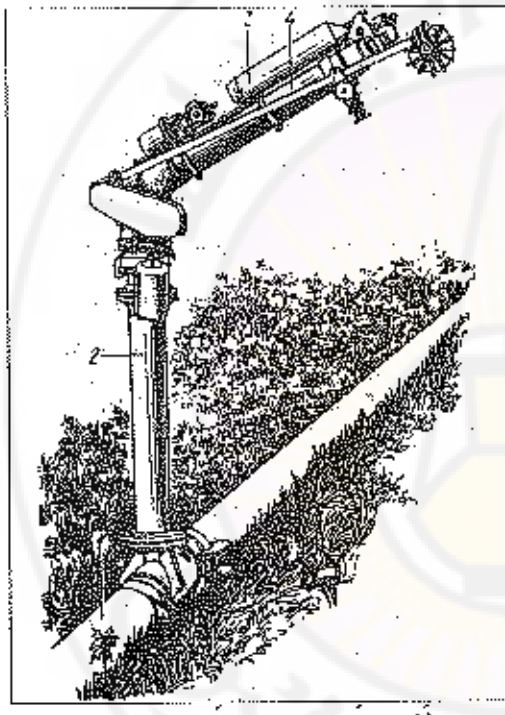
تُستخدم لنقل المياه أنابيباً فولاذية، واسبستوس إسمنتي، وبيتون مسلح، وأنابيب بلاستيكية، تثبت على عمق: $0.7-0.8[m]$ يستخدم الارتفاع فوق سطح التربة للقسوائم الساندة:

$[m]$ 1.2 – 1.5 . لسقاية المحاصيل مرتفعة السوق والبساتين، إن ارتفاع القوائم الســـاندة: $[m]$ فوق سطح التربة يحسب من العلاقة التالية:

$$h_r = H_n - l tg\theta \qquad (3\text{-}29)$$

حيث: H_n; $[m]$ – ارتفاع الشجرة، l; $[m]$ – المسافة من القائم الساند حتّى أقرب شجرة. θ – زاوية تطاير تيار الرذاذ نسبة للمستوي الأفقي [درجة].

توزّع المصنابير في البساتين في خطوط أقرب للأشجار كي لا تعرقل المعاملة بـــين الخطوط الزراعية.



الشكل (3-59): جهاز التذرير ذو الغالق الهيدرومؤتمت المثبت على أنبوب الري القابل للفك والتركيب: 1- أنبوب الري، 2- ماسورة عمودية، 3- أسطوانة هيدرومؤتمتة للغالق، 4- جهاز الرذاذ.

تتكوّن الشبكات الثابتة المؤتمتة من محطة ضخ وبرنامج تحكم، ومعدات هيدروليكية مؤتمتة لسحب المياه أو معدات كهربائية على الشبكة وعلى أجهزة التذرير. يمكـــن لمعـــدّات السحب ولأجهزة التذرير أن تملك جهاز برمجة مستقل من أجل تأمين عمل أجهزة التذرير أو مجموعاتها في نظام عمل معين ودوريّة محدّدة، مخطط توزع الأجهزة مـــن أجـــل الـــتحكم الهيدرونبضي للسقاية وتوزّع شبكة الري بالرذاذ الثابتة المؤتمتة ذات أجهزة التـــذرير بعيـــدة المسافة لتطايره مبيّنة في الشكل (3-58)، أمّا السدادات–الغالقـــات الهيدرومؤتمتـــة المعلّقـــة المجهّزة بها الشبكة فمبيّنة في الشكل (3-59).

يمكن أن تتجز محطة الضخ لشبكة الريّ المكونة من أنابيب فولاذية، أو من البولي إيتاين أو من الأسبستوس الإسمنتي بشكل خطوط مستقيمة أو حلقية دائرية.

يثبت الجهاز المبرمج على محطة الضخ أو على شبكة التوزيع. ويعمل بالتحكم الآليّ، أو نصف الآلي أو يدوياً للتحكم بالأوامر الوظيفية (السقاطات القائدة وسقاطات الإملاء، والتحكم بوحدة ماكينات الضخ، وبتنظيم الضغط على نظام عمل معين).

يشغّل النظام عند العمل بفتح السقاطة القائدة. وتمتلئ شبكة الريّ ببطء بالمياه. وبعد تشكّل الضغط الحسابي تبدأ بالعمل وفق برنامج معيّن بالتطابق مع الغالقات المثبتة على أجهزة التذرير الهيدرومؤتمتة، والتي تقوم بالسقاية. وبعد التغذية بمعدّلات السقاية المطلوبة فإنّ سقّاطة الضغط تُغلق آلياً، وسقاطة الإملاء تُفتح آلياً. عند ذلك في شبكة الريّ تحدث نبضة هيدروليكية منخفضة الضغط. ثمّ تعود كلا السقاطتين للوضعية البدائية. تُشغّل في العمل أجهزة التذرير التالية وفق البرنامج، وهكذا تستمرّ حتّى الانتهاء من سقاية الحقل.

يسمح استخدام غالقات هيدرومؤتمتة في شبكات الريّ بالرذاذ بتوزيع المياه وباستخدام شبكة الأنابيب بقطر أصغر، ممّا يؤدي لدرجة كبيرة نسبياً إلى خفض كميّة المعدن النوعية للشبكة.

يمكن تصميم مثل هذه الشبكة الثابتة المؤتمتة للري بالرذاذ لمجموعة قطاعات حتى: $150[hr]$. تستخدم الأجهزة المستخدمة من أجل التحكم بالسقاية الهيدرونبضية أيضاً في الشبكات الموسمية – الثابتة في تكوين مجموعة الرذاذ، والمستخدمة للسقاية المؤتمتة للمحاصيل الزراعية بمعدلات: $300-400[m^3/hr]$ في القطاعات ذات الميل حتى: 0.2 عند سحب المياه من شبكة ضغط مغلقة ذات جريان انسيابي أو من محطة ضخ متحركة. تشمل المجموعة جهازَ برمجةٍ هيدروليكيّ، وأنابيب قابلة للفكّ والتركيب، وأجهزة تذرير بعيدة المسافة لتطاير الرذاذ، وغالقات هيدروليكية، ومنظمات الضغط، وجهاز الأمان – الصرف وجهاز التسميد الإضافي.

يوضع أنبوب توزيع المياه وفق الميل الأعظمي للموضع، أمّا جناح التذرير فيوضع على طول الأفق أو بزاوية صغيرة نسبة له.

يتمّ التحكم بالسقاية بواسطة جهاز برمجة، وبواسطة غالقات هيدروليكية ومنظمات الضغط. يمكن من أجل إزالة جريانات معدلات السقاية الكبيرة إعطاء استراحة (توقفات).

تركّب المجموعة في القطاع لكامل فترة السقاية الموسمية، وبعد انتهاء الفصل تُزال وتحمل إلى موضع التخزين.

3-6- شبكات الريّ بالرذاذ النبضي التزامني:

يُعتبر الرذاذ النبضي التزامني أحد الاتجاهات التكنولوجية المتطوّرة للحصول على رذاذ منتشر بصورة عظمى. تتحقّق تغذية المياه لكامل فترة نمو النبات في القطاع المرويّ بالتطابق مع استهلاك المحاصيل الزراعية للنباتات، وتحافظ بصورة دائمة على مستوى الرطوبة المثالي لطبقة التربة الفعالة ولطبقة الهواء الملامسة لسطح التربة. تعمل الأجهزة النبضية بنفس الوقت في جميع المساحات بنظام عمل مستمر وبتوقّفات دوريّة لتجمع المياه في المجمعات الهيدروهوائية وفترات تطايرها على شكل رذاذ بتأثير الهواء المضغوط.

تنخفض في شبكات الريّ بالرذاذ النبضي التزامني ضياعات رأس المال (الكلفة) لإنشاء شبكة الضغط لأنابيب المياه، وفي الدور الأول أنابيب نقل المياه لنظام العمل النهائي، والذي يمتلك طولاً كبيراً، من أجل إنشاء الشبكة تستخدم مواسير بأقطار صغيرة. وبإلغاء دورة المياه تنخفض ضياعات العمل ومتطلبات الأجهزة المعقدة لتوزيع المياه.

تستخدم شبكات الريّ بالرذاذ النبضيّ المتزامن لسقاية المزروعات المعمرة، ومحاصيل الأعلاف ومحاصيل أخرى قبل كل شيء في المنحدرات الشديدة والتضاريس الصعبة، وأيضاً في التربة ضعيفة الخصوبة، وفي التربة ذات الارتشاح الشديد أو عملياً في التربة عديمة الارتشاح. البارامترات لشبكة الريّ بالرذاذ النبضي التزامني مبيّنة في الجدول (40-3).

تعتبر المناطق المنظورة من أجل تطور شبكات الريّ بالرذاذ النبضي التزامني في الدور الأوّل مناطقَ الهضاب والمرتفعات الجبلية.

تتكون شبكة الريّ بالرذاذ النبضيّ التزامني من منشأة سحب المياه، ومحطة ضخ، وخطوط الوصل، نظام التحكم المؤتمت بالسقايات، وشبكة الري ذات أجهزة التذرير النبضية.

تعتبر شبكات الريّ بالرذاذ النبضيّ التزامني قاعدة ثابتةً لأنّ الأنابيب توضع تحت سطح التربة. أمّا إذا كانت أنابيب الريّ من مواسير فولاذية فيمكن وضعها على سطح التربة.

توضعُ أنابيب الريّ بصورة موازية للمواضع الأفقية وفق أنساق مع انخفاض في الارتفاع بين الأنساق لا يتجاوز: $25|m|$.

من أجل تأمين عمل الشبكة في الأجزاء الرئيسية لنقاط الشبكة في الآبار أو على سطح الأرض تثبت أجهزة السحب – المعايرة والقياس، ومولدات ومضخمات إشارات التحكم و غيرها.

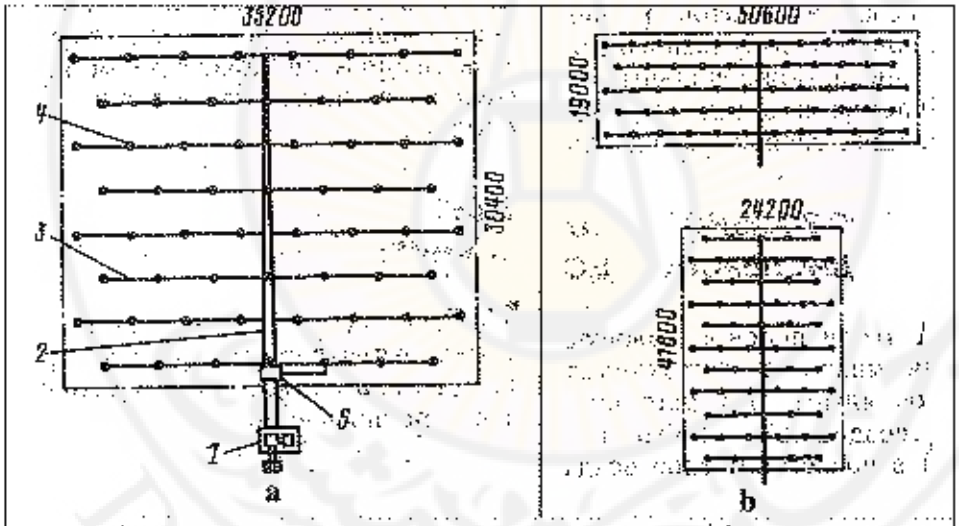
الجدول (40-3): بارامترات شبكة الري بالرذاذ النبضي التزامني.

الثوابت	القيم الشرطية ووحدات القياس	العلاقات الحسابية وطرق إيجادها	مجالات تغير الأجهزة متوسطة المدى للتدفق
الضغط التجاوزي الأعظمي في الخزان الهيدروليكي	$P_{max}, [Pa]$	وفق المواصفات الهندسية المضخة	$(4 \div 10) \cdot 10^5$
الحجم الهندسي للخزان الهيدروليكي	$V_{hd}, [l]$	تصميميا	20-400
قطر الفوهة	$d_{noz}; [cm]$	ايضا	1.4 2.6
زاوية الدوران خلال دورة فعلية	φ^o	-	4-6
مجال الضغط السفلي في الخزان الهيدروليكي	$P_{min}; [Pa.]$	$P_{min} = 0.4 \div 0.6 P_{max}$	$(2-6) \cdot 10^5$
حجم استهلاك المياه خلال دورة فعلية	$V_{cyc}; [l]$	$V_{cyc} = \frac{V_{hc} H_a}{P_{max}} \times \left\| \left(\frac{P_{max}}{P_{min}} \right)^{0.9} - 1 \right\|$	4-20
نصف قطر التأثير	$R, [m]$	تجريبيا	25-40
مساحة التغطية عند التوزع في المخطط:			
مربعي	$A_{\square}; [hr]$	$A_{\square} = 10^{-4} 2R^2$	0.12-0.32
مثلثي	$A_{\Delta}; [hr]$	$A_{\Delta} = 10^{-4} 2.6R^2$	0.16-0.41
تدفق المياه إلى جهاز واحد	$q_{noz}; [l/s]$	$q_{noz} = A_{\Delta} q$	0.04-0.3
استمرارية التجميع	$\tau_{ac}; [\sec]$	$\tau_{ac} = \frac{V_{cyc}}{q_{noz}}$	30-310
استمرارية الخروج	$\tau_{cyc}; [\sec]$	$\tau_{cyc} = \frac{V_{cyc}}{\mu 0.785 d_{noz}^2} \times \frac{1}{\sqrt{g(P_{max} + P_{min})}}$	1-4
استمرارية الدورة الفعلية	$\tau_{cyc}; [\sec]$	$\tau_{cyc} = \tau_{ac} + \tau_{cyc}$	30-310
الفدة الوسطية الدوارة	$\rho_w; [mm/\min]$	$\rho_w = 6 \cdot 10^{-3} q$	0.00118-0.0035
عدد الدورات الفعلية خلال دورة واحدة	n_{cyc} [دورة]	$n_{cyc} = 360^o \varphi$	60-90
استمرارية الدورة الواحدة	$\tau_{rev}; [\min]$		30-750

ملاحظة: $q; [l/\sec.hr]$ إحداثيات الهيدرومودول، μ – ثابت تدفق الفوهة، $H_a; [Pa.]$ الضغط الجوي،

يمكن تصميم شبكة الري بالرذاذ النبضي التزامني في مجموعة قطاعات منفصلة، وبصورة نهائية في القطاعات التي يكون التحكم بنظام عملها مؤتمتا. تستخدم في مثل هذه المجموعات القطاعات مجموعة الأجهزة الموسمية – الثابتة من أجل الري بالرذاذ النبضي التزامني الشكل (60-3)، الذي يشمل محطّة ضخ كهربائية، وشبكة أنابيب نقل المياه، أجهزة الرذاذ النبضية، ومولّد التحكّم بالإشارات (نبضات خفض الضغط)، وحساس لضرورة وشدة التغذية بالمياه، ولوحة التحكم، وجهاز التسميد الإضافي، وأجهزة التنظيم والقياس، ونظام الأمان من الأعطال.

يمكن أن تعمل عدّة مجموعات من القطاعات من محطة ضخ واحدة. يمكن استخدام المجموعة في القطاعات الصعبة، وبميل موضعي حتى: 0.3 وانخفاض في الارتفاع الجيوديزي حتى: $25[m]$ ، عند انخفاض الارتفاع بين أجهزة التذرير لأكثر من: $25[m]$ في شبكة أنابيب الري تثبّت مضخّمات إشارات التحكم، يحدد عدد وموضع التوزع عند التصميم.



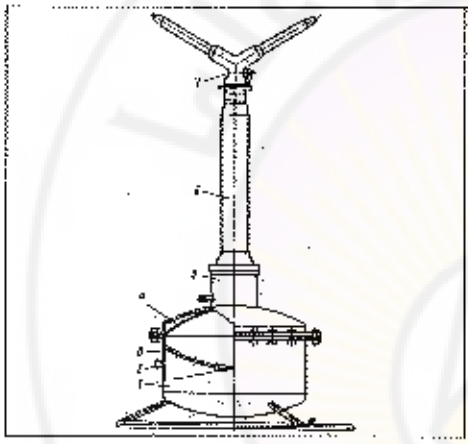
الشكل (60-3): مجموعة أجهزة الري بالرذاذ النبضي التزامني، a– المخطط الحسابي لتوزع الأجهزة، b– المخططات الممكنة لتوزع شبكة الأنابيب، 1– محطة الضخ، 2– أنبوب التوزيع، 3– أنبوب الشد، 4– جهاز الرذاذ النبضي، 5– مركز التحكم.

جهاز التذرير النبضي الشكل(61-3) يتكوّن من مجمّع هيدروهوائي، وجزء السحب ذي التحكم الهيدروليكي، ومن فوهتي نفث الرذاذ وميكانيزم الدوران. المجمع الهيدروهوائي ووعاء الماء الهوائي مقسّم بشبكة وغشاء مرن إلى جزئين. يُملأ الجزء السفلي مبدئياً بالهواء المضغوط،

وتجري المياه للجزء العلوي. يقوم المكبس باستخدام جزء السحب ذو التحكم الهيدروليكي بطرد المياه من أسفل حجرة الكبس إلى فوهة التذرير.

المعطيات الأوليّة لحساب البارامترات التكنولوجية لأجهزة التذرير والتي تعمل وفق إشارة انخفاض الضغط في الشبكة تعتبر من الثوابت التي تصف قطّاع الري والتي تأخذ بالاعتبار متطلبات شبكة ري المحاصيل الزراعية، والبارامترات التصميمية والحسابية للجهاز النبضي، والشروط المؤثرة على تشكيل وتوزيع إشارات انخفاض الضغط في الشبكة.

يؤدّي حساب عناصر تقنية السقاية والبارامترات التكنولوجية للرذاذ النبضي التزامني لإيجاد العدد المطلوب من أجهزة الرذاذ للتصميم المختار لمساحة واحد هيكتار وزمن (استمرارية) توقّفات تجميع المياه، والتي تؤمن التغذية النوعية المطلوبة من المياه.



الشكل (3-61): جهاز الرذاذ النبضي، 1- المجمع الهيدروهوائي، 2- أداة من أجل إملاء المجمع الهيدروهوائي بالهواء، 3- الشبكة المنخفية، 4- الغشاء المرن، 5- جزء السحب، 6- مأسورة قائمة، 7- فوهة الرذاذ.

3-7- شبكات الري بالرذاذ بالضباب:

يمكن استخدام شبكة ريّ الرذاذ بالضباب في جميع مناطق الأرض المروية، من أجل السقايات المضاءة للبساتين، والشجيرات المثمرة، ومزارع الشاي، والخضار، والمحاصيل العلفية، والأعشاب المعمرة والمروج، وأيضاً من أجل الحماية من الهواء شبه الجاف والجاف. تنظيمُ المناخ في الأراضي الزراعية في شروط استمرارية الهواء الجاف يسمحُ بزيادة شدّة التركيب الضوئي، وفي بعض الحالات يؤدي لمنع تلف النباتات.

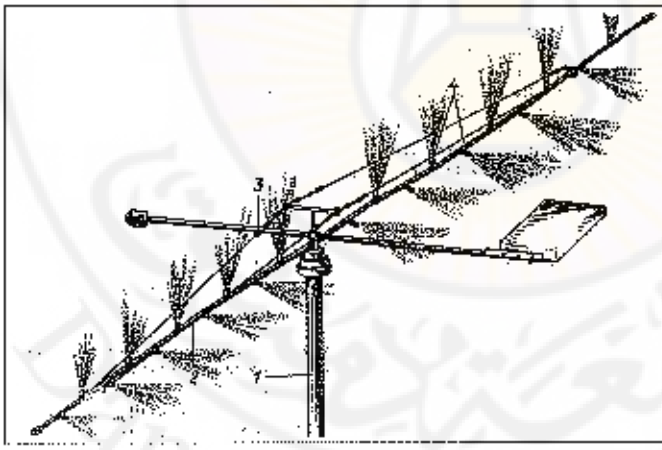
تكون القطرات عند ريّ الرذاذ بالضباب بقياس: $400-600[mk]$، التي تثبت جيداً على أوراق وأغصان النبات. يحدّد معدّل الترطيب لمرّة واحدة في الشروط التجريبية الإنتاجية بمقدار: $0.8[m^3/hr]$، ودورية السقايات في الإجهاد الحراري الزمني باليوم حتى: $60[\min]$

. تحقّق الفعالية الكبرى للرذاذ بالضباب جزئياً أو متقطعة عند توزيع المياه على شكل ضباب فوق المساحة المروية.

الأساليب الأساسية لتذرير المياه: الهيدروديناميكي، والهيدروميكانيكي والهيدروالهوائي الديناميكي. من أجل ذلك يمكن أن تستخدم الفوهات ورؤوس التذرير (الرش) المختلفة التصاميم، التي تُجهّز بها الآلة أو المحطّة من أجل الحصول على الضباب. وتستخدم طاقتها الحركية وتيارات الهواء الطبيعية أو الاصطناعية لنقل المياه المذررة على مساحة القطاع.

تستخدمُ في الوقت الحاضر في مناطق طبيعية مختلفة وعلى مساحات غير كبيرة بصورة أساسية شبكات ثابتة تجريبية ووحدات ماكينات متحركة للحصول على الرذاذ بالضباب.

تستخدمُ الأجهزةُ في الشبكات الثابتة من أجل الرذاذ بالضباب فوق أغصان وأوراق الأشجار، والتي تشمل على سارية (دعامة) 1 بارتفاع: $[m]2-9$ وعارضة دوارة 2 ورؤوس التذرير (الرش) 4. تُثبّت العارضة عمودياً على اتجاه الرياح. الشكل (62-3). تعمل الأجهزة حسب المبدأ الهيدروديناميكي لتذرير المياه. وعندما تكون سرعة الرياح: $[m/\sec]6-3$ فإنّ السرعة الوسطية لشدّة الرذاذ تتشكل بما لا يتجاوز: $0.06[mm/h]$.



الشكل (62-3): عارضة شبكة الري بالضباب، 1- سارية، 2- عارضة أنبوبية دوارة، 3- دوارة الريح أو الهواء، 4- فوهات التذرير بالضباب.

أظهرت النتائج التجريبية الإنتاجية لاستخدام أجهزة التذرير بالضباب ريّ البساتين ومزارع الشاي إمكانية زيادة إنتاجية الشاي البعلي بالمقارنة مع الريّ بالضباب: 9-13%، وبالأثلام: 16.8% في الهكتار.

يُصمم النظام الثابت المؤتمت للريّ بالضباب من أجل إجراء السقاية بـنفس الوقـت فوق وتحت أغصان وأوراق الأشجار في القطاعات ذات الميل السطحي: 0.5 عنـد سـرعة رياح: $5[m/sec]$.

تتكوّن شبكة الريّ بالضباب من مركز سحب المياه، ومحطة ضخ، وجهـاز تنقيـة المياه، وشبكة أنابيب، وفوهات خروج المياه، وجهاز تسميد الأسمدة المعدنية وجهاز الـتحكم المؤتمت بالسقايات. أجزاءُ الشبكةِ منجزةٌ من مواد بوليميرية. تَروي الشبكة مـن مجموعـات السقاية بنفس الوقت مساحة حتى: 6 هيكتار. يؤمّن نظام التحكم المؤتمت سقاية متقطعـة فـي نظام عمل (سقاية منخفضة الإنتاجية بتوقفات طويلة) على سبيل المثال من: 5 – 40 دقيقة).

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الرابع

تخطيط وتصميم شبكات الري بالتنقيط

4-1- الري بالتنقيط فوق سطح التربة:

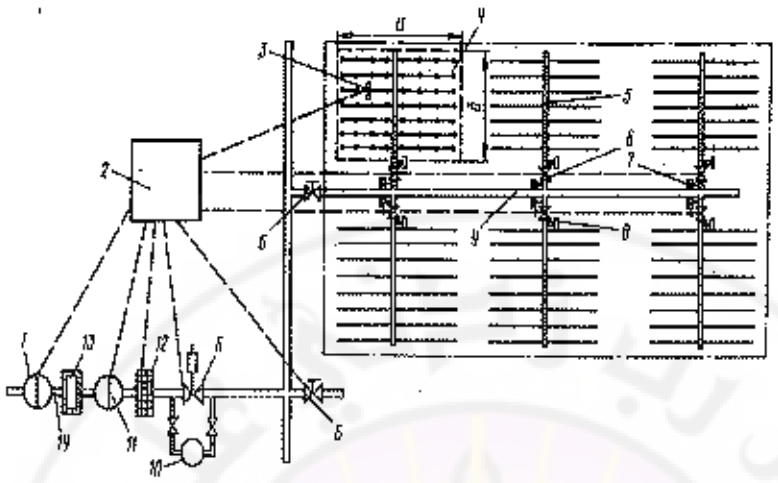
يتلخص جوهر أسلوب الريّ بالتنقيط بتأمين غزارة بشدّة ضعيفة لمياه الريّ المتدفقة من النقّاطات مباشرة في منطقة نمو النظام الجذري للمحاصيل. وبناء على ذلك لا بدّ من إدخال الأجهزة والتقنيات الحديثة في شبكات الريّ بالتنقيط لتأمين الرطوبة المثالية المطلوبة للمحاصيل الزراعية بهدف زيادة الإنتاجية لهذه المحاصيل.

تطوّر بصورة خاصة استخدام شبكات الري بالتنقيط في المناطق ذات الموارد أو المصادر المائية الضعيفة، وأيضاً في القطاعات (المساحات) التي لا يمكن فيها استخدام أساليب السقاية التقليدية، وفي المنحدرات الكبيرة والمنحدرات الدائرية، وفي القطاعات ذات التضاريس الصعبة، وفي التربة الخفيفة، وفي المناطق ذات الرطوبة المنخفضة وعند وجود مصادر مياه نقية غير كافية.

أظهرت التجارب أنّ استخدام شبكات الريّ بالتنقيط بالمقارنة مع شبكات الريّ بالرذاذ أدى لازدياد إنتاجية المحاصيل الخصبة المثمرة والكرمة بنسبة تتراوح من: 30%-10. تُحدّد كفاءة وفعالية شبكة الريّ بالتنقيط بإمكانية تأمين الرطوبة للمحاصيل بذات الوقت. وبتطابق تام مع قدرة وديناميكية الاستهلاك المائي للمحاصيل المروية أو ما يسمى بالاحتياج المائي، وأيضاً الاقتصاد بالمياه، وبالطاقة الكهربائية وبالأنابيب والمواسير المعدنية.

4-1-1- تخطيط وتصميم شبكة الريّ بالتنقيط فوق سطح التربة:

قد تكون شبكة الريّ بالتنقيط ثابتة بصورة دائمة أو متغيّرة بصورة موسمية. وفي كلا النوعين يمكن وضع مخطط شبكة الريّ بالتنقيط حسب الشكل (1)، والذي يتكوّن من مركز إعداد وتوزيع المياه مثل: (أحواض المياه، ووحدات ماكينات الضخّ، ووسائل التحكم المؤتمتة، ومصافي تنقيّة مياه الريّ، ومعدّات السحب – المعايرة)، والمواسير الرئيسية وأنابيب توزيع المياه الفرعية، وأنابيب الريّ المجهّزة بالنقّاطات ذات فوهات الخروج – المكروية، وجهاز إضافة الأسمدة لمياه الريّ بالتنقيط، وخطوط الوصل للشبكة، ونظام الأتمتة (لوحة التحكم).



الشكل (1-4): المخطط الميداني لشبكة الري بالتنقيط فوق سطح التربة

1– محطة الضخ الرئيسية، 2 – لوحة التحكم ، 3 – محطة الرصد الجوي، 4 – قطاع نموذجي، 5 – أنبوب فرعي قطاعي، 6 – معدات تنظيم – السحب (صنبور)، 7 – مصفاة تنقية ثانوية مدمجة، 8 – صنبور مركزي لتشغيل جهاز إضافة الأسمدة، 9 – أنبوب التوزيع، 10 – جهاز إضافة الأسمدة، 11 – محطة الضخ الثانوية، 12 – مصفاة تنقية المياه الرئيسية، 13 – حوض منظم لتجميع المياه ، 14 – الأنبوب الرئيسي.

تتمثّل مصادر الريّ بالأنهار والبحيرات والسدود، وخزانات المياه، وقنوات الريّ والسقاية، والجريانات السطحية الموضعية، وأيضاً المياه الجوفية. وبالاعتماد على ما سبق يمكن تحديد مواصفات وشروط الاستخدام المحددة لأنواع شبكة الريّ بالتنقيط حسب الجدول (1-4).

الجدول (1-4): المواصفات المحددة لأنواع شبكة الري بالتنقيط.

نوع الشبكة	المواصفات وشروط الاستخدام
استمرار وجود الأجهزة في القطاع الزراعي (الحقل)	
الثابتة دائماً	لسقاية المزروعات المعمرة. تتطلب كلفة رأس مال كبيرة نسبياً.
ثابتة – موسمياً	لسقاية المحاصيل السنوية. تتطلب أعمال تركيب وفك الشبكة كلّ عام.
الاستخدام لموسم واحد	لسقاية المحاصيل السنوية. تنفّذ شبكة الأنابيب من مواد رخيصة. عمرها قصير وتتطلّب كلّ عام فكاً وتركيباً.
توزيع شبكة أنابيب السقاية نسبة لسطح التربة	
توضع أنابيب السقاية على سطح التربة	تستخدم هذه الشبكة عندما يمكن أن تبك النبات الطفيلية بواسطة المبيدات. تتناقص كلفة الإنشاء، لكنه تتشكل عوائق عند المعالجة الميكانيكية للتربة.
توضع أنابيب السقاية على	تستخدم هذه الشبكة لسقاية المزروعات المعمرة. ويمكن المعالجة الميكانيكية

أسلاك معلقة مرتفعة عن سطح التربة	المخلوط بجانب الأشجار.
توضع كامل شبكة أنابيب السقاية تحت سطح التربة	تزداد فترة الخدمة لأنابيب نقل المياه المصنعة من البولي إيتيلين. ويمكن إنشاء هذه الشبكة فقط في القطاعات التي لم تزرع بعد. تزداد ضائعات رأس المال، وبصعوبة بالغة تنظم قدرة العمل للأنابيب والنقطات.
درجة الأتمتة	
مؤتمتة	تحقق آلياً جميع العمليات التكنولوجية للشبكة (تحديد فترة بداية السقاية وزمن استمرارها، والتحكم بتوزيع المياه، والتحكم بقدرة عمل الأجهزة وغيرهم).
نصف مؤتمتة	العمليات التكنولوجية للشبكة مؤتمتة جزئيا.
تحكم يدوي	جميع العمليات التكنولوجية للتحكم بالشبكة ينجز العامل يدوياً.
درجة تطابق غزارة مياه الري والاستهلاك المائي للمزروعات	
تزامن مطلق	التغذية بالمياه على امتداد فترة النمو والأيام تطابق الاستهلاك المائي للمحاصيل الزراعية ومتطلباتها الفيزيولوجية المتغيرة. تتطلّب تحكماً وتنظيماً مستمراً لشدة التغذية بالمياه، ممّا يتطلب وسائل تقنية معقدة. ويجب أن تكون غزارة المياه في ساعات الأيام الحارة أكبر ب (1.5 – 2 مرة) من ساعات الأيام المعتدلة، ممّا يتطلب زيادة قدرة التدفق للمياه من شبكة الأنابيب.
تزامن في الدورة اليومية	تطابق غزارة المياه الاستهلاك المائي على امتداد فترة النمو ووسطياً خلال اليوم. وتتحقق غزارة المياه اليومية بوتيرة واحدة وبشدة تغذية وسطية يومية. قدرة تمرير المياه للشبكة بقدر الإمكان صغرى.
نصف تزامني	تطابق غزارة المياه الاستهلاك المائي على امتداد فترة النمو ودورية السقاية على امتداد اليوم بتغذية المعدّل اليومي للاستهلاك المائي. تتطلّب تنظيم الدورة المائية للشبكة، وبالمقارنة فإنّ الشدّة المرتفعة لغزارة المياه تتطلّب زيادة قدرة تمرير المياه من شبكة الأنابيب.
دوري	تطابق غزارة المياه الاستهلاك المائي على طول امتداد فترة نمو النباتات. دورية السقاية لعدّة أيام. تتطلب تنظيم الدورة المائية في الشبكة. انخفاض المتطلبات لنقية المياه .
درجة الرطوبة الموضعية	
الترطيب الموضعي للتربة مباشرة عند كل نبتة.	سقاية المزروعات المعمرة والكثيفة حتى (1) ألف لكل (1) هيكتار .
الترطيب الموضعي الخطي على طول خط النباتات.	سقاية المزروعات المعمرة والكثيفة لأكثر من (2.6) ألف لكل (1) هيكتار .

يُفضّل استخدام مضخّات نابذة ذات ضغط منخفض في محطات الضخّ لشبكات الريّ بالتنقيط وأيضاً مضخّات من النوع المعلق. وتُجهّز محطّات الضخّ بمصافي خشنة من أجل التنقية الأولية لمياه الريّ، وتُزوّد بأجهزة ترسيب.

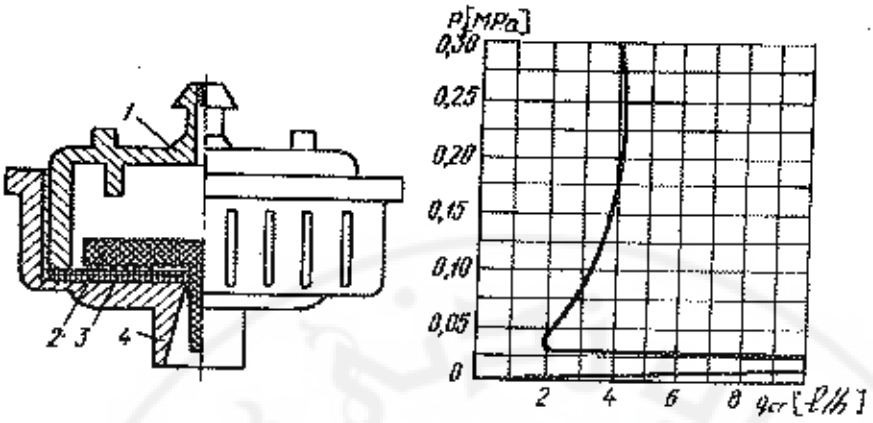
تُصنع الأنابيب الرئيسية والفرعية من الأسبستوس الأسمنتي أو من البولي إيتلين بماركات مختلفة. يتراوح عمق توضّع شبكة الأنابيب في المجال: $0.5 - - - 0.7[m]$. ويمكن أن تتكوّن شبكة الأنابيب من مواسير معدنية رقيقة الجدران ومقاومة للصدأ أو للتآكل في الشروط الجبلية وضغط الشبكة أكبر من: $(1.5[MPa])$. ويمكن وضع الأنابيب في شبكة الريّ بالتنقيط فوق سطح التربة أو تحت سطحها. فعندما توضع أنابيب الريّ تحت سطح التربة فإنّ تدفّق المياه من فوهات خروج النقّاطات يتمّ بواسطة أجهزة تغذية ضاغطة. ويجب أن يتراوح عمق توضع أنابيب الريّ في المجال: $(0.45 - - - 0.55[m])$. وعند توضّع أنابيب الريّ فوق سطح التربة يجب أن تُوزّع على طول خطوط الأشجار المثمرة أو الكرمة، وتثبّت إلى الخط السفلي سلكٌ معلقٌ على ارتفاع يتراوح في المجال: $(0.5 - - - 0.7[m])$، أو يُوضع مباشرة على سطح التربة في الخطّ الموجود.

تُصنع أنابيب الريّ من البولي إيتيلين الأولي ذي الضغط المرتفع والمنخفض. ويُستخدم البولي إيتيلين ذو الضغط المنخفض والبلاستيك من أجل تصنيع النقّاطات ذات فوهات الخروج الميكروية، أمّا الوصلات فتصنع من دعائم البلاستيك المقاومة للعوامل الجوية، وأيضاً من البولي إيتيلين ذي الضغط المنخفض والمرتفع.

تُعتبر النقّاطات ذات فوهات الخروج المكروية المثبّتة على أنابيب الريّ والتي تؤمّن غزارة المياه مباشرة إلى جذور النباتات العنصرَ الأكثرَ أهميةً في شبكة الريّ بالتنقيط. لذلك تُجهّز جميع أنواع النقّاطات بأجهزة إخماد الضغط في الشبكة وبفوهة أو بعدة فوهات لخروج المياه. وتُزوّد أيضاً بأجهزة من أجل تثبيت تدفّق المياه عند تغير الضغط في الشبكة وبأجهزة من أجل التنقية الذاتية للقنوات المكروية الدقيقة من المواد العالقة والمترسبة في أنابيب الريّ. وبناء على ذلك نُبيّن في الجدول (1-4) المواصفات التقنية لبعض أنواع النقّاطات المختلفة المستخدمة في شبكات الريّ بالتنقيط. وكذلك نُبيّن في الشكل (2-4) المخططات التصميمية وصفات التدفّق – الضغط لهذه النقّاطات.

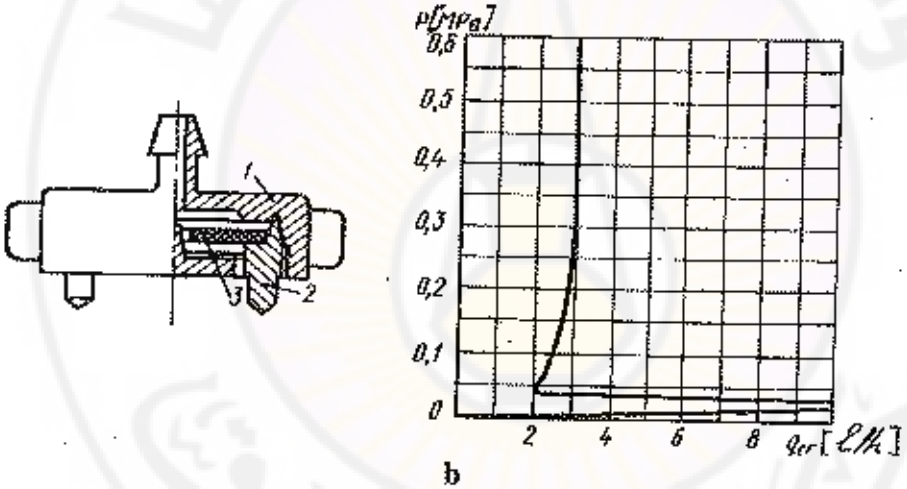
الجدول (2-4): المواصفات التقنية للنقّاطات ذات فوهات الخروج الميكروية.

البارامترات	مالداقيا	كورنلينا	هيكلية 1	هيكلية 3	كافاريا
النوع	ثنائية التنظيم (مجارية)		ذات فوهات – مجارية متغيرة		
الحل التقني لإخماد الضغط وتكثيفه	الصمام الخانق ذو قناة هانزونية ومنظم غشائي مرن	منظم مرن ذو قناة قطرية	صمام مجارية ربقي مرن	منظم مرن موجه حر	صمام خانق ذو منظم أبري عائم
نظام العمل	مستمر				
التدفق : $[l/h]$					
الفعلي	4 ± 1	2 ± 0.65	4 ± 1	5.5 ± 1	6;8;10
عند الفتح	$---20$	$---40$	$---40$	$---40$	
الضغط: $[MPa]$					
الفعلي في الشبكة	$0.08---0.25$	$0.03-0.6$	$0.05-0.6$	$0.2-0.6$	$0.04-0.08$
عند الفتح	$0.01-0.04$	$0--0.03$	0.03		-
نظام العمل	مؤتمت				
المحتوى المسموح به من المواد العالقة من مياه الري في المضخات $[m\cdot gr/l]$	50	100	80	100	-
التوضع على شبكة الري					على سطح التربة
مواد العناصر التجهيزية	بوليمير بلاستيكي حراري، مطاط	بولي ايثلين متين، مطاط	بوليمير بلاستيكي حراري، مطاط	بوليمير بلاستيكي حراري، مطاط	إثارة ثابتة PE بلاستيك رغوي
الكفاءة: $\{Kn\}$	0.01	0.01	0.025	0.01	0.04
شروط الاستثمار	-	ارتفاع السقوط حتى : $60[m]$			-



a

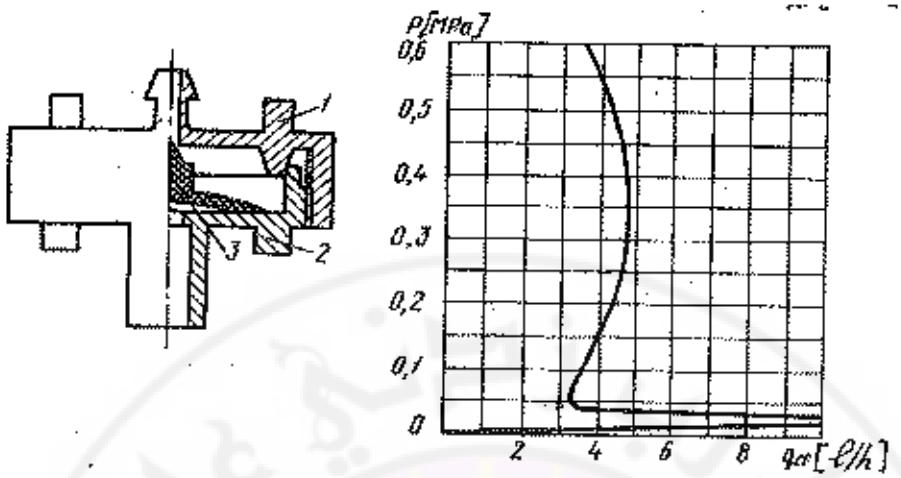
a – (مالدافيا): 1– هيكل، 2– مجرى خانق، 3– حلقة إحكام، 4– سدادة بثقوب.



b

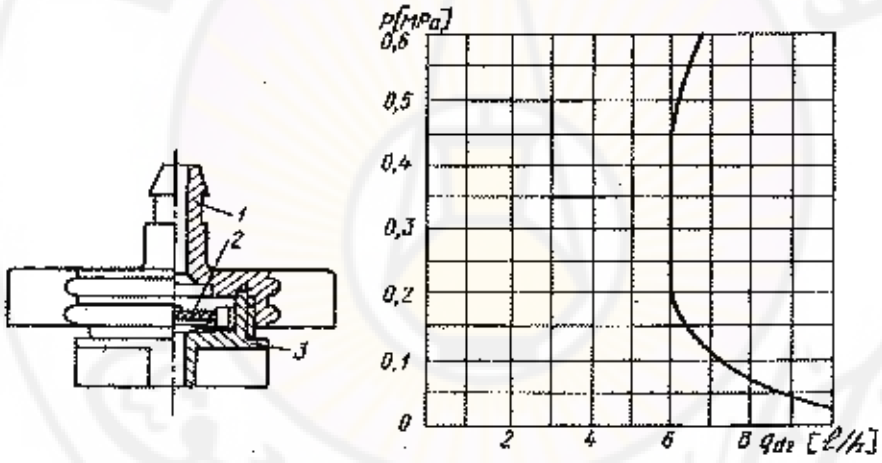
b – (كورنايا): 1– هيكل، 2– سدادة، 3– غشاء.

Damascus University



c

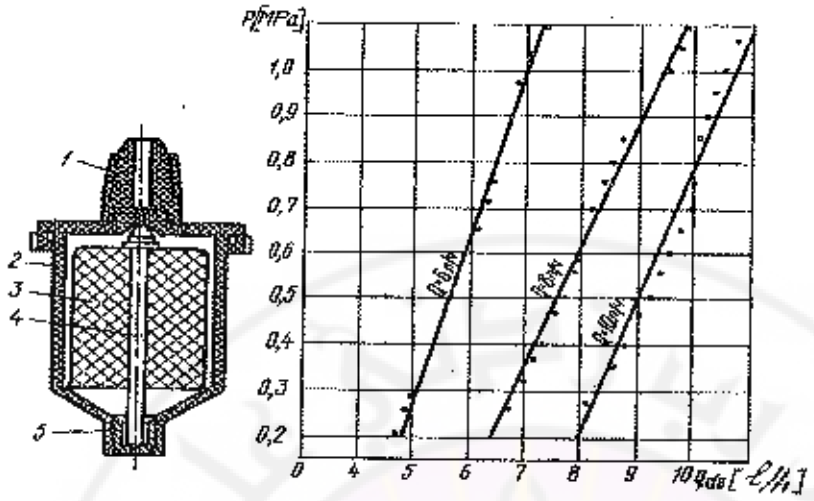
c – (هيكلية 1):1– هيكل، 2– سدادة، 3– غشاء مرن مطاطي.



d

d – (هيكلية 3): 1– هيكل، 2– غشاء، 3– سدادة.

Damascus University

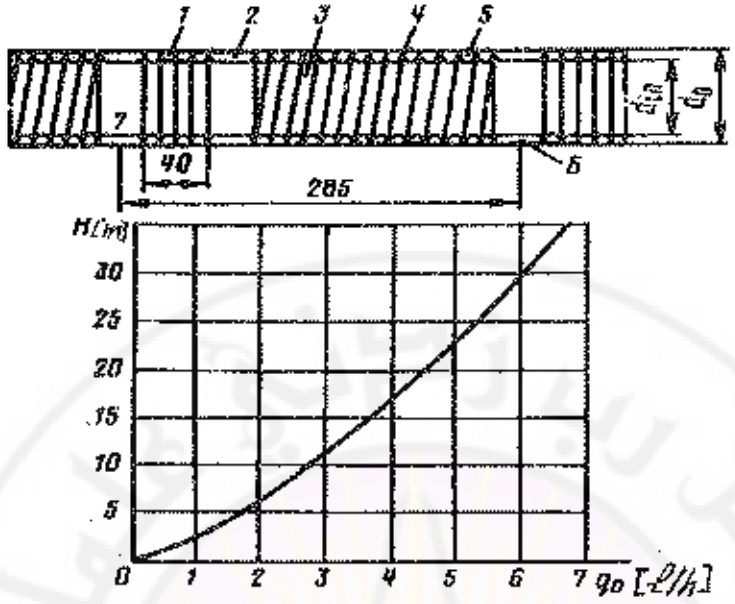


e

e - (تافاريا): 1- سدادة، 2- هيكل، 3- عاتم، 4- إبرة، 5- فوهة سفلية.

الشكل (2-4): المخططات التصميمية وصفات التدفق – الضغط للنقاطات.

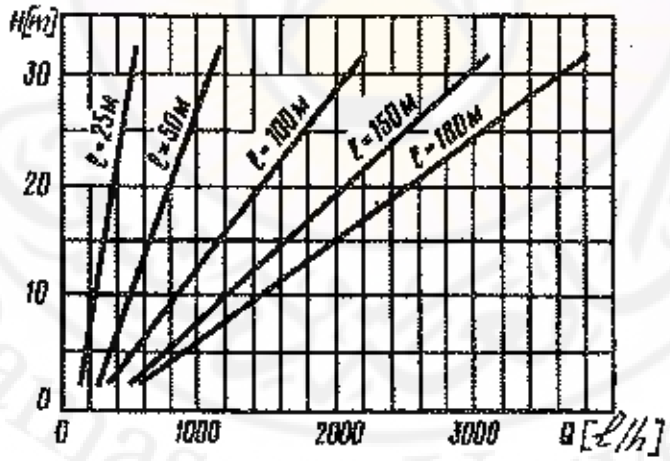
بدلاً من أنابيب الريّ المجهّزة بالنقّاطات يمكن استخدام أنابيب الترطيب المساميّة البسيطة ذات الثقوب الدقيقة بقطر: $5-100[mk]$ أو أنابيب بطبقتين مثقبة ذات قنوات حلزونية خانقة، والتي تتكوّن من ماسورة بطبقتين من البولي إيتلين الشكل (4-3). الماسورة مضلّعة داخلياً بخطوط حلزونية:3 ومغلّقة من الخارج بجدار أملس. طول الخط الحلزوني في الماسورة المضلعة: $22[cm]$ ويتناوب مع وصلات حلقية بطول: $4[cm]$. تُفصل القطاعات الفاصلة الخطوط الحلزونية عن الوصلات الحلقية بطول: $1.5[cm]$ ، تشكّل الخطوط الحلزونية والسطح الداخلي للماسورة الملساء القنوات الحلزونية – لجريان المياه:5 ذات وصلات الإحكام الحلقية:1 التي تقسم أنبوب الريّ إلى عدّة قطاعات. تُثبّت النقّاطات ذات فوهات الخروج:6 الموجودة في جدار الماسورة الخارجي عند بداية كلّ قطاع حلزوني بمسافات فاصلة فيما بينها: $28.5[cm]$ ومساحة المقطع العرضي لفوهة الخروج: $2[mm^2]$ ، والقطر الخارجي لأنبوب الريّ: $d_o = 24.8[mm]$ والقطر الداخلي له: $d_{in} = 20[mm]$.



الشكل (3-4): أحد أنواع أنابيب الري وصفات التدفق-الضغط له:

1- فجوة حلقة الإحكام، 2- خطوط حلزونية حلقية، 3- أنبوب محلزن، 4- ماسورة ملساء ، 5- قناة حلزونية، 6- فوهة خروج.

المخطط البياني لتحديد غزارة المياه في أحد أنواع أنابيب الري مبين في الشكل (4-4)

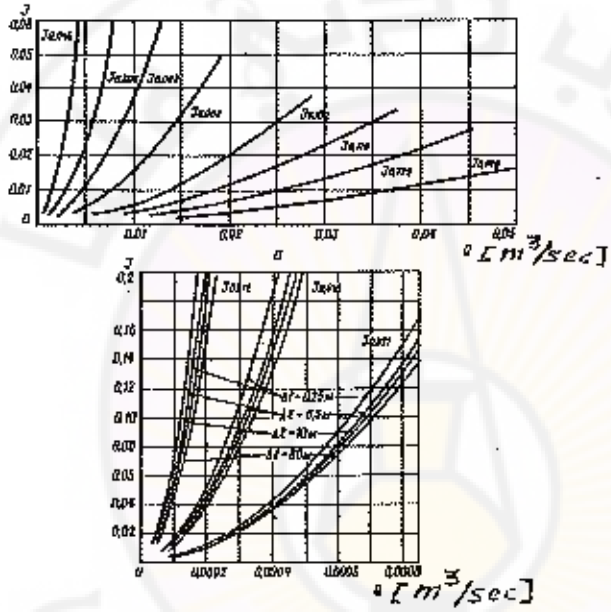


الشكل (4-4): المخطط البياني لتحديد غزارة أحد أنواع أنابيب الري حسب العلاقة بطول وضغط المقطع المقدر.

4-I-2 – الحساب الهيدروليكي للأنابيب في شبكة الريّ بالتنقيط فوق سطح التربة:

يحدّد طول وقطر الأنابيب بالحساب الهيدروليكي حسب العلاقة بالميل وبالتدفّق النوعي للمياه في الأنبوب وبالمسافة بين نقاط التغذية بالمياه (المسافة بين النقّاطات).

يمكن تحديد ضياعات الضغط النوعية في أنابيب الريّ والأنابيب الفرعية (القطاعية) حسب المخططات البيانية المبيّنة في الشكل (5-4).



b

الشكل (5-4): المخططات البيانية لتحديد ضياعات الضغط النوعية في أنابيب الري لشبكة الري بالتنقيط: a– أنابيب قطاعية، b– أنابيب السقاية، Δl – المسافة بين النقطات.

ويمكن تحديد ضياعات الضغط: $[m]$ ، من أجل الأنبوب القطاعي بطول l_{tr} وبسرعة جريان المياه في المقطع النهائي التي لا تساوي الصفر، من المعادلة التالية:

$$h_P = \gamma g l_{tr} i_{PZ} [1 - (V_E / V_O)^3] \qquad (4-1)$$

حيث : $\gamma[gr/cm^3]$ – كثافة المياه.

$g[m/\sec^2]$ – تسارع السقوط الحر،

$l_n[m]$ – طول الأنبوب.

i_{pz} – الضياعات النوعية (الميل البيزومتري).

$V_0 ; V_k [m/\sec]$ – سرعة الجريان عند بداية ونهاية المقاطع.

في حالة استخدام أنبوب الريّ التلسكوبي تُحدّد ضياعات الضغط بصورة مستقلّة من أجلّ كلّ قطاع وتمّ تُجمّع.

ويمكن تحديد التدفق النوعي من المعادلة التالية:

$$q_{sr} = q_{dr} / d_{dr} \qquad (4\text{-}2)$$

حيث : $q_{sr}[l/\sec]$ – التدفق النوعي لكل: $100[m]$

$q_{dr}[l/\sec]$ – التدفق من فوهة الخروج.

$d_{dr}[m]$ – المسافة بين فوهات الخروج.

ويمكن اختيار بارامترات الأنبوب انطلاقا من الشرط: ($h_p \le h_{pa}$).

حيث : h_{pa} – تمثل ضياعات الضغط المسموح بها في الأنبوب.

تُحدّد عند الحساب ضياعات الضغط المسموح بها في الأنبوب بالتطابق مع التضاريس الموضعيّة حسب مسلك الأنبوب، وبالتطابق مع مجال الضغط الفعليّ لفوهة الخروج، وبالتطابق مع شروط المتانة والشروط الاقتصادية ... الخ.

ويمكن استخدام الجدولين (4-2) و (4-3) عند الحسابات الهيدروليكية واختيار عناصر شبكة الريّ بالتنقيط.

يتعلّق توضّع شبكة الأنابيب في المخطط بشكل الحقل (القطاع) وبالتضاريس الموضعيّة ونوع المحاصيل الزراعية. تُصمّم شبكة الريّ بالتنقيط بصورة شاملة وتُستخدم الأنابيب الرئيسية والتوزيعية والقطاعية (الفرعية) وأنابيب السقاية من البولي إيتلين. ويتمّ توزيع شبكة الريّ كقاعدة فوق سطح الأرض حيث توضع على سطح التربة أو على أسلاك معلّقة، وتوضع شبكة أنابيب التوزيع الرئيسية والفرعية (القطاعية) تحت سطح التربة. تتعلّق المسافة بين أنابيب الريّ بالعرض بين خطوط المزروعات، وهي تساوي من أجل المحاصيل الحقلية: $0.7 - - - 0.9[m]$ ، ومن أجل أشجار الكرمة: $2.5 - - - 3.5[m]$ ، ومن أجل الأشجار المثمرة والمعمرة: $4 - - - 8[m]$. وبناء على ذلك يمكن اقتراح المخطط التركيبي لأنابيب الري من أجل الأشجار المثمرة والكرمة كما مبين في الشكل (4-6).

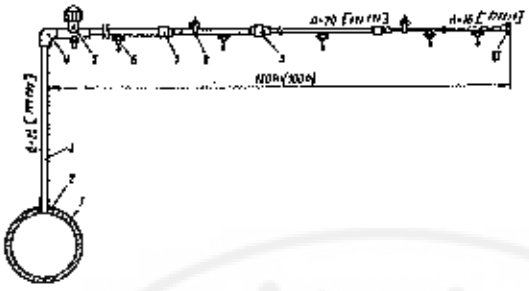
الجدول (2-4): ضياعات الضغط النوعية h_{sp} في أنابيب الريّ لشبكة الريّ بالتنقيط.

المسافة بين القطارات: $a_i[m]$						تدفق المياه $q_o[m^3/sec]$	سرعة التدفق عند المدخل $V_o[m/sec]$
8	4	2	1	0.5	0.35		
القطر الخارجي $d_o = 0.016[m]$ ، والقطر الداخلي $d_{in} = 0.012[m]$							
0.007	0.007	0.007	0.0073	0.0081	0.0096	0.0000034	0.3
0.016	0.017	0.017	0.0184	0.0205	0.0248	0.000056	0.5
0.030	0.031	0.032	0.0338	0.038	0.0462	0.000079	0.7
0.046	0.048	0.050	0.0531	0.06	0.0786	0.000101	0.9
0.066	0.069	0.071	0.0763	0.0865	0.107	0.000124	1.1
0.089	0.092	0.096	0.103	0.0121	0.146	0.000147	1.3
0.115	0.12	0.125	0.134	0.153	0.191	0.00017	1.5
0.191	0.2	0.208	0.225	0.258	0.327	0.000226	2
0.28	0.292	0.306	0.332	0.384	0.487	0.000283	2.5
القطر الخارجي $d_o = 0.02[m]$ ، والقطر الداخلي $d_{in} = 0.016[m]$							
0.005	0.005	0.005	0.0050	0.0052	0.006	0.000060	0.3
0.012	0.012	0.012	0.0124	0.0132	0.015	0.000100	0.5
0.020	0.021	0.021	0.022	0.0235	0.027	0.000141	0.7
0.033	0.033	0.034	0.0351	0.0376	0.043	0.000181	0.9
0.046	0.047	0.048	0.0502	0.0541	0.062	0.000221	1.1
0.062	0.064	0.065	0.0678	0.0731	0.084	0.000261	1.3
0.081	0.082	0.084	0.0876	0.0948	0.109	0.000301	1.5
0.134	0.137	0.14	0.147	0.159	0.185	0.000402	2
0.199	0.204	0.209	0.219	0.239	0.279	0.000503	2.5
المسافة بين القطارات: $a_i[m]$						تدفق المياه $q_o[m^3/sec]$	سرعة التدفق عند المدخل $V_o[m/sec]$
8	4	2	1	0.5	0.28		
القطر الخارجي $d_o = 0.025[m]$ ، والقطر الداخلي $d_{in} = 0.021[m]$							
0.003	0.003	0.003	0.0034	0.0035	0.0038	0.0001	0.3
0.008	0.008	0.008	0.0085	0.0088	0.0094	0.00017	0.5
0.015	0.015	0.015	0.0155	0.0161	0.0173	0.00024	0.7
0.023	0.023	0.024	0.0243	0.0254	0.0274	0.00031	0.9
0.033	0.034	0.033	0.0348	0.0364	0.0394	0.00038	1.1
0.044	0.045	0.046	0.0468	0.049	0.0533	0.00045	1.3
0.058	0.058	0.059	0.0603	0.0631	0.0688	0.00052	1.5
0.096	0.097	0.098	0.101	0.106	0.116	0.00069	2
0.143	0.145	0.147	0.151	0.159	0.174	0.00086	2.5

الجدول (3-4): ضياعات الضغط النوعية (الميل البيزومتري i_{PZ}) في الأنابيب القطاعية بأقطار مختلفة.

$d_o=0.09[m]$ $d_{in}=0.083[m]$		$d_o=0.075[m]$ $d_{in}=0.069[m]$		$d_o=0.063[m]$ $d_{in}=0.058[m]$		$d_o=0.05[m]$ $d_{in}=0.046[m]$		V_{av} [m/sec]
i_{PZ}	q_{av} $[m^3/sec]$	i_{PZ}	q_{av} $[m^3/sec]$	i_{PZ}	q_{av} $[m^3/sec]$	i_{PZ}	q_{av} $[m^3/sec]$	
0.00062	0.00162	0.00077	0.00112	0.00096	0.0008	0.00127	0.0005	0.3
0.00152	0.00271	0.00191	0.00187	0.00236	0.00132	0.00314	0.00083	0.5
0.00277	0.00379	0.00347	0.00262	0.00429	0.00185	0.00571	0.00116	0.7
0.00432	0.00487	0.00542	0.00336	0.00671	0.00238	0.00891	0.00149	0.9
0.00617	0.00595	0.00774	0.00411	0.00957	0.00291	0.00127	0.00183	1.1
0.00839	0.00703	0.0104	0.00486	0.0129	0.00343	0.0171	0.00216	1.3
0.0107	0.00812	0.0134	0.00561	0.0165	0.00396	0.0221	0.0025	1.5
0.0178	0.0108	0.0224	0.00748	0.0275	0.00588	0.0367	0.00332	2
0.0265	0.0135	0.0332	0.00935	0.0411	0.0066	0.0546	0.00415	2.5
0.0366	0.0162	0.0459	0.0112	0.0568	0.00793	0.0754	0.005	3
$d_o=0.16[m]$ $d_{in}=0.148[m]$		$d_o=0.14[m]$ $d_{in}=0.129[m]$		$d_o=0.125[m]$ $d_{in}=0.115[m]$		$d_o=0.11[m]$ $d_{in}=0.102[m]$		V_{av} [m/sec]
i_{PZ}	q_{av} $[m^3/sec]$	i_{PZ}	q_{av} $[m^3/sec]$	i_{PZ}	q_{av} $[m^3/sec]$	i_{PZ}	q_{av} $[m^3/sec]$	
0.0003	0.00516	0.00036	0.00392	0.00041	0.00312	0.00048	0.00245	0.3
0.00075	0.0036	0.00089	0.00653	0.00102	0.00519	0.00118	0.00409	0.5
0.00136	0.012	0.00161	0.00915	0.00186	0.00727	0.00215	0.00572	0.7
0.00213	0.0155	0.00252	0.0118	0.00290	0.00935	0.00336	0.00735	0.9
0.00304	0.0189	0.00359	0.0144	0.00414	0.0114	0.00479	0.00899	1.1
0.00408	0.0224	0.00483	0.017	0.00556	0.0135	0.00644	0.0106	1.3
0.00526	0.0258	0.00623	0.0196	0.00717	0.0156	0.00831	0.0123	1.5
0.0087	0.0344	0.0104	0.0261	0.012	0.0208	0.0138	0.0163	2
0.0136	0.043	0.0154	0.0327	0.0178	0.026	0.0206	0.0204	2.5
0.018	0.0516	0.0213	0.0392	0.0245	0.0312	0.0284	0.0245	3

Damascus University

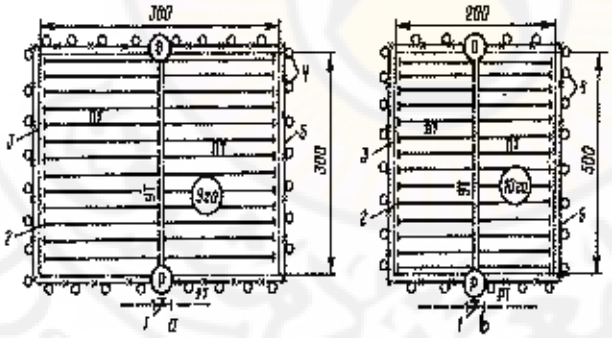


الشكل (4-6): المخطط التركيبي لأنابيب الري من أجل الأشجار المثمرة والكرمة.

1- أنبوب قطاعي بقطر $[mm]160--63$، 2- حلقة بإحكام ملتحمة، 3- أنبوب الري بقطر $[mm]25--16$، 4- كوع، 5- صمام كروي، 6- نقاطة ذات فوهة خروج مكروية، 7- قارنة أمان بقطر $[mm]16\times25,20\times30,20$، 8- حلقة تثبيت معلقة، 9- قارنة صيانة بقطر $[mm]16,20,25$، 10- سدادة نهائية مجهزة بمصفاة بقطر $[mm]16,20$.

4-1-3 – أتمتة شبكة الريّ بالتنقيط فوق سطح التربة:

يمكن عند تصميم وإنشاء شبكة الريّ بالتنقيط استخدام نماذج حقليّة بمساحة: $[hr]12-10$ من أجل أشجار الكرمة وبمساحة: $[hr]12-9$ من أجل الأشجار المثمرة. وبالتالي يمكن وضع المواصفات المحدّدة لنموذج حقلي لشبكة الري بالتنقيط ذات نقّاطات مختلفة من أجل ميل موضعيّ حتى: 0.3 للأشجار المثمرة وللكرمة كما هي مبينة في الجدول (4-4)، ومخططات نماذج القطاعات مبينة في الشكل (4-7).



الشكل (4-7): النماذج القطاعية الحقلية لشبكة الري بالتنقيط من أجل المنحدرات التي لا تتجاوز (0.05): a- للأشجار المثمرة، b- لأشجار الكرمة، PT- أنبوب توزيعي، YT- أنبوب فرعي، 1T - أنبوب مغذية ذو فوهات خروج مكروية، P- بئر توزيعي، O - بئر صرف.

1- وصلة ثلاثية الفروع، 2- سدادة نهائية على أنبوب السقاية، 3- طريق زراعي، 4- خطوط الأشجار، 5- حدود القطاع الحقلي النموذجي.

الجدول (4-4): القطاعات النموذجية المعالجة من أجل أنواع مختلفة للنقاطات حسب العلاقة بالميل.

الميل	الأشجار المثمرة					الكرمة		
	مساحة القطاع النموذجي، هكتار	مقاس القطاع النموذجي، $[m^2]$	مساحة السقاية بنفس الوقت، هكتار	مساحة أنابيب التقطاع المعلقة ، هكتار	مساحة القطاع النموذجي، هكتار	مقاس القطاع النموذجي، $[m^2]$	مساحة السقاية بنفس الوقت، هكتار	مساحة الأنابيب المعلقة للقطاع، هكتار
النقاطة مالدفيا								
0.5	9	300×300	9	9	10	500×200	10	10
0.5---1	12	400×300	3	3	12	400×300	3	3
0.1---0.2	12	400×300	4	2	12	400×300	4	2
0.2---0.3	12	400×300	4	1	12	400×300	4	1
النقاطة تافاريا								
0.02	12.1	248×520	3	1.5	12.5	250×552	2.5	1.25
	12.3	250×520	3	1.5	12.5	250×552	2.5	1.25
	12.5	252×520	3	1.5	-		-	-

يتمُّ التحكّم عن بعد بغزارة المياه في النموذج الحقليّ عند التأثير على الغالق المثبّت في نهاية الأنبوب القطاعيّ (الفرعيّ). يسمحُ المخطط النموذجي لتوزيع المياه بكشف مواضع الخلل المنفصلة في قطاعات الشبكة دون إيقاف السقاية في القطاعات الأخرى. يُحقّق مثل هذا المخطط لتوزيع المياه مياه السقاية وانخفاضاً في مواد الشبكة.

تستخدم صمّامات منزلقة ذات ناقل كهربائي في تكوين الأجهزة المصمّمة عند ريّ المساحات غير الكبيرة وعند الأعداد غير الكبيرة نسبياً للقطاعات العاملة بنفس الوقت حتّى: $50[hr]$. وتُستخدم أيضاً صمّامات كهرا-هيدروليكية. ومن أجل نقل الإشارات أي الأوامر إلى لوحة التحكم وإلى صمامات التغذية الكهرا-هيدروليكية يستخدم كبل تنظيم غير مصفّح ذو قلوب من الألمنيوم.

تتحقّق أنظمة التحكّم عند شبكة الريّ بالتنقيط باستخدام أجهزة البرمجة التي يجب عليها تأمين:

1 – السقاية دورياً أو بنفس الوقت من واحد حتّى ستة نماذج حقلية وباستمرارية زمنية: $1-24[h]$.

2 – تُشغّل وتوقف وحدات الضخ آلياً أو تفتح وتغلق الصمّامات المنزلقة الرئيسية في نظام عمل مبرمج.

3 – التحكّم عن بعد بالسقاية حسب الأوامر في لوحة التحكّم.

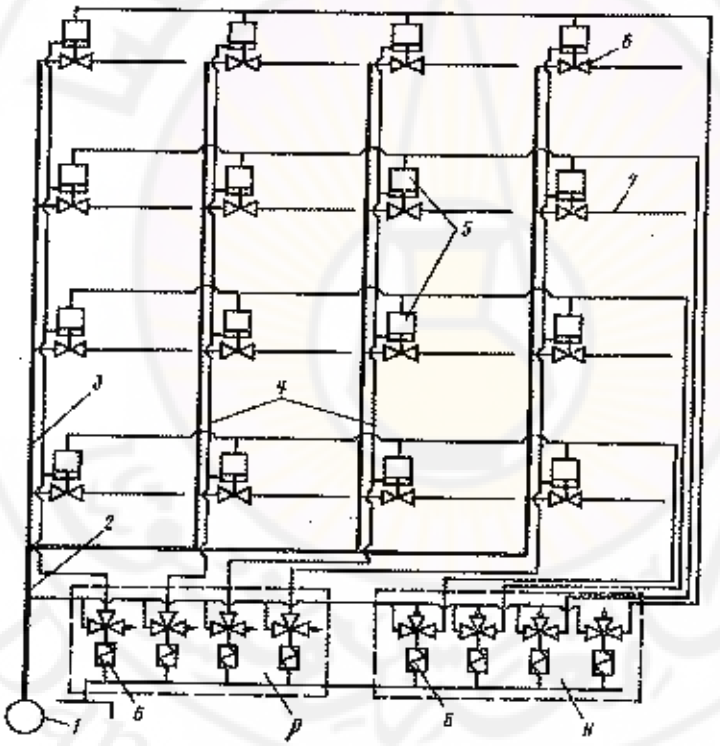
4 – إعطاء الإشارات عن عدم صحة عمل جهاز البرمجة.

5 – المحطة المؤتمتة الاحتياطية لوحدات الضخ أو لإعادة فتح المقاطعات الرئيسية.

6 – إعطاء الإشارات عن القطاعات التي تجري عليها السقاية.

7 – إعطاء الإشارات عن تحقيق برنامج السقاية.

8 – مخطط التحكّم الكهرا–هيدروليكي عن بعد عند عمل شبكة الريّ بالتنقيط مبيّن في الشكل (4-8).



الشكل (4-8): المخطط الوصفي للتحكم عن بعد بالنواقل الهيدروليكية للصمامات المنزلقة
1– وحدة الضخ، 2 و3– الأنبوب الرئيسي ، 4 و7– مواسير التحكم، 5– الصمام المنزلق ذو الناقل الهيدروليكي، 6 – صمام كهرا– مغناطيسي، P و H – مجموعتي الصمامات.

من أجل التحكم عن بعد بتوزيع المياه في شبكة الريّ بالتنقيط، تدخل في مجموعة الأجهزة: الصمامات المنزلقة ذات الناقل الهيدروليكي $D_n = 50-300[mm]$، ومواسير التحكم $D_n = 20[mm]$، وصمّامات كهرا-مغناطيسية ثنائية الحركة $D = 10[mm]$، وصندوق لوحة التحكم ذو ثمانية صمّامات كهرا-مغناطيسية ثنائية الحركة، حتى 16 صمّام تحكم.

يبيّن المخطط الوصفي للتحكّم توضّع مواسير التحكّم على طول وعرض الأنابيب التوزيعية والتوقف في مواضع تثبيت الصمّامات الهيدروتحكمية أي الصمّامات ذات التحكم الهيدروليكي. الفجوات أسفل مكابس الناقل الهيدروليكي للصمامات المنزلقة: 5 المثبّتة على طول كلّ أنبوب توزيعيّ، متصلة فيما بينها بواسطة مواسير التحكم: 4،7. عند كلّ صمام منزلق يثبّت صمّام كهرا-مغناطيسي ثنائي الحركة: 3. الفجوات فوق المكابس لدى جميع الصمّامات المنزلقة لكلّ أنبوب توزيعي تكون متصلة فيما بينها بواسطة ماسورة التحكّم المنفصلة: 7.

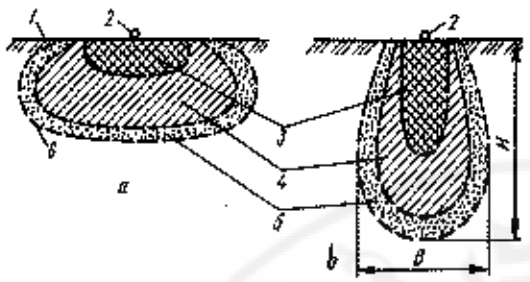
تثبت الصمامات الكهرا-مغناطيسية ثنائية الحركة على لوحة التحكم، صمّام واحد لكلّ ماسورة تحكم، وتربط ماسورة التحكم إمّا مع المياه بتأثير الضغط أو مع الجو المحيط.

الصمامات الكهرا-مغناطيسية المتصلة مع الفجوات أسفل مكابس الصمّامات المنزلقة توجد في مجموعة واحدة H، أمّا المتصلة مع الفجوات فوق المكابس فتوجد في مجموعة واحدة H. وفي حالة تعطّل صمّامات المجموعة H فإنّ المياه تجري بفعل الضغط إلى الفجوات فوق المكابس لجميع الصمامات المنزلقة في الشبكة. صمامات المجموعة H في حالة التعطل تصل فجوات جميع الصمّامات المنزلقة مع الجو المحيط.

يؤمّن نظام التحكّم تشغيل وإيقاف أيّ صمّام منزلق أو لمجموعته المثبّتة على طول إحدى مواسير التحكّم. يمكن أيضاً استخدام التحكّم الكهراهيدروليكي لتوزيع المياه باستخدام مرحل (متابع) كهربائيّ.

4-1-4 – العناصر التكنولوجية لشبكة الري بالتنقيط فوق سطح التربة:

يمكن أن تنسب إلى العناصر التكنولوجية لشبكة الريّ بالتنقيط: جهاز الترطيب، والمساحة المرغبة من سطح التربة، ومحيط الترطيب المغلق، وتدفّق المياه من فوهة الخروج المكروية للنقاطة، وعدد ومخطط مواضع نقاط تغذية المياه في جهاز الترطيب، وانتظام توزيع مياه الريّ من فوهات الخروج المكروية للنقّاطات، ومخططّ توضّع فوهات خروج المياه المكروية على المساحة المروية. ويبيّن الشكل (4-9) المنحنيات المميّزة لترطيب التربة الثقيلة والخفيفة.



الشكل (4-9): المنحنيات المميزة لترطيب التربة عند نظام الري بالتنقيط.
a- في التربة الثقيلة حسب تكوينها الميكانيكي، b- في التربة الخفيفة حسب تكوينها الميكانيكي،
1- سطح التربة، 2- فوهة خروج مكروية للنقاطة، 3 و4 و5- مناطق مجالات إعادة الترطيب، الرطوبة الناظمية للتربة والرطوبة الجزئية للتربة، 6- المنحنيات المحيطية لمناطق الرطوبة.

وتحدّد المنطقة الحسابية للرطوبة من أجل أشجار الفاكهة والأشجار المثمرة بالمسقط الأفقي للكتلة الأساسية للجذور وهي تشكّل: 0.7 – 0.5 من العرض بين خطوط الأشجار.

تستخدم الطبقة الحسابية للترطيب بالتطابق مع الثوابت الزراعية البيولوجية للمحاصيل الزراعية والخواص الفيزيا-مائية للتربة وفق العلاقة بالتدفّق من فوهات الخروج المكروية وباستمرارية السقاية. وبالاعتماد على ذلك يمكن حساب معدّل السقاية m_{ir} لشبكة الريّ بالتنقيط من المعادلة:

$$m_{ir} = 100 d_w \alpha \cdot a_{hr} (FC - \lambda FC) \qquad (4\text{-}3)$$

حيث: d_w ; $[m]$ – العمق الحسابي لطبقة التربة.

α; $[ton/m^3]$ – الكتلة الحجمية للتربة.

a_{hr} – قيمة مساحة تغذية النباتات بالرطوبة الموضعية (من أجل الغابات البرية: 0.15)a_{hr}(0.2، ومن أجل المناطق الرطبة: 0.2)a_{hr}(0.5، من أجل المناطق المعتدلة: 0.3)a_{hr}(0.5 ومن أجل المناطق الجافة: $a_{hr} = 1$.

FC – سعة الرطوبة الصغرى: تؤخذ % من كتلة التربة الجافة بصورة مطلقة.

λ – ثابت رطوبة التربة قبل السقاية المطابق للحدّ السفلي الأدنى للرطوبة المثالية بأجزاء من الواحد.

ويمكن أيضاً تحديد a_{hr} حسب المعادلة التالية:

$$a_{hr} = (na_{h1})/(b_1 b_2) \qquad (4\text{-}4)$$

حيث: n – عدد فوهات الخروج المكروية تحت نبتة واحدة.

a_{kl};$[m^2]$ – مساحة الترطيب لفوهة خروج مكروية واحدة.

b_1;$[m]$ – المسافة الطولية بين الأشجار على نفس الخط.

b_2;$[m]$ – المسافة العرضية بين خطوط الأشجار.

تحدّد استمرارية السقاية عند انعدام ضياعات الارتشاح في الأفق السفلي وفق العلاقة بالعمق الحسابي للرطوبة وبسرعة امتصاص المياه في التربة.

من المناسب إجراء السقاية بمعدّلات تتطابق مع كميّة المياه المستهلكة في التربة في الأيام السابقة، وهذا يعني معدّل السقاية: $[mm]$:

$$m = ET_c \cdot k_b \cdot k_r \cdot \Delta t \qquad (4\text{-}5)$$

حيث : ET_c;$[mm]$ – التبخر اليومي.

k_b – ثابت بيولوجي يأخذ بالاعتبار دور النبات في استهلاك المياه.

k_r – نسبة المساحة المرطبة إلى المساحة الكلية لقطاع شبكة الري بالتنقيط.

Δt;$[dy]$ – الفترة بين السقايات باليوم.

تُحسب شبكة الريّ بالتنقيط لكامل العام (95%) من أجل تأمين النقص بالاستهلاك المائي المتعلّق بدرجات الحرارة الأكثر على امتداد العام.

وبناء على ذلك يمكن حساب مجموع الاستهلاك المائي من المعادلة التالية مع اعتبار تكنولوجيا التقطع الموضعي لترطيب مساحة التربة:

$$\sum_{1}^{i} ET_c = k_{al} k \sum_{t}^{i} d_{hta} \qquad (4\text{-}6)$$

حيث : k_{al} – ثابت يأخذ بالاعتبار مساحة الترطيب الموضعية المحدّد حسب العلاقة:

$$k_{al} = \frac{1}{\sqrt{1 + (1 - f)^2}} \qquad (4\text{-}7)$$

حيث : f – ثابت الرطوبة النسبية لقطاع الري.

k – ثابت التناسب الذي يأخذ بالاعتبار المراحل البيولوجية لتطوّر النبات وقدرته.

$\sum_{1}^{i} d_{hta}$ – مجموع نقص رطوبة الهواء خلال الفترة الحسابية الأكثر امتداداً نسبة لدرجة الحرارة المئوية.

4-1-5 – تنقية مياه السقاية:

تتعلّق الوسائل التكنولوجية والتقنية المعدة لتنقية المياه بالتدفق الحسابي وبتصميم فوهات الخروج المكروية وبمبدأ عملها، وأيضاً بخواصها الفيزيا-كيميائية والهيدروبيولوجية. يجرى اختيار منشآت التقنية لكلّ حالة منفصلة بالاعتماد على الحسابات التقنية – الاقتصادية والمقارنة مع نماذج مختلفة حسب (تجهيزات الإمداد بالمياه، شبكات خارجية ومنشئات مائية).

تستخدم أحواض ترسيب ترابية أو بيتونية من أجل تنقية المواد الخشنة من المياه. وإذا لزم تنقية إضافية ينظر مسبقاً بوضع فرازة هيدروليكية، أو مصفاة مكوّنة من حصى – رمل، أو كسارة الحجارة وغيرهم من المصافي.

تستخدم المصافي الشبكية لعزل جزيئات الرمل والجزيئات الضخمة للغرين، وتستخدم شبكات التصفية المكروية والأسطوانية الدوارة لعزل الجزيئات الناعمة والجزيئات الضخمة المشتتة العالقة عند مرور الأسمدة المعدنية والعضوية، وأيضاً من أجل تنقية الشوائب المعدنية في المياه.

وبالاعتماد على ذلك يبين الجدول (5-4) مواصفات منشآت التنقية وفق العلاقة بتدفق الشبكة وبجودة مياه السقاية

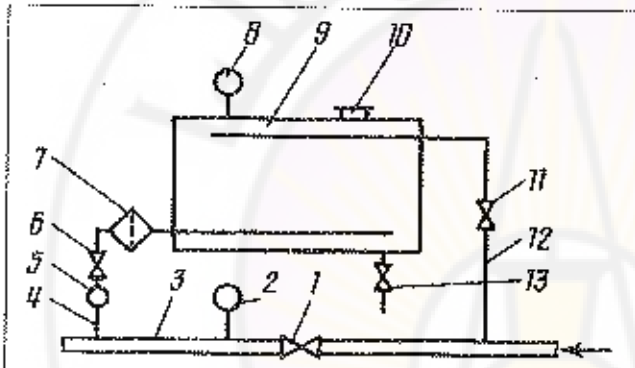
الجدول (5-4): المواصفات الفنية لأجهزة تنقية المياه لشبكة الريّ بالتنقيط.

نوع المصفاة	العلاقات الأطوال/الأقطار [mm]	الإنتاجية [mm]	ضياعات الضغط خلال فترة العمل [M.Pa]	فعالية التنقية حسب الأوساخ درجة التلوث الموجودة في مياه الري			
				المواد العالقة		ترسبات مجهرية	
				التركيز المسموح به [mg/l]	ضخامة الجزيئات العالقة [mm]	فعالية التنقية %	التركيز [مليون جزيئة/l]	فعالية التنقية %
مصافي الصفحة الشبكية والثقب المتصل	200---500 / 600---2000	10 --- 50	0.03...0.05	50	0.7	10---25	0.5...10	30...50
فرازة هيدروليكية	50---250 / 100---400	3 --- 53	0.1... 0.25	4000	0.1 ... 1	80...95	.....	...
مصافي ورمل كوارتز الخشنة	1600---3400 / 4000---5000	33 150	0.02...0.1	500	0.01... 1	50...70	0.5...15	30...50
مجموعة المحطة المركبة ذات تنقية عالية	1200 / 2000	33.7	0.1	250	0.01 ...3	50...70	0.5...15	30

ملاحظة: تصعب التغذية دون التنقية الكيماوية عند وجود كمية كبيرة جداً من المواد العالقة الناعمة في المياه، لذلك وبهدف زيادة الحمولة وفق كميّة المواد العالقة بنسبة: 20 – 40%، يجب الدراسة مسبقاً لمعالجة حمولة المصافي للمحاليل الكيماوية بتركيز: 0.00005 – 0.2% بواسطة إضافتها إلى المياه النقية قبل المصافي خلال: 0.2 – 4[h] ساعة.

4-1-6 – إضافة الأسمدة مع مياه السقاية:

تسمح إضافة الأسمدة مع مياه السقاية في شبكة الري بالتنقيط بتحقيق تسميد موضعيّ للأسمدة عند منطقة التغذية للجذور النباتية. لذلك من أجل إضافة الأسمدة إلى شبكة الريّ بالتنقيط يمكن استخدام جهاز التسميد الثابت الشكل (4-10). وتجهّز مسبقاً المحاليل المركزة من الأسمدة. يضاف المحلول المركّز من الأسمدة إلى شبكة الريّ بالتنقيط بأسلوبين: أسلوب تشكيل هبوط في الضغط ، ويتمّ بإدخال الأسمدة إلى الشبكة وتشغيل جهاز الأسمدة الثابت بنفس الوقت ممّا يسمح بتشكيل هبوط في الضغط (تخلخل) وبالتالي مرور محلول الأسمدة إلى داخل الشبكة عبر الأنبوب الفرعي. والأسلوب الآخر هو الأسلوب القسريّ، ويتمّ بحقن محلول الأسمدة إلى داخل الشبكة بواسطة مضخّة – معايرة.



الشكل (4-10): جهاز التسميد الثابت.1 – صنبور، 2 و 8 – مانومتر، 3 – الأنبوب القطاعي الفرعي، 4 – ماسورة خروج، 5 – صمام خانق، 6 و 11 – صنبور، 7 – مصفاة، 9 – حوض سعته: 600[l] ، 10 – فتحة إملاء، 12 – ماسورة سحب، 13 – صنبور الصرف.

ويمكن حساب المعدلات السنوية للأسمدة المعدنية: $[kg/hr]$ من المعادلة التالية:

$$FR = 100N_f Y_{ad} / k_u \qquad (4\text{-}8)$$

حيث : $N_f;[kg]$ – المواد المغذية المضافة لطن من المحصول.

$Y_{ad};[ton]$ – محصول إضافي.

k_u – ثابت استخدام المواد المغذية: %.

ويمكن حساب تدفق: $[l/\sec]$ المحلول المركز للأسمدة من المعادلة التالية:

$$q_{ml} = \frac{fR_f a}{3.6C_{ml} kt_u} \qquad (4\text{-}9)$$

حيث : $fR_f;[kg/hr]$ – المعدل المقترح لتسميد الأسمدة السائلة.

$a;[hr]$ – مساحة القطاع المروي بنفس الوقت هيكتار.

C_{pl};[g/l] – تركيز المحلول،

k – ثابت يعبر عن العلاقة بين زمن نهاية التغذية بالمحلول ونهاية السقاية مع اعتبار غسل الشبكة يستخدم مساويا: 0.8.

t_{ir};[h] – استمرارية السقاية ساعة.

يجب عند استخدام الأسمدة الأخذ بالاعتبار إمكانية التأثير الميكانيكي لمكوناتها مع عدّة عناصر أخرى على مياه الري. على سبيل المثال، يمكن إضافة الأسمدة الفوسفورية في مياه طبيعية وزيادة الصلابة قبل دخول المياه في الماسورة.

4-2- شبكة الريّ بالتنقيط تحت سطح التربة:

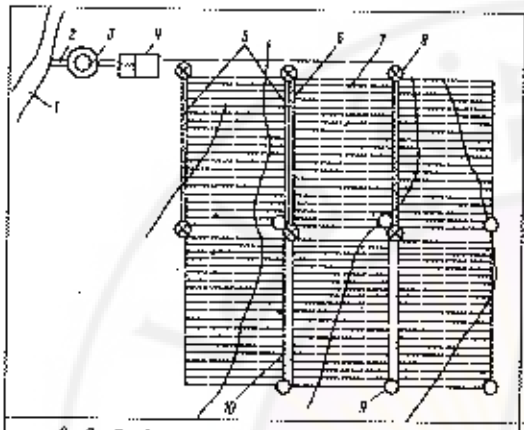
في شبكة الريّ بالتنقيط تحت سطح التربة تجري المياه إلى طبقة التربة المغذية لجذور المحاصيل الزراعية من أجهزة الترطيب التي تُثبّت على عمق: $0.6[m] - 0.4$. ولا يترطّب سطح التربة عملياً، وإنّما تترطّب الطبقة الترابية المحروثة بواسطة أجهزة التنقيط (النقّاطات). وتتوفّر تهوية جيدة لطبقة التربة وتحافظ على رطوبة منتظمة للتربة خلال فترة نمو المحاصيل.

يمكننا استخدام شبكة الري بالتنقيط تحت سطح التربة في مناطق مختلفة، وبصورة خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة حيث مصادر المياه قليلة. وأيضاً من أجل الاستفادة منها في الخدمات الزراعية المختلفة كتربية المواشي من الجريانات السطحية في الأراضي، والمجاورة لمجموعة ضخمة من المزارع التي لم يتمّ ضمّها إلى شبكة القنوات الرئيسية، وعند إنتاج المنتجات في قطاعات ترابية منفصلة، وهكذا بالتطابق مع شبكات أخرى من أجل تنظيم الترطيب وخلق مناخ جوّي مناسب .

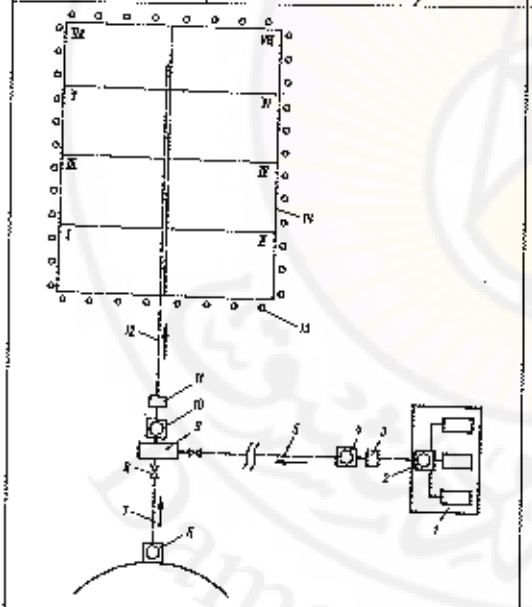
يسمح استخدام شبكة الري بالتنقيط تحت سطح التربة بجريان مياه الريّ، ونقل مواد التغذية الغنية دون مخاطر التلوث للمنتجات الزراعية كالتربة والهواء الملوثين للنظام المناخي وغيرهم. عند الريّ بالتنقيط تحت سطح التربة تزداد فعالية وكفاءة استخدام مياه الري بسبب انعدام التبخر من سطح التربة، ويتحقّق انتظام الرطوبة الأعظمي، ويزداد ثابت استخدام الأرض وتتناقص ضائعات العمل على السقاية بسبب بساطة الأتمتة، وتتحسّن شروط الاستثمار للتقنية الزراعية في المساحات (الحقول) المروية.

4-2-1- تخطيط وتصميم شبكة الريّ بالتنقيط تحت سطح التربة:

تتكوّن شبكة الري بالتنقيط تحت سطح التربة من منشأة سحب المياه، ومحطة الضخ، وشبكة الري وشبكة أجهزة الترطيب، وشبكة التهوية الناقلة للمياه مع المنشآت والمعدات المطابقة لها الشكل (4-12,4-11).



الشكل (4-11) : مخطط شبكة الري بالتنقيط تحت سطح التربة:
1 – مصدر الري، 2 – الأنبوب الرئيسي، 3 – محطة الضخ، 4 – منشأة التصفية، 5 و6 و 7 – أنابيب توزيع وري وترطيب، 8 و 9 – آبار أو حفر رأسية للتحويل والرصد، 10 – أنبوب التهوية ونقل المياه.



الشكل (4-12): مخطط نظام الري بالتنقيط تحت سطح التربة عند تغذية شبكة الري بالمياه السطحية:
1 – حوض حقلي لتجمع المياه، 2 و4 – محطة ضخ للمياه الجارية، 3 – حوض استقبال لمحطة ضخ المياه الجارية، 5 – أنبوب ضغط المياه الجارية، 6 – محطة ضخ المياه، 7 – أنبوب ضخ أو دفع المياه، 8 – صمام خانق، 9 – حجرة المزج، 10 – محطة ضخ المزيج، 11 – مركز إعداد أو تحضير الأسمدة المعدنية، 12 – أنبوب ضخ المزيج، 13 – خط الأشجار،14 – أرض الدورة الزراعية، I ---- VIII – رقم الحقل.

عدّة متطلبات لأجزاء ولعناصر شبكة الريّ بالتنقيط تحت سطح التربة وأشكالها المختلفة مبيّنة في الجدول (4-6).

الجدول (4-6): عناصر أو أجزاء شبكة الري بالتنقيط تحت سطح التربة ومتطلباتها:

أجزاء الشبكة	المتطلبات الأساس لأجزاء الشبكة وشروط التصميم
مصدر الري	جريانات مكشوفة، قنوات أو أحواض لتجميع المياه الجارية. ويجب أن تملك المياه الطبيعية الجارية عكر (تلوث) حتى: $0.04[g/l]$، جزيئات صلبة بقياس حتى: $1[mm]$، ومعادن حتى: $1[g/l]$.
جهاز سحب المياه	تماثل الأجهزة المستخدمة في شبكة الري السطحي أو بالرذاذ.
محطة الضبع	تستخدم في الأساس محطات الضخ الثابتة ذات ضغط منخفض
شبكة توزيع الضغط	من مواسير معدنية أو من الخزف الإسمنتي أو من البولي إيثلين. تصمم بالمطابقة مع أنظمة استصلاح الأراضي.

ونبيّن في الجدول التالي: أشكال وأنواع شبكات الريّ بالتنقيط تحت سطح التربة:

مواصفات الشبكة	شروط الاستخدام، تعليل شروط الاستخدام وأسبابها
وفق الوظيفة	
الري بمياه نقية	عند زراعة المحاصيل المرتفعة الاقتصادية، نقص المياه.
حاجز للمياه الجارية	منع تلوث الوسط المحيط (البيئة) عند كلفة سريعة لرأس المال.
الري متعدد الوظائف، إضافة الأسمدة العضوية والمعدنية، تهوية التربة، والتنظيم من جهتي الري والصرف للنظام المائي – الهوائي للتربة.	تنظيم الشروط الأساسية لنمو المحاصيل.
وفق استمرارية (المدة الزمنية) وجود شبكة الترطيب في القطاع (الحقل)	
ثابتة	تثبت الشبكة لعشرات السنوات (وهي الأكثر شيوعا)
نصف ثابتة	تتطلب أجهزة سقاية سهلة التنقل.
ثابتة – موسميا	إمكانية استخدام شبكة الترطيب على امتداد عدة سنوات أو خلال الموسم (مواسير الترطيب الخندقية، مواسير الترطيب المسنوية الدائرية ذات الثقوب).
وقتية من أجل الاستخدام مرة واحدة	تحفر خنادق الترطيب في زمن التسميد (التغذية) الخاصة.
وفق قيمة الضغوط الفعلية في شبكة الترطيب	
ضاغطة مع ترطيب بالتقطير بالتقالة	تتطلب تشكيل ضغط اصطناعي
ضغط منخفض مع ترطيب بالتقطير بالتقالة	توزع المياه في الشبكة بالانسياب الذاتي (ويمكن أن تنشأ مع أنابيب ترطيب من البولي إيثلين المثقبة (المسامية).
امتزازية (تغريبية) مع ترطيب تقطيري	تتحول المياه من حالة جريان في الشبكة إلى حالة رطوبة التربة بفعل قوى الامتصاص للتربة (نظام امتزازي ذي تأثير تغريبي).

وفق تصميم شبكة الترطيب	
مواسير الترطيب المسامية	مواسير خزفية وفخارية
مواسير الترطيب المثقبة	تنجز المواسير المثقبة وبنفس الوقت توضع بعملية واحدة، أو مبدئيا بعملية منفصلة.
ذات خنادق الترطيب في تربة طبيعية	تشكل الخنادق في التربة بواسطة الأجزاء الفعالة أو الحاملة.
ذات مواسير مجهزة بمناقث الترطيب	مواسير عادية غير مثقبة تستخدم لنقل المياه. تستخدم مناقث الترطيب بتصاميم مختلفة من أجل الترطيب الموضعي للتربة.
الترطيب بآلات الحقن	تغذى المياه أو المحاليل عند حراثة الأرض أو بالحقن بما في ذلك الأجهزة الهيدروليكية وغير التلامسية (بأسلوب الدفع الهيدروليكي).
بتنظيم مستوى المياه الجوفية	عمق حالة المياه الجوفية في القطاعات قليلة الانحدار تنظم باستخدام القنوات.
وفق أسلوب توضع شبكة الترطيب	
باستخدام مكننة حفر الخنادق وبدويا وضع الشبكة	استخدام محدود بسبب تشوه جذور الغطاء الترابي وبذل جهود عمل كبيرة.
مكننة حفر الخنادق الضيقة ومكننة وضع الشبكة	تتطلب استخدام آلات حفر لشق الخنادق الضيقة، التي عند العمل يلاحظ جوهريا تحطم الغطاء الترابي
وضع الشبكة دون حفر خنادق	تسمح معدات الوضع الخاصة بإجراء الإنشاء بطرق صناعية وبضائعات عمل أصغرية ودون تحطم ملحوظ للغطاء الترابي.
وفق تقنية ونظام شبكة الري	
تغذية مستمرة بالمياه على امتداد الموسم	توجد المياه في شبكة الترطيب دائما على امتداد فترة النمو . يمكن الاستخدام في الشبكات ذات التصاميم التي تؤمن تنظيم مناقث الترطيب أو التنظيم الذاتي لتغذية المياه (التقريغ).
التغذية الدورية للمياه على امتداد الموسم	دوريا وفق معيار جفاف التربة حتى حده النهائي. وهو الأكثر شيوعا. يتطلب استخدام نواقل المياه ذات قدرة كبيرة لتمرير المياه، واستخدام المعدات المطلوبة من أجل تحقيق الدورة المائية.
الترطيب في كامل المساحة، ترطيب الخطوط	عند زراعة المحاصيل الحقلية في خطوط ضيقة (في الأساس من أجل الكرمة والأشجار المثمرة المعمرة).
الترطيب المنقطي الموضعي	من أجل المزروعات المعمرة، المفضل عند كثافة المزروعات أقل من: 500 جذر لواحد هيكتار .

يمكن تحديد قدرة شبكة الري بالتنقيط تحت سطح التربة بالاعتماد على تصميم أجهزة أو معدّات الترطيب والمواد المصنعة منها. المخططات التكنولوجية لشبكة الريّ بالتنقيط تحت سطح التربة ذوات الأنواع المختلفة لأجهزة الترطيب مبيّنة في الجدول (7-4).

الجدول (7-4): المخططات التكنولوجية لشبكة الريّ بالتنقيط تحت سطح التربة.

شرح مختصر للمخططات	الاستخدام	الحسنات	السيئات
بطريقة تنظيم مستوى المياه الجوفية			
المنقط المعطى (مستوى سالة المياه) يطبق التوضع المطابق لأنواب الصرف في بئر المجابرة. مستوى المياه فوق المصارف المتوضعة على عمق: $1.0-1.2[m];0.6-0.7[m];0.5-0.7[m]$ عند وجود شقوق متصلة مع مصارف المجابر، وتفكيك عميق للتربة).	في التربة غير المالحة ذات نفاذية مرتفعة و تقل المياه الجوفية: $K_p = 1.2-0.7[m/dy]$	تحافظ على بنية متماسكة للتربة عند استخدام التحرية، قراص التربة والفشرة الترابية. تحسن نظام العمل الحراري للتربة و التسوية حسب الهكتار، تنشط تهوية التربة و الأحياء الدقيقة الكثرية التربية، وتراجع خصوصية التربة.	القدرة مرتفعة بسبب تغذية المياه في القناة حتى التحامها إلى جذور المحاصيل لابد من استمرار الزمن، في حالة تساقط الأمطار من أجل خفض مستوى المياه الجوفية حتى معدل الجفاف يتطلب: $3-12[dy]$.
الحفن – المياه			
تتحقق تغذية المياد في التربة على عمق معين بواسطة الآلات و معدات خاصة وينفس الوقت تفكيك التربة. تشمل شبكة تنقية أنابيب ري تحت سطح الأرض يطول: $300-400[m]$ وبصافة بين المنقبين: $100-150[m]$. ضغط المياه في الشبكة: $0.5-0.7[MPa]$. الة الحفن للري عند استخدام أنواع مختلفة للمثقاب الهيدروليكي (الآلات المثقب الهيدروليكية).	في التربة المنقية المتميزة عند الري بجر يلات المياه وبأمطارها الجوية.	التصاد في المياه بثلاث مرات بالمقارنة مع السقاية السطحية. حفظ جيد للشروط الصحية لعمل معدات السقاية. إنتاجية مرتفعة. إمكانية إدخال الأسمدة مع مياه السقاية. وينفس الوقت خلخلة التربة.	استخدام مجموعة الآلات والميكانيزمات المنتجة.
نظام التخندق المواسير			
سهل ومبسط الذي عنده توضع في قعر الخندق بسماكة: $15-20[cm]$ عيدان طويلة يابسة وحبث وفخار وكسارة الحجارة و غيرهم. من أجل التحفظ من الغمر التصريح لأنابيب نقل المياه تغطى الطبقة من الأعلى بطبقة رقيقة من الدوش (بالون أو بعواد عازلة). تصلى المياه إلى الخندق من أنبوب الري عند فتح المسكور. شبكة المواسير الترابية أو الفخارية المسامية (المثقبة) الترطيبية (المرطبة) بقطر: $50-150[mm]$ وبطول: $333[mm]$. المياه إلة مواسير الترطيب تصلى من أنابيب الري بقطر: $150-300[mm]$. التحاق الرطوبة في التربة يحدث عبر الثقوب أو عبر جدران المواسير - ليهدف إنقاص ضياعات الارتشاح على كامل عرض الخندق على الجزء يوضع حاجز من شريحة	في جميع أنواع التربة، في التربة ذات الارتشاح المرتفع مع استخدام حواجز	بساطة، وفرة بالمواد، استخدام مواسير التربيخ (صرف) المميزة مسبقاً.	حجم كبير لأعمال الأرض، إساءة لخصوصية التربة بسبب شبكة الخنادق الكثيفة. طول قصير لمواسير الترطيب، عدم انتظام ترطيب التربة وفق طول مواسير الترطيب، ضياعات مياه كبيرة عند الحفر دون وضع حواجز.

بولي إيثيلية، أو من الفيبرغلاس و غيرها.			
الخنادق دائرية المقطع للري تحت سطح التربة			
في حوادث معدات التثقيب تستخدم الفوهات المنشأة في التربة بمقطع دائري والتي تسمى الخنادق دائرية المقطع. الخنادق بقطر: $80-150[mm]$ تحفر بمعدات خاصة دون كشف الخنادق. من أجل زيادة فترة الخدمة يمكن أن تثبت الخنادق بالإسمنت، بالزجاج المائي، بمحاليل متماسكة، بأسلوب حراري، بمحاليل البوليمير و غيرها (بالإضافة إلى الاختبارات التجريبية).	في التربة الرسوبية والتربة اللزجة	بساطة الإنشاء. ضياعات الكمية منخفضة. إمكانية إجراء السقاية من جريانات المياه والأمطار الطبيعية، وجريانات المياه الناتجة عن تربة العواصف.	خاصية الأعمال الالكتروني معدومة. انعدام إنتاج الآلات والأجهزة.
شبكة المثلث (المسامات) الشاقولية			
تعمل على التقنيب أو الآبار ذات المسامات المحفورة مرتبطة فيما بينها بواسطة أنابيب الري.	من أجل ري الأشجار	الاقتصاد بمياه السقاية. إمكانية مراقبة. إمكانية السقاية في الاستثمارات حتى: 0.01. اختصار المنطقيات للعواصير.	جهود كبيرة للإنشاء مع ضياعات كبيرة للعمل اليدوي. انسداد أنابيب التربطيب
الشبكة ذات مواصير التربطيب الميزابيكتينية.			
الأكثر تطوراً، تستخدم مواصير التربطيب العليا السقاية بقطر: $20-50[mm]$ وبسماكة $1-2[mm]$ أو المشفوفة بمرشح: $20-30[mm]$ وطول: $1-2[mm]$. تعطى المياه إلى مواصير التربطيب من أنابيب الري.	في جميع أنواع التربة. عند التغذية المرتفعة للمياه مع وضع الجوانز.	كفاءة توصيل المواصير التربطيب مع أنابيب الري. عمر عملي طويل. إمكانية العمل بتأثير ضغط مرتفع. وجود وضع مواصير مجهزة سلفاً من أجل الوضع للاختناقي للتربطيب.	متطلبات كبيرة لمواصير التربطيب (8-10) آلاف متر لكل واحد هيكتار. انسداد أنابيب التربطيب.

ويعتمد تصميم شبكة الريّ بالتنقيط تحت سطح التربة على مبدأ المودول. قياس الكثلة النوعية للسقاية تشكل: $2-5[hr]$ من أجل قطاعات (حقول) نموذجية بمساحة تصل حتى: $100[hr]$.

تتكوّن شبكة نقل المياه من الأنابيب الرئيسية والتوزيعية والري التي تغذّي معدّات التربطيب. وتستخدم شبكة التهوية لنقل مياه السقاية من شبكة الري والتربطيب في الفترة بين السقايات، وأيضاً عند إعادة تربطيب التربة في زمن تأخر الأمطار الجوية والجريانات السطحية الربيعية. وتستخدم هذه الشبكة أيضاً من أجل إجراء غسيل للشبكة.

ينسب إلى البارامترات الأساسية ولعناصر شبكة الري بالتنقيط تحت سطح التربة: عمق تثبيت معدّات التربطيب: $0.4-0.6[m]$. الضغط في معدّات التربطيب: $0.2-0.5[m]$. الاستهلاك (التدفق) النوعي لمعدّات التربطيب: $0.02-0.33[l/\sec]$ لكل: $100[m]$. طول

معدّات الترطيب: [$250 - 50$ [m]. المسافة بين معدّات الترطيب أو بين منافث (فوهات) الترطيب: [$3.5 - 1$ [m] من أجل الشبكات بدون حواجز مياه طبيعية). واستمرارية السقاية.

يمكن تقييم جودة السقاية بانتظام الترطيب وفق الطول وبين معدّات الترطيب، والمرطبة وفق شكل طبقة التربة المغذية للجذور، وعمق الطبقة الترابية غير المرطبة، ووجود التعرية الترابية، وانسداد معدّات الترطيب، وعمق انسياب (تسرب) المياه.

الجدول (4-8): الحسابات المقترحة لبارامترات ترطيب التربة عند شبكة الريّ بالتنقيط تحت سطح التربة.

التكوين الميكانيكي للتربة	معدات الترطيب المثقبة البولي إيثيلينية			معدات الترطيب الخندقية		
	عرض محيط الترطيب: $B;[m]$	عمق محيط الترطيب: $H;[m]$	المسافة بين معدات الترطيب: $a_h;[m]$	عرض محيط الترطيب: $B;[m]$	عمق محيط الترطيب: $H;[m]$	المسافة بين معدات الترطيب: $a_h;[m]$
محاصيل حقلية						
تربة جافة:						
خفيفة	0.8	1.5	1	0.8	1.5	0.8
وسطية	1	1.4	1.2	0.9	1.4	0.9
ثقيلة	1.1	1.3	1.3	1	1.3	1.1
تربة طينية	1.3	1.2	1.5	1.1	1.3	1.2
أشجار النخيل والجوز ... والكرمة						
تتعلق البارامترات بالتكوين الميكانيكي للتربة المشابهة للمحاصيل الحقلية						

يتغيّر عرض محيط الترطيب عند سقاية المحاصيل الزراعية في المجال: [$1.1 - 0.8$ [m] في التربة الخفيفة والوسطية وفي المجال: [$1.3 - 1.1$ [m] في التربة الثقيلة. ونجد عرض محيط الترطيب في نفس تلك المجالات من أجل أشجار الفاكهة والكرمة.

الحسابات المقترحة لبارامترات مناطق ترطيب التربة من أجل أنواع مختلفة لمعدات الترطيب مبيّنة في الجدول (8-4)، أمّا الخواص الفيزيا – مائية للتربة وقيمة عناصر أجزاء شبكة الري بالتنقيط تحت سطح التربة فمبيّنة في الجدول (9-4).

ملاحظة: 1- تصنيف التربة حسب التكوين الميكانيكي محقّق وفق طريقة كاتشنسكي. 2- عند استخدام حواجز شريطية أسفل معدّات الترطيب تتغير البارامترات الحسابية لمناطق الترطيب:

يزداد عرض محيط الترطيب والمسافة بين معدّات الترطيب بنسبة: 15 – 20% وينقص عمق محيط الترطيب بنسبة: 20%. 3- من أجل المحاصيل ذات الخطوط العريضة(أشجار النخيل،الكرمة وغيرها)يدرس مسبقاًبوضع واحد أو اثنين من معدّات الترطيب على خط المحاصيل الزراعية. 4- يسمح للمياه السطحية باستخدامها كمياه للسقاية فقط للمحاصيل الحقلية العلفية.

الجدول (4-9): الخواص الفيزيا-مائية للتربة وقيمة عناصر شبكة الريّ بالتنقيط تحت سطح التربة:

البارامترات	التكوين الميكانيكي للتربة			
	تربة خفيفة	تربة وسطية	تربة ثقيلة	تربة طينية
الامتصاص النوعي الوسطي: $[m^3/h]$	0.0112	0.0009	0.0065	0.0047
على المرطب : $[l/\sec]$	0.0032	0.0025	0.0018	0.0013
ثابت يمتاز بنقل الرطوبة في مجالات متحنى الرطوبة عندما الرطوبة: $W_{m.c} \geq W_t(0.8-0.7)$	0.074	0.065	0.053	0.044
السعة الرطوبية الفعالة: $[m^3/m^3]$	0.06	0.062	0.06	0.058
الحركة الأفقية للرطوبة: $[m]$	0.4	0.45	0.49	0.52
عرض المنطقة العرضية المشبعة كاملة $[m]$ عند قطر أنبوب (خندق) الترطيب: $32-40[mm]$	0.36	0.3	0.26	0.24

4-2-2- الحساب الهيدروليكي لأنابيب شبكة الري بالتنقيط تحت سطح التربة:

يحدّد التدفّق (الاستهلاك): $[l/\sec]$ لأنبوب الترطيب وفق المعادلة التالية:

$$Q_{hl} = q_h l_h \qquad (4\text{-}10)$$

حيث: $q_h;[l/\sec]$ – تدفّق المياه الجارية في التربة لكلّ متر واحد من الأنبوب الترطيب: $[l/\sec]$، يحدّد وفق البحث المعين. وتقريبياً من أجل كافة أنواع التربة يمكن استخدام الجدول (4-8).

$l_h;[m]$ – طول أنبوب الترطيب.

الأطوال المقترحة لأنواع مختلفة من أنابيب الترطيب وفق العلاقة بالميل (بالانحدار) الموضعي مبينة في الجداول: (4-10) و (4-11) و (4-12).

الجدول (4-10): طول أنابيب الترطيب من البولي إيتيلين وفق العلاقة بالميل الموضعي:

الميل	طول أنبوب الترطيب: $[m]$	الفرق بالعلامات الجيوديزيا (المستويات) عند بداية ونهاية أنبوب الترطيب: $[cm]$	التدفق عند بداية أنبوب الترطيب: $[l/sec]$
0.001	200-250	20-25	0.2-0.25
0.002	200-250	40-50	0.2-0.25
0.004	200-250	80-100	0.2
0.006	120-160	72-96	0.1-0.15
0.008	80-160	64-96	0.06-0.1
0.010	60-90	60-90	0.05-0.07

الجدول (4-11): طول أنابيب الري ذات الثقوب والمسافة بين الأبار عليها وفق العلاقة بالميل الموضعي:

الميل	طول أنبوب الري: $[m]$		المسافة بين الأبار: $[m]$	الفرق بالمستويات لأنابيب الري: $[m]$		الفرق بين العلامات اليسرى واليمنى لأنبوب الري: $[cm]$
	عن يسار البئر	عن يمين البئر		عن يسار البئر	عن يمين البئر	
0.0000	150	150	300	0	0	0
0.0001	150	150	300	+1.5	-1.5	3
0.0002	150	150	300	+3	-3	6
0.0003	150	150	300	+4.5	-4.5	9
0.0004	150	150	300	+6	-6	12
0.0005	140	150	290	+7.5	-6	13.5
0.0006	140	150	290	+9	-8.4	17.4
0.0007	130	150	280	+10.5	-9.1	19.6
0.0008	120	150	270	+12	-9.6	21.6
0.0009	110	150	260	+13.5	-9.9	23.4
0.0010	100	150	250	+15	-10	25

الجدول (4-12): طول معدات الترطيب الخندقية وفق العلاقة بالميل الموضعي:

الميل	طول خندق الترطيب: $[m]$	الفرق بين مستويات بداية ونهاية خندق الترطيب: $[cm]$	التدفق عند بداية خندق الترطيب: $[l/sec]$
0.001	200-220	20-22	0.4-0.5
0.002	200-220	40-44	0.4-0.45
0.004	200-220	80-88	0.4-0.45
0.006	150-190	90-144	0.35-0.4
0.008	110-140	88-112	0.25-0.3
0.010	80-100	80-110	0.15-0.25

تحدد ضياعات الضغط البيزومتري: $[m]$ في أنبوب الترطيب من المعادلة التالية:

$$h_{PL} = \frac{Q_{ht}^3 - 3K^2 i_h Q_{ht}}{3K^2 q_h} \qquad (4\text{-}11)$$

حيث: $Q_{ht}; [l/\sec]$ – التدفق الحسابي أو المعين لأنبوب الترطيب.

$K; [l/\sec]$ – مودول التدفق: $K = SC\sqrt{R}; [l/\sec]$ ، $S; [m^2]$ – مساحة المقطع الفعال لأنبوب الترطيب، $C = 0.5; [m/\sec]$ – ثابت شيزي. $R; [m]$ – نصف القطر الهيدروليكي (أنبوب الترطيب)).

i_h – ميل أنبوب الترطيب.

يبيّن الجدول (4-13) البارامترات الحسابية لمواسير الترطيب البولي إيثيلينية ذات الثقوب المشقوقة.

التدفق في بداية أنبوب الريّ يساوي مجموع التدفقات لأنابيب الترطيب المشغّلة. ضياعات الضغط البيزومتري في مواسير الريّ يجب أن لا تتجاوز: 30% من الضغط عند بدايته.

يمكن بشكل عام حساب ضياعات الضغط: $[m]$ في أنبوب الري من المعادلة التالية:

$$h_f = \frac{(Q_L^3 - 3Q_L i_L K^2) a_h}{3K^2 Q_L} \qquad (4\text{-}12)$$

حيث: $Q_L; [l/\sec]$ – تدفق أنبوب الريّ.

i_L – ميل أنبوب الريّ.

K – مودول التدفق (أنظر المعادلة 4-11).

$a_h; [m]$ – المسافة بين أنابيب الترطيب.

عدد أنابيب الترطيب المتعلقة بأنبوب الريّ:

$$n_h = \frac{Q_L}{Q_{ht}} \qquad (4\text{-}13)$$

تُنجز الحسابات بالتسلسل من أجل كلّ قطاع بصورة مستقلّة في حالة أنبوب الريّ التلسكوبي.

الجدول (4-13): البارامترات الحسابية لمواسير التنقيط البولي إيتيلينية ذات الثقوب المشقوقة.

قطر الماسورة: $d_n ; d_{in} : [mm]$	التدفق النوعي لامتصاص المياه في التربة: $q_{sp} : [l/s.hr]$	الميل					
		0.01	0.007	0.0055	0.0035	0.0015	0.0001
21(25)	0.0018	116/0.21	103/0.19	96/0.17	86/0.16	76/0.14	-
	0.0021	101/0.21	90/0.19	84/0.18	76/0.16	68/0.14	62/0.13
	0.0025	86/0.22	77/0.13	73/0.18	66/0.17	-	-
	0.0028	78/0.22	70/0.2	66/0.19	61/0.17	55/0.16	51/0.14
	0.0032	69/0.22	63/0.2	59/0.19	55/0.18	-	-
28(32)	0.0018	-	205/0.37	188/0.34	163/0.29	136/0.25	115/0.21
	0.0021	-	178/0.38	164/0.35	143/0.3	120/0.25	104/0.22
	0.0025	-	152/0.38	140/0.35	123/0.31	105/0.27	97/0.23
	0.0028	-	137/0.39	127/0.36	112/0.32	97/0.27	86/0.24
	0.0032	138/0.44	122/0.39	113/0.36	101/0.32	88/0.28	-
36(40)	0.0018	-	-	-	-	231/0.42	182/0.33
	0.0021	-	-	-	-	204/0.43	164/0.35
	0.0025	-	-	257/0.64	219/0.54	177/0.44	146/0.37
	0.0028	-	-	231/0.65	198/0.56	162/0.46	135/0.38
	0.0032	-	229/0.72	205/0.66	177/0.57	146/0.47	123/0.4

ملاحظة: البسط – الطول النهائي لأنبوب التنقيط: $l_{lin} : [m]$ ، المقام – تدفق أنبوب التنقيط: $q_h : [l/\sec]$.

4-2-3- حساب شبكة الري بالتنقيط تحت سطح التربة:

ينسب إلى عناصر شبكة الريّ بالتنقيط تحت سطح التربة: معدّل السقاية الواحدي (النوعي) (حجم المياه في الحساب على واحدة الطول لأنبوب التنقيط، اللازم من أجل تشكيل الرطوبة في التربة ببارامترات معينة)، ومعدّل السقاية، واستمرارية السقاية.

يحسب معدّل السقاية الواحدي: $[m^3/m]$ من المعادلة التالية:

$$m_{sh} = 0.65 d_w B(FC_1 - V_{01}) \qquad (4\text{-}14)$$

حيث: $d_w;[m]$ – العمق الحسابي لرطوبة التربة.

$B;[m]$ – العرض الوسطي لخط الترطيب (أنظر الجدول:8-4).

$FC_1;[m^3/m^3]$ – سعة الرطوبة الأصغرية في متر مكعّب واحد من طبقة التربة الحسابية.

$V_{01};[m^3/m^3]$ – حجم الرطوبة في متر مكعّب واحد من طبقة التربة الحسابية قبل السقاية.

يحسب معدّل السقاية الحسابي لكلّ هيكتار واحد من المساحة المروية: $[m^3/hr]$ من المعادلة التالية:

$$m = 0.65 d_w B(FC_1 - V_{01}) l_h n_h \qquad (4\text{-}15)$$

حيث: $l_h;[m]$ – طول أنبوب الترطيب.

n_h – عدد أنابيب الترطيب لهيكتار واحد.

عندما تكون معدّلات السقاية أكبر من: $500[m^3/hr]$ تجرى السقاية مرتين بمعدّلات سقاية مع فترة فيما بينهما لا تقلّ عن ثلاثة أيام.

يحسب زمن استمرارية السقاية: $[h]$ من المعادلة التالية:

$$\tau = \frac{d_w 1m^2 (1.1 - - 1.15)}{\sum_i^i v_i} \qquad (4\text{-}16)$$

حيث: $d_w;[m]$ – العمق الحسابي لرطوبة التربة.

$\sum_i^i v_i;[m/h]$ – السرعة الوسطية لامتصاص المياه في التربة خلال الفترة الزمنية من (ساعة حتّى 12 ساعة). عند ضغط حتّى متر واحد يحدّد زمن الاستمرارية وفق منحنى الامتصاص.

عند وجود السنائر أسفل أنابيب الترطيب الثابت عند: $d_w;[m]$ يزاد بنسبة: 10%.

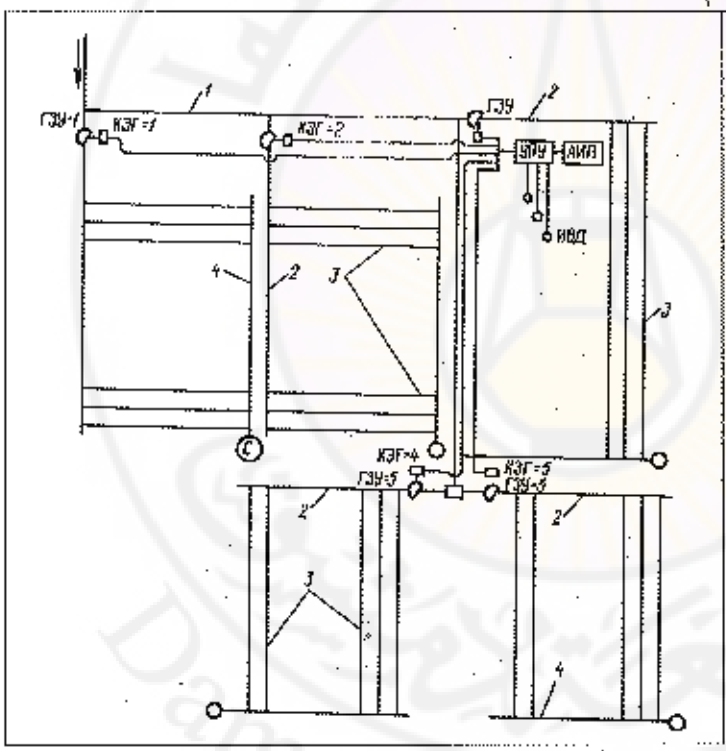
الاستمرارية الأصغرية بين فترات السقاية (باليوم) من أجل محاصيل زراعية مستقلة تشكّل:

$$\Delta t_{min} = m / d_{mw} \qquad (4\text{-}17)$$

حيث: $[m^3/hr/cyt]$؛ d_{max} – النقص الوسطي اليومي لاستهلاك (لتدفق) المياه كلّ عشرة أيام مع الاستهلاك المائي الأعظمي خلال فترة نمو المحاصيل الزراعية: $[m^3/hr]$؛ d_{max} في اليوم.

4-2-4- أتمتة شبكة الريّ بالتنقيط تحت سطح التربة:

يُقترح التحكم بالسقاية في شبكات الريّ بالتنقيط تحت سطح التربة آلياً بواسطة برنامج تحكّم (في المساحات المروية، والتي لا تتجاوز: $[hr]100-50$) أو التحكم باستخدام الحساسات (من أجل مساحة أكبر من: $[hr]100$). تتشكل في الحالة الأخيرة أوامرُ التحكّم بالاعتماد على معالجة المجموعة على الحاسوب المنتقلة من حساسات المعلوماتية، والتي تحوي معلومات أوليّة عن العوامل المختلفة للوسط المحيط للتربة، والأحياء الدقيقة البكتيرية للمحاصيل. يبيّن الشكل (4-13) مخطط أتمتة شبكة الريّ بالتنقيط تحت سطح التربة ذي الخطوط الكهربائية للتحكم.



الشكل (4-13): مخطط شبكة الري – الترطيب والخطوط (النواقل) الكهربائية للتحكم: 1و2- أنابيب توزيع وري، 3- أنبوب الترطيب البولي إيتيليني، 4- أنابيب صرف المياه – تفريغ المياه، GZY – جهاز السحب ذي تحكم هيدروليكي، KAG- صمام تحكم كهراهيدروليكي، YNY- جهاز تحكم برمجي، UBD – مؤشر الضغط لرطوبة التربة، AUN- مصدر التغذية التجميعي.

تشمل الأجهزة لأتمتة التحكّم بالسقايات على مُبيّن ضغط الاستصاص: UBD، جهاز السحب المغلق الناظمي: GZY، المكوّن من صمّام السحب ذي التحكّم الهيدروليكي ومحول

غشائي مرن وصمام كهراهيدروليكيّ: KAG، وجهاز التحكم البرمجيّ: YNY. يتكوّن مُبيّن ضغط الامتصاص من مقاومة كهربائية نظامية وفاكومتر ذي تلامس كهربائي: AKB. يثبّت على الفاكومتر حسّاس علويّ وسفليّ للضغط السلبي، والمطابق لقيمة معينة لرطوبة التربة عند بداية ونهاية قطاع السقاية. توضع على القطاع المنظم لري الأرض ما لا يقل عن ثلاثة مُبيّنات لضغط الامتصاص: UBD.

يشمل جهاز التحكم البرمجي على حساس البرامج، والمبرمج، وساعة توقيت آلية، ومبدّل (لوحة مفاتيح التوزيع)، ومصدر التغذية.

يثبّت كلّ من جهاز السحب وصمام التحكم الكهراهيدروليكي في بداية أنبوب الريّ في البئر، أمّا جهاز التحكم البرمجي فيثبّت أيضاً في أحد الآبار في القطاع.

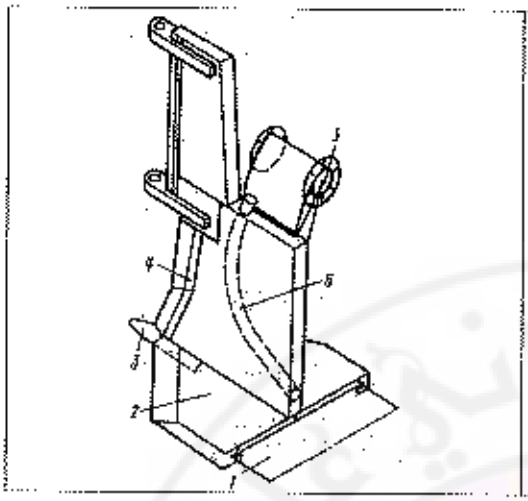
مُبيّن الضغط لرطوبة التربة عبارة عن مقاومة كهربائية وفاكومتر ذي تلامس كهربائي. تُعطى الأوامر لبداية السقاية عند بلوغ الحدّ السفليّ المعيّن لحسّاس رطوبة التربة بإغلاق مؤشّر الفاكومتر لدارة التيار الكهربائي، يُفتح الصمّام الغشائيّ الكهراهيدروليكيّ، وتَجري المياه في شبكة الري – الترطيب، وتبدأ السقاية. تجرى السقاية حتّى إشباع التربة بالرطوبة حتّى قيمة معينة، ونتيجة لذلك، يتناقصُ ضغطُ الامتصاص للتربة حتّى الحدّ الأصغري المعين ويغلق عند ذلك المؤشّر السهمي للفاكومتر التلامسي، وتنتقل الإشارة إلى إيقاف جهاز السحب المغلق الناظمي الأول: (GZY الأول) ويشغل القطاع الثاني، وهكذا بالتتابع الدوري المعين وفق البرنامج. استمراريةُ السقاية لجميع القطاعات واحدة وبعد سقاية جميع القطاعات الشبكة آلياً تنتقل إلى الحالة (الوضعية) البدائية من أجل إجراء الدورة التالية للسقاية.

التحكّم المؤتمت بصورة خاصة فعّال من أجل السقايات مع استخدام جريانات مياه تربية المواشي، لأنّه يسمح بدرجة كبيرة نسبياً بتحسين شروط العمل وبتأمين مراقبة للمتطلبات الصحية عند عمل معدّات السقاية.

4-2-5- الوسائل التكنولوجية والتقنية لمعدات وضع أنابيب شبكة الري بالتنقيط تحت سطح التربة:

تُستخدم لوضع شبكة الأنابيب الرئيسية والتوزيعية، وأيضاً التهوية لشبكة الري بالتنقيط تحت سطح التربة تكنولوجيا وتقنية عادية من أجل وضع وتركيب الأنابيب المغلقة.

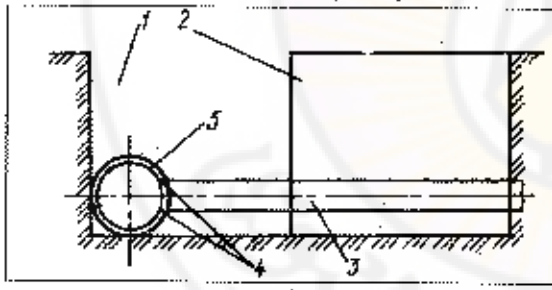
يمكن أن ينجز وضع أنابيب الترطيب البولي إيتيلينية وبنفس الوقت تنقيبها ووضع ستائر شريطية بواسطة معدّات وضع الأنابيب الخندقية، على سبيل المثال: الشكل (14-4).



الشكل (4-14): الجزء العامل لمعدات وضع الأنابيب: 1- ستار (حاجز) من شريحة بولي إيتيلينية، 2و4- سكاكين أفقية وشاقولية، 3- مثقاب، 5- بكرة من أجل شريحة الستار، 6- دليل.

لأجل جودة أنابيب الترطيب تستخدم مواسير البولي إيتيلين بقطر: $[mm]40-20$ وبسماكة جدران: $[mm]2-1.5$ وبطول حتى: $[mm]200$. توجه الثقوب للأسفل في أنابيب الترطيب. وهي تنجز بخطوة: $[mm]350$ في شكل شقوق بطول: $[mm]60-40$ وبعرض حتى: $[mm]2.5-1.5$.

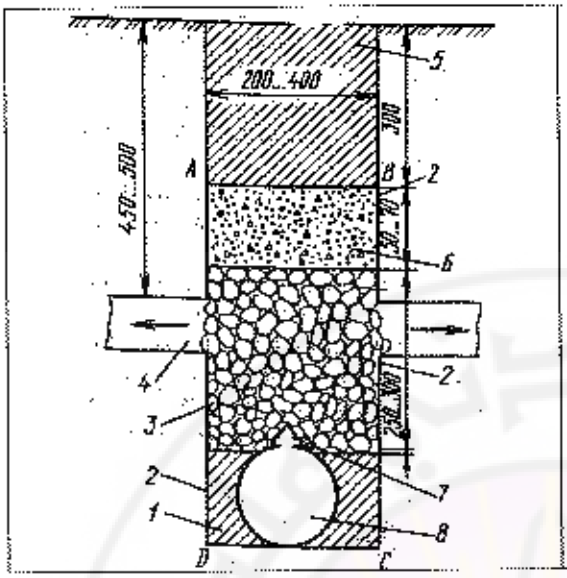
توصل أنابيب الترطيب من إحدى الجهات بأنبوب الري، ومن الجهة الأخرى بأنبوب نقل المياه النهوية. يحقّق الوصل بأساليب مختلفة الشكل (4-15).



الشكل (4-15): مخطط توصيل أنابيب الري – الترطيب: 1- خندق لوضع أنابيب الري، 2- حفرة لوضع مكين واضع الأنابيب، 3- أنبوب ترطيب بولي إيتيلني، 4- ثقوب في أنبوب الأسبستس الإسمنتي، 5- أنبوب الأسبستس الإسمنتي.

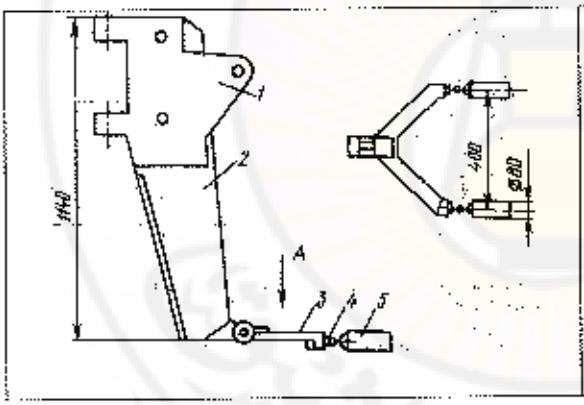
وفق العلاقة بالمسافة المطلوبة بين أنابيب الترطيب المتعلّقة بالمحاصيل المروية ونوع التربة، يستهلك في هيكتار واحد من: 8000 حتى: $[m]2500$ من المواسير.

تشكّل خنادق الترطيب بنفس الوقت مع تثبيت المحاليل البوليميرية. يبيّن الشكل (4-16) مخطط وصل الخندق الترطيبي مع خندق الريّ، أما الجزء العامل لتشكيل الخندق وتثبيت محاليلها البوليميرية فمبيّن في الشكل (4-17).



الشكل (4-16): المقطع العرضي لخندق أنبوب الري مع ردميات مسامية: 1- إضافة تربة طينية، 2- شريحة بولي إيتيلينية، 3- ردمية مسامية، 4- أنبوب ترطيب بولي إيتيلينية، 5- ردمية ترابية، 6- ردمية حصوية ناعمة، 7- صنبور سقاطة لقوهات خروج المياه، 8- أنبوب ري.

تنتج أنابيب الري من الأسبستس الإسمنتي بقطر: $200[mm] - 150$، ويستخدم طول أنبوب الري بما لا يقل عن: $250[m]$، وعمق تثبيته: $0.5 - 0.8[m]$، تثبت أنابيب نقل المياه، والتهوية في التربة أيضاً على عمق: $0.5 - 0.8[m]$.



الشكل (4-17): مخطط الجزء العامل لمثقاب الخنادق من أجل تشكيل قطع المرطبات الخندقية في التربة عند رطوبة لا تقل عن: 21-30% من كتلة التربة الجافة: 1- هيكل حلقة الوصل، 2- سكين، 3- مثقاب، 4- حافن، 5- موسع (مباعد).

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الخامس

تخطيط وتصميم شبكات الصرف الزراعي

5-1- أسباب التملّح الأوّلي والثانوي والغمر في الأراضي المروية. متطلبات التربة لدى النظام المائيّ والملحيّ:

تتميّز مناطق أراضي الريّ بالازدياد الطبيعي لتجمّع وتراكم الأملاح في التربة، وفي المياه السطحية والمياه الجوفية بدءاً من المناطق المعتدلة (السهول البريـــة) وحتّـــى الجافـــة (البادية).

يغيّر ريّ الأرض بشكلٍ جذريّ نظامها المائيّ والملحيّ. ويترافـقُ مـــع الترطيـــب الاصطناعي لمناطق تغذية الجذور ارتشاحُ جزءٍ من المياه إلى الأفق العميق، والـــذي يـــؤدي للتغذية الارتشاحية للمياه الجوفية. يزدادُ منسوب المياه الجوفية أيضاً على حساب تسرّب المياه من شبكات الريّ. هذه التغذية الإضافية غالباً ما لا يمكن معادلتها (تعويضها) بصرف التيارات المائية بسبب عدم كفاية المصارف الطبيعية في المساحات.

يرتفع منسوب المياه الجوفية المعدنية عند الريّ في المساحات الكبيرة من الأراضي المرويّة والمتوضّعة في مناطق ذات مصارف طبيعية ضعيفة وحتّى في المناطق التي لا يوجد فيها جريانات (على سبيل المثال في السهول البرية)، مشكلاً خطر الغمر والتملّح مرّة أخـــرى لدى التربة.

أمّا في المساحات ذات أنهار الصرف الجيدة فلا يظهر مثل هذا الخطر. لذلك عنـــد تصميم وإنشاء شبكات الريّ لا بدّ من: تحليلٍ واضحٍ ودقيق للظروف الطبيعيـــة ولتغيراتهـــا نتيجة الريّ. وأيضاً لابدّ من الاختيار الصحيح لمجموعة الإجراءات الاستصلاحية التي تُـــنظّم التملّح الأوّلي للتربة والتي تحذّر من ارتفاع منسوب المياه الجوفية وظهور التملّح الثانوي غيـــر المسموح به.

يُنسب إلى الأراضي الملحية: والتي تحوي في تربتها، أو في مياهها الجوفية أملاحاً سهلة الانحلال بكميات كبيرة، والتي تتشكّل أو يمكن أن تتشكّل بوقت قريـــب. علـــى ســـبيل المثال: عند ارتفاع منسوب المياه الجوفية فإنّ خطراً سيّئاً على المحاصيل الزراعية سيحصل في الطبقة الترابية.

يحدث تجمّع وتراكم للأملاح في التربة والمياه الجوفية، عندما تجمعها (جريانها) يتجاوز صرف تيارات المياه.

الأسبابُ الرئيسيّةُ لتجمع الأملاح في الأفق العلويّ هو تبخّر المياه الجوفية المعدنية، جريان الأملاح مع مياه السقاية. لذلك عند السقاية بمعدل: $0.5[g/l]$ في التربة تُضافُ الأملاحُ في كلّ عام بمقدار: $2.5-5[ton]$ لكلّ هيكتار واحد، ممّا يؤدّي لزيادة احتياطها في الطبقة المتربة بنسبة: $0.02-0.03\%$ من كتلة التربة الجافة.

تجري الأملاح بكميّات أقل أو تضاف إلى التربة من الأمطار الطبيعية. بعض الكميات القليلة تحملها الرياح (بفعل الرياح).

يظهرُ التأثيرُ الدوريّ للمواد البيولوجية على تجمع الأملاح في التربة. تمتصّ المحاصيلُ الزراعيةُ بعضَ المواد بما في ذلك من الأسمدة، ويُحمل جزء من المواد مع المحصول الناتج، ويجري الباقي من جديد أو يبقى في التربة عند توزّع البقايا العضوية.

يمكن من بحوث ودراسات التوازن الملحي حملُ التدفّق الأساسيّ لصرف الأملاح إلى خارج حدود الأرض المروية عن طريق شبكة المصارف (القنوات السطحية) وعن طريق الدرناج (صرف المياه بطريقة القنوات الجوفية).

يُمكنُ كتابةُ التوازنِ الملحيّ الكليّ في المياه الجوفية ومياه الدرناج بالشكل التالي:

$$\Delta S = S_a + S_{OP} + S_N + S_{UM} + S_{YD} - S_{OT} - S_{DP} - S_{Pa} \qquad (5\text{-}1)$$

حيث: ΔS – تغيّر الأملاح الاحتياطي.

S_a – الأملاح المضافة نتيجة للأمطار الجويّة.

S_{OP} – الأملاح المضافة الناتجة عن مياه السقاية.

S_N – الأملاح المضافة الناتجة عن جريان (تسرّب) المياه الجوفية.

S_{UM} – الأملاح المضافة بفعل الرياح.

S_{YD} – الأملاح المضافة من الأسمدة.

S_{OT} – خروج الأملاح مع تيارات المياه الجوفية.

S_{DP} – خروج الأملاح مع مياه الدرناج.

S_{Pa} – خروج الأملاح مع المحاصيل الزراعية الناتجة.

يمكن تبسيطُ هذه المعادلة بحذف القيم غير الكبيرة نسبيا منها: S_a ، S_{UM} ، S_{YD} ، S_{Pa}:

$$\Delta S = S_{OP} + S_N - S_{OT} - S_{DP} \qquad (5\text{-}2)$$

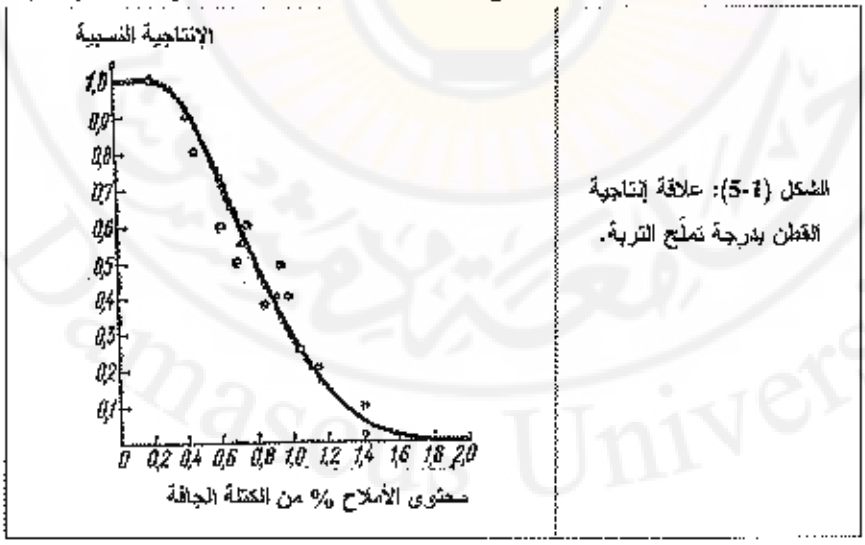
تتميّزُ المعادلةُ الناتجةُ بتجمّعِ الأملاح في كامل سماكة الأرض بدءاً من المسطح وحتّى قاعدة المياه. إضافة لذلك لا بُدَّ من معرفة مفهوم الحركة الشاقوليّة للأملاح في حدود الأرض المرويّة، والتي يمكن أن تؤدّي لتجمّع الأملاح في الأفق العلويّ، وهذا يعني التملح أو انتشار الأملاح. من أجل تقييم هذه العمليات لا بُدّ من حسابات خاصة، والتي سندرسها فيما يلي.

يخفّضُ ارتفاعُ محتوى الأملاح في التربة الخصوبةَ. ويعتبرُ الأكثر ضرراً وسط المحاليل المائيّة الملحيّة: $NaCl; Na_2SO_4; Na_2CO_3; MgCl_2; MgSO_4; CaCl_2$. عند زيادة تركيز المحلول الترابيّ يزدادُ سوءُ إمداد (تغذية) المحاصيل بالمياه بسبب الضغط التناضحي (الأزموي) للمحلول، والذي يبطئُ نموُّ البذور. يترافقُ الخللُ بالتغذية المائية للمحاصيل بسوء التغذية المعدنيّة. عند التركيز المرتفع للمحلول يقعُ جزء من الروابط المغذية بحالةٍ غير مفكّكة (غير منحلّة) وهذا غير كافٍ للمحاصيل الزراعية.

يُحطِّمُ إضافةُ $Cl; Na; Mg$ إلى المحاصيل النشاء في الأوراق، ويخفّضُ شدّةَ التركيب الضوئيّ. يبطئُ كلّ ذلك النموَّ، ويخفّضُ الإنتاجية، ويسيءُ لجودة المنتجات (على سبيل المثال: يتناقصُ في الأراضي المالحة طولُ أليافِ القطن وصلابتها).

يسيءُ المحتوى الفائض أو الزائد من الصوديوم لخواص التُّربة بدرجة كبيرة، إذ ينفخ مبللاً التربة الرغوية، وتزدادُ القلويّة وحركة المواد العضوية والمعدنية، وتتحطّم البنية الترابية، ويسيء لنفاذيّة التربة للمياه، وللنظام المائي والهوائي.

علاقةُ إنتاجية القطن بدرجة تملّح طبقة مترية من التربة مبيّنة في الشكل (1-5).



الشكل (4-5): علاقة إنتاجية القطن بدرجة تملّح التربة.

يلاحظُ تناقصُ الإنتاجية عندما يتجاوزُ محتوى الأملاح في التربة: 0.2−0.3% من كتلة التربة الجافة. وعند التملح بنسبة: 0.7−0.8% من كتلة التربة الجافة يتناقصُ الإنتاج بمرتين، أمّا عندما يتجاوز محتوى الأملاح: 1.4−1.5% من كتلة التربة الجافة فإنّ محصول القطن يموت. محاصيل الحبوب كالقمح، أو الذرة، أو غيرها أكثر حساسيّة للتملّح.

تقسم الأراضي المالحة إلى سبخات ترابية مالحة وسبخات ترابية شديدة الملوحة (مستنقعية) ذات محتوى فائض من الأملاح الضارة في المحلول الترابسي. التربسة المالحة وشديدة الملوحة، والتي تحوي في نظام (مجموعة) الامتصاص الترابي لها كميّة فائضة من الصوديوم.

تقسمُ السبخات الترابية المالحة وشديدة الملوحة حسب نوع الأملاح وفق العلاقة بنسبة محتوى الكلور إلى المحتوى الكلّي لمحلول ملحيّ سهل الانحلال.

نوع الملح	محتوى الكلور: Cl من جميع الأملاح
الكلوريد	أكبر من: 0.4
سولفات –كلوريد	0.25-0.4
كلوريد–السلفات	0.12-0.25
السلفات	أقل من: 0.12

إذا تجاوز محتوى الشوارد السالبة: HCO_3 مجموع الشوارد: $Cl+SO_4$ بمقدار: 1.2 مرّة، فإنّه ينسب إلى نوع من أملاح الصودا.

تصنيفُ السبخات الترابية المالحة والتربة المستنقعية شديدة الملوحة وفق درجة التملح المقترح من قبل كاڤدوي مبين في الجدول (1-5).

الجدول (1-5): تصنيف التربة حسب درجة التملّح وفق العلاقة بنوع الأملاح:

الملوحة	صودا	كلوريد	كلوريد–سلفات	سلفات
	محتوى المحلول الملحي % من كتلة التربة الجافة في الطبقة المتربة			
تربة غير مالحة	<0.10	<0.15	<0.20	<0.30
ضعيفة الملوحة	0.10-0.20	0.15-0.30	0.25-0.40	0.30-0.60
وسطية الملوحة	0.20-0.30	0.30-0.50	0.40-0.70	0.60-1.00
مرتفعة الملوحة	0.30-0.50	0.50-0.80	0.70-1.20	1.00-2.00
سبخة مالحة	0.50	0.80	1.20	2.00

عند استصلاح الأراضي المالحة بطريقة الغسل لا بُدّ من تأمين انخفاض الشوارد : Cl في: 1-1.5 من الطبقة المتريّة حتّى: $0.01-0.02\%$، وأيضاً للشوارد: SO_4 حتى: $0.15-0.20\%$.

بما أنّ الشوارد سهلة الحركة تخرجُ بالغَسلِ أولاً: Cl و: SO_4، فإنّ المحتوى الكليّ الكافي للأملاح يتناقصُ حتّى: $0.3-0.4\%$ من كتلة التربة الجافة عند الأملاح من نوع الكلوريد والسولفات – الكلوريد ويتناقص حتى: $0.5-1\%$ عند السولفات.

تقسم التربة المالحة إلى: 1- تربة قليلة الصوديوم أقلّ من: 10% من سعة الامتصاص. 2- وتربة وسطية: $3.10-25\%$- وتربة مرتفعة الصوديوم أكثر من: 25% من سعة الامتصاص. بعد الاستصلاح في مجموعة الامتصاص الترابية يجب أن لا تتجاوز شوارد الصوديوم: $2-4\%$ من سعة الامتصاص.

لا بُدّ عند عزل (استخلاص) الأملاح من الأرض من الأخذ بالاعتبار احتياطي الأملاح أسفل الأفق الترابيّ، وأيضاً المياه المعدنية الجوفية، لأنّه في حالة ارتفاعها يمكن أن تتملّح ثانية منطقة التغذية لدى جذور المحاصيل الزراعية.

يجب تقسيم المياه الترابية وفق اقتراح ميناشينا إلى: 1- تربة غير مالحة (عندما يكون محتوى الأملاح أقلّ من: $2[g/l]$)، 2- وضعيفة الملوحة ($2-4[g/l]$)، 3- ووسطية الملوحة ($4-8[g/l]$)، 4- ووشديدة (مرتفعة) الملوحة ($8-16[g/l]$).

تُعطى أهمية بالغة لمكافحة الملوحة والغمر لدى الأراضي المرويّة، وهذا يُفسّرُ أنّ نسبة كبيرة من الأراضي المعدّة للريّ متوضّعةٌ في مناطق ذات ظروف غير ملائمة: فالصرف الطبيعي قليل، واحتياطي الأملاح كبير في التربة، والمياه المعدنيّة الجوفيّة مرتفعة. استصلاح الأرض في أراضٍ ضخمة كثيرة دون إجراءات استصلاحية خاصة كسان نهائياً وغير ممكن. وفي بعض مناطق الري يلاحظ أنّها متملّحة وتتأثّر بقوّة بالتملّح ثانية.

تتطلّبُ الإجراءاتُ الاستصلاحيّةُ لمكافحة الملوحة والغمر في الأراضي المروية كلفةً كبيرةً (ضياعات رأس مال كبيرة)، لذلك يجب أن يكون اختيارها دقيقا.

تتلخّص مكافحةُ الغمرِ في الأراضي المرويّة بعدم السماح بالغمر السطحيّ للأرض بالمياه المنحدرة من المرتفعات وبتنظيم عمق المياه الجوفية.

يُسمح في الأراضي غير المالحة بتوضّع المياه الجوفية على عمق: $1.2-1.5[m]$. عند ذلك يمكن جزئياً الاستفادة منها للمحاصيل.

في الأراضي المالحة ومن أجل منع التملّح ثانية، يجب الحفاظ على مستوى المياه الجوفية عند مستوى العمق الأصغري، والذي يكون عنده مجموع التبادل المائي مسع منطقة التهوية خلال فترة النمو سالباً، وهذا يعني تأمين تيارات رطوبة غير صاعدة في التربة. كما يسمّى هذا العمق بالعمق الحرج. أوجد الباحثون علاقة هذا العمق بالتكوين الميكانيكي وببنية التربة، وبالخواص الشعريّة للتربة، وبالمياه المعدنيّة الجوفيّة وبالظروف المناخية (وبالحقيقة بدرجة حرارة الهواء أو بالتبخر).

يُفترض كوستياكوف العمق الحرج من أجل التربة الصفراء: $1.7-2.2[m]$ عندما تحوي المياه الجوفيّة المعدنيّة أملاحاً حتّى: $3[g/l]$، والعمق: $2.2-3[m]$ عندما تحوي المياه الجوفية المعدنية حتّى: $3-5[g/l]$، والعمق: $3-3.5[m]$ عندما تحوي المياه الجوفية المعدنية حتّى: $5-7[g/l]$. في التربة الثقيلة يزداد هذا العمق بمقدار: 20%.

وفق اقتراح كاقدي يمكن تحديد العمق الحرج: $[cm]$ وفق العلاقة بدرجة حرارة الهواء الوسطيّة السنوية:

$$h_{kp} = 170 + 8t \qquad (5\text{-}3)$$

حيث: $t[c^\circ]$ – درجة حرارة الهواء الوسطية السنوية. فإذا كانت درجة حرارة الهواء الوسطية السنوية تتذبذب بين: $5-20[c^\circ]$ عندها يتراوح العمق تقريبا بين: $2.1-3.3[m]$.

5-2- طرق مكافحة الملوحة والغمر في الأراضي المرويّة:

إذا ما تجاوزت الأملاحُ قبل إنشاء النظام العلويّ: $1.5-2[m]$ من الطبقة المتريسة الحدودَ المسموح بها، فإنّه يجرى الغسل الاستثماري للتربة، والذي يتلخّص بتغذية كميّة محددة من المياه على سطح الأرض (معدّل الغسل). عند ذلك تُشبعُ الطبقةُ الحسابيّةُ بمياه الغسل، وتنحلّ الأملاحُ وتُحمل (تُنقل) إلى خارج حدود هذه الطبقة.

في التربة المالحة وشديدة الملوحة يجب أن يسبق الغسل تسميد المواد الكيماوية من أجل طرد الصودا من المجموعة الترابية الماصّة للمحلول، والذي فيما بعد يُعزل بفعل مياه الغسل. يجرى الغسل الاستثماري أيضاً في الأراضي المروية قديماً وذات طبقة تربةٍ متملّحةٍ ثانية.

السبب الأساسي للتملّح الثاني وللغمر هو ارتفاع منسوب المياه المعدنية الجوفية وتشكّل التيارات المائية (الرطبة) الصاعدة في منطقة تغذية الجذور. من أجل منع هذه الظاهرة لا بُدّ

مسبقاً من دراسة مجموعة التحذيرات الزراعية وإجراءات الاستصلاح لإنقاص ارتشاح (تسرّب) تغذية المياه الجوفية واختصار استهلاك المياه الجوفية على التبخر، ويكون من خلال ما يلي:

1- اختصار ضياعات الارتشاح والتسرب من شبكة الريّ، والذي يعتبرُ السبب الأساسي لارتفاع منسوب المياه الجوفية. ومن المناسب استبدال القنوات في المجاري الأرضية بالمواسير، وبالقنوات الحوضيّة، والمبطّنة، واستخدام خراطيم وأنابيب السقاية.

2- وضع معدّل التغذية بمياه السقاية، وتنظيم الدورة اليوميّة للسقايات، ممّا ينقص صرف مياه السقاية، وإنقاص استهلاك المياه في القنوات. تملكُ صحّةُ تحديد قيمة تدفّق مياه السقاية، وطول الأثلام والخطوط، وشدّة الرذاذ أهمية بالغة. وكذلك تخطيطُ سطح الأرض (بما في ذلك عند الريّ بالرذاذ)، ممّا يؤمّن ترطيباً منتظماً للحقل، وينقصُ عمقَ ارتشاح المياه في القطّاعات المعاد ترطيبها.

3- يؤدي التنظيم الصحيح للمساحات لزيادة ثابت استخدام الأرض، ولتوزيع الدورات الزراعية للرزّ في القطّاعات المنخفضة من الأرض أو على محيطها.

4- الاختيار الصحيح للمحاصيل ومراقبة الدورات الزراعية، والتسميد بالأسمدة العضوية، ومعاملة سطح التربة بذات، وهذا يعني الإجراءات المتجهة للحفاظ وتحسين خواص التربة الفيزيا-مائية، وبنيتها، ويؤدّي لإنقاص التبخر الفيزيائي من سطح التربة.

أظهرت التجارب الاستثمارية لشبكات الريّ، أنّ الإجراءات العديدة المبيّنة أعلاه تسمح باختصار تغذية المياه الجوفيّة وتخفّض من ارتفاعها عند عدم كفاية المصارف الطبيعية. لكنه لا يمكن بالكامل إلغاء هذه التغذية، لأنّه لا يمكن بالكامل إلغاء ضياعات المياه من شبكة الريّ ومنع انسيابها (تسربها) خلال السقايات من منطقة تغذية جذور المحاصيل إلى الأفق السفلي بفعل قوى الجاذبية وبفعل القوة الشعريّة (تقريباً عمق الارتشاح يتراوح: 15%-10% من مجموع الاستهلاك المائي).

يتطلّب المعدّل التصميميّ لمنشآت أنظمة الاستصلاح حيث يكون ثابت التأثير المفيد (المردود) من أجل شبكة القنوات الرئيسية وفروعها ليس أقل من: 0.8، ومن أجل شبكة قنوات التوزيع ليس أقل من: 0.9. يمكن إعطاءُ مياه أكثر بهذا الشكل في الشبكة بمقدار: 1.54 مرة، وهذا ما تتطلبه المحاصيل مع اعتبار الضياعات على عمق الارتشاح عند الأعماق الكبيرة للمياه الجوفية. عند معدّل ريّ: $4000-8000[m^3/hr]$ في المياه الجوفية يمكن أن يلتحق كلّ عام: $2000-4000[m^3/hr]$ أي: $0.2-0.4[m]$ طبقة مياه. عند ثابت [illegible] الحرّة للتربة

حوالي: 0.3 – 0.2 وعند انعدام تيارات المياه الجوفية لمثل هذه التغذية فإنها تؤدي لارتفاع منسوب المياه الجوفية بسرعة حوالي: $[m / yer]$ 1. يسمح تحقيق شبكة الريّ وزيادة مردودها بتباطؤ (بتخفيض) هذا الارتفاع بعدّة مرات، لكنّه لا يلغيه تماماً. لذلك في المساحات ضعيفة الصرف بالإضافة للإجراءات التحذيرية غالباً ما تظهر ضروره لتقوية تيارات المياه الجوفية بإسلوب إنشاء الصرف بالدريناج المختلف الأنواع: الأفقي، والشاقولي والمركب.

يحفظ الدريناج سوية مع الصرف السطحي في الحالات الضرورية والمحيط بالشبكة الأراضي المرويّة من الغمر ويشكّل ظروفاً لإلغاء خطر التملّح ثانية.

أوجدت البحوث أنّه إذا حافظت المياه الجوفيّة بواسطة الدريناج على عمق قريب من العمق الحرج، فإنّه حتّى نهاية نمو المحاصيل في الأراضي شديدة الملوحة وحتّى استصلاح الأراضي تتجمّع الأملاح في الأفق العلوي. عند الخطأ في المخطط أو عند عدم ملاحظة (مراقبة) معدّل السقاية فإنّ محتوى الأملاح هنا يزداد، لذلك من أجل إلغاء خطر التملّح ثانية يستخدم نظام الغسل بالريّ، والذي يدرس مسبقاً زيادة معدّل الريّ بنسبة: 20% – 10. هذه الكمية المضافة من المياه، والمصروفة بالدريناج، من المناسب إعطاؤها في فترات معيّنة من العام في شكل سقايات غسل خاصة، بحيث لا تزداد قدرة التمرير لشبكة الريّ.

5-3- الغسل الاستثماري للتربة المالحة:

يجرى الغسل الاستثماري عندما تكونُ الأملاحُ في طبقة التربة المتربّة العلويّة: $[m]$ 2 – 1.5 فإنّها تتجاوز الحدود المسموح بها، وهذا يكون عند درجة التملّح الوسطيّة والشديدة أو عندما توجد سبخات ملحيّة في الأرض. يعتبر الغسل مرحلة منجزة لإنشاء شبكة الري، وهو يجرى بعد إنشاء شبكة الريّ وشبكة الصرف – الدريناج وتخطيط سطح الأرض.

تحديد معدّل الغسل عند تصميم نظام الغسل هو الأكثر أهميّة وصحّة، لأنّ الخطأ في تحديده يمكن أن يؤدّي لغسل غير مناسب للتربة، وبالتالي لإنقاص إنتاجية المحاصيل الزراعية وخفض فعالية الغسل الاستثماري في الإنشاءات الاستصلاحية. زيادة معدّل الغسل أيضاً غير مرغوب به، لأنّه بقدر ما تُغسل (تُخرج) الأملاح الضارة، ولكن أيضا يُغسل جزء من العناصر المغذية بذات الوقت. بالإضافة لذلك يمكن أن يظهر خطر الملوحة لعدّة أنواع من التربة. يتطلّب إجراء الغسل ضياعات عمل كبيرة في الوسائل والزمن.

يتعلّقُ معدّل الغسل بدرجة الملوحة البدائية: عندما تكون الملوحة البدائية: 0.6% – 0.3 فإنّ معدّل الغسل يجب أن يشكل تقريباً: $[m^3 / hr]$ 3000 – 2000، وعندما

يكون: $0.6-1\%$ فإنّ المعدل يجب أن يشكّل: $4000-5000[m^3/hr]$. وعندما يكون: $1-2\%$، فإنّ المعدل يجب أن يشكّل: $6000-8000[m^3/hr]$. بربط ذلك في القطاعات الخاضعة للغسل، لا بُدّ من إجراء مسح دقيق للأملاح. مبدئياً وبالاعتماد على أبحاث التنقيب تُقسّم المساحات بمنحنيات محيطيّة والتي تربط التربة ذات المنشأ والخواص المتماثلة. يُحدّد معدّل الغسل من أجل كلّ مساحة أو من أجل مجموعة المساحات المحدّدة بالمنحنيات المحيطية المتماثلة المنشأ.

أوجدت البحوث أنّه يتغيّر احتياطي الأملاح بداخل المنحنيات وفق المساحة، علماً بأنّ ثابت التغيير يمكن أن يتغير من: $0.5-0.4$ (عند عدم انتظام الملوحة). مثل عدم تجانس الملوحة، يمكن اعتبار هذا داخل المنحني صدفة (احتمالاً)، لذلك تتعرّض معطيات المسح الملحي للمعالجة الإحصائية.

أحد نتائج هذه المعالجة هو إيجاد احتياطيّ الأملاح البدائي الحسابي. إذا حُسب معدّل الغسل وفق الاحتياطيّ الوسطيّ للأملاح، فإنّه عند القانون الناظمي (المعياري) لانتشارها فقط في مساحة السقاية سيكون مغسولاً حتّى مستوىً معين، أمّا عند القانون الناظمي اللوغاريتمي فسيكون مغسولاً حوالي: 60%. لذلك تُحسب معدّلات الغسل على الملوحة البدائية الأقل تأميناً (هذا يعني احتمال زيادتها)، والتي نجدها بالحسابات التقنية الاقتصادية.

يمكن أن تكون الملوحة غير منتظمة ليس فقط وفق مساحة السقايّة، وإنّما وفق عمق المقطع أيضاً. أوجدت الحسابات أنّه عند غسل السبخات الملحيّة والتربة شديدة الملوحة التي عندها يكون تركيز (تجمّع) الأملاح أعظمياً في الطبقة المترية العلوية، فإنّ معدّل الغسل يمكن تحديده وفق الملوحة الوسطية البدائية في الطبقة: $0-2[m]$.

غسل الأملاح من التربة هو عمليّة فيزيائيّة كيميائيّة معقّدة، ومن أجل التفسير الذي لا بُدّ منه لمعرفة القانون العام لحركة الرطوبة (المياه) والأملاح في التربة، ولمعرفة عمليات الانتشار الفيزيائي والكيميائي لامتصاص المحاليل، ولمعرفة حركة المياه الجوفية بفعل الصرف وغيرها. أصبحت تدرس تفصيلياً في الأعوام الأخيرة. لذلك استخدمت العلاقات التجريبيّة أولاً من أجل تحديد معدّلات الغسل.

وُجد تجريبياً أن معدّل الغسل يجب أن يتكون من حجم المياه المطلوب أو الضروري لإشباع الطبقة الحسابية ولحلّ الأملاح، وأيضاً من حجم المياه المطلوب لطرد المحاليل الملحية. وبالتالي من أجل عزل (خروج) الأملاح لا بدّ من تبديل المحلول بالتساوي بعدّة

مرّات (ليس لمرّة واحدة). وكان قد وُجد أنّ الأملاح تغسل بسرعة من التربة ذات التكوين الميكانيكي البسيط، المتمتعة بنفاذية جيدة للمياه، وفي الحالات التي يتأمّن فيها صرف جيّد طبيعيّ أو اصطناعيّ لمياه الغسل. تُغسَلُ الأملاحُ التاليةُ بسهولة: $NaCl; MgSO_4; Na_2SO_4$ وبصورة أصعب الأملاح: $CaSO_4$.

نتيجة لتعميم العديد من المعادلات التجريبية، والمقترحة من الباحثين، حصل كوستياكوف على المعادلة التالية لتحديد معدّل الغسل:

$$N = 100\gamma h\left(\omega_0 - \omega + \frac{S_1 - S_2}{K}\right) \qquad (5\text{-}3)$$

حيث: $N;[m^3/hr]$ – معدّل الغسل.

$h;[m]$ – قدرة الطبقة الترابية المغسولة.

$\gamma;[ton/m^3]$ – كثافة هذه الطبقة.

ω_0 – سعة الرطوبة الحقلية النهائية في الطبقة % من كتلة التربة.

ω – رطوبة هذه الطبقة قبل الغسل.

$S_2; S_1$ – محتوى الأملاح البدائي والمسموح به، % من كتلة التربة.

$K;[ton/m^3]$ – ثابت غسل الأملاح، وهذا يعني كميّة الأملاح المغسولة من: $[m^3]$ مياه غسل. الثابت: K يتعلّق بالخواص الفيزيائيّة للتربة، وبنوع وبدرجة السَّملَح، وأيضاً بغزارة (بشدّة) مياه الغسل. من أجل الطبقة المتريّة هو يشكل القيم: $0.0001 - 0.0006[ton/m^3]$.

لاقتْ المعادلة التجريبية لفالوبويفا من أجل حساب معدّل الغسل في طبقة التربة المتريّة انتشاراً واسعاً:

$$N = 10000\alpha \lg\frac{S_1}{S_2} \qquad (5\text{-}4)$$

حيث: α – ثابت زيادة الأملاح المتعلق بالتكوين الميكانيكي للتربة وبنوع الأملاح يؤخذ من الجدول (5-2).

الجدول (2-5): ثابت زيادة الأملاح: α من أجل حساب معدل الغسل وفق فالوبويقا:

التربة	نوع الأملاح			
	كلوريد	سولفات-كلوريدي	سولفات الصوديوم	سولفات الصوديوم الكالسيوم
طينية ملحية	2.70	2.80	3.00	3.30
طينية وثقيلة مع انخفاض بالأملاح	1.22	1.32	1.42	1.78
وسطية ملحية، وغير متجانسة من حيث التكوين الميكانيكي	0.92	1.02	1.12	1.48
بسيطة التكوين الميكانيكي	0.62	0.72	0.82	1.18

في الوقت الحاضر وفق اقتراح العديد من الباحثين ومن أجل تفسير حركة الأملاح في التربة تستخدم نظرية انتشار وامتصاص الأملاح بالحمل الحراري للمحاليل المنحلّسة فسي التربة الرطبة.

يلاحظ في المحاليل الحرة انتظام تركيز المواد المنحلّة تبعاً (بسبب) للحركة الحرارية للجزيئات، هذا يعني الانتشار الجزئي. يكون تدفق المواد المحمولة عند ذلك عبر واحدة السطح في واحدة الزمن، أو سرعة الانتشار، وتحسب من القانون الأول لفيكا:

$$q_C = -D_0 \frac{dC}{dn} \qquad (5\text{-}4)$$

حيث: q_C – التدفق النوعي للمواد.

C – تركيز المواد.

n – المتجه الناظمي.

$D_0; [m^2 / dy]$ – ثابت الانتشار الجزئي، يتعلّق بخواص المواد المنحلّة وبالمسادة المُحلّـــة، وبالضـــغط وبدرجـــة الحـــرارة. ويســـاوي فـــي المحاليـــل المائيـــة: $(0.3 - 1.1)10^{-4} [m^2 / dy]$.

يحدث الانتشار في الوسط المسامي المشبع وفق نفس القانون، لكنّ سرعته تتنـــاقص بسبب وجود الجزيئات الترابية (الهياكل) والمسامات الدقيقة. لذلك يكون ثابت الانتشار الجزئي في وسط مسامي أقلّ ممّا في المحاليل الحرّة:

$$D_{st} = m\psi D_0 \qquad (5\text{-}5)$$

حيث: m – مسامية التربة.

ψ – ثابت يأخذ بالاعتبار المسامات الدقيقة في المجال: 0.7-0.25.

إذا تحركت الرطوبة أيضاً في التربة فإنّ الأملاح تتحرك ليس فقط بفضل اختلاف التركيز (مركبة الانتشار للتدفقات الملحية)، وإنما على حساب حملها بالمياه (مركبة الحمل). تسمّى مثل هذه العملية الانتشار بالحمل. تتغيّر في هذه الظروف قيمة الثابت للانتشار بسبب عدم انتظام سرعة حركة الرطوبة الترابية، هذا يعني سرعة الانتشار. يساوي التدفّق النوعي للأملاح عند ذلك:

$$q_C = -D\frac{dC}{dn} + v \qquad (5\text{-}6)$$

حيث: D – ثابت الانتشار بالحمل، $D = D_M + \lambda v$ حيث: $\lambda;[m]$ – بارامتر الانتشار (النشتت)، الذي يأخذ بالاعتبار عدم انتظام سرعة حركة الرطوبة الترابية. v – سرعة حركة الرطوبة المنسوبة لكامل مساحة المقطع، وهذا يعني سرعة الارتشاح.

تجب الإشارة إلى أنّ ثابت الانتشار بالحمل أكبر من ثابت الانتشار الجزيئي ويتعلّق ليس فقط بخواص المواد المحلولة، والمواد المُحلّة ومسامات الوسط، ولكن أيضاً يتعلّق بسرعة حركة الرطوبة.

يتغيّر بارامتر النشتت: λ من: $0.2-0.5[m]$ في التربة ذات التكسوين الميكانيكي البسيط والمتجانس، وحتى: $1-1.2[m]$ وذلك من أجل التربة الثقيلة. وإذا تغيّر ثابت الانتشار بالحمل عند الغسل الاستثماري المميّز فإنّ سرع الارتشاح تتغيّر في المجال: $(1-10)10^{-3}[m^2/dy]$.

تؤثّر عملية الامتصاص على غسل الأملاح، هذا يعني بأنّ حجم الشوارد بين المرحلة الصلبة والمحلولة (السائلة) يكون:

$$\frac{dS}{dt} = -\beta(\gamma S - mC) \qquad (5\text{-}7)$$

حيث: $\frac{dS}{dt}$ – سرعة تغيّر احتياطي الأملاح، الممتصّ في المرحلة الصلبة في التربة.

$\beta;[1/dy]$ – ثابت سرعة الامتصاص.

γ – ثابت انتشار الأملاح الممتصّة على سطح الجزيئات الترابية.

لا بُدّ من حساب عمليات الامتصاص في التربة ذات سعة الامتصاص الكبيرة، وذات الكمية الكبيرة من جزيئات المواد الغروانية وعند وجود كمية كبيرة من الأملاح صعبة الانحلال.

بكتابة معادلة التوازن الملحيّ في طبقة جزئيّة (عنصريّة) وبافتراض أنّ الأملاح تتحرك وفق الشاقول (على طول المحور x)، فإنّه يمكن الحصول على المعادلة الأساسية لحركة الأملاح عند الإشباع التام لمسامات التربة بالرطوبة:

$$\frac{\partial(mC)}{\partial t} = D\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - V\frac{\partial C}{\partial x} - \beta(\gamma S - mC) \qquad (5\text{-}8)$$

يحلّ هذه المعادلة من أجل التربة ذات سعة الامتصاص القليلة وعند وجود أملاح سهلة الانحلال، وهذا يعني: دون الحدّ الأخير من المعادلة السابقة، حصل الباحث أفريانوف على علاقة لحساب معدّل الغسل عند الغسل المستمر: $[m^3/hr]$.

$$N = 10000(h + 2A\sqrt{Dt}) \qquad (5\text{-}9)$$

حيث: $h;[m]$ – طبقة الغسل الحسابية.

$t;[dy]$ – استمرارية الغسل.

A – ثابت متعلق بنسبة: $\frac{S_2}{S_1}$ (S_2 – محتوى الأملاح المسموح به بعد الغسل على عمق: h، % من الكتلة الترابية الجافة. S_1 – الاحتياطي الوسطي للأملاح في الطبقة: h قبل الغسل).

وفيما يلي نبيّن الثابت: A وفق العلاقة بالنسبة: $\frac{S_2}{S_1}$.

$\frac{S_2}{S_1}$	0.001	0.005	0.01	0.02	0.04	0.06	0.08	0.010	0.12	0.14
A	2.19	1.82	1.65	1.45	1.24	1.10	0.99	0.91	0.83	0.76

$\frac{S_2}{S_1}$	0.16	0.18	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50
A	0.70	0.65	0.60	0.48	0.37	0.27	0.18	0.09	0.00

يُمكن أن يكون الغسل فعالاً إذا أُمكنَ إبعاد مياه الغسل إلى خارج حدود الأرض. كقانون، تملك الأراضي المالحة مصارفَ طبيعية غير كافية، ومن أجل التنبيه والتحذير من التملح ثانية والغمر عليها ينشأ الدرياج الدائم. تُحسب قدرته عادةً على الحمولة المؤثرة في فترة

الاستثمار، ونتيجة لذلك تظهر قدرة التمرير لهذا الدرينـاج غير كافية من أجل إبعاد مياه الغسل بسرعة معينة حتّى عند زيادة الضغوط على المصارف البينية. بالتالي، ففي فترة الغسل من الضروري إضافة الدرينـاج المؤقت (المصارف المؤقتة) للدرينـاج الدائم، والتي تُنجز بشكل قنوات مكشوفة بعمق حوالي: $1[m]$ على مسافة: $20-50[m]$ الواحد عن الآخر.

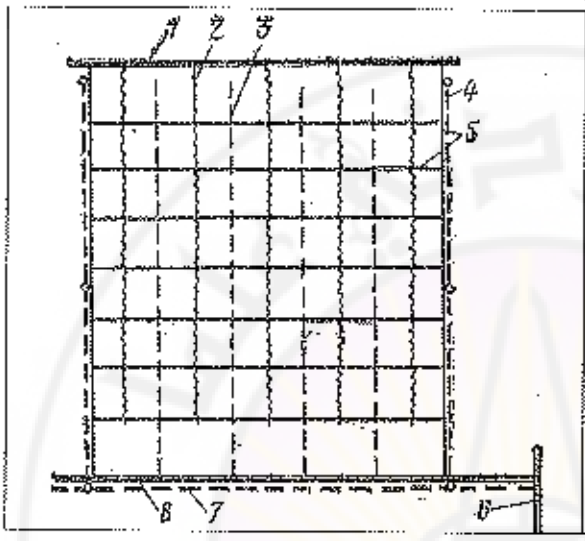
تتعلّق استمرارية الغسل بتغذية الأفق العلويّ لطبقات التربة وبالتربة وببـارامترات الدرينـاج. يتمّ إيجاد استمرارية الغسل بواسطة الحسابات التقنيـة الاقتصـادية، والتـي تأخـذ بالاعتبار الضياعات على إجراء الغسل (كلفة معدّات السقاية، والضـياعات علـى الأعمـال التحضيرية)، وإنشاء الدرينـاج المؤقت وقنوات الري المؤقتة، والضياعات على إنشاء شـبكة ري إضافية، عندما لا تكفي الشبكة الدائمة لتغذية معدّل الغسل فـي فتـرات معينـة. تعتبـر الاستمرارية المثالية للغسل عندما يكون مجموع الضياعات أصغرياً.

يجرى عادة الغسل الاستثماري في الفترة الباردة من العام من شباط – آذار. تُنجـز قبل الغسل الأعمال التحضيرية: تسطيح السطح (الانحراف المسموح به لسطح الأرض فـي المستنقعات عن الإشارة الوسطية لا يتجـاوز: $\pm 5[cm]$)، عمـق الحراثـة: $25-30[cm]$، وتشكّل جوانب ترابية عرضية من أجل تشكيل المستنقعات. تُثبّت المقاسـات لـدى الجوانـب الترابية على مسافات محدّدة بين المصارف، إذا أنشئ حتّى لحظة الغسل درينـاج أفقيّ مغلـق دائم فوق خط الصرف بعرض: $2-3[m]$ فيكل تأكيد تحاط الجوانـب الترابيـة ولا تغسـل للتخلص من رديميات الدرينـاج وانسداد المصارف. ثمّ تحفر قنوات الصرف والريّ المؤقتـة، وتُشكّل الجوانبُ الترابية الطولية للمصارف وللري من التربة المحفورة. الشكل (2-5).

كقانون، يُجرى الغسل وفـق المسـتنقعات بمقاسـات: $20\times20--50\times50[m]$، المحدّدة بالجوانب الترابية بارتفاع: $0.4-0.6[m]$ دون تمرير المياه من المسـتنقعات ودون صرف. إذا أُجري الغسل بدون الدرينـاج، فعند ذلك تُستخدم مستنقعات ضـخمة: $1-3[hr]$، ارتفاع الجوانب الترابية يبدأ من: $1-1.5[m]$ وهي تُشكّل بواسطة البلدوزرات.

تُحفر قنوات الريّ المؤقتة حيث تؤمّن تغذية المياه لكلّ مستنقع. تدفق القناة يجـب أن يكون تدفّق القناة: $50-100[l/sec]$ وأن لا يقلّ زيادة منسوب المياه فيهـا فـوق سـطح المستنقعات عن: $20-30[cm]$. تنشأ في بداية قناة الريّ المؤقتة مخـارج لتمريـر الميـاه، وتكون مجهّزة بعدّادات المياه.

تنقل قنوات الصرف المؤقّتة بعمق: $[m]1-0.8$المياه إلى قنوات أخـرى بعمـق: $[m]1.2-1$. عرض قعر قناة الصرف والقنوات: $[m]0.5-0.2$وفق العلاقة بيـن اشارات تقنيات استصلاح الأراضي، ميل الجوانب الترابية: 1/1. عند الانتهاء من الغسل تمهّد الشبكة المؤقتة ويجرى تخطيط للأرض مرّة ثانية.



الشكل (2-5): شبكة الري والدريناج عند الغسل الاستثماري، 1- قناة توزيع قطاعية، 2- قناة ري مؤقتة، 3- قناة صرف مؤقتة، 4- مصارف دائمة، 5- جوانب ترابية، 6- مجرى مكشوف، 7- مجرى مغلق، 8- قناة صرف.

في فترة الغسل لا بدّ من مراقبة معدّلات الغسل، وعند الانتهاء من الغسـل يُجـرى مسح مستمر للأملاح بهدف إيجاد درجة الغسل وإظهار القطاعات غير المغسـولة. يجـب أن يكون منظما أيضا مراقبة لمنسوب المياه الجوفية ولتكوينها الكيميائي. إجـراء الغسـل فـي القطاعات ذات النفاذية السيئة للمياه مناسبٌ لها عند زراعة الرزّ.

يخطط الغسل في الزراعة حيث تغسل بنفس الوقت القطّاعات الضـخمة المتجمّعـة (قطاعات الدورات الزراعية، القطاعات المنفصلة). تُحدّد مساحة الغسل بذات الوقـت بقـدرة التمرير للقنوات الداخلية والبينية. يجب استصلاح الأراضي المغسولة مباشرة، باستخدام بذور المحاصيل المتوازنة الملوحة والمخصّصة عند الضرورة لغسل شبكة الريّ للتخلّص من تجدّد الملوحة مرّة أخرى.

5-4- التنبؤ عن النظام المائي والملحي في الأراضي المروية:

لا بدّ من أجل كلّ أرض مروية من تشكيل تنبّؤ (توقّع) بالنظام المائيّ والملحيّ بهدف إظهار التغيرات في حالات أو ظروف الاستصلاح وتأسيس المعايير أو المقاييس الضـروريّة لمكافحة الملوحة الثانية والغمر.

مسائل التنبؤ تعتبر التالية:

1 – تقييم العوامل الطبيعية الأساسية التي تحدّد النظام المائيّ والملحيّ في الظروف الطبيعية، وتحديد رطوبة التربة والتغذية بالارتشاح للمياه الجوفية، وتدفق وصرف الجريانات السطحية والمياه الجوفية.

2– حساب نظام مستوى المياه الجوفية، وتَغيّرُ معدنيّتها، واحتياطي الأملاح في التربة في الظروف التصميميّة وتأسيس إجراءات الاستصلاح الضروريّة وإنشاء الدريناج، واستخدام نظام الغسل بالريّ.

3– اختيار الأساليب والطرق المنطقيّة للصرف، وحساب بسارامترات الدريناج، ومعدّلات الغسل.

4– يجب أن يكون تشكيلُ التنبؤات معتمداً على دراسة واضحة ودقيقة للظروف الطبيعية للأرض في عملية البحث والدراسة، وعلى معطيات الأنظمة الملحوظة (المراقبة) من المراكز والمحطّات الهيدرومينارولوجيّة، والهيدروجيولوجيّة، وعلى معطيات محطّة التوازن المائي، وأيضاً على البحوث في التوازن المائي في القطاعات التجريبية والقطاعات التجريبية – الاستثمارية.

تجب الإشارة إلى أنّ دراسة الظروف الطبيعية غير كافية فقط لاستنتاج الحالة المستقبلية لاستصلاح الأرض بعد بداية بالريّ، لأنّ الحالة البدائية يمكن أن تتغيّر بصورة حادة.

يجب أن تدخل في تكوين التنبؤات حسابات التوازن المائي والملحي، وحسابات ديناميكا الرطوبة والأملاح للطبقة الترابية، وأعماق المياه الجوفية، وتدفقات المصارف. بسبب صعوبة شكل العمليات الحادثة في التربة والمياه الجوفية، ومن أجل الحسابات يستخدم الحاسوب لنمذجة عمليات الارتشاح.

معادلات التوازن المائيّ التيّ اقترحها كوستياكوف والمستخدمة عند حساب التنبؤات، لها ميزاتها المختلفة عن المعادلات المشكّلة من أجل المساحات غير المرويّة:

تعتبرُ تغذية المياه عند السقايات وصرفها بالدريناج من المراحل الأساسية لتوازن التدفق والصرف (هذه المراحل غالباً وبعدّة مرات تتجاوز التوازن الطبيعي المشكّل).

نادراً ما تتطابق حدودُ الأراضي المرويّة مع خطوط توزيع المياه السطحيّة والمياه الجوفية، لذلك يجب الأخذ بالاعتبار التبادل المائي بين الأراضي المرويّة والأراضي غير المرويّة.

من أجل إظهار اتّجاه عمليّة استصلاح التربة (توزّع الأمـــلاح، والغمـــر) لا يجـــب تشكيل التوازن المائي فقط، وإنمّا يجب تشكيل التوازن الجزئي للمياه السطحية وللمياه الترابية وللمياه الجوفية.

في حالات منفصلة، فضلاً عن التوازن الوسطي لسنوات عديدة، يحسبُ التوازن من أجل سنوات مختلفة، وأيضاً من أجل فترات أكثر قِصَراً (للنمو الحمولة، وللغسل ... الخ.).

من أجل تحقيق حسابات التنبؤ دقّقَ أفريانف معادلة التوازن المائي واقترح العلاقات التالية لها:

من أجل المياه السطحية:

$$\Delta W_1 = O_c + B + \Pi_1 - U - O_1 - B_n - C_b - \Phi_K \qquad (5\text{-}10)$$

من أجل المياه الترابية، هذا يعني من أجل المناطق غير المشبعة بالكامل بالمياه بدءاً من سطح الأرض حتّى مستوى المياه الجوفية:

$$\Delta W_2 = B_n - E \pm g \qquad (5\text{-}11)$$

من أجل المياه الجوفية، هذا يعني من أجل أول أفق أساسي بدءاً من السطح:

$$\Delta W_3 = \pm g + \Phi_K + \Pi_2 - O_2 - q \pm P \qquad (5\text{-}12)$$

ستأخذ المعادلة العامة للتوازن المائي للأرض المرويّة عند ذلك الشكل التالي:

$$\Delta W = \Delta W_1 + \Delta W_2 + \Delta W_3 = O_c + B + \Pi_1 + \Pi_2 - U - E - O_1 - O_2 - q \pm P \qquad (5\text{-}13)$$

حيث: $\Delta W_1; \Delta W_2; \Delta W_3$ – بالتطابق تغيّر احتياطيّ الأملاح في السطح، وفي الطبقة الترابية، وفي المياه الجوفية خلال الفترة المدروسة.

O_c – كميّة الأمطار الجوية.

B – تغذية المياه الكليّة لأرض الريّ، المتضمّنة مياه السقاية علـــى الصـــرف: C_b وضياعات الارتشاح من الشبكة: Φ_K.

$O_1; \Pi_1$ – تدفّق وصرف المياه السطحيّة.

$O_2; \Pi_2$ – تدفّق وصرف المياه الجوفيّة.

B_n – حجم مياه السقاية الممتصة في التربة أو معدّل الريّ الصافيّ.

U – التبخر من السطح المائيّ.

E – التبخر من سطح التربة واستهلاك الرطوبة على التبخر من أوراق المحاصيل، هذا يعني مجموع التبخر.

g – التغذية الشعريّة من جهة المياه الجوفية أو عمق الجزء المُرطّب بمياه السقاية.

q – التدفّق في المصرف الاصطناعي.

P – التأثير المشترك بين الأفق الأول الحاوي للماء والأفق التالي (موجباً عند ضغط التغذية من أسفل).

يسمح تحليل معادلة التوازن المائي بإظهار المراحل الأساسية لتوازن التدفّق والصرف الضروري من أجل الحساب التالي لارتفاع منسوب المياه الجوفية.

في الحالة البسيطة في أراضي الريّ الضخمة ذات التدفق والصرف الطبيعي غير الكبير نسبياً المياه الجوفية على حدودها، هذا يعني عندما: $H_2 - O_2 = 0$، وانعدام ضغط التغذية السفلية: $P = 0$ نجد من المعادلة (5-12):

$$\Delta W_3 = \pm g + \Phi_K$$

هذه العلاقة صحيحة عندما يبدأ الريّ من عمق المياه الجوفية والدريناج لم ينشأ بعد. في هذه الحالة تغير احتياطي المياه الجوفية في واحدة المساحة يساوي:

$$\Delta W_3 = \mu(h_0 - h)$$

حيث: μ – ثابت السعة الحرّة أو عدم كفاية التشبّع بالمياه، وهذا يعني الفرق بين المسامات والرطوبة البدائية.

h_0 – العمق البدائي للمياه الجوفية. h – العمق المتوقع.

يشكّل عمق الجزء المُرطّب بمياه السقاية عادة: $g = (0.1 - 0.15)E$، ويمكن تحديد ضياعات الارتشاح بمعرفة الثابت الكليّ للتأثير المفيد لشبكة الريّ في الأرض: η وبمعرفة معدل الريّ الصافي:

$$\Phi_K = O_P\left(\frac{1}{\eta} - 1\right) \qquad (5\text{-}14)$$

إذا عبر عن مجموع: $g + \Phi_K$ في شكل شدّة التغذية الوسطية السنوية: $\varepsilon;[m/dy]$ فإننا نحصل على:

$$\mu(h_0 - h) = \varepsilon t$$

حيث: $t;[dy]$ – الزمن من بداية الريّ باليوم.

باستخدام هذه المعادلة يمكن حساب عمق توضّع منسوب المياه الجوفية في أيّة لحظة زمنية: t:

$$h = h_0 - \frac{\varepsilon}{\mu} t \qquad (5\text{-}15)$$

أو يمكن حساب الزمن عندما ترتفع المياه الجوفية حتّى الأعماق المفترضة: $3-4[m]$ وتتطلّب إنشاء الدرناج:

$$t = \frac{\mu}{\varepsilon}(h_0 - h) \qquad (5\text{-}16)$$

في المعادلات الحسابية المبينة أعلاه قيمة التغذية الارتشاحية: ε تُستخدم من أجل مساحة الريّ الكليّة، وهذا يعني ضربها بثابت استخدام الأرض.

في أراضي الريّ غير الكبيرة وعند وجود مصارف طبيعية سرعةُ ارتفاع المياه الجوفيّة ستكون أقلّ بسبب جريانات الصرف الجانبي.

تُستخدم نمذجة التيارات الارتشاحية من أجل تحديد ارتفاع المياه الجوفية في الظروف الأكثر صعوبة، (أراضي ذات أشكال غير منتظمة، بنية الطبقة الأقفية الحاوية للمياه، الصرف الطبيعي الكبير نسبياً للمياه الجوفية، التوضّع غير المنتظم للمصارف الطبيعية على أعماق مختلفة ... الخ).

إذا أظهرت نتيجة الحسابات المعتمدة على التنبؤ (التوقّع) أن المياه الجوفية ترتفع إلى المنسوب غير المسموح به، فإنّنا نستنتج من ذلك ضرورة إنشاء الدرناج. يمكن تحديد الحمولة على الدرناج من توازن المياه الجوفية المعادلة (5-12) من أجل عامٍ حسابي، باقتراض أن: $\Delta W_3 = 0$ هذا يعني افتراض أن عمق المياه الجوفية عند بداية ونهاية العام تتطابق:

$$q = g + \Phi_K + \Pi_2 - O_2 \pm P \qquad (5\text{-}17)$$

التبادل المائيّ بين التربة والمياه الجوفية: g يمكن أن يمتلك ليس فقط قيماً مختلفةً، ولكن يمكن بإشارة مختلفة. على سبيل المثال: من أجل منع التملّح الثانوي، إذا كانت المياه الجوفية ممعدنة بشدّة، عندها لا بدّ من نظام الغسل بالريّ، أو خلال عام التيارات غير الصاعدة للرطوبة الترابية ككلّ:

$$g = O_c + O_p - E)0 \qquad (5\text{-}18)$$

حيث: O_p – معدل الري الصافي مع الأخذ بالاعتبار سقايات الغسل الوقائية.

وتكونُ في الأراضي غير المالحة أو عند المياه الجوفية الممعدنة قليلاً، والمنتظمة الدرياج وسطياً خلال عام على عمق حوالي: $(0.9-1)h_K$، هذا يعني أنّ الارتفاع الأعظمي للارتفاع الشعري، قيمة التبادل المائي: g قريبةٌ من الصفر.

إذا وجدت في الأرض جريانات كبيرة نسبياً من المياه الجوفية، يمكن أن يحدد عمقها بعدّة مرّات أصغر من: h_K من أجل إنقاص معدّلات الريّ، بالأخذ بالاعتبار إمكانية توزيع المياه الجوفية على التبخر. في هذه الحالة تصبح قيمة التبادل المائي في المعادلة (17-5) سالبة، ويمكن أن تكون محدّدة أو وفق معادلة أفريانف:

$$g = -E(1-h/h_K)^2$$

حيث: h – العمق الوسطي للمياه الجوفية خلال فترة النمو.

لا بُدّ عند تحديد الحمولة على الدرياج من الأخذ بالاعتبار إمكانية اختصار جريانات المياه الجوفية، والمتدفقة إلى الأرض من الجهات: Π_2، بطريقة إنشاء وديان ضيقة أو مجاري صرف. وضرورة الأخذ بالاعتبار أيضاً زيادة صرف جريانات المياه الجوفية إلى خارج حدود الأرض: O_2 بسبب ارتفاع مستواها بالمقارنة مع الموجودة (الشائعة).

لا بُدّ عند ارتفاع منسوب المياه الجوفية من تدقيق شدّة ضغط التغذية من أسفل: P. إذا كان الأفق الحاوي للمياه جزءاً من طبقة الضغط السفلية ذات التربة الضعيفة النفاذية وبثابت ارتشاح: k_0 وباستطاعة: T_0، فإنّه يمكن تحديد شدّة ضغط التغذية من أسفل من المعادلة التالية:

$$P = \frac{k_0}{T_0}(h - h_\Pi)$$

حيث: h_Π – عمق توضّع السطح البيزومتري للأفق الضاغط، المفترض من سطح الأرض.

h – العمق الوسطي السنوي للمياه الجوفية.

عندما: $h \rangle h_\Pi$ يمكن جزئياً جريان المياه الجوفية إلى الطبقة السفلية. عند النفاذية الكبيرة للمياه لهذه الطبقة يمكن انخفاض الحمولة على الدرياج، على سبيل المثال: عند صرف المياه من هذه الطبقة لضرورة التغذية بالمياه أو للريّ.

بهذا الشكل، وبتحليل معادلة التوازن المائيّ يمكن ملاحظة إجراءات الاستصلاح لاختصار الحمولة على الدرياج بهدف إنقاص الضياعات على إنشائه.

5-5- الدريناج في الأراضي المرويّة:

يجب أن يتحقّق بصورة موحّدة مكافحة الأملاح في الأراضي المرويّة، كما الستملّح الأوّل (الطبيعي)، وأيضاً التملّح الثاني، والذي يظهر عند ظروف معينة في عملية الري. وفق وجهة نظر كوستياكوف هذه الأعمال لمنع ولمكافحة الغمر والملوحة في الأراضي المرويـة. وتُعتبر نظاماً موحّداً صعباً من حيث إجراءات الاستصلاح الهيدروتقنية، والتقنية الزراعيـة، وإجراءات الاستصلاح الزراعية والزراعية التنظمية باستخدام الطـرق الحديثـة المتطـورة للاستصلاح في الأراضي المروية.

تُعتبر إجراءات الاستصلاح الأراضي أيضاً نظاماً صعباً، والذي يدخل في تكوينهـا: مكافحة ضياعات المياه من شبكات الريّ وزيادة ثابت التأثير المفيد لها وزيادة ثابت اسـتخدام مياه السقاية في الحقول. إعدادُ شبكاتُ الريّ بالمنشآت المائية الهيدروتقنية من أجـل معـايرة التدفقات، والمرع، ومستوى المياه في شبكات الريّ. وإنشاء منشآت صرف المياه والـدريناج في المساحات المرويّة، وغسل الأراضي المالحة بالدريناج ... الخ.

الصرف هو العملية التي ينخفض عندها منسوب المياه الجوفية ويتحققَ صرفها إلـى خارج حدود المساحات المرويّة. يمكن أن يكون الصـرف طبيعيـاً واصـطناعياً. الصـرفُ الطبيعيُّ ممكنٌ عند وجود طبقات حصويّة أو حجارة ضخمة في السماكة الترابية، المتوضـعة نسبيا على أعماق كبيرة من سطح الأرض، وتُؤمّن صرف المياه الجوفية في هذه الطبقات إلى خارج حدود المساحات المروية. نجد في هذه الظروف أن التربةَ المالحةَ عملياً غيرُ ملحوظـةٍ (حالةُ التملّح في القطاعات الصغيرة الموضعية غيرُ مزالة). لكنّ ظاهرةَ المصارف الطبيعيّـة نادرةٌ في غالبية أراضي الري. كقانون، يرتفعُ في عملية الري منسوبُ المياه الجوفية بالقرب من سطح الأرض (على حساب ضياعات الارتشاح لمياه الري)، ممّا يُسيء لعملية تملّح التربة في الأرض المرويّة.

التربةُ المالحة منتشرةٌ في مساحات ضخمة من الأراضي المروية: وفي الأراضـي الجافة وشبه الجافة والمعتدلة، وفي المنخفضات وعند الهضاب القريبة من سفوح الجبال.
تحمل (تنقل) الأملاحُ في الأراضي المرويّة أضراراً ضخمةً للأراضـي المرويّـة. تترافـقُ المكافحةُ لهذه العمليات بضياعات كبيرةٍ على الوسائل، وعلى الجهد وموارد المواد، لذلك تعتبر مشكلةً زراعيةً هامّةً. يُعتبر الصرف الاصطناعي في التربة من أجل مساحات مرويّة عديـدة التكوينات، وأحياناً من الجزء الأساسي لمجموعة الإجراءات لمكافحة الملوحة، والذي يُحقّق

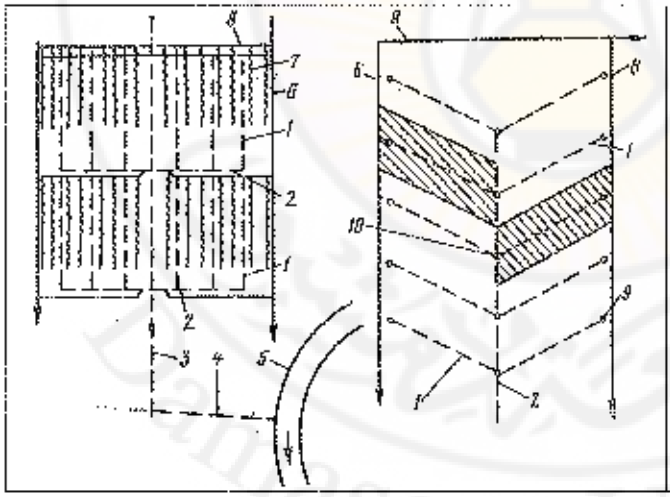
بواسطة أنظمة المنشآت المائية الهيدروتقنية–الدريناج.يجري في الوقت الحاضر مكافحة الملوحة في الأراضي المروية بانتشار واسع النطاق وبتحقيق مجموعة الإجراءات الاستصلاحية.

لا بُدَّ من دراسة شبكات الدريناج والريّ كمجموعة موحَّدة ولأهداف ومسائل مُحدّدة، والتي تتّجه لتحسين جذريّ وللحفاظ على خصوبة التربة، ولإنشاء وللحفاظ في الأراضي المروية على نظام مائيّ – ملحيّ مثاليّ من أجل المحاصيل الزراعية. الريُّ والصرفُ في المجموعة الموحّدة والإجراءات الاستصلاحية من أهمّ الوسائل للحصول على إنتاجٍ مرتفعٍ للمحاصيل الزراعية.

5-6- تصميمُ وأنواعُ وتوزّعُ شبكات الدريناج:

تجميع وتوحيد المنشآتُ المائية الهيدروتقنية وإنشاء المصارف، والمجاري، والمنشآت المائية عليها تُسمى بشبكة الصرف بالدريناج أو شبكة الصرف بالمجاري–الدريناج. يُستخدم الدريناج الأفقي في الأراضي المروية الشكل (3-5)، وكذلك الدريناج الشاقوليّ والدريناج المركّب.

يُختار نوعُ الدريناج وفقَ العلاقة بالظروف الجيولوجيّة، والهيدروجيولوجيّة، والترابيّة، والطبوغرافيّة والزراعية للأرض، بالاعتماد على الحسابات الفنيّة الاقتصادية. الأكثرُ ملائمةً في ظروف التغذية بالضغط للمياه الجوفيّة هو إنشاء الدريناج الشاقولي أو المركّب.



الشكل (3-5): توضّع الدريناج النظامي في الشبكة، 1– مصارف، 2– مجاري، 3– مجرى زراعي، 4– مجرى رئيسي، 5– مجرى تجميع المياه، 6– قناة ري توزيعية، 7– قناة ري مؤقتة، 8– قناة توزيع قطاعية، 9– البئر البدائي للصرف، 10– بئر المراقبة للصرف.

وفق العلاقة بوظيفة وبتوزيع المساحة الخاضعة للصرف ومصادر تغذية المياه الجوفية، عادة ما تُقسم منشآت ووسائل الدريناج إلى: 1– الدريناج النظاميّ الشكل (3-5,a,b). 2– الدريناج

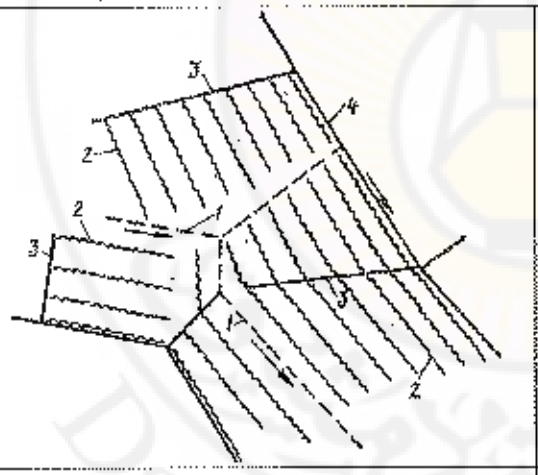
الجزئي (الاختياري) الشكل (4-5).3- الدرينـاج الخطي (الرأسي أو الساحلي أو الشـــاطئي أو المتقاطع) الشكل (5-5).

الدرينـاج النظاميّ: عبارة عن نظام المنشآت الدائمة للصرف، والمتوضّعة بانتظام أكبر أو أقل في المساحة المرويّة الخاضعة للصرف.

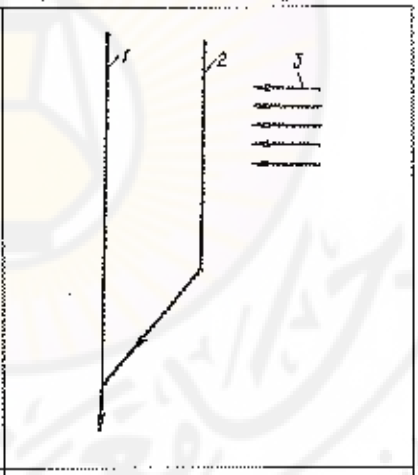
الدرينـاج الجزئيّ: الشكل (4-5) نادرٌ ونتوضّع مصارفه بصورة منفصلة ومؤقتة، وهو مناسباً للتّضاريس المنخفضة، ولقطّاعات الأرض المروية ذات حالات الاستصلاح السيئة.

الدرينـاج الخطيّ: (الرأسيّ أو الشاطئيّ، أو المتقاطع) يتوضّعُ في المساحة الخاضعة للصـــرف أو خارجها وفقَ تغذية المياه الجوفيّة للمساحة المرويّة الشكل (5-5). وهو يُنشأ لجمع وتصرف جريانات المياه الجوفية من المساحة المرويّة، فيما إذا اعتُبرتْ هذه المياه أحد أسباب التملّح في الأراضي المرويّة.

يُقسم الدرينـاج وفق زمن العمل إلى: الدرينـاج الدائم والدرينـاج المؤقـت. **الـدرينـاج الدائم:** يحافظ على النظام المائي الملحيّ المطلوب للتربة ولمناطق التهوية على امتداد كامـــل فترة عمل شبكة الريّ. **الدرينـاج المؤقّت:** يعمل فقط خلال أي قطاع زمني (من سنة إلى ثلاث سنوات)، في فترة الغسل الاستثماري، وليس على امتداد كامل فترة عمل شبكة الريّ.



الشكل (4-5): مخطط شبكة الري ذات الدرينـاج الجزئي، 1- مصرف، 2- قنوات ري مؤقتة، 3- قنوات توزيع قطاعية، 4- قناة توزيع زراعية.



الشكل (5-5): مخطط توضع المصرف الرأسي الخطي، 1- مجرى، 2- المصرف الرأسي الخطي، 3- تيار المياه الجوفية الذي يلتقطه المصرف الخطي.

تعمل المصارف الشاقوليّةُ والأفقيّة كلياً أو جزئياً وفقَ العلاقةِ بدرجة الكشف عن الطبقات الحاوية للمياه. تُسمى المصارف التي تقطعُ كامل سماكة الطبقة الحاوية على المياه **بالمصارف الكليّة**، أما التي تَكْشِفُ عن الطَبَقة الحاوية للمياه جزئياً فتُسمَّى **بالمصارف الجزئيّة**.

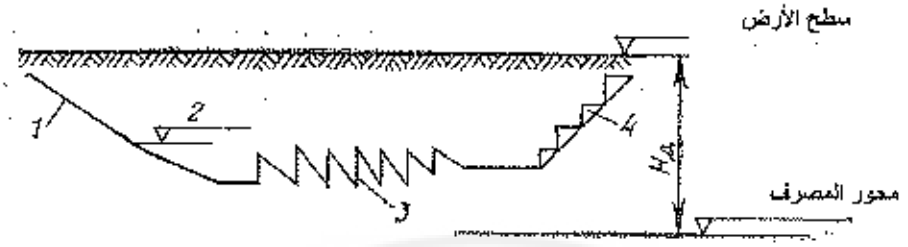
المصارف الشاقوليّة التي تَكْشِفُ عن المياه الجوفيّة دون ضغطٍ تُسمّى **بالمياه الترابية**، أما المصارف الشاقوليّة التي تَكْشِفُ عن المياه الجوفيّة تحت سطح الأرض (الارتوازية) ذات الضغطِ فتُسمّى **بالآبار الارتوازية**.

كثيرا ما يرتبطُ مفهوم تملّح الأراضي المرويّة مع الغمر لهذه الأراضي. لكن هاتين العمليتين ليستا دائماً مترافقتين. وغالباً لا تؤدّي المياهُ الجوفيّة المعدنيّة المتوضّعة على عمق: $2-2.5[m]$ من سطح الأرض لغمر المساحات، لكنّ بذات الوقت تُعتبر سبباً في تملّح التربة. يمكن في حالات معروفة، وعند ارتفاع منسوب المياه الجوفية في ظروف الصرف الطبيعي في أيّة مجالات وبدون ظهور علامات للغمر يمكن أن تُظهر تأثيراً ملائماً على التربة وعلى المحاصيل الزراعية.

في الأراضي المرويّة المالحة المستصلحة يميّز كاهدوي فترتين: 1- الاستصلاحية وهذا يعني فترة الاستصلاح، 2- فترة الاستثمار. يُشكّل الدرينّاج في الفترة الاستصلاحية (استمراريتها من سنتين إلى خمس سنوات) ظروفاً مناسبةً من أجل إنشاء الغسل والانتقال ثابتٍ لأملاح التربة حتّى العمق، والذي يُؤمّن نظاماً مائيّاً ملحيّاً مثاليّاً لهذه التربة من أجل المحاصيل الزراعية، ويُلغي عملية تراكم الأملاح. في هذه الفترة يجب أن يبلغ انتشارُ الأملاح كاملَ السماكة (المحتوى المسموح به لا يتجاوز: $0.2-0.3\%$ من مجموع جميع الأملاح من كتلة التربة الجافة، بما في ذلك شوارد الكلور لا تتجاوز: 0.01%).

في الفترة الاستصلاحية: يجب أن يؤمّن الدرينّاجُ ثباتاً لمنسوب المياه الجوفية في الأراضي المغسولة، فعلى سبيل المثال: اقترح كوستياكوف من أجل بعضِ المناطق في آسيا الوسطى: على عمق: $2-2.5[m]$ في الصيف – فترة النمو، على عمق: $1.3-1.8[m]$ في الربيع حتى بداية الأعمال الحقلية وعلى عمق: $1[m]$ في الشتاء الشكل (6-5).

في الفترة الاستثمارية: يجب أن يؤمّن السدرينّاجُ حفاظاً مضموناً على نظام الاستصلاح الملائم ولحالة الأرض المروية، وحفاظاً على العمق المثالي لمنسوب المياه الجوفية، وإلغاءً عملية إعادة تملّح التربة وعملية التملح الثانوي بالكامل. تساوي استمرارية الفترة الاستثمارية فترةَ العمل لشبكة الريّ والدرينّاج.



الأشهر	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12

الشكل (6-5): مخطط نظام المياه الجوفية خلال العام في فترة الاستصلاح: 1- خط سطح المياه الجوفية، 2- منسوب المياه الجوفية 1--3، 3- منسوب المياه الجوفية صيفا (سقايات)، 4- منسوب المياه الجوفية وقت الغسل.

المسألة الهامّة جداً في عمل منشآت الدرينـاج هي انتشار أملاح المياه الجوفيّة حتّـى الحدود، والتي عندها تتوقّف تماماً عملية تملّح الأراضي المرويّة. من أجل ذلك لا بدّ أن تبلـغ درجةُ تمعدن المياه الجوفيّة: [g /l]3 -- 1 (أقل في مياه الصودا والكلور وأكثر في السلفات).

ما الحالات التي يكون فيها الدرينـاج ضـرورياً أو مطلوبـاً؟ الظـروف الطبيعيـة للأراضي المرويّة مختلفة جداً، لذلك نبيّن فقط بعض الأمثلة للظروف، التي عندها لابـد مـن الدرينـاج:

1-- ينشأ الدرينـاج قبل كلّ شيء، عندما تكون المياه الترابية والمياه الترابية الجوفيّة مالحة.2- عندما تكون التربةُ مالحةً، والمياهُ الجوفيّة ضعيفةُ التمعدن.3- التربة غير المالحـة، والميـاه الجوفية شديدة التمعدن.4-- التربة ضعيفة الملوحة، والمياه الجوفية المعدنية تقع علـى عمـق أكثر من: [m]10.

يُصمّم الدرينـاج وفق مواد البحث والدراسة، تبعاً للحجوم التي تحدّد صعوبة الظروف الزراعية الطبيعية للمساحات، والتي يُصمّم عليها إنشاءُ الدرينـاج، ومراحل التصميم. **أشكال الدراسة والبحث كالتالي:** الأشكال الطبوغرافية، والهندسة الهيدروجيولوجية، والهيـدرولوجيا، واستصلاح التربة، والدراسة الاقتصادية الزراعية والاستصلاحية. يجـب تحقيـق الدراسـة بصورة موحّدة وفي المساحات المرتفعة أكثر عن مساحة شبكة الدرينـاج المصمّمة، لأنّ إجراء أعمال الاستصلاح يظهر تأثيراً على الأراضي المجاورة للمشروع، وبالعكس. يجب أن تنجز جميع الدراسات والبحوث بالحجم، والذي يؤمّن أساساً موثوقاً للتنبؤ بالنظام المائيّ -- الملحيّ، ولمعايير التحذيرات لتملّح الأراضي المرويّة ولإزالة الأملاح.

وفق مواد البحث والدراسة يتمّ إيجاد الأسباب، مواصفات وشدّة عمليّة تملّح التربة والمياه الجوفية. وأسباب ارتفاع منسوب المياه الجوفيّة، شدّة وسرعة ارتفاعها، ودور وقيمة ضغوط المياه في توازن ونظام المياه الجوفيّة والأملاح، وقيمة المجال الفعّال (حسب الشاقول) للتبادل المائي، والذي عادة يشكّل في الأراضي المروية: $[m]30-20$ وأكثر من ذلك. بالإضافة لذلك يشكّل التوازن المائيّ الملحيّ الكلي والجزئيّ والتنبؤات بنظامها. تؤسس ضرورة الغسل الاستثماري والوقائي لأملاح التربة، وتحدّد معدلات الغسل وفترات الغسل، العمق الحرج والتعدين المسموح به في المياه الجوفية. تحدّد الخواص الارتشاحية للتربة وبوضع المخطّط الارتشاحيّ الحسابيّ مع النوع الأساسي المقترح للدرناج من أجل المعطيات للظروف الهيدروجيولوجية والجيولوجية، والترابية ويتم إيجاد فترة إنشاء الدرناج.

تجب الإشارة إلى أنّ التوازن المائيّ والملحيّ يجب أن يتشكّل ليس فقط وفق المعطيات السنوية الوسطية، ولكنّ عند تأمينات محدّدة (باستخدام طرق الإحصاء الرياضي). كلّ عنصر لهذه التوازن ضروريّ لتحديد الأسلوب المستقل بصورة منفصلة، وليس حساب قيمة العنصر المجهول من نفس معادلة التوازن المائي.

جميعُ الحسابات التحليلية للعمل مرتبطةٌ بتصميم منشآت الدرناج وببرامجها، وبتوازن المياه الجوفية والأملاح، ويكون التنبؤ بنظام المياه الجوفية، بالاعتماد على قوانين حركة المياه الجوفية وحركة المياه تحت سطح التربة وبالقانون العام للظروف الترابية، والمناخية الطبيعية، والزراعية في المساحات المروية.

تُحلّ مسائلُ عديدة لتصميم الدرناج في الأراضي المرويّة بواسطة النمذجة، وهذا يعني البحثَ والدراسة للعمليّات الفيزيائيّة على النماذج. تلعب دوراً كبيراً النمذجة في البحوث الارتشاحية والحسابات، لأنّها تسمحُ بحساب حالات الطبيعة الصعبة.

تتطلّبُ حساباتُ وتصميم منشآت الدرناج معالجةَ حجمٍ كبيرٍ من المعلومات باستخدام واسع النطاق للحاسوب والبرمجيّات.

5-7- الدرناج الأفقي:

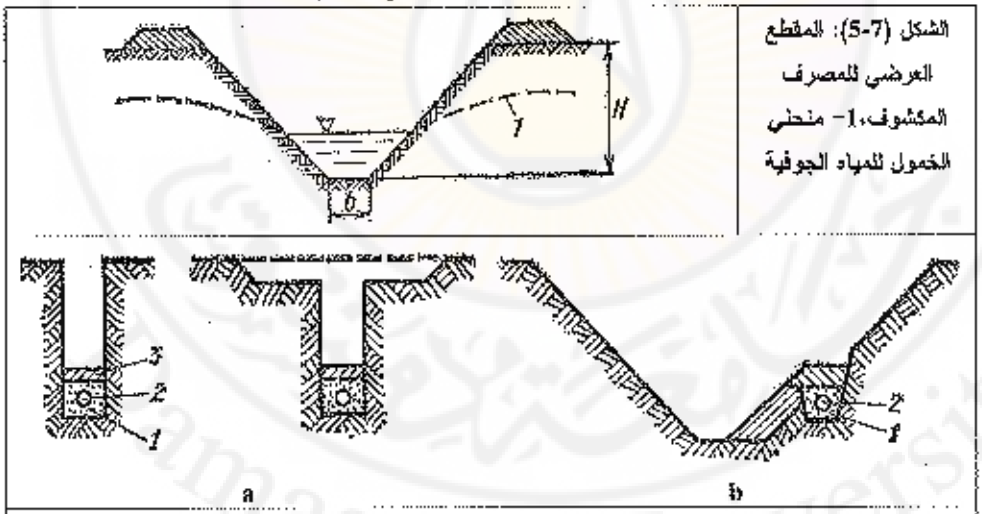
يستخدمُ الدرناجُ الأفقيُّ من أجلِ الصرف في الأراضي المتجانسة أو المالحة ضعيفة النفاذية للمياه (عند أعماق مختلفة لتوضع القاعدة الاستنادية للمياه)، وأيضاً من أجل الصرف في التربة جيّدة النفاذية للمياه عند التوضّع: أقل من: $[m]5$ للقاعدة الاستنادية المائية. يشكّل في

الحالة الأولى مجموع تغذية المياه أقلّ من: $100[m^2/dy]$. وهو يُحدّد بجداء ثابت الارتشاح للطبقة الحاوية للمياه بقدرتها (استطاعتها): $T = Km;[m^2/dy]$.

ينشأ الدريناجُ الأفقيُّ كقانون عند تغذية المياه الجوفية دون ضغط (أي دون ضغط المياه الجوفيّة من أسفل إلى الأعلى)، لكنْ في بعض الحالات يمكن استخدامه حتّى عند التغذية بضغط المياه. تُستخدم مجموعة المنشآت الهيدروتقنية والمعدّات للدريناج الأفقي من أجل جمع وصرف المياه الجوفيّة من المساحات المرويّة.

تتكوّن شبكة الصرف–المجاري الأفقيّة من المصارف والمجاري بأنساق مختلفة، ويكون مجرى تجميعُ المياه والمنشآت الهيدروتقنية عليها. أنظر الشكل (5-3,a,b). تُستخدم المصارف من أجل جمع وصرف المياه الجوفية مباشرة من الأرض، أمّا المجاري فتجمع المياه من المصارف وتنقلها إلى خارج حدود المساحة المرويّة إلى مجرى تجميع المياه، الشكل (5-3).

يمكن أن تكون المصارفُ الأفقيّة مغلقةً أو مكشوفةً. تُنجز المصارفُ المكشوفةُ بشكل قنواتٍ مع جوانبَ ترابيّة، الشكل (5-7)، أمّا المصارف المغلقة فتنجزُ من الأنابيب، الشكل (5-8)، وهي المتوضّعة على عمق محدّد تحت سطح الأرض، والتي تملكُ ثقوباً لاستقبال المياه أو خلوصاتٍ عند الوصلات التناكبية للأنابيب، والتي تجري عبرها المياه إلى الأنابيب.



الشكل (5-7): المقطع العرضي للمصرف المكشوف،1– منحنى الخمول للمياه الجوفية

الشكل (5-8): a– تصميم جزء تجمع المياه للمصرف المغلق، b– وضع المصرف عند منسوب قريب للمياه الجوفية، 1– ردميات تصفية مساميّة، 2– أنبوب الصرف، 3– ردميّات ترابيّة يدوياً

يمتلك الصرفُ المغلقُ العديد من الميزات بالمقارنة مع الصرف المكشوف: يرتفع ثابت استخدام الأرض المرويّة الخاضعة للصرف، والذي يؤمّن إمكانية مكننة الأعمال الزراعية وإدخال أساليب تقنيّة زراعيّة متطوّرة، ويختصر الضياعات على الشبكة الاستثمارية.

المصارفُ هي الحلقة الأساسية لشبكة المجاري – المصارف، التي عملها يتعلّق بوضعيّة منسوب المياه الجوفيّة في المساحة المرويّة. تجمعُ المجاري الأنبوبية المغلقة المياه من المصارف وتنقلها إلى مجرى تجميع المياه أو إلى أنبوب تجميع المياه.

وفق العلاقة بالظروف الطبيعيّة والزراعيّة وبتوضّع المساحة المرويّة يمكن أن تكون مخططات الشبكة نفسها مختلفة.

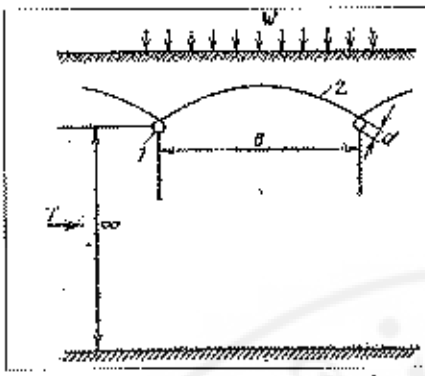
يمكن أن يكون صرفُ المياه بالدريناج إلى مجرى جمع المياه بالانسياب. وفي بعض الحالات عندما يكونُ صرف المياه بالانسياب فإنّ صرف مياه الدريناج من المساحة الخاضعة للصرف غيرُ ممكن، يُدرس إنشاء محطّات ضخٍ لصرف المياه، والتي كقانون توزّع على مجاري نقل المياه. المخطّطُ العام لحركة المياه بأيّة جهة للصرف ستكون واحدة كما عند الدريناج المكشوف، وأيضاً عند الدريناج المغلق. يتمثّل بعض الاختلاف فقط بجريان المياه إلى قناة الصرف المكشوفة وفق كامل محيط الانسياب، أمّا في الدريناج المغلق فتجري المياه عبر الوصلات التناكبية للأنابيب أو عبر ثقوب خاصة.

تُنشأ المصارف الفخارية من مواسير بطول: $l[m]$ 0.33 حيث يكون على طول كلّ: $l[m]$ توجد ثلاثة وصلات تناكبية. هذا يؤمّن الجريان المطلوب للمياه الجوفيّة إلى المصارف.

تملكُ المصارف المصنوعة من الأسبستوس الإسمنتي، والبلاستيكية والمصارف المصنوعة من المواد الأخرى في القعر والجوانب ثقوباً، والتي تجري عبرها المياه إلى المصرف.

ينخفضُ منسوبُ المياه الجوفيّة في الأرض المرويّة نتيجةَ عمل المصارف، مُشكلاً منحنى الخمول الشكل (9-5).

يمكن أن يكون توزّع شبكة المجاري – المصارف في المخطط مرتبطاً بتوزّع شبكة الريّ وبعناصرها المستقلّة، وبالظروف الطبيعية الزراعية، وبسالظروف الاستصلاحية الترابية وبالمسافات الحسابية بين المصارف. عند ذلك يجب أن تُحقّق متطلبات التنظيم الصحيح لمساحات المزارع، باستخدام التقنية المطابقة للريّ وأساليب متطوّرة للتقنية الزراعية في الأراضي المرويّة. تُصمّمُ شبكة المجاري – المصارف في المخطط بالتطابق مع التضاريس الموضعية وعلى الاتجاه الصحيح لجريان المياه الجوفية، حيث يكون جريان مياه المدريناج انسيابياً.



الشكل (9-5): المخطط الحسابي لطبقة وحيدة ذات عمق كبير جدا لتوضع القاعدة الاستنادية للمياه، 1- مصارف أفقية،2- منحني الخمول لمنسوب المياه الجوفية، B- المسافة بين المصارف، d- المسافة بين المصرف حتى مسند المياه، W- الارتشاح.

في المساحات ذات الميل باتجاه واحد يمكن أن توضع المصارف وفق اتجاه الميل الموضعي، تتلقى عندها المجاري المياه من المصرف، وتجري وفق الأفق، وهذا يعني أنّها بدون ميل. من أجل إمكانية نقل المياه فيه لا بدّ من تشكيل ميل اصطناعي، بزيادة عمق المجرى وفق اتجاه المصبّ. لكنه يحدث عند ذلك تعمّق كبير للمصارف وخاصة عند المصبّات القطاعيّة.

عند توضع المصارف عرضياً، والمجاري على طول الميل لا بدّ من تعميق المصبّات القطاعية للمصارف، ممّا يؤدّي لتعميق شبكة المجاري. يكونُ المخططُ المنطقي لتوضّع شبكة المجاري – المصارف في المخطط الأفقي على مساحة ذات ميل بجهة واحدة، وسيكون المخطط الذي توزّع عنده المصارف بزاوية ما لاتجاه الميل الموضعيّ الأعظميّ.

يجب عند تصميم شبكة المجاري – المصارف كما في المخطط أو المستوي الأفقي، أيضا في المستوي الشاقولي تحقيقُ المتطلّبات التصميمية، وإنشاء واستثمار شبكة المجاري – المصارف ويجب عليها تحقيق عمل جيّد لجميع حلقات أو أجزاء الشبكة.

يُصمّم الدريناج الأفقيّ النظاميّ الدائم كقانون، من الأنابيب المغلقة في جميع حلقاته، ويسمح فقط في حالات مستقلّة (في التربة ذات النفاذية الجيدة) بإنشاء المصارف المكشوفة بمسافة بينيّة لا تقلّ عن: $l[k.m]$.

توزّع المصارف في شبكات الري ذات القنوات المكشوفة دون تغطية ضدّ الارتشاح (اللامبطّنة) في الوسط بين القنوات أو على مسافة منها لا تقل عن: $30[m]$ للتخلص من تساقط المياه الارتشاحية من القنوات في المصارف وبالتالي لمنع انسدادها بالغرين المترسب.

توضع المجاري المكشوفة والمصارف بجانب قنوات الريّ الدائمة ممكن في الحالات التالية: عندما تملك قناة الريّ تجهيزات ضدّ الارتشاح، أو عندما يكون المجرى مصمّماً من النوع الأصمّ، أي لا يملك ثقوباً لتمرير المياه ولا خلوصات عند الوصلات التناكبية للأنابيب.

في مواضع التقاطع مع قنوات الريّ، الطرقُ وخطوط الغابات والمصارف المغلقة يجب أن لا تملك ثقوباً لتمرير المياه ولا خلوصات في الوصلات التناكبية للأنابيب. يجب أن لا يقلّ طول مثل هذا القطاع للمصرف عند التقاطع مع قنوات الري المكشوفة عن: $B+10H$ ، حيث: B – عرض القناة من الأعلى، H – عمق القناة.

توزّع في عملية التصميم لشبكة المجاري الأساسية في المخطط الأفقي قبلَ كلّ شيء وفق الانخفاضات الموضعية، وحدود الحقل الزراعيّ، والأرض المستقلّة وأرض الدورة الزراعيّة، في مواضع التملّح الأعظميّ للتربة وعند وجود توضّع قريب للمياه الجوفية.

تدرس المجاري المغلقة بالأنابيب، وأيضاً المكشوفة بالقنوات. يمكن أن تكون المجاري مغلقة عند التدفقات الحسابية حتى: $0.5[m^3/\sec]$، وتكون مكشوفة عند التدفقات الأكبر من ذلك. يؤثر بدرجة كبيرة على اختيار تصميم المجاري الميل الموضعي ومواصفات التربة في خط المجرى.

حساب الدريناج الأفقيّ الدائم:

لا بُدّ عند تصميم الدريناج الأفقي من إيجاد العمق الحسابي لتوضّع المصرف: $H_0;[m]$، والمسافة الحسابية بين المصارف: $B;[m]$ (هذا البارامتر يُعبَّرُ عنه أيضاً في شكل الكثافة الحسابية للدريناج لهيكتار واحد من المساحة الصافية الخاضعة للصرف: $l_0;[m/hr]$)، تحديد الانخفاض المطلوب لمنسوب المياه الجوفية خلال فترة عام، وجريان الدريناج خلال فترة عام ومودول الدريناج للجريان: $[l/\sec.hr]$.

تُحسب بارامترات الدريناج الأفقي الدائم على الحمولة الوسطية للنمو في فترة الاستثمار، التي تحدّد وفق توازن المياه الجوفية: $[m^3/hr]$.

$$\Delta W_{\rho} = \Pi - O + \Phi_{\kappa} + q \pm P \qquad (5\text{-}19)$$

حيث: $O;\Pi$ – حجم جريان وصرف المياه الجوفية في الطبقة الحاوية للمياه.

Φ_{κ} – ضياعات الارتشاح لمياه الري من القنوات.

q – حجم التبادل المائي الشاقولي بين المياه الترابية والمياه الجوفية (تعتبر هذه القيمة مرحلة العبور إلى المياه الجوفية).

P – التبادل المائيّ الشاقوليّ لطبقة توازن المياه الجوفية ذات المياه تحت السطح العميق الضاغط (التغذية السفلية للمياه الجوفية الضاغطة أو انسياب المياه الجوفية للأسفل).

تُحسب الحمولة اليومية: $[m^3/hr]$ على الدريناج من المعادلة التالية:

$$\Delta W_{cr} = \frac{\Delta W_{Be}}{t_{Be}} \qquad (5\text{-}20)$$

حيث: t_{Be} – مدّة فترة النمو.

بمعرفة: ΔW_{Be} ليس صعباً إيجاد المسودل الحسابي لجريان الدريناج (شدّة الارتشاح)، $[m/dy]$:

$$W = \frac{\Delta W_{cr}}{10000} \qquad (5\text{-}21)$$

تحدّدُ جميعُ بارامترات الدريناج وفق العلاقة بالظروف الجيولوجيّة والهيدروجيولوجيّة، وسرعة الارتشاح، ودرجة ومواصفات الملوحة للتربة وللمياه الجوفيّة، والظروف التضاريسيّة والمسائل، والتي يجب أن يحقّقها الدريناج في الأراضي المرويّة.

يبدأ حسابُ الدريناج الأفقي بإيجاد عمق توضّع المصارف، والذي يتعلّق بالشروط المذكورة أعلاه، والعمق الحرج حتّى منسوب المياه الجوفيّة (الأخيرة كما هو معلوم تتعلق بالتمعدن الحرج للمياه الجوفية) وغيرها من الشروط.

توضع المصارف الأفقية الدائمة عادة على عمق: $[m]3.5 - 3$. وهذا ضروري من أجل تشكيل سعة مائية كبيرة للتربة في كامل السماكة الخاضعة للصرف، وأيضاً الضغط الضروريّ للمياه الجوفية فوق المصارف، والذي يؤثّر على شدّة صرف المياه الجوفيّة في المصارف، وعلى سرعة انخفاض منسوبها وإزالة الملوحة من التربة. ينخفض عند الأعماق الكبيرة للمصارف طردا ليس فقط منسوب المياه الجوفيّة، ولكن مناطقها الشعرية والارتفاع الشعري للمياه الجوفية المعدنيّة. العمق الكبير نسبياً لتوضع الصرف في الأراضي المروية المالحة حتى: $[m]3.5 - 3$ يتحدّد بضرورة تأمين قطع للمناطق الشعريّة للمياه الجوفية المعدنيّة من سطح التربة. يؤخذ بالاعتبار عند ذلك أنّ منحني الخمول للمياه الجوفيّة في الوسط بين المصارف سيقعُ على عمق: $[m]2.5 - 2$ من السطح، وارتفاع المياه الشعريّ في التربة يتعلّق بالتكوين الميكانيكي للتربة. عند التوضع العميق للمصارف يمكن زيادة المسافة فيما بينهم. وعند ذلك تختصر أطوالها في واحدة المساحة الخاضعة للصرف.

يمكن بالإضافة لذلك عند إنشاء المصارف العميقة في المساحات الخاضعة للصرف تشكيلُ نظام العمل المطلوب للمياه الجوفيّة في مواسم (فصول) مختلفة من العام انظر الشكل (5-6).

ممّا ورد أعلاه واضح تماماً أنّ المصارف العميقة مميّزة أكثر بالمقارنة مع غير العميقة، لكن هذا لا يعني، أنّه بغض النظر عن الاختلاف في الظروف الطبيعية، يُنصح في كلّ المناطق بوضع المصارف العميقة. مسألة توضع عمق المصارف لا بدّ من حلّها في كلّ حالة معينة.

لندرس بعض الأمثلة: إذا احتوت المياه الجوفية في أيّ أرض وفي جميع مناطق التبادل المائي على أملاح أكثر من: $20[g/l]$، فإنّ عمق توضّع المصارف يمكن أن يكون أكثر من: $3.5[m]$، انطلاقاً من أن منسوب المياه الجوفيّة في فترة تحقيق التيارات غير الصاعدة، ومنقعُ مياه الغسل والسقاية على عمق أكثر من: $2.5[m]$.

في الأراضي المرويّة ذات التربة المالحة، وحيث التربة الثقيلة تملك ثابت ارتشاح منخفض، يجري غسل التربة بضياعات جهد كبيرة وعلى عمق غير كبير. في الأراضي حيث تملك التربة الخفيفة نفاذيّةً جيّدة للمياه وقدرةً منخفضة لارتفاع المياه، من المناسب وضع المصارف الأفقية الدائمة على عمق أقلّ من: $3[m]$ وبمسافة صغرى بين المصارف، ممّا عند التوضع الأعمق للمصارف: $3.5-3[m]$.

تحديد المسافة بين المصارف بالدرناج:

يجري حساب الدرناج الأفقيّ النظاميّ بالتطابق مع الظروف الهيدروجيولوجيّة للأرض المصمّمة. تقسمُ وفق هذه الظروف إلى ثلاثة مخطّطات حسابيّة: 1- نظام الارتشاح للطبقة الوحيدة، والتي تُقسم إلى مخططين فرعيين: تربة متجانسة ذات قدرة مختلفة، ومتوضعة على المسند المائي، وسماكة بطبقتين. 2- نظامُ الارتشاح لطبقتين. 3- نظام الطبقتين ذو التغذية بالضغط.

يعتبر مصدرُ تغذية المياه الجوفية في أوّل مخططين ارتشاحاً لمياه الريّ وضياعات الارتشاح من القنوات، تضاف في المخطط الثالث التغذية بالضغط من المياه المتوضّعة تحت سطح التربة. أنشئت طريقةٌ خاصة للحساب من أجل كلّ مخطّط حسابيّ ومخطّط فرعيّ في داخلها. وعند توضّع المصارف في طبقة تربة وحيدة، بعمق توضع السطح الاستنادي للمياه: $T \to \infty$، عند التغذية الارتشاحية للمياه الجوفيّة (الضياعات الارتشاحيّة للمياه من القنوات، مياه الريّ الارتشاحيّة والأمطار الطبيعية) المسافة بين المصارف الأفقية تحسب عادة وفق معادلة كوستياكوف التالية:

$$B = \frac{\pi kH}{W[\ln(B/d) - 1]} \qquad (5\text{-}22)$$

من أجل تلك الشروط أيضاً، لكن عند الوضعية النهائية لسطح المسند المائي فإنّ المسافة بين المصارف الأفقية يُنصح بتحديدها وفق معادلة كوستياكوف، $[m]$:

$$B = \sqrt{\frac{2\pi kHT}{W}} \cdot \sqrt{\frac{H}{T} + \frac{1 + 0.8\ln(B/2T)}{\ln(B/d) - 1}} \qquad (5\text{-}23)$$

أو وفق معادلة أفريانف التالية:

$$B = 2\sqrt{\frac{2kHT}{W}\left(1 + \frac{H}{2T}\right)\alpha} \qquad (5\text{-}24)$$

حيث: $B; [m]$ – المسافة بين المصارف.

$k; [m/dy]$ – ثابت الارتشاح في التربة.

$H; [m]$ – الضغط الحسابي للمياه الجوفية فوق المصارف.

$d; [m]$ – قطر المصرف. من أجل أنابيب الصرف المغلفة: $d = 0.53P$ (حيث: P – المحيط الفعلي المرطب لجزء الصرف).

$W; [m/dy]$ – المودول الحسابيّ لجريان الدريناج (شدّة الارتشاح).

$T; [m]$ – عمق توضّع المسند المائي، معتبراً من محور المصرف.

α – الثابت الجزئيّ الذي يأخذ بالاعتبار المقاومات الإضافية عند تضيق التيار والتحاقه إلى المصرف.

يحسب الثابت الجزئي: α عند حساب المصارف المتشابهة، والقنوات الضيقة (الوديان)، والعاملة في تيارات المياه الجوفية، وفق المعادلة التالية (عندما: $B/T \geq 3$):

$$\alpha = \frac{1}{1 + \frac{2T}{B}b}; \quad b = 2.94\lg\frac{1}{\sin\frac{\pi l}{2T}}$$

المسافة بين المصارف المتوضّعة في الطبقة العلوية للتركيب ذو الطبقتين، عند: k_H / k_B)10 وعند المسافة من قعر المصرف حتّى السطح السفلي للطبقة العلوية أكبر من عرض المصرف، ويمكن تحديدها وفق معادلة شمشاكوف التالية، $[m]$:

$$L = 4\left[\sqrt{L_{HD}^2 + \frac{T}{2W}\left(H^0 - H_0\right)} - L_{HD}\right] \qquad (5\text{-}25)$$

حيث: L_{m} – الطول المكافئ (الارتشاحي) لمنطقة التشوه الحادّ الذي يظهر عند عدم تحقيق الدريناج، $[m]$.

$$L_{m} = 0.73(k_H / k_B)m_H \lg(8m_H / \pi d) \qquad (5\text{-}26)$$

حيث: k_H – ثابت ارتشاح الطبقة السفلية الشكل (5-10)، $[m/dy]$.

k_B – ثابت ارتشاح الطبقة العلوية، $[m/dy]$.

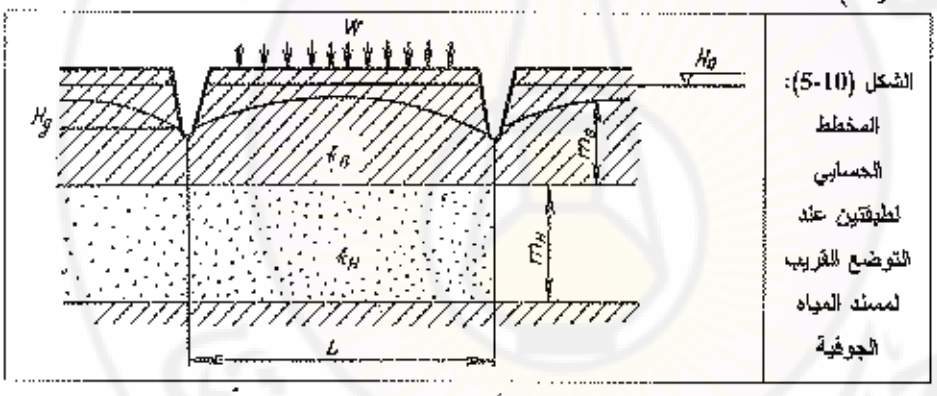
m_H – القدرة الحسابية للطبقة السفلية، $[m]$.

W – شدة الارتشاح، $[m/dy]$.

d – قطر المصرف وفق المنحني (المحيط) الخارجي للمصفاة، $[m]$.

T – قابلية التوصيل المساوية (في هذه الحالة) لجداء قدرة الطبقة العلوية بثابت ارتشاح هذه الطبقة.

$H^{O} - H_{O}$ – الضغط الحسابي للمياه الجوفية فوق المصارف (فوق منسوب المياه في المصرف).



الشكل (5-10): المخطط الحسابي لطبقتين عند التوضع القريب لمسند المياه الجوفية

عند الظروف الهيدروجيولوجية الأكثر صعوبة، وعندما تتشكل المياه الجوفية على حساب التغذية الارتشاحية وبالضغط الشكل (5-11)، نجد المسافة بين المصارف الأفقية بالاختيار وفق معادلة أفريانف التالية، $[m]$:

$$B = \frac{\pi T}{T^{*}} \qquad (5\text{-}27)$$

حيث: B – المسافة بين المصارف، $[m]$.

T – القدرة المحولة للطبقة ضعيفة النفاذية تساوي، $[m]$:

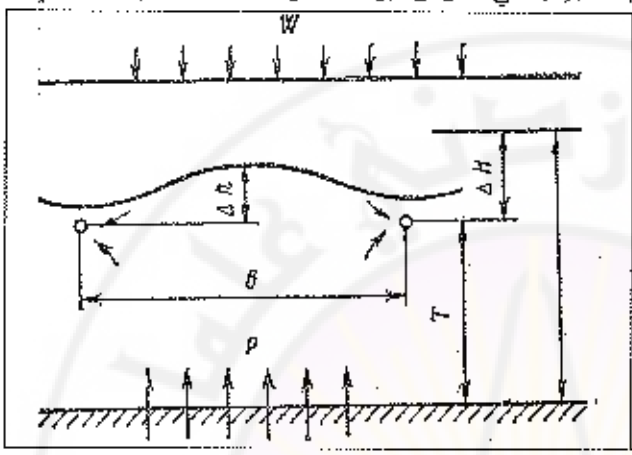
$$T = m_B + (k_B / k_H)m_H$$

$T^*;[m]$ – نجدها بالاختيار من العلاقة التالية:

$$0.435T+(\Delta\overline{H}-1)\lg T^* = (\Delta\overline{H}-1)\lg\frac{2T}{d^*}+0.301; d^* = \sqrt{2d(\Delta h+d)}$$

حيث: $d;[m]$ – قطر المصرف مع الأخذ بالاعتبار مقاسات المصفاة المردومة.

$\Delta h;[m]$ – ارتفاع منسوب المياه الجوفية في المركز بين المصارف فوق المصرف العلوي:



الشكل (5-11): المخطط الحسابي لصرف المياه الجوفية بالدرينا ج الأفقي عند التغذية سوية بالمياه الارتشاحية والتغذية بالمياه المضغوطة.

$$\Delta\overline{H} = \frac{\Delta H+\overline{q}T}{\Delta h}$$

حيث: $\Delta H;[m]$ – ارتفاع الضغط البيزومتري للطبقة الحاوية للمياه فوق الأفق المائي في المصارف.

$\overline{q}$ – القيمة المحولة للتغذية الارتشاحية: $\overline{q} = q_0 / K_t$ حيث: $K_t;[m/dy]$ – ثابت ارتشاح التربة التي فيها متوضع الدرينا ج، $q_0;[m/dy]$ – التغذية الارتشاحية.

حساب عمل الدرينا ج الأفقي في شروط الارتشاح غير المستقرة:

بعد تحديد المسافة بين المصارف وغيرها من بارامترات السدرينا ج في الشروط المستقرة للارتشاح لا بُدّ من دراسة ديناميكا تغيّر منسوب المياه الجوفية بين المصارف في زمن تدفق أو تغيير المسافة بين المصارف.

من النظام غير المستقر للمياه الجوفية وفق تطابق الفترات للعام. انظر الشكل (5-6) بالاعتماد على حسابات التوازن المائي للمياه الجوفية تحدد قيم التغذية بالارتشاح وتبخّر المياه الجوفية، وتدفق الدرينا ج، وزمن بلوغ الوضعية المطلوبة لمنسوب المياه الجوفية (انخفاض أو ارتفاع) خلال الفترة.

تُستخدم عادة عند حساب الدرياج في شروط الارتشاح غير المستقرة طريقةُ المقاومة الارتشاحية. تذبذب منسوب المياه الجوفية خلال فترات مختلفة من العام يمكن أن يكون متقارباً المحسوب وفق معادلة توازن المياه الجوفية:

$$\frac{\mu}{t}(h_H - h_K) = q_0 + P - D$$

حيث: μ – ثابت الفعالية أو ثابت عدم الكفاية للتربة المشبعة.

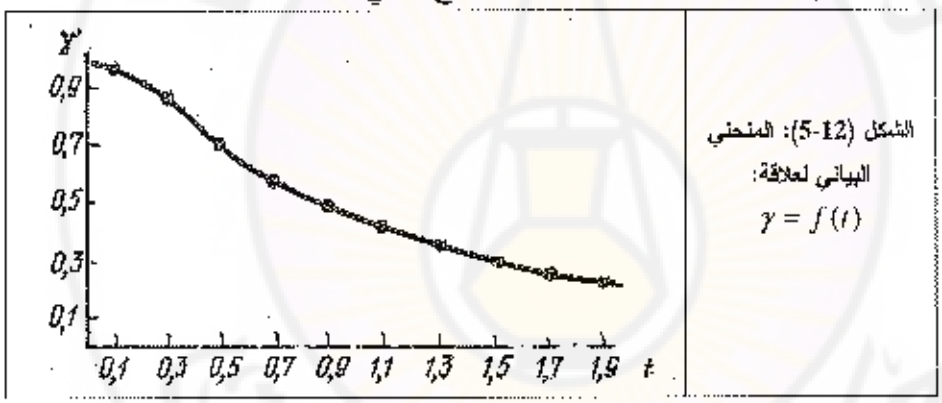
$t;[dy]$ – استمرارية الفترة الحسابية.

$h_K ; h_H ;[m]$ – العمق الوسطيّ للمياه الجوفية بالتطابق مع بداية ونهاية الفترة الحسابية.

$q_0;[m/dy]$ – التغذية الارتشاحية خلال الفترة الحسابية.

$P;[m/dy]$ – ضغط التغذية للمياه الجوفية.

$D;[m/dy]$ – مودول الجريان للدرياج الأفقي.



الشكل (5-12): المنحني البياني لعلاقة: $\gamma = f(t)$

المسافة بين المصارف في شروط الأنظمة غير المستقرّة للمياه الجوفيّة، هذا يعني وفق القيم المطلوبة أو المسموح بها لارتفاع أو لانخفاض منسوب المياه الجوفيّة فيما بين المصارف من أجل أيّ فاصل زمنيّ معلوم، يقترح تحديدها من المعادلة التالية:

$$B = 2\left(\sqrt{A^2 + \frac{\tau\pi}{\mu}} - A\right) \qquad (5\text{-}28)$$

حيث: $A = 2L_D$ – عند توضع الدرياج في طبقة التغطية العلوية. L_D – تحسب وفق المعادلة (5-26).

μ – ثابت عدم كفاية إشباع طبقة التربة العلوية.

τ – زمن الاستقرار: $[dy]$؛ $\tau = \frac{t}{\bar{t}}$ – استمرارية الفترة الحسابية لتغذية المياه الجوفية. $\bar{t}$ – الزمن النسبي نجده وفق المنحني البياني التالي الشكل (5-12).

ارتفاع منسوب المياه الجوفية في الوسط بين المصارف، على سبيل المثال: في السماكة ذات الطبقتين، من أجل أيّ فاصل زمني معيّن: t يحسب وفق المعادلة التالية:

$$h_t = \frac{Wt}{\mu}\gamma \qquad (5\text{-}29)$$

حيث: W؛ $[m/dy]$ – شدّة الارتشاح.

$\frac{Wt}{\mu}$ – ارتفاع منسوب المياه الجوفيّة عند انعدام الدريناج.

γ – ثابت استخدام السعة الحرّة للتربة ($1-\gamma$ يظهر ما هي حصة (نسبة) تغذية المياه الجوفية من مياه الدريناج).

يبيّن الشكل (5-12) العلاقة: $\gamma = f(t)$. بحلّ المعادلة (5-29) نسبة: γ نحصل على:

$$\gamma = \frac{\mu h_t}{Wt} \qquad (5\text{-}30)$$

جميع قيم الطرف الأيمن من العلاقة السابقة معلومة، لذلك بتحديد البارامتر: γ وفق المنحني البياني الشكل (5-12)، نجد الزمن النسبي: $\bar{t}$، ومن ثم زمن الاستقرار: $\tau = \frac{t}{\bar{t}}$. وبالتالي وفق المعادلة (5-27) نحدّد المسافة بين المصارف وفق الارتفاع المسموح به للمياه الجوفية.

باستخدام المعادلة (5-28)، يمكن تحديد المسافة بين المصارف وفق انخفاض معيّن لمنسوب المياه الجوفية وفترة استمرار انخفاضه.

التدفّقات الحسابيّة لشبكة المجاري – المصارف الدائمة:

التدفّقات الحسابيّة الأساسية لشبكة المجاري–المصارف نوعان: التدفّق النظامي والتدفّق الأعظمي. التدفّق النظاميّ يطابق النموّ الوسطيّ للحمولة على الدريناج في فترة الاستثمار، وهذا يعني عند جريان المياه إلى المصرف يحدث عند الوضعية المستقرة لمنسوب المياه الجوفية لا تقع المصارف في استناد.

يطابق التدفّقُ الأعظميّ الفترات الأعظمية للحمولة على الدريناج (فترة الغسل)، عندما يكون منسوب المياه الجوفية متوضعاً على ارتفاع: H - فوق المصارف.

$$H = H_0 + h$$

حيث: $H_0;[m]$ - ضغط المياه الجوفية فوق المصارف حتّى بداية الغسل.

$h;[m]$ - أرتفاع منسوب المياه الجوفية في فترة الغسل.

يمكن في الظروف الهيدروجيواوجية المحدّدة، والتي هدّئت من أجلها المسافة بين المصارف، على سبيل المثال: وفق معادلة كوستياكوف، يمكن حساب أيضاً جريان المياه إلى المصرف وفق هذه المعادلة، $[m/dy]$:

$$W = \frac{\pi KH}{B[\ln(B/d) - 1}$$

سيساوي مودول الدريناج، $[l/\sec.hr]$:

$$q = \frac{W10000 \cdot 1000}{86400B} = \frac{W115.7}{B}$$

يتغيّر مودول الدريناج للجريان عادة من: $0.06 - 0.45[l/\sec.hr]$.

من أجل تحديد التدفّق النظاميّ للمصرف يُنصح بالعلاقة التالية:

$$Q_H = 0.001q\omega$$

حيث: $Q_H;[m^3/\sec]$ - التدفّق النظاميّ للمصرف.

$q;[l/\sec.hr]$ - مودول النموّ الوسطيّ الحسابيّ لجريان الدريناج.

$\omega;[hr]$ - ثابت متعلّق بمساحة الصرف، انظر الشكل (5-3,b).

نجد التدفّق الأعظمي للمصرف وفق العلاقة التالية، $[m^3/\sec]$:

$$Q_{\max} = 0.001q_{\max}\omega$$

حيث: $Q_{\max}$ - التدفّق الأعظمي للمصرف.

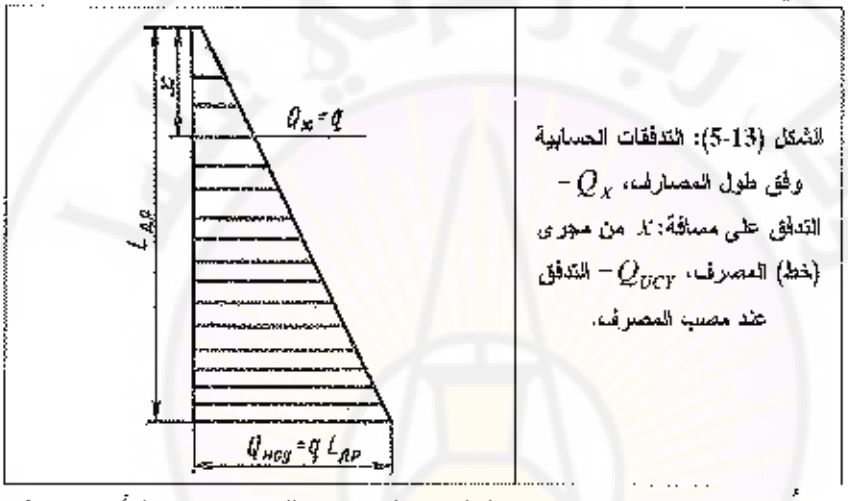
$q_{\max};[l/\sec.hr]$ - مودول الدريناج الأعظميّ الحسابيّ للجريان في فترة الحمولة العظمى على الدريناج.

الحساب الهيدروليكي لشبكة المجاري - المصارف:

يُجرى الحسابُ الهيدروليكي لشبكة المجاري - المصارف عند تمرير التدفّقات النظاميّة والأعظميّة (التدفّق الحسابيّ الأساسيّ هو النظاميّ). يتلخّص حساب أنابيب الدريناج بتحديد

قطر الأنابيب، وبدرجة امتلاءها، وأيضاً بإيجاد السرع الممكنة (المحتملة) لجريان المياه في الأنابيب.

تُختار أقطارُ أنابيب الدريناج من حساب تمرير التدفّق الأعظميّ وباستخدام المقطع الأعظميّ للأنبوب. من أجل القطر المستخدم يُنجز الحساب الهيدروليكي التحققي لتمرير التدفّق النظاميّ بسرعة محدّدة وبدرجة امتلاء الأنبوب. بالتالي يجب الأخذ بالاعتبار أنّ التدفّقات الحسابيّة وفق طول المصرف تتغيّر وفق الشكل (13-5)، لذلك يجب إجراء الحساب الهيدروليكي وفق القطاعات الحقليّة.



الشكل (13-5): التدفقات الحسابية وفق طول المصارف، Q_x – التدفق على مسافة: x من مجرى (خط) المصرف، Q_{UCY} – التدفق عند مصب المصرف.

تُستخدم معادلات الحركة المنتظمة عند الحساب الهيدروليكي للأنابيب المغلقة للصرف. تدرسُ عند ذلك الأنابيبُ كمّاً دون ضغط عند الامتلاء التام أو الجزئي لها. يُسمح عند التحقق من تمرير التدفّق الأعظميّ بحساب أنابيب الدريناج على ضغط: $[m]$. يُسمح بذلك لأنّ التدفّق الأعظميّ يحدث غالباً في فترات الغسل ونسبياً لاستمرارية قليلة.

المعادلات من الحساب الهيدروليكي لأنابيب الدريناج:

$$Q = 0.39Cd^{\frac{5}{2}}i^{\frac{1}{2}};\ v = 0.5Cd^{\frac{1}{2}}i^{\frac{1}{2}}$$

حيث: $Q;[m^3/\sec]$ – تدفّق المصرف.

$v;[m/\sec]$ – سرعة جريان المياه في الأنبوب.

$d;[m]$ – القطر الداخلي للأنبوب.

i – ميل المصرف.

C – ثابت شيزي، $C = (1/n)R^{6}$، حيث: R – نصف القطر الهيدروليكي، $R = d/4$، n – ثابت الخشونة.

يتحقّق الربط بين المصارف والمجاري في المستوي الشاقولي مع اعتبار أنه بحيث لا يتشكّل ضغطٌ فيها، وبالذات: يجب أن يكون أسفل أنابيب الصرف أقلّ من أسفل أنابيب المجاري بما لا يقلّ عن: $0.8D$، حيث: D – القطر الخارجي لأنبوب المجرى. تتحقّق المقارنة بواسطة بئر (حفرة) المراقبة. تتحقّق المصارف المغلقة ذات المجاري المكشوفة بواسطة منشآت المصبات (الفوهات)، حيث يكون منسوبُ المياه النظاميّ في المجرى أسفلَ أنبوبِ مصبّ الصرف بما لا يقل عن: $0.3[m]$، أما منسوب المياه الحسابي الأعظمي في المجرى لا يصل إلى مصب أنبوب الصّرف. تقارن المصارف والمجاري المكشوفة، حيث لا يقلّ الانخفاض بين المناسيب الحسابية للمياه في المصارف والمجاري عن: $0.1[m]$.

يُحدّد من أجلِ تحقيق عدم انسداد المصارف بالغرين المترسب فيها الميل الأصغري لها وفق العلاقة بقطر المصرف: عندما القطر: $d = 50-100[mm]$ فإنّ الميل: $i = 0.002$، عندما القطر: $125-200[mm]$ فإنّ الميل: $i = 0.015$، عندما القطر: $200[mm]$ وأكبر من ذلك فإنّ الميل: 0.001. من أجل المجاري المكشوفة الميل الأصغري يُستخدم بالتطابق: $0.0003-0.0005$.

تنطلقُ عند تحديد الميلِ الأعظميّ المسموح به للمصارف والمجاري المغلقة من السرعة الأعظميّة المسموح بها: $1[m/\sec]$ من أجل الأنابيب الفخارية وحتّى: $2.5[m/\sec]$ من أجل أنابيب البولي إيتيلين والأسبستوس الإسمنتي، التي نجدها وفق العلاقة بمادة الأنابيب، السرعة المثالية لجريان المياه في الأنابيب: $0.6-0.8[m/\sec]$.

المنشآت المائيّة على شبكة المجاري – المصارف:

تُنشأ على شبكة المجاري – المصارف عادة منشآتٌ هيدروتقنيّة، تثبيتيّة، قياسيّة مختلفة وغيرها من المنشآت، التي تؤمّن استثماراً نظامياً للشبكة. يجب أن تكون المصارفُ المغلقة مجهّزة بأجهزة (بمعدّات) المصبّات المائية، وبآبار المراقبة والفحص وآبار البداية.

تُستخدم آبارُ المراقبةِ والفحصِ لمراقبة حالة خطوط أنابيب الصرف وتنظيفها. عادة ما تثبّت على زوايا دوران المصرف في المخطط الأفقيّ عند تغيّر قطر المصرف والميل، وعند هبوط المصرف إلى المجرى المغلق وفي القطاعات المستوية للمصرف عبر مسافات محدّدة.

تُستخدم آبارُ البداية من أجل تمرير المياه عبر فجوة (فتحة) الأنبوب إلى المصرف (من أجل غسلها عند إغلاق الردمية المعاكسة) تُثبّت في المصدر مصارف مغلقة.

من أجل قياس الجريان لكلّ قطاع مستقلّ من التوازن المائيّ للشبكة، ولكلّ وحدة لاستخدام المياه، والقطاع الزراعي، وللمزارع المستقلة فإنّ شبكة المجاري المصارف تجهّز بعدادات المياه الاستثمارية الخاصة.

وفق العلاقة بالظروف الموضعية قد يكون الدريناجُ المغلّق إما من أنابيب فخارية، أو خزفية، أو من الأسبستوس الإسمنتي، أو من البيتون المسلح، أو من البلاستيك، أو أنابيب مصنّعة من مواد أخرى، والتي تتمتّع بمتانة كافية ولا تتعرّض للتآكل والاهتراء. تجري المياه إلى المصارف إمّا عبر الوصلات التناكبية للأنابيب، أو عبر شقوق تمرير المياه أو عبر ثقوب دائرية.

وفق العلاقات التصميمية تعتبر أنابيب الصرف المغلقة أنابيب نفوذة للمياه، والمحميّة بالمصافي. انظر الشكل (8-5). تُستخدم المصافي من أجل حماية أنابيب ومجاري الصرف من الانسداد بترسبات الغرين. تزدادُ عند ذلك قدرة المصارف على تمرير المياه.

من أجل تشكيل المصفاة يستخدم خليط الرمل والحصى، والحجارة الكبيرة والوسطى والصغيرة جداً، وأيضاً مود اصطناعية كالنسيج الزجاجي وغيره. يجب أن تحقق مصفاة الصرف الأفقي المغلق المتطلبات التالية:

1- أن تكون نفوذة للمياه، التي تطابق النسبة: $K_\phi / K_{rp} \geq 10$ ، حيث: $K_\phi ; [m/dy]$ – ثابت ارتشاح المصفاة، $K_{rp} ; [m/dy]$ – ثابت ارتشاح التربة.

2- أن تتكوّن من مواداً، حيث يُعبرُ عن تكوينها الميكانيكي في الإحداثيات النصف لوغاريتمية بخط مستقيم أو بخط منحني قريباً منه في المجال: $D_{10} - D_{70}$.

3-أن تؤمّن صرفاً ثابتاً للتربة (حيث في التربة المتماسكة عدد اللدونة: $W_n \geq 5$ ويُمنع السماح بتشوّه التربة عند التلامس مع المصفاة).

4-تُخرج مياه الدريناج والصرف من المساحة الخاضعة للصرف إلى المجمّع المائيّ بالانسياب أو بواسطة الات الضخ.

5-إمكانيّة عزل المياه الترابية المعدنية المالحة من المساحة المرويّة عبر المصارف إلى خارج حدود المساحة المروية.

6- إمكانيّة العمل الدوري السنوي للصرف عند وجود ضغوط متطابقة للمياه الجوفيـــة فـــوق المصارف.

7- كلفة إنشاء واستثمار بسيطة ومنخفضة بالمقارنة مع الدريناج الشاقولي.

مقارنة مع الدريناج الشاقوليّ:

آ- حسنات الدريناج الأفقيّ:

1- إمكانيّة العزل بالانسياب الذاتيّ بواسطة المصارف المياه المعدنيّة للميـــاه الجوفيّـــة مـــن الأراضي المروية إلى خارج المساحات المرويّة.

2- إمكانيّة العمل الدوري خلال العام للدريناج عند وجود ضغوط متماثلة للمياه الجوفية فـــوق المصارف.

3- بساطة وكلفة الدريناج الأفقيّ منخفضة في الإنشاء والاستثمار بالمقارنـــة مـــع الـــدريناج الشاقوليّ.

ب- سيئات الدريناج الأفقي:

1- ضرورة وضع المصارف على أعماق: $[m]3.5-3$ ممّا يشترط كلفـــة إنشـــاء مرتفعـــة للدريناج.

2- العلاقة الوثيقة والواضحة لوضع المصارف وتوزيعها في المخطـــط الأفقـــي بـــالظروف الطبوغرافية وبتنظيم المساحة، ممّا يُصعّب تصميم وإنشاء الدريناج.

3- لا يمكن التخلّص من انسداد المصارف المغلقة بالغرين المترسب، ولا يمكن التخلّص من التلوّث، وترسّبات الغرين، وانهيار جوانب قنوات ومجاري الصرف المكشوف.

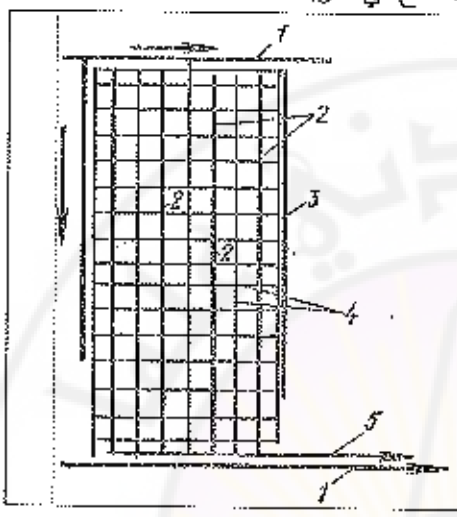
4- انخفاض ثابت استخدام الأراضي المرويّة وانخفاض ثابت فعاليـــة اســـتخدام الآلات فـــي الحقول عند المجاري والدريناج المكشوف.

الدريناج الأفقي المؤقّت:

الدريناج المؤقت عبارة عن شبكة قنوات مكشوفة بعمق: $[m]1-0.8$، والذي ينشـــأ بين قنوات الريّ المؤقّتة أو بين منشآت السقاية الأخرى في فترة غسل الأملاح من الأراضـــي المروية، الشكل (14-5).

في الأعوام الأخيرة، أصبح الدريناج المؤقّت يُنشأ كشبكة إضافية إلى الدريناج الأفقي الدائم أو الدريناج الشاقولي من أجل تسريع عملية ذوبان الأملاح وصرف مياه الغســـل مـــن المساحات المرويّة في فترة الاستصلاح.

بالربط مع الدرينـاج الأفقيّ الدائم فإنّ الدرينـاج المؤقت فعّالٌ من أجل إزالة الأمـلاح من الأراضي المرويـة، وبصورة خاصة عند غسل التربة التي تحوي أملاحاً كثيرة في طبقتها العلوية. بالإضافة لذلك إنشاء الدرينـاج المؤقّت في زمن غسل الأملاح من التربة يساعد علـى زيادة فعالية الاستصلاح لانتشار (ذوبان) الأملاح في التربة.



الشكل (5-14): المصارف المؤقتة، 1- موزع قطاعي، 2- مصارف مؤقتة، 3- قنوات ري مؤقتة، 4- جوانب ترابية، 5- مجرى للمصارف المؤقتة.

كما هو معلوم تُوجد وتصمّم بارامترات الدرينـاج الأفقي الدائم فـي الحسـاب علـى الصرف من الأراضي المرويّة وفق حجوم المياه التي تطابق النموّ الوسطيّ للحمولة. تتجاوز في زمن الغسل الحمولة على الدرينـاج الدائم كما النمو الوسطي للحمولة، وأيضاً النمو الوسطي للحمولة السنوية لفترة الاستثمار. لذلك في فترة الغسل ينشأ الدرينـاج المؤقـت إضـافةً إلـى الدرينـاج الأفقيّ الدائم.

تُحسب المسافة بين مصارف الدرينـاج المؤقتة، كقانون، وفق معادلـة كوسـتياكوف على صرف المياه الفائضة، وهذا يعني الأكبر من النمو الوسطي للحمولة، والتي تتشكّل بسبب مياه الغسل خلال فترة الغسل. تحدّد حمولته وبارامتراته من أجل هذه الفترة باسـتثناء جـزء منها، المصروفة بالدرينـاج الدائم. يعتمد حسابُ الدرينـاج المؤقّت على تأمين سـرعة مطلوبـة لصرف مياه الغسل.

$$B = \frac{\pi k H}{(W_{\text{нач}} - W_{\text{доп}})\left[\ln(B/d) - 1\right]} \qquad (5\text{-}31)$$

حيث: B;[m] – المسافة بين مصارف الدرينـاج المؤقّتة.

$[m/dy]$;k – ثابت ارتشاح التربة التي فيها منشأ الدريناج المؤقت.

$[m]$;H – ضغط المياه المرتشحة إلى المصرف، تستخدم: H مساوية لعمق المصرف.

$[m]$;d – قطر المصرف، $d=(0.5b+h)$، حيث: $[m]$;b – عرض قعر المصرف المؤقت، $[m]$;h – عمق المياه في المصرف المؤقت.

$[m/dy]$;W_{nn} – الموديول الحسابي لجريان (لتدفق) الدريناج المؤقت (شدة الارتشاح) في فترة الغسل.

$[m/dy]$;W_{un} – الموديول الحسابي لتدفق الدريناج الدائم.

يتحقق في بعض المزارع غسلُ الأملاح من التربة عند ملوحة غير كبيرة نسبياً بطريقة إنشاء الدريناج المؤقت فقط وإجراء مجموعة الاستصلاح الزراعية المطابقة. الدريناج المؤقت غالبا يكون مفيداً وضرورياً كإجراء استصلاحي لإزالة الأملاح من التربة، لكن في بعض الحالات يؤثّر سلبياً على انتشار الأملاح في التربة. هذا يعبر عن التالي: الصرف بسرعة من أيّ جزء حجم مياه الغسل وبمعدلات (بجرعات) قليلة للمحاليل الملحيّة، يختصر الدريناج المؤقت معدّل الغسل الحسابيّ، وضغط المياه الجوفية ومياه الغسل فوق المصارف الدائمة. لذلك في هذه الحالات، عندما تحوي السماكة العلوية: $[m]1.5-1$ للتربة كميّة قليلة من الأملاح، فإنّ إنشاء الدريناج المؤقّت غير مناسب.

5-8- الدريناج الشاقوليّ:

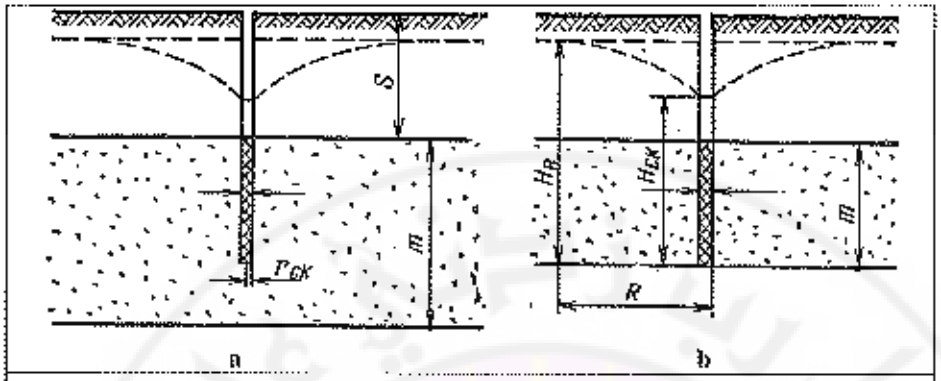
الدريناج الشاقوليّ هو بئر عميق (حفرة عميقة)، والذي يصل إلى الطبقة الحاوية للمياه ذات القدرة الكبيرة والذي يقطعها جزئياً أو بالكامل، الشكل (5-15,a,b). نجد عمق البئر – الثقب وفقَ العلاقة بالظروف الجيولوجية، والهيدروجيولوجية وعمقَ توضّع الطبقة الحاوية للمياه.

تنشأ عادة الآبار (المصارف) الشاقولية بعمق: $[m]80-30$ وأكبر من ذلك، وبقطر: $[m]1-0.7$ وتثبّت جدار المصرف بواسطة مواسير مغروسة.

عند سحب المياه بالضخ من المصرف الشاقوليّ ينخفض منسوب المياه الجوفية حوله، مشكلاً قُمعَ ركودٍ (خمول). وهذه القُمَعُ قد تكون متناظرة (عند سحب المياه من حوض المياه الجوفية) وغير متناظرة عند سحب المياه من التيارات المائيّة الترابيّة.

وفق توضّع المصرف في المخطط الأفقيّ يميّز المساحي (المتناظر)، وذلك عندما يلزم خفض منسوب المياه الجوفية في المساحات المروية، ويميّز الخطي عندما خط الآبار

(المصارف) تجمعُ التيارات المائية الترابية، المتدفقة من الأراضي المجاورة إلى المساحة المرويّة المعيّنة.



الشكل (5-45): مخططات المصارف الشاقولية، a- جزئية، b- كلية، S- قدرة أو استطاعة سطح التربة العلوي ضعيفة النفاذية، m- قدرة الطبقة الحاوية للمياه، H_R - ضغط المياه عندما: $r = R$ ، H_{CK} - ضغط المياه عندما: $r = r_{CK}$.

يدرس الدرياج بالتطابق بعدّة أنواع هي: المتناظر، الخطيّ والجزئيّ (الاختياري). النوع الأخير مؤقّت للقطاعات المستقلة، حيث يتطلب انخفاضاً جزئياً لمنسوب المياه الجوفيّة.

وفقاً لتوضع المصارف الشاقولية في المخطط الأفقي يمكن أن تكون المصارف فردية أو مجموعات. إذا توزعت مجموعة المصارف الشاقولية في المخطط الأفقي على مسافة أصغر عن بعضها البعض من أنصاف أقطار تأثيرها فإنّ مثل هذه الآبار تسمى بالآبار التبادلية (ذات التأثير المتبادل).

الجزءُ المستقبلُ لمياه الصرف مجهّزٌ بالمصافي، تصنعُ المصافي عادة من المواسير المعدنية الدائرية المثقبة (يمكن استخدام تصاميم أخرى أيضاً من مواد أُخرى). بجانب كلّ مصرف شاقوليّ يُثبّتُ محوّل من خط النقل الكهربائي، وصندوق وتجهيزات من أجل التحكّم المؤتمت بعمل مضخّة المصرف. من أجل تنظيم التحكّم عن بعد تُوحّدُ الخدمة للمصارف الشاقولية في الشبكة من: 100-20 مصرفاً.

إنشاءُ الدرياج الشاقوليّ ملائمٌ عند التكوين الجيولوجي لسماكة التربة، حيث تملكُ الطبقة الحاوية على المياه على جزيئات ضخمة أو حصى وحجارة، وضغط المياه دون اتصال الطبقات المائية، وانتقال المياه من الطبقة الحاوية للمياه: T أكبر من: $100[m^2/dy]$:

$$T = km \qquad (5\text{-}32)$$

حيث: $k;[m/dy]$ – ثابت ارتشاح التربة للطبقة الحاوية المياه.

$m;[m]$ – قدرة هذه الطبقة.

والتي تحقق رابطة هيدروليكية مشتركة جيّدة بين جميع طبقات التربة، والتي تجمعُ كامل السماكة من سطح الأرض حتّى مستوى المياه (بما فيها الطبقة الحاوية للمياه).

يؤدي تصميمُ الدريناج الشاقولي إلى تشكيل تيارات مائيّة غير صاعدة، والتي تُحدد من التوازن المائي – الملحي، ويُحقّق الانخفاضُ المطلوب لمنسوب المياه الجوفيّة في الأرض المروية انطلاقاً من هذه الوضعية أو الفرضية: أولاً تُحدّد بارامترات الشبكة، هذا يعني نوع الدريناج، وإنتاجيته وصرفه.2– تُحسب بارامترات المصارف، وعددها، والمسافة بينها.3– يُحسب إنتاج المصارف وأجهزة الضخ لها في نهاية التصميم. من الملائم إنشاءُ المصارف الشاقولية عند انتقالات مختلفة المياه وحلّ نتيجة للحسابات التقنية الاقتصادية.

يستخدم الدريناج الشاقولي في الأراضي المروية، وأيضاً في الأراضي الجافة، في المناطق ذات الرطوبة المنخفضة، وغير المستقرة الرطوبة وفائضة الرطوبة.

الإنتاج النوعي للمصرف الشاقولي، وهذا يعني الإنتاج لمتر واحد من عمق السحب، يجب أن يكون أقلّ من: $5[l/sec]$. إنشاء المصارف بإنتاج نوعي قليل وغير فعّال. يمتلك الدريناج الشاقولي بالمقارنة مع الأفقي العديد من المميزات: 1– يساعد بسرعة على خفض منسوب المياه الجوفيّة وإزالة الأملاح من التربة وانتشار هذه العمليات على عمق كبير. 2– عند استخدام الدريناج الشاقولي يمكن استخدام المياه المضخوخة (إذا كانت ضعيفة الأملاح المعدنية) للريّ ولغسل التربة المالحة. 3– نتيجة عمل الدريناج الشاقولي تتحقّق سعة كافية لمناطق التهوية، والتي تسمح بصورة فعّالة بإجراء الغسل الخريفي–الشتوي والربيعي للتربة المالحة، وتظهر إمكانية تنظيم وضعية منسوب المياه الجوفية، ممّا يسمحُ بتشكيل رطوبة مثالية للتربة ولمناطق التهوية فيها. 4– المحافظة على النظام المثالي للمياه الجوفية في فترة نموها (ازدياد منسوبها) بالربط مع المجموعة التقنية الزراعية الجيدة تمنع تجدد الأملاح وتشكّل ظروفاً ملائمة للحصول على إنتاجية مرتفعة من المحاصيل الزراعية.

بغض النظر عن العديد من الجوانب الإيجابية للدريناج الشاقولي يمتلك السلبيات أو السيئات التالية: 1– من أجل تحقيق عمله يجب تجهيزه بمضخّة عامودية كهربائية، ممّا يرفع لدرجة كبيرة كلفة إنشاء المصرف، ويرفع الاستهلاكات الاستثمارية. 2– عند عمل المصارف بالقرب منها وحولها تتشكّل أقماع الركود (التخامد) لسطح المياه الجوفية، ونتيجة لذلك تتجفف

التربة بصورة غير منتظمة. 3- عند العمل لمدة طويلة وبشدة للمصارف الشاقولية، بصورة خاصة مجموعاتها الكبيرة، يمكن لدرجة كبيرة نسبياً إضعافُ وإنقاصُ ضغط المياه للطبقة الحاوية مياه، التي تسحب منها المياه، وهذا في بعض الحالات يمكن أن يؤدي إلى جريان المياه الارتوازية شديدة الملوحة المعدنية المتوضعة على عمق أكبر، إلى الطبقة الحاوية للمياه وإلى الغطاء العلويّ لطبقة التربة. 4- توجد مثل هذه الأمثلة، بالربط مع الانخفاض العميق لمنسوب المياه الجوفية يزداد غسل المواد المغذية من التربة وتنخفض خصوبتها.

يجب تصميم الدرياج الشاقولي لأجل السحب بالضخ في الأساس الاحتياطات الديناميكية من المياه الجوفية والمياه تحت سطح التربة. من أجل ذلك يتطلّب موادا إضافةً لمجموعة كبيرة من البحوث والدراسات للظروف الطبيعية لأرض معينة. وفقاً لهذه المواد والمعطيات يُحدّد تحليل التوازن المائي – الملحي الحمولةَ على الدرياج، وحجم الكمية الفائضة من المياه، التي تتطلّب نقلها إلى خارج حدود المساحة المرويّة. يجب أن يُتحقق في عمل الدرياج الشاقولي تشكيلُ تيارات مائية غير صاعدة وانخفاض لمنسوب المياه الجوفيّة على عمق معين لا يقلّ عن: $2.5[m]$ والحفاظ على هذا النظام خلال كامل فترة استثمار شبكة الريّ.

توجد عند تصميم وإنجاز الحسابات الارتشاحية للدرياج الشاقولي بارامتراته، ونوع وتكوين الدرياج، وإنتاجيته وفق تدفّق المياه (إنتاج المصرف)، وانخفاض مضمون لمنسوب المياه الجوفية، ونصف قطر تأثير المصرف (مساحة الأرض الخاضعة للصرف من مصرف واحد ومجموعة مصارف)، المسافة بين المصارف.

تُحدّد بارامترات الدرياج الشاقوليّ وفق الحمولة السنوية الوسطية لفترة الاستثمار عند عمل المصرف في النظام المستقر وفي النظام غير المستقر.

وفق العلاقة بفترات استصلاح الأراضي المرويّة المالحة سيكون نظام عمل شبكات الدرياج الشاقولية مختلفاً. في فترة الاستصلاح يحقّق نظام العمل صرف مياه الدرياج عند انتشار الأملاح في التربة، أمّا في فترة الاستثمار فيحقّق نظاماً مائياً – ملحياً مثالياً.

يتعلّق نظام عمل المصارف أيضاً بالظروف الطبيعية والزراعية. فقد يكون دائم الإنتاج، وقد يكون دائماً وفق الزمن ومتغيراً وفق عدد المصارف العاملة، وقد يكون دائماً وفق فترات العام. عند استخدام المياه المضخوخة للريّ فإنّ نظام عمل المصارف يتطابق مع المنحني البياني للاستهلاك المائي للمحاصيل الزراعية.

حساب الدريناج الشاقولي:

يجرى حساب بارامترات الدريناج الشاقوليّ بالتطابق مع الظروف الهيدروجيولوجيّة في الأرض المرويّة، وهذا يعني الأخذ بالاعتبار المخططّات الارتشاحيّة الحسابيّة.

لذلك من أجل الدريناج الشاقولي النظامي هذه المخططات ستكون التاليـة: وحيـدة الطبقة وثنائيّة الطبقة (مع توضع الدريناج في الطبقة العلويّة وتوضع الدريناج في الطبقتين).

يُحدّدُ جريان التيارات المائية المضاغطة تحت سطح التربة إلى واحد من المصـارف الارتوازية المنجزة في ظروف إيجاد الارتشاح وفق معادلة ديوبيو التالية، لكنْ مع نصف قطر التأثير المحول:

$$Q = \frac{2\pi km(H_R - H_{CK})}{tn(R/r_C)} \qquad (5\text{-}33)$$

حيث: $k;[m/dy]$ – ثابت ارتشاح الطبقة الحاوية للمياه.

$R;[m]$ – نصف قطر تأثير المصرف (عند المياه المضاغطة فإنّ نصف قطر التأثير أو كما يسمى نصف قطر التأثير المحول يساوي: $1.5\sqrt{at}$ حيث: a – ثابت انتقال الميـاه، t – الزمن).

$r_C;[m]$ – نصف قطر المصرف.

$m;[m]$ – قدرة الطبقة الحاوية للمياه.

$H_R;[m]$ – ضغط المياه عندما: $r = R$.

$H_{CK};[m]$ – ضغط المياه عندما: $r = r_{CK}$.

تأخذُ معادلة ديوبيو من أجل تحديد تيارات المياه غير المضاغطة إلى أحد المصـارف المنجزة الشكل التالي:

$$Q = \frac{\pi k\left(H^2 - h^2\right)}{tn(R/r_{CK})} \qquad (5\text{-}34)$$

حيث: $H;[m]$ – ضغط التيار الماتي على المسافة المساوية لنصف قطر التأثير: R.

$h;[m]$ – ضغط المياه في المصرف على مسافة من محوره.

عند التوضع النظامي لمجموعة المصارف الارتوازيّة المنجزة المؤثّرة بالتبادل فيمـا بينها من أجل المخطط الهيدروجيولوجي الشكل (5-16) فإنّ تدفق المياه المضاغطة وفق طبقة الصرف نسبة للقطاع المصمّم يمكن حسابه وفق معادلة كوتشينا التالية:

$$Q = 2\pi R_{np} k_\Phi b_0 \Delta h_{cp} \frac{k_1(b_0 Rnp)}{k_0(b_0 R_{np})} \qquad (5\text{-}35)$$

حيث: R_{np} – نصف القطر المحول لمساحة الصرف: F من أجل المساحة القريبة من الدائرة: $(R_{np} = \sqrt{F/\pi})$.

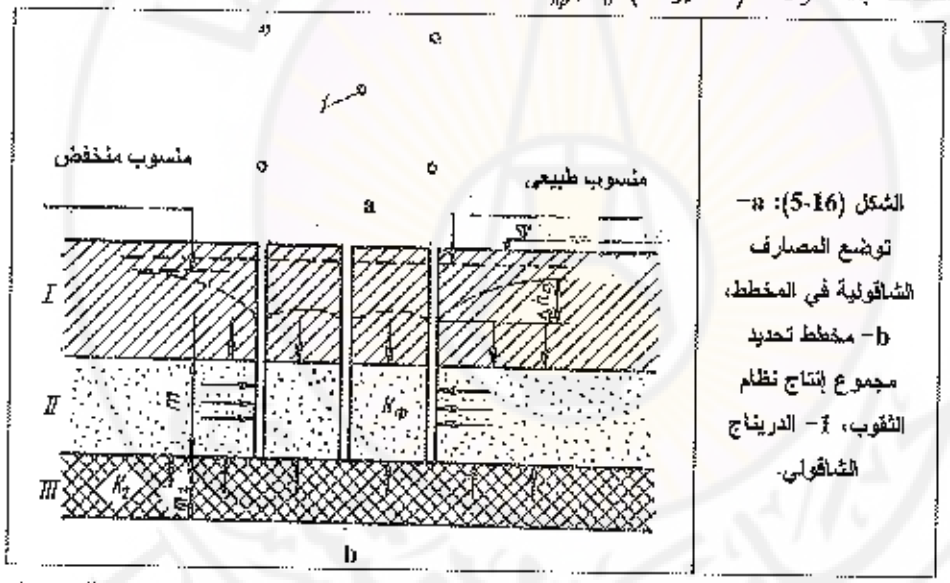
T; k_Φ – قدرة وثابت الارتشاح للطبقة الحاوية للمياه.

b_0 – بارامتر الجريان بالانسياب (في الظروف المعينة: $b_0 = \sqrt{\frac{k_2}{k_\Phi m_2 m}}$).

m; m_2; k_Φ; k_2 – قدرة الطبقات انظر الشكل (5-16) ونوابت ارتشاح الطبقات.

Δh_{cp} – انخفاض منسوب المياه الجوفية.

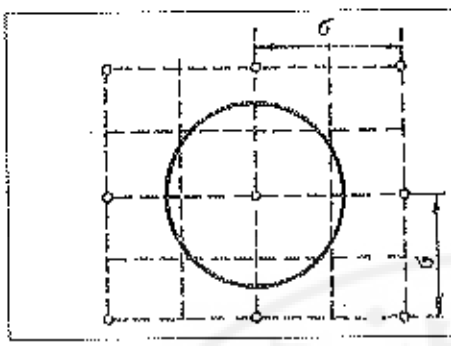
k_1; k_2 – التوابع الأسطوانية لبيسيل من الصنف الأول للنظام الصفري والأول المتعلّقة بالمتحوّلات (المتغيرات): R_{np}; b_0.



الشكل (5-16): a– توضع المصارف الشاقولية في المخطط، b– مخطط تحديد مجموع إنتاج نظام الثقوب، 1– الدرياج الشاقولي.

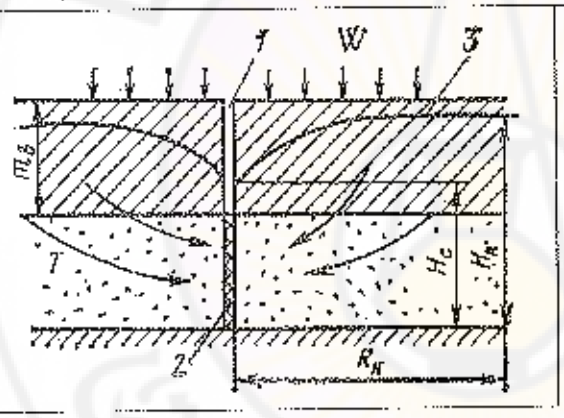
سيتكون مجموع إنتاجية مجموعة المصارف من جريان مياه الارتشاح، والجريان وفق الطبقة الحاوية للمياه ومن المياه المتوضّعة تحت طبقتها.

يمكن أن يكون حساب الدرياج الشاقولي النظامي، والمتوضّع في الشبكة بخطوة: σ الشكل (5-17) عند ارتشاح مستقر، منجزاً وفق طريقة شستاكوف.



الشكل (5-17): مخطط حساب الدريناج الشاقولي النظامي.

من أجل مخطط الارتشاح لطبقة وحيدة الشكل (5-18) طريقة الحساب هذه تتلخص بالتالي: وفق حساب التوازن المائي نجد قيمة التغذية الارتشاحية: W، وهذا يعني الحمولة على الدريناج. ثمّ نجد معدل التجفيف H_{DC} تحدّد وفق العلاقة بالخواص الفيزيا – مائية للتربة، وتبعاً لدرجة الأملاح المعدنية للمياه الجوفية ولمجموعة الإجراءات الارتوازية. يُسمح عند السقاية بارتفاع منسوب المياه الجوفية حتى العمق: $1.3-1.5[m]$ لفترة لا تقلّ عن سبعة أيام.



الشكل (5-18): مخطط الارتشاح لطبقة وحيدة، 1- مصرف شاقولي (بئر)، 2- مصفاة مسامية، 3- منحني الخمول.

يُنصح من أجل تحديد المسافة بين المصارف، ومن أجل تحديد إنتاجية المصرف عند انخفاض معيّن لمنسوب المياه الجوفية بالمعادلات التالية:

$$H_K = H_C + \frac{WR_K}{2T}\left(m\frac{R_K}{r_C} - 0.5\right);$$

$$R_K = \frac{\sigma}{\sqrt{\pi}} \approx 0.56\sigma; h - H = \frac{W}{k_\Pi} m_B; \qquad (5\text{-}36)$$

$$\sigma = \sqrt{Q_K / W}$$

حيث: R_K – نصف قطر منطقة تأثير المصرف.

$H_c ; H_K$ – الضغط على حدود منطقة تأثير المصرف، وفي المصرف الشكل (5-18).

T – موصلية أو ناقلية الطبقة.

σ – خطوة المصرف وفق الشبكة.

k_q – ثابت ارتشاح طبقة التغطية.

تحديد البارامترات الهيدروجيولوجية وفق المعطيات التجريبية للسحب بالضخ:

من أجل تصميم الدرياج الشاقولي إضافة للمواد البحثية، لا بدّ من إيجاد معلومات عن البارامترات الهيدروجيولوجية، التي كقانون تحدّد في عملية البحوث الارتشاحية التجريبية عند الدراسات الهيدروجيولوجية. الأنواع الأكثر شيوعاً لمثل هذه البحوث هي: الضخ التجريبيّ من الآبار (المصارف)، والتي تُقسم إلى البحوث الاختبارية، والبحوث التجريبية والبحوث التجريبية الاستثمارية. نجدُ في عملية البحوث الارتشاحية التجريبية إنتاجية المصرف: Q، وانخفاض منسوب المياه المصرف: S، والإنتاجية النوعية: q، وثابت ارتشاح الطبقة الحاوية للمياه: k_q، المواصفات الموحدة لانتقال المياه: T، وتغذية المياه بالنقالة التربة بتيارات غير ضاغطة: μ، ثابت التغذية بالمياه، وسعة الأفق المائي في ظروف الضغط: μ_v^* (تحدّد وفق العلاقة بخواص مرونة المياه والتربة)، ثابت الناقلية: $a^* = \frac{km}{\mu^*}$، أمّا من أجل التيارات غير الضاغطة (المياه الجوفية) فثابت منسوب الناقلية: $a = \frac{kh}{\mu}$، بارامتر الجريان بالانسياب: b_n. إلى جانب العديد من حالات الضخ، يمكن تحديد نصف قطر التأثير للمصارف وغيرها من البارامترات الهيدروجيولوجية وفق معطيات الضخ التجريبي المياه من المصارف وبتدفق ثابت: $Q_t = Q_{const}$ ومعادلة الارتشاح القطريّ غير المستقرّ للمياه تحت سطح التربة، تيبسا:

$$S_n = \frac{Q}{4\pi km}\left[-Ei\left(-\frac{r}{4a^* t}\right)\right] \qquad (5\text{-}37)$$

يمكن تحديد انخفاض منسوب المياه في أيّة نقطة من مجال الارتشاح على مسافة: r من المصرف الارتوازي المنجز خلال الزمن: t بدءاً من بداية عمله بإنتاجية ثابتة: Q.

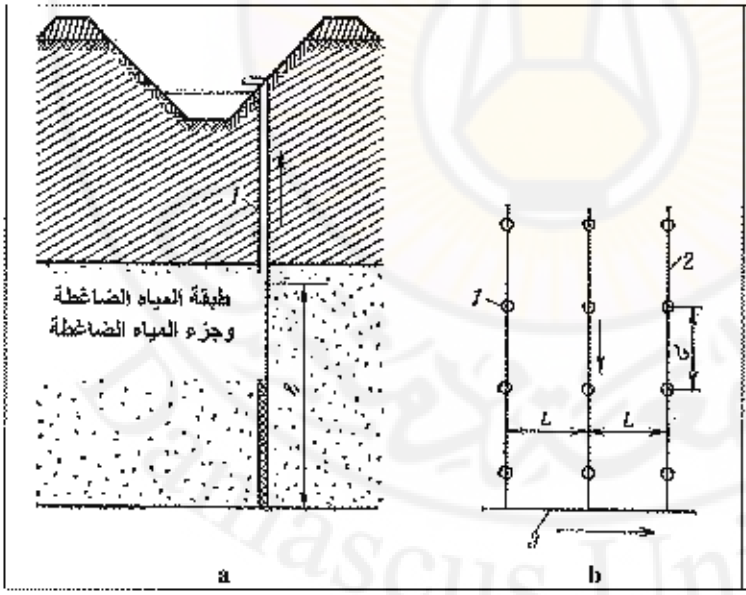
في المعادلة المبينّة أعلاه التابع: $\left[-Ei\left(-\frac{r}{4a^{*}t}\right)\right]$ هو عبارة عن تابع تكـــامليّ ثابت، الذي يحدّد وفق العلاقة بالمتحوّل: $\left[\left(\alpha_0=\frac{r^0}{4a^{*}t}\right)\right]$ من جداول خاصة. التابع نفسه: $Ei-(\alpha_0)$ — دائما موجبٌ ويتغيّر من: ∞ حتى: 0 عند تغير: α_0 من: 0 حتى: ∞.

عند تحديد قيمة التابع الأسي: $Ei-(\alpha_0)$ – القيم البدائية تعتبـــر المســـافة: $r;[m]$، الناقلية: $a;[m^2/dy]$، الزمن: $t;[dy]$.

أحد الميزات الخاصة بتصميم شبكات الدرياج الشاقولي تعتبـــر الأتمتـــة والـــتحكم الميكانيكي بعملها. يحقق مخطط الأتمتة تشغيل وتوقيف المضخة، التي تنظّم التغذية وضـــغط المياه.

5-9- الدرياج المركّب:

الدرياج المركّب عبارة عن ارتباط المصارف الأفقية مع مصارف التفريغ الشاقولية، والعاملة بالصرف الذاتي، غالباً ما تُسمّى المصارف – المقوّاة أو المصارف الضخمة، الشكل (5-19).



الشكل (5-19): مخطط الدرياج المركب في المسقط الأفقي والشاقولي، a- المصرف مع جزء المياه الضاغطة في المسقط الشاقولي، b- الوضعية في المسقط الأفقي، 1- المصرف الشاقولي، 2- قناة الصرف الأفقية، 3- مجرى عام لصرف المياه.

ينشأ الدريناجُ المركّب ، عندما تكون الطبقة العلويّة ضعيفةَ النفاذيّة وقدرتها حتّى: 15[m] وتتشرّبُ وتمتصُّ المياه من الأفق الحاوي لها بقدرة لا تتجاوز: 10−15[m] وبنفاذية جيدة للمياه.

تسحبُ المصارف الشاقوليّة المياه من الأفق الحاوي لها، وتزيلُ الضغطَ في الطبقة السفليّة الحاوية لها. تؤدّي الأخيرة لإمكانية زيادة المسافة بين المصارف. يرتبط جزء المصبّ للمصارف الشاقوليّة مع المصارف الأفقيّة عند منسوب المياه في المصارف الأفقيّة.

يجري حساب الدريناج المركب عادةً بصورة مشابهة لحساب الدريناج النظامي في أنظمة الطبقات مع الأخذ بالاعتبار خصوصية التصميم وعمله. يزيد وجود المصارف الضخمة (المقوّاة) من المسافة بين المصارف الأفقية بعدة مرات.

يُحسب الدريناج المركب – كفانون، وفق طريقة مقاومة الارتشاح من أجل عدّة نماذج وفقاً للعلاقة بشدّة التغذية وبزمن صرف المياه الجوفية بواسطة المصارف. غالباً ما يُهمل تأثير الصرف في المصارف الأفقية من الحسابات بسبب ثوابت النفاذية الضعيفة والصغيرة لارتشاح الطبقة العليا.

المسافة: $L;[m]$ بين خطوط المصارف الأفقية تحدّد من المعادلة التالية:

$$L = 4\left[\sqrt{L_{HD}^2 + \frac{T}{2W}(H_0 - H_D)} - L_{HD}\right] \qquad (5\text{-}38)$$

حيث: L_{HD} – طول الارتشاح لمقطع النشوه الذي يظهر على حساب الدريناج غير المنجز، $L_{HD} = \sigma f_H ; f_H = 0.366 \log \frac{\sigma}{\pi d_c}$ حيث: $\sigma;[m]$ – المسافة بين المصارف الشاقولية، $d_c;[m]$ – قطر المصرف.

$T = km;[m^2/dy]$ – ناقلية الأفق الحاوي المياه.

$H_0 - H_D;[m]$ – فرق الضغط للمياه الجوفية.

$W;[m/dy]$ – الارتشاح السنوي الوسطي وفق العلاقة بنظام الري وبكمية الأمطار الطبيعية.

عند تحديد: L ينصح بمراقبة الشرط: $\sigma(L)$. يسمح التأثير الشديد للمصارف المقوّاة باستخدام المسافة المثالية بين المصارف الأفقيّة. عادة: $L = 200 - 300[m]$.

يُحسب عادةً طولُ الجزء المجمع للمياه في مصارف التفريغ الشاقوليّة وفقاً للعلاقة بتدفق المياه التصميمي وفق معادلة كيرينسكي التالية:

$$Q = \frac{2.73klS}{tg(1.6l - tgr)} \qquad (5\text{-}39)$$

حيث: $Q;[m^3/dy]$ – تدفق المصرف، $k;[m/dy]$ – ثابت الارتشاح، $l;[m]$ – طول الجزء المجمع للمياه، $S;[m]$ – الارتفاع التصميمي لمنسوب المياه الجوفية بين المصارف الشاقولية، $r;[m]$ – نصف قطر المصرف الشاقولي.

يساعدُ إنشاءُ الدريناج المركّب عند تطابق الظروف الجيولوجيّة والهيدروجيولوجيّة على تشكيل النظام المائيّ المطلوب للتربة في المساحات المجفّفة. يتناقص عند عمل مصارف التفريغ أو يزال كلياً امتصاصُ الطبقات العليا للمياد الجوفية بالمياه الضاغطة، ونتيجة لذلك ينخفضُ منسوب المياه الجوفيّة في المساحات الخاضعة للصرف.

عند ظروف محدّدة تحقّق المصارف الأفقية انخفاضَ منسوب المياه الجوفيّة وتنجزُ وظيفة هامّة جداً هي: الصرف إلى خارج حدود المساحات الخاضعة لصرف مياه التغذية الارتشاحية والمياه من المصارف المغوّاة.

يُختار نوع الدريناج بالاعتماد على الأسس التقنية الاقتصاديّة، للتقييم الوسطي لعديد من النماذج التقنية العاملة لاستخدام الدريناج، من أجل جميع النماذج المدروسة تحدّد البارامترات التقنية لشبكات الدريناج، ومقاسات المساحات المستصلحة، وأيضاً ضياعات رأس المال (الكلفة) والاستثمارية. يتحقّق النموذج المثالي عند الضياعات الصغرى، بحسب الأخذ بالاعتبار عند تقييم فعاليّة الدريناج الشاقولي إمكانية استخدام مياه الصرف للريّ.

استخدام الدريناج في مجموعة واحدة مع الإجراءات الاستصلاحية الأخرى له أهمية بالغة في مكافحة الملوحة في الأراضي المروية. توجد أمثلة عديدة أو كثيرة، بصورة خاصة في آسيا عن فعاليّة الإجراءات لمكافحة الملوحة في الأراضي المروية. لكنه وبحالات غير نادرة تأخرت عملية انتشار الأملاح لمدّة طويلة ولعدة سنوات نتيجة فعالية الإجراءات لمكافحة الملوحة. تتلخص الأسبابُ الأساسيةُ المشابهة لهذه الظاهرة بالجودة المنخفضة للمستطلعات التصميمية المكونة، وعدم كفاية الدراسة لظروف محددة أو معينة لأراضي الريّ المالحة، وعدم الإنجاز بنفس الوقت وبالكامل لمجموعة الإجراءات لمكافحة الأملاح ... الخ.

عند وضع الإجراءات العملية التطبيقية لمكافحة الملوحة وتشكيل البرامج ومخططات البحث لمكافحة الملوحة في الأراضي المروية غالباً لا تؤخذ بالاعتبار الحالات، التي تلعب دوراً جوهرياً في عملية التملّح، لأنّه في شروط الريّ والغسل تنتقل الأملاح في الطبقات العلويّة والسفليّة، أمّا الإجراءات لمكافحة الملوحة تصمم على انتشار الأملاح فقط في الطبقة العلويّة للتربة.

لا يُجرى الريّ والغسل عادة بذات الوقت في جميع القطاعات، ممّا يشكّل صورة صعبةً لتغيّر الضغوط ولمعدّلات هبوط ضغط المياه الجوفية في المساحات المرويّة. بالربط مع ذلك تقوى عملية انتقال الأملاح بالاتجاه الأفقي بجهة الضغوط الضعيفة وبذات الوقت مع هذه العملية تقوى التيارات الصاعدة. يُحسب توازنُ المياه الجوفيّة والتنبؤ بنظام عملها عادةً وفق المعلومات الوسطيّة لسنوات عديدة، والتي تطابق تقريباً: 50% من تحقيقه. الأصحُّ هو استخدام جزء الانتقال أو العبور بعدّة مرّات أقل، أمّا التدفّق فأكبر بقليل من: 50% من تحقيقه. في جزء العبور لا تُحسب القيمُ الكميّة والجودة لتكاثف أبخرة المياه في التربة عادةً، وبغض النظر عن أنّ هذا العامل له أهميّة كبيرة. تُستخدم في حسابات التوازن غالباً ضياعات المياه الأصغريّة في القنوات على الارتشاح. يؤدّي كلّ ذلك إلى أنّه في حسابات التوازن المائي نحصل على نتائج أصغريّة، أما التنبؤ بارتفاع منسوب المياه الجوفيّة فيمتدّ إلى فترات طويلة.

يجب عند حسابات التوازن المائي الأخذُ بالاعتبار أنّه على عدّة قطاعات مرويّة وبخفض منسوب المياه الجوفيّة (وفقاً للمقارنة مع المنسوب الموجود حتّى إنشاء المصارف) تزداد الشدّة كضغط الامتصاص، وأيضاً كتغذية المياه الجوفية بالمياه الضاغطة.

تُستخدم غالباً من أجل حساب ديناميكا النظام الملحيّ للتربة بدلاً من البحوث الحقيقية معطياتُ البحوث في الأحواض أو في صناديقَ من قطعةٍ واحدةٍ، معبّأة بالتربة. لكنّه في التربة، على سبيل المثال: توجد في بنيتها عادةً الكثير من المسامات المسدودة، والتي تُصعّبُ عملية الانتشار الفعّال للأملاح في التربة. أمّا في الصناديق أو الأحواض المخبرية المعبّأة بالتربة هذه الحالة تقريباً لا تؤخذ بالاعتبار، لذلك لا يمكن استخدام مثل هذه المعطيات. عدم كفاية التقييم وتبسيط صعوبة عمليّات النظام الملحيّ للتربة وصعوبة العمليات الكيميائية الحيوية فيها أحياناً تعتبر سبباً غير قادر على حلّ مشاكل مكافحة الملوحة في الأراضي المرويّة.

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

المصطلحات العلمية

A	
Actual evapotranspiration	النتح التبخري الفعلي
Agricultural	زراعي
Alkaly soil	تربة قلوية
B	
Basin irrigation	الري بالغمر
Border irrigation	الري بالانسياب
C	
Capillary potential	الجهد الشعري
Consumptive use	الماء المستهلك
D	
Drip irrigation	الري بالتنقيط
Discharge	تدفق
Dispersibility	التبعثر
Drain	مصرف
Drainage water	ماء الصرف
E	
Electrical conductivity	ناقلية كهربائية
Evaporation	التبخر
Equivalent weight	الوزن المكافئ
F	
Field capacity	السعة الحقلية
Furrow irrigation	الري بالانسياب
Freeboard	ارتفاع حر
G	

Gravitation potential	الجاذبية الأرضية
Grond water	المياه الجوفية
H	
Hydraulic conductivity	معامل التوصيل المائي
Hydraulic radios	نصف القطر المائي
I	
Infiltration	ارتشاح
Irrigation	ري
L	
Lysimeter	لايزومتر
Leaching	احتياج الغسيل
Lining	تغطية
P	
Permeability	نفاذية
Percolation	تسرب
Precipitation	هطول
R	
Reclamation	استصلاح
Reservoir	خزان
Ruqosity	خشونة
S	
Saline soil	تربة مالحة
Saturation soil	تربة مشبعة
Sodic soil	تربة صودية
Soil extract	مستخلص التربة
Soil solution	محلول التربة
Stilling basin	حوض ترسيب
Soil moisture	رطوبة التربة

Soil structure	بنية التربة
Specific volume	الحجم النوعي
Specifc weight	الوزن النوعي
Sprinkler irrigation	الري الرذاذ
T	
Tensiometer	مقياس إجهاد الشد
U	
Unsaturated soil	تربة غير مشبعة
V	
Viscosity	لزوجة
W	
Watre table	سطح الماء الأرضي
Wetted area	مقطع مرطب
Wetted perimeter	محيط مرطب

Damascus University

1 - The organization of the water distribution and a system of the alimentation the irrigation is in the territories . Aedavaf . E. P. Moscow , the blister of an institute acts is the irrigation and the reclamation of the territories . 2005 .

2 - The drawing of a territory investment is the irrigation in the tracts rude horde rude . Ahmedjan . M . A . Moscow .Kolas 2002 .

3 - The resort is in the performances of the agriculture acts . Eletcof . E.E. Moscow 2001 .

4 - The pipes of the irrigation polities . Zulek . G . M . The blister of an institute acts is the irrigation and the reclamation of the territories is Moscow 2002 .

5 - The group of the means with the waters of the irrigation are the alchemy of the servant with the waters of the irrigation . Moscow is Gosaprgram . 2011 .

6 - The resort the waters are in the constructs and the agriculture . . Lagenov .L.M . And than . Shuser . P.M . Moscow . Kolas 2004 .

7 - The mechanisation of the irrigation acts . Sandegroske . A . E . And Bezerodne . D . M . Moscow is Kolas 2009 .

8 - The system of the machines a mechanisation of the production is for the agriculture . Moscow - the irrigation is the third part . Gosaprgram . 2011 .

9 - The resort is in the mechanisation of the irrigation . Shtep . B . G . Moscow . Kolas 2002 .

اللجنة العلمية:

أ. د. وشدي النجار – جامعة دمشق

أ. د. عماد أنتيباس – جامعة حلب

أ. د. فائز النجار – جامعة حلب

المدقق اللغوي:

د. نسيم عبيد – جامعة دمشق

-حقوق الطبع والترجمة والنشر محفوظة لمديرية الكتب والمطبوعات-

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University