حصاد مياه الأمطار في المستجمعات الصغرى
التخطيط والتصميم والتنفيذ

دليل تدريبيّ

الأمم المتحدة
الاسكوا
ESCWA

ازدهارُ البلدان كرامةُ الإنسان

الأمم المتحدة
الاسكوا
ESCWA

ازدهارُ البلدان **كرامةُ الإنسان**

رؤيتنا

طاقاتٌ وابتكار، ومنطقتُنا استقرارٌ وعدلٌ وازدهار

رسالتنا

بشغَف وعزْم وعَمَل: نبتكِر، ننتج المعرفة، نقدِّمُ المشورة،
نبني التوافق، نواكب المنطقةَ العربية على مسار خطة عام 2030.
يداً بيد، نبني غداً مشرقاً لكلِّ إنسان.

E/ESCWA/CL1.CCS/2021/MANUAL.3

اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا

حصاد مياه الأمطار في المستجمعات الصغرى

التخطيط والتصميم والتنفيذ

دليل تدريبيّ

الأمم المتحدة
بيروت

©2021 الأمم المتحدة
حقوق الطبع محفوظة

تقتضي إعادة طبع أو تصوير مقتطفات من هذه المطبوعة الإشارة الكاملة إلى المصدر.

توجّه جميع الطلبات المتعلقة بالحقوق والأذون إلى اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)، البريد الإلكتروني: publications–escwa@un.org

النتائج والتفسيرات والاستنتاجات الواردة في هذه المطبوعة هي للمؤلفين، ولا تمثل بالضرورة الأمم المتحدة أو موظفيها أو الدول الأعضاء فيها، ولا ترتب أي مسؤولية عليها.

ليس في التسميات المستخدمة في هذه المطبوعة، ولا في طريقة عرض مادتها، ما يتضمن التعبير عن أي رأي كان من جانب الأمم المتحدة بشأن المركز القانوني لأي بلد أو إقليم أو مدينة أو منطقة أو لسلطات أي منها، أو بشأن تعيين حدودها أو تخومها.

الهدف من الروابط الإلكترونية الواردة في هذه المطبوعة تسهيل وصول القارئ إلى المعلومات وهي صحيحة في وقت استخدامها. ولا تتحمل الأمم المتحدة أي مسؤولية عن دقة هذه المعلومات مع مرور الوقت أو عن مضمون أي من المواقع الإلكترونية الخارجية المشار إليها.

جرى تدقيق المراجع حيثما أمكن.

لا يعني ذكر أسماء شركات أو منتجات تجارية أن الأمم المتحدة تدعمها.

المقصود بالدولار دولار الولايات المتحدة الأمريكية ما لم يُذكر غير ذلك.

تتألف رموز وثائق الأمم المتحدة من حروف وأرقام باللغة الإنكليزية، والمقصود بذكر أي من هذه الرموز الإشارة إلى وثيقة من وثائق الأمم المتحدة.

جميع الصور المستخدمة في هذا الدليل من iStock، ما لم يشر إلى خلاف ذلك.

مطبوعات للأمم المتحدة تصدر عن الإسكوا، بيت الأمم المتحدة، ساحة رياض الصلح،

صندوق بريد: 8575-11، بيروت، لبنان.

الموقع الإلكتروني: www.unescwa.org

مصادر الصور :

صورة الغلاف: © Meinzahn | iStock.com

ص 12: © Manuel-F-O | iStock.com

شكر

أُعِدَّ هذا الدليل في قسم سياسات الغذاء والبيئة في مجموعة تغيُّر المناخ واستدامة الموارد الطبيعية في لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)، وهو ثمرة جهود بذلها المؤلّف الأساسي السيد ذيب عويس، الاستشاري لدى الإسكوا. وقد أُجريت على هذا الدليل مراجعات شاملة قامت بها السيدة ريم النجداوي، رئيسة قسم سياسات الغذاء والبيئة في الإسكوا، والسيدة ساره دانيال، الاستشارية لدى الإسكوا، والسيد رامي سابيلا، مسؤول الشؤون الاقتصادية في مجموعة تغيُّر المناخ واستدامة الموارد الطبيعية.

والشكر الخاص موجه إلى أعضاء لجنة المطبوعات في الإسكوا الذين قدموا التعليقات والملاحظات حول النسخة الأخيرة من الدليل.

رسائل أساسية

يقلّل حصاد مياه الأمطار من المخاطر التي تهدّد النُظُم المطرية، ويساعد كذلك على إعادة تأهيل النُظُم الزراعية الرعوية المتدهورة في المنطقة العربية.

صُمِّم هذا الدليل لمساعدة الممارسين والمرشدين الزراعيّين في المنطقة العربية على تدريب المزارعين على اعتماد تقنيات حصاد مياه الأمطار في مستجمعات المياه الصغرى بهدف دعم الأنشطة الزراعية. ويقدّم هذا الدليل المفاهيم المرتبطة بحصاد مياه الأمطار بأسلوب مبسط، كما يصف وسائل تخطيط وتصميم وتنفيذ أنظمة حصاد مياه الأمطار في مستجمعات المياه الصغرى المخصّصة للأغراض الزراعيّة.

تُحفّز الإسكوا استخدام هذا الدليل لتدريب المزارعين على اعتماد أنظمة حصاد مياه الأمطار، وذلك لمساعدتهم في تخطي فترات الجفاف الطويلة عبر توفير مياه إضافية لمحاصيلهم تمكّنهم من تحقيق إنتاج زراعي ذي جدوى اقتصاديّة.

وتسعى الإسكوا من خلال هذا الدليل إلى نشر الوعي حول أهمية التكنولوجيات الزراعية الخضراء، خاصّةً حصاد مياه الأمطار، وتعميم الخبرات والمعلومات التقنية حولها، بالإضافة إلى مشاركة الخبرات والدروس المستفادة من بعض التجارب الناجحة من المنطقة العربية.

المحتويات

شكر 3

الرسائل الأساسية 4

فهرس المصطلحات الأساسيّة مع ما يُقابلها في اللغة الإنكليزيّة 9

عن الدليل: أهدافه وكيفية استخدامه 10

مقدّمة 13

1. ما هو حصاد مياه الأمطار للزراعة وكيف يعمل؟ 14

2. أين ومتى يساعد حصاد مياه الأمطار؟ 16

3. مكوّنات نُظُم حصاد مياه الأمطار 18

4. طرق حصاد مياه الأمطار 20

ألف. طرق مستجمعات المياه الصغرى 21

باء. طرق مستجمعات المياه الكبرى 25

5. تخطيط نُظُم المستجمعات الصغرى وتصميمها 28

الخطوة 1: تشخيص الحاجة إلى نظام حصاد مياه الأمطار وإمكانية تطبيقه 29

الخطوة 2: اختيار التقنية المناسبة للموقع 29

الخطوة 3: تحديد متطلبات المحاصيل من المياه (التبخر- نتح) (ET) 30

الخطوة 4: تحديد الهطل التصميمي السنوي (R) 31

الخطوة 5: تحديد السعة التخزينية للماء في التربة 34

الخطوة 6: تحديد معامل الجريان التصميمي (RC) 37

الخطوة 7: تحديد نسبة المستجمع إلى الأرض المستهدفة (A/a) 37

الخطوة 8: التحقّق ممّا إذا كانت سعة التخزين تستوعب كلّ الماء الوارد 38

6. ترسيم نُظُم حصاد مياه الأمطار في المستجمعات الصغرى وتحديدها 40

7. التنفيذ والإدارة والصيانة 44

ألف. التنفيذ 45

باء. الصيانة والإدارة 46

8. أمثلة عمليّة لتصميم أنظمة حصاد مياه الأمطار في المستجمعات الصغرى 48

المراجع 54

قائمة الجداول

الجدول 1. متطلبات بعض تقنيات حصاد مياه الأمطار والمحاصيل الشائعة في المناطق الجافة وشبه الجافة 30

الجدول 2. المتطلّبات المائيّة الموسمية التقريبية (ملم) للمحاصيل الحقلية والأعشاب والشجيرات في النُظُم الإيكولوجية المطرية وفي البادية 31

الجدول 3. أمثلة من معدّلات الهطل السنوي والقيم المحسوبة لتحقّق أو لتجاوز نسب 25 في المائة، 50 في المائة، 67 في المائة و75 في المائة في بعض المحطات المناخية 32

الجدول 4. هطل الأمطار السنوية المسجلة في إحدى المحطات المناخية لمدة 15 عاماً والمدرجة تنازلياً مع احتمالات التحقّق أو التجاوز 33

الجدول 5. متوسّط السعة الحقلية ونسبة التخزين المتاحة للنبات في بعض أنواع الأتربة في المناطق الجافة 34

الجدول 6. متوسط تقريبي لعمق الجذور والقطر الفعّال لبعض مجموعات المحاصيل في البيئات الجافة 35

الجدول 7. معامل الجريان المحتمل لمختلف استخدامات الأراضي وميولها وأنواع الأتربة في البيئات المطرية والرعوية الجافة 36

الجدول 8. مثال التصميم العملي 1: إعادة تأهيل المراعي (البادية) باستخدام نظام المتون الكنتورية 49

الجدول 9. مثال التصميم العملي 2: بستان زيتون بنظام احواض الجريان الصغيرة والسدات شبه الدائرية 50

الجدول 10. مثال التصميم العملي 3: زراعة الشعير في المناطق الجافة باستخدام شرائط الجريان السطحي 52

قائمة الأشكال

الشكل 1. رسم توضيحي لمفهوم حصاد مياه الأمطار لأغراض الزراعة: (أ) بدون حصاد مياه؛ (ب) مع تدخل معتدل؛ (ج) مع تدخل مناسب 15

الشكل 2. المكونات الأساسية لنظام نموذجي لحصاد مياه الأمطار للزراعة 19

الشكل 3. (أ) متون كنتورية منشأة حديثاً في الجمهورية العربية السورية؛ (ب) وسدّات كنتورية؛ (ج) في المناطق الرعوية والمطرية في الأردن 21

الشكل 4. سدات شبه دائرية لحصاد مياه الأمطار للأشجار (أ) في فلسطين وللشجيرات الرعوية؛ (ب) في الأردن؛ (ج) في الجمهورية العربية السورية 22

الشكل 5. أحواض الجريان الصغيرة لحصاد مياه الأمطار: (أ) للشجيرات الرعوية؛ (ب) أشجار الفاكهة؛ (ج) تعزيز الجريان بتغطية التربة بشرائح البولي إيثيلين 22

الشكل 6. شرائط الجريان للمحاصيل الحقلية: (أ) إعداد مستجمعات المياه؛ (ب) زراعة وإعداد الشريط المستهدف بالاستعانة بالآلات؛ (ج) المحاصيل قبل الحصاد 23

الشكل 7. مدرجات الجريان الكنتورية المنفذة على أراضٍ شديدة الانحدار (أ) في اليمن؛ (ب) في تونس 24

الشكل 8. حصاد مياه الأمطار من الأسطح: (أ) نظام منزلي في البرازيل؛ (ب) نظام حصاد المياه من الدفيئات الزراعية في شمال مصر؛ (ج) استخدام المياه في الزراعة داخل الدفيئة 24

الشكل 9. خزانات سرير الوادي: (أ) خزان سطحي في تركيا؛ (ب) خزان زراعي في الجمهورية العربية السورية؛ (ج) خزان للماشية في الأردن 25

الشكل 10. نُظُم زراعة سرير الوادي: الجسور التقليدية (أ) الحديثة؛ (ب) في جنوب تونس؛ (ج) نظام سرير الوادي في الصين 25

الشكل 11. نُظُم نشر مياه الوادي: (أ) رسم تخطيطي لنظام نشر المياه؛ (ب) نظام فعلي في تونس 26

الشكل 12. نُظُم حصاد المياه بالحفائر: (أ) حفيرة ماشية في أريتريا؛ (ب) حفيرة ماشية في السودان 26

الشكل 13. (أ) الآبار الأرضية التقليدية في شمال مصر؛ (ب) بئر مجهزة بحوض ترسيب ومرشح بالحصى؛ (ج) بئر تم تجديدها في الجمهورية العربية السورية 27

الشكل 14. رسم بياني لوغاريثمي لتقدير الهطل عند أي احتمال تحقّق أو تجاوز 33

الشكل 15. تخطيط وترسيم تقنيات حصاد مياه الأمطار المختلفة على خريطة غوغل 41

الشكل 16. ترسيم مختلف نُظُم حصاد مياه الأمطار الصغرى (أحواض الجريان؛ سدات فاليراني؛ المتون الكنتورية؛ السدات شبه الدائرية؛ وشرائط الجريان) على الخريطة الكنتورية 42

الشكل 17. تحديد خطوط الكنتور في الميدان: الأنبوب الشفاف (أ) جهاز المستوى؛ (ب) وجهاز التوجيه بالليزر؛ (ج) على جرار الفالياراني 45

فهرس المصطلحات الأساسيّة مع ما يُقابلها في اللغة الإنكليزيّة

المصطلح	المقابل الإنكليزي	شرح وملاحظات
مستجمع	Catchment	منطقة الجريان السطحي، وهو الجزء الذي تسقط عليه مياه الأمطار لكي تنتقل بالجريان إلى الجزء الآخر من الأرض.
مستهدف	Target	مكان استخدام المياه التي يتم حصادها.
التبخر- نتح	Evapotranspiration	التبخر النتحي هو الكمية الإجمالية للمياه التي تدخل الجو بشكل غاز متبخر من سطح التربة وما عليها والمياه التي تنتح من أوراق النباتات خلال فترة محددة.
متن/متون	Ridge/ridges	نتوء في التربة أو في الأرض، سواء أكان طبيعيّاً أم اصطناعيّاً. ويمكن أن يكون ذا ارتفاع صغير، ويمكن أن يكون نتوءاً جبليّاً.
سدّة/سدّات	Bund/bunds	حاجز أو مانع للمياه.
كنتور	Contour	في الخرائط، تعبّر خطوط الكُنتور عن النقاط الجغرافية ذات الارتفاع المتساوي عن سطح البحر. وهي تظهر في الخرائط على شكل خطوط بعضها داخل بعض.
السعة الحقلية	Field Capacity	السعة الحقلية هي المحتوى الرطوبي الذي تستطيع التربة الاحتفاظ به بعد صرف المياه الزائدة بفعل الجاذبية الأرضية بشكل كامل ويقاس بقوة شد قدرها ثلث ضغط جوي.
سعة التخزين التصميميّة	Design Storage Capacity	السعة التصميمية هي القيمة القصوى لحجم المياه الذي يمكن تخزينه من الجريان السطحي في مقطع التربة الذي تنتشر فيه معظم جذور النبات خلال موسم الأمطار.
معامل الجريان التصميمي	Design Runoff Coefficient	نسبة الجريان السنوي إلى الهطل السنوي.
الهطل التصميمي	Design Rainfall	الهطل السنوي لأغراض التصميم (R)، أي كمية الأمطار التي تهطل خلال الموسم وتوفر المستجمعات منها ما يكفي من الجريان لتلبية العجز في احتياجات المحاصيل.
الميل الأعظم	Maximum Slope	خطّ الميل الأعظم.
الطمي	Alluvial deposit	التربة التي يحملها السيل (أو ارتفاع منسوب المياه) وتستقرّ على وجه الأرض وتكون عادةً خصبة ومفيدة للمزروعات
(جرّار) فاليراني	Vallerani	محراث آلي متخصص في إنشاء متون منفصلة أو مستمرة لحصاد مياه الأمطار على خطوط الكنتور (الاسم نسبة إلى مصممه السيد فاليراني).
سرير الوادي	Wadi bed	مجرى السيول الموسميّة في الوديان.

عن الدليل: أهدافه وكيفية استخدامه

لا بدّ من التشديد على الحاجة إلى تعزيز السياسات المائيّة في المنطقة العربية، إذ إنّ مشكلة شحّ المياه آخذة في الازدياد، ومع ذلك، لا يزال تأمين المياه المطلوبة للأنشطة الزراعية يعتمد بشكل كبير على هطول الأمطار، وهو ما يجعل الناتج الزراعي مهدّداً في حال احتباس المطر أو مرور فترات جفاف طويلة. في هذا الصدد، يُعتبر "حصاد مياه الأمطار" رافداً أساسيّاً للمياه في المناطق التي لا تكفي فيها الأمطار المباشرة للزراعة الاقتصادية البعليّة.

إلّا أنّ المنطقة العربيّة لم تستفد من هذه التقنيات والأساليب كما ينبغي بعد. وعموماً، ثمّة نقص في المنطقة العربيّة في الفنّيين المهرة والمتخصّصين في تخطيط وتصميم وتنفيذ وإدارة نُظُم حصاد مياه الأمطار بشكل صحيح. ويحتاج المزارعون، ولا سيما بالنسبة إلى تقنيات مستجمعات المياه الصغرى في المزارع، إلى دعم وإرشاد لكي يتمكّنوا من الاستفادة الكاملة من هذه التقنيات. بالإضافة إلى ذلك، ثمّة حاجة ملحّة إلى تأهيل العاملين في مجال الإرشاد وغيرهم من العاملين الميدانيّين وتدريبهم تدريباً سليماً يساعدهم على نشر هذه التقنية الهامة. وقد تمّ تطوير هذا الدليل لتلبية هذه الحاجة بالتحديد، ولتعزيز مهارة العاملين في الحقل الزراعي ومساعدتهم على الاستفادة من أساليب حصاد مياه الأمطار في المستجمعات الصغرى. علاوة على ذلك، يوفّر الدليل مادّةً مساعدةً لموظفي الإرشاد وغيرهم من المعنيّين في توفير التدريب المناسب للمزارعين والفنّيين.

الغرض من هذا الدليل هو مساعدة المدربين على تقديم دورات تدريبية فعّالة حول حصاد مياه الأمطار في المنطقة العربية. ويمكن أيضاً استخدام الدليل في بيئات مماثلة في مناطق أخرى من العالم. ويقدّم الدليل معلومات ومبادئ توجيهية عملية وأمثلة للمرشدين والفنّيين ليتمكّنوا من تدريب غير المتخصّصين على تضمين تلك الممارسات في الأنشطة الزراعيّة وتصميمها وتنفيذها وإدارتها بشكل صحيح ورشيد. كما يطال الدليل اهتمامات جمهور أوسع يشمل الممارسين والمهندسين الزراعيين العاملين في المناطق الريفية، وكذلك الفصول الدراسيّة العملية لطلاب الجامعات المتخصّصين في إدارة المياه الزراعية. ويساعد هذا الدليل أيضاً المسؤولين الحكوميين على التعامل مع مشكلة شح المياه، ويمكن لمسؤولي التنمية الزراعية الاستفادة منه كذلك لرفع الوعي حول إمكانية حصاد مياه الأمطار لتوفير المياه واستخدامها بشكل فعّال في الزراعة.

يركّز الدليل على تقنيات مستجمعات المياه الصغرى التي يمكن أن تزيد من إمدادات المياه في المزارع من أجل دعم زراعة المحاصيل. ويرد هنا وصف لأساليب أخرى مماثلة، من قبيل مستجمعات المياه الكبرى، والنُظُم المخصّصة لتوفير مياه الشرب للبشر أو الماشية (كآبار الجمع ونُظُم أسطح المنازل والخزانات الزراعية)، وذلك كنوعٍ من الثقافة العامّة. غير أنّ هذه الأساليب غير مدرجة في أقسام التخطيط والتصميم والتنفيذ في هذا الدليل.

ويشدد الدليل على تخزين المياه في مقطع التربة حيث توجد جذور النبات كوسيلة أبسط وأقلّ تكلفة لحصاد مياه الأمطار من التخزين في الخزانات السطحية أو الجوفية. إنّ التركيز الرئيسي لهذا الدليل هو النُظُم التي تقع في نطاق الحقل أو المزرعة، وللمحاصيل الحقلية وأشجار الفاكهة وشجيرات المراعي. ولا يُقصد من هذا الدليل أن يكون وثيقة أكاديمية أو كتاباً تدريسيّاً للطلاب، بل هو دليل توجيهي، خطوة بخطوة، للمرشدين وللعمّال الميدانيين للقيام بأعمال حصاد مياه الأمطار بشكل أفضل.

يتوجّه هذا الدليل للبلدان العربية، ويستخدم بيانات وأمثلة من البيئات الجافة وشبه الجافة، والبيئات المعتدلة التي تتمتع بشتاء بارد وممطر وصيف جافّ وحارّ. بعض البيانات المختارة للتصميم عبارة عن متوسّطات لبيانات

مجموعات من المحاصيل والأشجار من بيئات معينة (بدلاً من بيانات المحاصيل الفردية وظروف الموقع المحددة). وقد تمّ جمع البيانات بعناية لمساعدة المدرّبين على إجراء دورات التدريب بشكل وافٍ، ومع ذلك فإنّه يُستحسن توفير حد أدنى من البيانات المحلية الإضافية التي تساعد على أن يكون التدريب ملائماً للبيئات المحلّية المختلفة. وبطبيعة الحال، يمكن للمدربين الحصول على بيانات أكثر دقّة – بحسب حاجات التدريب – ولكن البيانات المقدمة كافية لتصميم دورة تدريبية هادفة. ومن المؤكد أن البيانات الاكثر دقة تحسن التصميم ولكنها لن تعدّل بشكل كبير النتائج الرئيسية النهائية. علاوة على ذلك، فإن التغيُّرات المناخية قد تكون أكثر أهمية من الخطأ الناجم عن المتوسّطات التقريبية للبيانات.

يوفّر الدليل للمستخدمين وصفاً عاماً حول الطرق المختلفة لحصاد مياه الأمطار، مع بيان معايير خاصة للمساعدة في اختيار التقنية المناسبة للموقع. بالإضافة إلى ذلك، ثمّة تصميم مبسط، خطوة بخطوة، لغير المتخصّصين ليكونوا قادرين على تصميم وتنفيذ النظام الذي يحتاجونه. ويقدّم الدليل ثلاثة أمثلة على التصميم، وذلك لتوضيح عملية حصاد مياه الأمطار الخاصّة بنُظُم المحاصيل الرئيسية الثلاثة في البلدان العربية: الشجيرات الرعوية للمراعي، والأشجار المثمرة للنُظُم المطرية، والمحاصيل الحقلية لكلّ النُظُم الإيكولوجية الزراعية. كما تم تضمين الدليل أجزاءَ عن متطلبات التنفيذ والإدارة.

يتوقّع من المدرّبين والمدرّبات، والمتدرّبين والمتدرّبات، بعد استخدام هذا الدليل، أن تكون لديهم القدرة على الاختيار الصحيح من بين 4 تقنيات رئيسية لحصاد مياه الأمطار بالمستجمعات الصغرى، وذلك بحسب الحاجة في حقولهم أو مواقعهم الزراعية. وهذه الطرق هي: (1) المتون الكنتورية، (2) السدات شبه الدائرية، (3) أحواض الجريان، (4) شرائط الجريان. علاوة على ذلك، ينبغي أن يصبح المتدرّبون قادرين على استخدام معاملات التصميم الرئيسية، مثل متطلبات المياه للمحاصيل، والسعة التخزينية للتربة، ومعاملات الجريان، ونسبة مستجمعات المياه للأرض الزراعية، وغيرها من المكونات اللازمة لتحقيق الاستفادة المثلى من النظام. وسيكون المتدرّبون بعد تصميم النظام قادرين على تخطيط التقنيات على الخريطة والأرض وفهم كيفية عملها وكيفية إدارتها وصيانتها.

ولتعزيز نتائج التعلّم في هذا الدليل، ينبغي إعطاء الدورات التدريبية الوقت الكافي. وبالرغم من تبسيط العملية في الدليل، فإنّه يلزم 5-7 أيام على الأقل، بمعدّل 5 ساعات في اليوم موزعة على الفصول الدراسية والجلسات الميدانية، لالتقاط الجوانب الرئيسية لهذه التقنيات. ويجب على المدرّبين اتّباع الأساليب التعليمية الأفضل، من قبيل:

- استخدام الرسوم التوضيحية المتاحة، مثل الصور والأرقام لتعريف المتدرّبين على الملامح الأساسيّة لنظام الحصاد والتعرّف إلى نماذجه الأساسية.
- يمكن استخدام شرائح العرض PowerPoint ولكن يمكن أيضاً استخدام السبّوره (اللوح) فهي وسيله مفيدة للحصول على مزيد من التفاعل أثناء إجراء الحسابات واستخدام المعادلات.
- بالنسبة إلى عملية التصميم، ينبغي استخدام نهج تفاعلي يمرّ من خلاله المتدربون بالعملية خطوة بخطوة ويعملون خلاله على تصميم مشروعهم الخاص.
- قد تكون الخرائط وغيرها من الأدوات مفيدة في تطوير القدرة على رسم النظام على الورق.
- ينبغي أن يتم التنفيذ الميداني للنُظُم المصممة من قِبل جميع المتدرّبين تحت إشراف المدرب.
- ينبغي إعداد وسيلة بسيطة لتحديد خطوط الكنتور، مثل الأنبوب الشفاف، وأن تمارس هذه العملية في الميدان.
- إذا كانت بعض المعدات الأخرى متاحة، كالجرار والفاليراني، فإنّه يمكن تنفيذ الأعمال على الأرض لتحقيق الاستفادة القصوى.
- كما أنّ القيام بزيارة ميدانية إلى نظام يعمل بالفعل سوف يساعد في إيصال الصورة الكاملة للمتدربين.

مقدّمة

المنطقة العربية هي الأكثر شحّاً في المياه في العالم، ويصل نصيب الفرد فيها من موارد المياه الزرقاء (المياه السطحية والجوفية لاستخدام لاحق للري وغيره من الأنشطة) الآن إلى أقلّ من عتبة الشحّ والبالغة 1,000 متر مكعّب للفرد سنويّاً، لا بل إنّ هذا الرقم ينخفض إلى أقل من 100 متر مكعّب للفرد في بعض البلدان مثل الأردن (Abuzeid et al 2019).

تأتي معظم الموارد المائية العربية من خارج المنطقة مع تزايد الصراعات وزيادة الطلب في جميع البلدان. وفي أفضل الأحوال، لن تكون هناك موارد إضافية كبيرة متاحة للري في المستقبل. ويُضاف إلى هذه المشكلة أنّ المياه الزراعية آخذة في الانخفاض في عدة بلدان في المنطقة ولا سيّما في الأردن ولبنان والبحرين. والحال هذه، فإنّ أجدى الموارد المتاحة لتطوير الزراعة وأكثرها استدامة هي الأمطار.

النظامان الزراعيّان الرئيسيّان اللذان يعتمدان على المياه الخضراء (مياه الأمطار المخزّنة في التربة والتي تستخدمها النباتات مباشرة) هما النظام الزراعي المطري والنظام الزراعي الرعوي. وتتلقى النُظُم الزراعية الرعوية أقل من 250 ملم سنويّاً من الأمطار وتشمل أكثر من 80 في المائة من المساحات الزراعية في المنطقة العربية، فيما تشغل النُظُم المطرية أقلّ من 10 في المائة فقط. وكلا النظامين هشّ وبالغُ التدهور ومنخفض الإنتاجية الزراعية (Karrou et al 2011).

تعود مشكلة شحّ المياه الزراعية وندرتها في النظام الزراعي الذي يغلب عليه المطر إلى ثلاثة عوامل: انخفاض كميات الأمطار؛ تقلب هطل الأمطار؛ الخسائر المفرطة بالمياه غير المنتجة. وفي زراعة الأراضي الجافة، عادةً ما يكون مجموع الأمطار كافياً لإنتاج المحاصيل الاقتصادية، ولكنّ عدم انتظامه خلال موسم زراعة المحاصيل يؤدّي إلى نوبات جفاف تؤذي النباتات وتقلّل الغلّة الزراعيّة بشكل كبير. وفي البيئات الأشدّ جفافاً، مثل المراعي، يكون هطل الأمطار السنوي منخفضاً جدّاً وغير كافٍ لدعم قيام زراعة ذات جدوى اقتصادية. علاوةً على ذلك، وفي كلا النظامين الزراعيين (الرعوي والمطري)، يُفقد جزء كبير من هطل الأمطار خلال عملية التبخّر، إمّا مباشرة من سطح الأرض وإمّا بعد انضمام الهطل إلى المسطحات المائية الملحية. وتبيّن الدراسات والتجارب أنّ الخسائر بالتبخّر في نظام القمح البعلي في شمال الجمهورية العربية السورية مثلاً تتجاوز ثلث الهطل السنوي. وفي الأردن، يضيع أكثر من 90 في المائة من الأمطار الهاطلة على البادية بفعل التبخر أو يتبدّد في المسطحات الملحيّة (Zhang et al 1998). وينبغي لأي مسعى يهدف إلى تحسين الاستفادة من مياه الأمطار في هذه البيئات أن يركّز على تحويل الخسائر بالتبخّر إلى نَتحٍ أخضر منتج.

من أكثر التدابير فعالية لزيادة كفاءة استخدام الهطل في النُظُم المطرية والرعوية هي الري التكميلي وحصاد مياه الأمطار. وفي غياب الموارد السطحية والمياه الجوفية، يعتمد الري التكميلي أيضاً على حصاد مياه الأمطار من أجل تأمين إمدادات المياه. وكلا الطريقتَين تتمتّع بإمكانات كبيرة لتحسين الزراعة في النُظُم المطرية وجعل الزراعة الاقتصادية ممكنة. وقد حظي حصاد مياه الأمطار باهتمام كبير في العقود الأخيرة، ولا سيما مع التحوّلات الناشئة عن تغيّر المناخ، إذ إنّ هذا الإجراء يقلّل من المخاطر التي تهدّد النُظُم المطرية ويمهّد الطريق لإعادة تأهيل النُظُم الزراعية الرعوية المتدهورة.

يعرض هذا الدليل في أسلوب مبسّط ومدعّم بالأمثلة والشواهد العملية المفاهيم الأساسيّة المرتبطة بعمليّة حصاد مياه الأمطار، ويحدّد مختلف التقنيات المناسبة للتطبيق في البيئات الجافة. كما يصف خطوة بخطوة وسائل تخطيط وتصميم وتنفيذ أنظمة حصاد مياه الأمطار في مستجمعات المياه الصغرى لخدمة أغراض الزراعة. وقد صُمِّم هذا الدليل لمساعدة الممارسين والمتخصّصين في الإرشاد الزراعي ومديري المشاريع في المنطقة العربية على إجراء تدريب للمزارعين وأصحاب المصلحة الآخرين على تخطيط وتصميم وتنفيذ تقنيات حصاد مياه الأمطار في مستجمعات المياه الصغرى للزراعة.

1

ما هو حصاد مياه الأمطار للزراعة وكيف يعمل؟

في المناطق التي لا تكفي فيها الأمطار لتوفير الحد الأدنى من الاحتياجات المائية للمحاصيل المزروعة على كامل الأرض، يفقد المزارع في الغالب القدرة على الاستفادة، في الوقت عينه، من كامل مساحة الأرض ومن كمية مياه الأمطار. ولكن، إذا تمكّن المزارع من تجميع مياه الأمطار من نصف أرضه واستخدامها في النصف الآخر، فإنّه بذلك يتمكّن من مضاعفة كمية المياه في النصف المزروع، وقد تكون الكمية الإجمالية للمياه في هذه الحالة كافيةً لزراعة بعض المحاصيل. علاوة على ذلك، إذا تمكّن المزارع من تجميع مياه الأمطار من ثلاثة أرباع الأرض وتركيزها في زراعة الربع الباقي، فإنّه بذلك يضاعف كمية المياه في هذا الجزء ثلاث مرات، ويمكنه بذلك توفير كمية من المياه بما يكفي لزراعة أي محصول. وبهذا يكون المزارع قد كسب القدرة على الاستفادة من كلٍّ من المياه ومن جزءٍ من الأرض بدلاً من أن يُحرَم من كل شيء.

على سبيل المثال، لا يمكن عادةً لأرض مساحتها 4 هكتارات في منطقة جافة تتلقى 150 ملم من الأمطار السنوية أن تنتج أي محصول اقتصادي (الشكل 1 (أ) - بدون حصاد للمياه). إذا تمّ حرمان هكتارين (نصف الأرض) من هطل قدره 150 ملم وأعطيت الكميّة المُجمّعة للنصف الآخر، فإن هذا الأخير سيأخذ ما مجموعه 300 ملم سنويّاً. وقد تكون هذه الكمية كافية لدعم المحاصيل التي تتحمل الجفاف، مثل الشعير واللوز، للإنتاج الاقتصادي (الشكل 1 (ب) - التدخل المعتدل). علاوة على ذلك، إذا تمّ تجميع المياه من ثلاثة أرباع الأرض واستُعمِلَت الكمية المجمّعة من المياه لزراعة الربع المتبقي (الشكل 1 (ج) - التدخل المناسب)، فإنّه سيستقبل 600 ملم من الماء، وهذه الكمية كافية لزراعة معظم المحاصيل.

يستند مبدأ حصاد مياه الأمطار الزراعية إلى حرمان جزء من الأرض من حصتها من الأمطار (أو جزء من حصتها) وإعطاء الكمّية المجمّعة لجزء آخر من الأرض، وذلك لزيادة كمية المياه المتاحة للأخير (والتي لم تكن كافية في الأصل) ودعم هذه الكمية لتلبّي متطلّبات المحاصيل من المياه حتى يتم تحقيق إنتاج زراعي ذي جدوى اقتصادية. ولن يحدث نقل المياه من جزء من الأرض إلى الجزء الآخر إلّا بالجريان، وهو العملية الأساسية في نُظُم حصاد مياه الأمطار. ولكن، تجدر الإشارة هنا إلى أنّه غالباً لا يمكن نقل سوى جزء من مياه الأمطار من خلال الجريان.

الشكل 1. رسم توضيحي لمفهوم حصاد مياه الأمطار لأغراض الزراعة: (أ) بدون حصاد مياه؛ (ب) مع تدخل معتدل؛ (ج) مع تدخل مناسب

المصدر: Oweis and others, 2012.

2

أين ومتى يساعد حصاد مياه الأمطار؟

تتنوّع سُبُل الاستفادة من حصاد مياه الأمطار في النشاطات الزراعية بحسب البيئات المختلفة، ويمكن تلخيص أوجه الاستفادة من هذه التقنية على الشكل التالي:

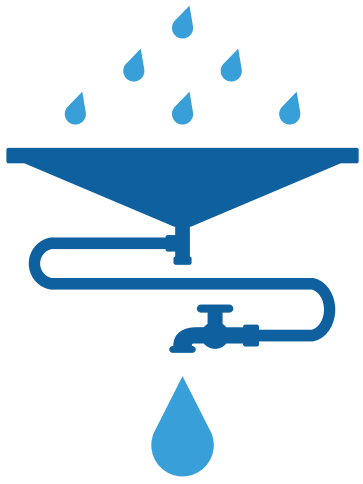
- **في البيئات الجافّة** حيث الأمطار منخفضة وموزّعة بشكل سيّء؛ عادةً ما يكون الإنتاج الزراعي محفوفاً بالمخاطر في البيئات الجافّة، هذا إذا كان ممكناً في المقام الأوّل. في تلك البيئات، يمكن أن يجعل حصاد مياه الأمطار الزراعةَ ممكنةً وأن يساعد على تخفيض المخاطر التي تهدّد النشاط الزراعي (خصوصاً لجهة عدم وجود موارد مائية أخرى بديلة عن المطر) وذلك من خلال تركيز كمية وافرة من المياه في جزء من الأرض.

- **في النُظُم المطرية** حيث إنتاج المحاصيل ممكن ولكن يرافقه انخفاض في الغلة وارتفاع في خطرالفشل أو عدم تحقيق الجدوى الاقتصادية؛ يمكن لتقنيات حصاد مياه الأمطار أن توفّر في هذه الحالة كمّيات إضافية من المياه تكون بمثابة كميات تكميلية تستخدم خلال فترات الجفاف والهطل المتقطّع للأمطار، وبالتالي فإنّها تساعد على زيادة الإنتاج والحفاظ على استقراره.

- **في المناطق النائية** حيث ثمّة حاجة ماسّة إلى المياه **للاستخدام المنزلي والحيواني بالدرجة الأولى**؛ في حال عدم توفر إمدادات مياه الصنبور أو عدم كفايتها في هذه المناطق، يمكن أن يوفر حصاد مياه الأمطار إمدادات المياه الحيوية للشرب والصرف الصحي والماشية بشكل كامل أو جزئي.

- **في الأراضي الجافة وشبه الجافة** حيث تتكثّف جهود **مكافحة التصحّر** خصوصاً في مناطق إعادة التحريج الجديدة التي تفتقر إلى مياه إضافية؛ في مثل هذه المناطق، تضيع إمكانيات الإنتاج بسبب الافتقار إلى الإدارة السليمة، لذا يمكن أن يؤدي توفير المياه لهذه الأراضي عن طريق حصاد مياه الأمطار إلى تحسين الغطاء النباتي، ويمكن أن يساعد بالتالي على وقف التدهور البيئي ودعم عمليات إعادة التحريج.

- **في المجتمعات الريفية الفقيرة** حيث يعّزز حصاد مياه الأمطار **سُبُل العيش بصورة عامّة**. فبالإضافة إلى الفوائد المذكورة أعلاه تتيح عمليات حصاد مياه الأمطار الفرصة لتحقيق العديد من الفوائد الاجتماعية والاقتصادية غير الملموسة وغير المباشرة مثل: استقرار المجتمعات الريفية؛ والحدّ من هجرة سكان الريف إلى المدن؛ واستخدام المهارات المحلية وتحسينها؛ وتحسين مستوى معيشة ملايين الفقراء الذين يعيشون في المناطق المتأثرة بالجفاف.



3

مكوّنات نُظُم حصاد مياه الأمطار

تتكون نُظُم حصاد مياه الأمطار - بغض النظر عن نوعها أو الغرض منها - من تنظيم جملة من العناصر والأجزاء الأساسيّة (انظر الشكل 2)، وهي:

المستجمَع: وهو الجزء الذي تسقط عليه مياه الأمطار فيتمّ تجميعها فيه لكي تنتقل بالجريان إلى الجزء الآخر من الأرض، ويُسمّى أيضاً منطقة الجريان السطحي. يمكن أن تكون مستجمعات المياه صغيرة ولا تتجاوز مساحتها بضعة أمتار مربعة، أو كبيرة تغطّي عدة كيلومترات مربعة. ويمكن أن تكون المستجمعات في أرض زراعية أو صخرية أو هامشية، أو سطح أو فناء أو طريق معبّد.

الجريان: وهو العملية الأساسية التي تحصل في منطقة المستجمع المائي أثناء هطل الأمطار وبعدها، وتؤدّي إلى انتقال المياه إلى الجزء الأدنى من الأرض، وتعدّ هذه العمليّة العنصر الحاسم في حصاد مياه الأمطار.

التخزين/الخزّان: وهو احتجاز مياه الجريان من وقت حدوثها إلى أن يتم استخدامها في المحاصيل أو من قِبل الحيوانات أو البشر. ويمكن اعتماد طرق عدّة للتخزين، من قبيل:

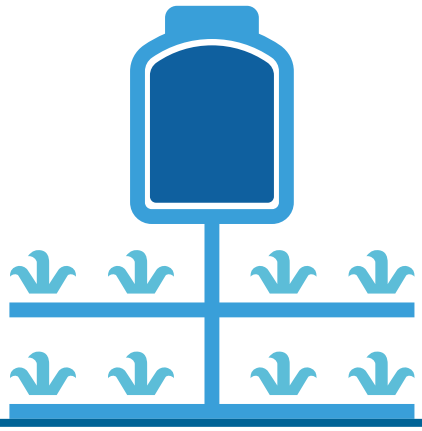
- تخزين سطحي، كما هو الحال في البرك أو الخزانات.
- تخزين في مقطع التربة (عبر تعزيز رطوبة التربة).
- تخزين أرضي، كما هو الحال في آبار الجمع الأرضية، وطبقات المياه الجوفية.

المستهدَف: وهو مكان استخدام المياه التي يتم حصادها. ويمكن أن يكون في خدمة:

- الإنتاج الزراعي، والهدف هو النبات أو الحيوان.
- الاستخدامات المنزلية ومياه الشرب والصرف الصحي للبشر.
- البيئة والصناعة وغيرها.

الشكل 2. المكونات الأساسية لنظام نموذجي لحصاد مياه الأمطار للزراعة

المصدر: Oweis and others, 2001.



4

طرق حصاد مياه الأمطار

يستند التصنيف الأكثر شيوعاً لأساليب حصاد مياه الأمطار إلى حجم المستجمع المائي بالدرجة الأولى. تعتمد طرق مستجمعات المياه الصغرى على مستجمعات صغيرة تصل مساحتها إلى مئات الأمتار المربعة. أما طرق المستجمعات الكبرى فتعتمد على مستجمعات مياه كبيرة - عادة ما تكون طبيعية - وقد تصل مساحتها إلى عشرات الكيلومترات المربعة.

في ما يلي وصف موجز للطرق المختلفة وسُبُل استخدامها، ووصف للتقنيات الأكثر أهمية بالنسبة إلى الأنشطة الزراعية في المنطقة العربية.

ألف. طرق مستجمعات المياه الصغرى

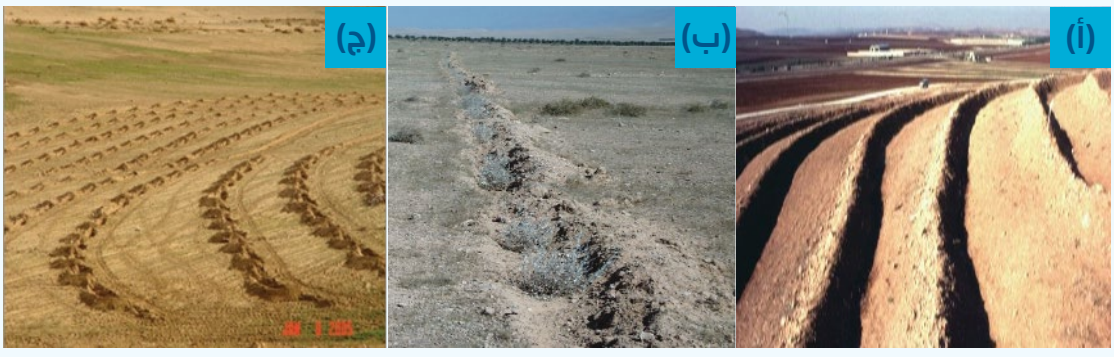
المتون والسدات الكُنتورية: يُقصَد بالمتون هنا الحواجز الترابية الصغيرة ذات الارتفاع المناسب لوقف جريان المياه على المنحدرات؛ والسدّات هي أشكال مختلفة من المتون. تعتبر تقنية المتون والسدّات الكُنتوريّة التقنية الأكثر أهمية في الأراضي المتوسّطة الانحدار والمتموّجة، حيث يتم إنشاؤها بشكل يُطابِق خطوط الكنتور (خطوط المنسوب، أو خطوط الكِفاف)، أي إنّ هذه المتون أو السدّات تمتدّ على نقاط ذات ارتفاع متساوٍ تقريباً، وهو ما يضمن عدم جريان الماء داخلها. عادة ما تكون المتون والسدّات متباعدة بمسافات من 5 إلى 20 م، وذلك اعتماداً على الميول، والهطل، ونوع المحاصيل وغيرها من خصائص الأرض.

ويستخدم شريط عرضه 1-2 م فوق المتن للزراعة، ويتم تخزين مياه الجريان في مقطع التربة. وتستخدم بقية المنطقة الواقعة بين المتون كمستجمع (الشكل 3). ويختلف ارتفاع كلّ سلسلة من المتون/السدات وفقاً لتدرّج الميول والعمق المتوقّع لمياه الجريان التي يحتفظ بها خلفه. ويمكن أيضاً أن تعزز المتون بالحجارة إذا لزم الأمر.

إنّ إنشاء المتون تقنية بسيطة يمكن تنفيذها من قبل المزارعين يدويّاً أو باستخدام الحيوانات أو الجرار الآلي. ويمكن تنفيذها على مجموعة واسعة من الميولات، من 1 في المائة إلى أكثر من 25 في المائة. لكنّ مفتاح نجاح هذه النُظُم هو تحديد موقع المتون بأقصى قدر ممكن من الدقة على طول الكنتور (انظر القسم 7 المتعلق بالتنفيذ والإدارة والصيانة). وفي حال حدوث خطأ في تشخيص المكان الأفضل، فإنّ المياه ستتدفّق على طول المتون، وتتراكم عند أدنى نقطة، وفي نهاية المطاف يتم اختراق الماء للمتون وتدمير النظام بالكامل.

بشكل عام، تدعم المتون الكُنتورية إعادة تأهيل الأراضي المتدهورة والمزارع الجديدة للأعلاف والأعشاب والشجيرات.

الشكل 3. (أ) متون كنتورية منشأة حديثاً في الجمهورية العربية السورية؛ (ب) وسدّات كنتورية؛ (ج) في المناطق الرعوية والمطرية في الأردن



المصدر: Oweis, 2017.

الشكل 4. سدات شبه دائرية لحصاد مياه الأمطار للأشجار (أ) في فلسطين وللشجيرات الرعوية؛ (ب) في الأردن؛ (ج) في الجمهورية العربية السورية

المصدر: مجموعة ذيب عويس.

الشكل 5. أحواض الجريان الصغيرة لحصاد مياه الأمطار: (أ) للشجيرات الرعوية؛ (ب) أشجار الفاكهة؛ (ج) تعزيز الجريان بتغطية التربة بشرائح البولي إيثيلين

المصدر: مجموعة ذيب عويس.

الشكل 6. شرائط الجريان للمحاصيل الحقلية: (أ) إعداد مستجمعات المياه؛ (ب) زراعة وإعداد الشريط المستهدف بالاستعانة بالآلات؛ (ج) المحاصيل قبل الحصاد

المصدر: مجموعة ذيب عويس.

السدات شبه الدائرية: عادة ما تكون هذه السدّات الترابية على شكل شبه دائرة أو هلال أو شبه منحرف يواجه الميول مباشرةً (الشكل 4). يتم إنشاء السدات متباعدةً بعضها عن بعض بمسافات تسمح لمستجمعات المياه بتوفير مياه الجريان المطلوبة، والتي ينبغي أن تتراكم في أدنى نقطة من السدة، وهو المكان الذي تُزرع النباتات.

عادة، يتم إنشاء السدّات في صفوف متداخلة. وتكون المسافة بين طرفي كلّ سدة 3-10 م، ويكون ارتفاع السدة الأقصى 30-50 سم. ويمكن تنفيذ هذه التقنية في الأراضي ذات الميول القليلة (0-15 في المائة). وفي الأراضي عديمة الميول يمكن إنشاؤها من خلال قطع التربة لزيادة الميل وتشكيل السدة.

تستخدم هذه السدات أساساً لإعادة تأهيل المراعي أو لإنتاج العلف، ولكن يمكن أيضاً أن تستخدم لزراعة الأشجار والشجيرات وفي بعض الحالات لزراعة المحاصيل الحقلية والخضروات.

أحواض الجريان الصغيرة (negarim): وتتكون من قطع صغيرة من الأرض مستطيلة أو مربعة ومحاطة بمتن ترابي يمنع جريان المياه. وتُوجّه الأحواض بحيث يكون الضلع الأطول موازياً للميل الأعظم للأرض، ما يسمح للجريان السطحي بالتدفق من جميع أجزاء المستجمع إلى أدنى ركن منه، حيث تتم زراعة النباتات (الشكل 5).

يستخدم النظام بأبعاد 5-10 م في العرض، و10-25 م في الطول. ويمكن بناء هذه الأحواض على ميول معتدلة، بما في ذلك السهول ذات الميول 1-2 في المائة. ولكن في حال كان ميل الأرض فوق 5 في المائة، قد يحدث انجراف للتربة؛ عندها ينبغي زيادة ارتفاع السدة في الجزء السفلي.

هذه الطريقة هي الأكثر ملاءمة لزراعة الأشجار، ولكن يمكن أيضاً أن تستخدم لمحاصيل أخرى. عندما تستخدم للأشجار، يجب أن تكون التربة عميقة بما يسمح بتخزين ما يكفي من المياه لموسم الجفاف بأكمله. إذا تم الحفاظ على مستجمعات المياه بشكل جيد، فإنّه يمكن حصاد أكثر من 50 في المائة من الهطل. وبمجرد بناء النظام، فإنّه يستمر لسنوات ولا يحتاج إلّا لقليل من الصيانة. والعزيق لإزالة الأعشاب ليس عملياً داخل الأحواض الصغيرة حيث يمر المتون، لذلك يفضل أن تزال الأعشاب يدويّاً أو باستخدام مبيدات خاصة بالأعشاب. وبما أنّ نظام حصاد المياه يدعم المحاصيل ذات القيمة الاقتصادية العالية، من المفيد اتخاذ تدابير إضافية لرفع كفاءة الجريان.

شرائط الجريان: تستخدم هذه الطريقة لزيادة توافر المياه للمحاصيل الحقلية في المناطق المنخفضة الهطل والتي تتهدّد محاصيلَها مخاطر عالية، حيث تنخفض الغلّة بفعل نقص المياه. يتم زرع المحصول في شرائط عرضها ثابت (من 1-2 م)، وبشكل موازٍ تقريباً لخطوط الكُنتور. ويُترك شريط موازٍ غير مزروع كمستجمع ويكون بعرض 1-3 أضعاف عرض الشريط المستهدف (الشكل 6).

يمكن مَيكَنَة (مَكنَنة) كافة العمليات الزراعية المتعلّقة بشرائط الجريان، وبالتالي تخفيض تكاليف العمالة. وتزرع الشرائط المستهدفة نفسها سنويّاً، وتُدعم بمدخلات زراعية، كالأسمدة وغيرها من المدخلات التي ينبغي استعمالها في كلّ عام لتعزيز خصوبة التربة. وقد تكون هناك حاجة إلى رصّ التربة وتنعيمها لتحسين الجريان في المستجمع.

مع توفّر الإدارة الجيدة، يمكن لدورات زراعة البقوليات والحبوب أن تؤدّي إلى زيادة خصوبة التربة وتحسين هيكلها ممّا يجعل الأرض أكثر إنتاجية. يُوصى بهذه التقنية بشدة لزراعة الشعير والمحاصيل الحقلية الأخرى في مناطق السهوب الكبيرة ذات الهطل غير المضمون في المناطق الجافة، حيث يمكن أن تقلل هذه الطريقة من المخاطر، وأن تحسن الإنتاج بشكل كبير. ويمكن رعي المستجمعات والمناطق المستهدفة بعد الحصاد.

مدرّجات الجريان الكنتورية: وهي مدرّجات (أو مصاطب) شُيِّدَت على أراضٍ شديدة الميل، وذلك للجمع بين هدفَي الحفاظ على تماسك التربة وتوفير المياه عبر تقنيات حصاد مياه الأمطار.

عادة ما يتم قطع مدرجات ضيقة للزراعة (1-4 م) بحيث تكون موازية للكنتور، شرط أن تتباعد بعضها عن بعض مسافةً كافية للسماح بتشكل مستجمعات مناسبة عند أعلى كل مدرّج أو مصطبة. ويتم دعم المنطقة المستهدفة بجدار حجري، بينما يترك المستجمع بحالته الطبيعية.

تعدّ المدرجات التاريخية في اليمن مثالاً جيداً على هذا النظام (الشكل 7). وبما أنّها شُيدت على أراضٍ

الشكل 7. مدرجات الجريان الكنتورية المنفذة على أراضٍ شديدة الانحدار (أ) في اليمن؛ (ب) في تونس

المصدر: Oweis and others, 2012.

الشكل 8. حصاد مياه الأمطار من الأسطح: (أ) نظام منزلي في البرازيل؛ (ب) نظام حصاد المياه من الدفيئات الزراعية في شمال مصر؛ (ج) استخدام المياه في الزراعة داخل الدفيئة

المصدر: مجموعة ذيب عويس.

جبلية شديدة الانحدار، فقد يحدث انجراف في المستجمعات. ولكن، يمكن التقاط المياه في المصطبة المستهدَفة، وهو ما يحسّن خصوبتها. قد تكون تكاليف البناء والصيانة لهذه التقنية مرتفعة، ولكنّ استخدام الآلات لتنفيذ المدرجات من شأنه أن يقلّل من التكلفة بشكل كبير. عادة، تزرع الأشجار في المدرّجات والمصاطب، وقد تضاف بعض المحاصيل الأخرى بين الأشجار.

حصاد مياه الأمطار من السطوح: يتم حصاد مياه الأمطار عبر هذه التقنية من أسطح المنازل والمباني الكبيرة والدفيئات الزراعية والساحات والأسطح الصلبة، بما في ذلك الطرق.

يمكن حصاد معظم الأمطار وتخزينها والاستفادة منها لجميع الاستخدامات. فالمواد الحديثة المستخدمة في البناء (كالمزاريب أو المواد التي تعزل الأسقف وتمنع امتصاص المياه على سبيل المثال) تتيح حصاد مياه الأمطار النظيفة والمناسبة للشرب والاستخدامات المنزلية الأخرى، ولا سيما في المناطق الريفية التي لا توجد بها مياه الصنبور (الشكل 8). ومع ذلك، عادة ما يتجنب المزارعون تخزين الجريان من العاصفة المطرية الأولى، لأنّ الماء قد لا يكون نظيفاً للشرب.

إذا تم جمع المياه من سطح عليه بقايا تربة أو نبات، يجب أن يمر الجريان عبر حوض ترسيب وتصفية وتعقيم قبل تخزينه واستخدامه للشرب. وتوفّر

الشكل 9. خزانات سرير الوادي: (أ) خزان سطحي في تركيا؛ (ب) خزان زراعي في الجمهورية العربية السورية؛ (ج) خزان للماشية في الأردن

المصدر: Oweis and others, 2001.

هذه النُظُم إمدادات مياه منخفضة التكلفة للإنسان والحيوان في المناطق النائية.

وعلى الرغم من أن هذه التقنية تستخدم أساساً للأغراض المنزلية، فإنّ لها أيضاً استخدامات زراعية خاصّة عندما تكون نوعية المياه غير مناسبة للشرب. ويمكن استخدام مياه الأمطار التي يتم حصادها من سقف الدفيئة داخل الدفيئة للري أو لخدمة نظام الزراعة المائية.

باء. طرق مستجمعات المياه الكبرى

أنظمة خزانات سرير الوادي: هذه طريقة شائعة لتخزين المياه من المستجمعات الكبيرة واستخدامها لأغراض عديدة. تُنشَأ خزانات سرير الوادي عن طريق بناء سدّ يغلق مجرى الوادي في مكان مناسب. وعادة ما تكون هذه السدود ترابية؛ ولكن ينبغي تزويدها بمهرب مناسب لتمرير المياه التي تتجاوز سعة الخزان. في بعض الأحيان، يتم بناء النظام في المزرعة خارج سرير الوادي (الشكل 9).

ويمكن استخدام المياه المجمّعة من هذا النظام لري المحاصيل أو للاستهلاك المنزلي والحيواني. ولزيادة كفاءة استخدام المياه في الزراعة إلى أقصى حد، وزيادة سعة الخزان وتقليل التبخّر والتسرّب إلى أقصى حد، يُنصح بضخ المياه من الخزان في أقرب وقت ممكن بعد مَلئِهِ، وتخزينها في مقطع التربة في منطقة جذور المحاصيل وذلك لاستخدامها مباشرةً. ويمكن إعادة ملأ الخزان خلال العاصفة المطرية التالية ومضاعفة سعته التخزينية.

ولزيادة إنتاجية المياه، ينبغي استخدام المياه في الري التكميلي للمحاصيل الشتوية، أي خلال فترة هطل الأمطار في فصل الشتاء، وذلك عوضاً عن تركها للري الكامل خلال فترة المحاصيل الصيفية حيث تتدنى الإنتاجية المائية.

أنظمة زراعة سرير الوادي: يمكن تحقيق هذه الممارسة من خلال بناء جدران مستوية عبرالوادي ومتعامدة مع اتجاه الجريان، وذلك لإبطاء سرعة مياه الجريان والسماح للرواسب المنجرفة من المستجمع بالترسيب خلف الجدار وتشكيل أرض زراعية خصبة.

في هذه الطريقة، تُستخدم الأراضي التي تم إنشاؤها خلف الجدار للزراعة، وخاصّة لزراعة الأشجار لأنها عادة ما تكون عميقة ويمكن أن تخزن ما يكفي من المياه لفترة الجفاف الطويلة. تكون الجدران ترابية أو من الحجر، ولكن يجب تجهيزها بمهرب للسماح للمياه الزائدة بالمرور من دون الإضرار بالجدار.

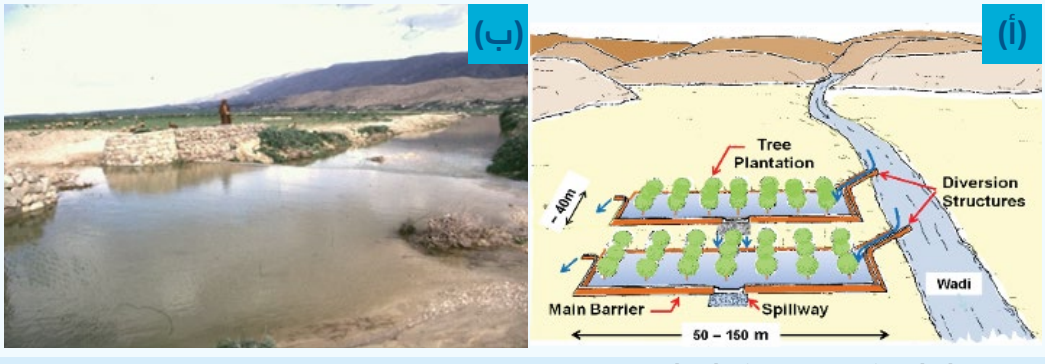
ومن أنظمة زراعة الوادي الشهيرة نظام الجسور التقليدي المنتشر على نطاق واسع في جنوب تونس (الشكل 10).

الشكل 10. نُظُم زراعة سرير الوادي: الجسور التقليدية (أ) الحديثة؛ (ب) في جنوب تونس؛ (ج) نظام سرير الوادي في الصين

أنظمة نشر مياه الوادي: تسمح هذه الأنظمة بتحويل جزء من التدفّق الموسمي لمجرى الوادي وتحويله إلى المناطق الزراعية القريبة الموجود على أحد جانبي الوادي أو على كلا جانبيه (الشكل 11).

يتم بناء جدار صلب (من الحجر أو الخرسانة) عبر الوادي لرفع مستوى المياه فوق مستوى المناطق الزراعية المجاورة. ويمكن استخدام المياه المجمّعة في أحواض قريبة من الوادي أو نقلها عن طريق قناة إلى

الشكل 11. نُظُم نشر مياه الوادي: (أ) رسم تخطيطي لنظام نشر المياه؛ (ب) نظام فعلي في تونس



المصدر: Inad and Prinz, 2013; Oweis and others, 2001.

الشكل 12. نُظُم حصاد المياه بالحفائر: (أ) حفيرة ماشية في أريتريا؛ (ب) حفيرة ماشية في السودان

المصدر: مجموعة ذيب عويس.

مناطق أخرى. ويتم تخزين المياه في المنطقة الجذرية للمحاصيل لتعزيز مياه الهطل.

يتطلّب هذا النظام أرضاً مستوية نسبيّاً وذات ميل خفيف (قليلة الانحدار). ويمكن تصنيف الأراضي الزراعية وتقسيمها إلى أحواض بواسطة المتون للسماح بتخزين ما يكفي من المياه للموسم بأكمله. وينبغي أن تكون التربة عميقة وذات نوعية قادرة على الاحتفاظ بالمياه.

الحفائر: وتسمى أيضاً "برك الماشية"، وعادة ما تكون موجودة في منخفضات ترابية أو تتشكّل من حفر كبيرة تقع في منطقة منخفضة تتلقى مياه الجريان مباشرة من مستجمعات طبيعية كبيرة. ويمكن أيضاً أن تتشكّل عن طريق تحويل المياه من الوديان إلى برك تُنشَأ خصيصاً قرب مجرى الماء.

تتراوح سعة هذه الحفائر من بضع مئات إلى عشرات الآلاف من الأمتار المكعبة.

إنّ الحفائر شائعة في المراعي وتستخدم أساساً للاستهلاك الحيواني (الشكل 12). ولكن يجب الانتباه إلى أنّ المياه الراكدة قد تتعرّض للتلوث وتجذب الحشرات وتصبح مصدراً للمرض. لذا، من المهم الحفاظ على نظافة المناطق المحيطة وحمايتها لتجنب المشاكل الصحية وضمان السلامة.

آبار الجمع الأرضية: وهي خزانات محلّية تُنشأ تحت سطح الأرض بسعة تتراوح بين 10 إلى 500 متر مكعب. وهي تخزّن المياه المتدفّقة من مستجمعات متوسطة أو كبيرة. وتستخدم المياه أساساً لمنافع البشر والحيوانات، ولكن يمكن استخدامها أيضاً لري الحدائق المنزلية، خاصةً إذا كانت السعة كبيرة وتمّت إدارة الخزان بشكل مناسب.

في العديد من المناطق، كما هو الحال في البلدان العربية، يتم حفر هذه الآبار في الصخور الطرية نسبيّاً وبسعات صغيرة (عادة من 20-50 متر مكعب). أمّا في شمال غرب مصر، فيحفر المزارعون آباراً كبيرة (200-300 متر مكعب) تحت طبقة مستمرة من الصخور الصلبة الرقيقة التي تشكل سقوفاً للآبار. يجب تجهيز مدخل الخزان بحوض ترسيب، وبأنظمة تصفية عند الحاجة، وذلك لإزالة الأتربة المنجرفة والأوساخ (الشكل 13). لا تزال آبار الجمع الأرضية المصدر الوحيد لمياه الشرب للبشر والحيوانات في العديد من المناطق النائية.

الشكل 13. (أ) الآبار الأرضية التقليدية في شمال مصر؛ (ب) بئر مجهزة بحوض ترسيب ومرشح بالحصى؛ (ج) بئر تم تجديدها في الجمهورية العربية السورية

المصدر: Ali and others, 2009؛ مجموعة ذيب عويس.

5

تخطيط نُظُم المستجمعات الصغرى وتصميمها

في ما يلي يعرض الدليل ثماني خطوات مبسّطة لتصميم نظام مناسب لحصاد مياه الأمطار من مستجمعات المياه الصغرى (لأهداف زراعية).

الخطوة 1: تشخيص الحاجة إلى نظام حصاد مياه الأمطار وإمكانية تطبيقه

يتبرز الحاجة إلى نظام فاعل لحصاد مياه الأمطار في المناطق التي لا يتوفر فيها مصدر آخر للمياه، أو عندما يكون حصاد مياه الأمطار البديل الأقل كلفة لتأمين المياه. وفي المناطق النائية التي لا تتوفر فيها مياه بشكل كافٍ، ثمّة حاجة ماسة إلى نظام حصاد مياه الأمطار لتزويد الأسر بمياه الشرب والصرف الصحي. وفي العديد من الأماكن، تكون تكلفة حصاد مياه الأمطار أقلّ من شراء المياه. أمّا بالنسبة إلى الزراعة، التي هي الموضوع الرئيسي لهذا الدليل، فإن نقص موارد مياه الري أو توفر كمية غير كافية من مياه الأمطار يهدّدان مشاريع الزراعة المستدامة، وهذا الخطر هو من أوجه الأسباب التي تُحتّم إنشاء نظام لحصاد مياه الأمطار.

إنّ تشخيص الحاجة إلى نظام حصاد مياه الأمطار يعتمد بشكل أساسيّ على معرفة حاجات المحصول المراد زراعته من المياه. إذ إنّ المحصول، والبيئة المحلية (المناخ والتربة والتضاريس وما شاكل)، والحاجة إلى المياه بشكل عام، كلّها أمور يرتبط بعضها ببعض. ولذا، يجب أن يكون المناخ والتربة مناسبَين أصلاً للمحصول المُختار. على سبيل المثال، لا يمكن للمرء أن يزرع الأشجار في التربة الضحلة، أو أن يزرع المحاصيل الحسّاسة للصقيع في منطقة تتكرّر فيها موجات الصقيع، إذ لا فائدة كبيرة عندها من أيّ نظام لحصاد مياه الأمطار طالما أنّ البيئة الزراعية غير مناسبة. وعليه، فإنّه من المستحسن اختيار المحاصيل التي تُزرع بالفعل في المنطقة والتي تعتبر ناجحة ولكن ينقصها المياه. ولتحقيق جدوًى اقتصادية أكبر، ينبغي أن تكون المحاصيل أيضاً ضرورية للاستهلاك العائلي أو قابلةً للبيع في السوق. ولا يُلغي هذا أنّه في بعض الأحيان ثمّة حاجة لوجود العديد من المحاصيل في المزرعة أيّ أنّه سيكون لها متطلبات مختلفة من المياه.

وقد تكون الحاجة إلى حصاد مياه الأمطار لأغراض بيئية، كإعادة تأهيل المراعي المتدهورة مثلاً. ويمكن أن تكون الحاجة فردية (في مزرعة صغيرة) أو لمشاريع عامّة على نطاق واسع والتي يكون لها بدورها متطلبات مختلفة.

وعلى أيّ حال، ينبغي أن تكون جميع القرارات المتعلقة بالمنطقة والمحاصيل والغرض من نظام حصاد مياه الأمطار ونطاقه واضحة ومترسخة قبل اتخاذ أي خطوات أخرى في سياق تصميم المشروع وتنفيذه. ليس ذلك فحسب، بل ينبغي أيضاً في هذه المرحلة تحديد ما إذا كان حصاد مياه الأمطار سينجح أم لا. وأهم العوامل في هذا الصدد هو خصائص الهطل والتضاريس.

عموماً، في المنطقة العربية، يعدّ حصاد مياه الأمطار السبيل الأنسب والمطلوب في المناطق التي تسجّل فيها الأمطار معدلات هطول من 100-500 ملم سنويّاً. بالطبع، يمكن القيام بحصاد مياه الأمطار في مناطق تزيد أمطارها عن 500 ملم، ولكنّ الحاجة إلى الماء ستكون أقل حيث إنّ الهطل قد يدعم معظم المحاصيل من دون الحاجة إلى حصاد مياه الأمطار. في المناطق التي يقل فيها هطل الأمطار عن 100 ملم، يصبح حصاد مياه مستجمعات المياه الصغرى محفوفاً بالمخاطر، حيث قد تمر عدة سنوات من دون هطل وجريان. غير أنّه يمكن في هذه المناطق المنخفضة الهطل القيام بممارسات الحصاد من المستجمعات الكبرى، مثل الخزانات السطحية المعدَّة خصيصاً لإعادة تغذية طبقات المياه الجوفية.

الخطوة 2: اختيار التقنية المناسبة للموقع

بعد تشخيص الحاجة إلى حصاد مياه الأمطار في المستجمعات، وبعد تحديد نوعيّة المحصول المراد زرعها، يجب تحديد التقنية الأكثر ملاءمة لكلٍّ من المحصول وظروف الموقع.

إذا كان المزارع يهدف إلى زراعة الأشجار، فقد يحتاج إلى التفكير في أحواض الجريان الصغيرة أو السدات شبه الدائرية، بشرط أن تكون نسبة الميول مناسبة والتربة عميقة. ولكن، في منطقة جبلية فيها نسبة

الجدول 1. متطلبات بعض تقنيات حصاد مياه الأمطار والمحاصيل الشائعة في المناطق الجافة وشبه الجافة

تقنيات المستجمعات الصغرى	المحاصيل الشائعة	ميل الأرض المفضّل (%)	عمق التربة المفضل (سم)	نوع التربة المفضل
المتون والسدّات الكُنتورية	الشجيرات والأعشاب والمحاصيل الحقلية	25-1	≤50	رملية طميية (طَمَويّة) إلى طميية
سدات شبه دائرية وأحواض جريان	الأشجار والشجيرات	15-1	≤100	طميية إلى طينية طميية
شرائط جريان	المحاصيل الحقلية والأعشاب	10-0.5	≤60	رملية إلى طميية طينية
مدرجات كنتورية	الأشجار والشجيرات والمحاصيل الحقلية	65-25	≤100	رملية طميية إلى طميية
الحصاد من السطوح	مياه شرب، مياه للماشية، حدائق منزلية	100-0	غير ذي صلة	غير ذي صلة

المصدر: مقتبس من Oweis and others, 2001.

الميول شديدة، يُفضَّلُ أن يعتمد المزارع على المدرجات الكنتورية. أمّا المحاصيل الحقلية، مثل الحبوب والبقوليات، فإن التقنية الأكثر ملاءمة لها هي شرائط الجريان (مع أنّ بعضهم يستخدم المتون الكنتورية أيضاً لهذا الغرض)، فالمحاصيل الحقلية لا تحتاج إلى تربة عميقة كالأشجار. ولاستعادة المراعي، يمكن للمزارع أن يفكر في المتون والسدات الكنتورية.

وخلاصة القول إنّ لكلِّ محصول أو تقنية حصاد مياه متطلبات محدّدة لتكون ناجحة؛ ويبيّن الجدول 1 بعض هذه المتطلبات التي قد تساعد في اختيار التقنية المناسبة.

الخطوة 3: تحديد متطلبات المحاصيل من المياه (التبخر- نتح) (ET)

تختلف احتياجات المحاصيل إلى المياه بحسب نوعها وموقع وموسم زراعتها. ثمّة عدة طرق - منها مباشرة ومنها غير مباشرة - لتقدير متطلبات المحاصيل من المياه. ومن بين الطرق الأكثر دقة يمكن أن نذكر القياسات المباشرة باستخدام أجهزة اللايسيمتر (Lysimeter).

ويمكن كذلك تقدير هذه القيمة عن طريق ضبط بيانات حوض التبخّر المعياري لمختلف المحاصيل. يعتمد حساب النتح التبخّري أو التبخر نتح (ET) من المحاصيل بشكل رئيسي على المعلومات المناخية ومعاملات ضبط المحاصيل المحدّدة. لا يتضمن نطاق هذا الدليل تفاصيل حساب التبخر- نتح (ET) أو معاملات المحاصيل، ولكن يمكن الرجوع إلى ورقة الفاو رقم 56 (Food and Agriculture Organization (FAO), 1998) التي تحتوي على جميع التفاصيل ذات الصلة. عوضاً عن ذلك، ولخدمة أغراض هذا الدليل، تم تقريب متوسطات القيم الشهرية الإجمالية لحساب التبخر- نتح لمجموعات المحاصيل الرئيسية في الجدول 2 أدناه.

لا تستهلك كل الحبوب أو البقوليات كمية المياه نفسها، ولا تتطلّب كل الأشجار كمية المياه نفسها، ولكن هذه القيم في الجدول 2 قد تكون كافية لتصميم نظام مناسب لحصاد مياه الأمطار بالمستجمعات الصغرى.

إذا كان من الضروري أن تكون التقديرات أكثر دقة، فإنّه يجب حينها استخدام بيانات محدّدة لكل محصول ولكل منطقة؛ تكون هذه المعلومات عادة متاحة في جميع معاهد البحوث الوطنية المتعلّقة بالزراعة في المنطقة العربية.

الجدول 2. المتطلّبات المائيّة الموسمية التقريبية (ملم) للمحاصيل الحقلية والأعشاب والشجيرات في النُظُم الإيكولوجية المطرية وفي البادية

	حبوب	بقول	شجر	أعشاب موسمية	شجيرات	خضروات
كانون الثاني/يناير	65	45	20	-	10	-
شباط/فبراير	125	100	25	10	10	30
آذار/مارس	155	150	35	40	20	65
نيسان/أبريل	75	75	45	110	55	115
أيار/مايو	-	-	50	115	45	110
حزيران/يونيو	-	-	65	20	45	-
تموز/يوليو	-	-	65	-	35	-
آب/أغسطس	-	-	60	-	30	-
أيلول/سبتمبر	-	-	55	-	13	-
تشرين الأول/أكتوبر	-	-	35	-	12	-
تشرين الثاني/نوفمبر	-	-	25	-	8	-
كانون الأول/ديسمبر	50	45	20	-	7	-
المجموع	**470**	**415**	**500**	**295**	**290**	**320**

المصدر: المؤلّف استناداً إلى Food and Agriculture Organization (FAO), 1998.

يرجى الانتباه إلى أن القيم في الجدول 2 تعبّر عن إجمالي متطلبات المحصول المائية، وليس الكمية التي يجب توفيرها من خلال حصاد مياه الأمطار، حيث إنّ جزءاً من هذه المتطلبات يتم توفيره مباشرة عن طريق الهطل. على سبيل المثال، إذا أردنا أن نزرع محصولاً يحتاج إلى 470 ملم من المياه في منطقة يبلغ الهطل السنوي فيها 250 ملم، فإنّ كمية الماء التي يجب حصادها هي العجز بين الاحتياجات الكلية وكمية الأمطار، أي: 470-250 = 220 ملم.

الخطوة 4: تحديد الهطل التصميمي السنوي (R)

يعبّر الهطل السنوي التصميمي (R) عن كمية الأمطار التي تهطل خلال الموسم وتوفّر المستجمعات منها ما يكفي من الجريان لتلبية العجز في احتياجات المحاصيل. يكون الهطل المخصّص للتصميم مقروناً بمستوى محدّد من احتمال التحقّق من دون إغفال إمكانية تجاوز هذا الاحتمال. على سبيل المثال، إذا قلنا بأنّ الهطل السنوي

التصميمي يبلغ 200 ملم باحتمال يبلغ 70 في المائة، فهذا يعني أنّه من المتوقّع أن يكون الهطل السنوي في هذا الموقع 200 ملم أو أكثر في 7 من كلّ 10 سنوات (في السنوات الـ 3 الأخرى يُقدَّر بأنّه سيكون أقلّ من 200 ملم). وبالطريقة نفسها، يمكن تقييم هطل الأمطار الشهرية أو الأسبوعية؛ لكنّ القيم السنوية عادةً هي ما يتمّ احتسابه.

في العادة، يستخدم احتمال تحقّق قدره 67 في المائة (3/2) لتصميم نُظُم حصاد مياه الأمطار الزراعية، أي إنّ كمية الأمطار المتوقّعة ستتحقّق في الغالب (أو سيتمّ تجاوزها) في 6.7 سنوات من كلّ 10 سنوات.

للمحافظة على دقّة الحسابات والجدوى منها، فإنّ تحديد احتمال تحقّق عالٍ جدّاً (90 في المائة مثلاً) يجب أن يكون في حالةٍ يُقَدَّر فيها أنّ الهطل التصميمي سيكون منخفضاً. وهذا يتطلّب – حين البدء بتصميم المشروع – أن تكون مساحة المستجمع المائي أكبر، وسوف يكلّف ذلك أكثر من حيث الأراضي وإعداد المستجمعات لحصاد الأمطار.

وعند اختيار احتمال تحقّق منخفض جدّاً، تكون قيمة الهطل التصميمي عالية في الغالب، ويؤدّي ذلك إلى أن تكون مساحة المستجمع صغيرة وكميات الجريان أقلّ في معظم السنوات. ولكن في هذه الحالة، يكون خطر عدم تحقّق ما يكفي من مياه الجريان للمحصول مرتفعاً. لذلك، لا يُنصح بالمبالغة في احتمالات التحقّق، فلا ينبغي أن تكون عاليةً جدّاً ولا منخفضة جدّاً.

يبين الجدول 3 أمثلة لبعض القيم المحسوبة في بعض المحطات المناخية في الأردن.

لحساب احتمال التحقّق أو التجاوز (P) لمستويات الهطل السنوي التصميمي (R)، يمكن اتّباع الإجراء التالي (Critchley et al 1991):

- يجب الحصول على قيم الهطل السنوية من أقرب محطة مناخية للموقع ولمدّة لا تقل عن 10 سنوات.
- ترتيب قيم الهطل السنوية تنازليّاً، وإعطاء أعلى قيمة المرتبة الأولى (m=1)، وهكذا حتى أدنى قيمة هطل، فتعطى المرتبة الأخيرة؛ (انظر الجدول 4).
- تطبيق المعادلة التالية (1) لحساب احتمالات كل من القيم السنوية في الجدول:

الجدول 3. أمثلة من معدّلات الهطل السنوي والقيم المحسوبة لتحقّق أو لتجاوز نسب 25 في المائة، 50 في المائة، 67 في المائة و75 في المائة في بعض المحطات المناخية

محطّة	عدد السنوات (N)	متوسط هطل الأمطار السنوي (ملم)	احتمال هطل %25	احتمال هطل %50	احتمال هطل %67	احتمال هطل %75
الموقر	61	154	193	146	129	116
سحاب	51	254	294	235	203	193
اليادوده	47	313	369	300	262	253
وادي شعيب	59	355	432	346	279	254
ناعور	72	442	571	409	369	326
عجلون	77	632	749	641	558	500
الحمر	57	509	587	482	398	378

المصدر: المؤلّف استناداً إلى سجلات الأمطار لدى دائرة الأرصاد الجوية الأردنية.

$$P(\%)= (m -0.375)/(N+0.25) \times 100 \quad (1)$$

حيث P = نسبة الاحتمال (في المائة) لتحقّق أو تجاوز الهطل للمرتبة m.
و N = العدد الإجمالي لسنوات المعطيات.

على سبيل المثال، في عام 2012، كما يظهر في الجدول 4، الهطل السنوي هو 390 ملم، والمرتبة m = 11، ولدينا بيانات لمدة 15 عاماً N = 15. وبتطبيق المعادلة (1):

$$P\%= (11-0.375)/(15+0.25)\times 100 = 69.7\%$$

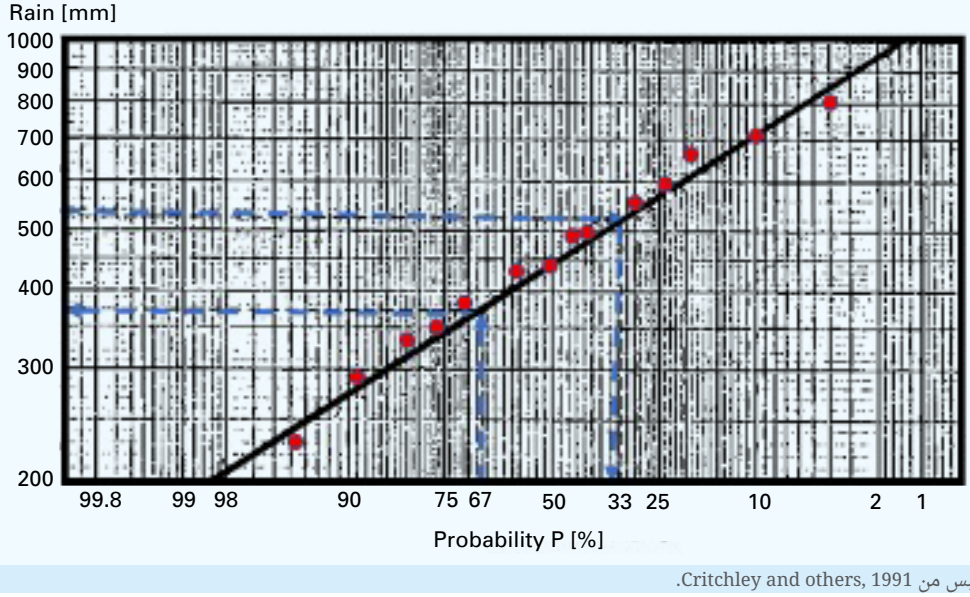
وهذا يعني أنّ احتمال تحقّق هطل قيمته 390 ملم أو أكثر في عام 2012 هو 69.7 في المائة.

الجدول 4. هطل الأمطار السنوية المسجلة في إحدى المحطات المناخية لمدة 15 عاماً والمدرجة تنازلياً مع احتمالات التحقّق أو التجاوز

السنة	2020	2016	2011	2006	2009	2015	2013	2008	2017	2010	2012	2018	2019	2014	2007
الهطل السنوي	798	702	669	592	551	499	472	446	425	410	390	352	331	283	225
المرتبة (m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
احتمال التحقق (P%)	4.1	10.7	17.2	23.8	30.3	36.9	43.4	50.0	56.7	63.1	69.7	76.2	82.8	89.3	95.9

المصدر: المؤلف استناداً إلى سجلات الأمطار لدى دائرة الأرصاد الجوية الأردنية.

الشكل 14. رسم بياني لوغاريثمي لتقدير الهطل عند أي احتمال تحقّق أو تجاوز



المصدر: مقتبس من Critchley and others, 1991.

ويمكن اتباع طريقة أخرى لاحتساب الهطل التصميمي من دون استعمال المعادلة (1). في هذه الحالة نحتاج إلى اتّباع الإجراء التالي:

- يتم تثبيت القيم الواردة في الجدول 4 على الرسم البياني اللوغاريثمي (الشكل 14) بحيث يأخذ الهطل محور Y واحتمالات الهطل (P) المحور X (النقاط الحمراء بالشكل 14).
- يتم رسم خط الانحدار كخط مستقيم بين البيانات (الشكل 14 – الخطّ الأسود المائل). يُرسَم هذا الخطّ بشكل تقديريّ.

عن طريق تحديد احتمال معين على المحور X (P = 67 في المائة مثلاً) ثم التحرّك صعوداً لملاقاة خط الانحدار ثم أفقياً إلى المحور Y، نجد أنّ الهطل التصميمي باحتمال تحقق 67 في المائة هو حوالي 370 ملم. وبالطريقة عينها، وباستخدام P = 33 في المائة نجد أنّ الهطل التصميمي هو حوالي 530 ملم (الشكل 14 - الخط الأزرق المتقطع).

- يمكن أيضاً تحديد P في المائة لأي كمية هطل باستخدام الإجراء نفسه.

الخطوة 5: تحديد السعة التخزينية للماء في التربة

للتربة قدرة على الاحتفاظ بالماء حول حُبيباتها. وتعتمد قدرة الاحتفاظ أو التخزين هذه على نوع التربة (نسيجها) وبنيتها. وتسمح التربة الخشنة (الرملية مثلاً) بالنفاذ السريع للماء فيها ولكنّ قدرتها على الاحتفاظ به منخفضة. أمّا التربة المتوسطة النسيج (الطمّيية) فتعتبر قدرتها على الاحتفاظ بالمياه ونفاذيتها معتدلة. والتربة الثقيلة (الطينية) تتميز بقدرة عالية على الاحتفاظ بالماء، أمّا نفاذيتها فمنخفضة. ويدعى المستوى الأقصى للماء في التربة بـ"السعة الحقلية"، واجمالاً يكون 10-15 في المائة في التربة الرملية و15-30 في المائة في التربة الطميية وأكثر من 30 في المائة في التربة الطينية.

وتسحب النباتات رطوبة التربة لتلبية متطلبات النتح على أساس الظروف الجوية والصفات الفسيولوجية النباتية. كما يحدث التبخر بشكل رئيسي من سطح التربة استجابة للعوامل الجوية. وبشكل عام، يحددُ إجمالي خسارة المياه من التربة بالتبخر- نتح مدى سرعة استهلاك النبات للمياه من التربة. ويسحب أي نبات المياه بنفس المعدل بغض النظر عن نسيج التربة، ولكنّ الماء ينفد في وقت أقصر في التربة الرملية منها في التربة الطميية على سبيل المثال. ويسهل امتصاصُ النباتات للماء من التربة عندما تكون أعلى رطوبة وأقرب إلى السعة الحقلية. وكلّما انخفضت الرطوبة، أي أصبحت أكثر جفافاً، كلّما أصبح من الصعب على النباتات امتصاص المياه منها، وعندما لا تعود النباتات قادرة على سحب رطوبة التربة، فإنها تصاب بالذبول. وإذا لم تتم إضافة الماء للتربة فسوف تموت النباتات في وقت لاحق.

ويسمّى مستوى رطوبة التربة عند ذبول المحاصيل بـ"نقطة الذبول". وبالنسبة إلى معظم النباتات، يجب إضافة المياه إلى التربة قبل أن تجفّ إلى هذا المستوى، وذلك من أجل نمو جيد للنبات. والفرق في مياه التربة بين مستوى "السعة الحقلية" و مستوى "نقطة الذبول" يُسمّى **"الماء المتاح للنبات"**. ويُسمّى حاصل ضرب نسبة الماء المتاح بحجم التربة بـ**"التخزين التصميمي"**.

يبيّن الجدول 5 السعة الإجمالية للتخزين عندما تكون التربة رطبة تماماً (السعة الحقلية)، وعند نقطة الذبول. والفرق بين المستويين هو "الماء المتاح للنبات".

"عمق التربة" هو العامل المهم الآخر الذي يؤثّر على تخزين التربة للماء. فالتربة بعمق أقلّ من 0.5 م تحتفظ بالقليل من المياه لدعم نمو النبات خلال فترات الجفاف الطويلة. أمّا التربة ذات العمق الذي يصل إلى 0.5-1.0 م فتعتبر مقبولة لتخزين كمية جيّدة من الماء. وإذا كانت بعمق أكثر من متر واحد فهي في الوضع الأمثل للتخزين. وقد يرتبط عمق التربة أيضاً بعمق جذور النبات حيث قد يُقيِّد عمقُ التربة مجالَ امتداد جذور النبات. وبضرب عمق الجذور(م) بمساحة الجذور (م^2) نحصل على إجمالي حجم التربة (م^3) التي يمكن أن تخزن المياه للمحاصيل.

إنّ معرفة كمية المياه التي يمكن تخزينها في مقطع التربة وإتاحتها للمحصول أمر حيوي في تقييم

سعة التخزين لنظام حصاد مياه الأمطار. ويعتمد ذلك أساساً على نسيج التربة ولكنّه يتأثّر أيضاً بمدى انتشار المجموع الجذري للمحصول، سواء من حيث العمق أو المساحة. فكلما كان المجموع الجذري أعمق وأوسع كلما كانت سعة التخزين أكبر. وينبغي النظر في كلٍّ من نسيج التربة وحجم المجموع الجذري لتحديد حجم التربة والتخزين الكلي للماء. ويبيّن الجدول 6 متوسّط عمق الجذور وقطر امتدادها بالنسبة إلى مجموعات المحاصيل الرئيسية التي تُزرع في المنطقة العربية.

وعلى سبيل المثال، بالنسبة إلى شجرة في تربة طميية بسعة تخزين متاحة 0.18 (الجدول 5)، حيث عمق منطقة الجذور يبلغ 1.2 متر (الجدول 6) ومساحة منطقة الجذور تبلغ 7.0 م^2، فإنّ سعة تخزين التربة تساوي: عمق منطقة الجذور مضروباً بمساحتها وبسعة التخزين المتاحة= 7 م^2 × 1.2 م × 0.18 = 1.512 م^3 وهي كمية المياه التي يمكن تخزينها واستخدامها من الشجرة إذا تم ملء التربة إلى مستوى السعة الحقلية. وتكون هذه هي **سعة التخزين**.

قد لا تحقّق النباتات في المراحل المبكرة من نموّها أقصى انتشار للجذور، لذلك لا ينبغي النظر في حجم الجذور الانتقالية لأغراض التصميم بل ينبغي النظر فقط لانتشارها في ذروة تطوّر النبات.

الجدول 5. متوسّط السعة الحقلية ونسبة التخزين المتاحة للنبات في بعض أنواع الأتربة في المناطق الجافة

نوع التربة	إجمالي المياه المخزنة (عند السعة الحقلية)		المياه غير المتوفرة للنباتات (عند نقطة الذبول)		الماء المتاح للنبات (الفرق بين السعة الحقلية ونقطة الذبول)	
	% حجمية	(ملم/متر) من عمق التربة	%حجمية	(ملم/متر) من عمق التربة	%حجمية	(ملم/متر) من عمق التربة
رملي خشن	7.0	70	2.0	20	5.0	50
رملي ناعم	10.0	100	3.0	30	7.0	70
رملي طميي	15.0	150	5.0	50	10.0	100
طميي رملي	20.0	200	6.0	60	14.0	140
طميي	25.0	250	7.0	70	18.0	180
طيني طميي	30.0	300	10.0	100	20.0	200
طيني	40.0	400	21.0	210	19.0	190

المصدر: المؤلف استناداً إلى Oweis and others, 2012.

الجدول 6. متوسط تقريبي لعمق الجذور والقطر الفعّال لبعض مجموعات المحاصيل في البيئات الجافة

المحصول	متوسط عمق الجذور الفعال (م)	متوسط قطر الجذور الفعّال (م)
أشجار	1.2	4.0-1.0
شجيرات	0.8	1.5-0.5
حبوب	1.0	مستمر
بقول	0.6	مستمر
خضروات	0.7	صفوف بعرض 1.0 م
أعشاب	0.5	مستمر

المصدر: المؤلف استناداً إلى Oweis and others, 2012.

الجدول 7. معامل الجريان المحتمل لمختلف استخدامات الأراضي وميولها وأنواع الأتربة في البيئات المطرية والرعوية الجافة

استخدام الأراضي	الميول %	التربة في المجموعة A%*	التربة في المجموعة B%*	التربة في المجموعة C%*	التربة في المجموعة D%*
غابات/بساتين	≤0.5	1	6	15	16
	5-0.5	3	8	17	18
	10-5	6	11	20	21
	≤10	10	15	20	25
أعشاب	≤0.5	6	11	20	21
	5-0.5	8	13	22	23
	10-5	11	16	25	26
	≤10	15	20	30	32
محاصيل حقلية	≤0.5	11	16	25	26
	5-0.5	13	18	26	28
	10-5	16	21	30	31
	≤10	20	25	34	35
أراضٍ جرداء	≤0.5	16	21	30	31
	5-0.5	18	23	32	33
	10-5	20	26	35	36
	≤10	25	30	40	42
سطح صلب	جميع الميول	90-100			

المصدر: المؤلف استناداً إلى Mahmoud, S. and Alazba. A. 2015.

* التربة في المجموعة A (الرملية والرملية الطميية والطميية الرملية)؛ التربة في المجموعة B (السلتية الطميية الى الطميية)؛ التربة في المجموعة C (الرملية الطينية الطميية)؛ التربة في المجموعة D (الطينية الطميية، السلتية الطينية الطميية، الطينية الرملي، الطينية السلتية والطينية).

على أنّ إمكانية التخزين الكلي للمياه المحتملة في التربة لا يقتصر على ذلك فقط. فخلال موسم الأمطار، وبينما يتم تخزين المياه من الهطل ومن الجريان، فإنّ النباتات تستنزف بعض المياه المخزنة من خلال عمليّة التبخر-نتح، ويتم بذلك إفراغ جزء من خزان التربة والسماح بمزيد من التخزين. لذلك، يمكن إضافة مجموع قيمة التبخر-نتح خلال موسم الأمطار إلى سعة تخزين مياه التربة الأصلي لتحديد **حجم التخزين التصميمي** الكلي لنظام حصاد مياه الأمطار. على سبيل المثال، يمتد موسم الأمطار للأشجار في المنطقة من تشرين الثاني/نوفمبر حتى نيسان/أبريل. وباستخدام الجدول 2 فإنّ مجموع التبخر-نتح خلال تلك الأشهر هو 170 ملم (0.17 م).

وباستخدام المثال أعلاه فإنّ السعة الإضافية للتخزين الناتجة عن الاستهلاك بالتبخر-نتح ستكون:

0.17 م (تبخر- نتح) ×7.0 م^2 (المساحة المستهدفة) = 1.19 م^3.

ويمكن إضافة هذه القيمة إلى سعة تخزين التربة المحسوبة أعلاه (1.51م^3) لتصبح **سعة التخزين التصميمية** 2.71 م^3.

الخطوة 6: تحديد معامل الجريان التصميمي (CR)

معامل الجريان هو نسبة الجريان السنوي إلى الهطل السنوي. ويختلف هذا الرقم بحسب كثافة الهطل ومدّته، وحتى العواصف المختلفة يكون لكلّ منها معامل جريان مختلف.

لأغراض التصميم، نحن بحاجة إلى قيمة واحدة تمثّل متوسط معاملات الجريان لموسم الهطل بأكمله. وهو متوسط حجم الجريان للموسم مقسوماً على الهطل التصميمي السنوي.

ويمكن قياس ذلك في الميدان لعدّة سنوات أو باستخدام أجهزة محاكاة الهطل أو باستخدام نماذج مصممة لهذا الغرض. ولغرض هذا الدليل، سنستخدم قيم تقريبية من ظروف مماثلة من العالم.

علاوة على ذلك، يعتمد معامل الجريان على نوع التربة وميل الأرض وحالة سطح مستجمعات المياه. كلّما كانت التربة أثقل وكانت الميول أكبر وكان المستجمع أكثر سلاسة، كلّما ارتفع معامل الجريان، والعكس صحيح. ويبيّن الجدول 7 القيم التقريبية لمعاملات الجريان التي يمكن استخدامها لتصميم نُظُم مستجمعات المياه الصغرى التي لا يزيد طول مستجمعها عن 50 متراً.

على سبيل المثال، وبالاعتماد على بيانات الجدول 7، في حال تصميم نظام مستجمعات المياه الصغرى في البادية السورية والتي تتميّز بتربة طمية رملية متدهورة وميول بين 0.5-5 في المائة، يمكن استخدام متوسط جريان تصميمي هو 18 في المائة. ولتحديد قيمة الجريان التصميمي لمنطقة القمح في شمال تونس والتي تتميّز بتربة طمية مع ميول أقلّ من 0.5، يمكن اعتماد متوسط جريان تصميمي بقيمة 16 في المائة.

الخطوة 7: تحديد نسبة المستجمع إلى الأرض المستهدفة (a/A)

إن احتساب نسبة مساحة المستجمعات إلى مساحة المنطقة المستهدفة أو المزروعة هي الخطوة الأكثر أهمية لتصميم تقنيات مستجمعات المياه الصغرى. وكما أشير سابقاً، ينبغي أن تكون مساحة المستجمع كافية لتزويد المنطقة المستهدفة بالمياه الإضافية لتغطية العجز بين احتياجات مياه المحاصيل والهطل التصميمي. يمكن حساب النسبة من المعادلة التالية (2):

$$A/a = (ET-R)/(R \times RC) \quad (2)$$

حيث أنّ:

A: منطقة مستجمعات المياه.
a: المنطقة المستهدفة.
ET: متطلبات مياه المحاصيل.
R: الهطل التصميمي.
RC: معامل الجريان.

المستجمع (A)

المستهدف (a)

على سبيل المثال، إذا كنا نريد تصميم شرائط الجريان للشعير في منطقة فيها هطل تصميمي يبلغ 200 ملم (R)، ومعامل جريان 25 (RC في المائة)، فإنّه يجب الأخذ بعين الاعتبار القيم التالية:

متطلبات المياه للشعير (ET) هي 470 ملم سنويّاً (الجدول 2). يتم خصم الأمطار السنوية 200 ملم (R) منها، فيكون العجز المائي 270 ملم سنويّاً.

إذا قسمنا هذا العجز على قيمة الجريان المتوقع وهو الهطل السنوي (R) مضروباً بمعامل الجريان (RC): (200×0.25=50)، تكون نسبة المستجمع إلى المستهدف حوالي 5 (=50/270)، أي إنّ مساحة المستجمع يجب أن تكون 5 أضعاف مساحة المستهدف.

لذا، إذا كان لدينا شريط عرضه 1 م لزراعة الشعير، فينبغي أن يكون لدينا شريط للمستجمع عرضه 5 م لضمان أن الشعير سوف يتلقى 470 ملم من الهطل المباشر ومن الجريان. وبطبيعة الحال، ولأن الهطل يختلف من سنة إلى أخرى، ولأنه لا يمكننا تغيير هذه النسبة كلّ عام، فنتوقع أن يحصل الشعير في بعض السنوات على كميات أقل من المياه، وفي سنوات أخرى قد يحصل على المزيد منها (وقد لا تكون هذه مشكلة جدية إذا لم تكن الاختلافات كبيرة جدّاً).

الخطوة 8: التحقّق ممّا إذا كانت سعة التخزين تستوعب كلّ الماء الوارد

بمجرد أن نحدّد نسبة المستجمع الى المستهدف (A/a)، يمكننا تقدير المياه التي ستتدفق من المستجمع إلى المنطقة المزروعة. لقد حددنا مسبقاً سعة الاحتفاظ بالمياه في مقطع التربة، وافترضنا - باستخدام المعلومات المتاحة - بأنّ مجموع مياه الأمطار ومياه الجريان سيتم تخزينه في التربة واستخدامه في المحصول.

ومع ذلك، لا يمكن التنبؤ بالمستقبل بصورة قاطعة، إذ يمكن أن تحدث بعض الانحرافات عن التصميم. إن تتبّع المياه الموجودة بالفعل في مقطع التربة والحيز الإضافي المتاح لتلقي المزيد من المياه ليس بالمهمة السهلة. ولكن، يمكن قياس حجم مياه التربة بشكل متكرر أو تثبيت جهاز الكشف عن رطوبة التربة لتحديد الوضع المائي للتربة.

وثمّة تعقيدات أخرى تتعلّق بالاستنزاف المتغير للماء من التربة خلال عملية التبخر- نتح خصوصاً خلال موسم الأمطار، ممّا يتيح حيزاً أكبر لمزيد من التخزين لمياه الجريان. وبما أن الجريان ينتج عن العديد من العواصف المطرية فإنّه يجب تقييم سعة التخزين قبل كل عاصفة مطرية للتأكد من وجود حيز للماء المتوقع في مقطع التربة، وهو أمر معقد بعض الشيء (مع أنّه ثمّة نماذج رياضية للتعامل مع الموازنة المائية لكنها خارج نطاق هذا الدليل).

وتبقى الطريقة الأكثر عملية لحلّ هذه الإشكالات هي افتراض أن رطوبة التربة في بداية الموسم المطري تكون قريبة من مستوى نقطة الذبول. والتخزين الأولي المتاح للتعبئة هو الفرق بين مستوى السعة الحقلية ومستوى نقطة الذبول (انظر الجدول 5). على سبيل المثال، في حال شجرة لها عمق تربة 1.2 م وتربة طميية طينية، فالتخزين المتاح هو (180 ملم × 1.2 = 216 ملم)؛ وسيتاح حيز أكبر للتخزين خلال الموسم في أثناء نمو النباتات واستخدام بعض المياه المخزنة جرّاء عملية التبخر- نتح.

وإذا حصلنا على جريان أكثر من سعة تخزين التربة فسيتم فقدان المياه الإضافية بالتسرّب العميق تحت منطقة الجذور. وبطبيعة الحال، فإن هذه ليست خسارة مطلقة لأنّ المياه المفقودة قد تشحن طبقات المياه الجوفية. أمّا إذا حصلنا على جريان سطحي أقل من سعة تخزين التربة فإنّ المحصول قد يعاني من بعض الإجهاد الرطوبي. في هذه الحالة، قد نحصل على غلة أقلّ من المستوى الأمثل، وهو أمر طبيعي في جميع المناطق المطرية والمراعي في المناطق الجافة. إلا أنّ غلّة المحصول تبقى أعلى بكثير مقارنةً بوضع ليس فيه نظام لحصاد مياه الأمطار.

وفي الحالات التي تكون فيها سعة تخزين التربة منخفضة، كما هو الحال في الترب الرملية وحيث تكون التربة ضحلة، قد يكون المزارع في وضع لا تكون فيه سعة التخزين كافية لتزويد المحصول بالحد الأدنى من الماء للحصول على الغلة الاقتصادية. في هذه الحالة،

لا ينبغي لنا أن نمضي قدماً في حصاد مياه الأمطار كخيار بديل ما لم نتمكن من زيادة سعة تخزين التربة. إنّ إضافة "البوليمرات الماصّة للمياه" إلى التربة في أثناء الزراعة (كما في حالة المحاصيل الاقتصاية، مثل الخضروات وبعض الأشجار) يمكن أن تزيد بشكل كبير من كمية المياه التي تحتفظ بها التربة. ولكنّ هذا الأمر مكلف بالطبع وينبغي إجراء تحليل اقتصادي لتحديد ما إذا كان ذلك مربحاً.

6

ترسيم نُظُم حصاد مياه الأمطار في المستجمعات الصغرى وتحديدها

بعد تحديد التقنية الأفضل، وتحديد نسبة المستجمع إلى المستهدف، يمكن رسم المخطّط العام لنظام حصاد مياه الأمطار على الخريطة الكنتورية ثم بعد ذلك في الحقل. قد تكون الخرائط الأساسية اللازمة متاحة للموقع من خرائط غوغل أو أي خريطة أخرى تظهر تضاريس الموقع، حيث يمكن تخطيط الأجزاء المختلفة من الأنظمة عليه. توفّر خريطة غوغل منظراً علويّاً من التضاريس التي تُظهر مختلف الميول والنباتات واتجاهات تدفق المياه.

وقد يكفي لتخصيص التقنيات المختلفة في البداية ورسمها على الخريطة (انظر الشكل 15). لكن، ثمّة حاجة إلى خريطة التضاريس التي تظهر المسافات الكنتورية (من 0.25 إلى 1.0 م اعتماداً على الميل العام). إذا كانت الميول أقلّ من 5 في المائة فيكفي الحصول على مسافة كنتورية بمقدار 0.25 م، وفي حال الميول من 5-10 في المائة فالأفضل الحصول على مسافة كنتورية من0.5 م، وإذا كانت فوق 10 في المائة ميول، فالأفضل الحصول على مسافة كنتورية من متر واحد. ويجب أن تحتوي خريطة التضاريس على حدود الموقع وجميع الأبعاد وأن تظهر وجود أي منشآت أخرى.

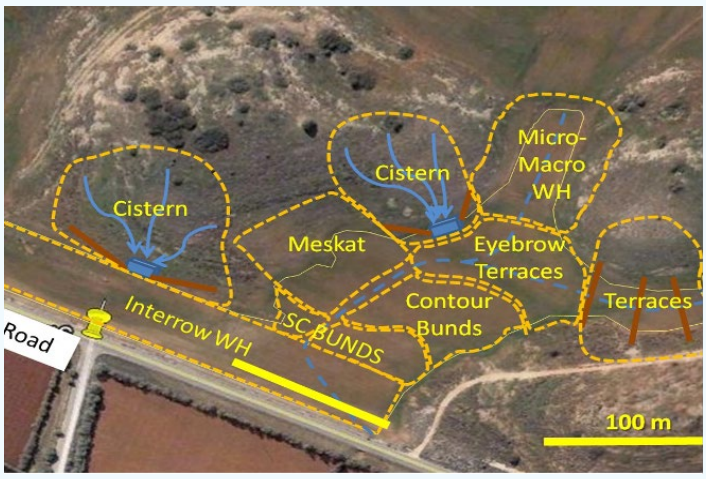
على خريطة التضاريس يتمّ تحديد المناطق بحسب المحاصيل المختلفة المرغوب زراعتها. عادة، تُخصص أعمق الترب وأقل الميول للأشجار، أما الميول والأعماق المتوسطة فتعطى للمحاصيل الحقلية، وأقل عمق وأكبر الميول تُخصّص للشجيرات والأعشاب (وفي كلّ الأحوال، يجب التأكد من الالتزام بالحدّ الأدنى المطلوب لمتطلبات العمق والميول المشار إليها سابقاً).

ولترسيم تقنيات حصاد مياه الأمطار من المستجمعات الصغرى وتحديدها، يمكن الاستفادة من المبادئ التوجيهية التالية:

بالنسبة إلى الأشجار

- يتم التحكّم في التباعد بين الأشجار وبين الصفوف بحسب حجم الشجرة ونسبة المستجمع إلى المساحة المستهدفة.
- يمكن استخدام التباعد العادي بين الأشجار ثم تحديد التباعد بين الصفوف لمطابقة هذه النسبة وتوفير مستجمع خاصّ لكل شجرة يوفّر لها ما يكفيها من الماء.
- من المستحسن اتّباع خطوط الكنتور قدر الإمكان ما لم يكن الميل أقلّ من 5 في المائة. ولكن بالنسبة إلى المتون الكنتورية ينبغي أن تنفّذ بدقة على خط الكنتور.
- في حال استخدام أحواض الجريان الصغرى أو السدات شبه الدائرية، يمكن تقسيم المنطقة إلى قطع كما هو مبين في الشكل 16.

الشكل 15. تخطيط وترسيم تقنيات حصاد مياه الأمطار المختلفة على خريطة غوغل



المصدر: Oweis and others, 2012.

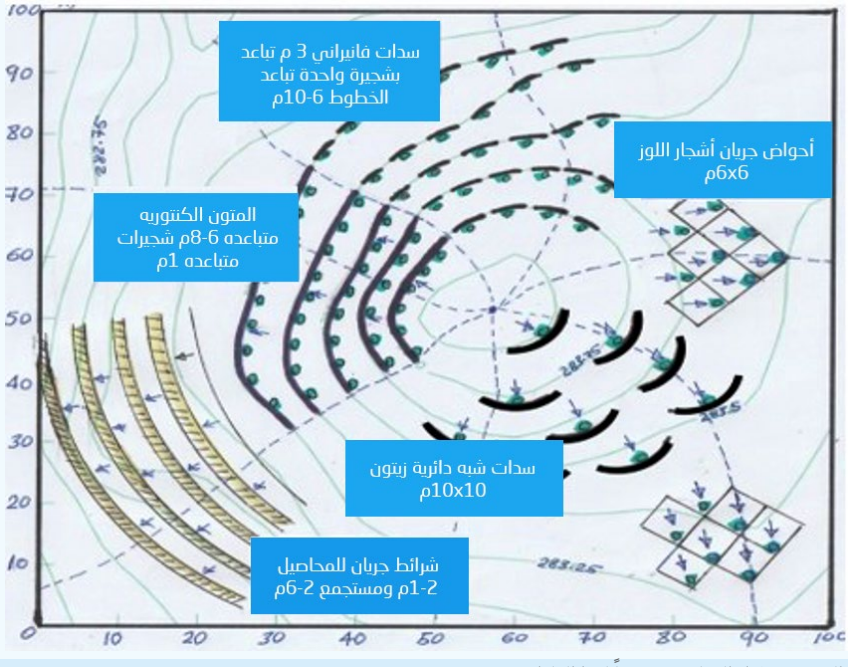
بالنسبة إلى شرائط المحاصيل الحقلية

- الأفضل أن لا يتجاوزعرض الشريط 0.5-1.5 م، وذلك لضمان توزيع منتظم لماء الجريان.
- يجب تحديد الشريط المستهدف بالتوازي مع خط الكنتور الأدنى أولاً، ثم يحدد شريط المستجمع بعرض يحقّق النسبة التصميمية بالتوازي مع الحافة العليا من الشريط المستهدف. ويتم تحديد الشريط التالي بالتوازي مع الحافة العليا للمستجمع أو خط الكنتور وهكذا حتى نهاية الحقل.
- بسبب عدم انتظام التضاريس، قد تكون المستجمعات بعرض متفاوت قليلاً ولكن هذا لا يؤثر كثيراً على كفاءة النظام؛ لكن يجب أن يبقى عرض الشريط المستهدف ثابتاً لتسهيل تنفيذ العمليات الزراعية آليّاً.
- في حال الرغبة في زراعة محاصيل حقلية مختلفة في شرائط مختلفة يجب تحديد كيفية تناوب المحاصيل المناسبة، لذلك لا يحبّذ أن يُزرع المحصول نفسه في الشريط نفسه في كل عام؛ على سبيل المثال، دورة زراعية من الشعير والعدس أو محصول آخر قد يكون مناسباً (انظر الشكل 16).

بالنسبة إلى الشجيرات والأعشاب

- عادة يتم اعتماد المتون الكنتورية وكذلك السدات الكنتورية. وينبغي أن تتبع كلّها خطوط الكنتور على وجه التحديد.
- يتم تحديد المتون الأولى في الجانب الأدنى من الحقل ثم تُحدّد المتون التالية بعدها مع المحافظة على التباعد بين المتون بحسب نسبة المستجمع إلى الشريط المستهدف.
- لأن ميول الأرض عادة ما تكون غير متوافقة مع التباعد بين الخطوط فقد تحصل تباعدات متباينة. وهذا أمر مقبول شريطة أن لا تحيد المسافة بين الخطوط عن التباعد المصمّم بأكثر من 10-20 في المائة. وإلا، فإنّه يجب ضبط التباعد للتأكد مرة أخرى من أنه يقع ضمن المعايير المطلوبة.

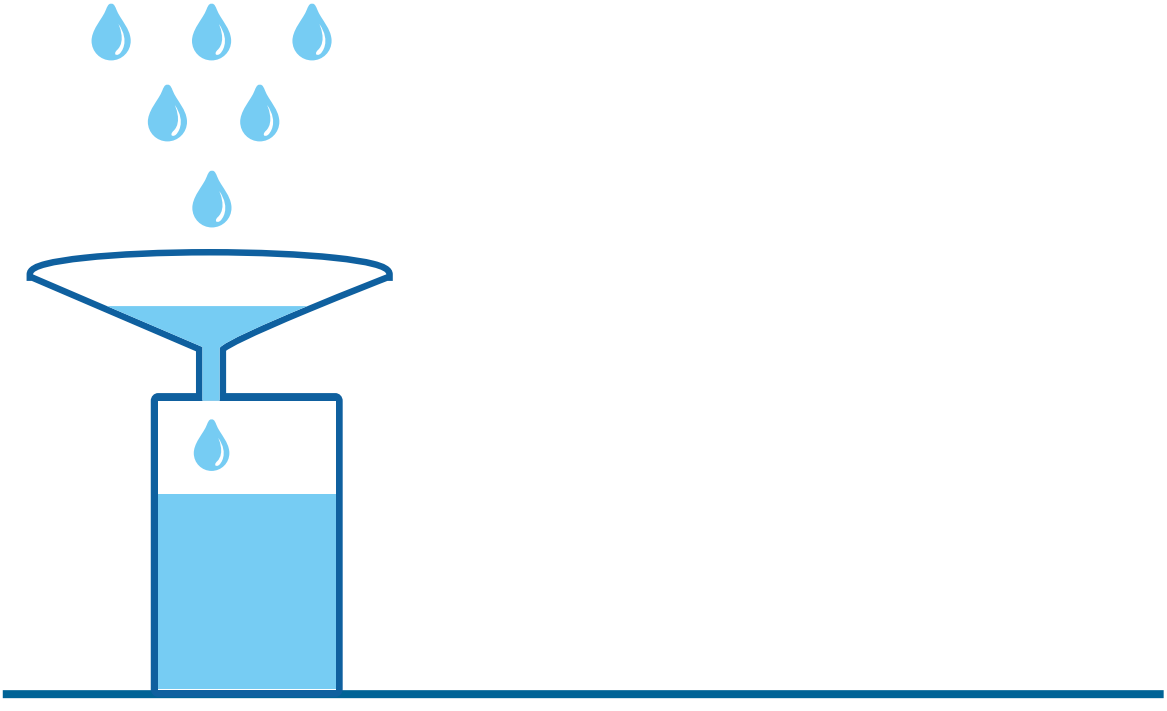
الشكل 16. ترسيم مختلف نُظُم حصاد مياه الأمطار الصغرى (أحواض الجريان؛ سدات فاليراني؛ المتون الكنتورية؛ السدات شبه الدائرية؛ وشرائط الجريان) على الخريطة الكنتورية



ملاحظة: تم تطوير الرسم من قبل المؤلف خصيصاً لهذا الدليل.

توجيه عامّ

- قبل تحديد التقنيات المختلفة ثمّة خطوة هامة جدّاً وهي تحديد اتّجاه الميل الأعظم، وهو الخط العمودي على خطوط الكنتور (الخطوط المتقطعة في الشكل 16). على الخريطة، يمكن تحديد العديد من الخطوط بحسب الحاجة ولكن من الأفضل أن يكون هنالك ما يكفي من الخطوط لتغطية التباينات في التضاريس. هذه الخطوط تحدّد اتجاه مياه الجريان؛ لذلك ولكل تقنية يجب أن تكون المنطقة المزروعة في الجزء السفلي من المستجمع (انظر تحديد تقنيات مختلفة على خطوط الميول في الشكل 16).



7

التنفيذ والإدارة والصيانة

بعد ترسيم النُظُم المختلفة على الخريطة، يجب الانتقال إلى مرحلة تنفيذ نظام حصاد مياه الأمطار في الميدان. وتجدر الإشارة هنا إلى أنّ تحديد النظام في الميدان ينبغي أن يتم بواسطة فنّي متخصص أو مسّاح لديه المعدات اللازمة لتحديد خطوط الكنتور والأبعاد المحددة في التصميم. ويتطلب نجاح نُظُم حصاد مياه الأمطار الدقة والمهارة لتنفيذه بالشكل المطلوب.

إن تحديد ووضع علامات دقيقة لخط الميل الأعظم خطوة ضرورية لتحديد جميع نُظُم حصاد مياه الأمطار في الموقع، حيث إنّ الجريان من المستجمع يسلك هذا المسار للوصول إلى المنطقة المستهدفة. وفي جميع نُظُم حصاد مياه الأمطار تقريباً، يلزم تحديد خطوط الكنتور بشكل دقيق. وقد تستخدم معدات متطوّرة مثل، جهاز قياس المستوى أو أجهزة توجيه بالليزر، للقيام بذلك، ولكنّ أساليب بسيطة مثل الأنبوب الشفاف يمكن أن تكون كافية أيضاً (الشكل 17).

ألف. التنفيذ

إنّ تنفيذ تقنيات نُظُم حصاد مياه الأمطار يتبع بشكل المبادئ التوجيهية التالية:

من خلال تثبيت الأوتاد الملونة، يتمّ تحديد الأجزاء المختلفة من الأرض لكلّ تقنية/محصول كما هو مبيّن على الخريطة.

بالنسبة إلى الأشجار

- باعتماد تقنية الأحواض الصغيرة، يمكن تحديد اتّجاه أقطار الأحواض باتجاه خطوط الميل الأعظم ثم يتم وضع علامة لتحديد جوانب الحوض الأول باستخدام الأوتاد، ثم تمديدها لتشكّل أحواضَ الأشجار الأخرى، وذلك باستخدام الرمال البيضاء ووفقاً للاتجاه والمسافات المحّددة في التصميم.
- بعد وضع علامات حدود الأحواض يمكن البدء ببناء المتون حول كلّ حوض بارتفاع 25-30 سم، مع تقوية الجزء الواقع في الزاوية السفلى عند موقع النبات.
- يتم تنعيم قطعة الأرض وتنفيذ حُفر للأشجار في المنطقة المستهدفة بأدنى ركن من أركانها.
- تزرع الأشجار فقط بعد الجريان الأول، أي عندما تكون التربة رطبة.

بالنسبة إلى السدات شبه الدائرية للأشجار أو الشجيرات

- يجب وضع علامات واضحة على مواقعها بحيث تكون أقرب ما يمكن إلى خط الكنتور،

الشكل 17. تحديد خطوط الكنتور في الميدان: الأنبوب الشفاف (أ) جهاز المستوى؛ (ب) وجهاز التوجيه بالليزر؛ (ج) على جرار الفاليراني

المصدر: مجموعة ذيب عويس.

مع المحافظة على التباعد بينها لضمان نسبة المستجمع إلى المستهدف.

- يمكن استخدام حبل لترسيم الأقواس التي يجب أن تكون مواجهة لخط الميل الأعظم قدر الإمكان. أو يمكن تصنيع قوس من الصلب أو الخشب لتحديد مسار السدات.
- ثم يتمّ نقل التربة إلى أسفل الميول لتشكيل سدة يكون ارتفاعها الأقصى عند أدنى نقطة منها ويقلّ تدريجيّاً حتى الصفر في نهايتها.
- يتم تجهيز حفر للأشجار بالقرب من الجزء السفلي من السدة.
- تُزرع الأشجار فقط بعد الجريان الأول أي عندما تكون الحفر رطبة.

بالنسبة إلى شرائط الجريان

- يتم وضع علامة على حافة الشريط الأول بحيث تكون أقرب ما يمكن إلى الكنتور.
- حيث إنّ شرائط الجريان ليست حساسة جدّاً لخطوط الكنتور، فقد تكون منحرفة قليلاً ولا يشكل هذا مشكلة.
- بمجرد تحديد الخط الأول يمكن عندها تحديد الخطوط الأخرى بالتوازي مع الخط الأول.
- في الجزء السفلي من المنطقة المستهدفة، يزرع الشريط المراد زراعته بعرض معين (عادة 1-1.5 م) ويترك شريط المستجمع غير مزروع ويكون عرضه بحسب التصميم، كما يمكن تمهيده وإزالة النباتات منه. ثم يلي ذلك شريط آخر مزروع وهكذا حتى يتم الانتهاء من تحديد كافة أجزاء الحقل.
- قد يختلف عرض المستجمع من مكان إلى آخر قليلاً لأن تضاريس الأرض ليست منتظمة ولكن يجب أن يكون الشريط المزروع بعرض ثابت حتى تتم خدمته آليّاً.

بالنسبة إلى المتون الكنتورية وسدات الفاليراني

- يمكن تنفيذها إما يدوياً أو ميكانيكيّاً. في كلتا الحالتين يجب أولاً وضع علامة على خطوط الكنتور ما لم يتم استخدام فاليراني مع نظام توجيه الكنتور بالليزر، حيث يتحرك الجرارعلى خطوط الكنتور آليّاً.
- يتم قطع التربة من أعلى إلى أسفل ممّا يشكل متوناً ارتفاعها من 40-50 سم تواجه المستجمع.
- يمكن وضع سدات عرضية صغيرة على مسافات قريبة لوقف تدفق الماء عندما لا تكون المتون مضبوطة على خط الكنتور.
- تزرع شتلات الشجيرات الحديثة أو بذور الأعشاب بعد العاصفة والجريان الأوّل أي عندما تكون التربة رطبة.

باء. الصيانة والإدارة

ولصيانة وإدارة تقنيات حصاد مياه الأمطار في المستجمعات الصغيرة، يمكن اتّباع التوجيهات التالية:

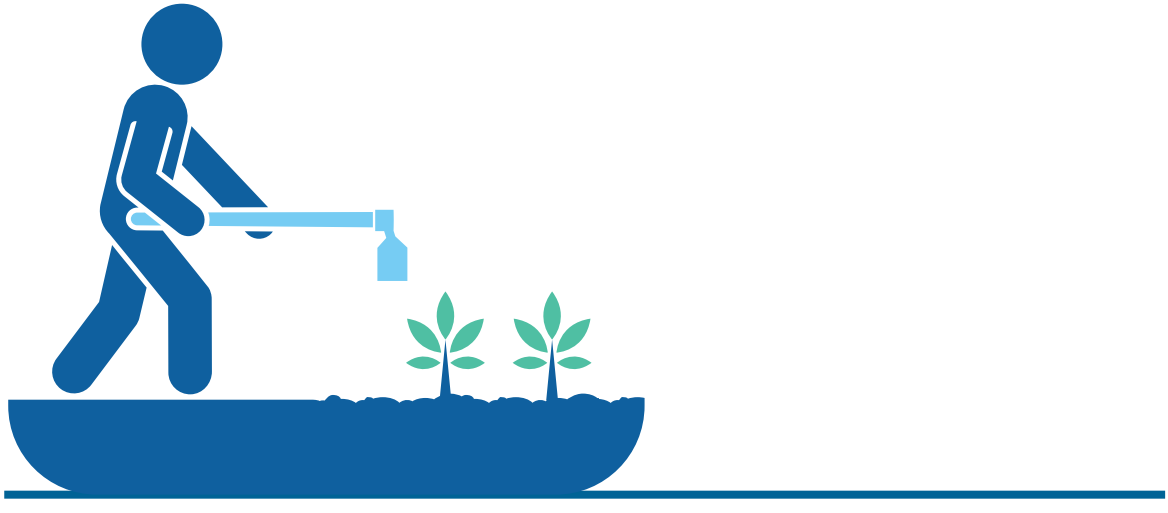
ينبغي فحص منشآت حصاد مياه الأمطار كل عام للتأكد من عدم وجود أي انجرافات قد تكون حدثت بسبب الجريان أو الحيوانات التي قد تحدث أضراراً في نظام الحصاد.

قبل موسم الأمطار يجب فحص النظام وإصلاح الأضرار. خلال الموسم يجب مراقبة الأجزاء المختلفة لإصلاح أي أعطال. وينبغي أن تتم العمليات الزراعية كما في الحقول الزراعية العادية.

ينبغي حماية المراعي المعاد تأهيلها بالحصاد المائي من الرعي لمدة سنتين، ولا سيما نُظُم المستجمعات الصغرى التي تنفذ في المراعي، ثم ينبغي زيادة الرعي تدريجيّاً بحيث يكون بحسب مستوى توفر النموات الجديدة. عندما تصل الشجيرات إلى مرحلة النضج، عادة في غضون 5 سنوات، يتم الوصول إلى معدل ثابت للرعي يحدده مختصو المراعي. يجب على المزارعين مراقبة

الحيوانات التي تمر فوق المتون والسدات في السنوات الأولى لتجنب كسرها. وقد تكون هناك حاجة إلى بعض الإصلاح في بعض الأحيان.

- في نُظُم الأحواض الصغيرة، لا بدّ من اعتماد طريقة بديلة عن العزق (شقّ التربة وإعدادها للزراعة وتنظيفها من الأعشاب) للسيطرة على الأعشاب حيث إنّ الحراثة تدمّر المتون. يمكن إزالة الأعشاب يدوياً اذا كانت الحقول صغيرة أو يمكن السيطرة عليها باستخدام مبيدات الأعشاب وذلك للحفاظ على المتون لأطول مدة ممكنة.
- من السهل إعادة بناء السدات شبه الدائرية للأشجار في كل عام، لذلك قد تتم إزالة الاعشاب بعد نهاية موسم الأمطار عن طريق عزق التربة، ثمّ تتم إعادة بناء السدات في بداية موسم الأمطار التالي.



8

أمثلة عمليّة لتصميم أنظمة حصاد مياه الأمطار في المستجمعات الصغرى

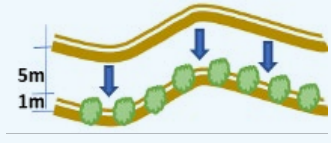
في ما يلي ثلاثة أمثلة لتصميم أنظمة الحصاد المائي باعتماد المستجمعات الصغرى:

- إعادة تأهيل المراعي في البادية باستخدام المتون الكنتورية (الجدول 8).
- تأهيل بساتين الأشجار بواسطة أحواض الجريان والسدات شبه الدائرية (الجدول 9).
- زراعة المحاصيل الحقلية (شعير) بالاستفادة من شرائط الجريان السطحي (الجدول 10).

تم استخدم معطيات تناسب ظروف مواقعَ متعدّدة في المشرق العربي ويمكن تطبيقها على أي منطقة في الدول العربية أو المناطق الجافة بتوفير بعض البيانات المحلية الإضافية.

الجدول 8. مثال التصميم العملي 1: إعادة تأهيل المراعي (البادية) باستخدام نظام المتون الكنتورية

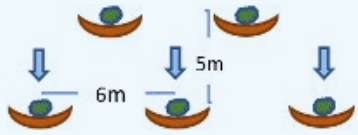
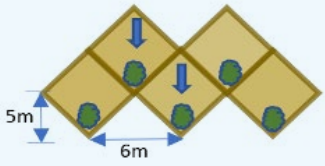
الخطوة 1	تشخيص الحاجة إلى نظام لحصاد مياه الأمطار وإمكانية تطبيقه	المراعي في المنطقة متدهورة بشدة ولا يتوفّر لها سوى القليل من الغطاء النباتي. ولا تزال عملية التصحر مستمرة، كما أن علف الحيوانات آخذ في الانخفاض. وقد أظهرت البحوث أنّ حصاد مياه الأمطار باعتماد المستجمعات الصغرى يمكن أن يساعد في استعادة الغطاء النباتي ووقف تدهور التربة.
الخطوة 2	اختيار التقنية المناسبة للموقع	بالنسبة إلى الشجيرات والأعشاب الرعوية، وبالاستناد إلى الجدول 1، فإنّ التقنية الأنسب هي المتون/السدات الكنتورية. خاصة أن الميكنة متاحة والتقنية سهلة التنفيذ والإدارة. الموقع في منطقة الموقر في منطقة هطل سنوية تصل إلى 160 ملم؛ التضاريس متموجة مع ميول من 2-15%؛ التربة طمية بعمق 60-100 سم.
الخطوة 3	تحديد متطلّبات المحاصيل من المياه والعجز اللازم تغطيته	من الجدول 2: إجمالي احتياجات المياه للشجيرات الرعوية حوالي 290 ملم سنوياً. متوسط الهطل هو 160 ملم، فالحاجة الإضافية من حصاد مياه الأمطار (العجز) هي 130 ملم.
الخطوة 4	تحديد الهطل التصميمي السنوي (R)	من الجدول 3: احتمال هطل سنوي يتجاوز 67% هو 129 ملم.
الخطوة 5	تحديد سعة التخزين التصميمية	تشكل الشجيرات شريطاً مستمرّاً على طول خطوط الكنتورعرضه حوالي 1.0 م. بغرض التصميم، سنفترض مساحة مستهدفة بعرض متر واحد وطول متر واحد، حيث تكون المساحة 1.0 م^2 كعينة مستهدفة ممثّلة. إنّ عمق جذور الشجيرات (الجدول 5) هو 0.8 م، فيكون حجم التربة لمنطقة الجذورالمستهدفه 0.8 م^3. يتم ضرب حجم التربة بنسبة الماء المتاح للتربة الطميية (وهي 0.18 من الجدول 5): 0.18 × 0.8 = 0.144 م^3 من المياه يمكن تخزينها في مقطع التربة (سعة التخزين التصميمية).
الخطوة 6	تحديد معامل الجريان التصميمي (RC)	معامل الجريان المقدر لميول من 5-10% في التربة الطميية = 26% (مجموعة B الجدول 7).
الخطوة 7	تحديد نسبة المستجمع إلى الأرض المستهدفه (A/a)	تطبق المعادلة (2): A/a = (ET-R)/(R×RC) حيث إنّ: ET = 290 ملم؛ R = 129 ملم؛ RC = 26%. A/a = (290-129)/(129×0.26)= 4.8 ويمكن تقريب نسبة المستجمع إلى الأرض المستهدفة إلى نسبة 5: 1 (أي إنّ مساحة المستجمع تبلغ خمسة أضعاف الأرض المستهدفة). على افتراض أن عرض المنطقة المزروعة المستهدفة للشجيرات هو 1.0 م، فيجب أن يكون عرض المستجمع 5.0 م. وهذا يعني أن التباعد بين خطوط المتون أو السدات الكنتورية ينبغي أن يكون 6 م.

الخطوة 8	التحقق ممّا إذا كانت سعة تخزين التربة تستوعب الجريان والهطل السنوي	• الجريان المتوقع من مستجمع بعرض 1 م، وطول 5 م، وهطل 0.129 ملم، ومعامل جريان 0.26 هو: • 1 م × 5 م × 0.129 م × 0.26 = 0.167 م^3. • كمية الأمطار المباشرة على المساحة المستهدفة = 1.0 م^2 × هطل 0.129 م = 0.129 م^3. • بإضافة الجريان يكون مجموع المياه التي سيتم تلقيها في منطقة الجذور هو 0.129 م^3 + 0.167 م^3 = 0.296 م^3. • التبخر- نتح خلال موسم الأمطار (من تشرين الثاني/نوفمبر إلى نيسان/أبريل من الجدول 2) هو 110 ملم، ويساوي 0.11 م^3 لوحدة المساحة. • بإضافة التخزين المتاح من الخطوة 5، نحصل على التخزين الكلي وهو 0.144 م^3 + 0.110 م^3= 0.254 م^3. • هذا الحجم أقل بـ 0.042 م^3 من إجمالي الماء المتوقع للمنطقة المستهدفة (0.296 م^3). نظرياً، تذهب هذه الكمية الزائدة من المياه للتسرب العميق وقد تعاني الشجيرات من بعض الإجهاد ولكنه ضمن الانحرافات المقبولة.
الخلاصة		يمكن أن توفر المتون والسدات الكنتورية المتباعدة بمسافة 6 م (5 م كمستجمع، و1 م كمستهدف، كما يظهر في الرسم المرفق) للشجيرات الرعوية ما يكفي من مياه الجريان لتلبية الاحتياجات المائية لتحقيق إنتاجية اقتصادية. يمكن أن يستوعب مقطع التربة جميع كميات الجريان والهطل تقريباً. (انظر الرسم التوضيحي).

الجدول 9. مثال التصميم العملي 2: بستان زيتون بنظام احواض الجريان الصغيرة والسدات شبه الدائرية

الخطوة 1	تشخيص الحاجة إلى نظام لحصاد مياه الأمطار وإمكانية تطبيقه	تزرع بساتين الزيتون في مناطق هطل سنوي من 300-400 ملم وتحتاج الأشجار لحوالي 500 ملم على الأقل سنوياً. تعيش الأشجار بالرغم من العجز المائي ولكن الغلة تبقى منخفضة وتتقلب بشكل كبير من سنة إلى أخرى. إن تزويد الأشجار بكميات تكميلية من الماء من شأنه أن يحسن الإنتاج وأن يوفرَ دخلاً أكبر واستقراراً اقتصادياً أمتن بالإضافة إلى تحسين جودة المنتج.
الخطوة 2	اختيار التقنية المناسبة للموقع	تمّ اختيار موقع في شمال الأردن بمتوسط هطل سنوي 400 ملم على أرض بميول 5% وعمق التربة فيها 1.5 م، ونوعها طيني طميي. بالاستناد إلى الجدول 1، إنّ التقنية المناسبة لهذه الظروف هي السدات شبه الدائرية وأحواض الجريان الصغيرة.
الخطوة 3	تحديد متطلّبات المحاصيل من المياه والعجز اللازم تغطيته	من الجدول 2: التبخر- نتح للأشجار هو حوالي 500 ملم، ومعدل الهطل السنوي حوالي 400 ملم فيكون العجز 100 ملم.

الخطوة 4	تحديد الهطل التصميمي السنوي (R)	تم حساب الهطل السنوي باحتمالات 67% باستخدام معطيات من محطة أرصاد قريبة واستخدام المعادلة (1)، فتبين أنّ الهطل 320 ملم.
الخطوة 5	تحديد سعة التخزين التصميمية	• من الجدول 5: تحتفظ التربة الطينية الطميية بـ 20% من المياه المتاحة. • إن قطر أشجار الزيتون الناضجة حوالي 3 م (المساحة 7.0 م^2) وعمق التربة 1.5 م. • وعليه، تكون سعة التخزين المتاحة لكل شجرة كالتالي: 7.0 م^2 × 1.5 م × 0.2 = 2.1 م^3.
الخطوة 6	تحديد معامل الجريان التصميمي (RC)	من الجدول 7: إنّ معامل الجريان RC% = 21 للتربة الطينية الطميية بميول 5% للبساتين.
الخطوة 7	تحديد نسبة المستجمع إلى الأرض المستهدفه (A/a)	تطبق المعادلة (2): A/a = (ET-R)/(R×RC) حيث إنّ: ET = 500 ملم؛ R = 320 ملم؛ RC = 21%. A/a = (500-320)/(320×0.21)= 2.7 • وبتقريبها إلى 3 فإنّ نسبة المستجمع إلى المستهدف تكون 1:3. • بما أنّ المساحة المستهدفة لشجرة واحدة هي 7 م^2 فينبغي أن تكون مساحة المستجمع 21 م^2. • المساحة الإجمالية للمستجمع والمستهدف = 7+ 21= 28 م^2. وعليه فإنّ أفضل تباعد للاشجار= 6 م × 5 م.
الخطوة 8	التحقّق مما إذا كانت سعة التخزين تستوعب كل الماء الوارد	• إجمالي المساحة ناقصاً المساحة المستهدفة = (5 م × 6 م) - (7.0 م^2) = 23 م^2 (مساحة المستجمع). • الجريان = مساحه المستجمع × الهطل × معامل الجريان = 23 م^2 × 0.32 م × 0.2 = 1.47م^3. • الهطل المباشر على المنطقة المستهدفة = الهطل × المساحة = 0.32 م × 7.0 م^2 = 2.24 م^3. • إجمالي المياه المتوقعة للمنطقة المستهدفة = الجريان + الهطل = 1.47 م^3 + 2.24 م3 = 3.71 م^3. • سعة التخزين (كما تم احتسابها في الخطوة 5) = المساحه المستهدفة × عمق التربة × نسبة المياه المتاحة = 7.0 م^2 × 1.5 م × 0.2 = 2.1 م^3. • بالاستناد إلى الجدول 2: التبخر- نتح من تشرين الثاني/نوفمبر إلى نيسان/أبريل = 170ملم. فيكون التخزين الإضافي = 0.17 م × 7.0 م^2 (مساحة الشجرة)= 1.19 م^3. • إجمالي التخزين المتوفر = سعة التخزين المتاحة + التبخر- نتح = 2.1 م^3 + 1.19 م^3 = 3.29 م^3. • يتبين أنّ السعة الكلية المحسوبة أقلّ قليلاً من 3.71 م^3 (إجمالي المياه المتوقعة للمنطقة المستهدفة) ولكنها ضمن مجال الخطأ وتعتبر مقبولة.

الخلاصة		من شأن أشجار الزيتون المزروعة بمسافات 5 م × 6 م وباستخدام تقنية حصاد مياه الأمطار بالسدات شبه الدائرية والأحواض الصغيرة تزويد الأشجار بالمياه التكميلية الكافية لتغطية العجز بين الهطل والاحتياجات المائية (انظر الرسمين التوضيحيين). 

الجدول 10. مثال التصميم العملي 3: زراعة الشعير في المناطق الجافة باستخدام شرائط الجريان السطحي

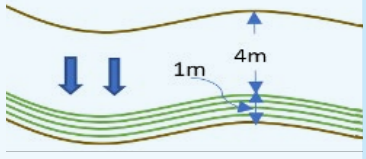
الخطوة 1	تشخيص الحاجة إلى نظام لحصاد مياه الأمطار وإمكانية تطبيقه	تقع مناطق زراعة الشعير في المشرق في منطقة هطل من 200-350 ملم سنوياً. يتلقى الموقع متوسط هطل سنوي يبلغ 250 ملم ولكنّ الشعير ينمو بشكل ضعيف مع احتمال إنتاج الحبوب في سنتين من أصل كل 5 سنوات. إذاً، الغلة منخفضة جدّاً وذلك بسبب الإجهاد المائي خلال فترة النمو. وأي مياه تكميلية من شأنها أن تحسّن غلة المزارع ودخله. وفي غياب الري، يشكل حصاد مياه الأمطار خياراً بديلاً يمكن الاعتماد عليه.
الخطوة 2	اختيار التقنية المناسبة للموقع	تم اختيار موقع في منطقة المفرق في الأردن واستناداً إلى الجدول 1، يتبين أن تقنية شرائط الجريان هي الخيار الأفضل.
الخطوة 3	تحديد متطلّبات المحاصيل من المياه والعجز اللازم تغطيته	من الجدول 2: يمكن تقدير احتياجات المياه للحبوب في حدود 470 ملم، أما العجز الموسمي فهو 470 ملم - 250 ملم = 220 ملم.
الخطوة 4	تحديد الهطل التصميمي السنوي (R)	تمّ احتساب معدل هطل الأمطار السنوي مع احتمالية تحقق 67% من محطة قرب الموقع وباستخدام المعادلة (1) وتبين أنّه 220 ملم.
الخطوة 5	تحديد سعة التخزين التصميمية	التربة في المنطقة طمية طينية؛ بحسب الجدول 5، تكون نسبة الماء المتاح = 20%. أمّا عمق جذور الشعير فهو 1.0 م. وبذلك، تكون سعة التخزين لوحدة المساحة = عمق التربة × المساحة المستهدفة × نسبة الماء المتاح = 1.0 م × 1.0 م^2 × 0.2 = 0.2 م^3.
الخطوة 6	تحديد معامل الجريان التصميمي (RC)	من الجدول 7: معامل الجريان في تربة طينية طميية متدهورة مع ميول من 0-5% هو 32%.
الخطوة 7	تحديد نسبة المستجمع إلى الأرض المستهدفه (A/a)	تطبق المعادلة (2): A/a = (ET-R)/(R×RC) حيث إنّ: ET = 470 ملم؛ R = 220 ملم؛ RC = 32%. A/a = (470-220)/(220×0.32)= 3.55 • ويمكن تقريبها إلى 4 فتكون نسبة المستجمع إلى المستهدف 4: 1. • يفضل أن يكون عرض الشريط المزروع 1.0 م. عندها يجب أن يكون عرض المستجمع 4 م.

الخطوة 8

التحقّق ممّا إذا كانت سعة التخزين تستوعب كل الماء الوارد

- الجريان المتوقع عند المنطقة المستهدفة = مساحة المستجمع × الهطل × معامل الجريان: 4.0 م^2×0.22 م × 0.32= 0.28 م^3.
- الهطل المباشر على المنطقة المستهدفة = المساحة المستهدفة × الهطل = 1.0 م^2 × 0.22 م = 0.22 م^3.
- إجمالي المياه المتوقعة للمنطقة المستهدفة = 0.28 م^3 (الجريان المتوقع) + 0.22 م^3 (هطل) = 0.5 م^3.
- سعة التخزين المتاحة في وحدة المساحة (كما تمّ احتسابها في الخطوة 5)= 1.0م (عمق) × 1.0 م^2 (المساحة المستهدفة) × 0.2 (السعة المتاحة)=0.2 م^3.
- معظم التبخر- نتح للشعير يحدث من كانون الثاني/يناير إلى آذار/مارس. وينضج المحصول في نيسان/أبريل ويحصد في أوائل أيار/مايو. استناداً إلى الجدول 2: التبخر- نتح = 0.345 م.
- يتمّ احتساب إجمالي التخزين المتوفر كالتالي: (0.345 × 1.0 م^2) + 0.2 م^3 = 0.545 م^3، حيث 1.0م^2 هي مساحة وحدة الشعير و0.2م^3 هي **سعة التخزين التصميمية**.
- يتبين أنّ **إجمالي التخزين** المتوفر (0.545م^3) أكبر من الجريان والهطل المتوقع (إجمالي المياه المتوقعة للمنطقة المستهدفة) بحوالي 0.5 م^3، ما يدلّ على أنّ التصميم مناسب لحقل الشعير.

الخلاصة



يمكن زراعة الشعير في شرائط الجريان بحيث يكون عرض الشريط المزروع متراً واحداً وعرض شريط المستجمع 4 م فيعوّض الجريان في هذه الحالة العجز المائي. (انظر الرسم التوضيحي).

المراجع

Abuzeid, K., Wagdy, A., and Ibrahim, M., CEDARE, AWC. (2019). 3rd State of the Water Report for the Arab Region-2015. CEDARE & Arab Water Council. Cairo, Egypt.

Ali, A., Oweis, T., Salkini AB. And El-Naggar S. 2009. Rainwater cisterns: traditional technologies for the dry areas. ICARDA, Aleppo, Syria iv+20pp. ISBN:92-9127-223-X.

Critchley, W. and Siegert, K. 1991. Water harvesting: a manual for the design and construction of 1047 water harvesting schemes for plant production. Food and Agriculture Organization (FAO), Rome, Italy.

Critchley, W., Reij, D., and Seznec, A. 1992. Water harvesting for plant production. Vol. II: case 1049 studies and conclusions for sub-Saharan Africa. World Bank Technical Paper 157. World 1050 Bank, Washington, DC, USA.

FAO paper No 56. 1998. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements, FAO, Rome, Italy.

Gammoh, I.A. and T. Y. Oweis, 2011. Contour Laser Guiding for the Mechanized 'Vallerani' Micro-catchment Water Harvesting Systems. Journal of Environmental Science and Engineering vol. 5, issue 9.

Gammoh, I.A. and T. Y. Oweis, 2011. Performance and Adaptation of the Vallerani Mechanized Water Harvesting System in Degraded Badia Rangelands. Journal of Environmental Science and Engineering. Vol. 5, issue 10.

Jnad, I. & Prinz, D., eds. 2013. Rainwater Harvesting in the Arab Region with Special Reference to Adaptation to Climate Change. Proceedings of a Regional ACSAD Conference 20 – 22 May 2013 in Beirut, Lebanon. ACSAD, Damascus, Syria & ACCWaM/GIZ, Cairo, Egypt.

Karrou, M., Oweis, T., Ziadat, F. and Awawdeh, F. (eds) 2011. Rehabilitation and integrated management of dry rangelands environments with water harvesting. Community-based optimization of the management of scarce water resources in agriculture in Central and West Asia and North Africa Report no. 9. ICARDA, Alepo, Syria vi + 208 pp.

Mahmoud, S. and Alazba. A. 2015. Hydrological Response to Land Cover Changes and Human Activities in Arid Regions Using a Geographic Information System and Remote Sensing. PLOS ONE 10(4): https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0125805.

Mekdaschi Studer, R. and Liniger, H. 2013. Water harvesting: guidelines to good practice. Centre for Development and Environment (CDE), Rainwater Harvesting Implementation Network (RAIN), MetaMeta, Wageningen, and International Fund for Agricultural Development 1177 (IFAD), Rome, Italy.

Oweis T. and Taimeh, A. 1997. Small water harvesting reservoirs: issues of planning and management in the dry areas. JAZPP, The Univ. of Jordan, Faculty of Agriculture, Amman Jordan.

Oweis T., Hachum, A. and Kijne, J. 1999. Water Harvesting and supplemental irrigation for improved water use efficiency in the dry areas. State-of-the-art reviews, SWIM paper no 7. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute. ISBN 92-9090 378-3.

Oweis, T. and Taimeh, A, 1996. Evaluation of small basin water harvesting systems in the arid 1209 region of Jordan. Water Resour. Manag. 10(1):21-34.

Oweis, T., Hachum A. and Adriana Bruggeman. (Eds.) 2004. Indigenous water harvesting Systems in West Asia and North Africa. ICARDA, Aleppo, Syria. Vi+173 pp. EN. ICARDA, Aleppo, Syria, vi+ 173 pp. ISBN: 92-9127-147X.

Oweis, T., Prinz, D. and Hachum, A. 2012. Water harvesting for agriculture in the dry areas. (English) CRC Press/Balkema, Taylor & Francis Group, London, UK. ISBN: 978-0-415-62114-4 (Hbk); ISBN: 978-0-203-10625-9 (eBook). Arabic version by King Saud University Press. Saudi Arabia (2017).

Oweis, T., Prinz, D., and Hachum, A. 2001. Water harvesting: Indigenous knowledge for the future of the drier environments. ICARDA, Aleppo, Syria. 40pp.

Oweis, Theib. 2017. Rainwater harvesting for restoring degraded dry agro-pastoral ecosystems; a conceptual review of opportunities and constraints in a changing climate. Environmental Reviews, 2017, Vol. 25, No. 2: pp. 135-149. https://doi.org/10.1139/er-2016-0069.

Somme, G., T. Oweis, A. Abdulal, a. Bruggeman, and a. Ali. 2004. Micro-catchment water harvesting for improved vegetative cover in the Syrian Badia. On-farm water Husbandry research reports series No 3. ICARDA, Aleppo, Syria vi+33pp.

Zhang, H. Oweis, T. Garabet, S, and Pala, M. 1998. Water use efficiency and transpiration efficiency of wheat under rainfed conditions and supplemental irrigation in a Mediterranean-type environment. Plant and Soil 201: 295-305.

21-00970