الجفاف Drought

ان الفيضانات والجفاف تحتاج إلى دراسة خاصة، اذ إنها كوارث طبيعية تتسبب في معاناة بشرية واسعة النطاق وخسائر اقتصادية ضخمة ، ويكرس العالم جهودًا كبيرة للسيطرة على الآثار السيئة لهذين المتطرفين الهيدرولوجيين أو التخفيف منهما. وقد تمت مناقشة الجوانب المختلفة للفيضانات في المحاضرة السابقة. وسيتم مناقشة الجفاف بشكل مختصر في هذه المحاضرة:

التعريف والتصنيف

الجفاف هو حالة مناخية شاذة تتميز بنقص إمدادات الرطوبة. قد ينتج هذا عن هطول أمطار غزيرة في مناطق وعدم سقوطها في مناطق اخرى نتيجة لظاهرة الاحتباس الحراري مثلاً مما يتسبب في توفر أقل من الطبيعي للمياه على مدى فترات طويلة من الزمن. وظاهرة الجفاف هي ظاهرة هيدرولوجية شديدة مثل الفيضانات وهي كارثة طبيعية. ومع ذلك ، على عكس الفيضانات ، يكون الجفاف من النوع الزاحف ؛ اي انها تتطور في منطقة على مدى فترة زمنية وقد تمتد أحيانًا إلى النطاق القاري. إن عواقب الجفاف على الإنتاج الزراعي وتوليد الطاقة المائية والاقتصاد الإقليمي بشكل عام معروفة جيدًا. بعد ذلك ، خلال فترات الجفاف ، ستتدهور جودة المياه المتاحة بشكل كبير مما يؤدي إلى مشاكل بيئية وصحية خطيرة. تتوفر العديد من تصنيفات حالات الجفاف في المراجع العلمية. فمثلاً التصنيف التالي الذي يصنف الجفاف إلى ثلاث فئات مقترحة من قبل الهيئة الوطنية للزراعة (1976) تم اعتماده على نطاق واسع في الهند:

• جفاف الأرصاد او الانواء الجوية: Meteorological drought

وهو وضع يحدث فيه انخفاض بنسبة 25٪ في هطول الأمطار من المعتاد فوق منطقة ما.

• الجفاف الهيدرولوجي: hydrological drought

يؤدي جفاف الانواء الجوية ، إذا استمر لفترة طويلة ، إلى جفاف هيدرولوجي مع استنفاد ملحوظ للمياه السطحية والجوفية. تتمثل العواقب في جفاف الخزانات والجداول والأنهار وانقطاع الينابيع والانخفاض في مستوى المياه الجوفية.

الجفاف الزراعي: Agricultural drought

يحدث هذا عندما تكون رطوبة التربة وهطول الأمطار غير كافيين خلال موسم النمو لدعم نمو المحاصيل الصحي حتى النضج. وسيكون هناك إجهاد شديد للمحاصيل وظروف ذبول.

جفاف الأرصاد الجوية

تبنت إدارة الأرصاد الجوية الهندية (IMD) المعايير التالية للتصنيف الفرعي لجفاف الأرصاد الجوية. يعتبر التقسيم الفرعي للأرصاد الجوية متأثرًا بالجفاف إذا تلقى إجمالي هطول الأمطار الموسمية أقل من 75٪ من القيمة المعتادة، كما يصنف الجفاف على أنه معتدل إذا كان النقص الموسمي بين 26٪ و 50٪. يقال إن

الجفاف شـديد إذا كان النقص أكثر من 50٪ من القيمة العادية ، علاوة على ذلك ، تعد السـنة ***سـنة جفاف*** في حالة تأثر المنطقة بجفاف معتدل أو شديد سواء بشكل فردي أو جماعي بأكثر من 20٪ من المساحة الإجمالية للبلد.

إذا حدث الجفاف في منطقة باحتمالية $0.2 \leq p \leq 0.4$ يتم تصـنيف المنطقة على أنها **منطقة معرضـة للجفاف** ، وإذا كان احتمال حدوث الجفاف في مكان أكبر من 0.4 ، فإن هذه المنطقة تسـمى **منطقة معرضـة للجفاف المزمن.** ان التنبؤ الدقيق بالجفاف ، للأسف ، لا يزال غير ممكن.

الجفاف الهيدرولوجي

من وجهة نظر أخصـائي الهيدرولوجي فان الجفاف يعني ان الجريان في المجاري المائية والخزين المائي في الاحواض والخزانات والمياه الجوفية ورطوبة التربة أقل من المعدل المطلوب. يتكون هكذا جفاف هيدرولوجي من أربعة مكونات:

(أ) الحجم (= مقدار النقص)

(ب) المدة

(ج) الشدة (= الكمية التراكمية للنقص)

(د) تكرار الحدوث

من الصـعب تحديد بداية الجفاف لأن الجفاف ظاهرة زاحفة. ومع ذلك ، فإن نهاية الجفاف من السـهل تحديده نسبياًعندما يشبع هطول الأمطار بشكل كاف التربة ويعيد جريان المجاري المائية ويعيد الخزين المائي إلى القيم العادية.

في الدراسات حول الجفاف الهيدرولوجي ، يجب اعتماد تقنيات مختلفة لدراسة (i) عجز المياه السطحية ، و (ii) عجز المياه الجوفية. يرتبط موضـوع المياه السـطحية لدراسـات الجفاف أسـاسًـا بالمجاري المائية ويتم اعتماد التقنيات التالية بشكل شائع:

(أ) منحنى مدة االجريان المنخفض

(ب) تحليل تردد الجريان المنخفض

(ج) نمذجة جريان المجاري او الجداول.

هذه الدراسات لها أهمية خاصة فيما يتعلق بتصميم وتشغيل الخزانات ، وتحويل جريان الجداول لغرض الري ، واحتياجات الطاقة ومياه الشرب ؛ وفي جميع الأنشطة المتعلقة بجودة او نوعية المياه.

الجفاف الزراعي

يعد نقص الأمطار هو المعيار الرئيسـي لتعريف الجفاف الزراعي. ومع ذلك ، اعتمادًا على ما إذا كانت الدراسـة على المسـتوى الإقليمي أو مسـتوى المحاصـيل أو مسـتوى النبات ، كانت هناك مجموعة متنوعة من

التعريفات. وبالنظر إلى المراحل المختلفة لنمو المحصـــول ومتطلبات المياه المقابلة له ، فإن النطاق الزمني لنقص المياه في الجفاف الزراعي يجب أن يكون أصــغر بكثير مما هو عليه في دراســات الجفاف الهيدرولوجي. علاوة على ذلك، لن تكون هذه خاصة فقط بالمناطق الإقليمية ولكن أيضًا خاصة بالمحاصيل والتربة.

يتم تعريف مؤشر الجفافِ Aridity Index (AI) على أنه

$$A\ I = (PET - AET / PET) \times 100$$

أذ ان PET التبخر نتح الكامن و AET = التبخر نتح الفعلي. في حســـاب AI هذا ، يتم حســـاب AET وفقًا لطريقة او معادلة ثورنثويت Thornthwite لتوازن المياه ، مع مراعاة PET، وهطول الأمطار الفعلي والســـعة الحقلية للتربة. من الشائع حساب AI على أساس أسبوعي أو كل أسبوعين. يستخدم AI كمؤشر لإجهاد الرطوبة المحتمل الذي تعاني منه المحاصيل. ان خروج AI عن قيمته الطبيعية المقبولة ، والذي يسمى باسم AI الشاذ، يمثل نقصًا في الرطوبة. بناءً على شذوذ AI، يتم تصنيف شدة الجفاف الزراعي على النحو التالي:

شذوذ AI	درجة الشدة
Zero or negative	Non-arid غير جاف
1-25	Mild arid جفاف بسيط
26-50	Moderate arid جفاف معتدل
اكبر من 50	Severe arid جفاف قاس

بالإضـافة إلى مؤشـر او دليل AI ،هناك مؤشـرات أخرى مثل مؤشـر بالمر (PI) ومؤشـر توافر الرطوبة (MAI) التي تســتخدم لوصــف الجفاف الزراعي. توفر تقانات التحســس النائي او الاســتشــعار عن بعد (Remote Sensing) باستخدام الصور او المرئيات الفضائية إمكانيات ممتازة لرصد الجفاف الزراعي في مناطق واسعة.

إدارة الجفاف

ترجع أسـباب الجفاف أسـاسًـا إلى التغايرات الزمانية والمكانية في هطول الأمطار ، والإدارة غير السـليمة للمياه المتاحة ، ونقص الحفاظ على التربة والمياه. تتضــمن إدارة الجفاف وضــع اســتراتيجيات قصــيرة المدى وطويلة المدى. تشمل الإستراتيجيات قصيرة المدى الإنذار المبكر ، ورصد وتقييم حالات الجفاف. تهدف الإستراتيجيات طويلة المدى إلى توفير تدابير التخفيف من حدة الجفاف من خلال المحافظة على التربة والمياه ، وجدولة الري ، وأنماط المحاصيل. يوضح الشكل الآتي بعض التأثيرات والتعديلات المحتملة لمكونات الجفاف المختلفة.

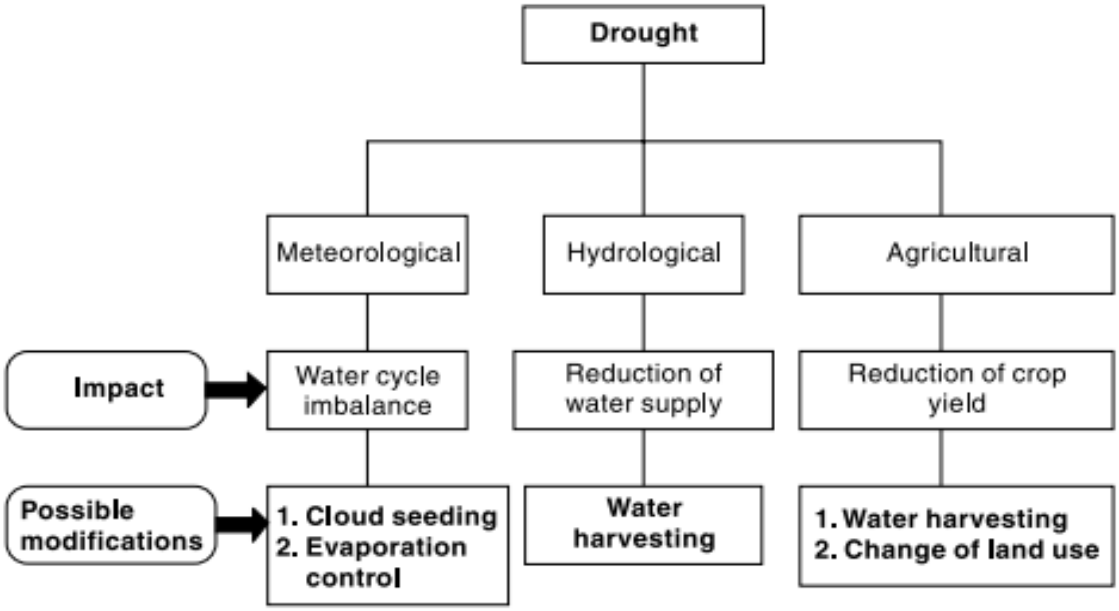

Fig. 5.16 Impact and Possible Modification of Drought Components

وفيما يلي قائمة بالتدابير الممكنة لجعل المناطق المعرضة للجفاف أقل عرضة للمشاكل المرتبطة بالجفاف:

- إنشاء مخازن المياه من خلال التنمية المناسبة لموارد المياه
- النقل المياه السطحية بين الأحواض من مناطق المياه الفائضة إلى المناطق المعرضة للجفاف
- تطوير وادارة إمكانات المياه الجوفية
- تطوير ممارسات مناسبة لحصاد المياه
- إجراءات الحفاظ على رطوبة التربة في الموقع
- الاستخدام الاقتصادي للمياه في الري من خلال ممارسات مثل الري بالتنقيط والري بالرش وما إلى ذلك
- الحد من التبخر من التربة وأسطح المياه
- تطوير ممارسات التشجير وانشاء الغابات الزراعية والبستنة الزراعية
- تطوير الأعلاف للماشية
- تثبيت الكثبان الرملية

تتطلب مقاومة الجفاف في منطقة ما اتباع نهج متكامل ، مع مراعاة الروابط متعددة الأبعاد بين مختلف الموارد الطبيعية والبيئية والعوامل الاجتماعية والاقتصادية المحلية .

يعد حصاد المياه مكونًا مهمًا في تعديل مكونات الجفاف وستم وصفه كما يلي.

حصاد المياه Water Harvesting

إن حصاد المياه هو مصطلح عام يشمل جميع الأنظمة التي تركز وتجمع وتخزن السيح السطحي من مستجمعات المياه الصغيرة لاستخدامها لاحقًا في مناطق المستخدمين الأصغر. تُعرّف منظمة الأغذية والزراعة الدولية FAO حصاد المياه على أنه عملية جمع وتركيز مياه الجريان السطحي من منطقة السيح السطحي إلى منطقة الجريان ، حيث يتم إما اضافة المياه المجمعة مباشرة الى منطقة المحاصيل وتخزينها في مقد التربة من أجل الاستخدام الفوري من قبل المحصول، أو تخزينه في خزان المياه في الحقل للاستخدامات الإنتاجية المستقبلية ، مثل الاستخدام المنزلي ، وسقي الماشية ، وتربية الأحياء المائية والري ". يمكن أيضًا استخدام المياه المجمعة لإعادة تغذية المياه الجوفية وتخزينها في الخزان الجوفي ، أي تحسين التغذية. يعد حصاد المياه في الأساس نظامًا تقليديًا يستخدم منذ قرون عديدة ، ويتم الآن تعديله لتلبية احتياجات اليوم. واعتمادًا على طبيعة التجميع السطحي للمياه ونوع االخزين ، يتم تصنيف حصاد المياه إلى عدة فئات كما هو مذكور في الشكل الآتي.

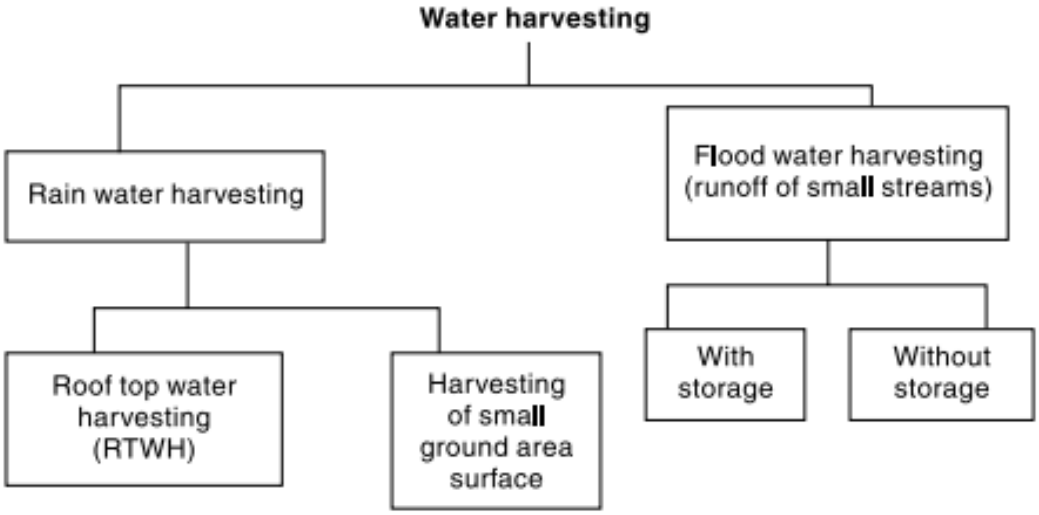

Fig. 5.17 Classification of Water Harvesting Techniques

حصاد المياه على السقوف Roof top water harvesting (RTWH)

يُعرف الاستخدام المثمر لمياه الأمطار المتساقطة على أسطح المباني باسم حصاد المياه على السطح (RTWH). ففي المناطق الحضرية ، عادة ما تكون السطوح غير منفذة وتحتل مساحة كبيرة من الأرض، أيضًا، من المحتمل بشكل عام أن تكون إمدادات المياه البلدية غير كافية أو غير فعالة أو غير موثوقة. في مثل هذه الحالات ، وجد أن تجميع السيح من أسطح المباني الفردية وتخزينها لاستخدامها لاحقًا أمر جذاب للغاية واقتصادي في كثير من الحالات. أدى عدم كفاية توافر المياه وتكلفة الإمداد إلى جعل العديد من الصناعات والمؤسسات الكبيرة في المناطق الحضرية الواقعة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة تعتمد أنظمة RTWH بشكل كبير. وان عوامل مثل جودة المياه وطرائق الجمع والتخزين الفعال والاقتصادي هي بعض العوامل التي يجب وضعها في تصميم نظام فعال لتلبية الاحتياجات المحددة. ان تكلفة حجم الخزان المناسب بشكل عام ، هو محدد

في التصميم الاقتصادي للـــ RTWH . في كثير من الحالات ، يتم استخدام المياه التي يتم جمعها من أعلى السطح لإعادة تغذية المياه الجوفية. ان خصائص الهطول المطري من حيث المكان والشدة والمدة وطبيعة موسم الهطول ومعدل عدد الايام الممطرة تحدد تصميم الـ RTWH.

نظام المستجمع الصغير (داخل الحقل) لحصاد مياه الأمطار

في هذا النظام ، تكون مستجمعات المياه عبارة عن مساحة صغيرة لا يتم وضعها لأي غرض إنتاجي. يتراوح طول مستجمعات المياه عادة بين 1 و 30 مترًا ، ويتم حصاد جريان الماء من هذا النظام أثناء العاصفة عن طريق جمعها وتسليمها او تحويلها إلى لوح صغي رمزروع. عادة ما تكون نسبة مستجمعات المياه إلى المساحة المزروعة 1: 1 إلى 3: 1 ويتم تخزين السيح السطحي في مقد التربة. يشار أحيانًا إلى تجميع مياه الأمطار في مستجمعات المياه الصغيرة باسم نظام تجميع المياه داخل الحقل Within-Field Catchment System.

الأمثلة النموذجية على تجميع مياه الأمطار في مستجمعات مياه صغيرة هي:

- مستجمعات نيكاريم (Negarim) الدقيقة (للأشجار)
- حزم كفافية (كونتورية) (للأشجار)
- حواف كفافية (كونتورية) (للمحاصيل)
- حزم شبه دائرية (للمراعي والأعلاف)

كانت تقنية مستجمعات Negarim الصغيرة في الأصل قد طورت في الكيان الإسرائيلي. كلمة Negarim مشتقة من الكلمة العبرية Neger والتي تعني السيح السطحي. تتكون هذه التقنية من تقسيم مستجمعات المياه إلى عدد كبير من مستجمعات المياه الصغيرة في نمط ماسي على طول المنحدر. كل مستجمع مياه صغير ذات شكل مربع مع سدود ترابية صغيرة عند حدودها وحفرة غيض الماء موجودة في الركن السفلي كما هو موضح في الشكل الآتي. الحفرة هي المنطقة المزروعة وعادة ما تزرع شجرة فيها. هذا الترتيب من المستجمعات الصغيرة بحجم 10 إلى 100 متر مربع ، ووجد أنه مفيد جدًا في المناطق الجافة وشبه الجافة – حيث يمكن أن يصل هطول الأمطار إلى 150 ملم.

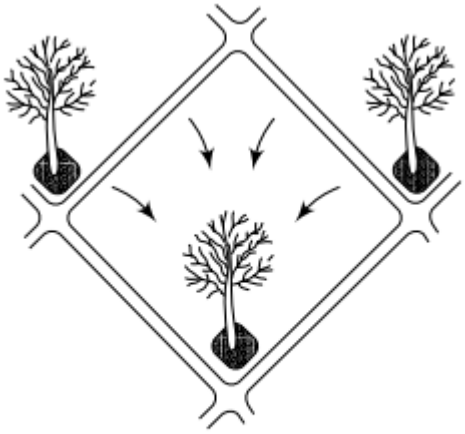

Fig. 5.18 Micro Catchment System: Negarim Micro Catchment for Trees

نظام المستجمع الكبير (داخل الحقل) لحصاد مياه الامطار

Macro catchment system (within the field) of rainwater harvesting

تم تصميم هذا النظام لمناطق مستجمعات المياه الأكبر قليلاً حيث يتم جمع السيح السطحي وجريان الغدير خلف سدود ويسمح بتخزينهما في مقد التربة من خلال الغيض. وطول المستجمع عادة من 30 الى 200 متر ونسبة مستجمعات المياه إلى المساحة المزروعة 2: 1 إلى 10: 1. وان الترتيب النموذجي يتكون من صف واحد أو صفين متداخلين من السدود شبه المنحرفة مع جدران الجناح. كما يتم استخدام حزم كفاف مصنوعة من الأحجار المتراكمة في هذا النظام. من المعتاد توفير ترتيبات الطفح للتخلص من المياه الجارية الزائدة. تستخدم منطقة الغيض خلف السدود لزراعة المحاصيل.

حصاد مياه الفيضان:

Floodwater Farming (Floodwater harvesting)

يستعمل هذا النظام لمستجمعات اكبر وان الجريان في البزل يتم حصاده. يبلغ طول مناطق مستجمعات المياه عدة كيلومترات ونسبة مستجمعات المياه إلى المساحة اكبر من 10: 1. وان هناك نظامان فرعيان مذكوران أدناه شائعان:

1. حصاد المياه باستخدام هياكل او انشآت خزن .
2. حصاد مياه من خلال نثر الماء.

أنظمة هياكل او منشآت التخزين

يتم بناء هياكل تخزين صغيرة عبر البزل لتخزين جزء من السيح السطحي. في حين أن المياه السطحية المخزنة ستعمل كمصدر للمياه الصالحة للاستخدام للمجتمع لبعض الوقت ، فإن الغيض من هذا الجسم المائي سيوفر تغذية قيمة للمياه الجوفية. الهياكل شائعة الاستخدام هي سدود الفحص Check dams و Nalabunds. تتمتع هذه الهياكل بميزة إضافية تتمثل في إيقاف نواتج التعرية من مستجمعات المياه. علاوة على ذلك ، تمنع هذه الهياكل تعميق وتوسيع الأخاديد.

عادة ما تحتوي سدود الفحص على مطفح مائي spillway ويمكن أن تكون الأجنحة إما من البناء الحجري أو السد الترابي. عموماً تقترح جسور الفحص عندما تكون تذبذبات مستوى الماء الارضي عالية والتيار مؤثر.

ان Nalabunds نالابوند هي هياكل تم إنشاؤها عبر nalas (جداول) لحجز السيح السطحي لإحداث تخزين صغير. وان زيادة غور المياه وتحسين نظام رطوبة التربة هي الهدف الرئيسي. نالابوند صغيرة الحجم وهي مبنية بمواد متوفرة محليًا ، وعادة ما تكون جسرًا ترابيًا. في نالابوند ، عادةً ما يكون مجرى االطفح او التصريف عبارة عن قناة شديدة الانحدار مبطنة بالحجارة أو مقطوعة بالصخور تنطلق من أحد أطراف السد عند المستوى المناسب. تُعرف الهياكل المشابهة لـ nalabund ولكن ذات الأبعاد الأكبر باسم خزانات الغور percolation tanks. صهاريج نالابوند وخزانات الغور مبنية بمدى مسطح لمجرى مع منحدرات أقل من 2٪.
انتشار المياه Spreading of water. في هذه الطريقة سيؤدي التحويل عبر البزل إلى الماء سيجري إلى الأرض المجاورة. تغيض المياه المنتشرة في التربة ويتم الاحتفاظ بها كرطوبة تربة وهذا يستخدم لزراعة المحاصيل. يعد توفير مجرى مطفح في هيكل التحويل ، لتمرير المياه الزائدة إلى الجانب السفلي من هيكل التحويل ، عنصرًا مهمًا في هيكل التحويل.

وبشكل عام: تعتمد الجوانب المحددة المتعلقة بتصميم هياكل حصاد المياه على هطول الأمطار في المنطقة وخصائص التربة ومنحدر التضاريس (الطوبغرافية). من المعتاد القيام بنشاط حصاد المياه في مكان ما كجزء من برنامج إدارة مستجمعات المياه. وتعد طرائق حصاد المياه الموصوفة أعلاه مفيدة بشكل خاص في زراعة الأراضي الجافة وتشكل مسودة أداة إدارة مهمة. تعد مشاركة المجتمع في بناء وإدارة نظام هيكل حصاد المياه أمرًا ضروريًا للاستخدام الاقتصادي والمستدام للنظام. إن إعادة تأهيل خزانات الري القديمة من خلال إزالة الطمي de-silting لإعادتها إلى قدرتها الأصلية أصبح معترفًا به الآن باعتباره نشاطًا ممكنًا ومرغوبًا في مقاومة الجفاف في المنطقة.