ريكار

المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغيُّر المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثُّر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية

مبادئ توجيهية حول استخدام البيانات المناخية لتحسين الإنتاجية الزراعية

مذكرة فنية

الأمم المتحدة
الاسكوا
ESCWA

ازدهارُ البلدان كرامةُ الإنسان

السويد
Sverige

المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغيّر المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية

ريكار

المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغيُّر المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية

مبادئ توجيهية حول استخدام البيانات المناخية لتحسين الإنتاجية الزراعية

المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغيّر المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية

السويد
Sverige

ازدهارُ البلدان كرامةُ الإنسان

الأمم المتحدة
الاسكوا
ESCWA

لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)

مذكرة فنية

© 2022 الأمم المتحدة
حقوق الطبع محفوظة

لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا).

جميع الحقوق محفوظة بموجب الاتفاقيات ذات الصلة. ولا يجوز إعادة إصدار هذا المستند أو نقله كلياً أو جزئياً، بأي شكل أو بأي وسيلة، سواء بطرق إلكترونية أو آلية، بما في ذلك الاستنساخ الفوتوغرافي أو التسجيل أو أي من أنظمة تخزين المعلومات واسترجاعها، من دون الحصول على إذن خطّي مسبق من الناشر. وتوجّه الاستفسارات إلى مجموعة تغيّر المناخ واستدامة الموارد الطبيعية في اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا، صندوق بريد: 8575-11، بيروت، لبنان.

البريد الإلكتروني: publications-escwa@un.org
الموقع الإلكتروني: www.unescwa.org; www.riccar.org

متوفر عبر:
مطبوعات الأمم المتحدة
E/ESCWA/CL1.CCS/2021/RICCAR/TECHNICAL NOTE.4

يشار إليه كمرجع بما يلي:
لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا). 2021 . مبادئ توجيهية حول استخدام البيانات المناخية لتحسني الإنتاجية الزراعية. المذكرة الفنية الرابعة لمبادرة ريكار، بيروت.
.E/ESCWA/CL1.CCS/2021/RICCAR/TECHNICAL NOTE.4

من إعداد:
لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)

إخلاء المسؤولية:
ليس في التسميات المستخدمة في هذه المطبوعة، ولا في طريقة عرض مادتها، ما يتضمن التعبير عن أي رأي كان من جانب الأمانة العامة للأمم المتحدة بشأن الوضع القانوني لأي بلد أو إقليم أو مدينة أو منطقة أو لسلطات أي منها، أو بشأن تعيين تخومها أو حدودها.

الآراء الواردة في هذه المطبوعة هي آراء المؤلّفين، ولا تمثّل بالضرورة آراء الدول الأعضاء في الأمم المتحدة أو حكومة دولة السويد.

22-00127

تمهيد

المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغيّر المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثّر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية (ريكار) هي مبادرة مشتركة بين الأمم المتحدة وجامعة الدول العربية، أطلِقت برعاية مجلس وزراء المياه العرب في عام 2010، وتستمدّ أهدافها من القرارات التي اعتمدها هذا المجلس، ومن مجلس الوزراء العرب المسؤولين عن شؤون البيئة، واللجنة العربية الدائمة للأرصاد الجوية، والدورة الوزارية للإسكوا.

وتنفَّذ هذه المبادرة في إطار شراكة تعاون تضمّ 11 منظمة إقليمية متخصصة. وتتولى اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا) والمركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد) إدارة المركز العربي الإقليمي للمعارف المتعلّقة بتغيّر المناخ، بالتعاون مع منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (الفاو) التي تستضيف بوابة بيانات النطاقات للمنطقة العربية/الشرق الأوسط/شمال أفريقيا. وتعمل الإسكوا على تنسيق هذه المبادرة الإقليمية تحت مظلّة المركز العربي لسياسات تغيّر المناخ.

وهذه المذكرة الفنّية هي نتيجة شراكة تعاون بين منظمتيّ الإسكوا وأكساد، ووزارة الموارد المائية في العراق، ووزارة الزراعة في الجمهورية العربية السورية. وساهم المعهد السويدي للأرصاد الجوية والهيدرولوجيا (SMHI) في إعداد الإسقاطات المناخية الإقليمية لنطاق المشرق المستخدمة لإغناء هذه المذكرة.

وموّلت حكومة السويد هذه المذكرة عن طريق الوكالة السويدية للتعاون الإنمائي الدولي (سيدا) في إطار مشروع تنفّذه الإسكوا يركّز على الأمن المائي والغذائي في ظروف مناخية متغيّرة. ويقدّم المكوّن الأساسي للمشروع تقييمات وتحليلات علمية بشأن تأثيرات المناخ على القطاعات الاستراتيجية واحواض المياه العابرة للحدود لدعم تحسين الأمن المائي والغذائي في المنطقة العربية.

المحتويات

تمهيد		III
موجز		1
.1	دور الخدمات المناخية في قطاع الزراعة	2
ألف.	تعزيز توافر البيانات	3
باء.	مبادئ توجيهية للاستخدام الفعال لبيانات الطقس والمناخ في قطاع الزراعة	7
.2	مبادئ توجيهية لتحسين الخدمات المناخية للقطاع الزراعي	17
.3	المبادئ التوجيهية لتدابير التكيُّف مع تغيُّر المناخ	18
ألف.	استكشاف المخاطر	18
باء.	تقييم مخاطر تغيُّر المناخ ومَواطن التأثر بها	19
جيم.	التمهيد للتكيُّف	20
دال.	تصميم مبادرات التكيُّف مع تغيُّر المناخ	20
هاء.	تحديد خيارات التكيُّف	20
واو.	تقييم خيارات التكيُّف وانتقاؤها	20
زاي.	تنفيذ التكيُّف	20
حاء.	رصد خيارات التكيُّف وتقييمها	20
.4	دراسة حالات من التكيُّف مع تغيُّر المناخ	21
ألف.	التكيُّف مع تغيُّر المناخ: دراسة حالة لبنان	21
باء.	التكيُّف مع تغيُّر المناخ: دراسة حالة مصر	24
.5	الرسائل والتوصيات	26
ألف.	الرسائل الرئيسية	26
باء.	التوصيات	26
المراجع		28
الحواشي		31

قائمة الأشكال

الشكل 1
رسم تخطيطي يلخص تسلسل خطوات توقعات الطقس 5

الشكل 2
تطور متوسط درجة الحرارة الشهرية في منطقة معينة، بين أيار/مايو وكانون الأول/ديسمبر 6

الشكل 3
حساسية الذرة للتغيُّر في درجات الحرارة في مناطق خطوط العرض المتوسطة إلى العالية والتأثير على تغيُّر المردود 7

الشكل 4
مخطط انسيابي للجداول الزمنية للبيانات المناخية ومدى ملاءمة التطبيقات المناخية الزراعية 8

الشكل 5
مثال على ناتج توقعات الطقس الذي يمكن تقديمه 9

الشكل 6
الخطوات المتسلسلة لتقدير الكمية اللازمة من المياه لري المحاصيل 10

الشكل 7
نهج ذو مسارين لمحاكاة التأثير على المحاصيل الزراعية في ظل ظروف مناخية مختلفة 11

الشكل 8
أثر تغيُّر المناخ على إنتاجية الذرة في جميع أنحاء العالم وعبر المناطق بحلول عام 2050 12

الشكل 9
منهجية محاكاة AquaCrop باستخدام توقعات المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغيُّر المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية (RICCAR) 13

الشكل 10
مخطط انسيابي للسلسلة التشغيلية لنظام رصد الجفاف والتنبؤ به 16

الشكل 11
مخطط انسيابي للمبادئ التوجيهية التي يمكن أن تساعد البلدان وتُعدّها للتكيُّف مع تغيُّر المناخ 18

الشكل 12
المخاطر الشائعة المتعلقة بالطقس والمناخ 19

الشكل 13
قوائم مرجعية لكل خطر مناخي 19

الشكل 14
سلسلة التأثير على الزراعة 22

قائمة الأطر

الإطار 1
نطاق الخدمات المناخية وهدفها 2

الإطار 2
ما هي المتغيرات المناخية الزراعية التي يمكن الحصول عليها من الخدمات المناخية؟ 3

الإطار 3
مجموعات البيانات الشبكية (الرصد وإعادة التحليل) 4

الإطار 4
احتساب الكمية اللازمة من مياه الري 25

قائمة الجداول

الجدول 1
أمثلة على مجموعات بيانات شبكية وخصائصها الرئيسية ومصدرها 4

الجدول 2
البيانات المطلوبة لمحاكاة AquaCrop لمحصول القمح المروي 13

الجدول 3
محاكاة إنتاجية المحاصيل في إطار سيناريو 8.5 من سيناريوهات تغير المناخ بحلول عام 2100 14

الجدول 4
التغيُّر في إنتاجية القمح للسيناريوهين 4.5 و8.5 من سيناريوهات تغير المناخ للفترة (2040-2050) في ظل تركيزات ثاني أكسيد الكربون الثابتة والمتغيرة 14

الجدول 5
التغيُّر في إنتاجية المحاصيل في ظل سيناريوهات الري الناقص 15

الجدول 6
التغيُّرات المتوقعة في منتصف القرن ونهاية القرن في إطار مساري التركيز التمثيلي 4.5 و8.5 21

الجدول 7
مؤشر التكيُّف مع المناخ، خاصة فيما يتعلق بمزارعي التفاح في مناطق الدراسة الأربع 24

موجز

تعتبر الزراعة أحد القطاعات الأكثر ارتباطاً بالظروف المناخية وتأثراً بها، حيث تؤدي الظروف الجوية دوراً رئيسياً في الإنتاج الزراعي على المستويين المحلي والعالمي. تهدف هذه الوثيقة إلى توجيه مستخدمي البيانات المناخية والجهات المعنية بقطاع الزراعة (مثل المزارعين والوسطاء والعمال الزراعيين وسواهم) في المنطقة العربية بشأن إمكانية تطبيق البيانات المناخية ذات الجداول الزمنية المختلفة في قطاع الزراعة.

وتقدم الوثيقة لمحة عامة عن أهمية المناخ وأثره على القطاع الزراعي، ومدى إمكانية استخدام البيانات المناخية للحد من الآثار السلبية المرتبطة بالظروف المناخية (مثل الأمراض النباتية وتلف المحاصيل وانخفاض المردود). وتتناول إضافة إلى ذلك الاعتبارات الرئيسية لجعل الخدمات المناخية أكثر فعالية.

وتقدم الوثيقة أيضاً أمثلة عملية يمكن أن تساعد البلدان وتعدها على تحمل الأخطار المتصلة بالطقس والمناخ؛ وهي توثق مختلف الكوارث الطبيعية والحلول المقترحة للحد من آثارها السلبية. كما تسلط الضوء على أهمية بيانات التوقع المستقبلية ودور هذه البيانات في وضع خطط مناسبة للتكيُّف مع تغيُّر المناخ. وتناقش كذلك العديد من الطرق التي يمكن من خلالها زيادة كفاءة الإنتاج الزراعي من خلال التعرف على الخدمات المناخية، والدور الذي تؤديه في القطاع الزراعي، وعواقب الافتقار إلى البيانات المناخية، وكيف يمكن لهذه الخدمات أن تؤدي دوراً رئيسياً في تزويد القطاع الزراعي وصناع القرار بمعلومات قيّمة لدعم الإجراءات المناسبة من أجل الحد من الآثار السلبية لتغيُّر المناخ.

ويتناول هذا الدليل أيضاً أهمية تعزيز البيانات المناخية التاريخية والحالية والمستقبلية (بما في ذلك لفترات التوقع القصيرة الأجل أو الموسمية أو الطويلة الأجل) في ظل ظروف تغيُّر المناخ، فضلاً عن توافر هذه البيانات ونشرها على الجهات المعنية في القطاع الزراعي من أجل دعم جميع القطاعات الحيوية لتحسين الإنتاجية، والحد من الآثار السلبية لتغيُّر المناخ ووضع الخطط المستقبلية لسياسات التكيُّف المناسبة.

يهدف الفصل 1 إلى تعريف مستخدمي البيانات في قطاع الزراعة ببعض التطبيقات التي يمكن استخدامها لتحسين الإنتاجية الزراعية، على سبيل المثال، من خلال توقع الأمراض النباتية، وتقدير كميات الري، وحساب وحدات التبريد للأشجار التي تتساقط فاكهتها عند النضوج، والتوقع بإنتاجية المحاصيل الاستراتيجية في ظل ظروف تغيُّر المناخ باستخدام برامج المحاكاة والتطبيقات الأخرى المختلفة. ويستكشف الأدوات التي يمكن استخدامها للتطبيقات الزراعية، ويقدم ويناقش الدراسات التي تشرح كيفية تطبيق النتائج والاستفادة منها.

يناقش الفصل 2 كيفية تحسين الخدمات المناخية من أجل الاستفادة القصوى منها في الزراعة لدعم جميع مستخدمي البيانات المناخية، من المواطنين أو صغار المزارعين إلى الباحثين وصانعي القرار والجهات المعنية. كما يضم عدداً من المقترحات لزيادة الوعي حول أهمية الخدمات المناخية، والبيانات التي تقدمها، والمعلومات التي تساعد على تحسين الإنتاجية الزراعية والحد من الخسائر الناجمة عن الظروف المناخية غير المناسبة. ويركز الدليل أيضاً على أهمية الدورات التدريبية وورش العمل لسد الفجوة بين هذه الخدمات والبحث العلمي وخدمات الإرشاد الزراعي والمزارعين، وذلك من أجل الاستفادة القصوى وضمان الوصول إلى خدمات المناخ للقطاع الزراعي فعالة وقائمة على العلم وتحقيق أفضل النتائج في الوقت المناسب وبطريقة فعالة من حيث التكلفة.

ويقدم الفصل 3 من الدليل مبادئ توجيهية خاصة بتدابير التكيُّف مع تغيُّر المناخ وكيفية مساهمتها في إعداد البلدان لمواجهة مخاطر تغيُّر المناخ عن طريق تحديد وتقييم المخاطر المناخية التي يمكن أن تضر بالمجتمعات، وتحديد مواطن الهشاشة، والاستعداد للتكيُّف من خلال المبادرات التي يمكن أن تساعد في الحد من مخاطر المناخ، وتحديد أساليب التكيُّف الممكنة مع تغيُّر المناخ ووضعها حيّز التنفيذ، ورصد هذه الأساليب وتقييمها.

ويستعرض الفصل 4 دراستين إفراديتين (من مصر ولبنان) تظهران مدى تأثير تغيُّر المناخ على الزراعة وتبرزان أساليب التكيُّف المستخدَمة للتغلب على الآثار الضارة لتغيُّر المناخ. وفي الفصل 5، يتم تقديم سلسلة من الرسائل والتوصيات الرئيسية حول أهم النقاط والدروس المستفادة منها.

1. دور الخدمات المناخية في قطاع الزراعة

يتأثر قطاع الزراعة بشدة بتغيُّر المناخ. وفقاً لمنظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة، يرتبط 20 إلى 80 في المائة من تقلب إنتاجية المحاصيل بين السنوات بالتغيُّرات المناخية، ويرتبط 26 في المائة من خسائر الإنتاج الزراعي في البلدان النامية بالكوارث المرتبطة بالمناخ[1]. تفيد التقارير أيضاً بأن تحسين رصد المناخ والتنبؤ به يمكن أن يزيد الإنتاج العالمي بما يصل إلى 30 مليار دولار سنوياً وأن يقلل من خسائر الأصول بما يصل إلى 2 مليار دولار سنوياً[2]. ووفقاً لمنظمة الأغذية والزراعة، من المتوقع أن تواجه المنطقة العربية خسائر كبيرة في الناتج المحلي الإجمالي تتراوح بين 6 و14 في المائة بحلول عام 2050 بسبب تغيُّر المناخ وندرة المياه الناجمة عن ذلك[3].

نادراً ما تذكر السياسات الزراعية في المنطقة العربية معلومات حول الخدمات المناخية أو تعتمد عليها. ومع ذلك، يمكن لهذا النوع من المعلومات أن يؤدي دوراً رئيسياً في النهوض بالقطاع الزراعي وأن يزود صناع القرار بمعلومات قيمة لدعم الإجراءات المناسبة. وتعتبر الخدمات المناخية مهمة للغاية بالنسبة إلى التنمية المستدامة والتكيُّف مع تغيُّر المناخ لأنها تدعم اتخاذ القرارات الاستباقية والمستنيرة مناخياً التي تدعم بدورها التحول نحو نُظم زراعية أكثر إنتاجية ومرونة واستباقية (الإطار 1).

وإلى جانب البيانات المناخية التي يمكن أن توفرها الخدمات المناخية، يؤدي نموذج ترقب المناخ الإقليمي دوراً رئيسياً في توفير منتجات معلومات مناخية على نطاق إقليمي للمستخدمين[4]، وهي منتجات تعتبر ضرورية جداً لاتخاذ القرار على صعيد المجتمع[5]. ولذلك، توفر نماذج ترقب المناخ الإقليمي فرصة قيمة لتقديم رؤى أوسع لمختلف القطاعات الحيوية، بما فيها الزراعة.

الإطار 1: نطاق الخدمات المناخية وهدفها

ما هي خدمة المناخ؟

خدمة المناخ هي خدمة تم تطويرها لتزويد المستخدِمين، الخبراء منهم وغير الخبراء، بالمعلومات المناخية من أجل دعم الأفراد والمنظمات في اتخاذ قرارات «ذكية مستنيرة بالمناخ». ولا تقتصر هذه المعلومات على جمع البيانات فحسب، بل تشمل أيضاً تحليل وتفسير ونشر المعلومات المتعلقة بالمناخ مثل درجة الحرارة والرطوبة والرياح وهطول الأمطار وغيرها من المتغيرات. ويتيح تفسير هذه البيانات للمستخدمين، إلى جانب البيانات غير المناخية الأخرى، تقدير المخاطر المناخية الحالية والمستقبلية وتوقعها.

ما هو الهدف من خدمة المناخ؟

تهدف خدمة المناخ بشكل أساسي إلى سد الفجوة التي تعاني منها البيانات المناخية والمساعدة في الإجابة عن الأسئلة الهامة العابرة لمجموعة من القطاعات الحيوية، بما فيها الزراعة، وذلك من أجل تقدير المخاطر المتعلقة بالطقس والمناخ. تعتبر الخدمات المناخية مورداً رئيسياً لاتخاذ القرار والتخطيط ضمن قطاع الزراعة.

شكل مقتطف من الإطار العالمي للخدمات المناخية.

من هم المستخدمون المستهدفون؟

تهدف الخدمة إلى خدمة الخبراء (مثل الباحثين والعلماء) وغير الخبراء على حد سواء، بمن فيهم الجهات المعنية على المستويات الوطنية ودون الوطنية والمجتمعية، وذلك بهدف أن يتاح لهم التعامل بسهولة مع البيانات المناخية واستخراج المعلومات الملائمة لاحتياجاتهم (كالاتجاهات المناخية والمؤشرات والتطبيقات).

المصدر: منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة، 2020.

الإطار 2. ما هي المتغيرات المناخية الزراعية التي يمكن الحصول عليها من الخدمات المناخية؟

- درجة حرارة الهواء.
- درجة حرارة الأرض.
- درجة حرارة التربة (على أعماق مختلفة).
- سرعة الرياح واتجاهها.
- الرطوبة النسبية.
- إجمالي المتساقطات.
- الضغط الجوي السطحي.
- مدى تغطية الغيوم.
- التبخر من التربة العارية.
- التبخر والنتح.
- التبخر من أعلى المظلة.
- دليل كثافة الغطاء النباتي.
- الجريان السطحي وتحت السطحي.
- الإشعاع الشمسي السطحي.
- رطوبة التربة (على أعماق مختلفة).
- الألبيدو.

المصدر: منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة، 2020.

ويتأثر صغار المزارعين، ولا سيما النساء والشباب منهم، بشدة بتقلب المناخ، وقد يعانون أكثر إذا لم تتخذ تدابير مناسبة أو في الوقت المناسب للتكيُّف مع هذا التقلب أو للتخفيف من آثاره[6]. ومن خلال السياسات التي تدمج الخدمات المناخية في صياغة السياسات القطاعية وتنفيذها، يمكن المزارعون اتخاذ قرارات زراعية مستنيرة[7]. ويمكن الخدمات المناخية أن تؤدي دوراً هاماً في عملية تخطيط التكيُّف، بما في ذلك وضع خطط تكيُّف وطنية. ويمكن أن يؤدي إدماجها في عمليات التخطيط وإعداد الميزانية إلى توجيه أنشطة صنع القرار وبناء القدرات ضمن خطط تكيُّف وطنية[8]. تتناول الأقسام الفرعية التالية توافر البيانات المناخية عبر جداول زمنية مختلفة وعلاقتها بقطاع الزراعة.

ألف.   تعزيز توافر البيانات

يتيح نشر البيانات المناخية فرصة جيدة لجميع المستخدمين في قطاع الزراعة للوصول إلى المعلومات واستخدام البيانات للتكيُّف مع التغيُّرات المناخية[9]. ويمكن الحصول من الخدمات المناخية على جداول زمنية مختلفة من شأنها دعم المستخدمين الزراعيين ومساعدتهم على تحسين إنتاجيتهم الزراعية والحد من الآثار السلبية لتغيُّر المناخ ورسم الخطط المستقبلية المناسبة. تقدم الأقسام الفرعية أدناه أمثلة على استخدام مختلف الجداول الزمنية للبيانات المناخية لتحديد أفضل الممارسات الإدارية وعمليات اتخاذ القرار.

1. البيانات المناخية التاريخية والحالية

تعاني البلدان العربية من فجوة واضحة في بيانات الرصد الجوي المتاحة، لاسيما تلك المتعلقة بالأرصاد الجوية الزراعية. و كذلك لا توجد صلة بين محطتي الأرصاد الجوية والأرصاد الجوية الزراعية[10]. وتوفر الخدمات المناخية حالياً عدة مصادر للبيانات المناخية الشبكية (حيث يوجد سجل لكل نقطة شبكية) لمجموعات البيانات القائمة على الرصد وإعادة التحليل على الصعيدين الإقليمي والعالمي مع تغطية زمنية طويلة للفترات التاريخية (الإطار 3). وتقدم الخدمات المناخية بيانات مناخية تاريخية وفي الوقت الفعلي ويتم توجيهها أيضاً لتقييم جودة منتجاتها. هذه التقييمات مهمة للمستخدم لفهم جودة البيانات وأوجه عدم اليقين، مما يمكنه من تحديد أنسب مجموعة بيانات. فعلى سبيل المثال، تقدم خدمة كوبرنيكوس لتغيُّر المناخ تقييماً مستقلاً وتقييماً للبيانات المناخية المتاحة في مخزن بيانات المناخ وذلك من أجل دعم المستخدمين في تحديد أفضل أداة توقع (أي أفضل مجموعة بيانات) لاستخدامها[11].

الإطار 3: مجموعات البيانات الشبكية (الرصد وإعادة التحليل)

تعتمد مجموعات بيانات الرصد وإعادة تحليل المناخ الشبكية على قياسات الرصد (بما في ذلك القياسات في الموقع وبواسطة الأقمار الصناعية والطائرات والبالونات، وسواها)، وعلى النموذج أو النماذج التي تستخدم الأرصاد المتاحة كل 6-12 ساعة خلال الفترة التي يتم تحليلها لإنتاج بيانات مخرجات شبكية مع نطاق دقة زمنية تتراوح من البيانات الشهرية إلى بيانات كل ساعة. تستخدم هذه النماذج البيانات المتاحة وتحل المعادلات الديناميكية والفيزيائية المعقدة للغاية في الغلاف الجوي لتقدير الحالة المناخية في كل خطوة زمنية في طبقات الغلاف الجوي. وتضمن هذه البيانات عادة تغطية عالمية كاملة، وتغطية زمنية طويلة ومستمرة مع عدم وجود فجوة في المكان و/أو الزمان. وبوجه عام، تُعدُّ مجموعات البيانات الشبكية أداةً مفيدة للغاية للقطاع الزراعي ليس فقط من حيث سدّ الثغرات في البيانات، ولكن أيضاً من حيث توفيرها معلومات عن المجال بأكمله (الأراضي الزراعية وغير الزراعية)، يمكنها أن تدعم التخطيط المستقبلي واتخاذ قرارات أكثر يقيناً في مجالات مثل استصلاح الأراضي. فيما يتعلق بالتخطيط المستقبلي، يمكن للمنتجات الشبكية أيضاً توفير معلومات حول الظروف الجوية والمناخية المتوقعة على المدى القصير والمتوسط والطويل من خلال التنبؤات الجوية والموسمية والمناخية.

المصدر: Parker, Wendy, 2016.

يبين الجدول 1 بضعة أمثلة على أحدث المنتجات الشبكية التي تستوعب كمية كبيرة من بيانات الرصد في نُظُمها، وتتمتع بخصائص مكانية وزمانية. لوحظ وجود اختلاف بين المنتجات من حيث الدقة المكانية والزمانية، ومستوى اليقين، وجودة الأداء، ويوصى دائماً بإجراء عمليات تحقق من الجودة وتحليل نسبة عدم اليقين قبل اتخاذ قرار بشأن التطبيق الذي يجب استخدامه. كما أن العديد من نتائج المقارنة البينية متاحة للجمهور ويمكن الوصول إليها إما من مزود بيانات أو من خلال ما نشر حول الموضوع. تقيّم هذه المقارنات جودة المنتج، ونوع وكمية البيانات المجمعة، والنماذج المستخدمة، وغيرها[12].

الجدول 1: أمثلة على مجموعات بيانات شبكية وخصائصها الرئيسية ومصدرها (1 درجة ≈ 111 كلم)

مجموعة البيانات	نوع المنتج	الدقة	التغطية (أ)	الاستخدامات/ التطبيقات الشائعة	المصدر
السلاسل الزمنية لوحدة البحوث المناخية (CRU)	قائم على الرصد الشبكي	المكانية: 0.5° X 0.5° الزمانية: كل شهر	المكانية: الأراضي على الصعيد العالمي الزمانية: 1901-2016	تطبيقات زراعية تحتاج إلى سلسلة زمنية تاريخية طويلة من بيانات المدخلات القائمة على الرصد	وحدة البحوث المناخية 4,0117
المشروع العالمي لمناخيات التهاطل (GPCP)	قائم على الرصد الشبكي	المكانية: 2.5° X 2.5° الزمانية: كل شهر	المكانية: العالم الزمانية: 1979 حتى الآن	نمط المتساقطات على الصعيد العالمي والاتجاهات المستندة على المدخلات القائمة على الرصد لفترة تفوق الـ 4 عقود	بيانات المشروع العالمي لمناخيات التهاطل
المركز الأوروبي لتنبؤات الطقس المتوسطة الأمد ERA5: (ECMWF)	إعادة تحليل الغلاف الجوي	المكانية: 0.25° X 0.25° الزمانية: كل ساعة	المكانية: العالم الزمانية: 1950 حتى الآن	التطبيقات الزراعية، ولا سيما تلك التي تتعلق باقتران المحيطات بالغلاف الجوي والأراضي (مثل تقييم الجفاف)	5B-ERA
ERA5-الأرض	إعادة تحليل الأراضي	المكانية: 0.1° X 0.1° الزمانية: كل ساعة	المكانية: أراضي العالم الزمانية: 1981 حتى الآن	تحتاج التطبيقات الزراعية والمدخلات في نماذج المحاكاة للدراسات إلى دقة مكانية وزمانية عالية	LANDC-ERA5
منهجية بيانات الإنفاذ المطبقة على ERA55 (WFDE55)	إعادة تحليل الأراضي	المكانية: 0.5° X 0.5° الزمانية: كل ساعة	المكانية: الأراضي على الصعيد العالمي الزمانية: 1979-2019	التطبيقات الزراعية، المدخلات في نماذج المحاكاة	WFDE5D
ESA-CCI رطوبة التربة	قمر صناعي	المكانية: 0.25° X 0.25° الزمانية: كل يوم	المكانية: الأراضي على الصعيد العالمي الزمانية: تشرين الثاني/ نوفمبر 1978-حتى الآن	تحليل رطوبة التربة	CCI-ESA الأقمار الصناعية-التربة-الرطوبة

ملاحظة:

أ. Adler, Robert, and others, 2003.

ب. Hersbach, Hans, and others, 2020.

ج. Muñoz Sabater, Joaquín, 2019.

د. Cucchi, Marco, and others, 2020.

هـ. Gruber, Alexander, and others, 2019.

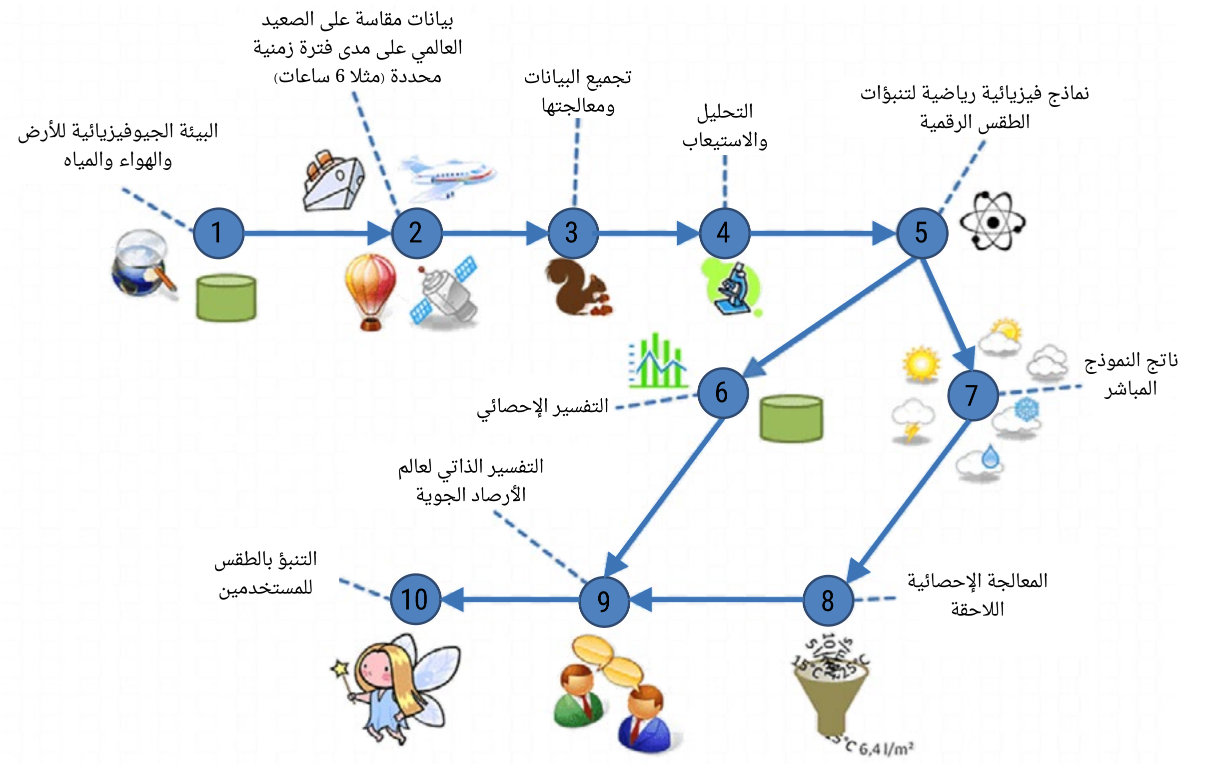
2. بيانات توقعات الطقس

يستخدم تعبير توقعات الطقس لوصف تنبؤات الطقس للساعات أو الأيام القليلة القادمة (2-10 أيام). ويعتمد حالياً على النماذج المحوسبة التي تستخدم علم التنبؤ بأحوال الطقس بواسطة الحاسوب لتوليد توقعات الطقس في الأيام القليلة المقبلة. تستخدم هذه الطريقة مجموعة من النماذج الرياضية التي تهدف إلى محاكاة قوانين الفيزياء داخل الغلاف الجوي على نطاق عالمي من أجل التنبؤ بالتطور المستقبلي للغلاف الجوي[13].

يلخص الشكل 1 خطوات عملية التنبؤ بالطقس التي تشمل جمع البيانات التي تم استيعابها (الخطوات 1-2)، ومعالجتها مسبقاً (الخطوات 3-4)، وتشغيل النموذج والمعالجة اللاحقة للمخرجات (الخطوات 5-8)، وتفسير النتائج لتوفير التوقعات للمستخدمين المستهدفين (الخطوات 9-10).

لقد تحسنت دقة توقعات الطقس إلى حد كبير في السنوات الأخيرة. ومع ذلك، ينبغي الاستمرار في تحسين عمليات التحقق من الصحة ومراقبة الجودة وتحديثها ضمن الخدمات المناخية.

الشكل 1: رسم تخطيطي يلخص تسلسل خطوات توقعات الطقس



المصدر: مساهمة المؤلفين باستخدام Conceptdraw - الرسم البياني لسير عملية التنبؤ بالطقس.

لتوقعات الطقس مجموعة واسعة من التطبيقات في الزراعة من شأنها أن تحول دون فقدان المحاصيل بسبب سوء الأحوال الجوية وأن تحسن أيضاً الإنتاجية. ويمكن الاستفادة منها أيضاً في «القرارات التشغيلية» مثل الإنذار بالظواهر المناخية المتطرفة في أيام محددة، وتحديد تاريخ الزراعة الأمثل، واتخاذ القرار بشأن وقت وكمية الري، والتنبؤ بتوقيت الحصاد، وكلها أمور تؤدي دوراً في تحسين إنتاجية المحاصيل.

يمكن أيضاً استخدام توقعات الطقس الدقيقة لتحسين عملية اتخاذ القرار، مثلا من خلال ضمان استخدام الأسمدة في الظروف المناسبة – أي عندما تكون جافة بما فيه الكفاية بحيث لا تنجرف (مما قد يفضي إلى هدر الموارد والمال)، ولكن رطبة بما فيه الكفاية بحيث تؤدي وظيفتها في التربة. وبالتالي فإن المعلومات التي توفرها توقعات الطقس تعزز إنتاجية المحاصيل، حيث إن الأسمدة التي يساء استخدامها قد تؤدي إلى فقدان منتجات الحقل بأكمله[14]. وترد في القسم 2-2 أمثلة أخرى على فائدة تطبيقات توقعات الطقس وقابليتها للاستخدام في مكافحة الأمراض النباتية، وإدارة حاجة المحاصيل من المياه لفترة معينة، وغير ذلك من عمليات اتخاذ القرار اليومية.

3. نبؤات المناخ الموسمية

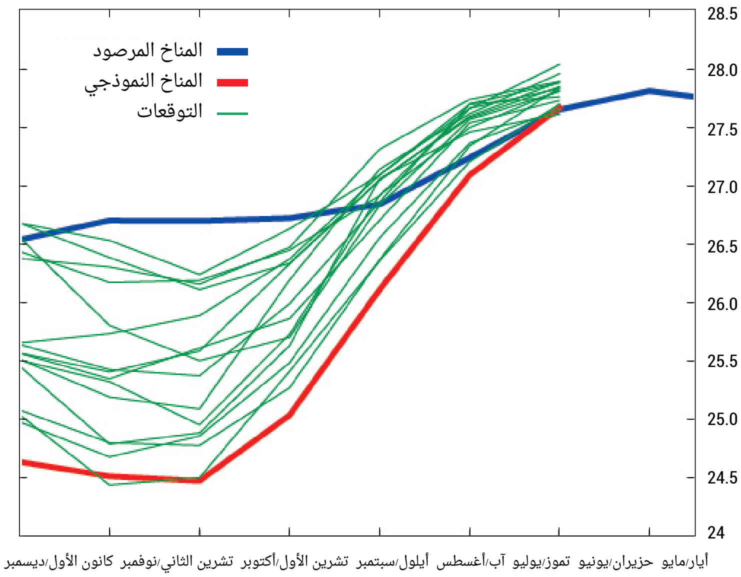
توفر التنبؤات الموسمية منظوراً متوسط الأمد للتغيُّرات في النظام الأرضي على مدى فترات من بضعة أسابيع أو أشهر، بسبب ما قد يطرأ من تغيُّرات يمكن التنبؤ بها على بعض مكونات النظام البطيئة التغيُّر. على سبيل المثال، تتغيَّر درجة حرارة المحيط ببطء (في غضون أسابيع أو أشهر)، مما قد يغيِّر الظروف الجوية على الصعيدين الإقليمي والعالمي حيث يكون للمحيط تأثير مباشر على الغلاف الجوي العلوي وتقلب خصائصه (مثل درجة الحرارة). وبالتالي، سيكون لهذا التغيُّر آثار على مختلف القطاعات، بما في ذلك الزراعة.

يتم وصف التوقعات الموسمية عادة بـ «الاحتمالات الثلاثية» (Tercile probabilities) التي تشير إلى احتمال توقع أن تكون الظروف المناخية أعلى من المعدل الطبيعي أو في نطاقه أو أدنى منه[15]. إنها محاولة للتنبؤ بالتوزيع الاحتمالي لعناصر الطقس (هطول الأمطار ودرجة الحرارة) قبل عدة أشهر. هذا يختلف عن توقعات الطقس التي تسمح بسجلات أكثر تحديداً حول تطور الحالة الجوية في نطاق بضعة أيام معينة. من شأن توافر البيانات قبل ثلاثة إلى ستة أشهر المساعدة على اتخاذ القرار المناسب، والحد من آثار العوامل الجوية، والاستفادة من الظروف المواتية المتوقعة.

لتقليل نسبة عدم اليقين في التوقعات الموسمية، يوصى علماء المناخ بشدة باستخدام مجموعات من مصادر مختلفة (أي باستخدام متوسط عدة توقعات من مجموعات البيانات).

ويمكن استخدام معلومات التوقعات الموسمية لتخطيط المحاصيل للموسم المقبل واتخاذ القرارات الاستراتيجية، مثل تحديد المحاصيل المناسبة للموسم المقبل وتلك التي يجب تجنبها، وتنوع المحاصيل، ومواعيد الزراعة، واحتياجات الري المحتملة، وغير ذلك.

الشكل 2: تطور متوسط درجة الحرارة الشهرية في منطقة معينة، بين أيار/مايو وكانون الأول/ديسمبر



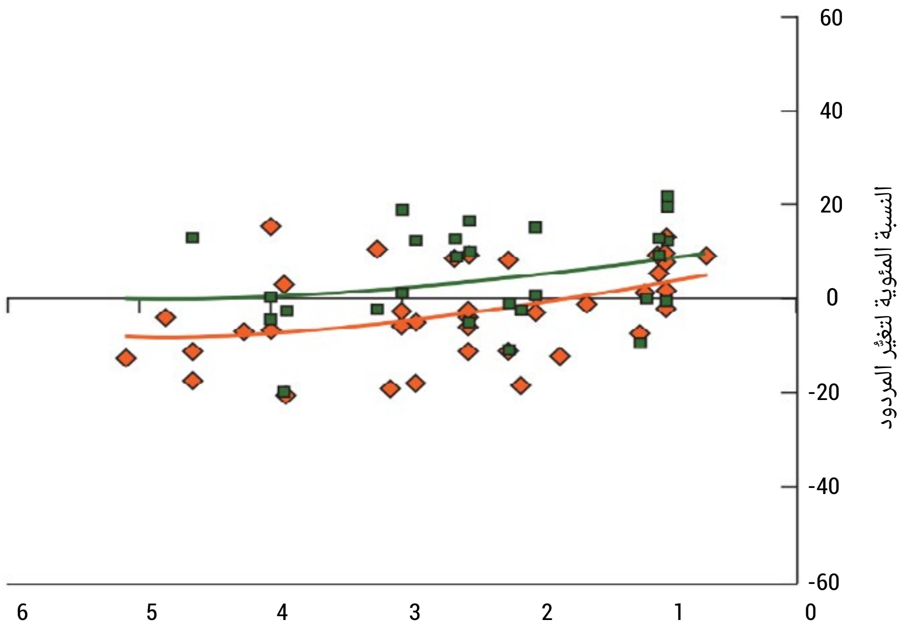
المصدر: Penabad، 2021.

ملاحظة: يمثل الخط الأزرق متوسط الظروف المناخية المرصودة خلال فترة في الماضي (في هذه الحالة، بين 1993-2014)، والخط الأحمر متوسط المناخ النموذجي المكافئ خلال الفترة المرجعية نفسها، وتظهر مجموعة من التوقعات لسنة معينة كخطوط خضراء.

وهكذا يمكن أن يستفيد من التوقعات الموسمية بشكل مباشر صغار المزارعين وغيرهم من الجهات المعنية، بما فيهم الباحثون وصناع القرار، فيتاح لهم اتخاذ قرارات أكثر استنارة بشأن ممارساتهم الزراعية، مثل تحديد مواعيد الزراعة والبذر والحصاد المثلى.

ويبين الشكل 3 مثالاً عن حساسية محصول الذرة للتغيُّرات في متوسط درجة الحرارة المحلية. يوضح الرسم البياني التأثير المتوقع على الإنتاجية مع زيادة تغيُّر درجة الحرارة، سواء في غياب إجراء التكيُّف (الموضح باللون الأحمر) أو باستخدام إجراء التكيُّف (الموضح باللون الأخضر)، كما هو ظاهر في العديد من الدراسات[16]. ويتضح في الشكل الاتجاه السلبي للمردود مع زيادة تغيُّر درجة الحرارة. ومع ذلك، يظهر أن خيارات التكيُّف حيثما استخدمت – مثل تغيير الأصناف وأوقات الزراعة – خففت بوضوح من هذا التأثير. يسلط هذا المثال الضوء على كيفية استخراج المعلومات من التوقعات الموسمية والدور الذي تؤديه في تحسين الإنتاجية.

الشكل 3: حساسية الذرة للتغيُّر في درجات الحرارة في مناطق خطوط العرض المتوسطة إلى العالية والتأثير على تغيُّر المردود



المصدر: Gornall, Jemma, and others, 2010.

ملاحظة: تم تجميعها من نتائج 69 دراسة. يتم عرض النتائج مع إجراء التكيُّف (الخط الأخضر) وبدونه (الخط الأحمر). بيانات التوقعات المناخية.

4. بيانات التوقعات المناخية

يتم الحصول على التوقعات المناخية أو التوقعات المناخية المتعددة العقود للمستقبل عن طريق تطبيق نماذج عددية لمناخ الأرض بهدف التنبؤ بتطورات الغلاف الجوي في المستقبل.

يختلف أساس توليد البيانات عن ذلك المستخدم في أنواع التنبؤ المذكورة سابقاً. وتتضمن النماذج المناخية للدوران العام أحدث فهم علمي للعمليات الفيزيائية الخاصة بالغلاف الجوي والمحيطات وسطح الأرض. كما يتم النظر في سيناريوهات تطور المحركات الرئيسية للمستقبل، مثل غازات الدفيئة، والديمغرافيا، والعمليات الاقتصادية، والابتكار التكنولوجي، والحوكمة، وأنماط الحياة والترابط بين هذه القوى المحركة[17]. وتستكشف السيناريوهات المستقبلية أيضاً القوى المحركة الجيوفيزيائية، مثل انبعاثات أو وفرة غازات الدفيئة والرذاذ الجوي والعناصر المولّدة له أو أنماط استخدام الأراضي. يتم دمج كل هذه المعلومات في النماذج جنباً إلى جنب مع المعلومات المناخية بهدف تحليل ترابطها. ويمثل الناتج توقعات العناصر المناخية الرئيسية، كالمتساقطات ودرجة الحرارة والرطوبة والغطاء السحابي والضغط الجوي ومجموعة من المتغيرات المناخية الأخرى، لمدة يوم أو شهر أو سنة.

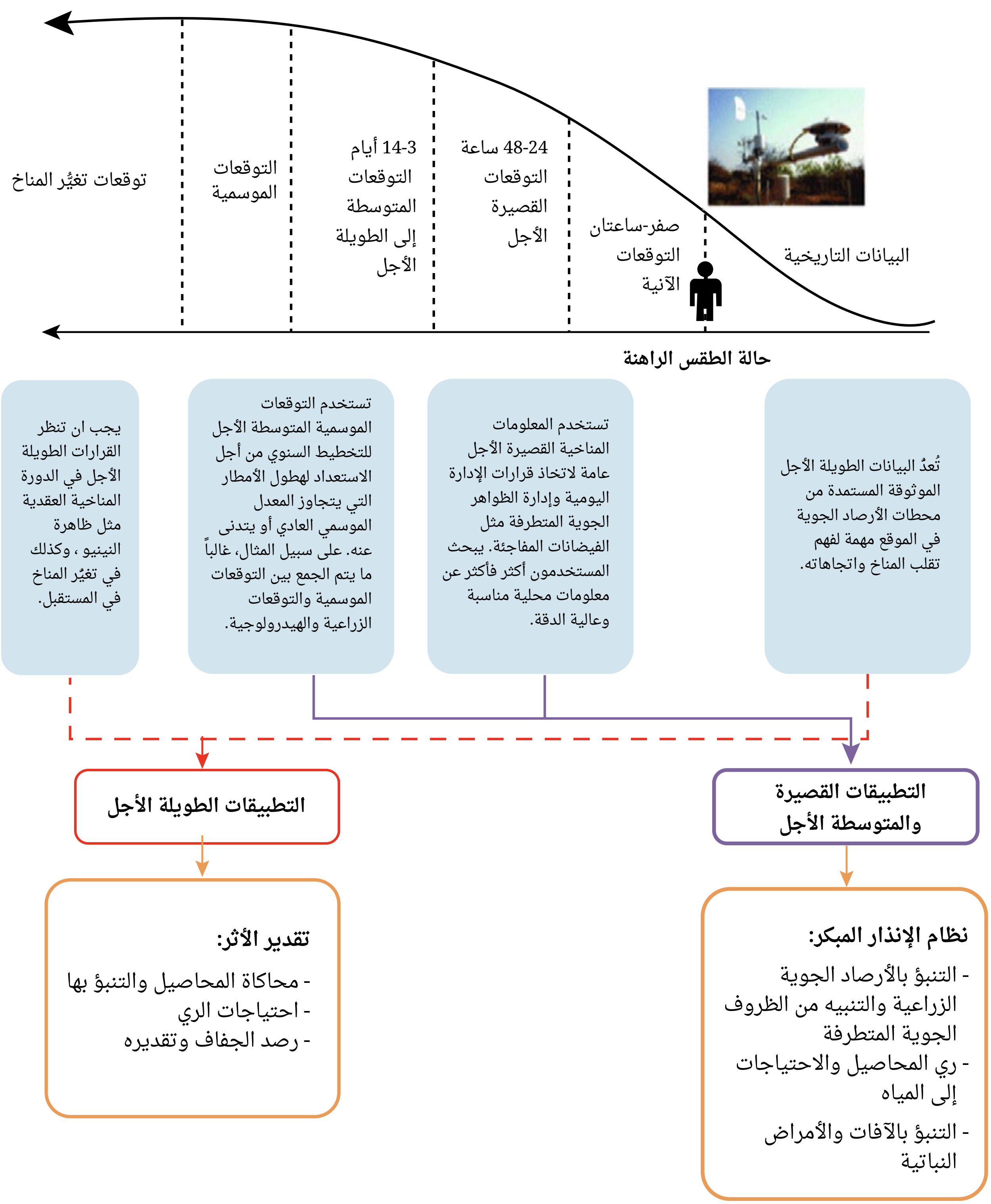
تتيح معرفة الظروف المناخية المتوقعة وتأثيرها إعداد استراتيجيات مناسبة للتعامل معها وتعديل الممارسات الزراعية من أجل تحسين الإنتاج والتخفيف من آثار تغيُّر المناخ[18].

باء. مبادئ توجيهية للاستخدام الفعال لبيانات الطقس والمناخ في قطاع الزراعة

تم في القسم السابق مناقشة مختلف الجداول الزمنية للبيانات المناخية التي يمكن الحصول عليها من الخدمات المناخية. وكما تختلف الجداول الزمنية للبيانات، كذلك تختلف الجداول الزمنية في التطبيقات المناخية الزراعية المتوافرة. وبالإضافة إلى ذلك، لا بد من تناول اتجاهات المشاريع المناخية الزراعية. لكن يمكن استخدام التوقعات المناخية لفهم التوجه المستقبلي المتوقع، أي الاتجاه (من حيث الزيادة أو النقصان) ومستوى الثقة بالمعطيات، وبالتالي الآثار المترتبة على إنتاج المحاصيل ووفرة المياه، وما إلى ذلك.

كما يلخص المخطط الانسيابي الوارد في الشكل 4، يمكن تقسيم التطبيقات المناخية الزراعية إلى ثلاث فئات (قصيرة ومتوسطة وطويلة الأجل) استناداً إلى النطاق الزمني لمجموعة البيانات. ويرد مزيد من التفاصيل في الأقسام الفرعية التالية.

الشكل 4: مخطط انسيابي للجداول الزمنية للبيانات المناخية ومدى ملاءمة التطبيقات المناخية الزراعية



المصدر: شكل من وضع المؤلفين.

1. قابلية استخدام البيانات المناخية للتطبيقات القصيرة والمتوسطة الأجل

من خلال الجداول الزمنية القصيرة والمتوسطة الأجل، تعود أدوات التوقع المناخي الموسمي بالنفع على التطبيقات المناخية الزراعية. ويمكن استخدام بيانات التوقعات التاريخية والمناخية في تقدير التأثير مما يسمح بإعداد خطط محتملة للتكيُّف مع تغيُّر المناخ والتخفيف من أثره. ويمكن استخدامها لإنشاء نظام للإنذار المبكر يصدر تنبيهات (على فترات زمنية مختلفة تتروح بين أيام معدودة والموسم بأكمله) بشأن الأحوال الجوية القادمة و/أو التقلبات الموسمية المتوقعة[19]. والواقع أن الإنذار المبكر عنصر أساسي للحد من مخاطر الكوارث. فقد ينقذ الأرواح ويقلل من الخسائر الاقتصادية والمادية الناتجة عن الأحداث الخطرة بما فيها الكوارث المناخية. ولتحقيق ذلك، لا بد لنظام الإنذار المبكر أن يشرك بفاعلية المجتمعات المحلية والجهات المعنية الأخرى المعرضة للخطر، وذلك من خلال نشر الرسائل والتحذيرات بوسائل فعّالة، وضمان وجود حالة دائمة من التأهب وتمكين العمل المبكر.

تقدم الأقسام الفرعية التالية أمثلة على استخدام التطبيقات القصيرة والمتوسطة الأجل التي تساعد على الحد من آثار الأحوال الجوية السيئة على المحاصيل وعلى تحسين إنتاجية القطاع الزراعي.

أ. التنبؤ بالأرصاد الجوية الزراعية والتنبيه من الأحوال الجوية المتطرفة

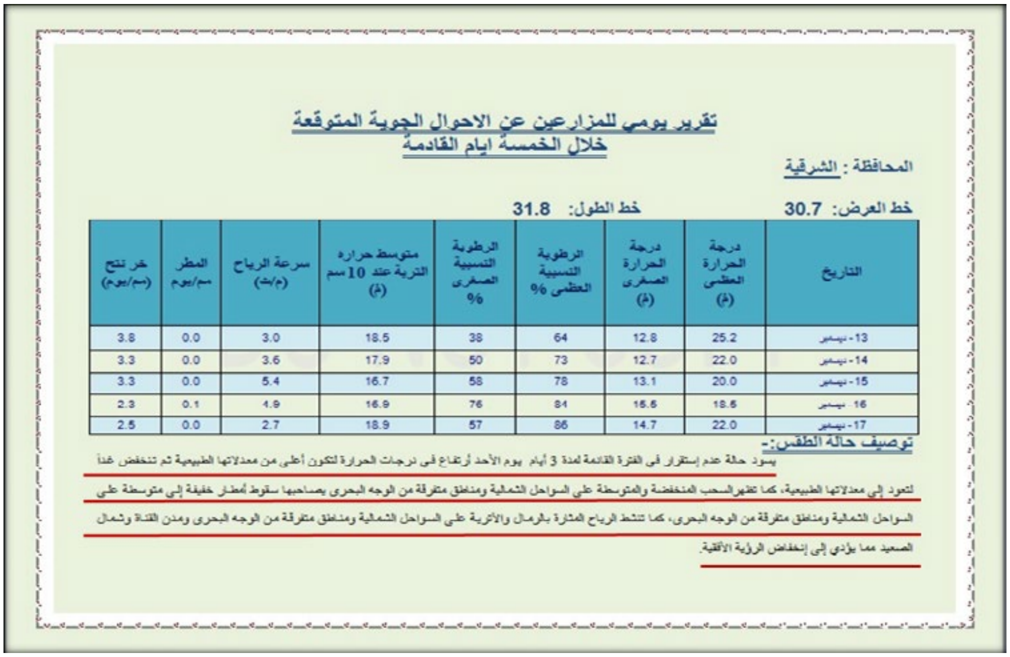
تُعدُّ حالات التغيُّر القوي المفاجئ في الأحوال الجوية، أي الظواهر المتطرفة، أحد العوامل الرئيسية الخارجة عن سيطرة الإنسان والتي يمكن أن تسبب تلف المحاصيل وفقدان الإنتاجية. ومع ذلك، من الممكن التكيُّف مع آثار هذه الظواهر أو التخفيف من حدتها إذا تم الحصول على تنبؤ بالطقس المتوقع في الوقت المناسب[20].

لا يمكن تحديد أي إجراء عام، ولكن لكل ظاهرة إجراءاتها الموصى بها بناءً على عدة عوامل مثل نوع الظاهرة (كالحرارة أو البرودة أو الفيضانات أو الجفاف) وقوتها وتوقيتها ومدتها. ويوصى بشدة بإقامة صلة فعالة بين المستشارين الزراعيين ونُظُم التنبؤ بالأرصاد الجوية الزراعية والمزارعين بهدف نشر المعلومات والقيام بالإجراءات المناسبة في الإطار الزمني المناسب.

ويستند نظام التنبؤ بالأرصاد الجوية الزراعية إلى استخدام تقنية التنبؤ بالطقس العادية. فيقدر العناصر الناقصة في الأرصاد الجوية الزراعية (مثل التبخر والنتح) لصياغة بيانات الأرصاد الجوية والأرصاد الجوية الزراعية بلغة بسيطة وصياغة توصيات مفهومة على مستوى المزارعين.

ومن الجدير بالذكر أنه بالإضافة إلى سجلات الطقس الصريحة، يمكن أيضاً توفير مؤشرات مفيدة أخرى، مثل مواعيد الزراعة والبذر، وأيام الصقيع، وساعات التبريد، وأيام درجة نمو المحاصيل، وغيرها.

الشكل 5: مثال على ناتج توقعات الطقس الذي يمكن تقديمه



تقرير يومي للمزارعين عن الاحوال الجوية المتوقعة
خلال الخمسة ايام القادمة

المحافظة : الشرقية

خط العرض: 30.7 خط الطول: 31.8

التاريخ	درجة الحرارة العظمى (م)	درجة الحرارة الصغرى (م)	الرطوبة النسبية العظمى %	الرطوبة النسبية الصغرى %	متوسط حراره التربة عند 10 سم (م)	سرعة الرياح (م/ث)	المطر مم/يوم	بخر نتح (مم/يوم)
13 - ديسمبر	25.2	12.8	64	38	18.5	3.0	0.0	3.8
14 - ديسمبر	22.0	12.7	73	50	17.9	3.6	0.0	3.3
15 - ديسمبر	20.0	13.1	78	58	16.7	5.4	0.0	3.3
16 - ديسمبر	18.6	16.6	84	76	16.9	4.9	0.1	2.3
17 - ديسمبر	22.0	14.7	86	57	18.9	2.7	0.0	2.5

توصيف حالة الطقس:-

يسود حالة عدم إستقرار فى الفترة القادمة لمدة 3 أيام يوم الأحد أرتفاع فى درجات الحرارة لتكون أعلى من معدلاتها الطبيعية ثم تنخفض غداً لتعود إلى معدلاتها الطبيعية، كما تظهر السحب المنخفضة والمتوسطة على السواحل الشمالية ومناطق متفرقة من الوجه البحرى يصاحبها سقوط أمطار خفيفة إلى متوسطة على السواحل الشمالية ومناطق متفرقة من الوجه البحرى، كما تنشط الرياح المثارة بالرمال والأتربة على السواحل الشمالية ومناطق متفرقة من الوجه البحرى ومدن القناة وشمال الصعيد مما يؤدي إلى إنخفاض الرؤية الأفقية.

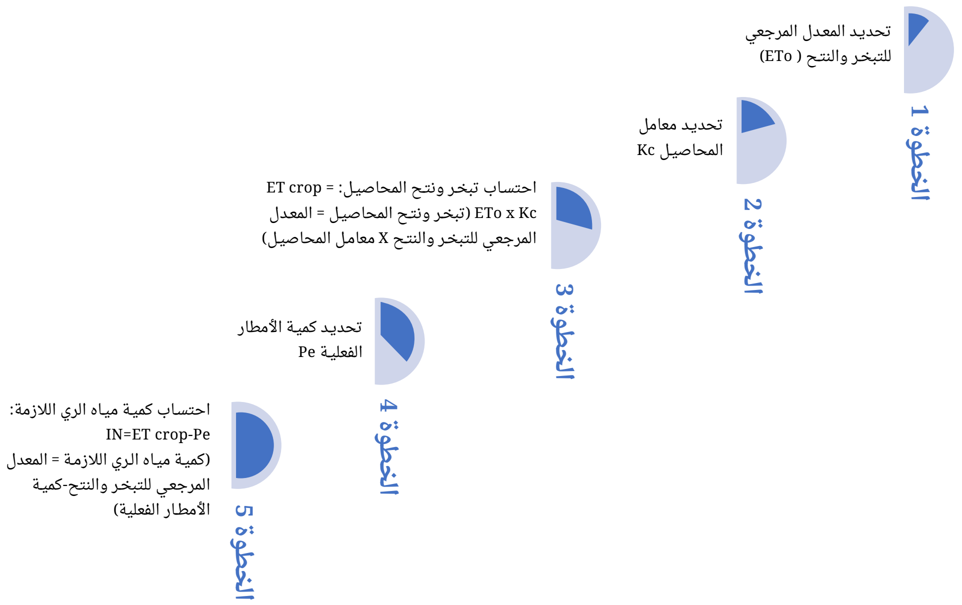
المصدر: شكل من وضع المؤلفين.

ب. ري المحاصيل والاحتياجات إلى المياه

يُعدُّ ترشيد استخدام المياه في الممارسات الزراعية هدفاً رئيسياً في المنطقة العربية والعالم. ففي معظم البلدان العربية، تستأثر الزراعة بحصة كبيرة من استخدام المياه بسبب الاعتماد الكبير على الري. وكما أفاد البنك الدولي، فإن الزراعة المروية تنتج، في المتوسط، أقله ضعف ما تنتجه الزراعة البعلية لكل وحدة من الأرض[21]. وبالتالي، تسمح النُهُج الرامية إلى زيادة إمكانية استخدام المياه المتوافرة إلى أقصى حد بتكثيف الإنتاج وتنويع المحاصيل.

قد تؤدي تطبيقات التنبؤ بالأحوال الجوية على المدى القصير والمتوسط دوراً حيوياً في تقدير الكمية اللازمة من المياه لري المحاصيل بناءً على معلومات الطقس والمناخ. يوضح الشكل 6 الخطوات المتسلسلة لتقدير الكمية اللازمة من المياه لري أي من المحاصيل[22]. البخر نتح المحتمل هو متغير رئيسي يتم تحديده بناءً على الأحوال الجوية المتوقعة. فمتى توفرت المعلومة المتعلقة به (على شكل قياسات أو تقديرات تستند إلى بيانات المناخ)، يتم ضربها بقيمة معامل المحصول. كل محصول له قيمة معامل خاصة به، تختلف أيضاً باختلاف نمو المحصول[23]. فإذا كان تاريخ زراعة المحصول معروفاً، أمكن تحديد فترة نموه، وبالتالي تحديد قيمة معامل المحصول لكل فترة. وإذا كانت كمية أمطار فعلية متوقعة، فيجب خصمها من كمية مياه الري المقدرة[24]؛ إن كان من الممكن أن يتلف نقص الري النباتات، فإن زيادة كميات الري قد تسبب هي أيضاً بتلف المحاصيل.

الشكل 6: الخطوات المتسلسلة لتقدير الكمية اللازمة من المياه لري المحاصيل



المصدر: شكل من وضع المؤلفين.

ملاحظة: تم اختصار المصطلحات على النحو التالي: التبخر والنتح (Eto)، معامل المحاصيل (Kc)، التبخر والنتح في المحصول (محصول ET)، كمية الأمطار الفعلية (Pe)، كمية مياه الري اللازمة (IN).

بالإضافة إلى ذلك، تم تطوير العديد من أدوات دعم القرار، مثل نماذج CropWAT وAquaCrop، لتقدير احتياجات المحاصيل من المياه وحاجات الري، بناءً على بيانات التربة والمناخ والمحاصيل. هذه الأدوات قادرة على محاكاة استجابة المحاصيل العشبية للمياه وهي مناسبة بشكل خاص للظروف التي تكون فيها المياه عاملا رئيسياً مقيداً في إنتاج المحاصيل. ويمكن لهذه النماذج أيضاً أن تشمل بيانات مناخية متوقعة.

ج. الآفات والأمراض النباتية

يُعدُّ نظام الإنذار بالآفات والأمراض النباتية نهجاً لدعم القرار يوصى به من أجل السيطرة على الأمراض التي تصيب المحاصيل[25]. وللظروف البيئية تأثير كبير على ظهور مسببات الأمراض النباتية وانتشارها وتفشيها[26]. ويُعدُّ التغيُّر في العناصر مثل درجة الحرارة وظروف الرطوبة ووفرة المياه (في كل من الهواء والتربة) عوامل هامة لظهور مسببات الأمراض وتطورها[27].

في موسمي الربيع والصيف من عام 2021، تميز الطقس في مصر، بموجات حر شديدة متكررة. فتسبب عدم انتظام درجة الحرارة وعدم الاستقرار خلال الموسم، مع ما رافق ذلك من ارتفاع في الرطوبة النسبية، في أضرار كبيرة في إنتاج المانجو الموسمي، مما أدى إلى إصابة المزارعين بخسائر اقتصادية. هذه الظروف المناخية، إضافة إلى مرض قاتل يصيب المحاصيل ويزدهر في الظروف الدافئة، خفضت إنتاج المانجو بنسبة 50 إلى 80 في المائة[28].

يمكن أن تؤدي المعرفة السليمة بالظروف المواتية أو المثلى لكل مرض وبالظروف الجوية والمناخية المقبلة دوراً في الحد من احتمال إصابة المحاصيل بالعدوى وفي السيطرة عليه على المديين القصير والطويل. ويمكن إدماج التنبؤات الجوية في نُظم التنبؤ بالأمراض لتوفير تنبيهات عند توافر الظروف المواتية لتفشي أمراض المحاصيل. يمكن لخبراء علم الأمراض بعد ذلك تقديم توصيات مناسبة للمزارعين لتطبيقها، وبالتالي السيطرة على العدوى والحد من تلف المحاصيل. لذا ينبغي إقامة نظام تواصل فعّال مع المزارعين لضمان نقل الرسائل بفعالية.

قد تؤدي التنبؤات المناخية الموسمية أيضاً دوراً مهماً في إنشاء خريطة للظروف المناخية في المواسم القادمة. ويكتسي هذا الأمر أهمية خاصة بالنسبة إلى الجهات المعنية، ولا سيما الباحثين وصناع القرار الوطنيين، لأنه يوفر معلومات عن المخاطر الشديدة التي قد تواجه المحاصيل ويسمح بإعداد خطط للتكيُّف.

2. إمكانية استخدام البيانات المناخية للتطبيقات الطويلة الأجل

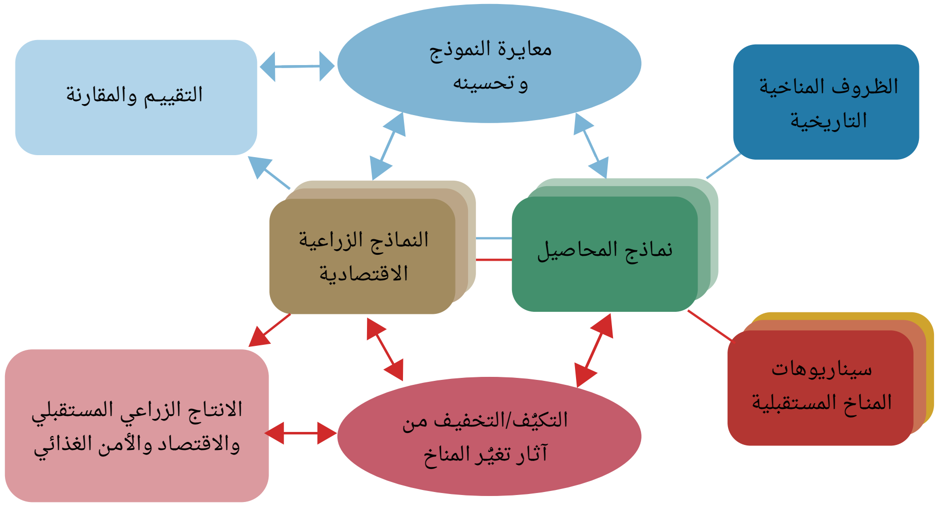
يمكن للبيانات المناخية التاريخية إضافة إلى التوقعات المناخية الطويلة الأجل أن توجه عملية اتخاذ القرارات المهمة المتعلقة بالاستثمار على المدى الطويل، وخاصة فيما يتعلق بالإدارة الزراعية في مجالات مثل تعديل أصناف المحاصيل، وتغيير تواريخ الزرع، ورصد المواقع. ومن الضروري أيضاً تقييم مدى توافر البيانات المناخية التاريخية وتحليل بيانات الأرصاد الجوية المتوافرة (بما في ذلك القياسات العائدة لدرجات الحرارة والمتساقطات والرياح، وسواها من البيانات) وغيرها من القياسات المتصلة بالمناخ. يتم تسليط الضوء على أمثلة للتطبيقات الطويلة الأجل في الأقسام الفرعية التالية.

أ. النمذجة المتقارنة من أجل اتخاذ القرار

نماذج التنبؤ بالمحاصيل (مثل CLM-Crop وDASSAT وAquaCrop وCropWat) هي الأدوات التي تم تطويرها لتحاكي، متى اقترنت بالنماذج المناخية، نمو المحاصيل والمردود في ظل سيناريوهات مختلفة لتغيُّر المناخ. ويُعدُّ استخدام البيانات التاريخية لفهم الحالات السابقة والراهنة جزءاً إلزامياً من دراسات التقييم بهدف التنبؤ بشكل أفضل بالأحوال المستقبلية للمناخ والمحاصيل وتحليل التغيُّرات نسبةً إلى الحالة الراهنة. ويلخص الشكل 7 النهج المفاهيمي لنماذج اقتران المحاصيل بأحوال المناخ. في «المسار 1» من الشكل، يستخدم نموذج (نماذج) المحاصيل بيانات مناخية تاريخية ويسمح الناتج بمعايرة النماذج وتحديد مستوى عدم اليقين في النتائج. ويبين «المسار 2» من الشكل نهج محاكاة تغيُّر المناخ، حيث يستخدم نموذج (نماذج) المحاصيل بيانات تغيُّر المناخ لمحاكاة الأثر المحتمل للمناخ المتغير على المحاصيل. وبالتالي، يمكن تناول تحليل النتائج وخيارات التكيُّف.

ويوفر نهج النمذجة المتقارنة مؤشراً على الاتجاه المتوقع لإنتاج محاصيل مختلفة في ظل ظروف تغيُّر المناخ. ويمكن استخدامه أيضاً لتقدير العديد من خصائص المحاصيل الرئيسية، كتوقيت الإزهار والنضج الفسيولوجي، من خلال تحديد استجابة هذا التوقيت بشكل صحيح لدرجة الحرارة وضوء النهار[29]. من المفترض أن توجه هذه المعلومات الجهات المعنية فيما إذا دعت الحاجة إلى النظر في إجراءات التكيف.

الشكل 7: نهج ذو مسارين لمحاكاة التأثير على المحاصيل الزراعية في ظل ظروف مناخية مختلفة

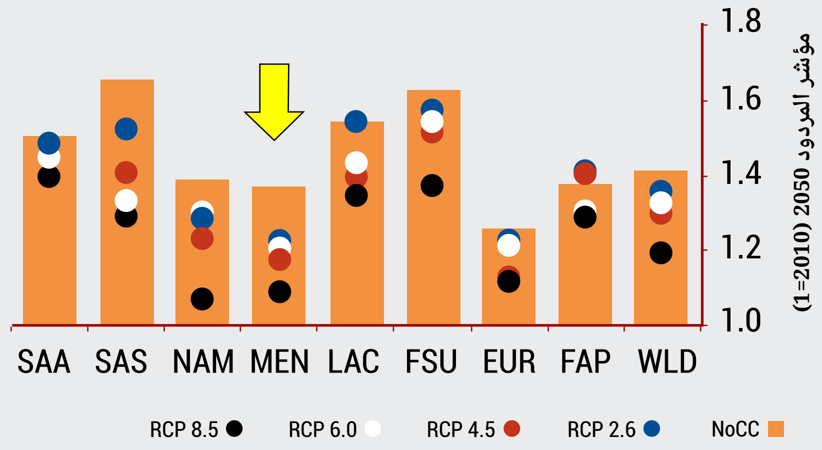


المصدر: Rosenzweig, Cynthia, and others, 2013.

ملاحظة: يمثل المسار 1 (المربعات الزرقاء) النموذج المستند إلى البيانات التاريخية. يمثل المسار 2 (المربعات الحمراء) النموذج الذي تغذيه سيناريوهات المناخ المستقبلية.

يسلط الشكل 8 الضوء على كيفية تأثير تغيُّر المناخ على الإنتاجية الزراعية كما هو متوقع من ناتج نموذج المحاصيل استناداً إلى البيانات المناخية المستقبلية. ويبين الشكل التغيُّر المتوقع في إنتاج محصول الذرة على الصعيدين العالمي والإقليمي استناداً إلى سيناريوهات مناخية مختلفة هي السيناريوهات 2.6 و4.5 و8.5[30] وتشير النتائج إلى انخفاض فقدان المحاصيل في مناطق خطوط العرض العليا، في حين من المتوقع حدوث تأثير كبير في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا على هذا المحصول الاستراتيجي في ظل جميع السيناريوهات المستقبلية[31].

الشكل 8: أثر تغيُّر المناخ على إنتاجية الذرة في جميع أنحاء العالم وعبر المناطق بحلول عام 2050



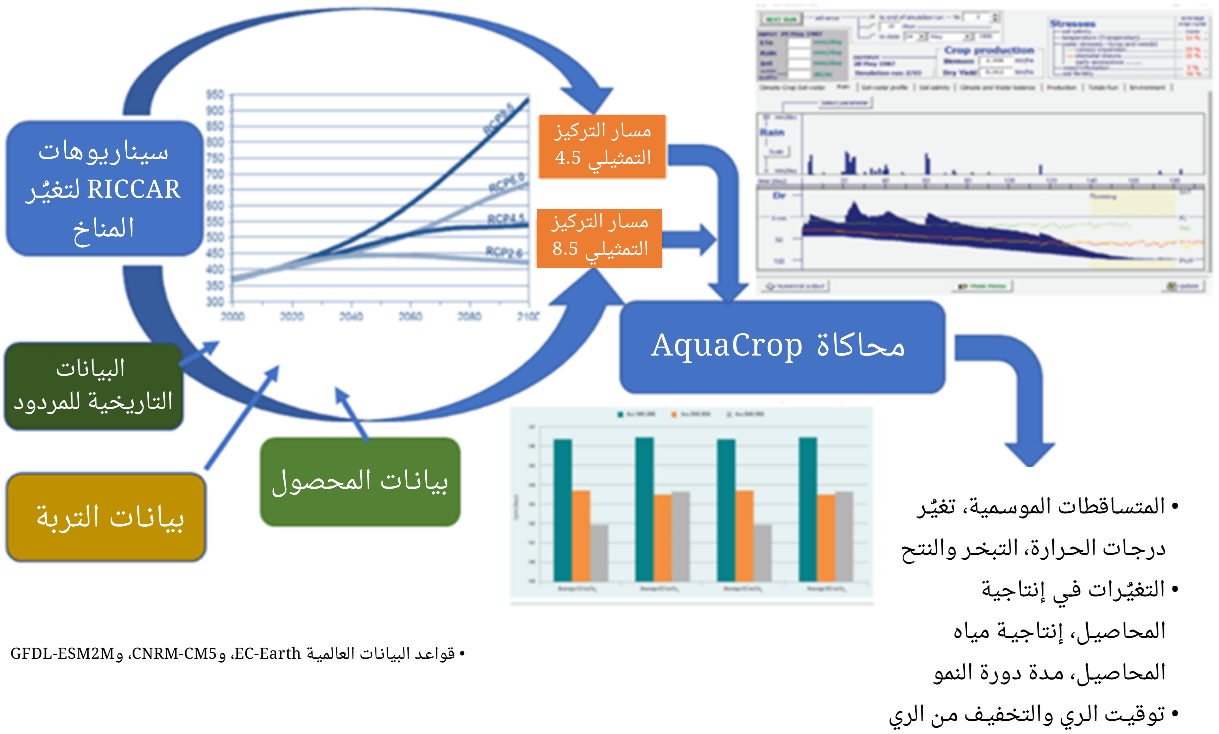
WLD: العالم
EAP: شرق آسيا والمحيط الهادئ
EUR: أوروبا
FSU: الاتحاد السوفياتي سابقا
LAC: أمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي
MEN: الشرق الأوسط وشمال أفريقيا
NAM: أمريكا الشمالية
SAS: آسيا الجنوبية
SSA: أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى
NoCC: لا تغيُّر في المناخ
RCP: مسارات التركيز التمثيلية (سيناريوهات تغير المناخ)

المصدر: منظمة الأغذية والزراعة، 2016.

لا تساعد النماذج المناخية في توفير معلومات حول آثار الظروف المناخية على المحاصيل فحسب، بل يمكنها أيضاً أن تدعم استخدام عمليات محاكاة مختلفة تسمح للمستخدم بتغيير العناصر الفيزيائية و/أو الممارسات المضبوطة لتقييم إنتاجية المحاصيل في ظل ظروف مختلفة من أجل وضع خطة التكيُّف الأكثر ملاءمة.

في إطار مبادرة الإسكوا بشأن «تعزيز الأمن الغذائي والمائي من خلال التعاون وتنمية القدرات في المنطقة العربية»، تم تقييم آثار تغيُّر وفرة المياه بسبب تغيُّر المناخ على الإنتاج الزراعي في تسعة بلدان عربية مختارة[32]. وأنشأت الإسكوا بالتعاون مع منظمة الأغذية والزراعة والمركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة فريقاً قُطرياً تقنياً ودربته لتقييم أثر تغيُّر المناخ المتوقع على محاصيل ومواقع مختارة. تم استخدام برنامج محاكاة AquaCrop وتوقعات المتغيرات المناخية للمبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغيُّر المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية وذلك باتباع المنهجية الموضحة في الشكل 9. يوفر الجدول 2 معلومات أكثر تعمقاً حول أنواع البيانات اللازمة لمحاكاة AquaCrop. وترجمت نتائج التقييم كذلك إلى خيارات سياسات قُطرية محددة لتعزيز قدرة قطاع الزراعة على الصمود في وجه تغيُّر المناخ[33]. وهذا أمر أساسي لتشكيل الاستراتيجيات الزراعية القابلة للتكيُّف مع التغيُّرات المستقبلية.

الشكل 9: منهجية محاكاة AquaCrop باستخدام توقعات المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغيُّر المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية (RICCAR)



المصدر: الإسكوا، "آثار تغيُّر المناخ على الموارد المائية والزراعة والأمن الغذائي في المنطقة العربية"، عرض تقديمي في ورشة عمل كورونيفيا الإقليمية الافتراضية للعمل المشترك حول الزراعة في 27 تموز/يوليو 2020. وقد قام المؤلفون بتوليف الرسم البياني استناداً إلى دراسة الحالات التسع التي أُنجزت كجزء من سلسلة موجزات سياسات الإسكوا المعنونة "الزراعة القادرة على الصمود أمام تغيُّر المناخ: ترجمة البيانات إلى إجراءات سياساتية".

الجدول 2: البيانات المطلوبة لمحاكاة AquaCrop لمحصول القمح المروي

البيانات المناخية	بيانات المحاصيل	بيانات التربة	الإدارة الميدانية
• درجة الحرارة القصوى	• طريقة الزراعة	• أقصى عمق فعال للجذور	• تاريخ الري
• درجة الحرارة الصغرى	• كثافة الزراعة	• وقت الوصول إلى أقصى عمق فعال للجذور	• وقت الري
• الحد الأقصى من الرطوبة	• الحد الأقصى للغطاء النباتي	• نسبة رطوبة التربة عند التشبع (على أعماق 0-25 سم ، و25-120 سم)	• العمق أو الري
• الحد الأدنى من الرطوبة	• وقت الوصول إلى 90 في المائة من الإنبات	• نسبة رطوبة التربة بحسب السعة الحقلية	• ملوحة المياه
• متوسط سرعة الرياح	• وقت الوصول إلى الحد الأقصى للغطاء النباتي	• نسبة رطوبة التربة عند الذبول الدائم	• نسبة التخصيب
• إجمالي الإشعاع الشمسي	• وقت بدء النباتات بإسقاط أوراقها	• نسبة الرمال	
• متوسط التبخر والنتح	• طول دورة المحاصيل	• نسبة الطمي	
• المتساقطات	• وقت بدء الإزهار	• نسبة الطين	
	• فترة الإزهار	• النفاذية المائية المشبعة	
	• الدليل المرجعي للحصاد	• طبقات التربة وعمق كل طبقة	
	• المعدل المرجعي للتبخر والنتح		
	• معدل التبخر والنتح الفعلي		
	• إنتاجية المياه		

المصدر: توليف من الإسكوا، 2019a.

استناداً إلى تحليل تقييم كل بلد، وُضعت توصيات محددة على صعيد البلد[34]. فعلى سبيل المثال، اقتُرح في بعض البلدان، مثل الأردن واليمن، اعتماد ممارسات الحفظ والزراعة في الزراعة البعلية وتوسيع نطاقها كأولوية قصوى. وفي بلدان أخرى، مثل مصر، اعتُبر تشجيع الاستثمارات لتحديث نُظُم الري ذا أولوية عالية. وفي جميع الحالات، فإن تشجيع البحوث بشأن استخدام أصناف المحاصيل الملائمة للظروف المناخية الجديدة، وإنتاج خرائط تفاعلية، وتحسين جمع البيانات والإبلاغ، وضمان التنسيق الشامل بين مختلف الوزارات، هي أيضاً توصيات أساسية. واستناداً إلى أنواع المحاصيل والاستجابات، اقتُرحت أيضاً توصيات تقنية بشأن تعديل تواريخ البذر وفقاً لأنماط درجة الحرارة وسقوط الامطار، فضلاً عن تعديل أعماق الري وأوقات الري، كاستراتيجيات للتكيُّف.

ب. تركيز ثاني أكسيد الكربون ومحاكاة إنتاجية المحاصيل

أشارت الدراسات الحديثة إلى الدور الذي يؤديه التخصيب بثاني أكسيد الكربون (CO2) في إنتاجية المحاصيل[35]. ويبين الجدول 3 النطاق المحتمل للتأثير على الإنتاجية الاستراتيجية لمختلف المحاصيل مع وبدون تأثير التخصيب بثاني أكسيد الكربون كما هو ظاهر من استخدام ناتج ستة نماذج للمحاصيل (CLM-Ag وCLM-Crop وJULES-Crop وLPJmL وLPJ-guess وORCHIDEE) واستخدام خمسة نماذج مناخية عالمية (HadGEM2-ES وIPSL-CM5A-LR وmiroc-esm-chem وgfdl-ESM2M وNorESM1-M) في إطار سيناريو 8.5 من سيناريوهات تغير المناخ. تشير النتائج إلى أن محاكاة إدراج التخصيب بثاني أكسيد الكربون تظهر انخفاضاً كبيراً في خسائر مردود جميع المحاصيل التي تم النظر فيها في ظل سيناريوهات تغيُّر المناخ هذه. حتى إنه أشير في بعض الحالات، إلى زيادة محتملة في محصول القمح.

الجدول 3: محاكاة إنتاجية المحاصيل في إطار سيناريو 8.5 من سيناريوهات تغير المناخ بحلول عام 2100

المحصول	لا تشمل المحاكاة تأثير التخصيب بثاني أكسيد الكربون (النسبة المئوية)	محاكاة الفعالية الكاملة للتخصيب بثاني أكسيد الكربون (النسبة المئوية)
الذرة	-20 إلى -45	-10 إلى -35
القمح	-5 إلى -50	+5 إلى -15
الأرز	-20 إلى -30	-5 إلى -20
الصوجة	-30 إلى -60	0 إلى -30

المصدر: تم تجميع البيانات من Rosenzweig, Cynthia, and others, 2013; and, Müller, Cristoph, and Joshua Elliott, 2015.

في هذا الصدد، أعدت الإسكوا تقارير عن أثر تغيُّر المناخ المتوقع، من حيث وفرة المياه ودرجة الحرارة والتغيُّرات في ثاني أكسيد الكربون، على محاصيل ومواقع مختارة في تسعة بلدان عربية[36]. واستخدمت توقعات تغيُّر المناخ الصادرة عن المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغيُّر المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية، التي تتوافق مع السيناريوهين 4.5 و8.5 لتغير المناخ. ولتحليل تأثير ارتفاع ثاني أكسيد الكربون على إنتاجية المحاصيل، تمت محاكاة مجموعتين من التغيُّرات المتوقعة في تركيز ثاني أكسيد الكربون لكل سيناريو من سيناريوهات تغير المناخ: أحدهما نظر في آثار زيادة تركيزات ثاني أكسيد الكربون والأخر أبقى تركيزات ثاني أكسيد الكربون عند مستوى خط الأساس (الجدول 4). على سبيل المثال، في مصر (منطقة ساخا) كان لارتفاع درجات الحرارة تأثير محدود على إنتاجية القمح المروي في حالة تركيز ثابت لثاني أكسيد الكربون، في حين أن الزيادة في تركيز ثاني أكسيد الكربون زادت من انتاجية المحاصيل في السيناريوهين[37]. وكذلك في العراق، ففي حالة ثبات تركيز ثاني أكسيد الكربون، أدى ارتفاع درجات الحرارة إلى انخفاض إنتاجية القمح المروي في حين زادت الانتاجية لجميع السيناريوهات في حالة ارتفاع تركيز ثاني أكسيد الكربون[38]. رفعت الزيادة في تركيز ثاني أكسيد الكربون من الإنتاجية لأنها تعزز معدل التمثيل الضوئي للنباتات مع تخفيف النتح. ومع ذلك، فإن هذا لا يدعو إلى التفاؤل المفرط حيث تشير الدراسات إلى انخفاض القيمة الغذائية للمحاصيل المنتجة في ظل ظروف زيادة ثاني أكسيد الكربون، خاصة عندما تقترن بارتفاع درجات الحرارة. فقد تؤدي زيادة في تركيز ثاني أكسيد الكربون إلى فقدان القيمة الغذائية وهذا يمكن أن يبطل جزئياً الميزة المتمثلة في احتمال زيادة الكمية.

الجدول 4: التغيُّر في إنتاجية القمح للسيناريوهين 4.5 و8.5 من سيناريوهات تغير المناخ للفترة (2040-2050) في ظل تركيزات ثاني أكسيد الكربون الثابتة والمتغيرة

البلد	مسار التركيز التمثيلي 4.5		مسار التركيز التمثيلي 8.5	
	تركيز ثابت لثاني أكسيد الكربون[أ] (النسبة المئوية)	تغيير تركيز ثاني أكسيد الكربون (النسبة المئوية)	تركيز ثابت لثاني أكسيد الكربون (النسبة المئوية)	تغيير تركيز ثاني أكسيد الكربون (النسبة المئوية)
مصر	-3.9	+13.2	-5.7	+12.5
لبنان	+13.4	+35.8	+10.2	+42.2
تونس	-2.8	+17.4	+0.2	+13.9
جمهورية السودان	-11	+6.0	-13	+3
دولة فلسطين	+30	+56.2	+24	+54.7
العراق	-2.5	+9.2	-3.7	+15.1
اليمن	-6.1	+12.7	-7.6	+10.3

المصدر: جمعت البيانات دراسات حالات إفرادية متعددة. الإسكوا، 2019b.

ملاحظة أ: يشير مصطلح "تركيز ثابت لثاني أكسيد الكربون" إلى الحفاظ على تركيزات ثاني أكسيد الكربون عند مستوى خط الأساس.

تعزى الاختلافات بين النتائج التي تم الحصول عليها من الدراسة العالمية/الإقليمية والدراسة على المستوى القُطري على الأرجح إلى التغيُّرات الكبيرة في خصائص المحاكاة، مثل البيانات المناخية المستخدمة وأوجه عدم اليقين فيها، فضلاً عن سيناريوهات تغيُّر المناخ، ونموذج (نماذج) المحاصيل والمدخلات البيئية المطلوبة، والمحاصيل المحاكاة، والفترات المرجعية والمحاكاة، والمجالات المستهدفة المستخدمة[40,39]. ومع ذلك، تجدر الإشارة إلى أن تأثير تركيز ثاني أكسيد الكربون في كلتا الدراستين كان واضحاً من حيث إنتاجية القمح. ويمكن لهذه المعلومات أن تدعم الباحثين وواضعي السياسات لفهم ملامح المستقبل المتوقعة المحتملة ودور الغازات الجوية الخفيفة والانبعاثات في إنتاجية المحاصيل. ويمكن أن يكون لجمع هذه المعلومات ونشرها دور هام في توجيه السياسات المتعلقة بخطط التكيُّف مع تغيُّر المناخ التي قد تقلل من الخسارة المتوقعة في الانتاجية.

ج. الري الناقص والري التكميلي كاستراتيجية تكيُّف

قيمت الإسكوا آثار تغيُّر وفرة المياه بسبب تغيُّر المناخ على الإنتاج الزراعي في بلدان عربية مختارة[41]. وعلاوة على ذلك، طبق الفريق القطري التقني المدرب الري الناقص كاستراتيجية تكيُّف مع شح المياه المتأتي عن تغيُّر المناخ (لتقييم إمكانية الحفاظ على الانتاجية مع الري الناقص). ويمكن استخدام هذا التحليل لتطبيق استراتيجيات الري القابلة للتكيُّف مع تغيُّر المناخ وفي الوقت نفسه الحد من الخسائر في الانتاجية. ويبين الجدول 5 التغيُّر في إنتاجية المحاصيل في ظل سيناريوهات مختلفة للري الناقص في مصر والعراق ودولة فلسطين والأردن. فعلى سبيل المثال، في مصر، حيث يستهلك القطاع الزراعي 80 في المائة من موارد المياه في البلد، يمكن أن يساعد تطبيق الري الناقص على نطاق واسع على القمح والذرة في تخفيف ضغوط المياه لأن السيناريوهات تشير إلى عدم وجود آثار سلبية على كلا المحصولين.

الجدول 5: التغيُّر في إنتاجية المحاصيل في ظل سيناريوهات الري الناقص

البلد	التغيُّر في إنتاجية المحاصيل (النسبة المئوية)	
مصر	**الري الناقص بنسبة 20 في المائة**	**الري الناقص بنسبة 40 في المائة**
القمح	<1%	<1%
الذرة	لا تغيير	لا تغيير
الطماطم	-22%	-45%
العراق	**الري الناقص بنسبة 20 في المائة**	**الري الناقص بنسبة 40 في المائة**
القمح	-2 إلى -4 %	-8 إلى -10 %
الطماطم	-7 إلى -14%	-34%
دولة فلسطين	**الري الناقص بنسبة 20 في المائة**	**الري الناقص بنسبة 25 في المائة**
البطاطا	-8.5 إلى -20%	-24 إلى -28%
الأردن	**الري الناقص بنسبة 17 في المائة**	
الطماطم	-6 إلى -9%	

المصدر: بيانات مجمعة من الإسكوا، 2019b.

وكجزء من مشروع الإسكوا بشأن « تعزيز مرونة واستدامة القطاع الزراعي في المنطقة العربية»، تم تنظيم دورات تدريبية لتعزيز مهارات المسؤولين في لبنان ودولة فلسطين والأردن في استخدام نموذج AquaCrop لإدارة مياه الري كتدبير للتكيُّف. فعلى سبيل المثال، تمت في الأردن (منطقة ناعور) مقارنة تأثير تطبيق مستويين مختلفين من التخصيب (شبه الأمثل وغير المحدود) على المحصول وإنتاجية المياه بمستويات الخصوبة المعتدلة المرجعية التي يستخدمها المزارعون في المنطقة. كما تم تقييم تطبيق الري التكميلي بمقدار 50 مم عندما تقترب رطوبة التربة في منطقة الجذر من 10 مم فوق نقطة الذبول بغية تحديد تأثيره على كل من المحصول وإنتاجية المياه. فتبين أن تطبيق الري التكميلي دون زيادة الخصوبة أو زيادة مستوى الخصوبة دون تطبيق الري التكميلي لا يزيد الإنتاجية بما يتجاوز الـ 29 في المائة. علاوة على ذلك، ومع أنه تبين أن تطبيق سيناريو الري التكميلي على محصول القمح خلال موسم النمو يزيد من إنتاجية المحاصيل، فإن المشكلة الرئيسية تبقى القدرة على توفير المياه لأغراض الري وهو أمر غير مجد اقتصادياً. لذلك أوصي بمواصلة الري بالأمطار مع زيادة خصوبة التربة وهو ما قد يشكل الحل الأفضل في تلك المنطقة لزيادة الإنتاجية بنسبة 29 في المائة.

ج. تقييم الجفاف ورصده

يُعدُّ الجفاف أحد أكثر المخاطر التي تؤثر على البلدان العربية. يناقش هذا القسم الفرعي منهجية استخدام البيانات المناخية ويقدم تقييماً لملامح الجفاف المتوقعة في المستقبل. يمكن للتنبؤ الطويل الأجل بحالات الجفاف أن يؤدي دوراً رئيسياً في تحديد ووضع سياسات خاصة لإدارة الجفاف في ظل تغيُّر المناخ، الأمر الذي يعزز بدوره القدرة على الصمود حيال ظروف الجفاف.

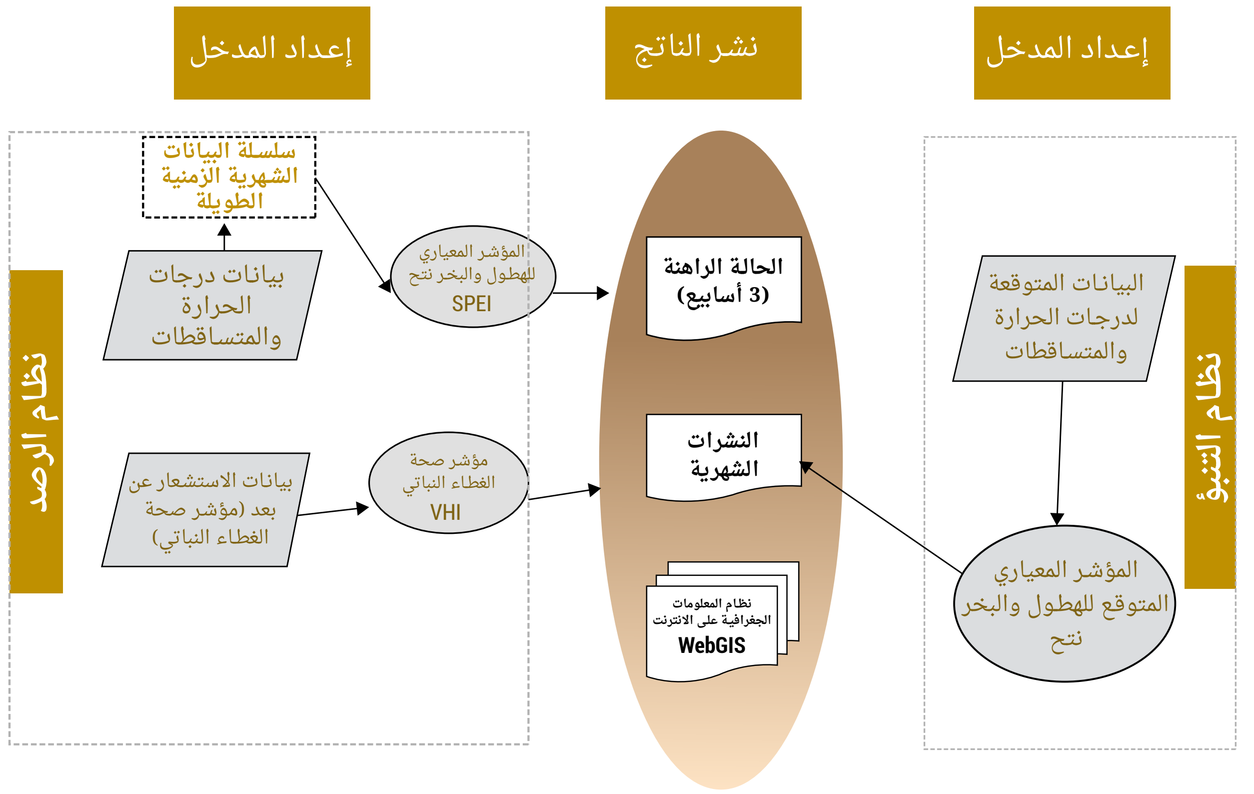
يتم تطوير العديد من المؤشرات والنُهج المعتمدة على المناخ لتقييم حالات الجفاف. أحد المؤشرات الأوسع استخداماً هو المؤشر المعياري للهطول[42]. وعلى الرغم من أن هذا المؤشر يرصد بفعالية أنواعاً مختلفة من الجفاف (الجوي أو الزراعي أو الهيدرولوجي)، إلا أن استخدامه محدود في المناطق التي تتميز بالمناخات الدافئة والقاحلة/شبه القاحلة (كما هو الحال في معظم البلدان العربية). يعتمد المؤشر المعياري للهطول على متغير المتساقطات الذي يحد من قدرته على التقاط تأثير درجات الحرارة المتزايدة على الطلب على الرطوبة وتوافرها. لذلك، يقترح استخدام المؤشر المعياري للهطول والبخر نتح بدلاً من ذلك في مثل هذه المناطق[43]. يتبع المؤشر المعياري للهطول والبخر نتح المنهجية نفسها التي يتبعها المؤشر المعياري للهطول ولكنه يأخذ في الاعتبار أيضاً التبخر والنتح. يتوفر العديد من المؤشرات الأخرى مثل المؤشر المعياري للنقص في التبخر والنتح، ومؤشر «بالمر» لقياس حدة الجفاف، ومؤشر الجفاف الفعال. وقد أوصت دراسات أخرى أيضاً باتباع نهج مركب لمؤشرات الجفاف[44]. ولا بد من اختيار أنسب مؤشر ونَهج على أساس كل حالة على حدة لضمان تحقيق نتائج موثوقة.

ويوصى بشدة بإنشاء نظام رصد تشغيلي باستخدام البيانات المناخية لتقدير مؤشرات الجفاف. من شأن هذا النظام المقترح أن يسمح بإعداد خريطة العمليات وبتوفير معلومات محدّثة عن ملامح الجفاف الراهنة والحالة المتوقعة.

يبين الشكل 10 مخططاً انسيابياً مبسطاً للسلسلة التشغيلية لنظام رصد الجفاف والتنبؤ به. يقسم الرسم البياني النظام إلى ثلاثة أجزاء. ويعتمد الجزء الخاص بالرصد على البيانات التاريخية لحساب مؤشرات الجفاف المتعددة المستويات (المؤشر المعياري للهطول والبخر نتح ومؤشر الجفاف الفعال)، وعلى بيانات الأقمار الصناعية لحساب مؤشر صحة الغطاء النباتي[45].

أما الجزء الخاص بالتنبؤ فيستخدم بيانات التوقعات المناخية لحساب مؤشرات الجفاف للمستقبل. ويهدف الجزء الخاص بنشر أداة التوقع إلى نشر النتائج بصيغة سهلة الاستخدام (كالخرائط التفاعلية) لضمان سهولة فهم أداة التوقع وملاءمته للاحتياجات النهائية للمستخدمين النهائيين.

الشكل 10: مخطط انسيابي للسلسلة التشغيلية لنظام رصد الجفاف والتنبؤ به



المصدر: الشكل مقتبس من Magno and others, 2013.

2. مبادئ توجيهية لتحسين الخدمات المناخية للقطاع الزراعي

من حيث المبدأ، تهدف الخدمات المناخية إلى مساعدة الجهات المعنية على اعتماد أفضل ممارسات التكيُّف وتحسين إدارة المخاطر الزراعية المتصلة بالمناخ. ومع ذلك، يواجه المزارعون الصغار العديد من التحديات حول كيفية استخدام المعلومات المتعلقة بالمناخ. يُعدُّ فهم احتياجات المستخدمين الزراعيين عامل اساسي لتقديم خدمة أفضل للمستخدمين المستهدفين. وتعمل الخدمات المناخية بفعالية على تعزيز توافر البيانات ورصدها وتحليلها. وتسمح هذه المعلومات بإدارة المخاطر المتعلقة بتقلب المناخ وتغيُّره، وتساهم في الوقت نفسه في توفير معلومات حول الأمن الغذائي والاستجابة لحالات الطوارئ. ومع ذلك، من الضروري أيضاً أن تصل المعلومات بفعالية إلى المستخدمين النهائيين.

أما بالنسبة إلى المستخدمين الخبراء، مثل الباحثين، فيمكن أن يكون الوضع أقل إشكالية لأن حلقات العمل والدورات التدريبية ذات الصلة قد تزيد من وعيهم بشأن فائدة هذه الخدمات وقابليتها للاستخدام وأن توجه خبراء الأرصاد الجوية بشأن سُبُل استخدام البيانات المناخية في قطاع الزراعة. وأما المستخدمون غير الخبراء (مثل المزارعين)، فيواجهون تحدياً أكبر حيث إن وصولهم إلى المعلومات العلمية وسجلات الطقس لا يزال محدوداً. فالمزارعون يعتمدون عادة على تجربتهم الشخصية، أو في أفضل الأحوال، على الخدمات الإرشادية أو وسائط الإعلام التي تزودهم بالمعلومات ذات الصلة. ولذلك، تُقترح الخطوات التالية لمقدمي المعلومات والعاملين في الإرشاد لضمان وصول المعلومات التي ينقلونها إلى أقصى حد ممكن:

أ. بناء قدرات المزارعين، مع التركيز على استخدام الأدوات والآليات الذكية التي تعزز التفاعلات الوثيقة مع المستخدمين؛

ب. إشراك المجتمعات المحلية والعمل على سد فجوات التواصل من خلال نشر المعلومات بلغة مبسطة للمستخدمين غير الخبراء؛

ج. دمج المعلومات المناخية مع العناصر الزراعية (مثل التنبؤ بالإنتاجية وإنتاج المحاصيل) لتحقيق أقصى قدر من الفائدة من المعلومات المتاحة؛

د. فهم احتياجات المستخدمين بشكل أفضل من خلال ردود الفعل التي تعزز التفاعلات الوثيقة معهم؛

ه. السعي بوعي لدعم المزارعين الصغار وواضعي السياسات وصانعي القرار بتوقعات التأثير والإدارة المحتملة من خلال التطبيقات/الخدمات القطاعية؛

و. تسليط الضوء على الفوائد الاقتصادية لمعلومات الأرصاد الجوية المقدمة لتوفير الأدلة للجهات المعنية حول أهمية استخدام هذه المعلومات.

ويتعين على واضعي السياسات الزراعية أن ينظروا في الأبعاد المكانية والزمانية للآثار المناخية، وأن يطبقوا خطط الطوارئ التي تتضمن تكنولوجيات جديدة، وأن يشجعوا على تحسين الرصد والتحليل.

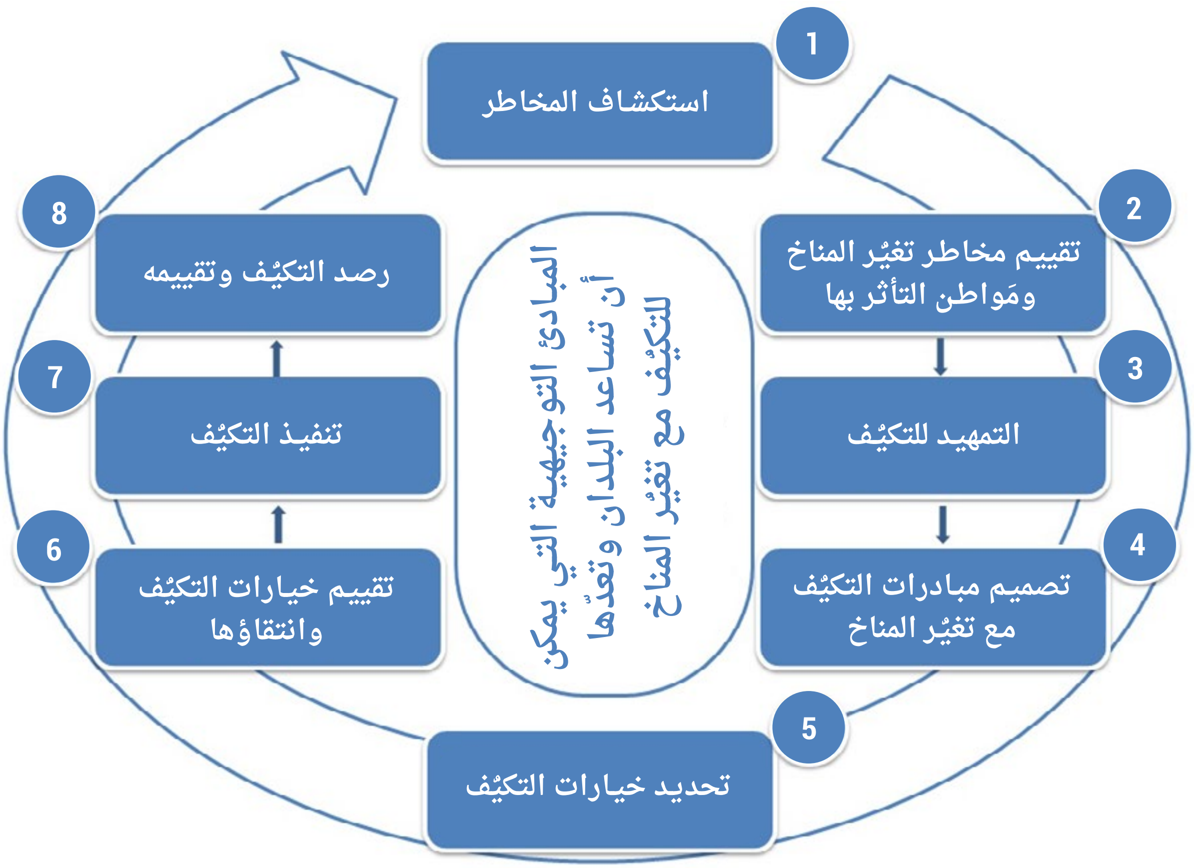
3. المبادئ التوجيهية لتدابير التكيُّف مع تغيُّر المناخ

بات المناخ في تغيُّر مستمر، وليس من شك في أن تغيُّره بفعل الممارسات البشرية أمسى حقيقة واقعة. فالعديد من التغيُّرات التي طرأت على المناخ لم يسبق لها مثيل منذ آلاف، لا بل مئات آلاف السنين، وبعضها الآخر بدأ للتو[46].

وقد أظهرت الدراسات الحديثة أن زيادة درجة الحرارة أمر لا مفر منه، ونتيجة لذلك، تزايدت، في السنوات القليلة الماضية، مناقشة أهمية التركيز على التكيُّف مع العواقب الحتمية لتغيُّر المناخ.

يمكن للمبادئ التوجيهية التالية أن تساعد البلدان وتُعدّها لتحمل مخاطر الطقس والمخاطر المتصلة بالمناخ (الشكل 11) من خلال توثيق المخاطر المناخية التي يمكن أن تضر بالمجتمعات ووضع حلول عملية للحد من مخاطر المناخ.

الشكل 11. مخطط انسيابي للمبادئ التوجيهية التي يمكن أن تساعد البلدان وتُعدّها للتكيُّف مع تغيُّر المناخ



المصدر: شكل من وضع المؤلفين.

ألف. استكشاف المخاطر

كخطوة أولى لا بد من تحديد نوع الظاهرة (الظواهر) التي تعرض المجتمعات/القطاعات لكارثة أو ضرر ناجم عن الأخطار المتصلة بالطقس والمناخ (الشكل 12). بعد ذلك، يجب تحديد قائمة محدودة من المخاطر المناخية التي يمكن أن تلحق الضرر بالمجتمع[47]. قد يتخذ إنتاج هذه القائمة المحدودة شكل رسم خرائط للظواهر السابقة ويعتبر استخدام أدوات التوقع للتنبؤ بالظواهر المستقبلية أمراً ضرورياً في هذه المرحلة.

الشكل 12: المخاطر الشائعة المتعلقة بالطقس والمناخ

المخاطر الشائعة المتعلقة بالطقس والمناخ		
☐ الانهيار الثلجي	☐ موجة الحر	☐ فيضان الأنهر
☐ الفيضان الساحلي	☐ الإعصار	☐ الريح العاتية
☐ موجة البرد	☐ عاصفة الجليد	☐ الإعصار
☐ الجفاف	☐ الانهيار الأرضي	☐ حريق الغابات
☐ تساقط البَرَد	☐ البرق	☐ الطقس الشتوي

المصدر: مجموعة أدوات الولايات المتحدة للصمود أمام تغيُّر المناخ، "استكشاف المخاطر"، بدون تاريخ. متوفر على: https://toolkit.climate.gov/steps-to-resilience/explore-hazards

باء. تقييم مخاطر تغيُّر المناخ ومَواطن التأثر بها

تهدف هذه الخطوة إلى تقديم صورة شاملة عن المخاطر المناخية الحالية والمستقبلية وما يتعلق بها من فرصٍ ومَواطن هشاشة، كأساس لاستراتيجيات التكيُّف وخططه[48]. ويستند تقييم قابلية التأثر بتغيُّر المناخ ومخاطره إلى ما يلي عادةً:

- معلومات حول الظروف المناخية الحالية والسيناريوهات المناخية المستقبلية، بما في ذلك الظواهر المتطرفة.
- دراسات تقييم قابلية التضرر.
- تقييم الآثار المحتملة للظواهر المناخية المتطرفة وتغيُّر المناخ على القطاعات التي يحتمل أن تكون قابلة للتضرر.
- تحليل العوامل والاتجاهات الأساسية الأخرى (العوامل المتعلقة بالنظم الإيكولوجية أو العوامل المادية أو التقنية أو الاجتماعية والاقتصادية) التي تؤثر على مخاطر المناخ في القطاعات المعنية.

هذا ويمكن استخدام قوائم مرجعية لكل خطر مناخي بهدف تقييم قابلية التضرر في مختلف القطاعات (الشكل 13).

واستنادا إلى هذه المعلومات والتحليلات، سيلخص تقييم قابلية التأثر بتغيُّر المناخ ومخاطره أهم المخاطر المناخية ومَواطن الهشاشة بالنسبة لقطاعات منفردة أو حتى عبر القطاعات.

الشكل 13: قوائم مرجعية لكل خطر مناخي

مستوى الهشاشة

مرتفع: غير مستعد؛ غير قادر على الاستجابة (مخاطر مرتفعة)
متوسط: استعداد بسيط أو غير مكتمل؛ مستوى استجابة منخفض (مخاطر متوسطة)
منخفض: مستعد؛ قادر على الاستجابة (مخاطر منخفضة)

أنواع المخاطر	مرتفع	متوسط	منخفض
• ارتفاع درجات الحرارة	☐	☐	☐
• موجات حر	☐	☐	☐
• موجات برد	☐	☐	☐
• طوفان	☐	☐	☐
• عاصفة	☐	☐	☐
• جفاف	☐	☐	☐
• ارتفاع مستوى البحر	☐	☐	☐

المصدر: شكل من وضع المؤلفين.

جيم. التمهيد للتكيُّف

تُعدُّ أداة دعم التكيُّف، Climate-ADAPT، عنصراً هاماً لتأسيس عملية تكيُّف ناجحة[49]. ولا بد هنا من الحصول على دعم سياسي رفيع المستوى لإنشاء عملية منظمة ذات آليات تنسيق ملائمة، وتوضيح الأدوار والمسؤوليات، وتقدير الموارد البشرية والمالية اللازمة، وتحديد المعلومات المتاحة وجمعها، والتواصل وزيادة الوعي[50]. تلخص الخطوات التالية وظائف الأداة:

- الحصول على الدعم السياسي للتكيُّف.
- جمع المعلومات الأولية.
- إنشاء عمليات التكيُّف داخل البلديات وخارجها.
- تحديد الموارد البشرية والتقنية والحصول عليها.
- تحديد موارد التمويل والدعم الإضافي المحتمل والحصول عليهما.
- تحديد الجهات المعنية وإشراكها.
- ابلاغ عمليات التكيُّف إلى المستهدفين كافة.

دال. تصميم مبادرات التكيُّف مع تغيُّر المناخ

ستساعد هذه المرحلة في فهم سُبُل التمييز بين «التكيُّف» مع تغيُّر المناخ ومبادرة التنمية التقليدية، وما هي العناصر الرئيسية التي يجب مراعاتها عند وضع مبادرة للتكيُّف وتصميمها. وهي تحدد المكونات الأساسية لعملية التصميم، والنَهج المتبع في بناء توافق الآراء بين الجهات المعنية، والأدوات والمنهجيات الرئيسية.

هاء. تحديد خيارات التكيُّف

ينبغي أن تحدد خطة عمل مفصلة كيف ومتى يتم تنفيذ تدابير تكيُّف محددة ومن الذي ينبغي عليه أن يضطلع بهذه المهمة، وهذا أمر بالغ الأهمية لتحقيق التكيُّف على أرض الواقع. ولوضع خطة العمل هذه، من المهم تحديد خيارات التكيُّف المحتملة (في هذه الخطوة) وتضييق نطاقها. وتساعد هذه الخطوة السلطات المحلية على تحديد خيارات التكيُّف المحتملة وجمع المعلومات ذات الصلة بهذه الخيارات في حافظة من شأنها أن تيسر تحديد الأولوية بين الخيارات[51].

واو. تقييم خيارات التكيُّف وانتقاؤها

متى حُددت خيارات التكيُّف المحتملة، يتم الانتقال إلى الخطوات التالية المتمثلة في تقييم الخيارات وتحديد أولوياتها استناداً إلى معلومات ومعايير مفصلة. ومن ثم يجب تقييم الخيارات المقترحة لتحديد مدى ملاءمتها للسياق المحلي، وفعاليتها في الحد من الهشاشة أو تعزيز القدرة على الصمود، وتأثيرها الأوسع نطاقاً على الاستدامة[52]. والهدف من ذلك تجنب القرارات التي تؤدي إلى اختيار إجراءات غير مناسبة أو إلى سوء التكيُّف. وينبغي أن يتم اختيار خيارات التكيُّف المفضلة من خلال تفاعل وثيق مع جميع الجهات الفاعلة المعنية وأصحاب المصلحة المتأثرين في عملية التكيُّف.

زاي. تنفيذ التكيُّف

يسترشد تنفيذ إجراءات التكيُّف عادة باستراتيجية تكيُّف مخصصة وخطة عمل مصاحبة لها. وتدعم هذه الخطوة المخطِطين في تصميم استراتيجيتهم وخطة عملهم في مجال التكيُّف، مع مراعاة الروابط مع السياسات القطاعية الأخرى والترابط بين جهود التخفيف والتكيُّف.

حاء. رصد خيارات التكيُّف وتقييمها

لضمان فعالية واستدامة عملية التكيُّف في منطقة ما بمرور الوقت، من المهم إجراء تقييم منتظم للتقدم المحرز في الإجراءات المخطط لها والتحقق من النتائج الفعلية بالنظر إلى الأهداف التي تم تحديدها عند وضع الاستراتيجية. أضف إلى أنه من المهم النظر فيما إذا كان من الضروري تعديل إجراءات معينة أو الإضافة عليها أو إسقاطها على ضوء نتائج الرصد[53]. ويمكن أن يساعد الرصد أيضاً الممارسين على تحديد ما إذا كانت تدابير التكيُّف قد عانت من أي آثار جانبية غير متوقعة. وبوجه عام، تتمثل العناصر الهامة لعملية الرصد والتقييم في النَهج أو الإطار المنفذ، واختيار المؤشرات المناسبة، واستخدام نتائج التقييم لتحسين الممارسات الزراعية المحلية في المستقبل.

4. دراسة حالات من التكيُّف مع تغيُّر المناخ

تقدم الأقسام الفرعية التالية أمثلة مختلفة لدراسة حالات عن التكيُّف مع تغيُّر المناخ. وتناقش استراتيجيات التكيُّف ومَواطن الهشاشة إزاء تغيُّر المناخ في لبنان ومصر.

ألف. التكيُّف مع تغيُّر المناخ: دراسة حالة لبنان

كجزء من المبادرة الإقليمية لتقييم آثار تغيُّر المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية، أُجريت في لبنان دراسة تقييمية لمدى تعرض القطاع الزراعي لتغيُّر المناخ[54]. وترد في الجدول 6 التغيُّرات المتوقعة في درجات الحرارة والمتساقطات والجريان السطحي في لبنان التي تبين توقعات منتصف القرن ونهاية القرن بموجب مساري التركيز التمثيلي 4.5 و8.5.

الجدول 6: التغيُّرات المتوقعة في منتصف القرن ونهاية القرن في إطار مساري التركيز التمثيلي 4.5 و8.5

	©درجة الحرارة		المتساقطات (النسبة المئوية)		الجريان السطحي (مم/سنة)		
	التجربة المنسقة لتقليص النطاقات المناخية الإقليمية- المكتب الإقليمي لأوروبا[أ]	المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغيُّر المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية	التجربة المنسقة لتقليص النطاقات المناخية الإقليمية- المكتب الإقليمي لأوروبا	المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغيُّر المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية	التجربة المنسقة لتقليص النطاقات المناخية الإقليمية- المكتب الإقليمي لأوروبا	ريكار: التنبؤات الهيدرولوجية للبيئة[ب]	ريكار: قدرة التسرب المتغيّرة[ج]
منتصف القرن مسار التركيز التمثيلي 4.5	+2.7	1.2	-5	+1	-29	-8.7	+4.6
منتصف القرن مسار التركيز التمثيلي 8.5	+3.9	1.7	-9	-7	-45	-59.9	-41.3
منتصف القرن مسار التركيز التمثيلي 4.5	+3.6	1.5	-6	-4	-49	-24.2	-10.7
منتصف القرن مسار التركيز التمثيلي 8.5	+6.6	3.2	-11	-11	-70	-81.5	-57.2

المصدر: مجمعة من المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة ووزارة الزراعة والمركز الوطني للبحوث العلمية والإسكوا، 2019.

ملاحظة:

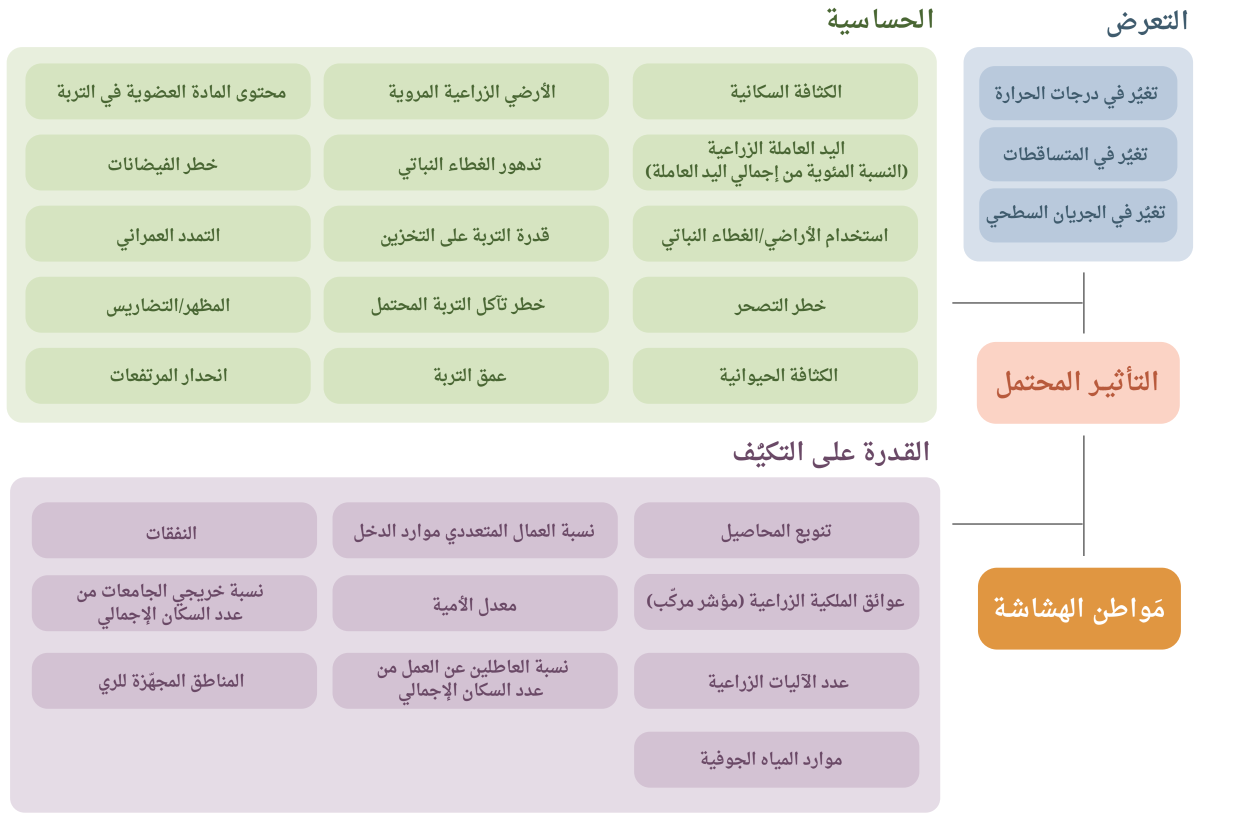
أ. أحد مجالات مبادرة التجربة المنسقة لتقليص النطاقات المناخية الإقليمية هو المجال الأوروبي. المجال (EURO-CORDEX)، الذي يشمل أوروبا وشمال أفريقيا وشرق البحر الأبيض المتوسط ويوفر البيانات عند شبكة 0.44 درجة (~ 50 كم) وكذلك 0.11 درجة (12.5 كم).

ب. التنبؤات الهيدرولوجية للبيئة.

ج. قدرة التسرب المتغيرة.

استخدمت منهجية التقييم المتكامل لقابلية التأثر مؤشرات تستند إلى التعرض والحساسية والقدرة على التكيُّف وذلك بهدف تقييم القابلية للتأثر بتغيُّر المناخ. واستخدمت سلسلة تأثير لوصف العلاقات بين الأسباب والنتائج في ما خصّ المؤشرات وقابلية التأثر بتغيُّر المناخ على النحو المبين في الشكل 14. تم اختيار مؤشرات الحساسية بناءً على العوامل الاجتماعية والبيئية والإيكولوجية والبشرية التي تضغط على قطاع الزراعة اللبناني. وفي غياب توافر تدابير التكيُّف، من المتوقع أن يزداد الأثر المحتمل (التعرض مضافٌ إلى الحساسية) من منتصف القرن إلى نهايته في إطار مساري التركيز التمثيلي (4.8 و8.5) على حد سواء. فالقدرة على التكيُّف تكون بشكل عام منخفضة إلى معتدلة لكنها قد تتغير بناءً على آليات التكيُّف المتطورة. أما بالنسبة إلى قابلية التأثر بتغيُّر المناخ فإنها تظهر ارتباطاً قوياً بالقدرة على التكيُّف وارتباطاً بسيطاً بالحساسية. ومن المتوقع أن تظهر الدراسة قابلية تأثر معتدلة في منتصف القرن. وتشمل المحاصيل المتأثرة المحاصيل الحقلية، مثل الخضروات والزيتون والأشجار التي تتساقط فاكهتها عند النضوج. ومن المتوقع بالتالي أن ينطوي تعزيز تدابير القدرة على التكيُّف على أكبر قدر من الإمكانات للحد من قابلية التأثر المتوقعة.

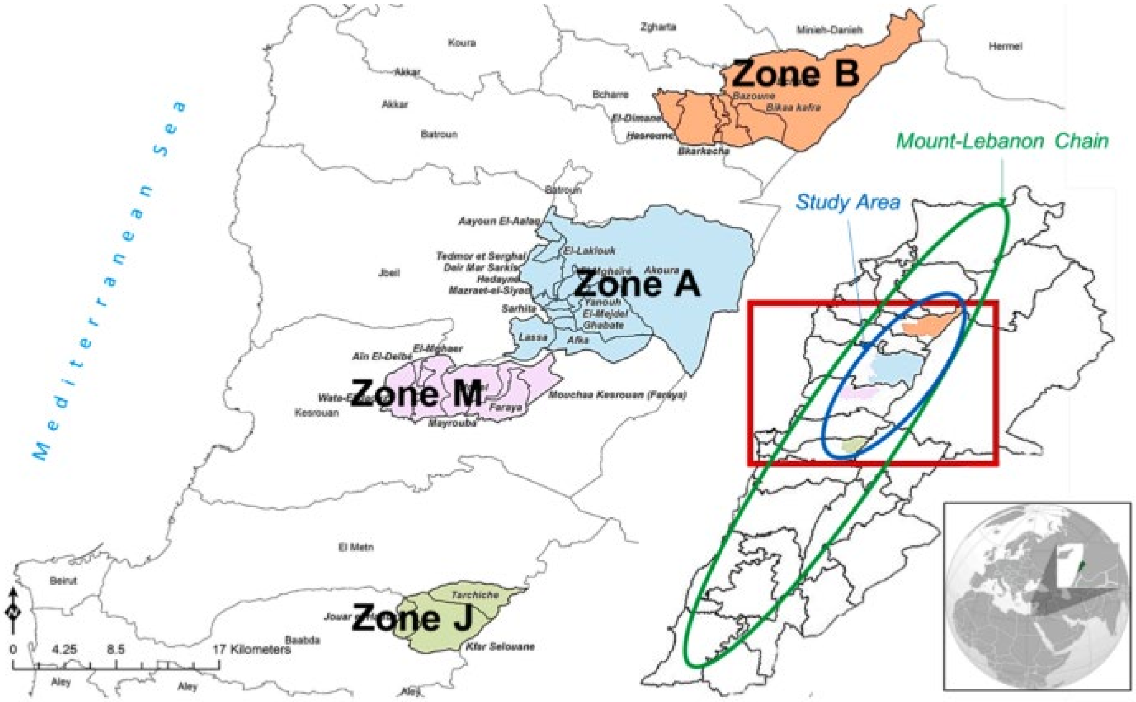
الشكل 14: سلسلة التأثير على الزراعة



المصدر: المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة ووزارة الزراعة والمركز الوطني للبحوث العلمية والإسكوا، 2019.

وقد أجرت دراسة أخرى مسحاً شاملاً وجهاً لوجه يستهدف صغار ومتوسطي وكبار مزارعي التفاح اللبنانيين لمقارنة القدرة المحلية للزراعة على التكيُّف في أربع مناطق جبلية لبنانية (الخريطة أدناه)[55]. وقد تألف الاستبيان من 80 سؤالاً مقسماً إلى خمس فئات: (1) الزراعة، (2) تغيُّر المناخ، (3) الموارد المائية، (4) التكيُّف الزراعي المناخي، (5) البيانات الاجتماعية والاقتصادية. وبلغت النسبة بين الجنسين في عينة الدراسة 93 في المائة من الرجال و7 في المائة من النساء، وتراوحت أعمار معظم المجيبين بين 41 و80 سنة وهم يتمتعون بمستويات تعليمية مختلفة. وكان من الواضح أيضاً أن أكثر من نصف مزارعي التفاح في جبل لبنان يعملون في مهن أخرى. وقد أجري تحليل القدرة المحلية على التكيُّف استناداً إلى خمسة معايير (مؤشرات): التصورات المحلية لتغيُّر المناخ والاقتصاد الاجتماعي والفيزياء الأحيائية والمعايير المؤسسية والتكنولوجية. وقُسِّم كل معيار إلى معايير فرعية. وقد خُصصت مقاييس مختلفة للمعايير والمعايير الفرعية، تبعاً لدرجة أهمية كل منها.

اتساع دائرة الدراسة التي تضم مناطق الدراسة الأربع B و A و M و J



المصدر: Mahfoud, Charbel and Jocelyne Adjizian-Gerard, 2021.

لقد أشارت النتائج إلى أن تغيُّر المناخ هو أصعب المشاكل التي أثرت على الممارسات الزراعية والإنتاجية. وكانت الآفات والأمراض الفطرية (الجرب بشكل رئيسي) مشاكل مزارعي التفاح الأكثر ذِكراً. ترتبط هذه التفشيات الحشرية والميكروبيولوجية ارتباطاً مباشراً بالتغيُّرات في أنماط المناخ وخاصة ارتفاع درجة الحرارة. وقد أعلن عدد كبير (92 في المائة) من الذين اجابوا على الاستبيان أن الظروف المناخية تؤدي دوراً رئيسياً في انتشار الحشرات والفطريات والفيروسات على أشجار التفاح. ونتيجة لذلك، زاد استخدام مبيدات الآفات لضمان منتجات قابلة للتسويق.

وأشار المجيبون إلى أن المصدر الرئيسي للمعلومات المناخية كان في الغالب التلفزيون يليه المهندسون الزراعيون والزملاء المزارعون والعائلة والأصدقاء ووسائل التواصل الاجتماعي. ومع ذلك، اشتكى 52 في المائة من العينة من عدم كفاية المعلومات المتعلقة بالظروف المناخية واستبعاد مزارعي التفاح من أي خدمة للإنذار المبكر.

وأظهرت الدراسة الاستقصائية أيضاً أن برامج التوعية المنظمة حول التكيُّف مع المناخ مفقودة؛ وفي بعض المناطق، مثل المنطقة J وM (الخريطة أعلاه)، لم يكن مستوى المعرفة والإلمام بتغيُّر المناخ بين مزارعي التفاح مرتفعاً؛ فحوالى نصف العينة لم يكونوا قد سمعوا عن تغيُّر المناخ. وقدم عدد كبير من المجيبين إجابات غير صحيحة علمياً في حين أن آخرين لم يربطوا بين الآثار المرصودة لتغيُّر المناخ. لذلك، أوصي بتوفير تدابير للتكيُّف بوسائل غير مادية (مثل بث التوعية حول تغيُّر المناخ بين مزارعي التفاح) بالتوازي مع تدابير التكيُّف بوسائل مادية والتي قد تكون مكلفة ولكنها تساعد على تعزيز الوسائل غير المادية.

وكجزء من الدراسة الاستقصائية، قُدمت لمزارعي التفاح قائمة تضم 16 ممارسة أو مؤشراً للتكيُّف. ويلخص الجدول 7 النسبة المئوية لتقبل صغار المزارعين لهذه الممارسات وإمكانية تطبيقهم إياها.

الجدول 7: مؤشر التكيُّف مع المناخ، خاصة فيما يتعلق بمزارعي التفاح في مناطق الدراسة الأربع

مؤشر التكيُّف مع المناخ	المجيبون (النسبة المئوية)
تنويع المحاصيل	19
نظام ري فعّال	18
تجميع مياه الأمطار	12
تقليل حجم الزراعة	12
أنا لا أتكيَّف	8
اختيار الأصناف والجذور المناسبة	7
تغيير مواعيد الزراعة	6
المكافحة المتكاملة للآفات	4
زراعة حافظة للموارد	4
التسميد	3
المحاصيل البديلة	3
نظام الإنذار المبكر	2
التأمين الزراعي ضد الظواهر الجوية المتطرفة	1
حواجز الرياح الطبيعية	1
الزراعة الخالية من التربة	0
استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري	0

المصدر: مجمع من Mahfoud, Charbel and Jocelyne Adjizian-Gerard, 2021.

تبين أن تحديث نظم الري مؤشر رئيسي للتكيُّف وكان العديد من مزارعي التفاح على دراية به خاصة بسبب إمكانية تطبيقه وكفاءته الاقتصادية. ومع ذلك، ينبغي أن تستهدف التوعية الاستعاضة عن الري بالغمر (الذي يستخدمه 18 في المائة من المجيبين على الاستبيان) بنظام التنقيط، مع معالجة بعض مخاوف المزارعين من احتمال انخفاض الإنتاجية.

يلجأ 70 في المائة من المجيبين إلى تخزين المياه لأغراض الري وبأشكال مختلفة، لا سيما بشكل بحيرات التلال، حيث أشار 58 في المائة ممن شملهم الاستطلاع إلى أنهم يستفيدون من بحيرة تل واحدة على الأقل. وعلى مدى السنوات العشر الماضية، زاد عدد بحيرات التلال في المناطق الأربع بمقدار 53 و40 و28 و18 في المناطق J، M، B، A ، على التوالي. وعندما سُئل المزارعون عما سيفعلونه إذا تفاقمت الظروف المناخية والمائية، أجاب معظمهم بأنه ليس لديهم بديل. واختار جزء منهم تقليص الأراضي الزراعية إلى منطقة أكثر قابلية للإدارة الاقتصادية أو استخدام أنواع أخرى من المحاصيل، ولا سيما المحاصيل البعلية. وأشار بعض المجيبين إلى أنهم على استعداد لشراء المياه في حالات الشح لأنهم يعتبرون زيادة كميات الري في الأيام الشديدة الحر أفضل وسيلة للتكيُّف مع ظروف المناخ المتطرفة ومكافحة الجفاف.

وقُدمت أيضاً للمجيبين قائمة بالصعوبات أو العوامل التي تحد من التكيُّف مع تغيُّر المناخ ليختاروا أكثرها ملاءمة. ومن بين هذه العوامل المقيدة، حازت الصعوبات الثلاث الرئيسية التالية أعلى نسبة مئوية من الإجابات: عدم القدرة على التنبؤ بالطقس من سنة إلى أخرى، وارتفاع تكلفة المدخلات الزراعية، ومحدودية الوصول إلى السوق.

وفيما يتعلق بضرورة التكيُّف الزراعي مع تغيُّر المناخ في منطقتهم، أعلن 79 في المائة من المجيبين أن الممارسات الزراعية في حاجة ماسة إلى خطط تكيُّف. ومن بين المجيبين، شعر 42 في المائة بأنهم يمارسون بالفعل جزءاً من خيارات التكيُّف المقترحة.

باء. التكيُّف مع تغيُّر المناخ: دراسة حالة مصر

أُجريت محاكاة لتقييم تأثير تغيُّر المناخ على حاجة القمح إلى المياه في محافظة الجيزة، مصر[56]. وتم البحث في استراتيجيات التكيُّف المختلفة لمعالجة أثر تغيُّر المناخ على كمية المياه اللازمة لري القمح. تم جمع وتحليل بيانات طقس شهرية غطت أكثر من 30 عاماً كما تم الحصول على بيانات تغيُّر المناخ من نموذج MAGICC / SCENGEN[57]. واستُخدم برنامج النمذجة CropWat 8.0 لحساب الكمية اللازمة من المياه لري محاصيل القمح في ظل الظروف الحالية والتغيُّرات المناخية المستقبلية (المنهجية الواردة في الإطار 4).

الإطار 4: احتساب الكمية اللازمة من مياه الري

ثلاث خطوات ضرورية لتحديد الكمية اللازمة من مياه الري:

1. **احتساب التبخر المرجعي للمحصول (ETo)**

يتم احتساب التبخر المرجعي للمحصول باستخدام طريقة بنمان-مونتيث المتبعة في منظمة الأغذية والزراعة.

2. **احتساب استخدام المحاصيل للمياه (بخر ونتح المحاصيل، ETc)**

صيغة حساب الETc هي: **ETc = Kc * ETo**

فال **ETc** هو بخر ونتح المحصول (مم في اليوم **1-**)، وال **Kc** هو معامل المحصول و ال **ETo** هو البخر المرجعي للمحصول (مم في اليوم **1-**).

3. **احتساب الكمية اللازمة من المياه IWR.**

IWR = ETc/IE.

ال IE هي كفاءة الري.

بلغت قيم كفاءة الري المستخدمة في هذه الدراسة 60 في المائة لنظام الري السطحي (JENSEN 1980) و75 في المائة لنظام الري بالرش.

المصدر: مصطفى، سها، وآخرون، 2021.

ملاحظة: تم الحصول على قيم معامل المحصول من آلن، ريتشارد وآخرين، 1998 وتم تعديلها وفقاً لنتائج التجارب الفعلية في مصر.

بلغ متوسط الكمية اللازمة من مياه الري على مدى 30 عاماً 6,738، و7,155، و7,535 م³/هكتار للأعوام 2021 و2050 و2100، على التوالي. وبلغت النسبة المئوية للتغيُّر في الكمية اللازمة من مياه الري في ظل ظروف تغيُّر المناخ في عامي 2050 و2100 مقارنة بالظروف الحالية 6.2+ و11.8+ في المائة، على التوالي. لا بد من أخذ هذه التغييرات في الكمية اللازمة من مياه الري بعين الاعتبار عند تصميم مشاريع ري جديدة وفي جميع مراحل إعادة تأهيل شبكات قنوات الري القائمة.

بلغ متوسط قيم إنتاجية مياه المحاصيل على مدى 30 عاماً 1.54 و1.36 و1.25 كلغ/م³ خلال الأعوام 2021 و2050 و2100، على التوالي. وسجلت النسبة المئوية للتغيُّر في انتاجية كمية المحاصيل في ظل ظروف تغيُّر المناخ مقارنة بالظروف الحالية 11.6- في المائة في عام 2050 و19.1- في المائة في عام 2100.

وتم البحث في ثلاثة خيارات مختلفة للتكيُّف: تغيير مواعيد البذر، وزيادة كمية مياه الري، واستخدام أنظمة الري الحديثة.

وقد أظهرت النتائج أن اعتماد تاريخ بذر مبكر قلل من التأثير السلبي لتغيُّر المناخ على إنتاجية القمح. فقد أدى تغيير تواريخ البذر إلى 1 تشرين الثاني/نوفمبر و15 تشرين الثاني/نوفمبر و1 كانون الأول/ديسمبر إلى تقليل متوسط الانخفاض التراكمي في المردود في عام 2050 بنسبة 3.1 في المائة و 8.6 في المائة و 17.9 في المائة، على التوالي. وفي عام 2100، قلّ متوسط الانخفاض التراكمي في المردود لنفس تواريخ البذر بنسبة 5.5 في المائة و 11.1 في المائة و 22.2 في المائة، على التوالي. وبناءً على ذلك، فإن الموعد الأمثل لبذر محاصيل القمح في مصر الوسطى في ظل ظروف تغيُّر المناخ المرتقب في عامي 2050 و 2100 هو 1 تشرين الثاني/نوفمبر.

كما أشارت النتائج إلى أن زيادة كمية مياه الري المطبقة قللت من الانخفاض التراكمي في مردود القمح في ظل ظروف تغيُّر المناخ حيث إنها عوضت النباتات بكمية إضافية من المياه للتغلب على درجات الحرارة المرتفعة. في عام 2050، من المتوقع أن تؤدي الزيادة بنسبة 10 في المائة و20 في المائة في كمية مياه الري المطبقة إلى تخفيف انخفاض إنتاجية القمح من 8.6 في المائة (استناداً إلى كمية مياه الري الأساسية) إلى 5.4 في المائة و3.2 في المائة، على التوالي. وفي عام 2100، من المتوقع أن تؤدي زيادة كمية مياه الري بنسبة 10 في المائة و20 في المائة إلى تخفيف انخفاض إنتاجية القمح من 11.1 في المائة (استناداً إلى الكمية الأساسية) إلى 8.1 في المائة و4.8 في المائة، على التوالي. وبناءً على ذلك، يُقترح زيادة مياه الري بنسبة 10 في المائة في عام 2050 و20 في المائة في عام 2100 لتحسين إنتاجية القمح.

وتبين النتائج أن متوسط الكمية اللازمة من المياه عند تطبيق نظام الري بالغمر ونظام الري بالرش كان 6,738 و5,390 متراً مكعباً للهكتار الواحد (م³/هكتار) على التوالي في ظل الظروف الجوية الراهنة؛ و155,7 و724,5 م³/هكتار في عام 2050؛ و535,7 و028,6 م³/هكتار في عام 2100. وبشكل عام، أظهرت النتائج أن تطبيق نظام الري بالرش بدلاً من نظام الري بالغمر من شأنه أن يوفر كمية مياه ري بنحو 348,1 م³/هكتار في ظل الظروف الجوية الحالية، و431,1 م³/هكتار في عام 2050، و507,1 م³/هكتار في عام 2100.

وقيمت دراسة أخرى أُجريت في مناطق مختارة من مصر آثار تغيُّر المناخ على الإنتاجية الزراعية باستخدام برنامج المحاكاة AquaCrop وتوقعات المتغيرات المناخية للمبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغيُّر المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية والتي تقودها الإسكوا، وذلك بهدف المساعدة في تشكيل استراتيجيات زراعية قائمة على الأدلة[58]. وبشكل عام، أظهرت نتائج نموذج المحاكاة في إطار سيناريو مسار التركيز التمثيلي 4.5 أن إنتاجية القمح تنخفض بنسبة 1.7 و3.9 في المائة للفترتين 2020-2030 و2040-2050 على التوالي، وأن إنتاجية مياه المحاصيل تزيد بنسبة 11 و10 في المائة للفترتين 2020-2030 و2040-2050، على التوالي. وأظهرت نتائج نموذج المحاكاة في إطار سيناريو مسار التركيز التمثيلي 8.5 أن إنتاجية القمح تنخفض بنحو 2.9 و5.7 في المائة للفترتين2020-2030 و2040-2050 على التوالي، وأن إنتاجية مياه محاصيل القمح تزيد بنسبة 18 في المائة لكلتا الفترتين.

5. الرسائل والتوصيات

ألف. الرسائل الرئيسية

- من الواضح أن لتغيُّر المناخ آثار سلبية على قطاع الزراعة في المنطقة العربية.
- المناخ هو عامل تحدٍ بالنسبة إلى الإنتاج الزراعي لأنه خارج عن سيطرة الإنسان، على عكس العوامل الأخرى التي يمكن السيطرة عليها، كمواعيد الزراعة/البذر والري والتخصيب، وسواها.
- يمكن للخدمات المناخية أن تؤدي دوراً رئيسياً في دعم القطاع الزراعي ودعم واضعي السياسات في إعداد خطط التكيُّف للتصدي لآثار تغيُّر المناخ.
- يؤدي ضمان رصد للمناخ جيد النوعية مع تغطية عالية الكثافة للبلدان العربية إلى دعم عملية سد الفجوة الحالية في البيانات المناخية وتعزيز دقة خدمات التنبؤ بالمناخ.
- تُعدُّ التنبؤات الطويلة الأجل والتوقعات المناخية من الأدوات المهمة لتوقع التخطيط ووضع استراتيجيات تكيُّف قُطرية محددة ضمن قطاع الزراعة.
- يُعدُّ جدول الأعمال المبكر لمواعيد الزراعة/البذر أداة مهمة يستخدمها المزارعون من أجل زيادة إنتاجيتهم.
- الري الذكي للزراعة هو الحل الأمثل للتغلب على ندرة المياه.
- لا بد من دعم أقسام الأرصاد الجوية الزراعية ضمن مكاتب الأرصاد الجوية وتمكينها.
- إن الشراكة النشطة والتعاون المكثف بين قطاعي الأرصاد الجوية الزراعية والزراعة أمران هامان ينبغي دعمهما لتحسين الخدمات المتصلة بالمناخ والأرصاد الجوية.
- من المتوقع أن يؤثر تغيُّر المناخ على المنتجات الزراعية المستوردة، لذا فإن أخذ دراسات التقييم العلمي في الاعتبار في خطط الأمن الغذائي أمر بالغ الأهمية.
- تعتبر أدوات التنبؤ دون الموسمية مهمة، خاصة عندما تُنتج احتمالات متساوية عن أدوات التنبؤ الموسمية.

باء. التوصيات

- تعزيز شبكات رصد قياسات الأرصاد الجوية الزراعية لسد الفجوة الحالية في البيانات وتحسين جودة البيانات وخدمات التنبؤ على السواء.
- توسيع تغطية نُظُم رصد المناخ في الدول العربية، وخاصة فيما يتعلق بقياسات الأرصاد الجوية الزراعية.
- تعزيز الاتصال والتفاعل بين قطاعي الأرصاد الجوية والزراعة من خلال عقد اجتماعات منتظمة، وتبادل بيانات الطقس/وصاف التوقعات مع الخبراء الزراعيين حتى يتمكنوا من تحديد الإجراءات المطلوبة وتقديم المشورة في الوقت المناسب.
- تفعيل خدمات الإنذار المبكر للزراعة من خلال أدوات ذكية وسهلة لصغار المزارعين (مثل تطبيقات الهاتف المحمول) للحد من الآثار السلبية الناجمة عن الظروف المناخية، بما في ذلك الظواهر المتطرفة، على المحاصيل.
- تقديم معلومات وتوصيات الإنذار المبكر إلى الجهات المعنية (كصغار المزارعين والمخططين وصناع القرار) في الوقت المناسب، وبطريقة سهلة من شأنها أن تساعدهم على اتخاذ الإجراءات المطلوبة.
- تطبيق معلومات التنبؤ بالمناخ (الموسمية) ومشاركتها مع واضعي السياسات لتعزيز وضع خطط التكيُّف الوطنية الطويلة والقصيرة الأجل على أساس النتائج العلمية.
- زيادة اعتماد واضعي السياسات على الخدمات المناخية لتقييم المخاطر.
- سد الفجوة بين البحث العلمي والخدمات الإرشادية وصغار المزارعين من خلال إنشاء خدمات إرشادية أكثر فعالية مع خبراء يعتمدون على النتائج العلمية والتكنولوجيات الجديدة والذكية ونشر المعلومات على المستخدمين (المزارعين) بلغة بسيطة سهلة الاستخدام.
- توقع تقدير كمية المياه اللازمة للقطاع الزراعي باستخدام الادوات المناخية (مثل توقعات الطقس) والتفكير في النُظُم الذكية لتوفير المياه (مثل الري بالتنقيط وأصناف المحاصيل المقاومة للجفاف).

- زيادة وعي صغار المزارعين حول الخدمات المناخية الزراعية وأهميتها بالنسبة إلى الممارسات الزراعية لجهة تحسين الإنتاجية الزراعية، وضمان تحقيق الاستفادة القصوى من هذه الخدمات.
- توفير دورات تدريبية عملية وورش عمل لمستخدمي البيانات المناخية الزراعية لتعزيز قابلية استخدام البيانات وتحقيق الاستفادة القصوى منها.
- رفع مستوى الوعي بين السكان المحليين حول تأثير تغيُّر المناخ على الزراعة ونشر خيارات التكيُّف المحتملة من خلال مواد بسيطة ووسائل الإعلام بغية زيادة عدد المستفيدين وضمان الابلاغ الفعال.
- الاستفادة من المنتديات العربية للتوقعات المناخية لتقديم أدوات توقعات للمناخ في الوقت الفعلي، تقوم على توافق الآراء وتلائم المستخدمين، بما في ذلك خدمات الإرشاد والقطاعات الاقتصادية الرئيسية في كل منطقة وصانعي السياسات، وذلك من أجل الحد من مخاطر المناخ ودعم التنمية المستدامة.
- تطوير مركز فعال للمعلومات المتعلقة بالمياه والزراعة تدعمه خدمات الأرصاد الجوية التي تقدمها المكاتب الوطنية للأرصاد الجوية.
- إنشاء مركز للإنذار المبكر للدول العربية لتلبية احتياجات القطاع الزراعي من حيث توفير المعلومات والمشورة الاستباقية حول الإجراءات اللازمة لتحسين الإنتاجية الزراعية.
- ضمان مصادر التمويل المناسبة لخدمات المناخ للقطاع الزراعي في الدول العربية.

المراجع

Adler, Robert, and others (2003). The Version 2 Global Precipitation Climatology Project (GPCP) Monthly Precipitation Analysis (1979-Present). Journal of Hydrometeorology, Vol. 4, No. 6 (December).

Allen, Richard, and others (1998). Crop Evapotranspiration: Guide-Lines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands (ACSAD), Ministry of Agriculture in Lebanon (MoAg), National Council for Scientific Research (CNRS) and ESCWA (2019). Integrated Vulnerability Assessment Application on the Lebanese Agricultural Sector. RICCAR Technical Report. United Nations publication.

Cucchi, Marco, and others (2020). WFDE5: bias-adjusted ERA5 reanalysis data for impact studies. Earth System Science Data, Vol. 12, No. 3 (September).

Denton, Fatima, and others (2014). Climate-resilient pathways: adaptation, mitigation, and sustainable development. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.

Eilts, Mike (2018). The Role of Weather—and Weather Forecasting—in Agriculture. 27 November.

Emam, Amr (2021). Egyptian city loses mango crop to climate change. Al-Monitor. 21 July.

European Environment Agency (EEA) (2013). Adaptation in Europe. Addressing risks and opportunities from climate change in the context of socio-economic developments. Report No. 3. Copenhagen: EEA.

_________ (2017). Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016 An indicator-based report. Luxembourg: EEA.

_________ (2020a). Urban adaptation in Europe: how cities and towns respond to climate change. Report No. 12. Luxembourg: EEA.

_________ (2020b). Monitoring and evaluation of national adaptation policies throughout the policy cycle. Report No. 6. Luxembourg: EEA.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (1986). IRRIGATION WATER MANAGEMENT, Training manual No. 3. Rome: FAO. United Nations publication.

_________ (1998). Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56, Rome: FAO. United Nations publication.

_________ (2007). Adaptation to climate change in agriculture, forestry and fisheries: Perspective, framework and priorities. United Nations publication.

_________ (2016). The state of food and agriculture climate change, agriculture and food security.

_________ (2019a). Handbook on climate information for farming communities – What farmers need and what is available. Rome: FAO. United Nations publication.

_________ (2019b). Towards a new generation of policies and investments in agricultural water in the Arab region. FAO. United Nations publication.

_________ (2020). Briefing Note. Using climate services in adaptation planning for the agriculture sectors. United Nations publication.

_________ (2021). Evaluation of FAO's support to climate action (SDG 13) and the implementation of the FAO Strategy on Climate Change (2017). Rome: FAO. United Nations publication.

Fragaszy, Stephen, and others (2020). Drought Monitoring in the Middle East and North Africa (MENA) Region: Participatory Engagement to Inform Early Warning Systems. Bulletin of the American Meteorological Society, Vol. 101, No. 7. (July).

Fujiwara, Masatomo and others (2017). Introduction to the SPARC reanalysis intercomparison project (S-RIP) and overview of the reanalysis systems. Atmospheric Chemistry and Physics, Vol. 17, No. 2. (January).

Gelaro, Ronald, and others (2017). The Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications, Version 2 (MERRA-2). Journal of Climate, Vol. 30, No. 4. (July).

Gleason, Mark, and others (2008). Obtaining weather data for input to crop disease-warning systems: leaf wetness duration as a case study. Scientia Agricola, Vol. 65, special issue. (December).

Global Commission on Adaptation (GCA) (2019). Adapt Now: A Global Call for Leadership on Climate Resilience.

Gornall, Jemma, and others (2010). Implications of climate change for agricultural productivity in the early twenty-first century. Philosophical transaction of the royal society, Vol. 365, Issue 1554. (September).

Gruber, Alexander, and others (2019). Evolution of the ESA CCI Soil Moisture climate data records and their underlying merging methodology. Earth System Science Data, Vol. 11, No. 2, 717-739. (May).

Harris, Ian, and others (2020). Version 4 of the CRU TS Monthly High-Resolution Gridded Multivariate Climate Dataset. Scientific Data, Vol. 7, No. 109. (April).

Haupt, Sue Ellen, and others (2017). Principles of meteorology and numerical weather prediction. In Renewable Energy Forecasting, From Models to Applications, George Kariniotakis, ed., Duxford: Elsevier.

Hersbach, Hans, and others (2020). The ERA5 Global Reanalysis. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, Vol. 146, No. 730. (May).

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. In Press: Cambridge University Press.

Canadell, Josep, and others (2021). Global Carbon and other Biogeochemical Cycles and Feedbacks. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. In Press: Cambridge University Press.

Copernicus Climate Change Service (n.d.). Copernicus Knowledge Base: Seasonal forecasts and the Copernicus Climate Change Service.

Jensen, Marvin, and others (1980). The role of irrigation in food and fiber production. In: Design and operation of farm irrigation systems, American Society of Agricultural and Biological Engineers, Glenn Hoffman and others, eds. (revised printing, 1983).

Khalil, Alaa, and Mosaad Hassanein (2016). Extreme weather events and negative impacts on Egyptian agriculture. International Journal of Advanced Research, Vol. 4, No. 12. (December).

Khalil, Alaa, and others (2016). Plant diseases for major crops in Egypt under future climate conditions. Agricultural Sciences, Vol. 6, No. 12. (December).

Klein, Richard J.T., and others (2014). Adaptation opportunities, constraints, and limits. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L.White (eds.)]. Cambridge: Cambridge University Press.

Kobayashi, Shinya, and others (2015). The JRA-55 Reanalysis: General specifications and basic characteristics. Journal of the Meteorological Society of Japan, Vol. 93, No. 1. (March).

Mahfoud, Charbel and Jocelyne Adjizian-Gerard (2021). Local adaptive capacity to climate change in mountainous agricultural areas in the eastern Mediterranean (Lebanon). Climate Risk Management journal. Vol. 33, No. 100345 (July).

McKee, Thomas, Nolan Doesken and John Kleist (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. Eighth Conference on Applied Climatology.

MacLeod, Dave, and Klassen, Sarah (2019). A Practical Guide to Seasonal Forecasts. Issue 1: Seasonal Forecast 101.

Magno, Ramona, and others (2013). Development of a system for monitoring and forecasting drought events over Tuscany region. Proceedings of the 13th International Conference on Environmental Science and Technology Athens, Greece, 5-7 September 2013.

Mostafa, Soha, and others (2021). Impact of climate change on water resources and crop yield in the Middle Egypt region. AQUA — Water Infrastructure, Ecosystems and Society, Vol. 70, No. 7. (November).

Muñoz Sabater, Joaquín (2019). ERA5-Land hourly data from 1981 to present. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS). Available at https://confluence.ecmwf.int/display/CKB/ERA5-Land%3A+data+documentation.

Muñoz-Sabater, Joaquin, and others (2021). ERA5-Land: A state-of-the-art global reanalysis dataset for land applications. Earth System Science Data Discussions, In review. (March).

Müller, Cristoph, and Joshua Elliott (2015). The Global Gridded Crop Model intercomparison: approaches, insights and caveats for modelling climate change impacts on agriculture at the global scale. In: Climate change and food systems: global assessments and implications for food security and trade. Aziz Elbehri, ed. Rome: FAO.

Naab, Francis, Zaid Abubakari and Abubakari Ahmed (2019). The role of climate services in agricultural productivity in Ghana: The perspectives of farmers and institutions. Climate services, vol. 19, No. 1. (August).

Nielsen, Bob (2019). The Planting Date Conundrum for Corn. Corny News Network, Agronomy Department, Purdue University. 27 April.

Omran, Ewis (2020). Exploring Changes in the Agricultural Calendar as a Response to Climate Variability in Egypt. In: Ewis Omran ES., Negm A. (eds) Climate Change Impacts on Agriculture and Food Security in Egypt. Cham: Springer Water.

Parker, Wendy (2016). Reanalyses and Observations: What's the Difference?, Bulletin of the American Meteorological Society, Vol. 97, No. 9. (September).

Prutsch, Andrea, and others (2014). Methods and Tools for Adaptation to Climate Change. A Handbook for Provinces, Regions and Cities. Wien: EEA.

Rosenzweig, Cynthia, and others (2013). The agricultural model intercomparison and improvement project (AgMIP): Protocols and pilot studies. Agricultural and Forest Meteorology, Vol. 170, special issue. (November).

Tapper, Malaika (2021). Heat wave shrivels mango crop for Egypt's farmers. Reuters. 29 July 2021.

Wigley, Tom (2008). MAGICC/SCENGEN 5.3: USER MANUAL (version 2). National Center for Atmospheric Research (NCAR).

World Bank (2020). Water in agriculture. 8 May.

World Meteorological Organization (WMO) (2012). Guide to Agricultural Meteorological Practices. WMO-No. 134. Geneva: World Meteorological Organization (WMO). United Nations publication.

_________ (2016), Regional climate outlook forums fact sheet, WMO Fact Sheet. United Nations publication.

_________ (2020a). Guidance on Operational Practices for Objective Seasonal Forecasting, WMO No. 1246, Geneva: World Meteorological Organization (WMO). United Nations publication.

_________ (2020b). State of Climate Services 2020: Risk Information and Early Warning Systems, WMO No. 1252, Geneva: World Meteorological Organization (WMO). United Nations publication.

United Nations Development Programme (UNDP) (2010). Designing Climate Change Adaptation Initiatives: A Toolkit for Practitioners. United Nations publication.

United Nations, Economic and Social Commission for Western Asia (ESCWA) (2019a). Assessing the impacts of changing water availability on agricultural production in selected Arab countries. United Nations publication.

_________ (2019b). Climate Resilient Agriculture: Translating Data to Policy Actions. E/ESCWA/SDPD/2019/CP.

_________ (2020a). Climate Resilient Agriculture: Translating Data to Policy Actions. Case Study of AquaCrop Simulation in Egypt. United Nations publication.

_________ (2020b). Climate Resilient Agriculture: Translating Data to Policy Actions. Case Study of AquaCrop Simulation in Iraq. United Nations publication.

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (2011). Assessing the costs and benefits of adaptation options. An overview of approaches. United Nations publication.

United States, National Oceanic and Atmospheric Administration (2007). The first climate model.

Vaughan, Catherine, and Suraje Dessai (2014). Climate services for society: origins, institutional arrangements, and design elements for an evaluation framework. Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change, Vol. 5, No. 5. (May).

Velásquez, André, Christian Castroverde, and Sheng Yang He (2018). Plant-Pathogen Warfare under Changing Climate Conditions. Current biology, Vol. 28, No. 10. (May).

Vicente-Serrano, Sergio, Santiago Beguería and Juan López-Moreno (2010). A multi-scalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. Journal of Climate, Vol. 23, No. 7, (April).

الحواشي

1. منظمة الأغذية والزراعة، 2019a.
2. المنظمة العالمية للأرصاد الجوية، 2019.
3. منظمة الأغذية والزراعة، 2019b.
4. المنتدى الإقليمي لترقب المناخ هو منصة تجمع بين الجهات المعنية الإقليمية (خبراء مناخ وممثلون وطنيون) بغية الاتفاق على التوقعات والمعلومات المناخية عن طريق استخدام المدخلات العالمية والإقليمية.
5. المنظمة العالمية للأرصاد الجوية، 2016.
6. Klein Richard J.T., and others, 2014.
7. Naab, Francis., Zaid Abubakari and Abubakari Ahmed, 2019.
8. منظمة الأغذية والزراعة، 2020.
9. Vaughan, C., and Suraje Dessai, 2014.
10. يتم إنشاء محطات الأرصاد الجوية لأغراض التحليل الشامل وهي تقدم أرصاداً جوية هامة (تتعلق بدرجة الحرارة والمتساقطات والرطوبة، وغيرها من المؤشرات). وتوفر محطات الأرصاد الجوية الزراعية أرصاداً جوية وبيولوجية (كالمعلومات المتعلقة بالتربة).
11. خدمة كوبرنيكوس لتغيُّر المناخ هي خدمة مناخية تمولها المفوضية الأوروبية، ويتمثل أحد أهدافها الرئيسية في توفير وصول موثوق به إلى بيانات مناخية عالية الجودة حول المناخ السابق والحاضر والمستقبلي على الصعيدين الإقليمي والعالمي (انظر الموقع الرسمي لمزيد من المعلومات: https://climate.copernicus.eu/).
12. Fujiwara, Masatomo and others, 2017.; Hersbach, Hans, and others, 2020.; Gelaro, Ronald, and others, 2017.; Kobayashi, Shinya, and others, 2015.; Harris, Ian, and others, 2020.
13. Haupt, Sue Ellen, and others, 2017.
14. Eilts, Mike, 2018.
15. MacLeod, Dave, and Klassen, Sarah, 2019؛ المنظمة العالمية للأرصاد الجوية، 2020a.
16. Gornall, Jemma, and others, 2010.
17. الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيُّر المناخ، 2021، الفصل 1: التأطير والسياق والأساليب.
18. منظمة الأغذية والزراعة، 2007؛ Denton, Fatima, and others, 2014؛ منظمة الأغذية والزراعة، 2021.
19. المنظمة العالمية للأرصاد الجوية، 2020b.
20. المنظمة العالمية للأرصاد الجوية، 2012.
21. البنك الدولي، 2020.
22. منظمة الأغذية والزراعة، 1986.
23. المرجع نفسه.
24. كميّة الأمطار الفعلية هي الجزء الذي يغذي الجريان. في بعض الإجراءات، يتم استبعاد الجريان الجوفي السريع بالكامل عن الجريان السطحي المباشر. في مثل هذه الحالات، تكون كميّة الأمطار الفعلية مساوية لفائض الأمطار.
25. Gleason, Mark, and others, 2008.
26. Velásquez, André, Christian Castroverde, and Sheng Yang He, 2018; Khalil, Alaa, and Mosaad Hassanein, 2016.
27. Gleason, Mark, and others, 2008.
28. Tapper, Malaika, 2021; Emam, Amr, 2021.
29. عمران، عويس، 2020.
30. تفترض المحاكاة مساراً "في منتصف الطريق" للنمو الاقتصادي والسكاني بالإضافة إلى التكيُّف المحدود، ولا تشمل "التخصيب بثاني أكسيد الكربون"، أي التأثير التحفيزي لزيادة مستويات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي على نمو النبات.
31. منظمة الأغذية والزراعة، 2016.
32. الأمم المتحدة، اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)، 2019a.
33. الإسكوا، 2019b.
34. المرجع نفسه.
35. Müller, Cristoph, and Joshua Elliott, 2015؛ الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيُّر المناخ،2021، الفصل 5: الكربون العالمي والدورات البيوجيوكيميائية الأخرى وردود الفعل.
36. الإسكوا، 2019b.
37. الإسكوا، 2020a.

38. الإسكوا، 2020b.
39. Müller, Cristoph, and Joshua Elliott, 2015.
40. الإسكوا، 2019b.
41. المرجع نفسه.
42. Nolan Doesken and John Kleist, 1993.
43. Vicente-Serrano, Sergio, Santiago Beguería and Juan López-Moreno, 2010.
44. Fragaszy, Stephen, and others, 2020.
45. مؤشر صحة الغطاء النباتي هو بديل يصف صحة الغطاء النباتي أو تقدير مشترك للرطوبة والظروف الحرارية.
46. الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيُّر المناخ، 2021.
47. Prutsch, Andrea, and others, 2014.
48. الوكالة الأوروبية للبيئة، 2017.
49. المنصة الأوروبية للتكيُّف مع المناخ (Climate-ADAPT) هي شراكة بين المفوضية الأوروبية والوكالة الأوروبية للبيئة. تقوم الوكالة الأوروبية للبيئة بالإشراف عليها بدعم من المركز المواضيعي الأوروبي المعني بآثار تغيُّر المناخ ومواطن الهشاشة والتكيُّف.
50. الوكالة الأوروبية للبيئة، 2013.
51. الوكالة الأوروبية للبيئة، 2017.
52. اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغيُّر المناخ، 2011.
53. الوكالة الأوروبية للبيئة، 2020a.
54. المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة، وزارة الزراعة في لبنان، المجلس الوطني للبحوث العلمية والإسكوا، 2019.
55. Mahfoud, Charbel and Jocelyne Adjizian-Gerard, 2021.
56. مصطفى، سها، وآخرون، 2021.
57. ويجلي، توم، 2008.
58. الإسكوا، 2020a.

تهدف هذه الوثيقة إلى توجيه مستخدمي البيانات المناخية والجهات المعنية بقطاع الزراعة (مثل المزارعين والوسطاء والعمال الزراعيين وسواهم) في المنطقة العربية بشأن إمكانية تطبيق البيانات المناخية في قطاع الزراعة.

وهي تقدم لمحة عامة عن أهمية المناخ وأثره على القطاع الزراعي، ومدى إمكانية استخدام البيانات المناخية للحد من الآثار السلبية المرتبطة بالظروف المناخية (مثل الأمراض النباتية وتلف المحاصيل وانخفاض المردود). وتتناول إضافة إلى ذلك الاعتبارات الرئيسية لجعل الخدمات المناخية أكثر فعالية.

وتقدم الوثيقة أيضاً أمثلة عملية يمكن أن تساعد البلدان وتُعدَّها لتحمل الأخطار المتصلة بالطقس والمناخ؛ وهي توثق مختلف الكوارث الطبيعية والحلول المقترحة للحد من آثارها السلبية. كما تسلط الضوء على أهمية بيانات التوقع المستقبلية ودور هذه البيانات في وضع خطط مناسبة للتكيُّف مع تغيُّر المناخ. وتناقش كذلك العديد من الطرق التي يمكن من خلالها زيادة كفاءة الإنتاج الزراعي من أجل التعرف على الخدمات المناخية، والدور الذي تؤديه في القطاع الزراعي، وعواقب الافتقار إلى البيانات المناخية، وكيف يمكن لهذه الخدمات أن تؤدي دوراً رئيسياً في تزويد القطاع الزراعي وصناع القرار بمعلومات قيّمة لدعم الإجراءات المناسبة التي تحد من الآثار السلبية لتغيُّر المناخ.

22-00127