

Analisi climatica della regione Marche per le strategie di adattamento e mitigazione del settore agricolo al cambiamento climatico.

Ogni giorno, nella nostra esperienza quotidiana, sperimentiamo il “*tempo atmosferico*”, cioè quelle condizioni atmosferiche che cambiano nel breve periodo che può essere un minuto, un’ora, un giorno o anche una settimana. Vivendo nello stesso luogo per un periodo un po’ più lungo come può essere un mese o una stagione sperimentiamo anche il *clima*, cioè la media delle condizioni meteorologiche di un dato luogo calcolata su diversi decenni (tipicamente su un trentennio). Il *cambiamento climatico* si verifica quando queste condizioni medie iniziano a cambiare per cause naturali o provocate dalle attività umane.

Numerosi sono i cambiamenti del clima che si stanno manifestando negli ultimi decenni, tra cui i più evidenti sono: l’aumento delle temperature, la variazione del regime delle precipitazioni, il mutamento della dinamica degli eventi meteorologici estremi. Molto spesso si sente dire che il “clima è sempre cambiato” e ciò è vero, è nella natura stessa del clima. Ma la differenza rispetto al passato è che il cambiamento che si sta registrando in questi ultimi decenni è molto più rapido e ciò, con molta probabilità, è dovuto all’attività antropica, alle emissioni e all’aumento delle concentrazioni in atmosfera dei principali gas serra, in particolare la CO₂, il metano e il vapore acqueo.

Il Mediterraneo è un *hot-spot* dei cambiamenti climatici, cioè una regione dove gli effetti di questo fenomeno globale si manifestano in maniera più accentuata, anche se comunque ci sono delle importanti differenze fra le varie zone a causa dei diversi microclimi.

Marche: temperatura e precipitazioni annuali.

Anche nelle Marche, nonostante le ridotte dimensioni territoriali nel contesto mediterraneo, si stanno registrando significative variazioni delle due principali grandezze che descrivono l’andamento climatico: la temperatura e la precipitazione. Il Servizio Agrometeo dell’AMAP, grazie alle misure della rete agrometeo regionale che essa stessa gestisce, riesce a monitorare da qualche decennio a questa parte l’andamento di tali variabili ambientali, quantificandone le variazioni nel tempo e nello spazio.

Nella fattispecie, sono state selezionate 30 stazioni della rete agrometeorologica, scelte come rappresentative del clima dell’intero territorio regionale. Per ogni stazione sono stati calcolati e rappresentati graficamente gli andamenti della temperatura media e della precipitazione annuali dal 2000 al 2023, in modo da riscontrare se ci fosse qualche tendenza significativa delle due variabili atmosferiche.

Come periodo storico di riferimento è stato scelto il trentennio 1991-2020.

Per quanto riguarda la temperatura, per la nostra regione si registra un graduale riscaldamento (già a partire dalla metà degli anni Ottanta), divenuto poi più accentuato con l'inizio del nuovo millennio. Dall'anno 2000, infatti, 18 anni su 24 sono stati più caldi del normale; da record sono stati gli anni 2022 e 2023, mentre per trovare un anno più freddo della media è necessario risalire fino al 2013.

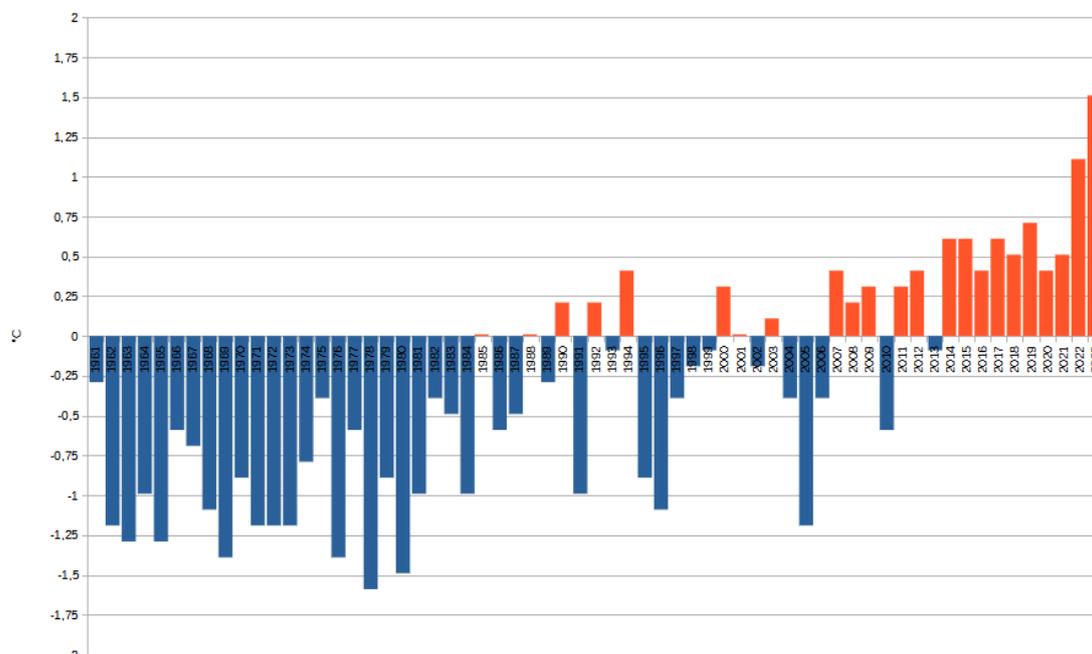


Figura 1. Anomalia temperatura media annua (°C) rispetto alla media di riferimento 1991-2020 (fonte dati [AMAP Servizio Agrometeo](#)).

Sempre nelle Marche, il clima degli ultimi decenni è caratterizzato da inverni, primavere ed estati più calde; in particolare questa ultima stagione è quella che si sta scaldando più velocemente. In estate si sta registrando una maggiore frequenza delle ondate di calore, che sono causa di disagio fisico sia diurno (temperature massime che in estate superano la soglia dei 35°C ed a volte anche dei 40°C) sia notturno (quando per esempio capita che la temperatura non scende sotto la soglia di 20°C nel corso della notte).

A differenza della temperatura, la precipitazione totale annua non manifesta una tendenza statisticamente significativa. Ciò nonostante, qualche segno di cambiamento sembra delinearsi nella distribuzione temporale dei fenomeni. Il fatto probabilmente più evidente è un inasprimento della siccità estiva dovuta a lunghi periodi di assenza di piogge come quella che ha caratterizzato l'estate 2024.

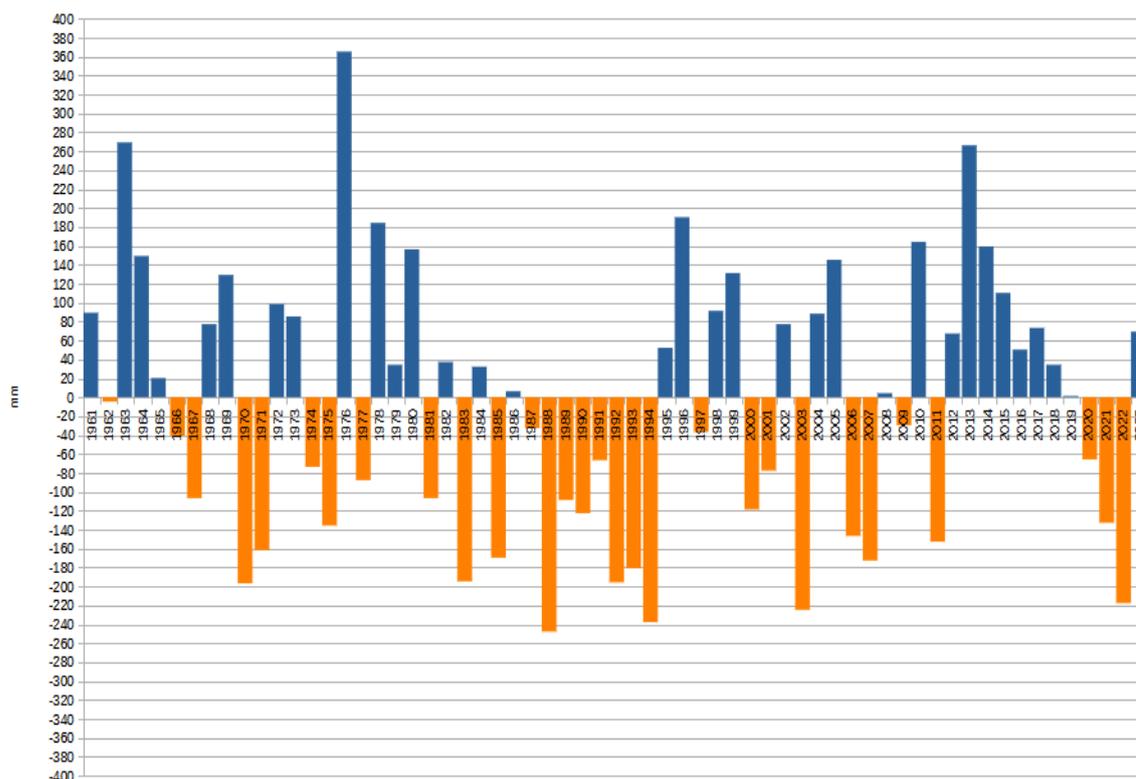


Figura 2. Anomalia precipitazione totale media annua (mm) rispetto alla media 1911-2020 (fonte dati [AMAP Servizio Agrometeo](#)).

Come descritto in dettaglio sotto, nel corso degli ultimi decenni sembra delinearsi un'intensificazione delle precipitazioni di durata giornaliera. In effetti, negli ultimi anni le Marche sono state interessate da precipitazioni davvero consistenti, a volte molto violente che hanno causato danni e purtroppo anche vittime. Uno su tutti l'alluvione del 15 settembre 2022 che ha devastato parte dell'entroterra anconetano e pesarese. Un intenso sistema temporalesco autorigenerante formatosi dopo le ore 15 ha stazionato per diverse ore sulle zone interne, generando forti precipitazioni con picchi orari superiori ai 90 mm in alcuni casi. Come si può vedere dall'immagine della pagina seguente, le cumulate maggiori si sono registrate sull'area montuosa e collinare della provincia di Ancona con sconfinamenti sull'Appennino di Pesaro-Urbino ed entroterra maceratese.

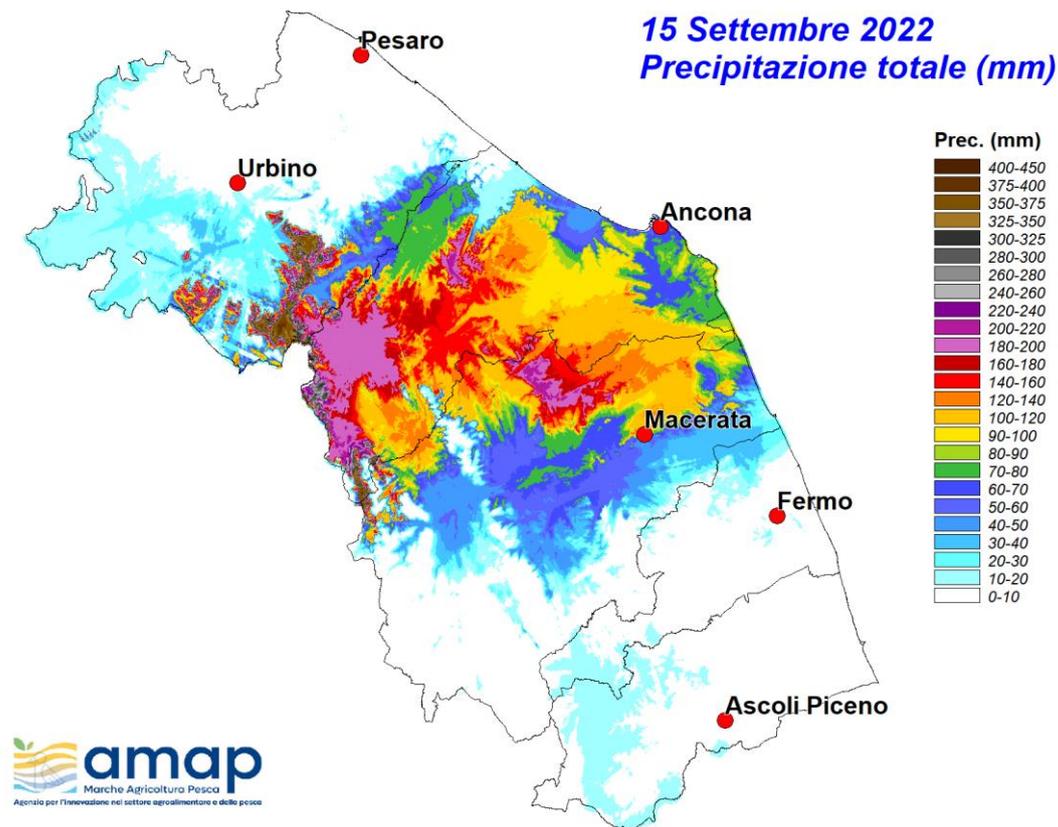


Figura 3. Mappa regionale delle precipitazioni totali del giorno 15 settembre 2022 (fonte dati [AMAP Servizio Agrometeo](#)).

Indici climatici: considerazioni

In questo paragrafo vengono riportate alcune considerazioni sull'andamento di alcuni indici climatici ritenuti di maggior rilievo per l'agricoltura. Le osservazioni di seguito riportate si riferiscono al periodo pluriventennale 2000-2023. Per tutte e 30 le stazioni rappresentative del territorio regionale sono stati studiati gli andamenti degli indici sottoelencati, suddivisi opportunamente per temperatura e precipitazione. Lo scopo dell'analisi è stato quello di riscontrare eventuali variazioni significative degli indici nel periodo climatologico sopraccitato e di osservare se quest'andamento si riscontrasse per la maggior parte delle stazioni. Dagli andamenti ottenuti per tutte le stazioni, si è giunti alle seguenti conclusioni:

Temperatura

- Giorni con gelo (FD, temperatura minima inferiore a 0°C): si registra una diminuzione del numero di giorni con gelo all'anno per quasi tutte le stazioni.
- Giorni estivi (SU, temperatura massima superiore a 25°C): si registra un aumento del numero di giorni estivi all'anno per tutte le stazioni.
- Giorni senza disgelo (ID, temperatura massima inferiore a 0°C): si registra una diminuzione del numero di giorni di senza disgelo per alcune stazioni.

- Notti tropicali (TR, temperatura minima superiore a 20°C): si registra un aumento del numero di notti tropicali all'anno per gran parte delle stazioni.
- Durata della stagione vegetativa (GSL): si registra un aumento della durata per quasi tutte le stazioni.
- Temperatura massima assoluta (TXX): si registra un aumento del valore massimo di temperatura massima giornaliera per gran parte delle stazioni.
- Temperatura media giornaliera (TMM): si registra un aumento della temperatura media giornaliera per tutte le stazioni.
- Temperatura minima assoluta (TNN): si registra un aumento del valore minimo di temperatura minima giornaliera per tutte le stazioni.
- Indice di durata dei periodi di caldo (WSDI): non si registrano variazioni significative per quasi tutte le stazioni.
- Indice di durata dei periodi di freddo (CSDI): si registra una diminuzione della durata per alcune stazioni.
- Escursione termica giornaliera (DTR): si registra un aumento dell'escursione termica giornaliera per tutte le stazioni.

Precipitazione

- Numero di giorni con precipitazione intensa (R10mm): non si registrano variazioni significative per la maggior parte delle stazioni.
- Numero di giorni con precipitazione molto intensa (R20mm): si registra un aumento per più della metà delle stazioni.
- Numero di giorni con precipitazioni estreme (R30mm): quasi la metà delle stazioni registra un aumento del numero di giorni con piogge estreme.
- Intensità giornaliera della precipitazione (SDII): si registra un aumento per quasi tutte le stazioni.
- Precipitazione massima giornaliera (RX1day): si registra un aumento per quasi la metà di tutte le stazioni.
- Precipitazione totale annua (PRCPTOT): non si registrano variazioni significative per la maggior parte delle stazioni.
- Giorni consecutivi senza pioggia (CDD): si registra un aumento della lunghezza dei periodi secchi per più della metà delle stazioni.
- Giorni piovosi consecutivi (CWD): non si registra alcuna variazione significativa, al più leggermente al ribasso per alcune stazioni.

L'impatto dei cambiamenti climatici nei sistemi agricoli delle Marche

L'analisi climatica evidenzia come il fenomeno del cambiamento climatico interessa anche le Marche: vi è infatti una conferma del generale aumento delle temperature medie, anche nei valori massimi e minimi.

Invece, per quanto riguarda le precipitazioni, nonostante i valori totali annui non presentino variazioni significative, si rileva una riduzione dei giorni di pioggia con un contestuale aumento dell'intensità pluviometrica giornaliera e dei fenomeni estremi.

L'aumento della durata dei periodi secchi, riscontrabile nella maggior parte delle stazioni, indica una diversa distribuzione nel corso dell'anno delle piogge le quali tendono a concentrarsi in periodi più brevi. Se ne deduce che, al totale precipitativo annuo, contribuiscono in particolare e con maggior frequenza gli eventi di pioggia molto intensa o estrema. La combinazione tra l'aumento della durata dei periodi siccitosi e l'aumento delle temperature può essere causa di un aumento della sofferenza delle colture a causa della maggiore evapotraspirazione, soprattutto nel corso della stagione estiva.

Il trend decrescente dei giorni di gelo e di ghiaccio, se da un lato potrebbe rappresentare un fatto positivo nella diminuzione degli episodi di gelate tardive e precoci, dall'altro, visto l'aumento dell'escursione termica giornaliera, potrebbe portare ad un'amplificazione dell'intensità delle gelate stesse, con maggiori danni per le colture. Inoltre, inverni più miti e minori episodi di gelata hanno un minor effetto di contenimento naturale sullo-sviluppo di popolazioni dei fitofagi.

Gli eventi climatici avversi influenzano sensibilmente il settore agricolo determinando spesso una riduzione delle rese, incidendo negativamente anche sulla qualità della produzione, e in casi estremi, possono causare la totale distruzione del raccolto. Le conseguenze delle temperature in aumento, per gli insetti e per le colture, possono determinare: habitat favorevoli per specie aliene, aumento dei cicli riproduttivi e minore mortalità invernale dei fitofagi, riduzione dei cicli di sviluppo delle colture (epoca di raccolta sempre più anticipate), incrementi degli stress termici delle colture, carenza di risorse idriche nei periodi ecc..

La variabilità del regime termopluviotermico, con l'incremento di eventi estremi, impatta direttamente sul settore agricolo e spesso, purtroppo, anche sulla sicurezza dei cittadini.

L'agricoltura e il cambiamento climatico si caratterizzano per una complessa relazione di causa-effetto: l'attività agricola contribuisce al cambiamento climatico e, a sua volta, ne subisce gli effetti rendendo necessaria l'adozione di strategie di adattamento, agendo sugli effetti del fenomeno, e mitigazione, agendo sulle cause. Molto importante infatti è la funzione che il suolo ha come sink di CO₂ per limitare il cambiamento climatico.

Sicuramente la **gestione del suolo** riveste un ruolo fondamentale fra le strategie di adattamento e mitigazione al cambiamento climatico. Alcune tecniche di gestione del suolo permettono di contenere i fenomeni di degrado quali l'erosione o il compattamento, di contrastare la siccità, di migliorarne le proprietà fisiche, chimiche e biologiche, di incrementare la sostanza organica, di controllare le erbe infestanti e di contrastare i patogeni.

Tra queste tecniche di agricoltura conservativa e a minor impatto ambientale rientrano le tecniche di gestione del suolo basate sull'adozione delle non lavorazioni o minime lavorazioni, incidendo positivamente sulla qualità del suolo (biodiversità nel suolo), sul dissesto idrogeologico (azione anti-erosiva) causato da piogge intense e/o dal vento e sul contrasto al rischio legato alla siccità.

Anche l'**inerbimento** favorisce l'aumento della sostanza organica nel suolo, con conseguente azione anche di mitigazione dei cambiamenti climatici in quanto permette un minor utilizzo di fertilizzanti chimici parzialmente sostituiti per l'aumento della sostanza organica. Esso facilita la stabilizzazione e il consolidamento dei suoli con conseguente diminuzione dell'erosione superficiale, consente una riduzione del fabbisogno irriguo della coltura a seguito del miglioramento della struttura del suolo e favorisce una maggiore capacità di ritenzione idrica del suolo. Tuttavia, l'inerbimento presenta l'inconveniente della competizione del cotico erboso per l'accesso alle risorse (acqua e nutrienti) nei riguardi della coltura arborea; per questo motivo tale tecnica è ideale per impianti dove è presente un terreno fertile.

Anche le **cover crops** ed i **sovesci** migliorano la struttura del terreno, incrementando la sostanza organica grazie al sequestro CO₂ dall'atmosfera; inoltre, se ben selezionate, le colture di copertura aiutano a diminuire la lisciviazione dei nutrienti nel periodo in cui il terreno sarebbe altrimenti scoperto risultando altamente efficienti rispetto al rischio erosivo. Nella scelta delle cover da alternare alle colture agrarie è molto utile anche l'utilizzo di piante biofumiganti, che permettono di combattere specifici parassiti del suolo e di piante che abbiano un apparato radicale in grado di migliorare la struttura fisica (macro e micro porosità) del suolo.

L'impiego di specifici **ammendanti e fertilizzanti** può migliorare le qualità fisiche e chimiche del terreno, stoccare carbonio nel suolo, incrementare la sostanza organica e la biodiversità, migliorare la ritenzione idrica, favorire la crescita e migliorare la risposta agli stress.

Tra questi prodotti che hanno effetti utili a contrastare la siccità, ottimizzare l'eccesso idrico, mitigare le precipitazioni intense, sfavorire l'erosione del suolo ma anche migliorare la risposta alle temperature massime e minime, si possono annoverare il compost e il letame. Quest'ultimo, ad esempio, grazie a un'elevata capacità di ritenzione idrica, mitiga, nei limiti del possibile, gli impatti legati ad eventi climatici estremi come quelli descritti; l'impiego di residui legnosi e verdi utilizzati ad esempio

come materiale pacciamante possono ridurre drasticamente l'evaporazione, migliorando la resistenza delle colture agli stress ambientali.

Anche l'impiego dei **biostimolanti**, sostanze e/o microrganismi che stimolano i processi naturali e migliorano l'efficienza d'assorbimento e d'assimilazione dei nutrienti, la tolleranza a stress abiotici e la qualità del prodotto, senza effetti diretti su parassiti e patogeni, aumentano la capacità di adattamento dei sistemi colturali agricoli ai cambiamenti climatici.

Allo stesso modo l'utilizzo di **corroboranti**, come polvere di roccia e caolino, determinano un'azione protettiva nei confronti della radiazione solare con azione riflettente, riducendo le scottature fogliari, la perdita d'acqua per traspirazione e gli attacchi di alcuni patogeni come, ad esempio, la mosca dell'olivo.

Di fondamentale importanza è anche la scelta di adeguate **tecniche agronomiche** che migliorano le qualità fisiche e chimiche del terreno, prevengono la compattazione, incrementano la sostanza organica nel suolo aumentandone la fertilità, favoriscono la proliferazione di microrganismi nel terreno e garantiscono una migliore gestione delle infestanti e dei patogeni, riducendo i rischi climatici. In funzione della variazione del regime pluviometrico, oltre alla copertura del suolo, sarà anche necessario ripensare ad un idoneo sistema idraulico superficiale per allontanare l'acqua in eccesso riducendo il rischio di erosione superficiale con conseguente perdita di suolo agrario e quindi di fertilità.

La **scelta della coltura e della varietà** dovrà basarsi sulla valutazione della capacità di adattamento della specie in relazione all'andamento termico e pluviometrico attesi: sarà conveniente scegliere la coltura che meglio si adatta alle nuove particolari condizioni ambientali.

L'**epoca di semina** dovrà essere rivalutata: l'anticipo dello sviluppo nelle colture primaverili-estive nei nostri ambienti consente di spostare il ciclo in una finestra temporale meno siccitosa e quindi più favorevole alla coltura.

Oltre agli elementi riportati sopra sarà importante impiegare i diversi **sistemi per la protezione delle colture** dagli eventi atmosferici come la grandine, le piogge intense, le ondate di calore e le gelate. In alcuni casi questi sistemi di difesa sono utili anche rispetto alla siccità e ai danni fitosanitari. A tal proposito si richiama l'uso, soprattutto per le colture arboree e/o orticole, di reti antigrandine, antinsetto, copertura antipioggia antispacco e reti per la mitigazione delle temperature.

La **corretta gestione delle risorse idriche** rappresenta uno degli elementi fondamentali per un'agricoltura resiliente al cambiamento climatico: occorre evitare gli sprechi ed incrementare la capacità di stoccaggio delle acque. Nei nostri areali le misure che possono essere adottate rispondono principalmente al problema della siccità. L'impiego dell'irrigazione a goccia riduce il consumo di acqua ed anche il contatto con la vegetazione limitando così lo sviluppo di patologie e l'uso di prodotti fitosanitari. Di

fondamentale importanza risulta anche la programmazione del turno dell'irrigazione: l'evaporazione durante le ore notturne o nelle primissime ore del giorno è minima, sfruttando le ore con meno radiazione si dà tempo al suolo di assorbire l'acqua senza che una parte venga meno a causa dell'intensa radiazione e delle alte temperature delle ore centrali delle giornate estive. Al fine di favorire la raccolta e la gestione dell'acqua a livello aziendale, negli areali collinari marchigiani, potrebbe essere utile realizzare laghetti artificiali per l'accumulo e la riserva d'acqua nei periodi piovosi.

Il **monitoraggio fenologico** è importante per le diverse pratiche agricole, infatti, alcuni interventi (trattamenti fitosanitari, concimazioni, diserbi, irrigazioni, ecc.) risultano efficaci solo se effettuati in corrispondenza di specifiche fasi fenologiche. Inoltre, le piante mostrano una sensibilità agli agenti esterni (gelate, ondate di caldo, grandine, attacchi di insetti e di patogeni, ecc.) diversa a seconda della fase fenologica durante la quale l'evento si verifica.

L'impiego di **modelli fitosanitari** di supporto alle decisioni (DSS) agevola la valutazione del rischio fitosanitario per determinati patogeni in base all'andamento meteorologico e al conseguente stadio di sviluppo della pianta. I modelli simulano la dinamica delle popolazioni di patogeni e funghi e i principali stadi di sviluppo degli insetti dannosi per le piante, indicando la tempistica migliore per l'applicazione dei trattamenti.

Nella gestione della risorsa idrica risultano direttamente implicati i **modelli di bilancio idrico** che stimando la dinamica dell'acqua nell'agroecosistema, in particolare il contenuto idrico nel suolo e i fabbisogni irrigui delle colture, permettono di conoscere dove e quando irrigare, consentendo quindi un utilizzo razionale e preciso dell'acqua.

La conoscenza delle **previsioni meteo** di breve periodo permette di mitigare alcuni possibili danni alle colture pianificando preventivamente l'impiego di eventuali sistemi di difesa (es. teli antigrandine ecc.) mentre gli scenari su scala stagionale e quelli di clima futuro possono essere utilizzati per la programmazione delle attività e per gli studi fattibilità per la messa a dimora di colture perenni. La conoscenza approfondita dei fabbisogni di ciascuna coltura e la valutazione delle performance varietali è un'ulteriore aspetto rilevante per l'adattamento ai cambiamenti climatici.

Nell'ambito delle diverse azioni da mettere in campo, un ruolo importante riveste la **formazione e l'informazione**.

Un contributo al sistema della conoscenza e dell'informazione può arrivare anche dall'utilizzo dei **notiziari agrometeorologici regionali** che emessi regolarmente, nel caso della Regione Marche dall'Agenzia per l'Innovazione nel Settore Agroalimentare e della Pesca - AMAP, contengono informazioni sull'andamento meteorologico osservato e previsto, sullo stato vegetativo e fenologico delle colture agrarie, sui rischi fitosanitari e sullo stato idrico del terreno, permettono di gestire al meglio le operazioni agronomiche (fertilizzazioni, trattamenti fitosanitari, potature, lavorazioni).

Le misure di adattamento ai cambiamenti climatici, oltre a evitare e/o prevenire i danni, possono avere un ruolo determinante anche nel miglioramento delle performance aziendali.