

Effetti del cambiamento climatico in agricoltura: monitoraggio e strumenti di adattamento **Audizione CNR in 9ª Commissione Senato**

Giovedì, 30 novembre, ore 9

Audizione di rappresentanti in 9ª Commissione Senato del Consiglio Nazionale delle Ricerche
(Dipartimento Scienze Bio-Agroalimentari e Istituto di Scienze delle Produzioni Alimentari)

***Sintesi:** In questa breve nota saranno analizzate le relazioni tra il cambiamento climatico, l'agricoltura e le strategie globali-locali per garantire la sicurezza alimentare. Sarà brevemente accennato il ruolo delle azioni "politiche" nel promuovere l'innovazione per sostenere i sistemi agroalimentari locali e la loro capacità di sostenere le esigenze della società. Il comparto agricolo, senza adeguato supporto, non può affrontare la lotta agli effetti dei cambiamenti climatici; è inoltre opportuno segnalare che è ancora insufficiente l'attenzione alle problematiche che affronta quotidianamente l'agricoltura. Nel quadro generale degli effetti dei CC sull'agricoltura è necessario andare oltre il concetto del ristoro economico che va integrato con un pacchetto di misure che finanzino la ricerca, adattando l'agricoltura al CC. Favorire l'ingresso dei giovani in agricoltura può rappresentare una leva su cui agire perché le moderne tecnologie (es. agricoltura di precisione) che possono essere di supporto all'agricoltura, sono di più facile appeal per i giovani.*

Il cambiamento climatico rappresenta una delle più grandi sfide che l'umanità deve affrontare. Gli effetti dei CC hanno impatti e costi sulla società e sull'ambiente e condizionano (e condizioneranno) lo sviluppo per le generazioni presenti e future.

Le sue manifestazioni sono diverse: da un lato, le manifestazioni primarie dei cambiamenti climatici sono di tipo fisico (aumento della frequenza di eventi meteorologici estremi, picchi di temperatura) dall'altro, le manifestazioni secondarie sono diverse e non sempre facilmente prevedibili. Va anche considerato che questi effetti hanno impatti diversi sulla popolazione mondiale e risultano più gravi in aree più vulnerabili, che spesso si identificano con alcuni Paesi in via di sviluppo, dove l'agricoltura rappresenta il principale settore che contribuisce alla formazione del PIL del Paese. Queste popolazioni sono più vulnerabili agli effetti del cambiamento climatico, in quanto hanno condizioni economiche precarie che riducono la capacità finanziaria e tecnologica di affrontare queste sfide e di ridurre le conseguenze deleterie.

In un sistema globale sempre più esigente per l'energia, la lotta ai cambiamenti climatici richiede, in primo luogo, politiche mirate ad aumentare la produzione di energia pulita che sia competitiva all'uso di fonti energetiche più inquinanti. Tuttavia - e veniamo agli aspetti più direttamente collegati al settore agricolo - richiede anche politiche che incoraggino la promozione dell'innovazione agroalimentare in modo sostenibile, quindi rispettoso dell'ambiente, usando in maniera efficiente le risorse a disposizione (in particolare acqua e nutrienti), contribuendo così alla difesa degli ecosistemi e dell'agro-biodiversità. E' l'approccio della "intensificazione sostenibile", che punta a rendere più efficiente e produttivo il settore della produzione primaria agricola, nel rispetto dell'ambiente.

Il paradigma dell'agricoltura attuale e di quella proiettata nel futuro è quindi rappresentato dal concetto di produrre di più con meno. Il cambiamento climatico accentua e complica la risposta a questo paradigma.

Strumenti di adattamento e azioni di mitigazione

Le azioni che possono essere messe in atto per contrastare gli effetti del cambiamento climatico possono essere distinte in strumenti di adattamento, che agiscono nel breve-medio periodo e strumenti di mitigazione che invece agiscono nel medio-lungo termine e mostrano i loro effetti dopo un periodo più o meno lungo a seconda dei processi coinvolti.

Le azioni di adattamento riguardano essenzialmente scelte agronomiche che possono essere attuate direttamente dall'agricoltore nella propria azienda e non richiedono ingenti investimenti. Riguardano in particolare la scelta della specie e/o della varietà da coltivare. La scelta andrà effettuata privilegiando quelle migliorate o, meglio, adattate alle elevate temperature e alla ridotta disponibilità idrica, alla maggiore virulenza di patogeni che si prevede si possano sviluppare di più e per periodi più lunghi alle condizioni climatiche previste. Un'altra strategia importante può essere considerata l'ottimizzazione dell'epoca di semina o di trapianto; in questo settore la ricerca italiana internazionale ha dimostrato ampiamente quale possa essere l'effetto di tali pratiche.

Sempre nel contesto delle strategie di adattamento azioni importanti possono essere attuate agendo su un uso più efficiente delle risorse, con l'ottimizzazione dell'irrigazione e della fertilizzazione. Le pratiche per la conservazione dell'umidità del suolo (es. non lavorazione, minima lavorazione, pacciamatura) possono ridurre il grado di vulnerabilità dei sistemi colturali agli effetti dei cambiamenti climatici, ed hanno un potenziale più elevato rispetto alle strategie descritte precedentemente in quanto hanno anche un ruolo di mitigazione dei cambiamenti climatici poiché possono consentire di incrementare il contenuto di sostanza organica dei suoli, garantendo un più elevato sequestro di CO₂.

STra le strade percorribili per ridurre l'impiego dell'acqua in agricoltura va evidenziato l'impiego di tecnologie intelligenti, che consentono l'identificazione dello stato idrico del suolo e la stima della domanda di acqua delle colture sia a livello di singolo appezzamento di terreno sia a livello territoriale e/o comprensoriale (con dati satellitari, modelli di produttività agronomica, ecc.) e che rientrano all'interno di quella che, nel suo complesso, definiamo "Agricoltura di precisione". Alcune di queste tecniche, in particolare quelle a livello territoriale e/o nazionale, possono anche rientrare tra le strategie di monitoraggio della risposta dei sistemi agricoli ai cambiamenti climatici. Le tecniche di Agricoltura di Precisione trovano applicazione anche nelle fertilizzazioni mirate (fertilizzare dove e quando serve, applicazioni a rateo variabile) come anche nella lotta alle patologie con applicazioni puntuali, legate al monitoraggio della presenza dei patogeni.

In questo ambito abbiamo appena concluso un progetto finanziato da MUR nell'ambito del Programma Operativo Nazionale - area Agrifood. Il progetto "E-crops - tecnologie per l'agricoltura digitale sostenibile" ha visto la partecipazione di un partenariato pubblico-privato coordinato dal CNR, in collaborazione con aziende che vanno dalle grandi imprese quotate in borsa, alle Pmi ed alle società cooperative agricole, oltre a due università e l'agenzia ALSIA. Nel progetto le tecnologie sviluppate, assieme a metodologie consolidate di analisi e validazione rese disponibili dal partenariato pubblico, sono state applicate in una serie di casi-pilota: su filiere industriali, nel settore

orto-frutticolo, nei settori olivicolo e vitivinicolo. L'impiego di nuove tecnologie, sia in termini di sensori e piattaforme che di infrastrutture per la gestione dei dati, nei tessuti produttivi aziendali attraverso le implementazioni pilota, consente di monitorare e gestire le colture in funzione di obiettivi definiti.

Ad esempio, per quanto riguarda il comparto dell'ortofrutta, i dati del 2023 evidenziano che il settore dell'ortofrutta italiano conta circa 300 mila aziende ed una valenza economica di circa 15 miliardi di euro, (il 25% in valore del settore agricolo italiano). Una buona parte della produzione viene esportata (10 miliardi di euro). Le più recenti analisi del comparto evidenziano, tra le principali sfide che il settore deve affrontare, quello dell'incidenza crescente degli eventi climatici avversi. Evidenzia altresì, tra le opportunità, l'adozione di tecnologie digitali.

Il settore ortofrutticolo risulta essere in prima linea nello scenario dell'agricoltura di precisione e, più in generale, in quello relativo all'adozione di tecnologie digitali, cogliendone pienamente le opportunità per rendere più sostenibili ed efficienti i processi produttivi. Recenti studi evidenziano che il settore ortofrutticolo è quello che conta il maggior numero di soluzioni in questo ambito, indirizzate prevalentemente alle fasi di coltivazione e raccolta dei prodotti. Il monitoraggio dell'umidità e della conducibilità elettrica del suolo/substrato di coltivazione, mediante tecnologie di *proximal sensing* sempre più affidabili e a basso costo, rappresenta un approccio intuitivo e versatile, con ampie prospettive di applicazione a livello aziendale, per la gestione razionale dell'irrigazione e della fertilizzazione delle colture. Nell'ambito del progetto E-crops, sono state progettate e realizzate infrastrutture tecnologiche IoT (reti di sensori e dispositivi per l'analisi dei dati e la relativa attuazione di automatismi). L'impiego di sensori ha consentito un risparmio idrico del 58% e un incremento dell'efficienza d'uso dell'acqua del 73%.

Anche le risorse idriche alternative, come il riutilizzo delle acque reflue trattate, rappresentano ormai delle possibilità che devono essere colte e sfruttate dal sistema agricolo.

Altre azioni che mirano ad agire sull'adattamento riguardano i) il recupero, la caratterizzazione, la conservazione e la valorizzazione dell'agrobiodiversità dei nostri territori, che possono essere considerate anche di geni utili per disporre di un patrimonio genetico che consenta di migliorare le piante e rispondere al clima che cambia; ii) azioni di miglioramento genetico per adattare le colture ai cambiamenti climatici; iii) mantenere e ove possibile diversificare i nostri sistemi agricoli, sia considerando le diverse "agricolture" (convenzionale, biologica, integrata), sia favorendo pratiche per favorire la variabilità a scala di paesaggio, come l'agroforestazione e l'uso dei margini meno produttivi per favorire la biodiversità; iv) l'aumento della sostanza organica nei suoli.

Risultano validi anche approcci di economia circolare, ad esempio la produzione di fertilizzanti e ammendanti organici direttamente in azienda, offrendo quindi la possibilità agli operatori del settore agricolo di valorizzare sottoprodotti agroalimentari e scarti di produzione, trasformandoli in prodotti per la nutrizione, il benessere delle piante e dell'ambiente. L'impiego di fertilizzanti e ammendanti organici, tra cui va anche menzionato il biochar, favorisce il sequestro di carbonio all'interno dei suoli riducendo le emissioni di CO₂ e migliorano la nutrizione e l'efficienza di uso idrico delle piante.

Le strategie appena elencate, sia di breve che di lungo periodo, sono di grande importanza per affrontare i cambiamenti climatici. In ogni caso la sensibilità del "comparto agricolo" al clima

aumenterà nel corso di questo secolo e in quest'ottica le scelte che un agricoltore è abituato a fare saranno ancora più determinanti e decisive di quanto non lo siano oggi nel favorire il successo o meno di un'annata agraria. In questo contesto è necessario attivare sistemi di monitoraggio e servizi di supporto alle decisioni a vantaggio degli agricoltori con l'accortezza che tali servizi devono essere di natura comprensoriale in quanto non esistono soluzioni uniche, adatte al variegato territorio italiano.

Monitorare e migliorare la sicurezza alimentare in un clima che cambia

I cambiamenti climatici pongono sfide significative anche nell'ambito della sicurezza alimentare. L'aumento della temperatura, umidità, precipitazioni e una maggiore frequenza di eventi meteorologici estremi hanno già un significativo impatto sulle produzioni agricole, nonché sulla qualità nutritiva delle colture alimentari. Inoltre, gli effetti dei cambiamenti climatici risultano essere evidenti anche a livello della biodiversità microbica degli agro-ecosistemi, compromettendone a volte in maniera irreversibile la loro naturale resilienza ad eventi di perturbazione che ne alterano la stabilità e l'equilibrio. In particolare, l'aumento della temperatura e dell'umidità favoriscono l'insorgenza, la persistenza e la virulenza di numerosi agenti patogeni di diversa natura, inclusi i microrganismi quali batteri e funghi che incidono negativamente sulle produzioni agricole. Spesso una delle conseguenze più comuni all'aumento dell'incidenza di agenti patogeni dannosi è l'incremento dell'utilizzo di fungicidi e pesticidi per il controllo dell'insorgenza e della diffusione della malattia, con il possibile incremento dell'impatto ambientale e del rischio di contaminazione residuale degli alimenti di origine primaria e loro derivati.

Alcune specie di **funghi filamentosi** sono in grado di sintetizzare metaboliti secondari chiamate "micotossine", alcune delle quali possono essere altamente tossiche sia per l'uomo che per gli animali. Se presenti, esse possono influire sullo sviluppo delle piante ed entrare nella catena alimentare attraverso le colture alimentari e i mangimi contaminati.

L'esposizione alimentare umana alle micotossine può avvenire sia in modo diretto che indiretto: direttamente attraverso il consumo di colture contaminate e indirettamente attraverso il consumo di prodotti di origine animale derivati da bestiame alimentato con mangimi contaminati. In merito alle micotossine, l'Europa vanta un'elevata consapevolezza della loro prevenzione e controllo, nonché le normative più rigorose, estese e dettagliate sulle micotossine negli alimenti e nei mangimi. Tuttavia, la contaminazione da micotossine in diversi prodotti alimentari e mangimi costituisce una preoccupazione crescente proprio in Europa a causa dei cambiamenti climatici. Le micotossine più caratterizzate sono prodotte dai generi *Aspergillus*, *Fusarium* e *Penicillium*, che, nelle produzioni cerealicole costituiscono una delle più importanti problematiche. Tra le diverse micotossine, le aflatossine presentano la più alta tossicità acuta e cronica, tra cui genotossicità, cancerogenicità e immunotossicità. L'aumento delle temperature e dell'umidità legato ai cambiamenti climatici ha contribuito ad una maggiore diffusione proprio delle aflatossine nell'Europa meridionale e i futuri scenari climatici previsti per i prossimi decenni confermano una loro sempre più ampia diffusione.

Alla luce di uno scenario così preoccupante è necessario porre in atto diverse azioni mirate al costante monitoraggio della produzione e della diffusione delle micotossine, incentivando iniziative di *risk assessment* ad ampio spettro lungo tutta la filiera alimentare. Inoltre, è fondamentale sostenere l'attuazione di buone pratiche agronomiche finalizzate al ripristino della biodiversità microbica al fine di rendere i sistemi produttivi più resilienti ai cambiamenti climatici. Sarebbe anche auspicabile una riduzione dell'impiego di fitofarmaci e pesticidi, sia attraverso un loro uso più

efficiente e mirato (si rimanda a quanto detto per l'agricoltura di precisione, sia tramite l'attuazione di strategie di lotta biologica agli agenti patogeni e tossigeni mediante l'utilizzo di competitori naturali in grado di contrastarne la crescita e la diffusione, particolarmente utili nel caso proprio della contaminazione da aflatossine, dato che il modo più efficace per contrastarle è l'uso di popolazioni della stessa specie non in grado di produrre Aflatossine. Ciò consentirebbe di mitigare il loro impatto sul sistema agricolo e conseguentemente sull'alimentazione e la salute umana ed animale.

Nell'ottica di attuare misure correttive e di mitigazione efficaci nel contrastare gli effetti dei cambiamenti climatici sui sistemi produttivi alimentari è fondamentale sviluppare modelli predittivi, ovvero in grado di prevedere le conseguenze di futuri scenari climatici sia sulle produzioni agricole che in termini di diffusione dei patogeni e dei relativi metaboliti tossici per la salute umana ed animale. Tali modelli predittivi potranno essere integrati in Sistemi di Supporto alle Decisioni (DSS) quali strumenti utili per affrontare le problematiche legate ai cambiamenti climatici e supportare i processi decisionali mirati all'attuazione di una gestione sostenibile delle risorse e alla definizione di misure di mitigazione e adattamento. In tal senso, anche approcci basati su *machine learning* ed intelligenza artificiale potranno contribuire all'elaborazione di modelli previsionali sempre più accurati.

Inoltre, è necessaria una revisione critica delle normative e degli standard alimentari esistenti, al fine di garantire una risposta più immediata ai rischi e alle minacce emergenti. Altri approcci includono la promozione di alimenti minimamente lavorati e di filiere alimentari corte attraverso la valorizzazione di sistemi alimentari locali e autoctoni. È fondamentale anche la responsabilizzazione dei diversi attori della filiera alimentare per l'attuazione di programmi di gestione della sicurezza alimentare nei sistemi di produzione.

Infine, è fondamentale sensibilizzare i consumatori alle problematiche legate alla produzione e alla sicurezza alimentare. Una maggiore consapevolezza e una più efficace educazione ad un consumo sostenibile degli alimenti, con particolare attenzione alla riduzione delle perdite e degli sprechi alimentari, incentiverebbe la capacità di adattarsi proattivamente ai cambiamenti climatici, riducendo così la vulnerabilità complessiva degli agro-ecosistemi.

*A cura di:

Massimo Ferrara, Francesco Serio, Antonio Moretti - Istituto di Scienze delle Produzioni Alimentari – Giorgio Matteucci – Dipartimento di Scienze BioAgroalimentari, Consiglio Nazionale delle Ricerche

Il Dipartimento di Scienze BioAgroalimentari del Consiglio Nazionale delle Ricerche ha la missione di ampliare le conoscenze scientifiche, fondamentali ed applicate, attraverso lo sviluppo delle biotecnologie ed avanzati modelli bio-economici anche con l'utilizzo dell'intelligenza artificiale. Queste conoscenze hanno come obiettivo di sviluppare un sistema agroalimentare sostenibile, facilitare il processo di transizione ecologica, salvaguardare la biodiversità ed ottenere cibo di qualità nelle quantità necessarie ad una popolazione in crescita. Al Dipartimento afferiscono nove istituti di ricerca con numerose sedi, in quasi tutte le Regioni italiane, per un totale di più di 900 unità di personale dedicato alla ricerca dei sistemi agricoli, di produzione alimentare e forestali. Tra gli istituti del DISBA, l'Istituto di Scienze delle Produzioni Alimentari opera nel settore della ricerca,

innovazione e trasferimento tecnologico per il miglioramento della qualità e della sicurezza dei prodotti agroalimentari. L'ISPA supporta percorsi di innovazione tecnologica di piccole, medie e grandi imprese nazionali ed estere del settore agroalimentare. In particolare, nel campo sistemi di produzione sostenibile, particolare importanza viene assegnata alla coltivazione in ambiente protetto e pieno campo delle principali produzioni ortofrutticole e ai suoi riflessi sulla qualità del prodotto. La sostenibilità del processo produttivo viene anche studiate per gli aspetti che comprendono le tecnologie di trasformazione, conservazione e confezionamento delle produzioni ortofrutticole. Nel campo della sicurezza alimentare, le attività di ricerca sono incentrate sullo sviluppo di metodologie innovative per la determinazione di micotossine, funghi tossigeni, microrganismi patogeni, ed allergeni in materie prime ed alimenti, come cereali, vino, pasta, latte, alimenti per l'infanzia e frutta secca.