

Cambiamenti climatici in agricoltura: sistemi di adattamento

INTRODUZIONE

L'agricoltura italiana, intrinsecamente legata all'ambiente naturale e al contesto socio-economico dell'area mediterranea, è potenzialmente tra le più esposte e vulnerabili agli effetti dei cambiamenti climatici (cc) con ripercussioni negative in termini sia di quantità che di qualità e sicurezza delle produzioni, nonché sulla economia di tutto il comparto con effetti sugli andamenti di mercato (domanda-offerta, disponibilità di riserve, ecc.) (Fisher et al. 2005). Le conseguenze di tali cambiamenti potranno divenire ancor più rilevanti quanto più gli stessi avverranno con rapidità, imprevedibilità e incertezza mettendo a nudo la vulnerabilità dei nostri agro-ecosistemi. Una maggiore suscettibilità agli attacchi di insetti e microorganismi patogeni, il rischio di perdita di sostanze nutritive e organiche nel suolo, la possibile riduzione delle risorse idriche, e l'incidenza di eventi atmosferici estremi potrebbero causare una diminuzione delle rese e un aumento della variabilità delle stesse, nonché una riduzione delle aree adatte alle colture tradizionali. Sviluppare e applicare strategie di adattamento per ridurre o evitare gli effetti negativi del cambiamento climatico sia a breve termine (adozione di appropriate strategie di difesa, cambiamento nelle specie coltivate, cultivar e date di semina) che a lungo termine (destinazione d'uso del suolo e sistema agricolo), rappresenta una delle sfide più importanti, irrinunciabili, del sistema produttivo agricolo in tutte le sue componenti e reti relazionali.

* *ENEA Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali, Divisione Biotecnologie e Agroindustria*

I SISTEMI DI ADATTAMENTO IN AGRICOLTURA

*Ruolo chiave dell'informazione e della conoscenza:
l'approccio "knowledge intensive"*

Fino a oggi, gli agricoltori si sono adattati, in modo autonomo, ai cc gradualmente del passato. Tuttavia, l'accelerazione dei cambiamenti riscontrata negli ultimi 30 anni e la consistente e rapida variazione del clima prevista per l'immediato futuro (IPCC, 2014) richiede di indirizzare le trasformazioni dei sistemi agricoli verso una minore vulnerabilità e una maggiore resilienza.

Per questo è necessario investire nell'acquisizione di nuove conoscenze, garantire una buona diffusione delle informazioni sui risultati della ricerca e adottare misure politiche che facilitino le azioni di adattamento attraverso una forte partecipazione di tutte le componenti (agricoltori, decisori politici, istituzioni di ricerca) coinvolte nel processo di trasformazione. Gli agricoltori e le associazioni di categoria devono essere informati sugli elementi di cambiamento dello scenario climatico nel quale hanno storicamente costruito la loro esperienza professionale di pianificazione spazio-temporale delle risorse. Le strategie di adattamento non possono prescindere da un approccio "di conoscenza ad alta intensità" attraverso la quale gli agricoltori in primis debbono acquisire elementi di conoscenza, ad esempio, sulla biologia dei parassiti, il loro riconoscimento, i principi ecologici di base che ne regolano la densità, i processi che stanno alla base dell'arricchimento o dell'impoverimento nutritivo dei suoli.

Senza la consapevolezza delle caratteristiche verso le quali sta evolvendo l'instabilità meteorologica che prelude ai cc, si potrebbe correre il rischio che gli agricoltori adottino soluzioni gestionali di respiro temporale sempre più breve, e di maggior impatto sulle risorse naturali meno tutelate o, per converso, abbandonino le aree più esposte all'instabilità favorendo la desertificazione.

Strumenti e strategie per i sistemi agricoli e le aziende

Nuovi strumenti operativi sono necessari in aggiunta a quelli già individuati dalla Pac (Politica Agricola Comune) che già possono contribuire a ridurre l'esposizione e la vulnerabilità del sistema produttivo agricolo agli effetti dei cc e aumentarne la resilienza. Le misure della Pac che hanno un maggiore potenziale di sviluppo in termini di adattamento sono le regole e gli standard della eco-condizionalità, le misure agro ambientali (conservazione della ferti-

lità, biodiversità e della sostanza organica) e forestali i sistemi di gestione del rischio, i sistemi di supporto alle scelte degli agricoltori in particolari sulle condizioni meteorologiche e su quelle fitosanitarie. Fondamentale è pertanto il ruolo della ricerca e dell'Innovazione collegate in modo interattivo con il mondo operativo e con i decisori politici che beneficeranno di un approccio sistemico di tipo *knowledge intensive* (Sharma et al., 2014).

Sintetizzando le azioni di adattamento dovranno riguardare differenti livelli del sistema produttivo agricolo come indicato nel documento di “strategia nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici” del Ministero dell'Ambiente (http://www.miniambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/clima/documento_SNAC.pdf):

- livello strutturale: azioni per il miglioramento delle infrastrutture aziendali e del territorio al fine di ridurre l'esposizione e la vulnerabilità agli effetti dei cc;
- livello gestionale: azioni di pianificazione aziendale, innovazione e modernizzazione della gestione del territorio, diversificazione produttiva, strumenti di supporto alle decisioni, sistemi di *early warning* per eventi meteo estremi o attacchi di organismi patogeni;
- livello economico: revisione degli strumenti assicurativi di gestione del rischio. Il concetto di rischio climatico, inoltre, può comprendere anche il comportamento e la diffusione di fitopatologie e attacchi parassitari, che si mostrano nel tempo sempre più anomali come risultato delle condizioni climatiche e degli eventi estremi.

Adattare e rinnovare la gestione delle emergenze fitosanitarie

Le proiezioni che emergono dai più recenti studi climatologici tipo modellistico, sia su scala globale che regionale e locale per l'Italia (Desiato et al., 2015), sono concordi nel prevedere un aumento piuttosto costante della temperatura attribuibile in modo più o meno equivalente sia all'aumento delle temperature massime diurne che delle temperature minime notturne. Le proiezioni delle precipitazioni benché più incerte indicano attraverso alcuni indici, rappresentativi della frequenza, dell'intensità e degli estremi di precipitazione una futura, progressiva concentrazione delle precipitazioni in eventi più intensi e meno frequenti.

Gran parte di questi cambiamenti stanno determinando una significativa risalita, verso le latitudini del mediterraneo, delle aree di “adattamento ecologico” per molte specie termofile di insetti di origine tropicale o subtropicale

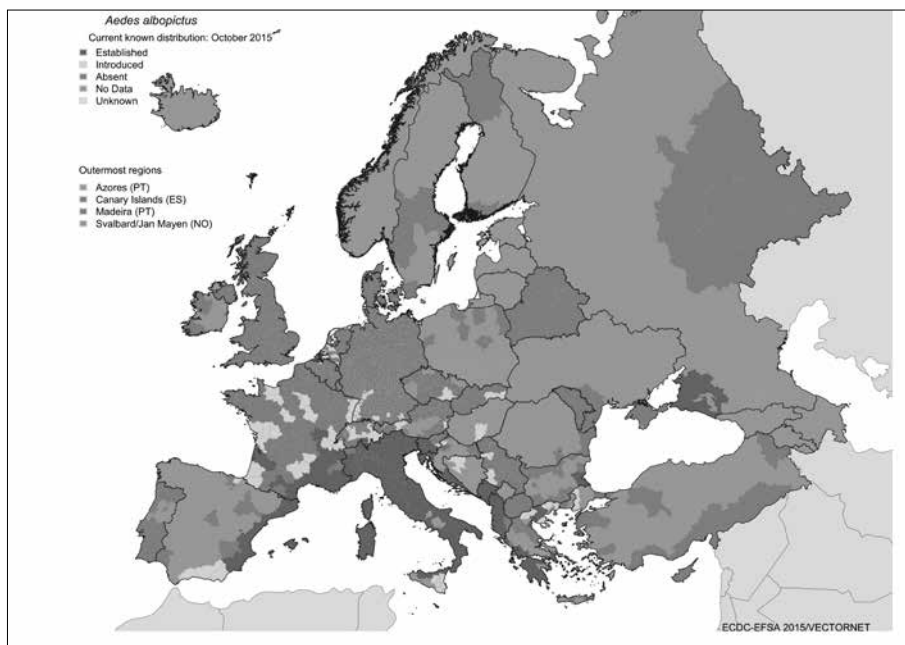


Fig. 1 Distribuzione attuale di "*Aedes albopictus*" in Europa
(http://ecdc.europa.eu/en/healthtopics/vectors/vector-maps/Pages/VBORNET_maps.aspx)

conosciute come altamente fitofaghe. Ma il problema è più generale e non circoscrivibile al solo ambito delle produzioni agricole. Gli scenari climatologici del futuro, prospettati come probabili dall'IPCC (International Panel Climate Change) (IPCC, 2014), impongono una visione molto realistica anche dei rischi sanitari che le comunità umane delle aree temperate, di paese sviluppati come il nostro, possono correre in un futuro non molto lontano. L'esempio di *Aedes albopictus* (zanzara tigre), vettore di malattie virali molto pericolose per l'uomo (Chikungunya, Dengue) che ha colonizzato velocemente le aree dell'Europa meridionale (fig. 1), è solo uno dei molteplici casi di nuove specie aliene-invasive che stanno ampliando o modificando i loro areali di espansione. Tutto ciò ci pone di fronte all'esigenza di rispondere adeguatamente con sistemi innovativi e sostenibili sia di prevenzione che di contenimento.

Il contributo della ricerca ENEA

Nel corso degli ultimi decenni l'ENEA ha sviluppato con successo approcci innovativi per gestire, su base territoriale e in modo sostenibile, molteplici

problemi riguardanti l'agroecosistema, e ha accumulato in particolare, una vasta esperienza nello sviluppo di soluzioni avanzate per combattere su scala territoriale importanti parassiti delle colture quali la mosca mediterranea della frutta (*Ceratitis capitata* Wied.) (Cirio et al., 1998) attraverso la tecnica di lotta col maschio sterile, o contro la mosca dell'olivo (*Bactrocera oleae* Rossi), trasferendo su vaste aree dell'olivicoltura laziale (comune di Canino-Viterbo), strategie innovative di lotta Integrata che ancora oggi rappresentano un modello operativo di gestione fitosanitaria in linea con le indicazioni del vigente PAN (Piano d'azione Nazionale) sull'uso sostenibile dei fitofarmaci (Direttiva 2009/128/CE).

Oggi, valutare e gestire efficacemente a livello territoriale la molteplicità e la complessità dei problemi ecologici legati al cambiamento globale (come ad esempio le emergenze fitosanitarie causate da cambiamenti climatici e/o specie invasive) è una sfida senza precedenti che richiede un approccio olistico che sia allo stesso tempo semplificato e realistico, insieme alla disponibilità di tecnologie innovative per sviluppare rapidamente soluzioni adeguate.

Le linee di ricerca e sviluppo perseguite dalla “*Divisione Biotecnologie ed Agroindustria*” in tema di adattamento per la protezione delle colture da fitofagi e fitopatie si articolano su tre principali aree di competenza (Agroecologia, Biotecnologie, Modellistica Avanzata / Telerilevamento) che se strettamente interconnesse in fase di progettazione di interventi integrati sul territorio possono complementare l'efficienza delle misure di prevenzione (protezione delle frontiere, applicazione della quarantena, ispezione importazioni).

L'approccio Agro-ecologico si basa su un processo di analisi profonda delle componenti biotiche ed abiotiche degli agrosistemi che può portare alla individuazione di relazioni utili che consentono lo sfruttamento di antagonismi naturali che nel loro complesso costituiscono la lotta biologica classica. La gestione agro-ecologica del sistema agricolo mira inoltre alla massima tutela della biodiversità al fine di garantire reti relazionali tra gli organismi che possono prevenire “esplosioni demografiche incontrollate”. A tal proposito anche la ricerca del microbioma dei suoli assume un ruolo assai rilevante.

Per quanto concerne le “Biotecnologie e la Genetica agraria” le attività riguardano essenzialmente la valorizzazione di germoplasma di specie vegetali, già particolarmente adatte agli ambienti del sud Italia (lenticchia, fava, orzo, frumento, pomodoro, patata) cui si associano caratteristiche di maggiore resistenza a patogeni e stress idrici (Cantale et al., 2007; Bacchetta et al., 2015).

Più recentemente metodologie avanzate di “genome editing” permettono di “bio-fortificare” specie di interesse agrario, introducendo in maniera mi-

rata caratteristiche di interesse (resistenza a stress biotici e abiotici, miglioramento della qualità o quantità del prodotto). Nonostante le potenzialità più che promettenti di questa tecnologia, sarà però necessario tener conto della normativa che regola la sua applicazione alle piante coltivate, che dovrebbe idealmente essere aggiornata di pari passo con l'ottenimento di risultati di interesse applicativo.

Le biotecnologie vegetali (tradizionali e di nuova generazione) sembrano però ancora non sufficienti a fornire un'efficace soluzione alla perdita dei raccolti attribuibile alla infestazione da insetti, sia come diretti fitofagi sia come vettori di patologie. Il numero di specie entomologiche dannose sta progressivamente aumentando in questi ultimi anni, come conseguenza dell'introduzione di specie alloctone attraverso l'aumento di scambi commerciali tra i vari paesi. Le variazioni climatiche che hanno caratterizzato gli ultimi decenni hanno inoltre creato in qualche caso le condizioni adatte alla stabilizzazione alle nostre latitudini di specie di insetti provenienti da aree tropicali o subtropicali.

Occorre quindi direzionare lo sviluppo delle biotecnologie molecolari verso l'entomologia applicata con l'obiettivo di riuscire a "bio-indebolire" il potenziale invasivo di specie di insetti dannosi sia per quel che riguarda la loro prolificità riproduttiva che in taluni casi la capacità di trasmettere microrganismi patogeni.

A tal riguardo, in ENEA vengono sviluppati sistemi avanzati di sterilizzazione di alcune specie insetti attraverso l'impiego del batterio *Wolbachia pipientis*, fattore di sterilità ereditabile per via materna, che può essere trasferito orizzontalmente tra specie diverse (Calvitti et al., 2011). Ciò è alla base dello sviluppo di nuove strategie di lotta autocida (rilascio maschi sterili) in un più ampio programma di lotta biologica integrata (Integrated Pest Management IPM) che coniuga approcci classici con sistemi più innovativi. La gestione sostenibile di specie aliene-invasive non solo in ambito agrario ma anche ambientale e sanitario necessita appunto di sistemi di difesa plastici e facilmente adattabili ai differenti problemi e contesti ambientali in cui ci si trova a operare.

Ma l'approccio biotecnologico, non supportato da una visione ecologica dell'agroecosistema, non può portare i risultati auspicati. L'attuazione di programmi di lotta alle specie aliene-invasive non può però prescindere dall'impiego di strumenti di analisi e previsione di elevata affidabilità. Per affrontare questa sfida, l'ENEA sviluppa modelli demografici con base fisiologica (physiologically based demographic models, PBDM) nel contesto di sistemi d'informazione geografica (GIS) per mettere a punto uno strumento

integrato PBDM/GIS, mediante il quale è possibile comprendere in maniera dinamica agroecosistemi complessi sottoposti al cambiamento globale. Questa tecnologia fornisce infatti una sintesi quantitativa delle conoscenze disponibili sugli organismi dannosi, così da coglierne la dinamica e utilizzarla come base per sviluppare rapidamente soluzioni razionali dal punto di vista ecologico ed economico (Ponti et al., 2014).

Inoltre tale strumento consente una ottimale pianificazione applicativa sia della lotta biologica classica che delle strategie di inibizione riproduttiva (Tecnica di lotta col maschio sterile) con approcci che sempre più si collocano in un'ottica di "precisione".

L'agricoltura di precisione (Basso, 2015) è tra le forme di "agricoltura" che oggi può contribuire in modo determinante al recupero delle caratteristiche di resistenza e resilienza dell'agroecosistema. Consiste, più in generale, in un nuovo concetto di gestione agricola, tecnologicamente avanzata, nella quale si fa ricorso a macchine operatrici dotate di "sistemi intelligenti", in grado di dosare i fattori produttivi (fertilizzanti, antiparassitari...), in relazione alle reali necessità dell'appezzamento che possono variare sia in funzione dello spazio che del tempo. Questo orientamento richiede oltre all'aumento dell'automazione, tecniche di posizionamento e misura efficaci con capacità di mappatura, a livello del singolo appezzamento, di parametri biofisici chiave, rappresentativi dello status di salute della piantagione. Sin dal 2005, in ENEA, sono state condotte esperienze di telerilevamento aereo a supporto del monitoraggio dei fattori di stress multifattoriali delle colture, per mezzo di piattaforme e sensori innovativi, nell'ambito delle attività di ricerca a supporto degli studi sugli effetti della desertificazione (Paganini et al., 2009). In uno scenario dove l'agricoltura gioca un ruolo sempre più determinante e strategico, la diffusione, in tale settore, di tecnologie aerospaziali e robotiche avanzate, sempre più accessibili, risponde alle esigenze di basare le decisioni su informazioni integrate, non solo per aumentare la produzione, ma anche per assicurare cibo di qualità alla popolazione mondiale, minimizzando gli impatti ambientali e sul clima, e valorizzando la biodiversità (Borfecchia et al. 2015).

CONCLUSIONI

Rinnovare e adattare la gestione degli agro-ecosistemi verso i principi della "sostenibilità" è un obiettivo primario, irrinunciabile. Risulta necessario dar luogo a cambiamenti in grado di promuovere l'adattamento alle nuove esi-

genze, una riorganizzazione del sistema agricolo e la messa a punto di strumenti per misurare l'entità del cambiamento, con un forte impulso della ricerca integrata e multidisciplinare che sappia recepire le esigenze della pratica.

La ricerca in agricoltura condotta a livello europeo e l'industria agroalimentare, possiedono il necessario know-how che, attraverso il trasferimento delle più moderne tecnologie e la promozione delle innovazioni, potrebbe migliorare la capacità adattativa anche nelle regioni meno sviluppate che, in generale, saranno più severamente colpite dall'impatto climatico.

RIASSUNTO

La rapidità con cui stiamo assistendo all'aumento di frequenza di fenomeni meteorologici estremi, contraddistinti anche da frequenti ondate di calore e regimi pluviometrici anomali, sta impattando negativamente sulla nostra agricoltura in termini di quantità, qualità e sicurezza delle produzioni. Il presente articolo focalizza la sua attenzione su una delle componenti fondamentali dei sistemi di adattamento in agricoltura ovvero la risposta alla crescente "vulnerabilità fitosanitaria" attraverso azioni di ricerca, sviluppo e trasferimento di strategie integrate di monitoraggio (agro-meteorologico e fitosanitario), prevenzione e controllo di agenti patogeni. La ricerca ENEA, contribuisce all'adattamento attraverso una nuova progettualità di ricerca che favorisce approcci olistici integrando in particolare competenze che spaziano dalle biotecnologie in campo vegetale e entomologico alla modellistica bio-ecologica e al telerilevamento.

ABSTRACT

The increasing frequency of extreme weather events, also marked by frequent "heat waves" and abnormal rainfall, is having a negative impact on our agriculture in terms of quantity, quality and safety of products. This article focuses on a fundamental aspect underlying the systems of "adaptation" in agriculture that is research and innovation in the field of "plant protection". New practical solutions are needed to counter the "vulnerability of the health of plants" progressively more exposed to the attacks of alien invasive pests and pathogens. Research conducted in ENEA supports adaptation to cc through projects that promote holistic approaches that combine expertise ranging from plant and insect biotechnology to modeling and remote sensing.

REFERENZE BIBLIOGRAFICHE

BACCHETTA L., DEL FIORE A., DI GIOVANNI B., PADOVANI L.M., SANTI C., TOLAINI V., TRONCI C. (2015): *Le risorse genetiche vegetali per la sostenibilità delle produzioni agroin-*

- dustriali, «Energia, Ambiente e Innovazione», Speciale III-2015 ENEA per EXPO: *Aumentare la produzione agricola e ridurre le perdite*, Roma, pp. 91-92.
- BASSO B. (2015): *Agricoltura di precisione per aumentare l'efficienza d'uso delle risorse*, «Energia, Ambiente e Innovazione», Speciale III-2015 ENEA per EXPO *Aumentare la produzione agricola e ridurre le perdite*, Roma, pp. 38-42.
- BORFECCHIA F., DE CECCO L., MARTINI S., GIORDANO L., TROTTA C., MASCI D. ET AL. (2015): *Tecnologie aerospaziali integrate a supporto dell'agricoltura di precisione*, «Energia, Ambiente e Innovazione», Speciale III-2015 ENEA per EXPO: *Aumentare la produzione agricola e ridurre le perdite*, Roma, pp. 74-77.
- CALVITTI M. (2011): *Bacteria endosymbionts: a source of innovation in biotechnology for the control of vector-borne diseases*, «Energia, Ambiente e Innovazione», n. 6/2011, Roma, pp. 49-57.
- CANTALE C., LATINI A., SPERANDEI M., PUGNALI M., IANNETTA M., AMMAR K. ET AL. (2007): *Drought tolerant and susceptible wheat cultivars from field experiments to investigate the expression profile of TdDRF1 gene*, «Journal of Genetics and Breeding», 61 (1-2), pp. 115-120.
- CIRIO U. (1998): *La tecnica dell'insetto sterile per il controllo dei fitofagi*, «Energia Ambiente e Innovazione», 1/98, ENEA, pp. 47-58.
- DESIATO F., FIORAVANTI G., FRASCHETTI P., PERCONTI W., PIERVITALI E. (2015): *Il Clima futuro in Italia: analisi dei modelli regionali*, ISPRA- Stato dell'ambiente, isbn 978-88-448-0723-8.
- FISCHER G., SHAH M., TUBIELLO F.N., VAN VELHUIZEN H. (2005): *Socio-economic and climate change impacts on agriculture: an integrated assessment, 1990-2080*, Philosophical transaction of the Royal Society-Phil. Trans. R. Soc. B 2005 360 2067-2083; DOI: 10.1098/rstb.2005.1744.
- IPPC (2014): *Quinto Rapporto di Valutazione sui Cambiamenti Climatici (AR5)* - http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full.pdf.
- PAGANINI M., PACE G., CASTRACANE P., DEL BARRIO G., VAN DELDEN H., IANNETTA M. ET AL. (2009): *Monitoring desertification using EO technologies: Experience of the ESA due desert watch project*, Proceedings of the International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS). III-302 - III-305, DOI: 10.1109/IGARSS.2009.5417760.
- PONTI L., GUTIERREZ A.P., RUTI P.M., DELL'AQUILA A. (2014): *Fine scale ecological and economic assessment of climate change on olive in the Mediterranean Basin reveals winners and losers*, Proceedings of the National Academy of Sciences, USA, <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1314437111>.
- SHARMA R., PESHIN R., KHAR S. AND ISHAR A.K. (2014): *Agriculture Innovation System Approach for Sustainable Agriculture Development: A Review*, «An International Journal of Agro Economist», I, n. 1, pp. 1-7, Dec. 2014.