

La relazione cambiamenti climatici e sistema agricolo: tra adattamento e mitigazione

Il settore agricolo è chiamato a fornire soluzioni che siano in grado di incrementare l'adattamento delle colture agli effetti diretti del cambiamento climatico, oltre ad individuare soluzioni che contribuiscano alla riduzione delle emissioni di gas climalteranti

DOI 10.12910/EAI2016-011

di **Maurizio Calviti, Nicola Colonna e Massimo Iannetta, ENEA**

Le conseguenze dei cambiamenti climatici in atto a livello globale, sui sistemi colturali italiani, saranno tanto più gravi quanto più gli stessi avverranno con rapidità ed imprevedibilità, mettendo a nudo la vulnerabilità intrinseca dei nostri agro-ecosistemi. I sistemi agricoli non si limitano a subire gli effetti diretti del cambiamento climatico, ma contribuiscono al rilascio di gas responsabili dell'effetto serra, aumentandone la concentrazione nell'atmosfera. Sviluppare ed applicare strategie di adattamento per ridurre o evitare gli effetti negativi del cambiamento climatico sia a breve termine (adozione di appropriate strategie di difesa,

modifica delle specie coltivate e/o cultivar e date di semina) che a lungo termine (destinazione d'uso del suolo e del sistema agricolo), rappresenta una delle sfide più importanti, irrinunciabili, del sistema produttivo agricolo in tutte le sue componenti e reti relazionali. Nello stesso tempo il settore della produzione primaria è chiamato a contribuire in modo sostanziale allo sforzo per la mitigazione, cioè a realizzare azioni in grado di limitare le emissioni e quindi l'accumulo di gas serra nella atmosfera, soprattutto in relazione ai gas climalteranti chiave per il settore agricolo, come il metano, il protossido di azoto e il biossido di carbonio. L'agricoltura tutela se stessa diminuendo

l'accumulo di gas serra sia attraverso azioni attive di riduzione delle emissioni che attraverso l'aumento e/o il mantenimento della capacità di stoccare il carbonio nei sistemi agricoli e forestali (suoli e vegetazione).

I sistemi di adattamento e mitigazione in agricoltura

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

La scala dei fenomeni in atto, l'accelerazione dei cambiamenti, riscontrata negli ultimi 30 anni e la consistente e rapida variazione del clima prevista per l'immediato



futuro [2], richiedono di indirizzare, in modo attivo e coordinato, le trasformazioni dei sistemi agricoli verso una minore vulnerabilità ed una maggiore resilienza.

Per questo è necessario investire con decisione nella ricerca e nell'acquisizione di nuove conoscenze, garantire la diffusione e condivisione delle informazioni sui risultati della ricerca e adottare politiche e misure che facilitino le azioni di adattamento attraverso una forte partecipazione di tutte le componenti (agricoltori, decisori politici, istituzioni di ricerca, consumatori) coinvolte nel processo di produzione e consumo.

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 fisiologia delle piante, la 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, le tecniche per difendere così come quelle per conservare i suoli e la loro fertilità.

Senza la consapevolezza delle condizioni verso le quali sta evolvendo l'instabilità meteorologica che prelude ai cambiamenti climatici, 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 i processi di degrado e desertificazione.

In questo sforzo i consumatori non sono solo i destinatari finali del sistema produttivo agroalimentare ma sono soggetti attivi e partecipi, capaci con la loro consapevolezza di accompagnare o guidare le scelte. La produzione primaria di fronte alle sfide dei cambiamenti ambientali globali richiede la collaborazione attiva di tutti i soggetti coinvolti nella filiera di produzione e consumo.

Strumenti e strategie per i sistemi agricoli e le aziende

La PAC (Politica Agricola Comune) ha messo in piedi nel tempo alcuni strumenti operativi che possono potenzialmente contribuire a ridurre l'esposizione e la vulnerabilità del sistema produttivo agricolo agli effetti dei cambiamenti climatici ed aumentarne la resilienza, ma altri e nuovi strumenti sono necessari. Le misure della PAC che hanno un

maggiore potenziale in termini di adattamento sono le regole e gli standard della eco-condizionalità, le misure agro ambientali (conservazione della fertilità, biodiversità e della sostanza organica) e forestali, i sistemi di gestione del rischio, i sistemi di supporto alle scelte degli agricoltori in particolare per le applicazioni in campo meteorologico e fitosanitario. Nello stesso tempo, attraverso i piani di sviluppo rurale, sono state promosse azioni per la mitigazione come quelle relative alla produzione di energia dentro le aziende stesse al fine di sostituire i tradizionali combustibili fossili e contenere le emissioni di metano ad esempio tramite l'introduzione degli impianti di digestione anaerobica per la migliore gestione dei reflui zootecnici e dei residui agricoli. Fondamentale, per entrambe le azioni di mitigazione ed adattamento, è 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" [3].

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 cambiamenti climatici.
- 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.

Le azioni di mitigazione potenziali sono molteplici ma quelle principali possono essere sintetizzate in:

- Diminuzione dei consumi energetici diretti ed indiretti.
- Integrazione e diffusione delle fonti di energia rinnovabile.
- Abbattimento delle emissioni di metano e di protossido di azoto prodotte dagli allevamenti e dalle pratiche di fertilizzazione.
- Aumento della capacità di conservazione del carbonio negli agroecosistemi.

I consumi energetici sono i principali responsabili delle emissioni di biossido di carbonio e la loro riduzione passa attraverso un efficientamento dei processi produttivi o la sostituzione delle fonti tradizionali con le fonti rinnovabili.

Per quanto riguarda le coltivazioni sia la razionalizzazione delle lavorazioni che l'innovazione nelle macchine e nelle tecniche consentono un notevole risparmio di energia ed analogamente le tecniche di agricoltura di precisione, attraverso l'ottimizzazione degli input sia minerali



Impianto di biogas da 1 MW che consente di valorizzare gli scarti e i sottoprodotti derivanti dalle attività agricole e dall'allevamento bovino dell'azienda agricola Chiesa (Asolo, Mantova)

che idrici od i trattamenti, consentono notevoli risparmi energetici indiretti. [4]

Nelle fasi di conservazione e trasformazione che spesso avvengono a livello aziendale hanno invece un ruolo importante le energie rinnovabili. Esse hanno dimostrato di poter essere facilmente integrate nei cicli produttivi sia a monte che a valle con una casistica di migliori pratiche ormai consolidate sia per la produzione di calore che di energia elettrica o tramite cogenerazione contribuendo così in modo significativo a diminuire i consumi di carburanti e combustibili fossili.

Innovare e rendere efficienti i processi produttivi

Sia al fine di aumentare la competitività delle produzioni tipiche italiane che di contribuire a mitigare i cambiamenti climatici, il settore agrico-

lo, costituito da migliaia di piccole aziende ed imprese, sta innovando i sistemi produttivi con numerose installazioni di rinnovabili ed elevati investimenti nel settore dell'efficienza energetica. Dai più semplici impianti fotovoltaici ai più complessi impianti di digestione anaerobica che contribuiscono alla chiusura dei cicli valorizzando scarti e reflui di processo attraverso il razionale impiego del digestato come ammendante, abbiamo una varietà ampia di soluzioni. Tali applicazioni hanno migliorato i bilanci ambientali ed economici delle imprese, consentendogli di sopravvivere in un contesto di remuneratività decrescente e di investire grazie ai risparmi ed agli incentivi in essere. L'energia, da tema spesso trascurato e considerato una semplice voce del costo di produzione nelle imprese agricole ed agroalimentari ha assunto un nuovo

peso nelle scelte strategiche aziendali ed è stata in parte motore di innovazione. Circa il 15% del fotovoltaico installato in Italia è di competenza di aziende agricole, così come vi sono oltre 1300 impianti di produzione di biogas di origine agroindustriale capaci di cogenerare e valorizzare grandi quantità di biomassa residua-

Adattare e rinnovare i sistemi di coltivazione

Le proiezioni che emergono dai più recenti studi climatologici di tipo modellistico, sia su scala globale che regionale e locale per l'Italia [5], sono concordi nel prevedere un ulteriore incremento delle temperature attribuibile in modo più o meno

modo particolare per le aree nordiche, grazie all'allungamento della stagione idonea allo sviluppo vegetativo, si prevede che la maggior parte delle conseguenze sarà negativa, porterà perdite economiche e avverrà in regioni già sotto pressione a causa di fattori socio-economici e ambientali, come la scarsità d'acqua. Le azioni di



le. Non sono da trascurare nemmeno le migliaia di installazioni di impianti di produzione termica basati sulle biomasse nel settore agricolo ed agriturismo o i casi, più limitati numericamente, di installazioni eoliche, solari termiche e geotermiche, spesso legate a situazioni specifiche locali che costituiscono, nel loro insieme, un patrimonio di esperienze da divulgare.

equivalente sia all'aumento delle temperature massime diurne che delle temperature minime notturne. Le proiezioni delle precipitazioni, benché più incerte segnalano, attraverso alcuni indici, rappresentativi della frequenza, dell'intensità e degli estremi di precipitazione, una futura e progressiva concentrazione delle precipitazioni in eventi più intensi e meno frequenti. Mentre alcune tra le conseguenze previste potrebbero essere benefiche per l'agricoltura, in

adattamento nel complesso dovranno includere lo sfruttamento di nuove aree agricole (dove possibile), il cambiamento nelle pratiche colturali [6], la modifica della tempistica delle operazioni in campo, il cambiamento delle varietà o persino delle colture, ma soprattutto l'ottimizzazione dell'uso dell'acqua. Quest'ultimo è forse l'aspetto che merita la maggiore attenzione per immaginare un futuro per l'agricoltura del sud Europa. Il Miglioramento Genetico, a tal ri-

guardo, contribuisce attraverso 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 stress idrici [7,8]. Inoltre, al fine di arrestare il processo di depauperamento di sostanza organica del suolo, soprattutto legato alla pratica di estese monocolture cerealicole, nuove varietà di leguminose ad alto tenore proteico sono in corso di selezione per essere integrate nel ciclo di produzione con consociazioni e/o rotazioni in modo da ottimizzare le pratiche colturali [9].

Nel settore delle Biotecnologie vegetali di nuova generazione, metodologie avanzate di 'genome editing' rappresentano nuovi potenziali strumenti di "bio-fortificazione" di specie di interesse agrario, introducendo in maniera mirata 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.

La protezione fitosanitaria degli agro-ecosistemi: una sfida globale

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 in tema di adattamento per la protezione delle colture da fitofagi e fitopatie si articolano su quattro principali aree di intervento (Agroecologia, Biotecnologie, Modellistica Avanzata e Tele-rilevamento) 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 delle importazioni).

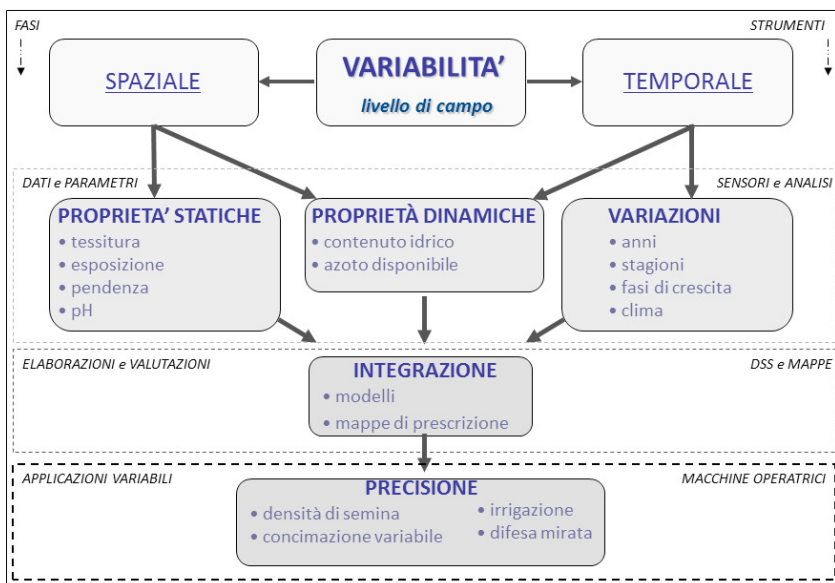
L'approccio agro-ecologico si basa su un processo di analisi profonda delle componenti biotiche ed abiotiche degli agroecosistemi che può portare alla individuazione di relazioni utili perché consentono lo sfruttamento di antagonismi naturali che nel loro complesso costituiscono la lotta biologica classica (predatori, parassitoidi, associazioni microbiche). La gestione agro-ecologica del sistema agricolo mira alla massima tutela della biodiversità al fine di garantire reti relazionali tra gli organismi che possono prevenire "esplosioni demografiche incontrollate".

Le biotecnologie vegetali (tradizionali e di nuova generazione) rappresentano potenti strumenti in grado di promuovere il controllo sostenibile delle avversità fitosanitarie, ma ad oggi non sembrano sufficienti a fornire un'efficace e stabile soluzione alla perdita dei raccolti attribuibile alla infestazione da insetti (ancora stimata al 14% a livello globale), sia come diretti fitofagi che come vettori di patologie. Occorre quindi promuovere la ricerca e lo sviluppo delle biotecnologie che abbiano come tar-

get i sistemi entomologici (Biotecnologie Entomologiche), 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 microorganismi patogeni [10].

L'Integrazione di Sistema. L'approccio biotecnologico, non supportato da una visione ecologica dell'agroecosistema, non può portare i risultati auspicati. Per affrontare questa sfida, occorrono strumenti di analisi e previsione di elevata affidabilità (physiologically based demographic models, PBDM) nel contesto di sistemi d'informazione geografica (GIS) per mettere a punto strumenti mediante i quali sia possibile comprendere in maniera dinamica agroecosistemi complessi sottoposti al cambiamento globale. La modellistica bio-ecologica fornisce infatti una sintesi quantitativa delle conoscenze disponibili sugli organismi dannosi, così da coglierne la dinamica ed utilizzarla come base per sviluppare rapidamente soluzioni razionali dal punto di vista ecologico ed economico [11]. I supporti informatici consentono altresì una ottimale pianificazione applicativa sia della lotta biologica classica che delle moderne strategie di lotta basate sulla sterilità con approcci che sempre più si collocano in un'ottica di "precisione" spazio-temporale.

L'agricoltura di precisione [12] è tra le forme di "agricoltura" che oggi può contribuire in modo determinante a rafforzare le caratteristiche di resistenza e resilienza dell'agroecosistema. E' basata su un livello elevato e puntuale di conoscenza di tutti i fattori che determinano la produttività agricola (suolo, clima, coltura, pratiche agricole) nello spazio e nel



Conoscere la variabilità spaziale e temporale per gestire in modo “preciso” gli interventi

tempo [13].

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, diserbanti), in relazione alle reali necessità dell’appezzamento che possono variare sia in funzione dello spazio che del tempo.

Oltre all’aumento dell’automazione, questo orientamento richiede tecniche di posizionamento e misura efficaci, con capacità di mappatura, a livello del singolo appezzamento, di parametri biofisici chiave, rappresentativi dello status di nutrizione e salute della piantagione. In uno scenario dove l’agri-

coltura 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. Ciò consente non solo di aumentare la produzione, ma anche di assicurare cibo di qualità alla popolazione mondiale, minimizzando gli impatti ambientali e sul clima, valorizzando nel contempo la biodiversità [14]. Le tecniche di precisione, unite alle tecniche di agricoltura conservativa che tendono a preservare le funzioni del suolo tramite modifiche profonde delle tradizionali lavorazioni del terreno, rappresentano il futuro dell’agricoltura, ma la loro applicazione e diffusione

è ancora limitata ad alcuni settori, pratiche e colture. Lo sforzo deve essere quello di renderle applicabili in ambiti diversi a costi contenuti, un obiettivo che si persegue con rinnovato impegno nella ricerca e nelle sue applicazioni (Agricare, LIFE + project 2015 [15])

Conclusioni

Rinnovare ed adattare la gestione degli agro-ecosistemi verso i principi della “sostenibilità” è un obiettivo primario, irrinunciabile per fare fronte ai cambiamenti climatici in atto. Risulta necessario dar luogo ad azioni concrete in grado di promuovere l’adattamento alle nuove esigenze, 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 quelle più severamente colpite dall’impatto climatico.

*Per saperne di più:
maurizio.calvitti@enea.it*

BIBLIOGRAFIA

1. 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
2. IPPC (2014): Quinto Rapporto di Valutazione sui Cambiamenti Climatici (AR5) http://www.ipcc.ch/pdf/assessment_report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full.pdf.
3. 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, 1-7, Dec. 2014.
4. Rossi L., Colonna N., (2015), Agriculture and Energy: a tight nexus. In “World Food Production Facing growing needs and limited resources”. Edited by Giuseppe Bertoni. ISBN 978-88-343-2958-0 Pp 203-2008
5. Desiato F., Fioravanti G., Frascchetti 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.
6. Simelton, E., Fraser, E.D.G., Termansen, M., et al., 2009. Typologies of crop-drought vulnerability: an empirical analysis of the socio-economic factors that influence the sensitivity and resilience to drought of three major food crops in China (1961–2001). *Environmental Science & Policy* 12, 38-452
7. Bacchetta L, Del Fiore A., Di Giovanni B., Padovani L.M, C. Santi, V. Tolaini V, Tronci C. (2015), Le risorse genetiche vegetali per la sostenibilità delle produzioni agroindustriali. *Energia, Ambiente e Innovazione Speciale III-2015 ENEA per EXPO: Aumentare la produzione agricola e ridurre le perdite*, Roma, pp. 91-92.
8. 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.
9. Stamigna C, Chiaretti E e Chiaretti D (2015), *Genetica applicata alla costituzione di nuove varietà di piante*. *Energia, Ambiente e Innovazione Speciale III-2015 ENEA per EXPO: Aumentare la produzione agricola e ridurre le perdite*, Roma, pp. 27-28.
10. 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.
11. 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>.
12. 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
13. Cillis D., Pezzuolo A., Sartori L., (2015), *La gestione precisa parte dalla studio della variabilità*. *Informatore agrario*, 27/2015 pp 38-41
14. 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.
15. LIFE-AGRICARE project (2014) - *Introducing innovative precision farming techniques in AGRiculture to decrease CARbon Emissions LIFE13 ENV/IT/000583*. Veneto Agricoltura. www.lifeagricare.eu