

## Valutare e gestire il cambiamento globale in agricoltura mediante modelli di ecosistema integrati nei sistemi di informazione geografica

L. Ponti, A.P. Gutierrez, M. Iannetta

Nel corso degli ultimi quattro decenni l'ENEA ha sviluppato con successo approcci innovativi per gestire, su base territoriale ed 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 la diffusione della mosca mediterranea della frutta (*Ceratitis capitata*), uno dei parassiti agricoli più dannosi al mondo.

La variazione degli input agrotecnici, nuove specie esotiche invasive e i cambiamenti climatici stanno determinando un cambiamento globale che va ad incrementare la già di per sé elevata complessità degli agroecosistemi.

Le specie invasive causano ogni anno, a livello mondiale, danni economici circa dieci volte superiori a quelli dovuti ai disastri naturali, e il loro numero è destinato

ad aumentare a causa della duplice azione di clima e globalizzazione; ne sono un esempio le numerose specie di insetti tropicali dannosi, di recente insediamento nel Bacino del Mediterraneo, e la tignola del pomodoro (*Tuta absoluta*), specie subtropicale di origine sudamericana, già resistente alla maggior parte degli insetticidi in commercio che, arrivata nel 2006 in Spagna, ha percorso in pochi anni circa 4.000 km raggiungendo ogni angolo del Bacino del Mediterraneo.

Il cambiamento globale inciderà profondamente a livello territoriale, causando una serie di problemi di natura ecologica anche in ambiti diversi da quello agricolo.

Un esempio di grande impatto è la recrudescenza di malattie umane trasmesse da vettori di origine tropicale, verificatasi negli ultimi anni in regioni temperate

come l'Europa. Anche in questo caso, come per gli organismi dannosi in agricoltura, il cambiamento globale agisce a due livelli: da una parte, il riscaldamento del clima rende le regioni temperate più suscettibili all'invasione da parte di vettori di malattie esotici quali la zanzara tigre (*Aedes albopictus*); dall'altra, un mondo sempre più interconnesso facilita lo spostamento su scala globale dei vettori stessi, andando a determinare epidemie senza precedenti, come quella di febbre chikungunya segnalata in Italia nel 2007. Fenomeni simili registrati in Francia negli anni successivi hanno fatto affermare agli esperti del settore che il brutto sogno dell'invasione dell'Europa da parte della zanzara tigre stia diventando realtà. L'esempio della febbre chikungunya, trasmessa appunto dalla zanzara tigre, suggerisce che i problemi causati dal cambiamento globale possono avere natura analoga (in quanto dovuti a specie invasive) anche in ambiti diversi come l'agricoltura e la salute umana. Talvolta, poi, le specie invasive sono dannose in più ambiti, come nel caso dell'ambrosia comune (*Ambrosia artemisiifolia*), anche fonte di polline altamente allergenico, con un notevole impatto sanitario, sociale ed economico in Europa.

Storicamente il principale ostacolo allo sviluppo di soluzioni efficaci e sostenibili per i problemi causati da organismi dannosi in agricoltura (esotici o meno), risiede nella complessità della biologia e dell'ecologia degli organismi stessi. Ogni specie animale e vegetale ha, infatti, requisiti di crescita, sopravvivenza e riproduzione propri, che ne determinano distribuzione geografica, abbondanza ed interazioni con le altre specie. In più, attualmente, molteplici fattori d'interferenza legati al cambiamento globale portano la complessità degli agroecosistemi ad un livello senza precedenti.

Affrontare una molteplicità di problemi ecologici analoghi mediante un approccio olistico comune, consente di gestire in maniera più efficace la complessità legata al cambiamento globale a livello territoriale.

Con questo approccio l'ENEA ha realizzato, grazie alla collaborazione con l'Università della California di Berkeley, il progetto GlobalChangeBiology che, per la prima volta, ha reso disponibile in Europa una tecnologia che può essere usata per interpretare e gestire efficacemente il cambiamento globale in agricoltura. Scopo del progetto era fornire strumenti per riassumere, gestire ed analizzare dati ecologici relativi agli effetti del cambiamento globale nei sistemi agricoli, utilizzando colture mediterranee tradizionali (ad es. vite ed olivo) come sistemi modello ([http://cordis.europa.eu/project/rcn/89728\\_en.html](http://cordis.europa.eu/project/rcn/89728_en.html)).

Il progetto GlobalChangeBiology è nato dal bisogno sempre più stringente di strumenti analitici capaci di fornire una sintesi dei dati ecologici relativi a sistemi agri-

coli soggetti al cambiamento globale. Oggi, come già ricordato, per progettare e gestire agroecosistemi sostenibili si deve tener conto della crescente interferenza del cambiamento globale sotto forma di nuovi input agrotecnici, specie invasive e cambiamenti climatici. Queste considerazioni hanno rilevanza particolare per il Bacino del Mediterraneo, un'area del pianeta particolarmente soggetta ai cambiamenti climatici e già minacciata da mutamenti ambientali di natura locale, desertificazione compresa. Per rispondere a queste esigenze, il progetto ha utilizzato modelli demografici con base fisiologica (*physiologically based demographic models*, PBDM) nel contesto di sistemi d'informazione geografica (GIS), mettendo così a punto uno strumento integrato (PBDM/GIS), mediante il quale è possibile comprendere in maniera dinamica agroecosistemi complessi sottoposti al cambiamento globale.

L'idea di base dell'approccio PBDM è che tutti gli organismi viventi possono essere considerati consumatori, con problemi simili di acquisizione (input) ed allocazione (output) delle risorse, il che consente di descrivere per analogia ogni organismo della catena alimentare (fino ad arrivare al livello economico: vedi esempio dell'olivo più sotto) utilizzando lo stesso modello matematico e concettuale. Un grande vantaggio di questo approccio consiste nella possibilità di descrivere un grado di dettaglio ecologico tale da consentire valutazioni realistiche, senza che il modello PBDM diventi eccessivamente complicato, in virtù del fatto che la complessità (ecologica) viene gestita nel modello a livello concettuale.

Per analizzare gli agroecosistemi a scala territoriale è necessario utilizzare i PBDM nel contesto di un GIS. A tale scopo è stata scelta la tecnologia GIS a sorgente aperta di GRASS (<http://grass.osgeo.org/>). L'approccio PBDM è stato sviluppato presso l'Università della California a Berkeley, con estensioni in contesto GIS basate sulla collaborazione scientifica fra ENEA e CASAS Global, mentre il progetto GlobalChangeBiology ha assicurato il trasferimento di conoscenze verso ENEA. Uno dei principali risultati di questo progetto è stato collegare la tecnologia PBDM/GIS con dati telerilevati da satellite, per colmare il divario esistente tra gli approcci GIS "dal basso" (soprattutto fisiologia e dinamica di popolazione) e quelli "dall'alto" (climatologia), generalmente utilizzati per valutare problemi reali a livello di ecosistema.

Tra i 368 progetti del programma Marie Curie International Reintegration Grants, finanziati nel 2007 per consentire a ricercatori che avessero acquisito esperienza pluriennale fuori dall'Europa di sviluppare un programma di ricerca in un paese europeo, GlobalChangeBiology era l'unico progetto italiano ad affrontare la tematica del cambiamento globale.

Il progetto GlobalChangeBiology, considerato una storia di successo a livello europeo, fa parte della Piattaforma Europea di Adattamento ai Cambiamenti Climatici. La collaborazione con l'Università della California continua attraverso il consorzio scientifico internazionale CASAS Global (<http://casaglobal.org/>).

Una recente applicazione della tecnologia PBDM/GIS è l'analisi della coltura di olivo e del suo parassita più dannoso, la mosca delle olive (*Bactrocera oleae*) (vedi articolo al link <http://www.pnas.org/content/111/15/5598.full>): un tema di notevole attualità, visto che il 2014 è stato definito l'anno nero dell'olio italiano proprio a causa delle fortissime infestazioni di mosca delle olive. Per la prima volta, in quest'analisi, l'impatto dei cambiamenti climatici sull'olivo è stato valutato tenendo conto sia del particolare clima tipico del Bacino del Mediterraneo, sia della rilevante complessità biologica che caratterizza l'interazione tra olivo e mosca delle olive. Si tratta della prima valutazione d'impatto dei cambiamenti climatici ad aver simulato processi biologici realistici a scala sub-continentale, utilizzando come input dati meteorologici giornalieri ad alta risoluzione, ottenuti mediante un modello di simulazione del clima messo a punto da ENEA che riproduce bene la variabilità climatica tipica del Mediterraneo (<http://utmea.enea.it/research/PROTHEUS/>).

L'olivo riveste un'importanza ecologica e socioeconomica considerevole per il Bacino del Mediterraneo, essendo una delle piante di più antica coltivazione, nonché praticamente onnipresente in questa regione geografica. Da qui il notevole interesse per i possibili effetti dei cambiamenti climatici sulla coltura. Lo studio mostra come un riscaldamento del clima nell'ordine dei 2 °C – che con tutta probabilità si verificherà nel Bacino del Mediterraneo nel giro di pochi decenni – potrebbe minacciare la redditività delle piccole aziende olivicole comuni nelle aree collinari marginali, accentuandone l'abbandono già in atto.

È importante notare come i piccoli oliveti tradizionali, che in aree marginali hanno un elevato potenziale in termini di tutela dell'ambiente, poiché conservano suolo e biodiversità e riducono il rischio di incendi, sarebbero anche quelli a maggior rischio di abbandono per l'azione combinata di cambiamenti climatici e politiche agricole europee non sempre del tutto appropriate. Questo – come altri risultati chiave dello studio – non sarebbe emerso senza un'analisi cosiddetta bio-economica, ossia comprensiva delle dinamiche sia biologiche che economiche risultanti dall'interazione tra olivo e mosca in presenza di cambiamenti climatici. Più in generale, l'analisi indica che il riscaldamento del clima avrà un impatto diverso su resa dell'olivo e infestazioni da mosca in zone diverse del Bacino del Mediterraneo, determinando vincitori e vinti da un punto di vista economico (Figura 1).

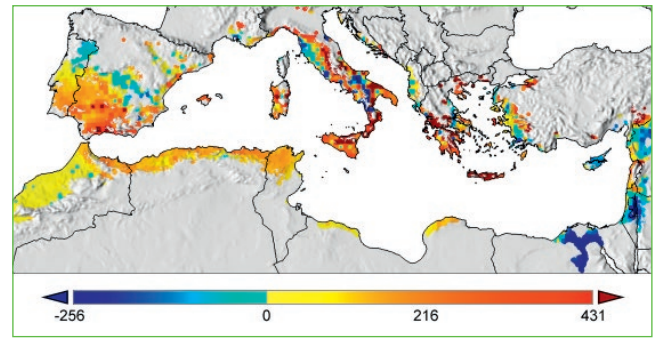


Figura 1  
Effetto di un riscaldamento del clima di 1,8 °C su olivo e mosca delle olive in termini di aumento (giallo-rosso) o diminuzione (blu) del reddito da olivicoltura da olio (euro per ettaro)

Fonte: L. Ponti, A.P. Gutierrez, P.M. Ruti, A. Dell'Aquila (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, 111: 5598-5603. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1314437111>

L'olivo è una coltura nota per la sua notevole resistenza all'aridità, e quindi con tutta probabilità gli impatti ecologici ed economici dei cambiamenti climatici sarebbero assai più gravi nel caso di colture meno tolleranti a caldo e siccità come vite e frumento. Questa analisi fornisce un modello riproducibile per valutare gli impatti dei cambiamenti climatici in altri agroecosistemi, in presenza di specie invasive vecchie e nuove e in un contesto GIS.

In sintesi, lo strumento integrato PBDM/GIS può essere considerato un archivio contenente le informazioni attualmente disponibili sugli agroecosistemi, applicabile anche ad altri sistemi, aggiornato con nuove informazioni ed utilizzato per guidare ricerche multidisciplinari a scala locale o per regioni geografiche più vaste. La tecnologia PBDM/GIS ha un elevato potenziale di sviluppo futuro per la soluzione di un'ampia gamma di problemi ambientali, ed ha valore generale e specifico a lungo termine per la società in ambiti quali l'agricoltura, la gestione delle risorse naturali e i cambiamenti climatici.

Il trasferimento in ENEA della tecnologia PBDM/GIS, fino ad allora non disponibile in Europa, rappresenta un'opportunità senza precedenti per affrontare il cambiamento globale in agricoltura su base ecologica in un contesto territoriale, in grado fornire alle agenzie governative europee la base scientifica necessaria per sviluppare efficaci politiche di adattamento al cambiamento globale, cambiamenti climatici compresi.

Per approfondimenti: [luigi.ponti@enea.it](mailto:luigi.ponti@enea.it)

Luigi Ponti <sup>1,2</sup>, Andrew Paul Gutierrez <sup>2,3</sup>, Massimo Iannetta <sup>1</sup>

<sup>1</sup> ENEA, Divisione Biotecnologie e agroindustria

<sup>2</sup> Center for the Analysis of Sustainable Agricultural Systems Global (CASAS Global), Kensington, CA, USA

<sup>3</sup> College of Natural Resources, University of California, Berkeley, CA, USA