

Rischi fitosanitari legati ai cambiamenti climatici e prevenzione di epidemie in ambito vegetale

8 settembre 2021

Programma

14.30 - *Saluti istituzionali*

Coordina: Piero Cravedi

14.45 - *Relazioni*

BRUNO FARAGLIA

La nuova normativa nazionale per la protezione delle piante e il riordino del Servizio Fitosanitario Nazionale

PIO FEDERICO ROVERSI

L'Istituto Nazionale di Riferimento per la protezione delle piante e la realizzazione dei Laboratori di Quarantena per il controllo dei microrganismi dannosi

GIACOMO LORENZINI

Cambiamenti climatici e malattie delle piante

STEFANIA TEGLI

Cambiamenti globali e fitopatogeni da quarantena: ricerca, innovazione, trasferimento, prevenzione

ALBERTO ALMA

Influenza del cambiamento climatico sugli insetti: nuove minacce per la viticoltura europea

ROSEMARIE TEDESCHI

*Rischi connessi all'introduzione di organismi esotici nelle associazioni vettore-fitopatogeno: il caso di *Candidatus Liberibacter**

DONATO BOSCA

Xylella fastidiosa: il contributo della ricerca scientifica nella gestione di una emergenza fitosanitaria di portata epocale

17.30 - *Conclusione dei lavori*

BRUNO CAIO FARAGLIA¹, BARBARA TIRANTI²

La nuova normativa nazionale per la protezione delle piante e il riordino del Servizio fitosanitario nazionale

¹ Servizio Fitosanitario Centrale

² Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria - Centro Difesa e Certificazione (CREA-DC)

«La nostra salute dipende dalla loro salute, la nostra vita dipende dalla loro vita». Sono queste alcune delle parole con le quali l'Organizzazione delle Nazioni Unite per l'Alimentazione e l'Agricoltura (FAO) ha proclamato il 2020 "Anno Internazionale della salute delle piante (IYPH)" il cui termine, a causa dell'emergenza sanitaria ancora in corso, è stato prorogato a fine giugno 2021.

Le piante, come richiamato dalla FAO, costituiscono l'80% del cibo che mangiamo e producono il 98% dell'ossigeno che respiriamo. Tuttavia, sono sotto costante e crescente minaccia da parte di parassiti e malattie di vario genere. Ogni anno, fino al 40% delle colture alimentari globali va persa a causa dei parassiti e delle malattie delle piante. Questo porta a perdite annue nel commercio agricolo per oltre 220 miliardi di dollari, con danni gravi per la salute umana, l'agricoltura e la biodiversità. Attuare misure per la protezione delle piante da parassiti nocivi è l'unico strumento efficace per prevenire o arginare l'insorgere di emergenze fitosanitarie. Una volta insediati, difatti, i parassiti e le malattie delle piante sono spesso difficili da eradicare e la loro gestione richiede ingenti investimenti in tempo e denaro.

«Come per la salute umana o animale, anche per la salute delle piante prevenire è meglio che curare».

Il sistema economico mondiale, nel corso dei decenni, è sempre più oggetto di rapidi e intensi mutamenti nei processi e nei prodotti. Il definitivo consolidamento sul mercato mondiale di aree produttive emergenti, la rapidità dei trasporti, l'abbattimento delle barriere doganali, il turismo internazionale e il decentramento produttivo hanno comportato un forte incremento negli spostamenti di persone e merci a livello internazionale.

Gli intensi rapporti economici, che hanno portato alla globalizzazione dei mercati, hanno incrementato in modo esponenziale il rischio di importare in nuovi territori organismi nocivi estranei, precedentemente confinati dall'isolamento geografico dei continenti o dalle barriere naturali.

La continua crescita del volume e delle tipologie degli scambi commerciali internazionali, che avvengono con una velocità sempre crescente, porta alla conseguente richiesta, sempre più pressante, di ridurre al minimo i tempi di sosta e ogni ostacolo al libero scambio internazionale.

Tutto questo comporta controlli fitosanitari con tempi di sosta sempre minori e, per alcune tipologie di prodotto, ispezione di solo alcune delle spedizioni in arrivo nel Paese interessato, con la diretta conseguenza di un incremento del rischio di spostamento degli organismi nocivi da un Paese all'altro.

A questa situazione, si somma il rischio derivante da introduzioni illegali, che sfuggono al controllo fitosanitario, dall'introduzione incauta di materiale di moltiplicazione non controllato, dalla diffusione per vie naturali (vedi *Tuta absoluta*) o tramite materiale non vegetale (vedi *Diabrotica virgifera*).

I cambiamenti climatici, inoltre, stanno alterando gli ecosistemi, riducendo la biodiversità e creando condizioni ottimali in cui i parassiti possono prosperare sempre più facilmente. Si assiste a un aumento della capacità di insediamento da parte di nuovi organismi nocivi, nonché a una maggiore capacità da parte di organismi già presenti sul territorio di ampliare il loro areale di distribuzione anche mediante una modifica del ventaglio di ospiti e della capacità di danno.

I costi derivanti dalle emergenze fitosanitarie in atto sul territorio nazionale mettono in luce il ruolo strategico di difesa e prevenzione svolto dal Servizio fitosanitario nazionale, in connessione con tutte le altre istituzioni interessate alla difesa delle piante.

Riuscire a individuare una via di introduzione prima che un organismo nocivo venga introdotto in un territorio nella sua prima fase di introduzione, significa ridurre a zero i costi di eradicazione connessi. È pertanto fondamentale investire nel sistema di prevenzione per non affrontare, a posteriore, costi decuplicati che spesso non portano ai risultati sperati. Avere immediata conoscenza dell'introduzione di un nuovo organismo nocivo significa, difatti, intervenire su un focolaio poco esteso geograficamente, che ancora non ha manifestato i danni e nel quale è possibile attuare misure volte a evitare la diffusione su lunga distanza connessa alle attività di commercializzazione e al vivaismo.

La conoscenza e la conseguente sorveglianza del territorio, quindi, sono da ritenersi, insieme ai controlli all'importazione, le attività fondamentali per garantire un tempestivo ed efficace intervento di protezione delle piante.

L'accentuarsi, negli ultimi decenni, dei fattori di rischio sopra richiamati, ha reso necessaria una revisione della legislazione fitosanitaria europea, in vigore dal 1977 e l'istituzione di un nuovo regime normativo di difesa delle piante più armonizzato e più efficace.

Per tutto questo, a livello europeo sono stati adottati due nuovi regolamenti, il regolamento (UE) 2016/2031, relativo alle misure di protezione contro i parassiti delle piante e il regolamento (UE) 2017/625 sui controlli ufficiali e altre attività ufficiali, con l'obiettivo di contrastare l'ingresso e la diffusione di parassiti nocivi per la salute delle piante e proteggere le produzioni vegetali, il patrimonio forestale, le superfici impiantate, gli ecosistemi naturali e la biodiversità nell'Unione.

Completano il nuovo quadro normativo per la protezione delle piante il regolamento (UE) 2014/652, sostituito di recente dal regolamento (UE) 2021/690, relativo alla contribuzione finanziaria della UE per le emergenze fitosanitarie e il regolamento (EU) 2014/1143 contro l'introduzione e la diffusione delle specie esotiche invasive.

Il nuovo regolamento (UE) 2016/2031, pur mantenendo l'architettura di base preesistente, fondata sui controlli all'importazione, il passaporto delle piante, le zone protette, il registro dei produttori e il certificato unico per l'esportazione, ha profondamente modificato quella che è la capacità di intervento sulle emergenze fitosanitarie.

L'Unione Europea, pur mantenendo un sistema di controlli all'importazione "aperto", in base al quale è consentito l'ingresso in Europa di qualsiasi tipo di prodotto tranne quelli proibiti esplicitamente dalla normativa, ha ampliato i meccanismi di controllo a un ventaglio più ampio di prodotti, introdotto nuovi sistemi di tracciabilità dei prodotti, incrementato la capacità di intercettazione di organismi nocivi presso i punti di entrata e definito nuove procedure di gestione delle emergenze.

Un tale approccio, però, non elimina completamente il rischio di introduzione di un organismo nocivo e la possibilità che questo venga scoperto successivamente al suo insediamento, determinando un alto rischio di nuove emergenze fitosanitarie così come evidenziato, negli ultimi anni, nel nostro Paese.

Per fare fronte al rischio elevato di nuove emergenze fitosanitarie e alla scarsa capacità dei vari Paesi membri di intervenire con urgenza e immediatezza su tali emergenze, l'Unione Europea ha modificato il ruolo e le responsabilità degli operatori professionali, che ora sono chiamati a intervenire direttamente al primo ritrovamento.

Se da una parte agli operatori professionali è richiesta una maggiore responsabilità sui materiali vegetali prodotti e una migliore organizzazione delle

proprie strutture, dall'altra le autorità fitosanitarie competenti per i controlli sono chiamate a dotarsi di strutture conformi ai requisiti fissati e di risorse umane e finanziarie adeguate a garantire un intervento proattivo sugli organismi nocivi delle piante.

Al fine di garantire la piena applicazione delle novità introdotte dai suddetti regolamenti, è stato necessario intraprendere un percorso di riordino della attuale normativa nazionale e del Servizio Fitosanitario Nazionale (SFN), istituito dal decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 214, che, se pur adatto nella sua articolazione (in Servizio Fitosanitario centrale e Servizi fitosanitari regionali), non risponde in modo adeguato alle attuali esigenze di intervento immediato in caso di emergenza fitosanitaria.

Tale riordino si è concluso con l'adozione del decreto legislativo 2 febbraio 2021, n. 19, il cui primo obiettivo è quello di dare piena applicazione al nuovo regime fitosanitario europeo, attraverso l'individuazione di una chiara "catena di comando", attraverso l'identificazione dei soggetti e delle strutture coinvolte nella difesa delle piante, la definizione delle relazioni tra questi e l'individuazione delle responsabilità in capo alle autorità identificate.

In particolare, il Servizio Fitosanitario Nazionale si è dotato dell'Istituto nazionale di riferimento per la protezione delle piante, individuato nel Centro Difesa e Certificazione (CREA-DC) del CREA, quale organismo tecnico-scientifico di supporto.

Al Comitato fitosanitario nazionale (CFN), inoltre, è stato attribuito il necessario potere decisionale, consentendogli di assumere decisioni vincolanti rivolte a ogni soggetto coinvolto nella difesa delle piante. Al Comitato partecipano, per il necessario supporto scientifico, oltre all'Istituto nazionale di riferimento per la protezione delle piante, il Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), le Società scientifiche che operano nell'ambito del settore della difesa delle piante e le Università.

Le nuove sfide e i numerosi obblighi a cui è chiamato a rispondere il SFN hanno posto in evidenza l'urgenza di dotare il sistema di una adeguata dotazione di personale altamente qualificato. A tal fine sono state individuate le caratteristiche, i requisiti e le funzioni delle diverse categorie di personale tecnico operante presso il Servizio fitosanitario nazionale, nonché quantificata l'idonea dotazione di personale, per tutto il Servizio fitosanitario nazionale, necessaria per armonizzare sul territorio l'applicazione delle nuove disposizioni e adempiere agli obblighi derivanti dalla normativa unionale e internazionale in materia di profilassi fitosanitaria.

La revisione del sistema nazionale di protezione delle piante ha, tra l'altro, definito la gestione delle emergenze fitosanitarie attraverso l'elaborazione di

piani di emergenza e piani di azione *ad hoc*, e istituito il Segretariato per le emergenze fitosanitarie, struttura che rappresenta il raccordo tecnico operativo tra il CFN e le Unità territoriali coinvolte nell'attuazione delle misure fitosanitarie derivanti dai provvedimenti di emergenza.

Il nuovo testo normativo, inoltre, anche alla luce dei nuovi ruoli e competenze attribuite dal regolamento (UE) 2017/625,

- ridefinisce le dotazioni di personale fitosanitario, al fine di rendere il SFN idoneo ad affrontare tutti i nuovi obblighi imposti dai regolamenti UE;
- razionalizza il numero dei punti di controllo frontalieri;
- richiede lo sviluppo di un sistema di allerta attraverso l'elaborazione di specifici piani nazionali per il controllo annuale delle produzioni e per le indagini sulla presenza degli organismi nocivi in tutto il territorio nazionale.

La strategia sulla quale si basa la nuova normativa fitosanitaria nazionale prevede, in aggiunta ai tradizionali strumenti di quarantena vegetale, quale il controllo alle importazioni, una sorveglianza capillare del territorio, una identificazione rapida degli organismi nocivi, la messa in atto di misure di controllo e di eradicazione, la condivisione dei dati e delle informazioni, nonché lo sviluppo di una rete di collaborazione e interconnessione di tutti gli ambiti scientifici, tecnologici, istituzionali e gestionali della difesa delle piante.

Particolare attenzione è stata posta nella definizione e realizzazione di una Rete nazionale laboratoristica, alla quale partecipano i Laboratori nazionali di riferimento e i laboratori ufficiali dei Servizi fitosanitari regionali e altre strutture laboratoristiche di ricerca, e nella predisposizione del Sistema Informativo di Protezione delle Piante (SIPP) con il quale sarà garantita l'elaborazione, il trattamento e lo scambio automatico di tutti i dati, delle informazioni e dei documenti relativi alle attività di protezione delle piante tra tutti i soggetti coinvolti.

Nello scenario che si sta sviluppando, anche a seguito della strategia *Farm to Fork Strategy – for a fair, healthy and environmentally - friendly food system* adottata in ambito europeo, appare evidente il ruolo centrale acquisito dalle conoscenze scientifiche e tecniche sugli organismi nocivi e sui relativi metodi di difesa e il loro costante aggiornamento.

In tale contesto si collocano, ad esempio, le potenzialità rappresentate dai biostimolanti e dagli agenti di controllo biologico nell'ambito delle future strategie di lotta fitosanitaria, strumenti il cui utilizzo si affianca, necessariamente, a quello dei prodotti fitosanitari. Anche nel caso di programmi di lotta biologica mediante antagonisti naturali si rende necessaria, difatti, una difesa delle colture attraverso l'uso di prodotti fitosanitari; almeno fino a quando

non si stabilisca il necessario equilibrio tra le popolazioni dell'organismo nocivo e dell'antagonista. L'impiego di tali prodotti richiede tuttavia il ricorso a metodi di limitazione dei rischi e a sostanze attive con diverso meccanismo d'azione al fine di per evitare l'insorgenza di fenomeni di resistenza da parte dell'organismo nocivo.

Ancora, lo sviluppo di macchine con tecnologie mirate a ridurre l'impatto dei prodotti fitosanitari, come quelle basate sul controllo computerizzato dei target, può mantenere la strategicità dei trattamenti chimici antiparassitari e al tempo stesso ridurre i quantitativi totali di prodotti fitosanitari utilizzati in agricoltura.

Oggi più che mai, quindi, si comprende come le tradizionali strategie aziendali non siano più sufficienti a garantire una piena ed efficace difesa delle produzioni e richiedano una gestione sempre più sistemica della protezione delle piante, lungo tutte le fasi della filiera produttiva.

L'antica dicotomia tra la difesa aziendale delle produzioni e gli interventi di quarantena vegetale, pertanto, perde di rilevanza e i suoi contorni diventano sempre più sfumati, evidenziando come la gestione della difesa fitosanitaria, per essere pienamente efficace e risolutiva, deve essere attuata sia a livello aziendale che territoriale, coinvolgendo tutti gli operatori interessati e l'intero sistema produttivo agricolo, incluse le amministrazioni, le istituzioni scientifiche, i Servizi fitosanitari regionali, le organizzazioni dei produttori, ecc.

Le emergenze fitosanitarie causate dalla *Xylella fastidiosa*, dalla Cimice asiatica e dagli oltre 20 organismi nocivi da quarantena o emergenti, in atto sul territorio nazionale, oltre a determinare una ricaduta importante in termini di danni diretti e indiretti a livello sia economico che sociale, confermano la necessità di un intervento integrato e di un approccio sistemico a tutti i livelli, dalla programmazione delle produzioni agricole fino alla commercializzazione e alla distribuzione dei prodotti vegetali.

Il complesso quadro, che si è succintamente delineato, fa emergere come lo sviluppo di un sistema unico e collettivo di protezione delle piante, basato su una condivisione costante delle informazioni e dei dati, sul supporto fornito da adeguati sistemi informatici, sul potenziamento degli organismi deputati al coordinamento e alla sorveglianza dei territori dotati di risorse umane e strumentali appropriate, sulla formazione e l'aggiornamento permanente di tutti i soggetti coinvolti, su un adeguato supporto tecnico-scientifico, nonché sul coinvolgimento, a tutti i livelli, degli operatori professionali, rappresenti l'unica arma per garantire una protezione efficace delle nostre produzioni e dell'intero territorio nazionale. La mancanza di uno solo di questi fattori pone a rischio l'efficacia dell'intero sistema.

RIASSUNTO

Gli intensi rapporti economici che hanno portato alla globalizzazione dei mercati e i cambiamenti climatici hanno incrementato in modo esponenziale il rischio di importare organismi nocivi estranei, che possono diffondersi con effetti devastanti per le coltivazioni e la stabilità degli ecosistemi, con conseguenti ingenti danni economici.

Il nuovo regolamento (UE) 2016/2031 relativo alle misure di protezione contro gli organismi nocivi per le piante introduce novità in ogni aspetto dell'attività di produzione, controllo e sorveglianza.

Alla luce delle profonde trasformazioni introdotte, il Decreto Legislativo 2 febbraio 2021, n. 19, ridisegna molti aspetti organizzativi tra cui le strutture e le competenze dell'Autorità centrale e delle Autorità regionali, l'Istituzione di una unità centrale di Segretariato per le emergenze fitosanitarie, la realizzazione di un Sistema informativo nazionale, la razionalizzazione dei punti di entrata, nonché la definizione delle procedure di controllo uniformi a livello nazionale e la formazione e l'aggiornamento permanente del personale fitosanitario.

Particolare importanza è data agli aspetti scientifici e diagnostici con l'istituzione dell'Istituto nazionale di riferimento, individuato nel CREA DC – Difesa e Certificazione, che è già laboratorio di riferimento europeo.

ABSTRACT

The intense economic relations that have led to the globalization of markets and climate change have exponentially increased the risk of importing foreign harmful organisms, which can spread with devastating effects on crops and the stability of ecosystems, with consequent significant economic damage.

The new regulation (EU) 2016/2031 on protective measures against plants pests introduces novelties in every aspect of production, control and surveillance.

In light of the profound changes introduced, the Legislative Decree 2 February 2021, n.19, redesigns many organizational aspects, including the structures and competences of the Central and Regional Authority, the establishment of a central Secretariat unit for phytosanitary emergencies, the creation of a national information system, the rationalization of entry points, as well as the definition of uniform control procedures at national level and the training and permanent updating of phytosanitary personnel.

Particular importance is given to the scientific and diagnostic aspects with the establishment of the national reference institute, identified in CREA DC - Defense and Certification, which is already a European reference laboratory.

PIO FEDERICO ROVERSI¹

L'Istituto Nazionale di Riferimento per la Protezione delle Piante e i Laboratori di Quarantena per il controllo degli organismi nocivi

¹ CREA-DC, Istituto Nazionale di Riferimento per la protezione delle Piante

Nei prossimi anni il nostro Paese dovrà affrontare sfide strategiche nel contesto di un'Europa proiettata verso un modello di società che pone al primo posto percorsi di sostenibilità, nei quali anche l'agricoltura, i prodotti agricoli, la gestione delle foreste e delle aree naturali e i programmi di ampliamento del verde nelle città, dovranno essere declinati in funzione della tutela della salute dei cittadini, della inversione della perdita di biodiversità, della neutralità climatica e dell'aumento di competitività per un'Unione più ecologica, digitale e resiliente.

In tale contesto alla necessità di una continua elaborazione e affinamento delle strategie e strumenti di difesa fitosanitaria a basso impatto ambientale per il controllo dei danni causati da organismi/microrganismi dannosi indigeni o stabilmente insediati sul territorio nazionale si affianca la problematica derivante da nuove introduzioni accidentali di specie aliene nocive, afferisce alla identificazione univoca del "pest". Il problema si pone con analoga gravità sia che si tratti di organismi inclusi tra gli Insetti, Acari e Nematodi e sia che ci si ponga nell'ambito dei microrganismi comprendenti Virus, Viroidi, Fitoplasmidi, Batteri e Funghi. Le necessità in tale settore e le richieste di sempre più efficaci ed economici test diagnostici, stanno crescendo di pari passo con l'elevarsi dei controlli sui flussi commerciali da e verso il nostro Paese. Infatti non solo è aumentata la necessità di contrasto alle introduzioni accidentali ma è sempre più sentita l'esigenza per le nostre produzioni agricole nazionali di verificare l'assenza di talune specie nocive per le quali vari Paesi terzi adottano il blocco delle merci.

Nella più generale linea strategica Difesa delle Colture si collocano ricerche e sperimentazioni articolate e di ampio respiro che spaziano dalle indagini attinenti il settore del corretto impiego dei prodotti fitosanitari, siano essi di

sintesi che di derivazione naturale, alla individuazione di nuovi Biological Control Agents, alla messa a punto di metodologie innovative di monitoraggio fitosanitario, alle ricerche, su caratteri di resistenza e tolleranza delle piante ad agenti di danno, agli studi sulla biosicurezza e a differenti ambiti attinenti il controllo delle specie nocive, incluse le entità telluriche, in ambito agricoltura biologica.

In tale ambito se da una parte è richiesta una maggiore responsabilità sui materiali vegetali prodotti e una migliore organizzazione delle proprie strutture agli operatori professionali, dall'altra le autorità competenti per i controlli dovranno dotarsi di strutture conformi ai requisiti fissati e di risorse umane e finanziarie adeguate a garantire un intervento proattivo sugli organismi nocivi delle piante.

Si evidenzia anche che il CREA-DC in qualità di istituto nazionale di Riferimento per la Protezione delle Piante è “European Union Reference Laboratory for Pests on plants – Bacteria” ed “European Union Reference Laboratory for Pests on plants - Viruses, Viroids and Phytoplasmas”, e inoltre, come notificato alla Commissione Europea, Directorate-General for health and food safety le sezioni disciplinari i cui si articola il Centro CREA-DC, ovvero Entomologia agraria e forestale, Acarologia, Nematologia, Batteriologia, Micologia e Virologia, sono state designate quali Laboratori Nazionali di Riferimento per le rispettive tematiche (MIPAAF prot. N. 0034317 del 16/10/2019).

Alla luce della nuova normativa fitosanitaria Nazionale ed Europea e della recente pubblicazione il 2.02.2021 del D.lgs N.19 “Norme per la protezione delle piante dagli organismi nocivi”, il CREA-DC, individuato quale Istituto Nazionale di Riferimento per la Protezione delle Piante, ha assunto un ruolo chiave nella prevenzione dell'entrata e della diffusione degli organismi dannosi delle piante, anche in qualità di Laboratorio Nazionale di Riferimento (NRL) per le 6 categorie di organismi e microrganismi e di Laboratorio Europeo di Riferimento (EURL) sia per la Virologia che per la Batteriologia. In tale contesto il CREA-DC dovrà supportare su molteplici fronti il Sistema Paese nella difesa delle piante e dell'agricoltura nazionale.

Al fine di mettere a disposizione del Sistema Paese una infrastruttura nazionale in grado operare in condizioni di sicurezza biologica e di livello paragonabile a quanto già realizzato a livello mondiale nei principali Paesi industrializzati, è stata avviata la progettazione della Piattaforma Tecnologica Integrata “Custos Plantis – Guardiano delle Piante”, il cui progetto complessivo è stato elaborato dal Centro CREA-DC in accordo con i competenti Uffici del Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali e la cui realizzazione è in corso con riferimento al primo Laboratorio Nazionale da Quarantena per il Controllo degli Insetti, degli Acari e dei Nematodi dannosi alle Piante.

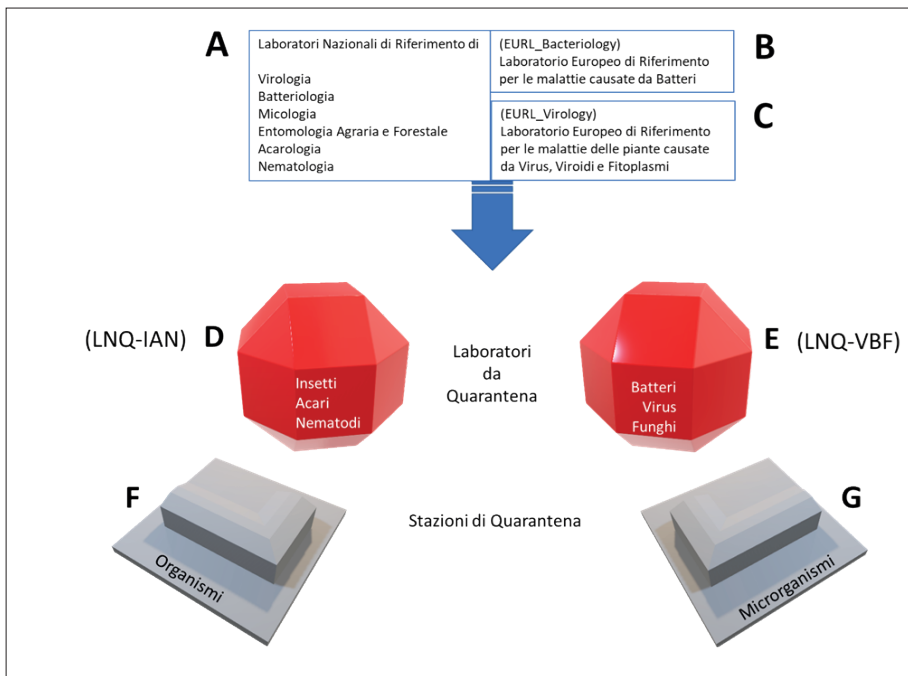


Fig. 1 *Strutture relative alla Piattaforma Tecnologica Integrata "CUSTOS PLANTIS"*

La Piattaforma Tecnologica Integrata "CUSTOS-PLANTIS – Guardiano delle Piante include strutture imperniata su due Laboratori Nazionali da Quarantena con livelli di biosicurezza definiti nell'ambito della Classificazione della World Health Organization. In considerazione del fatto che la biosicurezza è considerata a giusta ragione un elemento imprescindibile le richieste relative a progettazione del laboratorio e strutture annesse, impiantistica, attrezzature, sistemi di protezione fanno riferimento alle Linee Guida contenute nel Manuale OMS secondo l'edizione italiana curata dall'Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro (ISPESL) (Laboratory Biosafety Manual, Terza Edizione 2004).

Elementi base della piattaforma sono:

- Laboratorio Nazionale da Quarantena per il Controllo dei Patogeni dannosi alle Piante, Virus, Viroidi, Fitoplasmi, Batteri, Funghi (LNQ-VBF);
- Laboratorio Nazionale da Quarantena per il Controllo degli Insetti, degli Acari e dei Nematodi dannosi alle Piante (LNQ-IAN).

All'interno di tali strutture saranno conservati anche materiali genetici di riferimento da porre a disposizione della rete laboratoristica ufficiale nazionale.

RIASSUNTO

La Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle regioni (COM 846/2020 del 18.12.2020) e le "Raccomandazioni agli Stati membri sui relativi piani strategici della Politica Agricola Comune", riconoscono i legami inscindibili tra persone sane, società sane e un pianeta sano". In tale quadro generale si evidenzia che un equilibrato sviluppo socio-economico e una gestione realmente sostenibile delle risorse alimentari e dell'ambiente non può prescindere dalla ricerca di innovative strategie di difesa fitosanitaria da fitofagi e patogeni che minacciano i principali sistemi agricoli e le foreste.

Alla luce della nuova normativa fitosanitaria Nazionale ed Europea e della recente pubblicazione il 2.02.2021 del D.lgs N.19 "Norme per la protezione delle piante dagli organismi nocivi", il CREA-DC, individuato quale Istituto Nazionale di Riferimento per la Protezione delle Piante, ha assunto un ruolo chiave nella prevenzione dell'entrata e della diffusione degli organismi dannosi delle piante, anche in qualità di Laboratorio Nazionale di Riferimento (NRL) per le 6 categorie di organismi e microrganismi e di Laboratorio Europeo di Riferimento (EURL) sia per la Virologia che per la Batteriologia. In tale contesto il CREA-DC dovrà supportare su molteplici fronti il Sistema Paese nella difesa delle piante e dell'agricoltura nazionale. L'Istituto ha già avviato nel corso del corrente anno la realizzazione della Piattaforma Tecnologica Integrata "CUSTOS-PLANTIS – Guardiano delle Piante", che comprende due laboratori Nazionali di Quarantena per lo studio e il controllo di organismi alieni nocivi alle piante: il Laboratorio Nazionale di Quarantena per il Controllo di Insetti, Acari e Nematodi (LNQ-IAN) e il Laboratorio di Quarantena per il Controllo di Virus, Viroidi, Fitoplasmi, batteri e Funghi (LNQ-VBF).

ABSTRACT

The National Reference Institute for Plant Protection and Pest Quarantine Laboratories The Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions (COM 846/2020 of 18.12.2020) and the "Recommendations to Member States on the related Common Agricultural Policy strategic plans", emphasize the strong connection between healthy people, healthy societies and a healthy planet". In this context, it is worth noting that a sustainable management of food resources and environment are bound to rely on innovative strategies aimed at phytosanitary protection from "pests" that may endanger the main agricultural and forests ecosystems.

In the light of the new National and European phytosanitary regulations and of the publication on 2.02.2021 of the Legislative Decree No. 19 "Standards for plant protection from harmful organisms", the CREA-DC, identified as the National Reference Institute for Plant Protection, has assumed a key role in preventing the introduction

and spread of harmful organisms. The Institute has already started in the current year the construction of the Integrated Technological Platform “CUSTOS-PLANTIS - Plant Guardian”, which includes two National Laboratories for the study and control of alien species harmful to plants: the National Quarantine Laboratory for the Control of Viruses, Viroids, Phytoplasmas, Bacteria and Fungi (NQL-VBF) and the National Quarantine Laboratory for the Control of Insects, Mites and Nematodes (NQL-IMN).

BIBLIOGRAFIA

- EPPO/OEPP (2019): *Review of EPPO's approach to Pest Risk Analysis*, EPPO Technical Document No. 1079, 64 pp.
- FAO (2016): *International standards for phytosanitary measures*, ISPM 34, Design and operation of post-entry quarantine stations for plants, 13 pp.
- FAO, International Plant Protection Convention (2017): *Pest risk analysis for quarantine pests*, <https://www.ippc.int/en/core-activities/standards-setting/ispm34/> .
- World Health Organization (2004): *Laboratory Biosafety Manual*, 4th edition, ISBN 978-92-4-001132-8, 101 pp.

GIACOMO LORENZINI¹

Cambiamenti climatici e malattie delle piante

¹ Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Agro-ambientali e CIRSEC, Centro Interdipartimentale di Ricerca per lo Studio degli Effetti del Cambiamento Climatico, Università di Pisa

INTRODUZIONE

I fattori climatici sono determinanti nei rapporti tra organismi, ad esempio nelle interazioni tra ospite e patogeno. Ogni stato infettivo si realizza allorché si trovano compresenti per un adeguato lasso di tempo i tre fattori chiave: un agente causale virulento, un ospite suscettibile (la vittima) e i parametri ambientali, che devono consentire la “chiusura” di quello che viene comunemente definito il “triangolo della malattia”; a questo “modello base” (con due protagonisti biotici, la pianta e l’aggressore) si possono affiancare situazioni nelle quali hanno un ruolo essenziale anche i vettori (es. insetti) ed eventualmente ospiti intermedi necessari per il completamento del ciclo vitale del patogeno. Il clima (uno dei player fondamentali del fattore “ambiente”) può influenzare il patogeno (così come i suoi nemici naturali), gli ospiti (primari e secondari), i vettori, le possibilità di intervento di difesa e, più in generale, l’habitat ove tali rapporti hanno luogo.

Esistono numerose evidenze di interferenze dei cambiamenti climatici sui rapporti ospite-patogeno: il tema riguarda le malattie dell’uomo (Khan et al., 2019), quelle degli animali (particolarmente studiate sono le micosi degli anfibi – Grogan et al., 2018), così come le fitopatie. Scopo di questa breve nota è quello di passare in rassegna alcuni degli aspetti di maggior interesse relativi a quest’ultimo tema, sulla base anche della crescente attenzione riservatagli dalla comunità scientifica (Gullino et al., 2021; fig. 1).

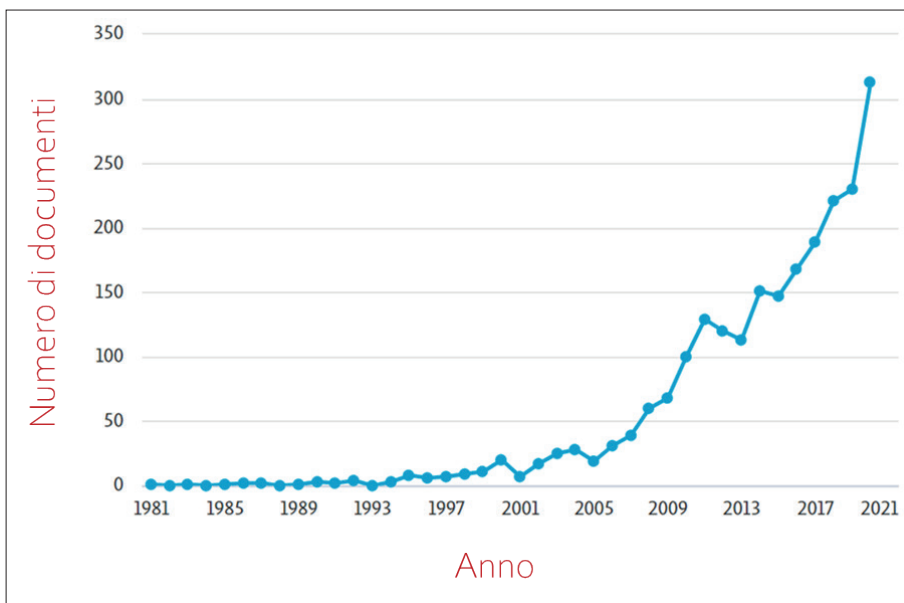


Fig. 1 *Andamento temporale delle pubblicazioni scientifiche sui temi relative alle interazioni tra cambiamento climatico e malattie delle piante (fonte: Scopus, settembre 2021; 2256 documenti consultati; parole chiave: climate change & plant diseases)*

CAMBIAMENTI CLIMATICI: COSA STA ACCADENDO?

Esistono infinite scuole di pensiero (e forse altrettante definizioni della materia), che costituiscono da tempo un tema all'attenzione della politica e della scienza; per gli scopi del presente lavoro è utile fissare alcuni (pochi) punti, sui quali la comunità internazionale appare pressoché concorde, e segnalare altresì altri temi che sono ancora "aperti", ma che, verosimilmente, potranno avere un contributo non banale alle problematiche aperte. Inutile sottolineare l'attenzione che il mondo della politica sta riservando a questi argomenti, attenzione, purtroppo, non sempre seguita dall'adozione di adeguati interventi di mitigazione e compensazione.

Un dato è fuori discussione: la presenza di CO_2 (anidride carbonica, o, meglio, biossido di carbonio) atmosferica sta salendo (e si ritiene che la causa prevalente sia l'utilizzo di combustibili fossili), ha raggiunto livelli mai riscontrati da molte migliaia di anni (fig. 2) e sta modificando il clima sotto i nostri occhi. Parallelamente al tenore in CO_2 , infatti, assistiamo a un incremento delle temperature (minime, medie e massime) che non ha precedenti nella

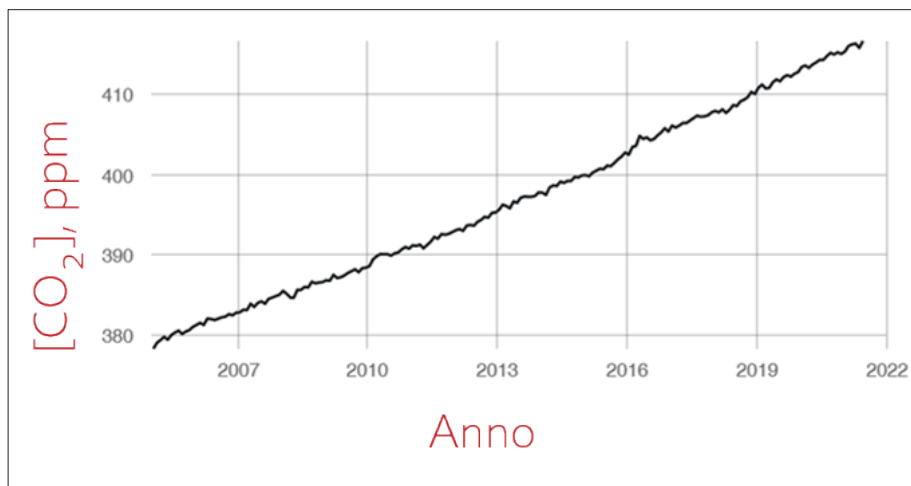


Fig. 2 *Andamento delle concentrazioni medie mensili di CO₂ in atmosfera rilevate al Mauna Loa Observatory nelle Hawaii. Il record è di 417 ppm, raggiunto nel giugno 2021. Questo valore rappresenta un aumento del 48% rispetto all'era pre-industriale (quando tale dato era 280 ppm) e del 13% rispetto all'anno 2000 (370 ppm). Fonte: <https://climate.nasa.gov>*

storia del Pianeta. L'ultima decade (2010-2019) ha segnato in Europa valori medi record, superiori di circa 1,7-1,9 °C rispetto ai livelli pre-industriali (Krauskopf e Huth, 2020).

È noto come la temperatura costituisca il più importante degli elementi climatici, perché condiziona gli altri: con la sua differente distribuzione fa variare la pressione e quindi determina spostamenti di masse d'aria (vento), produce evaporazione, e quindi umidità, con conseguenti condensazioni e precipitazioni (es. pioggia). Ciò che preoccupa è la velocità con la quale questi fenomeni si stanno verificando, che potrebbe creare stati di crisi, specialmente negli ecosistemi naturali. Il quadro è infinitamente complesso e coinvolge tutte le sfere di interesse della salute e del benessere. Interi capitoli delle nostre aree del sapere dovranno essere riscritti alla luce delle nuove evidenze.

In breve, gli effetti del cambiamento climatico danno luogo a fenomeni che possiamo definire acuti, caratterizzati da breve durata ma alta intensità (es. eventi meteo estremi, come nubifragi e ondate di calore, incendi forestali, incremento dell'attività fotochimica in atmosfera con formazione di smog), oppure cronici, di lungo periodo (es. innalzamento del livello di mari e oceani, fusione delle calotte glaciali e dei ghiacciai, desertificazione, modificazioni del microclima e degli areali di distribuzione delle specie viventi).

CAMBIAMENTI CLIMATICI: QUALI IMPATTI SUI VEGETALI?

Fenologia

I cambiamenti climatici in atto e quelli previsti sono responsabili di significative variazioni, peraltro ampiamente diversificate tra le specie, nella scansione temporale delle attività stagionali. Negli ecosistemi mediterranei, le foglie di numerose piante decidue schiudono in media 16 giorni prima e cadono 13 giorni dopo rispetto a mezzo secolo fa (Penuelas e Filella, 2001). Questo implica un allungamento della stagione vegetativa, con inevitabili ripercussioni sui cicli dell'acqua e dei nutrienti, così come sull'attività degli insetti pronubi e degli altri simbionti. Occorre sottolineare come la velocità di reazione dei vari taxa alle variazioni climatiche può essere molto diversa, sì da indurre parziali disaccoppiamenti nelle attività biologiche di vari "partner".

Distribuzione geografica delle specie

A puro titolo di esempio, si stima che un aumento di 3 °C nella temperatura media annua comporti uno spostamento nelle aree temperate delle isoterme di 300-400 km in latitudine o 500 m in altitudine (Hughes, 2000); il fenomeno è caratterizzato da velocità diverse tra le varie componenti ecosistemiche. Ovviamente, c'è da attendersi un contemporaneo spostamento dei microrganismi associati alle piante, a cominciare dai patogeni.

Caratteristiche morfologiche e fisiologiche

Architettura della pianta (es. taglia, dimensioni delle foglie) e delle strutture vegetali ("canopy") (tutti parametri che inducono effetti sul microclima), tassi di accrescimento (in termini assoluti e relativi), caratteristiche morfologiche delle strutture di superficie (es. cuticola), attività fisiologiche (a cominciare da fotosintesi, respirazione ed efficienza di uso dell'acqua), biochimismo (con particolare riguardo al metabolismo secondario), relazioni simbiotiche (es. micorrize): ecco alcuni dei fattori "chiave" coinvolti nei processi di reazione della pianta all'aggressione microbica. Questi fenomeni, a loro volta, innescano, a catena, variazioni in tutte le componenti ecosistemiche, a cominciare, ad esempio, dalla variata produzione di residui vegetali (lettiera). L'effetto di singoli fattori è sufficientemente noto, almeno per grandi linee; e però quasi impossibile, descrivere andamenti generali e quadri di sintesi.

Frequenze geniche e rapporti tra specie

Le mutate condizioni ambientali saranno in grado di interferire sulle composizioni geniche degli esseri viventi, con frequenza e intensità verosimilmente assai differenziate. Ne conseguiranno significative variazioni negli equilibri dinamici, ad esempio nella competizione per lo spazio, l'acqua e i nutrienti. L'evoluzione dei patogeni sarà accelerata dalla maggior fertilità, che comporta un più veloce aumento della popolazione. Le interazioni microbiche (es. filloplano, micorrize) subiranno variazioni negli equilibri tra le varie componenti, come conseguenza delle variate condizioni (micro)ambientali, ma le direzioni di questi cambiamenti sono poco prevedibili.

CAMBIAMENTI CLIMATICI: QUALI IMPATTI SULLE MALATTIE DELLE PIANTE?

Saranno analizzati separatamente i tre protagonisti del “triangolo della malattia” (patogeno, ospite, ambiente). Particolare attenzione sarà riservata alle malattie sostenute da crittogame, trattandosi dell'argomento maggiormente studiato. È doveroso, comunque, sottolineare l'enorme variabilità di situazioni (dalla biologia agli aspetti ecologici) che caratterizza il tema.

Effetti sul patogeno

Sopravvivenza, moltiplicazione, riproduzione, germinazione, accrescimento, capacità competitiva, fitness, patogenicità: sono questi i parametri critici che condizionano le possibilità di successo di un agente nocivo per le piante. Ovviamente, vi sono anche gli aspetti relativi alle mutate distribuzioni geografiche dei parassiti. Spesso sono sufficienti minime modificazioni in un fattore ambientale (es. temperatura) per consentire rapide esplosioni demografiche dei microrganismi. Nelle nostre zone climatiche, l'inverno è la fase maggiormente critica nel ciclo dei fitopatogeni, rappresentando una sorta di “collo di bottiglia”, che spesso porta alla morte la quasi totalità della loro popolazione; è lecito dedurre che molti agenti di malattia beneficeranno delle nuove situazioni climatiche. Attenzione merita il fatto che gli effetti di tali variazioni possono essere ingigantiti agli estremi: ad esempio, nelle condizioni di Canberra (Australia), un riscaldamento medio di 2 °C (del tutto realistico sulla base degli scenari previsti) comporta che i giorni totali con temperature inferiori a 0 °C scendono da 9 a 2 (Hennessy e Pittock, 1995).

Il numero di generazioni dei funghi policiclici e l'accrescimento stagionale negli altri saranno favoriti nelle nuove situazioni, grazie a due distinti meccanismi: allungamento del periodo vegetativo dell'ospite e accelerato sviluppo del microrganismo.

Effetti sulla pianta

Un significativo aumento della concentrazione di CO_2 è associabile a incrementi di produzione (maggiori per le piante C3); è comunque verosimile immaginare che a questa azione fertilizzante si associ una ridotta qualità nutrizionale della biomassa prodotta. Le previste riduzioni di densità e conduttanza degli stomi (Zheng et al., 2019) sono virtualmente correlate a situazioni che svantaggiano i patogeni fogliari che sfruttano tali aperture per invadere i tessuti (es. ruggini e peronosspore). Il quadro potrebbe, però, essere assai più complesso: le modificate attività stomatiche riducono la diffusione di composti volatili, necessari per la chemiotassi (localizzazione per via chimica del bersaglio).

Effetti sulle interazioni ospite/patogeno

Lo scenario che prevede prevalentemente un aumento della superficie fogliare e un allungamento del ciclo vegetativo, della produzione di biomassa epigea e radicale, inevitabilmente coinvolge aspetti che riguardano il microclima (in particolare l'umidità relativa nella patozona) e la disponibilità quali-quantitativa di nutrienti: sono questi, tutti fattori favorevoli all'instaurarsi dello stato di malattia. Ad esempio, livelli elevati di CO_2 sono normalmente associati a moderate riduzioni nel contenuto in azoto dei tessuti: questo alterato rapporto C:N potrebbe influire sulle prestazioni degli insetti ad apparato boccale succhiante (es. afidi) che trattengono i composti azotati ed escretano gran parte dei carboidrati, sotto forma di "melata", substrato ideale per i funghi responsabili della formazione di "fumaggine" (il fenomeno viene definito compensatory feeding). Pertanto, in queste nuove condizioni il rischio "fumaggine" aumenterebbe, ma – allo stesso tempo – le piante potrebbero risultare meno attrattive per gli insetti.

Gli spostamenti di areali di diffusione, infine, possono portare a inedite combinazioni "ospite-parassita", sia per l'introduzione di una specie vegetale che va a incontrare un patogeno nativo, sia per il caso opposto (un patogeno si espande e intercetta un nuovo ospite).

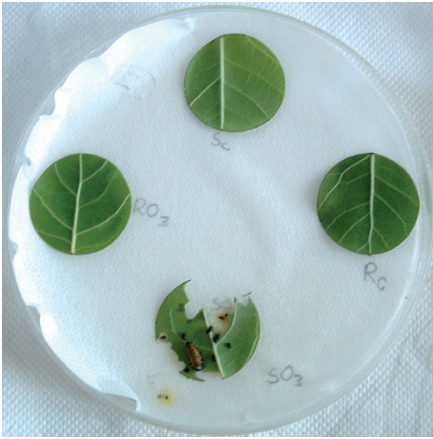


Fig. 3 Un esperimento di “scelta multipla”, nel quale una larva del coleottero *Chrysomela populi* è posta al centro della piastra Petri in presenza di dischi fogliari ottenuti da piante di pioppo, rispettivamente resistenti o suscettibili a ozono, trattate, o meno, con l'inquinante gassoso a concentrazioni realistiche. L'insetto sistematicamente si indirizza verso il materiale ottenuto da un individuo suscettibile e trattato, ignorando le altre tre opzioni (da Cotrozzi et al., 2021)

Un capitolo importante che merita attenzione è pure quello relativo al ruolo dei cambiamenti climatici sulla presenza di micotossine (Perrone et al., 2020).

Effetti sui vettori

Una discreta massa di informazioni è stata raccolta a proposito delle interferenze dell'aumento di temperatura sugli insetti erbivori; scarse, invece, sono le evidenze sperimentali di un ruolo degli altri fattori dei cambiamenti climatici globali, a cominciare dall'incremento di CO_2 e di UV-B. Come atteso, tutte le fasi del ciclo biologico possono essere modificate dalle variazioni di temperatura, ma agli effetti diretti devono essere aggiunti quelli indiretti, legati alle variazioni indotte su altri organismi (es. piante, predatori, parassitoidi). Importante sembra essere l'ecologia delle varie specie, potendosi immaginare un effetto minimo a carico di quelle che presentano alta plasticità fenotipica e genotipica, rispetto a quelle che occupano nicchie ristrette in ambienti estremi.

Più in generale, le interazioni tra piante e organismi erbivori si sono sviluppate in risposta a dinamiche coevolutive, accompagnate dai fattori abiotici. Un esempio di come la presenza di ozono – un inquinante troposferico la cui presenza è destinata ad aumentare proprio nei nuovi scenari di riscaldamento globale – possa influenzare la scelta trofica di un insetto è riportato in figura 3.

Effetti sugli interventi di difesa

L'efficacia dei trattamenti fitoiatrici è fortemente condizionata dalle condizioni climatiche: variazioni in frequenza, intensità e durata degli eventi piovosi, specialmente nelle prime fasi dopo l'intervento alle foglie, inevitabilmente avranno effetti sulle misure di difesa. Le variazioni a carico dell'anatomia fogliare e del sistema vascolare potrebbero non essere neutre rispetto all'assorbimento e traslocazione di agrofarmaci sistemici. A proposito di miglioramento genetico, sono noti casi in cui la resistenza a un patogeno è termo-dipendente, e quindi potenzialmente soggetta a variazioni nell'ottica dei cambiamenti globali. Assolutamente scarse, infine, sono le conoscenze circa le possibili interazioni tra cambiamenti climatici e agenti di difesa biologica. In quest'ultimo caso si tratta di relazioni tritrofiche (piante, fitofagi e loro nemici naturali) che danno vita a un sistema complesso nei confronti del quale le variazioni climatiche possono interagire in vari modi.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

È certamente il settore primario (agricoltura e forestazione) quello maggiormente vulnerabile agli effetti destabilizzanti dei cambiamenti climatici. Le malattie sono importanti fattori che condizionano le prestazioni biologiche delle piante e possono addirittura causarne l'estinzione da vaste aree; non sono rari i casi che hanno visto le fitopatie protagoniste della storia (valga per tutti l'emigrazione verso l'America degli irlandesi negli ultimi anni '40 del XIX secolo, a causa delle devastanti epidemie di *Phytophthora infestans*, agente della peronospora della patata) o del paesaggio (si pensi alla pandemia di *Ceratocystis fimbriata* su platano nella Toscana litoranea). Si deve anche pensare che questi fenomeni innescano, a loro volta, effetti ecologici a cascata, coinvolgenti le biocenosi (es. quelle degli insetti) associate alle piante vittime delle epidemie.

Le interazioni dei fattori ambientali sui rapporti tra specie sono determinanti, e le modificazioni in questione sono indubbiamente capaci di variare gli equilibri sinora noti. Si consideri che, ad esempio, i patogeni fungini hanno cicli biologici quanto mai brevi (anche dell'ordine di pochi giorni) e dimensioni di popolazione enormi, così da risultare dei veri organismi test per la verifica degli effetti biologici delle variate condizioni fisiche e chimiche dei nostri parametri ambientali.

Una visione complessiva di come i cambiamenti globali modificheranno le attuali relazioni ospite-patogeno non è al momento possibile. Le conoscen-

ze sull'influenza dei cambiamenti climatici sulle fitopatie sono limitate, e la maggior parte delle informazioni derivano da studi in condizioni controllate relativi al ruolo di singoli variabili chimiche o fisiche sull'ospite, sul patogeno o sulle loro interazioni. Sarebbe, comunque, da aggiungere che il quadro è tutt'altro che definito anche per quanto concerne le possibili variazioni indotte sulle piante, essendo in molti casi dimostrato che gli effetti sono specie-specifici e spesso anche organo-specifici.

La situazione è decisamente complessa, sia per la notevole differenza di fattori forzanti, che hanno impatto diversificato sui bersagli biologici, sia per la varietà delle infinite combinazioni rappresentate dai patosistemi, caratterizzate da meccanismi di aggressione e strategie difensive quanto mai eterogenee. Indubbiamente la scarsità di informazioni su questi argomenti costituisce elemento limitante nello sviluppo di modelli di simulazione, che oggi di norma ignorano il contributo delle malattie nelle prestazioni produttive. Molti aspetti dovranno, poi, essere meglio messi a fuoco, a cominciare dal ruolo dei cambiamenti politico-sociali e tecnologici sulle piante coltivate e naturali, come l'introduzione di materiale migliorato geneticamente. La conclusione è del tutto aperta: i cambiamenti climatici possono avere influenza positiva, negativa o, forse, neutra nei rapporti tra piante e patogeni. Un dato, però, è certo: su questi argomenti oggi ci sono più domande che risposte.

RIASSUNTO

I cambiamenti climatici rappresentano la sfida principale che l'umanità deve affrontare in questo secolo e le malattie delle piante da sempre costituiscono uno dei principali fattori che hanno effetti sulle produzioni agricole globali. Le conoscenze sull'influenza dei mutamenti ambientali sulle fitopatie sono ancora limitate, e la maggior parte delle informazioni derivano da studi condotti in condizioni controllate e relativi al ruolo di singoli variabili meteorologiche o componenti atmosferiche sull'ospite, sul patogeno o sulle loro interazioni. Evidenze sono disponibili che i fenomeni in oggetto possono modificare tutte le fasi del ciclo di un patogeno (e dei suoi vettori) e interferire su morfologia, fisiologia e capacità di risposta della pianta; inoltre, sono prevedibili modificazioni nella distribuzione geografica delle specie, con potenzialità di adeguamento assai diversificate. L'attenzione ora dovrebbe essere concentrata nello sviluppo di strategie di adattamento e mitigazione. Occorre valutare l'efficacia nei nuovi scenari climatici delle attuali metodiche di difesa, chimica e non, ma anche riscrivere i protocolli finalizzati alla messa a punto di nuove soluzioni per la protezione delle piante. Le analisi di rischio dovrebbero essere riconsiderate alla luce delle mutate condizioni ambientali. La materia appare complessa e aggiunge un ulteriore elemento di incertezza in un sistema predittivo quanto mai fragile.

ABSTRACT

Climate Change and Plant Diseases. Climate change is the major threat of the present century and plant diseases are one of the important factors which have a direct effect on global agricultural productivity. Knowledge on influence of climate changes on plant diseases is limited, and most work concentrates on the effects of a single meteorological variable or atmospheric constituent on the host, the pathogen, or their interaction under controlled conditions. Climate changes can alter all the stages of development of the pathogen (and of its vectors) and result in changes in the morphology and physiology of the host plant, as well as modify host-pathogen interactions. Moreover, shifts in the geographical distribution of species are expected to occur. Now, emphasis should shift from impact assessment to developing adaptation and mitigation strategies. First, there is need to evaluate under climate change the efficacy of current control tactics, and secondly, to include future climate scenarios in all research aimed at developing new tools and tactics. Present disease risk analyses should be re-evaluated in the light of the new environmental scenarios. The topic adds another layer of complexity and uncertainty onto a difficult to manage predictive system.

BIBLIOGRAFIA

- COTROZZI L., CONTI B., LORENZINI G. ET AL. (2021): *In the tripartite combination ozone-poplar-Chrysomela populi, the pollutant alters the plant-insect interaction via primary metabolites of foliage*, «Environmental Research», 201:111581 – doi: 10.1016/j.envres.2021.111581
- GROGAN L., ROBERT J., BERGER L. ET AL. (2018): *Review of the amphibian immune response to chytridiomycosis, and future directions*, «Frontiers in Immunology», 09 November 2018 – doi: 10.3389/fimmu.2018.02536
- GULLINO M.L., ALBAJES R., AL-JBOORY H. ET AL. (2021): *Scientific review of the impact of climate change on plant pests*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 72 pp. - <http://www.fao.org/3/cb4769en/online/cb4769en.html>
- HAMANN E., BLEVINS C., FRANKS S.J ET AL. (2021): *Climate change alters plant-herbivore interactions*, «New Phytologist», 229, pp. 1894-1910 – doi: 10.1111/nph.17036
- HENNESSY K.J., PITTOCK A.B. (1995): *Greenhouse warming and threshold temperature events in Victoria, Australia*, «International Journal of Climatology», 15, pp. 591-612.
- HUGHES L. (2000): *Biological consequences of global warming: is the signal already apparent?*, «Trend in Ecology & Evolution», 15, pp. 56-61 – doi: 10.1016/S0169-5347(99)01764-4
- KHAN M.D., THI VU H.H., LAI Q.T, AHN J.W. (2019): *Aggravation of human diseases and climate change nexus*, «International Journal of Environmental Research & Public Health», 16: 2799 – doi: 10.3390/ijerph16152799
- KRAUSKOPF T., HUTH R. (2020): *Temperature trends in Europe: comparison of different data sources*, «Theoretical and Applied Climatology», 139, pp. 1305-1316 – doi: 10.1007/s00704-019-03038-w
- PENUELAS J., FILELLA I. (2001): *Responses to a warming world*, «Science», 294, pp. 793-795 – doi: 10.1126/science.1066860

- PERRONE G., FERRARA M., MEDINA A. ET AL. (2020): *Toxigenic fungi and mycotoxins in a climate change scenario: ecology, genomics, distribution, prediction and prevention of the risk*, «Microorganisms», 8 (10): 1496 – doi: 10.3390/microorganisms8101496
- ZHENG Y., LI, F., HAO L. ET AL. (2019): *Elevated CO₂ concentration induces photosynthetic down-regulation with changes in leaf structure, non-structural carbohydrates and nitrogen content of soybean*, «BMC Plant Biology», 19, 255 – doi: 10.1186/s12870-019-1788-9

STEFANIA TEGLI¹, DARIO GAUDIOSO¹

Cambiamenti globali e fitopatogeni da quarantena: ricerca, innovazione, trasferimento, prevenzione

¹ Laboratorio di Patologia Vegetale Molecolare, Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari Ambientali e Forestali, Università degli Studi Firenze

Nel 2020 avremmo dovuto festeggiare l'anno internazionale della salute delle piante. E così è stato, sebbene non si sia realizzato molto di quanto programmato, oltre che sperato e voluto. L'obiettivo di questa iniziativa promossa dalle Nazioni Unite era informare ed educare l'opinione pubblica sulla necessità di tutelare la salute delle piante, nel più ampio ambito della salvaguardia dell'ambiente, nonché nel rispetto degli aspetti economici legati alla produzione e al commercio. Le attività previste erano rivolte a un pubblico estremamente eterogeneo, dai singoli individui fino a politici e interi governi, su scala regionale, nazionale e internazionale.

Ma forse la causa dell'impossibilità a celebrare l'anno internazionale della salute delle piante, ovvero la pandemia Covid-19 da coronavirus SARS-CoV-2, ha paradossalmente contribuito a sensibilizzare i vari destinatari di questa iniziativa su alcuni semplici concetti e relazioni che sono alla base e comuni a tutte le epidemie, qualunque sia l'ospite, umano, animale o appunto vegetale. L'esperienza della pandemia Covid-19 e delle sue vittime, in termini di perdite di vite umane, posti di lavoro, sconvolgimenti sociali e politici, hanno reso tutti più consapevoli e ricettivi verso alcune definizioni biologiche (es. patogeno, virus, ospite, salto d'ospite, soggetto serbatoio), come pure della complessità delle conseguenze di un'epidemia.

In ambito vegetale, è sicuramente immediato pensare a un'epidemia come causa della compromissione della sicurezza alimentare. Ma anche così fosse, la scarsa disponibilità di cibo sarebbe essa stessa elemento scatenante di ulteriori, drammatiche e destabilizzanti conseguenze a livello socio-economico e politico per il Paese dove tale epidemia si verifica.

A tal proposito è da ricordare l'esempio storico della Grande carestia irlandese che colpì questo Paese verso la metà del XIX secolo (1845-1852 circa),

quando la quasi totalità della popolazione viveva in condizioni miserrime, e le patate costituivano l'elemento essenziale e spesso unico della loro alimentazione. Allo sfortunato arrivo in Irlanda dell'oomicete fitopatogeno *Phytophthora infestans*, di origine Andina e proveniente dall'America e che oggi sappiamo essere l'agente causale della cosiddetta Peronospora della patata e del pomodoro, fece seguito la sua rapida diffusione in tutto il Paese, favorito dalle condizioni climatiche verificatesi nell'estate del 1845, oltre che dall'enorme uniformità genetica dell'ospite. Già a partire da quell'anno, il raccolto delle patate andò quasi completamente distrutto. Nel quinquennio 1845-1860, l'Irlanda vide un milione di morti per fame o di malattie infettive legate a questa carestia, oltre a perdere un milione e mezzo di irlandesi, che emigrarono altrove, soprattutto negli Stati Uniti e in Australia. Quasi mezzo secolo dopo, nel corso della Prima guerra mondiale, la *P. infestans* ricomparve, stavolta in Germania, dove la popolazione riuscì a superare tale drammatico evento deviando il proprio approvvigionamento alimentare verso le rape.

Epidemia vegetali devastanti sono state soggetti letterari o cinematografici. Basti ricordare il libro *Morte dell'erba* di John Christopher, in cui il virus fitopatogeno Chung-Li evolve, allargando la sua cerchia d'ospite dal riso fino a includere rapidamente tutte le *Graminaceae* di maggior interesse agroalimentare. Nel film di fantascienza *Interstellar* (2014) del regista inglese Christopher Nolan, tutte le principali colture vengono progressivamente affette e distrutte da una malattia ("the Blight") causata da un fitopatogeno non declinato tassonomicamente, con l'esclusione del mais che finisce per rimanere l'unica fonte di approvvigionamento alimentare, su una Terra in cui anche il resto della vegetazione viene colpita e che ben presto diventerà desertica. In tutte le epidemie dei vegetali appena descritte, reali o di fantasia, alla fame si accompagnano sempre povertà, disordini, rivolte, fenomeni migratori, in altri termini sconvolgimenti socio-politici più o meno rilevanti nelle loro conseguenze.

Tra quelli sicuramente meno drammatici è sicuramente da citare l'epidemia da *Hemileia vastatrix*, agente della ruggine del caffè, che nel 1870 colpì le coltivazioni di questa pianta nell'isola di Ceylon, oggi chiamata di Sri Lanka.

All'epoca Ceylon apparteneva già agli inglesi, ceduta dagli olandesi i quali qui avevano già sviluppato la coltivazione del caffè con i suoi relativi fiorenti commerci verso l'Europa, dove in quel periodo il caffè era considerato una bevanda più raffinata del tè, allora reperibile più a buon mercato. Considerato l'alto valore economico, anche gli inglesi dunque investirono nella coltura del caffè in questa loro colonia, finché l'arrivo di *H. vastatrix* non causò la pressoché completa distruzione delle piantagioni realizzate nell'isola di Ceylon nel giro di quasi un ventennio. Nonostante che il caffè non sia una coltura indispensabile per l'alimentazione umana, fame e morti per malnutrizione

afflissero la popolazione di Ceylon, proprio per la povertà conseguente al crollo di un'economia basata sul caffè. La soluzione di tale crisi socio-economica fu trovata nella riconversione delle coltivazioni di caffè in piantagioni di tè, che fu progressiva ma di successo, e che ha di conseguenza indotto anche gli inglesi a convertirsi definitivamente al tè, al punto che questa bevanda è poi divenuta una delle più emblematiche icone delle tradizioni inglesi.

Questi esempi nonché l'attuale pandemia Covid-19 hanno, disgraziatamente per tutti noi, un paio di rilevanti caratteristiche comuni, le quali sono a loro volta interconnesse e di seguito discusse.

Un'epidemia ha in genere un impatto devastante quando è causata da un patogeno che non ha mai avuto l'opportunità di evolversi insieme al suo potenziale ospite nel medesimo ambito spazio-temporale, in modo che la reciproca pressione selettiva possa plasmare l'interazione fino al raggiungimento di un equilibrio, situazione che implicitamente prevede l'esistenza di un certo livello di resistenza nell'eterogeneità delle popolazioni dell'ospite. Le epidemie vegetali precedentemente riportate, ma anche quella da coronavirus SARS-CoV-2, hanno avuto appunto questa genesi. Per i loro agenti causali sono spesso utilizzati, quali sinonimi, termini quali organismo alieno, invasivo, da quarantena. In realtà, queste definizioni non sono sinonime e le sfumature di significato che le caratterizzano fanno la differenza, ma soprattutto debbono essere effettivamente considerate proprio nell'ottica delle diverse misure di prevenzione e lotta da mettere in atto verso ciascuna di queste categorie di (spesso potenziali) patogeni. In breve, un patogeno è definito come alieno quando è del tutto estraneo all'ecosistema al quale potrebbe adattarsi, o dove è stato recentemente introdotto ma non ancora stabilito e diffuso.

Pertanto, tra i sinonimi attualmente più utilizzati, e in modo corretto, vi sono quelli di patogeno esotico, non indigeno, non autoctono. Spesso gli organismi alieni possono essere anche organismi invasivi, ovvero capaci di diffondere e stabilirsi con successo e rapidamente nelle zone in cui sono stati introdotti, causando un impatto biologico notevole su questo ecosistema fino a causare la scomparsa o sostituzione di alcune delle sue specie autoctone, per le loro maggiori capacità competitive e d'adattamento, ma anche per fattori dell'ecosistema medesimo quali la mancanza di antagonisti naturali e di resistenze nei potenziali ospiti.

Infine, la definizione di patogeno da quarantena fonde lo *status* legislativo con le caratteristiche biologiche ed ecosistemiche di un patogeno. Analogamente ad altri Paesi o loro federazioni, nell'Unione Europea sono definiti patogeni da quarantena quei microrganismi che non sono ancora presenti sul territorio dell'UE, oppure ufficialmente eradicati, o comunque confinati nella loro distribuzione, e capaci di grave impatto da un punto di vista economico,

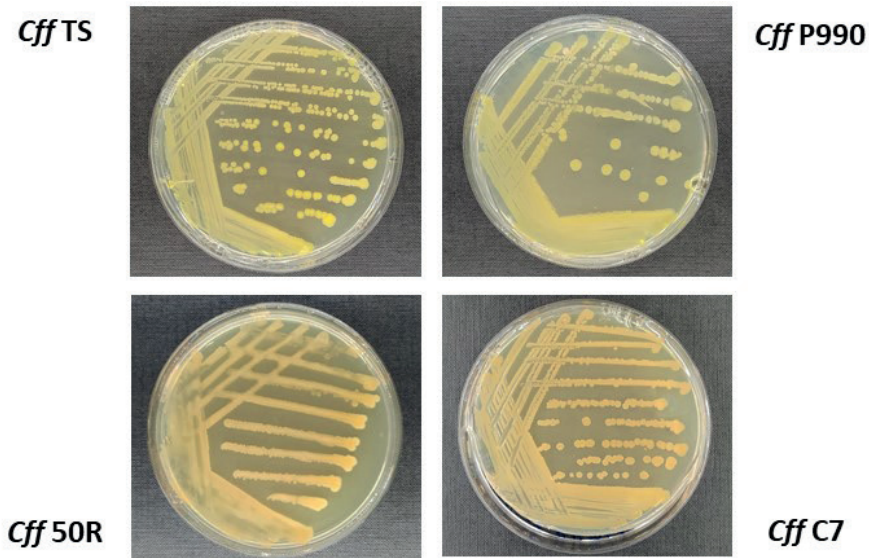


Fig. 1 *Ceppi di Curtobacterium flaccumfaciens pv. flaccumfaciens, agente dell'avvizzimento batterico del fagiolo, coltivati in vitro su mezzi sintetici agarizzati* (Immagini di Dario Gaudioso)

ambientale e sociale. Per i patogeni da quarantena dell'UE sono previste e definite per legge una serie di limitazioni e di controlli per impedirne l'introduzione, il movimento interno, la detenzione e la moltiplicazione interna all'UE, salvo autorizzazioni specifiche quali quelle per motivi scientifici e di ricerca. Tra i patogeni da quarantena per l'UE già presenti sebbene con limitata distribuzione, ma annoverato tra gli organismi nocivi prioritari, vi è la tristemente ben nota *Xylella fastidiosa*. Invece tra quelli ancora non presenti, o eradicati, merita ricordare le varie specie di *Candidatus Liberibacter* e *Ralstonia solanacearum*, anch'essi nella lista dei prioritari e che, insieme a fitopatogeni quale *Curtobacterium flaccumfaciens pv. flaccumfaciens*, agente dell'avvizzimento batterico del fagiolo e di altri legumi (fig. 1) (Tegli et al., 2002, 2020), minaccia seriamente la produzione di colture che sono tra le fonti primaria di approvvigionamento alimentare.

L'altro elemento comune che dovrebbe finalmente essere emerso in modo chiaro a seguito proprio dell'epidemiologia del Covid-19, nonché del suo impatto devastante, è l'intima e indissolubile connessione tra le diverse componenti del nostro pianeta che dovrebbe essere riassunto nel cosiddetto paradigma "One Health". Tale visione afferma che la salute di Uomo, animali e degli ecosistemi è correlata e dipendente, così da promuovere l'adozione e

applicazione di un approccio multidisciplinare e coordinato nell'affrontare emergenze, ma soprattutto i rischi potenziali per la salute di ciascuna delle tre componenti. In realtà, le piante non sono state mai incluse come tali e propriamente integrate nella visione "One Health", ma sono state sempre e solo considerate come parte dell'ambiente. Questo è sicuramente uno dei principali limiti, se non il più importante, dell'attuale interpretazione di tale concetto. Non solo sarebbe il caso di chiedersi come l'approccio "One Health" può contribuire nei fatti a prevenire le malattie delle piante, quando possibile, oppure a diminuirne quantomeno l'impatto quando viceversa la prevenzione non fosse sufficiente. E questa affermazione in parte risponde alla successiva, ma forse più importante, domanda da farsi, ovvero perché nella visione "One Health" sarebbe necessario includere in modo esplicito anche la cura della salute delle piante. Pensando solo alla relazione con la componente Uomo, le malattie delle piante possono incidere negativamente sulla sicurezza alimentare, come più volte anche qui riportato, non solo in termini quantitativi ma anche qualitativi: ad esempio la contaminazione delle derrate alimentari dalle micotossine prodotte da alcuni funghi fitopatogeni sono un problema mondiale e che ancora desta preoccupazioni e causa vittime. Inoltre, alcuni fitopatogeni possono essere virulenti anche sull'uomo e sugli animali, come pure alcune piante possono essere vettore o serbatoio di alcuni loro patogeni. Infine, agrofarmaci e antiparassitari sono stati indispensabili per aumentare le rese in ambito agroalimentare rispetto al passato, ma oggi siamo consapevoli dell'impatto negativo che trattamenti fitoiatrici tradizionali hanno sull'ambiente, sulla salute degli operatori e sull'uomo più in generale.

Se poi si viene a considerare la relazione della salute delle piante con la componente Ambiente, è chiaro come i cambiamenti globali in atto abbiano aumentato il rischio di introduzione, adattamento e diffusione di patogeni alieni e da quarantena, secondo varie modalità. In alcuni casi i cambiamenti climatici hanno determinato una variazione dell'areale di distribuzione dell'ospite e/o del patogeno e/o di un eventuale suo vettore, che ha favorito la successiva insorgenza di eventi epidemici. Più in generale l'aumento del rischio è correlabile all'accentuarsi degli squilibri tra gli ecosistemi naturali e quelli antropici (IPCC, 2021). A questo ha concorso sicuramente anche la globalizzazione dei commerci e l'aumento esponenziale dei movimenti veloci e a livello internazionale delle persone, per motivi di lavoro ma spesso anche solo per turismo. Alcuni di questi flussi di merci e persone non sono facilmente controllabili quali potenziali vettori di patogeni, che siano "souvenir vegetali" incautamente ma illegalmente rimasti nella valigia delle vacanze, oppure traffici non sempre autorizzati di materiali vegetali via "e-commerce".

È dunque necessario, in tale quadro globale, considerare che gli investimenti fatti per promuovere la salute delle piante sono investimenti in bio-sicurezza. Questi includono sia la realizzazione di quadro normativo chiaro, efficace e strutturato, che regola e gestisce organi e sistemi di sorveglianza e monitoraggio, avvalendosi di procedure e strumentazioni avanzate, sensibili e specifiche. Ma non solo.

In accordo con gli obiettivi dell'iniziativa FAO, la sensibilizzazione anche della gente comune sugli sconvolgimenti causati da un'eventuale epidemia in ambito vegetale, come del ruolo positivo che ogni individuo può giocare, è un elemento essenziale e di grande rilevanza. Esperienze già realizzate o in corso in Nuova Zelanda, Regno Unito e USA hanno dimostrato che il coinvolgimento diretto delle persone non addette ai lavori nella realizzazione di alcune tappe della prevenzione delle malattie delle piante è altro fattore chiave per la buona riuscita delle iniziative di sensibilizzazione su questo tema, in accordo a quella che è ormai definita come "citizen science" (Ebitu, 2021). Una sensibilità ad oggi poco sviluppata in Europa, certamente più in campo entomologico che in quello della Patologia vegetale. Ovviamente è un processo che necessita di essere guidato e indirizzato da organismi ufficiali regionali, nazionali e internazionali che di questo si occupano, incluso le Università e i centri di ricerca, ma che se correttamente gestito può essere una risorsa soprattutto nei confronti della tempestiva segnalazione di patogeni e parassiti alieni in questo mondo sempre più globalizzato.

Sono già disponibili strumenti, tecnologie e approcci tecnici funzionali alla difesa delle piante dalle malattie, passando dal macro (es. uso di droni e satelliti) al micro (es. applicazione dei diversi approcci molecolari). Le tecnologie "omiche", dalla genomica alla trascrittomica, dalla proteomica alla volatilomica fino alla metabolomica, così come tutti gli altri analoghi approcci "olistici", hanno permesso e stanno permettendo di conoscere molti e diversi aspetti finora ignoti sulla fisiopatologia vegetale e sui meccanismi di difesa delle piante. La possibilità di sequenziare *in situ* il genoma di un microrganismo patogeno con un sequenziatore portatile (Jain et al., 2013), come di applicare un test "PCR-based" che in 30 min lo identifica (Tegli et al., 2020), sono ormai realtà. Come lo sono altri approcci diagnostici non distruttivi basati su rilevamento di specifici segnali chimici o fisici correlati al patogeno e/o alla sua interazione con l'ospite, rispettivamente come i composti organici volatili ("Volatile Organic Compounds", VOCs) (Brilli et al., 2020) già usati anche nella diagnostica di SARS-CoV-2 nel respiro umano (Ruszkiewicz et al., 2020), oppure emissioni in fluorescenza e immagini iperspettrali (Rey et al., 2019).

Considerato il contesto nel quale questo intervento è stato originato, a questo punto sarebbe opportuno chiedersi che cosa manca ancora per ridurre quanto più possibile il rischio di epidemie in ambito vegetale. Fondamentalmente l'integrazione delle diverse componenti del sistema, in modo che innanzitutto sia chiaro e palese che è unicamente grazie ai risultati della ricerca scientifica che potranno essere sviluppati ulteriori e più efficaci sistemi diagnostici, che precedono l'esigenza della loro applicazione. Pertanto, può sembrare quantomeno ironico, e non decisamente riduttivo, parlare di "curiosity driven research" quando si indichi quella che un tempo era definita come ricerca di base, la quale ha fornito il materiale indispensabile per la successiva realizzazione delle trasformazioni realmente rivoluzionarie accadute negli ultimi decenni in molteplici aspetti della nostra vita. Sicuramente tali conoscenze debbono poi essere messe a sistema per il raggiungimento dell'obiettivo: ecco il ruolo ancora debole del trasferimento tecnologico da parte dell'impresa privata, ma anche della rapida applicazione delle innovazioni da parte degli Enti preposti al controllo fitosanitario. Ricerca, innovazione, trasferimento e prevenzione devono necessariamente essere le parole d'ordine, in un approccio globale e "One Health" dove la salute delle piante ha il riconoscimento del ruolo essenziale che ha nel mantenimento di equilibri ambientali, economici, sociali e finanche politici.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano per il generoso supporto finanziario la Fondazione Cassa di Risparmio di Firenze (progetto SMART, ref. 2020.1629) e il Ministero Italiano della Difesa, Progetto SFINGE (ref. n° 2074/16.12.2019)

RIASSUNTO

La garanzia di una sufficiente disponibilità di cibo di qualità, nelle sue diverse declinazioni, nonché di materie prime d'origine vegetale, rappresenta sicuramente una delle maggiori sfide di questo secolo, per le conseguenze legate all'aumento della popolazione mondiale e ai cambiamenti globali in atto. Se la globalizzazione dei commerci e l'incremento degli spostamenti hanno fortemente favorito la diffusione di patogeni vegetali da quarantena, spesso trasmessi da materiale vegetale del tutto asintomatico, i cambiamenti climatici ne hanno accentuato l'insediamento e la diffusione, una volta entrati in Paesi dove prima erano assenti.

Per molti di questi fitopatogeni da quarantena sono ancora pochissime le informazioni disponibili sulla loro epidemiologia e sui meccanismi adottati nel corso dell'interazione

con piante ospiti e non ospiti. Generalmente ciò si accompagna alla mancanza di procedure efficaci per lo studio delle basi molecolari di tale dialogo.

Viceversa, in tale quadro di cambiamenti globali, la prevenzione di eventuali epidemie da fitopatogeni da quarantena dovrebbe essere sentita quale investimento irrinunciabile. Considerata la disponibilità in tecnologie avanzate, oggi l'impegno è in "conoscenza", coordinato tra diversi Paesi, focalizzato sull'obiettivo a diversi livelli, dalla ricerca di base fino alle sue applicazioni, che può permettere l'efficace contrasto ai patogeni, preceduto dall'acquisizione delle conoscenze necessarie per farvi fronte con successo.

ABSTRACT

Global changes and quarantine plant pathogens: a successful prevention is just a matter of research, innovation, and technology transfer. Food safety and food security, as well as of other raw materials of vegetable origin, represent for sure one of the greatest challenges of this century, due to the consequences related to the increase of world population as well as to the ongoing global changes.

If the globalization of trade and the increase of international touristic flows have strongly favoured the spread and the entry of quarantine plant pathogens, often transmitted by asymptomatic plant materials, the climatic change have often enhanced their settlement, once entered in Countries where they were absent before.

For many of these quarantine plant pathogens for the EU, very poor information is often available both on their epidemiology as well as on the mechanisms adopted during their interaction with host and non-host plants. Generally, the lack of effective procedures for studying the molecular dialogue is at the basis of this lack of knowledge. Conversely, in this context of global changes, the prevention of any epidemics from quarantine phytopathogens should be seen as a pivotal investment. Advanced technologies are now available, and thus the commitment is today towards "knowledge": coordinated efforts between different Countries, focused on the objective at different levels, from basic research to its applications, are needed to allow the eventual arrival of the pathogen to be preceded by the acquisition of the necessary knowledge for its prompt and successful control.

BIBLIOGRAFIA

- BRILLI F., LUCHI N., MICHELOZZI M., ET AL. (2020): *Volatile organic compounds (VOC) as biomarkers for detection of Ceratocystis platani*, «For. Path.», 50, p. 12618.
- EBITU L., AVERY H., MOURAD K. A., ENYETU J. (2021): *Citizen science for sustainable agriculture – A systematic literature review*, «Land Use Policy», 103, p. 105326.
- IPCC (2021): *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)], Cambridge University Press, In Press.

- JAIN M., OLSEN H.E., PATEN B. ET AL. (2016): *The Oxford Nanopore MinION: delivery of nanopore sequencing to the genomics community*, «Genome Biol.», 17, p. 239.
- REY B., ALEIXOS N., CUBERO S., BLASCO J. (2019): *Xf-Rovim. A Field Robot to Detect Olive Trees Infected by Xylella Fastidiosa Using Proximal Sensing*, «Remote Sensing», 11, p. 221.
- RUSZKIEWICZ D.M., SANDERS D., O'BRIEN R., HEMPEL F., REED M. J., RIEPE A. C., BAILIE K., BRODRICK E., DARNLEY K., ELLERKMANN R., MUELLER O., SKARYSZ A., TRUSS M., WORTELMANN T., YORDANOV S., THOMAS C.L.P., SCHAAF B., EDDLESTON M. (2020): *Diagnosis of COVID-19 by analysis of breath with gas chromatography-ion mobility spectrometry - a feasibility study*, «EClinicalMedicine», 29, p. 100609.
- TEGLI S., BIANCALANI C., IGNATOV A.N., OSDAGHI E. (2020): *A Powerful LAMP Weapon against the Threat of the Quarantine Plant Pathogen Curtobacterium flaccumfaciens pv. Flaccumfaciens*, «Microorganisms», 8, p. 1705.
- TEGLI S., SERENI A., SURICO G. (2002): *PCR-based assay for the detection of Curtobacterium flaccumfaciens pv. flaccumfaciens in bean seeds*, «Lett Appl Microbiol.», 35, pp. 331-337.

ALBERTO ALMA¹, ANDREA LUCCHI²

Influenza del cambiamento climatico sugli insetti: nuove minacce per la viticoltura europea

¹ Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, Università degli Studi di Torino

² Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Agro-ambientali, Università di Pisa

INTRODUZIONE

Fra i fattori abiotici che influiscono sulla fisiologia degli insetti, la temperatura è uno dei più importanti, dal momento che regola la diapausa, lo sviluppo embrionale e post-embrionale e altre importanti funzioni biologiche come il volo e l'alimentazione. Ne deriva che i cambiamenti climatici in atto, e in particolare l'aumento delle temperature, si ripercuotono sul ciclo biologico, con sfasamenti dei picchi di volo e di comparsa dei diversi stadi vitali (uova, forme giovanili e adulti). Questi aspetti risultano particolarmente importanti quando coinvolgono specie dannose alle colture, compresa la vite, dal momento che gli interventi fitosanitari devono tenere conto di eventuali sfasamenti temporali e che specie tipiche dei climi più caldi possono giungere a colonizzare areali che in passato erano loro preclusi per evidenti limiti termici. I cambiamenti nella distribuzione geografica possono invece essere intesi sia come colonizzazione di nuovi areali in seguito a introduzione e acclimatamento, sia come spostamenti in termini di gradienti di latitudine e altitudine. Se il primo aspetto non è necessariamente legato a un incremento delle temperature (le specie alloctone tendono a insediarsi in areali analoghi a quello di origine dal punto di vista climatico), il secondo è quello che esprime maggiormente la conseguenza del *global warming*. I principali fenomeni biologici sui quali la temperatura può influire maggiormente sono la fenologia (ovvero la durata del ciclo biologico suddiviso nei diversi stadi di uovo, larva, pupa e adulto negli olometaboli e di uovo, neanide, ninfa e adulto negli eterometaboli), il voltinismo (il numero di generazioni svolte in un anno) e la distribuzione geografica (Reineke e Thiéry, 2016). Peraltro, a volte è difficile distinguere tra effetti sulla fenologia e sul voltinismo, dato che il secondo, nelle specie

polivoltine, può essere considerato una conseguenza della prima. Un altro aspetto da tenere in considerazione, seppure non collegato direttamente al voltinismo né alla fenologia, è il fatto che temperature autunnali miti possono contribuire ad allungare la durata della vita degli stadi biologici non interessati da diapausa e svernamento.

Non ultimo, il cambiamento climatico ha un effetto non solo sugli insetti ma anche sulle piante ospiti. L'alterazione della sincronia tra un insetto fitofago e la sua pianta ospite (in questo caso, la vite) può presentare vantaggi e svantaggi per l'uno e per l'altra (Reineke e Thiéry, 2016).

Questo contributo ha lo scopo di mettere a fuoco alcune delle più importanti conseguenze che i cambiamenti climatici (in particolare l'aumento delle temperature) hanno avuto e hanno tuttora sui principali insetti ampelofagi presenti in Italia e quali possono essere le necessarie contromisure da adottare.

«SCAPHOIDEUS TITANUS»

La Flavescenza dorata (FD) è una grave ampelopatia causata da un fitoplasma, un procariota privo di parete cellulare, patogeno obbligato e infeudato al floema. I fitoplasmi vengono trasmessi alle piante ospiti principalmente da insetti vettori dotati di apparato boccale pungente-succhiante, quali cicaline e psille, che si nutrono nel floema. Il principale vettore della FD, *Scaphoideus titanus* Ball (Hemiptera: Cicadellidae), è stato introdotto in Europa negli anni '50 del secolo scorso e proviene dall'areale neartico, in particolare dalla zona dei Grandi Laghi (Chuche e Thiéry, 2014; Alma et al., 2019). Si tratta di una specie infeudata esclusivamente alla vite, americana ed europea. *S. titanus* è una specie monovoltina, ovvero svolge una sola generazione annua: di conseguenza, l'aumento delle temperature non può avere influenza sul voltinismo. Esistono tuttavia effetti evidenti sulla fenologia, con sfasamenti del ciclo biologico. Anzitutto, dato che lo svernamento avviene allo stadio di uovo, l'inizio dello sviluppo embrionale avviene dopo un determinato periodo di freddo: è stato dimostrato come la schiusa delle uova sia molto più scalare in caso di inverni miti, e molto più concentrata in caso di inverni rigidi (Chuche e Thiéry, 2009). Allo stesso tempo, sia lo sviluppo embrionale che quello post-embrionale sono influenzati dalla temperatura, e ogni stadio biologico presenta una data temperatura cardinale minima e massima oltre le quali lo sviluppo si arresta, così come una temperatura ottimale (Falzoi et al., 2014). Dal momento che la difesa insetticida è effettuata in funzione della presenza o meno di determinati stadi preimmaginali del vettore, in particolare le ninfe di III età, è evidente sia il fatto che una schiusa scalare è più problematica da

gestire, sia che fluttuazioni termiche nel periodo tardo-primaverile (dovute anche a microclimi locali) richiedono particolari accorgimenti organizzativi. Inoltre, in passato si riteneva che la durata della vita dello stadio adulto non superasse il mese (Vidano, 1964), mentre studi recenti (Bocca et al., 2020) hanno dimostrato come gli adulti possano vivere fino a tre mesi. Anche questo aspetto si ripercuote sulla gestione fitosanitaria, dal momento che la presenza di esemplari adulti in tarda stagione aumenta il rischio di trasmissione della FD anche a causa della difficoltà di effettuare trattamenti insetticidi che presentino tempi di carenza compatibili con la vendemmia (Alma et al., 2018).

Per quanto riguarda la distribuzione geografica, inizialmente *S. titanus* era ritenuto una specie stenoica, presente solo a cavallo del 45° parallelo (Francia meridionale e Italia settentrionale) (Vidano 1964), ma successivamente è stato ritrovato anche a latitudini più basse quali l'Italia meridionale, e più alte come in Ungheria (Chuche e Thiéry, 2014). L'effetto dell'incremento delle temperature sull'idoneità climatica di alcune zone viticole della Svizzera all'insediamento di *S. titanus* è stato oggetto di una ricerca, che però ha fornito risultati discordanti e non riproducibili in altre zone (Rigamonti et al., 2018).

«DAKTULOSPHARIA VITIFOLIAE»

Specie originaria del Nord America, è stata introdotta in Europa nel 1863, con barbatelle infestate, e in Italia nel 1879. Come è noto la fillossera danneggia le radici delle viti europee e le foglie delle viti americane. Dopo la brillante soluzione del problema con l'innesto delle viti europee su piede americano, nell'ultimo ventennio la fillossera è tornata alla ribalta, per la preoccupante comparsa di galle sull'apparato fogliare di alcuni vitigni europei (Lucchi, 2017). Ad oggi non sono ancora state comprese le reali cause di un tale sorprendente fenomeno. Alcuni entomologi ipotizzano un progressivo adattamento da parte di un particolare biotipo di fillossera a dar luogo a generazioni di gallecole sull'apparato fogliare di viti europee innestate. Altri pensano a una maggiore sensibilità delle viti europee innestate nei confronti dell'insetto, in seguito alle ripetute soluzioni attuate a scopi di affinità di innesto e di produzione con i portinnesti più comuni.

Studi svolti attraverso l'utilizzo di modelli climatici hanno suggerito che, con l'aumento delle temperature medie, la gamma di habitat potenzialmente idonei alla fillossera saranno in futuro di gran lunga superiori rispetto all'attuale distribuzione nelle attuali condizioni climatiche (Ji et al., 2021), con un impatto sostanziale sul controllo dell'afide in Asia, in Nord America e in Europa.

Le osservazioni condotte negli ultimi anni portano a pensare che le condizioni atmosferiche, in particolare le temperature che si verificano in corrispondenza delle fasi del ciclo biologico che la fillossera svolge al di fuori del terreno, abbiano un'influenza determinante non solo sulla distribuzione ma anche sulla dannosità della specie.

«PLANOCOCCUS» spp

Le cocciniglie farinose appartenenti al genere *Planococcus* (Hemiptera: Pseudococcidae), peraltro ampiamente polifaghe, recano danno alla vite a causa della sottrazione di linfa e dell'emissione di melata con conseguente sviluppo di funghi epifiti agenti di fumaggine che ostacolano la fotosintesi. Inoltre, alcune specie possono trasmettere i virus dell'accartocciamento fogliare e del complesso del legno riccio (Bertin et al., 2010). Questi emitteri prediligono ambienti caldi e umidi, con vegetazione rigogliosa: si ritiene quindi che un aumento delle temperature possa favorirne la pullulazione. Trattandosi di specie polivoltine, una delle conseguenze più immediate è un potenziale aumento del numero di generazioni annue. Una seconda conseguenza è invece l'espansione a nord dell'areale di distribuzione. Infine, è interessante notare come l'incremento degli pseudococcidi possa essere causato dall'effetto negativo che le temperature elevate hanno sui limitatori naturali, sia predatori quali *Cryptolaemus montrouzierii* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) sia parassitoidi quali *Anagyrus pseudococci* (Girault) (oggi *A. vladimiri*) e *Leptomasoidea abnormis* (Girault) (Hymenoptera: Encyrtidae) (Reineke e Thiéry, 2016).

«LOBESIA BOTRANA» ED «EUPOECILIA AMBIGUELLA»

Le tignole dell'uva *Lobesia botrana* Denis & Schiffermuller ed *Eupoecilia ambiguella* (Hübner) (Lepidoptera: Tortricidae) sono i lepidotteri ampelofagi di maggiore importanza economica. Sono infeudate esclusivamente alle infiorescenze e successivamente ai grappoli, non andando a interessare in alcun modo la chioma della vite. In funzione della fenologia della pianta ospite, si distinguono quindi generazioni antofaghe e carpofaghe. Oltre alle alterazioni dirette dovute all'attività trofica, le larve favoriscono anche l'azione di patogeni fungini quali *Botrytis cinerea*, marciume acido nonché alcuni marciumi secondari del grappolo. Pur mostrando una biologia molto simile, le due specie occupano areali diversi in funzione del clima. Mentre *E. ambiguella* è più criofila e crea problemi soprattutto in Europa Centrale, *L. botrana* è

decisamente più termofila ed è ampiamente diffusa nel bacino del Mediterraneo. Ciò nonostante, si ritiene che nei prossimi anni l'aumento graduale delle temperature possa portare a uno spostamento a nord del suo areale di distribuzione (Gutierrez et al., 2018).

Entrambe sono polivoltine e svernano allo stadio di pupa in diapausa, nelle anfrattuosità della corteccia della vite. L'influenza della temperatura sulla fenologia di questi insetti è stata ed è tuttora oggetto di ampi studi riguardanti l'implementazione di modelli previsionali. Risulta quindi evidente che l'incremento delle temperature possa influire sia sul voltinismo che sulla fenologia. Per quanto riguarda il voltinismo, temperature estive elevate possono favorire l'aumento del numero di generazioni, con presenza significativa di *L. botrana* nel periodo tardo-estivo e in autunno. Tale aspetto diviene problematico soprattutto sui vitigni a vendemmia tardiva, che possono quindi essere interessati maggiormente dall'attività trofica delle larve. Per quanto riguarda la fenologia, nel trentennio 1983-2013 è stato dimostrato come la prima comparsa stagionale degli adulti, che di solito avviene nel mese di aprile, è avvenuta con 13 e 11 giorni di anticipo rispettivamente per *L. botrana* ed *E. ambiguella* (Reineke e Thiéry, 2016). Tali sfasamenti del ciclo biologico si possono ripercuotere sulle alterazioni a carico dell'uva.

Per quanto riguarda l'areale di distribuzione, *L. botrana* si è acclimatata perfettamente in California, in Argentina e in Cile (Gutierrez et al., 2012). A livello globale, si ritiene che entro il 2055 questa specie potrà espandere il suo areale a nord di circa 11° di latitudine (Reineke e Thiéry, 2016).

«CRYPTOBLABES GNIDIELLA»

La tignola rigata della vite *Cryptoblabes gnidiella* (Millière) (Lepidoptera: Pyralidae) è un lepidottero ampelofago presente in numerosi Paesi, tra cui l'Italia, dove la sua importanza economica è aumentata notevolmente negli ultimi 10 anni. Pur trattandosi di una specie ampiamente polifaga in grado di alimentarsi su circa 80 specie vegetali tra erbacee, arbustive e arboree (Yehuda et al., 1991), nel bacino del Mediterraneo questa si sta rivelando particolarmente temibile, soprattutto nei vigneti delle aree litoranee (Lucchi et al., 2019).

In questo contesto, il primo volo dell'anno, generalmente caratterizzato da catture contenute nelle trappole a feromone, inizia a fine aprile-inizio maggio. Queste catture derivano, per la maggior parte, da individui che hanno svernato all'interno di grappoli rimasti in campo dopo la vendemmia, a cui non corrisponde tuttavia una presenza di uova e/o larve sulle infiorescenze, contrariamente a quanto accade per *L. botrana* ed *E. ambiguella*. L'attività trofica di

questo piralide si svolge per lo più a carico delle parti verdi del grappolo (rachide, cercini, pedicelli) a partire dalla fase fenologica di prechiusura grappolo e diviene più evidente a partire dalla fase di invaiatura. Il danno si manifesta con un progressivo appassimento degli acini a causa dell'interruzione, dovuta all'attività trofica delle larve, del normale flusso di linfa nei vasi superficiali che li alimentano. Nell'areale mediterraneo, in funzione dell'andamento climatico il lepidottero può compiere 3-4 generazioni annue per poi svernare allo stadio larvale. La capacità di questa specie di dar vita ad una quarta generazione in settembre-ottobre, si traduce in un serio problema soprattutto per quelle varietà a maturazione tardiva come Aglianico, Sangiovese e Montepulciano.

Basandosi sulle esigenze termiche di questa specie (Avidov e Gothilf, 1960; Ringenberg et al., 2005), alcuni studi hanno tentato di sviluppare un modello previsionale, considerando i gradi giorno (Vidart et al., 2013); tuttavia, ulteriori ricerche saranno necessarie per la realizzazione di un modello affidabile ed applicabile nei diversi contesti in cui la criptoblabbe è presente.

Nonostante l'areale di distribuzione comprenda prevalentemente vigneti situati lungo la fascia costiera, negli ultimi anni si sono verificati ritrovamenti di larve di questa specie in contesti vitivinicoli più interni come, ad esempio, in provincia di Lucca (Toscana) e in zone facenti parte del Parco Nazionale della Murgia (Minervino Murge - Puglia), ad una certa distanza dal mare. Come sta accadendo per altre specie di lepidotteri ampelofagi (Reineke e Thiéry, 2016), l'incremento delle temperature medie stagionali verificatosi nell'ultimo decennio sembrano aver avuto un ruolo importante sulle dinamiche di popolazione di questa specie trasformandola da fitofago di ridotta valenza economica ad uno dei più temuti lepidotteri che popolano i vigneti litoranei di Italia e Francia.

CONCLUSIONI

L'influenza dei cambiamenti climatici, e in particolare le variazioni in termini di temperatura, stanno avendo e avranno in futuro un notevole impatto sulla vite e sugli insetti ampelofagi e di conseguenza sulla viticoltura (Reineke e Thiéry, 2016; Heeb et al., 2019). Per quanto riguarda la stagionalità, i cambiamenti nella fenologia, nel voltinismo e nella sopravvivenza di determinati stadi vitali implicano adattamenti nell'approccio al problema, in particolare riguardo alla gestione fitosanitaria, che possono essere calibrati di anno in anno con semplici monitoraggi. L'irruzione di un fitofago in un nuovo areale, sia esso dovuto all'introduzione accidentale in una zona analoga dal punto di vista climatico e distante solo geograficamente, sia alla colonizzazione naturale

di zone divenute adatte in seguito a modificazioni di fattori climatici, pone invece la viticoltura di fronte a problemi totalmente nuovi, che richiedono una risposta rapida. In ogni caso, un valido aiuto può giungere dallo sviluppo e dall'applicazione di modelli matematici di simulazione, siano essi fenologici, demografici o di distribuzione geografica. Tali strumenti consentono infatti di giocare d'anticipo e di non farsi trovare impreparati nel momento in cui si presentasse la necessità di gestire nuove emergenze fitosanitarie.

RIASSUNTO

È noto che tra i fattori abiotici che maggiormente influiscono sulla fisiologia degli insetti (artropodi pecilotermi di piccole dimensioni), la temperatura è uno dei più importanti, dal momento che regola la diapausa, lo sviluppo embrionale e post-embryonale e altre importanti funzioni biologiche, come l'alimentazione e il volo. Ne deriva che i cambiamenti climatici in atto, e in particolare l'aumento delle temperature medie, si ripercuotono sulla distribuzione geografica delle specie indigene ed esotiche in grado di ampliare e colonizzare nuovi areali, sul voltinismo, sul ciclo biologico, con sfasamenti dei picchi di volo, deposizione delle uova e di comparsa degli stadi giovanili e dell'adulto. Tali cambiamenti climatici influenzano anche le specie vegetali, come ad esempio la vite. In Europa, in particolare, gli effetti si evidenziano con l'ampliamento del limite di coltivazione verso le regioni più a nord e con un impatto sulla fenologia, la produzione e la qualità. Tra gli insetti della vite, i casi-studio basati su osservazioni di lungo periodo e modelli previsionali riguardano in particolare il cicadellide *Scaphoideus titanus*, la fillossera della vite *Daktulospharia vitifoliae*, le cocciniglie del genere *Planococcus*, noti vettori di virus, e i lepidotteri *Lobesia botrana*, *Eupoecilia ambiguella* e *Cryptoblabes gnidiella*. L'influenza del cambiamento climatico è causa della costituzione di nuove cenosi che in molti casi richiedono una nuova organizzazione della gestione fitosanitaria con conseguente rimodulazione delle strategie di lotta.

ABSTRACT

Influence of climate change on insects: new threats for European viticulture. Among the abiotic factors that mostly affect the insect physiology (small-sized pecilothermic arthropods), the temperature is one of the most important, since it regulates diapause, embryonic and post-embryonic development as well as other important biological functions, like feeding and flying. It follows that the climatic changes in progress, and in particular the increase in the average temperatures, have an impact on the geographical distribution of indigenous and exotic species capable of expanding and colonizing new ranges, as well as on voltinism and life history, with phase shifting of the flight peaks, spawning and emergence of juvenile and adult stages. Such climate changes also affect many plant species as, for example, the grapevine. In Europe, the effects are highlighted with the

expansion of the cultivation limit towards the northernmost regions and a remarkable impact on phenology, production and quality. Among the insects that feed on grapevine, the existing literature is based on long-term observations and the predictive models concern the leafhopper *Scaphoideus titanus*, the vine phylloxera *Daktulospharia vitifoliae*, the mealybugs of the genus *Planococcus*, and the moths *Lobesia botrana*, *Eupoecilia ambiguella* and *Cryptoblabes gnidiella*. The influence of climate change causes the establishment of new coenoses, which in many cases require a new organization of the phytosanitary management with consequent refining of the control strategies.

BIBLIOGRAFIA

- ALMA A., LESSIO F., GONELLA E., PICCIAU L., MANDRIOLI M., TOTA F. (2018): *New insights in phytoplasma-vector interaction: acquisition and inoculation of flavescence dorée phytoplasma by Scaphoideus titanus adults in a short window of time*, «Annals of Applied Biology», 173 (1), pp. 55-62.
- ALMA A., LESSIO F., NICKEL H. (2019): *Insects as phytoplasma vectors: ecological and epidemiological aspects*, in *Phytoplasmas: Plant Pathogenic Bacteria 2*, Bertaccini A., Weintraub P.G., Rao G.P., Mori N., eds. Springer, Singapore, pp. 1-25.
- AVIDOZ Z. e GOTHILF S. (1960): *Observations on the honeydew moth (Cryptoblabes gnidiella Milliere) in Israel*, in *Biology, phenology and economic importance*, Ktavim, 10 (3-4).
- BERTIN S., CAVALIERI V., GRAZIANO C., BOSCO D. (2010): *Survey of mealybug (Hemiptera: Pseudococcidae) vectors of Ampelovirus and Vitivirus in vineyards of northwestern Italy*, «Phytoparasitica», 38 (4), pp. 401-409.
- BOCCA F.M., PICCIAU L., ALMA A. (2020): *New insights on Scaphoideus titanus biology and their implication for integrated pest management*, «Entomologia generalis», 40 (4), pp. 337-349.
- CHUCHE J. e THIERY D. (2009): *Cold winter temperatures condition the egg-hatching dynamics of a grape disease vector*, «Naturwissenschaften», 96, pp. 827-834.
- CHUCHE J. e THIERY D. (2014): *Biology and ecology of the Flavescence dorée vector Scaphoideus titanus: a review*, «Agronomy for Sustainable Development», 34, pp. 381-403.
- FALZOI S., LESSIO F., SPANNA F., ALMA A. (2014): *Influence of temperature on the embryonic and post-embryonic development of Scaphoideus titanus (Hemiptera: Cicadellidae), vector of grapevine Flavescence dorée*, «International Journal of Pest Management», 60, pp. 246-257.
- GUTIERREZ A.P., PONTI L., GILIOLI G., BAUMGARTNER J. (2018): *Climate warming effects on grape and grapevine moth (Lobesia botrana) in the Palearctic region*, «Agricultural and Forest Entomology», 20, pp. 255-271.
- GUTIERREZ A.P., PONTI L., COOPER M. L., GILIOLI G., BAUMGARTNER J., DUSO C. (2012): *Prospective analysis of the invasive potential of the European grapevine moth Lobesia botrana (Den. & Schiff.) in California*, «Agricultural and Forest Entomology», 14, pp. 225-238.
- HEEB L., JENNER E., COCK M.J.W. (2019): *Climate-smart pest management: building resilience of farms and landscapes to changing pest threats*, «Journal of Pest Science», 92, pp. 951-969.

- Ji W., GAO G., WEI J. (2021): *Potential Global Distribution of Daktulosphaira vitifoliae under Climate Change Based on MaxEnt*, «Insects», 12 (4), 347.
- LUCCHI A. (2017): *Note di entomologia viticola*, Pisa University Press, pp. 223.
- LUCCHI A., RICCIARDI, R., BENELLI G., BAGNOLI B. (2019): *What do we really know on the harmfulness of Cryptoblabes gnidiella (Millière) to grapevine?*, «Phytoparasitica», 47 (1), pp. 1-15.
- REINEKE A. e THIERY D. (2016): *Grapevine insect pests and their natural enemies in the age of global warming*, «Journal of Pest Science», 89, pp. 313-328.
- RIGAMONTI I.E., MARIANI L., COLA G., JERMINI M., BAUMGARTNER J. (2018): *Abrupt and gradual temperature changes influence on the climatic suitability of Northwestern Alpine grapevine-growing regions for the invasive grape leafhopper Scaphoideus titanus Ball (Hemiptera, Cicadellidae)*, «Acta Oecologica-International Journal of Ecology», 91, pp. 22-29.
- RINGENBERG R., BOTTON M., GARCIA M.S., NONDILLO A. (2005): *Compared biology in artificial diets and thermal requirements of Cryptoblabes gnidiella*, «Pesquisa Agropecuária Brasileira», 40 (11), pp. 1059-1065.
- VIDANO C. (1964): *Scoperta in Italia dello Scaphoideus littoralis Ball, cicalina americana collegata alla Flavescence dorée della vite*, «L'Italia Agricola», 10, pp. 1031-1049.
- VIDART M.V., MUJICA M.V., CALVO M.V., DUARTE F., BENTANCOURT C.M., FRANCO J., SCATONI I.B. (2013): *Relationship between male moths of Cryptoblabes gnidiella (Millière) (Lepidoptera: Pyralidae) caught in sex pheromone traps and cumulative degree-days in vineyards in southern Uruguay*, «SpringerPlus», 2 (1), pp. 1-8.
- YEHUDA S.B., WYSOKI M., ROSEN D. (1991): *Phenology of the honeydew moth, Cryptoblabes gnidiella (Millière) (Lepidoptera: Pyralidae), on avocado in Israel*, «Israel Journal of Entomology», 45, pp. 149-160.

ROSEMARIE TEDESCHI¹, ELENA GONELLA¹

Rischi connessi all'introduzione di organismi esotici nelle associazioni vettore-fitopatogeno: il caso di *Candidatus Liberibacter* spp.

¹ Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, Università degli Studi di Torino

Il bacino del Mediterraneo è caratterizzato da un'elevata vulnerabilità per quanto riguarda il rischio di introduzione di organismi dannosi per l'agricoltura a causa dell'elevata biodiversità presente in questi territori e dell'elevato numero di possibili punti di ingresso via terra, via mare e via aria. Il tutto è ulteriormente aggravato dai cambiamenti climatici. In particolare il progressivo incremento delle temperature medie e delle temperature minime invernali nonché il mutare dell'andamento delle precipitazioni non solo in termini di quantità di pioggia, ma anche in termini di variazione delle frequenze delle precipitazioni, sono tutti fattori che favoriscono l'instaurarsi di specie esotiche.

In tale contesto risulta particolarmente critica la situazione delle associazioni insetti vettori-fitopatogeni, perché possiamo trovarci di fronte a diversi possibili scenari. Nel caso dell'introduzione accidentale di un nuovo insetto vettore, questo potrebbe determinare l'arrivo e la diffusione di nuove malattie se l'insetto arriva già infetto da qualche patogeno. Anche nel caso l'insetto fosse sano, questo potrebbe fungere da nuovo vettore per agenti fitopatogeni già presenti in Europa. Parallelamente, l'introduzione di un nuovo patogeno, per esempio mediante materiale propagativo infetto, potrebbe portare all'instaurarsi di nuove associazioni con vettori già presenti. Da non dimenticare, infine, è la possibilità di introduzione di specie vegetali esotiche che possono diventare nuove piante ospiti sia per i patogeni che per i vettori. Tutte queste casistiche andrebbero a favorire la diffusione di nuove malattie dannose alle colture in nuovi areali e alla creazione di nuovi patosistemi.

Tra le varie associazioni tra vettori e fitopatogeni che al momento destano maggiori preoccupazioni, vi sono quelle che riguardano diverse specie appartenenti al genere '*Candidatus Liberibacter*' (Proteobacteria: Alphapro-

teobacteria). Si tratta di batteri Gram negativi generalmente non coltivabili, associati a numerose famiglie di piante spontanee e coltivate, nelle quali possono assumere un ruolo di endofiti oppure di patogeni. Nelle piante, questi batteri sono localizzati a livello del floema e sono quindi trasmessi da insetti floemomizi appartenenti alla superfamiglia Psylloidea (Hemiptera: Homoptera), con modalità persistente propagativa (Sarkar e Ghanim, 2020). Questo vuol dire che una volta che il patogeno viene acquisito dall'insetto durante la sua attività trofica su una pianta infetta, esso si moltiplica e diffonde all'interno del suo ospite che diventerà e rimarrà infettivo per tutto il suo ciclo vitale.

Particolarmente preoccupanti per l'intero bacino del Mediterraneo sono le specie associate agli agrumi '*Candidatus Liberibacter asiaticus*' (CLas), '*Ca. Liberibacter africanus*' (CLaf) e '*Ca. Liberibacter americanus*' (CLam), tutte agenti causali di Huanglongbing (HLB), una malattia tipica degli agrumi, che a oggi è considerata una delle più pericolose minacce per la produzione agrumicola a livello mondiale. Le tre specie sono state ritrovate rispettivamente in Asia, Africa e America, anche se attualmente CLas presenta una più ampia distribuzione, essendo presente anche in Africa e nel continente americano (EPPO, 2020). I sintomi più caratteristici della malattia sono a carico delle foglie che presentano una maculatura clorotica a chiazze o "blotchy mottle" sparsa sulla superficie fogliare con nervature ispessite, mentre la lamina è coriacea. I frutti sono deformi con dimensioni ridotte e presentano un'inversione di colore: la zona vicina al peduncolo diventa gialla-arancione, mentre l'estremità stilare rimane verde, all'opposto di quanto si osserva nel frutto sano. La produzione è decisamente ridotta a causa di una cascola precoce dei frutti che presentano un ridotto contenuto di acidi solubili e un basso rapporto tra grado zuccherino e acidità (EPPO, 2014; Catara et al., 2015; CABI, 2021).

Due psille sono riconosciute come vettori di questi patogeni, *Diaphorina citri* Kuayama (Hemiptera: Liviidae) per quanto riguarda CLas, CLam e, in condizioni di laboratorio, anche CLaf, e *Trioza erytreae* Del Guercio (Hemiptera: Triozidae) per quanto riguarda CLaf e, in condizioni controllate, anche CLas.

La diversa distribuzione geografica degli agenti eziologici di HLB è legata al *range* termico ottimale delle diverse specie che corrisponde anche alle esigenze dei rispettivi vettori, indice di un buon adattamento e coevoluzione tra insetto e patogeno (Bové et al., 2006). CLas e CLam sono tolleranti al calore, con un *range* termico ottimale per la sopravvivenza compreso tra i 24 e i 32°C; in particolare, nel caso di CLas è possibile notare la presenza dei sintomi di HLB anche a temperature superiori ai 32°C, con un limite di comparsa a 38°C, mentre CLam non sopravvive al di sopra dei 32°C (Loiseau et. al., 2019; EPPO, 2021b). Analogamente il corrispettivo vettore *D. citri*,

predilige ambienti caldi e sopporta bene anche situazioni di aridità. CLaf è invece più sensibile al calore e i sintomi legati a questo patogeno non si manifestano nelle aree in cui le temperature raggiungono i 30°C per un periodo prolungato. Allo stesso modo, *T. erytraeae* è sensibile a temperature superiori ai 30°C e predilige ambienti più freschi e umidi. In alcune zone, come l'Africa centro-orientale, *D. citri* e *T. erytraeae* possono convivere in una stessa area, ma insediandosi a quote differenti: più basse per la psilla asiatica e sopra i 500-600 m s.l.m. per la psilla africana. Tuttavia, *D. citri* presenta una buona resistenza anche a temperature inferiori ai 30°C ed è un vettore più efficiente, per cui in alcuni casi è possibile che i due insetti attacchino contemporaneamente la stessa pianta ospite, con una conseguente infezione mista da parte di CLas e CLaf nel floema (Aubert, 2008).

Al momento nessuno dei tre patogeni agenti di HLB è stato segnalato in Europa, mentre è presente *T. erytraeae*, osservata per la prima volta nell'isola di Madeira nel 1994, in seguito nelle isole Canarie, mentre più recentemente è stata segnalata anche nelle zone nord occidentali della Spagna e del Portogallo (González-Hernández, 2003; Ruiz-Rivero et al., 2021). Da allora, *T. erytraeae* ha continuato a diffondersi attraverso le regioni della costa settentrionale della Spagna e le aree centrali e meridionali del Portogallo, raggiungendo anche i Paesi Baschi, a pochissimi chilometri dal confine francese (EPPO, 2020; Benhadi-Marin et al., 2020).

Considerata l'elevata minaccia rappresentata da questi organismi per le produzioni agrumicole dell'intero bacino del Mediterraneo, sono stati creati dei modelli previsionali basati anche sui mutamenti climatici in corso allo scopo di poter individuare le zone che possono e potranno essere favorevoli al loro instaurarsi e diffondersi. Questi strumenti sono di fondamentale importanza per poter definire le aree da sottoporre a costante monitoraggio, e per intervenire con strategie di contenimento efficaci e tempestive. Shimwela et al. (2016) hanno dimostrato come tutti i territori che si affacciano sul bacino del Mediterraneo presentino condizioni favorevoli per lo sviluppo di *D. citri* nel caso questa specie venisse accidentalmente introdotta; analogamente, per quanto riguarda la possibile ulteriore diffusione di *T. erytraeae*, secondo Benhadi-Marin et al. (2020) le zone a clima favorevole per questa specie sono più estese rispetto a quelle attualmente colonizzate dall'insetto, sia verso l'entroterra, sia sulle zone costiere settentrionali e meridionali della Spagna e del Portogallo. Uno dei fattori climatici cruciali che rendono un'area favorevole alla colonizzazione da parte di *T. erytraeae* è risultato essere rappresentato dalle precipitazioni registrate nel trimestre più freddo dell'anno, con una condizione ottimale tra 500 e 550 mm. Inoltre, considerando che il limone è la pianta ospite prediletta dalla psilla, la sua dispersione è favorita, indipendentemente

dalle zone a forte produzione agrumicola, dalla presenza di questa pianta molto comune anche in giardini privati e pubblici (Cocuzza et al., 2017).

Un'altra specie che preoccupa notevolmente le produzioni agricole europee è '*Ca. Liberibacter solanacearum*', diffuso in tutto il Centro-Nord America, in Europa, in Nuova Zelanda e in alcune zone dell'Africa e dell'Asia. È questo un batterio che presenta diversi aplotipi, ovvero varianti genetiche caratterizzate da differenze di singoli nucleotidi nella porzione del gene 16S rDNA (Barba et al., 2017; EPPO, 2021a), ma anche da una diversa distribuzione geografica, gamma di piante ospiti e vettori (Hajri et al., 2017). Gli aplotipi A e B sono presenti in America centro-settentrionale e in Nuova Zelanda, infettano piante appartenenti alla famiglia delle Solanaceae sia coltivate (patata, pomodoro, melanzana, peperone, tamarillo e alchechengi) che spontanee (Dahan et al., 2021). Essi sono associati alla grave malattia delle patate denominata Zebra Chip (numerosi piccoli tuberi deformi, imbrunimento del tessuto vascolare con macchie necrotiche e striature lungo i raggi midollari che si accentuano con la frittura) e altre fitopatie delle solanacee (Munyaneza et al., 2007; 2009a,b) e sono trasmessi dalla psilla della patata *Bactericera cockerelli* (Šulc) (Hemiptera: Triozidae). Esistono poi ancora altri due aplotipi (F e G) diffusi nelle Americhe e in Nuova Zelanda, sempre associati alle Solanacee di cui però non si conoscono i vettori.

Gli aplotipi C, D ed E sono invece presenti in Europa, dove sono associati a piante della famiglia Apiacee. Nello specifico gli ospiti finora riportati includono carota, finocchio, prezzemolo, cerfoglio, pastinaca, sedano e sedano rapa, oltre a diverse specie spontanee. I danni più gravi si osservano su carota, con formazione di fittoni di dimensioni ridotte e crescita di radici laterali che deprezzano ulteriormente il prodotto (Munyaneza et al.; 2010, Alfaro-Fernández et al., 2012a,b; 2017). L'aplotipo C è stato ritrovato nel Nord Europa ed è trasmesso dalla psilla della carota *Trioza apicalis* Förster (Hemiptera: Triozidae), mentre gli aplotipi D ed E sono presenti nei Paesi mediterranei (Hajri et al., 2017; Monger e Jeffries, 2017) e sono trasmessi da un'altra psilla della carota, *Bactericera trigonica* Hodkinson (Hemiptera: Triozidae). Infine, sempre associato alle Apiacee vi è l'aplotipo H di cui non si conosce il vettore, mentre un nuovo aplotipo U è stato segnalato su ortica e si presume possa essere trasmesso da *Trioza urticae* (L.) (Homoptera: Triozidae) (Haapalainen et al., 2018; 2020).

Nell'ambito delle associazioni CLso – piante – vettori, in Europa si teme molto l'introduzione della psilla *B. cockerelli*, vettore degli aplotipi A e B a causa dell'elevata polifagia che caratterizza la specie e della sua buona resistenza al freddo, nonostante prediliga temperature piuttosto alte, comprese tra i 27 e i 32°C (EPPO, 2021a). Anche per essa sono stati creati dei modelli

per individuare le aree favorevoli al suo insediamento nel caso di una sua introduzione in Europa, e di fatto l'intero Bacino del Mediterraneo e buona parte degli Stati europei risultano particolarmente idonei (Wan et al., 2020). Ovviamente questo rappresenta una grande preoccupazione per l'intero comparto della produzione di patate.

In questo contesto, però potrebbero aprirsi nuovi e svariati scenari, soprattutto nel caso di introduzione accidentale di nuovi organismi. Il rischio legato alla possibilità di trasmissione crociata di CLso da parte di *B. trigonica* dalle Apiacee alla patata è stato valutato essere molto basso (Antolinez et al., 2017). È stato infatti dimostrato, mediante saggi con elettro penetrografo (EPG), che le piante di patata non rappresentano un'ospite gradito a questa psilla, tanto che, nell'arco di 8 ore, *B. trigonica* non è stata in grado di raggiungere i tessuti floematici e non è stata registrata alcuna attività di salivazione nel floema né di ingestione della linfa elaborata. Al contempo è stata dimostrata una bassissima percentuale di trasmissione (1%) in caso di permanenza obbligata su pianta di patata per tempi più lunghi. Quindi, nonostante si verifichi spesso una vicinanza fisica tra le coltivazioni di sedano, carota e patata, la trasmissione primaria di CLso mediata da *B. trigonica* sarebbe molto improbabile; inoltre anche la dispersione secondaria da patata infetta ad altre patate sane è probabilmente molto bassa.

Analogamente, sembrerebbe non esserci rischio di trasmissione crociata da carota a patata degli aplotipi di CLso presenti in Europa da parte di *B. cockerelli* nel caso in cui quest'ultima venisse accidentalmente introdotta nel nostro continente. Anche in questo caso studi mediante EPG hanno messo in evidenza come *B. cockerelli* faccia difficoltà a raggiungere il floema delle piante di carota, attuando piuttosto un'attività trofica a carico dello xilema (Munyanza et al., 2016).

In una realtà così complessa, non possono essere esclusi altri possibili scenari. Nel caso infatti di introduzione degli aplotipi A, B, F o G, tipici delle solanacee, non possiamo prevedere quali possano essere le interazioni con le psille della carota *T. apicalis* e *B. trigonica* presenti in Europa; non possiamo infatti escludere la nascita di nuovi patosistemi che potrebbero coinvolgere anche piante spontanee. Analogamente rimane ancora da chiarire l'attività vettrice e le interazioni con i diversi aplotipi e piante ospiti di altre specie di psille che sono risultate in qualche modo positive a CLso, come *Bactericera tremblayi* Wagner, *Bactericera nigricornis* Förster o *T. urticae* (Antolinez et al., 2017; Ben Othmen et al., 2018; Haapalainen et al., 2018).

In conclusione, è evidente che i rischi connessi all'introduzione di organismi esotici facenti parte delle interazioni pianta – '*Ca. Liberibacter* sp.' – vettore sono tanti e molto preoccupanti per le produzioni agrarie. Una conoscen-

za accurata della bioetologia dei patogeni e dei loro vettori è fondamentale per meglio definire i possibili nuovi scenari epidemiologici, ma nuovi modelli previsionali sulla potenziale diffusione delle avversità che tengano conto di diversi fattori tra cui anche i cambiamenti climatici in corso, rappresentano un utile strumento per l'analisi del rischio fitosanitario e sono cruciali per la definizione e l'adozione di misure di gestione tempestive ed efficaci.

RIASSUNTO

Il bacino del Mediterraneo è considerato molto vulnerabile all'introduzione di organismi esotici a causa dei cambiamenti climatici, dell'elevata biodiversità e del gran numero di punti di ingresso via terra, mare e aria. I fattori climatici che favoriscono tali eventi sono per lo più legati all'incremento delle temperature medie, alle maggiori temperature minime invernali e ai cambiamenti nella distribuzione delle precipitazioni. Essi possono influenzare le dinamiche di trasmissione, la diffusione geografica e la progressione epidemica di malattie trasmesse da insetti vettori a causa di effetti diretti sull'agente patogeno, sul vettore e sulle piante ospiti coltivate o spontanee, nonché sulle loro complesse interazioni. Tra tutte, particolarmente preoccupanti per numerose colture sono le associazioni tra vettori psilloidei e *Candidatus Liberibacter* spp. Per gli agrumi, modelli previsionali sulla distribuzione dei vettori di agenti di Huanglongbing e basati su parametri climatici hanno evidenziato che diverse aree agrumicole europee sono idonee all'insediamento di *Diaphorina citri* e alla diffusione di *Trioza erytreae*. Analogamente, per le solanacee, *Bactericera cockerelli*, il vettore di '*Ca. L. solanacearum*', potrebbe stabilirsi e svernare all'aperto nell'Europa meridionale, occidentale e centrale. Infine, non si devono trascurare i rischi connessi a nuove associazioni tra diverse specie o aplotipi di *Ca. Liberibacter*, vettori endemici o invasivi e le relative piante ospiti.

ABSTRACT

The Mediterranean basin is seen as a particularly vulnerable area for invasion by new pests and diseases due to its climate change, high biodiversity and large number of points of entry by land, sea and air. Climate factors that promote pest and disease invasions are mostly temperature related and include increasing average temperature, warmer winter minimum temperature and changes in precipitation patterns. These factors can affect the transmission dynamics, geographic spread and re-emergence of vector-borne diseases through multiple pathways, including direct effects on the pathogen, the vector, and cultivated or wild host plants as well as on their complex interactions. Among all, the associations between psyllid vectors and *Candidatus Liberibacter* spp. represent a major concern for numerous crops. For *Citrus* spp. production, weather driven modelling approaches to predict the potential distribution of Huanglongbing agents based on the distribution of the insect vectors highlighted that several European citrus growing areas are suitable for the establishment of *Diaphorina citri* and the spreading of *Trioza erytreae*.

Similarly, for solanaceous crops *Bactericera cockerelli*, the vector of 'Ca. L. solanacearum', would be able to establish and overwinter outdoors in southern, western and central Europe. Finally, risks connected with new associations among different *Ca. Liberibacter* species or haplotypes, endemic or invasive vectors, and their host plants should not be excluded.

BIBLIOGRAFIA

- ALFARO-FERNÁNDEZ A., HERNÁNDEZ-LLOPIS D., FONT M.I. (2017): *Haplotypes of 'Candidatus Liberibacter solanacearum' identified in Umbelliferous crops in Spain*, «European Journal of Plant Pathology», 149, pp. 127-131.
- ALFARO-FERNÁNDEZ A., SIVERIO F., CEBRIÁN M.C., VILLAESCUSA F.J., FONT M.I. (2012a): 'Candidatus *Liberibacter solanacearum*' associated with *Bactericera trigonica*-affected carrots in the Canary Islands, «Plant Disease», 96, 581.
- ALFARO-FERNÁNDEZ A., CEBRIÁN M.C., VILLAESCUSA F.J., HERMOSODE MENDOZA A., FERRÁNDIZ J.C., SANJUÁN S., FONT M.I. (2012b): *First report of 'Candidatus Liberibacter solanacearum' in carrots in mainland Spain*, «Plant Disease», 96, 582.
- AUBERT B. (2008): *Historical perspectives of HLB in Asia*, in *International Research Conference on Huanglongbing*, Proceedings of the Meeting, a cura di R.T. Gottwald e H.J. Graham, Orlando, Florida, pp. 16-24.
- ANTOLINEZ C.A., FERERES A., MORENO A. (2017): *Risk assessment of 'Candidatus Liberibacter solanacearum' transmission by the psyllids Bactericera trigonica and B. tremblayi from Apiaceae crops to potato*, «Scientific Reports», 7, 45534.
- BARBA M., BELISARIO A., FAGGIOLI F., FERRETTI L., GENTILI A., HAEGI A., ILARDI V., LORETI S., PUCCI N., RICCIONI L., SCALA V., VITALE S. (2017): *Protocolli di diagnosi di riferimento*, Protocolli diagnostici "ASPROPI". CREA – DC Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria, pp. 1- 279.
- BEN OTHMEN S., ABBES K., EL IMEM M., OUVREARD D., RAPISARDA C., CHERMITI B. (2018): *Bactericera trigonica and B. nigricornis (Hemiptera: Psylloidea) in Tunisia as potential vectors of 'Candidatus Liberibacter solanacearum' on Apiaceae*, «Oriental Insects», pp. 1-13.
- BENHADI-MARÍN J., FERERES A., PEREIRA J.A. (2020): *A Model to Predict the Expansion of Trioza erytreae throughout the Iberian Peninsula Using a Pest Risk Analysis Approach*, «Insects», 11 (9), p. 576.
- BOVÉ J.M. (2006): *Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus*, «Journal of Plant Pathology», 88 (1), pp. 7-37.
- CABI (2021): 'Candidatus *Liberibacter asiaticus*' (*Asian greening*) CABI, current year, in *Invasive Species Compendium*, Wallingford, UK: CAB International. www.cabi.org/isc.
- CATARA V., D'ANNA R., DAVINO S., BELLA P., LA ROSA R., FISICARO R., CONTI F. (2015): *HLB (huanglongbing), nuova minaccia per gli agrumi*, «L'informatore agrario», 2, 52.
- COCUZZA G.E.M., URBANEJA A., HERNÁNDEZ-SUÁREZ E., SIVERIO F., DI SILVESTRO S., TENA A., RAPISARDA C. (2017): *A review on Trioza erytreae (African citrus psyllid), now in mainland Europe, and its potential risk as vector of huanglongbing (HLB) in citrus*, «Journal of Pest Science», 90, pp. 1-17.
- DAHAN J., WENNINGER E.J., THORNTON M., REYES CORRAL C.A., OLSEN N., KARASEV A.V. (2021): *Haplotyping the Potato Psyllid (Hemiptera: Triozidae) and the Associated Pa-*

- thogenic Bacterium* 'Candidatus *Liberibacter solanacearum*' in *Non-crop Alternative Hosts in Southern Idaho*, «Environmental Entomology», 50 (2), pp. 382-389.
- EPPO (2014): 'Candidatus *Liberibacter africanus*', 'Candidatus *Liberibacter americanus*' and 'Candidatus *Liberibacter asiaticus*', «EPPO Bulletin», 44 (3), pp. 376-389.
- EPPO (2020): PM 9/27 (1) 'Candidatus *Liberibacter*' species that are causal agents of *Huanglongbing* disease of citrus and their vectors: procedures for official control, «EPPO Bulletin», 50, pp. 122-141.
- EPPO (2021a): *Bactericera cockerelli*, «EPPO datasheets on pests recommended for regulation», Disponibile online. <https://gd.eppo.int>
- EPPO (2021b): 'Candidatus *Liberibacter asiaticus*', «EPPO datasheets on pests recommended for regulation», Disponibile online. <https://gd.eppo.int>
- GONZALEZ-HERNANDEZ A (2003): *Trioza erytreae* (*Del Guercio 1918*): *nueva plaga de los cítricos en Canarias*, «Phytoma España», 153, pp. 112-117.
- HAAPALAINEN M., WANG J., LATVALA S., LEHTONEN M.T., PIIRHONEN M., NISSINEN, A.I. (2018): *Genetic variation of 'Candidatus Liberibacter solanacearum' haplotype C and characterization of a novel haplotype from Trioza urticae and stinging nettle*, «Phytopathology», 108 (8), pp. 925-934.
- HAAPALAINEN M., LATVALA S., WICKSTRÖM A., WANG J., PIIRHONEN M., NISSINEN A.I. (2020): *A novel haplotype of 'Candidatus Liberibacter solanacearum' found in Apiaceae and Polygonaceae family plants*, «European Journal of Plant Pathology», 156, pp. 413-423.
- HAJRI A., LOISEAU M., COUSSEAU-SUHARD P., RENAUDIN I., GENTIT P. (2017): *Genetic Characterization of "Candidatus Liberibacter solanacearum" Haplotypes Associated with Apiaceous Crops in France*, «Plant Disease», 101, pp. 1383-1390.
- LIEFTING L.W., PEREZ-EGUSQUIZA Z.C., CLOVER G.R.G., ANDERSON J.A.D. (2008): *A new 'Candidatus Liberibacter' species in Solanum tuberosum in New Zealand*, «Plant Disease», 92, 1474.
- LIEFTING L.W., SUTHERLAND P.W., WARD L.I., PAICE K.L., WEIR B.S., CLOVER G.R.G. (2009a). *A new 'Candidatus Liberibacter' species associated with diseases of solanaceous crops*, «Plant Disease», 93, pp. 208-214.
- LIEFTING L.W., WEIR B.S., PENNYCOOK S.R., CLOVER G.R.G. (2009b): 'Candidatus *Liberibacter solanacearum*', associated with plants in the family *Solanaceae*, «International Journal of Systematic Evolutionary Microbiology», 59, pp. 2274-2276.
- LOISEAU M., SCHRADER G., CAMILLERI M., DIAKAKI M., VOS S. (2019): *Pest survey card on Candidatus Liberibacter solanacearum*, «EFSA supporting publication 2019», 16 (6), EN-1632, 26 pp.
- MONGER W.A., JEFFRIES C.J. (2017): *A survey of 'Candidatus Liberibacter solanacearum' in historical seed from collections of carrot and related Apiaceae species*, «European Journal of Plant Pathology», 150, 3, pp. 803-815.
- MUNYANEZA J.E., CROSSLIN J.M., UPTON J.E. (2007): *Association of Bactericera cockerelli (Homoptera: Psyllidae) with "zebra chip", a new potato disease in southwestern United States and Mexico*, «Journal of Economic Entomology», 100, pp. 656-663.
- MUNYANEZA J.E., FISHER T.W., SENGODA V.G., GARCZYNSKI S.F., NISSINEN A., LEMMETTY A. (2010): *First Report of "Candidatus Liberibacter solanacearum" Associated with Psyllid-Affected Carrots in Europe*, «Plant Disease», 94 (5), 639.
- MUNYANEZA J.E., MUSTAFA T., FISHER T. W., SENGODA V.G., HORTON D. R. (2016): *Assessing the Likelihood of Transmission of Candidatus Liberibacter solanacearum to Carrot by Potato Psyllid, Bactericera cockerelli (Hemiptera: Trioizidae)*, «PLOS ONE», 11 (8).

- RUIZ-RIVERO O., GARCIA-LOR A., ROJAS-PANADERO B. FRANCO J.-C., KHAMIS F.M, KRUGER K., CIFUENTES D., TENA P.B.A., URBANEJA A. PÉREZ-HEDO M. (2021): *Insights into the origin of the invasive populations of Trioza erytreae in Europe using microsatellite markers and mtDNA barcoding approaches*, «Science Reports», 11, 18651.
- SARKAR P., GHANIM M. (2020): *Unravelling the pathogenesis and molecular interactions of Liberibacter phytopathogens with their psyllid vectors*, «Agronomy», 10, 1132.
- SHIMWELA M.M., NAROUËI-KHANDAN H.A., HALBERT S.E., KEREMANE M.L., MINSAVAGE G.V., TIMILSINA S., MASSAWÉ D.P., JONES J.B., VAN BRUGGEN A.H.C. (2016): *First occurrence of Diaphorina citri in East Africa, characterization of the Ca. Liberibacter species causing huanglongbing (HLB) in Tanzania, and potential further spread of D. citri and HLB in Africa and Europe*, «European Journal of Plant Pathology», 146, pp. 349-368.
- WAN J., WANG R., REN Y., MCKIRDY S. (2020): *Potential Distribution and the Risks of Bactericera cockerelli and Its Associated Plant Pathogen Candidatus Liberibacter Solanacearum for Global Potato Production*, «Insects», 11 (5), 298.

DONATO BOSCIA¹, PIERFEDERICO LA NOTTE¹, PASQUALE SALDARELLI¹,
MARI SAPONARI¹

Xylella fastidiosa: il contributo della ricerca scientifica nella gestione di una emergenza fitosanitaria di portata epocale

¹ CNR – Istituto per la Protezione Sostenibile delle Piante, sede secondaria di Bari

(Sintesi)

Il batterio *Xylella fastidiosa* originario delle Americhe, dove è stato confinato per lungo tempo, è stato considerato sin dalla sua prima scoperta in California tra i patogeni più temibili delle piante. È infatti agente di malattie molto distruttive di importanti colture agricole, in grado di infettare diverse centinaia di specie vegetali (EFSA 2020) e di sviluppare epidemie in diversi agro-ecosistemi. Regolamentato come patogeno da quarantena per l'Unione Europea (UE) e diversi Paesi della regione EPPO (European Plant Protection Organization), è attualmente inserito tra i 20 organismi da quarantena classificati al vertice delle priorità per gli Stati membri dell'UE, sulla base della gravità dell'impatto economico, sociale e ambientale. Il quadro fitosanitario mondiale è significativamente mutato nel 2013, allorché le indagini diagnostiche finalizzate a comprendere l'eziologia di una malattia sconosciuta che minacciava la sopravvivenza degli olivi nel versante sud-occidentale della penisola Salentina, ne rivelarono la presenza, per la prima volta in Europa, in piante di olivo e oleandro con sintomi di disseccamento o di mandorlo con sintomi di bruscatura fogliare.

Il devastante impatto dell'epidemia pugliese del batterio, agente causale del disseccamento rapido dell'olivo che in pochi anni ha invaso quasi il 40% della Regione, ha sollecitato un massiccio impegno della comunità scientifica quale indispensabile supporto alle azioni intraprese dalle autorità fitosanitarie. Con questo contributo vengono descritte le più significative acquisizioni e lo stato dell'arte delle principali linee di ricerca messe in atto.

Per un ampio approfondimento dell'argomento si rimanda a:

SAPONARI M., LA NOTTE P., SALDARELLI P., BOSCIA D. (2021): *Il Contributo della ricerca italiana alla sfida fitosanitaria del III millennio: Xylella fastidiosa e la minaccia per l'olivicoltura mediterranea*, in *Olivo, olivicoltura, olio di oliva*

guardando al futuro, dedicato a Franco Scaramuzzi, a cura di Amedeo Alpi, Paolo Nanni, Massimo Vincenzini, Polistampa, Firenze, pp. 199-236.

Xylella fastidiosa: the contribution of scientific research in the management of an epochal phytosanitary emergency. *The bacterium Xylella fastidiosa native to the Americas, where it has been confined for a long time, was considered since its first discovery in California, among the most dangerous plant pathogens. Indeed It is the agent of destructive diseases of important agricultural crops, able to infect hundreds of plant species (EFSA 2020) and to develop epidemics in various agro-ecosystems. Regulated as a quarantine pathogen in the European Union (EU) and several countries of the EPPO (European Plant Protection Organization) region, it is currently included among the 20 quarantine organisms ranked at the top of priorities for EU member states, based on the severity of the economic, social and environmental impact. The phytosanitary scenario changed significantly in 2013, when diagnostic investigations aimed at understanding the etiology of an unknown disease that threatened the olive industry in the south-western coast of the Italian region of Apulia, revealed its presence. for the first time in Europe, in olive trees and oleanders showing symptoms of desiccation or in almond with symptoms of leaf scorching. The devastating impact of the bacterium causing the olive quick decline syndrome, which in a few years affected almost 40% of the Region, prompted a massive commitment of the scientific community to support the phytosanitary authorities in controlling the epidemic. This contribution describes the most significant acquisitions and the state of the art of the main research lines implemented.*

Considerazioni conclusive

La difesa antiparassitaria delle colture rappresenta uno dei problemi più complessi che l'agricoltura si accinge oggi ad affrontare. Le molteplici istanze che interessano la produzione primaria, quali la riduzione della fame a livello mondiale, il costante incremento della popolazione globale, i cambiamenti climatici, l'aumento della diffusione di organismi nocivi esotici, la crescente sensibilità verso l'ambiente e la qualità dei cibi, impongono una ricerca urgente di soluzioni, dato il loro enorme impatto socio-economico. Ciò inevitabilmente può creare contrapposizioni nella visione delle strategie da adottare per la difesa delle piante. Pertanto, un'equilibrata armonizzazione delle corrette e più efficaci azioni da intraprendere richiede il contributo e l'impegno di tutte le parti coinvolte.

La riduzione dell'impiego dei mezzi chimici di difesa e la maggiore diffusione del metodo biologico, previsti dal PNRR, sono processi già avviati, dei quali però non si possono ignorare alcune criticità. La riduzione dei prodotti fitosanitari autorizzati può contribuire negativamente sull'efficacia degli interventi attuabili per la risoluzione di nuove emergenze. Fenomeni quali la continua introduzione di organismi dannosi da altri continenti a seguito dell'intensificarsi dei commerci e dei flussi turistici su scala globale, dei quali i cambiamenti climatici spesso favoriscono insediamento e diffusione, impongono di seguire in maniera rigorosamente scientifica l'evoluzione della situazione fitosanitaria nelle diverse aree di coltivazione delle piante ospiti interessate da tali emergenze. A tale proposito, molto noto è l'impatto devastante che l'epidemia del batterio *Xylella fastidiosa* ha avuto sulle varietà autoctone degli olivi in Puglia. Inoltre, nelle analisi del rischio dato da organismi esotici dannosi per le piante è necessario conoscere in dettaglio e considerare la loro biologia e epidemiologia: ad esempio, le associazioni fra *Candidatus Liberibacter*

e i loro vettori psilloidei sono attualmente oggetto di ricerche su numerose colture dell'Europa meridionale, per gli effetti favorevoli che i cambiamenti climatici possono avere sull'insediamento e la diffusione di entrambi.

Considerati i rischi estremamente elevati che conseguono alla ormai spesso inevitabile introduzione di organismi da quarantena, la strategia sulla quale si basa la nuova normativa fitosanitaria italiana si fonda sulla combinazione di sorveglianza, diagnostica, identificazione rapida, e prevede la realizzazione di due Laboratori Nazionali di Quarantena e dell'Istituto Nazionale di Riferimento per la protezione delle piante. Più in generale, un grande cambiamento è in atto a seguito del riordino del Servizio Fitosanitario Nazionale, che fa emergere la necessità di adeguate disponibilità di personale, con elevato livello di preparazione professionale. Nell'ambito del nuovo quadro normativo, nei prossimi anni le ricerche dovranno certamente approfondire molti degli aspetti evidenziati. L'aumento di conoscenze sugli aspetti scientifici di base dell'interazione tra organismi nocivi e piante contribuirà all'aggiornamento delle strategie di difesa di varie colture, nonché a sviluppare e individuare i mezzi di lotta più idonei e sostenibili, anche per affrontare le nuove emergenze fitosanitarie.

In conclusione, il recepimento delle raccomandazioni contenute nel PNRR per una strategia di difesa delle colture sostenibile ed efficace richiede un'analisi obiettiva e rigorosa delle situazioni di rischio e l'azione coordinata di tutte le forze coinvolte per l'ottenimento della migliore soluzione possibile.