

I GEORGOFILI



I FOCUS DEI GEORGOFILI

Supplemento agli Atti dei Georgofili 2025

Con il contributo di



Copyright © 2026
Accademia dei Georgofili
Firenze
<http://www.georgofili.it>

Proprietà letteraria riservata

Supplemento a «I Georgofili. Atti della Accademia dei Georgofili»
Anno 2025 - Serie VIII - Vol. 22 (201° dall'inizio)

Direttore responsabile: Paolo Nanni

ISSN 0367-4134

SOCIETÀ EDITRICE FIORENTINA
via Capo di Mondo, 78 - 50136 Firenze
info@sefeditrice.it - www.sefeditrice.it

ISBN 978-88-6032-847-2

Indice

<i>Presentazione</i> di Massimo Vincenzini	»	7
FERDINANDO ALBISINNI <i>Impresa agricola e ciclo della vita: finalità risalenti e nuove responsabilità</i>	»	9
GIACOMO LORENZINI, CRISTINA NALI <i>La protezione delle piante, la Cenerentola della strategia “One Health”?</i>	»	31
NICOLETTA FERRUCCI, MARIO MAURO <i>L’Associazionismo fondiario: innovazione e crescita per le aree interne</i>	»	57
NICOLETTA FERRUCCI, GIOVANNI MARIA FLICK <i>La riforma costituzionale degli articoli 9 e 41 a tre anni dalla sua applicazione</i>	»	67
QUIRICO MIGHELI, PIERO CRAVEDI <i>Recenti sviluppi nelle strategie di protezione delle colture dalle avversità</i>	»	79
LEONARDO CASINI <i>Focus sull’evoluzione della PAC e del settore agricolo nazionale</i>	»	III

Presentazione

Per individuare e affrontare tematiche ritenute prioritarie in determinati settori, oltre che per fornire un adeguato supporto a specifiche iniziative concorrenti al progresso dell'agricoltura, l'Accademia dei Georgofili tradizionalmente si avvale delle competenze dei suoi accademici, riuniti in strutture organizzate quali il Comitato Consultivo Multidisciplinare, composto da 18 accademici, in rappresentanza di altrettante discipline, il Centro Studi "Gaia" e Gruppi di Lavoro temporanei, i cui membri di volta in volta sono accademici o comunque personalità scientifiche e tecniche di consolidata e specifica competenza. Gli elaborati predisposti da tali strutture vengono prontamente segnalati e divulgati attraverso il portale istituzionale ad accesso libero (<https://www.georgofili.it>), nel pieno rispetto dello storico motto dell'Accademia, «*Prosperitati Publicae Augendae*».

Nel 2021, il Consiglio Accademico ha ritenuto opportuno raccogliere i documenti prodotti nell'anno dalle diverse strutture di supporto scientifico e dare vita a una nuova iniziativa editoriale in formato digitale, denominata "I Focus dei Georgofili", da pubblicare come supplemento agli «Atti» e rendere liberamente accessibile attraverso il portale istituzionale. L'iniziativa prosegue con il presente volume de I Focus, supplemento agli «Atti dell'Accademia dei Georgofili» 2025.

A tutti gli Autori degli elaborati qui presenti un sincero ringraziamento.

MASSIMO VINCENZINI

Impresa agricola e ciclo della vita: finalità risalenti e nuove responsabilità

¹ Accademia dei Georgofili

I. FINALITÀ RISALENTI

Un primo dato va considerato: le finalità assegnate alla PAC sono rimaste immutate in questi decenni dall'art. 39 del TCEE del 1957 all'art. 39 del vigente TFUE del 2007.

La *sostenibilità* non era menzionata, e tuttora non è menzionata, fra le finalità assegnate alla politica agricola. Tuttavia c'è, dal 1957 e tutt'ora, un aggettivo che fa riflettere: si parla di «sviluppo *razionale* della produzione agricola» (art. 39 lett. a). La mente corre all'art. 44 della nostra Costituzione, lì ove rinvia al fine di «conseguire il *razionale* sfruttamento del suolo».

Come è noto, il richiamo alla *razionalità* è stato la leva, attraverso cui in Italia sono state introdotte le misure in tema di sostenibilità ambientale delle attività agricole, in assenza di riferimenti all'ambiente nel testo originale della Costituzione¹.

Alla *razionalità* della produzione agricola si è sempre accompagnata la *specialità* della disciplina e con questa la consapevolezza della necessità di una *Politica Agricola Comune* che, in quanto *Politica*, per sua natura richiede consapevoli e dichiarate scelte per l'allocazione di risorse e di responsabilità.

In sede europea il quadro generale di riferimento è mutato in modo significativo negli ultimi anni, pur lasciando immutate le finalità assegnate alla PAC².

Ed oggi nel TFUE troviamo:

¹ In argomento v. la lucida analisi di E. ROOK BASILE, *Impresa agricola e concorrenza*, Giuffrè, Milano, 1988,

² Sulle linee evolutive della disciplina della PAC e dei mercati v. i contributi pubblicati in S. Carmignani – N. Lucifero (a cura di), *Le Regole del Mercato agroalimentare tra sicurezza e concorrenza*, Editoriale scientifica, Napoli, 2020.

- l'art. 4: «2. L'Unione ha una competenza concorrente con quella degli Stati membri nei principali seguenti settori: ... d) agricoltura e pesca, tranne la conservazione delle risorse biologiche del mare; e) ambiente; f) protezione dei consumatori, ... k) problemi comuni di sicurezza in materia di sanità pubblica, per quanto riguarda gli aspetti definiti nel presente trattato»;
- l'art. 9: «Nella definizione e nell'attuazione delle sue politiche e azioni, l'Unione tiene conto delle esigenze connesse con la promozione di un elevato livello di occupazione, la garanzia di un'adeguata protezione sociale, la lotta contro l'esclusione sociale e un elevato livello di istruzione, formazione e tutela della salute umana»;
- l'art. 11 (ex art. 6 TCE): «Le esigenze connesse con la tutela dell'ambiente devono essere integrate nella definizione e nell'attuazione delle politiche e azioni dell'Unione, in particolare nella prospettiva di promuovere lo sviluppo sostenibile»;
- l'art. 13: «Nella formulazione e nell'attuazione delle politiche dell'Unione nei settori dell'agricoltura, della pesca, dei trasporti, del mercato interno, della ricerca e sviluppo tecnologico e dello spazio, l'Unione e gli Stati membri tengono pienamente conto delle esigenze in materia di benessere degli animali in quanto esseri senzienti, rispettando nel contempo le disposizioni legislative o amministrative e le consuetudini degli Stati membri per quanto riguarda, in particolare, i riti religiosi, le tradizioni culturali e il patrimonio regionale».

Sicché, sotto molti e concorrenti profili, i testi su cui è fondata la vigente architettura istituzionale dell'Unione Europea esplicitamente riconoscono la tutela dell'ambiente, della biodiversità, e di tutte le forme di vita, come valori essenziali, che devono guidare le scelte operative delle politiche europee, e fra queste anzitutto le scelte in tema di agricoltura.

Di tutto ciò è possibile trovare traccia nella PAC degli ultimi anni, ed ancor più nelle riforme del dicembre 2021.

Gli esiti di tali scelte risultano particolarmente rilevanti in un Paese come l'Italia, in cui la riforma del 2001³ del Titolo V della Costituzione, mentre ha eliminato l'*agricoltura* dalle materie nominate, ha nel contempo sdoppiato la disciplina ambientale in:

- *tutela dell'ambiente, dell'ecosistema e dei beni culturali*, assegnata alla competenza esclusiva dello Stato, e

³ Legge cost. 18 ottobre 2001, n. 3.

- *valorizzazione dei beni culturali e ambientali*, collocata nell'ambito delle materie di legislazione concorrente fra Stato e Regioni,

con ciò assegnando esplicito rilievo ai temi ambientali, ma nel contempo determinando ricorrenti contenziosi innanzi alla Corte costituzionale fra Stato e Regioni, per l'individuazione delle rispettive competenze.

Da ultimo, la recente riforma del 2022⁴, ha affiancato nell'art. 9 della Costituzione, alla tutela del paesaggio e del patrimonio storico ed artistico, l'espresso richiamo: «Tutela l'ambiente, la biodiversità e gli ecosistemi, anche nell'interesse delle future generazioni. La legge dello Stato disciplina i modi e le forme di tutela degli animali», con ciò inserendo *tutela dell'ambiente, della biodiversità e degli ecosistemi* tra i principi fondamentali, prevalenti su ogni diversa disposizione, come più volte confermato dalla Corte costituzionale⁵, e tuttavia nel contempo scegliendo di affermare una primazia dello Stato rispetto alla Regioni quanto a *modi e forme di tutela degli animali*⁶.

Anche in Italia, dunque, le riforme costituzionali hanno dato espresso rilievo e visibilità ad una garantita tutela dell'ambiente, peraltro affermata dalla giurisprudenza ben prima della recente riforma costituzionale.

Restano tuttavia irrisolti – in ambito nazionale, e in qualche misura anche in ambito UE – i richiamati profili di incertezza e conflitto, all'interno della cruciale relazione tra agricoltura ed ambiente, tra attività di produzione agricola e scelte di tutela della biodiversità.

2. LE RECENTI RIFORME DELLA PAC

In questo risalente percorso di riforma istituzionale si collocano le ultime riforme della PAC, avviate da un documento della Commissione Europea del no-

⁴ Legge cost. 11 febbraio 2022, n. 1, in vigore dal 9 marzo 2022. Su tale riforma, per ulteriori indicazioni, sia consentito rinviare a F. ALBISINNI, *Attività agricola e sostenibilità: ambiente, agricoltura, uso dei suoli*, in «I Georgofili. Quaderni», 2023-II, p. 73.

⁵ In argomento v. CASSESE, *La libertà, il voto e i giudizi sbagliati*, in «Corriere della Sera», 1 ottobre 2022.

⁶ In qualche misura scegliendo di intervenire con il peso di una legge di riforma costituzionale all'interno del risalente conflitto di competenze fra Stato e Regioni; conflitto che negli ultimi anni si è declinato soprattutto in riferimento al necessario bilanciamento fra produzione agricola e tutela della fauna selvatica. In argomento v. Accademia dei Georgofili, *La riforma della pac e la gestione della fauna selvatica*, «I Georgofili. Atti della Accademia dei Georgofili», 11 novembre 2021, Firenze, 2022, e ivi F. ALBISINNI, *Riforma della PAC: agricoltura, ambiente, ciclo della vita, e nuovi confini dell'agrarietà*, p. 25 ss.; N. LUCIFERO, *La "gestione sostenibile" della fauna selvatica tra questioni irrisolte e nuove prospettive interpretative*, p. 39 ss.

vembre 2017 su *Il futuro dell'alimentazione e dell'agricoltura*⁷, che sottolineava il successo della Politica Agricola Comune nel conseguire «brillantemente i suoi obiettivi iniziali di garantire approvvigionamenti di buona qualità e prodotti sicuri e affidabili, sostenendo al contempo gli agricoltori europei».

Il successivo rilevante documento è quello sul *Green Deal* del 2019⁸: una proposta ambiziosa, intesa a «riformulare l'impegno della Commissione ad affrontare i problemi legati al clima ed all'ambiente», in cui si parla di neutralità climatica da conseguire entro il 2050, di industria, di profili energetici, di trasporti, di preservare e ripristinare gli ecosistemi e la biodiversità, ma anche di cibo.

Ulteriori documenti del 2020 hanno precisato la posizione della Commissione UE⁹, sino all'approvazione nel dicembre del 2021 dei tre regolamenti di riforma della PAC, entrati in applicazione dal 2023:

- il Regolamento (UE) 2021/2115, sui piani strategici nazionali, che unifica le discipline, sin qui separate, del primo e del secondo pilastro (aiuti diretti, e PSR), 7¹⁰;
- il Regolamento (UE) 2021/2116, sui controlli e sul monitoraggio dei finanziamenti¹¹;
- il Regolamento (UE) 2021/2117, che ha introdotto modifiche alla disciplina della OCM unica, al Pacchetto qualità, e ad altri regolamenti sui prodotti di qualità¹².

⁷ *Il futuro dell'alimentazione e dell'agricoltura. Comunicazione sulla politica agricola comune post 2020*, Bruxelles, 29 novembre 2017.

⁸ Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle Regioni, *Il Green Deal Europeo*, Bruxelles, 11 dicembre 2019, COM (2019) 640 final.

⁹ Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni, *Strategia dell'UE sulla biodiversità per il 2030. Riportare la natura nella nostra vita*, Bruxelles, 20.5.2020, COM(2020) 380 final; Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni, *Una strategia "Dal produttore al consumatore" per un sistema alimentare equo, sano e rispettoso dell'ambiente*, Bruxelles, 20.5.2020, COM(2020) 381 final; Commission Staff Working Document, *Analysis of links between CAP Reform and Green Deal*, Bruxelles, 20.5.2020, COM(2020) 93 final. [Ndr: questo documento è pubblicato solo in lingua inglese].

¹⁰ Regolamento (UE) 2021/2115 del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 2 dicembre 2021, recante norme sul sostegno ai piani strategici che gli Stati membri devono redigere nell'ambito della politica agricola comune (piani strategici della PAC) e finanziati dal Fondo europeo agricolo di garanzia (FEAGA) e dal Fondo europeo agricolo per lo sviluppo rurale (FEASR) e che abroga i regolamenti (UE) n. 1305/2013 e (UE) n. 1307/2013.

¹¹ Regolamento (UE) 2021/2116 del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 2 dicembre 2021, sul finanziamento, sulla gestione e sul monitoraggio della politica agricola comune e che abroga il regolamento (UE) n. 1306/2013.

¹² Regolamento (UE) 2021/2117 del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 2 dicembre 2021,

Due elementi condivisi sono presenti nell'intero pacchetto di riforme:

- l'attenzione al clima ed all'ambiente come elementi di prevalente interesse;
- il riconoscimento della diversità delle agricolture europee, indicato come presupposto per l'adozione di piani strategici nazionali e regionali, che dichiaratamente puntano a valorizzare il radicamento territoriale dell'agricoltura, ma che di fatto muovono verso una crescente amministrativizzazione di tale attività.

Sicché i nuovi Regolamenti, nel sostenere e regolare la PAC, e dunque l'*attività agricola*, sono intervenuti espressamente sulla *tutela della biodiversità e dell'ambiente*¹³, fra l'altro con l'adozione di *Indicatori di risultato* e di *Indicatori di impatto*¹⁴, che in varia misura riportano al tema qui discusso¹⁵.

I principi così enunciati si sono tradotti in una griglia di disposizioni, che nell'Allegato III del Reg. (UE) 2021/2115, ove sono dettate le Norme sulla condizionalità e sulla tutela della Biodiversità e del Paesaggio, richiamano direttive risalenti, da tempo operanti anche nel nostro Paese, che lasciano tuttavia irrisolto il problema centrale del bilanciamento tra attività agricole e ambiente; problema di crescente rilievo soprattutto in alcune aree agricole.

3. NUOVE RESPONSABILITÀ DELL'IMPRESA AGRICOLA COME IMPRESA DEL CICLO DELLA VITA

Ancor prima delle riforme del 2021, un passaggio decisivo per il riconoscimento in sede europea di un modello sistemico di *impresa agricola* – che si ca-

che modifica i regolamenti (UE) n. 1308/2013 recante organizzazione comune dei mercati dei prodotti agricoli, (UE) n. 1151/2012 sui regimi di qualità dei prodotti agricoli e alimentari, (UE) n. 251/2014 concernente la definizione, la designazione, la presentazione, l'etichettatura e la protezione delle indicazioni geografiche dei prodotti vitivinicoli aromatizzati e (UE) n. 228/2013 recante misure specifiche nel settore dell'agricoltura a favore delle regioni ultraperiferiche dell'Unione.

¹³ V. il Reg. (UE) 2021/2115, cit., che all'art. 5 nel definire gli *Obiettivi generali* in essi espressamente comprende «sostenere e rafforzare la tutela dell'ambiente, compresa la biodiversità», e all'art. 6 nel definire gli *Obiettivi specifici* richiama quello di «contribuire ad arrestare e invertire il processo di perdita della biodiversità».

¹⁴ V. il Reg. (UE) 2021/2115, art. 7.

¹⁵ Per una prima analisi delle novità introdotte nella PAC dai regolamenti di riforma del dicembre 2021, v. Accademia dei Georgofili, *La PAC innanzi alle sfide del tempo presente*, 6 maggio 2022, con relazioni di L. Costato, A. Pacciani, P. Pulina, L. Russo, A. Banterle, G. Martino, P. De Castro. F. Albisinni, <https://www.georgofili.it/Media?c=2df30ef1-bdc9-4285-b1b6-048e35049a14>.

ratterizza per il riferimento non più ai soli prodotti ma alla *cura del ciclo della vita* considerato nella sua unitarietà e complessità – si è compiuto nel 2017 con la pubblicazione del Regolamento (UE) 2017/625, «relativo ai controlli ufficiali e alle altre attività ufficiali effettuati per garantire l'applicazione della legislazione sugli alimenti e sui mangimi, delle norme sulla salute e sul benessere degli animali, sulla sanità delle piante nonché sui prodotti fitosanitari»¹⁶, adottato assumendo una base giuridica plurima, che comprende l'instaurazione ed il funzionamento del mercato interno (art. 114), e la protezione della sanità pubblica (art. 168.4.b), ma che a tali riferimenti premette il richiamo all'organizzazione comune dei mercati agricoli (art. 43.2.), a conferma della dimensione espansiva della disciplina dell'agricoltura nel mercato.

Il nuovo regolamento sui controlli ufficiali non si occupa soltanto dei prodotti alimentari (a differenza del precedente Reg. (CE) n. 882/2004), ma investe un'ampia area applicativa, che copre ogni *organismo vivente*, animale o vegetale, e l'*ambiente*, in prospettiva sistemica.

Coerentemente con questo più ampio perimetro, che investe tutte le forme di vita, anche le definizioni di *pericolo* e di *rischio* sono state profondamente riscritte.

Nel Regolamento (CE) n. 178/2002 sulla sicurezza alimentare, il *pericolo* era riferito esclusivamente alla *salute umana*¹⁷.

Nel nuovo regolamento del 2017, il *pericolo* è definito come «qualsiasi agente o condizione avente potenziali effetti nocivi sulla salute umana, animale o vegetale, sul benessere degli animali o sull'ambiente»¹⁸.

Sicché, sul piano dei contenuti, i *pericoli* e i *rischi*, che devono essere considerati in sede di controlli ufficiali ai sensi del nuovo regolamento, non sono più soltanto quelli che possono incidere sulla *salute umana*, direttamente o indirettamente, ma – in prospettiva ben più ampia – tutti quelli che, oltre che sulla *salute umana*, possono incidere sulla *salute animale o vegetale, sul benessere degli animali o sull'ambiente*; in una parola tutti quelli che possono avere effetti sul *ciclo della vita*.

Se il Regolamento (CE) n. 178/2002 aveva segnato il passaggio a una *disciplina di filiera*, per tale tuttavia intendendo la sola *food production chain* e dunque una filiera finalizzata al *consumo alimentare umano*, il nuovo regolamento del 2017 ha espresso la consapevolezza che l'attenzione alla *filiera agro-alimentare* non è per sé sola sufficiente.

¹⁶ Regolamento (UE) 2017/625 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 15 marzo 2017.

¹⁷ V. l'art. 3 n. 14 del Reg. (CE) n. 178/2002.

¹⁸ V. l'art. 3 n. 23 del Reg. (UE) 2017/625.

Coerentemente con questo ampio ambito di riferimento, l'*operatore* considerato dal Regolamento (UE) 2017/625 è «qualsiasi persona fisica o giuridica soggetta a uno o più obblighi previsti dalla normativa di cui all'articolo 1, paragrafo 2», dunque chiunque opera a contatto con il *ciclo della vita*, nella persuasione che la *vita* per sua natura non possa essere tutelata per segmenti o settori, ma soltanto nella sua interezza.

L'*impresa del ciclo della vita*, come individuata dal regolamento UE del 2017, condivide con l'*impresa agricola* di cui al vigente art. 2135 del codice civile italiano, quale disegnata oltre venti anni fa dai Decreti Legislativi di orientamento, una logica di *specialità disciplinare*, non in ragione di privilegi od esoneri, ma in ragione della preminente *specialità* di interessi, diritti, valori, e responsabilità, tanto nell'*agricoltura* che nell'*alimentazione*.

Il nuovo regolamento europeo sui controlli ha costruito così in qualche misura un ponte fra più percorsi, della *food safety* e della PAC, della dimensione unionale e di quella nazionale. in direzione di una ricomposizione, che valorizza la responsabilità dell'impresa che in qualunque modo si rapporta al *ciclo biologico* o all'*ambiente*, a prescindere dalla destinazione finale, alimentare o meno, del prodotto.

Conferma esplicita in tal senso viene dalle innovative disposizioni del Regolamento (UE) 2017/625 dedicate al legno ed alle sue possibili patologie¹⁹, nonché alle patologie dei vegetali²⁰, lì ove in un regolamento che – come già ricordato – individua la propria base giuridica in una pluralità di disposizioni del TFUE, dalle OCM (art. 43), al mercato interno (art. 114), alla protezione della salute nei settori veterinario e fitosanitario (art. 168, par. 4 lett. b), si prevedono norme specifiche sull'importazione di legno e tronchi di legno²¹, di imballaggi in legno²², di alberi, arbusti, materiale forestale di moltiplicazione²³, superando di fatto le limitazioni disciplinari del passato²⁴, pur senza

¹⁹ V. il considerando (61) del Reg. (UE) 2017/625.

²⁰ V. l'art. 3, par. 1, n. 21 e 22, del Reg. 2017/625, quanto all'ampia definizione dei prodotti vegetali e dei possibili vettori di patologie vegetali.

²¹ V. l'art. 64 del Reg. 2017/625.

²² V. l'art. 77 del Reg. 2017/625.

²³ V. l'All. IV del Reg. 2017/625.

²⁴ Quali ribadite dalla giurisprudenza in materia. Cfr. la decisione della Corte di giustizia 25 febbraio 1997, in cause riunite C-164/97 e C-165/97. I ricorsi erano stati proposti dal Parlamento europeo, il quale aveva censurato alcuni regolamenti in materia di protezione delle foreste adottati dal Consiglio sulla base dell'art. 43 del Trattato, assumendo che la base giuridica di tali regolamenti, riguardando prodotti (quelli forestali) non compresi nell'Allegato II del Trattato, andava piuttosto individuata nelle norme relative alla protezione dell'ambiente, con conseguente applicabilità della diversa procedura di adozione prevista da tali norme. La Corte ha accolto il ricorso ed annullato i regolamenti, sulla base del seguente principio di diritto: «Non si può considerare che l'allegato II del Trattato, il quale elenca i prodotti assoggettati agli artt. 39-46,

intervenire espressamente sull'elenco dei prodotti agricoli di cui all'Allegato I del TFUE.

La recente diffusione di gravi patologie vegetali, pur non pericolose per la salute umana, ma fortemente nocive per gli alberi, quali il punteruolo rosso per le palme e la xylella per gli ulivi, ha evidentemente concorso ad accrescere l'attenzione verso queste patologie.

E risulta significativo, sotto il profilo della connotazione espansiva della nuova disciplina europea, che la risposta a queste patologie non si sia risolta esclusivamente in misure specifiche e di eccezione (quali ad esempio quelle adottate alcuni anni fa dopo la crisi innescata dal consumo di germogli di soia infetti), ma che sia stata ricercata all'interno di un generale regolamento sui controlli, che colloca l'attenzione alla salute umana all'interno di una più ampia prospettiva di *attenzione alla vita* in tutte le sue manifestazioni.

Ne seguono esiti rilevanti sul piano dei modelli anche nel diritto interno, quanto alla perimetrazione dei confini dell'agrarietà e quanto alle nuove responsabilità che l'ordinamento assegna all'*imprenditore agricolo*. Tant'è che in Italia i Decreti Leg.vi del 2 febbraio 2021²⁵ di adeguamento della normativa

relativi all'agricoltura, si applichi in generale agli alberi e ai prodotti dell'attività forestale, anche se taluni di questi prodotti, considerati isolatamente, possono rientrare nella sfera di applicazione di detti articoli. Ne consegue che i regolamenti nn. 307/97 e 308/97 non costituiscono una normativa riguardante la produzione e il commercio dei prodotti agricoli, per la quale l'art. 43 del Trattato avrebbe costituito la base giuridica adeguata a condizione che una siffatta normativa contribuisse alla realizzazione di uno o più obiettivi della politica agricola comune. Quindi, adottando i regolamenti impugnati in base all'art. 43, mentre l'art. 130 S costituiva in proposito la base giuridica appropriata, il Consiglio ha commesso una violazione delle forme sostanziali ed ha leso le prerogative del Parlamento, di talché i regolamenti impugnati devono essere annullati». Va detto che analogo orientamento è stato confermato ancora di recente dal Regolamento per la lotta alla deforestazione ed al degrado forestale, Reg. (UE) 2023/1115 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 31 maggio 2023, che indica quale propria base giuridica esclusivamente l'art. 192.1. TFUE, e pertanto le sole norme sulla tutela dell'ambiente, senza menzionare la PAC.

²⁵ D. Lgs. 2 febbraio 2021, n. 18, Norme per la produzione e la commercializzazione dei materiali di moltiplicazione e delle piante da frutto e delle ortive in attuazione dell'articolo 11 della legge 4 ottobre 2019, n. 117, per l'adeguamento della normativa nazionale alle disposizioni del regolamento (UE) 2016/2031 e del regolamento (UE) 2017/625; D. Lgs. 2 febbraio, n. 19, Norme per la protezione delle piante dagli organismi nocivi in attuazione dell'articolo 11 della legge 4 ottobre 2019, n. 117, per l'adeguamento della normativa nazionale alle disposizioni del regolamento (UE) 2016/2031 e del regolamento (UE) 2017/625; D. Lgs. 2 febbraio, n. 20, Norme per la produzione a scopo di commercializzazione e la commercializzazione di prodotti sementieri in attuazione dell'articolo 11 della legge 4 ottobre 2019, n. 117, per l'adeguamento della normativa nazionale alle disposizioni del regolamento (UE) 2016/2031 e del regolamento (UE) 2017/625; D. Lgs. 2 febbraio, n. 23, Adeguamento della normativa nazionale alle disposizioni del regolamento (UE) 2017/625 in materia di controlli ufficiali sugli animali e le merci provenienti dagli altri Stati membri dell'Unione e delle connesse competenze degli uffici veterinari per gli adempimenti comunitari del Ministero della salute ai sensi dell'articolo 12, comma

nazionale al Reg. (UE) 2017/625, hanno previsto controlli, sequestri e sanzioni in caso di rischi per il *benessere animale*, autonomamente considerati rispetto ai rischi per la *salute* dell'uomo, degli animali e delle piante, senza distinguere fra le diverse specie animali e le finalità cui individui e specie sono destinati.

L'*agricoltura*, e gli *agricoltori*, si trovano così innanzi ad una dinamica disciplinare, che ne accentua le responsabilità, ma insieme ne valorizza il ruolo, che sembrava destinato ad appannarsi in epoche di globalizzazione e che invece la crescente attenzione al *vivente* sottolinea ed enfatizza.

Nel contempo, la disciplina si proietta oltre gli stessi confini dell'Unione Europea, con l'introduzione del meccanismo del *rating*, in forza del quale viene determinata «una classificazione degli operatori fondata sulla valutazione della loro corrispondenza ai criteri di rating»²⁶. La creazione di un Sistema unificato di raccolta e di trattamento delle informazioni, alimentato anche con informazioni provenienti da Paesi esterni all'Unione Europea, la previsione di un *rating* in forza del quale tutti gli operatori sono classificati su base unificata e sistematica, costituisce un'innovazione regolatoria di grande rilievo, che esprime il bisogno di costruire forme di conoscenza e di reputazione basata sulla conoscenza, non più secondo il tradizionale modello della conoscenza e valutazione diretta caratteristico dei mercati perimetrati (fossero essi i mercati locali di prossimità, od i ben più ampi ma comunque omogenei mercati nazionali), ma con strumenti che pongono la conoscenza, e con questa la reputazione, su un piano non perimetrato *ex ante* ma omogeneo all'attuale dimensione globale dei mercati, per loro natura non perimetrabili.

Come è stato osservato con grande efficacia già all'inizio del secolo, in esito alla globalizzazione dei mercati, al *territorio*, ai *territori* con quanto di individuale ed irripetibile ciascuno di essi presenta, si sostituisce lo *spazio*, ovvero «uno "spazio senza frontiere interne"; si badi, non un territorio più vasto, ma un artificiale "spazio" della produzione e degli scambi ... un luogo *privo di qualità*»²⁷.

Le disposizioni del nuovo regolamento sui controlli costituiscono un primo originale tentativo di elaborare modelli regolatori adeguati a questo *spazio*

3, lettere f) e i) della legge 4 ottobre 2019, n. 117; D. Lgs. 2 febbraio, n. 24, Adeguamento della normativa nazionale alle disposizioni del regolamento (UE) n. 2017/625 in materia di controlli sanitari ufficiali sugli animali e sulle merci che entrano nell'Unione e istituzione dei posti di controllo frontaliere del Ministero della salute, in attuazione della delega contenuta nell'articolo 12, comma 3, lettere h) e i) della legge 4 ottobre 2019, n. 117.

²⁶ Art. 3, n. 31), del Reg. (UE) 2017/625.

²⁷ N. IRTI, *Norma e luoghi. Problemi di geo-diritto*, Laterza, Bari-Roma, 2001.

senza confini, intesi ad attribuire *qualità*, il *rating* appunto, a chi in questo *spazio* opera.

E ben possono riprendersi, in riferimento a questo regolamento, il cui ambito applicativo e i cui esiti sono ben più ampi di quelli tradizionalmente attribuiti ai controlli, le considerazioni proposte già oltre venti anni fa, in riferimento alle innovazioni all'epoca introdotte dal generale Regolamento (CE) n. 178/2002 sulla sicurezza alimentare, da un autorevole studioso di fatti istituzionali, il quale efficacemente ebbe ad osservare:

«La nuova disciplina comunitaria comporta conseguenze rilevanti per gli ordinamenti nazionali almeno sotto tre profili:

il primo è quello delle *fonti del diritto*;

il secondo quello dell'*assetto* che deve essere posto in essere in ciascuno Stato;

il terzo quello della *collaborazione* da assicurare tra organizzazioni nazionali e organizzazione comunitaria»²⁸.

Questi tre profili operano tutti anche nel complesso disegno disciplinare introdotto dal Regolamento (UE) 2017/625.

Ad essi si deve oggi aggiungere quello – già presente nella GFL, ma all'epoca declinato secondo categorie e modelli tradizionali del commercio internazionale²⁹, ed esploso nella sua rilevanza e peculiarità negli ultimi anni – della *globalizzazione* della produzione e del commercio e con questa della necessaria *dimensione globale delle regole e della collaborazione fra autorità* che, pur di matrice nazionale, operano in un contesto globale³⁰, ben più interconnesso ed interdipendente di quanto accadeva nel periodo di fine ed inizio secolo in cui è maturato il Regolamento (CE) n. 178/2002.

La dimensione, che il nuovo regolamento del 2017 ha accentuato e sistematizzato con la più ampia attenzione al *ciclo della vita* e all'intera *agri-food chain*, è insomma quella di un'*arena di regolazione*, in cui regolatori, imprese, consumatori, amministratori, e giudici, si collocano all'interno della complessa relazione della disciplina domestica con il diritto europeo e con quello globale.

²⁸ S. CASSESE, *Per un'Autorità nazionale della sicurezza alimentare*, Milano, 2002, p. 16 [cors. agg.].

²⁹ V. gli artt. 11, 12, 13, del Reg. n. 178/2002 sugli "Obblighi generali del commercio alimentare".

³⁰ V. l'analisi di L. CASINI, *Potere globale. Regole e decisioni oltre gli Stati*, Il Mulino, Bologna, 2018; che – a conferma della rilevanza dell'arena di regolazione qui discussa – si esercita in larga misura su casi e questioni della *globalizzazione* che spesso riportano all'area della *agri-food law* e della *agri-food chain*.

Da ciò l'espansione di una disciplina dell'agricoltura ben oltre i confini del fondo, e ben oltre gli stessi confini politici (siano essi nazionali o europei) della sovranità legislativa tradizionale, in ragione di una dimensione globale del mercato, che pur tuttavia conferma la sua *specialità*.

4. LA DIRETTIVA SULLE PCS DEL 2019

In questo percorso espansivo di una disciplina dell'agricoltura, che tuttavia conserva la sua *specialità* nel mercato, si colloca un altro importante intervento dell'Unione Europea degli ultimi anni: la Direttiva del 2019 sulla Pratiche Commerciali Sleali nei rapporti tra imprese nella filiera agricola e alimentare.

La Direttiva (UE) 2019/633³¹ sulle PCS, in particolare, ha quale propria esclusiva base giuridica la PAC, e con ciò si propone quale atto finalizzato «al perseguimento degli obiettivi della politica comune dell'agricoltura e della pesca»; obiettivi considerati per sé soli idonei a sostenere un penetrante intervento nel mercato e sulla forma e sul contenuto dei contratti di cessione dei prodotti, perché la PAC per sua natura investe e regola le relazioni commerciali e di scambio, e non la sola produzione.

Questa non è una novità, ma è una scelta praticata da tempo, affermata oltre venti anni fa con il Regolamento (CE) n. 820/97 sulla tracciabilità e l'etichettatura di origine della carne bovina, adottato in risposta alla crisi della BSE³²; scelta che ha trovato espressa conferma nella decisione pronunciata dalla Corte di Giustizia nel 2000, chiamata a risolvere il conflitto insorto sulla base giuridica del regolamento del 1997 fra Commissione e Parlamento da una parte e Consiglio dei Ministri dall'altra³³.

L'ambito di regolazione così individuato dalla Corte di giustizia nel 2000 è il medesimo in cui si colloca la Direttiva (UE) 2019/633 che, assumendo la PAC quale propria esclusiva base giuridica, investe e regola i contratti ed il mercato, introducendo paradigmi innovativi, per l'oggetto, i soggetti, l'ambito territoriale applicativo.

³¹ Direttiva (UE) 2019/633 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 17 aprile 2019, in materia di pratiche commerciali sleali nei rapporti tra imprese nella filiera agricola e alimentare.

³² Regolamento (CE) n. 820/97 del Consiglio del 21 aprile 1997, che istituisce un sistema di identificazione e di registrazione dei bovini e relativo all'etichettatura delle carni bovine e dei prodotti a base di carni bovine.

³³ Corte giust., 4 aprile 2000, C-269/97, *Commissione delle Comunità Europee e Parlamento Europeo c/ Consiglio dell'Unione Europea*. In argomento per maggiori indicazioni sia consentito rinviare a F. ALBISINNI, *Strumentario di diritto alimentare europeo*, 5^a ed., 2023, Utet-Wolters Kluwer, p. 85 ss.

La riconosciuta *specialità* delle condizioni di produzione in agricoltura, in ragione dei rischi intrinsecamente connessi ad un'attività che si misura con il *ciclo della vita*, costituisce la base per l'adozione di speciali regole dei contratti di impresa, in un mercato, quello dei prodotti agricoli e alimentari, che va ben oltre i confini dell'Unione Europea.

Le regole così introdotte, per le finalità ad esse assegnate e per il mercato in cui sono destinate ad operare, si pongono per loro natura quali *regole transfrontaliere*, collocandosi in una dimensione, anche spaziale, che supera il perimetro tradizionale di applicazione della legge e che si caratterizza secondo linee funzionali alla globalizzazione dei mercati; linee presenti anche in altri ambiti disciplinari³⁴, ma che assumono particolare interesse proprio ove collegate ad una disciplina, quella dell'agricoltura, tradizionalmente intesa come radicata nel fondo e comunque vincolata ad un territorio specificamente definito e individuato.

La Direttiva, e le conseguenti norme nazionali di attuazione, superano dunque la dimensione unionale, non occasionalmente, ma in ragione di un disegno palese e dichiarato, che si traduce in *regole transfrontaliere*, che si proiettano ben oltre i confini.

5. LA RICONFERMA DELL'IMPORTANZA DEL DIRITTO REGOLATORIO

Nei più recenti provvedimenti europei in materia di agricoltura c'è un elemento comune che appare meritevole di attenzione: la riconferma della risalente importanza dello strumento giuridico, del *diritto regolatorio* rispetto al *diritto incentivante*³⁵.

Le proposte, che si sono tradotte nelle recenti riforme, hanno preso le mosse dalla presa d'atto della mancata realizzazione degli obiettivi perseguiti con le riforme del 2013, sia per quanto riguarda i prezzi agricoli "scesi sostanzialmente" sia per quanto riguarda gli obiettivi di mitigazione dei cambiamenti climatici, individuando «quali priorità principali della PAC post-2020, mag-

³⁴ Come ha sottolineato N. Irti nei suoi studi, guardando alle profonde trasformazioni della stessa generale articolazione delle fonti del diritto, in ragione dei processi di globalizzazione: v. le analisi proposte già in ID., *Sul problema delle fonti in diritto privato*, in «Riv. trim. dir. proc. civ.», 2001, n. 3, p. 608; ID., *Le categorie giuridiche della globalizzazione* in «Riv. dir. civ.», 2002 n. 5., p. 625.

³⁵ Per ulteriori indicazioni sulle linee evolutive della PAC negli ultimi due decenni, sia consentito rinviare a F. ALBISINNI, *La definizione di attività agricola nella nuova PAC, tra incentivazione e centralizzazione regolatoria*, in «Rivista italiana di diritto pubblico comunitario», 2014, vol. XXIV, p. 967.

giori ambizioni in materia di ambiente e di azione per il clima, un sostegno più mirato e un maggior ricorso al nesso ricerca-innovazione-consulenza»³⁶.

Il Regolamento (UE) 2021/2115 insiste sull'«elevato livello di ambizione ambientale della PAC» (considerando 16).

Gli artt. 6, 7, 97, rinviano agli *obiettivi climatico-ambientali specifici* nei singoli Stati membri, anche sotto questo profilo sottolineando il rilievo centrale e connotante della componente ambientale delle misure proposte, in assenza di una comparabile attenzione per i profili produttivi.

Gli artt. 12 e 13 rinviano alla *condizionalità* e alle *BCAA – Buone Condizioni Agronomiche ed Ambientali* di cui all'Allegato III, prevedendo eventuali *norme aggiuntive nazionali e sistemi di sanzioni amministrative*.

D'altro canto, nell'art. 10 del Reg. (UE) 2021/2115 si dispone che: «Gli Stati membri elaborano gli interventi ... in modo tale che siano conformi ai criteri dell'allegato 2 dell'accordo sull'agricoltura dell'OMC»; disposizioni notoriamente orientate in senso favorevole alla globalizzazione delle produzioni agricole; tutto ciò in un momento e in un periodo storico in cui tali regole della globalizzazione sono da più parti motivatamente censurate.

A ciò si aggiunge il recupero della previsione di piani strategici nazionali, introdotti nel 2003, eliminati nel 2013 in ragione della loro riconosciuta inefficacia, e nuovamente introdotti negli ultimi regolamenti di riforma, con una serie assai complessa di disposizioni per l'approvazione e gestione di tali piani strategici nazionali e delle loro declinazioni in sede regionale.

L'esperienza italiana di questi anni nell'elaborazione e gestione dei piani di sviluppo rurale da parte delle Regioni ha mostrato diffuse inefficienze e gravi ritardi, e molte regioni soltanto in prossimità della chiusura del termine quinquennale hanno frettolosamente approvato misure intese a non perdere le risorse assegnate.

Anche in sede centrale il Ministero dell'Agricoltura non si è distinto per la capacità di implementare rapidamente ed efficacemente le misure europee.

Per completare il quadro della complessità, si prevede che ciascuno Stato membro designi un'*Autorità di gestione nazionale per il proprio piano strategico della PAC* e possa designare *Autorità di gestione regionali*³⁷, nonché un *Comitato nazionale di monitoraggio che monitori l'attuazione del piano strategico della PAC*³⁸.

Un'ampia serie di competenze è attribuita alla Commissione europea, alla quale spetta non soltanto adottare una numerosa serie di atti delegati e di

³⁶ Così nelle note di apertura comuni a tutti i testi presentati.

³⁷ V. artt. 123 Reg. (UE) 2021/2115.

³⁸ V. artt. 124 Reg. (UE) 2021/2115.

esecuzione, in tema di definizioni generali così come in tema di determinazione dei contenuti dei piani strategici nazionali, ma soprattutto procedere alla valutazione, approvazione e modifica di tali piani.

Sicché, è pur vero che si attribuiscono agli Stati membri competenze nazionali per la gestione delle risorse finanziarie, ma l'esercizio di queste competenze si colloca in una griglia di adempimenti ben lontani dall'annunciata *semplificazione*, ed espressamente subordinata ad una logica di *globalizzazione* che guarda con disfavore alle politiche di radicamento e di identità territoriale, lì ove si assegna valore cogente all'interno dei piani strategici nazionali alle disposizioni dell'accordo sull'agricoltura stipulato in sede OMC.

6. LA RISCOPERTA DELLA POLITICA. VALORI E SCELTE DI TUTELA DELLA BIODIVERSITÀ E DELL'AMBIENTE

All'interno di questo processo di regolazione, risalente e nel medesimo tempo fortemente innovativo, le sfide che stiamo vivendo hanno riportato l'attenzione sull'esigenza di garantire una produzione agricola che assicuri «un sistema alimentare solido e resiliente che funzioni in qualsiasi circostanza», come ha sottolineato la Commissione Europea³⁹.

Questa consapevolezza sta trovando crescente consenso in alcuni Paesi europei, tradizionalmente attenti ai temi della politica agricola come politica di garanzia: fra questi la Francia, ove l'autorevole *Académie d'agriculture de France* ancora di recente ha osservato: «Pandémie du coronavirus et autonomie alimentaire: actualité et nécessité d'une reterritorialisation des systèmes alimentaires» proprio in ragione dei problemi posti dalle crisi di questi anni⁴⁰.

Ulteriori sollecitazioni sono venute in sede nazionale dalla richiamata recente riforma degli artt. 9 e 41 cost.; in sede internazionale dai documenti approvati dal G20 per la riduzione delle emissioni; ed in sede europea dal citato Regolamento (UE) 2017/625, che ha individuato quale bene protetto, accanto alla salute umana, anche la salute ed il benessere animale, la salute delle piante e la tutela della biodiversità, con esiti rilevanti ad esempio in tema di fitofarmaci consentiti, dal Regolamento sulla *Trasparenza nell'analisi del rischio* del 2019⁴¹, dalla Direttiva (UE) 2019/633 sulle *Pratiche commerciali*

³⁹ Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni - *Una strategia "Dal produttore al consumatore" per un sistema alimentare equo, sano e rispettoso dell'ambiente*, Bruxelles, 20.5.2020, COM(2020) 381 final.

⁴⁰ Académie d'agriculture de France, *Le Mensuel*, n. 55, Juin 2020.

⁴¹ Regolamento (UE) 2019/1381 del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 20 giugno 2019,

*sleali nella filiera agricola e alimentare*⁴² con la ribadita specialità nella regolazione di tale mercato in ragione della peculiare «estrema incertezza dovuta sia alla dipendenza dai processi biologici sia all'esposizione ai fattori meteorologici»⁴³, e da ultimo dal nuovo *Pacchetto Qualità* del 2024⁴⁴, che ha riformato sotto più aspetti anche la disciplina dei *Vini di qualità*, fra l'altro collocando la *sostenibilità* all'interno delle caratteristiche proprie dei prodotti di qualità in tutte le fasi della produzione, assegnando a tal fine un ruolo centrale alle collettività dei produttori (art. 4).

All'interno di questa prospettiva, il Regolamento Delegato (UE) 2022/467 della Commissione, del 23 marzo 2022⁴⁵, nel prevedere «un aiuto eccezionale di adattamento per i produttori dei settori agricoli», ha affiancato alla *food security* la riscoperta della *stabilizzazione dei mercati* come obiettivo essenziale e fondante della PAC.

Nel medesimo tempo, la tutela della biodiversità va conquistando spazi crescenti all'interno della disciplina europea in tema di regolazione delle modalità di svolgimento dell'attività agricola.

Esemplare in tal senso è un regolamento della Commissione del febbraio 2023⁴⁶, che ha vietato l'uso in agricoltura di due fitofarmaci a base di nicotinoide precedentemente autorizzati.

relativo alla trasparenza e alla sostenibilità dell'analisi del rischio dell'Unione nella filiera alimentare. In argomento v. le relazioni presentate nel Convegno AIDA-IFLA tenuto a Portici l'11-12 ottobre 2019, pubblicate in «Riv.dir.alim.» www.rivistadirittoalimentare.it, n. 3-2019 e n. 4-2019. Sulla peculiare relazione fra principio di trasparenza e corrette pratiche commerciali in esito al congiunto operare del Reg. 2019/1381 e della Dir. (UE) 2019/633, v. R. SAIJA, *I principi generali delle buone pratiche commerciali: la trasparenza dopo la direttiva 2019/633*, in «Riv.dir.alim.» www.rivistadirittoalimentare.it, n. 4-2021.

⁴² Direttiva (UE) 2019/633 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 17 aprile 2019, in materia di pratiche commerciali sleali nei rapporti tra imprese nella filiera agricola e alimentare. Su questa direttiva e sulla sua attuazione in Italia v. le relazioni presentate nel Convegno organizzato dall'AIDA e dall'Università di Reggio Calabria il 26-27 novembre 2021, su «Le Pratiche Commerciali Sleali nelle Filiere Agroalimentari», pubbl. nella «Riv. dir. alim.» www.rivistadirittoalimentare.it, n. 4-2021, n. 1-2022, n. 2-2022; e i contributi pubblicati in A.M. Mancaloni – R. Torino (eds.), *Agri-Food Market Regulation and Contractual Relationships*, RomaTre Press, 2023.

⁴³ Considerando 6.

⁴⁴ Regolamento (UE) 2024/1143 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell'11 aprile 2024, relativo alle indicazioni geografiche dei vini, delle bevande spiritose e dei prodotti agricoli, nonché alle specialità tradizionali garantite e alle indicazioni facoltative di qualità per i prodotti agricoli.

⁴⁵ Regolamento delegato (UE) 2022/467 della Commissione del 23 marzo 2022 che prevede un aiuto eccezionale di adattamento per i produttori dei settori agricoli.

⁴⁶ Regolamento (UE) 2023/334 della Commissione del 2 febbraio 2023, che modifica gli allegati II e V del regolamento (CE) n. 396/2005 del Parlamento europeo e del Consiglio per quanto riguarda i livelli massimi di residui di clothianidin e thiamethoxam in o su determinati prodotti.

Nel 2006 e nel 2007 la Commissione aveva autorizzato questi prodotti, perché le indagini scientifiche promosse dall'EFSA avevano dimostrato che non lasciavano residui sulla frutta e sulle piante, e che quindi non sussistevano pericoli o possibili danni per la salute umana.

Successivi studi hanno però accertato che i nicotinoidi possono produrre danni alle api e ad altri insetti impollinatori.

La Commissione in un primo momento, nel 2018, ha limitato l'uso di tali prodotti all'interno delle serre. In prosieguo, con il regolamento del 2023 ha vietato qualunque uso di questi fitofarmaci a far tempo dal 2026, anche nei paesi terzi che intendono esportare i loro prodotti agricoli in Europa.

Al punto (9) delle premesse, il regolamento del 2023 richiama il generale Regolamento (CE) n. 178/2002 sulla sicurezza alimentare⁴⁷. In realtà il regolamento del 2002 è tutto centrato sulla protezione della salute umana ed il riferimento ivi contenuto alla «tutela della salute e del benessere degli animali, della salute vegetale e dell'ambiente» è soltanto eventuale: «tenuto eventualmente conto» («taking into account, where appropriate»)⁴⁸. Sicché tale riferimento non sembra idoneo a giustificare il divieto di prodotti che, in quanto tali, non sono dannosi per la salute umana.

Giova ricordare che i Regolamenti generali (CE) n. 396/2005⁴⁹ sui livelli massimi consentiti di residui antiparassitari, e (CE) n. 178/2002 sulla sicurezza alimentare⁵⁰ non menzionano neppure indirettamente fra le finalità perseguite la *tutela della biodiversità*.

In particolare, il Reg. (CE) n. 396/2005, che definisce il quadro regolatorio sull'impiego di antiparassitari per prodotti di origine vegetale e animale o loro parti, da utilizzare come alimenti o mangimi freschi, trasformati e/o composti⁵¹, attribuisce alla Commissione europea il compito di individuare i prodotti autorizzati sulla base dei pareri scientifici dell'EFSA⁵², al fine di «garantire un elevato livello di tutela dei consumatori» attraverso «disposizioni

⁴⁷ È il ben noto Regolamento (CE) n. 178/2002 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 28 gennaio 2002, che stabilisce i principi e i requisiti generali della legislazione alimentare, istituisce l'Autorità europea per la sicurezza alimentare e fissa procedure nel campo della sicurezza alimentare.

⁴⁸ Cfr. l'art. 5 del Reg. (CE) n. 178/2002, cit., che individua gli *obiettivi generali* della legislazione alimentare.

⁴⁹ Regolamento (CE) n. 396/2005 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 23 febbraio 2005, concernente i livelli massimi di residui di antiparassitari nei o sui prodotti alimentari e mangimi di origine vegetale e animale e che modifica la direttiva 91/414/CEE del Consiglio.

⁵⁰ Regolamento (CE) n. 178/2002, cit.

⁵¹ V. art. 2 del reg. (CE) n. 396/2005, cit.

⁵² V. art. 14 del reg. (CE) n. 396/2005, cit.

comunitarie armonizzate relative ai livelli massimi di residui di antiparassitari nei o sui prodotti alimentari e mangimi di origine vegetale e animale»⁵³.

L'obiettivo dichiarato è dunque la *tutela dei consumatori*, e pertanto la *tutela della salute umana*.

Del resto, le basi giuridiche richiamate del Reg. (CE) n. 396/2005 sono l'art. 37 del TCE sulla PAC e l'art. 152 del TCE sulla protezione della salute, e nessuna di queste due disposizioni contiene riferimenti alla *tutela della biodiversità*.

Il regolamento delegato del 2023 prosegue e, al punto (10) delle premesse per giustificare il proprio intervento sottolinea: «A livello mondiale cresce la preoccupazione che il declino degli impollinatori costituisca una grave minaccia per la biodiversità globale, l'ambiente e lo sviluppo sostenibile, nonché per il mantenimento della produttività agricola e della sicurezza alimentare. Secondo l'iniziativa internazionale per la conservazione e l'uso sostenibile degli impollinatori della Convenzione sulla biodiversità, l'impollinazione è uno dei meccanismi più importanti per il mantenimento e la promozione della biodiversità e, in generale, della vita sulla Terra. La qualità e la resa di molti ecosistemi, compresi gli ecosistemi agricoli e i due terzi delle principali colture alimentari, dipendono dagli impollinatori. L'Organizzazione delle Nazioni Unite per l'alimentazione e l'agricoltura (FAO) invita a intervenire per affrontare le cause del declino degli impollinatori ai fini di una produzione alimentare sostenibile a livello mondiale. Fortemente dipendenti dall'impollinazione, alimenti quali frutta, verdura, frutta a guscio e semi sono le principali fonti alimentari dei micronutrienti necessari per prevenire il rischio di alcune malattie non trasmissibili negli esseri umani. Gli impollinatori svolgono quindi un ruolo importante per garantire la diversità alimentare e ridurre la minaccia per la biodiversità nell'ambiente globale».

Con questi argomenti, la Commissione riporta la protezione degli impollinatori, sia pur indirettamente, all'interno della tutela della salute umana.

Ma la frase finale della premessa (10) del regolamento della Commissione dichiaratamente colloca la scelta operata nel 2023 all'interno della *tutela della biodiversità* e dunque dell'*ambiente*, piuttosto che in quella della *salute umana*.

Nel medesimo tempo questo regolamento dichiaratamente si propone quale regola globale applicabile ben oltre i confini della UE.

Nella premessa (11) si richiama la natura necessariamente globale di una disciplina in materia: «Poiché il declino degli impollinatori è un problema internazionale, è necessario adottare misure dell'Unione per proteggere in tutto il mondo le popolazioni di impollinatori, comprese le api, dai rischi derivanti

⁵³ V. art. 1 del reg. (CE) n. 396/2005, cit.

da sostanze attive come i neonicotinoidi clothianidin e thiamethoxam. Preservare le popolazioni di impollinatori solo all'interno dell'Unione sarebbe insufficiente per invertirne il declino a livello mondiale e contrastare i suoi effetti sulla biodiversità, sulla produzione agricola e sulla sicurezza alimentare, anche nell'Unione».

Da ciò l'applicazione delle misure europee anche a produzioni extraeuropee, assoggettate a controlli alle frontiere ai sensi del Regolamento (UE) 2017/625⁵⁴.

La novità rilevante è che il controllo alle frontiere di ingresso nella UE non è soltanto sui prodotti in quanto tali nella loro materialità (come avviene da sempre), ma sul ciclo di produzione e sulle tecniche di produzione «a livello mondiale»; dunque un controllo previsto da normative europee, ma destinato ad operare in uno spazio giuridico extra-europeo.

Una normativa così declinata pone agli interpreti ed alle strutture di controllo un problema assai delicato: i fitofarmaci in esame (che – come già ricordato – non lasciano tracce sui prodotti) non sono rilevabili nella frutta e nei prodotti vegetali presentati alle frontiere dell'Unione, e pertanto il loro uso non è in ipotesi individuabile attraverso esami di laboratorio.

Il diritto di fonte europea generato attraverso questi percorsi si fa ultranazionale, si fa «diritto nazionale altrui»⁵⁵: a far tempo dal 2026 chi vorrà esportare in Europa prodotti agricoli dovrà dimostrare, mediante idonea certificazione rilasciata da un ente di controllo operante nel Paese di origine, la non utilizzazione dei fitofarmaci in discorso in un paese non soggetto alla sovranità europea.

Si assiste, in un'arena affollata di regolatori, allo «spostamento dal coordinamento gerarchico centrato sullo Stato ad un collegamento autonomo non gerarchico tra attori ... appartenenti a tutti i livelli di governo»⁵⁶.

Ne risultano esiti rilevanti, anche ai fini del nostro diritto interno e della concreta declinazione dei principi di tutela dell'ambiente, della biodiversità, e degli ecosistemi su cui è intervenuta la recente riforma costituzionale.

⁵⁴ È il più volte richiamato nuovo regolamento sui controlli ufficiali, in applicazione dal 2019.

⁵⁵ Secondo la bella ed efficace espressione di F. GALGANO, *La globalizzazione nello specchio del diritto*, Bologna, 2005; in argomento v. le ampie analisi, in chiave comparativa, sulle tendenze in essere nell'ambito delle regole di commercializzazione dei prodotti alimentari di qualità, in N. Lucifero (ed.), *La tutela internazionale delle indicazioni geografiche dei prodotti agroalimentari*, Cedam-Wolters Kluwer, Milano, 2023.

⁵⁶ Come ha osservato T.A. BÖRZEL, *Le reti di attori pubblici e privati nella regolazione europea*, in «Stato e mercato», 54, dicembre 1998, p. 417, citato da S. CASSESE, *Lo spazio giuridico globale*, Roma-Bari, 2003, p. 133, che richiama la tendenza alla «trasformazione dello Stato da attore in arena».

Così, quanto al nuovo perimetro del diritto agrario e alimentare, si deve prendere atto che la tutela della biodiversità (in questo caso: delle api e degli insetti impollinatori) è oggi componente interna e connotante dell'intera Politica Agricola Comune. Il diritto agrario dell'oggi si pone certamente come diritto agro-alimentare, nella misura in cui integra nell'attenzione alla filiera una fondante attenzione all'origine stessa del cibo, e si caratterizza insieme come *diritto del ciclo della vita* nella sua interezza e complessità, ben oltre il perimetro della tutela della salute umana in sé considerata.

L'agricoltore nella sua attività è chiamato ad occuparsi in modo consapevole non solo di quello che produce, assicurandosi che sia sano e salutare per la salute umana; ma anche degli effetti che la sua attività determina su tutto ciò che lo circonda e sulla biodiversità (parola ben più ampia e comprensiva rispetto all'ambiente).

Quanto alla dimensione spaziale cui applicare le nuove regole, assistiamo alla crescente globalizzazione del diritto agroalimentare di matrice UE, in due versanti, distinti ma tra loro collegati: detta regole di produzione da applicare nei paesi che esportano cibo in Europa, ed a sua volta è conformato dal diritto internazionale, invocato espressamente a fondamento delle scelte operate.

La dimensione globale in cui si colloca il reg. (UE) 2023/334 sotto il profilo del richiamo a fonti formalmente non cogenti di organismi internazionali, risulta evidente lì ove, alla premessa (10) si citano il Piano di azione adottato nel 2018 dalla Conferenza delle Nazioni Unite per la protezione degli Impollinatori, nonché il documento della FAO del 2019, entrambi documenti non sottoscritti dalla UE in quanto tale. Il reg. (UE) 2023/334 nella premessa (12) richiama altresì le Buone pratiche agricole – BPA quali definite dall'art. 3.2.(d) del reg. (CE) n. 396/2005, ma tale disposizione non fa menzione di ambiente o biodiversità, laddove le BCAA – *Buone Condizioni Agronomiche ed Ambientali* sono espressamente previste negli ultimi regolamenti di riforma della PAC⁵⁷. Dunque la Commissione, con il suo intervento, ha svolto un'operazione additiva, e non meramente interpretativa (secondo modelli ben noti alla nostra giurisprudenza costituzionale). E questa operazione additiva, dichiaratamente collocata all'interno delle regole della PAC, ha investito le regole della *produzione agricola*, proiettandosi ben oltre i confini dell'Unione.

Anche queste ultime scelte regolatrici confermano insomma l'apparire ed il consolidarsi di nuovi scenari.

⁵⁷ V. il Reg. (UE) 2021/2115, cit.

Abbiamo assistito per un lungo periodo ad una globalizzazione connotata dalla fiducia nella capacità del mercato di autoregolarsi, quale “caratteristica essenziale degli Accordi di Marrakech” del 1994⁵⁸.

Oggi la risposta viene ricercata nella riscoperta della politica, della *governance*, di scelte di priorità, di gerarchie di interessi, oltre che di valori.

Non appare casuale che ciò accada in un ambito, la disciplina dell’agricoltura, che nel nome stesso della PAC, valorizza la componente di *politica*, dunque di decisione e di responsabilità.

Resta aperto il quesito su quanto le rinnovate finalità assegnate all’intervento europeo si tradurranno in misure coerenti con i compiti assegnati all’agricoltura.

La sfida che oggi si pone alle Istituzioni, in sede europea e nei singoli Paesi, è nella riscoperta di una *Politica Agricola Comune* capace di coniugare nelle scelte quotidiane l’attenzione ai profili di sostenibilità ambientale ed a quelli produttivi, all’interno di un disegno istituzionale che valorizzi il contributo dell’intera filiera vitivinicola anche ai fini ambientali, coniugando attenzione alla sostenibilità e alla produzione nei mercati globalizzati e nella competizione.

RIASSUNTO

Le recenti riforme europee della PAC, con il rilievo assegnato alla tutela della biodiversità, e con l’ampliamento dell’area dell’agrarietà, hanno reso non più rinviabile la ricerca di soluzioni condivise e praticabili, quanto all’individuazione delle finalità e delle responsabilità assegnate all’agricoltura.

L’analisi di questi regolamenti consente di individuare la griglia disciplinare, ove si collocano le disposizioni in tema di produzione e mercato, tra vincoli ed opportunità.

A tali riforme si è da ultimo affiancata l’approvazione del nuovo Pacchetto Qualità, Reg. (UE) 2024/1143, che ha riformato sotto più aspetti anche la disciplina dei Vini di qualità, fra l’altro collocando la sostenibilità all’interno delle caratteristiche proprie dei prodotti di qualità, in tutte le fasi della produzione, assegnando a tal fine un ruolo centrale alle collettività dei produttori (art. 4).

Nella dimensione nazionale, la recente riforma della Costituzione, con Legge costituzionale 1/2022, ha inserito in costituzione la tutela di “l’ambiente, la biodiversità e gli ecosistemi, anche nell’interesse delle future generazioni”, ma non ha menzionato l’agricoltura, che resta tuttora assente dal testo costituzionale e trova la sua legittimazione solo in una dimensione ricostruttiva, al cui interno la regolazione di fonte europea gioca un ruolo centrale.

⁵⁸ V. in argomento le motivate osservazioni, in prospettiva storico-comparativa, di L. COSTATO, *Globalizzazione, Covid-19, e sopravvivenza*, in «Riv. dir. alim.», www.rivistadirittoalimentare.it, n. 1-2021, p. 7.

Nel diritto UE altre novità importanti sono state introdotte dal Reg. (UE) 2017/625 sui controlli ufficiali, che in un unico testo contiene l'intero insieme di disposizioni in tema di prodotti alimentari, ed insieme a queste le disposizioni in tema di salute e benessere degli animali, di sanità delle piante, sui prodotti fitosanitari e i pesticidi, sulla tutela dell'ambiente, con un'ampia area applicativa che copre non soltanto la produzione alimentare, ma tutti gli organismi viventi, animali e vegetali, in una prospettiva sistemica che abbraccia l'intero ciclo della vita, nella persuasione che la vita non possa essere tutelata per segmenti o settori, ma soltanto nella sua interezza.

Viene spontaneo pensare ad una figura centrale nell'ordinamento italiano, quella dell'imprenditore agricolo, di cui all'art. 2135 del codice civile del 1942, quale precisato nel 2001 con i decreti di orientamento, che per attività essenzialmente agricole intende «le attività dirette alla cura ed allo sviluppo di un ciclo biologico o di una fase necessaria del ciclo stesso, di carattere vegetale o animale». L'ampia perimetrazione dell'attività dell'impresa agricola con riferimento al ciclo biologico, ed a qualunque fase di questo, ha valorizzato il rapporto fra imprese di fase, ed ha sottolineato la profonda unitarietà del ciclo biologico come ciclo della vita, che non consente di isolare i singoli momenti di attività e di intervento umano, ma per sua natura richiede attenzione all'intera filiera, non soltanto in senso verticale, ma anche in senso orizzontale.

Sicché l'impresa del ciclo della vita, disegnata dal Reg. (UE) 2017/625, appare coerente con l'impresa agricola italiana del ciclo biologico, e condivide con questa una logica di specialità disciplinare, in ragione non di privilegi od esoneri, ma della preminente importanza e specialità di interessi, diritti, e valori.

Conferma esplicita in tal senso viene dalle disposizioni del Reg. (UE) 2017/625 dedicate al legno ed alle sue possibili patologie, nonché alle patologie dei vegetali, lì ove in un regolamento che ha quali proprie basi giuridiche l'art. 43 (PAC), l'art. 114 (mercato interno), l'art. 168, par. 4 lett. b (protezione della sanità pubblica nei settori veterinario e fitosanitario), si prevedono norme specifiche sull'importazione di legno e tronchi di legno, di imballaggi in legno, di alberi, arbusti, materiale forestale di moltiplicazione. La recente diffusione di gravi patologie vegetali, pur non pericolose per la salute umana, ma fortemente nocive per gli alberi, quali il punteruolo rosso per le palme e la xylella per gli ulivi, ha evidentemente concorso ad accrescere l'attenzione verso queste patologie.

Ed è significativo, sotto il profilo della connotazione sistemica della nuova disciplina europea (e dunque anche nazionale), che la risposta a queste patologie non si sia risolta esclusivamente in misure specifiche e di eccezione (quali quelle, ad esempio adottate qualche anno fa, in seguito alla crisi innescata dal consumo di germogli di soja infetti), ma che la cura del legno e dei prodotti forestali sia stata portata all'interno di un regolamento sui controlli, che colloca le finalità e le responsabilità dell'agricoltura in un'ampia prospettiva di attenzione alla vita in tutte le sue manifestazioni.

La protezione delle piante, la Cenerentola della strategia “One Health”?

¹ Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Agro-ambientali, Università di Pisa

I. INTRODUZIONE

Il concetto di “One Health”, sebbene non sia recente, è diventato cruciale per affrontare le sfide sanitarie moderne. Esso sottolinea l'interconnessione tra salute umana, animale e ambientale, richiedendo collaborazione interdisciplinare. Originato dall'idea di “One Medicine” (1984), focalizzata su salute umana e animale, il concetto di One Health si è evoluto nel 2004 durante un evento che ha evidenziato un approccio più ampio e interdisciplinare alle minacce sanitarie globali, ma ha sorprendentemente escluso la salute delle piante [1, 2]. Il risultato del simposio, noto come “Manhattan Principles”, includeva 12 raccomandazioni per un approccio olistico alla prevenzione di malattie epidemiche e zoonotiche e alla conservazione dell'integrità degli ecosistemi a beneficio di umani, animali domestici e biodiversità [3]. Tuttavia, le piante e la loro salute erano assenti da tali principi, che si concentravano quasi esclusivamente su salute umana e animale. Anche il logo della conferenza (fig. 1) non conteneva alcun riferimento al mondo vegetale.



Fig. 1 Il logo ufficiale dell'evento “One World, One Health”: si noti la mancanza totale di riferimenti al mondo vegetale

Di fronte ai cambiamenti climatici e alla perdita di biodiversità, è emersa la necessità di aggiornare i “Manhattan Principles”. Per questo motivo, il Ministero degli Affari Esteri tedesco e la Wildlife Conservation Society hanno organizzato la conferenza “One Planet, One Health, One Future” (25 ottobre 2019), che ha riunito quasi 200 partecipanti da 47 Paesi. In preparazione alla conferenza, 12 esperti hanno redatto i “Berlin Principles on One Health”, ampliando i Manhattan Principles per includere la salute degli ecosistemi e affrontare temi come la trasmissione di agenti patogeni, il cambiamento climatico e la resistenza antimicrobica [4].

Il concetto di One Health è oggi largamente riconosciuto e ha dato origine a numerose iniziative ed eventi scientifici. Decine di riviste scientifiche trattano questi argomenti. Sebbene formalmente venga riconosciuta la parità tra salute umana, animale e vegetale – come dimostrano vari loghi (fig. 2) e iniziative – la partecipazione attiva degli specialisti in salute delle piante rimane limitata. Essi sono spesso sottorappresentati in ruoli chiave, come membri di comitati o relatori nei principali eventi internazionali. La fitopatologia è scarsamente rappresentata nelle riviste One Health, con poche eccezioni [es. 5, 6].



Fig. 2 Una selezione di loghi finalizzati a promuovere eventi e iniziative riferite alla strategia One Health. Si noti come, graficamente, il ruolo delle piante (e della loro salute) sia di pari visibilità rispetto a uomo e animali

Le dichiarazioni del G7 e del G20 del 2024 danno priorità alla salute umana e animale nell’ambito One Health, come dimostrato anche da un’analisi delle parole chiave: “piante” viene menzionato solo 12 volte, contro 89 per

“resistenza antimicrobica” e 5 per “ecosistemi”. Questo squilibrio, probabilmente dovuto al fatto che i documenti provengono da autorità sanitarie, rafforza la percezione che One Health riguardi principalmente la salute umana [7]. Tuttavia, la definizione fornita dalla One Health Commission include esplicitamente la salute delle piante come componente cruciale di una visione collaborativa, multisettoriale e transdisciplinare alla salute e al benessere. Tale approccio olistico enfatizza l’interconnessione tra persone, animali, piante e ambiente condiviso [8].

Alla luce di questo scenario, lo scopo del presente articolo è mettere in luce i benefici derivanti da una considerazione integrata della salute umana, animale, vegetale e degli ecosistemi, al fine di stabilire definitivamente la salute delle piante come elemento intrinseco della strategia One Health. Basandosi su un’analisi della letteratura specialistica, questo articolo – un “position paper” firmato da due fitopatologi con esperienza in protezione sostenibile delle colture e interazioni tra piante e inquinanti ambientali – esplora il ruolo centrale della salute delle piante nella strategia One Health, con particolare attenzione a temi come la sicurezza e la salubrità alimentare, i metaboliti tossici dei patogeni vegetali, i contaminanti chimici, le zoonosi su alimenti vegetali, i servizi ecosistemici e la resistenza antimicrobica.

2. IL RUOLO DELLE PIANTE NELLA STRATEGIA ONE HEALTH

Le piante sono essenziali per la vita umana, in quanto forniscono beni primari e contribuiscono al benessere individuale, alla sostenibilità ambientale e alla salute del pianeta [9]. Esse supportano gli ecosistemi, regolano i cicli bio-geochimici e mitigano i cambiamenti climatici. Tuttavia, esse sono chiamate ad affrontare numerose sfide ambientali, sia abiotiche che biotiche [10], che possono avere impatti su scala ecosistemica e agricola. La salute delle piante è dunque fondamentale non solo per esse, ma anche per la salute umana, animale, ambientale e per l’economia globale. La globalizzazione e i cambiamenti climatici peggiorano le interazioni pianta-patogeno: il commercio internazionale facilita la diffusione di parassiti e patogeni, mentre il clima in continua evoluzione altera la resilienza delle piante [11].

La fitopatologia moderna, disciplina con profonde radici storiche, ha avuto origine in uno dei momenti più oscuri della storia: la Grande Carestia irlandese. Negli anni 1840, l’arrivo di un ceppo virulento di *Phytophthora infestans* distrusse i raccolti di patate, provocando una carestia diffusa e una massiccia emigrazione [12]. Questa tragedia evidenziò l’impatto devastante delle malattie delle piante e stimolò l’indagine scientifica sulle loro cause. Pionieri

come Berkeley e de Bary riconobbero la natura fungina dell'agente del “*blight*”, una scoperta rivoluzionaria che precedette la teoria dei germi di Pasteur [13]. Questa consapevolezza gettò le basi della patologia vegetale moderna e mise in luce il ruolo cruciale dei microrganismi nello sviluppo delle malattie.

Oggi, la salute delle piante è una questione globale. Le Nazioni Unite hanno proclamato il 2020 Anno Internazionale della Salute delle Piante (fig. 3) e il 12 maggio di ogni anno come Giornata Internazionale della Salute delle Piante. Queste iniziative mirano ad aumentare la consapevolezza dell'importanza della salute delle piante per affrontare sfide globali, come fame, povertà e degrado ambientale. Comprendendo e gestendo le malattie delle piante, possiamo tutelare la sicurezza alimentare, proteggere gli ecosistemi e contribuire a un futuro sostenibile.



Fig. 3 Il logo ufficiale dell'International Year of Plant Health organizzato dalle Nazioni Unite nell'anno 2020

2.1 Sicurezza alimentare: pietra angolare dello sviluppo sostenibile

Secondo la definizione del World Food Summit del 1996 [14], la sicurezza alimentare esiste quando tutte le persone, in ogni momento, hanno accesso fisico ed economico a cibo sicuro, nutriente e sufficiente a soddisfare i bisogni alimentari per una vita sana. Ciò implica un equilibrio tra disponibilità, accesso, approvvigionamento e utilizzo del cibo.

Il raggiungimento della sicurezza alimentare è essenziale per gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDGs) dell'Agenda 2030, in particolare per l'SDG 1 (Porre fine alla povertà) e l'SDG 2 (Sconfiggere la fame) [15]. Affrontare la povertà significa aumentare il reddito degli agricoltori (attraverso il controllo dei parassiti, il commercio e l'occupazione), mentre eliminare fame e malnutrizione dipende dal miglioramento della disponibilità e accessibilità economica del cibo. La sicurezza alimentare è collegata anche ad altri SDGs, come la salute e il benessere (SDG 3) e istituzioni solide (SDG 16).

L'agricoltura familiare gioca un ruolo centrale nella produzione di cibo, nelle economie rurali e nel benessere sociale. Proteggere la salute delle piante e

promuovere il commercio agricolo sono azioni chiave per la sicurezza alimentare e per sostenere i mezzi di sussistenza di miliardi di persone che dipendono dall'agricoltura familiare. Le colture da reddito, destinate al profitto, sono vitali per molte economie, soprattutto nei Paesi in via di sviluppo. Esempi includono cacao, caffè, piante tessili, canna da zucchero, gomma, tè e tabacco. Sebbene redditizie, non sempre contribuiscono direttamente alla sicurezza alimentare. Le colture alimentari – come cereali, legumi, radici e tuberi – sono principalmente destinate al consumo interno [16]. Le banane, ad esempio, rappresentano sia un alimento di base che una coltura da reddito in molte aree a basso reddito [17]. Le malattie e i parassiti delle piante minacciano sia le colture alimentari che quelle da reddito, riducendo le rese, aumentando i costi e facendo salire i prezzi dei generi alimentari.

2.2 Esempi emblematici di malattie catastrofiche delle piante

L'epidemia di *Southern Corn Leaf Blight* del 1970 negli Stati Uniti rappresenta un fenomenale esempio dei pericoli derivanti dalla scarsa diversità genetica nelle colture. Questo evento devastante, causato dal fungo *Cochliobolus heterostrophus* (sin. *Drechslera maydis*), ha messo in evidenza il ruolo cruciale della biodiversità nella mitigazione delle malattie e nella sicurezza alimentare [18, 19]. L'ampio utilizzo di ibridi di mais con citoplasma maschio-sterile del tipo Texas – una caratteristica che semplificava la produzione di semi – aveva creato una monocultura estremamente vulnerabile al nuovo ceppo patogeno denominato “razza T”. L'epidemia, favorita anche da condizioni meteorologiche adatte, causò gravi perdite di raccolto e danni economici, sottolineando i rischi delle monoculture e la necessità di diversità genetica in agricoltura [20].

Numerose malattie delle piante hanno il potenziale per devastare le colture e minacciare i mezzi di sussistenza in tutto il mondo [21]. Una delle più preoccupanti è il ceppo *Tropical Race 4* (TR4), un fungo del suolo che provoca l'avvizzimento da *Fusarium* nelle banane [22]. Il TR4, causato da *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*, danneggia gravemente le piante di banana, bloccandone i tessuti vascolari. Altamente contagioso, si diffonde tramite suolo, acqua e materiale vegetale contaminati ed è quasi impossibile da eradicare una volta insediato. Il TR4 rappresenta una minaccia grave per la produzione globale di banane, in particolare per la varietà Cavendish, la più coltivata a livello mondiale. Originato in Asia negli anni '70, si è diffuso in Africa e, più recentemente, in America Latina [23]. Ciò è particolarmente allarmante per molti Paesi a basso reddito, dove la banana è un alimento base e una coltura

da reddito. La malattia può comportare gravi perdite di raccolto, costi di produzione più elevati e difficoltà economiche per i piccoli coltivatori.

Anche la palma da dattero (*Phoenix dactylifera*), coltura di grande importanza economica, ecologica e culturale per molti Paesi nordafricani e mediorientali [24], è minacciata da un'altra forma di avvizzimento da *Fusarium*, causato da *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*. Questa malattia ha distrutto milioni di palme in Marocco e Algeria, colpendo le cultivar di alta qualità e costringendo molti agricoltori ad abbandonare le coltivazioni [25]. Sviluppare genotipi resistenti è un processo complesso ma essenziale per la sopravvivenza del settore.

La ruggine del caffè, causata dal fungo *Hemileia vastatrix*, rappresenta un'altra minaccia significativa alla produzione globale di caffè, soprattutto della specie *Coffea arabica*, provocando gravi danni alle foglie e cali produttivi importanti [26, 27]. La malattia, scoperta per la prima volta a Ceylon (oggi Sri Lanka) nel XIX secolo, si è ormai diffusa nelle principali aree di produzione mondiale, mettendo in pericolo i mezzi di sussistenza di milioni di piccoli produttori. Difficile da controllare e attualmente di fatto incurabile, la ruggine del caffè continua a rappresentare una sfida dai profondi risvolti economici e sociali per molte comunità dipendenti dal caffè [28].

Questi e altri esempi drammatici mostrano la vulnerabilità dei sistemi agricoli fortemente dipendenti da una sola o da poche specie. Quando tali colture vengono decimate da malattie, le conseguenze possono essere devastanti, soprattutto nelle aree in via di sviluppo, spesso caratterizzate da forte crescita demografica, povertà diffusa e scarse risorse per la ricerca agricola e i servizi di assistenza tecnica. In questi contesti, il fallimento di una coltura chiave può compromettere gravemente la sicurezza alimentare e i mezzi di sussistenza.

2.3 Salubrità degli alimenti: proteggere la salute pubblica

La salubrità del cibo è un elemento cruciale per la salute pubblica e comprende l'insieme delle pratiche necessarie alla manipolazione, preparazione e conservazione dei cibi per prevenire malattie trasmesse dagli alimenti. Queste problematiche, causate da contaminanti biologici o chimici pericolosi, possono variare da lievi disturbi gastrointestinali a condizioni frequentemente letali [29].

La globalizzazione e il cambiamento climatico complicano ulteriormente la sicurezza alimentare a causa delle catene di approvvigionamento sempre più complesse e degli effetti potenziali sulla produzione e distribuzione del cibo. Per questo motivo, è essenziale dare priorità alle misure di sicurezza alimentare in ogni fase della filiera: dalla coltivazione, alla conservazione, fino alla cottura.

Le malattie delle piante, oltre a ridurre le rese, compromettono la qualità dei prodotti e il loro valore nutrizionale [30]. La salubrità degli alimenti può inoltre essere compromessa da rischi fisici, biologici e chimici. I rischi fisici includono la presenza di corpi estranei (vetro, metallo, plastica) o materiali naturali come spine di pesce [31]. I rischi biologici comprendono batteri, virus e parassiti, mentre quelli chimici includono residui di agrofarmaci e altre sostanze nocive: entrambi rappresentano una minaccia diretta per la salute umana.

Una protezione efficace delle piante, soprattutto attraverso la difesa integrata (IPM – *Integrated Pest Management*), è essenziale per ridurre l'uso dei mezzi chimici, mantenere la salute delle colture e garantire la sicurezza degli alimenti.

2.4 *Patogeni delle piante e salute umana/animale*

Sebbene i patogeni vegetali e quelli animali tendano a contagiare ospiti distinti, alcuni agenti di malattie delle piante possono, seppur raramente, infettare anche esseri umani e animali [32]. Le differenze fisiologiche tra i due sistemi biologici, così come le difese specifiche dell'organismo umano (come l'acidità gastrica), rendono difficili le infezioni inter-regno. Inoltre, le strategie adattative dei patogeni vegetali sono spesso altamente specializzate, limitandone la capacità di infettare ospiti animali.

Tuttavia, emergono sempre più evidenze secondo cui alcuni patogeni vegetali possono causare malattie anche in esseri umani e animali, suggerendo un potenziale – seppur limitato – rischio di infezioni incrociate. Per esempio, i virus delle piante non sono generalmente considerati patogeni per l'uomo o altri vertebrati, sebbene alcuni di essi possano replicarsi all'interno di insetti vettori [33].

I microrganismi patogeni per le piante che vengono isolati in ambito clinico si riscontrano prevalentemente in pazienti immunocompromessi, in fase post-operatoria, o vittime di traumi, con rare eccezioni. Tra questi si annoverano alcuni ceppi di *Agrobacterium tumefaciens* (ora *Rhizobium radiobacter*) e di *Erwinia*, che sono considerati patogeni opportunisti, privi di specificità per l'ospite umano o animale. Come previsto, nei fitopatogeni clinici non sono stati identificati fattori di virulenza specifici per l'uomo. Un esempio interessante è *Alternaria infectoria*, fungo responsabile del blight dei fiori nel guayule, che è stato associato a un caso clinico di feoifomicosi in un paziente sottoposto a trapianto renale [34].

L'occhio umano, esposto all'ambiente e dotato di una struttura anatomica particolare, è vulnerabile a numerose malattie infettive, tra cui la cheratite

fungina. Questa condizione, spesso causata da funghi come *Fusarium*, *Alternaria* e *Aspergillus* – tutti capaci di vivere come saprofiti o parassiti sulle piante [35] – può portare a opacità corneale e persino alla cecità. L'uso crescente delle lenti a contatto rappresenta un ulteriore fattore di rischio per lo sviluppo di cheratiti fungine [36]. Oltre alle infezioni oculari, *Fusarium oxysporum* è stato associato anche a onicomicosi (infezioni delle unghie) e a infezioni invasive in pazienti immunocompromessi [37]. In individui sani, specie di *Fusarium* possono causare anche sinusiti fungine [38].

2.5 Metaboliti tossici prodotti da patogeni delle piante per l'uomo e gli animali

Anche se i patogeni delle piante raramente infettano direttamente esseri umani e animali, essi possono produrre tossine pericolose note come micotossine. Questi metaboliti fungini, prodotti da specie dei generi *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium*, possono contaminare colture alimentari come cereali, rappresentando una minaccia significativa per la salute umana e animale. Le micotossine possono causare danni epatici, cancro e disturbi neurologici. Sono in grado di entrare nella catena alimentare sia direttamente attraverso alimenti di origine vegetale contaminati, sia indirettamente, tramite prodotti animali (carne, latte, uova) derivanti da animali nutriti con mangimi contaminati [39].

Nonostante le normative sulla sicurezza alimentare e le condizioni climatiche favorevoli nei Paesi sviluppati, le micotossine rappresentano ancora un problema persistente che richiede monitoraggio, controllo e gestione continui [40]. Le implicazioni economiche delle micotossine nei mangimi includono una riduzione dell'assunzione alimentare da parte degli animali, rifiuto del cibo, minore efficienza nella conversione alimentare, riduzione dell'aumento di peso, incremento dell'incidenza di malattie (per via dell'immunosoppressione) e compromissione delle capacità riproduttive [41, 42].

La mitigazione dei rischi legati alle micotossine richiede l'applicazione di normative rigorose sulla sicurezza alimentare e un efficace sistema di monitoraggio. Buone pratiche agricole e una corretta conservazione possono ridurre la crescita fungina e la produzione di tossine. Molti Paesi, seguendo le linee guida di FAO, OMS e UE [43], hanno stabilito limiti massimi per la concentrazione di micotossine negli alimenti e nei mangimi.

Gli alcaloidi dell'*ergot*, prodotti dai funghi del genere *Claviceps* (soprattutto *C. purpurea*), contaminano cereali come segale, frumento, triticale e avena. Questi miceti producono strutture di sopravvivenza ("sclerozi"), che contengono elevate concentrazioni di alcaloidi [44, 45]. Il consumo di alimenti o mangimi contaminati può causare gravi problemi di salute negli animali, interferendo

con numerosi processi fisiologici. Nell'uomo, l'intossicazione può causare vomito, diarrea, spasmi muscolari e allucinazioni [46]. Storicamente, l'ergotismo ha causato gravi malattie e decessi. Sebbene i limiti legali stringenti abbiano quasi eliminato i casi di ergotismo umano, questa tossina rimane una preoccupazione importante in veterinaria, in particolare per bovini, cavalli, ovini, suini e pollame [47-49]. Una gestione efficace delle colture e il rispetto delle normative sulla sicurezza alimentare sono essenziali per mitigare il problema.

Il sedano, come molti altri ortaggi, è suscettibile a infezioni fungine, incluso *Sclerotinia sclerotiorum*. In risposta all'attacco, la pianta produce furocumarine, composti che possono causare fitofotodermatite, una reazione cutanea caratterizzata da vesciche dolorose in seguito all'esposizione alla luce solare dopo il contatto con la pianta [50].

2.6 Contaminanti chimici introdotti dalle piante nella catena alimentare

Le piante alimentari, interagendo con aria, acqua e suolo, possono assorbire contaminanti chimici provenienti da emissioni industriali, attività antropiche o fonti naturali, con impatti rilevanti sulla loro composizione e sicurezza (fig. 4). Esse possono assorbire o adsorbire inquinanti, diventando un anello critico nella catena di trasferimento della contaminazione verso l'uomo. Monitorare e regolamentare i livelli di contaminanti chimici negli alimenti è quindi fondamentale per garantire la sicurezza alimentare. L'adozione di buone pratiche agricole, *standard* di trasformazione e normative appropriate può ridurre significativamente questi rischi.

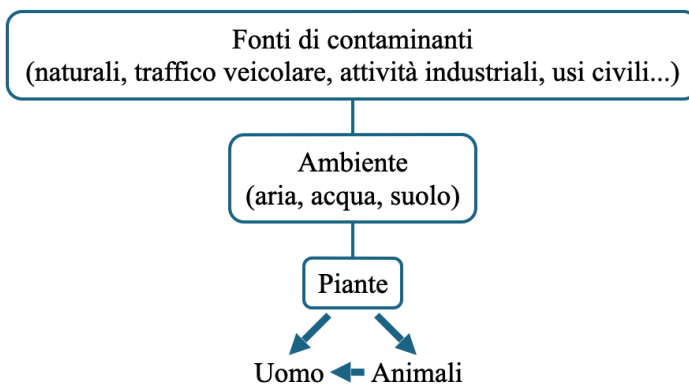


Fig. 4 Percorsi di contaminazione chimica nell'ambito del concetto di food safety. Le presenze estranee nel cibo possono essere autorizzate (es. agrofarmaci), oppure no (es. metalli pesanti)

L'assorbimento persistente di contaminanti da parte delle piante commestibili e la loro accumulazione nella catena alimentare rappresentano una minaccia importante per la salute umana e animale, potendo causare problemi che vanno da intossicazioni lievi fino a gravi danni d'organo [51].

I metalli pesanti (MP) – elementi chimici metallici caratterizzati da elevata densità – sono rilasciati principalmente da attività umane come l'estrazione mineraria, l'industria pesante e l'impiego di combustibili fossili o rifiuti. I metalli pesanti si distinguono in essenziali (necessari per funzioni biologiche, es. rame, ferro, manganese, cobalto, zinco) e non essenziali (senza ruolo biologico noto, tossici anche a basse concentrazioni, es. cadmio, piombo, mercurio, cromo, alluminio) [52].

Le piante possono assorbire questi metalli dal suolo mediante le radici o dall'aria tramite le foglie e la deposizione atmosferica, compromettendo le funzioni biochimiche essenziali come l'attività di proteine ed enzimi [53]. I contaminanti metallici più diffusi negli alimenti sono piombo, cadmio, arsenico e cromo. Il *Codex Alimentarius* ha stabilito limiti di legge per questi metalli nei diversi prodotti alimentari [54].

Gli agrofarmaci, sia minerali che organici, sono ampiamente utilizzati in agricoltura per proteggere le colture dagli organismi nocivi. Dopo l'applicazione, questi composti si degradano in parte, ma lasciano residui negli alimenti, in quantità variabili a seconda del tipo di prodotto, della tecnica di applicazione e della coltura trattata. Anche i trattamenti post-raccolta influiscono sui livelli residui, che sono regolamentati per minimizzare l'esposizione dei consumatori [55]. Tuttavia, nei Paesi in via di sviluppo, l'applicazione delle normative è spesso inadeguata. Il monitoraggio 2022 dell'EFSA ha rilevato che il 96,3% dei campioni era conforme ai limiti massimi di residui (MRLs), mentre il 3,7% li superava (il 2,2% risultava non conforme dopo aver considerato l'incertezza analitica) [56].

2.7 Alimenti vegetali contaminati da patogeni zoonotici

Le malattie causate da batteri, virus e parassiti di varia natura e trasmesse dagli alimenti rappresentano una grande preoccupazione per la salute globale. Molti patogeni contaminano alimenti crudi [57], inclusi frutta, verdura e germogli esposti a letame o acqua contaminata. Questi prodotti possono quindi entrare nella catena alimentare. Patogeni umani e animali possono colonizzare le piante e le loro radici. Una conservazione e una lavorazione inadeguate contribuiscono ulteriormente alla contaminazione. I prodotti pronti al consumo sono particolarmente vulnerabili. Nonostante la falsa convinzione che

le piante abbiano un ruolo marginale, la produzione fresca è responsabile di numerosi focolai di malattie trasmesse dagli alimenti. Un esempio principale è *Escherichia coli* produttore di tossina Shiga (“*Shiga-Toxin-producing Escherichia coli*”, STEC), in particolare il sierotipo O157:H7, responsabile di migliaia di casi annuali negli Stati Uniti [58]. Un grave focolaio di *E. coli* O157:H7 legato all’ingestione di spinaci preconfezionati ha causato numerosi ricoveri e decessi, risalendo a un’unica azienda agricola contaminata dall’acqua di irrigazione o da cervi [59]. STEC produce tossine Shiga che danneggiano intestino, reni e cervello, causando crampi addominali, diarrea sanguinolenta e lesioni renali, a volte con conseguenti problemi neurologici e cardiaci. Un focolaio del sierotipo O104:H4 nel 2011 in Europa, principalmente in Germania, ha provocato quasi 4.000 infezioni, oltre 900 casi di sindrome emolitico-uremica (HUS) e 54 decessi [60]. Questo focolaio è stato collegato a germogli contaminati provenienti da semi di fieno greco dall’Egitto e importati da un unico produttore biologico in Germania [61]. La *Salmonella* è una delle principali cause di malattie trasmesse dagli alimenti, tradizionalmente ritenuta diffondersi soprattutto tramite contaminazione crociata [62]. Tuttavia, ricerche recenti hanno dimostrato che alcuni ceppi di *Salmonella* possono colonizzare e moltiplicarsi direttamente sulle piante, rappresentando un rischio significativo per la salute pubblica [63]. *Salmonella* ha evoluto meccanismi per eludere le difese delle piante, permettendole di sopravvivere e replicarsi nei tessuti vegetali. Questa capacità di colonizzare le piante può portare alla contaminazione degli alimenti, anche in assenza di contaminazione crociata [64]. Un esempio notevole di focolaio di *Salmonella* legato a prodotti vegetali contaminati è il focolaio del 2009 di *S. typhimurium* associato al burro di arachidi. Questo episodio ha colpito oltre 600 persone e causato nove decessi. È stata identificata come fonte di contaminazione un’unica struttura gestita da un importante produttore [65]. Il norovirus umano e il virus dell’epatite A sono le principali cause virali di malattie trasmesse dagli alimenti a livello mondiale, spesso veicolate attraverso frutti di bosco freschi o congelati, come fragole e lamponi. La contaminazione può avvenire tramite contatto con superfici, acqua o mani infette. Questi virus sopravvivono al congelamento e ad altre condizioni avverse, mantenendo la loro infettività, e il rischio di infezione è elevato a causa del consumo crudo o minimamente lavorato di molti frutti di bosco [66, 67].

3. SERVIZI ECOSISTEMICI E SALUTE DELLE PIANTE

I servizi ecosistemici sono i benefici che gli esseri umani traggono dalla natura, suddivisi in quattro tipi [68]: di supporto (ciclo dei nutrienti, formazione del

suolo, produzione primaria); di regolazione (mitigazione del clima, purificazione dell'aria e dell'acqua, controllo delle inondazioni); di approvvigionamento (cibo, acqua, legname, combustibile, piante medicinali); e culturali (ricreazione, estetica, benessere spirituale).

Gli spazi verdi urbani (parchi, giardini, alberi lungo le strade) forniscono numerosi servizi ecosistemici a beneficio della salute umana [69], tra cui il miglioramento della qualità dell'aria (assorbimento degli inquinanti); la regolazione del clima (attenuazione dell'isola di calore urbana); benefici per la salute mentale (riduzione di stress, ansia e depressione); e benefici per la salute fisica (promozione dell'attività fisica, riduzione del rischio di malattie croniche). Proteggere e restaurare gli ecosistemi garantisce questi servizi essenziali per le generazioni future. Con metà della popolazione mondiale ormai concentrata nelle città (e con una proiezione del 70% entro la metà del secolo, con un aumento di 2,5 miliardi di persone soprattutto in Asia e Africa), l'effetto isola di calore urbano si intensificherà, aggravando i pericoli delle ondate di calore legate ai cambiamenti climatici [70-73]. Queste ondate di calore, particolarmente devastanti in Europa (come dimostrato dall'estate del 2003 [74]), causano migliaia di morti, soprattutto tra anziani, donne e persone svantaggiate e fragili. Il verde urbano, inclusi parchi e alberi, può mitigare questo calore e offrire benefici psicologici, migliorando la salute e il benessere umano [75]. Le foreste urbane giocano inoltre un ruolo cruciale nel contrastare l'inquinamento atmosferico, un grave problema sanitario globale collegato a milioni di morti ogni anno [76, 77]. Le piante rimuovono gli inquinanti gassosi e particellari dall'aria attraverso gli stomi e le cuticole fogliari, rispettivamente [78] (fig. 5). Questo processo è efficace sia per gli inquinanti esterni, come l'ozono [79], sia per quelli *indoor*, inclusi formaldeide, benzene e xilene [80].

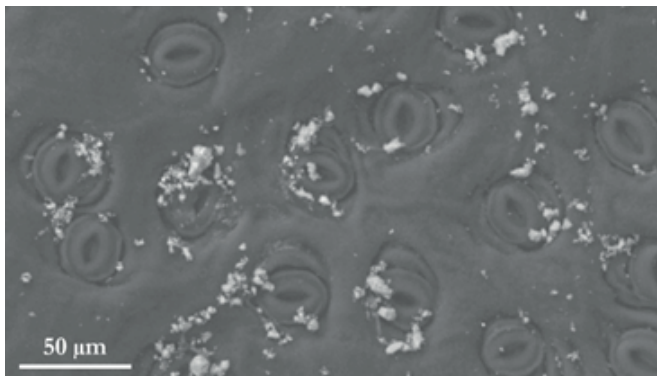


Fig. 5 Foto al SEM della superficie fogliare abassiale di *Pittosporum tobira*, che evidenzia la massiccia presenza di materiale particolato

Nella regione di Madrid (Spagna) è stato analizzato il ruolo della foresta periurbana di El Pardo (superficie di 16.000 ettari) nella modificazione delle concentrazioni di ozono utilizzando modelli di qualità dell'aria. I risultati mostrano che El Pardo costituisce un recettore efficiente di ozono poiché la rimozione (virtuale, a mezzo modelli digitali) di quest'area verde ha modificato significativamente i parametri dell'inquinamento, aumentando i livelli sia nell'area modificata sia nelle zone circostanti sottovento [81].

I parassiti e i patogeni invasivi delle piante alterano significativamente i servizi ecosistemici. Il punteruolo asiatico del frassino (*Agrilus planipennis*, comunemente noto come “Emerald Ash Borer”, EAB), originario dell'Asia, ha decimato gli alberi di frassino in Nord America, con conseguenze ecologiche come la riduzione della regolazione dell'acqua, erosione del suolo, sequestro del carbonio e alterazione della successione forestale [82, 83]. In ambienti urbani, le infestazioni da EAB possono aggravare l'effetto isola di calore e aumentare il consumo energetico e i problemi di salute legati all'inquinamento atmosferico. La perdita del frassino crea aperture nella copertura arborea, impattando la vegetazione sottostante, il ciclo dei nutrienti e la successione forestale, potenzialmente favorendo specie invasive. L'attacco del punteruolo è stato associato a oltre 6.000 decessi per malattie respiratorie e 15.000 per malattie cardiovascolari in 15 stati degli USA [84].

Il *dieback* da *Phytophthora*, causato dal patogeno acquatico invasivo *Phytophthora cinnamomi* [85], rappresenta una grave minaccia per la biodiversità nel sud-ovest dell'Australia [86]. Probabilmente introdotto tramite suolo o materiale vegetale contaminato, infetta e uccide molte specie vegetali, e la sua diffusione è facilitata dalle attività umane [87]. Il *dieback* impedisce alle piante infette di sviluppare nuovi germogli, fiori, frutti e semi, portandole infine alla morte e al collasso dell'ecosistema [88]. Senza cure note, può esaurire la banca dei semi di una specie e causare estinzioni locali, con conseguente riduzione della biodiversità, biomassa, perdita di habitat, scarsità di cibo per animali autoctoni, aumento di specie infestanti e suolo nudo [88]. Definito un “bulldozer biologico” [89], il suo impatto può essere paragonabile a quello di piante invasive altamente dannose [90].

Xylella fastidiosa, un devastante patogeno batterico delle piante trasmesso principalmente da insetti come la “sputacchina dei prati” (*Philaeus spumarius*), ha causato ingenti danni a livello globale [91]. Storicamente confinata nelle Americhe, è stata rilevata nel sud Italia nel 2013, devastando ulivi e altre piante [92]. Senza cure, l'infezione è di norma fatale [93]. In Italia, sono stati persi quasi 21 milioni di ulivi su 54.000 ettari [94], rappresentando una perdita insostituibile di patrimonio culturale e servizi ecosistemici vitali, in particolare per gli ulivi monumentali del Salento [94]. Questa devastazione ha alterato l'ecologia locale, aumentando temperatura del suolo, erosione ed

evaporazione; diminuendo il sequestro di CO₂ e le precipitazioni regionali; aumentando il rischio di alluvioni e incendi; e influenzando negativamente la produzione di olive, le risorse paesaggistiche, la ricreazione e l'ecoturismo [94].

Sebbene gli ecosistemi forniscano numerosi benefici (servizi ecosistemici), possono anche avere effetti negativi sul benessere umano, noti come “disservizi ecosistemici” [95]. Questi si manifestano come: (1) impatti diretti (ad esempio allergeni del polline, caduta di alberi, fauna pericolosa); (2) diminuzione dei servizi ecosistemici (ad esempio parassiti delle colture che riducono i raccolti); e (3) perdita dei servizi di supporto (ad esempio incendi boschivi che degradano il suolo) [96]. Gli spazi verdi urbani, nonostante i loro benefici, possono ospitare piante allergeniche [97], e gli alberi urbani, pur benefici, possono rappresentare rischi dovuti a rami o alberi cadenti (esacerbati dai cambiamenti climatici), talvolta causando paure ingiustificate e abbattimenti [98]. Sebbene molti composti organici volatili (VOC) che contribuiscono alla formazione dell'ozono (O₃) siano di origine antropica, gli alberi emettono anche VOC biogenici (BVOC), come isoprene e monoterpeni, che possono partecipare alla produzione di O₃, specialmente durante il picco dell'attività fotochimica e delle emissioni BVOC estive [99-101]. Altri disservizi includono danni alle infrastrutture, rifugio per vettori di patogeni, ombreggiamento eccessivo, aumento del consumo energetico, costi di manutenzione, percezione di bruttezza (per aree non gestite) e problemi potenziali con fauna urbana (pipistrelli, ratti, lupi) [102]. Bilanciare benefici e rischi degli alberi urbani richiede una pianificazione attenta, manutenzione e una comprensione del loro complesso ruolo ecologico. Comprendere sia gli aspetti positivi che negativi degli ecosistemi è fondamentale per una gestione sostenibile e il benessere umano.

4. ANTIBIOTICO RESISTENZA: UNA MINACCIA CRESCENTE

I composti antimicrobici, come gli antibiotici, hanno rivoluzionato la medicina del XX secolo. Tuttavia, il loro uso diffuso e spesso indiscriminato ha portato alla resistenza antimicrobica (AMR), una seria preoccupazione globale per la salute [103]. Sebbene AMR possa verificarsi naturalmente, le attività umane ne accelerano lo sviluppo [104]. L'uso massiccio in medicina, veterinaria e agricoltura crea una pressione selettiva che permette ai ceppi resistenti di prosperare. I microrganismi sviluppano resistenza attraverso meccanismi intrinseci (assenza del sito bersaglio) o acquisiti (mutazioni genetiche/trasferimento genico), che possono alterare il sito bersaglio o aumentare la capacità del microrganismo di degradare/eliminare il composto. L'uso di antibiotici in agricoltura può selezionare involontariamente microrganismi resistenti sia

nelle specie bersaglio che nelle altre. Se non controllata, l'AMR potrebbe causare 10 milioni di morti all'anno entro il 2050 [105].

I batteri possono sviluppare AMR tramite due meccanismi principali: (i) mutazione genetica: modificazioni casuali che conferiscono resistenza alterando il sito bersaglio dell'antibiotico o aumentando la capacità di eliminazione del farmaco; e (ii) trasferimento orizzontale di geni: acquisizione di geni di resistenza da altri batteri tramite vari processi di scambio genetico. Gli antibiotici esercitano una forte pressione selettiva sulle popolazioni batteriche, favorendo la sopravvivenza e la riproduzione dei ceppi resistenti. Nel tempo, questi isolati possono diventare dominanti, portando alla diffusione generalizzata dell'AMR [106].

Il consumo di alimenti trattati con antibiotici può esporre il microbioma intestinale umano a livelli sub-terapeutici di questi farmaci. Questa condizione può selezionare batteri resistenti, poiché la bassa pressione antibiotica favorisce la crescita di ceppi resistenti [107, 108]. Inoltre, batteri isolati da alimenti di origine vegetale spesso portano geni che conferiscono resistenza a un'ampia gamma di antibiotici usati in medicina umana e veterinaria [109]. Sebbene la quantità esatta di antibiotici usati in agricoltura sia difficile da quantificare a causa della mancanza di monitoraggio globale, si stima che circa 30 Paesi (non l'Italia) ne consentano l'uso nella protezione delle colture. Sebbene la quantità complessiva usata in agricoltura sia relativamente bassa rispetto a medicina umana e veterinaria, contribuisce comunque al problema dell'AMR [110].

Diverse classi di antibiotici usate per trattare malattie umane e animali sono impiegate anche in agricoltura per combattere patogeni batterici. Queste includono aminoglicosidi, tetracicline e chinoloni [108]. L'uso di antibiotici nella protezione di colture è relativamente basso rispetto a quello nell'allevamento e nell'acquacoltura, rappresentando solo lo 0,2-0,5% del consumo totale agricolo di antibiotici negli USA [111], ma contribuisce comunque al problema complessivo della resistenza antimicrobica.

La streptomina, un tempo usata per trattare la tubercolosi, è oggi ampiamente impiegata in orticoltura, principalmente contro il fuoco batterico negli alberi da frutto. Tuttavia, il suo uso agricolo è limitato o vietato in Europa a causa della diffusa resistenza alla streptomina in patogeni umani e vegetali [112, 113]. I meccanismi di resistenza includono alterazione del legame con il ribosoma, riduzione dell'assorbimento e degradazione enzimatica. Oltre agli alberi da frutto, il riso è un'altra coltura importante in cui sono raccomandati antibiotici [114]. Il letame animale può contenere fino al 90% di antibiotici non metabolizzati [115], introducendo residui nel suolo e potenzialmente selezionando batteri resistenti [116]. La rizosfera, ricca di nutrienti, ospita una comunità microbica diversificata, inclusi batteri con alta resistenza agli antibiotici grazie al trasferimento genico orizzontale [117].

I fungicidi azolici, ampiamente usati in agricoltura, veterinaria e medicina umana, agiscono su un enzima coinvolto nella sintesi della membrana cellulare fungina. Il loro uso diffuso in agricoltura ha portato a resistenza in 30 patogeni vegetali in oltre 60 Paesi [118], riducendone l'efficacia. Le strategie di mitigazione includono la rotazione dei fungicidi e la riduzione delle applicazioni, ma la resistenza incrociata è un problema, poiché la resistenza agli azolici agricoli può conferire resistenza anche agli azolici medici [119]. Questo uso agricolo ha contribuito anche alla resistenza agli azolici in funghi patogeni umani come *Aspergillus*, *Fusarium* e *Candida* [120]. *A. fumigatus*, che condivide ambienti con patogeni vegetali, è esposto alla pressione selettiva degli azolici agricoli ed evidenze collegano la resistenza in campo ai livelli residui di azolici [121].

Le malattie trasmesse da vettori rappresentano una minaccia significativa, soprattutto per le popolazioni vulnerabili. Sebbene gli insetticidi siano stati fondamentali, la crescente resistenza agli insetticidi ne sta compromettendo l'efficacia [122]. L'uso diffuso di insetticidi agricoli ha contribuito alla resistenza negli insetti vettori di malattie, come le zanzare, ostacolando il controllo di malaria e altre malattie trasmesse da vettori. Strategie alternative e integrate di controllo vettoriale sono essenziali per ridurre la dipendenza dagli insetticidi e il conseguente sviluppo di resistenza [123].

5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Proprio come uno sgabello a tre gambe è più stabile quando tutte e tre hanno la stessa lunghezza (fig. 6), il concetto di One Health è più solido quando la salute umana, animale e ambientale sono ugualmente prioritarie. Purtroppo, la salute ambientale, in particolare quella delle piante, è spesso trascurata.

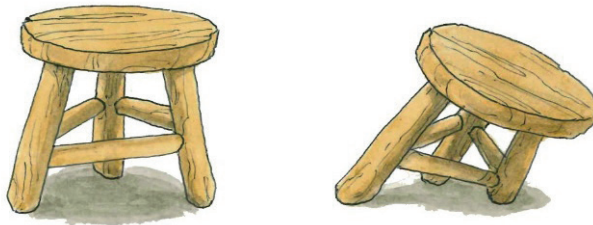


Fig. 6 Questa figura descrive il delicato equilibrio alla base del concetto di One Health, paragonandolo a uno sgabello a tre zampe. Ciascuna di esse (salute umana, animale, vegetale) deve essere sufficientemente robusta per assicurare stabilità all'intera struttura; una zampa debole può compromettere l'intero sistema

Sebbene l'approccio One Health si concentri tipicamente sulle malattie zoonotiche, integrare la salute delle piante può rafforzare questo quadro. Allineandosi con gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile delle Nazioni Unite, possiamo enfatizzare la salute ecologica e bilanciare la necessità di sicurezza alimentare con i limiti planetari. L'approccio One Health sottolinea l'interconnessione tra salute umana, animale e ambientale. Adottando questa prospettiva olistica, possiamo sviluppare strategie di protezione delle piante più inclusive e sostenibili. Le piante sane sono essenziali per la sicurezza alimentare, la salute ambientale e il benessere umano. Le malattie e i parassiti delle colture possono ridurre significativamente le rese, causando carenze alimentari e malnutrizione. Inoltre, le piante non sane possono alterare gli ecosistemi, influenzando la biodiversità e la regolazione climatica. Pratiche efficaci di protezione delle piante sono cruciali per la sicurezza alimentare globale e la sostenibilità ambientale. Considerando le implicazioni più ampie della salute delle piante, possiamo sviluppare sistemi agricoli più sostenibili e resilienti che beneficino sia le persone che il pianeta. La salute delle piante è cruciale per la sicurezza alimentare globale, la sostenibilità ambientale e il benessere umano. Piante sane non solo forniscono cibo e nutrimento, ma contribuiscono anche ai servizi ecosistemici come il sequestro del carbonio e la biodiversità. Tuttavia, la salute delle piante è spesso trascurata nelle discussioni sull'One Health. Pur concentrandosi generalmente sulle malattie zoonotiche, l'interconnessione tra salute di piante, animali e umani è indiscutibile. Adottare una prospettiva One Health può offrire vantaggi significativi ai professionisti delle piante, che sarebbe utile conoscessero appieno questo approccio. Il principale ostacolo rimane la mancanza di coordinamento tra i settori, poiché la salute delle piante coinvolge numerosi attori nell'agricoltura, allevamento, ambiente e salute [124]. Malattie e parassiti delle piante possono incidere significativamente sulla produzione alimentare, stabilità economica e salute pubblica. Per affrontare queste sfide, è necessario integrare la salute delle piante nel quadro One Health. Ciò richiede collaborazione tra scienziati delle piante, veterinari, esperti di salute umana e scienziati ambientali. Integrare la protezione delle piante nel framework One Health è essenziale per rafforzare la resilienza della filiera agroalimentare. Le piante sane sono alla base della sicurezza alimentare, della sicurezza e della stabilità economica, e la loro protezione riduce rischi come la perdita di raccolto, la contaminazione e la resistenza antimicrobica. Per garantire sistemi alimentari sostenibili e resilienti, la salute delle piante deve essere riconosciuta come componente critica della salute pubblica e planetaria, supportata da collaborazione intersettoriale e azioni politiche integrate. I professionisti del settore delle piante dovrebbero tenere presente i benefici di operare nel contesto della strategia One Health e ricordare che

la sfida principale è la mancanza di coordinamento intersettoriale, dato che la salute delle piante coinvolge molti stakeholder nei settori dell'agricoltura, allevamento, ambiente e salute. Collaborando, possiamo sviluppare approcci più sostenibili e olistici per l'agricoltura e la salute pubblica.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori sono grati a Giovanni Benelli, professore di Entomologia presso l'Università di Pisa, per i preziosi suggerimenti. Si ringrazia inoltre il dott. Corso Tarantino per aver realizzato l'acquerello della figura 6.

RIASSUNTO

La salute delle piante e dei microbiomi è fondamentale per la vita sulla Terra, il benessere umano e la salute del pianeta, eppure la sua importanza è spesso sottovalutata. La salute umana e quella animale dipendono da quella delle piante per la sicurezza alimentare (produzione di cibo nutriente, crescita economica), la salubrità degli alimenti (rischi di contaminazione), i servizi ecosistemici (qualità dell'aria, benefici per la salute mentale) e la mitigazione del problema della resistenza agli antimicrobici (dovuta all'uso di antibiotici in agricoltura). Gli specialisti della salute delle piante sono cruciali per la protezione vegetale, la sicurezza alimentare e il raggiungimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile nell'ambito della strategia One Health. Le malattie e i parassiti vegetali possono avere un impatto significativo sulla produzione alimentare, sulla stabilità economica e sulla salute pubblica. Per affrontare queste sfide è necessario integrare la salute delle piante nel quadro di One Health, promuovendo la collaborazione tra fitopatologi, veterinari, esperti di salute umana e scienziati ambientali. Solo lavorando insieme possiamo sviluppare approcci più sostenibili e olistici all'agricoltura e alla salute pubblica.

BIBLIOGRAFIA

1. S.N. GARCIA, B.I. OSBURN, M.T. JAY-RUSSELL, *One Health for food safety, food security, and sustainable food production*, «Front. Sustain. Food Syst.», 4 (2020), <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00001>
2. P. DOHERTY, 1st International One Health Congress abstracts, «EcoHealth», 7 (2011) S8-S170, doi <https://link.springer.com/article/10.1007/s10393-010-0376-0>
3. http://www.oneworldonehealth.org/sept2004/owoh_sept04.html (accessed February 11, 2025).
4. K. GRUETZMACHER, W.B. KARESH, J.H. AMUASI, A. ARSHAD, A. FARLOW, S. GABRYSCH, J. JETZKOWITZ, S. LIEBERMAN, C. PALMER, A.S. WINKLER, C. WALZER, *The Berlin principles on one health – Bridging global health and conserva-*

- tion, «Sci. Total Environ.», 764 (2021) 142919, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142919>
5. D.M. RIZZO, M. LICHTVELD, J.A.K. MAZET, E. TOGAMI, S.A. MILLE, *Plant health and its effects on food safety and security in a one health framework: four case studies*, «One Health Outlook», 3 (2021), 6, 10.1186/s42522-021-00038-7
 6. M.L. GULLINO, M. PASQUALI, M. PUGLIESE, I. CAPUA, *Positioning plant health within the evolving human-animal-environmental health programs*, «One Health», 19 (2024), 100931, <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2024.100931>
 7. DANIELSEN S., SCHAFNER U., ZINSSTAG J., *Worlds apart: Plant health and One Health and a path to convergence*, CABI/One Health 4:1, 0013, 2025.
 8. *One Health Commission. What is One Health?* https://www.onehealthcommission.org/en/why_one_health/what_is_one_health/#:~:text=One%20Health%20is%20the%20collaborative,%2C%20plants%2C%20and%20our%20environment (accessed December 17, 2024).
 9. C. CUMO, *Plants and People. Origin and Development of Human-Plant Science Relationships*, 2015, CRC Press, Boca Raton, <https://doi.org/10.1201/b19281>.
 10. A. BOSCO DE OLIVEIRA, editor, *Abiotic and Biotic Stress in Plants* [Internet], «IntechOpen» (2019), available from <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.77845>.
 11. S.V. HULSE, J. ANTONOVICS, M.E. HOOD, E.L. BRUNS, *Host-pathogen coevolution promotes the evolution of general, broad-spectrum resistance and reduces foreign pathogen spillover risk*, «Evol. Lett.», 7 (6) (2023), 467-477, <https://doi.org/10.1093/evlett/grad051>.
 12. D.M. BRAA, *The Great Potato Famine and the transformation of Irish peasant society*, «Science & Society», 61 (1997), 193-215.
 13. K.-B. SCHOLTHOF, *One foot in the furrow: linkages between agriculture, plant pathology, and public health*, «Annu. Rev. Public Health», 24 (2003), 153-174, doi: <https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev.publhealth.24.090302.155542>
 14. <https://www.fao.org/4/w3548e/w3548e00.htm> (accessed October 17, 2024).
 15. <https://sdgs.un.org/goals> (accessed January 17, 2025).
 16. J. GOVEREH, T.S. JAYNE, *Cash cropping and food crop productivity: synergies or trade-offs?*, «Agricultural Economics», 28 (2003), 39-50, <https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.2003.tb00133.x>.
 17. M.M. ALEMU, *Banana as a cash crop and its food security and socioeconomic contribution: the case of Southern Ethiopia, Arba Minch*, «J. Environ. Prot.», 8 (2017), 319-329, <https://doi.org/10.4236/jep.2017.83024>.
 18. R.P. OLIVER, editor, *Agrios' Plant Pathology*, 6th ed. (2024), Academic Press, 873 pp.
 19. P. SINGH, D.M. MUKUNYA, A.B.K. MUSYIMI, *Helminthosporium maydis* on maize, «FAO Plant Prot. Bull.», 27 (4) (1979) 134.
 20. A.J. ULLSTRUP, *The impacts of the Southern Corn Leaf Blight epidemics of 1970-1971*, «Annu. Rev. Phytopathol.», 10 (1972), 37-50.
 21. R.N. STRANGE, P.R. SCOTT, *Plant Disease: A threat to global food security*, «Annu. Rev. Phytopathol.», 43 (2005), 3.1-3.34, <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.43.113004.133839>.
 22. G.H.J. KEMA, A. DRENTH, M. DITA, K. JANSEN, S. VELLEMA, J.J. STOORVOGEL, *Editorial: Fusarium Wilt of banana, a recurring threat to global banana production*, «Front. Plant Sci.», 11 (2021) 628888, <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.628888>.
 23. G. MARTÍNEZ, B.O. OLIVARES, J.C. REY, J. ROJAS, J. CARDENAS, C. MUENTES, C.

- DAWSON, *The advance of Fusarium Wilt Tropical Race 4 in Musaceae of Latin America and the Caribbean: current situation*, «Pathogens», 12 (2023), 277, <https://doi.org/10.3390/pathogens12020277>.
24. A. EL HADRAMI, J.M. AL-KHAYRI, *Socioeconomic and traditional importance of date palm*, «Emir. J. Food Agric.», 24 (2012), 371-385, <https://www.researchgate.net/publication/266288912>.
 25. C. EL MODAFAR, *Mechanisms of date palm resistance to Bayoud disease: Current state of knowledge and research prospect*, «Physiol. Mol. Plant Pathology», 74 (2010), 287-294, <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2010.06.008>.
 26. E. SCHIEBER, *Economic impact of coffee rust in Latin America*, «Annu. Rev. Phytopath.», 10 (1972), 491-510.
 27. J.M. WALLER, *Coffee rust in Latin America*, PANS - Pest Articles & News Summaries, 18 (1972), 402-408, <https://doi.org/10.1080/09670877209412699>.
 28. A. KOUTOULEAS,| D B. COLLINGE,| E. BOA, *The coffee leaf rust pandemic: An ever-present danger to coffee production*, «Plant Pathology», 73 (2024), 522-534, <https://doi.org/10.1111/ppa.13846>.
 29. <https://www.who.int/health-topics/food-safety> (accessed October 17, 2024).
 30. A.M. ALSADI, *Impact of plant diseases on human health*, «Int. J. Nutr., Pharmacol., Neurol. Dis.», 7(2) (2017), 21-22, https://www.researchgate.net/publication/316516039_Impact_of_Plant_Diseases_on_Human_Health.
 31. H. ONYEAKA, D.D. JALATA, S.A. MEKONNEN, *Mitigating physical hazards in food processing: Risk assessment and preventive strategies*, «Food Sci Nutr.», 11 (2023), 7515-7522, <https://doi.org/10.1002/fsn3.3727>.
 32. J.-S. KIM, S.-J. YOON, Y.-J. PARK, S.-Y. KIM, C.-M. RYU, *Crossing the kingdom border: Human diseases caused by plant pathogens*, «Environ. Microbiol.», 22 (2020), 2485-2495, <https://doi.org/10.1111/1462-2920.15028>
 33. F. BALIQUE, H. LECOQ, D. RAOULT, P. COLSON, *Can plant viruses cross the kingdom border and be pathogenic to humans?*, «Viruses», 7 (2015), 2074-2098, <https://www.mdpi.com/1999-4915/7/4/2074>.
 34. T. HALABY, H. BOOTS, A. VERMEULEN, A. VAN DER VEN, H. BEGUIN, H. VAN HOFF, J. JACOBS, *Phaeohyphomycosis caused by «Alternaria infectoria» in a renal transplant recipient*, «J. Clin. Microbiol.», 39 (2001), 1952-1955, <https://journals.asm.org/doi/10.1128/jcm.39.5.1952-1955.2001>.
 35. N. PAPRI, P. SATHI, S. SURBHI, D. SAMPA, *Defence response in plants and animals against a common fungal pathogen, «Fusarium oxysporum»*, «Curr. Res. Microb. Sci.», 3 (2022), 100135, <https://doi.org/10.1016/j.crmicr.2022.100135>.
 36. P. REGINATTO, G. DE JESUS AGOSTINETTO, R. DO NASCIMENTO FUENTEFRIA, D. RUSCHEL MARINHO, M. DAL PIZZOL, A. MENEGHELLO FUENTEFRIA, *Eye fungal infections: a mini review*, «Arch. Microb.», 205 (2023), 236, <https://doi.org/10.1007/s00203-023-03536-6>.
 37. M. NUCCI, E. ANAÏSSIE, *Cutaneous infection by Fusarium species in healthy and immunocompromised hosts: implications for diagnosis and management*, «Clin. Inf. Dis.», 35 (2002), 909-920, <https://doi.org/10.1086/342328>.
 38. G.M. WICKERN, *Fusarium allergic fungal sinusitis*, «J. Allergy Clin. Immunol.», 92 (1993), 624-625, [https://doi.org/10.1016/0091-6749\(93\)90087-V](https://doi.org/10.1016/0091-6749(93)90087-V).
 39. M. ESKOLA, G. KOS, C.T. ELLIOTT, J. HAJLSLOVA, S. MAYARB, R. KRŠKA, *Worldwide contamination of food-crops with mycotoxins*, «Critical Rev. Food Sci. Nutrit.», 60 (2020), 2773-2789, <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1658570>.

40. S. MARIN, A.J. RAMOS, G. CANO-SANCHO, V. SANCHIS, *Mycotoxins, occurrence, toxicology, and exposure assessment*, «Food Chem. Toxicol.», 60 (2013), 218-37, <https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.07.047>.
41. M.M. ZAKI, S.A. EL-MIDANY, H.M. SHAHEEN, L. RIZZI, *Mycotoxins in animals, occurrence, effects, prevention and management*, «J. Toxicol. Environ. Health Sci.», 4 (2012), 13-28, <https://doi.org/10.5897/JTEHS11.072>.
42. M.E. BEZERRA DA ROCHA, F. DA CHAGAS OLIVEIRA FREIRE, F. ERLAN FEITOSA MAIA, M.I. FLORINDO GUEDES, D. RONDINA, *Mycotoxins and their effects on human and animal health*, «Food Control», 36 (2014), 159-65, <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.08.021>.
43. <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/mycotoxins> (accessed February 17, 2025).
44. C.L. SCHARDL, D.G. PANACCIONE, P. TUDZYNSKI, *Ergot alkaloids – Biology and molecular biology*, In G.A. Cordell (Ed.), *The alkaloids: Chem. & Biol.*, 63 (2006), 45-86, Academic Press.
45. J.L. KLOTZ, *Activities and effects of ergot alkaloids on livestock physiology and production*, «Toxins», 7 (2015), 2801-2821, <https://doi.org/10.3390/toxins7082801>.
46. J.L. KLOTZ, *Activities and effects of ergot alkaloids on livestock physiology and production*, «Toxins», 7 (2015), 2801-2821, <https://doi.org/10.3390/toxins7082801>.
47. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R1399&from=EN> (accessed December 17, 2024).
48. J.W. BENNETT, M. KLICH, *Mycotoxins*, «Clin. Microbiol. Rev.», 16 (2003), 497-516, <https://doi.org/10.1128/CMR.16.3.497-516.2003>.
49. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R0915>.
50. D.J. BIRMINGHAM, M.M. KEY, G.E. TUBLICH, *Phototoxic bullae among celery harvesters*, «Arch. Dermatol.», 83 (1961), 73-87.
51. I.A. RATHER, W.Y. KOH, W.K. PAEK, J. LIM, *The sources of chemical contaminants in food and their health implications*, «Front. Pharmacol.», 8 (2017), 830, <https://doi.org/10.3389/fphar.2017.00830>.
52. M. SHAHID, C. DUMAT, S. KHALID, E. SCHRECK, T. XIONG, N.K. NIAZI, *Foliar heavy metal uptake, toxicity and detoxification in plants: A comparison of foliar and root metal uptake*, «J. Hazard Mater.», 325 (2017), 36-58, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.11.063>.
53. G. VENKATESH IYENGAR, P.P. NAIR, *Global outlook on nutrition and the environment: meeting the challenges of the next millennium*, «Sci. Total Environ.», 249 (2000), 331-346, [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(99\)00529-X](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(99)00529-X).
54. N. GUERRIERI, S. MAZZINI, G. BORGONOVO, *Food plants and environmental contamination: An update*, «Toxics», 12 (2024), 365, <https://doi.org/10.3390/toxics12050365>.
55. L. NASREDDINE, D. PARENT-MASSIN, *Food contamination by metals and pesticides in the European Union. Should we worry?*, «Toxicol. Lett.», 127 (2002), 29-41, [https://doi.org/10.1016/S0378-4274\(01\)00480-5](https://doi.org/10.1016/S0378-4274(01)00480-5).
56. <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/8753> (accessed December 17, 2024).
57. <https://www.cdc.gov/food-safety/media/pdfs/cdc-and-food-safety.pdf> (accessed February 14, 2025).
58. J.M. RANGEL, P.H. SPARLING, C. CROWE, P.M. GRIFFIN, D.L. SWERDLOW, *Epidemiology of «Escherichia coli» O157:H7 outbreaks, United States, 1982-2002*, «Emerg. Infect. Dis.», 11 (2005), 603-609, <https://doi.org/10.3201/eid1104.040739>.

59. M. COOLEY, D. CARYCHAO, L. CRAWFORD-MIKSZA, M.T. JAY, C. MYERS, C. ROSE, C. KEYS, J. FARRAR, R.E. MANDRELL, *Incidence and tracking of «Escherichia coli» O157:H7 in a major produce production region in California*, «PLoS One», 2(11) (2007), e1159, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0001159>.
60. C. FRANK, D. WERBER, J.P. CRAMER, M. ASKAR, M. FABER, M.; M. AN DER HEIDEN, H. BERHARD, A. FRUTH, R. PRAGER, A. SPODE, *et al.*, *Epidemic profile of shiga-toxin-producing «Escherichia coli» O104:H4 outbreak in Germany*, «N. Engl. J. Med.», 365 (2011), 1771-1780, <https://www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/NEJ-Moa1106483>.
61. EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY, *Tracing seeds, in particular fenugreek («Trigonella foenum-graecum») seeds, in relation to the Shiga toxin-producing «E. coli» STEC O104:H4 outbreaks in Germany and France*, European Food Safety Authority (2011), available at <http://www.efsa.europa.eu/en/supporting/doc/176e.pdf> (accessed February 17, 2025).
62. M.T. BRANDL, C.E. COX, M. TEPLITSKI, «Salmonella» interactions with plants and their associated microbiota, «Phytopath.», 103 (2013), 316-325, <https://doi.org/10.1094/PHYTO-11-12-0295-RVW>.
63. M. TEPLITSKI, M. DE MORAES, *Of mice and men... and plants: comparative genomics of the dual lifestyles of enteric pathogens*, «Trends Microbiol.», 26 (2018), 748-754 <https://doi.org/10.1016/j.tim.2018.02.008>.
64. A.A. ZARKANI, A. SCHIKORA, *Mechanisms adopted by «Salmonella» to colonize plant hosts*, «Food Microbiol.», 99 (2021), 103833, <https://doi.org/10.1016/j.fm.2021.103833>.
65. E. GOSS IRLBECK, J. FRY JENNINGS, C. MEYERS, C. GIBSON, T. CHAMBERS, *A case study of the crisis communications used in the 2009 «Salmonella» outbreak in peanut products*, «J. Appl. Commun.» 97 (2013), 4, <https://doi.org/10.4148/1051-0834.1125>.
66. N. NASHERI, A. VESTER, N. PETRONELLA, *Foodborne viral outbreaks associated with frozen produce*, «Epidemiol. & Infect.», 147 (2019), e291 1-8, <https://doi.org/10.1017/S0950268819001791>.
67. G. PURPARIA, G. MACALUSOA, S. DI BELLA, F. GUCCIARDI, F. MIRA, P. DI MARCO, A. LASTRA, E. PETERSEN, G. LA ROSA, A. GUERCIO, *Molecular characterization of human enteric viruses in food, water samples, and surface swabs in Sicily*, «Int. J. Infect. Dis.», 80 (2019), 66-72, <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2018.12.011>.
68. A. LA NOTTE, D. D'AMATO, H. MÄKINENC, M.L. PARACCHINI, C. LIQUETE, B. EGOH, D. GENELETTI, N.D. CROSSMAN, *Ecosystem services classification: A systems ecology perspective of the cascade framework*, «Ecol. Indic.», 74 (2017), 392-402, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.11.030>
69. A. RUSSO, G.T. CIRELLA, *Urban ecosystem services: advancements in urban green development*, «Land», 12 (2023), 522, <https://doi.org/10.3390/land12030522>.
70. J.W. DOVER, *Green infrastructure: incorporating plants and enhancing biodiversity in buildings and urban environments* (2015), Routledge, Abingdon.
71. <https://www.un.org/uk/desa/68-world-population-projected-live-urban-areas-2050-says-un> (accessed October 22, 2024).
72. A. HSU, G. SHERIFF, G.T. CHAKRABORTY, D. MANYA, *Disproportionate exposure to urban heat island intensity across major US cities*, «Nat. Commun.», 12, (2021) 2721, <https://doi.org/10.1038/s41467-021-22799-5>.
73. G. FALCHETTA, E. CIAN, I.S. WING, D. CARR, *Global projections of heat exposure of*

- older adults, «Nat. Commun.», 15 (2024), 3678, <https://doi.org/10.1038/s41467-024-47197-5>).
74. J.-M. ROBINE, S.L.K. CHEUNG, S. LE ROY, H. VAN OYEN, C. GRIFFITHS, J.-P. MICHEL, F.R. HERRMANN, *Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003*, *Comptes Rendus Biologies* 331 (2008) 171-178, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1631069107003770>
 75. R.W. BUECHLEY, J. VAN BRUGGEN, L.E. TRUPPI, *Heat island = death Island?*, «*Environ. Res.*», 5 (1972), 85-92, [https://doi.org/10.1016/0013-9351\(72\)90022-9](https://doi.org/10.1016/0013-9351(72)90022-9).
 76. D.E. BOWLER, L. BUYUNG-ALI, T.M. KNIGHT, A.S. PULLIN, *Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence*, «*Landsc. Urban Plan.*», 97 (2010), 147-155, <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.05.006>.
 77. <https://www.who.int/news/item/25-03-2014-7-million-premature-deaths-annually-linked-to-air-pollution> (accessed October 22, 2024).
 78. G. LORENZINI, C. GRASSI, C. NALI, A. PETITI, S. LOPPI, L. TOGNOTTI, *Leaves of «Pittosporum tobira» as indicators of airborne trace elements and PM₁₀ distribution in Central Italy*, «*Atmosph. Environ.*», 40 (2006), 4025-4036, <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2006.03.032>.
 79. R. VINGARZAN, *A review of surface ozone background levels and trends*, «*Atmosph. Environ.*», 38 (2004), 3431-3442, <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2004.03.030>.
 80. H. YANG, J. LEE, G. HAIPING, K.-H. KIM, P. WANXI, N. BHARDWAJ J.-M. OH, R.J.C. BROWN, *Plant-based remediation of air pollution: A review*, «*J. Environ. Manag.*», 301 (2022), 113860, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113860>.
 81. R. ALONSO, M.G. VIVANCO, I. GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ, V. BERMEJO, I. PALOMINO, J.L. GARRIDO, S. ELVIRA, P. SALVADOR, B. ARTÍÑANO, *Modelling the influence of peri-urban trees in the air quality of Madrid region (Spain)*, «*Environ. Pollut.*», 159 (2011), 2138-2147, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2010.12.005>.
 82. A.J.F. MARTIN, *Potential impacts of the invasive «Agrilus planipennis» on various demographics in Winnipeg, Canada*, «*Trees, Forests & People*», 9 (2022), 100307, <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2022.100307>
 83. K.C. COSTILOW, K.S. KNIGHT, C.E. FLOWER, *Disturbance severity and canopy position control the radial growth response of maple trees («Acer» spp.) in forests of northwest Ohio impacted by Emerald Ash Borer («Agrilus planipennis»)*, «*Ann. For. Sci.*», 74 (2017), 10, <https://doi.org/10.1007/s13595-016-0602-1>.
 84. R. SCHRADER, Y. BAKER, L. BARANCHIKOV, K.S. DUMOUCHEL KNIGHT, D.G. MCCULLOUGH, M.J. ORLOVA-BIENKOWSKAJA, S. PASQUALI, G. GILIOLI, *How does the Emerald Ash Borer («Agrilus planipennis») affect ecosystem services and biodiversity components in invaded areas?*, *Bull. OEPP/EPP Bull.* 51 (2021) 216-228, <https://doi.org/10.1111/epp.12734>.
 85. S. LOWE, M. BROWNE, S. BOUDJELAS, M. DE POORTER, *100 of the world's worst invasive alien species - a selection from the global invasive species database*, *Invasive Species Specialist Group (ISSG)*, Auckland, New Zealand (2000) 12 pp., electronic version available at: www.issg.org/booklet.pdf.
 86. <https://www.dceew.gov.au/sites/default/files/documents/tap-phytophthora-cinnamomi-2018-background.pdf> (accessed October 22, 2024).
 87. A. HARDHAM, L.M. BLACKMAN, *Pathogen profile update: «Phytophthora cinnamomi»*, «*Mol. Pl. Path.*», 19 (2018), 260-285, <https://doi.org/10.1111/mpp.12568>.
 88. R.T. WILLS, *The ecological impact of «Phytophthora cinnamomi» in the Stirling Range*

- National Park, Western Australia*, «Austral. Ecol.», 18 (2006), 145-159, <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1993.tb00439.x>.
89. https://forestphytophthoras.org/sites/default/files/educational_materials/dieback_report.pdf (accessed October 22, 2024).
90. D.M. RICHARDSON, P. PYSEK, M. REJMANEK, M.G. BARBOUR, F.D. PANETTA, C.J. WEST, *Naturalization and invasion of alien plants: Concepts and definitions*, «Divers. Distrib.», 6 (2000) 93-107, <https://doi.org/10.1046/j.1472-4642.2000.00083.x>.
91. C. BRAGARD, K. DEHNEN-SCHMUTZ, F. DI SERIO, P. GONTHIER, M.A. JACQUES, *et al.*, *Update of the Scientific Opinion on the risks to plant health posed by «Xylella fastidiosa» in the EU territory*, «EFSA Journal», 17 (2019), e05665, <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2019.5665>.
92. <https://www.efsa.europa.eu/en/press/news/190515-0> (accessed February 17, 2025).
93. C. SABELLI, *Deadly olive tree pathogen came by road and rail*, «Nature Italy», (2023), <https://doi.org/10.1038/d43978-023-00118-4>.
94. B.M. ALI, W. VAN DER WERF, A. OUDE LANSINK, *Assessment of the environmental impacts of «Xylella fastidiosa» subsp. «pauca» in Puglia*, «Crop Protection», 142 (2021), 105519, <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105519>.
95. J. BLANCO, N. DENDONCKER, C. BARNAUD, C. SIRAMI, *Ecosystem disservices matter: Towards their systematic integration within ecosystem service research and policy*, «Ecosystem Services», 36 (2019), 100913, <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2019.100913>.
96. C.M. SHACKLETON, S. RUWANZA, G. K. SINASSON SANNI, S. BENNETT, P. DE LACY, R. MODIPA, N. MTATI, M. SACHIKONYE, AND G. THONDHLANA, *Unpacking Pandora's box: understanding and categorising ecosystem disservices for environmental management and human wellbeing*, «Ecosystems», 19 (2016), 587-600, <https://doi.org/10.1007/s10021-015-9952-z>.
97. P. CARIÑANOS, F. GRILO, P. PINHO, M. CASARES-PORCEL, C. BRANQUINHO, N. ACIL, M.B. ANDREUCCI, A. ANJOS, P.M. BIANCO, *et al.*, *Estimation of the allergenic potential of urban trees and urban parks: towards the healthy design of urban green spaces of the future*, «Int. J. Environ. Res. Public Health», 16 (2019), 1357, <https://doi.org/10.3390/ijerph16081357>.
98. T.L. WAY, Z.J. BALOGH, *The epidemiology of injuries related to falling trees and tree branches*, «ANZ J. Surg.», 92 (2022), 477-480, <https://doi.org/10.1111/ans.17481>.
99. I. MANISALIDIS, E. STAVROPOULOU, A. STAVROPOULOS, E. BEZIRTZOGLU, *Environmental and health impacts of air pollution: a review*, «Front. Public Health», 8 (2020), 14, <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00014>.
100. N. DUDAREVA, A. KLEMPIEN, J.K. MUHLEMANN, I. KAPLAN, *Biosynthesis, function and metabolic engineering of plant volatile organic compounds*, «New Phytol.», 198 (2013), 16-32, <https://doi.org/10.1111/nph.12145>.
101. R. ATKINSON, *Atmospheric chemistry of VOCs and NOx*, «Atmosph. Environ.», 34 (2000), 2063-2101, [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(99\)00460-4](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(99)00460-4).
102. J. LYYTIMÄKI, M. SIPILÄ, *Hopping on a one leg. The challenge of ecosystem disservices for urban green management*, «Urban Forestry & Urban Greening», 8 (2009), 309-315, <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2009.09.003>.
103. <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/1945/fleming/lecture/> (accessed February 10, 2025).
104. A. SALAM, Y. AL-AMIN, M.T. SALAM, J.S. PAWAR, N. AKHTER, A.A. RABAAN, M.A.A. ALQUMBER, *Antimicrobial resistance: a growing serious threat for global public health*, «Healthcare», 11 (2023), 1946, <https://doi.org/10.3390/healthcare11131946>.

105. G. SCARAFILE, *Antibiotic resistance: current issues and future strategies*, «Rev. Health Care», 7 (2016) 16, <http://dx.doi.org/10.7175/rhc.v7i1.1226>.
106. A. SANTOS-LOPEZ, C.W. MARSHALL, A.L. HAAS, C. TURNER, J. RASERO, V.S. COOPER, *The roles of history, chance, and natural selection in the evolution of antibiotic resistance*, «eLife», 10 (2021), 70676, <https://doi.org/10.7554/eLife.70676>.
107. J. SUBIRATS, A. DOMINGUES, E. TOPP, *Does dietary consumption of antibiotics by humans promote antibiotic resistance in the gut microbiome?*, «J. Food Prot.», 82 (2019), 1636-1642 <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-19-158>.
108. S.A. MILLER, J.P. FERREIRA, J.T. LEJEUNE, *Antimicrobial use and resistance in plant agriculture: a One Health perspective*, «Agriculture», 12 (2022) 289, <https://doi.org/10.3390/agriculture12020289>.
109. M. VERHAEGEN, T. BERGOT, E. LIEBANA, G. STANCANELLI, F. STREISSL, M.-P. MINGEOT-LECLERCQ, J. MAHILLON, C. BRAGARD, *On the use of antibiotics to control plant pathogenic bacteria: a genetic and genomic perspective*, «Front. Microbiol.», 14 (2023), 1221478, <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1221478>.
110. P.S. McMANUS, V.O. STOCKWELL, G.W. SUNDIN, A.L. JONES, *Antibiotic use in plant agriculture*, «Annu. Rev. Phytopathol.», 40 (2002), 443-465, <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.40.120301.093927>.
111. P.S. McMANUS, *Does a drop in the bucket make a splash? Assessing the impact of antibiotic use on plants*, «Curr. Opin. Microbiol.», 19 (2014), 76-82, <https://doi.org/10.1016/j.mib.2014.05.013>
112. J. DAVIES, G. WRIGHT, *Bacterial resistance to aminoglycoside antibiotics*, «Trends Microbiol.», 5 (1997), 234-240, [https://doi.org/10.1016/S0966-842X\(97\)01033-0](https://doi.org/10.1016/S0966-842X(97)01033-0).
113. P.S. McMANUS, A.L. JONES, *Epidemiology and genetic analysis of streptomycin-resistant «Erwinia amylovora» from Michigan and evaluation of oxytetracycline for control*, «Phytopathology», 84 (1994), 627-633, https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1994Abstracts/Phyto_84_627.htm.
114. P. TAYLOR, R. REEDER, *Antibiotic use on crops in low and middle-income countries based on recommendations made by agricultural advisors*, «CABI Agric Biosci.», 1 (2020) 1, <https://doi.org/10.1186/s43170-020-00001-y>.
115. FAO, *Antimicrobial resistance*, <http://www.fao.org/antimicrobial-resistance> (accessed October 25, 2024).
116. S.A. MILLER, J.P. FERREIRA, J.T. LEJEUNE, *Antimicrobial use and resistance in plant agriculture: a One Health perspective*, «Agriculture», 12 (2022) 289, <https://doi.org/10.3390/agriculture12020289>.
117. G. BERG, L. EBERL, A. HARTMANN, *The rhizosphere as a reservoir for opportunistic human pathogenic bacteria*, «Environ. Microbiol.», 7 (2005), 1673-1685, <https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2005.00891.x>.
118. *Fungicide Resistance Action Committee*, www.frac.info (accessed February 2, 2025).
119. E. SNELDERS, S.M.T CAMPS, A. KARAWAJCZYK, G. SCHAFTENAAR, G.H. KEMA, H.A. VAN DER LEE, C.H. KLAASSEN, W.J.K. MELCHERS, P.E. VERWEIJ, *Triazole fungicides can induce cross-resistance to medical triazoles in «Aspergillus fumigatus»*, «PLoS One», 7 (2012), e31801, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0031801>.
120. A.D. RIBES E RIBES, P. SPOLTI, E.M. DEL PONTE, K.Z. DONATO, H. SCHREKKER, A.M. FUENTEFRIA, *Is the emergence of fungal resistance to medical triazoles related to their use in the agroecosystems? A mini review*, «Braz. J. Microbiol.», 47 (2016), 793-799, <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2016.06.006>
121. D. CAO, F. WANG, S. YU, S. DONG, R. WU, N. CUI, J. REN, T. XU, S. WANG, M.

- WANG, H. FANG, *Prevalence of Azole-Resistant «Aspergillus fumigatus» is highly associated with azole fungicide residues in the fields*, «*Environ. Sci. Technol.*», 55 (2021), 3041-3049. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c03958>.
122. A.W.M. YADOLETON, A. ASIDI, R.F. DJOUAKA, J. BRAÏMA, C.D. AGOSSOU, M.C. AKOGBETO, *Development of vegetable farming: a cause of the emergence of insecticide resistance in populations of «Anopheles gambiae» in urban areas of Benin*, «*Malar. J.*», 8 (2009), 103, <http://www.malariajournal.com/content/8/1/103>.
123. M.L. QUIÑONES, D.E. NORRIS, J.E. CONN, M. MORENO, T.R. BURKOT, H. BURGORO, J.B. KEVEN, R. COOPER, G. YAN, A. ROSAS, M. PALOMINO, M.J. DONNELLY, H.D. MAWEJJE, A. EAPEN, J. MONTGOMERY, M.B. COULIBALY, J.C. BEIER, A. KUMAR, *Insecticide resistance in areas under investigation by the international centers of excellence for malaria research: a challenge for malaria control and elimination*, «*Am. J. Trop. Med. Hyg.*» 93 (Suppl 3), (2015) 69-78, <https://doi.org/10.4269/ajtmh.14-0844>
124. J.I. ALAWNEH, M.M. HASSAN, J. CAMAC, L. RANSOM, J. PLANCK, S.C. PORCHUN, M. REID, R. CHAY, *Plant biosecurity and One Health: government and industry roles as risk creators and mitigators*, «*One Health Outlook*», 7 (2025), 27, 7:27, <https://doi.org/10.1186/s42522-025-00150-y>.

NICOLETTA FERRUCCI¹, MARIO MAURO¹

L'Associazionismo fondiario: innovazione e crescita per le aree interne

¹ Accademia dei Georgofili; Università di Firenze

I. UN AMPIO VENTAGLIO DI PROBLEMI

Le strutture proprietarie delle aree forestali italiane presentano una configurazione storicamente connotata da un'elevata frammentazione e polverizzazione fondiaria. Sebbene spesso utilizzati in modo intercambiabile nel linguaggio comune, i due termini si riferiscono in realtà a fenomeni distinti ma tra loro strettamente interconnessi: la polverizzazione concerne la ridotta estensione media delle singole unità fondiarie, mentre la frammentazione si riferisce alla discontinuità spaziale dei fondi, frequentemente distribuiti in modo disomogeneo sul territorio e separati da proprietà altrui o da infrastrutture naturali e antropiche.

Questa situazione deriva, in larga misura, da dinamiche storiche e socio-economiche, tra cui le successioni ereditarie non pianificate secondo criteri che tengano in considerazione l'efficienza produttiva del comparto agro-forestale ma anche la sua valorizzazione e tutela paesaggistica e ambientale. Il frazionamento reiterato del patrimonio fondiario in occasione dei passaggi generazionali, spesso in assenza di strumenti giuridici o amministrativi atti a promuovere la ricomposizione delle proprietà, ha dato luogo a una vera e propria "parcellizzazione" dei boschi italiani, aggravata ulteriormente dalla scarsa penetrazione delle politiche strutturali volte alla razionalizzazione dell'assetto fondiario le quali, sebbene astrattamente presenti, non sempre sono in grado di essere adeguatamente recepite dal territorio e dai suoi operatori.

Tale configurazione proprietaria, unita a fattori endogeni quali la morfologia del territorio, la scarsa accessibilità e la limitata redditività del comparto forestale, ha determinato una progressiva ritrazione dell'intervento umano e una crescente tendenza all'abbandono gestionale delle superfici boschive. Le

conseguenze di questo processo sono molteplici e di rilevante impatto sia sotto il profilo ambientale che paesaggistico che socioeconomico: si registra una riduzione della capacità di gestione attiva e sostenibile delle risorse forestali, un aumento del rischio idrogeologico e un depotenziamento delle funzioni ecosistemiche del bosco, con effetti particolarmente marcati nelle aree montane e marginali, dove la carenza di presidio umano si traduce in dinamiche di degrado paesaggistico e ambientale, erosione del capitale sociale e isolamento territoriale.

Un aspetto particolarmente critico del fenomeno dell'abbandono è rappresentato dalla crescente diffusione dei cosiddetti "terreni silenti", cioè fondi per i quali risulta incerta, non documentata o ignota la titolarità attuale del diritto di proprietà. Si tratta di una categoria di beni che sfugge non solo alla gestione produttiva, ma anche alle attività di censimento catastale e pianificazione territoriale, rendendo di fatto inattuabili le politiche pubbliche orientate alla ricomposizione fondiaria, alla programmazione forestale e alla valorizzazione ecosistemica.

L'assenza del soggetto titolare attivo determina un vuoto di natura tanto giuridica quanto gestionale, che impedisce l'attivazione di processi decisionali, la stipula di contratti di gestione, l'accesso a misure di finanziamento e, più in generale, quello sfruttamento razionale del suolo e quella costituzione di equi rapporti sociali che l'art. 44 della Costituzione richiede. In questo contesto, l'introduzione di un meccanismo normativo innovativo, quale una usucapione "funzionale", orientata non alla semplice detenzione del bene ma al suo impiego attivo e produttivo secondo finalità di interesse anche collettivo, potrebbe costituire uno strumento giuridico efficace per la riattivazione delle superfici improduttive. Una tale misura dovrebbe essere concepita in modo da garantire un equilibrio tra l'interesse pubblico alla valorizzazione del patrimonio forestale per la sua intrinseca multifunzionalità e il rispetto dei principi costituzionali che tutelano la proprietà fondiaria (art. 44 Cost.) e la libertà di impresa (41 Cost.). Tuttavia, tale rimedio dovrebbe allo stesso tempo definire chi è il soggetto che, in ultima analisi, beneficia dell'usucapione, dovendo rilevare che le associazioni tra proprietari forestali sono spesso associazioni non riconosciute, che hanno una limitata capacità giuridica e di agire e sono prive di quella astratta idoneità di poter beneficiare degli effetti favorevoli determinati dallo scorrere del tempo.

Strettamente connessa al problema dell'abbandono è anche la questione del ricambio generazionale nel settore forestale. La progressiva uscita dal comparto delle generazioni più anziane non è compensata da un sufficiente ingresso di nuove forze imprenditoriali e professionali, in ragione di una serie di ostacoli strutturali e culturali: la bassa redditività delle attività forestali,

l'inadeguatezza delle infrastrutture, la mancanza di servizi di supporto nelle aree interne, unitamente a una complessità burocratica spesso dissuasiva. Tali fattori contribuiscono a rendere poco attrattivo l'insediamento giovanile e alimentano il processo di spopolamento delle aree rurali, compromettendo la continuità operativa del comparto e la trasmissione intergenerazionale dei saperi tecnico-ambientali. La Legge 36/2024 ha fatto un timido passo in avanti, ma c'è ancora molto da fare.

La perdita di queste competenze, molte delle quali profondamente radicate nelle culture e tradizioni locali, indebolisce le capacità delle comunità rurali di esercitare un controllo attivo sul territorio e riduce la resilienza dei sistemi forestali. In tale contesto, la progettazione e l'implementazione di percorsi formativi dedicati, misure di incentivazione economica, agevolazioni per l'accesso alla terra e programmi di accompagnamento imprenditoriale rappresentano condizioni imprescindibili per il rilancio del settore. Solo una strategia che coniughi intervento normativo, innovazione gestionale e inclusione generazionale, potrà restituire funzionalità e prospettive al modello forestale italiano.

Un'ultima criticità riguarda la carente sensibilizzazione della cittadinanza verso queste esperienze, che può eventualmente passare anche attraverso iniziative di matrice turistica. In tal senso, i percorsi forestali rappresentano non solo un'importante risorsa ecosistemica e paesaggistica, ma anche uno strumento efficace per la sensibilizzazione verso modelli di fruizione sostenibile del territorio. Tuttavia, la promozione di tali percorsi, specie quando avviene attraverso iniziative di matrice turistica e legate al volontariato, apre il varco a questioni giuridicamente rilevanti in merito alla sicurezza e alla responsabilità degli enti gestori, soprattutto nei casi di infortunio.

2. STRUMENTI GIURIDICI AGGREGATIVI, TRA POTENZIALITÀ E LIMITI

Nel tentativo di porre rimedio alla storica frammentazione del patrimonio fondiario forestale italiano, il legislatore ha progressivamente introdotto una serie di strumenti giuridico-organizzativi volti a favorire l'aggregazione tra proprietari, imprese e altri attori locali. L'obiettivo è superare l'atomizzazione della proprietà, che rappresenta uno degli ostacoli principali alla gestione sostenibile delle superfici boscate, e di promuovere una gestione integrata e condivisa delle risorse.

Tra gli strumenti attualmente previsti dall'ordinamento si annoverano le concessioni, che permettono ai soggetti pubblici o privati di affidare in gestione i beni forestali per finalità di tutela e valorizzazione ambientale; le as-

sociazioni fondiarie, configurazioni volontarie tra proprietari che mettono in comune fondi altrimenti non gestibili singolarmente; i consorzi forestali, di natura imprenditoriale e che si fondano su una base associativa più strutturata e spesso coinvolgono anche enti pubblici; le cooperative forestali, anch'esse imprese che operano nella filiera bosco-legno. Si tratta di strumenti noti, che hanno sempre caratterizzato il settore, ma che stentano ancora ad affermarsi e richiederebbero un ripensamento anche alla luce del nuovo quadro normativo tracciato dal d.lgs. 34/2018.

Vanno altresì menzionati gli accordi di foresta, strumenti più recenti e flessibili modellati sul tipo del contratto di rete in agricoltura. Introdotti nel 2021, sono finalizzati alla condivisione di obiettivi gestionali tra diversi portatori di interesse sul territorio, inclusi soggetti pubblici, imprese, enti del terzo settore e comunità locali, allo scopo di definire in termini condivisi obiettivi strategici, piani di intervento e impegni operativi per la tutela, la valorizzazione e l'uso sostenibile del patrimonio forestale. I benefici sono quelli tipici del contratto di rete in agricoltura che, come noto, sono indirizzati alle imprese, nonostate qui la platea degli aderenti si potenzialmente molto più ampia.

Unitariamente lette, queste forme di aggregazione e cooperazione, pur rappresentando un'evoluzione importante nella governance del territorio forestale, faticano però ancora a tradursi in esperienze durature, strutturate e realmente operative. Il loro potenziale rimane spesso inespresso, ostacolato da una pluralità di fattori di natura giuridica, amministrativa e culturale.

In particolare, si evidenzia una fragilità strutturale degli assetti giuridici che disciplinano tali strumenti: essi risultano talvolta inadeguati a garantire la stabilità degli accordi, la responsabilizzazione dei soggetti coinvolti e la chiarezza dei rapporti interni ed esterni. Spesso mancano tipi contrattuali standardizzati e collaudati, in grado di offrire modelli chiari e replicabili agli operatori del settore e alle amministrazioni locali.

Inoltre, l'azione normativa si è frequentemente concentrata sull'aspetto genetico della costituzione degli enti associativi, ponendo l'accento sulle procedure istitutive e sugli adempimenti amministrativi, ma trascurando le problematiche applicative che emergono nella fase di attuazione concreta del rapporto, che si possono verificare con una certa frequenza, soprattutto dove sia ampia la platea di stakeholders che partecipa all'intesa. Il mantenimento del consenso tra i partecipanti, la gestione dei conflitti interni, la ripartizione equa dei benefici economici e ambientali, nonché la sostenibilità economica a lungo termine delle iniziative aggregative, sono tutte difficoltà che devono essere disciplinate rispetto alle quali la sola autonomia negoziale e la libera contrattazione non sempre è in grado di rispondere.

Altro nodo critico è rappresentato dalla dimensione relazionale, spesso sottovalutata nelle politiche pubbliche e nella progettazione normativa. Le dinamiche di fiducia reciproca, la storia dei rapporti tra proprietari confinanti, l'identità culturale dei territori e il capitale sociale preesistente sono elementi che incidono profondamente sulla riuscita delle esperienze di cooperazione fondiaria. Senza un investimento serio in processi di accompagnamento, mediazione e costruzione di reti locali, anche gli strumenti più avanzati rischiano di restare sulla carta o di esaurirsi in iniziative episodiche.

In definitiva, la promozione di una gestione forestale associata ed efficiente richiede un approccio normativo e politico più attento non solo alle architetture giuridiche degli strumenti aggregativi, ma anche alla loro concreta operatività, alla funzionalità gestionale e alle dinamiche sociali e territoriali che li attraversano. In questo senso, sarebbe auspicabile un rafforzamento della dimensione attuativa, mediante linee guida, supporto tecnico-amministrativo, strumenti di facilitazione e modelli contrattuali adattabili alle diverse realtà locali.

3. ESPERIENZE REGIONALI

Negli ultimi anni, alcune Regioni italiane hanno intrapreso percorsi sperimentali e innovativi volti a rafforzare la governance forestale attraverso modelli cooperativi ispirati al principio di sussidiarietà orizzontale e verticale, nonché al concetto di beni comuni. Tali iniziative si fondano su meccanismi di cooperazione multilivello, capaci di coinvolgere in modo sinergico enti pubblici, imprese private, attori del terzo settore e comunità locali. Esse mirano non soltanto a migliorare l'efficacia degli interventi sul territorio, ma anche a promuovere una gestione partecipata e corresponsabile delle risorse forestali.

Tra le esperienze più significative, si possono richiamare almeno tre modelli paradigmatici.

- *I contratti di foresta*, diffusi in alcune regioni come Lombardia e Piemonte. Si tratta di accordi che intervengono tra soggetti pubblici e privati a livello locale, i quali cooperano tra loro in funzione di sviluppare la foresta e l'intera area circostante, definendo azioni e rafforzando il coordinamento tra i diversi operatori e stakeholders del settore, nel contesto di una cooperazione a lungo termine per la gestione sostenibile delle foreste.
- *Le Comunità del bosco*, introdotte e disciplinate in Regione Toscana (art. 19 bis, L.R. Toscana 39/2000), costituiscono organismi di governance collaborativa, ispirati ai principi della democrazia partecipativa e del pluralismo

istituzionale. Queste comunità riuniscono soggetti eterogenei – pubblici e privati – attorno a progetti di sviluppo locale sostenibile, incentrati sulla multifunzionalità del bosco, sull'equilibrio tra conservazione e valorizzazione, e sulla rivitalizzazione socioeconomica delle aree rurali e montane. Esse si pongono come catalizzatori di processi integrati di pianificazione e gestione, contribuendo anche a rafforzare l'identità territoriale e il senso di appartenenza.

- *Le cabine di regia di filiera*, attivate in ambiti regionali e subregionali (ad esempio in Trentino-Alto Adige), sono strumenti di coordinamento strategico e tecnico-operativo, finalizzati a migliorare l'integrazione tra i diversi segmenti della filiera foresta-legno-energia e a promuovere l'innovazione nella gestione delle risorse. Tali istituti svolgono una funzione di interfaccia tra mondo produttivo, enti di ricerca, amministrazioni pubbliche e società civile, favorendo lo scambio di buone pratiche, l'allineamento degli obiettivi e l'efficace utilizzo delle risorse disponibili.

Le menzionate esperienze dimostrano concretamente che una governance forestale efficace non può essere fondata esclusivamente su modelli top-down o su strumenti normativi standardizzati, ma deve piuttosto articolarsi attraverso forme di cooperazione reticolare che partano dal basso, basate su partecipazione attiva, responsabilità condivisa e valorizzazione del capitale territoriale. L'approccio collaborativo, che valorizzi l'autonomia privata ma che sia, allo stesso tempo, sapientemente guidato da soggetti istituzionali, consente di superare le rigidità burocratiche e i limiti dell'azione amministrativa tradizionale, promuovendo una visione integrata della gestione forestale come valore comune e come leva strategica per la sostenibilità paesaggistica e ambientale, lo sviluppo economico locale, la coesione sociale.

Del resto, lo sviluppo di diverse iniziative volontarie, interamente rimesse alla libera autonomia delle parti, sembra sostenere questa impostazione, che potrebbe però essere ulteriormente incentivata dalle istituzioni pubbliche, in considerazione della intrinseca multifunzionalità del patrimonio forestale ed in funzione di poter dare una risposta e un contributo a tutte le criticità poco sopra segnalate.

Tali modelli, quando adeguatamente sostenuti da un quadro normativo chiaro, da misure di accompagnamento tecnico e da investimenti mirati, potrebbero costituire buone pratiche replicabili anche in altri contesti regionali, contribuendo alla costruzione di un sistema forestale nazionale più resiliente, inclusivo e orientato alla lunga durata.

4. ATTIVITÀ TURISTICHE E PERCORSI FORESTALI

I percorsi forestali offrono un'occasione concreta per avvicinare la popolazione alla conoscenza del patrimonio naturale, stimolando un senso di responsabilità condivisa e consapevolezza ecologica. Le esperienze in natura – escursionismo, attività didattiche, cammini tematici – possono contribuire a rafforzare il legame tra cittadino e territorio, favorendo un approccio partecipativo alla tutela del paesaggio e delle risorse ambientali.

In questo contesto, iniziative turistiche sostenibili (ad esempio, ecotrekking, percorsi guidati, forest bathing, eventi culturali nei boschi) possono svolgere un ruolo decisivo per amplificare l'attrattività delle aree rurali e forestali, soprattutto nelle aree interne e montane soggette a spopolamento o abbandono.

L'integrazione tra turismo e gestione forestale rappresenta una strategia virtuosa, ma va accompagnata da adeguate politiche pubbliche di pianificazione, manutenzione e comunicazione del rischio. La creazione di percorsi attrezzati, la segnaletica aggiornata, la mappatura digitale e l'accessibilità calibrata in base al profilo degli utenti sono strumenti essenziali per garantire una fruizione sicura e inclusiva. Inoltre, gli enti locali, in collaborazione con associazioni, operatori turistici e comunità locali, possono promuovere una "governance diffusa" che rafforzi il presidio del territorio anche tramite il presidio attivo di guide, volontari o imprese sociali.

Tuttavia, uno dei nodi critici nell'apertura al pubblico di percorsi forestali è rappresentato dalla responsabilità per danni derivanti da infortuni, come cadute, smarrimenti o lesioni causate da elementi naturali. L'ordinamento giuridico italiano prevede che la responsabilità civile (ex art. 2043 e 2051 c.c.) possa ricadere sull'ente proprietario o gestore qualora venga dimostrata una colpa, omessa vigilanza o mancata manutenzione.

Nel caso dei percorsi naturalistici, dove l'ambiente è per sua natura mutevole e non del tutto controllabile, la giurisprudenza ha in alcuni precedenti sottolineato che l'utente debba essere consapevole del rischio naturale insito nella fruizione di tali spazi; ciò non esime però gli enti di gestione dalla necessità di adottare misure ragionevoli di sicurezza, proporzionate all'intensità dell'uso e al grado di attrezzatura del percorso. Una chiara classificazione dei sentieri, un'adeguata informazione preventiva e l'adozione di regolamenti d'uso contribuiscono a delimitare l'ambito della responsabilità e a tutelare sia i fruitori che gli enti.

La mancanza di queste misure potrebbe esporre l'ente gestore del percorso turistico ad importanti responsabilità e conseguenze, di natura civile e penale, che non possono essere sottovalutate e che, anche laddove si verificassero una

sola volta, potrebbero compromettere definitivamente il buon esito dell'iniziativa, soprattutto quando a gestire l'offerta è un'associazione di volontari o un soggetto provvisto di personalità giuridica, come l'associazione forestale.

5. CONCLUSIONI E PROSPETTIVE

La crisi strutturale che investe il settore forestale italiano rappresenta la manifestazione di una molteplicità di cause interconnesse, riconducibili a fattori di ordine economico, giuridico, istituzionale e socio-demografico, nonché a criticità legate alla morfologia del territorio e alla storica disattenzione delle politiche pubbliche verso le aree interne e montane. Si tratta dunque di un fenomeno complesso, che non può essere affrontato attraverso misure parziali o settoriali, ma richiede un ripensamento integrale del modello di governance e gestione del patrimonio forestale nazionale, orientato verso una sua maggiore sostenibilità.

In questa prospettiva, l'elaborazione di strategie efficaci potrebbe articolarsi lungo alcune direttrici fondamentali, che di seguito si provano a sintetizzare.

- Riattivazione delle superfici abbandonate e recupero dei cosiddetti "terreni silenti". È necessario promuovere strumenti normativi e operativi che consentano di reinserire nel circuito produttivo quelle superfici per le quali la titolarità è incerta o la gestione è assente. A tal fine, potrebbero risultare utili modelli di usucapione funzionale, proposte di gestione fiduciaria collettiva, o strumenti di mediazione patrimoniale, da collocare nel quadro del rispetto delle garanzie costituzionali sulla proprietà fondiaria, per le funzioni tanto individuali quanto collettive che questa svolge, dovendo però al contempo individuare il soggetto finale che andrà a beneficiare degli effetti acquisitivi dell'usucapione.
- Incentivazione del ricambio generazionale e promozione di nuova imprenditorialità forestale. La progressiva uscita degli operatori storici dal settore non è ancora compensata da un adeguato ingresso di nuove generazioni, anche a causa della bassa redditività, della scarsa attrattività dei contesti rurali e della complessità burocratica. Occorrerebbe pertanto investire in percorsi formativi specifici, incentivi all'insediamento, strumenti di mentoring e accompagnamento tecnico, nonché nella costruzione di contesti territoriali favorevoli all'innovazione sociale ed economica.
- Rafforzamento dei meccanismi contrattuali e istituzionali delle forme associative. La valorizzazione della gestione associata del bosco passa attraverso un'evoluzione degli strumenti esistenti (consorzi, cooperative, associazioni

fondiarie, accordi di foresta), in direzione di una maggiore solidità giuridica, flessibilità operativa e inclusività sociale. I recenti accordi di foresta costituiscono una risposta ma è altresì necessario superare le attuali debolezze strutturali, mediante la predisposizione di modelli contrattuali standardizzati, forme di sostegno tecnico-legale e spazi di mediazione territoriale, anche in funzione di incentivare le tradizionali forme di cooperazione quale l'associazionismo, i consorzi e le cooperative.

- **Promozione di una filiera forestale integrata e sostenibile.** Il rilancio del settore forestale richiede un approccio di filiera, che colleghi in modo sinergico la gestione del bosco, la trasformazione delle materie prime, la valorizzazione energetica e l'innovazione tecnologica. Ciò implica la costruzione di cabine di regia locali e regionali, l'adozione di strategie che valorizzino il territorio, e il sostegno a pratiche di economia circolare e bioeconomia forestale. Il TUFF dedica già molta attenzione alle attività di programmazione e pianificazione ma sarebbe opportuna una maggiore diffusione dei Piani forestali di indirizzo territoriale e i piani di gestione forestale.
- **Percorsi forestali.** Si raccomanda di adottare un approccio sistemico alla valorizzazione dei percorsi forestali, che integri la rete sentieristica all'interno degli strumenti di pianificazione territoriale, favorendo il coordinamento tra politiche turistiche, ambientali, di protezione civile e di sviluppo locale. A tal fine, è essenziale prevedere protocolli minimi per la manutenzione e il monitoraggio periodico dello stato dei percorsi, con il possibile coinvolgimento delle comunità locali, delle aree protette e di soggetti del terzo settore. Occorre inoltre garantire un'adeguata comunicazione del rischio, attraverso cartellonistica chiara, strumenti digitali (app mobili, QR code) e indicazioni aggiornate sulle condizioni del tracciato e le regole di comportamento. In parallelo, andrebbero considerate forme di copertura assicurativa pubblica o convenzionata a tutela dei fruitori, nonché l'adozione di regolamenti d'uso accessibili nei punti di accesso. Infine, la valorizzazione turistica dovrà essere improntata a criteri di sostenibilità, promuovendo iniziative compatibili con l'ecosistema forestale e favorendo la formazione di guide ambientali, educatori territoriali e operatori locali.

In definitiva, solo mediante un approccio interdisciplinare e multilivello, capace di coniugare dimensione normativa, pianificazione territoriale che tuteli il bosco sia per la sua dimensione paesaggistica quanto ambientale, innovazione economica e inclusione sociale, sarà possibile restituire centralità strategica al patrimonio forestale nazionale.

Lo scopo è iniziare a guardare al bosco non in termini di una eredità passiva, ma di una risorsa dinamica e rigenerativa per lo sviluppo sostenibile del Paese.

RIASSUNTO

Il settore forestale italiano si confronta con un insieme articolato di criticità che travalicano la sola dimensione economica e coinvolgono aspetti giuridici, istituzionali e demografici. L'analisi dei fattori che ne compromettono la piena funzionalità, unitamente alla valutazione delle risposte normative e delle esperienze territoriali, rivela la necessità di una revisione sistemica delle modalità di gestione del patrimonio in funzione di raggiungere quell'obiettivo di gestione forestale sostenibile, menzionato non solo dal d.lgs. 34/2018, Testo unico in materia di foreste e filiere forestali, ma anche dalle fonti internazionali, prima fra tutte l'Agenda 2030 e il suo obiettivo 15. L'attenzione va rivolta in particolare alla frammentazione fondiaria, all'abbandono delle superfici boschive, alla carenza di ricambio generazionale e alla proliferazione dei cosiddetti "terreni silenti".

NICOLETTA FERRUCCI¹, GIOVANNI MARIA FLICK²

La riforma costituzionale degli articoli 9 e 41 a tre anni dalla sua applicazione

¹ Accademia dei Georgofili; Università di Firenze

² Accademia dei Georgofili

GIOVANNI MARIA FLICK

*La Costituzione alla prova della sostenibilità:
senso, sistema, applicazioni*

I. CONTESTO POLITICO E ISTITUZIONALE DELLA RIFORMA

L'approvazione nel 2022 della legge costituzionale n. 1/2022, che ha modificato gli articoli 9 e 41 della Costituzione italiana, è avvenuta in un clima di ampio consenso politico e istituzionale. Il Parlamento, in particolare, ha mostrato un rarissimo livello di convergenza: la Camera dei deputati ha approvato in via definitiva l'8 febbraio 2022 con 468 voti favorevoli, 1 contrario e 6 astensioni, dopo che anche il Senato aveva dato luce verde con la maggioranza dei due terzi. Questa quasi unanimità riflette la volontà condivisa, trasversale ai partiti, di inserire in Costituzione la tutela dell'ambiente e degli animali, riconoscendo l'urgenza e la centralità crescente di tali temi. Il contesto istituzionale era quello di un governo di larga coalizione e di un dibattito pubblico sempre più sensibile alle questioni ecologiche, influenzato anche da impegni internazionali (come l'Accordo di Parigi sul clima) e da movimenti sociali globali (ad es. i movimenti giovanili per il clima). La riforma, maturata anche in seguito a anni di proposte di legge e discussioni parlamentari, si inserisce dunque in un trend più ampio di "costituzionalizzazione" dell'ambiente che ha interessato molte democrazie europee e recepisce una crescente sensibilità culturale e politica verso la sostenibilità.

2. MOTIVAZIONI POLITICHE E CULTURALI DELLA MODIFICA

Le motivazioni alla base della revisione degli artt. 9 e 41 Cost. sono sia politiche sia culturali. Da un lato, vi è la presa d'atto dell'emergenza climatico-ambientale e la necessità di costituzionalizzare il "principio fondamentale" dello sviluppo sostenibile di derivazione internazionale ed europea. L'introduzione del riferimento all'interesse delle future generazioni nel nuovo art. 9 richiama infatti esplicitamente il paradigma dello sviluppo sostenibile, inteso come soddisfacimento dei bisogni presenti senza compromettere quelli futuri. Inserire in Costituzione l'ambiente, la biodiversità e gli ecosistemi significa rendere questi valori parte integrante dell'identità repubblicana, al pari della tutela del paesaggio e del patrimonio storico-artistico (già presenti dal 1948). Dal punto di vista culturale, la riforma riflette un'evoluzione della coscienza collettiva: l'ambiente non è più considerato in senso statico soltanto un bene estetico o naturalistico ma un elemento essenziale del benessere sociale e un diritto/dovere fondamentale, in prospettiva dinamica. Analogamente, la menzione degli animali segna un cambiamento culturale importante: per la prima volta nella storia repubblicana si riconosce che gli animali meritano tutela giuridica, sintomo di una sensibilità etica crescente verso il loro benessere. Politicamente, l'iniziativa ha goduto di favore trasversale perché interpretata come un atto di modernizzazione costituzionale a costo politico contenuto: rafforzare i principi ambientali nella Carta era un modo per rispondere alle istanze ecologiste dell'opinione pubblica senza intaccare in maniera divisiva l'assetto dei poteri. In sintesi, la modifica costituzionale nasce dall'incontro tra una spinta politico-programmatica (inserire i temi verdi nell'agenda istituzionale) e una spinta culturale (riconoscere l'ambiente come valore fondamentale condiviso).

3. PORTATA GIURIDICA E SIMBOLICA DEI NUOVI TESTI

La riforma del 2022 presenta una portata tanto giuridica quanto simbolica di grande rilievo. In termini simbolici, si è trattato di un cambiamento definito epocale dagli osservatori: per la prima volta è stato modificato uno dei principi fondamentali della Repubblica (l'art. 9) introducendo un principio del tutto nuovo, la tutela dell'ambiente (e degli animali), con riferimento esplicito alla dimensione intergenerazionale. Ciò comunica al Paese – e alla comunità internazionale – che la protezione dell'ambiente è divenuta un valore fondativo della nostra identità costituzionale, al pari della cultura e del paesaggio. L'innesto di queste formule ha anche un effetto pedagogico: rafforza la consa-

pevolezza collettiva circa la necessità di conciliare lo sviluppo con la salvaguardia degli ecosistemi e sancisce che il benessere umano è inscindibile da quello ambientale. Dal punto di vista giuridico, il nuovo testo degli articoli 9 e 41 amplia il catalogo dei beni costituzionalmente protetti e incide sui rapporti tra i principi. L'articolo 9, nel suo nuovo comma, recita che la Repubblica «tutela l'ambiente, la biodiversità e gli ecosistemi, anche nell'interesse delle future generazioni», aggiungendo inoltre che «la legge dello Stato disciplina i modi e le forme di tutela degli animali». Questo colloca l'ambiente tra i valori supremi che guidano l'azione pubblica, vincolando il legislatore e ogni potere pubblico a tenere conto della tutela ambientale in ogni scelta. L'ambiente assurge così a bene costituzionale esplicito, fornendo base testuale agli orientamenti già da tempo emersi nella giurisprudenza costituzionale (che aveva ricavato la tutela ambientale da principi impliciti, come il combinato dell'art. 9 "paesaggio" e art. 32 "salute"). Adesso la tutela ambientale gode di un ancoraggio espresso, che ne faciliterà l'applicazione concreta e il bilanciamento con altri interessi. Importante è anche la portata simbolico-giuridica della menzione degli animali: sebbene affidata a una riserva di legge (sarà la legge statale a definire modi e forme della tutela animale), la loro inclusione in Costituzione segna la "dignificazione" di tali esseri nell'ordinamento, e impone al legislatore di intervenire per colmare eventuali lacune nella protezione del benessere animale. In sintesi, i nuovi testi costituzionali hanno un valore altamente simbolico, poiché aggiornano i valori repubblicani ai problemi del XXI secolo, e una rilevante portata giuridica, in quanto introducono parametri nuovi e più stringenti cui dovranno conformarsi sia l'attività legislativa sia quella amministrativa e giurisdizionale.

4. IL RUOLO DEGLI ARTICOLI 9 E 41 NEL SISTEMA COSTITUZIONALE DOPO LA RIFORMA

Dopo la revisione, gli artt. 9 e 41 assumono un ruolo rafforzato e in parte rinnovato nell'impianto costituzionale. L'articolo 9 – parte dei Principi Fondamentali – estende la sua tutela dal *paesaggio* all'ambiente in senso lato, includendo la biodiversità e gli ecosistemi, e si qualifica così come clausola generale di protezione ambientale. Esso va ora letto in stretta correlazione con altri principi fondamentali e diritti: in particolare con l'art. 2 (doveri di solidarietà, che ora si possono intendere anche verso le generazioni future e gli altri viventi) e con l'art. 32 (tutela della salute umana, che è intrinsecamente legata alle condizioni ambientali). L'ambiente, da valore implicitamente tutelato, è divenuto diritto-dovere trasversale, guidando il bilanciamento tra interessi in

ogni settore. L'articolo 41, dal canto suo, è parte della cosiddetta "costituzione economica" e regola la libertà di iniziativa economica. La riforma ne ha modificato il secondo e il terzo comma, stabilendo che l'attività economica privata non possa svolgersi «in modo da recare danno alla salute, all'ambiente, alla sicurezza, alla libertà, alla dignità umana», e che la legge indirizzi e coordini l'attività economica pubblica e privata a fini sociali e ambientali. Questo significa che la protezione dell'ambiente (insieme alla salute) è ora elevata a limite esplicito all'iniziativa economica, sullo stesso piano degli altri limiti già previsti (utilità sociale, sicurezza, libertà, dignità umana). In altri termini, la *tutela ambientale* entra a pieno titolo tra i criteri di liceità dell'attività economica: l'impresa è certamente libera, ma non può mai giustificare la devastazione dell'ambiente o danni alla salute pubblica. Inoltre, l'aggiunta dei "fini ambientali" accanto ai fini sociali nel terzo comma implica che lo Stato può (anzi, deve) attivare programmi e controlli sulle attività economiche orientati alla salvaguardia ambientale. Ciò arricchisce il ruolo dell'art. 41 nel sistema: da norma che consentiva la programmazione economica per ragioni sociali (p.e. evitare monopoli, garantire equa distribuzione delle risorse), esso ora legittima interventi pubblici finalizzati alla transizione ecologica, alla riduzione dell'inquinamento, al controllo di attività nocive, ecc. Possiamo dunque parlare di un riequilibrio della costituzione economica in senso "ecologico". L'art. 41 riformato diventa il fulcro del necessario bilanciamento tra economia e ambiente: come osservato, dal 2022 l'iniziativa economica resta libera ma «oltre a bilanciarsi con sicurezza, libertà e dignità umana, deve prevedere anche la tutela dell'ambiente e della salute». Ne discende che il modello di sviluppo economico delineato dalla Costituzione italiana è oggi improntato alla sostenibilità: la crescita economica è costituzionalmente legittima solo se compatibile con la salvaguardia dell'ambiente e dei beni comuni fondamentali.

5. PRIMI EFFETTI CONCRETI E PROSPETTIVE APPLICATIVE

Trascorsi tre anni dall'entrata in vigore della riforma (9 marzo 2022), è possibile tracciare un primo bilancio dei suoi effetti. Sul piano delle politiche pubbliche, va riconosciuto che finora non si sono registrati interventi legislativi di ampio respiro espressamente adottati in attuazione dei nuovi principi. Ad esempio, l'obbligo costituzionale di definire per legge le forme di tutela degli animali non ha ancora condotto a una legge quadro sugli animali; analogamente, l'Italia continua a non dotarsi di una legge organica sul clima, strumento che molti altri Paesi europei hanno già adottato e che sarebbe fondamentale per tradurre il principio di sostenibilità in obiettivi vincolanti. Sul

fronte giurisprudenziale, il primo organismo ad applicare concretamente i nuovi artt. 9 e 41 è stata la Corte costituzionale: con la sentenza n. 105 del 13 giugno 2024, la Consulta ha dichiarato illegittima una norma (il cosiddetto “decreto Priolo”) che consentiva di protrarre a tempo indeterminato attività industriali inquinanti in nome di generici interessi economici. In quella decisione storica, la Corte – richiamandosi espressamente ai principi introdotti nel 2022 – ha affermato che la libertà d’impresa non può mai tradursi in un sacrificio permanente della salute e dell’ambiente dei cittadini: eventuali bilanciamenti in favore dell’economia possono essere tollerati solo *provisoriamente*, per il tempo strettamente necessario a mettere in sicurezza gli impianti produttivi, ma non oltre. Si tratta di un netto cambio di prospettiva rispetto al passato: come rilevato da autorevoli commentatori, dopo la modifica dell’art. 41 la difesa dell’ambiente e della salute diventano valori preminenti, a cui l’interesse dell’attività economica deve subordinarsi in via definitiva (se non per limitate e temporanee deroghe tecniche). In altri termini, la pronuncia sul caso *Priolo* ha sancito che l’attività economica è certamente libera, ma *non può svolgersi in violazione della salute e dell’ambiente*, salvo brevi periodi transitori per adeguare i processi produttivi. Questo verdetto, definito “storico” dagli stessi giudici e osservatori, costituisce il primo banco di prova della riforma costituzionale, dimostrando come i nuovi principi possano avere un impatto concreto nei conflitti tra esigenze produttive ed esigenze di tutela collettiva.

Guardando al futuro, le prospettive applicative dipendono ora dalla capacità del legislatore e del governo di tradurre i principi costituzionali in politiche attive. L’inserimento del clima e dell’ambiente in Costituzione offre una base autorevole per misure incisive: ad esempio, l’adozione di una legge quadro sul contrasto ai cambiamenti climatici (finora assente in Italia) sarebbe una diretta attuazione dell’interesse delle future generazioni sancito dall’art. 9. Analogamente, il Parlamento potrebbe rafforzare la legislazione sulla tutela della biodiversità, sulle energie rinnovabili, sul consumo di suolo, sentendosi legittimato – anzi obbligato – a farlo dal dettato costituzionale. Sul versante della tutela animale, la Costituzione rinnovata esige interventi legislativi puntuali come la promozione di pratiche zootecniche più rispettose del benessere animale (come auspicato da varie proposte di legge in attesa di esame). Inoltre, l’introduzione dei principi ambientali e di sostenibilità potrà orientare l’interpretazione di tutta la normativa vigente: ci si attende che giudici civili e amministrativi, così come le autorità pubbliche, tengano conto della gerarchia valoriale aggiornata, privilegiando soluzioni conformi alla tutela ambientale.

Maggiore cautela deve esser assunta invece sul piano del diritto penale.

La riforma impone certamente una maggiore responsabilizzazione degli operatori economici nel rapporto con le collettività e il territorio in cui hanno

sede; nel rapporto con i lavoratori; nella compliance interna; nel rapporto con gli interessi delle future generazioni. Essa può inoltre contribuire alla rimodulazione degli interessi meritevoli di tutela penale nella dinamica delle attività economiche, d'impresa e produttive. Tuttavia può anche legittimare interpretazioni estensive della responsabilità penale dal punto di vista soggettivo e oggettivo (ad esempio sotto il profilo della colpa e della causalità). Può indurre ad applicazioni innovative di fattispecie penali già esistenti nel codice penale o all'inasprimento delle pene da parte del legislatore.

Già da tempo l'interpretazione e l'applicazione delle norme sull'organizzazione di impresa e sui suoi sviluppi in sede penale hanno comportato l'evoluzione e talora anche il superamento di principi già tradizionali e consolidati del diritto penale classico.

Preoccupano alcuni recenti interventi del legislatore. Essi si presentano come una serie di interventi spot su questioni contingenti; non sembrano esprimere un progetto chiaro di politica criminale e di gestione amministrativa dei problemi in discussione. Si ricorre alla decretazione d'urgenza anche se le ragioni di essa non sono desumibili o non sussistono. Si fanno passare sotto l'etichetta dell'emergenza interventi che dovrebbero essere invece meditati con razionalità, studio e metodo, per la complessità della realtà e del contesto sociale in cui quegli interventi dovrebbero operare.

Per un verso si inaspriscono le sanzioni senza rispetto del principio di proporzionalità. Per un altro verso si consolida il sistema dei reati bagatellari che dovrebbe invece essere oggetto di un ripensamento. Per un altro ancora si esagera con la confisca allargata in relazione a illeciti che possono anche non avere risvolti patrimoniali di connessione con un reato.

Interventi meramente simbolici – introdotti per convincere di “aver fatto qualcosa” nel campo della giustizia – non bastano a dimostrare l'interesse del legislatore verso i temi importanti del rapporto fra ambiente, natura, biodiversità ed economia.

La modifica degli articoli 9 e 41 muove invece dalla nuova e più ampia concezione dell'ambiente e dello sviluppo sostenibile, quale nuovo “principio fondamentale”. Può costituire un nuovo “criterio-guida” del diritto penale dell'economia.

La maggiore responsabilizzazione dell'impresa non sembra potersi interpretare soltanto come cristallizzazione della correttezza nell'anticipare l'intervento del diritto penale a forme più astratte di pericolo. È anzitutto lo Stato a essere chiamato in causa per l'attuazione del giusto equilibrio individuato dagli articoli 9 e 41 della Costituzione, con interventi che agevolino le imprese a rispettare maggiormente l'ambiente, gli ecosistemi, la biodiversità e l'interesse delle future generazioni. Il principio dello sviluppo sostenibile rifiuta

repressioni ipocrite, senza presa di coscienza e con fuga di responsabilità da parte di tutti.

In definitiva, a tre anni dalla sua applicazione, la riforma degli artt. 9 e 41 Cost. rappresenta un cambiamento di paradigma ancora in fase di attuazione: il suo impatto concreto dipenderà dall'azione coerente di istituzioni e società, ma il segnale lanciato è chiaro e impegnativo. La Costituzione "verde" italiana pone l'ambiente e la salute al centro dell'ordinamento, indicando la strada verso un modello di sviluppo più sostenibile e conferendo una base costituzionale solida alle future politiche di tutela ecologica e di equità intergenerazionale.

NICOLETTA FERRUCCI

La riforma costituzionale degli articoli 9 e 41 della Costituzione italiana nel contesto della politica climatico-ambientale internazionale e dell'Unione Europea: la proiezione verso il futuro aperta dalla Nature Restoration Law

I. IL RISVEGLIO DELL'ATTENZIONE SULLA CRISI ECOLOGICA MONDIALE: DALL'ENCICLICA "LAUDATO SI'" ALL'APERTURA DELLA POLITICA CLIMATICO-AMBIENTALE INTERNAZIONALE E UNIONALE VERSO LA RICERCA DI STRUMENTI DI SOLUZIONE

Le riflessioni corali sulla profonda crisi ecologica che avvolge il nostro pianeta e i suoi abitanti, dall'ovattato mondo della scienza si sono proiettate sul piano del sapere comune veicolate dai media, attraverso le immagini del susseguirsi a livello planetario di disastri ambientali, e delle relative ripercussioni socio-economiche, legati al climate change, che spesso però evaporano in una sorta di evanescenza indotta dalla tendenziale assuefazione dei destinatari; dagli strali lanciati dalle Associazioni ambientaliste che si susseguono a ritmo sempre più incalzante; dai messaggi politici filo-ambientali, che spesso si rivelano una sorta di maschera dietro la quale si nasconde una strumentalizzazione a fini elettorali; dalla corsa spasmodica delle imprese a esaltare i pregi ecologico-ambientali della loro attività, prodotti e servizi, fino a rasentare e talvolta oltrepassare il limite del greenwashing. Si disegna così nel sentire comune una rocambolesca alternanza tra l'apertura di scenari apocalittici e incomprensibili nicchie di resistente negazionismo, alla ricerca di un difficile equilibrio tra questi due estremi. Su questo sfondo l'Enciclica "Laudato si'" di papa Francesco, dal titolo così evocativo di suggestioni antiche, ha segnato nel 2015

un punto di svolta nel percorso verso la sensibilizzazione e la sollecitazione della collettività e dei decisori politici ad una presa d'atto e ad una riflessione attiva su questi temi, disegnando con un linguaggio semplice, ma diretto e incisivo, le diverse sfaccettature della crisi ecologica, evidenziando con forza di quest'ultima le estreme conseguenze che travalicano i confini dell'ecologia, e si spingono fino a scolpire un nuovo drammatico volto della questione sociale. L'Enciclica ha identificato la matrice prima del dramma ecologico e sociale nell'antropocentrismo, nel relativismo, nel paradigma tecnocratico; ha auspicato l'innescò di un processo salvifico di conversione ecologica, di rigenerazione culturale, spirituale, etica, educativa, capace di invertire la tendenza predatoria dell'uomo nei confronti della nostra terra e delle sue risorse; ha invocato il potenziamento del ruolo del diritto, chiamato ad assumere i connotati di leadership nel guidare la società in questa direzione.

Al contempo si è consolidata nel mondo scientifico e sulle sue orme, talvolta tardivamente, nella politica ambientale, la proiezione della crisi ecologica in una dimensione caratterizzata da un intreccio di dinamismi relazionali, caratterizzato da reciproci condizionamenti genetici e funzionali, in positivo e in negativo, tra le diverse tessere che compongono il mosaico delle risorse ambientali e dei servizi ecosistemici che le stesse erogano a beneficio dell'uomo: la biodiversità, il suolo, l'acqua, l'aria. Il consumo di suolo, cioè l'incremento della copertura artificiale del suolo, altera profondamente i cicli vitali fondamentali per il funzionamento globale dell'ecosistema, l'inquinamento idrico e dell'aria fungono da innesco rispetto a derive ambientali matrici di massiccia perdita o erosione della biodiversità, a fianco di altri fattori come quello crescente, incurante dei tentativi di derivazione internazionale e unionale di arginarlo, dell'introduzione ad opera dell'uomo di specie vegetali o animali alloctone, cioè originarie di altre aree geografiche, alla cui azione, sotto forma di competizione per risorse limitate, predazione da parte della specie introdotta e diffusione di nuove malattie, si deve, ad esempio, un'ampia percentuale dei casi di estinzione di uccelli e mammiferi, e il prelievo venatorio e la pesca da troppo tempo condotti in maniera eccessiva e indiscriminata che hanno a loro volta determinato un aggravamento di situazioni già a rischio per la degradazione degli habitat, a spese soprattutto di specie la cui carne è commestibile, tipicamente la selvaggina e il pesce, ma in Africa e Asia anche scimmie e scimpanzé, e quelle la cui pelle e le cui corna, tessuti e organi hanno un alto valore commerciale (tigri, elefanti, rinoceronti, balene): molti Report internazionali, UE e nazionali, evidenziano che questo trend è in continua crescita.

La crisi della biodiversità e la crisi climatica sono, a loro volta, collegate tra loro nel senso che la crisi dell'una è geneticamente e funzionalmente legata a quella dell'altra, e, a sua volta, il miglioramento delle condizioni dell'una ge-

nera effetti positivi sullo stato dell'altra. È infatti dato scientificamente concludere che l'alterazione del clima a scala globale e locale ha prodotto attraverso siccità, inondazioni, incendi boschivi, significativi effetti sulla biodiversità, in termini di distribuzione delle specie e di mutamento dei cicli biologici; e che, a sua volta, la perdita di biodiversità è uno dei fattori alla base dei cambiamenti climatici. Viceversa, la presenza di habitat e di una biodiversità in buone condizioni qualitative e quantitative, zone umide, torbiere, ecosistemi costieri, foreste, pascoli, forestazione urbana, infrastrutture verdi, riduce le emissioni climalteranti e dunque limita e frena il surriscaldamento globale e il conseguente climate change.

La sinergia di questo intreccio corale di elementi si riflette poi con conseguenze importanti, in positivo e in negativo, sulla salute umana, nell'ottica della moderna visione sincronica e circolare cristallizzata dalla scienza nel One Health, paradigma che lega indissolubilmente la tutela della salute del pianeta e quella dell'uomo e degli animali, accolto dalla politica internazionale climatico-ambientale e, a cascata, da quella dell'Unione Europea e nazionale, traducendosi talvolta in norme giuridiche. In questa direzione sul piano internazionale si va sempre più consolidando la prospettiva di creare una sinergia tra la Conferenza delle Parti della Convenzione sulla diversità biologica e la Conferenza delle Parti della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici.

2. IL PRINCIPIO DELLO SVILUPPO SOSTENIBILE COME LEADING CONCEPT DELL'INTERVENTO DEL LEGISLATORE

In questo complesso scenario il principio dello sviluppo sostenibile si è irradiato nell'ordito del tessuto del diritto, rivendicando il suo ruolo di leading concept che diacronicamente connota l'essenza dell'agire giuridico quando con quelle emergenze si confronta, fin dai primordi della sua affermazione sul versante del diritto internazionale, come viatico per il primo ingresso della tutela dell'ambiente nei settori di intervento del diritto allora comunitario, e oggi si rivela indiscusso protagonista delle più recenti linee di indirizzo che l'ONU ha formulato nell'Agenda 2030, e, a cascata, l'Unione Europea ha accolto nel disegno del Green Deal europeo. Il Green Deal riformula su nuove basi l'impegno della Commissione ad affrontare i problemi legati al clima e all'ambiente e propone come risposta a queste sfide una nuova strategia di crescita mirata a rendere l'Europa a impatto climatico zero entro il 2050, a proteggere, conservare e migliorare il capitale naturale dell'Unione Europea e a tutelare la salute e il benessere dei cittadini dai rischi di natura ambien-

tale migliorando la qualità di vita e il benessere economico delle generazioni presenti e future. Il filo rosso della sostenibilità tridimensionale, ambientale, economica e sociale, lega poi, a seguire, le Strategie varate dalla Commissione nella cornice del Green Deal, dalla Strategia From Farm to Fork a quella sulla Biodiversità per il 2030, fino alla Strategia dell'UE per il suolo per il 2030 e alla Nuova Strategia per le foreste per il 2030. Lo stesso programma europeo Next Generation EU (EGEU) prevede come condizione per l'accesso ai finanziamenti che tutti gli investimenti e le riforme varate dai Piani Nazionali di Ripresa e Resilienza PNRR debbano rispettare il principio Do No Significant Harm (DNSH), cioè di non arrecare danni significativi all'ambiente.

3. IL FALLIMENTO DELLE POLITICHE CLIMATICO-AMBIENTALI E IL RADICALE CAMBIAMENTO DI PROSPETTIVA APERTO DALLA NATURE RESTORATION LAW

Più di recente sul piano internazionale, tradizionalmente apripista nel percorso che il diritto compie quando dialoga con la scienza, si sta spostando l'attenzione dei Trattati verso orizzonti in precedenza mai esplorati ma strategici nella dimensione della crisi ecologica: il 3 marzo 2023, sull'onda delle forti sollecitazioni provenienti dal mondo scientifico e grazie alla spinta propulsiva esercitata dalla World Economic Forum's Ocean Action Agenda, gli Stati membri dell'ONU hanno siglato a New York l'High Seas Treaty, un accordo che si prefigge l'obiettivo di assicurare oggi e in una prospettiva a lungo termine, anche attraverso ulteriori forme di cooperazione e coordinamento internazionale, la conservazione e l'uso sostenibile della biodiversità marina degli High Seas, cioè di quelle zone di oceano che si trovano ad oltre le duecento miglia dalla costa, dunque al di là delle acque territoriali nazionali, e delle quali fino ad oggi solo l'uno per cento beneficiava di tutela giuridica come oggetto di protocolli di protezione. Al contempo, ancora sul piano internazionale, e poi su quello dell'Unione Europea, dalla constatazione, acquisita attraverso l'analisi dei Report dello IUCN, della Commissione Europea e gli Studi scientifici di settore, del fallimento degli sforzi compiuti dalla politica e dal diritto ambientale mirati a frenare il fenomeno della massiccia perdita ed erosione della biodiversità, è maturata la consapevolezza della necessità di impostare su nuove basi la ricerca degli strumenti mirati ad arginare la crisi ecologica: il Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework concordato in occasione della conferenza delle Nazioni Unite sulla biodiversità del 2022 (COP 15) e, sul piano unionale, la Strategia dell'UE sulla biodiversità per il 2030, del 2020, hanno evidenziato come mantenere attraverso le sole misure di protezione la natura nello stato in cui si trova oggi non sia sufficiente a farla

ritornare parte della nostra vita, e sia viceversa improcrastinabile, per invertire la rotta, puntare con decisione al ripristino della stessa attraverso piani di ripristino ad hoc, rispetto ai quali, nell'ottica della Strategia varata dalla Commissione Europea, l'Unione europea deve giocare il ruolo di apripista. Il Regolamento 2024/1991 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 24 giugno 2024 sul ripristino della Natura, entrato in vigore il 18 agosto 2024, accoglie l'assist lanciato dalla Commissione e segna una svolta fondamentale sotto profili diversi: l'abbandono delle sponde della soft Law e delle direttive a favore dell'adozione della forma del regolamento, lo strumento normativo più forte e incisivo nella gamma delle fonti del diritto dell'Unione Europea, dotato di immediata efficacia prescrittiva all'interno degli ordinamenti giuridici degli Stati membri, senza necessità dell'intermediazione della legislazione nazionale; l'adozione come baricentro attorno al quale si dipanano le sue disposizioni di uno specifico profilo dell'ampia nozione di natura, scegliendo di orientare il suo intervento non su singole specie vegetali o animali, ma sui contesti naturalistici che ospitano le diverse sfaccettature della biodiversità, gli ecosistemi; l'univoca determinazione a focalizzare l'attenzione e far convergere le nuove misure attorno all'unico obiettivo del "ripristino" degli ecosistemi, come strumento da forgiare per arginare il declino quantitativo e qualitativo della biodiversità, abbandonando il mantra della sua generica mera protezione, ed eleggendo dunque il ripristino ad obiettivo primario e trainante e al contempo strumento di intervento in ogni concreta situazione di criticità nella quale versa la natura.

4. COME SI COLLOCA IN QUESTO CONTESTO LA RIFORMA DEGLI ARTT. 9 E 41 DELLA COSTITUZIONE E QUALI RIPERCUSSIONI LA STESSA HA AVUTO SULLA LEGISLAZIONE NAZIONALE ITALIANA?

Lo scenario del diritto nazionale italiano per lungo tempo ha suscitato nel giurista un senso di smarrimento a fronte del lento incedere dei primi passi mossi nella direzione della attuazione degli impegni assunti in sede internazionale verso la sostenibilità, sullo sfondo della lunga teoria delle procedure di infrazione a carico dell'Italia per violazione o cattiva applicazione della normativa UE sulla lotta ai cambiamenti climatici, così come quelle inerenti alla attuazione delle direttive cardine della Rete Natura 2000. Indubbiamente la riforma degli articoli 9 e 41 della Costituzione operata dalla legge costituzionale 11 febbraio 2022, n. 1, ha segnato un punto di svolta sotto profili diversi: la formalizzazione e l'elevazione a rango di principio fondamentale della Costituzione della tutela dell'ambiente e, in una sorta di superfetazione del dettato

normativo, da me più volte stigmatizzata, della tutela delle sue componenti, biodiversità ed ecosistemi, l'individuazione del rispetto degli interessi ambientali come limite alla libertà di iniziativa economica, l'attenzione agli animali come risorsa ambientale, sia pure soltanto attraverso l'affidamento alla legge dello Stato della disciplina dei modi e delle forme della relativa tutela. La riforma costituzionale ha aperto nuovi orizzonti anche nella direzione di un più compiuto e formalizzato incardinamento del principio dello sviluppo sostenibile nel tessuto del diritto che ha raggiunto la sua apoteosi nel suo ingresso tra i principi fondamentali della Carta costituzionale. Ed è proprio la sublimazione con il crisma della dignità costituzionale del superamento del presentismo l'elemento di spicco, fortemente innovativo della riforma che si allinea in chiave ambientale alle tracce ben visibili dello stesso già presenti al suo interno. Quanto ha effettivamente inciso la riforma sulla realtà giuridica italiana facendo un bilancio a tre anni di distanza dalla sua formalizzazione? Ad eccezione di qualche sporadico richiamo ad essa in un numero limitatissimo di pronunce giurisprudenziali, quella riforma non ha ad oggi trovato eco nel nostro Ordinamento.

Forse attualmente le speranze di una reale e significativa protezione dell'ambiente, della biodiversità, degli ecosistemi e degli animali si legano alle prospettive aperte dal Regolamento sul ripristino della Natura che impongono agli Stati obblighi puntuali, innovativi e cogenti.

QUIRICO MIGHELI¹, PIERO CRAVEDI²

Recenti sviluppi nelle strategie di protezione delle colture dalle avversità

¹ Dipartimento di Agraria e Nucleo di Ricerca sulla Desertificazione, Università degli Studi di Sassari

² Accademia dei Georgofili

I. LA PROTEZIONE DELLE PIANTE NELLA MODERNA AGRICOLTURA

1.1 *Il contesto storico*

Il ruolo cardine della protezione delle piante è riconosciuto fin dagli albori dell'agricoltura: già nell'antico Egitto, ad esempio, venivano impiegate pratiche quali la sommersione, la rotazione colturale e l'uso dello zolfo per contenere lo sviluppo degli organismi nocivi. Nel tempo, con l'espansione dell'agricoltura e l'aumento del numero di specie coltivate, è apparsa evidente la necessità di approcci più sistematici per la gestione dei parassiti e dei patogeni. A partire dal secondo dopoguerra, i fitofarmaci di sintesi sono emersi quali principali protagonisti nel “grande balzo in avanti” della protezione delle piante. Questi composti hanno offerto uno strumento potente per combattere gli organismi nocivi che minacciavano le colture. Tuttavia, l'uso di agrofarmaci su larga scala ha portato a gravi conseguenze, tra cui l'inquinamento ambientale, la selezione di popolazioni dei patogeni e dei fitofagi resistenti e i potenziali effetti dannosi sugli organismi non bersaglio.

1.2 *L'importanza economica ed ecologica della protezione delle piante*

Gli interessi economici legati alla protezione delle piante sono indiscussi. Secondo le stime della Food and Agriculture Organization (FAO), fino al 40% dei raccolti viene perso ogni anno a causa di attacchi da parte di artropodi, microrganismi fitopatogeni ed erbe infestanti durante la coltivazione o nelle fasi di post-raccolta. Queste perdite hanno un impatto diretto sulla sicurezza

alimentare globale, poiché la domanda di cibo continua ad aumentare, insieme all'espansione della popolazione mondiale. L'importanza della protezione delle piante non è solo economico-sociale, ma anche ecologica: i parassiti e i patogeni delle colture possono decimare interi ecosistemi, interferire con le catene alimentari e contribuire alla perdita di biodiversità. Non bisogna mai dimenticare che l'agricoltura è intrinsecamente legata alla salute degli ecosistemi, così anche le pratiche di protezione delle piante devono essere bilanciate attentamente al fine di evitare effetti dannosi sull'ambiente. L'uso indiscriminato di agrofarmaci ha sollevato non poche preoccupazioni riguardo alla salute del suolo, alla contaminazione delle acque e all'impatto negativo sugli organismi utili, *in primis* gli insetti impollinatori. Ciò ha creato giustificate preoccupazioni da parte dei decisori politici, dei gruppi ambientalisti e dei consumatori, spingendo l'agroindustria a sviluppare approcci alternativi e meno impattanti per il contenimento dei fitopatogeni.

Oltre alla necessità di ridurre l'impatto ambientale, la moderna fitoiatria affronta diverse sfide che rendono sempre più difficile la lotta contro le avversità. Uno dei principali problemi è rappresentato dallo sviluppo della resistenza: nel tempo, molte specie di patogeni hanno selezionato resistenze ai fitofarmaci più comunemente usati, riducendone o annullandone l'efficacia e obbligando così al ricorso a nuovi principi attivi o a nuove strategie di lotta. Fin dal 2006, nell'Unione Europea, l'uso di antibiotici in agricoltura è stato – molto opportunamente – vietato, a causa del rischio che i caratteri di resistenza potessero venire trasmessi orizzontalmente dai batteri fitopatogeni a quelli di interesse clinico. Oggi, autorevoli evidenze scientifiche indicano che anche nei funghi i fattori che regolano la resistenza a determinati fungicidi possano essere trasmessi da un ceppo all'altro, aumentando il rischio di selezionare popolazioni resistenti tra i più importanti patogeni fungini dell'uomo, responsabili di infezioni localizzate o sistemiche, spesso letali, in pazienti immunocompromessi. Molti ricercatori sono dell'opinione che tali evidenze porteranno, nel giro di pochi anni, al bando dell'uso di fungicidi oggi largamente impiegati in agricoltura (come, ad esempio, gli inibitori della biosintesi dell'ergosterolo), in quanto principi attivi aventi lo stesso meccanismo di azione sono utilizzati anche nella terapia delle micosi umane e veterinarie.

2. I METODI TRADIZIONALI DI PROTEZIONE DELLE PIANTE

2.1 *Le pratiche colturali*

Prima dell'impiego diffuso degli agrofarmaci di sintesi, gli agricoltori si affidavano a pratiche colturali e metodi tradizionali per gestire gli organismi nocivi.

La rotazione delle colture, ad esempio, è uno dei metodi più antichi ed efficaci di contenimento di molte avversità biotiche: alternando le specie coltivate da una stagione all'altra, è possibile interrompere i cicli vitali dei parassiti che sono specifici per determinate colture. Questa pratica riduce l'accumulo di patogeni che prosperano sui sistemi monocolturali e concorre a promuovere la salute del suolo, prevenendo il depauperamento degli elementi nutritivi. Oltre alla rotazione, l'uso di colture intercalari, ovvero la pratica di coltivare insieme specie diverse, può aiutare a rallentare la diffusione dei parassiti. Alcune piante respingono naturalmente i parassiti o attirano gli insetti utili, creando un ecosistema più equilibrato all'interno dell'ambiente agricolo: è noto, ad esempio, che piantare specie di *Tagetes* accanto alle colture ortive può aiutare a ridurre gli attacchi da parte di nematodi, grazie alle sostanze tossiche o repellenti rilasciate da queste piante. Attraverso la cosiddetta tecnologia del *push-pull*, invece, si utilizza una coltura intercalare "repellente" (*push*) per allontanare i parassiti dalla coltura principale e una coltura "trappola" (*pull*), piantata al bordo del campo, per attirare e intrappolare i parassiti. Questa pratica agroecologica impiega piante che rilasciano segnali semiochimici per respingere i parassiti dalla coltura principale, attirandoli al contempo verso la coltura trappola, utilizzata di norma come foraggio per gli animali.

2.2 La lotta biologica

I metodi di contenimento biologico (noti anche come "lotta biologica") sono stati a lungo utilizzati per gestire i parassiti delle piante. Tali metodi prevedono l'introduzione o il potenziamento dei nemici naturali dei parassiti, come predatori, micoparassiti o competitori. Ad esempio, l'uso delle coccinelle per contenere le popolazioni di afidi è una ben nota strategia di lotta biologica. Allo stesso modo, l'applicazione di nematodi entomopatogeni può ridurre la sopravvivenza delle larve di insetti che vivono nel suolo. Negli ultimi anni, si è assistito a un rinnovato interesse per la lotta biologica, in particolare attraverso l'impiego di predatori naturali e parassitoidi, che mirano a parassiti specifici senza danneggiare altri organismi. I progressi nella ricerca hanno portato a una migliore comprensione di queste interazioni, e i ricercatori stanno identificando sempre nuovi nemici naturali dei fitofagi, che vengono applicati nei più disparati sistemi colturali.

Oltre ai predatori e ai parassitoidi, grandi progressi sono stati fatti nell'uso di agenti di contenimento biologico di origine microbica: batteri benefici, funghi e virus che possono essere applicati alle colture per combattere patogeni o parassiti dannosi. *Bacillus thuringiensis*, ad esempio, è stato utilizzato come insetticida microbico per decenni, ma ora si stanno selezionando nuove varianti

di questo batterio dotate di migliore efficacia contro una gamma più ampia di parassiti e una aumentata persistenza nell'ambiente. Analogamente, i funghi entomopatogeni – funghi che infettano gli insetti dannosi e li utilizzano come fonte di nutrimento – hanno suscitato molto interesse quali strumenti di contenimento biologico. Questi microrganismi antagonisti offrono diversi vantaggi, tra cui di recente è stata messa in luce la capacità di colonizzare la pianta come endofiti, stimolandone la resistenza anche nei confronti di virus, batteri, funghi e oomiceti fitopatogeni. Anche il genere fungino *Trichoderma*, che comprende numerose specie in grado di proteggere le piante attraverso meccanismi diversi (micoparassitismo, competizione, produzione di antibiotici e induzione di resistenza nelle piante trattate), si è imposto come il fungo antagonista per eccellenza nella lotta biologica contro i microrganismi fitopatogeni.

2.3 *La lotta chimica*

L'uso di metodi di contenimento chimico ha rappresentato la pietra miliare dell'agricoltura moderna da oltre un secolo. Gli agrofarmaci di sintesi, tra cui insetticidi, erbicidi, oomicetocidi e fungicidi, hanno consentito agli agricoltori di proteggere le colture da una vasta gamma di patogeni, aumentando drasticamente i raccolti e riducendo le perdite. Tuttavia, come già accennato, l'uso estensivo di prodotti di sintesi ha sollevato molte preoccupazioni sulla loro sicurezza e sull'impatto ambientale. I fitofarmaci possono contaminare il suolo e le acque, e il loro uso improprio ha contribuito alla selezione di popolazioni di parassiti resistenti a molti principi attivi. Inoltre, i fitofarmaci possono colpire anche gli organismi benefici, tra cui gli impollinatori, gli insetti predatori, la microflora utile, portando a gravi squilibri negli ecosistemi. In risposta a queste preoccupazioni, si è assistito ad un forte impulso allo sviluppo di soluzioni più mirate ed ecosostenibili. Le nuove classi di fitofarmaci, come ad esempio quelle che comprendono gli inibitori di crescita degli insetti o alcuni fungicidi sito-specifici, sono progettate per essere più definite nella loro azione, riducendo il rischio di resistenza e minimizzando i danni agli organismi non bersaglio.

3. LE MODERNE TECNOLOGIE DI PROTEZIONE DELLE PIANTE

3.1 *Il ruolo delle biotecnologie*

Le biotecnologie hanno, ormai da alcuni decenni, rivoluzionato la protezione delle colture, permettendo la selezione di piante geneticamente modificate (GM)

resistenti ai parassiti. Le colture geneticamente ingegnerizzate, come il cotone Bt e il mais Bt, contengono geni provenienti dal batterio *Bacillus thuringiensis*, che producono proteine tossiche per specifici insetti fitofagi. Queste colture hanno consentito di ridurre drasticamente il ricorso ad insetticidi, riducendo l'impatto ambientale e portando, in alcuni casi, ad un netto miglioramento della qualità dei raccolti. Oltre alla resistenza agli insetti fitofagi, le biotecnologie sono state anche applicate per sviluppare **colture resistenti a diverse malattie virali e fungine** [Approfondimento I]. Ad esempio, è stata selezionata una varietà di papaya (nota come "Rainbow") geneticamente modificata per resistere al virus della maculatura anulare, che un tempo devastava le piantagioni di papaya nelle Isole Hawaii. Un altro sviluppo all'avanguardia nella protezione delle piante è l'uso della tecnologia di editing genetico CRISPR-Cas9 per creare colture con resistenza integrata a parassiti e malattie. L'approccio di editing consente, infatti, di operare modifiche precise al codice genetico delle piante, rendendo possibile introdurre tratti specifici, come la resistenza a patogeni, senza la necessità di ricorrere all'inserimento di geni provenienti da specie diverse.

3.2 *Lo sviluppo di nuovi fitofarmaci*

Sebbene vi sia un crescente interesse per i metodi non chimici di protezione delle piante, i fitofarmaci di sintesi rimangono uno strumento essenziale nell'agricoltura. I recenti progressi nello sviluppo di nuove molecole si sono concentrati sulla creazione di prodotti chimici più mirati e meno tossici, che abbiano minore probabilità di danneggiare l'ambiente. Le nuove formulazioni di fitofarmaci sono progettate per essere più efficaci a dosi inferiori, riducendo la quantità complessiva di sostanze chimiche necessarie per contenere le popolazioni di patogeni. Oltre ai tradizionali agrofarmaci, i cosiddetti "biofitofarmaci" hanno guadagnato popolarità negli ultimi anni: questi includono i già citati insetticidi microbici, fitofarmaci di origine naturale e trappole a base di feromoni, che mirano a sconvolgere i comportamenti riproduttivi dei parassiti. Ad esempio, i **feromoni sintetici** possono essere utilizzati per interrompere la fase di accoppiamento degli insetti, riducendo la popolazione di parassiti senza danneggiare altri organismi [Approfondimento II].

Un interessante parallelo con la chimica ecologica, in cui i segnali olfattivi, quali feromoni e allelodoni, sono impiegati per manipolare il comportamento degli insetti bersaglio, è offerto dalla **biotremologia**, disciplina che studia le interazioni tra organismi mediate da vibrazioni nei substrati solidi, una comunicazione diffusa tra gli insetti e recentemente esplorata come strumento sostenibile per la gestione dei parassiti [Approfondimento III].

3.3 *I progressi nel miglioramento degli antagonisti microbici*

Negli ultimi anni, la lotta biologica ha vissuto una vera e propria rinascita, che vede moltissimi ricercatori impegnati nell'esplorazione di approcci innovativi per potenziare i meccanismi naturali di contenimento dei parassiti. Per gli insetti fitofagi invasivi, la lotta biologica classica, basata sull'introduzione di antagonisti naturali (predatori o parassitoidi) provenienti dall'area d'origine, rappresenta una strategia chiave per ridurre stabilmente le popolazioni al di sotto della soglia di danno. Tuttavia, prima di impiegare qualsiasi agente biologico di lotta, è indispensabile valutarne, oltre all'efficacia, i possibili **effetti indesiderati** su organismi non-target, al fine di evitare impatti negativi su specie protette o indigene [**Approfondimento IV**].

Un'area strategica di sviluppo – sia pur ancora molto dibattuta – riguarda l'uso di antagonisti geneticamente modificati. Ad esempio, sono stati ingegnerizzati insetti predatori o parassitoidi, conferendo loro migliori capacità di colpire parassiti specifici. Questi organismi modificati possono essere introdotti nelle colture per aiutare a contenere le popolazioni di parassiti con maggiore precisione ed efficacia rispetto ai predatori naturali tradizionali. L'ingegneria genetica potrebbe aumentare la loro specificità nei confronti degli organismi nocivi senza danneggiare gli organismi benefici, o far sì che le popolazioni degli antagonisti non raggiungano livelli soglia potenzialmente in grado di alterare gli equilibri tra le diverse componenti della microflora.

In un'ottica di gestione degli insetti dannosi che integri diverse tecniche a basso impatto ambientale, una delle proposte più innovative è rappresentata dal **controllo simbiotico**, un approccio basato sull'ampia varietà di relazioni simbiotiche esistenti in natura tra insetti e microrganismi [**Approfondimento V**].

Le più recenti ricerche condotte sui suoli "repressivi" (suoli in cui, benché coesistano i tre vertici del cosiddetto "triangolo della malattia", e cioè la pianta ospite suscettibile, il patogeno virulento e le condizioni ambientali favorevoli, una determinata malattia non si sviluppa) hanno evidenziato come i **consorzi microbici** risultino spesso più efficaci rispetto ai singoli agenti di contenimento biologico, favorendo una prospettiva più ecologica delle interazioni tra pianta e patogeno [**Approfondimento VI**].

3.4 *L'agricoltura di precisione e le tecniche di monitoraggio*

L'agricoltura di precisione sta trasformando il modo in cui vengono gestite le malattie delle colture, utilizzando tecnologie avanzate per monitorare la salute delle piante e l'evoluzione delle popolazioni di parassiti in tempo reale. Droni,

satelliti e sensori vengono utilizzati per raccogliere dati su fattori come l'umidità del suolo, lo stato di salute delle piante e i livelli di infestazione da fitofagi. Questi dati vengono quindi analizzati utilizzando l'intelligenza artificiale e algoritmi di *machine learning* per prevedere i focolai di infezione e ottimizzare le strategie di contenimento. Una promettente innovazione nel monitoraggio dei parassiti è rappresentata dall'uso delle tecnologie di telerilevamento, che consentono di identificare le infestazioni e i sintomi di malattie con una precisione straordinaria, utilizzando immagini ad alta risoluzione e analisi spettrali. Questi approcci consentono ai fitoiatri di rilevare i problemi in una fase precoce, favorendo interventi mirati che riducono l'uso di fitofarmaci e il relativo impatto sull'ambiente. L'avvento di queste tecnologie sta anche migliorando l'efficienza dei sistemi di Gestione Integrata dei Parassiti (*Integrated Pest Management* o IPM): combinando dati in tempo reale con **modelli predittivi**, l'IPM può diventare ancora più dinamico e reattivo [**Approfondimento VII**]. In luogo di applicazioni di fitofarmaci generalizzate, gli agricoltori possono adattare le loro strategie di protezione in base alle reali necessità delle colture, riducendo così i costi e minimizzando gli effetti collaterali.

3.5 Il ruolo dell'Intelligenza Artificiale e dell'Apprendimento Automatico

Una delle aree più promettenti nello sviluppo della protezione delle piante è l'integrazione delle tecnologie di intelligenza artificiale (IA) e di apprendimento automatico. Questi strumenti stanno rivoluzionando la gestione dei patogeni, consentendone il monitoraggio, la previsione degli scoppi epidemici e l'assunzione di decisioni sempre più puntuali e accurate. In luogo di fare affidamento sull'esperienza umana, che può essere limitata o influenzata da fattori soggettivi, i sistemi basati sull'IA possono analizzare enormi quantità di dati raccolti tramite sensori, immagini satellitari e droni per identificare schemi e prevedere le epidemie di parassiti prima che queste si verifichino. Tale capacità predittiva consente agli agricoltori di adottare misure proattive, riducendo la necessità di applicazioni generalizzate di fitofarmaci e minimizzando le perdite di raccolto. Gli algoritmi di apprendimento automatico (in particolare i metodi di *deep learning* basati sui *Convolutional Neural Networks* e sui *Visual Transformers*) stanno anche migliorando la precisione nell'identificazione dei fitopatogeni o dei sintomi da essi causati sulla pianta. Ciò aumenta l'accuratezza degli interventi di contenimento dei parassiti e garantisce che vengano applicati precisamente solo dove necessario, migliorando la gestione delle risorse e riducendo le conseguenze ambientali negative. Ad esempio, alcuni sistemi di IA sono in grado di distinguere tra insetti dannosi

e benefici negli agroecosistemi, consentendo il rilascio mirato di agenti di lotta biologica senza disturbare le specie utili. Analogamente, sistemi di riconoscimento di immagini basate sul *deep learning* sono ormai implementati in diverse app mobili per l'identificazione automatica di molte malattie fogliari sulle principali colture, consentendo di intervenire prontamente con i mezzi di difesa più adeguati alla specifica situazione. Questi sviluppi rappresentano un importante passo in avanti nella riduzione dell'impatto delle pratiche di difesa sugli organismi non bersaglio e nella promozione degli equilibri agro-ecologici.

4. I CAMBIAMENTI CLIMATICI E IL LORO IMPATTO SULLA PROTEZIONE DELLE COLTURE

4.1 *L'effetto dei cambiamenti climatici sul comportamento dei parassiti e dei patogeni*

Il cambiamento climatico rappresenta una delle sfide più significative che l'agricoltura moderna deve affrontare, e sta alterando le dinamiche del comportamento degli organismi patogeni. L'aumento delle temperature, il cambiamento nei modelli di distribuzione delle precipitazioni e l'aumento degli eventi meteorologici estremi stanno influenzando profondamente la diffusione e la frequenza degli attacchi di fitofagi. I climi più caldi permettono ai parassiti di prosperare in regioni dove fino a pochi decenni fa erano assenti, mentre le precipitazioni possono creare condizioni favorevoli alla diffusione di malattie, come le infezioni fungine, che sono altamente sensibili all'umidità. Ad esempio, le temperature più calde hanno facilitato, negli anni recenti, la diffusione dell'agente della ruggine del caffè in regioni dove, un tempo, questo patogeno non poteva sopravvivere. Allo stesso modo, molte malattie fogliari stanno diventando sempre più prevalenti, poiché le temperature più alte offrono un ambiente ideale per la proliferazione di questi patogeni. Le modificazioni del regime pluviometrico stanno anche influenzando la diffusione di malattie trasmesse dall'acqua, tra cui molte batteriosi, malattie fungine o causate da oomiceti, che prosperano in condizioni di elevata umidità. Gli eventi meteorologici estremi, come inondazioni o lunghi periodi di siccità, possono creare ambienti ideali per molti parassiti, in quanto sono causa di forte stress per le piante, rendendole più vulnerabili ai loro attacchi.

4.2 *Le colture resilienti e altre soluzioni di protezione delle piante in un clima che cambia*

In risposta a queste sfide, i ricercatori stanno sviluppando diverse *soluzioni basate sulla natura* (note come “Nature-based Solutions” o “NbS”), quali ad esempio le colture resilienti rispetto alle avverse condizioni ambientali, che possano resistere alla crescente pressione da parte di parassiti e malattie indotta dai cambiamenti climatici, o che risultino più tolleranti alle fluttuazioni di temperatura e alla siccità. La reintroduzione di alcune specie neglette o sottoutilizzate (*Neglected or Underutilised Species*, NUS), come il *teff*, il *fonio*, il miglio, il sorgo o l'*enset*, è considerata una delle strategie agroecologiche più promettenti, così come la selezione di specifici consorzi microbici in grado di promuovere l'adattamento delle piante a condizioni ambientali avverse. Ma anche i progressi nell'ingegneria genetica e nella tecnologia di editing CRISPR-Cas9 stanno giocando un ruolo sempre più importante nello sviluppo di colture resilienti al clima.

Inoltre, le strategie di protezione delle piante stanno evolvendo per integrare pratiche di “smart agriculture” rispetto al clima, che includano l'adattamento dei periodi di semina volti ad evitare i periodi di maggiore attività dei parassiti, l'uso di varietà resistenti alle malattie e l'impiego di sistemi di irrigazione di precisione che riducano il rischio di trasmissione di patogeni. Man mano che i cambiamenti climatici continueranno ad influenzare l'agricoltura globale, anche le misure di protezione delle piante dovranno adattarsi. Il futuro della protezione delle piante, verosimilmente, comporterà una combinazione di strumenti genetici avanzati, nuove tecnologie per il monitoraggio delle fitopatie e lo sviluppo di metodi di contenimento dei parassiti più resilienti rispetto alle variazioni climatiche. La già citata integrazione dell'intelligenza artificiale e dei big data nel prevedere i focolai di infezione sarà essenziale per mitigare l'impatto del cambiamento climatico sui sistemi colturali. Poiché i modelli climatici diventano sempre meno prevedibili, i sistemi di allerta precoce diventeranno sempre più importanti per agricoltori e tecnici, al fine di pianificare le strategie di contenimento dei danni, riducendo così le perdite di raccolto.

5. IL RUOLO DELLE POLITICHE E DELLE NORMATIVE NELLA PROTEZIONE DELLE PIANTE

5.1 *Gli standard globali e i quadri normativi*

La cooperazione internazionale e la collaborazione tra organismi di regolamentazione hanno svolto un ruolo chiave nel plasmare il futuro della prote-

zione delle piante. Organizzazioni internazionali come l'European and Mediterranean Plant Protection Organisation (EPPO), la Food and Agriculture Organization (FAO) e l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) stabiliscono linee guida e standard per l'uso degli agrofarmaci, degli organismi geneticamente modificati e per l'applicazione dei protocolli diagnostici e dei metodi di protezione delle piante. Questi standard mirano a garantire che le misure di protezione delle piante siano sia efficaci che sicure per gli esseri umani e per l'ambiente.

Una delle principali iniziative normative è il Codice di Condotta Internazionale sulla Gestione dei Fitofarmaci (<https://www.fao.org/pest-and-pesticide-management/pesticide-risk-reduction/code-conduct/en/>) della FAO, che incoraggia i Paesi a sviluppare le proprie politiche sui fitofarmaci basandosi sulle migliori pratiche internazionali. Esso fornisce un quadro per regolare l'uso dei fitofarmaci, monitorare i residui di fitofarmaci e promuovere lo sviluppo e l'uso di metodi alternativi di contenimento dei parassiti.

5.2 Le politiche nazionali e regionali sulla protezione delle piante

Le diverse regioni hanno politiche e normative distinte che governano la protezione delle piante, che variano in base alle condizioni ambientali locali, alle pratiche agricole e agli orientamenti dell'opinione pubblica nei confronti dei prodotti chimici e delle biotecnologie. Ad esempio, nell'Unione Europea esistono **normative** molto rigorose che regolano l'approvazione e l'uso degli agrofarmaci, ponendo un forte accento sulla riduzione della dipendenza dai fitofarmaci sintetici e sulla promozione della lotta biologica e delle pratiche di agroecologia [**Approfondimento VIII**]. In Nord America, Stati Uniti e Canada sono stati approvati quadri normativi volti a favorire le colture geneticamente modificate, concentrandosi sulla sicurezza degli OGM e promuovendone l'adozione. Tuttavia, il dibattito sugli OGM e sui loro potenziali impatti ecologici continua a influenzare le politiche agricole mondiali, in particolare nei Paesi in Via di Sviluppo, dove la regolamentazione è ancora in fase di evoluzione.

5.3 L'importanza della consapevolezza pubblica e della formazione

L'accettabilità delle strategie di protezione delle piante dipende non solo dall'innovazione scientifica, dall'efficacia, o dalla convenienza, ma anche dalla consapevolezza e dalla formazione del pubblico. Gli operatori agricoli

e i consumatori devono essere edotti riguardo ai rischi e ai benefici connessi ai vari metodi di protezione delle piante, incluso l'uso appropriato dei fitofarmaci, degli agenti di contenimento biologico e degli OGM (inclusi gli organismi modificati mediante tecniche di gene editing). I governi e le organizzazioni non governative possono svolgere un ruolo importante nell'offrire programmi di formazione, risorse e iniziative di sensibilizzazione per favorire questi processi. Le campagne di sensibilizzazione pubblica sono fondamentali per promuovere tecniche agricole ecologiche, ridurre l'uso eccessivo di sostanze chimiche dannose e incoraggiare l'adozione dell'IPM. Inoltre, la formazione e la promozione dell'uso responsabile degli organismi geneticamente modificati e dei loro potenziali benefici - come ad esempio l'aumento della resistenza alle malattie - potrebbero aiutare a mitigare le preoccupazioni dei cittadini, in gran parte derivanti da una scarsa conoscenza delle tecnologie di miglioramento genetico oggi a disposizione. Colmare il divario di conoscenza tra la comunità scientifica e il grande pubblico appare essenziale per favorire discussioni informate e per orientare le decisioni politiche.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il mondo affronta oggi la grande sfida di dover nutrire una popolazione in continua crescita: in tale contesto, la salute delle piante rappresenta la chiave di volta per poter continuare a produrre il cibo sufficiente a nutrire l'umanità in un modo sostenibile. I cambiamenti climatici complicano ulteriormente il compito di garantire la sicurezza alimentare, ma allo stesso tempo stimolano l'innovazione nella fitoiatria. I recenti sviluppi nella messa a punto di misure di protezione delle piante stanno letteralmente trasformando il concetto di moderna fitoiatria. Innovazioni come l'editing genetico, l'intelligenza artificiale e i biofitofarmaci offrono soluzioni che non solo sono più efficaci nel contenimento dei patogeni, ma anche meno dannose per l'ambiente e per la salute umana. Come spesso accade, questi progressi incontrano degli ostacoli, tra cui si possono annoverare gli aspetti normativi, la percezione pubblica e la necessità di investimenti significativi in ricerca e sviluppo.

Il futuro della protezione delle piante probabilmente comporterà un approccio sempre più integrato, che combinerà il meglio delle tecniche tradizionali e di quelle moderne per arrivare a sviluppare una gestione sostenibile dei fitopatogeni. La IPM, che dà priorità all'uso di agenti di lotta biologica, di pratiche colturali agroecologiche e di prodotti chimici ecocompatibili, continuerà a essere una strategia fondamentale. Le tecnologie di editing genetico

e l'agricoltura di precisione si evolveranno ulteriormente, offrendo modi più efficienti e mirati per proteggere le colture riducendo al minimo i danni ambientali. Il ruolo della politica, della formazione e della consapevolezza pubblica sarà altrettanto cruciale nel plasmare il successo di queste innovazioni. La collaborazione tra i settori scientifico, agricolo e normativo sarà essenziale per sviluppare e attuare strategie che bilancino le necessità di una adeguata produzione alimentare e l'obbligo morale di preservare per le future generazioni la piena salute degli agroecosistemi.

Si ringrazia Alberto Alma, Paola Battilani, Francesco Di Serio, Elena Gonella, Andrea Lucchi, Valerio Mazzoni, Rachele Nieri, Gianfranco Romanazzi, Pio Federico Roversi, Luisa Rubino e Sabrina Sarrocco per aver contribuito alla stesura dei riquadri di approfondimento

RIASSUNTO

La fitoiatria, ovvero la disciplina che si occupa della prevenzione, diagnosi e cura delle malattie delle piante, gioca un ruolo essenziale nel garantire la sicurezza alimentare globale, proteggere l'ambiente e adottare pratiche agricole sostenibili. Stanti la crescita della popolazione mondiale e i cambiamenti climatici che sconvolgono gli ecosistemi, l'importanza di garantire protezione alle colture dalle avversità biotiche e abiotiche diventa sempre più urgente. Per millenni l'agricoltura si è affidata ad una molteplicità di tecniche volte a combattere le minacce rappresentate dalle fitopatie. Grazie al rapido avanzamento delle conoscenze scientifiche e delle nuove tecnologie, le misure di protezione si sono evolute enormemente negli ultimi anni. Questo sintetico resoconto intende fare il punto sui recenti sviluppi nella protezione delle piante. Dopo una breve trattazione dei metodi tradizionali, verranno presi in considerazione i progressi tecnologici e le tendenze future, con particolare attenzione alle pratiche sostenibili, alle biotecnologie e alla gestione integrata dei parassiti (IPM). Saranno riassunte anche le sfide poste dai cambiamenti climatici, dalla comparsa di resistenza ai fitofarmaci nelle popolazioni dei patogeni e dagli ostacoli normativi.

ABSTRACT

Plant protection, i.e. the discipline devoted to preventing, diagnosing, and treating plant diseases, plays a key role in global food security, environmental protection, and the development of sustainable agriculture. As the world's population grows and climate change disrupts ecosystems, shielding crops from biotic and abiotic stresses becomes ever more urgent. For millennia, farmers have applied diverse techniques to cope with plant-disease threats. With rapid advances in science and technology, protective measures have expanded markedly in recent decades. This concise overview highlights major developments in

plant protection: after a short review of traditional methods, it considers technological progress and future trends, with special attention to sustainable practices, biotechnology, and integrated pest management. It also summarizes the challenges linked to climate change, the emergence of pesticide resistance in pathogen populations, and regulatory hurdles.

[Approfondimento I]

FRANCESCO DI SERIO¹, LUISA RUBINO¹*Biotecnologie e Virologia Vegetale*¹ CNR - Istituto per la Protezione Sostenibile delle Piante

La lotta ai virus è tradizionalmente basata sull'utilizzo di varietà resistenti, sulla prevenzione mediante l'impiego di materiale vegetale di propagazione virus-esente e, quando possibile, sulla lotta ai vettori per contenere la diffusione naturale di questi agenti infettivi. Non esistono infatti prodotti chimici in grado di contrastare o curare un'infezione virale in pianta. I risultati ottenuti con piante geneticamente modificate per conferire resistenza alle infezioni virali sono stati incoraggianti, ma gli organismi geneticamente modificati (OGM) sono stati recepiti sfavorevolmente dai consumatori. Recentemente si stanno studiando mezzi di lotta alle virosi che permetterebbero di controllare le infezioni virali superando le problematiche legate agli OGM, in quanto non richiedono l'introduzione di geni esogeni nella pianta.

Un esempio è rappresentato dalla tecnologia dell'interferenza da RNA (RNAi), che si basa sulla capacità di RNA a doppia elica (dsRNA) di generare piccoli RNA in grado di guidare la degradazione specifica dell'RNA virale. I dsRNA presentano interessanti caratteristiche per la facilità di somministrazione per spray, ma hanno costi di produzione elevati e richiedono applicazioni frequenti per i ridotti tempi di persistenza sulla pianta causati da fattori ambientali, quali pioggia o radiazioni UV (Venu et al. 2024). Le nanotecnologie possono essere utilizzate per ottenere la stabilizzazione dei dsRNA grazie all'uso di nanoparticelle. Anche la tecnologia di editing CRISPR/Cas può essere applicata nel campo della virologia vegetale, permettendo l'inattivazione di geni di suscettibilità dell'ospite e l'instaurarsi di resistenza (Robertson et al. 2022).

Lo sviluppo di queste biotecnologie deve tener sempre in considerazione la capacità di mutazione dei virus, che ne minerebbe l'efficacia. Inoltre, è necessario che parallelamente vengano curati gli aspetti regolatori e legislativi, in linea con quanto avviene in EU.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

ROBERTSON G., BURGER J., CAMPA M. (2022): *CRISPR/Cas-based tools for the targeted control of plant viruses*, «Molecular Plant Pathology», 23, pp. 1701-1718.

VENU E., RAMYA A., BABU P.L., SRINIVAS B., KUMAR S., REDDY N.K., BABU Y.M., MAJUMDAR A., MANIK S. (2024): *Exogenous dsRNA-mediated RNAi: mechanisms, applications, delivery methods and challenges in the induction of viral disease resistance in plants*, «Viruses», 17, pp. 49.

[Approfondimento II]

ANDREA LUCCHI¹*I feromoni nella difesa delle colture*¹ Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari ed Agro-ambientali, Università di Pisa

Gli insetti abitano un universo prevalentemente “olfattivo” nel quale molte importanti funzioni vitali sono mediate da sostanze odorose da essi stessi prodotte e percepite attraverso complessi apparati ghiandolari e sensoriali. Nei 66 anni trascorsi dall’identificazione del primo feromone “sessuale” in femmine di baco da seta, la ricerca ha posto le premesse perché tali sostanze possano essere oggi utilizzate come efficientissimi mezzi di monitoraggio e di contenimento per centinaia di specie di insetti di interesse agrario.

Per il monitoraggio si utilizzano trappole con fondo collato innescate con erogatori impregnati con un analogo sintetico del feromone sessuale, che comprende uno o più componenti della miscela feromonica naturale. Queste trappole “a feromoni” si configurano da decenni come uno strumento essenziale per la definizione e la realizzazione di opportune misure di controllo integrato. Per quanto riguarda l’impiego dei feromoni per il contenimento, notevole sviluppo hanno avuto negli ultimi anni diverse strategie che mirano a interferire con la comunicazione intraspecifica di una data specie (confusione sessuale, disorientamento, *attract & kill*, *lure & kill*, *push & pull*). Tra queste, la confusione sessuale (CS) è quella che si è affermata in tutto il mondo come efficace strumento di contenimento per insetti dannosi a colture arboree, orticole, floricole ed erbacee, sia in pieno campo che in coltura protetta. Il suo recente successo è stato favorito dallo sviluppo di un’ampia gamma di dispenser caratterizzati da un rilascio passivo o attivo, realizzati in plastica o in polimeri biodegradabili e con quantità giornaliere di feromoni rilasciate variabili, a seconda del comportamento dell’insetto target e delle condizioni ambientali.

Si stima che nel 2025 la CS sia stata applicata su circa 3 milioni di ettari a livello mondiale, principalmente per lepidotteri “chiave” della vite, delle foreste, delle pomacee, delle drupacee, del noce e delle ortive e, in misura minore, per insetti appartenenti a ordini diversi, tra cui gli emitteri.

Il principale limite nella diffusione su larga scala della CS è da ricercarsi sia nel costo del feromone di sintesi che nel lavoro necessario per l’installazione degli erogatori. I formulati ad aerosol, impiegabili solo in misura di alcune unità ad ettaro, assieme alla possibilità di inserire in un unico erogatore il feromone di specie diverse, quando queste insistano contemporaneamente

sulla stessa coltura, possono contribuire ad una riduzione dei costi. Recenti acquisizioni che hanno reso possibile la sintesi di feromoni di insetti su scala industriale utilizzando ceppi di lievito geneticamente modificati potrebbero consentire di ridurre ulteriormente i costi di sintesi chimica a confronto con i metodi tradizionali.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- IORIATTI C., BAGNOLI B., LUCCHI A., VERONELLI V. (2004): *Vine moths control by mating disruption in Italy: results and future prospects*, «Redia», 87, pp. 117-128.
- IORIATTI C., LUCCHI A. (2016): *Semiochemical strategies for tortricid moth control in apple orchards and vineyards in Italy*, «Journal of Chemical Ecology», 42, pp. 571-583.
- BENELLI G., LUCCHI A., THOMSON D., IORIATTI C. (2019): *Sex pheromone aerosol devices for mating disruption: challenges for a brighter future*, «Insects», 10, pp. 308.
- BENELLI G., LUCCHI A. (2021): *From insect pheromones to mating disruption: theory and practice*, «Insects», 12, pp. 698.
- FRANCO J.C., COCCO A., LUCCHI A., MENDEL Z., SUMA P., VACAS S., MANSOUR R., NAVARRO-LLOPIS V. (2022): *Scientific and technological developments in mating disruption of scale insects*, «Entomologia Generalis», 42, pp. 251-273.

[Approfondimento III]

VALERIO MAZZONI¹, RACHELE NIERI^{2,3}*Biotremologia applicata: Il controllo dei parassiti con le vibrazioni*¹ Centro Ricerca e Innovazione, Fondazione Edmund Mach, San Michele all'Adige (TN)² C3A - Centro Agricoltura Alimenti Ambiente, Università di Trento, San Michele all'Adige, Trento, Italy³ Dipartimento di Matematica, Università di Trento, Povo, Trento, Italy

La biotremologia è la disciplina che studia le interazioni tra gli organismi mediate dalle vibrazioni che si propagano attraverso i substrati solidi, come il suolo, le piante o le strutture artificiali. Questa forma di comunicazione è estremamente diffusa nel regno animale, specialmente tra gli insetti, ma è stata a lungo trascurata dalla ricerca. Solo nell'ultimo decennio ha iniziato ad emergere come strumento promettente per la gestione sostenibile dei parassiti agrari. Si stima, infatti, che oltre 200.000 specie usino esclusivamente le vibrazioni per comunicare, spesso per scopi riproduttivi, territoriali o d'allarme. Molte di queste fanno parte dell'ordine Hemiptera, che include numerosi fitofagi chiave delle piante.

La biotremologia in questo contesto offre degli importanti paralleli con la chimica ecologica, dove i segnali olfattivi, quali feromoni e allelomoni, vengono impiegati per manipolare il comportamento degli insetti bersaglio. Analogamente, in biotremologia i segnali vibrazionali possono essere sfruttati per indurre risposte mirate. Questi segnali sono specie-specifici e devono essere percepiti nella loro integrità per espletare il loro ruolo biologico, tanto che recentemente una nuova terminologia è stata proposta per indicare i segnali vibrazionali: i "ferodoni" per quelli intraspecifici (es. segnali sessuali) e "allelodoni" per quelli interspecifici (es. segnali di deterrenza verso predatori). Il suffisso "-done" deriva dal greco "doneo" e significa "vibrare".

Strategie di Manipolazione Comportamentale

Le tecniche basate sulle vibrazioni del substrato si dividono in tre categorie principali, analoghe a quelle già impiegate con i semiochimici:

1. Interferenza. Questa strategia mira a prevenire o interrompere la comunicazione tra individui durante il processo di accoppiamento. Molti insetti, come le cicaline o le cimici, stabiliscono dei duetti vibrazionali per com-

pletare l'accoppiamento. La cosiddetta “confusione sessuale vibrazionale” consiste nel propagare delle vibrazioni di disturbo nelle piante ospiti degli insetti bersaglio per mascherare o confondere i segnali naturali di accoppiamento. Un esempio emblematico è il controllo della cicalina americana della vite, *Scaphoideus titanus*, vettore della flavescenza dorata. In questo caso si utilizzano vibrazioni di disturbo che imitano il segnale di rivalità maschile, emesso da maschi per interrompere altri duetti. In campo, le vibrazioni di disturbo sono trasmesse da emettitori di vibrazioni elettronici (‘shaker’) fissati ai pali del vigneto, a distanze variabili di 30-50 m, a seconda della dimensione e forma di allevamento delle piante. L'efficacia della tecnica dipende dalla copertura completa della vegetazione e dall'ampiezza del segnale, che deve essere sufficiente a mascherare i segnali naturali.

2. Attrazione/Promozione. Questa strategia utilizza segnali per indurre comportamenti desiderati, come la ricerca del partner o l'orientamento verso una trappola. Un esempio sono le trappole bimodali per le cimici che combinano un feromone di aggregazione (diffuso per via aerea) con un ferodone sessuale (trasmesso via substrato). Il feromone attrae gli individui a lungo raggio mentre il ferodone guida l'insetto dentro la trappola una volta atterrato nelle vicinanze. Tecnologie emergenti riguardano l'uso di sensori per identificare sulle piante le vibrazioni emesse spontaneamente da parassiti (monitoraggio passivo) o stimolandoli all'emissione con dei playback di segnali preregistrati (monitoraggio attivo).
3. Repellenza/Inibizione. Questa strategia usa le vibrazioni per simulare predatori o condizioni di stress e indurre i parassiti ad abbandonare la pianta o ridurre attività dannose. Un esempio sono i segnali che imitano l'avvicinamento di un predatore inducendo comportamenti di ‘freezing’ (immobilità) o ‘dropping’ (abbandono della pianta) nelle prede. Vibrazioni di disturbo possono anche alterare significativamente il foraggiamento con conseguente riduzione di fitness e con potenziali ricadute sulle capacità di fungere da vettori di fitopatie. Queste applicazioni rientrano nel tema dell'ecologia della paura (“ecology of fear”) e hanno trovato riscontri importanti nel controllo degli aleurodidi delle serre, dove l'uso combinato di vibrazioni di disturbo e bioinsetticidi ha mostrato un'efficacia maggiore rispetto a prodotti convenzionali.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

BERARDO A., FATTORUSO V., MAZZONI V., PUGNO N.M. (2022): *Coupling computational vibrational models and experimental biotremology to develop a green pest control strategy*

- against the greenhouse whitefly* *Trialeurodes vaporariorum*, «Journal of the Royal Society Interface», 19, 20220311.
- MAZZONI V., ANFORA G., COCROFT R.B., FATOUROS N.E., GROOT AT, GROSS J, HILL PS, HOCH H, IORIATTI C, NIERI R, PEKAS A. (2024): *Bridging biotremology and chemical ecology: a new terminology*, «Trends in Plant Science», 29, pp. 848-855.
- NIERI R., ANFORA G., MAZZONI V., STACCONI M.V.R. (2022): *Semiochemicals, semiophysicals and their integration for the development of innovative multi-modal systems for agricultural pests' monitoring and control*, «Entomologia Generalis», 2021, pp. 167-183.
- PEKAS A., MAZZONI V., APPEL H., COCROFT R., DICKE M. (2024): *Plant protection and biotremology: fundamental and applied aspects*, «Trends in Plant Science», 29, pp. 32-39.
- STRAUSS J., STRITIH-PELJHAN N., NIERI R., VIRANT-DOBERLET M., MAZZONI V. (2021): *Communication by substrate-borne mechanical waves in insects: from basic to applied biotremology*, «Advances in Insect Physiology», 61, pp. 189-307.

[Approfondimento IV]

PIO FEDERICO ROVERSI¹*Utilizzo di Agenti di Controllo Biologico ed evoluzione delle strategie di contenimento degli organismi nocivi in agricoltura*¹ Istituto Nazionale di Riferimento per la Protezione delle Piante (CREA-DC)

È sempre più diffusa la consapevolezza, nel mondo scientifico e nell'opinione pubblica, che per affrontare adeguatamente le sfide determinate dalle invasioni biologiche di specie aliene dannose all'agricoltura e alle foreste sarà necessario, da un lato investire in innovazioni tecnologiche per una agricoltura di precisione che utilizzi in modo attento le risorse naturali, acqua in primo luogo, dall'altro ridare la giusta attenzione alla difesa fitosanitaria delle colture, intesa in tutte le sue accezioni, così da unire in un'ottica moderna l'uso accorto dei mezzi della fitoiatria allo sviluppo di strumenti "antichi", come in primo luogo la lotta biologica con antagonisti naturali delle specie dannose.

Al riguardo si sta sempre più correttamente diffondendo la consapevolezza nell'opinione pubblica e nel mondo scientifico che per rispondere alle sfide derivanti dai danni causati da specie aliene dannose agli alberi, se da un lato dovrà crescere l'impegno per contrastare con maggiore efficacia nuovi indesiderati arrivi o riuscire a realizzare con la massima tempestività azioni di eradicazione sui focolai iniziali di nuovi agenti di danno ancora circoscritti, in gran parte dei casi nelle invasioni biologiche ormai conclamate sarà necessario indirizzare le energie verso l'utilizzo di antagonisti naturali, dando sempre più impulso, in modo consapevole e corretto, a programmi di lotta biologica.

Nel caso di organismi fitofagi come gli insetti, provenienti da altri areali e in grado di dare luogo nei territori di nuova colonizzazione a vere e proprie "invasioni biologiche" favoriti nella diffusione dalla mancanza di fattori biotici di contenimento delle loro popolazioni e dalla mancata coevoluzione con le piante colonizzate, il ricorso alla "Lotta Biologica Classica" con l'individuazione nei luoghi di origine del fitofago di efficaci antagonisti naturali (parassitoidi, predatori, entomopatogeni) e la loro introduzione nei nuovi ambienti, rappresenta in vari casi una strategia cardine per ricondurre in modo non estemporaneo questi organismi al di sotto della soglia di danno.

La drammaticità delle esplosioni numeriche di specie aliene si esplica peraltro in alcune situazioni in modo davvero devastante, ben oltre la riduzione o compromissione dei raccolti, soprattutto laddove venga determinata la

distruzione degli ambienti colonizzati come stanno mostrando vari casi che interessano sistemi forestali e ambienti protetti.

Basti pensare a quest'ultimo riguardo alla progressiva desertificazione delle Pinete costiere di *Pinus pinea* L., il più iconico delle conifere delle coste italiane, ossatura primaria dei boschi che ricoprono molti tratti delle fasce a ridosso dei diversi mari che bagnano la Penisola e le principali isole del nostro Paese, oltre a costituire elemento paesaggistico di assoluto rilievo per città come Roma, Napoli, Bari. A tutto questo vanno poi aggiunte le conseguenze derivanti dalla scomparsa di habitat dove trovano rifugio specie animali protette dalla normativa nazionale e internazionale.

Laddove infatti dopo l'arrivo di organismi fitofagi a varia specializzazione trofica e capacità di colonizzare nicchie ecologiche diverse non si riuscirà a intervenire con la necessaria tempestività, che i casi di eradicazione richiedono per risultare davvero efficaci, la via primaria evidenziata dalle recenti esperienze di insetti che hanno rapidamente invaso il nostro Paese difficilmente potrà prescindere dall'applicazione del biocontrollo, al fine di evitare che decenni di attenzione alla produzione di cibi sempre più sani, cosa in cui l'agricoltura e il mondo della ricerca italiana hanno sviluppato risultati indiscutibili, finisca per subire un'inversione di rotta.

Al riguardo non deve essere tralasciato che l'utilizzo degli agenti di controllo biologico per il contenimento di popolazioni nocive ha le sue basi nell'ecologia applicata e nello specifico negli studi di dinamica di popolazione, che devono trovare adeguata considerazione negli studi preliminari ad ogni intervento in tale ambito.

Le specie alloctone dannose alle piante e ai prodotti agricoli, introdotte accidentalmente da altre Regioni del pianeta e successivamente insediatesi stabilmente nei nuovi territori fino a dare luogo a vere e proprie esplosioni numeriche, difficilmente possono essere controllate senza interventi mirati a ricostruire una rete di relazioni trofiche che rappresenta lo scopo principale cui mira la Lotta Biologica Classica, il cui obiettivo primario ben lungi dall'essere individuato nella distruzione di popolazioni, per quanto impattanti, si identifica invece nel contenimento delle specie in modo permanente al di sotto di predeterminate soglie di danno.

Gli interventi di lotta biologica realizzati per ripristinare situazioni di equilibrio di ecosistemi perturbati ricorrendo a strumenti a basso impatto ambientale non rappresentano però uno strumento di facile applicazione, al contrario richiedono fin nelle fase degli studi preliminari metodologie d'indagine mutuata proprio dall'ecologia applicata, un'esperienza specifica delle equipe scientifiche che predispongono gli studi di impatto e una rigorosa applicazione in contesti ambientali la cui gestione deve risultare compatibile

con l'impiego e il permanere di organismi spesso sensibili all'uso di prodotti a largo spettro.

Quello che deve essere valutato prima di utilizzare agenti di controllo biologico, oltre all'efficacia nel contenere le popolazioni degli organismi dannosi alle piante, ponendo grande attenzione nei lavori sperimentali, è il rischio di ricadute indesiderate per organismi indigeni non-target, soprattutto per quelli inseriti nelle liste che raggruppano le specie a livelli diversi di protezione. Bisogna infatti verificare con tutto il rigore necessario, nel rispetto degli Standard internazionali definiti in primo luogo dalla FAO e dalla European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO), che l'azione degli agenti di controllo biologico che intendiamo usare, una volta liberati nell'ambiente non si indirizzi in modo prioritario e impattante verso altre specie di Insetti diverse da quella che vogliamo controllare.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- AVILA G.A. (2024): *Pre-emptive biocontrol as a new tool to maximize preparedness for high-risk pests. Monografia "Biological control of threats to the biosecurity of agricultural and forestry systems: italian projects and innovative strategies"*, «Atti Accademia Nazionale Italiana di Entomologia», anno LXXII, pp. 125-127.
- FARAGLIA B.C., ROVERSI P.F. (2021): *La riorganizzazione del Servizio Fitosanitario Nazionale nel quadro delle nuove sfide per la difesa delle piante: il Decreto Legislativo 2 febbraio 2021, n. 19*, Accademia dei Georgofili, Notiziario INFO. <https://www.georgofili.info/contenuti/la-riorganizzazione-del-servizio-fitosanitario-nazionale-nel-quadro-delle-nuove-s/15543>
- GIOVANNINI L., MAZZA G., SABBATINI PEVERIERI G., IOVINELLA I., MANCO B.N., PROSPER D., BLAISEB J., MAYB C., VANDENBERG N., MARIANELLI L., ROVERSI P.F. (2024): *Exploring potential biocontrol agents of the invasive scale Toumeyella parvicornis (Hemiptera: Coccidae). Monografia "Biological control of threats to the biosecurity of agricultural and forestry systems: italian projects and innovative strategies"*, «Atti Accademia Nazionale Italiana di Entomologia», anno LXXII, pp. 143-145.
- ROVERSI P.F. (2021): *Il Rinascimento nella protezione delle piante. La nuova stagione di un corretto approccio al controllo delle specie invasive*, Libro Bianco del Verde 2021. Focus emergenza Pini: pp. 42-51.
- SABBATINI PEVERIERI G., ROVERSI P.F. (2024): *The outputs of the classical biological control strategy to *Halyomorpha halys* in Italy. Monografia "Biological control of threats to the biosecurity of agricultural and forestry systems: italian projects and innovative strategies"*, «Atti Accademia Nazionale Italiana di Entomologia», anno LXXII, pp. 129-131.

[Approfondimento V]

ELENA GONELLA¹, ALBERTO ALMA¹*Controllo simbiotico*¹ Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari e AGROINNOVA Università di Torino

Nell'ottica di implementare piani di gestione degli insetti dannosi basati sull'integrazione di più tecniche a basso impatto ambientale, una delle proposte più recenti è il controllo simbiotico. Questo approccio si fonda sulla grande varietà di relazioni simbiotiche che intercorrono in natura tra insetti e microrganismi, che influenzano pesantemente la capacità delle diverse specie e dei singoli individui di mantenere elevate popolazioni in un determinato ambiente. La manipolazione di queste associazioni è pertanto in grado di modificare in maniera significativa la distribuzione e le capacità biologiche degli insetti, con interessanti implicazioni per il controllo delle specie dannose.

Il controllo simbiotico può essere articolato tramite diverse strategie, le più importanti delle quali includono la creazione di nuove associazioni con tratti favorevoli alla difesa delle colture, la distruzione delle associazioni obbligate per la soppressione degli insetti dannosi, e la manipolazione della riproduzione per limitare la produzione di progenie. La creazione di nuove associazioni prevede di introdurre un simbionte con caratteristiche desiderate per indurre un determinato fenotipo nell'ospite. Per quanto questa strategia possa essere utilizzata per introdurre fattori soppressivi per l'insetto e ridurre quindi le popolazioni, più frequentemente è stata proposta per ridurre o interrompere la capacità di trasmissione di un patogeno da parte di un insetto vettore, ad esempio introducendo simbionti con capacità antimicrobiche o antivirali. Questa strategia è stata proposta per diversi vettori di interesse medico-veterinario, ad esempio per impedire la trasmissione di protozoi come i plasmodi malarici o i tripanosomi oppure per contrastare la diffusione degli arbovirus trasmessi da zanzare. La creazione di nuove associazioni può prevedere la paratransgenesi, ovvero la modificazione genetica di un simbionte già associato all'insetto per esprimere nuovi fattori di interesse; tuttavia, questa tecnica non è mai stata applicata in Europa. L'introduzione di ceppi microbici naturali appare di più facile applicazione nei nostri contesti.

La distruzione delle associazioni obbligate è uno dei metodi più promettenti in agricoltura, in quanto può potenzialmente consentire un pronto impiego tramite l'uso di sostanze attive già disponibili in commercio, vale a dire prodotti ad azione antimicrobica capaci di sopprimere un simbionte: per que-

sto motivo l'approccio è anche detto "lotta simbiotocida". Tuttavia, questo metodo può essere efficace solo su specie dannose che presentano caratteristiche biologiche ben precise, ovvero: i) un rapporto obbligato con un microrganismo simbiote; ii) una trasmissione transgenerazionale che prevede una fase di acquisizione del simbionte dall'ambiente; iii) la possibilità di raggiungere il simbionte con un trattamento simbiotocida durante la fase ambientale. Un esempio di applicazione di questo approccio è la lotta simbiotocida alla cimice asiatica *Halyomorpha halys*, condotta tramite l'eliminazione del batterio obbligato *Pantoea carbekii* dalla superficie delle uova dopo la deposizione e prima della schiusa, al fine di impedire l'acquisizione tramite ingestione del batterio rilasciato sulla superficie delle uova da parte delle neanidi neonate. Questo metodo è attualmente considerato parte integrante dei protocolli di gestione della cimice asiatica in alcune colture frutticole, come il nocciolo.

La manipolazione della riproduzione per limitare la produzione di prole è condotta principalmente sfruttando l'azione del batterio *Wolbachia*, capace di indurre un meccanismo chiamato incompatibilità citoplasmatica nei propri ospiti al fine di favorire la propria diffusione all'interno delle uova delle femmine infette. Questo meccanismo blocca la produzione di prole che deriva dall'accoppiamento tra un maschio infetto e una femmina non infetta. Questa strategia è applicabile con specie dannose che in natura non presentano l'infezione con *Wolbachia*: il rilascio nell'ambiente di linee maschili infettate in laboratorio con il batterio impedisce agli accoppiamenti che questi maschi effettueranno con le femmine di campo di produrre prole, in maniera analoga a quanto previsto dalla tecnica dell'insetto sterile. Questo metodo, chiamato tecnica dell'insetto incompatibile, può avere successo solo se i maschi rilasciati non presentano significativi difetti nella competizione con quelli di campo. Un esempio di applicazione è la lotta alle zanzare vettori di arbovirus in diverse parti del mondo, dove rilasci programmati di maschi infettati da *Wolbachia* consentono un abbattimento delle popolazioni delle zanzare per alcuni anni; la ripetizione periodica dei lanci può garantire un controllo di lunga durata.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- ARORA A.K., DOUGLAS A.E. (2017): Hype or opportunity? *Using microbial symbionts in novel strategies for insect pest control*, «Journal of Insect Physiology», 103, pp. 10-17.
- HOFFMANN A. A., AHMAD N. W., KEONG W. M., LING C.Y., AHMAD N.A., GOLDING N., TIERNEY N., JELIP J., PUTIT P.W., MOKHTAR N., SANDHU S.S. (2024): *Introduction of Aedes aegypti mosquitoes carrying wAlbB Wolbachia sharply decreases dengue incidence in disease hotspots*, «iScience», 27, 2, 108942.
- HYDER M., LODHI A.M., WANG Z., BUKERO A., GAO J., MAO R. (2024): *Wolbachia*

- interactions with diverse insect hosts: from reproductive modulations to sustainable pest management strategies*, «Biology», 13, p. 151.
- GONELLA E., ALMA A. (2023): *The role of symbiont-targeted strategies in the management of Pentatomidae and Tephritidae pests under an integrated vision*, «Agronomy», 13, p. 868.
- GONELLA E., ORRÙ B., MARASCO R., DAFFONCHIO D., ALMA A. (2020): *Disruption of host-symbiont associations for the symbiotic control and management of pentatomid agricultural pest - a review*, «Frontiers in Microbiology», 11, p. 547031.
- RATCLIFFE N.A., FURTADO PACHECO J.P., DYSON P., CASTRO H.C., GONZALEZ M.S., AZAMBUJA P., MELLO C.B. (2022): *Overview of paratransgenesis as a strategy to control pathogen transmission by insect vectors*, «Parasites Vectors», 15, p. 112.

[Approfondimento VI]

SABRINA SARROCCO¹*Comunità Microbiche Sintetiche*¹ Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Agro-ambientali, Università di Pisa

Le piante vivono in associazione con complesse comunità microbiche (*microbiota*) che influenzano positivamente la loro salute. Secondo l'ipotesi del *cry for help*, durante l'infezione da parte di un patogeno le piante reclutano microrganismi benefici per mitigare lo sviluppo della malattia (Rolfe et al., 2019). Parallelamente, i patogeni secernono effettori che facilitano la colonizzazione dell'ospite attraverso diversi meccanismi, tra cui la manipolazione mirata del microbiota vegetale (Kraege et al., 2025).

Da queste evidenze è emersa l'idea di progettare Comunità Microbiche Sintetiche (*SynCom*) per fornire una protezione duratura e adattabile alla pianta (Duran et al., 2018). Per anni si è creduto che un singolo isolato antagonista potesse rappresentare la "silver bullet" del controllo biologico (Vannacci e Sarrocco, 2018). Gli studi sui suoli soppressivi hanno dimostrato che i consorzi microbici superano spesso l'efficacia dei singoli agenti di biocontrollo, promuovendo una visione più ecologica delle loro interazioni con la pianta e il patogeno (Sarrocco, 2023).

Le *SynCom*, composte da 30-200 ceppi coltivabili, mirano a riprodurre le funzioni dei microbioti naturali. I consorzi multi-isolato mostrano spesso prestazioni superiori rispetto ai singoli isolati (Wang e Yi, 2022).

Nella progettazione di *SynCom* su misura i metodi di *machine learning* consentono di identificare i ceppi chiave responsabili di specifiche funzioni comunitarie (Herrera Paderes et al., 2018). Tuttavia, più le comunità sintetiche diventano complesse, maggiori sono le sfide bioinformatiche per la loro modellizzazione (Selten et al., 2025), tra cui comprendere i meccanismi genetici e biochimici che regolano le interazioni ospite-microbiota, soprattutto in condizioni di stress.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

DURÁN P., THIERGART T., GARRIDO-OTER R., AGLER M., KEMEN E., SCHULZE-LEFERT P., HACQUARD S. (2018): *Microbial interkingdom interactions in roots promote Arabidopsis survival*, «Cell», 175, pp. 973-983.

- HERRERA PAREDES S., GAO T., LAW T.F., FINKEL O.M., MUCYN T., TEIXEIRA P.J., SALAS GONZÁLEZ I., FELTCHER M.E., POWERS M.J., SHANK E.A., JONES C.D. (2018): *Design of synthetic bacterial communities for predictable plant phenotypes*, «PLOS Biology», 16, e2003962.
- KRAEGE A., PUNT W., DODDI A., ZHU J., SCHMITZ N., SNELDERS N.C., THOMMA B.P.H.J. (2025): Undermining the cry for help: *The phytopathogenic fungus Verticillium dahliae secretes an antimicrobial effector protein to undermine host recruitment of antagonistic Pseudomonas bacteria*, «bioRxiv», 2025.06.09.658588.
- ROLFE S.A., GRIFFITHS J., TON J. (2019): *Crying out for help with root exudates: adaptive mechanisms by which stressed plants assemble health-promoting soil microbiomes*, «Current Opinion in Microbiology», 49, pp. 73-82.
- SARROCCO S., VANNACCI G. (2018): *Preharvest application of beneficial fungi as a strategy to prevent postharvest mycotoxin contamination: a review*, «Crop Protection», 110, pp. 160-170.
- SARROCCO S. (2023): *Biological disease control by beneficial (micro)organisms: Selected breakthroughs in the past 50 years*, «Phytopathology», 113, pp. 732-740.
- SELTEN G., GÓMEZ-REPOLLES A., LAMOUCHE F., RADUTOIU S., DE JONGE R. (2025): *SyFi: generating and using sequence fingerprints to distinguish SynCom isolates*, «Microbial Genomics», 11, pp. 001461.
- YIN C., HAGERTY C.H., PAULITZ T.C. (2022): *Synthetic microbial consortia derived from rhizosphere soil protect wheat against a soilborne fungal pathogen*, «Frontiers in Microbiology», pp. 13:908981.

[Approfondimento VII]

PAOLA BATTILANI¹*Modelli predittivi*

¹ Dipartimento di Scienze delle produzioni vegetali sostenibili, Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza

I modelli predittivi sono impiegati nella difesa delle colture da diversi anni e rappresentano un aiuto concreto nella previsione della comparsa delle malattie e del corretto momento di per gli interventi di difesa. Sono cruciali nel contesto IPM, utilizzando i dati meteorologici come principale input, ma possono includere anche l'effetto delle tecniche colturali e in un prossimo futuro potranno includere anche dati raccolti da remoto o con sensori. In tempi più recenti, sono stati sviluppati modelli predittivi anche per i funghi produttori di micotossine. Trattasi di sostanze tossiche naturalmente presenti in vari prodotti vegetali quali mais, frumento e frutta secca. Comunemente, le contaminazioni non sono accompagnate da sintomi visibili, quindi è particolarmente importante prevedere la loro presenza. La gestione delle micotossine si basa essenzialmente sulla prevenzione, pertanto l'impiego di modelli predittivi non ha, come per le altre avversità, lo scopo principale di guidare gli interventi di difesa, ma di prevedere il rischio di contaminazione, informazione cruciale per verificare il rispetto dei limiti di legge, e per ottimizzare il momento della raccolta e la gestione del prodotto in post raccolta. Limiti di legge che definiscono il contenuto massimo ammesso di micotossine, tra cui la più pericolosa è certamente l'aflatossina, sono definiti e molto restrittivi, soprattutto in Europa. I prodotti non conformi non possono essere consumati ad uso alimentare, con regole più restrittive per l'uomo, ma in vigore anche per gli animali. Con i modelli predittivi si possono individuare le aree di rischio in ciascuna stagione colturale, e per ciascuna micotossina, ma anche prevedere gli scenari in relazione al cambiamento climatico. Quindi, i modelli predittivi sono un utile strumento per gli agricoltori, i tecnici, ma anche per chi deve definire strategie a medio e lungo termine per mitigare l'effetto del cambiamento climatico.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

CAMARDO LEGGIERI M., MAZZONI M., BATTILANI P. (2021): *Machine learning for predicting mycotoxin occurrence in maize*, «Frontiers in Microbiology», 12, art. no. 661132.

- CAMARDO LEGGIERI M., GIORNI P., PIETRI A., BATTILANI P. (2019): *Aspergillus flavus and Fusarium verticillioides interaction: modeling the impact on mycotoxin production*, «Frontiers in Microbiology», 10, art. no. 2653.
- BATTILANI P., TOSCANO P., VAN DER FELS-KLERX H.J., MORETTI A., CAMARDO LEGGIERI M., BRERA, C., RORTAIS A., GOUMPERIS T., ROBINSON T. (2016): *Aflatoxin B 1 contamination in maize in Europe increases due to climate change*, «Scientific Reports», 6, art. no. 24328.
- BATTILANI P., CAMARDO LEGGIERI M. (2015): *Predictive modelling of aflatoxin contamination to support maize chain management*, «World Mycotoxin Journal», 8, pp. 161-170.
- BATTILANI P., CAMARDO LEGGIERI M., ROSSI V., GIORNI P. (2013): *AFLA-maize, a mechanistic model for Aspergillus flavus infection and aflatoxin B1 contamination in maize*, «Computers and Electronics in Agriculture», 94, pp. 38-46.
- EUROPEAN COMMISSION (2023): *Commission Regulation (EU) 2023/915*, «Official Journal of the European Union», 119, pp. 103-157.

[Approfondimento VIII]

GIANFRANCO ROMANAZZI¹*Agrofarmaci: aspetti regolatori*¹ Dipartimento di Scienze Agrarie Alimentari ed Ambientali, Università Politecnica delle Marche

Le piante sono esposte a fattori biotici e abiotici, che possono comprometterne la crescita, quantità e qualità della produzione, e talvolta la stessa sopravvivenza. Per quanto riguarda gli stress biotici, abbiamo a disposizione i prodotti per la protezione delle piante (*plant protection products*, PPP), o prodotti fitosanitari, la cui approvazione è definita dal Regolamento 2009/1107 (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009R1107>). Nel caso in cui le piante siano affette da soli stress abiotici (eccessi o difetti della presenza di elementi nutritivi, temperatura, acqua, etc.), gli strumenti a disposizione ricadono nel Regolamento 2019/1009 relativo ai fertilizzanti (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R1009>), che include anche la categoria dei biostimolanti, che hanno la potenzialità di limitare gli stress abiotici. In questo ambito ci riferiremo ai prodotti fitosanitari, detti anche fitofarmaci, pesticidi (da chi li conosce poco) o agrofarmaci (per i tecnici del settore), devono seguire un lungo iter di approvazione, attualmente lungo anche 10-13 anni (dall'ideazione alla messa in commercio) e che può raggiungere costi di 300 milioni di Euro. Tale regolamento definisce i passaggi necessari per la registrazione di un prodotto fitosanitario, che di norma deve essere sottoposto a nuova registrazione ogni 10 anni. La stessa norma definisce agli articoli 22 e 23 due categorie particolari di prodotti fitosanitari, le sostanze a basso rischio (art. 22) e le sostanze di base (art. 23). Le sostanze a basso rischio comportano, come dice il termine, un basso rischio per la salute umana, animale e per l'ambiente, e pertanto devono essere sottoposte a nuova registrazione ogni 15 anni. Le sostanze di base sono rappresentate da composti utilizzati nell'alimentazione umana (*foodstuff*) e hanno un'attività secondaria nella protezione delle piante. Pertanto, non dovendo dimostrare che non nuocciano alla salute e all'ambiente, il costo di registrazione è molto più limitato (attorno a 50000 Euro, inclusa l'estensione al biologico) ed il tempo di registrazione è più breve (in genere 1-2 anni). La registrazione di queste sostanze avviene una volta e non richiede rinnovi. L'Europa è il luogo nel quale la legislazione in materia è la più garantista a livello mondiale per il consumatore, pertanto, le norme sono particolarmente restrittive ed i tempi piuttosto lunghi, se confrontati con quello che accade in altre parti del

mondo, soprattutto per i prodotti biologici e le sostanze naturali. È in corso un processo di ripensamento di tale strategia, che potrebbe portare ad una maggiore disponibilità di agenti di biocontrollo e sostanze naturali, particolarmente utili per il mondo del biologico e per raggiungere alcuni degli obiettivi della strategia Farm to Fork (dimezzamento dell'uso e del rischio relativo ai prodotti chimici e incremento delle superfici a biologico al 25%), con una corsia preferenziale (*fast track*), sulla quale il 14 ottobre si è chiusa una consultazione pubblica, che potrebbe essere regolamentata entro il 2025.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- BECKERMAN, J., PALMER, C., TEDFORD, E., YPEMA, H. (2023): *Fifty years of fungicide development, deployment, and future use*, «Phytopathology», 113, pp. 694-706.
- ROMANAZZI, G., ORÇONNEAU, Y., MOUMNI, M., DAVILLERD, Y., MARCHAND, P.A. (2022): *Basic substances, a sustainable tool to complement and eventually replace synthetic pesticides in the management of pre and postharvest diseases: reviewed instructions for users*, «Molecules», 27, p. 3484.
- <https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/start/screen/active-substances>

LEONARDO CASINI¹

Focus sull'evoluzione della PAC e del settore agricolo nazionale

¹ Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali (DAGRI)
Università di Firenze; Accademia dei Georgofili

INTRODUZIONE

L'evoluzione delle politiche agricole comunitarie costituisce uno degli elementi più rilevanti del processo di integrazione europea, non solo per il suo impatto economico e sociale sul settore agricolo e agroalimentare, ma anche per le ricadute ambientali e territoriali che ne derivano. Fin dalla sua nascita la Politica Agricola Comune (PAC) è stata oggetto di un costante aggiornamento che ne ha progressivamente ridefinito obiettivi, strumenti e priorità, adattandoli ai profondi cambiamenti economici, tecnologici e sociali che hanno interessato il settore primario e, più in generale, l'intera società europea. In questa prospettiva, l'articolo si propone di analizzare il relativo sistema di finanziamenti che ha rappresentato il motore principale delle trasformazioni del settore agricolo europeo, evidenziando come i meccanismi di sostegno abbiano influenzato la competitività, la redditività e la sostenibilità delle imprese agricole. Segue un approfondimento sull'evoluzione del settore, esaminando i cambiamenti strutturali, produttivi e occupazionali che hanno caratterizzato l'agricoltura italiana negli ultimi decenni. In ultimo vengono delineate la situazione attuale e le tendenze emergenti, con particolare attenzione alle sfide economiche, ambientali e sociali che oggi condizionano le politiche agricole, dal cambiamento climatico alla sicurezza alimentare.

L'EVOLUZIONE DEGLI AIUTI

La PAC nasce nel 1962 ed è il primo nucleo su cui si svilupperà l'Unione europea. Per rispondere alle criticità emerse nel secondo conflitto mondiale si

individuano come obiettivi prioritari l'autosufficienza alimentare europea, aumentando la produttività agricola, insieme a quello di assicurare un reddito stabile agli agricoltori. Coerentemente a questi obiettivi furono predisposti efficaci strumenti di incentivazione delle produzioni. In particolare, erano garantiti il totale acquisto delle produzioni realizzate e prezzi di vendita remunerativi, assicurando così stabilità ai produttori. Garanzie che ovviamente comportavano anche un sistema tariffario di protezione dalle importazioni da Paesi terzi a prezzi inferiori.

Il sistema produsse gli effetti desiderati di un forte aumento della produzione agricola europea grazie anche allo sviluppo della meccanizzazione e della chimica applicata all'agricoltura (fertilizzanti, antiparassitari, ecc.). Alla fine degli anni '70 si cominciarono però a rilevare gli effetti negativi di questi strumenti, ovvero, la creazione di una grande sovrapproduzione di vari prodotti. Tale sovrapproduzione comportava la necessità di smaltire i prodotti eccedentari e questo venne fatto incentivando l'esportazione all'estero a prezzi ribassati a carico dell'allora Comunità economica europea. Il tutto comportava chiaramente una concorrenza sleale nei confronti degli altri Paesi produttori. Inoltre, il sistema che premiava la produzione, portò a un uso intensivo delle risorse naturali, acqua e input chimici con conseguente rischio di degrado ambientale. Questo modello incentivava pratiche agricole poco sostenibili, con impatti negativi sugli ecosistemi, sull'inquinamento delle acque e sulla biodiversità.

I problemi di carattere ambientale, ma soprattutto, il crescente costo delle esportazioni sovvenzionate e le proteste degli altri Paesi determinano a partire dagli anni '80 la necessità di correzioni alla PAC che hanno portato alla cosiddetta Riforma MacSharry del 1992. Questa riforma portò a una profonda modifica della PAC, che passò da un sostegno incorporato nei prezzi, e quindi sostanzialmente non percepito dai produttori, a forme di aiuto diretto al reddito degli agricoltori, all'inizio legato ai risultati storici delle colture poi sempre più disaccoppiato da questi. Da sottolineare come questo cambiamento abbia due effetti estremamente importanti. Il primo riguarda gli agricoltori che fino a quel momento non percepivano direttamente il sostegno comunitario, in quanto incorporato in prezzi garantiti e sostenuto dalla protezione dalle importazioni estere, mentre con la riforma il sostegno viene legato alla presentazione di una domanda ed è chiaramente quantificato. Il secondo riguarda la società, l'aiuto legato a prezzi garantiti comporta che il costo è a carico dei consumatori e solo per la parte di sovvenzione alle esportazioni eccedentarie è a carico della contribuzione generale, mentre con i pagamenti diretti e la riduzione dei prezzi garantiti il costo dell'aiuto si sposta in larga parte sui contribuenti.

Si assiste così a un'agricoltura che deve sempre più fare i conti con il mercato dato che i prezzi garantiti vengono progressivamente ridotti e con una società che diviene sempre più esigente sui servizi non di mercato offerti dall'agricoltura (paesaggio, difesa idrogeologica, ecc.).

In questo periodo cambiano, infatti, gli obiettivi che avevano ispirato la PAC. Ai tradizionali obiettivi della sicurezza alimentare, nel senso della capacità di autoapprovvigionamento, e del sostegno agli agricoltori, si aggiunge quello della salubrità dei prodotti, si introduce il concetto della competitività di mercato, e comincia ad affermarsi anche l'importanza del rispetto ambientale. Coerentemente con questo percorso si afferma anche il così detto secondo pilastro della PAC, dedicato allo sviluppo rurale, con misure per la diversificazione, l'innovazione e la tutela del paesaggio. Si ritiene, infatti, che la tutela del mondo agricolo, richieda anche misure che vadano al di là delle garanzie di mercato e degli aiuti al reddito. In questo senso si realizzano i così detti programmi di sviluppo a livello regionale che finanziano le ristrutturazioni aziendali, gli investimenti, incentivano le forme di agricoltura a basso impatto ambientale, e contribuiscono al miglioramento delle condizioni di vita nelle aree rurali.

Si giunge così alla riforma del 2014 dove gli obiettivi dichiarati di sostegno al reddito e di competitività vengono mantenuti, ma in un contesto dove il vincolo della sostenibilità è sempre più forte. Gli strumenti applicativi si basano principalmente su aiuti ad ettaro del tutto disaccoppiati dalle produzioni, ma legati al rispetto di determinati requisiti di condizionalità ambientale (cross-compliance), e ad ulteriori pagamenti subordinati allo svolgimento di determinati "servizi ambientali", come certe forme di rotazioni colturali.

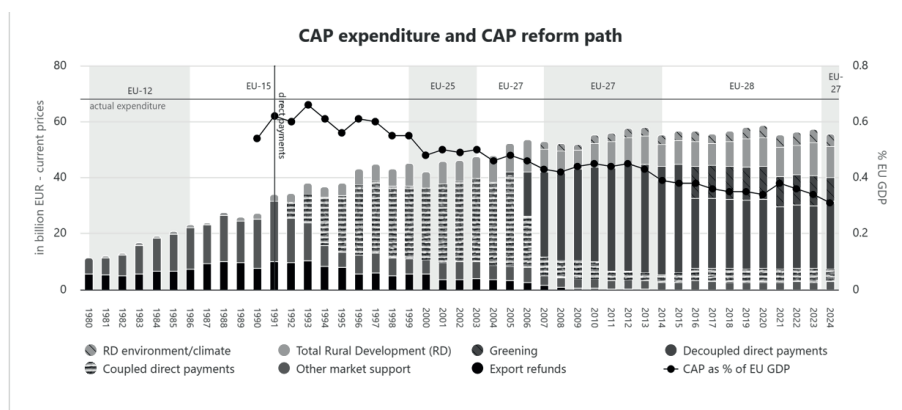
Questa forma di aiuti legati a servizi "non di mercato" svolti dalle attività agricole viene poi ulteriormente sviluppata nella riforma successiva, dove gli obiettivi dichiarati derivano dal Green Deal europeo che delinea le linee di sviluppo complessive per l'UE.

Gli obiettivi della PAC si sviluppano conseguentemente su più ambiti: obiettivi economici, come garantire un reddito equo agli agricoltori, aumentare la competitività, migliorare la posizione degli agricoltori nella filiera alimentare; obiettivi ambientali, come combattere i cambiamenti climatici, tutelare l'ambiente e salvaguardare il paesaggio e la biodiversità; obiettivi sociali, come sostenere il ricambio generazionale, promuovere la vitalità delle aree rurali, rispondere alle esigenze dei consumatori in materia di alimentazione e salute, promuovere le conoscenze, l'innovazione e la digitalizzazione.

Per rispondere a questa imponente serie di obiettivi gli strumenti messi in atto non si discostano però molto da quelli previsti in passato se non per la modalità di gestione delle risorse. Ciascun Paese presenta infatti un Piano

Strategico complessivo in cui sono definite le modalità di applicazione del regolamento comunitario e l’allocazione delle risorse. Il Piano è unico per ciascun Paese e comprende sia le misure di mercato che quelle per lo sviluppo rurale. Fra le prime da sottolineare quelle per pagamenti subordinati allo svolgimento di servizi ambientali. I così detti eco-schemi, cioè incentivi per l’attuazione volontaria di pratiche agricole sostenibili, come l’inerbimento dei filari nelle colture arboree o il miglioramento del benessere animale.

Nel grafico 1 è riportato l’andamento delle risorse per la PAC nel periodo 1980-2024. In questo periodo l’Unione europea è passata da 12 a 28 membri e oggi a 27 Paesi dopo l’uscita della Gran Bretagna. Gli importi per la PAC sono così inevitabilmente cresciuti fino ai primi anni 2000 per poi stabilizzarsi intorno ai 60 miliardi di euro. Dal grafico si vede come però in termini percentuali sul Prodotto Interno Lordo dell’UE il peso della PAC sia diminuito dall’0,7% allo 0,3%, testimoniando la minore importanza del tema agricoltura nel complesso delle attività dell’UE. Anche considerando i valori assoluti la stabilità in termini nominali comporta una riduzione in termini reali. Ad esempio, per l’Italia si è passati da un importo di quasi 4 miliardi di euro nel 2010 a circa 3,6 miliardi nel 2024 con una riduzione nominale di circa il 10%, ma considerando che nel periodo la perdita di potere d’acquisto è stata dell’ordine del 30%, si comprende come il taglio effettivo sia stato molto più rilevante.



Sources: CAP expenditure: European Commission, Directorate-General for Agriculture and Rural Development (Financial Report). GDP: Eurostat. Annual expenditure in current prices.

Grafico 1 *Andamento delle risorse per la PAC nel periodo 1980-2024*

LA SITUAZIONE ATTUALE

L'analisi congiunta dell'evoluzione degli obiettivi della PAC e delle sue risorse indica una strategia UE per un'agricoltura che deve essere sempre più autonoma e competitiva sui mercati, ma aiutata nella produzione di quei beni ambientali e sociali non ricompensati direttamente dal mercato. Il principio è anche in linea con i precetti della teoria economica, tuttavia, è necessario che i relativi strumenti attuativi siano realmente efficaci al fine di garantire una sufficiente economicità delle attività agricole. Ad oggi gli aiuti, se pur considerevoli, raggiungendo in media il 30% del valore aggiunto aziendale, non sembra abbiano contrastato, in molti Paesi e certamente in Italia, il declino del settore. In Italia dal 1980 al 2020 secondo i dati dei censimenti dell'agricoltura dell'ISTAT le aziende sono passate dagli oltre 3 milioni a poco più di un milione e la SAU si è ridotta di oltre 3 milioni di ettari. La figura 1 mostra come nel periodo 1990-2020, vaste aree del Paese abbiano registrato un crollo delle aree agricole con riduzioni superiori al 50%: Liguria, Appennino centro meridionale, Alpi. In molte di queste zone all'abbandono agricolo si è anche accompagnato l'esodo della popolazione specialmente delle generazioni più giovani, evidenziando un problema sociale molto rilevante.

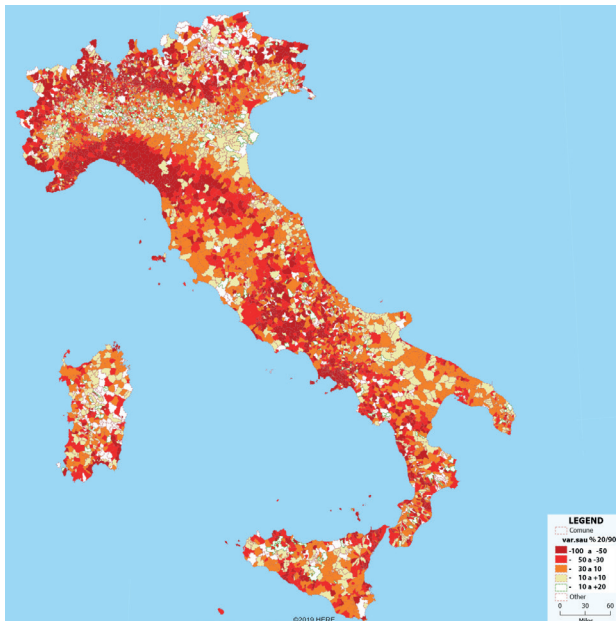


Fig. 1 Percentuale di variazione delle aree agricole (UAA) nel periodo 1990-2020 (Fonte ISTAT)

Passando dalla descrizione del settore in termini di superfici a quella in termini di produzioni, dalla tabella 1 emerge chiaramente l'importanza del ruolo delle politiche agricole.

Anni	Frumento			Orzo	Riso	Granoturco	Vite			Olivio		Agrumi		Barbabietola da zucchero
	Tenero	Duro	Totale				Uva da tavola	Uva da vino	Vino (migliaia di ettolitri)	Olive	Olio d'oliva	Arancio	Limone	
1,861			32,900	1,821	2,802	14,400		32,640	19,200	10,548	1,418	1,110	1,100	
1,901			48,084	2,227	5,575	26,941		81,204	46,513	21,444	2,927	2,768	3,730	
1,931	50,497	13,262	63,759	2,356	6,998	19,421		67,715	40,025	13,783	2,445	3,582	3,890	
1,941	55,151	15,551	70,702	2,355	8,638	26,116		59,690	36,671	12,692	2,209	3,337	3,399	41,712
1,951	56,132	13,488	69,620	2,704	7,500	27,483		79,647	49,761	21,476	3,717	4,997	2,981	59,609
1,961	66,138	16,974	83,112	2,787	6,998	39,360	5,776	78,890	52,482	22,505	3,941	7,992	4,945	70,709
1,971	67,045	32,894	99,939	3,725	8,923	45,284	11,386	88,878	64,212	32,102	6,181	14,624	7,793	87,762
1,981	54,132	34,171	88,303	9,820	8,933	71,966	14,388	94,675	70,560	30,240	6,065	17,516	7,910	174,997
1,991	42,768	51,389	94,157	17,929	12,353	62,378	14,543	81,312	59,788	41,169	7,682	20,594	7,133	119,752
2,001	27,893	36,240	64,133	11,257	12,730	105,537	15,702	70,828	52,293	30,162	5,735	17,719	5,504	99,098
2,011	28,390	37,966	66,356	9,510	15,558	97,526	12,123	58,423	42,705	31,683	5,418	25,082	4,582	35,479
2,021	30,722	41,373	72,095	10,692	14,647	61,255	10,410	71,947	52,185	23,657	3,386	17,934	4,733	16,896

Tab. 1 *Produzione delle principali coltivazioni erbacee. Anni 1861-2021 (migliaia di quintali). Fonte: ISTAT*

Le quantità dei principali prodotti hanno incrementi considerevoli passando dagli anni '60 agli anni '70 e '80, periodo dove appunto vi è stata la massima incentivazione all'aumento della produttività, per cui anche con superfici in diminuzione la capacità di aumentare le rese ha permesso di superare le quantità degli anni precedenti. Si è infatti passati, ad esempio ai 30 quintali per ettaro degli anni '60 ai quasi 100 degli anni '90. Negli anni 2000 si assiste però allo stabilizzarsi se non al ridursi delle produzioni, anche in questo caso la PAC ha avuto il suo ruolo, avendo introdotto forme di aiuto specifiche per produzioni a basso impatto ambientale (come, ad esempio, il sostegno al biologico) e per la messa a riposo dei terreni.

Dopo l'inizio dell'invasione russa dell'Ucraina ed i conseguenti effetti sul mercato dei prodotti agricoli, il tema dell'autosufficienza alimentare si è nuovamente posto e cioè se l'agricoltura è ancora un settore strategico per la produzione di alimenti o se prevalgono gli altri obiettivi a cui è oggi chiamata a rispondere. In merito a ciò occorre ricordare che a livello nazionale siamo deficitari per tutte le principali categorie di prodotti ad eccezione delle carni avicole, dell'ortofrutta e del vino, dove siamo il principale esportatore mondiale con la Francia (tabella 2).

Prodotti	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Vino (*)	188	242	195	204	225	224
Frutta	115	118	119	119	118	113
Carne avicola	107	108	108	109	100	106
Ortaggi	99	99	99	99	98	
Agrumi(*)	98	97	94	100	97	98
Lattiero caseario	78	79	85	89	83	80
Fruento duro	72	62	56	65	70	56
Olio d'oliva (*)	76	43	77	58	67	52
Orzo	64	69	71	63	62	63
Carne suina e salumi	62	68	69	68	66	63
Carne bovina	52	50	48	47	43	40
Mais	52	50	53	54	40	46
Frutta in guscio	50	41	47	41	43	43
Fruento tenero	33	36	36	39	36	36

(*) campagne 2017/18, 2018/19, 2019/20, 2020/21, 2021/22, 2022/23

Tab. 2 *Grado di autoapprovvigionamento per i principali prodotti agricoli (anni 2018-23).*
Fonte: ISMEA

LE PROSPETTIVE

Le tendenze evolutive del settore, precedentemente illustrate, non inducono a pensare che questo deficit commerciale possa colmarsi in futuro con un aumento delle produzioni interne, anzi, lo scenario più probabile è quello di ulteriori peggioramenti. Il problema è che si tratta di prodotti fondamentali per la nostra alimentazione e per la nostra industria di trasformazione, che vede riconosciuto per i prodotti alimentari italiani un premium price significativo sui mercati internazionali. La domanda che quindi si pone e che dovrà essere al centro delle scelte di politica agricola nazionale, è se la nostra agricoltura dovrà conservare un ruolo centrale come fornitore di materie prime alimentari o se potrà anche essere sempre più sostituita da prodotti di importazione.

Dal punto di vista strettamente agricolo la salute del settore è abbastanza preoccupante, almeno in diverse aree del Paese e per certe tipologie colturali. Un'indagine sulle aziende professionali nel data base della Rete di Informazione Contabile Agricola (RICA) per i comparti dei seminativi della viticoltura e dell'olivicoltura ha evidenziato come oltre il 30% di esse presenti un valore aggiunto (comprensivo degli ammortamenti) per addetto inferiore ai 22.000 Euro, evidenziando alti rischi di abbandono dell'attività, soprattutto con ulteriori riduzioni degli aiuti. Ipotesi più che realistica alla luce delle recenti anticipazioni sul budget per la nuova riforma della PAC.

In questo quadro il ruolo della PAC è ancora più importante perché può costituire la base per promuovere un nuovo sviluppo del mondo rurale, ma potrebbe anche determinarne la fine in diverse aree del Paese. Affrontando specificamente il tema della redditività, l'attuale distribuzione degli aiuti diretti non appare sufficiente per aiutare lo sviluppo competitivo e sostenibile

delle imprese come richiesto dagli attuali obiettivi europei, essendo in larga parte ancora determinata su base storica e senza una effettiva strategia basata sulla valutazione degli impatti economici degli aiuti. In particolare, il principio di pagamenti per servizi non di mercato introdotto con le ultime riforme, certamente corretto per la teoria economica, viene però applicato solo come compensazione per specifici servizi ambientali previsti dai regolamenti (come ad esempio per gli ecoschemi) e non per la distribuzione complessiva degli aiuti. Un'azienda ubicata in area marginale con, ad esempio, sistemazioni idraulico agrarie di alto valore paesaggistico e con relativi alti costi di mantenimento, non si vede riconosciuto nessun contributo specifico per questo suo ruolo di sicuro valore sociale. Essa, infatti, riceve pagamenti diretti sostanzialmente uguali a quelli di un'azienda intensiva di pianura, se non per differenze negli aiuti storici, che però vanno generalmente a favore di quest'ultima.

Contrastare il fenomeno dell'abbandono nelle aree dove si ritiene l'agricoltura un elemento strategico, richiede anzitutto garantire una sufficiente redditività e per questo il sistema di aiuti dovrebbe avere come principale criterio distributivo la compensazione degli svantaggi territoriali e delle funzioni sociali e ambientali non direttamente apprezzate dal mercato.

La formazione del valore lungo la filiera alimentare è un altro tema decisivo per lo sviluppo del nostro sistema agricolo e anche su questo le politiche agricole potrebbero aiutare ulteriormente. Attualmente i rapporti di forza lungo la filiera sono sempre più a favore della parte finale, della distribuzione e in particolare della grande distribuzione e delle imprese di trasformazioni. È necessario invertire questo andamento che vede in molti casi solo un 10% percento del valore finale dei prodotti attribuito all'agricoltore. Per farlo serve sicuramente uno sforzo da parte del modo agricolo per sviluppare forme di associazionismo sempre più efficienti e in grado di internalizzare più fasi della filiera, ma forse è necessario anche l'intervento pubblico per garantire un giusto riconoscimento ai produttori con forme di certificazione efficaci e controlli sulle posizioni dominanti.

Dal punto di vista aziendale migliorare la redditività implica inevitabilmente di intervenire o su una riduzione dei costi o su un maggior valore delle produzioni, per entrambe le ipotesi è necessario un forte sforzo imprenditoriale sia che si rivolga all'innovazione di processo, per un aumento dell'efficienza produttiva, sia che riguardi la valorizzazione dei prodotti. Gli ultimi dati del censimento 2020 indicano che oltre il 60% degli imprenditori agricoli supera i 60 anni di età e che nel complesso solo pochi hanno una formazione specifica (circa il 15% ha un diploma e solo il 2% ha una laurea in tematiche attinenti all'attività agricola) evidenziando la difficoltà a introdurre quelle innovazioni di prodotto e di processo necessarie per rispondere alle nuove

esigenze della società. Qui si apre l'altro tema fondamentale per il futuro del mondo agricolo: il ricambio generazionale. È evidente che se non riusciamo a rendere attrattiva l'attività agricola, garantendo anche una buona qualità della vita nelle aree rurali, difficilmente potremmo attivare quei processi innovativi necessari per rendere competitiva la nostra agricoltura e conseguire la giusta redditività. Paradossalmente, mai come oggi c'è bisogno di giovani in agricoltura con una elevata preparazione tecnica. Le nuove tecnologie – dai droni per il monitoraggio delle colture all'agricoltura di precisione, dall'Internet of Things alla blockchain per la tracciabilità – richiedono competenze che spesso mancano o sono inadeguate agli agricoltori italiani.

In sintesi, lo sviluppo della nostra agricoltura pone sfide complesse ma anche opportunità strategiche. Affrontarlo significa ripensare radicalmente il rapporto tra agricoltura, ambiente e società, adottando un approccio territoriale che valorizzi la multifunzionalità del paesaggio rurale, promuova il benessere delle comunità e integri strumenti economici, ambientali e culturali in un quadro di sostenibilità a lungo termine. Solo così sarà possibile sviluppare una nuova progettualità rurale, capace di coniugare resilienza ecologica, giustizia sociale e rigenerazione dei territori. Le risorse pubbliche sono indispensabili per guidare questo percorso, ma devono essere chiari gli obiettivi e adeguati gli strumenti per la loro allocazione.

Finito di stampare
presso Tipografia Monteserra (Vicopisano - PI)
nel mese di febbraio 2026