

Convegno:

Razionalizzazione delle attività di controllo
dei parassiti nelle colture e negli allevamenti

6 novembre 2025

Relatori

Tommaso Maggiore e Anna Alfea Sandrucci (coordinatori), Alberto Alma,
Elena Gonella, Gianfranco Romanazzi, Claudio Ratti,
Paolo Balsari, Annalisa Polverari, Giorgio Varisco, Luigi Bertocchi,
Loris Alborali, Mattia Cecchinato, Silvia Colussi

Sintesi

Il convegno odierno è la prosecuzione di quello svolto nel 2024 dal titolo *Razionalizzazione dei sistemi colturali e zootecnici per la salvaguardia ambientale*, restano pertanto valide le stesse considerazioni già riportate nella locandina del 2024 e riprese da quanto dichiarato dagli scienziati per il settore zootecnico nel 2022 a Dublino.

«I sistemi (colturali) e zootecnici devono progredire sulla base dei più elevati standard scientifici. Sono troppo preziosi per la società per diventare vittime di semplificazioni, riduzionismo o fanatismo. Questi sistemi devono essere integrati nella società e avere da questa un'ampia approvazione. Per questi gli scienziati sono invitati a fornire prove affidabili: nutrizionali e per la salute dei prodotti vegetali e animali, della sostenibilità ambientale, dei valori socio-culturali ed economici nonché delle soluzioni per i numerosi miglioramenti necessari.

Questa dichiarazione mira a dar voce ai numerosi scienziati di tutto il mondo che fanno ricerca diligentemente, onestamente e con successo in varie discipline al fine di raggiungere una visione equilibrata del futuro dell'agricoltura».

I SESSIONE. LE COLTURE

ALBERTO ALMA¹, ELENA GONELLA²,*Razionalizzazione del controllo dei fitofagi in agricoltura: il caso studio del vigneto*¹ Accademia dei Georgofili, DISAFA-Università degli Studi di Torino² DISAFA-Università degli Studi di Torino, AGROINNOVA-Centro Interdipartimentale per l'Innovazione in campo Agro-ambientale

Una delle più importanti sfide che l'agricoltura moderna si trova ad affrontare è limitare il proprio impatto sull'ambiente, sulla biodiversità e sulla salute umana mantenendo al contempo un elevato standard produttivo come richiesto da consumatori sempre più attenti ed esigenti. Questa sfida rappresenta un elemento cruciale della protezione delle colture dalle avversità biotiche. Infatti, accanto alla costante riduzione del numero di sostanze attive disponibili per contrastare fitofagi e patogeni, gli operatori si trovano a fronteggiare molteplici introduzioni accidentali di specie alloctone invasive, che rendono il contesto della gestione fitosanitaria sempre più complesso. Pertanto, la ricerca scientifica è chiamata a individuare e sviluppare nuove soluzioni di difesa alternative all'uso della chimica, la cui efficacia può essere garantita solo attraverso l'integrazione di tecniche e approcci diversi, compatibili tra loro e possibilmente capaci di operare in sinergia.

Un esempio ideale per descrivere tale scenario è l'agroecosistema vigneto. In Italia, la produzione vitivinicola rappresenta un comparto produttivo di primaria importanza, con 30.000 imprese che occupano 74.000 persone, con un fatturato annuo che raggiunge i 16 miliardi di euro. Inoltre, una rilevante percentuale di aziende opera in regime di agricoltura biologica; queste aziende necessitano in particolar modo di soluzioni operative efficaci e a basso impatto ambientale. Non ultimo, il ruolo sociale della viticoltura italiana sta assumendo un'importanza sempre maggiore: basti pensare ai numerosi territori vitivinicoli italiani divenuti patrimonio Unesco, come Langhe, Roero e Monferrato in Piemonte, la val d'Orcia in Toscana, e le Colline del Prosecco di Conegliano e Valdobbiadene in Veneto. In un tale contesto, la viticoltura italiana deve fronteggiare numerose avversità biotiche e abiotiche che minacciano seriamente le sue produzioni di eccellenza; d'altro canto, l'elevato valore produttivo del comparto, unito alla continua ricerca di nuove soluzioni tipica dei viticoltori italiani, fornisce l'opportunità di costruire protocolli gestionali caratterizzati dall'integrazione di strategie innovative e a basso impatto ambientale.

La difesa del vigneto dagli insetti dannosi, pur rimanendo fortemente dipendente dalla lotta chimica, può fare affidamento su diversi metodi alternativi che possono affiancarla. Un esempio emblematico in tal senso è rappresentato dai territori dell'Italia centro-settentrionale, nello specifico nell'area che comprende importanti regioni viticole come il Piemonte, la Liguria, la Valle d'Aosta, la Lombardia, il Veneto, il Trentino Alto-Adige, Il Friuli-Venezia Giulia, l'Emilia-Romagna e la Toscana. Queste regioni sono caratterizzate dalla presenza diffusa di focolai di Flavescenza Dorata, causata da fitoplasmi del gruppo tassonomico 16SrV, soggetti a lotta obbligatoria ai sensi dell'Ordinanza Ministeriale n. 4 del 22/06/2023, attraverso due-tre trattamenti insetticidi per stagione contro il vettore *Scaphoideus titanus*. Inoltre, in molte di queste regioni si sta recentemente diffondendo lo scarabeo giapponese *Popillia japonica*, che presenta una elevata preferenza per la vite ed è in grado di produrre ingenti defoliazioni, con effetti devastanti per i vigneti colpiti. Se da un lato gli interventi contro questi insetti offrono l'opportunità di colpire anche altri fitofagi attivi in vigneto contemporanea a quelli bersaglio (come ad esempio le cicaline verdi e gialle), dall'altro la costante pressione insetticida può minacciare la biodiversità dell'agroecosistema vigneto, essenziale per mantenere un equilibrio biocenotico garantendo i servizi ecosistemici ad esso associati. Pertanto, l'esposizione agli insetticidi, soprattutto se si pensa alle sostanze attive ad ampio spettro, rischia di promuovere le pullulazioni di fitofagi secondari, determinando emergenze fitosanitarie aggiuntive. A questo bisogna aggiungere il rischio di insorgenza di fattori di resistenza nelle popolazioni dei fitofagi esposti alla pressione insetticida, che può rapidamente vanificare l'efficacia dei trattamenti. Per questo motivo la viticoltura del centro-nord Italia deve affidarsi il più possibile all'integrazione di diverse soluzioni alternative alla lotta chimica, al fine di ridurre gli effetti negativi determinati dall'uso di insetticidi di sintesi. Un importante campo di azione in questo contesto è l'adozione di soluzioni basate sul comportamento riproduttivo dei fitofagi, in particolare quelli che si affidano alla comunicazione chimica e/o vibroacustica per l'accoppiamento. Per quanto riguarda gli stimoli chimici, i feromoni sessuali vengono utilizzati per strategie di confusione o disorientamento sessuale nei confronti di diversi lepidotteri come le tignole dell'uva *Lobesia botrana* ed *Eupoecilia ambiguella*, ma anche di vettori di virus nella famiglia degli pseudococcidi. Per quanto riguarda gli stimoli vibroacustici, strategie di confusione sessuale vibrazionale sono in fase di studio per *S. titanus* e altre cicaline della vite, con risultati promettenti. Quando anche questa strategia sarà pronta per essere commercializzata, la viticoltura diventerà il primo settore a veder l'integrazione tra l'uso di semiochimici e vibrazioni. Tale integrazione può divenire

ancora più ampia attraverso il recente sviluppo di erogatori con serbatoi multipli per la gestione simultanea di più specie.

Un'altra importante risorsa per lo sviluppo di protocolli integrati basati sulla riduzione dell'input chimico è rappresentata dal controllo biologico. Già da tempo sono disponibili formulati a base di *Bacillus thuringensis*, molto efficaci per il contenimento delle tignole dell'uva. Degne di nota sono anche le recenti attività di sviluppo e ottimizzazione di protocolli basati sull'applicazione di organismi entomopatogeni attivi nei confronti delle larve di *P. japonica*, al fine di contenere il più possibile l'ingresso e l'invasione degli adulti nei vigneti. Oltre ai microrganismi, molto utile può essere anche l'azione di nemici naturali tra gli artropodi. Per alcuni fitofagi come gli pseudococcidi sono disponibili limitatori adatti ad approcci aumentativi, come il predatore *Cryptolaemus montrouzierii* (di origine alloctona ma ormai considerato stabilito in Europa) o il parassitoide *Anagyrus vladimiri*. Anche la lotta biologica classica si è rivelata un approccio vincente nei confronti di alcuni fitofagi, come nel caso del contenimento di *Metcalfa pruinosa* operato dal parassitoide *Neodryinus typhlocybae*. Per molti altri insetti dannosi, il controllo biologico in viticoltura segue principalmente le strategie conservative, volte alla promozione di predatori generalisti e parassitoidi oofagi come i mimaridi o i tricogrammatidi.

Infine, occorre ricordare l'importanza delle nuove tecnologie che vengono messe al servizio della gestione fitosanitaria del vigneto. Ad esempio, lo sviluppo di "smart traps" è in fase di studio per rendere immediatamente disponibili le informazioni ottenute dai monitoraggi delle principali specie di fitofagi; l'implementazione dei sistemi di monitoraggio può essere accompagnata dall'applicazione di modelli previsionali, per la calibrazione fine degli interventi attraverso il supporto di dispositivi di supporto decisionale (come già avviene nei confronti di *L. botrana*); lo sviluppo di sistemi di distribuzione intelligente degli agrofarmaci può garantire la riduzione della loro dispersione. L'ulteriore implementazione di queste tecnologie risulta sempre più importante anche al fine di contrastare gli effetti che derivano dal cambiamento climatico, che sta rendendo sempre più difficoltosa la coltivazione della vite nell'Europa meridionale. Infatti, l'aumento delle temperature e la scarsa disponibilità idrica, unite ai sempre più frequenti fenomeni climatici estremi, non favoriscono le produzioni di qualità e rendono ancora più dannose le infestazioni ad opera di fitofagi autoctoni e alloctoni. L'applicazione delle più innovative tecnologie per il monitoraggio e la lotta a queste avversità è pertanto fondamentale per salvaguardare le produzioni di eccellenza italiane.

One of the most important challenges facing modern agriculture is limiting its environmental, biodiversity and health impacts while maintaining the high production standards demanded by increasingly discerning consumers. This challenge is a key aspect of protecting crops against biotic agents. Alongside the constant reduction in the number of active substances available for pest and pathogen control, farmers must also deal with the unintentional introduction of invasive species in multiple ways, making phytosanitary management increasingly complex. Therefore, research must identify and develop new non-chemical pest management solutions. These solutions can only be effective if different compatible techniques and approaches are integrated to work in synergy.

The vineyard agroecosystem is a suitable example to describe such a scenario. In Italy, the wine production sector employs 74,000 people across 30,000 companies, generating annual sales of 16 billion euros. Furthermore, a significant proportion of wineries operate under organic farming principles, and these farms require effective operating solutions that have a low environmental impact. Furthermore, the social importance of Italian viticulture is growing: many Italian wine growing areas have become UNESCO World Heritage Sites, including Langhe, Roero and Monferrato in Piedmont, Val d'Orcia in Tuscany and the Prosecco Hills of Conegliano and Valdobbiadene in Veneto. In this context, Italian viticulture must cope with numerous biotic and abiotic adversities that seriously threaten its high-quality production. However, the sector's high production value, combined with the continuous search for new solutions typical of Italian grapevine growers, provides an opportunity to develop pest management protocols integrating several innovative, environmentally friendly strategies.

*Although grapevine protection against harmful insects remains highly dependent on chemical control, several additional and alternative methods can be employed. A notable example of this is central-northern Italy, which includes important viticultural regions such as Piedmont, Liguria, Valle d'Aosta, Lombardy, Veneto, Trentino-Alto Adige, Friuli-Venezia Giulia, Emilia-Romagna and Tuscany. These regions are characterised by widespread outbreaks of Flavescence Dorée, which are caused by phytoplasmas belonging to the 16SrV taxonomic group. These areas are subject to compulsory measures under Ministerial Order No. 4 of 22 June 2023, which include two to three insecticide treatments per season against the vector *Scaphoideus titanus*. Additionally, the Japanese beetle (*Popillia japonica*), which strongly prefers vines and can cause significant defoliation with devastating effects on vineyards, has recently spread to many of these regions. Interventions against these insects also offer the opportunity to target other co-occurring vineyard pests (such as green and yellow leafhoppers). However, constant insecticide pressure can threaten the biodiversity of the vineyard agroecosystem, which is essential for maintaining a biocenotic balance and ensuring associated ecosystem services.*

Therefore, exposure to insecticides, particularly broad-spectrum active substances, can lead to secondary pest outbreaks, resulting in further phytosanitary emergencies. Furthermore, the emergence of resistance factors in pest populations exposed to insecticide pressure poses a significant risk, rendering treatments ineffective. For this reason, viticulture in central and northern Italy should rely on integrating different solutions that are an alternative to chemical control, in order to reduce the negative effects of using synthetic insecticides. One important area of action in this context is the adoption of solutions based on insect reproductive behaviour, particularly those species that rely on chemical and/or vibroacoustic communication for mating. Regarding chemical stimuli, sex pheromones are used for mating disruption against various insects, such as grape moths (*Lobesia botrana* and *Eupoecilia ambiguella*) and mealybug vectors of viruses. Regarding vibroacoustic stimuli, vibrational mating disruption strategies are being studied for *S. titanus* and other grapevine leafhoppers, with promising results. Once this strategy is ready for commercialisation, grapevines will be the first crop for which semiochemicals and vibration are used in combination. This integration could be further expanded thanks to the recent development of dispensers containing multiple pheromones for the simultaneous management of several species.

Another important resource for developing integrated protocols that reduce chemical input is biological control. Formulations containing *Bacillus thuringiensis* are widely used nowadays and are highly effective in containing grape berry moths. It is also noteworthy that there have been recent efforts to develop and optimise protocols involving the application of entomopathogenic organisms against *P. japonica* larvae, with the aim of limiting the entry of adults into vineyards as much as possible. In addition to microorganisms, arthropod natural enemies can also be useful. Suitable biocontrol agents are available for augmentative approaches against certain pests, such as mealybugs. Examples include the introduced predator *Cryptolaemus montrouzieri*, which is now considered established in Europe, and the parasitoid *Anagyrus vladimiri*. Classical biological control has also proven successful against certain pests; for example, *Metcalfa pruinosa* is efficiently controlled by the parasitoid *Neodryinus typhlocybae*. For many other insect pests, biological control in viticulture mainly employs conservative strategies to promote generalist predators and oophagous parasitoids, such as mimarid and trichogrammatid wasps.

Finally, the importance of new technologies being used in the context of grapevine pest management should be noted. For example, the development of 'smart traps' is being studied to make information obtained from monitoring the main pest species immediately available. The implementation of monitoring systems can be accompanied by the application of predictive models to fine-tune interventions taking advantage of decision-support devices (as is already the case with respect to

L. botrana). The development of smart pesticide distribution systems can reduce their dispersion. The further implementation of these technologies is also increasingly important in order to counteract the effects of climate change, which are making grape growing in southern Europe increasingly difficult. Rising temperatures and low water availability, combined with increasingly frequent extreme weather events, are not conducive to quality production and make infestations by native and non-native pests even more damaging. Therefore, the application of the most innovative technologies for monitoring and controlling these adversities is essential to safeguard Italy's excellent produce.

GIANFRANCO ROMANAZZI¹

Protezione delle colture da funghi e batteri: criticità e opportunità

¹ Università Politecnica delle Marche

Le piante sono soggette alle infezioni di una serie di organismi fitopatogeni, che ne possono compromettere qualità e quantità della produzione e talvolta anche la stessa sopravvivenza. La protezione delle piante dalle avversità è una esigenza primaria della nostra agricoltura, e interessa anche in maniera diretta o indiretta il verde ornamentale. La protezione da funghi e batteri richiede una serie di interventi con agrofarmaci volti a prevenire o limitare lo sviluppo di agenti patogeni, che singolarmente o più spesso in maniera combinata tendono a carpire le sostanze nutritive delle piante per il proprio sviluppo e conseguente diffusione. La protezione da patogeni fungini e batterici è stata svolta utilizzando soprattutto prodotti chimici di sintesi in agricoltura integrata, e naturali in biologico. Tuttavia, il numero di soluzioni a disposizione dell'agricoltore sta subendo una evoluzione, con una riduzione dei prodotti chimici di sintesi e un incremento di sostanze a più basso impatto ambientale, come le sostanze a basso rischio, gli agenti di biocontrollo e le sostanze naturali. Altra categoria di composti a disposizione dell'agricoltore sono le sostanze di base, composti adottati nell'alimentazione umana e con una seconda applicazione nella protezione delle piante, che quindi non necessitano di prove tossicologiche ed ecotossicologiche e hanno tempi e costi di registrazione molto più limitati (50000 Euro e 2 anni contro 300 milioni e anche 13 anni per un prodotto fitosanitario). Si attende l'apertura di una corsia preferenziale - la cosiddetta *fast track*, per la registrazione di agenti di biocontrollo e altre soluzioni a basso rischio. Nel contesto attuale, la protezione delle piante da malattie fungine e batteriche diventa sempre più complessa in quanti alle avversità già presenti, che talvolta diventano più virulente per le variazioni associate al cambiamento

climatico (ad es. peronospora e mal dell'esca della vite, infezioni di *Colletotrichum* spp. su diverse colture), se ne aggiungono altre poco dannose in passato e oggi più virulente a causa dell'evoluzione di strategie di protezione (ad es. mal nero su vitigni resistenti). A questa casistica si aggiungono gli organismi "alieni", in primis *Xylella fastidiosa*, identificata in Italia da poco più di un decennio, che con la subspecie *pauca* sta falciando gli olivi pugliesi (l'ultimo rinvenimento è in provincia di Foggia, nella zona dei laghi di Lesina e Varano), e la recente scoperta della subspecie *fastidiosa* su vite, in provincia di Bari, in un areale di uva da tavola di elevato valore. La crescente complessità nella protezione delle piante richiede un numero sempre più elevato di ricercatori e tecnici nel settore, che dovranno sviluppare nuove soluzioni e supportare gli agricoltori, in continuo allarme per il ritiro dal commercio di prodotti fitosanitari di basso costo ed elevata efficacia e la comparsa di nuove avversità fungine o batteriche che possono mettere a repentaglio la produzione.

Plants are susceptible to infection by a range of phytopathogenic organisms, which can compromise the quality and quantity of production and sometimes even their very survival. Protecting plants from adversity is a primary requirement of our agriculture, and also directly or indirectly affects ornamental greenery. Protection against fungi and bacteria requires a series of interventions with agrochemicals aimed at preventing or limiting the development of pathogens, which individually or more often in combination tend to steal nutrients from plants for their own development and subsequent spread. Protection against fungal and bacterial pathogens has been carried out mainly using synthetic chemicals in integrated agriculture and natural products in organic farming. However, the number of solutions available to farmers is evolving, with a reduction in synthetic chemicals and an increase in substances with a lower environmental impact, such as low-risk substances, biocontrol agents and natural substances. Another category of compounds available to farmers are basic substances, compounds used in human nutrition and with a secondary application in plant protection, which therefore do not require toxicological and ecotoxicological testing and have much more limited registration times and costs (€50,000 and 2 years compared to 300 million and even 13 years for a plant protection product).

*In the current context, protecting plants from fungal and bacterial diseases is becoming increasingly complex due to existing adversities, which sometimes become more virulent due to changes associated with climate change (e.g. downy mildew and esca disease in vines, *Colletotrichum* spp. infections on various crops), are compounded by others that were less harmful in the past but are now more virulent due to the evolution of protection strategies (e.g. black rot on resistant vines).*

*Added to this are “alien” organisms, primarily *Xylella fastidiosa*, identified in Italy just over a decade ago, which, with the subspecies *pauca*, is decimating olive trees in Puglia (the latest discovery is in the province of Foggia, in the area of the Lesina and Varano lakes), and the recent discovery of the *fastidiosa* subspecies on vines in the province of Bari, in an area of high-value table grapes. The growing complexity of plant protection requires an increasing number of researchers and technicians in the sector, who will have to develop new solutions and support farmers, who are constantly alarmed by the withdrawal from the market of low-cost, highly effective plant protection products and the emergence of new fungal or bacterial diseases that can put production at risk.*

CLAUDIO RATTI¹

Protezione delle colture da virus e fitoplasmi: approcci classici e prospettive di razionalizzazione

¹ DISTAL - Università di Bologna

I virus e i fitoplasmi rappresentano una delle principali sfide per la sanità delle colture agrarie, a causa della complessità dei loro cicli biologici e della difficoltà di intervento diretto una volta instaurata l'infezione. A differenza di funghi e batteri, non esistono mezzi di lotta curativi efficaci: la protezione delle colture si basa quindi su strategie preventive e su un'attenta gestione dell'agroecosistema.

Nel contesto attuale di razionalizzazione delle attività di controllo dei parassiti, la sfida consiste nell'armonizzare le pratiche classiche di difesa con gli obiettivi di sostenibilità, riduzione degli input chimici e tutela della biodiversità funzionale.

Le infezioni virali e fitoplasmatiche causano perdite di resa e qualità molto significative in colture strategiche come vite, fruttiferi, orticole e cereali. La loro diffusione è strettamente legata alla presenza di vettori come afidi, aleurodidi, cicaline, psille, nematodi, funghi o protozoi e alla moltiplicazione vegetativa delle piante infette.

Da ciò derivano due elementi chiave per la protezione: il controllo della trasmissione e la prevenzione dell'introduzione di inoculi primari.

Gli approcci tradizionali, tuttora fondamentali, si basano su tre pilastri: (i) Impiego di materiale di propagazione sano e certificato. L'utilizzo di materiale vivaistico o sementiero controllato rappresenta la prima barriera contro la diffusione dei patogeni. I sistemi di certificazione e le reti di monitoraggio riducono il rischio di diffusione di virus e fitoplasmi in nuove aree o cultivar.

Le tecniche di diagnosi sierologica e molecolare sono strumenti indispensabili per la selezione sanitaria. (ii) Controllo dei vettori. Il contenimento dei vettori costituisce la principale misura indiretta di protezione. Storicamente basato su trattamenti mirati, oggi questo approccio è oggetto di una profonda razionalizzazione, volta a ridurre l'impatto ambientale e a privilegiare la selettività verso gli organismi utili. L'impiego di modelli previsionali, il monitoraggio mediante trappole cromotropiche o feromoniche e l'adozione di pratiche agronomiche favorevoli agli antagonisti naturali sono elementi cardine di un controllo realmente integrato. (iii) Pratiche agronomiche preventive. L'eliminazione delle piante infette, la gestione delle piante spontanee che fungono da serbatoi di inoculo, la scelta oculata dei portinnesti e l'uso di varietà resistenti (quando disponibili) restano strategie efficaci per ridurre la pressione epidemiologica.

Un aspetto centrale della razionalizzazione è il potenziamento degli strumenti di diagnosi precoce e di sorveglianza territoriale. La tempestiva individuazione di nuovi focolai consente interventi mirati e limitati, evitando misure generalizzate e costose.

Le reti di monitoraggio regionali e nazionali per virus e fitoplasmi, come quelle dedicate a *Flavescenza dorata*, *Legno nero*, virus della vite o del pomodoro, rappresentano un modello virtuoso di collaborazione tra ricerca, servizi fitosanitari e mondo produttivo.

La razionalizzazione implica il passaggio da un modello di intervento reattivo a uno fondato su prevenzione, conoscenza epidemiologica e gestione integrata. Ciò significa ottimizzare i trattamenti, intervenendo solo quando necessario; privilegiare la lotta integrata e l'impiego di mezzi di biocontrollo; valorizzare le buone pratiche agronomiche e la formazione degli operatori.

Le tecnologie digitali come il monitoraggio remoto, la tracciabilità genetica dei patogeni, e il telerilevamento, rafforzano gli approcci classici, rendendoli più precisi ed efficienti.

In prospettiva, il successo della protezione fitosanitaria dipenderà dall'integrazione tra metodi consolidati e innovazioni quali: resistenze genetiche, ottenute tramite miglioramento convenzionale o tecniche di evoluzione assistita; lotta biologica e simbiosi indotte, ad esempio mediante endofiti che riducono la competenza dei vettori; strumenti digitali di supporto decisionale e di tracciabilità sanitaria del materiale vegetale.

Razionalizzare il controllo dei virus e fitoplasmi non significa sostituire i metodi tradizionali, ma renderli più mirati, coordinati e sostenibili, in un'ottica di agroecologia integrata e di tutela della salute delle piante nel lungo periodo.

Viruses and phytoplasmas represent one of the main challenges for agricultural crop health, due to the complexity of their biological cycles and the difficulty of direct intervention once infection has taken hold. Unlike fungi and bacteria, there are no effective curative control methods: crop protection is therefore based on preventive strategies and careful management of the agroecosystem.

In the current context of rationalisation of pest control activities, the challenge is to harmonise traditional defence practices with the objectives of sustainability, reduction of chemical inputs and protection of functional biodiversity.

Viral and phytoplasma infections cause very significant losses in yield and quality in strategic crops such as vines, fruit trees, horticultural crops and cereals. Their spread is closely linked to the presence of vectors such as aphids, whiteflies, leafhoppers, psyllids, nematodes, fungi or protozoa and to the vegetative multiplication of infected plants.

This gives rise to two key elements for protection: controlling transmission and preventing the introduction of primary inocula.

Traditional approaches, which remain fundamental, are based on three pillars: (i) Use of healthy and certified propagation material. The use of controlled nursery or seed material is the first barrier against the spread of pathogens. Certification systems and monitoring networks reduce the risk of viruses and phytoplasmas spreading to new areas or cultivars. Serological and molecular diagnostic techniques are indispensable tools for health selection. (ii) Vector control. Vector containment is the main indirect protection measure. Historically based on targeted treatments, this approach is now undergoing a profound rationalisation aimed at reducing environmental impact and favouring selectivity towards beneficial organisms. The use of predictive models, monitoring using chromotropic or pheromone traps, and the adoption of agronomic practices favourable to natural antagonists are key elements of truly integrated control. (iii) Preventive agronomic practices. The elimination of infected plants, the management of wild plants that act as reservoirs of inoculum, the careful choice of rootstocks and the use of resistant varieties (when available) remain effective strategies for reducing epidemiological pressure.

A key aspect of rationalisation is the strengthening of early diagnosis and territorial surveillance tools. The timely detection of new outbreaks allows for targeted and limited interventions, avoiding generalised and costly measures.

Regional and national monitoring networks for viruses and phytoplasmas, such as those dedicated to Flavescence dorée, Black wood, grapevine or tomato viruses, represent a virtuous model of collaboration between research, plant protection services and the world of production.

Rationalisation involves a shift from a reactive intervention model to one based on prevention, epidemiological knowledge and integrated management. This means optimising treatments, intervening only when necessary; favouring

integrated pest management and the use of biocontrol methods; promoting good agronomic practices and training for operators.

Digital technologies such as remote monitoring, genetic traceability of pathogens, and remote sensing reinforce traditional approaches, making them more accurate and efficient.

Looking ahead, the success of plant protection will depend on the integration of established methods and innovations such as: genetic resistance, obtained through conventional breeding or assisted evolution techniques; biological control and induced symbiosis, for example through endophytes that reduce vector competence; digital tools for decision support and health traceability of plant material.

Rationalising the control of viruses and phytoplasmas does not mean replacing traditional methods, but making them more targeted, coordinated and sustainable, with a view to integrated agroecology and long-term plant health protection.

PAOLO BALSARI¹

Le nuove tecnologie per effettuare i trattamenti antiparassitari e attutire gli impatti sull'ambiente

¹ Accademia dei Georgofili, Università degli Studi di Torino

L'introduzione del Green Deal nel dicembre del 2019 e, poco più avanti, della strategia "Farm to Fork" ha segnato un impegno fondamentale dell'Unione Europea verso un'agricoltura più sostenibile. Nello specifico, la strategia "Farm to Fork" stabiliva per il 2030 alcuni obiettivi ambiziosi, tra i quali la riduzione del 50% nell'uso di prodotti fitosanitari di sintesi. Sebbene nei primi mesi del 2024 l'Unione Europea abbia deciso di sospendere le azioni mirate al raggiungimento di questo obiettivo, resta di fondamentale importanza continuare a migliorare le macchine per la difesa delle colture nell'ottica di aumentarne l'efficienza e di ridurre l'impatto sull'ambiente dei trattamenti fitosanitari. Diversi studi hanno infatti evidenziato, da un lato una percentuale di perdite di prodotto fitosanitario durante la distribuzione che può superare l'80% e dall'altro la possibilità di contenere considerevolmente se non eliminare del tutto tali perdite grazie all'impiego di soluzioni tecniche innovative. In particolare, vengono evidenziate, sia le moderne tecnologie che consentono l'impiego di interventi meccanici in sostituzione di quelli chimici, sia quelle basate sui principi dell'agricoltura di precisione, che consentono di massimizzare le quantità di principio attivo che raggiungono l'area da trattare e di ridurre, di conseguenza, le perdite nell'ambiente, gli sprechi di prodotto, oltre che il sovra o sotto dosaggio.

The introduction of the Green Deal in December 2019 and later of the “Farm to Fork” strategy marked a fundamental commitment of the European Union towards more sustainable agriculture. Specifically, the “Farm to Fork” strategy set some ambitious goals for 2030, including a 50% reduction in the use of synthetic plant protection products. Although in the first months of 2024 the European Union decided to suspend actions aimed at achieving this goal, it remains of fundamental importance to continue to improve crop protection machines with a view to increasing their efficiency and reducing the impact of phytosanitary treatments on the environment. Several studies have in fact highlighted, on the one hand, a percentage of plant protection product losses during distribution that can exceed 80% and, on the other hand, the possibility of considerably limiting if not completely eliminating these losses thanks to the use of innovative technical solutions. In particular, both modern technologies that allow the use of mechanical interventions in place of chemical ones, and those based on the principles of precision agriculture, which make it possible to maximize the amount of active ingredient that reach the area to be treated and consequently to reduce losses in the environment, product waste, as well as over- or under-dosing, are evaluated.

ANNALISA POLVERARI¹

Le Tecnologie di Evoluzione Assistita per la resistenza ai patogeni delle piante

¹ Accademia dei Georgofili, Università di Verona

Negli ultimi anni, le Tecnologie di Evoluzione Assistita (TEA) sono state al centro dell'attenzione come strumenti potenti e precisi per indurre mutazioni mirate nel genoma di diversi organismi, comprese le piante. Le mutazioni, siano esse naturali o indotte, costituiscono la base della variabilità genetica e rappresentano la fonte primaria per l'emergere di nuovi caratteri potenzialmente utili in agricoltura.

Tra i caratteri più ricercati vi è, da sempre, la resistenza ai patogeni. Storicamente, essa è stata introdotta nelle varietà agrarie attraverso l'incrocio con genotipi resistenti, laddove esistevano in natura fonti genetiche adatte. Per decenni, l'attenzione dei genetisti e dei patologi vegetali si è focalizzata sull'identificazione e la caratterizzazione dei meccanismi di resistenza. Tali studi hanno fornito informazioni fondamentali sulla struttura e sulla funzione dei geni di resistenza, generalmente codificanti recettori responsabili del riconoscimento del patogeno o dei suoi effetti, con diversi gradi di specificità.

Solo a partire dagli anni 2000 è emersa una prospettiva complementare: accanto ai meccanismi di resistenza, l'interazione pianta-patogeno è fortemen-

te influenzata da meccanismi di compatibilità. In molti casi, la suscettibilità non deriva soltanto da un mancato riconoscimento del patogeno e dalla conseguente assenza di attivazione delle difese, ma piuttosto da una condizione di compatibilità evolutasi nel tempo, che consente al patogeno di sopprimere le risposte della pianta o sfruttare le strutture e funzioni dell'ospite a proprio vantaggio. In quest'ottica, la mutazione mirata di un gene di suscettibilità (gene S), implicato in tali meccanismi, offre un tipo di resistenza più duratura e a volte anche ad ampio spettro.

Questa opportunità è supportata dall'esistenza, in natura, di resistenze durevoli di tipo recessivo, come quelle osservate nel pomodoro e nell'orzo contro agenti dell'oidio. Le TEA, con la loro capacità di introdurre modificazioni specifiche e mirate, aprono dunque nuove prospettive per il miglioramento genetico, particolarmente rilevanti per le specie arboree, dove l'incrocio tradizionale può compromettere assetti genetici di pregio che si desidera conservare.

I geni S finora identificati risultano coinvolti in diverse fasi dell'infezione: dall'ingresso del patogeno alla soppressione delle difese dell'ospite, fino alla colonizzazione e alla nutrizione all'interno dei tessuti vegetali. Tuttavia, poiché questi geni svolgono anche ruoli fisiologici importanti nella pianta, la loro mutazione richiede un'attenta valutazione dei possibili effetti collaterali. Le ricerche più recenti si concentrano proprio sulla comprensione delle funzioni fisiologiche dei geni S noti e sull'identificazione di nuovi geni di suscettibilità, mettendo in luce le potenzialità e i limiti del loro impiego per lo sviluppo di genotipi resistenti attraverso l'uso delle Tecnologie di Evoluzione Assistita.

In recent years, New Genomic Techniques (NGTs), also known as Assisted Evolution Technologies (TEA in Italian), have gained increasing attention as powerful and highly precise tools for inducing targeted mutations in the genomes of various organisms, including plants. Mutations, whether natural or induced, are the foundation of genetic variability and represent the primary source for the emergence of new traits potentially beneficial to agriculture.

Among the most sought-after traits is disease resistance. Historically, this trait has been introduced into crop varieties through crossing with resistant genotypes, where suitable genetic sources existed in nature. For decades, the focus of geneticists and plant pathologists has been on identifying and characterizing resistance mechanisms. These studies have provided fundamental insights into the structure and function of resistance genes, typically encoding receptors responsible for recognizing pathogens or their activities, with varying levels of specificity.

Only since the early 2000s a complementary perspective has emerged: beside resistance mechanisms, plant-pathogen interactions are also strongly governed by compatibility mechanisms. In many cases, susceptibility does not depend solely from a failure to recognize the pathogen and the consequent absence of defense activation, but rather from a condition of compatibility established in a coevolution over time. This compatibility allows pathogens to suppress plant responses or exploit host structures and functions to their own advantage. From this perspective, the targeted mutation of a susceptibility gene (S gene) involved in such mechanisms can provide a broader and more durable form of resistance.

This approach is supported by the natural occurrence of long-lasting recessive resistances, such as those found in tomato and barley against powdery mildew pathogens. The ability of NGTs to introduce precise and targeted modifications thus opens new avenues for genetic improvement, particularly relevant for tree species, where traditional breeding may compromise valuable genetic backgrounds.

The S genes identified to date are involved in various stages of infection: from pathogen entry to suppression of host defences, to colonization and nutrient acquisition within plant tissues. However, since these genes also perform physiological roles in the plant, their mutation requires careful assessment of possible side effects. Recent research is increasingly focused on understanding the physiological functions of known S genes and on identifying new susceptibility genes, highlighting both the potential and the limitations of their application for generating resistant genotypes by New Genomic Techniques.

II SESSIONE. GLI ALLEVAMENTI

GIORGIO VARISCO¹

Strategie per la corretta gestione sanitaria degli allevamenti intensivi

¹ Direttore Generale IZSLER Brescia

Gli allevamenti intensivi sono aziende molto complesse, la loro gestione sanitaria economica e sociale comporta la necessita di una programmazione precisa che deve basarsi sulla valutazione di dati indicativi, corretti ed elaborati in funzione agli obiettivi di sostenibilità e sicurezza alimentare. Classyfarm raccoglie e analizza questi dati e fornisce una costante istantanea dell'allevamento per consentire una efficace gestione a tutela della salute, del benessere animale e della sicurezza alimentare dei prodotti finali.

Attraverso questa istantanea, l'operatore e i suoi consulenti possono conoscere i punti deboli e definire i margini di miglioramento. I dati sono ottenuti

dalla rilevazione e analisi dei principali fattori di rischio rappresentati dalle condizioni di salute e benessere animale, la messa in atto delle misure di biosicurezza e la gestione del farmaco veterinario. La raccolta delle informazioni rispetta le principali linee guida scientifiche europee e consente la valutazione di situazioni peculiari quanto una imprescindibile visione d'insieme necessaria per gestire al meglio la sanità animale e la sicurezza di latte e carne nelle fasi della produzione primaria

Intensive livestock production is a highly complex system, whose health, economic, and social management requires accurate planning, based on the evaluation of reliable and validated data, analyzed in relation to sustainability and food safety goals. ClassyFarm collects and analyzes these data, providing continuous and integrated insights into the farm to support effective management, aimed at safeguarding animal health and welfare, as well as ensuring the food safety of the final products. These insights enable farmers and their advisors to identify critical points and define potential areas for improvement.

The data are obtained through the collection, analysis, and monitoring of key risk factors related to animal health and welfare, farm biosecurity, and antimicrobial use. The data collection process complies with major European scientific guidelines and supports both the evaluation of specific conditions and the development of a comprehensive overview, which is essential for the effective management of the animal health and welfare, as well as for ensuring the safety of milk and meat during primary production.

LUIGI BERTOCCHI¹

Strategie per la corretta gestione sanitaria degli allevamenti intensivi bovini

¹ Direttore Centro di riferimento nazionale di benessere animale - IZSLER

Per rispondere al costante incremento della richiesta di mercato di latte e carne bovina, gli allevamenti hanno visto nel tempo una costante concentrazione degli animali in ambienti sempre più controllati e gestibili. Da qui, il bisogno di garantire ai bovini condizioni di vita idonee e la necessità da parte degli operatori di diagnosticarne le condizioni di benessere animale. Dal punto di vista medico-scientifico, la «diagnosi del livello di benessere» del bovino deve necessariamente basarsi sull'analisi di molti fattori connessi con le condizioni di vita dell'animale (resource based), il rispetto dei suoi fabbisogni e la sua capacità di adattamento all'ambiente (animal based). Il recente Regolamento

(UE) 2016/429 sulle malattie animali trasmissibili (Animal Health Law) al considerando n. 7 afferma «la sanità animale e il benessere degli animali sono interconnessi: una miglior sanità animale favorisce un maggior benessere degli animali, e viceversa». Mastite, malattie podali e metaboliche sono problemi tanto sanitari quanto di benessere animale. Queste e altre condizioni, con la valutazione delle misure di biosicurezza e del consumo di farmaco, sono registrate e valutate attraverso specifici indicatori nel sistema Classyfarm, attualmente utilizzato di routine per gestire al meglio l'allevamento bovino.

To meet the steadily increasing market demand for milk and beef, cattle farms have progressively concentrated animals in more controlled and manageable environments. This has created the need to ensure suitable living conditions for the animals and to enable operators to assess their welfare status. From a medical-scientific perspective, the 'diagnosis of the welfare status' in farmed animals must necessarily be based on the analysis of multiple factors: those related to the environment in which the animal lives (resource-based indicators) and those related to the animal's conditions (animal-based indicators), which measure compliance with the animal's physiological needs and its ability to adapt to the environment. The recent Regulation (EU) 2016/429 on transmissible animal diseases (Animal Health Law), in Recital 7, states that «animal health and welfare are linked: better animal health promotes better animal welfare, and vice versa». In cattle, mastitis, lameness, and metabolic diseases are conditions that represent both health and animal welfare problems. These and other conditions, together with the evaluation of biosecurity measures and antimicrobial use, are recorded and assessed through specific indicators in the ClassyFarm system, which is currently routinely used at national level to support the optimal management of cattle farms.

LORIS ALBORALI¹

Strategie per la corretta gestione sanitaria degli allevamenti intensivi suini

¹ Direttore sanitario IZSLER-Brescia

Negli ultimi anni, il settore suinicolo ha attraversato cambiamenti significativi dovuti a fattori economici, normativi, tecnologici e sociali. L'aumento della domanda di carne suina ha portato alla concentrazione degli animali in allevamenti ad alta densità, con ambienti fortemente controllati. In questo contesto, è emersa la necessità di garantire il benessere degli animali e di fornire strumenti adeguati per monitorarlo. La riduzione dell'uso degli antibiotici,

adottata da molti paesi europei per prevenire la resistenza antimicrobica e abbattere i costi, è diventata una priorità. Inoltre, la gestione di malattie ad alto impatto come la peste suina africana ha posto maggiore enfasi sulla biosicurezza e sulla prevenzione. La gestione sanitaria delle principali malattie virali e batteriche degli allevamenti intensivi è diventata multidisciplinare, con il veterinario che gioca un ruolo cruciale. In questo scenario, il sistema ClassyFarm fornisce ai veterinari uno strumento fondamentale per monitorare e supportare la gestione sanitaria dell'allevamento suinicolo.

In recent years, the pig farming sector has undergone significant changes due to economic, regulatory, technological and social factors. Increased demand for pork meat has led to the concentration of animals in high-density farms with highly controlled environments. In this context, the need to ensure animal welfare and provide adequate tools to monitor it has emerged. The reduction of use of antibiotics, adopted by many European countries to prevent antimicrobial resistance and cut costs, has become a priority. In addition, the management of high-impact diseases such as African swine fever has placed greater emphasis on biosecurity and prevention. Health management of the main viral and bacterial diseases in intensive farming has become multidisciplinary, with veterinarians playing a crucial role. In this scenario, the ClassyFarm system provides veterinarians with a fundamental tool for monitoring and supporting health management in pig farming.

MATTIA CECCHINATO¹

Prevenzione, innovazione e multidisciplinarietà per migliorare la salute, la sostenibilità e ridurre l'uso del farmaco in avicoltura

¹ Presidente della Società italiana di patologia aviaria, MAPS-Università degli Studi di Padova

Nei prossimi decenni, la domanda globale di carne di pollame e di uova è destinata a crescere in maniera significativa spinta principalmente dall'aumento della popolazione mondiale. Già nel 2023, la produzione mondiale di carni avicole ha raggiunto quasi i 142 milioni di tonnellate (in peso carcassa equivalente), registrando un incremento dell'1% rispetto all'anno precedente. Questo trend positivo si è confermato nonostante l'aumento dei costi delle materie prime e il persistere di minacce sanitarie, come la diffusione di nuovi casi di influenza aviaria ad alta patogenicità (HPAI), che continuano a rappresentare una sfida significativa per il settore. Secondo le proiezioni, entro il 2050 la domanda di carne avicola potrebbe addirittura raddoppiare rispetto ai livelli

attuali, mentre il consumo di uova dovrebbe crescere di circa il 40%. Questo rafforza ulteriormente il ruolo dell'avicoltura come una delle principali fonti proteiche a livello globale, caratterizzata non solo da un'elevata qualità nutrizionale, ma anche da una maggiore accessibilità economica rispetto ad altre fonti di origine animale. Tuttavia, questa espansione produttiva, pur rappresentando una grande opportunità per lo sviluppo economico e l'occupazione, comporta anche numerose sfide da affrontare. Tra le più urgenti vi sono la tutela della salute animale, la sostenibilità ambientale e soprattutto la necessità di contenere l'uso degli antimicrobici per contrastare l'emergente fenomeno dell'antimicrobico-resistenza, considerata oggi una minaccia per la salute pubblica globale. In tale contesto, l'innovazione tecnologica e un approccio multidisciplinare assumono un ruolo centrale nell'evoluzione dell'avicoltura verso modelli produttivi più sostenibili, efficienti e responsabili. Tecnologie emergenti come la sensoristica avanzata, l'intelligenza artificiale applicata alla gestione degli allevamenti, la genetica di precisione e i sistemi automatizzati di monitoraggio sanitario stanno rivoluzionando la gestione degli animali, rendendola sempre più integrata e predittiva. L'integrazione di competenze provenienti da ambiti diversi – come la medicina veterinaria, le scienze ambientali, la nutrizione, l'ingegneria e il management aziendale – è fondamentale per sviluppare strategie preventive efficaci, capaci di migliorare il benessere animale, ottimizzare l'uso delle risorse naturali e ridurre in modo sostanziale il ricorso ai farmaci. L'obiettivo di questo nuovo paradigma è quello di promuovere una produzione avicola che sia sostenibile nel lungo periodo, sicura per i consumatori e rispettosa del principio One Health, che riconosce l'interconnessione tra salute animale, salute umana e ambiente. Affinché tale trasformazione sia realmente efficace, è necessario un impegno congiunto e coordinato tra enti di ricerca, operatori del settore, istituzioni pubbliche e consumatori, che devono essere sempre più consapevoli e coinvolti nel processo. In Italia, la filiera avicola rappresenta un esempio virtuoso a livello mondiale per quanto riguarda la gestione responsabile del farmaco. Secondo i dati raccolti nel sistema Classyfarm relativi al 2023, l'Italia ha registrato una riduzione drastica del consumo di antibiotici negli allevamenti avicoli: -96% nel pollo e -92% nel tacchino rispetto ai livelli del 2015, per una media complessiva pari a -94%. Questo importante risultato è stato possibile grazie all'adozione di strategie mirate, focalizzate in particolare su misure preventive sia dirette – come l'implementazione di elevati standard di biosicurezza – sia indirette, come l'uso efficace della vaccinazione. L'adozione di programmi vaccinali mirati, effettuati correttamente e costantemente monitorati ha permesso, ad esempio, di tenere sotto controllo virus respiratori come il coronavirus responsabile della Bronchite infettiva aviaria, che spesso rappresentano una porta d'ingresso per

infezioni batteriche secondarie. La prevenzione di queste patologie ha comportato una notevole riduzione del ricorso ai farmaci, confermando il valore strategico della vaccinazione come strumento di sanità pubblica veterinaria. In conclusione, una visione sistemica e innovativa dell'avicoltura, che unisca sostenibilità, tecnologia e approccio integrato alla salute, rappresenta la chiave per affrontare le sfide future del settore.

In the coming decades, global demand for poultry meat and eggs is set to grow significantly, driven mainly by the increase in the world's population. By 2023, global poultry meat production had already reached almost 142 million tonnes (in carcass weight equivalent), an increase of 1% over the previous year. This positive trend continued despite rising raw material costs and persistent health threats, such as the spread of new cases of highly pathogenic avian influenza (HPAI), which continue to pose a significant challenge to the sector. According to projections, by 2050, demand for poultry meat could even double compared to current levels, while egg consumption is expected to grow by about 40%. This further strengthens the role of poultry farming as one of the main sources of protein globally, characterised not only by high nutritional quality but also by greater affordability compared to other sources of animal origin. However, while this expansion in production represents a great opportunity for economic development and employment, it also brings with it numerous challenges that need to be addressed. Among the most urgent are animal health protection, environmental sustainability and, above all, the need to limit the use of antimicrobials to combat the emerging phenomenon of antimicrobial resistance, now considered a threat to global public health. In this context, technological innovation and a multidisciplinary approach play a central role in the evolution of poultry farming towards more sustainable, efficient and responsible production models. Emerging technologies such as advanced sensor technology, artificial intelligence applied to farm management, precision genetics and automated health monitoring systems are revolutionising animal management, making it increasingly integrated and predictive. The integration of expertise from different fields – such as veterinary medicine, environmental sciences, nutrition, engineering and business management – is essential for developing effective preventive strategies that can improve animal welfare, optimise the use of natural resources and substantially reduce the use of drugs. The aim of this new paradigm is to promote poultry production that is sustainable in the long term, safe for consumers and respectful of the One Health principle, which recognises the interconnection between animal health, human health and the environment. For this transformation to be truly effective, a joint and coordinated effort is needed between research bodies, industry operators, public institutions and consumers, who must be increasingly aware and involved

in the process. In Italy, the poultry industry is a global example of responsible drug management. According to data collected in the Classyfarm system for 2023, Italy has seen a drastic reduction in the consumption of antibiotics in poultry farms: -96% in chickens and -92% in turkeys compared to 2015 levels, for an overall average of -94%. This important result was made possible by the adoption of targeted strategies, focusing in particular on both direct preventive measures, such as the implementation of high biosecurity standards, and indirect measures, such as the effective use of vaccination. The adoption of targeted vaccination programmes, carried out correctly and constantly monitored, has made it possible, for example, to keep respiratory viruses such as the coronavirus responsible for infectious avian bronchitis under control, which often represent a gateway for secondary bacterial infections. The prevention of these diseases has led to a significant reduction in the use of drugs, confirming the strategic value of vaccination as a veterinary public health tool. In conclusion, a systemic and innovative vision of poultry farming, combining sustainability, technology and an integrated approach to health, is the key to addressing the future challenges of the sector.

SILVIA COLUSSI¹

La genetica e la genomica quali strumenti per il controllo delle patologie infettive in ambito zootecnico

¹ IZSPLVA Torino S.S. Genetica e Genomica

Le patologie infettive negli animali da allevamento causano ingenti perdite economiche sia nei paesi sviluppati che in quelli in via di sviluppo. Migliorare la resistenza degli animali alle malattie infettive ha un impatto positivo sul benessere animale, aumenta l'efficienza e la redditività degli allevamenti, e contribuisce alla salute umana e alla sostenibilità ambientale. Uno dei primi programmi di selezione genetica applicati con successo, basati sul genotipo della proteina prionica (PrP), è stato utilizzato per ridurre l'incidenza della scrapie nelle pecore e nelle capre. Da allora, approcci genetici e genomici sono stati applicati a diverse specie di rilevanza economica. Nella produzione suinicola, ad esempio, la selezione genetica è stata impiegata per controllare patologie virali come la sindrome riproduttiva e respiratoria (PRRSV) e la circovirosi (PCV). Per quanto concerne la prevenzione delle malattie bovine numerosi studi basati su un approccio Genome Wide Association Study (GWAS) si sono focalizzati sulla resistenza alla paratubercolosi (Johne's disease) consentendo l'individuazione di marcatori di resistenza. Inoltre, risultati promettenti, si stanno ottenendo per la resistenza alla mastite bovina, asso-

ciando la diagnostica basata sulla conta delle cellule somatiche ad approcci di tipo genomico e trascrittomico. In acquacoltura la selezione genomica è stata utilizzata per controllare diversi patogeni che colpiscono i salmonidi; in particolare, nel Nord Europa, sono di comune utilizzo programmi di selezione contro la Necrosi Pancreatica Infettiva (NPI). Attualmente, è in corso uno studio GWAS, condotto a livello Nazionale, per individuare marcatori genetici per la resistenza alla lattococcosi, una patologia riemergente caratterizzata da un forte impatto sulla produzione di trota iridea a livello mondiale. Oltre agli approcci suddetti, tra le tecnologie emergenti di editing genomico si è affermata la tecnologia CRISPR-Cas9, che permettendo modifiche genetiche puntuali, consente di ottenere animali resistenti alle malattie in tempi brevi, rispetto ai sistemi di selezione tradizionali.

*Infectious diseases in livestock result in high economic losses both in developed and developing countries. Improving disease resistance to infectious diseases positively impacts on animal welfare, and increases efficiency, profitability, public health and environmental sustainability. Selection for resistance to scrapie in small ruminants, based on the prion protein (PrP) gene, is the major example of a successful extensive application of a breeding program. Since then, genetic and genomic approaches have been applied to different economically important species. Breeding selection was used in swine production to control viral pathogens as Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome (PRRSV) and Porcine Circovirus (PCV). Genomic applications in cattle disease prevention are revolutionizing the management of infectious diseases; for instance, Genome Wide Association Studies (GWASs) on resistance to John's disease (a chronic infection caused by *Mycobacterium avium* subspecies *paratuberculosis*) have identified markers linked to resistance. Promising studies on mastitis, somatic cell count-related, are based on genomic and transcriptomic approaches for detecting markers related to resistance. In aquaculture this approach has been used to control different pathogens affecting salmonids; infectious pancreatic necrosis (IPN) breeding plans were developed in Northern Europe after the discovery first of a QTL and subsequently of the causal gene. A National GWAS study is ongoing to detect DNA markers for genetic resistance to lactococcosis, a re-emergent disease highly impacting rainbow trout productions world-wide. In addition to these methods, emerging technologies like genome editing offer new alternatives for improving animal health. Among these CRISPR-Cas9 has, in the last years, emerged as a potential powerful tool in livestock breeding, enabling precise genetic modifications to address genetic diseases, to enhance productivity, and to develop disease-resistant animal breeds, requiring a shorter time compared to traditional breeding methods.*