

Incontro:
Intensificazione sostenibile,
strumento per lo sviluppo
dell'agricoltura italiana

10 ottobre 2025

Relatori

Enrico Marone (moderatore), Massimo Tagliavini, Mario Pezzotti,
Alberto Alma, Carlo Grignani, Fabrizio Mazzetto, Paolo Sambo,
Antonio Ferrante, Bruno Ronchi, Nicolò Pietro Paolo Macciotta,
Marco Marchetti, Eleonora Bonifacio, Marco Dalla Rosa,
Davide Viaggi, Amedeo Alpi

Sintesi

MASSIMO TAGLIAVINI¹

L'agricoltura italiana in sintesi

¹ Accademia dei Georgofili; Facoltà di Scienze Agrarie, Ambientali e Alimentari; Libera Università di Bolzano-Bozen

L'agricoltura italiana si estende su circa 12,5 milioni di ettari, coprendo il 41,8% del territorio nazionale. Di questi, 7,1 milioni di ettari sono destinati a colture erbacee, 2,2 milioni a colture permanenti e 3,1 milioni a pascoli. Ulteriori 12,0 milioni di ettari sono coperti da foreste. La diversità di climi e terreni ha dato origine a sistemi agricoli e paesaggi molto vari.

Il settore agricolo contribuisce per circa il 2% al PIL italiano, mentre l'intero sistema agroalimentare rappresenta il 15%. L'occupazione in agricoltura è pari al 4,9% della forza lavoro nazionale, mentre l'industria alimentare aggiunge un ulteriore 1,8%. I prodotti a indicazione geografica (DOP, IGP) svolgono un ruolo chiave: l'Italia è leader nell'UE con 319 prodotti certificati, che generano 19,1 miliardi di euro l'anno, di cui 11,6 miliardi derivanti dalle esportazioni, coinvolgendo circa 195.000 imprese e quasi 890.000 persone.

L'interesse dei consumatori per l'origine degli alimenti è in crescita: nel 2023 il 40% ha dato priorità alla provenienza rispetto al gusto o al marchio. Gli italiani spendono una quota maggiore del reddito per il cibo (18,4%) rispetto alla media europea (17,1%). Tuttavia, i bassi prezzi alimentari spesso penalizzano il reddito degli agricoltori e l'ambiente. Il calo dei ricavi agricoli, soprattutto nelle aree più difficili, porta all'abbandono delle zone rurali.

Tra il 2000 e il 2020 il numero di aziende agricole attive in Italia si è dimezzato, passando da 2,4 milioni a 1,1 milioni, mentre la superficie agricola totale

è diminuita del 14%. La dimensione media delle aziende è aumentata, raggiungendo 11 ettari nel 2020, anche grazie all'incremento dell'uso di terreni in affitto (40%). Anche il numero gli allevamenti è diminuito significativamente.

L'Italia dipende fortemente dalle importazioni alimentari, tra cui grano, mais e carne bovina. Le importazioni provengono anche da Paesi con standard ambientali e lavorativi più bassi, creando difficoltà per i produttori italiani ed europei nel competere sui mercati globali.

Il cambiamento climatico incide sempre più sull'agricoltura italiana attraverso l'aumento delle temperature, eventi meteorologici estremi e parassiti. Questi fattori riducono le rese colturali e la produttività zootecnica. Le scelte dei consumatori verso prodotti sostenibili sono fondamentali per promuovere pratiche agricole ecocompatibili.

L'intensificazione sostenibile

In agricoltura, il termine intensificazione è spesso visto dal consumatore in un'accezione negativa in quanto implica l'uso di input esterni (come irrigazione, fertilizzanti, fitofarmaci, mangimi, ecc.) per ottenere rese più elevate per unità di superficie o di bestiame. L'intensificazione sostenibile, invece, mira a conciliare la redditività dell'impresa e la realizzazione di elevate standard di sostenibilità ambientale, integrando conoscenze avanzate, tecnologia e innovazione (es. ICT, robotica e processi digitali) per ottimizzare le pratiche agricole.

Il grado di sostenibilità di un sistema agricolo dovrebbe essere misurato tramite indicatori che si applicano alla dimensione ambientale, a quella sociale ed economica. Essi devono essere misurabili, trasparenti e adattabili, supportando il processo decisionale.

Sintesi del grado di sostenibilità dell'agricoltura italiana

Gas serra (GHG): l'agricoltura italiana emette GHG principalmente durante la produzione primaria (colture e allevamenti) e nella trasformazione e trasporto degli alimenti. I principali gas coinvolti sono metano (CH₄), protossido di azoto (N₂O) e CO₂. Tra il 2003 e il 2021 le emissioni agricole sono diminuite del 20%, rappresentando il 13% delle emissioni totali italiane nel 2021. Misure come la riduzione del numero di capi, la gestione ottimizzata dei reflui, la riduzione dei fertilizzanti e l'espansione delle energie rinnovabili (es. biogas) hanno contribuito a questa riduzione. Foreste e prati svolgono un ruolo chiave nel compensare le emissioni di CO₂. Tuttavia, il sequestro di carbonio forestale ha raggiunto il picco a metà degli anni 2010 e ora è in calo a causa della perdita di biomassa dovuta a incendi e altre perturbazioni.

Agrofarmaci: l'uso di agrofarmaci è diminuito significativamente, con una riduzione marcata di fungicidi e insetticidi altamente tossici. Tra il 2014 e il

2021 le vendite di principi attivi sono calate del 15,3%. I prodotti per l'agricoltura biologica sono raddoppiati ma rappresentano solo l'1,3% dell'uso totale degli agrofarmaci pesticidi. La maggior parte dei prodotti alimentari italiani rispetta i limiti UE sui residui, con meno dello 0,5% che supera le soglie legali.

Fertilizzanti: l'uso di fertilizzanti sintetici è diminuito, passando da 3,5 milioni di tonnellate nei primi anni 2000 a 1,8 milioni negli ultimi anni. Fertilizzanti organici e riciclati, come i reflui zootecnici, sono sempre più utilizzati. I progressi nelle pratiche agronomiche e negli strumenti digitali hanno ottimizzato l'uso dei fertilizzanti, migliorando l'efficienza dell'azoto.

Uso dell'acqua: l'agricoltura utilizza circa il 42% delle fonti idriche nazionali, con una tendenza alla diminuzione grazie a pratiche migliorate come l'irrigazione a goccia e l'uso di acque reflue trattate. Molte colture hanno adottato metodi di irrigazione efficienti, mentre tecniche tradizionali persistono per colture estensive come il riso. Le innovazioni per le colture di alto valore hanno ridotto significativamente gli sprechi idrici.

In sintesi, sebbene l'agricoltura italiana abbia compiuto progressi significativi in termini di sostenibilità, sono necessari ulteriori miglioramenti. Le priorità includono ridurre la dipendenza dai combustibili fossili, aumentare l'efficienza delle risorse e adottare strategie adattive al cambiamento climatico.

«Sustainable intensification as a tool for the development of Italian agriculture»

Italian Agriculture at a Glance

Italian agriculture spans approximately 12.5 million hectares, covering 41.8% of the national territory. This includes 7.1 million hectares of arable land for crops, 2.2 million hectares of permanent crops, and 3.1 million hectares of pastures. An additional 12.0 million hectares are forested. The diversity of climates and terrains has resulted in varied agricultural systems and landscapes.

The agricultural sector contributes about 2% to Italy's GDP, while the agri-food system as a whole accounts for 15%. Employment in agriculture is 4.9% of the national workforce, while the food industry adds 1.8%. Products with geographical indications (DOP, IGP) play a key role, with Italy leading the EU with 319 certified products. These generate €19.1 billion annually, €11.6 billion of which comes from exports, engaging about 195,000 businesses and nearly 890,000 people.

Consumer interest in food origin is growing, with 40% prioritizing product origin in 2023 over taste or brand. Italians spend a higher share of their income on food (18.4%) compared to the European average (17.1%). However, the low food

prices often harm farmers' incomes and the environment. A decline in agricultural revenue, particularly in challenging regions, leads to rural abandonment.

Between 2000 and 2020, the number of active farms in Italy halved from 2.4 million to 1.1 million, while the total agricultural area decreased by 14%. The average farm size grew, reaching 11 hectares in 2020, partly due to the rising use of rented land (40%). Livestock farms also decreased significantly, though the number of animals declined less, reflecting a trend toward larger livestock farming.

Italy is heavily reliant on imported food, including wheat, maize, and beef. Imports also come from countries with lower environmental and labor standards, raising challenges for Italian and EU producers competing on global markets.

Climate change increasingly affects Italian agriculture through rising temperatures, extreme weather, and pests. These factors are reducing crop yields and livestock productivity. Consumer choices toward sustainable products are vital for promoting eco-friendly farming practices.

Sustainable Intensification

Agricultural intensification involves using external inputs (like irrigation, fertilizers, and technology) to achieve higher yields per unit of land or livestock. While often seen negatively by the public due to a desire for "natural" food production, intensification can also mean integrating advanced knowledge, technology, and innovation (e.g., ICT, robotics, and digital processes) to optimize agricultural practices.

Future-focused intensification should combine technology and knowledge ("more knowledge per hectare") to produce efficiently and sustainably. Sustainable intensification aims to balance productivity with environmental responsibility, improving resource efficiency to "produce more with less." In developed regions like Europe, emphasis is on sustainability, ensuring current agricultural practices meet present needs without compromising future generations. Indicators help measure sustainability across environmental, social, and economic dimensions. Effective indicators are measurable, transparent, and adaptable, aiding decision-making. In summary, sustainable intensification combines technology, efficiency, and equitable practices to address environmental, social, and economic challenges in agriculture.

Overview of Sustainability in Italian Agriculture

Greenhouse Gases (GHGs): Italian agriculture emits GHGs primarily during primary production (crops and livestock) and in the processing and transport of food. Methane (CH_4), nitrous oxide (N_2O), and CO_2 are the main gases involved. Between 2003 and 2021, agricultural emissions decreased by 20%, accounting for 13% of Italy's total emissions in 2021. Measures such as reducing

livestock numbers, optimizing manure management, reducing fertilizer use, and expanding renewable energy (e.g., biogas production) contributed to this reduction. Forests and grasslands play a key role in offsetting CO₂ emissions. However, forest carbon sequestration peaked mid-2010s and is now declining due to biomass loss from fires and other disturbances.

Pesticides: pesticide use has declined significantly, with a marked reduction in highly toxic fungicides and insecticides. Between 2014 and 2021, sales of active ingredients fell by 15.3%. Organic farming products have doubled but represent only 1.3% of total pesticide use. Most Italian food products comply with EU residue limits, with less than 0.5% exceeding legal thresholds.

Fertilizers: the use of synthetic fertilizers has decreased, with mineral fertilizers dropping from 3.5 million tons in the early 2000s to 1.8 million tons in recent years. Organic and recycled fertilizers, such as livestock effluents, are increasingly being used. Advances in agronomic practices and digital tools have optimized fertilizer use, improving nitrogen efficiency.

Water Usage: agriculture consumes 42% of Italy's total water, with a decreasing trend due to improved practices like drip irrigation and treated wastewater use. Many crops have adopted efficient irrigation methods, while traditional techniques persist for large-scale crops like rice. Innovations for high-value crops have significantly reduced water wastage.

Challenges and Opportunities: while Italian agriculture has made significant progress in sustainability, further advancements are necessary. Key focuses include reducing dependency on fossil fuels, enhancing resource efficiency, and adopting climate-adaptive strategies.

MARIO PEZZOTTI¹

Le TEA per resistenza alle malattie della vite

¹ Accademia dei Georgofili; Dipartimento di Biotecnologie, Università di Verona

L'evoluzione delle tecnologie genomiche applicate alla vite ha trasformato in modo sostanziale le strategie di miglioramento genetico, superando i limiti intrinseci della mutagenesi casuale e del breeding tradizionale. La mutagenesi indotta, largamente utilizzata dagli anni '60, genera variabilità genetica non direzionata e richiede un elevato livello di selezione fenotipica per individuare mutazioni utili, con probabilità estremamente basse di colpire un gene bersaglio rilevante, poiché le regioni codificanti rappresentano solo una minima porzione del genoma. La selezione convenzionale, pur essendo metodologicamente consolidata, risulta particolarmente inefficiente nella vite per via dell'e-

levata eterozigotità e dei tempi lunghi necessari per ottenere linee stabili, oltre alla perdita parziale del background genetico delle cultivar d'élite. L'avvento della transgenesi e della cisgenesi ha introdotto la possibilità di manipolare geni specifici, ma è con le New Genomic Techniques (NGT), in italiano Tecnologie di Evoluzione Assistita (TEA) e in particolare con l'editing mediante CRISPR/Cas9 che si è raggiunta una precisione realmente mirata nella definizione del genotipo desiderato, preservando al contempo l'identità varietale e riducendo i tempi di sviluppo a pochi anni.

La rigenerazione da protoplasti, resa possibile grazie alla totipotenza cellulare, rappresenta oggi una piattaforma centrale per l'editing della vite. L'intervento sul gene DMR6.1 nella cultivar Chardonnay costituisce un caso di studio emblematico: l'inattivazione del gene, noto per il suo ruolo nella suscettibilità ai patogeni, consente di valutare l'effetto diretto sulla resistenza alla peronospora senza introdurre DNA esogeno. Le linee ottenute sono attualmente sottoposte a caratterizzazione molecolare e fenotipica, e la sperimentazione in campo, autorizzata e avviata il 30 settembre 2024, permetterà di verificarne stabilità genomica, efficacia e eventuali trade-off fisiologici.

Questo approccio rappresenta un passo cruciale verso una viticoltura basata su "precision breeding", con potenziali ricadute profonde sulla sostenibilità e sulla riduzione dell'impatto fitosanitario.

«New Genomic Techniques for Grapevine Disease Resistance». The evolution of genomic technologies applied to grapevine has fundamentally reshaped genetic improvement strategies, overcoming the limitations of random mutagenesis and classical breeding. Induced mutagenesis, widely adopted since the 1960s, generates undirected genetic variation and requires extensive phenotypic screening to identify beneficial mutants, with a very low probability of targeting functionally relevant loci because coding sequences represent only a small fraction of the grapevine genome. Conventional breeding, although methodologically robust, is particularly inefficient in grapevine due to its high heterozygosity and the long generation time required for stabilizing new lines. This process often results in the dilution of elite varietal backgrounds. The introduction of transgenesis and cisgenesis enabled targeted gene manipulation, but the advent of New Genomic Techniques (NGTs), especially CRISPR/Cas9-mediated genome editing, has allowed true sequence-specific engineering while preserving the genetic identity of the cultivar and reducing development time to a few years. Protoplast-based regeneration, exploiting cell totipotency, is now a key platform for DNA-free genome editing in grapevine. The modification of the DMR6.1 gene in the Chardonnay cultivar exemplifies the potential of this approach: knockout of a susceptibility-associated gene allows direct

assessment of downy mildew resistance without introducing foreign DNA. The edited lines are currently undergoing molecular and phenotypic characterization, and the field trial, authorized and initiated on 30 September 2024, will enable evaluation of genomic stability, resistance performance and potential physiological trade-offs under real vineyard conditions. This precision-breeding paradigm represents a pivotal advance toward sustainable viticulture with reduced phytosanitary impact.

ALBERTO ALMA¹

Approccio bio-tecnologico per la difesa della vite

¹ Accademia dei Georgofili; Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Ambientali – DISAFA, Università di Torino

La protezione delle colture dalle avversità biotiche (artropodi fitofagi) è una delle più importanti sfide che l'agricoltura moderna deve affrontare. La sfida è limitare il proprio impatto sull'ambiente, sulla biodiversità e sulla salute umana mantenendo al contempo un elevato livello produttivo di quantità e di qualità, come richiesto dai consumatori sempre più attenti ed esigenti. Alla luce di tali esigenze la ricerca scientifica è chiamata a individuare e sviluppare nuove soluzioni di difesa alternative all'uso della sola 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.

La difesa del vigneto dagli insetti dannosi, pur rimanendo dipendente dalla lotta chimica (vedi lotta obbligatoria contro il vettore *Scaphoideus titanus*), può fare affidamento su diversi metodi che possono affiancarla. Inoltre, la gestione integrata della difesa può limitare la pressione degli insetticidi chimici che minacciano la biodiversità dell'agroecosistema vigneto, indispensabile per mantenere un equilibrio biologico generando i servizi ecosistemici ad esso associati ed evitando l'insorgenza di fitofagi acquisiti come gli acari tetranychidi e le cicaline verdi e gialle. Per questo motivo la viticoltura deve affidarsi, quando possibile, all'integrazione di diverse soluzioni alternative. Tra queste, l'adozione di soluzioni che interferiscono sul comportamento riproduttivo dei fitofagi, in particolare per quelle specie anfigoniche che si affidano alla comunicazione chimica e/o vibrazionale per l'accoppiamento. I feromoni sessuali per le tignole dell'uva e di vettori di virus come gli pseudococcidi. Per gli stimoli vibroacustici, la confusione sessuale vibrazionale è in avanzato stadio di studio per *S. titanus* e altre cicaline non vettori, con risultati promettenti. Un'altra importante risorsa per lo sviluppo di protocolli integrati è rappresentata dal controllo biologi-

co. Da tempo sono disponibili formulati a base di *Bacillus thuringiensis* per il contenimento delle tignole dell'uva. Più recenti sono le attività di sviluppo di protocolli per l'impiego di nematodi entomopatogeni attivi contro le larve di *Popillia japonica*, al fine di contenerne le popolazioni per limitare l'ingresso e l'invasione degli adulti nel vigneto. Oltre ai nematodi e ai microrganismi, molto utile è l'azione di predatori e parassitoidi attraverso l'applicazione della lotta biologica aumentativa per contenere le infestazioni di pseudococidi vettori di virus. Infine, occorre ricordare l'importanza delle nuove tecnologie che vengono messe a disposizione per migliorare la gestione fitosanitaria del vigneto, tra queste l'implementazione dei sistemi di monitoraggio, di modelli previsionali e di sistemi di distribuzione intelligente e mirata degli agrofarmaci può migliorare e limitare la loro dispersione nell'ambiente.

L'importanza e il ruolo della ricerca e l'applicazione delle più innovative tecnologie per la prevenzione, per il monitoraggio e per la lotta ai nemici della vite è fondamentale per salvaguardare l'ambiente e le produzioni di eccellenza italiane.

*«Biotechnological approach to vine protection». Protecting crops from biotic adversities (phytophagous arthropods) is one of the most important challenges facing modern agriculture. The challenge is to limit its impact on the environment, biodiversity and human health while maintaining high levels of production in terms of quantity and quality, as demanded by increasingly attentive and demanding consumers. In light of these requirements, scientific research is called upon to identify and develop new defence solutions that are alternatives to the use of chemicals alone, whose effectiveness can only be guaranteed through the integration of different techniques and approaches that are compatible with each other and, where possible, capable of working in synergy. The protection of vineyards from harmful insects, while still dependent on chemical control (see mandatory control of the vector *Scaphoideus titanus*), can rely on various complementary methods. Furthermore, integrated pest management can limit the pressure of chemical insecticides that threaten the biodiversity of the vineyard agroecosystem, which is essential for maintaining biological balance by generating the associated ecosystem services and preventing the onset of acquired phytophagous insects such as tetranychid mites and green and yellow leafhoppers. For this reason, viticulture must rely, where possible, on the integration of various alternative solutions. These include the adoption of solutions that interfere with the reproductive behaviour of phytophagous insects, particularly for amphigonic species that rely on chemical and/or vibrational communication for mating. Sex pheromones for grape moths and virus vectors such as pseudococids. For vibroacoustic stimuli, vibrational mating disruption is at an*

advanced stage of study for S. titanus and other non-vector leafhoppers, with promising results. Another important resource for the development of integrated protocols is biological control. Formulations based on Bacillus thuringiensis have long been available for the control of grapevine moths. More recent are the activities to develop protocols for the use of entomopathogenic nematodes active against Popillia japonica larvae, in order to control their populations and limit the entry of adults into the vineyard. In addition to nematodes and microorganisms, predators and parasitoids are very useful in controlling infestations of pseudococcids, which are virus vectors, through the application of augmentative biological control. Finally, it is important to remember the importance of new technologies that are being made available to improve vineyard plant health management. Among these, the implementation of monitoring systems, forecasting models and intelligent and targeted distribution systems for crop protection products can improve and limit their dispersion in the environment. The importance and role of research and the application of the most innovative technologies for the prevention, monitoring and control of vine pests is fundamental to safeguarding the environment and Italian products of excellence.

CARLO GRIGNANI¹ E FABRIZIO MAZZETTO²

L'agricoltura smart per le colture erbacee

¹ Accademia dei Georgofili; Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari (DISAFA), Università di Torino

² Accademia dei Georgofili; Facoltà di Scienze Agrarie, Ambientali ed Alimentari, Libera Università di Bolzano

L'intensificazione sostenibile rappresenta una delle sfide centrali per il futuro delle colture erbacee, in un contesto caratterizzato da calo delle superfici coltivate, volatilità dei mercati, pressioni ambientali e crescente complessità normativa.

La presentazione analizza come approcci agronomici, tecnologici e gestionali integrati possano contribuire a dare consistenza alla gestione giornalmente definita "smart" del sistema agricolo delle colture erbacee, incrementandone la produttività, rispettando l'ambiente e aumentando la resilienza dei sistemi agricolo.

A partire dal caso emblematico del mais, che negli ultimi decenni in Italia ha mostrato rese altalenanti e una riduzione delle superfici coltivate, vengono illustrate le cause strutturali della bassa produttività e le potenzialità di un ripensamento sistemico della coltivazione.

L'intensificazione sostenibile va interpretata non come aumento indiscriminato degli input, ma nemmeno come loro riduzione aprioristica nelle pra-

tiche agricole ammesse. Il vero punto è la capacità di riprogettare il sistema colturale nel suo complesso. Il settore affronta sfide significative, come evidenziato dalla dinamica del mais: nel 2023 si è registrato un minimo storico nelle superfici coltivate (498.000 ha) e la produzione si è attestata a circa 5.3 milioni di tonnellate. Le rese produttive, pur avendo raggiunto una ripresa nel 2020, sono risultate in Italia altalenanti dal 1997, in contrasto con un trend di aumento di molti altri paesi agricoli nel mondo.

Raggiungere l'obiettivo di una gestione smart del comparto delle colture erbacee include lo sfruttamento della genetica posizionando correttamente il ciclo colturale, per massimizzare l'impiego di energia e minimizzare i fabbisogni irrigui, aumentando l'intercettazione della radiazione, migliorando la gestione della competizione intraspecifica e adottando nuove modalità di semina. Elementi chiave includono il corretto posizionamento del ciclo colturale e l'anticipo della fioritura, ottenibile tramite l'anticipo delle semine e il potenziamento del vigore di partenza. L'obiettivo è aumentare l'intercettazione della radiazione e minimizzare la competizione intraspecifica, innovando anche i semi di impianto (alta densità). Gli approcci "Smart Corn" hanno mostrato effetti positivi, come un maggiore indice di area fogliare (LAI, fino a 4.4 rispetto al 3.9 convenzionale) e un incremento di produzione fino al +26% nelle sperimentazioni dove si è utilizzato l'interfila stretto.

L'utilizzo di ibridi a taglia ridotta e maggiormente resistenti agli stroncamenti del culmo sono quindi un esempio di sicuro interesse per molte aziende agricole. L'intensificazione in questo caso è raggiunta anche con l'adozione di macchinari adattati allo scopo. L'agricoltura digitale e di precisione è necessaria per l'intensificazione sostenibile, gestendo e utilizzando tutte le informazioni, dalla mappatura degli appezzamenti all'impiego di indici spettrali (come NDRE e NDVI). Questo passaggio da *Dati* a *Decisioni* richiede l'integrazione di tecnologie complesse (GNSS, architetture su cloud computing) per sostenere sia le decisioni veloci (Transaction Processing) sia quelle analitiche. Parallelamente, l'agricoltura digitale e di precisione forniscono strumenti decisivi per migliorare l'efficienza degli interventi e la qualità delle decisioni, attraverso mappatura delle produzioni, utilizzo di indici vegetazionali, sistemi capaci sfruttare le informazioni derivate da satelliti. Le macchine operative si avvantaggiano dei sistemi di comunicazione efficiente e continuo scambio di dati per l'integrazione tra processi operativi e analitici.

In conclusione, il contributo sottolinea la necessità di un cambio di paradigma nelle politiche agricole: dagli interventi regolamentari volti a ridurre gli input a prescindere dal contesto colturale, alle modalità di impiego per la definizione di nuovi criteri di sostenibilità che coniugano ambiente, competitività economica delle aziende agricole e qualità del prodotto. L'integrazione

tra miglioramento genetico, agrotecnica avanzata, meccanizzazione innovativa e gestione digitale rappresenta quindi una traiettoria indispensabile per garantire competitività, sostenibilità e sicurezza alimentare nei sistemi agricoli italiani. Intensificare in modo sostenibile è forse l'unico modo per essere globalmente sostenibili.

«Sustainable Intensification: A Central Challenge for Arable Crops». Sustainable intensification is one of the key challenges for the future of arable crops, in a context marked by shrinking cultivated areas, market volatility, environmental pressures, and increasing regulatory complexity.

This presentation explores how integrated agronomic, technological, and management approaches can give substance to what is often described as a “smart” management of arable cropping systems – boosting productivity, respecting the environment, and enhancing system resilience.

Starting from the emblematic case of maize, which in recent decades in Italy has shown fluctuating yields and a sharp decline in cultivated areas, we examine the structural causes of low productivity and the potential of a systemic rethink of cultivation practices.

Sustainable intensification should not be interpreted as indiscriminate input increase, nor as a blanket reduction of inputs. The real challenge lies in redesigning the cropping system as a whole. The sector faces significant challenges, as illustrated by maize dynamics: in 2023, cultivated area reached a historic low (498,000 ha) and production stood at about 5.3 million tonnes. Yields, despite a recovery in 2020, have been inconsistent in Italy since 1997, contrasting with the upward trend observed in many other agricultural countries worldwide.

Achieving “smart” management of arable crops involves leveraging genetics and optimising crop cycles to maximise energy use and minimise irrigation needs, improving radiation interception, managing intraspecific competition, and adopting innovative sowing techniques. Key elements include correct crop cycle positioning and earlier flowering, achievable through earlier sowing and enhanced early vigour. The goal is to increase radiation interception and reduce competition, also by innovating planting patterns (higher density). “Smart Corn” approaches have shown positive effects, such as a higher leaf area index (LAI, up to 4.4 compared to 3.9 in conventional systems) and yield increases of up to +26% in trials using narrow row spacing.

The use of shorter hybrids with improved stalk strength is another promising strategy for many farms. Intensification in this case also relies on adapted machinery. Digital and precision agriculture are essential for sustainable intensification, enabling the management and use of information – from field mapping to spectral

indices (e.g., NDRE and NDVI). Moving from data to decisions requires integrating complex technologies (GNSS, cloud computing architectures) to support both fast transactional decisions and analytical processes. In parallel, digital and precision agriculture provide decisive tools to improve intervention efficiency and decision quality through production mapping, vegetation indices, and satellite-derived information. Operational machinery benefits from efficient communication systems and continuous data exchange, integrating operational and analytical processes.

In conclusion, this contribution highlights the need for a paradigm shift in agricultural policies: from regulatory interventions aimed at reducing inputs regardless of crop context, to new sustainability criteria that combine environmental protection, farm economic competitiveness, and product quality. Integration of genetic improvement, advanced agronomy, innovative mechanisation, and digital management is therefore an essential pathway to ensure competitiveness, sustainability, and food security in Italian agricultural systems. Sustainable intensification may well be the only way to achieve global sustainability.

ANTONIO FERRANTE¹, PAOLO SAMBO²

Nuove tecnologie e intelligenza artificiale per un'orticoltura sostenibile

¹ Accademia dei Georgofili; Scuola Superiore Sant'Anna Pisa

² Università degli Studi di Padova

L'orticoltura italiana è un comparto complesso, caratterizzato da diversi livelli di intensificazione: dal pieno campo tradizionale fino alla produzione in serra altamente tecnologica. Per garantire la sostenibilità, sono state individuate otto direttrici strategiche, tra cui l'aumento della qualità, la razionalizzazione delle risorse idriche e dei nutrienti, l'uso di biostimolanti e l'adozione di pratiche ecocompatibili. Almeno sei di queste vie possono beneficiare direttamente dall'uso dell'IA.

L'intelligenza artificiale, definita come l'insieme di metodi che simulano i processi cognitivi umani (percezione, apprendimento, ragionamento e decisione), è applicata attraverso il paradigma dell'Agricoltura 4.0, che integra IoT, big data, robotica, cloud computing e l'utilizzo di droni. Applicazioni di AI già in uso sono i sensori di umidità e temperatura che permettono di ottimizzare i trattamenti irrigui riducendo sprechi e migliorando la resa, oppure i sistemi di visione artificiale che possono identificare precocemente malattie e presenza di infestanti. In serra, l'IA è utilizzata per regolare temperatura, luce e nutrienti, automatizzare la logistica e monitora il microclima.

I dati scientifici su diversi casi studio mostrano incrementi di resa fino al 20% e riduzioni di consumo idrico del 40% in colture come lattuga e pomodoro. Tuttavia, l'adozione dell'IA presenta sfide significative: tecniche ed economiche (costi, manutenzione, scarsa interoperabilità), sociali e formative (carenza di competenze, riduzione del lavoro manuale, problemi di privacy e sicurezza dei dati) e ambientali (rifiuti elettronici, consumo energetico, digital divide).

Esistono sensori alimentati da fonti rinnovabili come vibrazioni, luce, differenze termiche, ecc. e con involucri biodegradabili. Risulta però necessario una standardizzazione dei dati, favorire investimenti pubblici, formare nuove figure professionali e promuovere principi etici e digitali per un'agricoltura intelligente e sostenibile

«Italian Horticulture and Artificial Intelligence: Opportunities and Challenges». Italian horticulture is a multifaceted sector that encompasses a wide spectrum of production systems, ranging from traditional open-field cultivation to highly technological greenhouse environments. To promote long-term sustainability, eight strategic development pathways have been identified, including quality enhancement, efficient management of water and nutrients, the use of biostimulants, and the adoption of environmentally friendly practices. At least six of these strategies can be directly strengthened through the application of Artificial Intelligence (AI). Artificial Intelligence—defined as the set of techniques that simulate human cognitive processes such as perception, learning, reasoning, and decision-making—finds practical expression within the Agriculture 4.0 paradigm. This approach integrates IoT technologies, big data, robotics, cloud computing, and drone-based monitoring. Today, AI is used in sensor systems measuring humidity and temperature to optimise irrigation, reduce waste, and increase yields. Computer vision tools enable the early detection of plant diseases and weeds. In greenhouse settings, AI supports the regulation of temperature, lighting, and nutrient supply, automates logistics, and continuously monitors the microclimate. Scientific evidence from various case studies reports yield increases of up to 20% and reductions in water consumption of up to 40% in crops such as lettuce and tomato. Despite these promising results, the widespread adoption of AI still faces significant obstacles: technical and economic issues (high costs, maintenance requirements, lack of interoperability), social and educational challenges (skill gaps, reduced demand for manual labour, concerns over privacy and data security), and environmental impacts (electronic waste, energy consumption, and the risk of widening the digital divide). Innovative solutions, such as sensors powered by renewable sources—including vibration, light, and thermal gradients—and devices with biodegradable

casings, are emerging to mitigate some of these concerns. Nevertheless, further progress requires harmonising data standards, increasing public investment, training new professional profiles, and promoting ethical and digital principles that support the development of intelligent and sustainable agriculture.

NICOLÒ PIETRO PAOLO MACCIOTTA¹, BRUNO RONCHI¹

La sostenibilità dei sistemi zootecnici

¹ Accademia dei Georgofili; Associazione per la Scienza e le Produzioni Animali (ASPA)

Nel prossimo futuro il settore zootecnico sarà chiamato a soddisfare la crescente domanda di prodotti di origine animale, in un contesto globale caratterizzato da forte espansione demografica, riduzione delle aree coltivabili e crisi climatiche. La zootecnia italiana presenta un'ampia variabilità di sistemi di allevamento, specie e razze allevate. I sistemi intensivi sono spesso indicati tra i principali responsabili delle emissioni di gas serra (GHG) nell'ambito delle attività antropiche. In realtà, secondo i dati ISPRA, il settore zootecnico italiano nel 2023 ha contribuito per circa il 6.3% alle emissioni totali di GHG. L'allevamento intensivo, ad elevato livello di specializzazione per i tipi genetici impiegati, le strutture adottate e le modalità di gestione, in realtà è quello in grado di garantire le minori emissioni di GHG per unità di prodotto ottenuto. Si consideri, ad esempio, la riduzione della Carbon FootPrint (CFP) per produrre un litro di latte, passata da 1.95 kg CO₂eq/lit del 1951 a 0.53 kg CO₂eq/lit del 2011, per effetto dalla ripartizione della quota dei fabbisogni di mantenimento su una maggiore produzione. Gli animali più produttivi sono caratterizzati anche da minori escrezioni azotate, in quanto utilizzano in maniera più efficiente l'apporto proteico degli alimenti. La minore produttività degli allevamenti semi-estensivi è compensata da una serie di servizi ecosistemici, tra i quali il sequestro di carbonio derivante dal mantenimento delle superfici a pascolo. Ad esempio, la CFP della linea vacca vitello, sistema di allevamento semi-estensivo tipico del centro e sud Italia, recentemente è stata stimata pari a -27,67 kg CO₂eq/kg peso vivo prodotto, con valori di carbonio sequestrato superiori a quello emesso. La diffusione di tecnologie innovative, come quelle della zootecnia di precisione e la selezione genomica, potranno ulteriormente contribuire al miglioramento della sostenibilità dei sistemi zootecnici.

«Sustainability of livestock systems». In the near future, the livestock sector will be challenged by the growing demand for animal products, in a global context characterized by strong population growth, reduction in arable lands and climate crises. The Italian livestock industry is characterized by a wide range of farming systems, species and breeds. Intensive systems are often regarded among the main contributors to greenhouse gas (GHG) emissions from human activities. Indeed, according to ISPRA, the Italian livestock sector contributed approximately 6.3% to total GHG emissions in 2023. Intensive farming, characterized by a high level of specialization in terms of the genetic types used, technology and management, is actually capable of provide the lowest GHG emissions per unit of product. Consider, for example, the reduction in the carbon footprint (CFP) for producing one litre of milk, which decreased from 1.95 kg CO₂eq/l in 1951 to 0.53 kg CO₂eq/l in 2011, as a result of the distribution of maintenance requirements over a larger production. The most productive animals are also characterized by lower nitrogen excretion, due to more efficient metabolic use of the protein of the diet. The lower productivity of semi-extensive farming is balanced by a series of ecosystem services, including carbon sequestration resulting from the maintenance of grazing land. For example, the CFP of the cow-calf line, a semi-extensive farming system typical of central and southern Italy, has recently been estimated at -27.67 kg CO₂eq/kg live weight produced, with carbon sequestration values higher than those emitted. The spread of innovative technologies, such as precision livestock farming and genomic selection, will further contribute to improving the sustainability of livestock systems.

MARCO MARCHETTI¹, ELEONORA BONIFACIO²

Selvicoltura e Agricoltura per la conservazione del paesaggio e dei servizi ecosistemici

¹ Accademia dei Georgofili; Università di Roma, La Sapienza, Dipartimento di Architettura e Progetto

² Università di Torino, Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari

Il paesaggio agrario e forestale italiano è estremamente variabile, sia per quanto riguarda il le colture e la vegetazione che lo caratterizzano, che risentono in modo manifesto della variabilità di climi e topografia della penisola, sia per quanto riguarda il suolo. In questo caso la variabilità, peraltro assai elevata, è meno percepibile per i non specialisti, ma non per questo meno interessante. L'uso antropico delle superfici ha originato paesaggi colturali che si sovrappongono e riorganizzano gli elementi naturali, i suoli e le formazioni vegetali, creando mosaici di elevata eterogeneità e ricchezza di biodiversità, riconosci-

bili e fortemente identitari quali i vigneti terrazzati sui suoli dei versanti montani, le faggete dei paesaggi calcarei con suoli ricchi di sostanza organica, gli uliveti mediterranei caratterizzati dai suoli rossi che dall'ambiente prendono il nome, o ancora le sugherete sarde con i caratteristici suoli acidi e sabbiosi.

In tutti questi casi, il suolo fornisce non solo l'ovvio servizio ecosistemico della produzione primaria, agraria o forestale, ma anche quello culturale e paesaggistico, oltre ad altri meno evidenti che vanno dallo stoccaggio di carbonio e mitigazione del surriscaldamento climatico, alla regolazione e filtrazione delle acque meteoriche. Tutte queste utilità sono però possibili solo se il suolo gode di buona salute, un concetto molto enfatizzato negli ultimi anni che vede la funzionalità del suolo in modo più olistico rispetto al passato e, soprattutto, evidenzia i rischi per la salute del suolo. Con l'erosione, la perdita di biodiversità, l'inquinamento e l'impermeabilizzazione delle superfici sono a rischio i suoli, la loro funzionalità, i servizi ecosistemici che essi forniscono e i paesaggi tipici, culturali e produttivi. La gestione, attiva e sostenibile, è dunque condizione essenziale per la loro sopravvivenza e un efficace funzionamento, che abbandono e inselvatichimento non consentono sul breve e medio termine.

«Forest management and Agriculture for landscape conservation and ecosystem services». The Italian agricultural and forest landscape is extremely variable, both in terms of land-cover and of soils. Land cover is in fact sharply influenced by the climatic and topographic variability that is visible in the Italian peninsula, but soil variability, although less apparent to non-trained persons, is also interesting. Millennia of human use of land have originated an anthropogenic landscape that overlaps with natural elements, such as soils and plant communities, and have created a striking mosaic. Some of these landscapes renowned worldwide: terraced vineyards on mountain steep slopes, beech forests on calcareous rocks with dark and organic matter rich soils, olive groves with red Mediterranean soils, and cork oak stands in Sardinia on acidic and sandy soils are only examples.

In all these cases, soils do not only provide primary goods for the agricultural and forest sectors, but are part of a cultural landscape, and provide less visible ecosystem services such as carbon storage and climate change mitigation, or water filtering. The provision of ecosystem services is however only possible if the soil is healthy. Soil health is a concept that has been emphasized in the last few years and approaches soil functionality in a more holistic way with respect to the past. In parallel with soil health, threats to soil health are recognized. Because of erosion, loss of biodiversity, contamination and sealing soils will lose their functionality, their capacity to provide ecosystem services,

and we will lose also the typical cultural and productive landscapes. Only sustainable agricultural and forest management, and active conservation practices can allow the survival of these ancient cultural landscapes, and guarantee that they continue to provide identity and effective ecosystem services. Land abandonment and rewilding do not, at least in the short and medium term.

MARCO DALLA ROSA¹, DAVIDE VIAGGI¹

Le opportunità della bioeconomia per la sostenibilità del settore alimentare

¹ Università di Bologna, Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro Alimentari

La bioeconomia, complesso e dinamico processo di trasformazione sociale, coinvolge appieno le scienze agrarie e agro-alimentari, centrando l'attenzione sulle nuove opportunità tecnologiche, le nuove filiere (produzione di bioenergia, riciclo e riuso di biomasse), l'utilizzazione degli scarti e dei residui produttivi, i nuovi prodotti *bio e plant-based* in svariati ambiti di applicazione. A fronte delle sfide presenti e attese nei prossimi decenni a livello globale (dall'incremento demografico alle crisi alimentari passando per l'emergenza climatica), l'approccio della Bioeconomia e dell'Economia Circolare risulta centrale per favorire la sostenibilità delle produzioni alimentari. In tale contesto l'intensificazione sostenibile di produzione e trasformazione alimentare deve passare attraverso l'innovazione in tutte le fasi dei processi di lavorazione, trasformazione e conservazione. Esempi sono il disegno "*energy saving*" e igienico degli ambienti e impianti di produzioni tramite la sinergia di diversi tipi di intervento, l'applicazione di sensoristica avanzata per controllare parametri di processo, e qualità dei prodotti, all'introduzione di tecnologie non termiche o a basso impatto ambientale o la valorizzazione di sottoprodotti o scarti per la creazione di nuovi ingredienti o prodotti bio o plant-based a minore impronta carbonica. Infine il problema degli imballaggi, con la riprogettazione dei sistemi di packaging in un'ottica di fine vita (ad es., packaging monomateriale più facilmente riciclabile) e verifica delle prestazioni per applicazioni specifiche, il miglioramento delle prestazioni tecnologiche di packaging compostabili (ad es. le proprietà barriera a vapore e gas), l'adozione di sistemi di *active packaging*. Infine, il focus sull'innovazione nella bioeconomia circolare conferisce un ruolo centrale alle missioni del mondo universitario (ricerca, educazione e terza missione) e al suo contributo alle innovazioni in un ampio range di contesti operativi.

The bioeconomy, a complex and dynamic process of social transformation, fully involves agricultural and agri-food sciences, focusing attention on new technological opportunities, emerging value chains (such as bioenergy production, biomass recycling and reuse), the utilization of waste and by-products, and the development of new bio- and plant-based products across various fields of application. In light of the global challenges currently faced and expected in the coming decades (from population growth to food crises and the climate emergency), the Bioeconomy and Circular Economy approach plays a central role in promoting the sustainability of food production systems. In this context, the sustainable intensification of food production and processing must rely on innovation at every stage of manufacturing, transformation, and preservation processes. Examples include energy-saving and hygienic design of production facilities through the synergy of different types of interventions; the application of advanced sensors to monitor process parameters and product quality; the introduction of non-thermal or low-environmental-impact technologies; and the valorisation of by-products and waste to create new bio- or plant-based ingredients and products with a lower carbon footprint. Lastly, there is the issue of packaging, involving the redesign of packaging systems from an end-of-life perspective (e.g., more easily recyclable monomaterial packaging), the assessment of performance for specific applications, the improvement of technological properties of compostable packaging (such as vapor and gas barrier properties), and the adoption of active packaging systems. Finally, the focus on innovation within the circular bioeconomy assigns a central role to the missions of the academic world (research, education, and public engagement) and to its contribution to innovation across a wide range of operational contexts.

