

L'INTENSIFICAZIONE SOSTENIBILE

STRUMENTO PER LO SVILUPPO DELL'AGRICOLTURA ITALIANA

NUOVA EDIZIONE, AGGIORNATA E AMPLIATA

Progetto grafico ed impaginazione: Emma Lieben Seutter
Copyright © 2025 – Associazione Italiana delle Società Scientifiche Agrarie (AISSA)
Casa editrice: AISSA - volume n. 6 della serie "I Quaderni di AISSA".
ISBN - 9788894592580

È disponibile una versione online di questa pubblicazione scaricabile gratuitamente sul sito www.aissa.it
La prima edizione Copyright © 2019 (AISSA) è stata pubblicata dalla Società Italiana di Ortoflorofrutticoltura (ISBN 978-88-32054-01-9)

I QUADERNI DI
AISSA
ASSOCIAZIONE ITALIANA SOCIETÀ SCIENTIFICHE AGRARIE



Associazione
Italiana
Società'
Scientifiche
Agrarie

L'INTENSIFICAZIONE SOSTENIBILE

STRUMENTO PER LO SVILUPPO DELL'AGRICOLTURA ITALIANA

La posizione dell'Associazione Italiana delle Società Scientifiche Agrarie (AISSA)

NUOVA EDIZIONE, AGGIORNATA E AMPLIATA

Massimo Tagliavini, Marco Marchetti, Carlo Grignani, Bruno Ronchi, Piermaria Corona, Roberto Tognetti, Marco Dalla Rosa, Paolo Sambo, Vincenzo Gerbi, Mario Pezzotti, Francesco Marangon, Alberto Alma, Paola Battilani, Eleonora Bonifacio, Luisella Celi, Antonio Ferrante, Nicola Lacetera, Nicola Macciotta, Giulio Malorgio, Enrico Marone, Fabrizio Mazzetto, Michele Perniola, Giuseppe Pulina.

INDICE

RIASSUNTO	04
SUMMARY	05
PREFAZIONE	06
1. INTRODUZIONE	07
1.1 L'agricoltura italiana in sintesi	9
1.2. Le strutture produttive agricole	10
1.3. Da dove proviene ciò che mangiamo	12
2. INTENSIFICAZIONE SOSTENIBILE	15
2.1. Cosa significa intensificare	16
2.2. Indici di sostenibilità	18
2.3. Livello di sostenibilità dell'agricoltura italiana	24
2.3.1. Gas serra	24
2.3.2. Prodotti fitosanitari	25
2.3.3. Fertilizzanti	27
2.3.4. Acqua irrigua	29
2.3.5. Salute del suolo	30
3. ANALISI DEI PRINCIPALI SISTEMI PRODUTTIVI VEGETALI	33
3.1. Colture frutticole, vite e olivo	34
3.2. Colture erbacee	40
3.3. Colture ortive	42
3.4. Colture foraggere	45
3.5. Selvicoltura	45
4. ANALISI DEI PRINCIPALI SISTEMI PRODUTTIVI ANIMALI	51
4.1. Allevamento del bovino da latte	52
4.2. Allevamento del bovino da carne	54
4.3. Allevamento dell'ovino da latte	55
4.4. Allevamento specie avicole	56
4.5. Sistemi agro-silvo-pastorali	57
5. ANALISI DEI PRINCIPALI SISTEMI DI TRASFORMAZIONE E CONSERVAZIONE	59
5.1. Innovazione negli ambienti di produzione	60
5.2. Innovazione nella conservazione e nella trasformazione	61
5.3. Valorizzazione di sottoprodotti o scarti di processo	63
5.4. Gli imballaggi	63

6. CONVIVENZA TRA COLTIVAZIONE INTENSIVA ED ESTENSIVA	65
6.1. L'importanza del paesaggio	68
6.2. Agricoltura e turismo	69
7. CONCLUSIONI	71
GLOSSARIO	74
BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA	80
GLI AUTORI	82
RINGRAZIAMENTI	83

INDICE DEI BOX

Box 1 - Sicurezza alimentare e sostenibilità del sistema agroalimentare	08
Box 2 - Digitalizzazione, AI e Sostenibilità nelle Filiere Agroalimentari	17
Box 3 - La Politica Agricola Comune e il piano One-Health	21
Box 4 - Biodiversità e sistemi agrari	30
Box 5 - Tecnologie di Evoluzione Assistita	36
Box 6 - Esempi delle potenzialità del miglioramento genetico per la sostenibilità delle coltivazioni	38
Box 7 - Filiera bioenergetica	47
Box 8 - Sostenibilità nella filiera vitivinicola	61
Box 9 - Rigenerazione e valorizzazione sostenibile delle aree rurali	66
Box 10 - La bioeconomia	69

L'agricoltura italiana, nella sua grande varietà di ambienti, di specie e di sistemi produttivi deve affrontare sfide importanti legate al miglioramento della redditività delle aziende, della qualità dei prodotti e della sostenibilità ecologica delle produzioni, in uno scenario di cambiamento climatico e di crisi geopolitiche che coinvolgono l'Europa. Se da un lato è crescente l'attenzione della popolazione circa la qualità delle produzioni agrarie, la salubrità del cibo e la sostenibilità ecologica del processo produttivo in campo, ciò avviene in un contesto in cui il reddito di molti imprenditori, soprattutto in zone marginali, è messo a rischio dall'aumento dei costi di produzione a cui non corrisponde un aumento dei prezzi di vendita dei prodotti. Cresce la richiesta di prodotti italiani, sostanzialmente riconosciuti come più sicuri, ma l'Italia importa molte delle materie prime di interesse agrario di cui ha bisogno, anche da Paesi che non forniscono garanzie di produrre in modo sostenibile. La comunità scientifica che si occupa delle scienze agrarie in Italia, attraverso l'Associazione Italiana delle Società Scientifiche Agrarie (AISSA), discute da tempo di intensificazione sostenibile e del suo ruolo per il futuro dell'agricoltura del nostro Paese ed ha deciso di aggiornare ed ampliare il volume *Intensificazione sostenibile, strumento per lo sviluppo dell'agricoltura italiana* pubblicato nel 2019. Questa nuova edizione, che rappresenta la posizione di AISSA, parte dall'analisi del concetto di agricoltura intensiva e sottolinea che l'intensificazione in agricoltura non è solo una questione di utilizzo di mezzi tecnici, ma l'applicazione di conoscenze e di nuove tecnologie, anche digitali, per gestire efficacemente le risorse, minimizzare l'impatto per l'ambiente naturale e raggiungere migliori risultati ambientali e socio-economici, spesso adottando approcci di bioeconomia circolare. Il tema centrale della sostenibilità viene affrontato attraverso l'esame degli indicatori che permettono di contestualizzarla dal punto di vista ecologico, sociale ed economico. Per ogni sistema produttivo vegetale e animale preso in considerazione vengono analizzate le criticità e proposte le strategie e gli interventi atti a migliorare il livello di sostenibilità. Il volume, arricchito da dieci approfondimenti tematici (boxes) e da un glossario, riporta dati aggiornati sul contributo dell'agricoltura al rilascio alle emissioni di gas serra, sull'impiego di fertilizzanti, di prodotti fitosanitari e di acqua irrigua. Viene sottolineata la necessità di un'analisi di base del territorio e degli ordinamenti culturali esistenti, per distinguere dove si può pensare ad intensificare ulteriormente in alcune aree del Paese o per alcune forme di agricoltura, e dove, invece, la coltura estensiva rimane la miglior forma possibile. Se a livello nazionale l'aumento delle rese è un obiettivo da ricercare, alla luce della grande diversità di situazioni culturali e di mercati, per la singola azienda agricola o per un singolo comprensorio non è sempre necessariamente vera l'equazione "aumento delle rese=aumento del reddito". Non esiste una sola via o interpretazione della sostenibilità, ma le diverse forme di agricoltura dovrebbero tutte tendere verso la stessa direzione e mutuare reciprocamente pratiche virtuose. Il volume intende contribuire al dibattito per elevare il livello di sostenibilità dell'agricoltura italiana ed aiutare da un lato la competitività delle imprese e dall'altro la salvaguardia dell'ambiente.

SUMMARY - Sustainable intensification as a tool for the development of Italian agriculture – New, updated and extended edition

Italian agriculture, in its great variety of environments, species and production systems, faces important challenges related to the improvement of farm profitability, product quality and ecological sustainability of production, in a scenario of climate change and geopolitical crises involving Europe. While the population's attention to the quality of agricultural production, the wholesomeness of food and the ecological sustainability of the production process in the field is growing, this is happening in a context in which the income of many entrepreneurs, especially in marginal areas, is being jeopardized by rising production costs that are not matched by an increase in product selling prices. There is a growing demand for Italian products, which are basically recognized as safer, but Italy imports many of the raw materials of agricultural interest that it needs, even from countries that do not provide guarantees of sustainable production. The scientific community dealing with agricultural sciences in Italy, through the Italian Association of Scientific Agricultural Societies (AISSA), has been discussing sustainable intensification and its role for the future of agriculture in our country for some time and has decided to update and expand the volume *Sustainable intensification, a tool for the development of Italian agriculture* published in 2019. The new edition, which represents AISSA's position on this important issue, starts with an analysis of the concept of intensive agriculture and emphasizes that intensification in agriculture is not just a question of using technical means, but the application of knowledge and new technologies, including digital ones, to effectively manage resources, minimize the impact on the natural environment and achieve better environmental and socio-economic results, often using concepts of circular bio-economy. The central theme of sustainability is addressed through the examination of indicators that allow it to be contextualized from ecological, social and economic perspectives. For each plant and animal production system considered, critical issues are analyzed and strategies and interventions to improve the level of sustainability are proposed. The book, enriched by 10 thematic in-depth studies (boxes) and a glossary, provides up-to-date data on the contribution of agriculture and agro-industry to greenhouse gas emissions, the use of fertilizers, plant protection products and irrigation water. It is emphasized that a basic analysis of the territory and existing cultivation systems is necessary in order to distinguish where one can think of further intensifying certain areas of the country or certain forms of agriculture, and where, instead, extensive cultivation remains the best possible form. While at the country level the increase in yields is an objective to be pursued, in view of the great diversity of cultivation situations and markets, for the individual farm or area the equation 'increase in yields=increase in income' is not always necessarily true. There is no single path or interpretation of sustainability, but the different forms of agriculture should all tend in the same direction and mutually borrow virtuous practices. The volume intends to contribute to the debate in order to raise the level of sustainability in Italian agriculture and help the competitiveness of businesses on the one hand and the protection of the environment on the other.

PREFAZIONE AL VOLUME

La comunità scientifica che si occupa delle scienze agrarie in Italia, riunita intorno alla sua Associazione "AISSA", discute da tempo di intensificazione sostenibile e del suo ruolo per il futuro dell'agricoltura del nostro Paese. Nel 2019 è stata pubblicata la prima edizione del volume Intensificazione sostenibile, strumento per lo sviluppo dell'agricoltura italiana. Da allora, lo sfondo in cui si muove la nostra agricoltura è in parte mutato. Sul piano tecnico-scientifico si è assistito ad una rapidissima evoluzione di varie forme di tecnologie digitali abbinata a sistemi robotici e nuovi sensori che dovrebbero consentire un miglioramento nell'impiego delle risorse, nonché a continui progressi nel campo delle biotecnologie. La pandemia causata da COVID-19 e il recente conflitto in Ucraina hanno messo a dura prova la tenuta del sistema agricolo-alimentare, con effetti importanti sui costi di produzione. Questi fattori hanno allo stesso tempo indirettamente ridato centralità al ruolo dell'agricoltura per il Paese. La ricerca italiana sul tema agricoltura ha ricevuto ingenti risorse che hanno consentito grandi investimenti grazie al progetto Agritech (PNRR). L'Unione europea ha dovuto riconsiderare le proprie politiche in tema di agricoltura rispetto agli obiettivi iniziali del Green Deal e della strategia Farm to Fork per conciliare gli aspetti del reddito in agricoltura con la riduzione dell'impatto ambientale del processo produttivo. La complessità delle sfide presenti e future impone decisioni basate sulla conoscenza, utilizzando gli strumenti messi a disposizione dal progresso scientifico e tecnologico, come sottolineato nel documento AISSA del 2022 Dalla intensificazione sostenibile alla transizione ecologica. La visione di AISSA sul ruolo della ricerca in ambito agrario. Dopo circa cinque anni dalla pubblicazione della prima edizione, AISSA, anche su sollecitazione dell'Accademia dei Georgofili, che lo ha spesso preso come riferimento, ha quindi deciso di aggiornare ed ampliare il volume, coinvolgendo altre competenze in uno sforzo collegiale. Rispetto alla prima edizione, la nuova utilizza un formato grafico più semplice e chiaro, in cui il testo è chiaramente separato dagli approfondimenti presenti nei numerosi "box", molti dei quali prodotti per questa edizione. Abbiamo inoltre previsto un glossario per fare chiarezza sulle varie forme di agricoltura di cui spesso si sente parlare e che vengono a volte ritenute particolarmente sostenibili. Nei capitoli introduttivi della nuova edizione è ora presente un'analisi delle strutture produttive agricole nazionali e tra i sistemi zootecnici è stata inserita l'analisi dell'allevamento avicolo. I dati e le statistiche riportati sono stati aggiornati e vengono frequentemente mostrati in grafici o tabelle. Il volume è pensato per fornire ad un ampio pubblico delle linee guida per migliorare il livello di sostenibilità dell'agricoltura italiana, ed aiutare da un lato la competitività delle imprese e dall'altro la salvaguardia dell'ambiente. La nuova edizione si rivolge quindi sia agli operatori del settore agrario, che agli amministratori, ai politici, ai consumatori e alla società civile.

Massimo Tagliavini
Curatore del volume

INTRODUZIONE

Il contesto internazionale disegna un quadro in cui il fabbisogno di alimenti sta aumentando in modo significativo, a causa dell'aumento della popolazione e del cambiamento della dieta alimentare, quest'ultimo soprattutto in alcuni paesi asiatici, tradizionalmente vegetariani, in cui in cui sta crescendo il consumo di prodotti di origine animale. L'utilizzo di terreni agrari per la produzione di colture da energia complica ulteriormente la situazione in alcune zone del pianeta. In assenza di una significativa riduzione dei consumi e degli sprechi degli alimenti prodotti, per far fronte all'aumento del fabbisogno alimentare, occorrerebbe che le terre coltivate fossero in grado di raddoppiare entro la metà del secolo la produzione di calorie e di proteine (stime effettuate prendendo il 2015 come anno di riferimento). Tre sono le opzioni che potrebbero farci avvicinare a questo obiettivo: 1) un aumento della superficie coltivata; 2) un aumento del numero di colture per anno sullo stesso terreno e 3) un aumento delle rese, ossia della quantità di prodotto per unità di superficie. Le tre opzioni hanno un peso diverso. La superficie agraria a livello mondiale ha continuato a crescere negli ultimi anni, ma questo fenomeno è avvenuto soprattutto in zone tropicali e a spese di ambienti naturali in zone fragili, con costi ecologici enormi; non è pertanto auspicabile un'ulteriore deforestazione o la sostituzione di sistemi naturali per aumentare la superficie agraria. Forme alternative di agricoltura urbana sono certamente possibili e potranno fornire un contributo per la produzione di frutta e ortaggi (fonti di vitamine e fibre) direttamente nelle città (si veda per approfondimenti il volume n. 4 dei Quaderni di AISSA "Produrre, trasformare e distribuire

beni e servizi agro-forestali per le popolazioni urbane, la sfida del XXI secolo", AAVV, 2023). Produrre più colture nello stesso anno nello stesso terreno è possibile in pieno campo in molte zone del pianeta, dove non sussistono limitazioni di temperatura ed acqua; le colture protette (serre, tunnel etc.) consentono più cicli colturali anche in altre zone. Aumentare il numero di colture per anno e aumentarne le rese per rispondere al crescente fabbisogno alimentare del pianeta significa intensificare. La sfida è coniugare intensificazione e sostenibilità. Negli ultimi anni, sullo scenario mondiale è cresciuto anche l'interesse per produrre alimenti anche con tecniche slegate dall'agricoltura, che dipendono da processi industriali che fanno uso di bioreattori, come nel caso di fonti proteiche prodotte da colture cellulari (note sotto diversi nomi quali carne sintetica, carne artificiale, carne da colture cellulari, carne in vitro). Non è facile prevedere il ruolo che queste fonti proteiche potranno avere in futuro, ma allo stato attuale si nutrono dubbi sul livello di sostenibilità ambientale di questo tipo di produzione. Diverso è probabilmente il caso dell'allevamento di insetti per la dieta umana, quando esso può utilizzare in modo sostenibile gli scarti di altre filiere per produrre fonti proteiche (Van Huis, 2020). Anche per questa fonte di alimenti esistono tuttavia molti aspetti da chiarire legati alla sicurezza alimentare. Più in generale, sussiste anche una diffidenza nei confronti di alimenti contenenti insetti nei Paesi industrializzati dove non esiste, diversamente da alcuni Paesi tropicali, la tradizione al loro consumo.

BOX 1

Sicurezza alimentare e sostenibilità del sistema agroalimentare

La continua crescita della popolazione e dei consumi significa un aumento della domanda globale di cibo nei prossimi anni. A questo si aggiungono fenomeni come la pandemia, i conflitti in Ucraina e in Palestina, i cambiamenti climatici e poi la crisi energetica che hanno evidenziato l'enorme pressione a cui è sottoposto il sistema agroalimentare per rispondere alle complesse istanze della sicurezza e stabilità degli approvvigionamenti

per le imprese e per i consumatori. La crescente concorrenza per la terra, l'acqua e l'energia influenzerà la nostra capacità di produrre cibo, così come l'urgente necessità di ridurre l'impatto del sistema alimentare sull'ambiente. Anche il reddito agricolo è sempre più esposto a pressioni derivanti da una marcata volatilità dei prezzi e instabilità di mercato. Pertanto, il mondo si trova nelle condizioni di produrre più cibo e garantire

che venga utilizzato in modo più efficiente ed equo per garantire una sicurezza alimentare per le popolazioni.

Possiamo distinguere la sicurezza alimentare a livello macro quando un Paese dispone di scorte alimentari adeguate a nutrire la popolazione, attraverso la produzione interna, il mercato globale o le politiche di aiuto al cibo. Comunque, la sicurezza alimentare ha anche una dimensione a livello micro,

cioè familiare, quando l'accesso individuale al cibo è disponibile. Secondo la definizione fornita dalla FAO nel 1996, la sicurezza alimentare comprende quattro dimensioni importanti: a) la disponibilità fisica, che dipende dalla produzione agroalimentare, dalle scorte e dal commercio estero; b) l'accesso economico e fisico al cibo che dipende dal reddito disponibile, dai mercati e dai prezzi; c) l'utilizzo del cibo, che fornisca un sufficiente apporto energetico, salubre e sicuro sotto il profilo igienico sanitario; e d) la stabilità, fattore dinamico definito dal mantenimento nel tempo delle

tre precedenti dimensioni. In tale contesto, viene riconosciuta l'interdipendenza tra la produzione e il consumo di cibo, e al tempo stesso si ribadisce il concetto per cui la salute degli esseri umani non può essere slegata dalla salute degli ecosistemi. A tale proposito, la FAO e il Centro per gli Alti Studi Agronomici Mediterranei (Mediterra, 2016) nel 2016 hanno lanciato il concetto di "dieta alimentare sostenibile", con particolare riferimento alla dieta mediterranea, che racchiude una duplice funzione. Da un lato sensibilizza il comportamento di consumo alimentare in grado di contribuire a

ridurre l'impatto ambientale esercitando una minore pressione sul suolo e le risorse idriche all'interno dei processi produttivi e dall'altro concorre alla sicurezza alimentare e nutrizionale, nonché a una vita sana per le generazioni presenti e future. Così alla pari della produzione, la promozione di tale dieta può contribuire a ridurre l'utilizzo di acqua e minimizzare le emissioni di CO₂, promuovere la biodiversità alimentare e valorizzare gli alimenti tradizionali e locali grazie alle loro numerose varietà, ricche anche dal punto di vista nutrizionale.

Mediterra 2016. Zero Waste in the Mediterranean. Natural Resources, Food and Knowledge/ International Centre for Advanced Mediterranean Agronomic Studies (CIHEAM) and Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) – Paris: Presses de Sciences Po, 2016. https://www.ciheam.org/uploads/attachments/333/Mediterra2016_EN_BAT__I_.pdf

1.1. L'agricoltura italiana in sintesi

L'agricoltura italiana si estende su circa 12,5 milioni di ettari che rappresentano circa il 41,8% della superficie totale (di cui 7,1 milioni di ha di terre arabili destinate alla coltivazione dei seminativi, colture cerealicole, legumi, ortaggi, colture industriali, 2,2 di colture permanenti e 3,1 di prati e pascoli), a cui si aggiungono ormai 12,0 milioni di ha di bosco. I terreni a coltura si sviluppano dal 37° al 46° parallelo, dal livello del mare fino ad altitudini di circa 1500 m al sud, e 1000 m al nord. Prati, pascoli e foreste raggiungono altitudini anche maggiori. La grande varietà di ambienti pedo-climatici, che si inseriscono in contesti sociali ed economici assai vari, ha generato molte forme di agricoltura, con specie e sistemi produttivi assai differenziati, che hanno nel tempo disegnato il paesaggio del nostro Paese. In Italia, il settore primario costituito dall'agricoltura, silvicoltura e pesca partecipa per circa il 2% al PIL nazionale, mentre il sistema agroalimentare nel suo complesso (comprensivo dei servizi di distribuzione e ristorazione) rappresenta il 15%, in linea con dati europei. A livello occupazionale l'agricoltura rappresenta il 4,9% sul totale degli occupati nazionali e l'industria alimentare l'1,8%.

Particolare importanza assume la filiera delle produzioni agroalimentari a Indicazione Geografica (IG), DOP e IGP, la cosiddetta DOP Economy che esprime la qualità dei prodotti agroalimentari. Basti pensare che nella UE 27 esistono 3069 prodotti Indicazione Geografiche e

STG (Specialità tradizionale Garantita) che generano un fatturato di poco più di 77 miliardi di Euro e che rappresentano il 15,5% del totale delle esportazioni europee di prodotti alimentari e bevande. Nel panorama delle IG, l'Italia è il primo Paese al mondo con 319 tra DOP, IGP e STG tutelati e rappresentati da 167 Consorzi e 526 DOC e IGP relativi ai prodotti viticoli, con 124 consorzi. Il valore economico della produzione nazionale sfiora 19,1 miliardi di euro, che rappresentando circa il 20% del fatturato agroalimentare italiano, di cui circa 11,6 miliardi generati dall'export. Nel complesso, la "DOP Economy" coinvolge 195mila imprese, impegnando 890mila persone, di cui 580mila in agricoltura e 310mila nell'industria di trasformazione. Mai come ora si rincontra nel nostro Paese, forse anche come effetto di Expo 2015, un così grande interesse verso il cibo. Tuttavia, mentre proliferano sui media i corsi di cucina e le sfide tra aspiranti chef, pochi, oltre gli addetti ai lavori e a una fascia di consumatori più attenta, sembrano preoccuparsi o essere consapevoli di come gli alimenti vengano prodotti in campo e poi in parte trasformati.

La provenienza delle materie prime è il primo driver nelle scelte di acquisto per il consumatore. Al netto della variabile prezzo, secondo una recente indagine ISMEA-Nielsen, nel 2023 l'origine del prodotto è l'aspetto a cui si presta maggiore attenzione: indicato da quasi il 40% degli intervistati, esso supera anche il fattore gusto,

che a sua volta stacca piuttosto di netto la marca e le certificazioni di qualità e sostenibilità. Gli italiani sono in media disposti a spendere percentualmente di più per il cibo (il 18,4 % della spesa totale, fonte ISTAT 2023) rispetto alla media europea (17,1%, fonte Eurostat), e ciò è positivo. Infatti, non va dimenticato che un prezzo dei generi alimentari troppo basso – come a volte si osserva per alcune derrate, come ad esempio per latte, olio di oliva e carne - comporta costi ambientali in qualche punto della filiera o una remunerazione spesso insufficiente per l'agricoltore o l'allevatore o per gli operai agricoli. Sebbene gli aspetti legati al reddito per le aziende agricole siano assai più complessi, non può non essere

fonte di preoccupazione la continua riduzione del reddito di molti imprenditori agricoli, specie in zone difficili o marginali, che sempre più ha come esito la chiusura di aziende e l'abbandono di molte zone rurali. L'agricoltore, non dimentichiamolo, è anche colui che presidia e custodisce il territorio, che nel nostro Paese è costituito soprattutto da zone collinari o montane, in genere fragili. Sono fonte di preoccupazione sia il tasso di espansione forestale (maggiore di 30.000 ha/anno), soprattutto in zone marginali, sia la sottrazione (in media circa 23.000 ha/anno negli ultimi 25 anni) di terreni fertili in zone ad alta potenzialità produttiva, dovuta all'urbanizzazione e al consumo di suolo in genere.

1.2 Le strutture produttive agricole

Il settore agricolo svolge funzioni importanti per l'intera società italiana sia dal punto di vista economico, che sociale e ambientale. L'agricoltura, con la sua produzione primaria, costituisce la principale fonte di approvvigionamento di beni di consumo alimentare. In particolare, svolge un ruolo fondamentale nei processi di trasformazione dell'industria alimentare con la realizzazione di prodotti ad alto valore aggiunto. L'intero complesso agroalimentare, dall'agricoltura alla ristorazione, ha prodotto circa 550 miliardi di euro di fatturato, circa il 15% dell'intera economia e i consumi alimentari e di bevande hanno superato i 205 miliardi, con una spesa di 470 euro mensili per famiglia nel 2023. Pertanto, le dinamiche delle strutture produttive agricole costituiscono un elemento

di estrema importanza per l'economia del paese sia dal punto di vista sociale (attraverso l'occupazione e della sicurezza alimentare), sia dal punto di vista ambientale (attraverso la salvaguardia dell'ambiente e delle risorse naturali) che dal punto di vista economico (attraverso la redditività delle imprese agricole e degli investimenti in innovazioni di prodotto e di processo). Guardando ai dati del recente censimento possiamo delineare un quadro dei cambiamenti delle strutture agricole produttive avvenuti nel periodo preso in considerazione tra il 2000 e il 2020. Nel 2020 risultavano attive in Italia 1.133.006 aziende agricole con una riduzione del 53% rispetto al 2000, quando si contavano circa 2,4 milioni di aziende.

Numero di aziende (in migliaia) e relativa superficie investita per le principali coltivazioni praticate (in migliaia di ettari). Confronto tra gli anni 2000 e 2020 (fonte ISTAT, Censimento dell'agricoltura 2000-2020)

	2000		2020		Variazione % 2020-2000	
	Aziende (valori in migliaia)	Superficie investita (in migliaia di ha)	Aziende (valori in migliaia)	Superficie investita (in migliaia di ha)	Aziende	Superficie investita
Coltivazioni						
SEMINATIVI	1270	7284	722	7185	-43%	-1%
Cereali	762	4050	325	3135	-57%	-23%
Legumi secchi	78	66	53	265	-32%	299%
Patata	123	39	23	28	-81%	-28%
Barbabietola da zucchero	47	225	3	29	-94%	-87%
Piante industriali	97	511	62	413	-36%	-19%
Ortive	266	259	81	251	-70%	-3%
Foraggiere avvicendate	320	1531	304	2410	-5%	57%
COLTIVAZIONI LEGNOSE AGRARIE	1758	2444	800	2164	-54%	-11%
Vite	791	717	255	630	-68%	-12%
Olivo	1111	1066	619	985	-44%	-8%
Agrumi	154	133	49	112	-68%	-15%
Fruttiferi	501	498	164	404	-67%	-19%
PRATI PERMANENTI E PASCOLI	502	3415	285	3069	-43%	-10%
SUPERFICIE AGRICOLA UTILIZZATA	2393	13182	1120	12432	-53%	-6%
SUPERFICIE TOTALE	2394	18767	1133	16086	-53%	-14%

TABELLA 1

La Superficie agricola totale (SAT), che comprende, oltre alla Superficie agricola utilizzata (SAU) per coltivazioni e allevamenti, anche i pascoli e i boschi delle aziende, nello stesso periodo ha subito una riduzione del 14% scendendo da 18,7 milioni di ettari nel 2000 a poco più di 16,0 milioni nel 2020. La Superficie Agricola Utilizzata (SAU) delle aziende agricole italiane si è ridotta rispetto al 2000 di circa il -6%, scendendo a 12,4 milioni di ettari. Sul fenomeno ha influito principalmente la diminuzione dei cereali, barbabietola da zucchero e patata. È invece aumentata la superficie a legumi e foraggiere avvicendate. Per quanto riguarda le coltivazioni legnose si registra un calo particolarmente significativo per i fruttiferi e gli agrumi. Nel 2020 oltre la metà della SAU continuava a essere coltivata a seminativi (57,4%). Seguono i prati permanenti e i pascoli (25,0%), poi le legnose agrarie (17,4%).

Il crollo drastico del numero delle aziende e la contemporanea lieve diminuzione della SAU hanno comportato un vero e proprio salto nelle dimensioni medie aziendali, ferme a poco più di 5 ettari di SAU nel 2000, ed in media ben 11 ettari nel 2020, manifestando un evidente processo di concentrazione dell'imprenditoria agricola tuttora in atto. All'aumento delle dimensioni medie aziendali ha contribuito il crescente ricorso all'affitto, che rappresenta nel 2020 circa il 40% della superficie utilizzata: questo fenomeno è causato dalla progressiva minore importanza attribuita alla proprietà della terra ed alle difficoltà di accesso a un mercato fondiario caratterizzato da quotazioni ancora elevate.

Le aziende agricole con capi di bestiame nel 2020 hanno registrato un calo del 42% tra il 2000 e il 2020.

Numero di aziende con allevamenti secondo le principali specie di bestiame e numero di capi (in migliaia). Confronto tra gli anni 2000 e 2020 (fonte ISTAT, Censimento dell'agricoltura 2000-2020)

Specie bestiame	2000		2020		Variazione % 2020-2000	
	Aziende	Capi (valori in migliaia)	Aziende	Capi (valori in migliaia)	Aziende	Capi
AZIENDE CON ALLEVAMENTI	370356		213980		-42%	
Bovini	171994	6049	95018	5693	-45%	-6%
Bufalini	2246	181	1906	415	-15%	129%
Ovini	89151	6790	56454	6993	-37%	3%
Caprini	41109	907	30722	953	-25%	5%
Equini	48689	185	26880	155	-45%	-16%
Suini	156818	8603	38148	8727	-76%	1%
Conigli	93179	9686	18517	5436	-80%	-44%
Allevamenti avicoli	188664	166634	57035	173380	-70%	4%

TABELLA 2

La riduzione del numero delle aziende zootecniche italiane è stata considerevole ma, allo stesso tempo, ha comportato un notevole aumento delle dimensioni medie degli allevamenti, in quanto la riduzione del numero di capi allevati è stata meno marcata. Ad esempio, negli ultimi vent'anni gli allevamenti bovini sono diminuiti in misura consistente nel numero delle aziende (-45%) mentre il numero dei capi è diminuito del 6%. Per i suini si è registrato una forte riduzione delle aziende (-76%) a fronte di un aumento dell'1% del numero dei capi. Lo stesso andamento si registra per gli allevamenti avicoli.

L'aumento dei costi relativi all'approvvigionamento delle materie prime e all'adeguamento agli standard sanitari e qualitativi ha condotto ad un aumento della

dimensione media degli allevamenti in modo da sfruttare economie di scala e di scopo.

Infine, a livello sociale, secondo i risultati del censimento 2020, all'interno delle aziende agricole operano più di 2,7 milioni di persone: conduttori, familiari, salariati con impiego continuativo e/o saltuario, con larga presenza di stranieri. Il Censimento 2020, pur confermando la predominanza della manodopera familiare rispetto a quella non familiare, evidenzia rispetto al passato l'evoluzione dell'agricoltura italiana verso forme gestionali maggiormente strutturate, che si avvalgono anche di manodopera salariata. Consistente è l'incremento dei lavoratori non familiari (+90% rispetto al 2000), raggiungendo circa 1,3 milioni e rappresentando, così, circa il 47% della forza lavoro totale.

1.3. Da dove proviene ciò che mangiamo

Deve far riflettere il fatto che la produzione agraria complessiva pro capite, mediamente in aumento a livello mondiale, sia relativamente costante nel nostro Paese, dopo essere diminuita sensibilmente per circa un decennio a cavallo tra la prima e la seconda decade del nuovo secolo (fonte FAOSTAT, vedi sitografia) (Fig. 1). Vale la pena ricordare che per garantire gli standard alimentari attuali dei circa 60 milioni di italiani e sostenere l'industria agroalimentare è necessario importare elevate quantità di materie prime o prodotti trasformati (Fig. 2): solo per citare alcuni esempi, molta della carne bovina proviene

dall'estero o dipende dalle importazioni di mangime, circa il 60 % del frumento tenero e del mais non è prodotto in Italia ed importiamo circa l'80% del fabbisogno di legno. Siamo quasi autosufficienti per la produzione di agrumi, di ortaggi e di avicoli, mentre esportiamo ortofrutta, vino e pochi altri prodotti. La forte dipendenza dalle importazioni di alimenti è un argomento centrale quando si parla di intensificazione sostenibile, in quanto un eventuale calo della produzione nazionale comporterebbe inevitabilmente un aumento dell'import, anche da Paesi che non danno garanzie di produrre in modo sostenibile.

Indice di produzione agraria pro-capite in Italia e nel mondo (fonte FAOSTAT)

(2014-2016 = 100)

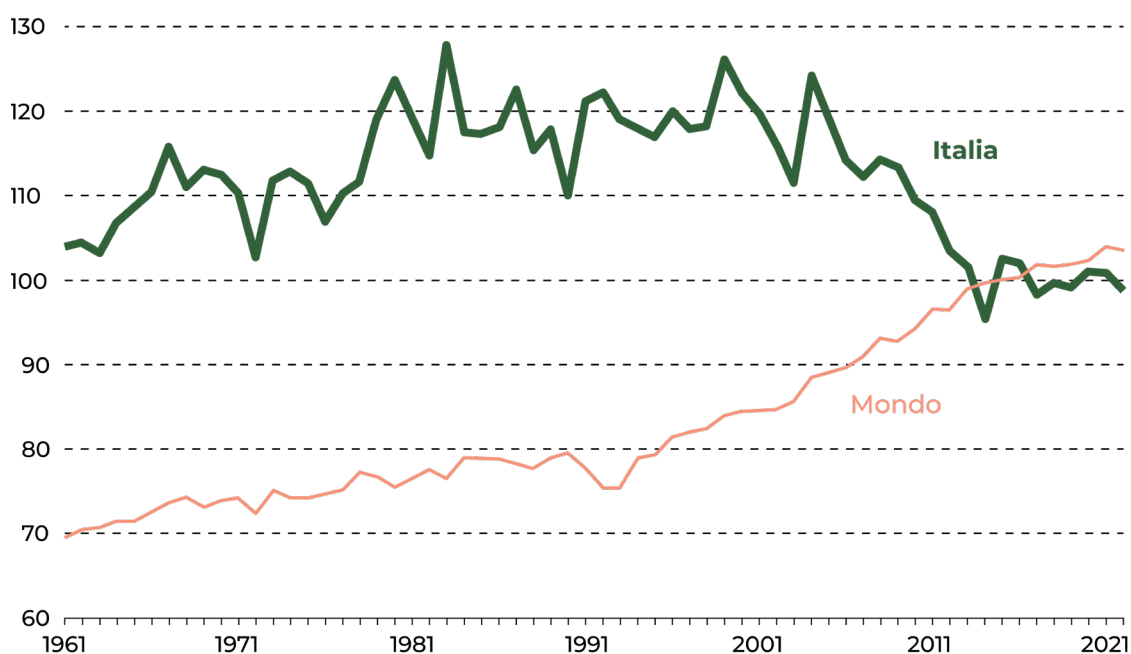


FIGURA 1

Grado di approvvigionamento nazionale relativo agli alimenti nel 2021 e 2022
(elaborazioni su dati ISMEA)

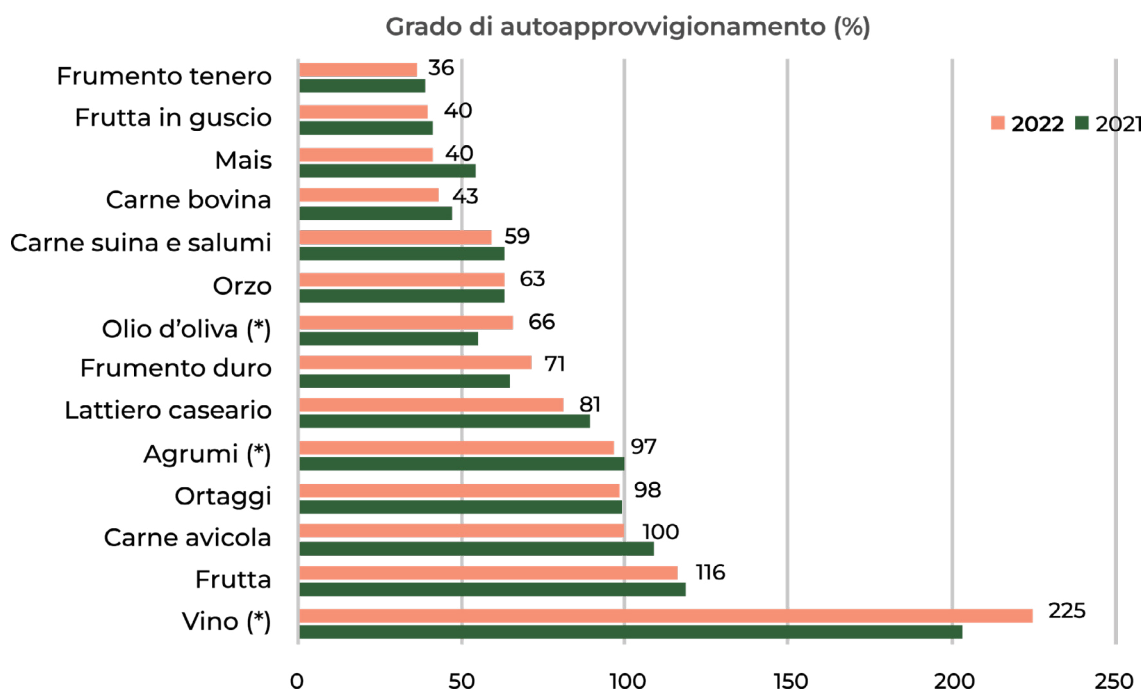


FIGURA 2

Infatti, va considerato che negli scambi internazionali entrano in gioco in maniera consistente questioni legate ai livelli degli standard sanitari, e ambientali incorporati nelle produzioni agroalimentare che spesso creano forme di concorrenza sleale nei confronti dei prodotti agroalimentari italiani ed europei. Ciò significa che gli agricoltori italiani ed europei devono competere con prodotti di nazioni che non sempre rispettano gli stessi standard sanitari, sociali e ambientali dell'Ue. Basti pensare che, secondo fonti FAO, il 40% dell'import agricolo italiano deriva da Paesi situati al di fuori dell'Unione Europea, che hanno beneficiato di particolari contesti geopolitici per far crescere il loro export. Alcuni di questi Paesi, tra l'altro, hanno accresciuto maggiormente le emissioni di CO₂ negli ultimi 20 anni, con aumenti che si aggirano intorno a 10-20%, mentre in Italia si registra una riduzione delle emissioni di CO₂ di circa il 10%.

Ciò sta a significare che esiste una difformità delle regole del gioco che richiedono una riflessione da parte dei policy makers, attraverso misure di reciprocità, in modo tale che si allineino, su elevati livelli, gli standard sociali, ambientali e sanitari delle produzioni nazionali e quelle dei Paesi di importazione. Un elemento importante della provenienza degli approvvigionamenti riguarda la sicurezza alimentare. Prima la pandemia, poi le guerre in Ucraina e in Palestina e non ultima la crisi energetica hanno evidenziato l'enorme pressione a cui è sottoposto

il sistema agroalimentare per rispondere alle complesse istanze della sicurezza e stabilità degli approvvigionamenti per le imprese e per il consumatore finale.

Il reddito agricolo è sempre più esposto a pressioni derivanti da una marcata volatilità dei prezzi e instabilità di mercato, pressioni ulteriormente accentuate dalla crisi in Ucraina e dalla crisi climatica.

L'instabilità politica, dell'offerta e dei prezzi genera insicurezza alimentare secondo diverse modalità che in qualche misura si autoalimentano. Dal lato dei consumi, l'inflazione ha notoriamente un impatto regressivo, a danno delle fasce più povere dei consumatori, e l'incertezza sulle disponibilità contribuisce ad alimentarla poiché incoraggia l'accaparramento e la speculazione. Da lato dell'offerta, l'incertezza dei prezzi e dei ricavi scoraggia l'investimento, specie nei piccoli produttori che hanno più difficoltà ad accedere a strumenti di stabilizzazione del reddito disponibile.

È dunque quanto mai necessario per il futuro garantire adeguati livelli di produzione agricola nazionale per evitare ulteriori ricorsi all'import e per preservare le filiere agroalimentari italiane.

Puntare sulle produzioni agricole e zootecniche nazionali significa anche rendersi meno dipendenti dall'importazione di materie prime alimentari, che potrebbero scarseggiare in futuro vista la crescente richiesta da parte di grandi mercati, come quello cinese e indiano. Se siamo

importatori netti di materie prime, va anche sottolineato che la trasformazione è un punto di forza del comparto agroalimentare italiano. Infatti, ad esclusione dei prodotti ittici, si evidenzia un saldo commerciale positivo con l'estero del comparto nella sua globalità, grazie soprattutto alle esportazioni di vino, derivati dei cereali, frutta e ortaggi - freschi e trasformati, derivati del latte, etc. (Fonte ISMEA, vedi sitografia).

Se a livello di Paese l'aumento delle rese è un obiettivo da ricercare per aumentare la produzione di alimenti e materie prime, va anche sottolineato che, per la singola azienda agricola o per un singolo comprensorio non è sempre necessariamente vera l'equazione "aumento delle rese=aumento del reddito": esistono produzioni agricole a basso livello di intensificazione che sono sostenibili non solo dal punto di vista ecologico, ma, grazie ad un riconosciuto collegamento con il territorio di produzione, anche dal punto anche economico.

La situazione nazionale e internazionale è aggravata inoltre dagli effetti della crisi climatica che si manifestano soprattutto attraverso un innalzamento delle temperature, maggiore imprevedibilità del clima e aumento degli eventi meteorologici estremi, quali ondate di calore, periodi prolungati di siccità, incendi, piogge intense, grandine e tempeste. Tutto ciò sta determinando effetti marcati su molti settori dell'agricoltura italiana, dalla foraggicoltura, alla cerealicoltura, all'orticoltura, alla viticoltura, alla frutticoltura e alla zootecnia e alla selvicoltura. Le stime indicano che gli incrementi delle temperature oltre le soglie fisiologiche critiche per la coltivazione di molte specie agrarie porteranno ad una diminuzione delle rese delle colture causando un aumento dell'impiego delle risorse, con conseguente importanti sul reddito degli agricoltori in alcune zone del Paese. Il cambiamento climatico, associato ad un aumento della durata e della intensità di condizioni di stress da caldo, influisce poi negativamente anche sulle produzioni zootecniche, ed in particolare sulla salute degli animali e sulla loro resa produttiva, sull'incidenza di malattie e sui tassi di conce-

pimento. La prolungata siccità nell'area mediterranea, ed in Sicilia in particolare, verificatasi nel 2024 è un esempio molto preoccupante degli effetti devastanti sul sistema agro-zootecnico. La morte prematura di alberi sani e la moria dei boschi possono essere causate dalla siccità e da altri eventi meteorologici estremi, oppure da focolai di insetti parassiti innescati dal cambio climatico in foreste indebolite. Un esempio di ciò è la relazione tra la tempesta di Vaia avvenuta nell'ottobre 2018, in particolare nelle aree montane delle Dolomiti e delle Prealpi Venete, che insieme ad altri disturbi, come la siccità estiva e le primavere anticipate ha determinato l'infestazione del bostrico, un insetto che sta continuando a colpire gravemente le foreste di abete rosso nel Triveneto e nella Lombardia orientale. Per rispondere al cambiamento del clima, oltre alle azioni mirate alla mitigazione, serviranno proposte tecnologiche e organizzative di adattamento, tra cui l'impiego di nuovi genotipi animali e vegetali, la ricollocazione geografica della produzione, l'impiego di strutture di protezione, e l'uso più diffuso dell'irrigazione. Le forme sostenibili di gestione adattativa dei sistemi agricoli e forestali richiedono quantità di dati molto più elevate rispetto ai metodi tradizionali. Queste informazioni possono essere fornite da nuovi dispositivi che permettono il monitoraggio continuo delle condizioni dei sistemi agricoli e forestali in tempo reale. Sulle cause, sulle misure di mitigazione e di adattamento al cambiamento climatico si è concentrato il XVI Congresso AISSA i cui atti sono stati pubblicati sul Volume n. 2 dei Quaderni di AISSA (AAVV, 2021b).

Da ultimo, non va dimenticato che quando i consumatori acquistano prodotti agroalimentari che ritengono sostenibili, essi influenzano la produzione stessa e stimolano la diffusione di alcune pratiche agricole o forme di agricoltura, a scapito di altre, secondo logiche di mercato. Per questo motivo è necessario che il consumatore sia ben informato sul tema della sostenibilità in agricoltura, nelle sue declinazioni ecologica, economica e sociale.

INTENSIFICAZIONE SOSTENIBILE

2

Cerchiamo di fare chiarezza sulla terminologia e di sgombrare il campo da pregiudizi e luoghi comuni. Prevale infatti spesso nei dibattiti una certa disinformazione e tentativi, a volte privi di supporto scientifico, di esaltare alcune forme di agricoltura, definite virtuose, e di demonizzare le altre.

2.1. Cosa significa intensificare

L'intensificazione in agricoltura è intesa da molti, soprattutto i "non addetti ai lavori", con un'accezione spesso negativa. Se la tecnologia e l'innovazione suscitano grande fascino quando il consumatore pensa all'elettronica o alla meccanica, quando si parla di agricoltura, e di alimenti in particolare, molti consumatori vedono la tecnologia con diffidenza e ritengono che la produzione agricola dovrebbe essere "naturale", ossia a basso livello di "input" sussidiari. Questo modo di pensare trova probabilmente le sue radici nella sconnessione della gran parte dei cittadini dal settore produttivo agrario e da una scarsa conoscenza ed interesse per i processi biologici e produttivi.

Intensificare non è un concetto univoco, ma caratterizza situazioni in cui vi è un elevato impiego di energia sussidiaria nel processo produttivo sotto forma di mezzi esterni (input: es. acqua irrigua, concimi, prodotti fitosanitari, energia, etc.) che in genere consentono di ottenere rese elevate (output=produzione per unità di superficie o capo di bestiame).

In genere si ritiene che l'agricoltura sia intensiva quando:

- è presente un elevato numero di piante o animali per unità di superficie e/o si presentano elevate concentrazioni di una stessa coltura o di animali in un certo comprensorio (elevata concentrazione di serre, di stalle, grandi appezzamenti a singola coltura, vivai, allevamenti di grandi dimensioni);
 - si impiegano tipi genetici (piante o animali) ad elevata potenzialità ovvero con elevate produzioni del singolo organismo vivente;
 - si impiega un' elevata quantità di materiali e di energia nel sistema agricolo per ottimizzare il processo di produzione ed eliminare i fattori che limitano le rese (prodotti fitosanitari, concimi, edifici, strutture, infrastrutture e impianti per la produzione e la trasformazione, meccanizzazione elevata delle diverse catene operative, impiego di elevati input nell'allevamento, foraggi conservati, elevato apporto di concentrati, integratori...).
- Nelle tabelle 3-6 si riportano esempi di sistemi colturali e zootecnici a diverso grado di intensificazione.

Intensificare significa però anche inserire più conoscenza e tecnologia nel processo produttivo, traendo vantaggio dai progressi della scienza, della tecnologia, anche nel campo dell'informazione e della comunicazione (ICT), dalla sensoristica, dalla robotica e da forme di digitalizzazione dei processi. Serve più conoscenza per ettaro (More knowle-

dge per hectare, secondo una recente e felice definizione della UE), che si traduca in innovazione nel processo di produzione ed in quello di trasformazione degli alimenti. È soprattutto questa la forma di intensificazione su cui si dovrebbe puntare in futuro. Su questi aspetti giocano un ruolo chiave la formazione del personale, la didattica, la ricerca ed il trasferimento tecnologico.

Intensificare in modo sostenibile significa riuscire a combinare un'agricoltura intensiva e produttiva, con alti standard di performances ambientali della pratica agricola stessa (Buckwell et al. 2014). Questo comporta un miglioramento dell'efficienza dell'uso delle risorse, che si può esprimere attraverso il concetto del "produrre di più con meno".

In Europa e in generale nei Paesi industrializzati, dove l'agricoltura è già assai intensiva, l'accento va posto soprattutto sull'aggettivo "sostenibile". Le molte definizioni di sostenibilità possono venir riassunte nel semplice concetto di "garantire le necessità della generazione presente senza compromettere la capacità delle future generazioni di soddisfare le proprie". La sostenibilità, riguardando necessariamente il futuro, non può essere sempre facilmente dimostrata e solo l'applicazione delle conoscenze scientifiche può permettere di asserire con elevata probabilità se una pratica agricola o una forma di agricoltura sia sostenibile oppure no. Spesso, chi parla di sostenibilità intende riferirsi solo agli aspetti ecologici. Per essere "sostenibile", una pratica o una forma di agricoltura deve invece dimostrarsi tale anche sotto il profilo economico e sociale. Va posta quindi particolare attenzione alle eccessive semplificazioni: una pratica o una forma di agricoltura potrebbe essere assai virtuosa dal punto di vista ambientale, ma non esserlo affatto dal punto di vista economico, quando, ad esempio, la sua adozione fosse troppo onerosa. In assenza di un adeguato livello di sostenibilità dal punto di vista economico, ogni pratica virtuosa nei confronti dell'ambiente rischia infatti di non venir adottata. L'intensificazione in agricoltura, quindi, non è solo una questione di utilizzo di più concimi, prodotti per la difesa delle piante e macchinari, ma l'applicazione di conoscenze per la gestione delle risorse, al fine di produrre prodotti alimentari con il minimo impatto per l'ambiente naturale, e raggiungere migliori risultati ambientali e socio-economici (Buckwell et al. 2014).

Digitalizzazione, AI e Sostenibilità nelle Filiere Agroalimentari

Nel panorama attuale dell'agricoltura e dell'industria alimentare, la digitalizzazione e l'Intelligenza Artificiale (IA) stanno emergendo come forze trainanti di innovazione e cambiamento. Questa sinergia tra tecnologie digitali avanzate e algoritmi intelligenti sta ridisegnando il volto del settore agroalimentare, promettendo non solo di ottimizzare i processi produttivi, ma anche di migliorare significativamente la qualità dei prodotti finali e la sostenibilità dell'intera filiera. L'Internet of Things (IoT) gioca un ruolo cruciale in questo scenario, trasformando oggetti quotidiani in fonti preziose di dati. Sensori distribuiti nei campi, droni che sorvolano le colture, trattori dotati di GPS: tutti questi elementi contribuiscono a creare un flusso continuo di informazioni che, elaborate da sofisticati algoritmi di IA, possono guidare decisioni più informate e strategie più efficaci. Questi dispositivi IoT permettono lo scambio, l'archiviazione, la condivisione e l'elaborazione di flussi d'informazioni, garantendo alle imprese un nuovo valore aggiunto in termini di competitività e gestione sostenibile delle risorse. Si tratta di trovare un nuovo equilibrio nella organizzazione e gestione dell'impresa agricola tra l'introduzione di capitale tecnologico in cambio di un uso razionale e sostenibile del capitale naturale per ottenere dei vantaggi economici legati alla redditività, ai costi e ai benefici in termini di sostenibilità ambientale.

Nonostante la disponibilità di diverse opzioni tecnologiche "smart" per il clima (quali ad esempio i sistemi di geolocalizzazione e telerilevamento, trattamento delle acque, valorizzazione delle biomasse, etc.)

e di numerose sperimentazioni su scala pilota, la vera sfida è rendere economicamente vantaggiose queste soluzioni e metterle a sistema con il contributo di una pluralità di operatori, come accade ad esempio nel caso delle filiere circolari. Di qui la necessità di dotarsi di sistemi informativi e di controllo condivisi lungo l'intera supply chain, atti a valutare e comunicare le performance delle imprese in termini di sostenibilità per migliorarne l'accesso e la remunerazione sul mercato. In pratica, si constata che le aziende agricole più grandi, più integrate lungo la filiera e con imprenditori più giovani e istruiti hanno maggiori probabilità di adottare le nuove tecnologie digitali. Si osserva inoltre come il processo di adozione, oltre al costo delle tecnologie, si basi maggiormente sulle intenzioni individuali, sulle risorse e sulle relazioni formali esistenti lungo la catena di approvvigionamento. Gli effetti dell'applicazione del digitale in agricoltura e in generale nel sistema alimentare sono osservabili sia a livello di singola impresa che di relazioni di filiera. Per quanto riguarda le singole imprese, e in particolare quelle agricole, i benefici più immediatamente tangibili riguardano un apprezzabile aumento della produttività e ridotti consumi, rispetto a una gestione "analogica". Più in dettaglio vi è una ottimizzazione nell'uso degli input (acqua, agrofarmaci e fertilizzanti in primis), nonché di lavoro e di tempo. Inoltre, la digitalizzazione è in grado di garantire benefici assai rilevanti anche nel supporto alle decisioni imprenditoriali per la gestione del prodotto (ad es. adeguando i trattamenti in base a informazioni ottenute sempre aggiornate in re-

lazione alle condizioni del suolo e dell'ambiente, ma anche in funzione del costo dei fattori produttivi e dei prezzi di vendita attesi.

Per quanto riguarda le relazioni di filiera, i principali benefici ottenibili riguardano la puntualità delle consegne, la riduzione e una migliore gestione degli stock di magazzino. Inoltre, la digitalizzazione consente una maggiore integrazione con il mercato a valle. Infatti, da un lato è possibile fornire ai propri acquirenti o ai consumatori finali informazioni sul rispetto di standard di processo e/o di prodotto in maniera documentabile (es. tracciabilità, bilancio idrico); dall'altro lato, è possibile ottenere informazioni sulle più recenti tendenze del mercato (es. dati di vendita, non conformità riscontrate) con cui orientare la differenziazione dei propri prodotti.

Tra le tecnologie emergenti, i sistemi blockchain offrono soluzioni particolarmente utili per garantire trasparenza e imparzialità ai fini della certificazione dei processi e della tracciabilità dei prodotti, come già sperimentato da varie imprese alimentari e distributive (es. Barilla, Carrefour, Nestlé).

La sostenibilità, sia economica che ambientale, è un aspetto fondamentale di questa trasformazione digitale. Il grado di sostenibilità economica della filiera agroalimentare si traduce nella sua capacità di contribuire alla generazione di benessere quale output del sistema economico, garantendo al contempo equità distributiva e un certo grado di autonomia dall'esterno in termini di input di materie prime e altre risorse. Dal punto di vista sociale, la sostenibilità si coniuga con la proprietà di un sistema o di

un processo di agire sulle relazioni sociali in senso migliorativo rispetto al capitale sociale di una comunità. I benefici attesi e il tipo di relazioni che si creeranno tra gli operatori dipendono tuttavia in larga parte da alcuni fattori chiave, tra cui la formazione degli operatori e le modalità di condivisione dei dati. Occorre infatti garantire libero accesso ai percorsi di formazione e ai dati e assicurare che questi siano fruibili in modo interoperabile dal più ampio numero possibile di operatori, per non rischiare di ampliare il divario digitale e conseguire un reale vantaggio competitivo a livello di sistema. La strada verso una completa digitalizzazione e implementazione dell'IA nel settore agroalimentare presenta significative sfide. Nonostante la disponibilità di diverse opzioni tecnologiche "smart" e di numerose sperimentazioni su scala pilota, la vera sfida è rendere economicamente vantaggiose queste soluzioni

e metterle a sistema con il contributo di una pluralità di operatori, come accade ad esempio nel caso delle filiere circolari. Ciò suggerisce che vi sia un concreto rischio di creare una separazione ("digital divide") tra adottanti e non adottanti con conseguenze importanti sullo sviluppo dell'intero settore. È dunque fondamentale garantire un accesso equo non solo alle tecnologie, ma anche alla formazione necessaria per utilizzarle efficacemente e comprendere le implicazioni etiche dell'uso dell'IA in agricoltura. In questa prospettiva, è auspicabile una collaborazione tra enti pubblici, attori economici e centri di ricerca orientata alla progettazione di piattaforme open source che possano stabilire gli standard de facto del settore. Questo approccio collaborativo non solo accelererebbe l'innovazione, ma aiuterebbe anche a garantire che i benefici della digitalizzazione e dell'IA siano distribuiti

in modo equo lungo tutta la filiera agroalimentare.

In conclusione, la digitalizzazione e l'Intelligenza Artificiale nel settore agroalimentare rappresentano una vera e propria rivoluzione che sta ridefinendo il modo in cui produciamo, distribuiamo e consumiamo il cibo. Esse offrono soluzioni promettenti per alcune delle sfide più pressanti del nostro tempo, dalla sicurezza alimentare ai cambiamenti climatici, passando per la sostenibilità e l'efficienza energetica. Tuttavia, per realizzare appieno questo potenziale sarà necessario un approccio olistico che tenga conto non solo degli aspetti tecnici e algoritmici, ma anche di quelli etici, sociali ed economici. Solo così potremo creare un sistema alimentare veramente smart, sostenibile ed equo, capace di nutrire il pianeta preservando al contempo le risorse per le generazioni future, guidato dall'intelligenza umana potenziata dall'IA.

2.2. Indici di sostenibilità

Identificare quali aspetti del processo produttivo o della trasformazione producono impatti negativi sulla sostenibilità complessiva permette di mettere in atto azioni correttive. Definire se una pratica sia sostenibile o meno non è sempre facile. Servono indici e parametri che quantifichino il livello della sostenibilità, in funzione del tipo di filiera analizzata. Un buon indicatore dovrebbe essere misurabile, trasparente, solido analiticamente, possedere un appropriato livello di aggregabilità in base agli impatti considerati, deve poter appoggiarsi a dati facilmente disponibili ed essere versatile rispetto a nuovi input e informazioni. Per poter essere utilizzato nei processi di decision-making, ogni indicatore deve inoltre essere di facile impiego ed ascrivibile alla responsabilità operativa di un soggetto ben identificabile. Non tutti questi aspetti possono essere integrati nello stesso tipo di indicatore, per cui occorre tenere conto della natura dell'utilizzatore e delle finalità di utilizzo.

Abbiamo riassunto nella tabella 3 gli indicatori di sostenibilità ambientale, suddividendoli in base a tre categorie, in accordo con quanto indicato dall'Agenzia Europea

per l'Ambiente: i) la qualità dell'ambiente dove avviene il processo produttivo, ii) l'intensità ed efficienza con cui vengono utilizzate le risorse, iii) gli effetti che il processo produttivo genera sugli altri sistemi. Per molti indicatori esistono parametri misurabili che consentono comparazioni di vario tipo, es. tra colture, ambienti, sistemi agricoli, etc. Chi ha tentato quest'esercizio ha tuttavia riscontrato risultati diversi se una performance ambientale viene riferita all'unità di superficie coltivata rispetto a quando essa è normalizzata sull'unità di prodotto ottenuto. È il caso dello studio di Tuomisto et al. (2012), che ha analizzato 71 ricerche a livello europeo, in cui la coltivazione convenzionale/integrata è stata comparata a quella biologica. L'agricoltura biologica risulta in genere più virtuosa in termini di accumulo di sostanza organica nel suolo e di aumento della biodiversità; la gestione biologica è anche più virtuosa di quella convenzionale/integrata per quanto riguarda le perdite per lisciviazione di azoto e di fosforo e quelle di azoto per volatilizzazione se ci si riferisce all'unità di superficie, ma le differenze relative alle

perdite di azoto e di fosforo si riducono o scompaiono del tutto quando i valori si riferiscono all'unità di prodotto, come effetto delle minori rese del sistema biologico. Anche Skinner et al. (2019) riferiscono che le emissioni di

N₂O dal suolo da parte di colture erbacee in rotazione sono minori nei sistemi di produzione biologica se riferite all'unità di superficie, ma sono simili tra sistemi biologici e quelli non-biologici se riferite all'unità di prodotto.

Indicatori di sostenibilità ambientale, suddivisi in base alla qualità dell'ambiente dove avviene il processo produttivo (A) all'intensità ed efficienza con cui vengono utilizzate le risorse (B) e agli effetti che il processo produttivo genera sugli altri ambienti (C).

A) Indicatori della qualità dell'ambiente dove avviene il processo produttivo	Parametro
Contenuto di sostanza organica del suolo	% di sostanza organica o di Carbonio (C) organico, Rapporto C:N, grado di umificazione
Fertilità biologica suolo	Indice QBS, biomassa microbica, quoziente metabolico, indice di micorrizzazione radicale; indice di fertilità biologica (IFB, http://www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00003700/3754-c2678-m1-u3-pl.pdf)
Fertilità fisico-chimica del suolo	Porosità (densità apparente), stabilità della struttura, permeabilità, capacità di ritenzione idrica; capacità di scambio cationico; disponibilità elementi nutritivi.
Erosione del suolo	Parametri contenuti nella USLE (Universal Soil Loss Equation). % di superficie di suolo coperto da piante o residui in grado di limitare i processi erosivi superficiali
Agro-biodiversità	Numero di specie coltivate presenti nello spazio e nel tempo; inerbimenti, cover crops, sovesci, rotazioni.
Biodiversità	Indici di biodiversità (Indice di Shannon-Wiener, Indice di Simpson, QBS-ar, Qbs-c); % dell'azienda dove sono presenti elementi naturali (arre di compensazione ecologica); presenza e qualità della vegetazione ai bordi dei campi; fasce tampone; agroforestry; corridoi ecologici; % di SAU a prato; diversità banca semi.
Autosufficienza foraggera sia a livello aziendale che a livello di comprensorio	% Unità foraggiere prodotte in azienda su quelle consumate

B) Indicatori di efficienza d'uso delle risorse	Parametro
Apporto di nutrienti e bilancio dell'azoto	Quantità apportate; adozione del bilancio dei nutrienti nel calcolo delle quantità da apportare; rapporto fonti organiche:fonti minerali; % di fertilizzanti organici di reimpiego aziendale; % di leguminose in rotazione. Efficienza ed efficacia N, P e K; surplus e bilancio apparente di N, P e K; efficienza media aziendale della fertilizzazione.
Quantità e tipo di fitofarmaci apportati	Quantità e tipo per ettaro; EIQi (Environmental impact quotient)
Quantità di acqua irrigua consumata nella fase di produzione vegetale ed animale e in quella di trasformazione	Quantità di acqua blu e grigia; efficienza d'uso dell'acqua irrigua.
Consumo di energia fossile nella fase di produzione e in quella di trasformazione	Efficienza d'uso dell'energia (MJ/ha o per unità di prodotto) e impronta carbonica (carbon footprint), calcolate attraverso tecniche di Life cycle assessment (LCA) Rendimento energetico (MJ/ha di energia prodotta)
Consumo di energia da filiere bioenergetiche di tipo corto	Biomassa e biogas derivanti da prodotti agricoli, di allevamento e forestali prodotti entro il raggio di 70 km

C) Indicatori legati agli effetti del processo produttivo su altri ambienti.	Parametro
Lisciviazione e runoff di nutrienti	Quantità di N e P lisciviati (anche in forma di particolato) per unità di superficie e di prodotto; concentrazione di nitrati nelle acque di lisciviazione e runoff
Lisciviazione e runoff di fitofarmaci	Quantità di sostanza attiva e principali metaboliti per unità di superficie e di prodotto; Concentrazione di sostanza attiva e principali metaboliti nelle acque di lisciviazione e runoff
Quantità di acqua irrigua consumata nella fase di produzione vegetale ed animale e in quella di trasformazione	Quantità di acqua blu e grigia; efficienza d'uso dell'acqua irrigua.
Emissioni di gas serra, in campo e in fase di trasformazione/conservazione	Emissioni di gas serra, in campo e in fase di trasformazione/conservazione Global warming potential (GWP) per unità di prodotto o di superficie
Carico di bestiame	Numero massimo di animali per ettaro (<170 kg N /(anno*ha) di reflui); UBA/ha (unità di bestiame adulto)
Sostenibilità del processo di smaltimento imballaggi e plastiche (anche quando utilizzate in campo)	- kg di plastica/kg alimento venduto - Presenza di polimeri non separabili e riciclabili - LCA delle plastiche utilizzate; - Quantità di materiale biodegradabile (carta, cartone, bioplastiche) rispetto ai materiali riciclabili (PET, plastiche in clean stream, alluminio, vetro, banda stagnata) o non biodegradabili e non (o difficilmente) riciclabili per unità di prodotto confezionato e venduto (con possibili ulteriori riconfezionamenti)
Sostenibilità del processo di smaltimento acque reflue nelle filiere di trasformazione e di substrati nelle colture fuori suolo	- Litri di acqua/kg di prodotto nel processo di trasformazione - Carico organico e biodegradabilità delle acque reflue - Impegno di energia per mc di refluo
Recupero di nutrienti e sostanza organica da reflui zootecnici	Frazione riciclata nel suolo vs. frazione smaltita diversamente

TABELLA 3

Non meno importante è la dimensione sociale della sostenibilità, intesa come la proprietà di un sistema o di un processo di agire sulle relazioni sociali in senso migliorativo rispetto al capitale sociale di una comunità (Tab. 4). In particolare, quando ci si riferisce ai consumatori uno

dei principali indicatori riguarda la salubrità dei prodotti e la loro accessibilità. Tra gli indici di sostenibilità sociale va anche ricordata l'importanza della coesione sociale, l'assenza di conflitti tra agricoltori e altre categorie sociali, la presenza dei giovani in agricoltura.

Indicatori di sostenibilità sociale

Indicatori	Parametro
Adeguate disponibilità di prodotti a costi accessibili	
Benessere animale	Spazio vitale per singolo animale, frequenza delle malattie e fratture.
Caratteristiche salutistiche delle produzioni	Positive: concentrazione negli alimenti freschi o trasformati di vitamine, antiossidanti, acido folico, fibre, proteine... Negative: presenza di nitrati su ortaggi a foglia larga; additivi/conservanti su prodotti trasformati.
Contaminazioni da fitofarmaci o microrganismi sulle derrate	% alimenti con assenza di residuo o con residui sotto limi di legge; frequenza e tipo di casi di superamento limiti di legge; Load index (LI: indice di carico); EIQ (Environmental Impact Quotient)
Agro-biodiversità	Numero di specie coltivate presenti nello spazio e nel tempo; inerbimenti, cover crops, sovesci, rotazioni.
Coesione sociale – lavoro	
Condizioni di salute e sicurezza dei lavoratori	Investimenti per il miglioramento degli ambienti e attività di lavoro in termini di sicurezza e salute dei lavoratori.
Rispetto dei diritti dei lavoratori	Definizione di contratti di lavoro e salario minimo.
Conservazione dell'agricoltura e dell'attività di presidio in zone marginali	Grado di incentivazione e compensazione economica.
Valore paesaggistico	
Indicatori ecologici	Presenza di elementi naturali, es. siepi, fasce boscate, alberi, essenze che garantiscano fioriture prolungate, foreste.
Indicatori strutturali	Presenza di terrazzi, muretti a secco, corpi idrici e zone umide.
Indicatori legati al valore estetico, storico e di conservazione di saperi tradizionali	

TABELLA 4

Indicatori di sostenibilità economica

Indicatori a livello di azienda	Parametro
Produttività netta del lavoro MOL/ULT	Rapporto tra il Margine Operativo Lordo (MOL) aziendale e le Unità di Lavoro totali aziendali (ULT).
Produttività netta del terreno VA/SAU	Rapporto tra il Valore Aggiunto aziendale (VA) e la Superficie Agricola Utilizzabile aziendale.
Incidenza degli aiuti pubblici (AP/RN)	Rapporto tra l'ammontare degli aiuti pubblici (AP) (soprattutto PAC) e il Reddito Netto aziendale (RN).
Indicatori a livello di territorio	Parametro
Redditività del lavoro	Rapporto tra il valore aggiunto dell'agricoltura, silvicoltura e pesca, ai prezzi di base, e le unità di lavoro in agricoltura.
Produttività del terreno	Rapporto tra il valore della produzione dell'agricoltura e la Superficie Agricola Utilizzata.
Efficienza della catena di valore	Equa distribuzione del reddito lungo la filiera della filiera agroalimentare.
Intensità del capitale agrario	Numero trattori (mezzi agricoli) per ha.
Incidenza del valore aggiunto dell'agricoltura	Rapporto percentuale tra il valore aggiunto dell'agricoltura, silvicoltura e pesca e il valore aggiunto totale, entrambi espressi ai prezzi di base.

TABELLA 5

Altrettanto importante è la dimensione economica della sostenibilità, in cui essa viene ricondotta alla capacità di un sistema o di un processo di contribuire alla produzione di benessere, in modo il più possibile indipendente da fattori esterni, e alla sua equa distribuzione fra i membri della comunità (Tab. 5). L'attenzione alla dimensione reddituale è tradizionalmente legata al divario tra redditi agricoli e quelli di altri settori, aspetto che sta alla base dell'ampio intervento pubblico nel settore agricolo e la cui persistenza mette a repentaglio l'ipotesi complessiva di una sostenibilità del comparto primario. Pur mantenendo invariata o, meglio, irrobustendo la prospettiva della multifunzionalità e della tutela ambientale e

dei territori rurali nell'attività degli agricoltori, è ormai condivisa l'esigenza di garantire loro un reddito equo ed equiparabile a quello degli altri settori (Obiettivo specifico 1 della PAC 2023-2027). In particolare, si deve perseguire un equilibrio economico in grado di ridurre il divario di reddito con le altre attività economiche, moderare le instabilità del reddito agricolo, favorire il raggiungimento di un reddito agricolo sufficiente in tutti i settori e per tutte i tipi di aziende. La diversificazione reddituale aziendale in termini territoriali e produttivi è inoltre un aspetto molto rilevante da tenere in considerazione in una agricoltura ricca di variabilità e qualità come quella italiana.

BOX 3

La Politica Agricola Comune e il piano One_Health (a cura di Angelo Frascarelli)

L'evoluzione dell'agricoltura, dal dopoguerra ad oggi, è stata condizionata sostanzialmente da quattro fattori essenziali: il mercato dei prodotti agricoli e alimentari, le tecnologie disponibili, l'evoluzione della Politica Agricola Comune (PAC) e le trasformazioni della società. Dopo l'agricoltura tradizionale del primo dopoguerra, la rivoluzione verde, l'agricoltura industriale e il modello produttivistico degli anni 1960-1980, il settore ha notevolmente migliorato la capacità produttiva, a scapito di un forte impatto sulle risorse e sull'abbandono delle aree rurali marginali. Negli anni 1990-2000, gli eccessi del modello produttivistico hanno portato all'affermazione del modello postproduttivistico, della qualità, del paradigma dello sviluppo rurale, dell'agricoltura multifunzionale. Negli ultimi dieci anni è emerso il paradigma dell'intensificazione sostenibile, che si è ampliato con il concetto di agricoltura smart, includendo l'importanza delle nuove tecnologie e della costruzione di un sistema agroalimentare più

sano, equo e rispettoso dell'ambiente. Da alcuni anni, l'agricoltura è permeata dal concetto di "One Health" dell'Unione Europea, che è un approccio integrato che riconosce l'interconnessione tra la salute umana, la salute animale e la salute degli ecosistemi. La sicurezza alimentare, la protezione dell'ambiente, la prevenzione e il controllo delle malattie, la gestione dei rischi climatici, la volatilità dei mercati, la ricerca e l'innovazione, la cooperazione e lo scambio di informazioni, la connessione con la società, la vitalità delle aree rurali, saranno i temi del futuro.

Anche la Politica Agricola Comune (PAC) ha subito una profonda trasformazione negli ultimi anni, con un crescente orientamento sugli obiettivi ambientali e sociali, oltre ai tradizionali obiettivi economici (reddito degli agricoltori). La nuova PAC ha tre obiettivi fondamentali: 1) promuovere un settore agricolo smart (intelligente) e resiliente; 2) sostenere la cura per l'ambiente e l'azione per il clima; 3) stimolare la crescita e l'occupazione nelle aree

rurali. Questi tre obiettivi generali si articolano in nove obiettivi specifici: competitività, reddito degli agricoltori, equa distribuzione del valore lungo la filiera, cambiamento climatico, biodiversità, tutela delle risorse naturali, ricambio generazionale, bioeconomia, vitalità delle aree rurali, salute, alimentazione. A questi, si aggiunge un obiettivo trasversale, che include il trasferimento delle innovazioni, la consulenza, la formazione, la digitalizzazione, al fine di creare un sistema della conoscenza in agricoltura (AKIS, Agricultural Knowledge and Innovation Systems). L'agricoltura deve essere capace di resistere ai cambiamenti, soprattutto quelli del mercato, deve essere sostenibile (ambiente e cambiamenti climatici), deve garantire la vitalità delle zone rurali. Per queste ragioni l'agricoltura merita un sostegno. La transizione ecologica viene rafforzata e rappresenta un cambiamento di paradigma dell'agricoltura attuale e futura, sollecitata dagli orientamenti della Pace, come abbiamo detto sopra, dalle scelte dei consumatori.

Una quota significativa delle risorse è destinata a finanziare queste misure: almeno il 20% dei pagamenti diretti agli agricoltori è riservato ai regimi per il clima e per l'ambiente (ecoschemi), mentre il 40% delle risorse per lo sviluppo rurale va a coprire le spese per la transizione economica, per gli impegni ambientali, per l'agricoltura sottoposta a vincoli naturali e restrizioni territoriali.

L'allocazione delle risorse della PAC indica un cambiamento sostanziale rispetto al passato, dove la PAC era maggiormente orientata alla produttività. Oggi, invece, il focus è la creazione di un sistema agro-alimentare resiliente e in grado di rispondere alle sfide globali, garantendo al contempo il benessere delle comunità rurali e la protezione dell'ambiente. Già nel 2017, nel documento della Commissione europea per il futuro della PAC dal titolo "Il futuro dell'alimentazione e dell'agricoltura" si menziona esplicitamente la necessità di favorire l'agricoltura smart. Inoltre, un'altra importantissima strategia del settennario di programmazione 2021-2027 che si è esplicita in molti obiettivi dell'attuale PAC è la strategia "Farm to Fork F2F", parte del Green Deal europeo. È una strategia concepita per rendere i sistemi alimentari europei più equi, sani, resilienti e rispettosi dell'ambiente, migliorando la salute e la sicurezza alimentare, tutelando l'ambiente e garantendo un'equa distribuzione di benefici economici. La strategia F2F punta a ridurre l'impatto ambientale della produzione agricola, promuovendo

pratiche più sostenibili, garantendo al tempo stesso l'accesso a cibi sani e nutrienti, riducendo l'uso di sostanze di sintesi come prodotti fitosanitari e fertilizzanti, e limitando l'uso di antibiotici negli allevamenti.

Il cambiamento nei mercati alimentari e nell'agricoltura è strettamente connesso con le trasformazioni della società civile. I consumatori, oggi più che mai, sono informati e consapevoli delle scelte alimentari, orientando la domanda verso prodotti che siano sicuri, sostenibili e in linea con le loro esigenze di salute e benessere. Il concetto di cibo come "cura" è in crescita, con un'attenzione particolare agli alimenti privi di componenti dannose o che rispondano a specifiche intolleranze, come il glutine o il lattosio. La richiesta di prodotti tracciati, certificati e biologici, percepiti come più naturali e sani, ha visto un incremento significativo, soprattutto nella grande distribuzione. Questa evoluzione culturale riflette un cambiamento più ampio nei valori della società, che pone la salute e la sostenibilità al centro delle proprie scelte di consumo. Gli agricoltori, per rimanere competitivi, devono adattarsi a questa nuova domanda e sviluppare competenze innovative. Nel futuro dell'agricoltura e dei sistemi alimentari, la conoscenza e l'innovazione giocheranno un ruolo decisivo nel soddisfare le esigenze dei consumatori, è caratterizzato anche dalla necessità di garantire la salute secondo un approccio olistico, tutelando la salute ambientale, animale e umana.

Questa esigenza di tutelare una salute globale, viene perseguita dall'Unione Europea con il piano "One Health". L'idea alla base del piano è che la salute di persone, animali e ambiente siano strettamente collegate e che i problemi di salute pubblica, come le malattie infettive, debbano essere affrontati attraverso una collaborazione intersettoriale. La tutela della salute, la garanzia della tracciabilità e della trasparenza al consumatore, la multifunzionalità, rientrano nel paradigma dello sviluppo rurale, che vede superati i modelli del produttivismo, ovvero un mondo rurale esclusivamente dedicato alla massima efficienza della produzione agricola, e del post produttivismo.

Nel paradigma dello sviluppo rurale rientra una strategia di lungo termine, che rende interconnesse le varie componenti naturali, umane, artificiali e sociali del capitale presente e generabile nelle zone rurali. L'agricoltura si trasforma quindi in un processo più integrato e radicato nel territorio, dove la diversificazione delle attività e la valorizzazione delle risorse locali diventano elementi chiave per costruire un modello agricolo capace di rispondere alle sfide globali, mantenendo al contempo una forte connessione con le comunità locali e l'ambiente circostante. L'agricoltura è in continua evoluzione, parallelamente all'evoluzione della società, dei mercati, delle politiche e delle tecnologie. Comprendere, anticipare e supportare questa evoluzione è il compito della comunità scientifica.

2.3. Livello di sostenibilità dell'agricoltura italiana

Esprimere un giudizio sintetico sul livello di sostenibilità dell'agricoltura italiana è difficile e va oltre gli obiettivi di questo volume. Prima di analizzare alcuni casi di studio relativi a singole colture e filiere, presenteremo alcune considerazioni di ordine generale sulle variazioni nel tempo di alcuni dei macro-indicatori della sostenibilità.

2.3.1. Gas serra

Le emissioni di gas serra da parte settore agroalimentare nazionale avvengono nella fase di produzione primaria (colture e allevamenti) e nella fase di trasformazione e di trasporto degli alimenti. Le foreste e anche i prati e i pascoli, invece, possono sottrarre importanti quantità di CO₂ atmosferica. Le emissioni che si producono durante la coltivazione e l'allevamento sono rappresentate principalmente dal metano (CH₄), in gran parte di origine zootecnica, dal protossido di azoto (N₂O), rilasciato soprattutto dai suoli, e dalla CO₂ emessa nei processi agricoli e nella produzione di materiali utilizzati in agricoltura. Secondo FAOSTAT (vedi sitografia) le emissioni dell'intero comparto agroalimentare nazionale sono calate di circa un 20% dal 2003 al 2021 (ultimo anno disponibile). Sempre secondo la fonte FAO, nel 2021, per la coltivazione e l'allevamento sono state emesse in Italia circa 55 MtCO₂-eq., pari al 13% circa delle emissioni nazionali

totali, che nel 2021 erano stimate dall'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, vedi sitografia) in 411 MtCO₂-eq. (Vitullo et al., 2024). ISPRA riporta un dato di emissioni totali del settore agricoltura per il 2022 pari a 30,8 MtCO₂-eq., tra l'altro assai inferiore a quelle di Francia e Germania, che rappresenta la somma delle emissioni di gas serra (in pratica quasi solo metano e protossido di azoto) che provengono dal suolo agrario (incluso le risaie) o negli allevamenti (in calo del -19% circa rispetto al 1990), ma non include le emissioni di CO₂ nella produzione dei mezzi tecnici (es. fertilizzanti) e nemmeno l'energia impiegata nella fase produttiva (Fig. 3). Le fasi di trasformazione industriale degli alimenti, dell'impacchettamento e del trasporto, con circa 90 MtCO₂-eq. per anno, contribuiscono per un ulteriore 21% circa delle emissioni totali di gas serra a livello nazionale

Ripartizione delle quantità di gas serra emesse nel 2022 e riferibili dal settore agricolo nazionale. Le stime FAO si riferiscono alle emissioni totali da parte delle coltivazioni e dell'allevamento. I dati ISPRA si riferiscono solo alle emissioni dirette. I valori negativi indicano sottrazione di CO₂ da parte delle foreste.

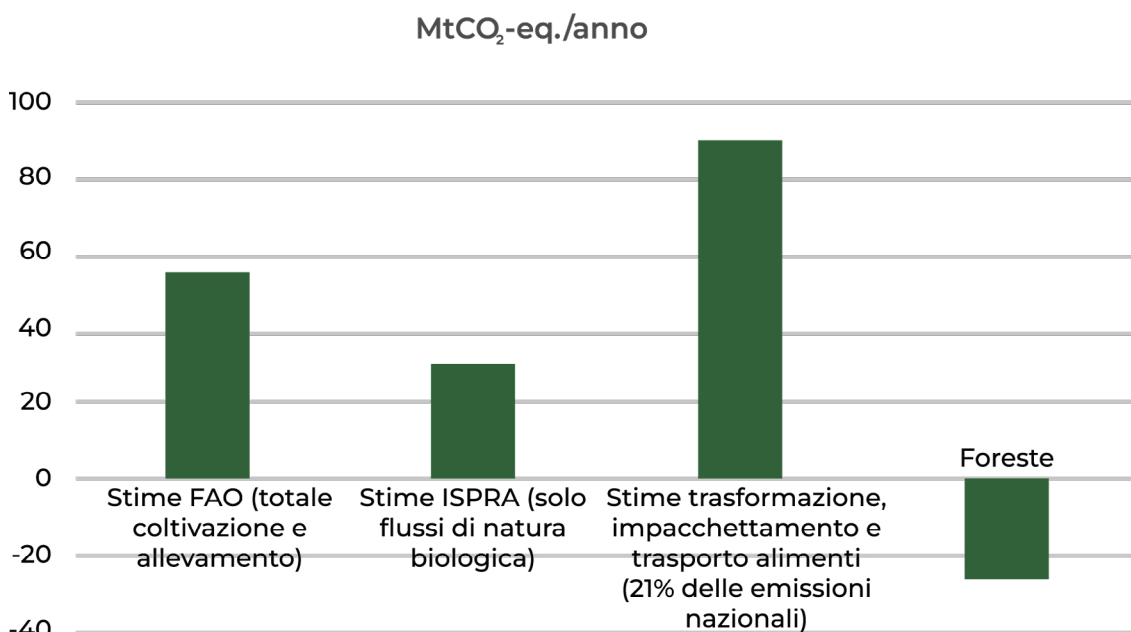


FIGURA 3

La riduzione delle quantità di gas serra emessi dall'agricoltura è legata alla diminuzione della consistenza zootecnica (i capi bovini sono diminuiti del 27% tra il 1990 e il 2022), ai cambiamenti nella gestione delle deiezioni animali, alla riduzione delle superfici coltivate, al minor uso di fertilizzanti azotati sintetici e all'implementazione dei programmi della Politica Agricola Comune. Parallelamente, la quota di energie rinnovabili nei consumi energetici nazionali è aumentata, con una forte espansione degli impianti per la produzione di biogas nel settore agricolo. La digestione anaerobica ha anche permesso di evitare la dispersione di CH_4 nell'atmosfera e di ridurre le emissioni di N_2O . Nonostante l'agricoltura sia uno dei settori che ha registrato le maggiori riduzioni delle emissioni dal 1990, sarà necessario promuovere ulteriormente tecniche di coltivazione che facciano un uso limitato di energia fossile e di materiali con elevata C-footprint, aumentare la capacità di sequestro del carbonio da parte dei suoli agricoli, e implementare misure per ridurre le perdite di azoto dai reflui zootecnici. L'Italia dovrebbe raggiungere infatti nel 2030 l'obiettivo fissato dal Regolamento Effort Sharing (2023/857/EC) che prevede una riduzione, rispetto ai livelli del 2005, pari a -43,7% delle emissioni complessive di gas serra dei settori agricoltura, civile, trasporti, etc. Se l'agricoltura italiana nel suo complesso contribuisce all'emissione di gas serra, le foreste, anche grazie alla loro espansione (+24% della superficie dal 1990) ed alla riduzione dei volumi dei prelievi di legno (ora circa 12,2 milioni di m³, a fronte di un incremento annuale di circa

37,9 milioni di m³) sottraggono quote considerevoli di CO_2 atmosferica, che hanno toccato un picco intorno alla metà della decade scorsa (41,9 Mt CO_2) e nel 2022 erano pari a 26,1 Mt CO_2 . Tale riduzione degli assorbimenti di CO_2 è stata però influenzata dalle perdite di biomassa dovute agli incendi e ad altre forme di deperimento. Un contributo al bilanciamento delle emissioni nette di CO_2 -eq. del settore agricoltura proviene anche dai prati e pascoli e (2 Mt CO_2 nel 2022). Peraltro, l'espansione dei serbatoi forestali (biomassa viva, legno morto, suolo) tenderà a stabilizzarsi e gli effetti positivi dovuti alla fertilizzazione carbonica (l'effetto positivo dell'aumento della CO_2 atmosferica sulla fotosintesi) si ridurranno progressivamente fino ad annullarsi. Inoltre, le variazioni negli assorbimenti totali del settore LULUCF (acronimo in uso per riferirsi alle attività di uso delle terre, al cambiamento del loro uso ed alla gestione forestale) sono fortemente influenzate dall'aumento dei disturbi naturali, evidenti nell'ultimo biennio. Per migliorare la resilienza climatica delle foreste e promuovere il sequestro del carbonio, la gestione forestale dovrà concentrarsi su approcci adattativi, come la regolazione della densità dei popolamenti, la promozione di boschi misti e della diversità strutturale, il mantenimento della continuità della copertura arborea, l'allungamento del turno di utilizzazione, la prevenzione selvicolturale e l'applicazione del fuoco prescritto, anche con usi alternativi delle risorse forestali. In ogni caso, non se ne deve sopravvalutare il ruolo nel raggiungimento degli obiettivi di decarbonizzazione.

2.3.2 Prodotti fitosanitari

I consumi nazionali di prodotti fitosanitari sono diminuiti nel tempo (FAOSTAT, vedi sitografia). I quantitativi in termini di principio attivo ammontavano infatti a circa 100 mila t nel 1990, a 72 mila nel 2010, a 60 mila nel 2016 e 50 mila nel 2021. Sono circa 400 le sostanze impiegate in agricoltura in vaste aree di territorio. Con riferimento alla classificazione dei prodotti per tossicità è importante sottolineare la netta diminuzione di prodotti fitosanitari molto tossici soprattutto per fungicidi e insetticidi (CREA, 2019).



Rispetto al 2014, anno di entrata in vigore del vecchio PAN (Piano d'Azione Nazionale per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari), si è registrato un decremento del commercio dei principi attivi del 15,3%, con dinamiche diverse per le varie categorie: in particolare, sono diminuiti i fungicidi (-16,3%), gli insetticidi/acaricidi (-24,4%), gli erbicidi (-29,6%). I prodotti utilizzati in agricoltura biologica, pur segnando un incremento di oltre il 100%, rappresentano ancora solo una quota pari all'1,3% del totale (Fig. 4). Complessivamente i consumi di prodotti fitosanitari, anch'essi ovviamente in calo, si sono attestati nel 2021 su circa 116 mila tonnellate.



Quantità (t/anno) di sostanze attive distribuite nell'agricoltura nazionale tramite i prodotti fitosanitari, suddivise per categoria e per anno (fonte ISTAT)

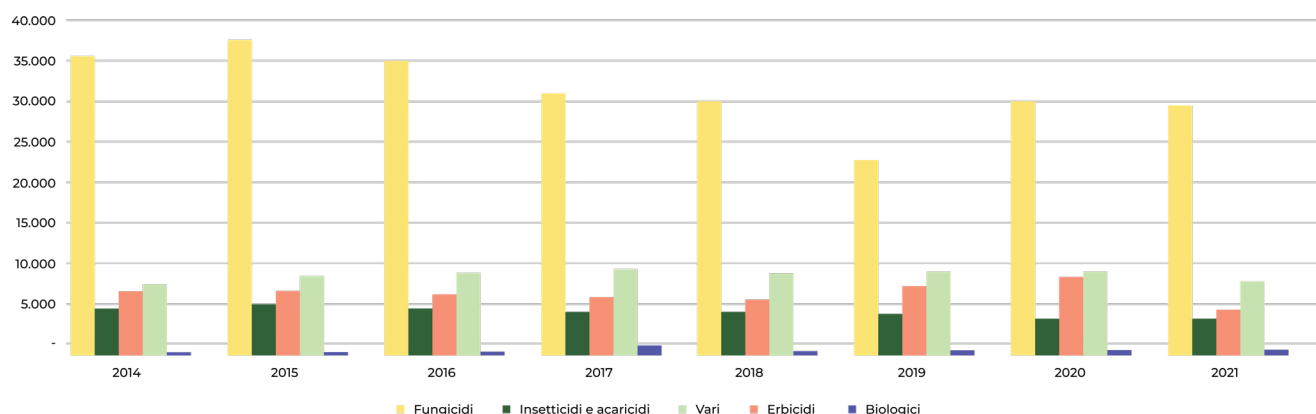


FIGURA 4

Relativamente ai residui sulle derrate alimentari, vanno segnalati i risultati dell'indagine della European Food Safety Authority (EFSA) pubblicata nel 2024 e relativa al 2022, da cui si evince che su 8405 campioni di frutta e verdura (più della metà del totale), di cereali, di olio, vino, alimenti per l'infanzia e altri tipi di alimenti prodotti in Italia ed analizzati dalle autorità competenti, il 65,6% era priva di residui di prodotti fitosanitari, mentre il 33,9% conteneva livelli di residui inferiori alle soglie di legge e solo lo 0,5 % le superava (Fig. 5). È interessante notare che dalla stessa indagine emerge come solo l' 1,7% dei campioni di frutta e verdura importata superava il limite di legge sui residui. Per i cereali nazionali, i casi di superamento dei limiti di legge sono solo lo 0,2%, mentre i cereali privi del tutto di residui sono l'80,6% circa.

Il recente rapporto ISPRA (2022) sulla presenza di fitofarmaci nelle acque (dati 2020) rileva che sia in quelle superficiali che in quelle sotterranee, ne sia stata riscontrata la presenza in 595 punti di monitoraggio (23,3% del totale) e su 810 campioni (19,4% del totale). Nei campioni con residui è risultata frequente la presenza di miscele di sostanze: in media 4,3 con un massimo di 31 nelle acque superficiali e 32 sostanze nelle acque sotterranee. La categoria di sostanze maggiormente

presenti sono gli erbicidi insieme ai loro metaboliti che costituiscono il 43% delle misure positive nelle acque superficiali e il 50% nelle sotterranee. Segue la presenza di fungicidi, 29%, sia nelle superficiali che in quelle sotterranee, mentre gli insetticidi sono presenti nel 28% delle acque superficiali e nel 21% delle acque sotterranee. Nelle acque superficiali le sostanze più frequentemente riscontrate sono gli erbicidi; in particolare il glifosate e il suo principale metabolita AMPA (acido aminometilfosfonico), sono riscontrati con frequenze complessive del 42% e del 68%, rispettivamente. L'erbicida metolaclor e il suo metabolita metolaclor-esa sono stati riscontrati nel 10 e 46% dei campioni; mentre gli erbicidi imazamox e nicosulfuron sono stati riscontrati con frequenze del 9% e 7%. L'insetticida imidacloprid è stato individuato con una frequenza del 6%. Infine, i fungicidi più frequenti sono: metalaxil, dimetomorf, azossistrobina e boscalid con frequenze registrate dal 5% al 4%. Gli erbicidi sono tra le sostanze maggiormente presenti anche nelle acque sotterranee. In particolare, i metaboliti triazinici, e tra questi l'atrazina desetil-desisopropil, sono le sostanze rilevate con maggiore frequenza (24%). Il metabolita metolaclor-esa è stato rinvenuto nel 14% dei campioni; mentre il bentazone nel 5%, mentre il glifosate e l'AMPA

Percentuale di campioni di alimenti di provenienza italiana analizzati nel 2022 con presenza o senza residui di fitofarmaci (fonte EFSA, rapporto 2024)

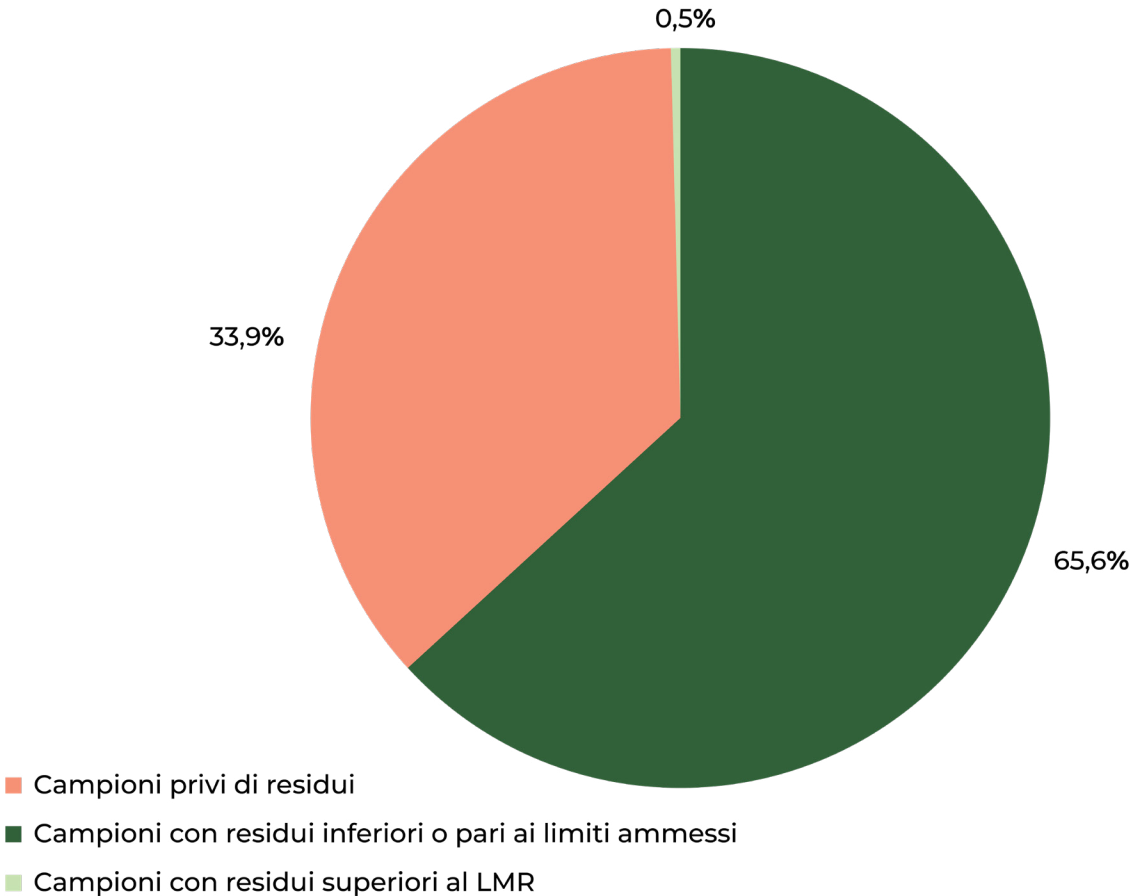


FIGURA 5

2.3.3. Fertilizzanti

L'impiego di fertilizzanti di origine industriale in Italia è fortemente diminuito negli ultimi anni (Fig. 6). Ad inizio anni duemila la vendita dei soli concimi minerali superava 3,5 milioni di t. Gli apporti di concimi minerali hanno poi subito una sensibile contrazione con uno speculare incremento della categoria commerciale degli ammendanti, che non vanno confusi con gli effluenti zootecnici. Da allora la situazione è mediamente più stabile sebbene soggetta a forte volatilità inter-annuale. Nel recente triennio 2020-22, sebbene ridimensionati a 1,8 milioni di t, i concimi minerali sono ancora la categoria di fertilizzanti più impiegata, con un rapporto tra concimi semplici e composti che resta pari a circa 2:1 (vedi anche Assofertilizzanti nella

sitografia). Gli ammendanti commerciali (arrivati a 1,2 milioni di t) superano oggi i di concimi organici e organo-minerali, il cui mercato risulta però molto più stabile rispetto a quello dei concimi minerali. Continua la lenta, ma progressiva, riduzione annuale degli apporti al suolo di azoto (nel triennio 2020-22 arrivato a soli 630.000 t), fosforo e potassio (Fig. 7). Le ragioni sono da ricercare nel notevole sforzo di razionalizzazione di piani di concimazione, anche grazie al diffondersi di strumenti digitali di supporto alle decisioni, nelle politiche di sostegno al reddito degli agricoltori che impongono restrizioni agli input e nella spinta a ridurre i costi di produzione per consentire margini di guadagno alle imprese agricole.

Quantità di fertilizzanti commerciali vendute in Italia e suddivise per tipologie di concime. I valori sono espressi in migliaia di t (elaborazioni su dati ISTAT)

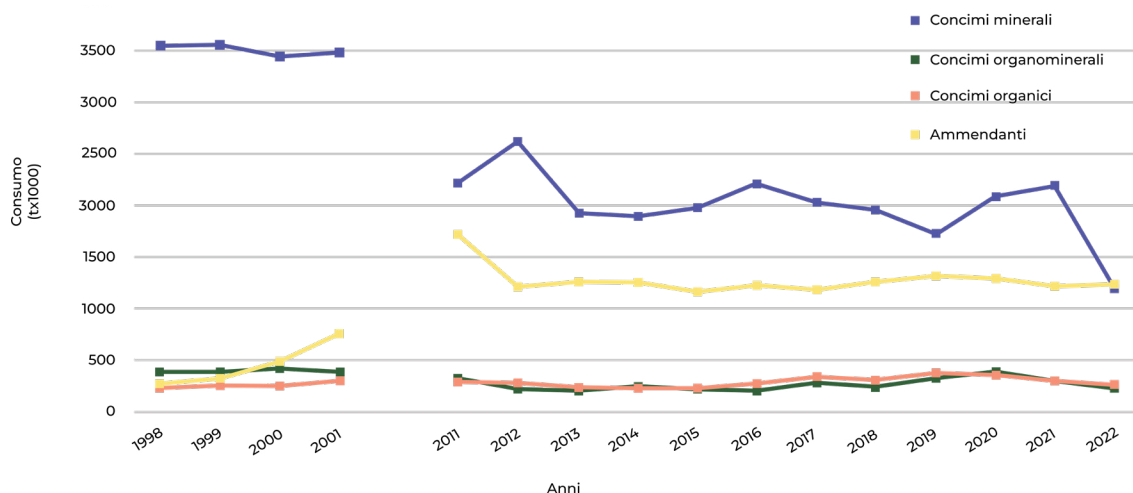


FIGURA 6

Quantità di fertilizzanti commerciali vendute in Italia e suddivise per elementi nutritivi apportati. I valori sono espressi in t (elaborazioni su dati ISTAT)

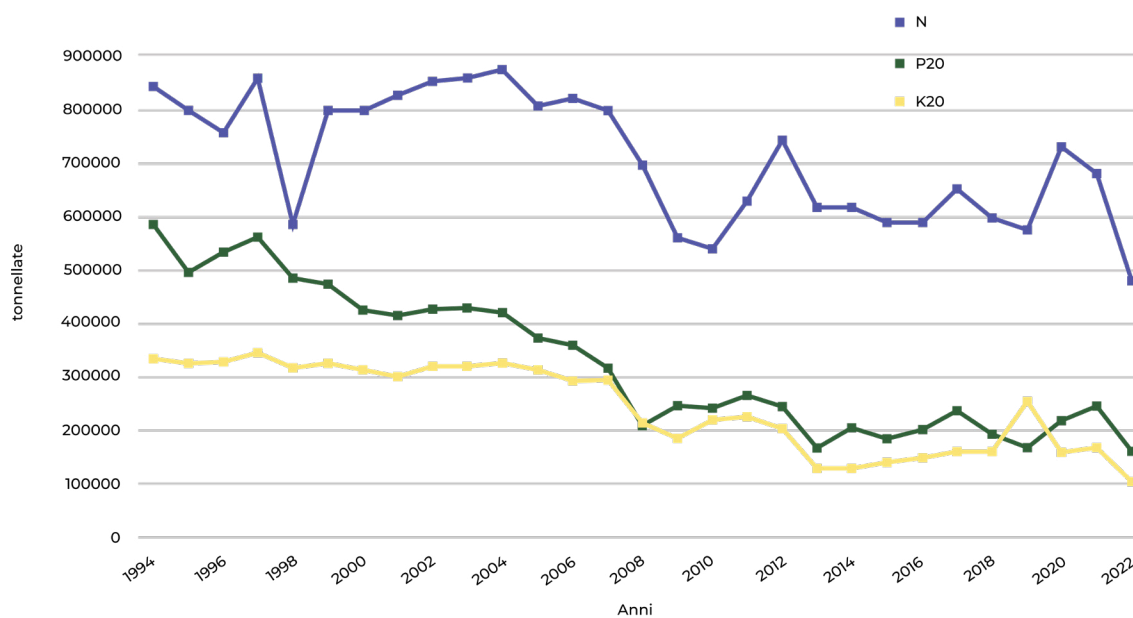


FIGURA 7

Fortunatamente, in ampi areali italiani la fertilità dei suoli è storicamente sostenuta anche dagli effluenti zootecnici. Nell'ultimo decennio il carico animale risulta relativamente costante e di conseguenza lo è la disponibilità nutritiva degli effluenti. Dato il diffondersi di tecniche volte ad abbattere le perdite per volatilizzazione di azoto ammoniacale (quali ad esempio l'interramento immediato dei liquami) e a razionalizzare le quantità distribuite, non

solo sulle superfici aziendali delle aziende zootecniche, ma anche su quelle vicine, si può ritenere che le circa 437.000 t di azoto disponibile proveniente da effluenti in Italia abbiano oggi un maggiore valore agronomico rispetto al passato. Il ruolo relativo dei diversi allevamenti nel comporre l'importante risorsa di nutrienti riciclati negli effluenti zootecnici è riportato nella figura 8. Come si vede, resta preponderante il ruolo degli allevamenti

di bovini, seguito dall'allevamento suinicolo e avicolo. Si noti che un ulteriore aspetto importante delle strategie volte all'intensificazione sostenibile deriva dal fatto che le stesse industrie italiane produttrici di fertilizzanti sono

tra i leader europei nell'esplorare le nuove possibilità offerte dal riciclare materiali organici (tra cui gli stessi effluenti zootecnici) per la produzione commerciale di ammendanti, concimi organici o organo minerali.

Quantità di azoto (t/anno) distribuite in campo tramite effluenti zootecnici dal 2018 al 2023 in funzione della tipologia di animali allevati (dati ISPRA rielaborati)

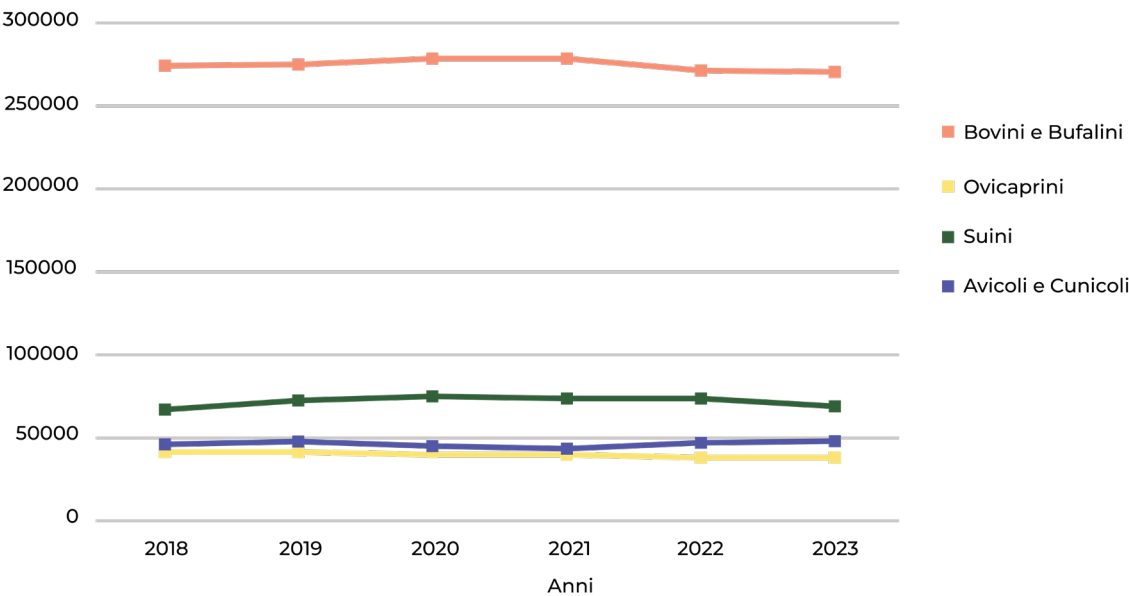


FIGURA 8

Si accomunano spesso i rischi connessi all'impiego di agrofarmaci (o prodotti fitosanitari) e concimi minerali (entrambi considerati caratterizzanti la cosiddetta "agricoltura chimica"). Senza disconoscere i rischi ambientali connessi all'impiego delle due tipologie di input, bisogna comunque notare che, in genere, i concimi non introducono nell'ambiente molecole diverse da quelle che naturalmente sono prodotte nel ciclo di vita del sistema suolo-pianta.



Negli ultimi anni, l'Italia ha affrontato gravi sfide legate alla siccità e alla crisi idrica. In media, nel periodo 2010-2020, in Italia sono caduti circa 305 miliardi di m3 di pioggia all'anno. Le precipitazioni non sono state uniformemente distribuite, con il 40,8% concentrato nel nord e solo il 6,4% nelle isole maggiori (Italy for Climate, vedi sitografia). Secondo il Report ISTAT (ISTAT, 2024), il settore agricolo preleva annualmente 15,8 miliardi di metri cubi di acqua, rappresentando il 42% del totale nazionale e

rappresenta il principale settore per quanto riguarda il consumo idrico nazionale. Negli ultimi tre decenni, la superficie irrigata ha subito una contrazione del 12,7% e ciò spiega, almeno in parte, il perché il volume complessivo di acqua prelevato per l'agricoltura si sia ridotto del 5% tra il 2010 e il 2020. Nel biennio 2019-2020, la superficie irrigabile è stata stimata in 3,808 milioni di ettari, corrispondenti al 30,6% della Superficie Agricola Utilizzata (SAU). Tuttavia, solo il 62% circa di questa

2.3.4. Impiego di acqua irrigua

superficie, pari al 19% della SAU, è stata effettivamente irrigata (ISTAT, 2020). Rispetto ai decenni precedenti, si osserva anche una leggera riduzione dei volumi impiegati, attribuibile principalmente alla crescente adozione di pratiche irrigue efficienti. Tra queste, si evidenziano l'irrigazione a goccia, l'utilizzo di acque reflue trattate e l'impiego di sistemi avanzati di monitoraggio. Tali innovazioni risultano maggiormente diffuse nelle regioni settentrionali, dove la pressione sui volumi idrici risulta particolarmente elevata (ISTAT, 2024).

Tra le colture maggiormente esigenti, il riso continua a occupare un ruolo centrale, con consumi idrici elevati per garantire la sommersione necessaria alla sua crescita. Le principali aree di coltivazione, situate in Piemonte e Lombardia, registrano consumi che possono raggiungere fino a 9.800 metri cubi di acqua per ettaro all'anno. Tuttavia, l'adozione di tecniche innovative come l'"irrigazione alternata" e la "sommersione controllata" ha consentito una riduzione dei consumi senza influire negativamente sulle rese produttive (FAO, 2020).

2.3.5. Salute del suolo

Il concetto di salute del suolo è diventato di uso comune solo recentemente, con l'introduzione anche a livello della UE del termine nella Soil Thematic Strategy e nella successiva Soil Monitoring law. Con questo termine, si intende la capacità che il suolo ha di fornire servizi ecosistemici; pertanto, un suolo in buona salute riuscirà a svolgere una serie di funzioni più ampia rispetto a quelle di un suolo in cattivo stato di salute. La salute del suolo è compromessa da processi di degradazione quali la perdita di sostanza organica, l'inquinamento locale e diffuso, la compattazione, la perdita di biodiversità e la salinizzazione fino ad arrivare a fenomeni che determinano una perdita irreversibile della risorsa quali erosione, frane, smottamenti e alluvioni, e impermeabilizzazione. A causa dei processi di degradazione, il suolo perde infatti la capacità di supportare la crescita di piante coltivate e spontanee, di agire da filtro nei con-

Secondo il 7° Censimento Generale dell'Agricoltura, la microirrigazione si conferma come il metodo irriguo prevalente per numerose colture arboree e orticole, con una diffusione stimata al 63% nei fruttiferi, 70% nella vite, 58% nell'olivo e 55% nelle ortive. Questo sistema ha guadagnato ulteriore popolarità grazie alla sua elevata efficienza nell'utilizzo delle risorse idriche, riducendo gli sprechi e incrementando la produttività delle colture. Tuttavia, l'applicazione della microirrigazione rimane limitata per le colture erbacee da pieno campo, come i cereali, a causa delle caratteristiche specifiche di queste coltivazioni. In tali contesti, prevalgono ancora metodi irrigui più tradizionali, quali l'aspersione e il metodo a scorrimento superficiale, che si dimostrano più adatti alle esigenze delle colture estensive e alle relative pratiche culturali. Queste osservazioni evidenziano un processo di modernizzazione nell'irrigazione per colture ad alto valore economico, mentre mettono in luce i limiti della microirrigazione nelle colture estensive.

fronti delle acque meteoriche, di fungere da serbatoio di carbonio limitando le emissioni di CO₂ in atmosfera e di ospitare microrganismi e altri esseri viventi. L'Unione Europea ha stimato che oltre il 60% dei suoli europei non gode di buona salute e che i fenomeni di degrado sono in aumento. In alcuni casi, adottando una gestione sostenibile in ambito agricolo e pratiche migliorative, la salute del suolo può essere ripristinata, ma nulla può essere fatto quando i processi di degrado hanno portato alla perdita della risorsa. Il caso più evidente riguarda l'impermeabilizzazione del suolo, e il conseguente consumo di suolo, ovvero la variazione annuale tra la superficie coperta da vegetazione - agraria, forestale e seminaturale - e quella occupata da edifici, infrastrutture, ecc. Il consumo di suolo viene valutato annualmente da ISPRA e l'ultimo dato disponibile mostra come in Italia la perdita di suolo per sola impermeabilizzazione nel 2023 sia stata pari a 72,5 km², cioè circa 20 ha al giorno (Rapporto SNPA, vedi sitografia). La definizione di salute del suolo è però ambigua dal punto di vista pedologico: non considerando processi e fattori pedogenetici, non tiene conto della variabilità naturale dei suoli. Ad esempio, un suolo montano, poco sviluppato e di limitato spessore non è in grado di svolgere tutti i servizi ecosistemici tipici di un suolo di pianura ben sviluppato, pur godendo di buona salute. L'introduzione del concetto di potenzialità, ampiamente diffuso nella comunità scientifica, rappresenterebbe quindi un ulteriore passo avanti nella protezione della risorsa suolo e nel raggiungimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile.



Biodiversità e sistemi agrari

Diverse forme di biodiversità caratterizzano i sistemi agricoli. Oltre ad un' agro-biodiversità in senso stretto, che riguarda le specie e le varietà coltivate o le specie e le razze allevate, laddove si realizza la produzione agraria sono presenti altre specie che coesistono con quelle produttive. Parliamo inoltre di biodiversità funzionale relativamente alle specie che sono ritenute utili ad un certo processo ecologico (si pensi alle specie vegetali che fungono da rifugio per gli insetti utili, alle micorrize o ai microrganismi che decompongono la sostanza organica, etc.). L'importanza di questi aspetti è stata finora sottovalutata.

Raggiungere la più elevata biodiversità possibile è oggi ritenuto non solo un valore aggiunto di alcuni specifici sistemi culturali, ma anche un importante indicatore di sostenibilità. L'uniformità genetica su ampi territori è un fattore di rischio e va superata dotando i moderni sistemi agricoli di un ampio panorama di diversità, sia nell'ambito delle singole specie, che tra le specie, che con l'intercalare di habitat differenti nel territorio. La biodiversità non è una caratteristica stabile, ma si modifica nel tempo e nello spazio, a livello intra e interspecifico, fino ad interessare lo stesso paesaggio creato dagli agroecosistemi.

Il successo ottenuto nell'adattare l'agricoltura ai bisogni dell'uomo ha comportato una progressiva riduzione della biodiversità delle specie e dei genotipi coltivati. Si può sicuramente aumentare l'agro-biodiversità, ma questa spinta non deve mirare solo a conservare i genotipi tradizionali coltivati in

passato. Non si può rinunciare alla possibilità di migliorare geneticamente le nuove specie o le antiche varietà per renderle più sostenibili anche dal punto di vista economico. Analogamente, occorre conservare le risorse genetiche, per sviluppare nuove strategie di lotta o resistenza a patogeni e parassiti e di adattamento alle avversità climatiche attraverso programmi di miglioramento genetico.

E' importante considerare che, a fronte di una situazione mondiale che presenta diverse criticità e la continua riduzione dei taxa produttivi, il nostro Paese valorizza una buona gamma di colture e varietà. Molte filiere dell'agricoltura italiana (si pensi anche solo al vino e agli ortaggi) utilizzano numerosi genotipi locali, che costituiscono la base di una tradizione eno-gastronomica famosa nel mondo per la sua diversità regionale basata anche su prodotti Dop/Igp e vini Dop/Igp. L'elevato valore espresso dall'indotto della ristorazione di qualità è l'immagine delle possibilità economiche offerte dalla biodiversità. Un ruolo speciale è poi svolto dalla biodiversità presente nel suolo, che contiene organismi responsabili, tra l'altro, del ciclo dei nutrienti nel suolo e dell'ampliamento delle possibilità di ogni apparato radicale di accedere alle risorse idriche e nutrizionali del suolo. I sistemi agricoli moderni devono includere quelle pratiche agro-ecologiche che possono aumentare la biodiversità funzionale. Le tecniche di agricoltura biologica sembrano incrementare la biodiversità complessiva presente nel campo coltivato rispetto a quelle definite convenzionali, come

appare in un'analisi bibliografica basata su studi condotti soprattutto nel centro-nord Europa e nel nord America (Tuck et al., 2014). Nel gradiente da sistemi culturali monotonici verso quelli a maggiore biodiversità, i cambiamenti sono numerosi e non possono essere ricondotti solo alla semplice distinzione tra agricoltura convenzionale (che oramai in EU non dovrebbe più esistere), integrata e biologica. Tra le conclusioni dell'analisi di 115 casi di studio pubblicata da Beckmann et al. (2019) è significativo che venga riportato come sia possibile intensificare l'agricoltura in alcuni contesti produttivi senza causare perdite nella biodiversità.

Infine, va ricordato il possibile impatto delle attività agricole, silvicole e zootecniche sulla biodiversità a livello di paesaggio. Il processo di polarizzazione (intensificazione-estensivizzazione) dell'agricoltura italiana, ha portato alla coesistenza dei paesaggi monoculturali dell'agricoltura industriale e di quelli policulturali di quella tradizionale (Barbera et al., 2005). Il valore comune offerto dal paesaggio agrario non è sempre associabile alla sola biodiversità. Ne è un esempio il fatto che un'ampia zona collinare popolata da una netta prevalenza di vigneti è spesso avvertita come gradevole, sebbene a bassissima biodiversità colturale, mentre un'ampia zona marginale nelle colline dell'Italia Centrale o Meridionale, ricca di erbai e pascoli, è a volte avvertita come paesaggio poco piacevole nei periodi siccitosi, nonostante sia un ecosistema ricco di biodiversità.

La biodiversità è la base per alcuni

servizi ecosistemici (ES), come i servizi legati agli habitat e la produzione del pool genetico, e in interazione con gli ES ha anche effetti indiretti sulla regolazione del clima, sulla rigenerazione del suolo, sul miglioramento della qualità dell'acqua e sul controllo delle inondazioni.

Gli ecosistemi con elevata biodiversità forniscono livelli più elevati di servizi ecosistemici e sono resilienti a lungo termine. Il valore dei servizi

ecosistemici legati alla biodiversità non viene contabilizzato e incluso nei piani di sviluppo socio-economico a causa della natura esterna dei benefici forniti e della conseguente difficoltà ad assegnare agli stessi un valore di mercato. La valutazione economica dei servizi ecosistemici e dei relativi benefici umani, comunque, è uno strumento utile per rilevare gli impatti dei cambiamenti ecologici sul benessere umano, che può essere guidato attraverso

forme di incentivazione da parte dei policy makers o in risposta alla loro gestione dell'uso della terra e dei relativi costi/benefici attribuiti al capitale naturale. La valutazione economica dei servizi ecosistemici consente l'introduzione di meccanismi che incorporano i valori ecosistemici nei processi decisionali, attraverso la definizione di incentivi e segnali di prezzo nelle scelte degli imprenditori agricoli.

Barbera G. et al. 2005. Sistemi Agrari. In: Blasi et al. Stato della biodiversità in Italia, pp. 389-406, Palombi Editore.

Beckmann M. et al. 2019. Conventional land-use intensification reduces species richness and increases production: A global meta-analysis. *Global Change Biology*. 25 (6), 1941-1956.

Tuck S.L. et al. 2014. Land-use intensity and the effects of organic farming on biodiversity: a hierarchical meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*. 2014, 51, 746-755.

ANALISI DEI PRINCIPALI SISTEMI PRODUTTIVI VEGETALI

3

Nel recente passato, i due principali sistemi di produzione erano quelli riferibili all'agricoltura integrata e a quella biologica (anche nella sua variante "biodinamica"). Dal 2014, la difesa di tipo integrato contro patogeni e parassiti è lo standard di riferimento imposto per legge in tutta l' Europa (Regolamento CE n. 1107/2009, e Decreto Legislativo n. 150 del 14 agosto 2012). Nell' ultimo decennio sono proliferate altre denominazioni che vogliono caratterizzare alcune forme di agricoltura che mirano a rendere maggiormente sostenibile, almeno per alcuni aspetti, il processo produttivo (descritte nel Glossario). Se ciò è positivo da un lato, dall'altro può però generare confusione anche nei consumatori. Per fare chiarezza in tal senso si è pensato di darne una breve descrizione nel Glossario riportato in calce al presente volume. Mentre sono note con sufficiente approssimazione le superfici interessate dall'agricoltura integrata e da quella biologica (quest'ultima pari a circa il 20 % della SAU nel 2023), non sono disponibili statistiche analoghe sulle superfici destinate all'agricoltura "conservativa", a quella "rigenerativa" e a quella "agroecologica". Per quanto riguarda l'agricoltura "di precisione" secondo dati ISTAT, una percentuale del 28% di aziende (generalmente di grandi dimensioni)

fa ricorso a strumenti di precisione per l'ottimizzazione e la razionalizzazione dell'uso agricolo dei terreni. In considerazione della grande variabilità di contesti ambientali, economici e sociali del nostro Paese, sarebbe sbagliato creare una classifica delle diverse forme di produzione agricola in funzione del loro livello di sostenibilità. Tutte quante, infatti, se ben applicate, devono mirare alla sostenibilità ecologica e sociale, senza penalizzare quella economica. Ogni sistema di produzione dovrebbe inoltre identificare le proprie debolezze e mettere in atto specifiche azioni volte ad aumentare la sostenibilità, anche imparando da specifiche virtù messe in pratica da altre forme di agricoltura, attraverso un processo di crescita comune.

AISSA ha analizzato le criticità e suggerito buone pratiche di intensificazione sostenibile nelle principali filiere agroalimentari tipiche del Sud e del Nord Italia in due recenti convegni. I testi sono pubblicati sui volumi 1 e 3 dei Quaderni di AISSA (AAVV, 2001a e 2022). Ad essi si rimanda per una trattazione dettagliata su "Olio ed Olio", "Vite e Vino", "Cereali e Trasformati", "Riso", "Pomodoro da Industria", "Foresta e Legno" e "Pioppo".

3.1. Colture arboree da frutto, vite e olivo

Questo tipo di colture (Tab. 6) è spesso caratterizzato dalla presenza di filari distanziati da strisce di terreno utilizzate per il passaggio delle macchine agricole, in cui è molto frequente l'inerbimento, spesso permanente. Ciò ha effetti positivi sulla biodiversità e sull'accumulo di sostanza organica nel suolo. In diverse zone produttive, i disciplinari di produzione integrata impongono inoltre la presenza di superfici aziendali non coltivate (aree di compensazione) in cui possono essere presenti cespugli, siepi, muri a secco, etc., spesso utilizzati come ricoveri per specie animali utili nel funzionamento degli agroecosistemi. La superficie coltivata secondo i disciplinari di produzione biologica si è mantenuta abbastanza stabile negli ultimi anni e si estende su circa 550.000 ettari (di cui 280.000 circa di olivo e 133.000 circa di vite), di poco superiore al 20% del totale.



Esempi di colture arboree con diverso grado di intensificazione

Basso	Medio	Elevato
Sistemi arborei tradizionali contraddistinti da basse densità di impianto, vetusta' degli alberi, non irrigui, scarso impiego di fattori della produzione, in sistemi collinari o fragili dal punto di vista idro-geologico e della fertilità dei suoli	Sistemi con medie densità di impianto e moderato apporto di input produttivi con limitato ricambio della piattaforma varietale (corilicoltura nelle Langhe, nle Viterbese, nel Salernitano ed in Irpinia); coltura dell'albicocco del vicentino, laziale e del cuneese.	Frutticoltura ad elevata densità di impianto ed elevato input di fattori produttivi, irrigua e spesso dotata di coperture per la forzatura e protezione della coltura (es: melicoltura del Trentino-Alto adige, Viticoltura da tavola in Puglia e Sicilia, cerasicoltura in Emilia-Romagna, peschicoltura del ravennate, albicocchicoltura nel metapontino, drupacee in Sicilia).
Olivicoltura tradizionale diffusa in tutta l'Italia peninsulare ed insulare, compresa la Liguria, spesso su terreni collinari, marginali e con sistemazioni agrarie (cigliani, terrazzamenti) o quella a bassa densità (≤ 100 piante/ha) in molti areali, a volte in consociazione con colture foraggere	Agrumicoltura di Sicilia e Calabria	Olivicoltura ad altissima densità per la raccolta con macchine scavallatrici diffusa su circa 2000 ha in Italia, in espansione (lo stesso per il mandorlo).
Castanicoltura della montagna appenninica e alpina.	Actinidia in Piemonte, Friuli VG, Veneto, Emilia Romagna, Lazio, Basilicata e Calabria	Viticoltura per vini di eccellenza (Toscana, Veneto, Piemonte, Sicilia, etc.)
Coltura del noce e cerasicoltura in Campania	Albicocco e Susino in Piemonte, Emilia Romagna, Basilicata.	
Fico del Cilento e della provincia di Cosenza		
Mandorlo Puglia e Sicilia		
Arboricoltura da legno		

TABELLA 6

Nei sistemi arborei da frutto è in genere limitato l'impiego di diserbanti chimici, che può essere del tutto eliminato negli impianti adulti, anche nei sistemi di produzione integrata, in quanto esistono alternative efficaci. Per molte colture arboree da frutto, una delle principali criticità riguarda tuttavia l'elevato impiego di fungicidi e insetticidi necessari per mantenere sani la pianta ed i frutti. Il numero e la pericolosità dei prodotti impiegati nella produzione integrata sono diminuiti nel tempo, anche come risposta a sollecitazioni della grande distribuzione organizzata (GDO). Le coltivazioni biologiche non impiegano prodotti di sintesi ed hanno a disposizione una gamma abbastanza limitata di prodotti per la difesa. Si presuppone che i residui sui frutti dei prodotti fitosanitari impiegati nel biologico presentino una pericolosità limitata. Il numero di trattamenti fitosanitari nel biologico varia in funzione della coltura (specie e varietà), dell'ambiente di coltivazione e della pressione di parassiti e patogeni. Può essere minore rispetto alla coltivazione integrata, ma anche simile quando il biologico utilizza varietà sensibili a patogeni (es. varietà di melo non resistenti alla ticchiolatura). Vanno anche segnalate le molteplici emergenze fitosanitarie legate alla comparsa di specie aliene molto pericolose, tra cui ad esempio la cimice asiatica, la *Drosophila suzukii* e la *Xylella fastidiosa*, il cui controllo è tuttora assai difficile. È inoltre importante sottolineare

che, nel caso della vite, l'attuale normativa che regola le misure obbligatorie di contenimento della Flavescenza Dorata fornisce indicazioni molto dettagliate riguardo all'applicazione di insetticidi nei confronti del vettore *Scaphoideus titanus*, sia per la conduzione integrata sia per quella biologica. Pertanto, nelle Regioni colpite dalla fitoplasmosi, le azioni verso una riduzione dell'impiego di insetticidi devono tener conto della necessità di adempiere agli obblighi di legge. La quantità massima di fertilizzanti impiegati nelle colture arboree da frutto è regolata dai disciplinari di produzione integrata, in base a modelli basati sulle asportazioni di elementi minerali. Con l'eccezione di poche colture, come l'uva da tavola e l'actinidia, in cui vengono distribuite generose quantità di azoto, la concimazione azotata in genere è ridotta in quantità, in considerazione anche degli effetti che l'eccesso di azoto causa sul vigore dell'albero e sulla qualità dei frutti. Assai limitato è l'apporto di fosforo, mentre più cospicua è l'applicazione di potassio, in relazione alle elevate quantità di questo elemento contenute nei frutti (es. mele, pere, uva, pesche, etc.) e al suo effetto sulla loro qualità. I frutteti, i vigneti e gli oliveti hanno in genere un bilancio dei flussi di C (differenza tra la somma del C emesso come CO₂ tramite respirazione ed il C presente nei frutti raccolti da un lato, ed il C fissato tramite la fotosintesi

dall'altro) moderatamente negativo, il che è un aspetto favorevole perché essi tendono a sottrarre C dall'atmosfera (Scandellari et al., 2017). La conduzione del frutteto (utilizzo di macchinari, di concimi, di prodotti fitoiatrici, di acqua irrigua, ecc.) genera tuttavia l'immissione di discrete quantità di C in atmosfera e lo fanno divenire spesso un sistema che nel suo complesso emette più CO₂ in atmosfera di quanta ne venga sottratta.

Quali le strategie per aumentare la sostenibilità

Molte le soluzioni per aumentare il livello di sostenibilità. Per limitare l'uso di risorse scarsamente disponibili e di quelle non rinnovabili si dovrà sempre più fare uso di sensori e tecniche digitali tipiche dell'agricoltura di precisione che, abbinate a metodologie più tradizionali e basate su bilanci idrici e nutrizionali, consentano di identificare i momenti in cui la disponibilità di acqua o nutrienti deve essere modificata tramite apporti esterni.

Le quantità nette di gas serra dagli arboreti possono essere ridotte tramite due tipi di azioni: da un lato è possibile stimolare l'accumulo di carbonio nel suolo tramite l'inerbimento del terreno, la presenza di colture da sovescio nell'interfila, il mantenimento, dopo trinciatura, dei residui di potatura sul terreno, la riduzione delle lavorazioni del terreno e l'apporto, quando possibile, di ammendanti organici. Dall'altro lato, occorre adottare tecniche che consentano di ridurre l'utilizzo di macchinari alimentati con combustibili di origine fossile, l'impiego di concimi (soprattutto quelli minerali azotati), di prodotti fitoiatrici, di acqua irrigua. Quando

possibile, è bene utilizzare energia proveniente da fonti rinnovabili. Non va dimenticato, poi, che la conservazione e lavorazione dei frutti ed il loro trasporto ai mercati sono in gran parte responsabili del C footprint dei prodotti frutticoli.

L'impiego di agrofarmaci e la loro pericolosità per l'ambiente può essere ridotta attraverso diverse strategie, che spaziano dall'impiego di genotipi resistenti o poco sensibili, all'utilizzo di mezzi fisici di protezione delle colture (es. coperture e reti), a nuovi e più efficienti sistemi di distribuzione dei prodotti, che riducano l'effetto deriva e diminuiscano le dosi impiegate, allo sviluppo di agrofarmaci di origine naturale, all'uso dei feromoni sessuali (es. tecniche di confusione sessuale e disorientamento), alla diffusione di tecniche di lotta biologica o di controllo di tipo fisico (es. confusione vibrazionale per la lotta a *Scaphoideus titanus* vettore della Flavescenza dorata della vite), o di altre tecniche innovative (es. lotta simbiotica alla cimice asiatica). Per favorire la presenza di artropodi entomofagi (predatori e parassitoidi) si dovrà prestare maggiore attenzione alle specie vegetali presenti nelle aree di compensazione ecologica e favorire la presenza di quelle che costituiscono veri e propri serbatoi di specie utili (acari e insetti). Ad esempio, nel vigneto sarà necessario tenere in considerazione le recenti evidenze acquisite in merito ai nemici naturali autoctoni attivi nei confronti delle cicaline (native ed esotiche). Oltre a promuovere e proteggere l'attività dei nemici naturali autoctoni, la ricerca deve indirizzare maggiori attenzioni allo studio degli entomofagi attivi nella zona di origine di insetti alloctoni, come *S. titanus* e *Popillia japonica*.

BOX 5

Tecnologie di evoluzione assistita (New Genomic Techniques)

La Commissione Europea ha pubblicato il 5 luglio 2023, la proposta giuridica riguardante le piante ottenute mediante le NGT (New Genomic Techniques), in Italia denominate TEA (Tecnologie di Evoluzione Assistita). La proposta adottata il 7 febbraio 2024 dal Parlamento è ad oggi ancora in sospeso presso il Consiglio Europeo. Rispetto alle piante OGM le

piante TEA non contengono geni derivanti da organismi che non appartengono al pool genetico della specie (stessa specie o di specie sessualmente compatibili).

Le tecnologie oggetto della Proposta sono due: 1) la mutagenesi mirata (targeted) mediante il sistema CRISPR-Cas (premio Nobel per la chimica 2020) ed altri simili, con lo scopo di modificare geni specifici

(target); 2) la cisgenesi, che consiste nell'inserimento nel genoma di una pianta coltivata di geni appartenenti al pool genetico della specie, generalmente allo scopo di introdurre caratteri di resistenza a stress o parassiti. Tali geni potrebbero essere introdotti con l'incrocio sessuale, ma le nuove tecnologie permettono di farlo con maggior precisione, efficienza e rapidità.

La proposta distingue due gruppi di NGT:

NGT1: sono le piante, contenenti fino ad un massimo di 20 modificazioni genetiche, ottenute attraverso la mutagenesi o la cisgenesi mirate (definite nell'Annex I) che potrebbero anche prodursi spontaneamente in natura o attraverso il breeding convenzionale. Tali piante sarebbero trattate in modo simile alle varietà convenzionali e non richiederebbero un'autorizzazione ma una semplice notifica, secondo criteri già stabiliti dall'EFSA (Autorità europea per la sicurezza alimentare), con l'istituzione di un registro per la trasparenza. Se la notifica ha luogo prima della sperimentazione in campo, la verifica dei criteri avviene a livello degli Stati membri, la decisione nazionale ha effetti a livello dell'UE e si applica anche all'immissione sul mercato. Per l'immissione sul mercato di piante non sperimentate in campo nell'UE, comprese le importazioni, la decisione è presa dalla Commissione, previa verifica dei criteri da parte dell'EFSA. Non sarebbe ne-

cessaria un'etichettatura specifica. NGT2: sono tutte le piante provenienti da NGT che non rientrano nel primo caso (i.e. cisgenici non mirati, intragenici, inserzioni di più di 20 nucleotidi non appartenenti al pool genetico sessualmente compatibile) e quindi ricadono negli ambiti della legislazione sugli OGM e sono pertanto soggette a un processo di autorizzazione ed agli obblighi di tracciabilità e di etichettatura. Su base volontaria, l'etichettatura degli OGM può essere integrata con informazioni sullo scopo della modificazione genetica. A differenza di quanto previsto attualmente per gli OGM, gli Stati membri non potranno limitare la coltivazione o la circolazione sul mercato di queste piante. La novità è che la valutazione del rischio sarebbe adattata caso per caso, per tener conto dei diversi profili di rischio e sarebbero introdotte misure per favorire i prodotti vegetali "NGT2" che potrebbero contribuire a migliorare la sostenibilità del sistema agroalimentare. Ad esempio, potrebbe essere ap-

plicata una procedura accelerata o, qualora il richiedente sia una PMI, questa sarebbe esentata dal pagamento dei contributi finanziari al laboratorio di riferimento dell'Unione e alla rete europea di laboratori sugli OGM.

Caso speciale sono le piante NGT tolleranti agli erbicidi, le quali, anche se soddisfano i criteri per la procedura di notifica NGT1, restano soggette ad autorizzazione e ai relativi requisiti, al fine di poterne valutare l'impatto sulla salute umana, animale e sull'ambiente a medio e lungo termine.

Secondo la proposta, sia le piante NGT1 che le NGT2 sarebbero vietate nella produzione biologica e, a tal fine, sarebbe obbligatorio indicare l'origine da NGT nell'etichettatura delle sementi. Gli Stati membri dovrebbero adottare misure di attuazione per la coesistenza.

La proposta deriva da un percorso condiviso ed estremamente costruttivo che ha visto sinergie e alleanze tra scienza, mondo produttivo e società civile.



I recenti progressi nel campo delle conoscenze genetiche e le potenzialità delle nuove biotecnologie fanno sperare di poter disporre presto di molti genotipi resistenti o tolleranti a patogeni e parassiti, capaci di fornire rese elevate con un minore impiego di prodotti fitosanitari (vedi box 5 e 6). Sono ora disponibili, ad esempio, molte varietà di melo resistenti alla ticchiolatura, il principale fungo patogeno di questa coltura, contro il quale vengono applicati ripetuti trattamenti fitosanitari. Le varietà resistenti già disponibili hanno incontrato alcune difficoltà nella loro diffusione, ma vi sono alcuni casi di un loro successo, soprattutto per le produzioni "bio". Le rigidità di una parte dell'opinione pubblica nei confronti di ogni forma di manipolazione genetica, indipendentemente dalla tecnica impiegata, rischiano di ridurre la gamma di soluzioni impiegabili per ampliare le

resistenze a nuovi parassiti. Servono scelte collettive e maggiore comunicazione nei confronti del consumatore, che deve essere informato anche sui costi ecologici quasi inevitabilmente connessi a molti paradigmi dell'attuale concetto di qualità dei frutti.

Tra le colture arboree che maggiormente beneficerebbero di una maggiore livello di intensificazione vi è senz'altro l'olivo, che si estende su oltre 1.150.000 ettari, prevalentemente in collina e nelle regioni meridionali. La produzione nazionale negli ultimi venti anni è diminuita del 15%, la redditività della coltura è bassa o nulla e vi sono seri motivi di apprensione per il futuro della filiera

italiana. Circa un terzo del fabbisogno oleario proviene dalle importazioni, che appaiono in crescita. Secondo Gucci et al. (2021), che hanno analizzato la filiera "Olio ed Olio", non è più rinviabile l'esigenza di modernizzare l'olivicoltura attraverso il rinnovo degli oliveti in modo da iniziare un processo di sostituzione di impianti ormai obsoleti o occupare nuove superfici in aree vocate. Dal punto di vista tecnico le scelte devono essere indirizzate verso oliveti ad alta densità o altissima densità che possano assicurare delle produzioni elevate e un alto grado di meccanizzazione.

BOX 6

Esempi delle potenzialità del miglioramento genetico per la sostenibilità delle coltivazioni (a cura di Alessandro Vitale Giampero Valè)

Viti resistenti alle malattie fungine

La vite è sensibile a molti patogeni. Per la difesa fitosanitaria contro i suoi patogeni fungini si utilizzano annualmente nell'Unione Europea circa 62 mila tonnellate: una quantità che rappresenta il 65% di tutti i fungicidi impiegati in agricoltura nell'UE. Grazie ai progressi della genomica, della genetica assistita e della biologia molecolare, sono stati attivati negli ultimi 20 anni diversi programmi di breeding in

molti Paesi a tradizione viticola, per cercare di introdurre la resistenza ai funghi patogeni. Anche in Italia esistono programmi di miglioramento genetico come quello in corso presso la Fondazione E. Mach di San Michele all'Adige e quello dell'Università di Udine con l'Istituto di Genetica Applicata. Quest'ultimo programma è iniziato con un piano di incroci, in cui varietà internazionali e locali state incrociate con varietà e selezioni

avanzate portatrici di geni di resistenza a peronospora e un gene di resistenza ad oidio. I parentali resistenti scelti per gli incroci presentavano le caratteristiche ampelografiche ed enologiche tipiche di V. vinifera. Gli incroci hanno portato alla selezione di 5 nuove varietà a bacca bianca e di 5 a bacca nera, che nel 2015 sono state iscritte nel Registro Nazionale delle Varietà di Vite.



Genotipi FI frutto di un incrocio fra le varietà Chardonnay (sensibile) e Bianca (resistente) all'interno di un programma di

miglioramento genetico della vite presso l'Università di Udine: l'individuo (a sinistra) è sensibile e l'altro (a destra) è resistente alla

peronospora grazie alla presenza del gene Rpv3 che è contenuto nelle varietà resistenti recentemente licenziate.

Riso resistente alla malattia del brusone

Con una produzione globale che supera le 500 milioni di tonnellate di prodotto lavorato, il riso rappresenta l'alimento di base per più del 50% della popolazione mondiale. Questa importante produzione è costantemente minacciata dalla malattia del brusone, causata dal fungo *Magnaporthe oryzae*. Un recente sondaggio sull'importanza scientifica ed economica di diversi agenti di malattia, condotto presso la comunità internazionale di micologia delle piante, ha classificato questo patogeno al primo posto fra dieci diverse malattie. Basti pensare che a livello mondiale il brusone distrugge annualmente una quantità di riso che potrebbe nutrire 60

milioni di persone. L'Italia è il maggior produttore europeo di riso, con produzioni di elevata qualità che in alcune zone sono contrassegnate da indicazione geografica protetta. Più dell'80% delle varietà di riso coltivate in Italia hanno una sensibilità medio-elevata al brusone, una situazione che richiede il controllo mediante fungicidi. Dal 2017 la Commissione Europea ha inoltre vietato l'utilizzo del tricalazolo, il fungicida più efficace nel controllo del brusone. Questa situazione rende necessario il ricorso a strategie basate sulla resistenza genetica. Nel riso sono stati identificati più di 100 geni di resistenza verso questa malattia, diversi dei quali si sono rivelati efficaci nel controllo dei ceppi del patogeno presenti nelle zone di coltivazione

nazionali. Utilizzando strategie di miglioramento genetico assistito da marcatori molecolari, alcuni di questi geni sono stati introdotti nel background genetico di varietà tradizionali, mediante un approccio di "gene pyramiding": l'introduzione di più di un gene di resistenza nella medesima linea consente infatti di ottenere resistenze più durature nel tempo. Inoltre, studi genetici condotti su una varietà antica, da tempo non più coltivata commercialmente, ma resistente alla malattia da più di 70 anni (la varietà Gigante Vercelli), hanno consentito di identificare due geni di resistenza "inconsciamente" inseriti durante la sua costituzione. Questi geni rappresentano un'utile fonte di resistenze genetiche per il miglioramento genetico del riso.



Una collezione di germoplasma di riso che include varietà rilasciate nell'ultimo secolo di costituzione varietale: le varietà antiche, anche

se obsolete per la coltivazione, rappresentano un'utile fonte di geni per contrastare avversità abiotiche e biotiche, come ad esempio

il brusone del riso (in alto a destra foglie con sintomi).

3.2. Colture erbacee

I sistemi colturali basati sulla specializzazione di colture annuali intensive, fino alla monosuccessione, sono storicamente caratterizzati da un elevato grado di intensificazione dovuta principalmente agli input energetici e chimici e da una bassa biodiversità (Tab. 7). Negli ultimi decenni si è inoltre evidenziato un impoverimento di tali sistemi colturali dal punto di vista della fertilità del suolo, rendendo necessario un cambio di rotta ottenuto anche grazie ad una accresciuta sensibilità dell'agricoltore. Non va dimenticato il contesto nazionale che ha visto settori come quello cerealicolo andare incontro a profonde trasformazioni negli ultimi decenni, con una drastica

riduzione delle superfici interessate sia a cereali vernini sia a quelli estivi (escluso il riso), le cui cause possono essere riassunte nella progressiva riduzione della redditività delle produzioni cerealicole nazionali a confronto con quelle di altri settori ad agricoltura intensiva specializzata, quali quello orto-frutticolo e vitivinicolo (Reyneri et al., 2021). Accanto all'emanazione di strumenti legislativi a diversa scala, da quella regionale fino a quella europea, si è progressivamente preso coscienza della correlazione positiva fra rispetto dell'ambiente e vantaggio economico, permettendo di identificare strategie win-win, riconducibili al concetto di intensificazione sostenibile.

Esempi di colture erbacee con diverso grado di intensificazione

Basso	Medio	Elevato
Sistemi foraggeri alto-collinari e montani (ovunque sul territorio nazionale e frequentemente collegati alla valorizzazione di razze zootecniche minori)	Rotazioni frumento tenero – mais (tecniche colturali tradizionali, ma con semplificazione nella gestione delle infestanti e concimazione, grazie alla rotazione); questi sistemi possono essere inclusive di colture da biomassa	Sistemi risicoli, basati su monosuccessione prolungata (diffusione soprattutto in Piemonte e Lombardia, ma oasisticamente anche altrove)
Sistemi colturali con rotazione di grano duro e girasole (in centro Italia)	Sistemi colturali a grano duro (centro sud Italia, scarsi apporti di concime e non sistematico ricorso al diserbo chimico)	Maidicoltura intensiva (Pianura Padana irrigua, come evoluzione di territori dove è stato abbandonato l'allevamento)
Sistemi colturali con rotazione di cereali (frumento duro-orzo-avena) leguminose (cece-lenticchia) (sud Italia)	Sistemi colturali di allevamenti in pianura basati su pascolo (soprattutto in Pianura Padana e bassa collina, con presenza di pascoli, oltre che frequentemente mais e seminativi, linea vacca-vitello)	Rotazioni basate su pomodoro da industria (o altre specie orticole di pieno campo) e cereali da granella (pianure in varie porzioni d'Italia, in irriguo)
Sistemi colturali legati agli allevamenti biologici (importanti per produzione di latte, spesso caratterizzati da ampia o esclusiva presenza di praticoltura e pascoli)	Sistemi colturali che includono allevamenti intensivi e la produzione di leguminose in aziende ad elevato grado di autosufficienza (sistemi colturali anche con razze ad elevata produttività, con elevate presenza di erba medica o altre leguminose, basso input di mangime a base soia, elevate capacità professionale degli allevatori)	Sistemi colturali delle aziende zootecniche intensive, basati su mais da insilato (sempre in irriguo, collegati ad allevamenti intensivi da latte e carne)
Sistemi colturali basati sull'agricoltura conservativa, con rotazioni ampie, e inserimento di colture di copertura e della riduzione delle lavorazioni (ambienti di pianura e collinari, presenza di imprenditori agricoli di elevata preparazione tecnica)	Sistemi erbacei intensivi con introduzione di colture di copertura autunno-vernine ed estive (soluzione potenzialmente estendibile a tutto il territorio nazionale)	Sistemi erbacei basati sull'adozione di tecniche di agricoltura di precisione (soluzione tecnico-agronomica applicate a molti diversi sistemi colturali, soprattutto in pianura e bassa collina, con parziale riduzione degli input)
Aree caratterizzate da sistemi silvo-pastorali o agro-silvo-pastorali (zone collinari e di bassa montagna)	Sistemi colturali cerealicolo- (frumento duro—orzo-avena) zootecnici (erbai misti-culture da insilato-leguminose da granella generalmente favino) (sud Italia).	

TABELLA 7



L'agricoltura conservativa, ad esempio, è vista come una valida alternativa a quella convenzionale, sia per i sistemi colturali annuali che per quelli poliennali. I principi fondamentali dell'agricoltura conservativa sono:

- l'impiego di organi lavoranti che non determinino il rovesciamento degli strati di suolo, le lavorazioni superficiali, fino alla non lavorazione con la semina diretta, per mantenere il profilo del suolo nel suo stato naturale e favorire l'accumulo della sostanza organica nei suoi strati più superficiali;

- la copertura permanente del suolo, attraverso una gestione ottimizzata dei residui colturali (conservati appunto in superficie), lo svilupparsi di flora naturale ed equilibrata, almeno fino alla semina e l'introduzione di colture di copertura nei periodi di non utilizzo del suolo;

- l'avvicendamento colturale diversificato, con consociazioni e impiego di leguminose, se economicamente possibile.

Dal punto di vista del bilancio del carbonio, sono molteplici gli effetti positivi dell'agricoltura conservativa. La voce che più incide è senza dubbio il risparmio di combustibile fossile che si realizza quando i terreni non vengono arati. Essa contribuisce, inoltre, a ridurre le perdite di sostanza organica, permettendo di mantenere una migliore porosità del suolo. La mancata esposizione della sostanza organica al diretto contatto con l'aria, che invece avviene con l'aratura, permette di ridurre l'ossidazione. Il limitato disturbo del suolo, quando questo non viene arato, permette inoltre lo svilupparsi di popolazioni microbiche equilibrate e adatte per un migliore riciclo della sostanza organica. La migliorata gestione dei residui colturali e l'inserimento di colture di copertura nei periodi di non coltivazione incrementa l'apporto di sostanza organica al suolo.

Sia la non lavorazione che la minima lavorazione permettono di migliorare la fertilità biologica, soprattutto nell'orizzonte superiore. Tale risultato favorisce una porosità più omogenea nei suoli argillosi ed aumenta la capacità di trattenere l'acqua in quelli sabbiosi. La presenza di materiale organico in superficie protegge dall'effetto

battente della pioggia, rallenta il deflusso superficiale, riduce il rischio di formazione di crosta e l'erosione e favorisce l'infiltrazione dell'acqua. Si riducono pertanto le esigenze di acqua irrigua ed i rischi di stress idrico.

Più in generale, il miglioramento della porosità e della struttura del suolo, della capacità di scambio cationico, dell'attività biologica, dell'acqua disponibile e della copertura superficiale ha come diretta conseguenza la riduzione delle perdite di azoto per lisciviazione e per emissione gassosa, nonché le perdite di fosforo. Anche l'efficienza della fertilizzazione azotata e fosfatica risulta potenzialmente aumentata.

L'assenza di aratura ha un marcato effetto sullo sviluppo delle malerbe, i cui semi si concentrano maggiormente in superficie. Quest'effetto porta ad un maggiore grado di infestazione, ma anche ad una germinazione dei semi delle malerbe stesse, più concentrata nelle prime fasi di sviluppo della coltura. La soglia che rende difficile il controllo è fissata, secondo gli esperti, intorno ai 30 milioni di semi per ettaro. L'evoluzione negli anni di questo aspetto è fortemente legata all'entità della banca semi nel momento di avvio della nuova pratica di gestione del suolo ed alla capacità di controllo delle infestanti da parte dell'agricoltore nei primi anni di adozione. L'affiancamento di opportune rotazioni alle altre pratiche conservative permette di incrementare la sostenibilità di questi sistemi nel lungo periodo anche dal punto di vista malerbologico. L'adozione di tecniche di non lavorazione del suolo non comporta necessariamente la possibilità di evitare il ricorso al diserbo chimico. È questo un esempio, quindi, in cui non tutte le misure volte ad aumentare la sostenibilità del sistema colturale possono essere adottate contemporaneamente.

Quali le strategie per aumentare la sostenibilità

L'inserimento della rotazione colturale nei sistemi agricoli eccessivamente semplificati rappresenta una delle operazioni agronomiche più efficaci per aumentare il livello di sostenibilità, favorendo oltre ai ben noti vantaggi agronomici ed ambientali, anche un concreto vantaggio economico nelle attuali condizioni di cambiamento climatico;

1) la riduzione degli input meccanici, intesi non solo come intensità dell'intervento (cioè la sola sostituzione dell'aratura con le erpature), ma anche come frequenza degli interventi ed area di lavorazione. Una sempre maggiore attenzione deve essere posta nelle innovative macchine combinate e macchine per la lavorazione a file (strip tillage). La combinazione può e deve riguardare anche operazioni agronomiche di distribuzione di concimi e sostanze attive (diserbi, insetticidi, fungicidi);

2) l'aumento dell'apporto degli elementi nutritivi da fonti organiche anche di riciclo, in sostituzione degli

apporti di concimi minerali. Tale pratica è ormai da tempo sostenuta dalle politiche agricole regionali, nazionali ed europee anche nell'ottica della costruzione di filiere agro-alimentari ad economia circolare (es. utilizzo di compost da rifiuto solido urbano o da effluente zootecnico). La limitazione, in questo caso, può essere rappresentata dalla disponibilità e dal costo della materia prima. Inoltre, l'aumento dell'apporto di nutrienti da fonti organiche può derivare dall'inserimento in rotazione di colture da sovescio (leguminose in particolare) o di colture da copertura invernali;

3) la riduzione delle quantità di concime distribuito può essere ottenuta eseguendo la concimazione sulla base di calcolo dei bilanci colturali, o aziendali facendo ricorsi a supporti di raccolta dati e calcolo digitalizzati.



Nella più innovativa tecnologia agraria queste strategie sono comprese nella concimazione di precisione, dove la distribuzione è regolata in funzione della variabile "fertilità del suolo" e dell'effettivo fabbisogno delle colture. Il frazionamento degli interventi in funzione della curva di crescita delle colture è da prendere sempre in considerazione. Molto importante, infine, è la taratura delle macchine di distribuzione dei concimi, che porta a tangibili miglioramenti economici ed ambientali;

4) il controllo degli interventi di diserbo (diserbo di precisione). La distribuzione degli erbicidi può essere oggi regolata in funzione delle malerbe effettivamente presenti o delle zone di maggiore infestazione del campo, rilevata l'anno precedente. In entrambi i casi le tecnologie si basano sulla mappatura delle infestanti nell'appezzamento;

5) Il controllo delle malattie fungine e parassiti in generale. L'adozione di modelli previsionali di infestazione, in implementazione nei vari servizi fitosanitari regionali, permette una maggiore tempestività di azione, con migliori risultati e trattamenti ridotti. La possibilità di mappare la presenza in campo del patogeno permette inoltre in alcuni casi di limitare le superfici trattate, con conseguente risparmio di prodotti;

6) le nuove tecnologie di monitoraggio tramite satelliti o droni e le innovazioni nella meccanizzazione delle lavorazioni del suolo possono consentire ulteriori miglioramenti di alcuni parametri della sostenibilità.

3.3. Colture ortive

Il comparto orticolo risulta particolarmente complesso in funzione dell'elevato numero di specie, talvolta molto diverse tra loro per fabbisogni termici e nutrizionali, lunghezza del ciclo, tipologia di produzione, e dell'approccio agronomico considerato (pieno campo, semi forzato, in coltura protetta). L'intensificazione e ancor più l'incremento di sostenibilità (sia economica sia ambientale) può avvenire per mezzo di strategie anche molto diverse tra di loro.

Il livello più basso di intensificazione in ambiente orticolo, gestito con tecniche "convenzionali" può essere ricondotto alla coltivazione di specie in pieno campo da parte di aziende non specializzate (in orticoltura) che quindi inseriscono colture tipo pomodoro, radicchio, pisello per l'industria ecc. in rotazioni con cereali o altre colture industriali molto ampie (Tab. 8). Questo tipo di orticoltura, tipicamente primaverile-estiva, pur facendo utilizzo di notevoli input quali acqua, fertilizzanti minerali, plastica per pacciamatura e ali gocciolanti, tende a mantenere la fertilità del suolo grazie soprattutto alla bassa

intensità di utilizzo dei terreni agrari e per apporto di residui colturali a fine ciclo.



Esempi di colture ortive con diverso grado di intensificazione

Basso	Medio	Elevato
Coltivazioni orticole di pieno campo in aziende non specializzate e inserite in rotazioni "ampie". Aziende orticole biologiche in pieno campo e in coltura protetta a bassa tecnologia (tunnel plastici) Successioni orticole tipo radicchio rosso di Treviso (autunno/invernale) precoce alternato ad altre colture tipo brassicacee (cavoli ecc.)	Aziende specializzate ma con colture che occupano l'azienda ed il suolo per periodi brevi. Fragola (Battipaglia, Verona) Colture poliennali come asparago (Puglia, Emilia e Veneto) e carciofo nel Sud Italia. Colture semiforzate come cucurbitacee (melone, cocomero e zucca)	Colture forzate e in fuorisuolo (tutte le solanacee sotto "serra") Aziende specializzate su poche colture; ad es. lattuga/insalate in Veneto ed Emilia Romagna; 8-9 cicli anno. Prodotti da foglia per IV gamma (Veneto, Lombardia, Campania) che lavorano tutto l'anno

TABELLA 8

Altri esempi di orticoltura a basso livello di intensificazione sono rappresentati da aziende che, pur essendo specializzate, attuano successioni colturali tendenzialmente poco impattanti sull'ambiente e sulla fertilità del suolo. Si cita ad esempio lo schema adottato dai produttori di ortive autunno/invernali, come i radicchi in Veneto e le endivie, che mantengono i suoli vegetati in periodi a "rischio" (autunno e inverno), e che fanno poi ricorso alla coltivazione di brassicacee (in ciclo primaverile e estivo), che, oltre a non sfruttare particolarmente i suoli, lasciano grandi quantità di residui in campo. Sempre al livello inferiore di intensificazione, e quindi con basso rischio di impatto ambientale dobbiamo considerare i sistemi orticoli biologici. Tendenzialmente, questi sistemi sono messi in atto su piccole superfici (alcuni ettari), e prevedono, oltre alla coltivazione di specie diverse, anche l'utilizzo di pratiche quali le rotazioni ampie, il sovescio, la concimazione organica, lotta biologica, ecc. Degna di menzione in questo gruppo è anche l'orticoltura urbana, rappresentata da quell'attività svolta nei centri urbani su appezzamenti talvolta anche molto piccoli messi a disposizione essenzialmente dalle diverse amministrazioni e gestiti da associazioni locali. La produzione orticola urbana spesso utilizza sistemi di coltivazione fuori suolo, utilizzando substrati colturali o anche sistemi basati sull'uso di soluzioni nutritive come il floating e il Nutrient Film Technique (NFT). Questo tipo di orticoltura oltre ad espletare una funzione produttiva vera e propria svolge anche funzioni sociali, terapeutiche e riabilitative.

Il livello medio di intensificazione (Tab. 5) è tipico di quei sistemi colturali che, pur essendo specializzati ed intensivi, permangono in campo o utilizzano i terreni solo per periodi limitati di tempo nell'arco dell'anno. I restanti periodi dell'anno non prevedono, invece, molte attività, o perché la coltura pur essendo presente non è in fase di produzione, o per la presenza in azienda di strutture di forzatura (tunnel o serre). Si possono portare ad esem-

pio di questo livello di intensificazione le aziende specializzate che producono fragole in pieno campo, carciofi o asparagi. Questi due ultimi esempi fanno riferimento a colture poliennali, altamente specializzate, che, tuttavia, vedono il suolo sfruttato solo per un periodo limitato. Un livello intermedio di intensificazione caratterizza anche le colture "semi forzate" di pieno campo quali il melone, il cocomero e la zucca. Per queste specie vengono messe in atto tecniche agronomiche miranti all'anticipo della produzione, senza che l'intensificazione produttiva raggiunga livelli elevati, tipici della produzione in serra. Il massimo livello di intensificazione colturale nel compar-



to orticolo si trova essenzialmente nelle colture protette sotto serra, su suolo e fuori suolo. Se da un lato l'utilizzo di strutture (serre e tunnel) favorisce l'incremento delle rese (colture più produttive e maggior numero di cicli colturali sulla stessa superficie per anno), dall'altro espone a potenziali rischi ambientali se tutto il processo non viene opportunamente ottimizzato. In questo gruppo di colture possiamo indicare, ma solo a titolo di esempio, tutte le solanacee per consumo fresco (pomodoro, peperone, melanzana) e le orticole da foglia per la IV gamma (lattuga, valerianella, rucola ecc.).

I principali rischi legati all'intensificazione dell'attività nel comparto orticolo possono essere ricondotti essenzialmente alla presenza di numerosi cicli colturali per anno sullo stesso appezzamento di terreno. In queste situazioni, che vedono la loro massima espressione nell'ambiente protetto, si deve necessariamente ricorrere a un aumento degli input (acqua, nutrienti, energia elettrica, plastica, prodotti fitosanitari ecc.) con rischi potenziali per l'ambiente. Lo smaltimento di elevate quantità di plastica (materiali plastici di copertura, di pacciamatura, tubi d'irrigazione, contenitori di fertilizzanti, ecc.) rappresenta un'altra criticità.

La coltivazione protetta può presentare anche alcuni aspetti positivi, come quelli legati ad una minore perdita di nutrienti per lisciviazione e un minor utilizzo di prodotti per la protezione rispetto alla stessa coltura in pieno campo. In serra è, infatti, facilitata la lotta di tipo biologico con inserimento di predatori, e l'assenza di bagnatura fogliare e il controllo del microclima riduce l'incidenza di molti patogeni fungini.

Ulteriori criticità riguardano la difficoltà nella gestione della fertirrigazione nei sistemi fuori suolo a ciclo aperto (per evitare l'accumulo di sali si utilizzano volumi di soluzione superiori alle esigenze della coltura) e i problemi legati allo smaltimento dei substrati esausti utilizzati nelle colture fuori suolo che sono considerati rifiuti speciali. Le serre riscaldate difettano inoltre nell'efficienza degli impianti di riscaldamento, a causa della loro ridotta coibentazione (elevata trasmittanza dei film plastici).

Una recente evoluzione dei sistemi a ciclo chiuso fa riferimento al "vertical farming" dove mediante il massiccio utilizzo di tecnologia (illuminazione a LED, elevato controllo climatico, coltivazione su più livelli) è possibile aumentare di molto la produzione e incrementare l'efficienza di uso dei nutrienti e dell'acqua. I fattori potenzialmente critici di questi sistemi sono gli alti consumi elettrici e i costi conseguenti e la difficoltà di collocare elevate produzioni sul mercato. Sebbene le proiezioni di mercato di questi sistemi di coltivazione siano in aumento, il loro effettivo utilizzo nel nostro Paese è scarso, mentre ne esistono esempi in contesti ben definiti come le grandi metropoli e/o dove le condizioni ambientali estreme non consentono la coltivazione esterna in alcuni periodi dell'anno (ad esempio l'Islanda, alcune aree del Canada o zone desertiche o predesertiche).

Quali le strategie per aumentare la sostenibilità

1) Aumento delle produzioni "di qualità" per raggiungere standard produttivi che permettano il soddisfacimento dei mercati più evoluti ed esigenti, maggiormente remunerativi per il produttore. La collocazione delle produzioni su mercati internazionali potrebbe per-

mettere di spostare il focus delle aziende dalla quantità prodotta alla qualità delle produzioni.

2) Razionalizzazione della risorsa idrica; praticamente tutte le specie orticole sono colture irrigue che richiedono talvolta quantitativi molto elevati di acqua. In alcuni casi i sistemi irrigui adottati sono ancora concettualmente vecchi e applicati senza base scientifica. Notevoli miglioramenti si potrebbero ottenere con l'adozione generalizzata di sistemi a microportata e a bassa pressione. Tali sistemi permetterebbero di utilizzare al meglio anche fonti idriche di non ottima qualità, minimizzandone gli effetti negativi.

3) Aumento e razionalizzazione della fertilizzazione organica. In molti contesti orticoli si utilizzano esclusivamente fertilizzanti minerali trascurando quelli organici, talvolta a disposizione anche a prezzi convenienti. Molto spesso, l'utilizzo di matrici organiche viene effettuato senza tenere conto del loro contenuto di nutrienti, creando situazioni di eccesso nella loro disponibilità.

4) Adozione di strategie "ecocompatibili" di difesa. Sia in pieno campo che in coltura protetta, sembra utile suggerire un incremento di pratiche ecocompatibili che potrebbero permettere notevoli vantaggi. Tra le diverse tecniche si ricorda l'utilizzo del sovescio che oltre alla fertilità del suolo potrebbe contribuire alla lotta contro alcuni patogeni (nematodi ed elateridi per esempio), la pacciamatura, ed il passaggio dall'utilizzo di materiali plastici a materiali biodegradabili (amido di mais per esempio).

5) Ottimizzazione delle tecniche colturali in "fuorisuolo". Questa pratica, che permette di coltivare in ambiente protetto svincolandosi dalle caratteristiche del terreno, si basa sull'adozione della fertirrigazione (distribuzione contemporanea di acqua e fertilizzanti). Un aumento dell'utilizzo della fertirrigazione potrebbe permettere una maggiore efficienza d'uso della risorsa idrica e nutrizionale anche per le colture in pieno campo. Il passaggio da sistemi a "ciclo aperto" (con distribuzione in eccesso della soluzione nutritiva) a quelli a "ciclo chiuso" ridurrebbe di molto la perdita di nutrienti, aumentando la sostenibilità non solo ambientale ma anche economica dell'orticoltura.

6) Aumento della competenza del personale impiegato in orticoltura. Con questo aspetto si vuole evidenziare la necessità di una maggiore preparazione degli operatori, per metterli in grado di adottare le innovazioni tecniche. La scelta ottimale di una serra, l'adozione per esempio di schermi termici, l'utilizzo di fertirrigatori anche in pieno campo, la scelta di materiali biodegradabili, sono solo alcuni degli aspetti tecnologici già disponibili sul mercato, ma ancora scarsamente utilizzati da buona parte degli orticoltori.

7) Altre possibilità di migliorare la sostenibilità ecologica riguardano la diffusione di serre sempre più

moderne e automatizzate, con materiali di copertura innovativi, con fonti di energia rinnovabili, con sistemi di copertura con schermi termici o film doppio strato per ridurre le dispersioni energetiche.

8) Utilizzo di mezzi tecnici innovativi come i bio-

stimolanti che possono migliorare l'efficienza d'uso dei nutrienti e la tolleranza agli stress abiotici, oppure agenti di biocontrollo che possono ridurre l'uso di agrofarmaci per la difesa dagli stress biotici.

3.4. Colture foraggere

I sistemi di allevamento sviluppati nel secolo scorso, finalizzati a massimizzare l'efficienza della trasformazione in stalla, hanno comportato una semplificazione dei sistemi colturali aziendali nel nord Italia, conducendoli sostanzialmente verso la netta prevalenza di mais (da granella o da insilato) o a rotazioni strette comunque basate sul mais. Al sud prevalgono invece sistemi foraggeri in asciutto come erbai misti o erbai da insilato o favino-pisello proteico da granella. Le conseguenti criticità generate da tali sistemi sono state: i) squilibrio della razione alimentare degli animali, in cui prevale la componente energetica rispetto a quella proteica; ii) aumento di input esterni all'azienda soprattutto di tipo proteico; iii) riduzione della biodiversità, dell'efficienza e dell'efficacia delle sostanze attive impiegate per il controllo delle avversità biotiche. L'aumento della sostenibilità ambientale dovrebbe essere realizzato tramite l'aumento della complessità del sistema colturale, con l'inserimento della rotazione colturale, la presenza di altre colture da foraggio, possibilmente di medio o lungo periodo, fino al ritorno a prati permanenti e semi-permanenti.

La progettazione di sistemi colturali più sostenibili, ovvero caratterizzati da alte produttività aziendali ottenute con la migliore efficienza degli input produttivi deve considerare diversi aspetti, quali l'andamento del mercato, la vocazionalità del territorio e la sua potenzialità produttiva, ma anche la qualità e il valore nutritivo del foraggio e/o delle farine prodotte. Due chiari esempi di sistemi foraggeri sostenibili di successo sono rappresentati dal "Parmigiano Reggiano DOP" e dal "Grana Padano DOP" dove prati avvicendati, monofiti (erba medica in primis) o polifiti, sono ben inseriti in rotazione con mais

o altri cereali per produzione di pastoni e concentrati. Prediligere la presenza di prati di lunga durata nel riparto colturale aziendale è di gran lunga la scelta più sostenibile dal punto di vista economico, agronomico ed ambientale. Il mantenimento della quantità e della qualità del cotico erboso, aumentando il ricorso a prati avvicendati e conservando i prati permanenti dove ancora presenti, richiede un'adeguata gestione dei tagli o pascolamenti, concimazioni e risemine. Queste ultime devono inoltre prevedere specie e varietà adatte al pedoclima locale, includendo ove possibile leguminose annuali auto-riseminanti e, nei suoli più profondi, anche specie perenni. La corretta gestione del pascolamento, qualora il sistema di allevamento lo consenta, resta uno strumento importante per garantire una duratura produzione e qualità del prato. Il pascolamento deve essere attentamente pianificato sulla base delle risorse presenti e prevedere frequenti spostamenti della mandria, anche attraverso l'uso di recinzioni mobili. Il momento ideale del pascolamento deve essere scelto considerando lo sviluppo fisiologico delle specie. Un esempio a questo riguardo è il metodo di Pascolamento Razionale "Voisin", da cui si ottiene il migliore rapporto tra quantità e qualità del foraggio, senza compromettere la persistenza delle piante foraggere.

L'intervento agronomico di maggiore rilevanza sostenibile è comunque rappresentato dalla gestione della fertilizzazione. L'obiettivo principale è l'aumento del rapporto effluenti zootecnici/fonti minerali per la concimazione dei sistemi foraggeri, e l'incremento della percentuale di fertilizzanti organici.

3.5. Selvicoltura

Attualmente, quasi il 40% del territorio nazionale è coperto da foreste, che continuano a crescere, e circa l'80% di tale superficie risulta potenzialmente disponibile per un aumento controllato del prelievo legnoso, essendo priva di limitazioni significative dovute a normative, vincoli o fattori fisici. Peraltro, una parte di queste aree

è costituita da boschi di neoformazione su ex-coltivi o ex-pascoli. La tradizionale prudenza della selvicoltura italiana continua a suggerire cautela e attenzione nel considerare l'intensificazione della gestione boschiva per l'incremento dei prelievi. Il prelievo annuale di massa legnosa dai boschi italiani si attesta attualmente a non più

di un terzo del loro incremento naturale in volume, più che sostenibile e tra i più bassi in Europa. Questo tasso consente un significativo accumulo continuo di biomassa e di provvigione legnosa, sia in termini complessivi che per unità di superficie (in media, tra l'1% e il 2% di massa legnosa in più ogni anno per unità di superficie, oltre a quella prelevata), nonostante il contestuale aumento di disturbi, situazioni di stress e fenomeni di deperimento. D'altro canto, l'Italia è uno tra i principali Paesi produttori ed esportatori di prodotti finiti legnosi a livello mondiale, ma importa dall'estero quasi l'80% del suo fabbisogno di legna e legname. Dunque, il risparmio nell'utilizzo delle foreste in Italia, oltre ad avere costi economici e anche ecologici, legati al trasporto della materia prima verso il nostro Paese, comporta anche un danno ambientale a scala globale, con ineludibili criticità anche sotto il profilo etico. Si stima che la deforestazione associata alla produzione di materie prime che alimentano filiere italiane di eccellenza (es. caffè, cacao, carne, arredamento) sia, in Europa, seconda solo a quella della Germania, con una perdita annuale di 36.000 ettari di boschi nei paesi tropicali. Considerando, inoltre, le filiere forestali (caucciù e legname), l'Unione Europea risulta indirettamente responsabile del 16% della perdita globale di foreste, collocandosi al secondo posto a livello mondiale dopo la Cina.



La capacità produttiva complessiva dei boschi italiani, vale a dire la quantità di legname che sarebbe potenzialmente utilizzabile ogni anno, è elevata e stimata in circa 30 milioni di metri cubi di legname all'anno. Solo parte di questa massa legnosa è in realtà economicamente ritraibile dai boschi, trattandosi, in vari casi, di soprassuoli scarsamente accessibili, dove il costo delle utilizzazioni, con le attuali tecniche e con l'attuale prezzo di mercato del legname, supera i ricavi delle vendite. In ogni modo però, va considerato che, sotto il profilo tecnico-finanziario, condizioni realistiche di intensificazione sostenibile in selvicoltura potrebbero ragionevolmente garantire, nel lungo periodo, un aumento del livello di

utilizzo legnoso dai boschi italiani fino al 50% in più rispetto ad oggi. Si tratta di un'operazione strategica che deve necessariamente mantenere le priorità connesse alla tutela e al miglioramento del patrimonio forestale nazionale, analizzando in primo luogo le situazioni in cui risulti possibile e opportuno il passaggio dalla forma di governo a ceduo a quella a fustaia. In tale ambito, l'esperienza nazionale rappresenta un modello di riferimento, considerato all'avanguardia in Europa, "grazie al suo carattere estensivo e all'attenzione che presta alla diversificazione strutturale e compositiva della foresta" (Borghetti, 2022), aspetti ritenuti cruciali per avere foreste più resistenti e resilienti.

Inoltre, nonostante l'aumento dei disturbi, la maggior parte dei boschi italiani non ha ancora raggiunto un equilibrio in termini di biomassa e continua ad agire come serbatoio di carbonio. Basare le politiche di governance sulla capacità di sequestro del carbonio delle foreste sarebbe però rischioso. Pur essendo le foreste il più importante serbatoio di carbonio terrestre che possiamo gestire per bilanciare emissioni e rimozioni di CO₂, esistono conflitti con altri servizi ecosistemici. La nuova strategia forestale dell'UE per il 2030 mira a raggiungere l'obiettivo di ridurre le emissioni di gas serra di almeno il 55% entro il 2030 e la neutralità climatica entro il 2050. Attualmente, le foreste e i prodotti legnosi compensano approssimativamente il 10% delle emissioni di gas serra della UE-27. In ogni caso, il loro ruolo nel raggiungimento della decarbonizzazione non va sopravvalutato. La stabilità dei benefici apportati dalle foreste come serbatoi di carbonio e di biodiversità richiede, infatti, maggiore resilienza per far fronte all'aumento di intensità e frequenza dei disturbi.

Vi sono dunque importanti motivazioni e strumenti operativi (D.Lgs. 34/2018 e Strategia Forestale Nazionale) per un calibrato incremento dell'approvvigionamento di risorse legnose dai boschi italiani nel contesto di una puntuale pianificazione forestale e di una razionale gestione secondo criteri di sostenibilità e responsabilità, valutando anche l'espansione dei lembi esistenti di boschi vetusti e dei boschi di particolare valore naturalistico. È possibile adottare interventi selvicolturali coerentemente pianificati per il miglioramento della produzione legnosa nazionale in un'ottica di intensificazione sostenibile. La sostenibilità rappresenta un patrimonio consolidato del sapere forestale contemporaneo, e le crescenti tendenze verso forme selvicolturali che promuovono la diversificazione costituiscono una garanzia oggi perseguita anche nel resto d'Europa (Larsen et al., 2022). Un esempio emblematico è offerto dalla variabilità dei paesaggi multifunzionali, che hanno storicamente caratterizzato il territorio italiano. Tali paesaggi potrebbero assicurare un bilancio positivo del carbonio, tutelando al contempo la

diversità delle specie e delle funzioni, la conservazione del suolo e delle tradizioni, nonché i diritti di proprietà e la fornitura di una molteplicità di servizi ecosistemici. Questo obiettivo richiede una governance di elevata qualità e il coinvolgimento attivo dei proprietari e della società civile.

Nel contesto delineato, è opportuno evidenziare il crescente interesse verso prodotti innovativi a base di legno, in grado di soddisfare le esigenze di consumo responsabile. Particolare attenzione è rivolta ai materiali legnosi per l'edilizia, ideali per rispondere alle necessità

di costruzioni e abitazioni sostenibili, come nel caso della bioedilizia e degli arredi realizzati con legno lamellare, CLT, X-lam, farine di legno, e simili. Altrettanto rilevanti sono i materiali tessili, le bioplastiche e gli imballaggi intelligenti a base di legno. Tali innovazioni rappresentano le fondamenta di una bioeconomia circolare, in grado di riportare l'attenzione sui territori interni e montani del nostro Paese e sui loro abitanti, contribuendo in modo concreto anche alla riduzione delle disuguaglianze sociali e territoriali.



BOX 7

Filiera bioenergetica (a cura di Valerio Di Stefano e Piermaria Corona)

Secondo la normativa nazionale, la biomassa rappresenta la frazione biodegradabile dei prodotti, rifiuti e residui di origine biologica provenienti dall'agricoltura (comprendente sostanze vegetali e animali), dalla selvicoltura e dalle industrie connesse, comprese la pesca e l'acquacoltura, gli sfalci e le potature provenienti dal verde pubblico e privato, nonché la parte biodegradabile dei rifiuti industriali e urbani. Tale definizione comprende materiali di origine eterogenea, la cui utilizzazione a fini energetici può essere molteplice. Il comparto forestale include i residui delle operazioni selvicolturali o delle attività agroforestali (cimali, ramaglie residuali da interventi di taglio), l'utilizzazione di boschi cedui secondo criteri di gestione sostenibile, l'uso parziale di alberi fuori foresta, ecc. (Corona et al., 2019). Quello agricolo include i residui colturali provenienti dall'attività agricola (come paglie, stocchi e tutoli di mais, sarmenti di vite, ramaglie di potatura, etc.), da espianti di fine

ciclo (vite e alberi da frutto) e dalle colture dedicate (piante arboree lignocellulosiche, quali pioppo, salice, robinia, eucalipto, destinate a impianti a ciclo colturale breve; piante erbacee oleaginose, alcoligene) (Di Stefano et al., 2024). Quello zootecnico include i reflui zootecnici per la produzione di biogas mentre quello agro-industriale include i residui provenienti dalle industrie del legno o dei prodotti in legno e dell'industria della carta, nonché quelli dell'industria agroalimentare (sanse, vinacce, noccioli, lolla di riso, etc.). Quello dei rifiuti urbani, in ultimo, include i residui delle operazioni di manutenzione del verde pubblico e frazione umida di rifiuti solidi urbani proveniente dalla raccolta differenziata.

In Italia, nel corso degli ultimi decenni, la produzione di energia elettrica da impianti di bioenergie ha subito notevoli cambiamenti. Infatti, dal 2014 in poi, la produzione e il consumo di energia da bioenergie, così come per le fonti rinnovabili, ha registrato un

netto incremento, arrivando nel 2020 a raggiungere quota 19.634 GWh, per poi diminuire nel triennio successivo, toccando nel 2022 quota 17.616 GWh (-10% rispetto al 2020) e, nel 2023, 16.018 GWh (-9,1% rispetto al 2022): di questi 16.018 GWh, però, circa 62 GWh sono stati prodotti da impianti termoelettrici con utilizzo prevalente di combustibile tradizionale. Nel nostro Paese erano presenti nel 2023 3.054 impianti (+ 33 rispetto al 2022) da bioenergie (solide, biogas, bioliquidi) con una potenza efficiente lorda totale di 4.078.760 kW (considerando la produzione combinata di energia elettrica e calore) che rappresenta il 6,1% della potenza complessiva degli impianti alimentati da fonti rinnovabili installati sul nostro territorio.

Per quanto riguarda la potenza efficiente lorda degli impianti da bioenergie, considerando sempre la produzione combinata di energia elettrica e calore, generata esclusivamente da biomasse agroforestali e residui zootecnici, è stata nel 2023 pari a 812.225 kW (19,1% della potenza efficiente lorda totale prodotta da bioenergie e circa 1,2% della potenza efficiente lorda totale derivante da fonti rinnovabili): in base ai dati Terna, la potenza efficiente lorda degli impianti a bioenergie risulta in leggero aumento (+ 0,7%) rispetto al 2022. La maggior parte degli impianti alimentati con bioenergie installati in Italia sono di piccole dimensioni, con potenza inferiore a 1 MW (88% degli impianti totali), e concentrati principalmente nell'Italia settentrionale (2.262 impianti contro i 392 del Centro Italia e i 400 del Sud Italia). La Regione con il numero maggiore di impianti è la Lombardia (817) seguita dal Veneto (403) e Piemonte (353). La Regione che nel 2023 ha prodotto maggiore energia da bioenergie è stata la Lombardia con 3.911 GWh, seguita dall'Emilia Ro-

magna (2.302 GWh) e dal Veneto (1.728 GWh). Secondo i dati GSE, il 46.6% di energia è prodotta in impianti di potenza superiore a 10 MW, il 40.8% in quelli di potenza inferiore a 1 MW, il restante 12.6% in impianti appartenenti alla classe intermedia (1-10 MW).

Gli incentivi devono essere ben orientati in questa direzione e, sebbene ridotti, continueranno a sostenere la produzione di bioenergia. Questa fonte energetica, pur essendo rinnovabile, può essere considerata sostenibile solo a condizione che non abbia effetti negativi sull'ambiente. Una strategia efficace sembra consistere nel promuovere una filiera energetica non centralizzata, ma distribuita. Attualmente, il 24% delle famiglie italiane utilizza biomassa per il riscaldamento, con circa 9 milioni di impianti di energia termica, dei quali, però, solo 1 milione è dotato di tecnologie adeguate. La generazione distribuita di energia termica riveste un ruolo di particolare importanza nel contesto delle attuali dinamiche di sostenibilità ambientale in Italia, oltre che alla luce delle principali strategie energetiche nazionali ed europee. Questo modello di generazione risulta particolarmente significativo per le aree interne e montane del Paese. Le biomasse forestali e quelle derivanti dagli alberi al di fuori delle foreste rappresentano risorse di grande valore, utilizzabili in modo sostenibile per questa tipologia di energia. In Italia, la biomassa maggiormente impiegata è il legno, che costituisce la seconda fonte di energia primaria tra le rinnovabili (circa il 30%), subito dopo l'idroelettrico. Tuttavia, è fondamentale riequilibrare il rapporto tra il legno destinato alla produzione di energia e quello utilizzato come legname da opera, passando dall'attuale rapporto di 80-20% a una distribuzione più equilibrata, almeno pari a 50-

50%. Le operazioni di prelievo della biomassa forestale a fini energetici comprendono interventi selvicolturali nei boschi governati a fustaia (come assortimenti minori dei tagli di maturità, assortimenti derivanti da tagli intercalari, cimali e ramaglie) e nei boschi governati a ceduo (tra cui assortimenti per combustibile, residui minuti e ramaglie).

Fonti aggiuntive di approvvigionamento di biomassa includono i residui delle coltivazioni legnose e le piantagioni dedicate su terreni agricoli. A queste si aggiungono le formazioni fuori foresta, in particolare quelle lineari, come siepi, filari o piccoli boschetti. Tali ambienti, che comprendono fasce tampone, alvei fluviali, filari frangivento e aree di verde urbano, possono offrire quantitativi significativi di biomassa. Oltre all'uso energetico, la biomassa agroforestale, in particolare quella derivante da scarti, può essere valorizzata in altri ambiti. Un esempio rilevante è la produzione di biochar, ricavato, ad esempio, dagli scarti delle potature del verde urbano (Di Domenico et al., 2024). In generale, si riscontra uno squilibrio negli incentivi tra la produzione di energia elettrica e quella termica, accompagnato da una scarsa consapevolezza del potenziale di quest'ultima. In alcune Regioni, il sistema attuale di incentivi per le energie rinnovabili privilegia esclusivamente la produzione di elettricità, trascurando quella di calore. Questo ha provocato uno spostamento del mercato del cippato verso le centrali dedicate unicamente alla produzione di energia elettrica, determinando un aumento dei costi del combustibile e una diminuzione del livello di sostenibilità, che è massimo nella generazione distribuita di energia termica, soprattutto in rete (ad esempio, gli impianti di teleriscaldamento, sempre più diffusi ed efficienti nelle aree alpine). A questo

si aggiunge l'evoluzione normativa degli ultimi anni, sia in Italia sia a livello europeo, che ha introdotto limiti sempre più stringenti alle emissioni degli impianti termici civili alimentati a biomassa legnosa, con particolare riferimento a polveri e carbonio organico.

Tra i provvedimenti più rilevanti si ricorda il Protocollo Antismog adottato dall'Italia nel 2019, in linea con le direttive dell'UE, e i relativi Piani regionali per la qualità dell'aria. Questi stabiliscono limiti rigorosi e specifici obblighi sull'uso delle biomasse agroforestali per la produzione di calore, prevedendo anche un sistema di certificazione stringente per le biomasse stesse. Tuttavia, solo alcune Regioni hanno finora adottato misure per incentivare la sostituzione degli impianti termici civili alimentati a biomassa legnosa ormai obsoleti e non conformi alle disposizioni di legge, con impianti moderni e pienamente adeguati alla normativa vigente. Attualmente, la maggior parte delle caldaie a biomassa presenti sul territorio nazionale (circa il 70%) risulta obsoleta e non rispondente ai nuovi standard di qualità.

In merito alla "performance" ambientale delle diverse filiere, emergono problemi di sostenibilità in diversi casi: (i) quando la riduzione delle emissioni di gas serra risulta insufficiente rispetto agli obiettivi prefissati o inferiore rispetto ad altre fonti rinnovabili, come l'eolico o

il solare; (ii) quando la combustione della biomassa ha effetti negativi sulla qualità dell'aria, ad esempio per la produzione di polveri sottili; (iii) quando la biomassa viene importata da aree prive di vincoli di sostenibilità ambientale nella produzione, come alcuni Paesi extra-UE; (iv) quando la produzione di biomassa entra in competizione con le produzioni agricole destinate a scopi alimentari in aree più adatte a tali attività, replicando, su scala ridotta, dinamiche preoccupanti già osservate su scala globale in molte regioni del pianeta.

La reale riduzione delle emissioni di gas serra può essere compromessa da diversi fattori, tra cui: l'elevato consumo energetico necessario per la coltivazione, il trasporto e la conversione della biomassa, in particolare per alcuni biocarburanti liquidi; la bassa efficienza dei processi di conversione, come nel caso della generazione elettrica senza il recupero del calore prodotto dalla cogenerazione; il cambiamento diretto o indiretto nell'uso del suolo, che può determinare variazioni significative nelle riserve di carbonio (carbon stock). Quest'ultimo problema è particolarmente rilevante per le biomasse importate dall'estero, la cui produzione può derivare da attività di deforestazione, con conseguenze negative sull'equilibrio ambientale globale. Esistono problematiche di sostenibilità economica quando vengo-

no promosse forme di bioenergia con costi di produzione superiori rispetto ad altre fonti di energia rinnovabile, come nel caso della produzione di elettricità da biomasse legnose o da alcune tipologie di biogas. Tuttavia, nel complesso e almeno per quanto riguarda la disponibilità di biomasse forestali a livello nazionale, essa rappresenta un'opportunità interessante, con un potenziale significativo nelle politiche energetiche del nostro Paese (cfr. il Position Paper del Tavolo di Filiera Foresta Legno del MASAF: www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/19980). D'altro canto, come già accennato, risulta ancora poco virtuosa la gestione di molte fustaie, soprattutto, ma non esclusivamente, nell'Italia centro-meridionale, dove vengono impiegate quasi esclusivamente per la produzione di bioenergia, trascurando assortimenti di maggiore valore. Inoltre, non vanno sottovalutate le criticità legate alle difficoltà logistiche nel reperimento della biomassa nei boschi, in particolare per la mancanza di una viabilità silvopastorale adeguata, pianificata e ben mantenuta. In conclusione, la bioenergia rappresenta una risorsa strategica per l'Italia, ma il suo pieno potenziale può essere realizzato solamente attraverso una gestione equilibrata e sostenibile che tenga conto sia delle esigenze ambientali sia di quelle economiche e sociali.

Corona P et al. 2019. Produzioni agricole e forestali per biomassa a impiego energetico. *Forest@*, 16, 26-31

Di Stefano, V., et al. 2024. Comparison between Different Mechanization Systems: Economic Sustainability of Harvesting Poplar Plantations in Italy. *Forests*, 15(3), 397. <https://doi.org/10.3390/fl15030397>

Di Domenico, G., et al. 2024. New Frontiers for Raw Wooden Residues, Biochar Production as a Resource for Environmental Challenges. *C*, 10(2), 54. <https://doi.org/10.3390/c10020054>

ANALISI DEI PRINCIPALI SISTEMI PRODUTTIVI ANIMALI

4

Per i prossimi decenni è previsto un forte aumento della richiesta di prodotti di origine animale, sia per far fronte alle esigenze legate al continuo incremento demografico, sia a seguito delle mutate condizioni socio-economiche in diverse aree del pianeta. L'impiego della superficie agricola utilizzabile da parte dei sistemi di produzione zootecnici è stato stimato a livello globale tra il 30 e il 40%. Tale utilizzo riguarda prevalentemente il pascolamento. Poiché non è possibile ampliare di molto la superficie destinata all'allevamento, i sistemi zootecnici dovranno rispondere sempre di più a criteri di efficienza produttiva, adottando tecniche di intensificazione sostenibile. In linea con quanto già da tempo delineato dalla politica agricola comunitaria, l'allevamento animale dovrà compiere ulteriori sforzi per garantire idonee condizioni

di benessere animale, ridurre l'impatto ambientale e concorrere a mantenere l'integrità dell'ecosistema anche attraverso i propri servizi. La sostenibilità economica delle imprese zootecniche sarà sempre più influenzata dallo sviluppo della capacità manageriale e dalla creazione di reti di filiera produttiva. Nell'analisi che segue vengono presi in esame alcuni sistemi zootecnici di allevamento dei ruminanti a diverso grado di intensificazione (Tab. 9), sia in forme semi-intensive (bovini da latte e da carne), che semi-estensive (ovini da latte) o estensive (sistemi agrosilvopastorali) oltre al sistema di allevamento intensivo delle galline ovaiole. Ulteriori approfondimenti sugli allevamenti "Ovino-Caprini" e una completa trattazione della "filiera suinicola" sono disponibili sui Quaderni di AISSA (volumi 1 e 3, AAVV, 2021a e 2022).

Esempi di sistemi zootecnici con diverso grado di intensificazione

Basso (estensivi)	Medio	Elevato (intensivi)
Bovini allo stato brado (linea vacca-vitello). Pascolo, con rare integrazioni di soccorso. Razze tradizionali prevalenti. Accoppiamento naturale e stagionalità riproduttiva. As esempio: Allevamento brado del bovino maremmano in contesti agro-silvo-pastorali delle Regioni Lazio e Toscana. Allevamento brado stanziale o transumante del bovino podolico in Puglia, Calabria, Basilicata e Campania con produzione marginale di latte per la produzione del caciocavallo. Allevamento brado del bovino sardo in aree forestali delle Sardegna. Sistemi di allevamento molto vicini al disciplinare per l'allevamento biologico, ancora scarsamente adottati per il basso ritorno economico.	Sistemi zootecnici semi-intensivi di allevamento degli ovini da latte (Cento Italia e Isole) con utilizzazione di pascolo, prevalentemente su erbai, unitamente a foraggi conservati e concentrati. Impiego di strutture di allevamento e di tecnologie per l'alimentazione, la mungitura e la conservazione del latte. Qui la tendenza è quella di superare la stagionalità riproduttiva. Utilizzazione di razze migliorate, italiane o straniere. Prevalenza dell'accoppiamento naturale. Limitata diffusione della inseminazione strumentale. Limitata diffusione dell'indirizzo biologico per le difficoltà a reperire materie prime bio per l'alimentazione animale e per costi molto elevati, a fronte di una limitata richiesta di latte e formaggi ovini bio.	Sistemi intensivi di allevamento dei bovini da latte in Pianura Padana e in altre aree a buona vocazione agronomica. Tendenza alla produzione aziendale di foraggi. Forte impiego di concentrati. Elevata disponibilità di strutture e di tecnologie; automazione dell'alimentazione e della mungitura. Diffusione di tecnologie per garantire il benessere animale (es. Confort termico) e per l'ottimizzazione delle prestazioni produttive. Inseminazione strumentale o impiego di altre biotecnologie riproduttive. Diffusione di strutture per il trattamento dei reflui e per la produzione aziendale di energia. Allevamento di tipi genetici ad elevato livello produttivo (anche ad elevato livello qualitative del latte). Limitata presenza di aziende ad indirizzo biologico, soprattutto in contesti aziendali di filiera complete per una scarsa remunerazione dei prodotti biologici.

TABELLA 9

4.1. Allevamento del bovino da latte

In Italia, questa tipologia di allevamento si caratterizza per la prevalenza di sistemi ad alto livello produttivo, con produzioni di punta che raggiungono i 20.000 Kg di latte per singola lattazione, localizzati soprattutto nelle aree geografiche a buona vocazione agronomica. I punti di debolezza di tali sistemi riguardano il loro

impatto ambientale (legato principalmente sia a varie forme di emissione di gas serra, sia alla potenziale carica inquinante delle deiezioni) e il benessere animale. Alcuni autori italiani (Lovarelli et al., 2019) hanno valutato l'impronta ambientale in un ampio campione di allevamenti di bovini da latte della provincia di Mantova destinati

alla trasformazione in Grana Padano e in Parmigiano Reggiano. Dallo studio è risultato che le aziende a più alta efficienza per la produzione del latte risultano avere una più elevata sostenibilità ambientale ed economica. Nell'area emiliana di produzione del Parmigiano Reggiano, la voce più importante sulle emissioni complessive, che hanno un impatto sul carbon footprint del latte vaccino, è rappresentata dalle emissioni enteriche, che pesano per il 41%. Le emissioni associate alla produzione di alimenti incidono per una quota variabile tra il 23 e il 30%. Valori minori di emissione, compresi tra il 6 e il 10%, sono stati riscontrati per le emissioni di metano e di protossido di azoto derivanti dalla gestione delle deiezioni, dal protossido di azoto derivante dalle fertilizzazioni e dalla anidride carbonica derivante dalla produzione dei mezzi tecnici. Le emissioni enteriche di metano sono strettamente legate alla digeribilità della razione. Una componente della gestione aziendale ad elevato impatto sulla impronta ambientale è costituita dalla quota annua di rimonta aziendale, cioè da quegli animali, numericamente non trascurabili, che non sono ancora in produzione ma contribuiscono alle emissioni complessive.

In merito al benessere animale, i principali aspetti da considerare riguardano:

- il confinamento degli animali (anche se liberi all'interno della stalla) e lo spazio messo a disposizione, talvolta non adeguato;
- la gestione del vitello (allontanamento precocissimo dalla madre);
- la forte pressione genetica che ha portato ad ottenere soggetti di elevata capacità produttiva ma con maggiore difficoltà gestionali e aumento di problemi sanitari;
- la diffusa presenza di patologie a carico degli apparati mammario e locomotorio, nonché di dismetaboliche responsabili, unitamente a problemi di infertilità e ad altre patologie, della breve carriera produttiva media.

Un'intensificazione dell'allevamento del bovino potrebbe risultare possibile laddove si possa sfruttare una relazione di filiera fra sistemi agricoli ad alto livello di intensificazione e produttività (in particolare in pianura) e sistemi di allevamento in zone marginali (zone collinari e montane). L'aumento della sostenibilità ambientale di questo settore è assolutamente necessario, anche al fine di ridurre il costo di smaltimento dei reflui zootecnici, ora particolarmente gravoso per gli elevati costi di trasporto in terreni al di fuori della zona definita "vulnerabile".

Si ritiene anche necessario rivedere i metodi di valutazione dell'impatto ambientale, come quelli basati sulla metodologia Life Cycle Assessment (LCA - ISO 14040). Tali metodi si concentrano sull'unità di prodotto tenendo in considerazione tutte le differenti forme di emissione, ma non considerano o lo fanno in maniera poco adeguata, gli elementi del sistema che mitigano le emissioni.

Nel caso di un'azienda agricola che conduca un'attività zootecnica e foraggera, tali aspetti potrebbero avere una valenza molto importante nel ridefinirne il reale impatto ambientale.



Quali le strategie per aumentare la sostenibilità

L'allevamento della bovina da latte ad alta produzione necessita di tecnologie per migliorarne la sostenibilità. L'approccio oramai consolidato del miglioramento genetico attraverso l'ausilio della genomica ha velocizzato ulteriormente il progresso genetico e fornisce l'opportunità di selezionare caratteri con bassa ereditabilità, fondamentalmente riferibili alla resistenza alle malattie (metaboliche e non), agli stress abiotici (es. stress da caldo), alla fertilità, alla longevità, e all'efficienza produttiva che è collegata all'efficienza alimentare. Inoltre, l'approccio genomico dovrà interessare principalmente il miglioramento delle caratteristiche qualitative (nutraceutiche) del latte. A questo deve corrispondere un miglioramento dell'approccio manageriale, supportato dalle nuove tecnologie riconducibili alla disponibilità di sensoristica per un controllo individuale e ambientale e nuovi concetti di tenuta degli animali che dovranno prevedere maggiori spazi e maggiore libertà per capo. Anche l'alimentazione deve evolvere per essere sempre più coerente con il progresso genetico e le nuove tecnologie (es. stalle completamente robotizzate). L'obiettivo ultimo è quello di migliorare il benessere animale, ridurre l'impatto ambientale, migliorare le produzioni e le condizioni sociali e di lavoro degli addetti.

Per rispettare i criteri di benessere animale occorre seguire opportuni criteri di progettazione dell'edificio zootecnico, rispettosi delle esigenze animali in termini di spazio, confort termico, tipologia di pavimentazione, tipologia di lettiera, corretta movimentazione delle deiezioni, etc.

Relativamente alla gestione sarà necessario:

- 1) implementare gli studi sul controllo individuale

e la ricerca di indici utili per una gestione più accorta ed efficiente della mandria;

2) focalizzare la ricerca su alimentazione e nutrizione animale tramite lo studio dei fabbisogni delle bovine nell'era della genomica, ricercare fonti proteiche alternative a quelle maggiormente in uso oggi (soia), utilizzare sottoprodotti e molecole 'naturali' per ridurre l'uso di antibiotici;

3) implementare gli studi sul benessere animale al

fine di ottenere un sistema oggettivo, facile e preciso per la valutazione del benessere dei bovini da latte.

Nell'allevamento del bovino da latte risultano inoltre già diffuse alcune soluzioni gestionali riferibili alla "zootecnia di precisione". Negli ultimi anni si stanno anche sviluppando studi sul ruolo del microbioma dell'animale utili per migliorare l'efficienza della produzione e la sua della resilienza.

4.2. Allevamento del bovino da carne

L'allevamento bovino da carne si basa in Italia principalmente sull'ingrasso di bovini importati da altri Paesi, in cui l'allevamento linea vacca-vitello è particolarmente sviluppato grazie alla disponibilità di vaste aree pascolive, se pur in diminuzione. L'Italia si contraddistingue pertanto per una forte specializzazione nell'ingrasso confinato di bovini per periodi che oscillano tra i 6 ed i 10 mesi a seconda del peso e dell'età degli animali importati. Tali realtà sono a carattere decisamente intensivo, in quanto il costo di produzione in Italia risulta tra i più alti d'Europa, sia per gli elevati costi che caratterizzano il processo produttivo (alimentazione, manodopera, strutture, ecc.), sia per il costo del terreno che difficilmente trova eguali in altre parti del mondo. Analoghe considerazioni valgono per l'allevamento del vitello a carne bianca. Si ritiene pertanto che per tali comparti non vi siano margini significativi per un'ulteriore intensificazione, mentre, al contrario, grande attenzione dovrebbe essere riposta agli aspetti inerenti alla sostenibilità del processo produttivo. Nello specifico, tale attenzione dovrebbe riguardare la definizione di linee guida per le modalità produttive in grado di limitare l'impatto ambientale dell'allevamento intensivo da carne, ponderando i contributi relativi delle diverse strategie adottate. Relativamente agli aspetti della sostenibilità, anche nell'allevamento linea vacca vitello risulta necessario individuare le modalità di allevamento in grado di ottimizzare l'impatto ambientale di tale sistema produttivo. Infine, l'integrazione dell'attività zootecnica con sistemi di produzione di energia, indipendentemente dalle sue dimensioni, rappresenta un aspetto cruciale per ottimizzare la sostenibilità nell'allevamento del bovino da carne. L'Italia è estremamente deficitaria nel numero di vacche nutrici, comparto in cui, senza dubbio, vi sono significativi margini per un'ulteriore intensificazione. In tal senso, oltre ad un incremento del numero di nutrici, vi è una evidente necessità di miglioramento dell'efficienza produttiva, agendo su quegli aspetti critici del processo produttivo in grado di influenzare sia le performance riproduttive che l'incidenza e la gravità delle problematiche sanitarie.

Quali le strategie per aumentare la sostenibilità

In relazione alla grave carenza di vitelli nati in Italia da destinare alla produzione di carne rossa, l'allevamento della vacca nutrice dovrà obbligatoriamente essere ampliato negli anni a venire. E' infatti riconosciuto che l'approvvigionamento di animali da ristallo dai tipici paesi Europei fornitori, è sempre più difficoltoso, a causa di una minore disponibilità di animali e del loro costo, entrambi conseguenza della forte richiesta di animali da ingrassare proveniente da altri paesi extraeuropei. È pertanto evidente che a fronte di una forte disponibilità di carne proveniente da ogni parte del mondo, vi è una costante e globalizzata rilevante carenza di giovani animali da ingrassare. In quest'ottica, l'utilizzo e la riqualificazione di realtà produttive non intensive, anche a carattere familiare, sarebbe fondamentale e parte integrante del processo, con il coinvolgimento non solo di piccole realtà della pianura, ma anche di zone della bassa montagna e dell'alta collina.

Nel caso dell'allevamento del bovino da carne risulta in primis fondamentale riqualificare con grande rigore e serietà scientifica la reale entità dell'impatto ambientale della produzione, sia in generale che nelle diverse realtà produttive. L'applicazione di sistemi di valutazione certificati come ad esempio il sistema LCA o il progetto italiano "Carni sostenibili" evidenziano infatti valori radicalmente diversi, ed inferiori, di consumo idrico, di global warming potential (GWP), di ozone creating potential (POCP), di acidification potential (AP), e di eutrophication potential (EP), ecc. per kg di carne prodotta rispetto alle informazioni maggiormente divulgate. Risulta inoltre interessante individuare nuove soglie che tengano in considerazione l'efficienza produttiva e il relativo impatto ambientale anche in rapporto agli alimenti in "competizione" con l'uomo. I ruminanti, infatti, garantiscono un'elevata produzione al netto dell'unità di alimento edibile dall'uomo, in quanto la loro dieta si basa soprattutto sull'utilizzo di alimenti che non possono essere consumati direttamente dall'uomo.

Nell'allevamento del bovino da carne è necessario ampliare le limitate informazioni inerenti gli indicatori di efficienza digestiva (amido indigerito, uNDF, residual feed intake, ecc.), dal momento che essi sono strettamente correlati sia all'impatto ambientale che all'economicità del sistema produttivo. Risulta pertanto fondamentale studiare e parametrizzare i diversi aspetti gestionali in grado di influire sull'efficienza, definendone i relativi effetti in termini di entità sull'impatto ambientale. Gli aspetti da considerare sono molti: le caratteristiche delle diete (chimiche e fisiche), l'utilizzo di additivi in grado di modulare le popolazioni microbiche ruminali (oli essenziali, pre- e pro-biotici), l'utilizzo di tecnologie in grado di limitare gli errori nel processo produttivo (gestione pese, carri miscelatori in telemetria, analisi istantanea delle diete fabbricate, analisi istantanea in campo per l'individuazione dell'ottimale momento di raccolta degli insilati e dei foraggi, ecc.), miglioramento dell'ambiente (utilizzo di destratificatori, condizionamento del fotoperiodo, riscaldamento dell'acqua di abbeverata), ecc. Recentemente i media e qualche lavoro scientifico hanno proposto la tecnologia della produzione della carne artificiale (CA) come strategia di riduzione dell'impatto carbonico rispetto alla produzione di carne naturale. I dati disponibili in letteratura consentono di trarre conclusioni differenti. Innanzitutto, va tenuto presente che

si paragonano prodotti decisamente differenti, carne fresca da una parte e prodotti iper-processati (di solito hamburger) dall'altra. Inoltre, i lavori sulla valutazione dell'impatto carbonico della CA basati sulla metodologia LCA sono pochissimi mentre per quella naturale si può contare su un database di oltre 150 lavori. Nel bovino, oltre il 50% delle emissioni equivalenti è data dal metano, un gas climalterante che, se opportunamente valutato con appropriate metriche che tengono conto dei tempi di permanenza dei diversi gas nell'atmosfera (come il Global Warming Potential star GPW* o il Global Temperature Potential GTP) ridimensiona il valore della carbon footprint della carne bovina naturale rispetto a quella artificiale, che emette quasi esclusivamente CO₂, gas che ha un tempo di persistenza nell'atmosfera notevolmente superiore (>80 anni) rispetto al metano (9-12 anni). Le nuove metriche, infatti, considerano il metano, per quanto riguarda gli effetti climalteranti, come un gas di flusso (la cui CO₂ emessa nei processi di ossidazione, non è computata in quanto biogenica, al contrario di quella derivante dai gas fossili), mentre la CO₂ e il N₂O vengono considerati come gas di stock con un effetto di tipo "gas serra" legati ai differenziali di emissione o agli accumuli. In conclusione, l'affermazione della maggiore sostenibilità climatica della CA rispetto a quella naturale nel bovino è quantomeno non fondata su solide evidenze.

4.3. Allevamento dell'ovino da latte

Il punto di riferimento a livello nazionale per l'allevamento dell'ovino da latte è la Sardegna. Il livello produttivo medio delle sue aziende ovine è generalmente molto basso, con una produzione media per lattazione di poco superiore ai 150 litri. Questi livelli produttivi sono cambiati poco negli ultimi decenni, nonostante gli investimenti messi in atto, ma va segnalato che il progresso genetico della razza ovina Sarda è stato finora pressoché insignificante. Gli altri fattori che causano la bassa efficienza produttiva e tecnica del sistema riguardano soprattutto la forte scalarità dei parti, le tecniche alimentari spesso inadeguate e la notevole incidenza di alcune patologie infettive. I bassi livelli produttivi del sistema ovino da latte, uniti a prezzi di remunerazione del latte, spesso bassi e molto variabili anche nell'arco di pochi anni, hanno determinato una consistente perdita di efficienza del sistema, con la chiusura di molti allevamenti e la consistente riduzione sia del numero di capi allevati che della produzione di latte.

Al fine di garantire un maggiore sostenibilità al settore, colpito frequentemente da gravi crisi economiche legate all'andamento del prezzo di mercato del latte ovino, si rendono necessari, da una parte, un'intensificazione dei

livelli produttivi degli allevamenti e, dall'altra un miglioramento dell'efficienza produttiva, riducendo l'impatto dei costi fissi aziendali, inclusi quelli di mantenimento degli animali, migliorando la redditività. Questa intensificazione può essere attuata mantenendo le caratteristiche del sistema basato sull'uso del pascolamento come base dell'alimentazione degli animali, salvaguardando la sostenibilità ambientale. Infatti, l'aumento delle produzioni per capo può comportare consistenti benefici ambientali per effetto del minore uso di risorse vegetali, della riduzione delle superficie agricole necessarie e per le minori emissioni di gas serra e perdite di azoto per kg di latte prodotto.

Quali le strategie per aumentare la sostenibilità

L'aumento medio delle produzioni, sia dal punto di vista quantitativo che qualitativo, può essere perseguito tramite l'alimentazione e la genetica, migliorando la tecnica di allevamento e quella riproduttiva, riducendo l'incidenza delle patologie mammarie cliniche e subcliniche e con un'attenta profilassi sanitaria. Occorre evidenziare che in moltissime aziende basterebbe eliminare le pecore

poco produttive o improduttive, destinando tutte le risorse aziendali alle pecore più produttive, per generare forti aumenti delle produzioni medie e complessive del gregge. Purtroppo, a ciò si frappongono i meccanismi di ripartizione delle sovvenzioni pubbliche, spesso proporzionali al numero di capi presenti e non al latte prodotto od alle risorse ambientali utilizzate, che portano molti allevatori a perseguire obiettivi produttivi economicamente poco razionali. Infatti, in molti casi, i vantaggi in termini di sussidi economici derivanti dal tenere nel gregge pecore poco produttive non ripagano le perdite causate dall'aumento dei costi complessivi aziendali.

Una via ora molto utilizzata per aumentare la produzione di latte aziendale è la sostituzione di razze locali da latte (Sarda e Comisana) con razze estere più produttive quali la Lacaune e la Assaf. Questa tendenza presenta, tuttavia, vari elementi di insostenibilità, sia legati ai costi

economici (importazione di animali da riproduzione), che a ragioni ambientali. Infatti, le razze di importazione sono più adatte alla stabulazione che non al pascolamento. Ciò sta portando molte aziende all'abbandono di questa tecnica ed all'allevamento degli ovini in confinamento, con forte aumento degli acquisti di alimenti sul mercato, con una riduzione delle superficie a pascolo e un aumento dell'impatto ambientale dovuto all'accumulo di deiezioni in stalla, con i relativi problemi di smaltimento. Non trascurabili sono poi gli effetti negativi anche sulle caratteristiche organolettiche e sui valori salutistici dei tipici prodotti lattiero-caseari.

L'aumento della sostenibilità ambientale ed economica del sistema da latte ovino dovrà derivare anche da una razionalizzazione ed intensificazione produttiva dei sistemi foraggeri, in maniera da rendere meno comune l'uso di aree marginali ed il sovra-pascolamento. Si ritiene opportuno razionalizzare l'uso dei pascoli, favorendo tecniche di pascolamento a rotazione rispetto al pascolamento continuo. Tuttavia, la rotazione del pascolamento ha senso solamente se le produzioni di biomassa sono elevate ed hanno una durata adeguata. A tal fine, si sta diffondendo l'uso di specie vegetali e varietà idonee all'aumento della durata del periodo di pascolamento e/o al pascolamento a rotazione. È inoltre necessario aumentare la produzione di foraggi conservati di elevata qualità, migliorando le tecniche di raccolta, ad esempio con l'adozione di falcia-condizionatrici al posto delle normali falciatrici per la produzione dei fieni o favorendo la produzione di insilati d'erba.



4.4. Allevamento specie avicole

A fronte di un graduale e complessivo aumento della produzione mondiale di alimenti di origine animale, il settore avicolo è quello che, negli ultimi decenni, ha fatto registrare sicuramente gli incrementi maggiori. Con riferimento alla produzione di carni avicole, la produzione mondiale di carne di pollame è passata da 9 a 133 milioni di tonnellate tra il 1961 e il 2020, e rappresenta ora quasi il 40% della produzione mondiale di carne. Considerando lo stesso arco temporale, la produzione mondiale di uova è aumentata da 15 a 93 milioni di tonnellate. Limitatamente agli ultimi tre decenni, la produzione mondiale è aumentata del 150% con la gran parte della crescita registrata nel continente asiatico dove la produzione è quasi quadruplicata.

Con riferimento alla situazione italiana, nell'ambito della produzione di alimenti di origine animale, le produzioni avicole sono le sole che garantiscono l'autosufficienza, con un tasso di autoapprovvigionamento intorno al 100% sia per le carni bianche che per le uova, in grado

di assicurare peraltro anche una certa quota di export per il comparto carni. Oltre a ciò, va fatto presente che le carni bianche risultano da tempo le più consumate dagli italiani.

In un contesto caratterizzato da forte instabilità dei prezzi dell'energia e delle materie prime che può fortemente condizionare lo stato di salute del settore, le sfide principali che l'avicoltura si trova a dover affrontare sono quelle relative alla salute e del benessere degli animali allevati e all'impatto ambientale delle attività di allevamento.

Due aspetti rilevanti sono quelli della biosicurezza degli allevamenti e delle problematiche di salute e benessere degli animali, entrambe legate al miglioramento genetico che ha prediletto i caratteri produttivi, e ai sistemi di allevamento.

In merito all'impatto ambientale degli allevamenti, pur tenendo conto che per unità di prodotto (es. kg di proteine) la produzione di carni avicole e di uova risulta molto più efficiente e meno impattante sull'ambiente

se confrontata con quella di proteine derivanti dai ruminanti e dai suini, il settore dell'allevamento avicolo è comunque chiamato a fare la sua parte per ridurre il proprio contributo al consumo e alla perdita di qualità del suolo e dell'acqua nonché al deterioramento della qualità dell'aria.

Quali le strategie per aumentare la sostenibilità

Sul fronte della biosicurezza, sarà importante il rispetto delle norme e l'implementazione dei protocolli, essenziali per assicurare la sostenibilità e l'affidabilità del settore avicolo, la sicurezza alimentare e gli standard elevati di salute pubblica in una logica one health.

Per quanto riguarda la salute e il benessere degli animali, le aziende selezionatrici dovranno intensificare gli sforzi per mantenere i caratteri "salute e benessere" all'interno dei propri programmi di selezione. La normativa sul benessere, in continuo aggiornamento, continuerà certamente a imporre modifiche graduali nella gestione degli allevamenti (es. riduzione della densità) tali da migliorare ulteriormente le condizioni di salute e benessere animale. La mitigazione dell'impatto ambientale negli allevamenti avicoli richiede un approccio strategico integrato che può

prevedere l'adozione di tecnologie innovative all'interno dei fabbricati (es. monitoraggio digitale della qualità dell'aria e della salute/benessere animale, alimentazione di precisione. ecc.), la gestione efficiente delle risorse (es. acqua di abbeverata e per i lavaggi), dei rifiuti e delle deiezioni (es. compostaggio), l'efficientamento energetico dei fabbricati e la produzione di energie rinnovabili. Queste strategie, specie se combinate, possono certamente contribuire a rendere la produzione avicola più sostenibile, rispondendo alle esigenze ambientali e sociali del nostro tempo.



4.5. Sistemi integrati agro-silvo-pastorali

I sistemi integrati agro-silvo-pastorali, denominati anche sistemi agroforestali, stanno riscuotendo interesse in molti Paesi, sia europei che extra europei, e soprattutto in quelli maggiormente interessati a fenomeni di cambiamento di uso del suolo finalizzati alla messa a coltura di aree forestali. Una recente analisi condotta da uno specifico Focus Group, promosso dalla commissione europea nell'ambito del partenariato europeo per l'innovazione (EIP- AGRI), ha chiaramente indicato i sistemi agroforestali come la forma di agricoltura in grado di aumentare l'uso efficiente delle risorse, la produttività e la resilienza complessiva dell'agro-ecosistema. Tali sistemi si caratterizzano per applicare un modello di intensificazione sostenibile che presenta numerosi vantaggi. Sono sistemi integrati che prevedono la coltivazione sulla stessa superficie agraria di colture arboree (da legno o da frutto) e di colture erbacee (da granella o foraggiere), con la possibilità di inserire anche l'allevamento degli animali, per sfruttare le risorse foraggiere. Il secondo aspetto è che con questi modelli, lo stesso ettaro di terreno è in grado di fornire fino a tre differenti tipologie di reddito: quello derivante dalla vendita del legno o dei frutti, quello derivante dalla vendita delle granelle e quello derivante dalla trasformazione dei foraggi in carne o latte. A questo si aggiungono altri aspetti legati alla pos-

sibilità di mitigare l'effetto degli allevamenti animali sulle emissioni di gas ad effetto serra e di aumentare l'adattamento degli animali ai cambiamenti climatici. Per quanto riguarda poi la mitigazione, è noto come gli alberi siano in grado di sequestrare quantità importanti di carbonio sia nella biomassa aerea che in quella radicale; è stato inoltre evidenziato un ruolo positivo indiretto legato alla protezione del suolo da fenomeni erosivi e all'aumento della biodiversità.

L'Italia, soprattutto in alcune regioni come la Sardegna, possiede un patrimonio di sistemi agroforestali che hanno da sempre rappresentato forme tradizionali di allevamento e di organizzazione del paesaggio agrario. Esiste sicuramente la necessità di conservare, valorizzare e diffondere questi sistemi che rappresentano un utile strumento di contrasto al fenomeno dell'abbandono delle aree marginali e di conservazione del paesaggio, per riportare biodiversità nei territori eccessivamente semplificati. È altrettanto necessario sviluppare nuovi modelli agroforestali, moderni ed efficienti, pensati per le aree ad agricoltura intensiva, per migliorare la sostenibilità ambientale dei sistemi di produzione e contrastare fenomeni quali l'erosione, la perdita di sostanza organica e le emissioni di gas serra, garantendo al contempo un elevato standard produttivo.

I sistemi zootecnici estensivi sono un elemento importante in aree marginali a rischio di abbandono; essi richiedono una gestione oculata in grado di mantenere l'economicità e la produzione di servizi ecosistemici. In generale, i sistemi di allevamento a carattere estensivo devono affrontare costi di produzione superiori agli altri sistemi e una minore produzione per unità produttiva.



ANALISI DEI PRINCIPALI SISTEMI DI TRASFORMAZIONE E DI CONSERVAZIONE DEI PRODOTTI

5

Le produzioni agroalimentari italiane godono di una notevole reputazione, sia quando sono di carattere industriale, grazie alla presenza di brand di grande prestigio, sia quando sono di carattere artigianale, grazie alla presenza di numerose produzioni DOP, che comportano una valorizzazione delle materie prime, del territorio di origine e della sapienza dei produttori.

Se analizziamo il contributo della ricerca al miglioramento del comparto trasformazione negli ultimi cinquant'anni, possiamo osservare un primo periodo in cui l'obiettivo è stato il miglioramento della conservabilità degli alimenti (si pensi ai progressi nelle tecniche di pastorizzazione e di stabilizzazione degli alimenti), un secondo periodo in cui si è lavorato per esaltare e proteggere la diversità delle produzioni in un'ottica di valorizzazione commerciale e culturale. Dati ormai per acquisiti questi obiettivi, l'attenzione si è ora spostata sulla sostenibilità dei processi.

La comunicazione sul mondo alimentare, quando parla di riduzione dell'impatto ambientale, fa riferimento essenzialmente alla componente primaria della produzione. In riferimento al processo di trasformazione e di conservazione dei prodotti, il pensiero va al non utilizzo di conservanti, coloranti, addensanti, elementi che riguardano la loro qualità, ma che non impattano la sostenibilità del processo, influenzata invece dai consumi energetici, dalla gestione degli scarti e dei reflui, dalla scelta del packaging e dalla catena del sistema di distribuzione.

In effetti, se si considerano gli studi pubblicati sulla valutazione dell'impatto ambientale di alcuni alimenti trasformati, si può osservare come la componente legata alla logistica (approvvigionamento materie prime e mezzi di produzione, distribuzione dei prodotti finiti) pesi più del processo di trasformazione sull'emissione di CO₂, parametro fondamentale nel misurare l'impatto di una attività produttiva. Ci sono poi diversità notevoli tra i processi, legate al tipo di operazioni unitarie che li compongono.

5.1. Innovazioni negli ambienti di produzione

Negli edifici destinati ad ospitare attività di trasformazione di materie prime di origine agricola, le risorse maggiormente utilizzate sono i combustibili fossili, l'energia elettrica e l'acqua, il cui utilizzo può essere ridotto tramite la sinergia di diversi tipi di intervento. Le azioni principali riguardano l'adozione di sistemi passivi di efficientamento o la realizzazione di edifici intrinsecamente ottimizzati per ridurre al minimo il consumo di energia, aumentare il riuso delle risorse idriche e l'autoproduzione di energia elettrica.

Quando un edificio è progettato ex-novo, ed è nota

Una strategia efficace per l'aumento della sostenibilità ambientale delle produzioni alimentari è quella di sviluppare progetti di miglioramento basati sull'analisi, il più possibile completa, del ciclo produttivo, in particolare utilizzando la valutazione del ciclo di vita del prodotto o Life Cycle Assessment (LCA), che possano essere poi adeguatamente comunicati al consumatore attraverso strumenti specifici quali le Dichiarazioni Ambientali di Prodotto e l'impronta di carbonio, di acqua ed quella ecologica (carbon, water ed ecological footprint).

L'approccio LCA, codificato nell'ambito delle norme ISO 14040 e 14044, offre infatti un quadro rigoroso ed una metodologia standardizzata per la quantificazione dei diversi materiali e flussi energetici di rilevanza ambientale di un prodotto o di un processo. Questa metodologia è ampiamente accettata per valutare l'impatto ambientale della produzione e identificare le risorse e i processi ad alta intensità di emissione all'interno del ciclo di vita di un prodotto. La riprogettazione dei processi di trasformazione vede oggi un grande impegno nella riduzione degli sprechi a tutti i livelli (energetici, idrici, riduzione degli imballaggi) e nel recupero e riuso dei sottoprodotti, conciliandoli con la valorizzazione delle materie prime. A tale proposito è fondamentale considerare la necessità di miglioramento delle tecnologie per il post-raccolta e per l'incremento della shelf-life (vita di scaffale) dei prodotti di IV gamma e di quelli poco lavorati (sia ortofruticoli sia di origine animale). Non meno importanti sono la riduzione degli scarti nel corso del processo (efficienza e miglioramento degli impianti di trasformazione, taglio, mondature ecc.) e la riduzione degli effluenti contaminanti (lavaggi, pelature chimiche, ecc.).

Si riportano di seguito, con riferimento agli aspetti fondamentali del ciclo produttivo, alcune possibilità d'innovazione per rendere maggiormente sostenibile la conservazione del prodotto dopo la raccolta o la sua trasformazione a scopo alimentare.

fin dall'inizio la sua destinazione d'uso, si può affrontare più facilmente una progettazione "energy saving", ad esempio con l'impiego di biomateriali e prodotti specifici per l'edilizia agroindustriale, finalizzati all'incremento della sostenibilità, ma anche a tutela della sicurezza degli alimenti e degli operatori, evitando cessioni di sostanze nocive dovute alla loro lenta degradazione.

Nella realtà produttiva italiana sono però molto frequenti i casi di edifici a destinazione produttiva che non sono stati progettati con quella specifica destinazione d'uso, ma riconvertiti per ospitare processi agroindu-

striali. In questi casi è più difficile mutare drasticamente le condizioni di isolamento termico e la messa in opera di materiali isolanti può richiedere molti interventi strutturali. Divengono in questi casi fondamentali altri tipi di innovazione che insistono più specificamente sull'ambiente di lavoro, quali l'ottimizzazione energetica e il controllo microclimatico e fluidodinamico degli edifici, nonché l'applicazione di tecniche e sistemi smart per il monitoraggio e il controllo microclimatico degli ambienti di lavorazione e trasformazione.

Relativamente all'introduzione di innovazioni nelle tecnologie di trasformazione a ridotto impatto ambientale e di risorse, si dovranno considerare l'introduzione di

efficaci sistemi di controllo di qualità, con applicazione di una sensoristica avanzata per il controllo di parametri di processo, delle rese produttive e della qualità dei prodotti (digital processing, digital food factory). Inoltre, è ormai sviluppata e matura la possibilità di introduzione di processi cosiddetti non termici per la riduzione dell'impatto ambientale, dei consumi idrici e di quelli energetici nella stabilizzazione degli alimenti come le alte pressioni isostatiche e l'omogeneizzazione, i campi elettrici pulsati, l'uso di ultrasuoni, l'uso del gas plasma a freddo e i trattamenti di disidratazione osmotica e impregnazione sottovuoto.

5.2. Innovazioni nella conservazione e nella trasformazione

Nell'ambito della trasformazione, l'impegno della ricerca è volto a favorire la maggior efficienza degli impianti e la miglior organizzazione del processo. A tal fine risulta di grande interesse lo sviluppo di indicatori di consumo energetico e idrico (intesi sia come fabbisogno totale, sia come fabbisogno di risorsa richiesta dalla rete di approvvigionamento) e di CO₂ emessa, riferiti all'unità di prodotto. Tali indicatori potrebbero essere specificatamente calibrati sul comparto agroalimentare, per addivenire ad una quantificazione del carico ambientale del prodotto finito.

Un tema importante è quello della progettazione integrata

ottimizzata in grado di considerare congiuntamente gli aspetti e le variabili del processo di trasformazione alimentare e del sistema edificio-impianti. Ne è un esempio la progettazione indicata con gli acronimi ZEB/nZEAB (nearly Zero Energy Agroindustrial Building), che riguarda edifici agroindustriali a bassissimo consumo energetico, autosufficienti dal punto di vista energetico (off-grid) e autosufficienti dal punto di vista idrico (sistemi di accumulo e riuso), nonché per il sequestro/stoccaggio della CO₂ prodotta nel processo (ad esempio, la fermentazione nella produzione di bevande alcoliche).

BOX 8

Sostenibilità nella filiera vitivinicola

La sostenibilità in questo importante comparto ha visto un notevole impegno da parte dei produttori, soprattutto nella prima parte della filiera dedicata alla produzione dell'uva, ma non sempre con una visione completa rispetto ai tre pilastri della sostenibilità (ambientale, economica ed etica). Gli aspetti ambientali della sostenibilità, soprattutto nella gestione del vigneto, ed in particolare il regime di impiego dei fitofarmaci, hanno spesso monopolizzato l'attenzione dei consumatori, facendo sotto-

valutare ai produttori altri aspetti altrettanto importanti, quali il risparmio in termini di CO₂ emessa, la razionalizzazione del consumo di acqua, il riuso in termini circolari dei sottoprodotti. A questa situazione ha contribuito certamente la diffusione di un concetto distorto di "naturalità" dei vini, secondo il quale si dovrebbe tornare indietro, alla produzione di un vino ancestrale, dimenticando i progressi della conoscenza acquisiti nei campi della patologia vegetale, della microbiologia e della genetica.

Si assiste quindi alla riduzione, a volte drastica, della produzione per ettaro, soprattutto nelle annate difficili per l'andamento climatico, e alla presenza sul mercato di vini difettosi, ma esaltati da enfatiche descrizioni di naturalezza. L'introduzione dei vitigni resistenti (PIWI) alle principali crittogame della vite (peronospora in particolare) ha dato un significativo contributo alla riduzione dell'impiego di fitofarmaci per la difesa della vite. Queste varietà sono ottenute attraverso l'ibridazione, ovvero la feconda-

zione tra piante di specie diverse del genere *Vitis*, e possono avere una parte minima del patrimonio genetico di specie diverse da *V. vinifera* a cui invece appartengono la totalità delle cultivar ammesse nella produzione di vini DOP (DOC o DOCG) in Italia. Dal punto di vista del processo di vinificazione non comportano alcuna differenza rispetto alle uve dei vitigni tradizionali, ma sulla valutazione del profilo sensoriale di vini PIWI esistono differenti posizioni tra coloro che sostengono l'incapacità di questi vitigni, rispetto ai tradizionali, di incarnare e riflettere il terroir di origine, conferendo ai vini minore eleganza e qualità, e i sostenitori dei vini PIWI che affermano la difficoltà, in degustazioni alla cieca, nel distinguere i vini PIWI dai vini tradizionali. Ad oggi alcune regioni hanno già ammesso i PIWI nella produzione di vini IGT ed è aperto il dibattito sulla possibile ammissione nella produzione dei DOP. In attesa che

nuove vie al miglioramento genetico (TEA, tecniche di evoluzione assistita) siano ammesse e i loro frutti sperimentati, i PIWI rappresentano l'unica evoluzione disponibile, con tutte le possibili limitazioni.

Chi intende produrre vino in modo veramente sostenibile investe in tecnologia e in ricerca e non rifiuta la conoscenza. I trattamenti indispensabili in vigneto li applica in modo mirato e quando ve ne è un reale bisogno, assumendo la decisione in base a misure ambientali fatte con sistemi avanzati, definiti da protocolli derivati dalla viticoltura di precisione. Anche in cantina la sensibilità è cambiata: oltre ad una riduzione di additivi e conservanti, resa possibile da una migliore pulizia e da una gestione enologica basata sulle nuove conoscenze chimiche e microbiologiche, si considera con nuova attenzione il problema delle acque reflue e del loro impatto sui corpi d'acqua recettori degli scarichi. Grande at-

tenzione è anche dedicata alla ottimizzazione del condizionamento della temperatura dei mosti e dei vini, razionalizzando i processi ed introducendo fonti di energie rinnovabili. Nelle nuove realizzazioni di cantine la progettazione con l'uso di simulatori ha drasticamente ridotto i bisogni di condizionamento termico. Altri contributi fondamentali alla decarbonizzazione sono venuti dalla riduzione del peso delle bottiglie in vetro e dalla adozione di chiusure totalmente riciclabili. Un concetto di reale sostenibilità, certificata si sta fortunatamente diffondendo tra le aziende. Esso è basato su un approccio "dal principio alla fine" che considera l'intera filiera produttiva a partire dalla produzione dell'uva, passando poi alla vinificazione, al confezionamento, alla distribuzione, alle buone pratiche per lo smaltimento e il riciclaggio dei rifiuti, il tutto in modo trasparente e corretto dal punto di vista dei rapporti con il personale.

Per l'ottimizzazione della conservazione dei prodotti ortofrutticoli, anche per eliminare l'eventuale impiego di prodotti chimici in post-raccolta, si utilizzano impianti per il controllo della temperatura, in cui la riduzione dei consumi è possibile attraverso il controllo intelligente dei ricambi d'aria. Il ricambio è possibile anche all'interno delle confezioni perché i contenitori moderni possono essere dotati di dispositivi che consentono scambi controllati bidirezionali di gas con l'esterno. Questi scambi possono anche essere selettivi in termini di molecole di gas in entrata e in uscita dal contenitore.

La riduzione dell'impatto ambientale può anche essere perseguita tramite l'utilizzo di energie elettriche da fonti rinnovabili, inclusa la valorizzazione rifiuti.

Un fattore rilevante non solo per il contenimento dell'impatto delle fasi di formulazione e trasformazione, ma di interesse generale per la produzione alimentare nel suo insieme, è la possibilità di utilizzo di fonti proteiche alter-

native a minore impatto ambientale (alghe, proteine da microorganismi, insetti, ecc.) rispetto alle fonti convenzionali di proteine animali. Nuove forme di formulazioni e di produzione di alimenti complessi, multifasi e particolari, con minore impatto, sono forse possibili mediante l'uso della stampa 3D.

Per molte derrate alimentari che devono essere conservate (es. ortofrutta), gli sforzi per migliorare la sostenibilità in campo sarebbero vanificati se non fosse possibile una loro adeguata conservazione per preservarne la qualità, per rallentarne la degradazione fisiologica e per impedire lo sviluppo di marciumi. In questo settore esistono margini di miglioramento tecnologico per la valutazione non distruttiva della qualità, per l'ottimizzazione dei protocolli di conservazione, per l'utilizzo di alternative ai composti di sintesi, per il controllo dei patogeni post-raccolta e delle fisiopatie e per la riduzione degli scarti.

5.3. Valorizzazione di sottoprodotti o scarti di processo

L'odierno impianto legislativo consente di valorizzare un gran numero di sottoprodotti dell'agricoltura e dell'agroindustria sottraendoli in tal modo dal circuito dei rifiuti da smaltire e inserendoli in un circuito virtuoso per il recupero di energia sotto forma di biogas o di biometano, o come materia organica come nel caso del digestato, materiale residuo al termine della digestione anaerobica. Rispetto ai residui e sottoprodotti non sottoposti al processo di digestione anaerobica, il digestato mostra una sostanza organica parzialmente stabilizzata, una ridotta fitotossicità ed un migliore rapporto car-

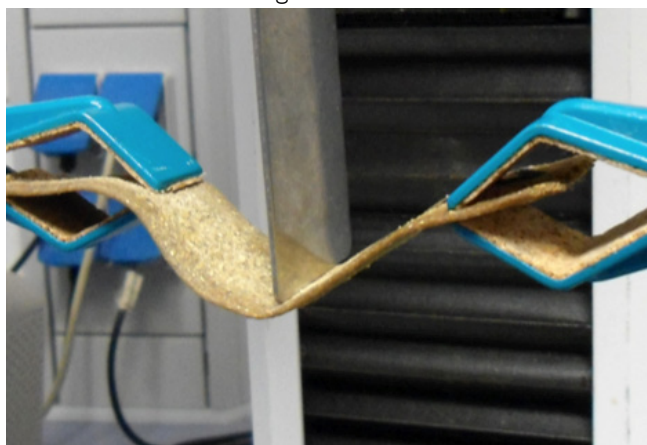
bonio/azoto, tutti parametri che ne rendono migliori le caratteristiche agronomiche.

Da ricordare anche il recupero di frazioni fibrose, frazioni antiossidanti e specifiche molecole dai sottoprodotti di vinificazione, di estrazione dell'olio di oliva e dai residui dell'industria di lavorazione della frutta (pomodoro e mela) e la messa a punto di strategie tecnologiche per utilizzare le frazioni recuperate in alimenti finiti, aumentandone il valore aggiunto mediante l'ottimizzazione della formulazione in relazione alla stabilità chimico-fisica e al gradimento da parte del consumatore.

5.4. Gli imballaggi

Di grande attualità è la ricerca di imballaggi da residui della lavorazione di prodotti agricoli, come sostituti della plastica. Finora i biomateriali prodotti derivano perlopiù da processi di estrazione di singoli componenti da scarti vegetali (polisaccaridi da pomodoro, cellulosa, emicellulose, pentosano, pectine e/o lignina, amido di mais) mediante processi termici o chimici o, più raramente per digestione enzimatica (es. brevetto tedesco EP0506650 BI). Esistono inoltre biomateriali derivanti da cereali a basso amilosio, da farina di legumi (brevetto USA) o il Mater-Bi, materiale termoplastico biodegradabile e compostabile, costituito da componenti naturali (amido di mais e oli vegetali) e da poliesteri sintetici biodegradabili (brevetto italiano). In quasi tutti i casi, il processo di produzione prevede in qualche sua fase l'uso della chimica di sintesi. Vale la pena qui ricordare invece il brevetto nazionale n. 102014902305083 dell'Università di Foggia, che prevede la produzione di materiale da imballaggio biodegradabile e compostabile, riciclando gli

scarti di produzione proveniente dalle industrie alimentari, tramite un processo interamente di natura fisica, senza l'aggiunta di prodotti di sintesi. Il risultato è un materiale simile al cartone, formabile, più impermeabile del cartone all'umidità, ottenuto con la contemporanea riduzione dei costi di smaltimento degli scarti di lavorazione industriale.



CONVIVENZA TRA COLTIVAZIONE INTENSIVA ED ESTENSIVA

6

L'intensificazione sostenibile ha l'obiettivo di incrementare le produzioni, mantenere a livelli equi il reddito degli operatori, riducendo gli impatti ambientali. Per questo è necessario prevedere un'analisi di base del territorio e degli ordinamenti colturali esistenti, per capire dove si può pensare di intensificare alcune aree o alcune forme di agricoltura, ad esempio la produzione biologica, e dove, invece, la coltura estensiva rimane la migliore soluzione possibile. Secondo Buckwell et al. (2014) infatti, più del 40% della SAU italiana non sarebbe adatta ad un'ulteriore intensificazione per motivi legati all'attitudine dei suoli. In questo senso, è essenziale completare le conoscenze pedologiche necessarie ad una idonea stesura delle attitudini d'uso degli spazi rurali disponibili e recuperare dati aggiornati, che distinguano in modo affidabile l'attuale uso del territorio, identificando la SAT e la SAU, al netto dei cambiamenti intercorsi negli ultimi decenni, che hanno fortemente ridotto entrambi questi essenziali parametri

produttivi, a causa della polarizzazione tra consumo di suolo e abbandono.

Le aree di collina e di montagna dell'arco Alpino e dell'Appennino, quelle a maggior rischio di abbandono e, allo stesso tempo, a più alto rischio erosivo e di dissesto idrogeologico, rappresentano un'opportunità. Nella sola Italia centro-settentrionale esse costituiscono circa il 45% del territorio. Riuscire a rimettere in produzione una parte di questa importante aliquota di territorio costituisce un contributo importante all'economia del Paese. Al fine di rendere produttive le aree marginali della collina e della montagna, sono necessarie scelte strategiche e politiche di supporto ben mirate. Oltre alle attività selvicolturali che, come già accennato, possiedono grandi potenzialità, tra le diverse attività agricole, quella zootecnica sembra essere la più adatta a valorizzare tali aree, soprattutto se declinata nelle sue forme semi-estensive.

BOX 9

Rigenerazione e valorizzazione sostenibile delle aree rurali

Il ruolo strategico del settore agricolo, alimentare e forestale nell'ambito del complessivo sistema economico nazionale e nel contesto europeo e internazionale assume un ruolo sempre più rilevante. Gli strumenti normativi che definiscono tale ruolo sono riconducibili al Piano Strategico della PAC (PSP) 2023-2027, da un lato, e al Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza, dall'altro. Entrambi i Piani perseguono gli obiettivi del potenziamento della competitività del sistema in un'ottica sostenibile, il rafforzamento della resilienza e della vitalità dei territori rurali, la promozione del lavoro agricolo e forestale di qualità e la sicurezza sui posti di lavoro.

Le aree rurali e interne sono caratterizzate da una forte concentrazione di situazioni di marginalità per le imprese agroforestali che vi operano. Questo ha portato a un loro progressivo abbandono da parte delle popolazioni residenti

e, di conseguenza, a un degrado territoriale che ne compromette la stabilità ecologica e sociale. Tuttavia, queste aree possiedono un grande potenziale per la produzione di alimenti tipici e di alta qualità. Così come è rilevante il ruolo che tali aree possono avere nel garantire la salvaguardia del paesaggio, nell'offrire la possibilità di spazi ricreativi e nel contribuire alla stabilità del territorio. Le politiche di sviluppo rurale sono finalizzate a fornire strumenti e incentivi capaci di promuovere tali produzioni, migliorare la competitività del settore agroalimentare attraverso pratiche sostenibili e l'innovazione, e, conseguentemente, ricreare condizioni di redditività che possano attrarre nuovi investimenti. Questo potrebbe non solo fermare lo spopolamento, ma anche contribuire a un progressivo ripopolamento. La valorizzazione delle risorse locali, la promozione

di un'agricoltura sostenibile e il miglioramento della qualità della vita nelle comunità rurali sono elementi fondamentali per una strategia di rigenerazione territoriale. Una particolare attenzione delle politiche dovrebbe sempre più essere orientata a rafforzare le infrastrutture locali, come le reti digitali e i servizi di base, al fine di rendere queste aree più attrattive e vivibili.

In questo contesto, le aree rurali del nostro Paese rappresentano sicuramente un patrimonio da salvaguardare e valorizzare in quanto la loro esistenza permette di mantenere attivo il legame dei nostri prodotti alimentari con il territorio e ciò rappresenta un valore non solo per la competitività del settore, ma anche per la tenuta socioeconomica del territorio.

All'interno delle numerosissime aree di intervento del Piano strategico della PAC spesso troviamo scritto che la sostenibilità è stret-

tamente connessa ad obiettivi quali il miglioramento dell'orientamento al mercato, l'aumento della competitività dell'azienda agricola attraverso una maggiore attenzione alla ricerca, la tecnologia e la digitalizzazione. Così come tra gli altri obiettivi troviamo quelli di promuovere l'attrazione e il sostegno nei riguardi dei giovani agricoltori, mediante lo sviluppo imprenditoriale sostenibile, al fine di garantire il permanere della loro presenza nelle zone rurali.

Gli interventi previsti nel PSP sono più di 170 e le risorse che sono state messe a disposizione dall'UE ammontano a 37 miliardi di euro nel quinquennio 2023-2027. Di queste risorse 7 miliardi sono esclusivamente riservati ad interventi per lo sviluppo rurale a cui si aggiungono quasi 9 miliardi di cofinanziamento nazionale, pari al 55% della componente comunitaria.

Una delle novità della programmazione 2023-2027 è costituita proprio dal fatto che lo Sviluppo Rurale si inserisce all'interno del Piano Strategico della PAC, con un approccio di tipo nazionale al cui interno sono prese in considerazione le esigenze delle singole regioni (specificità regionali).

Le politiche di sviluppo rurale, sempre sotto la condizione di sostenibilità, prevedono di modernizzare l'agricoltura promuovendo e condividendo le conoscenze, l'innovazione e la digitalizzazione e incoraggiando l'applicazione da parte degli agricoltori, attraverso un migliore accesso alla ricerca, allo scambio

di conoscenze e alla formazione.

In particolare, secondo quanto previsto dall'Art. 69 del Regolamento (UE) 2021/2115, lo Sviluppo Rurale prevede la programmazione di 8 tipi di intervento:

- 1) pagamenti per impegni ambientali, climatici e altri impegni in materia di gestione;
- 2) pagamenti per vincoli naturali o altri vincoli regionali specifici;
- 3) pagamenti per svantaggi regionali specifici a causa di determinati requisiti obbligatori;
- 4) investimenti;
- 5) insediamento giovani agricoltori e avvio di imprese rurali;
- 6) strumenti di gestione del rischio;
- 7) cooperazione;
- 8) scambio di conoscenze e informazioni.

Quanto previsto dall'Art. 69 del Regolamento (UE) sopra citato è stato poi declinato in un totale di 76 interventi nazionali contenenti le diverse specificità di tipo regionale. Ogni Regione, attraverso un'analisi dei propri fabbisogni e delle proprie priorità, si è mossa cercando di perseguire obiettivi peculiari mirati ad affrontare le caratteristiche del contesto territoriale e socio-economico di riferimento. Tutte le Regioni hanno dato uno spazio particolare agli investimenti ed alle tematiche agro-climatico ambientali, in linea con gli obiettivi della strategia nazionale e alla gestione del rischio. Merita ricordare tra gli interventi, anche se finanziati in misura ridotta, quelli dedicati a promuovere l'innovazione, la formazione, lo scambio

e la diffusione delle conoscenze. Tale sistema è identificato comunemente dall'acronimo inglese AKIS (Agricultural Knowledge and Innovation System). L'AKIS può includere aziende agricole, altre imprese legate al mondo agro-alimentare, consulenti, università ed enti di ricerca, enti di formazione, stakeholder istituzionali e altri attori che a vario titolo sono coinvolti nelle attività di crescita del settore mediante le tecnologie, l'innovazione, l'avanzamento culturale del capitale umano. Tutto ciò è importante perché il cambiamento delle relazioni esistenti tra agricoltura, società e ambiente, legato all'aumento della popolazione, alla diminuzione delle risorse naturali a disposizione, alla pressione sull'ambiente e al cambiamento climatico, necessita di attivare un momento di confronto per affrontare le nuove sfide che il mondo agricolo si troverà davanti. Gli interventi di sviluppo rurale sono distribuiti tra le Regioni attraverso la concertazione che avviene all'interno della Conferenza Permanente Stato-Regioni. Da evidenziare che nella quota di risorse destinate allo sviluppo rurale sono confluiti anche i trasferimenti che l'Italia ha deciso di effettuare dal FEAGA al FEASR (Fondo europeo agricolo di garanzia e Fondo europeo agricolo di sviluppo rurale), uno dei due strumenti di finanziamento della PAC (Politica Agricola Comune) per sostenere il settore biologico (90 milioni di euro/anno) e per favorire la politica di ricambio generazionale (36 milioni di euro/anno).

Le superfici foraggere (sia pascoli che prati) gestite estensivamente soddisfano la produzione di molti servizi ecosistemici richiesti dai cittadini, come il mantenimento del paesaggio, della biodiversità e di conservazione di razze

locali. Poiché la gestione estensiva del prato comporta una riduzione della produttività, è necessario che tali produzioni zootecniche abbiano elevata qualità e che allo stesso processo di produzione possa essere riconosciuto

un valore in termini di prezzo di vendita. Esse richiedono inoltre un processo di autenticazione e tracciabilità per garantirne la genuinità (prevenzione della contraffazione) e una comunicazione efficace dei valori ecologici e sociali, che la sottendono.

Pensiamo infine anche alle forme di agricoltura “eroica, part-time, di sussistenza, familiare e di imprenditoria giovanile o di ritorno”, che valorizzano la agro-biodiversità in tutte le sue componenti, come valore aggiunto, oltre che come

elemento sostanziale del paesaggio agrario e forestale. Ciò favorisce processi resilienti e cura di campi, boschi e foreste tanto nei paesaggi naturali e rurali, quanto in quelli periurbani, e aiuta a riportare i sistemi agroforestali al ruolo di fornitori di molteplici servizi ecosistemici. Queste forme di agricoltura, per essere sostenibili anche sul lato economico, devono spesso poter riuscire a differenziare il prodotto mediante attività di autenticazione e tracciabilità e sua valorizzazione con strategie di informazione e marketing.

6.1. L'importanza del paesaggio

La priorità nella ricerca e nelle politiche per l'agricoltura italiana devono conciliare gli aspetti economici e di sostenibilità ambientale con la centralità del paesaggio. Il paesaggio è un'entità articolata, fatta di relazioni complesse, la cui configurazione e natura determinano qualità misurabili in aspetti tangibili (metrici ad esempio) e intangibili (immateriali), come il mantenimento della cultura e della tradizione. Tra le sfide più rilevanti che le politiche nazionali e comunitarie si trovano a dover affrontare a diversi livelli di scala, vi è quella del paesaggio, sempre più concepito come risorsa, nel senso più ampio del termine: da una connotazione estetica e culturale propria dei primi decenni del secolo scorso, elitaria e avulsa dal contesto socioeconomico, all'odierno elemento strategico del modello di sviluppo sostenibile, che molte comunità vanno condividendo. Paesaggio, dunque, come elemento di integrazione e raccordo fra settori, contesti e azioni. La pianificazione e la progettazione sostenibile del paesaggio rurale rappresentano elementi chiave, espressione sia degli aspetti produttivi, che di quelli ambientali, sociali ed economici, strettamente legati ai servizi ecosistemici e alla sostenibilità. Date le sempre più complesse funzioni del paesaggio rurale in termini produttivi e ambientali e le sue interazioni con i sistemi insediativi e socioeconomici, è sempre più attuale l'esigenza di disporre di strumenti di pianificazione territoriale e paesaggistica, in grado di tenere in considerazione le esigenze specifiche del settore agricolo, agroalimentare e forestale e al contempo la compatibilità paesaggistica ed ambientale degli interventi, cogliendo le opportunità di miglioramento agro-ambientale e paesaggistico legate alla multifunzionalità dell'agricoltura. La pianificazione paesaggistica di nuova generazione deve essere attiva e non soltanto vincolistica, e dimostrare il suo valore strategico. Questo vale soprattutto per la tutela e la conservazione (si pensi alla sparizione degli altissimi valori di biodiversità legati alle aree aperte, alle praterie e ai pascoli e all'agricoltura di montagna, in un contesto in cui tante frazioni, contrade, paesi e borghi

montani sono ormai assediati o inghiottiti dal ritorno dei sistemi forestali) in connessione con le possibilità di integrazione della gestione dell'uso del territorio con i criteri di finanziamento per lo sviluppo rurale e il sostegno al settore primario, agro-silvo-pastorale. L'obiettivo dell'integrazione di tali politiche e dei rispettivi strumenti di pianificazione appare quindi estremamente attuale, anche in riferimento all'introduzione di questioni relative al paesaggio all'interno degli orientamenti strategici della UE.



Le esigenze di conservazione del paesaggio e di identità culturali specifiche devono essere affrontate da politiche che consentano una “coerenza paesaggistica”, in accordo con la valorizzazione delle eccellenze della produzione agricola. Il paesaggio non può essere considerato come un museo del territorio. L'efficacia della pianificazione è subordinata alla natura interdisciplinare delle analisi delle varie caratteristiche del paesaggio rurale per l'attuazione di specifiche politiche di gestione. Infatti, è la razionalizzazione della destinazione di uso dei suoli a rimanere il tema principale per il futuro. La terra, oggetto da sempre insieme all'acqua di conflitti, oggi più o meno evidenti e consapevoli, sarà sempre più la vera risorsa limitante. La *ratio* su cui si basa l'intensificazione sostenibile in agricoltura ritiene che

essa dia maggiori garanzie di soddisfare i fabbisogni della popolazione a minori costi economici ed ecologici rispetto ad uno scenario in cui, per ottenere produzioni analoghe in modo estensivo, sarebbe necessario un ampliamento degli spazi coltivati. La lotta al consumo dei suoli agrari, a partire dai più fertili e potenzialmente produttivi deve diventare priorità assoluta delle politiche nazionali agrarie e territoriali.



6.2. Agricoltura e turismo

L'importanza dell'ospitalità e del turismo rurale è ben nota: la maggior parte dei viaggiatori acquista e porta con sé prodotti enogastronomici da consumare e regalare. Il potenziale dei prodotti tradizionali come volano di crescita è altissimo: essere capaci di raccontare storie vere, individuali (produttore) o collettive, da cui emergano valori che chi acquista possa riconoscere con "autenticità", rappresenta un altro mezzo per la salvaguardia e la sopravvivenza del territorio come patrimonio vivo, ed in continua evoluzione. Le minacce attuali sono nelle distorsioni del mercato turistico che può spostare l'asse portante verso l'ospitalità ad altissimo valore aggiunto più che investire sul miglioramento produttivo. I sistemi estensivi sono legati ad una serie di beni e servizi ambientali verso i quali la popolazione locale e i turisti esercitano una domanda. Il

paesaggio agro-zootecnico estensivo in particolare, con i suoi prati e i pascoli e gli alberi e i boschi e i punti d'acqua, è fortemente legato alla storia e tradizione di un luogo. Allo stesso modo i turisti richiedono all'ambiente determinate caratteristiche. L'integrazione e la gestione di nicchie territoriali favorisce il mantenimento di prodotti tipici e materie prime rare anche nei territori economicamente marginali, e questo va valorizzato e non deriso o dimenticato. Un approccio transdisciplinare che superi i confini tra i diversi ecosistemi, agricoli, forestali, pascolivi, e li consideri come un unicum in un continuo territoriale che segue un gradiente di naturalità, dai boschi vetusti alle periferie delle grandi città, aiuterà a ridare valore a tutte le forme di agricoltura, rimarginando uno strappo culturale ancor prima che ecologico e produttivo-funzionale.

BOX 10

La bioeconomia (a cura di Davide Viaggi)

Nel 2018, il Global Bioeconomy Summit ha definito la bioeconomia come la produzione, l'utilizzazione e la conservazione di risorse biologiche, incluse le relative conoscenze, scienza, tecnologia e innovazione, al fine di fornire informazione, prodotti, processi e servizi finalizzati ad una economia sostenibile. La bioeconomia è un processo di trasformazione sociale dinamico e complesso, che richiede una prospettiva politica di lungo termine. Si tratta quindi sia di un concetto, sia di un meta settore,

che raggruppa tutti i settori che utilizzano le risorse biologiche, punta fortemente sull'innovazione e tende alla circolarità e alla sostenibilità.

La bioeconomia, pur fondata sul lavoro pionieristico di varie discipline nella seconda metà del secolo scorso, ha assunto crescente importanza in Europa a partire dal Settimo Programma Quadro per la ricerca. Tale importanza è aumentata in particolare dopo la pubblicazione della prima strategia europea nel 2012, poi rivista nel 2018 (European

Commission, 2018). I programmi quadro successivi (Horizon 2020 e Horizon Europe), insieme all'iniziativa Bio-Based Industries Joint Undertaking (BBI JU), ora Circular Bioeconomy Europe (CBE JU), hanno ulteriormente aumentato del peso della Bioeconomia nella ricerca e la sua integrazione nelle sfide sociali e ambientali alle quali la ricerca è chiamata a rispondere. L'Italia ha adottato la propria strategia sulla bioeconomia nel 2017, seguita dal piano d'azione per l'implementazione della stra-

tegia (Presidenza del Consiglio dei Ministri, 2017, 2021).

In questo percorso, il concetto di bioeconomia ha interagito nel tempo con l'attenzione all'economia circolare, alla sostenibilità, alla lotta al cambiamento climatico e alla resilienza, portando ad una revisione del concetto stesso di bioeconomia verso quello di bioeconomia circolare. Le produzioni alimentari e l'agricoltura sono da sempre i settori che offrono il maggiore contributo alla bioeconomia in termini di valore aggiunto prodotto e di occupazione; questo rilievo, particolarmente importante nel contesto italiano, è stato rafforzato dalle conclusioni del Consiglio Europeo del 26/4/2023 sulla bioeconomia, che focalizzano l'attenzione proprio sull'economia rurale (Council of the European Union, 2023).

L'interesse del concetto di bioeconomia per le scienze agrarie è motivato da tre ordini di ragioni. In primo luogo, la bioeconomia pone l'attenzione su nuove opportunità tecnologiche (genetica, biotecnologie) e filiere, come la produzione di bioenergia, il riciclo e il riuso di biomassa, l'utilizzazione degli scarti e dei residui colturali, i nuovi prodotti bio-based in svariati ambiti di applicazione (costruzio-

ne, farmaceutica, abbigliamento, plastiche etc.). In secondo luogo, la bioeconomia richiama una visione di sistema, che enfatizza le relazioni tra le varie filiere, settori e sotto-settori ed il rapporto dinamico con l'ambiente e gli ecosistemi, permettendo di comprendere meglio le dinamiche di sistemi socio-ecologici complessi. Infine, è fondamentale la focalizzazione della bioeconomia sull'innovazione, che conferisce un ruolo centrale alle missioni del mondo universitario (ricerca, educazione e terza missione) e al suo contributo ai sistemi dell'innovazione su un ampio range di scale geografiche.

Si prevede che diversi elementi favoriranno in futuro il consolidarsi della visione portata dalla bioeconomia circolare. Tra questi si ricordano le nuove tecnologie della genetica e della digitalizzazione, l'attenzione ad economie sostenibili e circolari, la necessità di una produzione nazionale e rinnovabile di energia, la gestione dei rifiuti, la minaccia del cambiamento climatico, le nuove forme di comunicazione e decisione, i nuovi rischi associati ad economie ed ecosistemi fortemente connessi ma a volte estremamente fragili. Questi temi contribuiranno alle tendenze, già in corso, di crescente interazione

tra le filiere, di dialogo diretto tra produzione e consumatori/cittadini e di diffusione dell'idea di bioeconomia e di strategie sempre più integrative.

Tutto questo ha il potenziale di aumentare l'efficienza dei processi produttivi, ridurre l'impatto sugli ecosistemi e sul clima ed incoraggiare una trasformazione in grado di condurre a percorsi sostenibili di sviluppo. Peraltro, si tratta di approcci e tecnologie che non sono esenti da trade-off tra diversi obiettivi di sostenibilità e quindi richiedono non solo nuove soluzioni tecnologiche ma anche processi partecipati di valutazione e decisione.

A questa importanza crescente fa riscontro spesso una certa difficoltà di orientamento nel tema, alla quale contribuisce la natura sistemica e inter- e trans- disciplinare della bioeconomia, le ambiguità delle definizioni ed i limiti delle basi statistiche, tipiche di un ambito in fase di formazione.

La collocazione delle varie discipline delle scienze agrarie nel trattare la bioeconomia è stata illustrata durante il XX convegno. A questo riguardo si rimana al volume n. 5 dei Quaderni di AISSA e alle presentazioni (disponibili sul sito AISSA).

Council of the European Union, 2023. Conclusions on the opportunities of the bioeconomy in the light of current challenges with special emphasis on rural areas. Bruxelles.

European Commission, 2018. A sustainable bioeconomy for Europe: strengthening the connection between economy, society and the environment. Updated Bioeconomy Strategy. Bruxelles.

Global Bioeconomy Summit. (2018). 2018 Global Bioeconomy Summit Conference Report. http://gbs2018.com/fileadmin/gbs2018/GBS_2018_Report_web.pdf.

Presidenza del Consiglio dei Ministri, 2017. La bioeconomia in Italia, Roma.

Presidenza del Consiglio dei Ministri, 2021. Piano d'azione (2020-2025) per l'attuazione della strategia italiana per la bioeconomia BIT II.

CONCLUSIONI

L'analisi proposta in questo volume evidenzia innanzitutto la complessità del tema "intensificazione sostenibile" ed il fatto che non possa esistere per l'agricoltura italiana, nella sua grande varietà di ambienti, di specie e di sistemi produttivi, una sola interpretazione della sostenibilità. Per ogni coltura o filiera in un determinato ambiente vanno identificati i problemi e le soluzioni, tenendo sempre in considerazione la necessità di conciliare la sostenibilità ecologica con la redditività per l'azienda agricola. Ogni scelta dovrebbe essere inoltre basata su valutazioni legate a costi e benefici ed essere esaminata nel medio-lungo periodo; vanno pertanto considerati gli effetti non solo a livello di azienda, ma anche quelli a livello di comprensorio, assieme all'impatto sul paesaggio. In questa situazione, gli indicatori per caratterizzare, misurare e rendicontare il grado di sostenibilità di un sistema produttivo sono spesso disponibili, ma rimane molto da fare per individuare le soglie a cui tendere e quelle da non superare.

La complessità del problema e la presenza di molti indicatori di sostenibilità impongono una definizione di scale di priorità e suggeriscono la necessità di analizzare gli effetti di una tecnica colturale o processo di trasformazione, di una coltura o di una filiera attraverso il "Life cycle assessment", che prende in considerazione contemporaneamente i diversi impatti di tutte le fasi del processo produttivo e di trasformazione.

L'intensificazione sostenibile, con un elevato impiego di «conoscenza» ed integrata in un sistema di bioeconomia, può e deve essere promossa e declinata attraverso varie forme di agricoltura, quali quella integrata, quella biologica, quella conservativa, quella agro-ecologica, rigenerativa, ecc., che devono tutte tendere alla stessa direzione e poter mutuare l'un l'altra le pratiche virtuose che le caratterizzano. Un'agricoltura intensiva e al contempo sostenibile dal punto di vista ambientale deve inoltre poter utilizzare tutti gli strumenti messi a disposizione dal progresso scientifico e tecnologico, e tra di essi anche le nuove biotecnologie e le tecnologie nel settore della comunicazione e informazione, che negli ultimi anni hanno visto progressi prima inimmaginabili. L'Italia deve investire nell'innovazione, nelle infrastrutture, nell'istruzione per far recuperare al settore agricolo nazionale il gap con altri paesi europei come l'Olanda, la Germania e la Francia. Il contesto caratterizzato dal cambiamento e dall'innovazione richiede un salto di qualità nel trasferimento e nella condivisione delle conoscenze. Il contesto del trasferimento delle conoscenze non è più quello dell'assistenza tecnica tradizionale, peraltro fortemente indebolita quando non smantellata in diverse regioni, ma deve piuttosto basarsi sugli *Agricultural Knowledge and Innovation systems* (Viaggi et al., 2022). In tal senso è importante il coordinamento delle

iniziative, purtroppo difficile in un contesto come quello italiano caratterizzato da sistemi di governo regionali e frammentazione dei centri di ricerca. Un punto centrale di questo cambiamento risiede nella necessità di nuove professionalità e nel miglioramento delle attuali, mettendole in condizioni di usare meglio le tecnologie oggi disponibili.

Alcune forme di agricoltura in certi ambienti, ad es. quella biologica per alcune colture ortofrutticole, dovranno inevitabilmente divenire maggiormente intensive, almeno dal punto di vista dell'impiego della conoscenza e della tecnologia; per altre colture ed in altri ambienti, occorre far sì che anche le aziende agricole a basso livello di intensificazione possano essere sostenibili sia dal punto di vista ecologico che economico, grazie ad un riconosciuto collegamento identitario con i luoghi di produzione o tramite il turismo e la ristorazione.

I tempi sono maturi perché possano essere fatti ulteriori passi avanti riguardo alla sostenibilità nell'agricoltura italiana. Ancora una volta, dobbiamo sottolineare l'importanza della Scienza per la Società: basarci sulle evidenze scientifiche è la migliore scelta che possiamo adottare. Al tempo stesso è assolutamente necessario che la società civile sia bene informata sul tema sostenibilità in agricoltura ed in tal senso ci auguriamo che la nostra analisi rappresenti un utile punto di riferimento per i cittadini, per i consumatori ed i vari portatori di interesse, nonché per gli amministratori e per i rappresentanti politici. La democrazia infatti, attraverso il volere dei cittadini, che sono anche consumatori ed eleggono i loro rappresentanti politici, deve promuovere una diffusione sempre maggiore dei sistemi produttivi sostenibili.

Il mondo agricolo deve dialogare di più e meglio con il resto della società civile, la quale, a sua volta, deve diventare più consapevole della complessità del tema sostenibilità, che non può essere liquidato con alcuni slogan. Il difficile periodo vissuto dal nostro Paese, anche come conseguenza della pandemia da Covid-19 e dei conflitti in Europa ha, almeno temporaneamente, rafforzato negli italiani la consapevolezza dell'importanza del sistema agroalimentare. Questo periodo sembra aver anche contribuito a ridare alla Scienza il ruolo che essa dovrebbe avere in un Paese moderno, ossia quello di fornire alla Politica e ai cittadini pareri competenti slegati da interessi di parte e contingenti, e di proporre scenari basati su evidenze scientifiche (Pisante et al., 2022; Viaggi et al., 2022). Serve proseguire su questa linea e continuare ad aumentare la consapevolezza della centralità della produzione agraria e del sistema agroalimentare italiano per il futuro del nostro Paese. Sarebbe pericoloso pregiudicare la sicurezza e la sovranità ali-

mentare e dei prodotti delle risorse naturali rinnovabili forestali, esponendo ulteriormente il Paese alla mercé dell'importazione poco controllata di derrate alimentari o di prodotti di dubbia provenienza, in nome di un mercato internazionale libero e senza regole comuni e controllabili, che garantiscano la qualità dei processi di produzione.

I cittadini hanno il diritto di conoscere con quale livello di sostenibilità è stato prodotto o trasformato ciò che acquistano, ma devono anche essere disposti a remunerare adeguatamente le produzioni maggiormente sostenibili. Serviranno scelte condivise tra produttori e consumatori anche per modificare alcuni paradigmi attuali della qualità dei prodotti. Il raggiungimento di alcu-

ni degli standard qualitativi richiesti per alcuni di essi (es. forma e dimensione dei frutti, colore, l'assenza di difetti estetici, etc.) ha infatti un costo ecologico aggiuntivo, che può essere spesso evitato.

Migliorare la sostenibilità in campo e nei processi di trasformazione non è sufficiente. Occorre da parte di tutti grande attenzione ai consumi alimentari, relativamente alle quantità consumate e agli sprechi.

Gli operatori del mondo agricolo e gli scienziati sono pronti a dialogare con la società civile per migliorare costantemente la sostenibilità dell'agricoltura italiana. Tutti devono assumere impegni di ragionevolezza e di responsabilità, senza speculazioni né oscurantismi.

GLOSSARIO

Agricoltura biodinamica

Si tratta di un sistema agricolo simile in molti aspetti alla produzione biologica, al punto che le produzioni biodinamiche possono anche venir certificate come produzioni biologiche. L'agricoltura biodinamica pone grande enfasi alla fertilità del terreno e alla biodiversità, con regole anche più stringenti rispetto alla stessa agricoltura biologica per quanto riguarda ad esempio sovescio e la certificazione. L'agricoltura biodinamica, tuttavia, prevede anche obbligatoriamente, ed in questo si differenzia dalla produzione biologica, l'adozione di tecniche e principi che non hanno validità scientifica e derivano dai dettami del creatore della stessa agricoltura biodinamica, il filosofo austriaco Rudolf Steiner, fondatore dell'antroposofia, vissuto nell'Ottocento. Tra di essi vanno elencati i diversi preparati biodinamici, la dinamizzazione dell'acqua e l'attenzione alle fasi lunari.

Agricoltura biologica

Sistema di agricoltura che utilizza prodotti di tipo naturale, ossia non di sintesi, nel processo produttivo. Le superfici coltivate ed il numero di aziende "bio" sono in crescita sia in Italia che nel mondo, anche se ci sono differenze tra le colture. La produzione biologica è riconosciuta e regolamentata. L'Unione Europea ha approvato nel 2018 il Regolamento No 2018/848 in materia di agricoltura biologica, entrato in vigore a decorrere dal 1° gennaio 2021 <https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/farming/organic-farming>. L'Italia lo ha recepito con la Legge del 9 marzo 2022, n. 23 "Disposizioni per la tutela, lo sviluppo e la competitività della produzione agricola, agroalimentare e dell'acquacoltura con metodo biologico. (22G00031) (GU Serie Generale n.69 del 23-03-2022). A livello mondiale, le norme IFOAM regolano la produzione biologica <https://www.ifoam.bio/en>).

L'agricoltura biologica incoraggia l'uso responsabile delle risorse e di energia, il mantenimento della biodiversità e degli equilibri biologici, l'aumento della fertilità del terreno e il mantenimento della qualità delle acque. Prevede pratiche mirate all'aumento della fertilità del terreno agrario e della biodiversità, quali il sovescio, l'apporto di sostanza organica, le rotazioni colturali, le colture di copertura. Vieta l'uso di concimi e fitofarmaci di sintesi, di ormoni e di antibiotici; raccomanda che vengano impiegate soprattutto risorse interne all'azienda stessa. I prodotti da agricoltura biologica devono essere certificati da un organismo tecnico autorizzato.

La zootecnia biologica è fortemente orientata a garantire elevati standard di benessere per gli animali allevati e a migliorare la sicurezza alimentare dei prodotti di origine animale. Ai fini di ottenere condizioni di benessere animale, la legislazione europea pone particolare attenzione: alla densità animale, cercando di ridurla in modo da consentire le espressioni etologiche tipiche di ciascuna specie; alle modalità di stabulazione, tali da garantire le migliori condizioni di comfort; all'allevamento al pascolo o in aree aperte, per tutto l'anno e per buona parte; alla eliminazione di pratiche che possano generare sofferenze, quali il taglio della coda o delle corna; alla selezione di animali resistenti alle comuni patologie, o caratterizzati da spiccate doti di rusticità. I regolamenti europei, così come altre regolamentazioni internazionali, restringono fortemente l'uso degli antibiotici alle strette necessità terapeutiche; è inoltre proibito l'uso di ormoni e di altre sostanze come promotori di crescita. I trattamenti antiparassitari con prodotti chimico-farmaceutici possono essere eseguiti una sola volta l'anno: In caso di trattamento antibiotico a scopo terapeutico e di trattamento con antiparassitari il tempo di sospensione viene raddoppiato. Viene consigliato a scopo terapeutico l'impiego di prodotti fitoterapici o omeopatici. In alimentazione animale valgono le seguenti prescrizioni: impiego di alimenti esclusivamente non OGM; impiego di alimenti provenienti esclusivamente o prevalentemente da agricoltura biologica e preferibilmente di produzione aziendale; riduzione dell'uso di integratori e di additivi. Ulteriori regolamentazioni per l'allevamento animale di tipo biologico riguardano il tempo minimo di allattamento naturale dei giovani animali; il divieto di alcune tecnologie riproduttive; la preferenza accordata a sistemi di riproduzione naturale.

Agricoltura conservativa

Il termine "conservativa" riferito all'agricoltura nasce con riferimento al suolo, inteso come risorsa da conservare. Questa sensibilità è nata da alcune situazioni di grave disequilibrio nei sistemi di coltivazione. I problemi che l'agricol-

tura conservativa intende contrastare sono in primis l'erosione eolica e idrica, ma anche la riduzione della sostanza organica nel suolo, il compattamento del suolo e la riduzione della sua porosità, la perdita di fertilità biologica. In anni più recenti è emerso che un sicuro vantaggio dell'agricoltura conservativa è la riduzione dei consumi energetici: in un'ottica di sostenibilità non si conserva infatti solo il suolo, ma anche l'energia.

L'Agricoltura conservativa (a volte indicata come Agricoltura blu) è un multiforme insieme di pratiche agronomiche che devono essere tra loro combinate per raggiungere gli effetti desiderati: lavorazioni del terreno rispettose dello stato del suolo e abbandono dell'aratura sistematica, accumulo dei residui colturali per mantenere il suolo coperto e migliorare la sua fertilità soprattutto negli strati superficiali iniziali, allungamento della durata di copertura del suolo anche ricorrendo a colture da sovescio, massima implementazione di avvicendamenti colturali. L'agricoltura conservativa si è affermata prima e più estesamente in altre parti del mondo (soprattutto nel continente americano) dove i problemi da risolvere erano più gravi, ma anche in Italia gode oggi di notevole e crescente interesse.

Per non arare il terreno si ricorre a diverse soluzioni di lavorazioni dette appunto conservative. Il principio è il minimo disturbo meccanico del suolo. La lavorazione ridotta (minimum tillage) limita la profondità dell'azione meccanica ed opera solo con macchine trainate. La lavorazione senza inversione (non inversion tillage) taglia e arieggia il suolo, ma rispetta la posizione relativa degli aggregati e non altera gli orizzonti con il loro rimescolamento. La lavorazione su banda (strip tillage) limita ulteriormente il minimum tillage, operando solo sulla parte della superficie dove poi si seminerà. La soluzione estrema è la semina diretta, cioè su sodo (no tillage) in cui l'unico intervento meccanico è l'apertura di un microsolco dove viene posto il seme e che viene poi subito ricompattato, senza praticamente influire sulla presenza dei residui colturali presenti.

Le tecniche di lavorazione conservativa esercitano effetti opposti a quanto si pensava tradizionalmente: le radici si sviluppano di più e più in profondità, il contenuto di sostanza organica si accumula soprattutto in superficie, ma è qui che svolge il ruolo più importante. Nell'adozione di tale pratica ci si attende una riduzione della produzione iniziale, soprattutto nella fase di non facile messa a punto dell'opportuna meccanizzazione, e poi un recupero ed eventualmente un aumento di resa dopo il periodo di adattamento. I costi di lavorazione sono invece da subito inferiori.

Un'altro approccio necessario è la copertura organica il più possibilmente permanente del suolo che si realizza innanzitutto lasciando i residui colturali in superficie, ma anche introducendo le colture da sovescio destinate ad essere terminate e poi lasciate in campo come abbondante base di residui che decomponendosi rilasciano nel suolo gli elementi nutritivi che avevano assorbito. E' questa copertura la principale causa di resistenza all'erosione.

Vari problemi sono connessi all'introduzione dell'agricoltura conservativa, il più rilevante di questi è sicuramente il problema della gestione delle infestanti. Per questo l'agricoltura conservativa è di più difficile introduzione in condizioni di agricoltura biologica.

Completa il quadro dell'agricoltura conservativa la realizzazione di rotazioni colturali il più possibile diversificate e l'introduzione qualora possibile di consociazioni tra diverse colture.

Agricoltura di precisione

L'agricoltura di precisione inizia a svilupparsi in modo consistente negli anni 90 grazie al perfezionamento dei sistemi GPS e della moderna sensoristica applicabile per monitorare lo stato della coltura e dei suoli. Essa è volta all'ottimizzazione della gestione agronomica dei sistemi colturali governando la variabilità spaziale tra appezzamenti e, soprattutto, al loro interno. Le informazioni raccolte sono trasformate in supporto alle decisioni dell'imprenditore che su quella base può poi ricorrere poi all'applicazione variabile degli input (fertilizzazione, agrofarmaci, acqua di irrigazione, profondità di lavorazione) e può tracciare in modo continuo le pratiche colturali adottate (qualità dimostrabile delle produzioni).

L'agricoltura di precisione si fonda su tre capisaldi: 1) disponibilità di informazioni descrittive la variabilità spatio-temporale nello stato delle colture; 2) curve di taratura agronomiche capaci di trasformare le informazioni di variabilità colturale in motivate decisioni di intervento agronomico; 3) possibilità di modificare il rateo di applicazione degli input, modulandoli con moderne "macchine intelligenti". La combinazione dei tre ambiti tecnologici rende possibile aumentare il numero di decisioni corrette per unità di spazio e di tempo, il che significa fare la cosa giusta dove e quando serve, con vantaggi sia per la coltura sia per l'ambiente.

Per interpretare la variabilità colturale è possibile innanzitutto mappare in automatico le produzioni in fase di raccolta (mappa delle rese) e produrre uno scacchiere di zone omogenee (anche piccole) che costituiscono il necessario riferimento per le successive pratiche colturali. La variabilità del suolo può essere analizzata con sensori ottici (nell'ambito del visibile e dell'infrarosso), sensori TDR o FDR che raccolgono informazioni sulle caratteristiche elettromagnetiche

del sistema suolo, penetrometri, georadar e altri. Questa mappatura può essere acquisita su ampi intervalli di anni. La variabilità dello stato della coltura, l'aspetto che è stato più sviluppato recentemente, si basa su sensori di riflettanza su ampie gamme di lunghezza d'onda, radiometri e termometri all'infrarosso e altri. Questi sensori possono essere prossimi se portati da un trattore, o supportati da veicoli aerei o ancora acquisiti da satelliti. La mappatura della coltura è acquisita più volte nel corso del ciclo colturale. L'insieme di queste informazioni deve essere stoccato in un database aziendale.

Per conoscere i criteri di supporto alle decisioni agronomiche occorrono opportune curve di taratura. Questo significa trasformare il database aziendale delle informazioni acquisite su suolo e colture in decisioni di modulazione degli interventi. La ricerca agronomica svolge un ruolo centrale perché la stessa informazione spettrale o derivante dalla mappa di resa può essere interpretata in modo opposto a seconda del meccanismo fisiologico che la genera, fino a proporre un abbassamento o in altri un innalzamento della dose di input da distribuire. Alla fine del processo, per guidare i successivi interventi di distribuzione, si possono ottenere mappe di prescrizione o addirittura generare informazioni che in tempo reale adattano la dose da distribuire a quanto suggerito da sensori portati dalla macchina stessa che opera la distribuzione.

La meccanica avanzata e sempre più "intelligente" offre una gamma di soluzioni per modulare la distribuzione. Questo livello tecnologico è oggi molto sviluppato e dinamicamente in ampliamento. Attraverso l'applicazione dei sistemi di navigazione si conosce con elevata precisione la posizione in campo e si evitano zone di sovrapposizione. La quantità di concime può essere modulata agendo sulla velocità dei meccanismi di distribuzione o indirizzando il prodotto, gli ugelli di barre per i trattamenti fitosanitari possono essere aperti o chiusi a seconda dell'effettiva presenza dell'infestante o del patogeno e il flusso di acqua irrigua è modulabile combinando l'azione di diversi erogatori.

Un settore specifico dell'agricoltura di precisione riguarda lo sviluppo e l'integrazione della cosiddetta "selvicoltura di precisione" (precision forestry), un ambito in cui le tecnologie geomatiche e quelle dell'informazione e della comunicazione possono contribuire in modo significativo all'innovazione e all'ottimizzazione dei processi gestionali. Questo approccio favorisce la creazione di nuovi prodotti e servizi a supporto dei proprietari di boschi e piantagioni da legno, degli imprenditori e dei tecnici forestali. In particolare, gli strumenti e i metodi della precision forestry possono essere classificati in tre principali ambiti applicativi: il monitoraggio e la pianificazione forestale; le applicazioni sito-specifiche relative alla gestione colturale e alle utilizzazioni forestali; le applicazioni legate alla tracciabilità dei prodotti lungo la filiera foresta-legno.

Agricoltura integrata

"Per produzione integrata si intende quel sistema di produzione agro-alimentare che utilizza tutti i metodi e mezzi produttivi e di difesa dalle avversità delle produzioni agricole, volti a ridurre al minimo l'uso delle sostanze chimiche di sintesi e a razionalizzare la fertilizzazione, nel rispetto dei principi ecologici, economici e tossicologici". (da Linee guida Nazionali di produzione integrata, rete Rurale Nazionale-Mipaaft - <https://www.reterurale.it/>).

Le linee guida nazionali costituiscono la base di riferimento per la predisposizione dei disciplinari regionali e i relativi piani di controllo. I disciplinari regolano sia la difesa integrata (in coerenza con il PAN - Piano d'Azione Nazionale sull'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari) sia le tecniche agronomiche.

Il pilastro principale su cui si basa la produzione integrata è la difesa integrata (Integrated Pest Management, IPM), promossa dalla UE, insieme alla produzione biologica, come strumento principale per ridurre i rischi derivanti dall'impiego dei prodotti fitosanitari. https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/sustainable_use_pesticides/ipm_en

In Italia la difesa integrata è applicata a due livelli: uno obbligatorio, entrato in vigore dal 1° gennaio 2014, che prevede che le aziende applichino i principi generali della difesa integrata, così come definiti nell'Al. 3 della Direttiva sull'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari, relativamente all'applicazione di tecniche di prevenzione e monitoraggio dei parassiti delle piante coltivate, di utilizzo di mezzi biologici per il loro controllo, il ricorso a pratiche di coltivazione appropriate e l'utilizzo di prodotti fitosanitari che presentano il minor rischio per la salute umana, e uno volontario, che prevede l'applicazione vincolante di norme di coltivazione (disciplinari di produzione integrata).

Principali caratteristiche delle norme di colture in difesa integrata volontaria:

- obbligo dell'analisi del suolo e la predisposizione di un piano di fertilizzazione e uso di modelli basati su dati climatici e esigenze della coltura per la gestione irrigua.
- Presenza di aree di compensazione ecologica (es. 5-7% della SAU)
- Raccomandazione o obbligo di sistemi di monitoraggio della situazione fitosanitaria delle coltivazioni, l'utilizzo degli

ausiliari, difesa attraverso tecniche agronomiche e mezzi alternativi (fisici, meccanici, microbiologici, ecc.), razionalizzare della distribuzione dei prodotti fitosanitari limitandone il tipo, ed il momento di applicazione per minimizzare le perdite, e sviluppo di forme di resistenze nei parassiti e i rischi derivanti dall'esposizione ai prodotti fitosanitari. Vincolanti sono anche alcune limitazioni nelle rotazioni colturali. È prevista la certificazione ed il controllo della sola produzione integrata volontaria.

Agricoltura rigenerativa

Il riferimento all'Agricoltura rigenerativa riscuote oggi un interesse crescente, anche se non c'è ancora un pieno consenso nella sua definizione. Forse, parte del suo successo è proprio legato al fatto che si basa sull'individuazione di grandi obiettivi agro-ambientali, ma non detta quali siano le precise pratiche agronomiche da seguire, né lega l'agricoltore al rispetto di regole rigide. L'idea era già stata proposta negli anni Settanta raccogliendo liberamente approcci fondanti altri tipi di agricoltura, soprattutto quella biologica, conservativa, agroecologica e, ovviamente, quella integrata. Poiché l'incremento della sostanza organica del suolo è indicato tra gli obiettivi prioritari, l'Agricoltura Rigenerativa fa oggi riferimento anche al cosiddetto Carbon Farming.

Non dettando regole di gestione agronomica definite a priori e cogenti, l'Agricoltura Rigenerativa si concentra su obiettivi che sono ampi e tra di loro legati. I principali sono:

- mantenere e rigenerare la produttività del sistema
- aumentare la biodiversità,
- sviluppare i servizi ecosistemici propri del sistema colturale, soprattutto a carico del suolo e tra questi la sua capacità di stoccare carbonio.

Le strategie per raggiungere tali obiettivi sono varie e devono impiegare le migliori tecnologie disponibili, adattandole nel tempo. L'elenco delle pratiche consigliate è ampio e interamente sovrapposto alle normali buone pratiche di gestione agronomica: rotazione delle colture, agro-forestry, lavorazione ridotta, colture di copertura, impiego di ammendanti, adozione di aree tampone, promozione di corridoi ecologici, di prato-pascoli permanenti, e altre. Non è escluso il ricorso ad input chimici (fertilizzanti e prodotti fitosanitari), alla nuova genetica (Tecnologie di Evoluzione Assistita, TEA), all'agricoltura di precisione e digitale o altro. Certamente, la rigenerata produttività del sistema deve essere armonicamente coniugata con gli altri obiettivi di aumento della biodiversità e fornitura di servizi ecosistemici: questa è la sfida del particolare approccio dell'agricoltura rigenerativa. Ecco, quindi, che l'uso dei prodotti fitosanitari (per fare un esempio) risulta limitato dal fatto dell'aumento dell'eterogeneità dell'agro-ecosistema.

Questa forma di agricoltura non punta solo al mantenimento delle risorse per le generazioni future, ma sottolinea la necessità della loro rigenerazione e, possibilmente, aumento. In questo senso l'agricoltura non vuole limitarsi ad annullare i propri eventuali effetti negativi sull'ambiente, ma intende puntare ad produrre esternalità positive. In altri termini l'Agricoltura Rigenerativa non punta solo all'adattamento ai cambiamenti climatici, ma intende l'agricoltura come attiva sorgente antropica di mitigazione.

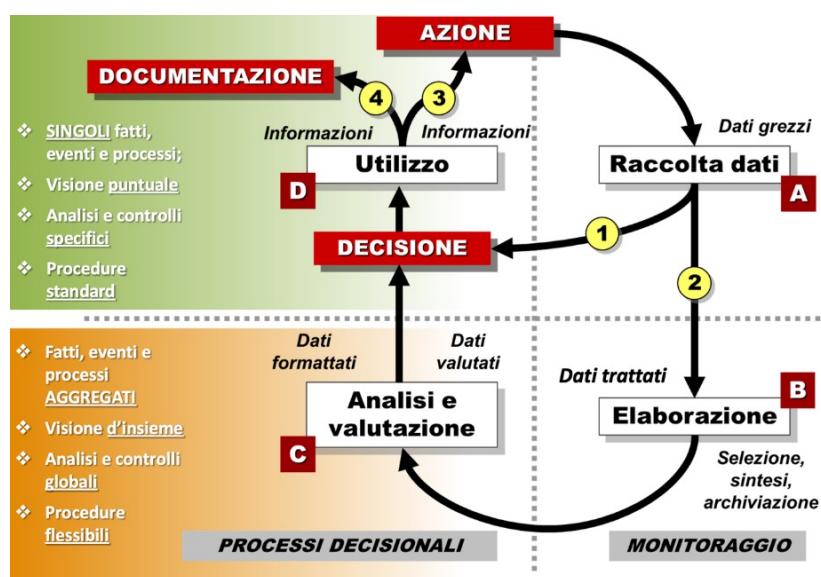
Agricoltura "Smart"

La cosiddetta "Smart Agriculture" (SA, agricoltura intelligente) estende le dinamiche di digitalizzazione del settore agrario e forestale, completando il percorso già tracciato dalla Agricoltura di Precisione seguendo gli sviluppi che si sono affermati in altri settori, a partire dalle innovazioni introdotte con la cosiddetta Industria 4.0. Qui l'uso di nuove tecnologie basate su Internet of Things (IoT) e Internet of Services (IoS), cloud e fog computing, sistemi iperconnessi, big data e machine learning hanno inciso profondamente sulle caratteristiche del tessuto produttivo industriale e di fatto hanno poi contaminato altri settori produttivi spostando l'attenzione dalla mera automazione di un singolo processo ad una gestione integrata dell'intero comparto produttivo aziendale. In realtà, pratiche "smart" all'interno del settore agricolo esistevano già almeno due decenni prima dell'avvento dell'Agricoltura di Precisione. Esse si potevano, ad esempio, individuare all'interno delle aziende zootecniche da latte, ove la routine quotidiana dei processi, svolti in ambienti circoscritti e controllabili era assimilabile alla modalità produttiva industriale.

All'opposto, il settore agricolo e forestale vero e proprio richiede pianificazioni sempre soggette alla variabilità climatica e spaziale, con conseguenti ripercussioni nelle relative funzioni di controllo che richiedono la supervisione su processi

mobili delocalizzati in estese porzioni di territorio. L'Agricoltura di Precisione, che segna l'alba della digitalizzazione del settore, è nata proprio per far fronte a queste esigenze e ha contribuito ad innovare le macchine destinate ai processi di campo incorporando in esse nuovi componenti quali sistemi di posizionamento satellitare (GNSS), sensori e dispositivi attuatori per permettere nuove forme di automazione dei processi in fase sia di distribuzione dei materiali (dosaggi sito-specifici) sia di raccolta delle produzioni primarie (raccolte selettive, mappatura delle produzioni). L'Agricoltura di Precisione si è poi gradualmente evoluta andando ad incidere su tutti i processi di gestione aziendale, assumendo il termine e il ruolo di Smart Agriculture. A tutti gli effetti, oggi la SA può essere definita come una strategia gestionale che utilizza tecnologie informatiche per raccogliere dati da fonti multiple in vista di un loro successivo utilizzo nell'ambito di decisioni riguardanti le attività produttive. Tale concetto è di importanza fondamentale poiché associa la "qualità gestionale" alla capacità di prendere decisioni tempestive in base ad informazioni mirate. Le funzioni di controllo (manuale, automatizzato se non addirittura robotizzato), pertanto, non possono prescindere da preventive funzioni di monitoraggio. E il tutto per funzionare necessariamente richiede l'applicazione di efficaci Sistemi Informativi Aziendali (SIA) in grado di integrare tutte le fonti di informazioni e le funzioni decisionali.

In definitiva, per il settore agroalimentare, viste le peculiarità di taluni suoi settori, la digitalizzazione dovrà basarsi sulla definizione di una nuova generazione di SIA, in grado di soddisfare la complessità della produzione. I SIA devono permettere lo scambio, l'archiviazione, la condivisione e l'elaborazione di flussi d'informazioni, secondo la logica descritta nella figura, che prevede 4 fasi distinte nella trasformazione dei semplici dati grezzi in informazioni: A) Raccolta dei Dati; B) Elaborazione e archiviazione; C) Valutazione dei dati; D) Uso delle informazioni. La trasformazione avviene o



seguendo il percorso 1 (automazione in tempo reale), oppure lungo il percorso 2, attraverso le fasi B e C, rispettivamente di elaborazione e valutazione dei dati (percorso gestionale). La complessità di un SIA si può anche apprezzare mappando la presenza dei vari componenti hardware e software all'interno di ogni fase, in base alla funzione che essi assolvono nel ciclo di trasformazione dato-informazione. In definitiva, le applicazioni complete di Smart Agriculture si realizzano integrando componenti che si distribuiscono in tutte le fasi del SIA, facilitando l'acquisizione di forme di monitoraggio automatizzato, nonché la predisposizione di report informativi destinati a documentare la tracciabilità delle produzioni primarie.

Agroecologia

L'agroecologia è definita come un metodo per proteggere le risorse naturali, che fornisce le linee guida per progettare e gestire gli agroecosistemi sostenibili. Secondo l'European Association for Agroecology (<http://www.agroecology-europe.org>) l'agroecologia non è solo una scienza ed una pratica agricola, ma anche un movimento sociale. Si basa sullo studio dei processi ecologici che operano nei sistemi di produzione agraria. Pone enfasi su un approccio olistico, trans-disciplinare e su approcci partecipativi tra i diversi portatori di interessi.

L'agroecologia promuove il riciclo delle biomasse e l'ottimizzazione della decomposizione della sostanza organica nel suolo e del ciclo dei nutrienti, la biodiversità, l'agrobiodiversità, la presenza di nemici naturali di parassiti, favoriti attraverso la creazione di appositi habitat, la riduzione nell'uso di energia, di acqua e di concimi, le interazioni tra diversi componenti dell'agrosistema. Nel settore zootecnico essa prevede sistemi che favoriscano la salute degli animali e la resilienza dei sistemi agro-zootecnici. Essa mira a rendere i piccoli agricoltori maggiormente indipendenti dal mercato. Si tratta di un sistema di agricoltura non regolamentata a livello EU o italiano. Le produzioni agro-ecologiche italiane non sono al momento certificate.

L'agroforestazione è definita come la “consociazione deliberata tra specie arboree perenni e colture agrarie, con l'eventuale presenza della componente animale, nella medesima unità di gestione”. Le consociazioni riguardano sia l'impianto di alberi all'interno di terreni coltivati o di aree destinate al pascolo, sia l'inserimento di colture agrarie o attività zootecniche su terreni già caratterizzati da copertura arborea. Esempi di sistemi agroforestali sono variegati. Tra i sistemi tradizionali vi sono i pascoli e/o i seminativi arborati, i filari frangivento, le siepi arbustive ed arboree lungo i bordi dei campi, il pascolo in bosco o all'interno dei frutteti. Esempi di sistemi agroforestali innovativi sono l'alley-cropping (filari di specie arboree, ad alto fusto o ceduo, alternate a fasce a seminativo), le fasce tampone arborate per il fitorimedio e la protezione delle rive, gli allevamenti avicoli a terra sotto copertura arborea, i moderni sistemi silvopastorali per la termoregolazione animale e il bilanciamento delle emissioni animali climalteranti, incluso il pascolo in bosco.

I sistemi agroforestali, rispetto a sistemi monocolturali, presentano spesso numerosi vantaggi in termini di produttività, sostenibilità e servizi eco-sistemici: incremento della biodiversità; protezione del suolo da erosione, dilavamento e inquinamento; aumento della sostanza organica del suolo; fissazione e sottrazione del carbonio; mitigazione del clima; diversificazione degli habitat; tutela paesaggistica. L'agroforestazione risponde alle istanze di intensificazione sostenibile della produttività agricola, cercando nuove soluzioni al trilemma di sicurezza alimentare, di materia prima legnosa e tutela ambientale. La ricerca ha l'obiettivo di ottimizzare, anche tramite l'uso di modelli di simulazione, le interazioni tra componente arborea e agricolo-zootecnica per ottenere la migliore combinazione di vantaggi produttivi, in termini di meccanizzazione ed efficienza, con il massimo dei vantaggi ambientali, adattandosi a vari contesti ambientali e socio-economici. La Politica Agricola Comunitaria è contraddittoria rispetto all'agroforestazione. Gli alberi fuori foresta possono infatti ridurre l'ammontare del Premio Unico aziendale, in base alla superficie agricola utile occupata dalla proiezione delle chiome. Parallelamente esistono una serie di misure dei Piani di Sviluppo Rurale che possono supportare la costituzione di nuovi sistemi silvopastorali e silvoarabili. I sistemi di certificazione forestale si stanno attivando per includere l'agroforestazione e i suoi prodotti. E' stata costituita dal 2012 EURAF, European Agroforestry Federation (<http://www.eurafagroforestry.eu>). Nello stesso anno nasce AIAF (Associazione Italiana di Agroforestazione (<http://www.agroforestry.it/>)).

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- AAVV. 2021a. Atti del XVII Convegno AISSA "Buone pratiche di intensificazione sostenibile - Strumento per lo sviluppo del sistema agroalimentare italiano". L. Cocolin e M. Tagliavini (curatori). I Quaderni di AISSA vol. 1, ISBN: 978-88-945925-0-4
- AAVV. 2021b. Atti del XVI Convegno AISSA "Gli effetti dei cambiamenti climatici sull'agricoltura, sulle foreste e sull'ambiente rurale in Italia". Ronchi B, G. Scarascia Mugnozza e L. Cocolin (curatori). I Quaderni di AISSA vol. 2, ISBN: 978-88-945925-1-1
- AAVV. 2022. Atti del XVIII Convegno AISSA "Il contributo della ricerca italiana all'intensificazione sostenibile in agricoltura". L. Cocolin e M. Tagliavini (curatori). I Quaderni di AISSA vol. 3, ISBN: 978-88-945925-2-8
- AAVV. 2023. Atti del XIX Convegno AISSA "Produrre, trasformare e distribuire beni e servizi agro-forestali per le popolazioni urbane, la sfida del XXI secolo". L. Cocolin e M. Tagliavini (curatori). I Quaderni di AISSA vol. 4, ISBN: 978-88-945925-3-5
- AAVV. 2024. Atti del XX Convegno AISSA "Le scienze agrarie nella bioeconomia". D. Viaggi e M. Tagliavini (curatori). I Quaderni di AISSA vol. 5, ISBN: 978-88-945925-4-2
- Borghetti, 2022. Taking care of the Italian forests, we will talk about it at the next SISEF congress Forest@ - Journal of Silviculture and Forest Ecology, Volume 19, Pages 49-51 (2022), doi: <https://doi.org/10.3832/efor0048-019>
- Buckwell A. et al. 2014. Sustainable Intensification of European Agriculture. RISE Foundation, Brussels
- Crea. 2019. L'Italia Agricola conta 2018. Ed. CREA, 14, pp 160.
- European Food Safety Authority (EFSA). 2024. National summary reports on pesticide residue analyses performed in 2022. http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2024.8753/full?_gl=1*1t64m5q*_gcl_au*MTc4M-Dk2ODAxMi4xNzMINtCtINjc4
- FAO. 2020. Water use in agriculture. www.fao.org.
- Gucci R. et al. 2021. Intensificazione sostenibile per la filiera olivicolo-olearia: approfondimenti sulle filiere di interesse per l'ambiente mediterraneo. I Quaderni di AISSA, vol. 1., pp.12-27.
- ISPRA. 2022. Rapporto nazionale pesticidi nelle acque. Dati 2019 – 2020. <https://www.isprambiente.gov.it/it/publicazioni/rapporti/rapporto-nazionale-pesticidi-nelle-acque-dati-2019-2020>
- Istat (2020): "Consumi idrici in agricoltura". www.istat.it.
- Istat 2024. Le statistiche dell'ISTAT sull'acqua – Anni 2020-2023. <https://www.istat.it/it/files/2024/03/Report-G-MA-Anno-2024.pdf>
- Larsen J.B. et al., 2022. Closer-to-Nature Forest Management. From Science to Policy 12. European Forest Institute. Number of pages: 54. ISBN 978-952-7426-19-7 (online)
- DOI: <https://doi.org/10.36333/fs12>
- Lovarelli et al., 2019. Improvements to dairy farms for environmental sustainability in Grana Padano and Parmigiano Reggiano production systems. It. J. Animal Sci. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2019.1611389>
- Pisante et al., 2022. Le proposte della scienza per attutire i colpi della crisi, Terra e Vita <https://terraevita.edagricole.it/featured/proposte-scienza-attutire-colpi-crisi/>
- Reyneri A. et al. 2021. Intensificazione sostenibile nella filiera cereali e trasformati. I Quaderni di AISSA, vol. 1., pp.28-36.
- Scandellari et al. 2017. A survey of carbon sequestration potential of orchards and vineyards in Italy. Europ. J. Hort. Sci. 81 (2), 106-114.
- Skinner et al. 2019. The impact of long-term organic farming on soil-derived greenhouse gas emissions Scientific Report 9:1702 | <https://doi.org/10.1038/s41598-018-38207-w>
- Tuomisto H.L. et al. 2012. Does organic farming reduce environmental impacts? A meta-analysis of European research. Journal of Environmental Management 112. 309-320
- Van Huis, 2020. Insects as food and feed, a new emerging agricultural sector: a review. Journal of Insects as Food and Feed, 2020; 6(1): 27-44.
- Viaggi et al., 2022. Dalla intensificazione sostenibile alla transizione ecologica. La visione di AISSA sul ruolo della ricerca in ambito agrario. I quaderni di AISSA volume 3. 3-10. <https://www.aissa.it/quaderni>
- Vitullo M. et al. 2024 Le emissioni di gas serra in Italia. Obiettivi di riduzione al 2030. Ispra Rapporti 399/2024. ISBN 978-88-448-1212-6

Sitografia

Assofertilizzanti. <https://assofertilizzanti.federchimica.it/fertilizzanti/statistiche-fertilizzanti>

FAO <http://www.fao.org/faostat/en>

Istituto di Servizi per il Mercato Agroalimentare (ISMEA) www.ismea.it

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) <https://www.isprambiente.gov.it/it>

Italy for Climate. <https://italyforclimate.org/>

Rapporto SNPA Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. <https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/suolo-e-territorio/suolo/il-consumo-di-suolo/il-rapporto-snpa-2018-consumo-di-suolo-dinamiche-territoriali-e-servizi-ecosistemici2018>

7° Censimento Generale dell'Agricoltura (ISTAT). <https://www.istat.it/statistiche-per-temi/censimenti/agricoltura/7-censimento-generale/>

GLI AUTORI

Massimo Tagliavini: già presidente AISSA e già presidente della Società di Ortoflorofrutticoltura Italiana. Facoltà di Scienze Agrarie, Ambientali e Alimentari, Libera Università di Bozen-Bolzano. Curatore del testo e autore corrispondente, massimo.tagliavini@unibz.it

Marco Marchetti: già presidente AISSA e già presidente della Società Italiana di Selvicoltura ed Ecologia Forestale. Dipartimento di Architettura e Progetto, Università La Sapienza, Roma

Carlo Grignani: già Presidente della Società Italiana di Agronomia. Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, Università di Torino

Bruno Ronchi: già segretario del Consiglio di Presidenza di AISSA e già presidente dell'Associazione per la Scienza e le Produzioni Animali. Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali, Università della Toscana

Piermaria Corona: Centro di ricerca Foreste e Legno, Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria.

Roberto Tognetti: Facoltà di Scienze Agrarie, Ambientali e Alimentari, Libera Università di Bozen-Bolzano

Marco Dalla Rosa: Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari, Università di Bologna

Paolo Sambo: Dipartimento di Agronomia, Animali, Alimenti, Risorse naturali e Ambiente, Università di Padova

Vincenzo Gerbi: già presidente di AISSA. Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, Università di Torino

Mario Pezzotti: già membro del Consiglio di Presidenza di AISSA e già presidente della Società Italiana di Genetica Agraria. Dipartimento di Biotecnologie, Università degli Studi di Verona

Francesco Marangon: già vicepresidente di AISSA e già presidente della Società Italiana di Economia Agraria. Dipartimento di Scienze Economiche e Statistiche, Università degli Studi di Udine

Alberto Alma: già membro del Consiglio di Presidenza di AISSA e già presidente della Società Entomologica Italiana (SEI-sEa). Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, Università di Torino

Paola Battilani: membro del Consiglio di Presidenza di AISSA e presidente della Società Italiana di Patologia. Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza

Eleonora Bonifacio, segretaria del Consiglio di Presidenza di AISSA e presidente della Società Italiana di Pedologia. Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, Università di Torino

Luisella Celi, presidente della Società Italiana di Chimica Agraria. Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, Università di Torino

Antonio Ferrante: presidente della Società Italiana di Ortoflorofrutticoltura. Scuola Superiore Sant'Anna, Pisa

Nicola Lacetera: Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali, Università della Toscana

Nicola Macciotta, presidente AISSA e presidente dell'Associazione per la Scienza e le Produzioni Animali. Dipartimento di Agraria, Università di Sassari

Giulio Malorgio: presidente della Società Italiana di Economia Agraria. Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari, Università di Bologna

Enrico Marone: vicepresidente di AISSA e presidente del Centro Studi di Estimo ed Economia Territoriale. Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali, Università degli Studi di Firenze

Fabrizio Mazzetto: già presidente di sezione dell'Associazione italiana di Ingegneria Agraria. Facoltà di Scienze Agrarie, Ambientali e Alimentari, Libera Università di Bozen-Bolzano

Michele Perniola: membro del Consiglio di Presidenza di AISSA e già presidente della Società Italiana di Agronomia. Dipartimento per le Culture Europee e del Mediterraneo, Università della Basilicata

Giuseppe Pulina: già membro del Consiglio di Presidenza di AISSA e già presidente della Associazione per la Scienza e le Produzioni Animali. Dipartimento di Agraria, Università di Sassari

HANNO CONTRIBUITO ALLA STESURA DI ALCUNI BOX I SEGUENTI AUTORI

Angelo Frascarelli: Università di Perugia

Alessandro Vitale: CNR, Istituto di biologia e biotecnologia agraria (IBBA)

Giampiero Valè: Università degli Studi del Piemonte Orientale Amedeo Avogadro

Valerio DiStefano: CREA Foreste e Legno

Davide Viaggi: Università di Bologna

Gli Autori ringraziano Stefano Panno dell'Università di Palermo per il contributo all'aggiornamento dei dati sull'impiego dei fitofarmaci (paragrafo 4.2.2.)

Si ringraziano anche i colleghi delle Società scientifiche afferenti ad AISSA che hanno partecipato ai quattro tavoli tecnici organizzati in occasione del XV convegno AISSA a Bolzano (2018) sulle filiere “Produzioni vegetali”, “Produzioni animali”, “Filiera bioenergetica” e “Trasformazione e conservazione”, il cui elenco completo è riportato nella prima edizione del volume del 2019, e i tanti colleghi che hanno contribuito ad animare la discussione sul tema intensificazione sostenibile con suggerimenti e con le molte relazioni in occasione del XVII e XVIII convegno AISSA (Quaderni di AISSA volumi n. 1 e 3, www.aissa.it).

AISSA è l'Associazione Italiana delle Società Scientifiche Agrarie. La sua missione è quella di favorire i rapporti tra le società scientifiche agrarie su tematiche di interesse comune ed il coordinamento scientifico e didattico. AISSA promuove lo svolgimento di attività scientifiche interdisciplinari anche in collaborazione con soggetti esterni e la diffusione dei risultati. AISSA esprime pareri indipendenti ed autorevoli su tematiche di attualità per il progresso dell'agricoltura italiana.

Il contenuto di questo volume è stato approvato dalle 22 Associazioni e Società Scientifiche Agrarie di AISSA

Associazione Italiana di Agrometeorologia (AIAM)
 Associazione Italiana di Economia Agraria e Applicata (AIEAA)
 Associazione Italiana di Ingegneria Agraria (AIIA)
 Associazione Italiana di Scienza e Tecnologia dei Cereali (AISTEC)
 Associazione Italiana Protezione Piante (AIPP)
 Associazione Scientifica di Produzione Animale (ASPA)
 Centro Studi di Estimo ed Economia Territoriale (Ce.S.E.T.)
 Società di Ortoflorofrutticoltura Italiana (SOI)
 Società Entomologica Italiana (SEI-sEa)
 Società Italiana della Scienza del Suolo (SISS)
 Società Italiana di Agronomia (SIA)
 Società Italiana di Chimica Agraria (SICA)
 Società Italiana di Economia Agraria (SIDEA)
 Società Italiana di Economia Agro-Alimentare (SIEA)
 Società Italiana di Genetica Agraria (SIGA)
 Società Italiana di Microbiologia Agroalimentare e Ambientale (SIMTREA)
 Società Italiana di Nematologia (SIN)
 Società Italiana di Patologia Vegetale (SIPAV)
 Società Italiana di Pedologia (SIPe)
 Società Italiana di Scienze e Tecnologie Alimentari (SISTAL)
 Società Italiana di Selvicoltura ed Ecologia Forestale (SISEF)
 Società Italiana per la Ricerca sulla Flora Infestante (SIRFI)

e dalla Conferenza Nazionale per la Didattica Universitaria di AG.R.A.R.I.A

Immagini

Si ringraziano i seguenti colleghi che hanno gentilmente fornito alcune foto:

R. Biasi (paesaggio con olivi in 6.1), M. D'Amico (foto erosione del suolo in 2.3.5), C. Severini (foto imballaggio sostenibile in 5.4).

Le rimanenti immagini sono degli autori.

