

INTENSIFICAZIONE SOSTENIBILE STRUMENTO PER LO SVILUPPO DELL'AGRICOLTURA ITALIANA

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



INTENSIFICAZIONE SOSTENIBILE STRUMENTO PER LO SVILUPPO DELL'AGRICOLTURA ITALIANA

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

Autori: Massimo Tagliavini, Bruno Ronchi, Carlo Grignani, Piermaria Corona, Roberto Tognetti, Marco Dalla Rosa, Paolo Sambo, Vincenzo Gerbi, Mario Pezzotti, Francesco Marangon e Marco Marchetti



Progetto grafico ed impaginazione: David Calabrò

Copyright © 2019 - Associazione Italiana delle Società Scientifiche Agrarie (AISSA)

Tutti i diritti riservati. Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta senza il permesso dei proprietari del copyright, AISSA.

aissa@mail.it

www.aissa.it

Casa editrice: Società di Ortofrutticoltura Italiana (SOI)

ISBN: 978-88-32054-01-9

È disponibile una versione online di questa pubblicazione sul sito di AISSA.

Stampato in Italia, 2019.

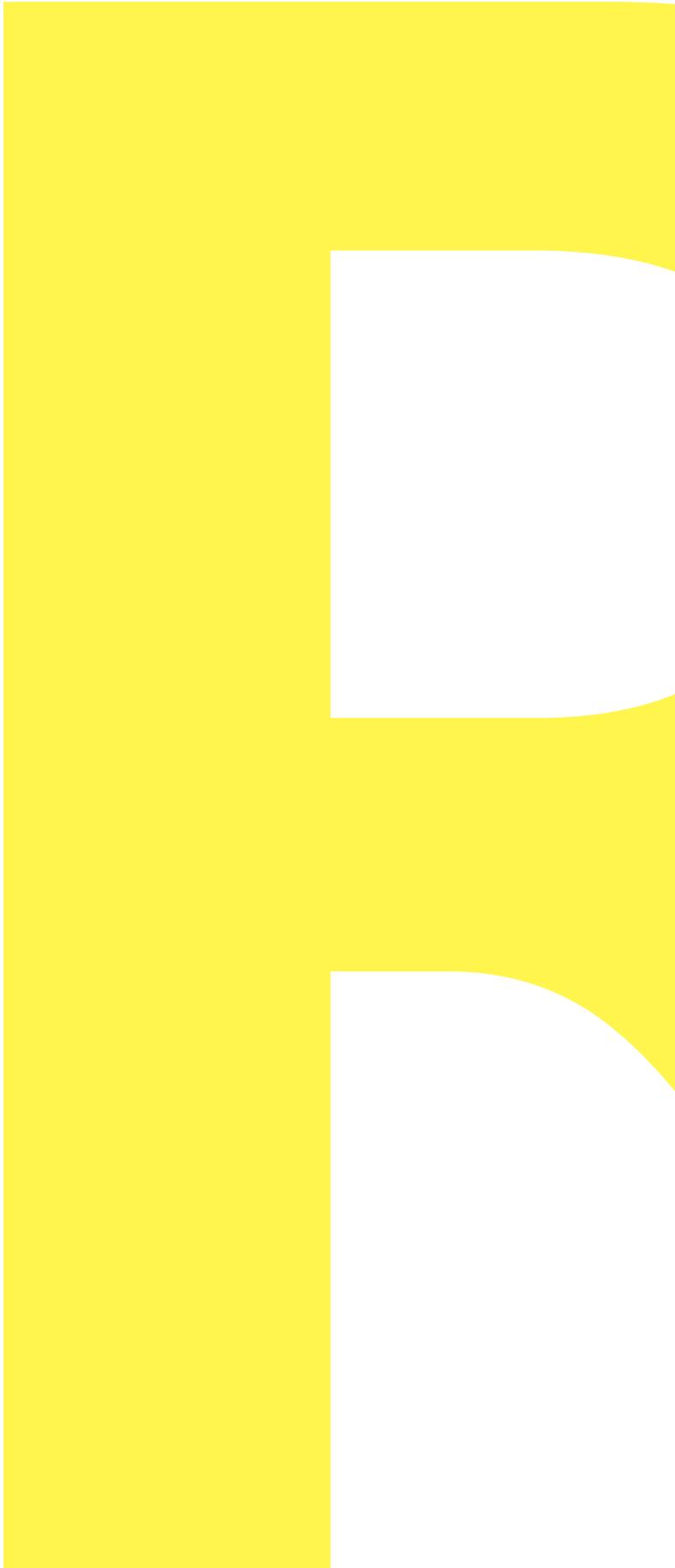


INDICE

Riassunto - Summary	07
1. Introduzione	09
2. Intensificazione sostenibile	13
3. Indici di sostenibilità e forme di agricoltura sostenibile	19
4. Livello di sostenibilità dell'agricoltura italiana	25
4.1 Produzioni vegetali	29
4.1.1 Colture arboree da frutto, vite e olivo	30
4.1.2 Colture erbacee	33
4.1.3 Colture ortive	37
4.1.4 Colture foraggere	39
4.2 Produzioni animali	41
4.2.1 Allevamento del bovino da latte	42
4.2.2 Allevamento del bovino da carne	44
4.2.3 Allevamento dell'ovino da latte	46
4.2.4 Sistemi integrati agro-silvo-pastorali	48
4.3 Produzioni agroforestali per biomassa a impiego energetico	51
4.4 Selvicoltura	55
4.5 Trasformazione e conservazione	57
4.5.1 Innovazioni negli ambienti di produzione	59
4.5.2 Innovazioni nella conservazione e nella trasformazione	60
4.5.3 Valorizzazione di sottoprodotti o scarti di processo	61
5. Convivenza tra coltivazione intensiva ed estensiva	63
6. Conclusioni	67
Bibliografia	69
Gli autori	70
Ringraziamenti	72

INDICE DEI BOX

BOX 1 Problemi legati all'intensificazione in agricoltura	13
BOX 2 Produzione integrata	17
BOX 3 Produzione biologica e biodinamica	23
BOX 4 Esempi di miglioramento genetico per favorire la sostenibilità	32
BOX 5 Agroecologia	33
BOX 6 Agricoltura conservativa	34
BOX 7 Agricoltura di precisione	35
BOX 8 Agroselvicoltura	49
BOX 9 Potenzialità e opportunità delle produzioni agro-forestali per impieghi energetici	52
BOX 10 Innovazioni per la filiera bioenergetica	53
BOX 11 Sostenibilità nella filiera vitivinicola	61



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. E' crescente infatti 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. La comunità scientifica che si occupa delle scienze agrarie in Italia, attraverso l'Associazione Italiana delle Società Scientifiche Agrarie (AISSA), si è interrogata sul ruolo dell'intensificazione sostenibile come strumento di sviluppo del comparto agrario nel nostro Paese, attraverso un lavoro collegiale che è partito dalla discussione all'interno di quattro tavoli tecnici sulle produzioni animali e quelle vegetali, sulla filiera bioenergetica e sulla trasformazione e conservazione dei prodotti.

L'intensificazione sostenibile ha l'obiettivo di incrementare le produzioni riducendo gli impatti ambientali dei processi coinvolti. Il presente documento rappresenta la posizione di AISSA su questo importante tema. Il documento parte dall'analisi del concetto di agricoltura intensiva e sottolinea la necessità che esso sia in futuro declinato soprattutto come "più conoscenza per ettaro". 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 filiera produttiva considerata, vengono poi analizzate le criticità e proposte le strategie e gli interventi atti a migliorare il livello di sostenibilità. Il documento sottolinea la necessità di prevedere un'analisi di base del territorio e degli ordinamenti colturali esistenti, per distinguere dove si può pensare ad intensificare ulteriormente alcune aree del Paese o alcune forme di agricoltura, e dove, invece, la coltura estensiva rimane la miglior forma possibile. Se a livello di Paese l'aumento delle rese è un obiettivo da ricercare, alla luce della grande diversità di situazioni colturali 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 documento 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

Italian agriculture, with its great variety of environments, species and production systems, is facing important challenges. The National agricultural system only supplies part of the raw materials used for food while several commodities are largely imported. The wholesomeness of food and of the ecological sustainability of the production process is growing, while the income of many entrepreneurs, especially in marginal areas, is put at risk by the increase in production costs. The scientific community represented by the Italian Association of Agricultural Scientific Societies (AISSA) has investigated the role of sustainable intensification as a tool for further development of the agricultural sector in Italy. Sustainable intensification aims at increasing yields by reducing the environmental impacts of the processes involved. This report starts with the analysis of the concept of intensive agriculture and emphasizes the importance of its meaning as "more knowledge per hectare". Indicators of ecological, social and economic sustainability are reviewed. For several crops and animal production chains as well as for the food industry, critical issues are analysed with strategies and interventions suggested. The report emphasises the need to provide basic analysis of the agricultural landscape and of the existing cultivation systems, to determine where sustainable intensification can be applied and where extensive farming remains the best possible form. There is no single way to achieve sustainability, but different forms of agriculture should all strive towards the same goal and mutually engage in beneficial practices. The report intends to improve both farm competitiveness and protection of the environment.



1. 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).

Tresonoleopzioni 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
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 e aumento della superficie agraria. Forme alternative di agricoltura urbana sono certamente possibili e potrebbero fornire un contributo per la produzione di frutta e ortaggi (fonti di vitamine e fibre) direttamente nelle città. 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.

Qual è la situazione italiana?

L'agricoltura italiana si estende su circa 12,7 milioni di ettari (6,6 di arativi, 2,4 di colture permanenti e 3,7 di prati e pascoli), a cui si aggiungono circa 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, l'agricoltura partecipa per circa il 2% al PIL nazionale, mentre il comparto agroalimentare ne rappresenta l'11%, in linea con dati europei.

Mai come ora si incontra 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.

Gli italiani sono disposti a spendere percentualmente di più per il cibo (il 20.5 % del valore degli acquisti; fonte Istat 2018) rispetto alla media europea, 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. 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 (circa 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 in parte alla cementificazione.

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 diminuita nel nostro Paese, rispetto a quella del periodo 2004-2006 (fonte FAOSTAT) (Fig. 1). Vale la pena ricordare che per garantire gli standard alimentari attuali dei circa 60 milioni di italiani è necessario importare elevate quantità di materie prime o prodotti trasformati (Fig. 2): solo per citare un paio di esempi, molta della carne bovina proviene dall'estero o dipende dalle importazioni di mangime, e circa il 60 % del frumento tenero non è prodotto in Italia. Noi siamo esportatori netti di 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. 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 alimentari, 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, di derivati dei cereali, di frutta e ortaggi, freschi e trasformati, di derivati del latte, etc. (Fonte ISMEA). 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 del cambiamento climatico che si manifestano soprattutto attraverso un innalzamento delle temperature, maggiore imprevedibilità del clima e aumento degli eventi meteorologici estremi.

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.

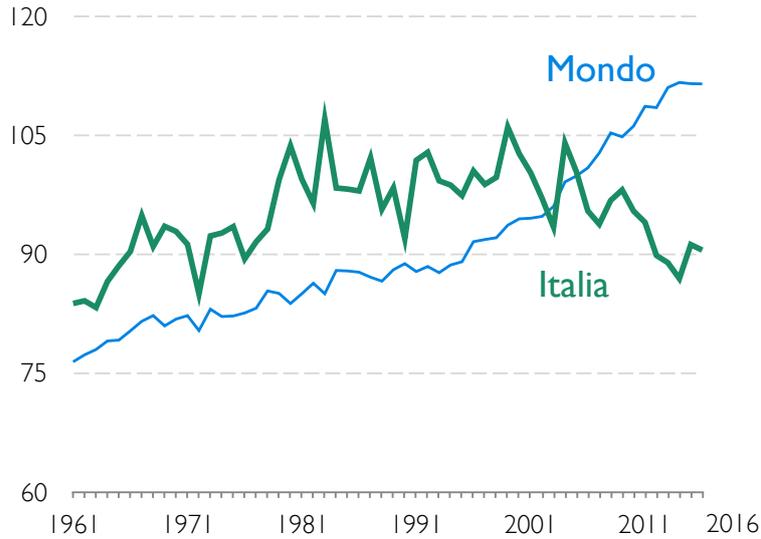
La comunità scientifica che si occupa delle scienze agrarie in Italia si è interrogata sull'intensificazione sostenibile e sul suo ruolo nel futuro del nostro Paese già in occasione del XV Convegno Nazionale AISSA (a Bolzano nel 2018), quando decine di esperti delle società scientifiche afferenti ad AISSA hanno discusso su questo tema all'interno di alcuni gruppi di lavoro. La struttura del documento è stata poi presentata durante il XVI convegno AISSA (a Viterbo nel 2019); molti altri colleghi, esperti di diverse discipline hanno fornito altri spunti utili che sono stati integrati nel testo. Il presente testo è stato redatto per un pubblico ampio che include non solo gli operatori del settore agrario, ma anche gli amministratori, i politici, i consumatori e la Società civile tutta.

Il presente documento rappresenta la posizione dell'Associazione Italiana delle Società Scientifiche Agrarie su questo importante tema. AISSA intende così contribuire al dibattito per consentire un miglioramento dell'attuale livello di sostenibilità dell'agricoltura italiana, ed aiutare da un lato la competitività delle imprese e dall'altro la salvaguardia dell'ambiente.



FIG 1

Indice di produzione agraria pro capite
(Ø 2004-06 = 100)

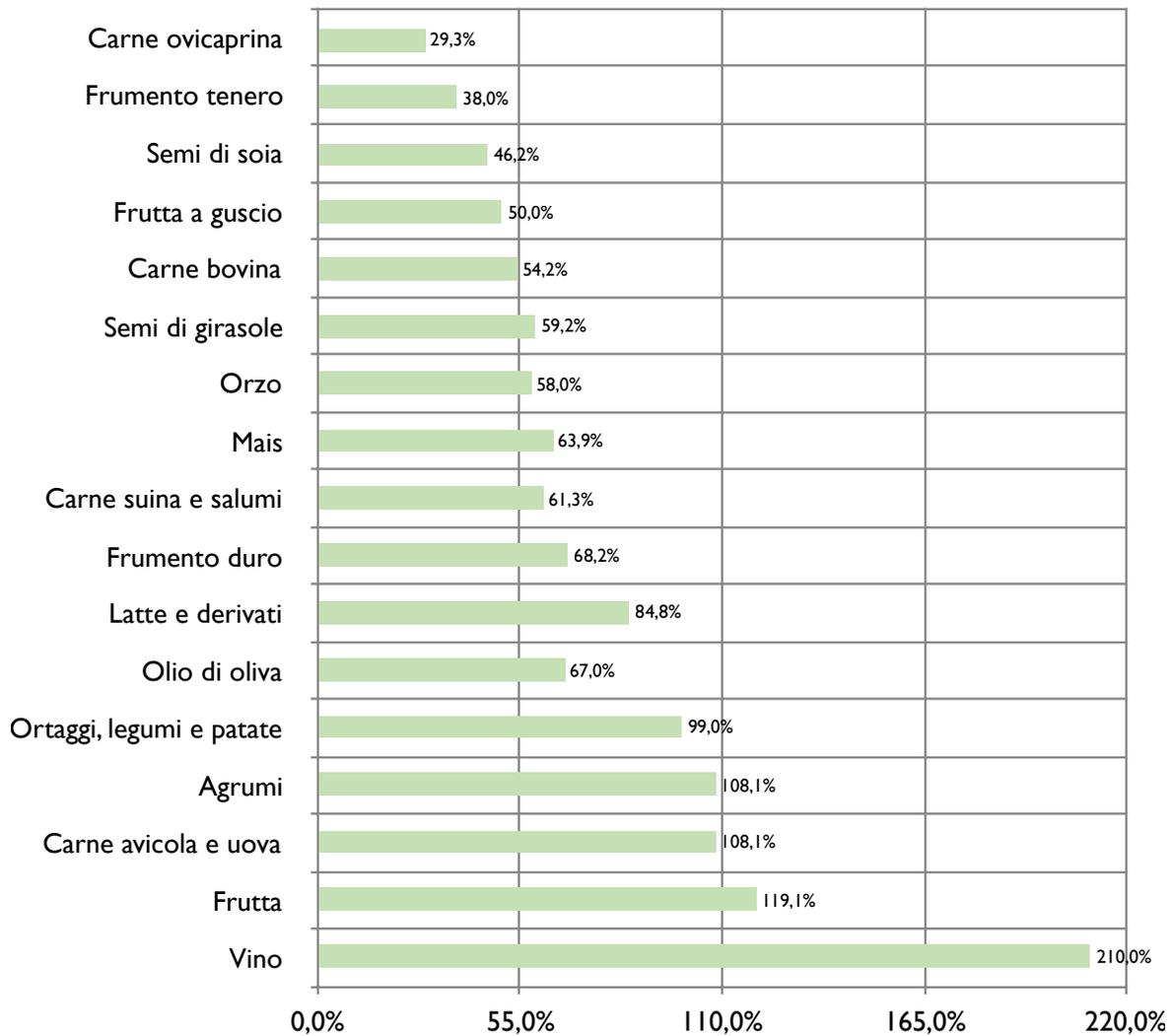


Fonte : FAOSTAT

FIG 2

Grado di autoapprovvigionamento nazionale
relativo agli alimenti

■ Media 2014-2016



Elaborazioni su dati ISMEA.





2. INTENSIFICAZIONE SOSTENIBILE

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.

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 a prodotti informatici o ad automobili, 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) (Tab. 1).

L'agricoltura è intensiva quando:

A) 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);

B) si impiegano tipi genetici (piante o animali) ad elevata potenzialità ovvero con elevate produzioni del singolo organismo vivente;

C) 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...).

BOX I

Problemi legati all'intensificazione in agricoltura

Tipo di agricoltura intensiva	Criticità
Elevata concentrazione di piante o animali	<ul style="list-style-type: none">- Elevato impiego di concimi o prodotti fitosanitari- Scarso benessere animale- Elevate concentrazioni di sottoprodotti (es. liquami) difficili da smaltire- Omogeneizzazione del paesaggio- Aumento della distanza tra produzione e mercato
Impiego di organismi ad elevata potenzialità produttiva	<ul style="list-style-type: none">- Perdita di biodiversità- Perdita di resilienza
Elevato impiego di materia ed energia nel sistema agricolo	<ul style="list-style-type: none">- sottrazione di risorse poco disponibili o non rinnovabili- Elevati carbon- e water-footprint- Rischio di presenza di residui negli alimenti- Inquinamento del suolo, dell'aria e delle acque- Diminuzione del livello di sostanza organica del suolo, accelerazione dell'erosione del suolo ed aumento della salinizzazione



Intensificare in modo sostenibile

Intensificare significa 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). Serve più conoscenza (*More knowledge 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. E' 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".

Sostenibilità, un termine spesso abusato

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 o meno sostenibile.

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 costosa. 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. Questa è un'importante sfida che il mondo della ricerca a servizio dell'agricoltura ha da tempo raccolto e sulla quale intende lavorare.



Esempi di colture arboree a diverso grado di intensificazione

Basso	Medio	Alto
<p>Sistemi arborei tradizionali contraddistinti da basse densità di impianto, vetustà 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</p> <p>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</p> <p>Castanicoltura della montagna appenninica e alpina.</p> <p>Coltura del noce e cerasicoltura in Campania</p> <p>Fico del Cilento e della provincia di Cosenza</p> <p>Mandorlo Puglia e Sicilia</p> <p>Arboricoltura da legno</p>	<p>Sistemi con medie densità di impianto e moderato apporto di input produttivi con limitato ricambio della piattaforma varietale (corilicoltura nelle Langhe, nel Viterbese, nel Salernitano ed in Irpinia); coltura dell'albicocco del vicentino, del cuneese e del Lazio</p> <p>Agromaticoltura di Sicilia e Calabria</p> <p>Actinidia in Piemonte, Friuli VG, Veneto, Emilia Romagna, Lazio, Basilicata e Calabria</p> <p>Albicocco e Susino in Piemonte, Emilia Romagna, Basilicata.</p>	<p>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)</p> <p>Olivicoltura ad altissima densità per la raccolta con macchine scavallatrici diffusa su circa 2000 ha in Italia, in espansione (lo stesso per il mandorlo).</p> <p>Viticoltura per vini di eccellenza (Toscana, Veneto, Piemonte, Sicilia, etc.)</p>

Esempi di colture erbacee a diverso grado di intensificazione

<p>Sistemi foraggeri alto-collinari e montani (ovunque sul territorio nazionale e frequentemente collegati alla valorizzazione di razze zootecniche minori)</p> <p>Sistemi colturali con rotazione di grano duro e girasole (in centro Italia)</p> <p>Sistemi colturali legati agli allevamenti biologici (importanti per produzione di latte, spesso caratterizzati da ampia o esclusiva presenza di praticoltura e pascoli)</p> <p>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)</p> <p>Aree caratterizzate da sistemi silvo-pastorali o agro-silvo-pastorali (zone collinari e di bassa montagna)</p>	<p>Rotazioni frumento tenero – mais (tecniche colturali tradizionali, ma con semplificazione nella gestione delle infestanti e concimazione, grazie alla rotazione); questi sistemi possono essere inclusivi di colture da biomassa</p> <p>Sistemi colturali a grano duro (centro sud Italia, scarsi apporti di concime e non sistematico ricorso al diserbo chimico)</p> <p>Sistemi colturali con allevamenti (soprattutto in Pianura Padana e bassa collina, con presenza di pascoli, oltre che frequentemente mais e seminativi, linea vacca-vitello)</p> <p>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 elevata presenza di erba medica o altre leguminose, basso input di mangime a base soia, elevate capacità professionale degli allevatori)</p> <p>Sistemi erbacei intensivi con introduzione di colture di copertura autunno-vernine ed estive (soluzione potenzialmente estendibile a tutto il territorio nazionale)</p>	<p>Sistemi risicoli, basati su monosuccessione prolungata (diffusione soprattutto in Piemonte e Lombardia, ma oasisticamente anche altrove)</p> <p>Maidicoltura intensiva (Pianura Padana irrigua, come evoluzione di territori dove è stato abbandonato l'allevamento)</p> <p>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)</p> <p>Sistemi colturali delle aziende zootecniche intensive, basati su mais da insilato (sempre in irriguo, collegati ad allevamenti intensivi da latte e carne)</p> <p>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)</p>
--	--	--

Esempi di colture ortive a diverso grado di intensificazione

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

Esempi di sistemi zootecnici a diverso grado di intensificazione

Bovini allo stato brado (linea vacca-vitello). Pascolo, con rare integrazioni di soccorso. Razze tradizionali prevalenti. Accoppiamento naturale e stagionalità riproduttiva.	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	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
As esempio: Allevamento brado del bovino maremmano in contesti agro-silvo-pastorali delle Regioni Lazio e Toscana	Qui la tendenza è quella di superare la stagionalità riproduttiva	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 brado stanziale o transumante del bovino podolico in Puglia, Calabria, Basilicata e Campania con produzione marginale di latte per la produzione del caciocavallo	Utilizzazione di razze migliorate, italiane o straniere. Prevalenza dell'accoppiamento naturale. Limitata diffusione dell'inseminazione strumentale	Allevamento di tipi genetici ad elevato livello produttivo (anche ad elevato livello qualitativo del latte)
Allevamento brado del bovino sardo in aree forestali delle Sardegna	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	Limitata presenza di aziende ad indirizzo biologico, soprattutto in contesti aziendali di filiera complete per una scarsa remunerazione dei prodotti biologici
Sistemi di allevamento molto vicini al disciplinare per l'allevamento biologico, ancora scarsamente adottati per il basso ritorno economico		



Produzione 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-Mipaaf).

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 derivante dall'impiego dei prodotti fitosanitari.

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'All. 3 della “Direttiva sull'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari”, relativamente all'applicazione di tecniche di prevenzione e monitoraggio dei parassiti delle piante coltivate, all'utilizzo di mezzi biologici per il loro controllo, al 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 coltura (disciplinari di produzione integrata). E' prevista, al momento, la certificazione ed il controllo della sola produzione integrata volontaria.

Principali caratteristiche della produzione integrata volontaria:

- Obbligo dell'analisi del suolo e predisposizione di un piano di fertilizzazione.
- Utilizzo 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 in alcune aree).
- Monitoraggio della situazione fitosanitaria delle coltivazioni, utilizzo di insetti ausiliari (utili) e adozione di tecniche di difesa contro patogeni, parassiti e malerbe di tipo agronomico o con mezzi alternativi alla difesa chimica (fisici, meccanici, microbiologici, ecc.).
- Razionalizzare della distribuzione dei prodotti fitosanitari limitandone il tipo ed il momento di applicazione per minimizzare le perdite, e lo sviluppo di forme di resistenze nei parassiti e i rischi derivanti dall'esposizione ai prodotti fitosanitari.





3. INDICI DI SOSTENIBILITÀ E FORME DI AGRICOLTURA SOSTENIBILE

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 in tabella 2 gli indicatori di sostenibilità ambientale, suddividendoli in base a tre categorie, in accordo con l'Agenzia Europea per l'Ambiente: i) agli effetti sulla qualità dell'ambiente dove avviene il processo produttivo, ii) all'intensità ed efficienza con cui vengono utilizzate le risorse, iii) agli effetti che il processo produttivo genera sugli altri ambienti. Le successive tabelle riportano gli indici di sostenibilità sociale (Tab. 3) ed economica (Tab. 4) ed i parametri per quantificarla.

Indicatori per unità di superficie o per unità di prodotto?

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. E' il caso dell'articolo di Tuomisto et

al. (2012), che ha analizzato 71 studi europei, 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 (Fig. 3). Anche Skinner et al. (2019) riferiscono che le emissioni di N_2O 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. Non meno importanti per il consumatore sono alcuni indici di "sostenibilità sociale" (Tab. 3) e soprattutto quelli legati alla salubrità dei prodotti. Esiste una generale convinzione che sia necessario ridurre l'impiego di prodotti fitosanitari in ambito agrario. La legislazione impone che i prodotti fitosanitari siano impiegati seguendo le istruzioni in etichetta, a loro volta derivanti dagli studi pre-commerciali che ne hanno consentito l'uso e la vendita. Rimane il dubbio che alcune conseguenze legate al loro utilizzo possano essere rivelate solo nel medio o lungo periodo, o che l'assunzione da parte degli organismi di più molecole possa avere effetti sinergici inattesi. Le decisioni sull'impiego di prodotti fitosanitari vanno effettuate in base alla valutazione rischi:benefici e vanno sempre preferiti i prodotti a minor rischio.

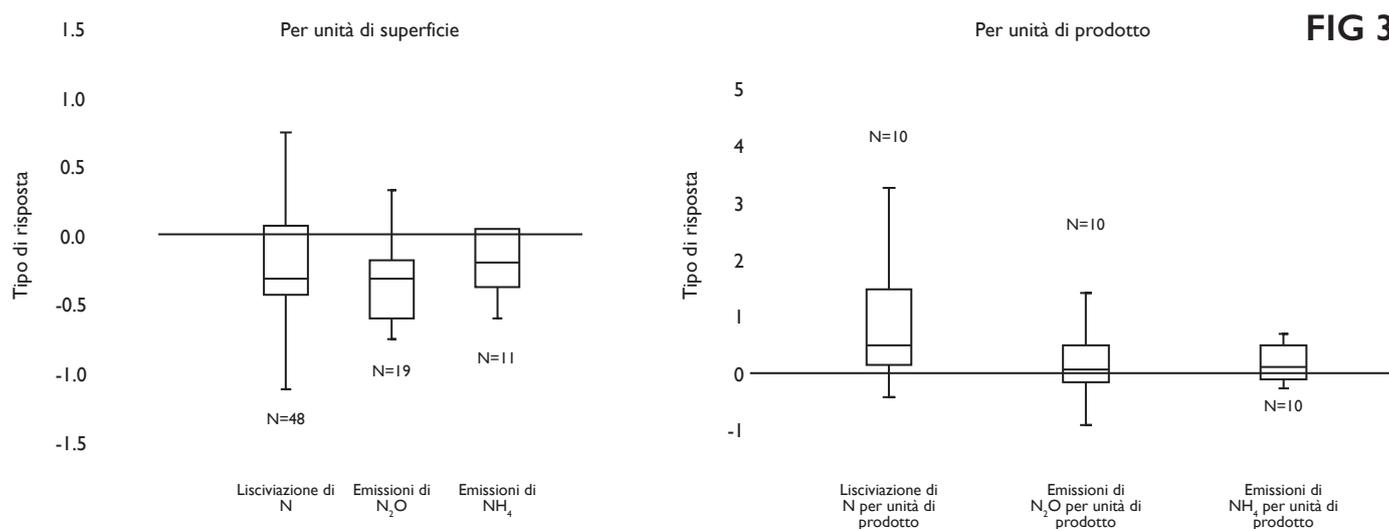


FIG 3

Perdite di azoto per lisciviazione e volatilizzazione in sistemi biologici e integrati/convenzionali.

I dati sono riferiti all'unità di superficie (grafico a sinistra) o di prodotto (grafico a destra).

I valori negativi indicano minori effetti della gestione "biologica" rispetto a quella integrata/tradizionale in rapporto alle perdite; i valori positivi indicano l'opposto.

Indicatori di sostenibilità ecologica

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)
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 (aree 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

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).
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

Indicatori legati agli effetti del processo produttivo su altri ambienti.

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
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)	<ul style="list-style-type: none"> - 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), non biodegradabili o difficilmente riciclabili, per unità di prodotto confezionato e venduto
Sostenibilità del processo di smaltimento acque reflue nelle filiere di trasformazione e di substrati nelle colture fuori suolo	<ul style="list-style-type: none"> - 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

TAB 3

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 limiti di legge; frequenza e tipo di casi di superamento limiti di legge; Load index (LI: indice di carico); EIQ
Coesione sociale – lavoro	
Conservazione dell'agricoltura e dell'attività di presidio in zone marginali	Grado di incentivazione e compensazione economica
Valore paesaggistico	
Indicatori ecologici e strutturali	Presenza di elementi naturali, es. siepi, fasce boscate, alberi, essenze che garantiscano fioriture prolungate, foreste
Indicatori legati al valore estetico, storico e di conservazione di saperi tradizionali	Presenza di terrazzi, muretti a secco, corpi idrici e zone umide

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
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



Produzione biologica

Si tratta di un sistema di agricoltura che utilizza prodotti di tipo naturale, ossia non di sintesi, nel processo produttivo. La produzione biologica è riconosciuta e regolamentata a livello UE dal nuovo regolamento Reg. (UE) No 2018/848 che abroga il vigente Reg. (CE) n. 834/2007 ed entrerà in vigore a decorrere dal 1° gennaio 2021. Sebbene un Regolamento UE sia un atto legislativo vincolante, cioè deve essere applicato in tutti i suoi elementi nell'intera Unione Europea, a differenza delle Direttive, alcuni Stati membri della UE, tra cui l'Italia, tendono comunque a legiferare in modo autonomo sul tema: in Italia, si sta infatti discutendo in Parlamento un Disegno di Legge (DDL) recante "Disposizioni per la tutela, lo sviluppo e la competitività della produzione agricola, agroalimentare e dell'acquacoltura con metodo biologico". A livello mondiale, le norme IFOAM regolano la produzione biologica.

Le superfici coltivate ed il numero di aziende "bio" sono in crescita sia in Italia che nel mondo. L'agricoltura biologica incoraggia l'uso responsabile delle risorse e dell'energia. 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. Questa forma di agricoltura cerca di potenziare la resilienza del sistema produttivo e di conservare la qualità delle acque. Le norme limitano l'uso di concimi, fitofarmaci, ormoni, antibiotici di sintesi, e raccomandano l'impiego di risorse interne all'azienda stessa. I prodotti da agricoltura biologica possono essere certificati su base volontaria 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 o per buona parte; all'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 regola-

menti 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 e la preferenza accordata a sistemi di riproduzione naturale.

Produzione biodinamica

Si tratta di un sistema agricolo simile in molti aspetti alla produzione biologica, al punto che le produzioni biodinamiche possono anche venire 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 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, vissuto tra la fine dell'ottocento e l'inizio del novecento. Tra di essi vanno elencati i diversi preparati biodinamici, la dinamizzazione dell'acqua e l'attenzione alle fasi lunari.





4. LIVELLO DI SOSTENIBILITÀ NELL'AGRICOLTURA ITALIANA E INNOVAZIONI PER PROMUOVERLA

Esprimere un giudizio sintetico sul livello di sostenibilità dell'agricoltura italiana è difficile e va oltre gli obiettivi di questo documento. 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.

Gas serra

Il libro bianco del MiPAAF su "Sfide e opportunità per lo sviluppo rurale per la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici" riportava per l'Italia stime relative al 2007 di emissioni di gas serra complessive dell'intero comparto agroalimentare (inclusi i processi di trasformazione) pari a circa 104 Mt di CO₂eq (equivalenti di anidride carbonica) a fronte di emissioni totali italiane di circa 550 Mt di CO₂eq. Secondo l'Inventario Nazionale delle Emissioni in Atmosfera (fonte ISPRA), i soli processi agricoli contribuiscono però oggi per poco più del 7% alle emissioni totali di gas serra in Italia, e l'agricoltura ha ridotto del 13,4% le emissioni di gas serra tra il 1996 ed il 2016. Secondo FAOSTAT, nei processi di produzione vegetale e di allevamento vengono emesse circa 26-29 Mt di CO₂eq per anno, (valori relativamente stabili tra il 2010 ed il 2016), soprattutto attraverso CH₄ e N₂O, a cui vanno sommate altre emissioni legate alle pratiche di gestione delle colture e degli allevamenti. Le foreste italiane agiscono invece da sink per il C atmosferico, sottraendo annualmente circa 35 Mt anno⁻¹ di CO₂eq.

Prodotti fitosanitari

I consumi nazionali di prodotti fitosanitari sono diminuiti nel tempo (fonte FAOSTAT). I quantitativi in termini di principio attivo ammontavano infatti a 100.596 t nel 1990, 71.613 nel 2010, 60.529 nel 2016 (fungicidi 62%, erbicidi 13%, insetticidi e acaricidi 9,4%). Sono circa 300 le sostanze oggi impiegate in agricoltura in vaste aree di territorio. Con riferimento alla classificazione dei prodotti per tossicità è importante sottolineare che si evidenzia una netta diminuzione di prodotti fitosanitari molto tossici soprattutto per fungicidi e insetticidi, mentre si registra una contestuale crescita nelle tipologie a maggiore impatto ambientale per gli erbicidi (CREA, 2019). Complessivamente i consumi di prodotti fitosanitari permangono però elevati attestandosi nel 2016 su oltre 124.000 tonnellate.

Relativamente ai residui sulle derrate alimentari, vanno segnalati i risultati dell'indagine EFSA (2018) relativa al 2016, da cui si evince che su 6200 campioni di frutta e verdura prodotti in Italia ed analizzati dalle autorità competenti, più della metà (53,4%) era priva di residui di prodotti fitosanitari, il 45,9% conteneva livelli di residui inferiori alle soglie di legge e lo 0,7% le superava. È interessante notare che dalla stessa indagine emerge come la frutta e la verdura importata superava il limite di legge sui residui in più del 3% dei casi analizzati. Per i cereali nazionali, i casi di superamento dei limiti di legge sono solo lo 0,1%, mentre i cereali privi del tutto di residui sono l'82% circa. Il recente rapporto ISPRA sullo stato delle acque (dati 2016) indica che nel 67% delle acque superficiali campionate (un totale di 1041 punti di monitoraggio lungo la nostra penisola) erano

presenti uno o più prodotti fitosanitari. Analogamente, sono stati ritrovati residui di prodotti fitosanitari nel 33,5% dei punti di monitoraggio delle acque sotterranee campionate. Sono state identificate 244 sostanze nelle acque superficiali e 200 in quelle sotterranee; i casi di superamento dei limiti di legge erano il 23,9% per le acque superficiali e l'8,3% per quelle sotterranee.

Gli erbicidi ed alcuni loro metaboliti sono le sostanze maggiormente ritrovate nelle acque, soprattutto quelle superficiali, dove prevale il glifosato ed il suo metabolita AMPA. Nelle acque superficiali sono anche frequenti casi di inquinamento dovuti all'insetticida imidacloprid. Nelle acque sotterranee si ritrova con maggiore frequenza l'atrazina desetil desisopropil, che può provenire da degradazione degli erbicidi atrazina o e terbutilazina.

Fertilizzanti

I consumi totali di fertilizzanti in Italia, tradotti in unità di fertilizzante, sono pari a 600.000 t N (66 kg/ha in media), 160.000 t P₂O₅ e 116.000 t K₂O (fonte FAOSTAT, dati 2017). Le quantità complessive di concime distribuite di concimi minerali e organici, incluso quelli in forma liquida, si attestano sui 3 Mt (fonte ASSOFERTILIZZANTI). Se consideriamo la finestra temporale 2012-2015, notiamo una progressiva diminuzione che ha portato ad un calo pari al 20% circa dei quantitativi di fertilizzanti impiegati nel nostro Paese; tali riduzioni hanno interessato soprattutto i concimi minerali composti e quelli semplici, calati da 3,5 a 1,9 Mt dal 2002 al 2015. Si deve tuttavia sottolineare che dal 2012 al 2017 il consumo di fertilizzanti è relativamente stabile. I concimi azotati rappresentano circa l'80% dei concimi solidi impiegati (circa 1,3 Mt nel 2017), quelli fosfatici il 7%, quelli potassici il 3% e quelli composti il 10% circa. Il consumo di letame è rimasto stabile nel tempo, mentre sono in fase di aumento i consumi di ammendanti vegetali e misti.

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.

Impiego di acqua irrigua

L'uso agricolo dell'acqua è stato nel 2012 pari a 14,5 miliardi di m³ (93,7% per l'irrigazione delle coltivazioni e il 6,3% per la zootecnia). Nel complesso si tratta di circa la metà dei consumi idrici nazionali, a cui vanno aggiunti ulteriori consumi idrici nei processi industriali di lavorazione dei prodotti (fonte ISTAT, 2017). In base ai dati raccolti nei censimenti ISTAT, la superficie irrigata non sembra essere nel complesso aumentata tra il 1980 e il 2010. Sono aumentate invece le superfici irrigate di mais, delle ortive, della vite e dei fruttiferi, soprattutto tramite i sistemi microirrigui. Questi sistemi sono già largamente prevalenti nei fruttiferi (61%), nella vite (68%), nell'olivo (56%) e nelle ortive (52%). Se irrigate attraverso microirrigazione, le colture

ricevono in media quantitativi annuali inferiori di acqua (20.000 m³/ha) rispetto all'irrigazione per aspersione (52.000 m³/ha), per scorrimento o infiltrazione (120.000 m³/ha) (fonte ISTAT, 2014).

Biodiversità

Occorre qui distinguere le diverse forme di biodiversità che caratterizzano i sistemi agricoli. Oltre ad un' agrobiodiversità in senso stretto, che riguarda le specie coltivate o allevate nel loro insieme, sono presenti nel campo coltivato molte altre specie che coesistono con quelle produttive. Parliamo inoltre di biodiversità funzionale relativamente alle specie che sono ritenute utili ad un certo processo (si pensi alle specie vegetali che fungono da rifugio per gli insetti utili, alle micorrize o ai microrganismi che decompongono la sostanza organica, etc.)

Raggiungere la più elevata biodiversità possibile è oggi ritenuto non solo un valore aggiunto di alcuni specifici sistemi colturali, ma anche un importante indicatore di sostenibilità di ogni sistema agricolo. 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. 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'agrobiodiversità, 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 ad agenti fitopatogeni e ad insetti fitofagi, e per l'adattamento alle avversità climatiche attraverso programmi di miglioramento genetico.

E' importante considerare che, a fronte di una situazione mondiale che presenta diverse criticità, 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 e diversi genotipi locali, che costituiscono la base di una tradizione eno-culinaria famosa nel mondo per la sua diversità regionale. L'elevato valore espresso dall'indotto della ristorazione di qualità è l'immagine delle possibilità economiche offerte dalla biodiversità.

Un ruolo speciale è 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. Molte le opzioni che possono essere impiegate in funzione della filiera produttiva. 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 colturali mono-toni 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, sil-

vicole 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 policolturali di quella tradizionale (Barbera et al., 2005). Il comune valore paesaggistico offerto dal paesaggio agrario non è sempre associabile alla 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 culturale, 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.





4.1 PRODUZIONI VEGETALI

Negli ultimi decenni si sono diffusi alcuni sistemi di produzione che mirano, almeno in alcuni aspetti, a rendere maggiormente sostenibile da un punto di vista ambientale il processo produttivo (vedi box 2,-7). L'agricoltura "integrata" da sola interessa la maggior parte delle superfici. Dal 2014, la difesa di tipo integrato contro i patogeni ed i 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). Mentre sono note con sufficiente approssimazione le superfici interessate dall'agricoltura integrata e da quella biologica (quest'ultima pari al 16% della SAU nel 2016, ma in crescita), non sono disponibili statistiche analoghe per l'agricoltura "di precisione" (secondo un comunicato del CNR, apparentemente diffusa sull' 1% della SAU italiana ed in crescita), per quella "conservativa" e per quella "agroecologica".

In considerazione della grande variabilità di contesti ambientali, economici e sociali del nostro Paese, sarebbe sbagliato creare una classifica assoluta 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 virtuosità messe in pratica da altre forme di agricoltura, attraverso un processo di crescita comune.



Questo tipo di colture (Tab. 1) 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, ad es. nel melo in Alto Adige devono essere pari al 5% della superficie aziendale) in cui possono essere presenti cespugli, siepi, muri a secco, etc., spesso utilizzati come ricoveri per animali utili.

L'impiego di diserbanti chimici è in genere limitato e 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 è diminuita 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 incidenza delle popolazioni di agenti fitopatogeni e di insetti fitofagi. 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 ticchiatura). Vanno anche segnalate le molteplici emergenze fitosanitarie legate alla comparsa di specie aliene molto pericolose, tra cui ad

esempio la cimice asiatica (*Halyomorpha halys*), il moscerino asiatico della frutta (*Drosophila suzukii*) e l'agente del disseccamento rapido (*Xylella fastidiosa*), il cui controllo è tuttora assai difficile.

La quantità di concime impiegato 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 fotosintesi da una parte, e respirazione ed il C presente nei frutti raccolti, dall'altra) 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, etc.) 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.

Come innalzare il livello di 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 analitiche 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). 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).

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). Sono ora disponibili, ad esempio, molte varietà di melo resistenti alla ticchialatura, il principale fungo patogeno di questa coltura, contro il quale vengono applicati ripetuti trattamenti fitosanitari. Le varietà resistenti già disponibili incontrano tuttavia difficoltà di vario ordine alla loro diffusione, e sono pochi i casi di un loro successo, se si escludono alcune 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.



Esempi di miglioramento genetico per favorire la sostenibilità

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 ai tradizioni 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 sono 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 F1 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 (sopra) è sensibile e l'altro (sotto) 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 triciclazolo, 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).



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.1). 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. 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.

L'agricoltura conservativa è vista come una valida alternativa alla coltivazione convenzionale sia per i sistemi colturali annuali che per quelli poliennali. I principi fondamentali dell'agricoltura conservativa sono:

- la semina diretta e le lavorazioni superficiali, fino alla non lavorazione, in cui si cerca di 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 strut-

L'agroecologia

Nella sua prima versione, l'agroecologia era definita come un metodo per proteggere e valorizzare l'uso delle risorse naturali basato sulla conoscenza delle interazioni ecologiche tra le varie componenti dell'agroecosistema, che forniva linee guida per progettare e gestire agroecosistemi sostenibili (Gliessman, 1990). In seguito, la definizione di agroecologia si è estesa, passando dalla gestione sostenibile dei sistemi colturali e aziendali a quella dell'intero sistema agro-alimentare. Secondo Agroecology Europe, l'agroecologia non è solo una scienza ed un insieme di pratiche agricole, ma anche un movimento sociale che raggruppa associazioni della società civile interessate ad aspetti come lo sviluppo sostenibile in tutte le sue componenti e la sovranità alimentare.

L'agroecologia 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 la salute del suolo e la produzione agricola tramite il riciclo delle biomasse, l'incremento della sostanza organica nel suolo e l'ottimizzazione del ciclo dei nutrienti, la conservazione e l'uso sostenibile dell'agrobiodiversità, la presenza di nemici naturali di parassiti, favoriti attraverso la creazione di appositi habitat, e la riduzione dell'uso di energia, di acqua e di input esterni, sostituiti dalla fornitura di servizi agroecosistemici promossa dalle interazioni ecologiche. Nel settore zootecnico, essa prevede sistemi che favoriscano la salute degli animali e la resilienza dei sistemi agro-zootecnici attraverso una corretta alimentazione, ad es. basata principalmente su foraggi freschi e affienati e sul pascolo e la loro integrazione funzionale con le colture e le risorse del territorio.

L'agroecologia è un paradigma che mira a rendere i piccoli agricoltori maggiormente indipendenti dal mercato, ma è in grado di proporre soluzioni anche ad aziende di maggiori dimensioni. Diversi sono i modelli di agricoltura che si riconducono, più o meno esplicitamente, all'agroecologia. Tra questi, il più vicino è probabilmente l'agricoltura biologica, nelle sue diverse forme. La principale differenza tra agroecologia e agricoltura biologica è che quest'ultima prevede una serie di norme e prescrizioni regolamentate ed una certificazione *ad hoc*, mentre il focus dell'agroecologia è più sui principi ispiratori delle pratiche agricole che non sulle pratiche stesse, che potranno differire a seconda del contesto.



tura 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 dell'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 più concentrata nelle prime fasi di sviluppo della coltura. La soglia che rende difficile il controllo delle malerbe è fissata, secondo gli esperti, intorno ai 30 milioni di semi per ettaro. L'evoluzione negli anni di questo aspetto è fortemente legato 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. E' questo un esempio, quindi, in cui non tutte le misure volte ad aumentare la sostenibilità del sistema colturale possono essere adottate contemporaneamente.

Agricoltura conservativa

Il termine "conservativa" riferito all'agricoltura nasce con riferimento al suolo, inteso come risorsa da conservare. I problemi che l'agricoltura 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 e la perdita di fertilità biologica. In anni più recenti è emerso come un sicuro vantaggio dell'agricoltura conservativa risieda nella 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, 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 so-

luzione 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 è più importante il suo ruolo. 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 della produttività dopo il periodo di adattamento. I costi di lavorazione sono invece da subito inferiori.

E' anche necessaria una copertura quasi permanente del suolo che si realizza innanzitutto lasciando i residui colturali in superficie, o introducendo le colture da sovescio destinate ad essere lasciate in campo come abbondante fonte di sostanza organica e di nutrienti. 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 per monitorare lo stato della coltura e dei suoli. E' volta all'ottimizzazione della gestione agronomica dei sistemi colturali tramite il monitoraggio e la valorizzazione della variabilità spaziale tra appezzamenti e, soprattutto, al loro interno. Le informazioni raccolte supportano le 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.

L'agricoltura di precisione si fonda su tre capisaldi:

1. disponibilità di informazioni descrittive la variabilità spazio-temporale 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, penetrome-

tri, georadar e altri. Questa mappatura può essere acquisita su ampi intervalli di anni. La variabilità dello stato della coltura si basa su sensori di riflettanza su ampie gamme di lunghezza d'onda, radiometri e termometri all'infrarosso e altri. Questi sensori possono essere portati da un trattore, supportati da veicoli aerei o acquisiti da satelliti. La mappatura della coltura è effettuata più volte nel corso del ciclo colturale. L'insieme di queste informazioni deve essere conservato 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 quella derivante dalle mappe relative alle rese produttive può essere interpretata in modo diverso a seconda del meccanismo fisiologico che la genera, fino a proporre un abbassamento, o in altri casi un innalzamento, della dose di input da distribuire. 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.



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. **Riduzione degli input meccanici** intesi non solo come intensità dell'intervento (cioè la sola sostituzione dell'aratura con le erpicature), ma anche come frequenza degli interventi ed area di lavorazione. Una sempre maggiore attenzione deve essere posta alle macchine combinate e a quelle 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. 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 degli agenti fitopatogeni e degli insetti fitofagi.** 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 droni e le innovazioni nella meccanizzazione** delle lavorazioni del suolo possono consentire ulteriori miglioramenti di alcuni parametri della sostenibilità.



Effetto della rotazione colturale con un cereale (a destra) sulla crescita del fagiolino, cresciuto invece in monosuccessione a sinistra nella foto.

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 che 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 da industria, radicchio, pisello per l'industria ecc. in rotazioni molto ampie con cereali o altre colture industriali (Tab. 1).

Questo tipo di orticoltura, 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.

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, 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), le quali, 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 coltivazioni di specie diverse, anche l'utilizzo di pratiche quali le rotazioni ampie, il sovescio, la concimazione organica, lotta biologica, ecc.

Il livello medio di intensificazione (Tab. 1) 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 esempio 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 comparto 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 gestito al meglio. In questo gruppo di colture possiamo indicare, ma solo a titolo di esempio, tutte le *solanaceae* per consumo fresco (pomodoro, peperone, melanzana) e le orticole da foglia per la IV gamma (lattuga, valeriana, rucola ecc.).

I principali rischi legati all'intensificazione dell'attività nel comparto orticolo possono essere ricondotti essenzialmente alle situazioni in cui si realizzano 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 ad 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 una minore intensità della difesa fitoiatrica rispetto alla stessa coltura in pieno campo. Da un lato infatti, è facilitata in serra la lotta di tipo biologico con il lancio di artropodi antagonisti naturali quali predatori e parassiti, dall'altro, l'assenza di bagnatura fogliare 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) ed i problemi legati allo smaltimento dei substrati esausti utilizzati nelle colture fuori suolo. Le serre riscaldate, inoltre, difettano spesso nell'efficienza degli impianti di riscaldamento, a causa della loro ridotta coibentazione (elevata trasmittanza dei film plastici).

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 permettere 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 micro portata 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 nematodi fitopatogeni ed insetti rizofagi, 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'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.



4.1.4 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, conducendoli sostanzialmente verso la netta prevalenza di mais (da granella o da insilato) o a rotazioni strette comunque basate sul mais. Le conseguenti criticità generate da tali sistemi sono state:

1. squilibrio della razione alimentare degli animali, in cui prevale la componente energetica rispetto a quella proteica;
2. aumento di input esterni all'azienda soprattutto di tipo proteico;
3. 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 realizzata 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 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 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 autoriseminanti 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 (ad esempio tramite il metodo Pascolamento Razionale Voisin), in modo da ottenere 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.



4.2 PRODUZIONI ANIMALI

Si stima che a livello globale i sistemi di produzione animale investano tra il 30 e il 40% della superficie agricola utilizzabile, per lo più mediante il pascolamento. 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. 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 solo alcuni sistemi zootecnici di allevamento dei ruminanti, sia in forme intensive (bovini da latte e da carne), sia in forme semiestensive (ovini da latte) o estensive (sistemi agrosilvopastorali). Sono esclusi dalla trattazione i sistemi di allevamento dei monogastrici, rappresentati prevalentemente nel nostro Paese dalle forme intensive di allevamento dei suini e delle specie avicole, interessati da problematiche rilevanti riguardanti la gestione delle deiezioni e il benessere animale.

4.2.1 ALLEVAMENTO DEL BOVINO DA LATTE

Questo tipo di allevamento si caratterizza in Italia per la prevalenza di sistemi ad alto livello produttivo, con produzioni di punta che si aggirano sui 10.000 Kg di latte per singola lattazione, localizzati soprattutto nelle aree geografiche a buona vocazione agronomica.

I punti di debolezza sono relativi all'impatto ambientale degli allevamenti (legato principalmente sia a varie forme di emissione di gas serra, tra i quali il metano prodotto dalla fermentazioni prestomacali dei ruminanti, sia alla potenziale carica inquinante delle deiezioni) e al benessere animale. Il carico animale risulta molto elevato e spesso registra una media di circa 3 capi adulti e di 3 capi da rimonta per ettaro di SAU aziendale, a fronte di un'elevata vulnerabilità ai nitrati di origine agricola.

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 comporta soggetti altamente selezionati per la produzione con maggiori difficoltà gestionali e aumento di problemi sanitari;
- la diffusa presenza di patologie a carico degli apparati mammario e locomotorio, nonché di dismetabolie responsabili, unitamente a problemi di infertilità e ad altre patologie, della breve carriera produttiva media.

Un'ulteriore 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 i loro elevati costi di trasporto in terreni al di fuori della zona definita "vulnerabile".

Si ritiene 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 conduce un'attività zootecnica e foraggera, tali aspetti potrebbero avere una valenza molto importante nel ridefinirne il reale impatto ambientale.



4.2.1 ALLEVAMENTO DEL BOVINO DA LATTE

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 per 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 di 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,
 - la ricerca di fonti proteiche alternative a quelle maggiormente in uso oggi (soia),
 - la ricerca sull'utilizzo di sottoprodotti;
 - l'utilizzo di 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".

Principali strumenti per innalzare il livello di sostenibilità nell'allevamento di bovini da latte

Criticità	Soluzione proposta
Strutture di allevamento non idonee per condizioni di stress termico da caldo	Adeguamento delle strutture di allevamento Adozione di criteri di progettazione, gestione e monitoraggio dell'edificio zootecnico per il miglioramento del comfort termico
Spazi di allevamento non idonei	Riduzione dei capi allevati quando in eccesso Adozione di criteri di progettazione dell'edificio zootecnico e di management e monitoraggio in grado di migliorare il benessere animale
Non corretta gestione dei reflui	Progettazione e impiego di strutture, impianti e tecnologie di gestione e trattamento dei reflui per la riduzione delle emissioni e dell'impatto ambientale
Incidenza di malattie metaboliche	Adozione di metodi di "precision feeding"
Incidenza di mastiti cliniche e subcliniche	Applicazione di sistemi di diagnosi precoce di infezione mammaria
Incidenza di forme di infertilità	Adozione di metodi di "precision feeding" e corretta applicazione dei protocolli di profilassi e di terapia
Scarsa durata della carriera produttiva	Prevenzione delle comuni patologie; selezione genetica per la resistenza alle malattie e per la longevità
Inadeguata disponibilità di foraggi e scarsa qualità	Applicazione di idonei sistemi foraggeri e di tecniche per il condizionamento dei foraggi

4.2.2 ALLEVAMENTO DEL BOVINO DA CARNE

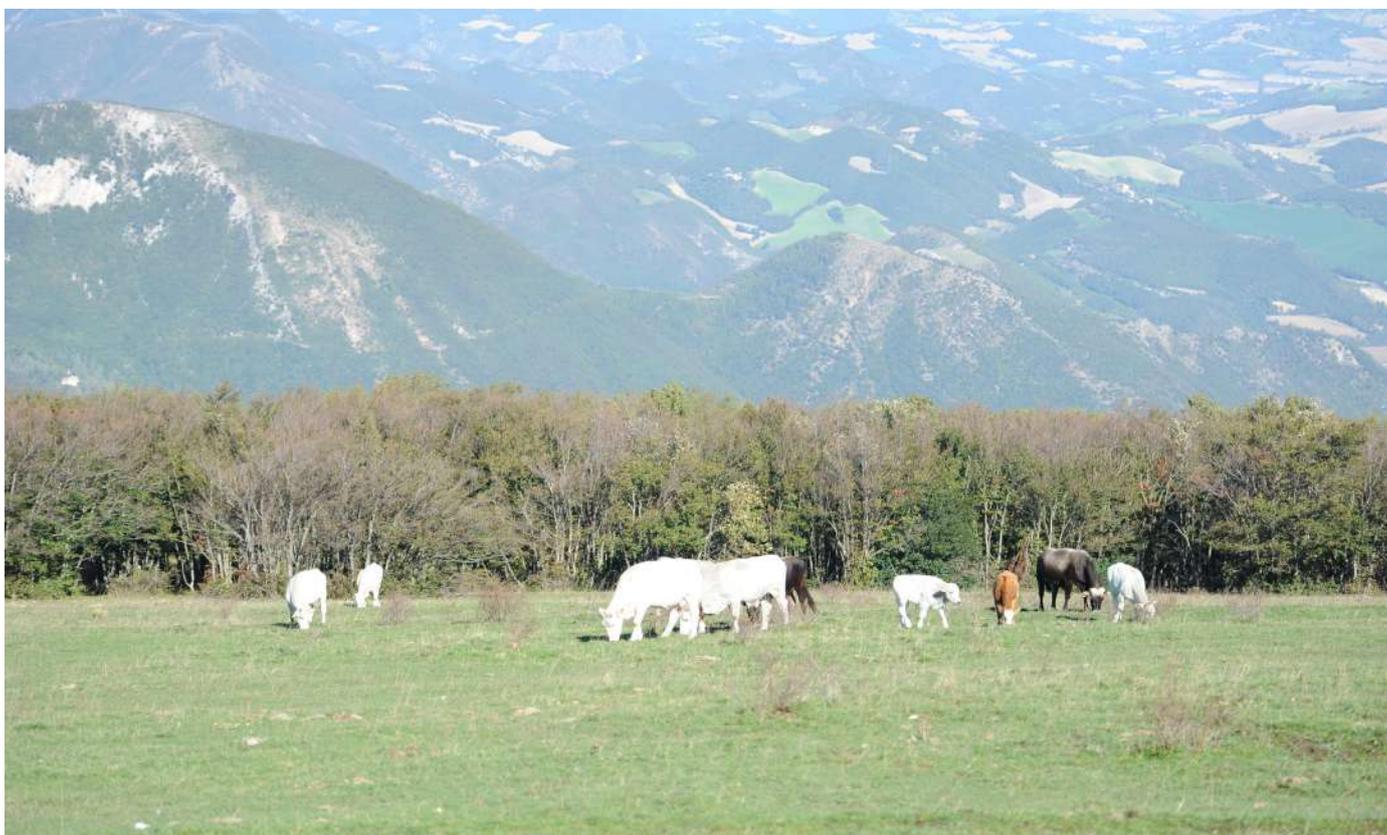
PROBLEMA

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 pascolative. 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 la sostenibilità del processo produttivo. Nello specifico, tale attenzione dovrebbe riguardare la definizione di linee guida inerenti 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, indipendentemente dalle sue dimensioni, con sistemi di produzione di energia rappresenta un aspetto cruciale per ottimizzare la sostenibilità nell'allevamento del bovino da carne.

L'Italia risulta 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 le performance riproduttive e l'incidenza e gravità delle problematiche sanitarie.



4.2.2 ALLEVAMENTO DEL BOVINO DA CARNE

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. E' 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, risulta parte fondamentale e 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 di carne, 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, global warming potential (GWP), ozone creating potential (POCP), acidification potential (AP), eutrophication potential (EP), ecc. per kg di carne prodotta rispetto alle informazioni maggiormente divulgate e reperibili.

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 risulta 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 fabbrica-

te, analisi istantanea in campo per l'individuazione dell'ottimale momento di raccolta degli insilati e dei foraggi, ecc), il miglioramento dell'ambiente (utilizzo di destratificatori, condizionamento del fotoperiodo, riscaldamento dell'acqua di abbeverata), ecc.





La Sardegna rappresenta il punto di riferimento a livello nazionale per l'allevamento dell'ovino da latte. Il livello produttivo medio delle aziende ovine della Sardegna 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. 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 nostro 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.

4.2.3 ALLEVAMENTO DELL'OVINO DA LATTE

Quali le strategie per aumentare la sostenibilità?

L'aumento medio delle produzioni 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, ma anche 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, riduzione delle superficie a pascolo e aumento dell'impatto ambientale dovuto all'accumulo di deiezioni in stalla, con i relativi problemi di smaltimento. Non trascurabili sarebbero inoltre gli effetti negativi anche sulle caratteristiche organolettiche e sui valori salutistici dei 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 sovrapascolamento. 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.

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 sovrapascolamento. 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.



4.2.4 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 una 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 possibilità di mitigare l'effetto degli allevamenti animali sulle emissioni di gas ad effetto serra (GHG) 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 e valorizzare questi sistemi che rappresentano un utile strumento di contrasto al fenomeno dell'abbandono delle aree marginali e di conservazione del territorio e del paesaggio.

È altrettanto necessario, tuttavia, sviluppare nuovi modelli agroforestali, moderni ed efficienti, pensati per le aree di 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 GHG, 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. La sostenibilità economica diventa quindi fondamentale: essa può essere favorita tramite sussidi all'allevamento, che svolge quindi anche una funzione sociale, oppure tramite la volontà del consumatore di comprare questi prodotti non solo per il loro valore nutrizionale e per le caratteristiche organolettiche, ma anche per la consapevolezza del loro ruolo per la società.





Agroselvicultura

L'agroselvicultura 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 soprattutto gli “alberi fuori foresta” sia con l'impianto all'interno di terreni coltivati o di aree destinate al pascolo, sia tramite l'inserimento di colture agrarie o attività zootecniche su terreni già caratterizzati da copertura arborea. Gli 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.

Alcuni 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 silvo-pastorali per la termoregolazione animale e il bilanciamento delle emissioni animali climalteranti, incluso il pascolo in bosco.

I sistemi agroforestali, rispetto ai sistemi monocolturali, presentano spesso numerosi vantaggi in termini di produttività, sostenibilità e servizi ecosistemici: 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'agroselvicultura risponde alle istanze di intensificazione sostenibile della produttività, cercando nuove soluzioni al trilemma “sicurezza alimentare, materia prima legnosa e tutela ambientale” (Paris et al., 2019). La ricerca ha l'obiettivo di ottimizzare, anche tramite l'uso di modelli di simulazione, le interazioni tra le diverse componenti per ottenere il massimo dei vantaggi. La Politica Agricola Comunitaria è ancora contraddittoria rispetto all'agroselvicultura. Gli alberi possono infatti paradossalmente ridurre l'ammontare del Premio Unico aziendale, in base alla superficie agricola utile occupata dalla proiezione delle chiome. Parallelamente però esistono una serie di misure dei Piani di Sviluppo Rurale che incentivano e chiedono la costituzione di nuovi sistemi silvopastorali e silvoarabili. La Certificazione Forestale si sta attivando per includere l'agroselvicultura. È stata costituita dal 2012 l'EURAF (European Agroforestry Federation).





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 (Corona et al., 2019) 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, la razionalizzazione dell'uso degli alberi fuori foresta, etc.. 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). Quello zootecnico include i reflui zootecnici per la produzione di biogas. 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 include i residui delle operazioni di manutenzione del verde pubblico e frazione umida di rifiuti solidi urbani proveniente dalla raccolta differenziata.

Nel 2017 la potenza degli impianti di produzione di energia elettrica alimentati con le bioenergie (biomasse, biogas, bioliquidi) rappresentava il 7.8% della potenza complessiva degli impianti alimentati da fonti rinnovabili installati in Italia. La maggior parte degli impianti alimentati con bioenergie installati in Italia alla fine del 2017 era di piccole dimensioni, con potenza inferiore a 1 MW. Nel corso del 2017 la produzione da bioenergie è stata di 19378 GWh, pari al 18.7% della produzione totale da fonti rinnovabili. Il 43.7% dell'energia elettrica da bioenergie è stata prodotta in impianti di potenza superiore a 10 MW, il 42.3% in quelli di potenza inferiore a 1 MW e il restante 14.0% in impianti appartenenti alla classe intermedia, tra 1 e 10 MW.

Nelle dinamiche attuali della sostenibilità ambientale nel nostro Paese, riveste particolare importanza la generazione distribuita di energia termica soprattutto nelle aree interne e nella montagna. Le biomasse forestali e quelle provenienti dagli alberi fuori foresta rappresentano per questo tipo di energia, dei serbatoi significativi e utilizzabili modo sostenibile. La biomassa più utilizzata in Italia è infatti il legno, che è anche, tra le rinnovabili, la seconda fonte di energia primaria italiana (circa il 30%) dopo l'idroelettrico. Le operazioni per il prelievo di biomassa forestale a fini energetici comprendono sia interventi selvicolturali in boschi governati a fustaia (assortimenti minori, cimali, rami), sia interventi in boschi governati a ceduo (biomassa combustibile, residui minuti, ramaglia).

Fonti di approvvigionamento ulteriori sono rappresentate dai tagli intercalari applicati alle giovani fustaie, e dai residui derivanti dalle utilizzazioni di coltivazioni legnose e di piantagioni dedicate su superfici agricole (si pensi all'innovazione delle Piantagioni Policicliche Permanenti) e delle formazioni fuori foresta, soprattutto lineari (come siepi e filari o piccoli boschetti), da cui il settore potrebbe attingere quantitativi importanti di biomasse (fasce tampone, alvei fluviali, filari frangivento, verde urbano, ecc.)



BOX 9

Potenzialità e opportunità delle produzioni agro-forestali per impieghi energetici

Le potenzialità e le opportunità delle produzioni agro-forestali per biomassa a impiego energetico sono legate a fattori specifici quali:

- l'ampia disponibilità, a scala nazionale, di biomassa legnosa e di residui, per la filiera legno-energia;
- l'incentivazione dell'utilizzo di biomasse legnose a fini energetici, soprattutto termici (quest'ultima inspiegabilmente non considerata nei correnti strumenti di pianificazione nazionale come il Piano Nazionale Energia e Clima);
- l'aumento della competitività di aziende agro-forestali nel mercato dei biocombustibili, specie per la produzione di cippato e cippatino di buona qualità e di origine locale;

- lo sviluppo di mercati regionali e nazionale di biocombustibili, con controllo dei prezzi, domanda e offerta stabili nel tempo;
- la diversificazione e l'aumento della redditività per le aziende agroforestali e le ditte boschive (non solo produttori di biomasse forestali ma anche fornitori di energia);
- lo sviluppo di indotto locale (impiego manodopera, vendita locale di biocombustibili, realizzazioni di manufatti accessori agli impianti), specie nelle aree non metanizzate in cui è possibile offrire sistemi di riscaldamento sostenibili dal punto di vista ambientale ed economico, con notevoli risparmi economici da parte dell'utente.



Innovazioni per la filiera bioenergetica

Una politica di intensificazione delle produzioni sostenibili di biomasse agro-forestali a impiego energetico è possibile, ma richiede innovazioni che consentano l'utilizzo efficiente delle risorse, come di seguito indicato.

- Procedure e incentivi per la sostituzione di caldaie e centrali obsolete e sviluppo di impianti più efficienti ed economici per ridurre le emissioni di particolato nella combustione delle biomasse ligno-cellulosiche.
- Sviluppo di tecnologie adatte alla produzione di biogas e biometano da impianti di piccola (<1 MW) e piccolissima (< 100 kW) taglia e aumento della relativa flessibilità di esercizio.
- Integrazione della bioenergia negli attuali e futuri sistemi energetici: opportunità tecnico-economiche per una ottimale integrazione delle filiere bioenergetiche nei sistemi energetici in aree rurali, periurbane, agro-industriali e residenziali e, in particolare, sviluppo di configurazioni impiantistiche ibride solare/biomassa, gas/biomassa.
- Integrazione tra reti di distribuzione di calore, elettricità, gas, biometano, ed altre infrastrutture (acqua, trasporti, smart grids); uso delle biomasse come fonte di accumulo energetico attraverso processi avanzati di upgrading; le biomasse sono fonti rinnovabili programmabili che ben si prestano ad un'integrazione con fonti energetiche rinnovabili intermittenti (solare, eolico) e convenzionali e per la produzione congiunta di *intermediate biomass carriers*, *biofuels* e *bulk chemicals* (per la sostituzione di materiali e combustibili da fonte fossile).

- Ottimizzazione di processi termici per energia e materiali: tecnologie termiche e termo-chimiche di torrefazione, densificazione, pirolisi, carbonizzazione di materiali ligno-cellulosici per la produzione di energia e biomateriali, in funzione della tipologia di biomassa, delle esigenze di mercato, dei bilanci energetico-ambientali. Ad esempio, occorre sapere in quali condizioni tecnico-economiche e ambientali è preferibile produrre biochar per l'incremento del carbon stock, charcoal o pellet per piccole applicazioni diffuse, oppure cippato per teleriscaldamento o cogenerazione.
- Definizione dei processi tecnologici che devono essere implementati per facilitare il riutilizzo agronomico delle ceneri di combustione, con la determinazione degli standard tecnici e delle indicazioni legislative necessarie per superare le attuali barriere.
- Tecniche di meccanizzazione agricola e forestale: condizionamento e pretrattamento dei sottoprodotti agricoli e forestali per l'ottimizzazione dei bilanci energetico-ambientali.
- Ottimizzazione spaziale e temporale multi-obiettivo: sviluppo di strumenti geospaziali di supporto alle decisioni, quando possibile open-source e web-based, per definire localizzazione, dimensioni e tecnologie per impianti di produzione di biomateriali ed energia da biomasse, in funzione di vincoli tecnologici ed ambientali, degli aspetti economici, occupazionali, di fornitura di utilità ecosistemiche e di salvaguardia del territorio.
- Mappatura dei suoli a una scala adeguata (scala di semi-dettaglio, 1:50.000) come elemento essenziale per poter delineare in quali aree e per quali sistemi produttivi vi siano significativi margini per una intensificazione colturale.



Le criticità del comparto

Esiste uno squilibrio negli incentivi tra produzione elettrica e termica, ed una scarsa consapevolezza della forza di questa realtà: in alcune Regioni, l'attuale panorama degli incentivi sulle energie rinnovabili premia la sola produzione di elettricità e non di calore; ciò ha generato uno spostamento del mercato del cippato verso le centrali che producono soltanto energia elettrica, con aumenti del costo del combustibile e diminuzione del livello di sostenibilità che è massimo nella generazione di energia termica in modo distribuito e in rete (es. gli impianti di teleriscaldamento sempre più diffusi ed efficienti nelle Alpi).

In relazione alla "performance" ambientale delle diverse filiere, si possono registrare problemi di sostenibilità, ad esempio, (i) quando la riduzione delle emissioni di gas serra sia insufficiente rispetto agli obiettivi o inferiore ad altre fonti rinnovabili (eolico, solare), (ii) quando vi siano effetti negativi della combustione della biomassa sulla qualità dell'aria (si pensi ai problemi legati alle polveri sottili), (iii) quando la biomassa venga importata da aree non soggette a vincoli di sostenibilità ambientale delle produzioni (Paesi extra EU, ad esempio), o iv) quando la produzione di biomassa sia effettuata in concorrenza con le produzioni agricole e a fini alimentari in aree meglio vocate a tali scopi, replicando su piccola scala quanto avviene pericolosamente a livello globale in molte regioni del pianeta.

La riduzione effettiva delle emissioni di gas serra può essere limitata da numerosi fattori: elevati input energetici per coltivazione, trasporto e conversione della biomassa (soprattutto alcuni biocarburanti liquidi); ridotta efficienza di conversione (ad esempio, generazione elettrica senza riutilizzo del calore di cogenerazione); cambio di uso del suolo, diretto o indiretto, che può comportare variazioni nelle riserve di carbonio. Quest'ultimo problema riguarda soprattutto le biomasse importate, la cui produzione può essere realizzata in seguito a deforestazione.

Vi sono problemi di sostenibilità economica quando vengono incentivate forme di bioenergia che presentano costi di produzione superiori ad altre fonti di energie rinnovabili, come ad esempio per la produzione di elettricità da biomasse legnose o da certe forme di biogas.

In ogni modo, la disponibilità della fonte a livello nazionale rende interessante lo sfruttamento energetico delle biomasse forestali. Tuttavia, elementi di criticità sono legati da un lato al reperimento della biomassa in bosco, con le difficoltà logistiche e in particolare l'assenza di una viabilità forestale sufficientemente sviluppata e mantenuta; d'altro canto, l'incertezza dei dati sui prelievi di biomassa legnosa in bosco a fini energetici e sui flussi di import determina la dinamica della programmazione dei prelievi in funzione degli incrementi a scala di bacino energetico. Da ciò la necessità, oltre ad una vigilanza più attenta degli organi preposti, anche di un maggiore coordinamento degli enti che raccolgono dati statistici e alla verifica degli stessi (es. non solo organizzazioni di categoria o settore, ma anche enti e amministrazioni in grado di effettuare integrazione dei dati a terra con quelli da satellite, progressiva professionalizzazione del settore, sviluppo della modellistica).

I residui colturali del comparto agricolo rappresentano una fonte energetica facilmente accessibile, ma vanno considerate alcune criticità legate agli impieghi alternativi del materiale, la bassa produttività per unità di superficie e la composizione chimica delle biomasse.





L'abbandono degli spazi rurali sta pregiudicando in parte la grande diversità di paesaggi ed ecosistemi, e questo va considerato con attenzione, sia per la difesa del paesaggio agrario, che per il mantenimento di produzioni di nicchia e di pregio, che per il recupero del valore dei prodotti legnosi e non legnosi da parte delle risorse forestali. Oggi infatti più di un terzo del territorio nazionale è coperto da foreste e circa l'80% di questa superficie risulta potenzialmente disponibile al prelievo legnoso, cioè non soggetta a limitazioni significative dovute a norme/vincoli o a cause di tipo fisico.

D'altro canto, attualmente, il prelievo annuale di massa legnosa dai boschi italiani è pari a meno di un terzo del loro incremento naturale di volume. Al contempo, l'Italia, uno tra i principali Paesi produttori ed esportatori di mobili a livello mondiale, 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, direttamente, anche un danno ambientale a scala globale, con ineludibili criticità sotto il profilo etico.

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. Peraltro, condizioni realistiche sotto il profilo tecnico-finanziario per una intensificazione sostenibile in selvicoltura potrebbero ragionevolmente garantire, nel lungo periodo, un aumento del livello di utilizzazione legnosa dai boschi italiani fino al 50% in più rispetto ad oggi. Vi sono dunque importanti motivazioni e significativi margini per un calibrato incremento dell'approvvigionamento di risorse legnose

dai boschi italiani nel contesto di una puntuale pianificazione forestale e di una razionale selvicoltura secondo criteri di sostenibilità.

Premesse l'opportunità di preservare i lembi esistenti di boschi vetusti e i boschi di particolare valore naturalistico e l'utilità di una loro eventuale espansione in determinate condizioni, è possibile adottare interventi selvicolturali coerentemente pianificati per il miglioramento della produzione legnosa nazionale in un'ottica di intensificazione sostenibile. Peraltro, la nostra selvicoltura è da decenni riconosciuta come attenta alle implicazioni ecologiche degli interventi di utilizzazione. La sostenibilità ambientale è patrimonio consolidato dei nostri "saperi" forestali attuali e le tendenze crescenti delle forme selvicolturali che favoriscono la diversificazione strutturale e compositiva sono un'ulteriore garanzia che viene ora perseguita anche nel resto d'Europa.

In questa stessa prospettiva è da sottolineare il crescente interesse verso prodotti innovativi a base di legno, in grado di soddisfare consumi responsabili, con particolare riferimento ai materiali legnosi da costruzione, ottimali per le esigenze del costruire e dell'abitare sostenibile (es., bioedilizia e arredo con legno lamellare, CLT, X-lam, farine di legno, ecc.) e ai materiali tessili, bioplastici e imballaggi intelligenti a base di legno.



4.5 TRASFORMAZIONE E CONSERVAZIONE

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, per giungere ora, dati ormai per acquisiti i primi due e considerata l'aumentata sensibilità ambientale, a lavorare intensamente sulla sostenibilità dei processi.

Qual è la percezione della sostenibilità nell'agroalimentare?

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 fanno capo al livello qualitativo, ma che nulla hanno a che spartire con 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 compongono il processo di lavorazione.

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 ed 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 nel post-raccolta e tecnologie per l'incremento della shelf-life (vita di scaffale) in prodotti di IV gamma e in quelli poco lavorati (sia ortofruttili 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.



4.5.1 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, il riuso (per le risorse idriche), l'autoproduzione (nel caso dell'energia elettrica).

Quando un edificio è progettato ex-novo, ed è nota 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 una specifica destinazione d'uso, o che vengono riconvertiti ad ospitare processi agroindustriali. 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 questi casi fondamentali altri tipi di innovazione che insistono più specificamente sull'ambiente di lavoro, quali l'ottimizzazione energetica e del 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 introdurre processi 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 sotto vuoto.

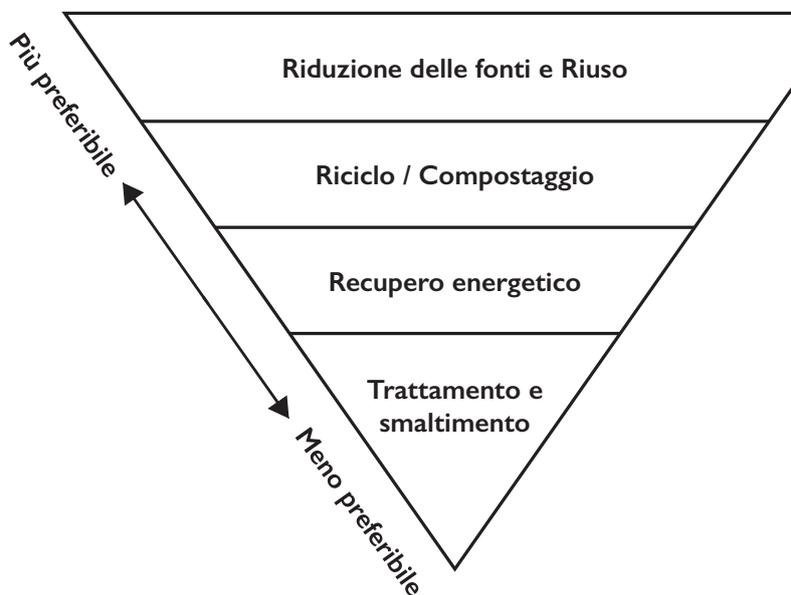


Nell'ambito della trasformazione, l'impegno della ricerca è volto a favorire la maggior efficienza degli impianti e la miglior organizzazione del processo. A tal fine risulta di grande interesse lo sviluppo di indicatori di consumo energetico e idrico (intesi sia come fabbisogno totale, sia come fabbisogno di risorsa richiesta dalla rete di approvvigionamento) e di CO₂ emessa, riferiti all'unità di prodotto. Tali indicatori potrebbero essere specificamente 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 (esempio la fermentazione nella produzione di bevande alcoliche).

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.

Come strategia per la riduzione dell'impatto ambientale, inoltre, è dimostrata l'efficacia dell'utilizzo di energie elettriche da fonti rinnovabili, inclusa la valorizzazione rifiuti.



Nuovi tipi di alimenti?

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 alternative 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.

L'odierno impianto legislativo consente oggi di valorizzare un gran numero di sottoprodotti dell'agricoltura e dell'agroindustria sottraendoli in tal modo dal circuito dei rifiuti da smaltire ed inserendoli in un circuito virtuoso che consente il recupero di energia sotto forma di biogas o, meglio ancora, di biometano e di materia sotto forma di elementi della nutrizione vegetale e sostanza organica contenuti nel digestato, materiale residuo al termine della digestione anaerobica (DA). Rispetto ai residui e sottoprodotti non sottoposti al processo di DA, il digestato mostra una sostanza organica parzialmente stabilizzata, una ridotta fitotossicità ed un migliore rapporto carbonio/azoto, tutti parametri che ne rendono migliori le caratteristiche agronomiche. Da ricordare anche il recupero di frazioni fibrose, frazioni antiossidanti e specifiche molecole (licopene, antocianine, proteine, tocoli e tocoferoli ecc..) 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.

Il problema degli imballaggi

Di grande interesse sono anche le ricerche per la produzione **packaging da residui di lavorazione** in sostituzione 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 EPO506650 B1). Inoltre, esistono biomateriali derivanti da cereali a basso amiloso, 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 provenienti 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. (Foto a pag. 60)

Sostenibilità nella filiera vitivinicola

La sostenibilità applicata a questo importante comparto è un concetto complesso, che punta a ridurre o annullare l'impatto sull'ambiente, ma allo stesso tempo consentire di produrre in modo sufficiente vino di alta qualità. Un buon risultato in termini ambientali e commerciali si ottiene quindi applicando nuove conoscenze lungo tutti i punti della filiera. Una percezione diffusa è invece che sia necessario tornare indietro, alla produzione di un vino ancestrale, dimenticando i progressi della conoscenza acquisiti dalla seconda metà dell'800 ad oggi nei campi della patologia vegetale, dell'entomologia, della microbiologia e della genetica. In tali casi si assiste 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, venduti a prezzi molto alti. L'azienda veramente sostenibile investe in tecnologia e in ricerca e non rifiuta la conoscenza. I trattamenti indispensabili in vigneto sono applicati in modo mirato e quando ve ne è un reale bisogno, assumendo la decisione in base a misure ambientali eseguite 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 attenzione è anche dedicata all'ottimizzazione dei processi di scambio termico: a titolo di esempio, l'introduzione della flottazione nei processi di vinificazione in bianco ha prodotto un risparmio di frigoriferie ed un miglioramento della qualità dei mosti. Assisteremo nel breve periodo ad un confronto serrato tra queste filosofie, ma è ragionevole pensare che si diffonderà un concetto reale e applicabile di sostenibilità, basato su un approccio "dal principio alla fine" che consideri l'intera filiera produttiva a partire dalla produzione dell'uva, passando poi alla vinificazione, confezionamento, distribuzione, vendita, fase di fine vita (uso, smaltimento, riciclaggio).





5. CONVIVENZA TRA COLTIVAZIONE INTENSIVA ED ESTENSIVA

L'intensificazione sostenibile ha l'obiettivo di incrementare le produzioni 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 e che hanno fortemente ridotto entrambi questi essenziali parametri produttivi.

La coltura estensiva è talvolta la migliore forma possibile

Pensiamo ad esempio alle 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. Nella sola Italia centro-settentrionale esse rappresentano 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.

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. Essi richiedono inoltre un processo di autenticazione e tracciabilità per garantire 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.

L'importanza del paesaggio

Le 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 o la percezione. Lo dice la stessa Convenzione Europea del Paesaggio: "Paesaggio designa una determinata parte di territorio, così come è percepita dalle popolazioni (art.1)".

Tra le sfide più rilevanti che le politiche nazionali e comunitarie si trovano a dover affrontare vi è quella del paesaggio, sempre più concepita 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 progettazione sostenibile del paesaggio rurale rappresentano elementi chiave, espressione sia degli aspetti produttivi, che di quelli ambientali, sociali ed economici e 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, anche cogliendo le opportunità di miglioramento agro-ambientale e paesaggistico legate alla multifunzionalità dell'agricoltura.

La pianificazione paesaggistica di nuova generazione dimostra ulteriormente il suo valore strategico, per quanto riguarda le possibilità di integrazione della gestione dell'uso del territorio con i criteri di finanziamento per lo sviluppo rurale e il sostegno agli agricoltori. 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 EU. Le esigenze di conservazione del paesaggio e di identità culturali specifiche dovrebbero pertanto essere affrontate da politiche che consentano una "coerenza paesaggistica", compreso il miglioramento delle eccellenze della produzione agricola. L'efficacia di tale integrazione è quindi subordinata alla natura interdisciplinare delle analisi delle varie caratteristiche del paesaggio rurale per l'attuazione di specifiche politiche di gestione.

D'altra parte, la razionalizzazione della destinazione di uso dei suoli resta il tema principale per il futuro. La terra, insieme all'acqua sarà nel prossimo futuro 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.

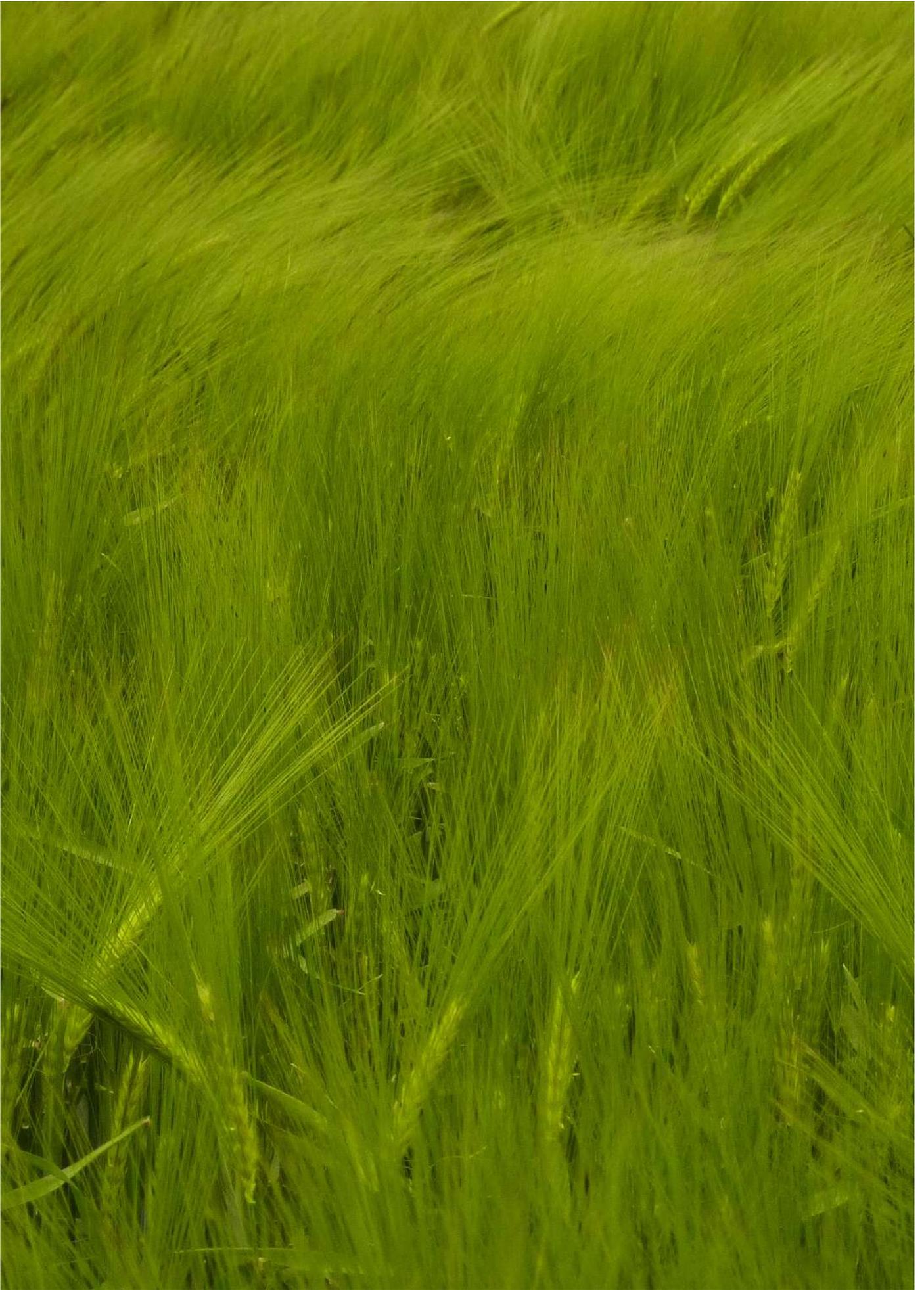
Agricoltura e turismo

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.

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.

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.







6. CONCLUSIONI

L'analisi proposta 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; andrebbero pertanto considerati gli effetti non solo a livello di azienda, ma anche quelli a livello di comprensorio e l'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, oppure quelle da non superare.

La complessità del problema impone anche la definizione di scale di priorità, come appare chiaro da due dei molteplici esempi che potrebbero essere portati. In frutticoltura, dove si mira a ridurre l'impiego di prodotti fitosanitari contro patogeni e insetti dannosi, si può pensare all'adozione di coperture: ciò porterebbe ad una riduzione del rischio di inquinamento dovuto a prodotti fitosanitari e della presenza di residui sui prodotti (Tab. 2), ma, se tale tecnica fosse adottata su larga scala avrebbe un effetto negativo sul paesaggio (Tab. 3).

Analogamente, le lavorazioni del suolo in molte colture, sono utili alternative all'uso di erbicidi per il controllo delle malerbe: da un lato, esse permettono il miglioramento di alcuni indici di sostenibilità ecologica quali quelli legati alla lisciviazione e runoff di prodotti fitosanitari (Tab. 2), ma dall'altro aumentano le emissioni di gas serra ed il consumo di energia fossile (Tab. 2). La complessità del problema e la presenza di molti indicatori di sostenibilità 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" (LCA), 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», può e deve essere promossa e declinata attraverso varie forme di agricoltura, quali quella integrata, quella biologica, quella conservativa, quella agro-ecologica, etc., che devono tutte tendere alla stessa direzione e poter mutuare l'un l'altra pratiche virtuose. 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. A questo riguardo, vale la pena ricordare il recente report da Nomisma sul sistema agro-alimentare, che pone l'accento sulla necessità di investire nell'innovazione, nelle infrastrutture, nell'i-

struzione per far recuperare al settore agricolo nazionale il gap con altri paesi europei come l'Olanda, la Germania e la Francia.

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.

La nuova PAC e la sostenibilità

Le misure previste dalla politica agraria comunitaria hanno un impatto importante sul reddito delle aziende e costituiscono uno strumento efficace per orientare le decisioni in campo agricolo. La sostenibilità ambientale ha un ruolo centrale nella discussione attualmente in corso sulla riforma della PAC. Nelle proposte attuali, per il periodo 2021-2027, molti degli obiettivi identificati potranno costituire strumenti per migliorare il livello di sostenibilità dell'agricoltura. Tra di essi, quelli di:

- a. Assicurare un reddito equo agli agricoltori.
- b. Contrastare il cambiamento climatico.
- c. Migliorare la cura dell'ambiente.
- d. Preservare il paesaggio e la biodiversità.
- e. Supportare il rinnovo generazionale degli agricoltori.
- f. Proteggere la qualità degli alimenti e la salute.

Le misure agroambientali, prevedono la partecipazione degli agricoltori su base volontaria ed intendono compensare gli agricoltori per i maggiori costi e i minori ricavi derivanti dall'adozione di pratiche ecocompatibili.

Appello per un progetto comune in direzione della sostenibilità

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 effettuare. 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 il presente documento 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 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. È inoltre necessaria una maggiore 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 alimentare 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 alcuni 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 potrebbe essere 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 valutare come migliorare costantemente la sostenibilità dell'agricoltura italiana. Tutti devono assumere impegni di ragionevolezza e di responsabilità, senza speculazioni né oscurantismi.



BIBLIOGRAFIA

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.

Buckwell A. et al. 2014. Sustainable Intensification of European Agriculture. RISE Foundation, Brussels

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

Crea. 2019. L'Italia Agricola conta 2018. Ed. CREA, 14, pp 160.

Gliessman SR. 1990. Agroecology: researching the basis for sustainable agriculture. Springer Verlag, New York

Paris P. et al., 2019. What is the future for agroforestry in Italy? *Agrofor Syst*, doi: 10.1007/s10457-019-00346.

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>

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.

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

Sitografia

http://antares.crea.gov.it:8080/documents/10179/176417/Libro_bianco_agosto_2011.pdf

<https://assofertilizzanti.federchimica.it/>

<http://dspace.crea.gov.it/bitstream/linea/492/1/SE5-2013-20.pdf>

<https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2903/sp.efsa.2018.EN-1454>

https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/sustainable_use_pesticides/ipm_en

<https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/farming/organic-farming>

<http://www.agroecology-europe.org>

<https://www.appliedgenomics.org>

<http://www.eurafagroforestry.eu>

<http://www.fao.org/3/a-i4551o.pdf>

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

<https://www.ifoam.bio/en>

<http://www.ismea.it/istituto-di-servizi-per-il-mercato-agricolo-alimentare>

<http://www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00003700/3754-c2678-m1-u3-p1.pdf>

<http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti/italian-emission-inventory-1990-2016>

<http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti/rapporto-nazionale-pesticidi-nelle-acque-dati-2015-2016.-edizione-2018>

<https://www.istat.it/it/agricoltura>

<https://www.reterurale.it>

GLI AUTORI

1. Massimo Tagliavini:

*Curatore del testo e autore corrispondente massimo.tagliavini@unibz.it.
Membro del Consiglio di Presidenza di AISSA e presidente della Società di Ortoflorofruitticoltura Italiana.
Facoltà di Scienze e Tecnologie, Libera Università di Bozen-Bolzano.*

2. Bruno Ronchi:

*Coordinatore del tavolo tecnico sulle "Produzioni Animali".
Segretario del Consiglio di Presidenza di AISSA e presidente dell'Associazione per la Scienza e le Produzioni Animali.
Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali, Università della Toscana.*

3. Carlo Grignani:

*Coordinatore del tavolo tecnico sulle "Produzioni Vegetali".
Presidente della Società Italiana di Agronomia.
Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, Università di Torino.*

4. Piermaria Corona:

*Co-coordinatore del tavolo tecnico sulla "Filiera Bioenergetica".
Centro di ricerca Foreste e Legno, Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria.*

5. Roberto Tognetti:

*Co-coordinatore del tavolo tecnico sulla "Filiera bioenergetica".
Dipartimento di Agricoltura, Ambiente e Alimenti, Università degli Studi del Molise, Campobasso.*

6. Marco Dalla Rosa:

*Coordinatore del tavolo tecnico sulla "Trasformazione e Conservazione".
Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari, Università di Bologna.*

7. Paolo Sambo:

Dipartimento di Agronomia, Animali, Alimenti, Risorse naturali e Ambiente, Università di Padova.

8. Vincenzo Gerbi:

*Past-President di AISSA.
Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, Università di Torino.*

9. Mario Pezzotti:

*Membro del Consiglio di Presidenza di AISSA e presidente della Società Italiana di Genetica Agraria.
Dipartimento di Biotecnologie, Università degli Studi di Verona.*

10. Francesco Marangon:

*Vicepresidente di AISSA e presidente della Società Italiana di Economia Agraria.
Dipartimento di Scienze Economiche e Statistiche, Università degli Studi di Udine.*

11. Marco Marchetti:

*Co-curatore del testo. Presidente di AISSA e presidente della Società Italiana di Scienze Forestali.
Dipartimento di Agricoltura, Ambiente e Alimenti, Università degli Studi del Molise, Campobasso.*

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.

AISSA celebra nel 2019 il 20° anniversario della sua istituzione con il presente documento "Intensificazione sostenibile, strumento per lo sviluppo dell'agricoltura italiana".

Documento sottoscritto 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 Ortoflorofruitticoltura 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



Ringraziamenti

Si ringraziano 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", "Filiere bioenergetica" e "Trasformazione e conservazione", e quelli che hanno contribuito ad animare la discussione sul tema intensificazione sostenibile con interventi e suggerimenti: A. Acquadro, A. Agnelli, A. Alma, P. Angelini, P. Balsari, G. Barbera, P. Barberi, S. Baric, D. Bassi, A. Benedetti, U. Bernabucci, R. Biasi, M. Blandino, R. Botta, P. Buzzini, G. Campanile, M. Canavari, A. Cannas, L. Casini, E. Casiraghi, L. Catalano, R. Cavalli, C. Cavani, C. Ciavatta, S. Cocco, S. Colazza, R. Comino, R. Comolli, M. Contin, L. Corelli Grappadelli, G. Corti, A. Dal Piaz, V. Dell'Orto, D. Digioia, W. Drahorad, M. Faccoli, G. Falsone, F. Fava, A. Ferrante, A. Ferrero, C. Fischer, T. Galassi, M. Gaulty, C. Garrone, A. Gentile, F. Gentile, A. Gelsomino, G. Gigliotti, M. Giuliani, P. Gonthier, M. Guarino, R. Gucci, M.L. Gullino, P. Inglese, V. Lavelli, M. Lucchin, G. Malorgio, L. Manici, L. Manzocco, E. Marconi, G. Martello, A. Marucci, M. Mele, G. Minotta, D. Monarca, A. Monti, M. Morgante, R. Motta, S. Nardi, D. Neri, F. Orsini, A. Paletto, A. Pantaleo, P. Paris, S. Pascuzzi, G. Peratoner, G. Pergher, I. Pertot, L. Piergiovanni, M. Pisante, A. Pozzebon, D. Piussi, M. Plutino, K. Poppe, G. Prosdocimi Gianquinto, P. Pulina, S. Raimondi, M. Ramanzin, M. Romagnoli, R. Romano, D. Rosellini, P. B. Roversi, L. Ruiu, D. Sacco, L. Sallustio, S. Salvi, L. Sartori, G. Savoini, G. Scarascia Mugnozza, G. Scarascia Mugnozza, C. Severini, C. Sorlini, F. Spanna, P. Tassinari, F. Terribile, G. Tonon, P. Tonutti, D. Torreggiani, P. Trematerra, G. Valè, D. Viaggi, A. Vitale, G. Zimbalatti.

Immagini

Si ringraziano i seguenti colleghi per aver gentilmente fornito alcune foto.
P. Balsari (pag. 31), R. Biasi (pag. 62), G. Di Gaspero (pag. 32, sinistra),
W. Drahorad (pagg. 10, 17, 39, 61), F. Orsini (pag. 08), L. Manici (pag. 36),
P. L. Paris (pag. 49), C. Severini (pag. 60).
Si ringrazia la piattaforma online Pexels.
<https://www.pexels.com> (pagg. 59, 66).



