

BRUNO RONCHI¹, MARCELLO MELE², GIOVANNI BITTANTE³,
AGOSTINO SEVI⁴, GIUSEPPE PULINA⁵

Intensificazione sostenibile dei sistemi zootecnici

^{1, 2, 3, 4, 5} Comitato consultivo per gli allevamenti e prodotti animali

LA CRESCENTE DOMANDA DI PRODOTTI DI ORIGINE ANIMALE

Gli alimenti di origine animale (AOA) hanno rappresentato un elemento di straordinaria importanza nell'evoluzione umana, grazie all'apporto di nutrienti indispensabili e di alto valore biologico. Il consumo di carne, latte, uova e pesce ha mostrato negli ultimi decenni un incremento in termini di consumo pro-capite, in particolare nei Paesi in via di sviluppo (PVS), tale da costituire uno dei principali drivers della cosiddetta convergenza alimentare di questi con i Paesi sviluppati (PS). Sovrapposto alla dinamica demografica, che ha visto la popolazione mondiale triplicarsi negli ultimi 70 anni, l'incremento del consumo unitario di AOA ha generato un effetto moltiplicatore della domanda di proteine animali di oltre 5 volte.

Le condizioni di miglior accesso di ampi strati della popolazione mondiale agli AOA hanno avuto un ruolo fondamentale nella lotta alla malnutrizione, alle malattie collegate e, soprattutto, alla mortalità infantile.

L'innalzamento del reddito e l'urbanizzazione, oltre che la riduzione dell'indice di disuguaglianza economica e sociale (l'indice Gini) in Cina, India e nel sud est asiatico dove si concentra più della metà della popolazione del pianeta, hanno rappresentato le basi per l'aumento dei consumi degli AOA, mentre questi ultimi nei PS hanno ormai raggiunto da anni il plafond e sono in leggera regressione per effetto principalmente dell'invecchiamento della popolazione ivi residente e del mutamento degli stili di vita nelle nuove generazioni.

Il forte impulso produttivo, sostenuto dal miglioramento genetico animale, dagli avanzamenti nelle tecniche di allevamento e di alimentazione e dalla diffusione delle moderne pratiche sanitarie, è stato reso possibile anche

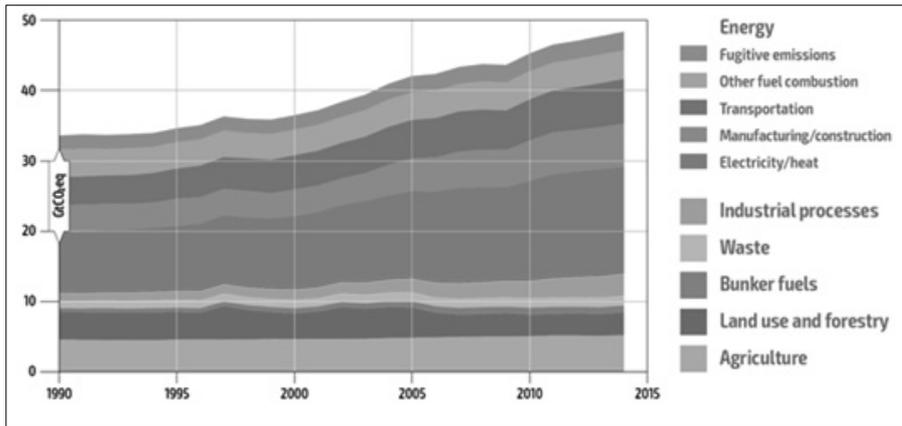


Fig. 1 *Andamento delle emissioni di gas climalteranti dal 1990 al 2015 (FAO, 2018)*

dall'aumento delle superfici destinate al pascolamento e alla produzione di alimenti zootecnici e dall'incremento dell'uso delle risorse tecniche ad elevato impatto ambientale, l'acqua in particolare.

Tuttavia, al contrario della narrazione corrente che addita al settore agricolo la maggior quota delle emissioni inquinanti, quelle di gas climalteranti (GCA) in primis, l'analisi storica condotta dalla FAO (fig. 1) mostra che tutto il settore (silvicoltura compresa) ha un andamento storico piatto a fronte dell'aumentata produzione e in relazione anche all'aumento globale delle emissioni di GCA. Ne consegue che in termini relativi l'incidenza di queste emissioni sul totale è passata dal 25% nel 1990 al 17% nel 2015 (a cui deve essere tolto il 5% rappresentato dalla CO₂ fissata dalle superfici forestali, senza contare quella fissata dai pascoli e dalle colture permanenti) e che quella per unità nutritiva prodotta (Kcal o g di proteina) si è ridotta almeno della metà.

Il settore zootecnico, che è stimato contribuire per circa il 10% a tali emissioni, è quello maggiormente messo sotto accusa, ma al netto dei sistemi a bassa produttività quali quelli dell'India e dell'Africa subsahariana, la gran parte degli AOA sono prodotti in aree, Italia compresa, in cui l'incidenza del GCA da allevamenti non supera il 5% delle emissioni totali (per l'Italia l'ISPRA stima il 4,4%, su un totale del settore agricoltura del 7%).

Tutti gli scenari disegnano un aumento generalizzato dei consumi di AOA per i PVS e, come atteso, una stagnazione nei PS. Considerato che l'incremento demografico riguarderà soprattutto i primi, ne deriva un aumento del-

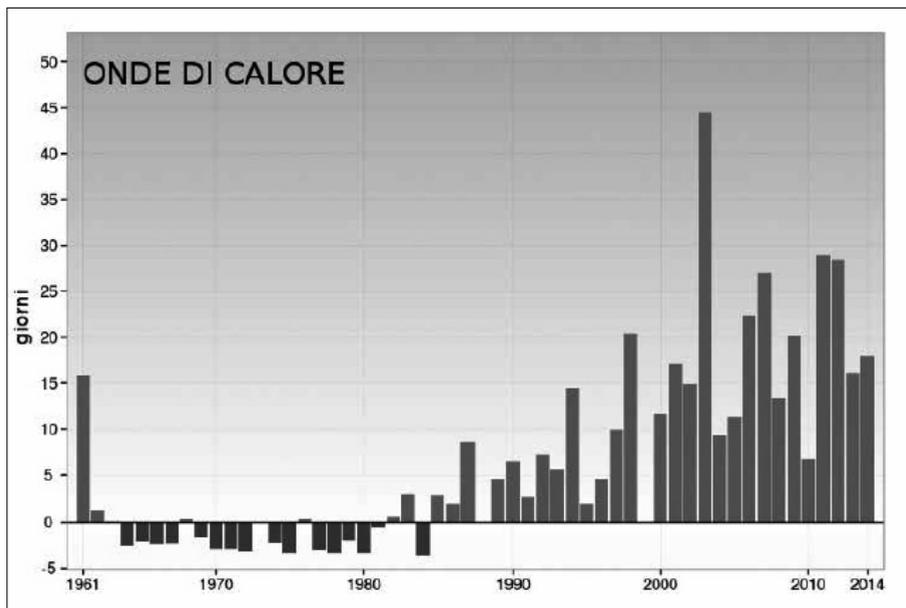


Fig. 2 Serie delle anomalie medie annuali del n. di giorni con onde di calore in Italia rispetto al valore normale 1961-1990 (Lacetera et al., 2015)

la richiesta globale di AOA al 2050 da un minimo del 26% ad un massimo del 47%, sostenuto da un incremento delle consistenze delle specie allevate.

I SISTEMI DI PRODUZIONE ANIMALE DI FRONTE AI CAMBIAMENTI CLIMATICI

I fenomeni più evidenti del cambiamento climatico in atto sono relativi, da una parte, all'aumento della temperatura media e, dall'altra, all'incremento della variabilità climatica, che si manifesta con l'aumento della frequenza, della intensità e della durata di eventi estremi. In tale contesto il bacino del Mediterraneo rappresenta una delle aree di riferimento, dove i suddetti fenomeni risultano chiaramente evidenziabili. L'Italia risente a pieno della collocazione geografica, come dimostrato dal forte incremento che si è registrato negli ultimi decenni della frequenza e dalla intensità di onde di calore (fig. 2, Lacetera et al., 2015). I cambiamenti climatici sono in grado di determinare un notevole incremento della vulnerabilità della maggior parte dei sistemi di produzione animale (Nardone et al., 2010), con impatti negativi riguardanti la disponibilità e la qualità degli alimenti e di acqua ad uso zootecnico, il benessere animale, l'efficienza produttiva e la sostenibilità economica delle imprese (fig. 3).

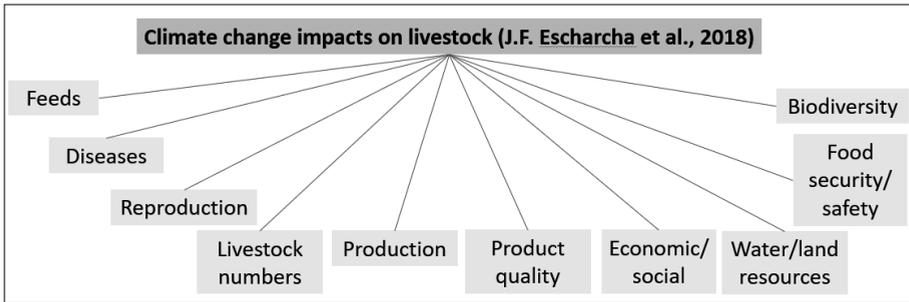


Fig. 3 Rappresentazione schematica degli effetti dei cambiamenti climatici sui sistemi di allevamento (tratto da Escharcha et al., 2018)

VERSO UN MODELLO DI INTENSIFICAZIONE SOSTENIBILE

Il concetto di “intensificazione sostenibile” deriva originariamente da studi e progetti condotti all’inizio degli anni ’90 per migliorare le condizioni di produttività delle aree agricole sub-sahariane (Pretty, 1997). Alla base c’era l’idea di incrementare le capacità produttive della terra attualmente coltivata, creando i presupposti per migliorare le disponibilità alimentari delle popolazioni evitando di causare ulteriori consumi di terra e perdite di ecosistemi naturali. Al termine “intensificazione sostenibile” si sostituiscono frequentemente altri termini, quali: “intensificazione ecologica”, “intensificazione agro-ecologica”, “intensificazione multifunzionale”, se pure con altre sfumature di significato. Il concetto di “intensificazione sostenibile” è stato spesso criticato, in quanto si riteneva che, nella pratica, i pesi relativi che vengono assegnati ai due termini “intensificazione” e “sostenibile”, non siano sempre comparabile e soprattutto gli aspetti di sostenibilità sociale e, talvolta, ambientale siano sacrificati all’incremento di produttività. Secondo questo approccio sarebbe prioritario riequilibrare gli aspetti di equità sociale e di redistribuzione delle risorse rispetto alla necessità di incrementare la produttività per aumentare la disponibilità di cibo (Loos et al., 2014). In realtà, più recentemente il concetto di intensificazione sostenibile è stato profondamente ripensato. Dato che l’intensificazione sostenibile come modello *business as usual* con miglioramenti marginali dal punto di vista della sostenibilità non può essere ritenuta una reale risposta alle sfide dello sviluppo del pianeta, attualmente si pensa di avvicinare i modelli di intensificazione sostenibile ai principi dell’agroecologia, definendo così un sistema di produzione di alimenti che riduca l’impronta ambientale, supporti le economie rurali e migliori la disponibilità di nutrienti per l’uomo e il benessere degli animali (Garnett et al., 2013). L’obiettivo, pertanto, è di far convergere intensificazione

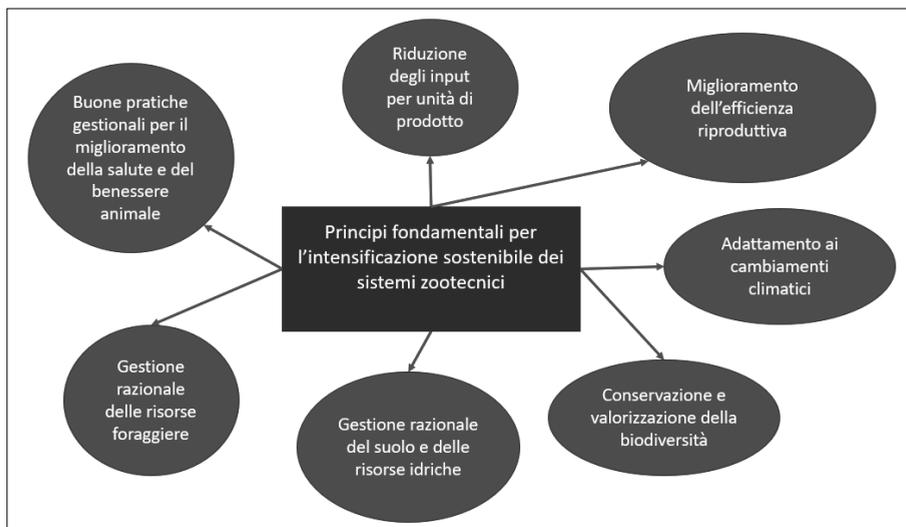


Fig. 4 *Principi fondamentali per l'intensificazione sostenibile dei sistemi zootecnici*

sostenibile e agroecologia, considerate, attualmente, due diverse forme della modernizzazione ecologica dell'agricoltura. La prima legata prevalentemente al miglioramento dell'efficienza uso degli input e la seconda vocata a ridisegnare completamente i sistemi di produzione, privilegiando quelli locali che tutelano la biodiversità e il tessuto sociale esistente. Se l'approccio agroecologico sembra dare maggiori garanzie in termini di sostenibilità sociale ed ambientale, è solo tramite un'appropriata integrazione con l'approccio dell'intensificazione sostenibile che si può pensare di raggiungere i migliori risultati per preservare le risorse naturali. Là dove vi è la necessità di incrementare la produzione di alimenti senza aumentare la superficie agricola disponibile, è fondamentale che l'agroecologia ridisegni i sistemi produttivi a livello locale integrando gli approcci di agricoltura di precisione (*precision farming, precision feeding*) portando a un aumento della produttività. Solo così sarà possibile garantire la sostenibilità sociale e ambientale e, al contempo, l'aumento della disponibilità di cibo. In tal senso in molte aree del mondo si stanno affermando sistemi di produzione agroecologici basati sull'agroforestry.

L'intensificazione sostenibile dell'azienda zootecnica, pertanto, non significa soltanto aumentare i livelli produttivi senza ulteriori impatti negativi sull'ambiente e sul benessere animale, ma aumentare anche i flussi di "servizi ecosistemici" collegati ai sistemi agro-zootecnici (fig. 4).

L'intensificazione sostenibile dei sistemi zootecnici non può prescindere dallo studio e dall'adozione di misure volte a garantire la tutela del benessere

animale; tra queste, le strategie alimentari, nella duplice prospettiva di ridurre gli sprechi e di contribuire al mantenimento di un buono stato di salute degli animali, rivestono un ruolo di rilievo (fig. 5). I progressi scientifici, che hanno consentito di estendere notevolmente la comprensione degli stati fisiologici e psicologici degli animali in produzione zootecnica e degli strumenti per corrispondere alle loro esigenze, stanno operando attivamente nella direzione di rendere i sistemi zootecnici intensivi ampiamente accettabili per la società (Fraser, 2008), fornendo soluzioni in grado di garantire il benessere animale anche in condizioni di allevamento intensivo (Lund, 2002) e rispondendo all'assunto che una zootecnia intensiva sostenibile deve prestare attenzione alle esigenze fisiche e mentali e alla natura degli animali e non può dipendere da un ricorso prolungato o routinario a farmaci (Farm Animal Welfare Council, 2017).

La professionalità dell'allevatore, unitamente a misure di sostegno e di vantaggio finanziario, diviene in siffatto contesto decisiva (Dawkins, 2017), al fine di pervenire ai benefici economici, sociali e ambientali che possono scaturire dalla riduzione della mortalità, dal miglioramento dello stato di salute degli animali e della qualità dei prodotti, dalla maggiore resistenza alle malattie, dalla riduzione dell'utilizzo di antimicrobici e dei rischi di zoonosi e infezioni animali. Il concetto di *one welfare*, ispirato a quello di *one health*, ha trovato rapida e stabile accoglienza in ambito scientifico e sanitario per enfatizzare l'inestricabile relazione che lega il benessere animale al benessere e alla salute del consumatore, ma anche alla salvaguardia del pianeta e dei suoi abitanti. L'adozione di strategie alimentari che aumentino l'efficienza produttiva e preservino lo stato di salute degli animali nelle diverse condizioni fisiologiche e ambientali, accanto allo sviluppo di strutture di allevamento all'avanguardia e di strategie innovative di miglioramento genetico e al mantenimento e al rafforzamento della biodiversità, rappresentano una prerogativa indispensabile per ridurre le infezioni in allevamento e il loro rischio per l'uomo (Corvalan et al., 2005).

Negli ultimi dieci anni, molti sono stati i contributi allo sviluppo dell'"alimentazione di precisione", che si sono accompagnati all'individuazione e alla caratterizzazione di sempre nuovi alimenti ad uso zootecnico. L'obiettivo dell'alimentazione di precisione è aumentare l'efficienza produttiva degli animali e la redditività aziendale, riducendo l'impatto ambientale, migliorando la qualità e la sicurezza delle produzioni, lo stato di salute e il benessere degli animali (Bewley, 2010). In termini più ampi, la zootecnia di precisione, oltre alla piena efficienza d'uso delle risorse alimentari, mira anche alla prevenzione e all'individuazione delle malattie in uno stadio precoce, al fine di ridurre al

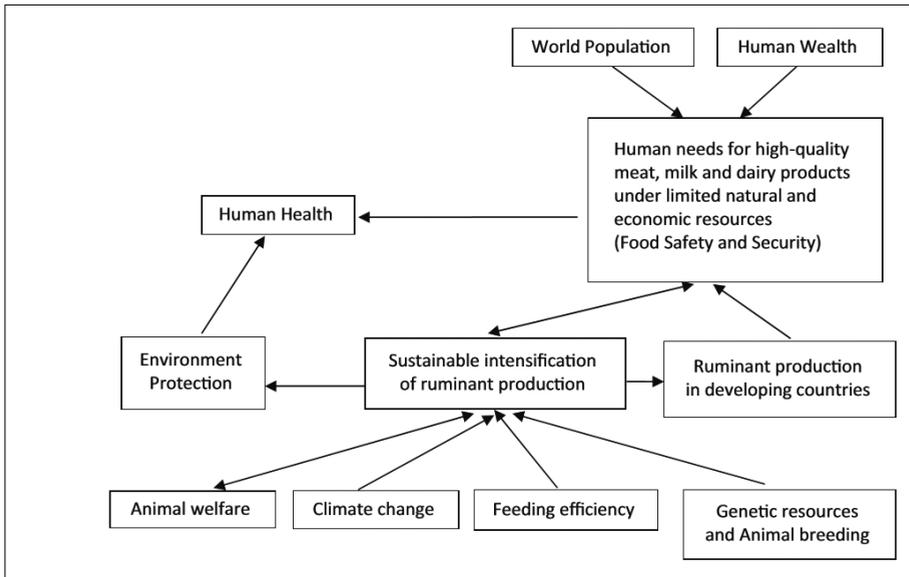


Fig. 5 Le modalità dell'intensificazione sostenibile degli allevamenti dei ruminanti (Pulina et al., 2017)

minimo il ricorso ai trattamenti antibiotici, anche attraverso l'utilizzo mirato di vaccini.

In tal modo si coniuga l'utilizzo di strategie alimentari utili a sostenere le risposte degli animali in specifici periodi fisiologici e/o durante esposizioni a condizioni potenzialmente causa di stress, alla possibilità di intervenire tempestivamente in relazione alle indicazioni fornite dalle rilevazioni effettuate direttamente sull'animale. In questo senso lo sviluppo e la diffusione di sensori sempre più precisi e con un ampio spettro di parametri rilevabili, rappresenta un'opportunità che, soprattutto nell'ambito degli allevamenti intensivi, consentirà di ridurre sempre più l'impatto dell'attività zootecnica e di migliorare le condizioni di allevamento degli animali. Ad oggi è possibile rilevare un numero molto ampio di parametri fisiologici e metabolici degli animali (soprattutto nel caso delle bovine da latte) che, accoppiati ai parametri ambientali e agli indicatori produttivi, consentono di sviluppare modelli di *decision support system* sempre più accurati.

La via obbligata da percorrere per la zootecnia è perciò quella della intensificazione sostenibile di tutte le filiere delle produzioni animali, con particolare attenzione a quelle dei ruminanti, privilegiando approcci sistemici di tipo agroecologico. Infatti, come dimostrato da Balmford et al. (2018), i costi delle esternalità ambientali tendono ad aumentare per le produzioni sia di lat-

Elementi di criticità	Ambiente	Benessere animale	Redditività
Strutture di allevamento non idonee per condizioni di stress termico da caldo	◆	◆	◆
Spazi di allevamento non idonei	◆	◆	◆
Non corretta gestione dei reflui	◆	◆	
Incidenza di malattie metaboliche		◆	◆
Incidenza di mastiti cliniche e subcliniche		◆	◆
Incidenza di forme di infertilità		◆	◆
Scarsa durata della carriera produttiva		◆	◆
Non adeguata disponibilità di foraggi e scarsa qualità		◆	◆

Livello di impatto ◆ ◆

Fig. 6 Le principali criticità dell'allevamento intensivo dei bovini da latte e livello di impatto (AISSA, 2019)

te che di carne con l'estensivizzazione degli allevamenti. Gli autori affermano che «per produrre le stessa quantità di alimenti, i sistemi a bassa produzione richiedono più terra, lasciandone meno a disposizione per la ricostituzione di sistemi naturali». E concludono che «i sistemi ad alta produttività sono i soli a lasciare libere superfici in grado di sequestrare carbonio e contribuiscono così indirettamente alla mitigazione del cambiamento climatico».

INTENSIFICAZIONE SOSTENIBILE DELL'ALLEVAMENTO DEL BOVINO DA LATTE

L'allevamento del bovino da latte ad elevata produzione presenta alcuni elementi di criticità relativi alla sostenibilità ambientale ed economica e al benessere animale (fig. 6).

In situazioni di scarso benessere animale, dipendenti da condizioni climatiche, strutture, gestione sanitaria e generale del bestiame, l'efficienza produttiva e la redditività si riducono in maniera significativa. Il processo di intensificazione produttiva condotto negli ultimi decenni ha permesso di ottenere risultati straordinari da diversi punti di vista, che meritano di essere adeguatamente analizzati. Con l'incremento della produzione individuale di

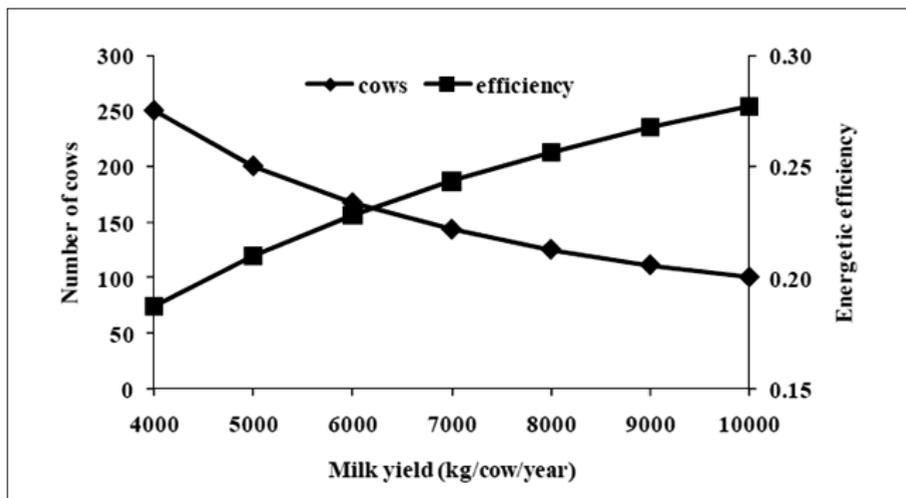


Fig. 7 *Influenza della produzione annua di latte per vacca sul numero di vacche richieste per produrre un milione di litri di latte e relativa efficienza energetica complessiva (rapporto tra energia netta fornita dal latte prodotto, rispetto all'energia grezza ingerita) (Garnsworthy, 2012)*

latte si assiste ad un miglioramento della efficienza energetica delle bovine da latte e a una netta riduzione del numero di capi necessari per produrre una stessa quantità di latte (fig. 7), con evidenti vantaggi, soprattutto in termini di impatto ambientale degli allevamenti.

L'efficienza produttiva e la redditività degli allevamenti di bovini da latte sono strettamente legati al mantenimento di un buon livello di efficienza riproduttiva. Come evidenziato nella figura 8, all'aumento dell'età al primo parto e dell'intervallo interparto si determina una ricaduta negativa sulla redditività dell'impresa zootecnica.

L'intensificazione produttiva viene frequentemente collegata, in assenza di una precisa conoscenza dei dati reali, con uno scadimento della qualità generale del prodotto. Ma se si analizzano i dati relativi all'andamento della produzione di latte in allevamenti bovini nazionali nell'ultimo decennio si nota che (fig. 9), a fronte di un considerevole incremento del livello produttivo, si registra anche un mantenimento dei valori del contenuto proteico e addirittura un innalzamento del contenuto lipidico. Tutto ciò a dimostrazione che, se guidata da buone pratiche gestionali e sostenuta da obiettivi di miglioramento genetico attenti anche agli aspetti qualitativi delle produzioni, l'intensificazione produttiva è perfettamente compatibile anche con gli obiettivi di produrre qualità.

Caratteristiche aziendali	r ↔ carbon footprint	redditività
Ampiezza (n° vacche)	- 0.27	0.44
Età al 1° parto	0.33	- 0.28
Intervallo <u>interparto</u>	0.37	- 0.32
Produzione di latte per capo per anno	- 0.43	0.83
Livello alimentare per Kg di latte	0.77	- 0.44
Acquisto alimenti	0.21	- 0.38
Impiego di terra per Kg di latte	0.47	- 0.53
Impiego di insilati (% sui foraggi)	- 0.24	0.21
Carico animale per ha	- 0.36	0.31

Fig. 8 *Coefficienti di correlazione di alcuni parametri aziendali con il carbon footprint e con la redditività in aziende di vacche da latte (Jayasundara et al., 2019)*

L'allevamento della bovina da latte ad alta produzione dovrà seguire nei prossimi decenni indirizzi strategici tendenti a un miglioramento non tanto dei livelli produttivi, quanto piuttosto dell'efficienza produttiva e riproduttiva e del livello complessivo di sostenibilità. Una delle grandi sfide riguarderà la sostenibilità di tali sistemi zootecnici di fronte ai mutamenti climatici e, soprattutto, all'incremento della variabilità climatica. Il progresso genetico realizzato a partire dagli anni '70 ha condotto alla selezione di animali sempre più specializzati ed efficienti, ma anche meno resistenti e resilienti, con il risultato che si rendono necessari sempre maggiori investimenti per consentire l'adattamento dell'ambiente al bestiame vista la sempre minor adattabilità del bestiame all'ambiente.

Tra l'altro, la selezione è stata concentrata su pochissime razze bovine, mentre le altre sono state trascurate o abbandonate. A fronte degli scenari climatici futuri, già molto evidenti, si stanno ripensando i modelli di miglioramento genetico per tenere conto della necessità di avere animali sempre più: resistenti e resilienti ai cambiamenti climatico/ambientali; adattabili a diverse fonti foraggere e a sottoprodotti; fertili, longevi e meno suscettibili alle malattie. I pilastri dei nuovi programmi di miglioramento genetico adottati in Italia, anche con finanziamenti della Unione Europea (PSRN Biodiversità), sono il miglioramento genetico del benessere (resistenza e resilienza alle malattie a allo stress termico) e della fertilità, la riduzione dell'impatto ambientale (azoto, fosforo, metano) e il miglioramento della qualità, salubrità e valore sensoriale dei prodotti per le esigenze del consumatore.

Nuovi strumenti sono disponibili, nel quadro della zootecnia di precisione e della sensoristica, e sono rappresentati dai nuovi fenotipi predicibili

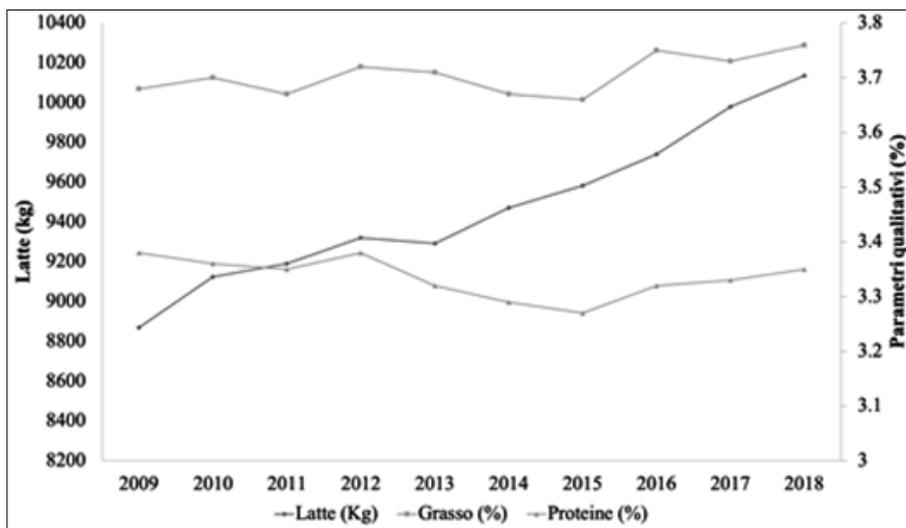


Fig. 9 Variazioni nell'ultimo decennio del livello produttivo annuo medio di bovine da latte allevate in Italia e del contenuto di grasso e proteine del latte (elaborazioni su dati ANAFI 2019)

grazie agli spettri all'infrarosso del latte e della carne, agli attivometri, ai pedometri, ai rilevatori dell'attività ruminale. Per le vacche da latte sono stati messi a punto modelli di predizione della produzione di metano, basati sul contenuto di alcuni acidi grassi nel latte (Bittante et al., 2017) e sugli spettri FTIR. I nuovi fenotipi vengono poi studiati mediante procedure di associazione genomica con i marcatori genetici e i singoli geni per l'identificazione dei pathways metabolici e dei geni regolatori (Pegolo et al., 2018), con il risultato di un progressivo miglioramento dell'efficienza della selezione genomica.

Oltre alla selezione, anche le innovazioni in campo riproduttivo mostrano risultati promettenti. L'adozione dell'uso del seme sessato per la produzione della rimonta aziendale non solo permette di risolvere qualche problema di fertilità, ma consente anche di aumentare l'uso dell'incrocio con tori da carne. L'aumento della produzione di carne bovina dagli allevamenti di vacche da latte consente di ridurre l'impatto ambientale di questa derrata animale "ammortizzando" le emissioni delle bovine su due produzioni invece di una. Infine, l'uso di schemi di *cross-breeding* a rotazione fra razze da latte sta dimostrando anche in Italia di permettere di sfruttare l'eterosi per il miglioramento della resistenza, resilienza, fertilità e longevità delle bovine, e per la riduzione della quota di rimonta e dei relativi costi economici e ambientali.

Sul fronte della nutrizione e alimentazione animale la ricerca ha fornito da tempo soluzioni idonee per ridurre l'impatto ambientale degli allevamenti e per migliorare lo stato di benessere degli animali. Risultati interessanti sono scaturiti dall'utilizzo, come integratori alimentari, di probiotici, lipidi, acidi organici, enzimi e composti secondari delle piante. Gli obiettivi principali di tali integrazioni sono la riduzione della produzione di metano, con contemporaneo aumento della produzione di propionato allo scopo di migliorare il bilancio energetico degli animali, la riduzione dell'escrezione azotata, la riduzione del tasso di carboidrati fermentescibili e del rischio di acidosi ruminale, il miglioramento della digestione della fibra (Jouany e Morgavi, 2007). Nei sistemi produttivi intensivi, l'eccesso e/o la sbilanciata composizione della proteina della dieta riducono l'efficienza d'uso dell'azoto con aumento della quota escreta nell'ambiente: l'azoto escreto può superare il 60% dell'azoto ingerito, destinato potenzialmente a trasformarsi in biossido di azoto, che possiede un potenziale di surriscaldamento globale pari a 298 volte quello dell'anidride carbonica.

La formulazione della dieta deve quindi rispondere alle esigenze fisiologiche dell'animale in termini di fabbisogno di aminoacidi essenziali, modulando, anche con l'impiego di aminoacidi a elevato es ruminale, la quota di proteina degradabile in rapporto al contenuto energetico della dieta (Vandaele et al., 2019). L'integrazione della dieta con alcuni aminoacidi (glutamina), somministrati in forma rumino-protetta, si è dimostrata anche efficace nel potenziare la risposta immunitaria delle bovine in lattazione (Caroprese et al., 2012).

INTENSIFICAZIONE SOSTENIBILE DEGLI ALLEVAMENTI: PROSPETTIVE DELL'AGROFORESTRY

I sistemi integrati agro-silvo-pastorali, denominati anche sistemi di *agroforestry*, stanno riscuotendo interesse in molti Paesi, sia europei sia extra europei (soprattutto quelli più interessati in passato a fenomeni di cambiamento di uso del suolo finalizzati alla messa a coltura di aree forestali). Tali sistemi si caratterizzano per applicare un modello di intensivizzazione sostenibile che presenta numerosi vantaggi. Si tratta di 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.

È bene sottolineare quindi due aspetti salienti: il primo è che si tratta sia di sistemi tradizionali, fortemente connessi con le tradizioni locali, sia di sistemi

innovativi, dove la contemporanea presenza di complessi arborei, erbacei e animali è gestita in maniera tale da ottimizzare sia gli aspetti produttivi sia quelli di sostenibilità ambientale.

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, mediante l'adozione di questi sistemi, 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 la mitigazione, è noto che gli alberi sono in grado di sequestrare quantità importanti di carbonio sia nella biomassa aerea sia in quella radicale, inoltre, è stato evidenziato anche un ruolo indiretto legato alla protezione del suolo da fenomeni erosivi.

In molte aree del mondo, soprattutto in quelle a clima tropicale, sono stati osservati anche effetti indiretti sulla mitigazione, conseguenti a un aumento della produttività degli animali da carne. In comparazione con i sistemi a pascolo tradizionali, infatti, i sistemi integrati agro-silvo-pastorali consentono di ottenere le stesse quantità di carne con un numero inferiore di animali, oppure, a parità di emissioni, una maggiore quantità di carne. Relativamente all'adattamento, il microclima che si crea nei sistemi di *agroforestry* è ritenuto utile per apportare conforto termico agli animali nei periodi in cui è rilevante il rischio di ondate di caldo estreme. Anche in questo caso si registra sia un effetto diretto dell'ombreggiamento sugli animali sia un effetto indiretto sul miglioramento della qualità nutrizionale dei foraggi coltivati nell'ambito dei sistemi integrati agro-silvo-pastorali.

È evidente, pertanto, la convergenza fra le esigenze di avere un approccio sistemico di tipo agroecologico e quello di ottimizzare l'aspetto produttivo con un processo di intensivizzazione sostenibile.

L'Italia, soprattutto in alcune regioni quali la Sardegna, possiede un patrimonio di sistemi *agroforestry* che hanno da sempre rappresentato delle forme tradizionali di allevamento e di organizzazione del paesaggio agrario. Esiste sicuramente la necessità di conservare e valorizzare tali forme di *agroforestry*, 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 di *agroforestry*, moderni ed efficienti, pensati per le aree ad agricoltura intensiva, per migliorare la sostenibilità ambientale dei sistemi di produzione e contrastare fenomeni

quali l'erosione, la perdita di sostanza organica e le emissioni di GHG, garantendo, al contempo, un elevato standard produttivo.

In entrambi i casi, alcuni sistemi zootecnici, come quello della produzione di carne bovina in Italia, potrebbero trarre grande vantaggio dall'adozione di tali sistemi, soprattutto in questa congiuntura socioeconomica che vede messo in discussione il consumo di carne sia per motivi ambientali sia per motivi etici e nutrizionali. Tali sistemi consentirebbero di migliorare i seguenti aspetti:

- sostenibilità ambientale (in quanto atti a mitigare le emissioni e a contrastare fenomeni erosivi);
- benessere animale (in quanto in grado di conferire conforto termico agli animali e garantire loro un miglior adattamento agli eventi climatici estremi);
- qualità nutrizionale dei prodotti (è noto l'effetto positivo di un'alimentazione al pascolo sulle caratteristiche nutrizionali della carne).

Per raggiungere tale obiettivo, tuttavia, è fondamentale l'investimento in ricerca, al fine di acquisire tutte le conoscenze necessarie a costruire i modelli di sistemi di *agroforestry* più adatti alle condizioni pedo-climatiche italiane e in grado di garantire realmente una intensivizzazione sostenibile dei processi produttivi, così da mantenere alta la competitività delle aziende agricole italiane.

CONCLUSIONI

Le difficoltà collegate con l'analisi e la corretta valutazione di ciascuna delle diverse componenti della "sostenibilità", unitamente alla complessità derivante dalle interazioni tra componenti e dalle differenze profonde esistenti tra i singoli sistemi di produzione animale, rendono il tema della "intensificazione sostenibile" non riducibile a modelli facilmente generalizzabili. Mentre sui principi di base della sostenibilità si può trovare un'ampia convergenza delle opinioni, così come sulla necessità che siano tali principi a governare lo sviluppo futuro delle produzioni agro-zootecniche, molto lavoro resta ancora da fare per individuare indicatori affidabili per lo studio dell'impatto ecologico, economico e sociale dei sistemi di allevamento. Il progresso scientifico e tecnologico potrà mettere a disposizione strumenti sempre più raffinati per far sì che gli allevamenti siano condotti con pratiche sempre più precise, e rispettose dell'ambiente, in grado di garantire un livello accettabile di benessere animale, sicurezza e qualità dei prodotti di origine animale, un miglioramento delle condizioni di lavoro e di redditività dell'impresa.

RIASSUNTO

Il sistema globale di produzione agricola sta attraversando una fase di profondi ripensamenti e mutamenti, a causa principalmente della diffusa presenza di pressioni di origine antropica, quali il forte e costante aumento della popolazione mondiale, i cambiamenti nei costumi alimentari e nella richiesta di cibo. Parallelamente stanno emergendo necessità di rendere i sistemi di produzione alimentare più sostenibili, cioè più rispettosi dell'ambiente, più salubri, più vicini alle esigenze del consumatore. I sistemi di allevamento degli animali di interesse zootecnico sono fortemente coinvolti in tali processi di cambiamento, in quanto dovranno sostenere nel prossimo futuro una domanda di prodotti di origine animale in forte crescita, proveniente soprattutto dai Paesi in via di sviluppo e allo stesso tempo dovranno essere ricercate soluzioni per renderli compatibili con l'ampia diversità dei sistemi agro-ecologica e dei vari ambienti climatici. Esistono numerose evidenze scientifiche sulla utilità di modelli di intensificazione sostenibile, che dovranno essere guidati dallo studio e dall'applicazione di soluzioni tecniche riguardanti il miglioramento genetico, le pratiche di alimentazione, le strutture di allevamento e i protocolli di carattere igienico-sanitario.

L'intensificazione potrà interessare, in termini di incremento dei livelli produttivi, solo parzialmente i sistemi zootecnici a carattere industriale, che dovranno ricercare soprattutto soluzioni di miglioramento della loro efficienza produttiva e di redditività, di riduzione degli impatti ambientali, di miglioramento del benessere animale, di contrasto alle malattie trasmissibili e alle zoonosi, e di adattabilità ai mutamenti climatici.

Diverso è il caso dei sistemi zootecnici a carattere estensivo, largamente diffusi nel pianeta, per i quali esistono margini più ampi di miglioramento di livello e di efficienza produttiva, ma anche attenzioni rivolte al miglioramento della sostenibilità economica e della equità sociale, alla corretta gestione delle risorse ambientali, al mantenimento della biodiversità e alla valorizzazione dei servizi eco-sistemici collegati.

ABSTRACT

The global agricultural production system is undergoing a phase of profound rethinking and changes, mainly due to the widespread presence of anthropogenic pressures, such as the strong and constant increase in the world population, changes in food habits and in the demand for food. At the same time, the need is emerging to make food production systems more sustainable, that is, more respectful of the environment, healthier, closer to the needs of the consumer. Animal husbandry systems are heavily involved in these processes of change, as they will have to support a growing demand for products of animal origin in the near future, coming mainly from developing countries. At the same time, they must be sought solutions to make them compatible with the wide agro-ecological diversity of the various climatic environments. There are numerous scientific evidences on the usefulness of sustainable intensification models, which will have to be guided by the study and application of technical solutions regarding genetic improvement, feeding practices, breeding structures and hygiene-sanitary protocols. The intensification may affect, in terms of increase in production levels, only partially industrial livestock systems, which will have to seek above all solutions to improve their production efficiency and

profitability, to reduce environmental impacts, to improve animal welfare, contrasting communicable diseases and zoonoses and adaptability to climate change. Different is the case of extensive livestock systems, widely spread across the planet, for which there are wider margins for improve their production efficiency, taking into account the economic sustainability and social equity, the correct management of environmental resources, the maintenance of biodiversity and the enhancement of connected eco-system services.

BIBLIOGRAFIA

- AISSA - ASSOCIAZIONE ITALIANA DELLE SOCIETÀ SCIENTIFICHE AGRARIE (2019): *Intensificazione sostenibile. Strumento per lo sviluppo dell'agricoltura italiana*, Ed. Società di Ortofrutticoltura Italiana (SOI), pp. 41-48.
- ANAFI - ASSOCIAZIONE NAZIONALE ALLEVATORI DELLA RAZZA FRISONA E JERSEY ITALIANA (2019): *Medie produzioni latte/prasso/proteine vacche razza frisona controllate*, <http://www.anafi.it/>
- BALMFORD A., AMANO T., BARTLETT H., CHADWICK D., COLLINS A., EDWARDS D., FIELD R., GARNSWORTHY P., GREEN R., SMITH P., WATERS H., WHITMORE A., BROOM D.M., CHARA J., FINCH T., GARNETT E., GATHORNE-HARDY A., HERNANDEZ-MEDRANO, HERRERO M., FANGYUAN HUA M., LATAWIEC A., MISSELBROOK T., PHALAN B., SIMMONS B.I., TAKAHASHI T., VAUSE J., ZU ERMAGASSEN E., EISNE R. (2018): *The environmental costs and benefits of high-yield farming*, «Nature sustainability», 1, pp. 477-485.
- BEWLEY J. (2010): *Precision dairy farming: advanced analysis solutions for future profitability*, Proc. 1st North Am. Conf. Precision Dairy Management; 2010 March 2-5; Toronto, Ontario, Canada. pp. 1-8.
- BITTANTE G., CECCHINATO A., SCHIAVON S. (2017): *Dairy system, parity, and lactation stage affect enteric methane production, yield, and intensity per kilogram of milk and cheese predicted from gas chromatography fatty acids*, «Journal of Dairy Science», 101, pp. 1-15.
- CAROPRESE M., ALBENZIO M., MARINO R., SANTILLO A., SEVI A. (2012): *Immune response and milk production of dairy cows fed graded levels of rumen-protected glutamine*, «Research in veterinary science», 93 (1), pp. 202-209.
- CORVALAN C., HALES S., MCMICHAEL A. (2005): *Ecosystems and human well-being health systems*, Publication by WHO, <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/43354/1/9241563095.pdf>.
- DAWKINS M.S. (2017): *Animal welfare and efficient farming: is conflict inevitable?*, «Animal Production Science», 57, pp. 201-208.
- ESCHARCA J., LAZZA J., ZANDER K. (2018): *Livestock under climate change: a systematic review of impacts and adaptation*, «Climate», 6 (54), pp. 1-17.
- FAO (2018): *The future of food and agriculture – Alternative pathways to 2050*, Rome, Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO, pp. 1-224.
- FARM ANIMAL WELFARE COUNCIL - FAWC (2017): *Sustainable agriculture and farm animal welfare*, FAWC, London, UK, pp. 1-18.
- FRASER D. (2008): *Animal welfare and the intensification of animal production*, in *The ethics of intensification*, a cura di Thompson, P., Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp. 167-189.
- GARNETT T., APPLEBY M.C., BALMFORD A., BATEMAN I.J., BENTON T.G., BLOOMER P., BURLINGAME B., DAWKINS M., DOLAN L., FRASER D., HERRERO M., HOFFMANN I.,

- SMITH P., THORNTON P.K., TOULMIN C., VERMEULEN S.J., GODFRAY H.C.J. (2013): *Sustainable intensification in agriculture: Premises and policies*, «Science», 341 (6141), pp. 33-34.
- GARNSWORTHY P. (2012): *Sustainable intensive farming systems*, in *Animal farming and environmental interactions in the Mediterranean region*, «EAAP Publication», 131, Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, pp. 139-143.
- JAYASUNDARA S., WORDEN D., WEERSINK A., WHRIGHT T., VANDERZAAG A., GORDON R., WAGNER-RIDDLE C. (2019): *Improving farm profitability also reduces the carbon footprint of milk production in intensive dairy production systems*, «Journal of Cleaner Production», 229, pp. 1018-1028.
- JOUANY J.P., MORGAVI D.P. (2007): *Use of 'natural' products as alternatives to antibiotic feed additives in ruminant production*, «Animal», 1, pp. 1443-1466.
- LACETERA N., BERNABUCCI U., VITALI A., RONCHI B., NARDONE A. (2015): *Le aree fondamentali della ricerca per la sostenibilità della zootecnia italiana in un contesto di cambiamenti climatici*, in *Stato, prospettive e fabbisogni della ricerca italiana in zootecnia nel contesto dei cambiamenti climatici*, «I Georgofili. Quaderni», 2015, IV, pp. 117-133.
- LOOS J., ABSON D. J., CHAPPELL M. J., HANSPACH J., MIKULCAK F., TICHIT M., FISCHER J. (2014): *Putting meaning back into "sustainable intensification"*, «Frontiers in Ecology and the Environment», 12 (6), pp. 356-361.
- LUND V. (2002): *Ethics and animal welfare in organic animal husbandry*, Ph.D. Thesis, Uppsala, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden, pp. 1-195.
- NARDONE A., RONCHI B., LACEERA N., RANIERI M.S., BERNABUCCI U. (2010): *Effects of climate change on animal production and sustainability of livestock systems*, «Livestock Science», 130, pp. 57-69.
- PEGOLO S., MACH N., RAMAYO-CALDAS Y., SCHIAVON S., BITTANTE G., CECCHINATO A. (2018): *Integration of GWAS, pathway and network analyses reveals novel mechanistic insights into the synthesis of milk proteins in dairy cows*, «Scientific Reports», 8 (1), pp. 1-15.
- PRETTY J.N. (1997): *The sustainable intensification of agriculture*, «Natural Resources Forum», 21 (4), pp. 247-256.
- PULINA G., DIAS FRANCESCO A. H., STEFANON B., SEVI A., LUIGI CALAMARI L., LACETERA N., DELL'ORTO V., PILLA F., AJMONE MARSAN P., MELE M., ROSSI F., BERTONI G., CROVETTO G.M., RONCHI B. (2017): *Sustainable ruminant production to help feed the planet*, «Italian Journal of Animal Science», 16 (1), pp. 140-171.
- VANDAELE L., GOOSSENS K., DE BOEVER J., DE CAMPENEERE S. (2019): *Several roads lead to Rome: about improving nitrogen efficiency in cattle*, in *EAAP Scientific Series 138*, a cura di Mario Luiz Chizzotti, Wageningen Academic Publishers, pp. 25-34.