

NICOLA LACETERA*, UMBERTO BERNABUCCI*, ANDREA VITALI*,
BRUNO RONCHI*, ALESSANDRO NARDONE*

Le aree fondamentali della ricerca per la sostenibilità della zootecnia italiana in un contesto di cambiamenti climatici

INTRODUZIONE

A partire dalla fine degli anni '80 hanno iniziato a operare con una certa continuità anche in Italia diversi gruppi di ricerca che si sono cimentati nello studio delle relazioni tra clima e allevamento animale. In contesti come Stati Uniti, Israele e Australia tale studio riconosce origini più remote (anni '60) e quanto realizzato in Italia nella fase iniziale ha preso spunto dalle risultanze emerse dalle attività di ricerca condotte in questi Paesi. Vedremo più avanti come tuttavia le attività di ricerca condotte nel nostro Paese negli ultimi 25 anni si siano rapidamente affrancate da quelle realizzate in altri contesti geografici e riconoscano ormai da diverso tempo connotati che sono molto spesso di assoluta peculiarità perché fondati su prerogative specifiche delle attività di allevamento animale condotte in Italia.

Vale la pena ricordare fin d'ora che le relazioni tra allevamento animale e clima sono di natura bidirezionale e che pertanto anche il loro studio si caratterizza nel senso della bidirezionalità. In sintesi, bisogna cioè considerare che se da un lato è certamente vero e noto da tempo che le condizioni climatiche possono esercitare un'influenza sulle attività di allevamento è anche vero, e ciò rappresenta il risultato di acquisizioni più recenti, che tali attività possono fornire un contributo non trascurabile alle emissioni di gas con effetto climalterante. In questa logica non sorprende pertanto di poter riconoscere in Italia gruppi di ricerca diversi che hanno operato e ancora operano in uno solo o in entrambi i suddetti contesti. Tra questi gruppi, sia per il numero di anni di impegno sia per la quantità e la qualità dei risultati acquisiti, una menzione particolare la

* *Università degli Studi della Tuscia*

meritano quelli operanti presso l'Università degli Studi della Tuscia (Viterbo), l'Università Cattolica del Sacro Cuore (Piacenza), l'Università degli Studi di Foggia, l'Università degli Studi di Milano e il Centro di Ricerca per le Produzioni Foraggere e Lattiero-Casearie (Reggio Emilia).

Per completare il quadro generale e una breve cronistoria delle attività di ricerca condotte in Italia nell'ambito delle relazioni tra clima e allevamento animale si ritiene interessante ricordare che a partire dai primi anni '90 sono stati realizzati diversi progetti di ricerca finanziati da istituzioni nazionali e/o internazionali (EU) che hanno visto la partecipazione attiva e qualificata di ricercatori Italiani. Tra questi, in ordine cronologico e ormai completati, i progetti RAISA (CNR), diversi COFIN/PRIN e FIRB (MIUR), CLIMANIMAL, SELMOL, INNOVAGEN, AGROSCENARI & FILIGRANA (MIPAF), una ricerca Finalizzata e una Corrente (MINSAL), CIRCE e GASOFF (EU). A questi si aggiungono quindi i progetti MACSUR (MIPAF) e RUMINOMICS (EU) ancora in corso di realizzazione. Con poche eccezioni, le attività di ricerca condotte nell'ambito di questi progetti hanno riguardato le specie ruminanti e ancora più in particolare i bovini allevati per la produzione di latte. Dal confronto con le attività di ricerca condotte in altri Paesi (es. Stati Uniti, Australia e Brasile) emerge come il livello di attenzione prestato in Italia ad altre forme di allevamento (es. bovini da carne, suini e specie avicole) sia da considerare estremamente limitato se non addirittura nullo. Infine, solo in alcuni casi i suddetti progetti hanno previsto un approccio di tipo multidisciplinare. Esempi in tal senso si possono riconoscere nei progetti CLIMANIMAL, AGROSCENARI, FILIGRANA e MACSUR.

A sottolineare l'interesse e l'importanza che le interazioni tra clima e animali di allevamento rivestono attualmente all'interno della comunità scientifica italiana, si ritiene utile ricordare che nell'ambito dell'Associazione per la Scienza e le Produzioni Animali (associazione scientifica nazionale che ha tra i suoi scopi principali quello di favorire il progresso delle scienze e delle tecnologie in ambito zootecnico) operano ormai da qualche anno due diverse Commissioni (Adattabilità dei Sistemi Zootecnici ai Cambiamenti Climatici e Ecological Footprint e Produzioni Animali) che considerate congiuntamente affrontano il problema di tali interazioni in maniera bidirezionale.

CAMPI DI INDAGINE

L'analisi attenta delle ricerche condotte nel contesto delle relazioni tra clima e allevamento animale a livello sia Italiano sia internazionale per-

mette di identificare i seguenti principali campi di indagine: analisi del cambiamento climatico, valutazione dell'impatto diretto e indiretto delle condizioni climatiche sugli animali di allevamento, identificazione di interventi/strategie di adattamento a condizioni climatiche sfavorevoli, valutazione del contributo delle attività di allevamento ai processi di cambiamento climatico e messa a punto di pratiche di mitigazione/riduzione delle emissioni climalteranti riconducibili agli allevamenti. A chiarimento di ciò, è utile far presente che per impatto diretto si intende l'impatto che i fattori di natura climatica esercitano sul comportamento e sulle funzioni fisiologiche degli animali con conseguenze che possono essere a carico del benessere e della salute, delle performance produttive e riproduttive e delle aspettative di vita. A titolo di esempio si può citare il caso delle temperature ambientali elevate che determinano l'attivazione dei meccanismi di termoregolazione che intervengono per evitare/limitare il rialzo della temperatura corporea. Il calo del consumo di alimento e delle attività metaboliche, gli aggiustamenti a carico del sistema cardiocircolatorio, le perdite di acqua attraverso la sudorazione e/o l'iperventilazione polmonare sono tra i meccanismi termoregolatori principali attraverso cui il caldo ambientale esercita un'influenza negativa diretta negli animali di allevamento (Bernabucci et al., 2010). Per impatto indiretto si deve invece intendere quello che le condizioni climatiche esercitano sugli animali per il tramite degli effetti che le stesse hanno sulla disponibilità quanti-qualitativa di alimenti e di acqua e/o sulla sopravvivenza/capacità di proliferazione da parte di agenti patogeni e/o di loro vettori (Gaughan et al., 2009).

Il confronto tra quanto prodotto in Italia in questi campi della ricerca rispetto a quanto prodotto a livello internazionale consente di affermare che il contributo Italiano al complesso delle conoscenze attualmente disponibili non è stato uniforme e che si passa da situazioni in cui il contributo può essere considerato senza dubbio molto rilevante (valutazione dell'impatto diretto delle condizioni climatiche sugli animali di allevamento) a situazioni in cui tale contributo è risultato scarso (valutazione dell'impatto indiretto delle condizioni climatiche sugli animali di allevamento, valutazione del contributo delle attività di allevamento ai processi di cambiamento climatico e messa a punto di pratiche di mitigazione/riduzione delle emissioni climalteranti derivanti dalle attività di allevamento) e a situazioni in cui il contributo deve essere considerato medio (identificazione di interventi/strategie di adattamento a condizioni climatiche sfavorevoli).

AREE FONDAMENTALI DELLA RICERCA

Per ciascuno dei campi di indagine descritti nella sezione precedente è possibile identificare aree specifiche di ricerca che devono essere considerate fondamentali per la sostenibilità della zootecnia italiana nel contesto dei cambiamenti climatici. Tale identificazione, su cui si riferisce dettagliatamente nei paragrafi seguenti, si è basata su quanto finora emerso dalle ricerche condotte in ciascuno dei campi descritti sopra nonché di valutazioni di natura climatica, demografica, sociale ed economico-commerciale relative al nostro Paese.

Analisi del cambiamento climatico

L'analisi della letteratura nazionale e internazionale su questo argomento consente di reperire un numero imponente di lavori che hanno riguardato in termini sia retrospettivi sia di scenario l'evoluzione dei principali parametri che concorrono alla definizione della condizione climatica. Più in particolare, l'attenzione dei ricercatori in questo campo si è concentrata soprattutto sulla temperatura, sulle precipitazioni e sugli eventi climatici estremi così come si può evincere anche consultando l'ultimo rapporto prodotto dall'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2013).

In questo contesto, sulla base dei risultati di studi di natura sia retrospettiva sia di scenario, il bacino del Mediterraneo risulta uno degli hot spot del surriscaldamento globale (Giorgi e Bi, 2005; Giorgi, 2006). In altre parole, la previsione largamente condivisa è che l'area geografica del bacino sarà soggetta nel suo complesso a un incremento significativo della temperatura ambientale che potrà pertanto causare effetti particolarmente deleteri. Più in particolare, per quanto riguarda le condizioni climatiche sul territorio italiano il Rapporto "Gli Indicatori del Clima in Italia nel 2014", pubblicato da Ispra nel numero di Luglio 2015 (ISPRA, 2015), riporta che nel 2014 la temperatura media sul territorio Italiano è stata superiore di 1,57°C rispetto ai valori del CliNo di riferimento 1961-90 (l'anomalia della temperatura media minima è stata addirittura di +1,72°C), mentre la temperatura media a livello globale del 2014 ha superato solo di 0,89°C la media del CliNo di riferimento. Pertanto, sul territorio italiano nel 2014 si è registrata un'anomalia di valore quasi doppio rispetto a quella registrata a livello globale. Ai fini degli effetti sulle condizioni degli animali ancor più penalizzante è la crescente anomalia dei giorni con onde di calore a partire dal 1980 (fig. 1).

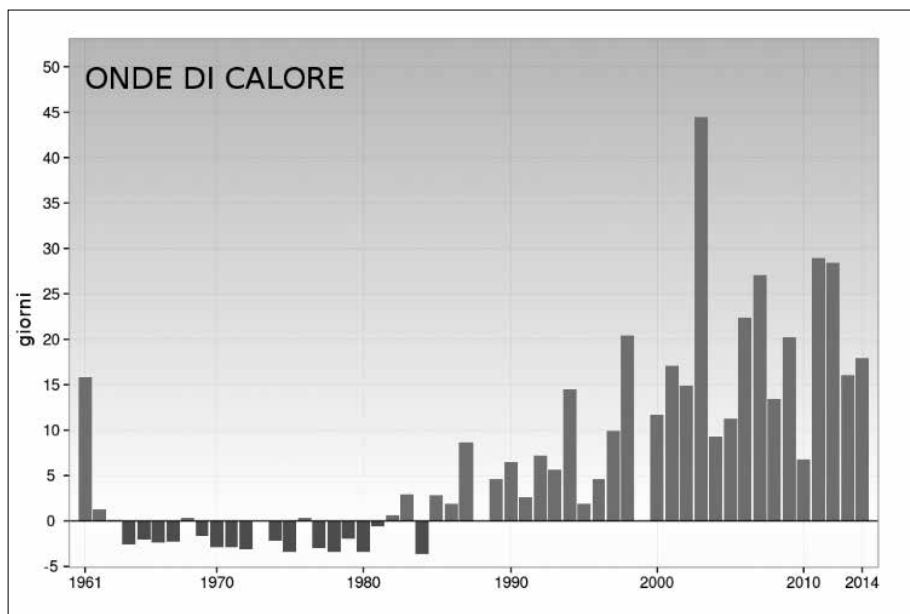


Fig. 1 *Serie delle anomalie medie annuali del numero di giorni con onde di calore (WSDI) in Italia rispetto al valore normale 1961-1990*

Modelli recenti applicati al bacino del Mediterraneo prevedono, per la fine di questo secolo, un aumento della temperatura dell'aria compreso tra $+2^{\circ}\text{C}$ e $+6,5^{\circ}\text{C}$, che risulta, specialmente nel valore minimo, più elevato di quello stimato per il pianeta nel suo complesso (IPCC 2007). Oltre a ciò, in uno studio recente condotto nell'ambito del progetto europeo CIRCE (Climate Change and Impact Research: the Mediterranean Environment) è stato riportato che per le decadi passate e per quelle prossime (lo studio arriva a considerare fino al 2050) il bacino del Mediterraneo è andato e andrà incontro anche a un aumento significativo del valore del temperature-humidity index (THI) che rappresenta un indice che combina i valori della temperatura e dell'umidità dell'aria e che è stato molto utilizzato per la valutazione degli effetti del caldo negli animali di allevamento (Segnalini et al., 2011; Segnalini et al., 2013). In sintesi, il primo di questi studi (Segnalini et al., 2011) ha dimostrato che all'interno dell'area del Mediterraneo, l'Italia, così come anche altri Paesi, è andata incontro negli ultimi 50 anni circa a un graduale aumento dei valori del THI con valori registrati che durante il periodo estivo sono risultati tali da imporre agli animali allevati condizioni di stress termico da caldo. Il secondo studio (Segnalini et al., 2013) ha invece dimostrato che l'Italia, insieme a Francia e Spagna, è il

Paese tra quelli del bacino del Mediterraneo in cui è previsto il maggiore incremento dei valori del THI che nel corso dei periodi estivi della decade 2041-2050 potrà raggiungere le 4 unità e comportare un peggioramento significativo delle condizioni di benessere e di salute e della produttività degli animali di interesse zootecnico (fig. 2).

Tra gli effetti indiretti dei CC, rilevanti saranno le riduzioni di precipitazioni e il loro regime a fronte delle produzioni vegetali per l'alimentazione (in regime stallino o pascolivo) degli animali. I diagrammi ombrotermici di 13 stazioni hanno messo in evidenza una riduzione media di 86 mm nel periodo 1981-2010 rispetto al 1951-1980. La riduzione per la stazione di Bologna è stata addirittura di 200 mm (550 *vs* 761) (Nardone e Ranieri, *in press*).

Ebbene, alla luce di questi risultati e di quelli riportati in diversi altri studi, sembra pertanto legittimo indicare che lo sviluppo di scenari climatici su scala geografica ridotta per aree del Paese particolarmente sensibili al cambiamento climatico nonché vocate nei confronti della attività di allevamento (es. pianura padana), debba rappresentare un'area di ricerca fondamentale la cui implementazione potrebbe consentire di comprendere meglio quali saranno le condizioni climatiche future e di individuare e testare per tempo strategie di adattamento che siano adatte ai contesti pedoclimatici, culturali, economici, sociali e manageriali in cui dovranno essere calate.

Sulla base di quanto previsto a livello planetario in merito all'aumento della frequenza, della durata e dell'intensità degli eventi climatici estremi (es. ondate di calore) (IPCC, 2013) di grande interesse sembra inoltre lo sviluppo di linee di ricerca che possano consentire di prevedere gli eventi climatici estremi. Anche in questo caso, l'utilità di realizzare tali ricerche risiede in ciò che ne deriverebbe in termini di adozione di misure di adattamento utili a limitare i danni dell'evento climatico estremo. Peraltro, è facile immaginare come l'avanzamento delle conoscenze in questo specifico settore della meteorologia avrebbe un carattere di rilevanza internazionale potendo produrre risultati potenzialmente spendibili anche in altri contesti geografici.

Infine, di grande rilievo sembra anche l'implementazione di ricerche che possano consentire lo sviluppo e la definitiva validazione di indici bioclimatici che includano parametri aggiuntivi rispetto alla temperatura e all'umidità dell'aria (es. radiazione solare e velocità dell'aria). La loro inclusione consentirebbe una migliore definizione della condizione climatica/microclimatica degli allevamenti e soprattutto di tenere nel dovuto conto parametri (es. radiazione solare) che esercitano un ruolo importante in sistemi di allevamento (es. pascolo) nei confronti dei quali si rileva un interesse crescente da parte del mondo degli allevatori, dell'opinione pubblica e del legislatore.

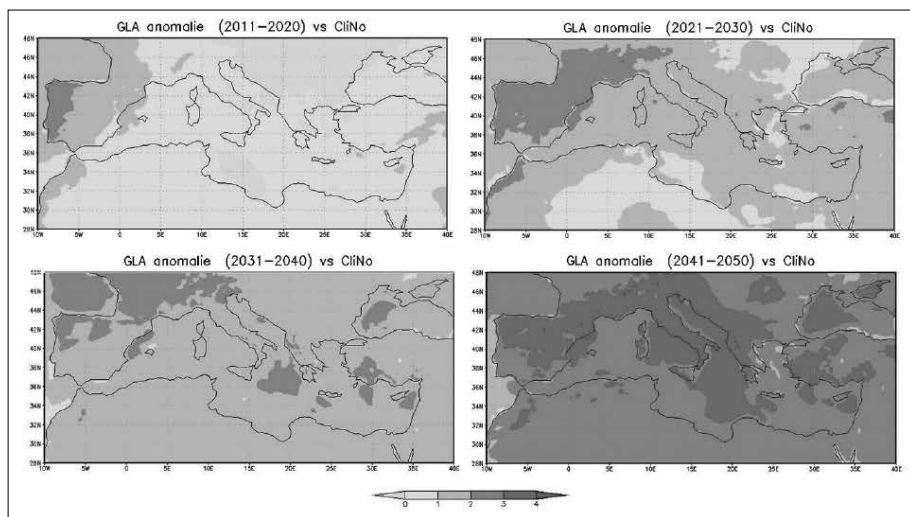


Fig. 2 Anomalie del THI estivo (GLA, mesi di Giugno, Luglio e Agosto) previste per le decadi 2011-2020, 2021-2030, 2031-2040 e 2041-2050 rispetto al CliNo (Climate Normal, 1971-2000) (Segnalini et al., 2013, modificato)

Valutazione dell'impatto diretto e indiretto delle condizioni climatiche sugli animali di allevamento

Gli studi sull'impatto delle condizioni climatiche sugli animali di allevamento sono stati e verranno ragionevolmente ancora condotti in ambienti controllati (celle climatizzate), in campo e per la valutazione di alcuni aspetti di natura più fine anche in vitro (utilizzando cellule di varia natura isolate da diverse specie). Pur tenendo conto che i risultati forniti da questi diversi approcci possono essere non sempre perfettamente sovrapponibili, il dato generale è tuttavia quello che nel caso di superamento di valori soglia della temperatura dell'aria e/o del THI, gli animali allevati, con alcune differenze quanti-qualitative legate principalmente alla specie, alla razza, all'età, alla fase fisiologica e al livello produttivo vanno incontro a modificazioni più o meno importanti di alcune funzioni fisiologiche (consumo di alimento, frequenza respiratoria, assetto endocrino, temperatura corporea, etc.) che possono ripercuotersi in senso negativo sullo stato di benessere/salute, sulle performance produttive (quanti-qualitative) e riproduttive e sulle aspettative di vita degli stessi (Gaughan et al., 2009; Bernabucci et al., 2010; Nardone et al., 2010).

In questo campo, una prima area di ricerca che certamente merita di essere considerata fondamentale per la zootecnia italiana è rappresentata dagli effetti

del cambiamento climatico sulla qualità delle produzioni zootecniche (latte, carne e uova). Una serie di studi condotti in Italia negli ultimi 15 anni circa ha messo in evidenza con chiarezza che l'allevamento dei bovini e degli ovini da latte in condizioni di clima caldo è responsabile di un deterioramento significativo della qualità del latte che nuoce al suo valore nutrizionale, all'attitudine nei confronti della caseificazione e/o alla qualità dei formaggi (Bernabucci et al., 2002; Summer et al., 2003; Albenzio et al., 2005; Ronchi et al., 2005; Bernabucci et al., 2015). Ebbene, alla luce delle sfide che attendono il nostro Paese sul fronte del mercato globale degli alimenti di origine animale e in considerazione del fatto che il terreno della qualità è l'unico su cui l'Italia può avere ragionevoli possibilità di successo nei confronti dei competitors internazionali, si ritiene sia indispensabile l'acquisizione di ulteriori elementi di conoscenza circa gli effetti della condizione climatica sulla qualità del latte, della carne e delle uova. Peraltro, come già ricordato in precedenza, va tenuto presente che mentre sul latte si può anche ritenere che una parte importante di informazioni in questo senso sia già disponibile, viceversa sul fronte della produzione di carne e uova gli effetti delle condizioni di clima caldo sugli aspetti qualitativi risultano complessivamente molto poco indagati con conseguente mancanza quasi totale di informazioni. Un interesse particolare in questo ambito potrebbero ad esempio rivestire ricerche mirate a verificare se l'allevamento in condizioni di clima caldo dei suini pesanti destinati alla produzione di salumi possa associarsi a variazioni qualitative delle carni, dello loro attitudine alla lavorazione/stagionatura e in ultima analisi ad alterazioni della qualità dei prodotti lavorati, trasformati, conservati. Alcune indicazioni nel senso di un effetto negativo dello stress da caldo sulla qualità della carne suina risultano al momento disponibili per i suini leggeri da macelleria (Gregory, 2010).

Un'altra area della ricerca che riveste senza dubbio un'importanza strategica per il nostro Paese è quella riguardante i rischi che i cambiamenti climatici possono comportare per la salute animale. Tali rischi possono essere declinati in vario modo (IPCC, 2014) e per i fini di questo contributo ci si limiterà a considerare quelli indiretti legati agli effetti che la condizione climatica può esercitare nei confronti della sopravvivenza e/o della proliferazione degli agenti patogeni e/o dei loro vettori. È ancora molto vivo il ricordo dell'epidemia di febbre catarrale maligna degli ovini, malattia a eziologia virale più comunemente nota come blue tongue o lingua blu che durante l'estate e l'autunno del 2000 ha interessato l'Italia e che è stata una delle epidemie di blue tongue più estese mai verificatesi in Europa. La malattia fu diagnosticata in circa 7.000 allevamenti tra Sardegna, Sicilia e Calabria e la morbilità e la

mortalità finali furono rispettivamente di circa il 18% e il 3% ([http://blue-tongue.izs.it/bluetongue/doc_tec/analisi%20del%20rischio/relazione%20analisi%20dei%20rischi%20BT%20-%20Italia%20\(versione%20completa\).pdf](http://blue-tongue.izs.it/bluetongue/doc_tec/analisi%20del%20rischio/relazione%20analisi%20dei%20rischi%20BT%20-%20Italia%20(versione%20completa).pdf)). Le perdite registrate complessivamente, tra ovini e caprini morti e abbattuti a seguito della malattia, furono pari a oltre 275.000 capi. Ebbene, il virus della blue tongue è trasmesso da insetti appartenenti al genere *Culicoides* che, rispetto alla tradizionale distribuzione in un'area geografica delimitata approssimativamente tra il 40° parallelo Nord e il 35° Sud, si ritiene abbiano ampliato il loro areale verso nord proprio in virtù dell'incremento delle temperature che ne consentono ora la sopravvivenza durante i mesi più freddi dell'anno anche a latitudini diverse da quelle indicate (Pursue et al., 2005; Lacetera et al., 2013). A partire dall'anno 2000 è stato quindi un susseguirsi di epidemie che si sono spinte peraltro a interessare anche paesi Europei più a nord dell'Italia. Il punto su cui ci si vuole soffermare è che di fronte alla prima epidemia di questa malattia il nostro Paese fu colto largamente impreparato per la gestione della nuova emergenza sanitaria. In particolare, giova ricordare quali furono gli effetti collaterali negativi (principalmente morti, aborti, calo della produzione latte, della fertilità e immunodepressione) che si verificarono nella popolazione ovi-caprina a seguito dell'impiego di vaccini vivi attenuati provenienti dal Sud Africa e del costo aggiuntivo che fu rappresentato dagli indennizzi che vennero riconosciuti per tali danni agli allevatori (Lacetera e Ronchi, 2004; <http://www.aslcagliari.it/index.php?xsl=7&s=718&v=2&c=2495>). Alla luce dei numerosi studi che hanno dimostrato come i cambiamenti climatici potranno causare una maggiore diffusione di malattie la cui trasmissione è legata a vettori biologici (IPCC, 2014) e di quelli che hanno anche evidenziato come tale rischio possa in qualche misura essere anche previsto/quantificato (Wittmann et al., 2001), si ritiene pertanto lecito indicare che anche questa debba rappresentare un'area specifica della ricerca meritevole di implementazione. I risultati che ne potranno scaturire sarebbero particolarmente utili per predisporre per tempo quanto necessario per prevenire e/o contenere la diffusione di malattie "nuove/esotiche" all'interno delle popolazioni di animali allevati limitando al massimo i connotati di emergenza/improvvisazione della loro gestione in caso di insorgenza.

Un ultimo aspetto su cui si ritiene di dover spendere alcune parole è infine quello che ancora sul fronte della salute individua nei cambiamenti climatici un'occasione di rafforzamento del concetto di One Health. Al di là delle numerose segnalazioni circa il rischio di aumento dell'incidenza di zoonosi trasmesse da vettori animati (Gale et al., 2010; Porretta et al., 2013), un caso

paradigmatico è quello dei rischi sanitari derivanti dalla presenza di micotossine nella catena alimentare e che chiama in causa l'uomo, gli animali e anche le piante. Diversi studi hanno infatti dimostrato che le temperature ambientali elevate possono rappresentare un fattore importante per l'insorgenza di infezioni fungine a carico dei cereali sia durante lo sviluppo in campo sia durante lo stoccaggio (Paterson e Lima, 2010) e che il cambiamento climatico in atto potrà pertanto determinare un aumento del rischio di attacco ai cereali da parte di funghi produttori di micotossine (Van der Fels-Klerx et al., 2013) con conseguente aumento del rischio di ingresso di queste nella catena alimentare pianta, animale/alimenti di origine animale, uomo. Alla luce di ciò appare quindi legittimo auspicare che vi possano essere occasioni di ricerche interdisciplinari che consentano di guardare ai rischi derivanti dalla presenza di micotossine nella catena alimentare con una logica di sistema che metta insieme competenze agronomiche, di patologia vegetale, zootecniche, veterinarie e di medicina umana.

*Identificazione di interventi/strategie di adattamento
a condizioni climatiche sfavorevoli*

L'IPCC ha definito l'adattamento ai cambiamenti climatici come l'insieme degli interventi di aggiustamento dei sistemi naturali o umani in risposta a stimoli climatici in atto o attesi che sono in grado di ridurre gli effetti negativi della variabile climatica e/o di metterne in risalto e valorizzarne le opportunità benefiche (IPCC, 2014).

Analogamente, la Commissione Europea ha indicato che adattamento ai cambiamenti climatici significa prepararsi in anticipo ad affrontarne gli effetti avversi mettendo in atto le azioni appropriate che consentano di prevenire/minimizzare i danni che questi possono causare o di trarre vantaggio dalle opportunità che gli stessi possono fornire. La stessa Commissione ha quindi aggiunto che se pianificata correttamente, l'adozione preventiva/precoce di misure di adattamento può tradursi in un significativo risparmio di denaro e di vite (http://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation/index_en.htm).

Con riferimento all'adattamento dei sistemi zootecnici ai cambiamenti climatici, va innanzitutto rilevato come questo possa fare riferimento a interventi messi in atto in fasi diverse dei cicli di produzione del latte, della carne e delle uova. In particolare, tali azioni possono riferirsi sia alle fasi produttive a monte di quelle di allevamento (es. produzione di alimenti per il bestiame) sia a quelle di allevamento/gestione degli animali vere e proprie. Nei paragrafi

che seguono ci si limiterà a indicare quelle che possono essere considerate come le aree fondamentali della ricerca relativamente alle sole fasi di allevamento in senso stretto.

Parlare di adattamento degli allevamenti ai cambiamenti climatici significa sostanzialmente prendere in considerazione interventi con effetti nel breve-brevissimo periodo rivolti alla modifica delle condizioni ambientali (raffrescamento), all'aumento dell'efficienza dei meccanismi fisiologici deputati alla produzione e/o alla dispersione di calore da parte degli animali, alla fornitura di nutrienti utili a contrastare gli effetti dello stress termico da alte temperature, e alla realizzazione di azioni di miglioramento genetico che possano consentire nel medio-lungo periodo di aumentare la tolleranza degli animali nei confronti della condizione di caldo ambientale.

Brevemente, la ricerca italiana in questo campo ha fornito e ha certamente le potenzialità per poter continuare a fornire un contributo importante all'avanzamento delle conoscenze soprattutto per quanto riguarda la messa a punto di interventi di modifica delle condizioni ambientali utili per ridurre il grado di stress termico degli animali durante il periodo estivo (Calegari et al., 2012) e l'identificazione di possibili approcci per la selezione di animali in grado di sopportare meglio le condizioni di ambiente caldo (Bernabucci et al., 2014; Biffani et al., 2015). Su entrambi questi aspetti, il fatto di doversi confrontare già ora con la necessità di difendersi dai rischi creati dal caldo ambientale che caratterizza i periodi estivi, mette l'Italia nella condizione di poter svolgere un ruolo di leader a livello Europeo/Internazionale sul fronte scientifico, e del trasferimento tecnologico e industriale.

Infine, ricollegandoci a quanto riportato in precedenza circa l'impatto della condizione climatica sulla qualità delle produzioni, inclusa quella igienico sanitaria, va rilevato che allo stato attuale risultano poco indagati e pertanto meritevoli certamente di maggiore attenzione, quelli che possono essere gli interventi di adattamento che consentano di prevenire/limitare gli effetti negativi delle condizioni di clima caldo sui parametri che concorrono alla definizione della qualità degli alimenti di origine animale. Per quanto pure riportato sopra, l'implementazione di quest'area della ricerca risulterebbe pertanto di importanza strategica fondamentale per la competitività della zootecnia italiana di fronte alle sfide globali che impongono al nostro Paese di mettere in atto tutto quanto necessario per mantenere elevati gli standard qualitativi che sono stati raggiunti nel campo della produzione alimentare.

*Valutazione del contributo delle attività di allevamento
ai processi di cambiamento climatico e messa a punto di pratiche
di mitigazione/riduzione delle emissioni climalteranti*

L'esame della letteratura riguardante la valutazione dell'impatto che le attività di allevamento possono avere sui processi di cambiamento climatico nonché di quella riferita alla individuazione di interventi di mitigazione, consente di rilevare che l'Italia si è mossa con un ritardo significativo rispetto ad altri Paesi, sia Europei (Olanda, Danimarca, etc.) sia extraeuropei (Australia, Nuova Zelanda, etc.), e che pertanto l'apporto finora fornito dai ricercatori Italiani all'avanzamento delle conoscenze in questi contesti deve considerarsi complessivamente limitato. Tuttavia, l'esame della stessa letteratura consente anche di evidenziare come vi siano ancora ambiti nei quali la ricerca sta operando per trovare risposte ed entro i quali vi possono certamente essere opportunità perché la ricerca italiana si inserisca e fornisca il proprio contributo di nuove conoscenze.

Tra questi, importante anche per i risvolti pratico-applicativi, quello entro il quale vengono svolte attività di studio e di ricerca mirate allo sviluppo di sistemi/modelli che consentano di affinare, semplificare e standardizzare i metodi per il calcolo in condizioni di campo delle emissioni climalteranti riconducibili alle attività di allevamento (Del Prado et al., 2013).

Con riferimento alle attività di ricerca sulla mitigazione, spazi significativi di interesse generale sussistono per esempio nei tentativi messi in atto per individuare, chiarire e cercare di risolvere le situazioni di conflitto (trade off) che sussistono tra gli interventi utili per la riduzione delle emissioni climalteranti e altri importanti aspetti dell'allevamento tra i quali ad esempio l'adattamento alle condizioni climatiche, il benessere animale e la salvaguardia della biodiversità (Bustamante et al., 2014). Come già ricordato in precedenza, il raffrescamento degli ambienti di allevamento attraverso la ventilazione e l'uso di acqua rappresenta una strategia efficace e sempre più largamente utilizzata per cercare di alleviare lo stress termico da caldo negli animali di allevamento. Se da un lato l'impiego di energia per alimentare i sistemi suddetti rappresenta senza dubbio un fattore negativo ai fini delle emissioni climalteranti, dall'altro lato gli stessi sistemi sono utili per mantenere condizioni ottimali di benessere e allo stesso tempo, ciò facendo, per mantenere livelli elevati di efficienza e quindi per contenere in ultima istanza i livelli emissivi (intensità di emissione) espressi per unità di prodotto (litro latte, kg carne, etc.). Numerosi studi hanno indicato come l'allevamento intensivo di razze cosmopolite altamente selezionate sia più efficiente rispetto a quello estensivo di razze

locali e come ciò vada ovviamente a vantaggio anche delle emissioni climateranti (Knapp et al., 2014). L'adozione di logiche legate esclusivamente alla contabilizzazione delle emissioni da parte della componente animale rappresenta però un rischio per la salvaguardia di forme di allevamento alternative a quella intensiva, per il mantenimento della biodiversità nonché, in ultima analisi, per la salvaguardia di aspetti importanti della qualità dei prodotti di origine animale a cui le nostre produzioni sono legate in maniera indissolubile. Pertanto, è auspicabile che in questo ambito si proceda sviluppando e adottando logiche più complesse. Sviluppo e adozione di logiche che siano adeguatamente accompagnati dalla messa a punto di modelli di calcolo che prendano in esame l'intero ciclo di vita di un prodotto e che consentano per esempio di dare il giusto peso alla salvaguardia della biodiversità e della qualità delle produzioni.

Infine, l'attenzione crescente da parte dell'opinione pubblica e del legislatore nei confronti di questi aspetti dell'allevamento e gli impegni sempre maggiori che i diversi Paesi, incluso il nostro, stanno assumendo a livello internazionale sul fronte della riduzione delle emissioni anche da parte del comparto agricolo, suggerisce la necessità che il mondo della ricerca italiana si adoperi per il trasferimento delle conoscenze già disponibili attraverso un'intensificazione e lo studio di nuove forme di interazione con gli stakeholders (in primis allevatori, associazioni di categoria e industria). Ciò permetterebbe di aumentare la sensibilità del mondo della produzione nei confronti del problema generale nonché di facilitare l'adozione di pratiche di mitigazione che consentano di limitare i livelli di emissione.

CONCLUSIONI

L'implementazione delle aree della ricerca individuate nei paragrafi precedenti rappresenterebbe senza alcun dubbio motivo di rafforzamento della zootecnia italiana nel contesto dei cambiamenti climatici.

Uno dei motivi fondamentali di tale rafforzamento sta nel fatto che la ricerca in tali aree risponde a bisogni specifici della zootecnia italiana (es., qualità dei prodotti) e che pertanto si rende necessario operare in maniera autonoma senza possibilità di avvalersi di avanzamenti della ricerca realizzata in altri Paesi.

Altro motivo ritenuto importante è rappresentato dal fatto che sembrano sussistere tutte le condizioni di partenza perché le attività di ricerca individuate nel presente lavoro producano risultati in grado di aumentare in maniera

significativa la competitività della ricerca italiana a livello internazionale con conseguente miglioramento della capacità di attrarre risorse.

Infine, altro aspetto conclusivo ritenuto importante è che, in virtù delle criticità evidenziate nel nostro Paese nel contesto delle condizioni climatiche attuali e degli scenari climatici futuri, uno sforzo politico ulteriore rispetto a quelli fatti finora (es. bandi ARIMNET) andrebbe prodotto per la creazione di opportunità di finanziamenti Europei alla ricerca riservati ai Paesi del bacino del Mediterraneo. Per tutto quanto detto finora i gruppi di ricerca Italiani presentano peraltro i connotati ideali per svolgere il ruolo di leader nell'ambito di gruppi di ricerca di carattere multinazionali.

RIASSUNTO

Nel contesto delle ricerche condotte sulle relazioni tra clima e allevamento animale, i principali campi di indagine sono rappresentati dall'analisi del cambiamento climatico, dalla valutazione dell'impatto delle condizioni climatiche sugli animali di allevamento, dall'identificazione di interventi di adattamento a condizioni climatiche sfavorevoli, dalla valutazione del contributo delle attività di allevamento ai processi di cambiamento climatico e dalla messa a punto di pratiche di riduzione delle emissioni climalteranti. Per ciascuno di tali campi sono identificabili aree di ricerca che devono essere considerate fondamentali per la sostenibilità della zootecnia italiana. Tra queste, lo sviluppo di scenari climatici su scala geografica ridotta per aree del Paese particolarmente sensibili al cambiamento climatico nonché vocate nei confronti della attività di allevamento, lo studio degli effetti del cambiamento climatico sulla qualità delle produzioni zootecniche e la messa a punto di interventi di adattamento che ne possano evitare la compromissione, la messa a punto di strategie che permettano la risoluzione di conflitti che possono sussistere tra la salvaguardia della biodiversità e le emissioni di gas climalteranti e la sperimentazione di percorsi di certificazione dei prodotti di origine animale che possano conferire alle attività di riduzione delle emissioni il carattere di opportunità e non di ulteriore penalizzazione per il comparto zootecnico.

ABSTRACT

In the context of the relationships between climate and animal husbandry, the main research fields are represented by the analysis of climate change, by the evaluation of the impact of climate on livestock, by the identification of adaptation measures, by the evaluation of the contribution of farming activities to climate change and by the development of practices to reduce greenhouse gas emissions. Within each of these fields, research areas that should be considered important for the sustainability of the Italian animal husbandry may be identified. Among them, the development of climate scenarios on a reduced geographic scale by considering areas of the country particularly sensitive to climate change and highly vocated towards farming activities, the study of the effects

of climate change on the quality of livestock production and the development of adaptation measures, which could prevent its impairment, the development of strategies to enable the resolution of conflicts that may exist between the protection of biodiversity and emissions of greenhouse gases and finally the establishment of certification processes for products of animal origin that may confer to mitigation actions the nature of opportunity rather than that of further penalization for the livestock sector.

BIBLIOGRAFIA

- ALBENZIO M., SANTILLO A., CAROPRESE M., MARINO R., CENTODUCATI P., SEVI A. (2005): *Effect of different ventilation regimens on ewes' milk and Canestrato Pugliese cheese quality in summer*, «J. Dairy Res.», 72, pp. 447-455.
- BERNABUCCI U., LACETERA N., RONCHI B., NARDONE A. (2002): *Effects of the hot season on milk protein fractions in Holstein cows*, «Animal Research», 51 (1), pp. 25-33.
- BERNABUCCI U., LACETERA N., BAUMGARD L.H., RHOADS R.P., RONCHI B., NARDONE A. (2010): *Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants*, «Animal», 4, pp. 1167-1183.
- BERNABUCCI U., BIFFANI S., BUGGIOTTI L., VITALI A., LACETERA N., NARDONE A. (2014): *The effects of heat stress in Italian Holstein dairy cattle*, «J. Dairy Sci.», 97, pp. 471-486.
- BERNABUCCI U., BASIRICÒ L., MORERA P., DIPASQUALE D., VITALI A., PICCIOLI CAPPELLI F., CALAMARI L. (2015): *Effect of summer season on milk protein fractions in Holstein cows*, «J. Dairy Sci.», 98, pp. 1815-1827.
- BIFFANI S., BERNABUCCI U., LACETERA N., VITALI A., AJMONE MARSAN P., MACCIOTTA N.P.P., NARDONE A. (2015): *Breeding and Genetics: Genomic methods and application—Dairy W87 A GWAS on heat tolerance phenotypes for Italian Holstein bulls*, «J. Anim. Sci.», 93 Suppl. s3/«J. Dairy Sci.», 98 Suppl. 2, 649 (abs.).
- BUSTAMANTE M., ROBLEDÓ-ABAD C., HARPER R., MBOW C., RAVINDRANAT N.H., SPERLING F., HABERL H., PINTO A.S., SMITH P. (2014): *Co-benefits, trade-offs, barriers and policies for greenhouse gas mitigation in the agriculture, forestry and other land use (AFO-LU)*, «Global Change Biol.», 20, pp. 3270-3290.
- CALEGARI F., CALAMARI L., FRAZZI E. (2012): *Misting and fan cooling of the rest area in a dairy barn*, «Int. J. Biometeorol.», 56, pp. 287-295.
- DEL PRADO A., CROSSON P., OLESEN J.E., ROTZ A. (2013): *Whole-farm models to quantify greenhouse gas emissions and their potential use for linking climate change mitigation and adaptation in temperate grassland ruminant-based farming systems*, «Animal», 7, pp. 373-385.
- GALE P., ESTRADA-PEÑA A., MARTINEZ M., ULRICH R.G., WILSON A., CAPELLI G., PHIPPS P., DE LA TORRE A., MUÑOZ M.J., DOTTORI M., MIOULET V., FOOKS A.R. (2010): *The feasibility of developing a risk assessment for the impact of climate change on the emergence of Crimean-Congo haemorrhagic fever in livestock in Europe: a Review*, «J. Appl. Microbiol.», 108, pp. 1859-1870.
- GAUGHAN J.B., LACETERA N., VALTORTA S.E., KHALIFA H.H., HAHN G.L., MADER T.L. (2009): *Response of domestic animals to climate challenges*, in *Biometeorology for adaptation to climate variability and change*, Eds., Ebi K.L., Burton I., McGregor G.R., Springer-Verlag, Heidelberg (Germany), pp. 131-170.
- GIORGI F. (2006): *Climate change hot-spots*, «Geophys. Res. Lett.», 33, L08707.

- GIORGI F., BI X. (2005): *Update regional precipitation and temperature changes for the 21st century from ensembles of recent AOGCM simulations*, «Geophys. Res. Lett.», 32, L21715.
- GREGORY N.G. (2010): *How climatic changes could affect meat quality*, «Food Res. Int.», 43, pp. 1866-1873.
- KNAPP J.R., LAUR G.L., VADAS P.A., WEISS W.P., TRICARICO J.M. (2014): *Enteric methane in dairy cattle production: Quantifying the opportunities and impact of reducing emissions*, «J. Dairy Sci.» 97, pp. 3231-3261.
- IPCC (2007): *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC (2013): *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp, doi:10.1017/CBO9781107415324.
- IPCC (2014): *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects*, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1132 pp.
- ISPRA (2015): *Gli Indicatori del Clima in Italia nel 2014*.
- LACETERA N., RONCHI B. (2004): *Evaluation of antibody response and nonspecific lymphocyte blastogenesis following inoculation of a live attenuated bluetongue virus vaccine in goats*, «Am. J. Vet. Res.», 65, pp. 1331-1334.
- LACETERA N., SEGNALINI M., BERNABUCCI U., RONCHI B., VITALI A., TRAN A., GUIS H., CAMINADE C., CALVETE C., MORSE A., BAYLIS M., NARDONE A. (2013): *Climate induced effects on livestock population and productivity in the Mediterranean area*, in *Regional Assessment of Climate Change in the Mediterranean*, Advances in Global Change Research 51, Eds., Navarra A., Tubiana L., Springer Science+Business Media, Dordrecht (Netherlands), 135-156.
- NARDONE A., RONCHI B., LACETERA N., RANIERI M.S., BERNABUCCI U. (2010): *Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems*, «Livest. Sci.», 130, pp. 57-69.
- NARDONE A., RANIERI M.S. (in press): *Cambiamenti climatici: utilizzo dell'acqua nelle attività agricole e analisi del consumo per unità di prodotto*, 3^a Meeting Internazionale di Bioetica della Biosfera, Isernia 20-21 giugno 2014.
- PURSUE B.V., MELLOR P.S., ROGERS D.J., SAMUEL A.R., MERTENS P.P.C., BAYLIS M. (2005): *Climate change and the recent emergence of bluetongue in Europe*, «Nat Rev Microbiol», 3, pp. 171-181.
- RONCHI B., BERNABUCCI U., LACETERA N., NARDONE A. (1995): *Milk fatty acid composition in cows exposed to hot environment*, Atti XI Congr. Naz. Ass. Sc. Prod. Anim., pp. 353-354.

- PATERSON R.R.M., LIMA N. (2010): *How will climate change affect mycotoxins in food?*, «Food Res. Int.», 43, pp. 1902-1914.
- PORRETTA D., MASTRANTONIO V., AMENDOLIA S., GAIARSA S., EPIS S., GENCHI C., BANDI C., OTRANTO D. URBANELLI S. (2013): *Effects of global changes on the climatic niche of the tick Ixodes ricinus inferred by species distribution modelling*, «Parasites & Vectors», 6, p. 271.
- SEGNALINI M., NARDONE A., BERNABUCCI U., VITALI A., RONCHI B., LACETERA N. (2011): *Dynamics of the temperature-humidity index in the Mediterranean basin*, «International Journal of Biometeorology», 55, pp. 253-263.
- SEGNALINI M., BERNABUCCI U., VITALI A., NARDONE A., LACETERA N. (2013): *Temperature humidity index scenarios in the Mediterranean basin*, «International Journal of Biometeorology», 57, pp. 451-458.
- SUMMER A., FRANCESCHI P., BOLLINI A., FORMAGGIONI P., TOSI F., MARIANI P. (2003): *Seasonal variations of milk characteristics and cheesemaking losses in the manufacture of Parmigiano-Reggiano cheese*, «Vet. Res. Comm.», 27, SUPPL. 1, pp. 663-666.
- VAN DER FELS-KLERX HJ, VAN ASSELT ED, MADSEN MS, OLESEN JE (2013): *Impact of climate change effects on contamination of cereal grains with deoxynivalenol*, «PLOS ONE», 8 (9): e73602. doi:10.1371/journal.pone.0073602.
- WITTMANN E.J., MELLOR P.S., BAYLIS M. (2001): *Using climate data to map the potential distribution of Culicoides imicola (Diptera: Ceratopogonidae) in Europe*, «Rev Sci Tech», 20, pp. 731-740.

Finito di stampare in Firenze
presso la tipografia editrice Polistampa
nel luglio 2016