

L'impatto della razza sul benessere dei polli da carne – Sintesi

La maggior parte delle moderne razze di polli da carne è il risultato di decenni di selezione genetica, soprattutto per ottenere una crescita rapida, una maggiore resa del petto, una carne più magra e un Indice di Conversione Alimentare (ICA) più basso. Questa selezione ha avuto conseguenze negative sulla salute e sul benessere dei polli.

I polli appartenenti a razze a rapido accrescimento hanno mostrato un elevato tasso metabolico basale (BMR) e un'elevata richiesta di energia che possono risultare in un deficit di ossigeno. Ciò comporta un'elevata incidenza di patologie cardiache e polmonari, asciti e morte improvvisa. I polli da carne a crescita rapida sono anche soggetti a disturbi alle zampe e ai piedi. Queste condizioni influenzano la capacità di deambulazione e i generali livelli di attività, provocando zoppie, accesso ridotto a cibo e acqua, dolore e impedendo la normale espressione di comportamenti naturali. Inoltre, esistono numerose prove della prevalenza di miopatie del muscolo del petto e di lesioni cutanee legate alla crescita rapida e all'alta resa del petto.

Queste condizioni dolorose, sommate all'incapacità di esprimere comportamenti naturali altamente motivati, spesso si traducono in stress cronico, che notoriamente ha un effetto negativo sul sistema immunitario, portando all'immunosoppressione e a una maggiore vulnerabilità alle malattie. L'uso di antibiotici è di conseguenza più elevato nei polli da carne a crescita rapida rispetto a quelli a crescita più lenta (ad esempio, nel 2022 l'uso di antibiotici negli allevamenti olandesi con polli da carne a crescita rapida è stato 9 volte superiore a quello degli allevamenti con polli da carne ad accrescimento più lento). Pertanto, l'utilizzo di razze a crescita più lenta, con un migliore livello di salute e sistemi immunitari più forti può contribuire in modo significativo alla riduzione dell'uso di antibiotici nella produzione di polli da carne.

Le genetiche a rapido accrescimento, a causa della loro conformazione corporea e delle cattive condizioni di salute, hanno difficoltà a espletare comportamenti naturali, come appollaiarsi, prendersi cura del piumaggio o esplorare. Questo si traduce spesso in un aumento nella percentuale di tempo che gli animali trascorrono inattivi e ha un effetto negativo sul loro benessere mentale. Le razze a crescita più lenta dimostrano una migliore risposta allo stress, sono più attive e mostrano una gamma più ampia di comportamenti naturali, il che si traduce in un complessivo livello di benessere mentale migliore.

Scienziati e organizzazioni che si occupano di benessere animale richiedono l'eliminazione graduale delle razze a crescita rapida, a favore di genetiche a crescita più lenta selezionate per ottenere risultati migliori in termini di salute e benessere. Attraverso la sottoscrizione dello [European Chicken Commitment](#), la richiesta unificata per il miglioramento degli standard di allevamento e macellazione nella filiera dei polli da carne a livello commerciale, le aziende si impegnano ad adottare razze a crescita più lenta con migliori risultati in termini di benessere, offrendo ai consumatori un prodotto di qualità superiore ottenuto dall'allevamento di polli più sani e che godono di una migliore qualità di vita.

L'impatto della razza sul benessere dei polli da carne – Referenze scientifiche

Introduzione

La maggior parte delle moderne razze di polli da carne deriva da decenni di selezione genetica, portata avanti per ottenere polli a crescita rapida con un alto rendimento della carne del petto. Questa intensa selezione volta a ottenere migliori rendimenti produttivi ha portato a volatili con una maggiore predisposizione alle malattie (come insufficienza cardiaca acuta e cronica, deformità e patologie muscolo-scheletriche), con un sistema immunitario debole e, di conseguenza, a un maggior uso di antibiotici. Alcune di queste patologie influiscono anche sulla qualità e sul livello di accettabilità della carne, causando perdite economiche e sprechi alimentari. Questo documento descrive le ultime ricerche sull'impatto della razza sulla salute dei polli da carne, sul benessere mentale (ad esempio, la capacità di affrontare lo stress) e sulla capacità di esprimere comportamenti naturali (ad esempio, con arricchimenti e migliorando i livelli di attività).

È fondamentale che l'industria abbandoni gradualmente l'utilizzo di queste razze a crescita rapida per adottare invece genetiche in grado di dimostrare risultati migliori in termini di benessere, tra cui tassi di mortalità più bassi, un migliore punteggio di deambulazione (*gait score*) e maggiori livelli di attività. Lo [European Chicken Commitment, o Better Chicken Commitment](#) (ECC o BCC) chiede alle aziende alimentari di adottare una serie di criteri per migliorare il benessere dei polli da carne, come l'uso di razze approvate che dimostrino migliori risultati in termini di benessere.



"Le razze attualmente approvate in Europa nell'ambito dell'ECC sono Hubbard Redbro (solo per uso al coperto); Hubbard Norfolk Black, JA757, JACY57, 787, 957, 987, Rambler Ranger, Ranger Classic e Ranger Gold. Sono accettate anche altre razze che soddisfano i criteri del Protocollo "RSPCA Broiler Breed Welfare Assessment", le razze con certificazione Label Rouge e altre razze locali utilizzate in sistemi di allevamento all'aperto con un tasso di crescita medio inferiore a 40 g/giorno".



I. Tasso di crescita ed efficienza alimentare nei polli da carne commerciali

L'antenato del pollo domestico (compreso il pollo da carne) è il gallo bankiva (*Gallus gallus*). Dagli anni '50, le razze moderne sono state selezionate principalmente per garantire crescita rapida, elevato rendimento della carne del petto, carne più magra e Indice di Conversione Alimentare più basso¹.

Per illustrare i cambiamenti nel tasso di crescita dei polli da carne nella seconda metà del XX secolo, nel 2005 sono state fatte crescere fino a 56 giorni due varietà di pollo da carne non selezionate dal 1957 e dal 1978 e sono state messe a confronto con una varietà commerciale moderna (Figura 1)². Tra il 1957 e il 2005, l'indice di conversione alimentare è diminuito del 50% e il tasso di crescita è aumentato di oltre il 400%, con l'85-90% di questo aumento attribuito alla selezione genetica e il resto all'alimentazione³. Analogamente, nel 1992⁴ negli Stati Uniti erano necessari 52 giorni perché il peso vivo di un pollo raggiungesse i 2,26 kg, mentre oggi il peso di macellazione di 2,5 kg può essere raggiunto in soli 38 giorni⁵.

Anche la conformazione dei polli, attraverso la selezione, è cambiata in modo significativo (Figura 2). Ad esempio, la resa in carne del petto è aumentata in modo costante da circa il 15% del peso vivo totale nel 1994 al 25% entro il 2020⁴. Un confronto tra razze a crescita più lenta (Hubbard/ISA) e rapida (Cobb 500) ha mostrato che quelle a crescita più lenta avevano una resa della carcassa (70,4 contro 69,9%) e di grasso delle ali (15,6 contro 14,0%) più elevata, ma una resa della carne del petto più bassa (25,3 contro 26,7%) rispetto ai polli a crescita rapida⁶. È stata posta maggiore enfasi sulla produzione di carne del petto, per questo la conformazione dei polli è cambiata e il loro centro di gravità si è spostato in avanti, con conseguenti modifiche alla morfologia delle zampe e alla capacità di camminare⁷.

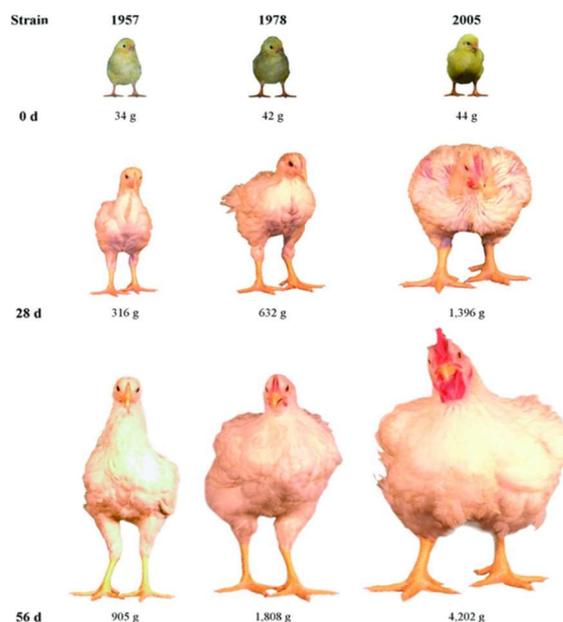


Figura 1. Variazioni di taglia nelle diverse fasi del ciclo produttivo di due varietà Meat Control non selezionate dal 1957 e dal 1978 e di polli da carne Ross 308 (2005). (Tratto da Zuidhof et al., 2014).

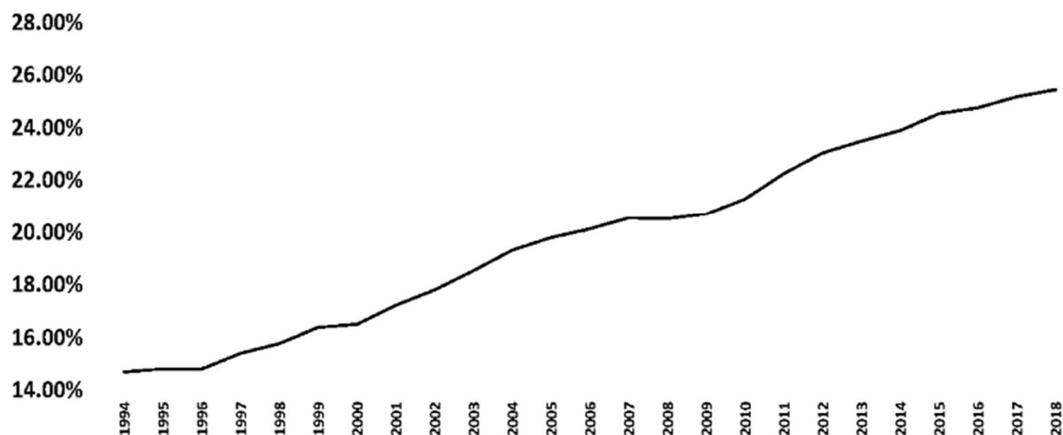


Figura 2: Resa di carne del petto disossato (% del peso vivo), dal 1994 al 2018 nell'industria dei polli da carne degli Stati Uniti (From Maharjan et al., 2021).

La carne avicola è la più consumata al mondo. In Europa, tra il 2019 e il 2021, il consumo medio di carne avicola è stato di 24,2 kg di peso al dettaglio pro capite⁸. Negli Stati Uniti, il consumo medio è ancora più elevato e raggiunge i 49,4 kg pro capite. Tra il 1960 e il 2004, l'indice dei prezzi al consumo dei prodotti avicoli negli Stati Uniti è della metà rispetto a tutti gli altri prodotti, rendendo la carne di pollo sempre più conveniente rispetto ad altre fonti proteiche animali². Se da un lato questa pressione nella selezione delle razze ha avuto successo nel fornire carne di pollo a prezzi accessibili, dall'altro ha avuto una serie di conseguenze dannose per la salute e il benessere dei polli, descritte in dettaglio in questo documento, tra cui una minore attività, una peggiore salute delle zampe, un maggiore utilizzo di antibiotici, problemi muscolo-scheletrici (miopatie dei muscoli profondi comprese), problemi metabolici e fisiologici (come l'ascite), una scarsa funzione immunitaria, un minore benessere mentale e l'incapacità di esprimere comportamenti naturali.

II. Gli effetti della scelta della razza sul benessere fisico

1. Condizioni cardiache

La selezione per una crescita rapida e un efficiente indice di conversione alimentare ha portato a polli con un elevato tasso metabolico basale e un'alta richiesta di energia che può creare deficit di ossigeno. Questa elevata richiesta di O₂ aumenta la pressione dell'arteria polmonare (condizione nota come ipertensione arteriosa polmonare o IPA) e il carico di lavoro del cuore. Ciò comporta l'ipertrofia del ventricolo destro del cuore, eventualmente seguita da aritmia, aumento della pressione nella cavità toracica e addominale e accumulo di liquidi nella cavità addominale (nota come ascite) (Figura 4)^{9,10}. In alcuni casi, l'aritmia può provocare fibrillazione ventricolare e insufficienza cardiaca acuta, con conseguente morte (la cosiddetta sindrome della morte improvvisa)¹¹.

Può essere difficile stimare con precisione la prevalenza di condizioni come l'ascite e la sindrome da morte improvvisa, a causa delle variazioni tra gli allevamenti e dei dati

confidenziali degli allevatori. Nel 1996, un'indagine condotta a livello mondiale ha riportato un tasso medio di incidenza di mortalità per ascite¹² nei polli da carne del 4,7% e uno studio più recente ha riferito che i tassi di mortalità per ascite possono variare dal 5% negli allevamenti di polli da carne al 20% negli allevamenti di polli più pesanti⁹.

Le asciti sono state osservate in tutto il mondo nei polli da carne a crescita rapida, e il rapido tasso di crescita dei polli moderni è stato identificato come uno dei principali fattori di rischio per lo sviluppo di questa malattia^{13,14}. Nel 2020, uno studio ha riportato un'incidenza di aritmia cardiaca del 27% nei polli da carne a crescita rapida contro solo l'1% nelle razze a crescita lenta¹⁵. La mortalità causata dall'ascite, inoltre, è più elevata negli polli da carne maschi¹⁶. Altri fattori che aumentano il rischio di ascite e di sindrome da morte improvvisa sono, tra gli altri, l'alta densità nutrizionale, la fornitura dei mangimi in razione pellettata, l'alimentazione ad libitum, l'illuminazione continua e la bassa temperatura ambientale¹⁶.

Il rischio di insufficienza cardiaca è stato associato, nei polli da carne, a meccanismi fisiologici e metabolici correlati al rapido accrescimento¹⁷. Nel loro studio, Zhang et al. hanno messo a confronto le basi genetiche dello sviluppo cardiaco e l'insorgenza di disfunzioni cardiache tra una razza moderna a crescita rapida (Ross 708) e una razza tradizionale a crescita più lenta (Illinois), dimostrando che lo sviluppo cardiaco e quello del sistema immunitario erano più lenti nella razza a crescita rapida. I ricercatori hanno ipotizzato che i motivi principali per cui questi geni non vengono espressi allo stesso modo in entrambe le razze siano il maggior tasso di distruzione delle cellule (dovuto all'accumulo di grasso) rispetto alla minore proliferazione cellulare, oltre allo stress ossidativo (solitamente originato da un elevato metabolismo a livello cellulare), **dimostrando un legame molto forte tra la crescita rapida e lo sviluppo del sistema cardiaco e immunitario**. Uno studio del 2021 ha analizzato le cause di mortalità in sei diverse razze di polli da carne e ha mostrato che, rispetto alle razze a crescita più rapida, solo la razza a crescita lenta (Label Rouge Naked Neck) presentava una mortalità complessiva significativamente inferiore e nessun decesso associato a malattie metaboliche¹⁶ (Figura 3). Un altro studio⁶ ha messo a confronto due genetiche: la I957 (Hubbard/ISA) a crescita più lenta e la Cobb500 a crescita rapida. Questo ha riportato una mortalità complessiva del 5,6% nella varietà a crescita rapida, di cui il 2,1% causato da problemi cardiaci e di circolazione. La mortalità nella varietà a crescita lenta è stata dell'1,5%, di cui lo 0,4% causato da problemi cardiaci.

Mortality	AA	AF	CO	HU	IS	RO	LR
Total							
n	26	14	29	24	26	35	5
Percentage ¹	9.63	5.19	10.74	8.89	9.63	12.96	1.85
AS ²							
n	13	3	15	11	15	12	0
Percentage	4.81	1.11	5.55	4.07	5.56	4.44	0.00
Percentage/Total	50.00	21.43	51.72	45.83	57.69	34.29	0.00
SDS ³							
n	6	4	7	5	8	7	0
Percentage	2.22	1.48	2.59	1.85	2.96	2.59	0.00
Percentage/Total	23.07	28.57	24.14	20.83	30.77	20.00	0.00
Others ⁴							
n	7	7	7	8	3	16	5
Percentage	2.59	2.59	2.59	2.96	1.11	5.92	1.85
Percentage/Total	26.93	50.00	24.14	33.34	11.54	45.71	100.00

¹270 initial birds per strain.

²Ascites syndrome.

³Sudden death syndrome.

⁴Including culled birds.

Figura 3: Cause di decesso in diverse genetiche di polli da carne: Arbor Acres (AA), Avian Farms (AF), Cobb-500 (CO), Hubbard (HU), ISA (IS), Ross (RO) e Label Rouge (LR) (tratto da Gonzales et al, 2021).



2. Disturbi locomotori

I polli da carne a crescita rapida sono soggetti a disturbi alle zampe e ai piedi, tra cui condronecrosi batterica con osteomielite, deformità ossea angolare, degenerazione dell'osso femorale, bruciatura dei garretti e dermatite del cuscinetto plantare. Queste condizioni influenzano l'andatura dei polli e il livello generale di attività, provocando zoppia, accesso ridotto a cibo e acqua, dolore e impedendo la normale espressione di comportamenti naturali¹⁵. Sebbene esistano diversi fattori associati a una cattiva salute delle zampe e a una locomozione alterata nei polli da carne, il tasso di crescita e il genotipo sono stati identificati come i più importanti¹⁸. Le ricerche hanno dimostrato che il rischio associato allo sviluppo di problemi locomotori è inferiore nelle genetiche a crescita più lenta (con un tasso di crescita inferiore a 50 g/giorno^{19,20}) rispetto a quelle a crescita rapida^{20,21}.

Patologie muscoloscheletriche

La patologia più comune associata ai gravi problemi di salute delle zampe nei polli da carne è la condronecrosi batterica con osteomielite, sebbene le informazioni disponibili su questa condizione siano limitate.^{22,23} Uno studio australiano che ha coinvolto 20 allevamenti commerciali di polli da carne ha riscontrato lesioni da condronecrosi batterica con osteomielite nel 28% dei volatili sottoposti a necropsia (compresi gli abbattimenti e i decessi)²⁴. La condronecrosi batterica con osteomielite è dovuta alla formazione di microfratture causate dalla rapida crescita delle ossa. Questa rapida crescita provoca un'ischemia locale che favorisce la proliferazione di patogeni opportunisti¹³ (Figura 4). Lo spostamento del centro di gravità associato alla crescita sproporzionata dei muscoli pettorali porta a un maggiore sviluppo del femore, rendendo quest'osso particolarmente incline alla condronecrosi batterica con osteomielite²³.

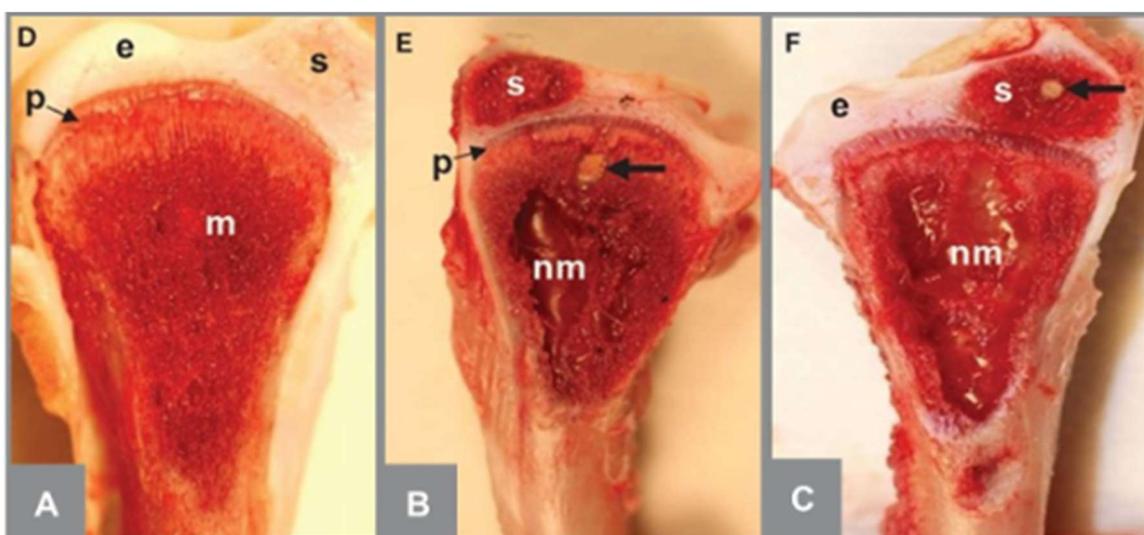


Figura 4: Testa della tibia normale (A). L'infezione batterica ha distrutto parte della cartilagine di accrescimento (B, C). Le frecce più grosse indicano le colonie batteriche (tratto da Wideman e Prisby, 2013).



Esiste anche una base genetica associata alla presenza di deformità delle ossa e delle zampe nei polli da carne (Figura 5). Le deformazioni delle zampe sono anomalie della cartilagine di accrescimento che si traducono in ossa deformate e, nei casi più gravi, causano difficoltà di deambulazione. Tra queste vi sono la discondroplasia tibiale, la tibia ruotata, la valga o vara²⁵. Il rapido aumento di peso nelle fasi iniziali è uno dei principali fattori associati alla presenza di queste deformità ^{26,27}. L'introduzione di parametri di salute e benessere nei programmi di selezione delle aziende che producono genetiche ha diminuito, ma non eliminato, il verificarsi di queste condizioni ^{25,28}.

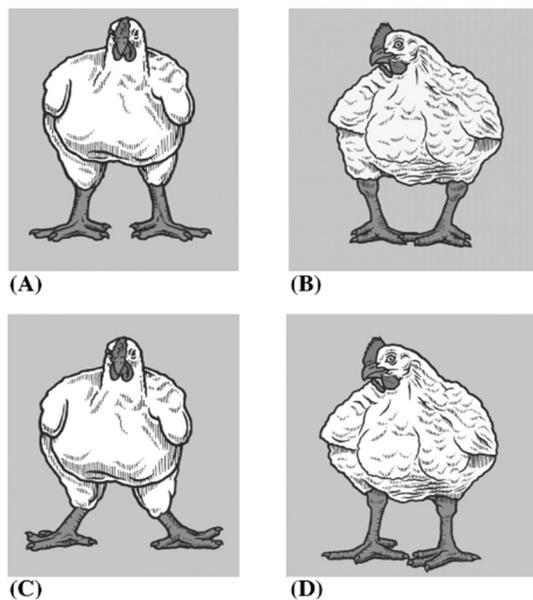


Figura 5: Esempi di un pollo normale (A) e di polli che presentano tre deformità: (B) Inarcata verso l'esterno, (C) Inarcata verso l'interno, (D) Ruotata (tratto da Siegel et al., 2019).

Dermatite da contatto dei piedi e delle gambe

La dermatite da contatto è un'inflammazione del tessuto sottocutaneo che porta a ipercheratosi, necrosi o ulcerazioni dolorose per i volatili²⁵. La pododermatite, che colpisce i cuscinetti della superficie plantare, e l'ustione del garretto, che colpisce la parte caudale dell'articolazione del garretto, sono due condizioni molto comuni e dolorose che colpiscono i polli da carne. Sono spesso utilizzate come indicatori di benessere, di solito assegnando un punteggio alle lesioni su una scala di 5 punti²⁹.

I fattori che influenzano l'incidenza di pododermatiti e bruciature dei garretti sono diversi e sono associati alla qualità dell'ambiente di stabulazione (in particolare la qualità e le condizioni della lettiera e la densità di allevamento) e alla genetica utilizzata. Diversi studi recenti hanno riportato una presenza minore e meno grave di pododermatiti e bruciature dei garretti nelle razze a crescita più lenta^{20,21,30}. Uno studio del 2020 ha stabilito che la prevalenza di bruciature dei garretti (punteggio 1 o 2) era maggiore nei polli da carne a crescita più rapida e ad alte densità di allevamento rispetto ai polli da carne a crescita più lenta a basse e alte densità di allevamento²¹. La prevalenza di pododermatiti (punteggio 1-3) è stata del 7% nei polli da carne a crescita rapida e allevati ad alte densità di allevamento, rispetto all'1% nei polli da carne a crescita più lenta e allevati a basse densità di allevamento. Sono stati riscontrati punteggi migliori associati a pododermatiti e bruciature dei garretti nella razza JA757 a crescita lenta rispetto a tre razze a crescita rapida (Ross 308, Cobb 500 e Hubbard Flex) allevate alle stesse densità di allevamento (8,5 volatili/m²)²⁰ mentre un altro studio ha riportato che, alla stessa densità di allevamento (29 kg/m²), i polli a crescita rapida presentavano il 53,2% di probabilità in più di sviluppare bruciature dei garretti rispetto a quelli a crescita lenta³¹.



Capacità di deambulazione

Tutte le suddette condizioni, aggravate dalla conformazione corporea sbilanciata dei polli da carne moderni³², sono spesso associate a una scarsa capacità di deambulazione. La capacità di deambulazione viene comunemente valutata utilizzando un sistema di punteggio a sei punti noto come scala di Bristol o di Kestin³³.

Negli ultimi trent'anni sono stati pubblicati numerosi studi che mettono a confronto la capacità di deambulazione tra genetiche a rapido e a più lento accrescimento¹⁵. Uno studio³⁴ del 2019 ha dimostrato che la capacità di deambulazione della varietà Ross 308 (rapida crescita) era significativamente più scarsa e portava a una percentuale più alta di abbattimenti in quanto le zampe erano più deboli rispetto alla varietà Rowan Ranger (lento accrescimento). L'8,8% dei volatili della varietà Ross presentavano zoppie (punteggio di deambulazione da 2 a 5 sulla scala di Bristol) alla settimana 6 rispetto allo 0,3% dei polli della varietà Rowan Ranger. Anche la razza JA757 a crescita lenta ha presentato una percentuale significativamente più alta di volatili con punteggi di andatura migliori rispetto a tre razze a crescita rapida (Ross 308, Cobb 500, Hubbard Flex) a una densità di allevamento di 8,5 volatili/m² (18,7 kg/m²) (Figura 6)²⁰.

È stato dimostrato che la razza, la densità di allevamento e le loro interazioni hanno un effetto significativo sulla capacità di deambulazione. Rayner et al. (2020) hanno riscontrato che il numero di volatili con un punteggio di deambulazione superiore a 3 sulla scala di Bristol era maggiore nei polli da carne a crescita più rapida (63 g/giorno) allevati a 34 kg/m² rispetto a due razze a crescita più lenta (ADG: 45 e 49 g/giorno) a diverse densità di allevamento: 30 e 34 kg/m² (Figura 7)²¹.

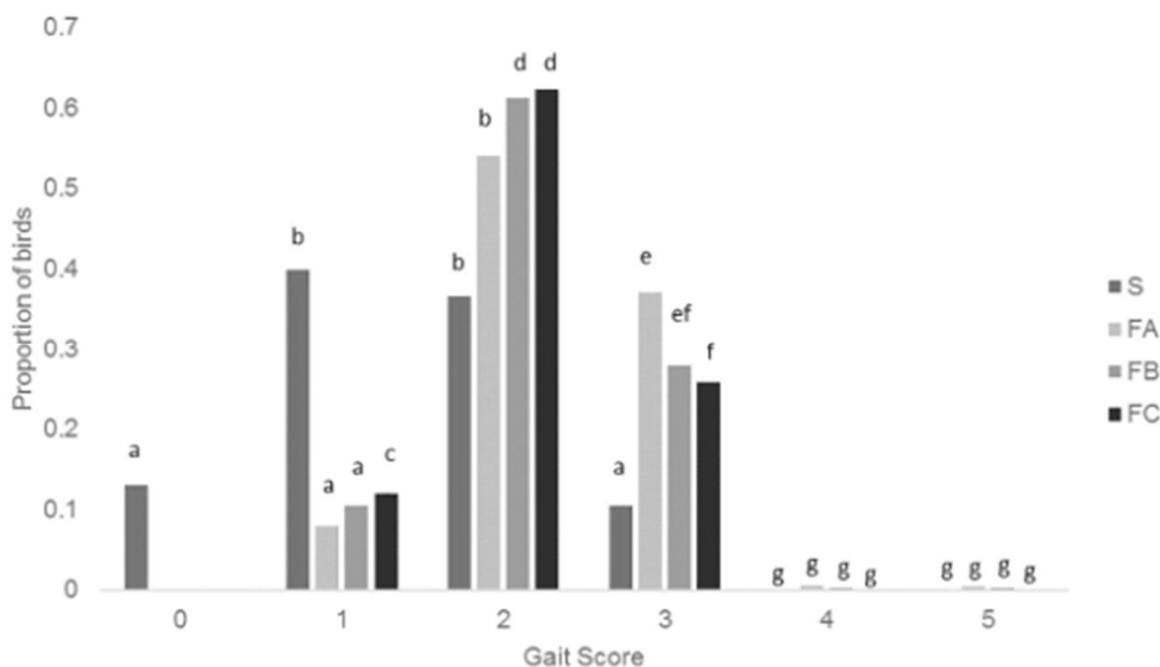


Figura 6: Rapporto medio di ciascun punteggio di deambulazione per Hubbard JA757 (S) e 3 razze a crescita rapida anonimizzate (Ross 308, Cobb 500, Hubbard Flex). Lettere & diverse indicano differenze significative (tratto da Dixon et al, 2020).

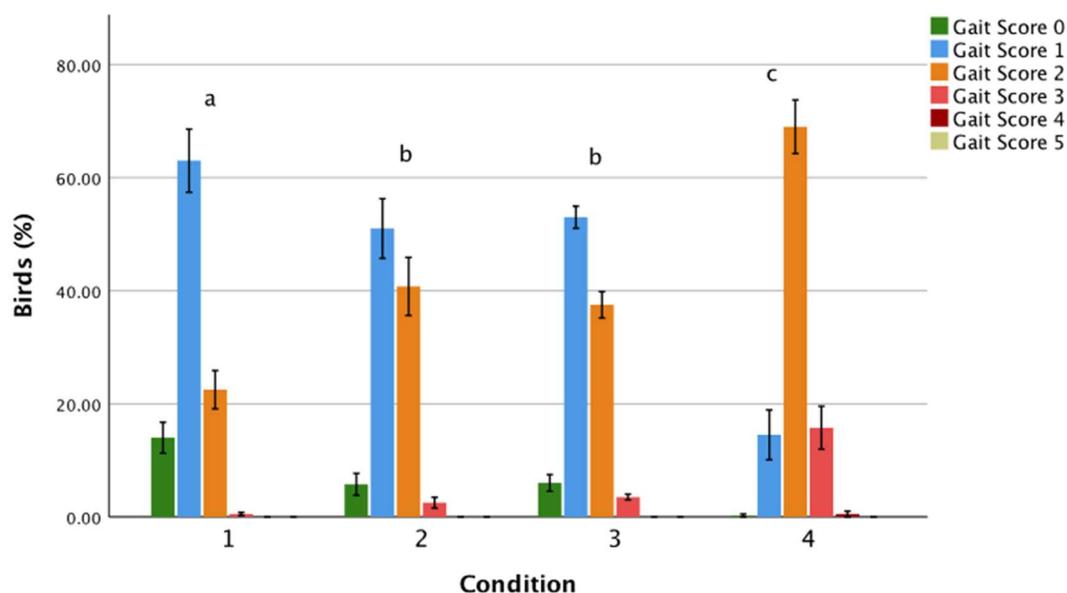


Figura 7: Percentuale media (\pm SE) di volatili con punteggio di deambulazione (da 0, cammina con facilità, a 5, non riesce a camminare) in 4 varietà diverse (tratto da Rayner et al., 2020). 1= razza a crescita lenta A (tasso di crescita 45 g/giorno); Densità di allevamento: 30 kg/m². 2= razza a crescita lenta B (tasso di crescita: 49 g/giorno); Densità di allevamento: 30 kg/m². 3= razza a crescita lenta B (tasso di crescita 49 g/giorno); Densità di allevamento: 34 kg/m². 4= razza a crescita rapida C (tasso di crescita 63 g/giorno); Densità di allevamento: 34 kg/m².

3. Pelle e muscolo

Le condizioni più frequenti che colpiscono la pelle dei volatili sono i graffi, così come i problemi che interessano la pelle del muscolo pettorale, come vesciche (borsite), bottoni (dermatite) o bruciature (infiammazione). Sono meno frequenti delle dermatiti che colpiscono i piedi, ma più gravi dal punto di vista economico, in quanto portano allo scarto della carcassa. Questi problemi si sviluppano quando i polli passano troppo tempo a contatto con materiale umido, condizione favorita dalle cattive condizioni del piumaggio, dalla scarsa qualità della lettiera e dai bassi livelli di attività²⁵. Le ricerche hanno spesso dimostrato che i polli che crescono più rapidamente mostrano una prevalenza maggiore di irritazioni del petto e lesioni cutanee^{6,35}. Le differenze nella qualità del piumaggio e nei livelli di attività tra le razze a crescita rapida e a crescita lenta possono spiegare questa maggiore prevalenza, in quanto i polli appartenenti a genetiche a rapido accrescimento trascorrono più tempo sdraiati o seduti a contatto con la lettiera, il che può causare irritazioni alla pelle e aumentare la diffusione della dermatite da contatto²⁵.

Esistono inoltre numerose prove della diffusione di miopatie del muscolo del petto legate alla crescita rapida e all'alto rendimento della carne del petto^{36,37}. Si ritiene che la crescita rapida e la selezione per un più alto rendimento muscolare svolgano un ruolo centrale nel recente aumento di queste miopatie nei moderni polli da carne, che interessano principalmente il muscolo Pectoralis major e Pectoralis minor. La selezione per una crescita rapida e un alto rendimento del petto hanno alterato il metabolismo e la struttura muscolare dei volatili, portando a un'interruzione o a un malfunzionamento della struttura,

del metabolismo o dei meccanismi di riparazione del tessuto muscolare del petto³⁸. Ciò si traduce in perdite economiche e sprechi alimentari a causa della non idoneità delle carcasse e ha un impatto negativo sulla salute e sul benessere degli animali.

Per maggiori informazioni sulle conseguenze della selezione per la crescita rapida e la resa muscolare, consultare la nostra risorsa pubblica: [Problemi attuali di qualità della carne nei polli da carne](#).

4. Infezioni interne: Disturbi gastro-enterici

Le infezioni delle viscere (ad esempio, cuore, fegato, polmoni e intestino) si verificano con frequenza variabile negli allevamenti di polli da carne. Tra queste, le malattie infettive gastro-enteriche sono considerate un problema di benessere molto rilevante per i polli da carne commerciali²⁵. L'incidenza dell'enterite nel pollame può essere influenzata da diversi fattori quali l'ambiente di allevamento, la genetica o la dieta. Esistono inoltre numerosi agenti patogeni che possono alterare l'omeostasi intestinale.

Le linee commerciali di polli da carne a crescita rapida sono state selezionate principalmente per le caratteristiche di crescita e spesso presentano un microbiota non ottimale rispetto ai polli a crescita più lenta. I polli da carne a crescita più lenta possiedono un intestino più sano grazie a una comunità microbica maggiormente diversificata, con livelli più elevati di microbiota sano.^{25,39}

Per quanto riguarda gli agenti patogeni specifici, due studi^{40,41} hanno confrontato la predisposizione di varietà a crescita rapida e lenta all'infezione da *Campylobacter*. Mentre While Gormely et al.⁴⁰ non hanno riscontrato differenze nel carico intestinale a 42 giorni tra volatili appartenenti a genotipi diversi, Humphrey et al.⁴¹ hanno riscontrato una risposta infiammatoria prolungata in una delle razze a crescita rapida, con evidenza di danni alla mucosa intestinale e diarrea.

Uno studio recente ha inoltre dimostrato che la razza Redbro, a crescita più lenta, era più resistente a un'infezione da *Salmonella Typhimurium* e mostrava una maggiore protezione immunitaria nei primi anni di vita rispetto al Ross 308.⁴²

5. Dimensioni degli organi

Le varietà moderne di polli da carne hanno organi significativamente più piccoli (in percentuale sul peso corporeo) e carcasse più grandi rispetto alle varietà del 1957^{3,43}. Rothschild et al.⁴⁴, ad esempio, hanno utilizzato un sottocampione di varietà di uno studio più ampio dell'Università di Guelph, che comprendeva una varietà convenzionale C (tasso di crescita 66 g/giorno) e 3 varietà più lente M, H e D (tasso di crescita 54, 50 e 46 g/giorno, rispettivamente). Al peso target di 2 kg di peso vivo, la varietà C a crescita rapida presentava polmoni e reni significativamente più piccoli rispetto alle altre razze. Gli organi più piccoli possono avere un impatto negativo sul benessere, riducendo la capacità funzionale e provocando condizioni che si traducono in uno stato affettivo negativo, come dolore, malessere e persino dispnea⁴⁵. Uno studio del 2018 ha dimostrato che, esposta alle

stesse temperature, una varietà di Ross del 1972 a crescita lenta mostrava un ansimare minore rispetto alla varietà Ross 308 del 2004⁴⁶. La mancanza di ossigenazione può anche portare a un aumento delle miopatie quali la miopatia del petto legnoso e striature bianche⁴⁷.

È necessario realizzare ulteriori ricerche per studiare il possibile legame tra le dimensioni degli organi, la mancanza di ossigenazione muscolare e le patologie muscolari nei polli da carne, nonché l'impatto della dispnea sul loro benessere.

6. Immunocompetenza e uso di antibiotici

È stato dimostrato che la selezione degli animali per una crescita rapida ha un effetto negativo sulla loro funzione immunitaria⁴⁸. Inoltre, il metabolismo veloce e la conformazione corporea dei polli a crescita rapida li porta a soffrire spesso di problemi di salute, quali dermatite da contatto e deformazione delle zampe, che possono causare dolore e disagio. Queste condizioni dolorose, sommate all'incapacità di espletare comportamenti altamente motivati, spesso si traducono in stress cronico⁴⁹, che notoriamente ha un effetto negativo sul sistema immunitario, portando all'immunosoppressione e a una maggiore vulnerabilità alle malattie^{50,51}.

Giles et al.⁵² hanno studiato la risposta immunitaria dei polli da carne a crescita rapida (Ross 308) e a crescita più lenta (Ranger Classic) all'infezione da *Eimeria maxima* e hanno confrontato il loro potenziale di resistenza alla coccidiosi. Hanno concluso che la risposta immunitaria della razza a crescita più lenta era migliore rispetto a quella a crescita rapida, e questo era legato a una minore eliminazione di oocisti (riducendo quindi la contaminazione dell'ambiente con agenti patogeni) da parte della razza a crescita più lenta.

L'aumento degli agenti patogeni resistenti agli antibiotici e la necessità di ridurre l'uso è un argomento sensibile e importante per la salute umana, animale e ambientale. **L'utilizzo di razze a crescita più lenta con una salute migliore e un sistema immunitario più forte contribuisce alla riduzione dell'uso di antibiotici.** Un'analisi del 2021 dei diversi sistemi di produzione dei polli da carne olandesi ha rilevato una sinergia positiva tra l'uso di razze a crescita più lenta e un minor uso di antibiotici⁵³. Più recentemente, l'autorità olandese per l'uso responsabile degli antibiotici sugli animali ha pubblicato dati sull'uso di antibiotici negli allevamenti di polli da carne olandesi nel 2022, dimostrando un uso di antibiotici 9 volte inferiore negli allevamenti in cui sono state utilizzate razze di polli da carne a crescita più lenta rispetto agli allevamenti con volatili a crescita rapida⁵⁴ (Figura 8). Gli allevamenti con razze a crescita più lenta presentavano una media di 1,4 dosi giornaliere definite per animale e per azienda all'anno rispetto alle 12,4 dosi per gli allevamenti di polli da carne convenzionali.

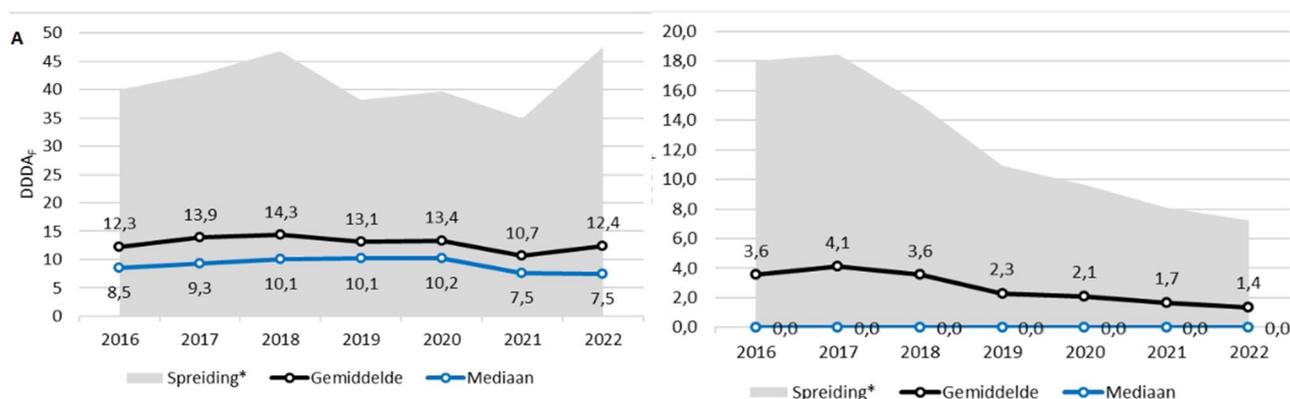


Figura 8: Tendenza a lungo termine della dose giornaliera definita per animale e per azienda all'anno con (A) polli da carne broiler convenzionali (B) polli da carne a crescita più lenta nei Paesi Bassi. Sono mostrate la dose giornaliera definita per animale e per azienda all'anno media (gemiddelde) e mediana (median), e la dispersione (spreading) (SDA autoriteit Diergeneesmiddelen).

III. Gli effetti della razza sul benessere mentale

Lo stato mentale è ritenuto sempre di più il fattore determinante del benessere dell'animale. Gli animali sono dotati di sensibilità e possono soffrire, queste due caratteristiche sono il motivo principale della preoccupazione pubblica per il loro benessere, inoltre si è sempre più consapevoli del fatto che sia il funzionamento biologico sia la capacità di esprimere preferenze comportamentali influenzano, e sono influenzate, dallo stato mentale di un animale⁵⁵. La risposta allo stress e la capacità di farvi fronte sono buoni indicatori dello stato mentale di un animale.

Castellini et al.⁵⁶ hanno testato l'idoneità di 8 razze a un sistema di allevamento biologico: 3 razze a crescita lenta (tasso di crescita <24 g/giorno); 4 a crescita intermedia (24< tasso di crescita <=40 g/giorno) e 1 a crescita rapida (tasso di crescita >41 g/giorno), esaminando diversi indicatori tra cui quelli di comportamento, paura (immobilità tonica) e stress (rapporto eterofili/linfociti e percentuale di eosinofili nel sangue). **Le razze a crescita più lenta hanno dimostrato una migliore risposta allo stress** rispetto a quelle a crescita rapida, presentando un rapporto eterofili/linfociti più basso e una maggiore presenza di eosinofili nel sangue. Le razze a crescita più lenta hanno presentato inoltre una immobilità tonica di durata media inferiore (da 38 a 62 secondi) rispetto alla razza a crescita rapida (126 secondi), indicando una minore risposta alla paura e una migliore resistenza allo stress. Un altro studio che ha utilizzato il fenomeno dell'immobilità tonica per confrontare la risposta alla paura di diverse razze ha riportato che la durata dell'immobilità tonica nel Cobb Sasso T88 a crescita rapida (50,08 sec) e nel Cobb-500 (52,97 sec) era significativamente più lunga rispetto al Rhode Island Red a crescita lenta (28,77 sec)³⁰.

Sono stati utilizzati altri test di paura, come quello di evitamento e quello dell'esposizione a oggetti sconosciuti, per mettere a confronto razze diverse con risultati contrastanti. Il risultato di questi test può essere tuttavia confuso a causa della motivazione o della capacità di deambulazione dei polli, spesso alterata nelle razze a crescita rapida^{57,58}.

Un altro metodo innovativo per valutare il benessere mentale degli animali da allevamento è la valutazione qualitativa del comportamento (*Qualitative Behaviour Assessment, QBA*).⁵⁹. Sebbene questo metodo non sia ancora utilizzato di frequente nei polli da carne, è incluso nella valutazione della Welfare Quality Network, la rete per la qualità del benessere dei polli da carne.²⁹. Nel loro studio del 2020, che ha messo a confronto razze con tassi di crescita media differenti a densità di allevamento diverse, Rayner et al. hanno eseguito una valutazione qualitativa del comportamento e hanno riscontrato differenze significative in una delle componenti. L'unica razza a crescita rapida (tasso di crescita media 63 g/giorno) è risultata significativamente più propensa ad essere "piatta/stressata" e meno "felice/attiva", indicando uno stato emotivo più negativo rispetto al resto dei volatili (Figura 9).²¹.

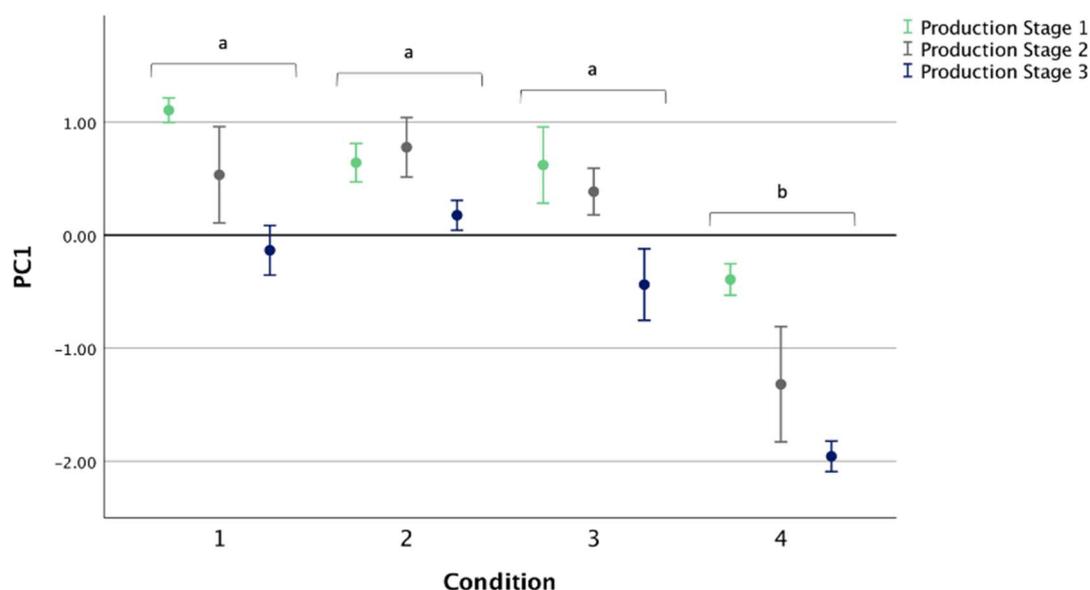


Figura 9: Percentuale media (\pm SE) del punteggio della componente principale della valutazione qualitativa del comportamento per la componente principale 1, che andava da "Felice/Attivo" (punteggi alti) a "Apatico/Stressato" (punteggi bassi) (tratto da Rayner et al.2020)
 1= razza a crescita lenta A (tasso di crescita media 45 g/giorno); Densità di allevamento: 30 kg/m². 2= razza a crescita lenta B (tasso di crescita media: 49 g/giorno); Densità di allevamento: 30 kg/m².
 3= razza a crescita lenta B (tasso di crescita media 49 g/giorno); Densità di allevamento: 34 kg/m². 4= razza a crescita rapida C (tasso di crescita media 63 g/giorno); Densità di allevamento: 34 kg/m².

IV. Effetti della razza sull'espressione del comportamento naturale

Il pollo moderno discende dalla specie selvatica gallo bankiva (*Gallus Gallus*). Nonostante la selezione intensiva per migliorare la produttività, il pollo da carne ha mantenuto una serie di esigenze comportamentali, ovvero comportamenti che il pollo è altamente motivato a eseguire, indipendentemente dall'ambiente in cui vive⁶⁰. Il benessere mentale dei polli da

carne migliora quando viene offerta loro l'opportunità di impegnarsi in comportamenti importanti per loro e sono fisicamente in grado di farlo (vale a dire, il movimento non è compromesso a causa del dolore, del corpo sovradimensionato o della conformazione squilibrata). Il rapido tasso di crescita può compromettere la capacità dei polli da carne di esprimere comportamenti naturali, come appollaiarsi, prendersi cura del piumaggio, becchettare, sbattere le ali o fare bagni di polvere⁶¹⁻⁶⁴. Questo spesso si traduce in un aumento della percentuale di tempo di inattività dei volatili⁵.

Uno studio del 2016 ha misurato l'attività dei volatili (tempo trascorso all'aperto, in movimento e a riposo) e il loro impegno in comportamenti di comfort, come lisciare le penne, fare bagni di polvere e stirare ali e zampe (Figura 10)⁶¹. Tre razze a crescita lenta (Ancona, Leghorn e un incrocio Cornish x Leghorn; tasso di crescita media < 24 g/giorno), 4 razze classificate come a crescita media (Gaina, Robusta Maculata, Kabirand, Naked Neck; 25 < tasso di crescita media ≤ 40 g/giorno) e una a crescita rapida (Ross 308; tasso di crescita media > 41 g/giorno;) sono state allevate in recinti al chiuso (0,1 m²/volatile) e hanno avuto accesso a un recinto all'aperto (4 m²/volatile) dai 21 giorni di età. Le razze a crescita più lenta si sono mosse in media il 42% del tempo, rispetto al 7% della razza a crescita rapida. Le razze a crescita più lenta hanno inoltre riposato in media il 39% del tempo, mentre quella a crescita rapida ha riposato in media più della metà del tempo totale (55%). Le razze a crescita più lenta hanno percorso poi una distanza maggiore (14,7 m) rispetto alla razza a crescita rapida (4,9 m). Infine, la razza a crescita rapida ha messo in atto comportamenti di comfort durante un tempo significativamente inferiore (in media 0,5% del tempo) rispetto alle razze a crescita media e lenta (in media 2,0-3,2% del tempo).

		L	A	CL	G	RM	K	NN	R	χ ²
Initial interest ¹	%	65 ^c	62 ^c	60 ^c	45 ^{ab}	50 ^b	45 ^{ab}	55 ^b	30 ^a	0.25
Time spent outdoor	% of total time	60 ^d	62 ^d	56 ^c	46 ^{bc}	49 ^{bc}	42 ^b	55 ^c	19 ^a	15
Distance from house	m	18.1 ^c	17.5 ^c	15.3 ^{bc}	11.6 ^b	15.3 ^b	11.2 ^b	14.5 ^{bc}	4.9 ^a	12.4
Eating	%	3.6 ^a	2.1 ^a	3.6 ^a	33.2 ^c	4.5 ^a	18.4 ^b	19.4 ^b	37.0 ^c	13.2
Moving	"	71.5 ^d	51.2 ^c	50.6 ^c	25.4 ^b	40.6 ^{bc}	20.3 ^b	35.0 ^b	7.0 ^a	34.1
Resting	"	21.6 ^a	34.3 ^{ab}	34.9 ^{ab}	40.0 ^{ab}	37.3 ^{ab}	60.2 ^c	45.0 ^{ab}	55.5 ^{bc}	25.1
Comfort	"	2.0 ^{ab}	3.0 ^b	3.2 ^b	0.2 ^a	3.1 ^b	1.0 ^{ab}	0.2 ^a	0.5 ^a	2.1
Other behaviour	"	1.2 ^b	9.3 ^c	7.4 ^c	1.0 ^b	14.2 ^d	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	4.2

N: five birds/four replications per genotype.

L, Leghorn; A, Ancona; CL, crossbreed Cornish x Leghorn; G, Gaina; RM, Robusta Maculata; K, Kabir; NN, Naked Neck; R, Ross.

^{a, b, c, d}Values within a row with different superscripts differ significantly at $p < 0.05$.

¹Interest shown by the birds towards the observer on the first 5 min of the presence in pen.

Figura 10: Etogramma e bilancio temporale (%) di diverse razze da carne (da Castellini et al. 2016) Crescita più lenta: L, A, CL; Crescita media: G, RM, K, NN; Crescita rapida: R

Un altro studio del 2020²⁰ ha messo a confronto diversi parametri tra cui il comportamento di tre razze a crescita rapida (Ross 308, Cobb 500 e Hubbard Flex) e una a crescita lenta (Hubbard JA757). Rispetto alla razza a crescita rapida, i volatili della razza a crescita lenta JA757 hanno trascorso meno tempo a nutrirsi, bere e stare seduti, e hanno dedicato più tempo a comportamenti attivi come locomozione, foraggiamento, preening, bagni di polvere e appollaiamento. Nonostante il minor tempo dedicato all'alimentazione, la razza a crescita più lenta ha consumato complessivamente più mangime ed è cresciuta rispettando gli standard della razza.

Il livello di attività più elevato e il maggior tempo trascorso in comportamenti naturali nei volatili a crescita lenta sono stati riportati in diversi altri studi. In un recente studio condotto



da Baxter et al., i polli della razza Redbro a crescita più lenta hanno messo in atto un maggior numero di comportamenti di gioco e hanno trascorso una quantità di tempo significativamente maggiore appollaiandosi rispetto ai volatili della razza Ross 308⁵ (Figura 11).

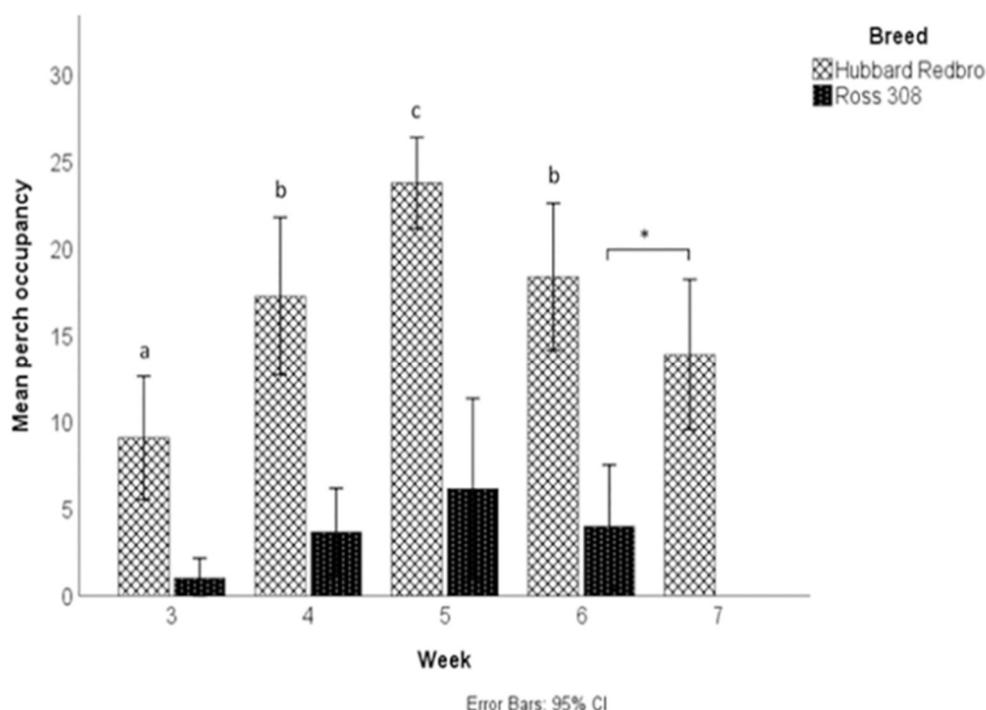


Figura 11: Risultati dell'uso di posatoi per le razze di polli da carne Redbro e Ross 308. Numero medio di polli da carne in cima al posatoio della piattaforma, per settimana e razza (Baxter et al. 2021).

Inoltre, i volatili a crescita lenta utilizzano con maggiore frequenza gli arricchimenti ambientali, in particolare lo spazio per appollaiarsi¹⁹. Le razze a crescita rapida non hanno la capacità fisica di saltare e stare in equilibrio sui posatoi, quindi possono usare solo posatoi stretti fino a 2 settimane di età e piattaforme più ampie fino a 4-5 settimane di età. Tuttavia, anche se dotati di piattaforme, i gruppi di polli a crescita rapida passano solo un quarto del tempo appollaiati rispetto ai gruppi di razze a crescita lenta. Al contrario, i polli a crescita lenta sono allevati per ottenere risultati migliori in termini di benessere e utilizzano in misura significativamente maggiore trespoli e piattaforme,



illustrando alcuni dei problemi di salute e mobilità affrontati dalle attuali razze a crescita rapida^{20,21}. Uno studio del 2021 ha dimostrato che i volatili a crescita più rapida (Ross 308)

riducono o interrompono l'uso delle piattaforme con l'età, quando diventano troppo pesanti. Al contrario, i polli Lohmann Dual a crescita più lenta hanno mostrato un utilizzo maggiore a partire dall'ottava settimana di vita⁶⁵.

V. Conclusioni

Le moderne razze da carne sono il risultato di una selezione genetica basata principalmente sulla massimizzazione del tasso di crescita e della produzione di carne, soprattutto del petto. Questa selezione, tuttavia, ha prodotto volatili che soffrono di numerosi problemi di salute, come condizioni muscolo-scheletriche, cardiovascolari e metaboliche, ridotta capacità di deambulazione, dimensioni ridotte degli organi o immunosoppressione. Questi volatili presentano inoltre livelli di stress e paura più elevati rispetto alle razze a crescita più lenta e dedicano meno tempo a comportamenti naturali come appollaiarsi, lisciare le penne o esplorare, e restano inattivi durante periodi più lunghi. Questo non solo ha ripercussioni sul benessere fisico e mentale dei volatili, ma spesso può anche influire negativamente sulla qualità della carne, con conseguenti perdite economiche e sprechi alimentari.

Scienziati e organizzazioni che si occupano di benessere animale richiedono l'eliminazione graduale di queste razze a crescita rapida, a favore di varietà a crescita più lenta selezionate per ottenere risultati migliori in termini di salute e benessere. La selezione genetica è stata recentemente identificata dall'EFSA come la principale causa di problemi di benessere nell'industria avicola nel parere sul benessere dei polli da carne in allevamento redatto nel 2023. Il rapporto afferma che **lo stato di salute e di benessere dei polli da carne dipende principalmente dalla genetica utilizzata, che è associata a più della metà dei problemi di benessere che colpiscono i polli da carne negli allevamenti** e raccomanda "la selezione di razze più robuste con capacità migliorate di far fronte ai sistemi di gestione in uso e/o l'uso di ibridi a crescita più lenta, con particolare attenzione alle razze con una minore mortalità, una ridotta debolezza delle zampe e una minore suscettibilità alle malattie cardiovascolari"²⁵.

Sottoscrivendo lo *European Chicken Commitment* le aziende si impegnano a eliminare gradualmente le razze a crescita rapida e ad adottare invece razze a crescita più lenta in grado di dimostrare migliori risultati in termini di benessere, offrendo ai consumatori un prodotto di qualità superiore ottenuto da polli più sani e che godono di una migliore qualità di vita, riducendo allo stesso tempo l'uso di antibiotici e gli sprechi alimentari nelle proprie filiere.

Riferimenti

1. Tallentire, C. W., Leinonen, I., & Kyriazakis, I. (2016). Breeding for efficiency in the broiler chicken: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36, 1-16.
2. Zuidhof, M. J., Schneider, B. L., Carney, V. L., Korver, D. R., & Robinson, F. E. (2014). Growth, efficiency, and yield of commercial broilers from 1957, 1978, and 2005. *Poultry science*, 93(12), 2970-2982.
3. Havenstein, G. B., Ferket, P. R., & Qureshi, M. A. (2003). Carcass composition and yield of 1957 versus 2001 broilers when fed representative 1957 and 2001 broiler diets. *Poultry science*, 82(10), 1509-1518.
4. Maharjan, P., Martinez, D. A., Weil, J., Suesuttajit, N., Umberson, C., Mullenix, G., ... & Coon, C. N. (2021). Physiological growth trend of current meat broilers and dietary protein and energy management approaches for sustainable broiler production. *Animal*, 15, 100284.
5. Baxter, M., Richmond, A., Lavery, U., & O'Connell, N. E. (2021). A comparison of fast growing broiler chickens with a slower-growing breed type reared on Higher Welfare commercial farms. *PloS one*, 16(11), e0259333.
6. van Middelkoop, K., van Harn, J., Wiers, W. J., & van Horne, P. (2002). Slower growing broilers pose lower welfare risks. *World Poultry*, 5, 20-1.
7. Corr, S. A., Gentle, M. J., McCorquodale, C. C., & Bennett, D. (2003). The effect of morphology on the musculoskeletal system of the modern broiler. *Animal Welfare*, 12(2), 145-157.
8. OECD. Meat consumption (indicator). (2021). <https://data.oecd.org/agroutput/meat-consumption.htm>
9. & Trocino, A. (2019). Pulmonary hypertension syndrome in broiler chickens: a review. *Veterinarski arhiv*, 89(5), 723-734.
10. Nijdam, E., Zailan, A. R., Van Eck, J. H., Decuypere, E., & Stegeman, J. A. (2006). Pathological features in dead on arrival broilers with special reference to heart disorders. *Poultry Science*, 85(7), 1303-1308.
11. Olkowski, A. A. (2007). Pathophysiology of heart failure in broiler chickens: structural, biochemical, and molecular characteristics. *Poultry science*, 86(5), 999-1005.
12. Maxwell, M. H., & Robertson, G. W. (1997). 1993 UK broiler ascites survey. *World's Poultry Science Journal*, 53(1), 59-60.
13. Wideman, R. F., & Prisby, R. D. (2013). Bone circulatory disturbances in the development of spontaneous bacterial chondronecrosis with osteomyelitis: a translational model for the pathogenesis of femoral head necrosis. *Frontiers in endocrinology*, 3, 183.
14. Zhang, J., Schmidt, C. J., & Lamont, S. J. (2018). Distinct genes and pathways associated with transcriptome differences in early cardiac development between fast-and slow-growing broilers. *Plos one*, 13(12), e0207715.

15. Hartcher, K. M., & Lum, H. K. (2020). Genetic selection of broilers and welfare consequences: a review. *World's poultry science journal*, 76(1), 154-167.
16. Gonzales, E., Buyse, J., Takita, T. S., Sartori, J. R., & Decuyper, E. (1998). Metabolic disturbances in male broilers of different strains. 1. Performance, mortality, and right ventricular hypertrophy. *Poultry Science*, 77(11), 1646-1653.
17. Olkowski, A. A., Wojnarowicz, C., & Laarveld, B. (2020). Pathophysiology and pathological remodelling associated with dilated cardiomyopathy in broiler chickens predisposed to heart pump failure. *Avian Pathology*, 49(5), 428-439
18. Knowles, T. G., Kestin, S. C., Haslam, S. M., Brown, S. N., Green, L. E., Butterworth, A., ... & Nicol, C. J. (2008). Leg disorders in broiler chickens: prevalence, risk factors and prevention. *PLoS one*, 3(2), e1545.
19. Dawson, L. C., Widowski, T. M., Liu, Z., Edwards, A. M., & Torrey, S. (2021). In pursuit of a better broiler: a comparison of the inactivity, behavior, and enrichment use of fast-and slower growing broiler chickens. *Poultry Science*, 100(12), 101451.
20. Dixon, L. M. (2020). Slow and steady wins the race: The behaviour and welfare of commercial faster growing broiler breeds compared to a commercial slower growing breed. *PLoS one*, 15(4), e0231006.
21. Rayner, A. C., Newberry, R. C., Vas, J., & Mullan, S. (2020). Slow-growing broilers are healthier and express more behavioural indicators of positive welfare. *Scientific reports*, 10(1), 15151.
22. Bradshaw, R. H., Kirkden, R. D., & Broom, D. M. (2002). A review of the aetiology and pathology of leg weakness in broilers in relation to welfare. *Avian and poultry biology reviews*, 13(2), 45-104.
23. Choppa, V. S. R., & Kim, W. K. (2023). A Review on Pathophysiology, and Molecular Mechanisms of Bacterial Chondronecrosis and Osteomyelitis in Commercial Broilers. *Biomolecules*, 13(7), 1032.
24. Wijesurendra, D. S., Chamings, A. N., Bushell, R. N., Rourke, D. O., Stevenson, M., Marendia, M. S., ... & Stent, A. (2017). Pathological and microbiological investigations into cases of bacterial chondronecrosis and osteomyelitis in broiler poultry. *Avian pathology*, 46(6), 683-694.
25. EFSA AHAW Panel (EFSA Panel on Animal Health and Welfare), Nielsen, S. S., Alvarez, J., Bicout, D. J., Calistri, P., Canali, E., ... & Michel, V. (2023). Welfare of broilers on farm. *EFSA Journal*, 21(2), e07788.
26. Shim, M. Y., Karnuah, A. B., Anthony, N. B., Pesti, G. M., & Aggrey, S. E. (2012). The effects of broiler chicken growth rate on valgus, varus, and tibial dyschondroplasia. *Poultry Science*, 91(1), 62-65.
27. Tahamtani, F. M., Herskin, M. S., Foldager, L., Murrell, J., Sandercock, D. A., & Riber, A. B. (2021). Assessment of mobility and pain in broiler chickens with identifiable gait defects. *Applied Animal Behaviour Science*, 234, 105183.

- 28.** Tahamtani, F. M., Hinrichsen, L. K., & Riber, A. B. (2018). Welfare assessment of conventional and organic broilers in Denmark, with emphasis on leg health. *Veterinary Record*, 183(6), 192-192.
- 29.** The Welfare Quality Network (2009) Welfare Quality®, Assessment Protocol for Poultry (Broilers, Laying Hens). <https://edepot.wur.nl/233471>
- 30.** Ghayas, A., Hussain, J., Mahmud, A., Jaspal, M. H., Ishaq, H. M., & Hussain, A. (2021). Behaviour, welfare, and tibia traits of fast-and slow-growing chickens reared in intensive and free range systems. *South African Journal of Animal Science*, 51(1).
- 31.** Weimer, S. L., Mauromoustakos, A., Karcher, D. M., & Erasmus, M. A. (2020). Differences in performance, body conformation, and welfare of conventional and slow-growing broiler chickens raised at 2 stocking densities. *Poultry Science*, 99(9), 4398-4407.
- 32.** Caplen, G., Hothersall, B., Murrell, J. C., Nicol, C. J., Waterman-Pearson, A. E., Weeks, C. A., & Colborne, G. R. (2012). Kinematic analysis quantifies gait abnormalities associated with lameness in broiler chickens and identifies evolutionary gait differences. *PloS one*, 7(7), e40800.
- 33.** Kestin, S. C., Knowles, T. G., Tinch, A. E., & Gregory, N. G. (1992). Prevalence of leg weakness in broiler chickens and its relationship with genotype. *The Veterinary Record*, 131(9), 190-194.
- 34.** Wilhelmsson, S., Yngvesson, J., Jönsson, L., Gunnarsson, S., & Wallenbeck, A. (2019). Welfare Quality® assessment of a fast-growing and a slower-growing broiler hybrid, reared until 10 weeks and fed a low-protein, high-protein or mussel-meal diet. *Livestock Science*, 219, 71-79.
- 35.** van der Eijk, J. A., van Harn, J., Gunnink, H., Melis, S., van Riel, J. W., & de Jong, I. C. (2023). Fast-and slower-growing broilers respond similarly to a reduction in stocking density with regard to gait, hock burn, skin lesions, cleanliness, and performance. *Poultry Science*, 102(5), 102603.
- 36.** Aguirre, M. E., Leyva-Jimenez, H., Travis, R., Lee, J. T., Athrey, G., & Alvarado, C. Z. (2020). Evaluation of growth production factors as predictors of the incidence and severity of white striping and woody breast in broiler chickens. *Poultry science*, 99(7), 3723-3732.
- 37.** Marchewka, J., Sztandarski, P., Solka, M., Louton, H., Rath, K., Vogt, L., ... & Horbańczuk, J. O. (2022). Linking key husbandry factors to the intrinsic quality of broiler meat. *Poultry Science*, 102384.
- 38.** Petracchi, M., Soglia, F., Madruga, M., Carvalho, L., Ida, E., & Estévez, M. (2019). Wooden-breast, white striping, and spaghetti meat: causes, consequences and consumer perception of emerging broiler meat abnormalities. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(2), 565-583.
- 39.** Ocejó, M., Oporto, B., & Hurtado, A. (2019). 16S rRNA amplicon sequencing characterization of caecal microbiome composition of broilers and free-range slow-growing chickens throughout their productive lifespan. *Scientific reports*, 9(1), 2506.
- 40.** Gormley, F. J., Bailey, R. A., Watson, K. A., McAdam, J., Avendaño, S., Stanley, W. A., & Koerhuis, A. N. (2014). *Campylobacter* colonization and proliferation in the broiler chicken upon

natural field challenge is not affected by the bird growth rate or breed. Applied and environmental microbiology, 80(21), 6733-6738.

- 41.** Humphrey, S., Chaloner, G., Kemmett, K., Davidson, N., Williams, N., Kipar, A., ... & Wigley, P. (2014). *Campylobacter jejuni* is not merely a commensal in commercial broiler chickens and affects bird welfare. *MBio*, 5(4), 10-1128.
- 42.** Snyder, A. M., Riley, S. P., Robison, C. I., Karcher, D. M., Wickware, C. L., Johnson, T. A., & Weimer, S. L. (2022). Behavior and immune response of conventional and slow-growing broilers to *Salmonella typhimurium*. *Frontiers in Physiology*, 13, 890848.
- 43.** Cheema, M. A., Qureshi, M. A., & Havenstein, G. B. (2003). A comparison of the immune response of a 2001 commercial broiler with a 1957 randombred broiler strain when fed representative 1957 and 2001 broiler diets. *Poultry science*, 82(10), 1519-1529.
- 44.** Rothschild, D., Nascimento dos Santos, M., Widowski, T., Karrow, N. A., Susta, L., Kiarie, E. G., ... & Torrey, S. (2019). A comparison of organ size between conventional and slower growing broiler chickens.
- 45.** Beausoleil, N. J., & Mellor, D. J. (2015). Introducing breathlessness as a significant animal welfare issue. *New Zealand Veterinary Journal*, 63(1), 44-51.
- 46.** Steinfeldt, S., Sørensen, P., & Nielsen, B. L. (2019). Effects of choice feeding and lower ambient temperature on feed intake, growth, foot health, and panting of fast-and slow-growing broiler strains. *Poultry science*, 98(2), 503-513.
- 47.** Kuttappan, V. A., Hargis, B. M., & Owens, C. M. (2016). White striping and woody breast myopathies in the modern poultry industry: a review. *Poultry Science*, 95(11), 2724-2733.
- 48.** van der Most, P. J., de Jong, B., Parmentier, H. K., & Verhulst, S. (2011). Trade-off between growth and immune function: a meta-analysis of selection experiments. *Functional Ecology*, 25(1), 74-80.
- 49.** Ninomiya, S. (2014). Satisfaction of farm animal behavioral needs in behaviorally restricted systems: Reducing stressors and environmental enrichment. *Animal Science Journal*, 85(6), 634-638.
- 50.** Hofmann, T., Schmucker, S. S., Bessei, W., Grashorn, M., & Stefanski, V. (2020). Impact of housing environment on the immune system in chickens: A review. *Animals*, 10(7), 1138.
- 51.** Dawkins, M. S. (2016). Animal welfare and efficient farming: is conflict inevitable?. *Animal Production Science*, 57(2), 201-208.
- 52.** Giles, T., Sakkas, P., Belkhir, A., Barrow, P., Kyriazakis, I., & Foster, N. (2019). Differential immune response to *Eimeria maxima* infection in fast-and slow-growing broiler genotypes. *Parasite Immunology*, 41(9), e12660.
- 53.** Vissers, L. S., Saatkamp, H. W., & Lansink, A. G. O. (2021). Analysis of synergies and trade-offs between animal welfare, ammonia emission, particulate matter emission and antibiotic use in Dutch broiler production systems. *Agricultural Systems*, 189, 103070.

- 54.** Autoriteit Diergeneesmiddelen (2022). Het gebruik van antibiotica bij landbouwhuisdieren in 2022. <https://www.autoriteitdiergeneesmiddelen.nl/nl/publicaties/sda-rapporten-antibioticumgebruik>
- 55.** Mendl, M., Mason, G. J. & Paul, E. S. Animal welfare science. in APA handbook of comparative psychology: Perception, learning, and cognition, Vol. 2 793–811 (American Psychological Association, 2017). doi:10.1037/0000012-035.
- 56.** Castellini, C., Mugnai, C., Moscati, L., Mattioli, S., Guarino Amato, M., Cartoni Mancinelli, A., & Dal Bosco, A. (2016). Adaptation to organic rearing system of eight different chicken genotypes: behaviour, welfare and performance. *Italian journal of animal science*, 15(1), 37-46.
- 57.** Sans, E. C. D. O., Tuytens, F. A. M., Taconeli, C. A., Pedrazzani, A. S., Vale, M. M., & Molento, C. F. M. (2021). From the Point of View of the Chickens: What Difference Does a Window Make?. *Animals*, 11(12), 3397.
- 58.** Abeyesinghe, S. M., Chancellor, N. M., Moore, D. H., Chang, Y. M., Pearce, J., Demmers, T., & Nicol, C. J. (2021). Associations between behaviour and health outcomes in conventional and slow-growing breeds of broiler chicken. *Animal*, 15(7), 100261.
- 59.** Cooper, R., & Wemelsfelder, F. (2020). Qualitative behaviour assessment as an indicator of animal emotional welfare in farm assurance. *Livestock*, 25(4), 180-183.
- 60.** Rayner, A. C. (2023). The application of positive behavioural measures for commercial broiler production (Doctoral dissertation, University of Bristol).
- 61.** Castellini, C., Mugnai, C., Moscati, L., Mattioli, S., Guarino Amato, M., Cartoni Mancinelli, A., & Dal Bosco, A. (2016). Adaptation to organic rearing system of eight different chicken genotypes: behaviour, welfare and performance. *Italian journal of animal science*, 15(1), 37-46.
- 62.** Bokkers, E. A., & Koene, P. (2003). Behaviour of fast-and slow growing broilers to 12 weeks of age and the physical consequences. *Applied Animal Behaviour Science*, 81(1), 59-72.
- 63.** Ahlman, T., Ljung, M., Rydhmer, L., Röcklinsberg, H., Strandberg, E., & Wallenbeck, A. (2014). Differences in preferences for breeding traits between organic and conventional dairy producers in Sweden. *Livestock Science*, 162, 5-14.
- 64.** Malchow, J., Berk, J., Puppe, B., & Schrader, L. (2019). Perches or grids? What do rearing chickens differing in growth performance prefer for roosting? *Poultry science*, 98(1), 29-38.
- 65.** Malchow, J., & Schrader, L. (2021). Effects of an elevated platform on welfare aspects in male conventional broilers and dual-purpose chickens. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 660602