

CHĂN NUÔI GÀ CÔNG NGHIỆP - LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN, MỘT SỐ THÀNH TỰU VÀ THÁCH THỨC TRONG KỶ NGUYÊN MỚI

Bùi Hữu Đoàn*, Hoàng Anh Tuấn, Nguyễn Thị Phương

Khoa Chăn nuôi, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

*Tác giả liên hệ: bhdoan@vnua.edu.vn

Ngày nhận bài: 12.06.2023

Ngày chấp nhận đăng: 26.01.2024

TÓM TẮT

Trong 50 năm qua, nhờ áp dụng nhiều tiến bộ kỹ thuật, ngành chăn nuôi gà công nghiệp trên thế giới đã tăng hơn 400%, bình quân tăng 3,3% mỗi năm; FCR giảm 50%. Bên cạnh đó, việc giải mã được bộ gen gà, sử dụng gen ứng viên trong chọn lọc và nhân giống theo dòng, xây dựng được hệ thống công tác giống hình tháp... góp phần quan trọng để thúc đẩy ngành chăn nuôi gà phát triển nhanh. Đồng thời, con người cũng đã áp dụng nhiều thành tựu của cuộc Cách mạng công nghiệp lần thứ tư như Big Data (Dữ liệu lớn), Internet of Things (Vạn vật kết nối), Cloud computing (Điện toán đám mây), Artificial Intelligence (A.I - Trí tuệ nhân tạo), Tự động quy trình robotic (RPA)... giúp con người chuẩn đoán sớm dịch bệnh, phát hiện sớm giới tính của phôi từ khi đang ấp trứng,... hỗ trợ tích cực để ngành chăn nuôi gà phát triển mạnh mẽ và bền vững hơn. Tuy nhiên, bên cạnh các thành tựu, ngành chăn nuôi gà đang gặp nhiều thách thức to lớn như việc tăng giá nguyên liệu đầu vào trên phạm vi toàn cầu, thực hiện quyền lợi động vật (animal welfare) đang còn nhiều hạn chế... mà ngành chăn nuôi gà phải nỗ lực phấn đấu để vượt qua trong thời gian sớm nhất.

Từ khóa: Chăn nuôi gà công nghiệp, lịch sử phát triển, thành tựu và thách thức.

Industrial Chicken Production - Development History, Achievements and Challenges in the New Era

ABSTRACT

In the past 50 years, with the application of technical advances, the industrial chicken farming in the world has increased by more than 400%, an average increase of 3.30% per year while FCR reduced by 50%. In addition, the decoding the chicken genome, using candidate genes in line selection and breeding, building a pyramid breeding system... have made an important contribution to promoting the development of the chicken industry. At the same time, the application of the achievements of the Fourth Industrial Revolution such as Big Data, Internet of Things (connected things), Cloud computing (Cloud computing), Artificial Intelligence (A.I - Artificial Intelligence), Robotic Process Automation (RPA)... has helped people for early diagnose of the diseases, early detection of the sex of embryos while incubating eggs... providing active support for the livestock industry development and sustainability. However, besides the achievements, the chicken farming industry is also facing many great challenges such as globally increased price on input materials, implementation of animal welfare rights that require the chicken industry tremendous efforts to overcome as soon as possible.

Keywords: Industrial chicken production, history of development, achievements and challenges.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Do có chất lượng tốt, giá thành thấp, thịt và trứng gà đã trở nên phổ biến trong đời sống của phần lớn người tiêu dùng trên toàn cầu, lại không chịu bất kỳ hạn chế của tôn giáo nào nên

ngành chăn nuôi gà phát triển rất mạnh, trở thành ngành sản xuất công nghiệp thực sự. Điều đó giải thích cho việc tiêu thụ và sản xuất thịt gà ngày nay có tỷ trọng cao nhất trong cơ cấu của ngành chăn nuôi trên phạm vi toàn cầu, thậm chí cao hơn cả ngành chăn nuôi lợn. Hiện

nay, ước tính mỗi năm trên thế giới có gần 60 tỷ con gà được vỗ béo; mỗi ngày sản xuất ra khoảng 4,5 tỷ quả trứng. Bài viết tổng hợp này sẽ đề cập đến lịch sử phát triển của những tiến bộ to lớn về giống, sản xuất thức ăn; xu hướng phát triển chăn nuôi gia cầm trên thế giới cũng như ở nước ta. Đồng thời, nêu lên một số thành tựu của cuộc Cách mạng công nghiệp lần thứ tư mà con người đã áp dụng như Big Data (dữ liệu lớn), Internet of Things (vạn vật kết nối), Cloud computing (Điện toán đám mây), Artificial Intelligence (A.I - Trí tuệ nhân tạo), Tự động quy trình robotic (RPA)... giúp chuẩn đoán sớm dịch bệnh, phát hiện sớm giới tính của phôi trong khi ấp;... hỗ trợ tích cực để ngành chăn nuôi gà phát triển mạnh mẽ và bền vững hơn... Mặt khác, ngành chăn nuôi đang chuyển mình thành một ngành KINH TẾ - KỸ THUẬT quan trọng. Để thực hiện được sứ mệnh cao cả đó, ngành chăn nuôi không thể không áp dụng nhiều môn toán kinh tế, trong đó áp dụng quy luật hiệu suất giảm dần (Law of Diminishing Returns - LDR), đồng thời, cũng chỉ ra một số thách thức cơ bản mà ngành chăn nuôi gia cầm (CNGC) đang phải nỗ lực để vượt qua nhằm phát triển bền vững.

2. LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN NGÀNH CHĂN NUÔI GIA CẦM TRÊN THẾ GIỚI

2.1. Phát triển chăn nuôi gia cầm trên thế giới

Hàng ngàn năm nay, chăn nuôi gia cầm đã gắn liền với sản xuất nông hộ trên hầu hết các châu lục. Tuy nhiên, trong gần 1 thế kỷ qua đã có sự thay đổi cơ bản theo hướng giảm số lượng các trang trại (Vohra, 1993). Vào đầu những năm 1950, ở Hoa Kỳ và nhiều nước công nghiệp phát triển, có khoảng 5 triệu nông dân tham gia chăn nuôi gia cầm, đóng góp 14% tổng thu nhập, hơn 50% sản lượng trứng và thịt gà được cung cấp từ những trang trại có quy mô dưới 200 con gà (Jull, 1951). Theo Vohra (1993), để cung ứng nguồn nhân lực, hầu hết các trường đại học nông nghiệp đều có bộ môn chăn nuôi gia cầm chuyên nghiên cứu về di truyền học, sinh lý học, dinh dưỡng, phòng chống bệnh tật và chuyển giao kết quả

nghiên cứu cho các trang trại... Nhờ sự kết hợp của các kỹ sư, nhà khoa học chăn nuôi và nhiều ngành học khác, chăn nuôi gia cầm đã trở thành một ngành công nghiệp phát triển. Sau năm 1954, đã xuất hiện xu hướng thay đổi trong ngành CNGC một cách nhanh chóng: chuyển từ chăn nuôi nông hộ sang chăn nuôi trang trại quy mô lớn hơn. Nhiều viên chức chính phủ đã ra ngoài để làm chủ trang trại chăn nuôi gia cầm, nhiều trang trại nhỏ và vừa đã phá sản: trang trại gà đẻ trứng dưới 10.000 con không đủ thu nhập để nuôi một gia đình, quy mô chăn nuôi tối thiểu lên đến 50.000 con.

Đến những năm 1970, chăn nuôi gia cầm trở thành một ngành nông nghiệp công nghiệp được tích hợp hoàn toàn, cùng với sự xuất hiện nhiều tiến bộ quan trọng trong công tác giống, dinh dưỡng, nhất là sự phát triển của các tổ hợp lai có năng suất rất cao... Một số giống gia cầm thương mại quan trọng trên toàn cầu nằm trong tay khoảng mười công ty đa quốc gia (Vaziri & cs., 2022). Song song với quá trình đó, các giống gia cầm bản địa dần biến mất, đồng nghĩa với việc mất hàng loạt nguồn gen tiềm năng hữu ích. Các công ty gia cầm lớn có các cơ sở nghiên cứu riêng dẫn đến việc đóng cửa các bộ môn chăn nuôi gia cầm tại nhiều trường đại học nông nghiệp ở Hoa Kỳ và nhiều nước phát triển. Theo Zuidhof & cs. (2014), nhiều tổ hợp gà hiện đại phát triển nhanh chóng vì chúng được chọn lọc theo định hướng sinh trưởng rất nhanh. Từ năm 1957 đến năm 2005, tốc độ tăng trưởng của gà thịt tăng hơn 400%; bình quân tăng 3,30% mỗi năm, đồng thời giảm 50% FCR; bình quân giảm được 2,55% mỗi năm, điều đó có nghĩa là trong 50 năm qua, ngành chăn nuôi gà thịt đã giảm được một nửa lượng thức ăn cần thiết để sản xuất thịt gà.

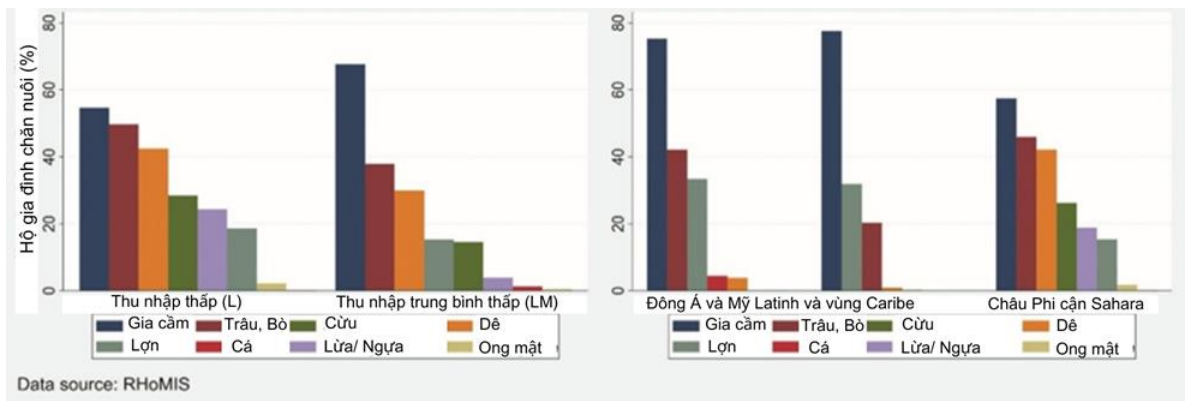
Cần phải nhấn mạnh, trong khi ở các nước đang phát triển, sản phẩm của gia cầm công nghiệp chỉ chiếm một tỷ lệ khiêm tốn thì ở các nước phát triển, tỷ lệ này là tuyệt đối. Nguyên nhân chính là do thị hiếu người tiêu dùng: thích ăn thịt gà mềm, được chiên với nhiều gia vị. Các nhà hàng nổi tiếng như KFC và McDonald là những ví dụ điển hình. Việc tiêu thụ thịt gà như vậy khiến cho ngành chăn nuôi gà công nghiệp

phát triển rất nhanh và hiệu quả rất cao: gà thịt chỉ cần nuôi từ 28-32 ngày, khối lượng xuất chuồng khoảng 1,8- 2,0kg và FCR dưới 1,5kg.

2.2. Ở các nước đang phát triển

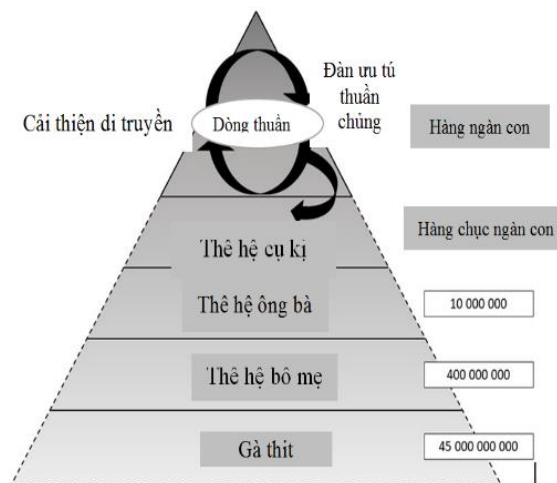
Trước hết, thị hiếu tiêu dùng thịt gia cầm ở các nước đang phát triển rất khác so với các nước phát triển. Tại khu vực này, khách hàng ưa thích thịt gà bản địa luộc với hương vị tự nhiên; thịt dai và chắc hơn do gà được nuôi theo phương thức chăn thả, dài ngày hơn (có thể đến 20 tuần tuổi). Gà được nuôi chăn thả tự nhiên có FCR cao, có thể lên đến trên 3kg thức ăn/1kg thịt hơi... nên sản phẩm chăn nuôi có giá thành cao hơn. Tuy vậy, chăn nuôi gà bản địa vẫn rất

phổ biến trong nông hộ ở hầu hết các nước đang phát triển. Ngành chăn nuôi gà mang lại nhiều lợi ích về kinh tế, xã hội, văn hóa (Guèye, 2000; Akinola & Essien, 2011; Birhanu & cs., 2022); Việc mua bán thịt và trứng gà ở nông thôn dễ dàng và thuận tiện, mang lại nguồn thu nhập quan trọng cho nông hộ, giúp họ thanh toán nhiều khoản chi thường ngày như nộp học phí cho con, mua thuốc men, phân bón và hạt giống... (Birhanu & cs., 2021). Chăn nuôi gà trong nông hộ còn cung cấp protein chất lượng cao cho gia đình (Wong & cs., 2017). Ngoài ra, gà còn được nuôi với nhiều mục đích khác nữa như thực hành tín ngưỡng, tôn giáo, lễ hội, giải trí và làm quà tặng... (Birhanu & cs., 2022).



Nguồn: Birhanu & cs. (2023).

Hình 1. Tỷ lệ hộ nông dân chăn nuôi các loài vật nuôi khác nhau ở các khu vực của các nước đang phát triển (từ 2015 đến 2020)



Nguồn: Pollock (1999).

Hình 2. Hệ thống, cơ cấu giống gà thịt điển hình

Hình 1 cho thấy, tỷ lệ các hộ nông dân nuôi các loài vật nuôi khác nhau từ năm 2015 đến 2020 ở các nước đang phát triển. Theo đó, gia cầm là vật nuôi phổ biến nhất, có 55% số hộ nuôi gà, theo sau là trâu bò (50%) và dê (42%). Tổng cộng, có đến 68% số hộ ở các nước thu nhập trung bình thấp nuôi gia cầm, tiếp theo là trâu bò (38%) và dê (30%). Ở các khu vực khác, tỷ lệ các hộ nông dân ở khu vực Mỹ Latinh, Caribe, Đông Á và Thái Bình Dương nuôi gia cầm nhiều hơn so với khu vực châu Phi cận Sahara (SSA). Tỷ lệ số hộ nông dân ở Đông Á và Thái Bình Dương, Mỹ Latinh và Caribe và châu Phi cận Sahara nuôi gà lần lượt là 75%, 78% và 57%.

3. MỘT SỐ THÀNH TỰU QUAN TRỌNG VÀ XU HƯỚNG PHÁT TRIỂN CỦA NGÀNH CHĂN NUÔI GÀ

Trong thế kỷ vừa qua, ngành chăn nuôi gà đã được các nhà khoa học rất quan tâm nghiên cứu và đã đạt được nhiều tiến bộ vô cùng quan trọng.

3.1. Một số tiến bộ trong công tác giống

Cho đến đầu thế kỷ XX, gà giống được chọn lọc chủ yếu dựa trên kiểu hình (chọn lọc hàng loạt). Sau đó, một số phương pháp chọn lọc chiến lược khác như chọn lọc qua phả hệ, chọn lọc theo chỉ số, chọn lọc dựa trên ước tính giá trị giống... đã được thực hiện (Arthur & Albers, 2003). Cho đến những năm 1940, gà broiler chủ yếu là gà thuần. Sau đó, người ta tạo ra các dòng thuần và khi lai chúng với nhau tạo ra gà broiler (Arthur & Albers, 2003). Hầu hết, gà broiler hiện đại là con lai của ba hoặc bốn dòng. Trong sơ đồ tạo gà broiler điển hình, có bốn thế hệ tham gia: cụ kị, ông bà, bố mẹ và con thương phẩm để tạo ra gà thịt thương phẩm cuối cùng (Arthur & Albers, 2003) (Hình 2).

Trong hình 2, đỉnh tháp gồm “đàn ưu tú”, “đàn thuần chủng” và “thế hệ cụ kị” là khu vực nuôi các dòng thuần. Đó cũng chính là khu vực nuôi “giống gốc”. Từ đây, các công ty giống cung cấp cho các cơ sở nhân giống gà ông bà (thường là các dòng đơn giới tính); từ đây, người ta sẽ lai

hai dòng để tạo ra gà bố, mẹ và cuối cùng, lai giữa gà bố với gà mẹ để tạo ra sản phẩm cuối cùng là con thương phẩm, là con lai 3-4 máu (3-4 dòng). Hệ thống này, một mặt giúp tạo ra con lai cuối cùng có năng suất cao nhờ có ưu thế lai; mặt khác, giúp công ty giống giữ được bản quyền giống gốc.

Arthur & Albers (2003) cho biết, những tiến bộ trong chọn lọc và di truyền giống đã quyết định 85-90% tổng số các tiến bộ về tăng trưởng của gà thịt, trong khi những tiến bộ trong quản lý, dinh dưỡng chỉ còn lại 10-15%.

So với thế kỷ trước, các giống gà hiện nay đã có sự “lột xác” cơ bản, năng suất các giống gà công nghiệp đã thay đổi khủng khiếp nhờ khoa học chọn và nhân giống gà qua thời gian được thể hiện trong bảng 1.

Nếu như vào năm 1957, người ta phải nuôi gà thịt đến 56 ngày mới đạt khối lượng 905g thì đến năm 2018, cũng với thời gian đó, gà xuất chuồng có khối lượng lên đến 4.227g... đó là sự tiến bộ rất to lớn chủ yếu nhờ công tác chọn và nhân giống.

Theo Saxena & Kolluri (2018), lịch sử của các phương pháp chọn lọc gia cầm đã trải qua một số cột mốc đáng nhớ như bảng 2.

Vào những năm 1940, con người chủ yếu chọn lọc qua ngoại hình: chỉ giữ lại những cá thể có các tính trạng bên ngoài và năng suất đạt yêu cầu đề ra. Từ những năm 1980, trên toàn thế giới thực hiện phép lai giữa hai, ba hoặc bốn dòng để tạo ra con thương phẩm lai hoặc cây thương phẩm lai (con lai cuối cùng, được áp dụng trong cả ngành trồng trọt và chăn nuôi), thay thế cho con thương phẩm thuần. Gà chuyên (trứng và thịt) đã thay thế gà kiêm dụng (vừa lấy trứng vừa lấy thịt). Mấu chốt của phương pháp này là áp dụng chọn lọc và nhân giống theo dòng. Trong mỗi giống vật nuôi nói chung, gia cầm nói riêng, sự tồn tại mối tương quan nghịch giữa tính trạng tăng khối lượng với tính trạng sinh sản đòi hỏi con người phải phát triển dòng trống và mái ở gà chuyên thịt (Chambers, 1990) và gà chuyên trứng (Leeson & Summers, 2010); chúng có nguồn gen ban đầu rất khác nhau (O'sullivan & cs., 2010). Giống gà

Cornish Game được ưa chuộng nhất để phát triển dòng gà trống chuyên thịt, trong khi giống Plymouth Rock (màu lông cú hoặc trắng) được chọn nhiều nhất để tạo dòng mái chuyên thịt trên toàn thế giới. Tương tự, để phát triển các dòng trống của các giống gà để trứng vỏ nâu, người ta sử dụng chủ yếu giống Rhode Island

Red và New Hampshire; dòng Plymouth Rock được sử dụng làm dòng mái. Để phát triển giống gà để trứng vỏ trắng, White Leghorn được sử dụng chủ yếu (cả dòng trống và mái). Hiện nay, gà thương phẩm hiện đại trên khắp thế giới đều có sự đóng góp từ các giống kể trên (O'sullivan & cs., 2010).

Bảng 1. Diễn biến khối lượng gà broiler (g) từ 1957 đến 2018

Ngày tuổi	Năm			
	1957	1978	2005	2018
0	34	42	44	42
28	316	632	1396	1615
56	905	1.808	4.202	4.227

Bảng 2. Một số mốc trong lịch sử phát triển kỹ thuật trong chọn lọc gia cầm

Kỹ thuật/phương pháp	Thập kỷ
Chọn lọc hàng loạt	1900
Sử dụng ổ đẻ sập tự động	1930
Lai giống	1940
Thụ tinh nhân tạo	1960
Chọn lọc theo gia đình	1970
Chỉ số chọn lọc	1980
Chọn lọc cá thể	1980
Ước tính giá trị giống (phương pháp BLUP)	1990
Sử dụng Marker DNA	2000
Chọn lọc qua bộ gen	2004

Nguồn: Saxena & Kolluri (2018).

Bảng 3. Một số tính trạng được ưu tiên khi chọn lọc định hướng

Tính trạng theo định hướng sinh trưởng	Tính trạng theo định hướng sinh sản
Tốc độ sinh trưởng	Số lượng trứng
Khối lượng theo độ tuổi	Kích thước trứng
Hiệu quả sử dụng thức ăn	Kết quả ấp nở
Sản lượng thịt (ức), chất lượng thịt và hình thái cơ thể	Khả năng sinh sản
Tỷ lệ nuôi sống	Tính hằng
Tính toàn vẹn của bộ xương	Khối lượng và tuổi trưởng thành
Độ phủ, mức độ và màu của lông	Tính hung hăng của gà trống
Thích nghi với các điều kiện cực đoan	Thích nghi với các điều kiện cực đoan

Nguồn: Leeson & Summers (2010).

Việc nhân giống gà hiện đại liên quan chặt chẽ với các chương trình chọn lọc dòng thuần (pure-line selection - PLS) và chương trình lai tạo. Hiện nay, người ta đang kết hợp cả phương pháp lai giống và chọn lọc thuần chủng (combined crossbred and purebred selection - CCPS). Tùy thuộc vào hệ số di truyền và các mối tương quan, khi chọn tạo dòng thuần, phương pháp chọn lọc kiểu hình chủ yếu được áp dụng để cải thiện khối lượng cơ thể, trong khi với tính trạng năng suất trứng, phương pháp chọn lọc theo chỉ số được sử dụng nhiều hơn.

Cần lưu ý, theo Abasht & cs. (2006), khi chọn tạo ra các tổ hợp gia cầm siêu thịt và siêu trứng có năng suất rất cao, các nhà di truyền học đã và đang can thiệp quá sâu vào cấu trúc di truyền; hậu quả là gà công nghiệp đã bị mất đi quá nhiều phần xạ mang tính bản năng: tự vệ, kiếm ăn, ấp trứng, mất cảm giác no đói bình thường, hầu hết bị béo phì, tỷ lệ chất béo/vật chất khô của thân thịt lên đến 35%... khiến cho chúng trở nên rất chậm chạp, phát sinh ra nhiều hội chứng phổ biến như hội chứng gan nhiễm mỡ, đột tử và yếu chân, còi xương (Goddard & cs., 2011). Điều quan trọng thứ hai là, từ các giống bản địa, người ta đã tạo ra các giống gà công nghiệp, nhưng từ các giống gà công nghiệp, không có bất cứ công nghệ nào tạo ra các giống bản địa ban đầu được nữa. Đó cũng chính là những thách thức mà ngành chăn nuôi gia cầm cần khắc phục trong tương lai và đó cũng chính là xu hướng bảo tồn các giống bản địa đang được ưu tiên trên phạm vi toàn cầu.

3.1.1. Định hướng trong chọn dòng thuần gà chuyên trứng

Hiện nay, người ta đã chọn lọc để cải thiện hơn 30 tính trạng quan trọng đối với gà đẻ trứng thương phẩm: tuổi thành thực sinh dục, tỷ lệ đẻ, tỷ lệ nuôi sống, khối lượng trứng, khối lượng cơ thể, FCR, màu sắc vỏ, độ cứng của vỏ, độ cao của lòng trắng đặc, đốm máu và đốm thịt trong trứng... đặc biệt là các tính trạng sản lượng trứng, khả năng đẻ ổn định, thời gian kéo dài sự đẻ trứng, FCR, loãng xương, mềm xương (Thiruvankadan & cs., 2010).

3.1.2. Định hướng trong chọn dòng thuần gà chuyên thịt

Các nhà chọn giống đang tập trung vào các tính trạng sinh trưởng nhanh và chất lượng thịt, nhất là khối lượng xuất chuồng để phù hợp với thị trường, khi kết thúc chọn lọc càng sớm thì hiệu quả chọn lọc càng tăng lên. Có hai chiến lược được sử dụng phổ biến là chọn lọc theo độ tuổi thương phẩm và chọn lọc nhiều giai đoạn. Các công nghệ nhân giống và chọn lọc khác nhau ở các giai đoạn khác nhau đã và đang được sử dụng để cải thiện chất lượng giống gia cầm. Bên cạnh đó, khối lượng cơ ngực, chất lượng thịt và FCR cũng là các tính trạng quan trọng được ưu tiên. Ngoài ra, cần quan tâm đến sự vững chắc của bộ xương, sự rối loạn chuyển hóa canxi và sức khỏe của gà. Việc chọn lọc dựa vào kích thước, độ dày của cơ ngực gà thông qua đo chiều dài, chiều rộng, độ dày, khối lượng cơ ngực... đã giúp tăng tỷ lệ cơ ngực lên đến 2,7% sau mỗi thập kỷ qua trong khi vẫn giữ nguyên FCR và khả năng sinh sản. Các phương pháp hiện đại không xâm lấn như sử dụng ống thông, chụp cắt lớp (CT scan), chụp cộng hưởng từ (MRI) đã cho kết quả chính xác hơn để đo độ dày cơ ngực và kích thước của các cơ quan nội tạng. Nhưng các phương pháp này thường rất tốn kém (Grashorn, 1996; Glasbey & Robinson, 2002). Trong đó, siêu âm là phương pháp khả thi nhất (Thiruvankadan & cs., 2011). Để phát triển hoặc duy trì một dòng gà thịt, cần xem xét sự cân bằng giữa các tính trạng sinh trưởng và sinh sản của mỗi dòng.

Trong điều kiện chăn nuôi tốt và chế độ ăn giàu năng lượng vào năm 2022, khi nuôi 47 ngày sẽ được một con gà thịt nặng 2,6kg, FCR = 0,88kg... Đó là kết quả lý tưởng khiến cho ngành chăn nuôi gia cầm công nghiệp phát triển nhanh chóng và có giá thành sản phẩm rất rẻ, sức cạnh tranh rất cao.

3.1.3. Bộ gen của gà và công nghệ gen

Wallis & cs. (2004) đã lần đầu tiên giải trình tự bộ gen của gà bao gồm khoảng một tỷ cặp trình tự bazơ và ước tính khoảng 20.000-23.000 gen; cung cấp một trình tự mới quan điểm về sự tiến hóa bộ gen. Kể từ đó, trên thế giới trong công tác giống, công nghệ gen

được ứng dụng rộng rãi để chọn tạo giống vật nuôi. Việc chọn tạo giống dựa vào các gen đặc hiệu mang lại hiệu quả rất lớn không chỉ chọn được những cá thể có vốn gen tốt mà còn rút ngắn được đáng kể thời gian chọn lọc.

Chọn giống vật nuôi theo bộ gen

Số lượng các locus tính trạng số lượng (QTL) ở gà là 10.944 QTL (Đặng Vũ Bình, 2019). Một vài tính trạng quan trọng ở gà với số lượng locus tính trạng về sinh trưởng là 3.655, các tính trạng về sản lượng trứng là 365 locus. Người ta có thể dễ dàng truy cập cơ sở dữ liệu locus tính trạng số lượng vật nuôi trên mạng theo địa chỉ: <https://www.animalgenome.org/QTLdb/doc/download>.

Khi chọn giống vật nuôi theo bộ gen, ảnh hưởng của tất cả các đa hình nucleotide đơn (Single Nucleotide Polymorphism, SNP) được ước tính đồng thời cho dù có đến hàng chục nghìn gen ảnh hưởng đến một tính trạng phân bố ở mọi nhiễm sắc thể trong bộ gen. So với BLUP, phương pháp chọn giống vật nuôi truyền thống trên cơ sở dữ liệu giá trị kiểu hình của các con vật trong hệ phổ, chọn giống vật nuôi theo bộ gen có nhiều ưu thế: (1) Có thể thực hiện được ngay khi con vật mới sinh ra mà không phải chờ đợi một thời gian để đánh giá kiểu hình, do đó rút ngắn được khoảng cách thế hệ; (2) Không sử dụng hệ phổ, nên khắc phục được những sai sót về hệ phổ do các nhầm lẫn ghi chép; (3) Đánh

giá được các tính trạng phải tốn kém về thời gian, chi phí để xác định được giá trị kiểu hình, chẳng hạn chất lượng thịt xẻ, chất lượng thịt,... và (4) Ngày nay, chi phí xác định kiểu gen cá thể về đa hình nucleotide đơn đang ngày một giảm sâu làm cho phương pháp chọn giống vật nuôi theo bộ gen trở thành hiện thực, giá thành ngày càng rẻ, chọn giống vật nuôi theo bộ gen đã bắt đầu một kỷ nguyên mới của chọn giống vật nuôi (Goddard & cs., 2011).

Phương pháp tiếp cận gen ứng viên: Việc sử dụng các chỉ thị phân tử để phát hiện những vùng trong bộ gen liên quan đến tính trạng số lượng đã và đang được ứng dụng rộng rãi, đặc biệt chúng được sử dụng vào việc xác định bản đồ locus tính trạng số lượng (QTL mapping) với vị trí các gen mã hóa cho các tính trạng mong muốn, nhằm đáp ứng nhanh và hiệu quả việc chọn lọc. Dưới sự hỗ trợ của di truyền học phân tử, một số gen ứng viên, gen chủ và marker di truyền quan trọng liên quan đến các tính trạng sản xuất ở gia cầm được phát hiện: các gen liên quan trực tiếp đến các tính trạng sản xuất như hormone tăng trưởng (cGH), thụ thể hormone tăng trưởng (cGHR), yếu tố tăng trưởng giống insulin-1 (IGF-1), IGF-1R, TGF betas, myostatin,... là các gen ứng viên được phân tích và các marker phân tử như SNP, indel/dels được xác định (Amills & cs., 2003; Fritz & cs., 2004; Zhou & cs., 2005).

Bảng 4. Một số tiến bộ trong chăn nuôi gà thịt trong gần 1 thế kỷ vừa qua

Năm	Tuổi xuất chuồng (ngày)	Khối lượng xuất chuồng (kg)	FCR (Kg)	Tỷ lệ chết (%)
1925	112	1,14	2,14	18
1935	98	1,30	2,01	14
1945	84	1,38	1,82	10
1955	70	1,40	1,37	7
1965	63	1,59	1,09	6
1975	56	1,71	0,96	5
1985	49	1,91	0,91	5
1995	47	2,13	0,89	5
2005	48	2,45	0,89	4
2015	48	2,51	0,89	4,8
2020	47	2,54	0,88	5,0
2022	47	2,60	0,88	5,3

Nguồn: Hội đồng Quốc gia Gia cầm Hoa Kỳ - Susannah (2022) .

3.2. Một số tiến bộ trong dinh dưỡng và thức ăn

Trong mấy thập kỷ qua, đã có những thay đổi lớn đáng kể trong dinh dưỡng và thức ăn như sau:

3.2.1. Ngô trở chiếm ưu thế trong khẩu phần

Theo Vohra (1993), trước những năm 1970, có rất nhiều loại nguyên liệu được sử dụng trong thức ăn cho gia cầm, bột cỏ linh lăng chứa đến 20% protein thô. Các nguồn carbohydrate chính cho gia cầm là lúa mì, hạt ngũ cốc, ngô, cám ngô, yến mạch, gạo xay hoặc cám gạo, lúa mạch, ngô cốt, bánh mì và các sản phẩm phụ của lúa mì và thậm chí là khoai tây, mía đường... Sau đó, ngô lai biến đổi gen đã chiếm ưu thế. Hiện nay, ngô là thành phần ngũ cốc chính trong khẩu phần ăn của gia cầm.

3.2.2. Đỗ tương là nguồn protein chính

Trước đây có nhiều nguồn protein thực vật khác được sử dụng thường xuyên như bã dứa, bã hạt bông, bột đậu phộng, bột lanh, bột vừng, bã cải dầu, bột gluten ngô và men. Khi phát hiện ra nhiễm độc aflatoxin là một vấn đề nghiêm trọng, phổ biến trong bột đậu phộng và bã hạt bông, đỗ tương đã trở thành nguồn protein chính trên toàn thế giới (Dei, 2021).

3.2.3. Các axit amin tổng hợp

Với sự phổ biến của L-lysine và DL-methionine hoặc các dẫn xuất hydroxy của nó với giá hợp lý, việc phối hợp khẩu phần ăn đã trở nên dễ dàng hơn nhiều (Han & Lee, 2000). Một số axit amin khác như threonine và tryptophan cũng trở nên có sẵn trên thị trường. Gần 10 loại axit amin riêng lẻ được bán trên thị trường là nguồn đậm bổ sung quan trọng cho các nhà sản xuất thức ăn công nghiệp, giúp giảm nồng độ CP (crude protein) trong khẩu phần nhưng vẫn đảm bảo lượng đậm cần thiết cho vật nuôi, điều đó đồng nghĩa với việc giảm giá thành thức ăn, giảm ô nhiễm môi trường và tăng hiệu quả chăn nuôi (Alagawany & cs., 2021). Đó thực sự là một cuộc cách mạng lớn trong ngành dinh dưỡng.

3.2.4. Premix

Theo Dei (2021), kỹ thuật pha trộn các loại hỗn hợp vitamin và khoáng vi lượng có nhiều tiến bộ với việc tạo ra các “chất mang” hoặc chất pha loãng được sử dụng trong hỗn hợp vitamin và khoáng chất đã mang lại sự thay đổi lớn lao. Bột đá (canxi cacbonat), trấu nghiền và bột ngô đã được sử dụng trong hỗn hợp vitamin và khoáng chất. Người ta đã phát hiện ra nhiều vấn đề mới góp phần làm thay đổi công nghệ sản xuất premix: ở nồng độ canxi cao sẽ làm giảm sự hấp thụ các nguyên tố vi lượng, đặc biệt là khi nồng độ phosphate cao; nhiệt độ cao là nhân tố nguy hiểm khi bảo quản vitamin; Sự phá hủy các vitamin tan trong dầu được tăng lên khi có mặt các ion đồng và sắt... Các hỗn hợp premix mới, có đủ vitamin và nguyên tố vi lượng với nồng độ hợp lý, khoa học và an toàn ngày càng hoàn thiện.

3.2.5. Kỹ nguyên của phần mềm lập công thức thức ăn

Fisher & Schruben (1953) là người đầu tiên đề xuất sử dụng phương trình tuyến tính để tối ưu hóa công thức thức ăn với chi phí thấp nhất nhưng hiệu quả cao nhất từ 4 nguồn thông tin (ngày càng xác thực và tiệm cận giá trị thật) cần thiết: (i) Nhu cầu dinh dưỡng cho tăng trưởng, duy trì và nuôi giống gia cầm theo yếu tố môi trường; (ii) Thành phần năng lượng và dinh dưỡng của các nguyên liệu có sẵn; (iii) Danh mục các hỗn hợp premix, vitamin, khoáng vi lượng và các axit amin như lysine và methionine; (iv) Giá hiện tại của các nguyên liệu và chất bổ sung.

Công thức sẽ thay đổi khi giá của các nguyên liệu thay đổi. Điều này đã giúp tạo ra các khẩu phần tối ưu cho gà cả về dinh dưỡng và giá cả.

3.3. Ứng dụng toán kinh tế trong chăn nuôi

Trong một thời gian dài của lịch sử sản xuất nông nghiệp, con người chỉ nhằm *tối đa hoá sản phẩm* để đáp ứng nhu cầu tự tiêu thụ. Trong chăn nuôi, công nghiệp hóa kèm với vật nuôi cao sản một mặt đem lại lợi nhuận ngày càng cao,

nhưng đồng thời cũng đem lại rất nhiều bất ổn cả về kinh tế, xã hội, môi trường và phúc lợi động vật (animal welfare). Chính vì thế, thế giới ngày nay đang hướng tới một nền *nông nghiệp sinh thái* nhằm đảm bảo cho sự phát triển bền vững (Đỗ Kim Chung & Nguyễn Xuân Trạch, 2022). Việc ứng dụng toán kinh tế nói chung, quy luật hiệu suất giảm dần (Law of Diminishing Returns - LDR) đang được ứng dụng mạnh mẽ, là một xu thế tất yếu khách quan, giúp ngành chăn nuôi không chỉ cung cấp thực phẩm (thịt, trứng, sữa) sạch cho nhân loại mà cao hơn, đó là mang lại hiệu quả kinh tế, bảo vệ môi trường và gìn giữ được phúc lợi động vật (Nguyễn Xuân Trạch, 2023), cụ thể:

Sử dụng LDR để đáp ứng các yếu tố đầu vào cho năng suất tối đa của vật nuôi. Trong chăn nuôi nói chung, khi lượng đầu vào tăng lên thì năng suất sản phẩm tổng cũng tăng nhưng hiệu suất chuyển hoá lại giảm dần, điều đó cũng có nghĩa là không nên tối đa hoá sản phẩm vì nó không mang lại hiệu quả kinh tế cao nhất. Để có hiệu quả kinh tế chăn nuôi cao thì trước hết phải giảm thiểu giá thành sản phẩm bằng việc áp dụng mức đầu vào hợp lý.

Ứng dụng LDR trong nghiên cứu sinh trưởng của vật nuôi

Đồ thị biểu diễn quy luật sự thay đổi về khối lượng hay kích thước của cơ thể vật nuôi theo tuổi đều có dạng hình chữ S. Người ta đã tìm ra hàng chục hàm số để mô tả động thái sinh trưởng phù hợp để ước tính khối lượng vật nuôi ở bất cứ một “tuổi đời” nào của vật nuôi một cách chính xác đến trên 99%. Từ đó có thể ước tính được khối lượng cơ thể (BW_t) để tính nhu cầu duy trì và tốc độ tăng khối lượng tại thời điểm nuôi (DG_t) bất kỳ, có thể lập trình tính toán tiêu chuẩn ăn dựa vào tuổi (để biết hơn) mà không cần đến thông tin về khối lượng và tốc độ tăng khối lượng của đối tượng vật nuôi (vốn xác định phức tạp và mất nhiều thời gian hơn).

Có thể xác định được tuổi giết thịt sao cho có được FCR thấp nhất để giảm thiểu chi phí thức ăn trên mỗi đơn vị sản phẩm.

Có thể định mức ăn cho hiệu quả tăng trọng cao nhất, lúc đó FCR sẽ thấp nhất, giúp giảm thiểu chi phí thức ăn giảm thiểu sự bài tiết các chất dinh dưỡng gây lãng phí và ô nhiễm môi trường (Pomar & Remus, 2019).

Xác định được quy mô đàn hay mật độ nuôi tối ưu dựa vào LDR giúp phát triển chăn nuôi có hiệu quả cao và bền vững hơn. Mô hình hóa đáp ứng của hệ thống theo LDR là một cách tiếp cận quản lý tốt để giúp đạt được mục tiêu này.

3.4. Một số ứng dụng công nghệ của cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ tư trong chăn nuôi gà

Hiện nay, hơn một nửa dân số toàn cầu được kết nối với Internet thông qua điện thoại thông minh hoặc máy tính. Trong chăn nuôi, đã và đang phát triển mạnh các kỹ thuật của công nghệ 4.0 giúp người chăn nuôi giảm chi phí sản xuất, tăng hiệu quả, nâng cao phúc lợi động vật và tăng trưởng nhiều động vật hơn trên mỗi ha (Neethirajan, 2020).

Một số ứng dụng cụ thể trong chăn nuôi như sau:

3.4.1. Tối ưu hóa hiệu suất

Trong thực tế, công nghệ tiên tiến được sử dụng để tối ưu cho nhiều vấn đề chăn nuôi: tìm kiếm giải pháp tối đa hóa sản xuất, tăng hiệu quả và tạo ra các công thức, chế độ ăn uống tối ưu. Từ các thông tin về như di truyền, giống, thông số về môi trường... máy tính sẽ đưa ra các giải pháp phù hợp và tối ưu đối với hoàn cảnh.

3.4.2. Gắn cảm biến trên cơ thể gà

Việc áp dụng công nghệ tiên tiến vào chăn nuôi sẽ nâng cao hiểu biết về cách thức hoạt động của các hệ thống trong cơ thể để phát hiện bệnh tật và giám sát vật nuôi (Pomar & Remus, 2019). Ví dụ, một loạt các cảm biến chất lượng cao với dữ liệu lớn và máy học đã được sử dụng để ghi lại những thay đổi trong cơ thể gà: sốt, cảm lạnh, chấn thương, bỏ ăn... hoặc ghi lại hành vi của động vật như nghỉ ngơi, đi bộ, ăn uống... giúp con người sớm dự đoán bệnh ở động vật: từ việc ghi lại tiếng kêu của gà thịt ở những

con gà khỏe mạnh và bị nhiễm vi khuẩn *Clostridium perfringens* (một bệnh đường ruột), phân tích năm cụm dữ liệu bằng cách sử dụng mô hình Mạng lưới thần kinh nhân tạo (ANN), phát hiện ra gà bị nhiễm bệnh với độ chính xác là 66,6% vào ngày thứ 2 và 100% vào ngày thứ 8 sau khi lây nhiễm. Tương tự như vậy, nhiễm trùng có thể dẫn đến sự khác biệt rõ ràng về kiểu vận động (Sadeghi & cs., 2015) và nhiệt độ cơ thể (Colles & cs., 2016), có thể dựa vào đó mà chẩn đoán sớm hơn, kể cả phát hiện sớm sự bùng phát dịch bệnh.

3.4.3. Dự đoán và phòng ngừa bệnh tật bằng cảm biến

Thông thường, khi trong đàn gà xuất hiện các triệu chứng rõ ràng thì tình hình dịch bệnh đã trở nên nghiêm trọng và đã quá muộn để can thiệp, gây thảm họa cho người chăn nuôi. Thay vì chờ đến khi vật nuôi bị bệnh có biểu hiện ra bên ngoài để người chăn nuôi mời bác sĩ, người ta đã theo dõi liên tục các thông số sức khỏe như sự vận động, chất lượng không khí, lượng thức ăn, nước uống tiêu thụ hàng ngày... rồi sử dụng các thuật toán AI và ML tiên tiến để phát hiện sớm những triệu chứng bất thường mà bình thường, người chăn nuôi khó có thể phát hiện ra, đặc biệt là khi mới có một số rất ít con vật bị ốm trong một đàn gà rất đông. Hệ thống này có hai lợi ích chính: thứ nhất, cho phép giảm lao động để chăn nuôi được nhiều động vật hơn, giảm chi phí sản xuất; thứ hai, thông báo sớm về khả năng mắc bệnh, kịp thời ngăn chặn thiệt hại (Pomar & Remus, 2019).

3.4.4. Xác định sớm giới tính của phôi

Trong chăn nuôi gia cầm để trứng, người ta chỉ giữ lại gà mái để nuôi, còn gà trống bị giết ngay sau khi nở. Ước tính, có khoảng 7 tỷ gà trống con bị giết mỗi năm và trở thành một vấn đề lớn về nhân đạo và phúc lợi động vật. Giả định rằng, nếu phát hiện được giới tính của phôi từ sớm để loại ngay từ trứng sẽ tiết kiệm được kinh phí ấp trứng, trứng loại sẽ dùng làm thức ăn gia súc và quan trọng nhất, không phải giết gà trống con “vô tội”. Vì tính cấp thiết nên vấn đề này đã và đang thu hút được sự quan tâm

của rất nhiều nhà khoa học. Theo Jia & cs. (2023), hiện đã có năm phương pháp xác định giới tính sớm của phôi trong trứng gà.

4. MỘT SỐ THÁCH THỨC CỦA NGÀNH CHĂN NUÔI GÀ

Ngành chăn nuôi gà công nghiệp đòi hỏi trình độ công nghệ cao, cả về giống và dinh dưỡng... Đầu tư cho ngành CNGC ngày càng tốn kém. Bên cạnh đó, việc kiểm soát các bệnh nguy hiểm ở gà: Newcastle, Gumboro, Cúm gia cầm, Viêm phế quản, *Pneumovirus*, *Salmonella*, *Coccidiosis* và nhiều bệnh mới khác là vô cùng phức tạp.

Nhu cầu đảm bảo phúc lợi động vật và không được sử dụng kháng sinh trong chăn nuôi nói chung, chăn nuôi gà nói riêng đã làm thay đổi đáng kể quy trình sản xuất, đặc biệt là thực hiện chiến lược an toàn sinh học trong chăn nuôi, làm tăng chi phí cho chủ trang trại. Birhanu & cs. (2023) cho biết, việc tăng giá nguyên liệu để sản xuất thức ăn chăn nuôi liên tục trong thời gian dài đã trở thành vấn đề nghiêm trọng cho kinh tế toàn cầu trong 3 thập kỷ qua, nhất là với các hộ gia đình nghèo. Cụ thể, năm 2021, chỉ số giá trung bình của các loại thực phẩm là 125,7 điểm; cao hơn 27,6 điểm so với chỉ số năm 2020. Tương tự, chỉ số giá thịt là 107,7 điểm cao hơn 12,2 điểm so với năm trước. Trong năm nhóm thực phẩm, dầu mỡ tăng cao nhất, tăng 65,4 điểm trong năm 2021 so với năm trước. Tiếp theo là nguyên liệu để sản xuất thức ăn chăn nuôi gia cầm thương mại, tác động xấu đến giá trứng và thịt gia cầm quốc tế và trong nước.

Ở nước ta, ngoài các thách thức chung của ngành chăn nuôi gà toàn cầu, ngành chăn nuôi gà còn đối mặt với khó khăn khác, đó là khí hậu nhiệt đới nóng ẩm, dịch bệnh phức tạp, không chủ động được phần lớn nguyên liệu sản xuất thức ăn, công nghệ chăn nuôi (kể cả giống, dinh dưỡng và thức ăn...) ở trình độ chưa cao, trình độ quản lý trang trại, chế biến thực phẩm gia cầm thấp, marketing kém... là nguyên nhân của việc đội giá thành sản xuất, làm mất sức cạnh tranh trong thời kỳ hội nhập và mở cửa, khó cạnh

tranh với hàng nhập khẩu... làm cho ngành chăn nuôi gia cầm phát triển thiếu bền vững.

4. KẾT LUẬN

Khi nghiên cứu lịch sử phát triển của ngành chăn nuôi gà trên thế giới, có thể rút ra được bài học rất hữu ích, đó là phải đặc biệt quan tâm tới việc gìn giữ tập đoàn các giống bản địa quý hiếm cũng như bảo tồn các kiến thức và kinh nghiệm chăn nuôi bản địa vì tổng lượng thịt và trứng gia cầm bản địa luôn chiếm tới 2/3 tổng sản phẩm của toàn ngành sản xuất quan trọng này. Bên cạnh đó, lợi thế quốc gia về nguồn thảo dược phong phú, đa dạng cũng cần được khai thác để phục vụ cho việc phát triển ngành chăn nuôi nói chung, chăn nuôi gà chất lượng cao nói riêng, một cách bền vững.

Bài báo này cung cấp một số thành tựu của ngành chăn nuôi gà công nghiệp, nhất là thành tựu của cuộc cách mạng khoa học nói chung, cách mạng công nghiệp lần thứ tư nói riêng, đã và đang được áp dụng sâu rộng trong ngành chăn nuôi gà trong thời gian gần đây. Bên cạnh việc sử dụng các phương pháp hiện đại trong nghiên cứu khoa học, các phương pháp phi truyền thống cũng ngày càng trở nên phổ biến hơn, tạo ra nhiều tiến bộ mới, thúc đẩy ngành gia cầm phát triển với tốc độ nhanh chóng.

Một số thách thức lớn cũng đang thu hút sự quan tâm của nhiều nhà khoa học, chẳng hạn giống gà công nghiệp thường có bộ khung xương, tim không tương thích với hệ cơ; giảm phản ứng miễn dịch; việc chăn nuôi gà công nghiệp trong chuồng kín ảnh hưởng rất nhiều đến phúc lợi động vật... mà ngành chăn nuôi gia cầm cần phải khắc phục để phát triển bền vững.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Abasht B., Dekkers J.C.M. & Lamont S.J. (2006). Review of quantitative trait loci identified in the chicken. *Poultry science*. 85(12): 2079-2096.

Akinola L.A.F. & Essien A. (2011). Relevance of rural poultry production in developing countries with special reference to Africa. *World's Poultry Science Journal*. 67(4): 697-705.

Alagawany M., Elnesr S.S., Farag M.R., Tiwari R., Yatoo M.I., Karthik K., Michalak I. & Dhama K.

(2021). Nutritional significance of amino acids, vitamins and minerals as nutraceuticals in poultry production and health - a comprehensive review. *Veterinary Quarterly*. 41(1): 1-29.

Amills M., Jimenez N., Villalba D., Tor M., Molina E., Cubilo D., Marcos C., Francesch A., Sanchez A. & Estany J. (2003). Identification of three single nucleotide polymorphisms in the chicken insulin-like growth factor 1 and 2 genes and their associations with growth and feeding traits. *Journal of Poultry Science*. 82(10): 1485-1493.

Arthur J.A. & Albers G.A.A. (2003). Industrial perspective on problems and issues associated with poultry breeding. *Poultry Genetics, Breeding and Biotechnology* (Edited by WM Muir and SE Aggrey). pp. 1-12.

Birhanu M.Y., Alemayehu T., Bruno J.E., Kebede F.G., Sonaiya E.B., Goromela E.H., Bamidele O. & Dessie T. (2021). Technical efficiency of traditional village chicken production in Africa: entry points for sustainable transformation and improved livelihood. *Sustainability*. 13(15): 8539.

Birhanu M.Y., Bruno J.E., Alemayehu T., Esatu W., Geremew K., Yemane T., Kebede F.G. & Dessie T. (2022). Beyond diffusion to sustained adoption of innovation: A case of smallholder poultry development in sub-Saharan Africa. *International Journal of Agricultural Sustainability*. 20(6): 1028-1046.

Birhanu M.Y., Osei-Amponsah R., Yeboah Obese F. & Dessie T. (2023). Smallholder poultry production in the context of increasing global food prices: roles in poverty reduction and food security. *Animal Frontiers*. 13(1): 17-25.

Chambers J. (1990). Genetics of growth and meat production in chicken. *In: Poultry Breeding and Genetics*. Rd C. (ed.). Publication by Amsterdam New York: Elsevier. pp. 599-644.

Colles F.M., Cain R.J., Nickson T., Smith A.L., Roberts S.J., Maiden M.C., Lunn D. & Dawkins M.S. (2016). Monitoring chicken flock behaviour provides early warning of infection by human pathogen *Campylobacter*. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 283(1822): 20152323.

Đặng Vũ Bình (2019). Chọn giống vật nuôi theo bộ gen - kỷ nguyên mới của khoa học chọn giống vật nuôi. *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Chăn nuôi*. 241: 2-9.

Dei H.K. (2021). Advances in Poultry Nutrition Research-A Review. *In Advances in Poultry Nutrition Research*. Patra A. (ed.). Intech Open. 214p.

Đỗ Kim Chung & Nguyễn Xuân Trạch (2022). Hiệu quả sử dụng đầu vào trong nông nghiệp: Quan điểm của nhà kỹ thuật, nhà kinh tế và một số kiến

- ngiht. Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam. 20(8): 1134-1144.
- Fisher W.D. & Schruben L.W. (1953). Linear programming applied to feed-mixing under different price conditions. *Journal of Farm Economics*. 35(4): 471-483.
- Fritz D.T., Liu D., Xu J., Jiang S. & Rogers M.B. (2004). Conservation of Bmp2 post-transcriptional regulatory mechanisms. *Journal of Biological Chemistry*. 279(47): 48950-48958.
- Glasbey C. & Robinson C. (2002). Estimators of tissue proportions from X-ray CT images. *Journal of Biometrics*. 58(4): 928-936.
- Goddard M.E., Hayes B.J. & Meuwissen T.H. (2011). Using the genomic relationship matrix to predict the accuracy of genomic selection. *Journal of animal breeding genetics*. 128(6): 409-421.
- Grashorn M. (1996). Real-time sonography an excellent tool for estimating breast meat yield of meat-type chicken in vivo. Proc. 20th World's Poultry Congress; New Delhi, India. pp. 60-61.
- Guèye E.H.F. (2000). Women and family poultry production in rural Africa. *Development in practice*. 10(1): 98-102.
- Han I.K. & Lee J.H. (2000). The role of synthetic amino acids in monogastric animal production-review. *Asian-Australasian journal of animal sciences*. 13(4): 543-560.
- Jia N., Li B., Zhu J., Wang H., Zhao Y. & Zhao W. (2023). A Review of Key Techniques for in Ovo Sexing of Chicken Eggs. *Agriculture*. 13(3): 677.
- Jull M.A. (1951). Successful poultry management. *Successful poultry management*. (Ed. 2).
- Leeson S. & Summers J.D. (2010). *Broiler breeder production*. Nottingham University Press, Nottingham, United Kingdom.
- Neethirajan S. (2020). The role of sensors, big data and machine learning in modern animal farming. *Sensing and Bio-Sensing Research*. 29: 100367.
- Nguyễn Xuân Trạch (2023). Ứng dụng quy luật hiệu suất giảm dần trong phát triển chăn nuôi bền vững - Bài tổng luận. *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*. 21(9): 1202-1215.
- O'sullivan N., Preisinger R. & Koerhuis A. (2010). Combining pure-line and cross-bred information in poultry breeding. *Proceedings of the World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Volume Genetic Improvement Programmes: Design of Selection Schemes Exploiting Additive and/or Non-Additive Effects–Lecture Sessions*. pp. 0984-0990.
- Pollock D.L. (1999). A geneticist's perspective from within a broiler primary breeder company. *Poultry Science Journal*. 78(3): 414-418.
- Pomar C. & Remus A. (2019). Precision pig feeding: a breakthrough toward sustainability. *Animal Frontiers*. 9(2): 52-59.
- Sadeghi M., Banakar A., Khazaei M. & Soleimani M. (2015). An intelligent procedure for the detection and classification of chickens infected by clostridium perfringens based on their vocalization. *Brazilian Journal of Poultry Science*. 17: 537-544.
- Saxena V. K. & Kolluri G. (2018). Selection methods in poultry breeding: from genetics to genomics. *Application of genetics and genomics in poultry science*. pp. 19-32.
- Thiruvankadan A., Panneerselvam S. & Prabakaran R. (2010). Layer breeding strategies: an overview. *World's Poultry Science Journal*. 66(3): 477-502.
- Thiruvankadan A., Prabakaran R. & Panneerselvam S. (2011). Broiler breeding strategies over the decades: an overview. *World's Poultry Science Journal*. 67(2): 309-336.
- Vaziri E., Maghsoudi A., Feizabadi M., Faraji-Arough H. & Rokouei M. (2022). Scientometric evaluation of 100-year history of Poultry Science (1921-2020). *Poultry science*. 101(11): 102134.
- Vohra P. (1993). Outstanding achievements in poultry research during last 30 years.
- Wallis J.W., Aerts J., Groenen M.A., Crooijmans R.P., Layman D., Graves T.A., Scheer D.E., Kremitzki C., Fedele M.J. & Mudd N.K. (2004). A physical map of the chicken genome. *Nature*. 432(7018): 761-764.
- Wong J.T., De Bruyn J., Bagnol B., Grieve H., Li M., Pym R. & Alders R.G. (2017). Small-scale poultry and food security in resource-poor settings: A review. *Global Food Security*. 15: 43-52.
- Zhou H., Mitchell A.D., McMurtry J.P., Ashwell C.M. & Lamont S.J. (2005). Insulin-like growth factor-I gene polymorphism associations with growth, body composition, skeleton integrity, and metabolic traits in chickens. *Poultry Science Journal*. 84(2): 212-219.
- 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.