

THÁCH THỨC TRONG VIỆC ĐẢM BẢO PHÚC LỢI CHO CÔN TRÙNG NUÔI: KHÔNG CHỈ DỪNG LẠI Ở VIỆC CHÚNG CÓ CẢM NHẬN HAY KHÔNG

Tên bài gốc:

Challenges in farmed insect welfare: Beyond the question of sentience

Tác giả:

Meghan Barrett and Bob Fischer

Xuất bản trong: *Animal Welfare*, 32, e4

DOI: <https://doi.org/10.1017/awf.2022.5>

Giấy phép: Bài báo gốc được cấp phép theo Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0). Người dùng được phép sao chép, phân phối, trình bày, chuyển ngữ và tạo tác phẩm phái sinh, kể cả mục đích thương mại, với điều kiện phải ghi rõ tác giả gốc, nguồn xuất bản, và chỉ rõ đây là bản dịch.

Để biết chi tiết: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Bản dịch tiếng Việt:

Dịch bởi: *Huỳnh Nguyễn Nguyên Hạ*

Ngày hoàn thành: 30/03/2026

Link bài gốc: <https://doi.org/10.1017/awf.2022.5>

Original Title:

Challenges in farmed insect welfare: Beyond the question of sentience

Authors:

Meghan Barrett and Bob Fischer

Published in: *Animal Welfare*, 32, e4

DOI: <https://doi.org/10.1017/awf.2022.5>

License: The original article is licensed under the **Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)** license. Users are permitted to copy, distribute, display, translate, and create derivative works, including for commercial purposes, provided that proper credit is given to the original authors, the source is cited, and it is clearly indicated that this is a translation.

For full license details: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Vietnamese Translation:

Translated by: *Huỳnh Nguyễn Nguyên Hạ*

Completion date: *30 March 2026*

Link to the original article: <https://doi.org/10.1017/awf.2022.5>

LỜI NGƯỜI DỊCH

Tài liệu này được chuyển ngữ nhằm hỗ trợ cộng đồng nghiên cứu, các nhà sản xuất và những tổ chức quan tâm đến phúc lợi côn trùng tại Việt Nam, đặc biệt trong bối cảnh ngành nuôi ruồi lính đen (BSF) đang phát triển nhanh chóng.

Một số thuật ngữ chuyên môn trong bài — như *lekking*, *maceration*, *substrate heterogeneity*, cũng như các khái niệm liên quan đến hành vi và sinh lý côn trùng — hiện vẫn chưa phổ biến trong tài liệu tiếng Việt. Do đó, bản dịch được thực hiện theo các nguyên tắc sau:

- Giữ nguyên thuật ngữ tiếng Anh đối với những khái niệm chưa có tương đương phù hợp hoặc mang tính đặc thù cao
- Bổ sung diễn giải ngắn gọn trong ngoặc khi cần thiết nhằm hỗ trợ người đọc
- Tôn trọng cấu trúc và tính khoa học của bài gốc, hạn chế lược bỏ hoặc diễn giải mang tính chủ quan

Bên cạnh đó, tên các hóa chất, tác nhân sinh học, vi sinh vật và quy trình kỹ thuật được giữ theo chuẩn quốc tế để đảm bảo tính chính xác và tránh hiểu sai trong ứng dụng thực tiễn.

Mọi sai sót trong quá trình dịch thuật, hoặc những điểm diễn giải chưa đầy đủ, đều thuộc trách nhiệm của người dịch. Tôi luôn trân trọng và sẵn sàng tiếp nhận các ý kiến đóng góp để tiếp tục hoàn thiện trong các bản dịch sau.

Hy vọng bản dịch này sẽ góp phần thúc đẩy thảo luận và nâng cao nhận thức về phúc lợi côn trùng trong ngành sản xuất ruồi lính đen tại Việt Nam — một lĩnh vực còn mới nhưng ngày càng trở nên quan trọng khi quy mô nuôi trồng đang mở rộng trên toàn cầu.

—*Nguyễn Hạ, Người dịch. Ngày 30 tháng 3 năm 2026.*

TÓM TẮT

Ngành Công nghiệp Côn trùng dùng làm Thực phẩm và Thức ăn chăn nuôi (Insects as Food and Feed – IAFF) hiện đang nuôi hơn một nghìn tỷ cá thể côn trùng mỗi năm và tiếp tục tăng trưởng rất nhanh. Các hệ thống sản xuất động vật thâm canh được chứng minh là gây ra nhiều trạng thái cảm xúc tiêu cực ở gia súc, gia cầm; xét đến quy mô tiềm năng của ngành IAFF, việc xem xét phúc lợi của côn trùng nuôi là hết sức cấp thiết. Phần lớn các tài liệu về phúc lợi côn trùng nuôi cho đến nay tập trung vào: (i) chứng minh rằng phúc lợi côn trùng cần được quan tâm; hoặc (ii) mở rộng các khung phúc lợi dành cho động vật có xương sống sang côn trùng. Tuy nhiên, còn tồn tại nhiều thách thức bị bỏ qua trong việc nghiên cứu phúc lợi côn trùng cũng như trong việc áp dụng các hiểu biết này vào bối cảnh thực tiễn của ngành IAFF. Trong bài viết này, chúng tôi đi điểm qua ngắn gọn năm thách thức như vậy, đồng thời đưa ra các khuyến nghị thực tiễn cho nghiên cứu phúc lợi côn trùng trong tương lai.

GIỚI THIỆU

Đến năm 2100, dân số thế giới được dự báo sẽ đạt khoảng 10,9 tỷ người (United Nations 2013). Côn trùng — một nguồn protein giàu dinh dưỡng, thường có dấu chân môi trường thấp — được xem là một giải pháp tiềm năng giúp đáp ứng nhu cầu protein ngày càng tăng của nhân loại (van Huis & Tomberlin 2017). Ngành công nghiệp Côn trùng làm Thực phẩm và Thức ăn chăn nuôi (Insects as Food and Feed – IAFF) hiện đang nuôi hơn một nghìn tỷ cá thể côn trùng mỗi năm, và được dự báo đến năm 2030 con số này có thể vượt quá 8 nghìn tỷ cá thể mỗi năm (Rowe 2020; de Jong & Nikolik 2021). Để hình dung quy mô, mỗi năm chỉ có khoảng 79 tỷ cá thể chim và động vật có vú trên cạn bị giết mổ để làm thực phẩm (FAOSTAT trong Šimčíkas 2020).

Xét đến tốc độ tăng trưởng của ngành IAFF, việc xem xét phúc lợi của đàn côn trùng nuôi trở nên đặc biệt cấp thiết, nhất là trong trường hợp côn trùng là sentient — tức có khả năng trải nghiệm các trạng thái cảm xúc tiêu cực (Bentham 1948; Singer 2002; Birch 2017; Broom 2019). Các hệ thống sản xuất động vật thâm canh đã được chứng minh là gây ra nhiều trạng thái cảm xúc tiêu cực ở gia súc và gia cầm; từ nhiều quan điểm đạo đức khác nhau, những tác động phúc lợi như vậy là vấn đề nghiêm trọng (De Grazia 1996; Singer 2002; Thompson 2020; Fischer 2021). Do đó, nếu các tác động tương tự xảy ra đối với côn trùng nuôi, thì chúng cũng tạo ra những vấn đề đạo đức tương đương.

Vậy côn trùng có sentience (cảm giác đau) hay không? Tại thời điểm hiện tại, các bằng chứng thực nghiệm vẫn chưa cho phép đưa ra một kết luận dứt khoát (Adamo 2016; Barron & Klein 2016; Klein & Barron 2016; Baracchi et al. 2017; Birch 2020; Lambert et al. 2021; van Huis 2021). Hơn nữa, phần lớn các nghiên cứu về phúc lợi côn trùng đều thừa nhận rằng dữ liệu xác quyết về sentience của côn trùng sẽ đến quá chậm so với nhu cầu ra quyết định của ngành (và liên quan đến hàng nghìn tỷ cá thể côn trùng). Ngoài ra, còn có những lập luận học thuật đặt câu hỏi về việc quá nhấn mạnh vào sentience khi thảo luận về phúc lợi côn trùng (Monsó 2018; Pali-Schöll et al. 2019; van Loon & Bovenkerk 2021).

Một cách tiếp cận hợp lý trước tình trạng không chắc chắn hiện nay là áp dụng nguyên tắc phòng ngừa (precautionary principle). Phiên bản mạnh nhất của nguyên tắc này cho rằng con người nên đối xử với côn trùng như thể chúng là sentient; tuy nhiên, các phiên bản yếu hơn cũng có thể được xây dựng (Fischer 2016, 2019; Birch 2017; Knutsson & Munthe 2017; Röcklinsberg et al. 2017; van Huis 2021). Do phúc lợi của côn trùng từ trước đến nay thường bị bỏ qua (Horvath et al. 2013; Smith & Pryor 2013;

International Platform for Insects as Food and Feed – IPIFF 2019), ngay cả những nguyên tắc phòng ngừa tương đối yếu cũng có thể tạo ra những thay đổi đáng kể trong cách đánh giá các thực hành hiện hành của ngành.

Cho đến nay, phần lớn tài liệu về phúc lợi côn trùng nuôi tập trung vào việc chứng minh rằng phúc lợi côn trùng là một vấn đề cần được quan tâm (Gjerris et al. 2016; Röcklinsberg et al. 2017; van Huis 2021), trong khi số lượng nghiên cứu phân tích những khó khăn thực tiễn trong việc cải thiện phúc lợi côn trùng lại còn rất hạn chế (Pali-Schöll et al. 2019). Hệ quả là nhiều thách thức then chốt trong việc nghiên cứu phúc lợi côn trùng và áp dụng các hiểu biết đó vào bối cảnh thực tiễn của ngành IAFF đã bị bỏ qua. Trong bài viết này, chúng tôi trình bày ngắn gọn năm thách thức như vậy và kết thúc bằng các khuyến nghị cho nghiên cứu phúc lợi côn trùng trong tương lai.

Thử thách 1: Sự tăng trưởng nhanh và đổi mới công nghệ của ngành

Trên thực tế, phần lớn các nghiên cứu về các yếu tố liên quan đến phúc lợi côn trùng nuôi hiện nay được thực hiện ở quy mô nhỏ trong phòng thí nghiệm. Tuy nhiên, ngành công nghiệp Insects as Food and Feed (IAFF) lại phải đưa ra các quyết định liên quan đến việc nuôi côn trùng với khối lượng lớn, tính bằng tấn, dựa trên các nghiên cứu chỉ tiến hành với sinh khối tính bằng gram (Tomberlin & Cammack 2017). Việc mở rộng quy mô (scaling) không nhất thiết tuân theo quan hệ tuyến tính, và một số vấn đề phúc lợi có thể chỉ xuất hiện trong các hệ thống nuôi quy mô công nghiệp, chẳng hạn như nguy cơ quá nhiệt (overheating) trong các thùng nuôi có kích thước lớn và mật độ cao (Sørensen et al. 2012; Scala et al. 2020; Barrett et al. 2022).

Do đó, các nghiên cứu phúc lợi ở quy mô phòng thí nghiệm có thể không đầy đủ hoặc không chính xác khi áp dụng cho môi trường sản xuất hàng loạt, nơi các yếu tố vật lý và sinh học tương tác phức tạp hơn (Myers et al. 2008; Miranda et al. 2020; Yang & Tomberlin 2020). Việc mở rộng quy mô nuôi côn trùng sẽ đòi hỏi những đổi mới công nghệ đáng kể, trong đó có thể bao gồm các công nghệ sinh học mới nổi, ví dụ như biến đổi gen (genetic modification) hoặc chọn giống mạnh (Kok 2017; Zhan et al. 2019).

Tuy nhiên, kinh nghiệm từ chăn nuôi động vật có xương sống cho thấy các công nghệ mới thường đi kèm với những rủi ro phúc lợi mới (Fischer 2021). Một ví dụ điển hình là việc chọn giống gà broiler (*Gallus gallus domesticus*) với tốc độ tăng trưởng rất cao đã dẫn đến hàng loạt rối loạn xương gây đau đớn (Knowles et al. 2008). Trong ngành IAFF, Zhan et al. (2019) đã phát triển các ấu trùng ruồi lính đen (*Hermetia illucens*) biến đổi gen với khối lượng cuối giai đoạn ấu trùng tăng gần 300% so với bình

thường; tuy nhiên, các hệ quả phúc lợi của sự gia tăng kích thước này hiện vẫn chưa được biết rõ.

Một hướng đổi mới khác là đưa thêm các loài côn trùng mới vào nuôi thương mại. Hiện tại, chỉ có bảy loài côn trùng được nuôi ở quy mô thật sự lớn (Rumbos & Athanassiou 2021), trong khi có hơn 2.000 loài côn trùng ăn được đã được ghi nhận (Jongema et al. 2017), phần lớn trong số đó chưa được nghiên cứu đầy đủ. Việc xây dựng các công cụ đánh giá phúc lợi có thể phản ánh chính xác nhu cầu phúc lợi của từng loài, trong từng bối cảnh nuôi cụ thể, do đó sẽ là một thách thức rất lớn đối với ngành IAFF khi tiếp tục mở rộng.

Thử thách 2: Áp dụng các công cụ phúc lợi của động vật có xương sống cho côn trùng

Khi xem xét phúc lợi côn trùng, nhiều nhà côn trùng học có xu hướng sử dụng khung “Five Freedoms” (Năm Quyền Tự Do), vốn được thiết kế cho gia súc và động vật có xương sống khác (Erens et al. 2012; de Goede et al. 2013; van Huis 2021; Barrett et al. 2022). Một số thành phần của khung này có thể áp dụng cho côn trùng (ví dụ: tự do khỏi bệnh tật), nhưng một số thành phần khác khó áp dụng hơn do hiểu biết còn hạn chế về đời sống cảm xúc (affective states) của côn trùng, chẳng hạn như “tự do khỏi sợ hãi” (van Huis 2021).

Các nhà nghiên cứu phúc lợi giáp xác mười chân (decapods) gần đây đã sử dụng Five Domains model như một giải pháp thay thế mang tính thực tiễn hơn cho động vật không xương sống (Albalat et al. 2022). Tuy nhiên, vấn đề nền tảng vẫn còn: tất cả các khung phúc lợi hiện có đều phải đối diện với sự thiếu hụt dữ liệu về miền tinh thần (mental domain) của côn trùng. Các miền vật lý/chức năng (physical/functional domains) chỉ đóng vai trò là chỉ báo gián tiếp cho miền tinh thần.

Ngoài ra, những khác biệt sinh lý và hành vi cơ bản giữa côn trùng và động vật có xương sống có thể khiến các công cụ đánh giá phúc lợi của động vật có xương sống không còn phù hợp khi áp dụng cho côn trùng (Boppré & Vane-Wright 2019). Ví dụ, trong ngành chăn nuôi lợn (*Sus scrofa*), tỷ lệ chết trước giết mổ (pre-slaughter mortality) là một chỉ số phúc lợi quan trọng (Straw et al. 1983; Knauer & Hostetler 2013). Tuy nhiên, đối với côn trùng, xác chết có thể bị ăn hoàn toàn do hiện tượng ăn xác đồng loại (cannibalism), khiến việc sử dụng chỉ số này trở nên không khả thi.

Về mặt sinh lý, động vật nuôi trên cạn có xương sống thường là endotherms (tự điều hòa nhiệt độ cơ thể), do đó những thay đổi vừa phải về nhiệt độ môi trường thường không ảnh hưởng đáng kể đến phúc lợi. Ngược lại, côn trùng thường là ectotherms

(nhiệt độ cơ thể phụ thuộc chặt chẽ vào môi trường), vì vậy những thay đổi nhỏ về nhiệt độ cũng có thể nhanh chóng ảnh hưởng đến sinh lý và — nhiều khả năng — đến phúc lợi của chúng (Régnière et al. 2012). Điều này cho thấy các công cụ phúc lợi phát triển cho động vật có xương sống có thể không đủ nhạy để nắm bắt nhu cầu sinh lý và hành vi đặc thù của côn trùng.

Thử thách 3: Biến dị giữa các quần thể và giữa các cá thể

Các quá trình tiến hóa trung tính, chẳng hạn như genetic drift, có thể khiến các quần thể ban đầu tương đối giống nhau nhanh chóng khác biệt về mặt di truyền nếu chúng bị cô lập. Điều này đặc biệt đúng với côn trùng nuôi, do chu kỳ thế hệ ngắn, và các quần thể thường bị tách biệt giữa các cơ sở sản xuất khác nhau (Ohta 1993; Thomas et al. 2010).

Sự khác biệt di truyền giữa các quần thể này có thể tăng mạnh hơn nữa nếu các điều kiện nuôi tại mỗi cơ sở khác nhau theo những cách ảnh hưởng đến khả năng sống sót và sinh sản (Darwin 1859). Kết quả là, các quá trình tiến hóa sẽ tạo ra các quần thể (strain) có đặc điểm hình thái và sinh lý khác nhau. Những “strain effects” này đã được ghi nhận là ảnh hưởng đến phản ứng của côn trùng nuôi đối với điều kiện môi trường, và có thể mang ý nghĩa trực tiếp đối với phúc lợi (Zhao et al. 2013; Ståhl et al. 2020; Rumbos et al. 2021).

Mức độ biến dị lớn giữa các quần thể khiến việc xây dựng các thước đo phúc lợi tiêu chuẩn áp dụng cho mọi cơ sở nuôi trở nên khó khăn. Bên cạnh đó, sự biến dị giữa các cá thể trong cùng một quần thể (inter-individual variation) cũng là một thách thức ít được chú ý. Hiện tượng này rất phổ biến trong giới côn trùng và bao gồm sự khác biệt về nguyên liệu thức ăn, chiến lược hành vi, tốc độ sinh trưởng, v.v. (Bolnick et al. 2003; Dall et al. 2012).

Quan trọng hơn, việc coi tất cả các cá thể hoặc tất cả các quần thể là giống nhau về nhu cầu phúc lợi có thể dẫn đến việc làm tổn hại phúc lợi của một số cá thể hoặc một số strain nhất định — điều đặc biệt đáng lưu ý trong các hệ thống nuôi BSF quy mô lớn.

Thử thách 4: nhu cầu phúc lợi khác nhau theo giai đoạn phát triển

Côn trùng non phát triển thông qua các lần lột xác (molt) liên tiếp cho đến khi trải qua quá trình metamorphosis (biến thái) và đạt đến dạng trưởng thành cuối cùng. Ở các loài hemimetabolous (ví dụ: dế), ấu trùng non (nymph) tương đối giống với con trưởng thành và thường chiếm cùng ổ sinh thái (Mito et al. 2010). Ngược lại, ở các loài holometabolous (ví dụ: ruồi lính đen), ấu trùng, nhộng và trưởng thành khác biệt rất lớn

về hình thái, sinh lý và hành vi, đồng thời khai thác các ổ sinh thái hoàn toàn khác nhau (Rolff et al. 2019).

Do những thay đổi sâu sắc này, nhu cầu phúc lợi cũng khác nhau đáng kể giữa các giai đoạn phát triển, chẳng hạn như nhu cầu dinh dưỡng phụ thuộc giai đoạn ở ấu trùng so với ruồi trưởng thành của BSF (Barrett et al. 2022). Những khác biệt này có thể đặc biệt rõ rệt ở các loài holometabolous, vì quá trình nhộng hóa liên quan đến việc tái cấu trúc quy mô lớn của gần như toàn bộ cơ thể, bao gồm cả các vùng tích hợp của hệ thần kinh (Fahrbach 2006), ở mức độ thường không thấy ở các loài hemimetabolous (Malaterre et al. 2002).

Do phần lớn các loài được nuôi trong ngành IAFF là holometabolous (Rowe 2020), việc không xem xét phúc lợi theo từng giai đoạn phát triển có nguy cơ bỏ qua những vấn đề phúc lợi quan trọng, đặc biệt trong các hệ thống nuôi tập trung chủ yếu vào giai đoạn ấu trùng như ngành BSF.



Hình 1: Mô hình Năm Lĩnh vực về phúc lợi động vật. Phỏng theo Mellor DJ, Hunt S và Gusset M (2015), *Chăm sóc Động vật Hoang dã: Chiến lược Phúc lợi Động vật của các Vườn thú và Thủy cung trên Thế giới*.

Thử thách 5: Các đánh đổi phúc lợi giữa các loài (inter-specific trade-offs)

Sự sẵn có của protein từ côn trùng đặt ra những câu hỏi về cách đưa ra các quyết định đánh đổi giữa các loài khác nhau, vốn có xác suất sentience khác nhau và số lượng cá thể bị ảnh hưởng chênh lệch rất lớn (Fischer 2019; Pali-Schöll et al. 2019). Một ví dụ điển hình là trong lĩnh vực nuôi trồng thủy sản, nơi bột protein từ côn trùng có thể thay thế fishmeal.

Nếu mục tiêu là giảm thiểu tổng tổn hại phúc lợi, cần phải so sánh các tác động phúc lợi phát sinh từ việc nuôi một số lượng cực lớn côn trùng trong các cơ sở IAFF với các tác động phúc lợi từ việc khai thác số lượng nhỏ hơn nhiều cá thể cá trong hoạt động đánh bắt thương mại. Sự mở rộng của ngành IAFF cho thấy sẽ còn nhiều kịch bản đánh đổi phúc lợi giữa các loài khác xuất hiện trong tương lai, ví dụ khi đánh giá các lợi ích bền vững của nuôi côn trùng, vốn có thể đi kèm với các tác động đến phúc lợi con người và động vật hoang dã (Gamborg et al. 2018; Hampton et al. 2021).

Vì vậy, việc phát triển các khung ra quyết định đạo đức cho phép các bên liên quan cân nhắc đồng thời nhiều yếu tố — số lượng và loại cá thể bị ảnh hưởng, mức độ và cường độ tổn hại phúc lợi, cũng như các tác động gián tiếp đến những mục tiêu khác như tính bền vững — là hết sức cần thiết trong bối cảnh ngành IAFF tiếp tục tăng trưởng nhanh chóng.

KHUYẾN NGHỊ CHO CÁC NGHIÊN CỨU PHÚC LỢI CÔN TRÙNG GIAI ĐOẠN ĐẦU

Quy mô của ngành công nghiệp Insects as Food and Feed (IAFF), cũng như những thách thức về phúc lợi mà ngành này đặt ra, có thể khó hình dung đầy đủ. Ngay cả trong kịch bản mà các tác động phúc lợi tiêu cực là cực kỳ hiếm gặp — giả sử chỉ 0,0001% cá thể trong mỗi cơ sở nuôi có mức phúc lợi thấp, trong khi các điều kiện nuôi phục vụ tốt cho cá thể “trung bình” — thì mỗi cơ sở sản xuất quy mô lớn (world-scale facility) vẫn sẽ có khoảng 15 triệu cá thể côn trùng bị ảnh hưởng mỗi năm.

Tuy nhiên, ở thời điểm hiện tại, ngành IAFF vẫn chưa đạt đến quy mô như vậy; ngành này mới chỉ đang trong giai đoạn đầu của quá trình mở rộng. Do đó, vẫn còn một khoảng thời gian quan trọng để chủ động xác định và ưu tiên giải quyết các thách thức về phúc lợi, nhằm định hướng sự phát triển của ngành theo hướng tránh gây ra các tác động phúc lợi nghiêm trọng đối với vật nuôi không xương sống. Trên cơ sở đó, chúng tôi đưa ra các khuyến nghị sau cho những nỗ lực ban đầu trong nghiên cứu phúc lợi côn trùng:

Thứ nhất: Cần thiết lập các hợp tác liên ngành một cách minh bạch

Các hình thức hợp tác liên ngành và minh bạch là yếu tố then chốt để định hướng ngành IAFF phát triển theo con đường thận trọng, tôn trọng phúc lợi và khả thi về mặt kinh tế (xem Thompson 2020).

Các nhà sản xuất IAFF và các nhà côn trùng học hiện nay chưa được đào tạo đầy đủ và cũng thiếu các chỉ dẫn pháp lý hoặc đạo đức để tự mình giải quyết các mối quan ngại về phúc lợi. Ngược lại, các nhà đạo đức học về động vật và nhà sinh học nghiên cứu phúc lợi lại thường thiếu kiến thức chuyên sâu về sinh học côn trùng cũng như thực tiễn sản xuất công nghiệp, vốn là nền tảng cần thiết để xây dựng các công cụ phúc lợi có giá trị ứng dụng thực tế.

Do đó, chỉ thông qua hợp tác liên ngành, các công cụ và khung đánh giá phúc lợi cho côn trùng mới có thể vừa chặt chẽ về mặt khoa học, vừa phù hợp với thực tiễn sản xuất, đặc biệt trong các hệ thống nuôi ruồi lính đen (BSF) đang mở rộng nhanh chóng.

Thứ hai: Khai thác tài liệu phúc lợi động vật có xương sống một cách thận trọng

Kho tàng tài liệu về phúc lợi động vật nuôi có xương sống là một nguồn tham khảo quan trọng, nhưng có những giới hạn rõ ràng khi áp dụng cho côn trùng. Nhìn chung, việc vay mượn các khung lý thuyết (ví dụ: Five Domains model) có thể an toàn và hữu ích hơn so với việc sao chép trực tiếp các công cụ đánh giá ứng dụng đã được thiết kế cho gia súc hoặc gia cầm (Albalat et al. 2022).

Tuy nhiên, mọi hình thức áp dụng hay điều chỉnh đều cần được thực hiện với sự cân nhắc kỹ lưỡng đến các đặc thù sinh học của côn trùng, bao gồm sinh lý ectotherm, hành vi tập thể, vòng đời ngắn và sự biến dị cao giữa các cá thể cũng như giữa các quần thể.

Thứ ba: Thận trọng khi áp dụng các công cụ phúc lợi xuất phát từ phòng thí nghiệm

Các công cụ đánh giá phúc lợi côn trùng được phát triển trong điều kiện phòng thí nghiệm cần được sử dụng một cách thận trọng khi áp dụng cho các cơ sở sản xuất quy mô công nghiệp, do yếu tố quy mô (scale) có thể ảnh hưởng mạnh đến hiệu quả và tính phù hợp của các công cụ này.

Vì vậy, sự hợp tác chặt chẽ giữa các nhà nghiên cứu và nhà sản xuất là rất cần thiết để xác định các thực hành tốt nhất (best practices), cũng như để hiệu chỉnh và kiểm chứng các chỉ số phúc lợi trong điều kiện sản xuất thực tế.

Thứ tư: Cần liên tục cập nhật và điều chỉnh các công cụ đánh giá phúc lợi

Khi ngành IAFF tiếp tục phát triển, sẽ xuất hiện các đổi mới công nghệ, sự thay đổi về loài được nuôi, về quần thể (strain) và về giai đoạn phát triển được khai thác. Tất cả những yếu tố này đều có ý nghĩa trực tiếp đối với phúc lợi côn trùng.

Do đó, các công cụ đánh giá phúc lợi không thể được coi là cố định, mà cần được xem xét, cập nhật và điều chỉnh thường xuyên để theo kịp với sự thay đổi nhanh chóng của ngành, đặc biệt trong các hệ thống nuôi ruồi lính đen (BSF) ở quy mô ngày càng lớn.

GHI CHÚ KẾT THÚC CỦA NGƯỜI DỊCH

Bản dịch này được thực hiện với mục tiêu hỗ trợ cộng đồng nghiên cứu, các nhà sản xuất và các tổ chức quan tâm đến phúc lợi côn trùng tại Việt Nam, trong bối cảnh ngành BSF đang phát triển nhanh và còn thiếu nền tảng tài liệu tiếng Việt.

Mọi sai sót trong quá trình dịch thuật hoặc các điểm diễn giải chưa đầy đủ đều thuộc trách nhiệm của người dịch. Người dịch luôn trân trọng và sẵn sàng tiếp nhận các ý kiến đóng góp nhằm tiếp tục hoàn thiện bản dịch trong tương lai.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Adamo SA 2016 Do insects feel pain? A question at the intersection of animal behaviour, philosophy and robotics. *Animal Behaviour* 118: 75–79.
- Albalat A, Zacarias S, Coates CJ, Neil DM, Planellas SR 2022 Welfare in farmed decapod crustaceans, with particular reference to *Penaeus vannamei*. *Frontiers in Marine Science* 677.
- Baracchi D, Lihoreau M, Giurfa M 2017 Do insects have emotions? Some insights from bumble bees. *Frontiers in Behavioral Neuroscience* 11: 157.
- Barrett M, Chia SY, Fischer B, Tomberlin JK 2022 Welfare considerations for farming black soldier flies, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae): a model for the insects as food and feed industry. *Journal of Insects as Food and Feed* 0: 1–30. DOI: 10.3920/JIFF2022.0041
- Barron A and Klein C 2016 What insects can tell us about the origins of consciousness. *Proceedings of the National Academy of Science* 113: 4900–4908.
- Bentham J 1948 *An introduction to the principles of morals and legislation* (reprint). Hafner Publishing: New York, NY, USA.

- Birch J 2017 Animal sentience and the precautionary principle. *Animal Sentience: An Interdisciplinary Journal on Animal Feeling* 2: 1–15.
- Birch J 2020 The search for invertebrate consciousness. *Noûs*. <https://doi.org/10.1111/nous.12351>
- Bolnick DI, Svanbäck R, Fordyce JA, Yang LH, Davis JM, Hulsey CD and Forister ML 2003 The ecology of individuals: Incidence and implications of individual specialization. *The American Naturalist* 161: 1–28.
- Boppré M and Vane-Wright RI 2019 Welfare dilemmas created by keeping insects in captivity. In Carere C and Mather J (Eds) *The Welfare of Invertebrate Animals* pp 23–67. Springer: Switzerland.
- Brambell FWR 1965 *Report of the technical committee to enquire into the welfare of animals kept under intensive livestock husbandry systems*. Her Majesty's Stationery Office: London, UK.
- Broom D 2019 Sentience. In Choe JC (Ed) *Encyclopedia of Animal Behaviour* (2nd ed., Vol. 1). Elsevier Academic Press: London, UK.
- Clarke A and Pörtner H 2010 Temperature, metabolic power and the evolution of endothermy. *Biological Reviews* 85: 703–727.
- Dall SRX, Bell AM, Bolnick DI and Ratnieks FLR 2012 An evolutionary ecology of individual differences. *Ecology Letters* 15: 1189–1198.
- Darwin C 1859 *On the origin of species by means of natural selection, or preservation of favoured races in the struggle for life*. John Murray: London, UK.
- de Goede DM, Erens J, Kapsomenou E and Peters M 2013 Large scale insect rearing and animal welfare. In Röcklinsberg H and Sandin P (Eds) *The Ethics of Consumption* pp 236–243. Wageningen Academic Publishers: Wageningen, The Netherlands.
- De Grazia D 1996 *Taking animals seriously: Mental life and moral status*. Cambridge University Press: Cambridge, UK.
- de Jong B and Nikolik G 2021 *No longer crawling: Insect protein to come of age in the 2020s*. Rabobank: 1–9.

- Erens J, Es van S, Haverkort F, Kapsomenou E and Luijben A 2012 *A bug's life: Large-scale insect rearing in relation to animal welfare* pp 57. Wageningen UR: Wageningen, The Netherlands.
- Fahrbach SE 2006 Structure of the mushroom bodies of the insect brain. *Annual Review of Entomology* 51: 209–232.
- Fischer B 2016 Bugging the strict vegan. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 29: 255–263.
- Fischer B 2019 How to reply to some ethical objections to entomophagy. *Annals of the Entomological Society of America* 112: 511–517.
- Fischer B 2021 *Animal ethics: A contemporary introduction*. Routledge: New York, NY, USA.
- Gamborg C, Röcklinsberg H and Gjerris M 2018 Sustainable proteins? Values related to insects in food systems. In Halloran A, Flore R, Vantomme P and Roos N (Eds) *Edible Insects in Sustainable Food Systems* pp 468. Springer: Switzerland.
- Gjerris M, Gamborg C and Röcklinsberg H 2016 Ethical aspects of insect production for food and feed. *Journal of Insects as Food and Feed* 2: 101–110.
- Hampton JO, Hyndman TH, Allen BL and Fischer B 2021 Animal harms and food production: Informing ethical choices. *Animals* 11: 1225.
- Horvath K, Angeletti D, Nascetti G and Carere C 2013 Invertebrate welfare: An overlooked issue. *Annali dell'Istituto Superiore de Sanità* 49: 9–17.
- International Platform for Insects as Food and Feed 2019 *Ensuring high standards of animal welfare in insect production*. IPIFF. <https://ipiff.org/wp-content/uploads/2019/02/Animal-Welfare-in-Insect-Production.pdf>
- Jongema Y 2017 *List of edible insects of the world*. Wageningen UR: Wageningen, The Netherlands. <https://tinyurl.com/mestm6p>
- Klein C and Barron A 2016 Insects have the capacity for subjective experience. *Animal Sentience* 100: 1–19.
- Knauer MT and Hostetler CE 2013 US swine industry productivity analysis, 2005 to 2010. *Journal of Swine Health Production* 21: 248–252.

- Knowles TG, Kestin SC, Haslam SM, Brown SN, Green LE, Butterworth A, Pope SJ, Pfeiffer D and Nicol CJ 2008 Leg disorders in broiler chickens: prevalence, risk factors and prevention. *PLoS ONE* 3: e1545.
- Knutsson S and Munthe C 2017 A virtue of precaution regarding the moral status of animals with uncertain sentience. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 30: 213–224.
- Kok R 2017 Insect production and facility design. In van Huis A and Tomberlin JK (Eds) *Insects as food and feed: From production to consumption*. Wageningen Academic Publishers: Wageningen, The Netherlands.
- Lambert H, Elwin A and D’Cruze N 2021 Wouldn’t hurt a fly? A review of insect cognition and sentience in relation to their use as food and feed. *Applied Animal Behaviour Science* 243: 105432.
- Malaterre J, Strambi C, Chiang AS, Aouane A, Strambi A and Cayre M 2002 Development of cricket mushroom bodies. *Journal of Comparative Neurology* 452: 215–227.
- Miranda CD, Cammack JA and Tomberlin JK 2020 Mass production of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (L.), (Diptera: Stratiomyidae) reared on three manure types. *Animals* 10: 1243.
- Mito T, Nakamura T and Noji S 2010 Evolution of insect development: To the hemimetabolous paradigm. *Current Opinion in Genetics and Development* 20: 355–361.
- Monsó S 2018 Why insect sentience might not matter very much. In Springer S and Grimm H (Eds) *Professionals in food chains* pp 375–380. Wageningen Academic Publishers: Wageningen, The Netherlands.
- Myers HM, Tomberlin JK, Lambert BD and Kattes D 2008 Development of black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae fed dairy manure. *Environmental Entomology* 37: 11–15.
- Ohta T 1993 An examination of the generation-time effect on molecular evolution. *Proceedings of the National Academy of Science* 90: 10676–10680.
- Pali-Schöll I, Binder R, Moens Y, Polesny F and Monsó S 2019 Edible insects: defining knowledge gaps in biological and ethical considerations of entomophagy. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 59: 2760–2771.

- Régnière J, Powell J, Bentz B and Nealis V 2012 Effects of temperature on development, survival and reproduction of insects: Experimental design, data analysis and modeling. *Journal of Insect Physiology* 58: 634–647.
- Röcklinsberg H, Gamborg C and Gjerris M 2017 Ethical issues in insect production. In van Huis A and Tomberlin JK (Eds) *Insects as food and feed: From production to consumption*. Wageningen Academic Publishers: Wageningen, The Netherlands.
- Rolff J, Johnston PR and Reynolds S 2019 Complete metamorphosis of insects. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 374: 20190063.
- Rowe A 2020 Insects raised for food and feed – global scale, practices, and policies. *Effective Altruism Forum*.
https://forum.effectivealtruism.org/posts/ruFmR5oBgqLgTcp2b/insects-raised-for-food-and-feed-global-scale-practices-and#Black_soldier_flies1
- Rumbos CI and Athanassiou CG 2021 ‘Insects as food and feed: If you can’t beat them, eat them!’ – To the magnificent seven and beyond. *Journal of Insect Science* 21: 9.
- Rumbos CI, Adamaki-Sotiraki C, Gourgouta M, Karapanagiotidis IT, Asimaki A, Mente E and Athanassiou CG 2021 Strain matters: Strain effect on the larval growth and performance of the yellow mealworm, *Tenebrio molitor* L. *Journal of Insects as Food and Feed* 7: 1195–1205.
- Scala A, Cammack JA, Salvia R, Scieuzo C, Franco A, Bufo SA, Tomberlin JK and Falabella P 2020 Rearing substrate impacts growth and macronutrient composition of *Hermetia illucens* (L.) larvae produced at an industrial scale. *Scientific Reports* 10: 19448.
- Šimčikas S 2020 Estimates of captive vertebrate numbers. *Effective Altruism Forum*.
<https://forum.effectivealtruism.org/posts/pT7AYJdaRp6ZdYfny/estimates-of-global-captive-vertebrate-numbers>
- Singer P 2002 *Animal Liberation*. HarperCollins: New York, NY, USA.
- Smith R and Pryor R 2013 Work package 5: Pro-insect platform in Europe. Deliverable 5.1 – mapping exercise report with regard to current legislation and regulation: Europe and Africa and China. ProteInsect and Minerva: Brussels, Belgium.

- Sørensen J, Addison M and Terblanche J 2012 Mass-rearing of insects for pest management: Challenges, synergies and advances from evolutionary physiology. *Crop Protection* 38: 87–94.
- Ståhls G, Meier R, Sandrock C, Hauser M, Zoric LS, Laiho E, Aracil A, Doderović J, Badenhorst R, Unadirekkul P, Adom NABM, Wein L, Richards C, Tomberlin JK, Rojo S, Veselić S and Parviainen T 2020 The puzzling mitochondrial phylogeography of the black soldier fly (*Hermetia illucens*), the commercially most important insect protein species. *BMC Evolutionary Biology* 20: 60.
- Straw BE, Neubauer GD and Leman AD 1983 Factors affecting mortality in finishing pigs. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 183: 452–455.
- Thomas JA, Welch JJ, Lanfear R and Bromham L 2010 A generation time effect on the rate of molecular evolution in invertebrates. *Molecular Biology and Evolution* 27: 1173–1180.
- Thompson PB 2020 Philosophical ethics and the improvement of farmed animal lives. *Animal Frontiers* 10: 21–28.
- Tomberlin JK and Cammack JA 2017 Black soldier fly: Biology and mass production. In van Huis A and Tomberlin JK (Eds) *Insects as food and feed: From production to consumption*. Wageningen Academic Publishers: Wageningen, The Netherlands.
- United Nations 2013 *World population prospects: The 2012 revision. Key findings and advance tables*. Working Paper No. ESA/P/WP.227. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division: New York, NY, USA.
- van Huis A 2021 Welfare of farmed insects. *Journal of Insects as Food and Feed* 7: 573–584.
- van Huis A and Tomberlin JK 2017 *Insects as food and feed: From production to consumption*. Wageningen Academic Publishers: Wageningen, The Netherlands.
- van Loon MS and Bovenkerk B 2021 The ethics and mindfulness of insects. In Schübel H and Wallimann-Helmer I (Eds) *Justice and food security in a changing climate*. Wageningen Academic Publishers: Wageningen, The Netherlands.

- Yang F and Tomberlin JK 2020 Comparing selected life-history traits of black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae produced in industrial and benchtop-sized containers. *Journal of Insect Science* 20: 25.
- Zhan S, Fang G, Cai M, Kou Z, Xu J, Cao Y, Bai L, Zhang Y, Jiang Y, Luo X, Xu J, Xu X, Zheng L, Yu Z, Yang H, Zhang Z, Wang S, Tomberlin JK, Zhang J and Huang Y 2019 Genomic landscape and genetic manipulation of the black soldier fly *Hermetia illucens*, a natural waste recycler. *Cell Research* 30: 50–60.
- Zhao F, Tomberlin JK, Zheng L, Yu Z and Zhang J 2013 Developmental and waste reduction plasticity of three black soldier fly strains (Diptera: Stratiomyidae) raised on different livestock manures. *Journal of Medical Entomology* 50: 1224–1230.