

PST2025 Proceedings

Tổng quan về công cụ CRISPR-Cas nhanh chóng và di động ứng dụng trong thúc đẩy chẩn đoán phục vụ chăn nuôi lợn

Thi Thu Hoai Nguyen^{1,2, 3*}, Irene Chen³, Daniela Boehm³, Bharath Sreekumar³, Irene Chen³, Melanie Ott^{3*}

¹Khoa Công nghệ sinh học và Trung tâm nghiên cứu bệnh truyền nhiễm, Trường Đại học Quốc tế, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam.

²Viện Khoa học sinh học định lượng, Đại học California tại San Francisco, Hoa Kỳ

³Viện Virus học Gladstone, Đại học California tại San Francisco, Hoa Kỳ

*Tác giả liên hệ: ntthoai@hcmiu.edu.vn; melanie.ott@gladstone.ucsf.edu

Rapid and Portable CRISPR-Cas Tools for Advancing One Health Diagnostics in pig farming: a narrative review

Thi Thu Hoai Nguyen^{1,2, 3*}, Irene Chen³, Daniela Boehm³, Bharath Sreekumar³, Irene Chen³, Melanie Ott^{3*}

¹School of Biotechnology and Research Center for Infectious Diseases, International University, Vietnam National University Ho Chi Minh City, Vietnam

²Quantitative Biosciences Institute, , University of California at San Francisco, USA

³Gladstone Institute of Virology, University of California at San Francisco, USA

*Corresponding author: ntthoai@hcmiu.edu.vn; melanie.ott@gladstone.ucsf.edu

TÓM TẮT

Mở đầu và mục tiêu: Sự kết nối mật thiết giữa sức khỏe động vật, con người và môi trường trong khuôn khổ Một sức khỏe làm nổi rõ nhu cầu cấp thiết về các công cụ chẩn đoán nhanh chóng, chính xác và có thể triển khai tại thực địa, đặc biệt là trong các lĩnh vực chăn nuôi như chăn nuôi lợn. Các đợt bùng phát dịch bệnh ở lợn, bao gồm Dịch tả lợn Châu Phi, Hội chứng rối loạn sinh sản và hô hấp ở lợn và các bệnh truyền nhiễm từ động vật sang người khác, gây ra mối đe dọa đáng kể không chỉ đối với sức khỏe động vật và nền kinh tế nông nghiệp mà còn đối với sức khỏe cộng đồng. Các phương pháp chẩn đoán truyền thống, mặc dù đáng tin cậy, thường yêu cầu các cơ sở phòng thí nghiệm tập trung, nhân viên được đào tạo và thời gian xử lý kéo dài, khiến chúng ít phù hợp hơn cho việc ra quyết định tại chỗ, theo thời

ABSTRACT

Introduction: The integration of animal, human, and environmental health under the One Health framework highlights the urgent need for rapid, accurate, and field-deployable diagnostic tools, especially in livestock sectors such as pig farming. Disease outbreaks in pigs, including African Swine Fever, porcine reproductive and respiratory syndrome, and other zoonotic infections, pose significant threats not only to animal health and agricultural economies but also to public health. Traditional diagnostic methods, while reliable, often require centralized laboratory facilities, trained personnel, and extended turnaround times, making them less suitable for on-site, real-time decision-making. Recent advances in CRISPR-Cas diagnostic methodology, specifically in direct detection without amplification, have opened new

gian thực. Những tiến bộ gần đây trong phương pháp chẩn đoán CRISPR-Cas, đặc biệt là trong phát hiện trực tiếp mà không cần khuếch đại, đã mở ra những con đường mới để phát triển các nền tảng chẩn đoán nhanh chóng và di động có khả năng đáp ứng nhu cầu của ngành chăn nuôi lợn hiện đại và các sáng kiến Một sức khỏe rộng hơn.

Nội dung chính: Bài nghiên cứu tổng quan này tóm tắt bối cảnh phát triển của chẩn đoán dựa trên CRISPR-Cas, tập trung vào cơ chế, tính di động và khả năng ứng dụng của chúng vào việc theo dõi sức khỏe lợn. Ở đây, chúng tôi phân biệt giữa hai phương pháp chính: các nền tảng phụ thuộc vào khuếch đại bao gồm SHERLOCK, DETECTR và CARMEN, và các phương pháp chẩn đoán CRISPR trực tiếp không khuếch đại được phát triển gần đây hơn. Các kỹ thuật phát hiện trực tiếp mang lại những lợi thế bao gồm kết quả nhanh hơn, chi phí thấp hơn và các phép đo định lượng mà không cần các bước tiền khuếch đại. Những cải tiến gần đây trong phát hiện trực tiếp như hệ thống giọt, chiến lược hướng dẫn ghép kênh và phát hiện bằng nền tảng dựa trên điện thoại di động giải quyết các thách thức về độ nhạy. Quan trọng là các phương pháp trực tiếp này có thể phát hiện các tác nhân gây bệnh từ chất phân hủy thô mà không cần chiết xuất RNA, giúp đơn giản hóa hơn nữa việc triển khai thực địa. Chúng tôi thảo luận thêm về cách những tiến bộ công nghệ này có thể được chuyển đổi để phát hiện các tác nhân gây bệnh chính ở lợn, bao gồm khả năng ghép kênh và tích hợp với các hệ thống đọc đơn giản, giải quyết các lỗ hổng trong quản lý bệnh và giám sát động vật. Mặc dù có triển vọng, vẫn còn những thách thức trong việc chuẩn bị mẫu, xác nhận thực địa, giảm chi phí và phát triển quy định trước khi triển khai rộng rãi. Những đổi mới trong tương lai có

avenues for developing rapid and portable diagnostic platforms capable of meeting the demands of modern pig farming and broader One Health initiatives.

Main text: This narrative review summarizes the evolving landscape of CRISPR-Cas-based diagnostics, focusing on their mechanisms, portability, and applicability to swine health monitoring. Here, we distinguish between two major approaches: amplification-dependent platforms including SHERLOCK, DETECTR, and CARMEN, and more recently developed non-amplified direct CRISPR diagnostics. Direct detection techniques offer advantages including faster results, lower costs, and quantitative measurements without the need for pre-amplification steps. Recent innovations in direct detection such as droplet systems, multiplexed guide strategies, and detection using mobile phone-based platforms address sensitivity challenges. Importantly, these direct methods can detect pathogens from crude lysates without RNA extraction, further simplifying field deployment. We further discuss how these technological advances can be translated for detecting major swine pathogens, including multiplexing capabilities and integration with simple readout systems, addressing gaps in disease management and zoonotic surveillance. Despite their promise, challenges remain in sample preparation, field validation, cost reduction, and regulatory development before widespread implementation. Future innovations may involve combining CRISPR diagnostics with digital technologies and farm management systems to create comprehensive disease surveillance networks.

Conclusions: Rapid and portable CRISPR-Cas tools represent a transformative advancement for One Health diagnostics in pig farming. The continued development and strategic implementation of faster, cost-effective, and quantitative diagnostics significantly enhance

thể bao gồm việc kết hợp chẩn đoán CRISPR với công nghệ kỹ thuật số và hệ thống quản lý trang trại để tạo ra mạng lưới giám sát bệnh tật toàn diện.

Kết luận: Các công cụ CRISPR-Cas nhanh chóng và di động đại diện cho một bước tiến mang tính chuyển đổi cho chẩn đoán One Health trong chăn nuôi lợn. Việc tiếp tục phát triển và triển khai chiến lược các chẩn đoán nhanh hơn, hiệu quả về chi phí và định lượng giúp tăng cường đáng kể khả năng phát hiện sớm, cải thiện quản lý sức khỏe động vật, giảm nguy cơ lây truyền từ động vật sang người và thúc đẩy các hệ thống sản xuất chăn nuôi bền vững.

Từ khóa: CRISPR-Cas; Chẩn đoán; Phát hiện trực tiếp; Một sức khỏe; Lợn.

Lời cảm ơn: Tôi chân thành cảm ơn Chương trình học bổng QBI đã hỗ trợ chuyến nghiên cứu tới Đại học California San Francisco của tôi, tạo điều kiện chuyển giao kỹ thuật và hiện thực hóa các hoạt động hợp tác nghiên cứu có giá trị.

early detection capabilities, improve animal health management, reduce the risk of zoonotic transmission, and promote sustainable livestock production systems.

Keywords: CRISPR-Cas; Diagnostic; Direct detection; One Health; Pig.

Acknowledgements: I sincerely thank the QBI Fellowship Program for supporting my visit to University of California at San Francisco, enabling the transfer of techniques and the realization of valuable research collaborations.

Cited as: Thi Thu Hoai Nguyen et al. (2025) Rapid and Portable CRISPR-Cas Tools for Advancing One Health Diagnostics in pig farming: a narrative review. *PST2025 proceedings, Vietnam*