

XÂY DỰNG HỆ THỐNG ĐẾM SÂU KEO MÙA THU (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith) TRONG KIỂM SOÁT CANH TÁC NGÔ (*Zea mays* L.) TẠI VIỆT NAM

Vũ Minh Trung¹, Nguyễn Trường Sơn¹, Chu Đức Hà²,
Đỗ Quang Trung³, Trần Thị Thu Phương⁴, Tạ Hồng Lĩnh⁵,
Lê Tiến Dũng⁶, Phạm Minh Triển^{2,*}

TÓM TẮT

Sâu keo mùa thu (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith) là một trong những loài gây hại nghiêm trọng cho cây ngô (*Zea mays* L.). Tại Việt Nam, sự thiếu hụt về mặt cơ sở hạ tầng đã gây hạn chế cho việc tổng hợp số liệu về sự xuất hiện của quần thể sâu keo mùa thu trên đồng ruộng. Bài báo này giới thiệu về thiết bị đếm sâu keo mùa thu trưởng thành tự động và đưa ra cổng thông tin cung cấp số liệu cập nhật theo thời gian thực về diễn biến của sâu keo mùa thu tại Việt Nam. Cụ thể, thiết bị được thiết kế dựa trên bẫy sâu trưởng thành sử dụng pheromone. Các cảm biến được tích hợp vào thiết bị nhằm đếm số lượng sâu trưởng thành bị bẫy và thu thập thông số môi trường, bao gồm nhiệt độ và độ ẩm không khí. Trong điều kiện nhà lưới, thiết bị đếm sâu đã thể hiện tính hiệu quả trong việc bẫy sâu trưởng thành dựa vào pheromone và sự chính xác trong việc đếm sâu bị bẫy. Toàn bộ dữ liệu tại các vị trí đặt bẫy, bao gồm số lượng sâu bẫy theo thời gian thực và thông số môi trường được phân tích bằng công cụ học máy, từ đó cung cấp thông qua trình duyệt web và ứng dụng điện thoại. Kết quả của nghiên cứu này đề xuất một giải pháp hữu hiệu trong việc bẫy và đếm sâu, từ đó đưa ra cảnh báo về sự xuất hiện của sâu keo mùa thu tại Việt Nam.

Từ khóa: Cảm biến, đếm, LoRa, ngô, sâu keo mùa thu, thiết bị.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngô (*Zea mays* L.) được xem là một trong những đối tượng cây trồng quan trọng hàng đầu trên thế giới [1] và ở Việt Nam [2]. Đây là nguồn lương thực chính cho con người, là nguyên liệu sản xuất thức ăn chăn nuôi, đồng thời có thể được sử dụng để cải thiện sản xuất nhiên liệu sinh học [3]. Canh tác ngô bền vững được xem là chiến lược phát triển lâu dài của ngành nông nghiệp, từ đó mang lại hiệu quả kinh tế cho các nông hộ và giải quyết vấn đề an ninh lương thực.

Tuy nhiên cây ngô hiện nay đang chịu ảnh hưởng rất lớn từ các yếu tố bất thuận phi sinh học và sinh học. Trong đó, sâu keo mùa thu (fall armyworm, FAW), điển hình là loài *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith, được ghi nhận là một trong những nhóm sâu

hại có tác động mạnh nhất đến sinh trưởng và phát triển của cây ngô, đặc biệt ở giai đoạn cây non (2 lá đến 3 lá), làm năng suất ngô trung bình hàng năm giảm 21% - 53% ở châu Phi trong giai đoạn năm 2015 - 2017 [4]. Kể từ khi phát hiện tại Việt Nam [5], FAW đã phát tán và lan rộng ra diện tích canh tác ngô tại các tỉnh phía Bắc [6], [7]. Thực trạng này đặt ra vấn đề phải nghiên cứu và phát triển công cụ phát hiện và dự đoán sự xuất hiện của FAW trên đồng ruộng. Dựa trên kiến thức về sự hấp dẫn côn trùng bởi pheromone [8], một số mô hình bẫy pheromone đã được phát triển [9], [10]. Tuy nhiên, các báo cáo về giám sát FAW dựa trên bẫy pheromone trên đồng ruộng vẫn còn hạn chế [11].

Mục tiêu của nghiên cứu này nhằm xây dựng thiết bị đếm FAW tự động và thiết lập cổng thông tin cung cấp diễn biến của FAW tại các tỉnh phía Bắc. Cụ thể, hệ thống đếm FAW được thiết kế dựa trên thiết bị bẫy sử dụng pheromone của FAO (2020) [12] kết hợp với các công nghệ cảm biến và bộ vi xử lý. Sau đó, thiết bị đếm FAW được thử nghiệm chức năng bẫy và đếm sâu trong điều kiện nhà lưới. Cuối cùng, phương thức truyền dữ liệu và cổng thông tin về FAW tại các tỉnh phía Bắc được xây dựng dựa trên số liệu thu được tại hiện trường.

¹ Khoa Điện tử Viễn thông, Trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội

² Khoa Công nghệ Nông nghiệp, Trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội

*Email: trienpm@vnu.edu.vn

³ Học viện Kỹ thuật mật mã

⁴ Khoa Nông học, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

⁵ Ban Khoa học và Hợp tác quốc tế, Viện Khoa học Nông nghiệp Việt Nam

⁶ Công ty Bayer Việt Nam

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

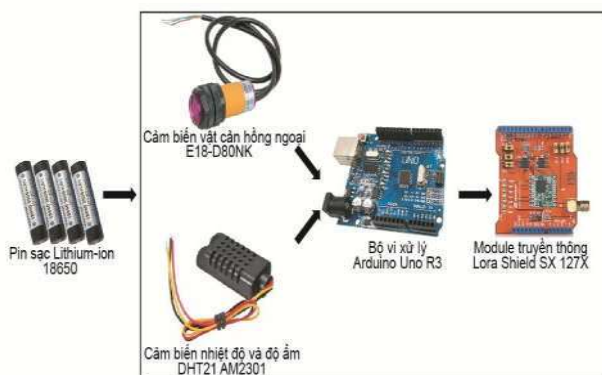
2.1. Vật liệu nghiên cứu

- Các cá thể FAW được nuôi và cung cấp bởi Bộ môn Côn trùng, Khoa Nông học, Học viện Nông nghiệp Việt Nam [6].

- Mô hình FAW theo mô tả của FAO (2020) [12] sử dụng pheromone đặc trưng cho loài *S. frugiperda* [8].

2.2. Phương pháp nghiên cứu

- Phương pháp thiết kế điểm thu thập dữ liệu: mô hình bẫy FAW [12] được sử dụng và tùy chỉnh một số chi tiết để gắn các thiết bị phần cứng (Hình 1). Cụ thể, cảm biến vật cản hồng ngoại (infrared proximity sensor) E18-D80NK và cảm biến nhiệt độ và độ ẩm (temperature và humidity sensor) DHT21 AM2301 được sử dụng để thu nhận thông tin. Bộ vi xử lý (micro - controller) Arduino Uno R3 [13] được khai thác xử lý tác vụ đơn giản của cảm biến theo mô tả trong nghiên cứu của Chen H. và Markham J. (2020) [14]. Bộ thu phát tầm xa (long range transceiver) LoRa Shield SX 127X được sử dụng để truyền tải dữ liệu qua sóng LoRa dựa theo nghiên cứu của Akhter F. và cs (2019) [15]. Theo đó, pin sạc lithium - ion (Lithium - ion battery) 18650 [16] được sử dụng để cung cấp nguồn điện cho hệ thống.



Hình 1. Cấu hình hệ thống đếm FAW

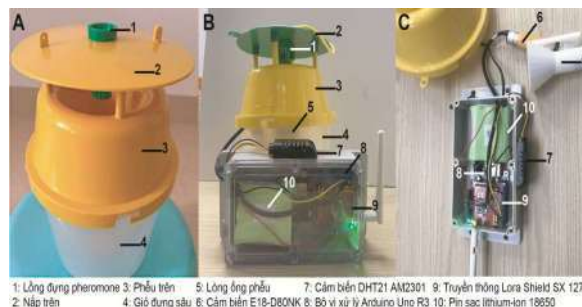
- Phương pháp thử nghiệm đếm sâu trong điều kiện nhân tạo: FAW thu thập và duy trì trong nghiên cứu của Trần Thị Thu Phương và cs (2019) [6] được sử dụng làm vật liệu cho thử nghiệm. Theo đó, sâu được nuôi trong các hộp được bao bọc bằng vải màn (nhiệt độ được duy trì $28 \pm 1^\circ\text{C}$), bổ sung lá ngô làm thức ăn [12]. Sâu đóng kén được chuyển ra nhà lưới có kiểm soát các điều kiện môi trường, tiếp theo, pheromone đặc trưng cho loài *S. frugiperda* [8] được chuẩn bị trong lồng đựng của thiết bị, sau đó bố trí

treo cách mặt đất 1,25 m [12]. Hệ thống đếm được kiểm tra trên giao diện website và đối chiếu với số lượng FAW bẫy.

- Phương pháp xây dựng trạm thu nhận tín hiệu từ mạng cảm biến và lưu trữ dữ liệu đám mây: Cổng nút mạng Dragino LoRa LG01-S được sử dụng để nhận dữ liệu từ các thiết bị đếm FAW thông qua phương thức truyền thông sóng LoRa theo mô tả của M. Pirino và cs (2021) [18]. Theo đó, dữ liệu về số lượng FAW và thông số môi trường theo thời gian thực từ các điểm thu thập truyền đến cổng gateway này được gửi lên trạm lưu trữ đám mây bằng giao thức internet hoặc 3/4/5G. Cuối cùng, một giao diện trực tuyến được thiết kế để biểu diễn số liệu cho người dùng.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Xây dựng mô hình đếm sâu keo mùa thu bằng công nghệ cảm biến

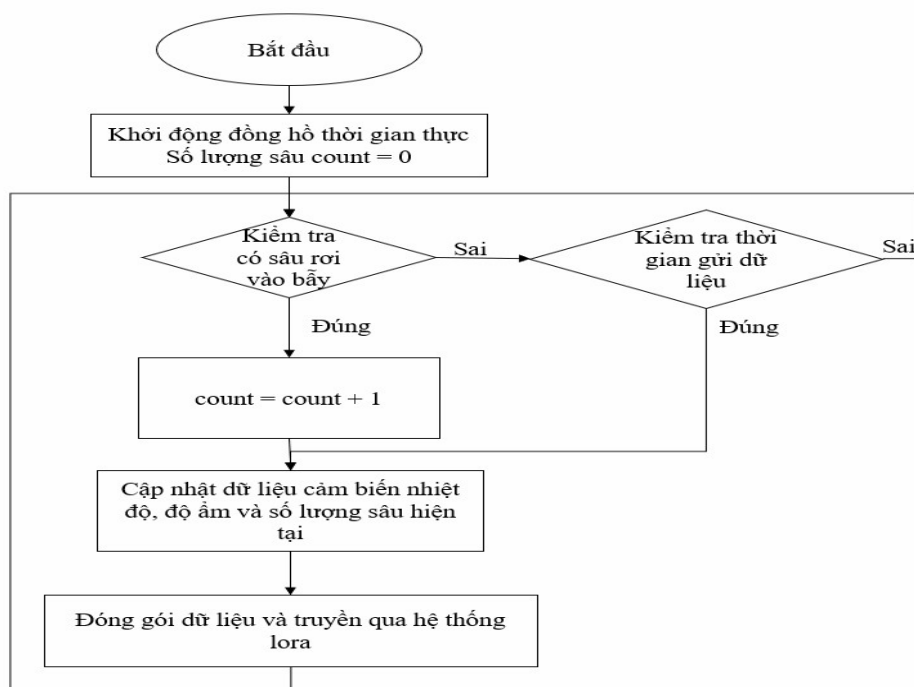


Hình 2. Mô tả chi tiết của hệ thống bẫy sâu keo mùa thu truyền thống (A) và đếm sâu keo mùa thu tự động (B, C)

Để xây dựng thiết bị FAW tự động, hai cảm biến vật cản hồng ngoại E18-D80NK và cảm biến nhiệt độ và độ ẩm DHT21 AM2301 được lựa chọn để tích hợp vào hệ thống bẫy FAW cơ bản [5] nhằm thu thập dữ liệu về sâu và thông số nhiệt độ, độ ẩm của môi trường (Hình 1 và 2). Cụ thể, hệ thống bẫy FAW truyền thống có 4 chi tiết, bao gồm nắp trên, lồng đựng pheromone đặc trưng cho loài *S. frugiperda* [8], phễu trên, ống, phễu dưới (Hình 2A). Theo đó, cảm biến E18-D80NK được tích hợp vào lòng của phễu trên, là nơi bướm FAW bay xuống do hấp dẫn bởi pheromone, qua đó thực hiện chức năng phát hiện bướm FAW. Đồng thời, cảm biến DHT21 AM2301 được gắn vào hộp ngoài chứa các thiết bị phần cứng để thu thập thông số môi trường. Tiếp theo, bộ bo mạch vi xử lý Arduino Uno R3 [13] được sử dụng để nhận dữ liệu của hai cảm biến. Sau đó, dữ liệu được gửi tới bộ thu phát tầm xa LoRa Shield SX

127X [15], tại đây dữ liệu sẽ được mã hóa và gửi đi thông qua sóng LoRa. Pin sạc lithium - ion 18650 [16] được kết nối để cấp nguồn cho hệ thống. Cuối cùng, toàn bộ các thiết bị phần cứng được bố trí trong hộp kỹ thuật chống nước theo tiêu chuẩn IPX6 và định vị vào phần phễu trên và giỏ đựng sâu của hệ thống. Toàn bộ mô tả chi tiết của hệ thống đếm FAW tự động được minh họa ở hình 2B và 2C. Trong nghiên cứu trước đây, các chi tiết phần cứng cấu thành thiết bị đếm FAW cũng đã được ghi nhận trên nhiều hệ thống đếm thông minh. Cụ thể, cảm biến vật cản hồng ngoại có chức năng xác định khoảng cách đến vật cản bằng hồng ngoại, từ đó cho phép thực hiện phép đếm số lượng vật cản chuyển động qua không

gian hẹp, đã được áp dụng rất phổ biến trong thiết bị đếm thức ăn [17] và kiểm soát số lượng người ra vào [18]. Tương tự, bộ vi xử lý Arduino cũng được sử dụng để lập trình tương tác với thiết bị phần cứng. Với lợi thế là một nền tảng phần cứng mã nguồn mở (open - source hardware), Arduino cho phép lập trình bởi người dùng với mục đích khác nhau, điển hình như cảm biến, động cơ, đèn [13]. Trong nghiên cứu này, thuật toán được bộ vi xử lý Arduino thực hiện đếm FAW đã được thiết kế và minh họa ở hình 3. Như vậy, hệ thống đếm FAW hoàn thiện tiếp tục được khai thác để thử nghiệm khả năng đếm sâu trong điều kiện nhà lưới.



Hình 3. Lưu đồ thuật toán tại thiết bị đếm sâu keo mùa thu

3.2. Thử nghiệm khả năng đếm sâu keo mùa thu tự động trong điều kiện nhà lưới

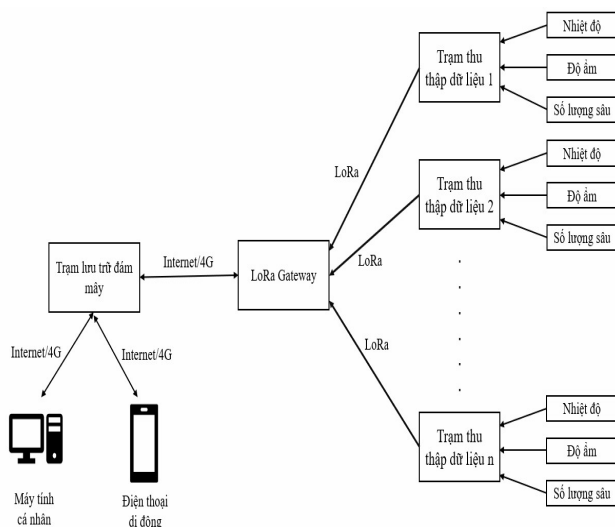
Để đánh giá khả năng đếm FAW của thiết bị, thí nghiệm mô phỏng trong nhà lưới đã được thiết kế. Cụ thể, thiết bị đếm, chứa pheromone dẫn dụ FAW [8] được treo cách mặt đất 1,25 m theo hướng dẫn của FAO (2020) [12]. Sâu giai đoạn trưởng thành (bướm) được thả vào nhà lưới và quan sát. Kết quả theo dõi cho thấy, số lượng sâu trưởng thành bị bắt (7 con) khớp với dữ liệu truyền về từ hệ thống bẫy FAW tự động (Hình 4), đồng thời nghiên cứu không ghi nhận sự xuất hiện của các loài bướm khác trong bình chứa sâu.



Hình 4. Kết quả đếm sâu keo mùa thu trong thiết bị tương ứng dữ liệu trên website

Nghiên cứu đã chỉ ra rằng, thiết bị đếm FAW sử dụng cảm biến vật cản hồng ngoại thể hiện kết quả đếm số lượng sâu bị bẫy chính xác. Kết quả này cho thấy, sử dụng cảm biến vật cản hồng ngoại (đo trong khoảng cách ngắn) là phù hợp với thiết bị đếm FAW, không xảy ra sai số. Bên cạnh đó, các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng, *S. frugiperda* là loài không có tính hướng quang [4], nhưng đặc biệt bị hấp dẫn bởi pheromone [8]. Vì vậy, thiết bị đếm FAW dựa trên sử dụng pheromone mang lại hiệu quả trong việc bẫy. Trong nghiên cứu trước đây, thiết bị đếm dựa trên bẫy pheromone hấp dẫn loài *Matsucoccus thunbergianae* cũng đã được phát triển, các mô hình học máy đã được phát triển để đếm số lượng cá thể bẫy với độ chính xác hơn 95% [9].

3.3. Xây dựng cổng thông tin cung cấp dữ liệu sâu keo mùa thu trên thực địa cho người sử dụng

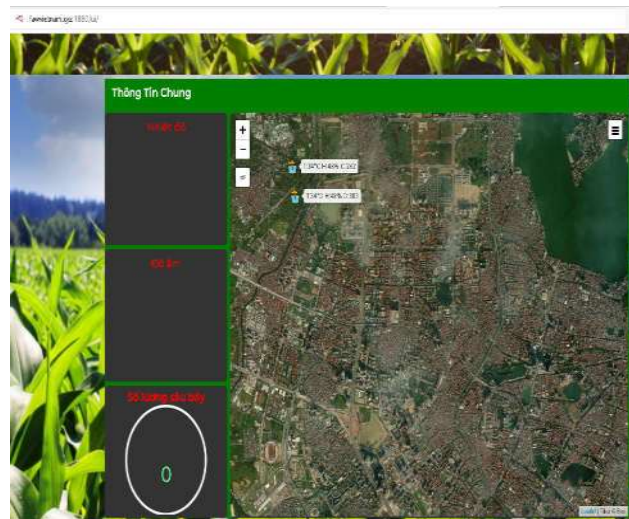


Hình 5. Mô hình hệ thống đếm sâu keo mùa thu tại Việt Nam

Một trong những mục tiêu của nghiên cứu này nhằm xây dựng hệ thống toàn diện cập nhật số liệu về sự xuất hiện của FAW tại các khu vực trồng ngô tại Việt Nam. Cụ thể, các dữ liệu từ các thiết bị đếm của từng vùng được đóng gói và truyền phát thông tin bằng module thu phát tầm xa LoRa Shield SX 127X [15]. Để thu nhận dữ liệu từ nhiều thiết bị đếm FAW, nghiên cứu đã sử dụng bộ nhận dữ liệu Dragino LoRa gateway LG01-S thông qua phương thức truyền thông không dây tầm xa năng lượng thấp (sóng LoRa). Sử dụng sóng LoRa trong truyền tải dữ liệu từ cảm biến cũng được ghi nhận như một phương thức truyền thông phổ biến trong ở các hệ thống quản lý và kiểm soát nông nghiệp [19]. Tiếp theo, toàn bộ dữ liệu về số lượng FAW và thông số

môi trường (nhiệt độ và độ ẩm) theo thời gian thực tại các điểm thu thập tiếp tục được truyền lên trạm lưu trữ đám mây theo phương thức truyền thông sóng Internet hoặc 3/4/5G. Toàn bộ mô hình hệ thống đếm và dự báo FAW được minh họa ở hình 5. Dựa trên số liệu từ các thiết bị đếm FAW được lắp đặt, nghiên cứu đã xây dựng cổng thông tin FAW Vietnam (<http://fawvietnam.xyz:1880/ui>) dựa trên ngôn ngữ lập trình Node-RED để cung cấp một cách toàn diện thông tin về sự biến động (tăng/giảm) của FAW tại Việt Nam, cũng như mối tương quan giữa sự xuất hiện của FAW và điều kiện môi trường (Hình 6).

Tiếp theo, một trong những ưu điểm của hệ thống đếm FAW tự động là hiệu quả đầu tư. Theo đó, các dạng cảm biến, bộ vi xử lý, bộ thu/phát dữ liệu qua sóng LoRa đều là những chi tiết thông dụng, kinh phí đầu tư thấp (một thiết bị đếm FAW tự động có chi phí < 1 triệu đồng), vì vậy phù hợp với điều kiện nghiên cứu ở Việt Nam. Hơn nữa, sử dụng sóng LoRa là một trong những phương thức truyền thông tầm xa, tiết kiệm hiệu năng [17].



Hình 6. Giao diện của cổng thông tin FAW Vietnam

4. KẾT LUẬN

Hệ thống đếm FAW tự động được thiết kế dựa trên cảm biến môi trường và cảm biến vật cản hồng ngoại kết hợp với bộ vi xử lý Arduino. Dữ liệu được thu thập và truyền đến máy chủ thông qua truyền thông tầm xa, tiết kiệm năng lượng giúp hệ thống có thể hoạt động thường xuyên và liên tục ngoài hiện trường.

Thử nghiệm trong điều kiện nhà lưới cho thấy hệ thống đếm FAW dựa trên bẫy pheromone hoạt động ổn định và hiển thị số liệu chính xác.

Nghiên cứu đã xây dựng được cổng thông tin FAW Vietnam cập nhật dữ liệu về điều kiện môi trường và số lượng FAW từ các điểm thu thập. Hệ thống đếm FAW có giá thành rẻ, dễ lắp đặt. Vì vậy phù hợp với điều kiện triển khai hệ thống tại Việt Nam.

Trong thời gian tới, mô hình học máy kết hợp dữ liệu số lượng sâu, điều kiện thời tiết nhằm đưa ra cảnh báo xu hướng gây hại của loài sâu keo mùa thu sẽ tiếp tục được nghiên cứu phát triển.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội theo đề tài mã số CN20.35.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Rouf Shah T., Prasad K., Kumar P. (2016). Maize - A potential source of human nutrition and health: A review. *Cogent Food Agric*, 2 (1): 1166995.
2. Brookes G., Dinh T. X. (2021). The impact of using genetically modified (GM) corn/maize in Vietnam: Results of the first farm - level survey. *GM Crops Food*, 12 (1): 71 - 83.
3. Ranum P., Peña-Rosas J. P., Garcia - Casal M. N. (2014). Global maize production, utilization, and consumption, *Ann N Y Acad Sci*, 1312: 105 - 112.
4. De Groote H., Kimenju S. C., Munyua B., Palmas S., Kassie M., Bruce A. (2020). Spread and impact of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith) in maize production areas of Kenya, *Agric Ecosyst Environ*, 292: 106804.
5. Hang D. T., Lam P. V., Wyckhuys K. A. G. (2020). First record of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae)) on maize in Vietnam. *Zootaxa*, 4772 (2): 4711.
6. Trần Thị Thu Phương, Đỗ Nguyên Hạnh, Hồ Thị Thu Giang, Hà Viết Cường (2019). Identification of invasive species fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) on maize in Ha Noi in spring 2019. *J Plant Protection*, 2: 56 - 68 (in Vietnamese).
7. Lê Xuân Vị, Lê Thị Tuyết Nhung, Kim Thị Hiền, Trịnh Xuân Hoạt (2020). Biological characteristics of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Noctuidae: Lepidoptera) damaged maize. *J Plant Protection*, 6: 33-37 (in Vietnamese).
8. Haenniger S., Goergen G., Akinbuluma D., Kunert M., Heckel G., Unbehend M. (2020). Sexual communication of *Spodoptera frugiperda* from West Africa: Adaptation of an invasive species and implications for pest management. *Sci Rep*, 10 (1): 2892.
9. Hong S. -J., Nam I., Kim S. -Y., Kim E., Lee C. -H., Ahn S., Park I. -K., Kim G. (2021). Automatic pest counting from pheromone trap images using deep learning object detectors for *Matsucoccus thunbergianae* monitoring. *Insects*, 12 (4): 342.
10. Li W., Chen M., Li M., Sun C., Wang L. (2019). Automated counting of sex - pheromone attracted insects using trapped images. *Proceedings of the 11th Conference of International Federation for Information Processing*, 40 - 53.
11. Westbrook J., Nagoshi R., Meagher R., Fleischer S., Jairam S. (2016). Modeling seasonal migration of fall armyworm moths. *Int J Biometeorol*, 60 (2): 255 - 267.
12. FAO (2020). *Manual on integrated fall armyworm management*.
13. Ozer J., Blemings H. (2009). Practical Arduino: Cool projects for open source hardware. Apress Publisher.
14. Chen H., Markham J. (2020). Using microcontrollers and sensors to build an inexpensive CO₂ control system for growth chambers. *Appl Plant Sci*, 8 (10): e11393.
15. Akhter F., Khadivizand S., Siddiquei H. R., Alahi M. E., Mukhopadhyay S. (2019). IoT enabled intelligent sensor node for smart city: Pedestrian counting and ambient monitoring. *Sensors*, 19 (15): 3374.
16. Li B., Parekh M. H., Adams R. A., Adams T. E., Love C. T., Pol V. G., Tomar V. (2019). Lithium - ion battery thermal safety by early internal detection, prediction and prevention. *Sci Rep*, 9 (1): 13255.
17. Pinkston J., Ratzlaff K., Madden G., Fowler S. (2008). An inexpensive infrared detector to verify the delivery of food pellets. *J Exp Anal Behav*, 90 (2): 249 - 255. Perra C., Kumar A., Losito.
18. M., Pirino P., Moradpour M., Gatto G. (2021). Monitoring indoor people presence in buildings using low-cost infrared sensor array in doorways. *Sensors*, 21 (12): 4062.

19. Tsapparellas G., Jin N., Dai X., Fehringer G. (2020). Laplacian scores-based feature reduction in IoT systems for agricultural monitoring and decision-making support. *Sensors*, 20 (18): 5107.

**ESTABLISHMENT OF THE FALL ARMYWORM (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith)
COUNTING SYSTEM FOR MAIZE (*Zea mays* L.) MONITORING IN VIETNAM**

Vu Minh Trung¹, Nguyen Truong Son¹, Chu Duc Ha²,
Do Quang Trung³, Tran Thi Thu Phuong⁴, Ta Hong Linh⁵,
Le Tien Dung⁶, Pham Minh Trien^{2,*}

¹*Faculty of Electronics and Telecommunications Technology, University of Engineering and Technology, VNU*

²*Faculty of Agricultural Technology, University of Engineering and Technology, VNU*

**Email: trienpm@vnu.edu.vn*

³*Academy of Cryptography Techniques*

⁴*Faculty of Agronomy, Vietnam National University of Agriculture*

⁵*Department of Science and International Cooperation, Vietnam Academy of Agricultural Sciences*

⁶*Asia Pacific Row Crop Production for Bayer Crop Science*

Summary

Fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith) has been considered one of the most devastating pests of maize crops (*Zea mays* L.). In Vietnam, the data on the occurrence of fall armyworm population in the field has been not comprehensively reported due to the lack of facilities. In this study, we introduced an automated fall armyworms (adult moths) counting system and a website providing real - time information about fall armyworm in Vietnam have been introduced. Particularly, a counting system has been designed based on the traditional pheromone traps. The sensors have been merged into the instrument to count the frequency of adult moths and together record the temperature and humidity data. In the greenhouse conditions, the specificity of pheromone - based traps and the accuracy of counting function have been exhibited. The whole data, including the real - time amount of trapped insects and environmental conditions, has been analyzed based on the machine - learning method, consequently, send to the Internet browser and applications. Taken together, our study could provide an effective insect counting tool for the forecast of the fall armyworms in Vietnam.

Keywords: *Sensor, count, LoRa, maize, fall autumnworm, instrument.*

Người phản biện: TS. Nguyễn Xuân Thắng

Ngày nhận bài: 20/9/2021

Ngày thông qua phản biện: 20/10/2021

Ngày duyệt đăng: 27/10/2021