TẠP CHÍ
CÔNG NGHIỆP NÔNG THÔN
JOURNAL OF RURAL INDUSTRY
ISSN 1859 - 4026

HỘI CƠ KHÍ NÔNG NGHIỆP VIỆT NAM
Vietnamese Society of Agricultural Engineering (VSAGE)

Số đặc biệt

CƠ GIỚI HÓA NÔNG NGHIỆP

Tháng 9
2025

TẠP CHÍ
CÔNG NGHIỆP NÔNG THÔN
NĂM THỨ MƯỜI BỐN: SỐ 58
NĂM 2025; XUẤT BẢN 4 KỲ/NĂM

HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP
Chủ tịch
GS.TS. NGUYỄN HAY

Phó chủ tịch
TSKH. BẠCH QUỐC KHANG
PGS. TS. PHẠM ANH TUẤN

Ủy viên
TS. LÊ VĂN BẢNH
PGS.TS. NGUYỄN VĂN BÀY
GS. TS. NGUYỄN HUY BÍCH
ThS. NGUYỄN CÔNG BÌNH
GS.TS. PHẠM VĂN CHƯƠNG
PGS. TS. ĐỖ MINH CƯỜNG
KS. LÊ VĂN KẾT
PGS.TS. NGUYỄN DUY LÂM
PGS. TS. LÊ MINH LƯ
TS. NGUYỄN NĂNG NHƯỢNG
PGS. TS. DƯƠNG VĂN TÀI
PGS. TS. LÊ QUỐC THANH
KS. NGUYỄN ĐỨC TUẤN
PGS.TS. NGUYỄN ĐÌNH TÙNG
PGS.TS. LƯƠNG VĂN VƯỢT

TỔNG BIÊN TẬP
TS. LÊ NGỌC ÁNH

PHÓ TỔNG BIÊN TẬP
PGS.TS CHU VĂN THIỆN
THS. NGUYỄN NGỌC BÌNH
TS. NGUYỄN ĐỨC LONG

THƯ KÝ TÒA SOẠN
TS. TRẦN HỒNG THAO

Ủy viên ban biên tập
CỬ NHÂN. ĐỖ NGỌC AN
KS. NGUYỄN THANH DŨNG
KS. NGUYỄN HỒNG DƯƠNG
KS. HÀ ĐỨC HỒ
KS. LÊ QUANG HƯNG

TÒA SOẠN
Số 54, ngõ 102, đường Trường Chinh,
Kim Liên, Hà Nội.
ĐT: 024.38688620;
Email: hcknnvn@gmail.com
Website: www.vsage.vn
Giấy phép số: 106/GP - BVHTTDL
Ngày 26/8/2025

In tại xưởng in NXBNN
ngõ 167 phố Phương Mai, Kim Liên, Hà Nội

MỤC LỤC

Trang

1 - Hồ Văn Dũng, Khương Anh Sơn, Phạm Việt Hùng, Võ Công Anh, Lê Thị Kim Anh, Nguyễn Thanh Cường, Trần Khang: Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo máy ủ tỏi đen tự động với năng suất 10kg/mẻ 3

2 - Nguyễn Văn Giáp, Bùi Duy Ngọc, Nguyễn Trọng Tuân, Cao Chí Công, Lê Thị Hưng, Tô Quốc Huy, Nguyễn Văn Minh, Phạm Đình Mạnh: Kết quả nghiên cứu thiết kế mạch điều khiển và hệ thống sạc điện từ pin năng lượng mặt trời cho thiết bị quang năng phòng trừ côn trùng gây hại cây trồng nông lâm nghiệp 16

3 - Nguyễn Văn Lành, Nguyễn Thanh Nghị, Nguyễn Huy Bích, Phạm Duy Lam, Bùi Hữu Phúc: Thử nghiệm máy phun thuốc, bón phân cho ruộng lúa sử dụng hệ thống di động bằng xích cao su 37

4 - Nguyễn Thanh Phong, Trương Quang Trường, Lê Anh Đức: Kết quả nghiên cứu thực nghiệm xác định phương pháp sấy lá cần tây 49

5 - Nguyễn Đức Thật, Đậu Thế Nhu, Chu Văn Thuận, Đinh Quốc Tuấn, Ngô Vi Bình: Kết quả nghiên cứu thiết kế chế tạo và khảo nghiệm thiết bị vận chuyển buồng chuối trên đường ray treo 57

6 - Nguyễn Đức Thật, Nguyễn Ngọc Tuấn, Chu Văn Thuận, Đinh Quốc Tuấn, Trần Chí Kiên: Kết quả nghiên cứu hệ thống thiết bị cơ giới hóa một số khâu canh tác chuối qui mô tập trung 69

MỤC LỤC

Trang

7 - Đào Duy Vinh, Lê Quang Hiền, Võ Huy Thịnh, Cao Đức Lợi, Võ Thị Yến Nhi: Thiết kế bộ điều khiển tự động và khảo nghiệm ảnh hưởng của tần số dao động đến lực ghim cảm biến độ ẩm vào giá thể, áp dụng trên mô hình rô bốt trong nhà màng 82

8 - Khương Anh Sơn, Hồ Văn Dũng, Võ Văn Thông, Nguyễn Tiến Sỹ: Thiết kế và chế tạo máy đóng bầu ươm cây keo tự động năng suất 500 bầu/h 93

9 - Vệ Quốc Linh, Hồ Văn Dũng, Phan Tôn Thanh Tâm, Phạm Anh Tuấn: Nghiên cứu thiết kế và chế tạo máy thái lá sen tươi (nelumbo nucifera) làm trà tại thành phố Huế 109

10. Lê Quyết Tiến, Nguyễn Văn Thủy, Đặng Văn Đông, Nguyễn Việt Anh; Hoàng Gia Minh: Kết quả nghiên cứu máy thu hoạch tỏi áp dụng cho vùng sản xuất tập trung ở việt nam 119

11 - Nguyễn Văn Tuấn Anh, Nguyễn Văn Lành, Phạm Duy Lam, Nguyễn Nam Quyền, Nguyễn Thanh Nghị: Kết quả khảo nghiệm thiết bị xới đất và làm cỏ cho cây lạc 129

12 - Huỳnh Tiến Trung, Lê Minh Hùng, Lê Văn Quý, Đào Vĩnh Hưng, Huỳnh Công Phóng: Kết quả nghiên cứu, thiết kế, chế tạo và thử nghiệm hệ thống thiết bị cô đặc nước mắm 140

13 - Hoàng Gia Minh, Nguyễn Văn Hiệu, Lê Quyết Tiến: Hiện trạng ứng dụng, thách thức và định hướng phát triển trí tuệ nhân tạo (AI) trong cơ giới hoá nông nghiệp tại việt nam 147

14 - Đỗ Minh Cường, Trần Đức Hạnh, Nguyễn Thanh Cường, Nguyễn Thị Ngọc, Phan Tôn Thanh Tâm, Vệ Quốc Linh, Nguyễn Thanh Quốc, Lê Văn Hòa: Nghiên cứu đề xuất nguyên lý máy đào củ ném trên đất cát ven biển tại thị xã phong điền, thành phố Huế 161

15 - Phạm Ngọc Tuyên, Lê Văn Cường, Trần Nguyên Thương: Kết quả nghiên cứu hoàn thiện hệ thống thiết bị nghiền siêu mịn sản xuất thức ăn cho ong ngoại 175

16 - Nguyễn Đức Vinh, Bùi Thị Minh Tâm, Trần Hồng Thao: Một số kết quả nghiên cứu ban đầu thiết bị thanh trùng nước cam ép bằng điện trường xung (PEF) 186

17 - Nguyễn Đức Long, Nguyễn Việt Anh, Nguyễn Xuân Thủy: Tính toán động lực học dao băm thân, lá dứa 209

18 - Lê Văn Quý, Lê Minh Hùng, Huỳnh Tiến Trung, Đào Vĩnh Hưng, Nguyễn Vĩnh Phúc, Lâm Đông Phố: Nghiên cứu thiết kế, chế tạo thiết bị bóc vỏ dừa khô phục vụ xuất khẩu 213

19 - Nguyễn Trọng Tuân, Bùi Duy Ngọc, Lê Thị Hưng, Cao Chí Công, Nguyễn Văn Giáp Nguyễn Văn Định, Tô Quốc Huy, Nguyễn Văn Minh: Kết quả nghiên cứu tính toán thiết kế, chế tạo thiết bị sấy liên tục ván bóc gỗ rừng trồng công suất 10 m3/ngày 223

20. Trần Võ Văn May, Vệ Quốc Linh, Trần Thanh Quỳnh Anh, Nguyễn Tấn Tài: Kết quả thiết kế, chế tạo và khảo nghiệm máy thái tách gân lá sen để sản xuất bột matcha lá sen Huế 235

21 - Nguyễn Thị Ngọc, Đỗ Minh Cường, Trần Đức Hạnh, Nguyễn Thanh Cường, Trần Võ Văn May, Phan Tôn Thanh Tâm, Vệ Quốc Linh, Phạm Đình Hưng: Một số kết quả thực nghiệm máy chẻ sợi nan tre tại huyện quảng điền, thành phố Huế 248

22 - Lê Anh Đức, Nguyễn Văn Nhanh, Nguyễn Thanh Tân, Phạm Văn Kiên: Nghiên cứu thực nghiệm sấy trái sa kê thái lát bằng bơm nhiệt kết hợp bức xạ hồng ngoại 260

23 - Trần Đức Tuấn, Vũ Hữu Hoàng, Nguyễn Xuân Biên, Ngô Văn Phương, Trần Văn Hoàn, Mai Văn Hởi: Bài báo: "nghiên cứu một số thông số chính của máy bóc vỏ xanh quả mắc ca" 270

24- Lê Quyết Tiến, Nguyễn Xuân Biên, Nguyễn Văn Thủy, Đặng Văn Đông, Hoàng Gia Minh: Kết quả nghiên cứu ứng dụng cơ giới hóa đồng bộ sản xuất hành củ, tỏi tại vùng sản xuất tập trung 287

NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ, CHẾ TẠO MÁY Ủ TỎI ĐEN TỰ ĐỘNG VỚI NĂNG SUẤT 10KG/MẺ

Hồ Văn Dũng[1], Khương Anh Sơn[1], Phạm Việt Hùng[1], Võ Công Anh[1], Lê Thị Kim Anh[1], Nguyễn Thanh Cường[1], Trần Khang[2]

TÓM TẮT

Mục đích của nghiên cứu này là xây dựng quy trình ủ tỏi đen dựa trên việc lựa chọn các thông số kỹ thuật phù hợp trong máy ủ bao gồm: nhiệt độ, độ ẩm và thời gian ủ. Đồng thời, nghiên cứu, thiết kế, chế tạo máy ủ tỏi đen tự động với năng suất 10kg/mẻ. Chất lượng tỏi đen được đánh giá trên các tiêu chí cảm quan: màu sắc, mùi, vị và độ mềm, cũng như hình dạng tép tỏi. Máy được thiết kế dựa trên nguyên lý gia nhiệt kết hợp tạo độ ẩm bằng hơi nước. Hệ thống lò ủ được thiết kế bằng phần mềm Inventor 2018, được theo dõi bằng phần mềm Blynk phiên bản 2.0 cài đặt trên điện thoại để điều chỉnh thông số kỹ thuật phù hợp. Kết quả đánh giá cảm quan cho thấy, tỏi đen sau khi ủ 30 ngày đáp ứng thị hiếu của người tiêu dùng. Đồng thời, qua quá trình khảo nghiệm máy ủ tỏi đen chỉ ra máy ủ có thể hoạt động với năng suất 10kg/mẻ, đáp ứng các tiêu chuẩn về an toàn lao động, hiệu suất đạt 80%, sản lượng theo thông số đã cài đặt, hoạt động ổn định, chính xác và phù hợp với yêu cầu kỹ thuật đề ra.

Từ khóa: Tỏi đen, máy ủ tỏi đen, phần mềm Blynk, phần mềm Inventor, điều khiển nhiệt độ,

RESEARCH, DESIGN, AND FABRICATION OF AN AUTOMATIC BLACK GARLIC FERMENTER WITH A CAPACITY OF 10 KG PER BATCH;

ABSTRACT.

The purpose of this study is to develop a black garlic fermentation process by selecting appropriate technical parameters in the fermentation machine, including temperature, humidity, and fermentation time. Additionally, the study aims to research, design, and fabricate an automatic black garlic fermenter with a capacity of 10 kg per batch. The quality of the black garlic is evaluated based on sensory criteria: color, aroma, taste, softness, and clove shape. The machine is designed based on the principle of heat generation combined with steam-based humidity control. The fermentation chamber is designed using Inventor 2018 software and monitored via the Blynk application (version 2.0) installed on a smartphone to adjust the technical parameters accordingly. Sensory evaluation results show that the black garlic fermented for 30 days meets consumer preferences. Moreover, machine testing indicates that the fermenter can operate with a capacity of 10 kg per batch, meets occupational safety standards, achieves 80% efficiency, produces output consistent with preset parameters, and operates stably, accurately, and in accordance with the specified technical requirements.

Keywords: Black garlic, black garlic fermentation machine, Blynk software, Inventor software, temperature control

[1]Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế
[2]Công ty Idea Technology Solutions, Đà Nẵng

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tỏi được trồng phổ biến ở nước ta, nhưng nổi bật nhất là giống tỏi ở huyện đảo Lý Sơn tỉnh Quãng Ngãi, giống tỏi Phan Rang, và giống tỏi Bắc Giang. Tỏi đen là sản phẩm lên men từ tỏi tươi ở điều kiện nhiệt độ dao động từ 50-70°C và độ ẩm 5% trong thời gian 1-2 tháng phụ thuộc vào thiết bị lên men. Sản phẩm tỏi đen thu được có cấu trúc dẻo, màu đen, giảm mùi hăng, có hương vị trái cây sấy và có vị ngọt [1]. Các hợp chất hữu cơ chứa lưu huỳnh và enzyme có hoạt tính sinh học là những thành phần chính trong tỏi, góp phần quyết định đến giá trị sinh học của loại thực phẩm này [2]. Quá trình tạo tỏi đen từ tỏi tươi thực chất là quá trình lên men, dựa vào tác động của nhiệt, ẩm và men. Trong quá trình này sự biến đổi và tạo thành các chất mới trong tỏi phụ thuộc vào thời gian và chịu ảnh hưởng của cả 3 yếu tố trên. Do đó nghiên cứu về máy ủ tỏi đen đang được quan tâm ở trong nước và quốc tế.



Hình 1. Tép tỏi đen [3]



Hình 2. Tỏi đen [4]

Ở trong nước, nhóm tác giả Vũ Bình Dương và cs. đã có triển khai đề tài *"Nghiên cứu lên men tỏi đen từ tỏi Lý Sơn Quảng Ngãi"* [1]. Theo nghiên cứu này, nhóm cũng đã thiết kế và lắp đặt được hệ thống lên men sản xuất tỏi đen quy mô 1500/kg, vận hành quy trình sản xuất ổn định. Kết quả cho thấy quy trình đi vào hoạt động ổn định và nhóm đã tiến thành sản xuất được khoảng 50 tấn tỏi đen. Nhóm tác giả Nguyễn Đức Vượng và cs. với đề tài *"Nghiên cứu hoàn thiện quy trình lên men tỏi đen từ tỏi trắng"*. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giải tập trung hoàn thiện quy trình lên men tự nhiên tỏi đen, đồng thời phân tích hàm lượng các hợp chất trong tỏi đen và tỏi trắng nhằm đánh giá mức độ phù hợp của quy trình [2]. Ngoài ra, nhóm tác giả Nguyễn Huy Thuần và cs. cũng đã nghiên cứu đề tài *"Quá trình lên men, thành phần hóa học và giá trị dinh dưỡng của tỏi đen"*. Bài báo này tổng hợp một số đặc điểm quá trình lên men, thành phần hóa học và giá trị dinh dưỡng của tỏi đen [3]. Nhóm tác giả Nguyễn Thị Tình và cs. cũng đã có đề tài *"Nghiên cứu một số yếu tố ảnh hưởng đến quá trình lên men tỏi đen từ giống tỏi bản địa Đồng Mu Cao Bằng"*. Thông qua kết quả nghiên cứu, nhóm tác giả đã xác định được nhiệt độ thích hợp để lên men tỏi đen, thời gian và phụ gia lên men tỏi đen [4].

Trên thế giới, từ năm 2005, tỏi đen được nghiên cứu thành công bởi các chuyên gia Nhật Bản. Theo nghiên cứu của Jiniti Sasaki và cs. tại Đại học Hirosaki, tỏi đen đã chứng minh hiệu quả mạnh mẽ trong việc chống khối u trên mô hình chuột. Các tác dụng nổi bật bao gồm: tăng cường hệ miễn dịch, chống dị ứng, diệt khuẩn, chống oxy hóa, phòng ngừa ung thư, giảm cholesterol, hỗ trợ kiểm soát huyết áp và tiểu đường [12]. Một nghiên cứu khác của nhóm tác giả Wen-Chang Chang và cs. Đại học Đài Loan với đề tài *"Tối ưu hóa phương pháp chế biến tỏi đen và phát triển sản phẩm mứt tỏi đen sử dụng công nghệ xử lý áp suất cao HPP"*. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả phân tích các tác dụng có lợi của tỏi đen dưới các điều kiện chế biến phù hợp cho tỏi đen và làm rõ tác dụng có lợi sau 30 ngày lên men [13]. Một nghiên cứu khác của nhóm tác giả Fangwei Li và cs. với đề tài *"Nghiên cứu*

phản ứng Maillard để nâng cao chất lượng sản phẩm thông qua tiền xử lý áp suất cao trong quá trình chế biến tỏi đen". Trong nghiên cứu này, nhóm đã áp dụng tiền xử lý tỏi đen bằng áp suất cao từ đó giúp rút ngắn thời gian sản xuất tỏi đen từ 24 ngày xuống còn 15 ngày, chất lượng tỏi đen đạt tiêu chuẩn thương mại [14].

Dựa trên tổng quan nghiên cứu thiết kế máy ủ tỏi đen ở Việt Nam và trên thế giới, việc sử dụng phương pháp lên men tỏi đen bằng nồi cơm điện là phổ biến. Cách sử dụng, vận hành cũng như quá trình điều khiển nhiệt độ, độ ẩm còn thủ công nên cho ra sản phẩm không đạt chất lượng cao, năng suất thấp. Những hộ sản xuất kinh doanh thì cần phải sử dụng đến những chiếc máy có công suất cao nhưng đa phần được nhập khẩu với chi phí khá cao. Từ những hạn chế chưa hoàn thiện, nhóm nghiên cứu đề xuất đề tài khoa học **"***Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo máy ủ tỏi đen tự động năng suất 10kg/mẻ"* để thiết kế điều khiển giám sát nhiệt độ, độ ẩm cho lò ủ tỏi áp dụng cho hộ gia đình, cơ sở chế biến và kinh doanh. Đồng thời việc ứng dụng máy móc vào sản xuất sẽ góp phần giảm thiểu chi phí sản xuất, và nâng cao năng lực cạnh tranh.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Phương pháp nghiên cứu của đề tài bao gồm phương pháp nghiên cứu lý thuyết bao gồm thu thập thông tin, kế thừa từ các tài liệu của các tác giả trong và ngoài nước, phương pháp nghiên cứu thực nghiệm trên máy, đồng thời đánh giá cảm quan trên sản phẩm tỏi đen. Ngoài ra, đề tài còn sử dụng đánh giá mức độ yêu thích sản phẩm áp dụng theo thang đo Likert 5 mức độ.

2.1. Qui trình lên men tỏi tươi

Các bước quy trình lên men tỏi tươi bao gồm: Chuẩn bị tỏi tươi, sau đó là công đoạn lựa chọn, phân loại chọn những củ tỏi đạt tiêu chuẩn về kích thước, chất lượng. Bước tiếp theo là làm sạch tỏi, rửa sạch bụi bẩn, tạp chất rồi để khô tự nhiên hoặc bằng quạt. Quá trình quan trọng là lên men, sử dụng điều kiện nhiệt độ và độ ẩm thích hợp để tỏi chuyển hóa thành tỏi đen. Bước cuối cùng là làm mát, sấy khô. Trong quá trình điều khiển thì nhiệt độ của lò dao động trong khoảng: 65-75 ^{0}C, độ ẩm khoảng 65-85 %, và thời gian lên men khoảng 25-30 ngày [1], [2].

2.2. Cơ sở tính toán nhiệt cho quá trình ủ

Các biểu thức và công thức cơ sở tính toán nhiệt cho quá trình ủ được tham khảo theo giáo trình *Tính toán thiết kế hệ thống sấy* của Trần Văn Phú và *Kỹ thuật sấy* của Trần Văn Nhân [5], [6].

2.2.1. Tính lượng nhiệt cấp cho lò ủ

Hàm lượng ẩm của không khí được tính theo biểu thức (1)

$$D = 0{,}622 \times \frac{\varphi . p_{bh}}{p - \varphi_{bh}} \text{ (Kg hơi nước/Kg không khí kh} \quad (1)$$

Trong đó: p_{bh}: áp suất riêng phần của hơi nước trong hỗn hợp của không khí ẩm ở điều kiện bảo hòa [mmHg]; p: áp suất khí quyển, p = 760 mmHg; φ: độ ẩm không khí [%]. Với φ= 65 % và nhiệt độ của không khí được gia nhiệt cho lò t = 70°C, tra bảng nước và hơi nước bảo hòa theo nhiệt độ được P_{bh1} = 0,3117 bar, thay vào biểu thức (1) ta được D = 0,1617 [Kg hơi nước/Kg không khí khô].

-Khối lượng riêng của không khí khô được tính theo biểu thức (2)

$$\rho_k = \frac{p}{\left(R_{kh} + R_h \cdot \frac{d}{1000}\right) x\,(273+t)} \qquad (kg/m^3) \quad (2)$$

Trong đó: p: áp suất không khí ẩm; p = 745 [mmHg]; R_{kh}: hằng số khí của không khí khô với R_{kh}= 287 [J/kgK]; R_h: hằng số khí của hơi nước với R_h= 462 [J/kgK]; t:

nhiệt độ thích hợp để cung cấp cho lò để lên men tỏi là 70[°C] tức là t = 343 K. Thay số, tính được khối lượng riêng ρ_k=1.009 [kg/m^3].

2.2.2. Tính lượng ẩm bốc hơi và nhiệt lượng cung cấp cho lò ủ

Với các kích thước ban đầu ta đặt ra điều kiện buồng ủ có thể tích V = 0,09 m^3; không khí trong buồng có độ ẩm tỉ đối f_1= 65 %, nhiệt độ môi trường 30 °C. Khi đó, cần tính lượng nước cần bay hơi để độ ẩm đạt f_2 = 75 %. Từ độ ẩm cực đại của không khí với t = 30°C tra bảng độ ẩm không khí được khối lượng hơi nước bão hòa D_{bh} = 30,29 g/m^3.

Độ ẩm tuyệt đối của không khí trong buồng ủ tỏi lúc đầu và lúc sau được tính theo biểu thức số (3) và số (4).

$$a_1 = f_1 \times D_{bh} \quad (3)$$

$$a_2 = f_2 \times D_{bh} \quad (4)$$

Thay số tính được a_1 = 19,68 g/m^3 và a_2= 22,71 g/m^3;

- Lượng hơi nước cần thiết được tính theo biểu thức số (5)

$$m = (a_2 - a_1) \times V \quad (5)$$

Trong đó: Các giá trị a_1 và a_2 đã tính được ở biểu thức (3) và (4); V được cho giá trị ban đầu dựa vào kích thước của buồng ủ. Từ đó, tính được lượng nước bay hơi m = 0,27 g.

- Khối lượng của các vách bên trong buồng ủ được tính theo biểu thức số (6)

$$m = (t \times w \times L \times Z) \times 2 \quad (4)$$

Với tấm kim loại có kích thước như sau: t: độ dày của tấm, t= 0,8 [mm]; w: chiều rộng của tấm, w = 0,31 [m]; L: chiều dài của tấm, L= 0,645 [m]; Z: tỷ trọng của thép không gỉ với vật liệu Inox 304, Z = 7,93 g/m^3. Thay số tính được $m_{vachben}$ = 2,52 kg.

- Khối lượng vách sau và trên của buồng ủ được tính theo biểu thức số (7)

$$m = T \times W \times L \times Z \quad (7)$$

Với các kích thước vách sau tấm kim loại như sau: t: độ dày của tấm, t = 0,8 [mm]; w: chiều rộng của tấm, w = 0,45 [m]; L: chiều dài, L= 0,645 [m]. Từ đó tính được khối lượng vách sau $m_{vachsau}$ = 1,84 kg và khối lượng vách trên $m_{vachtren}$ = 1,76 kg. Do đó, tính được tổng khối lượng các vách chịu nhiệt của buồng ủ là:

$\sum_m = m_{vachben}+m_{vachsau}+m_{vachtren}$ được giá trị là 6,12 [kg].

- Để tính nhiệt lượng cần đủ để đun nóng bốc hơi 0,5 l nước tạo ẩm trong buồng ở nhiệt độ là 25[°C] đến 70[°C], nhiệt dung riêng của vật liệu Inox 304 là 460 [J/kg. ^{0}C], của nước là 4200 [J/kg. ^{0}C] . Nhiệt lượng tỏa ra của kim loại, của nước được tính theo biểu thức số (8) và số (9).

$$Q_1 = m_1.C_1.\Delta t \quad (8)$$

$$Q_2 = m_2.C_2.\Delta t \quad (9)$$

Trong đó: Q: là nhiệt lượng toả ra [J]; m: là khối lượng của vật [kg]; C: là nhiệt dung riêng của vật liệu cấu tạo nên vật [J/kg.^{0}C]; t_1: là nhiệt độ ban đầu [^{0}C]; t_2: là nhiệt độ sau [^{0}C]. Thay số tính được Q_1= 126684 J và Q_2= 94500 J.

-Nhiệt lượng tối thiểu dùng để đun nóng nước theo biểu thức số (10)

$$Q = Q_1 - Q_2 \quad (10)$$

Thay số tính được Q = 10 W. Nhiệt lượng để đun nóng 0,5 (l) nước, với điện áp và công suất của tấm gia nhiệt là: U =12 V, P = 280 W được tính theo định luật Jun-Lenxơ theo biểu thức số (11)

$$Q_{tỏa} = I^2.R.t = U.I.t \quad (11)$$

với U = 12 V; I = P/U = 280/12 = 70/3 A. Thay số, tính được $Q_{tỏa}$ = 94500 J. Từ đó ta có t = 337,5 s. Do đó thời gian để đun nóng 0,5 l nước là 5 ph 63 s.

2.2.3. Xác định lượng ẩm bốc hơi và khối lượng tỏi đen sau khi ủ

Hệ thống ủ được tính toán thiết kế với năng suất 10 kg/mẻ. Lượng ẩm bốc hơi khi sấy ở cuối quá trình lên men với độ ẩm trung bình ban đầu là ω_1 = 60 % và độ ẩm sau khi ủ lên men tỏi đen là ω_2 = 43,9 %. Với yêu cầu đặt ra năng suất lò ủ G_1 = 10 kg/mẻ và dự kiến thời gian ủ lên men là 30 ngày/mẻ. Lượng ẩm bốc hơi được tính theo công thức số (12)

$$G_{H2O} = G_1.\frac{w_1 - w_2}{100 - w_1} \quad (12)$$

Thay số tính được G_{H2O}= 4,025 kg/mẻ. Từ đó tính được khối lượng tỏi đen sau khi ủ được theo biểu thức số (13)

$$G_k = G_1 - G_{H2O} \quad (13)$$

Thay số tính được G_k= 5,975 kg/mẻ.

2.3. Tính toán thiết kế lò ủ tỏi đen

Các lại máy ủ tỏi đen được ứng dụng trong công nghiệp bao gồm các phần cơ bản sau: Thiết bị cung cấp nhiệt, buồng ủ, thiết bị quạt gió, hệ thống điều khiển. Để tính toán các thông số của quá trình ủ ta cần xác định độ ẩm ban đầu của vật liệu, nhiệt độ cho phép cho vật liệu, kích thước và khối lượng sản phẩm, các thông số của không khí xung quanh và thời gian ủ của sản phẩm.

2.3.1. Tính toán khung và vỏ của lò

a. Tính toán kích thước khung, vỏ và lựa chọn dạng vật liệu

Khung lò ủ được xây dựng theo Hình 4 và có kích thước bao gồm chiều dài 500 mm, chiều rộng 335 mm, chiều cao 695 mm. Lựa chọn vật liệu Inox 304 hộp vuông 25 × 25 × 2 mm. Tổng diện tích xung quanh tường của lò ủ được tính theo biểu thức số (14)

$$F_t = 2(H.B + H.L + B.L) \quad (14)$$

Thay số tính được F_t= 1,495 m^2;

b. Xác định kết cấu và bố trí lớp cách nhiệt

Lớp cách nhiệt có vai trò rất quan trọng trong lò ủ, để đảm bảo khả năng giữ nhiệt tránh nhiệt thất thoát ra môi trường bên ngoài. Để sử dụng cho lò ủ ta chọn tấm cách nhiệt Glassswool với độ dày 25 mm, kết hợp với 2 tấm tôn Inox 304 với bề dày là 0,8 mm.

2.3.2. Tính toán lò ủ

Dựa vào kích thước cơ bản của lò bao gồm *c*hiều cao của buồng ủ H = 645 mm, chiều rộng của lò ủ B = 310 mm, chiều dài của lò ủ L = 450 mm. Tổng diện tích bao quanh F_t và diện tích nền F_n và diện tích trần, F_{tr} của lò ủ được tính theo biểu thức số (15) và (16) và (17)

$$F_t = 2(H.B + H.L) \quad (15)$$

$$F_{nen} = B.L \quad (16)$$

$$F_{tran} = L.B \quad (17)$$

Thay số ta tính F_t = 0,98 m^2, F_{nen} = 0,14 m^2, F_{tran}= 0,14 m^2;

2.3.3. Tính toán khay chứa nguyên liệu ủ

a. Tính toán kích thước khay

Để xác định kích thước của khay chứa vật liệu cần biết kích thước củ tỏi và khoảng cách giữa các củ tỏi. Việc lựa chọn kích thước và vật liệu chế tạo khay phải phù hợp với các yêu cầu về khả năng giữ nhiệt, truyền, thoát nhiệt, không bị ăn mòn, không làm ảnh hưởng đến chất lượng của sản phẩm ủ. Đối với lò ủ tỏi với năng suất là 10 kg/mẻ lựa chọn bố trí 4 khay chứa vật liệu với khối lượng mỗi khay sẽ là 2,5 kg/khay. Các thông số tỏi trắng Lý Sơn được mô tả theo Bảng 1:

Bảng 1. *Các thông số của tỏi trắng [7]*

Tỏi trắng	Độ ẩm (%)	Khối lượng riêng (kg/m^3)	Nhiệt dung riêng (J/kg.k)	Hệ số dẫn nhiệt (W/m.k)	Kích thước loại lớn (củ)	Kích thước loại TB (củ)	Kích thước nhỏ (củ)
1 kg	62,6	964	3140	0,51	86	110	155

Năng suất ủ một mẻ là 10 kg tương ứng với 860 củ, nên 1 khay ủ 2,5 kg sẽ chứa khoảng 310 củ. Chọn kích thước khay gồm chiều dài 450 mm, chiều rộng 300 mm. Khối lượng mỗi khay khoảng 0.3 kg/khay, như vậy đưa vật liệu lên khay thành 1 lớp có khối lượng kể cả vật liệu ủ là g_k = 2.8 kg/khay. Do đó khi ủ 10 kg tỏi thì cần đến 4 khay.

- Thể tích của vật liệu được tính theo biểu thức số (18)

$$V_{vl} = \frac{G_k}{\rho_{vl}} \quad (18)$$

Trong đó: G_k: là khối lượng sản phẩm ra [g]; ρ_{vl}: là khối lượng riêng của vật liệu, ρ_{vl}= 964 [kg/m^3]. Thay số tính được V_{vl}= 0.0062 m^3.

- Thể tích phần chất vật liệu trong buồng ủ được tính theo công thức số (19) và (20)

$$V_m = \frac{V_{vl}}{\beta_v} \quad (19)$$

Mặt khác ta có: $$V_m = l_{kh}.b_{kh}.h_{kh} \quad (20)$$

Thay số tính được V_m = 0,062 m^3;

- Chiều cao phần chất vật liệu và diện tích của khay ủ được tính theo công thức (21) và (22)

$$H_{kh} = V_m / l_{kh1}.b_{kh1} \quad (21)$$

$$F_{kh1} = b_{kh1} . \ l_{kh1} \quad (22)$$

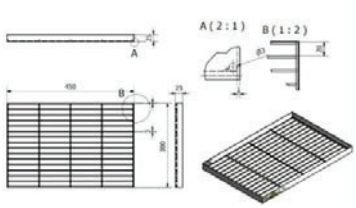
Thay số, tính được H_{kh}= 0,45 m, và F_{kh}= 0,135 m^2.

b. Tính toán kích thước lỗ khay, khoảng cách giữa các khay chứa

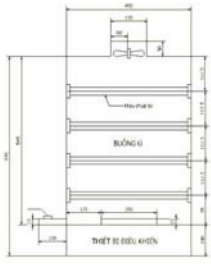
Kích thước của lỗ khay phù thuộc vào kích thước của tỏi trắng, để đảm bảo cho khả năng chịu nhiệt độ cao và củ không bị rơi trong quá trình ủ. Đồng thời đảm bảo được khả năng thông thoáng, trao đổi nhiệt, thoát ẩm nên chọn vật liệu Inox 304 với kích thước lỗ khay là 20 mm.



Hình 3. *Kích thước của khung lò ủ*



Hình 4. *Kích thước khay ủ*



Hình 5. *Bố trí khay trong buồng ủ*

Khoảng cách giữa các khay có ý nghĩa rất quan trọng trong quá trình trao đổi nhiệt và thoát ẩm cũng như quá trình cấp tháo vật liệu trong lò ủ. Theo kích thước như Hình 5 của lò ủ với chiều cao phần chất vật liệu 450 mm chọn khoảng cách giữa các khay là 112.5 mm và khoảng cách so với đáy đến khay là 195 mm.

2.3.4. Lựa chọn hệ thống thông khí

Hệ thống thông khí được chia thành 2 phần quạt gió và lỗ thoát khí. Lỗ hút và thoát khí ở đây được đặt ở mặt bên, để quá trình lưu thông không khí tự nhiên, khí nóng bốc ra ngoài dễ dàng, tránh ứ đọng gây nhiệt độ cao cục bộ. Quạt bố trí ở trên trần buồng ủ và theo yêu cầu bản vẽ thiết kế. Với năng suất 10 kg/mẻ, sử dụng quạt gió có thông số 220÷240 V, tần số 50÷60 Hz, dòng điện 0.11 A, kích thước $93 \times 93 \times 39$ mm.

2.3.5. Hệ thống tạo ẩm

Hệ thống tạo ẩm đảm bảo cung cấp hơi ẩm cho môi trường bên trong lò, điều hòa độ ẩm trong phạm vi nhất định. Vì lò ủ tỏi với công suất 10 kg/mẻ nên ta cho nước vào nền đáy của lò hoặc dùng khay nước đặt trong lò để cung cấp đủ độ ẩm trong quá trình lên men khoảng 75 %.

2.3.6. Lựa chọn, thiết kế cho hệ thống nhiệt độ

Hệ thống cấp và ổn định nhiệt bao gồm các thiết bị: "Cảm biến nhiệt, bộ điều khiển, đèn hồng ngoại halogen". Lò ủ tỏi đen được thiết kế sử dụng đèn hồng ngoại halogen làm nguồn cung cấp nhiệt và được quạt tản nhiệt chi phối nhiệt cho buồng lên men tỏi. Cảm biến nhiệt hoạt động sẽ nhận tín hiệu là nhiệt độ trong buồng ủ và truyền tín hiệu về bộ điều khiển nhiệt độ làm đóng, ngắt đèn hồng ngoại đang đốt nóng ở nhiệt độ nhất định.

2.4. Tính công suất điện năng tiêu thụ

Công suất tiêu thụ điện năng của lò ủ tỏi đen được tính dựa vào công suất tiêu thụ của 3 thiết bị phụ trợ chính là đèn hồng ngoại halogen, quạt và cảm biến nhiệt độ. Dựa vào công suất của đèn hồng ngoại halogen gia nhiệt, công suất quạt, và công suất cảm biến nhiệt độ, tính được tổng công suất tiêu thụ điện năng của lò ủ tỏi P_{tt} = 522 Wh.

2.5. Phương pháp đánh giá mức độ yêu thích sản phẩm

Để đánh giá mức độ yêu thích sản phẩm áp dụng theo thang đo Likert, tiến hành đánh giá mức độ yêu thích sản phẩm tiến hành

trên 30 tình nguyện viên. Trong đó, người tham gia sẽ đánh giá các tiêu chí màu sắc, mùi hương, trạng thái, hình thức sản phẩm và tính tiện lợi thông qua phiêu khảo sát được thể hiện theo Bảng 2

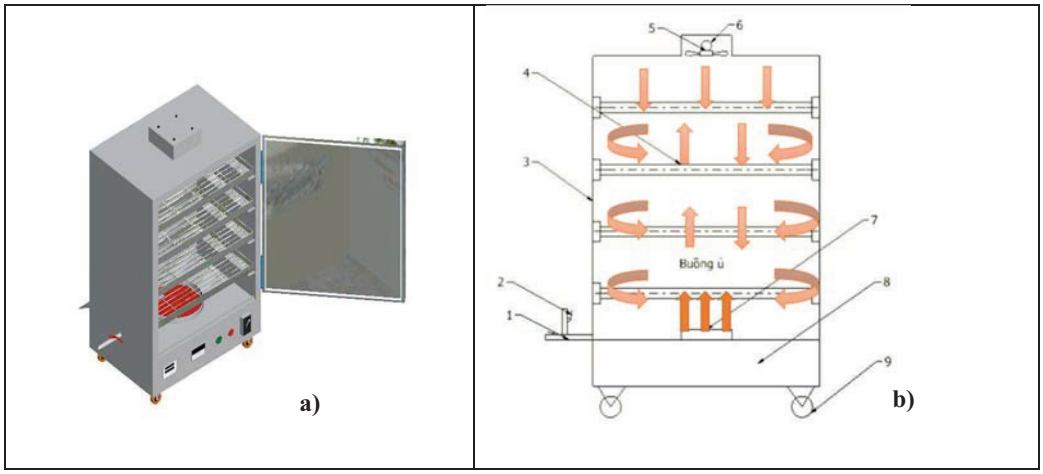
. ***Bảng 2.*** *Thang đo Likert [15]*

Điểm	***5***	***4***	***3***	***2***	***1***
Mô tả	Rất tốt	Tốt	Trung bình	Kém	Rất kém

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Thiết kế phần cơ khí

Mô hình 3D của máy ủ tỏi đen được thiết kế bằng phần mềm Inventor 2018 như Hình 6-a, và Hình 6-b. Thiết bị buồng ủ hoạt động dựa trên nguyên lý đối lưu cưỡng bức và tuần hoàn nhiệt ẩm nhằm đảm bảo môi trường ổn định cho quá trình ủ diễn ra đồng đều. Bộ phận gia nhiệt (8) nằm ở đáy buồng ủ, sẽ làm nóng không khí bên trong buồng ủ. Quạt gió giúp hút khí nóng và phân phối đều lên các tầng trong buồng ủ thông qua hệ thống đối lưu cưỡng bức. Luồng khí nóng di chuyển theo chiều lên trên và lan tỏa ngang qua các tầng chứa nguyên liệu (4) nhờ hệ thống ống dẫn và các khe hở. Thiết bị cảm biến nhiệt và ẩm (5) và (6) liên tục đo lường thông số trong buồng ủ. Khi nhiệt độ hoặc độ ẩm vượt ngưỡng, hệ thống điều khiển (2) sẽ tự động điều chỉnh công suất gia nhiệt hoặc tắt/mở quạt gió để duy trì mức cài đặt mong muốn.



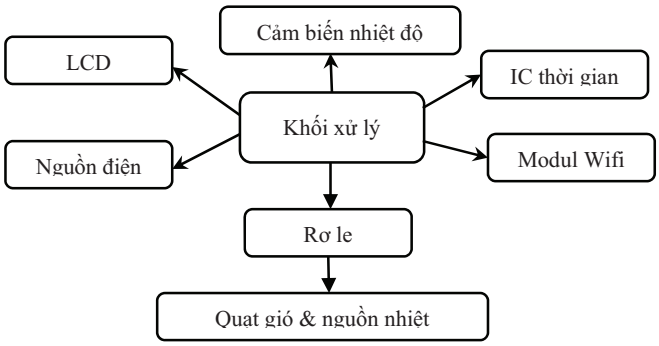
Hình 6. *Mô hình 3D của máy ủ tỏi đen*

a) Toàn bộ máy ; b) Hình mô tả vị trí các chi tiết và đường đi dòng nhiệt

1- Công tắc nguồn, 2- Bảng điều khiển, 3- Cửa buồng ủ, 4- Khay chứa tỏi, 5 - Quạt gió và cảm biến nhiệt ẩm, 6 - Ống thoát khí, 7- Khay nước tạo độ ẩm, 8 - Bộ phận gia nhiệt, 9 - Bánh xe

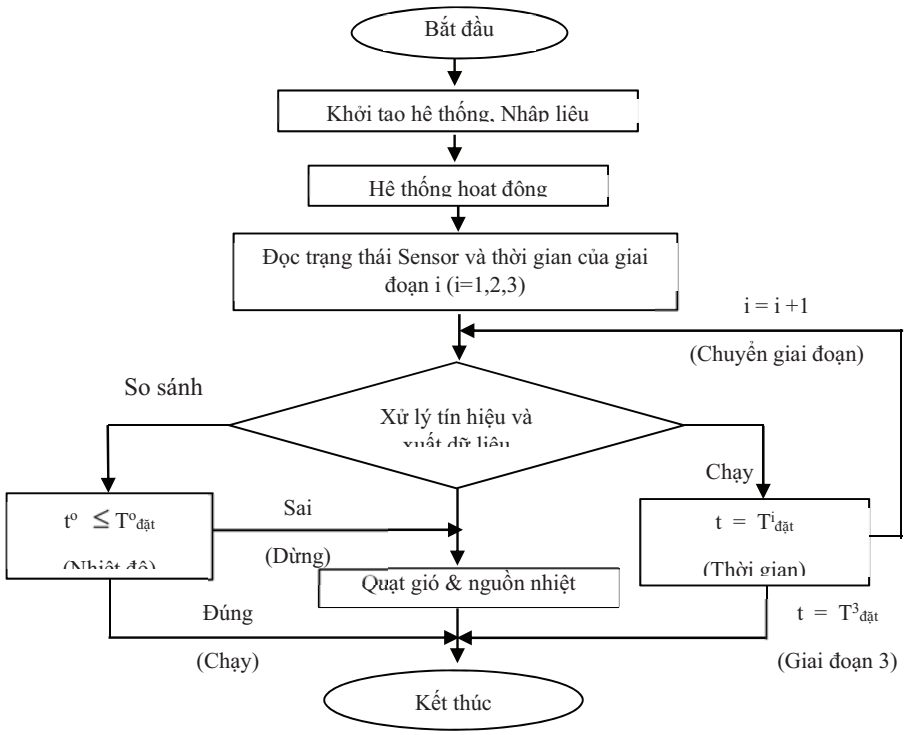
3.2. Thiết kế hệ thống điều khiển

Hệ thống điều khiển cho máy ủ tỏi đen gồm các khối chính sau: khối nguồn cung cấp cho mạch 5V; khối mô đun cảm biến nhiệt sensor DS18B20 và các nút nhấn; khối điều khiển trung tâm Arduino Nano; khối mô đun Wifi ESP8266 và DS1307. Sơ đồ khối điều khiển qui trình hoạt động của máy được mô tả như ở Hình 7. Các linh kiện được đấu nối và đặt trong tủ điện như Hình 9-c và Hình 9-d.

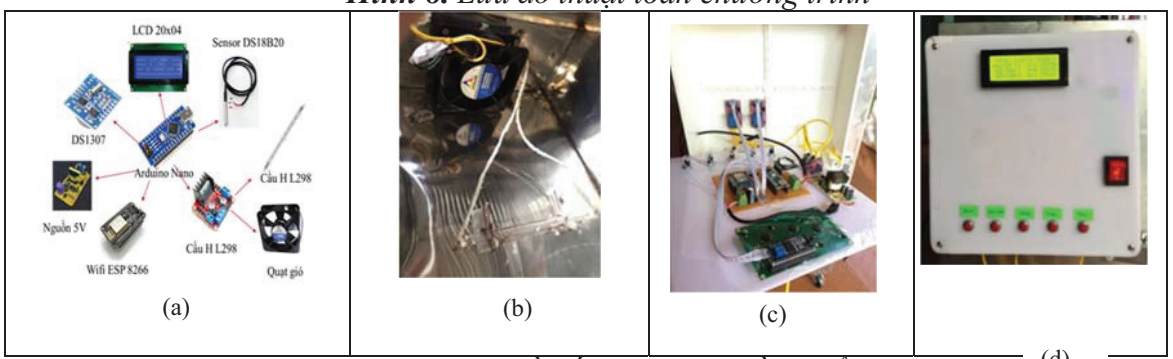


Hình 7. *Sơ đồ khối điều khiển*

Hệ thống lò ủ được khởi tạo, tiến hành đặt nhiệt độ, thời gian cho 3 giai đoạn theo quy trình công nghệ. Lưu đồ thuật toán chương trình được mô tả như Hình 8.



Hình 8. *Lưu đồ thuật toán chương trình*

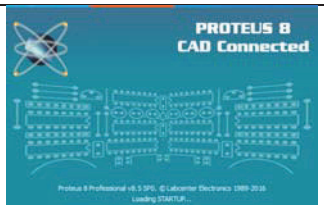


Hình 9. *Sơ đồ bố trí tủ điện điều khiển*

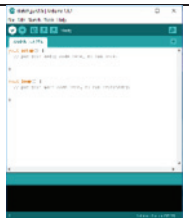
\a) Các linh kiện điện tử; b) Bố trí quạt tản nhiệt; c)Sơ đồ lắp mạch điện tử d)Mặt ngoài của tủ điều khiển

3.3. Thiết kế phần mềm điều khiển

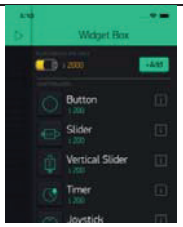
Phần mềm điều khiển bao gồm phần mềm Proteus, phần mềm Arduino IDE và phần mềm Blynk phiên bản 2.0. Vi điều khiển được chọn sử dụng trong hệ thống là Arduino Nano, là 1 board mạch thiết kế với bộ xử lý trung tâm là vi điều khiển AVR Atmega328. Phần mềm Blynk được sử dụng để theo dõi dữ liệu cảm biến nhiệt độ và độ ẩm để từ đó có thể điều chỉnh công suất gia nhiệt hoặc tắt/mở quạt gió.



Hình 10. *Phần mềm Proteus*



Hình 11. *Phần mềm Arduino IDE*



Hình 12. *Phần mềm Blynk*

3.4. Kết quả đánh giá khảo nghiệm

3.4.1. Bố trí khảo nghiệm

Thí nghiệm được bố trí theo quy trình công nghệ đã được trình bày ở mục lựa chọn nguyên lý lò ủ tỏi đen với năng suất 10 kg/mẻ. Tỏi trắng Lý Sơn được lựa chọn kĩ, đồng đều, nguyên vẹn, không bị dập nát, sâu mọt được rữa sạch bằng nước sau đó phải để cho tỏi thật khô đến khi không còn giọt nước nào đọng lại trên bề mặt củ. Khi tỏi khô, tiến hành sắp xếp tỏi đồng đều trên bề mặt khay ủ, với mỗi khay 2,5 kg. Thêm nước vào đáy tủ lò để tạo độ ẩm cho quá trình ủ tỏi. Các thông số công nghệ dùng để thực hiện quá trình ủ tỏi là nhiệt độ là 70 ^{o}C, độ ẩm 75 %, thời gian ủ 30 ngày. Sau đó, sản phẩm được lấy ra đem đi đánh giá cảm quan về màu sắc, mùi, vị, trạng thái. Quá trình khảo nghiệm máy được mô tả như các hình 13-a, 13-b, 13-c, 13-d, 13-e bên dưới.



(a)



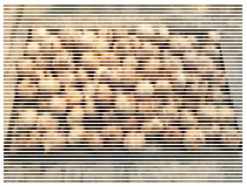
(b)



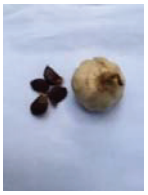
(c)



(d)



(e)



(f)

Hình 13. *Vận hành máy ủ tỏi đen*

a) Lắp các khay tỏi vào trong máy, b) Bộ phận gia nhiệt, c) Giám sát nhiệt độ máy ủ qua Blynk, d) Khay sản phẩm tỏi đen sau 30 ngày, e) Khay tỏi đen thành phẩm, f) Tỏi đen thành phẩm

3.4.2. Đánh giá về cảm quan của tỏi đen

Sau một thời gian áp dụng quy trình lên men, sản phẩm cho được kết quả: Trong 4 ngày lên men đầu tiên, tỏi chuyển dần sang màu nâu nhạt, mùi tỏi tỏa ra nồng; ngày thứ 14 tỏi có màu đậm hơn, còn mùi tỏi nhưng mùi dịu hơn; ngày thứ 24 tỏi đã chuyển sang hẳn màu nâu đen, tép tỏi dẻo, có vị chua ngọt. Cho đến ngày 45, tỏi đã hoàn toàn có màu đen. Sau khoảng 30 ngày lên men chậm trong điều kiện quản lý chặt chẽ về nhiệt độ, độ ẩm, tỏi có trạng thái và mùi vị khác hẳn so với tỏi tươi: tép tỏi màu đen, dạng dẻo mềm, vị chua ngọt.



Tỏi trắng



4 ngày



10 ngày



20 ngày



30 ngày

Quá trình đánh giá mức độ yêu thích sản phẩm tiến hành trên 30 tình nguyện viên áp dụng theo thang đo Likert 5 mức độ theo qui trình. Bảng 3 trình bày kết quả đánh giá mức độ yêu thích sản phẩm tỏi đen trên 5 tiêu chí còn Bảng 4 trình bày so sánh một số thông số kỹ thuật của máy ủ tỏi đen trên thị trường và máy ủ tỏi đen của nhóm nghiên cứu.

Bảng 3. *Kết quả đánh giá mức độ yêu thích sản phẩm tỏi đen*

Tiêu chí	***Màu sắc***	***Mùi thơm***	***Trạng thái***	***Hình thức***	***Tính tiện lợi khi sử dụng***
Điểm trung bình	4,0	3,5	3,5	3,0	3,0

Dựa vào Bảng 3, cho thấy mức độ yêu thích màu sắc đạt 4,0; mùi thơm đạt 3,5; trạng thái đạt 3,5; hình thức đạt 3,0 và tính tiện lợi khi sử dụng sản phẩm đạt 3,0. Điều này chứng tỏ sản phẩm tỏi đen của máy ủ đáp ứng cơ bản thị hiếu của người dùng thử.

Bảng 4. *Đánh giá và so sánh thông số kỹ thuật với một số máy ủ tỏi đen trên thị trường [8], [9], [10], [11]*

Nội dung	***Máy làm tỏi đen công nghiệp OSATA***	***Máy làm tỏi đen Luva***	***Máy làm tỏi đen Sunca***	***Máy làm tỏi đen công nghiệp VN100***	***Máy ủ tỏi đen***

Nguồn gốc	Công nghệ Nhật Bản	Công nghệ Nhật Bản	Thương hiệu Sunca Nhật Bản	Công nghệ Nhật Bản	Nhóm nghiên cứu
Điện áp	220V/50Hz	220V–240V ~ 50/60Hz	220V/50Hz	220V/50Hz	220V/50Hz
Công suất	600 W	90 W	200 W	1.5 kW	522 W
Điện năng tiêu thụ	160 kWh	-	-	450 kWh	522 Wh
Sức chứa tỏi tươi	ước tính <10 kg	-	4.5–5 kg	100 kg	10 kg
Kích thước máy	485 x 460 x 700 mm	-	350 x 300 x 450 mm	1200 x 1200 x 1200 mm	-
Khả năng lên men	30 đến 45 ngày	Sau 12 ngày	12–15 ngày	15–30 ngày	Sau 30 ngày
Giá thành	15 triệu đồng	3–4 triệu	~5–6 triệu	30-50 triệu	3,5 triệu

Từ Bảng 4 cho thấy, điện năng tiêu thụ của các thiết bị có mối quan hệ tỉ lệ thuận với công suất hoạt động và thời gian lên men. Cụ thể, máy VN100 tiêu thụ tới 450 kWh cho mỗi chu kỳ, phản ánh chi phí vận hành cao, trong khi máy do nhóm nghiên cứu chỉ tiêu tốn 522 Wh cho một mẻ 10 kg tỏi, cho thấy mức tiêu thụ năng lượng tiết kiệm. Về thời gian lên men, máy Luva có ưu thế về tốc độ với thời gian ủ ngắn nhất là 12 ngày, tuy nhiên dung tích nhỏ, phù hợp với quy mô hộ gia đình. Máy của nhóm nghiên cứu có thời gian lên men trung bình 30 ngày, ổn định và phù hợp với mục đích nghiên cứu và sản xuất thử nghiệm. Xét về dung tích, máy VN100 có khả năng chứa lên đến 100 kg tỏi tươi, đáp ứng nhu cầu sản xuất quy mô công nghiệp. Ngược lại, các dòng máy dân dụng như Luva và Sunca chỉ có thể xử lý khoảng 4,5÷5 kg tỏi mỗi mẻ, phù hợp với hộ gia đình. Máy nhóm nghiên cứu có sức chứa tỏi 10 kg, là sản phẩm nội địa hóa nhằm phục vụ nghiên cứu khoa học và ứng dụng quy mô nhỏ. Để đánh giá thành phần hóa học và giá trị dinh dưỡng của tỏi đen thì trong tương lai, cần có một số nghiên cứu đánh giá tiếp theo để hoàn thiện.

4.KẾT LUẬN

Máy ủ tỏi đen đã được nghiên cứu, thiết kế và chế tạo thành công, hiện đang được đưa vào sử dụng trong các hoạt động giảng dạy thực hành dành cho sinh viên. Trong quá trình vận hành, thiết bị đáp ứng tốt các tiêu chuẩn về an toàn lao động, hiệu suất và độ bền, theo đúng các thông số kỹ thuật đã thiết lập. Máy vận hành ổn định, chính xác và phù hợp với các yêu cầu kỹ thuật đặt ra. Kết quả khảo nghiệm cho thấy, sau thời gian lên men khoảng 25–30 ngày, các tép tỏi chuyển hoàn toàn sang màu đen, đạt được trạng thái dẻo mềm và có hương vị chua ngọt đặc trưng. Tuy nhiên, để đánh giá đầy đủ các đặc tính hóa học của tỏi đen thành phẩm, cần thực

hiện thêm các nghiên cứu sâu hơn trong lĩnh vực công nghệ thực phẩm. Do đó, việc tiếp tục nghiên cứu, cải tiến và hoàn thiện thiết bị ủ tỏi đen là cần thiết cho các giai đoạn nghiên cứu tiếp theo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Vũ Bình Dương, Phạm Xuân Phong (2013), *"Nghiên cứu thành phần hóa học của tỏi đen Lý Sơn"*, Tạp chí Y- Dược lâm sàng, tập 8 (số 4), tr.103-107.

[2]. Nguyễn Đức Vượng, Nguyễn Mậu Thành, Nguyễn Đức Minh (2017), *"Nghiên cứu hoàn thiện quy trình lên men tỏi đen từ tỏi trắng"*, Tạp chí Khoa học Công Nghệ, Đại học Quảng Bình

[3]. Nguyễn Huy Thuần, Nguyễn Duy Khương, Phạm Thị Yến Nhi (2023), *"Quá trình lên men, thành phần hóa học và giá trị dinh dưỡng của tỏi đen",* Tạp chí Đại học Duy Tân

[4]. Nguyễn Thị Tình*, Đinh Thị Kim Hoa, Phạm Bằng Phương, Tạ Thị Lượng, Nguyễn Tiến Dũng, Ngô Xuân Bình (2019), *"Nghiên cứu một số yếu tố ảnh hưởng đến quá trình lên men tỏi đen từ giống tỏi bản địa đồng mu Cao Bằng"*, Trường Đại học Nông Lâm Thái Nguyên

[5]. Trần Văn Phú (2008), "*Tính toán thiết kế hệ thống sấy"*, NXB Giáo dục.

[6]. Trần Văn Nhân, Nguyễn Đức Lợi (2004). "*Kỹ thuật sấy"*. NXB Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội.

[7]. Phạm Văn Tấn (2006), "*Kỹ thuật sấy nông sản thực phẩm"*. NXB Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội

[8]. Công ty OSATA Việt Nam. *Máy làm tỏi đen OSATA – thông số kỹ thuật*. Truy cập ngày 14 tháng 5 năm 2025, từ https://osata.vn

[9]. Công ty Luva Việt Nam. *Máy làm tỏi đen Luva*. Truy cập *thông số kỹ thuật*. Truy cập ngày 14 tháng 5 năm 2025, từ từ https://luva.vn

[10]. Công ty Sunca Việt Nam, *Thông số kỹ thuật*. Truy cập ngày 14 tháng 5 năm 2025, từ https://sunca.vn

[11]. Công ty Tỏi Đen Việt Nhật, *Thông số kỹ thuật*. Truy cập ngày 14 tháng 5 năm 2025, từ http://toidenvietnhat.com

[12]. Jin-Ichi Sasaki (2015), *Overview of the Black Garlic Movement in the Fields of Research and Marketing*, Journal of Life Sciences 9, 65-74. Doi: 10.17265/1934-7391/2015.02.003

[13]. Wen-Chang Chang, Wen-Chun Lin and She-Ching Wu (2023), *Optimization of the Black Garlic Processing Method and Development of Black Garlic Jam Using High-Pressure Processing*, Foods 12, 1584. https:// doi.org/10.3390/foods12081584

[14]. Fangwei Li [a b], Jiarui Cao [a b], Qi Liu [a b], Xiaosong Hu [a b], Xiaojun Liao [a b], Yan Zhang [a b] , (2020), *Acceleration of the Maillard reaction and achievement of product quality by high pressure pretreatment during black garlic processing*, https://doi.org/10.1016/j.foodchem.126517

[15]. Likert, R. (1932). *A technique for the measurement of attitudes*. Archives of Psychology, 140, 1–55.

Ngày nhận bài: 25/6/2025

Người phản biện: PGS.TS Chu Văn Thiện – Hội Cơ khí NNVN

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ MẠCH ĐIỀU KHIỂN VÀ HỆ THỐNG SẠC ĐIỆN TỪ PIN NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI CHO THIẾT BỊ QUANG NĂNG PHÒNG TRỪ CÔN TRÙNG GÂY HẠI CÂY TRỒNG NÔNG LÂM NGHIỆP

Nguyễn Văn Giáp[1], Bùi Duy Ngọc[1], Nguyễn Trọng Tuân[1], Cao Chí Công[1], Lê Thị Hưng[1], Tô Quốc Huy[2], Nguyễn Văn Minh[2], Phạm Đình Mạnh[3].

TÓM TẮT

Thiết bị quang năng là một giải pháp vật lý hiệu quả, thân thiện với môi trường trong việc phòng trừ côn trùng gây hại cây trồng nông lâm nghiệp. Tuy nhiên, việc triển khai các thiết bị này ở những khu vực xa lưới điện đòi hỏi một hệ thống cấp nguồn và điều khiển tự chủ, hiệu quả và có độ bền cao. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu, thiết kế và chế tạo một hệ thống tích hợp, bao gồm mạch điều khiển thông minh và một trạm sạc điện từ pin năng lượng mặt trời có cơ cấu quay theo hướng nắng. Hệ thống điều khiển sử dụng vi điều khiển STM32F103, cho phép vận hành tự động theo thời gian, điều khiển từ xa qua sóng GSM và tạo ra điện áp cao (đến 5kV) để tiêu diệt côn trùng. Trạm sạc được thiết kế với bộ điều khiển có khả năng hoạt động với dải điện áp đầu vào rộng (5–42V) và cơ cấu xoay hai trục, giúp tối ưu hóa hiệu suất thu năng lượng. Kết quả khảo nghiệm cho thấy hệ thống hoạt động ổn định và hiệu quả. Trong điều kiện mùa hè, trạm sạc có thể nạp đồng thời cho 4-5 thiết bị, đảm bảo các ắc quy được nạp đầy trước khi triển khai vào buổi chiều. Cơ cấu xoay theo hướng nắng đã chứng tỏ hiệu quả vượt trội so với hệ thống cố định, đặc biệt là khả năng nạp điện hiệu quả vào đầu buổi sáng và cuối buổi chiều. Nghiên cứu đã phát triển thành công một giải pháp toàn diện, tự chủ về năng lượng, góp phần nâng cao hiệu quả và tính khả thi của các thiết bị quang năng trong thực tiễn sản xuất nông lâm nghiệp bền vững.

Từ khóa: Thiết bị quang năng, mạch điều khiển, côn trùng gây hại.

RESEARCH RESULTS ON DESIGN OF CONTROL CIRCUIT AND CHARGING SYSTEM FROM SOLAR BATTERY FOR PHOTOSOLAR DEVICES TO PREVENT INSECTS THAT DAMAGE AGRICULTURAL AND FORESTRY CROPS

ABSTRACT

Phototactic devices offer an effective and environmentally friendly physical solution for controlling insect pests in agriculture and forestry. However, the deployment of these devices in off-grid areas necessitates an autonomous, efficient, and robust power supply and control system. This paper presents the results of the research, design, and fabrication of an integrated system, comprising an intelligent control circuit and a solar charging station equipped with a sun-tracking mechanism. The control system, based on an STM32F103 microcontroller, enables automated time-based operation, remote control via GSM, and the generation of a high voltage (up to 5kV) for pest elimination. The charging station is engineered with a controller capable of handling a wide input voltage range (5–42V) and

[1] Viện Nghiên cứu Công nghiệp rừng
[2] Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam
[3] Trường đại học Thành Đông

features a dual-axis tracking mechanism to optimize energy harvesting efficiency. Experimental results demonstrate that the system operates with high stability and efficiency. Under summer conditions, the station can simultaneously charge 4-5 devices, ensuring their batteries are fully charged before evening deployment. The sun-tracking mechanism demonstrated superior performance compared to a fixed system, particularly in its ability to charge effectively during the early morning and late afternoon hours. This research has successfully developed a comprehensive, energy-autonomous solution, enhancing the effectiveness and practical feasibility of phototactic devices in sustainable agricultural and forestry practices.

Keywords: Solar energy devices, control circuits, harmful insects.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nhằm hướng tới nền nông nghiệp bền vững và thân thiện với môi trường, các giải pháp sinh học – cơ học phòng trừ sâu bệnh đang ngày càng được quan tâm và phát triển. Trong đó, thiết bị quang năng diệt côn trùng sử dụng trạm nguồn sạc từ pin năng lượng mặt trời là một hướng đi tiềm năng, đặc biệt phù hợp với điều kiện sản xuất tại các vùng nông thôn và lâm nghiệp có điện lưới hạn chế. Các thiết bị này thường hoạt động theo nguyên lý sử dụng ánh sáng UV để thu hút côn trùng, sau đó tiêu diệt hoặc bắt giữ chúng thông qua các cơ chế như lưới điện, quạt hút, hoặc bẫy dính. Tuy nhiên, để thiết bị hoạt động hiệu quả và ổn định trong điều kiện ngoài trời, đặc biệt là vào ban đêm, cần có một mạch điều khiển thông minh và hệ thống sạc năng lượng tối ưu. Mạch điều khiển phải đảm nhận nhiều chức năng: tự động bật/tắt theo yêu cầu thực tế, bảo vệ pin sạc quá tải hoặc quá xả, phân phối năng lượng hợp lý cho các thiết bị tiêu thụ (đèn UV, bộ tiêu diệt côn trùng gây hại), có thể tích hợp cảm biến hoặc kết nối từ xa để giám sát và điều khiển hệ thống. Đồng thời, hệ thống sạc từ pin năng lượng mặt trời cần đảm bảo hiệu suất chuyển đổi điện năng cao, có khả năng điều tiết dòng sạc phù hợp với loại pin sử dụng (pin lithium-ion hoặc ắc quy axit-chì), và hoạt động ổn định trong các điều kiện ánh sáng thay đổi theo thời tiết.

Trong bối cảnh sản xuất nông lâm nghiệp hiện đại, việc kiểm soát côn trùng gây hại cây trồng là một trong những yếu tố then chốt nhằm đảm bảo năng suất, chất lượng nông lâm sản và sự bền vững của hệ sinh thái canh tác. Các biện pháp truyền thống như sử dụng thuốc bảo vệ thực vật tuy đem lại hiệu quả tức thời nhưng đồng thời gây ra nhiều hệ lụy nghiêm trọng: ô nhiễm môi trường, tồn dư hóa chất trong nông lâm sản, ảnh hưởng đến sức khỏe con người và làm suy giảm đa dạng sinh học. Vì vậy, việc ứng dụng công nghệ vào sản xuất nông lâm nghiệp đang trở thành xu hướng tất yếu nhằm nâng cao năng suất, chất lượng nông lâm sản và bảo vệ môi trường sinh thái. Một trong những thiết bị tiên tiến hiện nay là hệ thống quang năng phòng trừ côn trùng gây hại — thiết bị hoạt động dựa trên nguyên lý thu hút và tiêu diệt côn trùng bằng ánh sáng. Thiết bị đặc biệt hữu ích trong việc giảm thiểu sử dụng thuốc bảo vệ thực vật hóa học, góp phần bảo vệ sức khỏe con người và hệ sinh thái. Tuy nhiên, để thiết bị hoạt động hiệu quả, ổn định và bền vững, việc tính toán thiết kế mạch điều khiển cũng như hệ thống trạm sạc điện từ pin năng lượng mặt trời có khả năng quay theo hướng mặt trời là điều hết sức cần thiết.

Mạch điều khiển đóng vai trò như "bộ não" của toàn bộ hệ thống. Nó chịu trách nhiệm kiểm soát các chức năng quan trọng trong điều khiển và vận hành thiết bị. Nếu mạch điều khiển không được thiết kế chuẩn xác, thiết bị sẽ hoạt động không ổn định, tiêu tốn điện năng không cần thiết hoặc có thể hư hỏng sau thời gian ngắn sử dụng. Thực tế

hiện nay cho thấy, nhiều thiết bị đèn bắt côn trùng vẫn sử dụng các mạch điều khiển đơn giản, thiếu các tính năng bảo vệ và điều phối thông minh, dẫn đến tình trạng nhanh hỏng hóc, hiệu suất kém, hoặc tiêu tốn năng lượng không cần thiết. Nghiên cứu và thiết kế một hệ thống điều khiển tích hợp với sạc năng lượng mặt trời tối ưu, linh hoạt, giá thành hợp lý nhưng vẫn đảm bảo hiệu quả hoạt động là yêu cầu cấp thiết trong xu hướng phát triển thiết bị nông lâm nghiệp thông minh hiện nay. Do đó, việc tính toán và thiết kế một mạch điều khiển thông minh, linh hoạt, có khả năng tích hợp sóng GSM, cảm biến dòng/áp và khả năng lập trình là yếu tố tiên quyết giúp thiết bị vận hành hiệu quả trong mọi điều kiện môi trường.

Bên cạnh đó, trạm sạc năng lượng mặt trời là nguồn cấp điện chính cho thiết bị, đặc biệt quan trọng trong bối cảnh các thiết bị này thường được đặt ở những vùng xa xôi, không có lưới điện. Việc sử dụng hệ thống tấm pin cố định sẽ làm hạn chế khả năng thu nhận năng lượng do sự thay đổi góc chiếu ánh sáng trong ngày và theo mùa. Do đó, giải pháp thiết kế trạm sạc có khả năng quay tấm pin theo hướng chuyển động của mặt trời (solar tracking) là cực kỳ cần thiết nhằm tối đa hóa lượng điện thu được. Hệ thống này giúp nâng cao hiệu suất thu năng lượng lên 20–40% so với hệ thống cố định, qua đó giảm thời gian sạc, tăng khả năng tích điện và duy trì hoạt động liên tục cho thiết bị vào ban đêm hoặc khi thời tiết xấu.

Sự kết hợp giữa mạch điều khiển thông minh và hệ thống trạm sạc điện từ pin năng lượng mặt trời quay theo hướng di chuyển của mặt trời không chỉ giúp tối ưu hiệu suất hoạt động của thiết bị quang năng mà còn nâng cao tính tự động hóa và giảm công tác vận hành thủ công. Đồng thời, hệ thống này góp phần thúc đẩy mô hình nông nghiệp công nghệ cao, thân thiện với môi trường, phù hợp với xu thế chuyển đổi xanh và phát triển bền vững hiện nay. Chính vì vậy, việc tính toán và thiết kế tổng thể cả mạch điều khiển và trạm sạc có khả năng điều chỉnh hướng tấm pin là nhiệm vụ cấp thiết, mang tính ứng dụng thực tiễn cao, có ý nghĩa lâu dài đối với ngành nông lâm nghiệp hiện đại và góp phần thúc đẩy ứng dụng năng lượng tái tạo và công nghệ điện tử vào lĩnh vực nông – lâm nghiệp.

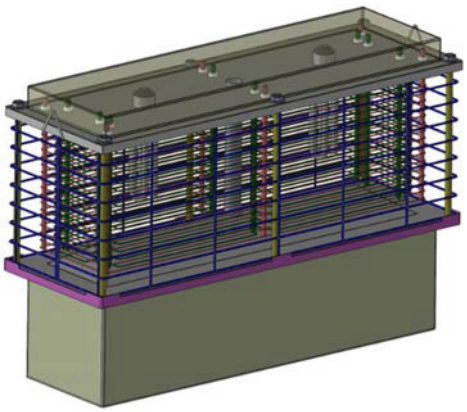
2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

- Thiết bị quang năng cho phòng trừ côn trùng gây hại cây trồng nông lâm nghiệp. Thiết bị hoạt động dựa trên nguyên lý dẫn dụ côn trùng bằng áng sáng và tiêu diệt do phóng điện hồ quang do sự cố ngắn mạch.

- Công nghệ vi điều khiển trong điều khiển cường độ ánh sáng, đóng/ngắt thiết bị theo yêu cầu, điều khiển dòng điện cao áp và sạc điện từ pin năng lượng mặt trời.

- Pin năng lượng mặt trời và hướng quay của mặt trời trong năm.



Hình 1: Tổng thể thiết kế thiết bị quang năng

Bảng 1. Thông số kỹ thuật chính của thiết bị quang năng

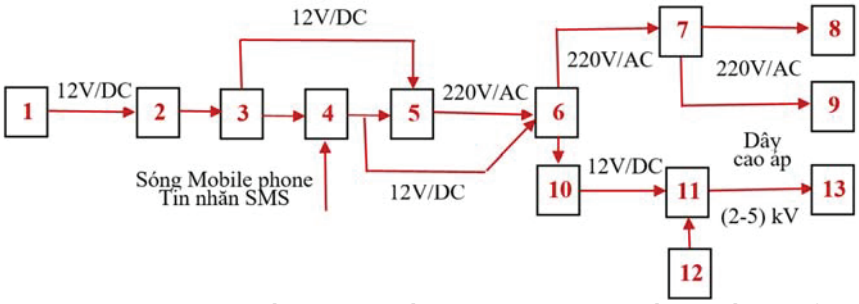
Tt	*Bộ phận*	*Thông số kỹ thuật chính*
1	Bộ phận dẫn dụ côn trùng	02 bóng đèn UVA 220V/20W
2	Bộ phận bẫy diệt côn trùng	02 cặp bản cực hình chữ nhật đặt 2 bên đèn dẫn dụ, khoảng cách giữa 2 bản cực 3- 6 mm.
3	Nguồn điện	
3.1	Nguồn điện ắc quy	02 ắc quy 12 Vx15 Ah/chiếc.
3.2	Ổ cắm nạp điện ắc quy	Sử dụng nguồn điện pin mặt trời hoặc điện lưới, ...
4	Hệ thống điều khiển bẫy đèn	
4.1	Điều khiển theo thời gian	Thời gian chờ và thời gian hoạt động theo cài đặt.
4.2	Điều khiển từ xa	Sử dụng sim điện thoại, nhận tin nhắn lệnh và xử lý đóng/cắt mạch điện "$SETUP ON#" = Đóng, "$SETUP OFF#" = Cắt.
5	Bộ phận chuyển đổi điện	Điện áp nguồn vào 12VDC, điện áp đầu ra 220VAC, 50Hz.
6	Bộ tạo xung điện cao áp	Nguồn điện vào 12VDC, điện áp ra (không tải) 3 mức: 2,0; 3,0; 5,0kV DC theo chu kỳ mạch động.
7	Hệ thống công tắc điều khiển	- Bật/tắt nguồn điện ắc quy. - Chuyển chế độ điều khiển tự động theo thời gian sang chế độ điều khiển từ xa và ngược lại. - Bật/tắt cấp điện 12VDC đến Bộ tạo xung điện cao áp.
8	Hộp bảo vệ hệ thống điện	Tôn Inox dày 0,4-0,65 mm hình khối hộp chữ nhật.
9	Thời gian hoạt động tối đa	(6 - 10) giờ tùy theo lượng côn trùng.

Nguyên tắc làm việc của hệ thống điều khiển thiết bị quang năng tự động và từ xa:

Sơ đồ nguyên tắc hoạt động của hệ thống điều khiển như hình 2 sau:

Điều khiển thiết bị quang năng hoạt động tự động hẹn giờ: Thực hiện bằng rơle thời gian.

- Thời gian chờ t_1 và thời gian hoạt động t_2 thay đổi được tùy ý theo từng giây (s), phút (m) và giờ (h) và được lựa chọn, cài đặt trên (5) tương ứng với thời gian côn trùng trưởng thành cần diệt ra khỏi nơi ẩn nấp và hoạt động trong đêm theo kết quả nghiên cứu bảo vệ thực vật. Để thực hiện chế độ điều khiển này, cần bật công tắc (3) lên phía trên và đóng công tắc nguồn (2), dòng điện từ ắc quy tới bộ chuyển đổi điện (5) chuyển nguồn điện 12VDC thành điện 220VAC 50 Hz cấp tới rơle (6). Rơle bắt đầu hoạt động và sau khi chạy hết thời gian t_1 sẽ chuyển sang giai đoạn t_2 đóng mạch điều khiển.



Hình 2. Sơ đồ nguyên tắc hoạt động hệ thống điều khiển

1. Ắc quy 12V, 2. Cầu chì và công tắc tắt nguồn điện, 3. Công tắc đảo chiều (chuyển chế độ Điều khiển tự động theo thời gian → Điều khiển từ xa và ngược lại), 4. Bộ điều khiển từ xa bằng tin nhắn SMS, 5. Bộ chuyển đổi điện 12VDC → 220 VAC 50 Hz, 6. Bộ điều khiển (rơle) tự động theo thời gian, 7. Công tắc đóng cắt điều khiển quạt gió, 8. Quạt gió khuếch tán pheromon, 9. Đèn dẫn dụ ngoài và đèn dẫn dụ trong, 10. Công tắc đóng cắt bằng tay cấp điện đến bộ tạo xung điện cao áp, 11.Bộ tạo xung điện cao áp từ điện ắc quy, 12. Núm xoay điều chỉnh cường độ điện cao áp, 13. Các cặp bản cực phóng điện.

- Ở giai đoạn t_2, dòng điện điều khiển theo chu kỳ dao động gồm dòng điện một chiều 12V dẫn tới công tắc (10) và dòng điện xoay chiều 220V tới cụm công tắc (7), khi công tắc (7) đóng mạch, cấp điện 220 V cho các đèn dẫn dụ, khi công tắc (10) đóng sẽ cấp điện 12V đến bộ tạo ra xung điện cao áp (11). Cường độ xung điện cao áp biến động theo chu kỳ dao động, thay đổi được 3 cấp: 2,0kV, 3,0kV và 5,0kV DC tương ứng khi xoay công tắc (12) đến vị trí số 1, 2 và 3. Chọn cấp cường độ điện cao áp tùy thuộc vào kích thước của côn trùng trưởng thành cần diệt. Khi hết thời gian t_2, rơle (6) cắt dòng điều khiển nên toàn bộ hệ thống thiết bị ngừng hoạt động.

Điều khiển thiết bị quang năng từ xa: Được thực hiện bằng tin nhắn thông qua sóng điện thoại GMS, người điều khiển để chủ động cắt mạch điện nối từ ắc quy đến bộ chuyển đổi điện (5) khi mưa lớn, giông lốc bất thường trong khi thiết bị đang hoạt động theo chế độ điều khiển tự động theo thời gian. Để thực hiện điều khiển từ xa, cần bật công tắc (3) xuống dưới. Khi lệnh điều khiển theo tin nhắn chuyển tới bộ điều khiển (4), tin nhắn lệnh được (4) chuyển thành tín hiệu điện điều khiển công tắc đóng/cắt mạch điện nêu trên và quá trình hoạt động tiếp theo như ở chế độ điều khiển tự động theo thời gian.

b) Nguyên tắc hoạt động dẫn dụ và bẫy diệt côn trùng:

Đèn dẫn dụ ngoài phát sáng hấp dẫn các côn trùng trưởng thành có xu tính ánh sáng ở gần xung quanh và ở xa tìm đến nguồn sáng. Các loài côn trùng trưởng thành hoạt động đêm không bị kích thích bởi ánh sáng nên bay tìm đến. Khi ở gần, chúng bị hấp dẫn mạnh bởi ánh sáng đèn UV nên bay lao mạnh vào nguồn kích thích. Các loài côn trùng trưởng thành bay qua khe của rào chắn bảo vệ ở mặt ngoài khung chính vào trong va chạm vào cặp bản cực điện cao áp và trở thành vật dẫn điện. Dòng điện phóng qua làm chúng tê liệt. Các côn trùng trưởng thành khác có thể bị va đập vào nhau từ ngay ngoài rào chắn bảo vệ hoặc va đập vào rào này nên cũng bị thương và rơi xuống khay nước. Do vậy, thiết bị quang năng có thể bắt diệt triệt để hầu hết các loài côn trùng trưởng thành hoạt động đêm có kích thước rất khác nhau bị hấp dẫn bởi ánh sáng đèn hoặc bôi

phủ thêm pheromon trên cặp cực.

2.2. Yêu cầu nhiệm vụ thiết kế

Thiết kế được mạch điều khiển cho thiết bị quang năng phòng trừ côn trùng gây hại trong nông lâm nghiệp như Hình 1, với một số chỉ tiêu cụ thể sau:

- Thiết bị sử dụng đèn dẫn dụ (UV/LED công suất 5–20W), hoạt động từ nguồn điện AC được chuyển đổi từ nguồn DC của ắc quy thông qua mạch nghịch lưu (inverter). Hệ thống điện lưu trữ sử dụng ắc quy được sạc từ trạm pin năng lượng mặt trời hoặc điện lưới. Trạm sạc điện từ pin năng lượng mặt trời có hiệu suất cao, đảm bảo cơ động tốt và điều chỉnh được góc hứng sáng từ ánh sáng mặt trời.

- Hệ thống được thiết kế để đảm bảo hoạt động ổn định, sạc đầy ắc quy trong ngày và cung cấp đủ năng lượng để thiết bị hoạt động cả đêm với hiệu suất chuyển đổi $\eta \approx 85\%$.

- Mạch sạc sử dụng IC điều khiển năng lượng mặt trời có khả năng điều chỉnh dòng sạc và bảo vệ quá áp. Mạch điều khiển thực hiện tín hiệu điều khiển bật/tắt đèn tự động theo thời gian hoặc tin nhắn GMS. Bộ MOSFET được sử dụng để đóng/ngắt tải theo tín hiệu điều khiển từ vi điều khiển.

2.3. Phương pháp nghiên cứu thiết kế

- Kế thừa kết quả nghiên cứu của đề tài: *"Nghiên cứu cải tiến thiết bị bẫy đèn diệt công trùng gây hại cây trồng nông lâm nghiệp có hiệu quả cao và sử dụng điện năng lượng mặt trời"* là thông tin đầu vào để có cơ sở tính toán, thiết kế mạch điều khiển và hệ thống sạc điện từ pin năng lượng mặt trời cho thiết bị quang năng.

- Phương pháp điều tra, khảo sát và thu thập thông tin từ các kênh trong nước, ngoài nước, trực tiếp khảo sát tại hiện trường và từ tài liệu có sẵn để lựa chọn nguyên lý, kết cấu mạch điều khiển và giải pháp sạc điện từ pin năng lượng mặt trời cho thiết bị quang năng.

- Phương pháp tính toán, thiết kế: sử dụng phương pháp kế thừa, tham khảo tài liệu về nguyên lý hoạt động và phương pháp tính toán thiết kế mạch trong và ngoài nước. Các bước tính toán các thông số chính về kết cấu cũng như các thông số công nghệ của hệ thống cấp điện năng lượng mặt trời được tiến hành như sau: Phân tích lựa chọn phương án thiết kế; Tính toán xác định các thông số công suất, kết cấu cơ khí; Thiết kế mạch in, lựa chọn linh kiện,.. lựa chọn góc quay tấm pin, giải pháp thay đổi góc quay,…

- Phương pháp mô hình hóa và mô phỏng bằng phần mềm thiết kế: Ứng dụng phần mềm thiết kế 2D, 3D chuyên dụng (Autorcad, Solidwork, Invetor,..) để xây dựng chi tiết, cụm chi tiết và lắp ghép mô phỏng tổng thể kết cấu trạm sạc pin NLMT.

2.3.1. Phương pháp thiết kế mạch điều khiển

** Cơ sở lý thuyết và khảo sát thực tiễn:* Tổng quan nguyên lý hoạt động của đèn bẫy côn trùng: Tìm hiểu đặc điểm sinh học của các loài côn trùng gây hại chính trong nông lâm nghiệp, đặc biệt là thói quen hoạt động về đêm và khả năng cảm nhận ánh sáng. Từ đó xác định yêu cầu về công suất, loại bóng đèn, thời gian chiếu sáng phù hợp. Khảo sát thực tế tại các mô hình đang áp dụng đèn bẫy thủ công và bán tự động ở các địa phương đánh giá các nhược điểm về mặt tiết kiệm điện, tính tự động và khả năng điều khiển linh hoạt.

** Phương pháp thiết kế và tính toán mạch điều khiển:*

+ Lựa chọn vi điều khiển/IC điều khiển: Sử dụng vi điều khiển phổ biến STM32F103 để đảm nhiệm chức năng điều

khiển thời gian, đọc tín hiệu và điều khiển relay bật/tắt đèn. Đối với tính năng hẹn giờ sử dụng IC thời gian thực (RTC) DS3231 kết hợp mạch relay.

+ Thiết kế mạch nguyên lý và mạch in (PCB): Sử dụng phần mềm Altium Designer để thiết kế mạch nguyên lý. Tính toán thông số của các linh kiện: điện trở, tụ, relay, transistor, MOSFET điều khiển tải. Thiết kế mạch in hai lớp tối ưu việc tản nhiệt và hạn chế nhiễu điện từ.

+ Lập trình điều khiển: Viết chương trình điều khiển bằng ngôn ngữ C/C++ trên Arduino IDE. Tích hợp thư viện cho cảm biến ánh sáng (LDR), module thời gian thực RTC và relay điều khiển. Tạo thuật toán bật/tắt linh hoạt (có thể thay đổi thông qua nút nhấn và tin nhắn GMS).

** Mô phỏng và thử nghiệm:*

Mô phỏng sơ bộ hoạt động mạch điều khiển bằng phần mềm Altium Designer để kiểm tra logic, kiểm soát relay. Lắp ráp mô hình thực nghiệm: Sản xuất mạch PCB mẫu và lắp ráp mạch điều khiển. Kết nối với bóng đèn UV, nguồn điện AC. Kiểm tra hoạt động trong điều kiện thực tế ngoài trời: thời gian bật/tắt, độ trễ phản hồi, tiêu thụ điện.

Đo đạc và đánh giá các thông số: Thời gian hoạt động ổn định của hệ thống. Hiệu suất năng lượng so với thiết bị điều khiển thủ công. Mức độ thu hút côn trùng tại các thời điểm khác nhau trong đêm. So sánh hiệu quả với các mô hình đèn bẫy thông thường để đánh giá giá trị gia tăng của mạch điều khiển tự động. Dựa trên kết quả thử nghiệm, tiến hành tinh chỉnh phần cứng và phần mềm nhằm nâng cao độ ổn định, độ bền, và khả năng mở rộng trong tương lai.

2.3.2. Nghiên cứu thiết kế bộ thiết bị tạo và nạp điện từ pin NLMT:

a). Phương pháp nghiên cứu thiết kế chế tạo thiết bị tạo điện NLMT

* Định hướng: khung lắp tấm pin mặt trời quay được quanh trục theo phương Đông - Tây với 12 mức tương ứng 12 tháng/năm và trục theo phương Bắc - Nam với 9 mức giờ trong ngày tương ứng từ 8 ÷ 16 giờ, để hướng mặt tấm pin hướng vuông góc với tia nắng mặt trời nhằm tăng hiệu suất hấp thụ, tạo lượng điện năng cao nhất; tăng điện áp đầu ra của tấm pin vào nửa đầu buổi sáng, nửa cuối buổi chiều để có thể nạp điện cho ắc quy cũng như tích điện lưu trữ.

* Phương pháp chung: Dựa trên quy luật động học của mặt trời và sử dụng phần mềm Autocad xây dựng sơ đồ động học → xây dựng sơ đồ cấu trúc tổng quát → Phát triển các cụm kết cấu, bộ phận hệ thống và các chi tiết → Xây dựng bản vẽ các chi tiết, bản vẽ lắp các cụm kết cấu và toàn bộ thiết bị → Chế tạo mẫu thử → Vận hành thử, phát hiện các sai sót → Sửa chữa hoàn thiện mô hình → Thử nghiệm trong sản xuất.

* Phương pháp tính toán thiết kế một số thông số chính, kết cấu chính của thiết bị:

- Chọn loại pin và tính số lượng tấm pin mặt trời theo yêu cầu công suất nguồn điện:

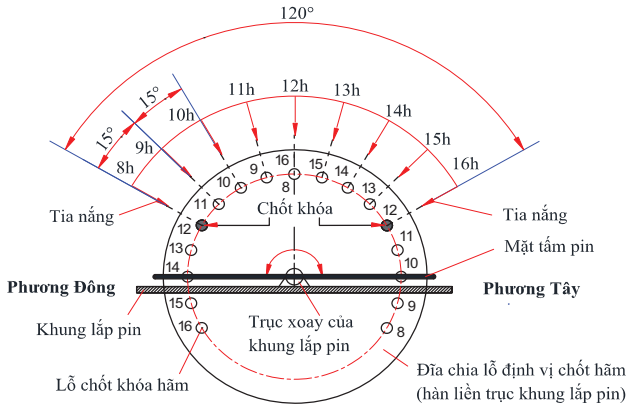
Số tấm pin cần có: $n = 1000.Q_n/(S_p. £ . B_{xTB} . T_h)$ (tấm) (1)

Q_n (kWh): Công suất (hoặc sản lượng) điện thiết bị cần tạo được trong ngày.

S_p (m^2): Tổng diện tích mặt các tấm pin mặt trời lắp trên thiết bị.

B_{xTB} (W/m^2): Cường độ năng lượng bức xạ mặt trời trên mặt đất trung bình trong ngày.

£ (%): hiệu suất quang của loại pin, T_h (giờ): số giờ nắng trong ngày.



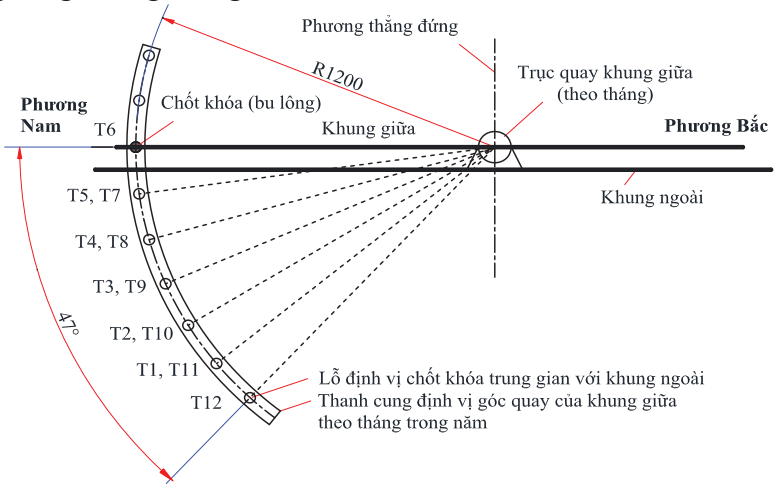
Hình 3. Sơ đồ cấu trúc và hoạt động của cơ cấu định vị tấm pin quay theo giờ trong ngày

- Tính toán thông số chính và xác lập kết cấu của cơ cấu quay và khóa định vị khung lắp pin theo giờ trong ngày và tháng trong năm: căn cứ sơ đồ cấu trúc động học cấu trúc của thiết bị, đặc tính động học và thiên văn của trái đất. Cấu trúc thiết bị dự kiến và nguyên tắc làm việc được mô phỏng như sau:

+ Khung trong: lắp tấm pin mặt trời, quay quanh trục phương Bắc Nam để điều chỉnh mặt pin vuông góc với ánh nắng mặt trời theo thời gian trong ngày, không quay liên tục mà theo các mức (ngưỡng) cách nhau 30 phút hoặc 1 giờ bắt đầu từ 7 giờ và kết thúc lúc 17 giờ hàng ngày. Tại các mức, khung trong được chốt khóa cố định chống gió, mặt pin vuông góc với hình chiếu của tia nắng trên mặt phẳng thẳng đứng theo phương Đông – Tây. Ở thời điểm 12 giờ, mặt pin vuông góc với mặt phẳng thẳng đứng.

+ Khung giữa: đỡ khung trong, liên kết với khung trong bằng trục và ổ đỡ; liên kết với khung ngoài bằng trục quay theo phương Đông – Tây, mặt nghiêng về phía xích đạo và quay theo trục này 12 mức tương ứng với 12 mức tháng trong năm. Tại các mức, khung giữa được khóa định vị với khung ngoài (cố định trên nền sân). Vào lúc 12 giờ 00 ngày Đông chí (22/12), khung giữa khi đã được khóa phải đảm bảo mặt tấm pin vuông góc với tia nắng.

+ Khung ngoài đặt cố định trên mặt nền bằng phẳng, đỡ khung giữa và liên kết với trục quay của khung giữa qua 2 cụm ổ đỡ trục.



Hình 4. Sơ đồ cấu trúc và hoạt động của cơ cấu khóa định vị khung giữa đỡ khung trong quay theo mức tháng trong năm

+ Cơ cấu khóa trục khung (hình 3) theo nguyên tắc sử dụng chốt thép chuyển động tịnh tiến ra vào trong các cặp lỗ của đĩa thép hàn trên trục khung trong. Vòng tròn chia các lỗ đồng tâm với trục khung trong. Khung giá lắp chốt được cố định trên khung giữa và có bộ phận đàn hồi tự đóng khóa khi khung trong quay đến các mức giới hạn. Đóng mở chốt khóa bằng cơ học được truyền động từ trục khung trong hoặc điện từ (nam châm điện). Đóng mở khóa và quay trục khung trong hằng ngày, sau 30 phút hoặc 1 giờ. Cơ cấu khóa trục khung giữa (hình 4) theo 12 vị trí tháng trong năm gồm 2 cụm chốt khóa có bộ phận đàn hồi ở hai bên thành khung giữa và 2 thanh cung tròn có các lỗ định vị theo tháng trên khung ngoài. Đóng mở cơ cấu khóa và quay khung giữa bằng cơ cấu quay tay mỗi tháng 1 lần.

b). Phương pháp nghiên cứu thiết kế, chế tạo bộ nạp điện NLMT

* Phương pháp nghiên cứu thiết kế mô đun mạch bán dẫn điện tử công nghiệp.

- Xác định tính năng, nguyên lý hoạt động, thiết lập cấu trúc hệ thống.

- Tính toán thiết kế các cấu trúc bộ phận của thiết bị: bộ phận bảo vệ, điều chỉnh ổn áp bán dẫn, mạch nạp điện và bảo vệ tự động chống quá tải, ngược cực, tự ngắt khi nạp đầy,..

- Lựa chọn vật liệu, linh kiện điện tử bán dẫn, chế tạo và thử nghiệm thiết bị.

* Phương pháp thử nghiệm, khảo nghiệm các bộ phận điện tử bán dẫn, hệ thống điều khiển tự động không cảm biến.

2.3.3. Khảo nghiệm đánh giá khả năng làm việc bộ thiết bị tạo và nạp điện NLMT

a. Khảo nghiệm đối chứng khả năng sinh điện và tạo điện áp cho bộ nạp điện NLMT cho ắc quy của thiết bị

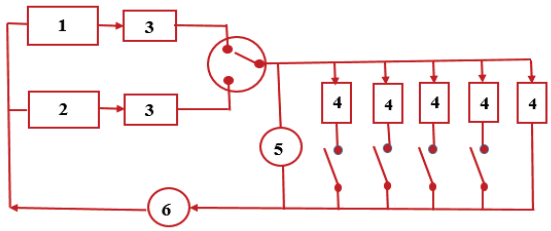
* Thí nghiệm đồng thời trên thiết bị tạo điện NLMT (gọi tắt: ĐMT) và mô hình thiết bị điện mặt trời trong sản xuất (ĐMTSX) trong ngày nắng nóng giữa mùa hè và ngày nắng khô giữa mùa đông, ở mỗi điều kiện thí nghiệm lặp 3 lần từ khoảng 7 giờ 30 - 17 giờ trong mùa hè, 8 -16 giờ trong mùa đông. Đồng nhất loại pin mặt trời lắp trên 2 mô hình, trong đó: tấm pin ở ĐMTSX trên khung giá đỡ cố định, mặt hướng về xích đạo với góc giữa pháp tuyến mặt pin và phương thẳng đứng bằng 2 lần góc vĩ độ vùng nơi thí nghiệm.

- Các mô hình thí nghiệm đặt cạnh nhau trên nền sân bằng phẳng không bị che nắng hoặc phản xạ ánh sáng, đúng phương hướng quy định theo thiết kế.

- Vận hành ĐMT trong thời gian thí nghiệm theo đúng quy trình kỹ thuật.

* Dàn thí nghiệm thu thập số liệu theo hình 5. Số liệu thu thập gồm: điện áp đầu ra sau tấm pin U (V/DC) và cường độ dòng điện trong mạch phụ tải I (A). Thời điểm thu số liệu cách nhau 10 phút. Kết quả được tự động lưu máy tính và hiển thị trên Vol kế và Ampe kế.

Trên mỗi thiết bị thí nghiệm, thu số liệu ở mỗi thời điểm ít nhất ở 3 chế độ, số phụ tải khác nhau tăng dần hoặc giảm dần bằng các công tắc một chiều sau phụ tải. Việc tăng số phụ tải trong mạch dừng lại khi điện áp trên Vol kế giảm gần tới giới hạn cực tiểu của dải điện áp hoạt động của bộ nạp điện NLMT. Trong mỗi đợt thu số liệu ở mỗi thời điểm, xong ở ĐMT và chuyển sang ĐMTSX hoặc ngược lại, đồng thời cần thực hiện nhanh chóng bằng công tắc đảo chiều để ít có sự thay đổi cường độ NLMT truyền tới tấm pin ở 2 thiết bị. Khi thu thập số liệu điện áp hở mạch ở đầu ra của tấm pin trên 2 mô hình cần cắt bỏ các phụ tải ra khỏi mạch bằng các công tắc một chiều sau mỗi phụ tải.



Hình 5. Sơ đồ dàn thí nghiệm so sánh khả năng sinh điện và điện áp sau tấm pin mặt trời trên Thiết bị tạo điện NLMT cải tiến và thiết bị tạo điện NLMT trong sản xuất

1. Tấm pin mặt trời trên Thiết bị tạo điện NLMT cải tiến, 2. Tấm pin mặt trời trên mô hình thiết bị điện NLMT trong sản xuất, 3. Aptomat, 4. Phụ tải (điện trở công suất 100 W), 5 và 6. Máy đo điện áp và cường độ dòng điện (kết nối máy tính).

* Tính toán kết quả thí nghiệm trên mỗi thiết bị:

- Công suất điện tạo ra ở thiết bị, mô hình sản xuất trong mỗi thí nghiệm:

$$P_{ij} = U_{ij}. I_{ij} (W) \quad (2)$$

i = 1,2, .., n: số thứ tự đợt thu thập số liệu ở từng thời điểm.

j = 1,2.., m: số phụ tải kết nối trong mạch

- Công suất tạo điện cực đại trong mỗi đợt thí nghiệm được xác định theo theo hàm cực đại trong phần mềm Excel:

P_{imax} = Max (P_{i1}, P_{i2},.. P_{im}), (W) (3)

P_{imax} (W): công suất tạo điện cao nhất của tấm pin ở thời điểm của đợt thu thập số liệu thứ i trong ngày.

P_o (W): công suất tạo điện cực đại của tấm pin (theo công bố của nhà sản xuất)

- Xác định lượng điện năng thu được trong ngày từ NLMT của mỗi tấm pin:

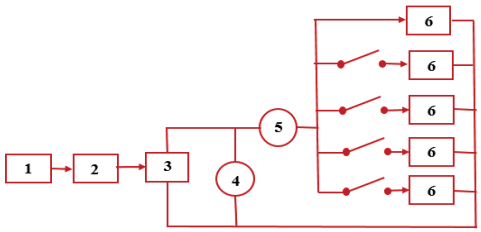
$$Q = \frac{1}{60.1000}.\sum_{i=1}^{n}(\Delta t. P_{imax}) \text{ kWh/ngày} \quad (4)$$

Δt (phút): là khoảng thời gian giữa 2 lần thu thập số liệu (10 phút).

n: số lần thu thập số liệu trong ngày mùa hè hoặc mùa đông.

b) Khảo nghiệm đánh giá khả năng làm việc của bộ thiết bị nạp điện NLMT

Mô hình thí nghiệm tại hình 6 và các công tắc để thay đổi phụ tải trong mạch nạp điện. Các thí nghiệm trong 2 điều kiện: ngày nắng nóng mùa hè và ngày nắng khô mùa đông. Các phụ tải đã phóng điện đến ngưỡng giới hạn của điện áp ắc quy 10,5 ÷ 11,0 V. Trong quá trình thí nghiệm cần hạn chế cường độ dòng điện nạp các ắc quy trong khoảng 1/6 ÷ 1/8 dung lượng ắc quy để tránh nóng, sôi dung dịch làm giảm tuổi thọ ắc quy, giảm nạp đầy và chống cháy nổ. Khi acquy đã được nạp đầy, quá trình nạp ngừng, điện áp đạt khoảng (12,6 ÷ 12,7) V.



Hình 6. Sơ đồ thí nghiệm khả năng nạp điện của bộ thiết bị tạo và nạp điện NLMT

1. Tấm pin mặt trời của Thiết bị tạo điện NLMT cải tiến, 2. Aptomat, 3. Thiết bị nạp điện NLMT, 4 và 5. Máy đo điện áp và cường độ dòng điện kỹ thuật số, 6. Ắc quy.

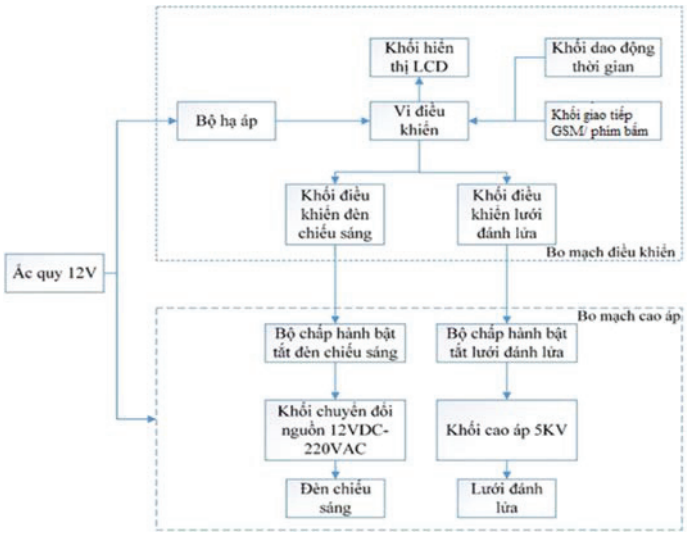
3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Sơ đồ và nguyên lý hoạt động của mạch điều khiển

- Sơ đồ mạch điều khiển tổng thể của thiết bị quang năng: Với yêu cầu thiết kế chế tạo thiết bị bẫy côn trùng bằng điện có tính linh động cao với khả năng mang đến đặt tại những vị trí không có nguồn lưới điện. Phương án đưa ra là sử dụng ắc quy khô có điện áp 12VDC lắp đặt trong thiết bị và được sạc điện từ hệ thống pin năng lượng mặt trời. Bài toán đặt ra lúc này là thiết kế chế tạo bộ

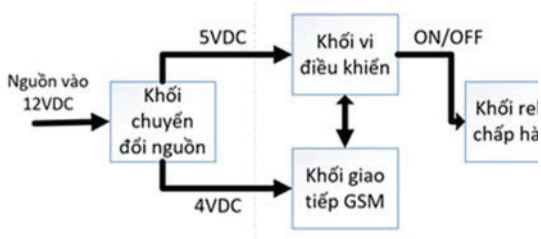
điện cao áp đánh lửa từ nguồn điện 12VDC với khả năng tia lửa dài từ 5-7mm. Với yêu cầu đặt ra, một thiết bị cơ bản gồm các thành phần như hình 7.

- Nguyên lý hoạt động của mạch điều khiển: Mạch được cấp nguồn từ ắc quy 12V qua bộ hạ áp còn 5V cấp nguồn cho vi điều khiển hoạt động. Vi điều khiển kiểm tra các điều kiện để bật hoặc tắt lưới đánh lửa. Khi các điều kiện bật hoặc tắt hoạt động lưới đánh lửa và đèn dẫn dụ (đèn chiếu sáng) được đáp ứng. Vi điều khiển sẽ thực hiện ra lệnh đóng mở cấp điện hoạt động cho bộ chấp hành tương ứng. Khi bộ chấp hành bật tắt lưới đánh lửa được cấp điện hoạt động, bo mạch sẽ thực hiện chuyển đổi và nhân áp từ điện áp 12V sang điện cao áp 5kV và đưa ra lưới đánh lửa. Khi bộ chấp hành bật tắt đèn chiếu sáng được cấp điện hoạt động, bo mạch sẽ thực hiện chuyển đổi điện áp 12V một chiều sang điện áp 220V xoay chiều cấp cho bóng đèn dẫn dụ hoạt động.



Hình 7: Sơ đồ khối modul điều khiển thiết bị quang năng

- Kết cấu các modul của mạch điều khiển:



Hình 8: Kết cấu nguyên lý mạch điều khiển

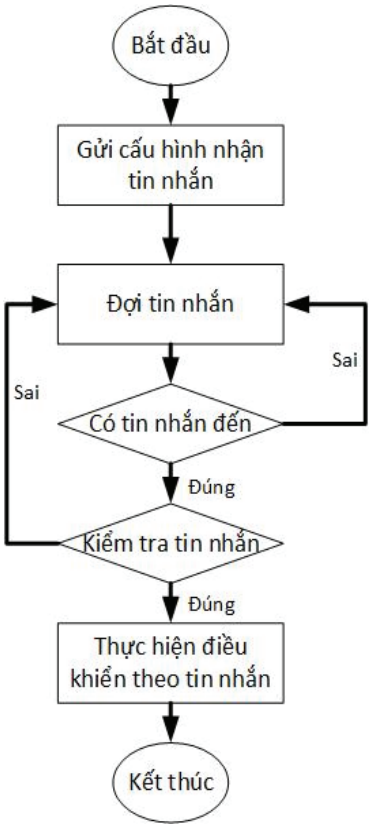
- Khối relay chấp hành: đóng mở cấp nguồn 12VDC.

- Khối chuyển đổi nguồn: chuyển đổi điện áp từ 12VDC sang điện áp 5VDC cho khối vi điều khiển và 4VDC cho khối giao tiếp GSM hoạt động.

- Khối vi điều khiển: kiểm tra nội dung tin nhắn điều khiển từ người sử dụng và ra lệnh tương ứng bật/tắt đến khối relay chấp hành.

- Khối giao tiếp GSM: truyền nhận tin nhắn SMS.

- Nguyên lý hoạt động của mạch điều khiển: Thiết bị sử dụng một vi xử lý có thể lập trình để giao tiếp qua mạng GSM để điều khiển từ xa. Khi thiết bị được cấp nguồn 12VDC, khối chuyển đổi nguồn sẽ tạo hai mức nguồn điện áp 5VDC cấp cho vi điều khiển và cấp 4VDC cho khối giao tiếp GMS khởi động. Sau quá trình khởi động, vi điều khiển gửi các cấu hình bản tin đến khối GSM và sẵn sàng nhận tin nhắn. Đồng thời vi điều khiển sẽ kiểm tra lại trạng thái điều khiển đã nhận trước đó để đóng hoặc mở relay. Khi có tin nhắn được gửi đến thuê bao lắp trong khối GSM. Khối này sẽ chuyển gói tin nhắn đến cho vi điều khiển phân tích bản tin. Nếu gói bản tin là đúng định dạng ra lệnh điều khiển, vi điều khiển sẽ thực hiện lệnh điều khiển bật/tắt khối relay theo lệnh trong gói bản tin. Một chu trình thực hiện điều khiển được thực hiện theo sơ đồ hình 9. Chu trình này sẽ được thực hiện lặp đi lặp lại liên tục.



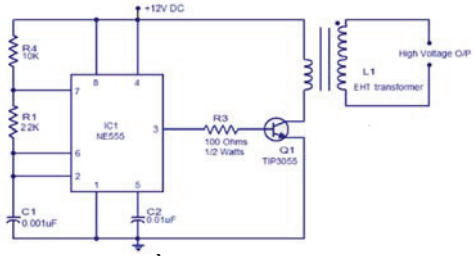
Hình 9: Chu trình hoạt động của thiết bị

Lựa chọn nguyên lý mạch cao áp: Qua nghiên cứu cho thấy, hiện nay phổ biến có hai phương pháp thiết kế mạch cao áp trong thực tế: phương pháp tạo cao áp bằng biến áp và phương pháp tạo cao áp bằng mạch nhân áp.

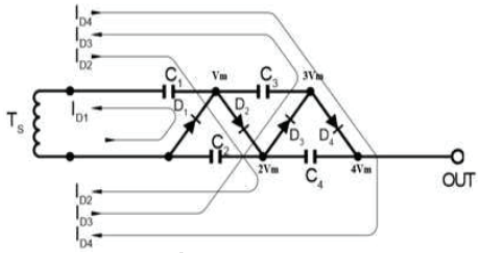
- Phương pháp tạo cao áp bằng biến áp (Transformer-Based High Voltage Generation): sử dụng một biến áp tăng áp kết hợp với mạch tạo dao động để chuyển đổi điện áp thấp đầu vào thành điện áp cao đầu ra. Điện áp đầu ra phụ thuộc vào tỷ số vòng dây giữa cuộn sơ cấp và thứ cấp của biến áp cũng như tần số của tín hiệu dao động điều khiển. Phương pháp này có ưu điểm là cấu trúc mạch tương đối đơn giản, dễ tích hợp và có thể thiết kế với kích thước nhỏ gọn. Tuy nhiên, biến áp có tỷ số biến áp lớn theo yêu cầu thường phải đặt hàng riêng, gây khó khăn trong chế tạo nếu số lượng nhỏ hoặc yêu cầu đặc biệt. Ngoài ra, do công suất mạch lớn và điện áp đầu ra cao, các rủi ro về an toàn điện tăng lên đáng kể, đòi hỏi cần có các biện pháp cách điện, bảo vệ và kiểm soát nghiêm ngặt trong thiết kế và vận hành.

- Phương pháp tạo cao áp bằng nhân áp: Mạch nhân áp (Voltage Multiplier Circuit) là một dạng mạch chỉnh lưu kết hợp với các tụ điện và diode, được thiết kế để tạo ra điện áp một chiều có giá trị cao gấp nhiều lần biên độ điện áp xoay chiều đầu vào. Đây là phương pháp hiệu quả để tạo nguồn điện áp cao trong các ứng dụng yêu cầu dòng điện thấp, chẳng hạn như trong ống tia điện tử (CRT), thiết bị ion hóa hoặc máy phát tia X. Ưu điểm của mạch nhân áp là cấu trúc đơn giản, sử dụng linh kiện phổ thông, hoạt động hiệu quả ở công suất thấp và mức độ an toàn

cao hơn so với các phương pháp tăng áp sử dụng biến áp. Tuy nhiên, khi cần tạo ra điện áp rất cao, mạch có xu hướng trở nên cồng kềnh do số tầng nhân áp tăng lên, đòi hỏi không gian lắp đặt lớn và dễ gặp hiện tượng rò điện hoặc sụt áp do tổn hao.

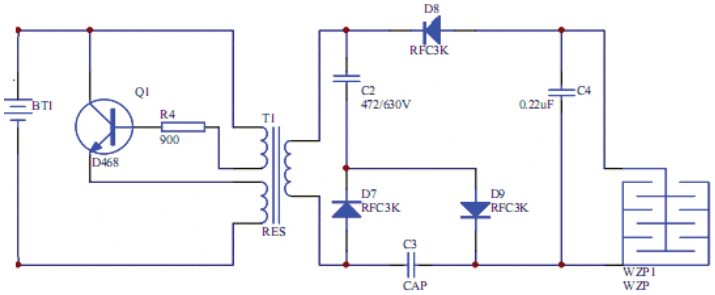


Hình 10: Sơ đồ nguyên lý mạch cao áp sử dụng biến áp



Hình 11: Sơ đồ nguyên lý mạch cao áp bằng nhân áp

Trên cơ sở phân tích ưu nhược điểm của hai phương pháp tạo điện áp cao nêu trên, phương án thiết kế được lựa chọn là sự kết hợp giữa ưu điểm nhỏ gọn của mạch cao áp sử dụng biến áp và tính linh hoạt trong điều chỉnh điện áp đầu ra cùng mức công suất thấp – đảm bảo an toàn – của mạch nhân áp sử dụng diode và tụ điện. Cấu trúc tổng thể của hệ thống bao gồm ba khối chức năng chính: (1) mạch tạo dao động tần số cao để chuyển đổi điện áp một chiều thành điện áp xoay chiều cao tần; (2) biến áp tăng áp kết hợp với mạch nhân áp nhiều tầng (chỉnh lưu – lọc) nhằm tạo ra điện áp cao theo yêu cầu; và (3) lưới điện cao thế đóng vai trò truyền dẫn và phân phối điện áp đầu ra đến tải.



Hình 12: Sơ đồ nguyên lý tổng thể khối cao áp

Nguyên lý tạo điện cao áp như sau: Khi cấp nguồn, bộ dao động tần số cao bao gồm transistor và biến áp tần số cao được cấp điện để biến dòng điện một chiều 12V thành dòng điện xoay chiều tần số cao. Điện áp này được tăng lên khoảng 220V bởi các biến áp phổ biến, và sau đó điện áp đầu ra tiếp tục được khuếch đại lên đến hàng kilovolt nhờ mạch nhân áp dùng tụ điện và diode. Điện áp cao hàng kV được đưa vào lưới kim loại của thiết bị. Khi côn trùng va vào lưới kim loại, nó sẽ gây phóng điện giữa các bản cực của lưới điện gây choáng hoặc giết chết côn trùng.

Với cấu trúc mạch đã lựa chọn, hệ thống sử dụng một biến áp tăng áp có điện áp đầu ra 220/380 VAC được cấp nguồn từ điện áp một chiều 12 VDC thông qua mạch dao động. Để đạt được điện áp đầu ra 5 kV, mạch nhân áp được triển khai với hệ số nhân từ 12 đến 20 lần, giúp tối ưu hóa hiệu suất và giảm thiểu số tầng nhân áp so với phương án nhân áp trực tiếp từ 12 VDC, vốn sẽ đòi hỏi

hệ số nhân lên tới khoảng 420 lần. Cách tiếp cận này cho phép giảm kích thước mạch, hạn chế tổn hao và nâng cao độ ổn định của điện áp đầu ra.

Chế độ hoạt động của mạch này là xung với tần số vài chục kHz nên các diode sử dụng đều là diode "xung". Các tụ cũng là tụ với điện áp chịu cao. Việc lựa chọn loại tụ điện và diode cũng cần thiết cho độ hoạt động ổn định của thiết bị. Điện thế ở mỗi nút nhân (gồm Diode và tụ) phải chọn trị số có điện thế nghịch cao hơn. Ở đây, ta nên lựa chọn diode có khả năng chịu được điện áp tối thiểu 400V. Trị số điện dung cho tụ sẽ từ vài ngàn pF đến vài chục ngàn pF cũng như điện thế làm việc của tụ cao hơn điện thế thực tế có tại tụ đó. Tụ cuối cùng nên có điện dung cao hơn vài lần những tụ trước để có được sự ổn định và hiệu quả tốt. Giá trị của điện dung cũng là yếu tố quan trọng đến khả năng phóng tia lửa điện của thiết bị. Với giá trị điện dung thấp, năng lượng điện tích tụ thấp nên khả năng phóng điện sẽ nhanh nhưng tia lửa sẽ yếu. Với điện dung cao, năng lượng tích tụ cao nên khả năng phóng lửa mạnh, tia lửa lớn nhưng thời gian nạp lại sẽ lâu, thời gian ngắt quãng giữa các lần đánh lửa liên tục sẽ dài hơn. Để đảm bảo được yêu cầu về thời gian đánh lửa cũng như độ mạnh của tia lửa, giá trị của điện dung nên được thử nghiệm để đạt yêu cầu. Qua quá trình thử nghiệm, tụ điện có điện dung 10.000pF được lựa chọn với khả năng đánh lửa gần như liên tục và tia lửa to. Điện cao áp đưa ra lưới đánh lửa đạt gần 5kV và có thể điều chỉnh các mức điện áp ra khác nhau.

3.2. Thiết kế mạch và Chương trình điều khiển

- Thiết kế sơ đồ và mạch in mạch điều khiển:

Hệ thống mạch điều khiển cho thiết bị quang năng phòng trừ côn trùng gây hại nông nghiệp đã được thiết kế và mô phỏng thành công bằng phần mềm Altium Designer. Hệ thống bao gồm ba khối chức năng chính: mạch điều khiển đèn UV, mạch điều khiển từ xa qua sóng GSM và mạch tạo điện áp cao phục vụ tiêu diệt côn trùng.

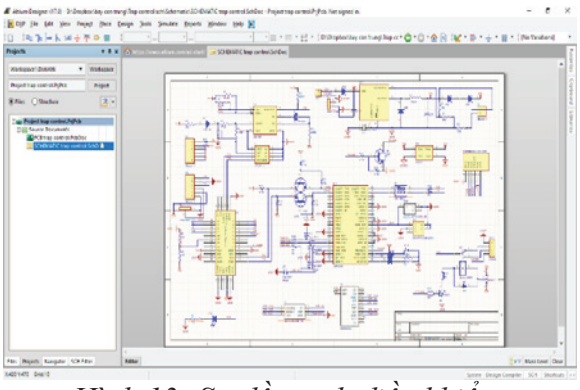
Mạch điều khiển đèn UV sử dụng vi điều khiển STM32F103 để bật/tắt đèn theo thời gian định sẵn hoặc tín hiệu cảm biến. Mạch công suất sử dụng MOSFET giúp chuyển mạch hiệu quả và đảm bảo hoạt động ổn định trong điều kiện ngoài trời. Quá trình mô phỏng trên Altium Designer đã xác minh độ tin cậy nhiệt và chất lượng tín hiệu của mạch.

Mạch điều khiển từ xa qua sóng GSM sử dụng module SIM800L được tích hợp trên bo mạch chính, cho phép điều khiển hai chiều và báo cáo trạng thái qua tin nhắn SMS. Vi điều khiển sẽ xử lý và phân tích lệnh điều khiển từ xa để bật/tắt thiết bị, theo dõi điện áp pin và điều chỉnh thông số hoạt động. Bố trí mạch in (PCB) được tối ưu hóa nhằm giảm nhiễu điện từ (EMI), đồng thời vị trí anten được thiết kế đảm bảo thu tín hiệu tốt nhất.

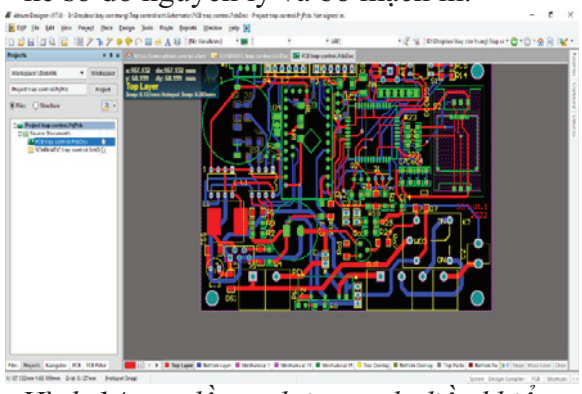
Để tạo mức điện áp cao đầu ra, mạch được thiết kế theo nguyên lý bộ chuyển đổi DC-DC Boost, cho phép nâng điện áp đầu vào từ nguồn DC 12V lên mức cần thiết trước khi đưa vào giai đoạn nhân áp để tiêu diệt côn trùng. Các thông số cuộn dây, tần số đóng cắt và linh kiện công suất được tính

toán kỹ lưỡng để đảm bảo hồ quang ổn định và an toàn. Các linh kiện bảo vệ như diode TVS và khe hở cách ly được bố trí phù hợp với tiêu chuẩn an toàn điện.

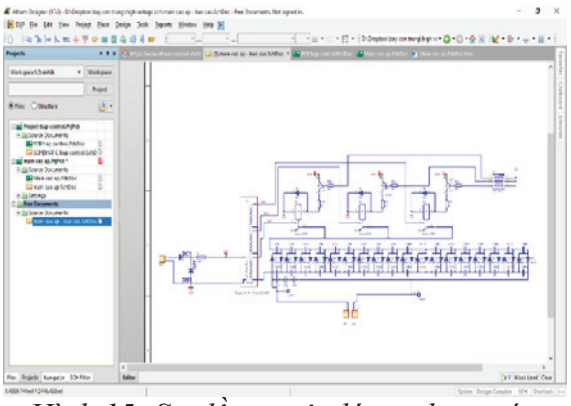
Sau quá trình nghiên cứu thiết kế đã tạo được thiết bị quang năng phòng trừ côn trùng gây hại nông lâm nghiệp với mạch điều khiển và mạch cao áp như sau: Bo mạch điện tử của thiết bị được được thiết kế trên phần mềm Altium Designed, bao gồm thiết kế sơ đồ nguyên lý và bo mạch in.



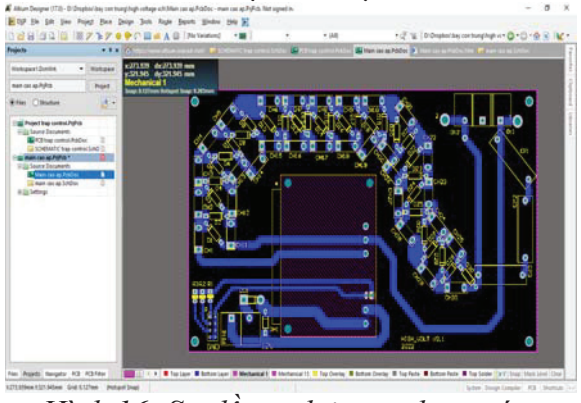
Hình 13: Sơ đồ mạch điều khiển



Hình 14: sơ đồ mạch in mạch điều khiển



Hình 15: Sơ đồ nguyên lý mạch cao áp



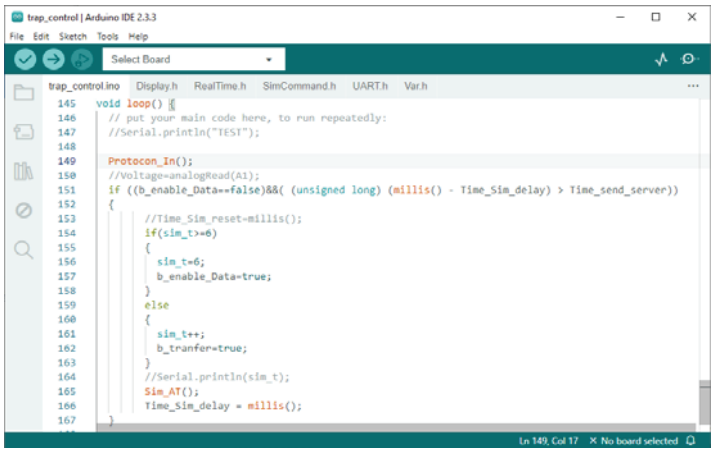
Hình 16: Sơ đồ mạch in mạch cao áp

- *Thiết kế Chương trình điều khiển mạch:* Chương trình điều khiển toàn bộ hệ thống được xây dựng trên Arduino IDE, sử dụng ngôn ngữ C/C++ và các thư viện tiêu chuẩn như SoftwareSerial, TimerOne, EEPROM, và LowPower. Các chức năng chính bao gồm:

• Tự động điều khiển đèn UV: Vi điều khiển đọc tín hiệu từ cảm biến LDR qua chân analog, nếu giá trị dưới ngưỡng ánh sáng định sẵn, đèn sẽ được kích hoạt. Ngoài ra, người dùng có thể lập trình chế độ hẹn giờ (on/off) theo thời gian thực bằng module RTC DS3231.

• Điều khiển và giám sát từ xa qua GSM: Chương trình sử dụng giao tiếp UART để nhận và xử lý tin nhắn SMS chứa lệnh như: "ON", "OFF", "STATUS", "RESET". Vi điều khiển phản hồi trạng thái hoạt động, điện áp pin và thời gian hoạt động qua SMS trả về.

• Tạo xung PWM điều khiển mạch cao áp: Sử dụng Timer1 để phát xung PWM có tần số điều chỉnh được trong khoảng 15–20 kHz. Tín hiệu xung được đưa đến transistor công suất, điều khiển quá trình phóng điện cao áp định kỳ trong chu kỳ hoạt động.



- *Hình 17: Xây dựng chương trình điều khiển cho vi điều khiển*

Chương trình được tối ưu về dung lượng bộ nhớ, với kích thước mã sau biên dịch khoảng 32 KB, chiếm dưới 50% bộ nhớ flash của STM32F103. Hệ thống cũng được tích hợp cơ chế watchdog để tự khởi động lại khi phát hiện treo lệnh hoặc lỗi giao tiếp.

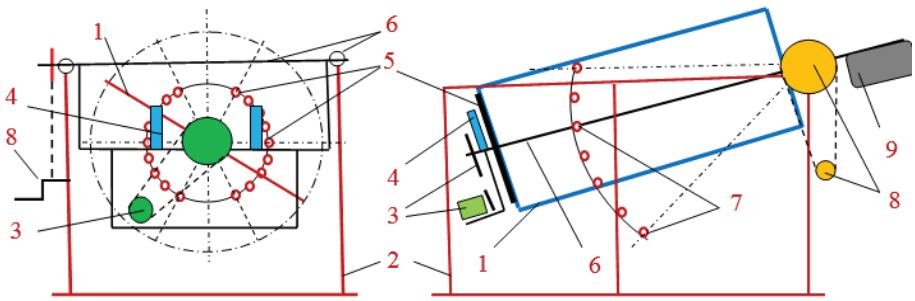
Kết quả kiểm thử mô phỏng trên Arduino IDE kết hợp Proteus cho thấy chương trình hoạt động ổn định, phản hồi đúng chức năng điều khiển và giám sát theo yêu cầu đặt ra. Giao tiếp GSM đạt độ trễ thấp (2–3 giây), PWM điều khiển mạch cao áp không gây nhiễu tới các module khác trong hệ thống.

3.3. Thiết kế hệ thống sạc điện cho thiết bị quang năng từ pin năng lượng mặt trời

Do đặc thù ngành lâm nghiệp thường nằm xa khu dân cư và khó tiếp cận điện lưới, việc thiết kế trạm điện nhỏ sử dụng pin năng lượng mặt trời là cần thiết nhằm đáp ứng nhu cầu điện tại chỗ, cấp nguồn cho thiết bị dân dụng và thiết bị quang năng. Để nâng cao hiệu suất và giảm kích thước hệ thống, các tấm pin được thiết kế có thể điều chỉnh góc nghiêng theo hướng quay của mặt trời.

3.3.1. Thiết bị tạo điện NLMT

Cấu trúc bộ khung của thiết bị tạo điện NLMT cải tiến đã được xác lập như hình 18:



Hình 18. Sơ đồ nguyên tắc cấu trúc thiết bị tạo điện NLMT

1. Khung trong và tấm pin mặt trời, 2. Khung ngoài, 3. Động cơ điện, trục quay tay và bộ truyền xích, 4. Cơ cấu chốt khóa định vị trục khung trong, 5. Đĩa thép cơ cấu khóa trục khung trong, 6. Khung giữa và ổ đỡ trục, 7. Tấm thép và chốt khóa định vị trục khung giữa, 8. Trục quay tay và bộ truyền động, 9. Đối trọng

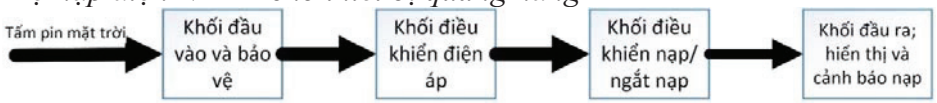
- Khung ngoài: được lắp đặt trên mặt nền sân, vườn được điều chỉnh thăng bằng và có thể dịch chuyển để tránh mặt các tấm pin bị che nắng trong ngày.

- Khung giữa: liên kết với khung ngoài bằng trục quay theo phương Đông - Tây, quay được xung quanh trục này góc $\beta = 0^o \div (-47^o)$ và chia thành 06 mức đều nhau, góc giữa các mức là 7°50'. Các vị trí mức quay của khung giữa được định vị bằng các lỗ trên thanh cung tròn bằng thép hàn trên khung ngoài và đồng tâm với trục quay của khung giữa. Cố định khung giữa ở các vị trí mức tương ứng các tháng trong năm (tháng 12 → 6 và ngược lại tháng 6 → 12) bằng các chốt khóa liên kết tai khóa trên khung giữa với thanh cung tại các lỗ này. Vào thời điểm 22/6, khung giữa phải được chốt khóa ở mức tương ứng góc giữa mặt khung giữa với phương nằm ngang bằng 2 lần góc vĩ độ nơi lắp đặt thiết bị.

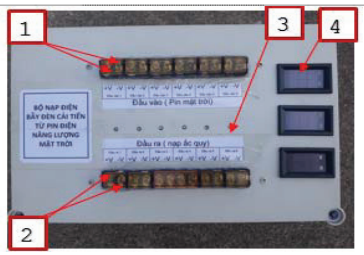
- Khung trong lắp tấm pin mặt trời, liên kết với khung giữa bằng trục theo phương Bắc – Nam, quay được quanh trục góc $\alpha = 150^o$ (từ $-75^o \rightarrow 0 \rightarrow +75^o$ đối xứng 2 bên mặt phẳng thẳng đứng đi qua trục quay) nếu điều chỉnh quay khung giữa từ 7 giờ - 17 giờ trong ngày nắng nóng mùa hè, trong đó góc (-75°) tương ứng lúc 7 giờ 00, 0° tương ứng 12 giờ 00, ($+75^o$) tương ứng 17 giờ 00; hoặc chỉ quay với góc $\alpha = 120^o$ từ $-60^o \rightarrow 0 \rightarrow +60^o$ tương ứng từ 8 giờ - 16 giờ trong ngày nắng khô mùa đông.

Các mức góc quay để định vị trục quay trên cơ cấu khóa là 7°30' nếu 30 phút quay khung trong đi 1 mức hoặc 15° nếu 60 phút mới quay khung. Định vị trục khung trong so với khung giữa ở các mức bằng các chốt khóa cơ học liên kết khung giữa với đĩa thép được hàn trên trục khung trong. Đĩa này có các lỗ định vị đồng tâm với trục này. Các chốt khóa được mở ra trước khi quay trục khung trong và tự đóng lại bằng bộ phận đàn hồi mỗi khi trục quay đến vị trí giới hạn tương ứng với các mức. Nguyên tắc hệ thống điều khiển quay khung trong được mô tả trên hình 18. Mở các chốt khóa khung trong bằng rơ le điện đồng thời với điều khiển động cơ điện làm quay trục khung; điều khiển động cơ điện và rơ le điện bằng rơ le tự động hẹn giờ, sau 30 hoặc 60 phút rơ le lại đóng mạch điện một lần. Khi khung trong quay đến một mức mới, rơ le cắt điện ngừng động cơ và chốt khóa tự đóng lại vào lỗ trên đĩa bằng cơ cấu đàn hồi. Khi không sử dụng động cơ điện có thể mở khóa và quay khung bằng tay.

3.3.2. Bộ nạp điện NLMT cho thiết bị quang năng



Hình 19. Sơ đồ khối hoạt động của Bộ nạp điện NLMT



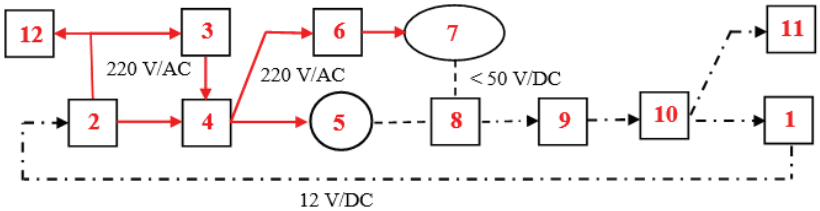
Hình 20. Bộ nạp điện NLMT

1. Cặp cực cổng vào nối với aptomat và tấm pin mặt trời (điện áp ra định mức của mỗi tấm pin mặt 41,7 VDC)
2. Cặp cực cổng ra nối với 2 cực của ắc quy hoặc bộ chuyển đổi điện (điện áp ra định mức 12 VDC)
3. Đèn báo trạng thái hoạt động
4. Đồng hồ hiển thị điện áp và cường độ dòng điện đầu ra.

Bộ nạp điện NLMT được thiết kế làm việc đồng bộ với thiết bị tạo điện NLMT cải tiến, nạp điện trực tiếp cho các ắc quy trong bẫy đèn hoặc các ắc quy tháo rời thông qua các ổ điện và dây dẫn có các đầu cắm chuyên dụng để tránh ngược cực ắc quy. Bộ nạp điện NLMT biến đổi dòng điện 1 chiều tạo ra từ tấm pin mặt trời (có điện áp hở mạch < 49 ÷ 50 VDC) thành điện áp 12 VDC, mức dao động phù hợp nạp điện các ắc quy. Cấu trúc gồm 4 bộ phận chính sử dụng toàn bộ mạch bán dẫn và được thiết kế, chế tạo hoàn toàn trong nước.

Bộ nạp điện NLMT được thiết kế 3 kênh độc lập, mỗi kênh kết nối với 01 tấm pin mặt trời, cho phép cường dòng điện trong mạch nạp tối đa 20A, điện áp nạp định mức 12V (tương ứng tổng dung lượng ắc quy 150 ÷ 180 Ah). Khi các tấm pin mặt trời cùng loại và có các thông số kỹ thuật hoạt động như nhau có thể kết nối 3 kênh để nạp điện cho phụ tải có dung lượng lớn bằng 2,5 ÷ 2,7 lần tổng dung lượng điện ắc quy cho phép của 3 kênh nạp.

3.3.3. Nguyên tắc hoạt động của bộ thiết bị tạo và nạp điện NLMT



Hình 21. Sơ đồ nguyên tắc hệ thống điều khiển quay khung lắp tấm pin mặt trời và nạp điện cho bẫy đèn ở thiết bị tạo điện NLMT

1. Ắc quy, 2. Bộ chuyển đổi điện (12VDC→220 VAC 50 Hz), 3. Rơ le điều khiển tự động hẹn giờ, 4. Contactor, 5. Động cơ điện giảm tốc và bộ truyền động, 6. Rơ le điện đóng mở khóa chốt định vị trục khung trong, 7. Bộ khóa chốt định vị trục khung trong, 8. Khung trong lắp tấm pin mặt trời, 9. Aptomat, 10. Bộ nạp điện NLMT, 11. Bẫy đèn sử dụng nguồn điện ắc quy, 12. Phụ tải khác sử dụng điện 220V 50Hz (đèn, quạt,..)

Nguyên tắc vận hành: Lắp đặt thiết bị tạo điện NLMT cải tiến trên nền sân, vườn phải đảm bảo thăng bằng khung ngoài, các trục khung giữa và khung trong theo đúng phương Đông – Tây và Bắc - Nam. Kết nối bộ nạp điện NLMT, hệ thống điện điều khiển và các phụ tải với tấm pin mặt trời theo sơ đồ hình 21, trong đó các phụ tải là ắc quy độc lập hoặc đã lắp trong bẫy đèn phải đúng điện áp ắc quy (12V), lắp đúng cực (+) và (-) và công suất tiêu thụ của mạch nạp không vượt quá quy định. Trước khi vận hành phải kiểm tra vị trí của khung giữa và cơ cấu khóa, nếu không đúng mức tương ứng với tháng hiện tại (ghi trên thanh cung định vị) cần mở khóa khung giữa với khung ngoài và quay khung giữa đến mức quy định rồi đóng khóa. Vị trí này không thay đổi cho đến ngày quy định quay khung giữa ở tháng tiếp theo. Tiếp theo, mở khóa định vị trục khung trong bằng cơ cấu đóng mở bằng tay và quay khung trong đến vị trí mức tương ứng với giờ hiện tại và đóng khóa. Cài đặt chế độ điều khiển quay khung trong trên rơle tự động hẹn giờ với thời gian ngừng (cắt mạch điện) giữa 2 mức định vị khung trong liền kề nhau là 30 phút hoặc 60 phút tùy theo cấu trúc cơ cấu khóa trục khung trong đã được chế tạo. Bật công tắc điện cấp nguồn điện từ ắc quy (1) trong mạch nạp để hệ thống bắt đầu hoạt động

Nguyên lý làm việc: Các cell trên tấm pin (8) hấp thụ năng lượng ánh sáng mặt trời chuyển thành điện năng tạo điện áp giữa hai điện cực của tấm pin là điện một chiều <49V. Điện áp này theo dây cáp điện chuyên dụng dẫn về aptomat (9) và về khối đầu vào và bảo vệ của bộ nạp điện NLMT (10). Khối

này kiểm soát điện áp đầu vào và nhận dạng có phụ tải (10) hoặc (11) được kết nối trong mạch nạp không. Nếu điện áp đầu ra từ tấm pin trong mạch kín đạt trong mức (5 ÷ 42)VDC và các ắc quy được kết nối đúng cực (+) và (-), khối này mở khóa và nối mạch dẫn điện từ tấm pin tới khối điều khiển điện áp của bộ nạp điện NLMT. Khối điều khiển điện áp điều chỉnh điện áp đầu vào từ tấm pin thành điện áp chuẩn 12,6 VDC (dao động 11,2 ÷ 14 V tùy thuộc điện áp đầu vào) và đưa về khối điều khiển nạp/ngắt. Khối này đóng mạch điện dẫn tới ổ cắm nạp điện cho ắc quy khi điện áp ắc quy dưới 11 V và cắt mạch khi ắc quy đã đầy (điện áp đạt 12,6 ÷ 12,7 V). Khi quá trình nạp điện diễn ra, đèn cảnh báo nạp điện sẽ sáng và các đồng hồ Vol – Ampe trên bộ nạp điện NLMT hiển thị điện áp nạp và cường độ dòng điện trong mạch nạp. Căn cứ giới hạn cường độ dòng điện nạp ắc quy để thay đổi số phụ tải trong mạch nạp.

3.3.4. Khảo nghiệm đánh giá khả năng nạp điện ắc quy của bộ nạp điện NLMT

Các thí nghiệm được thực hiện trong thời gian 7 giờ 30 ÷ 17 giờ ngày nắng nóng mùa hè (23 ÷ 25/7/2023) và 8 ÷ 16 giờ ngày nắng khô mùa đông (26 ÷ 28/11/2023) theo phương pháp đã trình bày tại mục 2.3.2. Các phụ tải (ắc quy trong thiết bị quang năng (TBQN) và ắc quy độc lập) đã phóng điện đến giới hạn khoảng 10,5 ÷ 11,0 V và được kết nối vào mạch nạp điện NLMT theo sơ đồ hình 21. Các công tắc được sử dụng ngắt các phụ tải ra khỏi mạch nạp khi điện áp nạp vượt 14,0 V và tổng cường độ dòng điện trong mạch nạp quá mức cho phép (20A) theo thiết kế bộ nạp điện NLMT. Điện áp và cường độ dòng điện trong mạch nạp được hiển thị trên Vol – Ampe kế. Kết quả thí nghiệm tại bảng 3 và 4 cho thấy: Trong ngày nắng nóng mùa hè ngay từ 7 giờ 30 ÷ 8 giờ, mỗi tấm pin Canadian 550 W trên bộ nạp điện NLMT đã cấp đủ điện để nạp điện cho một TBQN, điện áp nạp từ 13,5 ÷ 13,8 V, cường độ dòng điện nạp (4,2 ÷ 4,7) A, độ ổn định dòng nạp đạt > 80%.

Bảng 3. Khả năng nạp điện của bộ thiết bị nạp điện NLMT trong ngày nắng mùa hè

Tt	Thời điểm trong ngày	Số TBQN trong mạch	Điện áp nạp điện (V)	Cường độ dòng điện nạp (A)	Cường độ dòng nạp trên 1 TBQN	Độ ổn định dòng điện nạp (%)
1	7 giờ 30 – 8 giờ	1	13,5 - 13,8	4,2 – 4,7	4,2 – 4,7	89,4
2	8 giờ – 8 giờ 30	2	13,2 – 13,6	8,2 – 8,4	4,1 – 4,2	97,6
3	8 giờ 30- 9 giờ 10	3	13,7 – 13,9	13,2 – 14,1	4,4 – 4,7	92,6
4	9 giờ 10 – 11 giờ 30	4	13,1 – 13,9	16,4 – 19,6	4,1 – 4,9	95,4
5	11 giờ 30 – 12 giờ 30	5	12,7 – 13,0	18,0 - 20,0	3,6 – 4,0	90,0
6	12 giờ 30 – 14 giờ 30	5	13,0 – 12,7	20,0 – 18,0	4,0 – 3,6	90,0
7	14 giờ 30 – 16 giờ	4	13,9 – 13,2	19,6 – 16,8	4,9 – 4,3	88,0
8	16 giờ – 16 giờ 30	3	13,5 – 13,3	13,8 – 13,2	4,6 – 4,4	95,7
9	16 giờ 30 – 17 giờ	2	13,9 – 13,4	9,4 – 9,0	4,7 – 4,5	95,7

Để đảm bảo nạp đầy TBQN (có tổng dung lượng ắc quy 30 Ah) đúng yêu cầu kỹ thuật, và hoàn thành trước 16 giờ chiều kịp đưa vào hiện trường bẫy diệt côn trùng cần thời gian nạp điện tối thiểu 6 ÷ 8 giờ, cường độ dòng điện nạp trung bình 4,5A/(1

TBQN). Theo kết quả bảng 3, bộ thiết bị tạo và nạp điện NLMT cải tiến cho phép nạp 01 bộ TBQN (hoặc 01 ắc quy 12V/30 Ah) ngay từ 7 giờ 30', 02 bộ TBQN từ 8 giờ, 03 TBQN từ 8 giờ 30', 04 TBQN từ 9 giờ 10' với độ ổn định dòng nạp từ 88 ÷ 90 %. Điện năng tạo ra từ tấm pin ngoài việc nạp điện cho các TBQN (11) còn nạp điện cho ắc quy trữ điện (1) của hệ thống điều khiển làm quay khung lắp tấm pin mặt trời (sơ đồ kết nối mạch điện hình 21). Do vậy cần căn cứ tình trạng thời tiết để tính toán số lượng phụ tải kết nối trong mạch nạp đảm bảo nạp điện các TBQN được liên tục đến khi no điện và kịp thời gian chuyển đến hiện trường bẫy diệt côn trùng. Sử dụng được trang thiết bị khác của Trạm Quản lý Bảo vệ rừng hoặc Trạm Bảo vệ thực vật khi các phụ tải này được kết nối với bộ nạp điện NLMT hoặc ắc quy trữ điện thông qua bộ nghịch lưu (2) chuyển đổi điện 12VDC → 220 VAC).

** Trong ngày nắng khô mùa đông*: Từ 8 ÷ 9 giờ, cho phép nạp điện 01 TBQN song cường độ dòng nạp thay đổi lớn 4,0 ÷ 4,9 A, độ ổn định dòng nạp 81,6%. Từ 9 ÷ 16 giờ, cho phép nạp 02 TBQN, cường độ dòng nạp ở mỗi TBQN từ 4,0 ÷ 4,6 A, độ ổn định đạt trung bình 91,3÷ 95,7%. Trong thời gian từ 10 ÷ 15 giờ 30 cho phép nạp 03 TBQN, độ ổn định dòng nạp rất cao (93,3 ÷ 100%). Tuy nhiên để đảm bảo nạp đầy ắc quy kịp đưa Bẫy đèn vào hiện trường chỉ nên kết nối 02 bộ bẫy đèn trong mỗi mạch nạp từ 9 giờ. Tận dụng điện NLMT do không sử dụng hết cho nạp TBQN để tích điện cho ắc quy trữ điện và phụ tải khác theo phương án nêu trên.

Bảng 4. Khả năng nạp điện của bộ thiết bị nạp điện NLMT trong ngày nắng mùa đông

Tt	*Thời điểm trong ngày*	*Số Bẫy đèn trong mạch*	*Điện áp nạp (V)*	*Cường độ dòng điện mạch nạp (A)*	*Cường độ dòng nạp trên 1 Bẫy đèn (A)*	*Độ ổn định dòng điện nạp (%)*
1	8 giờ – 9 giờ	1	12,8 - 13,8	4,0 – 4,9	4,0 – 4,9	81,6
2	9 giờ – 10 giờ	2	13,2 – 13,5	8,4 – 9,2	4,2 – 4,6	91,3
3	10 giờ - 11 giờ	3	13,0 – 13,3	12,0 – 12,6	4,0 – 4,2	95,2
4	11 giờ - 12 giờ	3	13,0 - 13,2	13,2 - 13,8	4,4 – 4,6	95,7
5	12 giờ- 13 giờ	3	13,5 - 13,7	13,5	4,5	100,0
6	13 giờ - 14 giờ	3	13,6 - 13,5	13,5	4,5	100,0
7	14 giờ- 15 giờ	3	13,4 – 13,1	13,5 – 12,6	4,5 – 4,2	93,3
8	15 giờ – 15 giờ 30	3	13,1 – 13,0	12,6 – 12,3	4,2 – 4,1	97,6
9	15 giờ 30 – 16 giờ	2	13,6 – 13,3	9,4 – 8,4	4,7 – 4,2	89,4

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã trình bày thành công quy trình tính toán, thiết kế và chế tạo một hệ thống tích hợp hoàn chỉnh cho thiết bị quang năng phòng trừ côn trùng, giải quyết hiệu quả bài toán năng lượng và điều khiển tự động cho các ứng dụng nông lâm nghiệp ở những khu vực không có điện lưới. Các kết quả chính của bài báo được tổng kết như sau:

1. Đã thiết kế, chế tạo và kiểm chứng thành công mạch điều khiển thông minh cho thiết bị quang năng. Mạch điều khiển tích hợp ba khối chức năng chính: điều khiển đèn UV, điều khiển từ xa qua sóng GSM và mạch tạo điện áp cao (đến 5kV) để tiêu diệt côn trùng. Toàn bộ hệ thống được thiết kế trên phần mềm Altium Designer và lập trình bằng Arduino IDE, cho kết quả hoạt động ổn định, đáp ứng tốt các yêu cầu kỹ thuật đặt ra.

2. Đã phát triển một bộ thiết bị tạo và nạp điện từ năng lượng mặt trời (NLMT) có tính đổi mới, với kết cấu khung quay cho phép điều chỉnh hướng tấm pin theo cả giờ trong ngày và tháng trong năm. Thiết kế này đã chứng tỏ hiệu quả vượt trội trong việc tối ưu hóa khả năng hấp thụ năng lượng, cho phép hệ thống nạp điện cho ắc quy ngay cả trong thời điểm cường độ nắng yếu như đầu buổi sáng và cuối buổi chiều, điều mà các hệ thống cố định khó đạt được.

3. Kết quả khảo nghiệm thực tế đã xác định hiệu suất và tính khả thi của hệ thống. Bộ nạp điện NLMT có khả năng nạp đồng thời cho nhiều thiết bị (4- 5 thiết bị vào mùa hè) với dòng nạp ổn định, đảm bảo các ắc quy được nạp đầy kịp thời để đưa vào sử dụng tại hiện trường.

Nghiên cứu đã xây dựng được một giải pháp toàn diện, tự chủ về năng lượng, có tính ứng dụng thực tiễn cao, giúp nâng cao hiệu quả và độ bền của thiết bị quang năng. Hệ thống này không chỉ góp phần giảm thiểu việc sử dụng hóa chất bảo vệ thực vật mà còn thúc đẩy việc ứng dụng năng lượng tái tạo và công nghệ tự động hóa trong sản xuất nông lâm nghiệp bền vững.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Lê Xuân Phúc và ctv (2024). Nghiên cứu cải tiến thiết bị bẫy đèn diệt côn trùng gây hại cây trồng nông lâm nghiệp có hiệu quả cao và sử dụng điện năng lượng mặt trời. Báo cáo tổng kết đề tài.

2. Lê Xuân Phúc, Đào Ngọc Quang, Cao Chí Công (2023). Bẫy đèn đa tính năng phòng trừ côn trùng gây hại cây trồng nông lâm nghiệp. *Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp*, số 6, 148-162.

3. Nguyễn Văn Đĩnh, Hà Quang Hùng, Nguyễn Thị Thu Cúc, Phạm Văn Lầm (2012). *Côn trùng và động vật hại nông nghiệp Việt Nam*. Nhà xuất bản Nông nghiệp.

4. Bùi Đình Đức, Bùi Văn Bắc (2013). Nghiên cứu đề xuất biện pháp vật lý, cơ giới trong phòng trừ Sâu róm 4 túm lông (*Dasychira axutha* Coliennette) hại Thông mã vĩ tại Lộc Bình, Lạng Sơn. *Tạp chí Quản lý Tài nguyên rừng và Môi trường*, số 3, tr 46-52.

5. Nguyễn Thị Nhung (2002). Nghiên cứu sâu hại nhóm cây đậu ăn quả (đậu đũa, đậu trạch, đậu bở, đậu cô ve) và biện pháp phòng trừ chúng ở vùng chuyên canh rau ngoại thành Hà Nội và phụ cận. Luận án tiến sĩ nông nghiệp.

6. Lê Xuân Phúc, Đào Ngọc Quang (2019). Nghiên cứu cải tiến bẫy đèn phòng trừ sâu róm thông và sâu róm 4 túm lông hại thông nhựa và thông mã vĩ. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*, số 22, 48-57.

7. Phạm Đăng Quốc và cộng sự (2010). *Nghiên cứu cải tiến đèn bẫy bướm phòng trừ sâu Róm thông*. Kỷ yếu Hội nghị Khoa học công nghệ Lâm nghiệp khu vực phía Bắc, tr 631-641.

8. NASA (2003) Suface meteorology and Solar Energy: Methodology, *NASA Tech. Note.* Langley ASDC.

9. Vignola, F, Mc Daniel, D. K (1984), *"Transfermation of Direct Solar Radiation to Tilted Surface"*, Proceedings of the 1984 Annual Meeting of the Americal Solar Energy Society, Inc. Anaheim, CA, pp. 651 – 655.

Ngày nhận bài: 25/6/2025

Người phản biện: TS Trần Hồng Thao – Viện Cơ điện NN và CNSTH

THỬ NGHIỆM MÁY PHUN THUỐC, BÓN PHÂN CHO RUỘNG LÚA SỬ DỤNG HỆ THỐNG DI ĐỘNG BẰNG XÍCH CAO SU

Nguyễn Văn Lành[1], Nguyễn Thanh Nghị[1], Nguyễn Huy Bích[1], Phạm Duy Lam[1], Bùi Hữu Phúc[2]

TÓM TẮT

Việc cơ giới hóa các công đoạn chăm sóc cây lúa ở Việt Nam hiện vẫn còn nhiều hạn chế, đặc biệt là trong các khâu phun thuốc bảo vệ thực vật và bón phân, vốn đòi hỏi nhiều lao động thủ công và tiềm ẩn nguy cơ ảnh hưởng sức khỏe người nông dân. Để khắc phục tình trạng này, nhóm nghiên cứu đã tiến hành thử nghiệm một máy phun thuốc, bón phân, sử dụng hệ thống di động bằng xích cao su, phù hợp với điều kiện ruộng lúa nước tại Việt Nam. Máy được thiết kế với hệ thống phun thuốc theo nguyên lý thủy áp với thùng chứa thuốc 220 lít và hệ thống bón phân theo nguyên lý ly tâm với thùng chứa phân 50 kg. Máy có khả năng di chuyển linh hoạt trên nền ruộng yếu nhờ bộ xích cao su có diện tích tiếp xúc lớn, hạn chế tình trạng lún và đảm bảo ổn định khi vận hành. Kết quả thử nghiệm thực địa cho thấy máy hoạt động hiệu quả với bề rộng làm việc 12m, năng suất đạt khoảng 2 ha/giờ. Hệ thống phun thuốc và bón phân đảm bảo độ đồng đều tốt. Tốc độ di chuyển trung bình khi vận hành là 1,62 m/s, mức tiêu hao nhiên liệu khoảng 0,94 lít/ha. Máy vận hành ổn định, không gặp sự cố trong quá trình khảo nghiệm trên ruộng có nền đất yếu và lầy lội. Nghiên cứu này góp phần thúc đẩy quá trình cơ giới hóa nông nghiệp bền vững, giảm thiểu sức lao động và cải thiện hiệu quả kinh tế cho người nông dân trồng lúa.

Từ khóa: Phun thuốc, bón phân, xích cao su, tốc độ di chuyển, tiêu hao nhiên liệu

FIELD TESTING OF A RUBBER-TRACKED SPRAYING AND FERTILIZING MACHINE FOR RICE CULTIVATION

ABSTRACT

Mechanization of rice cultivation processes in Vietnam still faces many limitations, especially in pesticide spraying and fertilizer application, which require significant manual labor and pose potential health risks to farmers. To address this issue, the research team conducted trials on a spraying and fertilizing machine equipped with a rubber track mobility system, suitable for flooded rice field conditions in Vietnam. The machine is designed with a

[1] Khoa Cơ khí – Công nghệ, trường Đại học Nông lâm TPHCM
[2] Cơ sở Cơ khí Nông nghiệp Chín Nghĩa, Long An

hydraulic pressure-based spraying system and a 220-liter chemical tank, along with a centrifugal fertilizing system and a 50-kg fertilizer tank. It can move flexibly on weak field surfaces thanks to the rubber tracks with large contact areas, minimizing sinking and ensuring operational stability. Field trials showed that the machine operated efficiently with a working width of 12 meters and a productivity rate of approximately 2 hectares per hour. The spraying and fertilizing systems ensured good uniformity. The average operating speed was 1.62 m/s, and the fuel consumption was around 0.94 liters per hectare. The machine ran stably without any malfunctions during tests on soft and muddy field surfaces. This study contributes to promoting sustainable agricultural mechanization, reducing labor intensity, and improving the economic efficiency for rice farmers.

Keywords: Spraying, fertilizing, rubber tracks, operating speed, fuel consumption.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việt Nam là quốc gia nông nghiệp, trong đó sản xuất lúa gạo chiếm vị trí quan trọng, không chỉ đáp ứng nhu cầu tiêu thụ nội địa mà còn đóng góp lớn vào giá trị xuất khẩu. Với sản lượng lúa bình quân khoảng 45 triệu tấn/năm và hơn 7 triệu tấn gạo xuất khẩu, Việt Nam hiện là một trong ba quốc gia đứng đầu thế giới về xuất khẩu gạo [1]. Tuy nhiên, ngành nông nghiệp Việt Nam vẫn đối mặt với nhiều thách thức trong việc nâng cao năng suất và hiệu quả sản xuất lúa, đặc biệt là trong bối cảnh lực lượng lao động nông nghiệp ngày càng giảm và mức độ cơ giới hóa trong chăm sóc lúa còn thấp [2].

Trong những năm gần đây, sự phát triển của ngành cơ khí và tự động hóa đã mang lại một số thành tựu nhất định cho cơ giới hóa nông nghiệp, đặc biệt là trong các khâu làm đất, thu hoạch và xay xát lúa gạo. Tuy nhiên, việc cơ giới hóa trong canh tác lúa vẫn còn nhiều hạn chế và chưa đồng bộ [3]. Các máy móc nông nghiệp hiện tại vẫn chưa giải quyết tốt các vấn đề về năng suất lao động, sức khỏe người nông dân, và tình trạng lao động nặng nhọc. Cụ thể, trong khâu phun thuốc bảo vệ thực vật và bón phân, người nông dân phải làm việc trong điều kiện tiếp xúc trực tiếp với hóa chất, gây ra tác động tiêu cực đến sức khỏe trong dài hạn [4]. Theo các nghiên cứu, mỗi vụ lúa cần ít nhất từ 6 đến 8 lần phun thuốc, một công đoạn tốn nhiều nhân lực và gây ảnh hưởng sức khỏe cho người lao động [5]. Máy phun thuốc hiện nay chủ yếu là các loại máy có động cơ mang vai, sử dụng sức người, tuy tiện lợi nhưng lại gây tác động không nhỏ đến sức khỏe người sử dụng do tiếp xúc trực tiếp với

thuốc bảo vệ thực vật và sự rung động của máy [6].

Bên cạnh đó, các máy phun thuốc có công suất lớn hiện tại lại chưa phù hợp với điều kiện đặc thù của ruộng lúa nước ở Việt Nam, gây khó khăn trong việc triển khai ứng dụng rộng rãi. Do đó, việc nghiên cứu và phát triển một máy phun thuốc, bón phân phù hợp với điều kiện đất đai và tập quán canh tác của người nông dân là rất cần thiết. Một máy phun thuốc và bón phân tích hợp, sử dụng chung hệ thống di động bằng xích cao su, không chỉ giúp giảm bớt tác động tiêu cực đến sức khỏe người lao động mà còn nâng cao năng suất và hiệu quả trong canh tác lúa, đáp ứng yêu cầu sản xuất hiện đại và bền vững [7]. Việc này sẽ góp phần nâng cao hiệu quả kinh tế cho người nông dân, giảm chi phí sản xuất và khuyến khích quá trình cơ giới hóa trong ngành nông nghiệp Việt Nam [8].

II. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Phương pháp thử nghiệm và thu thập dữ liệu

A. Quy trình thử nghiệm trên thực địa:

- Máy được vận hành trên ruộng lúa với diện tích 10.080 m².
- Thử nghiệm đánh giá sơ bộ về độ đồng đều của hệ thống phun thuốc, bón phân được bố trí trên sân bằng phẳng và không có gió; khảo nghiệm thực tế trên ruộng trong điều kiện ruộng khô, ruộng nước và ruộng lầy lội.
- Tiến hành phun thuốc và bón phân theo yêu cầu nông học phổ biến mà nông dân đang áp dụng.

B. Các thông số được đo:

- Lượng thuốc/phân bón được trên đơn vị diện tích (l/ha, kg/ha).
- Thời gian làm việc của hệ thống máy cho mỗi ha.
- Tốc độ di chuyển trung bình (km/h).
- Mức tiêu hao nhiên liệu (lít/giờ).
- Mức độ tác động của xích lên mặt đồng, độ lún sâu của máy.

C. Tiêu chí đánh giá:

- Hiệu quả phun thuốc/bón phân: Độ phủ đều, sai số dưới 10%.
- Khả năng di chuyển: Tốc độ ổn định, không bị lún hoặc kẹt.
- Độ bền: Không hư hỏng sau 20 giờ hoạt động liên tục.
- Năng suất hệ thống máy phun thuốc/bón phân đạt 2 ha/giờ.

D. Phương pháp xác định áp suất và lưu lượng phun

Đặt máy phun thuốc tại vị trí có nền đất bằng phẳng, điều chỉnh độ cao giàn phun cố định ở một vị trí và khởi động bơm cao áp. Quan sát tất cả 38 vòi phun đến khi đạt độ

tơi như sương mù sẽ ghi nhận lại áp suất làm việc của máy. Tiếp tục để máy hoạt động ổn định với áp suất đã được xác định, dùng bút đánh dấu mực nước trong thùng dung dịch đồng thời dùng đồng hồ đo thời gian phun 30 giây, quá trình thí nghiệm được lập lại 5 lần, thu thập số liệu và tính toán lưu lượng phun.

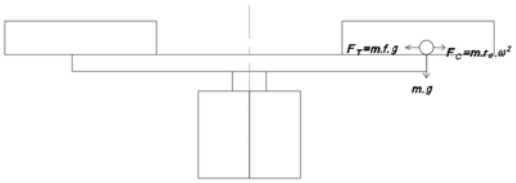
E. Phương pháp xác định độ cao và độ đồng đều giữa các vòi phun

Đặt máy phun thuốc tại vị trí có nền đất bằng phẳng, xung quanh được che kín gió, điều chỉnh giàn phun song song với mặt đất, phía dưới giàn phun đặt các máng thu nước. Trong quá trình thí nghiệm có thể dịch chuyển giàn phun lên hoặc xuống nhằm thay đổi độ cao của vòi phun với máng thu. Quá trình thí nghiệm được thực hiện ở nhiều độ cao khác nhau, thu thập số liệu và phân tích để xác định độ độ cao phù hợp và độ đồng đều giữa các vòi phun.

F. Lý thuyết làm việc của cơ cấu tung phân kiểu ly tâm.

Quá trình làm việc của cơ cấu tung phân loại ly tâm này được đánh giá bằng hai giai đoạn: Ở giai đoạn thứ nhất phân chuyển động trên bề mặt của đường tròn và ở giai đoạn thứ hai là phân nhận được tốc độ cần thiết để rơi theo một quỹ đạo cong xuống mặt đồng.

Sự chuyển động trên bề mặt roto: Giả thiết một chất điểm của phân bón có khối lượng m tiếp nhận được số vòng quay bằng với roto với tốc độ ban đầu V=0 ở điểm M



Hình 1. Phân tích lực tác dụng lên viên phân

Phân tích lực ta có:

- Lực ma sát F_T chống lại chuyển động.
- Lực ly tâm F_c tác động vào phần tử.
- Lực ma sát F_T= m.f.g (N).
- Lực ly tâm F_c=m.r_0.ω^2 (N).

Trong đó:

m: khối lượng của phần tử phân bón.

f: hệ số ma sát của phân và mặt roto.

g: gia tốc trọng trường.

r_0: khoảng cách từ tâm tới phần tử ở M.

ω: vận tốc góc.

Khi phần tử bắt đầu chuyển động ta giả thiết: $F_c > F_T$.

Suy ra $\omega > \sqrt{\frac{f*g}{r_o}}$

Vận tốc quay của roto $n > \frac{30}{\pi} * \sqrt{\frac{f*g}{r_0}}$

Từ đó thấy rằng n tỷ lệ thuận với hệ số ma sát và tỷ lệ nghịch với khoảng cánh r_0. Và tất nhiên khi số vòng quay quá nhỏ

thì làm đùn phân, phân rải ra đồng không đáp ứng yêu cầu nông học.

Tốc độ của phần tử phân bón: Trong khoảng thời gian xác định t_1 thì vận tốc của roto là V_r. Gọi vận tốc của phần tử là V_u.

$$V_u=r*w \text{ (m/s)}$$

Vận tốc để phần tử rời khỏi roto:

$$V=\sqrt{V_u^2+V_r^2}$$

Người ta thường tính: V=Vu=r*w

Sự bay tự do của phần tử phân bón: Quỹ đạo của phần tử được tính bắt đầu từ khi phần tử rời khỏi roto của cơ cấu tung phân ly tâm tới khi nó rơi xuống mặt đất.

Nếu vị trí của roto tung phân so với mặt đất có chiều cao h, quỹ đạo tối đa của phần tử sẽ là (giả thiết không có sức cản của không khí và gió)

$$S= k*V*\sqrt{\frac{2*h}{g}}$$

Trong đó:

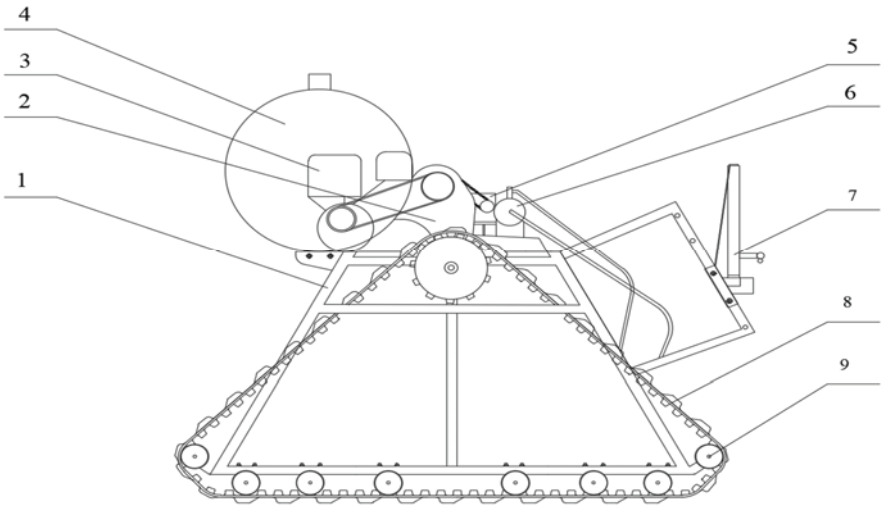
V: tốc độ tổng hợp của phần tử khi bay (m/s).

k: hệ số cản không khí: k= 0,4 khi với phân bột.

k= 0,7 khi với phân hạt.

2.2. Thông số kỹ thuật của hệ thống máy

Máy phun thuốc cho lúa với hệ thống di động bằng xích cao su gồm các bộ phận chính như sau:



Hình 2. Hệ thống máy phun thuốc

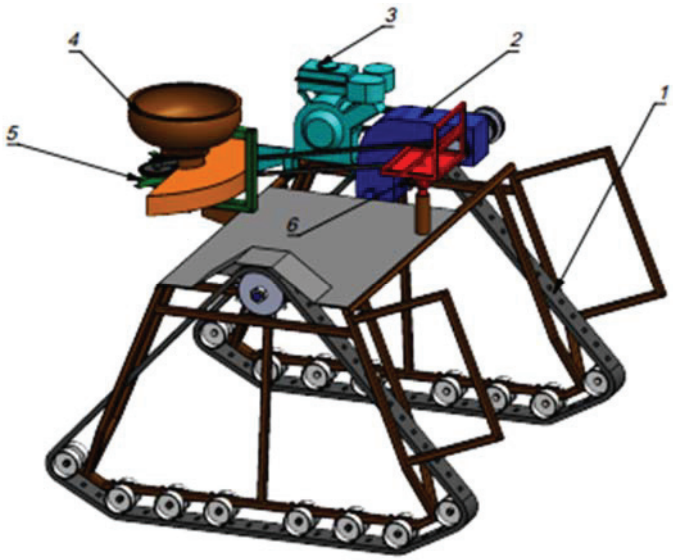
1. Khung máy; 2. Hộp số; 3. Động cơ; 4. Thùng chứa dung dịch; 5. Bơm cao áp; 6. Máy bơm nước; 7. Giàn phun; 8. Xích cao su; 9. Bánh căng xích

Máy phun thuốc và bón phân có bề rộng làm việc 12 m. Máy được thiết kế phun thuốc theo nguyên lý thủy áp, bón phân theo nguyên lý ly tâm. Do yêu cầu của máy làm việc trên ruộng nước chân nền yếu, độ chặt < 1,5 kG/cm^2, hệ thống di động được thiết kế là xích cao su với bề rồng 150mm, chiều dài tiếp xúc với mặt ruộng là 2000mm, diện tích tiếp xúc với

mặt đồng là 0,6 m^2, khoảng cách giữa tâm hai dãy xích là 1600mm. Sơ đồ nguyên lý cấu tạo như hình 2. Về kích thước tổng thể của máy khi xếp gọn là dài x rộng x cao (2,4 m x 2,0 m x 1,8 m).

Nguyên lý hoạt động của máy phun thuốc

Trước tiên cần bơm nước vào thùng chứa dung dịch (4) và pha thuốc vào theo tỉ lệ và hướng dẫn của nhà sản xuất. Khi động cơ (3) bắt đầu làm việc, bộ truyền đai truyền động từ động cơ truyền tới hộp số (2). Từ hộp số sẽ truyền qua bơm cao áp (5) thông qua bộ truyền xích. Khi hệ thống bơm bắt đầu hoạt động đạt áp suất yêu cầu là khi các vòi phun đã phun sương đạt độ đồng đều. Tiến hành gài số để bắt đầu di chuyển, hộp số gồm 3 số tiến và 1 số lùi, tùy theo lượng phun mà người điều khiển điều chỉnh tốc độ di chuyển phù hợp. Khi nước trong thùng dung dịch sắp hết và di chuyển tới đầu bờ, người điều khiển dừng phun để bơm nước bổ sung vào thùng chứa và pha thuốc, sau đó tiếp tục vận hành máy phun làm việc.



Hình 3. Hệ thống máy bón phân

1. Xích cao su; 2. Hộp số; 3. Động cơ xăng; 4. Thùng chứa phân; 5. Cơ cấu tung phân; 6. Ghế ngồi.

Khi sử dụng hệ thống máy để bón phân thì tháo cụm bơm nước cấp (6), bơm cao áp, thùng chứa dung dịch và giàn phun (7). Sau đó, lắp đặt lên máy hệ thống truyền động cho cánh tung phân và thùng chứa phân như hình 3. Thùng phân chứa tối đa 50 kg, góc tung 170°, tùy theo lượng phân cần bón và tốc độ chạy mà điều chỉnh lượng phân cho phù hợp.

Thông số động cơ được sử dụng là động cơ xăng Genesis 18HP

- Kiểu máy làm mát bằng gió, 4 thì, 1 xylanh.
- Công suất động cơ 18HP.
- Dung tích xi lanh 460 cm^3.
- Vòng quay 3600 vòng/phút.
- Tiêu hao nhiên liệu tối đa 4.2 lít/h
- Trọng lượng thô 30kg.
- Kích thước: 515 mm x 440 mm x 500 mm.

Thông số máy phun thuốc, bón phân:

- Thùng chứa dung dịch 220 lít; Thùng chứa phân 50 kg.
- Bề rộng làm việc giàn phun thuốc và bón phân là: 12m.
- Máy bơm cao áp 2.0 HP, kiểu 3 piston, áp suất bơm lớn nhất: 35 bar.
- Lưu lượng tối đa phun thuốc: 34 lít/phút; bón phân: 2 kg/phút.

Hệ thống phun sương dưới dạng hình nón tạo diện tích tiếp xúc giữa thuốc và lúa lớn; khoảng cách giữa 2 vòi phun 32 cm; số lượng vòi phun trên giàn phun là: 38 cái.

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả khảo nghiệm máy bón phân

A. Kết quả khảo nghiệm đánh giá độ đồng đều

Để đảo bảo máy bón phân đạt được độ đồng đều khi làm việc thực tế trên đồng, chúng tôi tiến hành thí nghiệm sơ bộ để xác định độ đồng đều khi máy làm việc.

Phương pháp thực hiện như sau: Lấy tấm bạt rộng rộng 7m dài 14m trải ra trên sân bằng phẳng rồi bố trí các mẫu thu thập số liệu tại các vị trí từ tâm máy đến 6m bên phải và 6m bên trái, đảm bảo bề rộng làm việc là 12m, mỗi mẫu cách nhau 1m. Sau đó tiến hành đổ phân vào thùng cho máy hoạt động 30s rồi dừng lại và tiến hành ghi nhận số liệu.

Kết quả: Kết quả khảo nghiệm ở bảng 1.

Bảng 1. Khảo nghiệm độ đồng đều

Số lần	Lần 1 (gram)	Lần 2 (gram)	Lần 3 (gram)
1	9,3	7,9	7,8
2	10,0	9,2	8,7
3	9,7	8,9	8,6
4	9,1	8,6	9,1
5	8,9	7,7	8,8
Trung bình	*9,4*	*8,46*	*8,6*
Độ lệch chuẩn	*0,44*	*0,64*	*0,48*

Nhận xét: Kết quả khảo nghiệm trên cho ta thấy lượng phân bón được bón ra các vị trí đồng đều đáp ứng được yêu cầu nông học đề ra, có thể tiến hành khảo nghiệm thực tế trên đồng.

Kết quả khảo nghiệm xác định vận tốc và chi phí nhiên liệu của máy:

Nhằm đánh giá khả năng làm việc của động cơ, hệ thống di động, kiểm tra tính ổn định khi hệ thống máy làm việc và lượng tiêu hao nhiên liệu của máy trong quá trình làm việc.

Khảo nghiệm máy chạy 500m với tốc độ làm việc; tiến hành dùng đồng hồ bấm thời gian từ vị trí bắt đầu khảo nghiệm đến vị trí 500m rồi ghi nhận số liệu.

Khảo nghiệm được lập lại 5 lần, kết quả khảo nghiệm được trình bày trong bảng 2.

Bảng 2. Khảo nghiệm xác định vận tốc tiến và chi phí nhiên liệu

Số lần khảo nghiệm	Thời gian đo được (s)	Thời gian quay đầu bờ (s)	Vận tốc tiến (m/s)	Chi phí nhiên liệu xăng (lít/ha)
1	310	71	1,62	0,9
2	300	69	1,67	1,1
3	311	72	1,6	0,8
4	305	74	1,64	0,7
5	314	70	1,59	1,2
Trung bình	*308*	*71,2*	*1,62*	0,94
Độ lệch chuẩn	*5,52*	*1,92*	*0,03*	0,2



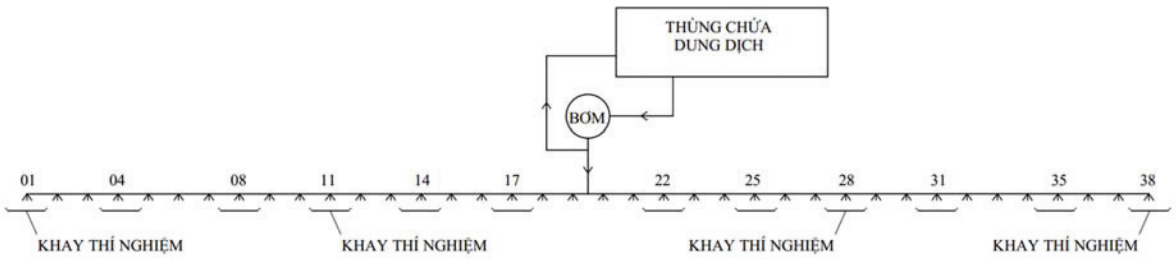
Hình 4. Máy bón phân đang làm việc trên đồng

Nhận xét: Kết quả khảo nghiệm vận tốc tiến của máy bón phân với khoảng cách là 500m cho ta thấy máy làm việc với vận tốc tương đối ổn định 1,62 m/s với độ lệch chuẩn 0,03. Chi phí nhiên liệu đạt trung bình là 0,94 lít/ha với độ lệch chuẩn là 0,2.

3.2. Kết quả khảo nghiệm máy phun thuốc

A. Kết quả khảo nghiệm xác định lưu lượng phun

Máy sau khi được chế tạo hoàn chỉnh, tiến hành khảo nghiệm để xác định độ đồng đều của các vòi phun. Như đã trình bày phần thiết kế và chế tạo, máy phun thuốc có bề rộng làm việc 12m với 38 vòi phun, khoảng cách giữa các vòi phun là 32cm. Thùng dung dịch có dung tích 220 lít, bơm cao áp cho giàn phun là kiểu bơm 3 piston với lưu lượng bơm tối đa 34 lít/phút, áp suất phun lớn nhất là 35 bar.



Hình 5. Khảo nghiệm lưu lượng phun của các vòi phun

Bảng 3. Lưu lượng phun của các vòi phun

Lần đo	vòi 1	vòi 4	vòi 8	vòi 11	vòi 14	vòi 17	vòi 22	vòi 25	vòi 28	vòi 31	vòi 35	vòi 38
1	395	401	385	402	399	395	395	401	388	389	395	393
2	388	394	392	396	389	386	399	393	402	393	393	396
3	398	397	398	389	394	399	404	387	405	398	396	402
Trung bình	*393,7*	*397,3*	*391,7*	*395,7*	*394,0*	*393,3*	*399,3*	*393,7*	*398,3*	*393,3*	*394,7*	*397,0*
Độ lệch chuẩn	*5,13*	*3,51*	*6,50*	*6,50*	*5,0*	*6,65*	*6,50*	*7,02*	*9,07*	*4,05*	*1,52*	*4,58*

Bố trí thí nghiệm để xác định lưu lượng phun được thực hiện như hình 5, chúng tôi lựa chọn 6 vòi phun bên trái và 6 vòi phun bên phải để kiểm tra lưu lượng.

Khi bơm cao áp hoạt động ổn định, quan sát lượng nước phun ra từ các vòi phun đã đồng đều, tiến hành

đưa khay lấy mẫu vào từng vòi phun và dùng đồng hồ bấm thời gian để lấy mẫu, mỗi lần lấy mẫu 30 giây.

. Kết quả thu thập số liệu được trình bày trong bảng 3 sau:

Nhận xét:

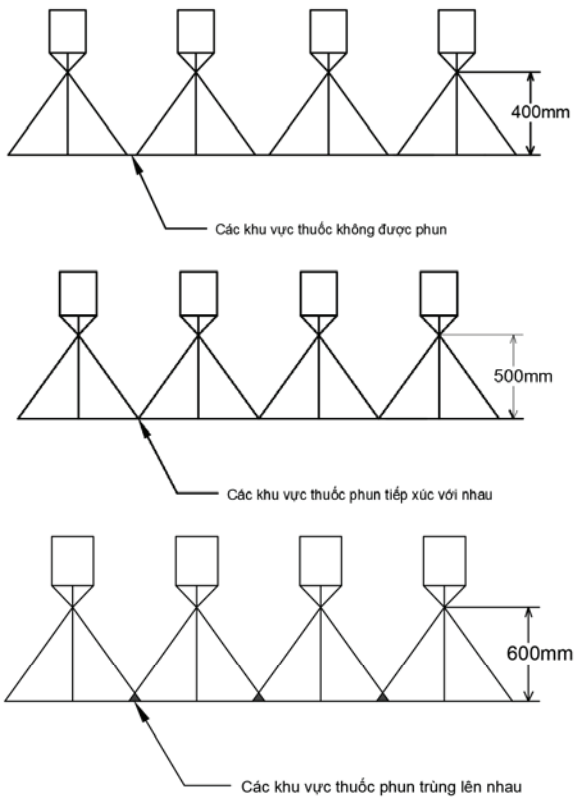
Căn cứ vào bảng số liệu trên cho thấy vòi phun số 35 có độ lệch chuẩn thấp nhất (1.52), thể hiện sự đồng đều rất cao trong các lần đo; vòi 28 có độ lệch chuẩn cao nhất (9.07), cho thấy sự dao động lớn giữa các lần đo. Hầu hết các vòi còn lại có độ lệch chuẩn trung bình từ 3 đến 7, tức là độ đồng đều không quá cao nhưng vẫn ở mức chấp nhận được. Đặc biệt các vòi như 4, 1, 22, và 38 đều có sự ổn định khá tốt, với dao động nhỏ. Các giá trị đo cho thấy sự chênh lệch từ 388 đến 405.

So sánh giá trị trung bình chung (395,17), các vòi phun có giá trị trung bình gần với giá trị chung gồm: 1, 4, 14, 17, 31 và 35. Điều này cho thấy các vòi này hoạt động khá đồng đều so với tổng thể. Các vòi có giá trị trung bình thấp hơn giá trị trung bình chung gồm: 8 và 25, sự chênh lệch này không quá lớn và có thể chấp nhận được. Các vòi có giá trị trung bình cao hơn giá trị chung: 22, 28, và 4, sự chênh lệch này cũng không lớn và nằm trong giới hạn cho phép. Tóm lại, Các vòi có giá trị trung bình khá gần với giá trị trung bình chung, cho thấy sự đồng đều tốt trong hoạt động của các vòi, có thể tiến hành thí nghiệm thực tế trên đồng.

B. Kết quả khảo nghiệm xác định độ cao phun

Sau khi xác định lưu lượng phun đạt yêu cầu, tiến hành khảo nghiệm để xác định độ cao phun phù hợp. Như kết quả trình bày ở phần thiết kế và chế tạo, độ cao phun có thể điều chỉnh so với mặt ruộng từ 20 cm đến 160 cm tùy theo chiều cao của cây lúa.

Trong thí nghiệm này, chúng tôi tiến hành điều chỉnh độ cao phun ở 3 mức như sau: 400mm, 500mm và 600mm như hình phía dưới (hình 6).

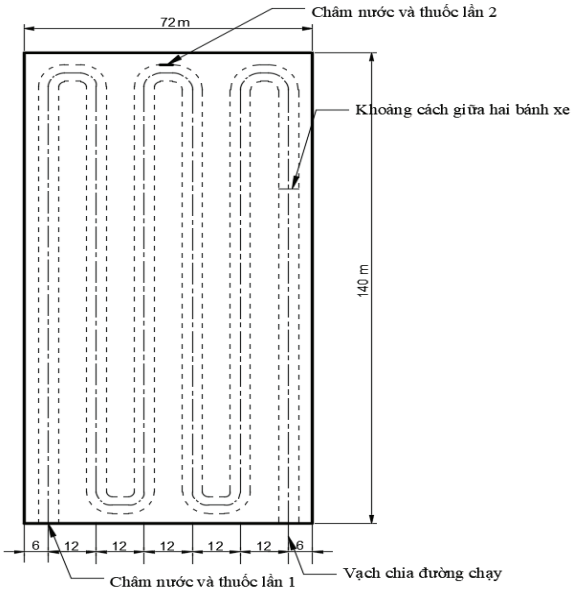


Hình 6. Điều chỉnh độ cao phun

Kết luận: Độ cao phun 400 mm, dung dịch chưa phủ hết trên bề mặt lúa; độ cao phun 500 mm dung dịch phun vừa phủ hết bề mặt lúa và độ cao phun 600 mm thì dung dịch phun có độ chập nhẹ. Vì vậy để giàn phun làm việc hiệu quả, chúng ta cần điều chỉnh độ cao phun so với mặt lúa ≥ 500 mm.

C. Kết quả khảo nghiệm thực tế trên đồng

Sau khi khảo nghiệm sơ bộ xác định độ đồng đều các vòi phun và độ cao phun phù hợp, tiến hành khảo nghiệm thực tế trên đồng. Thửa ruộng được chọn để khảo nghiệm có diện tích 10.080 m^2, chiều rộng là 72 m và chiều dài là 140 m, được xác định đường chạy như sau:



Hình 7. Thửa ruộng khảo nghiệm thực tế



Hình 8. Máy phun thuốc đang làm việc trên đồng

Kết quả khảo nghiệm thực tế như sau:

- Lượng dung dịch phun: 440 lít.
- Thời gian phun thực tế: 14 phút 42 giây.
- Thời gian quay vòng đầu bờ: 5 phút 10 giây.
- Thời gian lấy nước và pha thuốc: 8 phút 26 giây.

Nhận xét: Hệ thống máy phun thuốc hoạt động ổn định: các vòi phun làm việc tốt, không có dấu hiệu bị nghẹt, dung dịch phun phủ kín bề mặt lúa; hệ thống di động hoạt động tốt, không bị lầy khi đi qua những chỗ có nền đất yếu; lượng dung dịch phun đáp ứng yêu cầu. Thời gian phun hết thửa ruộng là 28 phút 18 giây, năng suất làm việc thực tế của máy phun thuốc: 2,1 ha/h.

IV. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã thử nghiệm thành công máy phun thuốc và bón phân tích hợp sử dụng hệ thống di động bằng xích cao su, phù hợp với điều kiện canh tác ruộng lúa nước tại Việt Nam. Máy có khả năng phun thuốc bảo vệ thực vật và bón phân với độ đồng đều cao, năng suất làm việc đạt khoảng 2 ha/giờ. Hệ thống di động bằng xích cao su giúp máy vận hành ổn định trên nền ruộng yếu, lầy lội mà không gây lún sâu hay hư hại mặt ruộng. Tốc độ di chuyển trung bình đạt 1,62 m/s, mức tiêu hao nhiên liệu 0,94 lít/ha, góp phần giảm chi phí vận hành. Máy có kết cấu linh hoạt, dễ vận hành và bảo trì, giúp giảm thiểu sức lao động và nguy cơ tiếp xúc trực tiếp với hóa chất cho người nông dân. Thiết bị này hứa hẹn sẽ góp phần thúc đẩy quá trình cơ giới hóa đồng bộ trong sản xuất lúa gạo, nâng cao hiệu quả kinh tế và tính bền vững trong canh tác nông nghiệp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Lê Thanh Hòa (2017). "Nghiên cứu ứng dụng cơ giới hóa trong sản xuất lúa gạo tại Việt Nam." *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, 22(4)*, 24-35.

[2] Nguyễn Văn Thụ (2018). "Ứng dụng máy móc cơ giới hóa trong nông nghiệp: Thực trạng và triển vọng." *Tạp chí Cơ khí và Tự động hóa, 10(3),* 18-25.

[3] Trần Quang Huy & Phan Thị Lan (2016). "Phát triển cơ giới hóa trong sản xuất lúa gạo và các thách thức trong việc nâng cao hiệu quả sản xuất." *Tạp chí Nông học Việt Nam, 14(2),* 45-59.

[4] Nguyễn Hoàng Minh (2020). "Tác động của việc phun thuốc bảo vệ thực vật đến sức khỏe người lao động trong nông nghiệp." *Tạp chí Y học Nông nghiệp, 5(1),* 12-19.

[5] Hoàng Minh Tuấn, Đoàn Thị Mai (2019). "Khảo sát và đánh giá các loại máy phun thuốc bảo vệ thực vật trong sản xuất nông nghiệp Việt Nam." *Tạp chí Khoa học và Công nghệ, 7(3),* 102-111.

[6] Châu Thị Lan (2020). "Ứng dụng máy bón phân và phun thuốc tự động trong canh tác lúa gạo ở Việt Nam." *Tạp chí Cơ khí, 9(6),* 76-82.

[7] Trần Đức Minh & Nguyễn Thị Lan (2021). "Cơ giới hóa nông nghiệp: Giải pháp nâng cao năng suất và giảm tác động tiêu cực đến sức khỏe người lao động." *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam, 11(5),* 32-40.

[8] Nguyễn Ngọc Hòa (2022). "Ứng dụng cơ giới hóa trong ngành nông nghiệp Việt Nam: Tiềm năng và thách thức." *Tạp chí Nông nghiệp và Môi trường, 6(2),* 78-85.

Ngày nhận bài: 25/6/2025

Người phản biện: TS Bùi Việt Đức – Học viện Nông nghiệp VN

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM XÁC ĐỊNH PHƯƠNG PHÁP SẤY LÁ CẦN TÂY

Nguyễn Thanh Phong[1], Trương Quang Trường[1], Lê Anh Đức[1]

TÓM TẮT:

Để xác định công nghệ sấy phù hợp cho lá cần tây, nghiên cứu đã sấy thực nghiệm theo ba phương pháp sấy khác nhau bao gồm sấy không khí nóng, sấy bơm nhiệt và sấy bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại ở các nhiệt độ 40, 45, 50 và 55°C. Kết quả đã xác định được rằng sấy bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại ở tốc độ không khí sấy 1,2 m/s, bức xạ hồng ngoại 300 W/m^2 và nhiệt độ sấy 45°C là công nghệ sấy phù hợp nhất để sấy lá cần tây. Phương pháp sấy bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại có thời gian sấy là 3,0 giờ, tốc độ giảm ẩm trung binh là 27,26 %/h, độ ẩm của sản phẩm lá cần tây sau khi sấy đạt 5± 0,5%. Phương trình dự đoán độ giảm ẩm độ của lá cần tây theo thời gian trong quá trình sấy đã được xác định.

Từ khóa: cần tây, thời gian sấy, sấy không khí nóng, sấy bơm nhiệt, bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại

EXPERIMENTAL RESEARCH ON IDENTIFYING THE DRYING TECHNIQUE FOR CELERY LEAVES

ABSTRACT:

To determine the appropriate drying technology for celery leaves, the study conducted experimental drying using three different methods: hot air drying, heat pump drying, and infrared-assisted heat pump drying at temperatures of 40, 45, 50, and 55°C. The results indicated that the most suitable drying method for celery leaves was the infrared-assisted heat pump drying at an air velocity of 1.2 m/s, infrared radiation intensity of 300 W/m², and drying temperature of 45°C. This method achieved a drying time of 3.0 hours, a drying rate of 27.26%/h, and a final moisture content of 5 ± 0.5% in the dried celery leaves. A predictive model describing the moisture content reduction of celery leaves over time during the drying process was also established.

Keywords: celery, drying time, hot air drying, heat pump drying, infrared assisted heatpump.

[1]Khoa Cơ khí Công nghệ, Trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cần tây (Apium graveolens L.) là cây thuốc có khắp mọi nơi trên thế giới như châu Á, châu Phi nhiệt đới, cận nhiệt đới và châu Âu. Cần tây thuộc họ apiaceae, là nguồn

[1] Khoa Cơ khí Công nghệ, Trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh

cung cấp các sản phẩm cần tây hoạt tính tự nhiên trên thế giới và là một loại rau cung cấp các chất dinh dưỡng trong chế độ ăn uống hằng ngày [1] [2]. Cần tây làm giảm glucose, lipid máu và huyết áp, có thể làm khỏe tim [3]. Các nghiên cứu thực nghiệm cho thấy cần tây có đặc tính kháng nấm và chống viêm [4]. Cần tây có thể ngăn ngừa các bệnh tim mạch, bệnh vàng da, bệnh gan và bệnh liên quan, tắc nghẽn đường tiết niệu, bệnh gút, và các rối loạn thấp khớp [5] [6]. Trong y học cổ truyền, cần tây chứa các hợp chất như limonene, selinene, frocoumarin glycosides, flavonoid và vitamin A và C [7]. Hơn nữa, tinh dầu của nó có tác dụng kháng khuẩn [8]. Hạt của nó hữu ích trong điều trị viêm phế quản, nhược thị, hen suyễn, các rối loạn da mãn tính, bao gồm cả bệnh vẩy nến, nôn mửa, sốt và khối u [9]. Rễ cần tây có tác dụng lợi tiểu và được sử dụng để điều trị đau bụng quặn thắt [10]. Tuy nhiên, cần tây tươi đặc biệt lá cần tây sau khi thu hoạch nếu không được bảo quản với công nghệ phù hợp hoặc kịp thời sấy khô bảo quản sẽ bị úa vàng dẫn đến hư hỏng. Do đó, sấy khô thân và lá cần tây là một trong những giải pháp giúp kéo dài thời gian sử dụng, thuận tiện cho việc bảo quản và sản xuất.

Hiện nay, quá trình làm khô cần tây nói chung được thực hiện bằng cách phơi nắng, sấy thủ công, không khí nóng, và bơm nhiệt, …Tuy nhiên, phơi nắng có nhược điểm là phụ thuộc vào điều kiện thời tiết, thời gian làm khô kéo dài, tốn nhiều nhân công lao động, mặt bằng và đặc biệt là bụi bẩn có thể bám vào sản phẩm sau khi phơi. Sấy bằng lò sấy thủ công thì cần tây dễ bị hỏng do khó kiểm soát nhiệt độ sấy, chất lượng của cần tây sau khi sấy không đồng đều, màu sắc và mùi vị không đạt yêu cầu. Trong khi đó, sấy công nghiệp như hiện nay thì chi phí đầu tư lớn, mặt khác, nếu nhiệt độ sấy cao dẫn đến hàm lượng các chất trong cần tây, màu sắc và mùi vị có thể bị mất hoặc giảm đáng kể.

Các công trình nghiên cứu đã cho thấy công nghệ sấy có ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng sản phẩm cần tây sau khi sấy [11]. Cụ thể, bột cần tây được nghiền từ cần tây sấy khô bằng không khí nóng ở nhiệt độ 70°C có hàm lượng phenolic cao và ức chế DPPH là tốt nhất khi so sánh với sấy khô bằng không khí nóng ở 2 nhiệt độ 60 và 80°C [12]. Cần tây trước khi sấy được mang đi chần ở nhiệt độ 85°C trong ba phút, sau đó nhúng vào dung dịch axit citric 1% được sấy ở các nhiệt độ 50, 60, 70 °C để làm thực phẩm chức năng [13]. Củ cần tây thái lát với chiều dày 5 mm được chần ở 85°C trong 3 phút sau đó

nhúng vào dung dịch axit citric 1% được sấy khô bằng không khí nóng ở nhiệt độ 60 ^oC, vận tốc không khí sấy 2,9 m/s có hoạt tính chống oxy hóa cao và hợp chất phenolic còn lại cao nhất khi so sánh với 2 mẫu được sấy khô ở nhiệt độ 50 và 70^oC. Một nghiên cứu khác, khi cần tây được sấy khô bằng vi song ở các nhiệt độ 50^oC, 60^oC, 70^oC và 80^oC cho thấy, sản phẩm cần tây được sấy ở 50°C có tỷ lệ co ngót thấp nhất, sản phẩm cần tây được sấy ở 80 °C có tốc độ ngậm nước cao nhất và thời gian sấy ngắn nhất [14]. Công nghệ sấy thân cần tây đã được xác định phù hợp nhất là công nghệ sấy bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại với nhiệt độ sấy ở 45^oC, tốc độ tác nhân sấy 1,2 m/s, bức xạ hồng ngoại 300 W/m^2 [15]. Vì vậy, để bảo quản và nâng cao chất lượng sản phẩm cần tây đặc biệt là phần lá cần tây dễ bị hư hỏng nhất trong bảo quản tươi thì công việc nghiên cứu và áp dụng công nghệ sấy phù hợp cho phần lá cần tây là cần thiết, nhằm sản xuất ra lá cần tây sau khi sấy giữ được hàm lượng các chất dược liệu bên trong, tiết kiệm chi phí trong quá trình làm khô và bảo quản khi đó giá trị của lá cần tây sấy khô được tăng lên rất nhiều.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Vật liệu sấy: Cần tây tươi sau thu hoạch được loại bỏ thân và rễ, chỉ để lại phần lá, rửa sạch, để ráo nước và được xếp với độ dày 3 - 4 mm vào khay sấy. Ẩm độ tương đối ban đầu của lá cần tây sử dụng trong các thí nghiệm là 86,5 ± 1%, yêu cầu ẩm độ lá cần tây sau khi sấy 5± 0,5%.

Thiết bị sấy: các thí nghiệm được thực hiện trên các máy sấy có thể cài đặt, hiển thị và giám sát các thông số của quá trình sấy bao gồm máy sấy không khí nóng (KKN), sấy bơm nhiệt (BN), sấy bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại (BN-HN). Các công nghệ sấy được thực hiện tại cùng mức nhiệt độ sấy là 40^oC, 45^oC, 50^oC và 55^oC. Vận tốc tác nhân sấy trong các thí nghiệm sấy là 1,2 m/s [16]. Các thí nghiệm được lặp đi lặp lại 3 lần độc lập nhau cho mỗi công nghệ sấy, nhằm đảm bảo độ tin cậy của kết quả và kết quả cuối cùng được tính bằng giá trị trung bình. Để xác định công nghệ sấy phù hợp, tốc độ giảm ẩm và chất lượng sản phẩm sau khi sấy là cơ sở để phân tích đánh giá [17].

Phương pháp đo đạc thực nghiệm: các thông số đo trực tiếp như nhiệt độ và vận tốc tác nhân sấy. Ẩm độ ban đầu của cần tây được xác định bằng phương pháp tủ sấy mẫu, sử dụng tủ sấy mẫu hiệu Daihan 101-1, nhiệt độ tối đa 300^oC. Ẩm độ tức thời của cần tây trong quá trình sấy được xác định theo công thức (1).

$$W_t = 100 - \frac{g_1(100-W_1)}{g_t} \quad (1)$$

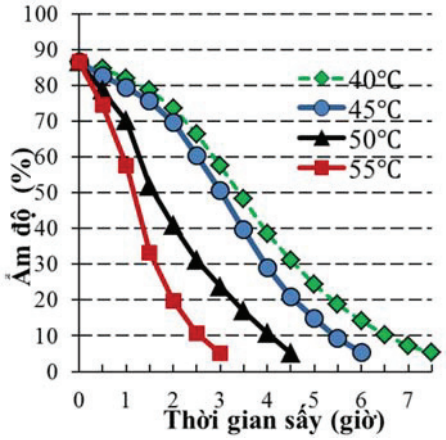
Trong đó: W_1 là ẩm độ ban đầu của mẫu sấy (%); g_1 là khối lượng ban đầu của mẫu sấy (g); W_t là ẩm độ tức thời tại thời điểm sấy t (%); g_t là khối lượng cần tây ở thời điểm sấy t (g).

Các số liệu thí nghiệm được xử lý thống kê theo phương pháp Giới hạn sai khác nhỏ nhất (LSD - Least Significant Difference) [18].

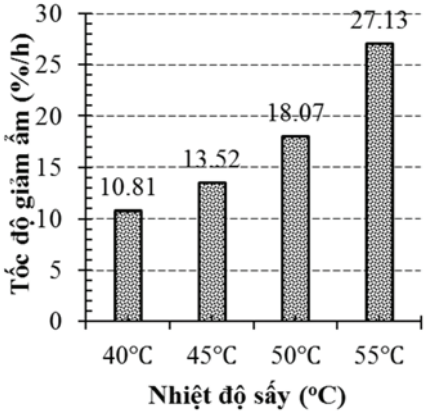
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả sấy không khí nóng (KKN).

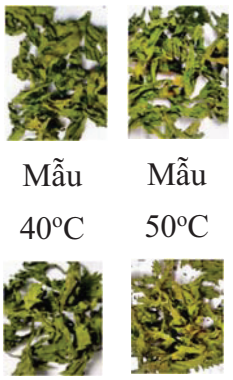
Quá trình giảm ẩm của cần tây khi sấy bằng KKN tại các nhiệt độ sấy 40, 45, 50 và 55°C được biểu diễn trên hình 1. Kết quả cho thấy thời gian sấy thay đổi từ 3,0 đến 7,5 giờ phụ thuộc vào nhiệt độ sấy. Tốc độ giảm ẩm trung bình và thời gian sấy lá cần tây ở các nhiệt độ sấy 40°C, 45°C, 50°C và 55°C lần lượt là 10,81; 13,52; 18,07 và 27,13 (%/h) và 7,5; 6,0; 4,5 và 3,0 giờ được thể hiện trên hình 2. Màu sắc của lá cần tây khi sấy khô bằng KKN ở 4 nhiệt độ khác nhau được thể hiện trên hình 3, trong 4 nhiệt độ sấy thì màu sắc cũng như cấu trúc của lá cần tây sau khi sấy khô ở nhiệt độ 45°C có màu xanh nhưng không đều, một phần lá chuyển sang màu vàng nâu nhẹ, có sự khác biệt với màu sắc so với nguyên liệu lá cần tây tươi, giữ được mùi vị cần tây ở mức độ khá hơn khi so với sản phẩm sấy ở nhiệt độ 40°C, 50°C và 55°C.



Hình 1. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy KKN đến quá trình giảm ẩm của cần tây.



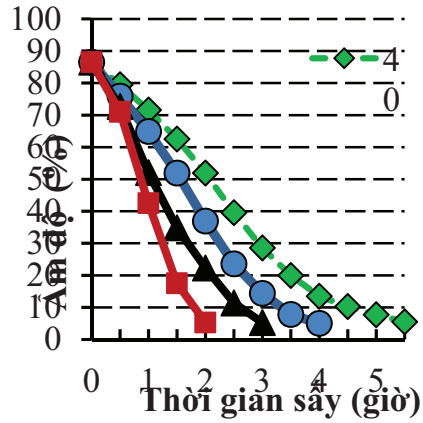
Hình 2. Biểu đồ giảm ẩm của cần tây khi sấy KKN ở 4 nhiệt độ khác nhau.



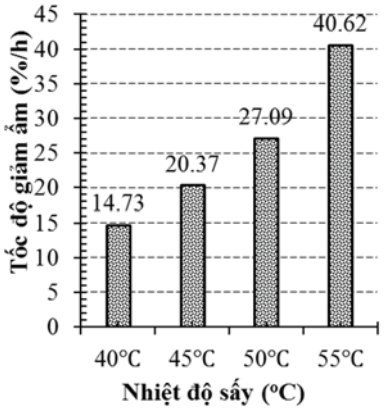
Hình 3. Màu sắc của cần tây khi sấy KKN

3.2. Kết quả sấy bơm nhiệt (BN)

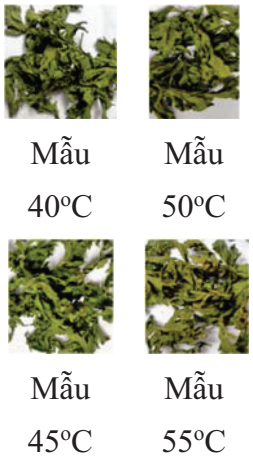
Quá trình giảm ẩm của cần tây khi sấy bằng BN tại các nhiệt độ sấy 40, 45, 50 và 55°C được biểu diễn trên hình 4. Kết quả cho thấy thời gian sấy thay đổi từ 2,0 đến 5,5 giờ phụ thuộc vào nhiệt độ sấy. Tốc độ giảm ẩm trung bình và thời gian sấy lá cần tây ở các nhiệt độ sấy 40°C, 45°C, 50°C và 55°C lần lượt là 14,73; 20,37; 27,09 và 40,62 (%/h) và 5,5; 4,0; 3,0 và 2,0 giờ được thể hiện trên hình 5. Màu sắc của lá cần tây khi sấy khô bằng BN ở 4 nhiệt độ khác nhau được thể hiện trên hình 6, lá cần tây sau khi sấy BN ở 4 nhiệt độ sấy khác nhau có màu sắc và mùi vị đặc trưng hơn khi so với sấy KKN. Trong 4 nhiệt độ sấy thì màu sắc cũng như cấu trúc của lá cần tây sau khi sấy khô ở nhiệt độ 45°C có màu xanh nhìn khá đẹp mắt, đồng đều và đậm hơn khi so với lá cần tây tươi, lá cần tây không bị co rút, có độ khô giòn và giữ được mùi vị đặc trưng của cần tây như lúc ban đầu.



Hình 4. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy BN đến quá trình giảm ẩm của cần tây.



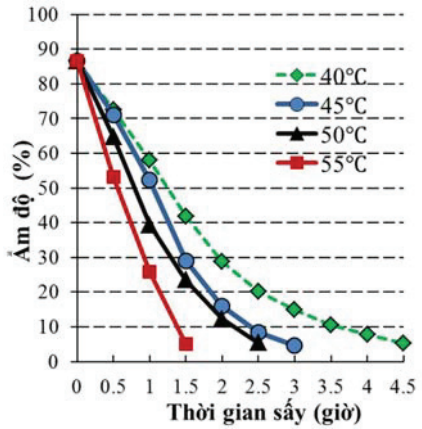
Hình 5. Biểu đồ giảm ẩm của cần tây khi sấy BN ở 4 nhiệt độ khác nhau.



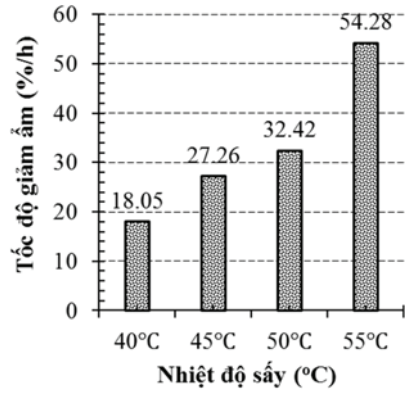
Hình 6. Màu sắc của cần tây khi sấy BN

3.3. Kết quả sấy bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại (BN+HN)

Quá trình giảm ẩm của cần tây khi sấy bằng BN+HN tại các nhiệt độ sấy 40, 45, 50 và 55°C được biểu diễn trên hình 7. Kết quả cho thấy thời gian sấy thay đổi từ 1,5 đến 4,5 giờ phụ thuộc vào nhiệt độ sấy. Tốc độ giảm ẩm trung bình và thời gian sấy lá cần tây ở các nhiệt độ sấy 40°C, 45°C, 50°C và 55°C lần lượt là 18,05; 27,26; 32,42 và 54,28 (%/h) và 4,5; 3,0; 2,5 và 1,5 giờ được thể hiện trên hình 8. Màu sắc của cần tây khi sấy khô bằng BN+HN ở 4 nhiệt độ khác nhau được thể hiện trên hình 9. Trong 4 nhiệt độ sấy thì màu sắc cũng như cấu trúc của lá cần tây sau khi sấy khô ở nhiệt độ 45°C có màu xanh đậm rất đẹp lá không cong vênh, sản phẩm sau khi sấy giữ nguyên mùi vị đặc trưng của lá cần tây khi so với 3 nhiệt độ sấy còn lại.



Hình 7. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy BN+HN đến quá trình giảm ẩm của cần tây.



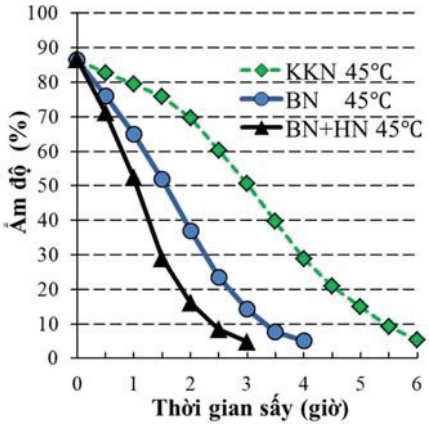
Hình 8. Biểu đồ giảm ẩm của cần tây khi sấy BN+HN ở 4 nhiệt độ khác nhau.



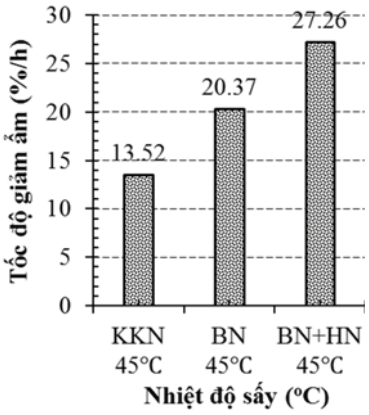
Hình 9. Màu sắc của cần tây khi sấy BN+HN

3.5. Xác định công nghệ sấy

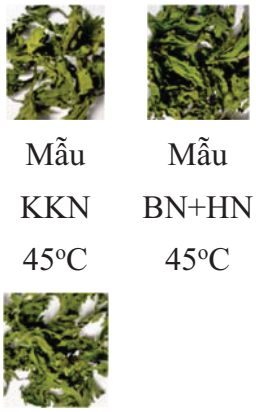
Kết quả sấy với các công nghệ sấy khác nhau cho thấy lá cần tây được sấy khô bằng KKN, BN và BN+HN ở nhiệt độ 45°C cho kết quả về màu sắc và mùi vị tốt nhất. Do đó, để xác định công nghệ sấy phù hợp cho cần tây, nghiên cứu đã so sánh dựa trên các kết quả tốt nhất trên từng công nghệ sấy. Công nghệ sấy phù hợp được xác định dựa vào thời gian sấy, tốc độ giảm ẩm, màu sắc và mùi vị lá cần tây sau khi sấy. Quá trình giảm ẩm và tốc độ giảm ẩm trung bình của lá cần tây với ba công nghệ sấy khác nhau được biểu diễn trên hình 10 và hình 11.



Hình 10. Biểu đồ giảm ẩm khi sấy cần tây theo 3 công nghệ sấy



Hình 11. So sánh tốc độ giảm ẩm trung bình của các công nghệ sấy



Hình 12. Màu sắc của cần tây theo 3 công nghệ sấy tốt nhất

Thời gian sấy và tốc đổ giảm ẩm trung bình của các công nghệ sấy KKN 45°C, BN 45°C và BN+HN 45°C có giá trị lần lượt là 6,0 giờ / 13,52 %/h, 4,0 giờ / 20,37 %/h và 3,0 giờ / 27,26 %/h. Nhìn chung, thời gian sấy lá cần tây bằng các công nghệ sấy từ ẩm độ ban đầu 86,5 ± 1% xuống ẩm độ yêu cầu 5 ± 0,5% dao động từ 3,0 giờ đến 6,0 giờ. Trong đó, công nghệ sấy BN+HN có thời gian sấy ngắn nhất và tốc độ giảm ẩm trung bình lớn nhất khi so sánh với 2 công nghệ sấy còn lại. Hình 12 cho thấy trong 3 công nghệ thì sấy BN+HN có sản phẩm lá cần tây sau khi sấy đảm bảo được hình dạng, màu sắc và mùi vị.

Như vậy, từ những kết quả thực nghiệm, phân tích và đánh giá như trên thì công nghệ sấy BN+HN là phù hợp với sấy lá cần tây. Công nghệ sấy này có tốc độ giảm ẩm nhanh, thời gian sấy ngắn, lá cần tây sau khi sấy có

màu sắc tốt, mùi vị đặc trưng, đáp ứng được yêu cầu sử dụng làm nguyên liệu trong sản xuất thực phẩm chức năng và điều chế các loại dược liệu trong y học cổ truyền.

Phương trình dự đoán độ ẩm của cần tây so với thời gian sấy trong quá trình sấy đã được xác định: $y = 1,607x^2 - 21,402x + 115,76$ ($R^2 = 0,9892$)

4. KẾT LUẬN

Trên cơ sở các đặc tính và tiêu chuẩn chất lượng của lá cần tây, nghiên cứu đã tiến hành thực nghiệm với ba công nghệ sấy là sấy KKN, BN và BN+HN tại các nhiệt độ sấy 40°C, 45°C, 50°C và 55°C nhằm xác định công nghệ sấy phù hợp cho lá cần tây. Việc đánh giá xác định công nghệ sấy dựa trên tiêu chí thời gian sấy, tốc độ giảm ẩm và chất lượng của lá cần tây sau khi sấy.

Kết quả nghiên cứu đã xác định được công nghệ sấy BN+HN là phù hợp cho sấy cần tây với nhiệt độ sấy 45°C, thời gian sấy 3,0 giờ, tốc độ giảm ẩm trung bình là 27,26 %/h, lá cần tây sau khi sấy có màu sắc và mùi vị tốt, đáp ứng được yêu cầu sử dụng làm nguyên liệu trong sản xuất thực phẩm chức năng và điều chế các loại dược liệu trong y học cổ truyền.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Tashakori-Sabzevar F., Razavi B.M., Imenshahidi M., Daneshmandi M., Fatehi H., Sarkarizi Y.E., Mohajeri S.A., 2016. *Evaluation of mechanism for antihypertensive and vasorelaxant effects of hexanic and hydroalcoholic extracts of celery seed in normotensive and hypertensive rats.* Revista Brasileira de Farmacognosia, 26:619

2. Kooti W., Daraei N., 2017. *A Review of the Antioxidant Activity of Celery (Apium graveolens L)*. Journal of Evidence-Based Integrative Medicine, 22:1029

3. Grzanna R, Lindmark L, Frondoza C, 2005. *Ginger—an herbal medicinal product with broad anti-inflammatory actions*. J Med Food. 8:125–132.

4. Lans CA, 2006. *Ethnomedicines used in Trinidad and Tobago for urinary problems and diabetes mellitus*. J Ethnobiol Ethnomed. 2:45

5. Sowbhagya HB, Srinivas P, Krishnamurthy N, 210. *Effect of enzymes on extraction of volatiles from celery seeds*. Food Chem. 120:230–234.

6. Nadkarni KM, 2010. *Indian Materia Medica*. 2nd ed Mumbai, India: Popular Prakashan.

7. Aydemir T., Becerik S., 2011. *Phenolic content and antioxidant activity of different extracts from Ocimum basilicum, Apium graveolens and Lepidium sativum seeds*. Journal of Food Biochemistry, 35:62

8. Mencherini T, Cau A, Bianco G, Della Loggia R, Aquino RP, Autore G, 2007. *An extract of Apium graveolens var. dulce leaves: structure of the major constituent, apiin, and its antiinflammatory properties*. J

Pharm Pharmacol. 59:891–897.

9. Atta A, 1998. *Anti-nociceptive and anti-inflammatory effects of some Jordanian medicinal plant extracts*. J Ethnopharmacol. 60:117–124.

10. Kritikar KR, Basu BD, 2008. *Indian Medicinal Plants*. 2nd ed Vols 1 and 2 Dehradun, India: International Book Distributors.

11. Mohd Zainol, M.K., Abdul-Hamid A., Abu Bakar, F., Pak Dek, S. 2009. *Effect of different drying methods on the degradation of selected flavonoids in Centella asiatica*. International Food Research Journal, Vol. 16, 531-537.

12. Nantarat Na Nakornpanom, Arusa Chaovanalikit, Imran Ahmad, Priyaporn Songpra, Ploypilin Thathong, Porntip Sirisoontaralak, 2024. *Effects of Drying Temperatures and Drying Methods on Physicochemical and Antioxidant Properties of Celery Powder*. Journal of Culinary Science & Technology. https://doi.org/10.1080/15428052.2024.2369808

13. T. Nurkhoeriyati, B. Kulig, B. Sturm, O. Hensel, 2021. *The effect of pre-drying treatment and drying conditions on quality and energy consumption of hot air-dried celeriac slices*. Optimisation Foods, 10 p. 1758, 10.3390/foods10081758

14. Jingke Wu, Caijin Ling, Yao Chen, Zhenfeng Li, Feihu Song, G.S.V.Raghavan, Guangyuan Jin, Chunfang Song, 2021. *Monitoring and control of microwave drying with volatiles detection of celery stalks*. Computers and Electronics in Agriculture Volume 187, 106256. https://doi.org/10.1016/j.compag.

15. Le Anh Duc, Nguyen Thanh Phong, 2024. *Experimental study to determine of drying methods for Celery (Apium graveolens L.)*. The 8th International Conference on Saving Energy in Refrigeration and Air-Conditioning (ICSERA2024).

16. Lê Anh Đức, Phạm Trường Sơn, 2016. *Nghiên cứu xác định công nghệ sấy dứa thái lát*. Tạp chí Khoa học kỹ thuật Nông Lâm nghiệp, Trường Đại học Nông Lâm Thành phố Hồ Chí Minh, Số 4/2016, trang 51 – 57.

17. Kundu K.M., Das R., Datta A.B., Chatterjee P.K. 2005. *On the analysis of drying process*. Drying technology, Vol. 23, 1093 - 1105.

18. Bùi Minh Trí, 2005. *Xác suất thống kê và qui hoạch thực nghiệm*. Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật Hà Nội.

Ngày nhận bài: 25/6/2025

Người phản biện: TS Nguyễn Năng Nhượng – Viện Cơ điện NN và CNSTH

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ CHẾ TẠO VÀ KHẢO NGHIỆM THIẾT BỊ VẬN CHUYỂN BUỒNG CHUỐI TRÊN ĐƯỜNG RAY TREO

Nguyễn Đức Thật[1], Đậu Thế Nhu[1], Chu Văn Thuận[1]
Đinh Quốc Tuấn[1], Ngô Vi Bình[1], Tạ Hanh[2]

TÓM TẮT

Buồng chuối sau khi thu hoạch phải được vận chuyển về nhà xưởng sơ chế nhanh nhất có thể. Trong quá trình vận chuyển yêu cầu không được làm xây xát vỏ quả chuối. Do đó phương pháp vận chuyển buồng chuối trên đường ray treo là quả hiệu quả và tiết kiệm nhất trong các phương pháp vận chuyển. Tại Việt Nam, đã có một số doanh nghiệp ứng dụng hệ thống đường ray cố định và các móc treo di động để vận chuyển chuối từ ruộng, vườn về nhà máy sơ chế sau khi thu hoạch. Tuy nhiên hiện vẫn chưa có một cơ sở tính toán cụ thể cho các trường hợp vận chuyển khác nhau, đặc biệt là trên địa hình đồi dốc. Trong bài báo này đã xây dựng cơ sở lựa chọn và tính toán nguồn động lực cần thiết của cabin đầu kéo chủ động để vận chuyển buồng chuối ở các góc dốc khác nhau. Đồng thời đã tính toán kiểm tra độ bền của hệ thống đường ray và cho thấy hệ số an toán bé nhất là 1,57 độ võng lớn nhất 17 mm. Trên cơ sở đó đã thiết kế, chế tạo và lắp đặt 01 hệ thống vận chuyển tại Gia lai. Hệ thống làm việc ổn định, với năng suất vận chuyển đạt 10 tấn/h trên đoạn đường bằng và đạt 6 tấn/h với đoạn đường dốc.

Từ khóa: Vận chuyển buồng chuối; cabin đầu kéo; Ray treo; buồng chuối.

RESULTS OF DESIGN, MANUFACTURING AND TESTING OF BANANA BUSH TRANSPORTATION EQUIPMENT ON SUSPENSION RAIL

ABSTRACT

After harvest, banana bunches must be transported to the processing factory as quickly as possible. During the transportation process, it is required not to damage the banana peel. Therefore, the method of transporting banana bunches on suspended rails is the most effective and economical method of transportation. In Vietnam, some enterprises have applied fixed rail systems and mobile hangers to transport bananas from fields and gardens to the processing factory after harvest. However, there is still no specific calculation basis for different transportation cases, especially on steep terrain. In this paper, the basis for selecting and calculating the necessary power source of the active tractor cabin to transport banana bunches at different slope angles has been established. At the same time, the durability of the rail system has been calculated and tested and shown that the smallest safety factor is 1.57 with the largest deflection of 17 mm. On that basis, a transportation system has been designed, manufactured and installed in Gia Lai. The system works stably, with a transport capacity of 10 tons/h on flat roads and 6 tons/h on steep roads.

Keywords: Banana bunch transport; tractor cabin; Hanging rail; banana bunch.

[1]Viện Cơ điện nông nghiệp và Công nghệ sau thu hoạch
[2]Trường đại học công nghiệp và Thương mại Hà Nội

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong các giống chuối được trồng phổ biến hiện nay tại Việt Nam, chuối Tiêu và chuối Tây được trồng ở nhiều vùng đất khác nhau phục vụ tiêu thụ nội địa và xuất khẩu. Chuối Tiêu có chiều cao trung bình 2,05÷2,26m, khối lượng buồng từ 18,42÷22,77kg/buồng [1]. Với giống chuối Tây, chiều cao trung bình 3÷4m, khối lượng buồng từ 19,9÷23,3kg/buồng [2].

Buồng chuối có khối lượng lớn nên việc vận chuyển từ nơi thu hoạch đến nhà xưởng sơ chế là các hoạt động có cường độ lao động cao và chi phí sản xuất lớn nhất trong các khâu sản xuất. Yêu cầu trong quá trình thu hoạch, vận chuyển chuối không được xây xát cơ học do va chạm. Cuống buồng/nải không bị dập gãy, vỏ quả chuối phải còn xanh tươi và hai đầu cuống phải phẳng, nhẵn. Do đó cần lựa chọn phương pháp vận chuyển chuối phù hợp để đảm bảo yêu cầu kỹ thuật và có chi phí hợp lý.

Phương pháp vận chuyển trên đường ray treo đã được sử dụng ở một số quốc gia kể từ năm 1971 [3]. Vận chuyển trên đường ray treo là một phương pháp vận chuyển bán cơ giới tương đối tiên tiến. Theo Soto [4,5], phương pháp này là cách vận chuyển quả hiệu quả và tiết kiệm nhất trong các đồn điền chuối đã tập trung. Phương pháp vận chuyển này có thể tránh được các hư hỏng cơ học như va đập, dập nát và trầy xước vỏ quả chuối trong quá trình vận chuyển.

Tại Việt Nam, một số doanh nghiệp, HTX đã đầu tư ứng dụng hệ thống đường ray cố định và các móc treo di động để vận chuyển chuối từ ruộng, vườn về nhà máy sơ chế sau khi thu hoạch. Tùy theo điều kiện địa hình và mức đầu tư mà lựa chọn phương án sử dụng nguồn động lực để kéo dàn móc treo trên ray cho phù hợp. Sử dụng nguồn động lực là ca bin đầu kéo treo trên đường ray (hình 1) [6] hoặc Sử dụng nguồn động lực kéo dưới đất (sử dụng người, gia súc kéo; sử dụng máy kéo, sử dụng xe máy…) (hình 2).



Hình 1. Vận chuyển chuối bằng đường ray treo tại công ty Huy Long An [6]

Phương pháp sử dụng nguồn động lực kéo là ca bin chủ động treo trên đường ray có ưu điểm: phù hợp với các loại địa hình khác nhau, không yêu cầu hạ tầng giao thông dưới đường ray. Nhược điểm: thiết bị vận chuyển chỉ di chuyển được trên đường ray cố định.

Phương pháp sử dụng nguồn động lực kéo dưới đất có ưu điểm: vận hành đơn giản, tải trọng treo trên đường ray giảm; Nhược

điểm: phải đầu tư xây dựng hạ tầng giao thông dưới đường ray, không phù hợp với vùng Đồng bằng song cửu long và vùng miền núi.



Hình 2. Vận chuyển chuối sử dụng nguồn động lực kéo dưới đất

Một hệ thống vận chuyển buồng chuối bằng ray treo sử dụng ca bin đầu kéo chủ động bao gồm:

- Nguồn động lực kéo;

- Hệ thống đường ray (đường chính và đường nhánh);

- Hệ thống chuyển làn (bẻ ghi);

Do đó với địa hình đồi dốc và kinh phí đầu tư hạ tầng giao thông ở mức tiết kiệm để xây dựng được một hệ thống vận chuyển buồng chuối phù hợp, cần phải tính toán, lựa chọn nguồn động lực cần thiết của cabin đầu kéo chủ động. Đồng thời tính toán kiểm tra độ bền của hệ thống đường ray phù hợp với tải trọng của cabin và buồng chuối.

II. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Đối tượng nghiên cứu

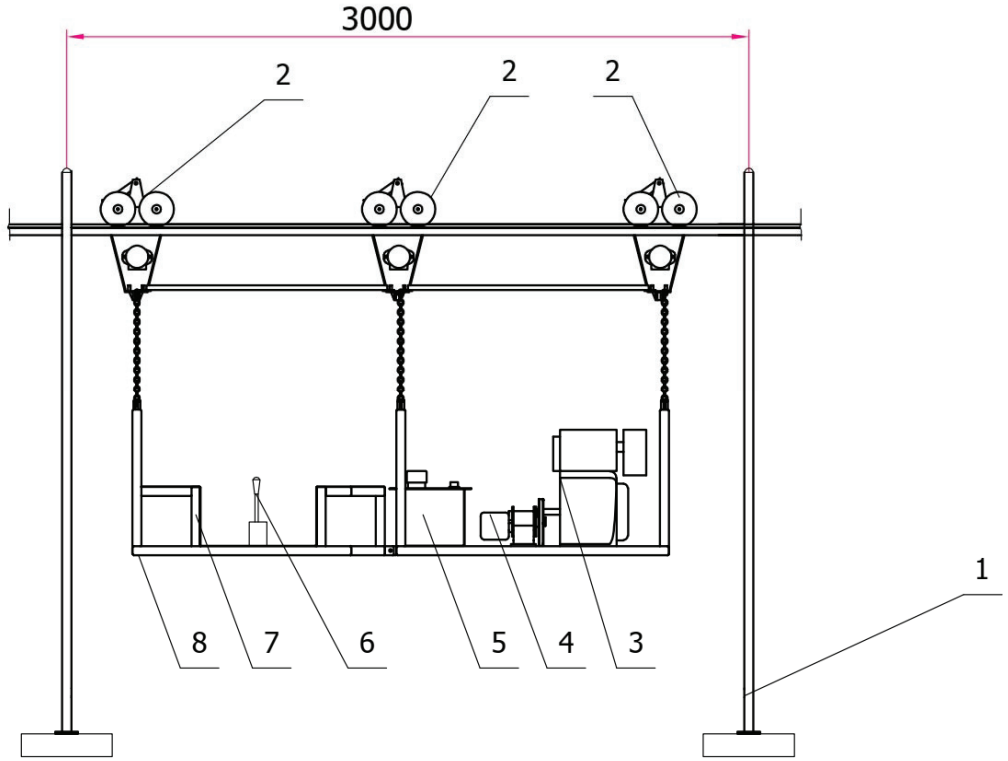
Hệ thống vận chuyển trên đường ray treo bao gồm 2 phần chính:

- Hệ thống ray treo bao gồm các trụ đỡ và đường ray treo cố định;

- Cụm đầu kéo (cabin và các cụm bánh xe chủ động).

Hệ thống ray treo được thể hiện trên hình 3 bao gồm các trụ đứng để treo ray 4 và ray treo 3 là đường vận chuyển các buồng chuối được kéo bằng cụm đầu kéo.

Cụm đầu kéo bao gồm các cụm bánh xe chủ động 2 và ca bin 8 nơi lắp đặt hệ thống truyền động như động cơ, bơm thủy lực, hệ thống truyền động thủy lực và là nơi đặt ghế ngồi của người điều khiển.



1. Đường ray treo; 2. Cụm bánh xe chủ động; 3. Động cơ đốt trong; 4. Cụm bơm thủy lực; 5. Cụm thùng dầu thủy lực; 6. Cần điều khiển 7. Ghế ngồi; 8. Ca bin

Hình 3. Cụm ca bin đầu kéo và hệ thống đường ray treo

2.2 Phương pháp nghiên cứu

- Sử dụng phương pháp thu thập thông tin và phương pháp chuyên gia để phân tích, so sánh, lựa chọn các nguyên lý cơ cấu trồng cho phù hợp trên cơ sở kế thừa các kết quả nghiên cứu trong và ngoài nước đã có;

- Sử dụng phần mềm Autodesk Inventor để tính toán, thiết kế toàn bộ hệ thống;

- Sử dụng modul Stress Analysis để tính bền của trụ đứng theo phương pháp phần tử hữu hạn.

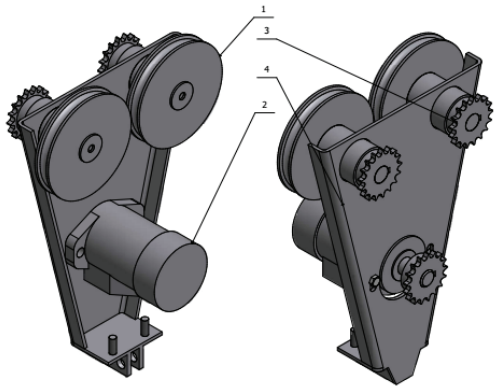
- Sử dụng phần mềm AutoCAD Mechanical để tính bền và đường đàn hồi của thanh ray treo vận chuyển.

III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Tính toán, thiết kế cụm ca bin đầu kéo

3.1.1. Kết cấu của cụm bánh xe chủ động

Cụm ca bin đầu kéo di chuyển được trên đường ray treo thông qua các cụm bánh xe chủ động. Mỗi cụm bánh xe chủ động được thiết kế như trên hình 4.



1. Bánh xe; 2. Mô tơ thủy lực; 3. Cụm truyền động xích; 4. Tấm bắt.
Hình 4. Cụm bánh xe chủ động

Bánh xe di chuyển được nhờ truyền động từ mô tơ thủy lực 2 thông qua hệ truyền động xích 3. Để nâng lực kéo ta có thể tăng trọng lượng của ca bin đầu kéo, tuy nhiên việc tăng quá mức trọng lượng lên các cụm bánh xe chủ động sẽ tăng ứng suất kéo của ray và có thể làm đứt ray. Để giảm thiểu việc đó phải phân bố đều trọng lực của ca bin đầu kéo lên nhiều bánh xe với một khoảng cách nhất định. Điều này đồng nghĩa với việc sử dụng nhiều cụm bánh xe chủ động cùng lúc. Ưu điểm của phương pháp này là kết cấu đơn giản, việc tăng lực kéo chỉ cần bổ sung thêm các cụm bánh xe chủ động với kết cấu đơn giản, không đắt tiền; sử dụng các đường ray có kết cấu gọn, nhẹ.

3.1.2. Tính toán, thiết kế hệ thống truyền động cho các bánh xe chủ động

a) Tính toán khả năng bám

Lực chủ động của đầu kéo bao gồm lực cản lăn, lực cản dốc của toàn bộ ca bin đầu kéo. Lực kéo được tính theo công thức sau:

$$F_T = F_k - G_k.(cos\,\alpha\,.f_c + sin\,\alpha) = G_{ch}.(cos\,\alpha\,.f_c + sin\,\alpha) \quad (1)$$

Trong đó G_{ch} và G_k là trọng lượng của các buồng chuối và trọng lượng của ca bin đầu kéo;

f_c –hệ số cản lăn của bánh xe và đường ray f_c =0.002 .

α - Góc nghiêng của đường ray so với phương nằm ngang.

Trọng lượng chuối được tính theo công thức:

$$G_{ch} = m_{bc}.g.Z_b \quad (2)$$

Trong đó m_{bc} là khối lượng của 1 buồng chuối kèm móc treo; m_{bc}= 30 kg

Z_b – số lượng buồng chuối;

g – Gia tốc trọng trường;

Lực kéo cực đại của ca bin đầu kéo được tính theo công thức

$$F_{k\max} = (G_k.\cos\alpha. + 2.N).\varphi_t \quad (3)$$

Trong đó φ_t là hệ số bám của bánh xe thép và đường ray φ_t =0,42 ;

Trọng lượng chuối lớn nhất có thể kéo được tính bằng công thức:

$$G_{ch} = \frac{G_k.(k_\phi.\varphi_t.\cos\alpha - \cos\alpha.f_c - \sin\alpha)}{(\cos\alpha.f_c + \sin\alpha)} \quad (4)$$

Hay

$$Z_b = \frac{G_k.(k_\phi.\varphi_t.\cos\alpha - \cos\alpha.f_c - \sin\alpha)}{g.m_{bc}.(\cos\alpha.f_c + \sin\alpha)} \quad (5)$$

Trong đó k_φ là hệ số sử dụng lực bám, k_φ =0,9 .

Trên bảng 1. Thể hiện kết quả tính toán lực kéo, trọng lượng chuối, số buồng với trọng lượng đầu kéo khác nhau.

Theo số liệu tính toán trên bảng 1, với địa hình có độ dốc độ dốc thấp dưới 8^0 việc sử dụng các cụm bánh xe chủ động treo trên ray là hợp lý và hiệu quả. Với độ dốc cao hơn cần đánh giá chi phí đầu tư đường ray và ca bin đầu kéo cùng với số lượng buồng chuối cần vận chuyển để có giải pháp hợp lý. Đây là cơ sở để thiết kế cụm bánh xe chủ động cũng như hệ thống truyền động cho cabin đầu kéo.

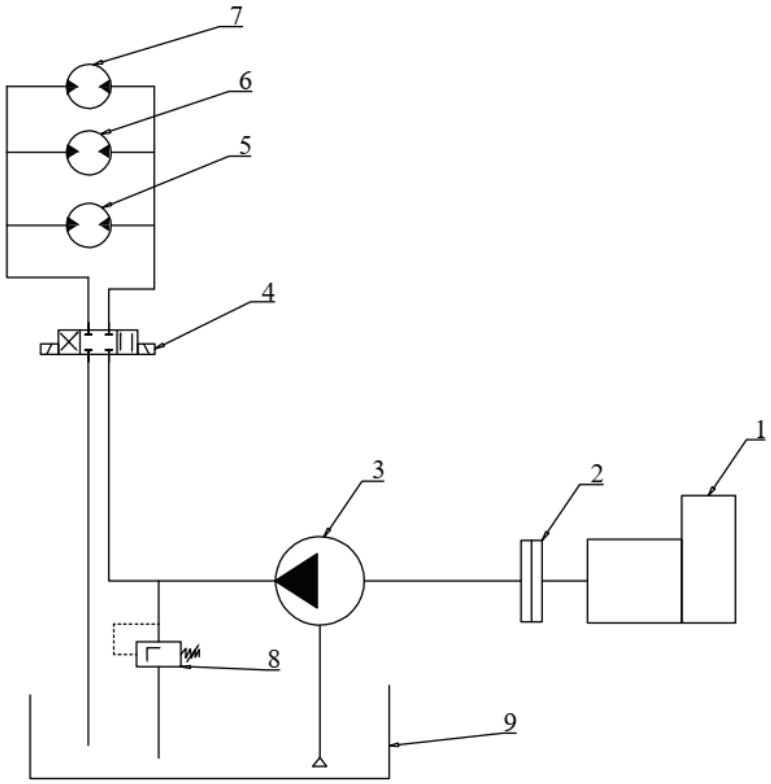
Bảng 1. Trọng lượng chuối (số buồng) lớn nhất theo điều kiện bám với trọng lượng đầu kéo và góc dốc khác nhau

G_k, N	**1600**			**2400**			**3200**		
α, °	F_k, N	G_{ch}, N	Z_b	F_k, N	G_{ch}, N	Z_b	F_k, N	G_{ch}, N	Z_b
2	604	14781	49	858	22172	74	1143	29562	99
3	604	9516	32	873	14274	48	1164	19032	63
4	603	6809	23	880	10213	34	1173	13617	45
5	602	5158	17	884	7738	26	1178	10317	34
6	601	4047	13	885	6070	20	1181	8094	27
7	600	3247	11	886	4870	16	1181	6494	22
8	599	2643	9	886	3964	13	1181	5286	18
9	597	2171	7	885	3256	11	1180	4342	14
10	596	1792	6	883	2687	9	1178	3583	12

Ghi chú : Với mỗi cụm bánh xe chủ động có trọng lượng treo 800 N, trọng lượng đầu kéo tương đương với số modul bánh xe chủ động sẽ lần lượt là 2,3,4

b) Tính toán hệ truyền động

Truyền động cho cụm bánh xe chủ động là hệ thống truyền động thủy lực kết hợp với truyền động cơ khí. Cấu tạo gồm 2 cặp bánh xe rãnh ăn khớp với đường ray và nhận truyền động từ động cơ thủy lực thông qua bộ truyền động xích (hình 4).



1. Động cơ đốt trong; 2. Bộ ly hợp; 3. Bơm thủy lực; 4. Van phân phối
5, 6, 7. Các động cơ thủy lực; 8. Van an toàn; 9. Thùng dầu thủy lực
Hình 5. Sơ đồ truyền động thủy lực cho các cụm bánh xe chủ động

Sơ đồ thủy lực của hệ thống được thể hiện ở hình 5. Động cơ đốt trong cung cấp nguồn động lực cho bơm dầu thủy lực. Bơm thủy lực bơm dầu qua các mô tơ thủy lực mắc song song để làm quay các bánh xe thông qua hệ truyền động xích. Với sơ đồ mắc song song, các mô tơ thủy lực hoạt động tương tự như có hệ thống vi sai, nhờ đó không tạo ra công suất ký sinh. Nhược điểm của hệ thống vi sai thủy lực là: Khi một cụm bánh xe bị trượt hoàn toàn, dòng thủy lực sẽ không truyền ra các mô tơ khác vì thế lực kéo lớn nhất của hệ thống sẽ bằng lực kéo bé nhất của 2 cụm truyền lực. Để đảm bảo hệ thống làm việc tốt, áp lực lên các bánh xe phải gần bằng nhau, nhằm đảm bảo lực kéo của các Modul tương đương nhau.

**Vận tốc mô tơ thủy lực*

Để tránh các buồng chuối va đập vào nhau trong quá trình vận chuyển, vận tốc của cabin được lựa chọn trong khoảng khoảng 11 km/h (3m/s).

Bánh xe có đường kính 150mm, tốc độ quay của bánh xe được tính như sau:

$$\omega = \frac{V}{R_b} = \frac{3}{0.075} = 40\ rad/s$$

$$n = \frac{30\omega}{\pi} = 380\ v/ph \quad (6)$$

Bánh xe được truyền động từ mô tơ thủy lực tới bánh xe với tỷ số truyền 1:1. Như vậy tốc độ quay của mô tơ thủy lực là 380 v/ph.

** Công suất của động cơ*

Lực phát động cực đại: F_k = 885N;

vận tốc di chuyển v = 4m/s;

Công suất kéo

$$N_k = V.F_k = 885 * 4 = 3540 \text{ W} \quad (7)$$

Công suất mỗi modul

$$N_{ki} = \frac{N_k}{Z} = \frac{3540}{3} = 1180 \text{ W} \quad (8)$$

Công suất định mức của động cơ đốt trong

$$N_{đc} = \frac{N_{k\cdot}}{k_e.\eta_h.\eta_m} = \frac{3540}{0,85*0.9} = 6543\ W \quad (9)$$

Trong đó η_h , η_m là hiệu suất của hệ truyền động thủy lực và hệ truyền động cơ học.

k_e – hệ số sử dụng công suất của động cơ, k_e =0,7.

Với vận tốc của động cơ xăng loại nhẹ Vikyno 188F-L vận tốc đầu ra khoảng 1800 v/phút, công suất định mức 13 HP, công suất dư thừa dự phòng cho modul thứ 4.

Công suất hệ thống phải đảm bảo lực kéo và vận tốc của đầu kéo như đã nêu

Qua khảo sát ở địa bàn ứng dụng Gia lai, độ dốc của địa hình lớn nhất là 5^0, căm cứ theo bảng 1 ta chọn số mô dul kéo là Z=3.

Với công suất trên ta có thể lựa chọn mô tơ thủy lực OMP-32 với lưu lượng riêng 32 cm^3/vòng; tốc độ quay cực đại 1540 min^{-1}; áp suất làm việc liên tục lớn nhất 10 Mpa; công suất cực đại N_{max} = 5,8 kW.

Tỷ số truyền từ động cơ nổ tới mô tơ thủy lực được tính theo công thức

$$i_\Sigma = i_h.i_m \quad (10)$$

Trong đó i_h và i_m là tỷ số truyền của hệ thủy lực và đai.

Tỷ số truyền tổng sẽ là

$$i_\Sigma = \frac{1800}{380} = 4.75 \quad (11)$$

Tỷ số truyền này sẽ được phân bổ cho hệ thủy lực và truyền động đai.

Đề tài đã chọn loại bơm lưu lượng riêng của bơm là 20 cm^3/vòng.

Tỷ số truyền thủy lực được xác định theo công thức:

$$i_h = Z_m.\frac{q_m}{q_b} \quad (12)$$

Trong đó Z_m là số lượng mô tơ thủy lực.

q_m lưu lượng riêng của

Tỷ số truyền thủy lực sẽ là

$$i_h = Z_m.\frac{q_m}{q_b} = \frac{3*32}{20} = 4.8 \quad (13)$$

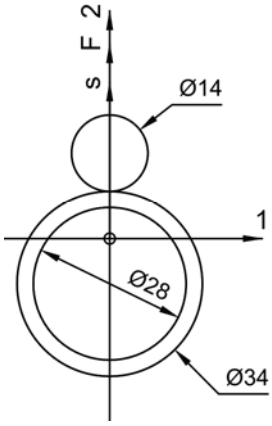
Tỷ số truyền của bộ truyền đai sẽ là

$$i_m = \frac{4,75}{4,8} \approx 1 \quad (14)$$

3.2. Tính toán, thiết kế cụm đường ray;

a) Tính toán độ bền thanh ray

Thiết diện thanh ray và các đặc tính hình học của nó được thể hiện trên hình 6 bao gồm ống thép mạ kẽm ϕ34 dày 3mm và thép tròn ϕ14.



INERT	
I_1 [mm^4]	95382.6
I_2 [mm^4]	37311.1
S_c [mm]	25.29
S_t [mm]	22.72
A [mm^2]	446.1061

Ghi chú:

Dấu chấm "." trong bảng trên là dấu thập phân

Hình 6. Mặt cắt tiết diện của đường ray treo

* Tổ hợp lực tính toán: Do đường ray rất dài, việc tính toán toàn bộ đường ray cùng với lực tác dụng lên đường ray là một việc khó khăn. Ngoài ra vị trí của đoàn xe kéo chuối cũng không cố định tại một nơi nên việc lựa chọn tổ hợp lực và kết cấu đại diện là một điều cần thiết.

Qua tính toán (không trình bày ở đây) cho thấy việc lựa chọn số lượng đoạn ray (nằm giữa 2 trụ đứng) lớn hơn 1 và số lượng đoạn ray chịu tải bởi buồng chuối lớn hơn 2 không ảnh hưởng lớn đến kết quả mô men uốn cực đại cũng như ứng suất cực đại. Trên hình 7 thể hiện đường đàn hồi và mô men uốn cho các trường hợp

a) Số lượng đoạn tính toán :2; Số buồng chuối 1;

b) Số lượng đoạn tính toán :2; Số buồng chuối 0;

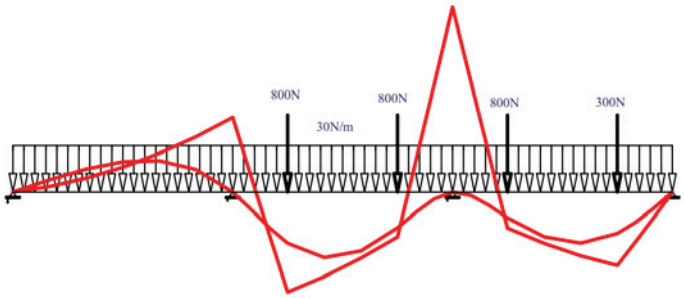
c) Số lượng đoạn tính toán :3; Số buồng chuối 4;

d) Số lượng đoạn tính toán :3; Số buồng chuối 1

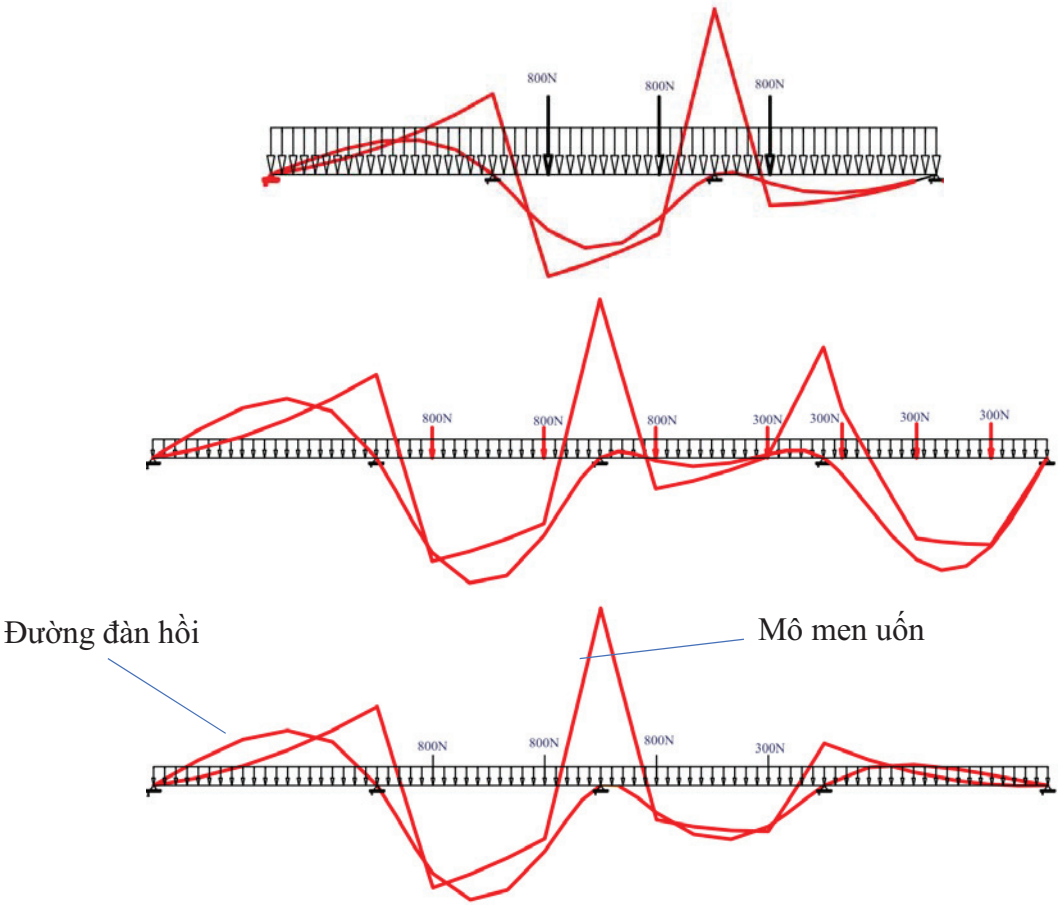
Các giá trị đầu vào:

- Tải trọng của mỗi mô dul trên đường ray: 800N;

- Trọng lượng buồng chuối 300N;
- Khẩu độ giữa 2 trụ đứng 3 m.



Hình 7. Sơ đồ lực và momen tác động lên đoạn ray



Hình 8. Kết quả tính toán đường ray

Kết quả tính toán được thể hiện trên hình 8, tại các đồ thị đường gấp khúc là mô men uốn, đường trơn là đường đàn hôi, nên ở các gối biến dạng bằng 0. Qua kết quả trên cho thấy đường ray chịu tải mô men uốn lớn nhất khi đầu kéo chỉ kéo 1 buồng chuối và chỉ tính với 2 đoạn ray. Trường hợp này xảy ra khi đầu kéo nằm ở phí đầu của đường ray vận chuyển và chỉ chở 1 buồng chuối.

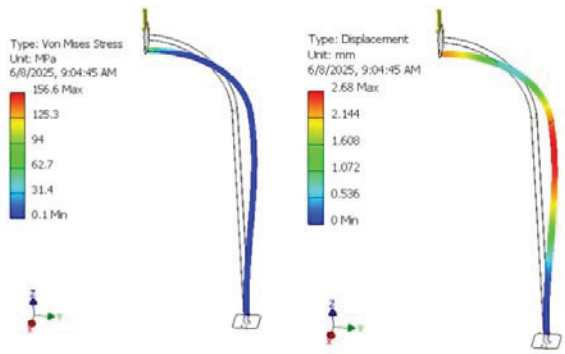
Kết quả trên có thể lý giải là do khi tăng số lượng buồng chuối tải trọng buồng chuối có xu hướng làm "cứng" hóa các khớp quay như là khớp ngoàm cứng (đường đàn hối nằm ngang).

Đại lượng	Ký hiệu	Đơn vị	2 section, 1 load	2 section, 0 load	3 section, 4 load	3 section, 1 load
Moment of Inertia	I1	[mm^4]	95382.6	95382.6	95382.6	95382.6
Moment of Inertia	I2	[mm^4]	37311.1	37311.1	37311.1	37311.1
Moment of Inertia	Ieff	[mm^4]	95383	95383	95383	95383
Max. Border Dist.		[mm]	25.29	25.29	25.29	25.29
Safety Factor			1.5738	1.7719	1.8676	1.6734
Yield Point		[N/mm^2]	210	210	210	210
E-Modulus		[N/mm^2]	210000	210000	130000	130000
Max.Deflection	S2	[mm]	8.935	10.043	16.966	15.380
Max.Bending Moment	Mb2	[Nm]	503.25	447	424.08	473.30
Max.Stress	Res.	[N/mm^2]	133.43	118.51	112.44	125.49
Max.Bending Moment	Mbres	[Nm]	503.25	447	424.08	473.30

Các kết quả trên cho thấy dầm tính toán đảm bảo độ bền, với hệ số an toàn bé nhất là 1,57 độ võng lớn nhất 17 mm.

b) Tính toán độ bền trụ đỡ

Trụ đỡ được tính toán bằng modul Stress Analysis của phần mềm Autodesk Inventor. Do tính đối xứng của trụ đỡ chúng ta chỉ cần mô phỏng một nửa của nó với khợp trượt ở mặt đối xứng. Tải trọng lớn nhất lên mặt cắt đối xứng là 700N. Kết quả được thể hiện ở hình 9. Ứng suất lớn nhất lên trụ đứng là 156,6 Mpa đảm bảo độ bền. Độ võng lớn nhất là 2.68 mm, có thể chấp nhận được.



Trên cơ sở kết cấu và các thông số đã tính toán, chúng tôi đã thiết kế chế tạo và lắp đặt hệ thống tại Gia lai. Qua thực tế sản xuất cho thấy hệ thống làm việc ổn định, kết cấu đơn giản, lắp đặt nhanh, dễ tháo lắp khi cần di chuyển đường ray.

IV. KẾT LUẬN

1. Đã thiết kế được hệ thống vận chuyển chuối với kế cấu bao gồm đường ray ống thép mạ kẽm ϕ34 dày 3mm và thép tròn ϕ14; Khẩu độ giữa 2 trụ đứng 3m.

2. Đã tính toán được cụm động lực bao gồm 2-4 đầu kéo, cho những trường hợp góc dốc và số lượng buồng chuối khác nhau. Với số lượng 3 đầu kéo hệ thống có thể vận chuyển 74 buồng chuối ở góc 2^0 và 26 buồng ở góc dốc 5^0. Công suất cần thiết của động cơ lúc này là 6,5 kW.

3. Hệ thống được thiết kế với tải trọng của mỗi mô dul kéo trên đường ray 800N; Trọng lượng buồng chuối 300N đảm bảo độ bền với hệ số an toàn lớn hơn 1,57, độ võng lớn nhất 17mm. Các trụ đứng ở tải lớn nhất có ứng suất 156.6 Mpa đảm bảo độ bền.

4. Trên cơ sở kết cấu và các thông số đã tính toán, đã thiết kế chế tạo và lắp đặt hệ thống tại Gia lai. Qua thực tế sản xuất cho thấy hệ thống làm việc ổn định, dễ sử dụng, năng suất vận chuyển đạt 10 tấn/h với đường bằng và 6 tấn/h với đoạn đường dốc.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Thiên Lương, Ngô Hồng Bình, Trịnh Khắc Quang, Nguyễn Văn Nghiêm, Võ Văn Thắng, Triệu Tiến Dũng (2013), Kết quả nghiên cứu tuyển chọn giống chuối tiêu GL3-1, Tạp chí Nông nghiệp và phát triển nông thôn- tháng 6/2013.

2. Nguyễn Văn Dũng, Ngô Tú Quyên, Nguyễn Văn Nghiêm, Võ Văn Thắng, Ngô Xuân Phong, Đinh Thị Vân Lan (2019), Kết quả tuyển chọn và khảo nghiệm giống chuối Tây GL3-2 tại một số tỉnh phía bắc, Tạp chí Nông nghiệp và phát triển nông thôn- kỳ 2- tháng 12/2019

3. Subra, P. The cableway method of conveying bunches in a banana plantation, . *Fruits Paris* **1971**, *26*, 807– 817.

4. Jie Guo, Jieli Duan, Jun Li, Zhou Yang . Mechanized Technology Research and Equipment Application of Banana Post-Harvesting: A Review. MPDI Agronomy 2020, 10, 374; doi:10.3390/agronomy10030374 - Mar 2020

5. SOTO, M.: "Banano, técnicas de producción, manejo poscosecha y comercialización", Tercera Edición. San José. Costa Rica. Litografía e Imprenta LIL. 1 disco compacto., 2008, Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000147&pid=S0304-28472005000200012000016&lng=en, [Consulta: 8 de junio de 2017].

6. https://danviet.vn/vua-chuoi-ut-huy-ap-dung-co-gioi-hoa-gi-ma-trong-buoi-sang-cat-duoc-10-tan-chuoi-20220825002838528-d1039397.html

Ngày nhận bài: 25/6/2025.

Người phản biện: PGS. TS. Nguyễn Xuân Thiết - Học viện Nông nghiệp VN

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU HỆ THỐNG THIẾT BỊ CƠ GIỚI HÓA MỘT SỐ KHÂU CANH TÁC CHUỐI QUI MÔ TẬP TRUNG

Nguyễn Đức Thật[1], Nguyễn Ngọc Tuấn[1], Chu Văn Thuận[1]
Đinh Quốc Tuấn,[1] Trần Chí Kiên[1],Tạ Hanh[2]

TÓM TẮT

Bài báo giới thiệu kết quả vận hành thử nghiệm và tính toán hiệu quả kinh tế đối với một số khâu canh tác chuối qui mô tập trung ứng dụng cơ giới hóa (CGH). Kết quả vận hành thử nghiệm tại Gia Lai cho thấy: Việc Ứng dụng CGH khâu trồng cây chuối nuôi cấy mô kết hợp bón phân lót; khâu phun thuốc bảo vệ thực vật; khâu hỗ trợ thu hoạch và vận chuyển buồng chuối và khâu xử lý thân, lá chuối sau thu hoạch giúp giảm từ 31,82% ÷ 87,15% chi phí và giảm từ 75,43% ÷ 94,6% số lượng nhân công lao động so với phương thức canh tác truyền thống hiện đang áp dụng phổ biến.

Từ khóa: Cơ giới hóa chuối; hiệu quả cơ giới hóa chuối; chi phí canh tác chuối

RESEARCH RESULTS ON MECHANISM EQUIPMENT SYSTEM FOR SOME STAGES OF CONCENTRATED-SCALE BANANA CULTIVATION

ABSTRACT

The article introduces the results of the pilot operation and calculates the economic efficiency for some stages of banana cultivation on a concentrated scale applying mechanization (CGH). The results of the pilot operation in Gia Lai show that: The application of CGH in the stages of planting tissue culture banana trees combined with basal fertilization; spraying pesticides; supporting the harvesting and transportation of banana bunches and the post-harvest processing of banana stems and leaves helps reduce costs from 31.82% to 87.15% and reduce the number of workers from 75.43% to 94.6% compared to the traditional farming methods currently widely applied.

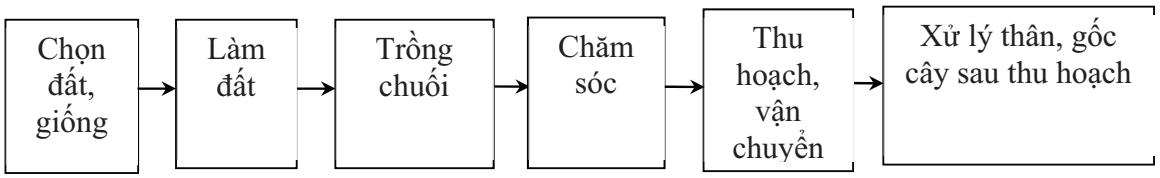
I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Theo số liệu của cục thống kê, năm 2023, cả nước có khoảng 161.500 ha trồng chuối với sản lượng 2,639 triệu tấn [5]. Chuối là loại trái cây cho thu hoạch quanh năm và đã trở thành sản phẩm xuất khẩu thế mạnh của ngành rau quả Việt Nam. Năm 2022, giá trị xuất khẩu chuối tươi của Việt Nam đạt 310,6 triệu USD, tăng 34,5% so với năm 2021 [6]. Xuất khẩu chuối đã vượt qua xoài để trở thành loại trái cây có kim ngạch lớn thứ 2, chỉ sau thanh long. Ngoài thị

[1]Viện Cơ điện nông nghiệp và Công nghệ sau thu hoạch
[2]Trường đại học công nghiệp và Thương mại Hà Nội

trường Trung Quốc, Việt Nam cũng đang xuất khẩu chuối sang Singapore, Malaysia, Trung Đông, Nga.

Diện tích và sản lượng chuối tại Việt Nam ngày càng gia tăng, tuy nhiên vấn đề ứng dụng cơ giới hóa trong các khâu canh tác còn hạn chế và thiếu đồng đều giữa các khâu. Qui trình canh tác chuối gồm các khâu như trên hình 1, mỗi khâu có yêu cầu nông học khác nhau để phù hợp với đặc điểm sinh trưởng của cây chuối.



Hình 1. Qui trình canh tác chuối

- *Đối với khâu chọn đất, giống:* Các kết quả nghiên cứu về nông học đã được thực hiện và tuyển chọn được bộ giống phù hợp với các địa phương khác nhau.

- *Đối với khâu làm đất:* Việc ứng dụng CGH đã được thực hiện với qui mô canh tác tập trung và phương thức làm đất toàn bộ bề mặt ruộng.

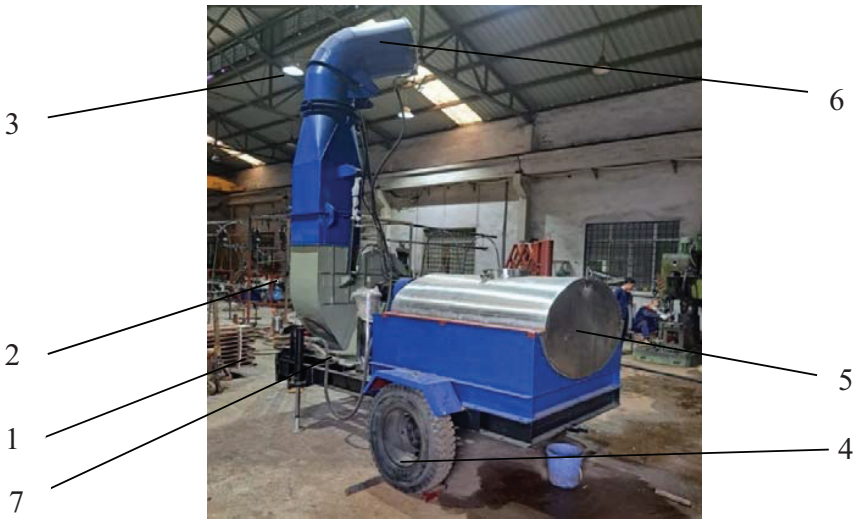
- *Khâu trồng chuối:* Hiện tại ở Việt Nam hầu hết khâu trồng chuối được tiến hành 100% bằng lao động thủ công với các phương tiện thô sơ nên năng suất lao động thấp. Một số nước trên thế giới đã bước đầu ứng dụng máy trồng chuối hai hàng kết hợp rải ống tưới nhỏ giọt. Tuy nhiên hiện chưa thấy có công bố về kết quả nghiên cứu và hiệu quả ứng dụng máy trồng chuối. Máy trồng cây chuối nuôi cấy mô kết hợp bón phân lót đã được thiết kế, chế tạo và thử nghiệm tại Việt Nam [1]. Máy có cấu tạo như trên hình 2. Kết quả nghiên cứu đã xác định được một số chỉ tiêu kỹ thuật của máy. Tuy nhiên chưa xác định năng suất làm việc và tính toán hiệu quả kinh tế của máy.



1. Cụm bánh tựa đồng; 2. Cụm bánh nén đất; 3. Giá để cây giống; 4. Cụm đĩa trồng; 5. Cụm bánh vấu; 6. Cụm khung chính; 7. Cụm vận chuyển cây giống; 8. Cụm thùng chứa phân

Hình 2. Cấu tạo máy trồng cây chuối nuôi cấy mô kết hợp bón phân [1]

- *Khâu chăm sóc chuối:* Vấn đề cơ giới hóa khâu chăm sóc chuối ở các nước phát triển được ứng dụng rộng rãi đối với các khâu: tưới, làm cỏ, bón phân, phun thuốc bảo vệ thực vật. Tại Việt Nam công việc tưới đã được cơ giới hóa với tỷ lệ cao; việc làm cỏ cho chuối hiện đang sử dụng các máy làm cỏ loại nhỏ do Trung Quốc sản xuất nên mức độ cơ giới hóa chưa cao; việc phun thuốc bảo vệ thực vật cho chuối hiện đang dùng máy đeo vai nên năng suất làm việc thấp, hiệu quả chưa cao, chưa giải phóng triệt để sức lao động. Thiết bị phun thuốc BVTV cho chuối đã được thiết kế, chế tạo và thử nghiệm tại Việt Nam [2]. Máy có cấu tạo như trên hình 3. Kết quả nghiên cứu đã xác định được một số chỉ tiêu kỹ thuật và năng suất của máy. Tuy nhiên chưa xây dựng qui trình cơ giới hóa và tính toán hiệu quả kinh tế của Thiết bị.



1. Cụm khung bệ máy; 2. Quạt; 3. Miệng thổi; 4. Cụm bánh xe; 5. Thùng chứa hỗn hợp thuốc BVTV; 6. Các vòi phun; 7. Bơm cao áp;
Hình 3. Cấu tạo thiết bị phun thuốc bảo vệ thực vật

- *Khâu thu hoạch, vận chuyển chuối:* Hiện nay công việc thu hoạch chuối chủ yếu tiến hành bằng lao động thủ công với dụng cụ thu hoạch là dao cầm tay. Các tập đoàn lớn trên thế giới cũng như tại Việt Nam đã có một số đơn vị đầu tư ứng dụng hệ thống đường ray cố định với các móc treo đi động để vận chuyển chuối từ ruộng về nhà máy sơ chế sau khi thu hoạch. Các công việc khác trong khâu thu hoạch chuối vẫn tiến hành bằng lao động thủ công.

- *Khâu xử lý phụ phẩm sau thu hoạch chuối:* Tại Việt nam xử lý phụ phẩm sau khi thu hoạch hoàn toàn được thực hiện thủ công. Khi hết chu kỳ canh tác chuối (3÷5 năm) cần phá sạch cây để trồng vụ mới hoặc trồng cây trồng khác thì có thể sử dụng máy xúc để cuốc phá và san gạt tập kết vào đầu

bờ. Hệ thống máy xử lý thân, lá và gốc chuối sau thu hoạch đã được thiết kế, chế tạo và thử nghiệm tại Việt Nam [3]. Máy có cấu tạo như trên hình 4, 5. Kết quả nghiên cứu, thử nghiệm đã xác định được một số thông số kỹ thuật và vận hành của máy. Tuy nhiên chưa xây dựng qui trình cơ giới hóa và tính toán hiệu quả kinh tế của hệ thống máy.



1. Bộ phận làm đổ cây; 2. Máy kéo bốn bánh; 3. Máy băm dạng đĩa
Hình 4. Máy băm dạng đĩa liên hợp với máy kéo



1. Bộ phận làm đổ cây; 2. Máy kéo bốn bánh; 3. Máy băm dạng lô;
Hình 5.4. Máy băm dạng lô liên hợp với máy kéo

Do đó bài báo này giới thiệu qui trình CGH và sơ bộ tính toán hiệu quả kinh tế của một số khâu canh tác chuối qui mô tập trung.

II. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là các thông số kỹ thuật và chỉ tiêu chất lượng của các máy thiết bị CGH một số khâu canh tác chuối: Máy trồng cây chuối nuôi cấy mô kết hợp bón

phân lót; Thiết bị phun thuốc BVTV; Thiết bị hỗ trợ thu hoạch và vận chuyển buồng chuối; Máy xử lý thân, lá chuối sau thu hoạch.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

- Sử dụng phương pháp thực nghiệm để xác định một số chỉ tiêu kỹ thuật và năng suất của máy, thiết bị CGH một số khâu canh tác chuối qui mô tập trung.

- Sử dụng phương pháp tính toán chi phí vận hành, khấu hao máy, thiết bị để so sánh với phương thức canh tác truyền thống hiện nay và tính toán hiệu quả kinh tế của từng khâu canh tác ứng dụng CGH.

2.3. Máy, thiết bị và dụng cụ nghiên cứu

Bảng 1: Danh mục Máy, thiết bị và dụng cụ phục vụ nghiên cứu

TT	Tên máy, thiết bị và dụng cụ	Đặc tính, thông số kỹ thuật	Xuất xứ
1	Máy trồng cây chuối nuôi cấy mô kết hợp bón phân lót	- Trồng 2 hàng; - Khoảng cách hàng: 1,5÷2m; - Khoảng cách cây: 1,7÷2m.	Việt Nam
2	Thiết bị phun thuốc BVTV cho cây chuối	- Khoảng cách phun: 28m; - Thể tích thùng chứa: 1.000 lít.	Việt Nam
3	Thiết bị hỗ trợ thu hoạch và vận chuyển buồng chuối		
3.1	Thiết bị hỗ trợ thu hoạch buồng chuối	- Chiều cao tối đa của tay với: 2.500mm; - Tầm với: 2.000mm	Việt Nam
3.2	Thiết bị vận chuyển buồng chuối	- Kiểu vận chuyển: ray treo cố định có cabin đầu kéo. - Chiều dài đường ray vận chuyển: 1.500m	Việt Nam
4	Máy xử lý thân, lá và gốc cây chuối sau thu hoạch		
4.1	Máy băm dạng đĩa	- Nguyên lý băm: dạng đĩa; - Số dao băm: 2	Việt Nam
4.2	Máy băm dạng lô	- Nguyên lý băm: dạng lô; - Số dao băm: 18	Việt Nam
5	Thiết bị đo tốc độ quay - 93412	- Phạm vi đo: 0 ÷ 99999v/ph - Độ chính xác: ± 1% giá trị đo	
6	Máy ảnh Canon A 530	A 530	
7	Thước đo sâu	329-251 DMC 100-300M	
8	Thước dây các loại: 20m, 3m	-	Việt Nam
9	Đồng hồ bấm giây	-	Nga
10	Cân đồng hồ	(200 g÷5 kg)	Việt Nam

III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả vận hành thử nghiệm và tính toán hiệu quả kinh tế đối với khâu trồng chuối

3.1.1. Kết quả vận hành thử nghiệm máy trồng chuối

Máy trồng chuối nuôi cấy mô kết hợp bón phân lót là loại máy thực hiện đồng thời nhiều chức năng: rạch hàng, trồng chuối, bón phân theo hốc và nền đất. Sau mỗi đường di chuyển trên đồng, máy thực hiện trồng được hai hàng chuối khi có sự kết hợp của 02 người cấp cây chuối giống. Máy có thể được điều chỉnh khoảng cách cây trên mỗi hàng bằng cách thay đổi tỉ số truyền từ bánh tựa đồng đến bộ phận trồng. Điều chỉnh khoảng cách hàng bằng cách thay đổi khoảng cách giữa hai bộ phận tiếp nhận trồng chuối trên khung máy. Ngoài ra, có thể điều chỉnh được độ sâu rạch hàng bằng cách điều chỉnh độ cao thấp của trụ mũi rạch đất.

Tiến hành thử tính năng hoạt động của máy trồng chuối nuôi cấy mô kết hợp bón phân tại Công ty cổ phần thực phẩm xuất khẩu Đồng Giao Ninh Bình chi nhánh Gia Lai. Địa chỉ: Cụm công nghiệp và tiểu thủ công nghiệp Mang Yang, xã Đắk Djrăng, huyện Mang Yang, tỉnh Gia Lai. Kết quả vận hành thử nghiệm trình bày tại bảng 2.

Bảng 2: Kết quả vận hành thử nghiệm máy trồng cây chuối

TT	Thông số	Đơn vị	Kết quả
1	Số hàng trồng	Hàng	2
2	Khoảng cách hàng	m	2,0
3	Khoảng cách hốc trên mỗi hàng	m	2,0
4	Bề rộng luống	m	3,5
5	Bề rộng rãnh	m	0,356
6	Độ sâu rạch hàng	m	0,20÷0,25
7	Năng suất trồng	Cây/h	850
		ha/h	0,34
8	Độ sót khi trồng	%	4,44
9	Tỷ lệ cây bị nghiêng, đổ sau khi trồng	%	3,49
10	Số hàng bón phân	Hàng	2
11	Lượng phân bón	kg/gốc	0,33

3.1.2. Tính toán hiệu quả kinh tế cho khâu trồng chuối ứng dụng CGH

Qua tìm hiểu thực tế tại Gia Lai, chi phí thực tế cho việc trồng chuối, bón phân lót bằng lao động thủ công hiện nay hết 4.500.000đ/ha. Tổng số công lao động cho mỗi ha là 18 công.

Tham khảo tài liệu [4] và căn cứ vào mức lương của thợ lái máy, phụ máy tại Gia Lai để tính toán chi phí vận hành máy trồng cây chuối nuôi cấy mô kết hợp bón phân lót. Kết quả tính toán được so sánh với chi phí trồng thủ công để đánh giá hiệu quả kinh tế.

Bảng 3. Bảng tổng hợp chi phí trồng chuối tại Gia Lai

TT	Tên hạng mục công việc, chi phí	Phương pháp trồng ứng dụng CGH	Phương pháp trồng thủ công
I	***Các khoản chi***		
1	Chi phí nhiên liệu	648.191đ/ha	0
2	Chi phí lương công nhân	275.400đ/ha	4.500.000đ/ha
3	Chi phí sửa chữa, bảo dưỡng máy	97.229đ/ha	0
4	Chi phí khấu hao máy mua mới	589.036đ/ha	0
5	Chi phí tăng thêm do phải phay thêm 1 lượt để đảm bảo độ nhỏ của đất *(thuê khoán trọn gói theo đơn giá thị trường)*	1.500.000đ/ha	0
6	Chi phí quản lý (tính bằng 3% tổng chi phí của từng phương pháp)	93.295đ/ha	135.000đ/ha
Tổng		**3.203.151đ/ha**	**4.635.000đ/ha**
II	***Số lượng nhân công***		
1	Nhân công lái máy	0,324 công/ha	0
2	Nhân công phụ máy	0,648 công/ha	0
3	Nhân công căng dây, đào hố, bón phân lót	0	5 công/ha
4	Nhân công rải cây, trồng cây, lấp đất	0	13 công/ha
Tổng		**0,972 công/ha**	**18 công/ha**

**** Nhận xét:*** Qua bảng 3, ta thấy việc ứng dụng cơ giới hóa trong khâu trồng cây chuối nuôi cấy mô kết hợp bón phân lót có hiệu quả rõ rệt khi so sánh với phương pháp trồng thủ công hiện nay, chi tiết như sau:

- Về chi phí, chênh lệch giữa phương pháp trồng ứng dụng CGH và thủ công tính cho mỗi ha là: 3.203.151- 4.635.000 = -1.431.849đ. Như vậy mỗi ha khi ứng dụng CGH sẽ giảm 1.431.849đ, tương ứng với giảm 31,82% chi phí so với phương thức trồng bằng lao động thủ công.

- Về số lượng nhân công, chênh lệch giữa phương pháp trồng ứng dụng CGH và thủ công tính cho mỗi ha là: 0,972 - 18 = -17,028 công. Như vậy mỗi ha khi ứng dụng

CGH sẽ giảm 17,028 công, tương ứng với giảm 94,6% số lượng nhân công lao động so với phương thức trồng bằng lao động thủ công.

3.2. Kết quả vận hành thử nghiệm và tính toán hiệu quả kinh tế đối với khâu phun thuốc BVTV cho chuối

3.2.1. Kết quả vận hành thử nghiệm Thiết bị phun thuốc BVTV cho chuối

Thiết bị phun thuốc BVTV có thể phun khi cây chuối còn nhỏ hoặc khi cây chuối đã trưởng thành. Ngoài ra, Thiết bị còn có thể phun trực tiếp cho buồng chuối. Vận hành thử nghiệm thiết bị phun thuốc BVTV tại Công ty cổ phần thực phẩm xuất khẩu Đồng Giao chi nhánh Gia Lai. Kết quả trình bày tại bảng 4.

Bảng 4. Kết quả vận hành thử Thiết bị phun thuốc BVTV cho chuối

TT	Thông số	Đơn vị	Giá trị
1	Thiết bị liên hợp với máy kéo 4 bánh công suất	HP	≥50
2	Giảm thiểu ảnh hưởng sức khỏe người vận hành; Máy có cơ cấu phun riêng cho buồng chuối.	-	Có
3	Năng suất máy khi phun thuốc BVTV cho toàn ruộng chuối khi cây chuối còn nhỏ.	ha/h	0,625
4	Năng suất máy khi phun thuốc BVTV cho toàn bộ ruộng chuối (phun bề mặt trên của lá) khi cây chuối đã trưởng thành.	ha/h	0,625
5	Năng suất máy chi phun thuốc BVTV từng buồng chuối.	Buồng chuối/h	418
6	Khoảng cách phun	m	28
7	Thể tích bình chứa hỗn hợp thuốc	lít	1000

3.2.2. Tính toán hiệu quả kinh tế cho khâu phun thuốc BVTV ứng dụng CGH

a) Chi phí phun thuốc BVTV thủ công

Theo qui trình chăm sóc chuối hiện nay tại DOVECO ở Gia Lai, việc phun thuốc BVTV cho chuối được thực hiện thường xuyên mỗi tháng một lần vào mùa khô và 2 lần trong 1 tháng vào mùa mưa (từ tháng 5 đến tháng 10 hàng năm) để phòng trừ sâu bệnh cho cây chuối. Trong trường hợp phát hiện dịch bệnh thì phải phun dập dịch và khoanh vùng. Như vậy trong 1 vụ canh tác chuối tại Gia Lai phải phun thuốc BVTV tổng cộng 15 lần. Mỗi lần phun hiện nay, chỉ tính riêng chi phí nhân công hết 1.250.000đ/ha. Vậy cả chu kỳ chăm sóc chuối, tính riêng chi phí nhân công phun thuốc BVTV theo phương pháp truyền thống hiện nay là: T_{PN} = 18.750.000đ/ha.

b) Chi phí vận hành thiết bị phun thuốc BVTV

Tham khảo tài liệu [4] và căn cứ vào mức lương của thợ lái máy, phụ máy tại Gia Lai để tính toán chi phí vận hành Thiết bị phun thuốc BVTV cho chuối. Kết quả tính toán được so sánh với phương pháp phun

thuốc BVTV thủ công để đánh giá hiệu quả kinh tế.

Bảng 5. Bảng tổng hợp chi phí phun thuốc BVTV tại Gia Lai

TT	Tên hạng mục công việc, chi phí	Phương pháp phun thuốc BVTV ứng dụng CGH	Phương pháp phun thuốc BVTV thủ công
I	***Các khoản chi***		
1	Chi phí nhiên liệu	131.356đ/ha	0
2	Chi phí lương công nhân	120.000đ/ha	1.250.000đ/ha
3	Chi phí sửa chữa, bảo dưỡng máy	19.703đ/ha	0
4	Chi phí khấu hao máy mua mới	344.443đ/ha	0
5	Chi phí quản lý (tính bằng 3% tổng chi phí của từng phương pháp)	18.465đ/ha	37.500đ/ha
Tổng		**633.967đ/ha**	**1.287.500đ/ha**
II	***Số lượng nhân công***		
1	Nhân công lái máy	0,2 công/ha	0
2	Nhân công phụ máy	0,2 công/ha	0
3	Nhân công phun thuốc BVTV bằng phương pháp thủ công	0	5 công/ha
Tổng		**0,4 công/ha**	**5 công/ha**

**** Nhận xét:*** Qua bảng 5, ta thấy việc ứng dụng cơ giới hóa trong khâu phun thuốc BVTV có hiệu quả rất rõ rệt khi so sánh với phương pháp phun thuốc BVTV thủ công hiện nay. Cụ thể về từng chỉ tiêu như sau:

- Về chi phí, chênh lệch giữa phương pháp phun thuốc BVTV ứng dụng CGH và thủ công tính cho mỗi ha trong một lần phun là: 633.967đ - 1.287.500đ = - 653.533đ. Như vậy mỗi ha khi ứng dụng CGH khâu phun thuốc BVTV sẽ giảm 653.533đ tính trên mỗi lượt phun, tương ứng với giảm 50,76% chi phí so với phương thức phun thuốc BVTV thủ công hiện đang áp dụng.

- Về số lượng nhân công, chênh lệch giữa phương pháp phun thuốc BVTV ứng dụng CGH và phương pháp thủ công tính cho mỗi ha trên mỗi lần phun là: 0,4 - 4 = - 3,6 công. Như vậy mỗi ha khi ứng dụng CGH trong khâu phun thuốc BVTV sẽ giảm 3,6 công, tương ứng với giảm 90% số lượng nhân công lao động so với phương thức phun thuốc BVTV thủ công hiện nay.

3.3. Kết quả vận hành thử nghiệm và tính toán hiệu quả kinh tế đối với khâu thu hoạch, vận chuyển buồng chuối

3.3.1. Kết quả vận hành thử nghiệm Thiết bị hỗ trợ thu hoạch và vận chuyển buồng chuối

Thiết bị hỗ trợ thu hoạch chuối là thiết bị hỗ trợ cắt, treo buồng chuối. Thiết bị vận chuyển buồng chuối từ nơi thu hoạch đến nhà xưởng sơ chế tại đồng ruộng bao gồm hệ thống đường ray treo, ca bin đầu kéo và các móc treo buồng chuối.

Kết quả vận hành thực tế tại mô hình ở Gia Lai, Thiết bị hỗ trợ thu hoạch buồng chuối liên hợp với máy kéo 4 bánh 34Hp có năng suất làm việc thực tế đạt 215 buồng/h tương đương với 0,098ha/h tương đương với 0,784ha/ngày (mỗi ngày làm việc 8h). Hệ thống thiết bị vận chuyển buồng chuối có năng suất làm việc thực tế đạt 500 buồng/h tương đương với 0,23ha/h tương đương 1,84ha/ngày (mỗi ngày làm việc 8h).

3.3.2. Tính toán hiệu quả kinh tế cho khâu thu hoạch và vận chuyển buồng chuối ứng dụng CGH

Hiện nay tại Giai Lai việc thu hoạch chuối thực hiện 100% bằng lao động thủ công, chi phí cho khâu thu hoạch, vận chuyển buồng chuối phụ thuộc vào nguồn lao động tại địa phương, lúc cao điểm, khan hiếm lao động thì giá thu hoach cao và ngược lại. Tính trung bình chi phí cho khâu thu hoạch, vận chuyển buồng chuối trong phạm vi ≤1.000m bằng lao động thủ công là 7.000đ/buồng chuối, mỗi ha trồng 2.200 cây chuối. Như vậy chi phí thực tế cho việc thu hoạch và vận chuyển buồng chuối bằng lao động thủ công là T_{thN}.

T_{thN} = (7.000đ/buồng) x (2.200buồng/ha) = **15.400.000đ/ha**

Tham khảo tài liệu [4] và căn cứ vào mức lương của thợ lái máy, phụ máy tại Gia Lai để tính toán chi phí vận hành Thiết bị hỗ trợ thu hoạch và vận chuyển buồng chuối. Kết quả tính toán được so sánh với phương pháp thu hoạch, vận chuyển thủ công để đánh giá hiệu quả kinh tế.

Bảng 6. Bảng tổng hợp chi phí thu hoạch và vận chuyển buồng chuối tại Gia Lai

TT	Tên hạng mục công việc, chi phí	Phương pháp thu hoạch, vận chuyển ứng dụng CGH	Phương pháp thu hoạch, vận chuyển thủ công
I	***Các khoản chi***		
1	Chi phí nhiên liệu	1.450.922đ/ha	0
2	Chi phí lương công nhân	1.410.400đ/ha	15.400.000đ/ha
3	Chi phí sửa chữa, bảo dưỡng máy	217.638đ/ha	0
4	Chi phí khấu hao máy mua mới	3.533.848đ/ha	0
5	Chi phí quản lý (tính bằng 3% tổng chi phí của từng phương pháp)	198.384đ/ha	462.000đ/ha

Tổng		**6.811.192đ/ha**	**15.862.000đ/ha**
II	***Số lượng nhân công***		
1	Nhân công lái máy	1,819 công/ha	0
2	Nhân công phụ máy	3,095 công/ha	0
3	Nhân công thu hoạch, vận chuyển bằng lao động thủ công	0	20 công/ha
Tổng		**4,914 công/ha**	**20 công/ha**

**** Nhận xét:*** Qua bảng 6, ta thấy việc ứng dụng cơ giới hóa khâu hỗ trợ thu hoạch và vận chuyển buồng chuối có hiệu quả rất rõ rệt khi so sánh với phương pháp truyền thống hiện nay. Cụ thể về từng chỉ tiêu như sau:

- Về chi phí, chênh lệch giữa việc ứng dụng thiết bị hỗ trợ thu hoạch, vận chuyển và thủ công tính cho mỗi ha là: 6.811.192đ - 15.862.000đ= - 9.050.808đ. Như vậy mỗi ha khi ứng dụng thiết bị hỗ trợ thu hoạch và vận chuyển sẽ giảm 9.050.808đ, tương ứng với giảm 57,06% chi phí so với phương thức thủ công hiện đang áp dụng.

- Về số lượng nhân công, chênh lệch giữa phương pháp ứng dụng CGH và phương pháp thủ công tính cho mỗi ha là: 4,914 - 20 = -15,086 công. Như vậy mỗi ha khi ứng dụng CGH trong khâu thu hoạch và vận chuyển buồng chuối sẽ giảm 15,086 công, tương ứng với giảm 75,43% số lượng nhân công lao động so với phương thức thu hoạch và vận chuyển thủ công hiện nay.

3.4. Kết quả vận hành thử nghiệm và tính toán hiệu quả kinh tế đối với khâu xử lý thân, lá và gốc chuối sau thu hoạch

3.4.1. Kết quả vận hành thử nghiệm hệ thống máy xử lý thân, lá và gốc chuối sau thu hoạch

Hệ thống máy xử lý thân, lá và gốc cây chuối sau thu hoạch đã được vận hành thử nghiệm tại công ty Đồng Giao chi nhánh Gia Lai. Kết quả như trên bảng 7..

Bảng 7. Kết quả vận hành thử nghiệm hệ thống máy xử lý thân, lá và gốc chuối sau thu hoạch tại Gia Lai

TT	Thông số	Đơn vị	Kết quả
I	***Máy băm dạng đĩa***		
1	Nguồn động lực liên hợp: Máy kéo bốn bánh	Hp	80
2	Chiều dài băm lớn nhất	mm	171,1
3	Độ sâu băm	mm	187,6
4	Năng suất máy	ha/h	0,34
II	***Máy băm dạng lô***	m	0,356
1	Nguồn động lực liên hợp: Máy kéo bốn bánh	Hp	80
2	Chiều dài băm lớn nhất	mm	162,9

TT	Thông số	Đơn vị	Kết quả
3	Độ sâu băm	mm	189
4	Năng suất máy	ha/h	0,32

3.4.2. Tính toán hiệu quả kinh tế cho khâu xử lý thân, lá và gốc chuối sau thu hoạch ứng dụng CGH

Hiện nay tại Gia Lai, việc xử lý thân, lá và gốc chuối sau mỗi chu kỳ khai thác để làm đất trồng vụ mới chưa có máy chuyên dụng xử lý. Một số nơi sử dụng máy xúc để đào gốc và thu gom vào đầu bờ chôn lấp chờ phân hủy tự nhiên thì chi phí cho mỗi ha hết từ 35-40 triệu.

Tham khảo tài liệu [4] và căn cứ vào mức lương của thợ lái máy, phụ máy tại Gia Lai để tính toán chi phí vận hành Hệ thống máy xử lý thân, lá và gốc chuối sau thu hoạch. Kết quả tính toán được so sánh với phương pháp xử lý truyền thống hiện đang áp dụng để đánh giá hiệu quả kinh tế.

Bảng 8. Bảng tổng hợp chi phí xử lý thân, lá và gốc chuối sau thu hoạch tại Gia Lai

TT	Tên hạng mục công việc, chi phí	Phương pháp xử lý thân, lá và gốc chuối ứng dụng CGH	Phương pháp xử lý truyền thống
I	***Các khoản chi***		
1	Chi phí nhiên liệu	1.407.376đ/ha	0
2	Chi phí lương công nhân	455.400đ/ha	0
3	Chi phí sửa chữa, bảo dưỡng máy	211.106đ/ha	0
4	Chi phí khấu hao máy mua mới	2.424.242đ/ha	0
5	Chi phí thuê máy xúc để đào cây chuối, thu gom về đầu bờ	0	35.000.000đ/ha
6	Chi phí quản lý (tính bằng 3% tổng chi phí của từng phương pháp)	134.943đ/ha	1.050.000đ/ha
Tổng		**4.633.067đ/ha**	**36.050.000đ/ha**
II	***Số lượng nhân công***		
1	Nhân công lái máy	0,759 công/ha	9 công/ha
2	Nhân công phụ máy	0,759 công/ha	0
Tổng		**1,518 công/ha**	**9 công/ha**

**** Nhận xét:*** Qua bảng 8, ta thấy việc ứng dụng cơ giới hóa có hiệu quả rất rõ rệt khi so sánh với phương pháp xử lý truyền thống hiện nay. Cụ thể về từng chỉ tiêu như sau:

- Về chi phí, chênh lệch giữa phương pháp xử lý thân, lá và gốc chuối ứng dụng

CGH và phương pháp xử lý truyền thống tính cho mỗi ha là: 4.633.067đ – 36.050.000đ = - 31.416.933đ. Như vậy mỗi ha khi ứng dụng CGH khâu xử lý thân, lá và gốc chuối sẽ giảm 31.416.933đ, tương ứng với giảm 87,15% chi phí so với phương thức xử lý hiện đang áp dụng.

- Về số lượng nhân công, chênh lệch giữa phương pháp xử lý thân, lá và gốc ứng dụng CGH và phương pháp truyền thống tính cho mỗi ha là: 1,518 - 9 = - 7,482 công, tương ứng với giảm 83,13% số lượng nhân công lao động so với phương thức xử lý hiện nay.

IV. KẾT LUẬN

Kết quả vận hành thử nghiệm và tính toán hiệu quả kinh tế của từng khâu canh tác chuối ứng dụng cơ giới hóa cho thấy hiệu quả rất rõ rệt.

1. Ứng dụng máy trồng cây chuối nuôi cấy mô kết hợp bón phân lót giúp giảm 31,82% chi phí và giảm 94,6% số lượng nhân công lao động so với phương thức trồng bằng lao động thủ công.

2. Ứng dụng Thiết bị phun thuốc BVTV cho chuối giúp giảm 50,76% chi phí và giảm 90% số lượng nhân công lao động so với phương thức phun thuốc BVTV thủ công.

3. Ứng dụng hệ thống Thiết bị hỗ trợ thu hoạch và vận chuyển buồng chuối giúp giảm 57,06% chi phí và giảm 75,43% số lượng nhân công lao động so với phương thức thu hoạch và vận chuyển thủ công.

4. Ứng dụng hệ thống máy xử lý thân, lá và gốc chuối sau thu hoạch giúp giảm 87,15% chi phí và giảm 83,13% số lượng nhân công lao động so với phương thức xử lý sử dụng máy xúc hiện nay.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Đặng Văn Đông, Nguyễn Đức Thật, Nguyễn Đức Long, Phạm Thị Minh Huệ, Đậu Thế Nhu (2024), Kết quả nghiên cứu, thử nghiệm máy trồng chuối nuôi cấy mô, Tạp chí Công nghiệp nông thôn số 54/2024, trang 71-80;

2. Nguyễn Ngọc Tuấn, Đậu Thế Nhu, Nguyễn Đức Thật, Chu Văn Thuận và Các Cộng sự (2023), Tính toán, lựa chọn một số thông số chính của thiết bị phun thuốc BVTV cho chuối, Tạp chí Công nghiệp nông thôn số 50/2023, trang 36-43;

3. Nguyễn Đức Thật, Nguyễn Văn Thủy, Chu Văn Thuận (2025), Kết quả nghiên cứu, thử nghiệm hệ thống máy xử lýthân, lá và gốc cây chuối sau thu hoạch, Tạp chí Công nghiệp nông thôn số 56/2025, trang 2-12;

4. Phan Thanh Tịnh, Bùi Quang Huy. Phương pháp xác định hiệu quả kinh tế của công cụ máy móc cơ điện NN, Tạp chí Nông nghiệp, công nghệ thực phẩm, N07/1993;

5. Tổng cục thống kê, Niêm giám thống kê năm 2023;

6. https://trungtamwto.vn/chuyen-de/22846-xuat-khau-chuoi-thoat-canh-duoc-mua-mat-gia;

Ngày nhận bài: 25/6/2025.

Người phản biện: PGS. TS. Lê Minh Lư - Học viện Nông nghiệp VN

THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG VÀ KHẢO NGHIỆM ẢNH HƯỞNG CỦA TẦN SỐ DAO ĐỘNG ĐẾN LỰC GHIM CẢM BIẾN ĐỘ ẨM VÀO GIÁ THỂ, ÁP DỤNG TRÊN MÔ HÌNH RÔ BỐT TRONG NHÀ MÀNG

Đào Duy Vinh[1], Lê Quang Hiền[1], Võ Huy Thịnh[1], Cao Đức Lợi[1], Võ Thị Yến Nhi[1]

TÓM TẮT:

Bài báo này trình bày về thiết kế, chế tạo và thực nghiệm một hệ thống cắm cảm biến vào giá thể trồng cây trong môi trường nhà màng với một kết cấu tạo rung động. Một bộ rung đã được bố trí trên khung gắn cảm biến độ ẩm nhằm giảm lực cản khi ghim. Cơ cấu cắm cảm biến tự động qua liên kết bốn thanh gắn trên một cánh tay rô-bốt. Thí nghiệm đo lực ghim dải tần số rung từ 9,5 Hz đến 22 Hz cho thấy kết quả tối ưu là 14,5 Hz. Lực cản trong quá trình cắm được đo bằng cảm biến tải (loadcell) kết nối với mạch chuyển đổi tín hiệu ADC HX711. Dữ liệu về lực và tần số rung được truyền theo thời gian thực từ vi điều khiển đến máy tính thông qua giao diện lập trình bằng C# để giám sát và phân tích. Các kết quả cho thấy việc cắm cảm biến có hỗ trợ rung giúp giảm 38% lực cản. Nghiên cứu này cung cấp nền tảng đầy hứa hẹn cho việc phát triển các hệ thống rô-bốt tự động nhằm giám sát độ ẩm đất trong canh tác cây trồng trong nhà màng, góp phần vào nền nông nghiệp thông minh và bền vững hơn.

Từ khóa: Rô-bốt, tần số rung, cảm biến độ ẩm, giám sát lực

DESIGN AND EXPERIMENTAL EVALUATION OF AN AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR STUDYING THE EFFECT OF VIBRATION FREQUENCY ON MOISTURE SENSOR INSERTION FORCE INTO PLANT SUBSTRATE, APPLIED TO A GREENHOUSE ROBOT MODEL

ABSTRACT

This paper presents the design, fabrication, and experimental evaluation of a vibration-assisted insertion system for embedding sensors into plant-growing substrates in greenhouse environments. A vibration module was integrated with a moisture sensor probe to reduce insertion resistance, which is a critical challenge in deploying sensors in semi-compressible media. The sensor insertion mechanism was automated using a four-bar linkage system mounted on a robotic platform, enabling precise and repeatable deployment. Experimental results demonstrated that the optimal vibration frequency range for minimizing insertion force lies between 9.5 Hz and 22 Hz. The resistance force during insertion was measured using a load cell connected to an HX711 ADC signal conversion circuit. Real-time

[1] Khoa Cơ khí – Công nghệ, Trường Đại học Nông Lâm Tp. Hồ Chí Minh

force and vibration frequency data were transmitted from a microcontroller to a computer via a C#-based interface for monitoring and analysis. The findings suggest that vibration-assisted sensor insertion significantly reduces mechanical resistance and enhances deployment efficiency. This research provides a promising foundation for developing automated robotic systems for soil moisture monitoring in greenhouse cultivation, contributing to smarter and more sustainable agriculture practices.

Keyword: Robot, vibration frequency, moisture sensor, force monitoring

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong nông nghiệp nhà màng hiện đại, việc triển khai chính xác các cảm biến vào giá thể trồng cây đóng vai trò then chốt trong việc duy trì các điều kiện tối ưu cho sự phát triển cây trồng. Tuy nhiên, quá trình ghim cảm biến vào các loại giá thể có độ nén hoặc bán nén thường gặp phải lực cản cơ học, dẫn đến việc lệch vị trí cảm biến, hư hỏng phần tử cảm biến hoặc thu thập dữ liệu không chính xác. Vấn đề này đặc biệt quan trọng trong quá trình trồng dưa lưới (Cucumis melo), nơi việc theo dõi điều kiện vùng rễ theo thời gian thực như độ ẩm, nhiệt độ và dinh dưỡng là cực kỳ cần thiết để tối ưu hóa năng suất.

Ứng dụng dao động cơ học để giảm lực cắm đã được nghiên cứu rộng rãi trong các lĩnh vực kỹ thuật công nghiệp và xây dựng, đặc biệt là trong kỹ thuật đóng cọc có hỗ trợ rung và trong y học khi đưa kim phẫu thuật vào mô mềm. Nhiều nghiên cứu cho thấy chuyển động dao động ở tần số thích hợp có thể làm giảm ma sát và lực cản khi xuyên vào vật liệu dạng hạt hoặc vật liệu đàn hồi nhớt. Tuy nhiên, nguyên lý này mới chỉ được ứng dụng gần đây trong lĩnh vực nông nghiệp, và khả năng áp dụng rung cơ học để hỗ trợ ghim cảm biến vào giá thể cây trồng vẫn chưa được nghiên cứu sâu [1-4]. Khalaji [1] Nghiên cứu này phân tích lực ma sát giữa kim và mô trong quá trình chèn kim hỗ trợ dao động. Nghiên cứu chỉ ra rằng dao động có thể giảm ma sát, từ đó cải thiện hiệu quả và độ chính xác trong quá trình chèn kim vào mô mềm. Li [5] Nghiên cứu này phân tích ảnh hưởng của dao động lên hệ số ma sát giữa cọc và đất trong quá trình đóng cọc. Kết quả cho thấy việc áp dụng dao động làm giảm đáng kể lực ma sát, từ đó tăng hiệu quả đóng cọc. Rainer [6] tổng quan về thực trạng sử dụng phương pháp đóng cọc bằng dao động, phân tích ảnh hưởng của tần số dao động đến quá trình đóng cọc và khả năng chịu tải của cọc. Nghiên cứu cho thấy việc sử dụng dao động có thể giảm lực cản và tăng hiệu quả đóng cọc. Dobbelsteen [7] tổng hợp các dữ liệu thực nghiệm về lực tương tác giữa kim và mô trong quá trình cấy kim y tế. Các tác giả phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến lực cản khi xuyên bao gồm tốc độ, góc và đặc tính của mô. Teng [8] nghiên cứu này mô phỏng cơ chế ma sát trong hệ thống đóng cọc bằng dao động, phân tích ảnh hưởng của dao động đến lực ma sát và hiệu quả đóng cọc. Kết quả cho thấy việc áp dụng dao động có thể giảm lực ma sát, từ đó tăng hiệu quả đóng cọc. Trong khi Shin-Ei và cộng sự [9] nghiên cứu hiệu quả của việc

sử dụng rung động để giảm lực cần thiết khi chèn thiết bị y tế vào mô sinh học. Astashev và Babitsky [10] trình bày toàn diện về nguyên lý động lực học, điều khiển và ứng dụng của các quá trình và máy siêu âm trong công nghiệp. Tác giả nhấn mạnh vai trò của rung động siêu âm trong việc cải thiện hiệu suất gia công, giảm lực cắt và nâng cao độ chính xác. Nội dung cũng đề cập đến các ứng dụng đa ngành như khoan, hàn, và chèn vật thể vào vật liệu với lực cản thấp hơn nhờ tác động rung. Tuy nhiên, rất ít nghiên cứu xem xét lợi ích cơ học của rung trong quá trình ghim cảm biến, cụ thể là trong các loại giá thể như cát, xơ dừa, phân chuồng thường dùng để trồng dưa lưới.

Nghiên cứu này trình bày việc thiết kế và kiểm nghiệm thực nghiệm một cơ cấu hỗ trợ rung khi ghim cảm biến, nhằm mục đích giảm thiểu lực cản trong quá trình ghim cảm biến vào giá thể trồng cây. Một cảm biến lực được sử dụng để ghi nhận sự thay đổi của lực ghim dưới tác động của các tần số rung khác nhau. Thông qua việc phân tích các phản hồi lực này, hệ thống có thể xác định tần số rung tối ưu giúp giảm lực cản cơ học, từ đó cho phép triển khai cảm biến một cách mượt mà và hiệu quả. Bộ phận rung được tích hợp lên một nền tảng rô-bốt có trang bị động cơ DC truyền động, cảm biến lực, và cơ cấu ghim tự động, cho phép thực hiện thao tác ghim cảm biến lặp lại chính xác vào các bầu trồng dưa lưới. Sự tích hợp này không chỉ nâng cao độ chính xác mà còn mở ra tiềm năng triển khai cảm biến hoàn toàn tự động trong các nhà màng công nghệ cao

Nghiên cứu này hướng đến các mục tiêu cụ thể sau: Thiết kế và chế tạo một cơ cấu ghim cảm biến hỗ trợ rung, có khả năng điều chỉnh tần số và biên độ. Tích hợp hệ thống cảm biến lực để đo lực cản trong quá trình ghim cảm biến dưới các điều kiện rung khác nhau. Xác định tần số rung tối ưu giúp giảm thiểu lực cản khi ghim cảm biến vào giá thể trồng dưa lưới. Ứng dụng hệ thống vào nền tảng rô-bốt di động, cho phép ghim cảm biến tự động, chính xác và lặp lại. Đánh giá hiệu suất của hệ thống thông qua các thử nghiệm thực tế trong điều kiện nhà màng.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Trong nghiên cứu này, một hệ thống cắm cảm biến có hỗ trợ rung đã được thiết kế nhằm khảo sát ảnh hưởng của tần số dao động đến lực ghim cảm biến độ ẩm vào giá thể trồng cây. Hệ thống bao gồm một đầu dò cảm biến độ ẩm tích hợp bộ phận rung, gắn trên cơ cấu tay đòn bốn thanh điều khiển tự động bởi mạch điều khiển tự động trên rô-bốt.

Kết cấu rung tạo ra dao động theo phương thẳng đứng trong dải tần từ 9,5 Hz đến 22 Hz, nhờ cơ cấu rung được lắp đặt trên khung cùng đầu ghim cảm biến. Lực ghim được đo bằng cảm biến lực (loadcell) kết nối với mạch chuyển đổi tín hiệu ADC (HX711), đảm bảo độ phân giải 24-bit trong quá trình ghi nhận lực tác động. Vi điều khiển Atmega328P thực hiện việc thu thập dữ liệu và truyền về máy tính thông qua giao tiếp UART. Dữ liệu được hiển thị và lưu trữ theo thời gian thực bằng phần mềm giám sát trên máy tính dùng ngôn ngữ C#, cho phép giá trị đo của thí nghiệm có thể theo dõi trực tiếp trong quá trình thí nghiệm. Tần số rung có thể được điều chỉnh để khảo sát ảnh hưởng đến lực ghim trong nhiều điều kiện khác nhau. Toàn bộ thí nghiệm được đồng bộ hóa

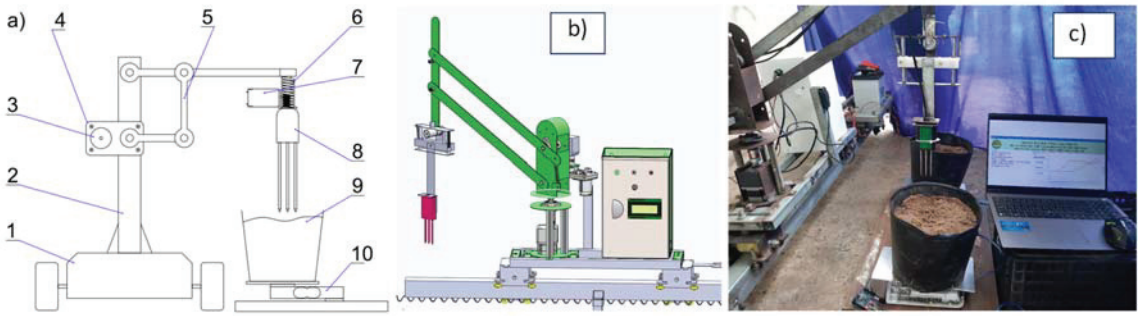
để đảm bảo việc ghi nhận dữ liệu diễn ra liên tục và không bị gián đoạn.

Để triệt tiêu nhiễu do xung rung gây ra trên tín hiệu lực, thuật toán lọc trung bình trượt được áp dụng. Bộ lọc này cho phép làm mịn tín hiệu và thể hiện chính xác thành phần lực ổn định trong quá trình ghim. Số mẫu trong quá trình lọc được lựa chọn để làm mượt tín hiệu phản hồi. Việc xử lý tín hiệu nhiễu giúp làm mịn kết quả đo và sử dụng để phân tích kết quả nghiên cứu.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Thiết kế mô hình rô bốt đo độ ẩm bầu giá thể

Sơ đồ nguyên lý cấu tạo rô-bốt ghim cảm biến được thể hiện ở Hình 1. Mô hình sử dụng cảm biến đo độ ẩm của giá thể được gắn trên khung của rô-bốt, được thể hiện ở Hình 1a. Phần thân rô-bốt (1) bao gồm khung và các con lăn chạy trên ray thanh răng, được dẫn động bởi động cơ DC. Một cánh tay rô-bốt (2) có gắn cảm biến đo độ ẩm (8), với phần đo bao gồm ba que inox dài 70 mm, sử dụng mạch điện tử để thu thập dữ liệu độ ẩm của giá thể. Cảm biến này được thiết kế có khả năng dịch chuyển theo phương thẳng đứng nhờ vào cấu trúc bốn khâu bản lề (5) liên kết với bộ khung, cho phép đầu đo di chuyển thẳng đứng với vị trí và vận tốc được kiểm soát. Chiều sâu ghim của que cảm biến vào giá thể được giới hạn ở mức 50 mm, được điều khiển bởi tín hiệu phản hồi từ công tắc hành trình. Lực tạo ra sự di chuyển của cảm biến được cung cấp bởi một động cơ DC (3) sử dụng điện áp 12 V, kết hợp với hộp số giảm tốc (4) có tỷ số truyền 1:100. Lò xo số (6) giúp liên kết giữa phần khung gắn cảm biến và khung cánh tay. Động cơ DC số (7) được gắn cam lệch tâm để tạo dao động. Để xác định lực ghim của cảm biến vào giá thể, một cảm biến lực (loadcell) số (10) được bố trí dưới đáy chậu giá thể số (9). Hình 1b thể hiện rô-bốt được thiết kế dạng 3D, Hình 1c thể hiện hình ảnh của rô-bốt khi tiến hành thí nghiệm.



Hình 1. Mô hình rô-bốt ghim cảm biến vào giá thể tự động: a) Sơ đồ cấu tạo; b) Được thiết kế dạng 3D; c) Hình ảnh sau chế tạo và thử nghiệm

Vận tốc của động cơ được điều chỉnh thông qua vi điều khiển sử dụng phương pháp điều khiển độ rộng xung (PWM), giúp kiểm soát chính xác tốc độ di chuyển lên xuống của cảm biến. Phần trên của cảm biến được trang bị động cơ DC (7), tạo ra dao động nhờ vào cam lệch tâm gắn trên trục động cơ. Tần số dao động này có thể được điều khiển thông qua vận tốc quay của động cơ DC, với sự điều chỉnh từ phương pháp

PWM, và sự bằng cách điều chỉnh điện áp trên chân Gate của MOSFET. Khi cảm biến ghim vào giá thể (9), lực ép của cảm biến được thu thập bởi cảm biến đo lực đặt dưới đáy bầu giá thể (10). Loại cảm biến đo lực sử dụng là load cell 10 kg, và dữ liệu được thu thập qua IC ADC có độ phân giải 24-bit, mã số HX711. Tín hiệu này được truyền trực tuyến và đọc qua máy tính, cho phép người sử dụng lưu trữ và phân tích dữ liệu để vẽ đồ thị mô phỏng quá trình thay đổi giá trị của cảm biến. Mô hình rô-bốt xác định lực ghim của cảm biến vào giá thể sau khi được chế tạo thử nghiệm và thí nghiệm đo lực thể hiện ở hình 1b. Quá trình thu thập dữ liệu liên tục giúp khảo sát sự thay đổi tần số dao động của cảm biến khi ghim vào giá thể trong các điều kiện khác nhau, phục vụ cho các nghiên cứu và ứng dụng trong lĩnh vực nông nghiệp hoặc các mô hình đo lường tự động hóa.

Bài toán động học cho kết cấu ghim que cảm biến vào giá thể được mô hình toán như sau: Xác định phương trình động học của hệ thống gồm 3 que kim loại nhỏ có đường kính 3mm, chiều dài 70mm, được ghim xuống đất bằng phương pháp rung với chiều sâu 50mm. Mục tiêu là xây dựng mô hình toán học để khảo sát chuyển động của que trong giá thể, từ đó đánh giá khả năng và tính ổn định.

Phương trình lực tạo ra do cơ cấu rung có dạng điều hòa như phương trình (1), tham khảo theo [11]

$$F(t) = F_0\cos(\omega t) \quad (1)$$

Trong đó:

- F: lực tác động vào kết cấu ghim cảm biến xuống giá thể (N)
- F_0: Biên độ lực tác động vào cảm biến theo chiều thẳng đứng (N)
- ω: tần số góc lực tác động theo thời gian t

Phương trình dao động mỗi que cảm biến đo độ ẩm

$$m\ddot{z}(t) + c\dot{z}(t) + kz(t) = F_0\cos(\omega t) \quad (2)$$

Gộp 3 que thành một mô hình toán tổng theo như phương trình (3)

$$M\ddot{z}(t) + C\dot{z}(t) + Kz(t) = 3F_0\cos(\omega t) \quad (3)$$

Trong đó:

- m = 0,05 kg khối lượng đại diện của một que cảm biến
- M = 0,15 kg khối lượng của cảm biến độ ẩm và tấm nhôm liên kết
- C = 0,15 Ns/m hệ số ma sát
- k = 1.262.028 N/m
- $z(t)$: vị trí cọc định vị theo phương thẳng đứng oz theo thời gian
- L khoảng cách đặt lực đến đầu ghim

Diện tích que cảm biến đo độ ẩm tiếp xúc với đất (1 que):

$$A = \pi Dh = \pi.3.50 = 471{,}24\ mm^2 = 4{,}72 \times 10^{-4}\ m^2 \qquad (4)$$

Với Es = 8,61.10^4 Pa, ta có:

$$k = \frac{E_s A}{L} = \frac{8{,}61 \times 10^4 . 4{,}712 \times 10^{-4}}{0.1} = 405{,}7\ N/m \Rightarrow K = 3k = 1217{,}1\ N/m$$

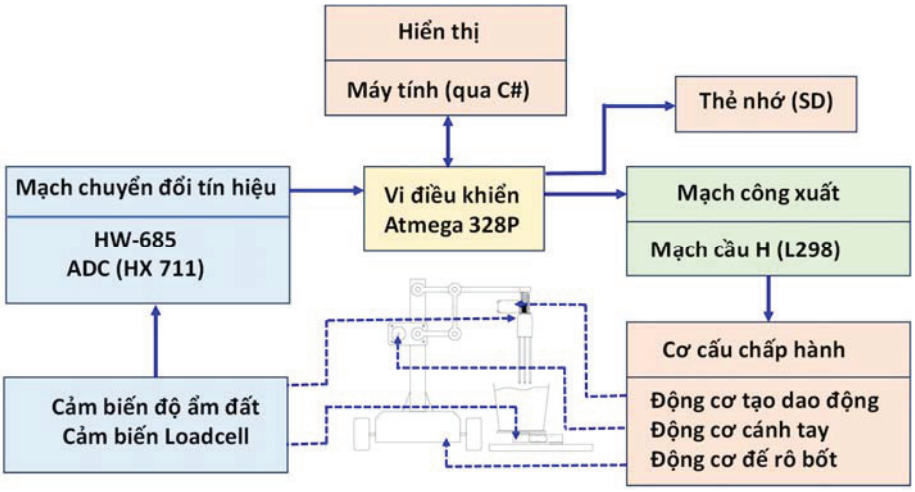
Đặc trưng chuyển động của que đo cảm biến độ ẩm: Hệ là một dao động cưỡng bức tắt dần; đáp ứng phụ thuộc vào biên độ F_0và tần số ω; biên độ cực đại đạt được gần tần số cộng hưởng của que cảm biến được xác định theo công thức (5)

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{K}{M}} \approx \sqrt{\frac{1217{,}1}{0{,}15}} \approx 90{,}07 rad/s \qquad (5)$$

Với quan hệ 2π×tần số rung = rad/s, từ đó mạch điều khiển được lập trình để thực hiện ghim cảm biến vào bầu giá thể trồng dưa lưới trong nhà màng với dải tần số dao động từ 9,5 Hz đến 22 Hz, tăng dần theo bước 0,5 Hz, kết quả thử nghiệm được thể hiện ở hình 6.

3.2. Quy trình thực nghiệm

Tiến hành các thử nghiệm ghim cảm biến với nhiều giá trị tần số kích thích khác nhau. Ghi lại lực ghim theo thời gian thực thông qua cảm biến lực, đồng thời lưu trữ vào thẻ nhớ (SD) và xuất dữ liệu qua cổng USB từ vi điều khiển qua máy tính và lưu file dữ liệu dạng Excell. Sơ đồ khối nguyên lý điều khiển rô bốt thu thập dữ liệu độ ẩm tự động được thể hiện ở hình 2.



Hình 2. Sơ đồ khối điều khiển rô-bốt đo độ ẩm giá thể trong chậu tự động

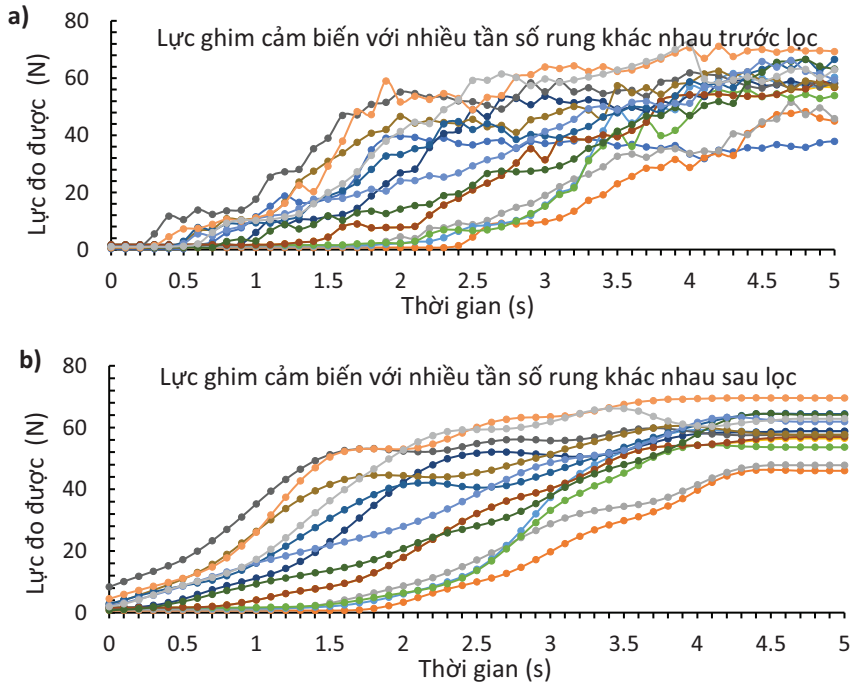
Bộ điều khiển của mô hình thí nghiệm sử dụng vi điều khiển Atmega328P, với chương trình điều khiển được lập trình bằng ngôn ngữ C. Tín hiệu từ cảm biến lực (loadcell) trước khi truyền về vi điều khiển được khuếch đại và chuyển đổi từ dạng tương tự sang dạng số (ADC) thông qua mạch chuyển đổi tín hiệu HX711. Vi điều

khiển tiếp nhận và xử lý tín hiệu số để xác định lực ghim của cảm biến vào giá thể. Đồng thời, vi điều khiển điều khiển mạch cầu H để cấp nguồn cho động cơ DC, thực hiện thao tác ghim cảm biến theo phương thẳng đứng. Cấu trúc điều khiển này cho phép điều khiển quá trình đo độ ẩm của giá thể có thể kiểm soát được vị trí và vận tốc. Thí nghiệm được lặp lại 30 lần để đảm bảo tính ý nghĩa cho việc xử lý số liệu, tính toán độ lệch chuẩn. Giá thể được chuẩn bị với độ ẩm và độ nén kiểm soát để đảm bảo tính đồng nhất giữa các mẫu.

3.3. Thu thập và phân tích dữ liệu

Quá trình thu thập và xử lý dữ liệu lực tác động được thực hiện thông qua một hệ thống đo lường dùng cảm biến lực, nhằm khảo sát ảnh hưởng của rung động đến lực tác động lên bầu giá thể. Dữ liệu nhiệt độ được ghi nhận liên tục trong suốt quá trình ghim cảm biến vào bầu giá thể, phục vụ mục tiêu kiểm soát điều kiện môi trường trong thí nghiệm. Toàn bộ hệ thống bố trí thí nghiệm được mô tả chi tiết ở Hình 1.

Để xác định sự biến đổi của lực trong điều kiện rung động, một kết cấu cân bằng cơ học đã được thiết kế và lắp đặt. Cấu trúc này bao gồm hai bầu giá thể được đặt đối xứng trên một thanh đòn có khớp xoay ở chính giữa. Một đầu của thanh đòn đè cảm biến lực dạng loadcell, trong khi đầu còn lại được để tự do nhằm cho phép thanh đòn dao động dưới tác động khi ghim. Trong trạng thái ban đầu, kết cấu được hiệu chỉnh cho hai bầu giá thể đạt trạng thái gần như cân bằng. Khi đó, lực tác động lên cảm biến là rất nhỏ, gần như bằng không. Một chương trình hiệu chuẩn điểm không được triển khai ngay sau giai đoạn này nhằm thiết lập giá trị tham chiếu ban đầu cho chuỗi dữ liệu lực thu thập sau đó. Tiếp theo, cơ cấu tạo rung động được điều khiển cho hoạt động. Cơ cấu này bao gồm một động cơ gắn cam lệch tâm để tạo giao động, có thể điều khiển tần số thông qua phương pháp điều chỉnh độ rộng xung (PWM). Biên độ dao động được thử nghiệm bằng cách thay đổi các cam lệch tâm với nhiều khoảng cách lệch tâm khác nhau. Khoảng lệch tâm được thí nghiệm từ 0,2 đến 1,2 mm với bước thay đổi 0,1 mm. Kết quả khảo nghiệm sơ bộ cho thấy biên độ lệch tâm giúp cảm biến ghim thuận lợi nhất là 0,4 mm. Giá trị biên độ này được giữ xuyên suốt cho các thí nghiệm trình bày của bài báo này. Khi cơ cấu rung hoạt động, đồng thời ghim cảm biến vào bầu giá thể, thanh đòn mất cân bằng tạm thời, tạo ra sự thay đổi lực tại điểm tiếp xúc giữa thanh và cảm biến. Tín hiệu từ cảm biến lực sau đó cho ra tín hiệu điện rất nhỏ dưới dạng điện áp vi sai. Bộ chuyển đổi HX711 được sử dụng để khuếch đại tín hiệu điện áp vi sai từ loadcell và chuyển đổi tín hiệu tương tự sang tín hiệu số thông qua bộ ADC tích hợp. Dữ liệu số sau khi chuyển đổi được truyền đến vi điều khiển thông qua giao tiếp hai dây (dữ liệu và xung nhịp) để xử lý và hiển thị lực đo được. Tiếp tục vi điều khiển truyền dữ liệu lực này lên máy tính thông qua cổng kết nối USB. Các dữ liệu thu thập được vừa được hiển thị trực quan trên giao diện phần mềm (real-time graph) vừa được lưu trữ đồng thời dưới định dạng tệp Excel để phục vụ phân tích đánh giá.



Hình 3. Kết quả quá trình thay đổi lực ghim cảm biến lên giá thể với nhiều tần số rung khác nhau a) Trước khi lọc, b) Sau khi lọc

Dữ liệu lực thu thập được trong quá trình thí nghiệm thể hiện ở Hình 3. Có thể quan sát thấy rằng, do ảnh hưởng từ rung động cơ cấu mà lực đo được không tuyến tính, tín hiệu đo lực ban đầu chứa nhiều dao động nhiễu và biến thiên không ổn định, như thể hiện ở Hình 3a. Để cải thiện độ tuyến tính của kết quả đo, một thuật toán xử lý tín hiệu đã được tích hợp trong chương trình điều khiển. Thuật toán sử dụng phương pháp tính trung bình trượt, nhằm làm mượt dữ liệu, loại bỏ nhiễu ngẫu nhiên và những đột biến tức thời không phản ánh đúng bản chất vật lý của quá trình. Kết quả sau xử lý được thể hiện tại Hình 3b, cho thấy tín hiệu lực trở nên ổn định hơn, phản ánh sự thay đổi lực theo thời gian.

Quá trình mỗi lần đo lực được tiến hành liên tục trong khoảng thời gian 5 giây, với chu kỳ lấy mẫu cố định là 100 ms/lần. Điều này cho phép thu được đủ số lượng mẫu để quan sát xu hướng lực tác động theo thời gian với độ phân giải phù hợp. Từ kết quả thử nghiệm, có thể ghi nhận rằng lực tác động lớn nhất lên bầu giá thể trong một số điều kiện rung đạt giá trị xấp xỉ 70 N, trong khi giá trị thấp nhất được ghi nhận vào khoảng 37 N. Biên độ lực này thay đổi rõ rệt theo các mức tần số kích thích khác nhau, phản ánh ảnh hưởng đáng kể của rung động đến phân bố lực ghim lên bầu giá thể.

3.4. Giao diện đọc giá trị cảm biến độ ẩm đất qua máy tính

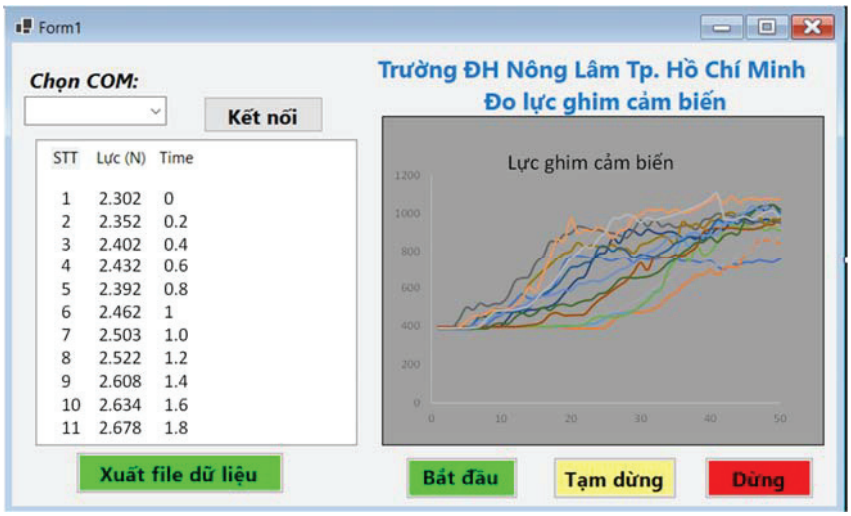
Cảm biến độ ẩm đất được sử dụng để đo độ ẩm đất bầu giá thể trong nghiên cứu được thể hiện ở Hình 4. Cấu tạo bao gồm phần 3 đầu kim đo có đường kính 3 mm và chiều dài 70 mm, được chế tạo bằng vật liệu inox 316. Phần mạch điện tạo tín hiệu được gắn trên bên trong hộp nhựa và xuất tín hiệu theo tiêu chuẩn RS485.



Hình 4. Cảm biến đo độ ẩm bầu giá thể được sử dụng trong nghiên cứu

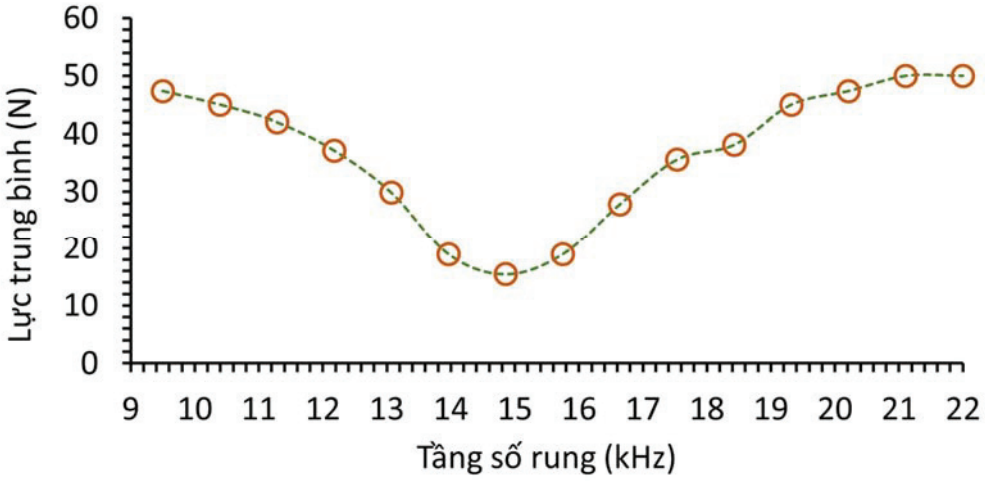
Một giao diện đo và đọc giá trị lực của cảm biến lực được thiết kế trên máy tính hỗ trợ việc thu thập giá trị của cảm biến lực được thể hiện ở hình 5. Ngôn ngữ C# dùng cho việc lập trình và khai báo các chức năng của các nút. Giao diện bao gồm bảng chứa thông số cổng COM (Combobox) nơi dùng để chọn loại cổng COM giao tiếp giữa vi điều khiển và C#, sau khi liên kết với vi điều khiển COM3 sẽ hiển thị và chọn nút kết nối. Tốc độ truyền (baudrate) được cài đặt ở mức cố định 57600, tham khảo theo [12]

.



Hình 5. Giao diện liên kết vi điều khiển và máy tính đọc dữ liệu từ cảm biến lực được thiết kế bằng ngôn ngữ C#

Khi nút nhấn "Bắt đầu" được nhấn giá trị được vi điều khiển truyền lên máy tính dạng chuỗi, sau đó cắt tách thành 3 thành phần: số thứ tự, giá trị lực và thời gian. Các ký tự này được biến đổi từ chuỗi thành số sau đó được lưu vào ô "ListView". Đồng thời giá trị lực và thời gian được hiển thị liên tục ở phần cửa sổ đồ thị. Khi nhấn nút "Tạm dừng" giao diện truyền ký tự xuống cho vi điều khiển dừng việc truyền dữ liệu. Nút "Xuất file dữ liệu" dùng để lưu giá trị dữ liệu trong ListView khi được nhấn, một file dạng Ecell sẽ được lưu vào máy tính phục vụ cho việc xử lý số liệu và phân tích. Khi nhấn nút "Dừng" vi điều khiển sẽ ngắt kết nối với máy tính dừng việc thí nghiệm.



Hình 6. Lực ghim cảm biến lên giá thể với nhiều tần số rung khác nhau

Kết quả thử nghiệm xác định lực ghim của cảm biến lên bầu giá thể với nhiều tần số khác nhau được thể hiện ở Hình 6. Nhìn vào biểu đồ cho thấy khi lực tác dụng lên bầu giá thể nhiều độ lớn khác nhau tùy vào tần số rung khác nhau. Giá trị được tính bằng tổng giá trị lực thu được trong suốt quá trình chia cho số lần lấy mẫu. Tần số rung được điều chỉnh từ 9,5 đến 22 Hz với bước thay đổi là 0,5 Hz. Kết quả thí nghiệm cho thấy tần số tốt nhất cho việc ghim cảm biến độ ẩm vào giá thể nên điều khiển ở 14,5 Hz lúc này lực sẽ giảm được 38% so với tần số 9 Hz và 22 Hz.

Tóm lại: Thí nghiệm được thực hiện nhằm xác định lực ghim của cảm biến đo độ ẩm lên bầu giá thể ở độ sâu 50 mm. Kết quả cho thấy, tần số dao động tối ưu để giảm lực ghim là khoảng 14,5 kHz. Việc áp dụng tần số này giúp tối ưu hóa quá trình ghim cảm biến. Các kết quả thu được là cơ sở để điều khiển hoạt động của cánh tay rô-bốt trong hệ thống đo độ ẩm tự động nhờ rô-bốt trong nhà màng.

4. KẾT LUẬN

Quá trình ghim cảm biến đo độ ẩm vào bầu giá thể được thực hiện tự động bởi rô-bốt, cánh tay gắn trên rô-bốt được thiết kế có cấu tạo kết cấu 4 khâu bản lề giúp cảm biến di chuyển song song với phương thẳng đứng. Việc ghim cảm biến độ ẩm vào bầu giá thể được thực hiện nhờ động cơ điện DC và điều khiển tốc độ bởi vi điều khiển. Thời gian để cảm biến ghim là 5 giây, giá trị của cảm biến được đo và giám sát liên tục qua máy tính thông qua giao tiếp ở cổng USB. Tần số kích thích được điều khiển và khảo sát thực nghiệm từ 9,5 đến 22 Hz với bước thay đổi là 0,5 Hz. Độ sâu ghim của que cảm biến vào giá thể được giữ cố định ở 50 mm, được khống chế bởi công tắc hành trình. Kết quả thí nghiệm cho thấy với loại giá thể có khối lượng riêng là 1370 kg/m^3, tần số tích hợp cho việc ghim cảm biến là 14,5 Hz. Kết quả này giúp cho việc thiết kế, chế tạo và điều

khiển rô bốt thao tác đo độ ẩm tự động khi sử dụng cảm biến dạng que đo.

Tài trợ: Nghiên cứu này được tài trợ bởi quỹ nghiên cứu khoa học của Khoa Cơ khí-Công nhệ, Trường Đại học Nông Lâm Tp. Hồ Chí Minh với mã số CS-SV25-CK-03.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Khalaji, I. et al. (2013) Analysis of needle-tissue friction during vibration-assisted needle insertion. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems

[2] Martinović, G., et al. (2014). Greenhouse microclimatic environment controlled by a mobile measuring station. Njas-wageningen journal of life sciences, 70, 61-70.

[3] Durmuş, H.et al. (2016). Data acquisition from greenhouses by using autonomous mobile robot. In 2016 Fifth International Conference on Agro-Geoinformatics (Agro-Geoinformatics) (pp. 1-5). IEEE.

[4] Wang, J., et al. (2020, June). Soil moisture sensing with commodity RFID systems. In Proceedings of the 18th International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services (pp. 273-285).

[5] Li, X. et al. (2011) Influence of vibration on interface friction of pile-soil system. Advanced Materials Research, 243, 6079-6082

[6] Rainer M. et al., (2022) Vibratory driving of piles and sheet piles–state of practice. Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Geotechnical Engineering, 175(1), 31-48

[7] Gerwen, D. et al. (2012) Needle–tissue interaction forces–A survey of experimental data. Medical engineering & physics, 34(6), 665-680

[8] Teng, Y. et al. (2013) Simulation on Vibration Friction Mechanism of Vibration Pile System. Applied Mechanics and Materials, 365, 416-419

[9] Shin-Ei, et al. (2001) Reduction of insertion force of medical devices into biological tissues by vibration. Japanese journal of medical electronics and biological Engineering, 39(4), 292-296

[10] Astashev, V. et al. (2007) Ultrasonic processes and machines: dynamics, control and applications. Springer Science & Business Media

[11] Inman, D et al. (1994) Engineering vibration (Vol. 3). Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall

[12] Brown, E. (2002). Windows Forms Programming with C#. Manning Publications Co

Ngày nhận bài: 25/6/2025

Người phản biện: TS Trần Hồng Thao – Viện Cơ điện NN và CNSTH

THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO MÁY ĐÓNG BẦU ƯƠM CÂY KEO TỰ ĐỘNG NĂNG SUẤT 500 BẦU/H

Khương Anh Sơn[1], Hồ Văn Dũng[1], Võ Văn Thông[2], Nguyễn Tiến Sỹ[3]

TÓM TẮT:

Trong sản xuất cây giống lâm nghiệp, đặc biệt là giống keo lai, việc đóng bầu đất thủ công tiêu tốn nhiều thời gian, lao động và chất lượng không đồng đều. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu tính toán, thiết kế và thử nghiệm máy đóng bầu ươm cây keo tự động có năng suất 500 bầu/h. Nghiên cứu lựa chọn được các nguyên lý làm việc phù hợp cho máy đóng bầu ươm cây keo. Thiết kế và chế tạo được các cơ cấu tự động: lấy và mở túi ni lông, cân định lượng, chọc lỗ nén bầu, gieo gắp hạt. Trong quá trình vận hành, máy đáp ứng sản lượng theo thông số đã cài đặt, và phù hợp với yêu cầu kỹ thuật đề ra.

Từ khóa: Cây keo lai, cơ cấu đóng bầu, máy tự động trong lâm nghiệp

DESIGN AND FABRICATION OF AN AUTOMATIC ACACIA SEEDING POTTINH MACHINE WITH A CAPACITY OF 500 POTS PER HOUR

ABSTRACT:

In forestry seedling production, especially for hybrid acacia seedlings, manual soil balling is time-consuming, labor-intensive, and results in inconsistent quality. This paper presents the research results on the calculation, design, and testing of an automatic acacia seedling balling machine with a capacity of 500 balls per hour. The study selected suitable working principles for the acacia seedling balling machine. Automatic mechanisms were designed and fabricated for: picking up and opening plastic bags, dosing soil, puncturing and compressing the soil balls, and seed sowing and picking. During operation, the machine met the production output according to the preset parameters and complied with the technical requirements.

Keywords: Hybrid acacia, balling mechanism, automatic machine in forestry

[1]Khoa Cơ khí và Công nghệ, Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế
[2]Nhà máy phân bón hữu cơ Sepon, tổng công ty thương mại Quảng Trị
[3]Công ty cổ phần Tài Phát, thành phố Huế

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

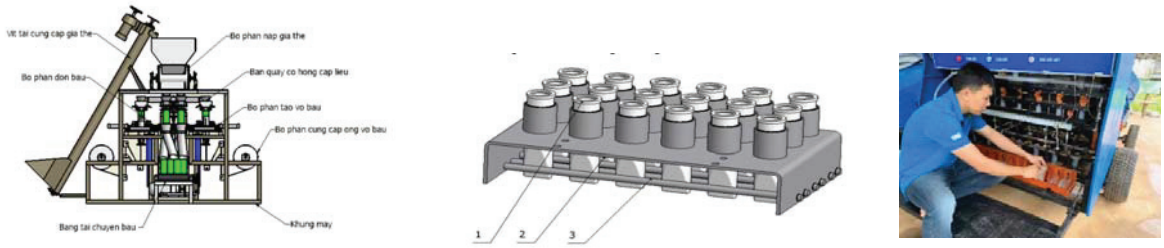
Hiện nay, ngành lâm nghiệp đang có nhu cầu lớn về cây giống, đặc biệt là giống keo lai, keo tai tượng để phục vụ trồng rừng sản xuất. Tuy nhiên, công đoạn đóng bầu đất, một khâu quan trọng trong ươm cây, chủ yếu thực hiện thủ công, phụ thuộc vào lao động phổ thông, năng suất thấp, chất lượng bầu không đồng đều [3]. Sản xuất cây giống bao gồm các khâu từ xử lí hạt giống, tạo bầu dinh dưỡng, gieo hạt, giâm hom, chăm sóc. Trong tất cả các khâu công việc trên, tạo bầu dinh dưỡng là khâu tốn nhiều công sức, chi phí lao động cao [5].



Hình 1. *Cây giống keo lai ươm vào bầu, trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế [6]*

Hiện nay, ở nước ta đã có một số nghiên cứu, chế tạo máy đóng bầu cây giống lâm nghiệp với mục tiêu làm giảm sức lao động, tăng năng suất và đạt hiệu quả kinh tế cao. Nhóm nghiên cứu Nguyễn Văn Phát và Đậu Thế Nhu đã nghiên cứu về máy đóng bầu không đáy, sử dụng ống ni lông liên tục cho cây lâm nghiệp [3]. Nghiên cứu đã tập trung vào nguyên lý thiết kế, kết cấu và khả năng làm việc của máy phục vụ giống cây sản xuất trồng rừng [3]. Nhóm nghiên cứu của Đỗ Hữu Quyết và cs. đã nghiên cứu chế tạo máy đóng bầu mía giống, phù hợp với điều kiện đặc điểm sinh trưởng ở Việt Nam [5]. Nhóm nghiên cứu Đoàn Hữu Thanh và cs. đã nghiên cứu về máy đóng bầu *ươm* giống ngô, bí xanh, cà chua theo hướng công nghiệp tại Hải Phòng [7]. Kết quả nghiên cứu đã đưa ra hệ thống máy đóng bầu và đề xuất quy trình sản xuất gồm các bước xử lý phế phụ phẩm bằng chế phẩm Sumitri, phối trộn bầu ươm cây giống theo công thức, xác định lực ép của máy đóng bầu và độ ẩm của giá thể [7]. Nhóm nghiên cứu của Lê Xuân Phúc và cs. đã nghiên cứu công nghệ sản xuất bầu ươm cây giống lâm nghiệp quy mô bán công nghiệp với vỏ bầu mềm tự hủy và compost từ sản phẩm phụ rừng trồng. Kết quả nghiên cứu cho thấy, nhóm đã chế tạo 4 máy chủ lực phục vụ sản xuất bầu ươm quy mô bán công nghiệp cho vườn ươm công suất 1 triệu cây giống/năm ở Vĩnh Phúc [7].

Tác giả Nguyễn Tấn Lực đã nghiên cứu máy đóng bầu đất tự động, giúp giảm thiểu sức lao động và hỗ trợ đẩy nhanh quá trình sản xuất cây giống [8].



a) *b)* *c)*

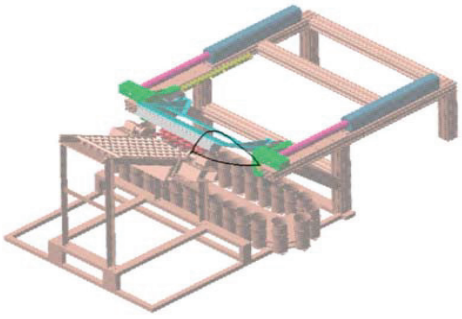
Hình 2. *Một số nghiên cứu máy ươm bầu ở Việt Nam*

a) Sơ đồ nguyên lý máy tạo bầu và sản phẩm bầu đất dùng túi [1]

b) Mẫu thiết kế chi tiết máy đóng bầu không đáy, sử dụng ống ni lông liên tục [3]

c) Máy đóng bầu đất tự động Tấn Lực [8]

Trên thế giới, ở các nước có nền công nghiệp phát triển, các khâu công việc trong quá trình sản xuất cây giống nói chung và tạo bầu khay nói riêng đã được cơ giới hóa, tự động hóa nhờ các thiết bị chuyên dùng. Nhóm nghiên cứu Qinchao Xu và cs. đã nghiên cứu đề tài: *"Design and test of self-propelled citrus seedling pots filling and placing machine"*. Kết quả nghiên cứu trình bày việc thiết kế và thử nghiệm một máy tự hành dùng để đóng bầu cây giống cam. Theo đó, máy có thể xử lý 48 bầu giống, thời gian 30 giây/lần, khối lượng trung bình mỗi bầu: 2.23 kg/bầu [9]. Ngoài ra, nhóm nghiên cứu G.A.R. Nisansala và cs. cũng đã nghiên cứu đề tài *"Design and development of a small-scale automated filling machine for seeding tray"*. Nghiên cứu này tập trung vào việc thiết kế và phát triển một máy đóng bầu gieo hạt tự động quy mô nhỏ để sản xuất cây giống. Các bộ phận chính của công nghệ này bao gồm bộ phận tiêm hạt giống giúp chọn và đặt hạt chính xác, khay gieo hạt dùng làm nơi chứa cho cây con phát triển, bộ tạo lỗ giúp tạo các lỗ trong giá thể để đặt hạt, và bộ tiêm hạt sử dụng bơm hút chân không để xử lý và định vị hạt giống [10]. Nhóm tác giả Biao Zhou và cs. đã nghiên cứu đề *tài "Design and Test of Seedling-Picking Mechanism of Fully Automatic Transplanting Machine"*.Tác giả đề xuất phương pháp tích hợp kết hợp giữa công nghệ khí nén và cơ học nhằm cải thiện hiệu suất bằng cách sử dụng cơ cấu kẹp. Phương pháp này đảm bảo việc lấy cây chính xác và giảm thiểu tổn hại đến bộ rễ của cây con và giá thể [11].



Hình 3. *Thiết kế cơ cấu máy ươm bầu sử dụng công nghệ khí nén và cơ học [11]*

Qua nghiên cứu tổng quan về máy đóng bầu ở Việt Nam cho thấy, công đoạn đóng bầu đất ở nước ta hiện nay chủ yếu phụ thuộc vào lao động phổ thông, năng suất chưa cao và chất lượng bầu không đồng đều. Ngoài ra, các máy đóng bầu đang còn những hạn chế về khâu lấy túi bầu và năng suất chưa cao. Vì những lý do trên, nên chúng tôi đã nghiên cứu thực hiện đề tài thiết kế và chế tạo được một máy đóng bầu ươm cây keo tự động năng suất 500 bầu/h để làm cơ sở tự động hóa khâu đóng bầu, giảm chi phí và đảm bảo chất lượng cây giống.

2. Vật liệu và Phương pháp nghiên cứu

2.1. Phương pháp nghiên cứu tài liệu

- Nguyên lý làm việc cũng như kết cấu của máy đóng bầu được lựa chọn trên cơ sở phân tích vận dụng các kết quả nghiên cứu máy đóng bầu ươm cây của các công trình trong và ngoài nước.

- Các thông số chính của máy như tốc độ quay của mâm, độ chặt của bầu được xác định trên cơ sở phân tích, kết hợp tính toán với lựa chọn và nghiên cứu thực nghiệm.

2.2. Phương pháp điều tra, khảo sát

Khảo sát quá trình đóng bầu, và giâm hom bằng thủ công tại Viện nghiên cứu phát triển, trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế.

2.3. Phương pháp tính toán lý thuyết

a) Những chỉ tiêu cần xác định trong nghiên cứu

- Một số đặc tính cơ lý của giá thể.

- Độ ẩm của giá thể đất, độ dính của giá thể đất, độ chặt của giá thể đất.

b) Những chỉ tiêu kỹ thuật của máy

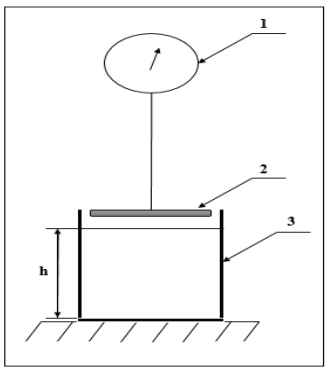
Năng suất thuần túy, độ chặt của bầu.

c) Các dụng cụ thiết bị đo

Thiết bị đo độ ẩm, đồng hồ bấm giây, cân điện tử.

d) Xác định độ chặt cần thiết của ruột bầu

Chuẩn bị dụng cụ làm thí nghiệm: Sơ đồ nguyên lý cấu tạo của bộ thí nghiệm được thể hiện như Hình 4.



Hình 4. *Cấu tạo bộ thí nghiệm xác định độ chặt của bầu*

1-Lực kế; 2- Đĩa ép; 3- Túi ni lông polyetylen (PE); 4- Hỗn hợp ruột bầu

Thí nghiệm được tiến hành như sau: Gắn lực kế lên giá, lấy hỗn hợp ruột bầu (đất pha cát) cho vào túi nilong (3), giữ cố định túi, dùng tay kéo lực kế (1) để đĩa ép nén lên bề mặt ruột bầu. Lúc này, đất trong túi sẽ bị nén lại bởi đĩa ép (2) đến khi đạt đến khối

lượng riêng ρ = 1,1 (g/cm^3) thì dừng lại, đọc kết quả trên lực kế (1) để xác định lực nén P_n (N) cần thiết.

Áp dụng kết quả nghiên của đề tài nghiên cứu của nhóm tác giả Đậu Thế Nhu và cs [1], đối với loại bầu mềm có đáy dạng túi thì độ chặt của bầu là 1,1 (g/cm^3). Trong đề tài máy đóng bầu, túi ươm bầu được sử dụng loại túi ni lông (PE) có kích thước khi chưa căng tròn là 8 x 14 (cm), còn khi căng tròn là 5 x 12 (cm). Như vậy, thể tích của túi bầu khi căng tròn được tính theo phương trình (1):

$$V_t = S_t . h_t \quad (1)$$



Hình 5. *Thí nghiệm nén bầu*

Trong đó, V_t: thể tích của túi bầu khi căng tròn (cm^3); S_t: diện tích đáy túi khi căng tròn (cm^2); h_t: chiều cao túi khi căng tròn (cm). Thay số tính được: $V_t = 236$ (cm^3). Như vậy, để đảm bảo độ chặt theo yêu cầu thì cần nén bầu đạt đến khối lượng 260 (g). Thí nghiệm để xác định lực nén cần thiết gồm các thiết bị sau: Sử dụng lực kế 100 (N) có độ chia nhỏ nhất là 1 (N), một tấm gỗ hình tròn dày 1 (cm), đường kính 4,5 (cm) dùng để làm đĩa ép, một cái móc để kết nối giữa lực kế và tấm gỗ. Quá trình thí nghiệm nén bầu được thực hiện như ở Hình 5 và Hình 6.



Hình 6. *Cân khối lượng bầu sau nén*

2.4. Phương pháp tính toán thiết kế

2.4.1. Tính toán xác định tốc độ của mâm xoay

Công thức tính năng suất của máy đóng bầu đất được tính theo phương trình số (2).

$$Q = 712.n.\tan(2\beta).\mu.\rho.\sqrt{r^3.h^3} \quad (kg/h) \ (2)$$

Trong đó, Q: năng suất 500 (bầu/h); n: số vòng quay của mâm trong một phút (vòng/phút); β : góc nghiêng của mâm, β = $0,1^0 \div 0,5^0$; ρ: trọng lượng riêng của đất đóng bầu, đất dùng đóng bầu là loại đất pha

cát có khối lượng riêng ρ = 950 (kg/m^3); R: bán kính mâm xoay (m); H: chiều cao lớp vật liệu, bằng thực nghiệm đo được h = 0,12 (m); μ: độ tơi xốp của đất đóng bầu, chọn μ = 1,25.

Lựa chọn góc nghiêng β =0,15° là góc giữa mặt phẳng quay của mâm và trục quay thẳng đứng, nhằm tối ưu dao động động học, mang lại hiệu quả lớn trong kiểm soát rung và ổn định quay, rất quan trọng trong hệ thống tự động có tốc độ cao như máy đóng bầu [9]. Thay số ta có số vòng quay của mâm xoay là n = 10,6, chọn n = 11 (vòng/phút). Với tốc độ quay của mâm xoay là n = 11 (vòng/phút) thì máy đóng bầu đất ươm cây keo tự động sẽ đạt năng suất 500 (bầu/h).

2.4.2. Tính toán lựa chọn động cơ bước

Dựa vào các thông số đã được tính toán ta được các thông số đầu vào ở Bảng 1.

Bảng 1. *Các thông số đầu vào để tính toán chọn động cơ bước*

STT	Thông số	Kí hiệu	Đơn vị	Giá trị
1	Đường kính mâm xoay	D	m	0,5
2	Khối lượng mâm xoay	m	kg	25
3	Đường kính trục đỡ mâm	D_2	m	0,023
4	Khối lượng trục đỡ mâm	m_2	kg	2,7
5	Đường kính bầu	D_1	m	0,05
6	Khoảng cách từ tâm bàn đến tâm tải	R	m	0,23
7	Số lượng bầu	a		8
8	Khối lượng bầu	m_1	kg	0,2
9	Hệ số ma sát giữa trục đỡ mâm và ổ bi đỡ trục	μ		0,1
10	Khoảng cách từ tâm bàn đến ổ bi đỡ	L	m	0,01
11	Hiệu suất của bộ truyền động	η	%	89
12	Đường kính đĩa xích nhỏ	D_{p1}	m	0,117
13	Khối lượng đĩa xích nhỏ	m_{p1}	kg	0,25
14	Đường kính đĩa xích lớn	D_{p2}	m	0,349
15	Khối lượng đĩa xích lớn	m_{p2}	kg	0,65
16	Tốc độ vận hành	V	vòng/phút	11

17	Thời gian tăng tốc/giảm tốc	t	s	0,3
18	Độ chính xác dừng lại	$\Delta\theta$	độ	0,2
19	Hệ số an toàn	S_f		1,5

- Tổng mô men quán tính của tất cả các chi tiết quay của hệ truyền động được tính theo phương trình số (3).

$$J_L = (J_t + J_s + J_1 + J_{Dp2}).(\frac{D_{p1}}{D_{p2}})^2 + J_{Dp1}(kg.m^2) \quad (3)$$

Trong đó, mô men quán tính của bàn xoay, mô men quán tính của trục đỡ mâm xoay, mô men quán tính của tải, mô men quán tính của đĩa xích nhỏ, mô men quán tính của đĩa xích lớn được tính theo phương trình số (4), (5), (6), (7), (8):

$$J_t = \frac{1}{8}.m.D^2(kg.m^2) \quad (4)$$

$$J_s = \frac{1}{8}.m_2.{D_2}^2 \ (kg.m^2) \quad (5)$$

$$J_1 = \frac{1}{8}.m_1.{D_1}^2 + m_1.r^2.n \ (kg.m^2) \quad (6)$$

$$J_{Dp1} = \frac{1}{8}.m_{p1}.{D_{p1}}^2 \ (kg.m^2) \quad (7)$$

$$J_{Dp2} = \frac{1}{8}.m_{p2}.{D_{p2}}^2 \ (kg.m^2) \quad (8)$$

Thay số tính được: $J_t = 0{,}78125 \ (kg.m^2)$; $J_s = 1{,}785.10^{-4}(kg.m^2)$; $J_1 = 0{,}085 \ (kg.m^2)$; $J_{Dp1} = 4{,}28.10^{-4}(kg.m^2)$; $J_{Dp2} = 9{,}89.10^{-3} \ (kg.m^2)$; $J_L =$,098 $(kg.m^2)$;

- Tổng khối lượng của tải, mô men xoắn T_L, mô men xoắn khi tăng tốc T_a, tốc độ yêu cầu của động cơ, mô men xoắn yêu cầu trên trục động cơ khi làm việc được tính theo phương trình số (9), (10), (11) (12), (13):

(9)

$$m_t = n.m_1 \ (kg) \quad (10)$$

$$T_L = 9{,}8.\mu.l.(m_1 + m_t).\left(\frac{1}{\eta.0{,}01}\right).\left(\frac{D_{p1}}{D_{p2}}\right)(Nm) \quad (11)$$

$$T_a = J_L.\frac{V_m}{9{,}55.t}(Nm) \quad (12)$$

$$V_m = V.\frac{D_{p2}}{D_{p1}} \quad (13)$$

$$T = (T_a + T_L).S_f \ (Nm)$$

Thay số tính được $m_t = 1,6$ (kg); $T_L = 0,098$ (Nm); $T_a = 1,122$ (Nm);

$V_m = 2,8$(vòng/phút); $T = 1,83$(Nm);

- Độ chính xác dừng bắt buộc được tính theo phương trình số (14).

$$\theta = \Delta\theta.\frac{D_{p2}}{D_{p1}} \text{ (độ)} \quad (14)$$

Thay số tính được $\theta = 0,59°$. Theo tính toán ở trên, mô men xoắn trên trục động cơ là $T = 1,83$ (Nm). Để đảm bảo độ an toàn trong quá trình vận hành, chọn động cơ bước có mô men xoắn trên trục động cơ 2,4 (Nm), công suất 750 (W).

2.4.3. Tính toán phễu cấp liệu

Phễu cấp liệu là một bộ phận không thể thiếu trong quá trình vận hành của máy đóng bầu. Thiết kế phễu phù hợp với các loại máy đóng bầu hiện nay, lắp đặt dễ dàng, kết cấu vững chắc, hiệu suất làm việc cao. Góc ma sát giữa vật liệu đất và sắt là 0,7 nên độ nghiêng α của phễu cấp liệu phải thỏa mãn bất phương trình (15).

$$tg\alpha \geq 0,7$$

Ta chọn α = 35°

- Nếu thời gian cấp liệu giữa 2 lần là 15 phút để đảm bảo năng suất lớn hơn 500 (bầu/h). Mỗi bầu sau khi đạt độ chặt cần thiết có khối lượng 200g nên 500 bầu sẽ có tổng khối lượng đất là 100 (kg). Khối lượng đất thỏa mãn mỗi lần cấp liệu:

$$M_m > \frac{100\times15}{60} = 25 \text{ (kg)}; \quad (15)$$

- Với trọng lượng riêng của đất pha cát nhẹ có độ ẩm 45% là $\gamma = 950$ (kg/m^3).

Như vậy, thể tích máng cấp liệu được tính theo phương trình số (16).

$$V = \frac{M_m}{\gamma} (m^3) \quad (16)$$

Thay số tính được V = 0,03375 (m^3). Phễu cấp liệu được thiết kế có dạng là một hình chóp có đáy là hình vuông cạnh 500 mm, chiều cao 450 mm.

2.4.4. Tính toán thiết kế hệ thống khí nén

Tính toán lựa chọn xylanh khí nén

Các thông số cơ bản như sau: thể tích của phễu cấp liệu là V = 0,03375 (m^3), khối lượng riêng của đất đóng bầu là $\rho = 900$ (kg/m^3). Do đó, khối lượng đất, trọng lực tác dụng lên phễu, trọng lực tác dụng lên cần piston, lực ma sát trong quá trình đóng mở khuôn được tính theo các phương trình số (17), (18), (19), (20), (21) :

$$M = V.\rho \text{ (kg)}; \quad (17)$$

$$P_{đm} = M.g \text{ (N)} \quad (18)$$

$$P_{đm1} = \frac{P_{đm}}{2} \text{ (N)}; \quad (19)$$

$$P_{đm} = M.g \text{ (N)} \quad (20)$$

$$F_{ms} = \mu.P_{đm1} \text{ (N)} \quad (21)$$

Thay số, tính được M = 30,375 (kg); $P_{đm}$= 303,75 (N); $P_{đm1} = 151,875$ (N); $F_{ms} =$ 86,57 (N);

Bảng 2. *Bảng kích thước các xylanh sử dụng trong hệ thống máy đóng bầu*

STT	***Tên xylanh***	***Đường kính trong (mm)***	***Đường kính cần piston (mm)***	***Hành trình (mm)***	***Áp suất làm việc (bar)***
1	Xylanh 1	20	8	10	8
2	Xylanh 2	20	8	15	8
3	Xylanh 3	20	8	12,5	8
4	Xylanh 4	15	6	15	8
5	Xylanh 5	20	8	10	8
6	Xylanh 6	15	8	20	8
7	Xylanh 7	20	8	20	8
8	Xylanh 9	20	8	15	8
9	Xylanh 10	15	6	10	8
10	Xylanh 12	20	8	20	8

2.4.5. Tính toán lựa chọn ống dẫn khí cho hệ thống khí nén

Tính lưu lượng khí qua các xylanh khí nén

- Lưu lượng khí được bơm vào xylanh đóng mở cửa xả liệu được xác định bằng phương trình (22).

$$Q_1 = 60.v_1.A_1 \text{ (l/ phút)} \quad (22)$$

Trong đó, Q_1: lưu lượng khí bơm vào xylanh đóng mở cửa xả liệu, (l/ phút); v_1: vận tốc piston đóng cửa xả liệu, (mm/s); A_1: tiết diện của xylanh đóng mở cửa xả liệu (m^2). Thay số, tính được $Q_1 = 0{,}9426$ (l/ phút).

- Lưu lượng khí được bơm vào xylanh nâng hạ cơ cấu lấy và mở miệng bầu được xác định bằng phương trình (23):

$$Q_2 = 60.v_2.A_2 \text{ (l/ phút)} \quad (23)$$

Trong đó, Q_2: lưu lượng khí bơm vào xylanh đóng mở cửa xả liệu, (l/ phút); v_2: vận tốc piston đóng cửa xả liệu, (mm/s); A_2: tiết diện của xylanh đóng mở cửa xả liệu (m^2). Thay số tính được $Q_2 = 0{,}905$ (l/phút).

2.4.6. Lựa chọn máy nén khí

Theo kết quả tính toán năng suất khí nén yêu cầu là $5{,}82.10^{-3}$ (m^3/ phút) và áp suất khí nén yêu cầu là 7,591 (bar). Kết quả tính toán trên đã làm rõ được việc lựa chọn máy nén khí piston nhằm đáp ứng được năng

suất và áp suất khí nén yêu cầu. Để lựa chọn máy nén khí phù hợp ta phải có:

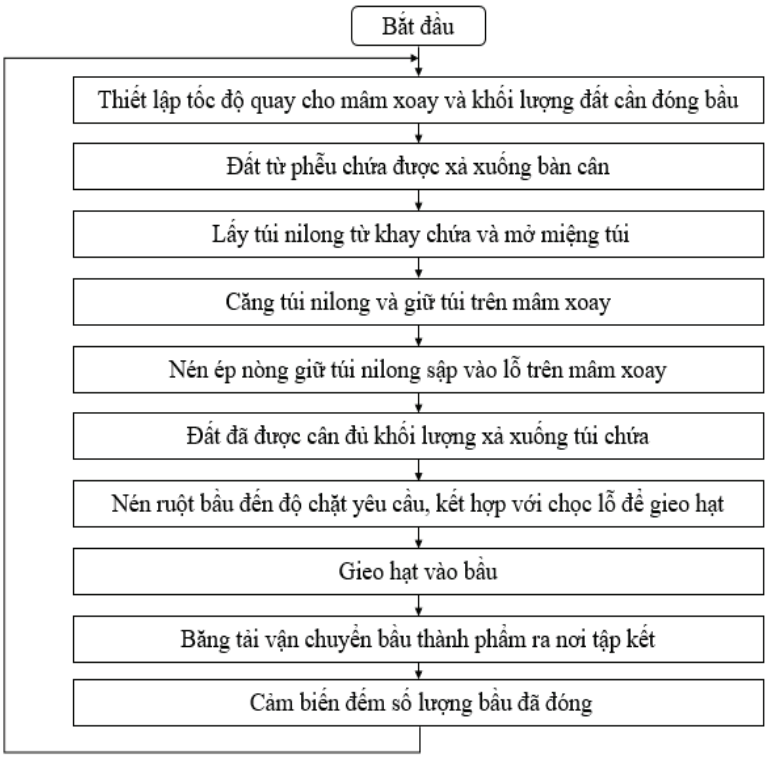
$$V_{mnk} > V_{tt} \text{ và } P_{mnk} > P_{tt}$$

Và số liệu chênh lệch giữa máy nén khí và yêu cầu của máy không được quá lớn. Dựa trên các yêu cầu trên ta lựa chọn máy nén khí piston có mã MK102-2M với năng suất nén tối đa là 14,1 (m^3/h) và áp suất khí nén tối đa là 10 (bar).

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1. Quy trình làm việc của máy đóng bầu

Quy trình làm việc của máy đóng bầu được mô tả như Hình 7. Sơ đồ này cho thấy quá trình làm việc của máy đóng bầu ươm cây keo một cách tổng quát. Máy được điều khiển tự động hoàn toàn bằng các thiết bị khí nén (van điện từ, xylanh, van chân không,...). Do đó, quá trình hoạt động của máy được mô tả quá trình hoạt động từng bước và các trạng thái điều khiển ở từng thời điểm trong vòng lặp làm việc.

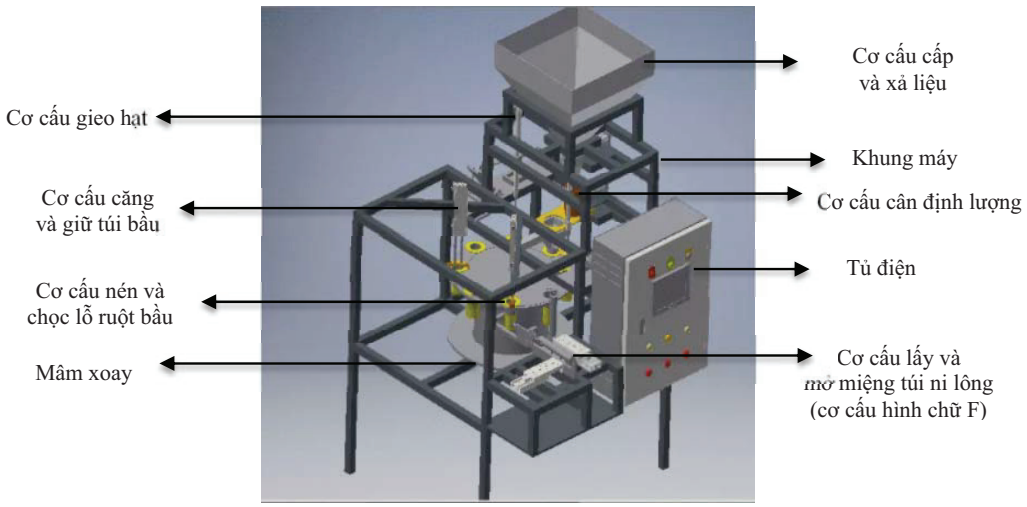


Hình 7. *Sơ đồ tổng quát quy trình làm việc của máy*

3.2. Thiết kế mô hình máy

Mô hình 3D của máy đóng bầu ươm cây keo tự động được thiết kế bằng phần mềm Inventor 2018 được trình bày trong Hình 8. Máy bao gồm các thành phần chính gồm có các cụm là: Khung đỡ cho toàn hệ

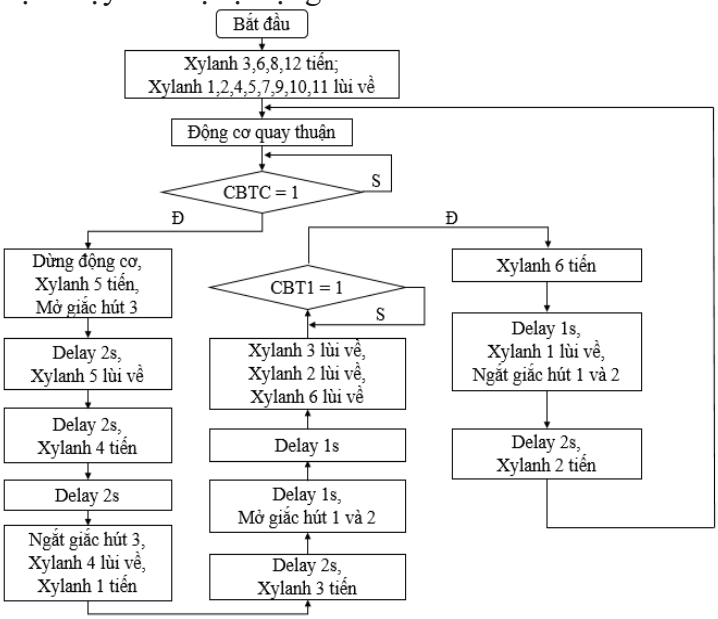
thống, cơ cấu cấp và xả liệu, cơ cấu định lượng. cơ cấu lấy và mở miệng túi ni long, cơ cấu gieo hạ, cơ cấu căng và giữ túi bầu, cơ cấu nén và chọc lỗ ruột bầu, mâm xoay và tủ điện điều khiển.



Hình 8. *Mô hình 3D của máy đóng bầu ươm giống cây keo lai*

3.3. Lưu đồ thuật đoán điều khiển máy

Hình 9 trình bày sơ đồ kiểm tra và thiết lập chu trình hoạt động của máy. Máy được điều khiển tự động hoàn toàn bằng các thiết bị khí nén. Khi đã nhập đủ các thông số đầu vào và kiểm tra, máy được chạy chế độ tự động.



Hình 9. *Lưu đồ thuật toán điều khiển cơ cấu lấy túi, mở miệng túi và giữ túi trên mâm xoay*

Chức năng của các xylanh và cảm biến dung cho hệ thống được mô tả như Bảng 3.

Bảng 3. *Chức năng của các Xylanh, cảm biến và giắc hút dùng trong lưu đồ thuật toán*

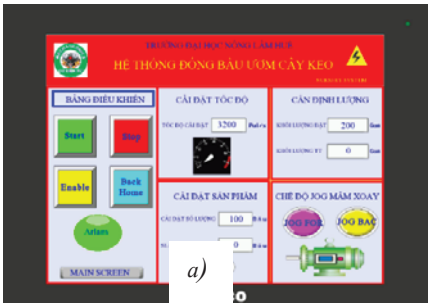
Tên thiết bị	Chức năng
Xylanh 1 (Q0.2)	Đưa cơ cấu mở miệng túi hình chữ F đến vị trí lấy túi
Xylanh 2 (Q0.3)	Nâng hạ cơ cấu hình chữ F để đưa túi lên mâm xoay
Xylanh 3 (Q0.4)	Dùng để mở miệng túi đóng bầu
Xylanh 4 (Q0.5)	Đưa túi ra vị trí cho cơ cấu hình chữ F đến lấy
Xylanh 5 (Q0.6)	Đưa giắc hút đến lấy túi từ khay chứa
Xylanh 6 (Q0.7)	Nâng hạ nòng để giữ túi trên mâm xoay
Xylanh 7 (Q1.0)	Nén nòng sập khít vào lỗ trên mâm xoay
Xylanh 8 (Q1.1)	Đóng mở cửa xả liệu
Xylanh 9 (Q8.0)	Đưa đất đã cân trên bàn cân đến xả vào túi bầu
Xylanh 10 (Q8.1)	Đưa hạt đến vị trí gieo
Xylanh 11 (Q8.2)	Nén đất trong bầu kết hợp chọc lỗ để gieo hạt
Xylanh 12 (Q8.3)	Nâng hạ nòng để nhả bầu thành phẩm ra khỏi mâm xoay
Giắc hút 1 và 2 (Q8.4)	Hút và giữ miệng túi
Giắc hút 3 (Q8.5)	Hút túi từ khay chứa
Giắc hút 4 (Q8.6)	Hút hạt từ khay chứa và nhả hạt ở vị trí gieo
Cảm biến tiệm cận (CBTC) (I0.2)	Phát hiện vít kim loại gắn dưới mâm để dừng động cơ đúng vị trí yêu cầu
Cảm biến từ 1 (I1.0) (CBT1)	Giới hạn hành trình lùi của Xylanh 6
Cảm biến từ 2 (I1.1) (CBT2)	Giới hạn hành trình lùi của Xylanh 12
Cảm biến từ 3 (I1.2) (CBT3)	Giới hạn hành trình tiến của Xylanh 11
Động cơ quay thuận (M0.3)	Đưa bầu đến các vị trí làm việc

3.4. Kết quả khảo nghiệm

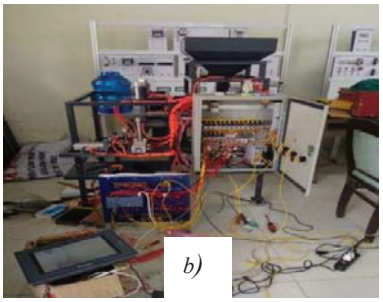
3.4.1. Khảo nghiệm không có tải

Sau khi chế tạo phần cơ khí, lắp đặt hệ thống khí nén, điều khiển tự động bằng PLC S7 1200, giám sát qua màn hình HMI, nhóm đã tiến hành căn chỉnh và chạy không tải (không cấp bầu và đất). Kết quả được thể hiện trên Hình 10 - a, b và Bảng 4

.



a)



b)

Hình 10. *a) Cài đặt thông số trên phần mềm b) Chạy thử nghiệm không tải*

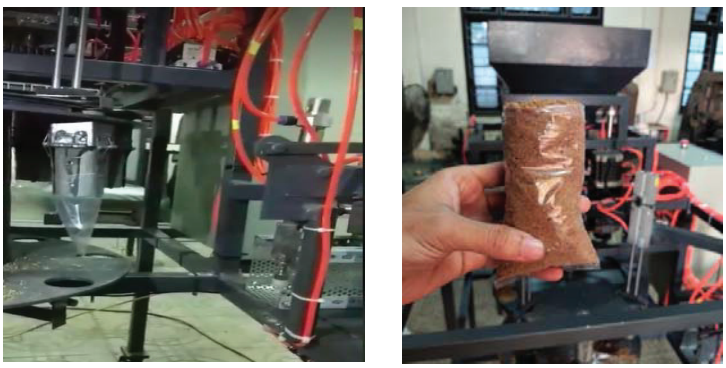
Bảng 4. *Kết quả khảo nghiệm máy không tải*

Số lần khảo nghiệm	Địa điểm	Điều kiện và chế độ khảo nghiệm	Kết quả đạt được	Nhận xét
2	Khoa Cơ khí và Công nghệ	Cho máy chạy không tải trong vòng 1 giờ tiếp theo với tốc độ của mâm xoay là 15 (vòng/phút) kèm điều chỉnh tốc độ làm việc của xy lanh dùng van tiết lưu.	- Máy chạy ổn định đúng quy trình, ít rung lắc và không có va đập mạnh, tiếng ồn lớn phát ra từ các cửa xả của van điện từ và van chân không. - Thời gian đóng 1 bầu hoàn chỉnh là 8s.	- Máy ít rung lắc do khung có kết cấu vững chắc - Tốc độ làm việc được tăng lên kèm theo tiết lưu tăng vận tốc làm việc của xylanh nên thời gian đóng bầu giảm xuống.

3.4.2. Khảo nghiệm có tải

- Khảo nghiệm khả năng lấy và mở được miệng túi bầu

Cơ cấu lấy và mở miệng túi bầu (cơ câu hình chữ F) là một cơ cấu quan trọng và khó nhất trong nghiên cứu. Do vậy, quá trình khảo nghiệm được thực hiện nhiều lần để đánh giá hiệu quả làm việc. Nhóm đã khảo nghiệm với 100 túi bầu, kết quả đạt được như Hình 11 a, b và Bảng 5.



a) *b)*

Hình 11. *Vận hành và thử nghiệm máy*

a) Chạy thử nghiệm túi bầu b) Kết quả thực tế

Số túi mở được miệng 85/100 túi, các túi không mở được là do miệng túi bị dính chặt, hai đầu giắc hút mở ở một số thời điểm lực hút chân không không đồng đều nên mất cân bằng ở hai đầu giắc hút. Túi đưa vào được cơ cấu giữ trên mâm 75/100, do các quá trình trước bị hao tổn nhiều nên tỷ lệ đạt được ở khâu này khá thấp, nguyên nhân một số bầu mở được miệng túi nhưng không đưa được vào cơ cấu giữ trên mâm: miệng túi khi mở ra bị gập cạnh, miệng túi chưa mở ra được độ rộng yêu cầu. Như đã đề cấp ở trên thì cơ cấu lấy và mở miệng túi là cơ cấu phức tạp và quan trọng nhất. Với kết quả cuối cùng là đưa được 75/100 túi gắn lên được mâm xoay thì đây là một kết quả chưa tốt, nên cần có thêm thời gian để cải thiện thêm về kết cấu cũng như phần điều khiển để phù hợp và hiệu quả hơn.

- Khảo nghiệm độ đồng đều của bầu sau khi đóng

Kết quả khảo nghiệm độ đồng đều của 30 bầu sau khi đóng được thể hiện ở Bảng 5.

Bảng 5. *Bảng khối lượng của bầu sau khi đóng*

STT	Khối lượng bầu (g)	STT	Khối lượng bầu (g)
1	266	16	255
2	255	17	266
3	250	18	270
4	266	19	257
5	270	20	263
6	270	21	259
7	257	22	257
8	267	23	257
9	269	24	266
10	275	25	266
11	263	26	267
12	259	27	269
13	263	28	275
14	267	29	266
15	269	30	265
Trung bình	264		

Tính sai số của các kết quả đo: $\Delta A_1 = |\overline{A} - A_1| = |264 - 266| = 2$; $\Delta A_2 = |\overline{A} - A_2| = |264 - 255| = 9$; $\Delta A_3 = |\overline{A} - A_3| = |264 - 250| = 14$; …$\Delta A_{30} = |\overline{A} - A_{30}| = |264 - 265| = 1$; Sai số $\Delta A = \frac{\Delta A_1 + \Delta A_2 + \Delta A_3 + \cdots + \Delta A_{30}}{n} = \frac{2+9+14+\cdots+1}{30} = \frac{148}{30} =$ 4,93 và sai số trung bình $\delta A = \frac{\Delta A}{\overline{A}}.100\% = \frac{4.93}{264}.100 = 1,87\%$. Như vậy, sai số trung bình 1,87% là tỉ lệ sai số khá thấp nên các bầu ươm sau khi đóng khá đồng đều.

Nhận xét: Khi cho máy chạy thử nghiệm có phát sinh một số lỗi do các cơ cấu cơ khí trong quá trình gia công chế tạo còn bị sai lệch. Ngoài ra, một số bầu mở được miệng túi nhưng không đưa được vào cơ cấu giữ trên mâm: miệng túi khi mở ra bị gập cạnh, độ rộng miệng túi chưa đáp ứng được yêu cầu.

4. Kết luận và đề xuất

Trong khuôn khổ nghiên cứu của đề tài, nhóm tác giả đã thiết kế thành công máy đóng bầu ươm cây keo tự động với năng suất đạt 500 bầu/giờ, đáp ứng các yêu cầu về kỹ thuật mà đề tài đưa ra. Máy được tối ưu hóa về mặt cấu trúc cơ khí, cơ cấu cấp và xả liệu, cơ cấu cân định lượng, cơ cấu căng và giữ túi bầu, cơ cấu nén và chọc lỗ ruột bầu, cơ cấu lấy và mở miệng túi ni lông, cơ cấu gieo hạt. Đồng thời máy đã được điều khiển tự động tất cả các khâu nêu trên.

Kết quả thử nghiệm cho thấy máy hoạt động đạt được 75% túi bầu đảm bảo được chất lượng. Trong thời gian tới, để nâng cao năng suất đóng bầu giống cây lâm nghiệp, cần áp dụng công nghệ gia công cơ khí chính xác trong chế tạo chi tiết máy và nghiên cứu kỹ về cơ cấu mở miệng túi bầu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Bùi Việt Đức và cs. (2019), *Máy tạo bầu và sản phẩm bầu đất dùng túi*, Kết quả nghiên cứu khoa học, Viện phát triển công nghệ Cơ Điện.

[2]. Trần Văn Hiếu (2014), *Tự động hóa với PLC S7 1200 với TIA PORTAL*, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật.

[3]. Nguyễn Văn Phát và Đậu Thế Nhu (2029), *Nghiên cứu lựa chọn kết cấu máy đóng bầu mềm không đáy cho sản xuất giống cây lâm nghiệp,* Tạp chí khoa học trường Đại học Hồng Đức, số 1, 2009.

[4]. Lê Xuân Phúc và cs. (2016), *Nghiên cứu công nghệ sản xuất bầu ươm cây giống lâm nghiệp quy mô bán công nghiệp với vỏ bầu mềm tự hủy và compost từ sản phẩm phụ rừng trồng*, Viện Hàn Lâm Khoa Học Việt Nam.

[5]. Đỗ Hữu Quyết và cs. (2023, *Một số kết quả bước đầu nghiên cứu thiết kế chế tạo máy đóng bầu mía giống*, Báo cáo hội nghị khoa học năm 2003 tại Gia Lâm – Hà Nội.

[6]. Khương Anh Sơn và cs. (2018), *Thiết kế, chế tạo hệ thống điều khiển tự động tưới phun sương trong nhà lưới phục vụ nhân giống cây keo lai bằng hom*, Tạp chí khoa học Đại học Huế, Số 128 (2A), 15-27.

[7]. Đoàn Hữu Thanh và cs. (2018). *Nghiên cứu sản xuất bầu ươm cây giống ngô, bí xanh, cà chua theo hướng công nghiệp tại Hải Phòng*, Đề tài khoa học cấp thành phố Hải Phòng.

[8]. Lê Thành, Trần Trung (2024), *Máy đóng bầu đất tự động của chàng kỹ sư Quảng Ngãi: Giải pháp mới hỗ trợ sản xuất cây giống*, cập nhật ngày 6/11/2024 trên website: https://nongnghiephuuco.vn/may-dong-bau-dat-tu-dong-cua-chang-ky-su-quang-ngai-giai-phap-moi-ho-tro-san-xuat-cay-giong-2902.html.

[9]. Qinchao Xu, Shanjun Li, Jian Zhang, Jiating Zhu, Haining Pan, "Design and test of self-propelled citrus seedling pots filling and placing machine",

[10]. G.A.R. Nisansala, D.M.C. Hansamal, S.A.P. Vindana, A.A.K.T. Aththanapala, Y.N.S. Wijewardana, H.G.C.R. Laksiri, "Design and development of a small-scale automated filling machine for seeding tray", DOI:10.13140/RG.2.2.34155.86563

[11]. Biao Zhou 1, Hong Miao 1,2,*, Chunsong Guan 2, Xin Ji 1,* and Xiaochan Wang 3,Design and Test of Seedling-Picking Mechanism of Fully Automatic Transplanting Machine, Appl. Sci. 2024, 14, 9235. https://doi.org/10.3390/app14209235.

Ngày nhận bài: 28/6/2025

Người phản biện: TS Đậu Thế Nhu – Viện Cơ điện NN & CNSTH

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO MÁY THÁI LÁ SEN TƯƠI (NELUMBO NUCIFERA) LÀM TRÀ TẠI THÀNH PHỐ HUẾ

Vệ Quốc Linh[1], Hồ Văn Dũng[1],
Phan Tôn Thanh Tâm[1], Phạm Anh Tuấn[2]

TÓM TẮT

Lá sen là nguyên liệu có giá trị trong sản xuất trà thảo dược nhờ các đặc tính chống oxy hóa và hỗ trợ sức khỏe tim mạch. Tuy nhiên, quá trình sơ chế thủ công hiện nay tốn nhiều thời gian, công sức, và năng suất thấp. Nghiên cứu này nhằm thiết kế và chế tạo máy thái lá sen tươi, góp phần cơ giới hóa công đoạn sơ chế, nâng cao hiệu quả sản xuất trà lá sen. Máy được thiết kế theo nguyên lý lưỡi dao thẳng gắn trên đĩa quay, với lưỡi dao được chế tạo từ vật liệu thép C45. Kết quả khảo nghiệm thực tế cho thấy máy hoạt động ổn định, đạt năng suất thái khoảng 55 kg/giờ, các lát thái đồng đều và hiệu suất thái khoảng 90%.

Từ khóa: *Lá sen, sen Huế, máy thái, trà lá sen.*

DESIGNING AND MANUFACTURING A FRESH LOTUS LEAF (NELUMBO NUCIFERA) SLICING MACHINE FOR TEA PRODUCTION IN HUE CITY

ABSTRACT

Lotus leaves are a valuable ingredient in herbal tea production due to their antioxidant properties and cardiovascular health benefits. However, the current manual pre-processing method is time-consuming, labor-intensive, and yields low productivity. This research aims to design and manufacture a fresh lotus leaf slicing machine, contributing to the mechanization of the pre-processing stage and improving the efficiency of lotus leaf tea production. The machine is designed based on the principle of a rotary disc cutter with blades made from C45 steel. Practical trials show that the machine operates stably, achieving a slicing capacity of approximately 55 kg/hour, with uniform slices and a cutting efficiency of around 90%.

Keywords: *Lotus leaves, Hue lotus, slicing machine, lotus leaves tea.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trà lá sen là một loại đồ uống truyền thống được ưa chuộng ở nhiều quốc gia châu Á, đặc biệt là Việt Nam, không chỉ vì hương vị độc đáo mà còn nhờ những lợi ích sức khỏe đã được khoa học chứng minh. Lá sen (Nelumbo nucifera Gaertn.) chứa nhiều hợp chất sinh học có giá trị như flavonoid, alkaloid, tannin, và quercetin, mang lại các tác dụng dược lý như chống oxy hóa, chống viêm, giảm cholesterol, hỗ trợ giảm cân và cải thiện giấc ngủ [1, 2].

Hiện nay, trà từ lá sen có thể được chế biến theo nhiều loại khác nhau như trà lá sen khô,

[1]Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế
[2]Công ty TNHH Năng lượng Môi trường EB Thừa Thiên Huế

trà lá sen tươi và trà lá sen túi lọc [3]. Quy trình sản xuất trà lá sen truyền thống thường bao gồm các công đoạn như thu hoạch, làm sạch, thái nhỏ, phơi khô, sao lá sen, và đóng gói sản phẩm hoặc sấy khô [4]. Trong đó, công đoạn thái lá sen tươi là một khâu quan trọng ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng và hiệu suất chế biến. Đặc thù của lá sen là kích thước lớn, kết cấu mỏng và dễ nhàu nát khi thái, đòi hỏi thiết bị phải đảm bảo lực thái thích hợp và giữ được hình dạng lát thái đồng đều. Hiện nay, việc thái lá sen tươi chủ yếu vẫn được thực hiện thủ công, gây ra nhiều hạn chế đáng kể. Việc thái thủ công không đảm bảo độ đồng đều về kích thước lá, dẫn đến quá trình phơi/sấy không đồng nhất, ảnh hưởng đến hương vị và màu sắc của trà thành phẩm. Hơn nữa, phương pháp này tốn nhiều thời gian và công sức, đặc biệt khi sản xuất với quy mô lớn, làm tăng chi phí nhân công và giảm năng suất [5].

Để nâng cao hiệu quả sản xuất và chất lượng trà lá sen, việc chế tạo máy thái lá sen tươi chuyên dụng là một yêu cầu cấp thiết. Tuy nhiên, các nghiên cứu máy thái chuyên dụng cho lá sen tươi vẫn còn hạn chế. Đa số các nghiên cứu tập trung vào các loại máy thái củ quả, rau cỏ. Việc nghiên cứu nguyên lý hoạt động và cấu tạo của các loại máy này có tác dụng rất lớn cho việc định hình và tiến hành nghiên cứu chế tạo máy thái lá sen tươi. Năm 2023, Lê Anh Đức và cs. đã thực hiện nghiên cứu chế tạo máy thái cây thuốc nam dạng thân thảo bao gồm cây Hoàn Ngọc, cây Cỏ hôi, và cây Rau dừa nước bằng lưỡi dao thẳng gắn trên đĩa quay. Trong đó góc thái và góc mài dao mà nghiên cứu đã tính toán lựa chọn là 20^0 và 15^0. Năng suất của máy ổn định và đạt được theo năng suất lý thuyết khi số vòng quay của máy đạt 300 vòng/phút, 280 vòng/phút, và 250 vòng/phút cho cây thuộc nhóm 1, nhóm 2, và nhóm 3 [6]. Ngoài ra máy thái dây khoai lang làm cho thức ăn chăn nuôi đại gia súc theo phương pháp lắp dao kiểu đĩa cũng đã được nghiên cứu và chế tạo [7]. Kết quả của nghiên cứu này chỉ ra máy có thể đạt được năng suất 500 kg/giờ với chiều dài đoạn thái có độ sai lệch nhỏ hơn 2%. Đồng thời máy thái này cũng có thể ứng dụng cho các đối tượng khác như cây bắp hay cỏ voi với năng suất 1000 kg/giờ. Trên thế giới, nhóm tác giả ở Tanzania cũng đã tiến hành chế tạo và thử nghiệm máy thái rau dạng lắp dao kiểu đĩa [8]. Các tác giả cũng chỉ ra rằng máy thái kiểu lưỡi dao lắp trên đĩa quay cho năng suất thái ổn định với hiệu suất thái đạt 86%. Một nhóm tác giả đến từ Ấn Độ cũng đã thiết kế và chế tạo máy thái rau củ quả theo phương pháp lưỡi dao lắp trên đĩa quay [9]. So với phương pháp thái bằng tay, năng suất và chất lượng lát thái "chuối và khoai tây" bằng máy thái cao hơn nhiều.

Dựa trên tổng quan nghiên cứu về các loại máy thái khác nhau trong nước và thế giới, máy thái với cơ cấu thái theo phương pháp lưỡi dao thẳng lắp trên đĩa quay được lựa chọn cho quá trình thái lá sen tươi cho quy trình sản xuất trà ở thành phố Huế. Cụ thể, máy thái sẽ giúp chuẩn hóa quy trình sản xuất, tối ưu hóa quá trình sấy khô, từ đó bảo toàn tối đa các hợp chất hoạt tính sinh học trong lá sen và nâng cao giá trị cảm quan của trà. Đồng thời, việc ứng dụng máy móc vào sản xuất sẽ góp phần giảm thiểu chi phí sản xuất, tăng năng suất và nâng cao năng lực cạnh tranh cho các doanh nghiệp sản xuất trà lá sen.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu.

Đối tượng nghiên cứu là lá của cây sen tươi đã được làm sạch, cấu tạo và nguyên lý làm việc của máy thái. Máy thái lá sen được chế tạo và lắp ráp tại xưởng cơ khí khoa Cơ khí và Công nghệ, Đại học Nông Lâm, Đại học Huế, sau đó được đưa vào thử nghiệm thái lá sen tươi. Theo đó, các chỉ tiêu cần đánh giá bao gồm: năng suất thái, độ đồng đều của lát thái, tỷ lệ hao hụt và hiệu suất thái. Dung trọng của lá sen tươi vào khoảng $\gamma_s = 940\ kg/m^3$ [10].

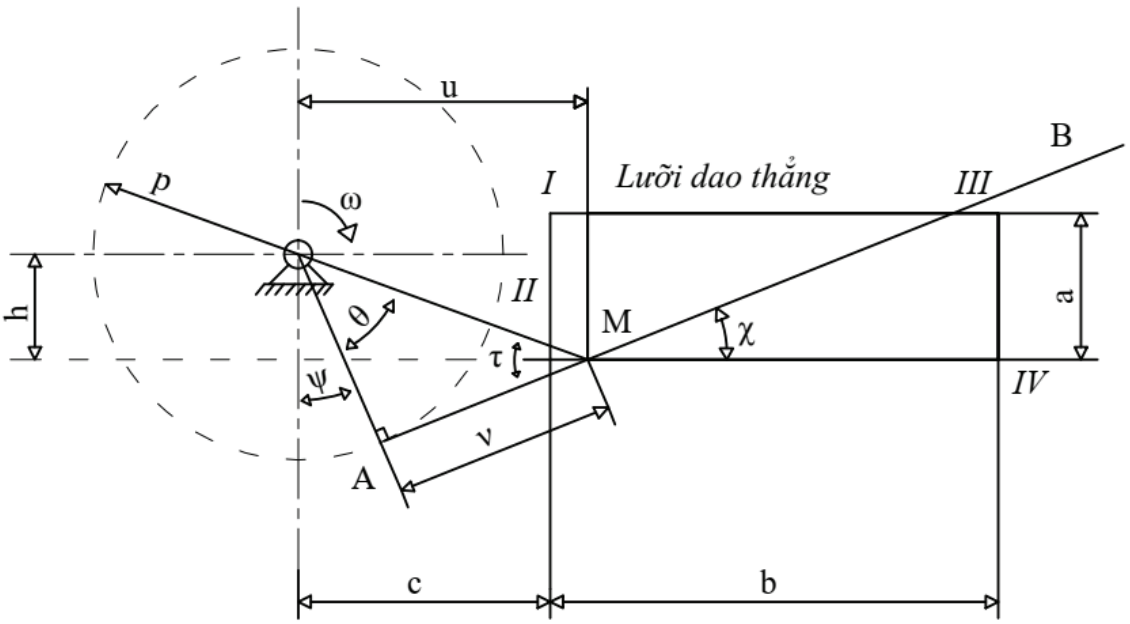
2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp điều tra khảo sát, nghiên cứu tài liệu: các dữ liệu về tình hình trồng sen trên địa bàn thành phố Huế; tình hình chế biến trà lá sen; nguyên lý cấu tạo và làm việc của các mẫu máy thái rau củ quả trong nước và trên thế giới được nhóm đề tài tổng hợp và phân tích làm cơ sở cho việc lựa chọn nguyên lý làm việc hợp lý của máy thái lá sen tươi.

2.2.2. Phương pháp tính toán thiết kế máy:

a) Xây dựng mô hình toán để tính các thông số cơ bản của bộ phận thái kiểu lưỡi dao thẳng lắp trên đĩa quay [7, 11]:

Hình 1 mô tả sơ đồ tính toán dao thái lưỡi thẳng với c là khoảng cách từ trục quay đến mép họng thái theo đường thẳng đứng; ν là khoảng cách từ đường thẳng góc với lưỡi dao kể từ tâm quay O tới điểm của lưỡi dao mà ta xét; τ là góc trượt; χ là góc kẹp; a là chiều cao họng thái; b là chiều rộng họng thái; h là khoảng cách từ trục quay đến tấm kê thái theo phương thẳng đứng; p là khoảng cách từ tâm quay đến lưỡi dao.



Hình 1. Mô hình tính toán các thông số cơ bản của bộ phận thái kiểu đĩa lắp dao lưỡi thẳng

Điều kiện thái có trượt:

$$r_{min} = \frac{p}{sin\tau_{max}}$$

$$r_{max} = \frac{p}{sin\tau_{min}} \qquad (2.1)$$

Theo lý thuyết tính toán sơ đồ dao thái lưỡi thẳng [7] ta có:

$$h = t \times p \text{ và } c = m \times p \quad (2.2)$$

Trong đó: t, m là hệ số và $0{,}5 \leq t \leq 1; 1 \leq m \leq 1{,}2$. Trong đề tài này chọn t = 0,5 và m = 1,2;

Đối với máy thái rau củ quả, khoảng cách từ trục quay đến mép họng thái theo đường thẳng đứng có giá trị từ 75 mm đến 100 mm.

Điều kiện để dao lưỡi thẳng thái hết tiết diện lá sen tươi (cuộn tròn):

- Ứng với điểm xa tâm quay nhất của dao thái:

$$b + c = \sqrt{r_{max}^2 - h^2} \quad (2.3)$$

- Ứng với điểm gần tâm quay nhất của dao thái:

$$h - a = \pm\sqrt{r_{min}^2 - c^2} \quad (2.4)$$

Trong đó: Dấu (+) khi h > a, dấu (-) khi h < a.

b) Phương pháp xác định năng suất lý thuyết của máy thái lá sen tươi [11]:

$$Q = 60 \times a \times b \times l \times k_{dao} \times \gamma_s \times n \quad (\frac{kg}{giờ}) \quad (2.5)$$

Trong đó: a – chiều cao họng thái [m]; b – chiều rộng họng thái [m]; l – chiều dày thái [m]; k_{dao} – số dao thái lắp trên đĩa; γ_s – khối lượng thể tích của lá sen tươi [kg/m^3]; n – số vòng quay của máy trong một phút [vòng/phút]. Trong đề tài này, năng suất lý thuyết lựa chọn 60 kg/giờ.

c) Áp suất thái riêng: đại lượng đặc trưng cho quá trình thái và được tính theo công thức [11]:

$$q = \frac{N}{\Delta S} \quad (N/cm) \quad (2.6)$$

Trong đó: N – lực ép pháp tuyến của dao lên vật liệu thái [N]; ΔS – chiều dài đoạn lưỡi dao chìm vào vật thái [cm]. Đối với mỗi đối tượng thái khác nhau thì giá trị của q khác nhau, tuỳ thuộc vào độ sắc của dao, góc mài dao, các tính chất cơ lý của vật thái, chế độ động học của dao. Thông thường đối với thân ngô: q = 40 – 80 N/cm; Rơm: q = 50 – 120 N/cm; Rau cỏ: 40 – 80 N/cm; Củ quả: 20 – 40 N/cm [7, 11]. Đối với lá sen tươi là

loại vật liệu thái chứa xenlulo nên có thể xem như rau cỏ nên chọn q = 40 – 80 N/cm. Giá trị q dùng để tính toán mômen, từ đó xác định được công suất của động cơ mà động cơ cung cấp cho máy thái.

d) Các yếu tố ảnh hưởng chính của dao thái

- Độ sắc của dao: Độ sắc của lưỡi dao được đo bằng bề dày s của cạnh sắc lưỡi dao. Thường cạnh sắc cực tiểu của lưỡi dao đạt tới s_{min}= 20 ÷ 40 µm. Nếu bề dày cạnh sắc s đạt từ 100 µm trở lên, dao được coi là rất cùn và việc thái sẽ gặp khó khăn. Độ dày của cạnh sắc lưỡi dao s càng lớn thì áp suất riêng q càng tăng. Trong trường hợp thái lá sen tươi, chọn s = 40 µm để thiết kế.

- Góc thái α: góc này được hợp bởi hai góc: góc đặt dao β và góc mài dao σ. Góc thái ảnh hưởng đến áp suất thái. Góc thái càng nhỏ thì áp suất thái càng bé. Tuy nhiên góc thái phải đủ lớn để đảm bảo độ bền của dao. Mặc khác giá trị của góc mài dao và góc đặt dao đối với máy thái rau cỏ thông thường σ= (12^0 ÷ 15^0) và β= (2^0 ÷ 5^0) [11]. Trong trường hợp thái lá sen tươi, chọn σ= 15^0 và β= 5^0 để thiết kế. Do vậy góc thái α = 20^0.

- Khe hở δ giữa cạnh của lưỡi dao và cạnh của tấm kê: δ có một giới hạn thích hợp đối với mọi vật thái. Vật thái càng mảnh thì khe hở δ càng nhỏ, tuy nhiên cần tính toán khe hở hợp lý để giảm lực ma sát cản trở quá trình thái. Đối với máy thái rau cỏ δ≤ 0,5 (mm) [11]. Trong trường hợp thái lá sen tươi với đặc tính đường kính lớn nhưng chiều dày mỏng nên chọn δ = 0,5 mm.

2.2.3. Phương pháp khảo nghiệm, đánh giá khả năng làm việc của máy thái lá sen tươi:

Quá trình khảo nghiệm nhằm đánh giá khả năng làm việc hiệu quả và ổn định của máy thái lá sen tươi bao gồm: năng suất, độ đồng đều của lát thái, tổn thất của quá trình thái, và hiệu suất của máy thái.

a) Năng suất máy thái lá sen tươi [12]:

Năng suất máy thái lá sen tươi được xác định bởi công thức:

$$NS = 3600 \times \frac{m}{t} \quad (kg/giờ) \tag{2.7}$$

Trong đó: m – khối lượng lá sen tươi cần thái [kg]; t – thời gian thái lá sen tươi [giây];

b) Độ đồng đều của lát thái [12]:

Độ đồng đều của lát thái được xác định bởi công thức sau:

$$UI = \frac{Số\ lượng\ lát\ thái\ cùng\ kích\ thước\ (chiều\ dày)}{Tổng\ số\ lát\ thái\ lựa\ chọn} \times 100 \quad (\%) \tag{2.8}$$

c) Tổn thất của quá trình thái lá sen tươi:

Sự tổn thất của quá trình thái lá sen tươi được đánh giá bởi công thức:

$$TT = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad (\%) \qquad (2.9)$$

Trong đó: m_1 – khối lượng lá sen tươi trước khi thái [kg]; m_2 – khối lượng lá sen tươi sau khi thái [kg];

d) Hiệu suất của máy thái lá sen tươi:

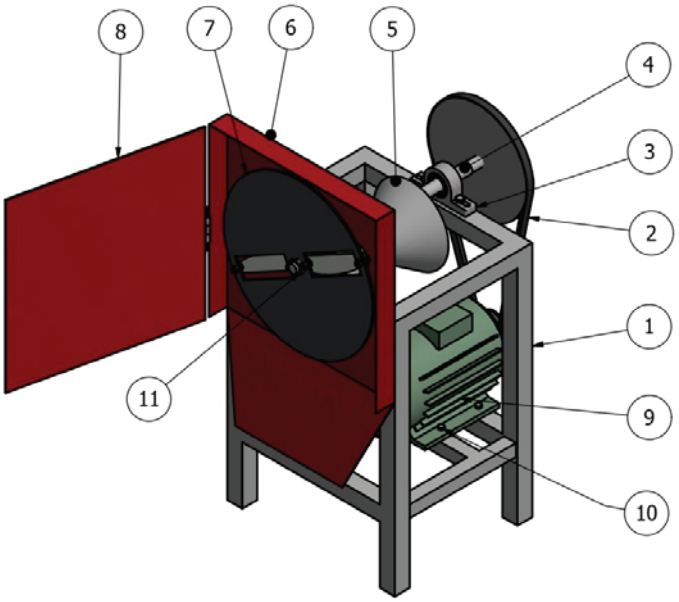
Hiệu suất của máy thái lá sen tươi được xác định bởi công thức:

$$\eta = (100 - TT) \quad (\%) \qquad (2.10)$$

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Mô hình máy thái lá sen tươi đã được thiết kế:

Dựa trên tổng hợp, phân tích các loại máy thái rau củ quả khác, đồng thời dựa vào lý thuyết thái, các thông số tính toán và các yêu cầu về kỹ thuật, mô hình máy thái lá sen tươi được thiết kế như Hình 2:



Hình 2. Mô hình thiết kế máy thái lá sen tươi

1-Khung máy; 2-Bộ truyền đai; 3-Ổ đỡ; 4-Trục làm việc; 5-Họng thái; 6-Buồng thái; 7-Dao và đĩa dao; 8-Nắp bảo vệ; 9-Động cơ

Nguyên lý hoạt động của máy thái lá sen tươi: khi động cơ (9) làm việc, thông qua bộ truyền đai dẫn động (2), máy thái làm việc. Lúc này, lá sen tươi được cuốn lại thành bó tròn và cấp vào họng thái (5), đồng thời đĩa dao lắp dao thái lưỡi thẳng (7) chuyển động và thái đứt vật liệu. Vật liệu sau khi thái thoát ra buồng thái (6).

3.2. Kết quả chế tạo và khảo nghiệm máy:

a) Chế tạo máy: Máy thái lá sen tươi được chế tạo dựa trên thiết kế như Hình 2 và được trình bày ở Hình 3. Máy có kích thước tổng

thể 530 x 450 x 900 mm (dài x rộng x cao). Dao thái là loại dao lưỡi thẳng có độ dày 2mm để đảm bảo không bị biến dạng trong quá trình thái, và độ dài đoạn lưỡi dao là 180 mm. Tiết diện họng thái tính toán là hình chữ nhật với kích thước "rộng x cao = 81mm x 19mm). Tuy nhiên, do lá sen có đặc tính đường kính lớn và chiều dày mỏng, nên các lá sen được cuộn tròn và cấp vào họng thái bằng thủ công. Do vậy họng thái đã được điều chỉnh và chế tạo theo tiết diện hình tròn có đường kính 68mm để tạo điều kiện cho quá trình thái thuận lợi. Số vòng quay của trục lắp đĩa dao lưỡi thẳng là 330 vòng/phút, với vận tốc thái là 5 m/s.



Hình 3. Máy thái lá sen tươi sau khi chế tạo

b) Khảo nghiệm máy thái lá sen tươi:

- Khảo nghiệm hoạt động và năng suất máy thái lá sen tươi:

Máy thái được khảo nghiệm trong trường hợp không tải để đánh giá sự hoạt động ổn định, êm dịu, và phát hiện các sai sót để sửa chữa trước khi khảo nghiệm năng suất của máy thái. Năng suất của máy thái được khảo nghiệm theo hai trường hợp khối lượng lá sen tươi đầu vào 1kg và 5 kg, với độ dày lát thái lý thuyết là 3mm. Các lần thí nghiệm lặp lại, thời gian thái và năng suất của máy thái được tổng hợp ở Bảng 1. Năng suất thái trung bình của máy thái lá sen tươi đạt khoảng 55 kg/giờ. Kết quả cho thấy năng suất thái trung bình thực tế chưa đạt năng suất lý thuyết đã lựa chọn. Lý do dẫn đến kết quả này là do ảnh hưởng của quá trình cấp liệu không đều bằng thủ công, đồng thời có sự bẻ gập của lá sen tươi trong quá trình thái ảnh hưởng đến năng suất thái và độ đồng đều của các lát thái sẽ được thảo luận ở phần sau.

Bảng 1. Kết quả khảo nghiệm năng suất của máy thái lá sen tươi

Lần thí nghiệm	Khối lượng lá sen tươi đầu vào (kg)	Thời gian thái (giây)	Năng suất (kg/giờ)
1	1	72	50
2	1	65	55,4

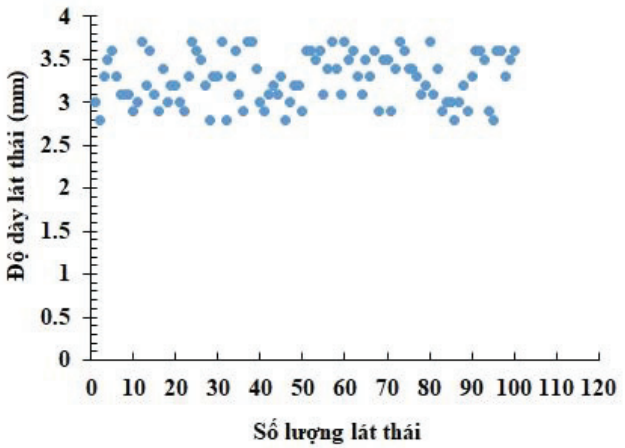
3	1	67	53,7
4	1	65	55,4
5	1	62	58
Năng suất trung bình (kg/giờ)			**54,5**
6	5	328	54,9
7	5	332	54,2
8	5	315	57,1
Năng suất trung bình (kg/giờ)			**55,4**

- Khảo nghiệm về độ đồng đều của các lát thái:

Để đánh giá độ đồng đều của các lát thái, tiến hành chọn ngẫu nhiên 100 lát thái lá sen tươi. Độ dày (hay bề rộng) của các lát thái được đo bằng thước lá (Hình 4). Kết quả đạt được hơn 90% các lát thái có độ dày $3 \pm 0{,}6mm$. Sự phân bố độ dày các lát thái lá sen tươi được mô tả ở Hình 5.



Hình 4. Đo độ dày các lát thái lá sen tươi



Hình 5. Sự phân bố độ dày các lát thái lá sen tươi

- Khảo sát tổn thất và hiệu suất của quá trình thái

Khối lượng của lá sen tươi trước và sau khi thái được cân để tính hệ số tổn thất và hiệu suất của quá trình thái. Từ các kết quả tính toán ở bảng 2, hiệu suất trung bình của máy thái lá sen tươi đạt gần 90%.

Bảng 2. Tổn thất sau thái và hiệu suất của quá trình thái lá sen tươi

Lần thí nghiệm	m_1 (kg)	m_2 (kg)	Tổn thất (%)	Hiệu suất (%)
1	1	0,9	10	90
2	1	0,89	11	89
3	1	0,92	8	92
4	1	0,88	12	88
5	1	0,87	13	87
Giá trị trung bình				**89,2**
6	5	4,53	9,4	90,6
7	5	4,55	9	91
8	5	4,45	11	89
Giá trị trung bình				**90,2**

4. KẾT LUẬN

Dựa trên kết quả đánh giá thực trạng tình hình sử dụng lá sen và khảo sát các công nghệ hiện có trong và ngoài nước, nghiên cứu đã lựa chọn nguyên lý cắt thái bằng đĩa quay lắp dao lưỡi thẳng là phù hợp cho đối tượng lá sen tươi – nguyên liệu có đặc tính mỏng, dễ nhàu nát. Trên cơ sở đó, máy thái lá sen tươi đã được thiết kế và chế tạo thành công. Máy được thiết kế với cấu tạo gọn nhẹ với dao lưỡi thẳng được chế tạo bằng thép C45 với góc mài và khe hở tối ưu nhằm đảm bảo hiệu quả cắt và độ bền dao. Qua khảo nghiệm, máy đạt năng suất thái trung bình khoảng 55 kg/giờ, hiệu suất thái xấp xỉ 90% và tỷ lệ đồng đều lát thái >90%, với các lát thái có độ dày $3 \pm 0{,}6mm$.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Ahn, J.H., et al., *Chemical constituents from Nelumbo nucifera leaves and their anti-obesity effects.* Bioorg Med Chem Lett, 2013. **23**(12): p. 3604-8.

2. Nhung, N.T., *Nghiên cứu đặc điểm thực vật, thành phần hoá học và tác dụng sinh học của cây sen (nelumbo nucifera Gaertn.) họ sen (Nelumbonaceae)*. 2001: Đại học Mỏ - Địa chất.

3. Minh, V.T.N., V.H.P. Linh, and Đ.T.H. Diễm, *Nghiên cứu quy trình bào chế trà hòa tan từ lá sen chứa hợp chất flavonoid có tác dụng hỗ trợ giảm mỡ máu tại tỉnh Đồng Tháp giai đoạn 2021 – 2022.* Tạp Chí Khoa học Trường Đại học Quốc tế Hồng Bàng, 2022(ĐẶC BIỆT): p. 184-194.

4. Trang, N.T.Q. and N.T. Mai, *Tình hình sản xuất và chế biến các loại trà Sen (Nelumbo nucifera Gaertn.) ở Thừa Thiên Huế.* Tạp chí Khoa học Đại học Huế: Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, 2021. **130**(3D): p. 99-116.

5. Babu, A.K., et al., *Review of leaf drying: Mechanism and influencing parameters, drying methods, nutrient preservation, and mathematical models.* Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2018. **90**: p. 536-556.

6. Lê, A., et al., *Thiết Kế Chế Tạo và Thử Nghiệm Máy Thái Cây Thuốc Nam Dạng Thân Thảo.* Journal of Technical Education Science, 2023: p. 86-95.

7. Bích, N.H., et al., *Nghiên cứu thiết kế chế tạo máy thái dây khoai lang làm thức ăn cho chăn nuôi đại gia súc.* Tạp chí Công Nghiệp Nông Thôn, 2024. **53**.

8. Msuya, J., *Designing and Manufacturing of Vegetable Slicing Machine.* Tanzania Journal of Engineering and Technology, 2023. **42**(1): p. 182-199.

9. Pawar, K.R., et al., *Development of Fruit and Vegetable Slicing Machine.* International Research Journal of Engineering and Technology, 2020. **7**(3).

10. Divakaran, D., et al., *Exfoliation and physico-chemical characterization of novel bioplasticizers from Nelumbo nucifera leaf for biofilm application.* Heliyon, 2023. **9**(12): p. e22550.

11. Khuyên, T.N., *Các quá trình và thiết bị cơ bản trong công nghệ thực phẩm*. 2006, Hà Nội: Trường Đại học Nông nghiệp 1

12. Osama M. Abd El-Haq, et al., *Design and development of a potato slicing machine.* Misr Journal of Agricultural Engineering, 2016. **33**(1): p. 123-150.

Ngày nhận bài: 28/6/2025

Người phản biện: TS Nguyễn Chung Thông – Học viện Nông nghiệp VN

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU MÁY THU HOẠCH TỎI ÁP DỤNG CHO VÙNG SẢN XUẤT TẬP TRUNG Ở VIỆT NAM.

Lê Quyết Tiến[1], Nguyễn Văn Thủy[1]

Đặng Văn Đông[1], Nguyễn Việt Anh[1]; Hoàng Gia Minh[1]

TÓM TẮT:

Trong những năm gần đây cây tỏi là loại cây nông nghiệp đang được chú trọng phát triển và đã hình thành các vùng sản xuất tập trung như ở Quảng Ngãi, Hải Dương vv….Hiện nay khâu thu hoạch hành tỏi ở Việt Nam gần như 100% thực hiện thủ công nên việc nghiên cứu thiết kế, chế tạo liên hợp máy thu hành phù hợp với kỹ thuật và tập quán sản xuất tỏi tại Việt Nam đáp ứng tính căng thẳng mùa vụ, giảm chi phí nhân công, nâng cao hiệu quả kinh tế sẽ đáp ứng được nhu cầu thực tiễn. Bài viết giới thiệu về kết quả bước đầu nghiên cứu lựa chọn nguyên lý, cấu tạo và tính toán một thông số chính của máy thu hoạch 0.2ha/h phục vụ vùng sản xuất tập trung tại Việt Nam.

Từ khóa: *Cơ giới hóa, máy trồng hành, bộ phận nhả hạt, cơ cấu trồng*

RESEARCH RESULTS ON GARLIC HARVESTING MACHINES APPLIED TO CONCENTRATED PRODUCTION AREAS IN VIETNAM.

ABSTRACT:

In recent years, garlic is an agricultural crop that is being focused on development and has formed concentrated production areas such as in Quang Ngai, Hai Duong, etc. Currently, the garlic harvesting process in Vietnam is almost 100% done manually, so the research, design and manufacture of a combined onion harvesting machine suitable for the techniques and practices of garlic production in Vietnam to meet the stress of the season, reduce labor costs, and improve economic efficiency will meet practical needs. The article int roduces the initial results of the study on selecting the principle, structure and calculation of a key parameter of a 0.2ha/h harvesting machine serving concentrated production areas in Vietnam.

Keywords: *Mechanization, garlic harvester, clamping-pulling unit, belt clamping mechanism, belt drive*

[1]Viện Cơ điện nông nghiệp và Công nghệ sau thu hoạch

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Thời gian gần đây cùng với việc phát hiện nhiều công dụng khác nhau của tỏi với sức khỏe các sản phẩm của tỏi cũng ngày càng phong phú như tỏi đen, tinh dầu tỏi, tỏi bột, tỏi không mùi, rượu tỏi vv.... phục vụ tiêu dùng trong nước và xuất khẩu mang lại giá trị kinh tế lớn nên giờ đây đã phát triển thành các vùng sản xuất tập trung với quy mô lớn và được đầu tư bài bản.

Các vùng sản xuất tập trung tỏi với diện tích lớn được đầu tư tại Quảng Ngãi (tính riêng đảo Lý Sơn là 307ha), Hải Dương 7.100 ha (riêng huyện Kinh Môn là 4013 ha –số liệu năm 2019), huyện Vạn Ninh – Khánh Hòa 600ha... tuy nhiên vẫn không đáp ứng được nhu cầu của thị trường. Hằng năm Việt Nam vẫn phải nhập khoảng 88.000 tấn tỏi từ Trung Quốc.

Tỷ lệ cơ giới hóa thấp làm cho các vùng sản xuất lệ thuộc và nguồn lao động, thường xuyên bị căng thẳng mùa vụ, chi phí nhân công cao, hiệu quả kinh tế thấp và từ đó khó có thể mở rộng quy mô đáp ứng nhu cầu của thị trường.

Khâu thu hoạch đang là khâu tiêu tốn nhiều công lao động nhất trong sản xuất hành và tỏi hiện nay. Máy thu hoạch hành củ, tỏi tại Việt Nam chiếm tỷ lệ rất thấp gần như không có. Áp dụng máy thu hoạch hành tỏi đang sử dụng rộng rãi tại Châu Âu và Ấn Độ, Trung Quốc còn nhiều hạn chế do:

- Giá thành máy cao
- Khác biệt về quy mô đồng ruộng tại Việt Nam
- Đa phần sử dụng các máy kéo công suất lớn (70-120PH). Trong khi Việt Nam các máy kéo có sẵn chỉ từ 30-50Hp

Do vậy cần phải có sự điều chỉnh để phù hợp với quy trình và tập quán canh tác và giống hành tỏi của Việt Nam. Từ những vấn đề diễn giải ở trên ta thấy tỏi đang dần trở thành cây mũi nhọn với giá trị kinh tế cao và đã có những vùng sản xuất tập trung lớn nhưng lĩnh vực cơ giới hóa chưa được chú trọng. Chưa có nghiên cứu cụ thể và bài bản nào về các khâu thu hoạch ở Việt Nam. Do vậy vấn đề nghiên cứu lựa chọn nguyên lý và cấu tạo liên hợp máy thu hoạch tỏi, hành củ phục vụ vùng sản xuất tập trung tại Việt Nam là cấp thiết.

Nội dung thực hiện:

- Lựa chọn nguyên lý, cấu tạo liên hợp máy thu hoạch tỏi phù hợp với vùng sản xuất tập trung tại Việt Nam.
- Tính toán bộ phận kẹp, cắt trên liên hợp máy thu hoạch tỏi phù hợp với vùng sản xuất tập trung tại Việt Nam.
- Thí nghiệm, đánh giá các thông số làm việc chính của liên hợp máy thu hoạch tỏi phù hợp với vùng sản xuất tập trung, năng suất 0,1-0,12 ha/h.

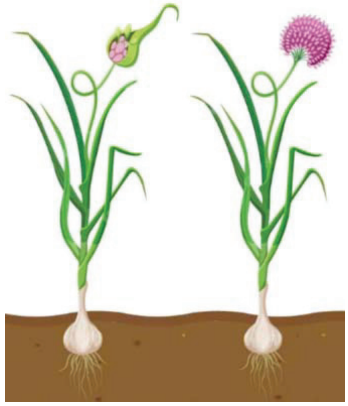
II. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU:

2.1. Đặc điểm ruộng tỏi và cây tỏi ở thời kỳ thu hoạch

- Kích thước luống tỏi: 1000 mm
- Số hàng tỏi trên 1 luống: 4 hàng
- Hàng cách hàng trồng tỏi: 100-150 mm
- Khoảng cách cây cách cây trên hàng: 100 mm
- Độ sâu phân bố củ trên luống: 10-80 mm
- Kích thước của củ khi thu hoạch: 25-50 mm

- Chiều cao cây tỏi khi thu hoạch: 35 – 50 cm
- Đường kính thân cây tỏi (sát phần củ) khi thu hoạch: 6-10 mm
- Khối lượng (TB) của củ tỏi khi thu hoạch: 10 – 25 g
- Độ bền chịu dập của thân cây khi chịu ép tĩnh ngang: 5 – 7 N
- Độ bền chịu kéo của thân cây khi chịu kéo tĩnh dọc trục: 80 N
- Lực kéo cần thiết để kéo cây tỏi lên khỏi mặt ruộng khi kéo tự nhiên: 70 N
- Lực kéo cần thiết để kéo cây tỏi lên khỏi mặt ruộng khi có lưỡi phá liên kết sơ bộ giữa củ và đất: 30 N
- Độ chặt của đất ruộng tỏi khi thu hoạch: 1.1 – 1.3 (g/cm^3)

Đây là các thông số làm cơ sở để thiết kế mẫu máy thu hoạch tỏi.



Hình 1. Cây tỏi khi thu hoạch

2.2. Yêu cầu kỹ thuật của máy thu hoạch tỏi

- Thiết kế phù hợp với quy trình canh tác tỏi của Việt Nam
- Thu hoạch 4 hàng
- Thiết kế máy nhỏ gọn, giá thành hợp lý
- Bề rộng phù hợp với kích thước luống
- Liên hợp với các máy kéo có sẵn từ 30-50Hp
- Năng suất: 02ha/h
- Độ sót < 3%;
- Độ sây sát củ < 2 %.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

- Phương pháp thu thập thông tin và xử lý các số liệu điều tra, khảo sát, các thông tin truy cập từ các kênh thông tin trong và ngoài nước.

- phương pháp kế thừa các kết quả nghiên cứu trước đây.

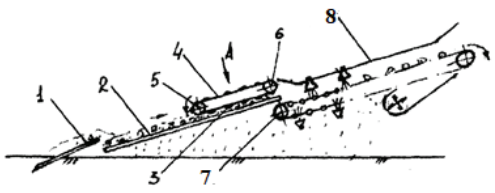
- Phương pháp lựa chọn, kết hợp thực nghiệm cho các lựa chọn nguyên lý, kết cấu máy.

- Phương pháp thiết kế máy nông nghiệp cho các thiết kế cơ khí (sử dụng phần mềm Inventor, AutoCad.).

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Lựa chọn nguyên lý bộ phận trồng

3.1.1 Nguyên lý sàng rung



Hình 2: Nguyên lý sàng rung

1/ Lưỡi đào; 2/ Sàng; 3/ Bộ khuấy; 4/ Băng đàn hồi;

5+6/ Con lăn băng tải; 7/ Băng tải; 8/ Nắp che.

Nguyên lý sàng rung được mô tả như sau:

Hệ thống gồm một lưỡi đào (1), sàng (2), bộ rung (3) được gắn trên đầu ra của sàng (2) dưới dạng một băng đàn hồi (4), được căng trên hai con lăn căng (5) và (6)

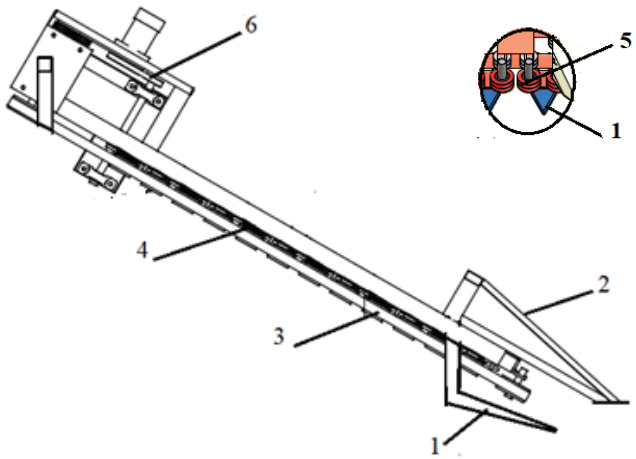
với khả năng điều chỉnh chiều cao và tốc độ quay. Băng tải thanh (7) được lắp phía trên với một nắp che (8) có chiều rộng bằng băng tải.

Khi di chuyển trên cánh đồng, lưỡi đào (1) đào các hàng tỏi giống và khối lượng thu hoạch được đưa vào sàng (2), nơi đất và tạp chất được tách ra. Bộ rung (3) với băng đàn hồi (4) và các gờ nổi của băng tải (8) tác động nhẹ lên vật liệu, tăng cường quá trình tách tạp chất.

3.1.2. Nguyên lý kẹp nhổ

Mô tả của nguyên lý kẹp nhổ như sau:

Theo nguyên lý này, khi máy di chuyển lưỡi đào (1) sẽ tác động vào đất làm vỡ sơ bộ liên kết. Thanh rẽ hàng (2) ở mỗi hàng sẽ rẽ, hỗ trợ nâng gốc tỏi lên và cùng với các đai kẹp (3) sẽ giúp cho việc nhổ cây tỏi lên. Bộ phận kẹp bao gồm đai kẹp (3) nhận truyền động từ hệ thống truyền động thuỷ lực (6), bánh đai (5) và thiết bị căng (4) có tác dụng gữi cây và nâng dần cây đồng thời phân tách đất đưa đến bộ phận cắt và thùng chứa.



Hình 3: Nguyên lý kẹp nhổ

1/ Lưỡi đào; 2/ Thanh rẽ; 3/ Đai kẹp;
4/ Thiết bị căng; 5/ Bánh đai; 6/ Cụm truyền động

Nhận xét:

Với công nghệ sàng rung ưu điểm máy có năng suất cao, nhưng nhược điểm máy có kính thước lớn, để phân ly tốt bộ phận sàng rung phải dài gây mấy cân bằng trong khi làm việc và phải thêm công đoạn cắt cây sau khi thu hoạch. Với nguyên lý kẹp nhổ máy có khả năng làm sạch tốt, mức độ cơ giới hoá cao tuy nhiên để máy có nguyên lý này là việc tốt thì quá trình canh tác đòi hỏi mức độ cơ giới hoá đồng bộ tương đối cao từ làm đất đến trồng, khoảng cách hàng phải đủ lớn.

Hiện nay với công nghệ, thiết bị về thủy lực và điều kiển tự động rất phát triển do vậy nguyên lý kẹp nhổ đã được áp dụng ở hầu hết các máy thu hoạch hành tỏi, cà rốt tiên tiến hiện nay.

Do vậy dựa trên các mẫu máy hiện có trên thế giới, với quy trình canh tác cây tỏi và trình độ công nghệ chế tạo ở nước ta. Nhóm nghiên cứu đề xuất áp dụng nguyên lý kẹp nhổ để nghiên cứu thiết kế, chế tạo máy thu hoạch tỏi theo hàng. Máy có thể cắt

thân lá và gom củ vào thùng chứa với năng suất 0.1- 0,2ha/h.

3.2. Tính toán một số thông số làm việc của máy thu hoạch tỏi

Có nhiều nhiệm vụ cần giải quyết khi tính toán thiết kế, chế tạo máy thu hoạch tỏi. Tuy nhiên, trọng tâm cơ bản khi tính toán máy thu hoạch tỏi nói riêng và máy thu hoạch kiển kẹp nhổ nói chung bộ phận kẹp nhổ bởi đây là bộ phận quan trọng nhất, quyết định khả năng làm việc của máy.

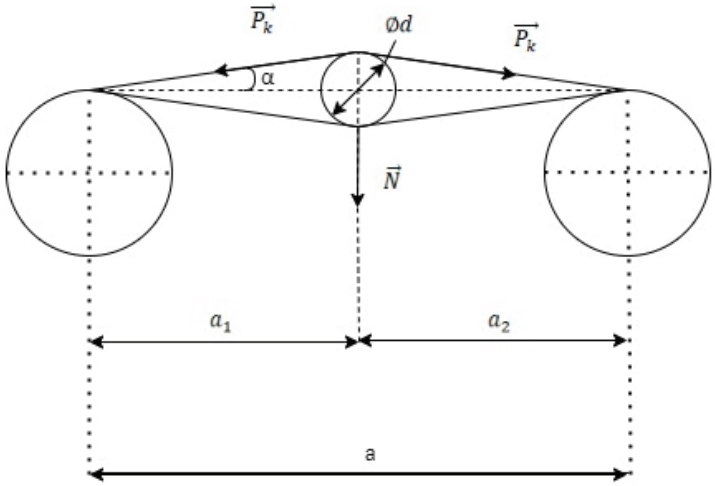
3.2.1. Tính toán lựa chọn bộ phận kẹp đai

Sơ đồ kẹp đai theo mặt phẳng đứng được thể hiện trên hình 4.

Để đảm bảo hoạt động nhổ cây tốt cần duy trì các điều kiện sau:

- Giữ được hướng thẳng đứng của cây theo chiều thẳng đứng;

- Bảo đảm được lực kẹp giữ cây không bị tuột trong quá trình nhỏ và vận chuyển.



Hình 4: Sơ đồ kẹp đai theo mặt phẳng đứng

a) Động học của bộ phận kẹp đai

Yêu cầu thứ nhất giữ được hướng thẳng đứng của cây theo chiều thẳng đứng khi tuân thủ điều kiện:

$$V_m = V_{dx} = V_d.\cos\alpha \quad (1)$$

Để đảm bảo năng suất máy khoảng 0,2 ha/h, với bề rộng luống 1,3m tốc độ làm việc của máy sẽ vào khoảng 2km/h ($V_d \approx 0,5$ m/s).

Với góc α =45^0 vận tốc đại cần thiết sẽ là:

$$V_d = \frac{V_m}{\cos\alpha} = \frac{0,5}{\cos 45^0} = 0,7\ m/s$$

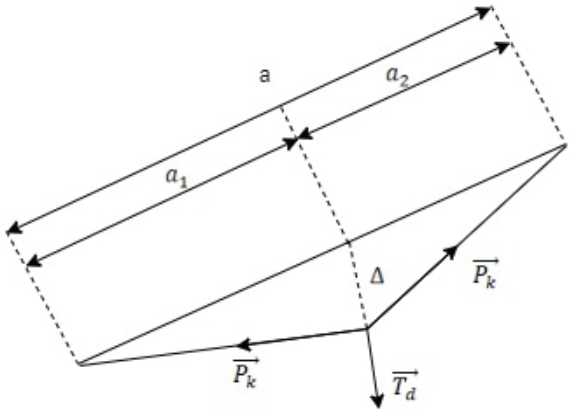
Như vậy tốc độ puly chủ động sẽ được tính theo công thức:

$$n = \frac{30.Vd}{\pi.R} = \frac{30 * 0,7}{0,06 * 3,14} = 112\ v/phút$$

Trong đó R là bán kính của pu ly chủ động (0.06m)

Đây là tốc độ tính toán ở chế độ danh định (ga cực đại), từ kết quả trên ta có thể lựa chọn mô tơ thuỷ lực cho phù hợp với bơm thuỷ lực cho trước. Và vận tốc đai có thể thay đổi theo mức ga. Trong liên hợp thu hoạch hành tốc độ tiến của máy được điều chỉnh vận tốc di chuyển của máy bằng servo thủy lực, nên việc đáp ứng phương trình (1) có thể dựa vào người vận hành máy.

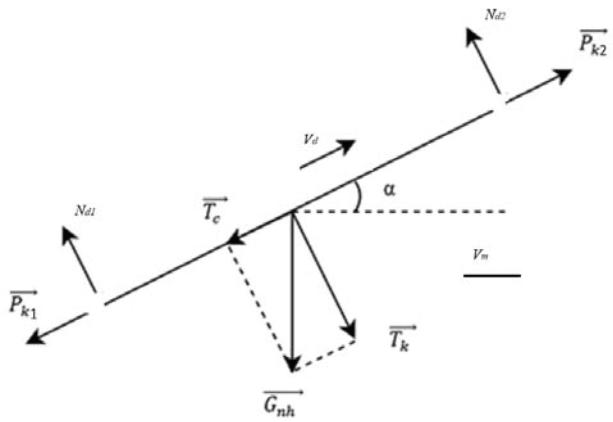
b) Động lực học của bộ kẹp đai



Hình 5: Sơ đồ động lực học của bộ kẹp đai

Các lực tác dụng vào đoạn đai giữa 2 con lăn bao gồm:

- Lực kéo cây G_{nh} ;
- Ứng lực căng đai ở hai đầu con lăn P_{k1} , P_{k2};
- Phản lực vuông góc với của puly tác dụng theo hướng vuông góc với chiều chuyển động N_{d1} ; N_{d1} .



Hình 5a. Sơ đồ lực tác động bộ phân kẹp - nhổ.

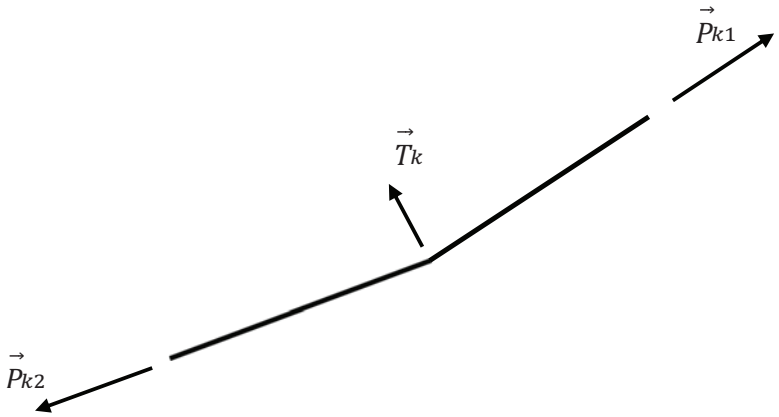
Thử nghiệm thực tế cho thấy lực nhổ củ tỏi lớn nhất là G_{nh} = 70 N (là lực kẹp nhổ cây khi chưa làm vỡ sơ bộ đất).

Lực G_{nh} được tạo ra nhờ ma sát giữa 2 đai kẹp và được thể hiện ở hình 5a.

Lực $\vec{T}_c$ là thành phần lực nhổ cây sẽ cân bằng với lực căng đai P_{k1} , P_{k2}

$$T_c = P_{k2} - P_{k1} = G_{nh}.\sin 45^0 = 50N$$

Lực ngang $\vec{T}_c$ có hướng vuông góc với mặt phẳng puly và làm võng dây đai. Độ võng được tính toán theo hình 5b.



Hình 5b. Sơ đồ lực tác động lên đai

Do lực căng đai rất lớn (P_{kmax} = 2000N) so với lực căng do nhổ cây (T_c =50N) trong các tính toán võng của đai để đơn giản hóa ta có thể xem $P_{k1} = P_{k2} = P_k$

Do khoảng cách giữa 2 pu ly lớn hơn nhiều so với đừng kính thân cây hành ta có thể bỏ qua độ đàn hồi uốn của đai.

** Lực căng cần thiết đảm bảo điều kiện kẹp*

Lúc đó lực ép của đai lên thân cây hành được tính theo công thức

$$N = P_k.(\sin\beta_1 + \sin\beta_2)$$

Với góc β_1 và β_2 nhỏ

$$N_i = P_k.\left(\frac{r_c}{a_1} + \frac{r_c}{a_2}\right) = P_k.r_c.\frac{a_1 + a_2}{a_1.a_2}$$

do

$$a_1.a_2 \le \left(\frac{a_1 + a_2}{2}\right)^2$$

Nên

$$N_i \le 2.P_k.\frac{r_c}{a_1 + a_2} = P_k.d_c/a$$

Trong đó r_c và d_c là bán kính và đường kính của thân cây.

a_1 , a_2 lần lượt là khoảng cách từ điểm kẹp đến 2 puly;

a – Khoảng cách giữa 2 puly.

Dấu bằng (=) chỉ xảy ra khi $a_1 = a_2$, hay có nghĩa là ở điểm giữa 2 puly lực ép là bé nhất.

Lực nhổ cây phải bé hơn lực ma cực đại theo theo công thức

$$G_{nh} \le 2.f.Z_d * N_i = 2.f.Z_d.P_k.d_c/a$$

Trong đó Z_d là số dây đai. Để giải áp lực lên thân cây ta chọn Z_d =2;

Hệ số ma sát giữa thân tỏi và vật liệu đai được xác định thực nghiệm là f = 0,3 Trong trường hợp cây ướt

Từ đó ta có

$$P_k \geq \frac{G_{nh}.a}{2.f.Z_d.d_c}$$

Với khoảng cách a=100 mm (theo khả năng bố trí cơ khí) ; Z_d =2 ; d_c =8 mm

$$P_k \geq \frac{G_{nh}.a}{2.f.Z_d.d_c} = \frac{70*100}{2*0{,}3*2*10} = 580\ N$$

Như vậy lực căng cần thiết để đảm bảo nhổ cây nhỏ hơn hiều so với lực căng cực đại của đai P_{kmax} = 2000N. Ta chọn lực căng đai P_k =1000 N để đảm bảo an toàn

** Độ võng của đai* $\vec{T}_c$

Theo sơ đồ hình 2b độ võng theo cực đại theo hướng lực $\vec{T}_c$ tác động lên 4 dây đai được tính theo công thức

$$\Delta = \frac{T_c}{4.z_d.P_k}.a$$

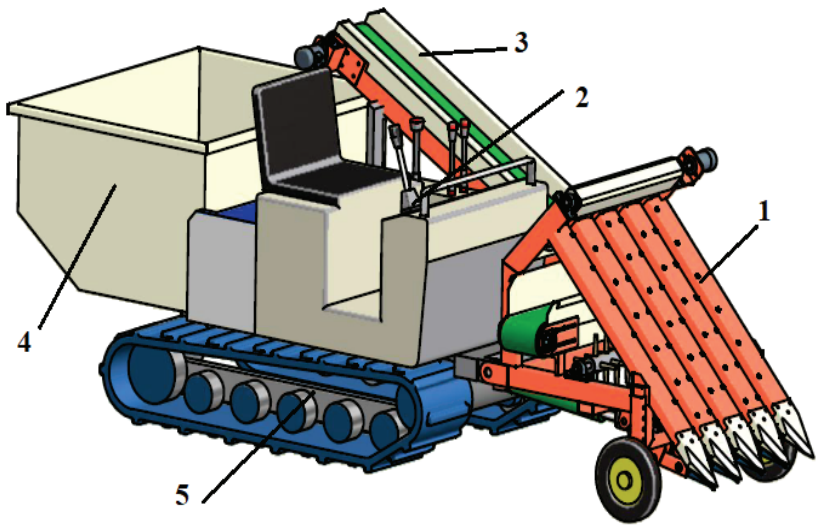
Trong đó Z_d là số lượng dây đai.

Với khoảng cách a=100mm (theo khả năng bố trí cơ khí) ; Z_d =2 độ võng sẽ có giá trị

$$\Delta = \frac{T_c}{2.z_d.P_k}.a = \frac{50}{4*2*1000}*100 = 0.625\ mm$$

Giá trị độ võng này là hoàn toàn có thể chấp nhận được

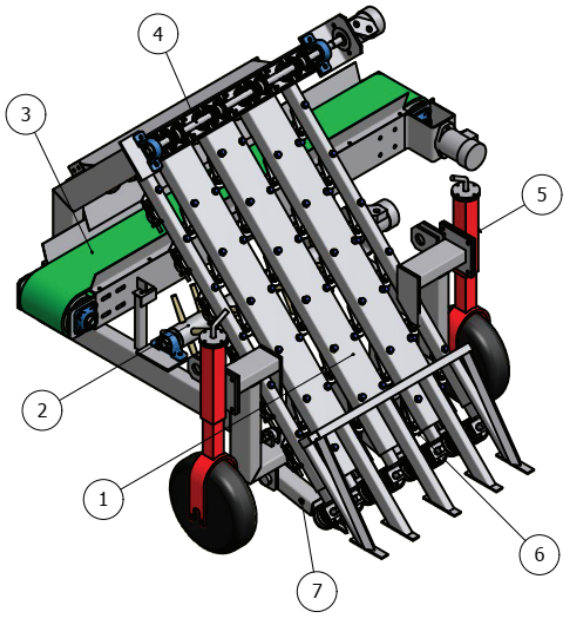
3.4. Giới thiệu cấu tạo và hoạt động của máy thu hoạch tỏi



Hình 4. Máy thu hoạch tỏi

1/Đầu thu; 2/Hệ thống lái; 3/Băng tải nghiêng; 4/ Thùng chứa; 5/ Saxi máy

Mô tả kết cấu: Máy thu hoạch tỏi gồm có 05 bộ phận chính (xem hình 1): Cụm đầu thu (1) kết nối với saxi (5) bằng các khớp xoay và xy lanh cho phép nâng hạ dễ dàng khi làm việc và khi di chuyển qua hệ thống lái, điều kiển (2). Băng tải nghiêng (3) giúp vận chuyển sản phẩm từ đầu thu hoạch lên thùng chứa (4).



Hình 5. Cụm đầu thu

1/Cụm saxi; 2/ Cụm lô đập; 3/ Băng tải ngang; 4/Cụm truyền động; 5/ Bánh dẫn hướng; 6/ Cụm puly nén; 7/ Cụm đũi đất

Cụm đầu thu (hình 2) là bộ phận chính của máy thu hoạch, nó gồm có cụm lô đập (2) làm nhiệm vụ làm sạch đất còn sót lại trên củ sau khi nhổ. Cụm truyền động (3) sẽ truyền chuyển động từ mô tơ thuỷ lực qua các cặp bánh răng côn tới các pu ly chủ động. Bánh dẫn hướng (5) đảm bảo cụm đầu thu luôn cách mặt đất một khoảng theo mong muốn. Cụm puly nén (6) giúp các dây đai kẹp chặt thân cây hành, tỏi. Cụm đũi đất (7) làm nhiệm vụ đào phá liên kết đất với củ tỏi giúp cho công đoạn nhổ được dễ dàng. Băng tải ngang vận chuyển củ đã cắt rời tới băng tải dọc đưa lên thùng chứa. Tất cả các cụm trên được bắt vững chắc vào khung (1).

Sau khi đánh giá một số thông số đã thiết kế, chế tạo bộ phận kẹp nhổ gắn trên liên máy thu hoạch để áp dụng cơ giới hoá khâu thu hoạch phù hợp với kỹ thuật và tập quán sản xuất hành tập trung tại Việt Nam



Hình 7. Máy thu hoạch tỏi năng xuất 0.2.ha/h

Trong quá trình theo dõi, thử nghiệm máy tại vùng sản xuất hành tỏi tập trung xã Bạch Đằng, huyện Kinh Môn, Hải Dương đạt được các thông số kỹ thuật sau đây:

- Máy thu hoạch được 4 hàng;
- Sản phẩm hành tỏi được cắt thân;
- Máy đảm bảo vận chuyển hành tỏi về thùng chứa bằng băng tải;
- Năng suất thuần túy: 0,2 ha/h;
- Độ sót: 2,47 %;
- Độ sây sát củ khi thu hoạch: 1,44 %.

IV. KẾT LUẬN VÀ ĐỀ NGHỊ

4.1. Kết luận:

- Qua phân tích, đánh giá một số máy và nguyên lý thu hoạch trên thế giới, nhóm nghiên cứu đã tìm ra nguyên lý phù hợp với các điều kiện sản xuất của Việt Nam
- Bằng thí nghiệm tại xưởng chế tạo, đã kiểm tra, đánh giá được các thông số chính của bộ phận kẹp nhổ trồng hoàn toàn đáp ứng với những yêu cầu đã đặt ra.
- Trên cơ sở nghiên cứu bộ phận kẹp nhổ nhóm nghiên cứu đã nghiên cứu, thiết kế và chế tạo mẫu máy thu hoạch tự hành phù hợp sản xuất tỏi tập trung của Việt Nam

4.2. Đề nghị:

Tiếp tục khảo nghiệm mẫu máy và ứng dụng mô hình tại vùng sản xuất hành tỏi tập trung để có các đánh giá chính xác về các thông số của mẫu máy và tính toán hiệu quả kinh tế so với thu hoạch thủ công hiện nay.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Hữu Thành (năm 2018). Đề tài cấp tỉnh *"Ứng dụng tiến bộ kỹ thuật xây dựng mô hình sản xuất củ hành tím an toàn tại huyện Vĩnh Châu, tỉnh Sóc Trăng"*,

2. Đinh Thiếu Sơn (năm 2019). Dự án SXTN "*Phát triển mô hình trồng tỏi tập trung tại xã Ba Đồn và chuỗi cung ứng từ tỏi*"

3. Fu ZQ, Ma M, Zhang GY et al (2010) *Inventor based garlic harvester design*. Agric Mach S2:109–110

4. Fu HT (2015). *Jinxiang garlic mechanization harvest status analysis*. Times Agric Mach 8:8–17

5. Gao QH, Chen SG (2015) *Research and design of frontal garlic harvester*. Hebei Agric Mach 12:13–15

6. Qun Sun, Yongxiang Su. (2018) *Design and Development of Self-Propelled Garlic Harvester*. National Academy of Agricultural Sciences

7. https://www.mariamachinery.com/*garlic-harvester/automatic-garlic-bulb-harvester-machine.html*

Ngày nhận bài: 28/6/2025

Người phản biện: TS Đỗ Hữu Khi – Hội Cơ khí Nông nghiệp VN

KẾT QUẢ KHẢO NGHIỆM THIẾT BỊ XỚI ĐẤT VÀ LÀM CỎ CHO CÂY LẠC

Nguyễn Văn Tuấn Anh[1], Nguyễn Văn Lành[1], Phạm Duy Lam[1], Nguyễn Nam Quyền[1], Nguyễn Thanh Nghị[1]

TÓM TẮT:

Với xu hướng đẩy mạnh ứng dụng cơ giới hóa trong sản xuất nông nghiệp nói chung, hiện nay nhiều loại máy và thiết bị cũng đã và đang được ứng dụng trong các khâu canh tác đậu phộng từ khâu làm đất, gieo hạt, diệt cỏ, và thu hoạch. Trong đó, việc ứng dụng thiết bị xới đất, làm cỏ trong khâu làm cỏ thay vì dùng thuốc diệt cỏ đã không chỉ giảm thiểu chi phí công lao động mà còn góp phần giảm ô nhiễm môi trường và hướng đến canh tác hữu cơ. Nghiên cứu này được thực hiện với mục đích đánh giá hiệu quả ứng dụng dựa trên những số liệu và các thông số được đo đạc và tính toán qua việc khảo nghiệm máy làm việc trên đồng. Máy được liên hợp với máy kéo công suất 22 HP và làm việc với năng suất 0,9 ha/giờ, vận tốc 9,3 ± 0,4 km/giờ và và bề rộng làm việc thực tế 1,12 m. Hiệu suất làm cỏ đạt được 69 - 72% và độ sâu chăm sóc là 4 – 6 cm. Kết quả nghiên cứu cho thấy việc ứng ứng dụng thiết bị xới đất, làm cỏ trong khâu chăm sóc, đã mang lại hiệu quả giảm chi phí lao động (70%), và giảm chi phí thuốc diệt cỏ.

Từ khóa: *máy cuốc quay, cơ giới hóa, chăm sóc đậu phộng, hiệu quả kinh tế*

FIELD TEST RESULTS OF A TILLING AND WEEDING DEVICE FOR PEANUT CULTIVATION

ABSTRACT:

Together with the trend of promoting mechanization in agricultural production, various types of machines and equipment have been applied at different stages of peanut cultivation, including land preparation, sowing, crop cultivation, and harvesting. Among these, the use of rotary hoes for weeding instead of herbicides has not only reduced labor costs but also contributed to improved labor health and environmental protection, and the promotion of organic farming. This study was conducted to evaluate the effectiveness of mechanization based on measured data and calculated parameters obtained through the field tests. The rotary hoe was mounted on a 22 HP tractor and operated with a working capacity of 0.9 ha/h, a forward speed of 9.3 ± 0.4 km/h, and an actual working width of 1.12 meters. The weeding efficiency reached 69 – 72%, and the cultivation depth ranged from 4 to 6 cm. The results indicate that the application of rotary hoes in the crop cultivating stage effectively reduced labor costs (by 70%) and herbicide expenses.

Keywords: *rotary hoe, mechanization, peanut cultivating, economic efficiency*

[1]Khoa Cơ khí – Công nghệ, Trường Đại học Nông Lâm TP. HCM

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đậu phộng (hay còn gọi là lạc) là cây công nghiệp ngắn ngày cung cấp nguyên liệu cho ngành chế biến thực phẩm như dầu và bơ đậu phộng. Không chỉ ở Việt Nam, đậu phộng cũng được trồng nhiều ở nhiều nơi như Ấn Độ, Trung Quốc, Nigeria, Indonesia, hay Sudan. Do điều kiện thổ nhưỡng, thời tiết và quy mô canh tác khác nhau nên năng suất ở mỗi vùng và quốc gia cũng có những biến động khác nhau [1]. Trên thực tế, đậu phộng được trồng ở nhiều loại đất khác nhau, với điều kiện tơi xốp, khô ráo và thoát nước nhanh để tia đậu phộng dễ đâm vào đất. Ở Đồng bằng sông Cửu Long, một số nơi có điều kiện phù hợp cho canh tác đậu phộng như Trà Vinh, Tây Ninh, hay Long An, với thành phần cơ giới nhẹ, tơi xốp, thoát nước tốt, không ngập úng, và độ pH từ 5,7 đến 6,5.

Để đảm bảo năng suất và chất lượng, thì các khâu trong canh tác cần đáp ứng những yêu cầu kỹ thuật nông học, mà trong đó khâu chăm sóc có ý nghĩa quan trọng và tiên quyết. Trong khâu làm đất, việc cày sâu, bừa kỹ làm cho đất tơi xốp sạch cỏ dại tạo điều kiện cho hệ rễ lạc phát triển và cây sinh trưởng tốt. Việc ứng dụng cơ giới hóa trong mô hình canh tác đậu phộng ở Tây Ninh đã mang lại một số hiệu quả như tăng năng suất từ 3,6 lên 4,2 tấn/ha và với mức giảm chi phí khâu gieo hạt 32,5%, khâu thu hoạch 20,5%, và khâu bức củ 25,9% [2]. Tuy nhiên, ở mô hình này, khâu chăm sóc như làm cỏ, bón phân và phun thuốc vẫn chưa được cơ giới mà vẫn còn thực hiện bằng phương pháp thủ công.

Trong khâu chăm sóc với lạc trồng không che phủ nilon thì cần xới đất làm 3 lần, lần 1 xới đất khi cây có 2-3 lá thật sau khi cây mọc 10-12 ngày, lần 2 xới đất làm cỏ khi cây có 6-7 lá thật, xới sâu 5-6cm làm đất tơi xốp cho sự phát triển tốt nhất cho lạc, xới đất làm cỏ lần 3 khi hoa rộ 7-10 ngày [3]

Kết quả xây dựng mô hình thâm canh tổng hợp, áp dụng cơ giới hóa sản xuất lạc tại Tây Ninh năm 2017 cho thấy năng suất tăng từ 3,6 tấn/ha lên 4,2 tấn/ha, chi phí sản xuất được kéo giảm đáng kể. Nghiên cứu [2] cho thấy áp dụng cơ giới hóa vào các khâu gieo hạt (tạo lỗ + bỏ hạt + lấp đất) giảm 32,5 % chi phí, quá trình đào nhổ giảm 20,45% chi phí, quá trình bức củ giảm 25,92% chi phí. Với giá lạc 26.000 đồng, lợi nhậu của mô hình thâm canh tổng hợp, áp dụng cơ giới hóa sản xuất lạc tại Tây Ninh 52,75 %. Tuy nhiên nghiên cứu này vẫn chưa áp dụng cơ giới hóa ở khâu chăm sóc cây đậu phộng. Với kết quả ứng dụng cuốc quay trong khâu chăm sóc làm cỏ đã mang lại hiệu quả cao [8], việc nghiên cứu ứng dụng và đánh giá hiệu quả làm việc của cuốc quay trong khâu chăm sóc đậu phộng mang tính cấp thiết không chỉ góp phẩm giảm chi phí nhân công lao động mà còn góp phần giảm thuốc trừ cỏ, hướng đến phục vụ trong quy trình canh tác hữu cơ và giảm phát thải.

Trong quá trình chăm sóc cây đậu phộng, cỏ dại chủ yếu được kiểm soát bằng tay hoặc bằng máy. Việc loại bỏ cỏ dại được thực hiện vào khoảng 20-25 ngày sau ngày gieo hạt và sau đó lặp lại sau mỗi 12-15 ngày cho đến khi tán cây che phủ hoàn toàn. Một phương pháp hiệu quả thường được sử dụng để quản lý cỏ dại trong vụ

mùa giữa các hàng là làm cỏ bằng bằng máy cuốc quay [9].

2. THIẾT BỊ VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Thiết bị xới, làm cỏ liên hợp với máy kéo

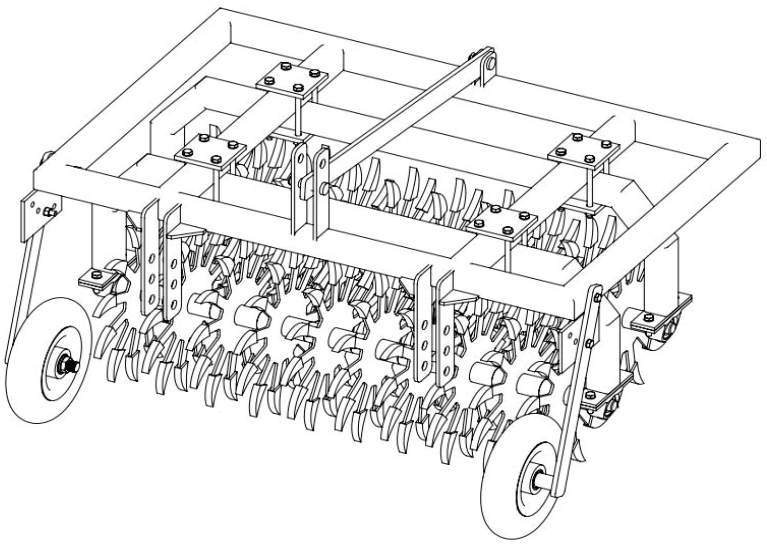
Nghiên cứu được thực hiện với thiết bị xới, làm cỏ liên hợp với máy kéo công suất 22 HP (Hình 1). Bộ phận làm việc gồm 2 mảng trục lưỡi với bề rộng 1,2 m và đường kính 0,4 m (Hình 2 & 3), liên kết 3 điểm treo giúp cho cơ động hơn khi máy làm việc trên đồng ở vận tốc tiến lớn.



Hình 1. Liên hợp máy kéo và thiết bị xới, làm cỏ



Hình 2. Bộ phận làm việc cuốc quay



Hình 3. Bản vẽ cấu tạo bộ phận làm việ cuốc quay

2.2 Xác định các đặc tính của đất canh tác

Độ chặt: Độ chặt của đất là đại lượng ứng suất kháng nén sâu vào đất trên đơn vị diện tích, đơn vị là N/cm^2. Độ chặt của đất được tính thức công thức sau [10]:

$$C = \frac{F}{\Omega} \quad (1)$$

Trong đó: C là độ chặt đất, N/cm^2; F là lực nén vào đất, N; Ω là diện tích của mũi côn tiếp xúc, cm^2.

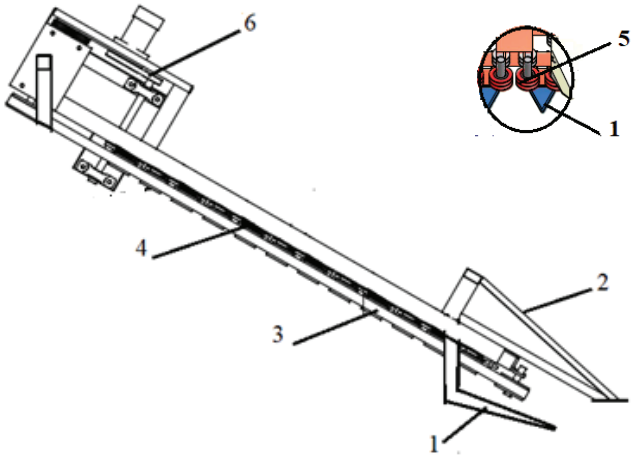
với khả năng điều chỉnh chiều cao và tốc độ quay. Băng tải thanh (7) được lắp phía trên với một nắp che (8) có chiều rộng bằng băng tải.

Khi di chuyển trên cánh đồng, lưỡi đào (1) đào các hàng tỏi giống và khối lượng thu hoạch được đưa vào sàng (2), nơi đất và tạp chất được tách ra. Bộ rung (3) với băng đàn hồi (4) và các gờ nổi của băng tải (8) tác động nhẹ lên vật liệu, tăng cường quá trình tách tạp chất.

3.1.2. Nguyên lý kẹp nhổ

Mô tả của nguyên lý kẹp nhổ như sau:

Theo nguyên lý này, khi máy di chuyển lưỡi đào (1) sẽ tác động vào đất làm vỡ sơ bộ liên kết. Thanh rẽ hàng (2) ở mỗi hàng sẽ rẽ, hỗ trợ nâng gốc tỏi lên và cùng với các đai kẹp (3) sẽ giúp cho việc nhổ cây tỏi lên. Bộ phận kẹp bao gồm đai kẹp (3) nhận truyền động từ hệ thống truyền động thuỷ lực (6), bánh đai (5) và thiết bị căng (4) có tác dụng gữi cây và nâng dần cây đồng thời phân tách đất đưa đến bộ phận cắt và thùng chứa.



Hình 3: Nguyên lý kẹp nhổ

1/ Lưỡi đào; 2/ Thanh rẽ; 3/ Đai kẹp;

4/ Thiết bị căng; 5/ Bánh đai; 6/ Cụm truyền động

Nhận xét:

Với công nghệ sàng rung ưu điểm máy có năng suất cao, nhưng nhược điểm máy có kính thước lớn, để phân ly tốt bộ phận sàng rung phải dài gây mấy cân bằng trong khi làm việc và phải thêm công đoạn cắt cây sau khi thu hoạch. Với nguyên lý kẹp nhổ máy có khả năng làm sạch tốt, mức độ cơ giới hoá cao tuy nhiên để máy có nguyên lý này là việc tốt thì quá trình canh tác đòi hỏi mức độ cơ giới hoá đồng bộ tương đối cao từ làm đất đến trồng, khoảng cách hàng phải đủ lớn.

Hiện nay với công nghệ, thiết bị về thủy lực và điều kiển tự động rất phát triển do vậy nguyên lý kẹp nhổ đã được áp dụng ở hầu hết các máy thu hoạch hành tỏi, cà rốt tiên tiến hiện nay.

Do vậy dựa trên các mẫu máy hiện có trên thế giới, với quy trình canh tác cây tỏi và trình độ công nghệ chế tạo ở nước ta. Nhóm nghiên cứu đề xuất áp dụng nguyên lý kẹp nhổ để nghiên cứu thiết kế, chế tạo máy thu hoạch tỏi theo hàng. Máy có thể cắt

$$W_{lt} = 0,1. B_{ct}. V_{lt} \quad (3)$$

Trong đó: B_{ct} là bề rộng cắt theo cấu tạo của máy, m; V_{lt} là vận tốc lý thuyết của máy (theo tính toán thiết kế, km/h.

Năng suất làm việc thực tế: Là khối lượng công việc thực tế máy hoàn thành được trong khoảng thời gian nhất định, được xác định theo công thức sau:

$$W_{lv} = 0,1. B_{lv}. V_{lv}. \tau \quad (4)$$

Trong đó: W_{lv} là năng suất làm việc thực tế của máy, ha/giờ; B_{lv} là bề rộng làm việc thực tế của máy khi đo đạc trên đồng, m; V_{lv} là vận tốc làm việc thực tế của máy, km/h; τ là hệ số sử dụng thời gian. Hệ số sử dụng bề rộng làm việc của máy nông nghiệp dao động trong khoảng 0,90 đến 0,95, tùy từng loại máy [6].

Hiệu suất làm việc của máy: Được xác định là tỷ số giữa năng suất làm việc thực tế và năng suất làm việc lý thuyết [7], [13]. Thông số này nói lên hiệu quả làm việc của máy và bị ảnh hưởng bởi các yếu tố như độ bền và tính ổn định của máy, điều kiện đồng ruộng, và mức độ vận hành của người lái máy.

Lượng nhiên liệu tiêu thụ: Được xác định bằng cách xác định mức nhiên liệu trong thùng dầu của máy kéo trước và sau khi máy hoàn thành một diện tích chăm sóc [7].

Độ sâu chăm sóc (độ sâu xới): Là độ sâu xới của lưỡi cuốc vào trong đất và được xác định sau khi chăm sóc và được đo bằng thước lá từ độ sâu lớp đất được làm tơi so với độ cao mặt đồng phần chưa được xới.

Tỷ lệ hư hỏng: Tỷ lệ hư hỏng là chỉ số thể hiện số cây đậu phộng bị hư hỏng sau khi máy chăm sóc chạy qua. Tỷ lệ hư hỏng là số liệu quan trọng để đánh giá độ hoàn thiện và khả năng đưa vào thực tế của máy chăm sóc. Chỉ tiêu này được xác định bằng tỷ số cây bị hư hại và tổng số cây được đến trên chiều dài đường chạy sau khi chăm sóc [14].

Hiệu suất làm cỏ: Là tỷ số giữa số cây cỏ mà máy đã làm được và tổng số cây cỏ được đếm trên cùng một hàng và cùng chiều dài luống chăm sóc.

2.4 Đánh giá hiệu quả kinh tế

Từ những dữ liệu và thông số làm việc của máy được xác định trong quá trình khảo nghiệm, tính hiệu quả kinh tế của máy được đánh giá qua các chỉ tiêu gồm chi phí – lợi nhuận, thời gian hoàn vốn, điểm hòa vốn, và suất nội hoàn [6].

Chi phí – lợi nhuận (Cost-benefit): Được phân tích dựa trên dữ liệu về các khoản chi phí cố định, chi phí biến động, tổng thu được tính trên diện tích làm việc và lợi nhuận hàng năm sau khi trừ các khoản chi. Chi phí khấu hao máy được tính với chi phi đầu tư gồm máy kéo và bộ phận cuốc quay. Tuy nhiên, để tính riêng cho khâu chăm sóc, chi phí này được ước tính theo tỷ lệ (20%) thời gian máy phục vụ trong các khâu canh tác khác như làm đất và thu hoạch.

Bảng 1. Dữ liệu đầu vào để phân tích đánh giá hiệu quả kinh tế

Stt	Dữ liệu	Đơn vị	Giá trị
1	Chi phí đầu tư máy kéo 25 HP (giá máy kéo đã qua sử dụng để giảm chi phí đầu tư ban đầu)	đồng	80.000.000
2	Giá thành bộ phận chăm sóc (tính cho giá thành máy khi được cung cấp ra thị trường)	đồng	20.000.000
3	Thời gian khấu hao máy (ước tính theo một số loại máy nông nghiệp khác)	năm	5
4	Năng suất làm việc (số liệu khảo nghiệm thực tế)	ha/giờ	0,9
3	Giá thuê nhân công lao động và lái máy (theo giá tại địa phương nơi khảo nghiệm)	đồng/ngày	500.000
4	Giá nhiên liệu	đồng/lít	18.000
5	Mức tiêu thụ nhiên liệu (đo đạc trong quá trình khảo nghiệm liên hợp máy)	lít/giờ	1,2

Thời gian hoàn vốn (pay-back period): Là khoảng thời gian cần thiết để thu hồi toàn bộ số tiền đã đầu tư ban đầu vào liên hợp máy, thông qua lợi nhuận thu được mỗi năm. Chỉ số này được tính là tỷ số giữa tổng đầu tư máy và lợi nhuận hàng năm. Thời gian hoàn vốn càng ngắn thì tính khả thi của dự án càng cao, đồng thời cho thấy máy mang lại hiệu quả kinh tế tốt trong thời gian ngắn.

Điểm hòa vốn (break-even point): Là mức diện tích (tính theo ha) mà thiết bị cần phải làm việc trong năm để đạt được doanh thu bằng đúng chi phí đầu tư ban đầu, tức là chưa sinh lời nhưng cũng không bị lỗ. Sau điểm này, mọi hoạt động tiếp theo đều mang lại lợi nhuận. Chỉ số này giúp xác định quy mô sử dụng tối thiểu để đảm bảo hiệu quả đầu tư và được tính theo công thức sau [13]:

$$B = \frac{F_c}{V_a - V_m} \qquad (5)$$

Trong đó: B là điểm hòa vốn, ha/year; F_c là chi phí cố định đối với máy, đ/year; V_a là chi phí biến động đối với phương pháp thủ công, đ/ha; V_m là chi phí biến động đối với sử dụng máy, đ/ha.

Suất nội hoàn (Internal Rate of Return): Là mức lãi suất mà trong một thời gian dự kiến nhất định (thường là đời của thiết bị), dùng để đánh giá sơ bộ dự án đầu tư này có hiệu quả hay không. Nếu giá trị IRR càng cao thì tỷ lệ hoàn vốn của dự án càng lớn ngược lại nếu IRR thấp hơn giá trị chiết khấu thì khả năng thu hồi vốn của dự án giảm và dự án trở nên khó sinh lời. IRR là nghiệm (r) từ giải phương trình (4) như sau [6]:

$$NPV = C_0 + \sum_{n=1}^{N} \frac{L_n}{(1+r)^n} = 0 \quad (6)$$

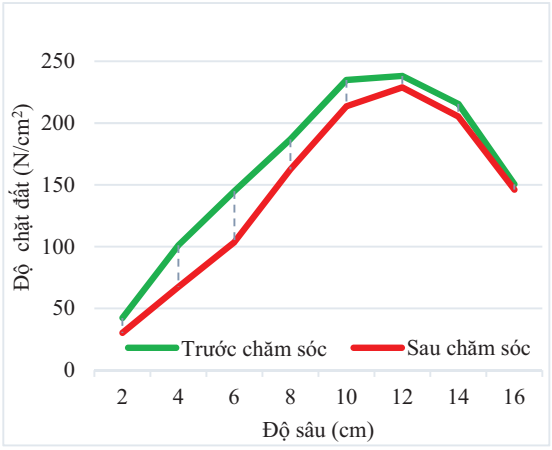
Trong đó: NPV là giá trị hiện tại (Net present value); C_0 là đầu tư ban đầu (trị số âm '-'); L_n là thu lợi năm thứ n, với n = 1,2,3...N, tính đến cuối năm.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

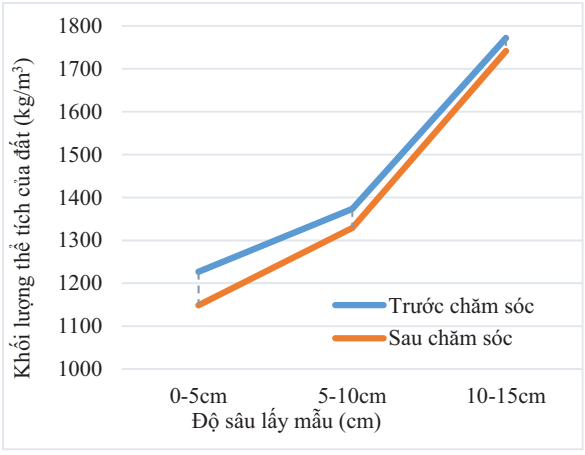
3.1 Đặc điểm ruộng khảo nghiệm và cây trồng

Độ chặt và khối lượng thể tích của đất: Độ chặt của đất ảnh hưởng đến khả năng ăn sâu của các bộ phận làm việc của máy canh tác, cụ thể là lưỡi cuốc trong nghiên cứu này. Độ chặt đất thay đổi theo độ sâu và thành phần của đất. Ở độ sâu từ 2 – 16 cm độ chặt đất sau chăm sóc dao động từ khoảng 30,2 đến 228,9 N/cm^2 (Hình 5). Sự giảm độ chặt của đất sau khi máy cuốc quay làm việc từ 29 đến 33% ứng với độ sâu canh tác.

Khối lượng thể tích của đất là đại lượng ảnh hưởng đến độ chặt của đất. Đất có khối lượng thể tích càng lớn thì độ chặt sẽ càng lớn, điều này tác động đến quá trình làm tơi vỡ đất. Sau quá trình chăm sóc, khối lượng riêng của đất sẽ giảm so với ban đầu vì đã được làm tơi xốp. Khối lượng thể tích của đất thay đổi theo độ sâu của các lớp đất, có giá trị từ 1.148 – 1.771 kg/m^3, tương ứng với kết quả nghiên cứu khác [15]. Khối lượng thể tích của lớp đất tăng dần theo độ sâu của lớp đất (Hình 6). Sau khi chăm sóc khối lượng thể tích của đất giảm ở các độ sâu chăm sóc điều này thể hiện đất được xới tơi xốp, tạo điều kiện cho sự phát triển của rễ đậu phộng và hình thành hạt đậu phộng, tuy nhiên cần quan tâm đến việc tưới nước đo đất tới xốp dễ thoát ẩm.



Hình 6. Độ chặt của đất



Hình 7. Khối lượng riêng của đất

Độ ẩm của đất: Tại thời điểm tiến hành lấy mẫu để đo độ ẩm thì thời tiết nắng nóng và đất thuộc loại cát pha do đó độ ẩm của đất tương đối thấp. Độ ẩm của đất thay đổi theo khác nhau của nó. Ở độ sâu 5 – 10 cm có độ ẩm cao hơn so các lớp đất khác. Với độ sâu từ 0 – 5 cm đất có độ ẩm 6,9 – 7,6%, độ sâu từ 5 – 10 cm đất có độ ẩm 8,4 – 12,1%

và độ sâu từ 10 – 15 cm độ ẩm của đất từ 9,0 – 10,9%

Độ tơi xốp đất: Dựa vào sự thay đổi khối lượng riêng của đất, độ tơi xốp được xác định trước và sau quá trình chăm sóc. Độ tơi xốp của đất ở các độ sâu 5, 10 và 15 cm tương ứng là 6,35 %, 3,25%, và 1,72%. Lớp đất bề mặt có độ tơi xốp cao do nằm trong độ sâu làm việc của máy chăm sóc cuốc quay.

Đặc điểm cây đậu phộng ở giai đoạn chăm sóc: Đậu phộng được gieo thàng từng líp, trên mỗi líp gồm 3 hàng, khoảng cách giữa các hàng từ 25 – 30 cm. Trên mỗi hàng, hạt được gieo thành từng cụm, mỗi cụm từ 2 – 3 hạt, khoảng cách giữa các cụm từ 25 – 30 cm. Theo quy trình canh tác lạc tại Việt Nam, việc xới đất và làm cỏ thường được thực hiện nhiều lần trong chu kỳ sinh trưởng của cây. Lần xới đất đầu tiên thường diễn ra khi cây có từ 2-3 lá thật, kết hợp với bón thúc và làm cỏ để phá váng, tạo độ thoáng dưới gốc và điều kiện cho cành cấp 1 phát triển tốt. Lần xới đất thứ hai thường được tiến hành khi cây có từ 7-8 lá thật, trước khi cây ra hoa, với độ sâu xới khoảng 5-6 cm, sát gốc nhưng không vun gốc. Trên thực tế trong điều kiện thử nghiệm, quá trình chăm sóc và lấy số liệu khảo nghiệm được thực hiện sau khi gieo hạt 10 ngày, với cây có chiều cao từ 4 – 6 cm.

Độ sâu và độ tơi xốp sau chăm sóc: Với điểm đặc trưng của cuốc quay là làm việc hiệu quả với vận tốc tiến 9,34 km/h, cao hơn so với một số loại máy canh tác phổ biến khác. Sau khi chăm sóc với cuốc quay, cỏ được nhổ phơi trên mặt đồng và lớp đất mặt được xới làm tơi xốp hơn (Hình 7 & 8). Ngoài ra, thiết bị xới, làm cỏ có thể làm việc ở vận tốc tiến lớn hơn đến 15 km/h và cũng với độ sâu chăm sóc 4 – 5 cm [16].



Hình 8. Mặt đồng và cỏ trước chăm sóc



Hình 9. Mặt đồng và cỏ sau chăm sóc

Lớp đất được làm tơi xốp trên bề mặt với độ sâu 4 - 6 cm (Bảng 2), phá váng (làm tơi xốp đất mặt) và diệt cỏ, đáp ứng yêu cầu kỹ trong quy trình canh tác [7]. Độ tơi xốp được đánh giá qua khối lượng thể tích của đất đã giảm từ 1.227 kg/m^3 xuống còn

Bảng 2. Độ sâu chăm sóc, cm

Vị trí	Lần 1	Lần 2	Lần 3	Lần 4	Lần 5	Trung bình
1	4.0	4.5	5.0	5.1	4.9	4.7
1	4.3	5.0	4.1	4.0	5.0	4.9
3	5.0	4.8	5.0	5.2	4.8	5.0
4	5.2	5.4	5.0	5.2	4	5.0
5	5.0	4.6	4.6	4.4	5.4	4.8

3.2 Kết quả khảo nghiệm liên hợp máy

Năng suất: Liên hợp máy được xác định làm việc với năng suất 0,9 ha/giờ, ứng với vận tốc làm việc thực tế của máy là 9,3 km/h. So với năng suất lý thuyết, liên hợp máy đạt hiệu suất làm việc là 80% vì trên thực tế ngoài thời gian làm việc thuần túy còn có thời gian cho các công việc khác như thời gian quay đầu bờ, máy chạy không và tiếp nhiên liệu.

Có thể nhận thấy vận tốc làm việc thực tế của liên hợp máy có giá trị khoảng 80% so với vận tốc lý thuyết. Vì trên thực tế, thời gian liên hợp máy làm việc được tính bao gồm cả thời gian quay đầu bờ.

Tỷ lệ hư hỏng: Khi làm việc, các đĩa cuốc lăn trên mặt đồng và có khả năng lướt qua cây đậu phộng nên sẽ giảm khả năng làm hư hỏng cây. Kết quả cho thấy tỷ lệ cây bị hư hại do máy chăm sóc gây ra nhỏ hơn 1% (Bảng 3). Đa phần các cây bị hư hại là cây có rễ chưa ăn sâu xuống đất nên dễ bị bật gốc. Tỷ lệ hư hỏng phụ thuộc vào độ sâu chăm sóc, vận tốc làm việc của liên hợp máy và trình độ vận hành của người lái máy.

Bảng 3. Tỷ lệ hư hỏng trong quá trình chăm sóc.

Vị trí	Số cây hư hỏng	Tổng số cây /5m chiều dài luống (cây)	Tỷ lệ hư hỏng (%)
1	0	124	0%
2	1	127	0.79%

3	1	132	0.76%

3.3 Đánh giá hiệu quả kinh tế

Hiện tại, việc chăm sóc đậu phộng gồm xới đất và làm cỏ đang được thực hiện bằng thủ công và cần với số lượng lớn nhân công lao động, từ 40 đến 50 ngày công/ha. Với giá thuê lao động từ 400.000 đến 500.000 đ/ngày, chi phí cho khâu này cao, từ 22 đến 26 triệu đồng/ha. Trong khi đó, từ kết quả khảo nghiệm máy trên đồng đậu phộng của Công ty Đạt Butter (Củ Chi, Tp.HCM), việc áp dụng cơ giới hóa khâu chăm sóc với cuốc quay đạt hiệu suất làm cỏ 70%, với mức chi phí thấp 4 – 5 triệu đồng/ha, đã giảm đáng kể so với thủ công. Tuy nhiên do đặc thù của cuốc quay không loại bỏ được triệt để các loại cỏ dại cho nên cần kết hợp với việc làm thủ công với phần cỏ còn lại (10 – 12 ngày công/ha), mức chi phí này từ 2 – 3 triệu đồng/ha. Vậy tổng chi phí cho khâu chăm sóc này đã giảm từ 69 đến 72% khi ứng dụng thiết bị xới, làm cỏ so với thủ công. Với tổng đầu tư 100 triệu đồng (gồm máy kéo và bộ phận cuốc quay), điểm hòa vốn là 15 ha/năm và thời gian hoàn vốn là 2 năm.

4. KẾT LUẬN

Việc ứng dụng cuốc quay trong khâu chăm sóc đậu phộng (làm cỏ, xới đất) đã góp phần giảm nhân công lao động và giảm chi phí sản xuất. Với việc làm cỏ bằng cơ giới thay cho việc dùng thuốc diệt cỏ không chỉ giảm chi phí mà còn giảm sự ảnh hưởng của thuốc đến sức khỏe người nông dân và môi trường. Máy được thiết kế và vận hành đơn giản nên có giá thành thấp, có khả năng làm việc ổn định và đáp ứng yêu cầu kỹ thuật nông học trong canh tác đậu phộng, đặc biệt phù hợp với xu hướng canh tác hữu cơ.

Lời cám ơn: Nhóm tác giả xin chân thành cám ơn Công ty Đạt Butter đã hỗ trợ và tạo điều kiện để nhóm nghiên cứu thực hiện khảo nghiệm máy trên đồng trồng đậu phộng tại công ty.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Nguyễn Văn Chương, Trần Văn Sỹ, Võ Như Cầm Trần Hữu Yết, Nguyễn Văn Long, Phạm Văn Ngọc và Bùi Chí Bửu. 2015. *Cây đậu đỗ ở các tỉnh phía Nam - Thực trạng và định hướng phát triển.* Viện Khoa học Kỹ thuật Nông nghiệp Miền Nam.

[2] Ngô Minh Dũng. 2019. *Mô hình thâm canh tổng hợp áp dụng cơ giới hóa sản xuất lạc tại Tây Ninh.* Tạp chí Khoa học Công nghệ Nông nghiệp Việt Nam - Số 12(109).

[3] Trần Danh Sửu, Nguyễn Thị Chinh, Phạm Thị Xuân, Trần Thị Ánh Nguyệt.2017. Kỹ thuật trồng và chăm sóc cây lạc, GPXB: 30A/GP-CXBIPH, Cục Xuất bản, ISBN: 978-604-9803-07-9.

[4] Võ Văn Thưa và Đặng Hữu Dũng, 1998. *Giáo trình Sử dụng máy trong nông nghiệp*. Trường Đại học Nông Lâm Tp. Hồ Chí Minh.

[5] Đoàn Văn Điện và Nguyễn Bảng, 1987. *Lý thuyết và tính toán máy nông nghiệp*. Trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh.

[6] Phan Hiếu Hiền. 2015. *Năng lượng trong nông nghiệp*, pp 85-104. NXB Nông Nghiệp.

[7] Nguyễn Ích Tân, Nguyễn Xuân Mai và Nguyễn Tất Cảnh, 2010. *Giáo trình Cây trồng đại cương*. Trường Đại học Nông nghiệp Hà Nội. NXB Nông nghiệp.

[8] David Weisberger, Margaret Smit, Mary Wiedenhoe. 2016. *Evaluation of rotary hoe for mechanical weed control in organic oats.* Journal Iowa Organic Association.

[9] Jat, R. S., Meena, H. N., Singh, A. L., Surya, J. N., & Misra, J. B. (2011). Weed management in groundnut (Arachis hypogaea L.) in India: A review. *Agricultural Reviews*, 32(3).

[10] Herrick, J. E., and T. L. Jones. 2002. *A dynamic cone penetrometer for measuring soil penetration resistance*. Soil Science Society of America Journal, 66:1320–1324.

[11] Usaborisut, P., W. Sukcharoenvipharat, S. Choedkiatphon. 2020. *Tilling tests of rotary tiller and power harrow after subsoiling*. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences 19, 391–400.

[12] ASAE Standards S313.3. 2004. *Soil cone penetrometer*.

[13] Rao, J. H. and B. S. Meena. 2019. *Performance and Cost Economics Evaluation of Different Types of Reaper Binder for Harvesting of Wheat in Satna District of Madhya Pradesh, India*. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, Volume 8, Number 10.

[14] ASAE EP496.2 DEC99. 2000. *Agricultural Machinery Management.*

[15] Tafa, W., D. Woyessa, A. Tsegaye. 2022. *Performance evaluation of reaper-binder for wheat.* American Journal of Agricultural Science, Engineering, and Technology, Volume 6, Issue 2.

[16] Leblanc, M. L., D. C. Cloutier, and K. A. Stewart. 2006. *Rotary Hoe Cultivation in Sweet Corn*. Journal of HortTechnology.

Ngày nhận bài: 18/7/2025

Người phản biện: TS Nguyễn Đức Thật – Viện Cơ điện NN & CNSTH

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ, CHẾ TẠO VÀ THỬ NGHIỆM HỆ THỐNG THIẾT BỊ CÔ ĐẶC NƯỚC MẮM

Huỳnh Tiến Trung[1], Lê Minh Hùng[1], Lê Văn Quý[1], Đào Vĩnh Hưng[1], Huỳnh Công Phóng[2].

TÓM TẮT:

Độ đạm, màu sắc, mùi vị là những yếu tố quan trọng giúp đánh giá chất lượng nước mắm. Trong đó độ đạm là thông số chính để xác định chất lượng nước mắm, nước mắm ngon phải có độ đạm cao. Cho nên việc sử dụng quy trình và hệ thống thiết bị chân không dùng để cô đặc nước mắm là cần thiết hiện nay. Cô đặc nước mắm là quá trình sử dụng thiết bị cô đặc chân không để tăng hàm lượng đạm trong nước mắm truyền thống. Nước mắm ban đầu có độ đạm từ 20–30 g/L được đưa vào hệ thống cô đặc ở nhiệt độ thấp (50–60°C) và áp suất chân không (khoảng 0.98 bar), giúp bay hơi nước mà vẫn giữ nguyên các hợp chất dễ bay hơi như axit amin, este, aldehyde – vốn tạo nên mùi thơm đặc trưng. Sản phẩm sau cô đặc có độ đạm cao (60–70 g/L), đảm bảo chất lượng cảm quan, giá trị dinh dưỡng, an toàn vệ sinh thực phẩm, không kết tủa hay biến đổi trong quá trình bảo quản và sử dụng. Hệ thống thiết bị cô đặc nước mắm năng suất 1.200 lít/mẻ, làm việc ổn định và đạt năng suất, thời gian một mẻ: 10 - 12 (giờ), phụ thuộc vào độ đạm nước mắm nguyên liệu và thành phẩm.

Từ khóa: *Cô đặc nước mắm, Cô đặc nước mắm trong chân không, nước mắm cao đạm.*

RESULTS OF RESEARCH, DESIGN, FABRICATION, AND EXPERIMENTAL TESTING OF A FISH SAUCE CONCENTRATION SYSTEM

ABSTRACT:

Protein content, color, and flavor are important factors in evaluating the quality of fish sauce, among which protein content is the primary indicator. High-quality fish sauce must have a high protein concentration. Therefore, applying a vacuum concentration process and system is essential today. Fish sauce concentration is the process of using vacuum evaporators to increase the protein content in traditional fish sauce. The initial fish sauce, with a protein content of 20–30 g/L, is processed in a vacuum concentration system at a low temperature (50–60°C) and vacuum pressure (around 0.98 bar). This allows water to evaporate while preserving volatile compounds such as amino acids, esters, and aldehydes, which contribute to the characteristic aroma. The concentrated product achieves a high protein content (60–70 g/L), ensuring good sensory quality, nutritional value, food safety, and stability during storage and use without precipitation or degradation. The fish sauce concentration system has a capacity of 1,200 liters per batch, operates stably and efficiently, with each batch taking approximately 10–12 hours, depending on the protein content of the raw and finished fish sauce.

Keywords: *Fish sauce concentration, Vacuum fish sauce concentration, High-protein fish sauce.*

[1]Phân viện Cơ điện Nông nghiệp và Công nghệ Sau thu hoạch.
[2]Công ty TNHH Sản xuất Thương mại Hoàng Công Tân.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Theo Tổng cục thống kê, mỗi năm Việt Nam tiêu thụ hơn 200 triệu lít nước mắm với tổng doanh thu khoảng 7.200 – 7.500 tỷ đồng. Các xí nghiệp phân bố khắp các tỉnh ven biển từ Bắc tới Nam. Tuy nhiên các xí nghiệp sản xuất nước mắm lớn chủ yếu tập trung ở Nam Trung Bộ và Nam Bộ như: Nha Trang, Phan Thiết, Phú Quốc. Ở miền Bắc và Bắc Trung Bộ chỉ có một vài xí nghiệp lớn ở: Nghệ An, Thanh Hóa, Hải Phòng. Sản phẩm nước mắm không chỉ phục vụ nhu cầu trong nước mà còn xuất khẩu sang các nước Mỹ, Nhật và Châu Âu… [1]

Nước mắm là một trong những sản phẩm truyền thống đặc trưng của Việt Nam, có giá trị dinh dưỡng cao và được ưa chuộng không chỉ trong nước mà còn trên thị trường quốc tế. Chất lượng nước mắm được đánh giá dựa trên nhiều yếu tố cảm quan như màu sắc, mùi vị, và đặc biệt là độ đạm – yếu tố quan trọng nhất quyết định giá trị thương mại và giá trị dinh dưỡng của sản phẩm. Tuy nhiên, trong quá trình sản xuất truyền thống, nước mắm thường có độ đạm không cao (chỉ khoảng 20–30 g/L), chưa đáp ứng được nhu cầu thị trường ngày càng ưu tiên các sản phẩm có hàm lượng đạm cao.

Theo TCVN 5107:2003 quy định: nước mắm có độ đạm ≥ 40 (g/l) là loại nước mắm loại đặc biệt, độ đạm ≥ 35 (g/l) là loại nước mắm thượng hạng, độ đạm ≥ 30 (g/l) là loại nước mắm hạng 1, độ đạm ≥ 25 (g/l) là loại nước mắm hạng 2, độ đạm không nhỏ hơn 20 (g/l) là loại nước mắm hạng 3. Đsạm chiếm chủ yếu và quyết định giá trị dinh dưỡng của nước mắm. [2]

Để nâng cao chất lượng và giá trị gia tăng cho sản phẩm nước mắm, việc ứng dụng công nghệ cô đặc trong điều kiện chân không là một giải pháp phù hợp và cần thiết. Phương pháp này cho phép tăng hàm lượng đạm lên mức cao (60–70 g/L) mà vẫn giữ được các hợp chất tạo mùi thơm tự nhiên (axit amin, este, aldehyde), đảm bảo chất lượng cảm quan và vệ sinh an toàn thực phẩm. Đồng thời, cô đặc ở nhiệt độ thấp trong môi trường chân không giúp hạn chế sự phân hủy các thành phần nhạy nhiệt, tránh biến đổi màu sắc, không tạo cặn hay kết tinh muối trong quá trình bảo quản.

Trong bối cảnh nhu cầu thị trường ngày càng cao và yêu cầu chất lượng khắt khe, việc nghiên cứu, cải tiến và áp dụng công nghệ cô đặc chân không để sản xuất nước mắm cao đạm là hướng đi cần thiết, góp phần nâng cao giá trị sản phẩm nước mắm truyền thống và tăng khả năng cạnh tranh trên thị trường. Do đó Phân viện Cơ điện Nông nghiệp và Công nghệ Sau thu hoạch (Siaep) phối hợp Công ty TNHH Sản xuất Thương mại Hoàng Công Tân thực hiện nghiên cứu trên.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Tất cả nước mắm sản xuất bằng phương pháp truyền thống (phương pháp đánh khuấy, phương pháp gài nén, phương pháp pháp hỗn hợp). Nghiên cứu không sử dụng nước mắm sản xuất bằng hóa chất hoặc bằng vi sinh vật làm đối tượng. Do sự phối hợp thực hiện nghiên cứu với Công ty

TNHH Sản xuất Thương mại Hoàng Công Tân tại Bình Thuận, nước mắm truyền thống có nguồn gốc từ Bình Thuận được lựa chọn làm đối tượng nghiên cứu chính.

2.2. Phương pháp nghiên cứu và phương pháp thử

2.2.1. Phương pháp nghiên cứu

- Sử dụng phương pháp thu thập thông tin sơ cấp và thứ cấp thông qua internet, báo cáo, sách chuyên đề… Nghiên cứu các tài liệu và công trình nghiên cứu ở Việt Nam và trên thế giới kết hợp với khảo sát thực tế.

- Nghiên cứu được thực hiện theo hướng tiếp cận tổng hợp, bao gồm khảo sát thực tiễn, thiết kế – chế tạo thử nghiệm và đánh giá hiệu quả vận hành của hệ thống thiết bị cô đặc chân không dùng trong chế biến nước mắm cao đạm. Mục tiêu là xác định các thông số kỹ thuật tối ưu, đảm bảo hiệu quả tăng độ đạm, giữ chất lượng cảm quan và hạn chế tổn thất dinh dưỡng trong sản phẩm.

- Thiết kế hệ thống cô đặc dạng chân không theo nguyên lý bay hơi tuần hoàn cưỡng bức. Lựa chọn vật liệu phù hợp (thép không gỉ SUS 304 hoặc SUS 316) đảm bảo an toàn thực phẩm và khả năng chống ăn mòn cao. Trang bị hệ thống bơm chân không, bộ gia nhiệt gián tiếp (ống chùm), bộ ngưng tụ và hệ thống điều khiển tự động. [4]

2.2.2. Phương pháp thử [3]

*** Chuẩn bị mẫu thử:**

Lắc đều chai đựng mẫu, lọc qua giấy lọc hoặc bong cho vào một chai khô, sạch, dùng ống hút lấy chính xác 10 ml nước mắm đã lọc, chuyển vào bình định mức 200 ml thêm nước cất đến vạch định mức, lắc đều. Dung dịch này chỉ sử dụng trong 4 giờ, kể từ khi pha xong.

*** Xác định hàm lượng nitơ amoniac:** theo TCVN 3706 – 90. Hàm lượng nitơ ammoniac, X, tính bằng %, theo công thức:

$$X = (X_{NH3} \backslash X_{tp}) \times 100$$

Trong đó:

. X_{NH3} – là nitơ ammoniac, tính bằng g/l.

. X_{tp} – là hàm lượng nitơ, tính bằng g/l.

*** Xác định hàm lượng nitơ amin,** Y, tính bằng %, theo công thức:

$$Y = (X_{AA'} \backslash X_{tp}) \times 100$$

Trong đó:

. $X_{AA'}$ – là nitơ axit amin, tính bằng g/l.

- Xác định nitơ toàn phần, theo TCVN 3705 – 90.

- Xác định hàm lượng muối, theo TCVN 3701 – 90.

- Định lượng tổng số vi sinh vật hiếu khí: Coliform, E. coli, Staphyloccus aureus, theo TCVN 5287 – 90.

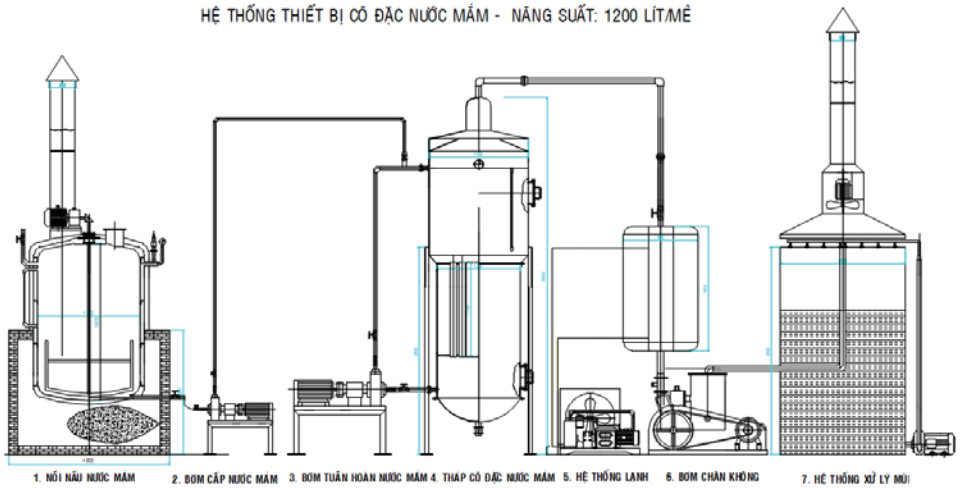
- Định lượng Clostridium perfringens, theo TCVN 4991 – 89.

- Xác định hàm lượng chì, theo TCVN 5685 – 92.

- Áp dụng tiêu chuẩn của Việt Nam TCVN 5107:2003 do Ban Kỹ thuật tiêu chuẩn thuộc Bộ Khoa học và Công nghệ ban hành cho nước mắm thành phẩm.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Hệ thống thiết bị cô đặc nước mắm, năng suất 1.200 (lít/mẻ): (Sơ đồ 1)



Sơ đồ 1. *Hệ thống thiết bị cô đặc nước mắm, năng suất 1.200 (lít/mẻ) (*Nguồn: Kết quả nghiên cứu)*

*** Hệ thống thiết bị cô đặt nước mắm, năng suất 1.200 (lít/mẻ)** bao gồm các cụm thiết bị chính

1. Thùng nấu nước mắm ϕ1.200x1.600x5 (mm), béc đốt dầu DO 3 – 5 gaslone.

2. Bơm cấp nước mắm, công suất N = 1 (kW).

3. Bơm tuần hoàn nước mắm, công suất N = 3 (kW).

4. Tháp cô đặc nước mắm ϕ1.400x3.900x5 (mm).

5. Hệ thống lạnh, công suất N = 5 (kW).

6. Bơm chân không vòng dầu, công suất N = 15 (kW).

7. Hệ thống xử lý mùi, quạt xử lý mùi, công suất N = 2 (kW).

3.2. Nguyên lý hoạt động hệ thống thiết bị cô đăc nước mắm, năng suất 1.200 lít/mẻ

Nước mắm nguyên liệu sau khi được nung nóng lên đến nhiệt độ (t = 80^0C - 90 ^{0}C), bằng cách bơm vào thùng nấu đốt nóng gián tiếp bằng béc dầu DO (*tác nhân truyền nhiệt cho nước mắm là dầu truyền nhiệt).* Sau đó được bơm tuần hoàn nước mắm bơm vào tháp cô đặc nước mắm. Trong tháp ở điều kiện chân không và nhiệt độ sôi thấp làm bay hơi nước trong nước mắm kết hợp lắng muối trong nước mắm làm tăng độ đạm trong nước mắm. Hơi nước sau khi sau khi được bơm chân không hút vào bình ngưng hơi nước, ngưng tụ lại thành nước và được chứa trong thùng chứa nước và được thải ra ngoài. Muối lắng xuống đáy của tháp cô và được lấy ra ngoài khi kết thúc quá trình chưng cất. Hệ thống làm việc đồng bộ và ổn định nhờ vào hệ thống điện điều khiển và hệ thống đường ống dẫn.

*** Thông số kỹ thuật của hệ thống thiết bị cô đăc nước mắm, năng suất 1.200 lít/mẻ**

. Kích thước chung: (DxRxC) 8000x4000x5000 (mm).

. Năng suất của hệ thống: 1200 (lít/mẻ).

. Độ đạm nước mắm nguyên liệu: 20 – 30 (g/l).

. Độ đạm nước mắm thành phẩm: 60 – 70 (g/l).

. Thời gian một mẻ: 10 - 12 (giờ), phụ thuộc vào độ đạm nước mắm nguyên liệu và thành phẩm.

. Vật liệu tiếp xúc với nước mắm là inox SUS 316.





Hình 1: *Hệ thống thiết bị cô đặc nước mắm, năng suất 1.200 lít/mẻ (*Nguồn: Kết quả nghiên cứu)*

3.3. Quy trình hệ thống thiết bị cô đặc nước mắm, năng suất 1.200 lít/mẻ (Sơ đồ 2)

Nước mắm nguyên liệu có độ đạm:
(Độ đạm: 20 – 30 g/l)

↓

a. Gia nhiệt cho nước mắm bằng thùng nấu
(Nước mắm ở nhiệt độ: 80 ^{0}C – 90 ^{0}C)

↓

b. Chưng cất tách nước và lắng muối trong nước mắm ở điều kiện
(Áp suất chân P =0.98 bar + nhiệt độ: 50 ^{0}C - 60 ^{0}C)

↓

c. Bơm tuần hoàn nước mắm cho đến khi nước mắm có độ đạm
(Độ đạm: 60 – 70 g/l)

↓

d. Bơm nước mắm ra thùng chứa khi nước mắm đạt yêu cầu
(Độ đạm: 60 – 70 g/l)

↓

Nước mắm thành phẩm
(Độ đạm: 60 – 70 g/l)

Sơ đồ 2. *Quy trình hệ thống thiết bị cô đặc nước mắm, năng suất 1.200 lít/mẻ (*Nguồn: Kết quả nghiên cứu)*

*** Diễn giải quy trình cô đặc nước mắm:**

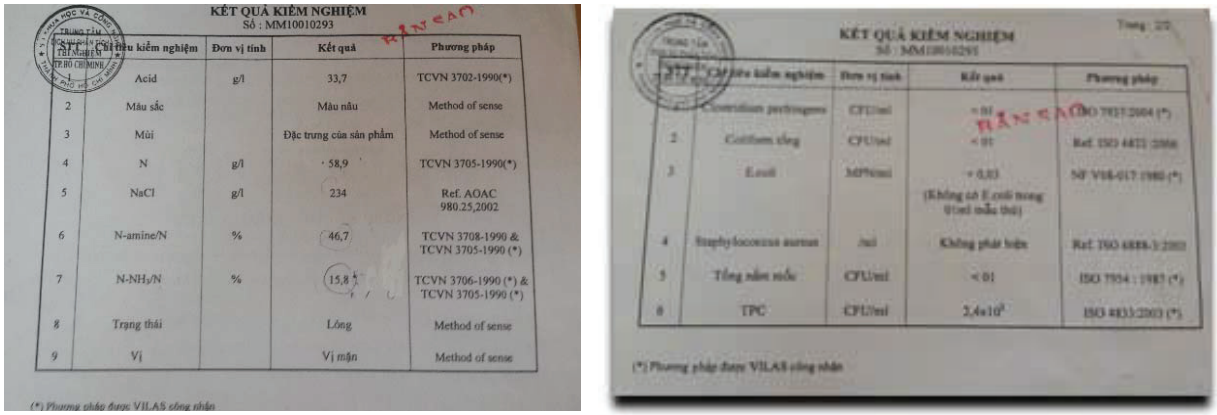
a. Gia nhiệt cho nước mắm: Nước mắm được bơm vào thùng nấu, nước mắm được nung nóng lên bằng béc đốt dầu DO. Sau khi đạt nhiệt độ (80 – 90 ^{0}C) nước mắm được bơm vào tháp cô đặc.

b. Chưng cất tách nước và lắng muối trong nước mắm ở điều kiện chân không và nhiệt độ thấp: Nước mắm được bơm tuần hoàn bơm vào tháp cô, trong tháp kín ở điều kiện chân không và nhiệt độ thấp làm bay hơi nước có trong nước mắm. Trong tháp có bố trí các ống ϕ76x1130 (mm), để ổn định nước mắm trong trong tháp cô, tăng hiệu suất lắng muối trong tháp cô. Hơi nước sau khi sau khi được bơm chân không hút vào bình ngưng hơi nước, ngưng tụ lại thành nước và được chứa trong thùng chứa nước và được thải ra ngoài. Muối lắng xuống đáy của tháp cô và được lấy ra ngoài khi kết thúc quá trình chưng cất.

c. Bơm tuần hoàn nước mắm: Do yêu cầu độ đạm trong nước mắm thành phẩm đạt từ 60 - 70(g/l). Cho nên nước mắm được bơm tuần hoàn qua tháp cô cho đến khi đạt độ đạm theo yêu cầu.

d. Bơm nước mắm ra thùng chứa khi đạt yêu cầu: Sau khi kiểm tra độ đạm trong nước mắm đạt yêu cầu, thì bơm mật vào thùng chứa để làm nguội và ổn định độ đồng đều sau đó mới đóng chai.

3.4. Kết quả kiểm nghiệm độ đạm và vi sinh của nước mắm thành phẩm



KẾT QUẢ KIỂM NGHIỆM
Số : MM10010293

STT	Chỉ tiêu kiểm nghiệm	Đơn vị tính	Kết quả	Phương pháp
1	Acid	g/l	33,7	TCVN 3702-1990(*)
2	Màu sắc		Màu nâu	Method of sense
3	Mùi		Đặc trưng của sản phẩm	Method of sense
4	N	g/l	58,9	TCVN 3705-1990(*)
5	NaCl	g/l	234	Ref. AOAC 980.25,2002
6	N-amine/N	%	46,7	TCVN 3708-1990 & TCVN 3705-1990 (*)
7	$N\text{-}NH_3/N$	%	15,8	TCVN 3706-1990 (*) & TCVN 3705-1990 (*)
8	Trạng thái		Lỏng	Method of sense
9	Vị		Vị mặn	Method of sense

(*) Phương pháp được VILAS công nhận

KẾT QUẢ KIỂM NGHIỆM

2	Coliform tổng	CFU/ml	< 01	Ref. ISO 4831:2006
3	E.coli	MPN/ml	< 0,03 (Không có E.coli trong 01ml mẫu thử)	NF V08-017:1985 (*)
4	Staphylococcus aureus	/ml	Không phát hiện	Ref. ISO 6888-3:2003
5	Tổng nấm mốc	CFU/ml	< 01	ISO 7954 : 1987 (*)
6	TPC	CFU/ml	$2,4x10^3$	ISO 4833:2003 (*)

(*) Phương pháp được VILAS công nhận

Hình 2: Kết quả kiểm nghiệm độ đạm và vi sinh của nước mắm thành phẩm *(*Nguồn: Kết quả nghiên cứu)*

4. KẾT LUẬN

Hệ thống thiết bị cô đặc nước mắm năng suất 1.200 lít/mẻ, làm việc ổn định và đạt năng suất, thời gian một mẻ: 10 - 12 (giờ), phụ thuộc vào độ đạm nước mắm nguyên liệu và thành phẩm. Nước mắm thành phẩm đạt tiêu chuẩn vệ sinh an toàn thực phẩm do vật liệu tiếp xúc với nước mắm là inox SUS 316.

Hệ thống thiết bị sản xuất ra được nước mắm có độ đạm cao (60 – 70 g/l), đáp ứng thị hiếu của người tiêu dùng và đang thực sự là nhu cầu của xã hội. Do đun sôi nước mắm và tách nước trong nước mắm

trong điều kiện chân không (P = 0.98 bar) và nhiệt độ (t = 50 – 60 ^{0}C) nên đạm (protein) trong nước mắm không bị cháy khét. Nước mắm không bị biến đổi màu và lắng cặn trong quá trình tồn trữ và bảo quản. Quá trình chưng cất tách nước và lắng muối trong điều kiện chân không (không có không khí) nên không tồn tại và phát sinh các vi sinh vật hữu khí.

Tuy nhiên hệ thống thiết bị cô đặc nước mắm, năng suất 1.200 lít/mẻ, là sản phẩm nghiên cứu đầu tiên. Cho nên cần nghiên cứu, thực hiện thêm nhiều khảo nghiệm để cải tiến hệ thống thiết bị như: hệ thống bơm chân không hoạt động chưa tốt, hệ thống thiết bị sử dụng toàn bộ van khóa bằng cơ, gây khó khăn cho công nhân vận hành máy, cần nghiên cứu cải tiến theo hướng tự động hóa.

Ngư dân làm nước mắm sẽ có nơi tiêu thụ sản phẩm là các cơ sở trang hệ thống thiết bị. Vì vậy sẽ ổn định và phát triển ngành nghề truyền thống. Tạo công ăn việc làm cho ngư dân vùng sâu vùng xa bằng nghề sản xuất nước mắm. Góp phần tích cực vào công cuộc công nghiệp hóa và hiện đại hóa nông nghiệp và nông thôn của nước ta.

5. TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguồn Tổng cục thống kê.

2. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5107:2003.

3. Ths. Phan Thị Thanh Quế - Công nghệ chế biến nước mắm.

4. Bộ môn quá trình và thiết bị công nghệ hóa chất, khoa hóa Trường ĐHQG Hà Nội – Sổ tay quá trình và thiết bị công nghệ hóa chất – Tập 1, Tập 2 – Nhà máy in sách KHKT Hà Nội – 1982.

Ngày nhận bài: 28/7/2025

Người phản biện: TS Lê Xuân Hảo – Hội khoa học và công nghệ lương thực, thực phẩm Việt Nam

HIỆN TRẠNG ỨNG DỤNG, THÁCH THỨC VÀ ĐỊNH HƯỚNG PHÁT TRIỂN TRÍ TUỆ NHÂN TẠO (AI) TRONG CƠ GIỚI HOÁ NÔNG NGHIỆP TẠI VIỆT NAM

Hoàng Gia Minh[1], Nguyễn Văn Hiệu[1], Lê Quyết Tiến[1], Nguyễn Đình Mạnh[2]

TÓM TẮT

Việc ứng dụng trí tuệ nhân tạo (AI) trong nông nghiệp đang được quan tâm mạnh mẽ trong bối cảnh chuyển đổi số ngày càng sâu rộng. Đối với Việt Nam, cơ giới hóa nông nghiệp đã đạt một số thành tựu nhất định, tuy nhiên quá trình tích hợp AI vào thiết bị và hệ thống máy móc cơ giới vẫn còn mang tính rời rạc và thiếu nền tảng thống nhất. Bài báo này tổng hợp các nghiên cứu gần đây tại Việt Nam từ năm 2021 đến 2024, phân tích hiện trạng triển khai AI trong cơ giới hóa nông nghiệp, đồng thời chỉ ra những khoảng trống đáng chú ý về dữ liệu, thiết bị và nhân lực kỹ thuật. Qua đó, nhóm tác giả đề xuất hướng phát triển tích hợp AI, Internet vạn vật (IoT) và cơ giới hóa theo mô hình phù hợp với điều kiện sản xuất nông nghiệp nhỏ lẻ, phân tán – đặc trưng phổ biến tại Việt Nam hiện nay. Những kết luận rút ra từ bài viết này được kỳ vọng sẽ đóng góp vào chiến lược phát triển nông nghiệp thông minh trong nước theo hướng hiệu quả và bền vững.

Từ khóa: *trí tuệ nhân tạo, IoT, thị giác máy tính, cơ giới hóa, nông nghiệp thông minh, sau thu hoạch, Việt Nam.*

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN AGRICULTURAL MECHANIZATION IN VIETNAM: CURRENT APPLICATIONS, CHALLENGES AND FUTURE DIRECTIONS

ABSTRACT:

The application of artificial intelligence (AI) in agriculture has garnered increasing attention in the context of widespread digital transformation. In Vietnam, agricultural mechanization has achieved certain milestones; however, the integration of AI into mechanized equipment and systems remains fragmented and lacks a coherent foundational framework. This paper synthesizes recent studies in Vietnam from 2021 to 2024, analyzes the current status of AI implementation in agricultural mechanization, and highlights significant gaps in data availability, hardware compatibility, and technical workforce capacity. Based on these findings, the authors propose a development direction that integrates AI, the Internet of Things (IoT), and mechanization in a model suited to Vietnam's small-scale, fragmented agricultural production systems. The conclusions drawn from this study are expected to contribute to the formulation of a more effective and sustainable strategy for smart agriculture development in Vietnam.

Keywords: *artificial intelligence, IoT, computer vision, mechanization, smart agriculture, post-harvest, Vietnam*.

[1]Viện Cơ điện nông nghiệp và Công nghệ sau thu hoạch.
[2]Công ty TNHH một thành viên ứng dụng công nghệ mới và du lịch

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, nông nghiệp Việt Nam đã có nhiều bước chuyển mình quan trọng nhằm hướng đến sản xuất hàng hóa quy mô lớn, bền vững và ứng dụng công nghệ cao. Cơ giới hóa được xem là một trong những giải pháp then chốt giúp tăng năng suất, giảm chi phí và giải phóng sức lao động nông thôn. Theo Bộ Nông nghiệp và Môi trường, tỷ lệ cơ giới hóa trong khâu làm đất đạt trên 94%, trong khi khâu gieo trồng và thu hoạch vẫn còn hạn chế, đặc biệt ở các vùng miền núi và sản xuất nhỏ lẻ. Hầu hết các thiết bị cơ giới vẫn mang tính thủ công, chưa được tích hợp công nghệ số hoặc các hệ thống điều khiển thông minh.

Trong khi đó, trên phạm vi toàn cầu, trí tuệ nhân tạo (AI) đang trở thành một trong những thành tố cốt lõi trong nông nghiệp hiện đại. AI cho phép tự động hóa các quá trình phức tạp như nhận diện sâu bệnh, phân tích đất và thời tiết, điều khiển chính xác các thiết bị máy móc, robot thu hoạch và hệ thống tưới tiêu thông minh [1]. Sự kết hợp giữa AI và thiết bị cơ giới đã tạo nên các mô hình sản xuất nông nghiệp chính xác (precision agriculture) tại nhiều quốc gia như Nhật Bản, Trung Quốc, Hoa Kỳ và Israel [2].

Ở Việt Nam, xu thế chuyển đổi số trong nông nghiệp đã được đề cập trong nhiều chiến lược quốc gia, như Chiến lược chuyển đổi số quốc gia đến năm 2025, định hướng đến 2030 [3]. Tuy nhiên, việc ứng dụng AI một cách thực chất, có hệ thống và tích hợp vào máy móc, thiết bị cơ giới vẫn còn ở giai đoạn sơ khai, chủ yếu ở quy mô thử nghiệm hoặc dự án đơn lẻ tại các viện nghiên cứu, trường đại học hoặc doanh nghiệp tiên phong [4].

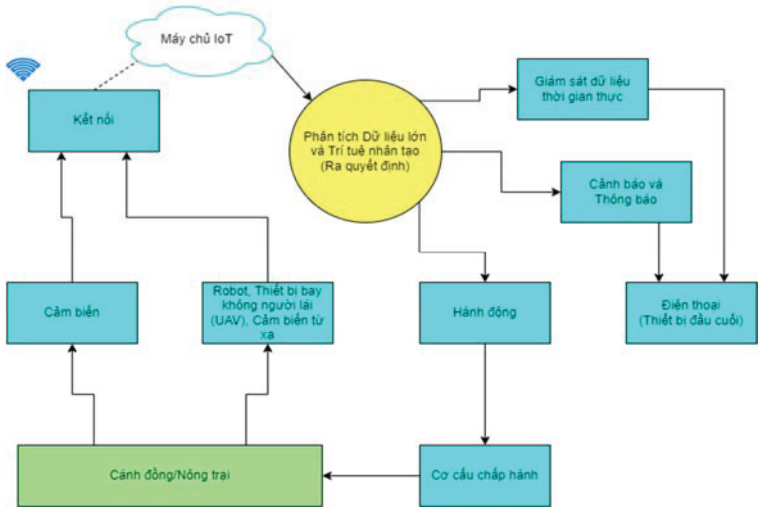
Quá trình cơ giới hóa đã diễn ra tương đối nhanh trong một số khâu canh tác, nhưng phần lớn thiết bị máy móc vẫn hoạt động đơn lẻ, không có khả năng thu thập, xử lý và phân tích dữ liệu phục vụ cho sản xuất thông minh. Việc ứng dụng AI vào thiết bị cơ giới nông nghiệp còn rời rạc, thiếu sự tích hợp và thiếu các tiêu chuẩn kỹ thuật thống nhất. Bên cạnh đó, do đặc thù sản xuất nhỏ lẻ, trình độ lao động hạn chế, hạ tầng số chưa đồng bộ và chi phí đầu tư cao, việc nhân rộng các mô hình ứng dụng AI còn gặp nhiều rào cản.

Trong bối cảnh đó, nhu cầu đánh giá lại toàn diện hiện trạng, thách thức và khả năng tích hợp AI vào hệ thống cơ giới hóa nông nghiệp tại Việt Nam là rất cấp thiết. Việc hệ thống hóa tri thức từ các nghiên cứu hiện có không chỉ giúp hình dung rõ hơn hiện trạng của nền nông nghiệp Việt Nam mà còn tạo nền tảng khoa học để đề xuất các định hướng nghiên cứu tiếp theo, phục vụ mục tiêu chuyển đổi số và phát triển nông nghiệp

thông minh. Bài báo này đề xuất các định hướng nghiên cứu và ứng dụng phù hợp với điều kiện thực tiễn Việt Nam nhằm thúc đẩy quá trình tích hợp AI vào cơ giới hóa hiệu quả, bền vững và có hệ thống.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ CÔNG NGHỆ NỀN VỀ TRÍ TUỆ NHÂN TẠO

Trí tuệ nhân tạo (AI – Artificial Intelligence) là tập hợp các phương pháp và thuật toán cho phép hệ thống máy tính học hỏi từ dữ liệu, nhận diện mẫu hình và đưa ra quyết định tương tự như con người. Trong nông nghiệp, AI được ứng dụng rộng rãi thông qua các lĩnh vực như học máy (Machine Learning – ML), học sâu (Deep Learning – DL) và thị giác máy tính (Computer Vision – CV) [5]. Những công nghệ này hỗ trợ tự động hóa nhiều khâu sản xuất quan trọng, từ gieo trồng chính xác, thu hoạch bằng robot, giám sát dịch bệnh cây trồng đến phân loại nông sản dựa trên hình ảnh và đặc điểm vật lý [6]. Chẳng hạn, hệ thống thị giác máy tính giúp xác định độ chín của trái cây trong dây chuyền sơ chế, giúp giảm sai sót do thao tác thủ công [7],[8],[9]. Ngoài ra, AI cũng đóng vai trò then chốt trong vận hành và điều khiển hệ thống máy móc nông nghiệp, thông qua việc xử lý dữ liệu cảm biến, ra quyết định thời gian thực và tự động điều chỉnh tham số hoạt động (tốc độ, áp lực, hướng di chuyển) phù hợp với điều kiện thực địa. Điều này đặc biệt quan trọng với các thiết bị cơ giới hiện đại như máy thu hoạch, máy gieo trồng định hướng hoặc máy bay không người lái (drone), giúp nâng cao độ chính xác, giảm tiêu hao nhiên liệu và thích nghi linh hoạt với địa hình sản xuất đa dạng.



Hình 1: Sơ đồ cơ bản hệ thống điều khiển tích hợp AI

Hình 1 mô tả mô hình ứng dụng IoT kết hợp Trí tuệ nhân tạo (AI) trong nông nghiệp thông minh. Cảm biến, robot hoặc UAV thu thập dữ liệu từ đồng ruộng, truyền qua kết

nối IoT lên máy chủ. Dữ liệu sau đó được hệ thống phân tích lớn và AI xử lý để nhận dạng tình trạng cây trồng, dự báo sâu bệnh và đưa ra quyết định. Kết quả phân tích được dùng để giám sát thời gian thực, gửi cảnh báo đến thiết bị di động và điều khiển tự động cơ cấu chấp hành như hệ thống tưới, phun thuốc. Mô hình này giúp nâng cao độ chính xác, giảm lao động thủ công và tối ưu quy trình sản xuất.

Cơ giới hóa nông nghiệp đề cập đến việc sử dụng máy móc nhằm thay thế hoặc hỗ trợ sức lao động thủ công trong các khâu sản xuất. Các thiết bị chính bao gồm: (i) máy gieo trồng; (ii) máy thu hoạch; (iii) máy sơ chế – phân loại; (iv) thiết bị vận chuyển, đóng gói [10], [11]. Về mức độ tự động hóa, thiết bị hiện nay được chia thành ba nhóm: (a) điều khiển thủ công hoàn toàn (cấp độ 0), (b) bán tự động (ví dụ máy điều khiển bằng cảm biến đơn giản) (cấp độ 1-2), và (c) tự động hóa cao với tích hợp AI và hệ thống điều khiển phức tạp (cấp độ 3-5) [12], [13]. Tuy nhiên, hầu hết thiết bị sử dụng tại Việt Nam hiện vẫn tập trung ở mức bán tự động hoặc điều khiển cơ học đơn giản, ít thiết bị có khả năng "nhận biết" và ra quyết định trong thời gian thực.

Chính vì vậy, sự kết hợp giữa AI và thiết bị cơ giới tạo ra bước chuyển mạnh mẽ – biến các hệ thống cơ học truyền thống thành thiết bị thông minh. Mô hình tích hợp thường bao gồm ba thành phần chính: hệ thống thu nhận dữ liệu (cảm biến, camera RGB hoặc đa phổ, lidar), bộ xử lý dữ liệu sử dụng AI (thường tích hợp trực tiếp trên bo mạch như NVIDIA Jetson, Raspberry Pi), và hệ thống điều khiển cơ cấu chấp hành như động cơ bước, van điện từ, tay gắp robot [14].

Việc tích hợp này không chỉ nâng cao hiệu suất hoạt động mà còn giúp máy móc thích ứng linh hoạt với điều kiện thực địa khác nhau – điều mà các hệ thống cơ học truyền thống rất khó đạt được. Đồng thời, khả năng xử lý tại chỗ (edge computing) giúp giảm độ trễ, tăng độ tin cậy khi triển khai ở vùng sâu vùng xa – nơi kết nối mạng còn hạn chế. Qua đó, AI không còn là một công nghệ tách rời mà đang từng bước gắn kết chặt chẽ với hệ sinh thái thiết bị cơ giới, tạo nền tảng cho nông nghiệp chính xác và bền vững.

3. THỰC TRẠNG NGHIÊN CỨU VÀ ỨNG DỤNG TRÍ TUỆ NHÂN TẠO TRONG CƠ GIỚI HOÁ NÔNG NGHIỆP

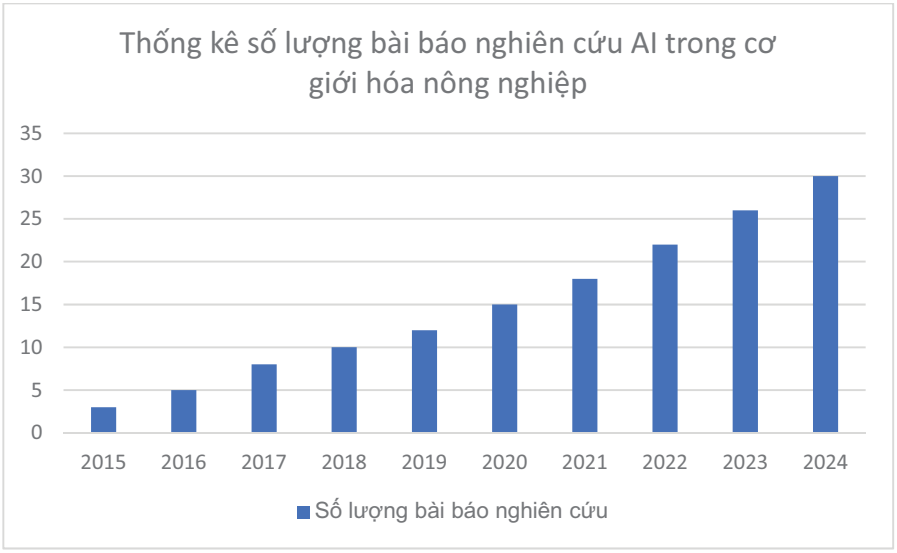
3.1. Thực trạng ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong cơ giới hóa nông nghiệp trên thế giới

Trong khu vực châu Á, nhiều quốc gia đã đạt được tiến bộ rõ rệt trong việc tích hợp trí tuệ nhân tạo vào cơ giới hóa nông nghiệp.

Tính đến năm 2024, Trung Quốc, Ấn Độ và Thái Lan là những nước dẫn đầu khu vực về số lượng công bố và thử nghiệm thực địa các giải pháp AI phục vụ sản xuất nông nghiệp [15]. Riêng Trung Quốc có hơn 1.500 bài báo liên quan đến ứng dụng AI trong nông nghiệp cơ giới hóa giai đoạn 2015–2023 [16], trong đó nhiều nghiên cứu đã chuyển giao thành công sang sản phẩm thương mại như hệ thống robot thu hoạch dâu tây, phân loại táo và giám sát dịch bệnh bằng UAV tích hợp thị giác máy [17]. Ấn Độ tuy có hệ thống canh tác nhỏ lẻ như Việt Nam nhưng vẫn ứng dụng AI khá hiệu quả, điển hình là Fasal – nền tảng giám sát vi khí hậu và tưới tiêu tự động đã được triển khai cho hàng chục nghìn nông dân, giúp tiết kiệm đến 50% chi phí đầu vào [18]. Thái Lan cũng nổi bật với hệ thống EasyRice – ứng dụng thị giác máy trong phân loại hạt gạo thương phẩm, với hơn 20.000 người dùng tính đến cuối năm 2023 [19].

3.2. Thực trạng ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong cơ giới hóa nông nghiệp ở Việt Nam

So với các quốc gia có nền nông nghiệp phát triển, hoạt động nghiên cứu và ứng dụng AI trong cơ giới hóa nông nghiệp tại Việt Nam vẫn còn ở mức sơ khai, cả về quy mô lẫn chiều sâu. Trong 1 thập kỷ gần đây, theo thống kê của Google scholar, Scopus, … số bài báo nghiên cứu được xuất bản có chiều hướng tăng theo từng năm như trong hình 2.



Hình 2: Thống kê số lượng bài báo nghiên cứu AI trong cơ giới hóa nông nghiệp

Đặc biệt, từ năm 2021–2024, Việt Nam đã có nhiều nỗ lực nghiên cứu tích hợp trí tuệ nhân tạo vào cơ giới hóa nông nghiệp. Các ứng dụng cụ thể của AI bao gồm gieo trồng chính xác, điều khiển robot thu hoạch, giám sát sâu bệnh qua ảnh, và phân loại nông

sản theo màu sắc, kích thước hoặc mức độ chín [20], [21]). Điển hình như mô hình học sâu CNN (Convolutional Neural Networks) giúp phát hiện bệnh lá lúa từ ảnh chụp tại thực địa với độ chính xác trên 90%, hỗ trợ người nông dân ra quyết định nhanh chóng và hiệu quả hơn [22].

Các nhóm nghiên cứu trong nước đã tập trung phát triển các mô hình sử dụng AI để hỗ trợ nhận dạng hình ảnh, điều khiển thiết bị tự động hoặc phát hiện bệnh hại cây trồng. Đáng chú ý, các nghiên cứu chủ yếu tập trung vào khâu phân loại sau thu hoạch, thu hoạch tự động và giám sát dịch bệnh. Nhóm tác giả từ Trường Đại học Bách khoa TP.HCM đã xây dựng hệ thống phân loại trái cây bằng thị giác máy tính, đạt độ chính xác phân loại trên 95% đối với xoài và thanh long [23]. Nhóm tác giả từ Học viện Nông nghiệp Việt Nam đã ứng dụng thị giác máy tính nhằm tự động đánh giá chất lượng củ khoai tây sống [24]. Trường Đại học Cần Thơ nghiên cứu hệ thống chẩn đoán bệnh đạo ôn và vàng lá trên lúa bằng mạng nơ-ron tích chập (CNN), cho phép nhận dạng nhanh trên hình ảnh chụp tại hiện trường [25]. Nhóm nghiên cứu giữa Đại học Quốc gia Sun Yat-sen và Đại học Kinh tế Thành phố Hồ Chí Minh đã phát triển hệ thống phân loại xoài tự động dựa trên các đặc trưng bề mặt như màu sắc, hình dáng và kích thước, sử dụng thuật toán học máy. Hệ thống sử dụng chuỗi xử lý ảnh để nhận diện và phân loại chất lượng trái xoài, đạt độ chính xác trên 90% khi thử nghiệm với các mẫu xoài thực tế. [26]. Nhóm nghiên cứu tại Trường Đại học Công nghệ - Đại học Quốc gia Hà Nội phát triển hệ thống định vị thị giác quán tính tích hợp trên thiết bị bay không người lái (UAV), hỗ trợ thu thập dữ liệu cây trồng trong nhà kính – nơi không có GPS, giúp tăng độ chính xác định vị và cải thiện hiệu quả khảo sát lên đến 35% so với các phương pháp truyền thống. [27].

Một số mô hình ứng dụng AI vào thiết bị cơ giới đã được triển khai tại Việt Nam, tuy nhiên số lượng còn hạn chế, các mô hình vẫn mang tính điểm và thiếu các nghiên cứu đánh giá tác động lâu dài về hiệu quả kinh tế – kỹ thuật. Những mô hình tiêu biểu chủ yếu xuất hiện tại các doanh nghiệp công nghệ hoặc hợp tác xã có định hướng đầu tư vào đổi mới sáng tạo, tập trung vào khâu phân loại nông sản. Các nghiên cứu vẫn chưa được ứng dụng rộng rãi, phần lớn dừng ở quy mô phòng thí nghiệm hoặc mô hình mẫu nhỏ lẻ, phản ánh khoảng cách giữa nghiên cứu và ứng dụng thực tiễn [28].

Tỷ lệ ứng dụng trí tuệ nhân tạo (AI) trong cơ giới hóa nông nghiệp tại Việt Nam được ước lượng dựa trên tổng hợp và phân tích từ các nguồn công bố học thuật, báo cáo doanh

nghiệp, sáng kiến địa phương và đề tài nghiên cứu của các trường đại học, viện nghiên cứu trong và ngoài nước giai đoạn 2020-2024. Mặc dù số lượng mẫu còn hạn chế và số liệu từ Bảng 1 và Bảng 2 chưa đủ để đại diện thống kê toàn quốc, nhưng việc lựa chọn mô hình có dẫn chứng công khai giúp đảm bảo tính minh bạch và tham khảo định hướng cho các nghiên cứu tiếp theo.

Bảng 1: Các lĩnh vực cơ giới hóa nông nghiệp ứng dụng AI tại Việt Nam(*)

Lĩnh vực ứng dụng	Tỷ lệ ước lượng
Phân loại nông sản	40%
Thu hoạch tự động	30%
Giám sát sâu bệnh	20%
Khác (gieo trồng, bảo dưỡng)	10%

Việc phân loại mô hình theo khâu ứng dụng (phân loại, thu hoạch, giám sát, v.v.) và địa bàn triển khai cho phép đưa ra tỷ lệ tương đối phản ánh xu hướng ứng dụng AI tại Việt Nam hiện nay. Bảng 1 thể hiện tỷ lệ phân bổ các lĩnh vực ứng dụng trí tuệ nhân tạo (AI) trong cơ giới hóa nông nghiệp tại Việt Nam.

Trong khâu thu hoạch, phần lớn các thiết bị vẫn vận hành theo cơ chế cơ khí truyền thống, chưa khai thác hiệu quả các công nghệ AI để nhận diện độ chín, xác định vị trí chính xác của cây trồng hay tự động điều chỉnh lực cắt phù hợp. Trong khi đó, phân loại nông sản là lĩnh vực có tiềm năng ứng dụng AI cao nhất nhờ khả năng sử dụng thị giác máy để phân biệt kích cỡ, màu sắc và tình trạng hư hỏng. Tuy nhiên, thực tế các hệ thống này mới chỉ được triển khai tại một số dây chuyền sơ chế quy mô vừa và lớn, chưa phổ biến rộng rãi.

Ở các khâu khác như vận hành máy móc phục vụ làm đất (máy cày, máy xới), các thuật toán điều khiển tự động và hệ thống ra quyết định thông minh dựa trên dữ liệu thực địa vẫn chưa được áp dụng rộng rãi. Theo báo cáo của Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn năm 2022 [29], tỷ lệ cơ giới hóa trong các khâu sản xuất chủ lực như làm đất, gieo trồng và thu hoạch đã đạt từ 50% đến 90% tùy khu vực và loại cây trồng. Tuy nhiên, các thiết bị được ứng dụng trí tuệ nhân tạo (AI) như thị giác máy, điều khiển thông minh hay cảm biến ra quyết định hiện vẫn chưa phổ biến, chủ yếu mới dừng ở giai đoạn nghiên cứu thử nghiệm hoặc tích hợp sơ bộ, trong khi đại đa số máy móc cơ giới vẫn vận hành theo cơ chế truyền thống. Một phần

thiết bị còn lại là máy nhập khẩu có tích hợp AI nhưng hoạt động như "hộp đen", không được tùy biến hay nội địa hóa phù hợp với đặc điểm canh tác Việt Nam. Điều này cho thấy dư địa phát triển các thiết bị "Make in Vietnam" ứng dụng AI linh hoạt, thích nghi với đặc thù địa hình và quy mô sản xuất nhỏ lẻ vẫn còn rất lớn. Do thiếu vắng số liệu thống kê chính thức về tỷ lệ ứng dụng AI trong cơ giới hóa nông nghiệp tại Việt Nam, việc đánh giá mức độ triển khai vẫn dựa nhiều vào quan sát thực địa và phân tích mô hình thử nghiệm.

Bảng 2: Tỉ lệ ứng dụng AI trong cơ giới hóa nông nghiệp theo vùng miền (*)

Vùng miền	Tỷ lệ ước lượng
Đông Nam Bộ	50%
Đồng bằng sông Cửu Long	35%
Miền Bắc và các vùng khác	15%

Bảng 2 cho thấy sự phân bố không đồng đều về mức độ ứng dụng AI trong cơ giới hóa nông nghiệp tại các vùng miền của Việt Nam. Sự chênh lệch này phản ánh nhiều yếu tố đặc thù về kinh tế, hạ tầng công nghệ và quy mô sản xuất của từng vùng. Đông Nam Bộ, với sự phát triển công nghiệp – công nghệ tương đối cao, có nhiều doanh nghiệp công nghệ và trung tâm nghiên cứu, từ đó tạo điều kiện thuận lợi hơn cho việc triển khai và thử nghiệm các giải pháp AI trong cơ giới hóa nông nghiệp. Ngoài ra, các hợp tác xã và doanh nghiệp tại đây có xu hướng đầu tư đổi mới sáng tạo nhiều hơn, thúc đẩy ứng dụng công nghệ hiện đại.

Đồng bằng sông Cửu Long, vùng sản xuất nông nghiệp trọng điểm của cả nước với diện tích canh tác lớn và đa dạng cây trồng, cũng đang dần ứng dụng AI trong các khâu như phân loại nông sản và giám sát sâu bệnh. Tuy nhiên, sự phát triển AI ở đây còn gặp nhiều hạn chế về nguồn lực kỹ thuật và cơ sở hạ tầng, khiến tỷ lệ ứng dụng thấp hơn so với Đông Nam Bộ. Ngược lại, miền Bắc và các vùng khác hiện vẫn đang trong giai đoạn đầu của việc nghiên cứu và ứng dụng AI trong nông nghiệp, với tỷ lệ rất thấp (15%). Nguyên nhân do đặc điểm quy mô sản xuất nhỏ lẻ, ít doanh nghiệp công nghệ phát triển nông nghiệp, cùng với những hạn chế về đào tạo và nguồn nhân lực chuyên môn. Số liệu ước lượng từ Bảng 2 gợi mở nhu cầu đẩy mạnh liên kết vùng miền và chính sách hỗ trợ để thúc đẩy công nghệ AI đến với các vùng còn yếu thế hơn, góp phần giảm

khoảng cách công nghệ và tăng hiệu quả sản xuất nông nghiệp trên quy mô toàn quốc.

Việc tích hợp AI vào thiết bị cơ giới ở Việt Nam hiện nay đang đối mặt với nhiều rào cản kỹ thuật, nguồn lực và thể chế. Cụ thể:

- Phần lớn thiết bị cơ giới có tích hợp AI hiện nay phải nhập khẩu từ Trung Quốc hoặc châu Âu, do trong nước chưa làm chủ được công nghệ cảm biến và xử lý hình ảnh chuyên dụng [30];
- Thiếu hạ tầng dữ liệu số hóa phục vụ cho AI và thiếu hụt dữ liệu phục vụ công tác huấn luyện mô hình AI, đặc biệt là cơ sở dữ liệu hình ảnh phục vụ thị giác máy cho các loại nông sản đặc thù như lúa, ngô, cà phê, điều, thanh long,... Sự thiếu hụt này gây khó khăn cho việc đào tạo các mô hình AI có khả năng tổng quát hóa cao;
- Chính sách đào tạo nhân lực AI ứng dụng trong nông nghiệp chưa được chú trọng ở cấp đại học và sau đại học, dẫn đến thiếu hụt kỹ sư vận hành và bảo trì thiết bị [31];
- Mối liên kết giữa viện nghiên cứu – doanh nghiệp – hợp tác xã còn rời rạc, thiếu sự phối hợp, gây khó khăn trong việc chuyển giao công nghệ từ phòng thí nghiệm ra thực tiễn.

3.3. Định hướng nghiên cứu và phát triển ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong cơ giới hoá nông nghiệp tại Việt Nam.

Việc ứng dụng trí tuệ nhân tạo (AI) trong cơ giới hóa nông nghiệp tại Việt Nam cần được định vị như một tiến trình trọng điểm, gắn với đặc điểm sinh thái và điều kiện tự nhiên – kinh tế – kỹ thuật cụ thể của từng vùng miền và nhóm cây trồng – vật nuôi chủ lực. Các định hướng nghiên cứu và triển khai cần tập trung vào một số nhóm có tiềm năng ứng dụng cao và khả năng nhân rộng trong thực tiễn, phù hợp với đặc thù sản xuất nông nghiệp tại địa phương.

Tại vùng Đồng bằng sông Cửu Long, nơi tập trung sản xuất lúa gạo và cây ăn trái có giá trị xuất khẩu, AI cần được ưu tiên tích hợp vào khâu sau thu hoạch như phân loại, đóng gói, và giám sát chất lượng nhằm giảm tổn thất và nâng cao giá trị gia tăng. Các hệ thống thị giác máy hỗ trợ đánh giá ngoại quan nông sản, kết hợp với dữ liệu chuỗi cung ứng giúp tối ưu hóa logistics và truy xuất nguồn gốc trong bối cảnh thị trường yêu cầu minh bạch ngày càng cao.

Với khu vực Đông Nam Bộ và Tây Nguyên, nơi phát triển mạnh các loại cây lâu năm như cà phê, hồ tiêu, điều, sầu riêng, AI có tiềm năng ứng dụng lớn trong các hệ thống điều phối máy móc, quản lý canh tác và chăm sóc cây trồng trên quy mô lớn. Các thuật toán học sâu kết hợp dữ liệu từ cảm biến, hình ảnh viễn thám và khí hậu sẽ hỗ trợ phân tích sinh trưởng, dự báo sâu bệnh, và lên kế hoạch canh tác phù hợp với từng giai đoạn sinh lý của cây.

Ở các tỉnh trung du và miền núi phía Bắc, đặc trưng bởi địa hình phức tạp và quy mô sản xuất nhỏ lẻ, AI cần được thiết kế theo hướng thích ứng linh hoạt, có khả năng học từ dữ liệu hạn chế và hoạt động hiệu quả trong điều kiện kết nối và hạ tầng không đồng đều. Các nghiên cứu tập trung vào các mô hình AI nhẹ, tích hợp với thiết bị cơ điện tử đơn giản để thực hiện chức năng hỗ trợ thu hoạch bán tự động, nhận dạng đối tượng canh tác phân tán, và cung cấp khuyến nghị canh tác phù hợp với từng nông hộ.

Các cây trồng như lúa, cà phê, rau quả và cây ăn trái cần được xem là trọng tâm trong chiến lược phát triển AI. Ở khâu canh tác, AI được tích hợp cùng hệ thống cảm biến môi trường và ảnh vệ tinh để kiểm soát tưới tiêu, bón phân chính xác và lập kế hoạch gieo trồng theo điều kiện thời tiết. Trong khâu chăm sóc, AI hỗ trợ giám sát dịch hại, đánh giá sinh trưởng và khuyến nghị biện pháp kỹ thuật thông qua hệ thống ra quyết định thông minh. Ở khâu thu hoạch, AI kết hợp với dữ liệu thời vụ và thị trường nhằm hỗ trợ lên lịch, điều phối máy móc và quản lý nhân công hiệu quả hơn.

Đối với lĩnh vực chăn nuôi, việc phát triển hệ thống giám sát bằng AI nhằm phát hiện hành vi bất thường, bệnh lý hoặc tối ưu hóa khẩu phần ăn theo giai đoạn sinh trưởng là cần thiết, đặc biệt tại các trại chăn nuôi tập trung ở Hà Nam, Đồng Nai, Bình Phước. Trong nuôi trồng thủy sản, AI hỗ trợ giám sát chất lượng nước, điều chỉnh thức ăn, dự báo dịch bệnh – đặc biệt trong nuôi tôm và cá tra tại Cà Mau, Bạc Liêu, An Giang.

Bên cạnh đó, cần thiết phải xây dựng và ban hành Chiến lược quốc gia về cơ giới hóa nông nghiệp ứng dụng AI, làm cơ sở điều phối chính sách, đầu tư và phối hợp nguồn lực trên toàn quốc. Hạ tầng dữ liệu mở, dùng chung phục vụ các bài toán AI trong nông nghiệp (hình ảnh sâu bệnh, dữ liệu canh tác, bản đồ đất,...) cũng cần được thiết lập để hỗ trợ phát triển và đào tạo các mô hình học máy trong điều kiện nội lực. Nhà nước cần có các chính sách ưu đãi đặc thù cho doanh nghiệp sản xuất thiết bị cơ giới hóa có tích hợp AI, đồng thời lựa chọn một số mô hình điểm tại các vùng sản xuất lớn để thử nghiệm và nhân rộng. Cuối cùng, cần triển khai các chương trình đào tạo liên ngành giữa AI, kỹ thuật cơ điện và nông học tại các cơ sở giáo dục đại học và viện nghiên cứu để đảm bảo nguồn nhân lực cho tiến trình hiện đại hóa nông nghiệp bằng trí tuệ nhân tạo trong dài hạn.

4. KẾT LUẬN VÀ ĐỀ NGHỊ

Bài báo đã hệ thống hóa hiện trạng tích hợp trí tuệ nhân tạo (AI) trong cơ giới hóa nông nghiệp tại Việt Nam giai đoạn 2015–2024. Ứng dụng trí tuệ nhân tạo (AI) trong cơ giới

hóa nông nghiệp tại Việt Nam đã bước đầu được quan tâm, đặc biệt trong các lĩnh vực như: robot tự hành, thiết bị nông nghiệp thông minh, hệ thống tưới tiêu/phun thuốc tự động, và giám sát canh tác qua drone/UAV tích hợp AI. Một số mô hình thử nghiệm tại các viện nghiên cứu, doanh nghiệp lớn cho thấy tiềm năng cao trong việc nâng cao năng suất, giảm chi phí và tiết kiệm tài nguyên. Tuy nhiên, mức độ ứng dụng AI còn hạn chế và manh mún, chủ yếu dừng ở quy mô thử nghiệm, thiếu tính liên kết và đồng bộ giữa các vùng sản xuất. Các công nghệ AI chưa được tích hợp sâu vào chuỗi cơ giới hóa – từ gieo trồng, chăm sóc, thu hoạch đến chế biến, bảo quản.

Những rào cản đáng chú ý bao gồm: thiếu cơ sở hạ tầng và dữ liệu huấn luyện đặc thù, công nghệ thiết bị chưa phù hợp với điều kiện nội địa, trình độ nhân lực kỹ thuật còn hạn chế và cơ sở hạ tầng chưa đồng bộ. Trong khi đó, các quốc gia trong khu vực như Trung Quốc, Ấn Độ và Thái Lan đã triển khai nhiều mô hình AI quy mô lớn, đem lại giá trị thực tiễn cao. Điều này cho thấy Việt Nam cần có những bước đi chiến lược để thu hẹp khoảng cách công nghệ.

Từ phân tích thực trạng và khoảng trống nghiên cứu, bài báo đã đề nghị một số định hướng gồm: xây dựng Chiến lược quốc gia về cơ giới hóa nông nghiệp ứng dụng AI, hình thành nền tảng dữ liệu mở dùng chung, phát triển thị giác máy trong phân loại sau thu hoạch, hệ thống điều khiển máy thu hoạch tự động hóa phù hợp địa hình Việt Nam, và các mô hình AI có khả năng học thích nghi với sản xuất nhỏ lẻ. Đồng thời, việc tăng cường đầu tư R&D, đào tạo nhân lực liên ngành và thúc đẩy liên kết viện nghiên cứu – cơ sở đào tạo – doanh nghiệp là nền tảng quan trọng để hiện thực hóa mục tiêu này.

Trong bối cảnh cạnh tranh toàn cầu ngày càng gay gắt và yêu cầu về chất lượng nông sản ngày càng cao, AI đóng vai trò nòng cốt trong qua trình cơ giới hóa nông nghiệp Việt Nam, tạo động lực cho phát triển nông nghiệp thông minh theo hướng hiệu quả, linh hoạt và bền vững.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bechar, A., & Vigneault, C. (2016) – Agricultural robots for field operations: Concepts and components – Biosystems Engineering, 149 – tr. 94–111.

2. Sharma, A., Singh, R., & Mehta, R. (2022) – AI in Agriculture: Current Applications and Future Scope – Computers and Electronics in Agriculture, 194 – tr. 106–118.

3. Chính phủ Việt Nam (2020) – Chiến lược chuyển đổi số quốc gia đến năm 2025, định hướng đến 2030 – Hà Nội.

4. Báo Nhân Dân Online (2025) – A leap forward needed for high-tech agriculture – https://nhandan.vn – Truy cập ngày 3/6/2025.

5. Subeesh, A., & Mehta, C. R. (2021) – Automation and digitization of agriculture using artificial intelligence and internet of things – Artificial Intelligence in Agriculture, Tập 5 – tr. 278–291 – https://doi.org/10.1016/j.aiia.2021.11.004.

6. van Evert, F. K., et al. (2017) – The future of precision agriculture: From model-based to AI-based decision support – Frontiers in Sustainable Food Systems.

7. Rahnemoonfar, M., & Sheppard, C. (2017) – Deep count: Fruit counting based on deep simulated learning – Sensors, 17(4) – tr. 905.

8. Zhang, B., et al. (2020) – Apple defect detection using deep convolutional neural networks – Computers and Electronics in Agriculture, 168 – tr. 105146.

9. Shamshiri, R. R., et al. (2018) – Advances in greenhouse automation and controlled environment agriculture – International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 11(1) – tr. 1–22.

10. Singh, & Verma. (2017) – Classification of Farm Machinery and Equipment – Trong Kepner et al. (2005); Goyal et al. (2019); Patel et al. (2016); Dhillon & Singh (2020); Reddy & Reddy (2018) – Agricultural Machinery and Equipment.

11. Daum, T. (2023) – Mechanization and sustainable agri-food system transformation in the Global South: A review – Agronomy for Sustainable Development, 43 – tr. 16 – https://doi.org/10.1007/s13593-023-00868-x.

12. Food and Agriculture Organization of the United Nations (2022) – The State of Food and Agriculture 2022 – Leveraging automation in agriculture for transforming agrifood systems – FAO.

13. Yol, A. (2025) – The 6 Levels of Autonomy in Agricultural Machinery – https://blog.dilepix.com/the-6-levels-of-autonomy – Truy cập ngày 30/5/2025.

14. Nguyen, L. H., & Singh, A. (2024) – Actuators and Sensors for Application in Agricultural Robots: A Review – Machines, 10(10) – tr. 913.

15. Mohan, S. S., et al. (2023) – Role of AI in Agriculture: Applications, Limitations and Challenges: A Review – Agricultural Reviews, 44(2) – tr. 231–237.

16. Luo, X., et al. (2021) – Enhancing agricultural mechanization level through information technology – Transactions of

the Chinese Society for Agricultural Machinery, 52(2) – tr. 1–14.

17. Zhang, J., et al. (2022) – Smart strawberry harvesting robot system: Design and testing – Robotics in Agriculture.

18. Fasal.io (2023) – How Fasal is transforming Indian microclimate farming with AI – https://fasal.io – Truy cập ngày 10/6/2025.

19. EasyRice (2023) – AI-Powered rice grading platform overview – https://easyrice.ai – Truy cập ngày 11/6/2025.

20. Kamilaris, A., & Prenafeta-Boldú, F. X. (2018) – Deep Learning in Agriculture: A Survey – Computers and Electronics in Agriculture, 147 – tr. 70–90.

21. Liakos, K. G., et al. (2018) – Machine learning in agriculture: A review – Sensors, 18(8) – tr. 2674.

22. Mohanty, S. P., et al. (2016) – Using deep learning for image-based plant disease detection – Frontiers in Plant Science, 7 – tr. 1419.

23. Minh Trieu, N., & Thinh, N. T. (2021) – Quality Classification of Dragon Fruits Based on External Performance Using a Convolutional Neural Network – Applied Sciences, 11(22) – tr. 10558 – https://doi.org/10.3390/app112210558.

24. Đặng Thị Thúy Huyền, Nguyễn Thị Duyên, Ngô Trí Dương & Nguyễn Văn Điều (2023) – Ứng dụng thị giác máy tính tự động đánh giá chất lượng củ khoai tây sống – Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam, 21(1) – tr. 78–86.

25. Đỗ Văn Bình & Trần Quốc Thái (2024) – Chẩn đoán bệnh vàng lá lúa bằng mạng nơ-ron – Trường Đại học Cần Thơ.

26. Tai, N. D., Lin, W. C., Trieu, N. M., & Thinh, N. T. (2024) – Development of a Mango-Grading and -Sorting System Based on External Features, Using Machine Learning Algorithms – Agronomy, 14(4) – tr. 831 – https://doi.org/10.3390/agronomy14040831 .

27. Vũ Trung, Hùng Quang Hà, Trịnh Trường Phụng, Hoàng Minh & Phạm Triển (2024) – Xây dựng hệ thống định vị thị giác quán tính cho thiết bị bay không người lái phục vụ thu thập dữ liệu cây trồng trong canh tác nông nghiệp chính xác.

28. OECD. (2022) - Innovation, agricultural productivity and sustainability in Viet Nam - OECD Food, Agriculture and Fisheries Paper No. 181 - OECD Publishing.

29. Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn. (2022). Báo cáo tổng kết ngành nông nghiệp năm 2022. Hà Nội, Việt Nam.

30. Báo VnEconomy (2024) – Cần những doanh nghiệp đầu tàu dẫn dắt nông nghiệp thông minh – https://vneconomy.vn – Truy cập ngày 12/6/2025.

31. Báo Nông nghiệp và Môi trường (2023) – Doanh nghiệp, hiệp hội mong hợp tác với viện trường đào tạo nguồn nhân lực nông nghiệp – https://nongnghiepmoitruong.vn – Truy cập ngày 12/6/2025.

32. Food and Agriculture Organization. (2025). Data to decisions: Digital transformation in Viet Nam's agriculture. https://www.fao.org/ - truy cập ngày 10/6/2025.

33. Google Public Policy. (2023). An AI opportunity agenda for Vietnam. https://publicpolicy.google/ - truy cập ngày 17/6/2025.

34. OpenGov Asia. (2023, April 6). AI to modernise agriculture in Vietnam. https://opengovasia.com/ - truy cập ngày 9/6/2025.

35. Ken Research. (2023). Vietnam AI in agriculture market outlook to 2030: Increasing adoption of smart sensors and precision farming equipment. https://www.kenresearch.com/ - truy cập ngày 20/5/2025.

36. AI Center Vietnam. (2023). AI driving sustainable agriculture in Vietnam. https://www.ai-center.vn/ - truy cập ngày 20/6/2025.

37. Griffith Asia Insights. (2022). Empowering smallholder farmers through AI and digital technologies in Vietnam. https://blogs.griffith.edu.au/ - truy cập ngày 18/6/2025.

38. Nguyễn Trường Sơn, Quách Công Hoàng, Đặng Thị Hương Giang, Vũ Minh Trung và Mai Anh Tuấn (2021) – Phát triển mạng cảm biến không dây kết hợp thiết bị bay không người lái phục vụ giám sát cây công nghiệp - arXiv:2107.01008.

(*). Tỉ lệ này được xác định dựa trên tổng số các kết quả nghiên cứu về ứng dụng AI trong cơ giới hóa nông nghiệp trong và ngoài nước giai đoạn 2020–2024.

Ngày nhận bài: 4/8/2025

Người phản biện: PGS.TS Nguyễn Huy Bích - ĐH Nông Lâm Tp HCM

NGHIÊN CỨU ĐỀ XUẤT NGUYÊN LÝ MÁY ĐÀO CỦ NÉM TRÊN ĐẤT CÁT VEN BIỂN TẠI THỊ XÃ PHONG ĐIỀN, THÀNH PHỐ HUẾ

Đỗ Minh Cường[1,], Trần Đức Hạnh[1], Nguyễn Thanh Cường[1], Nguyễn Thị Ngọc[1], Phan Tôn Thanh Tâm[1], Vệ Quốc Linh[1], Nguyễn Thanh Quốc[2], Lê Văn Hòa[1]*

TÓM TẮT:

Cây ném là loại cây trồng có giá trị kinh tế cao, thích nghi tốt với vùng đất cát ven biển, đặc biệt phổ biến tại các huyện Phong Điền và Quảng Điền, tỉnh Thừa Thiên Huế. Hiện nay, khâu thu hoạch chủ yếu vẫn bằng thủ công, gây tốn thời gian, công sức và không đảm bảo thời vụ thu hoạch cũng như việc mở rộng quy mô trồng ném. Nghiên cứu này, dựa trên kết quả tính toán và thực nghiệm, đã đề xuất 01 nguyên lý máy đào củ ném trên đất cát. Mẫu máy sử dụng cơ cấu lưỡi đào kết hợp hai cấp sàng, gồm sàng kiểu rôto và sàng lắc, hoạt động hiệu quả ở tốc độ máy kéo 2,8–3,5 km/h, đạt năng suất 0,3 ha/h, hiệu suất đào 96%, độ hư hại củ dưới 2%. Máy làm việc với bề rộng luống đào 1,0m, chiều sâu đào 0,10-0,15 m. Máy có thể liên kết với máy kéo có dãi công suất 24 - 50HP. Kết quả khảo nghiệm cho thấy máy phù hợp điều kiện canh tác ném tại Thừa Thiên Huế, góp phần nâng cao năng suất lao động và hiệu quả kinh tế cho người trồng ném. Tuy vậy, điều kiện cần thiết để máy làm việc tốt là độ ẩm đất dưới 15% tại thời điểm thu hoạch; yêu cầu đất không được lẫn cỏ rác để đảm bảo hiệu quả làm việc của máy.

Từ khóa: *Ném, máy đào củ ném, cơ giới hóa, thu hoạch, đất cát*

PROPOSAL OF OPERATING PRINCIPLE FOR A SHALLOT HARVESTING MACHINE ON SANDY SOILS: A CASE STUDY IN PHONG DIEN TOWN, HUE CITY

ABSTRACT:

Shallot is a high-value crop well adapted to coastal sandy soils. Currently, the harvesting process is mostly manual, which is time-consuming, labor-intensive, and fails to ensure timely harvesting or allow for the expansion of shallot cultivation. This study proposes a working principle for a shallot harvesting machine suitable for harvesting the shallot on sandy soil, based on theoretical analysis and experimental validation. The prototype features a digging blade and a two-stage screening system (rotary and shaking screens). It operates effectively at 2.8–3.5 km/h, with a capacity of 0.3 ha/h, 96% harvesting efficiency, and damage below

[1]Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế
[2]Trung tâm nghiên cứu và chuyển giao công nghệ cơ điện nông nghiệp miền Trung

2%. The machine handles a bed width of 1.0m and a digging depth of 0.10–0.15 m, compatible with 24–50 HP tractors. Field tests confirm its suitability for local conditions, improving labor productivity and economic efficiency. Optimal performance requires soil moisture below 15% and minimal surface residue.

Keywords: *Shallot, shallot harvesting machine, mechanization, harvesting, sandy soil*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Củ ném (Allium schoenoprasum L.), còn gọi là hành tăm, là cây gia vị truyền thống, phổ biến tại các tỉnh miền Trung Việt Nam. Thuộc họ hành tỏi, củ ném có mùi thơm thanh và vị cay đặc trưng, thường được sử dụng làm gia vị và có giá trị dược liệu cao. Cây ném thích nghi tốt với điều kiện đất cát, có khả năng sinh trưởng và phát triển ở những vùng đất cát pha đến thịt nhẹ với khả năng thoát nước tốt.

Cây ném được trồng phổ biến ở vùng Trung Bộ, từ Nghệ An đến Quảng Ngãi, tập trung ở ba vùng chính là Nghệ An – Hà Tĩnh – Quảng Bình, vùng cát ven biển từ Quảng Trị đến Thừa Thiên Huế và vùng cát ven biển của tỉnh Quảng Nam. Đây là cây trồng được nhiều địa phương đánh giá là có giá trị kinh tế cao [1, 2, 3]. Diện tích trồng ném tại Thừa Thiên Huế đạt gần 200 ha, tập trung ở hai huyện Phong Điền và Quảng Điền. Lợi nhuận thu được từ cây ném gấp 7 lần trồng lúa và 4 lần so với trồng lạc [1]. Nhu cầu thị trường tăng đã thúc đẩy đầu tư thâm canh, mở rộng diện tích trồng ném tại các vùng đất cát này.

Hiện nay, khâu thu hoạch củ ném chủ yếu được làm bằng thủ công, gồm các công đoạn đào, rũ đất và thu gom, gây tốn nhiều công sức và thời gian, ảnh hưởng đến tiến độ và chất lượng thu hoạch, đặc biệt trong điều kiện phải thu hoạch vào những ngày nắng ráo [4].

Đã có nhiều nghiên cứu và chế tạo các máy thu hoạch củ như khoai tây, khoai lang, củ hành, tỏi dựa trên nguyên lý đào phù hợp với từng loại củ và loại đất khác nhau. Các yếu tố ảnh hưởng đến lực cản đào và hiệu suất máy bao gồm độ ẩm đất, độ sâu đào, góc nghiêng lưỡi đào, tốc độ máy, hình dáng lưỡi đào và rung động lưỡi đào [5, 6, 7, 8, 9, 10]. Tuy vậy, do đặc tính củ ném có kích thước nhỏ từ 6,0 – 25mm và phân bố không đồng đều, khối lượng riêng củ ném nhỏ nên khó phân ly đất và các thành phần tạp chất khác. Vì vậy, việc lựa chọn nguyên lý để thiết kế và chế tạo máy thu hoạch củ ném phù hợp với đặc điểm canh tác và điều kiện đất cát ven biển là cấp thiết để nâng cao năng suất, chất lượng sản phẩm và giảm sức lao động nặng nhọc cho người nông dân.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Phương pháp thu thập thông tin

(1) Khảo sát đặc điểm sinh trưởng của cây ném và điều kiện đất trồng, thu thập số liệu về đặc điểm củ ném, điều kiện canh tác, tính chất đất trồng, cùng các yêu cầu kỹ thuật trong quá trình thu hoạch tại vùng nghiên cứu. (2) Dựa trên các nguyên lý đào củ đã được ứng dụng trong các loại máy thu hoạch

củ khác như khoai tây, hành tỏi, đồng thời kết hợp các kết quả nghiên cứu về lực cản đào, góc nghiêng lưỡi đào, tốc độ tiến của máy, đồng thời căn cứ vào kết quả thực nghiệm để lựa chọn nguyên lý mẫu máy.

2.2 Phương pháp tính toán, thiết kế

Sử dụng phương pháp tính toán cơ khí, mô hình toán học để tính toán các thông số chính của các bộ phận máy đào củ ném. Sử dụng lý thuyết tính toán máy nông nghiệp nghiên cứu các quá trình động học và động lực học của máy [11]. Trong mẫu máy này, có ba bộ phận chính cấu thành cơ cấu làm việc của máy cần thiết phải tính toán về lưỡi đào, bộ phận phân ly đất, bộ phận thu gom củ..., ngoài ra còn có hệ thống truyền động, khung, cơ cấu treo và các bộ phận phụ. Sử dụng phần mềm solidworks để thiết kế máy, kiểm nghiệm kết cấu máy.

2.3 Phương pháp thực nghiệm

Chế tạo mẫu máy theo bản vẽ thiết kế sử dụng vật liệu phổ biến, đảm bảo chi phí hợp lý và phù hợp điều kiện sản xuất địa phương. Tiến hành thử nghiệm trên đồng ruộng trồng ném thực tế, đo đạc các chỉ tiêu về năng suất đào (ha/h), hiệu suất đào (%), độ sạch đất (%) và tỷ lệ hư hại củ (%). Đồng thời khảo sát điều kiện vận hành như độ ẩm đất, tốc độ tiến máy, kết cấu bộ truyền động, khả năng kết hợp với máy kéo.

2.4 Phương pháp xác định các chỉ tiêu cơ lý của đất và củ ném

a. Phương pháp xác định độ ẩm đất và độ ẩm củ ném:

Sử dụng phương pháp sấy đến khối lượng không đổi [12] để xác định độ ẩm của đất và củ ném.

b. Phương pháp xác định tốc độ máy kéo:

Tốc độ máy kéo được tính theo công thức dưới

$$v\ (m/s) = \frac{L}{t}$$

Trong đó: L là quảng đường máy kéo đi di chuyển, m; t là thời gian mà máy kéo di chuyển trên quảng đường xác định, s

c. Phương pháp xác định độ sót củ khi đào [13]:

Độ sót củ khi đào được xác định theo công thức:

$$S\ (\%) = 1 - \frac{Ms}{Mtổng}.100$$

Trong đó: S độ sót củ, %; M_s là khối lượng củ thu được sau khi đào trên $10m^2$ luống đào, kg; $M_{tổng}$ là lượng củ (kg) trên $10m^2$ luống đào.

d. Phương pháp xác định hiệu suất phân ly đất [13]:

Hiệu suất phân ly đất được xác định theo công thức sau:

$$D\ (\%) = 1 - \frac{Mđất}{Mlý\ thuyết}.100$$

Trong đó: D là hiệu suất phân ly đất, %; $M_{đất}$ là khối lượng đất lẫn củ ném thu được (sót) sau khi đào trên $10m^2$ luống đào, kg; $M_{lý\ thuyết}$ là lượng đất (kg) thu được trên $10m^2$ luống đào với độ sâu đào nhất định (0,1m).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Một số kết quả khảo sát đất và củ ném khi thu hoạch

Qua điều tra khảo sát tại một số địa điểm trồng ném trên địa bàn thị xã Phong

Điền, thành phố Huế, đặc điểm của đất và củ ném khi thu hoạch được trình bày trong bảng 1. Đây là cơ sở để thiết kế mẫu máy thu hoạch củ ném.

Bảng 1. Đặc điểm của đất và củ ném khi thu hoạch

STT	Các thông số (giá trị trung bình)	Đơn vị	Trị số
1	Độ ẩm củ ném	%	69,72
2	Độ ẩm của đất	%	13,72
3	Mật độ cây	cây/m^2	35
4	Đường kính phân bố củ	Mm	100
5	Chiều sâu của củ	Mm	60
6	Số củ của một cây	củ/cây	5
7	Củ cạn nhất so với mặt đất	Mm	20
8	Củ sâu nhất so với mặt đất	Mm	80
9	Đường kính củ nhỏ nhất	Mm	6
10	Đường kính củ lớn nhất	Mm	25
11	Bề rộng mỗi luống	Mm	1013
12	Khoảng cách giữa các luống	Mm	225
13	Khoảng cách giữa các chùm củ	Mm	40
14	Chiều cao luống	Mm	145
15	Trọng lượng củ	G	1,7
16	Khối lượng riêng của đất	kg/dm3	1,0
17	Khối lượng riêng (rỗng) củ ném	kg/m^3	650 kg/m^3

3.2. Phân tích lựa chọn kết cấu và nguyên lý hoạt động của mẫu máy

3.2.1. Yêu cầu kỹ thuật của máy thu hoạch củ ném

Máy thu hoạch ném phải đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật chủ yếu sau:

- Năng suất máy đạt 0,3 ha/h
- Chiều rộng luống đào < 1,1 m
- Phân ly được đất bám vào củ.
- Giảm thiểu hư hỏng củ trong quá trình thu hoạch.

- Phải đào được toàn bộ lớp đất chứa lớp củ và không bị sót củ

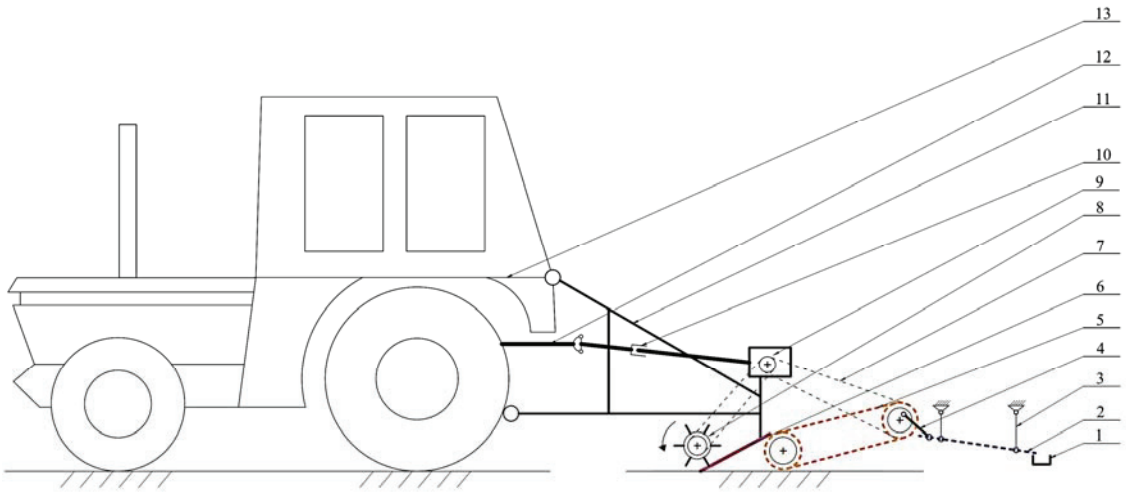
- Có cấu tạo gọn nhẹ, chắc chắn, dễ sử dụng, an toàn và giá thành hợp lý.

- Máy liên hợp được với máy kéo có công suất từ 24 – 50 HP.

- Củ ném sau khi thu hoạch được đưa vào thùng chứa.

3.2.2. Kết quả lựa chọn nguyên lý máy thu hoạch củ ném trên đất cát

Đối với máy thu hoạch củ ném trên đất cát, qua quá trình nghiên cứu thực nghiệm, phân tích nguyên lý và điều kiện canh tác củ ném. Để tăng khả năng phân ly đất, chúng tôi chọn nguyên lý máy thu hoạch củ ném là nguyên lý bộ phận đào lưỡi phẳng phối hợp với 2 cấp sàng là sàng roto và sàng lắc sàng rôto, ngoài ra do đặc tính đất cát mịn nhẹ độ ẩm thấp nên cần thiết có bộ phận roto gạt đất để thu vơ được đất và củ vào lưỡi đào, sơ đồ nguyên lý như hình 1.



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý liên hợp máy thu hoạch củ ném trên đất cát.

1. Thùng chứa củ; 2. Sàng lắc; 3. Thanh treo đứng; 4. Cơ cấu lệch tâm; 5. Sàng rôto; 6. Lưỡi đào; 7. Bộ truyền xích; 8. Rôto gạt đất; 9. Hộp giảm tốc; 10. Khớp nối cacđăng; 11. Trục thu công suất; 12. Cơ cấu treo; 13. Máy kéo.

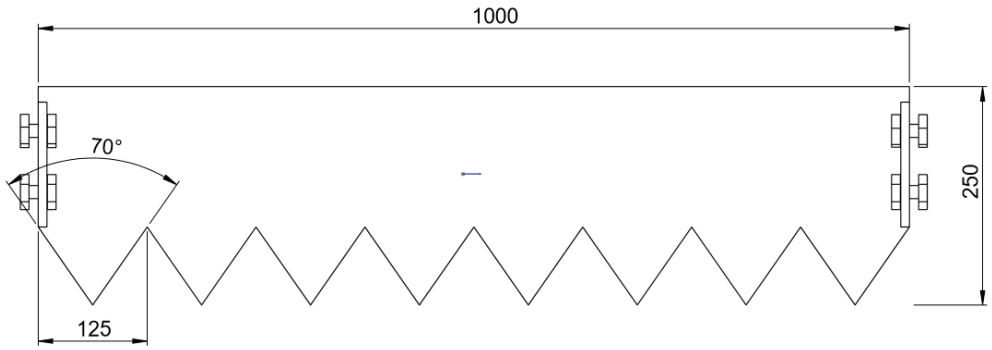
Nguyên lý hoạt động của liên hợp máy như sau: khi máy làm việc, máy kéo di chuyển về phía trước, hệ thống treo được điều khiển để lưỡi cắt cắt sâu vào lớp đất. Ban đầu, đất và ném được lưỡi đào xới và được rô to hỗ trợ đưa lên đi qua sàng roto. Lúc này, sàng roto có nhiệm vụ phân ly một phần và chuyển đất đến cấp sàng thứ 2 là sàng lắc. Tại đây, sàng lắc tiếp tục phân ly hoàn toàn phần đất còn lại và thu gom củ ném vào bộ phận chứa.

a. Tính chọn kết cấu bộ phận lưỡi đào và công suất đào

Một số nghiên cứu chỉ ra rằng, lực

cản đào tăng khi góc nghiêng lưỡi đào tăng [5]. Lực cản đào cũng ảnh hưởng bởi tốc độ tiến của máy [6, 7]. Các nghiên cứu cũng đề xuất rằng để giảm lực đào, tăng hiệu suất cắt đất và tăng khả năng phá vỡ đất ban đầu khi đào thì góc đào khoảng 30° [8]. McKyes *và cs.* (1984) [14] cũng đã kết luận rằng, tăng góc đào (góc nghiêng lưỡi đào) có thể phá vỡ đất tốt hơn. Lực cản đào cũng ảnh hưởng bởi hình dáng của lưỡi đào [15], kết quả cho thấy, hình dáng lưỡi đào dạng chữ V cho lực cản đào thấp nhất. Dạng lưỡi đào hình chữ V cũng được Khambe và cs. (2013)[16] nghiên cứu trong máy thu hoạch tỏi**.** Kết quả kiểm tra, các máy kéo Kubota có khoảng cách thực giữa hai bánh xe tối đa 1,1m.

Dựa trên những cơ sở trên, nghiên cứu đã lữa chọn lưỡi đào dạng chữ V. Kết cấu lưỡi đào như hình 2.



Hình 2. Sơ đồ cấu tạo lưỡi đào

Qua khảo sát cho thấy bề rộng phân bố củ ném không lớn hơn 1020 mm và chiều sâu phân bố củ không quá 80 mm. Tuy nhiên, trong quá trình cắt lớp đất xung quanh chùm củ ném để đảm bảo không sót củ, trong khi khoảng cách giữa 2 chùm củ là 20 mm thì lưỡi đào với cạnh sắc phải gồm nhiều lưỡi chữ V để cắt hết phần đất chứa củ và giảm lực cản tác dụng lên lưỡi đào.

Theo công thức của Viện sĩ V.P. Goriatskin [11], lực cản kéo lên máy được tính bằng:

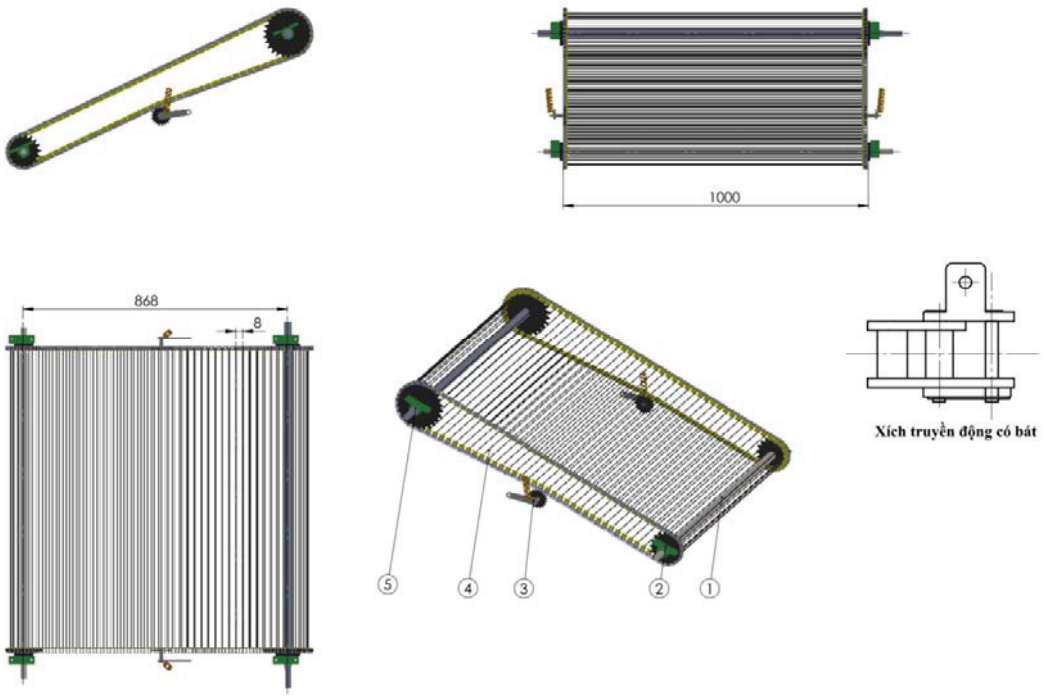
$P = fG + kabn + \varepsilon abnv^2 = 5 \times 10 \times 12,5 \times 8 = 5.000$ (N)

** Xác định góc nâng đất α:*

Góc nâng đất α càng lớn thì lực cản kéo càng tăng, nhưng cũng làm tăng khả năng tơi vỡ đất. Các kết quả nghiên cứu về lưỡi đào phẳng đều xác định giới hạn hợp lý của góc α trong các máy thu hoạch cây có củ là 13 ÷ 30^0 [8, 13]. Tuy nhiên với đất trồng ném là đất cát và đất thịt nhẹ nên trong trường hợp của máy đào ném, chọn α = 20^0

***b. Tính toán và thiết kế sàng rôto* và công suất sàng rô to**

Sơ đồ cấu tạo và kết cấu sàng rô to như hình 3



Hình 3. Hình ảnh 3D sàng roto

1. Trục đĩa xích bị động; 2. Gối đỡ; 3. Cơ cấu căng xích; 4. Sàng;

5. Trục đĩa xích chủ động.

Tính công suất tiêu thụ của sàng

Tổng khối lượng của sàng gồm: Khối lượng của đĩa xích + khối lượng xích + khối lượng thanh + khối lượng đất đào trên sàng.

Ở đất có kết cấu tốt khối lượng thể tích từ 1,1 – 1,3 (tấn/m^3). Ở đây đất trồng ném thực tế là đất cát tự nhiên, có trộn thêm một phần nhỏ rơm rạ hoại mục nên chọn khối lượng thể tích là 1,0 (tấn/m^3).

$$m_{\text{đất đào}} = 1{,}0 \times a \times b \times v_{\text{sàng}} \times v_{\text{máy}}$$

Trong đó: a – Độ sâu lớp đào (0,1 m); b – Bề rộng làm việc của lưỡi đào (1,0 m); $v_{\text{sàng}}$ – Vận tốc sàng (0,92 m/s); $v_{\text{máy}}$ – Vận tốc máy kéo (0,83 m/s)

$$m_{\text{đất đào}} = 1000{,}0 \times 0{,}1 \times 1{,}0 \times 0{,}92 \times 0{,}83 = 76{,}36 \text{ kg}$$

⇨ Tổng khối lượng của sàng: $m_{\text{tổng}} = 15{,}68 + 13{,}68 + 50 + 76{,}36 = 155{,}72$ kg

Lực tác dụng lên sàng: $P = m_{\text{tổng}} \times g$

Trong đó: P – Lực tác dụng lên sàng, N; $m_{tổng}$ – Tổng khối lượng của sàng, kg; g – Gia tốc trọng trường (9,81 m/s^2)

$P_{tổng}$ = 155,72 × 9,81 = 1527,6 N

Công suất tiêu thụ của sàng roto: $N_{sàng}$ = P × $v_{sàng}$ = 1527,6 × 0,92 = **1,405** kW

c. Tính toán thiết kế sàng lắc và công suất sàng lắc

Chọn bề mặt làm việc của sàng là mặt lưới sàng đan bằng sợi kim loại kích thước mắt sàng 4 mm để phù hợp với kích thước đất cát và củ ném.

Chiều dài (L) sàng được chọn sao cho sàng lắc có thể hứng được hết sản phẩm của roto nên chọn L = 1100 mm. Chiều rộng (B) của sàng được chọn là B = 500 mm. Theo kết quả nghiên cứu thực nghiệm cho thấy, với 03 độ ẩm cát 10, 15, 20 %, với biên độ sàng e = 50 mm, tần số lắc = 150 lần/phút [17] cho thấy chiều dài làm việc của sàng 500 mm đảm bảo khả năng phân ly hết đất. Sơ đồ cấu tạo và kết cấu sàng lắc như hình 4.

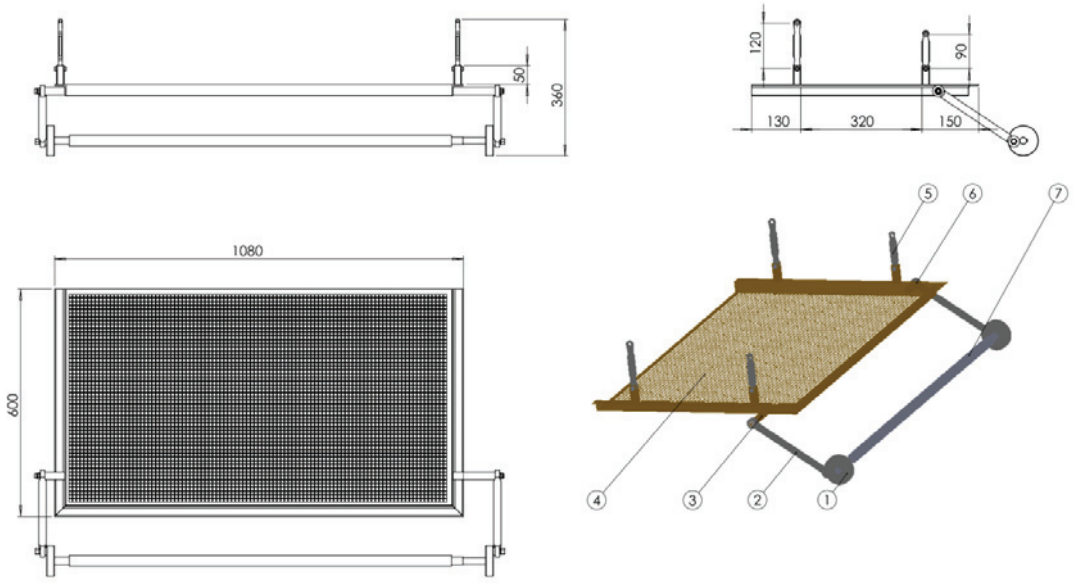
Tính công suất cần thiết của sàng lắc

Công suất của sàng được tính theo công thức:

$$N = \frac{N_1+N_2+N_3}{\eta} \cdot K = \frac{0,1+0,12+0,156}{0,9} \cdot 2,5 =$$

1,05 kW

Trong đó: N_1 - Công suất tạo động năng cho sàng chuyển động, kW; N_2 - Công suất để khắc phục lực ma sát giữa vật liệu với bề mặt sàng, kW; N_3 - Công suất thắng lực ma sát tại cơ cấu lệch tâm, kW; η - Hệ số công có ích; K - Hệ số an toàn, thường k = 1,5 ÷ 2,5.



Hình 4. Kết cấu khung lưới sàng lắc

1. Cơ cấu trục lệch tâm; 2. Thanh truyền; 3. Khung sàng; 4. Mặt sàng; 5. Thanh treo đứng;

6.Chốt liên kết khung với thanh truyền; 7. Trục lệch tâm.

Với máy kéo có công suất 24 HP thì lực kéo hiệu dụng tại móc kéo khi liên hợp máy chạy với tốc độ 3 km/h (số 3) là:

$$F_k = \frac{N_k}{v} = \frac{24 \times 0{,}736 \times 1000 \times 3600}{5 \times 1000} =$$

12718 (N)

Tuy nhiên trong quá trình hoạt động của liên hợp máy thì máy kéo sẽ bị giảm đi một phần lực kéo bởi chi phí do hiện tượng trượt của bánh khi có tải. Do đó, lực kéo thực tế F của máy là:

$$F = F_k - \xi.F_k \quad (N)$$

Trong đó: F_k là lực kéo hiệu dụng của máy (N); ξ là độ trượt của máy kéo khi làm việc, phụ thuộc vào loại đất và độ ẩm của đất khi thu hoạch, ξ = 5 - 15 (%), chọn ξ = 15%

Lực kéo thực tế của máy kéo khi làm việc là (với độ trượt ξ là 15%):

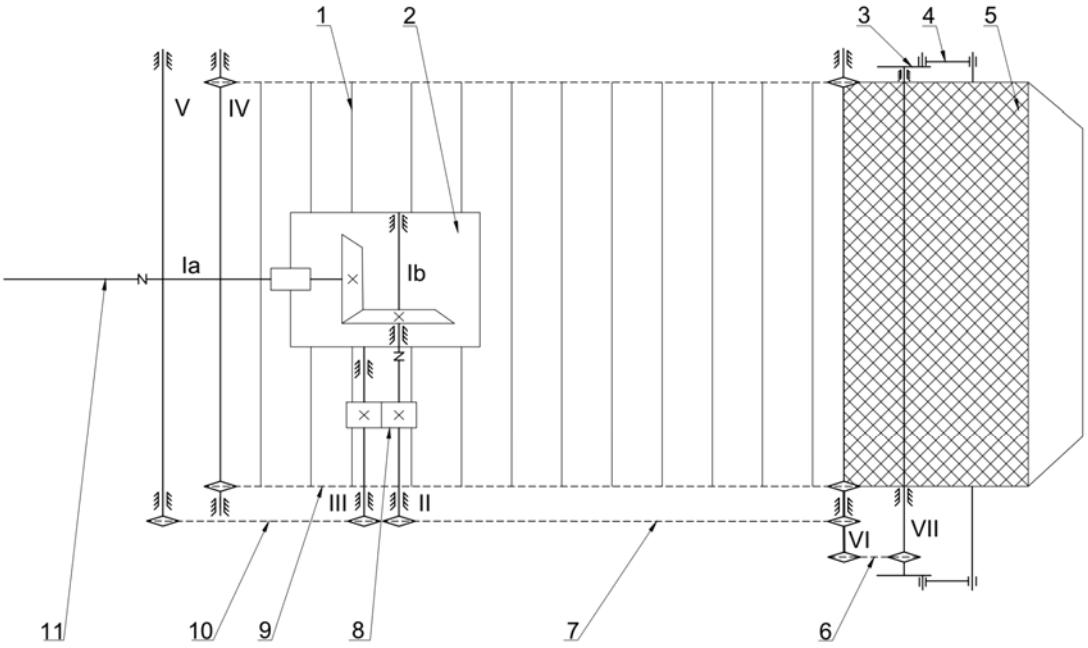
$F = F_k - \xi.F_k$ = 12718 - 0,15 x 12718 = 10810 (N)

Ta có: F > P

Như vậy, với máy kéo công suất 24 HP được dùng để liên kết với máy thu hoạch ném có bề rộng làm việc B = 1000 mm là hợp lý.

d. Sơ đồ truyền động và kết quả tính toán động học các chi tiết

Dựa vào các bước tính toán của Chất và Uyển (2006) [18], các kết quả tính toán công suất trục và tốc độ quay ở trên, sơ đồ hệ dẫn động máy như hình 5.



Hình 5. Sơ đồ truyền động của máy thu hoạch ném

1. Sàng rôto, 2. Hộp giảm tốc, 3.Bánh lệch tâm, 4. Thanh truyền, 5. Sàng lắc, 6,7,9,10. Xích truyền động, 8. Bánh răng, 11. Trục thu công suất máy kéo.

I. Trục sơ cấp hộp giảm tốc, II. Trục thứ cấp hộp giảm tốc, III. Trục bánh răng, IV. Trục bị động sàng roto, V. Trục cuốn, VI. Trục chủ động sàng roto, VII. Trục bánh lệch tâm

Căn cứ vào công suất trục, tốc độ trục, momem xoắn tại các trục được thể hiện trong bảng 2.

***Bảng 2** Thông số trên các trục*

Thông số	Trục Ia	Trục Ib	Trục II	Trục III	Trục V	Trục II	Trục VI	Trục IV	Trục VI	Trục VII
Tỷ số truyền	3,1	1,0	1,0	~2,0		~2,0	1,0	1,7		
P (kW)	3,18	3,1	3,1	1,58	1,62	3,1	1,64	1,64	1,64	1,05
N (v/ph)	540	175	175	175	88	175	88	88	88	150
M (N.mm)	56239	169171	169171	86222	175807	166040	177977	177977	177977	66850

3.3. Khảo nghiệm mẫu máy

Mẫu máy được khảo nghiệm tại cánh đồng trồng ném tại xã Điền Lộc, thị xã Phong Điền, thành phố Huế từ ngày 25/6 – 28/6/2021. Máy được liên kế với máy kéo KUBOTA L5018VN. Độ ẩm đất ~10%, khảo nghiệm gồm hai công đoạn: khảo nghiệm đào không ném (vị trí ném đã thu hoạch để đánh giá khả năng đào và phân ly đất; khảo nghiệm có ném củ để đánh giá khả năng làm việc của mẫu máy. Dưới đây là một số hình ảnh khảo nghiệm (hình 6).





Hình 6. Hình ảnh máy đang khảo nghiệm trên cánh đồng ném tại Điền Lộc

Kết quả thử nghiệm các tốc độ tiến của máy kéo (0,9 m/s; 1,1 m/s và 1,3m/s) và hai cấp truyền của trục thu công suất. Kết quả khảo nghiệm mẫu máy thu hoạch củ ném:

- Về khả năng làm việc: LHM làm việc ổn định, các cơ cấu, bộ phận làm việc tốt. Bộ phận đào đã đào và đưa đất vào sàng rôto nhờ sự hỗ trợ của rôto gạt đất, sàng rôto hoạt động tốt nhờ cơ cấu căng xích và sàng lắc làm việc ổn định, đưa được củ ném đến thùng chứa.

- Máy làm việc hiệu quả với đất có độ ẩm dưới 10%, luống ném ít lẫn tạp chất như vỏ hàu, phân khô...

- LHM di chuyển khá dễ dàng trên cánh đồng ném, hệ thống liên kết treo cứng vững, không rung lắc. Hệ thống truyền động từ trục thu công suất máy kéo làm việc ổn định, không gây tiếng ồn.

Kết quả đánh giá máy thu hoạch củ ném qua một số thông số chính thể hiện trên bảng 3.

Bảng 3. Tổng hợp một số thông số kỹ thuật cơ bản của máy thu hoạch củ ném

TT	Thông số	Thông số
1	Năng suất máy, ha/h	0,3
2	Vận tốc làm việc trung bình , km/h	<3,0
3	Bề rộng luống đào, m	1,0
4	Tốc độ làm việc của sàng rôto, (km/h)/tốc độ quay của sàng rôto, (vg/ph)	3,3/88
5	Biên độ lắc (mm)/tần số lắc của sàng lắc (lần/phút)	50/150
6	Độ ẩm đất khi làm việc, %	<15
7	Hiệu suất đào %,	<96
8	Hiệu suất phân ly đất, %	<96
9	Mức độ hư hại củ, %	<2
10	Tốc độ trục thu công suất, vg/ph	540
11	Liên kết với máy kéo	Treo/nửa treo
12	Nguồn động lực	Máy kéo Kubota 24-50 HP
13	Phạm vi làm việc của máy	Thu hoạch ném trên đất cát
14	Dung tích thùng chứa củ, lít	50

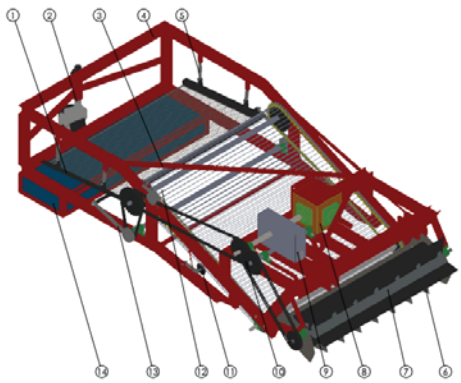
15	Kích thước bao (riêng máy đào), mm	DxRxC = 2030x1400x730
16	Trọng lượng máy, kg	155

Tuy nhiên, vẫn còn một số nhược điểm như: máy làm việc không hiệu quả khi độ ẩm đất quá cao (>15%), khó làm sạch củ ném khi đất nhiều cỏ rác và nhiều tạp chất như vỏ hàu, rễ cây.

Bộ truyền động xích của sàng roto hay bị kẹt do cát lọt vào bộ truyền làm căng xích, cần bổ sung cơ cấu căng xích, vì vậy đã bổ sung cơ cấu căng xích và hộp bảo vệ xích.

- Đối với một số thửa đất trồng ném, có chiều cao luống trồng cao, máy kéo có thể phá vỡ luống khi thu hoạch. Vì vậy, có thể nghiên cứu thử nghiệm mô hình máy thu hoạch ném tự hành.

Trên cơ sở những ưu nhược điểm trên, nghiên cứu này đề xuất nguyên lý và cấu tạo máy thu hoạch củ ném như hình 7.



Hình vẽ 3D của máy



Hình ảnh máy sau khi chế tạo

Hình 7. Bản vẽ 3D máy thu hoạch củ ném trên đất cát.

1. Sàng lắc; 2. Bánh tựa đồng; 3. Hệ thanh treo máy; 4. Khung máy; 5. Tay lắc; 6. Lưỡi đào; 7. Trục cuốn; 8. Hộp giảm tốc; 9. Bộ truyền bánh răng; 10. Bộ truyền xích; 11. Cơ cấu căng xích; 12. Sàng rô to; 13. Thanh truyền; 14. Thùng chứa.

4. KẾT LUẬN

- Đã nghiên cứu thực nghiệm và đề xuất được nguyên lý máy thu hoạch củ ném trên đất cát. Máy có đặc điểm làm việc phù hợp với đặc điểm canh tác ném trên đất cát tại thành phố Huế.

- Đã thử nghiệm thu hoạch ném trên đất cát, kết quả cho thấy: bộ phận đào làm việc tốt, phá vỡ đất và đưa được đất lên sàng roto, sàng roto phân ly được 50% lượng đất và sàng lắc tiếp tục phân ly đất đảm bảo độ sạch cho ném đạt 96%. Năng suất thu hoạch cao

hơn rất nhiều lần thu hoạch thủ công (theo tính toán lý thuyết, gấp 192 lần). Máy có kết cấu phù hợp với đặc tính canh tác ném trên đất cát trắng ven biển. Máy có độ bền hợp lý, các chi tiết máy rất phổ thông vì vậy dễ thay thế, sửa chữa khi hỏng máy.

Kết quả cho thấy, mẫu máy đã làm việc ổn định, khả năng đào và tỷ lệ hỏng củ thấp, độ sạch cát đạt yêu cầu. Máy liên kết dễ dàng với các máy kéo Kubota có dãi công suất từ 24 – 50 HP.

Tuy nhiên, mẫu máy vẫn còn tồn tại một số nhược điểm sau:

- Hệ thống truyền động xích nhanh mòn, do tiếp xúc trực tiếp với cát;

- Không hiệu quả khi thu hoạch với độ ẩm đất trên 15%;

- Bề rộng luống đào phù hợp cần dưới 1m, vì tất cả các máy kéo cỡ trung hiện nay có chiều rộng cơ sở cả trước và sau đều nhỏ hơn 1,1m.

- Đối với một số ruộng trồng ném, có chiều cao luống trồng cao, máy kéo có thể phá vỡ luống khi thu hoạch. Vì vậy, có thể nghiên cứu thử nghiệm mô hình máy thu hoạch ném tự hành.

Mặc dù, mẫu máy chỉ mới ở giai đoạn thử nghiệm, máy chỉ làm việc hiệu quả trong những điều kiện canh tác và kỹ thuật phù hợp. Dù vậy, kết quả nghiên cứu này đã làm tiền đề cho các nghiên cứu tiếp theo, để đồng bộ cơ giới hóa sản xuất ném tại các địa bàn trồng ném trên đất cát ven biển tại thành phố Huế hoặc các địa phương khác có đặc tính canh tác cây ném tương tự.

Đề xuất điều kiện áp dụng: Máy thu hoạch củ ném phát huy tác dụng trong điều kiện ném được trồng trên đất cát ven biển, ruộng ném có độ ẩm đất dưới 15%, chiều rộng luống trồng dưới 1,0m, chiều cao luống dưới 0,4m, cây ném đã đến kỳ thu hoạch củ (lá đã khô). Máy thích hợp cho các vùng trồng ném trên đất cát ven biển tại huyện Phong Điền và huyện Quảng Điền, tỉnh Thừa Thiên Huế, và một số vùng trồng ném trên đất cát tại Hải Lăng, Quảng Trị.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. https://baohatinh.vn/nong-nghiep/trong-hanh-tam-nong-dan-nghi-xuan-thu-gap-7-lan-trong-lua/193240.htm (truy cập ngày 21/1/2021)

[2]. Cổng thông tin điện tử Đảng bộ tỉnh Quảng Trị (2020). Vĩnh Linh: Xuống giống trên 220 ha nén. https://tinhuyquangtri.vn/-vinh-linh-xuong-giong-tren-220-ha-nem (truy cập ngày 21/1/2021)

[3]. Thông tấn xã Việt Nam (2018). Thừa Thiên-Huế: Hiệu quả cây nén trên vùng cát trắng. https://vnanet.vn/vi/anh/anh-thoi-su-trong-nuoc-1014/thua-thien-hue-hieu-qua-cay-nem-tren-vung-cat-trang-3598957.html (truy cập ngày 20/7/2022).

[4]. Hoàng Kim Toản, Tạ Sáu, Trần Đăng Hòa, Trần Thị Thu Giang, Nguyễn Đình Thi (2017). Đánh giá thực trạng sản xuất hành tăm (Allium schoenoprasum) trên các vùng đất cát 2010 ven biển từ năm 2010 đến 2014 tại Quảng Trị. Tạp chí Khoa học – Đại học Huế, 126 (3C), 121 - 131.

[5]. Saleh, A. Al- Suhaibani and Abdulrahman Al– Janobi. (1997). Draft requirement of tillage implements operating on sandy-loam soil. Journal of Agricultural Engineering Research. 66: 177-182.

[6]. Onwualu, A. P. and Watts, K.C. (1998). Draught and vertical forces obtained from dynamic soil cutting by plane tillage tools. Soil & Tillage Research. 48: 239-253.
[7]. Sahu, R. K. and Raheman, H. (2006). An approach for draft prediction of combination tillage implements in sandy clay loam soil. Soil & Tillage Research. 90: 145–155.
[8]. McKyes, E. and Maswaure, J., (1997). Effect of design parameters of flat tillage tools on loosening of clay soil. Soil and Tillage Research. 43(3-4): 195-204
[9]. Kang, W.S. and Halderson J. L. (1991). Development of a vibratory potato digger for small farms. American Journal of Potato Research. 68(9): 557-568.
[10]. Samy, M. Y., Mohamed I. G. and Tarek H. M. (2006). Development of potato digger. Misr J. Ag. Eng., 23(2): 292 – 31
[11]. Đoàn Văn Điện – Nguyễn Bảng (1987), Lý thuyết tính toán máy nông nghiệp, NXB Trường đại học Nông Lâm thành phố Hồ Chí Minh.
[12]. A.O.A.C. (2000). Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. 17th edn. U.S.A: Gaithersburg.
[13]. Borkar Narayan Totaram (2014). Design and development of oscillating soil separator for garlic harvester. Master thesis, Indian Agricultural Research Institute, New Delhi
[14]. McKyes, E. and Desir, F. L. (1984). Prediction and field measurements of tillage tool draft forces and efficiency in cohesive soils. Soil and Tillage Research. 4(5): 459-470
[15]. Thakur, T. C. and Tiwari, P. S. (1994). Soil bin Investigations and Field performance Evaluation of Lifting Shares Used on Potato Harvester. J. Agric. Engg., ISAE, 31: 1-4.
[16]. Khambe, V. K., De Dipankar. and Sahoo P. K. (2013). Design and Development of a Tractor Operated Garlic harvester. Journal of Agricultural Engineering Vol. 50(1), 9-13.
[17]. Đỗ Minh Cường, Trần Đức Hạnh, Nguyễn Thanh Cường, Nguyễn Thị Ngọc, Phan Tôn Thanh Tâm, Nguyễn Quang (2023). Một số kết quả thực nghiệm xác định thông số sàng lắc của máy thu hoạch củ hành tăm trên đất cát. Tạp chí Khoa học Đại học Huế: Kỹ thuật và Công nghệ, 131, 2A, 181-190
[18]. Trịnh Chất và Lê Văn Uyển (2006). Tính toán hệ thống dẫn động cơ khí, Tập 1, NXB Giáo dục.

Ngày nhận bài: 16/7/2025
Người phản biện: TS Lê Quyết Tiến – Viện Cơ điện NN&CNSTH

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU HOÀN THIỆN HỆ THỐNG THIẾT BỊ NGHIỀN SIÊU MỊN SẢN XUẤT THỨC ĂN CHO ONG NGOẠI

Phạm Ngọc Tuyên[1]; Lê Văn Cường[1]; Trần Nguyên Thương[1]

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu hoàn thiện hệ thống thiết bị nghiền siêu mịn để sản xuất thức ăn thay thế phấn hoa cho ong ngoại (Apis mellifera). Hệ thống có năng suất 300 kg/giờ, được thiết kế đồng bộ và tích hợp một số công đoạn tự động như nghiền, lọc bụi. Thí nghiệm cho thấy kích thước hạt ≤ 0,4 mm là tối ưu cho khả năng thu nhận của đàn ong. Kết quả áp dụng hệ thống đã cho thấy hiệu quả rõ rệt về tốc độ sử dụng thức ăn, năng suất mật và khả năng phát triển đàn ong trong điều kiện khan hiếm phấn hoa tự nhiên.

Từ khóa: *nghiền siêu mịn, thức ăn bổ sung, ong mật, kích thước hạt, dây chuyền sản xuất.*

DEVELOPMENT OF ULTRA-FINE GRINDING EQUIPMENT SYSTEM FOR PRODUCING POLLEN SUBSTITUTE FEED FOR HONEY BEES

ABSTRACT

This paper presents the results of developing an ultra-fine grinding equipment system to produce pollen substitute feed for Apis mellifera. The system has a capacity of 300 kg/h, featuring automated modules such as grinding and dust filtration. Experiments demonstrated that a particle size of ≤ 0.4 mm was optimal for honey bee consumption. Field application indicated increased feed intake rates, improved honey yield, and better colony development during periods of natural pollen scarcity.

Keywords: *ultra-fine grinding, supplementary feed, honey bees, particle size, production line.*

ĐẶT VẤN ĐỀ

Việt Nam là một nước nhiệt đới có thảm thực vật, nguồn hoa phong phú, các sản phẩm ong được coi là chất bổ cho sức khoẻ con người, là tiền đề cho nghề nuôi ong. Nuôi ong lấy mật là nghề đã có từ lâu ở nhiều địa phương trên cả nước, tạo ra công ăn việc làm, đem lại hiệu quả kinh tế cao đồng thời góp phần tăng năng suất, sản lượng cho cây trồng thông qua việc thụ phấn, bảo vệ môi trường. Thống kê từ Bộ Công thương năm 2023 cho thấy sản lượng mật ong Việt Nam hàng năm khoảng 64.000 tấn, xuất khẩu đạt 54.000 tấn; trong đó, chủ yếu là mật lá (trên 70%) được từ hai loài cây cao su (*Hevea brasiliensis*) và cây keo lai. Tuy nhiên, các vùng trồng cây keo và cây cao su không có nguồn phấn trong thời gian dài (các tháng 6, 7, 8, 11, 12, 1, 2, 3 khan hiếm nguồn phấn hoa) nên người nuôi ong phải cho ong ăn thức ăn thay thế phấn hoa nhằm duy trì đàn ong để khai thác mật.

Với khoảng 1 triệu đàn ong ngoại, hàng năm nước ta ước tính cần khoảng 20.000 - 25.000 tấn thức ăn thay thế phấn hoa.

[1]Viện Cơ điện nông nghiệp và Công nghệ sau thu hoạch

Nghiên cứu của TS. Trương Anh Tuấn (2018) cho thấy việc sử dụng thức ăn bổ sung sẽ giúp người nuôi ong không phải di chuyển đàn trong giai đoạn không có nguồn phấn, đồng thời mang lại hiệu quả cao trong việc giúp ong chúa đẻ trứng nhiều hơn, tăng lượng con non trong đàn, duy trì được thế đàn trong thời gian dài và năng suất mật tăng lên.

Thức ăn bổ sung thay thế cho phấn hoa hiện nay được sử dụng ở hai dạng: phấn hoa nguyên chất hoặc thức ăn tổng hợp với thành phần phần chủ yếu là phấn hoa, bột đậu nành, đường, được người nuôi ong phối trộn bằng phương pháp thủ công theo các tỷ lệ khác nhau tùy vào mục đích và nhu cầu sử dụng. Tuy nhiên, việc sử dụng thức ăn tổng hợp thay thế phấn hoa còn nhiều hạn chế như kích thước hạt nguyên liệu to không phù hợp khiến ong khó ăn gây lãng phí, nguy cơ ô nhiễm môi trường tổ ong; thời gian sử dụng ngắn do nhiễm nấm mốc trong quá trình chế biến và lưu trữ. Để giải quyết những tồn tại trên, chúng tôi đã tiến hành nghiên cứu "Hoàn thiện hệ thống thiết bị sản xuất thức ăn cho ong ngoại (Apis mellifera)" năng suất 300 kg/giờ với mục tiêu có dây chuyền sản xuất đồng bộ điều khiển tự động một số công đoạn, kích thước hạt nguyên liệu sau khi nghiền phù hợp với khả năng thu nhận thức ăn của ong, kéo dài thời gian bảo quản, nâng cao chất lượng thức ăn và từ đó nâng cao năng suất và chất lượng đàn ong, đem lại hiệu quả kinh tế cho người nuôi ong.

I. MỤC TIÊU, NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

1. Mục tiêu

**/ Mục tiêu chung:*

Hoàn thiện hệ thống thiết bị sản xuất thức ăn cho ong ngoại (*Apis mellifera*) năng suất 300 kg/giờ đáp ứng được yêu cầu công nghệ thay thế phấn hoa, thích hợp khả năng thu nhận thức ăn của ong, tránh lãng phí, hạn chế ô nhiễm môi trường nuôi ong;

**/ Mục tiêu cụ thể:*

Hoàn thiện hệ thống thiết bị sản xuất thức ăn cho ong ngoại (*Apis mellifera*) năng suất 300 kg/giờ gồm:

+ Hoàn thiện thiết kế, chế tạo, lắp đặt hệ thống thiết bị sản xuất thức ăn cho ong năng suất 300kg/giờ từ khâu nguyên liệu đầu vào đến ra sản phẩm cuối cùng gồm:

1- Vít tải cấp liệu vào máy nghiền:
2- Máy nghiền siêu mịn;
3- Hệ thống cylone thu sản phẩm sau nghiền;
4- Hệ thống hút lọc bụi và giữ bụi tự động;
5- Sàng rung phân loại;
6- Máy trộn trục ngang;
7- Gầu tải lấy liệu từ máy trộn lên thùng chứa chờ đóng bao.

+ Nghiên cứu kích thước hạt thức ăn phù hợp với ong ngoại.

2. Nội dung nghiên cứu

1. Thiết kế hoàn thiện hệ thống dây chuyền thiết bị sản xuất thức ăn cho ong năng suất 300 kg/giờ.

2. Chế tạo, lắp đặt hoàn chỉnh dây chuyền thiết bị sản xuất thức ăn cho ong năng suất 300 kg/giờ.

3. Sản xuất thử nghiệm trên dây chuyền thiết bị sản xuất thức ăn cho ong năng suất 300 kg/giờ.

4. Nghiên cứu ảnh hưởng kích thước hạt thức ăn phù hợp với khả năng sử dụng thức ăn của đàn ong ngoại.

3. Phương pháp nghiên cứu

3.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu của đề tài là nghiên cứu hoàn thiết kế dây chuyền thiết bị sản xuất thức ăn cho ong năng suất 300 kg/ giờ.

- Quy trình công nghệ sản xuất thức ăn cho ong từ khâu nguyên liệu đầu vào đến ra sản phẩm cuối cùng gồm các công đoạn sau:

Cân định lượng theo tỷ lệ đã định → Vít tải cấp liệu vào máy nghiền → Nghiền mịn → Cyclon thu bột → Sàng phân loại bột nghiền → Phối trộn → Gầu tải đưa sản phẩm lên thùng chứa → Cân đóng bao sản phẩm .

3.2. Phương pháp nghiên cứu

Trong nghiên cứu đã sử dụng các phương pháp sau:

- Phương pháp điều tra, khảo sát các tỉnh, địa phương có sản lượng nuôi ong lớn và sử lý thông tin thu được ;

- Phương pháp chuyên gia để lựa chọn nguyên lý, kết cấu các máy, nhất là nguyên lý kết cấu máy nghiền siêu mịn;

- Phương pháp thí nghiệm:

+ Phương pháp đo công suất không tải và có tải của các thiết bị chính bằng thiết bị đo công suất chuyên dụng như thiết bị đo công suất vạn năng MW-3500, thiết bị đo tốc độ vòng quáy;

+ Phương pháp đo, xác định năng suất của các máy: nghiền, sàng phân loại

Năng suất của máy tính theo công thức:

$$Q = 3.600 * \frac{m_1}{t}$$

Trong đó: Q - là năng suất của máy, T/h;

m_1 - Khối lượng sản phẩm các loại hứng tại cửa ra của máy ép viên, kg;

t - Thời gian lấy mẫu, s.

+ Phương pháp đánh giá chất lượng bột sau nghiền và sau phân loại bằng các lưới sàng kỹ thuật chuyên dụng. Tức lấy mẫu bột sau khi nghiền và sau khi sàng phân loại đựa vào lưới sàng kỹ thuật chuyên dụng, dùng thủ công để sàng tách hết những hạt lọt qua được lưới sàng, sau đó cân khối lượng bột qua sàng và khối lượng bột trên sàng, qua đó đánh giá được độ nhỏ của bột sau nghiền và sau sàng cũng như khả năng phân loại của sàng.

+ Các phương pháp sử lý số liệu thí nghiệm thu được.

+ Phương pháp bố trí thí nghiệm nghiên cứu kích thước hạt phù hợp như sau:

Các hạt nguyên liệu trong thức ăn bổ sung (bảng 1) sau khi nghiền được đưa qua các sàng có kích thước khác nhau (từ 0,2 mm đến 0,5mm) như bảng 2 dưới đây:

Bảng 1. Bố trí thí nghiệm nghiên cứu kích thước hạt nguyên liệu phù hợp

Công thức	CT1	CT2	CT3	CT4
Số đàn ong/lô thí nghiệm	20	20	20	20
Số lần lặp lại	3	3	3	3
Kích thước hạt nguyên liệu	Φ0,2 mm	Φ0,3 mm	Φ0,4 mm	Φ0,5 mm
Chỉ tiêu theo dõi	Tốc độ sử dụng thức ăn, sản lượng mật thu được, và chất lượng mật			

Ghi chú: Các kích thước này phù hợp với kích thước hạt thức ăn theo nghiên cứu của Smith E.W (2000) ở Australia kích thước hạt thức ăn ≤ 500 μm.

Thí nghiệm được tiến hành trong thời gian chính vụ khai thác mật keo (tháng 8/2021), từ ngày đầu tiên của chu kỳ quay mật (đàn ong sau khi đã được quay mật chu kỳ trước)

tại Trại Ong của Trung tâm Nghiên cứu Ong đặt tại Ba Vì, Hà Nội. Mỗi công thức thí nghiệm sẽ được thử nghiệm trên 20 đàn ong đồng đều tuổi chúa, số cầu, chế độ chăm sóc, nuôi dưỡng, phòng bệnh, đồng đều về các chất dinh dưỡng khác. Thức ăn dùng làm thí nghiệm được phối trộn thức ăn theo công thức đã được nghiên cứu của TS. Trương Anh Tuấn đề tài cấp Bộ —*Nghiên cứu sản xuất thức ăn thay thế phấn hoa cho ong ngoại (Apis mellifera)"*. Mỗi đàn ong sẽ được cho lượng thức ăn bổ sung là 1 kg thức ăn. Tiến hành theo dõi thí nghiệm trong suốt quá trình đến khi quay mật (khoảng 8 ngày). Các chỉ tiêu theo dõi gồm có: tốc độ sử dụng thức ăn của đàn ong và sản lượng mật, chất lượng mật (hàm lượng nước, đường glucose, fructose..) sau 1 vòng quay. Thí nghiệm được lặp lại 3 lần.

II. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

2.1 Hoàn thiện thiết kế dây chuyền sản xuất thức ăn cho ong ngoại năng suất 300 kg/giờ

2.1.1 Thiết kế tổng thể dây chuyền sản xuất thức ăn cho ong năng suất 300 kg/ giờ.

Sau quá trình nghiên cứu, đề tài đã lựa chọn sơ đồ nguyên lý hoạt động của dây chuyền thiết bị sản xuất thức ăn cho ong như sau:



Hình 1: Sơ đồ dây chuyền thiết bị sản xuất thức ăn cho Ong năng suất 300 kg/giờ

Trên cơ sở lựa chọn được sơ nguyên lý hoạt động của dây chuyền thiết bị sản xuất thức ăn cho ong, Đề tài đã tính toán hoàn thiện thiết kế tổng thể dây chuyền sản xuất thức ăn cho ong năng suất 300kg/ giờ với các thiết bị máy móc chính như sau:

1- Vít tải cấp liệu vào máy nghiền.
2- Máy nghiền mịn.
3- Cyclon thu sản phẩm với Quạt ly tâm cao áp
4- Van chặn khí cấp liệu vào sàng phân loại.
5- Sàng phân loại năng suất 300kg/h.
6- Cửa trượt cấp liệu vào máy trộn.
7- Máy trộn ngang năng suất 150kg/mẻ.
8- Gầu tải cấp sản phẩm lên thùng chứa.
9- Thùng chứa sản phẩm.

Hệ thống thiết bị sản xuất thức ăn cho ong được thiết kế đồng bộ, hoạt động liên hoàn và được điều khiển tự động một số công đoạn như nghiền, hút bụi giũ bụi tự động.

2.1.2 Thiết kế chi tiết các máy móc thiết bị trong dây chuyền sản xuất thức ăn cho ong năng suất 300 kg/giờ.

Qua quá trình nghiên cứu, với kích thước hạt nguyên liệu sau khi nghiền ≤ 4mm đàn ong sử dụng thức ăn tốt, nguồn thức ăn bổ xung khi nguồn phấn hoa ngoài tự nhiên thấp đã giúp cho đàn ong ổn định và phát triển tốt hơn, năng suất mật cao hơn không chỉ trong thời gian sử dụng thức ăn mà kể cả quá trình phát triển của đàn ong khi không còn sử dụng thức ăn bổ sung thay thế phấn hoa (khi nguồn thức ăn tự nhiên bên ngoài đầy đủ). Với kích thước hạt sau khi nghiền ≥ 5mm thì ong hầu như Ong không sử dụng cho nên ảnh hưởng đến năng suất thu mật cũng như quá trình sinh trưởng và phát triển của đàn ong.

Do vậy, Đề tài đã nghiên cứu hoàn thiện thiết kế tổng thể và chi tiết từng máy móc thiết bị trong dây chuyền thiết bị sản xuất thức ăn cho ong năng suất 300 kg/giờ với yêu cầu điều khiển tự động quá trình nghiền, quá trình giũ bụi, phải đảm bảo hiệu suất nghiền, chi phí năng lượng thấp và kết cấu máy bền vững tăng thời gian và hiệu quả sử dụng máy. Các máy có các thông số kỹ thuật sau:

1- Vít tải cấp liệu cho máy nghiền:
+ Năng suất: 200 – 1000 kg/giờ (Điều chỉnh được năng suất cấp liệu bằng biến tần)
+ Công suất động cơ 3 pha 380V/50Hz/1,5kW;
2- Máy nghiền mịn năng suất 300kg/h:
+ Năng suất: 300 - 400 kg/giờ;
+ Kích thước buồng nghiền: Đường kính x bề dầy = 610 x 210 mm;
+ Công suất động cơ : 3 pha 380V/50Hz/22kW;
+ Tốc độ roto nghiền: 4.200 v/ph; - Vận tốc đầu búa: 110 m/s;
3- Cyclon thu sản phẩm với Quạt ly tâm cao áp:
+ Kích thước: D x H = 400 x 1.050 mm; Số lượng túi lọc bụi: 4 túi;
+ Lưu lượng gió: 1.500 – 1.600 m3 /h ; Cột áp: 550 – 600 mmH2;
+ Công suất động cơ: 3 pha 380V/50Hz/5,5kW.

4- Van chặn khí cấp liệu vào sàng phân loại:

+ Kích thước: D x H = 400 x 1.050 mm;

+ Công suất động cơ: 3 pha 380V/50Hz/1,1kW.

5- Sàng phân loại

+ Năng suất: 300kg/h:

+ Công suất động cơ: 3 pha 380V/50Hz/1,5kW.

6- Máy trộn ngang

+ Năng suất: 150kg/ mẻ; 20 ph/mẻ;

+ Công suất động cơ: 3 pha 380V/50Hz/3kW.

7- Gầu tải cấp sản phẩm lên thùng chứa thành phẩm:

+ Năng suất: 150kg/ mẻ; 20 ph/mẻ;

+ Công suất động cơ: 3 pha 380V/50Hz/1,5kW.

2.2 Chế tạo, lắp đặt hoàn chỉnh dây chuyền sản xuất thức ăn cho ong năng suất 300 kg/giờ.

Từ thiết kế tổng thể và thiết kế chi tiết hệ thống thiết bị sản xuất thức ăn cho ong năng xuất 300 kg/giờ, đã tiến hành chế tạo từng máy móc thiết bị trong dây chuyền và chạy thử căn chỉnh máy móc trước khi đưa đi lắp dặt.

Sau khi các máy móc thiết bị trong dây chuyền đã được chế tạo hoàn thiện, đề tài tiến hành lắp đặt hoàn chỉnh dây chuyền thiết bị sản xuất thức ăn cho ong theo bản vẽ thiết kế tổng thể. Các máy móc thiết bị được lắp đặt đúng vị trí thiết kế theo yêu cầu trong dây chuyền.

Lắp đặt tủ điện điều khiển trung tâm và lắp hệ thống điện động lực và điện điều khiển đến tất cả các máy móc thiết bị trong dây chuyền.





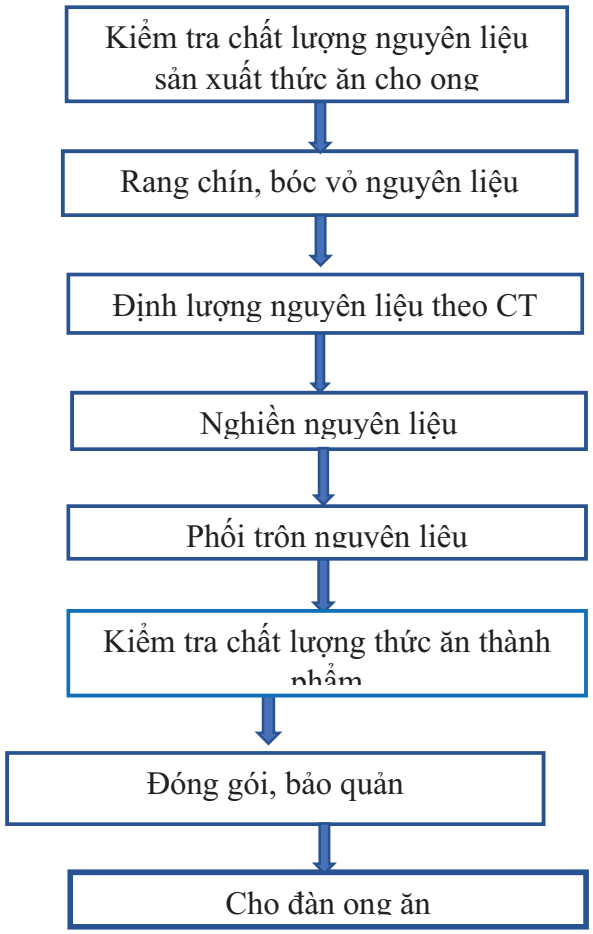
Hình 2: Lắp đặt dây chuyền thiết bị sản xuất thức ăn cho Ong năng suất 300 kg/giờ;



Hình 3: Dây chuyền thiết bị sản xuất thức ăn cho Ong năng suất 300 kg/giờ;

2.3 Sản xuất thử nghiệm trên dây chuyền thiết bị sản xuất thức ăn cho ong năng suất 300 kg/giờ.

2.3.1 Sơ đồ quy trình sản xuất thức ăn cho



Hình 4: Sơ đồ quy trình công nghệ sản xuất thức ăn cho ong

2.3.2 Công thức sử dụng sản xuất thức ăn cho ong

Bảng 2: Công thức thử nghiệm sản xuất thức ăn cho ong

STT	Nguyên Liệu	Đơn vị tính	Tỷ lệ phối trộn (tính cho 150 kg thức ăn)
1	Đậu tương	kg	40,5
2	Khô dầu	kg	29
3	Phấn hoa	kg	17,5
4	Bột sữa	kg	3
5	Đường kính	kg	59,1
6	Khoáng + Vitamin	kg	0,9
7	**Tổng**	**kg**	**150**

Nhận xét:

Sau khi sản xuất thử nghiệm dây chuyền sản thức ăn cho ong năng xuất 300kg/giờ, Đề tài có nhận xét sau: - Dây chuyền sản xuất thức ăn cho ong hoạt động ổn định. Hệ thống thiết bị chạy liên hoàn cho ra sản phẩm đạt yêu cầu chất lượng đề ra.

- Vít tải tự động điều chỉnh tốc độ để cấp liệu vào máy nghiền sao cho máy nghiền hoạt động tối đa công suất động cơ mà không bị dẫn tới quá tải làm kẹt máy.

- Máy nghiền hoạt động tốt, năng suất đạt 350 – 400 kg/giờ, sản phẩm sau nghiền mịn đạt kích thước < 0,4mm đáp ứng được yêu cầu công nghệ.

- Sàng rung hoạt động hiệu quả, đã loại bỏ các hạt có kích thước lớn hơn yêu cầu, năng suất đạt yêu cầu thiết kế.

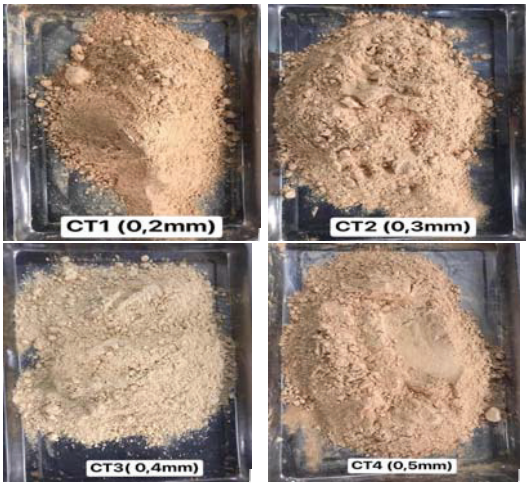
- Máy trộn hoạt động tốt, độ đồng đều cao và được chiếu đèn cực tím tăng khả năng sát khuẩn, nấm men và nấm mốc.

- Gầu tải liệu hoạt động êm, năng suất lớn đảm bảo yêu cầu của sản xuất.

2.4. Nghiên cứu ảnh hưởng kích thước hạt thức ăn phù hợp với khả năng sử dụng thức ăn của đàn ong ngoại.

- Kết quả đánh giá ảnh hưởng của kích thước hạt thức ăn sau khi nghiền và sàng lọc với khả năng sử dụng thức ăn bổ sung của đàn ong thể hiện trong bảng 3 dưới đây cho thấy: kích thước hạt thức ăn càng nhỏ thì tốc độ tiêu thụ thức ăn của đàn ong càng tăng lên. Cụ thể các đàn ong sử dụng lượng thức ăn trung bình với công thức CT1 là 112,3g/đàn/ngày, CT2 là 112,3g/đàn/ngày, CT3: 111,1g/đàn/ngày và thấp nhất là CT4: 92,3g/đàn/ngày.

Quá trình theo dõi cho thấy thức ăn bổ sung ở các công thức từ CT1 đến CT3 (0,2-0,4mm) được đàn ong ăn tương đối nhanh



và đều (lượng thức ăn đưa vào hết sau 5-7 ngày) trong khi đàn ong ở CT4 ăn chậm hơn các công thức khác và có hiện tượng một phần thức ăn không sử dụng hết bị rơi xuống thành cầu ong.

Hình 5. Thử nghiệm các công thức bột thức ăn bổ sung với kích thước khác nhau

Bảng 3. Ảnh hưởng các thích thước hạt đến tốc độ sử dụng thức ăn của ong mật (n = 60)

Ngày theo dõi	Lượng thức ăn bổ sung được sử dụng (g/ngày)			
	CT1 (g/ngày/đàn)	**CT2 (g/ngày/đàn)**	**CT3 (g/ngày/đàn)**	**CT4 (g/ngày/đàn)**
Ngày 1	$114,33^{a} \pm 4,30$	$112,78a \pm 5,43$	$113,00^{a} \pm 6,05$	$92,43^{b} \pm 9,44$
Ngày 2	$117,85^{a} \pm 4,93$	$118,28^{a} \pm 5,49$	$119,32^{a} \pm 6,13$	$97,50^{b} \pm 5,48$
Ngày 3	$115,80^{a} \pm 6,30$	$115,23^{a} \pm 7,23$	$116,07^{a} \pm 5,60$	$95,50^{b} \pm 7,84$
Ngày 4	$114,33^{a} \pm 4,43$	$112,78^{a} \pm 5,43$	$113,00^{a} \pm 6,05$	$92,43^{b} \pm 9,44$
Ngày 5	$112,15^{a} \pm 5,71$	$113,65^{a} \pm 4,54$	$108,45^{a} \pm 6,15$	$85,22^{b} \pm 9,27$
Ngày 6	$110,50^{a} \pm 6,9$	$108,43^{a} \pm 5,91$	$107,70^{a} \pm 3,76$	$91,07^{b} \pm 4,63$
Ngày 7	$105,07^{a} \pm 6,56$	$104,93^{a} \pm 5,89$	$104,68^{a} \pm 6,64$	$87,80^{b} \pm 8,78$
Ngày 8	$100,40^{a} \pm 8,05$	$103,05^{a} \pm 5,10$	$98,37^{a} \pm 5,46$	$88,03^{b} \pm 4,65$
TB (g/đàn/ngày)	**$111,30^{a} \pm 1,87$**	**$111,14^{a} \pm 2,97$**	**$110,07^{a} \pm 2,78$**	**$91,25^{b} \pm 5,21$**

Ghi chú: (^{a,b}) các số trung bình trong cùng một hàng mang chữ cái khác nhau thì sai khác nhau có ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa $p < 0,05$

Không có sự khác nhau có nghĩa về tốc độ tiêu thụ thức ăn giữa 3 công thức CT1, CT2 và CT3 nhưng khi đánh giá về hiệu quả kinh tế ta thấy nghiền hạt với kích thước hạt càng nhỏ sẽ tiêu tốn càng nhiều năng lượng dẫn tới chi phí sản xuất cao.



Hình 6. Thí nghiệm đàn ong sử dụng bột thức ăn bổ sung với kích thước 0,5mm – Thức ăn hạt to đàn ong không tiêu thụ hết gây lãng phí và ô nhiễm môi trường trong tổ

2.5 Ảnh hưởng của kích thước hạt thức ăn tới năng suất mật của đàn ong

Năng suất mật là chỉ tiêu quan trọng để đánh giá chất lượng đàn ong cũng như hiệu quả của việc sử dụng thức ăn bổ sung. Kết quả phân tích ở bảng 4 cho thấy ong ăn thức ăn bổ sung ở các công thức CT1, CT2, CT3 cho năng suất mật (kg/đàn/vòng quay) cao hơn, tương ứng từ 6,78kg/đàn; 6,72 kg/đàn; 6,57 kg/đàn; cao hơn hẳn so với CT4 là 5,80 kg/đàn.

Như vậy, với kích thước hạt thức ăn từ 0,2-0,4mm, đàn ong không chỉ có sự tiêu thụ thức ăn tốt hơn mà còn cho năng suất mật cao hơn so với đàn ong sử dụng thức ăn có kích thước là 0,5mm.

Bảng 4. Ảnh hưởng của các kích thước hạt thức ăn khác nhau trong thức ăn bổ sung tới năng suất mật vụ keo của đàn ong (n=60)

STT	Công thức	Năng suất mật đợt 1 (Kg/đàn)	Năng suất mật đợt 2 (Kg/đàn)	Năng suất mật đợt 3 (Kg/đàn)	Năng suất mật TB (Kg/đàn)
1	CT1	6,73a ± 0,54	6,79a ± 0,72	6,81a ± 0,79	6,78a ± 0,37
2	CT2	6,56a ± 0,39	6,81a ± 0,68	6,78a ± 0,58	6,72a ± 0,38
3	CT3	6,47a ± 0,43	6,42a ± 0,56	6,82a ± 0,37	6,57a ± 0,34
4	CT4	5,51b ± 0,49	5,42b ± 0,50	6,47a± 0,42	5,80b ± 0,35

Ghi chú: (a,b) các số trung bình trong cùng một hàng mang chữ cái khác nhau thì sai khác nhau có ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa p < 0,05

Nhận xét:

+ Hệ thống thiết bị nghiền mịn năng suất 300kg/giờ cho sản phẩm đạt chất lượng cao. Kết quả nghiên cứu cho thấy chất lượng hạt sau nghiền đạt ≤ 4mm đàn ong sử dụng thức ăn tốt. Nguồn thức ăn bổ xung khi nguồn phấn hoa ngoài tự nhiên thấp đã giúp cho đàn ong sinh trưởng và phát triển tốt hơn, năng suất mật cao hơn.

+ Chất lượng sản phẩm tăng rõ rệt, màu sắc, mùi thơm đặc trưng của đậu tương rang được duy trì, thời gian bảo quản được kéo dài, đảm bảo VSATTP.

KẾT LUẬN

Đã nghiên cứu hoàn thiện thiết kế, chế tạo và lắp hoàn chỉnh dây chuyền sản xuất thức ăn cho ong năng suất 300 kg/giờ tại Hợp tác xã nông nghiệp và dich vụ Ba Vì. Tiến hành sản xuất thử nghiệm thức ăn cho ong trên hệ thống thiết bị dây chuyền đáp ứng được yêu cầu lắp đặt và yêu cầu thực tế sản xuất, đảm bảo năng suất thiết kế và cho chất lượng sản phẩm đạt yêu cầu.

Kích thước của hạt thức ăn sau công đoạn nghiền phù hợp để sản xuất thức ăn cho ong là ≤ 0,4mm. Với kích thước này đàn ong sử dụng tốt nguồn thức ăn bổ xung khi nguồn phấn hoa ngoài tự nhiên thấp đã giúp cho đàn ong ổn định và phát triển tốt hơn, năng suất mật cao hơn không chỉ trong thời gian sử dụng thức ăn mà kể cả quá trình phát triển của đàn ong khi không còn sử dụng thức ăn bổ sung thay thế phấn hoa (khi nguồn thức ăn tự nhiên bên ngoài đầy đủ).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Như Thung, Lê Nguyên Đương, Phan Lê, Nguyễn Văn Khỏe (1987), *Máy và thiết bị thức ăn chăn nuôi*, NXB Khoa học kỹ thuật Hà Nội.
2. Hà Thị An (1986), *Các quá trình và thiết bị thủy cơ*, Giáo trình giảng dạy cho ngành "Máy và thiết bị hóa chất", HàNội.
3. Nguyễn Bin (2004), *Các quá trình, thiết bị trong công nghệ hóa chất và thực phẩm*, NXB Khoa học kỹ thuật, 2004.

4. Cokolob I. A (1975), *Cơ sở thiết kế máy và máy móc tự động sản xuất thực phẩm*, NXB Khoa học Kỹ thuật, HàNội.

5. Phạm Đức Hạnh, Trương Anh Tuấn (2018). *Thành phần hóa học và giá trị dinh dưỡng chủ yếu của một số phấn hoa và lương ong phổ biến ở Việt Nam*. Tạp chí Khoa học công nghệ chăn nuôi.

6. Trương Anh Tuấn. Bùi Trọng Diễn, Nguyễn Thông Thành, Phạm Văn Mạnh và Nguyễn Quốc Hùng (20172019). *Nghiên cứu sản xuất thức ăn thay thế phấn hoa cho ong ngoại (Apis mellifera) đảm bảo năng suất và an toàn thực phẩm*. Viện Chăn nuôi.

7. Trương Anh Tuấn. Bùi Trọng Diễn, Nguyễn Thông Thành, Phạm Văn Mạnh và Nguyễn Quốc Hùng (2017- 2019). Nghiên cứu sản xuất thức ăn thay thế phấn hoa cho ong ngoại (Apis mellifera) đảm bảo năng suất và an toàn thực phẩm. Viện Chăn nuôi.

8. Nguyễn Năng Nhượng (2001), *Kết quả chuyển giao dây chuyền chế biến thức ăn gia súc qui mô 2 t/h; 3 t/h và 5 t/h.* Tuyển tập kết quả khoa học công nghệ cơ điện nông nghiệp 1996 -2000, Hà Nội.

Ngày nhận bài: 7/8/2025,

Người phản biện: TS Nguyễn Thanh Nghị - ĐH Nông lâm Tp.HCM

MỘT SỐ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU BAN ĐẦU THIẾT BỊ THANH TRÙNG NƯỚC CAM ÉP BẰNG ĐIỆN TRƯỜNG XUNG (PEF)

Nguyễn Đức Vinh[1]; Bùi Thị Minh Tâm[1]; Trần Hồng Thao[1]

TÓM TẮT

Công nghệ xử lý bằng điện trường xung (PEF) là một giải pháp thay thế đầy hứa hẹn cho phương pháp thanh trùng bằng nhiệt truyền thống, vốn có thể làm suy giảm chất lượng dinh dưỡng và cảm quan của nước ép trái cây. Tuy nhiên, tại Việt Nam, các nghiên cứu và ứng dụng công nghệ này còn rất hạn chế, đặc biệt là trong việc làm chủ công nghệ chế tạo thiết bị. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu ban đầu về việc thiết kế, chế tạo một hệ thống thiết bị PEF quy mô phòng thí nghiệm và ứng dụng để đánh giá ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến chất lượng nước cam sành. Hệ thống thiết bị sử dụng máy phát xung MARX thể rắn đã được thiết kế, mô phỏng và chế tạo thành công, đạt điện áp đầu ra 9 kV và cường độ điện trường 30 kV/cm. Kết quả thử nghiệm cho thấy, khi xử lý nước cam ở cường độ điện trường 30 kV/cm và thời gian 180 µs, tỷ lệ bất hoạt vi sinh vật đạt trên 90%. Trong 90 ngày bảo quản ở 4°C, chất lượng nước cam sau xử lý PEF được duy trì ổn định về pH, độ brix, màu sắc và giữ được hàm lượng vitamin C tốt hơn mẫu đối chứng. Những kết quả này khẳng định tiềm năng của công nghệ PEF trong việc sản xuất nước cam thanh trùng chất lượng cao, kéo dài thời gian bảo quản mà vẫn giữ được các đặc tính tự nhiên của sản phẩm.

Từ khoá: *Điện trường xung, PEF, máy phát xung MARX, thanh trùng, thực phẩm lỏng, nước ép trái cây, nước ép cam tươi.*

RESEARCH ON THE DESIGN OF A PULSED ELECTRIC FIELD PROCESSING SYSTEM FOR EXPERIMENTAL SCALE FRUIT JUICE PRODUCTION

ABSTRACT

Pulsed Electric Field (PEF) technology is a promising alternative to conventional thermal pasteurization, which can degrade the nutritional and sensory quality of fruit juice. However, in Vietnam, research and application of this technology remain limited, particularly in mastering the equipment manufacturing technology. This paper presents the initial research results on the design and fabrication of a lab-scale PEF system and its application to evaluate the effects of processing parameters on the quality of Sành orange juice. The system, which utilizes a solid-state Marx generator, was successfully designed, simulated, and fabricated, achieving an output voltage of 9 kV and an electric field strength of 30 kV/cm. Experimental results showed that treating the orange juice at an electric field strength of 30 kV/cm for a treatment time of 180 µs resulted in a microbial inactivation rate exceeding 90%. During 90 days of refrigerated storage (4°C), the quality of the PEF-treated juice remained stable concerning pH, Brix, and color, and it exhibited better Vitamin C retention compared to the untreated control sample. These findings confirm the potential of PEF technology as a viable method for producing high-quality pasteurized orange juice, extending its shelf-life while preserving the natural characteristics of the product.

Keywords: *Pulsed electric field, PEF, MARX pulse generator, pasteurization, liquid food, fruit juice, orange juice.*

[1]Viện Cơ điện nông nghiệp và Công nghệ sau thu hoạch

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nhu cầu của người tiêu dùng đối với các thực phẩm an toàn, tiện lợi nhưng vẫn giữ được hương vị, màu sắc và giá trị dinh dưỡng tự nhiên ngày càng tăng cao. Nước ép trái cây, đặc biệt là nước cam, rất được ưa thích do hương vị độc đáo và chứa nhiều thành phần dinh dưỡng tốt cho sức khỏe. Tuy nhiên, nước ép trái cây tươi rất dễ bị hư hỏng do sự phát triển của vi sinh vật và hoạt động của enzyme, đòi hỏi phải có các biện pháp xử lý để kéo dài thời gian sử dụng.

Các công nghệ đã có không thể đáp ứng được những yêu cầu này, chẳng hạn như thanh trùng bằng nhiệt, mặc dù hiệu quả trong việc tiêu diệt vi sinh vật nhưng lại gây ra nhiều tác động tiêu cực không mong muốn. Việc sử dụng nhiệt độ cao trong thời gian dài có thể làm biến đổi màu sắc, hương vị, và đặc biệt là làm suy giảm đáng kể hàm lượng các chất dinh dưỡng nhạy cảm với nhiệt như vitamin và các hợp chất chống oxy hóa, làm giảm giá trị của thành phẩm. Điều này thúc đẩy việc tìm kiếm và phát triển các công nghệ xử lý không nhiệt, trong đó công nghệ xử lý bằng điện trường xung (Pulsed Electric Field - PEF) nổi lên như một giải pháp đầy hứa hẹn.

PEF là quá trình áp dụng các xung điện áp cao trong thời gian rất ngắn (micro giây đến mili giây) tạo ra điện trường mạnh (thường từ 10–50 kV/cm) tác động lên thực phẩm lỏng hoặc nửa lỏng đặt giữa hai điện cực (Barsotti và cs, 1999; Korolczuk và cs, 2006). Cơ chế chính của PEF là gây ra hiện tượng *điện xuyên màng* (electroporation), làm thủng màng tế bào vi sinh vật, từ đó làm rối loạn cân bằng thẩm thấu và dẫn đến bất hoạt tế bào. Ưu điểm nổi bật của PEF là có thể tiêu diệt vi sinh vật hiệu quả ở nhiệt độ thấp (<50°C), giúp giữ lại tối đa màu sắc, hương vị và dinh dưỡng tự nhiên của sản phẩm.

Ngoài nước: Lịch sử nghiên cứu PEF đã kéo dài hơn một thế kỷ, khởi đầu sớm (những năm cuối thế kỷ 19) ngay từ khi xuất hiện điện thương phẩm nhưng mãi đến những năm 1960 mới được chú ý khi mà Sale và Hamilton (1967, 1968) đã chứng minh khả năng khử nhiễm vi khuẩn bằng điện trường xung. Nghiên cứu của họ đặt nền móng cho sự phát triển của công nghệ PEF, với nhiều phát hiện vẫn còn giá trị đến ngày nay. Và đặc biệt đến những năm 1980 thì được ghi dấu bằng loạt bài báo thảo luận về mức độ nhạy cảm của các loại vi khuẩn khác nhau đối với PEF do Hülsheger và cộng sự xuất bản. Họ cũng phát triển một biểu thức toán học bao gồm cường độ điện trường và thời gian xử lý để mô tả ảnh hưởng của PEF đối với vi sinh vật (Hülsheger và cs, 1980; 1981; 1983). Cuối thập kỷ 1980, nhiều nhóm nghiên cứu đa ngành trên thế giới đã tích cực tham gia vào việc khám phá cơ chế tác động của PEF lên tế bào vi sinh vật và tối ưu hóa quy trình xử lý, dẫn đến sự gia tăng nhanh chóng số lượng các công bố khoa học và bằng sáng chế liên quan đến thiết bị và quy trình PEF. Cùng với đó, sự tiến bộ của khoa học kỹ thuật, đặc biệt là trong lĩnh vực điện tử công suất và tự động hóa thì công nghệ này thực sự được quan tâm và phát triển mạnh mẽ cho các ứng dụng thương mại.

Từ năm 2000 trở đi, nhiều thành tựu về PEF đã đạt được từ nghiên cứu cho đến thực tiễn. Cùng năm đó, hệ thống PEF công nghệ bán dẫn đầu tiên quy mô thương mại được xây dựng tại Đại học Bang Ohio. Năm 2005, nước ép trái cây đầu tiên xử lý bằng PEF được thương mại hóa tại Mỹ bởi Genesis Juice. Tại châu Âu, hệ thống đầu tiên được áp dụng tại Anh năm 2009, tiếp theo là sản phẩm thương mại ở Hà Lan năm 2012 do công ty Hoogesteger sản xuất. Trong thành tựu đó, chỉ riêng công ty DIL ELEA (Đức) đã chuyển giao được tổng số 29 hệ thống xử lý PEF trải dài trên cả 3 châu lục Âu, Á và Mỹ. Đáng chú ý, Việt Nam đã nhận một hệ thống PEF bán công nghiệp do DIL chuyển giao với dung lượng xử lý 1.200 l/h nhưng không rõ thời điểm nhận chuyển giao, cũng như địa điểm lắp đặt (Kießling và Toepfl,

2011). Tính đến năm 2016, theo báo cáo của học giả Michael Kempkes tại Bắc Kinh, toàn cầu đã có khoảng 120 hệ thống PEF được sử dụng trong chế biến thực phẩm, góp phần nâng cao chất lượng sản phẩm, tiết kiệm năng lượng và đảm bảo an toàn vi sinh.

Trong nước: Cam là một loại cây trồng phổ biến với sản lượng lớn. Và để tránh tình trạng khủng hoảng thừa, được mùa mất giá, Việt Nam đang từng bước đẩy mạnh chế biến sâu nhằm nâng cao giá trị gia tăng cho sản phẩm cam. Một số sản phẩm chế biến từ cam đã xuất hiện trên thị trường như rượu cam, cam sấy dẻo, tinh dầu và nước rửa chén chiết xuất từ cam. Tuy nhiên, trái cam chỉ thu hoạch theo tính chất mùa vụ với khoảng thời gian ngắn trong năm do đó việc chế biến thành các dòng sản phẩm như nước cam ép, nước cam cô đặc để kéo dài thời gian bảo quản và đáp ứng đủ nhu cầu sử dụng quanh năm của người tiêu dùng.

Trái với vẻ sôi động ngoài nước, tình hình tại Việt Nam tương đối im ắng, công nghệ PEF vẫn còn khá mới mẻ. Các công bố khoa học về lĩnh vực này còn rất hạn chế, hầu như chưa có nghiên cứu nào tập trung vào ứng dụng PEF để thanh trùng nước ép trái cây. Kỹ thuật và công nghệ điện trường xung hiện chỉ mới được giảng dạy sơ bộ ở cấp đại học, chưa phổ biến trong nghiên cứu hay sản xuất công nghiệp.

Thanh trùng nước ép mía tươi – một nghiên cứu hiếm hoi có liên quan được thực hiện tại Đại học Bách Khoa Hà Nội, Nguyễn Đức Trung và cs (2018) đã xử lý nước mía bằng điện trường xoay chiều, tần số 50 Hz, cường độ 0,0275 kV/cm trong thời gian 70 giây. Kết quả cho thấy nhiệt độ nước mía tăng từ nhiệt độ phòng lên gần 60°C đồng thời tổng số vi sinh vật tự nhiên giảm 1,2-log so với mẫu đối chứng không xử lý. Nhưng có lẽ, xử lý này khó có thể được xem là PEF theo đúng nghĩa do sử dụng điện trường liên tục thay vì dạng xung với cường độ rất thấp 0,0275 kV/cm chỉ bằng 1/1800 cho đến 1/360 nếu so với khoảng hiệu quả thường thấy trong xử lý PEF thực phẩm lỏng đã nêu trên đây.

Một trong những rào cản lớn nhất hiện nay là việc tiếp cận và làm chủ công nghệ chế tạo bộ phát xung cao áp – thành phần cốt lõi và phức tạp nhất của hệ thống PEF. Các hệ thống thương mại hoặc các thiết kế nghiên cứu trên thế giới thường sử dụng các linh kiện chuyên dụng và khó tìm tại Việt Nam. Do đó, việc nghiên cứu, lựa chọn nguyên lý và thiết kế một bộ phát xung phù hợp với điều kiện trong nước là một nhiệm vụ cấp thiết.

Bài báo này trình bày một số kết quả nghiên cứu từ nỗ lực giải quyết vấn đề trên, bao gồm việc:

- Thiết kế và chế tạo một hệ thống thiết bị điện trường xung (PEF) quy mô phòng thí nghiệm để thanh trùng nước cam ép;
- Ứng dụng hệ thống PEF đã chế tạo để đánh giá ảnh hưởng của các thông số công nghệ (cường độ điện trường, thời gian xử lý) đến hiệu quả thanh trùng và chất lượng (vi sinh, hóa lý, cảm quan) của nước ép cam sành tươi trong quá trình bảo quản lạnh 4°C; Cung cấp dữ liệu khoa học ban đầu về ảnh hưởng của PEF đến chất lượng nước ép cam sành, từ đó định hướng cho việc ứng dụng công nghệ này trong ngành công nghiệp đồ uống.

II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Đối tượng nghiên cứu

- Kỹ thuật điện, công nghệ điện và hệ thống thiết bị xử lý điện trường xung (PEF) trong thanh trùng thực phẩm dạng lỏng.

- Công nghệ thanh trùng nước ép từ quả cam bằng điện trường xung cao áp.

2.2 Vật liệu

Nguyên liệu quả: Cam sành Hà Giang được mua tại siêu thị, chọn những quả tươi, không bị dập nát, thối hỏng hay hư hỏng do

nhiệt độ. Quả cam được rửa sạch tại phòng để loại bỏ tạp chất và để ráo tự nhiên trước khi ép.

Nước ép trái cây: Nước cam ép được chuẩn bị từ cam sành.

Trong đó, Độ dẫn điện của nước cam được tham khảo từ tài liệu và được sử dụng làm căn cứ cho các tính toán thiết kế buồng xử lý và bộ phát xung. Cụ thể, giá trị độ dẫn điện 0,0036 S/cm @ 22°C và 0,005 S/cm @ 40°C đối với nước cam được chọn (Ruhlman và cs, 2001).

Địa điểm nghiên cứu: Viện Cơ điện Nông nghiệp và Công nghệ sau thu hoạch.

Thời gian nghiên cứu: Từ tháng 1 năm 2022 đến tháng 6 năm 2024.

2.3 Phương pháp nghiên cứu

2.3.1. Phương pháp thiết kế hệ thống PEF: (i) - Phương pháp phân tích, đánh giá, tổng hợp lý thuyết và tài liệu; kết hợp phương pháp chuyên gia để lựa chọn nguyên lý bộ phát xung điện cao áp phù hợp với điều kiện kỹ thuật và công nghệ tại Việt Nam trên cơ sở kế thừa các kết quả nghiên cứu trong và ngoài nước đã có; (ii) - Phương pháp lý thuyết kết hợp các số liệu thực nghiệm tra bảng bằng sổ tay chuyên ngành kỹ thuật điện – điện tử, viễn thông , tự động hoá và phần mềm OrCAD-Capture, OrCAD-PCB, Autodesk AutoCAD, Inventor để tính toán, thiết kế mẫu máy nghiên cứu; (iii) - Phương pháp thiết kế và mô phỏng mạch điện – điện tử bằng phần mềm OrCAD-Capture, OrCAD-Pspice.

2.3.2. Phương pháp thử nghiệm thanh trùng nước cam bằng PEF

- *Phương pháp công nghệ:* Nguyên liệu quả cam tươi → Sơ chế (phân loại, rửa sạch, để ráo, cắt đôi) → Vắt (ép) → Lọc, đồng hóa → Nước ép cam nguyên chất → Thanh trùng bằng xử lý PEF → Sản phẩm.

- *Chuẩn bị mẫu nước cam ép:* quả cam được cắt đôi và lấy dịch bằng máy vắt cam chuyên dụng. Nước cam thu được lọc qua rây lọc (kích thước lỗ rây 2 mm) và đồng hóa bằng thiết bị đồng hóa Homo–500 trước khi xử lý PEF.

- *Bố trí thí nghiệm:*

• *Đánh giá chất lượng nước ép cam tươi nguyên liệu:* Mẫu nước cam sau khi chuẩn bị được đóng chai thủy tinh đã tiệt trùng và phân tích các chỉ tiêu hóa lý (màu sắc, pH, độ nhớt, vitamin C, polyphenol tổng số) và vi sinh vật.

• *Nghiên cứu ảnh hưởng của cường độ điện trường:* Nước cam ép được xử lý PEF ở hai mức cường độ điện trường 20 kV/cm và 30 kV/cm. Các thông số khác được cố định: thời gian xử lý tổng 60µs, độ rộng xung 6µs, tần suất xung 12 Hz, lưu lượng 9 ml/phút. Để đánh giá hiệu quả bất hoạt vi sinh vật, nước cam tươi được ủ ở nhiệt độ phòng trong 2 ngày để phát triển vi sinh vật nội sinh trước khi xử lý. Hiệu quả được kiểm tra ngay sau xử lý bằng cách đếm tổng số vi sinh vật hiếu khí còn sống sót.

• *Nghiên cứu ảnh hưởng của thời gian xử lý PEF:* Dựa trên kết quả ảnh hưởng của cường độ điện trường, chọn mức cường độ phù hợp (30 kV/cm) và tiến hành thí nghiệm với các khoảng thời gian xử lý khác nhau: 60 µs, 120 µs, và 180 µs. Các thông số khác giữ cố định như thí nghiệm trước. Kết quả được đánh giá qua các chỉ tiêu vi sinh vật trước và sau xử lý.

• *Đánh giá chất lượng nước cam ép theo thời gian bảo quản:* Chọn ra cặp thông số cường độ điện trường và thời gian xử lý tối ưu từ các thí nghiệm trên để thanh trùng nước cam ép. Tiến hành đánh giá các chỉ tiêu vi sinh vật và dinh dưỡng của mẫu xử lý PEF và mẫu đối chứng (không xử lý) theo thời gian bảo quản 90 ngày ở 4°C.

2.3.3. Phương pháp đo và phân tích các chỉ tiêu chất lượng

• *Đo màu:* bằng máy đo quang phổ cận hồng ngoại Buchi (Thuỵ Sỹ);

• *Đo độ pH:* Bằng máy đo pH để bàn SevenDirect SD20 (Thụy Sỹ);

• *Đo độ Brix:* Bằng khúc xạ kế cầm tay điện tử PAL-1 (Atago, Nhật Bản).

• *Độ nhớt:* Bằng nhớt kế Brookfield (model LV DV-E, Mỹ).

• *Hàm lượng vitamin C* (TCVN 8977:2011).

• *Hàm lượng polyphenol tổng số* (AOAC 2017.13).

• *Tổng số vi sinh vật hiếu khí* (TCVN 12659:2019).

• *Tổng số nấm men và nấm mốc* (TCVN 12657:2019).

2.3.4. Phương pháp xử lý số liệu: Các số liệu thí nghiệm thu được được xử lý thống kê và phân tích phương sai một yếu tố (One-way ANOVA) bằng Excel.

III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả nghiên cứu thiết kế, chế tạo hệ thống thiết bị PEF xử lý nước cam ép

3.1.1. Yêu cầu thiết kế

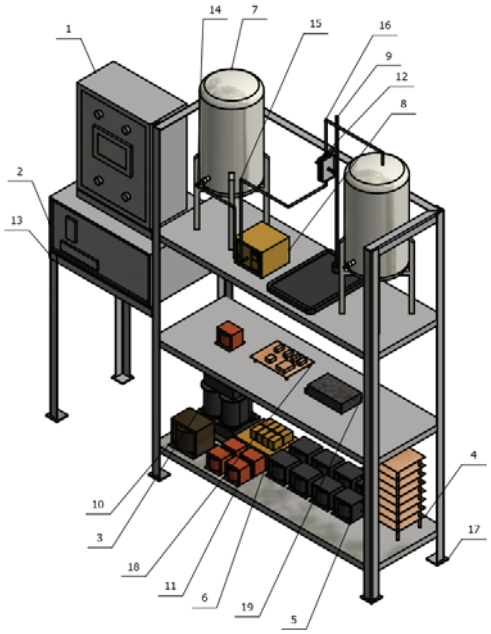
Tính toán, thiết kế hệ thống thiết bị ứng dụng điện trường xung (PEF) phục vụ thí nghiệm xác định ảnh hưởng của các thông số công nghệ chính tới khả năng thanh trùng nước cam ép đạt được các yêu cầu sau:

- Độ rộng xung: 1÷20 µs;
- Tần suất phát xung (tối đa): 50 Hz;
- Thời gian xử lý (tối đa): 1000 µs;
- Điện áp đầu ra: 9 kV.

3.1.2. Kết quả tính toán, thiết kế hệ thống thiết bị PEF xử lý nước cam ép

a) Hệ thống thiết bị PEF xử lý nước cam

Hình 1 mô tả thiết kế tổng thể hệ thống thiết bị PEF trong thanh trùng nước cam ép quy mô phòng thí nghiệm: *(1) Tủ điện động lực và điều khiển; (2) Biến áp nguồn AC – Điện áp đầu ra có thể điều chỉnh; (3, 10) Cụm biến áp – Cấp điện cho bộ nguồn DC cao áp; (4) Bộ phát xung điện cao áp; (5) Cụm 8 cuộn cảm cao áp; (6) Bộ nguồn DC cao áp; (7) Bình chứa: 01 bình chứa sản phẩm thô và 01 bình chứa sản phẩm thu được sau xử lý PEF; (8) Bơm dịch lỏng; (9) Giá đỡ buồng xử lý PEF; (11 Cụm biến áp cấp nguồn cho mạch dẫn lái chuyển mạch cao áp; (12) Buồng xử lý PEF; (13) Khung đỡ; (14, 15, 16) Ống dẫn dịch lỏng; (17) Chân đế; (18) Hệ vi xử lý và mạch điện phát tín hiệu quang; (19) Bộ nguồn DC 24V.*



Hình 1. Hệ thống thiết bị PEF thanh trùng nước cam ép

Cấu tạo và đặc tính kỹ thuật: Hệ thống PEF bao gồm các thành phần chính: (i) Bộ tạo xung (4) điện áp cao đơn cực sóng phân rã hàm mũ có biên độ điện áp 0,3–9,0 kV, độ rộng xung 6 µs, tần số lặp lại 1–50 Hz; Buồng xử lý (12) liên tục thực phẩm lỏng

kiểu hình ống hộp với một cặp điện cực phẳng song song bằng thép không gỉ INOX SUS304 có khoảng cách d = 3 mm. Thành buồng và thân buồng làm từ vật liệu cách điện plexiglas. Bề dài và bề rộng mặt điện cực lần lượt là 8 mm và 5 mm. Từ đó hình thành một vùng xử lý có thể tích V_{xl} = 0,125 ml; (iii) Bơm (8) nhu động DIPump550 được sử dụng để tạo dòng chảy thực phẩm lỏng qua buồng xử lý (lưu lượng tối đa 450 ml/phút và điều chỉnh được).

Với khoảng cách d giữa hai điện cực (3 mm) và điện áp đầu ra V_o (0,3–9,0 kV), điện trường E có cường độ (1–30 kV/cm) được tạo ra và áp lên thực phẩm lỏng trong buồng xử lý.

Nguyên lý hoạt động: Nước cam ép được nạp vào bình chứa sản phẩm thô (7). Tiếp đó, bơm dịch lỏng (8) sẽ hút nước nước cam từ bình chứa sản phẩm thô (7) đẩy vào buồng xử lý PEF (12). Tại đây, nước cam sẽ được đặt trong điện trường xung do bộ tạo xung điện cao áp (4) cấp vào buồng xử lý thông qua cặp điện cực. Thời gian nước cam di chuyển trong buồng xử lý (12) được điều chỉnh qua tốc độ bơm (8). Cường độ điện trường, độ rộng xung, tần suất xung được điều chỉnh bằng màn hình HMI trên tủ điện động lực và điều khiển trung tâm (1). Sau cùng, nước cam ép đầu ra buồng (8) được lưu trữ trong bình chứa chứa sản phẩm đã xử lý (7).

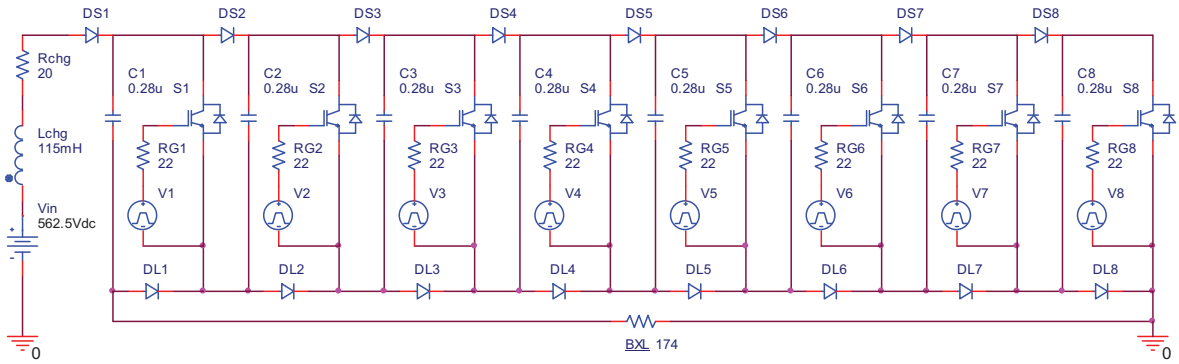
b) Bộ phát xung điện cao áp

Trong phạm vi ứng dụng PEF, việc tạo ra xung điện mong muốn luôn là một trong những thách thức kỹ thuật lớn nhất. Trọng trách này được giao cho bộ phát xung điện cao áp (4) – "con tim", có nhiệm vụ cung cấp các xung điện mạnh, chính xác và ổn định. Đây là yếu tố then chốt quyết định hiệu quả xử lý, thành hay bại của toàn bộ hệ thống PEF.

Qua khảo sát một số thiết kế bộ tạo xung điện áp cao thông dụng: Từ (i) Cấu hình cơ bản sử dụng thyratron, ignitron hoặc công tắc khe hở tia lửa điện (spark gap); (ii) Kết hợp cấu hình cơ bản với biến áp xung; (iii) Mạch định hình xung PFN; (iv) Máy phát MARX cấu hình cổ điển; (v) Máy phát xung hẹp sử dụng biến áp flyback; (vi) Bộ tạo xung PEF sử dụng cầu H và biến áp xung; (vii) Cấu hình cơ bản sử dụng công tắc bán dẫn thay thế cho những thyratron, ignitron, spark gap; Cho đến (viii) Bộ phát MARX sử dụng công tắc bán dẫn MOSFET hoặc IGBT, nguyên lý máy phát xung MARX (Hình 2) đã được lựa chọn do có thể sử dụng các linh kiện điện trở, tụ điện, cuộn cảm, công tắc có cấp điện áp thấp nhưng vẫn tạo ra được xung điện áp cao gấp rất nhiều lần điện áp đầu vào. Ý tưởng chính của máy phát xung MARX là lưu trữ năng lượng điện trong một hoặc nhiều tụ điện. Trong chu kỳ sạc, các tụ điện C*1*, C*2*, … C*n* được mắc và nạp điện song song bằng nguồn điện một chiều. Điện áp tối đa mà các tụ điện đạt được xấp xỉ với điện áp vào V_{in}. Còn trong chu kỳ xả, chúng lại được mắc nối tiếp thông qua các chuyển mạch *S1*, *S2*, … *Sn* và phóng điện lên tải (buồng xử lý). Điện áp đầu ra (V_o) bộ phát xung MARX được tính bằng cách nhân điện áp đầu vào (V_{in}) với số tầng (N) trong mạch điện máy phát xung.

Thiết kế mạch điện – điện tử thường dựa trên cơ sở lý thuyết và để tránh lãng phí thời gian, chi phí thì việc mô phỏng trước khi chế tạo là cần thiết. Quá trình này giúp kiểm chứng các thông số thu được từ tính toán cũng như đánh giá nguyên lý hoạt động của máy phát xung MARX một cách hiệu quả.

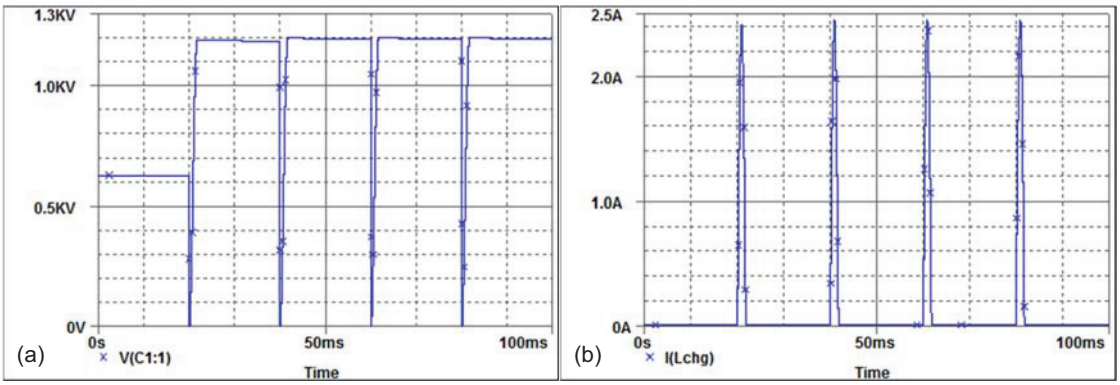
Công việc mô phỏng được thực hiện bằng phần mềm OrCAD – Pspice với sơ đồ mạch điện bộ tạo xung cao áp (Hình 2) và bộ thông số tính toán [V_{in}=562,5V; L_{chg}=115mH; R_{chg}=20Ω; C=0,28μF, N=8].



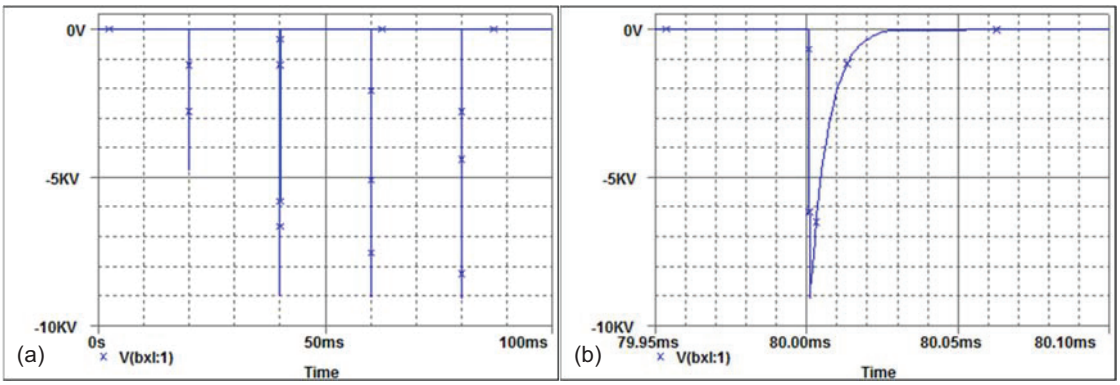
Hình 2. Sơ đồ mạch điện và mô phỏng bộ tạo xung điện cao áp MARX thể rắn

Kết quả mô phỏng lần I cho thấy dòng điện sạc tụ và dòng điện tải (dòng điện chạy trong buồng xử lý PEF) phù hợp với tính toán. Tuy nhiên, điện áp đầu ra (V_o) chỉ đạt 8100V chưa đáp ứng được yêu cầu thiết kế. Do đó, kết quả mô phỏng này được sử dụng để tính toán hiệu chỉnh lại các thông số, cụ thể: [V_{in}=625V; L_{chg}=150mH; R_{chg}=20Ω; C=0,28μF, N=8].

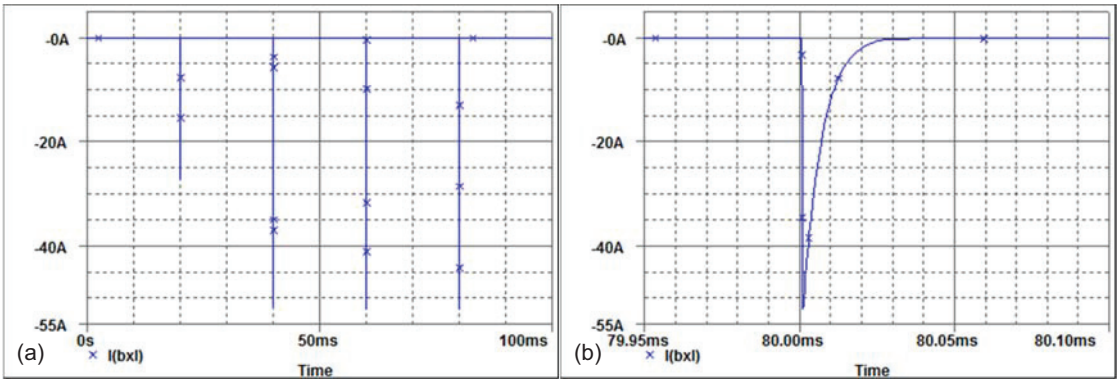
Tiến hành mô phỏng lần II với bộ thông số mới thu được. Kết quả mô phỏng được trình bày trong hình 3, 4 và 5.



Hình 3. Điện áp sạc và dòng điện sạc khối tụ điện song song, $V_{cap(II)}$ = 1199V và $I_{chg(II)}$=2,45A



Hình 4. (a) Sóng điện áp đầu ra bộ tạo xung cao áp, $V_{o(II)}$ = 9050V và (b) Xung điện áp đầu ra bộ tạo xung cao áp được phóng to

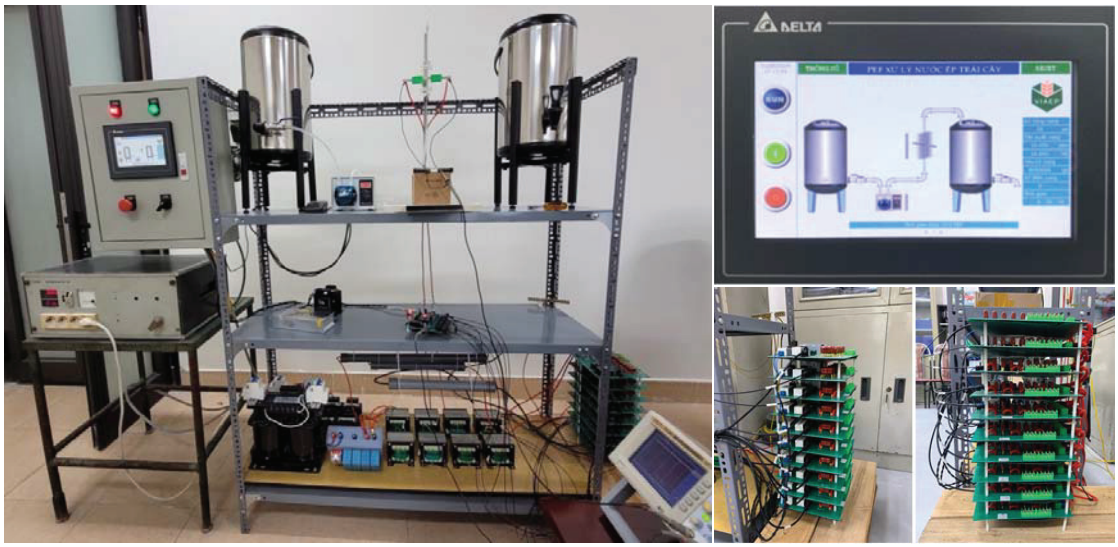


Hình 5. (a) Sóng dòng điện chạy trong buồng xử lý PEF, $I_{bxl(II)}$ = 52,0A và (b) Xung dòng điện chạy trong buồng xử lý PEF được phóng to

Như vậy, điện áp đầu ra bộ tạo xung điện cao áp MARX (V_o) đạt 9050V hoàn toàn đáp ứng yêu cầu đề ra.

3.1.3. Kết quả chế tạo, lắp ráp hệ thống thiết bị PEF xử lý nước cam ép

Toàn bộ các thiết bị mà đề tài đã chế tạo cùng với các linh kiện, vật tư, thiết bị khác được bố trí, gá lắp vào những vị trí trên hệ khung bệ và giá đỡ như trong sơ đồ thiết kế tổng thể (Hình 1). Thực hiện công việc đấu nối, liên kết về cơ và điện giữa các thành phần để có được hệ thống PEF hoàn chỉnh: với "khối óc" – hệ vi xử lý và màn hình HMI.



Hình 6. Hệ thống thiết bị PEF chế tạo, lắp đặt tại Viện Cơ điện NN&CNSTH

Trong đó, bộ phát xung điện cao áp MARX, cụm 8 cuộn điện cảm cao áp được chế tạo theo bộ thông số cơ sở [V_{in}=625V; L_{chg}=150mH; R_{chg}=20Ω; C=0,28μF] có được từ kết hợp tính toán lý thuyết và mô phỏng.

3.2. Kết quả nghiên cứu thử nghiệm đánh giá ảnh hưởng của một số thông số công nghệ chính đến chất lượng nước ép cam thanh trùng bằng phương pháp điện trường xung (PEF)

3.2.1. Đánh giá chất lượng nước ép cam tươi nguyên liệu

a) Một số chỉ tiêu hóa lý, dinh dưỡng trong nước ép cam tươi nguyên liệu

Để tạo ra sản phẩm chế biến có giá trị cao, nguyên liệu đầu vào cần đảm bảo chất lượng. Do đó, việc xác định các thành phần

hóa lý cơ bản của nước ép cam sành là bước cần thiết (Bảng 1), làm cơ sở cho các nghiên cứu công nghệ và thiết kế thiết bị, nhằm đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm.

Bảng 1. Một số chỉ tiêu hóa lý của nước cam ép nguyên liệu

Chỉ tiêu	Đơn vị	Hàm lượng
Màu L*		53,60 ± 0,26
a*		2,48 ± 0,01
b*		21,57 ± 0,04
Độ Brix	°Bx	10,6 ± 0,06
Độ pH		3,41 ± 0,01
Độ nhớt	cP	1,278 ± 0,03
Vitamin C	mg/100g	15,24 ± 0,06
Polyphenol tổng số	mg/100g	21,35 ± 0,04

Kết quả trong bảng cho thấy hàm lượng vitamin C là 15,24 mg/100g, phù hợp với báo cáo của Mai Thành Thái và cs (2022) về đặc tính hóa lý và hợp chất sinh học của cam sành trồng tại Vĩnh Long. Con số này cũng nằm trong khoảng 13,3–54,4 mg/100g do Morton (1987) công bố đối với các loại quả có múi. Theo Lee và Kader (2000), hàm lượng vitamin C có thể dao động tùy theo giống cây và từng bộ phận của quả.

b) Một số chỉ tiêu vi sinh vật trong nước ép cam tươi nguyên liệu

Để đảm bảo chất lượng nguyên liệu phục vụ sản xuất, bên cạnh các chỉ tiêu dinh dưỡng, các chỉ tiêu vi sinh cũng cần được kiểm tra. Nước ép cam sành tươi được phân tích các thông số: tổng số vi sinh vật hiếu khí, *Coliform*, *E. coli*, *Salmonella*, tổng số nấm men và nấm mốc.

Bảng 2. Phân tích một số chỉ tiêu vi sinh vật trong nước cam ép nguyên liệu

Chỉ tiêu	Đơn vị	Hàm lượng
Tổng số vsv hiếu khí	CFU/ml	$3,5.10^2$
Coliform	CFU/ml	KPH
E.coli	CFU/ml	KPH
Salmonella	Phát hiện/25ml	KPH
Số lượng nấm men,nấm mốc	CFU/ml	$1,3.10^2$

Số liệu Bảng 2 cho thấy vi sinh vật luôn hiện diện trong sản phẩm thực phẩm. Mặc dù nước ép cam tươi có độ pH thấp nhưng khả năng ổn định vẫn bị hạn chế do sự phát triển của vi sinh vật và hoạt động của enzyme. Do đó để kéo dài thời hạn sử dụng của sản phẩm thì việc áp dụng các kỹ thuật thanh trùng là cần thiết.

3.2.2. Nghiên cứu ảnh hưởng của một số thông số công nghệ xử lý PEF đến chất lượng nước cam ép

Có nhiều thông số ảnh hưởng đến hiệu quả bất hoạt vi sinh vật trong quá trình xử lý bằng điện trường xung (PEF). Tuy nhiên, trong phạm vi nghiên cứu này, hai thông số chính được lựa chọn khảo sát ban đầu là cường độ điện trường và thời gian xử lý.

a) Ảnh hưởng của cường độ điện trường

Trong thí nghiệm này, nhóm nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của cường độ điện trường đến tổng số vi sinh vật hiếu khí, nhằm xác định hiệu quả bất hoạt vi sinh vật sau xử lý PEF.

Bảng 3.3. Ảnh hưởng của cường độ điện trường lên vi sinh vật tổng số trong nước cam ép

Cường độ điện trường (*kV/cm*)	**Chỉ tiêu đánh giá**	**Tỷ lệ bất hoạt VSV hiếu khí** (*%*)
	Tổng số VSV hiếu khí (*CFU/ml*)	
ĐC	$4,9.10^4$	-
20	$3,9.10^4$	20,4
30	$2,3.10^4$	53,0

Kết quả Bảng 3 thể hiện rõ cường độ điện trường càng cao thì hiệu quả bất hoạt vi sinh vật càng lớn. Cụ thể, tại cường độ 30 kV/cm, tổng số vi sinh vật hiếu khí giảm xuống trung bình còn $2,3.10^4$ CFU/ml, tương ứng với tỷ lệ bất hoạt 53,0%. Trong khi đó, ở mức 20 kV/cm, tổng số vi sinh vật hiếu khí là $3,9.10^4$ CFU/ml, với tỷ lệ bất hoạt chỉ đạt 20,4%. Kết quả này phù hợp với các nghiên cứu trước đây của McDonald và cộng sự, cũng như Yeom và cộng sự khi nghiên cứu về ảnh hưởng của điện trường xung đến vi sinh vật và hoạt tính enzyme *Pectin Methyl Esterase* trong nước cam. Do đó, cường độ 30 kV/cm được lựa chọn cho các thí nghiệm tiếp theo và làm cơ sở thiết lập quy trình xử lý.

b) Ảnh hưởng của thời gian xử lý

Dựa trên kết quả thí nghiệm trước, cường độ điện trường 30 kV/cm được giữ cố định. Các mức thời gian xử lý PEF đối với dịch ép cam tươi được thay đổi lần lượt là 60, 120 và 180 µs. Kết quả đánh giá số lượng vi sinh vật còn sống sót sau xử lý được trình bày trong Bảng 4.

Bảng 4. Ảnh hưởng của thời gian xử lý lên vi sinh vật tổng số trong nước cam ép

Thời gian xử lý (*µs*)	**Chỉ tiêu đánh giá**	**Tỷ lệ bất hoạt VSV hiếu khí** (*%*)
	Tổng số VSV hiếu khí (*CFU/ml*)	
ĐC	$5,0.10^4$	-
60	$2,3.10^4$	54,0
120	$1,46.10^4$	70,8
180	$4,2.10^3$	91,6

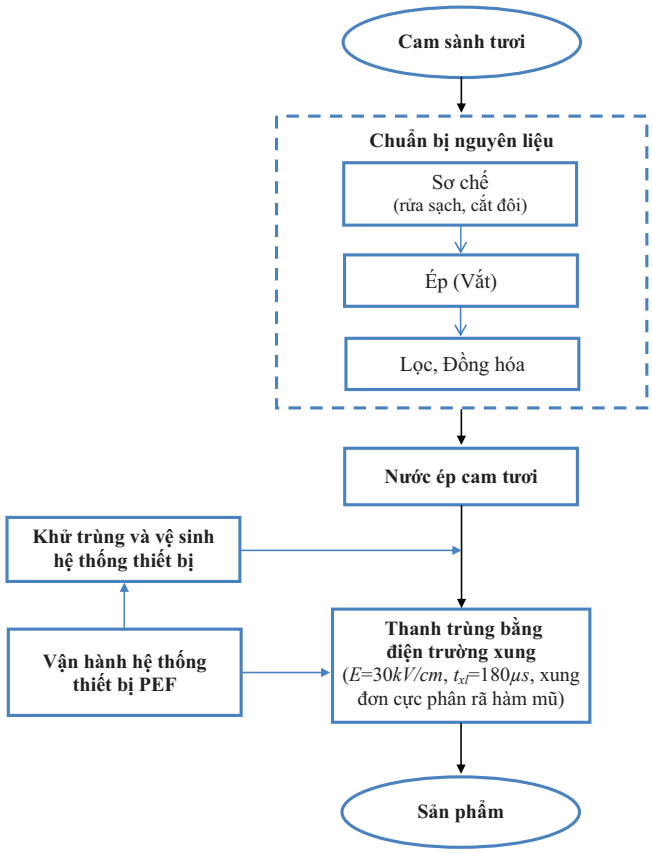
Kết quả trong Bảng 4 cho thấy, tại cùng mức cường độ điện trường, thời gian xử lý PEF có ảnh hưởng rõ rệt đến tổng số vi sinh vật. Tỷ lệ vi sinh vật bị bất hoạt đạt mức cao nhất 91,6%, khi thời gian xử lý kéo dài đến 180 µs. Kết quả này phù hợp với báo cáo của Yeom và cộng sự (2000a), trong đó khẳng định rằng xử lý PEF với cường độ điện trường cao kết hợp thời gian xử lý dài giúp tăng hiệu quả bất hoạt vi sinh vật trong nước cam.

Như vậy, để đảm bảo hiệu quả diệt vi sinh vật trong mẫu nước ép cam tươi thì mức thời gian xử lý 180 µs được chọn cho các thí nghiệm tiếp theo.

3.2.3. Đề xuất quy trình công nghệ thanh trùng nước cam ép ứng dụng kỹ thuật điện trường xung quy mô thí nghiệm

a) Quy trình công nghệ

Trên cơ sở đặc tính kỹ thuật thiết bị PEF, kết quả vận hành thử, khảo nghiệm máy, quy trình vận hành máy và đặc biệt là các kết quả phân tihcs hoá lý và vi sinh vật của nước cam ép sau xử lý, nhóm nghiên cứu thiết lập quy trình xử lý PEF với các thông số công nghệ chính: cường độ điện trường 30 kV/cm, thời gian xử lý 180 µs.



Hình 7. Quy trình công nghệ thanh trùng nước cam ép bằng kỹ thuật điện trường xung quy mô thí nghiệm (PEF)

b) Kết quả ứng dụng quy trình thanh trùng nước cam ép bằng PEF

Để kiểm chứng hiệu quả của quy trình đã thiết lập, nhóm nghiên cứu tiến hành vận hành hệ thống xử lý PEF với mẫu nước cam ép. Các chỉ tiêu hóa lý và vi sinh được theo dõi trong suốt quá trình bảo quản, kết quả được trình bày trong Bảng 5.

Bảng 5. Phân tích vi sinh vật trong nước cam ép sau xử lý PEF theo thời gian bảo quản

Thời gian *(ngày)*	**Tổng số VSV hiếu khí** *(CFU/ml)*		**Số lượng nấm men, nấm mốc** *(CFU/ml)*		***Coliform*** *(CFU/ml)*	***E.coli*** *(CFU/ml)*	***Salmonella*** *(Phát hiện/25ml)*
	ĐC	**PEF**	**ĐC**	**PEF**	**PEF**	**PEF**	**PEF**
0	340	30	120	10			
30	$4,6.10^4$	550	$3,1.10^4$	KPH (LOD:10)			
60	-	$3,9.10^3$	-	KPH (LOD:10)			
90	-	$4,3.10^4$	-	KPH (LOD:10)	KPH	KPH	KPH

Kết quả trong Bảng 7 cho thấy việc bất hoạt cả vi khuẩn và nấm men, nấm mốc đóng vai trò quan trọng trong việc kéo dài thời gian bảo quản nước cam ép. Ở điều kiện bảo

quản 4°C, mẫu không qua xử lý PEF ghi nhận tổng số vi sinh vật hiếu khí và nấm men, nấm mốc tăng đáng kể, đạt lần lượt $4,6.10^4$ và $3,1.10^4$ CFU/ml chỉ sau 30 ngày. Trong khi đó, các mẫu được xử lý PEF duy trì mức vi sinh vật thấp hơn đáng kể ngay cả sau 90 ngày bảo quản.

Đối chiếu với TCVN 5860:2007 dành cho sữa tươi thanh trùng – trong đó giới hạn vi sinh cho phép gồm: tổng số vi sinh vật hiếu khí $\leq 10^4$ CFU/ml; *Coliforms* $\leq$ 10 CFU/ml; *E. coli* = 0 CFU/ml; và *Salmonella* = 0 CFU/25 ml – cho thấy mẫu nước cam xử lý PEF vẫn đáp ứng các yêu cầu này sau 60 ngày bảo quản.

Như vậy, xử lý PEF không chỉ ức chế hiệu quả sự phát triển của vi sinh vật mà còn góp phần kéo dài đáng kể thời gian bảo quản nước cam ép. Kết quả này phù hợp với các nghiên cứu trước đây của Qiu và cộng sự (1998), Min và cs (2003), cũng như Timmermans và cs (2011).

Chất lượng nước cam ép sau xử lý PEF cũng được kiểm tra theo thời gian bảo quản. Kết quả được trình bày ở Bảng 8 dưới đây.

Bảng 8. Phân tích hoá lý trong nước cam ép sau xử lý PEF theo thời gian bảo quản

Chỉ tiêu		**Thời gian bảo quản** (*ngày*)			
		0	**30**	**60**	**90**
pH	ĐC	3,41 ± 0,02	3,53 ± 0,01	-	-
	PEF	3,41 ± 0,01	3,37 ± 0,02	3,39 ± 0,01	3,35 ± 0,01
Brix	ĐC	10,6 ± 0,06	9,7 ± 0,1	-	-
	PEF	10,6 ± 0,03	10,6 ± 0,02	10,6 ± 0,04	10,5 ± 0,03
Vitamin C *(mg/100g)*	ĐC	15,26 ± 0,03	4,02 ± 0,04	-	-
	PEF	15,19 ± 0,06	11,18 ± 0,05	7,72± 0,02	5,30 ± 0,03
Polyphenol tổng số *(mg/100g)*	ĐC	21,32 ± 0,05	16,61 ± 0,06	-	-
	PEF	21,27 ± 0,04	19,15 ± 0,04	18,34 ± 0,05	15,78 ± 0,03
Độ nhớt *(cP)*	ĐC	1,278 ± 0,001	1,045 ± 0,02	-	-
	PEF	1,059 ± 0,002	1,018 ±0,002	1,031 ± 0,001	0,962 ± 0,001
Đo màu L*	ĐC	53,60 ± 0,03	51,13 ± 0,02	-	-
	PEF	54,16 ± 0,03	53,87 ± 0,02	52,15 ± 0,03	50,26 ± 0,01
a*	ĐC	2,48 ± 0,02	2,95 ± 0,02	-	-
	PEF	2,34 ± 0,03	2,89 ± 0,03	3,26 ± 0,01	2,75 ± 0,01
b*	ĐC	21,57 ± 0,03	21,69 ± 0,01	-	-
	PEF	21,91 ± 0,02	21,48 ± 0,01	21,76 ± 0,03	21,13 ± 0,02

Kết quả ở Bảng 8 cho thấy:

- *Giá trị pH* không có sự thay đổi đáng kể nào ở cả mẫu nước cam ép đối chứng và mẫu đã qua xử lý PEF. Kết quả này phù hợp với các nghiên cứu của Esteve và cộng sự (2005) và Rodrigo và cộng sự (2003).

- *Giá trị Brix* của mẫu nước cam ép đối chứng giảm đáng kể sau 30 ngày bảo quản, trong khi mẫu được xử lý PEF vẫn duy trì ổn định sau 90 ngày. Sự sụt giảm độ Brix ở mẫu đối chứng có thể do vi sinh vật phát triển và tiêu thụ chất rắn hòa tan. Ngược lại, ở mẫu xử lý PEF, vi sinh vật đã bị bất hoạt, nên độ Brix không thay đổi. Kết quả này phù hợp với kết luận của Elez-Martínez và cộng sự (2005) cũng như nghiên cứu của Min và cs (2003) về việc kéo dài thời hạn sử dụng nước ép bằng công nghệ điện trường xung.

- *Vitamin C (axit ascorbic)* là một chất dinh dưỡng nhạy cảm với nhiệt độ. Sự suy giảm hàm lượng vitamin C được ghi nhận ở cả mẫu đối chứng và mẫu xử lý PEF. Cụ thể, mẫu đối chứng chỉ giữ lại khoảng 26% sau 30 ngày bảo quản, trong khi mẫu xử lý PEF vẫn giữ được 35% sau 90 ngày. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Yeom và cộng sự (2000b), khi so sánh ảnh hưởng của xử lý PEF và phương pháp thanh trùng nhiệt đến chất lượng nước cam.

- *Hàm lượng polyphenol tổng số* giảm đáng kể ở mẫu đối chứng chỉ sau một tháng bảo quản. Sự suy giảm này có thể liên quan đến quá trình phân hủy các hợp chất phenolic do hoạt tính còn lại của các enzyme như *phenol oxidase* hoặc *peroxidase*. Trong khi đó, mẫu nước cam ép được xử lý PEF cho thấy mức giảm nhẹ hơn, có thể nhờ tác dụng ức chế: hoạt động enzyme và sự phát triển của vi sinh vật hiếu khí. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Anna Vallverdú-Queralt và cộng sự (2012).

- *Độ nhớt:* những thay đổi quan sát được về độ nhớt là rất nhỏ, có sự giảm không đáng kể trong quá trình bảo quản.

- *Màu sắc:* Nước cam ép được xử lý bằng PEF có giá trị L* (độ sáng) và b* (vàng/lam) cao hơn, trong khi giá trị a* (đỏ/lục) thấp hơn so với mẫu đối chứng chưa xử lý. Cụ thể, giá trị L* ở mẫu xử lý PEF đạt 54,16, cao hơn so với mẫu đối chứng (53,60), phản ánh độ sáng cao hơn. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Ayhan và cộng sự (2002), trong đó giá trị L* cũng tăng nhẹ sau xử lý PEF, mặc dù không có sự khác biệt thống kê rõ rệt. Yeom và cộng sự (2000b) cũng ghi nhận nước cam xử lý PEF có kích thước hạt nhỏ hơn đáng kể so với phương pháp thanh trùng nhiệt, góp phần tạo nên màu sắc sáng và vàng hơn do hiệu ứng tán xạ ánh sáng của các hạt nhỏ.

Theo thời gian bảo quản, giá trị a* của mẫu đối chứng có xu hướng tăng nhẹ, trong khi ở mẫu xử lý PEF, thông số này ổn định hơn. Giá trị b* của mẫu xử lý PEF cũng không thay đổi đáng kể trong quá trình bảo quản. Sau 90 ngày, giá trị L* của mẫu xử lý PEF có giảm nhẹ, trong khi các giá trị a* và b* gần như không biến đổi, cho thấy sự giảm nhẹ độ sáng và tăng nhẹ sắc vàng của sản phẩm.

Kết quả này tương đồng với nghiên cứu của Esteve và cs (2005), cho thấy các loại nước cam thương mại bảo quản lạnh cũng có xu hướng giảm nhẹ L* theo thời gian, có thể do sự kết tủa từng phần của các hạt lơ lửng không bền, như mô tả bởi Genovese và cs (1997). Ngoài ra, Cortés và cs (2008) cũng báo cáo rằng nước cam xử lý bằng HIPEF có màu sắc tương tự nước cam tươi chưa xử lý.

Như vậy, xử lý PEF không gây ra biến đổi bất lợi về màu sắc. Sự khác biệt giữa mẫu đối chứng và mẫu xử lý PEF là không đáng kể, cho thấy PEF bảo toàn tốt đặc tính màu sắc của nước cam ép trong suốt quá trình bảo quản.

- *Cảm quan:* Các mẫu nước cam xử lý PEF sau thời gian bảo quản vừa được đánh giá các chỉ tiêu vi sinh và dinh dưỡng thì đồng thời cũng được nhận xét cảm quan.

Bảng 9. Bảng nhận xét cảm quan mẫu nước cam xử lý PEF

Chỉ tiêu	**Mẫu cam xử lý PEF** (*sau 10 ngày bảo quản ở nhiệt độ phòng*)	**Mẫu cam xử lý PEF** (*sau 60 ngày bảo quản 4°C*)
Mùi vị	Mùi vị hơi có mùi lạ	Mùi thơm vị đặc trưng của quả cam sành
Màu sắc	Bắt đầu có hiện tượng màu vàng cam đậm	Màu cam vàng sáng đặc trưng
Trạng thái	Lắng lơ lửng nửa dưới chai, sau khi lắc thì đồng nhất	Lắng lơ lửng nửa dưới chai, sau khi lắc thì đồng nhất

Tóm lại, những kết quả quan nêu trên đã khẳng định tính đúng đắn của quy trình đề xuất và tính hiệu quả của phương pháp thanh trùng nước cam ép bằng điện trường xung PEF.

III. KẾT LUẬN

Trên cơ sở phân tích và tổng hợp các nguyên lý tạo xung, nghiên cứu đã lựa chọn và áp dụng thành công nguyên lý máy phát MARX thể rắn để thiết kế, chế tạo một hệ thống xử lý điện trường xung (PEF) quy mô thí nghiệm. Thiết bị đạt được các thông số kỹ thuật: xung đơn cực phân rã hàm mũ, biên độ đỉnh xung 9 kV, tần suất xung tối đa 50 Hz, độ rộng xung 6 µs, cường độ điện trường tối đa 30 kV/cm, thể tích buồng xử lý 0,125 mL và lưu lượng 1,08 L/h;

Kết quả ứng dụng hệ thống PEF trong thanh trùng nước cam sành đã xác định được bộ thông số công nghệ tối ưu: cường độ điện trường 30 kV/cm và thời gian xử lý 180 µs, giúp bất hoạt trên 90% tổng số vi sinh vật hiếu khí. Nước cam sau xử lý PEF duy trì ổn định các chỉ tiêu hóa lý như pH, độ Brix; màu sắc không có sự khác biệt đáng kể so với mẫu tươi ban đầu và vẫn được bảo toàn tốt trong suốt 90 ngày bảo quản ở 4°C. Đặc biệt, sau 60 ngày, tổng số vi sinh vật hiếu khí vẫn nằm trong giới hạn cho phép theo TCVN 5860:2007 ($<10^4$ CFU/mL). Ngoài ra, sau 30 ngày bảo quản, hàm lượng vitamin C ở mẫu xử lý PEF được duy trì cao hơn đáng kể so với mẫu đối chứng;

Đã xây dựng được một quy trình công nghệ thanh trùng nước ép cam tươi ứng dụng kỹ thuật điện trường xung quy mô thí nghiệm với các thông số công nghệ chính sau: Cường độ điện trường *E=30kV/cm*; Thời gian xử lý t_{xl}*=180µs*; Xung đơn cực phân rã hàm mũ.

Những kết quả đạt được không chỉ khẳng định tính đúng đắn trong việc lựa chọn nguyên lý, thiết kế và chế tạo hệ thống PEF mà còn cung cấp cơ sở khoa học quan trọng cho việc ứng dụng công nghệ này trong ngành công nghiệp đồ uống tại Việt Nam. Đây là tiền đề để tiếp tục phát triển các hệ thống PEF quy mô lớn hơn, góp phần nâng cao chất lượng và giá trị cho các sản phẩm nước trái cây, đồng thời kéo dài thời gian bảo quản mà vẫn giữ được các đặc tính tự nhiên của sản phẩm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Buckow R, Sieh Ng & Toepfl S (2013). "Pulsed Electric Field Processing of Orange Juice: A Review on Microbial, Enzymatic, Nutritional, and Sensory Quality and Stability", in *Comprehensive REVIEWS in Food Science and Food Safety*, 12(5):455-467.

[2] Kempkes M (2016). "Industrial Pulsed Electric Field Systems", in *Conference: International Non-thermal Processing Workshop*, At: Beijing, China.

[3] Toepfl S, Heinz V & Knorr D (2006). Applications of pulsed electric fields technology for the food industry. *Pulsed electric fields technology for the food industry: fundamentals and applications*, 197-221.

[4] Toepfl S, Heinz V & Knorr D (2007). "High intensity pulsed electric fields applied for food preservation", in *Chem. Eng. Process*, 46(6):537-546.

TÍNH TOÁN ĐỘNG LỰC HỌC DAO BĂM THÂN, LÁ DỨA

Nguyễn Đức Long[1], Nguyễn Việt Anh[1], Nguyễn Xuân Thủy[1]

TÓM TẮT

Trong canh tác dứa việc tiêu hủy tàn dư thực vật của vụ trước là rất cần thiết đòi hỏi lao động đáng kể, vì một lượng đáng kể nguyên liệu thực vật còn lại sau khi thu hoạch rất lớn tới 150 tấn/ha. Vì thế việc băm phá gốc dứa là công việc bắt buộc trong quy trình canh tác dứa. Trong thực tế, quá trình băm, đập cắt thân lá dứa có tính chu kỳ với lực cản chủ yếu ở góc 90^0 phía trước phay, trong điều kiện đó dao phay sẽ dao động như là một con lắc trong trường li tâm và dẫn đến làm mòn chốt dao. Mục đích của bài báo này là nghiên cứu động lực học của dao nhằm giảm thiểu biên độ lắc của dao trong quá trình làm việc từ đó đưa ra được các thông số cơ bản của dao và trống băm. Trong bài báo này trên cơ sở mô hình dao động của dao búa trong trường ly tâm đã xác định được tần số riêng của hệ dao động và ảnh hưởng của các thông số như tốc độ quay của trống n, khối lượng dao búa m, bán kính từ tâm trống tới chốt búa R_0 tới biên độ dao động của dao búa. Trên cơ sở đó đã xác định được các thông số phù hợp cho thiết kế là: Khoảng cách từ tâm trống đến chốt quay R_0 =140 mm; Khối lượng búa m =2,9 kg; Tốc độ quay của trống n =700 min^{-1}.

Từ khóa: Máy băm thân, lá cây dứa

DYNAMICS OF PINEAPPLE STEM AND LEAF CHOPPING MACHINE

ABSTRUCT:

In pineapple cultivation, the destruction of plant residues from the previous crop is very necessary and requires significant labor, because a significant amount of plant material remains after harvest, up to 150 tons/ha. Therefore, chopping pineapple roots is a mandatory task in the pineapple pineapple cultivation process. In fact, the process of chopping and cutting pineapple stems and leaves is cyclical with the main resistance at an angle of 90^0 in front of the milling cutter, under which the milling cutter will oscillate like a pendulum in a centrifugal field and lead to wear of the cutter pin. The purpose of this paper is to study the dynamics of the cutter to minimize the amplitude of the knife's swing during operation, thereby providing the basic parameters of the cutter and the chopping drum. In this paper, based on the oscillation model of the hammer knife in a centrifugal field, the natural frequency of the oscillation system and the influence of parameters such as the rotation speed of the drum n, the hammer mass m, the radius from the center of the drum to the hammer pin R_0 on the oscillation amplitude of the hammer knife are determined. On that basis, the appropriate parameters for the design were determined as follows: Distance from the center of the drum to the rotating pin R_0 = 140 mm; Hammer mass m = 2.9 kg; Drum rotation speed n = 700 min^{-1}.

Keywords: Pineapple stem and leaf destroying machine

[1]Viện Cơ điện nông nghiệp và Công nghệ sau thu hoạch

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sau thu hoạch một lượng lớn lá và thân dứa còn lại ở trên mặt đồng, tùy theo giống chúng có thể lên tới 100 – 150 tấn /ha. [4]. Việc tiêu hủy tàn dư thực vật của vụ trước là rất cần thiết, vì chúng có khả năng mang sâu bệnh. Làm sạch thủ công đòi hỏi lao động đáng kể, vì một lượng đáng kể nguyên liệu thực vật còn lại sau khi thu hoạch.

Đã có nhiều đề tài nghiên cứu sử dụng thân, lá dứa làm chất đốt, thức ăn gia súc, phân hữu cơ cũng như các sản phẩm mỹ phẩm, dược liệu và thực phẩm [4,5,6,7,8].

Trong đề tài "Nghiên cứu phát triển công nghệ chuyển hóa phụ phẩm dứa thành khí sinh học (biogas) và sử dụng phế phẩm của quá trình này để sản xuất phân hữu cơ vi sinh" của TS. Phan Thị Tuyết Mai [1], Trường đại học Khoa học Tự nhiên đã mở ra một hướng xử lý mới có tính khả thi cao cho nguồn phụ phẩm lá dứa thải ra sau thu hoạch, đang là vấn đề cấp bách của các vùng trồng dứa.

PGS.TS. Dương Minh Hải giảng viên khoa Cơ khí thuộc Đại học Quốc gia Singapore (NUS) trong đề tài cấp nhà nước 2011 "Nghiên cứu chế tạo vật liệu aerogel tính năng cao từ nanocellulose của xơ dừa và lá dứa nhằm ứng dụng trong thực tiễn"[2] đã xây dựng được quy trình thu hồi cellulose và nano cellulose từ nguyên liệu xơ dừa và lá dứa.

Đã có những quy trình hướng dẫn sử dụng chồi, ngọn, thân, lá dứa làm thức ăn ủ chua cho bò. Với một khối lượng rất lớn thân lá dứa ở nước ta nếu được sử dụng sẽ là một bổ sung quan trọng cho sản xuất thức ăn xanh cho đại gia súc.

Một phương pháp xử lý khác là tận dụng thân và lá làm phân hữu cơ bằng cách băm nhỏ thân lá dứa. Yêu cầu của phương pháp này là lá dứa đủ nhỏ để có thể thực hiện các khâu làm đất sau này. Sau khi thực hiện khâu làm đất lá dứa được vùi lấp và hoai mục.

Để đáp ứng các nhu cầu về sử dụng thân lá dứa trên đồng có thể sử dụng các loại máy đóng kiện để thu gom thân, lá dứa, tuy nhiên cần có thiết bị xử lý thân, lá dứa phù hợp cho việc đóng kiện.

Cho dù với mục đích làm phân hữu cơ hay thu gom để sử dụng, việc băm phá gốc dứa là công việc bắt buộc trong quy trình trồng dứa [9].

Hiện nay phổ biến 2 loại máy phá dứa chủ yếu hiện nay loại máy băm thân, lá cây dứa trục đứng và trục ngang (hình 1,2,3)



Hình 1. Máy băm lá, thân cây dứa trục đứng Malaysia



Hình 2. Máy băm thân, lá cây dứa trục đứng F-150 của Đài Loan



Hình 3. Máy băm thân, lá cây dứa trục ngang

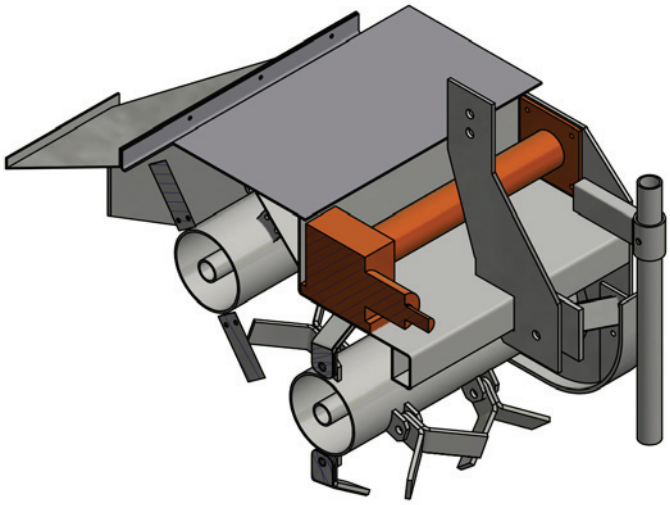
Nói chung máy băm thân, lá cây dứa trục đứng cắt nhỏ lá dứa tốt hơn nhưng khó phá vỡ gốc và làm dập lá hơn loại trục ngang, các dao cắt được lắp với thân trống quay bằng khớp bản lề (dao búa).

Trong đề tài cấp nhà nước "Nghiên cứu thiết kế chế tạo một số loại máy canh tác cho cây trồng cạn chính" Mã số KC07.11 năm 2005 do GS.TS. Phạm Văn Tờ [3] đã thiết kế chế tạo máy băm thân lá dứa trục ngang. Máy làm việc ổn định chất lượng băm lá phù hợp cho việc cơ giới hóa làm đất sau này. Hiện trên thị trường đã có những loại máy phay băm nhỏ thân dứa cùng với đất để giải phóng mặt đồng, tuy nhiên do mức độ thâm canh dứa cao, việc trồng dứa thực hiện 1 vụ rồi phá bỏ, việc để lại thân, lá dứa làm phân hữu cơ ngay trên đồng tạo nguy cơ lây nhiễm bệnh cho dứa ở vụ tiếp theo rất cao.

Trong đề tài này tác giả đã nghiên cứu kích thước hình học của dao để đảm bảo góc cắt trượt hợp lý nhằm giảm lực cắt lá, thân dứa với giả thiết quá trình băm dứa là quá trình ổn định. Tuy nhiên trong thực tế, quá trình băm, đập cắt thân lá dứa có tính chu kỳ với lực cản chủ yếu ở góc 90^0 phía trước phay. Trong điều kiện đó dao phay sẽ dao động như là một con lắc trong trường li tâm và với biên độ dao động quá lớn sẽ ảnh hương tới quá trình đập cắt thân lá dứa.

Ngoài ra biên độ dao động lớn sẽ làm mòn chốt dao nhanh.

Nhằm tạo ra một mẫu máy phá gốc dứa chuyên dụng để cho việc thu gom bằng máy đóng kiện, đề tài "***Nghiên cứu thiết kế, chế tạo máy và thiết bị cơ giới hóa canh tác dứa"*** đã thiết kế máy phá gốc dứa 2 trống được thể hiện trên hình 4.



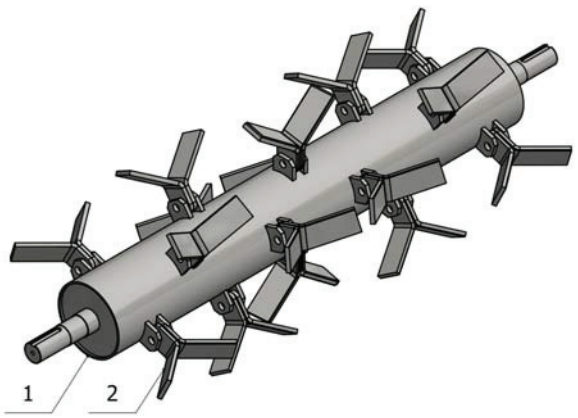
Hình 4. Kết cấu máy băm phá gốc dứa

Mục đích của bài viết này là nghiên cứu động lực học của dao nhằm giảm thiểu biên độ dao động của dao trong quá trình làm việc từ đó đưa ra được các thông số cơ bản của dao và trống băm.

II. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Trên hình 5 là thiết kế 3D của bộ phận dao búa, bao gồm trống băm 1, được truyền động từ trục thu công suất của máy kéo qua bộ truyền động cơ khí; dao phá 2 được lắp trên trống băm thông qua cơ cấu bản lề.



Hinh 5. Lô băm trước: 1. Trống băm; 2. Dao băm

2.2. Phương pháp nghiên cứu

- Thu thập thông tin và xử lý các số liệu điều tra, khảo sát, các thông tin truy cập từ các kênh thông tin trong và ngoài nước.

- Phân tích lựa chọn nguyên lý, kết cấu máy.

- Thiết kế máy nông nghiệp cho các thiết kế cơ khí (sử dụng phần mềm Inventor) để mô phỏng 3D các chi tiết máy, nhằm xác định các thông số hình học và quán tính của các bộ phận chuyển động.

- Sử dụng phương pháp cơ học giải tích để xây dựng phương trình chuyển động của hệ cơ nhiều vật.

- Lập trình trên Matlab để giải phương trình vi phân mô tả chuyển động của hệ cơ nhiều vật.

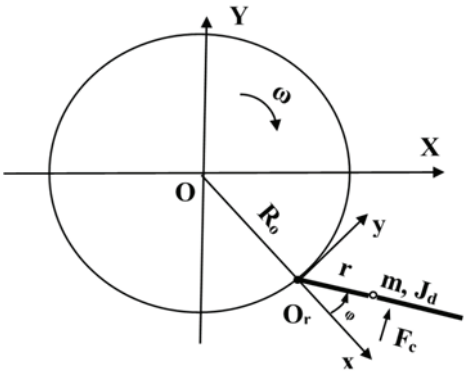
III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Xây dựng mô hình động lực học dao động của búa

Trên hình 6 thể hiện mô hình động lực học dao động của dao búa bao gồm 2 vật:

- Trống quay với vận tốc ω;

- Dao búa được lắp trên trống búa bằng khớp bản lề



Hình 6. Sơ đồ động lực học dao động của dao búa

Để xây dựng phương trình vi phân chuyển động của dao búa ta xây dựng hệ trục tọa độ sau:

1. Hệ tọa độ gắn cùng với thân máy XOY, có gốc tọa độ O trùng với tâm trống quay, trục OX theo hướng tiến của máy; Trục Oy theo hướng đi lên.

2. Hệ tọa độ quay $x_rO_ry_r$ có tâm tại điểm O_r là tâm của khớp bản lề, trục O_rx_r đi qua tâm O của trống quay (theo hướng kính của trống quay), trục O_ry_r quay so với O_rx_r theo hướng ngược kim đồng hồ.

Để xây dựng mô hình động lực học ta chấp nhận một số giả thiết sau:

- Vận tốc quay của trống bắt dao búa là khổng đổi ω = const.

- Lực cản của búa có hướng vuông góc với cạnh dao F_c và có giá trị không đổi khi

tiếp xúc với khối cây; tại các góc còn lại lực $F_c = 0$;

- Bỏ qua trọng lực của dao do gia tốc ly tâm lớn hơn rất nhiều so với gia tốc trọng trường.

Trong hệ tọa độ $x_rO_ry_r$ trọng tâm của búa được xác định theo công thức sau:

$$x_r = r.\cos\varphi\,.\vec{\imath}$$
$$y_r = r.\sin\varphi\,.\vec{\jmath} \qquad 1)$$
$$\vec{r} = r.\cos\varphi\,.\vec{\imath} + r.\sin\varphi\,.\vec{\jmath}$$

Trong đó $\vec{r}$ là véc tơ bán kính của trọng tâm M của dao búa trong hệ $x_rO_ry_r$

φ – góc quay của dao búa so với trục O_rx_r .

Vận tốc và gia tốc của trọng tâm búa được xác định theo công thức

$$\dot{x}_r = -r.\dot{\varphi}.\sin\varphi\,.\vec{\imath}$$
$$\dot{y}_r = r.\dot{\varphi}.\cos\varphi\,.\vec{\jmath} \qquad (2)$$
$$\ddot{x}_r = -r.(\ddot{\varphi}\sin\varphi + \dot{\varphi}^2\cos\varphi).\vec{\imath}$$
$$\ddot{y}_r = r.(\ddot{\varphi}\cos\varphi - \dot{\varphi}^2\sin\varphi)\vec{\jmath} \qquad (3)$$

Các lực tác dụng lên dao búa trong hệ tọa độ quay tương đối x_rCy_r bao gồm:

Lực đập-cắt F_c

Lực đập cắt có điểm đặt lực ở điểm giữa của dao có hướng vuông góc với cạnh sắc của dao.

$$\vec{F_c} = -F_c.\sin\varphi\,.\vec{\imath} + F_c.\cos\varphi\,.\vec{\jmath}$$

Giá trị lực đập-cắt F_c bao gồm lực cản tung, lực cắt, đập, nhổ cây khỏi mặt ruộng và phụ thuộc rất nhiều yếu tố như: tốc độ tiến của máy, tốc độ quay của trống mật độ của thân, lá dứa. Qua khảo sát thực tế với các máy phá thân lá dứa liên hợp với máy kéo từ 50 – 100 HP có tốc độ của trống quay là từ 500-1000 v/phút. Với hệ số sử dụng công suất của máy kéo khoảng 0,7, với số lượng dao 20, lực đập cắt sẽ ở trong vùng 400-700/N. Đây là khoảng sẽ được sử dụng để khảo sát cho nghiên cứu.

Hiện các máy phá gốc dứa dạng

Lực li tâm:

$$\vec{F}_{lt} = -m.\vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{R})$$

Trong đó $\vec{\omega}$ là véc tơ vận tốc quay của trống phay; $\vec{\omega} = -\omega.\vec{k}$

$\vec{R}$ - véc tơ bán kính của trọng tâm dao so với tâm O

Trong hệ tọa độ tương đối véc tơ $\vec{R}$ được tính theo công thức

$$\vec{R} = \vec{R}_0 + \vec{r} = (R_0 + r.\cos\varphi).\vec{\imath} + r.\sin\varphi\,.\vec{j} \quad (4)$$

Như vậy lực ly tâm được tính theo công thức

$$\vec{F}_{lt} = -m.\omega.\vec{k} \times \{\omega.\vec{k} \times [(R_0 + r.\cos\varphi).\vec{\imath} + r.\sin\varphi\,.\vec{j}]\}$$

$$\vec{F}_{lt} = m.\omega^2.[(R_0 + r.\cos\varphi).\vec{\imath} + r.\sin\varphi\,.\vec{j}] \quad (5)$$

Lực coriolis:

$$\vec{F}_{cr} = -2m.\vec{\omega} \times \vec{v}_r \quad (6)$$

Trong đó $\vec{v}_r$ là vận tốc tương đối của trong tâm dao trong hệ tọa độ quay

$$\vec{v}_r = -r.\dot{\varphi}\,.\sin\varphi\,.\vec{\imath} + r.\dot{\varphi}.\cos\varphi\,.\vec{j} \quad (7)$$

Như vậy:

$$\vec{F}_{cr} = 2m.\omega.\dot{\varphi}.\vec{k} \times (-r.\sin\varphi\,.\vec{\imath} + r.\cos\varphi\,.\vec{j})$$

$$\vec{F}_{cr} = -2m.\omega.\dot{\varphi}.r.(\sin\varphi\,.\vec{j} + \cos\varphi\,.\vec{\imath}) \quad (8)$$

Phản lực chốt dao:

$$\vec{N} = N_x.\vec{\imath} + N_y.\vec{j} \quad (9)$$

Mô men cản chốt dao:

$$\vec{M}_c = -sign(\dot{\varphi}).N.r_c.f.\vec{k} \quad (10)$$

Trong đó r_c là bán kính chốt quay của dao;

f – hệ số ma sát; $f = 0{,}42$

$sign(\dot{\varphi})$ là dấu của $\dot{\varphi}$; $sign(\dot{\varphi}) = -1$ nếu $\dot{\varphi} < 0$; $sign(\dot{\varphi}) = 0$ nếu $\dot{\varphi} = 0$; $sign(\dot{\varphi}) = 1$ nếu $\dot{\varphi} > 0$

Áp dụng định luật newton cho chuyển động tương đối ta có

$$m.\ddot{x}_r = -F_c.\sin\varphi + m.\omega^2.R_0 + m.r.(\omega^2 - 2.\omega.\dot{\varphi}).\cos\varphi + N_x$$

$$m.\ddot{y}_r = F_c.\cos\varphi + m.r.[\omega^2 - 2.\omega.\dot{\varphi}].\sin\varphi + N_y$$

$$J_d.\ddot{\varphi} = F_c.r_F - m.\omega^2.R_0.r.\sin\varphi - sign(\dot{\varphi}).N.r_c.f \quad (11)$$

Kết hợp với phương trình (3) ta có

$$-r.(\ddot{\varphi}\sin\varphi + \dot{\varphi}^2\cos\varphi) = \omega^2.(R_0 + r.\cos\varphi) - 2.\omega.r.\dot{\varphi}.\cos\varphi + \frac{N_x - F_c.\sin\varphi}{m}$$

$$r.(\ddot{\varphi}\cos\varphi - \dot{\varphi}^2\sin\varphi) = r.(\omega^2 - 2.\omega.\dot{\varphi}).\sin\varphi + \frac{N_y + F_c.\cos\varphi}{m}$$

$$J_d.\ddot{\varphi} = F_c.r_F - m.\omega^2.R_0.r.\sin\varphi - sign(\dot{\varphi}).N.r_c.f \quad (12)$$

Ở đây r_F là bán kính từ lực F_c tới chốt dao.

Đây là hệ phương trình vi phân 3 phương trình có các ẩn *Nx; Ny* và φ và có thể giải bằng mã nguồn mở Matlab.

Với góc φ nhỏ $\varphi = \sin\varphi$ hệ trên là hệ dao động tuyến tính với tần số riêng

$$\omega_e = \omega.\sqrt{\frac{m.R_0.r}{J_d}} = \omega.\sqrt{\frac{m.R_0.r}{J_0 + m.r^2}}$$

$$\frac{\omega_e}{\omega} = \sqrt{\frac{m.R_0.r}{J_d}} = \sqrt{\frac{m.R_0.r}{J_0 + m.r^2}}$$

Trong đó J_0 là mô men quán tính của dao tại trọng tâm của dao

Các điều kiện biên

1. Tại vị trí t=0 dao ở vị trí cân bằng nên

$$\varphi = 0;\ \dot{\varphi} = 0;$$

Do $F_c = 0$ nên $\ddot{\varphi} = 0$

2. Lực F_c

$F_c = F_0$ nếu $\cos(\omega t) > 0$ và $(R_0 + R_b)\sin(\omega t) < h_c$

$F_c = F_0$ Trong trường hợp còn lại.

Ở đây h_c là chiều cao cây.

3.2. Khảo sát dao động của búa

Các thông số hình học và quán tính của hệ dao động được xác định thông qua mô hình thiết kế 3D trên phần mềm Inventor. Trên bảng 1 thể hiện các giá trị cần thiết để giải phương trình 12. Đường kính R_0 và chiều dài dao được lựa chọn đảm bảo đường kính ngoài của phay là không đổi

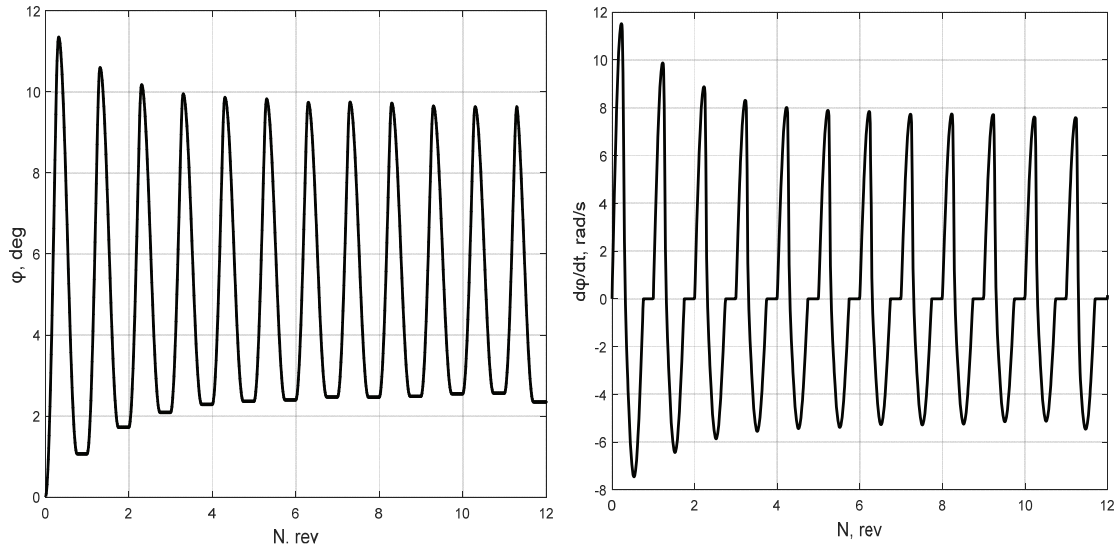
Bảng 1. Các thông số hình học và quán tính của hệ dao động.

R_0, mm	r, mm	R_f, mm	m, kg	J_d, kg,mm^2
170	55,8	64,7	2,54	12488,3
155	65,0	79,7	2,73	17442,7
140	73,9	94,7	2,93	23526,1
125	82,7	109,7	3,13	30827,0
110	91,3	124,7	3,33	39434,8

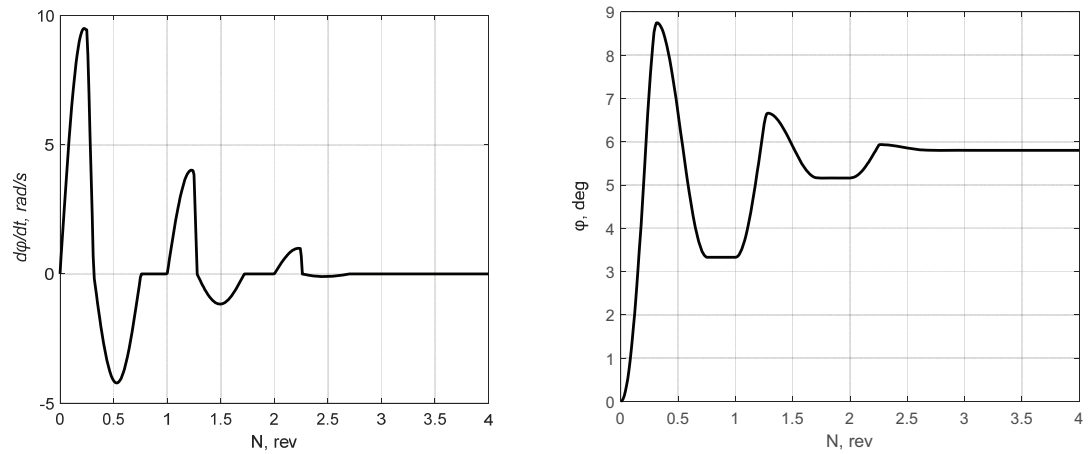
95	99,8	139,7	3,52	49437,9
80	108,2	154,7	3,72	60925,2
65	116,5	169,7	3,92	73985,5

Trên hình 5. thể hiện quá trình dao động của hệ với các thông số: n =700 v/phút R_0=140 mm; r = 73,9 mm; R_f = 94,7 mm; m = 2,93 kg; J_d = 23526,1 kg.mm^2; F_c = 400N.

Với trục hoành là số vòng quay của trống băm. Quá trình sẽ ổn định sau khoảng 7 vòng quay.



a) n = 700 vòng/ phút



b) n = 750 v/phút

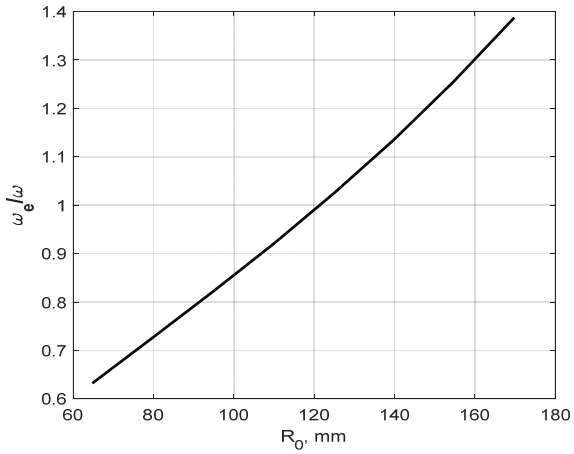
Hình 7. Quá trình dao động của búa theo số vòng quay của trống băm.

a) góc quay của búa; b) Vận tốc quay của búa

$$\frac{d\varphi}{dt} = 0 \text{ và } \varphi = const$$

Với tốc độ quay n = 700 v/phút quá trình dao động của búa xung quanh điểm cân bằng 6^0. Còn với n = 750 v/phút quá trình dao động sẽ là quá trình tắt dần và sau khoảng 3 vòng quay búa sẽ không dao động, lúc đó mô men của lực cản F_c sẽ không thắng được mô men cản của lực ma sát và lực ly tâm.

Trên hình 8 thể hiện tỷ lệ tần số riêng của hệ trên tần số làm việc ω_e/ω với các bán kính R_0 khác nhau nhưng vẫn giữ nguyên đường kính ngoài của trống băm (*xem bảng 1*).



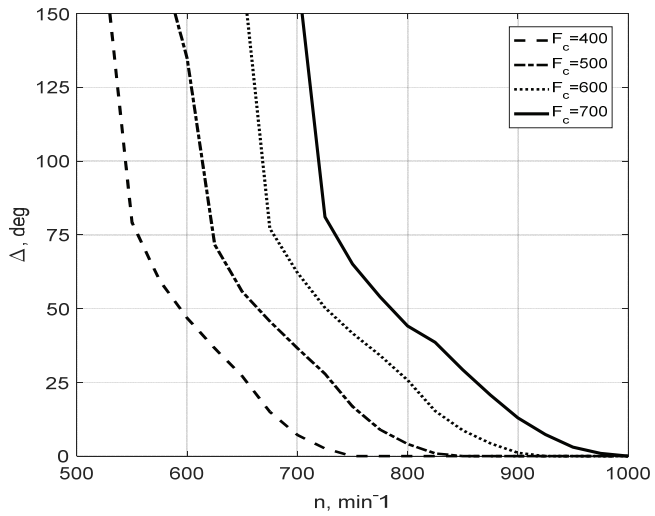
Hình 8. Tỷ số tần số dao động riêng và tần số làm việc ω_e/ω ở các đường kính R_0 khác nhau.

Ở bán kính R_0 ≈120 mm tần số làm việc ω trùng với tần số riêng của hệ. Nếu rơi vào trường hợp này quá trình dao động sẽ ở vùng cộng hưởng và biên độ dao động sẽ rất lớn.

3.3. Khảo sát ảnh hưởng của một số thông số đến biên độ dao động của búa

Một mặt kết cấu dao búa có tác dụng làm nhẹ các va đập mạnh lên búa, đảm bảo sự an toàn của máy khi gặp các vật cản lớn như gạch đá. Mặt khác dao động của búa ảnh hưởng rất lớn tới chất lượng làm việc của máy, làm tăng sự mài mòn các chốt quay. Vì vậy để có một lựa chọn các thông số làm việc và kết cấu làm việc cần thiết phải đánh giá ảnh hưởng của các thông số tới biên độ dao động của búa.

a) Ảnh hưởng của tốc độ quay của trống



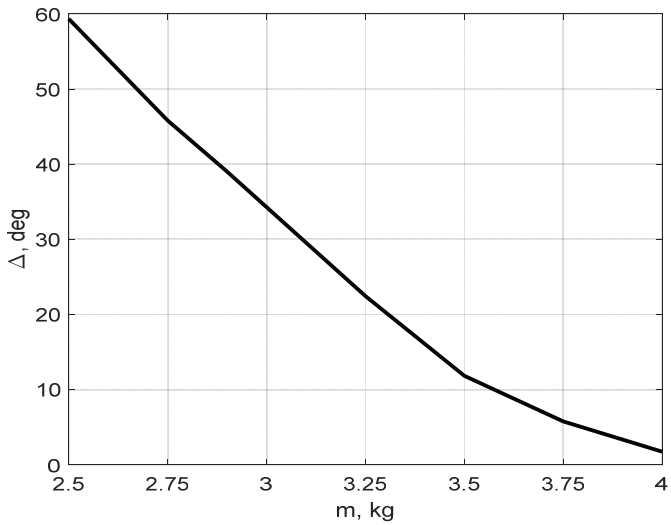
Hình 9. Ảnh hưởng của tốc độ quay của trống tới biên độ dao động của búa ở các lực cản khác nhau

Trên hình 9, thể hiện biên độ dao động của búa khi máy làm việc ở các vận tốc quay của trống khác nhau.

Ở cùng một lực cản, khi vận tốc tăng biên độ dao động của búa sẽ tăng. Với lực cản lớn hơn thì biên độ cũng lớn hơn tại cùng một tốc độ quay. Để có biên độ dao động trong một giá trị hợp lý thí dụ $\Delta < 75$ độ Với Fc = 400 tốc độ n > 550 min^{-1}; Fc = 500 tốc độ n > 650 min^{-1}; Fc = 600 n > 700 min^{-1}; Fc = 700 n > 780 min^{-1}.

b) Ảnh hưởng của khối lượng búa

Trên hình 10, thể hiện ảnh hưởng của khối lượng búa *m* tới biên độ dao động của búa với khối lượng khác nhau bằng cách tăng chiều dày búa.



Hình 10. Ảnh hưởng của khối lượng búa tới biên độ dao động.

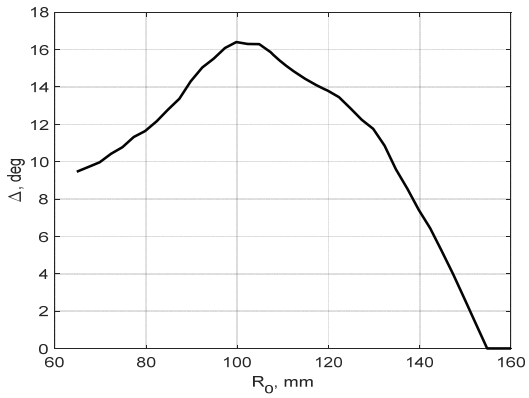
Các thông số khối lượng, mô men quán tính của búa phụ thuộc vào các thông số hình học của búa như chiều dài, vị trí trong tâm của búa vì thế để khảo sát ảnh hưởng của khối lượng búa tới dao động cần phải duy trì các thông số như trọng khoảng cách từ chốt quay tới trọng tâm búa, chiều dài búa. Để làm được điều này chúng tôi chỉ thay đổi bề dày búa. Lúc đó các thông số hình học trừ bề dày búa sẽ không thay đổi. Mô men quán tính của búa sẽ tỷ lệ thuận với khối lượng búa.

Qua đồ thị trên hình 10 cho thấy khi khối lượng và mô men quán tính tăng thì biên độ dao động sẽ giảm xuống. Điều này hoàn toàn hợp lý vì khi tăng khối lượng và mô men quán tính theo phương trình 11 sẽ tăng lực quán tính $J_d.\ddot{\varphi}$ sẽ tăng lự ly tâm $m.\omega^2.R_0.r.\sin\varphi$ và đồng thời sẽ tăng lực ma sát $sign(\dot{\varphi}).N.r_c.f$ có chều ngược lại với dao động.

Để có biện độ dao động $\Delta < 10^0$ khối lượng búa cần thỏa mãn điều kiện m >2,9 kg.

c) Ảnh hưởng của bán kính quay R_0 với bề rộng búa không đổi

Trên hình 11 thể hiện ảnh hưởng của bán kính R_0 tới biên độ dao động của búa. Khảo sát này được thực hiện khi giữ nguyên chiều dày búa, bán kính ngoài của phay không đổi. Như vậy với việc tăng đường kính R_0 chiều dài của búa sẽ giảm xuống một lượng tương tự. Các đặc tính hình học R_0, r, m, J_d được thể hiện trên bảng 1.



Hình 11. Ảnh hưởng của bán kính R_0 tới biên độ dao động của búa với bề dày búa không đổi.

Qua kết quả trên ta thấy sự rõ nét hiện tượng cộng hưởng của dao động ở bán kính R_0 = 100÷120 mm khi tần số làm việc gần với tần số riêng của hệ. Do dao động có sự hiện diện của lực ma sát tương đối lớn (hệ số ma sát thép - thép = 0,42) nên biên độ dao động không tiến tới vô cùng và tần số riêng có xu hướng lệch trái.

Qua đồ thị này ta thấy không nên chọn vùng của R_0 từ 80÷130 mm. Ở vùng bán kính R_0 bé chiều dài dao búa sẽ lớn sẽ tăng khối lượng dao sẽ không phù hợp bằng với vùng

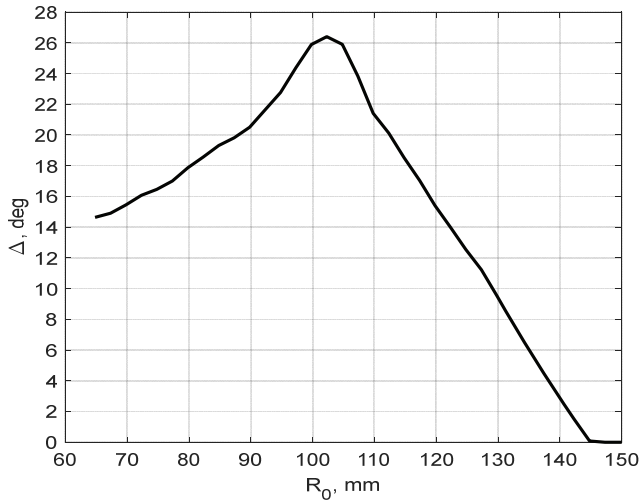
bán kính R_0 lớn, mà ở đó chiều dài dao ngắn, khối lượng nhỏ. Qua kết quả trên nên chọn bán kính R_0 =140 mm.

d) Ảnh hưởng của bán kính quay R_0 với khối lượng búa không đổi

Trên hình 12 thể hiện ảnh hưởng của bán kính quay R_0 với khối lượng búa không đổi. Khảo sát được thực hiện với khối lượng búa m = 2,93 kg.

Để duy trì khối lượng búa không đổi ta có thể thay đổi bề dày của búa tỷ lệ nghịch với chiều dài búa.

Kết quả cho thấy hiện tượng cộng hưởng dao động của dao búa tương tự như hình 11 và đường kính R_0 phù hợp cho thiết kế là R_0 =140 mm.



Hình 12. Ảnh hưởng của bán kín R_0 tới biên độ dao động của búa với khối lượng búa không đổi

IV. KẾT LUẬN

1. Đã xây dựng được mô hình dao động của dao búa trong trường ly tâm theo phương trình 11, mô tả được quá trình làm việc của dao búa với các thông số ảnh hưởng như: vận tốc quay của trống đập ω, bán kính quay R_0, bán kính trọng tâm dao r, khối lượng dao m và mô men quán tính J_d.

2. Dựa vào phần mềm Autodesk Inventor đã mô phỏng hình học trống và dao búa xác định được các đặc tính quán tính, hình học của búa như bán kính từ chốt quay tới trọng tâm r, bán kính đặt lực cản R_f, khối lượng và mô men quán tính của dao búa theo bảng 1.

3. Trên cơ sở phương trình dao động 11 dựa vào phần mềm Matlab đã mô phỏng số quá trình dao động của búa và đã xác định được tần số riêng của hệ dao động và ảnh hưởng của các thông số như tốc độ quay của trống n, khối lượng búa m, bán kính từ tâm trống tới chốt búa R_0 tới biên độ dao động của dao búa.

4. Trên cơ sở các khảo sát đã xác định được các thông số phù hợp cho thiết kế là:

- Khoảng cách từ tâm trống đến chốt quay R_0 =140 mm;
- Khối lượng búa m =2,9 kg;
- Tốc độ quay của trống n =700 min^{-1}.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Phan Thị Tuyết Mai, Nghiên cứu phát triển công nghệ chuyển hóa phụ phẩm dứa thành khí sinh học (biogas) và sử dụng phế phẩm của quá trình này để sản xuất phân hữu cơ vi sinh. Đề tài cấp tỉnh Ninh Bình –

2018.

2. Dương Minh Hải, đề tài cấp nhà nước 2011 "Nghiên cứu chế tạo vật liệu aerogel tính năng cao từ nanocellulose của xơ dừa và lá dứa nhằm ứng dụng trong thực tiễn".

3. Phạm Văn Tờ. Báo cáo tổng kết khoa học và kỹ thuật đề tài cấp nhà nước 2005 "Nghiên cứu thiết kế chế tạo một số loại máy canh tác cho cây trồng cạn chính".

4. K. Edoh Adabe, Salama Hind and Abdou Maïga. Production and processing of pineapple. Cameroon - 2016

5. Zainab Rabiu, FatimaU. Maigari, Umma Lawan and Zulaihatu Gidado Mukhtar. Pineapple Waste Utilization as a Sustainable Means of Waste Management. Applied Environmental Science and Engineering for a Sustainable Future - 2018

6. N. Abdullah, J. Jamiluddin, F. Y. Hagos, N. S. N. Azmi. Experimental investigation on pineapple leaf fiber as biomass source for renewable energy application. ICMER- 2019

7. Ifeanyi Charles Okoli. Pineapple Wastes 3: Use of leaves, stem, and crown as animal feed. Research Tropica - 2018

8. C.F. Nielsen. Utilizing pineapple waste for briquette production in Africa.

9. Badril Hisham Abu bakar, Mohd Taufik Ahmad, Rohazrin abdul rani, Mohd nadzim Nordin. A Review of Mechanization and Automation in Malaysia's Pineapple Production

10. https://evngenco2.vn/vi/news/khoa-hoc-cong-nghe/bien-tro-bay-thanh-aerogel-sieu-vat-lieu-cua-tuong-lai-1183.html

Ngày nhận bài: 15/6/2025

Người phản biện: PGS.TS Nguyễn Huy Bích - ĐH Nông lâm Tp.HCM

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ, CHẾ TẠO THIẾT BỊ BÓC VỎ DỪA KHÔ PHỤC VỤ XUẤT KHẨU

Lê Văn Quý[1], Lê Minh Hùng[1], Huỳnh Tiến Trung[1], Đào Vĩnh Hưng[1], Nguyễn Vĩnh Phúc[1], Lâm Đông Phố[1]

TÓM TẮT

Nghiên cứu thiết kế, chế tạo thiết bị bóc vỏ dừa khô năng suất tối thiểu 200 trái/giờ nhằm thay thế lao động thủ công và tăng hiệu quả kinh tế. Nghiên cứu bao gồm đánh giá hiện trạng, thiết kế, chế tạo và thử nghiệm thiết bị đáp ứng các yêu cầu cho thị trường xuất khẩu, góp phần nâng cao giá trị sản phẩm dừa Việt Nam. Đồng thời đưa ra giải pháp cải thiện năng suất, chất lượng, và giảm thiểu tổn thất trong chuỗi sản xuất dừa khô. Thiết bị bóc vỏ dừa không chỉ đáp ứng các tiêu chuẩn kỹ thuật mà còn góp phần giải quyết những hạn chế trong sản xuất thủ công truyền thống, quy trình bóc vỏ khác với các thiết bị bóc vỏ đã nghiên cứu trước đây, các thiết bị trước đây không xử lý được tình trạng chóp dừa bị xù hoặc mất chóp, đây là vấn đề quan trọng. Hệ thống có hai thiết bị bao gồm thiết bị cắt chóp và thiết bị bóc vỏ, mục đích của thiết bị cắt chóp là cắt để tách phần xơ dừa với chóp dừa ngay vị trí chóp để khi thực hiện tách vỏ bằng thiết bị bóc, phần xơ dừa ngay vị trí chóp không bị xù hoặc cuốn theo phần vỏ khi bóc.

Từ khóa: Thiết bị bóc vỏ dừa khô, dừa khô xuất khẩu, thiết bị bóc vỏ dừa khô xuất khẩu.

DESIGN AND FABRICATION OF A DRY COCONUT DEHUSKING MACHINE FOR EXPORT

ABSTRACT

This study focuses on the design, development, and testing of a dry coconut dehusking machine with a minimum capacity of 200 coconuts per hour, aiming to replace manual labor and enhance economic efficiency. The research includes assessing the current situation, designing, fabricating, and testing the equipment to meet the requirements of the export market, thereby contributing to increasing the value of Vietnamese coconut products. In addition, the study proposes solutions to improve productivity and quality while minimizing losses in the dry coconut production chain. The developed dehusking machine not only complies with technical standards but also addresses limitations inherent in traditional manual processing methods. Its dehusking process differs from previously developed machines, which have been unable to handle coconuts with frayed or missing tops a critical issue. The system consists of two main units: a top-cutting device and a dehusking device. The purpose of the top-cutting unit is to remove the top portion of the coconut husk, separating the coir fibers at the crown. This ensures that during the dehusking process, the fibers at the crown do not become frayed or entangled with the husk, thereby improving the overall efficiency and quality of husk removal.

Keywords: Dry coconut dehusking machine, export dry coconut, Export dry coconut dehusking machine.

[1]Phân Viện Cơ điện Nông nghiệp và Công nghệ STH

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngành dừa đóng vai trò quan trọng trong nông nghiệp Việt Nam, đặc biệt tại các tỉnh như Bến Tre và Trà Vinh (diện tích dừa Bến Tre chiếm 42% cả nước). Tuy nhiên, quá trình bóc vỏ dừa khô xuất khẩu hiện nay chủ yếu dựa vào lao động thủ công khiến năng suất thấp và kiểu dáng sản phẩm không đồng nhất, gia tăng chi phí sản xuất và giảm tính cạnh tranh. Nhu cầu dừa xuất khẩu đang tăng cao với các yêu cầu cao về quy cách và chất lượng và kiểu dáng sản phẩm. Trước tình hình đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm tạo ra thiết bị bóc vỏ dừa, đảm bảo năng suất tối thiểu 200 trái/giờ tương đương với năng suất của một người bóc vỏ lành nghề, giảm sự phụ thuộc vào lao động thủ công. Ngoài việc nâng cao tính đồng nhất của sản phẩm, thiết bị được nghiên cứu nhằm hạn chế tối đa tỷ lệ hư hại và gia tăng giá trị xuất khẩu [1]. Các thiết bị bóc vỏ dừa được nghiên cứu trước đây như tách bằng con lăn hay tách bung không khắc phục được tình trạng chóp dừa bị xù, trong nghiên cứu này sử dụng phương pháp cắt chóp trước khi bóc để hạn chế việc chóp dừa bị xù hoặc mất chóp. Thiết bị không chỉ góp phần giải quyết những hạn chế hiện có mà còn đưa ra phương pháp bóc vỏ khác nhưng vẫn đảm bảo chất lượng sản phẩm đạt tiêu chuẩn xuất khẩu, góp phần tạo giá trị gia tăng cho ngành dừa.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng của nghiên cứu là trái dừa có cấu tạo với nhiều lớp bảo vệ tự nhiên. Những tính chất cơ lý của lớp vỏ xơ và gáo dừa đóng vai trò quan trọng trong quá trình bóc tách cơ học. Cấu tạo cơ bản gồm ba lớp: lớp vỏ xơ bên ngoài, lớp gáo cứng bao bọc phần cơm dừa, và lớp nhân dừa bên trong chứa nước dừa. Lớp vỏ xơ dày từ 2-7 (cm), bao gồm các sợi cellulose và lignin tạo nên một lớp bảo vệ chắc chắn chống lại tác động cơ học. Gáo dừa, với độ dày từ 2-4 (mm), được cấu thành từ lignin giúp tăng độ bền cơ học và khả năng chịu lực [2]. Dừa được thực nghiệm trong nghiên cứu này là dừa Bến Tre xuất khẩu, chưa bóc vỏ.

Các kết quả thí nghiệm đo lường lực bóc tách và lực nén trong nghiên cứu này kế thừa tài liệu [3]. Lực nén tối đa cần thiết để phá vỡ gáo dừa dao động từ 300-400 (N), tùy thuộc vào độ dày và cấu trúc của gáo. Lực tách xơ dừa ra khỏi gáo dừa đối với dừa chưa cắt chóp dao động từ 240-520 (N), thay đổi theo độ ẩm và mật độ sợi [4]. Những thông số này là cơ sở để thiết kế các cơ cấu bóc tách, giảm thiểu hư hại.

Dừa sau khi bóc phải đảm bảo:
Còn chóp để tăng thời gian bảo quản và giảm va đập khi vận chuyển.
Sau khi bóc vỏ không làm tổn thương sọ trái

2.2 Kích thước trái và sọ dừa



a) Đo kích thước trái a) Đo kích thước sọ

Hình 1.1. Đo kích thước trái.

Bảng kích thước mẫu (sai số: +/-5 mm)

Bảng 1.1. Bảng kích thước dừa và sọ dừa

STT	X	Y	Z	X'	Y'	Z'
1	125	175	130	115	140	110
2	145	190	150	130	150	125
3	165	205	160	140	175	145
4	185	225	180	154	195	150
5	205	245	210	160	205	165

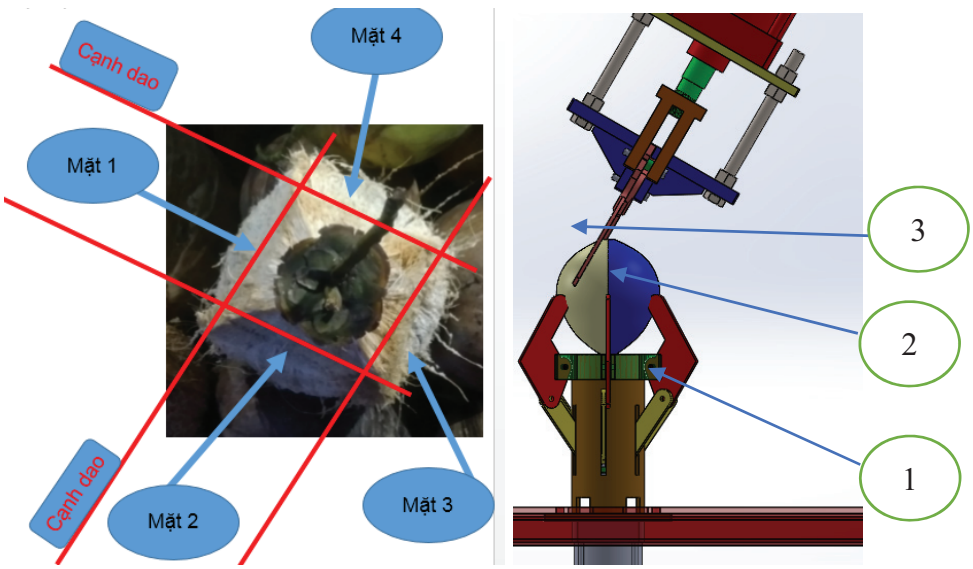
Với X, Y, Z, X', Y', Z' lần lượt là chiều dài, rộng và cao của trái dừa khô và sọ (Hình 1.1)

Bảng 1.2. Bảng kích thước và khối lượng trung bình

STT	Tính chất	Đơn vị	Dừa
1	X	mm	165
2	Y	mm	208
3	Z	mm	166
4	Khối lượng	kg	1,9
5	Khối lượng	kg	1,2

Chóp định hình sau khi bóc có thể có từ 3 cạnh trở lên, để bảo vệ các 3 lỗ ở trên sọ dừa, tăng thời gian bảo quản và giảm va đập khi vận chuyển.

Thiết bị được chế tạo mục đích tạo ra sản phẩm như mẫu sau:



a) Trái dừa mẫu b) Chép mẫu

Hình 1.2. Các đường cắt của trái dừa mẫu và giải pháp.

2.3 Thiết bị cắt chóp

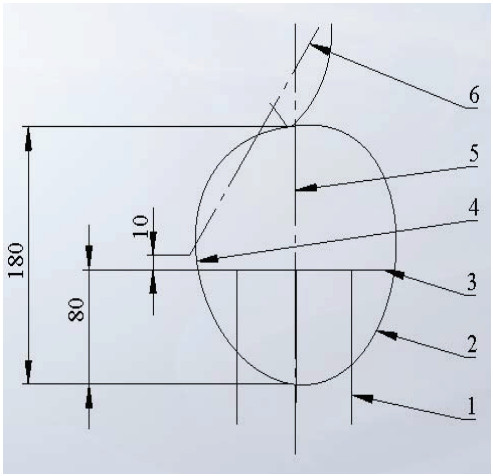
2.3.1 Cụm giữ trái

Vì trái dừa không đối xứng theo đường tâm trái và có kích thước to nhỏ khác nhau nên chọn cụm giữ trái sao cho định được đường tâm trái luôn ở vị trí cố định và kẹp đủ chặt để giữ trái không bị xiên trong quá trình cắt, đồng thời phải giữ trái sao cho các trái có chiều cao khác nhau vẫn đảm bảo khoảng cách từ cuốn trái đến vị trí giữ phải đủ lớn để dao cắt không chạm vào phần giữ trái (Hình 1.3):

Lực kẹp [5]

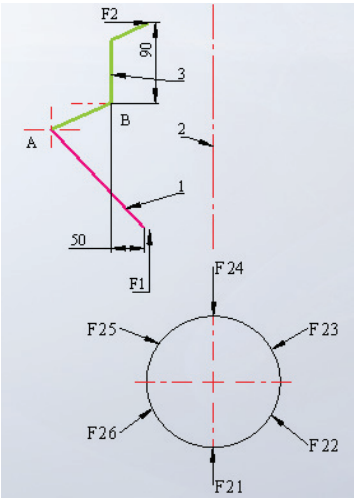
Phương trình cân bằng lực:

$$F_1 x 50 = F_2 x 90$$



Hình 1.3. Cụm giữ trái

1. Chi tiết giữ trái; 2. Trái dừa; 3. Giới hạn đỉnh chi tiết giữ trái; 4. Khoảng cách dao và đỉnh giữ trái; 5. Đường tâm trái; 6. Đường dao cắt.



Hình 1.4. Lực kẹp.

1. Thanh đẩy; 2. Đường tâm trái; 3. Thanh kẹp trái; F_{21}-F_{26}. Lực kẹp thành phần.

Với F1 và F2 lần lượt là lực đẩy của xy lanh và lực kẹp trái.

Chọn áp suất khi hoạt động của xy lanh là 5 (kg/cm^2) và xy lanh kẹp có đường kính trong là 100 (mm).

Chọn hiệu suất khớp quay K=0,9

$$F_1 = \frac{r^2 x 3,14 x P x g}{n} = \frac{5^2 x 3,14 x 5 x 10}{6} = 654(N)$$

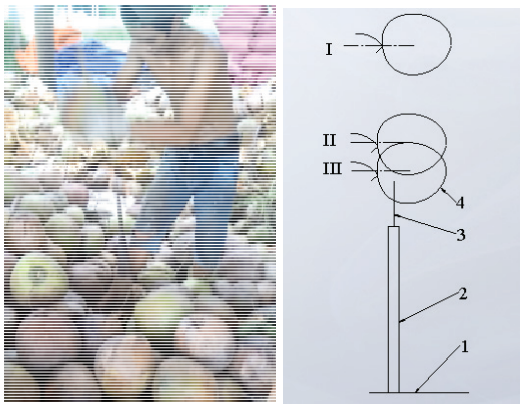
Với: g=10 (m/s^2), n: số tay kẹp

$$F_2 = \frac{F_1 x 90}{50} x 0,9 = 327(N)$$

Với 6 thanh kẹp sẽ đảm bảo trái dừa được định tâm và không bị xiên trong quá trình cắt.

2.3.2 Cụm cắt chóp

Để trái dừa có chóp, người lột dừa thực hiện cắt đầu chóp dừa và tách vỏ trái ra khỏi sọ, tùy vào kỹ năng và sức mạnh có thể tách thành nhiều múi to nhỏ khác nhau, nhưng tối thiểu là ba múi. Mục đích là tách liên kết giữa phần vỏ với chóp và vỏ với sọ, khi tách thì phần xơ ở chóp không bị hư hỏng và cuốn theo phần vỏ.



Hình 1.5. Cắt chóp và tách.

1. Đế gá cán dao; 2. Cán dao; 3: Lưỡi dao; 4. Trái dừa; I-III. Vị trí trái.

Độ biến thiên động năng bằng công ngoại lực $\Delta W_D = A$

Khoảng cách từ vị trí I-II là: $h_{I,II}$= 0,3 (m)

Vận tốc đầu được cấp cho quả V_0= 3m/s

Ngoài vận tốc được cấp thì trái dừa còn có vận tốc rơi tự do, xét g=10 m/s^2

Vận tốc và thời gian trong rơi tự do:

$$h_{I-II} = \frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2xh_{I-II}}{g}} = 0,25(s)$$

$$V_t = V_o + at = 3 + 10x0,25 = 5,5(m/s)$$

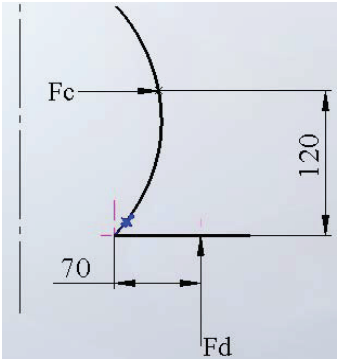
$$\Delta W_D = A \Leftrightarrow \frac{1}{2}mv^2 = F.S \Leftrightarrow F = \frac{\frac{1}{2}mv^2}{S} = \frac{\frac{1}{2}.2,5.(5,5)^2}{0,1} = 378(\text{N})$$

m: khối lượng trung bình của trái dừa

S: quãng đường trái dừa đi được kể từ lúc bắt đầu tiếp xúc với mũi dao.

Tùy theo độ cứng trái tại vị trí cắt và độ dày dao cắt mà lực F có thể thay đổi, trong tính toán ở nghiên cứu này lấy giá trị tham chiếu khi cắt đỉnh chóp là 378 (N).

Chọn hệ số an toàn K_c=3 [5], do đó lực cắt cần thiết để cắt một cạnh chóp dừa là: F_c=1134 (N).



Hình 1.6. Lực tác dụng lên dao cắt.

Phương trình cân bằng:

$$F_c x120 = F_d x70$$

$$\Rightarrow F_d = \frac{F_c x120}{70} = \frac{1134.120}{70} = 1944(N)$$

Vì có hai dao nên lực đẩy tổng tối thiểu mà xy lanh đẩy cán dao là:

F_{dd}=1944x2=3888(N)

Lực đẩy lý thuyết của xy lanh cắt với g=10m/s^2

$F_{lt} = 8.8.3,14.3.10 = 6028(N) > 3888(N) = F_{dd}$ Xy lanh được chọn là phù hợp.

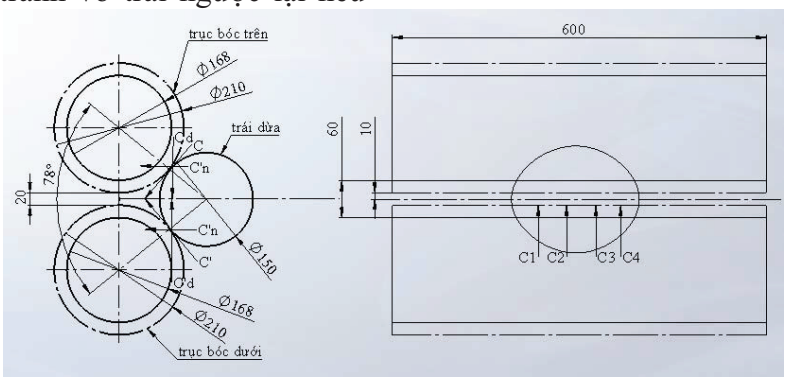
2.4 Thiết bị tách vỏ

2.4.1 Đường kính hai con lăn bóc

Vì kích thước trái dừa khô và nửa khô phục vụ xuất khẩu có đường kính trái dao động trong khoảng 150-250 (mm), khối lượng sau khi lột phải lớn hơn 900 (g), nhưng loại dừa xuất xuất khẩu có đường kính trái từ 180-230 chiếm tỉ lệ đa số. Góc tách xơ như (Hình 1.7) thì lực C và C' ở hai con lăn tác dụng lên sọ dừa không được đạt ngưỡng 18^0 để tránh vỡ trái ngược lại nếu chiều dài cung tách nhỏ hơn bề dày xơ dừa thì có hiện tượng trượt không bóc được.

Do đó với kích thước trái nhỏ nhất là 150mm, khoảng hở giữa hai trục là 20mm thì góc tách tối đa là 78^0, khi kích thước trái lớn nhất là 250 (mm) thì góc hợp bởi C và C' sẽ giảm xuống 59^0 đảm bảo không vỡ trái trong quá trình tách.

Xét lực tác động của ren bóc lên trái dừa:



Hình 1.7. Lực con lăn bóc tác động lên trái dừa có đường kính nhỏ nhất.

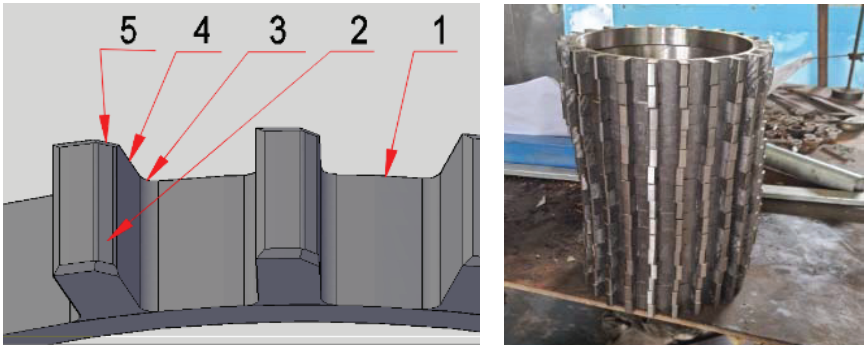
C, C':Lực tách của ren bóc tác động lên trái dừa C_d: Thành phần theo phương đứng

C_1, C_2, C_3, C_4: Các lực thành phần của C và C' C_n: Thành phần theo phương ngang. theo đường sinh trái dừa.

Do đó chọn đường kính hai con lăn bóc là 168 (mm).

2.4.2 Chọn dao (ren) bóc

Trong nghiên cứu này ren (dao) cho trục bóc chủ động và bị động khác nhau, ren ở trục bóc chủ động là vành răng tách rời để ghép với con lăn [5].



Hình 1.8. Bộ dao cắt chủ động

1. Thân dao; 2. Lưỡi tách xơ; 3. Góc lượn chân ren; 4. Lưỡi cắt cạnh; 5. Đường vát để không vỡ trái.

Chiều cao lưỡi cắt là 20 (mm) giúp dao cắt có thể tách xơ dừa an toàn mà không bị vỡ trái, bước lưỡi dao 30 (mm) để lưỡi dao có thể cắm vào xơ dừa tránh hiện tượng trượt khi bóc vỏ, mặt khác nó giúp tách xơ thành từng mảng để thuận tiện cho khâu xử lý về sau như khử chát, dễ ngậm hóa chất khi phun cũng như tách chỉ.

2.4.3 Vòng dao cắt

Đường kính con lăn được xác định để tránh vỡ trái như trên là 168 (mm) nên đường kính vòng chia của vòng dao cắt là 210 (mm).

Vận tốc tiếp của dao cắt:

$$v_t = \frac{P_d}{t} = \frac{785}{3} = 262(mm/s)$$

Với t: thời gian bóc vỏ một trái dừa

Số vòng quay của vòng dao cắt:

$$n_{vdc} = \frac{v_t}{D_{dc} x 3,14} = \frac{262}{210 x 3,14} = 0,4(v/s) = 24(\text{v/ p})$$

Mà $n_{vdc} = n_{cl} = 24(\text{v/ } p)$

Quá trình cấp trái dừa vào thiết bị bóc trong tính toán này thực hiện bằng thủ công nên năng suất phụ thuộc vào quá trình cấp trái. Vì năng suất là tối thiểu của thiết bị bóc là 200 trái/giờ (tương đương với năng suất trung bình của một nhân công lành nghề bóc

vỏ) nhưng để tăng năng suất lên tối đa trong tính toán này chọn số vòng quay con lăn cắt chủ động $n_{clc} = 145(\text{v/ p})$.



a) Con lăn chủ động b) Con lăn bị động

Hình 1.9. Bộ con lăn cắt.

Thiết bị thử nghiệm:



a) Cụm cắt chóp b) Thiết bị bóc vỏ c) Ren bóc

Hình 1.10. Mô hình cắt chóp và bóc vỏ thử nghiệm.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN



a) Cắt chóp b) Sau khi cắt chóp c) Đã cắt chóp và chưa cắt chóp

Hình 1.11. Thử nghiệm cắt chóp dừa.

Kết quả thử nghiệm cho thấy thiết bị dễ dàng cắt đứt phần liên kết giữa vỏ và chóp. Khoảng hở dao cắt để lại không lớn do vậy không làm tổn thương chóp dừa và kéo cắt nghiêng nên không làm tổn thương sọ dừa. Thiết bị bóc sử dụng con lăn bóc nên trong thử nghiệm cho trường hợp chưa cắt chóp và cắt chóp cho thấy. Trường hợp chưa cắt chóp, sau khi bóc trái dừa bị xù chóp hoặc mất chóp vì khi bóc phần vỏ cuốn theo chóp dừa. Trường hợp cắt chóp và sau đó đưa vào thiết bị bóc thì thiết bị bóc

hoạt động nhẹ nhàng, ít tốn năng lượng hơn vì liên kết phần xơ dừa trên chóp đã được tách. Phần chóp trái dừa sau khi bóc không xù, đáp ứng được yêu cầu khi so với mẫu.



a b c d e

a: Dừa trước khi thử nghiệm

b, c, d, e: Các mẫu sau khi thử nghiệm.

Hình 1.12. Dừa sau khi cắt chóp và bóc vỏ.

4. KẾT LUẬN

So với trái dừa mẫu đã bóc vỏ để xuất khẩu (Hình 1.2), dừa cắt chóp trước khi bóc vỏ (Hình 1.12) ít bị xù chóp và tổn thương sọ trái, đạt yêu cầu xuất khẩu, thiết bị hoạt động được với dừa nửa khô và khô, thiết bị cắt chóp hoạt động hiệu quả, mang tính chất quyết định, mô hình bước đầu cho thấy hiệu quả, có thể thay thế cho cho bóc vỏ thủ công, là bước đầu cho các nghiên cứu tiếp theo về các thiết bị lột/bóc vỏ dừa (còn chóp) phục vụ xuất khẩu và tăng năng suất lao động bằng cách tăng năng suất của thiết bị cắt chóp thông qua việc sử dụng 4 cụm cắt chóp và các cụm giữ trái được đặt trên mâm xoay giúp việc cấp trái được liên tục, giảm giá thành gia công, tăng tính cạnh tranh cho dừa xuất khẩu. Vì thiết bị cắt chóp dừa định hình trước khi bóc là mới do đó cần được nghiên cứu và thử nghiệm nhiều hơn để xác định được chế độ hoạt động tối ưu cho thiết bị. Kết quả nghiên cứu này là bước đi quan trọng trong việc dần thay thế cho việc lột/bóc vỏ dừa khô thủ công và phụ thuộc vào nhân công nhưng vẫn đảm bảo yêu cầu xuất khẩu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trần Tiến Khai, *Báo cáo nghiên cứu phân tích chuỗi giá trị dừa bến tre*, Khoa Kinh Tế Phát Triển, Đại Học Kinh Tế TP. Hồ Chí Minh, 2011.
2. Gludovatz, B.; Walsh, F.; Zimmermann, E.A.; Naleway, S.E.; Ritchie, R.O.; Kruzic, J.J. (2017), *Multiscale structure and damage tolerance of coconut shells*. J. Mech. Behav. Biomed. 2017, 76, 76–84.
3. Čestmír Mizera, Petr Hrabě, David Herák ,Mechanical characterization of whole coconut shell, 58th, ICMD 2017, 6 - 8 September 2017, Prague, Czech Republic.
4. Venkataramanan Sa, Abhinav Ram Bb, Rahul R; *Design and Development of Automated Coconut Dehusking and Crown Removal Machine*. International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR), ISSN 2307-4531, Volume 13, No 2, pp 183-219 2014.
5. Nguyễn Hữu Lộc, *Cơ sở thiết kế máy*,

NXB Đại học Quốc Gia TP. Hồ Chí Minh, 2009.

6. H. Md Akhir, N. Ahmad , A. Taufk, M.JShahmihaizan, A. Aris và B. Saleh; *Design and performance of a coconut dehusking machine*; MARDI Report No. 219 (2016).
7. Amal PV, Sibin Sebastian, Abhiram Babu E, Albin Jose Saibu, Prof. Sony Kuriakose; *Design and Fabrication of Coconut Dehusking Machine*.
8. Nwankwojike, B. N., Onuba, O., & Ogbonna, U. (2012). *Development of a Coconut Dehusking Machine for Rural SmallScale Farm Holders*, International Journal of Innovative Technology & Creative Engineering, Vol.2, No.3.
9. Chandra Dinanath, *Coconut dehusking machine*, US patent US4708056, www.google.co.in/patents/US4708056, 28 Jan. 1987.

Ngày nhận bài: 28/7/2025

Người phản biện: TS Nguyễn Văn Cương – Trường Bách khoa – ĐH Cần Thơ

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU TÍNH TOÁN THIẾT KẾ, CHẾ TẠO THIẾT BỊ SẤY LIÊN TỤC VÁN BÓC GỖ RỪNG TRỒNG CÔNG SUẤT 10 m³/ngày

Nguyễn Trọng Tuân[1], Bùi Duy Ngọc[1], Lê Thị Hưng[1], Cao Chí Công[1], Nguyễn Văn Giáp[1] , Nguyễn Văn Định[1], Tô Quốc Huy[2], Nguyễn Văn Minh[2]

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu tính toán, thiết kế và chế tạo thiết bị sấy liên tục ván bóc gỗ rừng trồng công suất 10 m³/ngày, sử dụng hệ thống băng tải xích và điều khiển nhiệt độ – độ ẩm theo từng khoang. Thiết bị gồm các bộ phận chính: khung buồng sấy, hệ thống truyền động xích, cụm gia nhiệt Calorifer, hệ thống quạt tuần hoàn và bộ điều khiển trung tâm PLC. Thông số kỹ thuật: chiều dài buồng sấy L = 25 m, chiều rộng W_{bs} = 1,8 m, chiều cao H_b= 3 m; tổng số khay N = 1693 (830 khay trong buồng sấy), sử dụng 9 dàn nhiệt Calorifer (2,5 kW/dàn) và 9 quạt công suất 2,2 kW. Kết quả khảo nghiệm cho thấy thiết bị đáp ứng yêu cầu sấy ván bóc từ độ ẩm 80% xuống 13% trong 35 phút, vận hành ổn định, nhiệt phân bố đều, chất lượng ván sau sấy đạt yêu cầu. Thiết bị phù hợp với điều kiện sản xuất của các cơ sở chế biến gỗ vừa và nhỏ tại Việt Nam.

Từ khóa: Sấy ván bóc gỗ rừng trồng; thiết bị sấy ván bóc; thiết bị sấy liên tục ván bóc

RESEARCH RESULTS ON THE CALCULATION, DESIGN, AND FABRICATION OF A CONTINUOUS DRYER FOR PLANTATION WOOD VENEER WITH A CAPACITY OF 10 m³/DAY

ABSTRACT

This paper presents the results of research on the calculation, design, and fabrication of a continuous drying system for peeled veneer from plantation wood, with a capacity of 10 m³/day. The system utilizes a chain conveyor and compartmentalized control of temperature and humidity. The main components include the drying chamber frame, chain conveyor system, Calorifer heating units, air circulation fans, and a central PLC-based control system. Technical specifications: drying chamber length L = 25 m, width Wbs = 1.8 m, height Hb = 3 m; total number of trays N = 1693 (830 trays inside the drying chamber); 9 Calorifer heating units (2.5 kW/unit) and 9 fans (2.2 kW each). Experimental results show that the system effectively dries veneer from an initial moisture content of 80% to 13% within 35 minutes, operating stably with uniform heat distribution. The dried veneer meets quality requirements. The equipment is suitable for small to medium-scale wood processing facilities in Vietnam.

Keywords: *Drying of plantation wood veneer; veneer drying equipment; continuous veneer dryer.*

[1] Viện Nghiên cứu Công nghiệp rừng
[2] Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngành chế biến gỗ Việt Nam hiện đang phát triển mạnh, với nhu cầu sử dụng nguyên liệu gỗ rừng trồng ngày càng tăng để sản xuất các sản phẩm ván nhân tạo như ván dán, ván ép, ván dăm, ván MDF. Trong đó, ván bóc là nguyên liệu cơ bản và thiết yếu để sản xuất ván dán, đồng thời cũng được sử dụng làm lớp bề mặt cho nhiều sản phẩm ván nhân tạo khác. Theo số liệu của Tổng cục Lâm nghiệp (2023), sản lượng ván bóc từ gỗ rừng trồng Việt Nam đạt khoảng 7-8 triệu m^3/năm, trong đó phần lớn phục vụ xuất khẩu và sản xuất trong nước [5].

Chất lượng sản phẩm ván nhân tạo phụ thuộc chặt chẽ vào độ ẩm và độ đồng đều của ván bóc. Tuy nhiên, do đặc điểm ván bóc có độ mỏng lớn (thường 1,2–2,0 mm), dễ cong vênh, nứt nẻ nếu sấy không đúng kỹ thuật, nên quá trình sấy ván bóc đóng vai trò rất quan trọng. Hiện nay, ở Việt Nam, công nghệ sấy ván bóc chủ yếu sử dụng các phương pháp như: Sấy tự nhiên ngoài trời: Đây là phương pháp truyền thống, tận dụng ánh nắng tự nhiên. Ưu điểm là chi phí đầu tư thấp, dễ triển khai ở quy mô hộ gia đình. Tuy nhiên, nhược điểm lớn là phụ thuộc hoàn toàn vào điều kiện thời tiết, thời gian sấy kéo dài (thường 5–10 ngày), dễ gây hiện tượng nứt nẻ, mốc, chất lượng sản phẩm không đồng đều [1,2]. Sấy bằng lò sấy tĩnh**:** Phương pháp này sử dụng các buồng sấy kín, nhiệt độ được cấp từ hơi nước hoặc đốt trực tiếp. Ưu điểm là cho phép kiểm soát tốt hơn quá trình nhiệt - ẩm, rút ngắn thời gian sấy so với sấy tự nhiên, chất lượng ván ổn định hơn. Tuy nhiên, hệ thống này có nhược điểm là năng suất thấp, tiêu hao nhiên liệu lớn, yêu cầu nhiều nhân công vận hành và chi phí vận hành cao [4]. Sấy liên tục bằng thiết bị chuyền: Đây là công nghệ hiện đại, phổ biến ở Trung Quốc, Ấn Độ và Châu Âu. Ván bóc được đưa liên tục qua các vùng nhiệt độ khác nhau trên băng chuyền xích hoặc lưới thép. Ưu điểm nổi bật là năng suất cao, tự động hóa hoàn toàn, chất lượng sản phẩm đồng đều, tiết kiệm nhân công và giảm tiêu hao nhiên liệu do quá trình sấy tối ưu. Tuy nhiên, nhược điểm là yêu cầu vốn đầu tư ban đầu lớn và cần trình độ kỹ thuật vận hành thiết bị cao hơn [10,11].

Đối với điều kiện sản xuất tại Việt Nam, đặc biệt là ở các hợp tác xã chế biến gỗ quy mô vừa và nhỏ, việc lựa chọn mô hình thiết bị cần đáp ứng các yêu cầu như: Công suất trung bình khoảng 8–12 m^3/ngày, chi phí đầu tư hợp lý, dễ dàng vận hành và bảo trì. Đồng thời,thiết bị cần được tự động hóa ở mức độ phù hợp nhằm giảm bớt nhân công, nhưng không quá phức tạp về mặt kỹ thuật để đảm bảo tính khả thi trong quá trình sử dụng.

Với những yêu cầu trên, mô hình thiết bị sấy liên tục bằng băng chuyền xích cài từng tấm ván là lựa chọn tối ưu. Thiết bị này cho phép kiểm soát tốc độ di chuyển của từng tấm ván qua các vùng nhiệt độ khác nhau, giúp ván bóc đạt được độ ẩm yêu cầu đồng đều, hạn chế nứt nẻ, cong vênh, đồng thời phù hợp với mức đầu tư và năng lực vận hành của các hợp tác xã.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Ván bóc gỗ rừng trồng: Đối tượng vật liệu chính trong nghiên cứu là ván bóc được sản xuất từ loại gỗ rừng trồng phổ biến tại Việt Nam như keo tai tượng và bạch đàn (Acacia mangium), bạch đàn (Eucalyptus spp.)

Đặc tính cơ bản của ván bóc:

Độ dày ván: 1,2 mm – 2,0 mm.

Độ ẩm ban đầu: 50% – 70% (tính theo khối lượng khô tuyệt đối).

Khối lượng thể tích (mật độ gỗ): 450 – 650 kg/m³ tùy theo loài gỗ và độ tuổi khai thác.

Cấu trúc sợi gỗ: Sợi ngắn, độ liên kết trung bình, dễ hút nước và dễ bị biến dạng (nứt, cong vênh) nếu tốc độ sấy không phù hợp.

Giới hạn chịu nhiệt: Ván bóc có thể bắt đầu biến dạng nhiệt hoặc nứt nếu nhiệt độ bề mặt > 100°C trong điều kiện mất nước nhanh.

Yêu cầu sau sấy: Độ ẩm còn lại 8% – 14%, độ cong vênh nhỏ hơn 5 mm/m, không xuất hiện nứt nẻ bề mặt hoặc nứt xuyên.

Thiết bị sấy liên tục ván bóc có công suất 10 m³/ngày, sử dụng băng chuyền xích với cơ cấu khung cài từng tấm ván riêng biệt nhằm hạn chế cong vênh và dịch chuyển trong quá trình sấy. Nguồn nhiệt được cung cấp từ lò hơi qua bộ trao đổi nhiệt calorifer khí hơi vào buồng sấy, duy trì không khí sấy ở 70–120°C, phân chia theo nhiều vùng nhiệt để tối ưu quá trình tách ẩm. Băng chuyền vận hành với tốc độ điều chỉnh 0,5–2,0 m/phút phù hợp với yêu cầu công nghệ. Hệ thống điều khiển tự động cơ bản, giám sát liên tục nhiệt độ, độ ẩm và vận tốc băng chuyền theo từng giai đoạn.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Kế thừa các kết quả nghiên cứu về công nghệ sấy gỗ và thiết bị sấy liên tục, kết hợp khảo sát thực tế các mô hình sấy ván bóc hiện có để phân tích, lựa chọn các thông số hình học, thông số kỹ thuật và nguyên lý hoạt động của thiết bị sấy ván bóc công suất 10 m³/ngày.

Sử dụng các cơ sở lý thuyết về truyền nhiệt – truyền ẩm, lý thuyết thiết kế máy nông lâm nghiệp, khí động học và điều khiển tự động để xác định cấu tạo, nguyên lý hoạt động và quy luật phân bố nhiệt – ẩm trong buồng sấy dạng băng tải liên tục.

Phân tích đặc điểm vật liệu sấy (ván bóc keo, bạch đàn, ...), lựa chọn chế độ nhiệt độ và độ ẩm phù hợp theo từng giai đoạn, làm cơ sở xây dựng cấu hình buồng sấy gồm ba khoang với điều kiện nhiệt – ẩm riêng biệt và hệ thống phân phối gió cưỡng bức.

Hồ sơ thiết kế chế tạo được xây dựng bằng phần mềm SolidWorks, bao gồm các bản vẽ tổng thể, chi tiết 3D và mô phỏng hoạt động thiết bị theo tiêu chuẩn TCVN 8-30:2003 [6] và TCVN 8-40:2003 [7]. Hệ thống sấy gồm: khung buồng, băng tải xích, dàn nhiệt Calorifer, quạt hướng trục và hệ thống điều khiển trung tâm.

Thiết bị được chế tạo, lắp ráp tại xưởng cơ khí theo đúng bản vẽ thiết kế. Chương trình điều khiển được lập trình trên PLC, cho phép điều khiển tự động nhiệt độ, tốc độ băng tải và hoạt động của quạt theo từng

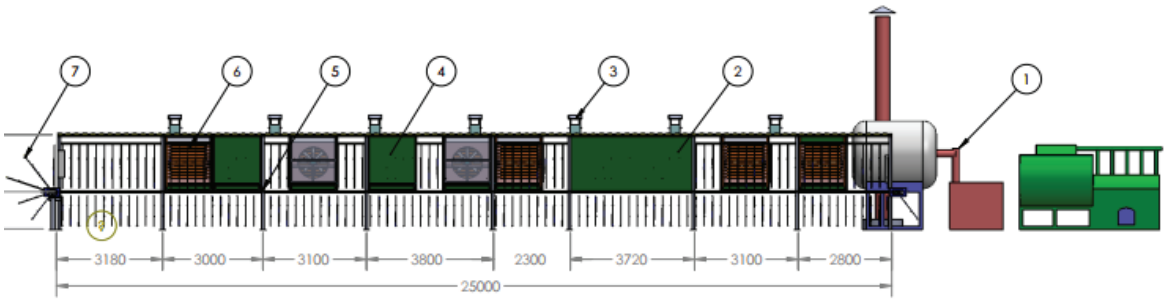
khoang sấy, đảm bảo quá trình vận hành ổn định và chính xác.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Kết quả nghiên cứu lựa chọn nguyên lý hoạt động của thiết bị sấy liên tục ván bóc gỗ rừng trồng

Cấu tạo thiết bị sấy liên tục ván bóc gỗ rừng trồng công suất 10 m³/ngày

Thiết bị sấy liên tục ván bóc được thiết kế và chế tạo với công suất 10 m³/ngày, bao gồm các bộ phận chính: hệ thống khung buồng sấy, bộ phận băng chuyền xích, cụm gia nhiệt và hệ thống điều khiển tự động được thể hiện trên Hình 1.



Hình 1. Cấu tạo thiết bị sấy liên tục ván bóc gỗ rừng trồng công suất 10 m³/ngày

1- lò hơi; 2, 4- vỏ thiết bị; 3- cửa điều tiết ẩm; 5- khung thiết bị sấy; 6- Dàn gia nhiệt;7- giá cài ván bóc

Hệ thống khung buồng sấy được chế tạo từ vật liệu có khả năng chịu nhiệt và cách nhiệt tốt, nhằm giảm thiểu tổn thất nhiệt năng trong quá trình vận hành. Buồng sấy được chia thành nhiều khu vực nhiệt khác nhau, cho phép điều chỉnh điều kiện sấy phù hợp với từng giai đoạn thoát ẩm của vật liệu. Cách bố trí này giúp nâng cao hiệu suất sấy và tiết kiệm năng lượng.

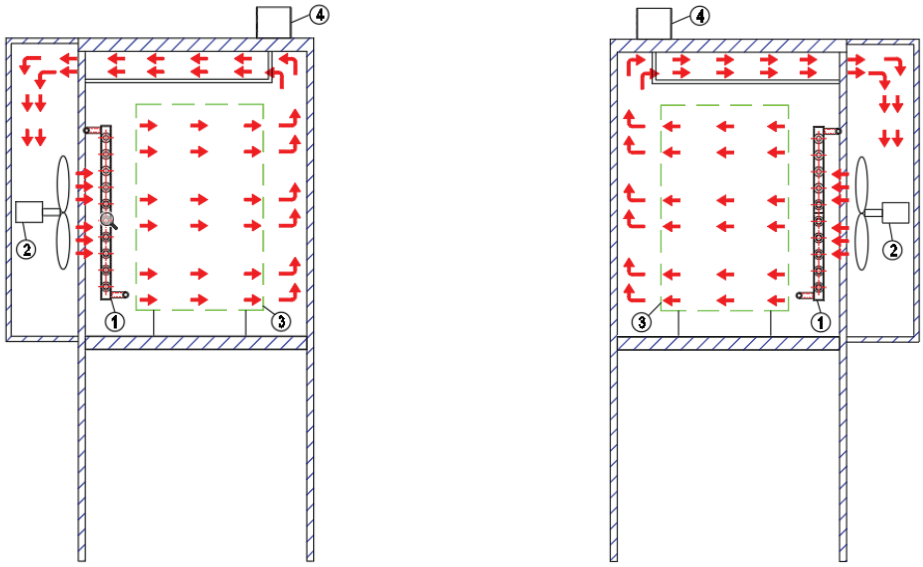
Bộ phận băng chuyền xích có cấu trúc dạng khung cài, cho phép cố định từng tấm ván bóc một cách riêng biệt. Thiết kế này giúp hạn chế tối đa tình trạng dịch chuyển hoặc cong vênh của ván trong quá trình sấy, đảm bảo chất lượng sản phẩm đầu ra.

Cụm gia nhiệt đóng vai trò cung cấp và phân phối không khí nóng trong buồng sấy. Không khí được cấp từ lò hơi thông qua cụm gia nhiệt, sau đó được dẫn vào buồng sấy và phân phối đồng đều theo từng khu vực. Dàn phân phối khí nóng của các khu vực được bố trí đối xứng, giúp tạo luồng khí tuần hoàn hiệu quả, đảm bảo quá trình trao đổi nhiệt – ẩm diễn ra đồng đều trên toàn bộ bề mặt ván bóc.

Hệ thống điều khiển tự động sử dụng các cảm biến đo nhiệt độ, độ ẩm và tốc độ băng chuyền để giám sát liên tục các thông số trong buồng sấy. Dữ liệu từ cảm biến được xử lý và truyền đến tủ điều khiển, từ đó

điều chỉnh tự động các điều kiện vận hành nhằm đảm bảo quá trình sấy ổn định, chính xác và hiệu quả cao.

Ngoài ra, thiết bị còn được trang bị các bộ phận hỗ trợ như cửa điều tiết ẩm giúp xả hơi ẩm ra ngoài, vỏ thiết bị có khả năng cách nhiệt tốt và giá cài ván bố trí hợp lý nhằm đảm bảo sự ổn định của ván trong suốt quá trình sấy.



(a) (b)

Hình 2. Sơ đồ nguyên lý tuần hoàn không khí
a- không khí nóng từ trái qua phải; b không khí nóng từ phải qua trái; 1- dàn nhiệt Calorifer; 2- quạt hướng trục; 3- Dòng khí di chuyển trong buồng sấy; 4- cửa thoát ẩm

Nguyên lý hoạt động:

Không khí sấy được đốt nóng thông qua hệ thống gia nhiệt (1) và được cấp vào buồng sấy nhờ quạt gió (2). Luồng khí nóng này di chuyển qua bề mặt các tấm ván bóc (3), thực hiện quá trình trao đổi nhiệt – ẩm, trong đó nhiệt được truyền cho ván để làm bay hơi nước, đồng thời không khí cuốn theo hơi ẩm thoát ra ngoài. Một phần không khí ẩm sau đó được xả ra ngoài qua cửa điều tiết ẩm (4) nhằm kiểm soát độ ẩm trong buồng sấy, phần còn lại được tuần hoàn về hệ thống gia nhiệt để tiếp tục chu trình. Quá trình này diễn ra liên tục, tạo thành một vòng tuần hoàn khép kín, vừa tận dụng hiệu quả nhiệt năng, vừa duy trì điều kiện sấy ổn định. Ngoài ra, chiều tuần hoàn không khí có thể được đảo từ phải sang trái hoặc ngược lại theo thiết kế hệ thống, nhằm tăng hiệu quả truyền nhiệt và giúp ván khô đều ở cả hai mặt.

3.2. Kết quả nghiên cứu tính toán một số thông số, kết cấu chính của thiết bị sấy liên tục ván bóc gỗ rừng trồng

+ Xác định thông số và kết cấu của thiết bị sấy liên tục ván bóc gỗ rừng trồng

Buồng sấy liên tục được chia thành 3 khoang là giải pháp tối ưu để kiểm soát quá trình thoát ẩm của ván bóc, nhằm đảm bảo sấy nhanh nhưng không nứt gỗ, cong vênh, dựa trên thực nghiệm và lý thuyết sấy đối lưu khí nóng 3 khoang sấy điều tiết nhiệt độ và độ ẩm không khí tương ứng với 3 giai đoạn sấy ván bóc:

Giai đoạn 1 của quá trình sấy ván gỗ là giai đoạn sấy sơ cấp tương ứng khoang đầu, nhằm thoát ẩm tự do từ ván có độ ẩm ban đầu từ 80% xuống khoảng 45-50%. Nhiệt độ sấy trong giai đoạn này duy trì từ 65-70°C, với độ ẩm không khí (RH) từ 50-60%, và tốc độ gió 2-3 m/s. Mục tiêu là làm nóng ván, đẩy ẩm ra ngoài mà không sử dụng nhiệt độ cao để tránh sốc nhiệt và gãy nứt bề mặt ván.

Giai đoạn 2 của quá trình sấy ván gỗ là giai đoạn sấy trung gian diễn ra trong khoang giữa của buồng sấy, với mục tiêu thoát ẩm liên kết từ ván có độ ẩm ban đầu 50% xuống khoảng 20 – 25%. Nhiệt độ sấy trong giai đoạn này duy trì từ 75 – 80 °C, với độ ẩm không khí từ 30- 40 %. và tốc độ gió 3-4 m/s [9]. Đây là giai đoạn quan trọng nhằm rút ngắn thời gian sấy và tiếp tục giảm độ ẩm của ván một cách hiệu quả.

Giai đoạn 3 là giai đoạn sấy kết thúc nhằm ổn định độ ẩm ván từ 20-25% xuống 13%. Nhiệt độ sấy duy trì 70-75°C, độ ẩm không khí 15-20%, và tốc độ gió 2-3 m/s. Mục tiêu là ổn định độ ẩm, tránh nứt do chênh lệch ẩm, và có thể làm nguội nhẹ để giảm ứng suất trong ván.

Như vậy xác định được thông số cài đặt 3 khoang sấy như sau:

Bảng 1. Bảng thông số yêu cầu kỹ thuật buồng sấy

Giai đoạn	Nhiệt độ (ºC)	RH (%)	Độ ẩm ván (%)
Khoang 1	65-70	50-60	80 →~45
Khoang 2	75-80	30-40	~45→~20
Khoang 3	70-75	15-20	~20→ 13

Thiết bị sấy ván bóc với công suất yêu cầu 10 m^3/ ngày, kích thước ván dài x rộng x dầy 1270x640x2mm, thời gian sấy từ 25 – 35 phút , chọn là 30 phút. Mỗi ngày làm việc 8 giờ. Các thông số xác định cụ thể: kích thước khay sấy; chiều dài buồng sấy L (mm); chiều rộng buồng sấy W_{bs} (mm); chiều cao buồng sấy H_B (mm); số lượng quạt n (quạt); công suất động cơ quạt $P_{quạt}$ (kW); công suất động cơ tải xích là $P_{xích}$ (kW).

+ Công suất lý thuyết phù hợp [3]:

$$Q_{lt} = \frac{Q_t}{\eta}$$

Trong đó: Q_{lt} – công suất lý thuyết m^3/ngày; Q_t – Công suất thực máy , 10 m^3/ngày, η – hệ số tổng thể của hệ thống, thường được chọn trong khoảng từ 0,75÷0,85, chọn η= 0,8.

Thay vào công thức xác định được công suất lý thuyết: Q_{lt} = 12,5 m^3/ngày

+ Xác định số lượng ván cần sấy mỗi ngày

Thể tích một tấm ván:

$V_{ván}$ = 1,27 m x 0,64 m x 0,002 m = 0.001625 m^3

Số tấm ván cần sấy mỗi ngày:

$$N = \frac{12.5}{0{,}001625} \approx 7.693\ (tấm/ngày)$$

Với chu kỳ sấy trong 1 ngày 12 lượt, thì số tấm ván cần sấy mỗi lượt là 641 tấm/ lượt, như vậy số tấm ván thực tế cần thiết trong 1 lượt là :

$$N_t = \frac{N_{lt}}{\eta_1}$$

Trong đó: N_t- số tấm ván bóc sấy thực, N_{lt}- số ván bóc sấy tính toán lý thuyết, 641 tấm, η_1- hiệu suất vận hành máy, thông

thường chọn trong khoảng 0,75÷0,8, chọn η_1= 0,775

Thay số vào công thức số tấm ván bóc sấy thực tế cần thiết N_t = 830 tấm/ lượt

+ Xác định kích thước khay đặt ván bóc:

Chiều rộng khay được tính theo công thức: $W_k = W_v + 2x\ C_1$

Trong đó: W_k – chiều rộng khay (mm); W_v - Chiều rộng ván, ở đây là 640 mm; C_1- khoảng hở mỗi bên của khay, thường nằm trong khoảng 25 -35 mm, chọn 30 (mm) để đảm bảo lưu thông không khí và dễ thao tác.

Thay vào công thức được chiều rộng khay: W_k = 700 (mm)

Chiều dài khay- tức chiều đỡ và kẹp tấm ván, được xác định theo công thức:

$$L_k = (0,6 \div 0,8\ ) \text{ x } L_v$$

Trong đó: L_k- chiều dài khay (mm), L_v- chiều dài của tấm ván bóc, ở đây là 1270 mm

Chọn hệ số trung bình là 0,7, xác định được L_k = 0,7 x 1270 = 889 (mm)

Để thuận tiện trong chế tạo và đồng bộ thiết bị, chiều dài khay được làm tròn và chọn là 900 (mm).

+ Xác định kích thước buồng sấy

Chiều dài buồng sấy tính theo công thức: $L= N_1$ x a

Trong đó : L- chiều dài buồng sấy (mm); N_1- số lượng khay trong buồng sấy, mỗi khay đặt 1 tấm ván bóc, nên $N_1 = N_t$ = 830 (khay); a- khoảng cách giữa các khay 30 mm.

Thay số vào công thức chiều dài buồng sấy : L = 830x30 = 24.900 (mm), làm tròn thành 25.000 (mm) để thuận tiện gia công chế tạo và lắp đặt

Chiều rộng buồng sấy tính theo công thức: $W_{bs} = W_k + W_{kn} + W_{vb} + 2 \text{ x } C_2$

Trong đó: W_{bs} – chiều rộng buồng sấy (mm); W_{bs} – chiều rộng khay đỡ ván, 700 (mm); W_{kn} – chiều rộng khoang điều tiết nguồn nhiệt, 500 (mm); W_{vb} – chiều rộng vách buồng sấy 75 (mm); C_2 -khoang hở cách vách buồng sấy, thông thường chọn trong khoảng 200 ÷ 300, chọn C_2 = 250 mm.

Thay vào công thức được chiều rộng của buồng sấy: W_{bs} = 700+500+75+2x 250 =1.775 mm, làm tròn thành 1.800 (mm) để thuận tiện gia công chế tạo và lắp đặt

Chiều cao buồng sấy tính theo công thức:

$$H_B = H_v + H_{tk} + H_k + 2x\ C_3$$

Trong đó: H_B – chiều cao buồng sấy ,mm; H_v – chiều cao tấm ván, 1270 mm; H_{tk} – chiều cao kênh dẫn khí nóng, thường được chọn trong khoảng 100 ÷ 300, chọn H_{tk} = 200 mm; H_k – chiều cao khung, 75 mm; C_3 khoảng cách khe hở giữa ván và vách, 100 mm,

Thay vào công thức chiều cao buồng sấy: H_B = 1.745 mm, để an toan, dễ thi công và bảo trì làm tròn thành 1.800 mm.

Chiều cao chân buồng sấy tính theo công thức:

$$H_{cb} = H_k + \ C_4 + C_5$$

Trong đó: H_{cb} – chiều cao buồng sấy , mm; H_k – chiều cao khay sấy, 900 mm; C_4 khoang hở khay với mặt sàn, thông thường chọn trong khoảng 100 ÷ 300, chọn C_2 = 150 mm; C_5 độ võng của xích, với khoảng cách giữa hai trụ đỡ xích là 3000 mm có độ võng C_2 = 150 mm; .

Thay vào công thức chiều cao chân buồng sấy: H_{cb} = 1.200 mm.

Tổng chiều dài dây truyền xích vòng tròn bao gồm xích đi – về - cong chuyển hướng

$$L_t = 2 \text{ x } L + 2 \text{ x } L_c$$

Trong đó: L_t – tổng chiều dài dây

truyền xích, mm; L- chiều dài buồng sấy, 25.000 mm; L_c – đoạn cong mỗi đầu, 400 mm.

Thay số được tổng chiều dài dây truyền xích : L_t = 50.800 (mm)

Tổng số lượng khay:

$$N = \frac{L_t}{a} = \frac{50.800}{30} \approx 1693\ (khay)$$

Như vậy số lượng khay cần thiết cho hệ thống băng xích vòng tròn là 1693 (khay) trong đó 830 (khay) nằm trong vùng nhiệt (buồng sấy) còn lại 863 (khay) nằm ở đoạn hồi phía dưới và 2 đầu chuyển hướng.

+ Tính toán chọn lựa bộ phận gia nhiệt

Công suất nhiệt cần thiết được ước tính theo công thức thực nghiệm [8]:

$$Q = V \times q$$

Trong đó: Q- công suất nhiệt, kW; V- thể tích buồng sấy, 81 m^3; q: hiệu suất tiêu hao nhiệt riêng, thường chọn từ 100 – 150 W/ m^3 đối với sấy gỗ mỏng, liên tục, thoát ẩm cao, chọn q = 130.

Thay vào công thức công suất nhiệt cần thiết: Q = 10.5 kW

Do quá trình sấy liên tục, cần bù thêm cho tổn thất nhiệt qua vỏ, luồng khí ẩm thoát ra và trao đổi không khí, nên thường nhận hệ số an toàn 2-2,5, chọn là hệ số là 2,2.

$$Q_{tổng} \approx 10.5 \times 2{,}2 \approx 23kW$$

Dàn nhiệt calorifer có kích thước tiêu chuẩn 1.3 x 1.0 m là từ nhôm tản nhiệt, cấu tạo gồm ống nhôm nhiều lớp với cánh tản. Theo thông số khảo sát và kinh nghiệm kỹ thuật, mỗi dàn nhiệt nhôm Calorifer có khả năng truyền nhiệt từ 2.0 đến 3.0 kW. Trong điều kiện sấy ván bóc mỏng, giá trị trung bình thường lấy là: $Q_{calorifer}$ = 2,5 kW.

Số lượng dàn nhiệt được xác định dựa trên tổng công suất nhiệt yêu cầu và công suất mỗi dàn:

$$N_{dn} = \frac{Q_{tổng}}{Q_{karife}} = \frac{23}{2{,}5} \approx 9\ (dàn)$$

+ Tính toán chọn lựa hệ thống quạt

Thể tích buồng sấy: $V = 25x1{,}8x1{,}8 = 81\ m^3$

Yêu cầu luân chuyển khí: 700÷900 lần/h, lựa chọn giá trị trung bình 800 lần/h

$$Q_{total} = 81 \times 800 = 64.800\ (m^3/h)$$

Sử dụng quạt hướng trục, cánh nhôm có đường kính cánh 800 (mm), lưu lượng khoảng 6.000 ÷10.000 m^3/h, lựa chọn giá trị trung bình được $Q_{quạt}$ = 8000 m^3/h.

Số lượng quạt cần thiết:

$$n = \frac{Q_{total}}{Q_{quạt}} = \frac{64.800}{8.000} \approx 8.1$$

Vậy chọn số lượng quạt là 9 quạt. Số quạt được phân bố đều cho 3 khoang sấy dọc theo chiều dài buồng, lắp quạt theo cấu hình đối lưu cưỡng bức hút không khí từ dàn nhiệt, thổi vào lớp ván bóc.

Tính toán công suất quạt: Công thức tính công suất quạt

$$P_q = \frac{Q.H.\rho}{\eta.3600}$$

Trong đó: Q- lưu lượng không khí (m^3/h), Q =8.000 m^3/h; H- cột áp (pa)- với hệ thống sấy ván bóc thường lấy 300 – 500 pa, chọn H = 400 pa; ρ- mật độ không khí, ρ= 1,2 kg/m^3; η – hiệu suất quạt và động cơ 0,6- 0.65.

Như vậy công suất động cơ quạt :

$$P_q = \frac{8.000 \times 400 \times 1{,}2}{0.6 \times 3600} = 1{,}78(\ kW)$$

Lựa chọn động điện 3 pha có công suất 2,2 kW, tốc độ vòng quay là 1450 vòng/ phút.

+ Xác định thông số chính của bộ phận băng tải xích vận chuyển ván

Tính toán sơ bộ tốc độ băng tải: Chiều dài buồng sấy: 25 m và thời gian sấy trung bình: 30 phút = 1800 giấy

Tốc độ băng tải:

$$v = \frac{25}{1800} = 0{,}014\ (m/s)$$

+ Tính toán công suất động cơ băng tải xích:

Công suất cần thiết được tính theo công thức:

$$P_{tx} = F \times v$$

Trong đó: F- lực kéo , N; v- tốc độ băng chuyền, 0,014 m/s;

Xác định lực kéo (F): là lực kéo cần thiết để kéo hệ thống băng tải xích được tính theo công thức:

$$F = \mu . M_{tổng} . g$$

Trong đó: μ - hệ số ma sát, 0,08; $M_{tổng}$ – tổng trọng tải của hệ thống, kg; g – gia tốc trọng trường, g = 9,81 m/s^2.

Xác định tổng trọng tải của hệ thống bao gồm: khối lượng ván (830 tấm ván), khối lượng khay (1693 khay), khối lượng xích tải với trọng lượng 4-6kg/m, chọn trung bình: 5kg/m, chiều dài xích vong tròn có chiều dài: L = 50,8 m.

Khối lượng của tấm ván: $m_v = V. \rho_{gỗ}$

Trong đó: V- thể tích tấm ván, V = 0,001625 m^3; $\rho_{gỗ}$ - khối lượng riêng gỗ bóc, $\rho_{gỗ}$ = 550 kg/m^3

Thay số được khối của 1 tấm ván bóc la: m_v = 0,001625 x 550 = 0,894 (kg)

Như vậy tổng khối lượng của ván là: M_v = 0,894 x 830 =742 (kg)

Khối lượng khay là: M_{khay} = 1693 x 1,5 = 2539 (kg)

Khối lượng xích tải: $M_{xích}$ = 50,8 x5 = 254 (kg)

Tổng trọng tải kéo: $M_{tổng} = M_{ván} + M_{khay} + M_{xích}$ = 742 +2539+ 254 = 3535 (kg).

Như vậy lực kéo được xác định là: F = 0,8 x 3535 x 9,81 =27742 (N)

Thay vào công thức được công suất yêu cầu tại tải xích là:

$$P_{tx} = 27.742 \times 0{,}014 = 388{,}388\ (w)$$

Công suất đầu vào đông cơ (qua trục vít – bánh vít)

$$P_{tx} = \frac{P_{tx}}{\eta} = \frac{388{,}388}{0{,}45} \approx 863{,}08\ (w)$$

Áp dụng hệ số dự phòng là 1,5 cho công suất: $P_{chọn}$ = 1,5 x 863,08 =1294 (w)

Chọn động cơ có công suất là : 1,5 kW, tốc độ trục ra 14 vòng/ phút.

Như vậy, kết quả tính toán được thông số kỹ thuật chính và các thông số hình học của thiết bị sấy liên tục ván bóc gỗ rừng trồng, từ đó làm cơ sở xây dựng các bản vẽ thiết kế, bản vẽ chế tạo được trình bày trên phần mềm Solidwork.

3.3. Kết quả thiết kế, chế tạo hoàn thiện thiết bị sấy liên tục ván bóc gỗ rừng trồng

Thiết bị sấy liên tục ván bóc gỗ rừng trồng được thiết kế, chế tạo và lắp đặt gồm các bộ phận chính như sau:

Khung buồng sấy được chế tạo từ thép hộp mạ kẽm sơn chịu nhiệt, vách buồng sử dụng panel PU kết hợp tôn cách nhiệt dày 50 mm nhằm đảm bảo hiệu quả cách nhiệt. Khung được nâng cao 1,2 m để thuận tiện cho việc bảo trì, lắp đặt băng tải ván bóc.

Bộ phận băng tải xích: sử dụng băng tải xích chịu nhiệt, chuyển động liên tục. Khay đỡ ván làm bằng thép tròn chịu nhiệt, có gờ giữ ván giúp cố định vị trí và chống rơi lệch trong quá trình sấy.

Cụm gia nhiệt: sử dụng nguồn nhiệt từ lò hơi, truyền nhiệt bằng hơi nóng cưỡng bức. Các dàn gia nhiệt được bố trí dọc theo

chiều dài buồng sấy, phối hợp với hệ quạt để tăng hiệu quả truyền nhiệt.

Hệ thống quạt: gồm các quạt hướng trục chịu nhiệt, có chức năng tuần hoàn không khí nóng, đảm bảo phân bố nhiệt đều trong toàn bộ buồng sấy.

Tủ điều khiển: gồm bộ điều khiển trung tâm PLC, kết hợp cảm biến nhiệt độ và độ ẩm. Hệ thống cho phép điều khiển tự động các thông số như nhiệt độ sấy, tốc độ băng tải và vận hành quạt.



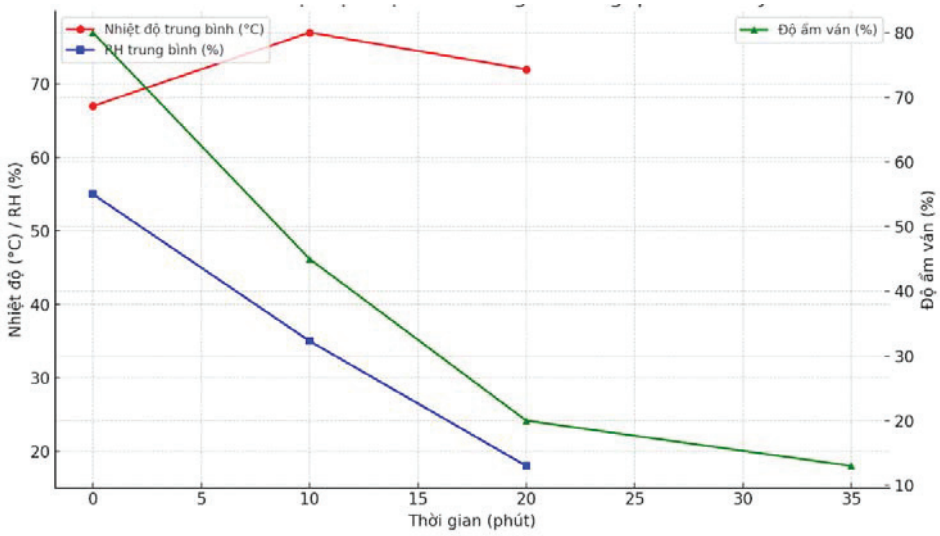
Hình 3. Mô hình chế tạo thiết bị sấy liên tục ván bóc gỗ rừng trồng

1- Khung ; 2- Băng tải xích lắp khay cài ván; 3- Động cơ tải xích ; 4 – khoang phân phối khí nóng; 5 – đường ống cung cấp nhiệt; 6 -dàn nhiệt calorifer.

3.4. Kết quả khảo nghiệm thiết bị sấy liên tục ván bóc gỗ rừng trồng

Thiết bị sấy liên tục được khảo nghiệm với hai loại ván bóc từ gỗ keo nhằm đánh giá các chỉ tiêu: độ ổn định, an toàn thiết bị; tốc độ chuyền ván (m/s); nhiệt độ tại từng khoang sấy và khả năng điều khiển; năng suất và chất lượng sản phẩm.

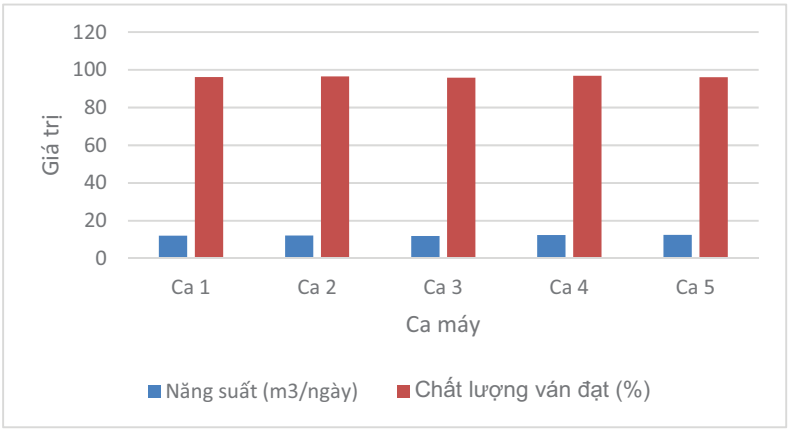
Kết quả khảo nghiệm đánh giá các chỉ tiêu độ ổn định, an toàn thiết bị; tốc độ chuyền ván (m/s); nhiệt độ tại từng khoang sấy và khả năng điều khiển, được thể hiện trên Hình 4.



Hình 4. Biểu đồ nhiệt độ, độ ẩm và thời trong quá trình sấy

Kết quả biểu đồ (Hình 4) cho thấy quá trình sấy ván bóc được chia làm ba giai đoạn tương ứng với ba khoang sấy. Giai đoạn 1(khoang đầu): Nhiệt độ tăng từ nhiệt độ môi trường lên mức 65–70 °C, độ ẩm tương đối duy trì 50–60%. Thời gian sấy giai đoạn này khoảng 10–12 phút. Trong giai đoạn này, độ ẩm ván giảm nhanh từ 80% xuống khoảng 45% do sự chênh lệch ẩm lớn giữa vật liệu và không khí sấy, tốc độ thoát ẩm cao nhờ vào khả năng hút ẩm ban đầu của không khí nóng và khả năng bay hơi mạnh ở bề mặt; Giai đoạn 2 (khoang giữa): Nhiệt độ được nâng lên mức 75–80 °C, độ ẩm không khí giảm xuống 30–40%, kéo dài khoảng 13–15 phút. Độ ẩm ván tiếp tục giảm từ 45% xuống khoảng 20%. Trong giai đoạn này, tốc độ thoát ẩm chậm lại do ván đã khô hơn. Quá trình gia nhiệt duy trì ổn định nhờ hệ thống điều khiển tự động, đảm bảo độ đồng đều nhiệt giữa các khay; Giai đoạn 3 (khoang cuối): Nhiệt độ duy trì ở mức 70–75 °C, độ ẩm không khí giảm xuống còn 15–20%. Giai đoạn này kéo dài 8–10 phút để hoàn tất quá trình sấy, đưa độ ẩm từ 20% xuống 13%. Tốc độ thoát ẩm ở giai đoạn này rất chậm do có sự cân bằng giữa ẩm trong ván và không khí sấy. Việc kiểm soát chính xác nhiệt độ và độ ẩm ở giai đoạn này là cần thiết để tránh hiện tượng nứt vỡ hay cong vênh ván. Tổng thời gian sấy đạt khoảng 35 phút, đáp ứng yêu cầu kỹ thuật sấy ván bóc.

Kết quả khảo nghiệm đánh giá các chỉ tiêu năng suất và chất lượng sản phẩm Hình 5.



Hình 5. Biểu đồ khảo nghiệm sấy ván bóc theo năng suất và chất lượng

Từ biểu đồ (Hình 5) cho thấy quá trình sấy ván bóc keo trong 5 ca máy với hai tiêu chí, với hai tiêu chí đánh giá là năng suất và chất lượng sản phẩm. Năng suất thiết bị sấy trung bình dao động từ 12,0 đến 12,4 m^3/ca, đạt trung bình 12,2 m^3/ca. Chất lượng ván sau sấy đạt trên 95,8%, cao nhất là 96,5%. Kết quả cho thấy quá trình sấy được kiểm soát ổn định, đảm bảo hiệu quả cả về sản lượng và chất lượng sản phẩm.

Kết quả khảo nghiệm cho thấy, nguyên lý làm việc của thiết bị sấy ván bóc phù hợp với đặc điểm của vật liệu sấy là ván bóc mỏng dễ biến dạng. Thiết bị vận hành ổn định, đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật về thiết kế và chế tạo. Hệ thống băng tải chuyển ván hoạt động trơn tru, phân phối nhiệt đồng đều giữa các khoang sấy nhờ hệ thống quạt và dàn nhiệt bố trí hợp lý. Quá trình cài đặt và điều khiển nhiệt độ, độ ẩm và tốc độ băng tải được thực hiện chính xác thông qua bộ điều khiển trung tâm, đảm bảo duy trì điều kiện sấy ổn định theo từng giai đoạn. Thiết bị đáp ứng tốt yêu cầu sấy từ độ ẩm ban đầu 80% xuống còn 13% trong thời gian yêu cầu, đảm bảo năng suất và chất lượng sản phẩm đầu ra.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu đã xác định được nguyên lý làm việc và cấu tạo phù hợp để tính toán, thiết kế và chế tạo thành công hệ thống thiết bị sấy liên tục ván bóc gỗ rừng trồng.

Thiết bị có công suất sấy đạt 10 m^3/ca, buồng sấy có chiều dài 25 m, rộng 1,8 m và cao 3 m, đáp ứng yêu cầu về công suất và kích thước tiêu chuẩn của ván bóc. Hệ thống gồm 1.693 khay (830 khay trong buồng sấy), mỗi khay có kích thước 900 × 700 × 30 mm, phù hợp với dạng ván mỏng cần sấy nhanh và đồng đều.

Hệ thống băng tải xích vận chuyển ván sử dụng động cơ công suất 1,5 kW, đảm bảo vận chuyển khay ổn định và liên tục. Gia nhiệt bằng 9 dàn Calorifer (2,5 kW/dàn) kết hợp 9 quạt hướng trục (2,2 kW/quạt), đảm bảo phân phối khí nóng đều. Hệ thống điều khiển trung tâm cho phép kiểm soát chính xác nhiệt độ, độ ẩm và tốc độ băng tải theo từng khoang sấy.

Kết quả khảo nghiệm cho thấy thiết bị hoạt động ổn định, an toàn, đáp ứng tốt yêu cầu kỹ thuật sấy ván bóc keo, từ độ ẩm ban đầu 80% xuống còn 13% trong thời gian 35 phút. Thiết bị có khả năng vận hành liên tục, đảm bảo chất lượng ván sau sấy không cong vênh, nứt gãy, phù hợp cho ứng dụng trong sản xuất công nghiệp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trần Văn Đắc (2015), Giáo trình Công nghệ sấy gỗ, Trường Đại học Lâm nghiệp Việt Nam.
2. Nguyễn Văn Hòa, "Một số giải pháp cải tiến công nghệ sấy ván bóc gỗ rừng trồng", Tạp chí Lâm nghiệp Việt Nam, số 5, tr. 45-49, 2021.
3. Nguyễn Văn Hùng (2020), Tính toán thiết kế thiết bị sấy gỗ công nghiệp, Luận văn Thạc sĩ, Đại học Bách khoa Hà Nội.
4. Lê Thanh Tùng, "Kỹ thuật sấy gỗ và ứng dụng trong chế biến ván nhân tạo", Nhà xuất bản Nông nghiệp, 2020.
5. Tổng cục Lâm nghiệp, "Báo cáo hiện trạng sản xuất ván bóc và ván nhân tạo Việt Nam năm 2023", Hà Nội, 2023.
6. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 8-30:2003 (ISO 128-30:2001) về bản vẽ kỹ thuật - Nguyên tắc chung về biểu diễn - phần 30: Quy ước cơ bản do Bộ Khoa học và Công nghệ ban hành.
7. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 8-40:2003 (ISO 128-40: 2001) về bản vẽ kỹ thuật - Nguyên tắc chung về biểu diễn- Phần 40: Quy ước cơ bản về mặt cắt và hình cắt do Bộ Khoa học và Công nghệ ban hành.
8. FAO (1992), Drying Technologies for Agricultural and Wood Products.
9. Plywood Association of Australia (2022), Veneer Drying Best Practices Handbook.
10. Simpson, W.T. (1991) – "Dry Kiln Operator's Manual", USDA Forest Service – Agriculture Handbook No. 188.
11. Zhang Wei, "Advances in Veneer Drying Technologies", Journal of Wood Science and Technology, Vol. 58, No. 3, pp. 243–256, 2022.

Ngày nhận bài: 2/8/2025
Người phản biện: PGS.TS Dương Văn Tài – ĐH Lâm nghiệp

KẾT QUẢ THIẾT KẾ, CHẾ TẠO VÀ KHẢO NGHIỆM MÁY THÁI TÁCH GÂN LÁ SEN ĐỂ SẢN XUẤT BỘT MATCHA LÁ SEN HUẾ

Trần Võ Văn May[1], Vệ Quốc Linh[1],
Trần Thanh Quỳnh Anh[1], Nguyễn Tấn Tài[2]

TÓM TẮT

Cây sen là biểu tượng về văn hóa và tinh thần của cố đô Huế cũng như Việt Nam, thành phố Huế đã có kế hoạch và chính sách phát triển cây sen giai đoạn 2021-2025. Tuy nhiên, với sản lượng lớn nhưng lá sen chưa được chú trọng để phát triển sản phẩm có giá trị, phần lớn chỉ làm trà tươi hoặc khô với giá bán không cao. Lá sen có đặc tính chống oxy hóa và hỗ trợ sức khỏe tim mạch, đặc biệt khi sản xuất các sản phẩm có kích thước nhỏ như bột matcha sẽ có được hàm lượng các hoạt chất cao. Hiện nay, việc thái tách gân lá sen để làm bột matcha đang thực hiện bằng thủ công tốn nhiều thời gian và năng suất không cao. Máy thái tách gân lá sen được chế tạo với hai trục dao quay ngược chiều nhau, tốc độ 150 vòng/phút, bề rộng bản dao 40mm, chiều sâu lát cắt 3mm sẽ thái tách được gân lá đạt năng suất 50kg/giờ, tỷ lệ tách hết gân là 82,45% và tỷ lệ trung bình phần thịt lá thu được sau khi tách gân đạt 75,5% đáp ứng được quy trình sản xuất bột matcha lá sen Huế.

Từ khóa: Lá sen, bột matcha, máy cắt thái, matcha lá sen, sen Huế.

DESIGNING, FABRICATION AND TESTING OF A LOTUS LEAF VEIN-CUTTING MACHINE FOR THE PRODUCTION OF HUE LOTUS LEAF MATCHA POWDER

ABSTRACT

The lotus plant is a cultural and spiritual symbol of the ancient capital of Hue and Vietnam. The city of Hue has implemented plans and policies for lotus development during the 2021–2025 period. However, despite high yields, lotus leaves have not been a focus for value-added product development. Most are used only to make fresh or dried tea, which sells at low prices. Lotus leaves possess antioxidant properties and support cardiovascular health. Especially when processed into small-sized products like matcha powder, they can retain high concentrations of active compounds. Currently, the process of cutting and removing lotus leaf veins to make matcha powder is done manually, which is time-consuming and inefficient. A specialized machine has been developed to cut and remove lotus leaf veins using two counter-rotating blade shafts at a speed of 150 rpm. The blades have a width of 40 mm and a cutting depth of 3 mm, enabling a processing capacity of 50 kg/hour. The machine achieves a vein removal rate of 82.45% and an average cleanliness rate of 75.5% for the leaf flesh after vein removal, meeting the production requirements for Hue lotus leaf matcha powder.

Keywords: Lotus leaves, Matcha powder, slicing machine, Lotus leaf matcha, Hue lotus.

[1]Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế
[2] Sinh viên ngành Công nghệ kỹ thuật cơ khí, Khoa Cơ khí và Công nghệ, Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cây sen là một biểu tượng về giá trị văn hóa và tinh thần của cố đô Huế và Việt Nam. Tại Huế, cây sen không chỉ là một loài thực vật mà còn là biểu tượng văn hóa sâu sắc, tượng trưng cho sự thanh cao, hòa quyện với tín ngưỡng Phật giáo và dấu ấn Hoàng gia, len lỏi vào đời sống tinh thần, ẩm thực đặc trưng và đặc biệt, ở Thừa Thiên Huế, lá sen còn được sử dụng để làm nón lá, tạo nên dấu ấn riêng cho khách du lịch (Lan Phương, 2019. Nón lá Huế - Một sản phẩm thủ công độc đáo của xứ Huế). Đã có nhiều công trình nghiên cứu và kế hoạch phát triển cây sen tại Huế, theo Hoàng Thị Kim Hồng (2020) đã điều tra 200 phiếu, thu thập thông tin tại 66 địa điểm điều tra ở tỉnh Thừa Thiên Huế trong năm 2017 - 2018 là 341,12 ha. Các nghiên cứu và phát triển các sản phẩm từ cây sen Huế cũng đã được nhiều nhà khoa học, doanh nghiệp nghiên cứu, phát triển nhằm đa dạng sản phẩm, nâng cao giá trị kinh tế từ cây sen Huế. Nguyễn Thị Quỳnh Trang và cs đã nghiên cứu và kết luận trên toàn tỉnh Thừa Thiên Huế có 66 địa điểm trồng sen với 6 giống sen, các giống sen địa phương được trồng chủ yếu tại khu vực thành phố Huế với 5 giống sen khác nhau [1], tình hình sản xuất và tiêu thụ các loại trà sen đã được Nguyễn Thị Quỳnh Trang và cs kết luận ở Thừa Thiên Huế có chín loại trà sen được sản xuất từ năm bộ phận của cây sen gồm trà hoa sen sấy, trà lá sen khô, trà lá sen tươi, trà lá sen túi lọc, trà hoa sen túi lọc, trà củ sen khô, trà tim sen, trà ướp hoa sen tươi, trà ướp gạo sen; trong đó trà lá sen tươi có giá trị kinh tế thấp nhất (10.000 – 12.000đ/1 kg) kế đến là trà lá sen khô (25.000 – 30.000đ/1 kg) [2]. Lê Khắc Phúc và cs đã đề xuất đẩy mạnh công tác chế biến, đa dạng sản phẩm, cải tiến mẫu mã, làm tốt công tác truy xuất sản phẩm nâng cao uy tín và khả năng tiếp cận khách hàng trong dự án ứng dụng khoa học công nghệ sản xuất cây sen tại Thừa Thiên Huế theo chuỗi liên kết [3], Đinh Thị Kim Oanh và cs đã kết luận người tiêu dùng ưa chuộng các sản phẩm có nguồn gốc rõ ràng và đáng tin cậy, niềm tin này sẽ có tác động tích cực đến quyết định tiếp tục mua hàng với sản phẩm sen Huế [4].

Những năm gần đây, các chất chống oxy hóa, chống vius, chống béo phì, chống các bệnh về tim mạch, hạ đường huyết và hoạt động lipolytic của lá sen được báo cáo và thu hút ngày càng nhiều sự quan tâm. Nhiều báo cáo cũng chỉ ra trong lá sen rất giàu flavonoid và ankaloid, một số chủng đã được phân lập; đến nay, 10 flavonoid đã được phân lập từ lá sen có hoạt động chống oxy hóa mạnh mẽ và khả năng làm giảm sự hình thành các gốc tự do của nó. Trong đó, cùng một lá sen Huế nhưng nguyên liệu được nghiền nhỏ đến kích thước dưới 0,1mm cho hàm lượng các hoạt chất cao hơn so với các dạng chế biến khác [5]. Trong quy trình sản xuất trà lá sen tươi và khô tại Huế hiện nay, lá sen sau khi được thu hoạch sẽ được làm sạch rồi đến cắt lát nhỏ theo chiều ngang của lá [2].

Bột matcha là sản phẩm bột được chế biến từ lá chè được nghiền mịn với cỡ hạt nhỏ hơn 18 μm [6] và được ứng dụng nhiều trong thực phẩm. Matcha được sản xuất và sử dụng phổ biến ở Nhật Bản, Trung Quốc và

một số quốc gia ở châu Á khác trong đó có Việt Nam. Quá trình sản xuất bột matcha đòi hỏi sự lựa chọn cẩn thận từ điều kiện canh tác đến các công đoạn trong quy trình sản xuất [7], [8], [9]. Nguyễn Thị Vân Anh và cs đã xây dựng quy trình sản xuất bột matcha chè Truồi tại Thừa Thiên Huế bao gồm các công đoạn: thu hoạch lá, rửa sạch, làm héo, diệt men, tách nước, sấy bơm nhiệt, tách gân lá, nghiền, đóng gói sản phẩm. Nguyễn Phước Tuyên và cs đã nghiên cứu và kết luận lá sen thường lớn, hơi tròn có đường kính 20 – 100 cm màu xanh xám, xanh đậm. Gân lá xuất phát từ tâm nơi cuống lá tỏa đều ra mép lá [10]. Như vậy, công đoạn thái tách gân lá sen tươi là một khâu quan trọng ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng bột matcha. Yêu cầu đối với sản xuất bột matcha là phải loại bỏ hết phần gân lá, chỉ sử dụng phần thịt lá để đưa vào nghiền, đảm bảo độ mịn của bột thịt lá theo yêu cầu sản xuất bột matcha. Hiện nay, việc thái lá sen tươi chủ yếu vẫn được thực hiện thủ công, cắt ngang lá có cả gân kèm theo thịt lá nên gây ra nhiều khó khăn trong tách gân, do đó kích thước hạt matcha lớn hơn yêu cầu. Việc thái thủ công không đảm bảo độ đồng đều về kích thước lá, tốn nhiều thời gian và công sức, đặc biệt khi sản xuất với quy mô lớn, làm tăng chi phí nhân công và giảm năng suất [11]. Để sản xuất bột matcha lá sen Huế, việc thiết kế chế tạo máy thái tách gân lá là rất cần thiết, công đoạn tách gân lá phải được tiến hành kỹ, đảm bảo tách hết phần gân lấy phần thịt lá để giảm chi phí, thời gian diệt men, sấy và đặc biệt là công đoạn nghiền mịn tạo thành sản phẩm. Vì vậy, so với các máy và thiết bị được sử dụng để cắt lá sen tươi làm trà, với yêu cầu sản xuất bột matcha lá sen thì phải thực hiện vừa thái và vừa tách phần gân ra khỏi thịt lá. Với cấu tạo của gân lá được bố trí dọc theo chiều dài của lá nên quá trình thái tách gân phải được tiến hành theo chiều dọc của lá để giảm tối đa lượng gân lá kèm theo sản phẩm sau khi tách. Các nghiên cứu chế tạo máy chuyên dụng thái tách gân lá sen là chưa có, phần lớn các nghiên cứu tập trung vào thái thịt cá, củ quả và rau củ, Lê Anh Đức (2023) và cs đã thực hiện nghiên cứu chế tạo máy thái cây thuốc nam dạng thân thảo bao gồm cây Hoàn Ngọc, cây cỏ hôi, và cây rau dừa nước bằng lưỡi dao thẳng gắn trên đĩa quay [12]; máy thái dây khoai lang làm cho thức ăn chăn nuôi đại gia súc theo phương pháp lắp dao kiểu đĩa cũng đã được nghiên cứu và chế tạo [13]. Kết quả của nghiên cứu này chỉ ra máy có thể đạt được năng suất 500 kg/giờ với chiều dài đoạn thái có độ sai lệch nhỏ hơn 2%. Đồng thời máy thái này cũng có thể ứng dụng cho các đối tượng khác như cây bắp hay cỏ voi với năng suất 1000 kg/giờ. Phạm Anh Tuấn (2024) đã nghiên cứu và chế tạo máy cắt thái lá sen tươi để làm trà tại Thành phố Huế. Kết quả đã cho thấy, máy đạt năng suất 60kg/giờ, có chất lượng làm việc ổn định khi khối lượng đầu vào là 1kg – 5kg; máy có cấu tạo đơn giản, dễ chế tạo, sửa chữa, phục vụ quá trình cơ giới hóa cắt thái lá sen tươi, giảm đáng kể lượng nhân cung phục vụ cũng như giá thành so với cắt thái thủ công [14]. Nhóm nghiên cứu của Viện lúa đồng bằng sông Cửu Long (2023) đã nghiên cứu, chế tạo ra mẫu máy cắt băm cây khóm thực hiện được chức năng cắt,

băm khóm, phun nấm và xới đất phục vụ vùng trồng khóm cầu đúc tỉnh Hậu Giang [15]. Lê Đức Thật (2025) và cs đã nghiên cứu, thử ngthiệm hệ thống máy xử lý thân, lá gốc chuối bao gồm máy băm thân dạng đĩa và máy phay, băm củ dạng lô [16]

Nhóm nghiên cứu của trường đại học Khoa học nông nghiệp (Ấn Độ) đã kết luận, thái lát là một trong những công đoạn quan trọng trong sản xuất bột lá Lô Hội nguyên chất [17]. Nhóm tác giả ở Tanzania cũng đã tiến hành chế tạo và thử nghiệm máy thái rau dạng lắp dao kiểu đĩa [18]. Các tác giả cũng chỉ ra rằng máy thái kiểu đĩa lắp dao cho năng suất cắt thái ổn định với hiệu suất cắt thái đạt 86%. Một nhóm tác giả đến từ Ấn Độ cũng đã thiết kế và chế tạo máy thái rau củ quả theo phương pháp lắp dao kiểu đĩa [19]. So với phương pháp thái bằng tay, năng suất và chất lượng lát thái "chuối và khoai tây" bằng máy thái cao hơn nhiều.

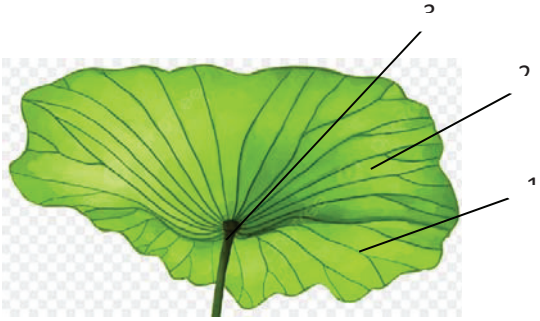
Như vậy, việc thiết kế chế tạo và khảo nghiệm máy thái tách gân lá sen với bộ phận cắt thân lá phối hợp tách gân sẽ giúp nâng cao năng suất, chất lượng của lá sen trong quy trình sản xuất bột matcha lá sen Huế. Qua đó, góp phần tạo ra sản phẩm có lợi cho sức khỏe và nâng cao giá trị từ cây sen Huế.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu.

Đối tượng nghiên cứu của đề tài là lá sen tươi và máy thái tách gân lá sen. Lá "sen dù" sau khi được thu hoạch tại ao, hồ ở thành phố Huế là lá đã trưởng thành sau khi thu hoạch hoa sen hoặc đài sen trong quy trình sản xuất sen tại thành phố Huế. Lá được làm sạch, loại bỏ đất cát, cuống lá để tiến hành tách gân. Máy thái tách gân lá sen được chế tạo và lắp ráp tại xưởng Cơ khí thuộc khoa Cơ khí và Công nghệ, Đại học Nông Lâm, Đại học Huế.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

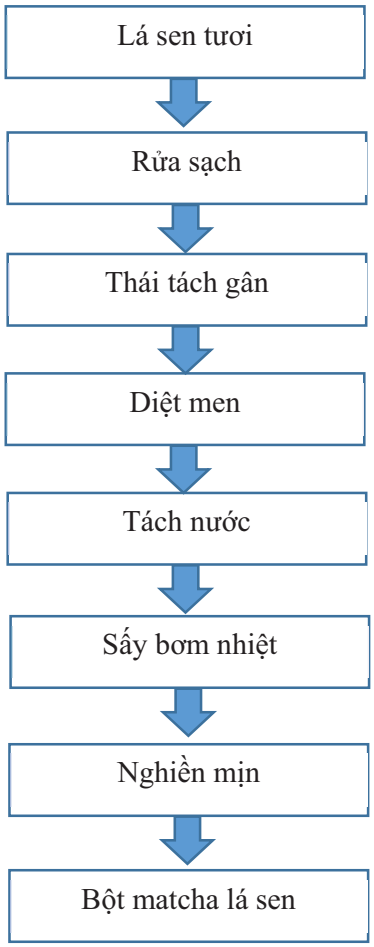


Hình 1. Cấu tạo lá sen
1. Gân lá, 2. Thịt lá, 3. Cuống lá

2.2.1. Phương pháp điều tra thu thập số liệu: Các dữ liệu về tình hình trồng sen trên địa bàn thành phố Huế; thu thập các mẫu lá sen trồng tại Huế được sử dụng để sản xuất bột matcha lá sen

2.2.2. Phương pháp nghiên cứu tài liệu

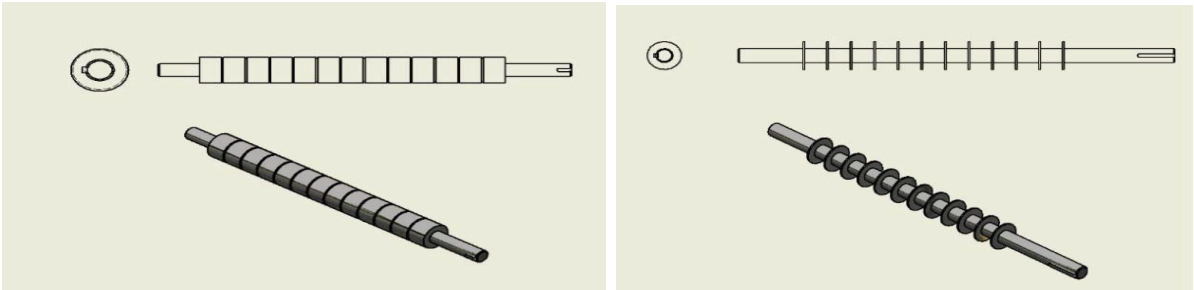
Đề tài tiến hành nghiên cứu các tài liệu liên quan đến quá trình trồng và sản xuất sen tại Huế, quy trình sản xuất bột matcha lá chè xanh, lá chè Truồi và các quy trình sản xuất bột lá sen, bột hạt sen. Ngoài ra, các tài liệu liên quan đến máy cắt thái trong nước và trên thế giới cũng được đề tài nghiên cứu để lựa chọn nguyên lý thái tách gân phù hợp cho lá sen. Nhóm nghiên cứu đã đề xuất quy trình sản xuất bột matcha lá sen Huế như hình 2.



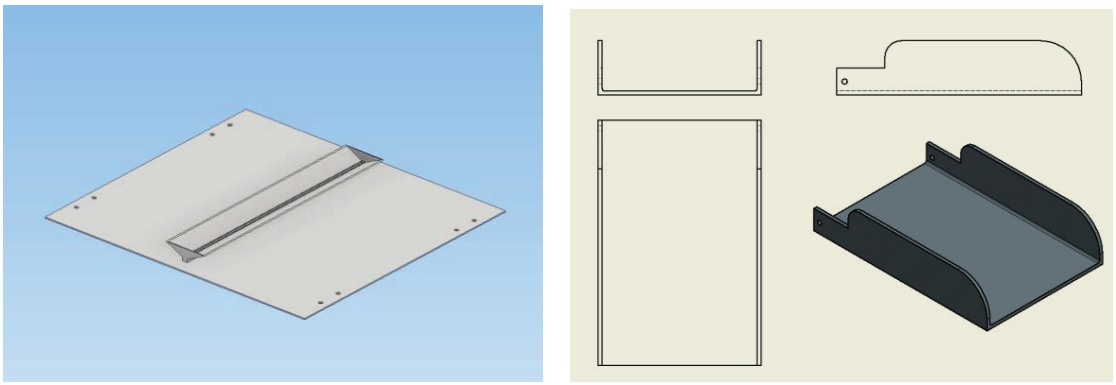
Hình 2. Quy trình sản xuất bột matcha lá sen Huế

2.2.3. Phương pháp thiết kế máy

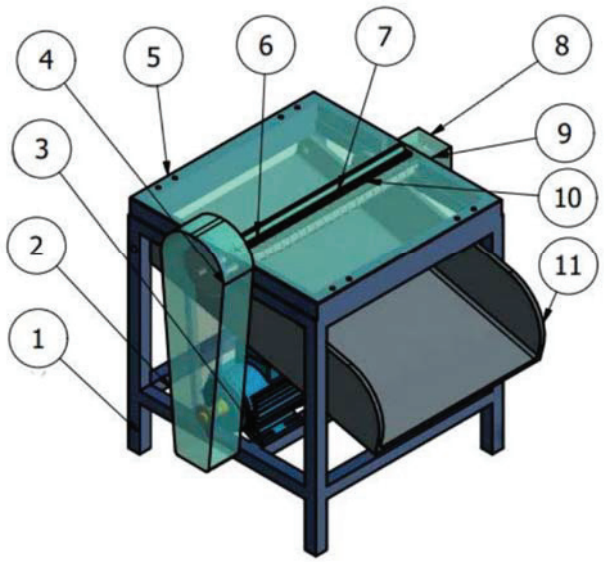
Phương pháp thiết kế máy: Sau khi sử dụng giải tích, toán học để tính toán, xác định các thông số kỹ thuật của máy. Ứng dụng phần mềm Autocad và Intentor để thiết kế máy cùng với các bộ phận của máy



Hình 3. Hình vẽ trục dao thái tách gân lá



Hình 4. Phễu cấp liệu và máng thoát sản phẩm



Hình 5. Ảnh thiết kế máy thái tách gân lá sen Huế

1-Khung máy; 2-Nắp che bộ truyền xích; 3-Động cơ; 4-Bộ truyền xích; 5-Nắp bảo vệ; 6-Trục dao cắt chủ động; 7-Trục dao cắt bị động; 8-Nắp che bánh răng; 9-Bộ truyền động bánh răng; 10-Phễu cấp liệu; 11-Máng hứng sản phẩm

2.2.4. Phương pháp nghiên cứu thực nghiệm

Sử dụng phương pháp thực nghiệm để đánh giá một số chỉ tiêu làm việc của máy, bao gồm: Năng suất làm việc của máy, tỷ lệ tách gân và độ sạch của sản phẩm sau khi thái tách gân.

a) Năng suất của máy thái tách gân lá sen

Năng suất của máy thái tách gân lá sen là khối lượng lá sen tươi được đưa vào tách gân trên đơn vị thời gian. Năng suất của máy được tính theo công thức:

$$N = 3600 \times \frac{m}{t} \quad (kg/giờ)$$

Trong đó: N – Năng suất làm việc của máy (kg/giờ); m – Khối lượng lá sen tươi cần thái tách gân (kg); t – Thời gian thái lá sen tươi (giây);

b) Tỷ lệ tách gân

Tỷ lệ tách gân là tỷ lệ số lượng gân của lá sen được tách so với số lượng gân trên lá sen tươi được đưa vào tách gân. Tỷ lệ tách gân được tính theo công thức:

$$T = \frac{G_2}{G_1} \times 100 \quad (\%)$$

Trong đó: T – Tỷ lệ tách gân (%); G_1 – Số gân trên lá sen khi đưa vào tách; G_2 – Số gân được tách ra khỏi phần lá thu được ở máng hứng sản phẩm

c) Tỷ lệ tách thịt lá để làm bột matcha

Tỷ lệ tách được phần thịt lá tỷ lệ phần khối lượng thịt lá được tách sạch gân so với khối lượng lá sen tươi đưa vào máy thái tách gân. Tỷ lệ tách thịt lá được tính theo công thức:

$$D = \frac{m_1}{\eta m} \times 100 \quad (\%)$$

Trong đó: D – Tỷ lệ tách thịt lá (%); m – Khối lượng lá sen khi đưa vào tách (kg); m_1 – Khối lượng thịt lá được tách ra khỏi lá thu được ở máng hứng sản phẩm; η – Tỷ trọng khối lượng thịt lá sen so với khối lượng của lá sen (%); hệ số này được xác định bằng thực nghiệm và giá trị được mô tả ở bảng 1.

Trong quá trinh nghiên cứu thực nghiệm, toán, xác định, đánh giá máy như: thước kẹp điện tử Mitutoyo 500, cân điện tử BEL với sai số 0,01g, biến tần Delta VFD007EL43A, thiết bị đo số vòng quay Nidec-Shimpo PH-200L

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

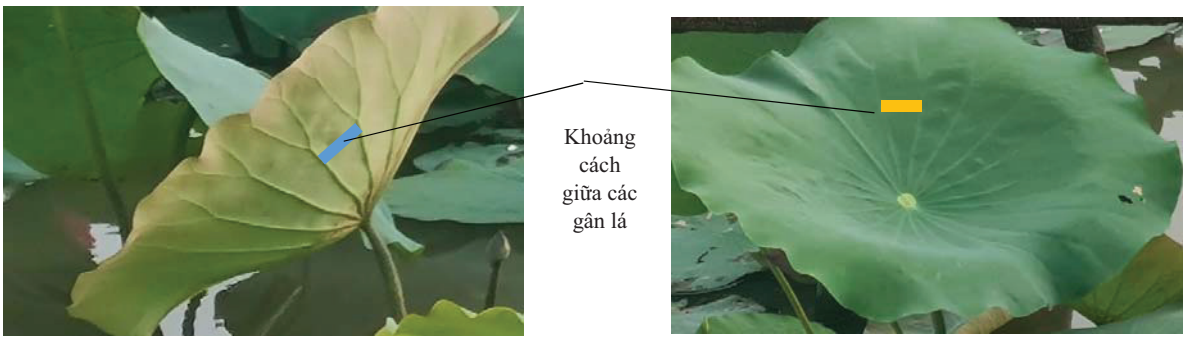
3.1. Kết quả thiết kế và chế tạo máy

Máy thái tách gân lá sen tươi được chế tạo dựa trên thiết kế như hình 5, mẫu máy được chế tạo như hình 6. Máy có kích thước tổng thể 900 x 600 x 850 mm (dài x rộng x cao), với năng suất thiết kế được tính toán, lựa chọn dựa vào kết quả nghiên cứu chế tạo máy cắt lá sen tươi làm trà là 50 kg/giờ [14], nguyên lý thái tách gân là hai trục dao thái được bố trí song song quay ngược chiều nhau, trong đó một trục làm nhiệm vụ thái tách phần gân lá và trục còn lại làm nhiệm vụ thái phần thịt lá. Lá sen tươi được cung cấp bằng thủ công vào phễu cấp liệu theo phương thẳng đứng để đưa lá sen đến trục thái tách gân và thịt lá. Sản phẩm sau khi thái bao gồm cả phần gân lá và thịt lá được đưa ra ngoài qua máng hứng, tại đây gân lá sẽ được lấy ra bằng thủ công. Dựa vào yêu cầu đối với thịt lá để sản xuất bột matcha lá sen và các nghiên cứu, thử nghiệm với từng thông số động học và chế độ làm việc của máy, từ đó xác định và chế tạo, khảo nghiệm đánh giá khả năng làm việc của máy thông qua các chỉ tiêu về năng suất, tỷ lệ tách gân và tỷ lệ tách thịt lá. Máy được dẫn động bằng động cơ điện với công suất 1 KW, qua hệ thống truyền động xích và bánh răng đến trục dao thái tách gân. Dao thái thịt lá có bề rộng 40mm và chiều sâu của lát cắt là 3 mm và bề rộng của dao thái tách gân là 3 mm, chiều sâu lát cắt tách gân là 3 mm; chiều dài trục thái tách gân 510 mm, tốc độ quay của



Hình 6. Máy tách gân lá sen sau khi chế tạo

3.2. Một số thông số về lá sen Huế được sử dụng làm bột matcha



Hình 7. Lá sen được trồng tại thành phố Huế

Đặc điểm của lá sen được dùng để thái tách gân cho quá trình sản xuất bột matcha lá sen được tổng hợp ở bảng 1

Bảng 1. Tổng hợp các thông số của lá sen sử dụng để sản xuất bột matcha lá sen Huế

TT	Thông số	Đơn vị	Giá trị
1	Độ ẩm của lá sen	%	44,67
2	Đường kính lá	mm	505,90
3	Chiều dày lá	mm	0,20
4	Khối lượng lá	gam	38,60
5	Số gân lá	gân	22
6	Khoảng cách giữa các gân lá	mm	39,76
7	Bề rộng gân lá	mm	1,35

8	Chiều dài gân lá	mm	247,02
9	Tỷ trọng khối lượng phần thịt lá so với lá sen	%	37,82
10	Số lượng lá sen/1 kg	Lá	26

3.3. Kết quả khảo nghiệm

Máy sau khi chế tạo, được tiến hành khảo nghiệm để đánh giá khả năng làm việc và xác định một số chỉ tiêu, tính năng làm việc của máy như năng suất, tỷ lệ tách gân và tỷ lệ thịt lá sau khi tách gân.

a) Khảo nghiệm năng suất làm việc của máy

Năng suất của máy thái tách gân được khảo nghiệm với ba định mức khối lượng lá sen tươi đầu vào: 1kg, 3kg, và 5kg với tốc độ quay của trục lắp dao thái tách gân 150 vòng/phút; độ ẩm của lá sen tươi đầu vào 46,1%. Ứng với mỗi định mức khối lượng, thí nghiệm được tiến hành lặp lại 3 lần. Kết quả khảo nghiệm năng suất được tổng hợp ở bảng 2. Từ bảng 2 ta thấy được năng suất làm việc trung bình của máy là 50,2 kg/giờ, như vậy năng suất làm việc của máy đáp ứng được yêu cầu đặt ra trong quá trình tính toán thiết kế và chế tạo máy. Sở dĩ năng suất của máy có giảm, với tỷ lệ giảm rất ít khi khảo nghiệm khả năng làm việc với lượng sen tươi đầu vào là 3 kg (TB3 = 49,7 kg/giờ) và 5 kg (TB5 = 49,3 kg/giờ) là do quá trình cung cấp bằng thủ công nên năng suất phụ thuộc vào quá trình thao tác của người lao động khi cung cấp lá sen tươi vào phễu cấp liệu. Nếu quá trình cấp liệu được tiến hành tự động, không phụ thuộc vào thao tác của lao động thì năng suất làm việc của máy sẽ ổn định hơn.

Bảng 2. Kết quả khảo nghiệm năng suất của máy thái tách gân lá sen

TN	**Khối lượng khảo nghiệm (kg)**	**Thời gian (giây)**	**Năng suất (kg/giờ)**
1	1	70	51,4
2	1	68	52,9
3	1	71	50,7
TB1			*51,7*
4	3	216	50,0
5	3	219	49,3
6	3	217,5	49,7
TB3			*49,7*
7	5	365	49,3
8	5	360	50,0
9	5	370	48,6
TB5			*49,3*
Năng suất trung bình (kg/giờ)			**50,2**

b) Khảo nghiệm đánh giá khả năng làm việc của máy thông qua tỷ lệ thái tách gân lá

Lá sen tươi được thu hoạch vào buổi sáng với các thông số được trình bày ở bảng 1 được dùng cho quá trình khảo nghiệm hiệu quả thái tách gân. Tốc độ làm việc của máy là 150 vòng/phút, lá sen được xác định số lượng gân cần tách trước khi đưa vào máy thái để tách gân; gân lá sen sau khi đã được tách khỏi phần thịt của mỗi lá thu được ở máng hứng sản phẩm sẽ được tách riêng và xác định số lượng; mỗi lần thí nghiệm để đánh giá khả năng tách gân của máy được tiến hành trên mỗi lá, chúng tôi tiến hành lặp lại 9 lần với 9 lá được đưa vào tách gân. Kết quả khảo nghiệm được trình bày ở bảng 3.

Bảng 3. Kết quả khảo nghiệm đánh giá tỷ lệ thái tách gân lá sen

TN	Lá	Số gân trên lá	Số gân đã được tách	Tỷ lệ tách gân lá
1	Lá 1	22	19	86,36
2	Lá 2	21	19	90,48
3	Lá 3	22	18	81,82
4	Lá 4	25	19	76,00
5	Lá 5	21	18	85,71
6	Lá 6	23	19	82,61
7	Lá 7	23	18	78,26
8	Lá 8	24	17	70,83
9	Lá 9	20	18	90,00
Trung bình		*22,33*	*18.33*	*82,45*

Qua bảng 3 ta thấy được tỷ lệ thái tách gân trung bình của máy là 82,45 %, tỷ lệ này tăng khi số lượng gân trên lá ít và ngược lại với số lượng gân trên lá nhiều thì tỷ lệ này sẽ giảm. Như vậy, tỷ lệ tỷ lệ thái tách gân phụ thuộc vào đặc điểm và cấu tạo của lá sen khi đưa vào tách, điều này cũng dễ hiểu, với cấu tạo và đặc điểm của gân trên lá được bố trí dọc từ đỉnh cuống lá đến phần mép của lá và khoảng cách giữa hai gân lá từ cuống đến mép lá là không bằng nhau nên với lá có số lượng gân nhiều sẽ có nhiều phần thịt lá có kích thước không đồng đều nhiều hơn, điều này làm cho dao thái tách gân không thái đúng phần gân lá nên dẫn đến sót gân chưa được tách.

c) Khảo nghiệm đánh giá khả năng làm việc của máy thông qua tỷ lệ thịt lá được tách



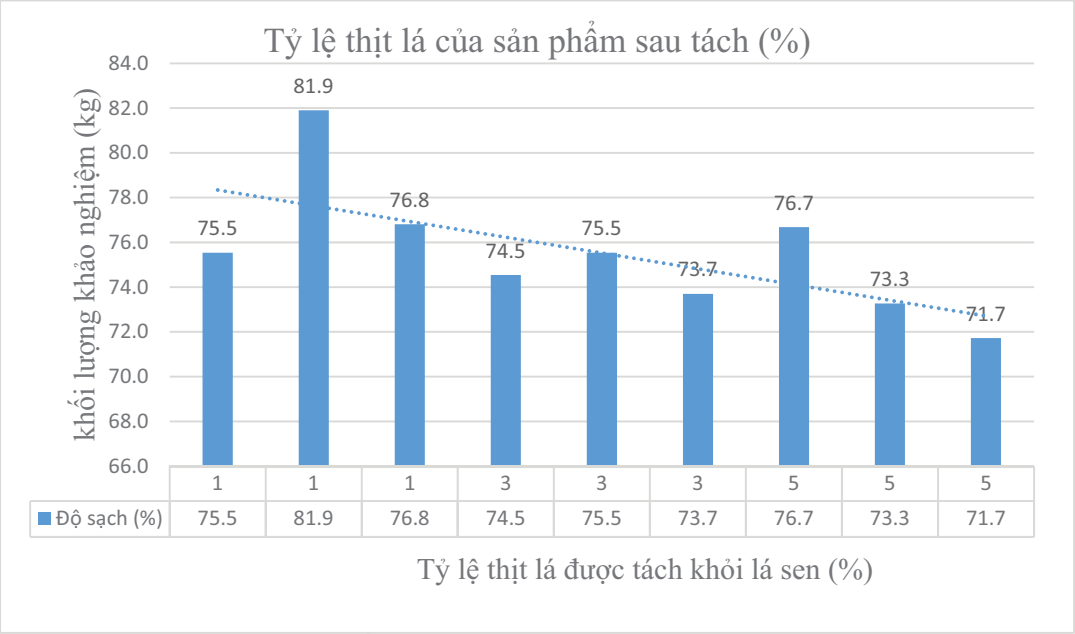
Hình 8. Sản phẩm sau khi tách gân

Tỷ lệ thịt ká của sản phẩm sau khi tách gân là chỉ tiêu quan trọng để đảm bảo phần thịt lá sen được tách gân hoàn toàn, ít phần gân và cuống lá gãy vụn đi kèm theo sản phẩm sau khi tách gân, giúp nghiền mịn và đảm bảo yêu cầu kỹ thuật đặt ra đối với sản phẩm bột matcha (hình 8). Để đánh giá tỷ lệ của thịt lá, chúng tôi sử dụng lá sen tươi được thu hoạch vào buổi sáng với các thông số trình bày ở bảng 1. Tốc độ làm việc của máy là 150 vòng/phút, độ ẩm của lá sen tươi đầu vào 46,1% và khối lượng lá sen tươi đầu vào được chúng tôi tiến hành khảo nghiệm lần lượt là 1kg, 3kg và 5kg. Với mỗi định mức khối lượng, thí nghiệm được tiến hành lặp lại 3 lần. Kết quả khảo nghiệm năng suất được tổng hợp ở bảng 4 và trình bày trên hình 9.

Bảng 4. Kết quả khảo nghiệm đánh giá độ sạch của sản phẩm

TN	Khối lượng khảo nghiệm, m (kg)	Khối lượng thịt lá, η.m (g)	Khối lượng thịt lá sau khi tách gân, m_1 (g)	Tỷ lệ thịt lá sau tách (%)
1	1	378,2	285,7	75,5
2	1	378,2	310,1	81,9
3	1	378,2	290,5	76,8
TB1		*378,2*		*78,1*
4	3	1.134,6	845,8	74,5
5	3	1.134,6	857,1	75,5
6	3	1.134,6	836,3	73,7
TB3		*1.134,6*		*74,6*

7	5	1.891,0	1450,2	76,7
8	5	1.891,0	1385,6	73,3
9	5	1.891,0	1356,4	71,7
TB5		1.891,0		*73,9*
Độ sạch trung bình (%)				**75,5**



Hình 9. Kết quả khảo nghiệm đánh giá tỷ lệ tách thịt lá

Từ bảng 4 và hình 9, cho ta thấy được tỷ lệ của sản phẩm thịt lá sau quá trình thái tách gân bằng máy thái tách gân nằm trong khoảng từ 71,7% đến 81,9%, với tỷ lệ tách thịt lá trung bình của sản phẩm là 75,5%.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu đã cho thấy sự thành công trong việc thiết kế và chế tạo máy thái tách gân lá sen nhằm phục vụ quy trình sản xuất bột matcha lá sen Huế. Máy được vận hành ổn định với năng suất đạt 50 kg/giờ, phù hợp với quy mô sản xuất vừa và nhỏ. Tỷ lệ tách gân đạt 82,45%, cho thấy hiệu quả cao trong việc loại bỏ phần gân cứng, giúp nâng cao chất lượng nguyên liệu đầu vào cho quá trình sản xuất bột matcha. Đặc biệt, tỷ lệ của phần thịt lá sau khi tách gân dao động trong khoảng từ 71,7% đến 81,9%, đáp ứng yêu cầu cho việc chế biến sâu thành sản phẩm bột matcha có giá trị cao. Tuy nhiên, cần tiếp tục nghiên cứu, đánh giá tiếp tục về ảnh hưởng của khe hở giữa hai trục thái tách gân, động lực học của máy và sơ bộ đánh giá hiệu quả kinh tế của máy để hoàn thiện mẫu máy. Từ đó góp phần giải quyết hạn chế về lao động thủ công, nâng cao hiệu quả sản xuất và mở ra hướng phát triển bền vững cho các sản phẩm từ lá sen tại Huế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Thị Quỳnh Trang, Đặng Thanh Long, Trần Thị Hương Giang (2018). Nghiên cứu xây dựng sơ đồ phân bố các giống sen ở tỉnh Thừa Thiên Huế, Tạp chí Khoa học và Công nghệ, trường Đại học Khoa học, Đại học Huế, 2018, **13** (2), p.165-176

2. Nguyễn Thị Quỳnh Trang, Nguyễn Thị Mai, (2021). Tình hình sản xuất và chế biến

các loại trà Sen (Nelumbo nucifera Gaertn.) ở Thừa Thiên Huế. Tạp chí Khoa học Đại học Huế: Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, 2021. **130**(3D): p. 99-116.
3. Lê Khắc Phúc, Nguyễn Thị Huệ và cs, (2024) Mức độ tiêu thụ và phản hồi của người tiêu dùng đối với các sản phẩm sen Huế. Tạp viện Nghiên cứu phát triển, tỉnh Thừa Thiên Huế, 2024: p. 131-139.
4. Đinh Thị Kim Oanh, Nguyễn Đức Kiên, Trương Tấn Quân, Phạm Xuân Hùng (2024), Ảnh hưởng của mức độ tin tưởng vào nguồn gốc sản phẩm đến ý định tiếp tục mua hàng của ngườ tiêu dùng: Trường hợp sản phẩm sen Huế. Tạp chí Quản lý Khoa học và Kinh tế, trường Đại học Kinh tế, Đại học Huế: 2024. **31**.
5. Nguyễn Thị Quỳnh Trang (2022), Phân tích thành phần hoạt chất và khả năng chống oxy hóa của một số trà được chế biến từ các bộ phận của cây sen (Nelumbo Nucifera Gaerin) trồng ở tỉnh Thừa Thiên Huế. Báo cáo tổng kết đề tài cấp cơ sở Đại học Huế, 2020-03-148
6. Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 9740:2013: Tiêu chuẩn quốc gia về chè xanh.
7. Wang, H.F., et al.(2020), The mechanism on decreasing the microbiological contamination of superfine green tea powder by ball milling. LWT-Food Science and Technology, 134:109966
8. Koide, S. and K.i.Kimura. (2022). Japanese Green Tea: Tea as a food ingredient: Properties, Processing and Health Aspects, Functional Food and Nutraceuticalseries, p.82-102
9. Ye, J.H., et al.(2024), A coprehansive review of matcha: production, food application, potential health benefits, and gastrointestinal fate of main phenolics. Critical reviews in Food Science and Nutrition, **64**(22), 7959-7980
10. Nguyễn Phước Tuyên (2007)., Kỹ thuật trồng sen, NXB Nông nghiệp, TP Hồ Chí Minh, 23 trang.
11. Babu, A.K., et al., Review of leaf drying: Mechanism and influencing parameters, drying methods, nutrient preservation, and mathematical models. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2018. **90**: p. 536-556.
12. Lê, A., et al., Thiết Kế Chế Tạo và Thử Nghiệm Máy Thái Cây Thuốc Nam Dạng Thân Thảo. Journal of Technical Education Science, 2023: p. 86-95.
13. Bích, N.H., et al., Nghiên cứu thiết kế chế tạo máy thái dây khoai lang làm thức ăn cho chăn nuôi đại gia súc. Tạp chí Công Nghiệp Nông Thôn, 2024. **53**.
14. Phạm Anh Tuấn (2024). Nghiên cứu thiết kế và chế tạo máy cắt thái lá sen tươi làm trà năng suất 60kg/h. Báo cáo đề tài tốt nghiệp, Đại học Nông Lâm – Đại học Huế
15. Trần Tấn Hậu và cs (2023). Nghiên cứu thiết kế, chế tạo máy cắt băm cây khóm liên hợp với máy kéo phục vụ vùng trồng khóm cầu Đúc tỉnh Hậu Giang. Tạp chí Công nghiệp nông thôn: 2023 .**49**: p.61-71
16. Nguyễn Đức Thật và cs (2025) kết quả nghiên cứu, thử nghiệm hệ thống máy xử lý thân, lá và gốc cây chuối sau thu hoạch. Tạp chí Công nghiệp nông thôn: 2025 .**56**: p.2-12
17. Nagaratna, et al., Performance Evaluation of Aloe vera Leaf Slicing Machine. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 2017. **6** (8): p. 3754-3759
18. Msuya, J., *Designing and Manufacturing of Vegetable Slicing Machine.* Tanzania Journal of Engineering and Technology, 2023. **42**(1): p. 182-199.
19. Pawar, K.R., et al., *Development of Fruit and Vegetable Slicing Machine.* International Research Journal of Engineering and Technology, 2020. **7**(3).
Ngày nhận bài: 8/7/2025
Người phản biện: TS Nguyễn Đức Long – Viện Cơ điện NN& CNSTH

MỘT SỐ KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM MÁY CHẺ SỢI NAN TRE TẠI HUYỆN QUẢNG ĐIỀN, THÀNH PHỐ HUẾ

Nguyễn Thị Ngọc[1], Đỗ Minh Cường[1,], Trần Đức Hạnh[1], Nguyễn Thanh Cường[1], Trần Võ Văn May[1], Phan Tôn Thanh Tâm[1], Vệ Quốc Linh[1], Phạm Đình Hưng[1]*

TÓM TẮT:

Nghiên cứu này trình bày một số kết quả thực nghiệm máy chẻ nan tre sau khi cải tiến các bộ phận gồm các lô cuốn, bộ phận dao và bàn cấp liệu vào trên máy chẻ sợi nan tre của công ty TNHH cơ khí chế tạo Tuấn Tú. Kết quả cho thấy, các bộ phận máy được cải tiến hoạt động ổn định, an toàn và đáp ứng yêu cầu đặt ra, nan tre sau khi chẻ đạt kích thước theo chiều dày là 1mm. Kết quả cũng cho thấy, máy làm việc tốt nhất khi độ ẩm thanh tre khoảng 16,5%, số thanh nan tre đạt yêu cầu trên 80%, nan tre chẻ ra đồng đều, không bị dập nát, độ bóng bề mặt được cải thiện khi tăng tốc độ động cơ, độ bóng tốt nhất khi máy làm việc ở tốc độ động là 1200 và 1400 vòng/phút. Máy đạt năng suất cao hơn 3000 nan/giờ, làm việc ổn định và an toàn, dễ vận hành và bảo dưỡng. Máy hiện đang được sử dụng tại hợp tác xa mây tre đan Bao La, huyện Quảng Điền, thành phố Huế.

Từ khóa: Tre, Nan tre, Máy chẻ tre, Bộ phận dao.

EXPERIMENTAL RESULTS OF A BAMBOO SPLINT SPLITTING MACHINE IN QUANG DIEN DISTRICT, HUE CITY

ABSTRACT:

This study presents experimental results of a bamboo splint-splitting machine after improving some components including the feed rollers, blade assembly, and input guide system on the bamboo splitting machine manufactured by Tuan Tu Mechanical Manufacturing Co., Ltd. The results show that the improved components operate stably, safely, and meet the required specifications, with the bamboo splints achieving a thickness of 1 mm. The machine performs best when the bamboo moisture content is approximately 16.5%, with over 80% of the splints meeting quality standards. The split bamboo is uniform, undamaged, and exhibited improved surface gloss with increasing motor speed, with the best gloss observed at 1,200–1,400 rpm. The machine reaches a productivity of over 3,000 splints per hour, operates safely and reliably, and is easy to use and maintain. It is currently in use at the Bao La bamboo and rattan cooperative in Quang Dien district, Hue city.

Keywords: Bamboo, Bamboo splitting machine, Bamboo slat, Blade assembly.

[1]Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tre là loài cây quen thuộc, gắn bó mật thiết với đời sống của người Việt Nam, không chỉ mang giá trị văn hóa – lịch sử mà còn đóng vai trò quan trọng trong phát triển kinh tế nông thôn và tiểu thủ công nghiệp. Từ lâu, tre đã được sử dụng trong xây dựng, chế tác đồ gia dụng, đồ thủ công mỹ nghệ và ngày càng có giá trị cao trong chuỗi cung ứng toàn cầu nhờ đặc tính bền vững và thân thiện với môi trường. Mây tre đan không chỉ đơn thuần là một nghề thủ công, mà còn chứa đựng những giá trị văn hóa, tinh thần sâu sắc, mang đậm bản sắc văn hóa dân tộc. Nghề mây tre đan là minh chứng cho lối sống gần gũi với thiên nhiên của người Việt [1].

Tại Việt Nam, cây tre phân bố rộng khắp và được tận dụng trong nhiều ngành nghề truyền thống, trong đó có nghề mây tre đan – một trong những nhóm nghề chủ đạo, chiếm hơn 24% số lượng làng nghề trên cả nước [2]. Tuy nhiên, phần lớn cơ sở sản xuất vẫn mang tính thủ công, quy mô nhỏ, thiết bị lạc hậu, chưa được đầu tư cơ giới hóa đồng bộ nên năng suất lao động và chất lượng sản phẩm còn hạn chế.

Theo số liệu trên được Tổng cục Hải quan thống kê. Tính chung trong 3 tháng đầu năm 2024, xuất khẩu sản phẩm mây, tre, cói, thảm đạt 212,07 triệu USD, tăng 28,3% so với cùng kỳ năm 2023 [3].

Ngày nay do nhu cầu các sản phẩm từ cây tre vô cùng lớn và để có một sản phẩm từ tre thì đòi hỏi phải trải qua nhiều giai đoạn hết sức cầu kì, cung phu. Vì vậy trong quá trình tạo ra các sản phẩm đó đòi hỏi phải có thiết bị, máy móc hỗ trợ giúp tăng năng suất làm việc và giảm công sức cho người lao động. Ngoài ra nhờ các thiết bị hỗ trợ giúp sản phẩm làm ra đáp ứng những yêu cầu khắc khe về mặt mỹ thuật và phù hợp với quy trình cơ giới hóa trong các làng nghề.

Hợp tác xã mây tre đan Bao La (xã Quảng Phú, huyện Quảng Điền, thành phố Huế) là một trong những làng nghề tiêu biểu có bề dày hoạt động hơn 17 năm với hơn 140 lao động thường xuyên. Đơn vị đã cho ra đời hàng trăm mẫu sản phẩm xuất khẩu, góp phần gìn giữ và phát huy giá trị văn hóa nghề truyền thống của địa phương [4]. Hợp tác xã Bao La đã trở thành địa điểm sản xuất mây tre thủ công mỹ nghệ nổi tiếng trên toàn quốc và quốc tế [4]. Đây cũng là định hướng phát triển làng nghề theo Kế hoạch của thành phố Huế [5]. Tuy nhiên, một số công đoạn như chẻ nan tre – chiếm đến 1/3 giá trị sản phẩm – vẫn đang thực hiện bằng thủ công, hợp tác xã đã đầu tư máy móc nhưng có độ chính xác thấp, làm gia tăng tỷ lệ phế phẩm và ảnh hưởng đến năng suất chung.

Tính đến hiện nay Việt Nam đã có một số mẫu máy chẻ nan tre có nguồn gốc trong nước như: Công ty cơ khí chế tạo Tuấn Tú, Công ty TNHH Hy Viễn. Tuy vậy, các mẫu máy này vẫn còn một số nhược điểm khi sử dụng tại Hợp tác xã mây tre đan Bao La, Quảng Điền, thành phố Huế, cụ thể như:

- Các sợi tre sau quá trình chẻ có kích thước không đều nhau.
- Tỉ lệ chẻ đạt còn thấp (50 – 60%).
- Các sợi tre sau quá trình chẻ bị dập nát quá nhiều.
- Nan tre được đưa vào từ bàn cấp liệu bị lệch hướng với bộ dao chẻ.
- Phế phẩm sau quá trình chẻ còn quá nhiều.
- Chưa đảm bảo độ bóng đặt ra.

Nghiên cứu cải tiến kết cấu máy chẻ nan tre và thực nghiệm xác định chế độ làm việc hợp lý đã khắc phục những hạn chế trên, nâng cao năng suất, chất lượng làm việc như tỷ lệ chẻ đạt lên tới 80%, kích thước nan tre sau chẻ đồng đều, độ bóng bề mặt đạt yêu cầu.



Hình 1. Hình ảnh máy chẻ nan tre của Công ty TNHH cơ khí chế tạo Tuấn Tú.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Phương pháp nghiên cứu tài liệu

Thu thập và phân tích các tài liệu liên quan đến kỹ thuật cơ khí, máy móc chế biến mây tre, công nghệ sản xuất, cải tiến thiết bị; từ sách, báo cáo khoa học, đề tài nghiên cứu, internet, và tài liệu tại thư viện. Phương pháp này giúp kế thừa các kết quả nghiên cứu trước để định hướng và rút ngắn quá trình triển khai [6].

2.2. Phương pháp khảo sát và thu thập số liệu

Khảo sát thực tế hoạt động tại Hợp tác xã mây tre đan Bao La (Quảng Phú, Quảng Điền, Thừa Thiên Huế); thu thập thông tin về cấu tạo, nguyên lý hoạt động của một số máy chẻ nan tre hiện có trên thị trường, và máy chẻ nan tre của Công ty TNHH cơ khí chế tạo Tuấn Tú đặt tại Hợp tác xã mây tre đan Bao La.

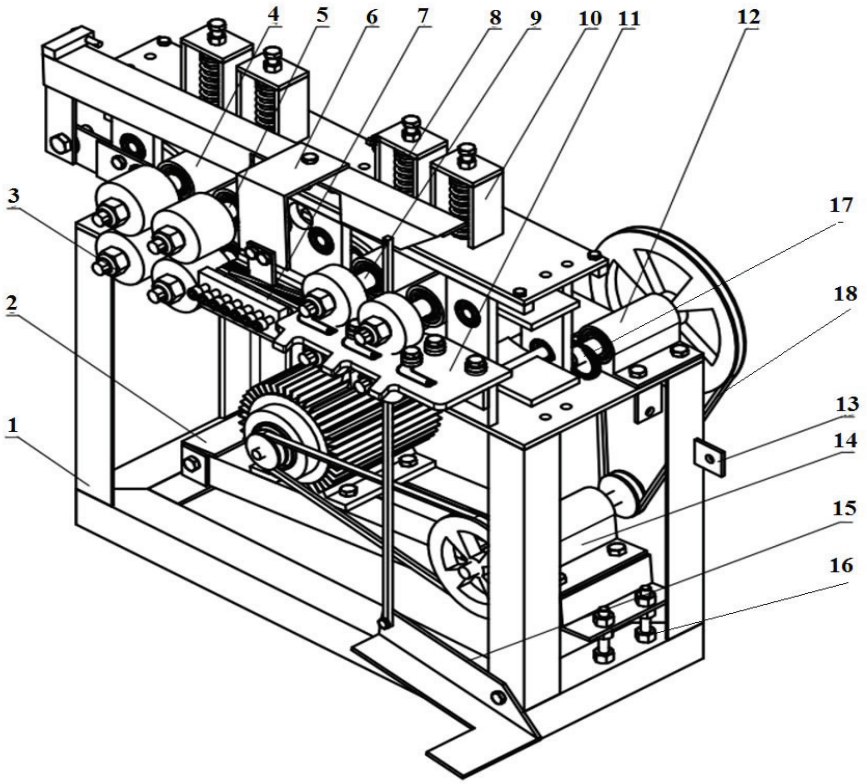
2.3. Phương pháp thiết kế và cải tiến

Tham khảo, phân tích mẫu máy hiện có; từ đó xác định nhược điểm và đề xuất phương án cải tiến, tập trung vào bộ dao chẻ, bộ phận lô cuốn, bộ phận cấp liệu. Áp dụng phần mềm Inventor 2016 để mô hình hóa và thiết kế 3D. Các thông số kỹ thuật được tính toán dựa trên phương pháp giải tích và mô hình toán học. Đồng thời lựa chọn vật liệu phù hợp đảm bảo khả năng chịu lực, hiệu suất và an toàn.

Trên cơ sở máy chẻ nan tre của Công ty TNHH cơ khí chế tạo Tuấn Tú. Nghiên cứu đã sơ đồ hóa cấu tạo máy như hình 2.

Nguyên lí hoạt động: Khi động cơ điện quay, thông qua bộ truyền động đai, truyền động đến đĩa xích chủ động dẫn động các cặp lô cuốn quay ngược chiều nhau. Nan tre được đưa vào từ bàn cấp liệu, tiếp tục đi vào khe hở giữa cặp lô cuốn trước, đến bộ dao

chẻ được tách thành các sợi tre có kích thước nhỏ hơn, các sợi tre tiếp tục đi qua cặp lô cuốn sau và hoàn tất quá trình chẻ. Lò xo có tác dụng nén vỏ nâng trục khi nan tre đi qua khe hở giữa hai lô cuốn nhằm giảm thiểu tình trạng vỡ thanh tre và đảm bảo ma sát cho cặp lô khi đẩy – kéo thanh tre.

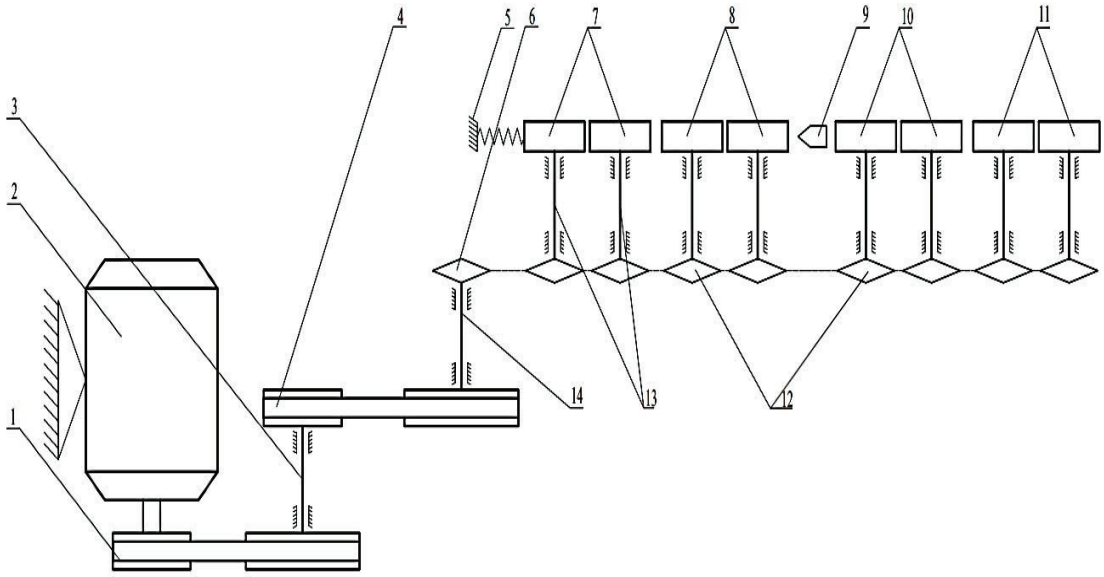


Hình 2. Sơ đồ cấu tạo máy chẻ nan tre.

1. Khung máy; 2. Cụm động cơ và khung giá lắp; 3. Lô cuốn; 4. Gối nâng trục cuốn sau; 5. Trục lô cuốn sau; 6. Cơ cấu định hướng; 7. Bộ dao chẻ; 8. Lò xo nén gối nâng trục cuốn; 9. Trục lô cuốn trước; 10. Khung đỡ lò xo; 11. Bàn cấp liệu; 12. Gối đỡ trục II; 13. Tai lắp nắp bảo vệ đai; 14. Gối đỡ trục I; 15. Bàn đạp điều khiển; 16. Cơ cấu căng đai; 17. Đĩa xích chủ động; 18. Bộ truyền động đai.

Hình 3 mô tả sơ đồ động học của máy chẻ nan tre của Công ty TNHH cơ khí chế tạo Tuấn Tú. Nguyên lí hoạt động như sau:

Khi động cơ điện (2) quay, truyền động đến đĩa xích chủ động (6) thông qua bộ truyền động đai (1) và (4), dẫn động các cặp lô cuốn quay ngược chiều nhau. Nan tre được đưa vào từ bàn cấp liệu, tiếp tục đi vào khe hở giữa cặp lô cuốn (7) và (8), khi đến bộ dao chẻ (9) được tách thành các sợi tre có kích thước nhỏ hơn, các sợi tre tiếp tục đi qua cặp lô cuốn (10) và (11) và hoàn tất quá trình chẻ. Lò xo (5) có tác dụng nén vỏ nâng trục khi nan tre đi qua khe hở giữa hai lô cuốn.



Hình 3. Sơ đồ động học máy.

1. Bộ truyền đai 1; 2. Động cơ điện; 3. Trục I; 4. Bộ truyền đai 2; 5. Lò xo; 6. Đĩa xích chủ động; 7. Cặp lô cuốn 1; 8. Cặp lô cuốn 2; 9. Bộ dao chẻ; 10. Cặp lô cuốn 3; 11. Cặp lô cuốn 4; 12. Đĩa xích bị dẫn; 13. Cặp trục III; 14. Trục II.

2.4. Phương pháp thực nghiệm

Thực hiện thử nghiệm máy chẻ nan tre sau cải tiến tại Xưởng thực hành cơ khí thuộc khoa Cơ khí và Công nghệ, Đại học Nông Lâm, Đại học Huế. Nguyên liệu tre được chọn từ nguồn nguyên liệu tre của Hợp tác xã mây tre đan Bao La. Chuẩn bị 03 mẫu tre có độ ẩm khác nhau (9,5; 16,5 và 34,0%). Sử dụng máy biến tần để thay đổi tốc độ chẻ bằng cách thay đổi tốc độ của động cơ điện (900, 1050, 1200 và 1400 vg/ph). Đánh giá khả năng hoạt động thực tế và chất lượng lát chẻ, so sánh với yêu cầu kỹ thuật của Hợp tác xã. Dựa trên kết quả thực nghiệm, đánh giá hiệu quả cải tiến qua các tiêu chí: năng suất, chất lượng sản phẩm, tính ổn định và khả năng vận hành.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Thiết kế cải tiến một số bộ phận của máy chẻ nan tre

3.1.1 Cải tiến các lô cuốn

+ Hai cặp lô cuốn trước bộ dao chẻ được làm bằng sắt.

+ Hai cặp lô cuốn phía sau bộ dao chẻ làm bằng cao su.

Phương pháo cải tiến: Lô cuốn trước làm bằng thép, lô cuốn sau thay bằng vật liệu cao su để thanh nan tre không bị dập vỡ sau chẻ. Tiện lại đường kính lô cuốn để đảm bảo đường kính tất cả các lô là 78mm. Kiểm tra độ đồng trục của các lô cuốn.



a) Lô cuốn trước khi cải tiến

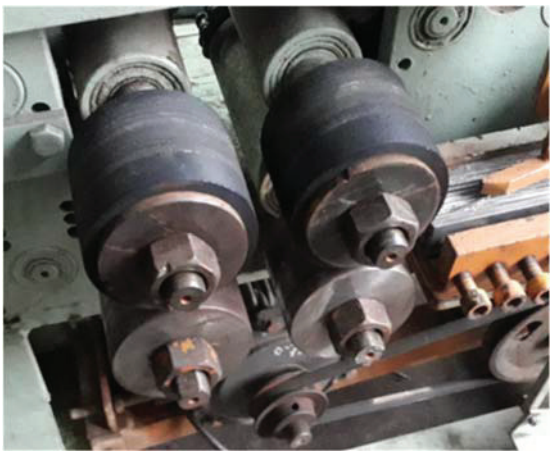


b) Lô cuốn sau khi cải tiến

Hình 4. Lô cuốn phía trước



a) Lô cuốn trước khi cải tiến



b) Lô cuốn sau khi cải tiến

Hình 5. Lô cuốn phía sau.

- Trước bộ dao chẻ: Bố trí 4 lô cuốn I trên các trục tương ứng quay ngược chiều, để kéo và đẩy nan tre vào bộ dao chẻ, bắt đầu chu trình làm việc.

- Sau bộ dao chẻ: Bố trí 4 lô cuốn II trên các trục tương ứng quay ngược chiều, để kéo và đẩy nan tre ra khỏi bộ dao chẻ, hoàn tất chu kì làm việc.

3.1.2. Cải tiến bộ dao chẻ

Thanh tre ban đầu có kích thước 500x10x3mm, chẻ nan tre thành nhiều sợi nhỏ đều nhau (8 – 12 nan), nan tre sau khi chẻ có kích thước 500x1x3 mm. Khắc phục được nhược điểm của dao chẻ cũ cho kích thước không đồng đều, tỷ lệ phế phẩm lớn.

Các công việc thực hiện được trong quá trình cải tiến:

+ Thay đổi kích thước và kết cấu dao chẻ.

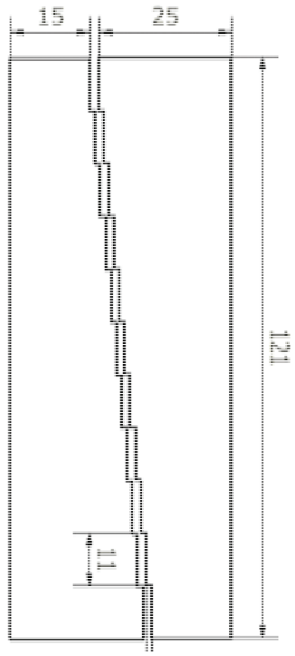
+ Thay đổi cách bố trí dao.

+ Bỏ bớt một số dao.

+ Thiết kế tấm gá dao mới.

+ Phay mặt phẳng của bàn dao.

Kích thước tấm gá dao và kết cấu dao chẻ như hình 6.



a) Bản vẽ tấm gá dao



b) Ảnh thực tấm gá dao



c) Dao chẻ

Hình 6. Tấm gá dao và dao chẻ.

Lưỡi dao sử dụng là dao rọc giấy có kích thước 70x9x0,4 (DxRxD) (mm) với góc sắc là $9,46^0$.

Đối với khi sử dụng dao chẻ cũ (chưa cải tiến) vì bề rộng dao lớn 18mm và góc nghiêng mũi dao 60° thì khi nan tre đi qua sẽ có đọ ma sát với dao mà bề dày lớn thì độ ma sát càng lớn làm cho thanh tre chẻ ra không đạt yêu cầu. Do đó, tiến hành thay đổi dao chẻ có chiều rộng là 9mm, góc nghiêng mũi dao 30° giảm được lực ma sát giữa thanh tre và dao.

Do yêu cầu chẻ nan tre thành nhiều mảnh nhỏ điều nhau, bộ dao chẻ với ưu điểm chắc chắn, có độ chính xác cao (với tấm gá dao được gia công bằng phương pháp cắt dây CNC). Vì vậy, để đảm bảo được yêu cầu này cũng như việc tháo lắp và thay thế một cách đơn giản và thuận tiện. Hình 6. là hệ gá dao trước và sau khi cải tiến.

Nguyên lý hoạt động: Nan tre khi đi qua các cặp lô cuốn được đẩy vào các lưỡi dao chẻ và được tách ra thành nhiều nan có cùng kích thước nhờ các lưỡi dao được mài bén, sắp xếp nối tiếp và so le nhau trên tấm gá dao, tấm gá dao được cố định trên bàn dao và được giữ chặt nhờ các bulong. Bàn dao được liên kết chặt với khung máy thông qua tấm đỡ bàn dao.

3.1.3. Cải tiến bàn cấp liệu

Trong quá trình thực hành thử nghiệm máy: nhận thấy bàn cấp liệu bị lệch sang phải cho nên khi tiến hành chẻ thanh tre có xu hướng bị lệch khỏi hướng thẳng do đó lát chẻ sau khi chẻ ra bị đứt, sơ, gãy và số lát chẻ sau khi chẻ ra chưa đạt yêu cầu.

Các công việc thực hiện được trong quá trình cải tiến:

+ Thay mới lò xo bàn cấp liệu

+ Bố trí lại các ổ bi dẫn hướng trên bàn cấp liệu

+ Cân chỉnh lại bàn cấp liệu

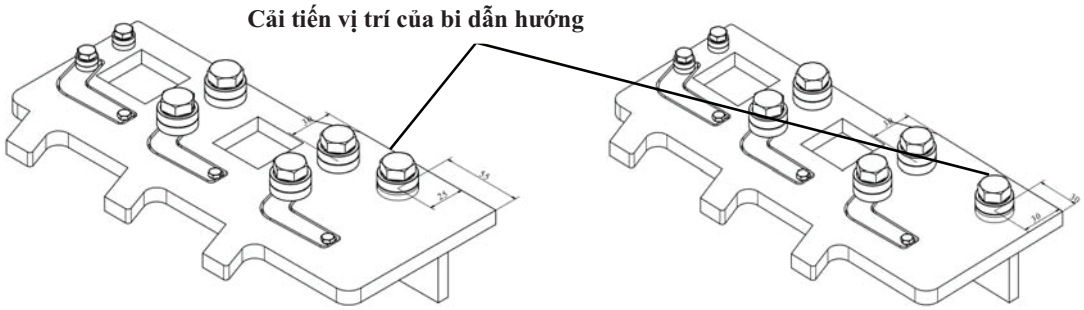
Sau đó, tiến hành điều chỉnh và đưa vào khảo nghiệm nhận thấy kết quả của lát chẻ đạt yêu cầu.



a) Bộ gá dao trước khí cải tiến - bộ gá dao gồm nhiều tấm thép ghép lại

b) Bộ gá dao sau cải tiến - là khối thép được cắt rãnh gá dao bằng máy cắt dây CNC

Hình 7. Bộ gá dao của máy.



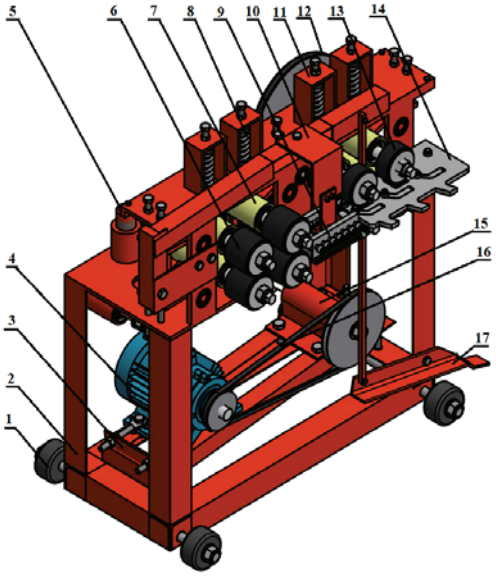
a) Bàn cấp liệu chưa cải tiến

b) Bàn cấp liệu đã cải tiến

Hình 8. Bàn cấp liệu.

3.1.4. Bản vẽ máy hoàn chỉnh sau quá trình cải tiến

Sau khi thực hiện quá trình cải tiến, tiến hành vẽ lại bản vẽ máy chẻ nan tre bằng phần mềm Inventor 2016 như hình 9a và chế tạo mẫu máy cải tiến như hình 9b.





a) Mẫu máy vẽ bằng phần mềm inventor b) Máy thực tế sau quá trình cải tiến

Hình 9. Mẫu máy sau cải tiến.

1. Bánh xe; 2. Khung máy; 3. Bộ phận gá động cơ; 4. Động cơ điện; 5. Bộ phận căng xích; 6. Lô cuốn sau; 7. Gối nâng trục; 8. Lò xo nén trục; 9. Bộ dao chẻ; 10. Cơ cấu định hướng; 11. Khung đỡ lò xo nén; 12. Bộ truyền đai II; 13. Lô cuốn trước; 14. Bàn cấp liệu; 15. Gối đỡ trục I; 16. Bộ truyền đai I; 17. Bàn đạp điều chỉnh

3.2. Kết quả khảo nghiệm từ quá trình cải tiến

3.2.1. Công tác chuẩn bị cho quá trình khảo nghiệm

Khảo sát, xác định loại tre được sử dụng tại Hợp tác xã mây tre Bao La là tre lồ ô, được thu mua từ vùng núi huyện A Lưới, thành phố Huế. Tre sau khi trải qua quá trình phơi đến một độ ẩm thích hợp, sẽ tiến hành cưa thành từng đoạn tre có kích thước phù hợp. Các đoạn tre này tiếp tục được chẻ nhỏ thành các nan tre có kích phù hợp để đưa vào máy để thực hiện quá trình chẻ. Các kích thước nan tre thường dùng tại hợp tác xã (dài x rộng x dày): 400x10x3, 450x10x3, 500x10x3, 600x10x3, 700x10x3. Hình 10. mô tả quá trình chuẩn bị thanh tre.





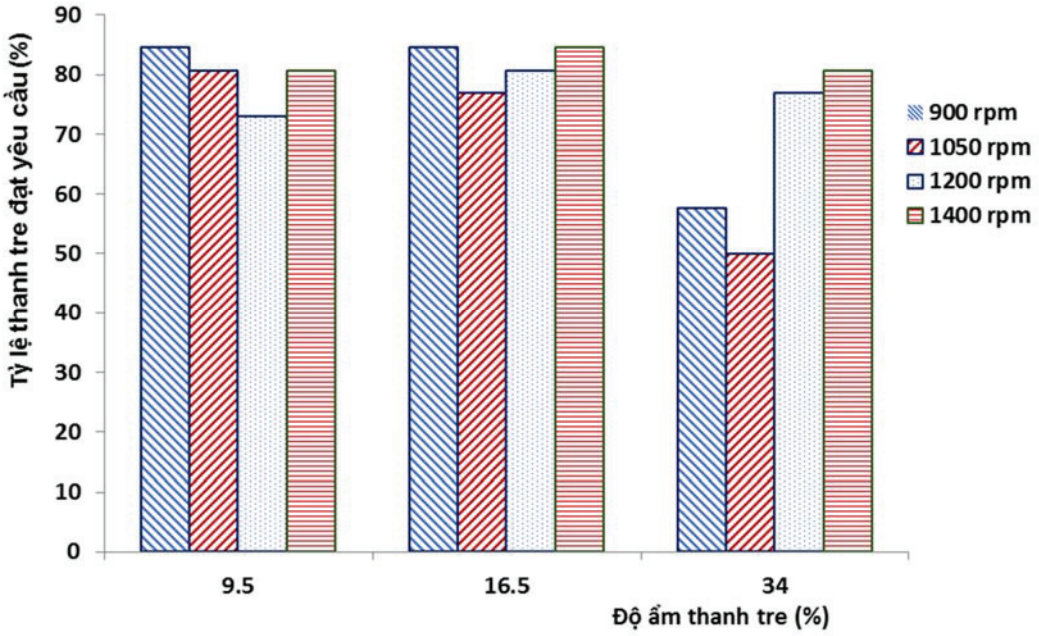


a). Chuẩn bị tre ống *b) Chuẩn bị các thanh tre* *c) Xác định độ ẩm*

Hình 10. Chuẩn bị tre và xác định độ ẩm thanh tre.

3.2.2. Tiến hành khảo nghiệm

Sử dụng biến tần thay đổi tốc độ động cơ động cơ (900, 1050, 1200, 1400 vg/ph), thí nghiệm trên 03 độ ẩm tre khác nhau (9,5; 16,5 và 34%). Kích thước thanh tre trước khi chẻ 500x10x3 (mm). Kết quả như hình 11.



Hình 11. Ảnh hưởng của độ ẩm và tốc độ động cơ đến chất lượng chẻ tre.

Kết quả khảo nghiệm cho thấy, khi máy chưa cải tiến, thanh tre bị xơ và tỷ lệ thanh tre đạt yêu cầu khoảng 50-60%; sau khi cải tiến cho thấy tỷ lệ thanh nan tre đạt yêu cầu nhất là trên 80% và số nan tre chẻ ra đồng đều, không bị dập nát. Ở tốc độ của động cơ thấp (900 vg/ph) thì nan tre chẻ ra vẫn còn bị sơ và độ bóng bề mặt là rất thấp, nhưng khi tăng tốc độ lên thì độ bóng bề mặt dần được cải thiện, độ bóng tốt nhất khi máy làm việc ở tốc độ động là 1200 và 1400 vòng/phút. Trong 03 mức độ ẩm đã chọn, với độ ẩm thanh tre 16,5% cho kết quả chẻ tốt nhất. Máy chẻ đạt năng suất cao hơn 3000 nan/giờ, máy làm việc ổn định và an toàn, dễ vận hành và bảo dưỡng. Một số hình ảnh thanh nan tre sau chẻ như hình 12.







Hình 12. Kết quả chẻ ứng với kích thước 500x10x3.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã thiết kế cải tiến một số bộ phận của máy chẻ nan tre của Công ty TNHH cơ khí chế tạo Tuấn Tú, các bộ phận dao chẻ, lô cuốn, cấp liệu cải tiến làm việc ổn định, an toàn và đáp ứng yêu cầu đặt ra; năng suất máy đạt 3000 nan/h, tỷ lệ nan tre đạt tiêu chuẩn trên 80%, nan tre có kích thước đồng đều, độ bóng đạt yêu cầu và tỷ lệ hao hụt do giảm được lượng nan tre bị dập vỡ. Một số kết luận như sau:

- Máy làm việc đạt năng suất và chất lượng tốt nhất khi độ ẩm nguyên liệu thanh tre khoảng 16,5%, tốc độ máy từ 1200 – 1400 v/ph.

- Các lô cuốn được cải tiến lại nhằm đồng bộ hóa tốc độ dài giảm lực xé khi chẻ; một số lô kéo được thay bằng vật liệu cao su nên không gây dập vỡ nan tre;

- Bộ phận gá dao được cải tiến với gia công cắt dây CNC đảm bảo độ chính xác cao, và thuận lợi khi thay dao mới liên tục trong quá trình làm việc;

- Cải tiến bộ phẫn dẫn hướng đầu vào bằng cách thay đổi vị trí con lăn định hướng thanh tre đầu vào để hoạt động ổn định, an toàn và đáp ứng yêu cầu đặt ra nan tre sau khi chẻ đều đạt kích thước theo chiều dày là 1mm.

Tuy vậy, công đoạn lựa chọn và chuẩn bị tre cần được quan tâm chú ý để đảm bảo năng suất và chất lượng chẻ của máy. Mẫu máy đã được cải tiến bàn giao sử dụng tại Hợp tác xã mây tre đan Bao La, huyện Quảng Điền, thành phố Huế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Viện nghiên cứu tài chính, đầu tư và hợp tác, thương mại Đông Nam Á (2024). Tinh hoa nghệ thuật mây tre đan: hành trình giữ gìn giá trị văn hoá Việt. https://seafit.org.vn/tinh-hoa-nghe-thuat-may-tre-dan-hanh-trinh-giu-gin-gia-tri-van-hoa-viet/

[2]. Bộ công thương - Cục công thương địa phương (2017). Ngành mây tre đan xuất khẩu- Tìm nguồn cung ổn định. Https://ipc1.gov.vn/nganh-may-tre-dan-xuat-khau-tim-nguon-cung-on-dinh/.

[3]. Bảo Thắng (2024). Mây, tre, cói, thảm lập 'kỷ lục 2 năm', hướng tới mục tiêu 'tỷ đô'. Https://nongnghiepmoitruong.vn/tri-thuc-nong-dan/may-tre-coi-tham-lap-ky-luc-2-nam-huong-toi-muc-tieu-ty-do-d381609.html

[4]. TTXVN (2024). Làng nghề mây tre đan Bao La - Nơi truyền thống hòa quyện cùng hiện đại. Https://vietnam.vnanet.vn/vietnamese/long-form/lang-nghe-may-tre-dan-bao-la-noi-truyen-thong-hoa-quyen-cung-hien-dai-366424.html

Ủy ban nhân dân tỉnh Thừa Thiên Huế (2023). Kế hoạch bảo tồn và phát triển làng nghề tỉnh thừa thiên huế đến năm 2030. Thừa Thiên Huế, ngày 19 tháng 12 năm 2023.

[5]. Nguyễn Văn Yến, Vũ Thị Hạnh (2015). Giáo trình Cơ sở thiết kế máy. Nhà xuất bản Xây dựng.

Ngày nhận bài: 9/8/2025

Người phản biện: TS Đoàn Văn Thu - Viện KH Lâm nghiệp Việt Nam

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM SẤY TRÁI SA KÊ THÁI LÁT BẰNG BƠM NHIỆT KẾT HỢP BỨC XẠ HỒNG NGOẠI

Lê Anh Đức[1], Nguyễn Văn Nhanh[2],
Nguyễn Thanh Tân[3], Phạm Văn Kiên[3]

TÓM TẮT

Nghiên cứu tập trung vào ảnh hưởng của các chế độ sấy khác nhau của phương pháp sấy bơm nhiệt kết hợp bức xạ hồng ngoại (hồng ngoại) đến thời gian sấy và sự thay đổi màu sắc của quả sa kê thái lát sau khi sấy. Quá trình sấy thực nghiệm được tiến hành với nhiệt độ tác nhân sấy là 45°C, vận tốc tác nhân sấy là 2,5 m/s và công suất hồng ngoại tại các mức 0 W, 250 W và 350 W, trong đó, chế độ sấy tại mức công suất 0 W tương ứng với chế độ chỉ sấy bơm nhiệt. Kết quả sấy thực nghiệm cho thấy phương pháp sấy bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại tại mức công suất hồng ngoại 350 W đạt tốc độ sấy cao nhất với thời gian sấy ngắn nhất (180 phút), giảm khoảng 25% và 45% so với tại mức công suất hồng ngoại 250 W (240 phút) và chỉ sấy bơm nhiệt (330 phút). Tuy nhiên, sa kê khô sau khi sấy bơm nhiệt duy trì được màu sắc tốt nhất với chỉ số thay đổi màu thấp nhất là 4,59 so với sấy bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại tại mức công suất hồng ngoại 250 W (5,00) và tại mức công suất hồng ngoại 350 W (5,88). Sản phẩm sấy của tất cả các chế độ sấy đều đạt yêu cầu, bề mặt sản phẩm sấy không bị nứt, sản phẩm sấy vẫn giữ được hương vị đặc trưng của sa kê. Kết quả nghiên cứu sẽ là cơ sở cho việc xác định phương pháp sấy và chế độ sấy phù hợp nhằm đạt hiệu quả sấy cao cho các loại nông sản.

Từ khóa: Sa kê, chỉ số thay đổi màu sắc, thời gian sấy, bơm nhiệt, bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại.

STUDY OF EXPERIMENTAL DRYING OF SLICED BREADFRUIT USING HEAT PUMP COMBINED WITH INFRARED RADIATION

ABSTRACT

The study focused on the effect of different drying modes of the heat pump combined with infrared radiation drying method on the drying time and color change of sliced breadfruit after drying. The experimental drying process was carried out with drying air temperature of 45°C, drying air velocity of 2.5 m/s and infrared power of 0 W, 250 W and 350 W, in which, the drying mode at 0 W corresponds to the only heat pump drying mode. The experimental drying results showed that the combined drying method at infrared power of 350 W achieved the highest drying speed with the shortest drying time (180 minutes), reducing by about 25%

[1]Khoa Cơ khí Công nghệ, Trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh
[2]Viện Kỹ thuật Hutech, Trường Đại học Công nghệ TP. Hồ Chí Minh
[3]Khoa Kỹ thuật ô tô, Trường Công Nghệ Văn Lang, Trường Đại học Văn Lang

and 45% compared to at infrared power of 250 W (240 minutes) and the heat pump drying (330 minutes). However, the dried breadfruit after heat pump drying maintained the best color with the lower color change index of 4.59 compared to the combined drying method at the infrared power of 250 W (5.00) and at the infrared power of 350 W (5.88). The dried products of all drying modes met the requirements, the surface of the dried products did not crack, and the dried products still retained the characteristic flavor of breadfruit. The results would be the basis for determining appropriate drying methods and drying modes to achieve high drying efficiency for agricultural products.

Keywords: Breadfruit, color change index, drying time, heat pump, heat pump combined with infrared radiation

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cây sa kê là một loại cây được trồng ở hầu hết các nước nhiệt đới và nhiệt đới ẩm trong đó có Việt Nam. Quả sa kê có thể được dùng làm trái cây hoặc rau. Cây sa kê là một loại cây đa năng có giá trị kinh tế vì nó cho quả có hàm lượng dinh dưỡng cao bao gồm protein, calorie, hàm lượng chất béo bão hòa thấp, ít cholesterol và muối natri và chứa nhiều vitamin C [1, 2]. Sa kê với hàm lượng chất dĩnh dưỡng cao rất có lợi cho sức khoẻ như cải thiện tiêu hóa, giảm nguy cơ mắc bệnh tim mạch, giảm đau cơ xương khớp, giúp mắt sáng khỏe, ngăn ngừa các bệnh nhiễm khuẩn, chống oxy hóa và tăng cường chức năng hệ miễn dịch [1, 3]. Tuy nhiên, giống như nhiều loại nông sản khác, sa kê có hàm lượng ẩm khá cao khoảng 50 – 80% (w.b). Hàm lượng ẩm cao trong nông sản thực phẩm sẽ kích thích hoạt động của vi khuẩn và các phản ứng sinh hóa [4]. Vì vậy, sa kê dễ bị hư thối trong quá trình bảo quản và khó bảo quản sa kê tươi trong thời gian dài [5]. Sấy khô đã trở thành một phương pháp bảo quản nông sản thực phẩm hiệu quả. Quá trình sấy khô là một quá trình truyền nhiệt truyền ẩm diễn ra đồng thời và có bản chất khá phức tạp [6]. Sau quá trình sấy, độ ẩm của sản phẩm sấy khô giảm xuống giúp thời gian sử dụng được kéo dài và có thể bảo quản trong thời gian dài [7]. Quá trình sấy bao gồm ba phương pháp truyền nhiệt như dẫn nhiệt, đối lưu và bức xạ [9]. Có một số công nghệ sấy thông dụng đã được áp dụng để sấy các sản phẩm nông nghiệp bao gồm phơi nắng, sấy đối lưu không khí nóng, sấy bơm nhiệt, sấy chân không, sấy ứng dụng sóng radio, sấy vi sóng, sấy hồng ngoại và sấy kết hợp [10]. Sấy đối lưu không khí nóng được sử dụng rộng rãi vì những ưu điểm chính của nó là tốc độ sấy cao, dễ vận hành và chi phí đầu tư thấp [11]. Tuy nhiên, tác nhân sấy có nhiệt độ cao có thể ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm sấy cả về dinh dưỡng và cảm quan. Trong quá trình sấy bơm nhiệt, tác nhân sấy có ẩm độ thấp và nhiệt độ thấp dưới 60°C, giúp hỗ trợ quá trình khuếch tán ẩm từ bên trong vật liệu ra bề mặt nhanh hơn và rút ngắn thời gian sấy, đồng thời duy trì được chất lượng của sản phẩm sấy [12]. Kỹ thuật sấy sử dụng bức xạ hồng ngoại có một số ưu điểm như tốc độ gia nhiệt cao hơn, thời gian sấy ngắn hơn, giúp duy trì được chất lượng sản phẩm sấy cao [13]. Cơ chế gia nhiệt hồng ngoại (IR) hoạt động dựa trên việc truyền năng lượng nhiệt thông qua bức xạ điện từ, mà cụ thể là tia hồng ngoại. Tia hồng ngoại từ nguồn nhiệt

như đèn hồng ngoại được hấp thụ bởi vật liệu và chuyển hóa thành nhiệt bên trong vật liệu sấy và hỗ trợ tăng tốc độ gia nhiệt [14, 15]. Kỹ thuật sấy kết hợp IR với các phương pháp sấy khác như sấy đối lưu không khí nóng và sấy bơm nhiệt có thể xem là phương pháp sấy hiệu quả cho các loại nông sản [16 – 19]. Đã có một số nghiên cứu trước đây về sấy quả sa kê để xác định hiệu quả của phương pháp sấy và chất lượng sản phẩm sa kê khô cũng như xác định một số thông số của quá trình sấy. Famurewa và cộng sự (2015) [20] đã thực nghiệm sấy quả sa kê thái lát bằng ba phương pháp như phơi nắng, sấy đối lưu không khí nóng bằng tủ sấy và sấy đối lưu không khí nóng bằng lò sấy dùng nhiên liệu sinh khối. Kết quả thực nghiệm cho thấy sản phẩm sấy duy trì được hàm lượng Protein cao nhất đối với phương pháp sấy đối lưu không khí nóng bằng tủ sấy và thấp nhất là phơi nắng. Trong khi đó, màu sắc của sa kê khô bị đổi màu đậm hơn khi sấy đối lưu không khí nóng so với khi phơi nắng. Denni và cộng sự (2017) [21] đã thực nghiệm sấy quả sa kê thái lát bằng phương pháp đối lưu không khí nóng với dải nhiệt độ sấy là 50°C, 60°C, 70°C, và 80°C. Kết quả thực nghiệm xác định được chế độ sấy tại 60°C là hiệu quả nhất với thời gian sấy ngắn khoảng 100 phút, sản phẩm sấy duy trì được hình dạng màu sắc tốt nhất. Trong khi đó, chế độ sấy 80°C cho thời gian sấy ngắn nhất nhưng sản phẩm sấy bị cong vênh, nứt nhiều và màu sắc bị chuyển sang màu nâu đậm. Camille và cộng sự (2017) [22] đã thực nghiệm sấy quả sa kê thái lát bằng tủ sấy đối lưu không khí nóng với nhiệt độ tác nhân sấy là 21°C, 40°C, 55°C và tốc độ tác nhân sấy là 2,5 và 4,6 m/s. Kết quả thực nghiệm đã xác định được ảnh hưởng của các thông số đầu vào đến quá trình sấy. Trong đó, nhiệt độ và tốc độ tác nhân sấy tăng giúp giảm đáng kể thời gian sấy và nhiệt độ sấy là yếu tố chính quyết định thời gian sấy. Taruna và cộng sự (2018) [23] đã nghiên cứu thực nghiệm sấy quả sa kê thái lát bằng lò sấy vi sóng với công suất vi sóng là 420 W, 540 W và 720 W nhằm xác định mức độ ảnh hưởng của công suất vi sóng đến một số tính chất vật lý của sản phẩm sấy. Kết quả thực nghiệm cho thấy khi tăng công suất vi sóng giúp giảm thời gian sấy đáng kể, trong khi đó lại khiến giá trị của thông số khả năng hấp thụ ẩm và chỉ số thay đổi màu chung (ΔE) tăng. Màu sắc của sa kê khô có độ tươi sáng hơn tại mức công suất vi sóng cao hơn do thời gian tiếp xúc với nhiệt độ của vật liệu được rút ngắn đáng kể. Jassin và cộng sự (2022) [24] đã có nghiên cứu thực nghiệm sấy lớp mỏng quả sa kê bằng tủ sấy đối lưu không khí nóng với nhiệt độ sấy trong khoảng từ 55 đến 65°C. Kết quả xác định được nhiệt độ sấy tăng giúp tăng tốc độ sấy với hệ số khuếch tán ẩm hiệu quả tăng từ 6,49114^{-12} m^2/s đến 1,.29823^{-11} m^2/s.

Hầu như chưa có nghiên cứu nào về sấy quả sa kê bằng bơm nhiệt kết hợp với bức xạ hồng ngoại. Trong khi đó, phương pháp kết hợp này có thể coi là rất hiệu quả dùng để sấy quả sa kê. Sấy bằng bơm nhiệt với tác nhân sấy có nhiệt độ thấp giúp duy trì được chất lượng cảm quan và dinh dưỡng của sa kê khô. Bên cạnh đó, bức xạ hồng ngoại sẽ giúp tăng tốc độ gia nhiệt vật liệu và giảm thời gian sấy. Mục tiêu của nghiên cứu là tiến hành sấy thử nghiệm quả sa kê thái lát bằng phương pháp sấy bơm nhiệt kết hợp IR nhằm đánh giá hiệu quả của các chế độ sấy. Trong đó, các thông số đầu ra của quá trình sấy là

thời gian sấy và chỉ số thay đổi màu của sa kê khô.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu sấy

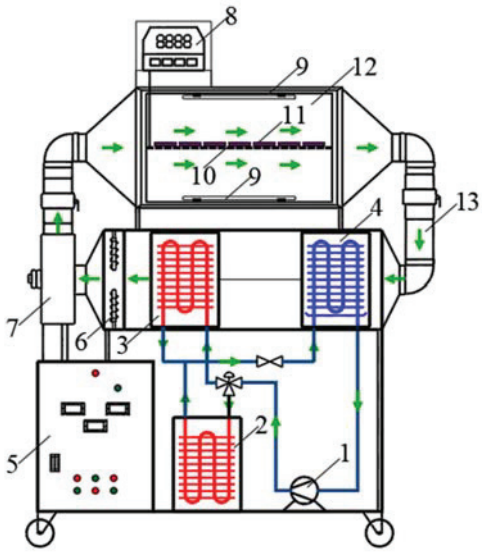
Vật liệu sấy là quả sa kê tươi mua tại Chợ nông sản Thủ Đức, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam. Quả sa kê được rửa sạch, gọt vỏ và thái lát dày 2,5 mm. Độ ẩm ban đầu của các các lát sa kê tươi là 75,5 ± 0,1 (%, w.b). Khối lượng sa kê là 2 kg cho mỗi mẻ sấy. Các lát sa kê tươi được cho như trong Hình 1.



Hình 1. Các lát sa kê tươi

2.2. Phương pháp thực nghiệm sấy

Máy sấy bơm nhiệ kết hợp hồng ngoại được sử dụng cho thí nghiệm sấy có sơ đồ nguyên lý như trong Hình 2.



Hình 2. Máy sấy bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại

Trong đó, 1. Máy nén; 2. Dàn ngưng tụ; 3. Dàn ngưng tụ phụ 4. Dàn bay hơi; 5. Bộ điều khiển điện; 6. Nhiệt điện trở; 7. Bơm không khí; 8. Cân điện tử; 9. Bóng hồng ngoại; 10. Khay sấy; 11. Mẫu lát sa kê; 12. Buồng sấy; 13. Ống dẫn không khí

Máy sấy bao gồm một bộ bơm nhiệt và hai bóng hồng ngoại được lắp đặt bên trong buồng sấy. Bộ bơm nhiệt hoạt động với công suất lớn nhất là 0,75 kW và các bóng hồng

ngoại có bước sóng điện từ trong khoảng 0,76 - 1.000µm, tần số 50Hz và công suất hoạt động là 250 và 350W. Bơm không khí sẽ hút và đẩy không khí (tác nhân sấy) lưu thông qua bộ bơm nhiệt lần lượt qua các bộ phận của bơm nhiệt như máy nén, dàn ngưng tụ, van tiết lưu và dàn bay hơi. Sau khi lưu thông qua bộ bơm nhiệt, tác nhân sấy sẽ đạt được nhiệt độ, độ ẩm và vận tốc xác định. Tác nhân sấy tiếp tục đi vào buồng sấy và kết hợp với năng lượng bức xạ hồng ngoại để thực hiện quá trình sấy.

Độ ẩm ban đầu của các mẫu sa kê được xác định bằng máy phân tích độ ẩm (YOKE DSH-50A-1), khối lượng mẫu phân tích tối đa: 50 g ± 0,01%, phạm vi độ ẩm được phân tích: 0 – 100%.

Cân điện tử (OHAUS SPX2202) có giá trị đo chuẩn là 2200 ± 0,01 g được sử dụng để cân các mẫu sa kê trong quá trình sấy. Quá trình cân được thực hiện sau mỗi 30 phút 1 lần trong suốt quá trình sấy cho đến khi các mẫu sa kê đạt được độ ẩm là 12 ± 0,1 (%, w.b). Quá trình cân được thực hiện 3 lần và lấy giá trị trung bình. Ẩm độ của vật liệu tại thời điểm sấy t được xác định theo công thức (1) [25].

$$M_t = 100 - \frac{W_0}{W_t}(100 - M_0) \qquad (1)$$

Trong đó: M_t: độ ẩm của sa kê tại thời điểm sấy t (% wb.); M_0: độ ẩm ban đầu của sa kê (% wb.); W_t: khối lượng sa kê tại thời điểm sấy t (g); W_0: khối lượng ban đầu của sa kê (g). (wb là ẩm độ theo cơ sở ướt)

Máy đo màu X-rite (Ci64) được sử dụng để xác định các chỉ số màu sắc của các mẫu sa kê tươi và khô dựa trên thang màu CIELab. Mười lát sa kê cho mỗi mẻ sấy được chọn để đo màu sắc và lấy giá trị đo trung bình. Các chỉ số đặc trưng cho sự thay đổi màu sắc của sản phẩm sấy khô được xác định theo công thức (2).

$$\Delta L^* = L_0 - L^*; \Delta a^* = a_0 - a^*; \Delta b^* = b_0 - b^* \qquad (2)$$

Sự thay đổi màu sắc tổng thể của sa kê được xác định bằng chỉ số thay đổi màu sắc tổng thể ΔE* được xác định theo công thức (3) [25].

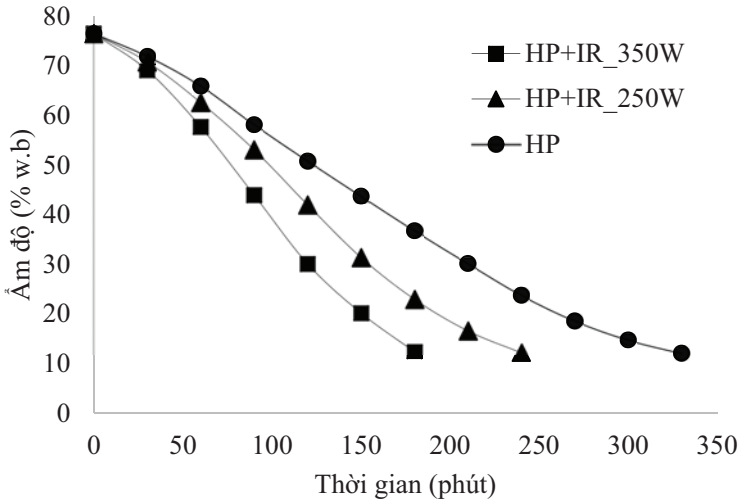
$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \qquad (3)$$

Trong đó, giá trị L (màu sáng) thay đổi trong khoảng từ 0 (đen) đến 100 (trắng); giá trị a (màu đỏ và xanh) thay đổi trong khoảng từ 0 đến 60 (đỏ) hoặc 0 đến -60 (xanh); giá trị b (màu vàng và xanh lá cây) thay đổi trong khoảng từ 0 đến 60 (vàng) hoặc 0 đến -60 (xanh lá cây).

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của các chế độ sấy đến thời gian sấy

Xu hướng giảm ẩm của các mẫu sa kê trong quá trình sấy bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại được trình bày dưới dạng đồ thị như trong Hình 3.



Hình 3, Đồ thị giảm ẩm trong quá trình sấy sa kê

Như trong Hình 3, xu hướng giảm ẩm của các mẫu sa kê trong quá trình sấy bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại ở các chế độ sấy khác nhau có xu hướng tương tự nhau và phù hợp với lý thuyết đường cong động học quá trình sấy. Trong quá trình sấy bơm nhiệ kết hợp hồng ngoại, sự hỗ trợ của cơ chế gia nhiệt bằng IR đã cải thiện tốc độ sấy và giảm đáng kể thời gian sấy so với chỉ sấy bằng bơm nhiệt, và khi tăng công suất hồng ngoại sẽ giúp tăng tốc độ sấy. Thời gian sấy cần thiết để ẩm độ của sa kê giảm xuống còn 12 (%, w.b) là 330, 270 và 210 phút tương ứng với công suất hồng ngoại là 0, 250 và 350 W. Ở công suất hồng ngoại là 350 W, thời gian sấy có thể giảm tới 25% và 45% so với thời gian sấy ở công suất hồng ngoại là 250 W và 0 W. Điều này được giải thích trên cơ sở của cơ chế gia nhiệt bằng hồng ngoại, trong đó bức xạ điện từ tác động lên bề mặt vật liệu sấy, gây ra những thay đổi về trạng thái của các các nguyên tử và phân tử bên trong vật liệu [26]. Khi vật liệu hấp thụ năng lượng bức xạ hồng ngoại, các phân tử bên trong vật liệu sẽ rung động ở tần số cao và ma sát giữa các phân tử dẫn đến sự gia nhiệt bên trong vật liệu và nhiệt độ bề mặt tăng nhanh, nhanh hơn nhiều so với truyền nhiệt dẫn nhiệt và đối lưu [14, 15]. Kết quả là tốc độ sấy trong quá trình sấy bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại được cải thiện.

3.2. Ảnh hưởng của các chế độ sấy đến màu sắc của vật liệu sấy

Chỉ số thay đổi màu của vật liệu sấy ứng với chế độ sấy khác nhau được trình bày ở trong Bảng 1. Sản phẩm sấy của các chế độ sấy khác nhau được thể hiện trong Hình 4.

Bảng 1. Giá trị các chỉ số thay đổi màu sắc

Chế độ sấy	Chỉ số thay đổi màu			
	L*	a*	b*	ΔE*
Chỉ sấy bơm nhiệt	78,65	1,01	2,95	4,59
Sấy HP kết hợp IR tại công suất 300W	79,02	2,67	4,82	5,00

Sấy HP kết hợp IR tại công suất 350W	78,09	2,74	4,95	5,88
Mẫu sa kê tươi	83,24	0,96	2,75	–



(a) (b) (c)

Hình 4. Các mẫu sa kê khô tương ứng với các chế độ sấy bơm nhiệt (a), bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại tại công suất 250 W (b) và bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại tại công suất 350 W (c)

Bảng 1 cho thấy giá trị chỉ số thay đổi màu sắc tổng thể (ΔE*) của sa kê khô đạt giá trị cao nhất (5,88) đối với chế độ sấy bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại tại mức công suất 350W, tiếp theo là chế độ sấy bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại tại mức công suất 250W (5,00) và thấp nhất là chế độ sấy chỉ dùng bơm nhiệt (4,59). Điều này chỉ ra rằng màu sắc của sa kê khô trong quá trình sấy bơm nhiệt có sự thay đổi nhỏ nhất sau khi sấy. Sự thay đổi màu sắc được cho là do quá trình hóa nâu do enzym bởi sự khác biệt trong các hợp chất phenolic trong vật liệu sẽ dẫn đến quá trình hóa nâu do oxy hóa của vật liệu [27].

Giá trị độ sáng (L*) của quá trình sấy bằng bơm nhiệt (78,65), quá trình sấy bằng bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại tại mức công suất 250W (79,02), quá trình sấy bằng bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại tại mức công suất 350W (78,09) cho thấy chế độ sấy bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại tại mức công suất 250W, sa kê khô trở nên sáng hơn so với các chế độ sấy khác. Điều này được giải thích bởi yếu tố thời gian sấy. Khi thời gian sấy của chế độ sấy bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại tại mức công suất 250W ngắn hơn so với chỉ sấy bơm nhiệt sẽ giảm thời gian tiếp xúc của vật liệu và không khí nóng nên giúp màu sắc của vật liệu sáng hơn. Tuy nhiên ở chế độ sấy bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại tại mức công suất 350W tuy có thời gian sấy ngắn nhất nhưng với công suất hồng ngoại cao 350W sẽ khiến bề mặt của vật liệu bị tác động bởi bức xạ quá lớn sẽ khiến màu sắc bị đổi màu đậm hơn [28]. Giá trị chỉ số a* cao nhất đối với chế độ sấy bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại tại mức công suất 350W (2,74), tiếp theo là chế độ sấy bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại tại mức công suất 250W (2,67) và thấp nhất là đối với chế độ sấy bơm nhiệt (1,01). Điều này chứng tỏ dưới tác động của bức xạ hồng ngoại sẽ khiến màu sắc của vật liệu bị biến đổi sang màu đỏ nhiều hơn. Tương tự, chế độ sấy bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại tại mức công suất 350W có giá trị b* lớn nhất (4,95) tiếp theo là chế độ sấy bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại tại mức công suất 250W (4,82) và thấp nhất là đối với chế độ sấy bơm nhiệt (2,95). Điều này chứng tỏ chế độ sấy bơm nhiệt tuy thời gian sấy lâu hơn nhưng bề mặt

vật liệu không bị tác động bởi bức xạ hồng ngoại nên vật liệu duy trì được màu vàng nhạt đặc trưng của sa kê tốt hơn. Trong khi đó, chế độ sấy bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại cho màu sắc của sản phẩm bị đổi màu sang vàng đậm hơn và khi tăng công suất hồng ngoại thì nức độ tắc động của bức xạ sẽ tăng khiến vật liệu chuyển màu vàng đậm nhiều hơn [28].

Bên cạnh đó, Hình 4 cho thấy sa kê khô sau khi sấy bằng bơm nhiệt có khả năng giữ màu tốt nhất, sản phẩm vẫn giữ được màu vàng nhạt tươi của mẫu sa kê tươi. Mặc dù sản phẩm sấy bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại vẫn giữ được màu sắc đặc trưng của sa kê tươi, nhưng màu vảng nhạt của sa kê giảm và màu của sa kê chuyền sang màu sẫm hơn so với sấy bơm nhiệt do tác dụng nhiệt của năng lượng hồng ngoại trong quá trình sấy. Nhìn chung, sản phẩm sấy khô của ba chế độ sấy đều đạt yêu cầu, bề mặt sản phẩm không bị nứt, sản phẩm sấy khô vẫn giữ được hương vị đặc trưng của sa kê. Chất lượng bề mặt và hương vị của sản phẩm sấy khô được đánh giá thông qua các giác quan của con người.

4. KẾT LUẬN

Thực nghiệm sấy quả sa kê thái lát bằng phương pháp sấy bơm nhiệt kết hợp bức xạ hồng ngoại tại ba mức công suất 350 W, 250 W và 0 W (chỉ sấy bơm nhiệt) với nhiệt độ tác nhân sấy là 45°C, vận tốc tác nhân sấy là 2,5 m/s. Kết quả sấy cho thấy sấy bằng bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại tại mức công suất 250 W và 350 W đạt tốc độ sấy cao và rút ngắn thời gian sấy đáng kể so với chỉ sấy bơm nhiệt. Trong đó, thời gian sấy của sấy bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại tại mức công suất 350 W giảm khoảng 25% và 45% so với tại mức công suất 250 W và chỉ sấy bơm nhiệt. Mặc dù thời gian sấy của sấy bơm nhiệt lâu hơn hai chế độ sấy còn lại, nhưng sản phẩm sấy bơm nhiệt lại đạt chất lượng tốt nhất khi sản phẩm sấy vẫn giữ nguyên màu vàng nhạt tươi ban đầu của mẫu sa kê tươi. Nhìn chung, sản phẩm sấy của ba chế độ sấy đều đạt yêu cầu về hiệu quả sấy, bề mặt sản phẩm không bị nứt, sản phẩm sấy vẫn giữ được hương vị đặc trưng của sa kê.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Sa'eed Halilu Bawa, Marquitta Webb (2016). Nutritional and health effects of the consumption of breadfruit. Tropical Agriculture, 93(5), 52 - 69

2. Correa, D. A., Gallo-García, L. A., González-Morelo, K. J. (2017). Determination of the Moisture and Oil Thermal Diffusivity Coefficients in Breadfruit (Artocarpus altilis) During Vacuum Frying. International Journal of Engineering and Technology, 9(6), 4012–4018.

3. Adeoye Babatunde Kazeem, Alao Adeyinka Idowu, Famurewa John Alaba Victor (2018). Effect of Drying Temperature on the Chemical Qualities of Breadfruit. International Journal of Food Science and Biotechnology, 3(1), 1-6.

4. Kaveh M., Sharabiani V.R., Chayjan R.A., Taghinezhad E., Abbaspour-Gilandeh Y., Golpour I. (2018). ANFIS and ANNs model for prediction of moisture diffusivity and specific energy consumption potato, garlic and cantaloupe drying under a convective hot air dryer. Information Processing in Agriculture, 5, 372–387.

5. Chen X., Li X., Mao X., Huang H., Wang T., Qu Z., Miao J., Gao W. (2017). Effects of drying processes on starch-related

physicochemical properties, bioactive components and antioxidant properties of yam flours. Food Chemistry, 224, 224–232.
6. Doymaz I. (2011). Thin-layer drying characteristics of sweet potato slices and mathematical modeling. Heat and Mass Transfer, 47, 277–285.
7. Abbaspour Gilandeh Y., Jahanbakhshi A., Kaveh M. (2019). Prediction kinetic, energy, and exergy of quince under hot air dryer using ANNs and ANFIS. Food Science and Nutrition, 5, 594–611.
8. Srikanth K.S., Sharanagat V.S., Kumar Y., Bhadra R., Singh L., Nema P.K., Kumar V. (2019). Convective drying and quality attributes of elephant foot yam (Amorphophallus paeoniifolius). LWT - Food Science and Technology, 99, 8–16.
9. Liu Z., Bia J., Wang S., Meng J., Wang H., Yu X., Gao Z., Xiao H. (2019). Prediction of energy and exergy of mushroom slices drying in hot air impingement dryer by an artificial neural network. Drying Technology, 38, 1959-1970.
10. Kaveh M., Jahanbakhshi A., Abbaspour Gilandeh Y., Taghinezhad E., Moghimi M.B.F. (2018). The effect of ultrasound pre-treatment on quality, drying, and thermodynamic attributes of almond kernel under convective dryer using ANNs and ANFIS network. Journal of Food processing engineering, 41, 123–134.
11. Omari, A., Behroozi-Khazaei, N., Sharifian, F. (2018). Drying kinetics and artificial neural network modeling of the mushroom drying process in a microwave-hot air dryer. Journal of Food Processing Engineering, 41, 1–10.
12. Fakhreddin Salehi (2021). Recent applications of heat pump dryer for drying of fruit crops: A Review. International Journal of Fruit Science, 21, 546-555.
13. Rastogi N.K. (2012). Recent trends and developments in infrared heating in food processing. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 52, 737–760.
14. Fasina O., Tyler B., Pickard M., Zheng G.H., Wang N. (2001). Effect of infrared heating on the properties of legume seeds. International Journal of Food Science and Technology, 36, 79–90.
15.Dan Huang, Pei Yang, Xiaohong Tang, Lei Luo, Bengt Sunden (2021). Application of infrared radiation in the drying of food products. Trends in Food Science & Technology, 110, 765-777.
16. Onwude D.I., Hashim N., Abdan K., Janius R., Chen G. (2019). The effectiveness of combined infrared and hot-air drying strategies for sweet potato. Journal of Food Engineering, 241, 75–87.
17. Qu F., Zhu X., Ai Z, Ai Y., Qiu F., Ni D. (2019). Effect of different drying methods on the sensory quality and chemical components of black tea. LWT - Food Science and Technology, 99, 112–118.
18. Wu X.F., Zhang M., Bhandari B. (2019). A novel infrared freeze drying (IRFD) technology to lower the energy consumption and keep the quality of Cordyceps militaris. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 54, 34–42.
19. Xie L., Mujumdar A.S., Fang X.M., Wang J., Dai J.W., Du Z.L., Xiao H.W., Liu Y., Gao Z.J. (2017). Far-infrared radiation heating assisted pulsed vacuum drying (FIR-PVD) of wolfberry (Lycium barbarum L.):

effects on drying kinetics and quality attributes. Food and Bioproducts Processing, 102, 320–331.
20. Famurewa, J.A.V., Esan, Y.O., Pele, G.I., Arewa O. A. (2015). Effect of Maturity and Drying Methods on Rheological and Physico-Chemical Properties of Reconstituted Breadfruit (Artocarpus altilis) Flour. IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN), 5(2), 1 -9.
21. Denni Kartika Sari, Retno Sulistyo Dhamar Lestari (2017). The Production of Breadfruit Flour: Effect of Heater Temperature to the Drying rate and time of the Breadfruit. Journal of Behavior Analysis and Therapy (JBAT), 6 (1), 20-24
22. Camille George, Quinn Mogil, Michaela Andrews, George Ewing (2017). Thin layer drying curves for shredded breadfruit (Artocarpus altilis). Journal of Food Processing and Preservation, 41, pp. e13146.
23. Taruna I., Hakim A. L., Sutarsi (2008). Physical quality characteristics of the microwave-dried breadfruit powders due to different processing conditions. Proceeding of IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, IOP publishing, 131 (2018), pp. 012008.
24. Jassin E., Mursalim, Salengke, Achmad M. (2022). Moisture Diffusivity and Activation Energy on Breadfruit (Artocarpus Altilis) Drying. International Journal of Innovative Science and Research Technology, 7(8), 488 – 493.
25. Le Anh Duc, Nguyen Lan Phuong (2021). The effects of infrared radiation drying conditions on drying properties of shell shrimp, Lecture Notes in Mechanical Engineering book series (AMAS2021), pp. 727–733.
26. Sakai N., Hanzawa T. (1994). Applications and advances in far-infrared heating in Japan. Trends in Food Science and Technology, 5(11), 357–362.
27. Santos P.H.S., Silva M.A. (2008). Retention of vitamin C in drying process of fruits and Vegetables – A review. Drying Technology, 26, 1421–1437.
28. Le Anh Duc, Phan Van Phuc, Pham Van Kien, 2023. The Effects Of Different Drying Methods On Sliced Purple Yam Drying, Proceeding of The 2023 International Conference on Sustainable Energy Technologies (ICSET2023), 10/11/2023, Ho Chi Minh City, Vietnam, 193 – 200.

Ngày nhận bài : 18/7/2025
Người phản biện : TS Nguyễn Văn Lành – ĐH Nông lâm Tp. HCM

BÀI BÁO: "NGHIÊN CỨU MỘT SỐ THÔNG SỐ CHÍNH CỦA MÁY BÓC VỎ XANH QUẢ MẮC CA"

Trần Đức Tuấn[1], Vũ Hữu Hoàng[1], Nguyễn Xuân Biên[1], Ngô Văn Phương[1], Trần Văn Hoàn[1], Mai Văn Hởi[1]

TÓM TẮT

Bài báo trình bày quá trình nghiên cứu, tính toán và thiết kế máy bóc vỏ xanh quả mắc ca với năng suất 500 kg/giờ nhằm đáp ứng nhu cầu cơ giới hóa khâu sơ chế sau thu hoạch mắc ca. Nghiên cứu dựa trên các nguyên lý phá vỡ cấu trúc lớp vỏ xanh thông qua lực ma sát và nén ép. Bằng việc khảo sát các thông số cơ lý của quả mắc ca, lựa chọn cấu tạo hợp lý cho cụm bóc vỏ và tối ưu hóa các thông số vận hành như tốc độ trục, lực ép và kích thước khe hở, máy được thiết kế với khả năng bóc sạch trên 95%, tỉ lệ tổn thất nhỏ hơn 2% và dễ dàng bảo trì. Bài báo bao gồm phân tích nguyên lý làm việc, tính toán các bộ phận chính, mô phỏng sơ đồ kết cấu và đề xuất hướng hoàn thiện, kiểm nghiệm thực tế trong tương lai.

Từ khóa: Mắc ca, bóc vỏ xanh, thiết kế máy.

RESEARCH ON SOME MAIN PARAMETERS OF MACADAMIA GREEN PEELING MACHINE

ABSTRACT

The article introduces the research, calculation, and design of a green husk peeling machine for macadamia nuts with a capacity of 500 kg/hour, aiming to meet the mechanization needs of post-harvest processing. The article is based on principles of breaking the structure of the green husk through friction and compression forces. By analyzing the physical and mechanical properties of macadamia nuts, selecting an appropriate structure for the peeling unit, and optimizing operational parameters such as shaft speed, pressing force, and clearance size, the machine is designed to achieve over 95% peeling efficiency, with a loss rate of less than 2%, and easy maintenance. The article includes an analysis of the working principles, calculations of the main components, a structural diagram simulation, and proposes directions for future completion and practical testing.

Keywords: Macadamia, green husk peeling, machine design.

[1]Viện Cơ điện nông nghiệp và Công nghệ STH

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngành công nghiệp sơ chế và bảo quản hạt mắc ca trên thế giới đang phát triển nhanh chóng. Trong 15 năm qua (2010–2024), sản lượng nhân sơ chế đã tăng từ 27.894 tấn lên 91.800 tấn. Nhu cầu tiêu thụ nhân mắc ca dự báo tiếp tục tăng mạnh, do hiện tại mắc ca chỉ chiếm khoảng 1% trong tổng lượng tiêu thụ các loại hạt toàn cầu. Dự kiến đến năm 2030, nguồn cung mắc ca toàn cầu mới chỉ đáp ứng được khoảng 50% nhu cầu thị trường (INC, 2024) [1].

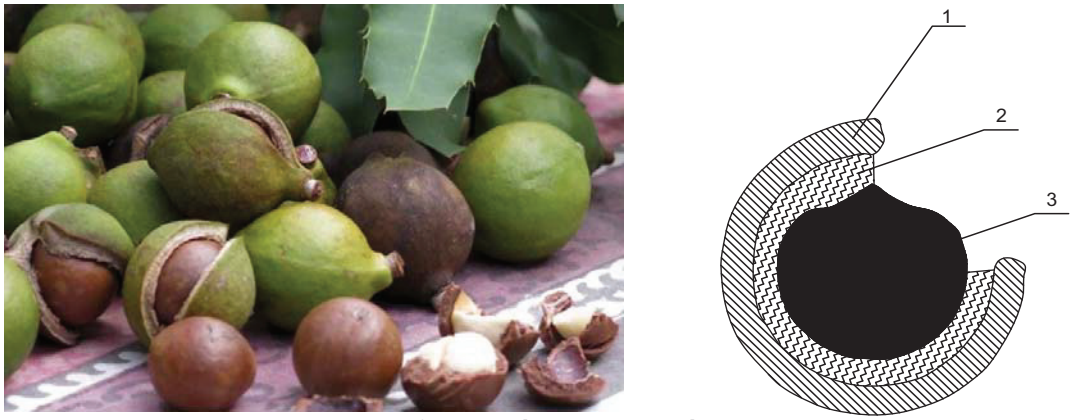
Tính đến năm 2024, Việt Nam có 28 tỉnh trồng mắc ca với khoảng 20.000 ha, sản lượng đạt gần 9.000 tấn hạt tươi – tăng gấp 34 lần so với năm 2015. Việc phát triển mắc ca mang lại hiệu quả kinh tế rõ rệt, nhất là tại vùng Tây Nguyên và Tây Bắc. Tuy nhiên, một trong những khó khăn lớn hiện nay là quá trình sơ chế sau thu hoạch, ngành công nghiệp hạt mắc mắc ca trong nước bắt đầu muộn, thiếu máy móc thiết bị trong các công đoạn chế biến. Công đoạn bóc và tách vỏ xanh hầu như được thực hiện bằng tay hoặc máy móc thô sơ không đảm bảo năng suất, làm tăng tỷ lệ hư hỏng nhân và gây lãng phí đồng thời ảnh hưởng tới chất lượng sản phẩm. Hiện nay, hầu hết các máy bóc vỏ xanh đều áp dụng quy trình phân loại rồi mới thực hiện bóc vỏ xanh, chỉ có thể bóc những quả có cùng đường kính hoặc đường kính chênh lệch nhỏ sau phân loại.

Trước những nhược điểm còn tồn tại như trên cũng như tính đến đặc điểm cấu tạo quả mắc ca, phạm vi đường kính quả và độ bền cơ học của lớp vỏ xanh. Đề tài ***"Nghiên cứu công nghệ, thiết kế và chế tạo hệ thống thiết bị đồng bộ để sơ chế và bảo quản hạt mắc ca tại Đăk Nông và vùng Tây Nguyên"*** đã thực hiện nghiên cứu, thiết kế máy bóc vỏ xanh quả mắc ca áp dụng nguyên lý "ép + lăn" để có thể bóc được các quả mắc ca có đường kính khác nhau đồng thời có thể tự động hóa, mở rộng năng suất và tích hợp vào dây chuyền đồng bộ sơ chế bảo quản hạt mắc ca.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU VÀ KẾT QUẢ ĐẠT ĐƯỢC

2.1. Đặc điểm và cấu tạo quả mắc ca sau khi thu hoạch

Quả mắc ca thường có dạng hình cầu có núm lồi, màu xanh, khi chín vỏ quả chuyển từ xanh sang nâu và vỏ quả tự nứt theo chiều từ núm lồi tới cuống quả. Đường kính trung bình quả từ 20 ÷ 45 mm tùy thuộc vào giống và điều kiện chăm sóc. Do lớp vỏ quả mắc ca chứa nhiều dầu nên sau thu hoạch, quả mắc ca cần được sơ chế nhanh để tránh lên men, nấm mốc ảnh hưởng tới chất lượng nhân mắc ca. Cấu tạo quả mắc ca gồm ba lớp chính: Lớp vỏ xanh bên ngoài cùng, lớp vỏ cứng bên trong và nhân mắc ca trong cùng như Hình 1



Hình 1. Đặc điểm và cấu tạo quả mắc ca sau khi thu hoạch

1- Lớp vỏ xanh; 2- Lớp vỏ cứng; 3- Nhân Mắc ca

Hiểu rõ về đặc tính và cấu tạo quả mắc ca sau khi thu hoạch là cơ sở để nghiên cứu, thiết kế máy. Những thông số như kích thước quả, độ dày lớp vỏ xanh và lực ép cần thiết để bóc lớp vỏ xanh ra khỏi hạt là các thông số cần thiết phục vụ cho việc lựa chọn, tính toán thiết kế máy bóc vỏ xanh quả mắc ca. Nhóm nghiên cứu đã thực hiện lấy mẫu tại 3 địa điểm ngẫu nhiên tại tỉnh Đăk Nông, Đăk Lắc thực hiện đo, kiểm tra các thông số quả mắc ca



Hình 2. Một số hình ảnh quá trình đo, kiểm tra thông số cấu tạo quả mắc ca

1. Đo kiểm tra thông số cấu tạo quả mắc ca

- Phương pháp đo: Lấy 3 mẫu ngẫu nhiên tại 3 địa điểm thu hoạch mắc ca mỗi mẫu 1 kg, trong mỗi mẫu chọn ngẫu nhiên 10 quả. Sử dụng thước kẹp, cân điện tử đo, cân khối lượng các thành phần của từng quả và ghi chép vào bảng kết quả.

- Kết quả đo các thông số cấu tạo của quả mắc ca được thể hiện trong bảng 1, 2, 3.

Bảng 1. Thông số cấu tạo quả mắc ca sau thu hoạch- tại Xã Phú Lộc, Huyện Krông Năng, tỉnh Đắk Lắk – Giống OC – Vụ tháng 9, năm 2024.

Lần thử	Quả mắc ca tươi		Lớp vỏ xanh		Hạt mắc ca	
	Đường kính (mm)	Khối lượng (g)	Chiều dày (mm)	Khối lượng (g)	Đường kính (mm)	Khối lượng (g)
1	20,04	16,52	3,65	8,98	16,17	7,76
2	33,59	23,63	5,56	13,42	24,64	10,32
3	36,70	27,07	4,39	13,38	29,78	13,72
4	31,32	17,51	4,96	9,42	24,11	8,12
5	34,78	25,94	3,94	12,02	29,09	13,78
6	35,19	26,25	5,95	13,86	28,22	12,35
7	34,88	25,69	6,42	14,10	25,99	11,52
8	34,36	24,71	4,58	12,76	27,62	11,74
9	38,28	29,71	3,87	14,72	31,08	14,86
10	35,04	22,34	4,58	12,20	27,21	10,11

Bảng 2. Thông số cấu tạo quả mắc ca sau thu hoạch- tại xã Quảng Trực, huyện Tuy Đức, tỉnh Đắk Nông – Giống OC – Vụ tháng 10, năm 2024.

Lần thử	Quả mắc ca tươi		Lớp vỏ xanh		Hạt mắc ca	
	Đường kính (mm)	Khối lượng (g)	Chiều dày (mm)	Khối lượng (g)	Đường kính (mm)	Khối lượng (g)
1	34,33	26,31	4,13	14,61	27,34	12,48
2	33,15	21,58	4,35	11,16	26,78	10,33
3	33,43	22,11	4,08	12,1	25,28	9,92
4	34,21	20,96	4,74	11,48	25,75	9,4
5	32,6	20,21	4,54	11,04	24,6	9,11
6	32,66	18,07	4,1	8,6	24,68	9,4
7	34,34	21,47	4,69	13,06	24,02	8,38
8	33,31	21,42	4,21	11,54	25,87	9,82
9	33,59	20,84	4,8	12,11	24,91	8,69
10	34,3	24,52	4,05	11,92	27,86	12,45

Bảng 3. Thông số cấu tạo quả mắc ca sau thu hoạch- tại xã Thuận Hà, huyện Đắk Song, tỉnh Đắk Nông – Giống A38 – Vụ tháng 10, năm 2024.

Mẫu thử	Quả mắc ca tươi		Lớp vỏ xanh		Hạt mắc ca	
	Đường kính (mm)	Khối lượng (g)	Chiều dày (mm)	Khối lượng (g)	Đường kính (mm)	Khối lượng (g)
1	38,38	28,35	4,58	13,98	31,12	14,33
2	40,01	31,04	4,04	15,38	32,47	15,52
3	34,8	22,38	4,39	12,05	27,03	10,26

4	35,1	21,77	5,01	12,65	26,03	9,08
5	45,01	33,68	5,75	17,38	34,95	16,16
6	36,34	27,1	4,11	12,56	30,39	14,4
7	36,77	27,43	6,21	14,48	29,48	12,9
8	36,44	26,84	6,7	14,73	27,15	12,03
9	40,03	31,12	4,19	14,26	33,12	15,45
10	39,35	28,28	4,58	13,98	31,12	14,33

2. Đo khối lượng riêng quả và hạt mắc ca

- Phương pháp đo: Lấy 3 mẫu ngẫu nhiên tại 3 địa điểm thu hoạch mỗi mẫu 5 kg, trong mỗi mẫu lấy ngẫu nhiên 3 lần mỗi lần khoảng 1 kg quả mắc ca. Sử dụng bình đong dung tích 5 lít có vạch chia 1 ml, đổ nước vào bình đong ở mức 2 lít tiếp đó đổ quả mắc ca vào bình đong và kiểm tra thể tích nước dâng lên và ghi chép số liệu vào bảng kết quả. Sau khi xác định được khối lượng riêng quả mắc ca tươi thực hiện bóc lớp vỏ bên ngoài và kiểm tra khối lượng riêng của hạt mắc ca tương tự.

- Tính khối lượng riêng theo công thức: $\rho = \frac{m}{V}$

Trong đó:

m – Khối lượng quả, hạt mắc ca đổ vào bình đong

V – Thể tích nước dâng lên

- Kết quả đo khối lượng riêng quả và hạt mắc ca được thể hiện trong bảng 4, 5, 6.

Bảng 4. Kết quả đo khối lượng riêng quả và hạt mắc ca- tại Xã Phú Lộc, Huyện Krông Năng, tỉnh Đắk Lắk – Giống OC – Vụ tháng 9, năm 2024.

Lần thử	**Quả mắc ca tươi**			**Hạt mắc ca**		
	Khối lượng quả mắc cả kg	Thể tích nước lít	Khối lượng riêng kg/m^3	Khối lượng hạt mắc cả kg	Thể tích nước kg	Khối lượng riêng kg/m^3
1	1,050	1,100	954,55	0,536	0,487	1100,62
2	1,100	1,160	948,28	0,542	0,502	1079,68
3	1,030	1,100	936,36	0,518	0,491	1054,99
TB			**946,39**			**1078,43**

Bảng 5. Kết quả đo khối lượng riêng quả và hạt mắc ca- tại xã Quảng Trực, huyện Tuy Đức, tỉnh Đắk Nông – Giống OC – Vụ tháng 10, năm 2024.

Lần thử	Quả mắc ca tươi			Hạt mắc ca		
	Khối lượng quả mắc cả kg	Thể tích nước lít	Khối lượng riêng kg/m^3	Khối lượng hạt mắc cả kg	Thể tích nước kg	Khối lượng riêng kg/m^3
1	1,030	1,010	1019,80	0,510	0,465	1096,77
2	1,050	1,010	1039,60	0,504	0,470	1072,34
3	1,010	0,990	1020,20	0,505	0,465	1086,02
TB			**1026,54**			**1085,05**

Bảng 6. Kết quả đo khối lượng riêng quả và hạt mắc ca- tại xã Thuận Hà, huyện Đắk Song, tỉnh Đắk Nông – Giống A38 – Vụ tháng 10, năm 2024.

Lần thử	Quả mắc ca tươi			Hạt mắc ca		
	Khối lượng quả mắc cả kg	Thể tích nước lít	Khối lượng riêng kg/m^3	Khối lượng hạt mắc cả kg	Thể tích nước kg	Khối lượng riêng kg/m^3
1	1,110	1,010	1099,01	0,543	0,458	1185,59
2	1,080	1,020	1058,82	0,528	0,455	1160,44
3	1,050	1,010	1039,60	0,519	0,447	1161,07
TB			**1065,81**			**1169,03**

3. Xác định lực ép làm vỡ lớp vỏ xanh

- Phương pháp đo: Sử dụng máy ép có lắp cảm biến lực được kết nối với bộ sử lý dữ liệu và máy tính để hiển thị và lưu trữ số liệu trong quá trình đo. Lấy 5 mẫu quả mắc ca ngẫu nhiên tại 3 địa điểm thu hoạch. Đặt từng mẫu quả mắc ca vào máy ép, thực hiện ép quả cho đến khi quả bị vỡ lớp vỏ xanh thì dừng. Quá trình ép được lưu trữ số liệu trên bộ sử lý dữ liệu và xuất thành file kết quả trên máy tính.

- Kết quả đo lực ép làm vỡ lớp vỏ xanh được thể hiện trong bảng 7, 8, 9.

Bảng 7. Kết quả đo lực ép làm vỡ lớp vỏ xanh quả mắc ca- tại Xã Phú Lộc, Huyện Krông Năng, tỉnh Đắk Lắk – Giống OC – Vụ tháng 9, năm 2024.

Lần thử	Đường kính quả (mm)	Chiều dày vỏ (mm)	Lực ép làm vỡ lớp vỏ xanh (N)
1	31,27	4,65	658,0
2	33,65	5,56	712,3
3	36,74	4,97	700,4

4	31,39	4,35	657,4
5	34,81	5,08	750,0

Bảng 8. Kết quả đo lực ép làm vỡ lớp vỏ xanh quả mắc ca- tại xã Quảng Trực, huyện Tuy Đức, tỉnh Đắk Nông – Giống OC – Vụ tháng 10, năm 2024.

Lần thử	Đường kính quả (mm)	Chiều dày vỏ (mm)	Lực ép làm vỡ lớp vỏ xanh (N)
1	35,28	5,95	681,5
2	34,91	6,42	741,7
3	34,45	4,58	718,9
4	38,33	3,87	647,6
5	35,04	4,58	601,1

Bảng 9. Kết quả đo lực ép làm vỡ lớp vỏ xanh quả mắc ca- tại xã Thuận Hà, huyện Đắk Song, tỉnh Đắk Nông – Giống A38 – Vụ tháng 10, năm 2024.

Lần thử	Đường kính quả (mm)	Chiều dày vỏ (mm)	Lực ép làm vỡ lớp vỏ xanh (N)
1	35,28	5,95	681,5
2	34,91	6,42	741,7
3	34,45	4,58	718,9
4	38,33	3,87	647,6
5	35,04	4,58	601,1

Qua việc thí nghiệm, đo đạc quả mắc ca sau khi thu hoạch được kết quả như sau:

- Đường kính quả mắc ca sau thu hoạch: 20 ÷ 45 cm;

- Khối lương riêng của quả mắc ca sau thu hoạch: 946 ÷ 1065 kg/m^3

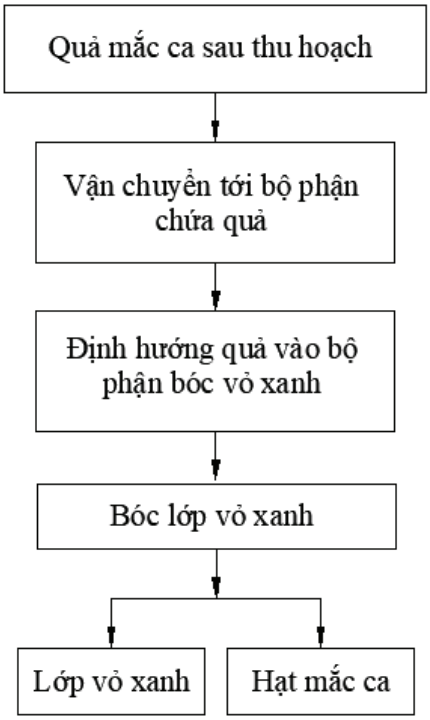
- Khối lương riêng của hạt mắc ca sau khi bóc vỏ xanh: 946 ÷ 1065 kg/m^3

- Lực ép lớn nhất để làm vỡ lớp vỏ xanh: 750 N

2.2. Xác định quy trình làm việc và nguyên lý hoạt động cho máy

2.2.1. Quy trình bóc vỏ xanh quả mắc ca

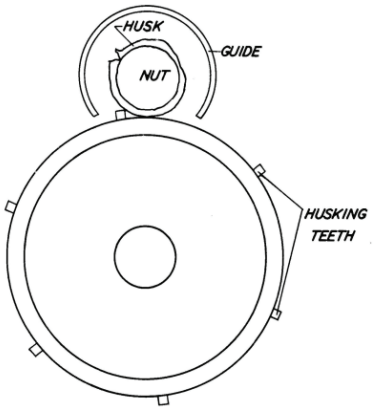
Việc tính toán, lựa chọn và thiết kế máy bóc vỏ xanh phải được căn cứ trên quy trình làm việc, các bước thực hiện từ nguyên liệu đầu vào và đạt đến thành phẩm. Quy trình bóc vỏ xanh quả mắc ca được thể hiện theo các bước trong hình 3.



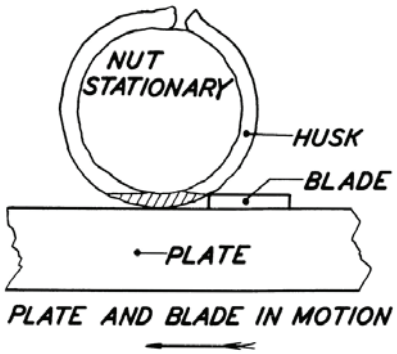
Hình 3. Quy trình bóc vỏ xanh quả mắc ca

2.2.2. Lựa chọn nguyên lý hoạt động

Theo các nghiên cứu về công nghệ bóc vỏ xanh quả mắc ca có thể thấy nguyên lý bóc lớp vỏ xanh có 2 dạng chính là: Nguyên lý tạo ngoại lực lên lớp vỏ để vỏ bị gãy vỡ và nguyên lý ma sát cọ sát bề mặt lớp vỏ với với một bề mặt cứng.



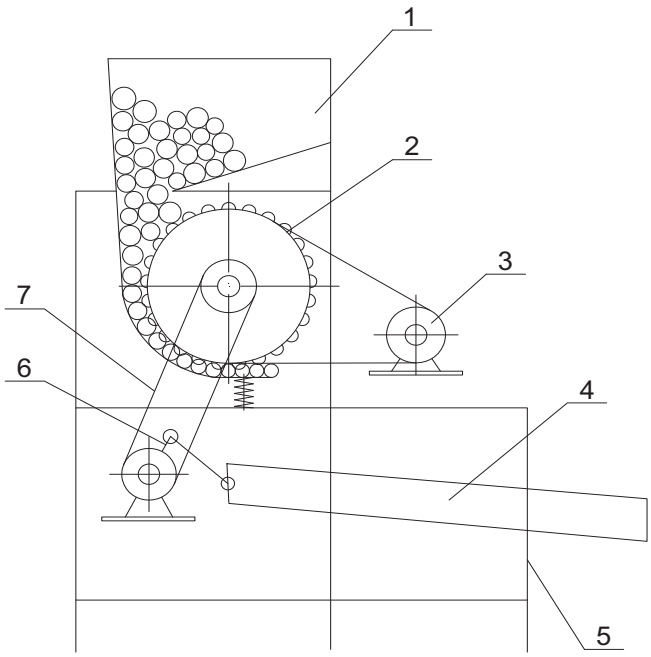
a. Nguyên lý tạo ngoại lực lên vỏ



b. Nguyên lý ma sát cọ sát vỏ với bề mặt cứng

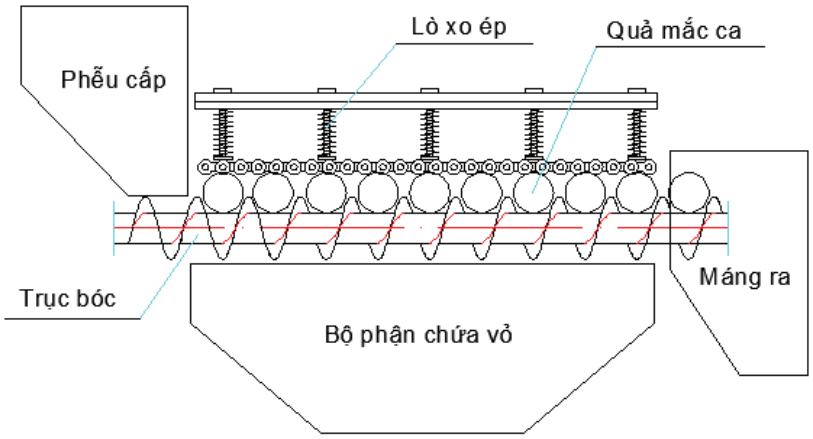
Hình 4. Một số nguyên lý bóc vỏ xanh quả Mắc ca.

Thực trang về sử dụng máy bóc vỏ xanh thời điểm hiện tại cho thấy rằng các máy bóc vỏ xanh hiện tại đều sử dụng nguyên lý tạo ngoại lực lên lớp vỏ xanh quả tuy nhiên cấu tạo máy được phân thành 2 dạng chính đó là máy sử dụng nguyên lý trục đập (hình 5), và máy sử dụng lò xo ép và trục vít (hình 6).



Hình 5. Nguyên lý máy bóc vỏ xanh sử nguyên lý trục đập

Nguyên lý hoạt động máy sử dụng trục đập (Hình 5) hoạt động như sau: Nguyên liệu quả mắc ca được đổ vào phếu nạp nguyên liệu (1) được dẫn hướng đến trục đập (2), trục đập được động cơ (3) và bộ truyền động (7) tạo mô men quay để tạo lực đập lên vỏ xanh quả Mắc ca. Sau đập và tách được lớp vỏ xanh và hạt Mắc ca sẽ được dẫn hướng đến sàng lắc (4) để phân loại, loại bỏ lớp vỏ xanh.



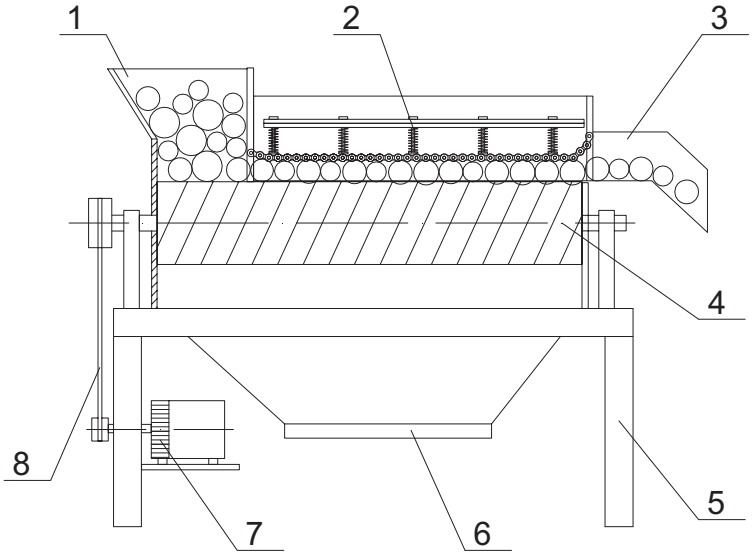
Hình 6. Nguyên lý máy bóc vỏ xanh sử dụng lò xo ép và trục vít

Nguyên lý hoạt động của bộ phận bóc vỏ xanh như (Hình 6) hoạt động như sau: Quả mắc được đổ vào phễu cấp để cấp liệu xuống trục bóc từ đó trục bóc sẽ đưa quả mắc ca trải đều qua dàn lò xo ép làm vỡ lớp vỏ xanh. Vỏ xanh sẽ dơi xuống phễu chưa vỏ còn hạt mắc ca sẽ được trục vít chuyển tới máng ra cấp vào bộ phận làm sạch.

Nhận xét, đánh giá: Từ việc khảo sát và nghiên cứu nguyên lý bóc vỏ xanh cho quả Mắc ca, nhóm thực hiện đề tài đã đưa ra một số kết luận như sau: Máy bóc vỏ xanh sử dụng nguyên lý trục đập có năng suất lớn hơn tuy nhiên quả mắc ca chỉ đi qua trống đập 1 lần để tách lớp vỏ nên tỉ lệ bị sót, bám dính lớp vỏ trên quả còn cao, máy sử dụng nguyên lý lò xo, trục ép sẽ sạch lớp vỏ hơn vì sẽ được ép nhiều lần, tuy nhiên năng suất sẽ nhỏ hơn vì tốc độ vận chuyển hạt sẽ nhỏ hơn.

2.3. Tính toán một số thông số chính cho máy

Từ các phân tích về một số nguyên lý hoạt động và đánh giá ưu nhược điểm nhóm nghiên cứu lựa chọn nguyên lý cho máy bóc vỏ xanh theo nguyên lý lò xo ép và trục vít cấu tạo như (Hình 7)



1. Phễu nạp nguyên liệu; 2. Dàn lò xo ép; 3. Máng hứng; 4. Trục vít;
5. Khung máy; 6. Thùng chứa vỏ; 7. Động cơ; 8. Bộ truyền động

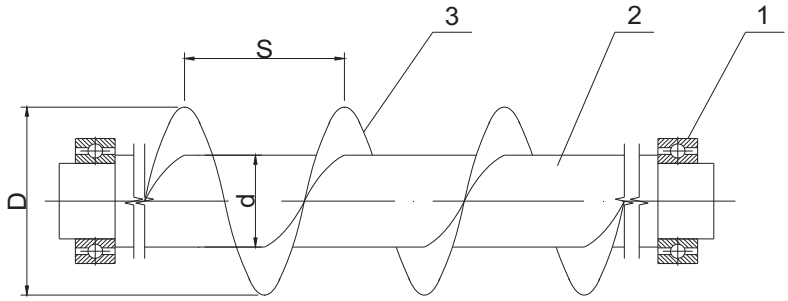
Hình 7. Máy bóc vỏ xanh nguyên lý lò xo ép và trục vít

Hoạt động như sau: Nguyên liệu quả mắc ca được cấp vào phêu cấp liệu (1) từ phễu cấp liệu quả mắc ca được dẫn hướng đến trục vít (4) trục vít sẽ vận chuyển các quả mắc ca đi qua dàn lò xo ép (2), trên dàn lò xo ép được bố trí nhiều lò xo có thể điều chỉnh được lực ép bằng cơ cấu đai ốc đảm bảo tạo lực ép phù hợp lên quả Mắc ca khi đi qua. Sau khi tách lớp vỏ hạt mắc ca được trục vít vận chuyển tới máng hứng (3) còn lớp vỏ sẽ được dơi xuống thùng chứa (6). Trục vít được tạo mô men quay từ động cơ (7) và bộ truyền động (8).

Các thông số chính của máy bóc vỏ xanh được tính toán như sau:

2.3.1. Tính toán trục bóc

Trục bóc vừa là bộ phận vận chuyển quả mắc ca vừa là bộ phận ép lớp vỏ xanh do đó việc tính toán, lựa chọn trục bóc phù hợp sẽ ảnh hưởng tới năng suất của máy và độ sạch của hạt sau khi bóc vỏ. Cấu tạo của trục bóc như Hình 8.



Hình 8. Cấu tạo trục bóc

1. Vòng bi; 2. Trục; 3. Cánh vít

Theo tài liệu tính toán trục vít, năng suất trục bóc được tính theo công thức:

$$Q = 60\frac{\pi(D^2-d^2)}{4}Sn\rho\psi \quad (1)$$

Trong đó

Q: năng suất vận chuyển, kg/h

D: đường kính cánh vít, m

d: đường kính trục vít, m

n: số vòng quay trục vít, vòng/phút

ρ: khối lượng riêng của vật liệu, kg/m3

ψ: hệ số điền đầy.

S: bước vít, m.

Để lựa chọn các thông số của trục bóc nhóm nghiên cứu căn cứ vào các chuẩn ГОТС 2037-65- Tiêu chuẩn về đường kính và bước vít. các thông số lựa chọn sơ bộ như sau:

d = 0,078 m; D = 0,086 m; n = 60 Vòng/phút; S = 0,06 m; ρ = 680 kg/m3; ψ = 0,1 (tỉ lệ chiếm chỗ của quả mắc ca trên tiết diện làm việc của cánh vít)

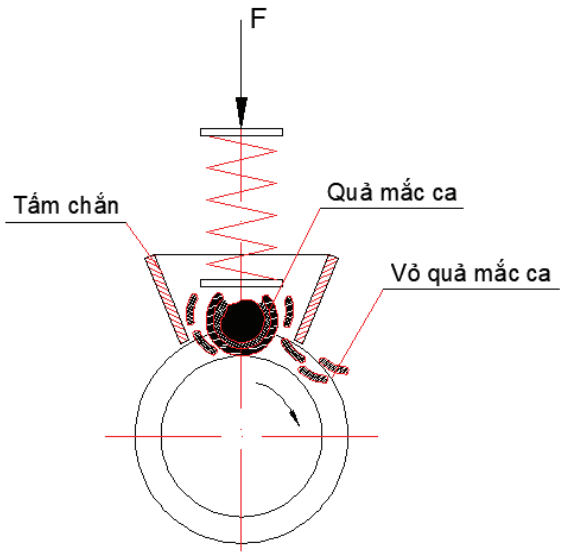
Thay vào công thức (1) tính được

Q = 15,1 kg/phút = 908 kg/giờ;

Như vậy thông số trục bóc lựa chọn là phù hợp, có thể điều chỉnh năng suất của bộ phận bóc bằng cách lắp biến tần thay đổi tốc độ quay của trục.

2.3.2. Tính toán lò xo ép

Khi quả mắc ca đi qua lò xo ép sự thay đổi áp lực từ lò xo lên các quả có đường kính khác nhau phải nằm trong phạm vi thích hợp để đảm bảo hiệu quả bóc vỏ mà không làm tổn hại lên hạt mắc ca



Hình 9. Sơ đồ lực ép từ lò xo lên quả mắc ca.

* Các yêu cầu đối với lò xo ép quả mắc ca như sau:

- Lực ép để vỡ quả F_{max} = 750 N (theo bảng 7, 8, 9)

- Chuyển vị làm việc của lò xo: x = h_1 + h_2

Trong đó:

h_1: chiều cao thay đổi của quả mắc ca:

h_1 = R_{max} - R_{min} = 22,5 – 10 = 12,5 (mm)

+ R_{max} : bán kính quả mắc ca lớn nhất, R_{max} = 45/2 = 22,5 mm

+ R_{min} : bán kính quả mắc ca nhỏ nhất, R_{min} = 20/2 = 10 mm

h_2: khe hở từ đỉnh trục bóc tới tấm chắn do trong quá trình làm việc quả mắc ca luôn có xu hướng bị kéo ra tấm chắn; chọn h_2 = 10 mm

- Từ đó xác định được chuyển vị làm việc của lò xo: x = 22,5 (mm)

- Tính toán các thông số của lò xo

+ Chọn vật liệu cho lò xo là thép 45 từ tài liệu [2], [3] tra được cơ tính của lò xo có σ_b = 1700 Mpa; τ_b = 1350 Mpa; với tải trọng ổn định [τ] = 0,5σ_b = 850 Mpa

+ Chuyển vị làm việc của lò xo x = 22,5 mm

+ Theo [2] chọn chỉ số c = D/d = 5 khi đó $K = \frac{4c-1}{4c-4} + \frac{0,615}{c} = 1,06$

+ Tính đường kính dây lò xo như sau:

$d = 1,6\sqrt{\frac{KF_{max}c}{[\tau]}} = 3,46$ mm

theo dãy số chiêu chuẩn của đường kính dây lò xo chọn d = 3,5 mm

+ Tính đường kính trung bình của lò xo: D_{tb} = d.c = 3,5.5 = 17,5 mm

+ Tính đường kính ngoài của lò xo: D_n = D_{tb} + d = 21 mm

+ Tính số vòng làm việc của lò xo:

$$n = \frac{xGd}{8c^3(F_{max}-F_{min})}$$

Trong đó:

x- chuyển vị làm việc của lò xo; x = 22,5 mm

G- Mô đun đàn hồi của lò xo, với vật liệu thép; G = 8.10^4 Mpa

d- đường kính dây lò x; d = 3,5 mm

Thay số tính được n = 8,4 vòng, chọn n = 9 vòng

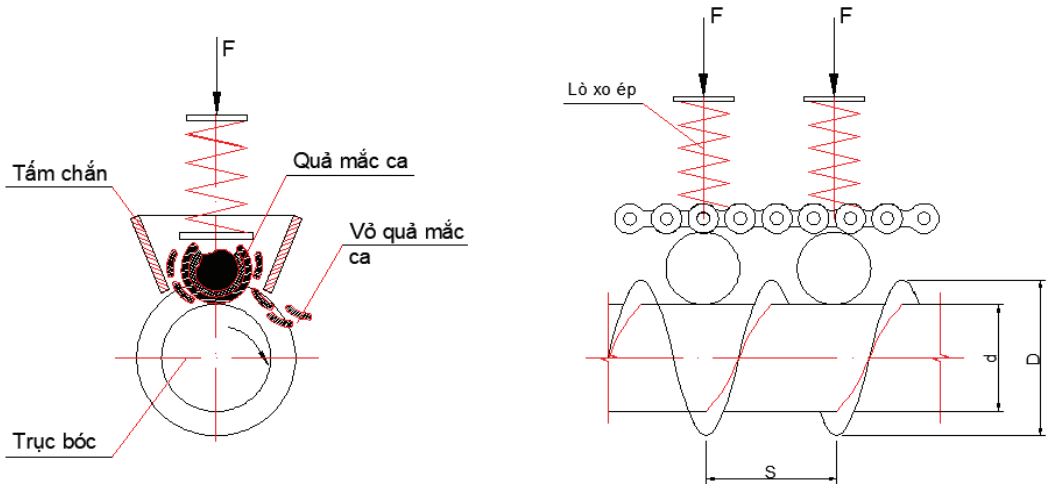
+ Tính bước của vòng lò xo: p = d + $\frac{(1,1\div1,2)}{n}\lambda_{max}$;

Trong đó $\lambda_{max} = \frac{3c^3}{Gd} nF_{max} = 9,04$;

Từ đó tính được bước của vòng lò xo là: p = 9 + 1,2*9,04/9 = 4,7 mm

2.3.3. Tính động cơ cho bộ phận bóc vỏ xanh

Để tính toán công suất động cơ cần phân tích các yếu tố lực tác động lên bộ phận làm việc, các bộ phận làm việc sẽ bao gồm trục bóc, các gối đỡ và bộ truyền động. Phân tích lực tác động lên trục bóc được thể hiện như hình 10



Hình 10. Lực tác động lên trục bóc

Công suất trục động cơ được tính như sau:

$$P_{tđc} = \frac{P_t}{\eta} \quad (2)$$

Trong đó:

$P_{tđc}$: công suất trên trục động cơ; kW

P_t: công suất trên trục bóc; kW

η: hiệu suất bộ truyền động. bao gồm bộ truyền xích và các ổ lăn, theo tài liệu tham khảo thì η = 0,98

Công suất trên trục bóc được tính như sau:

$$P_t = \frac{F.V}{1000} \quad (3)$$

$$v = \frac{\pi.D.n}{60} \qquad (4)$$

Trong đó:

P_t: công suất trên trục bóc; kW

F: tổng lực kéo trên trục bóc; N

n: số vòng quay của trục vít; n = 60 vòng/ph

D: đường kính trục vít; D = 0,086 m

v: vận tốc trục bóc; m/s; theo (4) v = 0,27 m/s

Để máy có thể làm việc được thì $F \geq F_C$

F_C: tổng lực cản lên trục bóc

Từ sơ đồ nguyên lý hoạt động của máy bóc vỏ xanh và phân tích lực tác động lên trục bóc vỏ xanh (Hình 8) có thể thấy rằng lực cản tác động lên trục vít là tổng lực ma sát gây ra trong quá trình lò xo ép quả và lực ma sát của trọng lượng quả và hạt trong quá trình vận chuyển. Với chiều dài trục vít lựa chọn là 1200 mm, kích thước bước vít là 60 mm. Mỗi bước vít sẽ chứa 1 quả mắc ca bị ép trong quá trình làm việc do đó số quả mắc ca đồng thời bị ép là 20 quả.

Tổng lực ma sát lên trục sẽ có giá trị là:

$F_{ms} = 20f_{Ms1} + f_{Ms2}$ (5)

Trong đó

f_{Ms1}: là lực ma sát lên quả mắc được tạo ra từ lò xo ép quả mắc ca lên trục.

f_{Ms2}: là lực ma sát từ bản thân trọng lượng hạt và vỏ quả ca trong quá trình chuyển động

$f_{Ms1} = F.\mu$

$f_{Ms2} = G.\mu$

F: lực ép làm vỡ quả; F = 750 N

μ: Hệ số ma sát giữa quả mắc ca với trục, chọn μ = 0,2 (chọn hệ số ma sát là hệ số ma sát giữa vật liệu thép và gỗ μ = 0,2 ÷ 0,6)

G: Trọng lượng toàn bộ quả và vỏ mắc ca trên trục. G = 20*27*9,8 = 5,3 N

Thay vào (5) tính được F_c = 20*750*0,2 + 5,4*0,2 = 3005 N

Với máy bóc vỏ xanh sẽ lựa chọn sử dụng 2 trục bóc (để mở rộng năng suất khi cần thiết) do đó tổng lực cản tác dụng lên trục là: $F_C = 2*F_{ms} = 2*3005 = 6010$ N

Thay vào (3) tính được công suất trên trục bóc là: $P_t = 1,62$ kW

Thay vào (2) tính được công suất trên trục động cơ là: $P_{tđc} = 1,7$ kW

Từ đó tính công suất động cơ: $P_{đc} = k.P_{tđc}$;

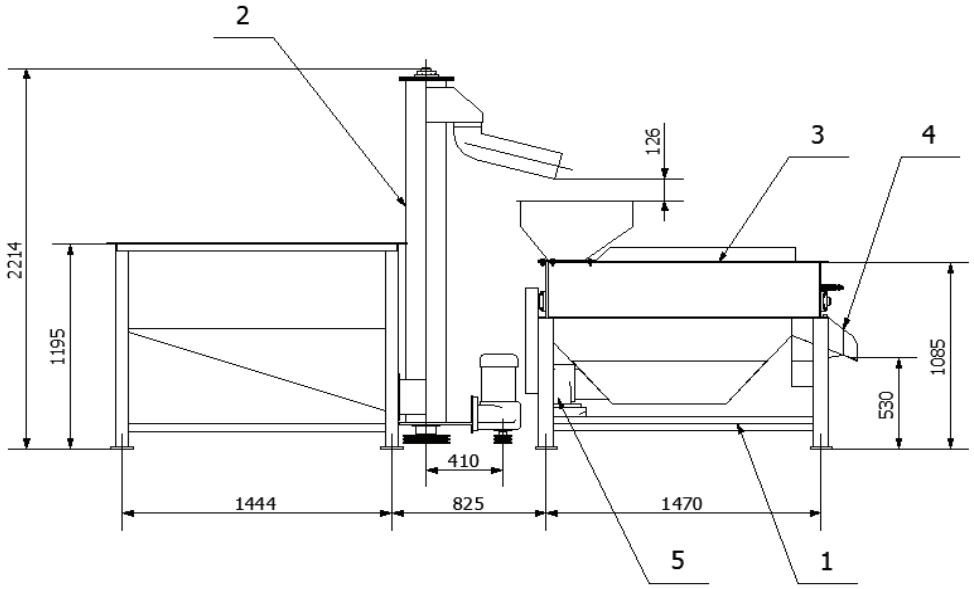
k là hệ số quá tải khi khởi động hoặc bộ phận làm việc bị ket; chọn k = 1,5

từ đó tính được công suất động cơ: $P_{đc}$ = 2,55 kW

Theo catalog động cơ một số hãng đang cung cấp trên thị trường sẽ chọn động cơ liền hộp giảm tốc với thông số: P = 3 kW; n = 60 vòng/ph.

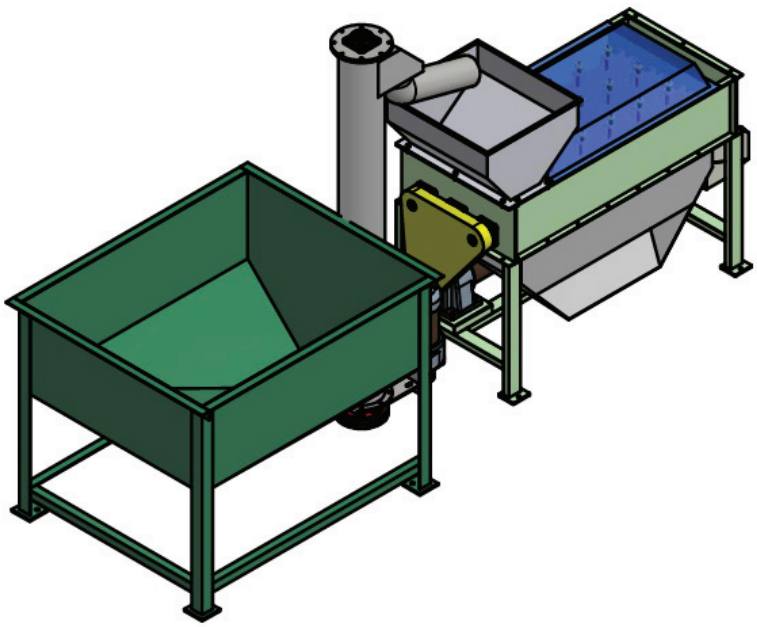
2.4. Mô phỏng, thiết kế tổng thể máy bóc vỏ xanh

Trên cơ sở nghiên cưu tính toán các thông số chính cho máy bóc vỏ xanh quả mắc ca nhóm nghiên cứu đã thiết kế, mô phỏng 3D máy bóc vỏ xanh như hình 11, 12.



Hình 11. Thiết kế tổng thể máy bóc vỏ xanh

1- Khung đỡ máy; 2- Bộ phận nạp liệu; 3- Bộ phận bóc vỏ xanh; 4- Bộ phận sàng làm sạch hạt sau khi bóc vỏ xanh; 5- Bộ phận truyền động máy bóc vỏ xanh;



Hình 12. Thiết kế mô hình 3D máy bóc vỏ xanh

3. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu đã xác định được các thông số chính cho máy bóc vỏ xanh quả mắc ca như bảng 10

Bảng 10. Các thông số kỹ thuật chính máy bóc vỏ xanh

Stt	Thông số	Giá trị	Ghi chú
1	**Năng suất máy, kg/giờ**	500	
2	**Độ sạch hạt sau bóc vỏ, %**	≥ 95	
3	**Kích thước tổng thể máy**		
3.1	Chiều dài máy, m	3,96	
3.2	Chiều rộng máy, m	1,3	
3.3	Chiều cao máy, m	2,215	
4	**Động cơ**		
4.1	Công suất, kW	3,0	
4.2	Điện áp, vôn	220	
5	**Trục bóc**		
5.1	Đường kính trục, mm	86	
5.2	Chiều dài trục, mm	1200	
6	**Nguyên liệu cấp**	Quả mắc ca tươi	
6.1	Kích thước quả mắc ca, mm	20 - 40	

Kết quả nghiên cứu là cơ sở khoa học cho việc thiết kế máy bóc vỏ xanh mắc ca theo nguyên lý ép – ma sát trục quay, đạt năng suất 500 kg/giờ. Thông qua việc khảo sát đặc tính cơ lý của quả, tính toán các thông số vận hành, lựa chọn kết cấu phù hợp, thiết bị cho thấy tiềm năng ứng dụng thực tế cao với hiệu quả kinh tế và kỹ thuật tốt. Đây là bước đầu tiên trong việc nghiên cứu, thiết kế và chế tạo máy bóc vỏ xanh.

Hướng phát triển tiếp theo sẽ chế tạo thử nghiệm, kiểm tra, đánh giá hiệu suất, chất lượng sản phẩm sau khi bóc vỏ từ đó hoàn thiện máy bóc vỏ xanh tối ưu trong sản xuất và tích hợp tự động hóa vào dây chuyền sơ chế bảo quản hạt mắc ca theo mục tiêu của đề tài đặt ra.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] – Báo cáo thông kê của hiệp hội hạt và quả khô thế giới (INC)- 2024 trang web: https://www.nutfruit.org/industry;

[2] – Nguyễn Trọng Hiệp - Nguyễn Văn Lẫm, Thiết kế chi tiết máy, NXB Giáo Dục, Hà Nội, 2007

[3] – Nguyễn Đắc Lộc, Sổ tay công nghệ chế tạo máy - tập 2, NXB Khoa học kỹ thuật,Hà Nội, 2010

[4]- PGS. TS. Trần Nhu Khuyên, Giáo trình máy nâng chuyển – NXB Nông nghiệp, Hà Nội, 2010

[5]- Tiêu chuẩn ГОТС 2037-65, Tiêu chuẩn về đường kính và bước vít.

[6] - D.M. Kinch; J. K. Wanc; R. E. Strohman, Equipment for Husking macadamia nuts, Hawaii Agricultural expreriment station university of Hawaii, 1961;

[7]. Warangkana Srichamnong. Effects of Postharvest Treatments on Macadamia Nut Quality. The University of New South Wales in fulfillment 2012;

[8]. R.H. Moltzau and J.C. Ripperton, Processing of the macadamia, University of Hawaii, 1939;

[9]. Sáng chế số: CN 101313773 B về máy bóc vỏ xanh hạt Mắc ca do nước Trung Quốc cấp chứng nhận sáng chế ngày 15/12/2010

Ngày nhận bài: 26/7/2025

Người phản biện: TS Nguyễn Văn Tấn – Phân Viện Cơ điện NN & CNTH

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG CƠ GIỚI HÓA ĐỒNG BỘ SẢN XUẤT HÀNH CỦ, TỎI TẠI VÙNG SẢN XUẤT TẬP TRUNG

Lê Quyết Tiến[1], Nguyễn Xuân Biên[1],
Nguyễn Văn Thủy[1], Đặng Văn Đông[1]; Hoàng Gia Minh[1]

TÓM TẮT

Với xu thế chuyển dịch cơ cấu lao động từ nông nghiệp sang các ngành công nghiệp và dịch vụ đang diễn ra mạnh mẽ, lượng lao động trực tiếp tham gia sản xuất nông nghiệp, đặc biệt tại các vùng chuyên canh hành củ và tỏi, đang ngày càng giảm. Việc cơ giới hóa trong sản xuất hành, tỏi tại các vùng như Hải Phòng (Hải Dương cũ), Vĩnh Long, Quảng Ngãi... vẫn còn hạn chế, tỷ lệ áp dụng chưa đồng đều, đặc biệt là ở các khâu trồng, thu hoạch, sơ chế và bảo quản sau thu hoạch do thiếu quy trình và thiết bị phù hợp. Hệ thống máy móc hiện nay chủ yếu còn rời rạc, chưa được thiết kế thích nghi với điều kiện thổ nhưỡng đặc thù trồng hành tại Việt Nam. Do đó, việc nghiên cứu các giải pháp cơ giới hóa đồng bộ phù hợp với vùng sản xuất hành, tỏi tập trung nhằm giảm công lao động, giảm áp lực thời vụ, đồng thời nâng cao năng suất và giá trị hàng hóa là hết sức cần thiết. Bài viết đưa ra kết quả nghiên cứu cho thấy bước đầu ứng dụng cơ giới hoá đồng bộ sản xuất hành củ, tỏi tại một số vùng sản xuất tập trung.

Từ khóa: *Cơ giới hóa, hành củ, tỏi, trồng, thu hoạch, thiết bị nông nghiệp.*

RESULTS OF RESEARCH ON THE APPLICATION OF SYNCHRONOUS MECHANIZATION OF ONION AND GARLIC PRODUCTION IN CONCENTRATED PRODUCTION AREAS

ABSTRACT

Following the ongoing labor shift from agriculture to industrial and service sectors, the number of workers directly involved in agricultural activities - particularly in shallot and garlic farming areas - is steadily declining. In several regions including Hai Phong, Vinh Long, and Quang Ngai, the level of mechanization in shallot and garlic production remains limited. It varies across stages, especially in irrigation, drying, and post-harvest handling, largely due to the lack of suitable equipment and standardized procedures. Most existing machines are small-scale, fragmented, and poorly suited to the specific farming conditions of these areas. Consequently, developing appropriate mechanization solutions tailored to local production needs is essential for reducing labor requirements, easing seasonal workload, and improving both productivity and product value. This study presents initial results on prototype machines, including row fertilizing and planting machines, row-type harvesters, and ridge-type harvesters for shallots and garlic in selected production regions.

Keywords: *Mechanization, shsallot, garlic, planting, harvesting, agricultural machinery.*

[1]Viện Cơ điện nông nghiệp và Công nghệ sau thu hoạch

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hành củ và tỏi là hai loại cây rau gia vị truyền thống, có giá trị kinh tế cao và giữ vai trò quan trọng trong cơ cấu cây trồng tại nhiều vùng sản xuất của nước ta. Trong những năm gần đây, cùng với sự phát triển của nền kinh tế và nhu cầu thị trường trong nước cũng như xuất khẩu, cây hành củ và tỏi ngày càng được mở rộng diện tích, trở thành cây trồng hàng hóa chủ lực tại nhiều địa phương như Vĩnh Long, Hải Phòng, Quảng Ngãi... riêng phường Kinh Môn – Hải Phòng có tới 4.000 ha trồng tỏi [1], phường Khánh Hòa (Thị xã Vĩnh Châu cũ) – Vĩnh Long là vùng chuyên canh hành tím lớn nhất cả nước với khoảng 6.000 ha [2].

Mặc dù diện tích gieo trồng ngày càng mở rộng, sản lượng hành củ và tỏi trong nước vẫn chưa đáp ứng đủ nhu cầu tiêu dùng, đặc biệt là mặt hàng tỏi – mỗi năm Việt Nam vẫn phải nhập khẩu khoảng 88.000 tấn từ Trung Quốc. Một trong những nguyên nhân quan trọng là quá trình sản xuất còn phụ thuộc nhiều vào lao động thủ công, trong khi các vùng sản xuất tập trung thường xuyên đối mặt với tình trạng căng thẳng thời vụ và thiếu hụt lao động. Thực tế tại nhiều địa phương cho thấy, mặc dù đã có những đầu tư bước đầu cho cơ giới hóa trong sản xuất hành củ, tỏi – đặc biệt là khâu làm đất, tưới và sau thu hoạch – nhưng tỷ lệ áp dụng còn thấp, hệ thống thiết bị chủ yếu nhỏ lẻ, rời rạc, chưa phù hợp với đặc điểm canh tác đặc thù của từng vùng.

Cơ giới hóa sản xuất hành củ và tỏi là xu hướng tất yếu, nhằm nâng cao năng suất, giảm áp lực thời vụ, tiết kiệm lao động và tăng giá trị kinh tế. Do đó, việc nghiên cứu, đề xuất và ứng dụng các giải pháp cơ giới hóa phù hợp với điều kiện sản xuất tại các vùng sản xuất tập trung là yêu cầu cấp thiết trong bối cảnh phát triển nông nghiệp theo hướng hiện đại, bền vững.

II. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng:

- Lựa chọn nguyên lý, tính toán các thông số của các mẫu máy từ làm đất đến thu hoạch và sấy trong sản xuất hành củ, tỏi tập trung;

- Nghiên cứu thiết kế, chế tạo các mẫu máy trồng kết hợp bón phân, máy thu hoạch theo hàng, theo luống và lựa chọn các thiết bị khâu tưới, khâu sơ chế .

- Khảo nghiệm đánh giá chất lượng của các mẫu máy;

- Xây dựng mô hình ứng dụng trong điều kiện sản xuất.

2.2. Phương pháp nghiên cứu:

- Phương pháp thu thập thông tin và xử lý các số liệu điều tra, khảo sát, các thông tin

truy cập từ các kênh thông tin trong và ngoài nước;

- Phương pháp lựa chọn, thừa kế và kết hợp thực nghiệm cho các lựa chọn nguyên lý, kết cấu máy;

- Phương pháp thiết kế máy nông nghiệp cho các thiết kế cơ khí (sử dụng phần mềm Inventor, AutoCad,...);

- Phương pháp thử khảo nghiệm máy.

2.3. Các chỉ tiêu và phương pháp xác định

- Đặc tính kỹ thuật của máy.

- Tính năng làm việc của máy trong thực tế sản xuất

- Thiết bị và dụng cụ thử nghiệm:

TT	Tên thiết bị	Dải đo	Độ chính xác
1	Thiết bị đo môi trường DO 2003/delta/OHM/Italia	(-50 ÷ 200) ^{0}C (0÷100) %RH	±0,4 ^{0}C ± 2 %
2	Thước dây	(0÷50) m	±1 cm
3	Thước rút	(0÷3) m	±1 cm
4	Đồng hồ bấm giây	(0÷30) min	±0,2 s
6	Cọc tiêu loại 0,5m; 1,5m	-	-
7	Dụng cụ lấy mẫu đất	-	-
8	Túi đựng mẫu	-	-

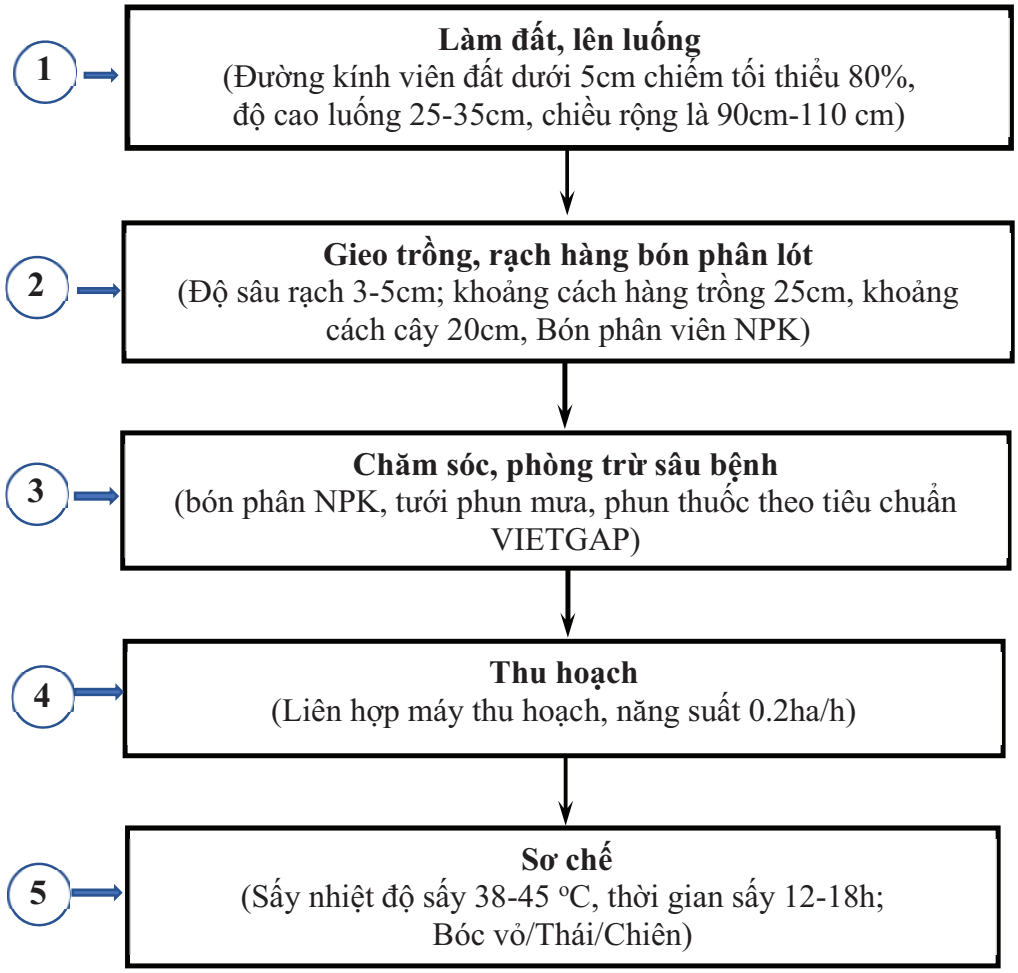
III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Hiện nay, tỷ lệ áp dụng cơ giới hóa cây hành củ, tỏi có sự không đồng đều ở các khâu. Khâu làm đất hiện đã cơ giới hóa được với tỷ lệ cao nhất (trên 90%). Đối với khâu gieo trồng vẫn chủ yếu được thực hiện bằng thủ công một số nơi sử dụng công cụ cầm tay để đục lỗ tra nhánh hành củ, tỏi. Trong khâu chăm sóc, việc tưới nước chủ yếu là tưới rãnh, một số nông dân đã cải tiến từ máy cắt cỏ cầm tay thành bơm phun di động để tưới phun lên mặt luống. Ở khâu thu hoạch, một vài nơi đã áp dụng, cải tiến máy thu hoạch khoai tây, khoai lang để thu hoạch hành củ, tỏi nhưng hiện tại mới chiếm tỷ lệ thấp do không hiệu quả và vẫn tốn khá nhiều công sức, mức độ hao hụt cây còn cao. Với khâu sấy, sơ chế, tỷ lệ áp dụng cơ giới hóa hệ thống sấy còn thấp, chỉ ở mức 40-45%, các thiết bị sơ chế manh mún và tự phát; quá trình bảo quản chủ yếu vẫn thực hiện thủ công, chưa đồng bộ.

Trong thời gian vừa qua với từng khâu sản xuất hành củ, tỏi tại vùng sản xuất hành

củ, tỏi tập trung, Viện Cơ điện nông nghiệp và Công nghệ sau thu hoạch đã lựa chọn, thiết kế chế tạo mẫu máy và thiết bị đồng bộ đưa vào thử nghiệm nhằm từng bước đáp ứng nhu cầu của sản xuất.

Đối với từng khâu trong sản xuất hành củ và tỏi, chúng tôi nghiên cứu thiết kế chế tạo những máy và thiết bị chưa có và phân tích lựa chọn, hoàn thiện một số thiết bị đã có, sau khi hoàn thiện được các thiết bị và xây dựng quy trình cơ giới hóa đồng bộ như sau (hình 1):



Hình 1: Quy trình cơ giới hóa đồng bộ sản xuất hành củ và tỏi

3.1. Khâu làm đất

3.1.1. Yêu cầu kỹ thuật làm đất:

Đất trồng hành củ, tỏi chọn chân vàn cao, dễ thoát nước. Trước khi gieo trồng 10-15 ngày đất phải được tháo khô hết nước. Làm luống rộng 90-110cm, rãnh 30cm. Sau khi lên luống, rạch hàng bón phân. Mỗi luống trồng 4-5 hàng, khoảng cách hàng 20-30cm.

Với yêu cầu nông học để canh tác hành củ, tỏi là cần làm khá nhỏ lớp đất canh tác, việc sử dụng phương pháp phay là hợp lý;

ngoài ra điều này còn phù hợp với xu hướng làm đất tối thiểu đang được ứng dụng rộng rãi trên thế giới; làm đất bằng phay làm giảm thiểu số lần máy canh tác đi lại trên đồng so với các phương pháp khác như dùng cày diệp, hoặc cày chảo, bừa đĩa, v.v…

3.1.2. Máy phay và lên luống gồm các bộ phận chính:

- Dàn phay đất có bề rộng làm việc 160 -180cm, độ sâu phay 10 - 15 cm, tốc độ phay 350 vòng/phút và thực hiện ít nhất 2 lượt phay để đạt yêu cầu về chất lượng đất phục vụ cho quá trình trồng hành củ, tỏi (đường kính viên đất dưới 5 cm chiếm tối thiểu 80%).

- Bộ phận ép luống được lắp sau máy phay để ép và nén thành luống trồng hành tỏi. Luống sau khi ép cần thỏa mãn các điều kiện: độ cao 25-35 cm, mặt luống rộng 90-110cm, khoảng cách rãnh giữa 2 luống 30-35cm, bề mặt luống phải bằng phẳng và tưới nhẹ phun thuốc diệt mầm cỏ trước khi tiến hành trồng.

Hiện nay máy kéo có công suất 35-50 HP được sử dụng phổ biến và đã có chứng minh là mang lại hiệu quả kinh tế lớn phục vụ sản xuất cho các cây trồng vụ đông như ngô, đỗ, đậu tương, v.v. với quy mô mỗi lô lớn. Do đó, quy trình đề xuất sử dụng máy kéo với công suất tương tự.



Hình 2. Máy phay lắp dàn phay ép luống trồng hành tỏi tại Vĩnh Phúc

3.1.3. Kết quả thử nghiệm máy phay và lên luống

Đây là loại máy có 2 chức năng, gồm chức năng phay làm nhỏ đất và chức năng lên luống. Máy phay được lắp theo sau máy kéo 35-50 Hp bằng cơ cấu treo, bộ phận phay nhận truyền động từ trục thu công suất phía sau máy kéo, bộ phận lên luống lắp ở phía sau kéo theo máy kéo.

Kết quả thử nghiệm của máy trong điều kiện thực tế sản xuất được thể hiện trong bảng

Bảng 1. Kết quả thử nghiệm máy phay kết hợp lên luống trồng hành, tỏi

STT	Tên chỉ tiêu (đơn vị)	Giá trị thử nghiệm	Giá trị đạt yêu cầu
1	Bề rộng luống (cm)	110	100 -110
2	Chiều cao luống (cm)	30	30-35
3	Tỉ lệ viên đất đường kính trên 5cm (%)	19%	< 20%
4	Năng suất (ha/h)	0,24	0.2

Về cơ bản, máy phay và lên luống đáp ứng được yêu cầu đặt ra khi phay đất, lên luống để trồng hành củ, tỏi. Sau khi thử nghiệm máy, theo quan sát, nhóm nghiên cứu nhận thấy mặt luống phẳng đều, đường kính viên đất dưới 5cm chiếm trên 80%. Luống đất phù hợp để thực hiện khâu tiếp theo.



Hình 3. Máy phay và lên luống đang làm việc trên đồng ở Hải Dương

3.2. Khâu gieo trồng

3.2.1. Yêu cầu kỹ thuật máy

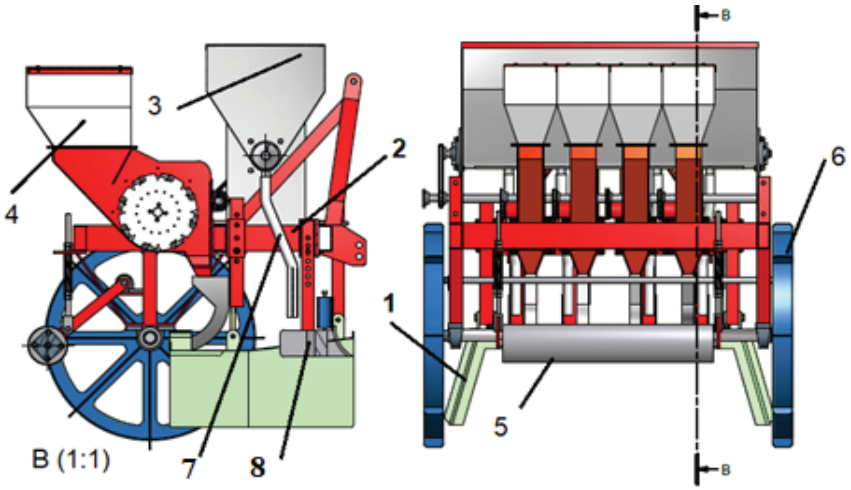
Trồng các nhánh trên luống theo khoảng cách:

- Hàng cách hàng trồng hành củ, tỏi: 20-30cm.

- Khoảng cách mỗi nhánh trên một hàng: 8 - 25cm.

- Cắm từng nhánh xuống đất, đảm bảo 2/3 nhánh hành củ, tỏi đều nằm bên dưới mặt đất.

3.2.2. Cấu tạo và nguyên lý làm việc của máy:



Hình 4. Mẫu máy trồng kết hợp bón phân

1. Bộ phận giữ khuôn luống; 2. Khung máy; 3. Bộ phận bón phân;
4. Bộ phận gieo hành; 5. Bộ phận lô ép; 6. Bánh xe tựa đồng;
7. Ống dẫn phân; 8. Bộ phận rạch.

Máy thực hiện đồng thời các thao tác: ép giữ luống, rạch hàng, trồng, bón phân NPK và nén nhánh hành củ, tỏi giống xuống mặt luống. Máy được liên hợp với nguồn động lực là máy kéo 4 bánh, công suất 35 – 50 Hp. Máy trồng và bón phân 4 hàng trên 1 luống, Khoảng cách hàng trồng hành củ là 30cm, giữa các nhánh giống là 25 cm. Khoảng cách hàng trồng tỏi là 20 cm, giữa các nhánh củ là 10 cm. Sau khi trồng nhánh hành, tỏi giống được nén nằm 2 phần 3 dưới mặt luống. Độ sâu phân viên là: 3 – 5 cm;

Máy có thể điều chỉnh được khoảng cách nhánh giống trên mỗi hàng bằng cách thay đổi cặp nhông xích dẫn động. Máy liên hợp với máy kéo có động lực phù hợp và sẵn có ở các địa phương. Máy có kết cấu đơn giản, dễ sử dụng, dễ điều chỉnh, bảo dưỡng, sửa chữa (hình 4).

Thông số kỹ thuật:

1. Số hàng trồng: 04	2. Năng suất: 0,2 (ha/h)
3. Khoảng cách hàng: 20 -30 cm	4. Khoảng cách cây: 10 – 25 cm
5. Số nhánh trên 1 hốc: 1-2 nhánh	6. Bón phân viên NPK
7. Thể tích thùng phân: 0,06 m3	8. Nguồn động lực: Máy kéo 35-50 (HP)

3.2.2. Kết quả thử nghiệm máy trồng kết hợp bón phân

Kết quả thử nghiệm của máy trong điều kiện thực tế sản xuất được thể hiện trong bảng:

Bảng 2. Kết quả thử nghiệm máy trồng kết hợp bón phân

STT	Tên chỉ tiêu (đơn vị)	Giá trị thử nghiệm	Giá trị đạt yêu cầu
1	Bề rộng luống (cm)	99,4	90-110
2	Bề rộng rãnh (cm)	29,4	25-35
3	Khoảng cách hàng (cm)	25,3	20-30
4	Khoảng cách cây (cm): + Đối với hành củ + Đối với tỏi	 20,5 12,4	 20-30 10-25
5	Số tép trên hốc, tép	1-2	1-2
6	Năng suất, ha/h	0,21	0.2
7	Lượng phân bón, kg/ha	530	500-700

Về cơ bản, máy trồng kết hợp bón phân hành củ, tỏi đáp ứng được yêu cầu đặt ra ở địa phương khi phục vụ chuyển đổi vụ đông.



Hình 5. Máy trồng kết hợp bón phân tại Kinh Môn, Hải Dương

3.3. Khâu chăm sóc

Khâu chăm sóc, tưới tiêu cho hành củ, tỏi hiện được sử dụng chủ yếu là thủ công hoặc sử dụng tưới rãnh, tưới nhỏ giọt. Tại các nước phương tây các xe tưới được thiết kế chuyên biệt với công suất lên tới 1ha/h. Do đặc thù của hành củ, tỏi yêu cầu tránh tưới trực tiếp với số lượng lớn lên lá cho nên các thiết bị được thiết kế tưới dưới dạng sương mù hoặc thiết kế tưới thấp vào gốc. Đề tài xây dựng phương án và lựa chọn thiết bị cho hệ thống tưới hành củ, tỏi phun mưa,

sử dụng vòi phun với cường độ hạt mưa nhỏ nhằm tránh làm xói mòn đất và ảnh hưởng đến sự phát triển của cây. Hình thức tưới được áp dụng theo chế độ luân phiên, với quy mô một lần tưới cho khu vực diện tích trung bình khoảng 0,5 ha, và được vận hành theo cơ chế tưới tự động nhằm tiết kiệm nhân công và nâng cao hiệu quả tưới tiêu.



Hình 6. Hệ thống tưới phun mưa, cường độ hạt mưa cỡ nhỏ tại mô hình

3.4. Khâu thu hoạch

3.4.1. Nguyên lý và cấu tạo máy thu hoạch

Trên thế giới hiện nay, có 2 nguyên lý chính được áp dụng cho máy thu hoạch hành củ, tỏi là nguyên lý sàng rung và nguyên lý kẹp nhổ. Với nguyên lý sàng rung, ưu điểm là máy có năng suất cao, nhưng nhược điểm máy có kính thước lớn, bộ phận sàng rung phải có độ dài nhất định để loại bỏ đất, tạp chất dính vào cây hiệu quả. Điều này gây mất cân bằng trong khi làm việc và phải thêm công đoạn cắt cây sau khi thu hoạch. Với nguyên lý kẹp nhổ, máy có khả năng làm sạch tốt, mức độ cơ giới hoá cao. Tuy nhiên, để máy có thể hoạt động tốt thì quá trình canh tác đòi hỏi mức độ cơ giới hoá đồng bộ tương đối cao từ làm đất đến trồng, khoảng cách hàng khi trồng phải đủ lớn. Hiện nay với công nghệ, thiết bị về thủy lực và điều kiển tự động rất phát triển do vậy nguyên lý kẹp nhổ đã được áp dụng ở hầu hết các máy thu hoạch hành tỏi, cà rốt tiên tiến trên thế giới hiện nay.

Nhóm nghiên cứu đã áp dụng nguyên lý kẹp nhổ để thiết kế, chế tạo máy thu hoạch hành củ, tỏi theo hàng khi thu hoạch hàng củ, tỏi thương phẩm khi lá gốc, lá ngọn mới bắt đầu khô héo. Đối với cây hành củ, tỏi để làm giống, cây khi thu hoạch đã rủ xuống không còn khả năng kẹp nhổ sẽ áp dụng nguyên lý sàng rung để nghiên cứu thiết kế, chế tạo máy thu hoạch tỏi theo luống.

a. Máy thu hoạch hành củ, tỏi theo hàng:

Máy thu hoạch hành củ, tỏi theo hàng là loại máy thu hoạch một giai đoạn. Máy

thực hiện đồng thời các công đoạn như: dũi phá liên kết đất, nhổ, kẹp cây, cắt lá, chuyển củ sang bên đổ vào máng hứng băng tải, đổ củ vào thùng ở phía sau máy. Mỗi một đường làm việc máy thu hoạch được 04 hàng cây.



Hình 7. Máy thu hoạch hành củ, tỏi theo hàng

Toàn bộ máy được đặt trên hệ thống di động xích cao su liền dải. Máy có lắp động cơ Diesel, loại 50 mã lực. Máy có buồng lái, trong buồng lái có các cần điều khiển thủy lực các bộ phận như: nhổ cây, cắt gốc, băng tải hứng củ và băng tải nghiêng.

b. Máy thu hoạch hành củ, tỏi theo luống:

Máy thu hoạch theo luống có chiều rộng 1-1.1m, vừa bằng một luống hành, tỏi. Khi hoạt động, lưỡi cắt xới đất lẫn hành củ lên bộ phận sàng, sau đó đất sẽ rơi xuống, còn hành củ nằm lại trên mặt sàng và rơi trên mặt đất, công nhân đi sau lấy hành củ và buộc lại.



Hình 8. Máy thu hoạch hành củ, tỏi theo luống

3.4.2. Kết quả thử nghiệm 02 mẫu máy thu hoạch hành củ, tỏi

Bảng 3. Kết quả thử nghiệm máy thu hoạch hành củ, tỏi theo hàng

STT	Tên chỉ tiêu (đơn vị)	Giá trị thử nghiệm
1	Tỉ lệ cây không nhổ khỏi đất (%)	4,5 %
2	Tỉ lệ cây rơi khỏi bộ phận kẹp (%)	0,7%
3	Tỉ lệ cây không cắt thân (%)	2,3%

Về cơ bản, máy thu hoạch hành củ, tỏi theo hàng đáp ứng được yêu cầu kỹ thuật đặt ra. Máy thực hiện được chức năng kẹp nhổ, cắt thân và đưa củ vào thùng trong quá trình thử nghiệm. Mỗi luống máy thực hiện được 04 hàng, đạt năng suất thuần túy 0,25 ha/h.

Bảng 4. Kết quả thử nghiệm máy thu hoạch hành củ, tỏi theo luống

STT	Tên chỉ tiêu (đơn vị)	Giá trị thử nghiệm
1	Tỉ lệ cây không nhổ khỏi đất (%)	0,5 %
2	Tỉ lệ cây mắc trong bộ phận sàng (%)	1,5 %
3	Tỉ lệ cây với lượng đất, tạp chất	Đạt yêu cầu

Về cơ bản, máy thu hoạch hành củ, tỏi theo luống đáp ứng được yêu cầu kỹ thuật đặt ra. Máy thực hiện được chức năng bới củ, sàng rung loại bỏ tạp chất và rải củ trên bề mặt luống. Máy đạt năng suất thuần túy 0,3 ha/h.

3.5. Khâu sơ chế

Sau khi thu hoạch, hành củ và tỏi cần được xử lý sau thu hoạch đúng quy trình nhằm đảm bảo chất lượng và kéo dài thời gian bảo quản. Hiện nay củ hành, tỏi sau khi thu hoạch được được làm sạch đất, loại bỏ củ hỏng, sâu bệnh. Hành củ và tỏi được bó thành từng bó nhỏ hoặc xếp mỏng, sau đó đưa đi phơi nắng nhẹ từ 5–7 ngày, nơi khô thoáng, tránh ánh nắng gay gắt.

Đối với sản xuất quy mô lớn áp dụng cơ giới hoá hoặc trong điều kiện thời tiết không thuận lợi, sấy nhân tạo là lựa chọn thay thế hiệu quả, nhóm nghiên cứu đề xuất ứng dụng vào mô hình là sấy sàn theo mẻ 10-20 tấn/mẻ. Sau khi thu hoạch bằng máy hành củ và tỏi được sấy với nhiệt độ 38-45 độ C thời gian sấy 12-18 tiếng sau đó đưa đi bảo quản hoặc sử dụng trống thùng quay bóc vỏ, thái và chiên.

3.6. Hiệu quả kinh tế

Để đánh giá hiệu quả kinh tế của việc ứng dụng cơ giới hoá đồng bộ sản xuất hành

củ, tỏi tại vùng sản xuất tập trung, nhóm nghiên cứu tiến hành tính toán tổng chi phí của từng khâu khi áp dụng phương pháp truyền thống và chi phí khi ứng dụng cơ giới hoá. Sau đó tiến hành so sánh kết quả tính toán chi phí.

Qua 2 năm thử nghiệm quy trình CGH cho vùng sản xuất hành củ, tỏi tại Công ty TNHH Đầu tư và Phát triển nông nghiệp Dũng Đạt, Gia Khánh Bình Xuyên, Vĩnh Phúc và HTX Sản xuất và kinh doanh Nông sản sạch Bạch Đằng và hộ sản xuất Nguyễn Văn Sơn xã Ninh Xá, Kinh Môn Hải Dương đạt được kết quả tốt. Kết quả cho thấy, khi áp dụng thiết bị cơ giới chuyên dụng, đối khâu trồng giúp giảm 6 tr/ha tương ứng với giảm 52% chi phí, với khâu thu hoạch giảm gần 5tr/ha, tương ứng với giảm 45% chi phí so với phương pháp truyền thống. Đồng thời chi phí công lao động giảm hơn 60% qua tính toán sơ bộ thời gian hoàn vốn cho các loại máy móc trong sản xuất dao động từ 3,7–3,8 năm.

VI. KẾT LUẬN VÀ ĐỀ NGHỊ

4.1. Kết luận:

Sản xuất hành củ, tỏi của nước ta vẫn còn phân tán, nhỏ lẻ, chưa liên kết theo chuỗi giữa sản xuất với chế biến tiêu thụ. Các biện pháp kỹ thuật canh tác chưa được nghiên cứu và áp dụng đồng bộ, mức đầu tư thấp, sử dụng phân bón thiếu khoa học gây lãng phí là nguyên nhân làm giảm hiệu quả của sản xuất hành củ, tỏi. Do vậy việc xây dựng được quy trình và thiết bị cơ giới hoá cho sản xuất hành củ và tỏi tại vùng sản xuất hàng hoá, tập trung đã đạt được kết quả bước đầu.

Các máy được thiết kế, chế tạo và đã khảo nghiệm, ứng dụng tại mô hình ở Vĩnh Phúc, Hải Dương đạt các chỉ tiêu đề ra về năng xuất, chất lượng.

Sử dụng các mẫu máy máy giảm được số lần máy đi lại trên đồng nên tiết kiệm được chi phí cho sản xuất, nâng cao năng suất, chất lượng, giảm chi phí, giá thành sản xuất, tránh được căng thẳng của mùa vụ.

4.2. Đề nghị

Cần tiếp tục nghiên cứu xây dựng các mô hình CGH sản xuất đồng bộ cây hành củ, tỏi từ khâu làm đất - trồng - chăm sóc - thu hoạch - sấy, bảo quản với các quy mô và điều kiện địa hình khác nhau,. Đánh giá hiệu quả kinh tế, từ đó nhân rộng mô hình trên diện rộng.

Hỗ trợ, khuyến khích đầu tư máy móc, thiết bị vào sản xuất, tạo điều kiện thành lập các HTX kiểu mới, Doanh nghiệp theo chuỗi giữa sản xuất với chế biến tiêu thụ.

Đẩy mạnh công nghiệp chế tạo máy, thiết bị phục vụ CGH. Nhà nước cần có chính sách khuyến khích các công ty cơ khí, cơ sở cơ khí địa phương ... sản xuất máy móc phục vụ nông nghiệp nói chung và cơ giới hóa sản xuất hành củ, tỏi nói riêng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Báo cáo kết quả sản xuất niên vụ 2023-2024 của phòng nông nghiệp phường Kinh Môn – Hải Phòng (huyện Kinh Môn, Tỉnh Hải Dương cũ)

2. Nguyễn Hữu Thành. Năm 2018. Đề tài cấp tỉnh "Ứng dụng tiến bộ kỹ thuật xây dựng mô hình sản xuất củ hành tím an toàn tại huyện Vĩnh Châu, tỉnh Sóc Trăng",

3. Trần Văn Huệ, 2007, Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo bộ phận gieo dạng đĩa trục nghiêng và bộ phận bón phân cho máy gieo ngô. Đề tài cấp cơ sở

4. Тимофеев С.Ф. Энциклопедия огородника. М.: Аст- Пресс. 1999.-720 с.

5. Шевченко В.В. Сад, огород и ферма на даче./В.В. Шевченко, И.Я. Шелудько, Н.М.Щербатко, И.Е. Пшеничный и др. Симферополь: Таврида,-1994,- 416 с.

6. Ruis Atisent M. Comentario al concurso intematijnal de recokeccion mecanizada de cebolla. MAG iber Rev. mtcagr., 1975,an. 9,N 10,519-523.

7. Viscardi K. Nie tyiko wyposazenie techniczne decyliye o sukeesie vtchanizugi procesu produkcji warryw polowych. Masz. Ciagn. Roin, 1978. z. 25, N 4, S. 2125.

Ngày nhận bài: 10/8/2025;

Người phản biện: PGS.TS Lê Minh Lư - Học viện Nông nghiệp VN