

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU MÁY TRỒNG DỨA 4 HÀNG KẾT HỢP PHỦ NI LÔNG Ở VIỆT NAM

Đặng Văn Đông¹
Nguyễn Đức Long¹
Đậu Thế Nhu¹
Nguyễn Việt Anh¹
Nguyễn Đức Vinh₁

Lịch sử bài báo

Ngày nhận bài: 08/01/2026
 Ngày phản biện: 21/01/2026
 Ngày duyệt đăng: 24/01/2026

TÓM TẮT

Trồng dưa là khâu nặng nhọc và tốn nhiều công lao động. Ở Việt Nam dưa được trồng hoàn toàn thủ công. Hiện vẫn chưa có một mẫu máy nào trong nước đáp ứng được yêu cầu của sản xuất. Kết quả thực nghiệm đánh giá các chỉ tiêu kỹ thuật của máy.

Bài báo này giới thiệu mẫu máy trồng dưa MTD-01 ứng dụng trong cơ giới hoá canh tác dưa trên các vùng sản xuất lớn, chuyên canh (tập trung) tại Việt Nam.

Mẫu máy trồng MTD-01 có các chỉ tiêu kỹ thuật sau:

+ Kích thước máy (DxRxH): 1800 x 2000 x 1100 mm;
 + Năng suất: 0,12 ha/giờ;
 + Số hàng trồng: 04 hàng;
 + Khoảng cách cây: 300 ÷ 310 mm;
 + Độ sâu trồng: từ 60 ÷ 80 mm;
 + Bề rộng cuộn ni lông: 1.800 mm;
 + Tỷ lệ chồi sau trồng đạt: 98%;
 + Nguồn động lực (truyền động máy kéo 4 bánh): 60HP.

Từ khoá: Cơ giới hoá cây dưa; Canh tác dưa phủ ni lông; Máy trồng dưa.

RESEARCH RESULTS ON 4-ROW PINEAPPLE PLANTERS COMBINED WITH PLASTIC COVERING IN VIETNAM

ABSTRACT:

Pineapple cultivation is a labor-intensive and labor-intensive process. In Vietnam, pineapples are grown entirely manually. Currently, no domestic machine meets the production requirements. This paper presents the experimental results of the MTD-01 pineapple planting machine, applied in the mechanization of pineapple cultivation in large-scale, specialized (concentrated) production areas in Vietnam.

The MTD-01 planting machine has the following technical specifications:

+ Machine dimensions (LxWxH): 1800 x 2000

x 1100 mm;
 + Productivity: 0,12 ha/hour;
 + Number of planting rows: 4 rows;
 + Plant spacing: 300 ÷ 310 mm;
 + Planting depth: 60 ÷ 80 mm;
 + Plastic roll width: 1.800 mm;
 + Shoot survival rate after planting: 98%;
 + Power source (4-wheel tractor drive): 60HP.

Keywords: Pineapple mechanization; Pineapple planting machine; Pineapple cultivation with plastic mulch.

¹Viện Cơ Điện Nông nghiệp và Công nghệ Sau thu hoạch, số 60 Trung Kính, Yên Hòa, Hà Nội.

I ĐẶT VẤN ĐỀ

Dứa là một trong những sản phẩm rau quả xuất khẩu chủ lực của Việt Nam. Hiện nay, trồng dứa mang lại lợi nhuận cao. Trừ chi phí sản xuất, mỗi ha có thể cho thu nhập từ 200 - 240 triệu đồng, so với cây trồng khác, lợi nhuận từ cây dứa cao gấp 5 lần, vì thế canh tác dứa được ưu tiên mở rộng diện tích ở nhiều vùng miền [1,2].

Hiện nay, canh tác dứa mới cơ giới hoá chủ yếu ở khâu làm đất, bón phân (tự động), tưới. Khâu trồng dứa được tiến hành 100% bằng lao động thủ công với các phương tiện thô sơ nên năng suất lao động thấp, chi phí tăng cao. Để trồng cho 1 ha cần khoảng 25-30 công lao động. Đây là một khâu rất tốn sức lao động cần thiết phải được cơ giới hóa.

Trên thế giới đã có nhiều nghiên cứu về máy trồng dứa bằng thực nghiệm cũng như lý thuyết.

Guo J. và các cộng sự [7] Sử dụng CAD và Phân tích phần tử hữu hạn (FEA) để đảm bảo tính toàn vẹn cấu trúc của khung và tay trồng dưới điều kiện ứng suất cao.

Jing Fu-lin và các cộng sự [5] đã khảo nghiệm máy trồng dứa 2 hàng cho kết quả: Năng suất 0,06 ha/h; tỷ lệ trồng đạt tiêu chuẩn 96% với tốc độ 62–67 cây/phút; Giảm tổng chi phí vận hành khoảng 50% so với phương pháp thủ công.

Li Mutong và các cộng sự [6] đã nghiên cứu nền tảng cho hệ thống máy trồng dạng đĩa quay kết quả cho thấy: ở tốc độ vận hành 0,66 km/h, tỷ lệ trồng đạt tiêu chuẩn đạt 90,2%, tỷ lệ trồng hỏng và đổ ngã lần lượt là 5,1% và 4,7%, và hệ số biến thiên về khoảng cách trồng là 4,6%.

Tuy nhiên, các nghiên cứu trên thế giới chủ yếu tập trung vào máy trồng 2 hàng, trong khi đó ở Việt Nam hiện chủ yếu dứa được trồng trên luống 4 hàng. Việc nghiên cứu, thiết kế, chế tạo ứng dụng máy trồng dứa 4 hàng là rất cần thiết ở nước ta.

Trong bài báo “Nghiên cứu lựa chọn và tính toán cơ cấu trồng dứa trên đất phủ nilông”, tạp chí Công nghiệp Nông thôn Số 51/2023 [4] các tác giả đã phân tích, so sánh giữa cơ cấu trồng 5 khâu và trồng đĩa qua đó lựa chọn cơ cấu trồng dạng 5 khâu. Trên cơ sở mô phỏng và tính toán đã xác định các thông số hình học chính của bộ phận trồng dứa 5 khâu:

- Bán kính tay quay dưới $R1 = 47 \text{ mm}$; bán kính tay quay trên $R2 = 110 \text{ mm}$.

- Mô men lớn nhất của trục chủ động là $Mq = 35 \text{ Nm}$ với lực cản cực đại của mũi đục $Fd = 1000 \text{ N}$ ở chiều sâu trồng $h = 70 \text{ mm}$.

Bài báo này, giới thiệu mẫu máy trồng dứa 4 hàng MTD-01 cấu tạo gồm nhiều bộ phận như: khung treo, hộp số chuyển hướng 900, bộ phận cấp chồi, bộ phận trồng 5 khâu, bộ phận rải nilông, cụm bánh xe nén đất, cụm bánh tựa đồng, cụm đĩa lấp đất; cụm bánh dẫn hướng được liên hợp với máy kéo 4 bánh. Thực nghiệm trên đồng đánh giá các chỉ tiêu kỹ thuật của máy để từ đó ứng dụng vào cơ giới hoá canh tác dứa tại các vùng trọng điểm của Việt Nam.

II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu thực nghiệm

- Sử dụng chồi nách của giống nhóm dứa Queen có chiều cao từ $250 \div 300 \text{ mm}$, khối lượng từ $200 \div 300 \text{ gam}$ (hình 1) [3].



Hình 1. Chồi dừa giống

- Địa điểm thực nghiệm/khảo nghiệm: Công ty Cổ phần thực phẩm xuất khẩu Đồng Giao.

- Thời gian thực hiện: Tháng 12/2025.

2.2. Nghiên cứu thực nghiệm:

Các chỉ tiêu kỹ thuật của máy trồng được đánh giá thực nghiệm bằng cách lấy 8 hàng, mỗi hàng 10 cây ngẫu nhiên

liên tục để thu thập số liệu chồi dừa sau khi trồng đạt các yêu cầu nông học: độ sâu trồng, khoảng cách chồi, độ nghiêng chồi, tỷ lệ chồi sau trồng đạt, không đạt và năng suất trồng. Sử dụng phương pháp đo đạc (bằng thước mét), phương pháp thống kê xử lý số liệu thực nghiệm để tính toán kết quả.

2.3. Dụng cụ thực nghiệm:

Dụng cụ	Thông số	Mục đích sử dụng
	Thước mét + Model: BM - 300; + Thang đo: 5 mét; + Bước nhảy vạch: 1 mm; + Cấp chính xác: Class II	Đo đạc khoảng cách trồng, độ sâu trồng, đường kính, chiều dài chồi giống
	Cân bàn cơ + Model: CĐH - 100; + Phạm vi đo: 2 kg - 100 kg; + Sai số: 100 g;	Xác định khối lượng cát tư, vật liệu
	+Đồng hồ bấm giây + Model: PC894; + Thời gian đo: 24 giờ;	Theo dõi thời gian máy làm việc xác định năng suất trồng, tính vận tốc máy
	Thước đo góc điện tử + Model: Insize 2176 - 200; + Độ phân giải: 0 - 3600; + Cấp chính xác 0.3 độ	Đo góc nghiêng chồi sau trồng, góc lệch cam,...

2.4. Các chỉ tiêu đánh giá:

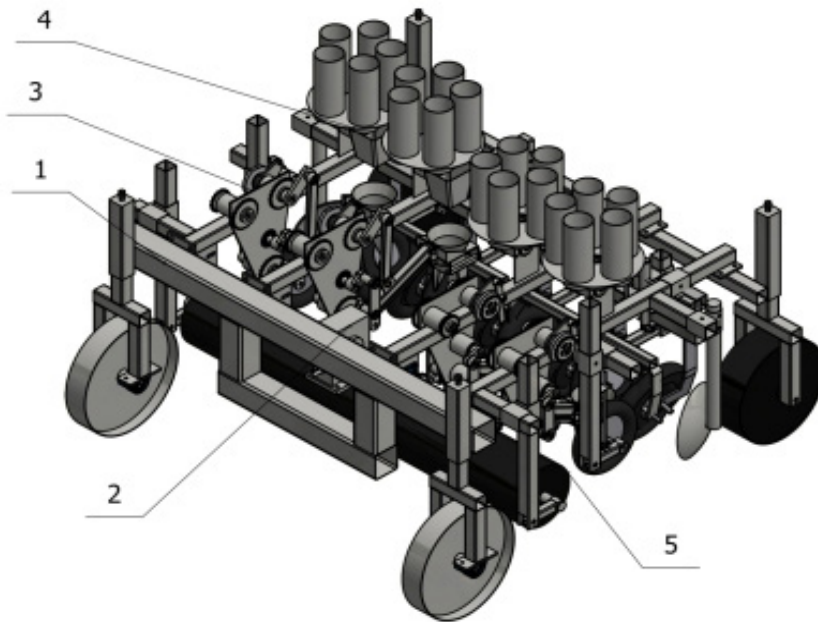
- Chế độ vận hành của máy;
- Khoảng cánh chồi;
- Độ sâu trồng;
- Tỷ lệ chồi khi trồng % số cây trồng đúng yêu cầu nông học;

- Năng suất trồng.

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Cấu tạo và nguyên lý làm việc của mẫu máy trồng MTD-01

Máy trồng MTD-01 có cấu tạo được thể hiện trên (hình 2)



Hình 2. Máy trồng dừa MTD - 01

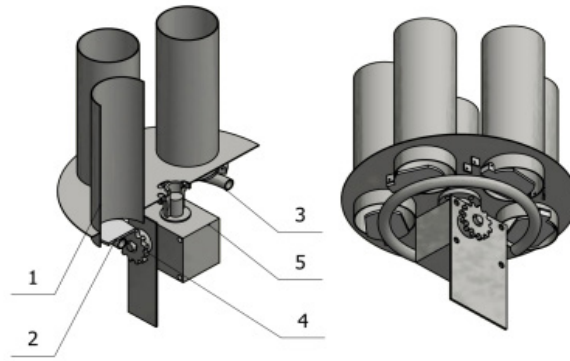
1. Khung treo; 2. Hộp số chuyển hướng 900; 3. Bộ phận trồng 5 khâu;
4. Bộ phận cấp chồi; 5. Bộ phận rải ni lông.

Quá trình làm việc của máy như sau:

Máy trồng nhận chuyển động chính từ trục thu công suất của máy kéo qua hộp số truyền động chuyển hướng 900 tới các bộ phận công tác nhờ truyền động xích, bánh răng theo các tỷ số truyền đã tính toán đồng bộ.

Chồi dừa được cấp thủ công vào bộ phận cấp chồi 4 có dạng băng đạn, được

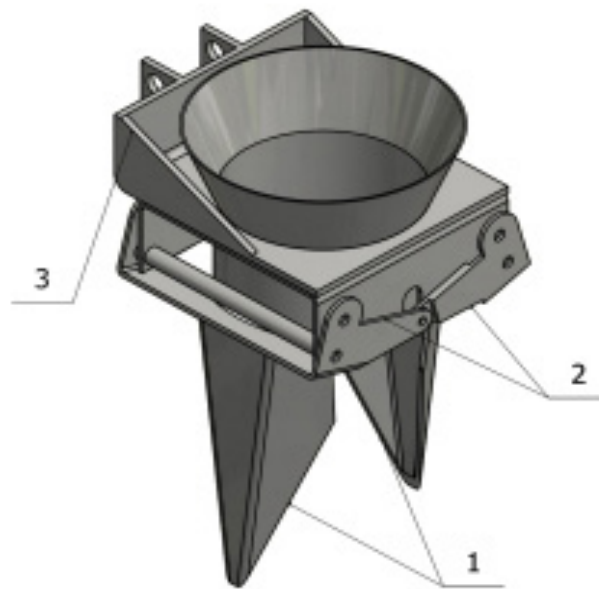
thể hiện trên (hình 3), bao gồm đĩa 1 có các ống chứa chồi. Dưới đáy các ống được lắp các tấm đáy liên kết với thân ống dạng bản lề. Truyền động của đĩa vận chuyển chồi được thực hiện qua không xích truyền động 4 và hộp số bánh răng trục vít 5. Khi bộ phận này quay tới vị trí cần thiết (phía trên mũi đục) đáy sẽ được mở ra và chồi rơi vào mũi đục dạng mở vệt được lắp trên cơ cấu trồng 5 khâu.



Hình 3. Kết cấu của bộ phận vận cấp chồi.

1. Cụm ống chứa chồi; 2. Tấm đáy ống; 3. Khung đỡ đáy;
4. Nhông xích truyền động;

Việc trồng chồi dừa được thực hiện nhờ mũi đục có kết cấu dạng mỏ vịt.

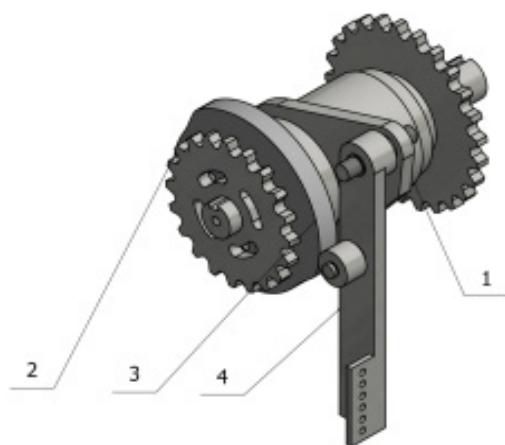


Hình 4. Cơ cấu mũi đục dạng mỏ vịt.

1. Mỏ vịt; 2. Cơ cấu điều khiển mỏ vịt; 3. Giá đỡ, phễu chứa.

Mũi đục có cấu tạo bao gồm giá đỡ, phễu chứa và 2 mỏ vịt có tác dụng vừa để chứa chồi và trồng chồi. Khi mũi đục đi xuống mỏ vịt 1 ở trạng thái đóng và khi tới mặt đồng sẽ đục lỗ trồng qua ni lông phủ. Ở vị trí sâu nhất của mũi đục, mỏ vịt 1 sẽ mở ra và khi mũi đục rút lên sẽ thả chồi ở lại lỗ trồng.

Truyền động của 2 mỏ vịt là đối xứng nhau và được thực hiện nhờ cơ cấu điều khiển 2, được thể hiện trên (hình 4). Truyền động cho cơ cấu này là hệ thống kéo cáp được lấy từ chuyển động của cơ cấu cam (hình 5).



Hình 5 Cơ cấu cam đóng mở mỏ vịt

1. Ổ đỡ; 2. Đĩa xích truyền động cam; 3. Cam; 4. Cần cam

Pha chuyển động	Vị trí cam (độ)	Góc quay tay cần (độ)
Sine biến đổi	0 - 25	0-6
Khoảng dừng	25 - 165	6-6
Sine biến đổi	165 - 190	6-0
Khoảng dừng	190 - 360	0-0

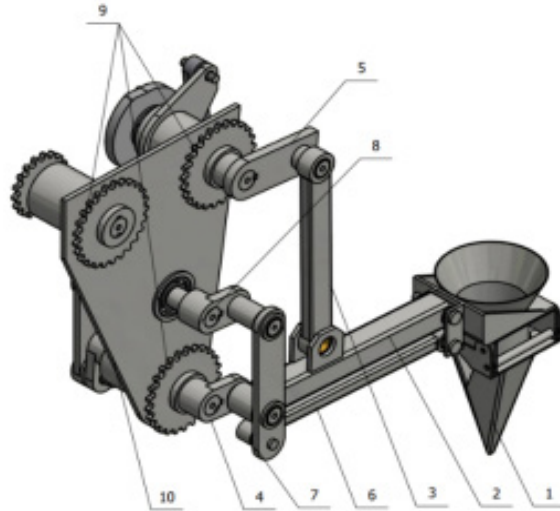
Cam được thiết kế bằng phần mềm Mechanical AutoCad 2018. Các thông số thiết kế được thể hiện ở (hình 5).

Góc lệch pha giữa chuyển động chính (đĩa xích 3) và cam 2 có thể điều chỉnh nhờ rãnh trượt trên đĩa xích truyền động. Nhờ góc lệch pha này ta có thể thay đổi vị trí mở và đóng mỏ vịt hợp lý.

Bộ phận trống là bộ phận quan trọng nhất trong máy trống. Nguyên lý bộ phận trống được lựa chọn dạng mũi đục được truyền động bằng cơ cấu 5 khâu (hình 6), bao gồm các bộ phận chính là mỏ vịt 1, có tác dụng hứng chồi và cắm chồi xuống mặt đồng. Chuyển động của mũi đục được thực hiện bởi các bánh răng xích 9 có cùng tốc độ thông qua tay quay 4 và 5. Với bán

kính khác nhau của tay quay 4 và 5 thông qua tay biên 3, tay trống 2 vừa thực hiện chuyển động quay xung quanh tâm tay quay 5 vừa thay đổi góc nghiêng.

Ngoài ra đã bổ sung thêm cơ cấu hình bình hành để giữ cho mũi đục luôn luôn vuông góc với mặt đất để tạo điều kiện cho việc hứng chồi và cắm chồi ở tư thế đứng. Cơ cấu hình bình hành được tạo ra khi bổ sung thêm tay quay 8 cùng đường kính và chuyển động song song với tay quay 5. Lúc đó thanh 7 sẽ chuyển động song phẳng. Với chiều dài thanh 6 và thanh 2 bằng nhau, khâu 1, 2, 6, 7 sẽ tạo ra một hình bình hành thứ 2, nhờ đó mỏ vịt 1 cũng sẽ chuyển động song phẳng như thanh 7.

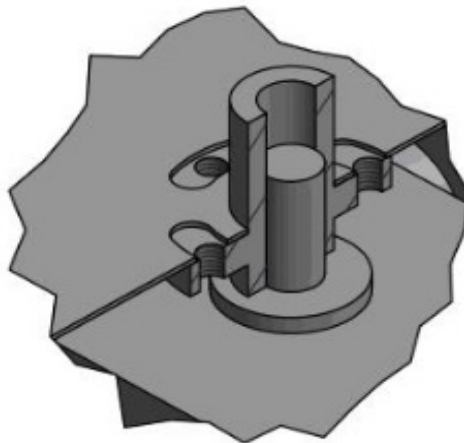


Hình 6. Kết cấu của bộ phận trông

1. Mũi đục 1; 2. Tay trông ; 3. Tay biên cơ cấu trông; 4. Tay quay trên ;
5. Tay quay dưới; 6. Thanh nối; 7. Thanh giữ hướng; 8. Tay quay giữ hướng;
9 Bánh răng; 10. Thân cơ cấu trông.

Để đảm bảo sự đồng bộ giữa bộ phận cấp chồi và bộ phận trông, cần phải điều chỉnh được pha thả chồi với bộ phận trông. Điều này được thực hiện nhờ rãnh ô van

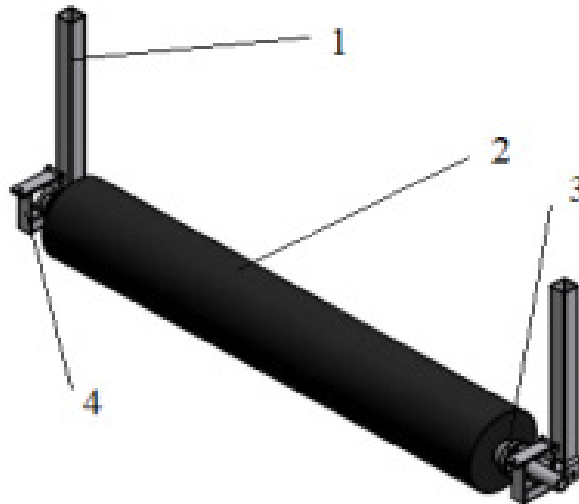
trên đĩa được bắt với mặt bích của đầu ra hộp số (hình 7).



Hình 7. Điều chỉnh thời điểm thả chồi của bộ phận cấp chồi

Vận tốc quay của bộ phận chuyển chồi phải đồng bộ với bộ phận trông. Với số lượng 5 ống trên đĩa chuyển chồi, với mỗi chu kỳ trông ống chuyển chồi sẽ phải di chuyển 1/5 vòng.

Bộ phận rải ni lông là ống hình trụ có đường kính 67 mm lắp quay trơn nhờ gối bi hàn trên khung treo. Điều chỉnh khoảng cách với mặt đồng bởi khớp bản lề được cố định bằng dây xích.



1. Thanh treo
2. Cuộn ni lông
3. Trục lắp
4. Khớp bản lề

Hình 8 . Bộ phận rải ni lông

Khi tiến hành phủ ni lông trên mặt ruộng, ni lông được rải kín, cố định đầu luống nhờ 2 bánh dẫn hướng (hoặc phủ lớp đất trên mặt. máy kéo di chuyển ni lông được kéo căng, trục lắp quay thực hiện việc rải ni lông 2 mép nhờ đĩa vun đất lắp cố định lớp ni lông phủ đã rải xuống mặt ruộng.

3.2. Tính toán một số thông số chính của máy trồng

a) Các thông số hình học của cơ cấu trồng

Theo [4] các thông số hợp lý cho cơ cấu trồng 5 khâu như sau:

- Bán kính tay quay dưới $R1 = 47 \text{ mm}$;
- Bán kính tay quay trên $R2 = 110 \text{ mm}$.
- Chiều dài tay biên $Lb = 300 \text{ mm}$;

b) Tỷ số truyền của bộ phận trồng cây

Với mỗi loại máy kéo khác nhau thì tỷ số truyền từ trục thu công suất của máy kéo đến mũi đục cần tính toán phù hợp để khoảng cách trồng $L = 300 \text{ mm}$.

Tỷ số truyền tính theo công thức:

$$i_Z = \frac{n_{pto} \cdot L}{60 \cdot v_d} = \frac{540 \cdot 0.3}{60 \cdot v_d} = \frac{2.7}{v_d}$$

Để đảm bảo vận tốc theo phương ngang của mũi đục ở điểm dưới cùng bằng không so với mặt đất khi đó bằng vận tốc tiến của máy kéo hay $v_d = v_m$

Thực nghiệm đo đặc thực tế với máy kéo FND.350 - 60 HP lựa chọn chế độ làm việc tăng nhanh để mức 1; trục thu công suất để số 3 vận tốc tiến của máy thay vào công thức trên ta được tỷ số truyền. Đây là tỷ số truyền cơ sở để tính toán cho bộ phận trồng và các bộ phận làm việc của máy.

3.3. Thử nghiệm đánh giá thông số làm việc của máy trồng

Máy trồng đã được thiết kế, chế tạo và khảo nghiệm sơ bộ trên kênh đất và ruộng tại Cơ sở nghiên cứu Trâu Quỳ của Viện Cơ điện nông nghiệp và Công nghệ sau thu hoạch. Sau khi hoàn thiện máy trồng được khảo nghiệm trong điều kiện thực tế tại Công ty CPTP XK Đồng Giao – Ninh Bình.



Hình 9. Thực nghiệm máy trồng dừa MTD-01 tại Công ty CPTPXK Đồng Giao (DOVECO)

3.3.1. Năng suất máy trồng.

Qua khảo nghiệm thực tế nhận thấy máy làm việc êm dịu, các bộ phận làm việc ổn

định. Tỷ lệ chồi dừa không đạt (dập, gãy, nghiêng quá 150°) < 3%. Năng suất trồng được thể hiện bảng 2

Bảng 2. Thực nghiệm năng suất trồng trên luống 100 m

TT	Thời gian trồng (phút)	Số chồi/luống (chồi)	Năng suất thuần túy (ha/giờ)	Tỷ lệ chồi trồng đạt (%)
Luống 1	4,60	12,968	0,235	97,50
Luống 2	4,50	12,979	0,240	97,36
Luống 3	4,49	12,952	0,241	97,67
Luống 4	4,50	12,959	0,240	97,31
Luống 5	4,51	12,987	0,240	97,37
Luống 6	4,50	12,988	0,240	97,44
Luống 7	4,49	12,961	0,240	97,53
Luống 8	4,49	12,944	0,240	97,62
Luống 9	4,51	12,983	0,241	97,53
Luống 10	4,49	12,945	0,240	97,62
Trung bình	4,508	12,97	0,24	97,50

Năng suất trung bình (thuần túy) đạt 0,24 ha/giờ; Tỷ lệ chồi sau trồng đạt yêu cầu là 97,5 %. Tỷ lệ chồi dừa sau trồng không đạt nguyên nhân chủ yếu tác động bởi 3 yếu tố thứ nhất do người thao tác cấp chồi vào băng dạn không đúng quy trình, thứ 2 do khâu làm đất chưa kỹ còn tỷ lệ đất cục to trên luống và thứ 3 do khâu tuyền

giống chưa đạt yêu cầu cho chồi dừa trồng bằng máy.

3.3.2. Độ sâu trồng

Độ sâu trồng có thể điều chỉnh thông qua cụm bánh tựa đồng tuy nhiên với mặt, đáy luống mấp mô chiều sâu trồng sẽ không cố định. Kết quả đánh giá thể hiện bảng 3

Bảng 3. Thử nghiệm độ sâu trồng

Đơn vị: mm

	Hàng thứ/độ sâu trồng (h)							
Thứ tự cây	1	2	3	4	5	6	7	8
1	80	83	77	80	81	80	75	78
2	82	82	81	77	77	83	73	76
3	78	79	72	76	80	79	73	74
4	85	83	74	81	76	80	78	76
5	77	83	84	83	83	83	80	80
6	80	78	78	80	75	74	78	76
7	78	76	82	84	77	74	74	84
8	81	75	72	80	80	73	83	74
9	85	81	83	77	76	81	74	77
10	85	77	82	75	79	82	80	84
Trung bình	78,82							

Qua bảng 3 ta thấy theo yêu cầu nông học thì độ sâu trồng từ $6 \div 8$ cm như vậy đảm bảo độ sâu trồng của máy.

3.3.3. Khoảng cách trồng**Bảng 4. Thử nghiệm khoảng cách trồng**

Đơn vị: mm

	Hàng thứ/khoảng cách trồng (S)							
Thứ tự cây	1	2	3	4	5	6	7	8
1	286	289	301	281	319	302	285	294
2	306	288	291	284	311	298	298	316
3	312	292	300	320	305	294	296	308
4	299	310	308	307	319	318	296	300
5	298	298	300	313	318	307	283	288
6	288	306	284	301	283	299	298	310
7	313	311	301	283	285	295	311	312
8	293	308	308	317	295	289	289	322
9	317	319	309	324	283	316	281	289
10	292	308	295	292	285	304	312	305
Trung bình	300,87							

Qua bảng 4 ta thấy theo khoảng cách trồng lớn nhất là 319 mm khoảng cách trồng nhỏ nhất là 281 mm. Khoảng cách trung bình 300, 87 mm như vậy cơ bản đảm bảo khoảng cách trồng của máy đáp ứng được yêu cầu thực tiễn.

IV. KẾT LUẬN

Mẫu máy thiết kế, chế tạo và thực nghiệm trồng dưa có 4 hàng trồng, khoảng cách trồng (chòi cách chòi) trung bình là 300,87 (mm) và độ sâu trồng trung bình $h = 7,882 \text{ cm}$ 8 (cm) đạt yêu cầu nông học.

Năng suất trồng trung bình (thuần túy) đạt 0,24 (ha/giờ). Tỷ lệ chòi dưa sau khi trồng đạt yêu cầu nông học trung bình là 97,5%.

Tỷ số truyền từ trục thu công suất đến bộ phận trồng (theo chế độ vận hành được chọn của máy kéo). Máy hoạt động ổn định khi liên hợp với nguồn động lực máy kéo 4 bánh 60 HP.

Kết quả thực nghiệm cho thấy máy đáp ứng được yêu cầu nông học với các chỉ tiêu đề ra. Máy trồng dưa MTD-01 phù hợp cơ giới hoá canh tác dưa tại Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1].<https://cand.com.vn/Kinh-te/Dinh-huong-phat-trien-cay-dua-Viet-Nam-i232278/>

[2].<https://nongnghiep.vn/trong-dua-thu-nhap-200--240-trieu-dong-ha-d309398.html>

[3].Lê Văn Đức, Nguyễn Văn Nghiêm, Đoàn Văn Lư, Cao Văn Chí và các cộng sự. *Sổ tay hướng dẫn canh tác dưa theo VietGap*. Cục trồng trọt - Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn.

[4].Đậu Thế Nhu, Nguyễn Đức Long, Nguyễn Việt Anh, Nguyễn Ngọc Tuấn; Đặng Văn Đông. (2023). *Nghiên cứu lựa chọn và tính toán cơ cấu trồng dưa trên đất phủ ni lông*. Tạp chí Công nghiệp Nông thôn Số 51/2023.

[5].Jing Fu-lin, ZHANG Man-qi, HU Xiao-zhong, HE Feng-guang, CUI Zhen-

de, DENG Gan-ran. *Test Analysis of Ridge Double-row Pineapple Transplanting Machine*. Modern Agricultural Equipment. Vol.44 No.5; Oct. 2023

[6].Li Mutong, Yue Dandan, Zhao Guangkuo, Guan Xiaodong. *Optimized Design of a Hanging-Cup Planting Principle Based on Pineapple Seedlings and Spatio-Temporal Analysis and Experimental Study of Seedling-Machine-Soil Coupled Interaction*. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=5887390> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.5887390>

[7].Guo J, Zhou B, Liu X, Hui Z, Hao X, Zhang Z, Yang Z, Sun H and Xue Z (2025) *Design and simulation of key components for mechanical transplanting of large pineapple seedlings*. Front. Plant Sci. 16:1721367. doi: 10.3389/fpls.2025.1721367