MỘT SỐ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VỀ BỘ PHẬN BÓN PHÂN DẠNG HẠT CHẬM TAN CHO ĐẬU TƯƠNG

TS. Nguyễn Chung Thông[1], PGS. TS. Lê Minh Lư[1],
PGS. TS. Nguyễn Xuân Thiết[1], ThS. Nguyễn Thị Hạnh Nguyên[1]

TÓM TẮT: *Bài báo này giới thiệu về cấu trúc và nguyên lý làm việc của bộ phận bón phân trong máy gieo hạt kết hợp với bón phân cho đậu tương. Bộ phận bón phân làm việc rải hàng theo nguyên lý cơ học kiểu trục cuốn với các rãnh cắt lệch giúp cho việc lấy và nhả phân dễ dàng. Các thông số làm việc của bộ phận bón phân được tính toán theo hai mô hình để đạt được năng suất 60-90 kg/h. Mô hình thứ nhất nhằm xác định lượng phân qua cửa xả thùng, cửa xả có tiết diện hình chữ nhật với bề rộng 15 mm và chiều dài có thể điều chỉnh. Mô hình thứ hai mô tả quá trình nạp phân vào rãnh trục cuốn, tốc độ của trục cuốn là thông số ảnh hưởng lớn đến việc lấy phân và cần nằm trong vùng giới hạn để đạt năng suất cần thiết.*

Từ khóa: Bộ phận bón phân, Máy gieo hạt kết hợp với bón phân, Cơ giới hóa đậu tương, Trục cuốn cắt lệch.

SOME RESEARCH RESULTS ABOUT THE GRANULAR FERTILIZER PARTS FOR SOYBEAN

ABSTRACT:

This article introduces the structure and working principle of the fertilizer parts of the sowing and fertilizer machine for soybeans. It works in line with the mechanical principle of the roller type. Its working parameters are calculated according to two models to achieve productivity from 60 to 90 kilograms per hour. The first model is to determine the amount of fertilizer passing through the rectangular discharge door with a width of 15 mm and a variable length. The second model describes the process of loading into the roll grooves. The speed of the platen is a parameter that greatly affects the ability to work and it needs to be within the limit to achieve the required productivity.

Key words: Fertilizer parts**,** Sowing machine combined with fertilizer, Mechanization of soybeans, Rollers.

I- ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong quy trình canh tác đậu tương hiện nay ở nước ta thì khâu bón phân, đặc biệt đối với phân hóa học (bón thúc) là tốn nhiều công đoạn và thời gian nhất. Thường tiến hành vào hai thời điểm: khi cây có từ 2-3 lá kép (10-15 ngày sau gieo) và sau khi cây ra hoa lần một 12-15 ngày (40-45 ngày sau gieo). Việc bón phân bằng tay, theo kinh nghiệm làm cho tỷ lệ phân không đều, không đúng số lượng nên không đảm bảo dinh dưỡng cho quá trình sinh trưởng và phát phiển của cây. Độ sâu bón không đảm bảo khiến cho phân bị rửa trôi gây lãng phí.

[1] Khoa Cơ – Điện, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

Nghiên cứu cho thấy, trong canh tác đậu tương bằng cơ giới hóa thì có thể tiến hành kết hợp nhiều khâu với nhau, trong đó khâu bón phân cũng có thể tiến hành một lần bằng phân bón tổng hợp dạng hạt chậm tan và được kết hợp với khâu gieo nhằm giảm bớt chi phí và tránh tác động của máy kéo đối với cây non và mặt đồng. Việc bón phân bằng máy không những đảm bảo đều, đúng hàm lượng phân mà khoảng cách giữa phân và hạt luôn đảm bảo, phân không làm ảnh hưởng gây chết hạt, thối rễ. Tuy nhiên, việc bón phân bằng máy theo hàng, nhất là đối với các loại phân dạng bột, tơi rời như hiện nay là rất khó khăn. Phân bị vón cục hay chảy nước, dính vào các bộ phận làm việc, thậm chí bị kẹt là các hiện tượng hư hỏng chính thường xảy ra đối với các máy bón phân theo hàng đang sử dụng.

Cấu trúc tổng thể của máy gieo hạt đậu tương kết hợp với bón phân và phương án canh tác tạo thuận lợi cho cơ giới hóa đồng bộ đã được giới thiệu trong một nghiên cứu của nhóm tác giả (2018). Nội dung nghiên cứu này trình bày cấu trúc của bộ phận và cơ sở để xác định các thông số cấu tạo và làm việc chính của bộ phận bón phân.

II. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng

Bộ phận bón phân trong máy gieo đậu tương kết hợp với bón phân theo hướng cơ giới hóa đồng bộ. Các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng làm việc của bộ phận bón phân làm cơ sở cho việc lựa chọn cấu trúc và các thông số làm việc chính của bộ phận bón phân cho đậu tương. Phân bón cho đậu tương là loại phân bón tổng hợp NPK dạng hạt chậm tan có kích thước 1-3 mm.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Xây dựng mô hình cấu trúc tổng thể, nguyên lý làm việc của bộ phận bón phân bằng các phần mềm thiết kế (Inventor, AutoCad).

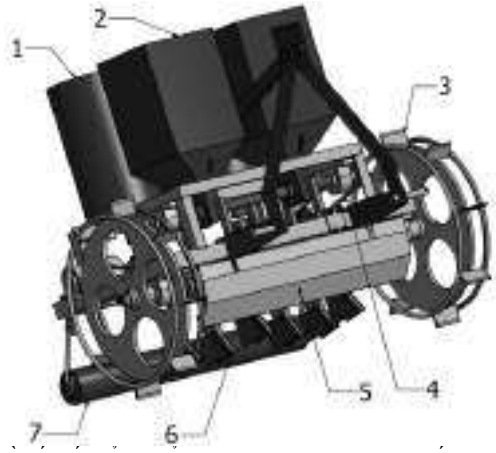
Xây dựng mô hình toán ảnh hưởng của các thông số hình học và động học đến khả năng làm việc của bộ phận bón phân.

Áp dụng lý thuyết tính toán về cơ học, giải tích và lý thuyết tính toán máy nông nghiệp trong nghiên cứu.

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Cấu tạo của máy và phương án canh tác

Máy thực hiện đồng thời nhiều công đoạn, trong đó có hai nhiệm vụ chính là gieo hạt và bón phân trên luống có sẵn. Việc tích hợp hai công đoạn này trong một máy sẽ giúp giảm bớt thời gian, chi phí, số lượt đi lại của máy và rất thuận lợi cho canh tác đậu tương theo hướng cơ giới hóa đồng bộ. Khi máy di chuyển dọc luống với vận tốc V_m, bộ phận di động 3 lăn và truyền chuyển động quay cho các bộ phận gieo hạt 1 và bộ phận bón phân 2 thông qua bộ phận truyền động 3. Phân bón và hạt sẽ rơi vào các ống dẫn và rơi xuống rãnh đã được các bộ phận rạch hàng 6 rạch sẵn. Các rãnh sẽ được lấp và mặt luống sẽ được san phẳng nhờ bộ phận lấp, san phẳng mặt luống 7. Do độ sâu của phận bón lớn hơn độ sâu của hạt nên việc bón phân sẽ được thực hiện trước. Độ sâu, đặc biệt là mật độ phân bón và khoảng cách hạt có thể được điều chỉnh dễ dàng bằng cách thay đổi tỷ số truyền của bộ phận truyền động.



Hình 1. Sơ đồ kết cấu tổng thể của máy gieo đậu tương kết hợp với bón phân

1. Bộ phận gieo hạt; 2. Bộ phận bón phân; 3. Bộ phận di động; 4. Bộ phận truyền động; 5. Bộ phận san trước; 6. Bộ phận rạch hàng 7. Bộ phận lấp, san rãnh.

Gieo hạt theo bốn hàng dọc luống với mỗi hốc từ 1-2 hạt và bón phân theo phương pháp rải hàng, hai hàng phân xen giữa các hàng kép của hạt. Với phương án canh tác này sẽ đảm bảo về ánh sáng cho cây và thuận lợi cho các khâu chăm sóc làm cỏ, vun luống, bảo vệ thực vật và thu hoạch sau này, đồng thời vẫn đảm bảo về về dinh dưỡng cho quá trình sinh trưởng và phát triển của cây.

3.2. Cấu tạo của bộ phận bón phân và yêu cầu kỹ thuật

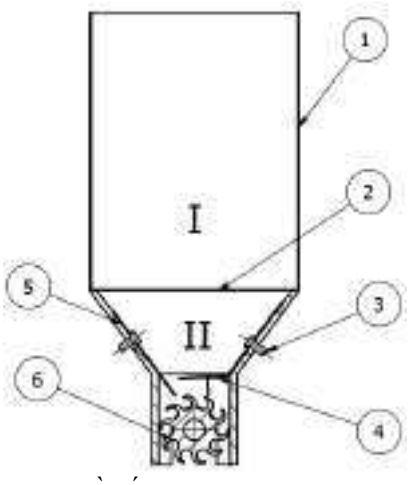
Với yêu cầu cơ bản đặt ra cho bộ phận bón phân:

- Có cấu tạo đơn giản, dễ tháo lắp và sửa chữa, điều chỉnh lượng phân dễ dàng mà

không cần thay đổi tốc độ làm việc của máy.

- Từ một bộ phận có thể chia ra nhiều hàng và bón được nhiều loại phân khác nhau.

- Không xảy ra hiện tượng tạo vòm, kẹt và dính phân.



Hình 3. Sơ đồ cấu trúc của bộ phận bón phân

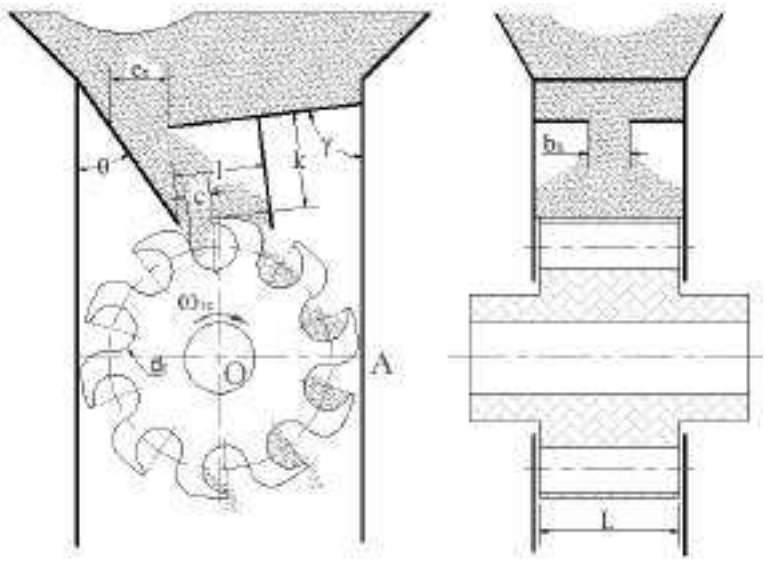
1. Thùng đựng phân; 2. Tấm chắn; 3. Vít; 4. Tấm điều chỉnh; 5. Lò xo lá; 6. Trục cuốn.

Bộ phận bón phân được lựa chọn làm việc theo nguyên lý cơ học kiểu trục cuốn bao gồm 6 chi tiết và cụm chính: Thùng đựng phân 1 được chia làm hai phần, buồng chứa phân I và buồng giảm áp lực II; Tấm chắn 2 được đặt giữa hai phần của thùng phân, trên tấm có các lỗ nhỏ đủ để phân đi qua nhằm làm giảm áp lực của phân lên đáy thùng và tránh kẹt phân; Vít 3 dùng để điều chỉnh khe hở của tấm điều chỉnh 4 với lò xo lá 5; Tấm điều chỉnh 4 có nhiệm vụ đóng, mở làm thay đổi tiết diện của cửa xả, trên nó còn được gắn thêm tấm chắn nhằm giới hạn không gian buồng nạp và gạt trên bề mặt trục cuốn không cho phân chuyển động kéo theo trục cuốn; Lò xo lá 5 có nhiệm vụ dẫn phân xuống buồng nạp phân và gây rung tránh tạo vòm, đồng thời làm kín không cho phân tự chảy; Trục cuốn 6 có các rãnh cắt lệch để định lượng phân và rải xuống rãnh trên luống.

Phân bón từ buồng I của thùng đựng phân rơi qua các lỗ của tấm chắn giảm áp lực vào buồng II, tại đây phân sẽ trượt trên các mặt nghiêng đi qua khe hở giữa tấm điều chỉnh và lò xo lá (cửa xả) vào buồng cấp phân và rơi vào các rãnh của trục cuốn, vận tốc của phân và trục cuốn ngược nhau nên phân dễ dàng rơi vào rãnh của trục cuốn. Việc lấy phân chỉ diễn ra trên một cung khi rãnh trục cuốn đi qua buồng nạp phân. Với kết cấu kiểu cắt lệch và hệ số nạp đầy phù hợp nên khi trục cuốn quay mang theo phân tới vị trí nhất định sẽ đổ phân rơi tự do vào ống dẫn và rơi xuống rãnh trên luống. Trục cuốn quay sẽ tác động theo chu kỳ vào lò xo lá gây rung chống lại hiện tượng tạo vòm gây tắc tại cửa xả của thùng.

3.3. Mô hình xác định các thông số cơ bản của bộ phận bón phân

Lượng phân từ thùng qua cửa xả của thùng vào buồng cấp phân phụ thuộc vào các thông số của cửu xả (tiết diện cửu xả), kích thước và cơ tính của phân, nhưng cũng phụ thuộc vào năng suất của trục cuốn. Nếu lượng phân mà trục cuốn lấy đi nhỏ hơn lượng phân mà cửa xả có thể cung cấp thì lượng phân qua cửa xả của thùng cũng bằng lượng phân trục cuốn lấy đi. Do đó, để đảm bảo lượng cung cấp cho trục cuốn thì cần tính toán cửa xả theo điều kiện làm việc của trục cuốn. Như vây, ta có thể thấy đối với bộ phận bón phân, hai chi tiết quan trọng nhất là cửa xả của thùng và trục cuốn. Mô hình xác định lượng phân qua cửa xả và mô hình mô tả quá trình nạp phân vào rãnh trục cuốn được thể hiện trong hình 4.



Hình 4. Mô hình làm việc của trục cuốn cửa xả và trục cuốn

3.3.1. Cơ sở lý thuyết xác định lượng phân qua cửa xả

Khối lượng phân qua cửa xả của thùng được xác định theo công thức:

$$m_p = 3600.F_x.V_x.d_p \ ,\frac{kg}{h} \qquad (1)$$

Vận tốc dòng phân V_x (m/s) qua của xả được xác định theo công thức:

$$V_x = f_x.\sqrt{3,2.g.R_{tlx}} \quad ,\frac{m}{s} \qquad (2)$$

trong đó:

+ F_x là diện tích mặt cắt ngang dòng phân tại cửa xả ($F_x = b_x.e_x$), m^2

+ R_{tlx} là bán kính thủy lực của cửa xả (tỷ số giữa diện tích và chu vi cửa xả), m

+ f_x là hệ số chảy của cửa xả phân, f_x = 0,65 (được xác định bằng thí nghiệm)

+ d_p là khối lượng thể tích của phân (với phân NPK 13-13-13+TE), d_p = 950 kg/m^3.

Như vậy, lượng phân qua cửa xả được xác định theo công thức:

$$m_p = \sqrt{\frac{b_x^3.e_x^3}{15,8844.(b_x + e_x)}} \quad ,\frac{kg}{h} \qquad (3)$$

Theo công thức 3, với bề rộng cửa xả b_x = 15 (mm), kết quả tính toán lượng phân qua cửa xả m_p (kg/h) phụ thuộc vào chiều dài cửa xả e_x cho trong bảng 1.

Bảng 1. Bảng kết quả tính lượng phân qua cửa xả

TT	Đơn vị	Giá trị						
e_x	mm	7,2	7.5	8,0	8,5	9,0	9,5	9,8
m_p	kg/h	60,0	63,1	68,8	74,5	80,3	86,2	90,0

Lý thuyết tính toán cửa xả cho bộ phận bón phân ở trên coi phân là phần tử không kích thước nhưng thực tế phân lại là dạng hạt có kích thước (1-3 mm), mặt khác lượng phân qua cửa xả nhỏ (60-90 kg/h) nên kết quả tính toán cho thấy tiết diện cửa xả cũng rất nhỏ. Do đó, nếu áp dụng hoàn toàn kết quả tính toán lý thuyết vào thực tế sẽ không chính xác, nhưng đây là cơ sở quan trọng để lựa chọn vùng kích thước

của cửa xả trong nghiên cứu thực nghiệm. Trong nghiên cứu thực nghiệm cần nghiên cứu thăm dò để tìm ra hệ số tăng kích thước của cửa xả so với kết quả nghiên cứu lý thuyết, trong thực tế thường cố định kích thước một phương (b_x) nên việc tăng kích thước cửa xả là tăng kích thước phương còn lại (e_x).

3.3.2. Cơ sở tính toán trục cuốn

Trục cuốn có nhiệm vụ nhận phân từ buồng cấp phân theo đúng khối lượng cần thiết và đưa vào ống dẫn phân. Ngoài ra còn phải đảm bảo mật độ phân đồng đều, do đó yêu cầu việc lấy và đổ phân của các rãnh trục cuốn phải liên tiếp hoặc xen kẽ nhau, không để hiện tượng ngắt quãng. Để không làm thay đổi (không giảm) vận tốc dòng xả phân qua cửa xả liệu của thùng phân và tránh hiện tượng kẹt phân thì khối lượng phân mà trục cuốn có thể lấy đi phải lớn hơn hoặc bằng lượng phân qua cửa xả liệu, tức là hệ số nạp đầy của trục cuốn phải nhỏ hơn 1. Kết quả thí nghiệm và tính toán theo điều kiện tự chảy cho thấy, với hệ số nạp $\Psi_n \leq 0,75$ thì điểm bắt đầu đổ phân của rãnh trục cuốn sẽ nằm dưới điểm A (hình 4) để tránh được hiện tượng kẹt, dính phân mà vẫn đảm bảo kín khít khi máy không làm việc.

Năng suất của trục cuốn được xác định theo thể tích của rãnh trục cuốn, theo công thức:

$$Q_{tc} = 60.\psi_n.d_p.n_{tc}.V_{tc} = 15.\psi_n.d_p.n_{tc}.Z_{tc}.\pi.d_r^2.L_{tc} \quad ,kg/h \quad (4)$$

trong đó:

V_{tc} là thể tích (phần nạp liệu) của rãnh trục cuốn, m^3

Z_{tc} là số rãnh trên trục cuốn, rãnh

d_r là đường kính rãnh trục cuốn, m

L_{tc} là chiều dài rãnh trục cuốn, m

Ψ_n là hệ số nạp, %

n_{tc} là số vòng quay của trục cuốn, vòng/phút

Ở đây, nếu giả thuyết coi phân bón là hạt không không kích thước, lượng phân trong buồng cấp phân đủ nhỏ thì lực liên kết của phân coi bằng không, ma sát giữa phân với thành và mặt ngoài trục cuốn không đáng kể, như vậy phân chỉ chịu tác dụng của trọng lực. Thời gian lấy phân của rãnh trục cuốn sẽ phụ thuộc vào chiều dài buồng cấp phân và số vòng quay của trục cuốn.

- Nếu trục cuốn quay chậm (n_{tc} = 0-$n_{nđ}$) thì thời gian lấy phân của rãnh trục cuốn lớn, hệ số nạp sẽ bằng hoặc lớn hơn 1 (vì sẽ nạp cả phần thể tích ngoài trụ tròn) và năng suất của trục cuốn nhỏ hơn lượng phân có thể qua cửa xả.

- Nếu trục cuốn quay nhanh hơn ($n_{nđ} < n_{tc} < n_{th}$) thì thời gian lấy phân của rãnh trục cuốn giảm, hệ số nạp liệu giảm dần nhưng năng suất của trục cuốn không đổi và bằng lượng phân qua của xả.

- Nếu tiếp tục tăng số vòng quay trục cuốn ($n_{tc} > n_{th}$) thì thời gian lấy phân càng giảm, năng suất của trục cuốn giảm và nhỏ hơn lượng phân có thể qua cửa xả do phân không kịp rơi vào rãnh trục cuốn.

- Khi số vòng quay trục cuốn đạt giá trị n_{max} thì thời gian lấy phân coi bằng không, rãnh trục cuốn không nhận được phân, tức là năng suất của trục cuốn bằng không.

Như vậy, để tránh hiện tượng ùn tắc phân ở buồng nạp phân thì số vòng quay trục cuốn phải lớn hơn số vòng quay nạp đầy $n_{nđ}$ và nhỏ hơn số vòng quay tới hạn n_{th} gây sụt giảm khả nạp của rãnh trục cuốn. Mặt khác, để tránh hiện tượng kẹt, dính phân khi đổ vào ống dẫn thì số vòng

quay của trục cuốn cần đảm bảo điều kiện $n_{tc} \geq n_{nđ}/Y_{nmax}$.

Thời gian nạp phân t_{np} (s) cho rãnh trục cuốn ở một điểm trong vùng nạp phân được xác định theo công thức:

$$t_n = \frac{60.c}{\pi.n_{tc}.D_{tc}} \quad ,s \qquad (5)$$

Chiều cao khối phân rơi vào rãnh trục cuốn được xác định theo công thức:

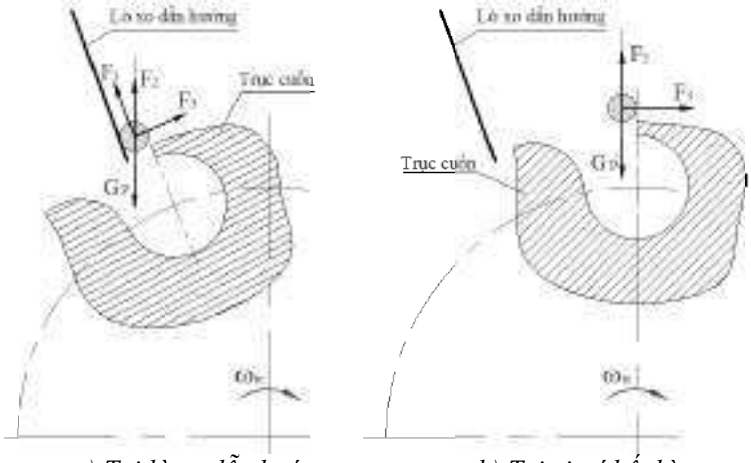
$$h_n = \frac{g.t_n^2}{2} = \frac{g}{2}.(\frac{60.c}{\pi.n_{tc}.D_{tc}})^2 \quad ,m \qquad (6)$$

Như vậy, năng suất của trục cuốn cũng được xác định theo công thức:

$$Q_{tc} = 60.h_n.l.L_{tc}.d_p.Z_{tc}.n_{tc} \ ,\frac{k}{h} \quad (7)$$

Hệ số nạp đầy Ψ_n (%) chính là tỷ số giữa lượng phân được nạp vào và khả năng chứa của rãnh trục cuốn, được xác định theo công thức:

$$\Psi_n = \frac{h_n.l_n}{\frac{\pi.d_r^2}{4}} \qquad (8)$$



a) Tại lò xo dẫn hướng *b) Tại vị trí bất kỳ*

Hình 4. *Các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình lấy phân vào rãnh trục cuốn*

Số vòng quay tới hạn n_0 của trục cuốn được xác định theo công thức 9. Để tính đến các yếu tố như phân là hạt có kích thước; phân bố của phân trong vùng nạp không đều; ma sát của phân (hình 4): với lò xo dẫn hướng (F1), với khối phân (F2) và với mặt ngoài trục cuốn (F3),... làm giảm tốc độ nạp phân vào rãnh trục cuốn thì cần làm giảm tốc độ của trục cuốn, nên trong công thức này được đưa thêm hệ số giảm tốc độ quay của trục cuốn k_g (được xác định bằng thực nghiệm).

$$n_{tc} = k_g.\frac{10800.l_n.L_{tc}.d_p.Z_{tc}.g.c^2}{Q_{tc}.\pi^2.D_{tc}^2} \ ,\frac{\text{vòng}}{\text{phút}} (9)$$

Theo công thức (4) và (9), với các thông số làm việc của trục cuốn cho trong bảng 2, kết quả tính toán số vòng quay tối thiểu $n_{nđ}$ và số vòng quay tối đa n_{th} để trục cuốn để đạt năng suất theo yêu cầu, bảng 3.

Bảng 2. Bảng thông số làm việc của trục cuốn

TT	Thông số	Đơn vị	Giá trị	Ghi chú
1	Đường kính ngoài trục cuốn: D_{tc}	m	110.10^{-3}	
2	Chiều dài trục cuốn: L_{tc}	m	50.10^{-3}	
3	Đường kính rãnh trục cuốn: d_r	m	18.10^{-3}	
4	Số rãnh trục cuốn: Z_{tc}	rãnh	10	
5	Chiều dài buồng nạp phân: l	m	30.10^{-3}	
6	Chiều rộng cửa nạp rãnh trục cuốn: c	m	9.10^{-3}	
7	Hệ số giảm tốc độ quay trục cuốn: k_g		0,2	

Bảng 3. Bảng kết quả tính số vòng quay của trục cuốn

TT	Năng suất Q_{tc} (kg/h)	Số vòng quay trục cuốn n_{tc} (vòng/phút)		
		$n_{nđ}$	n_{th}	n_k (Ψ_n = 0,75)
1	60	8,28	28,47	11,04
2	65	8,97	26,28	11,96
3	70	9,66	24,41	12,88
4	75	10,35	22,78	13,80
5	80	11,04	21,36	14,72
6	85	11,73	20,10	15,64
7	90	12,42	18,98	16,55

Kết quả tính toán cho thấy, năng suất trục cuốn tỷ lệ thuận với số vòng quay nhưng vùng làm việc của số vòng quay lại tỷ lệ nghịch với năng suất theo yêu cầu. Để đạt năng suất 90 kg/h thì yêu cầu số vòng quay trục cuốn thấp nhất phải bằng 12,42 vòng/phút nhưng không được lớn hơn 18,98 vòng/phút, để đạt được hệ số nạp đầy $\Psi_n \leq 75$ % (tránh đổ phân sớm) thì số vòng quay trục cuốn $n_{tc} \geq 16,55$ vòng/phút. Trong khi đó vùng làm việc để đạt được năng suất 60 kg/h là 8,28-28,47 vòng/phút. Tính toán cũng cho thấy, nếu số vòng quay trục cuốn lớn hơn 15,32 vòng/phút thì năng suất của trục cuốn sẽ không tăng dù lượng cung cấp của cửa xả có thể lớn hơn, vì đây cũng là tốc độ tới hạn của trục cuốn ($n_{nđ} = n_{th}$).

IV. KẾT LUẬN

Kết quả tính toán bộ phận bón phân trong các mô hình cho thấy để đạt được năng suất cần thiết (60-90 kg/ha), với bề rộng cửa xả cho trước là 15 mm thì chiều dài cửa xả cần điều chỉnh trong khoảng 7,2-9,8 mm, nhưng trong nghiên cứu thực nghiệm cần chọn tăng kích thước chiều dài cửa xả vì cần phải tính đến sự khác biệt về giả thuyết kích thước hạt. Đồng thời với đó thì tốc độ quay của trục cuốn phải nằm trong miền giới hạn cho phép, để tránh hiện tượng kẹt do đổ phân sớm thì vùng làm việc của tốc độ quay trục cuốn là 11,04-28,47 vòng /phút. Trục cuốn dạng cắt lệch có đường kính ngoài 110 mm, chiều dài 50 mm, mười rãnh có đường kính 18 mm với chiều rộng cửa nạp 9 mm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Bảng (1995). Bài giảng Lý thuyết tính toán máy canh tác cho học viên cao học. Nhà xuất bản Giáo dục.
2. Nguyễn Trong Hiệp (2003). Thiết kế chi tiết máy. Nhà xuất bản Giáo dục.
3. Đặng Thế Huy, Nguyễn Khắc Thường (1982). Nguyên lý máy. Nhà xuất bản Nông nghiệp.
4. Vũ Bá Minh và Hoàng Minh Nam (1998). Quá trình và thiết bị trong công nghệ hóa học, Tập 2: Cơ học vật liệu rời. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
5. Nguyễn Văn Muốn, Nguyễn Viết Lầu, Trần Văn Nghiễn, Hà Đức Thái (1999). Máy canh tác nông nghiệp. Nhà xuất bản Giáo dục.
6. Trần Hữu Quế, Nguyễn Văn Tuấn (2007). Vẽ kỹ thuật cơ khí. Nhà xuất bản Giáo dục.
7. Phạm Văn Tờ, Lương Văn Vượt (2004). Cơ học lý thuyết. Nhà xuất bản đại học nông nghiệp.

Ngày nhận bài: 4 tháng 11 năm 2022
Người phản biện: PGS.TS. Lương Văn Vượt, Trường Đại học Chu Văn An.