

XÁC ĐỊNH CÁC THÔNG SỐ TỐI ƯU CỦA MÁY THÁI CỎ LÀM THỨC ĂN CHO BÒ TC- 5,0

DETERMINING THE OPTIMIZATION PARAMETERS OF THE TC-5.0 COW FEED GRASS CUTTER MACHINE

Cao Đăng Đáng, Trần Như Khuyến,
Phạm Thị Minh Huệ

TÓM TẮT

Máy thái cỏ TC-5,0 là một trong những máy chính được sử dụng trong dây chuyền sản xuất thức ăn thô cho bò. Đây là loại máy thái kiểu đĩa, cấp liệu và thu sản phẩm thái đều được cơ khí hóa, năng suất 5,0 tấn/h. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm đa yếu tố và kết quả nghiên cứu tối ưu tổng quát theo phương pháp Harrington EC đã xác định được giá trị tối ưu của các yếu tố vào: tốc quay đĩa dao $n = 550$ vg/ph, chiều dày lớp vật liệu thái $a = 6,0$ cm, tốc độ cấp liệu $v = 0,41$ m/s và giá trị tối ưu của các thông số ra: độ đồng đều của đoạn thái $\delta = 91,6$ % và chi phí điện năng riêng $N_r = 2,7$ kWh/tấn.

Từ khóa: Máy thái kiểu đĩa, cơ khí hóa, tối ưu, đa yếu tố.

ABSTRACT

The TC-5.0 grass cutter machine is one of the main machines used in the cow raw food production line. This machine uses disks for cutting, feeding and collecting products with the productivity at 5.0 tons/h. The results of multistage empirical research and general optimal research basing on the Harrington EC method have determined the optimal values of input factors: rotational speed of knife $n = 550$ rpm, material layer thickness $a = 6.0$ cm, feed rate $v = 0.41$ m/s and optimal value of output parameters: uniformity of the segment $\delta = 91.6$ % and power cost $N_r = 2.7$ kWh/ton.

Keywords: Circular saw blades, mechanized, optimal, multistage.

Cao Đăng Đáng

Viện Cơ Điện nông nghiệp và Công nghệ Sau thu hoạch

Trần Như Khuyến

Học viện Nông nghiệp Việt Nam

Phạm Thị Minh Huệ

Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

Email: huespkt@gmail.com

Ngày nhận bài: 20/07/2017

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 22/08/2017

Ngày chấp nhận đăng: 25/08/2017

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Máy thái cỏ là một trong những máy chính được sử dụng trong dây chuyền sản xuất thức ăn xanh cho bò. Để nâng cao năng suất và chất lượng cắt thái, giảm giá thành sản phẩm cần phải tìm ra các thông số tối ưu làm cơ sở cho việc thiết kế máy thái với các cỡ công suất động cơ điện

khác nhau nhằm triển khai áp dụng rộng rãi cho các cơ sở chăn nuôi bò sữa.

Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu thực nghiệm xác định các thông số tối ưu của máy thái thức ăn cho bò sữa TC- 5,0 được thiết kế, chế tạo tại Viện Cơ Điện Nông nghiệp và Công nghệ Sau thu hoạch.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu và thiết bị thí nghiệm

2.1.1. Vật liệu thí nghiệm

Vật liệu thí nghiệm là loại cỏ voi tươi được trồng tại Trung tâm nghiên cứu Bò và đồng cỏ Ba Vi - Hà Nội, thu hoạch sau khi trồng 35 ngày.

2.1.2. Thiết bị thí nghiệm

Thiết bị thí nghiệm là máy thái cỏ TC-5,0 được sử dụng trong dây chuyền sản xuất thức ăn thô cho bò (hình 1). Đây là loại máy thái kiểu đĩa, cấp liệu và thu sản phẩm thái đều được cơ khí hóa. Các thông số kỹ thuật chính của máy thái rau cỏ TC-5,0 như sau: Năng suất lý thuyết 5,0 tấn/h; Đường kính đĩa lắp dao 820 mm, số dao lắp trên đĩa 2, số vòng quay của đĩa dao 530vg/ph (được thay đổi bằng thay puly có đường kính tương ứng với tỷ số truyền của trục động cơ và trục đĩa lắp đĩa); Công suất động cơ truyền động cho đĩa lắp dao và cho băng chuyển cấp liệu 7kW; Chiều dày và chiều rộng lớp vật liệu trên băng tải cấp liệu tương ứng là 0,06m và 0,25m; Vận tốc băng tải cấp liệu 0,4m/s (được điều khiển vô cấp).



Hình 1. Ảnh máy thái cỏ TC-5,0

2.1.3. Dụng cụ thí nghiệm

- Thiết bị đo số vòng quay điện tử hiện số AD 5172 JAPAN-1998.
- Công tơ điện EMIC.
- Cân điện tử hiện số GARMANY, 2000.
- Cân bàn 500kg và cân đĩa 5kg CHINE-1995.
- Đồng hồ đo điện vạn năng A-V- Ω KYORITSU2608A JAPAN.
- Thuốc kẹp, thuốc dây, đồng hồ bấm giây....

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp nghiên cứu thực nghiệm đa yếu tố

Áp dụng phương pháp nghiên cứu thực nghiệm đa yếu tố để nghiên cứu ảnh hưởng của 3 yếu tố vào là: tốc độ quay của đĩa dao x_1 , n (vg/ph), chiều dày lớp vật liệu thái trên băng chuyển cung cấp x_2 , a (cm) và tốc độ cấp liệu x_3 , v(m/s) đến hai thông số ra là: độ đồng đều của các đoạn thái Y_1 , δ (%) và chi phí điện năng riêng Y_2 , N_r (kWh/tấn).

Ma trận thí nghiệm được lập theo phương án quy hoạch thực nghiệm bậc 2 của Box - Wilson. Với 3 yếu tố vào thì tổng số thí nghiệm là $N = 20$.

Mô hình toán được biểu diễn bằng phương trình hồi qui:

$$Y_j = b_0 + \sum_{i=1}^m b_i x_i + \sum_{i=1}^{m-1} \sum_{j=i+1}^m b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^m b_{ii} x_i^2 \quad (1)$$

Các hệ số hồi qui trong công thức (1) được xác định như sau [2, 3]:

$$b_0 = a_1 \sum_{u=1}^N y_u - a_5 \sum_{i=1}^k \sum_{u=1}^N x_{iu}^2 y_u \quad (2)$$

$$b_i = a_2 \sum_{u=1}^N x_{iu} y_u \quad (3)$$

$$b_{ij} = a_3 \sum_{u=1}^N x_{iu} y_u x_{ju} \quad (4)$$

$$b_{ii} = a_4 \sum_{u=1}^N x_{iu}^2 y_u - a_5 \sum_{u=1}^N y_u + a_6 \sum_{i=1}^k \sum_{u=1}^N x_{iu}^2 y_u \quad (5)$$

Với số yếu tố vào $m = 3$; $N = 20$ thì các hệ số a_i có giá trị như sau:

$$\begin{matrix} a_1 = 0,16627 & a_3 = 0,125 & a_5 = 0,05676 \\ a_2 = 0,07322 & a_4 = 0,0625 & a_6 = 0,0068 \end{matrix}$$

2.2.2. Phương pháp nghiên cứu tối ưu tổng quát Harrinton EC

Áp dụng phương pháp tối ưu tổng quát Harrington EC để xác định giá trị tối ưu chung của các yếu tố đầu vào cho tất cả các thông số ra làm cơ sở để hoàn thiện thiết kế và chế tạo máy.

Hàm tối ưu tổng quát D được thiết lập theo công thức sau [1,2]:

$$D = \sqrt[p]{\prod_{j=1}^p d_j} \quad (6)$$

Trong đó: d_j là các hàm “mong muốn” thành phần được xác định theo công thức:

$$d_j = \exp[-\exp(-Y'_j)] \quad (7)$$

$$Y'_j = \left[\frac{Y_j - Y_{j\min(\max)}}{Y_{j0} - Y_{j\min(\max)}} k \right] \quad (8)$$

Trong đó:

$Y_{j\min(\max)}$ - giá trị thí nghiệm xấu nhất của các hàm thành phần Y_j ($Y_{j\min}$ là giá trị nhỏ nhất ứng với hàm thành phần có mục tiêu cực đại và $Y_{j\max}$ là giá trị lớn nhất ứng với hàm thành phần có mục tiêu cực tiểu).

Y_{j0} - giá trị tốt nhất hay giá trị “mong muốn” nhất của các hàm thành phần Y_j được lựa chọn theo yêu cầu của từng chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật.

k - hệ số quan trọng, $k = 3 \div 5$. Nếu vai trò của các hàm thành phần là như nhau thì lấy cùng giá trị k .

2.2.3. Phương pháp xác định các thông số trong nghiên cứu thực nghiệm

- Phương pháp xác định độ đồng đều của đoạn thái:

Trong khối sản phẩm thái lấy mẫu phân tích có khối lượng $M = 1000g$. Đo tất cả độ dài các đoạn thái l_i có trong mẫu phân tích.

Độ đồng đều của đoạn thái được xác định theo công thức:

$$\delta = 100 - \xi (\%) \quad (9)$$

Trong đó, ξ được xác định theo:

$$\xi = \frac{\sigma}{L_o} \quad (10)$$

σ - độ lệch bình phương trung bình của các đoạn thái được xác định theo:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L_i - L_o)^2}{n - 1}} \quad (11)$$

Trong đó:

L_i - chiều dài của đoạn thái thứ i ;

L_o - chiều dài đoạn thái quy định theo yêu cầu chế biến, $L_o = 100$ mm;

N - số lượng đoạn thái có trong mẫu phân tích.

- Phương pháp xác định chi phí năng lượng riêng N_r :

Quá trình đo được tiến hành như sau: cho một khối lượng q (kg) nguyên liệu vào máy, dùng đồng hồ bấm giây để xác định thời gian thái t (phút), đồng thời đếm số vòng quay trên đĩa công tơ là n_{ct} (240 vòng = 1 kWh).

Mức tiêu thụ điện năng riêng được tính theo:

$$N_r = \frac{60n_{ct}}{1000.240q} \text{ (kWh/tấn)} \quad (12)$$

Sử dụng đồng hồ đo điện vạn năng (A-V-Ω) để xác định công suất tiêu thụ nhằm đối chiếu với giá trị điện năng tiêu

thụ trên công tơ điện để kiểm tra độ chính xác của công tơ điện. Sau mỗi lần thí nghiệm các giá trị trung bình của các mức tiêu thụ điện năng riêng đo được có sai số rất nhỏ, đảm bảo độ tin cậy.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm đa yếu tố

Tiến hành chọn mức biến thiên của các yếu tố (bao gồm: mức cơ sở, mức trên và mức dưới), khoảng biến thiên và khoảng nghiên cứu [3,4,5].

Giá trị thực của các yếu tố được mã hoá theo công thức:

$$x_i = \frac{X_i - X_{oi}}{\varepsilon_i} \quad (13)$$

$$\varepsilon_i = \frac{X_{it} - X_{id}}{2} \quad (14)$$

x_i - Giá trị mã hoá của yếu tố thứ i ($i = 1 \div k$), k là số yếu tố, ở đây $k = 3$;

X_i - Giá trị thực của yếu tố thứ i ;

X_{oi} - Giá trị thực mức cơ sở của yếu tố thứ i ;

ε_i - Khoảng biến thiên của yếu tố thứ i .

Các giá trị X_{it} , X_{oi} , X_{id} có giá trị mã hoá là +1; 0; -1.

Mức biến thiên, mức cơ sở và giá trị mã hoá của các yếu tố được lựa chọn theo các trị của các máy thái thông dụng và kết quả thí nghiệm thăm dò đơn yếu tố (bảng 1).

Bảng 1. Mức biến thiên, mức cơ sở và giá trị mã hoá của các yếu tố vào x_i

Các mức mã hoá	Giá trị mã hoá	Các yếu tố ảnh hưởng		
		x_1 (v/f)	x_2 (cm)	x_3 (m/s)
Mức sao trên	1,68	698	8,5	0,56
Mức trên	1,000	630	7,5	0,50
Mức cơ sở	0,000	530	6,0	0,40
Mức dưới	-1,000	430	4,5	0,30
Mức sao dưới	-1,68	362	3,5	0,24
Khoảng biến thiên ε_i	1,000	100	1,5	1,00

Tiến hành thí nghiệm trên máy TC-5,0 theo phương án quy hoạch thực nghiệm bậc 2 Box-Willson với 20 thí nghiệm. Ma trận và kết quả thí nghiệm được ghi trong bảng 2 [1].

Bảng 2. Ma trận và kết quả thí nghiệm

Nº	Các yếu tố ảnh hưởng			Giá trị thí nghiệm các hàm thành phần Y_i		Hàm mong muốn thành phần d_i		Hàm tối ưu tổng quát D
	x_1 (vg/ph)	x_2 (cm)	x_3 (m/s)	Y_1 (%)	Y_2 (kWh/t)	d_1	d_2	
1	-1,00	-1,00	-1,00	80,15	1,90	0,318	0,887	0,531
2	1,00	-1,00	-1,00	82,90	2,09	0,526	0,833	0,662
3	-1,00	1,00	-1,00	81,38	1,96	0,413	0,872	0,600
4	1,00	1,00	-1,00	85,97	2,19	0,715	0,796	0,754
5	-1,00	-1,00	1,00	82,10	1,87	0,468	0,893	0,646
6	1,00	-1,00	1,00	87,34	2,08	0,778	0,836	0,806

7	-1,00	1,00	1,00	83,26	1,97	0,552	0,869	0,692
8	1,00	1,00	1,00	89,78	2,29	0,861	0,752	0,805
9	-1,68	0,00	0,00	81,10	1,87	0,391	0,893	0,591
10	1,68	0,00	0,00	87,26	2,85	0,775	0,376	0,540
11	0,00	-1,68	0,00	80,80	1,98	0,368	0,866	0,565
12	0,00	1,68	0,00	88,68	2,86	0,828	0,368	0,552
13	0,00	0,00	-1,68	82,34	1,79	0,486	0,910	0,665
14	0,00	0,00	1,68	88,20	2,80	0,811	0,416	0,581
15	0,00	0,00	0,00	91,14	1,98	0,894	0,866	0,880
16	0,00	0,00	0,00	90,60	1,88	0,881	0,891	0,886
17	0,00	0,00	0,00	91,90	1,90	0,909	0,887	0,898
18	0,00	0,00	0,00	89,58	1,99	0,855	0,864	0,859
19	0,00	0,00	0,00	90,72	1,97	0,884	0,869	0,877
20	0,00	0,00	0,00	92,00	1,88	0,910	0,891	0,901

Trên cơ sở số liệu thí nghiệm trong bảng 2, tiến hành xác định các hệ số hồi quy, kiểm tra mức ý nghĩa của các hệ số hồi quy theo tiêu chuẩn Student với sự hỗ trợ của máy tính. Kết quả tính toán đã xác định được mô hình toán của các hàm Y_j ($j = 2$) thể hiện qua các hệ số hồi quy:

$$Y_1 = 90,9977 + 2,1570 x_1 + 1,5488 x_2 + 1,6061 x_3 - 2,4581 x_1^2 - 2,2601 x_2^2 - 2,0728 x_3^2 \quad (15)$$

$$Y_2 = 1,9442 + 0,1902 x_1 + 0,1427 x_2 + 0,1295 x_3 + 0,0790 x_1^2 + 0,1002 x_2^2 + 0,0560 x_3^2 \quad (16)$$

Sau kiểm tra tính thích ứng của mô hình toán theo tiêu chuẩn Fisher và loại bỏ các hệ số hồi quy ảnh hưởng không đáng kể thì mô hình toán của các hàm Y_2 với các hệ số hồi quy có nghĩa như sau:

$$Y_2 = 1,9442 + 0,1902 x_1 \quad (17)$$

Các giá trị tính toán F của các hàm $Y_1, \div Y_2$ đều nhỏ hơn giá trị tra bảng F_b . Vì vậy, các mô hình toán trên đều đảm bảo tính thích ứng.

Xác định giá trị tối ưu các hàm Y_j được thực hiện bằng cách lấy đạo hàm riêng đối với mỗi yếu tố x_i và cho đạo hàm đó bằng 0, ta được một hệ phương trình tuyến tính. Giải hệ phương trình này xác định được giá trị tối ưu của các yếu tố vào x_i . Thay các giá trị này vào các hàm thành phần Y_j ta được giá trị tối ưu của thông số ra (bảng 3).

Bảng 3. Giá trị tối ưu của yếu tố vào x_i và các hàm Y_j

Giá trị cực trị	Y_1, δ (%)	Y_2, N_i (kWh/tấn)
Các yếu tố vào		
- Giá trị mã hoá		
x_1	0,4387	- 1,2034
x_2	0,3426	- 0,7121
x_3	0,3874	- 1,1549
- Giá trị thực		
n (v/ph)	573,8	409
a (cm)	6,5	4,9
v (m/s)	0,43	0,28
Các thông số ra Y_j	92,047	1,704

3.2. Kết quả nghiên cứu tối ưu tổng quát

Căn cứ vào số liệu thí nghiệm của các hàm Y_j (bảng 2) và yêu cầu về các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật của các hàm Y_j , ta lựa chọn giá trị các thông số trong công thức (8) như sau:

$$\text{Hàm } Y_1 \rightarrow Y_{1\min} = 80,8 \% \quad Y_{10} = 95 \%$$

$$\text{Hàm } Y_2 \rightarrow Y_{2\max} = 2,86 \text{ kWh/tấn} \quad Y_{20} = 1,5 \text{ kWh/tấn}$$

Lập hàm "mong muốn" tổng quát D theo công thức (6). Tính toán giá trị hàm D cho từng thí nghiệm của ma trận. Kết quả tính toán giá trị hàm D được ghi trong bảng 2. Việc xác định mô hình toán, kiểm tra mức ý nghĩa của các hệ số hồi qui, kiểm tra tính thích ứng của mô hình toán hàm D được tiến hành tương tự như khi xác định mô hình toán các hàm thành phần Y_j . Kết quả giải trên máy tính đã xác định được mô hình toán của hàm D như sau:

$$D = 0,8794532 + 0,0345389x_1 + 0,0135014x_2 - 0,0192207x_3 - 0,0146731x_2x_3 - 0,0864155x_1^2 - 0,0889894x_2^2 - 0,0660820x_3^2 \quad (18)$$

Sau khi kiểm tra tính thích ứng của mô hình toán theo tiêu chuẩn Fisher và loại bỏ các hệ số hồi quy ảnh hưởng không đáng kể mô hình toán của các hàm D với các hệ số hồi qui có nghĩa như sau:

$$D = 0,8794532 - 0,0864155x_1^2 - 0,0889894x_2^2 - 0,0660820x_3^2 \quad (19)$$

Từ phương trình (19) ta tính được giá trị tối ưu tổng quát của các yếu tố vào:

Giá trị mã hoá	Giá trị thực
$x_1^* = 0,1998$	$n^* = 550 \text{ v/p}$
$x_2^* = 0,0644$	$a^* = 6,0 \text{ cm}$
$x_3^* = 0,1382$	$v^* = 0,41 \text{ m/s}$

Giá trị tối ưu tổng quát của các thông số ra:

$$Y_1^* = 91,6 \%$$

$$Y_2^* = 2,7 \text{ kWh/tấn}$$

Các giá trị tối ưu trên là cơ sở để hoàn thiện thiết kế và chế tạo máy thái.

4. KẾT LUẬN

Việc xác định các thông số tối ưu của máy thái cỏ TC-5,0 bằng phương pháp qui hoạch thực nghiệm với sự ứng dụng phương pháp nghiên cứu tối ưu tổng quát E. Harrington cho phép đạt được kết quả nhanh chóng và chính xác. Kết quả nghiên cứu đã xác định được: tốc quay đĩa dao $n = 550 \text{ vg/ph}$, chiều dày lớp vật liệu thái $a = 6,0 \text{ cm}$, tốc độ cấp liệu: $v = 0,41 \text{ m/s}$ ứng với độ đồng đều của đoạn thái $\delta = 91,6 \%$ và chi phí điện năng riêng $N_r = 2,7 \text{ kWh/tấn}$. Kết quả nghiên cứu trên là cơ sở để hoàn thiện thiết kế và chế tạo máy thái cỏ với các cỡ công suất động cơ điện khác nhau phù hợp với qui mô của các cơ sở sản xuất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Cao Đăng Đáng (2006), *Nghiên cứu ảnh hưởng của một số thông số đến chi phí năng lượng riêng và chất lượng sản phẩm của máy thái cỏ TC-5,0 làm thức ăn cho bò*, Luận văn Cao học - Trường Đại học Nông nghiệp I.

[2]. Trần Như Khuyến (1997), *Nghiên cứu một số thông số về cấu tạo và chế độ làm việc của máy đánh bóng hạt nông sản*, Luận án PTS- KHKT, trường Đại học Nông nghiệp Hà Nội.

[3]. Phạm Văn Lang, Bạch Quốc Khang (1998), *Cơ sở lý thuyết qui hoạch thực nghiệm và ứng dụng trong kỹ thuật Nông nghiệp*, NXB Nông nghiệp.

[4]. Nguyễn Doãn Ý (2003), *Quy hoạch thực nghiệm*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.

[5]. Phạm Thị Minh Huệ (2012), *Nghiên cứu một số thông số chính làm cơ sở thiết kế thiết bị sấy và quá sử dụng năng lượng khí sinh học (Biogas)*, Luận án Tiến sỹ Kỹ thuật, Trường Đại học Nông Nghiệp Hà Nội.