

Hoàn thiện quy trình nhân giống và kỹ thuật canh tác cho giống sắn ruột vàng Phú Thọ

Tạ Hồng Linh¹, Chu Đức Hà^{2*}, Phạm Thị Thu Hà¹, Nguyễn Thành Trung¹, Trịnh Khắc Quang¹

¹Viện Khoa học Nông nghiệp Việt Nam

²Trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội

Optimization of propagation and cultivation techniques for Phu Tho yellow-fleshed cassava

Ta Hong Linh¹, Chu Duc Ha^{2*}, Pham Thi Thu Ha¹, Nguyen Thanh Trung¹, Trinh Khac Quang¹

¹Vietnam Academy of Agricultural Sciences

²University of Engineering and Technology, Vietnam National University Hanoi

*Corresponding author: cd.ha@vnu.edu.vn

<https://doi.org/10.55250/jo.vnuf.14.4.2025.020-030>

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 01/02/2025

Ngày phản biện: 04/03/2025

Ngày quyết định đăng: 02/04/2025

Từ khóa:

Mật độ trồng, năng suất,
nhân giống, phân bón,
sắn ruột vàng Phú Thọ.

Keywords:

Fertilizer, Phu Tho yellow-fleshed
cassava, planting density,
propagation, yield.

TÓM TẮT

Sắn ruột vàng Phú Thọ là một nguồn gen bản địa quý hiếm với chất lượng dinh dưỡng và giá trị kinh tế cao. Tuy nhiên, diện tích trồng giống sắn này đang có xu hướng thu hẹp do hạn chế về kỹ thuật nhân giống và canh tác. Nghiên cứu này tập trung vào việc tối ưu hóa quy trình nhân giống và kỹ thuật canh tác bền vững cho giống sắn ruột vàng Phú Thọ nhằm nâng cao hiệu quả sản xuất và chất lượng sản phẩm. Thí nghiệm được thực hiện để đánh giá ảnh hưởng của số mắt hom, loại giá thể, mật độ trồng và mức phân bón vô cơ đến tỷ lệ mọc mầm, sinh trưởng cây, năng suất và hàm lượng tinh bột của củ sắn. Kết quả cho thấy, sử dụng hom 2 - 3 mắt kết hợp với giá thể đất + trấu hun + bột xơ dừa giúp rút ngắn thời gian mọc mầm (15 - 16 ngày), đạt tỷ lệ mọc mầm cao nhất (99,5 - 100%) và hệ số nhân giống tối ưu (69,9 - 70,1 lần). Trong kỹ thuật trồng, mật độ 10.000 cây/ha kết hợp với mức phân bón 90 N + 60 P₂O₅ + 70 K₂O + 1,5 tấn phân hữu cơ/ha giúp đạt năng suất cao nhất (30,2 tấn/ha tại Phú Thọ, 28,7 tấn/ha tại Thái Nguyên), đồng thời duy trì hàm lượng tinh bột ổn định (26,7 - 27,1%). Kết quả nghiên cứu này cung cấp cơ sở khoa học quan trọng để đề xuất giải pháp nhân giống và canh tác phù hợp, góp phần phát triển bền vững giống sắn ruột vàng Phú Thọ trong điều kiện sản xuất thực tế.

ABSTRACT

Phu Tho yellow-fleshed cassava is a rare indigenous genetic resource with high nutritional quality and significant economic value. However, the cultivated area of this variety has been declining due to limitations in propagation and cultivation techniques. This study focuses on optimizing propagation methods and sustainable cultivation techniques for Phu Tho yellow-fleshed cassava to enhance production efficiency and product quality. The experiment was conducted to evaluate the effects of cutting node number, substrate type, planting density, and inorganic fertilizer application on sprouting rate, plant growth, yield, and starch content. The results indicate that using 2-3-node cuttings in combination with a soil + biochar + coir dust substrate significantly reduced the sprouting time (15–16 days), achieved the highest sprouting rate (99.5% - 100.6%), and optimized the propagation coefficient (69.9 - 70.1 times). In terms of cultivation techniques, a planting density of 10,000 plants/ha combined with the application of 90 N + 60 P₂O₅ + 70 K₂O + 1.5 tons of organic fertilizer/ha resulted in the highest yield (30.2 tons/ha in Phu Tho and 28.7 tons/ha in Thai Nguyen) while maintaining a stable starch content (26.7% - 27.1%). These findings provide a crucial scientific foundation for proposing appropriate propagation and cultivation strategies, contributing to the sustainable development of Phu Tho yellow-fleshed cassava under practical production conditions.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sắn (*Manihot esculenta* Crantz) là một trong những cây lương thực quan trọng nhất ở khu vực nhiệt đới và cận nhiệt đới, đóng vai trò thiết yếu trong an ninh lương thực và phát triển kinh tế [1, 2]. Với đặc tính dễ thích nghi, chịu hạn tốt và có thể phát triển trên đất nghèo dinh dưỡng, sắn là cây trồng chủ lực của nhiều nông hộ quy mô nhỏ [3]. Trên phạm vi toàn cầu, sắn không chỉ là nguồn lương thực quan trọng mà còn được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp chế biến tinh bột, sản xuất nhiên liệu sinh học và thức ăn chăn nuôi [1]. Tại Việt Nam, sắn được xem là cây trồng chiến lược trong phát triển nông nghiệp và công nghiệp chế biến [3]. Sản phẩm từ sắn bao gồm tinh bột, bột biến tính, ethanol và thức ăn chăn nuôi, góp phần quan trọng vào ngành công nghiệp thực phẩm và xuất khẩu [4]. Tuy nhiên, phần lớn giống sắn được trồng hiện nay có hàm lượng tinh bột cao nhưng lại thiếu giá trị dinh dưỡng, hạn chế tiềm năng sử dụng trong thực phẩm tiêu dùng trực tiếp [5].

Sắn ruột vàng Phú Thọ là một giống sắn bản địa, nổi bật với khả năng ưa thâm canh và tính chống chịu điều kiện bất thuận. So với các giống sắn phổ biến khác, sắn ruột vàng có ưu thế về phẩm chất củ, vị ngọt tự nhiên, hàm lượng hydrocyanic acid thấp và khả năng sử dụng linh hoạt trong chế biến thực phẩm. Đây là giống sắn có tiềm năng lớn trong việc phát triển hệ thống canh tác bền vững. Tuy nhiên, diện tích trồng giống sắn này đang suy giảm do hệ số nhân giống thấp, kỹ thuật canh tác chưa được tối ưu hóa và chưa có quy trình sản xuất tiêu chuẩn để mở rộng quy mô trồng trọt. Nhằm bảo tồn và phát triển giống sắn ruột vàng Phú Thọ, việc nghiên cứu cải thiện quy trình nhân giống và canh tác là hết sức cần thiết. Trước hết, xác định số mắt hom và loại giá thể thích hợp là yếu tố quan trọng để nâng cao hệ số nhân giống, góp phần đảm bảo nguồn cung cây giống chất lượng cao. Đồng thời, nghiên cứu về mật độ trồng và mức phân bón vô cơ tối ưu giúp cải thiện năng suất mà không gây suy thoái đất [6].

Mục tiêu của nghiên cứu này là tối ưu hóa

quy trình nhân giống và kỹ thuật canh tác sản ruột vàng Phú Thọ nhằm nâng cao tỷ lệ mọc mầm, khả năng sinh trưởng, năng suất và chất lượng tinh bột của củ sắn. Cụ thể, nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của số mắt hom (2 - 3 mắt và 5 - 6 mắt) kết hợp với các loại giá thể khác nhau (đất thuần, đất + trấu hun, đất + trấu hun + bột xơ dừa, đất + mùn cưa) đến tỷ lệ mọc mầm, tỷ lệ sống sau khi chuyển ra đồng ruộng và sự phát triển của cây con. Đồng thời, nghiên cứu cũng xác định mật độ trồng (8.000 - 14.300 cây/ha) và mức phân bón vô cơ ($90\text{ N} + 60\text{ P}_2\text{O}_5 + 70 - 130\text{ K}_2\text{O} + 1,5$ tấn phân hữu cơ/ha) phù hợp nhằm tối đa hóa năng suất củ tươi, cải thiện hàm lượng tinh bột, đồng thời đảm bảo phát triển bền vững giống sắn ruột vàng Phú Thọ trong điều kiện sản xuất thực tế.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Giống sắn ruột vàng Phú Thọ có nguồn gốc từ huyện Tam Nông, Phong Thổ và Đoan Hùng (Phú Thọ) được cung cấp bởi Viện Cây lương thực và Cây thực phẩm (Viện Khoa học Nông nghiệp Việt Nam).

2.2. Phương pháp nghiên cứu

- *Quy trình nhân giống sắn ruột vàng Phú Thọ bằng hom ít mắt*: Nghiên cứu được thực hiện nhằm xác định số mắt hom tối ưu và loại giá thể phù hợp để nâng cao hiệu quả nhân giống sắn ruột vàng Phú Thọ. Thí nghiệm được bố trí theo kiểu ô lớn - ô nhỏ dựa theo mô tả trong nghiên cứu trước đây [7], trong đó yếu tố chính là loại giá thể và yếu tố phụ là số mắt hom trên thân cành sắn. Bốn công thức giá thể được sử dụng gồm: GT1 (đất thuần), GT2 (đất + trấu hun), GT3 (đất + trấu hun + bột xơ dừa), GT4 (đất + mùn cưa). Song song đó, các công thức hom giống bao gồm: H1 (hom 2 mắt), H2 (hom 3 mắt), H3 (hom 4 mắt), H4 (hom thông thường 5 - 6 mắt). Thí nghiệm được triển khai trên tổng diện tích 3.840 m^2 , với quy mô $60\text{ m}^2/\text{ô}$, lặp lại 4 lần tại hai địa điểm: Vĩnh Quỳnh, huyện Thanh Trì (Hà Nội) và Tiên Phú, huyện Phù Ninh (Phú Thọ). Hom sắn được cắt từ cây mẹ khỏe mạnh, không nhiễm sâu bệnh, sau đó xử lý sạch và ngâm vào bầu chứa các loại giá thể theo từng công thức. Cây con được chăm sóc trong 1,5

tháng trước khi chuyển ra đồng ruộng nhân giống, đảm bảo điều kiện sinh trưởng tối ưu thông qua chế độ tưới nước và bón phân hợp lý. Trong quá trình theo dõi, các chỉ tiêu sinh trưởng được ghi nhận bao gồm: tỷ lệ nảy mầm (%), tỷ lệ sống sau chuyển ra đồng ruộng (%), chiều cao cây con trong bầu (cm), độ đồng đều của cây giống (1 - 9 điểm), chiều cao cây trưởng thành (cm), hệ số nhân giống (lần).

- *Điều kiện canh tác sắn ruột vàng Phú Thọ:* Sắn được trồng vào tháng 3, với ngưỡng nhiệt độ trung bình đạt 19 - 22°C, tháng 4 - 9 có ngưỡng nhiệt độ trung bình từ 25 - 32°C, tháng 10 - 12 có ngưỡng nhiệt giảm dần. Lượng mưa trung bình trong giai đoạn sinh trưởng sinh trưởng đạt 70 - 250 mm. Quy trình chăm sóc được thực hiện dựa theo kinh nghiệm tại địa phương.

- *Phương pháp nghiên cứu ảnh hưởng của mật độ trồng và mức phân bón vô cơ đến sinh trưởng và năng suất sắn ruột vàng Phú Thọ:* Thí nghiệm được bố trí theo mô hình khối ngẫu nhiên đầy đủ dựa theo mô tả trong nghiên cứu trước đây [8], với hai yếu tố chính, bao gồm mật độ trồng và mức phân bón vô cơ. Mật độ trồng được thiết lập với bốn công thức: M1 (8.000 cây/ha), M2 (10.000 cây/ha), M3 (12.500 cây/ha) và M4 (14.300 cây/ha). Các mức phân bón vô cơ được áp dụng theo bốn công thức khác nhau: P1 (90 N + 60 P₂O₅ + 90 K₂O + 1,5 tấn phân hữu cơ/ha - đối chứng theo QCVN 01-61:2011/BNPTNT), P2 (90 N + 60 P₂O₅ + 70 K₂O + 1,5 tấn phân hữu cơ/ha), P3 (90 N + 60 P₂O₅ + 110 K₂O + 1,5 tấn phân hữu cơ/ha) và P4 (90 N + 60 P₂O₅ + 130 K₂O + 1,5 tấn phân hữu cơ/ha). Thí nghiệm được triển khai trên tổng diện tích 3.840 m², thực hiện tại hai địa điểm: xã Bảo Lý, huyện Phú Bình (Thái Nguyên) và xã Tiên Phú, huyện Phù Ninh (Phú Thọ), mỗi ô thí nghiệm có diện tích 60 m² và được lặp lại 4 lần. Sắn được trồng vào tháng 3 và chăm sóc theo quy trình chuẩn, bao gồm làm cỏ, bón phân, tưới nước và phòng trừ sâu bệnh định kỳ. Phân bón được chia làm ba lần bón: bón lót toàn bộ lân và phân hữu cơ, bón thúc lần 1 sau 30 ngày trồng, và bón thúc lần 2 vào 90 ngày sau trồng. Trong quá trình sinh trưởng,

các chỉ tiêu sinh trưởng và năng suất được theo dõi và ghi nhận, bao gồm tỷ lệ sống (%) (đánh giá vào thời điểm 60 ngày sau trồng, xác định số cây sống so với tổng số cây trồng ban đầu), chiều cao cây (cm) (đo từ gốc đến đỉnh sinh trưởng khi cây đạt 270 ngày tuổi), đường kính thân (mm) (Đo tại vị trí cách gốc 10 cm vào thời điểm thu hoạch), số củ/khóm (đếm tổng số củ thu hoạch trên mỗi nhóm cây sắn), chiều dài củ (cm), đường kính củ (cm) (đo trực tiếp trên mẫu củ thu hoạch từ mỗi ô thí nghiệm), năng suất củ tươi (tấn/ha) (thu hoạch toàn bộ củ sắn trong ô thí nghiệm, cân khối lượng và quy đổi ra năng suất trên đơn vị diện tích), hàm lượng tinh bột (%) (xác định bằng phương pháp cân tỷ trọng).

- *Phương pháp xử lý số liệu:* Các số liệu nông sinh học được xử lý bằng công cụ Microsoft Excel và phần mềm IRRISTAT phiên bản 5.0.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Tối ưu số hom mắt giống và giá thể vào bầu sắn trong quy trình canh tác giống sắn ruột vàng Phú Thọ

Kết quả thí nghiệm tại Hà Nội cho thấy, thời gian từ khi trồng đến khi mọc mầm dao động từ 15 - 21 ngày, với sự khác biệt giữa các công thức giá thể và loại hom. Giá thể GT3 (đất + trấu hun + bột xơ dừa) có thời gian mọc mầm ngắn nhất (15 - 16 ngày), trong khi giá thể GT1 (đất thuần) có thời gian mọc mầm dài nhất (19 - 21 ngày). Trong các công thức hom giống, hom có 2 - 3 mắt (H1, H2, H3) có xu hướng mọc mầm nhanh hơn hom 5 - 6 mắt (H4). Cụ thể, công thức GT3H2 và GT3H3 đạt thời gian mọc mầm ngắn nhất (15 ngày), trong khi công thức GT1H4 có thời gian mọc mầm dài nhất (21 ngày). Tỷ lệ mọc mầm của cây con trong bầu đạt mức cao, dao động từ 86,9% đến 100%. Ở Hà Nội, giá thể GT3 và GT4 cho tỷ lệ mọc mầm cao nhất (99,5 - 100%), trong khi giá thể GT1 có tỷ lệ mọc mầm thấp nhất (88,5 - 99,8%). Ở Phú Thọ, kết quả tương tự được ghi nhận, với GT3 và GT4 đạt 100% tỷ lệ mọc mầm, trong khi giá thể GT1 có tỷ lệ mọc mầm thấp nhất (86,2 - 92,9%) (Bảng 1). Điều này cho thấy giá thể giàu dinh dưỡng và có độ xốp cao giúp cải thiện đáng kể khả năng nảy mầm của hom giống.

Theo đó, giá thể GT3, gồm hỗn hợp đất, trấu hun và bột xơ dừa, thể hiện khả năng giữ ẩm vượt trội so với đất thuần (GT1). Cơ chế chính nằm ở đặc tính giữ nước rất tốt của bột xơ dừa nhờ cấu trúc sợi với nhiều không gian lỗ nhỏ, cho phép hấp thụ và lưu giữ một lượng lớn nước, giảm đáng kể sự thất thoát nước do bay hơi. Bên cạnh đó, trấu hun có cấu trúc xốp, diện

tích bề mặt lớn, giúp tăng cường khả năng hấp phụ nước và dinh dưỡng, duy trì độ ẩm ổn định lâu dài. Điều này tạo điều kiện lý tưởng cho quá trình nảy mầm của hom giống, làm giảm đáng kể thời gian từ lúc trồng đến khi xuất hiện mầm và cải thiện tỷ lệ mọc mầm so với các giá thể có cấu trúc ít giữ nước hơn.

Bảng 1. Ảnh hưởng của số mắt hom và giá thể đến tỷ lệ mọc mầm, tỷ lệ sống và sinh trưởng cây con sản ruột vàng Phú Thọ tại Hà Nội và Phú Thọ

TT	Công thức		Số ngày từ trồng đến mọc mầm (ngày)	Tỷ lệ mọc mầm cây con trong bầu (%)	Tỷ lệ sống sau chuyển ra đồng ruộng (%)	Chiều cao cây con trong bầu (cm)	Độ đồng đều (điểm)
	Loại giá thể	Loại hom					
Địa điểm thí nghiệm: Hà Nội							
1	GT1	H1	20	88,5	86,9	19,8	1
2		H2	19	92	89,5	21,4	1
3		H3	20	95,6	90,9	20,5	1
4		H4	21	99,8	95,5	18,2	1
5	GT2	H1	17	96,8	92,4	18,3	1
6		H2	17	98,5	93,9	19,8	1
7		H3	17	99,8	95	21,4	1
8		H4	16	98,9	94,4	20,5	1
9	GT3	H1	16	100	100	28,9	1
10		H2	15	99,5	100	26,5	1
11		H3	15	100	100	26,3	1
12		H4	15	100	100	25,7	1
13	GT4	H1	17	96	96,3	25,5	1
14		H2	16	97,7	98,2	23,2	1
15		H3	16	99,8	100	25,6	1
16		H4	16	100	97,5	25,3	1
Địa điểm thí nghiệm: Phú Thọ							
17	GT1	H1	19	86,2	85,3	16,9	1
18		H2	21	92,9	87,2	18,5	1
19		H3	20	89,5	91,1	17,5	1
20		H4	20	91,1	90,6	15,3	1
21	GT2	H1	18	93,7	97,5	15,8	1
22		H2	17	95,2	95,8	16,6	1
23		H3	17	96,4	98,6	17,9	1
24		H4	17	95,1	100	17,2	1
25	GT3	H1	15	100	100	23,2	1
26		H2	14	100	100	25,7	1
27		H3	14	100	100	24,5	1
28		H4	14	100	100	23,9	1
29	GT4	H1	17	98,2	100	19,4	1
30		H2	18	97,9	100	20,2	1
31		H3	17	100	100	21,5	1
32		H4	18	100	100	22,3	1

Tỷ lệ sống của cây con sau khi chuyển ra đồng ruộng dao động từ 85,3% đến 100%, với sự khác biệt rõ rệt giữa các công thức thí

nghiệm (Hình 1). Ở Hà Nội, các công thức sử dụng GT3 (đất + trấu hun + bột xơ dừa) và GT4 (đất + mùn cưa) có tỷ lệ sống cao nhất (100%),

trong khi GT1 (đất thuần) có tỷ lệ sống thấp nhất (86,9 - 95,5%). Tương tự, tại Phú Thọ, tỷ lệ sống của cây con cũng cao nhất ở công thức GT3 và GT4 (100%), trong khi GT1 có tỷ lệ sống thấp nhất (85,3 - 92,9%) (Bảng 1). Sự khác biệt này có thể do đặc điểm của giá thể GT3 và GT4 có độ tơi xốp cao, giúp giữ ẩm tốt, tạo điều kiện thuận lợi cho bộ rễ phát triển. Ngược lại, GT1 (đất thuần) có độ kết dính cao, dễ bị nén chặt, làm giảm khả năng hấp thu nước và dinh dưỡng của cây con, ảnh hưởng đến tỷ lệ sống sau khi chuyển ra đồng ruộng.

Chiều cao cây con trong bầu trước khi chuyển ra đồng ruộng dao động từ 15,3 cm đến 28,9 cm, với sự khác biệt đáng kể giữa các công thức giá thể và loại hom. Tại Hà Nội, cây con trồng trên giá thể GT3 có chiều cao trung bình cao nhất (25,7 - 28,9 cm), trong khi cây con trồng trên GT1 có chiều cao thấp nhất (18,2 - 21,4 cm). Các công thức GT4 cũng cho kết quả tương đối cao (23,2 - 25,6 cm), cao hơn đáng

kể so với GT1. Tại Phú Thọ, xu hướng tương tự được ghi nhận, với giá thể GT3 cho cây con có chiều cao vượt trội (23,2 - 25,7 cm), trong khi giá thể GT1 có chiều cao thấp nhất (15,3 - 18,5 cm). Các công thức GT4 cũng cho kết quả khá tốt (19,4 - 22,3 cm), khẳng định vai trò của giá thể giàu dinh dưỡng và có độ xốp cao trong việc thúc đẩy sinh trưởng cây con. Bên cạnh đó, số mắt hom cũng ảnh hưởng đến chiều cao cây con. Hom có 2 - 3 mắt (H1, H2, H3) cho cây con cao hơn so với hom 5 - 6 mắt (H4) (Bảng 1). Cụ thể, cây con từ hom H1 và H2 có chiều cao cao nhất trong hầu hết các công thức, trong khi cây con từ hom H4 có chiều cao thấp hơn đáng kể. Độ đồng đều của cây giống trong tất cả các công thức đều đạt mức cao, với điểm số đồng đều trung bình là 1 điểm. Điều này cho thấy các phương pháp nhân giống bằng hom ít mắt không gây ra sự khác biệt đáng kể về tính đồng đều của cây con trong cùng một nghiệm thức.



Hình 1. Thí nghiệm đánh giá ảnh hưởng của số mắt hom và giá thể đến tỷ lệ mọc mầm, tỷ lệ sống và sinh trưởng cây con sắn ruột vàng Phú Thọ tại Hà Nội

Tiếp theo, nghiên cứu tiếp tục đánh giá ảnh hưởng của số mắt hom và giá thể đến thời gian sinh trưởng, chiều cao cây và đường kính thân của sắn ruột vàng Phú Thọ tại Hà Nội và Phú Thọ. Kết quả thí nghiệm tại Hà Nội cho thấy chiều cao cây sắn sau 270 ngày sinh trưởng dao động từ 193,8 cm đến 243,4 cm, với sự khác biệt rõ rệt giữa các công thức giá thể và loại hom. Trong đó, giá thể GT3 (đất + trấu hun + bột xơ dừa) và GT2 (đất + trấu hun) giúp cây

phát triển tốt hơn, với chiều cao trung bình đạt từ 223,2 cm đến 243,4 cm. Cụ thể, công thức GT3H4 cho chiều cao cây cao nhất (243,4 cm), trong khi công thức GT1H1 có chiều cao thấp nhất (193,8 cm). Tại Phú Thọ, xu hướng tương tự được ghi nhận, với chiều cao cây dao động từ 197,3 cm đến 238,8 cm. Giá thể GT3 tiếp tục thể hiện ưu thế với chiều cao cây trung bình từ 232,1 cm đến 238,8 cm, trong đó công thức GT3H4 cũng có chiều cao cây cao nhất (238,8

cm). Ngược lại, giá thể GT1 có chiều cao cây thấp nhất (197,3 cm - 204,5 cm) (Bảng 2). Bên cạnh yếu tố giá thể, số mắt hom cũng ảnh hưởng đến chiều cao cây. Hom có 4 mắt (H4) thường cho cây cao hơn so với hom có 2 mắt (H1), đặc biệt ở các công thức GT2, GT3, GT4.

Ví dụ, tại Hà Nội, công thức GT3H4 đạt 243,4 cm, cao hơn đáng kể so với GT3H1 (223,2 cm). Kết quả này cho thấy hom có nhiều mắt hơn có khả năng tích lũy sinh khối tốt hơn, giúp cây phát triển mạnh hơn.

Bảng 2. Ảnh hưởng của số mắt hom và giá thể đến thời gian sinh trưởng, chiều cao cây và đường kính thân của sản ruột vàng Phú Thọ tại Hà Nội và Phú Thọ

TT	Công thức		Số ngày từ trồng đến thu hoạch (ngày)	Chiều cao cây (cm)	Đường kính thân (mm)
	Loại giá thể	Loại hom			
Địa điểm thí nghiệm: Hà Nội					
1	GT1	H1	270	193,8	26,3
2		H2	270	207,2	24,5
3		H3	270	200,1	26,1
4		H4	270	197,5	26,8
5	GT2	H1	270	231,4	27,5
6		H2	270	216,1	27,3
7		H3	270	210,7	28,3
8		H4	270	201,2	26,7
9	GT3	H1	270	223,2	28,4
10		H2	270	234,7	28,1
11		H3	270	237,4	28,3
12		H4	270	243,4	27,9
13	GT4	H1	270	217,0	27,6
14		H2	270	202,2	26,8
15		H3	270	211,7	27,5
16		H4	270	211,2	28,3
Địa điểm thí nghiệm: Phú Thọ					
17	GT1	H1	270	197,3	24,3
18		H2	270	199,5	25,1
19		H3	270	204,5	25,9
20		H4	270	200,6	25,5
21	GT2	H1	270	235,8	28,0
22		H2	270	221,2	26,7
23		H3	270	215,8	28,5
24		H4	270	206,1	26,9
25	GT3	H1	270	232,1	28,2
26		H2	270	237,9	28,3
27		H3	270	236,1	28,5
28		H4	270	238,8	28,6
29	GT4	H1	270	218,7	28,1
30		H2	270	203,8	27,0
31		H3	270	214,8	27,7
32		H4	270	213,9	28,5

Bảng 2 cho thấy đường kính thân cây sản tại Hà Nội dao động từ 24,5 mm đến 28,4 mm, với giá thể GT3 và GT2 cho thân cây có đường kính lớn nhất. Cụ thể, công thức GT3H1 có đường

kính thân lớn nhất (28,4 mm), trong khi công thức GT1H2 có đường kính thân nhỏ nhất (24,5 mm). Các công thức thuộc nhóm GT4 cũng cho đường kính thân lớn, dao động từ 26,8 mm đến

28,3 mm. Tại Phú Thọ, đường kính thân có xu hướng cao hơn so với tại Hà Nội, dao động từ 24,3 mm đến 28,6 mm. Công thức GT3H4 tiếp tục đạt đường kính thân lớn nhất (28,6 mm), trong khi công thức GT1H1 có đường kính thân nhỏ nhất (24,3 mm). Giá thể GT2 và GT3 cũng giúp cây phát triển thân to khỏe hơn, với đường kính thân trung bình từ 28,0 mm đến 28,5 mm. Sự khác biệt về đường kính thân giữa

các công thức có thể được lý giải bởi khả năng giữ ẩm và cung cấp dinh dưỡng của từng loại giá thể. GT3 (đất + trấu hun + bột xơ dừa) và GT2 (đất + trấu hun) có độ thoáng khí tốt, giúp bộ rễ phát triển mạnh, từ đó cải thiện kích thước thân cây. Trong khi đó, GT1 (đất thuần) có khả năng giữ nước kém hơn, dẫn đến thân cây nhỏ hơn.

Bảng 3. Ảnh hưởng của số mắt hom và giá thể đến số hom thu hoạch, hệ số nhân giống và hiệu quả nhân giống sản ruột vàng Phú Thọ tại Hà Nội và Phú Thọ

TT	Công thức		Số hom/thân cây giống (hom)	Số cây giống cần cho 1 ha (hom)	Số thân thu hoạch/ha (thân)	Số hom/thân thu hoạch (hom)	Số hom thu hoạch (hom/ha)	Hệ số nhân (lần)
	Loại giá thể	Loại hom						
Địa điểm thí nghiệm: Hà Nội								
1	GT1	H1	11,5	1.087	7.625	5,3	40.411	37,2
2		H2	9,3	1.344	7.462	6,1	45.518	33,9
3		H3	7,2	1.736	7.939	6,0	47.632	27,4
4		H4	5,6	2.232	7.496	5,9	44.224	19,8
5	GT2	H1	11,5	1.087	10.474	6,1	63.890	58,8
6		H2	9,3	1.344	10.538	6,3	66.387	49,4
7		H3	7,2	1.736	10.788	6,2	66.888	38,5
8		H4	5,6	2.232	10.668	6,1	65.073	29,2
9	GT3	H1	11,5	1.087	12.053	6,3	75.933	69,9
10		H2	9,3	1.344	12.938	6,5	84.099	62,6
11		H3	7,2	1.736	12.129	6,2	75.202	43,3
12		H4	5,6	2.232	12.829	6,4	82.105	36,8
13	GT4	H1	11,5	1.087	10.707	6,3	67.453	62,1
14		H2	9,3	1.344	10.645	6,4	68.126	50,7
15		H3	7,2	1.736	10.597	6,6	69.941	40,3
16		H4	5,6	2.232	11.157	6,5	72.522	32,5
Địa điểm thí nghiệm: Phú Thọ								
17	GT1	H1	11,3	1.106	9.768	6,1	59.587	53,9
18		H2	9,1	1.374	9.269	6,2	57.470	41,8
19		H3	7,3	1.712	9.679	5,9	57.104	33,3
20		H4	5,5	2.273	9.789	6,1	59.712	26,3
21	GT2	H1	11,3	1.106	10.533	6,2	65.303	59,0
22		H2	9,1	1.374	10.585	6,1	64.567	47,0
23		H3	7,3	1.712	10.826	6,0	64.955	37,9
24		H4	5,5	2.273	10.697	5,9	63.110	27,8
25	GT3	H1	11,3	1.106	12.122	6,4	77.579	70,1
26		H2	9,1	1.374	12.999	6,3	81.895	59,6
27		H3	7,3	1.712	12.173	6,5	79.124	46,2
28		H4	5,5	2.273	12.865	6,4	82.337	36,2
29	GT4	H1	11,3	1.106	10.768	6,3	67.838	61,3
30		H2	9,1	1.374	10.695	6,7	71.654	52,2
31		H3	7,3	1.712	10.638	6,5	69.146	40,4
32		H4	5,5	2.273	11.189	6,3	70.490	31,0

Kết quả đánh giá một số đặc tính nông sinh học cho thấy, tại Hà Nội, số hom thu hoạch trên mỗi thân cây giống dao động từ 5,6 hom/thân đến 11,5 hom/thân tùy thuộc vào giá thể và loại hom sử dụng. Trong đó, các công thức sử dụng GT1 (đất thuần) có số hom thu hoạch thấp nhất (5,6 - 11,5 hom/thân), trong khi GT3 (đất + trấu hun + bột xơ dừa) và GT4 (đất + mùn cưa) đạt số hom cao hơn (5,6 - 11,5 hom/thân). Công thức GT3H1 có số hom cao nhất (11,5 hom/thân), trong khi GT1H4 thấp nhất (5,6 hom/thân). Tại Phú Thọ, kết quả tương tự cũng được ghi nhận với số hom dao động từ 5,5 hom/thân đến 11,3 hom/thân. Công thức GT3H1 tiếp tục đạt số hom cao nhất (11,3 hom/thân), trong khi GT1H4 có số hom thấp nhất (5,5 hom/thân) (Bảng 3).

Đáng chú ý, số thân thu hoạch trên 1 ha có sự khác biệt rõ rệt giữa các công thức giá thể và loại hom. Tại Hà Nội, số thân thu hoạch dao động từ 7.462 thân/ha đến 12.938 thân/ha. Giá thể GT3 tiếp tục cho kết quả vượt trội với công thức GT3H2 đạt số thân cao nhất (12.938 thân/ha), trong khi GT1H2 có số thân thu hoạch thấp nhất (7.462 thân/ha). Tại Phú Thọ, số thân thu hoạch dao động từ 9.269 thân/ha đến 12.999 thân/ha. Công thức GT3H2 đạt số thân cao nhất (12.999 thân/ha), trong khi GT1H2 có số thân thấp nhất (9.269 thân/ha) (Bảng 3).

Tổng số hom thu hoạch trên 1 ha tại Hà Nội dao động từ 40.411 hom/ha đến 84.099 hom/ha. Công thức GT3H2 đạt tổng số hom cao nhất (84.099 hom/ha), trong khi GT1H1 có tổng số hom thấp nhất (40.411 hom/ha). Các công thức thuộc nhóm GT4 cũng cho kết quả khá cao, dao động từ 67.453 hom/ha đến 72.522 hom/ha. Tại Phú Thọ, tổng số hom thu hoạch dao động từ 57.104 hom/ha đến 82.337 hom/ha. Công thức GT3H4 đạt tổng số hom cao nhất (82.337 hom/ha), trong khi GT1H3 có tổng số hom thấp nhất (57.104 hom/ha) (Bảng 3).

Trong nghiên cứu này, hệ số nhân giống là chỉ số quan trọng phản ánh hiệu quả của phương pháp nhân giống bằng hom ít mắt. Tại

Hà Nội, hệ số nhân dao động từ 19,8 lần đến 69,9 lần. Công thức GT3H1 có hệ số nhân cao nhất (69,9 lần), cao hơn đáng kể so với công thức GT1H4 có hệ số nhân thấp nhất (19,8 lần). Tại Phú Thọ, hệ số nhân dao động từ 26,3 lần đến 70,1 lần. Công thức GT3H1 tiếp tục đạt hệ số nhân cao nhất (70,1 lần), trong khi GT1H4 có hệ số nhân thấp nhất (26,3 lần) (Bảng 3).

3.2. Ảnh hưởng của mật độ trồng và mức phân bón vô cơ đến sinh trưởng và năng suất sản ruốt vàng Phú Thọ

Kết quả thí nghiệm tại Thái Nguyên cho thấy tỷ lệ sống của cây sản dao động từ 98% đến 100%, với hầu hết các công thức có tỷ lệ sống đạt 100%, ngoại trừ công thức P4 ở mật độ M1 và M4, có tỷ lệ sống thấp hơn (98%). Điều này cho thấy mật độ trồng và mức phân bón không ảnh hưởng đáng kể đến khả năng sống sót của cây sản trong điều kiện thí nghiệm. Tại Phú Thọ, tỷ lệ sống cũng đạt 100% ở tất cả các công thức, ngoại trừ công thức M2P4, với tỷ lệ sống 99,5% (Bảng 4). Kết quả này phản ánh khả năng thích nghi tốt của giống sản ruốt vàng Phú Thọ với điều kiện môi trường tại hai địa điểm thí nghiệm.

Tiếp theo, chiều cao cây sản sau 270 ngày sinh trưởng tại Thái Nguyên dao động từ 206,4 cm đến 241,5 cm. Trong đó, công thức M3P3 đạt chiều cao cây lớn nhất (241,5 cm), trong khi công thức M4P1 có chiều cao thấp nhất (206,4 cm). Ở Phú Thọ, chiều cao cây dao động từ 216,1 cm đến 244,2 cm, với công thức M4P1 đạt chiều cao lớn nhất (244,2 cm), trong khi công thức M1P3 thấp nhất (216,1 cm). Đường kính thân cây dao động từ 25,1 mm đến 27,2 mm tại Thái Nguyên và từ 25,2 mm đến 26,7 mm tại Phú Thọ. Ở cả hai địa điểm, các công thức có mức phân bón P2 và P3 thường có đường kính thân lớn hơn so với P1 và P4, cho thấy ảnh hưởng của phân bón kali đến sự phát triển của thân cây.

Phân tích các chỉ tiêu củ cho thấy, chiều dài củ sản tại Thái Nguyên dao động từ 18,3 cm đến 30,5 cm, trong đó công thức M2P2 có chiều

dài củ lớn nhất (30,5 cm), trong khi công thức M1P1 có chiều dài củ ngắn nhất (18,3 cm). Kết quả tại Phú Thọ cũng cho thấy xu hướng tương tự, với chiều dài củ dao động từ 20,6 cm đến 33,6 cm. Công thức M2P2 tiếp tục có chiều dài củ lớn nhất (33,6 cm), trong khi công thức M1P1 có chiều dài củ ngắn nhất (20,6 cm). Đường kính củ tại Thái Nguyên dao động từ 2,46 cm đến 3,24 cm, với công thức M3P3 đạt đường kính củ lớn nhất (3,24 cm), trong khi

công thức M1P1 có đường kính củ nhỏ nhất (2,46 cm). Tại Phú Thọ, đường kính củ dao động từ 2,32 cm đến 3,01 cm, với công thức M2P2 đạt giá trị cao nhất (3,01 cm). Số củ trên mỗi khóm tại Thái Nguyên dao động từ 7,2 củ/khóm đến 10,4 củ/khóm, với công thức M3P1 đạt số lượng củ cao nhất (10,4 củ/khóm). Tại Phú Thọ, số củ trên mỗi khóm dao động từ 7,5 củ/khóm đến 10,7 củ/khóm, với công thức M3P3 có số lượng củ cao nhất (10,7 củ/khóm).



Hình 2. Đánh giá ảnh hưởng của mật độ trồng và mức phân bón vô cơ đến các yếu tố cấu thành năng suất của giống sắn ruột vàng Phú Thọ

Năng suất củ tươi tại Thái Nguyên dao động từ 19,9 tấn/ha đến 28,7 tấn/ha, với công thức M2P2 đạt năng suất cao nhất (28,7 tấn/ha), và M2P3 (27,6 tấn/ha), đây là hai công thức có năng suất củ tươi tương đương nhau [$CV\% = 12,2$, $LSD_{0,05}(P \times M) = 1,78$], trong khi công thức M1P1 có năng suất thấp nhất (19,9 tấn/ha). Tại Phú Thọ, năng suất dao động từ 20,6 tấn/ha đến 30,2 tấn/ha, với công thức M2P2 tiếp tục có năng suất cao nhất (30,2 tấn/ha), và M4P3 (28,76 tấn/ha), đây là hai công thức có năng suất củ tươi tương đương nhau [$CV\% = 14,3$, $LSD_{0,05}(P \times M) = 1,56$]. Kết quả cho thấy mật độ 10.000 cây/ha (M2) kết hợp với mức phân bón P2 (90 N + 60 P₂O₅ + 70 K₂O + 1,5 tấn phân hữu cơ/ha) là công thức tối ưu, giúp đạt năng suất

cao nhất ở cả hai địa điểm. Khi mật độ trồng tăng lên 12.500 cây/ha (M3) và 14.300 cây/ha (M4), năng suất có xu hướng giảm, do sự cạnh tranh dinh dưỡng giữa các cây tăng lên, ảnh hưởng đến quá trình sinh trưởng và tích lũy chất khô trong củ (Hình 2).

Bên cạnh đó, hàm lượng tinh bột trong củ dao động từ 24,3% đến 27,1% tại Thái Nguyên và từ 24,3% đến 27,1% tại Phú Thọ. Trong đó, công thức M2P3 có hàm lượng tinh bột cao nhất ở cả hai địa điểm (27,1%), trong khi công thức M1P1 có hàm lượng tinh bột thấp nhất (24,3%). Điều này cho thấy phân bón kali có ảnh hưởng đáng kể đến hàm lượng tinh bột trong củ, với mức 110 K₂O (P3) giúp cải thiện hàm lượng tinh bột tốt nhất.

Bảng 4. Ảnh hưởng của mật độ trồng và mức phân bón vô cơ đến sinh trưởng, năng suất và hàm lượng tinh bột của sắn ruột vàng Phú Thọ tại Thái Nguyên và Phú Thọ

TT	Công thức	Tỷ lệ sống (%)	Chiều cao cây (cm)	Đường kính (mm)	Chiều dài củ (cm)	Đường kính củ (cm)	Số củ/khóm	Năng suất (tấn/ha)	Hàm lượng tinh bột (%)
Địa điểm thí nghiệm: Thái Nguyên									
1	P1	98	218,6	25,8	18,3	2,53	8,8	19,9	24,3
2	M1	100	223,8	27,2	24,5	2,95	7,2	21,3	24,9
3	P3	98	234,6	25,6	22,4	2,83	9,5	20,7	26,7
4	P4	98	231,5	26,8	19,2	2,67	7,7	20,6	26,3
5	P1	98	222,7	25,9	19,4	2,56	9,2	25,4	26,3
6	M2	100	232,5	26,4	30,5	2,91	8,7	28,7	26,7
7	P3	100	237,6	26,1	27,8	2,72	9,8	27,6	27,1
8	P4	100	231,4	25,4	27,3	2,79	8,3	23,7	26,9
9	P1	100	227,9	25,9	21,6	2,56	10,4	25,1	25,6
10	M3	100	233,6	27,1	27,9	2,84	7,9	26,9	26,1
11	P3	100	241,5	26,3	30,3	3,24	9,6	24,8	26,2
12	P4	100	234,3	25,9	23,4	2,78	7,3	20,9	25,9
13	P1	100	206,4	26,9	22,4	2,46	8,4	23,3	25,4
14	M4	100	215,6	26,2	24,5	2,57	10,1	25,6	26,7
15	P3	100	217,3	25,1	23,8	2,78	8,8	24,0	26,9
16	P4	98	228,9	26,5	22,3	2,69	7,5	22,0	25,4
CV%								12,2	
LSD _{0,05} (P×M)								1,78	
Địa điểm thí nghiệm: Phú Thọ									
17	P1	100	238,9	25,2	20,6	2,46	8,9	21,1	24,3
18	M1	100	236,5	26,5	27,4	2,94	7,6	22,5	24,9
19	P3	100	216,1	26,3	25,1	2,71	9,8	21,5	26,7
20	P4	100	237,9	26,4	21,8	2,57	8,2	20,6	26,3
21	P1	100	228,8	26,2	21,8	2,54	9,5	26,6	26,3
22	M2	100	232,7	26,7	33,6	3,01	9,8	30,2	26,7
23	P3	100	236,4	26	30,6	2,82	10,3	27,6	27,1
24	P4	99,5	224,2	26,3	29,8	2,67	8,6	24,9	26,9
25	P1	100	225,0	26,3	23,5	2,32	8,9	26,6	25,6
26	M3	100	231,4	26,3	30,2	2,74	9,2	29,0	26,1
27	P3	100	230,1	25,7	32,8	2,91	10,7	26,9	26,2
28	P4	100	222,7	26,1	25,2	2,64	7,5	22,0	25,9
29	P1	100	244,2	25,6	23,8	2,32	8,9	24,7	25,4
30	M4	100	232,0	26	26,2	2,61	10,3	28,7	26,7
31	P3	100	239,7	25,2	25,6	2,69	9,6	25,9	26,9
32	P4	100	225,4	26,5	23,8	2,42	8,1	23,9	25,4
CV%								14,3	
LSD _{0,05} (P×M)								1,56	

Kết quả nghiên cứu cho thấy, mật độ trồng 10.000 cây/ha (M2) kết hợp với mức phân bón P2 (90 N + 60 P₂O₅ + 70 K₂O + 1,5 tấn phân hữu cơ/ha) là công thức tối ưu, giúp cây sinh trưởng tốt, cho năng suất cao nhất (30,2 tấn/ha tại Phú Thọ, 28,7 tấn/ha tại Thái Nguyên) và đảm bảo hàm lượng tinh bột ổn định (26,7% - 27,1%). Ngược lại, mật độ trồng quá cao (12.500 cây/ha - M3, 14.300 cây/ha - M4) làm giảm năng suất

do sự cạnh tranh dinh dưỡng, trong khi mật độ thấp hơn (8.000 cây/ha - M1) không tận dụng hết tiềm năng đất đai, dẫn đến năng suất thấp hơn. Như vậy, để đạt năng suất tối ưu và nâng cao chất lượng sản phẩm, khuyến nghị nên trồng sắn ruột vàng Phú Thọ với mật độ 10.000 cây/ha, kết hợp với phân bón vô cơ có hàm lượng kali vừa phải (70 K₂O/ha - P2) nhằm cân bằng giữa sinh trưởng cây, năng suất và chất

lượng tinh bột.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy, trong quy trình nhân giống sắn ruột vàng Phú Thọ, sử dụng hom có 2 - 3 mắt (H1, H2, H3) kết hợp với giá thể GT3 (đất + trấu hun + bột xơ dừa) giúp rút ngắn thời gian mọc mầm (15 - 16 ngày), đạt tỷ lệ mọc mầm cao nhất (99,5 - 100%) và tỷ lệ sống sau chuyển ra đồng ruộng tối ưu (100%). Cây con sinh trưởng tốt nhất khi sử dụng giá thể GT3, với chiều cao cây con trước khi chuyển ra đồng ruộng đạt từ 25,7 cm đến 28,9 cm, cao hơn đáng kể so với giá thể GT1 (đất thuần) có chiều cao chỉ từ 18,2 cm đến 21,4 cm. Sau 270 ngày sinh trưởng, cây trồng trên giá thể GT3 tiếp tục đạt chiều cao vượt trội (223,2 cm - 243,4 cm tại Hà Nội và 232,1 cm - 238,8 cm tại Phú Thọ), đồng thời có đường kính thân lớn nhất (28,4 mm - 28,6 mm), cho thấy sự phù hợp của giá thể này đối với sinh trưởng cây sắn. Ngoài ra, hệ số nhân giống cao nhất đạt 69,9 - 70,1 lần, thu được tổng số hom tối đa 84.099 - 82.337 hom/ha, khẳng định hiệu quả nhân giống vượt trội của phương pháp sử dụng hom 2 - 3 mắt trên giá thể giàu dinh dưỡng như GT3. Trong nghiên cứu về ảnh hưởng của mật độ trồng và mức phân bón vô cơ, công thức M2P2 (mật độ 10.000 cây/ha, 90 N + 60 P₂O₅ + 70 K₂O + 1,5 tấn phân hữu cơ/ha) mang lại hiệu quả cao nhất, giúp đạt năng suất củ tươi tối ưu (28,7 tấn/ha tại Thái Nguyên và 30,2 tấn/ha tại Phú Thọ), đồng thời đảm bảo kích thước củ phù hợp với nhu cầu chế biến, với chiều dài củ lớn nhất đạt 33,6 cm và đường kính củ đạt 3,01 cm. Hàm lượng tinh bột trong củ cao nhất khi sử dụng công thức M2P3 (mật độ 10.000 cây/ha, 90 N + 60 P₂O₅ + 110 K₂O + 1,5 tấn phân hữu cơ/ha), đạt mức 27,1%, cho thấy kali đóng vai trò quan trọng trong quá trình tích lũy tinh bột của củ sắn. Mật độ trồng quá cao (M3 - 12.500 cây/ha, M4 - 14.300 cây/ha) làm giảm năng suất do cạnh tranh dinh dưỡng giữa các cây, trong khi mật độ thấp hơn (M1 - 8.000 cây/ha) không tận dụng hết tiềm năng đất đai, dẫn đến năng suất thấp hơn. Như vậy, để đạt hiệu quả canh tác tốt nhất, khuyến nghị sử dụng hom 2 - 3 mắt, giá thể GT3 (đất + trấu hun + bột

xơ dừa), mật độ 10.000 cây/ha và mức phân bón P2 (90 N + 60 P₂O₅ + 70 K₂O + 1,5 tấn phân hữu cơ/ha) nhằm cân bằng giữa sinh trưởng cây, năng suất và chất lượng tinh bột, góp phần nâng cao hiệu quả sản xuất và phát triển bền vững giống sắn ruột vàng Phú Thọ.

Lời cảm ơn

Công trình này được hỗ trợ bởi Nhiệm vụ Quỹ gen cấp Quốc gia: "Nghiên cứu khai thác nguồn gen sắn ruột vàng Phú Thọ (*Manihot esculenta* Crantz) tại một số tỉnh Trung du, Miền núi phía Bắc" do Viện Cây lương thực và Cây thực phẩm chủ trì.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Mohidin Srns, Moshawih S., Hermansyah A., Asmuni M. I., Shafqat N. & Ming L. C. (2023). Cassava (*Manihot esculenta* Crantz): A systematic review for the pharmacological activities, traditional uses, nutritional values, and phytochemistry. J Evid Based Integr Med. 28: 2515690X231206227.
- [2]. Chavarriaga-Aguirre P., Brand A., Medina A., Prias M., Escobar R., Martinez J., Diaz P., Lopez C., Roca W. M. & Tohme J. (2016). The potential of using biotechnology to improve cassava: a review. In Vitro Cell Dev Biol Plant. 52(5): 461-478.
- [3]. Malik A. I., Kongsil P., Nguyen V. A., Ou W., Sholihin, Srean P., Sheela M. N., Becerra Lopez-Lavalle L. A., Utsumi Y., Lu C., Kittipadukul P., Nguyen H. H., Ceballos H., Nguyen T. H., Selvaraj Gomez M., Aiernaka P., Labarta R., Chen S., Amawan S., Sok S., Youabee L., Seki M., Tokunaga H., Wang W., Li K., Nguyen H. A., Nguyen V. D., Ham L. H. & Ishitani M. (2020). Cassava breeding and agronomy in Asia: 50 years of history and future directions. Breed Sci. 70(2): 145-166.
- [4]. Li S., Cui Y., Zhou Y., Luo Z., Liu J. & Zhao M. (2017). The industrial applications of cassava: current status, opportunities and prospects. J Sci Food Agric. 97(8): 2282-2290.
- [5]. Morgan N. K. & Choct M. (2016). Cassava: Nutrient composition and nutritive value in poultry diets. Anim Nutr. 2(4): 253-261.
- [6]. Conceição L. V., Cortes D. F. M., Klauser D., Robinson M. & de Oliveira E. J. (2023). New protocol for rapid cassava multiplication in field conditions: a perspective on speed breeding. Front Plant Sci. 14: 1258101.
- [7]. Oliveira E. J. & de Oliveira S. A. S. (2020). A novel seed treatment-based multiplication approach for cassava planting material. 15(3): e0229943.
- [8]. Imakumbili M. L. E., Semu E., Semoka J. M. R., Abass A. & Mkamilo G. (2021). Managing cassava growth on nutrient poor soils under different water stress conditions. Heliyon. 7(6): e07331.