

Evaluation of the response of open-pollinated black pepper (*Piper nigrum* L.) seedling lines to *Phytophthora capsici*, the causal agent of quick wilt disease

Duong Thi Oanh, Tran Thi Dieu Hien, Nguyen Quang Ngoc, Pham Thi Hoai, Tran Quang Truong

Abstract

This study was conducted to evaluate the responses of open-pollinated black pepper (*Piper nigrum* L.) lines to *Phytophthora capsici*, the causal agent of quick wilt disease, under artificial inoculation conditions. The experiment was arranged in a Completely Randomized Design (CRD) consisting of 20 pepper lines with 15 plants per line. Inoculation was performed using a *P. capsici* zoospore suspension at a concentration of 104 zoospores/mL in an isolated screenhouse conditions. The results showed that *P. capsici* infected plants rapidly and caused severe damage as early as 10 days post-inoculation (DPI). At 30 DPI, the average disease incidence reached 78.67% on leaves, 50.67% on shoots, and 3.01% on stems. Disease responses varied markedly among the evaluated lines. The lines DP7-H, Sr1-H, TAD14-H and TAD13-H exhibited high plant mortality rates ranging from 26.7% to 46.7%, together with high Area Under Disease Progress Curve (AUDPC) values for plant mortality (499.5 - 599.5). In contrast, the lines P4-H, TAD19-H, and L2-H showed no plant mortality despite high disease incidence on aerial plant parts. The average proportion of plants producing new shoots reached 49.68%, indicating recovery potential following infection. Furthermore, the study preliminarily identified 11 asymptomatic individuals belonging to nine open-pollinated pepper lines. These individuals represent promising genetic resources for further research and breeding programs aimed at developing black pepper cultivars resistant or tolerant to quick wilt disease.

Keywords: *Phytophthora capsici*, black pepper, open-pollinated progenies, AUDPC

Ngày nhận bài: 13/4/2026

Người phản biện: PGS.TS. Trịnh Xuân Hoạt, TS. Lê Phước Thạnh

Ngày duyệt đăng: 11/6/2026

Ngày phản biện: 06/5/2026

NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG CuCl_2 PHÒNG CHỐNG BỆNH KHẢM LÁ SẴN TRONG ĐIỀU KIỆN NHÀ LƯỚI

Nguyễn Vinh Trường^{1*}, Nguyễn Kim Chi¹

TÓM TẮT

Sắn (*Manihot esculenta* Crantz) là cây lương thực và công nghiệp quan trọng ở Việt Nam, tuy nhiên bệnh khảm lá sắn do Sri Lanka Cassava Mosaic Virus (SLCMV) gây ra đã làm giảm năng suất củ 20 - 50% và có thể vượt quá 70 - 80% trong điều kiện nhiễm nặng. Việc ứng dụng các chất kích kháng nhằm tăng cường cơ chế phòng vệ của cây trồng được xem là một hướng tiếp cận tiềm năng trong quản lý bệnh hại. CuCl_2 là chất kích kháng phi sinh học, đã được xử lý cho một số cây trồng để chống lại bệnh hại nhưng chưa từng được áp dụng trên cây sắn bằng biện pháp ngâm hom. Nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá tác động của nồng độ đồng (II) clorua (CuCl_2) đến hiệu quả phòng trừ bệnh khảm lá sắn. Thí nghiệm bố trí theo khối đầy đủ được tiến hành trên giống sắn KM94, thu thập tại phường Kim Trà, thành phố Huế, bằng phương pháp ngâm hom trong dung dịch CuCl_2 với nồng độ 0,2 - 0,8% trong 24 giờ, sau đó trồng trong điều kiện nhà lưới. Kết quả cho thấy xử lý CuCl_2 ở nồng độ 0,2 - 0,4% mang lại hiệu quả bước đầu làm giảm mức độ biểu hiện bệnh (TLB, CSB, AUDPC có giá trị thấp hơn so với đối chứng), nhưng ít ảnh hưởng đến sinh trưởng và sinh khối thân lá. Thực hiện các nghiên cứu tiếp theo ở quy mô đồng ruộng là cần thiết nhằm xác định nồng độ CuCl_2 tối ưu và đánh giá tính khả thi trong điều kiện sản xuất.

Từ khóa: Cây sắn, Sri Lanka Cassava Mosaic Virus, chất kích kháng, copper (II) chloride (CuCl_2), quản lý bệnh hại

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sắn (*Manihot esculenta* Crantz) được sử dụng rộng rãi làm cây lương thực và thực phẩm bởi hơn 500 triệu người trên toàn cầu (Otegunrin, 2024). Ở Việt Nam, sắn giữ vị trí quan trọng trong chương trình nghiên cứu phát triển của Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn (nay là Bộ Nông nghiệp và Môi trường). Đến năm 2030, quy mô trồng sắn trên toàn quốc ước khoảng xấp xỉ 500.000 ha, với

sản lượng củ tươi đạt trên 12 triệu tấn (Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, 2024). Theo Tổng cục Thống kê, Việt Nam hiện là quốc gia xuất khẩu sắn xếp thứ 2 trên thế giới. Năm 2023, diện tích sắn toàn quốc đạt khoảng 511.000 ha, giảm 19.300 ha so với năm 2022; năng suất trung bình đạt 204,3 tạ/ha (tăng khoảng 3,9 tạ/ha) và sản lượng xấp xỉ 10.000.000 tấn củ tươi (giảm khoảng 196.000 tấn so với năm 2022) (Tổng cục Thống kê, 2024). Sự giảm

¹ Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế

* Tác giả liên hệ, email: nvinhtruong@hualf.edu.vn

diện tích và sản lượng sản phẩm lớn do dịch hại, trong đó dịch bệnh gây hại nghiêm trọng nhất đối với sản xuất hiện nay là bệnh virus khảm lá sắn.

Bệnh khảm lá sắn lan truyền gần bởi bộ phần trắng (*Bemisia tabaci*) và lan truyền xa qua hom giống nên bệnh dễ dàng lây lan rất nhanh. Bệnh khảm lá sắn được phát hiện ở Tanzania, các nước châu Phi và sau đó bệnh lây lan sang Ấn Độ, Sri Lanka, Campuchia và Việt Nam (Uke *et al.*, 2022; Wang *et al.*, 2016; Wang *et al.*, 2019). Ở Việt Nam, bệnh được xác nhận là do Sri Lanka Cassava Mosaic Virus (SLCMV) (Uke *et al.*, 2022). Cục Trồng trọt và Bảo vệ thực vật (Bộ Nông nghiệp và Môi trường) năm 2025 đã xác định cả nước có gần 50.000 ha sắn bị nhiễm bệnh khảm lá, với gần 10.000 ha nhiễm bệnh nặng cần tiêu hủy, hiện tại, bệnh phổ biến trên toàn quốc (Anh Thư, 2025). Việc phòng trừ bệnh khảm lá sắn ngoài giải pháp sử dụng giống kháng và giống chống chịu, cần có giải pháp thích hợp cho các giống nhiễm bệnh nhưng năng suất cao và thích nghi với điều kiện địa phương. Sử dụng các chất kích kháng như axit salicylic, methyl salicylate, benzothiadiazole và axit benzoic để thay đổi tính miễn dịch, nâng cao sức chống chịu của cây trồng là một giải pháp giúp phòng chống lại bệnh hại hiệu quả (Meena *et al.*, 2022). Nguyen và cộng sự (2024) đã phát hiện chất kích kháng có khả năng kích thích tính miễn dịch của cây sắn, giúp chống lại bệnh khảm lá. Liu và cộng sự (2024) nghiên cứu cho thấy hạt nano CuO có hiệu quả kháng virus rõ rệt thông qua hai cơ chế chính, gồm tác động trực tiếp làm phá hủy cấu trúc virion TMV và kích hoạt phản ứng phòng vệ của cây chủ. Khi xử lý trên cây thuốc lá, nano CuO giúp giảm mức độ nhiễm bệnh TMV và hạn chế sự nhân lên của virus trong mô cây. Đồng thời, xử lý nano CuO còn làm tăng biểu hiện các gen liên quan đến con đường tín hiệu phòng vệ như salicylic acid, jasmonic acid và ethylene, qua đó nâng cao khả năng kháng bệnh của cây. Nghiên cứu cho thấy vật liệu chứa đồng ở kích thước nano có tiềm năng lớn trong quản lý bệnh virus thực vật theo hướng an toàn và bền vững, đồng thời cung cấp cơ sở khoa học cho việc ứng dụng các hợp chất đồng trong cảm ứng tính kháng đối với bệnh

virus trên cây trồng. CuCl₂ là chất kích kháng phi sinh học, đã được xử lý cho một số cây trồng để chống lại bệnh hại nhưng chưa từng áp dụng trên cây sắn bằng biện pháp ngâm hom (Liu *et al.*, 2015 ; Ishii *et al.*, 1999; Sornchuer *et al.*, 2014). Liu và cộng sự (2015) nghiên cứu vai trò của ion đồng (Cu²⁺) như một chất kích kháng phi sinh học trên cây *Arabidopsis thaliana* cho thấy xử lý Cu²⁺ có khả năng kích hoạt nhanh các phản ứng phòng vệ của cây, bao gồm sự gia tăng biểu hiện của các gen liên quan đến miễn dịch thực vật và tăng cường khả năng chống chịu với tác nhân gây bệnh. Mục đích của nghiên cứu này là xác định ảnh hưởng của nồng độ hoạt chất kích kháng CuCl₂ đến SLCMV gây bệnh khảm lá sắn nhằm cung cấp một giải pháp mới để phòng chống bệnh khảm lá sắn.

II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Giống sắn KM94 thu thập từ người dân địa phương ở phường Kim Trà, thành phố Huế, do bà con tự để giống, là giống được trồng phổ biến trong nhiều năm qua tại thành phố Huế. Giống sắn KM94 cho năng suất cao, thích nghi với điều kiện khí hậu nhưng nhiễm nặng bệnh khảm lá sắn. Nguồn hom giống sạch bệnh lấy từ ruộng không biểu hiện triệu chứng bệnh trên đồng ruộng, nguồn hom giống bệnh lấy từ ruộng nhiễm bệnh.

Hoạt chất CuCl₂ (GH TECH và Xilong Scientific) có độ tinh khiết 99%.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm 1 nhân tố, công thức thí nghiệm với các mức nồng độ hoạt chất CuCl₂ khác nhau: 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8% (Bảng 1). Mỗi công thức là một chậu được trồng 4 hom sắn. Thí nghiệm được bố trí theo khối đầy đủ ngẫu nhiên có 4 lần nhắc lại, mỗi lần nhắc lại là 1 chậu. Các hom sắn được ngâm trong dung dịch CuCl₂ trong 1 ngày, sau đó được xử lý bằng thuốc trừ nấm Antracol 70WP trong thời gian 1 giờ, sau khi hom sắn khô ráo thì tiến hành trồng. Công thức đối chứng được ngâm trong nước lã.

Bảng 1. Các công thức xử lý CuCl₂

Công thức	Nội dung thực hiện	Nồng độ CuCl ₂ (%)	Ghi chú
CT1	Không xử lý hóa chất, hom sạch bệnh, không có triệu chứng khi thu hoạch lấy giống	0,0	Đối chứng âm
CT2	Không xử lý hoá chất, hom nhiễm bệnh, cây có triệu chứng khi thu hoạch lấy giống	0,0	Đối chứng dương
CT3	Xử lý CuCl ₂ , hom nhiễm bệnh	0,2	
CT4	Xử lý CuCl ₂ , hom nhiễm bệnh	0,4	
CT5	Xử lý CuCl ₂ , hom nhiễm bệnh	0,6	
CT6	Xử lý CuCl ₂ , hom nhiễm bệnh	0,8	

2.2.2. Chỉ tiêu theo dõi

Thí nghiệm được thực hiện theo TCVN 12561:2018 về khảo nghiệm hiệu lực sinh học của thuốc (Bộ Khoa

học và Công nghệ, 2018). Chỉ số bệnh được phân cấp theo Olasanmi và cộng sự (2021). Tình hình sinh trưởng của cây trồng được theo dõi ở 7, 14, 21, 28 ngày sau xử

lý, ở các giai đoạn phát triển của cây sắn. Chiều cao cây (cm): Tiến hành đo từ gốc cây đến đỉnh sinh trưởng của cây, định kỳ 7 ngày 1 lần. Số lá/cây (lá): đếm số lá xanh trên cây định kỳ 7 ngày 1 lần bằng cách đánh dấu lá đã theo dõi. Các chỉ tiêu bệnh hại bao gồm: Tỷ lệ bệnh (TLB) (%): (số cây bị bệnh/tổng số cây theo dõi) $\times$ 100, chỉ số bệnh (CSB): $[(N_1 \times 1 + N_2 \times 2 + \dots + N_5 \times 5)/(N \times 5)] \times 100$, diện tích dưới đường cong phát triển bệnh (AUDPC): (Campbell & Madden, 1990).

$$AUDPC = \left[\sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{y_i + y_{i+1}}{2} \right) \times (t_{i+1} - t_i) \right]$$

Trong đó: y_i là chỉ số bệnh ở lần quan sát i , t_i là thời gian quan sát ở lần quan sát i , y_{i+1} là CSB ở lần quan sát t_{i+1} , và n là tổng số lần quan sát.

Sử dụng công thức Abbott (1925) để tính hiệu lực:

$$H = \left[1 - \frac{Ta}{Ca} \right] \times 100$$

Trong đó: Ta : CSB bệnh ở công thức sau khi xử lý thuốc, Ca : CSB bệnh ở ô đối chứng sau khi xử lý thuốc.

Năng suất sinh khối (tấn/ha) được tính toán trên cơ sở khối lượng thân lá của các cây, sau đó quy về năng suất (tấn/ha). Tính toán chi phí đầu tư như giống, phân, thuốc, công chăm sóc, thu hoạch.

2.2.3. Phương pháp xử lý số liệu

Tỷ lệ mọc mầm (TLMM), tỷ lệ bệnh (TLB), chỉ số bệnh (CSB), diện tích dưới đường cong phát triển bệnh (AUDPC) được tính toán giá trị trung bình, sai số, phân tích phương sai một nhân tố, so sánh sự khác biệt giữa các công thức theo Tukey test sử dụng phần mềm Microsoft Excel 2016 và SPSS 16.0.

2.3. Thời gian và địa điểm nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện trong vụ Xuân năm 2023 và vụ Xuân năm 2024 tại HTX Nông nghiệp Tây Xuân, phường Kim Trà, thành phố Huế.

III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của CuCl_2 đến khả năng mọc mầm của cây sắn và chống chịu bệnh khảm lá sắn

Kết quả điều tra tại thời điểm 7 ngày sau trồng cho thấy tất cả các nghiệm thức thí nghiệm đều đạt tỷ lệ nảy mầm cao, dao động từ 93,8% ở công thức CT2 đến 100% ở các nghiệm thức CT1, CT3, CT4 và CT5 (Bảng 2). Ở CT1, sử dụng hom giống sạch bệnh nhưng vẫn biểu hiện triệu chứng bệnh sau khi mọc mầm. Điều này có thể là cây trồng đã nhiễm SLCMV nhưng chưa biểu hiện triệu chứng khi thu hoạch giống, đến khi trồng lại ở vụ sau mới thể hiện bệnh. Tỷ lệ nhiễm bệnh khảm lá sắn ghi nhận sự khác biệt có ý nghĩa giữa các nghiệm

thức, dao động từ 6,3% ở CT4 và CT5 đến 100% ở CT1. Kết quả trên cho thấy xử lý CuCl_2 có ảnh hưởng đến tỷ lệ mọc mầm và mức độ nhiễm bệnh khảm lá sắn; tuy nhiên, tác động đến khả năng mọc mầm là không đáng kể. Theo Liu và cộng sự (2015), ion đồng (Cu^{2+}) có khả năng kích hoạt các con đường tín hiệu phòng vệ liên quan đến axit salicylic (SA), ethylene và axit jasmonic, qua đó ảnh hưởng đến khả năng chống chịu của cây đối với tác nhân gây bệnh. Cụ thể, Cu^{2+} làm gia tăng tích lũy cả SA tự do và SA liên hợp, đồng thời thúc đẩy sự sản sinh ethylene. Những kết quả này cung cấp bằng chứng sinh lý học khẳng định vai trò của Cu^{2+} như một chất kích kháng phi sinh học.

Bảng 2. Ảnh hưởng của xử lý CuCl_2 đến tỷ lệ mọc mầm của cây sắn và bệnh khảm lá sắn

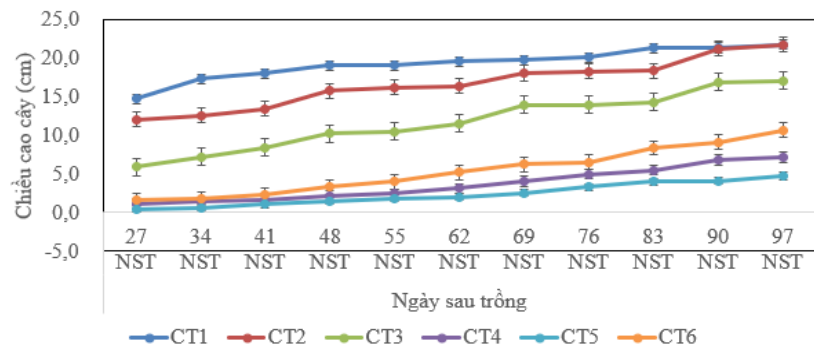
Nghiệm thức	TLMM (%)	TLB (%)
CT1	100,0 $\pm$ 0,0	100 ^b $\pm$ 0,0
CT2	93,8 $\pm$ 6,3	93,8 ^b $\pm$ 6,3
CT3	100,0 $\pm$ 0,0	37,5 ^a $\pm$ 12,5
CT4	100,0 $\pm$ 0,0	6,3 ^a $\pm$ 6,3
CT5	100,0 $\pm$ 0,0	6,3 ^a $\pm$ 6,3
CT6	93,8 $\pm$ 6,3	31,3 ^a $\pm$ 12,0
CV (%)	0,73	7,4
Mức ý nghĩa	ns	**

3.2. Ảnh hưởng của CuCl_2 đến chiều cao cây sắn

Diễn biến chiều cao cây từ sau trồng đến 97 ngày được trình bày ở hình 1 cho thấy, từ 27 ngày sau trồng (NST) trở đi, cây sắn ở tất cả các nghiệm thức thí nghiệm đều sinh trưởng mạnh về chiều cao. Trong suốt thời gian theo dõi, chiều cao cây ở các nghiệm thức CT1 và CT2 nhìn chung cao hơn và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với các nghiệm thức CT3, CT4 và CT5.

Tại thời điểm 27 NST, chiều cao cây dao động từ 1,6 cm (CT6) đến 14,4 cm (CT1); kết quả phân tích Tukey cho thấy CT6 khác biệt có ý nghĩa so với CT1, CT2 và CT3. Xu hướng này tiếp tục được ghi nhận tại các thời điểm 34, 41, 48 và 55 NST, với chiều cao cây tăng dần theo thời gian và sự khác biệt có ý nghĩa chủ yếu giữa CT6 và các nghiệm thức còn lại. Ở các thời điểm 62, 76 và 83 NST, CT6 tiếp tục có chiều cao thấp hơn rõ rệt và khác biệt có ý nghĩa so với hầu hết các nghiệm thức khác. Đến giai đoạn 90 và 97 NST, chiều cao cây dao động lần lượt từ 6,4 đến 25,3 cm và 6,5 - 24,1 cm, trong đó CT1 luôn đạt chiều cao lớn nhất và khác biệt có ý nghĩa so với nghiệm thức còn lại.

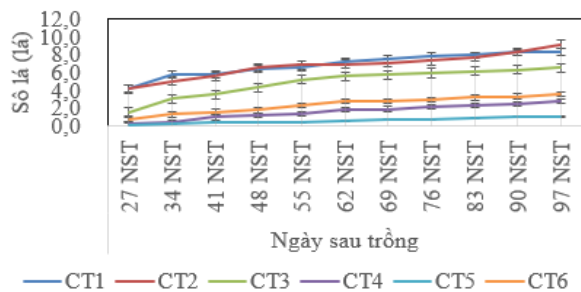
Nhìn chung, CT1 thể hiện khả năng sinh trưởng chiều cao vượt trội so với các nghiệm thức khác trong suốt thời gian thí nghiệm. Kết quả này phù hợp với báo cáo của Nguyen và cộng sự (2024), cho thấy các chất kích kháng có thể ảnh hưởng đến sinh trưởng chiều cao của cây sắn; trong đó xử lý CuCl_2 ở một số nồng độ có xu hướng làm giảm chiều cao cây.



Hình 1. Biến động chiều cao cây giai đoạn mọc mầm đến giai đoạn phát triển thân lá ở các công thức thí nghiệm

3.3. Ảnh hưởng của CuCl_2 đến số lá cây sản

Diễn biến số lá của cây sản từ sau trồng đến 97 ngày được trình bày ở hình 2 cho thấy số lá ở tất cả các nghiệm thức thí nghiệm tăng dần theo thời gian. Trong suốt thời gian theo dõi, số lá của các nghiệm thức CT1 và CT2 nhìn chung cao hơn so với các nghiệm thức CT3, CT4, CT5 và CT6.



Hình 2. Biến động số lá cây giai đoạn mọc mầm đến giai đoạn phát triển thân lá ở các công thức thí nghiệm

Tại thời điểm 27 ngày sau trồng (NST), số lá dao động từ 0,6 lá ở CT6 đến 4,2 lá ở CT1; kết quả so sánh Tukey cho thấy sự khác biệt có ý nghĩa giữa các nghiệm thức. Xu hướng này tiếp tục được ghi nhận tại các thời điểm 34, 41, 48, 55, 62 và 69 NST, với số lá tăng dần theo thời gian và sự khác biệt có ý nghĩa giữa các nghiệm thức, đặc biệt giữa CT6 và các nghiệm thức còn lại. Ở các giai đoạn 76 và 83 NST, số lá tiếp tục gia tăng, trong đó, CT1 và CT2 duy trì số lá cao hơn rõ rệt so với CT3, CT4, CT5 và CT6. Đến 90 và 97 NST, số lá dao động lần lượt từ 3,3 đến 8,2 lá và 3,5 - 8,3 lá, và sự khác biệt có ý nghĩa thống kê được ghi nhận giữa nhóm nghiệm thức CT1, CT2 so với các nghiệm thức còn lại.

Bảng 3. Ảnh hưởng của CuCl_2 đến tỷ lệ bệnh trên cây sản giai đoạn mọc mầm đến giai đoạn phát triển thân lá

Nghiệm thức	Tỉ lệ bệnh (%) ở các thời điểm			
	27 NST	48 NST	76 NST	97 NST
CT1	100,0 ^b ± 0,0	100,0 ^c ± 0,0	100,0 ^c ± 0,0	100,0 ^d ± 0,0
CT2	93,8 ^b ± 6,3	93,8 ^c ± 6,3	93,8 ^c ± 6,3	93,8 ^{cd} ± 6,3
CT3	37,5 ^a ± 12,5	56,3 ^b ± 12,8	81,3 ^{bc} ± 10,1	75,0 ^{bcd} ± 11,2
CT4	6,3 ^a ± 6,3	12,5 ^a ± 8,5	50,0 ^{ab} ± 12,9	37,5 ^{ab} ± 12,5
CT5	6,3 ^a ± 6,3	12,5 ^a ± 8,5	37,5 ^a ± 12,5	26,2 ^a ± 6,3
CT6	31,3 ^a ± 12,0	31,3 ^{ab} ± 12,0	68,8 ^{abc} ± 11,9	56,3 ^{bc} ± 12,8
CV (%)	7,4	7,1	5,9	6,2
Mức ý nghĩa	**	**	**	**

Nhìn chung, CT1 và CT2 không xử lý CuCl_2 thể hiện khả năng hình thành lá tốt hơn trong suốt thời gian thí nghiệm. Kết quả này phù hợp với báo cáo của Nguyen và cộng sự (2024), cho thấy các chất kích kháng có thể ảnh hưởng đến sinh trưởng của cây sản, trong đó, xử lý CuCl_2 ở một số nồng độ có xu hướng làm giảm số lá của cây.

3.4. Ảnh hưởng của CuCl_2 đến tỷ lệ bệnh khảm lá sản

Diễn biến tỷ lệ lá bệnh (TLB) của các nghiệm thức thí nghiệm được trình bày ở bảng 3 cho thấy mức độ nhiễm bệnh khảm lá sản biến động đáng kể giữa các nghiệm thức và theo thời gian. Tại thời điểm 27 ngày sau trồng (NST), TLB dao động từ 6,3% ở các nghiệm thức CT4 và CT5 đến 100% ở CT1; kết quả so sánh Tukey cho thấy sự khác biệt có ý nghĩa, trong đó CT3 và CT4 khác biệt rõ rệt so với CT1 và CT2. Ở thời điểm 48 NST, TLB ghi nhận mức dao động từ 12,5% ở CT4 và CT5 đến 100% ở CT1, với sự khác biệt có ý nghĩa giữa các nghiệm thức; trong đó CT4 và CT5 khác biệt so với các nghiệm thức còn lại.

Tại các thời điểm 76 và 97 NST, TLB tiếp tục dao động tương ứng trong khoảng 37,5 - 100% và 6,3 - 100%. Kết quả phân tích thống kê cho thấy CT5 luôn có TLB thấp hơn và khác biệt có ý nghĩa so với các nghiệm thức còn lại. Nhìn chung, CT5 thể hiện hiệu quả giảm tỷ lệ lá bệnh ổn định trong suốt thời gian thí nghiệm. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Nguyen và cộng sự (2024), cho thấy các chất kích kháng có khả năng làm giảm mức độ nhiễm bệnh khảm lá sản; trong đó xử lý CuCl_2 đóng vai trò quan trọng trong việc hạn chế sự phát sinh và phát triển của bệnh.

3.5. Ảnh hưởng của CuCl₂ đến chỉ số bệnh khảm lá sần

Diễn biến chỉ số bệnh (CSB) của các nghiệm thức thí nghiệm được trình bày ở bảng 4 cho thấy mức độ nhiễm bệnh khảm lá sần nhìn chung ở mức cao và có sự biến động rõ rệt giữa các nghiệm thức theo thời gian. Tại thời điểm 27 ngày sau trồng (NST), CSB dao động từ 3,7% ở CT5 đến 43,3% ở CT1. Kết quả so sánh Tukey cho thấy sự khác biệt có ý nghĩa, trong đó CT5 khác biệt rõ rệt so với CT1 và CT2. Ở thời điểm 48 NST, CSB biến động trong khoảng 7,7 - 49,9%, với giá trị thấp nhất ghi nhận ở CT5 và cao nhất ở CT2; sự khác biệt có ý nghĩa được xác định giữa CT5 và các nghiệm thức CT1, CT2 và CT3.

Tại thời điểm 76 NST, CSB tiếp tục dao động từ 12,8% (CT5) đến 54,9% (CT1), và phân tích thống kê cho thấy CT5 khác biệt có ý nghĩa so với CT1, CT2, CT3 và CT6. Đến 97 NST, CSB dao động từ 13,2% ở CT5 đến 52,5% ở CT2; trong đó CT5 tiếp tục thể hiện mức độ bệnh thấp nhất và khác biệt có ý nghĩa so với tất cả các nghiệm thức còn lại. Nhìn chung, CT5 cho thấy hiệu quả ổn định trong việc giảm mức độ bệnh khảm lá sần. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Nguyen và cộng sự (2024) [15], trong đó các tác giả ghi nhận rằng các chất kích kháng có thể làm giảm mức độ bệnh khảm lá sần, đặc biệt khi xử lý với CuCl₂.

Bảng 4. Ảnh hưởng của CuCl₂ đến chỉ số bệnh trên cây sắn giai đoạn mọc mầm đến giai đoạn phát triển thân lá

Nghiệm thức	Chỉ số bệnh (%) ở các thời điểm			
	27 NST	48 NST	76 NST	97 NST
CT1	43,3 ^b ± 3,0	44,1 ^{bc} ± 3,0	54,9 ^c ± 1,0	52,1 ^d ± 2,4
CT2	43,1 ^b ± 3,5	49,9 ^c ± 3,5	53,3 ^{bc} ± 3,7	52,5 ^d ± 3,9
CT3	17,6 ^a ± 5,2	24,1 ^{ab} ± 6,4	50,5 ^{bc} ± 3,8	36,6 ^{cd} ± 5,9
CT4	5,0 ^a ± 3,4	9,5 ^a ± 5,2	27,5 ^a ± 7,3	14,5 ^{ab} ± 5,4
CT5	3,7 ^a ± 3,8	7,7 ^a ± 5,4	12,8 ^a ± 5,0	13,2 ^a ± 3,2
CT6	11,2 ^a ± 4,6	16,7 ^a ± 6,5	32,2 ^{ab} ± 7,4	25,8 ^{bc} ± 6,0
CV (%)	7,9	7,8	5,4	6,4
Mức ý nghĩa	**	**	**	**

3.6. Hiệu lực kháng khảm của CuCl₂

Hiệu lực kháng khảm của CuCl₂ được trình bày ở bảng 5 cho thấy CuCl₂ có ảnh hưởng đến bệnh khảm lá sần... Với nồng độ 0,2% ở CT3, CSB có xu hướng giảm nhẹ so với CT2, nên có thể khẳng định rằng ở nồng độ này, CuCl₂ có ảnh hưởng đến việc giảm thiểu bệnh khảm trên cây sắn, hiệu lực đạt 30,3%. Với nồng độ 0,4% ở CT4, CSB có xu hướng giảm nhẹ so với CT2. Có thể kết luận rằng ở nồng độ này, CuCl₂ hoạt động tốt nhất đối với việc phòng trừ bệnh khảm trên cây sắn, với hiệu lực trừ bệnh đạt đến 50,9% (CT4).

Bảng 5. Hiệu lực kháng bệnh khảm của CuCl₂

Nghiệm thức	97 NST		
	CSB	HL (%)	AUDPC
CT1	52,1 ^d ± 2,4	-	1654,8
CT2	52,5 ^d ± 3,9	-	1172,8
CT3	36,6 ^{cd} ± 5,9	30,3	1050,2
CT4	14,5 ^{ab} ± 5,4	50,9	822,3
CT5	13,2 ^a ± 3,2	75,1	933,1
CT6	25,8 ^{bc} ± 6,0	50,9	935,7
CV (%)	6,4		
Mức ý nghĩa	**		

Ghi chú: - Không xác định.

Tương tự như ở CT3, với nồng độ 0,6% (CT5), CSB trên cây sắn cũng có xu hướng giảm; hiệu lực trừ bệnh của CuCl₂ đạt 75,1% (CT5). Ở nồng độ cao 0,8% (CT6), ảnh hưởng đến sinh trưởng, phát triển của cây sắn; một vài hom bị chết có thể do nồng độ CuCl₂ quá cao. Liu và cộng sự (2015) nghiên cứu nhằm làm rõ vai trò của ion đồng (Cu²⁺), sử dụng dưới dạng CuCl₂, như một chất

kích kháng (elicitor), và xác định các con đường tín hiệu phòng vệ được kích hoạt ở *Arabidopsis thaliana*, cho thấy ion đồng (Cu²⁺) có thể hoạt động như một elicitor phi sinh học thực thụ. Kết quả cho thấy Cu²⁺ kích hoạt mạnh các phản ứng phòng vệ của cây, thể hiện qua sự gia tăng biểu hiện các gen liên quan đến kháng bệnh. Phản ứng kháng cảm ứng này phụ thuộc chủ yếu vào các con đường tín hiệu axit salicylic và ethylene, trong khi con đường axit jasmonic đóng vai trò không đáng kể. Nghiên cứu cung cấp bằng chứng rõ ràng ở cấp độ phân tử cho thấy Cu²⁺ không chỉ gây stress độc tính mà còn kích hoạt có kiểm soát các tín hiệu phòng vệ, từ đó làm gia tăng khả năng chống chịu của cây trồng đối với tác nhân gây bệnh. Nghiên cứu của Ishii và cộng sự (1999) đã cho thấy Copper(II) chloride có thể hoạt hóa phản ứng kháng cảm ứng ở cây dưa trồng đối với bệnh hại. Đây là một trong những cơ sở quan trọng cho việc dùng CuCl₂ như chất elicitor. Sornchuer và cộng sự (2014) nghiên cứu trên vi khuẩn gây bệnh cây cho thấy Copper(II) chloride kích hoạt mạnh các gen chống oxy hóa và liên quan đến stress oxy hóa. Điều này rất quan trọng vì phản ứng ROS/H₂O₂ là cơ chế trung tâm của miễn dịch kháng tác nhân gây bệnh ở cây. Liu và cộng sự (2024) đã cho thấy hạt nano CuO có hiệu quả kháng virus rõ rệt thông qua 2 cơ chế chính, gồm tác động trực tiếp làm phá hủy cấu trúc virus và kích hoạt phản ứng phòng vệ của cây chủ. Nguyễn Vĩnh Trường và cộng sự (2024) nghiên cứu ảnh hưởng của các chất kích kháng trên cây sắn bằng biện pháp ngâm hom trước khi trồng,

cho biết CuCl_2 ảnh hưởng đến bệnh khảm lá sắn. Cây trồng được xử lý CuCl_2 cho thấy giảm TLB, CSB và AUDPC so với đối chứng không xử lý, nhưng có thể ảnh hưởng đến khả năng sinh trưởng của cây trồng.

3.7. Ảnh hưởng của CuCl_2 đến năng suất sinh khối cây sắn

Kết quả trình bày ở bảng 6 cho thấy, khi nồng độ xử lý CuCl_2 tăng, TLB và CSB, AUDPC có xu hướng giảm tuy nhiên, năng suất sinh khối đồng thời cũng giảm theo. Đáng chú ý, ở nồng độ CuCl_2 0,2%, năng suất sinh khối không khác biệt đáng kể so với đối chứng, trong khi mức độ nhiễm bệnh được ghi nhận ở mức thấp. Ở nồng độ này, chi phí xử lý tương đối thấp, cho thấy tiềm năng ứng dụng trong thực tiễn sản xuất khi xử lý CuCl_2 ở nồng độ 0,2%.

Bảng 6. Ảnh hưởng của xử lý CuCl_2 đến năng suất sinh khối cây sắn

Nghiem thuc	Hieu luc (%)	TLB (%)	CSB (%)	Nang suat sinh khoi (ta/ha)	Chi phi (1.000 đồng/ha)	Ghi chu
CT1	-	100 ^d ± 0,0	52,1 ^d ± 2,4	0,471 ^a	28,780	Không xử lý CuCl_2
CT2	-	93,8 ^{cd} ± 6,3	52,5 ^d ± 3,9	0,343 ^a	28,780	Không xử lý CuCl_2
CT3	30,3	75,0 ^{bcd} ± 11,2	36,6 ^{cd} ± 5,9	0,301 ^a	30,580	Xử lý CuCl_2
CT4	50,9	37,5 ^{ab} ± 12,5	14,5 ^{ab} ± 5,4	0,123 ^b	32,380	Xử lý CuCl_2
CT5	75,1	26,3 ^a ± 6,3	13,2 ^a ± 3,2	0,121 ^b	34,180	Xử lý CuCl_2
CT6	50,9	56,3 ^{bc} ± 12,8	25,8 ^{bc} ± 6,0	0,113 ^b	35,980	Xử lý CuCl_2
CV (%)		6,2	6,4	4,8		
Muc y nghia		**	**	*		

IV. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu bước đầu cho thấy chất kích kháng CuCl_2 có hiệu quả phòng trừ bệnh khảm lá sắn tương đối tốt ở nồng độ từ 0,2 đến 0,4% trên cơ sở đánh giá TLB, CSB, HL và AUDPC. Xét về năng suất sinh khối, các kết quả ban đầu cho thấy xử lý CuCl_2 ở nồng độ 0,2 đến 0,4% cây sắn ở giai đoạn mọc mầm và phát triển thân lá ít bị ảnh hưởng đến sinh trưởng và sinh khối. Các kết quả thu được trong chậu là rất khả quan, tuy nhiên, kết quả về năng suất củ chưa được thực hiện để tính toán hiệu quả kinh tế. Vì vậy, cần tiếp tục triển khai các thí nghiệm ở quy mô đồng ruộng nhằm xác định chính xác nồng độ CuCl_2 tối ưu cho việc phòng trừ bệnh khảm lá sắn và ít ảnh hưởng đến cây trồng trong điều kiện sản xuất thực tế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, 2024. Quyết định số 1115/QĐ-BNN-TT về việc Phê duyệt Đề án phát triển bền vững ngành hàng sắn đến năm 2030, tầm nhìn đến 2050.

TCVN 12561:2018. Tiêu chuẩn Quốc gia về Thuốc bảo vệ thực vật - Khảo nghiệm hiệu lực sinh học của thuốc trên đồng ruộng.

Anh Thư, 2025. Không để bùng phát bệnh khảm lá sắn. Địa chỉ: [https://nhandan.vn/khong-de-bung-phat-](https://nhandan.vn/khong-de-bung-phat-benh-kham-la-san-post893386.html)

Trong khi đó, xử lý CuCl_2 ở nồng độ 0,4 đến 0,8% ảnh hưởng đến năng suất sinh khối cây trồng mặc dù đạt hiệu lực trừ bệnh cao hơn. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Nguyễn Vinh Trường và cộng sự (2024), trong đó các tác giả báo cáo rằng xử lý các chất kích kháng bằng biện pháp ngâm hom sắn trước khi trồng, bao gồm CuCl_2 , có ảnh hưởng đến mức độ nhiễm bệnh khảm lá sắn nhưng đồng thời cũng tác động đến sinh trưởng của cây. Ở nồng độ CuCl_2 cao, xử lý ngâm hom có thể gây hiện tượng sinh trưởng kém, thậm chí dẫn đến chết cây. Sự tương đồng giữa các kết quả nghiên cứu cho thấy việc sử dụng CuCl_2 cần được tối ưu hóa nồng độ nhằm cân bằng giữa hiệu quả phòng bệnh và an toàn sinh trưởng của cây sắn.

[benh-kham-la-san-post893386.html](https://nhandan.vn/khong-de-bung-phat-benh-kham-la-san-post893386.html). (Ngày truy cập 10/10/2025).

Tổng cục Thống kê, 2024. Niên giám thống kê. Nhà xuất bản thống kê.

Nguyễn Vinh Trường, Trịnh Thị Sen, Nguyễn Thị Thu Thủy, Dương Thanh Thủy, Trần Thị Thu Giang, Trần Thị Ánh Tuyết, 2024. Nghiên cứu xây dựng và chuyển giao quy trình quản lý bệnh khảm lá sắn tổng hợp cho tỉnh Thừa Thiên Huế. Báo cáo tổng kết Đề tài Khoa học Công nghệ tỉnh Thừa Thiên Huế. Mã số: TTH.2021-KC.16.

Abbott W.S., 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18: 265-267. <https://doi.org/10.1093/jee/18.2.265a>.

Boller T. & Felix G., 2009. Elicitors and plant immunity. *Annual Review of Plant Biology*, 60: 379-406.

Campbell C.L. & Madden L.V., 1990. *Introduction to Plant Disease Epidemiology*. New York: John Wiley & Sons, 532 pages.

Darvill A.G. & Albersheim P., 1984. Phytoalexins and their elicitors. *Annual Review of Plant Physiology*, 35: 243-275.

Ishii H.Y., Tomita T., Horio J., Narusaka Y., Nakazawa K., Nishimura S., Iwamoto, 1999. Induced resistant of acibenzolar-S-methyl to cucumber and Japanese pear diseases. *European Journal of Plant Pathology*, 105: 77-85.

Liu H., Zhang B., Wu T., Ding Y., Ding X., Chu Z., 2015.

- Copper ion elicits defense response in *Arabidopsis thaliana* by activating salicylate and ethylene-dependent signaling pathways. *Molecular Plant*, 8 (10): 1550-1553. doi: 10.1016/j.molp.
- Liu S., Tian W., Liu Z., Wei X., Yuan K., Du W., Chen S., Chen S., Zhou D., Cai L., 2024. Biosynthesis of cupric oxide nanoparticles: its antiviral activities against TMV by directly destroying virion and inducing plant resistance. *Phytopathology Research*, 6 (30): 1-15. <https://doi.org/10.1186/s42483-024-00250-z>.
- Meena M., Yadav G., Sonigra P., Nagda A., Mehta T., Swapnil P., Harish., Marwal A., 2022. Role of elicitors to initiate the induction of systemic resistance in plants to biotic stress. *Plant Stress*, 5 (4): 1-11. doi:10.1016/j.stress.2022.100103.
- Nguyen K.C., Duong T.T., Nguyen V.T., 2024. Influence of chemical elicitors on induced defence system in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) caused by Sri Lankan cassava mosaic virus. *Research on Crops*, 25 (4): 717-723. <http://dx.doi.org/10.31830/2348-7542.2024.ROC-1120>.
- Olasanmi B., Kyallo M., Yao N., 2021. Marker-assisted selection complements phenotypic screening at seedling stage to identify cassava mosaic disease-resistant genotypes in African cassava populations. *Scientific Reports*, 11: 2850. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82360-8>.
- Otekunrin O.A., 2024. Cassava (*Manihot esculenta* Crantz): A global scientific footprint-production, trade, and bibliometric insights. *Discover Agriculture*, 2: 94. <https://doi.org/10.1007/s44279-024-00121-3>.
- Sornchuer P., Namchaiw P., Kerdwong J., Charoenlap N., Mongkolsuk S., Vattanaviboon P., 2014. Copper chloride induces antioxidant gene expression but reduces ability to mediate H₂O₂ toxicity in *Xanthomonas campestris*. *Microbiology (Reading)*, 160 (2): 458-466. doi: 10.1099/mic.0.072470-0.
- Uke A., Tokunaga H., Utsumi Y., Vu N.A., Nhan P.T., Srean P., Hy N.H., Ham L.H., Lopez-Lavalle L.A.B., Ishitani M., Hung N., Tuan L.N., Van H. N., Huy N.Q., Hoat T.X., Takasu K., Seki M., Ugaki M., 2022. Cassava mosaic disease and its management in Southeast Asia. *Plant Molecular Biology*, 9 (3): 301-311. doi: 10.1007/s11103-021-01168-2.
- Wang D., Yao X.M., Huang G.X., Shi T., Wang G.F., Ye J., 2019. First report of Sri Lankan cassava mosaic virus infected cassava in China. *Plant Disease*, 103: 1437. <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-18-1590-PDN>.
- Wang H.L., Cui X.Y., Wang X.W., Liu S.S., Zhang Z.H., Zhou X.P., 2016. First report of Sri Lankan cassava mosaic virus infecting cassava in Cambodia. *Plant Disease*, 100: 1029. <https://doi.org/10.1094/PDIS-10-15-1228-PDN>.

Study on the use of elicitor CuCl₂ for control of cassava mosaic disease in the greenhouse

Nguyen Vinh Truong, Nguyen Kim Chi

Abstract

Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) is an important food and industrial crop in Vietnam. However, cassava mosaic disease caused by Sri Lanka Cassava Mosaic Virus (SLCMV) has reduced root yield by 20 - 50% and may exceed 70 - 80% under severe infection conditions. The application of elicitors to enhance plant defense mechanisms is considered a promising approach for disease management. CuCl₂ is an abiotic elicitor that has been applied to several crops to enhance resistance against diseases, but it has never been used on cassava through stem cutting soaking treatment. This study aimed to evaluate the effects of different concentrations of copper (II) chloride (CuCl₂) on the control of cassava mosaic disease. A randomized complete block design experiment was conducted on the cassava cultivar KM94, collected from Kim Tra Ward, Hue City, using a cutting-soaking method in CuCl₂ solutions at concentrations of 0.2 - 0.8% for 24 hours, followed by cultivation under greenhouse conditions. The results indicated that CuCl₂ treatments at concentrations of 0.2 - 0.4% reduced disease severity (Disease incidence, disease severity index, and AUDPC were lower than those of the control), while having little effect on growth and shoot biomass, thereby providing initial effectiveness. Further field-scale studies are required to determine the optimal CuCl₂ concentration and to evaluate its feasibility under practical production conditions.

Keywords: Cassava, Sri Lanka Cassava Mosaic Virus (SLCMV), Copper(II) chloride (CuCl₂), elicitor, disease management

Ngày nhận bài: 03/4/2026

Người phản biện: PGS.TS. Nguyễn Thị Thu Nga, TS. Trương Văn Xạ

Ngày duyệt đăng: 11/6/2026

Ngày phản biện: 08/5/2026