

## MỞ ĐẦU

### Tính cấp thiết của luận án

Năng suất cây trồng luôn là một trong những vấn đề quan trọng nhất của nền nông nghiệp. Năng suất cây trồng trước tiên phụ thuộc lớn vào chất lượng giống ban đầu. Ngoài ra còn có các yếu tố trực tiếp, quyết định khác như điều kiện môi trường, bón phân, dùng thuốc bảo vệ trước các tác động bên ngoài... Để nâng cao năng suất cây trồng, bên cạnh việc cải tạo giống, chúng ta còn cần đặc biệt quan tâm đến các giải pháp nhằm tăng tỷ lệ nảy mầm, tăng khả năng sinh trưởng của hạt và các yếu tố đảm bảo sự phát triển của cây trong suốt quá trình trồng trọt.

Các phương pháp truyền thống được sử dụng để cải thiện năng suất cây trồng là tăng cường bón phân, sử dụng thuốc bảo vệ thực vật và chú trọng công tác thủy lợi. Tuy nhiên, các phương pháp trên đều có những bất lợi như tăng chi phí thực tế và làm ô nhiễm môi trường.

Xu hướng hiện nay là áp dụng các công nghệ mới để cải thiện năng suất mà không để lại dư lượng hóa học, không gây biến đổi thành phần của sản phẩm và có tác động xấu đến sức khỏe con người. Một trong những hướng nghiên cứu mới hiện nay là dùng các kỹ thuật vật lý để xử lý hạt nhằm cải thiện và làm tăng khả năng, tỷ lệ nảy mầm của chúng như chiếu xạ, tia ultraviolet (UV), plasma... Trong đó, công nghệ plasma được sự chú ý nhiều bởi khả năng hỗ trợ nảy mầm và sinh trưởng, cung cấp thêm dinh dưỡng cho cây trồng. Trong lĩnh vực nông nghiệp có vài nghiên cứu trên thế giới đã chỉ ra sự tương tác của nước hoạt hóa plasma (PAW - Plasma Activated Water) với nảy mầm, sinh trưởng cho một số loại cây trồng, nhưng những nghiên cứu này còn rời rạc, chưa đánh giá tác động của quá trình điều chế plasma, các thông số lý hóa đi kèm. Do đó việc nghiên cứu để hệ thống hóa và làm rõ hơn các vấn đề này là cần thiết. Mặt khác, những nghiên cứu về tác động của việc sử dụng các khoáng chất thiết yếu nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K) trong giai đoạn đầu của sự sinh trưởng cây trồng vẫn chưa được đề cập sâu và chỉ ra được liệu nên hoặc không nên sử dụng N, P, K trong giai đoạn này.

Việc từng bước làm sáng tỏ, hoàn thiện và áp dụng công nghệ mới, công nghệ plasma lạnh, tại Việt Nam, nước có nền nông nghiệp đặc thù, là điều cần thiết và có ý nghĩa. Trên cơ sở đó, câu hỏi đặt ra là liệu PAW có thể tác động và làm thay đổi quá trình nảy mầm - sinh trưởng trong giai đoạn đầu hay không? Thêm vào đó nếu kết hợp bổ sung các nguyên tố thiết yếu cho cây trồng như khoáng chất N, P, K vào PAW có làm cho các quá trình trên được tốt hơn không?

Việc nghiên cứu hoàn thiện các vấn đề đặt ra ở trên là rất cần thiết. Trên cơ sở đó, chúng tôi thực hiện nghiên cứu luận án với chủ đề **“Nghiên cứu điều chế và khảo sát ảnh hưởng của dung dịch hoạt hóa plasma kết hợp khoáng đa lượng cho sự nảy mầm và sinh trưởng giai đoạn đầu của xà lách xoăn (*Lactuca sativa* L.)”**. Kết quả của luận án sẽ góp

phân phát triển một hướng nghiên cứu mới, có ý nghĩa khoa học và thực tiễn, an toàn cho cây trồng, con người, vật nuôi, môi trường. Bên cạnh đó, luận án cũng sẽ góp phần làm cơ sở cho các nghiên cứu triển khai thực tế sau này.

### **Mục tiêu - Nội dung nghiên cứu**

**Mục tiêu:** Nghiên cứu điều chế và khảo sát ảnh hưởng của dung dịch hoạt hóa plasma kết hợp khoáng đa lượng cho sự nảy mầm hạt và sinh trưởng trong giai đoạn đầu của xà lách xoăn (*Lactuca sativa* L.).

#### **Nội dung nghiên cứu**

Nội dung 1: Nghiên cứu thành phần, nồng độ và tính chất của các mẫu nước hoạt hóa plasma trên hai kiểu phóng khác nhau: Trực tiếp (corona) và gián tiếp (Dielectric Barrier Discharge - DBD).

Nội dung 2: Khảo sát ảnh hưởng của  $H_2O_2$  và các khoáng chất N, P, K đối với quá trình nảy mầm và sinh trưởng giai đoạn đầu của xà lách xoăn.

Nội dung 3: Khảo sát ảnh hưởng của PAW và PAW kết hợp với các khoáng chất N, P, K đối với quá trình nảy mầm và sinh trưởng giai đoạn đầu của xà lách xoăn.

**Đối tượng nghiên cứu:** Xà lách xoăn *Lactuca sativa* L.

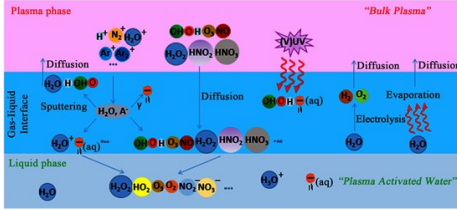
-----ooOoo-----

## **CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN**

### **1.1. Tổng quan về nước hoạt hóa plasma cho cây trồng**

#### **1.1.1. Khái niệm**

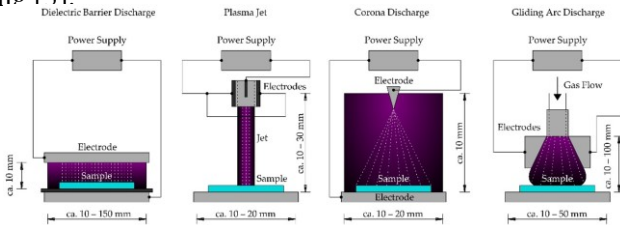
Plasma được phân làm 02 dạng là plasma nóng (plasma nhiệt - thermal plasma) và plasma lạnh (plasma nguội - non-thermal plasma). Đối với plasma nóng, nhiệt độ của electron cân bằng với nhiệt độ của ion và nhiệt độ của chất khí. Plasma lạnh là dạng plasma ở trạng thái không cân bằng nhiệt, sinh năng lượng ở điện tử tự do, do đó tạo nên các điện tử năng lượng cao (10.000 Kelvins), nhưng các ion và nguyên tử trung hòa vẫn ở nhiệt độ phòng. Vì điều kiện thí nghiệm của plasma lạnh là ở nhiệt độ thấp (không cao hơn nhiều so với nhiệt độ phòng) nên các thí nghiệm có thể được bố trí ứng dụng trên hạt giống. Ngoài ra, các hệ thống plasma lạnh thường có phí bảo dưỡng và chi phí sử dụng năng lượng thấp [1, 2]. Tùy thuộc vào môi chất mà plasma có thể sinh ra các chất khác nhau. Ví dụ trong môi trường không khí, plasma hình thành nên các chất như sau: Tia UV, các hợp chất không bền ( $O^*$ ,  $H^*$ ), các hợp chất có độ bền cao như  $O_3$ ,  $H_2O_2$ ... Trong dạng plasma khí - lỏng, có sự tham gia của một số hiện tượng hóa lý liên quan đến sự va chạm của các hạt khí, chuyển khối, phún xạ và quang phân được hình thành thông qua các photon UV. Theo đó, một phần các hoạt chất được sinh ra ban đầu trong plasma pha khí sẽ đến được phần giao diện của plasma lỏng, đi vào giao diện khí-lỏng và sau đó phản ứng với các phân tử nước (Hình 1.1). Nhờ vào các thành phần này mà PAW có hoạt tính cao, ứng dụng được trong nhiều lĩnh vực khác nhau.



Hình 1.1. Mô tả về quá trình chuyển nhiều pha của các loại oxy phản ứng (ROS) và các loại nitơ phản ứng (RNS) sang nước [1]

Plasma lỏng (tiếp xúc với chất lỏng) được quan tâm nhiều bởi khả năng ứng dụng rộng rãi vì chúng tạo ra gốc oxy hóa tự do và gốc N tự do (RNS), là tác nhân hiệu quả chống lại nhiều tác nhân sinh học và hóa học, vì vậy chúng phù hợp cho các ứng dụng rộng rãi như y sinh, môi trường, khoa học nano và nông nghiệp [1,3,4]. Trong nông nghiệp, khí plasma thường được dùng để tác động lên hạt nhằm tăng cường khả năng nảy mầm, nước plasma thường được tận dụng bởi quá trình thâm thấu hạt nhằm điều khiển kể cả quá trình sinh trưởng của hạt và cây [4].

Nước hoạt hóa plasma là sản phẩm của quá trình tương tác của tia plasma với chất lỏng. Tùy theo kiểu tương tác mà có thể có một số phương pháp để tạo PAW từ các loại khí khác nhau như (i) phóng điện qua rào cản điện môi, (ii) phóng tia plasma, (iii) phóng điện plasma corona, (iv) phóng điện hồ quang trượt, v.v. (Hình 1.2). Khí làm việc thường được sử dụng bao gồm không khí, oxygen, nitrogen, helium, argon hoặc hỗn hợp của chúng [3].



Hình 1.2. Sơ đồ các hệ thống tạo PAW

### 1.1.2. Tính chất – Đặc trưng của PAW

1.1.2.1. Giá trị pH: Trong PAW, giá trị acid của nước được hình thành từ các hợp chất của khí plasma với nước.

1.1.2.2. Độ dẫn điện: Trong PAW, các hợp chất có tính ion được tạo ra làm thay đổi độ dẫn điện. Các ion này là ROS và RNS trong quá trình hoạt hóa plasma trong dung dịch sẽ góp phần làm tăng độ dẫn điện của PAW

1.1.2.3. Hydro peroxide:  $H_2O_2$  là ROS được hình thành trong PAW, đóng một vai trò quan trọng trong các đặc tính kháng khuẩn của PAW. Nhiều nghiên cứu đã cho thấy các quá trình hóa học diễn ra với sự hình thành  $H_2O_2$  và tầm quan trọng của nó đối với việc kháng khuẩn của PAW.

1.1.2.4. Nồng độ các ion nitrite ( $NO_2^-$ ) và nitrate ( $NO_3^-$ ): Việc phát hiện các ion nitrite và nitrate trong PAW là bằng chứng chính cho sự hình thành

RNS và nhiều nhà nghiên cứu đã quan tâm đến việc diệt vi sinh vật trong những năm gần đây.

### ***1.1.3. Ứng dụng của PAW trong nông nghiệp***

PAW đã nhận được sự quan tâm đáng kể từ các nhà nghiên cứu trong những năm gần đây do không sinh nhiệt, không độc hại, diệt vi khuẩn... ứng dụng trong y sinh, thực phẩm, xử lý môi trường, khoa học nano và đặc biệt là cải thiện các vấn đề về thực hành nông nghiệp sạch, một xu hướng tất yếu hiện nay.

#### ***1.1.3.1 PAW cho xử lý hạt giống***

#### ***1.1.3.2. PAW thúc đẩy sự phát triển của thực vật***

#### ***1.1.3.3. PAW kiểm soát dịch bệnh và sâu bệnh***

## **1.2. Tình hình nghiên cứu về nước hoạt hóa plasma cho cây trồng**

***1.2.1. Tình hình nghiên cứu ngoài nước:*** Trong những năm gần đây, các nhà nghiên cứu từ nhiều lĩnh vực khác nhau đã hướng sự quan tâm đến việc nghiên cứu sử dụng công nghệ plasma lạnh trên các vật liệu khác nhau trong lĩnh vực sinh học và không phải sinh học. Sự hiện diện của RONS là yếu tố quan trọng cho thấy hiệu quả của việc sử dụng plasma lạnh. Nhiều bài báo khoa học liên quan đến plasma lạnh cho thấy công nghệ này chủ yếu được áp dụng cho hạt giống và thực phẩm. Ảnh hưởng của plasma lạnh đối với hình thái, sinh lý và tính chất phân tử khác nhau của hạt là một lĩnh vực nghiên cứu chưa được khám phá nhiều, nhưng được coi là có tiềm năng về sự an toàn và hiệu quả cao.

***1.2.2. Tình hình nghiên cứu trong nước:*** Tại nước ta, công nghệ plasma lạnh được quan tâm và nghiên cứu trong nhiều lĩnh vực khác nhau, chủ yếu trong y tế, thực phẩm, xử lý môi trường nước như: Nhóm nghiên cứu của nhóm Bùi Nguyên Quốc Trình đã nghiên cứu và chế tạo thiết bị bảo quản thực phẩm thông qua việc tạo ra nguồn phát plasma nguội, không chế nhiệt độ của đầu phát plasma. Thiết bị tạo ra có thể ức chế hoặc tiêu diệt vi khuẩn có hại. So với các phương pháp bảo quản hóa học, bảo quản bằng nhiệt độ cao bằng phương pháp plasma đã chứng tỏ được ưu thế, không để lại lượng tồn dư hoá chất không mong muốn trong thực phẩm sau xử lý [28]. Nhóm nghiên cứu của Trần Ngọc Đảm, Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp.HCM về ứng dụng plasma trong xử lý nước thải y tế, nước uống đóng chai [29]. Ngoài ra có nhiều kết quả nghiên cứu của các nhóm nghiên cứu khác như nhóm nghiên cứu của Viện Vật lý Tp.HCM nghiên cứu ứng dụng plasma cho lĩnh vực y tế, nhóm nghiên cứu của Đỗ Hoàng Tùng tại Hà Nội về sử dụng plasma để điều trị vết thương hở trong y tế...

Tại Viện Khoa học Vật liệu ứng dụng, nhóm nghiên cứu về plasma của chúng tôi, trong 10 năm gần đây đã áp dụng thành công việc chế tạo và ứng dụng của khí và nước plasma cho nhiều lĩnh vực, trong đó có lĩnh vực nông nghiệp. Nhóm nghiên cứu cũng có nhiều công trình công bố, dự án, đào tạo thạc sĩ, cử nhân trong lĩnh vực plasma cho các ứng dụng như: Xử lý môi trường, chế tạo vật liệu mới, các đề án tư vấn cho các tỉnh.

### 1.3. Vai trò của chất oxy hóa và khoáng đa lượng cho cây trồng

#### 1.3.1. Quá trình nảy mầm

1.3.1.1. *Nguyên lý của sự nảy mầm hạt*: Quá trình mầm bắt đầu bằng sự hút nước của hạt và kết thúc bằng sự xuất hiện của trục phôi.

1.3.1.2. *Đo lường sự nảy mầm*: Dấu hiệu để xác định quá trình nảy mầm hoàn thành và bắt đầu phát triển của cây con là phôi đâm thủng hạt lòi ra ngoài khoảng 2 mm. Để đánh giá khả năng nảy mầm của một quần thể hạt giống là tỷ lệ hạt đã hoàn thành nảy mầm tại một thời điểm nhất định [33,34].

1.3.1.3. *Sự hút nước của hạt*: Hạt hút nước là bước đầu tiên cần thiết của quá trình nảy mầm. Hạt sấy khô thường có độ ẩm trong khoảng 5– 15% tùy thuộc vào lượng dầu hạt và môi trường xung quanh, độ ẩm tương đối trong không khí. [33, 35].

1.3.1.4. *Tổng hợp RNA và protein*: Các yếu tố môi trường, bao gồm ánh sáng, nhiệt độ, hàm lượng nước trong đất và chất dinh dưỡng, ảnh hưởng đến hạt nảy mầm chủ yếu thông qua việc điều chỉnh quá trình trao đổi chất và con đường tín hiệu của GA và ABA [39].

#### 1.3.2. Quá trình sinh trưởng

1.3.2.1. *Nguyên lý của sự sinh trưởng*: Sự phát triển của thực vật có thể được định nghĩa là sự gia tăng thể tích và/ hoặc trọng lượng thực vật có hoặc không có sự hình thành các cấu trúc mới như các cơ quan, mô, tế bào hoặc các bào quan của tế bào [41]. Sinh trưởng thường gắn liền với sự phát triển (sự biệt hóa tế bào và mô) và sinh sản (sinh sản cá thể mới). Một số tiêu chí khác nhau để xác định tỷ lệ sinh trưởng thực vật: Chiều cao hoặc chiều rộng, trọng lượng của cây (trọng lượng tươi, khô), số lượng tế bào, hàm lượng protein hoặc các chất thiết yếu khác.

1.3.2.2. *Khả năng thấm ướt, nảy mầm, sự phát triển cây con và hoạt động của enzyme*

1.3.2. *Vai trò của H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>*: H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> là một chất oxy hóa mạnh và được biết đến đầu tiên với vai trò là kháng khuẩn. Tuy nhiên, trong thời gian gần đây, tác dụng kích thích nảy mầm của H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> đã được các nhóm nghiên cứu khác nhau trên thế giới chứng minh [60- 62].

1.3.3. *Vai trò của nguyên tố đa lượng N, P, K*: Các nguyên tố đóng một số vai trò quan trọng đối với thực vật và có thể được phân loại rộng rãi thành (1) thành phần cấu tạo nên thành tế bào thực vật, (2) hỗ trợ thẩm thấu và duy trì áp suất của tế bào, (3) quá trình truyền năng lượng, (4) tham gia vào các phản ứng xúc tác bằng enzyme, (5) tham gia vào quá trình sinh sản [67].

### 1.4. Tổng quan về *Lactuca sativa* L.

1.4.1. *Giới thiệu chung*: Xà lách xoăn hay rau diếp (*Lactuca sativa* L.) thuộc họ Cúc (Asteraceae) là họ thực vật có hoa lớn nhất (ngành hạt kín – Angiosperms), là một trong những loại rau vườn phổ biến nhất trên thế giới, đặc biệt được biết đến với tên gọi “salad trộn”. Xà lách *Lactuca sativa*

L. là thành viên đại diện quan trọng nhất của chi *Lactuca*, được tiêu thụ với số lượng ngày càng tăng, vì nó được coi là một loại thực phẩm lành mạnh và mang nhiều giá trị dược tính [83, 84].



Hình 1.7. Hạt, hoa, cây và lá xoăn

Trong những năm gần đây, giai đoạn phát triển dạng mầm của xà lách xoăn, giai đoạn thu hoạch trước khi trưởng thành, chỉ từ 7 đến 21 ngày sau khi nảy mầm, đã trở thành một xu hướng ẩm thực bởi điều kiện trồng và thu hoạch xà lách xoăn tương đối dễ dàng và có thể trong giai đoạn này, lượng chất dinh dưỡng (acid ascorbic,  $\beta$ -carotene,  $\alpha$ -tocopherol và phyloquinone) vitamin và khoáng chất (Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Se và Mo) của chúng cao từ 4 đến 40 lần so với giai đoạn trưởng thành [85, 86]. Thêm vào đó, với việc sản xuất, đầu tư trong giai đoạn ngắn và khả năng chống chịu với điều kiện thời tiết khắc nghiệt, xà lách xoăn đang là đối tượng được chú ý nghiên cứu trong thời gian gần đây [87].

**1.4.2. Đặc tính của xà lách xoăn:** Xà lách xoăn có một rễ cái có thể dài tới 60- 70 cm. Nhiều rễ khác mọc theo chiều ngang, có thể dài tới 10- 15 cm. Xà lách xoăn có thời gian sinh trưởng ngắn, có thể thu hoạch sau khoảng 7- 15 ngày và sau khoảng 120 ngày, hạt có thể được thu hoạch. Xà lách xoăn có thể được bảo quản trong phòng lạnh, ở nhiệt độ 0- 1 °C và độ ẩm 95%, cho đến 10- 12 ngày. Xà lách xoăn có tính thích nghi cao do vậy biểu hiện kiểu hình, hình thái, sinh lý của chúng cũng bị ảnh hưởng đáng kể bởi các điều kiện phát triển.

**1.4.3. Bệnh và sâu hại chính trên xà lách xoăn:** Mối đe dọa lớn cho quá trình hình thành và phát triển của xà lách nói chung là *Pythium* và *Fusarium* [88, 94, 95]. Bên cạnh đó, các nghiên cứu gần đây cũng đã cho thấy *Xanthomonas* cũng là tác nhân chính gây bệnh trên lá xà lách xoăn với các vết bệnh điển hình của bệnh đốm lá do vi khuẩn. Các vết bệnh trên lá không đều, nhỏ, có màu xanh nhạt đến đen và có đường kính từ 2 đến 5 mm.

## 2.1. Hóa chất, nguyên liệu, dụng cụ, thiết bị thực nghiệm

### 2.1.1. Hóa chất nguyên liệu

#### 2.1.1.1. Hóa chất

Các hóa chất bao gồm: Calcium phosphate monobasic – Sigma- Adrich (>95%); Potassium sulfate– Sigma- Adrich (>99%); Ammonium nitrate- Sigma- Adrich (>98%); Hydrogen peroxide solution (Sigma- Adrich, >34%); Nước cất 2 lần từ phòng Phân tích Viện KHVLUĐ; Bình khí nitơ, oxy, argon tinh khiết - Sovigaz (99,99%)

2.1.1.2. *Nguyên liệu*: Hạt xà lách xoăn (Tên khoa học: *Lactuca sativa* L.) được thu thập trong nông trại ở Quận Cái Răng, Tỉnh Cần Thơ, Việt Nam. Giá thể xơ dừa chưa qua xử lý (bởi các nhà vườn tại Tỉnh Bến Tre).

### 2.1.2. **Thiết bị - Dụng cụ**

Các thiết bị - dụng cụ: Hệ thống tạo nước hoạt hóa plasma (máy phát xung điện cao áp tạo tia plasma, bình khí, hệ thống ống dẫn khí, bơm, ống thạch anh...); Máy đo pH, độ dẫn điện, nhiệt độ HI-99130 (Hanna Instruments HI991300/ Romania); Thiết bị đo điện tích lá: CI- 202 (CID Bio-Science, Inc./ Mỹ); Kính hiển vi điện tử quét: S4800 (Hitachi/ Nhật bản) ; Thiết bị đo dòng Current Monitor Model 4100 (Pearson Electronics, Mỹ); Máy hiện sóng, *Oscilloscope* GW Instek *GDS-1102-U*, Que đo cao áp HVP-28HF; Các bộ kit phân tích chỉ tiêu hóa lý của nước hoạt hóa plasma:  $\text{NO}_3^-$  Sera test kit, Đức;  $\text{H}_2\text{O}_2$ , Hanna Instruments HI3844 test kit, Romania;  $\text{O}_3$ , Hanna Instruments HI38054 test kit, Romania...

### 2.2.4. **Đặc trưng điện học của hệ thống phát plasma**

2.2.4.1 *Giới thiệu chung*: Hệ thống phát plasma là một thiết bị điện đặc biệt, đặc trưng bởi điện áp cao, dòng điện thấp và tần số thay đổi theo yêu cầu sử dụng. Công suất phóng điện, là thước đo hiệu suất của hệ thống phát plasma, được điều chỉnh bởi giá trị của điện áp hoặc dòng điện, tùy thuộc vào loại phóng điện.

2.2.4.2. *Phương pháp đo đặc trưng điện của hệ phát plasma*: Các thiết bị đo bao gồm: Máy hiện sóng nhiệm vụ hiển thị đồ thị của tín hiệu thời gian điện áp và cường độ sáng. Thông tin điện áp được chuyển đổi thành thông tin số để tải cấu trúc thành dạng sóng được hiển thị trên màn hình. Thiết bị đo dòng và que đo cao áp Pintek được nối trực tiếp vào các kênh trên máy hiện sóng.

## 2.3. **Chế tạo và khảo sát các đặc trưng lý hóa của các mẫu PAW**

2.3.1. **Kiểu phóng DBD**: Thông số cố định: Tốc độ dòng khí tổng, bơm lưu lượng, nguồn phát, tổng lượng dung dịch. Thông số thay đổi: Các dòng khí kết hợp.

2.3.2. **Kiểu phóng Corona**: Thông số cố định: Tốc độ dòng khí tổng, bơm lưu lượng, nguồn phát, tổng lượng dung dịch. Thông số thay đổi: Các dòng khí kết hợp.

### 2.3.3. **Khảo sát đặc trưng lý hóa của các mẫu PAW**

Trong luận án này, PAW được xác định các đặc trưng hóa lý trên cơ sở các thông số gồm: pH, độ dẫn điện (EC), ion  $\text{NO}_2^-$ , ion  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$  và ozone.

## 2.4. **Chế tạo mẫu chứa $\text{H}_2\text{O}_2$ , N, P, K, PAW và PAW kết hợp N, P, K**

Chế tạo mẫu  $\text{H}_2\text{O}_2$ ; Chế tạo mẫu N, P, K; Chế tạo mẫu PAW; Chế tạo mẫu PAW kết hợp N, P, K.

## 2.5. **Thông số đánh giá quá trình nảy mầm và sinh trưởng giai đoạn đầu của xà lách xoăn**

**2.5.1. Thông số đánh giá quá trình nảy mầm:** Trọng lượng nghìn hạt, chiều dài phôi, tỷ lệ nảy mầm hạt,

**2.5.2. Thông số đánh giá quá trình sinh trưởng giai đoạn đầu:** Chiều cao thân và chiều dài rễ; Hàm lượng diệp lục (Cholophyll); Tỷ lệ trọng lượng khô/ tươi; Diện tích lá; Ảnh hình thái...

**2.6. Khảo sát ảnh hưởng của  $H_2O_2$ , N, P, K đối với quá trình nảy mầm và sinh trưởng ban đầu của xà lách xoăn**

**2.7. Khảo sát ảnh hưởng của PAW và PAW kết hợp với các khoáng đa lượng N, P, K cho quá trình nảy mầm và sinh trưởng**

**2.8. Khảo sát khả năng kháng khuẩn, kháng nấm**

**2.8.1. Phương pháp xác định nồng độ ức chế tối thiểu (MIC)**

**2.8.2. Phương pháp đo đường kính vòng kháng khuẩn**

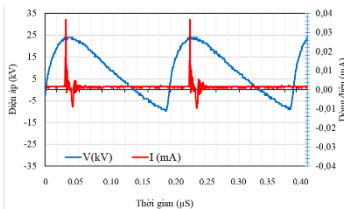
**2.9. Tính toán và xử lý số liệu:** Số liệu được thu thập, tổng hợp trên phần mềm Microsoft® Excel® 2019 MSO (16.0.14131.20278) 32 bit. Dữ liệu được phân tích thống kê bằng SPSS 17.0 cho Windows (SPSS, Chicago, IL). Độ lệch chuẩn được tính toán để xác định sự khác biệt nhỏ nhất có ý nghĩa với mức ý nghĩa  $p \leq 0,05$ . Tất cả các dữ liệu là giá trị trung bình của bốn lần lặp lại ( $n = 4$ ) và các sai số ( $\pm SE$ ). Trong cùng 1 hàng/ cột giá trị có các mẫu tự theo sau khác nhau thì chỉ sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ( $P \leq 0,05$ ) theo phép thử Duncan.

-----ooOoo-----

## CHƯƠNG 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. Đánh giá về đặc trưng điện học của hệ plasma

Trong luận án này, hệ thống phát plasma bao gồm hai phần: Lò phản ứng (reactor) và nguồn phát cung cấp plasma với điện áp cố định là 24 kV, tần số 1,5 kHz. Với hệ trên, đặc trưng điện học của plasma được đánh giá bằng cách phân tích trên máy hiện sóng theo dõi quá trình phóng plasma trên reactor theo thời gian. Kết quả về đặc trưng điện học của hệ plasma được chỉ ra ở hình 3.1



*Hình 3.1. Biểu đồ biểu diễn đặc trưng điện áp và dòng điện của hệ phóng plasma lạnh được sử dụng*

Từ hình 3.1 cho thấy, tia plasma phóng theo dạng xung, với điện áp mỗi xung cao nhất là 24 kV và dòng điện đạt giá trị tương ứng 0,038 mA cho mỗi xung. Trên cơ sở xác định điện áp và dòng điện, chúng ta có thể tính được công suất tiêu thụ của hệ plasma.

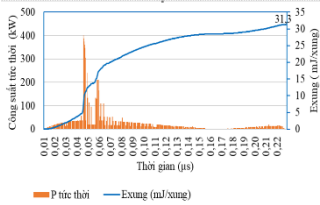
Hình 3.2 chỉ ra công suất tức thời và năng lượng trong một xung dựa vào điện áp và dòng điện tính toán được từ hình 3.1. Kết quả cho thấy



mặc dù công suất tức thời của đỉnh xung là 401,5 kW nhưng năng lượng tạo ra trên mỗi xung chỉ đạt 31,3 mJ/ xung.

Công suất tiêu thụ điện của hệ plasma khá thấp, được tính theo công thức sau:

$P(W) = E \text{ xung} \times f$  với  $f$ : Tần số của thiết bị (1,5 kHz);  $E$  xung là 31.3 mJ. Vậy công suất tiêu thụ của hệ thống phóng plasma tính theo lý thuyết trên là 47 W. Kết quả tương tự cũng được chỉ ra khi sử dụng thiết bị đo công suất tiêu thụ CAT II để kiểm tra thực tế công suất tiêu thụ điện.



*Hình 3.2.* Biểu đồ biểu diễn công suất tức thời và năng lượng của hệ phóng plasma lạnh được sử dụng

### 3.2. Mối quan hệ tính chất lý hóa của mẫu và kiểu phóng

#### 3.2.1. Giá trị pH:

So sánh ở 2 trường hợp, giá trị pH của các mẫu trong cùng thời gian phóng luôn cho giá trị thấp ở trường hợp plasma corona. Từ các kết quả cho thấy với 2 kiểu phóng, để hình thành PAW, giá trị pH có xu hướng giảm khi tăng thời gian xử lý. Việc giảm pH liên quan đến sự hình thành các hợp chất có tính acid trong PAW ( $H_2O_2$ , ozone hòa tan và acid  $HNO_x$ ) được sinh ra từ các kiểu thiết kế plasma, điện áp và dòng điện, khí đầu vào.

#### 3.2.2. Nồng độ EC và nhiệt độ

Giá trị EC của tất cả các mẫu đều có xu hướng tăng dần. Độ dẫn cao nhất phù hợp với độ pH thấp nhất cho chính nó, vì cả hai thông số này tương quan với nhau. Nghiên cứu đã cho thấy phần lớn của sự gia tăng độ dẫn điện có thể là sự gia tăng về nồng độ hoặc thành phần của các hợp chất có trong nước. Nhận định này cũng tương đồng với một số nghiên cứu khác [7], [11].

Về nhiệt độ PAW: Tăng nhẹ trong 30 phút xử lý bằng plasma (4 °C). Như vậy hệ thống tạo plasma trong trường hợp này là phù hợp để sử dụng trong lĩnh vực khoa học sự sống, đặc biệt là nghiên cứu về nông nghiệp, nơi nhiệt độ là một thông số nhạy cảm. Trong các nghiên cứu [104],[105] cũng cho thấy nhận định tương tự về nhiệt độ của hệ phát plasma phục vụ cho nông nghiệp.

#### 3.2.3. Các ion $NO_3^-$ , $NO_2^-$ , $H_2O_2$ , $O_3$

Kết quả cho thấy cả 02 ion  $NO_2^-$ ,  $NO_3^-$  đều tăng theo thời gian xử lý trong 30 phút. Tuy nhiên nồng độ  $NO_3^-$  luôn cao hơn  $NO_2^-$  trong tất cả các trường hợp. Nồng độ  $NO_2^-$  thấp có thể do sự chuyển hóa  $NO_2^-$  thành  $NO_3^-$  trong môi trường mang tính oxy hóa. Nghiên cứu [106] cũng đã cho thấy điều tương tự. Khi bổ sung argon với tỉ lệ 1:1 so với các khí đầu vào

khác, nồng độ  $\text{NO}_3^-$  có sự gia tăng đáng kể, gấp 2 đến 3 lần so với các mẫu có đầu vào chỉ đơn thuần là không khí.

Nồng độ của  $\text{H}_2\text{O}_2$  có xu hướng tương tự như của  $\text{NO}_3^-$  khi thời gian xử lý plasma tăng lên: Sự hình thành  $\text{H}_2\text{O}_2$  trong nước chủ yếu bắt nguồn từ phản ứng giữa hơi ẩm trong không khí hoặc nước trong dịch với tác nhân oxi hóa như  $\text{O}^*$  và  $\text{OH}^*$ .

Với thông số lượng ozon hòa tan trong mẫu cho thấy có sự khác biệt không nhiều. Điều này cho thấy ozon hòa tan hấp thụ ít trong nước. Nồng độ đo được cao nhất của ozon hòa tan cho các mẫu không vượt quá 0,4 mg/L trong 30 phút xử lý.

### 3.3. Cơ sở lựa chọn PAW định hướng ứng dụng cho nghiên cứu

Trên cơ sở các nghiên cứu và giá trị thực nghiệm sơ bộ với các kết quả khảo sát trên 02 hệ thống tạo PAW cho thấy:

- Đánh giá về nhiệt độ: Ngưỡng nhiệt độ đo đạt được trong thực tế giữa hệ plasma DBD và plasma corona cho thấy nhiệt độ phát sinh trong hệ thống DBD không chênh lệch nhiều so với nhiệt độ môi trường.
- Đánh giá về giá trị  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ : Các thông số này của các mẫu nước được tạo ra từ 2 kiểu phóng đều phù hợp cho các nghiên cứu sâu hơn của luận án.
- Đánh giá về giá trị pH: Ở 2 kiểu phóng plasma trong nước đều tạo ra các hợp chất mang tính acid, nhiều nhất cho kiểu phóng corona. Sự hiện diện của argon với tỉ lệ 50% (còn lại là  $\text{N}_2$  và  $\text{O}_2$ ), giá trị pH tối đa sau 30 phút cho 2 kiểu phóng plasma corona và plasma DBD lần lượt là 4,68 và 5,21, so với đối chứng là 6,9.
- Đánh giá về thành phần và tỉ lệ khí phối trộn: Nhìn chung cho trường hợp DBD, hỗn hợp khí là air và hỗn hợp air: argon đều phù hợp cho nghiên cứu kế tiếp.

Từ các đánh giá trên cho thấy kiểu phóng plasma DBD là phù hợp hơn cho các nghiên cứu tiếp theo của luận án.

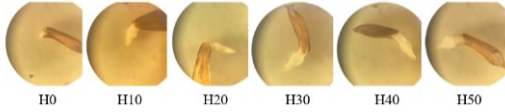
## 3.4. Khảo sát ảnh hưởng của $\text{H}_2\text{O}_2$ , N, P, K đối với quá trình nảy mầm và sinh trưởng

### 3.4.1. Ảnh hưởng của tác chất $\text{H}_2\text{O}_2$

#### 3.4.1.1. Quá trình nảy mầm

Đối với tất cả các trường hợp, trọng lượng hạt ngâm với  $\text{H}_2\text{O}_2$  luôn cao hơn so với mẫu đối chứng và khi so với mẫu hạt khô ban đầu (tăng từ 58% đến 95%). Điều đó cho thấy để tạo điều kiện tốt nhất cho hạt nảy mầm thì quá trình này sẽ hấp thụ một lượng nước đáng kể. Nghiên cứu [107] cũng cho thấy để thực vật có thể phát triển, hạt giống cần hấp thụ một lượng nước trước khi bắt đầu nảy mầm.

Bên cạnh việc đo đạc trực tiếp, chiều dài của phôi cũng được quan sát bằng kính hiển vi soi nổi, kết quả thể hiện ở hình 3.15.



Hình 3.15. Ảnh chiều dài phôi của các mẫu với nồng độ  $H_2O_2$  khác nhau sau 24 giờ

Hình 3.15. Ảnh chiều dài phôi của các mẫu với nồng độ  $H_2O_2$  khác nhau sau 24 giờ

Với  $H_2O_2$  ở các nồng độ khác nhau đều có tác động lên hạt, giúp tăng tỷ lệ nảy mầm so với mẫu đối chứng. Chỉ với lượng 10 ppm  $H_2O_2$  được sử dụng, tốc độ nảy mầm hạt không ngừng tăng trong 3 ngày đầu và đạt ngưỡng cao nhất trong tất cả các mẫu xử lý, đạt 67%

Kết quả cũng cho thấy xu hướng giảm dần của tỷ lệ nảy mầm hạt được ghi nhận khi tăng nồng độ  $H_2O_2$  lớn hơn 10 ppm. Điều này một lần nữa khẳng định vai trò của  $H_2O_2$  có những ảnh hưởng tích cực đến thực vật.

#### 3.4.1.2. Quá trình sinh trưởng giai đoạn sớm

- Chiều cao thân (CCT) và chiều dài rễ (CDR):

Dưới tác động của  $H_2O_2$ , CCT có sự thay đổi so với mẫu đối chứng, chỉ 10 ppm  $H_2O_2$  đã giúp cho CCT tăng nhẹ, 3%. Với nồng độ > 10 ppm, CCT có xu hướng giảm dần. Đối với CDR, mẫu đối chứng cho thấy giá trị cao hơn so với các mẫu khác. Từ các nhận định trên cho thấy CDR có xu hướng giảm khi tăng nồng độ  $H_2O_2$  trong các mẫu thí nghiệm. Điều này tương đồng với các nhận định ở các nghiên cứu [60,100]. Ở nồng độ cao,  $H_2O_2$  tác động tiêu cực đến thực vật dẫn đến căng thẳng sinh học đối với tế bào thực vật, với lượng vừa phải, vai trò của  $H_2O_2$  khá có lợi



Hình 3.19. Ảnh CCT và CDR của hạt sau 5 ngày ở các nồng độ  $H_2O_2$  khác nhau.

- Tỷ lệ trọng lượng khô/ tươi (TLTT K/T)

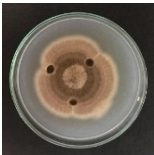
Khi sử dụng  $H_2O_2$  nồng độ từ 10- 40 ppm, kết quả TLTT K/T cao hơn so với đối chứng, ở mẫu H10 cho kết quả tốt nhất, cao hơn 34,6%. Tuy nhiên, với lượng  $H_2O_2$  sử dụng trên 10 ppm, nhìn chung tỷ lệ này đều thấp hơn so với mẫu H10. Như vậy,  $H_2O_2$  có thể tham gia vào quá trình tăng trọng lượng thông qua quá trình thực vật hóa mô. Việc sử dụng  $H_2O_2$  ngoại sinh cũng có thể đã giúp hệ thống rễ khỏe hơn từ đó tăng sự phát triển của cây con, cây con dễ hấp thụ dinh dưỡng và do đó làm tăng sinh khối bên cạnh khả năng thúc đẩy hoạt động của các enzyme. Thật vậy, các nghiên cứu của nhóm L. Wojtyla [ 108], S.Z. Ismail [109], và D. Li, [110] cũng cho thấy việc bổ sung  $H_2O_2$  giúp hệ thống rễ khỏe hơn, tăng sự phát triển của cây con và tăng khả năng chịu mặn.

- Hàm lượng diệp lục (HLDL)

HLDL tăng lên 200% khi có sự gia tăng nồng độ của  $H_2O_2$ , tuy vậy nồng độ  $H_2O_2$  càng tăng thì xu hướng giảm HDL diễn ra. Điều này cho thấy rằng  $H_2O_2$  mặc dù là một chất oxy hóa mạnh tác nhân gây tổn thương tế bào và làm hỏng quá trình quang hợp ở nồng độ cao, nhưng ở nồng độ thấp, nó hoạt động như một phân tử tín hiệu trung gian đồng khí không gây ra bởi abscisic acid thông qua việc kích hoạt các kênh thẩm canxi trong màng sinh chất. Nhận định này cũng được củng cố bởi các nghiên cứu của nhóm khác [111, 112, 113, 114, 115, 60].

#### 3.4.1.3. Khả năng kháng khuẩn và nấm

Ở nồng độ > 50 ppm thì  $H_2O_2$  bắt đầu thể hiện khả năng diệt khuẩn. Tuy nhiên để diệt được hoàn toàn vi khuẩn thì nồng độ phải trên 1.000 ppm. Mặc dù không hiệu quả cho bổ sung giai đoạn nảy mầm và sinh trưởng, nhưng kết quả này cho thấy chúng ta có thể sử dụng  $H_2O_2$  làm chất khử trùng, xử lý nhanh hạt trước khi bắt đầu thực hiện quá trình nảy mầm. Các kết quả này cũng tương đồng với kết quả của các nghiên cứu khác khi cho rằng  $H_2O_2$  chỉ diệt được nấm và khuẩn ở nồng độ cao, thường từ nồng độ cao (> 35%) [116- 118].



Hình 3.23. Kết quả kháng nấm *Fusarium* spp. của  $H_2O_2$  ở các nồng độ 50 ppm, 200 ppm, 1.000 ppm, sau 24 giờ

### 3.4.2. Ảnh hưởng của các khoáng đa lượng N, P, K đến quá trình nảy mầm và sinh trưởng giai đoạn đầu

#### 3.4.2.1. Quá trình nảy mầm

Cụ thể: Tăng từ 9,49% đến 35,34% (ở 100 ppm) cho N, 7,22% đến 28,52% (ở 80 ppm) cho P, và 11,79% đến 20,15% (ở 20 ppm) cho K. Nhìn chung, xu hướng tăng này không tuyến tính. Ở việc bổ sung nồng độ cao, xu hướng giảm dần ở trọng lượng nghìn hạt cho cả 3 trường hợp. Các kết quả cũng cho thấy, so với bổ sung K, P ở cùng nồng độ, việc bổ sung N chỉ ra hiệu quả cao nhất (chênh lệch 7%, 15%).

Đối với chỉ tiêu chiều dài phôi, xu hướng tương tự như đối với chỉ tiêu trọng lượng nghìn hạt. Cụ thể: Tăng từ 25% đến 81,12% (ở 100 ppm) cho N, 35,20% đến 88,78% (ở 80 ppm) cho P, và 37,76% đến 78,57% (ở 20 ppm) cho K. So sánh trong 3 trường hợp ở cùng điều kiện, xu hướng phát triển chiều dài phôi như sau  $P > N > K$ .



Hình 3.25. Ảnh chiều dài phôi khi bổ sung hàm lượng N từ 0 ppm đến 200 ppm sau 24 giờ.



*Hình 3.26.* Ảnh chiều dài phôi khi bổ sung hàm lượng P từ 0 ppm đến 200 ppm sau 24 giờ.



*Hình 3.27.* Ảnh chiều dài phôi khi bổ sung hàm lượng K từ 0 ppm đến 200 ppm sau 24 giờ.

Kết quả cho thấy việc bổ sung N có thể làm tăng khả năng nảy mầm của hạt, từ ngày 1 đến ngày 3, đặc biệt trong ngày đầu tiên mẫu N200 cho thấy khả năng nảy mầm tăng 75% so với đối chứng, đến ngày thứ 3 thì khả năng nảy mầm vượt trội của hạt được ghi nhận là tăng 59,8%. Xu hướng gia tăng tỷ lệ nảy mầm xuất hiện từ mẫu N10 đến N200.

Từ các kết quả khảo sát về chiều dài phôi, trọng lượng nghìn hạt, tỷ lệ nảy mầm hạt có thể thấy rằng mặc dù đã có lượng N dự trữ trong hạt (4,25 g / 100 g hạt) nhưng việc bổ sung N trong giai đoạn nảy mầm vẫn có tác dụng đáng kể, giúp hỗ trợ quá trình tích trữ dinh dưỡng, chuẩn bị cho giai đoạn phát triển tiếp theo của cây. Kết quả này cũng tương đồng với một số nhận định từ các nghiên cứu của nhóm M. Stitt [119] và C. Diaz [120],

Trong trường hợp bổ sung P: Xu hướng gia tăng dần tỷ lệ nảy mầm đều xuất hiện tương tự ở các mẫu như đối với N. Mặc dù lượng P dự trữ trong hạt là 0,97 g/100 g hạt nhưng việc bổ sung P đến ngưỡng phù hợp cho giai đoạn nảy mầm sẽ có tác động đáng kể. Vì vậy, việc cung cấp đầy đủ P là điều cần thiết ngay từ đầu.

Trường hợp bổ sung K: Kết quả cũng cho thấy xu hướng gia tăng dần tỷ lệ nảy mầm như N, P. Mặc dù lượng K vẫn tồn tại trong hạt (0,983 g/ 100g) nhưng việc hấp thụ thêm lượng K ngoại sinh ở xà lách xoắn vẫn diễn ra, có ảnh hưởng đến quá trình nảy mầm. Nghiên cứu trước đó của các nhóm [133, 134, 136] cũng cho thấy nhận định tương tự.

Nhìn chung từ các kết quả thu được khi bổ sung khoáng đa lượng cho thấy: Hàm lượng N, P, K thấp trong hạt có thể gây bất lợi cho sự nảy mầm. Do đó, việc xác định được hàm lượng phù hợp của các khoáng chất khi bổ sung sẽ giúp tăng hiệu quả nảy mầm tốt nhất.

#### 3.4.2.2. *Quá trình sinh trưởng giai đoạn đầu*

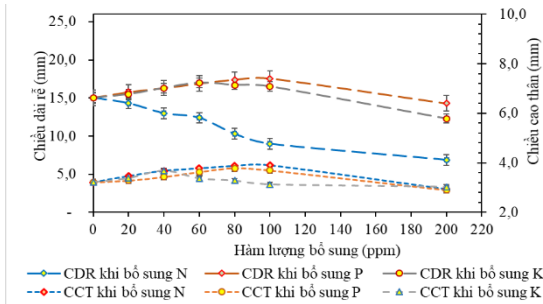
- Chiều cao thân và rễ

Đối với khoáng chất N: Hàm lượng N thêm vào và CDR có mối quan hệ nghịch đảo. Xu hướng giảm dần CDR xảy ra liên tục khi càng bổ sung N. Theo hình thái, dù CDR ở các mẫu có bổ sung N vào có ngắn hơn mẫu đối chứng nhưng rễ có vẻ cứng cáp, các rễ phụ và lông tơ phát triển khá nhiều chỉ ra sự khác biệt về hình thái.

Về chiều cao thân: Khi N được bổ sung ở hàm lượng thích hợp có thể kích thích sự phát triển của thực vật, ngược lại sẽ có thể ức chế sự phát triển của rễ và thân.

Đối với khoáng chất P: Khác với ảnh hưởng của N, khi tăng hàm lượng P lên 200 ppm, xu hướng giảm nhanh CCT và CDR đã xuất hiện. Các kết quả này cũng phù hợp với nghiên cứu trước của các nhóm [138, 139] khác.

Đối với khoáng chất K: Các kết quả cho thấy việc bổ sung K có thể làm tăng CCT và CDR của cây so với mẫu đối chứng. Điều này cho thấy rằng việc bổ sung K trong giai đoạn đầu có tác dụng hỗ trợ quá trình tích trữ dinh dưỡng, chuẩn bị cho giai đoạn phát triển tiếp theo của cây.



Hình 3.30. Biểu đồ biểu diễn giá trị chiều cao thân và chiều dài rễ của hạt sau 7 ngày ở các hàm lượng N

- Diện tích lá và hàm lượng diệp lục: Kết quả có sự tương đồng giữa HLDL và diện tích lá. Khi tăng hàm lượng trên các khoáng chất khác nhau đều chỉ ra xu hướng tăng đến ngưỡng phù hợp, sau đó các chỉ số đều giảm tương ứng, kể cả các chỉ số của sự nảy mầm như phân trên đã trình bày. Điều này cho thấy ở mỗi khoáng chất chỉ ra một giá trị hàm lượng phù hợp cho sự phát triển giai đoạn đầu.

Khi so sánh giữa 3 khoáng chất cho thấy: Để đạt được sự phát triển tốt nhất, cần bổ sung N hơn là bổ sung K, P. Điều này cho thấy: N trong hạt khảo sát không đủ để phát triển một cách tối ưu. Ngược lại, lượng P, K yêu cầu không nhiều. Có thể nhận định, việc bổ sung thêm N, kết hợp với lượng N, P, K sẵn có trong hạt (4,25 g/100 g hạt, 0,97 g/100 g hạt, 0,98 g/100 g hạt theo thứ tự tương ứng, phụ lục kiểm tra hàm lượng các chất có trong hạt) đã tạo ra sự chênh lệch đáng kể trên. Điều này cho thấy sự cần thiết phải điều chỉnh các chỉ số về hàm lượng chất cho phù hợp để việc nảy mầm, sinh trưởng phát triển của cây.

- Tỷ lệ trọng lượng khô/ tươi: Đối với tất cả các điều kiện được khảo sát, các giá trị đo được cho các mẫu đều cao.. Điều này một lần nữa khẳng định tầm quan trọng của việc xác định ngưỡng nồng độ phù hợp và vai trò của việc bổ sung N, P, K trong giai đoạn phát triển giai đoạn đầu của cây con.

3.4.2.3. Nhận xét chung: Từ các kết quả nghiên cứu ở trên cho thấy vai trò quan trọng của các tác chất  $H_2O_2$ , N, P, K đối với quá trình nảy mầm cũng như sinh trưởng hạt trong giai đoạn đầu: Với trường hợp  $H_2O_2$ : Bên cạnh khả năng cải thiện quá trình nảy mầm sinh trưởng của cây ở nồng độ thấp,

$H_2O_2$  còn có thể được sử dụng trong diệt khuẩn- nấm, rửa hạt trước khi nảy mầm, hay bảo quản và lưu trữ hạt...

Với trường hợp N, P, K: Việc bổ sung các tác chất này trong giai đoạn đầu là cần thiết. Trên từng loại hạt, việc xác định ngưỡng tối ưu để bổ sung khoáng chất đa lượng N, P, K để cải thiện quá trình nảy mầm và sinh trưởng là vấn đề cần quan tâm. Thật vậy, thông thường, thành phần, hàm lượng các chất có trong hạt bị ảnh hưởng rất nhiều bởi các yếu tố địa lý. Do đó việc nghiên cứu bổ sung các khoáng chất để đạt kết quả cao nhất trong quá trình nảy mầm và sinh trưởng là khá quan trọng trong nghiên cứu cải thiện năng suất cây trồng.

### **3.5. Khảo sát ảnh hưởng của PAW và PAW kết hợp khoáng đa lượng N, P, K đối với quá trình nảy mầm và sinh trưởng**

#### **3.5.1. Quá trình nảy mầm**

##### *3.5.1.1. Ảnh hưởng của PAW và PAW kết hợp khoáng đa lượng N, P, K cho chiều dài phôi và trọng lượng hạt*

Đối với tất cả các trường hợp, trọng lượng hạt ngâm với PAW luôn cao hơn so với mẫu Ctrl (tăng từ 24% đến 147%). Mặc dù trọng lượng của hạt ngâm với ở PAW-5 đến PAW- 20 tăng chậm từ 1,62 g đến 1,79 g, nhưng ở các điều kiện PAW-25 và PAW-30 có sự gia tăng đáng kể, đạt 2,15 g và 3,24 g, tương ứng. Như vậy, sự hiện diện của ROS hoặc hạt được cung cấp nước có chứa ROS tạo các hợp chất nâng cao tỷ lệ nảy mầm bằng cách phá vỡ sự ngủ đông của hạt. Sự hiện diện của  $H_2O_2$  trong PAW có thể kích hoạt các phân tử tín hiệu như đã trình bày trong nội dung thử nghiệm với  $H_2O_2$  [23- 25]. Ngoài ra khi toàn bộ hạt được tiếp xúc với plasma, chỉ có bề mặt bên ngoài của hạt bị thủy phân bởi plasma lạnh do vậy có thể thấy rằng rằng khả năng thấm ướt của hạt đã được cải thiện bằng PAW, giúp tăng khả năng hút nước của hạt. Điều này cũng đề cập tương tự như trong các nghiên cứu trước đó [144, 145].

Chiều dài của phôi biểu thị gián tiếp tốc độ phát triển của hạt. Mẫu đối chứng có chiều dài phôi ngắn nhất so với tất cả các mẫu ở các điều kiện khác. Điều này chứng tỏ PAW có tác động đáng kể đến sự nảy mầm và phát triển của hạt. Chiều dài phôi của hạt tương ứng tăng từ 3,92 mm đến 7,02 mm đối với mẫu Ctrl đến PAW-20 và sau đó giảm xuống 6,24 mm và 5,06 mm tương ứng đối với PAW-25 và PAW-30. Việc giảm chiều dài phôi có thể là do sự hấp thụ nhiều nước dẫn đến sự hình thành lại các cầu nối polysaccharide giữa các sợi cellulose trong thành tế bào một cách không thích hợp, dẫn đến tế bào bị tổn thương, phá vỡ và chết [194].

Việc sử dụng PAW ở 15 phút có các thông số phù hợp tốt nhất so với các trường hợp còn lại. Do đó trong các nghiên cứu tiếp theo, PAW 15 được lựa chọn kết hợp với các khoáng chất ở nồng độ phù hợp.

Khi bổ sung ở hàm lượng thấp các khoáng đa lượng vào mẫu PAW-15, chiều dài phôi so mẫu PAW-15 có xu hướng giảm, ở mẫu chỉ có PAW-15, chiều dài phôi gần như đạt ngưỡng tối đa. Điều này khẳng



định thêm vai trò của PAW cho sự hình thành và phát triển của phôi. Trọng lượng nghìn hạt có xu hướng tiếp tục gia tăng so với đối chứng PAW15. Sự gia tăng này vẫn cao hơn nhiều so với mẫu đối chứng là nước cất. Như vậy, PAW 15 có khả năng kích hoạt sức hút nước tối đa của hạt. Tuy vậy khi gia tăng hàm lượng khoáng chất trong PAW-15, sẽ làm thay đổi tính chất của dung dịch, do vậy khả năng hút nước bị giảm, dẫn đến trọng lượng nghìn hạt bị giảm đi. Các nghiên cứu trước đó cũng chỉ ra sự tương đồng với nhận định này [147].

Khi quan sát ảnh hình thái, chiều dài và hình thái của các mẫu có sử dụng PAW-15 cũng có sự khác biệt tích cực như bên dưới: Các lông tơ phụ xuất hiện nhiều hơn, sự phát triển về bề ngang của phôi cũng tốt hơn so với các mẫu phôi không có tác động của PAW- 15.

Như vậy dưới tác động của PAW-15, sự hấp thu N, P, K bổ sung vào càng tăng khi gia tăng hàm lượng của chúng, trở thành điều kiện để phôi phát triển tốt hơn, tạo tiền đề cho sự phát triển sau đó của hạt.

### 3.5.1.2. Ảnh hưởng của PAW và PAW kết hợp khoáng đa lượng N, P, K cho tốc độ nảy mầm

Ngoại trừ các mẫu PAW-25 và PAW-30, việc sử dụng PAW làm tăng khả năng nảy mầm của hạt và tỷ lệ nảy mầm khác nhau giữa các ngày. Sau 3 ngày tỷ lệ nảy mầm tăng đều đối với mẫu CTRL đến PAW-15 để đạt giá trị cao nhất khoảng 85% đối với mẫu PAW-15. Đặc biệt, xu hướng này không được quan sát thấy trong PAW ở thời gian hoạt hóa dài (25 và 30 phút), tỷ lệ nảy mầm trong thời điểm này không thay đổi trong hai ngày đầu tiên hoặc giảm tương ứng từ 48% xuống 40% trong ngày thứ ba. Từ các nhận định trên cho thấy việc dùng PAW15 (được xác định mang hiệu quả tốt nhất về thời gian xử lý) có bổ sung N trong giai đoạn nảy mầm có tác dụng bổ sung N ngoại sinh hỗ trợ quá trình tích trữ dinh dưỡng, chuẩn bị cho giai đoạn phát triển tiếp theo của cây, giúp nâng cao tỉ lệ nảy mầm gần như tối đa (N nội tại thiếu, bổ sung đủ thì hỗ trợ quá trình nảy mầm, dư nhiều, ko phát triển).



Hình 3.44. Sự nảy mầm và phát triển thành cây con của hạt Xà lách xoắn khi được bổ sung PAW-15

Khi xem xét tỷ lệ nảy mầm đối với việc bổ sung P, K

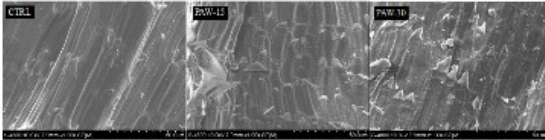
với các hàm lượng khác nhau từ 0 đến 200 ppm vào PAW-15, xu hướng diễn ra tương tự như khi bổ sung N (bảng 2, 3 phần phụ lục). Điều này một lần nữa minh chứng giá trị của PAW trong việc kích hoạt quá trình nảy mầm để đạt được giá trị cao nhất. Như vậy có thể nhận định, cơ chế của sự nảy mầm dưới tác động của PAW là việc hoạt hóa quá trình trao đổi chất và đặc biệt là việc huy động chất dinh dưỡng. Thêm vào đó, chính các hoạt chất tạo ra bởi PAW đã điều chỉnh mạng lưới tín hiệu và biểu



hiện gen giúp cho quá trình nảy mầm hạt được kích hoạt tốt nhất. Với các nhận định và kết quả thực nghiệm, có thể thấy, dưới cơ chế tác động của PAW, trong giai đoạn nảy mầm của xà lách xoăn, PAW đã kích hoạt khả năng nảy mầm khá tốt. Tuy nhiên, để đạt giá trị tốt nhất, cần thiết bổ sung thêm khoáng chất N, P, K ở hàm lượng vừa phải. Điều này rất có ý nghĩa trong việc kiểm soát và gia tăng tỷ lệ nảy mầm của hạt giống.

### 3.5.1.3. Ảnh hưởng của PAW đến sự thay đổi hình thái của hạt

Các hình ảnh cấu trúc bề mặt của hạt cho thấy cấu trúc bề mặt của hạt thay đổi mạnh do điều kiện hoạt hóa bằng plasma trong nước. Cụ thể, ở mẫu hạt ngâm PAW, cấu trúc bề mặt của hạt bị biến dạng và phá hủy một phần, các đường rìa trên biểu bì hạt dần biến mất, xuất hiện các vết bong tróc. Quan sát này tương tự như nhóm Bafoil và cộng sự [155] nghiên cứu về sự biến đổi bề mặt hạt bằng plasma.

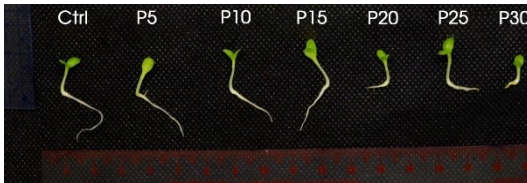


Hình 3.46. Ảnh SEM của bề mặt hạt sau 2 giờ ngâm với nước cất, PAW-15 và PAW-30

## 3.5.2. Quá trình sinh trưởng giai đoạn đầu của hạt

### 3.5.2.1 Sự phát triển chiều cao thân - chiều dài rễ của cây

Khi so sánh ảnh hưởng của PAW đến CCT đo được vào ngày thứ 3 sau khi gieo, mẫu PAW-15 có CCT cao nhất tương ứng với mức tăng khoảng 25% so với mẫu đối chứng. Đối với các điều kiện xử lý khác, không có sự khác biệt đáng kể về CCT ngoại trừ đối với mẫu PAW-30, giảm 36%.



Hình 3.49. Hình ảnh cây con được thu hoạch vào ngày thứ 5 sau khi gieo dưới ảnh hưởng của PAW đối với sự phát triển của Xà lách xoăn.

Hình ảnh cây con được quan sát trong hình 3.49, hình thái của rễ không đồng nhất và một số rễ xuất hiện nhánh phụ khó kết luận về ảnh hưởng của PAW đến chiều dài của rễ. Khi so sánh hình dạng rễ bằng mắt thường, rễ mẫu PAW-15 mỏng, ít nhánh và dài hơn so với rễ của các mẫu còn lại. Rễ của các mẫu PAW-10 đến PAW-30 ngắn hơn, dày hơn và có nhiều rễ phụ hoặc tơ, đặc biệt đối với mẫu PAW-15. CDR không phải là yếu tố quyết định đến sự phát triển và chất lượng của cây ăn lá. Trong quá trình nảy mầm, hạt có đủ chất dinh dưỡng từ các chất dinh dưỡng dự trữ bên trong hạt cho phôi phát triển. Sau giai đoạn nảy mầm, cây con cần thêm các chất dinh dưỡng bên ngoài để cây phát triển. Trong PAW,  $\text{NO}_3^-$  không chỉ là một phân tử tín hiệu mà còn là một chất có thể gián tiếp bổ

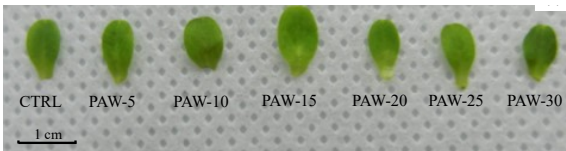


Do vậy, cần thiết khảo sát và đo đạc tiếp các chỉ số phát triển khác ở xà lách xoăn trong giai đoạn sau để làm cơ sở cho việc kết luận bổ sung N, P, K vào PAW15 có thực sự cần thiết cho sự sinh trưởng trong giai đoạn đầu hay không.

### 3.5.2.2. Diện tích lá và hàm lượng diệp lục

Khi thời gian xử lý tăng lên, hàm lượng diệp lục trong lá tăng nhẹ so với mẫu đối chứng tương ứng ( $> 20\%$ ), ngoại trừ PAW-15 và PAW-20 phút có hàm lượng diệp lục cao hơn đáng kể, 4,03  $\mu\text{g/L}$  và 3,43  $\mu\text{g/L}$  tương ứng, trong khi, mẫu đối chứng chỉ đạt 1,26  $\mu\text{g/L}$ . Điều này đã chứng minh rõ ràng tác động tích cực của các loài RONS, đặc biệt là  $\text{NO}_3^-$  và  $\text{H}_2\text{O}_2$ , đối với enzyme sản xuất chất diệp lục tương tác với chất nền trong quá trình sinh trưởng của thực vật. Nếu không có nitrate, nồng độ diệp lục trong lá bị giảm, làm cho lá chuyển sang màu xanh nhạt hoặc vàng [163]. Do có nồng độ diệp lục cao nhất, diện tích lá lớn nhất, màu đậm nhất nên mẫu được xử lý bằng PAW-15 có chất lượng tốt hơn các mẫu khác. Như vậy các loài RONS ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ) thúc đẩy sự hình thành các sắc tố quang hợp tích cực bằng cách tăng số lượng chất đệm và protein thylakoid trong lá cũng như bằng cách tăng sự hình thành lục lạp trong quá trình phát triển của lá [164- 167].

Hàm lượng diệp lục của lá xà lách xoăn có tương quan chặt chẽ với diện tích lá. Ảnh hưởng của phương pháp xử lý PAW đến diện tích và hàm lượng diệp lục của lá xà lách xoăn ở ngày thứ 7 sau khi gieo được thể hiện trong hình 3.54. Ở giai đoạn phát triển ban đầu này, hình dạng lá có thể được tính gần đúng bằng hình elip. Diện tích lớn nhất và màu tối nhất của lá được quan sát đối với mẫu PAW-15 so với các mẫu khác. Diện tích lá ở mẫu PAW-15 lớn hơn gần hai lần so với mẫu đối chứng (19,86  $\text{mm}^2$ ). Giá trị này là một trong những chỉ tiêu để xác định chất lượng của rau. Do đó, diện tích lá tăng lên chứng tỏ tỷ lệ quang hợp hấp thụ ánh sáng tăng, dẫn đến tỷ lệ tích lũy chất khô và năng suất cây trồng tăng lên đáng kể.



Hình 3.55. Hình ảnh sự ảnh hưởng của PAW đối với diện tích lá của xà lách xoăn

Đối với việc bổ sung khoáng chất vào PAW-15, kết quả cho thấy có sự tương đồng giữa hàm lượng diệp lục và diện tích lá. Khi tăng hàm lượng trên các khoáng chất khác nhau đều chỉ ra xu hướng tăng nhẹ đến ngưỡng phù hợp, sau đó các chỉ số đều giảm tương ứng, kể cả với các chỉ số của sự nảy mầm như phần trên đã trình bày. Dưới tác động của PAW-15, diện tích lá tăng gần gấp đôi và hàm lượng diệp lục tăng 3,2 lần so với đối chứng. Trong khảo sát này, hàm lượng diệp lục và diện tích lá đều có sự tăng nhẹ nếu so mẫu

PAW-15 có bổ sung khoáng chất với PAW-15, và tăng nhiều so với kết quả chỉ sử dụng nước cất có bổ sung N, P, K,

### 3.5.2.3. Tỷ lệ trọng lượng khô/ tươi

Đối với tất cả các điều kiện được khảo sát, các giá trị đo được cho cây có PAW với thời gian kích hoạt khác nhau đều cao hơn so với giá trị đo được cho mẫu đối chứng.

Khi hàm lượng N bổ sung trên 60 ppm, chỉ số này có xu hướng giảm dần. Điều này cũng phù hợp với các nghiên cứu trước đây của nhóm S. Padureanu và cộng sự [153]. Tuy nhiên, có thể do tác động tiêu cực của hàm lượng N cao đối với sự sinh trưởng và phát triển của cây trồng, dẫn đến giảm tích lũy sinh khối, giảm hiệu quả sử dụng chất dinh dưỡng, gây ra stress oxy hóa và gây mất cân bằng C-N bên trong cây [167, 168].

Đối với việc bổ sung P, chỉ một lượng nhỏ hàm lượng bổ sung vào (20- 40 ppm), có thể có sự kết hợp giữa P và các chất có trong PAW ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ) làm gia tăng sự tích lũy sinh khối dẫn đến tỷ lệ trọng lượng khô/ tươi có tăng nhẹ, sau đó khi bổ sung lượng P cao hơn, chỉ số này có xu hướng giảm dần. Điều này có thể được lý giải là khả năng hấp thụ dinh dưỡng của cây giảm ở ngưỡng bổ sung khoáng chất càng cao.

Đối với việc bổ sung K: K cũng đóng vai trò quan trọng trong việc điều hòa quá trình trao đổi và cố định  $\text{N}^-$  mà trong đó diệp lục là nơi dự trữ N chủ yếu của cây. Do đó, việc bổ sung K ở nồng độ cao không gây ra sự thay đổi đáng kể của tỷ lệ khô/ tươi được khảo sát.

### 3.5.3. Nhận xét chung

Qua nghiên cứu cho thấy, trong các mẫu PAW theo thời gian thì mẫu PAW-15 cho thấy khả năng sinh trưởng và nảy mầm giai đoạn đầu tốt nhất. ở xà lách xoăn trong 7 ngày nghiên cứu. Yếu tố quyết định cho việc này là do PAW chứa các hợp chất của RONS và RNS ở nồng độ phù hợp, gây ra những thay đổi về hình thái trên hạt xà lách xoăn dẫn đến sự hấp thụ nước và chất dinh dưỡng tốt hơn. Để đánh giá xem PAW-15 có thực sự thúc đẩy tối đa quá trình nảy mầm và sinh trưởng chưa, việc bổ sung khoáng chất N, P, K vào PAW-15 để khảo sát, cho thấy, tỷ lệ nảy mầm, các chỉ số sinh trưởng vẫn có xu hướng tăng nhẹ ở hàm lượng bổ sung thấp. Việc bổ sung này sẽ gây hiệu quả tiêu cực nếu hàm lượng N, P, K được sử dụng ở hàm lượng cao. Từ kết quả trên cho thấy sự cần thiết của việc dùng PAW kết hợp các khoáng đa lượng N, P, K nhằm cải thiện tỷ lệ nảy mầm và khả năng phát triển của hạt.

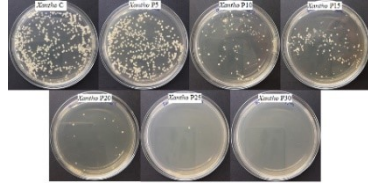
### 3.5.4. Khả năng kháng khuẩn - kháng nấm của PAW

#### 3.5.4.1. Kháng khuẩn

Dung dịch tạo bởi plasma lạnh ở các khoảng thời gian dưới 25 phút không ảnh hưởng đến sự phát triển của vi khuẩn *Xanthomonas* spp. Kết quả này thể hiện dung dịch tạo bởi plasma lạnh có khả năng kháng vi khuẩn gây bệnh đốm lá rất cao. Sau 1 ngày cấy vi khuẩn, mật độ khuẩn

lạc giảm khi thời gian hoạt hóa plasma tăng lên, trong đó số khuẩn lạc cao nhất là ở mẫu đối chứng.

Hình 3.62. Ảnh chụp các đĩa thạch có chứa mẫu đối chứng và các dung dịch tạo bởi plasma lạnh ở thời gian khác nhau với *Xanthomonas* spp.

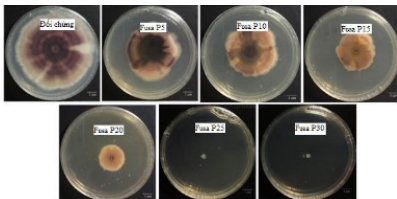


Hiệu quả kháng tăng theo thời gian là do sự gia tăng nồng độ ROS và RNS được hình thành trong quá trình dung dịch bị tác động bởi các tia plasma lạnh.

Trong trường hợp xác định hiệu quả kháng khuẩn của dung dịch tạo bởi plasma lạnh dựa vào bán kính vòng kháng khuẩn thể hiện rõ dung dịch tạo bởi plasma trong khoảng thời gian 15 phút thì vòng kháng khuẩn bắt đầu xuất hiện với bán kính là 02 mm. Thời gian tác động của tia plasma càng dài thì đường kính vòng kháng khuẩn càng lớn. Điều này chỉ ra rằng dung dịch tạo bởi plasma lạnh hoàn toàn có khả năng kháng *Xanthomonas* spp.

#### 3.5.4.2. Kháng nấm

Phương pháp xác định nồng độ ức chế tối thiểu MIC được sử dụng để đánh giá hoạt tính kháng nấm của các mẫu dung dịch tạo bởi plasma lạnh. Kết quả xác định nồng độ ức chế tối thiểu MIC của dung dịch tạo bởi plasma lạnh đến nấm *Fusarium* spp. thể hiện ở hình 3.52. Hình 3.63 cho thấy dung dịch tạo bởi plasma lạnh ở các khoảng thời gian dưới khác nhau có ảnh hưởng đến sự phát triển của sợi nấm *Fusarium* spp. không giống nhau. Vậy nên ta có thể kết luận điểm MIC của dung dịch tạo bởi plasma lạnh là ở thời gian 25 phút. Điều này phù hợp với nghiên cứu trước đây, dung dịch tạo bởi plasma lạnh ở thời gian lâu hơn là 25 và 30 phút có vòng kháng nấm to hơn, điều này là do các hợp chất có khả năng kháng nấm có trong dung dịch tạo bởi plasma lạnh nồng độ cao hơn [175].



Hình 3.63. Ảnh chụp các đĩa thạch có chứa mẫu đối chứng và các dung dịch tạo bởi plasma lạnh ở thời gian khác nhau với nấm *Fusarium* spp.

Với khả năng tạo ra các RNS và ROS từ sự phóng plasma lạnh vào nước được hình thành trong quá trình dung dịch bị tác động bởi các tia plasma lạnh mà PAW thể hiện rõ khả năng kháng khuẩn và nấm. Hiệu quả kháng tăng theo thời gian là do sự gia tăng nồng độ của các hợp chất được tạo ra.

## CHƯƠNG 4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

### 4.1. Kết luận

Trong luận án này, nước hoạt hóa plasma đã được nghiên cứu điều chế bằng kỹ thuật phóng plasma khí-lông trên hai kiểu phóng là DBD và Corona. Đặc trưng điện học của hệ tạo plasma cũng như thành phần, tính chất của các PAW cũng đã được phân tích và đánh giá. Ngoài ra nghiên cứu cũng tiến hành đánh giá hoạt tính nhằm cải thiện quá trình phát triển của xà lách xoăn (*Lactuca sativa* L.) ở giai đoạn đầu thông qua chỉ số trọng lượng nghìn hạt, chiều dài phôi, tỷ lệ nảy mầm cho sự nảy mầm và chỉ số chiều cao thân, chiều dài rễ, hàm lượng diệp lục, tỷ lệ trọng lượng khô/tươi, diện tích lá cho quá trình sinh trưởng trên các tác nhân trong các trường hợp sau: H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, N, P, K, PAW và sự kết hợp PAW với N, P, K. Kết quả thu được như sau:

- ✓ Đã xây dựng thành công 02 hệ thống tạo PAW từ việc phóng điện theo 2 kiểu phóng plasma Corona và plasma DBD trên cùng 1 nguồn phát tự chế tạo. Các hệ này cũng đã được xác định đặc trưng điện học trên máy đo hiện sóng với các thông số về điện áp, dòng điện và tần số. Trên cơ sở đó xác định đặc trưng điện của kiểu phóng plasma và công suất tiêu thụ của hệ plasma. Kết quả cho thấy nguồn phát tạo ra kiểu phóng dạng xung, dạng đặc trưng của plasma lạnh, với công suất tiêu thụ không cao chỉ 47 W. Từ kết quả cho thấy hệ thống có thể triển khai hiệu quả khi áp dụng trên quy mô lớn.
- ✓ Đã xác định được thành phần, tính chất của tất cả các mẫu PAW được điều chế từ 2 kiểu phóng. Qua đó đã lựa chọn được mẫu PAW phù hợp để áp dụng cho nghiên cứu về nảy mầm và sinh trưởng giai đoạn đầu của xà lách xoăn. Kết quả cho thấy mẫu PAW với thời gian phóng 15 phút bởi hệ plasma DBD là phù hợp nhất cho nghiên cứu.
- ✓ Đã chỉ ra được vai trò của tác chất oxy hóa H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> đối với quá trình nảy mầm và sinh trưởng cũng như hoạt tính cho kháng khuẩn, kháng nấm. Kết quả cho thấy, ở hàm lượng thấp, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ở hàm lượng < 10 ppm có vai trò như một phân tử tín hiệu, kích thích tốt cho sự nảy mầm và sinh trưởng hạt. Mặt khác với hàm lượng H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> cao (> 1.000 ppm) sẽ bất hoạt các vi khuẩn và nấm gây bệnh có trên hạt, có tác dụng tốt cho quá trình rửa hạt, làm sạch mẫu nhằm hạn chế sự phát sinh mầm bệnh trong giai đoạn đầu.
- ✓ Đã chỉ ra được vai trò của khoáng chất vô cơ N, P, K đối với quá trình nảy mầm và sinh trưởng giai đoạn đầu trên xà lách xoăn. Kết quả đã xác định được hàm lượng phù hợp của các khoáng chất trên cho sự phát triển tốt của cây trong giai đoạn đầu phát triển. Hàm lượng phù hợp cho quá trình này là 100 ppm với N, 80 - 100 ppm với P và 20 - 40 ppm với K. Kết quả lại cho thấy sự cần thiết phải bổ sung dinh dưỡng N, P, K trong giai đoạn ban đầu của hạt.

- ✓ Đã chỉ ra hoạt tính cao của PAW cho sự nảy mầm và sinh trưởng của xà lách xoăn. Thật vậy nước được hoạt hóa bằng plasma lạnh với kiểu phóng DBD trong thời gian từ 10 đến 20 phút sẽ chứa các RON, RNS ở nồng độ phù hợp, có tác động tích cực và hiệu quả cho sự nảy mầm của hạt và sự phát triển của cây con. Ngoài ra nghiên cứu cũng chỉ ra khả năng kháng khuẩn và nấm của PAW, giúp ức chế sự phát triển của vi sinh vật.
- ✓ Đã chỉ ra việc kết hợp PAW-15 với các khoáng chất vô cơ như N, P, K trong giai đoạn đầu đối với quá trình nảy mầm và sinh trưởng trên xà lách xoăn là cần thiết. Thật vậy, việc kết hợp bổ sung các khoáng chất N, P, K ở liều lượng nhỏ: 40- 60 ppm với N, 20- 40 ppm với P và dưới 10 ppm với K vào dung dịch PAW-15 cho thấy có sự gia tăng cho cả hai quá trình là nảy mầm và sinh trưởng của cây khi so sánh với mẫu đối chứng và mẫu PAW-15. Kết quả này đã tìm ra được ngưỡng phát triển tối ưu của cây trồng trong trường hợp này.

#### 4.2. Kiến nghị

Nghiên cứu thêm sự tương tác của hỗn hợp N, P, K với PAW cho quá trình nảy mầm và sinh trưởng xà lách xoăn. Đồng thời tìm hiểu sâu hơn về cơ chế tương tác qua lại giữa thành phần, hàm lượng của các chất tạo ra từ PAW và các nguyên tố bổ sung vào nhằm làm cơ sở hoàn thiện hơn cho các quá trình, cơ chế sinh lý thực vật, qua đó khẳng định vai trò và khả năng sử dụng nước hoạt hóa plasma trong nông nghiệp và công nghiệp.

Khảo sát các chỉ số phát triển của PAW trên xà lách xoăn trong giai đoạn sau để minh chứng cho hiệu quả của PAW và sự kết hợp bổ sung N, P, K với PAW.

Thử nghiệm PAW trên các đối tượng rau khác trong cùng họ để kiểm tra sự tương tác, sự sinh trưởng và phát triển của thực vật nhằm làm nền tảng cho các nguyên cứu tiếp theo.

Đánh giá thêm sự khác biệt hiệu quả giữa PAW và khí plasma cho quá trình sinh trưởng và phát triển của xà lách xoăn.

-----ooOoo-----

### NHỮNG ĐÓNG GÓP MỚI CỦA LUẬN ÁN

Luận án đã thành công trong việc nghiên cứu đánh giá so sánh lựa chọn các thông số của nước hoạt hóa plasma cho phù hợp với mục tiêu cải thiện quá trình sinh trưởng và phát triển trong giai đoạn đầu của xà lách xoăn. Trên thế giới, các nghiên cứu trước về cơ chế tác động của nước hoạt hóa plasma đối với cây trồng chỉ đánh giá trên vài yếu tố tác động. Kết quả nghiên cứu của luận án này đã đánh giá trên nhiều yếu tố tác động hơn để làm hoàn thiện hơn cơ chế tác động của nước hoạt hóa plasma với cây trồng.

- Luận án cũng tiến hành đánh giá thí nghiệm các mẫu cho nảy mầm, tăng trưởng trong giai đoạn đầu phát triển của đối tượng nghiên cứu, nhằm

xác định sự cần thiết sử dụng thêm các vi lượng N, P, K cho quá trình nảy mầm và sinh trưởng giai đoạn đầu.

- Luận án đã đánh giá cơ chế tác động của nước hoạt hóa plasma kết hợp với đơn yếu tố và đa yếu tố nhằm làm cơ sở hoàn thiện hơn cho các quá trình, cơ chế sinh lý thực vật, kiểm tra các yếu tố bổ sung từ ngoài vào, có thể có tác động âm trong các kết quả. Qua đó khẳng định vai trò và khả năng sử dụng nước hoạt hóa plasma trong nông nghiệp và công nghiệp.

- Nghiên cứu cũng có giá trị trong việc thuần hóa, cải tạo giống cây thường thích hợp trồng ở điều kiện ôn đới sang điều kiện nhiệt đới khi ứng dụng nước hoạt hóa plasma cho nảy mầm và tăng trưởng.

- Luận án đã nghiên cứu kết hợp nước hoạt hóa plasma với các khoáng chất vô cơ như N, P, K nhằm chỉ ra các thông số tốt nhất, cải thiện quá trình nảy mầm và sinh trưởng giai đoạn đầu của xà lách xoăn *Lactuca sativa* L. Đây là chìa khóa của việc thực hiện cải tạo giống cho cây trồng trong nông nghiệp mà hiện nay các sáng chế về hướng này chưa có nhiều và chưa có độ sâu nhất định.

- Luận văn cũng nhằm kết hợp nghiên cứu các yếu tố hỗn hợp lý, hóa, sinh đề hệ thống và hoàn thiện hệ tạo plasma, nhằm trả lời câu hỏi sự tác động của nước hoạt hóa plasma và ảnh hưởng của các yếu tố ngoại lai đối với cây trồng.

-----ooOoo-----

### DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ

1. Ha An Quoc Than, Thien Huu Pham, Duyen Ky Vo Nguyen, Thuong Hoai Pham, Ahmed Khacef, 2022, *Non-thermal Plasma Activated Water for Increasing Germination and Plant Growth of Lactuca sativa* L., Plasma Chemistry and Plasma Processing, 42, pages 73–89. (tạp chí SCI, IF = 3,148).
2. Thân Quốc An Hạ, Nguyễn Võ Kỳ Duyên, Đinh Quốc Hòa, Nguyễn Thành Trung, Phạm Hoài Thương, Phạm Hữu Thiện, 2021, *Ảnh hưởng của nồng độ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> đến quá trình nảy mầm hạt xà lách xoăn (Lactuca sativa var. capitata L.)*, Journal of Plant Protection, 4, 297 (ISSN 2354-0710)  
(Bài báo nằm trong Danh mục tạp chí khoa học được tính điểm của Hội đồng Giáo sư ngành, liên ngành Nhà nước).
3. Thân Quốc An Hạ, Đinh Quốc Hòa, Nguyễn Võ Kỳ Duyên, Phạm Hoài Thương, Phạm Hữu Thiện, 2021, *Khảo sát hoạt tính kháng Xanthomonas spp. và Fusarium spp. của dung dịch tạo bởi plasma nguội trong điều kiện in vitro*, The 20th National Conference of Phytopathological Society of Vietnam V.P.S., page 345-354 (ISBN: 978-604-60-3373-8).  
(Bài báo Hội nghị nằm trong Danh mục Hội nghị khoa học được tính điểm của Hội đồng Giáo sư ngành, liên ngành Nhà nước).