

การศึกษาการออกดอกของเห็ดกระด้างโดยการใช้การกระตุ้นด้วยไฟฟ้าแรงดันสูง Preliminary Study of the Fruit Body Formation of *Lentinus polychrous* Lev.

วิเชษฐ ทิพย์ประเสริฐ^{1,*}, รัตนาพร นรรัตน์², สมศักดิ์ วรรณชัย³, ณัฐวัตร มณีสาร¹ และ สันติสุข เจนพานัส¹

¹สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย

99 หมู่ 10 ตำบลทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 57120 โทรศัพท์ 09-4637-1616

²สาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

เชียงราย 99 หมู่ 10 ตำบลทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 57120 โทรศัพท์ 09-1849-9661

³สาขาแมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่

128 ถ.ห้วยแก้ว ต.ช้างเผือก อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300 โทรศัพท์ 08-1884-5903

E-mail: wichet_thip@rmutl.ac.th, rattanaporn@rmutl.ac.th, somsak_cr@rmutl.ac.th

**Wichet Thipprasert^{1,*}, Rattanaporn Norarat², Somsak Wannachai³, Nattawat Maneesran¹
and Santisuk Jenpanutsak¹**

¹Electrical Department, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna

Chiangrai, 99 Moo 10 Sai Khao, Pan, Chiang Rai 57120, Thailand.

²Faculty of Science and Agricultural technology, Rajamangala University of Technology Lanna

Chiangrai, 99 Moo 10 Sai Khao, Pan, Chiang Rai 57120, Thailand.

³Mechatronics Department, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Chiang Mai,

128 Huay Kaew Road, Muang, Chiang Mai 50300, Thailand.

E-mail: wichet_thip@rmutl.ac.th, rattanaporn@rmutl.ac.th, somsak_cr@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาค่าแรงดันที่เหมาะสมในการกระตุ้นการออกดอกของเห็ดกระด้างโดยใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแรงดันสูง การทดลองได้ทำการกระตุ้นเชื้อเห็ดกระด้างเป็น 2 แบบ คือ ไม่ได้รับการกระตุ้น (กลุ่มควบคุม) และได้รับการกระตุ้นโดยใช้ไฟฟ้าแรงดันสูงในช่วง 20 – 50 kV เป็นเวลา 10 วินาที หลังการกระตุ้นก่อนเห็ดถูกนำมาเก็บไว้ในโรงเรือนระบบปิด โดยมีการบันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติ ในงานวิจัยนี้ ได้ทำการเก็บดอกเห็ดและชั่งน้ำหนักโดยรวมเป็นเวลา 35 วัน พบว่าการกระตุ้นที่ 50 kV เป็นเวลา 10 วินาที มีน้ำหนักโดยรวมมากกว่าชุดการทดลองที่ไม่ถูกกระตุ้นถึง 1.48 เท่า อย่างไรก็ตามการทดลองนี้จำเป็นต้องทำการทดสอบอีกครั้งเพื่อหาค่าทางสถิติที่เชื่อถือได้

คำสำคัญ: การกระตุ้นด้วยไฟฟ้าแรงดันสูง การออกดอก เห็ดกระด้าง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแรงดันสูง

Abstract

This study aims to investigate the optimal voltage for stimulating the fruit body formation of *Lentinus polychrous* Lev. by using high voltage generator. There are 2 treatments for the fruit body formation of *Lentinus polychrous* Lev. including: the treatment without stimulation (control group) and the treatment with high voltage stimulation in the range of 20 – 50 kV for 10 seconds. After stimulation, mushrooms were kept in a controlled mushroom farm recording temperature and humidity by using a data logger. After collecting mushrooms for 35 days, we found that the total weight of mushroom applied with 50 kV for 10 seconds is higher than that of control group for 1.48 times. However, the repeat experiment is necessary to obtain reliable data.

Keywords: High voltage stimulation, Fruit body formation, *Lentinus polychrous* Lev., High voltage generator

1. บทนำ

ปัจจุบันการเพาะเลี้ยงเห็ดเป็นที่นิยมอย่างมาก เนื่องจากเห็ดกระด้างเป็นเห็ดอีกชนิดหนึ่ง ที่มีรสชาติอร่อย กลิ่นหอม มีคุณค่าทางอาหารสูงและมีสรรพคุณทางยา เห็ดชนิดนี้จะออกดอกได้ดีในช่วงรอยต่อ ระหว่างฤดู ด้วยสภาพที่เห็ดกระด้างชอบอากาศที่เปลี่ยนแปลงแบบเฉียบพลันจึงทำให้เหมาะสมสำหรับการเพาะในภาคเหนือและภาคอีสานของประเทศไทย นอกจากนี้ ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลกระทบต่อการออกดอกของเห็ด เช่น สภาพของโรงเรือน การดูแลรักษาความสะอาด การรดน้ำ ตลอดจนสภาพของก้อนเห็ด ปัจจัยเหล่านี้อาจเป็นเงื่อนไขที่ส่งผลกระทบต่อความสมบูรณ์ของ [1]

ในธรรมชาติเห็ดกระด้างมักพบบนขอนไม้ล้มในตระกูลเต็งรังหรือไม้ใบกว้าง การออกดอกของเห็ดกระด้างส่วนใหญ่เกิดขึ้นในช่วงรอยต่อระหว่างฤดู เช่น ฤดูร้อนต่อฝน ฤดูฝนต่อหนาว ณ สภาพอากาศกลางวันและกลางคืนที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันมาก ๆ เห็ดชนิดนี้เมื่อออกดอก ดอกอ่อนจะนิ่มสามารถนำไปประกอบอาหารได้แต่เมื่อแก่จะเหนียวและแข็ง จึงสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานข้ามปี จึงทำให้ราคาของเห็ดกระด้างในท้องตลาดมีราคาที่สูงกว่าเห็ด ชนิดอื่น ๆ [2] เห็ดกระด้างเหมาะสมกับการเพาะในโรงเรือนที่มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 28 – 32 องศาเซลเซียส และมีความชื้นอยู่ร้อยละ 70 – 90 ซึ่งจะทำให้เห็ดมีผลผลิตที่มากขึ้น เห็ดกระด้างจะมีระยะเวลาการออกดอกประมาณ 45 – 60 วัน [3]

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาค่าแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมในการกระตุ้นการออกดอกของเห็ดกระด้าง เพื่อเพิ่มปริมาณการออกดอก โดยวิธีการใช้ไฟฟ้าแรงดันสูงในการกระตุ้น โดยทางผู้วิจัยจะทำการทดสอบโดยใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแรงดันสูง ในช่วงระหว่าง 20 - 50 kV ซึ่งทำการกระตุ้นการออกดอกของเห็ดกระด้างและ

เปรียบเทียบกับชุดทดลองที่เติบโตตามปกติ (Control) โดยทำการทดสอบในก้อนเชื้อเห็ดที่ปลูกเพาะในถุงและทำการเก็บข้อมูลการออกดอกของเห็ดกระด้าง โดยนับจำนวนน้ำหนักรวมของเห็ดแต่ละชุดการทดลอง เพื่อนำมาวิเคราะห์แรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสม

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในอดีตชาวญี่ปุ่นมีความเชื่อว่าหากบริเวณใดที่ต้นไม้ถูกฟ้าผ่าจะมีการออกดอกของเห็ดและ พืชต่าง ๆ มากขึ้น เนื่องจากเชื่อว่าฟ้าผ่าสามารถเพิ่มแร่ธาตุในดินและกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช ต่าง ๆ โดยทั่วไปฟ้าผ่าจะปล่อยแรงดันประมาณ 40 – 120 kV และกระแสไฟฟ้า ประมาณ 5 – 200 kA ซึ่งสามารถเป็นอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สิน อย่างไรก็ตามนักวิจัยในประเทศญี่ปุ่น เริ่มทำการวิจัยในการใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแรงดันสูงในการกระตุ้นการออกดอกของเห็ด

งานวิจัยในประเทศญี่ปุ่นได้ประสบความสำเร็จในการใช้ไฟฟ้ากระตุ้นการออกดอกของเห็ดหอมทั้งบนไม้ก่อ [4 - 6] และถุงเพาะเห็ด กลุ่มนักวิจัย Shoji Ohga [7] ได้ทำการทดลองโดยการใช้อุปกรณ์กระตุ้นการออกดอกของเห็ดในถุงเพาะผลปรากฏว่าชุดเห็ดที่ได้รับการกระตุ้นด้วยไฟฟ้าแรงดันสูงมีการออกดอกเร็วขึ้นประมาณ 1.7 เท่า นอกจากนี้ยังมีเห็ดชนิดอื่นที่สามารถออกดอกได้เร็วขึ้น โดยใช้อุปกรณ์กระตุ้น เช่น เห็ดไมตาเกะ เห็ดเข็มทอง เห็ดชิเมจิ เห็ดนางรม เห็ดนางรมหลวง และเห็ดนางรมโถง [8] กลไกที่ทำให้ไฟฟ้าแรงดันสูงมีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ดหอมยังไม่สามารถอธิบายได้ แต่นักวิจัยได้สันนิษฐานไว้ 2 ทาง คือ

1. เส้นใยของเห็ดที่ถูกทำลายโดยไฟฟ้าแรงดันสูงพยายามแบ่งตัวให้เร็วขึ้นเพื่อป้องกันให้ถูกทำลายอีกครั้ง (เช่นเดียวกับ เห็ดบริเวณรอบข้างที่โดนฟ้าผ่าจะออกดอกได้ดี เพื่อต้องการอยู่รอดเมื่อโดนฟ้าผ่าอีกครั้ง)

2. เอนไซม์ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ดหอมถูกกระตุ้นเนื่องจากไฟฟ้าแรงดันสูง [9]

ได้ทำวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้ IES Pulsed Power Generator สำหรับเพาะเห็ดมีวัตถุประสงค์ เพื่อใช้คลื่นไฟฟ้าแรงดันสูงในการเพาะเห็ดและหาคลื่นไฟฟ้าแรงดันสูงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ด ผลการวิจัยจากผลการทดลองพบว่าเห็ด Nameko ที่ใช้คลื่นไฟฟ้าแรงดันสูงกระตุ้นมีน้ำหนักรวมมากกว่ากลุ่มที่เจริญเติบโตตามปกติ (กลุ่มควบคุม) 1.5 เท่า [9-10]

ได้ทดลองกระตุ้นเห็ดหอมบนไม้ก่อโดยใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าแรงดันสูงค่าต่าง ๆ และทำการเก็บเกี่ยวเห็ดหอมทุก ๆ เช้าและบันทึกผลการทดลองเป็นเวลา 40 วัน ซึ่งผลการทดลองพบว่าน้ำหนักรวมของเห็ดหอมคือ 60 กรัม, 111 กรัม, 90 กรัม และ 90 กรัม เรียงลำดับตาม กลุ่มควบคุม กลุ่มที่กระตุ้นด้วยไฟฟ้าแรงดันสูง 50 kV, 100 kV และ 150 kV ตามลำดับ การทดลองนี้พบว่า น้ำหนักของเห็ดหอมทั้งรอบของการเพาะเห็ดเพิ่มขึ้นเป็น 86% เมื่อกระตุ้นด้วยไฟฟ้าแรงดันสูง 50 และ 100 kV และ ผลการทดลองนี้ได้สรุปว่าการกระตุ้นด้วยไฟฟ้าแรงดันสูงที่เหมาะสมสามารถเก็บเกี่ยวเห็ดหอมได้เร็วขึ้น [11]

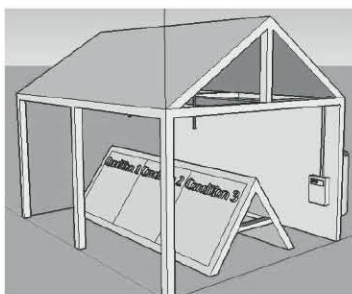
ในประเทศไทยได้มีการเริ่มใช้ไฟฟ้าแรงดันสูงในการเกษตร ได้ทำการทดลองเบื้องต้นโดยการใช้ไฟฟ้าแรงดันสูงกระตุ้นเห็ดอยู่หลายชนิด ผลการวิจัยพบว่า ผลการทดลองเบื้องต้น ที่แรงดันไฟฟ้า 50 kV ให้น้ำหนัก

รวมของเห็ดหอมมากที่สุด จากนั้นกลุ่มผู้วิจัยนี้ได้เริ่มทำการทดลองร่วมกับเกษตรกรในพื้นที่ โดยทำการทดลองในเห็ดกระด้าง ผลการทดลองพบว่าที่แรงดัน 20 kV ให้น้ำหนักรวมมากที่สุดแต่การทดลองเบื้องต้นทั้งสองการทดลองนี้ ทำการทดลองในระบบเปิด ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นได้ ทางกลุ่มผู้วิจัยมีแนวคิดในทดลองครั้งต่อไปดังนี้ คือควรมีการทำการทดลองซ้ำเพื่อให้ได้ค่าทางสถิติที่น่าเชื่อถือ และควรมีการทำการทดลองแบบระบบปิด สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นได้ [12]

3. วิธีดำเนินการ

การศึกษาวิจัยเรื่อง การออกดอกของเห็ดกระด้างโดยการใช้การกระตุ้นด้วยไฟฟ้าแรงดันสูงมีขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานดังนี้

- 3.1 เพาะเห็ดกระด้างและบ่มเชื้อเห็ดเป็นเวลา 3 เดือน
- 3.2 ออกแบบโรงเรือนเพาะเห็ดกระด้าง มีลักษณะดังต่อไปนี้
 - 3.2.1 โรงเรือนมีความกว้าง 3 เมตร ยาว 4 เมตร สูง 2.30 เมตร
 - 3.2.2 สามารถบรรจุเห็ดได้สูงสุด 500 ก้อน
 - 3.2.3 คลุมหลังคาโรงเรือนด้วยพลาสติกสีดำ และรอบตัวโรงเรือนคลุมด้วยพลาสติกใส
 - 3.2.4 สามารถเปิดพลาสติกหลังโรงเรือนเพื่อระบายความร้อนได้
 - 3.2.5 มีระบบเก็บข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติที่ประกอบด้วย
 - 3.2.5.1 อุปกรณ์ควบคุมความชื้นจะเริ่มทำงานเมื่อมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 60 และหยุดทำงานเมื่อมีความชื้นสูงกว่าร้อยละ 62
 - 3.2.5.2 อุปกรณ์ควบคุมสามารถเก็บข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นทุก ๆ 1 นาที
- 3.3 การกระตุ้นเห็ดกระด้างด้วยวิธีต่าง ๆ โดยแต่ละกลุ่มแบ่งเป็นกลุ่มละ 50 ก้อน
 - 3.3.1 ไม่ได้รับการกระตุ้น (กลุ่มควบคุม)
 - 3.3.2 การกระตุ้นโดยใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแรงดันสูง เป็นเวลา 10 วินาทีต่อก้อน โดยให้การกระตุ้นด้วยแรงดันไฟฟ้างานี้
 - 3.3.2.1 20 kV
 - 3.3.2.2 30 kV
 - 3.3.2.3 40 kV
 - 3.3.2.4 50 kV



รูปที่ 1 การออกแบบโรงเรือนเห็ดกระด้าง

3.4 เก็บข้อมูลการออกดอกของเห็ดกระด้างโดยการจดบันทึก ชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล

3.5 เปรียบเทียบน้ำหนักรวมของเห็ดแต่ละชุดการทดลองและวิเคราะห์ผลอุณหภูมิและความชื้นเฉลี่ย



รูปที่ 2 การกระตุ้นด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแรงดันสูง

4. ผลการดำเนินงาน

ผลการเก็บข้อมูลน้ำหนักรวมของเห็ดกระด้างแต่ละชุดการทดลอง ในการออกดอกครั้งที่ 1 เป็นเวลา 35 วัน ดังแสดงในรูปที่ 3

จากการทดลองการกระตุ้นที่เห็ดกระด้างด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแรงดันสูงที่แรงดันระหว่าง 20 – 50 kV และกลุ่มไม่ได้รับการกระตุ้นพบว่า

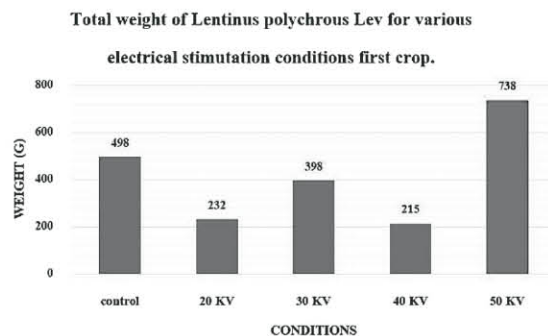
4.1 กลุ่มที่ไม่ได้รับการกระตุ้น (Control) ให้ปริมาณน้ำหนักรวมของเห็ดกระด้าง 498 กรัม

4.2 การกระตุ้นที่แรงดันไฟฟ้า 20 kV เป็นเวลา 10 วินาที ให้ปริมาณน้ำหนักรวมของเห็ดกระด้าง 232 กรัม

4.3 การกระตุ้นที่แรงดันไฟฟ้า 30 kV เป็นเวลา 10 วินาที ให้ปริมาณน้ำหนักรวมของเห็ดกระด้าง 398 กรัม

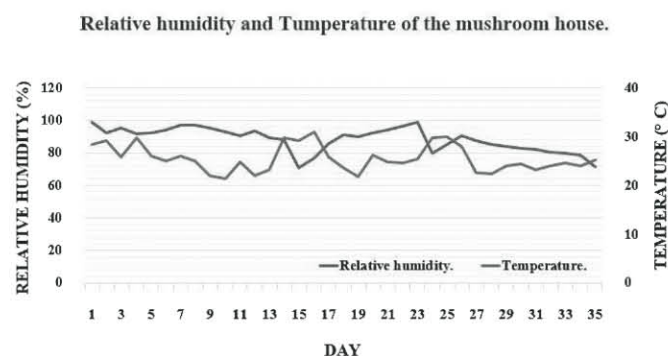
4.4 การกระตุ้นที่แรงดันไฟฟ้า 40 kV เป็นเวลา 10 วินาที ให้ปริมาณน้ำหนักรวมของเห็ดกระด้าง 215 กรัม

4.5 การกระตุ้นที่แรงดันไฟฟ้า 50 kV เป็นเวลา 10 วินาที ให้ปริมาณน้ำหนักรวมของเห็ดกระด้าง 738 กรัม



รูปที่ 3 การเปรียบเทียบน้ำหนักรวมเห็ดกระด้าง

เมื่อนำมาเปรียบเทียบแล้วจะเห็นได้ว่าชุดการทดลองกระตุ้นด้วยไฟฟ้าแรงสูง 50 kV เป็นเวลา 10 วินาที ให้ผลผลิตมากที่สุด ได้น้ำหนักรวมมากกว่ากลุ่มอื่น ๆ โดยคิดเป็น 1.48 เท่าของกลุ่มที่ไม่ได้รับการกระตุ้น



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิภายในโรงเรือนในแต่ละวัน

รูปที่ 4 แสดงอุณหภูมิภายในโรงเรือน ซึ่งมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 25.48 องศาเซลเซียส ซึ่งใช้เวลาในการเก็บข้อมูล 35 วัน จากการสังเกตพบว่าในช่วงวันที่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิแบบเฉียบพลัน การออกดอกของเห็ดจะมีเพิ่มมากขึ้นกว่าปกติและแสดงความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือน มีค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยร้อยละ 88.07 ในการเก็บข้อมูล 35 วัน

5. สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองกระตุ้นการออกดอกของเห็ดกระด้างโดยวิธีการต่าง ๆ โดยทำการเก็บข้อมูลการออกดอก อุณหภูมิและความชื้นเป็นเวลา 35 วัน สรุปได้ว่า

1) ชุดการทดลองกระตุ้นเห็ดกระด้างด้วยไฟฟ้าแรงสูง 50 kV เป็นเวลา 10 วินาที ให้ผลผลิตน้ำหนักรวมมากที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบอัตราน้ำหนักรวมของเห็ดกระด้าง มีน้ำหนักรวมมากกว่าการทดลองแบบปกติ 1.48

เท่า ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Takaki ที่ได้นำเสนอว่าการทดลองกระตุ้นด้วยแรงดันไฟฟ้า 50 kV ให้น้ำหนักรวมของเห็ดมากที่สุด [11]

2) จากการทดลองเบื้องต้นสังเกตได้ว่าในช่วงเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบเฉียบพลัน ปริมาณการออกดอกของเห็ดกระด้างจะเพิ่มมากขึ้น

3) งานวิจัยนี้สามารถเป็นทางเลือกให้กับเกษตรกรในการกระตุ้นเห็ดกระด้าง

4) อย่างไรก็ตามการใช้เครื่องกระตุ้นไฟฟ้าแรงดันสูงต้องมีผู้เชี่ยวชาญให้คำแนะนำ

5) การทดลองนี้ยังไม่สามารถสรุปได้อย่างแท้จริงว่าเห็ดกระด้างที่ถูกกระตุ้นนั้น ออกโดยวิธีการกระตุ้นหรือไม่ ควรจะต้องมีการทดสอบซ้ำเพื่อหาค่าทางสถิติที่เชื่อถือได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ศูนย์ Plasma & Micro/Nano Bubbles to Agriculture and Aquaculture มทร.ล้านนา ในการเอื้อเฟื้อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแรงดันสูง “ไรโซ” ขอขอบคุณ ทนวิทย์ PLASMA TECHNOLOGY โครงการ “Hands-on เรียนรู้ชุมชน ครูได้คิด เด็กได้ทำ” ประจำปี 2559 มทร.ล้านนา และสุดท้ายนี้ขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย ที่ให้คำแนะนำและร่วมทำการบ่มเพาะก้อนเชื้อเห็ดกระด้าง

เอกสารอ้างอิง

- [1] เอกรินทร์ ช่วยชู, นวัตกรรมกับการเพาะเห็ด [Online], 2553, Available: <https://www.thaigreenagro.com/คุณค่าของจุลินทรีย์/จุลินทรีย์/นวัตกรรมกับการเพาะเห็ด/>.
- [2] อัญ ชลธิ์ เชียงกูล, การเพาะเห็ดกระด้าง [Online], 2550, Available: [https://www.baanmaha.com/community/threads/7312-การเพาะเห็ดกระด้าง-\(เห็ดบด\)](https://www.baanmaha.com/community/threads/7312-การเพาะเห็ดกระด้าง-(เห็ดบด)).
- [3] เอกรินทร์ ช่วยชู, ปัจจัยของสิ่งไม่มีชีวิตที่มี ผลต่อการเจริญเติบโตของดอกเห็ด [Online], 2553, Available: <https://www.gotoknow.org/posts/399990>.
- [4] Pinterest, Coolstuff [Online], Available: <https://www.pinterest.com/pin/AfaZCnjq8hHdvx7flhik5pVgxrPhkkLGp0G0u4Vrr3Uvr1Maj6BGQw/>
- [5] Y. Jitsufuchi and M. Yamamoto, “Research for Improvement of Application of Electric Stimulation for Mushroom Cultivation (in Japanese),” Kyushu Electrical Co. Fukuoka, Japan, 1987.
- [6] S. Tsukamoto, T. Maeda, M. Ikeda and H. Akiyama, “Application of pulsed power to mushroom culturing,” the 14th IEEE International Pulsed Power Conference, Dallas, TX, USA, 15 – 18 June 2003, Vol. 2, pp. 1116–1119.

- [7] K. Takaki, N. Yamazaki, S. Mukaigawa, T. Fujiwara, H. Kofujita, K.Takahashi, M. Narimatsu and K. Nagane, "Fruit body formation of basidiomycete by pulse voltage stimulations," Pulsed Power Conference (PPC '09), Washington, DC, USA, 28 June-2 July 2009 , pp 1094 – 1098.
- [8] K. Takaki, K. Kanesawa, N.Yamazaki, S. Mukaigawa, T. Fujiwara, K. Takahasi, K. Yamasita and K. Nagane, "Effect of pulsed high-voltage stimulation on Pholiota nameko mushroom yield," ACTA PHYSICA POLONICA A, the 2nd Euro-Asian Pulsed Power Conference, Vilnius, Lithuania, September 22–26, 2008, pp. 1062–1065.
- [9] K. Takaki, K. Kanesawa, N. Yamazaki, S. Mukaigawa, T. Fujiwara, K. Takahasi, K. Yamasita and K. Nagane, "Improvement of Edible Mushroom Yield by Electric Stimulations," Plasma Fusion Res Ser., 2009, Vol. 8, pp. 556–559.
- [10] S. Ohga, "Utilization of pulsed power stimulate fructification of edible mushroom," Mushroom Sci., 2004. pp 28-31.
- [11] K. Takaki, K. Kanesawa, N. Yamazaki, S. Mukaigawa, T. Fujiwara K. Takahasi, K. Yamasita and K. Nagane, "Application of IES Pulsed Power Generator for Mushroom Cultivatio," IEEE 34th International Conference on Plasma Science (ICOPS 2007). Albuquerque, NM, USA, 17-22 June 2007.
- [12] รัตนาพร นรรัตน์, "รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ การกระตุ้นการออกดอกของเห็ดหอมโดยใช้วิธีช็อคด้วยไฟฟ้าแรงสูง," 2560.