

## บทที่ 2

### แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยดังกล่าวนี้ได้ทำการศึกษาแนวทางการออกแบบและจัดสร้างตู้ปลูกผักไร้ดินด้วยหลอดไฟปลูกต้นไม้ และระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ สำหรับกลุ่มชุมชนตำบลลำพัน อำเภอนำใหม่ จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยคณะผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าจากตำรา เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะนำเสนอเป็นหัวข้อตามรายละเอียดดังนี้

การปลูกผักไร้ดินหรือผักไฮโดรโปนิคส์  
หลอดไฟปลูกต้นไม้ (LED grow light)  
สารละลายธาตุอาหาร (สูตรปุ๋ยชนิด A และชนิด B)  
เครื่องควบคุมอุณหภูมิและความชื้น  
อุปกรณ์สร้างหมอกสำหรับการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์  
สูตรการคำนวณอัตราการไหลของปั๊มสำหรับผักไฮโดรโปนิคส์  
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### การปลูกผักไร้ดินหรือผักไฮโดรโปนิคส์

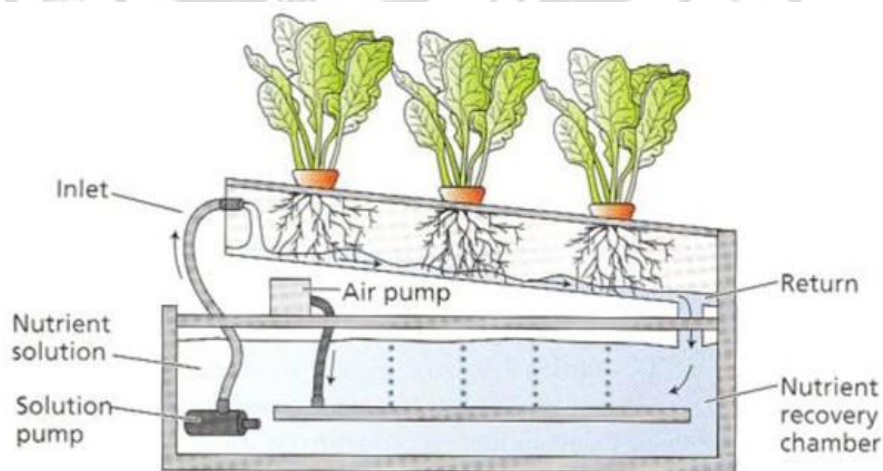
โดยที่มาของคำว่า ไฮโดรโปนิคส์จะมาจากภาษากรีกที่นำสองคำมารวมกันคือคำว่า Hydro ที่แปลว่า น้ำ และ Ponies ที่แปลว่า งาน จึงแปลความหมายออกมาได้ว่ากระบวนการทำงานของน้ำผ่านรากพืช คือเป็นการเลียนแบบการปลูกพืชบนดินแต่จะไม่ใช้ดิน จะใช้ฟองน้ำ ขี้เลื่อยหรือเกลบใช้แทนดินเป็นวัสดุปลูกหรือเป็นที่ยึดเกาะของรากพืช และจะให้สารละลายธาตุอาหารพืชที่ผสมน้ำผ่านทางรากของพืชแทน ซึ่งการปลูกผักด้วยวิธีนี้ได้เริ่มขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1600 โดยนักวิทยาศาสตร์ชาวเบลเยียมที่ชื่อว่า ยานแบ็บทิสทา ฟาน เอลมอนท์ ได้ทำการทดลองกับต้นวิลโล่ คือใช้วิธีใส่ดินในท่อและรดน้ำฝนในระยะเวลา 5 ปี และจากการทดลองพบว่าน้ำหนักของต้นวิลโล่เพิ่มขึ้นจาก 5 ปอนด์ เป็น 169 ปอนด์ ต่อมาในปี ค.ศ. 1699 นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษชื่อ จอห์น วูดวอด ได้ทำการทดลองปลูกพืชในน้ำ และนำแร่ธาตุในดินมาละลายลงในน้ำ ต่อมาในปี ค.ศ. 1925 ศาสตราจารย์มหาลัยแคลิฟอร์เนีย วิลเลียม เอฟ แกริก ทำการทดลองกับมะเขือเทศ โดยเติมอากาศลงในน้ำและให้สารละลายแร่ธาตุลงในน้ำ ผลปรากฏว่าระยะเวลาในการออกผลใช้เวลาเร็วกว่าการปลูกลงดิน และ

มีความยาวถึง 25 ฟุต

สำหรับในประเทศไทยเริ่มต้นในปี พ.ศ. 2520 ในขณะนั้นสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ได้ทรงเสด็จเยือนประเทศอิสราเอลและได้ทอดพระเนตรการพัฒนาต่างประเทศในด้านต่าง ๆ รวมไปถึงการปลูกพืชไร้ดินด้วย ต่อมาในปี พ.ศ. 2526 พระองค์ก็ได้ทรงเสด็จเยือนประเทศญี่ปุ่น และได้ทรงทอดพระเนตรวิธีการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิคส์แบบ DFT (Deep Flow Technique) ซึ่งเป็นระบบน้ำวนที่ให้รากของพืชแช่ลงในน้ำ โดยน้ำก็จะหมุนเวียนไปเรื่อย ๆ จึงทรงศึกษาหาแนวทางเพื่อนำมาใช้ในประเทศไทย ต่อมาเมื่อถึงการเฉลิมฉลองเนื่องในวโรกาสที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงเจริญพระชนมพรรษาครบ 5 รอบในปี พ.ศ. 2530 องค์การอาหาร

และเกษตรแห่งชาติ ได้ถวายงานวิจัยการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิคส์เพื่อร่วมเฉลิมฉลองในวาระนั้น โดยมีพื้นที่วิจัย 3 แห่ง คือ 1). งานสวนในบริเวณสวนจิตรลดา 2). ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ และภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน 3). ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ต่อมาในปี พ.ศ.2530 ฟาร์มที่แรกได้เกิดขึ้นโดยเอกชน ชื่อว่า นาดีตะฟาร์ม ซึ่งตั้งอยู่ในจังหวัดสมุทรสาคร โดยใช้การเติมอากาศเข้าไปในน้ำและให้สารละลายแร่ธาตุลงไปใต้น้ำที่ปลูก ต่อมาในปี พ.ศ. 2536 ได้มีการใช้การปลูกพืชไฮโดรโปนิคส์ในระบบ NFT (Nutrient Film Technique) ซึ่งเป็นระบบที่นิยมในปัจจุบัน ใช้เป็นระบบน้ำวนที่ให้น้ำไหลผ่านรากหมุนเวียนไปเรื่อย ๆ และในปี พ.ศ. 2540 มีการนำเทคโนโลยี NFT มาจากประเทศออสเตรเลีย ใช้โดยบริษัทแอคเซนต์ไฮโดรโปนิคส์ 1997 ทำให้ประเทศไทยมีการตื่นตัวในการปลูกพืชไฮโดรโปนิคส์เป็นอย่างมาก และการปลูกผักด้วยวิธีนี้ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เพราะใช้พื้นที่น้อยเมื่อเทียบกับการปลูกลงดิน ทั้งยังสามารถควบคุมแมลงศัตรูพืชได้ดี และจะมี 2 วิธีในการปลูกคือ (เช่นไฮโดรโปนิคส์, 2557)

1. การปลูกผักแบบไฮโดรโปนิคส์แบบระบบน้ำวน ในการปลูกลักษณะนี้มีอยู่หลายแบบเช่นแบบ NFT (Nutrient Film Technique) และก็แบบ DFT (Deep Flow Technique) ที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น และหลักการของแต่ละรูปแบบนั้นจะคล้ายกัน คือให้สารละลายแร่ธาตุที่ผสมลงไปใต้น้ำไหลผ่านรากของผักอย่างต่อเนื่อง ดังจะแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 การปลูกผักไฮโดรโปนิคส์แบบระบบน้ำวน

ที่มา : (เช่นไฮโดรโปนิคส์, 2557)

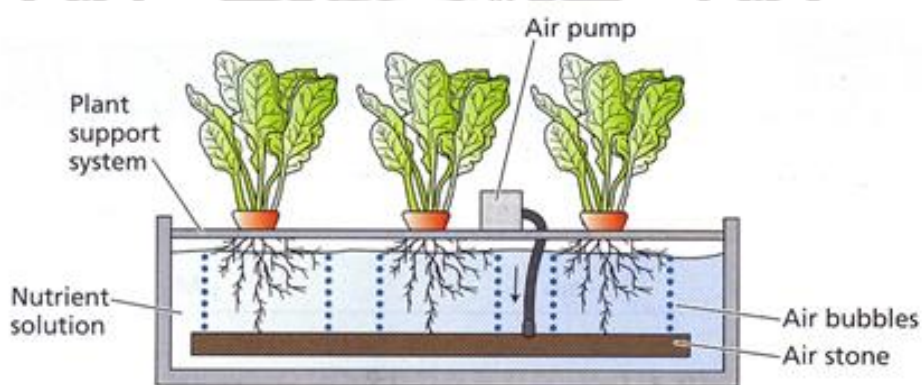
จากภาพที่ 2.1 จะแสดงให้เห็นได้ว่าระบบการปลูกผักแบบน้ำวนมีหลักการทำงานคือ จะให้น้ำที่ผสมกับสารละลายแร่ธาตุอาหารไหลผ่านรากโดยจะมีปั้มน้ำดูดจากแหล่งน้ำด้านล่างขึ้นไปยังรางที่ปลูกผัก และน้ำจากรางผักก็จะไหลลงแหล่งน้ำ โดยจะวนกันแบบนี้ตลอดเวลา ระบบนี้มีทั้งข้อดีและข้อเสียคือ

## ข้อดี

- 1). ระบบนี้ทำความสะอาดง่าย
- 2). เกิดโรคน้อย เพราะมีการวนของน้ำตลอดเวลา
- 3). ผักโตเร็วกว่าระบบน้ำนิ่ง
- 4). เมื่อฝนตกน้ำฝนจะไม่ปนกับสารละลายแร่ธาตุทำให้ไม่สิ้นเปลืองปุ๋ย

## ข้อเสีย

- 1). เวลาไฟฟ้าดับจะส่งผลเสียต่อพืชผัก ทำให้ผักใบเหี่ยวเพราะระบบนี้มีปั๊มน้ำที่คอยดูดน้ำเข้าสู่แปลงผัก เมื่อไฟฟ้าดับทำให้ปั๊มน้ำไม่สามารถทำงานได้พืชผักจึงขาดน้ำ
  - 2). มีอุปกรณ์ที่เยอะกว่าระบบน้ำนิ่งและราคาต้นทุนในการสร้างแพงกว่าระบบน้ำนิ่ง
  - 3). ปลุกผักที่ต้องใช้เวลาในการเจริญเติบโตเป็นระยะเวลานาน ๆ ไม่ได้ เพราะรากจะงอกเต็มรางปลุกผักทำให้จัดการได้ยาก
2. การปลูกผักไฮโดรโปนิคส์แบบระบบน้ำนิ่ง คือการให้น้ำให้ซึ่งภาชนะที่จะเพาะปลูก เช่น ถ้วยโฟม ตู้ปลา เป็นต้น จากนั้นก็จะเติมสารละลายแร่ธาตุลงไปในภาชนะปลูก โดยอัตราส่วนสารละลายแร่ธาตุต่อน้ำคือสารละลายแร่ธาตุ 5 ซีซี ต่อน้ำ 1 ลิตร ดังจะแสดงในภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 การปลูกผักไฮโดรโปนิคส์แบบระบบน้ำนิ่ง  
ที่มา : (เซนไฮโดรโปนิคส์, 2557)

จากภาพที่ 2.2 จะแสดงให้เห็นได้ว่าระบบการปลูกผักแบบน้ำนิ่งมีหลักการทำงานคือการเติมน้ำให้ซึ่งของแปลงปลูกผัก โดยน้ำนั้นก็ผสมสารละลายธาตุอาหารไว้ด้วย และการเติมน้ำลงให้แปลงผักนั้นก็ต้อคาดคะเนให้น้ำนั้นอยู่ระดับเดียวกับรากของผักด้วย เพื่อที่รากของผักจะสามารถดูดซับน้ำที่ผสมสารละลายแร่ธาตุอาหารได้ ซึ่งในระบบนี้ผู้ปลูกต้องหมั่นดูแลระดับน้ำอย่างสม่ำเสมอ ทั้งข้อดีและข้อเสียคือ

## ข้อดี

- 1). ไม่ต้องพึ่งพาระบบไฟฟ้า ทำให้เมื่อไฟฟ้าดับ ผักก็สามารถเจริญเติบโตได้
- 2). การจัดสร้างในระบบนี้ สามารถหาอุปกรณ์ได้ง่าย เช่น ตู้ปลา ถ้วยโฟม เป็นต้น
- 3). ราคาต้นทุนถูกเมื่อเทียบกับระบบน้ำวน

### ข้อเสีย

- 1). ระบบนี้ไม่สามารถตากฝนได้ เพราะน้ำฝนจะไปปะปนกับสารละลายแร่ธาตุทำให้สารละลายแร่ธาตุเจือจาง ทำให้สิ้นเปลืองปุ๋ย
- 2). เกิดโรคได้ง่าย เพราะน้ำนั้นไม่มีการถ่ายเทแต่จะขังอยู่ในแปลงผักตลอดเวลา
- 3). ผักที่ปลูกในระบบนี้จะเจริญเติบโตช้ากว่าผักที่ปลูกในระบบน้ำวน
- 4). แปลงที่ปลูกผักทำความสะอาดยาก เช่น กล่องโฟม และเป็นแหล่งสะสมเชื้อโรค
- 5). ต้องหมั่นตรวจเช็คระดับน้ำ และต้องคอยเติมน้ำเข้ายังแปลงผักอยู่เสมอ เพราะถ้าระดับน้ำสูงไม่ถึงระบบรากของผัก ก็จะไม่สามารถดูดซึมน้ำและสารอาหารได้ ทำให้ผักตายในที่สุด โดยในระบบนี้ส่วนมากจะใช้กับการเพาะปลูกในพื้นที่ขนาดเล็ก เช่น บ้าน ในห้องเช่า เป็นต้น

ซึ่งโดยปกติแล้วพืชจะสามารถเจริญเติบโตได้นั้น ต้องมีการเจริญเติบโตที่เหมาะสมคือ สภาพภูมิอากาศที่เหมาะสม เช่น แสงแดด อุณหภูมิ น้ำ ธาตุอาหารพืชที่มาจากดิน น้ำ และอากาศ (ออกซิเจน ไฮโดรเจน และ คาร์บอนไดออกไซด์) ทั้งที่รากส่วนเหนือดิน ซึ่งการที่พืชจะนำธาตุอาหารไปใช้นั้นจะเกี่ยวข้องกับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดิน การปลูกพืชบนดินโดยทั่วไปแม้ดินจะมีธาตุอาหาร และอากาศอันเป็นปัจจัยที่พืชต้องการ แต่ก็มีข้อเสียคือดินจะไม่มีคุณสมบัติตามที่ต้องการ กล่าวคือดินจะมีคุณสมบัติที่ไม่แน่นอนแตกต่างกันไปตามสภาพของพื้นที่ เช่น โครงสร้างของดิน ปริมาณธาตุอาหารหรือความอุดมสมบูรณ์ต่ำ pH ไม่เหมาะสม ยุ่งยากต่อการปรับปรุงและเสียค่าใช้จ่ายสูง ปัญหาเหล่านี้ทำให้ได้ผลผลิตที่ไม่แน่นอนส่วนการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินนั้นพืชจะได้รับสารละลายที่มีธาตุอาหารเรียกว่า สารละลายธาตุอาหารพืชที่ประกอบด้วยธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช ที่อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ทันทีเพราะมีการปรับค่า EC และ pH ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อพืชอยู่ตลอดเวลา อันที่จริงแล้วไม่มีความแตกต่างทางสรีระวิทยาของรากพืชที่จะนำธาตุอาหารทั้งจากการปลูกบนดินตามธรรมชาติ หรือจากการปลูกพืชที่ไม่ใช้ดิน คือในการปลูกพืชบนดินตามธรรมชาติ "สารอาหารในดิน (Soilless solution)" เป็นอาหารพืชที่อยู่ในน้ำในดินนั้นมาจากวัตถุที่เป็นสิ่งที่เน่าเปื่อยผุพังย่อยสลาย (Decomposed) ที่มาจากวัสดุที่เป็นทั้งอินทรีย์สาร (Inorganic) และ วัสดุปลูกที่เป็นอินทรีย์สาร (Organic) ในขณะที่การปลูกพืชที่ไม่ใช้ดินนั้น พืชก็จะได้ "สารละลายธาตุอาหาร" (Nutrient Solution) มาจากการละลายของปุ๋ยเคมีในน้ำเรียกว่า "สารละลายธาตุอาหารพืช" ทั้งสารอาหารในดิน (Soilless solution) ของการปลูกพืชบนดินที่ได้จากการเน่าเปื่อยผุพังตามธรรมชาติ และสารละลายธาตุอาหาร (Nutrient solution) จากการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินจะสัมพันธ์กับรากพืช ซึ่งพืชจะดูดเอาไปใช้ในการเจริญเติบโตด้วยกระบวนการต่าง ๆ นั้นเอง (เช่นไฮโดรโปนิคส์, 2557) ซึ่งจะสามารถเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินดังตารางที่ 2.1



ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

ข้อดี	ข้อเสีย
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. สามารถทำการเพาะปลูกพืชได้ในบริเวณพื้นที่ไม่ดี หรือสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม</li> <li>2. ให้ผลผลิตต่อพื้นที่ปลูกสูงและทำการผลิตได้อย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง</li> <li>3. การใช้แรงงาน ระยะเวลา และค่าใช้จ่ายต่ำกว่า</li> <li>4. ใช้น้ำและธาตุอาหารอย่างประหยัด และมีประสิทธิภาพ เช่น ใช้น้ำลดลงได้ถึง 10 เท่า</li> <li>5. ลดค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวกับการใช้สารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชได้ 100% ผลผลิตมีคุณภาพและไม่มีสารพิษ</li> <li>6. สามารถปลูกได้ง่าย แม้อยู่ในเมืองเพราะใช้พื้นที่น้อยทำให้ประหยัดค่าขนส่ง</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. การลงทุนขั้นต้นสูงกว่าการปลูกบนดิน</li> <li>2. ผู้ปลูกต้องมีความรู้ความเข้าใจในเทคนิคการปลูกพืชแบบไร้ดินเป็นอย่างดี</li> <li>3. ต้องการการควบคุมดูแลอย่างสม่ำเสมอ</li> </ol>

ที่มา : (เซนไฮโดรโปนิคส์, 2557)

จากรูปแบบของการปลูกผักไร้ดินในข้างต้น ก็จะขอกล่าวถึงรายละเอียดในเรื่องของธาตุอาหารและสารละลายธาตุอาหาร ก็คือในการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินนั้นปัจจัยหลักที่ทำให้ต้นพืชเจริญเติบโตได้ดี ก็คือธาตุอาหารที่เป็นวัตถุดิบในการให้ต้นพืชเจริญเติบโต ในกระบวนการสร้างสารอาหารหรือการสังเคราะห์แสงนั่นเอง ซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ก็คือคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อได้รับแสงบนคลอโรฟิลล์ก็จะได้สารคาร์โบไฮเดรตและออกซิเจน จะเห็นได้ว่าธาตุอาหารที่พืชใช้ในกระบวนการดังกล่าวนี้ ก็คือคาร์บอนจากคาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจน ออกซิเจนจากน้ำ และในส่วนของคลอโรฟิลล์ในพืชมีธาตุอื่น ๆ เป็นองค์ประกอบ ธาตุไนโตรเจน และแมกนีเซียม ซึ่งเราสามารถจำแนกธาตุอาหารตามปริมาณความต้องการในปริมาณที่ต่างกันในการใช้ของพืช ซึ่งหากใช้ไม่เหมาะสมก็จะทำให้พืชเติบโตไม่ปกติ นอกจากนี้การให้ธาตุอาหารให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมถือเป็นสิ่งสำคัญ ถ้าให้ได้อย่างใดอย่างหนึ่งมากเกินไป พืชก็ไม่สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ ดังจะแสดงในตารางที่ 2.2 และ 2.3

ตารางที่ 2.2 แสดงกลุ่มธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการ

กลุ่มธาตุที่พืชต้องการสูง (Macro-elements)	
ธาตุคาร์บอน (C)	เป็นองค์ประกอบหลักในโครงสร้างของพืช ซึ่งมีความจำเป็นในกระบวนการสังเคราะห์แสงที่กล่าวมาข้างต้น ซึ่งในบรรยากาศมีเพียงพอในธรรมชาติ
ธาตุออกซิเจน (O)	พืชมีความจำเป็นในการใช้ออกซิเจนในกระบวนการหายใจ เพื่อนำออกซิไดซ์สารอาหารพวกคาร์โบไฮเดรต ย่อยให้เป็นน้ำตาลขนาดเล็กและได้เป็นพลังงานเพื่อให้พืชนำไปใช้ในกระบวนการเจริญเติบโตของต้นพืช
ธาตุไฮโดรเจน (H)	ไฮโดรเจนมีความจำเป็นในกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งพืชสามารถได้จากน้ำเป็นส่วนใหญ่ หรืออาจได้จากในบรรยากาศ เช่น กล้วยไม้
ธาตุไนโตรเจน (N)	ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์ เป็นส่วนประกอบโครงสร้างของพืช เช่น คลอโรฟิลล์ กรดอะมิโน และองค์ประกอบของโปรตีน ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช แหล่งไนโตรเจนสามารถหาได้จากการตรึงในบรรยากาศ หรือจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ ซากพืชซากสัตว์ที่ตายแล้ว
ธาตุเหล็ก (Fe)	มีบทบาทในการช่วยให้พืชสังเคราะห์แสงโดยเป็นตัวพาอะตอมออกซิเจนในการหายใจ และมีบทบาทในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ และเป็นสารประกอบของ Flavoprotein มีความจำเป็นในการสร้างน้ำตาล และแป้ง
ธาตุคลอรีน (Cl)	มีบทบาทในการกระบวนการสังเคราะห์แสงช่วยเพิ่มความเป็นกรดในเซลล์ กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ ซึ่งคลอรีนในสภาพทั่วไปจะมีความเพียงพอต่อความต้องการของพืช

ที่มา : (เซนไฮโดรโปนิคส์, 2557)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตารางที่ 2.3 การตอบสนองของพืชในใบที่ได้รับธาตุอาหารน้อยหรือมากเกินไป

ธาตุอาหาร / สภาพที่เกิด	ลักษณะอาการแสดงทางใบพืช
ไนโตรเจน (N) ได้รับน้อย หรือได้รับมากเกินไป	<ul style="list-style-type: none"> <li>- หากได้รับน้อยจะเปลี่ยนจากใบสีเขียวเป็นสีเหลือง สีน้ำตาลและใบแห้งตาย การเจริญเติบโตช้า ต้นเตี้ย มีความสมบูรณ์ต่ำลง</li> <li>- หากได้รับมากจะมีสีเขียวเข้ม มีการแตกใบใหม่ และใบอวบ จึงง่ายต่อการเข้าทำลายของโรคและแมลง หากเกิดสภาพแห้งแล้งต้นพืชจะหักล้ม และมีการให้ผลผลิตน้อย กรณีให้ปุ๋ยในรูปแอมโมเนียมไนเตรท ( <math>\text{NH}_4\text{-N}</math> ) อาจเกิดพิษของแอมโมเนียม มีผลทำให้ลดการเจริญเติบโตและเป็นโรคโคนเน่า</li> </ul>
ฟอสฟอรัส (P) ได้รับน้อยหรือ ได้รับมากเกินไป	<ul style="list-style-type: none"> <li>- หากได้รับน้อยจะมีการเจริญเติบโตช้า และเตี้ย ใบแก่จะมีลักษณะสีม่วงทางด้านใต้ใบ</li> <li>- หากได้รับมากจะไม่มีผลชัดเจนแต่อาจไปกระทบต่อการขาดธาตุ Zn Fe และ Mn</li> </ul>
โปแตสเซียม (K) ได้รับน้อยหรือ ได้รับมากเกินไป	<ul style="list-style-type: none"> <li>- หากได้รับน้อยจะทำให้ใบแก่และมีจุดไหม้</li> <li>- หากได้รับมากอาจมีผลยับยั้งการใช้ Mg และทำให้ความสมดุลย์ของ Ca เปลี่ยนไป</li> </ul>
แมกนีเซียม (Mg) ได้รับน้อยหรือ ได้รับมากเกินไป	<ul style="list-style-type: none"> <li>- หากได้รับน้อยใบแก่จะเหลือง การเจริญของต้นจะช้าลงและง่ายต่อการเข้าทำลายของเชื้อโรค</li> <li>- มีผลต่อความสมดุลของธาตุ Ca หรือ K</li> </ul>
กำมะถัน (S) ได้รับน้อยหรือ ได้รับมากเกินไป	<ul style="list-style-type: none"> <li>- หากได้รับน้อยใบจะมีสีเขียวเข้ม ส่วนใบแก่เปลี่ยนเป็นสีเหลือง</li> <li>- หากได้รับมากปลายยอดและขอบใบจะมีสีน้ำตาล และทำให้พืชตายในที่สุด</li> </ul>
แมงกานีส (Mn) ได้รับน้อยหรือ ได้รับมากเกินไป	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ได้รับน้อยจะเกิด Chlorosis ที่ใบอ่อนต้นมีการเจริญเติบโตช้า</li> <li>- หากได้รับมากใบแก่จะมีจุดสีน้ำตาล</li> </ul>
โมลิบดีนัม (Mo) ได้รับน้อยหรือ ได้รับมากเกินไป	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ได้รับน้อยใบอ่อนและใบกลางจะเกิดอาการ Chlorosis ขอบใบจะม้วนมีปัญหาในการออกดอก</li> <li>- หากได้รับมากยังไม่ปรากฏผลชัดเจน</li> </ul>

ตารางที่ 2.3 การตอบสนองของพืชในใบที่ได้รับธาตุอาหารน้อยหรือมากเกินไป (ต่อ)

ธาตุอาหาร / สภาพที่เกิด	ลักษณะอาการแสดงทางใบพืช
สังกะสี (Zn) ได้รับน้อยหรือ ได้รับมากเกินไป	- ได้รับน้อย ด้านบนของใบจะแสดงการเกิด Chlorosis ใบมีขนาดเล็กและเป็นกระจุก - หากได้รับมากจะทำให้พืชไม่สามารถใช้ธาตุเหล็กได้
คลอรีน (Cl) ได้รับน้อยหรือ ได้รับมากเกินไป	- ได้รับน้อยใบอ่อนจะเกิด Chlorotic และมีการเหี่ยว ทำให้โรคเข้าทำลายได้ง่าย - หากได้รับมากจะเกิดอาการใบเหลืองในขณะต้นยังไม่โตเต็มที่ มีการไหม้ของขอบใบและปลายยอด
เหล็ก (Fe) ได้รับน้อยหรือ ได้รับมากเกินไป	- ได้รับน้อยจะมีการเกิด Chlorosis ซึ่งพบในใบอ่อน - หากได้รับมากจะมีจุดสีน้ำตาลเกิดขึ้นบนใบ

ที่มา : (ทออาร์กรีน, 2562)

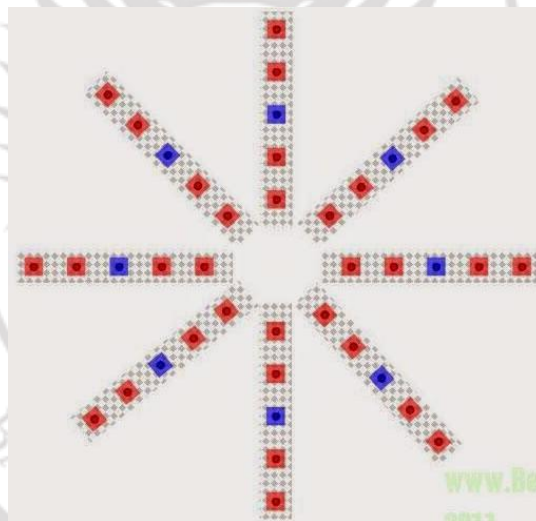
### หลอดไฟปลูกต้นไม้ (LED grow light)

หลอดไฟปลูกต้นไม้หรือแสงแดดเทียมถือเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการเจริญเติบโตของพืชชนิดต่าง ๆ แต่ในบางพื้นที่ของโลกใบนี้ยังมีปัญหาการเพาะปลูกพืชไม่ได้ เนื่องจากไม่มีแสงแดดหรือแสงแดดมีจำกัด เช่น การเพาะปลูกพืชในฤดูหนาวที่มีจำนวนแสงแดดน้อยมาก หรือในพื้นที่อุทกภัยต่าง ๆ ก็จะมีปลูกพืชได้ลำบากเช่นกัน และเมื่อกล่าวในเรื่องของแสง แสงสีขาวที่ตาของมนุษย์มองเห็นจะเป็นแสงที่มีช่วงความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 400-800 นาโนเมตร แต่ขณะที่พืชสามารถดูดกลืนแสงได้มากเป็นพิเศษที่ระดับ 2 ช่วงความยาวคลื่นเท่านั้นคือ แสงช่วงความยาวคลื่นระหว่าง 400-500 นาโนเมตร โดยจะประกอบด้วยแสง สีม่วง สีนํ้าเงิน และสีเขียว กับแสงสีแดงที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 600-800 นาโนเมตร โดยแสงสีแดงเป็นแสงที่พืชสามารถดูดกลืนไว้ได้มากที่สุด และมีอิทธิพลต่อการออกดอกของพืชด้วย ทั้งนี้พืชแต่ละชนิดและสายพันธุ์จะตอบสนองต่อช่วงความยาวคลื่นแสงแตกต่างกัน และเราสามารถใชแสงจากหลอดไฟ LED แทนแสงจากดวงอาทิตย์เพื่อช่วยให้ต้นไม้เจริญเติบโตหรือสังเคราะห์แสงได้ ซึ่งจำเป็นจะต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับ Color Spectrum ก่อนว่ามีส่วนประกอบอะไรบ้างและมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างไรบ้าง

แสงอาทิตย์จะประกอบด้วย Color Spectrum ทุกสีเหมือนตอนฉายแสงผ่านปริซึมหรือตอนเกิดรุ้งกินน้ำบนท้องฟ้า โดยแสงแต่ละสีก็จะมีช่วงความยาวคลื่นที่ต่างกัน ซึ่งความยาวคลื่นแสงที่จำเป็นกับการเจริญเติบโตของพืชแล้วมีเพียงแสงสีแดงกับสีนํ้าเงินเท่านั้น ส่วนแสงสีเหลือง สีส้ม และสีเขียวจะไม่จำเป็นเพราะจะโดนสะท้อนกลับนั่นเอง แสงที่ใกล้เคียงแสงอาทิตย์มากที่สุดคือแสง



จากหลอด Incandescent หรือหลอดไส้นั่นเอง แต่เราสามารถใส่หลอดไฟ LED สีแดง 80-85 เเปอร์เซ็นต์ กับหลอดไฟ LED สีน้ำเงิน 15-20 เเปอร์เซ็นต์ รวมกันเป็นแสงที่มีความยาวคลื่นที่พืชต้องการได้เช่นเดียวกับแสงอาทิตย์ ซึ่งเหมาะสำหรับการปลูกไม้ประดับหรือการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ (Hydroponic) และถ้าหากนำหลอด Incandescent มาใช้งานก็จะต้องใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงมากเมื่อเทียบกับหลอดไฟ LED ดังนั้นหลอดไฟ LED จึงมีความเหมาะสมในการใช้งานมากกว่า และในส่วนของ Color Spectrum ของหลอดไฟ LED นั้น ส่วนใหญ่เราจะใช้หลอดไฟ LED สีแดง กับสีน้ำเงินเป็นหลัก แต่ก็อาจนำสีขาวยามาผสมได้ด้วยเพื่อให้เกิดแสงสีเหลืองสีส้มและสีเขียว เช่น จำลองการใช้งานหลอดไฟ LED เป็นจำนวนทั้งหมด 100 หลอด จะแบ่งเป็นสีแดง 80 หลอด สีน้ำเงิน 19 หลอด และสีขาวจำนวน 1 หลอด โดยสาเหตุที่หลอดไฟ LED สามารถนำมาใช้เป็นแสงแดดเทียมได้นั้น ก็เพราะว่าปกติแล้วอิเล็กตรอน (Electron) ที่เป็นพลังงานทางไฟฟ้าสามารถเปลี่ยนกลับไปมาเป็นพลังงานแสงได้หรือที่เรียกว่า Photon ที่ความยาวคลื่นและความถี่ที่ต่างกัน จึงทำให้ได้สีออกมาไม่เหมือนกันตามหลักการของ Quantum Physic นั่นเอง ซึ่งสามารถแสดงตัวอย่างการสร้างแสงแดดเทียมหรือแสงอาทิตย์เทียมได้ดังในภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 แสดงตัวอย่างการสร้างแสงแดดเทียมโดยใช้อัตราส่วนของหลอดไฟ 4 : 1 ที่มา : (เกษตรกรไฮเทค, 2558)

### ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

จากภาพที่ 2.3 จะทำการทดลองใช้หลอดไฟ LED ในอัตราส่วน 4 : 1 คือใช้หลอดไฟสีแดงจำนวน 4 หลอด และใช้สีน้ำเงินจำนวน 1 หลอด หรือคิดเป็นสีแดง 80 เเปอร์เซ็นต์ และสีน้ำเงิน 20 เเปอร์เซ็นต์ หรืออาจจะนำสีขาวยามาใช้อีก 1 เเปอร์เซ็นต์ก็ได้ เพื่อให้มีความใกล้เคียงกับแสงแดดมากที่สุดก็ได้เช่นกัน ซึ่งรูปแบบดังกล่าวนี้จะแยกออกเป็น Module ที่ต่ออนุกรมกันจำนวน 5 หลอด คือสีแดง 4 หลอดและสีน้ำเงิน 1 หลอด โดยเราอาจจะสลับตำแหน่งสีน้ำเงินไปไว้ตรงไหนก็ได้ เพื่อให้มีการกระจายของแสงตามที่ต้องการ และในกรณีที่เรา นำ Module หลาย ๆ อันมาต่อขนานพ่วงกันนี้

โดย Module แต่ละอันก็สามารถต่อเข้ากับระบบไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 12 โวลต์ได้ทันที แต่ต้องคำนึงถึงค่ากระแสไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายไฟด้วย ว่าสามารถรับภาระโหลดที่ป้อนให้กับหลอดไฟ LED เพียงพอหรือไม่ และในปัจจุบันมีหลอดไฟ LED สำหรับใช้ปลูกพืชในที่ร่มจัดจำหน่ายอยู่มากมายหลายรูปแบบ ดังตัวอย่างที่จะแสดงในภาพที่ 2.4 (เกษตรกรไฮเทค, 2558)



ภาพที่ 2.4 แสดงลักษณะของหลอดไฟ LED สำหรับปลูกต้นไม้  
ที่มา : (เกษตรกรไฮเทค.2558)

### สารละลายธาตุอาหาร (สูตรปุ๋ยชนิด A และชนิด B)

โดยสารละลายธาตุอาหารของพืช จะถือเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่ขาดไม่ได้ ที่จะช่วยในการเจริญเติบโตของพืช และจะสามารถแบ่งสารละลายธาตุอาหารออกเป็น 2 ชนิด คือปุ๋ยชนิด A และปุ๋ยชนิด B ซึ่งจะต้องนำปุ๋ยทั้งสองชนิดมาผสมให้เข้ากันด้วย เพื่อให้พืชสามารถดูดซึมสารอาหารไปใช้ได้อย่างเต็มที่ โดยจะมีสูตรของสารละลายธาตุอาหารแบบเข้มข้น (ปุ๋ยA+B) ในอัตราส่วน 1 : 100 จำนวน 1 ลิตร ดังจะแสดงได้ในตารางที่ 2.4 และ 2.5

ตารางที่ 2.4 แสดงสูตรปุ๋ยชนิด A (Stock Solution A)

สารละลาย	ปริมาณ
แมกนีเซียมซัลเฟต (mgSO <sub>4</sub> )	50 กรัม
โพแทสเซียมไนเตรท (KNO <sub>3</sub> )	80 กรัม
โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต (MAP)	12.5 กรัม
โมโนโพแทสเซียมฟอสเฟต (MKP)	8.5 กรัม
แมงกานีสคีเลต (Mn-EDTA)	0.4 กรัม
จุลธาตุรวม	0.5 กรัม

ที่มา : (เกษตรคนแกร่ง, 2560)

โดยมีวิธีผสมสารละลายธาตุอาหารชนิด A คือ ให้ทำการเตรียมปุ๋ยชนิด A โดยให้ชั่งสารละลายธาตุอาหารตามปริมาณข้างต้น และแยกแต่ละชนิดใส่ภาชนะชนิดละ 1 ใบ เมื่อทำการชั่งสารละลายธาตุอาหารสำหรับเตรียมปุ๋ยชนิด A เรียบร้อยแล้ว หลังจากนั้นให้เติมน้ำสะอาดลงภาชนะที่บรรจุธาตุอาหารดังกล่าว ทำการผสมธาตุอาหารแต่ละตัวให้ละลายทั้งหมดแล้วนำสารละลายทั้งหมดเทรวมกัน จากนั้นให้ปรับปริมาณให้ได้จำนวน 1 ลิตร ก็จะได้ปุ๋ยชนิด A ที่มีความเข้มข้น 1:100 เท่านั้นเอง

#### ตารางที่ 2.5 แสดงสูตรปุ๋ยชนิด B (Stock Solution B)

สารละลาย	ปริมาณ
แคลเซียมไนเตรท (Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> )	100 กรัม
เหล็กคีเลต (Fe-EDTA)	3 กรัม
จุลธาตุรวม	0.3 กรัม

ที่มา : (เกษตรคนแกร่ง, 2560)

โดยมีวิธีผสมสารละลายธาตุอาหารชนิด B คือ ให้ทำการเตรียมปุ๋ยชนิด B และให้ชั่งธาตุอาหารแต่ละชนิดใส่ภาชนะ โดยชั่งใส่ภาชนะแยกกัน เมื่อทำการชั่งธาตุอาหารสำหรับเตรียมปุ๋ยชนิด B เสร็จเรียบร้อยแล้ว จากนั้นให้เติมน้ำสะอาดลงภาชนะที่บรรจุธาตุอาหารดังกล่าว ผสมธาตุอาหารแต่ละตัวให้ละลายทั้งหมดแล้วนำสารละลายทั้งหมดเทรวมกัน และปรับให้ได้จำนวน 1 ลิตร ก็จะได้ปุ๋ยชนิด B ที่มีความเข้มข้น 1:100 เท่านั้นเอง

หลังจากได้วิธีผสมและอัตราส่วนต่าง ๆ ของปุ๋ยชนิด A และ B เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ก็จะมาถึงขั้นตอนของการผสมปุ๋ยทั้งสองชนิดเข้าไว้ด้วยกันคือ ทำการดูดสารละลายชนิด A และ B ในอัตราส่วนเท่า ๆ กัน คือ 1:1 เช่น ต้องการเตรียมสารละลายธาตุอาหารสำหรับปลูกผักสลัด 100 ลิตร จะต้องดูดสารละลายชนิด A ปริมาณ 1 ลิตร เติมน้ำและผสมให้เข้ากันทั้งหมด หลังจากนั้นให้ดูดสารละลายชนิด B ปริมาณ 1 ลิตรใส่ลงไปผสมให้เข้ากัน ก็จะได้สารละลายธาตุอาหารสำหรับปลูกผักสลัดปริมาณ 100 ลิตร แต่ถ้าต้องการเตรียมสารละลายสำหรับปลูกผักไทย ให้เตรียมโดยเพิ่มความเข้มข้นเป็น 2 เท่าของผักสลัด หากต้องการเตรียมปลูกผักไทย 100 ลิตร จะต้องใช้สารละลายชนิด A และ B อย่างละ 2 ลิตร เป็นต้น และต้องพิจารณาค่า EC ที่เหมาะสมของผักแต่ละชนิดด้วย ลักษณะของปุ๋ยชนิด A และ B ดังจะแสดงในภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 แสดงลักษณะของปุ๋ยชนิด A และ B  
ที่มา : (เกษตรคนแกร่ง, 2560)

### เครื่องควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

โดยในปัจจุบันค่าความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) และค่าอุณหภูมิ (Temperature) จะมีอยู่ทั่วไปในอากาศ เช่น บริเวณในห้อง ในบ้าน รถยนต์ โรงเรือนเพาะปลูก โรงเลี้ยงสัตว์ เป็นต้น และโดยเฉพาะ ในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีกระบวนการผลิตอยู่มากมายหลายขั้นตอน จึงจำเป็นต้องมีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิ (Relative Humidity & Temperature) มากเป็นพิเศษ ในประเภทของอุตสาหกรรมต่าง ๆ อาทิเช่น อุตสาหกรรมการเกษตร อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมยา อุตสาหกรรมพลาสติกและอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น ซึ่งถือเป็นอุตสาหกรรมที่มีปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อม คือระดับของอุณหภูมิและความชื้นจะเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อกระบวนการในการผลิต ทำให้ต้องมีการนำอุปกรณ์เครื่องมือวัดและควบคุมค่าความชื้นและอุณหภูมิ เช่น เครื่องวัดอุณหภูมิ-ความชื้น (Hygrometer), อุปกรณ์วัดความชื้น (Humidity Sensor), เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ (Temperature Sensor), เครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Controller) เป็นต้น เพื่อให้นำมาวิเคราะห์ในการวางแผนการผลิต ซึ่งในการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิ เราจะสามารถแบ่งอุปกรณ์ออกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. เครื่องวัดความชื้นและอุณหภูมิในอากาศแบบชนิดพกพา (Portable Temperature Humidity Meter) เป็นอุปกรณ์ที่สามารถวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นได้ภายในตัวเดียวกัน และแสดงผลที่ได้บริเวณหน้าจอของอุปกรณ์หรือมีการวัดค่าแบบเก็บข้อมูล (Data logger) สำหรับอ่านผลผ่านระบบ Computer ทำให้เกิดความสะดวกในลักษณะของงานแบบนอกสถานที่ (Out Door) ในการวัดค่าหลาย ๆ จุด เช่น วัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ของไอน้ำ (Dew Point) ในเรือนเพาะชำหรือในสวนพืชผัก เป็นต้น ดังแสดงในภาพที่ 2.6



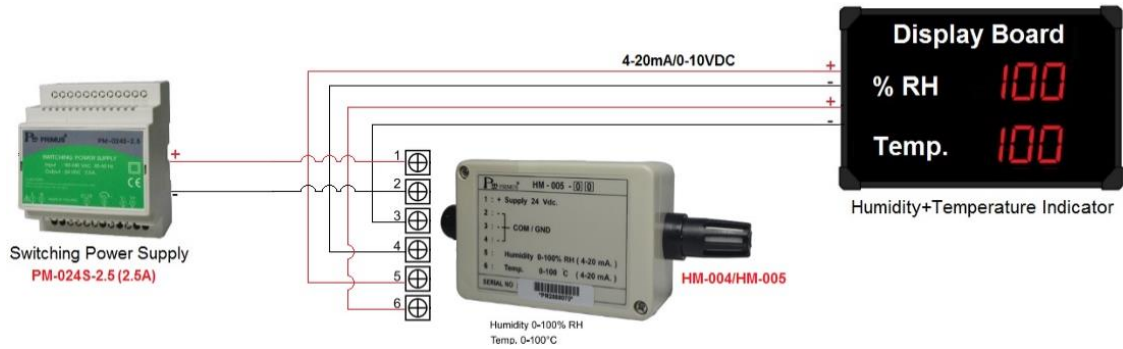


ภาพที่ 2.6 แสดงลักษณะของเครื่องวัดความชื้นและอุณหภูมิในอากาศแบบชนิดพกพา  
ที่มา : (ไพรมัส, 2562)

2. อุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์แบบติดตั้งผนัง และแปลงสัญญาณให้เป็นสัญญาณมาตรฐานทางไฟฟ้าคือที่ 4-20mA/0-10VDC (Humidity & Temperature Transmitter) สามารถต่อใช้งานร่วมกับเครื่องควบคุม (Controller) เครื่องบันทึก (Recorder) เครื่องแสดงผล (Digital Indicator) โปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ (PLC) หรือเครื่องแสดงผลโดยรับสัญญาณ RS-485 Communication ตัวอย่างของอุปกรณ์ดังกล่าวจะแสดงในภาพที่ 2.7 และตัวอย่างการต่อใช้งาน Humidity & Temperature Transmitter อุปกรณ์แปลงสัญญาณอนาล็อก 4-20mA/0-10VDC เพื่อแสดงค่าอุณหภูมิและความชื้นที่ Target Board จะแสดงในภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.7 แสดงลักษณะของอุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์แบบติดตั้งผนัง  
ที่มา : (ไพรมัส, 2562)



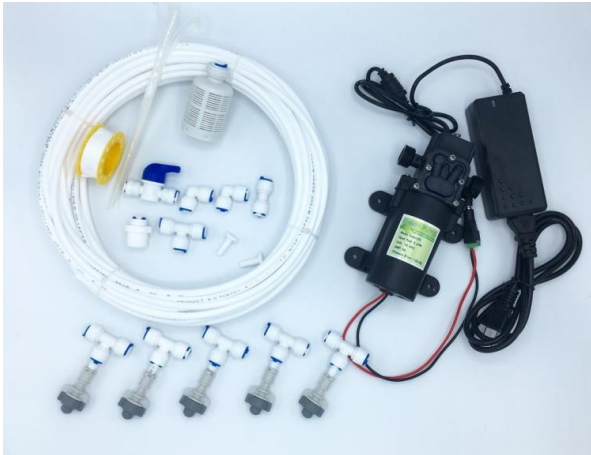
ภาพที่ 2.8 แสดงตัวอย่างการต่อใช้งานอุปกรณ์  
ที่มา : (ไพรมัส, 2562)

### อุปกรณ์สร้างหมอกสำหรับการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์

ในการทำฟาร์มผักไฮโดรโปนิกส์ในกลุ่มผักสลัดนั้น หัวใจที่สำคัญอย่างหนึ่งที่เราขาดไม่ได้ก็คือระบบการสร้างหมอกนั่นเอง ซึ่งถือว่ามีคามจำเป็นอย่างมากเพื่อสำหรับช่วยเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ เนื่องจากในช่วงเวลาเที่ยงและช่วงบ่าย จะเป็นช่วงที่แสงแดดมีความเข้มข้นมากและร้อนจัดส่งผลทำให้พืชผักมีการคายน้ำที่สูง อุปกรณ์พ่นหมอกจึงมีความจำเป็น และจะช่วยปรับสมดุลของการคายน้ำทางใบให้กับพืชผักที่ปลูกได้ และการพ่นหมอกนอกจากจะช่วยเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์แล้ว อีกทั้งยังช่วยไล่แมลงตัวเล็ก ๆ โดยเฉพาะพวกเพลี้ยไม่ให้มาสร้างความเสียหายต่อพืชผักที่เราปลูกด้วย

โดยการทำงานของระบบพ่นหมอกระบบจะไม่ได้ทำงานตลอดเวลา แต่ส่วนใหญ่จะทำงานครั้งละ 15-20 วินาที แต่ทั้งนี้ก็จะขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของสภาพอากาศด้วย เช่น ในช่วงฤดูร้อนที่อุณหภูมิช่วงประมาณ 11:00 – 15:00 น. จะมีอุณหภูมิสูงถึง 40 องศาเซลเซียส ซึ่งอาจจำเป็นต้องเปิดระบบพ่นหมอกให้ทำงานทุก 10 นาที แล้วจึงคอยสังเกตลักษณะของพืชผักว่าเป็นเช่นไร และทำการปรับเพิ่มเวลาขึ้น-ลงตามความเหมาะสมต่อไป หากในช่วงเวลาสาย ๆ ถ้ามีอุณหภูมิเริ่มสูงกว่า 30 องศาเซลเซียส ก็ให้ระบบพ่นหมอกเริ่มทำงานทันทีได้เช่นกัน เมื่อเช้าในช่วงฤดูฝนอากาศเริ่มเย็นลงผักจะคายน้ำได้น้อยลง ก็ควรติดตั้งระบบพ่นหมอกให้นานขึ้น เช่น ให้ทำงานทุก ๆ 20-25 นาที และพ่นครั้งละ 15-20 วินาที โดยทำการปรับตั้งให้เหมาะสมตามสภาพอากาศ หากมีการพ่นหมอกที่มากเกินไปจะทำให้พืชคายน้ำไม่สมดุล และเกิดอาการบิดตัว คอด รากเสีย พืชจะดูดซับอาหารไม่ได้และจะขาดสารอาหารในที่สุด โดยอุปกรณ์ในการสร้างหมอกจะแสดงดังในภาพที่ 2.9 (ฟอ์ฟาร์ม, 2559)

ลขสกรของมหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์



ภาพที่ 2.9 แสดงตัวอย่างของอุปกรณ์สร้างหมอก  
ที่มา : (ฟอร์ฟาร์ม, 2559)

### สูตรการคำนวณอัตราการไหลของปั๊มสำหรับผักไฮโดรโปนิกส์

ปั๊มน้ำถือเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญอย่างหนึ่งในระบบปลูกผักแบบไร้ดิน เพราะจะใช้ทำหน้าที่เพื่อหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารผ่านทางรากให้กับพืชผัก ดังนั้นอัตราการไหลของน้ำสารละลายธาตุอาหารจึงถือเป็นสิ่งจำเป็นและมีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยควรมีอัตราการไหลมากกว่า 2 ลิตรขึ้นไปต่อเวลา 1 นาที ซึ่งจะมีสูตรที่นิยมใช้คำนวณดังนี้

$$\text{อัตราการไหล} \times \text{จำนวนรางปลูก} \times \text{เวลา 60 นาที} \times 2 (\text{ค่าเผื่อ}) = \text{จำนวนลิตร/ชั่วโมง}$$

เนื่องจากถ้าหากต้องการจะจัดซื้อปั๊มน้ำเพื่อนำมาใช้งานในการปลูกผักไร้ดิน บริเวณข้างกล่องของผลิตภัณฑ์ก็จะมีข้อมูลรายละเอียดที่แสดงไว้ คือค่าของกำลังไฟฟ้า (วัตต์) และจะแสดงปริมาณการไหลของปั๊มน้ำเป็นลิตร/ชั่วโมงไว้ด้วย ซึ่งสามารถนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้เป็นแนวทางในการเลือกซื้อปั๊มน้ำให้เหมาะสม และสาเหตุที่ต้องคูณด้วย 2 หรือค่าเผื่อไว้ด้วยนั้น ก็เพราะว่าในการใช้งานจริงมักจะพบว่าอัตราการไหลของปั๊มน้ำส่วนใหญ่ไม่ได้เป็นไปตามข้อมูลที่แสดงข้างกล่องมากนัก และยังมีความเกี่ยวเนื่องในเรื่องของการเดินระบบท่อส่งน้ำ ความสูงของระบบรางปลูก กำลังไฟฟ้าที่ตกลงเมื่อใช้ไปเป็นระยะเวลายาวนาน จึงจำเป็นต้องมีการคูณค่าเผื่อไว้ด้วยนั่นเอง ซึ่งลักษณะของปั๊มน้ำสารละลายธาตุอาหารจะแสดงดังในภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 แสดงตัวอย่างของปั้มน้ำสารละลายธาตุอาหารสำหรับผักไร้ดิน  
ที่มา : (บทความ, 2558)

### งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธนากร น้ำหอมจันทร์ และ อติกร เสรีพัฒนานนท์ (2557 : 98-111) เป็นการนำเสนอการออกแบบสร้างระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเพาะปลูกพืชไร้ดินแบบการทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำ ร่วมกับการสเปรย์ละอองน้ำแบบอัตโนมัติ ซึ่งใช้ PLC เป็นอุปกรณ์ควบคุม โดยรับสัญญาณอนาล็อกจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ผ่านอุปกรณ์รับสัญญาณอนาล็อกเพื่อให้ PLC ประมวลผล และใช้ดิจิตอลโวลท์มิเตอร์แสดงค่าอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนบริเวณหน้าตู้ควบคุม ระบบควบคุมที่ออกแบบสร้างสามารถทำงานได้ทั้งแบบการควบคุมด้วยมือและแบบอัตโนมัติ ผลการทดสอบพบว่าระบบควบคุมอัตโนมัติสามารถเริ่มและหยุดการทำงานได้ตามเวลาที่กำหนดไว้ และสามารถสั่งให้ระบบการทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำและระบบสเปรย์ละอองน้ำ ทำงานตามเงื่อนไขอุณหภูมิและเวลาที่กำหนดไว้ เพื่อรักษาให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่แนะนำสำหรับการปลูกพืชไร้ดินในโรงเรือน โดยอุณหภูมิภายในโรงเรือนเฉลี่ย 30.45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนเฉลี่ย 80.54 เปอร์เซ็นต์ ระบบสเปรย์ละอองน้ำทำงานเฉลี่ย 10 นาทีต่อวัน ระบบการทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำทำงานเฉลี่ย 6.37 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งจำนวนชั่วโมงการทำงานของระบบทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำขึ้นอยู่กับสภาพอากาศภายนอก เป็นการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า น้ำ และคนงานได้ สามารถนำไปใช้ควบคุมการทำงานของโรงเรือนเพาะปลูกสำหรับบ้านพักอาศัยได้เป็นอย่างดี



ลิขิต อ่านคำเพชร และ ธงรบ อักษร (2560 : 1) เป็นโครงการวิจัยเพื่อใช้แก้ไขปัญหาของโรงเรือนเพาะเห็ดในเรื่องของอุณหภูมิ และความชื้นที่ไม่สม่ำเสมอและควบคุมได้ยาก ซึ่งทำให้มีผลกระทบกับการออกผลผลิตของเห็ดที่ไม่สม่ำเสมอและช้ากว่าที่กำหนด งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของโรงเพาะเห็ดนางฟ้าอัจฉริยะ โดยเริ่มจากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเพาะเห็ดนางฟ้า ออกแบบและพัฒนาเครื่องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นโรงเพาะเห็ดนางฟ้า จากการทดลองใช้กับโรงเห็ดกลุ่มตัวอย่าง พบว่าเกษตรกรมีความพึงพอใจกับเครื่องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นนี้ เพราะทำให้เห็ดนางฟ้ามีการเติบโตอย่างสม่ำเสมอ ได้ผลผลิตมากขึ้น ผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญมีค่าเฉลี่ย 4.1667 อยู่ในระดับดี และผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มผู้ใช้งานมีค่าเฉลี่ย 4.1009 อยู่ในระดับดี

คมสัน มุ่ยสี และคณะ (2550 : 1-5) เป็นการนำเสนอเกี่ยวกับการพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในสภาวะที่ความชื้นสัมพัทธ์สูง ๆ โดยการใช้อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก ระบบควบคุมประกอบด้วยการทำงานเย็น และการทำความร้อนด้วยอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก และใช้ตัวกำเนิดความชื้นในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งระบบนี้เป็นระบบป้อนกลับที่มีเป้าหมายสำหรับเพิ่มประสิทธิภาพและประหยัดพลังงาน ซึ่งจะมีความเหมาะสมมากในระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่ต้องใช้เวลาในการเข้าสู่สภาวะที่ต้องการ ซึ่งการนำเสนอของระบบนี้จะเป็นวิธีการหาการควบคุมระบบรวม เพื่อให้ได้ระบบที่เหมาะสมที่สุดและประสิทธิภาพที่ดี ในการทดลองนี้จะแสดงถึงประสิทธิภาพและผลการทดลองในรูปของสภาวะที่ต้องการ และการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้นในระบบควบคุมที่ใช้เทอร์โมอิเล็กทริก

วันวิสา เนตรชัง และ ปรีชา ศรีจันทร์ (2556 : 641-645) ดอกเห็ดถือเป็นสินค้าชนิดหนึ่งที่มีการซื้อ-ขายกันทั้งในการส่งออกเชิงพาณิชย์ และซื้อขายกันทั่วไปตามท้องตลาด คุณภาพของดอกเห็ดถือเป็นเรื่องสำคัญในการกำหนดเรื่องของราคาและจำนวนหรือปริมาณการซื้อขาย เทคโนโลยีเป็นตัวกำหนดสิ่งที่ทำให้เกิดดอกเห็ดที่มีคุณภาพและจำนวนดอกเห็ดที่มีความสม่ำเสมอ อีกทั้งเทคโนโลยีเป็นสิ่งที่ช่วยลดต้นทุนในการผลิต ทำให้เกษตรกรที่ทำการเพาะเห็ดได้กำไรมากขึ้น จากที่ในปัจจุบันมีการใช้เพียงเทอร์โมมิเตอร์เพื่อเช็คอุณหภูมิภายในโรงเรือนเพาะเห็ดยังไม่ดีพอ เพราะขาดคุณสมบัติในการตรวจวัดความชื้น ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการเพาะเห็ด การนำเทคโนโลยีขั้นสูงมาประยุกต์ใช้กับงานด้านการเกษตร เพื่อเป็นการพัฒนาการเกษตรให้ก้าวหน้าทันสมัย และได้มาตรฐานมากยิ่งขึ้น เป็นการเพิ่มศักยภาพในการผลิต คุณภาพ และเป็นการกระตุ้นการพัฒนาด้านการเกษตร ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษากิจการใช้การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนทั้งสองอย่าง เพื่อเพิ่มคุณภาพของเห็ดให้ดีขึ้น ระบบที่นำเสนอจะพิจารณาอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนด้วย เซนเซอร์ (Sensor) วัดอุณหภูมิและความชื้น จากนั้นจะทำการประมวลผลด้วย Microcontroller ซึ่งจะทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิและความชื้นที่วัดได้ กับอุณหภูมิและความชื้นที่เห็ดต้องการ ถ้าหากอุณหภูมิและความชื้นมากหรือน้อยเกินไป Microcontroller จะสั่งให้อุปกรณ์ที่ติดตั้งไว้ทำการปรับสภาพอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนให้เหมาะสมกับที่เห็ดต้องการ

ศุภฤทธิ ผาภา และคณะ (2557: 58-69) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของเห็ด โดยการพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดของกลุ่มอาชีพเพาะเห็ด โดยวิธีการควบคุมการจ่ายน้ำแบบอัตโนมัติ ซึ่งมีอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเพาะเห็ด ที่ส่งสัญญาณทางไฟฟ้าเข้ามายังชุดควบคุมอุณหภูมิและความชื้นพร้อมด้วยการเขียนโปรแกรมให้กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อนำค่าอุณหภูมิและความชื้นที่วัดได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น มาเปรียบเทียบกับค่าปรับตั้งไว้ เมื่อเกิดมีค่าทั้ง 2 ไม่ตรงตามค่าเป้าหมาย ระบบควบคุมจะส่งสัญญาณไปยังระบบปั้มน้ำให้ทำงานโดยการจ่ายน้ำผ่านท่อน้ำและหัวสปริงเกอร์ที่ได้ออกแบบให้มีการกระจายน้ำทั่วบริเวณโรงเพาะเห็ด ผลจากงานวิจัยดังกล่าวพบว่ากลุ่มอาชีพเพาะเห็ดบ้านทุ่งบ่อแป้น ตำบลห้างฉัตรจังหวัดลำปาง มีความพึงพอใจในปริมาณและคุณภาพของเห็ดอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.26 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในระดับ 0.7 สามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตเห็ดเฉลี่ย 10.1 กิโลกรัม ต่อการเก็บผลผลิตเห็ด 1 ครั้ง ทางคณะผู้วิจัยได้มีการถ่ายทอดเทคโนโลยีระบบควบคุมดังกล่าวสู่ชุมชน โดยมีการจัดอบรมและให้ความรู้ความเข้าใจในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเพาะเห็ด และสร้างสัมพันธ์อันดีระหว่างกลุ่มอาชีพเพาะเห็ดและคณะผู้วิจัย

ไชยยันต์ บุญมี (2560 : 158-176) งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเทคโนโลยีโรงงานผลิตพืช (Plant Factory) เป็นเทคโนโลยีการผลิตพืชในระบบปิดหรือกึ่งปิด ที่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ให้มีความเหมาะสม ต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยนำเอาเทคโนโลยีเข้ามาจัดการด้านการเกษตร โดยใช้แสงแดดเทียมจากหลอด LED จึงสามารถปลูกผักเป็นชั้นได้ โดยที่ไม่ต้องกังวลว่าผักที่อยู่ชั้นใต้จะไม่ได้รับแสงแดดจากดวงอาทิตย์ ซึ่งจะเป็นการใช้พื้นที่ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดเหมาะสมสำหรับผู้ที่มีพื้นที่จำกัด เทคโนโลยี Plant Factory เหมาะสำหรับการปลูกพืชที่มีมูลค่าสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งพืชในกลุ่มสมุนไพร ซึ่งเทคโนโลยีนี้สามารถควบคุมปัจจัยต่าง ๆ เช่น ช่วงคลื่นแสง ความเข้มของแสง ค่าระดับอุณหภูมิ ความชื้น แร่ธาตุต่าง ๆ และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่พืชใช้ในการเจริญเติบโต โดยเลือกใช้หลอดไฟ LED เป็นแหล่งกำเนิดของแสงเนื่องจากให้ความร้อนน้อยกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ ประหยัดไฟมากกว่า และสามารถเลือกสีของแสงตามความเหมาะสมของต้นพืชได้

อรัญ ประกอบสัญญา และคณะ (2559 : 1-8) งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอการพัฒนาระบบควบคุมการส่องสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสงแบบหรี่ได้ สำหรับการปลูกพืชด้วยเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย โดยทำการทดลองตั้งค่าระบบให้มีการปรับระดับการเปล่งแสงของหลอดไดโอดเปล่งแสงให้สอดคล้องกับความต้องการของพืชด้วยวงจร Buck Converter เพื่อขับหลอดไดโอดเปล่งแสงสองสีคือสีแดงและสีน้ำเงิน ซึ่งควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ และทำการส่งข้อมูลแบบไร้สายเข้าสู่เครือข่ายด้วยเซ็นเซอร์ไร้สาย Zig bee เพื่อให้สามารถตรวจสอบ ควบคุม และประมวลผลการทดลองได้ในระยะไกล จากการทดลองพบว่างานวิจัยนี้สามารถควบคุมค่าความสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสงให้มีค่าความเข้มแสงในระดับที่พืชต้องการได้อย่างถูกต้อง และสามารถทำให้ผู้ใช้งานเข้าถึงข้อมูลได้ตลอดเวลาผ่านเครือข่ายไร้สายที่ถูกออกแบบไว้ได้อย่างแม่นยำ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์สูงสุดของหลอด

ไดโอดเปล่งแสง เฉลี่ยทั้งสองสปีอยู่ที่ 2.255% 3.3125% และ 7.6725% ตามลำดับ อีกทั้งยังสามารถลดอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 35% เมื่อเทียบกับหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบ T5

ศุภฤกษ์ เชาวลิขิตระกูล (2560 : 1) เป็นการนำเสนอระบบปลูกผักสลัดแบบไฮโดรโปนิคส์ (Hydroponics Systems) ที่สามารถปลูกผักสลัดในคอนโดหรือห้องเช่าได้ ด้วยอุปกรณ์อาศัยไนโตรเจน โดยการใช้เซนเซอร์วัดแสง รับค่าจากแสงแดดส่งไปยังอาศัยไนโตรเจนแบบเรียลไทม์ เพื่อประมวลผลและสั่งรีเลย์เปิด-ปิดไฟ LED ทดแทนแสงแดด ใช้เซนเซอร์วัดระดับน้ำรับค่าจากปริมาณน้ำในระบบส่งไปยังอาศัยไนโตรเจนแบบเรียลไทม์ เพื่อประมวลผลและสั่งรีเลย์เปิด-ปิดการปล่อยน้ำ ทั้งยังสามารถดูค่าของแสง (ค่าลักซ์) ค่าระดับน้ำ และสามารถสั่งเปิด-ปิดไฟ LED เปิด-ปิดการปล่อยน้ำเข้าสู่ระบบผ่านทางแอปพลิเคชัน Blynk ในสมาร์ตโฟนได้แบบเรียลไทม์ ในการทดลองจะเปรียบเทียบค่าแสงกับผักสลัดที่ปลูกในระบบดังกล่าว และผักสลัดที่ใช้วิธีการปลูกแบบธรรมดา ผลการทดลองจริงพบว่าระบบปลูกผักไฮโดรโปนิคส์สามารถรักษาช่วงของค่าแสงที่เหมาะสมแก่การปลูกผักสลัดได้อย่างสม่ำเสมอกว่าวิธีการปลูกแบบธรรมดา โดยค่าแสงเบี่ยงเบนมาตรฐานของผักสลัดที่ปลูกในระบบคือ 8.83 % ในขณะที่ผักสลัดที่ปลูกด้วยวิธีการธรรมดาได้รับแสงต่ำกว่าค่าแสงที่ผักสลัดต้องการ และไม่สม่ำเสมอ โดยค่าแสงเบี่ยงเบนมาตรฐานของผักสลัดที่ปลูกด้วยวิธีการธรรมดา คือ 21.66 % ทำให้ผักสลัดที่ปลูกในระบบสามารถเติบโตได้อย่างเต็มที่ และเติบโตได้เร็วกว่าวิธีการปลูกแบบธรรมดา 10 วัน และมีขนาดใบที่ใหญ่กว่าผักสลัดที่ปลูกด้วยวิธีการธรรมดา

ชานนท์ ลากิจิตร (2559 : 26-32) เป็นงานวิจัยที่ได้พัฒนาการปลูกผักบึงร่วมกับการเลี้ยงปลาในระบบบ่อควาโพนิค โดยใช้ของเสียจากปลาเป็นปุ๋ยให้กับผักบึง หลอดไฟแอลอีดีเป็นแหล่งของพลังงานแสงที่มีข้อดีหลายอย่าง เช่น สามารถกำหนดความเข้มแสงได้ไม่ปลดปล่อยความร้อน อุณหภูมิต่ำ อายุการใช้งานยาวนาน และประหยัดพลังงาน การศึกษาครั้งนี้เพื่อต้องการศึกษาอิทธิพลของแสงจากหลอดแอลอีดีที่ต่างกันต่อการเจริญเติบโตของผักบึง ที่ผลิตภายใต้ระบบบ่อควาโพนิคแบบแห้งสลับเปียก โดยใช้หินศิลาแลงเป็นวัสดุปลูก วางใต้แสงไฟที่แตกต่างกัน 6 ชนิดประกอบด้วย 1. หลอดฟลูออเรสเซนต์ 2. หลอดแอลอีดีสีขาว 3. หลอดแอลอีดีสีแดง 4. หลอดแอลอีดีสีน้ำเงิน 5. หลอดแอลอีดีสีแดงผสมสีน้ำเงิน อัตราส่วน 1:1 และ 6. หลอดแอลอีดีสีแดงผสมกับสีน้ำเงิน อัตราส่วน 2:1 จากผลการศึกษาพบว่า หลอดแอลอีดีสีแดงให้ความสูงต้นทั้งสองสัปดาห์และน้ำหนักสดของต้นผักบึงสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแสงสีอื่น ๆ ในขณะที่หลอดแอลอีดีสีขาวให้ความกว้างลำต้น จำนวนใบต่อต้น น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งของราก และค่า SPAD สูงที่สุดเมื่อเทียบกับแสงสีอื่น ๆ ดังนั้นจากผลการทดลองแสงไฟแอลอีดีสีขาวและแสงไฟสีแดงผสมสีน้ำเงิน (1:1 หรือ 2:1) สามารถนำมาปรับใช้ในระบบการผลิตพืชในอาคารหรือพื้นที่ไม่มีแสงจากธรรมชาติได้

บุญยัง สิงห์เจริญ และ สันติ สาแก้ว (2559 : 176-183) ในปัจจุบันเหตุถือว่าเป็นอาหาร ที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากเนื่องจากมีประโยชน์และให้คุณค่าทางอาหารสูง จึงทำให้เกษตรกรหัน มาทำอาชีพเพาะเห็ดเพิ่มขึ้น บางกลุ่มก็ประสบผลสำเร็จบางกลุ่มก็ล้มเหลว ซึ่งเกิดจากปัจจัยหลาย ๆ อย่าง ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาและวางแผนเป็นอย่างดี จากสภาพแวดล้อมและจากภูมิอากาศ ที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละฤดูทำให้ส่งผลกระทบต่อกลุ่มอาชีพเพาะเห็ด โดยเฉพาะอุณหภูมิซึ่งมีผลต่อ การเจริญเติบโตของดอกเห็ด โครงการวิจัยนี้จึงได้ออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับ โรงเรือนเพาะเห็ดด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีการศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องต่อการเพาะเห็ด ตลอดจนการออกแบบโครงสร้างโรงเรือนที่เหมาะสม โดยแบ่งการทดสอบออก 2 ส่วน คือการทดสอบ ในส่วนของระบบควบคุม และการทดสอบผลผลิตของดอกเห็ดในโรงเรือนที่มีการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้น โดยนำก้อนเห็ดนางรมและเห็ดนางฟ้ามาทดสอบจำนวน 100 ก้อน และเป็นตัวชี้วัด เปรียบเทียบประสิทธิภาพโรงเรือนเพาะเห็ดที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่สร้างขึ้น กับโรงเรือนแบบทั่วไป

ผลการทดสอบระบบควบคุมการทำงาน พบว่าระบบสามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขที่ได้ ออกแบบไว้ ซึ่งให้ผลเป็นที่พอใจและในสถานการณ์ทดสอบผลผลิตของดอกเห็ด พบว่าเห็ดที่เก็บจาก โรงเรือนที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น มีปริมาณที่มากกว่าโรงเรือนแบบทั่วไปและเมื่อนำดอก เห็ดที่ได้มาชั่งน้ำหนัก พบว่าเห็ดที่ได้จากโรงเรือนที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นมีน้ำหนักเฉลี่ย 1.865 กิโลกรัม และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.198 ซึ่งเมื่อเทียบกับเห็ดที่เก็บจากโรงเรือนแบบทั่วไป พบว่ามีน้ำหนักเฉลี่ย 1.455 กิโลกรัม และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.225 ซึ่งผลการทดสอบนี้เป็นการ ยืนยันว่าอุณหภูมิและความชื้นมีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ด และนอกจากระบบควบคุมจะสามารถ ใช้ในโรงเรือนได้แล้ว ยังสามารถประยุกต์ใช้ควบคุมในกระบวนการบ่มเชื้อเห็ดเพื่อเร่งการเจริญเติบโต ของเชื้อเห็ดได้อีกด้วย





ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี