



รายงานการวิจัย

ระบบน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กเพื่อเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของ ผักไฮโดรโปนิกส์

Magnetic Water Systems for Increasing the Growth Rate of Hydroponics

ณัฐพล ภูระหงษ์และคณะ

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประจำปีงบประมาณ 2561

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ระบบน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กเพื่อเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของ ผักไฮโดรโปนิกส์

Magnetic Water Systems for Increasing the Growth Rate of Hydroponics

ณัฐพล ภูระหงษ์

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยี

อุตสาหกรรม

วรชัย ศรีสมุดคำ

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยี

อุตสาหกรรม

การันต์ ผึ้งบรรหาร

สาขาวิชาการจัดการการเกษตร

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยี

อุตสาหกรรม

ทุนอุดหนุนโดย มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

งบประมาณแผ่นดินที่พิจารณาโดยผ่านความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ประจำปีงบประมาณ 2561

ชื่องานวิจัย	ระบบน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กเพื่อเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของผักไฮโดรโปนิกส์		
ผู้วิจัย	ณัฐพล ภูระหงษ์		
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์		
	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์	ปีเสร็จวิจัย	2561

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กที่มีผลต่ออัตราการงอก และอัตราการเจริญเติบโตของผักไฮโดรโปนิกส์ โดยมุ่งเน้นผักไฮโดรโปนิกส์ประเภทกรีนโอ๊คเนื่องจากเป็นผักที่เป็นที่นิยมในปัจจุบัน ผลจากการวิจัยพบว่า ในช่วงระยะการเพาะเมล็ดผักกรีนโอ๊คที่ใช้ น้ำพลังงานสนามแม่เหล็กมีอัตราการงอก และอัตราการเจริญเติบโตในช่วงที่เป็นต้นอ่อนมากกว่าเมล็ดที่ใช้ น้ำปกติ พบว่าที่ 72 ชั่วโมง การเพาะเมล็ดผักไฮโดรโปนิกส์ด้วยน้ำปกติมีอัตราการงอกของเมล็ด 78 ต้น การเพาะเมล็ดผักไฮโดรโปนิกส์ด้วยน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กมีอัตราการงอกของเมล็ด 85 ต้น โดยมีอัตราการงอกเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการเพาะเมล็ดด้วยน้ำปกติเท่ากับ 8.97 % อัตราการงอกที่ไวกว่า และรากของเมล็ดสมบูรณ์กว่าการเพาะด้วยน้ำปกติอย่างมาก ส่วนในช่วงเพาะปลูกในรางกลุ่มตัวอย่าง โดยแบ่งเป็นการเพาะปลูกด้วยน้ำปกติ น้ำพลังงานสนามแม่เหล็กที่ผ่านค่าสนามแม่เหล็กขนาด 4,000 G (0.4 T), 5,000 G (0.5 T) และ 6,000 G (0.6 T) พบว่าน้ำที่ผ่านความเข้มของสนามแม่เหล็ก ที่ 4000 G ส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของผักไฮโดรโปนิกส์ เพิ่มขึ้น 14.23 % ที่ความเข้มของสนามแม่เหล็ก 5,000 G ส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของผักไฮโดรโปนิกส์ เพิ่มขึ้น 15.62 % และที่ความเข้มของสนามแม่เหล็ก 6,000 G ส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของผักไฮโดรโปนิกส์ เพิ่มขึ้น 15.67 %

คำสำคัญ : สนามแม่เหล็ก, ไฮโดรโปนิกส์

Research Title Magnetic Water Systems for Increasing the Growth Rate of Hydroponics

Researcher Nuttapon Phurahong

Department Computer Engineering

Phetchabun Rajabhat University **Year** 2561

Abstract

This research is a study of the effect of water magnetic energy that influences the growth rate and the growth rate of the hydroponics vegetables. By concentrating on hydroponics vegetables, green oak type because it is a popular vegetable in the present. The results found that the seeds of vegetables, green oak that used the magnetic water has the growth rate and the growth rate in the range from mild rather than using regular water. In 72 hours seeds regular hydroponics vegetables with water, the rate of germination 78 seeds and hydroponics vegetable seeds by magnetic water seed germination rate of 85 seeds. Increase in growth rate compared with the normal seeds with water equal to 8.97%. During cultivation in hydroponics gully example, divided into cultivation, with normal water. Magnetic water through magnetic field value size 4,000 G (0.4 T), 5,000 G (0.5 T) and 6,000 G (0.6 T). It found that the water passes through the intensity of the magnetic field 4000 G affect the growth rate of the hydroponics vegetables more 14.23 %, the intensity of the magnetic field 5,000 G affect the growth rate of the hydroponics vegetables. 15.62 % and increasing the intensity of the magnetic field 6,000 G impact of vegetables grow hydroponics. More 15.67 %.

Keywords : Magnetic Field, Hydroponics

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยคำแนะนำต่าง ๆ จากคณาจารย์ในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และความร่วมมือช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากบุคคลหลายฝ่าย ที่สละเวลาให้คำแนะนำคำปรึกษา รวมถึงข้อเสนอแนะต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

ผู้วิจัยขอบพระคุณทุกท่านที่เกี่ยวข้องเป็นอย่างสูง ที่ได้ให้ความกรุณาให้คำปรึกษาแนะนำให้แก่ผู้วิจัย จึงขอขอบพระคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยครั้งนี้มา ณ ที่นี้ด้วย

ณัฐพล ภูระหงษ์

21 กันยายน 2561

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ณ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 สมมติฐานการวิจัย.....	3
1.4 วิธีการดำเนินงานวิจัย	3
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	4
1.6 ประโยชน์ของการวิจัย.....	4
1.7 ขอบเขตของโครงการวิจัย	5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 เอกสารที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1.1 น้ำ.....	6
2.1.2 แม่เหล็กธรรมชาติและแม่เหล็กไฟฟ้า.....	9
2.1.3 น้ำพลังงานสนามแม่เหล็ก	20
2.1.4 ผักไฮโดรโปนิคส์	22
2.1.5 แบคทีเรีย.....	32
2.1.6 วงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสตรง	37
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	41
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	43
3.1 การออกแบบระบบน้ำพลังงานสนามแม่เหล็ก	43

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.1.1 การออกแบบแม่เหล็กไฟฟ้า.....	43
3.1.2 การออกแบบระบบน้ำในโรงเรือนเพาะปลูก	44
3.2 การออกแบบการทดลองผลของน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กที่มีผลต่อ.....	48
อัตราการงอกของเมล็ดผักไฮโดรโปนิกส์	
3.3 การออกแบบการทดลองของน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กที่มีผลต่อ	50
อัตราการเจริญเติบโตของผักไฮโดรโปนิกส์	
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	54
4.1 ผลการทดลองของน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กที่มีผลต่ออัตราการงอก	54
ของเมล็ดผักไฮโดรโปนิกส์	
4.2 ผลการทดลองของน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กที่มีผลต่ออัตราการเจริญ.....	58
เติบโตของผักไฮโดรโปนิกส์	
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	68
5.1 สรุปผลและอภิปรายผลการวิจัย	68
5.2 ข้อเสนอแนะ	69
บรรณานุกรม	70
ภาคผนวก	71
ภาคผนวก ก ประกาศมหาวิทยาลัย เรื่อง การพิจารณาอนุมัติทุนอุดหนุนงานวิจัย.....	72
งบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 โครงการวิจัยและนวัตกรรม	
เพื่อแก้ปัญหาหรือสร้างความเข้มแข็งด้านสังคมชุมชน ความมั่นคง และคุณภาพ	
ชีวิตประชาชนตามยุทธศาสตร์ของประเทศ	
ภาคผนวก ข แบบยื่นรับการรับทุนอุดหนุนงานวิจัย ประเภทงบประมาณแผ่นดิน ...	80
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561	
ภาคผนวก ค บันทึกข้อความ เรื่อง ขออนุญาตดำเนิน โครงการวิจัย แต่งตั้งคณะ	82
กรรมการ และจ้างผู้ช่วยนักวิจัย	

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ง บันทึกข้อความ เรื่อง ขออนุญาตขยายระยะเวลาดำเนินโครงการ 85

วิจัยงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

ประวัติคณะผู้วิจัย..... 87

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กของแม่เหล็กถาวร 12 นีโอไคเมียมแบบเหลี่ยม	12
2.2 ค่าความซึมซาบได้ของวัสดุชนิดต่าง ๆ 13	13
2.3 แสดงปริมาณการเติมสารละลายปุ๋ย A&B กับค่า EC ของแปลงอนุบาล 29	29
2.4 แสดงปริมาณการเติมสารละลายปุ๋ย A&B กับค่า EC 29	29
3.1 การทดลองผลของน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กที่มีผลต่ออัตราการงอกของ 50 เมล็ดผักไฮโดรโปนิกส์	50
3.2 การทดลองน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของ 51 ผักไฮโดรโปนิกส์ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 0 G	51
3.3 การทดลองน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของ 51 ผักไฮโดรโปนิกส์ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 4,000 G	51
3.4 การทดลองน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของ 52 ผักไฮโดรโปนิกส์ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 5,000 G	52
3.5 การทดลองน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของ 53 ผักไฮโดรโปนิกส์ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 6,000 G	53
4.1 การทดลองผลของน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กที่มีผลต่ออัตราการงอกของ 54 เมล็ดผักไฮโดรโปนิกส์	54
4.2 การทดลองน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของ 59 ผักไฮโดรโปนิกส์ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 0 G	59
4.3 การทดลองน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของ 60 ผักไฮโดรโปนิกส์ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 4,000 G	60
4.4 การทดลองน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของ 61 ผักไฮโดรโปนิกส์ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 5,000 G	61

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.5	การทดลองน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของ 62
	ผักไฮโดรโปนิกส์ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 6,000 G

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	วัฏจักรของน้ำ..... 7
2.2	พลังงานของน้ำ 8
2.3	ลักษณะโครงสร้างของน้ำ 8
2.4	พันธะไฮโดรเจนของน้ำ..... 9
2.5	แสดงทิศทางการแรงแม่เหล็ก 10
2.6	แม่เหล็กถาวรนีโอไดเมียม 11
2.7	แรงลอเรนซ์..... 14
2.8	กฎมือขวาของสกรู 14
2.9	สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าไหลในเส้นลวดตรงยาว..... 15
2.10	สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าไหลในขดลวดวงกลม..... 16
2.11	สนามแม่เหล็กในขดลวดโซลินอยด์..... 17
2.12	สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าไหลในขดลวดทอรรอยด์..... 18
2.13	ออกไฟฟ้า..... 19
2.14	ป้อนไฟฟ้า..... 19
2.15	ไดอะแฟรมของหูฟัง 19
2.16	รถไฟความเร็วสูง 20
2.17	น้ำพลังงานสนามแม่เหล็ก 21
2.18	ตัวอย่างผักไฮโดรโปนิคส์ 23
2.19	ระบบ NFT 24
2.20	ระบบ DFT 25
2.21	ระบบ DRF 25
2.22	ระบบ DRFT 26
2.23	ส่วนประกอบของแบตเตอรี่ 34
2.24	วงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสตรงเวลาที่สวิตช์ต่อวงจร..... 38

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.25 วงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสตรงเวลาที่สวิตช์ตัดวงจร.....	38
2.26 แสดงการควบคุมแรงดันโดยการตัดต่อสวิตช์.....	39
3.1 แบบโรงเพาะปลูกที่ใช้ในการวิจัย.....	45
3.2 แบบรางผักไฮโดรโปนิคส์ที่ใช้ในการวิจัย.....	45
3.3 แบบโรงปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ที่ใช้ในการวิจัย.....	46
3.4 แบบโรงปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ที่ใช้ในการวิจัย.....	46
3.5 รางผักไฮโดรโปนิคส์.....	47
3.6 โรงปลูกผักไฮโดรโปนิคส์.....	47
3.7 ถังน้ำปกติ.....	48
3.8 ถังน้ำพลังงานสนามแม่เหล็ก.....	48
3.9 การเพาะเมล็ดในฟองน้ำ.....	49
3.10 การเพาะเมล็ดโดยใช้น้ำพลังงานสนามแม่เหล็ก.....	49
3.11 ต้นอ่อนของผักกรีนโอ๊ค.....	50
4.1 การเปรียบเทียบอัตราการงอกของเมล็ดเมล็ดผักไฮโดรโปนิคส์ ที่เพาะด้วยน้ำปกติ และน้ำพลังงานสนามแม่เหล็ก.....	55
4.2 การงอกของเมล็ดผักไฮโดรโปนิคส์ ที่เวลา 24 ชั่วโมง.....	56
4.3 การงอกของเมล็ดผักไฮโดรโปนิคส์ ที่เวลา 48 ชั่วโมง.....	57
4.4 การงอกของเมล็ดผักไฮโดรโปนิคส์ ที่เวลา 72 ชั่วโมง.....	58
4.5 ความแตกต่างของผักไฮโดรโปนิคส์ระหว่างการใช้น้ำปกติ..... และใช้น้ำพลังงานสนามแม่เหล็กในการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ ในสัปดาห์ที่ 2	64
4.6 ความแตกต่างของผักไฮโดรโปนิคส์ระหว่างการใช้น้ำปกติ..... และใช้น้ำพลังงานสนามแม่เหล็กในการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ ในสัปดาห์ที่ 3	65
4.7 ความแตกต่างของผักไฮโดรโปนิคส์ระหว่างการใช้น้ำปกติ..... และใช้น้ำพลังงานสนามแม่เหล็กในการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ ในสัปดาห์ที่ 4	66

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.8	ความแตกต่างของผักไฮโดรโปนิคส์ระหว่างการใช้น้ำปกติ 67
	และใช้น้ำพลังงานสนามแม่เหล็กในการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ ในสัปดาห์ที่ 5

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จังหวัดเพชรบูรณ์เป็นจังหวัดที่มีทรัพยากรธรรมชาติและดินที่มีสภาพอุดมสมบูรณ์เหมาะแก่การเพาะปลูกพืชทำการเกษตร โดยพบว่ามีพื้นที่ครอบคลุมทางการเกษตรคิดเป็นร้อยละ 52.88 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์ ซึ่งรายได้ส่วนใหญ่ของประชากรขึ้นอยู่กับสาขาการเกษตรมากที่สุด ถึงร้อยละ 33.30 โดยผลผลิตที่สำคัญ ได้แก่ ข้าวนาปี ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ถั่วเขียวพืชมัน ข้าวฟ่าง และมีผักเศรษฐกิจอีกหนึ่งชนิดที่เพชรบูรณ์เป็นแหล่งปลูกรายใหญ่ที่ส่งจำหน่ายทั้งในประเทศและต่างประเทศคือ ผักไฮโดรโปนิคส์ ซึ่งส่วนมากจะปลูกมากที่สุดที่เขต อ.เขาค้อ จ. เพชรบูรณ์ เนื่องจากมีสภาพอากาศที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต แต่ก็ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการการบริโภคและการส่งออก เนื่องจากปัจจุบันผู้บริโภคส่วนใหญ่ใส่ใจสุขภาพและการทานอาหารมากขึ้น ทำให้ผักเป็นอาหารที่ได้รับความนิยมมากขึ้น โดยปริมาณการบริโภคผักรวมภายในประเทศในแต่ละปีมีมูลค่าสูงถึง 80,000 ล้านบาท (คิดจากการบริโภค 40-50 กก/คน/ปี) มีอัตราการส่งออกผักสดแช่เย็น แช่แข็ง และแห้งในช่วงเดือนมกราคม-พฤษภาคม 2557 จากสถิติพบว่า มีมูลค่าสูงถึง 3,631.5 ล้านบาท ซึ่งมีอัตราการเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.19 จากการวิเคราะห์ข้อมูลสถิติด้านการส่งออกปี 2557 สำหรับสินค้าผัก ผลไม้สด แช่เย็น แช่แข็งและแห้งของสำนักพัฒนาการค้าและธุรกิจการเกษตรและอุตสาหกรรม กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศพบว่า ปัญหาและอุปสรรคอย่างหนึ่งในการผลิตคือ ผลผลิตที่ได้ไม่สม่ำเสมอและไม่แน่นอน ปริมาณความต้องการการบริโภคและการส่งออกมีมากกว่ากำลังการผลิต ทำให้การวางแผนด้านการตลาดทำได้ยาก จึงมีการส่งเสริมสนับสนุนให้มีการพัฒนาระบบการผลิตและระบบควบคุมคุณภาพ และควบคุมกำกับดูแลการเพาะปลูกให้ได้ปริมาณตามความต้องการของตลาดที่เพิ่มมากขึ้น

ปัจจุบันการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ในเขต อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ได้มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการปลูกเพื่อยังชีพเป็นการปลูกเพื่อการค้าและการส่งออก ซึ่งถือเป็นวิสาหกิจขนาดกลาง และขนาดย่อม โดยกลุ่มวิสาหกิจเหล่านี้เป็นส่วนช่วยในการขยายตัวของสภาพทางเศรษฐกิจของจังหวัดเป็นอย่างมาก โดยการส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมในภูมิภาคให้เติบโตตามแผนกลยุทธ์ของสำนักพัฒนาการค้าและธุรกิจการเกษตรและอุตสาหกรรม กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ ซึ่งเป็นการยกระดับชุมชนให้เข้มแข็ง ตามแผนยุทธศาสตร์กระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2559-2564 ที่ว่าด้วยการส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพของผู้ประกอบการ

วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม วิสาหกิจชุมชน ให้มีความเข้มแข็ง และสามารถแข่งขันได้ในตลาดโลกตาม แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 พ.ศ. 2555-2559 ประเด็นสำคัญตามมติและข้อสั่งการของคณะรักษาความสงบแห่งชาติ (คสช.) นโยบายรัฐบาล (พลเอกประยุทธ์ จันทร์โอชา) และแผนแม่บทการพัฒนาอุตสาหกรรมไทย พ.ศ. 2555-2574 รวมทั้งให้สอดคล้องกับสถานการณ์และบริบทการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ทั้งในด้านภาวะเศรษฐกิจและสังคมไทยในช่วงที่ผ่านมา รวมถึงการส่งเสริมยุทธศาสตร์การพัฒนาจังหวัดเพชรบูรณ์ 4 ปี (พ.ศ.2558-2561) ตามยุทธศาสตร์ที่ 1 เกี่ยวกับการส่งเสริมเกษตรปลอดภัย การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและสร้างมูลค่าเพิ่มด้านการส่งเสริม/พัฒนาภาคอุตสาหกรรมเกษตร โดยการนำวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม มาประยุกต์ใช้จะก่อให้เกิดการเพิ่มผลิตภาพ มูลค่า และมาตรฐานรวมถึงพัฒนาศักยภาพของผู้ประกอบการให้มีความเข้มแข็ง และแข่งขันได้ในเวทีโลก

จากความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในยุคปัจจุบัน ทำให้เกิดการเชื่อมโยงความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์เข้ากับศาสตร์อื่นๆ มากมายเพื่อพัฒนา ปรับปรุง หรือเป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหาสิ่งที่เกิดขึ้น ด้านเกษตรกรรมก็เช่นกัน การใช้เทคโนโลยีส่งผลให้มีพัฒนา ปรับปรุงคุณภาพ และยกระดับการผลิตทั้งด้านปริมาณและคุณภาพของสินค้า ความก้าวหน้าดังกล่าว ปัจจุบันจึงมีการศึกษาผลกระทบของสนามแม่เหล็กต่อสิ่งมีชีวิตและพืชเนื่องจากการใช้สนามแม่เหล็กอย่างกว้างขวางไม่ว่าจะเป็น ทางการแพทย์ การรักษา การวินิจฉัย และทางเกษตรกรรม โดยมีการศึกษาผลกระทบของสนามแม่เหล็กต่อการเจริญเติบโตของเมล็ดพืช เช่น ผลกระทบของสนามแม่เหล็กต่อเมล็ดพืช ซึ่งพบว่าสนามแม่เหล็กมีผลต่อการเพิ่มอัตราการงอกและการเจริญเติบโตของพืช นอกจากนั้นยังมีการศึกษาเกี่ยวกับกับการนำพลังงานแม่เหล็กมาใช้ร่วมกับน้ำ โดยสามารถเปลี่ยนแปลงพันธะระหว่างโมเลกุลของน้ำให้ โมเลกุลของน้ำ (พันธะไฮโดรเจน) เมื่อน้ำไหลผ่านสนามแม่เหล็กความเข้มสูง ทำให้พันธะไฮโดรเจนแยกออกจากกัน โดยเป็นโมเลกุลอิสระ ส่งผลให้น้ำมีโมเลกุลเล็กลง มีความเป็นขั้วทางไฟฟ้า หรือ โพลาริตีสูงขึ้นอำนาจในการทำละลายสูงขึ้นด้วย

จากปัญหาดังกล่าวคณะผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเพื่อพัฒนาและสร้างระบบน้ำพลังงานสนามแม่เหล็ก เพื่อเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของผักไฮโดรโปนิคส์ ลดเวลาในการเพาะปลูก เพื่อให้กลุ่มชุมชนผู้ปลูกผักไฮโดรโปนิคส์อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์สร้างรายได้และผลกำไรจากการผลิตเพิ่มมากขึ้น โดยใช้หลักการทางด้านวิศวกรรม การออกแบบการทดลอง DOE (Design and Analysis of Experiment) ช่วยในการออกแบบการทดลอง และทดสอบปริมาณสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เหมาะสม ในการออกแบบและสร้างระบบน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กสำหรับผักไฮโดรโปนิคส์

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาผลของน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กที่มีต่อการเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของผักไฮโดรโปนิกส์

1.2.2 เพื่อทดสอบปริมาณสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เหมาะสมกับน้ำที่ใช้ในการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์

1.3 สมมติฐานการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเพื่อเป็นต้นแบบในการสร้างนวัตกรรมการเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ โดยการประยุกต์ใช้ข้อดีของน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กช่วยในการเพาะปลูก ทำให้ผักไฮโดรโปนิกส์มีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มมากขึ้น สามารถเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรผู้ปลูกผักไฮโดรโปนิกส์

1.4 วิธีการดำเนินงานวิจัย

1.4.1 ศึกษาข้อมูล และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- ศึกษาขั้นตอนและกระบวนการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ ข้อมูลการเก็บเกี่ยว และดำเนินการสำรวจปริมาณการปลูก และชนิดการปลูกของผักไฮโดรโปนิกส์ จากกลุ่มชุมชนผู้ปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ จังหวัดเพชรบูรณ์เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการออกแบบ

- ศึกษาการประยุกต์ใช้พลังงานสนามแม่เหล็ก งานวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบของสนามแม่เหล็กต่ออัตราการเจริญเติบโตของพืช และผลกระทบต่อโมลกุลน้ำ

- ศึกษาผลกระทบของน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของพืช

1.4.2 ออกแบบระบบน้ำพลังงานสนามแม่เหล็ก หลักการและวิธีการทำระบบน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กเพื่อเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของผักไฮโดรโปนิกส์

- ระบบการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ โดยใช้เป็นระบบปิดเพื่อควบคุมปัจจัยภายนอกที่มีผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตของผักไฮโดรโปนิกส์

- ระบบน้ำพลังงานสนามแม่เหล็ก เป็นการออกแบบต้นแบบของอุปกรณ์การสร้างสนามแม่เหล็กสำหรับระบบน้ำ ของการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์

1.4.3 การดำเนินการสร้างระบบน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กเพื่อเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของผักไฮโดรโปนิกส์ และการเก็บข้อมูล

- ดำเนินการสร้างอุปกรณ์ระบบน้ำพลังงานสนามแม่เหล็ก ซึ่งมีชุดทดลองที่มีความเข้มของสนามแม่เหล็กที่แตกต่างกัน เพื่อศึกษาผลกระทบของขนาดความเข้มสนามแม่เหล็กที่เหมาะสมต่ออัตราการเจริญเติบโตของผักไฮโดรโปนิกส์

- การเก็บข้อมูลอัตราการเจริญเติบโตของผักไฮโดรโปนิกส์ โดยดำเนินการเก็บข้อมูลทุกวันซึ่งประกอบด้วย ความสูงของลำต้น ความกว้างของทรงพุ่ม ความยาวของราก

1.4.4 การวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย

- ขั้นตอนการออกแบบอุปกรณ์ต้นแบบระบบน้ำพลังงานสนามแม่เหล็ก โดยนำต้นแบบที่ได้จากการออกแบบเสนอผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ ประกอบด้วย ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วจึงดำเนินการสร้าง

- ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลอัตราการเจริญเติบโตของผักไฮโดรโปนิกส์ ซึ่งประกอบด้วย ความสูงของลำต้น ความกว้างของทรงพุ่ม ความยาวของราก ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย โดยดำเนินการตรวจวัดผล และนำข้อมูลที่ได้นำไปวิเคราะห์ทางสถิติ ประกอบด้วย ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- ขั้นตอนการถ่ายทอดสู่ชุมชน ดำเนินการถ่ายทอดองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่ได้จากการวิจัยสู่ชุมชนผ่านทางใบประชาสัมพันธ์ ในหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับผู้ปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ จังหวัดเพชรบูรณ์ จากนั้นเก็บข้อมูลสถิติการเจริญเติบโตจากผู้นำองค์ความรู้ไปใช้งานจริง

1.4.5 รายงานผลการวิจัย จัดทำเอกสารฉบับสมบูรณ์ ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

สนามแม่เหล็ก, ไฮโดรโปนิกส์

1.6 ประโยชน์ของการวิจัย

1.6.1 ได้ผลการวิจัยการเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของผักไฮโดรโปนิกส์ด้วยน้ำพลังงานสนามแม่เหล็ก และการทดสอบปริมาณสนามแม่เหล็กที่เหมาะสมกับระบบการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์

1.6.2 มหาวิทยาลัยได้ระบบปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ด้วยน้ำที่ผ่านสนามแม่เหล็ก เป็นแหล่งองค์ความรู้เพื่อพัฒนาท้องถิ่นสอดคล้องกับเอกลักษณ์ของมหาวิทยาลัยโดยถ่ายทอดองค์ความรู้และเทคโนโลยีสู่ชุมชน

1.6.3 ได้เทคโนโลยีการเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของผักไฮโดรโปนิคส์ด้วยน้ำพลังงานสนามแม่เหล็ก และสามารถเพิ่มผลผลิตและลดระยะเวลาการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ของกลุ่มชุมชนผู้ปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ จังหวัดเพชรบูรณ์

1.7 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.7.1 ขอบเขตพื้นที่ในการวิจัย

- พื้นที่ในการทำวิจัยเพื่อศึกษาผลของระบบน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กต่อการเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของผักไฮโดรโปนิคส์ และทดสอบปริมาณสนามแม่เหล็กที่เหมาะสม ที่คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และกลุ่มชุมชนผู้ปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ จังหวัดเพชรบูรณ์

- พื้นที่ในการวิจัยเพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้และเทคโนโลยีสู่ชุมชน ได้แก่ กลุ่มชุมชนผู้ปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ จังหวัดเพชรบูรณ์

1.7.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา

ระยะที่ 1 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ระยะที่ 2 ออกแบบและพัฒนาสร้างระบบการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์

ระยะที่ 3 ทดสอบปริมาณสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ในระบบการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์และเก็บผลการวิจัย

ระยะที่ 4 ถ่ายทอดองค์ความรู้และเทคโนโลยีสู่กลุ่มชุมชนผู้ปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ จังหวัดเพชรบูรณ์

1.7.3 ขอบเขตด้านประชากร

กลุ่มชุมชนผู้ปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ จังหวัดเพชรบูรณ์

1.7.4 ขอบเขตด้านระยะเวลา

การวิจัยครั้งนี้ใช้ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย 12 เดือน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้กล่าวถึงหลักการ ทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยที่จะนำไปใช้ในการออกแบบและสร้างต้นแบบระบบน้ำพลังงานสนามแม่เหล็ก เพื่อใช้เพิ่มอัตราการเจริญเติบโตในการเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ ประกอบไปด้วยความหมายของน้ำ แม่เหล็กธรรมชาติและแม่เหล็กไฟฟ้า น้ำพลังงานสนามแม่เหล็ก ผักไฮโดรโปนิกส์ แบคทีเรีย วงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสตรง และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 น้ำ

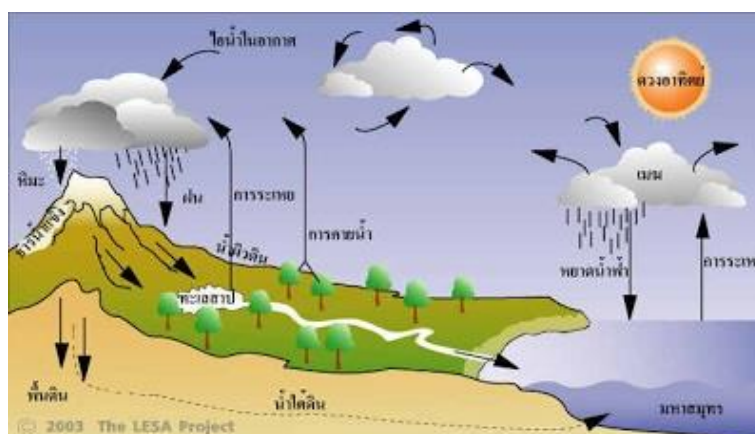
น้ำเป็นสารประกอบหนึ่งที่มีความสำคัญมากในการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด และยังเป็นสารประกอบที่มีปริมาณมากที่สุดในโลก ทั้งสถานะของแข็ง ของเหลว และก๊าซ ซึ่งน้ำสามารถจัดให้อยู่ในรูปน้ำทะเลร้อยละ 97 น้ำจืดร้อยละ 2 และน้ำจืดร้อยละ 1 น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สามารถหมุนเวียนได้ ใช้ในทางเกษตรกรรมและยังเป็นองค์ประกอบหลักในร่างกายของมนุษย์ด้วย น้ำเป็นแหล่งกำเนิดชีวิตของสัตว์และพืช คนเรามีชีวิตอยู่ได้โดยขาดน้ำไม่เกิน 3 วัน และน้ำยังมีความจำเป็นทั้งในภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาประเทศ

น้ำ หมายถึง ของเหลวเกิดจากการรวมตัวกันของก๊าซไฮโดรเจนและก๊าซออกซิเจนในภาวะที่เหมาะสมหรือความหมายในลักษณะเป็นทรัพยากรธรรมชาติ หมายถึง สิ่งที่น่ามาใช้อุปโภค บริโภค ชำระล้างร่างกาย ใช้ในการเพาะปลูก การเกษตรกรรม อุตสาหกรรม การคมนาคมทางน้ำ การผลิตพลังงาน ทรัพยากรน้ำยังเป็นทรัพยากรประเภทหนึ่งที่สามารถเกิดขึ้นทดแทนอยู่ตลอดเวลาเป็นวัฏจักร (ที่มา โรงเรียนวังไกลกังวล.2556) โลกของเราประกอบด้วยพื้นดินและพื้นน้ำ โดยเป็นน้ำ 3 ส่วน และดิน 1 ส่วน เมื่อแสงแดดส่องมาบนพื้นโลก น้ำจากทะเลและมหาสมุทรก็จะระเหยกลายเป็นไอลอยขึ้นสู่เบื้องบนเนื่องจากไอน้ำมีความเบากว่าอากาศ เมื่อไอน้ำลอยสู่เบื้องบนแล้วจะได้รับความเย็นและกลั่นตัวเป็นละอองน้ำเล็ก ๆ ลอยจับตัวกันเป็นกลุ่มก้อนเมฆ เมื่อจับตัวมากขึ้นและกระทบความเย็นจะกลั่นตัวกลายเป็นหยดน้ำตกลงสู่พื้นโลก น้ำบนพื้นโลกจะระเหยกลายเป็นไอน้ำเมื่อได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ ไอน้ำจะรวมตัวเป็นเมฆแล้วตกลงมาเป็นฝน กระบวนการ

เช่นนี้เกิดขึ้นเป็นวัฏจักรหมุนเวียนต่อเนื่องกันตลอดเวลา เรียกว่า วัฏจักรน้ำ ทำให้น้ำเกิดขึ้นบนผิวโลกเสมอ

วัฏจักรของน้ำ

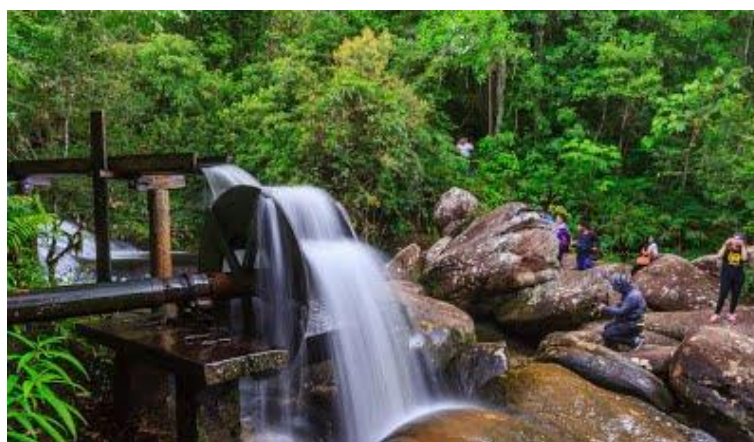
วัฏจักรของน้ำคือ การเกิดและการหมุนเวียนของน้ำที่อยู่ในโลกนั่นเอง การหมุนเวียนของน้ำเป็น Cycle อาจเริ่มนับได้จากมหาสมุทร เมื่อน้ำระเหยจากมหาสมุทรไปสู่บรรยากาศเป็นไอน้ำ แล้วความแปรปรวนของลมฟ้าอากาศจะทำให้เกิดฝนตกลงสู่ผิวโลก ในทะเลบ้าง บนดินบ้าง น้ำฝนที่ตกลงสู่ดินก็จะสูญเสียการดูดซึมลงดินเสียเป็นส่วนใหญ่ แล้วด้วยเหตุอื่นบ้างเล็กน้อย ส่วนที่เหลือก็จะไหลเป็นน้ำท่าลงแม่น้ำลำธารออกทะเล ส่วนที่ซึมลงดินนั้นก็ค่อยๆ ซึมออกสู่น้ำลำธาร และไหลออกทะเลไปเช่นกัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าสุดท้ายน้ำจะระเหยกลายเป็นไอน้ำสู่บรรยากาศ วัฏจักรของน้ำจึงไม่มีที่เริ่มต้นและที่สิ้นสุด หมุนเวียนอยู่เช่นนี้ตลอดเวลา ปริมาณในขั้นตอนต่าง ๆ นั้นอาจผันแปรเล็กน้อยได้เสมอ ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ที่ควบคุมในขั้นตอนเหล่านั้น



รูปที่ 2.1 วัฏจักรของน้ำ

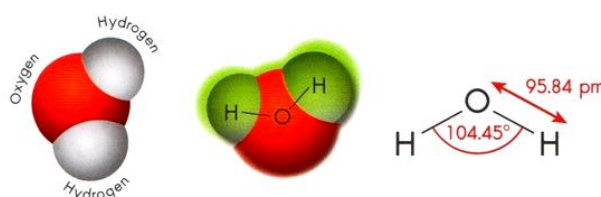
พลังงานน้ำเป็นรูปแบบหนึ่ง การสร้างกำลังโดยการอาศัยพลังงานของน้ำที่เคลื่อนที่ ปัจจุบันนี้พลังงานน้ำส่วนมากจะถูกใช้เพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้า นอกจากนี้แล้วพลังงานน้ำยังถูกนำไปใช้ในกรรมชลประทาน การสี การทอผ้า และใช้ในโรงเลื่อย พลังงานของมวลน้ำที่เคลื่อนที่ได้ถูกมนุษย์นำมาใช้นานแล้วเป็นศตวรรษ โดยได้มีการสร้างกังหันน้ำ (Water Wheel) เพื่อใช้ในงานต่าง ๆ ชาวอินเดียและชาวโรมันก็ได้มีการประยุกต์ใช้เพื่อใช้ในการโม่แป้งจากเมล็ดพืชต่าง ๆ โดยในช่วงทศวรรษ 1830 ซึ่งเป็นยุคที่การสร้างคลองเฟื่องฟูถึงขีดสุด ก็ได้มีการประยุกต์เอาพลังงานน้ำมาใช้เพื่อขับเคลื่อนเรือขึ้นและลงจากเขา โดยอาศัยรางรถไฟที่ลาดเอียง อย่างไรก็ตามการประยุกต์ใช้พลังงานน้ำในยุคแรกนั้นเป็นการส่งต่อพลังงานโดยตรง (Direct Mechanical Power Transmission) ทำให้การใช้พลังงานน้ำในยุคนั้นต้องอยู่ใกล้แหล่งพลังงาน เช่น น้ำตก เป็นต้น ปัจจุบันนี้พลังงาน

น้ำได้ถูกใช้เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า ทำให้สามารถส่งต่อพลังงานไปใช้ในในที่ห่างจากแหล่งน้ำได้ การนำเอาพลังงานน้ำมาใช้ประโยชน์ทำได้โดยการเปลี่ยนพลังงานจลน์ของน้ำที่ไหลลงจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำให้เป็นกระแสไฟฟ้า อุปกรณ์ที่ใช้ในการเปลี่ยนนี้คือ กังหันน้ำ (Turbine) น้ำที่มีความเร็วสูงจะผ่านเข้าท่อแล้วถ่ายทอดพลังงานจลน์เข้าสู่กังหันน้ำ ซึ่งจะไปหมุนขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า อีกทอดหนึ่ง ในปัจจุบันพลังงานที่ได้จากแหล่งน้ำที่รู้จักโดยทั่วไปคือ พลังงานน้ำตก พลังงานน้ำขึ้นน้ำลง พลังงานคลื่น



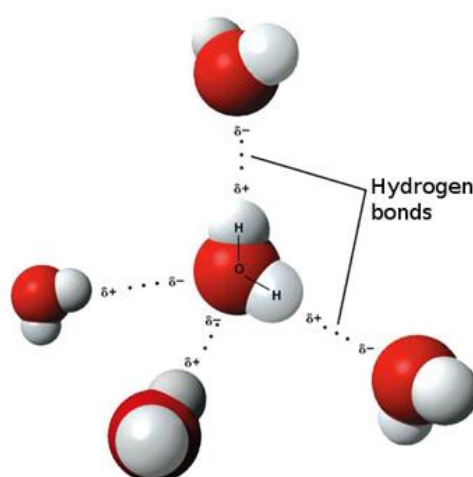
รูปที่ 2.2 พลังงานของน้ำ

น้ำเป็นสารประกอบไม่มีสี กลิ่น รส มีคุณสมบัติไม่เหมือนสารชนิดอื่นใดในโลก เป็นสารประกอบที่มีความเสถียร เป็นตัวทำละลายที่ดี เป็นของไหล และเป็นแหล่งวัตถุดิบที่สำคัญที่สุดในกระบวนการเคมีและชีวเคมี สามารถดูดและคายความร้อนได้ดีกว่าสารชนิดอื่น จากโครงสร้างพื้นฐานระดับปฐมภูมิของน้ำคือ H_2O อะตอมของไฮโดรเจนทำมุมประมาณ $104.5-105$ องศา กับอะตอมของออกซิเจน ทำให้ออกซิเจนซึ่งมีน้ำหนักกว่าไฮโดรเจนดึงเอาอิเล็กตรอนไปหมุนรอบได้มากกว่าเล็กน้อย เกิดเป็นสภาพขั้วลบทางไฟฟ้าขึ้นในขณะที่ไฮโดรเจนอะตอมกลับมีสภาพเป็นขั้วบวก ดังภาพที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ลักษณะโครงสร้างของน้ำ

นอกจากอะตอมของไฮโดรเจนและออกซิเจนที่เกาะกันด้วยพันธะโควาเลนต์ และแรงดึงดูดมวลโมเลกุลแล้ว ระหว่างโมเลกุลของน้ำยังมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลเข้าด้วยกัน เรียกว่าพันธะไฮโดรเจน ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 พันธะไฮโดรเจนของน้ำ

2.1.2 แม่เหล็กธรรมชาติและแม่เหล็กไฟฟ้า

2.1.2.1 แม่เหล็กธรรมชาติ

แม่เหล็กในธรรมชาติเป็นที่รู้จักกันมานานแล้ว โดยการสังเกตพบว่ามีหินแร่เหล็กบางชนิดที่สามารถดูดเศษเหล็กต่าง ๆ เข้ามาได้ หลังจากนั้นจึงมีผู้คิดค้นเพื่อนำแม่เหล็กมาใช้งานกันแพร่หลายจนถึงปัจจุบัน ปกติแล้วถ้านำแท่งแม่เหล็กไปแขวนลอยไว้อย่างอิสระปลายทั้งสองข้างของมันจะชี้ไปทางทิศเหนือและทิศใต้โดยอัตโนมัติ โดยปลายข้างที่ชี้ไปทางทิศเหนือเรียกว่าขั้วเหนือหรือขั้ว N (North) และปลายข้างที่ชี้ไปทางทิศใต้เรียกว่าขั้วใต้หรือขั้ว S (South) ซึ่งต่อมาได้นำหลักการนี้ไปใช้ทำเข็มทิศช่วยในการเดินเรือ แม่เหล็กนั้นมีความสัมพันธ์กับไฟฟ้าอย่างมาก เนื่องจากอุปกรณ์ไฟฟ้าบางชนิดจำเป็นต้องใช้แม่เหล็กหรือหลักการของแม่เหล็กประกอบในการนำมาใช้งานต่าง ๆ รวมทั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าบางชนิดในรถยนต์ ได้แก่ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือเจนเนอเรเตอร์ (Generator) เป็นต้นอำนาจดึงดูดแม่เหล็ก เหมือนกับกระแสไฟฟ้า ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า อำนาจนี้สามารถทำให้เกิดงานและพลังงานได้ อำนาจแม่เหล็กทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า และในทางกลับกันกระแสทำให้เกิดอำนาจดึงดูดของแม่เหล็กได้ แท่งเหล็กธรรมดาสามารถทำให้เป็นแม่เหล็กได้หลายลักษณะ ที่นิยมกันทั่ว ๆ ไปได้แก่ การเหนี่ยวนำของแม่เหล็ก โดยการใช้แท่งแม่เหล็กถูไปบนแท่งเหล็กธรรมดา นอกจากนี้แล้วยังกระทำได้โดยการนำแท่งเหล็กธรรมดาไปวางไว้ในสนามแม่เหล็กชั่วขณะหนึ่ง ทำให้แท่งเหล็กเกิดการเหนี่ยวนำแล้วมีสมบัติเป็น

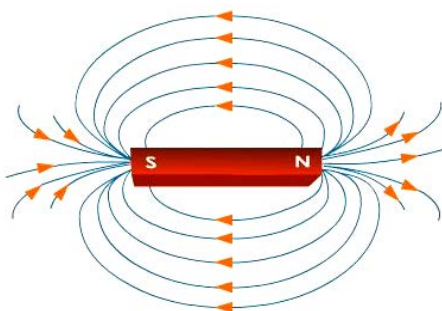
แม่เหล็ก ได้เช่นกันเหล็กและโลหะบางชนิดสามารถแสดงคุณสมบัติแม่เหล็กได้ เมื่อได้รับการเหนี่ยวนำของแม่เหล็กเกิดขึ้น เรียกว่า สารแม่เหล็ก (Magnetic Substance) แต่กลุ่มที่ไม่แสดงคุณสมบัติของแม่เหล็กได้จะเรียกว่า สารที่ไม่ใช่แม่เหล็ก (Non-magnetic Substance) ได้แก่ ทองแดง อะลูมิเนียม และสังกะสี เป็นต้น นอกจากนี้ สารแม่เหล็ก สามารถแบ่งตามลักษณะผลที่เกิดขึ้นหลังการเหนี่ยวนำได้ 2 ประเภท คือ

1. แม่เหล็กชั่วคราว (Temporary Magnet) หมายถึง เหล็กที่สูญเสียอำนาจดึงดูดของแม่เหล็กไป เมื่อนำออกจากสนามแม่เหล็ก ทำให้แม่เหล็กนั้นกลับคืนสู่สภาพแท่งเหล็กธรรมดา ส่วนมากเป็นพวกเหล็กอ่อน ซึ่งนำไปใช้เป็นแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับอุปกรณ์ต่างๆ ในรถยนต์ เช่น คอยล์ (Coil) และขดลวดไฟฟ้าหรือโซลินอยด์ (Solenoid)

2. แม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet) หมายถึง เหล็กที่มีอำนาจดึงดูดตลอดไป ถ้าได้รับอำนาจแม่เหล็กด้วยวิธีที่ถูกต้อง ซึ่งแม่เหล็กถาวรนี้จะทำมาจากโลหะแข็งผสมเป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ เหล็กผสมนิเกิล และโคบอลต์ผสมนิเกิลและอะลูมิเนียม เป็นต้น เช่น นำไปประกอบใน โวลต์มิเตอร์ และแอมป์มิเตอร์

แม่เหล็ก (Magnet) คือวัตถุที่ดูดเหล็กได้ และวัตถุที่แม่เหล็กส่งแรงกระทำเรียกสารแม่เหล็ก (Magnetic Substance) แท่งแม่เหล็ก 1 แท่ง จะมี 2 ขั้ว คือ ขั้วเหนือ N(North) และขั้วใต้ S (South) ชนิดเดียวกันจะผลักกัน และขั้วต่างชนิดกันจะดูดกันเสมอ

สนามแม่เหล็ก เมื่อมีแม่เหล็กวางอยู่ ณ ที่ใดก็ตาม แม่เหล็กนั้นจะส่งอำนาจแม่เหล็กออกไปรอบตัวในบริเวณนั้น ถ้าเอาแม่เหล็กอื่นหรือวัตถุที่เป็นเหล็กเข้าไปในบริเวณนั้นจะเกิดแรงแม่เหล็กส่งมากระทำทันทีจากแม่เหล็กที่วางอยู่ก่อนนั้น อย่างนี้เราถือว่าแม่เหล็กหรือสารแม่เหล็กที่เรานำเข้าไปที่หลังไปอยู่ในบริเวณซึ่งเป็น สนามแม่เหล็กของแม่เหล็กอันแรกถ้าเราดอยแม่เหล็กหรือสารแม่เหล็กนั้นออกมาให้ห่างมาก ๆ แรงแม่เหล็กที่เคยเกิดขึ้นดังกล่าวจะหมดไป หมายความว่าแม่เหล็กอันแรกส่งแรงไปกระทำไม่ถึง จึงเห็นได้ว่าสนามแม่เหล็กคือ บริเวณรอบ ๆ แม่เหล็ก ซึ่งแท่งแม่เหล็กนั้นสามารถส่งอำนาจแม่เหล็กไปถึง



รูปที่ 2.5 แสดงทิศทางเส้นแรงแม่เหล็ก

โดยความเข้มของสนามแม่เหล็ก สามารถคำนวณได้จากจำนวนเส้นแรงแม่เหล็กที่พุ่งตั้งฉากกับพื้นที่หนึ่งตารางหน่วย ดังสมการ

$$B = \frac{\phi}{A}$$

เมื่อกำหนดให้

B คือ ความเข้มของสนามแม่เหล็กมีหน่วยเป็น เทสลา (T)

ϕ คือ ฟลักซ์แม่เหล็ก มีหน่วยเป็น เวเบอร์ (W)

A คือ พื้นที่ตั้งฉาก มีหน่วยเป็น ตารางเมตร (m^2)

แม่เหล็กถาวรนีโอไดเมียม (Neodymium)

แม่เหล็กถาวรนีโอไดเมียม (Neodymium : Nd-Fe-B) เป็นแม่เหล็กที่มีส่วนประกอบหลัก คือ นีโอไดเมียม (Neodymium) เหล็ก โบรอน และมีคุณสมบัติเฉพาะของแม่เหล็กสูงสุดในกลุ่มแม่เหล็กที่มีอยู่ในปัจจุบัน แม่เหล็กนีโอไดเมียมเป็นแม่เหล็กที่ยกขึ้นมาเป็นตัวอย่างจากแม่เหล็กที่มีส่วนประกอบของแร่ธาตุที่หายากต่างๆ ซึ่งมีแรงดึงดูดสูงกว่าแม่เหล็กอื่น ๆ แม้ว่าจะทำให้มีขนาดเล็กแล้วก็ตามแต่ก็ยังมีความแข็งแรงที่น่าพอใจ ดังนั้นจึงสามารถตอบสนองความต้องการได้เป็นอย่างดีในด้านการลดขนาด แม่เหล็กนีโอไดเมียมมีความแข็งแรงทนทานด้านกลไกที่เยี่ยมยอด แต่ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในอุณหภูมิสูง มีการแปรรูปเคลือบผิวเพื่อป้องกันสนิม และนำมาใช้กับมอเตอร์หรือเซนเซอร์ขนาดเล็ก เครื่องจักรที่มีความละเอียดสูง เป็นต้น



รูปที่ 2.6 แม่เหล็กถาวรนีโอไดเมียม

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างค่าความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็กของแม่เหล็กถาวรนีโอไดเมียมแบบเหลี่ยม

ขนาด (mm.)	ระยะแรงดึงดูด (mm.)	ปรับผิวแม่เหล็ก	เกรด	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก (mT)	แรงดูด (kg.F)
10 x 10	10	ชุบด้วยนิกเกิล	N35	488	4.176
15 x 15	10	ชุบด้วยนิกเกิล	N35	445	7.24
20 x 20	20	ชุบด้วยนิกเกิล	N35	520	16.704
30 x 30	20	ชุบด้วยนิกเกิล	N35	457	28.981
30 x 30	30	ชุบด้วยนิกเกิล	N35	520	37.585
40 x 10	20	ชุบด้วยนิกเกิล	N35	531	17.419
40 x 40	30	ชุบด้วยนิกเกิล	N35	478	56.388
50 x 10	30	ชุบด้วยนิกเกิล	N35	557	23.907
50 x 20	30	ชุบด้วยนิกเกิล	N35	519.955	41.61

2.1.2.2 แม่เหล็กไฟฟ้า

Electromagnets หรือแม่เหล็กไฟฟ้า หมายถึง อำนาจแม่เหล็กที่เกิดจากการที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านในวัตถุตัวนำหมายความว่าถ้าปล่อยให้ กระแสไฟฟ้าไหลในวัตถุตัวนำจะทำให้เกิด สนามแม่เหล็กรอบ ๆ ตัวนำนั้น เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเส้นลวดตัวนำ จะเกิดเส้นแรงแม่เหล็กขึ้นรอบ ๆ เส้นลวดตัวนำนั้น แต่อำนาจแม่เหล็กที่เกิดขึ้นมีเพียงจำนวนเล็กน้อย ซึ่งไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ การจะเพิ่มความเข้มของสนามแม่เหล็ก ทำได้โดยการนำ

เส้นลวดตัวนำมาพันเป็นขดลวด เส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดในแต่ละส่วนของเส้นลวดตัวนำจะเสริมอำนาจกัน ทำให้มีความเข้มของสนามแม่เหล็กเพิ่มขึ้น ซึ่งความเข้มของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า จะขึ้นอยู่กับส่วนประกอบต่าง ๆ ดังนี้

1. จำนวนรอบของการพันเส้นลวดตัวนำ การพันจำนวนรอบของเส้นลวดตัวนำมากเกิดสนามแม่เหล็กมาก ในทางกลับกันถ้าพันจำนวนรอบน้อยการเกิดสนามแม่เหล็กก็น้อยตามไปด้วย
2. ปริมาณการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านเส้นลวดตัวนำ กระแสไฟฟ้าไหลผ่านมากสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นมาก และถ้ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านน้อยสนามแม่เหล็กเกิดน้อย
3. ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำแกนของแท่งแม่เหล็กไฟฟ้า วัสดุต่างชนิดกันจะให้ความเข้มของสนามแม่เหล็กต่างกันอันเนื่องจากคุณสมบัติสภาพซึมซาบได้ (Permeability) ที่แตกต่างกัน เช่น แกนอากาศจะให้ความเข้มของสนามแม่เหล็กน้อยกว่าแกนที่ทำจากสารเฟอร์โรแมกเนติก (Ferromagnetic) หรือสารที่สามารถเกิดอำนาจแม่เหล็กได้ เช่น เหล็ก เพอร์ไรท์ เป็นต้น สารเหล่านี้จะช่วยเสริมอำนาจแม่เหล็กในขดลวดทำให้มีความเข้มของสนามแม่เหล็กมากขึ้น

ตารางที่ 2.2 ค่าความซึมซาบได้ของวัสดุชนิดต่าง ๆ

ค่าความซึมซาบได้ของวัสดุชนิดต่าง ๆ	
วัสดุ	ค่าความซึมซาบได้
อากาศ	1.26×10^{-6}
นิกเกิล	6.26×10^{-5}
เคบอลด์	7.56×10^{-5}
เหล็กหล่อ	1.1×10^{-4}
เหล็กแท่ง	5.56×10^{-4}
แกนเหล็กหม้อแปลงไฟฟ้า	6.9×10^{-3}
เหล็กซิลิกอน	8.8×10^{-3}
เพอร์มัลลอย	0.126
ซูเปอร์มัลลอยด์	1.26

4. ขนาดของแกนแท่งแม่เหล็กไฟฟ้า แกนที่มีขนาดใหญ่จะให้สนามแม่เหล็กมาก ส่วนแกนที่มีขนาดเล็กจะให้สนามแม่เหล็กน้อย

การเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุในสนามแม่เหล็ก

เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก จะมีแรงทางแม่เหล็กกระทำต่ออนุภาคนั้นแรงกระทำนี้เรียกว่าแรงลอเรนซ์ (Lorentz Force) สามารถหาขนาดของแรงได้จาก

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B} = qvB\sin\theta$$

โดยที่

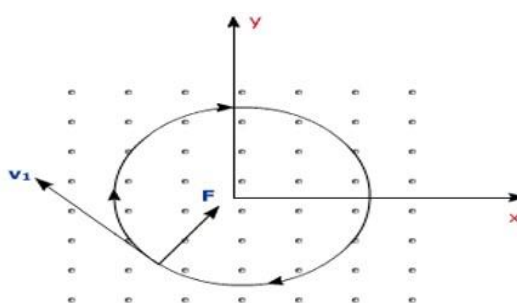
$\vec{F}$ คือ แรงลอเรนซ์ (N) หรือแรงแม่เหล็ก

q คือ ประจุไฟฟ้าที่กำลังเคลื่อนที่ (C)

$\vec{v}$ คือ ความเร็วของประจุ (m/s)

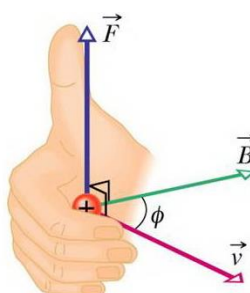
$\vec{B}$ คือ สนามแม่เหล็ก (T)

θ คือ มุมระหว่าง $\vec{v}$ กับ $\vec{B}$ ($0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$)



รูปที่ 2.7 แรงลอเรนซ์

ทิศทางของแรงที่กระทำเป็นไปตามกฎมือขวาของสกรู (Right Hand Screw Rule) สำหรับประจุไฟฟ้าบวก



รูปที่ 2.8 กฎมือขวาของสกรู

กระแสไฟฟ้าที่ทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก

1. สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าไหลในเส้นลวดตรงยาว

ฮานส์ เออร์สเทด นักวิทยาศาสตร์ชาวเดนมาร์กได้ทำการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างไฟฟ้ากับแม่เหล็ก พบว่ามีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นรอบตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน โดยความเข้มของสนามแม่เหล็กแปรผันตรงกับปริมาณกระแสโดยทิศทางของสนามแม่เหล็กเป็นไปตามกฎมือขวา

$$B = \frac{\mu_o I}{2\pi a}$$

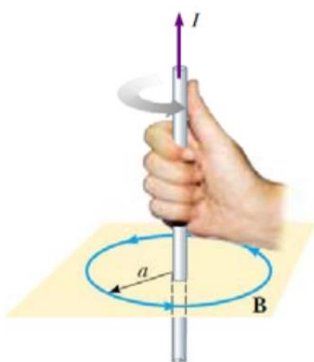
โดยที่

$\vec{B}$ คือ สนามแม่เหล็ก (T)

μ_o คือ สภาพซึมซาบได้ของสนามแม่เหล็กในสุญญากาศ ($\mu_o = 4\pi \times 10^{-7}$ H/m)

I คือ กระแสไฟฟ้า (A)

a คือ ระยะห่างระหว่างเส้นลวด



รูปที่ 2.9 สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าไหลในเส้นลวดตรงยาว

2. สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าไหลในขดลวดวงกลม

ถ้าผ่านกระแสไฟฟ้าไปในลวดตัวนำที่ถูกดัดเป็นวงกลม จะเกิดสนามแม่เหล็กรอบ ๆ ลวดตัวนำนั้น การหาทิศของสนามแม่เหล็กยังคงใช้กฎมือขวา โดยขนาดของสนามที่จุดศูนย์กลางของขดลวดแปรผกผันกับรัศมีของขดลวด แต่จะแปรผันตามจำนวนรอบของขดลวดและปริมาณกระแส

$$B = \frac{\mu_o nI}{2a}$$

โดยที่

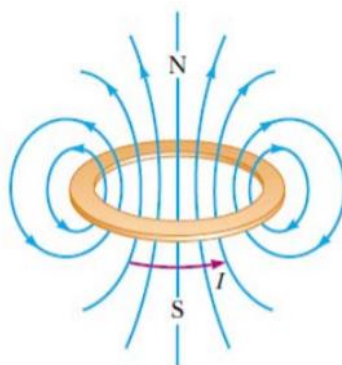
$\vec{B}$ คือ สนามแม่เหล็ก (T)

μ_o คือ สภาพซึมซาบได้ของสนามแม่เหล็กในสุญญากาศ ($\mu_o = 4\pi \times 10^{-7}$ H/m)

n คือ จำนวนรอบของขดลวด

I คือ กระแสไฟฟ้า (A)

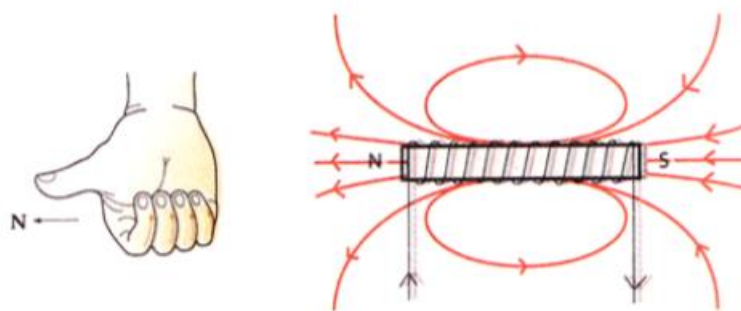
a คือ ระยะห่างระหว่างเส้นลวด



รูปที่ 2.10 สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าไหลในขดลวดวงกลม

3. สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าไหลในขดลวดโซลินอยด์

เมื่อนำลวดตัวนำที่มีฉนวนหุ้มมาขดเป็นวงกลมหลาย ๆ วงเรียงซ้อนกันเป็นรูปทรงกระบอก ขดลวดที่ได้นี้เรียกว่า โซลินอยด์ (Solenoid) เมื่อให้กระแสไฟฟ้าผ่านโซลินอยด์จะมีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้น การหาทิศของสนามแม่เหล็กใช้วิธีการกำมือขวาแบบเดียวกับการหาทิศของสนามแม่เหล็กของลวดตัวนำวงกลมปลายขดลวดด้านที่สนามแม่เหล็กพุ่งออกจะเป็นหัวเหนือ และอีกปลายหนึ่งซึ่งสนามแม่เหล็กพุ่งเข้าจะเป็นหัวใต้



รูปที่ 2.11 สนามแม่เหล็กในขดลวดโซลินอยด์

สนามแม่เหล็กที่เกิดจากโซลินอยด์มีค่าสูงสุดที่บริเวณแกนกลางของโซลินอยด์และขนาดของสนามแม่เหล็กนี้จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อกระแสไฟฟ้าเพิ่มหรือจำนวนรอบของขดลวดเพิ่ม ถ้าใส่แท่งเหล็กอ่อนไว้ที่แกนกลางของโซลินอยด์ เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านโซลินอยด์แท่งเหล็กอ่อนจะมีสมบัติเป็นแม่เหล็ก แม่เหล็กที่เกิดจากวิธีนี้เรียกว่า แม่เหล็กไฟฟ้า สนามแม่เหล็กของแม่เหล็กไฟฟ้าจะเพิ่มเมื่อกระแสไฟฟ้าเพิ่มและจำนวนรอบต่อความยาวของขดลวดเพิ่ม แต่เมื่อไม่มีกระแสไฟฟ้าแท่งเหล็กอ่อนจะหมดสภาพแม่เหล็กทันที โดยความเข้มของสนามแม่เหล็กในขดลวดโซลินอยด์แปรผันตามจำนวนของขดลวดและปริมาณกระแส

$$B = \mu_o nI$$

โดยที่

B คือ สนามแม่เหล็ก (T)

μ_o คือ สภาพซึมซาบได้ของสนามแม่เหล็กในสุญญากาศ ($\mu_o = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$)

n คือ จำนวนรอบของขดลวด

I คือ กระแสไฟฟ้า (A)

4. สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าไหลในขดลวดทอรรอยด์

เมื่อนำลวดตัวนำที่มีฉนวนหุ้มมาขดเป็นวงกลมหลาย ๆ รอบเรียงกันเป็นรูปทรงกระบอกแล้วขดเป็นวงกลมขดลวดที่ได้นี้เรียกว่า ทอรรอยด์ (Toroid) เมื่อให้กระแสไฟฟ้าผ่านจะเกิดสนามแม่เหล็กภายในทอรรอยด์ ซึ่งหาทิศของสนามได้ด้วยการกำมือขวารอบแกนของทอรรอยด์ให้นิ้วทั้งสี่ตามทิศของกระแสไฟฟ้า นิ้วหัวแม่มือจะชี้ทิศของสนามแม่เหล็ก สนามแม่เหล็กภายในทอรรอยด์มีค่าไม่สม่ำเสมอ โดยสนามแม่เหล็กที่ขอบด้านในมีค่าสูงกว่าสนามแม่เหล็กที่ขอบ

ด้านนอกปัจจุบันมีการนำหลักการของทอรรอยด์ไปสร้างสนามแม่เหล็กในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ขั้นสูง เช่น ใช้ในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ฟิวชัน (Fusion Nuclear Reaction) ที่เรียกว่า โทคามัค (tokamak) คาดว่าเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ฟิวชันจะเป็นแหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้าที่สำคัญในอนาคต

$$B = \frac{\mu_o nI}{2\pi a}$$

โดยที่

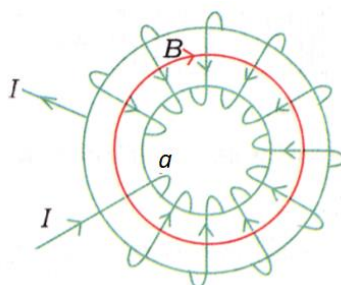
$\bar{B}$ คือ สนามแม่เหล็ก (T)

μ_o คือ สภาพซึมซาบได้ของสนามแม่เหล็กในสุญญากาศ ($\mu_o = 4\pi \times 10^{-7}$ H/m)

n คือ จำนวนรอบของขดลวด

I คือ กระแสไฟฟ้า (A)

a คือ รัศมีขดลวด



รูปที่ 2.12 สนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าไหลในขดลวดทอรรอยด์

ประโยชน์ของแม่เหล็กไฟฟ้า

แม่เหล็กไฟฟ้ามีประโยชน์มากมาย ใช้หลักการที่แม่เหล็กดูดแผ่นโลหะเมื่อวางวงจรปิดซึ่งเป็นการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล เช่น พลังงานเสียง

1. ออดไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดเสียงจากกระแสตรง แผ่นโลหะจะถูกดูดโดยแม่เหล็กไฟฟ้า ทำให้จุดสัมผัสแยกออก มีผลให้กระแสที่เข้ามายังแม่เหล็กไฟฟ้าหยุดไหล ดังนั้นแผ่นโลหะจึงติดกลับ เกิดขึ้นเช่นนี้เรื่อย ๆ มีผลให้แผ่นโลหะสั่นเกิดเสียงออกขึ้น ในกระดิ่งไฟฟ้ามีก้อนติดกับแผ่นโลหะใกล้กับกระดิ่งเมื่อแผ่นโลหะสั่นก้อนก็จะเคาะกระดิ่ง



รูปที่ 2.13 ออกไฟฟ้า

2. ปั่นจั่น เป็นการประยุกต์ใช้หลักการของแม่เหล็กไฟฟ้าไปใช้เป็นเครื่องมือสำหรับยกของจำพวกโลหะ ใช้สำหรับดูดเศษเหล็กจากเศษโลหะอื่น ๆ เมื่อต้องการใช้ก็เปิดสวิตช์ ทำให้เหล็กที่เป็นแกนของขดลวดเป็นแม่เหล็กดูดเศษเหล็กได้ และเมื่อใช้เสร็จก็ปิดสวิตช์ แกนเหล็กก็จะไม่เป็นแม่เหล็ก ปล่อยเศษเหล็กให้หลุดลงมา



รูปที่ 2.14 ปั่นจั่นไฟฟ้า

3. หูฟัง เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นคลื่นเสียง ใช้แม่เหล็กถาวรดูดแผ่นไดอะแฟรม ความแรงของแรงดึงดูดเปลี่ยนไปตามการเปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าในขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า แผ่นไดอะแฟรมจะสั่นทำให้เกิดเสียง



รูปที่ 2.15 ไดอะแฟรมของหูฟัง

4. รถไฟความเร็วสูง เป็นรถไฟที่มีแม่เหล็กไฟฟ้าติดอยู่ข้างใต้ซึ่งเคลื่อนที่ ไปบนรางที่มีแม่เหล็กไฟฟ้า แม่เหล็กผลักซึ่งกันและกันทำให้รถไฟลอยเหนือราง เป็นการลดแรงเสียดทานระหว่างรถไฟและราง ทำให้เคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น

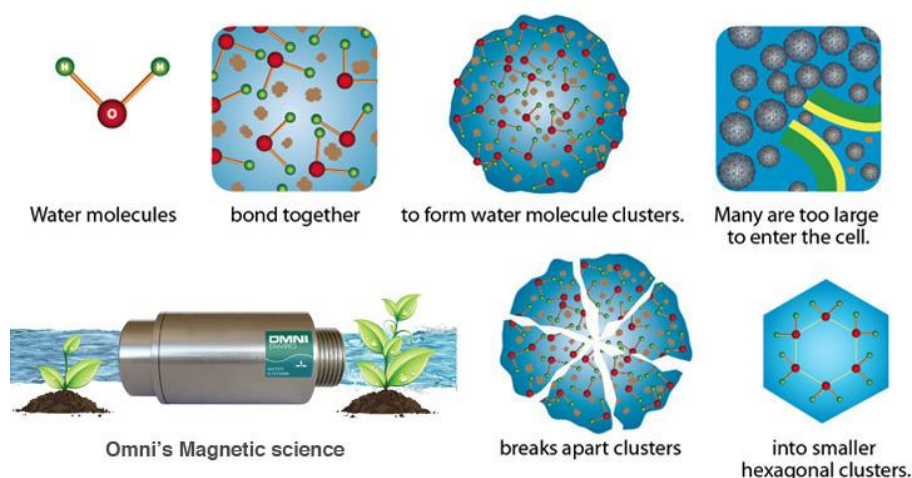


รูปที่ 2.16 รถไฟความเร็วสูง

2.1.3 น้ำพลังงานสนามแม่เหล็ก

น้ำพลังงานสนามแม่เหล็ก หรือน้ำแมกเนติก คือ น้ำที่ผ่านพลังงานจากคลื่นสนามแม่เหล็กถาวรนีโอไดเนียม 4600 เกาส์ เพื่อช่วยกำจัดจุลินทรีย์ขนาดเล็กและปรับเปลี่ยนค่าความเป็นกรด – ด่างของน้ำเพิ่มปริมาณแร่ธาตุและระดับออกซิเจนในน้ำ ปรับโมเลกุลเป็นอนุภาคเล็ก เพื่อให้ น้ำกลายเป็นน้ำมีคุณภาพมากขึ้น ถ้านำน้ำมาผ่านสนามแม่เหล็ก ความหนาแน่น 4600 เกาส์ (Magnetic Field) ซึ่งพลังงานแม่เหล็กจะทำให้โครงสร้าง (Structure) ทางกายภาพของน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลง แต่คุณสมบัติทางเคมีของน้ำไม่มีเปลี่ยน โมเลกุลยังคงเป็นไฮโดรเจน (Hydrogen) 2 อะตอมกับออกซิเจน (Oxygen) 1 อะตอมเหมือนเดิม แต่เกิดการจับกลุ่มที่มีโครงสร้างจำนวน โมเลกุลน้ำ (H_2O) น้อยลงที่เคยเกาะเป็นกลุ่มละ 14 โมเลกุล เช่นน้ำประปา จะลดลงมาเหลือเพียง 6 โมเลกุลต่อ 1 กลุ่ม ซึ่งเราเรียกน้ำที่มีกลุ่มขนาดเล็กกะทัดรัดนี้ว่า น้ำกลุ่มเล็ก (Micro cluster Water) เมื่อโมเลกุลของน้ำจัดเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบ ทำให้มันผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ทั้งเข้าไปและออกมาตามอวัยวะต่าง ๆ ของมนุษย์และสัตว์ รวมทั้งผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ของพืชได้ง่าย สามารถนำพาสารอาหารรวมทั้งออกซิเจนเข้าไปในเซลล์ และนำเอาสารพิษกับของเสียจากการกระบวนการเผาผลาญออกมาจากเซลล์ได้สะดวกรวดเร็วยิ่งขึ้น

การที่โมเลกุลของน้ำจับตัวกันเป็นกลุ่มขนาดเล็ก และเรียงตัวกันใหม่ขนานไปตามแนวเดียวกัน ไม่แออัด มีระเบียบ นักวิทยาศาสตร์อธิบายว่าแรงตึงผิว จึงลดลงจาก 75 Dynes มาเป็น 45 Dynes บางครั้งลงมาถึง 36 Dynes การที่น้ำมีแรงตึงผิวดำ ทำให้สามารถละลายสารอาหารต่าง ๆ ได้ง่ายมากขึ้น (More Effective Solvent) พาไปให้เซลล์จนเพียงพอ ขณะเดียวกันของเสียในเซลล์ ก็สามารถละลายได้ง่ายในน้ำเช่นกัน



รูปที่ 2.17 น้ำพลังงานสนามแม่เหล็ก

การทำงานของน้ำพลังงานสนามแม่เหล็ก

น้ำพลังงานสนามแม่เหล็กมีโครงสร้างขนาดเล็ก มีคุณสมบัติเข้าและออกเซลล์ค่อนข้างว่องไว โมเลกุลของน้ำ (H_2O) เมื่อถูกกระตุ้นด้วยความถี่ของคลื่นแม่เหล็ก (Electromagnetic Vibration) จะทำให้โมเลกุลของน้ำจำนวนหนึ่งแตกตัวเป็นไอออน (Ion) ประกอบด้วย ไฮโดรเจนไอออน (H^+) ประจุบวก กับ ไฮดรอกซิลไอออน (OH^-) ประจุลบ $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$ ไฮโดรเจนไอออน (H^+) บางส่วนจะไปรวมตัวกับกลุ่มเกลือแร่ เช่น แคลเซียม กลายเป็น แคลเซียมไบคาร์บอเนต (Calcium Bicarbonate) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นด่าง (Alkaline) ทำให้น้ำมีค่า pH ประมาณ 7.6-8.5 ไฮดรอกซิลไอออน (OH^-) นี้ถ้า 2 ตัวรวมกันจะเกิดเป็นน้ำ (H_2O) อีกครั้งกับ ออกซิเจนไอออน (O^-) $OH^- + OH^- = H_2O + O^-$ ออกซิเจนไอออน (O^-) นี้ จะมีอิเล็กตรอนประจุลบ ซึ่งทำให้น้ำที่หยุดวงจรอนุมูลอิสระ (Free Radical Cycle) บางครั้งจะรวมตัวกันเองกลายเป็นก๊าซออกซิเจน (O_2) ละลายอยู่ในน้ำโดยอยู่ในวงล้อม ของกลุ่มโมเลกุลโครงสร้างเล็ก (Microcluster) ดัก O_2 ไว้ โดยมี Hydrogenbond เป็นตัวช่วยกัน ไฮโดรเจนไอออน (H^+) ซึ่งเป็นประจุบวก ถ้ารวมกัน 2 ตัวจะกลายเป็นก๊าซไฮโดรเจน (H_2) ละลายในน้ำหรือระเหยออกไปและบางครั้งรวมกับออกซิเจน (O_2) กลายเป็นน้ำ (H_2O) ความเป็นกรดจึงถือว่าเป็นนัยสำคัญ

อายุของน้ำที่ได้รับพลังงานสนามแม่เหล็ก

การที่อายุของแต่ละคุณสมบัติมีช่วงเวลาสั้นไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นกับสภาพของสิ่งแวดล้อม ถ้าเก็บน้ำในตู้เย็น หรือเก็บในขวดที่เป็นแก้วปิดสนิท จะมีประสิทธิภาพอยู่ได้นาน การที่น้ำนั้นมีฤทธิ์เป็นด่าง เพราะเกิดจากเกลือแร่ แคลเซียมไบคาร์บอเนต (Calcium Bicarbonate) ดังได้กล่าวมาแล้ว แต่ขวดที่เป็นพลาสติกจะยอมให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึมผ่านเข้าไปและ

ทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไบคาร์บอเนตซึ่งละลายอยู่ในน้ำ เกิดเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) ซึ่งไม่ละลายในน้ำ จึงตกเป็นตะกอนและความเป็นด่างจะลดลง ขวดที่เป็นแก้วจึงเก็บน้ำให้คงมีประสิทธิภาพได้นานกว่าขวดพลาสติก โดยมีระยะเวลาคุณสมบัติต่าง ๆ ดังนี้

1. คุณสมบัติของการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) ขึ้นอยู่กับอายุของไฮดรอกซิลไอออน (Hydroxyl Ion) ซึ่งจะอยู่ในน้ำได้ไม่เกิน 18 – 24 ชั่วโมง
2. ความเป็นด่าง (Alkaline Property) ซึ่งวัดค่าโดย pH ระดับที่ต้องการควรสูงเกินกว่า pH 7.4 จะอยู่ได้นาน 1-2 อาทิตย์
3. การมีโครงสร้างขนาดเล็ก (Microcluster หรือ Structured Water) คือ โมเลกุลของน้ำ 5-6 ตัว ต่อ 1 กลุ่ม (Cluster) จะอยู่ได้ประมาณ 1-3 เดือน

2.1.4 ผักไฮโดรโปนิคส์

ไฮโดรโปนิคส์ (Hydroponics) เป็นคำที่มาจากภาษากรีก 2 คำ คือคำว่า Hydro ซึ่งแปลว่าน้ำ และคำว่า Ponos แปลว่าทำงานหรือแรงงาน เมื่อรวมกันจึงมีความหมายว่าการทำงานที่เกี่ยวข้องกับน้ำ ประวัติความเป็นมาของการปลูกพืชโดยวิธีนี้นั้นเริ่มมาจากการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ธาตุอาหารต่าง ๆ ในการปลูกพืช ซึ่งมีมาตั้งแต่หลายพันปีก่อนสมัยของอริสโตเติล จากหลักฐานทางประวัติศาสตร์พบว่านักวิทยาศาสตร์หลายท่านได้เขียนบันทึกต่าง ๆ ทางพฤกษศาสตร์ขึ้นและปรากฏอยู่จนทุกวันนี้ แต่การปลูกพืชตามหลักการทางวิทยาศาสตร์นั้นเริ่มขึ้นประมาณ 300 ปีมาแล้ว คือประมาณ ค.ศ. 1699 John Woodward นักพฤกษศาสตร์ชาวอังกฤษได้พยายามทำการทดลอง เพื่อหาคำตอบว่าอนุภาคของของแข็งและของเหลวที่อยู่ในดินมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างไร ต่อมาปี ค.ศ. 1860-1865 นักวิทยาศาสตร์ชื่อ Sachs และ Knop นับเป็นผู้ริเริ่มปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิคส์ตามหลักการทางวิทยาศาสตร์สมัยใหม่ โดยการปลูกพืชด้วยสารละลายเกลือ อนินทรีย์ต่าง ๆ เช่น โพแทสเซียมฟอสเฟต โพแทสเซียมไนเตรด ซึ่งให้ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน แคลเซียม และเหล็ก ภายหลังมีการพัฒนาสูตรธาตุอาหารพืชเรื่อยมา จนถึงปี ค.ศ. 1920-1930 William F. Gericke แห่งมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย ประสบความสำเร็จในการปลูกมะเขือเทศในสารละลายธาตุอาหาร โดยพืชมีการเจริญเติบโตสมบูรณ์และให้ผลผลิตเร็ว นับเป็นจุดเริ่มต้นของการนำเทคนิคการปลูกพืชโดยวิธีนี้ไปประยุกต์ใช้เพื่อปลูกพืชเป็นการค้า และได้มีการพัฒนาเทคนิควิธีการและส่วนประกอบในสารละลายเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน

ไฮโดรโปนิคส์ มีประโยชน์หลักๆ 2 ประการด้วยกัน ประการแรกคือช่วยให้มีสิ่งแวดล้อมที่ควบคุมได้มากขึ้นสำหรับการเติบโตของพืช แทนที่จะเป็นการใช้ดินอย่างเดิม ทำให้กำจัดตัวแปรที่

ไม่ทราบออกไปจากการทดลองได้จำนวนมาก ประการที่สองก็คือ พืชหลายชนิดจะให้ผลผลิตได้มากในเวลานี้น้อยกว่าเดิม และในบางครั้งก็มีคุณภาพที่ต่ำกว่าเดิมด้วย ซึ่งในสภาพแวดล้อมและสภาพการเศรษฐศาสตร์หนึ่งๆ การปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิคส์จะให้ผลกำไรแก่เกษตรกรมากขึ้น และด้วยการปลูกที่ไม่ใช้ดินจึงทำให้พืชไม่มีโรคที่เกิดในดิน ไม่มีวัชพืช ไม่ต้องจัดการดิน และยังสามารถปลูกพืชใกล้เคียงกันได้ ด้วยเหตุนี้พืชจึงให้ผลผลิตในปริมาณที่มากกว่าเดิมขณะที่ใช้พื้นที่จำกัด นอกจากนี้ยังมีการใช้น้ำน้อยมากเพราะมีการใช้ภาชนะ หรือระบบวนน้ำแบบปิด เพื่อหมุนเวียนน้ำ เมื่อเทียบกับการเกษตรแบบเดิมแล้ว นับว่าใช้น้ำเพียงส่วนน้อยนิดเท่านั้น

ในปัจจุบันเมล็ดพันธุ์ผักไฮโดรโปนิคส์ที่มีจำหน่ายกันอยู่ในท้องตลาดแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ 1. เมล็ดแบบไม่เคลือบ เมล็ดประเภทนี้จะผ่านการลดความชื้นมาแล้ว สามารถเก็บรักษาในตู้เย็นได้นาน ประมาณ 1 - 2 ปี และมีราคาถูกกว่าเมล็ดแบบเคลือบค่อนข้างมาก การเพาะเมล็ดแบบไม่เคลือบนี้แนะนำให้กระตุ้นการงอกโดยใช้กล่องถนอมอาหารที่มีฝาปิดสนิท รองด้านในด้วยกระดาษชำระประมาณ 2 ชั้นแล้วพรมน้ำให้กระดาษเปียก และเทน้ำออก จากนั้นให้นำเมล็ดสดมาโรยลงบนกระดาษชำระ โดยไม่ต้องพรมน้ำซ้ำ แล้วปิดฝากล่องให้สนิท ประมาณ 24 - 48 ชั่วโมง เมล็ดจะเริ่มงอกให้ย้ายลงวัสดุปลูกได้ การกระตุ้นการงอกด้วยวิธีนี้จะทำให้เมล็ดที่เราเพาะมีเปอร์เซ็นต์การงอกและความสม่ำเสมอของการงอกสูงขึ้น อีกทั้งยังช่วยลดความเสี่ยงจากเชื้อโรคที่จะเข้าทำลายเมล็ดจากการเพาะเมล็ดลงวัสดุปลูกโดยตรง 2. เมล็ดแบบเคลือบ เมล็ดชนิดนี้จะถูกคัดเลือกมาจากเมล็ดที่สมบูรณ์ แล้วนำมาเคลือบด้วยแป้งหรือดินเหนียว (Pelleted seed) เพื่อเป็นการรักษาสภาพของเมล็ดเอาไว้ ข้อดีของการใช้เมล็ดแบบเคลือบก็คือ สะดวกในการเพาะเมล็ดเนื่องจากขนาดที่ใหญ่ขึ้น วัสดุที่หุ้มเมล็ดยังช่วยนำพาความชื้นสู่เมล็ดได้อย่างทั่วถึงทั้งเมล็ด ทำให้ผู้ปลูกสามารถเพาะลงวัสดุปลูกได้โดยตรง ช่วยลดความเสี่ยงจากปัจจัยการงอกที่ไม่สม่ำเสมอของการเพาะเมล็ดลงได้ ส่วนข้อเสียของเมล็ดแบบเคลือบนี้คือ มีราคาแพง และมักพบปัญหาเมล็ดเสื่อมสภาพเร็วหากเก็บรักษาไม่ถูกวิธี



รูปที่ 2.18 ตัวอย่างผักไฮโดรโปนิคส์

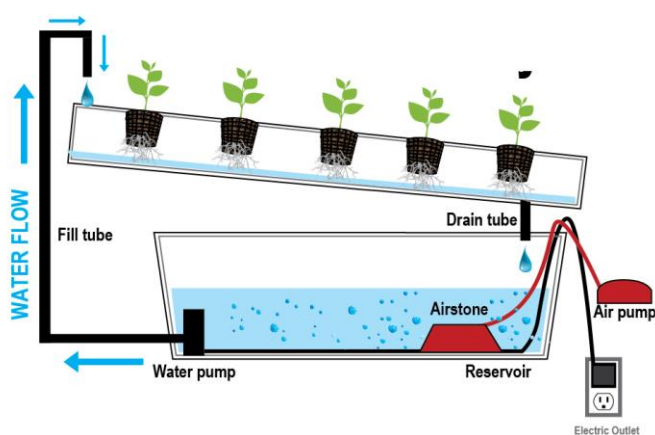
ระบบการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์

การปลูกผักด้วยระบบไฮโดรโปนิคส์ จะแบ่งออกได้ 3 ประเภท ได้แก่

1. การปลูกผักในสารละลาย

เป็นการปลูกผักแบบไฮโดรโปนิคส์ ที่ได้รับความนิยมมากกว่าแบบอื่น ๆ และใช้ได้ดีในที่ที่มีแดดจัด วิธีการหลักคือการนำรากจุ่มลงในสารละลายโดยตรง รากไม่มีการยึดเกาะกับวัสดุใด ๆ ยังสามารถเคลื่อนไหวไปมาได้ ดังนั้น จึงมักใช้การยึดเหนี่ยว ในส่วนของลำต้นไว้ เป็นการรองรับรากของต้นเพื่อการทรงตัว แบ่งเป็น

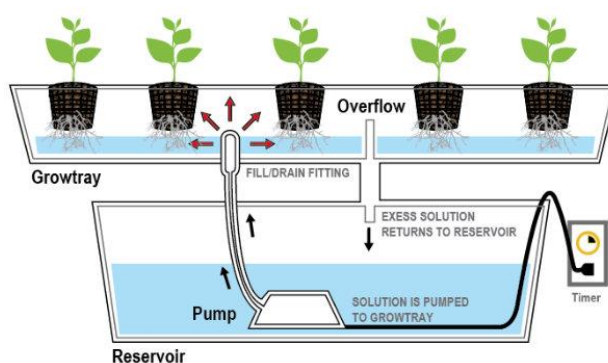
1.1) ระบบเอ็นเอฟที เป็นการปลูกพืชโดยให้รากแช่อยู่ในสารละลาย โดยตรง สารละลายธาตุอาหาร จะไหลผ่านรากพืช เป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ หนาประมาณ 2-3 มิลลิเมตร ในรางปลูกพืชกว้างตั้งแต่ 5-35 ซม. สูงประมาณ 5-10 ซม. ความกว้างราง ขึ้นอยู่กับชนิดพืชที่ปลูก ความยาวรางตั้งแต่ 5-20 เมตร การไหลของสารละลาย อาจเป็นแบบต่อเนื่อง หรือสลับ ก็ได้ โดยทั่วไป สารละลายจะไหลแบบต่อเนื่อง อัตราการไหลอยู่ในช่วง 1-2 ลิตร/นาที่/ราง รางอาจทำจากแผ่นพลาสติก 2 หน้า ขาวและดำ หนา 80-200 ไมครอน หรือจาก PVC ขึ้นรูปเป็นรางสำเร็จรูป หรือทำจากโลหะ และบุภายในด้วยพลาสติก เพื่อป้องกันการกัดกร่อน ของสารละลาย โดยมีปั๊มดูดสารละลาย ให้ไหลผ่านรางและรากพืช และเวียนกลับมายังถังเก็บสารละลาย



รูปที่ 2.19 ระบบ NFT

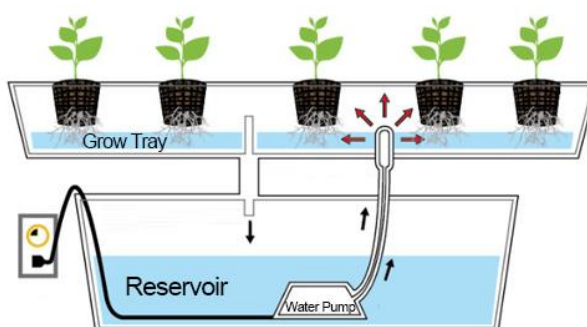
1.2) ระบบดีเอฟที เป็นการปลูกพืชโดยรากแช่อยู่ในสารละลาย ลึกประมาณ 15-20 ซม. ในกระบะปลูก ที่ไม่มีความลาดเอียง โดยปลูกบนแผ่นโฟม หรือ วัสดุ ที่ลอยน้ำได้ เพื่อยึดลำต้น มีการหมุนเวียนสารละลาย จากถังขึ้นมาใช้ใหม่ โดยใช้ปั๊ม ซึ่งการหมุนเวียนในระบบเช่นนี้ จะเป็นการเพิ่มปริมาณออกซิเจนในสารละลายระบบนี้ อาจเรียก อีกอย่างหนึ่งว่า ระบบไฮโดรโปนิคส์ลอยน้ำ ระบบนี้จะแตกต่าง จากระบบเอ็นเอฟที ตรงที่ปริมาณสารละลาย ที่ใช้ในกระบะปลูก จะมี

ปริมาณมากกว่าหลายเท่าตัวทั้งนี้เพื่อควบคุม ให้อุณหภูมิมีความคงที่ และมีการเปลี่ยนแปลงน้อยลง ในช่วงเวลาเดียวกัน



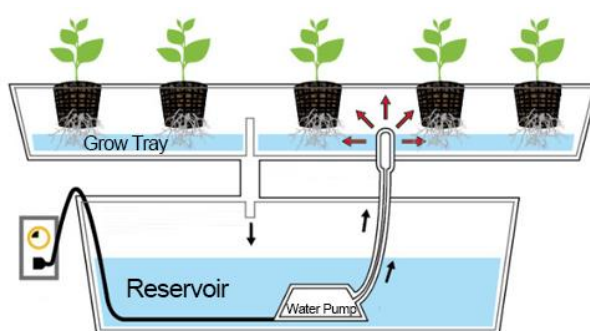
รูปที่ 2.20 ระบบ DFT

1.3) ระบบดิวอาร์เอฟ เป็นระบบการปลูกพืช ที่พัฒนามาจาก ระบบของ William F. Gericke ที่เน้นการปลูกในรากแช่อยู่ในน้ำส่วนหนึ่ง และอีกส่วนหนึ่งสร้างรากอากาศ เพื่อช่วยในการหายใจ โดยจะทำให้พืช ที่ปลูกในระบบนี้ สามารถเจริญได้ในอุณหภูมิของสารละลาย ที่สูงมากกว่าระบบอื่นๆ ได้ดี Kao Te Chen นักวิจัยและพัฒนาระบบไฮโดรโปนิคส์ ชาไต้หวัน ได้พัฒนาระบบของ William F. Gericke โดยเพิ่มระบบท่อรับน้ำในกระบะ ที่ช่วยให้ระดับน้ำสูงขึ้น หรือลดลงได้ ตามความต้องการของพืช โดย Kao Te Chen ได้กำหนดให้ระดับน้ำควรสูงเพียงพอ ที่จะทำให้รากพืช แช่อยู่ในน้ำได้ประมาณ 4 ซม. โดยรากส่วนนี้ จะเป็นรากที่ดูดอาหาร และรากส่วนเหนือจากนี้ จะเป็นรากที่หายใจ และดูดออกซิเจนเข้าสู่ราก จึงเรียกรากส่วนนี้ว่า รากอากาศ ดังนั้นระบบดิวอาร์เอฟก็คือ ระบบที่สามารถปรับความสูง-ต่ำ ของน้ำในกระบะปลูกได้ ตามความต้องการของรากพืช แต่ละชนิด และเพื่อให้รากพืชลอยอยู่ในน้ำ ในระดับเพียง 4 ซม. ระบบดิวอาร์เอฟ ได้มีการพัฒนาหลายครั้งและปัจจุบัน ได้จดสิทธิบัตร ในไต้หวัน



รูปที่ 2.21 ระบบ DRF

1.4) ระบบดาร์เอฟที่ ระบบนี้ ได้พัฒนาเพิ่มเติมมาจาก DRF (Dynamic Root Floating Technique) ซึ่งระบบนี้ ก็พัฒนามาจากระบบ Deep Flow Technique (DFT) อีกทอดหนึ่ง แต่เพิ่มการไหลเวียนของอากาศ และสารอาหารคือ มีถาดปลูกด้วยโฟม เจาะรูปลูกพืช และมีอุปกรณ์ สำหรับปรับระดับของสารอาหาร เป็นระบบปลูกที่มีลักษณะเหมือนระบบ DFT แต่ได้พัฒนาขึ้นมาเพื่อ การผลิตเชิงการค้า โดยต้องการให้พืช ได้รับทั้งอากาศและสารละลายธาตุอาหาร ที่มีการหมุนเวียนที่รากพืช อย่างต่อเนื่อง กล่าวคือ จะมีระบบให้สารละลายธาตุอาหารพืช แบบหมุนเวียน จาก 2 ส่วนคือ ในถาดปลูกที่ทำจากโฟม ที่ตั้งอยู่บนโครงเหล็ก ที่มีระดับสูงกว่าพื้นดิน และถังใส่สารอาหาร ที่มีปริมาณมากกว่าปลูก ซึ่งปกติ ถังนี้จะวางต่ำกว่าถาดปลูก หรือฝังดินใต้ถาดปลูก



รูปที่ 2.22 ระบบ DRFT

2. การปลูกพืชในวัสดุปลูก

การปลูกผักในวัสดุปลูกที่เป็นของแข็ง ที่ทำหน้าที่แทนดินสำหรับให้รากยึดและลำเลียงน้ำ เช่น วัสดุปลูกที่เป็นอินทรีย์สาร ได้แก่ ขุยมะพร้าว ขี้เถ้าแกลบ ส่วนที่เป็นวัสดุอนินทรีย์สาร เช่น กรวด ทราย ฟองน้ำ โยหิน เพอร์ไลต์ เวอร์มิคูไลต์ หรือวัสดุที่ปลูกจากการนำเอาวัสดุต่างชนิดกัน ผสมกัน เพื่อให้ได้วัสดุปลูกที่มีคุณสมบัติใหม่เกิดขึ้น เช่น วัสดุปลูกจากการผสมของวัสดุประเภทเดียวกัน หรือวัสดุปลูกจากการผสมระหว่างอินทรีย์สารและอนินทรีย์สาร เช่น ทรายกับขุยมะพร้าวหรือขี้เถ้าแกลบ เป็นต้น ในการเลือกใช้วัสดุ ควรเลือกวัสดุที่มีความเป็นกลาง ไม่มีธาตุอาหาร มีความโปร่ง คงตัว และเหมาะสมกับความเจริญเติบโตของราก มีการให้สารอาหารผัก ตามที่ผักต้องการ ลงในวัสดุปลูกโดยตรง คุณสมบัติของวัสดุปลูกที่ใช้มีผลต่อวิธีการให้น้ำและสารอาหารผัก

3. ระบบปลูกให้รากลอยอยู่กลางอากาศ

เป็นวิธีการปลูกที่ให้รากของผักลอยอยู่กลางอากาศในภาชนะปิดทึบแสง ระบบการให้สารละลายธาตุอาหารผัก ทำโดยการฉีดพ่นการพ่นแบบ อัตโนมติเป็นระยะ ๆ อย่างต่อเนื่องตลอด 24 ชม เช่นฉีดพ่น 1 นาที่ เว้น 1 นาที่ คล้ายกับแปลงพ่นหมอก การฉีดพ่นสารละลายธาตุ พืชดังกล่าวจะไปกระตุ้น ให้รากผักเจริญเติบโตอย่างสมบูรณ์ และรวดเร็ว การปลูกผักในระบบนี้สามารถเจริญเติบโตและเก็บเกี่ยวได้ภายในระยะเวลาเพียง 30 วัน นิยมใช้ปลูกใบและผักหัว ที่ไม่สามารถปลูกแช่น้ำหรืออยู่ในดิน เพราะเสี่ยงที่จะติดโรคที่มากับน้ำหรือดิน เมื่อมีระยะเวลาปลูกนานเกิน 2 เดือน

ขั้นตอนการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์

1. การดูแลตั้งแต่เริ่มปลูก

1.1) เพาะกล้าผักไฮโดรโปนิคส์ ผสม vermiculite 1 ส่วน กับ perlite 6 ส่วน ในถาดผสม เขย่าให้เข้ากัน สวมผ้ากันฝุ่น แล้วจึงเปิดฝาถาดผสม แล้วใช้ถ้วยตวง 1 ลิตร ตักวัสดุปลูกลงในถ้วยปลูก ให้ได้ความสูง 2/3 ของถ้วยปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ เขย่าถาดปลูกให้วัสดุปลูกแน่น และเติม หรือตักออก จนได้ระดับทุกถ้วย หยอดเมล็ดผักลงตรงกลางถ้วยปลูก จนครบทุกถ้วย เขย่าถาดปลูก โดยสังเกตให้เมล็ดผักส่วนใหญ่จมลงแก่ผิววัสดุปลูก ตรวจสอบ และใช้ปลายไม้แหลมกดบางเมล็ดที่ยังลอยอยู่ ให้จมลงในระดับแก่ผิวของวัสดุปลูก ยกถาดไปวางบริเวณที่วางถาดปลูก ได้รางอนุบาล เวลาที่ต้องใช้ความระมัดระวัง อย่าให้เกิดการกระแทก จะทำให้เมล็ดเปลี่ยนตำแหน่งได้ ใช้หัวฉีดหมอกฉีดน้ำให้เป็นละอองฝอย ตกลงบนถ้วยปลูกจนชุ่ม โดยสังเกตหยดน้ำที่เกิดขึ้นบริเวณของถ้วย ว่ามีจำนวนมากพอ

1.2) ดูแลกล้าผักไฮโดรโปนิคส์ ระยะ 3-5 วันแรกให้สังเกตหยดน้ำที่เกิดขึ้นจากการพ่นหมอกที่แปลงอนุบาล เช้า-เย็น ถ้าหยดน้ำบริเวณของถ้วยมีจำนวนเพียงพอ ไม่ต้องใช้สายยางฉีดอีก ถ้าสังเกตเห็นว่า มีบางบริเวณไม่มีน้ำหยด หรือหยดน้ำน้อย จึงใช้สายยางฉีดน้ำเสริม ควรสังเกตหยดน้ำหลังการพ่นหมอกใหม่ๆ ประมาณวันที่ 5 ผักไฮโดรโปนิคส์ของเราจะมีใบเลี้ยง 2 ใบ และใช้อาหารในเมล็ดหมดแล้ว ให้หยอดปุ๋ย โดยใช้ปุ๋ยจากถาดอนุบาล 1 ส่วนผสมกับน้ำ 1 ส่วนแล้วหยอดที่ถ้วย ระมัดระวังอย่าให้โดนใบผัก ให้หยอดปุ๋ยวันละครั้ง ตอนเย็นจะเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุด ต้นกล้าสามารถย้ายขึ้นรางอนุบาล 1 ได้ตั้งแต่ 7 วัน- 14 วัน เมื่อรางว่าง

1.3) ดูแลผักไฮโดรโปนิคส์แปลงอนุบาล 1 เมื่อย้ายผักไฮโดรโปนิคส์จากที่วางถาดมาอยู่บนอนุบาล 1 ให้ตรวจดูว่ามีน้ำปุ๋ยไหลทุกราง โดยดูที่สายยางทางเข้าหรือดูที่น้ำไหลในรางโดยตรง ถ้าพบว่าไม่มีน้ำ หรือน้ำน้อยกว่าปกติต้องรีบแก้ไข ถ้าแก้ไขไม่ได้ ต้องโทรปรึกษาทันที

เพราะปล่อยทิ้งไว้ผักจะตายได้ ผักจะอยู่บนแปลงอนุบาล 1 นี้ 14 วัน ผักจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของพุ่มประมาณ 5 ซม. จึงย้ายไปแปลงอนุบาล 2

1.4) วิธีดูแลผักไฮโดรโปนิคส์แปลงอนุบาล 2 ดูแลแปลงเหมือนแปลงอนุบาล 1 ผักไฮโดรโปนิคส์จะอยู่บนแปลงอนุบาล 2 นี้ 14 วัน ผักจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของพุ่มประมาณ 10 ซม. จึงย้ายไปแปลงปลูก คอยสังเกตและกำจัดแมลงต่าง ๆ บนแปลงอนุบาล 1 & 2 เช่น มด เพี้ย ด้วยการฆ่าหรือจับออก หรือนิดไล่ด้วยสารชีวภาพ ตามที่กำหนดให้ ถ้าเห็นมีมากผิดปกติหรือพืชเป็นโรค ต้องรายงานทันที แปลงอนุบาล 1&2 ควรล้างถูกรอบการปลูก 14 วัน ส่วนการเปลี่ยนน้ำปุ๋ย ควรเปลี่ยนถูกรอบการปลูก 14 วัน ดังนั้นการล้างในครั้งที่ไม่เปลี่ยนน้ำต้องปิดปั๊ม และถอดท่อระบายน้ำกลับล้างออกทุกครั้งด้วย เพื่อไม่ให้ น้ำจากการล้างเข้าถึงปุ๋ย เมื่อล้างเสร็จจึงต้องกลับก่อนเดินปั๊ม

1.5) วิธีดูแลผักไฮโดรโปนิคส์บนแปลงปลูก ควรย้ายผักที่ชอบแดดไว้รางบน ซึ่งได้แก่ RO, GO, และ RB ตามลำดับ ส่วนผักควรอยู่แปลงล่างคือ BH, GC (ส่วน COS, RC และผักอื่นๆ สามารถอยู่ได้ทั้งรางล่างและรางบน) ข้อควรระวังในการย้ายผักไฮโดรโปนิคส์ไปที่ท่อปลูก Ø3” และ Ø4” ต้องให้รากมีจำนวนมาก และยาวกว่า 3 ซม. จึงย้ายได้ เพราะรากจะได้ถึงน้ำ ส่วนรางที่เป็นแบบรางแบน จะมีราก หรือไม่ก็ย้ายได้ ดังนั้นจึงควรเลือกต้นที่รากไม่สมบูรณ์ไปอยู่ที่รางแบน ต้องตรวจดูให้แน่ใจว่าทุกรางมีน้ำไหลปริมาณมากพอ กล่าวคือ สายยางทั้งสองสาย มีน้ำไหลเต็มที่และมีอัตราการไหลรวมมากกว่า 1.5 ลิตรต่อนาที สำหรับรางล่าง และมากกว่า 2 ลิตรต่อนาที สำหรับรางบน คอยสังเกต และกำจัดแมลงต่าง ๆ เช่น มด เพี้ย ด้วยการฆ่าหรือจับออก หรือนิดไล่ด้วยสารชีวภาพตามที่กำหนดให้ ถ้าเห็นผิดปกติหรือพืชเป็นโรคต้องโทรรายงานทันที ผักจะอยู่บนแปลงปลูกนี้ 7 วัน ต้นที่สมบูรณ์จะมีน้ำหนักเกินกว่า 100 กรัม (10 ต้น / กิโล) ให้เริ่มขายได้ และถ้าอยู่บนแปลงนี้ 14 วัน ต้นที่สมบูรณ์ จะมีน้ำหนักถึง 200 กรัม (5 ต้น / กิโล) ดังนั้นควรเก็บขายในช่วงนี้เพื่อให้ได้น้ำหนักเฉลี่ยต่อต้น 143 กรัม (7 ต้น / กิโล) ควรเก็บผักไฮโดรโปนิคส์ขาย 2 ครั้ง ให้หมดทั้งแถว เพื่อสามารถล้างรางปลูกได้เป็นแถวๆ ไป วิธีนี้จะสะดวกในการทำงาน และสามารถปิดการพ่นน้ำ ตาการางได้ (ตอนตาการางให้คว่ำรางแต่ไม่ต้องถอดสายน้ำเข้าออก) ถ้าไม่สามารถล้างทั้งแถวได้ต้องถอดสายน้ำเข้าเป็นรางๆ ไป แล้วล้างรางที่ไม่มีต้นไม้ก่อน วิธีนี้เมื่อล้างเสร็จต้องคว่ำรางกันน้ำเข้าไปข้าง และเกิดตะไคร่น้ำ และเป็นการตาการางให้แห้งฆ่าเชื้อโรคด้วยการล้างควรทำการปลูก 1 รอบ (15 วัน) พร้อมกับการเปลี่ยนน้ำปุ๋ยด้วย

2. การควบคุม ค่า EC

ควบคุม ค่า EC ของแปลงปลูกผักไฮโดรโปนิกส์บนแปลงอนุบาลให้คงที่ตลอดเวลาที่ 1.3 โดยใช้เครื่องวัด EC วัดแล้วเติมปุ๋ย A&B อย่างน้อยวันละ 2 ครั้ง เช้า และเย็น

ตารางที่ 2.3 แสดงปริมาณการเติมสารละลายปุ๋ย A&B กับค่า EC ของแปลงอนุบาล

ค่า EC	ปริมาณการเติมสารละลายปุ๋ย A&B (CC.)
0.9	120
1.0	90
1.1	60
1.2	30
1.3	0

ควบคุม ค่า EC ของแปลงปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ให้คงที่ตลอดเวลาที่ 1.7 โดยใช้เครื่องวัด EC วัดแล้วเติมปุ๋ย A&B อย่างน้อยวันละ 2 ครั้ง เช้า และเย็น

ตารางที่ 2.4 แสดงปริมาณการเติมสารละลายปุ๋ย A&B กับค่า EC

ค่า EC	ปริมาณการเติมสารละลายปุ๋ย A&B (CC.)
1.3	600
1.4	450
1.5	300
1.6	150
1.7	0

3. ระบบน้ำปลูกผักไฮโดรโปนิกส์

ปั้มน้ำทุกตัวต้องทำงาน ทำงานตลอดเวลา (ยกเว้นระบบที่กำลังล้างทำความสะอาดอยู่) เพราะถ้าผักขาดน้ำ ผักจะเหี่ยว และตายใน 3 ชั่วโมง ดังนั้น ถ้าสังเกตเห็นต้นไม้เหี่ยว หรือปั้มน้ำหยุดเดิน หรือไฟดับ ต้องรีบแก้ไข และถ้าแก้ไขไม่ได้ต้องขอความช่วยเหลือทันที ถ้าน้ำไม่ไหล หากุดอาจจะเป็นเพราะการตีบตัน หรือมีสิ่งสกปรกอุดตันต้องแก้ไข และขอความช่วยเหลือทันที ถ้าระบบน้ำหยุดทำงาน แต่ระบบพ่นหมอกยังทำงานอยู่ควรตั้งระบบพ่นหมอก ต้นผักอาจจะทนอยู่ได้นานถึง 6 ชั่วโมง วิธีแก้ไขเบื้องต้น คือ เปิดให้เครื่องพ่นหมอกพ่นหมอกให้ถี่ขึ้นหรือตลอดเวลา

เพื่อชดเชย จะทำให้ต้นผักไฮโดรโปนิคส์ฟื้นอันตรายเป็นได้ ถ้าระบบพ่นหมอกเสียด้วย ต้องนำน้ำมารดผักด้วยวิธีการรดน้ำที่หัวราก หรือใช้ฝักบัวรดที่ต้นในระหว่างทำการแก้ไข ถ้ารู้ว่าจะต้องแก้ไขนาน ให้หาวัสดุมารองท้ายรางให้เสมอกับหัวราก โดยมีรายละเอียด ดังนี้ ราง Ø4” สีฟ้า ไม่ต้องทำอะไร เพราะเป็นระบบที่มีน้ำขังในระบบอยู่ตลอดเวลา ราง Ø3” สีขาว ระดับหัว และท้ายรางมีระดับต่างกัน 5 ซม. ดังนั้น ถ้าหาวัสดุมารองด้านน้ำออกท้ายรางสูงขึ้น 8 ซม. ก็จะมีน้ำขังตลอดท่อ ต้นไม้ก็จะได้น้ำตลอดเวลา, รางสีเหลี่ยมสีขาว และรางอนุบาล ต้องใช้วิธีการนี้ตามที่กล่าวมาแล้วในข้อ 3 ได้อย่างเดียว เพราะระดับต่างกันถึง 30 ซม.แก้ไขด้วยวิธีรองท้ายรางไม่สามารถทำได้ ต้องถอดไส้กรองปั้มน้ำออกมาล้างทุกอาทิตย์ โดยช่วงหลังจากที่มีการขาย และย้ายผักทุกครั้งต้องถอดไส้กรองปั้มน้ำมาล้างเพิ่มเติม เพราะจะมีเศษรากและตะไคร่ หลุดเข้าระบบมากกว่าปกติ ถ้าพบว่าสิ่งสกปรกมีมากหรือพบว่าน้ำไหลน้อยลงอาจจะต้องพิจารณาล้างบ่อยขึ้น ถึงที่มีแคดสต่อถึง ควรใช้แผ่นไม้อัดหุ้มพลาสติกที่เตรียมไว้ปิดตลอดเวลาเพื่อลดการเกิดตะไคร่ สำหรับแปลงปลูกที่มีถึงระยะขายความร้อน ต้องตรวจดูว่าทำงานปกติหรือไม่ ต้องทำความสะอาดรูท่อกระจายน้ำทุกวัน โดยการเปิดฝาคอรอบท่อออก แล้วใช้ไม้ทำความสะอาดที่เตรียมไว้ทะลวง จะต้องทำด้วยความรวดเร็ว เพื่อไม่ให้เสียน้ำไปมาก

ประโยชน์ของผักไฮโดรโปนิคส์

1. ข้อดีที่เป็นจุดแข็งของผักชนิดนี้คือการได้ผลผลิตที่สะอาดกว่าการปลูกในดิน ปลอดภัยจากสารพิษตกค้าง ผักที่ได้มีความสวยงามน่ารับประทาน ผักมีรสชาติดี มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และผักสดที่ได้จะมีความนุ่มและกรอบกว่าผักที่ปลูกในดิน
2. การปลูกผักแบบไฮโดรโปนิคส์ไม่ต้องใช้ดินในการเพาะปลูก จึงสามารถปลูกได้ทุกที่ปลูกได้ทั้งพืชขนาดเล็กและขนาดใหญ่ เป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับผู้ที่มีพื้นที่ปลูกน้อย (เช่น ผู้ที่อาศัยอยู่ในอพาร์ทเมนต์) และไม่มีขอบเขตไม่ว่าจะเป็นการปลูกในจำนวนน้อยเพื่อใช้บริโภคเองภายในครัวเรือนหรือปลูกในพื้นที่ขนาดใหญ่ในเชิงธุรกิจ ด้วยเหตุนี้เองวิธีนี้จึงเป็นที่นิยมในการปลูกเป็นอย่างมากในเมืองที่มีประชากรหนาแน่น เช่น ไต้หวัน ญี่ปุ่น เนเธอร์แลนด์ เป็นต้น
3. ช่วยทำให้มีสิ่งแวดล้อมในการปลูกที่เราสามารถควบคุมเองได้มากขึ้นสำหรับการเจริญเติบโตของพืช เพราะเราสามารถกำจัดตัวแปรต่าง ๆ ที่ไม่ทราบออกไปจากการทดลองได้จำนวนมากเมื่อเปรียบเทียบกับปลูกผักบนดิน
4. การปลูกผักรูปแบบนี้สามารถนำมาใช้ได้กับพืชหลายชนิด (ขึ้นอยู่กับความยากง่ายในการปลูกด้วย) ไม่ว่าจะเป็นผัก ผลไม้ ไม้ดอก ไม้ประดับ รวมไปถึงพืชไม้เลื้อยไปจนถึงพืชยืนต้น แต่ใน

ด้านการผลิตเชิงธุรกิจแล้ว จะนิยมปลูกพืชจำพวกผักและไม้ผล ซึ่งเป็นพืชที่เก็บเกี่ยวช่วงอายุสั้นกันมากกว่า

5. พืชผักเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้เร็วกว่าการปลูกพืชผักในดินอย่างน้อยประมาณ 1-2 สัปดาห์

6. ผลผลิตที่ได้จะมีคุณภาพและมีความสม่ำเสมอมากกว่าการเพาะปลูกในดินปกติ เพราะสามารถจัดการและควบคุมสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ให้มีความเหมาะสมต่อพืชที่ปลูกได้ จึงสามารถผลิตพืชได้ต่อเนื่องตลอดทั้งปี เพราะสามารถเพิ่มรอบการผลิตได้มาก มีอายุสั้น และได้คุณภาพสูง

7. ระบบการปลูกผักแบบไฮโดรโปนิคส์จะช่วยประหยัดน้ำมากกว่าการปลูกพืชผักในดินปกติไม่น้อยกว่า 10 เท่า จึงทำให้สามารถปลูกพืชผักได้แม้ในฤดูแล้งหรือนอกฤดูปลูกได้ และยังให้ผลตอบแทนที่สูงกว่าอีกด้วย

8. การปลูกผักประเภทนี้จะมีความสม่ำเสมอของการให้น้ำได้ดีกว่าการปลูกพืชผักในดินปกติ และยังสามารถควบคุมการให้น้ำได้ตามความต้องการของพืชได้ด้วย

9. เราสามารถควบคุมการให้ธาตุอาหารของพืชผักได้ง่ายกว่าการปลูกพืชผักในดิน เพราะช่วยแก้ปัญหาความไม่สม่ำเสมอของธาตุอาหารในดินที่เกิดจากวัตถุดิบกำเนิดที่แตกต่างกัน ช่วยควบคุมปริมาณและรูปของจุลธาตุที่พืชผักต้องการจำนวน 7 ธาตุ (ธาตุหลัก, โบรอน, คลอรีน, แมงกานีส, โมลิบดีนัม, ทองแดง, สังกะสี) ให้อยู่รูปที่รากของพืชผักสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ และไม่ให้ในปริมาณที่มากเกินไปจนเป็นพิษต่อพืชผักที่ปลูก ช่วยควบคุมค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ได้ง่าย ซึ่งค่า pH นี้เองที่มีส่วนในการควบคุมรูปของธาตุอาหารให้อยู่ในรูปแบบที่พืชผักสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันที อีกทั้งวิธีการนี้ยังช่วยให้ธาตุอาหารของพืชไม่สูญหาย ทั้งในรูปแบบการถูกชะล้างไปจากดิน การจับตัวกับธาตุบางชนิดในดินที่ตกตะกอนไป หรือการเปลี่ยนแปลงไปอยู่ในรูปแบบที่พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ นอกจากนี้ยังช่วยควบคุมผลตกค้างของสารเคมีธาตุอาหารสะสมในพืช ในดิน และในสภาพแวดล้อมจนเกิดเป็นพิษต่อระบบนิเวศ

10. การปลูกพืชผักแบบไฮโดรโปนิคส์สามารถควบคุมโรคในดินได้ง่ายกว่าการปลูกพืชผักในดิน

11. เนื่องจากการปลูกพืชผักโดยไม่ใช้ดิน จึงทำให้พืชไม่มีโรคที่เกิดในดิน ไม่มีวัชพืชมารบกวน ไม่ต้องทำการจัดการดิน และยังสามารถปลูกพืชผักใกล้เคียงกันได้อีกด้วย ด้วยเหตุนี้จึงทำให้การปลูกผักแบบไฮโดรโปนิคส์มีผลผลิตที่มากกว่าเดิมในพื้นที่จำกัด

12. หมดปัญหาเรื่องสภาพดินในการที่ไม่มีความเหมาะสม เช่น ดินเค็ม ดินเป็นกรดหรือด่าง รวมไปถึงสภาพการขาดแคลนนํ้าต่าง ๆ

13. การจัดการลดปริมาณของไนเตรทในพืชที่ปลูกโดยไม่ใช้ดินจะทำได้ง่ายกว่าพืชที่ปลูกบนดิน เพราะเราสามารถกำหนดใช้ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเลี้ยงได้ระดับต่ำหรือเลือกใช้สารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นต่ำมาก นอกจากนี้การลดไนเตรทยังทำได้ด้วยการให้พืชได้รับแสงเพียงพอและอย่าให้พืชขาดโมลิบดีนัม (พืชผักที่มีไนเตรทสูง เมื่อนำมาบริโภคจะเกิดโทษต่อร่างกาย เพราะไนเตรทเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะถูกเปลี่ยนเป็นไนไตรท์ ซึ่งสามารถยับยั้งการพาออกซิเจนไปเลี้ยงเซลล์ในร่างกายของเม็ดเลือดแดงได้ ทำให้เกิดอาการขาดอากาศเฉียบพลัน และยังสามารถไปรวมกับสารประกอบอะมิโนในร่างกาย และกลายเป็นไนโตรซามีน (Nitrosamine) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งชนิดหนึ่งได้)

14. การปลูกผักแบบไร้ดินก็มีประโยชน์ในด้านภูมิทัศน์เช่นกัน เพราะเราสามารถผลิตพืชสวนประดับเพื่อใช้ประดับอาคารได้

15. ช่วยในการประหยัดต้นทุนต่าง ๆ เช่น ค่าแรงงาน เนื่องจากการปลูกผักในระบบนี้จะเป็นระบบที่ไม่ต้องมีการเตรียมแปลงเพาะปลูกขนาดใหญ่เหมือนการปลูกพืชผักในดิน จึงไม่มีค่าใช้จ่ายเรื่องการเตรียมดิน การยกทรง ค่าปุ๋ย รวมไปถึงค่ากำจัดวัชพืชต่าง ๆ และช่วยลดการนำเข้าของผักและผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ นอกจากนี้ยังช่วยประหยัดค่าขนส่งได้อีกด้วย เพราะเราสามารถเลือกผลิตใกล้แหล่งรับซื้อได้ จึงทำให้มีศักยภาพในเชิงการค้าสูง

2.1.5 แบตเตอรี่

แบตเตอรี่ (Battery) ในทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หมายถึงอุปกรณ์อย่างหนึ่งที่ใช้จัดเก็บพลังงาน และนำมาใช้ได้ในรูปแบบของไฟฟ้า แบตเตอรี่นั้นประกอบด้วยอุปกรณ์ไฟฟ้าเคมี เช่น เซลล์กัลวานิกหรือเซลล์เชื้อเพลิง อย่างน้อยหนึ่งเซลล์เชื่อกันว่าหลักฐานชิ้นแรกสุดที่เป็นไปได้ว่าจะเป็นแบตเตอรี่ในประวัติศาสตร์โลก คือ วัตถุที่เรียกว่าแบตเตอรี่แบกแดด (Baghdad Battery) คาดว่ามีอายุในช่วง 250 ปีก่อนคริสตกาล ถึงคริสต์ศักราช 640 สำหรับพัฒนาการของแบตเตอรี่ในยุคใหม่นั้น เริ่มต้นที่ ที่พัฒนาขึ้นโดยนักฟิสิกส์ชาวอิตาลี นามว่าอาเลสซานโดร โวลตา เมื่อ ค.ศ. 1800 ปัจจุบันนี้อุตสาหกรรมแบตเตอรี่ทั่วโลกสามารถสร้างรายได้จากการขายปีละ 4.8 หมื่นล้านดอลลาร์สหรัฐเลยทีเดียว

ประเภทต่างๆของแบตเตอรี่

แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. แบบธรรมดา (Conventional) หรือ แบตเตอรี่ชนิดน้ำเป็นแบตเตอรี่ ที่ใช้โลหะตะกั่วผสมพลวงเหมาะกับการใช้งานทั่วไป ราคาถูก เหมาะกับรถยนต์ที่ใช้งานทั่วไป

2. แบตเตอรี่แบบไฮบริด (HYBRID) หรือ ชนิดกึ่งแห้ง ใช้ตะกั่วผสมแคลเซียมในโครงแผ่นธาตุลบ เป็นเทคโนโลยีของญี่ปุ่น มีข้อดีคือ อายุการใช้งานทนทานกว่าแบตเตอรี่ธรรมดา และไม่ต้องกังวลเรื่องเติมน้ำกลั่น การใช้งานจริงจึงสามารถเติมน้ำกลั่นทุกๆ 5,000 หรือ 10,000 กิโลเมตร พร้อมกับการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่อง นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติที่ทนทานกว่า Ca-MF ในภาวะที่ใช้งานหนัก (Deep Cycle –Heavy Duty) เช่น รถบรรทุก, รถโดยสาร และรถรับจ้าง

3. แบบแคลเซียม แมนเทนแนนซ์ฟรี (Calcium-Maintenance Free) หรือ แบตเตอรี่ชนิดแห้งใช้ตะกั่วผสมแคลเซียมทั้งในโครงแผ่นธาตุบวกและลบ มีคุณสมบัติดีกว่า HYBRID คือไม่ต้องเติมน้ำกลั่นตลอดอายุการใช้งาน (แต่ในเมืองไทยที่มีอากาศร้อน ดังนั้นอาจต้องมีการเติมน้ำกลั่นบ้าง) ในเมืองไทยรถยนต์ที่ประกอบตั้งแต่ปี 2545 จะใช้แบตเตอรี่ชนิด Ca-MF ทั้งหมด สะดวกต่อการใช้งาน และไม่ต้องบำรุงรักษา

โครงสร้างของแบตเตอรี่

แบตเตอรี่แห้ง (Dry Cell) วัสดุที่ใช้ในการผสมเป็นสารขี้บวก ได้แก่

1. แมงกานีส ไดออกไซด์ ทำหน้าที่ให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น
2. แอมโมเนียม คลอไรด์ทำให้กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นมีความสว่าง
3. เมอร์คิวรี คลอไรด์ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้แผ่นสังกะสีเกิดการกัดกร่อน
4. อะเซททีลีนแบล็คทำหน้าที่เพิ่มความดันและความเข้มของกระแสไฟฟ้า
5. แท่งคาร์บอนมีลักษณะเป็นแท่งกลม ทำหน้าที่เป็นขั้วบวก
6. ชิงค์ คลอไรด์
7. ชิงค์ ไดออกไซด์
8. คาร์บอนแบล็ค
9. กราไฟท์

วัสดุที่ใช้เป็นขั้วลบ คือ กระบอกสังกะสี ใช้สังกะสีก้อนมาเพื่อทำการหลอมละลายผ่านเครื่องรีดให้เป็นสังกะสีแผ่น นำไปผ่านเครื่องตัดให้ได้สังกะสีตามขนาดที่ต้องการ และนำไปป้อนให้ขึ้นรูปเป็นกระบอกสังกะสีใช้เป็นขั้วลบ วัสดุที่ใช้ในการประกอบเข้าเป็นก้อนถ่านไฟฉายขึ้นอยู่กับกาเลือกใช้

ส่วนประกอบของแบตเตอรี่

แบตเตอรี่แบบตะกั่วกรด (Storage Battery) จะมีส่วนประกอบคือเปลือกนอกซึ่งจะทำด้วยพลาสติกหรือยางแข็ง ฝาครอบส่วนบนของแบตเตอรี่ ขั้วของแบตเตอรี่ สะพานไฟ แผ่นธาตุบวก

และแผ่นธาตุลบ แผ่นกั้นซึ่งทำจากไฟเบอร์กลาสที่เจาะรูพรุน ปัจจุบันแบตเตอรี่รถยนต์มี 2 แบบคือ แบบที่ต้องคอยตรวจระดับน้ำกรดในแบตเตอรี่ กับแบบที่ไม่ต้องตรวจระดับน้ำกรดเลยตลอดอายุการใช้งาน

1. แผ่นธาตุ (Plates) ในแบตเตอรี่มี 2 ชนิด คือ แผ่นธาตุบวก และแผ่นธาตุลบ แผ่นธาตุบวก ทำจากตะกั่วเปอร์ออกไซด์ (PbO_2) และแผ่นธาตุลบทำจากตะกั่ว (Pb) วางเรียงสลับกัน จนเต็มพอดิ ในแต่ละเซลล์ แล้วกั้นไม่ให้แตะกัน ด้วยแผ่นกั้น

2. แผ่นกั้น (Separators) ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้แผ่นธาตุบวก และแผ่นธาตุลบแตะกัน ซึ่ง จะทำให้เกิดการลัดวงจรขึ้น ซึ่งแผ่นกั้นนี้ทำจากไฟเบอร์กลาสหรือยางแข็ง เจาะรูพรุนเพื่อให้ น้ำกรด สามารถไหลถ่ายเทไปมาได้ และมีขนาดความกว้างยาวเท่ากับแผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบ

3. น้ำกรดหรือน้ำยาอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) น้ำกรดในแบตเตอรี่รถยนต์เป็นน้ำกรด กำมะถันเจือจางคือจะมีกรดกำมะถัน (H_2SO_4) ประมาณ 38 เปอร์เซ็นต์ ความถ่วงจำเพาะของ น้ำกรด 1.260 - 1.280 ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส น้ำกรดในแบตเตอรี่เป็นตัวที่ทำให้แผ่นธาตุลบ เกิดปฏิกิริยาทางเคมีจนเกิดกระแสไฟฟ้าและแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้นมาได้

4. เซลล์ (Cell) คือช่องที่บรรจุแผ่นธาตุบวก แผ่นธาตุลบ ที่วางสลับกัน กั้นด้วยแผ่นกั้น แล้ว จุ่มในน้ำกรด ในช่องหนึ่งจะมีแรงเคลื่อนไฟฟ้า 2.1 โวลต์ ก็จะมีเซลล์ 6 เซลล์ และในแต่ละเซลล์ก็ จะมีส่วนบนเป็นที่เติมน้ำกรดและมีฝาปิดป้องกันน้ำกรดกระเด็นออกมา และที่ฝาปิดก็จะมีรูระบาย ก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีให้ระบายออกไปได้

5. ฝาปิดเซลล์ (Battery Cell Plug) หรือฝาปิดช่องเติมน้ำกรด ฝานี้จะมีรูระบายก๊าซ ไฮโดรเจนที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีภายในแบตเตอรี่ให้สามารถระบายออกไปได้ ถ้าไม่มีฝาระบาย นี้ เมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีก๊าซไฮโดรเจนจะไม่สามารถระบายออกไปได้ ทำให้เกิดแรงดัน คั้นจน แบตเตอรี่เกิดระเบิดขึ้นได้แบตเตอรี่ใหม่ๆ ที่ยังไม่มีน้ำกรด ที่ฝาปิดจะมีกระดากาวปิดไว้เพื่อ ป้องกันความชื้นเข้าไปในแบตเตอรี่ ซึ่งจะทำให้แบตเตอรี่เสื่อมสภาพ เมื่อเติมน้ำกรดเข้าไปแล้วทำ การประจุไฟนำมาใช้งาน กระดากาวที่ปิดนี้จะต้องแกะออกให้หมด เพื่อไม่ให้แบตเตอรี่เกิดระเบิด ขึ้นได้



รูปที่ 2.23 ส่วนประกอบของแบตเตอรี่

วิธีการชาร์จแบตเตอรี่

1. การประจุทีละน้อย (Trickle Recharge) ถ้ากระแสในวงจรถูกรักษาไว้ที่อัตราเท่ากับ C/10 (10% ของความจุ) แล้ว เซลล์ที่หมดประจุอย่างสมบูรณ์จะสามารถประจุได้ภายใน 10 ชั่วโมง แต่ความเป็นจริงจะใช้เวลามากกว่า 10 ชั่วโมง การประจุทีละน้อยด้วยอัตราขนาดนี้สามารถประจุทิ้งไว้ค้างคืนได้ ประโยชน์อีกข้อหนึ่งของการประจุเซลล์ด้วยอัตราขนาดนี้คือ ถึงแม้ว่าเซลล์จะถูกประจุเต็มแล้วก็ตาม ก็ไม่จำเป็นต้องนำเซลล์ เนื่องจากถ้าเราประจุต่อไปก็จะไม่ทำความเสียหายให้แก่เซลล์ เนื่องจากก๊าซออกซิเจนที่เกิดขึ้นทั้งหมดที่ขั้วบวกจะรวมตัวกับขั้วลบ การประจุเซลล์โดยไม่มีข้อจำกัด ซึ่งจะไม่ทำความเสียหายแก่เซลล์ ยกตัวอย่างเช่น เซลล์มีขนาดความจุ 500 มิลลิแอมป์-ชั่วโมง ถ้าประจุด้วยอัตรา C/10 ก็เท่ากับ 10% ของความจุ คือ 50 มิลลิแอมป์

2. การประจุอย่างรวดเร็ว (Fast Recharge) เซลล์แบบนิแคดนี้สามารถประจุด้วยอัตราที่สูงขึ้นกว่าได้ เช่นด้วยอัตรา C/3 (33% ของความจุ) ถึง C/5 (20% ของความจุ) โดยจะต้องเตรียมการตัดการประจุ เมื่อเซลล์ได้รับการประจุจนเต็มที่แล้ว ซึ่งสามารถทำได้โดยอัตโนมัติ โดยใช้วงจรตรวจจับ ซึ่งจะตัดกระแสที่ใช้ในการประจุออก เมื่อแรงดันของเซลล์เพิ่มขึ้นเกินกว่าค่าปัจจุบัน แสดงถึงการแปรเปลี่ยนของแรงดันของเซลล์กับอัตราการประจุเท่ากับ C/4 (25% ของความจุ) จะเห็นได้ชัดว่าวิธีการนี้สามารถใช้ได้เฉพาะ ถ้าสามารถวัดค่าแรงดันได้อย่างเที่ยงตรงและรวดเร็ว สามารถตัดกระแสที่ใช้ประจุออกก่อนที่จะเกิดความเสียหายขึ้น ปัญหาในการใช้การประจุแบบนี้ก็คือ ถ้ากระแสที่ใช้ในการประจุค่าสูงๆ นี้ไม่ได้ถูกตัดออกอย่างทันที เมื่อเซลล์ได้รับการประจุจนเต็มที่แล้ว ก๊าซออกซิเจนที่เกิดขึ้นมากเกินไปจนเกินจากขั้วลบในปริมาณที่เพียงพอ ความดันจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และเซลล์จะระบายก๊าซออกซิเจนออกไปโดยที่ รูระบายที่ปิดไว้จะเปิดออกและปล่อยก๊าซออกซิเจนกับอิเล็กโทรไลต์บางส่วนออกมา เนื่องจากเมื่ออิเล็กโทรไลต์สูญเสียออกมาจากเซลล์แล้ว ก็ไม่สามารถเติมกลับเข้าไปใหม่ได้ ดังนั้น ความจุของเซลล์จะลดลงอย่างถาวรก็คือ เซลล์นั้นจะมีความจุน้อยลงตลอดไป

3. การประจุอย่างเร่งด่วน (Super – Fast Recharging) มีบางกรณีที่ใช้ต้องการที่จะประจุเซลล์ภายในเวลาเพียง 2-3 นาที ยกตัวอย่างเช่น เครื่องบินเล็กที่ใช้แบตเตอรี่เป็นตัวจ่ายกำลังจะต้องการการประจุเซลล์ที่หมดประจุ เพื่อที่จะนำเครื่องบินนี้ บินขึ้นสู่อากาศอีกครั้ง โดยเร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้มันเป็นไปได้ที่จะประจุเซลล์อย่างเร่งด่วน ด้วยอัตราการประจุถึง 4C (4 เท่าของความจุ) หรือมากกว่านี้ โดยวิธีการต่อไปนี้ คือวัดแรงดันของเซลล์และตัดกระแสที่ใช้ประจุออก เมื่อแรงดันของเซลล์ขึ้นสูงถึงค่าที่ตั้งไว้ อย่างไรก็ตามมีวิธีการที่ง่ายกว่า แล้วก็เที่ยงตรงด้วย โดยจากหลักความจริงที่ว่าเซลล์ได้หมดประจุอย่างสมบูรณ์ก่อนที่จะพยายามทำการประจุนั้นใหม่ ให้ประจุไฟเข้าโดยกำหนดค่ากระแสประจุคงที่ไว้ใช้เวลาในการประจุตามที่ต้องการ เช่นหลังจากเซลล์หมด

ประจุแล้ว กระแสที่ใช้ในการประจุขนาด 3C (3 เท่าของความจุ) จะถูกป้อนเป็นเวลา 20 นาที หรือจะใช้กระแสในการประจุเป็น 5C (5 เท่าของความจุ) ป้อนเข้าไปเป็นเวลา 12 นาที เป็นต้น แม้ว่าวิธีการนี้จะเป็นวิธีการที่ดี เช่น สำหรับนักเล่นเครื่องบินจำลองที่มีเพียงแหล่งจ่ายไฟเป็นเพียงแบตเตอรี่รถยนต์ก็ตาม ก็เป็นสิ่งที่ควรระวังไว้เนื่องจากการประจุมากเกินไปเพียง 2-3 วินาที อาจจะทำให้เกิดการรั่วของเซลล์ได้ กล่าวย่อ ๆ ก็คือ เมื่อจะใช้วิธีการนี้เซลล์จะต้องหมดประจุอย่างเต็มที่ และใช้กระแสในการประจุค่าที่แน่นอนเป็นระยะเวลาที่ถูกต้อง

การบำรุงรักษาแบตเตอรี่

แบตเตอรี่ แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานจากปฏิกิริยาทางเคมี เป็นพลังงานไฟฟ้า ประกอบด้วย

1. เปลือกหม้อที่ผลิตจากวัสดุที่บอบบาง
2. แผ่นธาตุประกอบด้วยแผ่นตะกั่วบริสุทธิ์ และแผ่นตะกั่วออกไซด์ มีแผ่นฉนวนกันระหว่างแผ่นธาตุ
3. น้ำยา หรือ Electrolyte ซึ่งเป็นส่วนผสมของน้ำกรดกำมะถันกับน้ำกลั่นให้ตามที่ต้องการ ประมาณ 1,250

การดูแลแบตเตอรี่แบบเปียก(เติมน้ำกลั่น) ควรหมั่นทำการตรวจเช็คระดับปริมาณน้ำกลั่นอย่างน้อยสัปดาห์ละ 1 ครั้ง การตรวจดูปริมาณน้ำกลั่นนั้นให้สังเกตให้ปริมาณน้ำกลั่นอยู่ท่วมแผ่นธาตุทั้งหมดจนถึงบริเวณปลายพลาสติกช่องเติมน้ำกลั่น ระวังอย่าเติมให้เต็มจนล้นช่องเติมน้ำกลั่น ในการการตรวจเช็คระดับน้ำกลั่นในแบตเตอรี่ควรทำการตรวจเช็คหลังจากการใช้งานเป็นเวลานาน หรือในช่วงเช้าก่อนเดินทางไปทำงาน ถ้าจำเป็นจะต้องเติมน้ำกลั่นหลังจากการใช้งานในทันทีหรือระหว่างการใช้งาน ควรใช้ความระมัดระวังในการเปิดฝาแบตเตอรี่ เพราะไอน้ำกรดที่ระเหยออกมานั้นอาจเป็นอันตรายต่อผิวหนัง ดวงตาได้ (ขณะที่แบตเตอรี่ได้รับการชาร์จ แผ่นธาตุเหล็กจะเกิดความร้อน ทำให้น้ำกรดเดือด ระเหยกลายเป็นไอ)นอกจากการตรวจเช็คปริมาณน้ำกลั่นภายในแบตเตอรี่แล้ว บริเวณขั้วแบตเตอรี่ก็เป็นอีกสิ่งหนึ่งที่ต้องตรวจเช็ค บางครั้งรถยนต์สตาร์ทไม่ติดนั้นเกิดจากขั้วแบตเตอรี่สกปรก หรือหลวมร้อน ก็มีถมไป เสียตั้งโดยใช้เหตุ การตรวจดูแลรักษาขั้วแบตเตอรี่ ให้สังเกตดูบริเวณขั้วแบตเตอรี่ ว่ามีขี้เกลือ หรือผงขุยขาวๆอยู่รอบ ๆ หรือไม่ ถ้ามีตรวจทำความสะอาด ขั้นตอนการทำความสะอาด ทำการถอดขั้วแบตเตอรี่ การถอดแบตเตอรี่ต้องทำการถอดขั้วแบตเตอรี่ที่ขั้วบวกก่อนแล้วค่อยถอดขั้วลบที่หลัง การใส่ขั้วแบตเตอรี่กลับก็ต้องใส่ขั้วแบตเตอรี่ด้านลบก่อน แล้วค่อยใส่ขั้วบวกที่หลัง และขันน็อตให้แน่นทั้ง 2 ขั้วการทำความสะอาดขั้วแบตเตอรี่ ต้มน้ำให้เดือดราดลงบนขั้วแบตเตอรี่ ใช้แปรงทองเหลืองขัดทำความสะอาดขั้ว

แบตเตอรี่ให้สะอาด ใช้ผ้าสะอาดเช็ดให้แห้ง ทาขี้แบตเตอรี่ด้วยจาระบี เพื่อป้องกันการเกิดขี้เกลืออีกครั้ง และขันน็อตให้แน่น ก็เป็นการเสร็จสิ้นการล้างทำความสะอาดขี้แบตเตอรี่ นอกจากนี้ตรวจสอบเช็คความสมบูรณ์ทั้ง 2 อย่างแล้วควรที่ทำการตรวจเช็คความสมบูรณ์ของแบตเตอรี่โดยรอบ ถ้ามีการแตกร้าวของพลาสติกควรทำการเปลี่ยนแบตเตอรี่ลูกใหม่ในทันที ไม่ควรปล่อยไว้ อาจจะทำให้แบตเตอรี่ระเบิด สร้างความเสียหายที่มากกว่ามูลค่าแบตเตอรี่เสียอีก

การดูแลรักษาแบตเตอรี่แบบแห้ง การดูแลรักษาแบตเตอรี่แบบแห้ง มีขั้นตอนการดูแลที่ไม่ยุ่งยากมาก เหมือนกับแบตเตอรี่แบบเปียก เพียงแต่ดูแลรักษาทำความสะอาดขี้แบตเตอรี่ ให้สะอาดเหมือนใหม่อยู่เสมอ และขันน็อตให้แน่น เปลี่ยนแบตเตอรี่ตามอายุการใช้งานเพียงเท่านี้ก็ทำให้ขี้น้ำมันอย่างสบายใจไปตลอดทุกเส้นทาง ด้วยแบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์ส่วนหนึ่งที่สำคัญของรถยนต์ ควรหมั่นตรวจเช็คอย่างสม่ำเสมอ เทียบเท่าน้ำมันเครื่อง น้ำมันน้ำ น้ำมันเบรก ฯลฯ แบตเตอรี่จะทำหน้าที่เก็บสำรองไฟฟ้า ในเวลาที่แสงโซล่าเซลล์ไม่สามารถรับแสงได้ (เวลากลางคืน) แบตเตอรี่ที่เหมาะสมกับการใช้งานในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ควรใช้แบตเตอรี่ชนิด Deep Cycle แต่จะมีราคาสูง ซึ่งเราสามารถเลือกใช้กับแบตเตอรี่ชนิดอื่นแทนได้ เช่น แบตเตอรี่รถยนต์ หรือ แบตเตอรี่แห้ง (Sealed Lead Acid Battery) ได้ ซึ่งจะมีราคาถูกกว่า

2.1.6 วงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสตรง

วงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสตรง หรือ วงจร DC to DC Converter คือ วงจรที่ใช้สำหรับแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงค่าหนึ่งเป็นไฟฟ้ากระแสตรงอีกค่าหนึ่ง ซึ่งสามารถทำให้แรงดันเอาต์พุตสูงขึ้นหรือต่ำลงก็ได้ขึ้นอยู่กับการทำงานของอุปกรณ์ภายใน โดยวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสตรงเป็นวงจรไฟฟ้าอนาล็อกอย่างง่ายและราคาถูก อีกทั้งเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ทั้งในอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ และยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในระบบโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น ในคอมพิวเตอร์ การขับมอเตอร์กระแสตรง และในอุปกรณ์เครื่องมือสื่อสารต่าง ๆ เป็นต้น โดยหลักการทำงานของวงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสตรงนี้อาศัยหลักการการควบคุมระดับความถี่สวิตช์ หรือควบคุมเวลาการตัดต่อสวิตช์ของวงจร เพื่อให้ได้ระดับแรงดันเอาต์พุตตามที่ต้องการ โดยสามารถควบคุมแรงดันเอาต์พุตได้ดังนี้

1. ทำการตัดต่อสวิตช์ที่ความถี่ (f) คงตัว หรือมีคาบเวลา (T) ที่คงตัว แต่เวลาที่สวิตช์ต่อวงจร (t_{on}) จะแปรผันไปเพื่อควบคุมแรงดันเอาต์พุต ซึ่งค่าระดับแรงดันเอาต์พุตที่ได้จะขึ้นอยู่กับลักษณะของการต่ออุปกรณ์

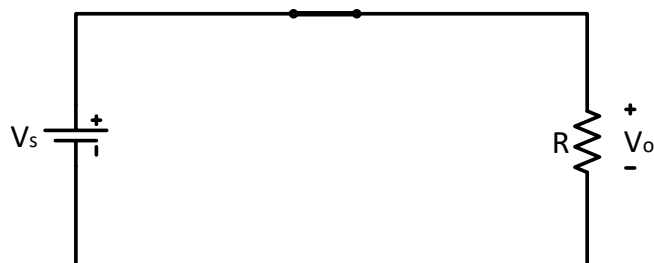
2. ทำการตัดต่อสวิตช์ที่ความถี่ไม่คงตัว แต่ความถี่จะแปรผันไปเพื่อควบคุมแรงดันเอาต์พุต ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 กรณี คือ

2.1 เวลาที่สวิตช์ต่อวงจรหรือนำกระแส t_{on} คงตัว

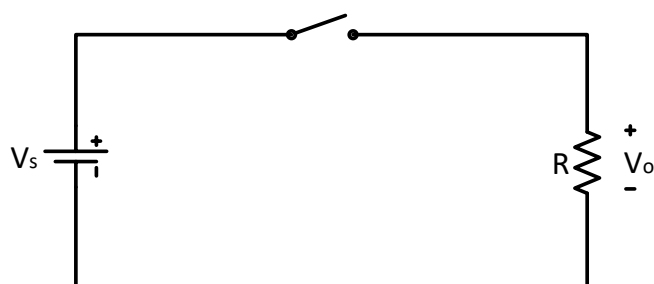
2.2 เวลาที่สวิตช์ตัดวงจรหรือไม่นำกระแส t_{off} คงตัว

2.3 ทั้ง t_{on} และ t_{off} ไม่คงตัว

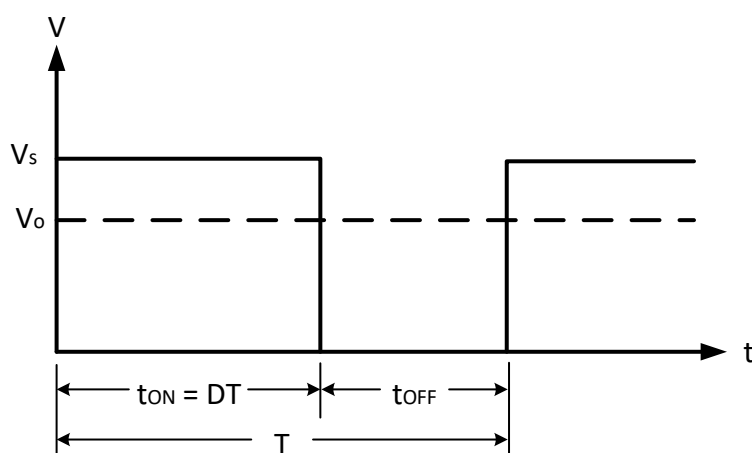
โดยทั่วไปนิยมใช้กรณีความถี่การสวิตช์ที่คงตัว เพราะสะดวกและง่ายในการวิเคราะห์และออกแบบวงจร



รูปที่ 2.24 วงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสตรงเวลาที่สวิตช์ต่อวงจร



รูปที่ 2.25 วงจรแปลงผันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสตรงเวลาที่สวิตช์ตัดวงจร



รูปที่ 2.26 แสดงการควบคุมแรงดันโดยการตัดต่อสวิตช์

เมื่อสวิตช์นำกระแส แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตจะมีแรงดันไฟฟ้าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าอินพุต ($V_o = V_s$) และเมื่อสวิตช์ไม่นำกระแส แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตจะมีค่าเท่ากับศูนย์

ช่วงเวลาในการนำกระแสและหยุดนำกระแสจะได้แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตเป็นสัญญาณพัลส์ ดังรูปที่ 2.3 ซึ่งการควบคุมเวลาการตัดต่อสวิตช์หมายถึงการควบคุมค่าตัวชี้เซเคิล (Duty Cycle) นั่นเอง ในบางครั้งอาจเรียกการควบคุมนี้ว่า การควบคุมความกว้างของพัลส์หรือการมอดูเลตความกว้างพัลส์ (Pulse-Width Modulation; PWM) ซึ่งสามารถหาค่าตัวชี้เซเคิลได้จากสมการ

$$D = \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}} = \frac{t_{on}}{T}$$

โดยที่

D คือ ค่าตัวชี้เซเคิล

t_{on} คือ ช่วงเวลาที่สวิตช์นำกระแส

t_{off} คือ ช่วงเวลาที่สวิตช์ไม่นำกระแส

T คือ เวลาหนึ่งคาบ

ดังนั้น จะได้ช่วงเวลาที่สวิตช์นำกระแสดังสมการ

$$t_{on} = DT$$

จาก $T = t_{on} + t_{off}$ ดังนั้น $t_{on} = T - t_{off}$ จะได้ช่วงเวลาที่สวิตช์ไม่นำกระแสดังนี้

$$T - t_{off} = DT$$

$$T_{off} = T - DT$$

$$T_{off} = (1 - D)T$$

ช่วงเวลาในการนำกระแสและหยุดนำกระแสได้ค่าเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตได้ดังนี้

$$V_o = \frac{(V_s \times t_{on}) + (0 \times t_{off})}{T}$$

$$V_o = \left(\frac{t_{on}}{T} \right) \times V_s$$

โดยที่

V_o คือ แรงดันเอาต์พุต

V_s คือ แรงดันอินพุต

จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันเอาต์พุตกับค่าตัวชี้โชนี้

$$V_o = V_s D$$

$$\frac{V_o}{V_s} = D$$

จากสมการจะพบว่าแรงดันด้านเอาต์พุตสามารถทำการควบคุมหรือปรับเปลี่ยนได้ โดยการปรับค่าตัวชี้โชนี้เอง

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กรกฤต คำชุ่ม (2552) ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของสนามแม่เหล็กต่อปริมาณออกซิเจนละลายน้ำและค่าความกระด้าง พบว่าสนามแม่เหล็กขนาด 1000 เกาส์ มีผลต่อการละลายของออกซิเจนเล็กน้อย เมื่อผ่านท่อทำให้มีปริมาณออกซิเจนละลายเพิ่มขึ้น 17.4% ในน้ำที่มีค่า DO สูงอยู่แล้ว และ 19.35-24.2% ในน้ำที่มีค่า DO ต่ำ ผลต่อการเติมอากาศยิ่งน้อยกว่า โดยเมื่อนำตัวอย่างทั้งที่ผ่านท่อและไม่ผ่านท่อมาเติมอากาศจะได้ DO ใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 7-8 มิลลิกรัม/ลิตร ในน้ำที่มีค่า DO สูง และประมาณ 5.4 มิลลิกรัม/ลิตร

นัทปภา จันทรโสภณ, ณัฐวุฒิ สุวรรณทา และ วรวัฒน์ เสงี่ยมวิบูล ได้ทำการศึกษาการกระตุ้นด้วยสนามแม่เหล็กถาวรที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของถั่วงอก โดยการทดลองเปรียบเทียบกลุ่มเมล็ดถั่วเขียวควบคุมสายพันธุ์ชยันต-72 ที่ไม่ได้รับการกระตุ้น และกลุ่มเมล็ดทดลองที่ได้รับการกระตุ้นด้วยสนามแม่เหล็กถาวรขนาด 1.6 เทสลา เป็นระยะเวลา 15 30 45 และ 60 นาที ก่อนการเพาะปลูกแบบปกติ ผลของการกระตุ้นด้วยสนามแม่เหล็กพบว่า เมล็ดถั่วเขียวที่ได้รับการกระตุ้นด้วยสนามแม่เหล็กถาวรระยะเวลานาน 45 นาที มีอัตราการเจริญเติบโตหรือน้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 24.82

สุรพงษ์ ยศพล (2548) ได้ทำการศึกษาผลกระทบของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีต่อถั่วเขียว, กระเจี๊ยบเขียว และกวางตุ้ง โดยการรดน้ำแบบผ่านสนามแม่เหล็ก และไม่ผ่านสนามแม่เหล็ก ผลการทดลองพืชกลุ่มแรกที่ปลูกไว้ในบริเวณที่มีเครื่องกำเนิดสนามแม่เหล็กและรดน้ำผ่านสนามแม่เหล็กมีการเจริญเติบโตดีกว่ากลุ่มที่สอง และสาม กลุ่มที่สองที่ปลูกไว้ในบริเวณที่มีเครื่องกำเนิดสนามแม่เหล็กและรดน้ำไม่ผ่านสนามแม่เหล็กมีการเจริญเติบโตได้ดีกว่ากลุ่มสาม กลุ่มที่สามที่ปลูกไว้ในบริเวณที่ไม่มีเครื่องกำเนิดสนามแม่เหล็กและรดน้ำไม่ผ่านสนามแม่เหล็ก มีการเจริญเติบโตน้อยที่สุด

คำหล้า แสงรัสมิ (2558) ทำการศึกษาผลของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กคงที่ต่ออัตราการงอก และการเจริญเติบโตของต้นข้าวเจ้าแดง จาก สปป ลาว โดยศึกษาถึงค่าความเข้มของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กช่วงเวลาที่เหมาะสมในการอบเมล็ดข้าว เมื่อนำเอาเมล็ดข้าวตัวอย่างไปอบในสนามไฟฟ้าที่ 0.5, 1 และ 5 kV/m ในเวลา 1, 5, 10, 20 และ 30 นาที ตามลำดับ ความเข้มสนามแม่เหล็กที่ 10, 20 และ 40 mT ในเวลา 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 และ 80 นาที ตามลำดับ และอบทั้งสนามไฟฟ้าที่ 1 kV/m และสนามแม่เหล็กที่ 20 mT ในเวลาอบ 1, 5, 10, 20, 30 และ 60 นาที ตามลำดับ อบในสนามแม่เหล็กคงที่ 20 mT และสนามไฟฟ้า 0.5, 1 และ 1.5 kV/m ในเวลาอบ 10 นาที ตามลำดับ และอบในสนามไฟฟ้าคงที่ 1 kV/m ที่สนามแม่เหล็ก 5, 10, 15, 20 และ 25 mT ในเวลาอบ 10 นาที ตามลำดับ การคำนวณหาตัวชี้วัดประสิทธิภาพของการงอก

และการเจริญเติบโตของต้นข้าวได้แก่ ดัชนีการงอก ร้อยละการงอกสุดท้าย การเจริญเติบโตของต้นข้าวและดัชนีความแข็งแรง พบว่าสำหรับสนามไฟฟ้าได้ช่วงเวลาอบและค่าความเข้มที่เหมาะสมคือ 10 นาที่และ 1 kV/m ซึ่งทำให้เมล็ดข้าวมีดัชนีการงอกร้อยละการงอกสุดท้าย การเจริญเติบโตและดัชนีความแข็งแรงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมเพิ่มขึ้นถึง $6\pm2\%$, $8\pm1\%$, $20\pm3\%$ และ $25\pm3\%$ ตามลำดับ สำหรับสนามแม่เหล็กได้ช่วงเวลาอบและค่าความเข้มที่เหมาะสมคือ 60 นาที่และ 20 mT ซึ่งทำให้เมล็ดข้าวมีดัชนีการงอกร้อยละการงอกสุดท้าย การเจริญเติบโตของต้นข้าวและดัชนีความแข็งแรงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมเพิ่มขึ้นถึง $8\pm4\%$, $8\pm5\%$, $13\pm6\%$ และ $22\pm5\%$ ตามลำดับ สำหรับการอบทั้งสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กพร้อมกันได้ช่วงเวลาอบและค่าความเข้มสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่เหมาะสมคือ 10 นาที่ และ 1 kV/m และ 15 mT ซึ่งทำให้ต้นข้าวมีการเจริญเติบโตและดัชนีความแข็งแรง เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมเพิ่มขึ้นถึง $6\pm1\%$ และ $5\pm1\%$ ตามลำดับ

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบ การสร้างและการทดลอง การออกแบบระบบน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กเพื่อเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของผักไฮโดรโปนิคส์ โดยแบ่งหัวข้อการศึกษาค้นคว้าดังนี้

1. การออกแบบระบบน้ำพลังงานสนามแม่เหล็ก
2. การออกแบบการทดลองผลของน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กที่มีผลต่ออัตราการงอกของเมล็ดผักไฮโดรโปนิคส์
3. การออกแบบการทดลองของน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของผักไฮโดรโปนิคส์

3.1 การออกแบบระบบน้ำพลังงานสนามแม่เหล็ก

3.1.1 การออกแบบแม่เหล็กไฟฟ้า

ขั้นตอนการออกแบบระบบน้ำพลังงานสนามแม่เหล็ก เริ่มจากการสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อใช้ในการแตกตัวของอนุภาคน้ำให้มีขนาดเล็กลง โดยในงานวิจัยนี้ทำการกำหนดค่าของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าออกเป็น 3 ขนาด คือ 4,000 G (0.4 T) 5,000 G (0.5 T) และ 6,000 G (0.6 T) เพื่อศึกษาการส่งผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตของผักไฮโดรโปนิคส์ โดยใช้การสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจากกระแสไฟฟ้าไหลในขดลวดโซลินอยด์ ใช้แกนเหล็กหม้อแปลงไฟฟ้าซึ่งมีค่าความซึมซาบได้ 6.9×10^{-3} H/m เป็นแกนเหล็กโซลินอยด์ ใช้แบตเตอรี่ขนาด 12 V 5 A เป็นแหล่งจ่ายไฟเพื่อให้เกิดความเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า โดยใช้วงจรปรับกระแสตรงให้มีขนาดของกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 1 A ซึ่งจากค่าขนาดของสนามแม่เหล็กจากกระแสไฟฟ้าไหลในขดลวดโซลินอยด์

$$B = \mu n I$$

จากสมการข้างบน สามารถหาจำนวนรอบการพันแกนเหล็กโซลินอยด์ได้ ดังนี้

$$n = \frac{B}{\mu I}$$

การออกแบบการทดลองในสภาวะขนาดสนามแม่เหล็ก 4,000 G (0.4 T) ต้องทำการพันขด ลวดทองแดงแกนเหล็กโซลินอยด์ จำนวน

$$\begin{aligned} n &= \frac{0.4}{(6.9 \times 10^{-3})(1)} \\ &= 57.97 \end{aligned}$$

การออกแบบการทดลองในสภาวะขนาดสนามแม่เหล็ก 5,000 G (0.5 T) ต้องทำการพันขด ลวดทองแดงแกนเหล็กโซลินอยด์ จำนวน

$$\begin{aligned} n &= \frac{0.5}{(6.9 \times 10^{-3})(1)} \\ &= 72.46 \end{aligned}$$

การออกแบบการทดลองในสภาวะขนาดสนามแม่เหล็ก 6,000 G (0.6 T) ต้องทำการพันขด ลวดทองแดงแกนเหล็กโซลินอยด์ จำนวน

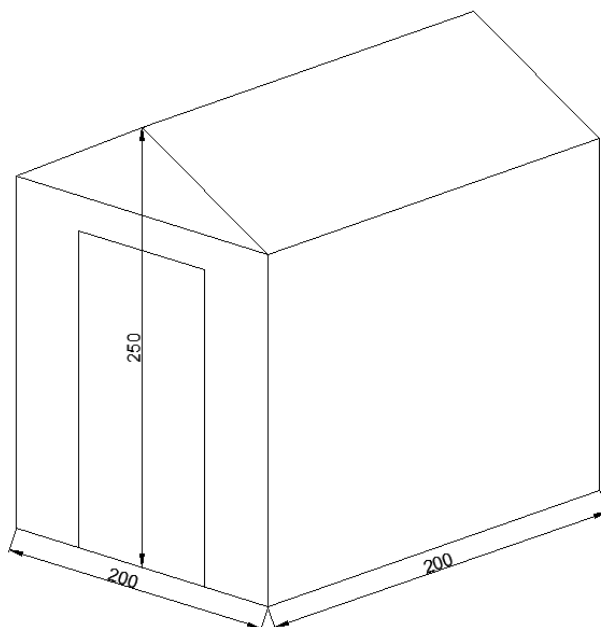
$$\begin{aligned} n &= \frac{0.6}{(6.9 \times 10^{-3})(1)} \\ &= 86.96 \end{aligned}$$

จากสมการข้างบน ในการออกแบบการทดลองระบบน้ำพลังงานสนามแม่เหล็ก โดยใช้ขนาด สนามแม่เหล็กในสภาวะที่แตกต่างกัน คือ 4,000 G 5,000 G และ 6,000 G ต้องทำการพันขด ลวดทองแดงในแกนเหล็กโซลินอยด์ 58 รอบ 72 รอบ และ 87 รอบ ตามลำดับ

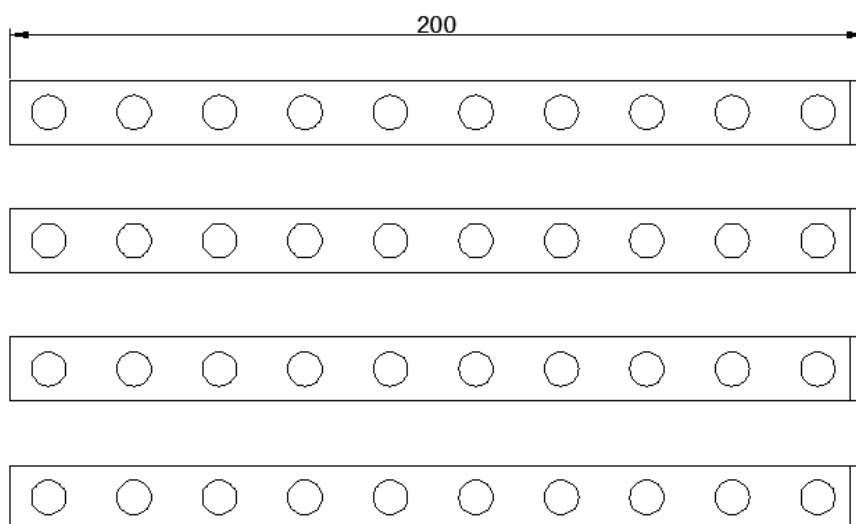
3.1.2 การออกแบบระบบน้ำในโรงเรือนเพาะปลูก

ออกแบบระบบรางผักไฮโดรโปนิคส์ โดยใช้รางยาว 2 เมตร จำนวนหลุมปลูก 10 หลุม โดยใช้วิธีปลูกในโรงเรือนแบบปิด เพื่อทำการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณแสงแดด ให้แต่ละกลุ่มตัวอย่าง โดยโรงเรือนมีขนาดกว้าง 2 เมตร ยาว 2 เมตร สูง 2.5 เมตร จากนั้นทำการ แยกกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 4 กลุ่ม คือ ระบบที่ใช้น้ำปกติ ระบบที่ใช้น้ำพลังงานสนามแม่เหล็กขนาด

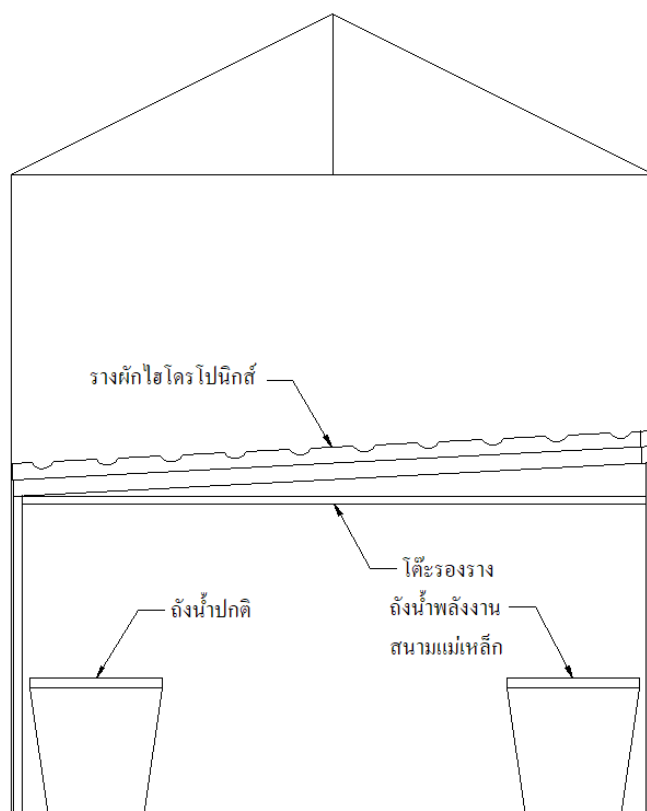
4,000 G 5,000 G และ 6,000 G เพื่อทำการทดสอบผลของสนามแม่เหล็กที่มีผลต่อคุณภาพน้ำ
 สำหรับใช้ในการเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิกส์



รูปที่ 3.1 แบบโรงเพาะปลูกที่ใช้ในการวิจัย



รูปที่ 3.2 แบบรางผักไฮโดรโปนิกส์ที่ใช้ในการวิจัย



รูปที่ 3.3 แบบโรงปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ที่ใช้ในการวิจัย



รูปที่ 3.4 โรงเพาะปลูก



รูปที่ 3.5 รางผักไฮโดรโปนิกส์



รูปที่ 3.6 โรงปลูกผักไฮโดรโปนิกส์



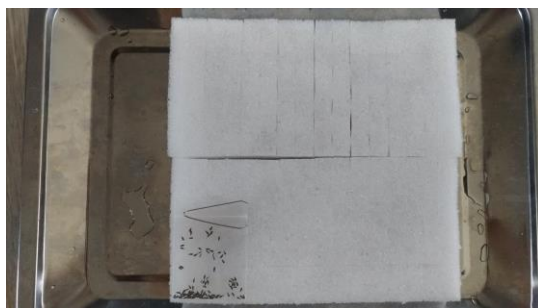
รูปที่ 3.7 ถังน้ำปกติ



รูปที่ 3.8 ถังน้ำพลังงานสนามแม่เหล็ก

3.2 การออกแบบการทดลองผลของน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กที่มีผลต่ออัตราการงอกของเมล็ดผักไฮโดรโปนิคส์

เมล็ดของผักไฮโดรโปนิคส์ที่ใช้ในการทดลองการงอกใช้เมล็ดพันธุ์ของผักกรีนโอ๊ค (แบบไม่เคลือบ) เนื่องจากผักกรีนโอ๊คเป็นผักไฮโดรโปนิคส์ที่เป็นที่ต้องการอันดับหนึ่งของตลาด โดยทำการเพาะเมล็ดในฟองน้ำสำหรับปลูก ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ก อุปกรณ์ในการเพาะเมล็ดผักไฮโดรโปนิกส์



รูปที่ 3.9 ข ฟองน้ำเมื่อเพาะเมล็ดแล้วเสร็จ

รูปที่ 3.9 การเพาะเมล็ดในฟองน้ำ

ทดลองเปรียบเทียบอัตราการงอกของเมล็ดผักกรีนโอ๊คโดยใช้น้ำพลังงานสนามแม่เหล็ก และแบบใช้น้ำปกติในการเพาะเมล็ด ดังรูปที่ 3.10 ซึ่งทำการทดสอบการเพาะเมล็ดจำนวนอย่างละ 100 เมล็ด เก็บผลการทดลองทุก ๆ 24 ชั่วโมง และได้ออกแบบตารางการทดลองดังตารางที่ 3.1



รูปที่ 3.10 การเพาะเมล็ดโดยใช้น้ำพลังงานสนามแม่เหล็ก

ตารางที่ 3.1 การทดลองผลของน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กที่มีผลต่ออัตราการงอกของเมล็ดผักไฮโดรโปนิคส์

ชั่วโมง	จำนวนการงอกของเมล็ด	
	น้ำปกติ	น้ำพลังงานสนามแม่เหล็ก
24 ชั่วโมง		
48 ชั่วโมง		
72 ชั่วโมง		

3.3 การออกแบบการทดลองของน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของผักไฮโดรโปนิคส์

ในการทดลองผลของน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดผักไฮโดรโปนิคส์ ทำการควบคุมขนาดของดินอ่อนของผักกรีนโอ๊คที่มีขนาดความสูงของดินอ่อนให้มีขนาดใกล้เคียงกัน โดยมีอายุการปลูก 7 วัน ก่อนเริ่มการทดลอง ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 ดินอ่อนของผักกรีนโอ๊ค

ทำการทดลองลงแปลงปลูกที่มีความเข้มข้นสนามแม่เหล็กขนาด 4000 G (0.4 T), 5000 G (0.5 T) และ 6000 G (0.6 T) ทำการทดลองอย่างละ 10 ต้น และได้ออกแบบตารางการทดลองดังตารางที่ 3.2 ถึงตารางที่ 3.5

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลของระบบน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กที่ส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของผักไฮโดรโปนิกส์ ดังที่ได้จากการออกแบบไว้ในบทที่ 3 โดยแบ่งหัวข้อดังนี้

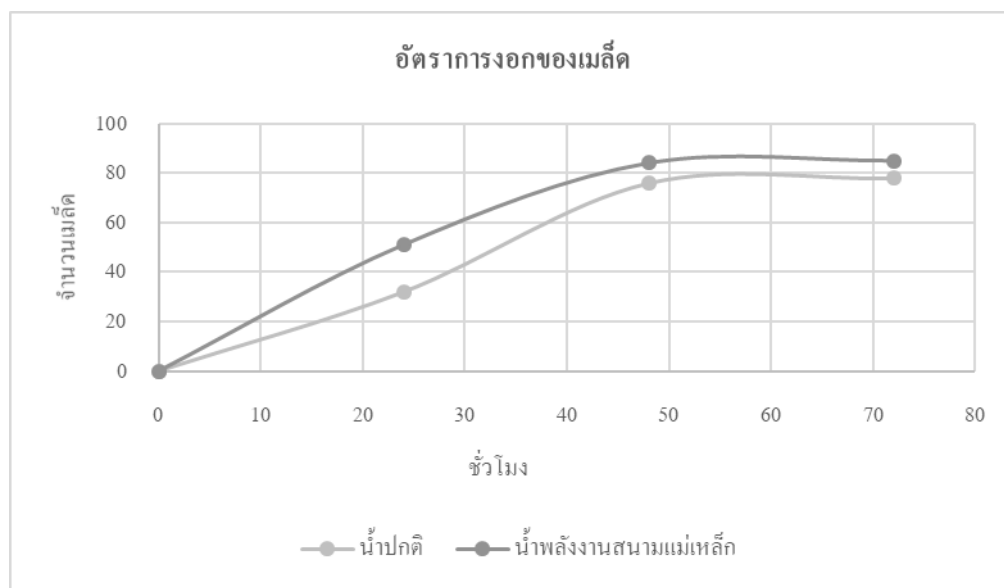
1. ผลการทดลองของน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กที่มีผลต่ออัตราการงอกของเมล็ดผักไฮโดรโปนิกส์
2. ผลการทดลองของน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของผักไฮโดรโปนิกส์

4.1 ผลการทดลองของน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กที่มีผลต่ออัตราการงอกของเมล็ดผักไฮโดรโปนิกส์

การออกแบบการทดลองการเปรียบเทียบอัตราการงอกของเมล็ดผักไฮโดรโปนิกส์ โดยงานวิจัยนี้ใช้เมล็ดของผักกรีนโอ๊ค เปรียบเทียบระหว่างการใช้น้ำปกติ และการใช้น้ำพลังงานสนามแม่เหล็กในการเพาะผักไฮโดรโปนิกส์ โดยใช้จำนวนเมล็ดอย่างละ 100 เมล็ด และเก็บผลการทดลองที่ 24 ชั่วโมง, 48 ชั่วโมง, และ 72 ชั่วโมง ผลจากการทดลอง ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การทดลองผลของน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กที่มีผลต่ออัตราการงอกของเมล็ดผักไฮโดรโปนิกส์

ชั่วโมง	จำนวนการงอกของเมล็ด (ต้น)	
	น้ำปกติ	น้ำพลังงานสนามแม่เหล็ก
24 ชั่วโมง	32	51
48 ชั่วโมง	76	84
72 ชั่วโมง	78	85



รูปที่ 4.1 การเปรียบเทียบอัตราการงอกของเมล็ดเมล็ดผักไฮโดรโปนิคส์ที่เพาะด้วยน้ำปกติ และน้ำพลังงานสนามแม่เหล็ก

จากผลการทดลองพบว่าที่ 72 ชั่วโมง การเพาะเมล็ดผักไฮโดรโปนิคส์ด้วยน้ำปกติมีอัตราการงอกของเมล็ด 78 ต้น การเพาะเมล็ดผักไฮโดรโปนิคส์ด้วยน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กมีอัตราการงอกของเมล็ด 85 ต้น โดยมีอัตราการงอกเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการเพาะเมล็ดด้วยน้ำปกติเท่ากับ 8.97 เปอร์เซ็นต์ จากผลของการงอกของเมล็ด พบว่าเมล็ดที่เพาะด้วยน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กให้อัตราการงอกที่ไว และมีอัตราการงอกที่มากกว่า หากสังเกตจะพบอีกว่ารากของเมล็ดที่ทำการเพาะมีลักษณะที่สมบูรณ์กว่าการเพาะด้วยน้ำปกติอย่างมาก

การเพาะที่เวลา 24 ชั่วโมง เมล็ดผักไฮโดรโปนิคส์ที่เพาะด้วยน้ำปกติ พบว่ามีรากงอกออกมาบางส่วน ลักษณะรากที่งอกออกมามีปลายเรียวเล็ก ขึ้นออกมาจากเมล็ดเล็กน้อย สำหรับเมล็ดผักไฮโดรโปนิคส์ที่เพาะด้วยน้ำพลังงานสนามแม่เหล็ก พบว่ามีรากงอกออกมาอย่างเห็นได้ชัด มีความยาวของรากมากกว่าเมล็ดผักไฮโดรโปนิคส์ที่เพาะด้วยน้ำปกติ ลักษณะรากมีปลายแหลม บริเวณส่วนกลางของรากมีลักษณะอวบ อ้วน และพบขนราก (Root Hair) ที่มีหน้าที่ในการช่วยดูดซับน้ำ และแร่ธาตุต่าง ๆ ให้แก่พืช ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2ก เมล็ดผักไฮโดรโปนิคส์ที่เพาะด้วยน้ำปกติ ที่เวลา 24 ชั่วโมง



รูปที่ 4.2ข เมล็ดผักไฮโดรโปนิคส์ที่เพาะด้วยน้ำพลังงานสนามแม่เหล็ก ที่เวลา 24 ชั่วโมง

รูปที่ 4.2 การงอกของเมล็ดผักไฮโดรโปนิคส์ ที่เวลา 24 ชั่วโมง

การเพาะที่เวลา 48 ชั่วโมง เมล็ดผักไฮโดรโปนิคส์ที่เพาะด้วยน้ำปกติ พบว่ามีรากงอกเพิ่มมากขึ้น ลักษณะรากมีปลายแหลม บริเวณส่วนกลางของรากพบขนราก (Root Hair) แต่มีจำนวนที่น้อยกว่าการเพาะด้วยน้ำพลังงานสนามแม่เหล็ก โดยลักษณะการงอกของเมล็ดคล้ายกับการงอกของเมล็ดผักไฮโดรโปนิคส์ที่เพาะด้วยน้ำพลังงานสนามแม่เหล็ก ที่เวลา 24 ชั่วโมง สำหรับเมล็ดผักไฮโดรโปนิคส์ที่เพาะด้วยน้ำพลังงานสนามแม่เหล็ก พบว่าเมล็ดมีสีเขียวมากขึ้น ความยาวของรากมีความยาวเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน และบางส่วนพบการเกิดของใบเลี้ยง (Cotyledon)



รูปที่ 4.3ก เมล็ดผักไฮโดรโปนิคส์ที่เพาะด้วยน้ำปกติ ที่เวลา 48 ชั่วโมง



รูปที่ 4.3ข เมล็ดผักไฮโดรโปนิคส์ที่เพาะด้วยน้ำพลังงานสนามแม่เหล็ก ที่เวลา 48 ชั่วโมง

รูปที่ 4.3 การงอกของเมล็ดผักไฮโดรโปนิคส์ ที่เวลา 48 ชั่วโมง

การเพาะที่เวลา 72 ชั่วโมง เมล็ดผักไฮโดรโปนิคส์ที่เพาะด้วยน้ำปกติ พบว่ารากมีความยาวเพิ่มมากขึ้น ลักษณะรากมีปลายแหลม เริ่มมีใบเลี้ยง (Cotyledon) เกิดขึ้นบางส่วน ลักษณะเป็นสีเขียวอ่อน สำหรับเมล็ดผักไฮโดรโปนิคส์ที่เพาะด้วยน้ำพลังงานสนามแม่เหล็ก พบว่าเมล็ดมีสีเขียวมากขึ้น ความยาวของรากมีความยาวเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน และใบเลี้ยง (Cotyledon) ของผักไฮโดรโปนิคส์ตั้งใบอย่างชัดเจน



รูปที่ 4.4ก เมล็ดผักไฮโดรโปนิคส์ที่เพาะด้วยน้ำปกติ ที่เวลา 72 ชั่วโมง



รูปที่ 4.4ข เมล็ดผักไฮโดรโปนิคส์ที่เพาะด้วยน้ำพลังงานสนามแม่เหล็ก ที่เวลา 72 ชั่วโมง

รูปที่ 4.4 การงอกของเมล็ดผักไฮโดรโปนิคส์ ที่เวลา 72 ชั่วโมง

4.2 ผลการทดลองของน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของผักไฮโดรโปนิคส์

ในการทดลองผลของน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดผักไฮโดรโปนิคส์ ทำการควบคุมขนาดของดินอ่อนของผักกรีนโอ๊คที่มีขนาดความสูงของดินอ่อนให้มีขนาดใกล้เคียงกัน ก่อนเริ่มการทดลอง ทำการทดลองลงแปลงปลูกที่มีความเข้มข้นแม่เหล็กต่างกัน 3 ค่า โดยมีขนาด 4,000 G (0.4 T), 5,000 G (0.5 T) และ 6,000 G (0.6 T) ทำการทดลองอย่างละ 10 ต้น บันทึกผลค่าขนาดทรงพุ่ม และจำนวนใบ ทุกสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ผลจากการทดลอง เป็นดังตารางที่ 4.2 ถึง 4.5

ตารางที่ 4.2 การทดลองน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของผักไฮโดรโปนิคส์ ที่ความเข้มข้นแม่เหล็ก 0 G

อัตราการเจริญเติบโต	ต้นที่										เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
สัปดาห์ที่ 1											
ขนาดทรงพุ่ม (ซม.)	1.8	2.0	1.8	1.9	2.3	1.9	1.8	2.1	1.7	1.9	1.92
จำนวนใบ	2	3	3	2	3	2	2	3	2	3	2.5
สัปดาห์ที่ 2											
ขนาดทรงพุ่ม (ซม.)	3.5	3.7	3.8	3.6	4.1	3.9	3.6	4.1	3.7	3.8	3.78
จำนวนใบ	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4	4.3
สัปดาห์ที่ 3											
ขนาดทรงพุ่ม (ซม.)	6.5	7.2	6.8	7.3	7.6	6.8	6.7	7.0	6.5	7.1	6.95
จำนวนใบ	8	9	8	9	9	9	8	9	8	8	8.5
สัปดาห์ที่ 4											
ขนาดทรงพุ่ม (ซม.)	12.8	12.5	12.4	13.1	13.6	13.2	12.6	13.4	11.7	13.2	12.85
จำนวนใบ	10	12	11	11	12	12	11	12	11	12	11.4
สัปดาห์ที่ 5											
ขนาดทรงพุ่ม (ซม.)	18.4	19.2	18.1	19.4	19.5	18.4	18.6	19.3	17.8	18.9	18.76
ความสูง (ซม.)	19.2	20.1	18.7	19.5	20.6	19.8	19.7	20.4	18.7	19.6	19.63
จำนวนใบ	15	17	15	16	18	16	14	17	14	15	15.7

ตารางที่ 4.3 การทดลองน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของผักไฮโดรโปนิคส์ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 4,000 G

อัตราการเจริญเติบโต	ต้นที่										เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
สัปดาห์ที่ 1											
ขนาดทรงพุ่ม (ซม.)	2.1	2.3	2.8	2.1	1.7	2.5	2	2.2	2.3	2.5	2.25
จำนวนใบ	2	3	3	3	2	3	2	3	3	2	2.6
สัปดาห์ที่ 2											
ขนาดทรงพุ่ม (ซม.)	4.0	3.7	5.4	4.5	4.1	4.9	3.5	4.7	5.2	4.3	4.43
จำนวนใบ	5	4	5	4	5	5	3	4	6	4	4.5
สัปดาห์ที่ 3											
ขนาดทรงพุ่ม (ซม.)	9.7	10.1	10.6	9.3	8.7	9.8	8.4	9.3	10.1	8.9	9.49
จำนวนใบ	8	9	10	9	8	8	6	8	9	7	8.2
สัปดาห์ที่ 4											
ขนาดทรงพุ่ม (ซม.)	14.3	15.2	16.2	14.8	14.0	15.7	12	13.7	15.6	15.4	14.69
จำนวนใบ	12	13	14	13	11	13	10	11	12	11	12
สัปดาห์ที่ 5											
ขนาดทรงพุ่ม (ซม.)	20.2	20.7	23.8	22.0	20.4	22.5	19.7	21.6	22.4	21.0	21.43
ความสูง (ซม.)	21.6	22.5	23.2	22.5	21.8	20.7	21.3	21.7	22.1	21.3	21.87
จำนวนใบ	16	15	17	15	18	16	13	16	20	17	16.3

ตารางที่ 4.4 การทดลองน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของผักไฮโดรโปนิคส์ ที่ความเข้มข้นแม่เหล็ก 5,000 G

อัตราการเจริญเติบโต	ต้นที่										เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
สัปดาห์ที่ 1											
ขนาดทรงพุ่ม (ซม.)	1.9	2.6	2.3	2	1.9	2.3	1.8	2.3	2.5	2	2.16
จำนวนใบ	2	3	3	2	2	3	2	2	3	3	2.5
สัปดาห์ที่ 2											
ขนาดทรงพุ่ม (ซม.)	4.5	5.1	4.8	4.3	4.1	4.7	3.7	4.6	4.9	4.2	4.49
จำนวนใบ	4	5	5	5	4	5	4	5	5	5	4.7
สัปดาห์ที่ 3											
ขนาดทรงพุ่ม (ซม.)	9.5	10.7	10.3	9.8	9.5	9.8	9.5	10.1	10.5	10	9.97
จำนวนใบ	8	9	8	8	8	9	8	9	9	8	8.4
สัปดาห์ที่ 4											
ขนาดทรงพุ่ม (ซม.)	14.4	15.8	15.4	14.5	14.3	15.2	14.3	15.1	15.5	14.8	14.93
จำนวนใบ	10	14	13	11	10	12	11	12	14	12	11.9
สัปดาห์ที่ 5											
ขนาดทรงพุ่ม (ซม.)	21.3	22.7	22.3	21.5	21.2	22.0	20.8	21.4	22.5	21.2	21.69
ความสูง (ซม.)	20.4	23.8	22.5	21.5	21.2	22.8	20.7	21.6	23.2	22.6	22.03
จำนวนใบ	16	18	17	16	15	16	16	17	17	16	16.4

ตารางที่ 4.5 การทดลองน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กที่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของผักไฮโดรโปนิคส์ ที่ความเข้มสนามแม่เหล็ก 6,000 G

อัตราการเจริญเติบโต	ต้นที่										เฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
สัปดาห์ที่ 1											
ขนาดทรงพุ่ม (ซม.)	2.6	2.5	1.9	2.0	2.4	1.9	1.8	2.5	1.8	1.9	2.13
จำนวนใบ	3	3	2	2	2	2	2	3	2	2	2.3
สัปดาห์ที่ 2											
ขนาดทรงพุ่ม (ซม.)	5.2	4.8	4.1	4.7	4.8	4.5	4.0	5.0	4.2	4.0	4.53
จำนวนใบ	6	5	4	5	5	4	4	6	4	4	4.7
สัปดาห์ที่ 3											
ขนาดทรงพุ่ม (ซม.)	11.5	11.1	9.1	10.5	10.8	9.8	9.0	10.8	9.1	9.4	10.11
จำนวนใบ	10	9	8	8	9	8	8	10	8	8	8.6
สัปดาห์ที่ 4											
ขนาดทรงพุ่ม (ซม.)	15.8	15.1	14.7	15.0	15.2	14.7	14.3	15.5	14.7	14.5	14.95
จำนวนใบ	13	13	11	12	12	11	11	13	11	11	11.8
สัปดาห์ที่ 5											
ขนาดทรงพุ่ม (ซม.)	22.8	22.4	21.3	21.6	22.1	21.2	20.7	22.3	21.0	21.6	21.70
ความสูง (ซม.)	22.6	22.3	21.7	22.2	22.5	21.7	21.3	22.5	21.0	22.1	21.99
จำนวนใบ	18	18	15	16	17	16	15	18	15	15	16.3

ของสนามแม่เหล็กสูง ที่ 5,000 G และ 6,000 G ส่งผลต่อการเพิ่มของอัตราการเจริญเติบโตของผักไฮโดรโปนิกส์ในอัตราเพิ่มขึ้นที่เท่า ๆ กัน

ในสัปดาห์ที่ 5 ความเข้มของสนามแม่เหล็ก ที่ 4000 G ส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของผักไฮโดรโปนิกส์ เพิ่มขึ้น 14.23 % ที่ความเข้มของสนามแม่เหล็ก 5,000 G ส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของผักไฮโดรโปนิกส์ เพิ่มขึ้น 15.62 % และที่ความเข้มของสนามแม่เหล็ก 6,000 G ส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของผักไฮโดรโปนิกส์ เพิ่มขึ้น 15.67 % เมื่อเปรียบเทียบกับ การปลูกโดยไม่ใช้พลังงานสนามแม่เหล็ก โดยพบว่า ในสัปดาห์ที่ 5 ขนาดของแม่เหล็กที่มีความเข้มของสนามแม่เหล็กสูง ที่ 5,000 G และ 6,000 G ส่งผลต่อการเพิ่มของอัตราการเจริญเติบโตของผักไฮโดรโปนิกส์ในอัตราเพิ่มขึ้นที่เท่า ๆ กัน

จากผลการทดลองในสัปดาห์ที่ 2 จะเห็นถึงความแตกต่างของลักษณะ รูปร่าง ขนาด และทรงพุ่มของการเจริญเติบโตของผักไฮโดรโปนิกส์อย่างชัดเจน ระหว่างการใช้น้ำปกติและใช้น้ำพลังงานสนามแม่เหล็ก ในการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ ดังรูปที่ 4.5



น้ำปกติ

น้ำพลังงานสนามแม่เหล็ก

รูปที่ 4.5 ความแตกต่างของผักไฮโดรโปนิกส์ระหว่างการใช้น้ำปกติ และใช้น้ำพลังงานสนามแม่เหล็กในการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ ในสัปดาห์ที่ 2

จากผลการทดลองในสัปดาห์ที่ 3 ผักไฮโดรโปนิกส์มีจำนวนใบเพิ่มมากขึ้น ขนาด และทรงพุ่มของผักไฮโดรโปนิกส์ขยายเพิ่มขึ้น โดยความแตกต่างระหว่างการใช้น้ำปกติและใช้น้ำพลังงานสนามแม่เหล็ก ในการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6ก ผักไฮโดรโปนิคส์ ในสัปดาห์ที่ 3 ที่ใช้น้ำปกติในการปลูก



รูปที่ 4.6ข ผักไฮโดรโปนิคส์ ในสัปดาห์ที่ 3 ที่ใช้น้ำพลังงานสนามแม่เหล็กในการปลูก

รูปที่ 4.6 ความแตกต่างของผักไฮโดรโปนิคส์ระหว่างการใช้น้ำปกติในการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ และใช้น้ำพลังงานสนามแม่เหล็กในสัปดาห์ที่ 3

จากผลการทดลองในสัปดาห์ที่ 4 ผักไฮโดรโปนิคส์มีจำนวนใบเพิ่มมากขึ้น ขนาด และทรงพุ่มของผักไฮโดรโปนิคส์ขยายเพิ่มขึ้น โดยความแตกต่างระหว่างการใช้น้ำปกติและใช้น้ำพลังงานสนามแม่เหล็ก ในการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7ก ผักไฮโดรโปนิคส์ ในสัปดาห์ที่ 4 ที่ใช้น้ำปกติในการปลูก



รูปที่ 4.7ข ผักไฮโดรโปนิคส์ ในสัปดาห์ที่ 4 ที่ใช้น้ำพลังงานสนามแม่เหล็กในการปลูก

รูปที่ 4.7 ความแตกต่างของผักไฮโดรโปนิคส์ระหว่างการใช้น้ำปกติในการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ และใช้น้ำพลังงานสนามแม่เหล็กในสัปดาห์ที่ 4

จากผลการทดลองในสัปดาห์ที่ 5 (42 วัน นับตั้งแต่การเพาะเมล็ด) ซึ่งปกติในขณะนี้ เป็นระยะการเก็บเกี่ยวผลผลิต ผักไฮโดรโปนิคส์มีจำนวนใบเพิ่มมากขึ้น ขนาด และทรงพุ่มของผักไฮโดรโปนิคส์ขยายเพิ่มขึ้น โดยความแตกต่างระหว่างการใช้น้ำปกติและใช้น้ำพลังงานสนามแม่เหล็ก ในการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ ดังรูปที่ 4.8



น้ำปกติ

น้ำพลังงานสนามแม่เหล็ก

รูปที่ 4.8 ความแตกต่างของผักไฮโดรโปนิกส์ระหว่างการใช้น้ำปกติในการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ และใช้น้ำพลังงานสนามแม่เหล็กในสัปดาห์ที่ 5

บทที่ 5

สรุปผลและอภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลและอภิปรายผลการวิจัย

ระบบน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กเป็นระบบที่อาศัยพลังงานสนามแม่เหล็กแรงสูงในการทำให้อนุภาคน้ำเกิดการแตกตัวเป็นอนุภาคที่เล็กลง ทำให้สิ่งมีชีวิตสามารถนำคุณประโยชน์ของสารอาหารที่ละลายอยู่ในน้ำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยในงานวิจัยนี้สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นโดยใช้แบตเตอรี่ขนาด 12 V 5 A เป็นแหล่งพลังงานสำหรับสร้างความเหนี่ยวนำไฟฟ้า โดยใช้วงจรปรับระดับกระแสไฟฟ้าลงมาเหลือ 1 A เพื่อสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขนาด 4,000 G (0.4 T) 5,000 G (0.5 T) และ 6,000 G (0.6 T) โดยใช้แกนเหล็กหม้อแปลงไฟฟ้าซึ่งมีค่าความซึมซาบได้ 6.9×10^{-3} H/m เป็นแกนเหล็กโซลินอยด์ ซึ่งใช้ลวดทองแดงพันรอบแกนจำนวน 58 รอบ 72 รอบ และ 87 รอบ ตามลำดับ จากนั้นนำน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ผ่านสนามแม่เหล็กที่ได้ก่อนนำไปใช้ในการเพาะปลูกจริง โดยในงานวิจัยนี้ใช้ผักไฮโดรโปนิคส์ประเภทผักกรีนโอ๊คเป็นผักตัวอย่างในการเพาะปลูก เนื่องจากเป็นผักที่เป็นที่นิยมอย่างมากในปัจจุบัน ซึ่งจากการทดลองพบว่าในช่วงระยะการเพาะเมล็ดผักกรีนโอ๊คที่ใช้พลังงานสนามแม่เหล็กมีอัตราการงอก และอัตราการเจริญเติบโตในช่วงที่เป็นต้นอ่อนมากกว่าเมล็ดที่ใช้น้ำปกติ พบว่าที่ 72 ชั่วโมง การเพาะเมล็ดผักไฮโดรโปนิคส์ด้วยน้ำปกติมีอัตราการงอกของเมล็ด 78 ต้น การเพาะเมล็ดผักไฮโดรโปนิคส์ด้วยน้ำพลังงานสนามแม่เหล็กมีอัตราการงอกของเมล็ด 85 ต้น โดยมีอัตราการงอกเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการเพาะเมล็ดด้วยน้ำปกติเท่ากับ 8.97 % ซึ่งอัตราการงอกที่ไวกว่า และรากของเมล็ดสมบูรณ์กว่าการเพาะด้วยน้ำปกติอย่างมาก ส่วนในช่วงเพาะปลูกในรางกลุ่มตัวอย่าง โดยแบ่งเป็นการเพาะปลูกด้วยน้ำปกติ น้ำพลังงานสนามแม่เหล็กที่ผ่านค่าสนามแม่เหล็กขนาด 4,000 G (0.4 T), 5,000 G (0.5 T) และ 6,000 G (0.6 T) พบว่าน้ำที่ผ่านความเข้มของสนามแม่เหล็ก ที่ 4,000 G ส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของผักไฮโดรโปนิคส์เพิ่มมากขึ้น 14.23 % ที่ความเข้มของสนามแม่เหล็ก 5,000 G ส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของผักไฮโดรโปนิคส์เพิ่มมากขึ้น 15.62 % และที่ความเข้มของสนามแม่เหล็ก 6,000 G ส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของผักไฮโดรโปนิคส์เพิ่มมากขึ้น 15.67 %

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรใช้แหล่งจ่ายไฟที่สามารถใช้งานได้อย่างสม่ำเสมอ เนื่องจากในงานวิจัยนี้ใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายไฟทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ทำให้ต้องมีการชาร์ตพลังงานไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่อย่างสม่ำเสมอ
2. เนื่องจากโรงเรือนที่ใช้ทำการทดลองเป็นโรงเรือนปิดขนาดเล็ก ทำให้มีการถ่ายเทอากาศที่น้อย ทำให้ภายในโรงเรือนค่อนข้างมีอุณหภูมิที่สูงกว่าสภาวะที่เหมาะสมกับการเพาะปลูกผักไฮโดรโปนิคส์ ดังนั้นจึงควรใช้โรงเรือนแบบเปิดเพื่อให้มีการถ่ายเทอากาศที่เหมาะสม
3. การทดลองการเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของผักไฮโดรโปนิคส์ควรทำการทดลองจริงในสถานที่ ๆ เหมาะสม มีสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมกับการเพาะปลูกจริง เพราะจะทำให้ได้ผลการทดลองที่เหมาะสม มีประสิทธิภาพมากขึ้น

บรรณานุกรม

- คำหล้า แสงรัมย์. 2558. ผลกระทบของการอาบสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กคงที่ต่ออัตราการงอกและการเจริญเติบโตของข้าวเจ้าแดง จาก สปป ลาว. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- กรกฤต คำชุ่ม. 2552. อิทธิพลของสนามแม่เหล็กต่อปริมาณออกซิเจนละลายน้ำและค่าความกระด้าง. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ปทุมทิพย์ สังข์พันธุ์. 2550. การศึกษาผลกระทบของสนามแม่เหล็กต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าว. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- สุรพงษ์ ชสพล. 2548. การศึกษาผลกระทบของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีต่อถั่วเขียว กระเจี๊ยบเขียว กวางตุ้ง. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ภัทรี เกียรติกิจาร. 2547. การศึกษาผลการเจริญเติบโตของถั่วอกจากอิทธิพลของความเข้มสนามไฟฟ้าพร้อมตำแหน่งการวางเมล็ด. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ร่มจักร ยุธประถม. 2540. ผลกระทบของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีต่อการเจริญเติบโตของเมล็ดถั่วเขียว. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ฉัทปภา จันทรโสม, ณัฐวุฒิ สุวรรณทา และ วรวัฒน์ เสงี่ยมวิบูล. การกระตุ้นด้วยสนามแม่เหล็กถาวรที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของถั่วอก. การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5. หน้า 26-33. กรุงเทพฯ, 2556.
- อิสระ อินอุเทศ. 2536. แม่เหล็กไฟฟ้า. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น
- วิชัย ทิพนิตย์. 2535. วงจรไฟฟ้ากระแสตรง. พิมพ์ครั้งที่ 1. บ.ที.พี.พรินท์ จำกัด. กรุงเทพมหานคร.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ประกาศมหาวิทยาลัย เรื่อง การพิจารณาอนุมัติทุนอุดหนุนงานวิจัยงบประมาณ
แผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 โครงการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อ
แก้ปัญหาหรือสร้างความเข้มแข็งด้านสังคมชุมชน ความมั่นคง และคุณภาพ
ชีวิตประชาชนตามยุทธศาสตร์ของประเทศ

ภาคผนวก ข

แบบยื่นรับการรับทุนอุดหนุนงานวิจัย ประเภทงบประมาณแผ่นดิน
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

ภาคผนวก ค

บันทึกข้อความ เรื่อง ขออนุญาตดำเนินโครงการวิจัย แต่งตั้งคณะกรรมการ
และจ้างผู้ช่วยนักวิจัย

ภาคผนวก ง

ภาคผนวก ง บันทึกข้อความ เรื่อง ขออนุญาตขยายระยะเวลาดำเนิน
โครงการวิจัยงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

ประวัติคณะผู้วิจัย

1. ชื่อ – นามสกุล นายณัฐพล ภูระหงษ์
Mr. NUTTAPON PHURAHONG
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน
1 6505 00009019 1
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
4. ตำแหน่งทางวิชาการ -
5. หน่วยงานและสถานที่ติดต่อได้สะดวก
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000
โทรศัพท์ 0-5671-7151 มือถือ 090-5743810
e-mail : nuttapon_sam@hotmail.com
6. ประวัติการศึกษา
วศ.ม. คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วศ.บ. คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
มหาวิทยาลัยนเรศวร
7. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ
เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์
คอมพิวเตอร์
8. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย
 - หัวหน้าโครงการวิจัย การพัฒนาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากพลังงานน้ำและพลังงานลม. โครงการวิจัยเดี่ยว ประเภททุนวิจัยงบประมาณแผ่นดิน เพื่อสร้าง สะสมองค์ความรู้ที่มีศักยภาพ : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ (2560)
 - ผู้ร่วมโครงการวิจัย การสืบค้นย้อนกลับผลิตภัณฑ์ข้าวคุณภาพแบบสุญญากาศของเกษตรกร จังหวัดเพชรบูรณ์.ประเภททุนวิจัยงบประมาณแผ่นดิน เพื่อสร้าง สะสมองค์ความรู้ที่มีศักยภาพ : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ (2560)

- หัวหน้าโครงการวิจัย ระบบส่องสว่างพลังงานสนามแม่เหล็ก.
โครงการวิจัยเดี่ยว ประเภททุนวิจัยนักวิจัยรุ่นใหม่ : มหาวิทยาลัยราชภัฏ
เพชรบูรณ์ (2559)