บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเรื่องชุดเพาะปลูกในน้ำแบบประหยัดพลังงาน คณะผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ผักสลัดกรีนคอส

2.1.2 ปลูกผักแบบไม่ใช้ดิน

2.1.3 สารละลายธาตุอาหาร

2.1.4 พลังงานแสงอาทิตย์

2.1.5 ระบบการสั่งการ

2.1.6 แอปพลิเคชัน Blynk

2.1.7 พารามิเตอร์ในการศึกษาการเจริญเติบโตของพืชในระบบ

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 ผักไฮโดรโพนิกส์

2.2.2 ระบบการสั่งการ

2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ผักสลัดกรีนคอส

ผักสลัดกรีนคอส เป็นผักที่สามารถทำอาหารได้หลากหลายประเภท มีรสหวานและกรอบ ในทางสมุนไพรเป็นผักที่มีวิตามินสูง และมีธาตุเหล็กช่วยเพิ่มจำนวนเม็ดเลือดแดงในร่างกาย แก้โรคโลหิตจางได้ มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตเพียง 3 เปอร์เซ็นต์ เหมาะสำหรับผู้เป็นโรคเบาหวาน (เดลินิวส์, 2558) มีสรรพคุณช่วยบำรุงสายตา บำรุงผม บำรุงกล้ามเนื้อ บำรุงผิว และลดคอเรสเตอรอล นิยมรับประทานเป็นผักสลัด บางแห่งเรียกว่า ผักสลัดกรีนคอส ผักชนิดนี้มีชื่อวิทยาศาสตร์ ชื่อสามัญ ชื่อท้องถิ่นและชื่อวงศ์ (องค์ความรู้เพื่อการพัฒนาที่สูงอย่างยั่งยืน, 2559) ดังนี้

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Lactuce sativaVar. longifolla*

ชื่อสามัญ Cos Lettuce, Romain Lettuce

ชื่อท้องถิ่น ผักกาดหวาน

ชื่อวงศ์ Asteraceae

2.1.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

1) ลำต้น เป็นพืชล้มลุกขนาดเล็ก มีอายุสั้นฤดูเดียว ลำต้นเดี่ยว มีลักษณะกลม ๆ อ้วน มีข้อสั้นๆ จะมีก้านใบหนาและอวบฉ่ำน้ำหุ้มอยู่ กาบใบห่อซ้อนกันแน่น ออกเรียงสลับโดยรอบ ๆ ปกคลุมที่โคนลำต้น ไม่ห่อหัว ก้านมีสีเขียวอ่อน

2) ใบ เป็นใบเลี้ยงเดี่ยวออกตรงโคนลำต้น ออกตามข้อสั้น กาบใบห่อซ้อนกันแน่นออกเรียงสลับรอบ ๆ ใบอยู่ด้านนอกใหญ่กว่าใบข้างในเล็กกว่า มีลักษณะทรงกลมเรียวรี โคนใบกว้างใหญ่กว่า มีใบหนา เห็นเส้นใบชัดเจน ใบด้านนอกสีเขียวเข้มด้านในสีเขียว อมเหลือง มีก้านใบใหญ่ เป็นกาบหนาและอวบฉ่ำน้ำ ก้านมีสีเขียวอ่อน รสชาติหวานกรอบ

3) ราก เป็นระบบรากแก้ว มีลักษณะอวบกลม ๆ แทงลึกลงในดิน มีรากฝอยและรากแขนงเล็ก ๆ ออกรอบ ๆ บริเวณลำต้นมีสีน้ำตาล

4) ดอก ออกเป็นช่อ ก้านช่อดอกใหญ่ยาว มีแขนงก้านย่อยมาก แบบเชิงหลั่น มีดอกย่อยออกโคนไปที่ปลายยอด ดอกมีลักษณะเล็ก ๆ กลีบดอกมีสีเหลือง กลีบเลี้ยงสีเขียวอ่อน

5) ผล มีผลเป็นเมล็ดอยู่ในรังไข่ มีเมล็ดจำนวนมาก มีลักษณะทรงหอก แบนยาวรี มีเปลือกหุ้มเมล็ด มีสีเทานวล

2.1.1.2 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม

ผักสลัดกรีนคอส เป็นพืชที่ต้องการสภาพอากาศเย็น อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 10 - 24 องศาเซลเซียส ในสภาพอุณหภูมิสูง การเจริญเติบโตทางใบจะลดลงและพืชสร้างสารคล้ายน้ำนมหรือยางมาก เส้นใยสูง เหนียว และมีรสขม ดินที่เหมาะสมต่อการปลูกควรร่วนซุย มีความอุดมสมบูรณ์ และมีอินทรียวัตถุสูง หน้าดินลึก และอุ้มน้ำได้ดีปานกลาง สภาพความเป็นกรด – ด่าง ของดินอยู่ระหว่าง 6.0 - 6.5 พื้นที่ปลูกควรโล่ง และได้รับแสงแดดอย่างเต็มที่ เนื่องจากใบผักสลัดกรีนคอส มีลักษณะบาง ไม่ทนต่อฝน ดังนั้นในช่วงฤดูฝนควรปลูกใต้โรงเรือน

2.1.1.3 การปลูก

1) การเตรียมกล้า เพาะกล้าในถาดหลุมที่มีขุยพร้าว ในถาดหลุมที่ใช้เพาะควรระบายน้ำและอากาศได้ค่อนข้างดี อายุกล้าประมาณ 3 – 4 อาทิตย์

2) การปลูก เมื่อย้ายกล้าลงแปลงปลูกแล้ว ต้องดูแลอย่างสม่ำเสมอ

3) การให้น้ำ ควรให้น้ำอย่างสม่ำเสมอและเพียงพอต่อการเจริญเติบโต ไม่ควรมากเกินไป อาจทำให้เกิดโรคโคนเน่า

4) การเก็บเกี่ยวและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว

4.1) ช่วงเก็บเกี่ยว เก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 45 - 60 วัน

4.2) การเก็บเกี่ยว เก็บเกี่ยวด้วยมีด เมื่อตัดแล้วทาปูนแดงบริเวณแผลที่ตัด เหลือใบนอกไว้ 3 – 4 ใบ เพื่อป้องกันการช้ำของหัวระหว่างขนส่ง ถ้าผักเปียกน้ำ ต้องผึ่งให้แห้งเพื่อป้องกันการเน่าเสีย

2.1.1.4 ข้อกำหนดเรื่องคุณภาพ คุณภาพขั้นต่ำ ต้องเป็นผักที่ถูกจำหน่ายทั้งต้น มีรูปร่างและสีตรงตามพันธุ์ ไม่มีอาการปลายใบไหม้ ไม่แคระแกร็น ต้นไม่บิดงอ ปลอดภัยจากสารเคมี

2.1.1.5 การใช้ประโยชน์และคุณค่าทางอาหาร ผักสลัดกรีนคอสเป็นผักที่นิยมบริโภคสด โดยเฉพาะในสลัด หรือกินกับยำ สามารถนำมาตกแต่งในจานอาหาร ประกอบอาหารได้ในบางชนิด เช่น นำไปผัดกับน้ำมันโดยใช้ไฟแรงอย่างรวดเร็ว ผักสลัดกรีนคอสมีน้ำเป็นองค์ประกอบและมีวิตามินซีสูง นอกจากนี้ยังให้ฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) ช่วยป้องกันโรคโลหิตจาง บรรเทาอาการท้องผูก เหมาะสำหรับผู้ที่ป่วยเป็นโรคเบาหวาน

2.1.2 การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินหรือวิธีไฮโดรโพนิกส์ (Hydroponics) นับเป็นวิธีการใหม่ในการปลูกพืช โดยเฉพาะการปลูกผักและพืชที่ใช้เป็นอาหาร เนื่องจากประหยัดพื้นที่และไม่ปนเปื้อนกับสารเคมีต่าง ๆ ในดินทำให้ได้พืชผักที่สะอาดเป็นอาหาร (นิรันดร์, 2555) นักวิจัยด้านเมตาบอลิซึมของพืชได้ค้นพบว่า พืชจะดูดซึมสารอาหารเป็นแหล่งสารอาหารจากดินเพื่อการเจริญเติบโตแต่ดินไม่จำเป็นต่อการเติบโตของพืช เมื่อสารอาหารในดินละลายไปกับน้ำรากของพืชก็จะสามารถดูดซึมสารอาหารนั้นได้ เมื่อใส่สารอาหารที่จำเป็นสำหรับพืชไว้ในแหล่งน้ำที่สร้างขึ้น ก็ไม่จำเป็นต้องใช้ดินเพื่อเป็นแหล่งอาหารของพืช ซึ่งพืชส่วนใหญ่จะเจริญเติบโตด้วยวิธีไฮโดรโพนิกส์ได้ แต่จะเจริญเติบโตได้ดีมากน้อยแตกต่างกัน ดังนั้นการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินนี้ทำได้ง่าย สะดวก และประหยัดพื้นที่แต่ต้องมีอุปกรณ์ที่จำเป็น คือ สารอาหารสำหรับพืชที่ละลายอยู่ในน้ำแล้ว (กองวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2563)

ไฮโดรโพนิกส์มาจากภาษากรีก คำว่า “Hydro” แปลว่า น้ำ รวมกับคำว่า“Ponos” ที่แปลว่า งาน เมื่อรวมกันจึงหมายถึง การทำงานของน้ำ (สารละลายธาตุอาหาร) ผ่านรากพืช โดยปกติแล้วการที่พืชจะเจริญเติบโตได้ดีนั้นต้องอาศัยปัจจัยต่าง ๆ ที่เหมาะสมหลายอย่าง เช่น แสงแดด อุณหภูมิของน้ำ และธาตุอาหารพืช การที่พืชจะนำธาตุอาหารพืชไปใช้ประโยชน์ได้นั้นจะต้องคำนึงถึงเรื่องความเป็นกรด - ด่าง (pH) ของดินหรือสารละลายธาตุอาหารใช้ปลูกพืช การปลูกพืชแบบไฮโดรโพนิกส์ พืชจะได้รับธาตุอาหารในรูปสารละลายเรียกว่า สารละลายธาตุอาหาร ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ได้ทันทีเพราะมีการปรับค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity : EC) และ pH ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชอยู่ตลอดเวลา การปลูกพืชแบบนี้ช่วยให้หลีกเลี่ยงปัญหาเรื่องโรคต่าง ๆ ทำให้ได้ผลผลิตสูง มีคุณภาพ ผลผลิตมีความสม่ำเสมอ สามารถวางแผน

การปลูกได้ กำหนดปริมาณการผลิตให้เป็นไปตามเป้าหมาย หรือความต้องการของตลาดได้ดีกว่าที่สำคัญ คือ สามารถขายได้ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2558)

2.1.2.1 ประเภทของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

การจัดกลุ่มประเภทของการปลูกโดยไม่ใช้ดินโดยพิจารณาจากที่อยู่ของรากพืชสามารถแบ่งประเภทของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินออกได้เป็น 3 ประเภทหลัก (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2558) คือ

1) ประเภทของการปลูกในน้ำ (Water Culture) หมายถึง ลักษณะของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินที่รากพืชจะต้องสัมผัสหรือแช่อยู่ในสารละลายธาตุอาหารโดยตรงและตลอดเวลา ซึ่งมีหลากหลายเทคนิค ได้แก่

1.1) การปลูกโดยให้สารละลายธาตุอาหารไหลผ่านรากผักเป็นแผ่นบาง ๆ อย่างต่อเนื่อง (Nutrient Film Technique : NFT) เป็นการให้สารละลายธาตุอาหารไหลผ่านรากพืชที่ปลูกบนรางตามความลาดชันของรางปลูกอย่างช้า ๆ เป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ ประมาณ 1 - 3 มิลลิเมตร พืชที่ปลูกได้ดีและนิยมปลูกในระบบนี้ ได้แก่ ผักกินใบจำพวกผักสลัด มีอายุยาวประมาณ 45-50 วัน

1.2) การปลูกโดยให้สารละลายธาตุอาหารไหลผ่านรากผักในระดับลึก (Deep Flow Technique : DFT) การปลูกผักโดยวิธีนี้เหมือนการปลูกแบบลอยน้ำ ซึ่งสามารถปลูกได้ดีในที่ที่มีแดดจัด โดยวิธีนี้จะมีช่องว่างระหว่างแผ่นปลูกกับสารละลายธาตุอาหารประมาณ 3 - 5 เซนติเมตร เพื่อให้รากผักบางส่วนถูกอากาศและบางส่วนอยู่ในสารละลายธาตุอาหาร ผักที่ปลูกได้ดีและนิยมปลูกในระบบนี้ ได้แก่ ผักไทย (ผักกินใบที่มีอายุสั้น ประมาณ 20 - 30 วัน) เช่น ผักคะน้า ผักบุ้ง ผักโขม เป็นต้น

1.3) การปลูกโดยให้สารละลายธาตุอาหารและอากาศไหลวนผ่านรากผักในระดับลึกอย่างต่อเนื่องในถาดปลูก (Dynamic Root Floating Technique : DRFT) ระบบนี้พัฒนามาจากระบบ DFT โดยเพิ่มการไหลเวียนของอากาศและสารละลายธาตุอาหาร ผักที่ปลูกได้ดีและนิยมปลูก ได้แก่ ผักไทย

2) ประเภทการปลูกในวัสดุปลูก (Substrate Culture) เป็นวิธีการปลูกพืชโดยใช้วัสดุปลูกชนิดต่าง ๆ ทั้งที่เป็นอินทรีย์และอนินทรีย์ต่าง ๆ ได้แก่ ทราย กรวด ขี้เลื่อย พีท ขุยมะพร้าว ร็อควูลล์ ฯลฯ การปลูกพืชระบบนี้นิยมกันอย่างแพร่หลาย วิธีการปลูกพืชในวัสดุปลูกส่วนใหญ่จะแตกต่างกันทางด้านของเทคนิคการให้น้ำ และสารละลายธาตุอาหาร (ความถี่และปริมาณสารละลายที่ให้แต่ละครั้ง และองค์ประกอบของสารละลาย) ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุปลูกที่ใช้ ซึ่งจะต้องมีการทดลองเพื่อหาวิธีการที่เหมาะสม

3) ประเภทการปลูกในอากาศ (Aeroponics) เป็นระบบที่ทำให้รากพืชอิ่มตัวอย่างต่อเนื่องด้วยการพ่นสารละลายที่มีธาตุอาหารพืชเป็นระยะในรูปคล้าย ๆ แปลงพ่นหมอก ระบบนี้รากพืชไม่ได้จุ่มอยู่ในน้ำ ซึ่งเป็นสารละลายธาตุอาหาร แต่จะมีความชื้นอิ่มตัวอยู่ตลอดเวลา เพื่อให้รากคงความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในระดับ 95 - 100 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธีการนี้พืชได้อาหารครบถ้วนและพอเพียง ระบบนี้รากจะลอยอยู่ในอากาศในระบบปิดที่กันแสง แต่การปลูกด้วยระบบแอโรโพนิกส์ต้องใช้ระบบควบคุมการฉีดพ่นธาตุอาหารแบบอัตโนมัติ วิธีการนี้ใช้น้ำน้อยมาก การปลูกพืชในระบบแอโรโพนิกส์นี้ ความชื้นจากการฉีดพ่นสารละลายธาตุอาหารจะไปกระตุ้นให้รากพืชเจริญเติบโตอย่างสมบูรณ์ภายใน 10 วัน และต้นพืชโดยเฉพาะพืชผักสามารถเจริญเติบโตเก็บเกี่ยวได้ภายในระยะเวลา 30 วันเท่านั้น โดยรูปแบบการปลูกพืชให้รากลอยอยู่ในอากาศนี้ จะนิยมสำหรับพืชหัวที่ไม่สามารถแช่อยู่ในน้ำหรืออยู่ในดินที่เสี่ยงต่อโรคทางดิน เมื่อมีระยะการปลูกนานเกิน 2 เดือน

2.1.2.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (ภิญญพร, 2562)

1) น้ำ อาจใช้น้ำประปาแทนได้โดยการพักน้ำไว้ก่อน ปรับค่า pH ประมาณ pH 6.0 - 6.5 ถ้าไม่มีการปรับค่า พอพืชโตไประยะหนึ่งรากพืชจะตาย ควรเปลี่ยนน้ำทุกสัปดาห์

2) ธาตุอาหารและสารละลายธาตุอาหาร การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ปัจจัยหลักที่ทำให้ต้นพืชเจริญเติบโต คือ ธาตุอาหารที่เป็นวัตถุดิบในการให้ต้นพืชเจริญเติบโตในกระบวนการสร้างสารอาหารโดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง วัตถุดิบที่ใช้ คือ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เมื่อได้รับแสงบนคลอโรฟิลด์จะได้สารคาร์โบไฮเดรต และออกซิเจน (O_2)

3) ออกซิเจน ปริมาณออกซิเจนในน้ำมีมากพอในอุณหภูมิต่ำ และการไหลตกของน้ำขากลับลงถังหรือในรางปลูกเอง และอาจใช้ปั๊มช่วยในกรณีที่น้ำในถังอุณหภูมิสูงเกินไป อุณหภูมิน้ำในถังไม่ควรเกิน 35 องศาเซลเซียส (ควรรักษาให้อุณหภูมิต่ำไว้ก่อน) ถังน้ำควรมีที่กันฝนกันแดดได้ดี

4) แสงแดด จำเป็นต่อพืชมาก ควรให้พืชได้รับแสงแดดอย่างเพียงพอตามชนิดของพืชนั้น ๆ ถ้าแสงแดดไม่เพียงพอ พืชจะยืดเสียทรง อ่อนแอ และเจริญเติบโตได้ไม่เต็มที่ ซึ่งในกระบวนการสร้างสารอาหารโดย กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

5) สภาพแวดล้อม มีการถ่ายเทอากาศที่ดี ถ้าอุณหภูมิอากาศสูง ความชื้นต่ำ พืชจะคายน้ำมากเกินไป จะเกิดการเหี่ยวเฉา ช่วงที่มีอากาศร้อนควรจะพรางแสง หรือให้น้ำทางใบโดยใช้สเปรย์น้ำฉีดจะช่วยไม่ให้ใบเฉาได้ ช่วงที่มีฝน ในระยะต้นอ่อนฝนจะชะวัสดุปลูกทำความเสียหายกับรากพืชได้ ควรมีที่กันฝนในระยะนี้ ฝุ่นจะจับใบ ทำให้การสังเคราะห์แสงและคายน้ำได้ไม่ดี ใบไม่สวย ดังนั้นการใช้สเปรย์น้ำฉีดจึงสามารถลดการคายน้ำและล้างใบพืชได้

2.1.2.3 การปลูกโดยให้สารละลายธาตุอาหารไหลผ่านรากผักเป็นแผ่นบาง ๆ อย่างต่อเนื่อง (Nutrient Film Technique : NFT)

หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า การปลูกพืชด้วยระบบน้ำไหลบาง พัฒนาขึ้นโดย Allen Cooper แห่งสถาบันวิจัยการปลูกพืชในเรือนกระจก (GCRI) ในประเทศอังกฤษ ปี ค.ศ. 1965 (ธรรมศักดิ์, 2562)

1) องค์ประกอบของระบบปลูกพืชแบบ NFT ส่วนควบคุมสารละลาย ประกอบด้วย

1.1) ถังเก็บสารละลาย โดยทั่วไปจะฝังอยู่ใต้ดินเพื่อป้องกันความร้อน และขณะที่น้ำจากรางปลูกพืชไหลตกลงในถังจะเป็นการเพิ่มการละลายตัวของออกซิเจนอีกทีหนึ่ง ขนาดของถังเก็บสารละลายขึ้นกับปริมาณพืชในระบบ และชนิดพืชที่ปลูก และความถี่ในการปรับค่าความเป็นกรด - ด่าง และค่าการนำไฟฟ้า ถ้าถังที่ใช้มีขนาดเล็กจะต้องมีการเติม และปรับสารละลายบ่อย และโอกาสที่พืชจะได้รับสารละลายที่มีองค์ประกอบเหมาะสมจะมากด้วย (อาจจำเป็นต้องใช้ระบบเตรียมสารละลายโดยอัตโนมัติ) โดยทั่วไปถ้าถังสารละลายมีขนาดใหญ่ขึ้น การเปลี่ยนค่าต่าง ๆ ของสารละลายจะช้าลง พืชจะเจริญเติบโตได้ดีแต่จะเปลืองสารละลายมาก โดยเฉพาะ เมื่อต้องมีการเปลี่ยนสารละลายทั้งหมดถังสารละลายที่ใช้อาจเป็นถังไฟเบอร์ขนาดความจุ 4,000 ลิตร หรือก่อเป็นถังปูนฝังอยู่ใต้ดิน แต่จะมีราคาแพง ถ้าเป็นระบบขนาดเล็กอาจใช้ถังพลาสติก

1.2) ปั๊มสารละลายธาตุอาหาร อาจเป็นแบบปั๊มแช่อยู่ในสารละลาย หรือเป็นแบบอยู่นอกถัง ถ้าเป็นแบบแช่ ได้แก่ ปั๊มไดโว ข้อดี คือ ราคาถูกหาซื้อได้ทั่วไป ข้อเสีย คือ ถ้าปั๊มไม่ดีจะเสียหายง่าย และเกิดการถ่ายเทความร้อนให้สารละลายโดยตรง ทำให้สารละลายร้อน หรืออาจใช้เป็นปั๊มอยู่นอกถังจะต้องเป็นปั๊มที่สามารถทำงานอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน ๆ และต้องทนการกัดกร่อนของสารละลายธาตุอาหารจึงทำให้มีราคาแพง

1.3) ระบบเตรียมสารละลายธาตุอาหารโดยอัตโนมัติ ถ้าเป็นการปลูกระบบใหญ่ ๆ อาจจำเป็นต้องมีระบบเตรียมสารละลายธาตุอาหารโดยอัตโนมัติ โดยจะทำหน้าที่ควบคุมปริมาณน้ำในถังค่าความเป็นกรด – ด่าง และค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหาร ให้อยู่ในช่วงที่ต้องการตลอดเวลา เช่น ในการปลูกผักสลัดจะต้องควบคุมให้ค่าความเป็นกรด - ด่าง เท่ากับ 5.5 - 6.0 และค่าการนำไฟฟ้า เท่ากับ 1,000 – 1,200 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตรตลอดเวลา

1) ข้อดีของการปลูกโดยให้สารละลายธาตุอาหารไหลผ่านรากผักเป็นแผ่นบาง ๆ อย่างต่อเนื่อง

1.1) ไม่จำเป็นต้องมีเครื่องควบคุมการให้น้ำ เนื่องจากระบบนี้จะให้น้ำแก่พืชตลอดเวลา

1.2) ระบบการให้สารละลายธาตุอาหารแก่พืชไม่ยุ่งยาก

1.3) ทำการป้องกันและกำจัดเชื้อโรคพืชต่าง ๆ ในสารละลายได้ง่าย

1.4) เป็นระบบที่มีการใช้น้ำและธาตุอาหารอย่างมีประสิทธิภาพที่สุด

1.5) ไม่มีวัสดุปลูกที่ต้องกำจัด

1.6) สามารถปลูกพืชได้อย่างต่อเนื่องตลอดปี ไม่เสียเวลาในการเตรียมระบบปลูก เช่น สามารถปลูกผักสลัดได้ถึง 8 - 10 ครั้งต่อปี

2) ข้อเสียของการปลูกโดยให้สารละลายธาตุอาหารไหลผ่านรากผักเป็นแผ่นบาง ๆ อย่างต่อเนื่อง

2.1) ราคาค่าใช้จ่ายในการติดตั้งสูงมาก โดยเฉพาะถ้าใช้ขาตั้งทำจากโลหะ

2.2) เป็นระบบที่ต้องมีการดูแลอย่างใกล้ชิด เพราะมีโอกาสที่ระบบจะเสียได้ง่าย และพืชจะถูกกระทบกระเทือนอย่างรุนแรงและรวดเร็ว

2.3) ต้องใช้น้ำที่มีสิ่งเจือปนอยู่น้อย (สารละลายต่าง ๆ) ถ้ามีสิ่งเจือปนอยู่มาก จะเกิดการสะสมของเกลือบางตัวที่พืชใช้น้อยหรือไม่ดูดใช้เลยสะสมอยู่ในสารละลาย ทำให้จำเป็นต้องเปลี่ยนสารละลายบ่อย ๆ ทำให้สิ้นเปลือง

2.4) มีปัญหามากเกี่ยวกับการสะสมของอุณหภูมิของสารละลาย โดยเฉพาะในเขตร้อนมีผลต่อการละลายตัวของออกซิเจนในสารละลายลดลง จะทำให้พืชอ่อนแอ รากถูกทำลายโดยโรคพืชได้ง่าย การเจริญเติบโตลดลง จนถึงไม่สามารถปลูกพืชได้เลย

2.5) มีการแพร่กระจายของโรคพืชบางชนิดอย่างรวดเร็ว

2.1.3 สารละลายธาตุอาหาร

สารละลายธาตุอาหารเป็นปัจจัยสำคัญในการปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโพนิกส์ เนื่องจากพืชต้องใช้ธาตุอาหารต่าง ๆ ในการเจริญเติบโต ซึ่งสารละลายธาตุอาหารสามารถให้ปริมาณธาตุอาหารที่พืชต้องการได้

2.1.3.1 มหธาตุ (Macronutrient elements) เป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณมาก ได้แก่ คาร์บอน (C), ไฮโดรเจน (H), ออกซิเจน (O), ไนโตรเจน (N), ฟอสฟอรัส (P), โพแทสเซียม (K), แคลเซียม (Ca), แมกนีเซียม (Mg) และกำมะถัน (S) เป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการมาก ความเข้มข้นของธาตุโดยน้ำหนักแห้ง เมื่อพืชเจริญเต็มวัยสูงกว่า 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยทั่วไปแล้ว คาร์บอน (C), ไฮโดรเจน (H) และออกซิเจน (O) พืชได้รับจากน้ำและอากาศ เพราะฉะนั้นจะมีเพียง 6 ธาตุ ในมหธาตุที่ต้องจัดให้พืช ได้แก่ ไนโตรเจน (N), ฟอสฟอรัส (P), โพแทสเซียม (K), แคลเซียม (Ca), แมกนีเซียม (Mg) และกำมะถัน (S) สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อย คือ

ธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน (N), ฟอสฟอรัส (P), โพแทสเซียม (K)

ธาตุอาหารรอง ได้แก่ แคลเซียม (Ca), แมกนีเซียม (Mg), กำมะถัน (S)

2.1.3.2 จุลธาตุ (Micronutrient elements) เป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณน้อย ได้แก่ เหล็ก (Fe), แมงกานีส (Mn), สังกะสี (Zn), ทองแดง (Cu), โบรอน (B), โมลิบดีนัม (Mo), คลอรีน (C) เป็นธาตุอาหารที่พืชต้องในปริมาณน้อย ความเข้มข้นของธาตุโดยน้ำหนักแห้ง เมื่อพืชเจริญเต็มวัยต่ำกว่า 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในปัจจุบันได้มีการรวมธาตุนิกเกิล (Ni) มาอยู่ในจุลธาตุ

ตาราง 2.1 รูปของธาตุอาหารที่พืชนำไปใช้

ธาตุอาหารพืช	รูปที่พืชนำไปใช้
ธาตุอาหารที่ไม่ต้องให้พืช	
มหธาตุ	
1. คาร์บอน	ได้จากน้ำและอากาศ
2. ไฮโดรเจน	
3. ออกซิเจน	
ธาตุอาหารที่ต้องให้พืช	
มหธาตุ	
4. ไนโตรเจน	NO_3^-, NH_4^+
5. ฟอสฟอรัส	$H_2Po_4^-$, HPO_4^{2-}
6. โพแทสเซียม	K^+
7. แคลเซียม	Ca^{2+}
8. แมกนีเซียม	Mg^{2+}
9. กำมะถัน	SO_4^{2-}
จุลธาตุ	
10. เหล็ก	Fe^{2+}, Fe^{3+}
11. แมงกานีส	Mn^{2+}
12. สังกะสี	Zn^{2+}
13. ทองแดง	Cu^{2+}
14. โบรอน	BO_3^-
15. โมลิบดินัม	MoO_3^{2-}
16. คลอรีน	Cl^-

ที่มา: เอกสารการออกแบบระบบปลูกพืชไม่ใช้ดิน, 2562

2.1.3.3 ปุ๋ย AB คือ ปุ๋ยเฉพาะสำหรับการปลูกไฮโดรโพนิกส์หรือผักที่ปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน สาเหตุที่ต้องแยกการเก็บเป็น Stock A และ B เนื่องจากเคมีบางตัวเมื่อผสมกันในความเข้มข้นที่สูงอาจทำให้เกิดการตกตะกอนได้จึงต้องจำแนกออกจากกันเก็บเป็น 2 กลุ่ม (เอกสารการออกแบบระบบปลูกพืชไม่ใช้ดิน, 2562) ได้แก่

1) Stock A ประกอบด้วย

1.1) แคลเซียม (Ca) เป็นโครงสร้างผนังเซลล์ของพืช ทำให้พืชมีความแข็งแรง และช่วยในการสร้างโปรตีน ช่วยขยายขนาดของผล และป้องกันไม่ให้ผลเถา หรือผักแตก ทำให้เนื้อแน่น ป้องกันไส้นิ่ม รสชาติและสีดีขึ้น ช่วยในการเคลื่อนย้ายน้ำตาลจากลำต้น ใบ มาสู่ผลและเมล็ดสามารถเก็บสะสมอาหาร ผลมีการพัฒนาเจริญเติบโตได้อย่างสมบูรณ์ ลดปัญหาการหลุดร่วงของผลได้

1.2) เหล็ก (Fe) เป็นองค์ประกอบของเอนไซม์หลายชนิด และเป็นตัวสำคัญในกระบวนการหายใจของพืช

2) Stock B ประกอบด้วย

2.1) แมกนีเซียม (MgO) เป็นส่วนประกอบของคลอโรฟิลล์ หรือสีเขียวที่พืชใช้ในการสังเคราะห์แสง ช่วยให้ใบพืชมีสีเขียวเข้มมากขึ้น ช่วยในการสร้างพลังงาน ดูดซึมสารอาหารต่าง ๆ ไปใช้ได้มากขึ้น ช่วยการเจริญเติบโตของต้นพืช และช่วยในการเคลื่อนย้ายธาตุฟอสฟอรัสในพืช

2.2) กำมะถัน (S) ช่วยการเจริญเติบโตของพืช ช่วยสังเคราะห์โปรตีน เพิ่มการสังเคราะห์แสง เพิ่มการสร้างแป้ง และน้ำตาล ช่วยเพิ่มรสชาติ สีสัน และความหวานให้แก่ผล ช่วยเพิ่มผลผลิตและคุณภาพให้มากขึ้น ช่วยสร้างน้ำมันในใบพืช และกลิ่นสำหรับพืชบางชนิด

2.3) เหล็ก (Fe) เป็นองค์ประกอบของเอนไซม์หลายชนิด และเป็นตัวสำคัญในกระบวนการหายใจของพืช

2.4) แมงกานีส (Mn) ธาตุนี้มีบทบาทสำคัญในการสังเคราะห์ด้วยแสง มีส่วนในเมตาบอลิซึมของเหล็ก และไนโตรเจน

2.5) ทองแดง (Cu) ธาตุนี้จะช่วยในกระบวนการหายใจของพืช ทำให้พืชใช้ธาตุเหล็กได้มากขึ้น มีหน้าที่ทางอ้อมในการสร้างคลอโรฟิลล์ โดยช่วยเพิ่มโมเลกุลคลอโรฟิลล์ และช่วยป้องกันการทำลายคลอโรฟิลล์ ทำให้พืชมีอายุยาวขึ้น

2.6) สังกะสี (Zn) สร้างสารควบคุมการเจริญเติบโต (Auxin) ที่ปลายยอด ช่วยให้พืชแตกตาดอก และตายอด เพิ่มคุณภาพของผลผลิต แก้ปัญหาการขาดธาตุสังกะสี แก้อาการใบแก้ว ใบลายส้ม ช่วยให้พืชทนทานต่อสภาวะอากาศหนาวได้ดีขึ้น

2.7) โบรอน (B) ประโยชน์ ช่วยในการผสมเกสรดี ป้องกันเมล็ดลีบ เพิ่มน้ำหนักทำให้พืชนำธาตุโพแทสเซียม และธาตุแคลเซียมไปใช้ได้ดีขึ้น มีบทบาทในการย่อยและสังเคราะห์โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต จำเป็นในการแบ่งเซลล์พืช ช่วยการขนย้ายน้ำตาลทางท่ออาหารในพืชจำเป็นสำหรับการงอกของละอองเรณู และการเจริญของท่อนิวเคลียสของเรณู มีส่วนเกี่ยวข้อง กับการดูด การคายน้ำ และการสังเคราะห์แสง

การผสมปุ๋ย A และปุ๋ย B ดูดสารละลายเข้มข้น A และ B ในอัตราส่วนที่ 1:1 เช่น ต้องเตรียมสารละลายธาตุอาหารสำหรับการปลูกผักสลัด 100 ลิตร จะต้องดูดสารละลายเข้มข้น A ปริมาตร 1 ลิตร เติมลงในน้ำและผสมให้เข้ากันทั้งหมด จากนั้น ให้ดูดสารละลายเข้มข้น B ปริมาตร 1 ลิตร ใส่ลงไปแล้วผสมให้เข้ากัน จะได้สารละลายธาตุอาหารสำหรับปลูกผักสลัดปริมาตร 100 ลิตร แต่ถ้าต้องการเตรียมสารละลายธาตุอาหารสำหรับปลูกผัก ต้องเตรียมโดยเพิ่มความเข้มข้นเป็น 2 เท่าของผักสลัด อย่างไรก็ตามต้องพิจารณาค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมของผักแต่ละชนิดด้วย (เอกสาร การออกแบบระบบปลูกพืชไม่ใช้ดิน, 2562)

2.1.3.4 ฮอร์โมนนมถั่วเหลือง เป็นกระบวนการหมักนมถั่วเหลืองด้วยจุลินทรีย์ เพื่อให้เกิดกระบวนการย่อยสลาย และเติมน้ำตาลเพื่อเป็นอาหารของจุลินทรีย์ และเพื่อป้องกันการเน่าเสีย เมื่อนำไปใช้พืชจะสามารถนำธาตุอาหารที่อยู่ในฮอร์โมนนมถั่วเหลืองไปใช้ในการช่วยเร่งการเจริญเติบโตได้ทันที ถ้านำไปใช้กับผักทานใบจะช่วยให้ผักมีรสชาติหวานและกรอบขึ้น

ประโยชน์ต่อพืชของฮอร์โมนนมถั่วเหลือง เป็นธาตุอาหารพืชทั้งธาตุหลักและธาตุรอง พืชสามารถดูดซึมธาตุอาหารไปใช้ได้โดยง่าย เร่งการเจริญเติบโต ทำให้พืชแข็งแรง โตเร็ว เร่งการแตกยอดใหม่ และเพิ่มการแตกกอของพืช เพิ่มจำนวนการออกดอก ทำให้ก้านดอกแข็งแรง ไม่ร่วงหล่นง่าย ทำให้ไม้ผลมีผลรสหวานกรอบอร่อย และผักกินใบทำให้ใบกรอบหวาน และเป็นอาหารเสริมพืช เป็นโปรตีนสำหรับพืชราคาถูก (สำนักงานเกษตรและสหกรณ์ จังหวัดอ่างทอง, 2563)

2.1.4 พลังงานแสงอาทิตย์

พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานทดแทน สะอาด ปราศจากมลพิษ และเป็นพลังงานที่มีศักยภาพสูงในการใช้งาน (สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย, 2562)

โซลาร์เซลล์ สามารถแปลงพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง ใช้งานได้ทุกมุมโลกที่ได้รับแสงอาทิตย์ในการผลิตไฟฟ้าไม่ก่อให้เกิดมลภาวะเป็นพิษ ขณะทำงานไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหวจึงทำให้ไม่มีมลภาวะทางเสียง อีกทั้งต้องการการบำรุงรักษาน้อย เมื่อเทียบกับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนชนิดอื่น (อมรรัตน์, 2558)

2.1.4.1 พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ได้แก่ ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยโซลาร์เซลล์ แบ่งออกเป็น 3 ระบบ (คู่มือการพัฒนาและการลงทุนการผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์, 2557) คือ

1) โซลาร์เซลล์แบบอิสระ (PV Stand alone system) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ได้รับการออกแบบสำหรับใช้งานในพื้นที่ชนบทที่ไม่มีระบบสายส่งไฟฟ้า อุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ และอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับแบบอิสระ

2) โซลาร์เซลล์แบบต่อกับระบบจำหน่าย (PV Grid connected system) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกออกแบบสำหรับผลิตไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับเข้าสู่ระบบสายส่งไฟฟ้าโดยตรง ใช้ผลิตไฟฟ้าในเขตเมือง หรือพื้นที่ที่มีระบบจำหน่ายไฟฟ้าเข้าถึงอุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงโซลาร์เซลล์อุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิดต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า

3) โซลาร์เซลล์แบบผสมผสาน (PV Hybrid system) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกออกแบบสำหรับทำงานร่วมกับอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าอื่น ๆ เช่น ระบบโซลาร์เซลล์กับพลังงานลมและเครื่องยนต์ดีเซล ระบบโซลาร์เซลล์กับพลังงานลมและไฟฟ้าพลังน้ำ เป็นต้น โดยรูปแบบระบบจะขึ้นอยู่กับการออกแบบตามวัตถุประสงค์โครงการ

2.1.4.2 อุปกรณ์ในระบบโซลาร์เซลล์ (อมรรัตน์, 2558)

1) แผงโซลาร์เซลล์ ทำหน้าที่แปลงพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงมีหน่วยเป็นวัตต์ ในการติดตั้งเป็นระบบจะนำแผงมาต่อกันเป็นชุด (Array) โดยต่อแบบอนุกรมเพื่อให้ได้แรงดันตามความต้องการและต่อแบบขนานเพื่อให้ได้กระแสตามต้องการ

2) เครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้า ทำหน้าที่ควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงโซลาร์เซลล์เข้าสู่แบตเตอรี่ รวมถึงควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าออกจากแบตเตอรี่ ด้วยระบบผลิตไฟฟ้าโซลลาร์เซลล์จะใช้เครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้าในกรณีที่มีการเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรี่เท่านั้น

3) แบตเตอรี่ ทำหน้าที่เป็นแหล่งเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงโซลาร์เซลล์เพื่อใช้งานในเวลาที่ต้องการ เช่น เวลาไม่มีแสงอาทิตย์ เวลากลางคืน แบตเตอรี่มีหลายชนิดและหลายขนาดให้เลือกตามความเหมาะสม

4) เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (อินเวอร์เตอร์) ทำหน้าที่แปลงกระแสตรง (Direct current : DC) ที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์ให้เป็นกระแสสลับ (Alternating current : AC) เพื่อให้สามารถใช้งานกับเครื่องใช้ไฟฟ้ากระแสสลับได้

2.1.4.3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำงานของโซลาร์เซลล์ (อมรรัตน์, 2558)

1) ความเข้มแสงอาทิตย์ เมื่อความเข้มแสงอาทิตย์สูงขึ้นจะส่งผลให้กระแสไฟฟ้าสูงขึ้น ประสิทธิภาพสูงขึ้น

2) อุณหภูมิของโซลาร์เซลล์ เมื่ออุณหภูมิของเซลล์แสงอาทิตย์สูงขึ้นจะส่งผลให้ค่าแรงดันไฟฟ้าลดลง ประสิทธิภาพของเซลล์ลดลง

3) ทิศและมุมเอียงของการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ ปริมาณของพลังงานโซลาร์เซลล์ที่ได้รับ ณ ที่แห่งหนึ่งนั้น นอกจากเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลและแต่ละช่วงเวลาแล้วยังแปรเปลี่ยนตามทิศทางและองศาของพื้นผิวที่รับแสงอีกด้วย เพื่อให้ได้รับพลังงานแสงอาทิตย์ตลอดทั้งปีสูงสุด ในการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์จึงควรตั้งแผงทำมุมเท่ากับละติจูดของพื้นที่โดยประมาณและหันแผงไปทางเส้นศูนย์สูตร ประเทศไทยอยู่ฝั่งซีกโลกเหนือละติจูดที่ 14 - 15 องศา จึงควรหันไปทางทิศใต้ และเอียงทำมุมประมาณ 14 องศา สถานที่ที่อยู่บริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตรมาก ๆ ค่าละติจูดจะใกล้เคียงศูนย์ มุมที่เหมาะสม คือ การวางราบไปกับพื้น แต่ในแง่การใช้งานจริงควรวางแผงทำมุมเอียงเล็กน้อย เพื่อให้น้ำฝนที่ตกลงมาชะล้างความสะอาดหน้าแผงได้

4) อื่น ๆ เช่น เงาบังและฝุ่นละอองหน้าแผงที่ทำให้เกิดการสูญเสียทางแสง

2.1.5 ระบบการสั่งการ

ระบบการสั่งการ เป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมการทำงานของชุดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

2.1.5.1 อาดุยโน่

อาดุยโน่ เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลเอวีอาร์ (AVR) ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือ มีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้านฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์ตัวบอร์ดอาดุยโน่ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษาทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลงเพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดได้ง่ายทั้งตัวบอร์ดหรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย บอร์ดอาดุยโน่สามารถนำมาต่อกับอุปกรณ์เสริมต่าง ๆ คือ ผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่าง ๆ เช่น Arduino XBee Shield, Arduino Music Shield, Arduino Relay Shield, Arduino GPRS Shield เป็นต้น มาเสียบกับบอร์ดบนบอร์ดอาดุยโน่ แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้ (ฐากร, ปิยะราช และอารียา, 2561)

2.1.5.2 เซนเซอร์

เซนเซอร์ (Sensor) คือ ชุดอุปกรณ์ วงจร หรือระบบที่ทำหน้าที่ตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติหรือลักษณะของสิ่งต่าง ๆ โดยรอบวัตถุเป้าหมาย

ปัจจุบันมีการนำระบบเซนเซอร์มาใช้บนโทรศัพท์สมาร์ทโฟนในหลายรูปแบบ เช่น G-sensor ระบบตรวจจับความเคลื่อนไหว Accelerometer Sensor ระบบหมุนภาพอัตโนมัติ, Orientation Sensor เซนเซอร์ปรับมุมมองหน้าจอ, Sound Sensor เซนเซอร์ตรวจวัดระดับเสียง, Magnetic Sensor ตรวจวัดความเข้มสนามแม่เหล็ก, Light Sensor ตรวจจับแสงสว่างสำหรับการปรับแสงบนหน้าจออัตโนมัติ และ Proximity Sensor ระบบเปิดหรือปิดหน้าจออัตโนมัติขณะสนทนาแนบหู เป็นต้น ซึ่งเรามักพบคุณสมบัติเหล่านี้ได้กับโทรศัพท์มือถือแบบสมาร์ทโฟนทั้งในระบบ iOs และ Android OS นอกจากนี้ในต่างประเทศยังมีการนำระบบเซนเซอร์มาใช้ในการเกษตรด้านการควบคุมโรคและศัตรูพืช โดยการนำระบบ Pre Devine ซึ่งเป็นระบบการตัดสินใจภายใต้ระบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย สำหรับพยากรณ์ล่วงหน้าเพื่อดูสภาพอากาศของไร่องุ่น และทำนายการเกิดโรคหรือศัตรูพืช และด้านการตรวจสอบสถานะน้ำและคุณภาพดิน โดยนำระบบ Internet of Things คือ การใช้ฮาร์ดแวร์เซนเซอร์ทำงานร่วมกับซอฟท์แวร์เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจผ่านเทคโนโลยี Cloud การผสมผสานเซนเซอร์ต่าง ๆ สำหรับเรื่องอุณหภูมิ ความชื้นของดิน สารอาหาร อากาศ และอีกมากมาย ทำให้เกิดระบบการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพ (ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2563)

2.1.5.3 แสง

แสง (Light) คือ คลื่นชนิดหนึ่งและมีพลังงานการแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความยาวคลื่นที่สายตามนุษย์มองเห็น หรือบางครั้งอาจรวมถึงการแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่รังสีอินฟราเรดถึงรังสีอัลตราไวโอเลต แสงช่วงที่ตาสามารถมองเห็นมีค่าอยู่ระหว่าง 400 – 700 นาโนเมตร และมีความถี่อยู่ในช่วง 103 - 105 เฮิรตซ์ โดยแสงสีม่วงซึ่งมีความยาวคลื่นน้อยที่สุด หรือ ความถี่สูงสุด ส่วนแสงสีอื่น ๆ ให้สเปกตรัมของแสงในช่วงนี้มีความยาวคลื่นสูงขึ้นตามลำดับ จนถึงแสงสีแดงมีความยาวคลื่นมากที่สุดหรือมีความถี่ต่ำที่สุด (ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์, 2563)

การใช้แสงของพืช แสงแดดประกอบด้วยรังสีในช่วงต่าง ๆ เช่น แสงสีขาวที่ตามองเห็นรังสีอินฟราเรด รังสีอัลตราไวโอเลต เป็นต้น การสังเคราะห์แสงในพืชส่วนใหญ่เกิดจากการกระตุ้นของแสงสว่างบางช่วงความยาวคลื่น แสงสีขาวที่ตามนุษย์มองเห็นเป็นแสงที่มีช่วงความยาวคลื่นระหว่าง 400 - 800 นาโนเมตร ขณะที่พืชสามารถดูดกลืนแสงได้มากเป็นพิเศษที่ 2 ช่วงความยาวคลื่น คือ แสงช่วงความยาวคลื่นระหว่าง 400 - 500 นาโนเมตร ซึ่งประกอบด้วย

แสงสีม่วง สีน้ำเงิน และสีเขียว กับแสงสีแดงที่มีความยาวช่วงคลื่นระหว่าง 600 - 800 นาโนเมตร โดยแสงสีแดงเป็นแสงที่พืชสามารถดูดกลืนไว้ได้มากที่สุด และมีอิทธิพลต่อการออกดอกของพืชด้วย ทั้งนี้พืชแต่ละชนิดและสายพันธุ์จะตอบสนองต่อช่วงความยาวคลื่นแสงแตกต่างกัน สำหรับรังสีอัลตราไวโอเลต หรือรังสียูวี เป็นรังสีที่มีความยาวคลื่นน้อยกว่า 400 นาโนเมตร ซึ่งพืชไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้แต่อย่างใด ส่วนรังสีอินฟราเรดหรือรังสีความร้อนเป็นรังสีมีความยาวคลื่นมากกว่า 700 นาโนเมตร พืชสามารถดูดกลืนรังสีอินฟราเรดที่มีความยาวคลื่นใกล้ 700 - 800 นาโนเมตร และนำไปใช้ประโยชน์ได้เล็กน้อย

ปัจจุบันประเทศไทยมีการนำแสงเทียมไปใช้ทดแทนแสงธรรมชาติในบางงานวิจัยและการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เช่น การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อของกล้วยไม้ ยูคาลิปตัส และการปลูกผักสลัดเรดโอ๊ค โดยใช้แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์หรือแสงจาก LED และยังมีการทดลองใช้แสงจาก LED ในการศึกษาการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ และพืชสวนครัว เป็นต้น นอกจากนี้ยังได้มีการสร้างนวัตกรรมปลูกพืชในอาคารที่ใช้หลอด LED เป็นแหล่งกำเนิดแสงทดแทนแสงธรรมชาติจากดวงอาทิตย์ ทำให้คนที่อาศัยอยู่ในเมืองก็สามารถปลูกพืชหรือทำเกษตรเพื่อผลิตผักไว้ทานเองในครอบครัว โดยสามารถควบคุมได้ทั้งคุณภาพและปริมาณ นอกจากนี้ยังควบคุมและดูแลด้วยระบบอัจฉริยะ สามารถสั่งการได้ผ่านแอปพลิเคชัน ทำให้การทำเกษตรสามารถทำได้ง่ายและเหมาะสมกับงบประมาณที่มี (ชัยรัตน์, 2562)

2.1.6 แอปพลิเคชัน Blynk

Blynk เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับงาน IOT ซึ่งมีความน่าสนใจ คือ การเขียนโปรแกรมที่ง่าย ไม่ต้องเขียนโปรแกรมเอง สามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่องและสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ เข้ากับอินเทอร์เน็ตได้อย่างง่ายไม่ว่าจะเป็น Esp8266, Esp32 นำมาแสดงบนแอปพลิเคชันได้อย่างง่าย แล้วที่สำคัญแอปพลิเคชัน Blynk สามารถดาวน์โหลดมาใช้งานได้ฟรี และรองรับในระบบ IOS และ Android อีกด้วย (ศณุตม์ และสุรชัย, 2561)

ปัจจุบันมีการนำชุดควบคุมฟาร์มเมล่อนผ่านแอปพลิเคชัน Blynk ทำงานผ่านระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตโดยใช้แอปพลิเคชัน Blynk ควบคุมด้วยบอร์ด ESP 32 โดยทำการเก็บค่าความชื้นในดิน ความชื้นในอากาศ ความเข้มแสง อุณหภูมิ และน้ำฝน ส่งไปที่แอปพลิเคชัน Blynk และทำการแจ้งเตือนไปยัง Line application แล้วนำค่ามาควบคุมปริมาณน้ำ แสงสว่าง พัดลม ระบบพ่นควันไล่แมลง และเครื่องทำความร้อน เกษตรกรได้ผลผลิตที่ดีขึ้น สะดวกสบายมากขึ้น มีการเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่องเพื่อเป็นการวางแผนในการเก็บเกี่ยวรอบต่อไป สามารถป้องกันและแก้ปัญหาในการปลูกเมล่อนได้ทันที ลดความเสียหายจากปัจจัยต่าง ๆ ที่รบกวนได้ (วุฒิชาติ และคณะ, 2562)

2.1.7 พารามิเตอร์ในการศึกษาการเจริญเติบโตของพืชในระบบ

2.1.7.1 ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity, EC)

มีหน่วยเป็น ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตรหรือมิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร หรือเดซิซีเมนต์ต่อเมตร ที่นิยมใช้ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน เป็นเครื่องวัดเพื่อแสดงถึงความเข้มข้นของเกลือทั้งหมดที่ละลายอยู่ในน้ำโดยรวมโดยไม่สามารถแยกหรือบ่งบอกความเข้มข้นของเกลือแต่ละตัวได้ โดยทั่วไปน้ำบริสุทธิ์จะมีค่าความนำไฟฟ้าเป็นศูนย์ ดังนั้นเมื่อน้ำมีเกลือละลายอยู่ เกลือเหล่านี้จะแตกตัวเป็นประจุบวก (Cation) และประจุลบ (Anion) ซึ่งประจุบวกและลบที่เกิดขึ้นจะเป็นตัวนำไฟฟ้าทำให้สารละลายดังกล่าว มีค่าการนำไฟฟ้า ซึ่งค่าการนำไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณเกลือที่ละลายอยู่ในน้ำเพราะฉะนั้น เราจึงสามารถใช้ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายเป็นตัวบอกปริมาณเกลือที่ละลายในสารละลายตัวอย่างการละลายของเกลือแกงในน้ำ การแตกตัวของเกลือในสารละลายดังสมการ 2.1

$$NaCl\text{-------}> Na^{+} + Cl^{-} \qquad (2.1)$$

มีสารบางประเภท เช่น น้ำตาลและยูเรียสามารถละลายน้ำได้เหมือนกัน แต่เมื่อละลายแล้วจะไม่แตกตัว ดังนั้นก็จะไม่เพิ่มค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายจึงไม่สามารถวัดความเข้มข้นด้วยค่าการนำไฟฟ้าได้ แต่เนื่องจากปุ๋ยชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นสารที่สามารถแตกตัวได้ สารที่มีประจุบวก (Cation) และประจุลบ (Anion) ทุกตัวจึงสามารถวัดความเข้มข้นโดยการวัดค่าการนำไฟฟ้าได้ โดยใช้เครื่อง Electric Conductivity Meter หรือ EC Meter (เอกสารการออกแบบระบบการปลูกพืชไม่ใช้ดิน, 2562)

2.1.7.2 ค่าความเป็นกรด – ด่าง (Potential of Hydrogen Ion)

ความเป็นกรด - ด่างหรือที่เรียกกันว่า ความเป็นกรดและด่าง เป็นค่าที่แสดงปริมาณหรือความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนในน้ำ (Hydrogen or Hydronium Ion; H^{+} or H_3O^{+}) ซึ่งเกิดจากสารที่สามารถแตกตัวให้อนุมูลกรด (H^{+}) หรือด่าง (OH^{-}) ได้ ความเป็นกรด – ด่างมีค่าตั้งแต่ 0 - 14 ถ้าตัวอย่างน้ำมีค่าความเป็นกรด - ด่างต่ำกว่า 7 หมายถึง น้ำมีสภาพเป็นกรด ถ้าตัวอย่างน้ำมีค่าความเป็นกรด - ด่างสูงกว่า 7 หมายถึง น้ำมีสภาพเป็นด่าง และถ้าตัวอย่างน้ำมีค่าความเป็นกรด - ด่างเท่ากับ 7 หมายถึง น้ำมีสภาพเป็นกลาง ค่าความเป็นกรด – ด่างของน้ำไม่ได้บอกความเป็นพิษต่อร่างกายแต่บอกให้ทราบถึงประเภทของสิ่งเจือปนในน้ำในรูปของสารที่ให้อนุมูลกรดหรือด่างได้ อย่างไรก็ตามค่าความเป็นกรด – ด่างนี้จะเป็นดัชนีที่มีประโยชน์ในการวัดคุณภาพน้ำโดยที่ภาวะความเป็นกรด – ด่างของน้ำมีผลต่อคุณภาพน้ำปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นและการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ นอกจากนั้นยังบอกถึงคุณสมบัติในการกัดกร่อนของน้ำด้วย ค่ามาตรฐานความเป็นกรด – ด่างของน้ำจะอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้น้ำ แต่โดยทั่วไปแล้วน้ำควรจะมีความเป็นกรด – ด่างอยู่ในช่วง 6.0 – 8.0 กรณีของน้ำดื่มควรมีค่าความเป็นกรด – ด่าง

อยู่ในช่วง 6.8 – 7.3 และในกรณีน้ำทิ้งจะต้องมีความเป็นกรด - ด่างอยู่ในช่วง 5.0 – 9.4 (ไพฑูรย์, 2562)

การตรวจสอบค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ของสารละลายธาตุอาหาร อาจทำได้โดยการใช้เครื่องวัด pH หรือ pH Meter มาทำการวัด ส่วนในกรณีที่ไม่มีเครื่องหมายดังกล่าวอาจใช้นำชุดตรวจที่เรียกว่า pH-Kit ทำการตรวจสอบ ในกรณีที่สารละลายธาตุอาหารมีความเป็นกรด - ด่างมากเกินจำเป็นจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช เพราะฉะนั้นจึงต้องมีการปรับแก้ความเป็นกรด - ด่าง โดยแสดงดังตาราง 2.2

ตาราง 2.2 สารที่ใช้ปรับ pH ของสารละลายธาตุอาหาร

สารเคมีที่ใช้สำหรับลดค่า pH	สารเคมีที่ใช้สำหรับเพิ่มค่า pH
KOH (โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์)	H_2SO_4 (กรดซัลฟูริก)
NaOH (โซเดียมไฮดรอกไซด์)	HNO_3 (กรดไนตริก)
$NaHCO_3$ (โซเดียมไบคาร์บอเนต)	HCl (กรดไฮโดรคลอริก)
NH_4OH (แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์)	H_3PO_4 (กรดฟอสฟอริก)

ที่มา: เอกสารการออกแบบระบบการปลูกพืชไม่ใช้ดิน, 2562

2.1.7.3 ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids)

ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS) คือ ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด เป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับการเจริญเติบโตของพืชและผักไฮโดรโพนิกส์ โดยทั่วไปการปลูกผักไฮโดรโพนิกส์จะให้ความสำคัญในการตรวจเช็คค่าสารละลายธาตุอาหารโดยการวัดค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดในน้ำปุ๋ยหรือน้ำที่ใช้กับการเพาะปลูก โดยมีแนวทางหลาย ๆ วิธีในการตรวจวัดแตกต่างกันออกไป แต่โดยส่วนใหญ่จะตรวจสอบค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดในหน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร หากค่าน้ำมีค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดหรือค่าความเค็มที่สูงจะทำให้น้ำนั้นมีค่าการนำไฟฟ้าสูงไปด้วย โดยค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดจะเป็นตัวบ่งบอกคุณภาพของน้ำปุ๋ย หรือน้ำที่ใช้กับการปลูกผักว่าธาตุอาหารในน้ำนั้นเพียงพอหรือไม่สำหรับการเพาะปลูก ซึ่งหากไม่เพียงพอเกษตรกรหรือผู้ปลูกผักไฮโดรโพนิกส์สามารถเพิ่มหรือเติมธาตุอาหารลงไปในน้ำก่อนนำไปใช้ (โปรโทรนิกส์, 2558)

2.1.7.4 อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช ตั้งแต่เริ่มงอกจนกระทั่งออกดอกติดผล อุณหภูมิเกี่ยวข้องกับกระบวนการงอกของเมล็ด การสังเคราะห์แสง การหายใจ การพักตัว เป็นต้น พืชแต่ละชนิดมีความต้องการอุณหภูมิที่ใช้ในการเจริญเติบโตแตกต่างกัน อุณหภูมิที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต และพัฒนาการของพืชมีทั้งอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิในดิน อุณหภูมิกลางวัน และอุณหภูมิกลางคืน โดยทั่วไปแล้วอุณหภูมิอากาศจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของลำต้น โดยมีผลต่อการสังเคราะห์แสงและการหายใจกระบวนการทั้งสองจะค่อย ๆ เพิ่มอัตราตามการเพิ่มของอุณหภูมิถึงระดับหนึ่งซึ่งเรียกว่า ระดับอุณหภูมิที่เหมาะสม ที่ประมาณ 30 ถึง 35 องศาเซลเซียส ซึ่งการเพิ่มอุณหภูมิจะไม่เพิ่มอัตราการเกิดกิจกรรมของกระบวนการทั้งสองนี้ ส่วนอุณหภูมิในดิน มีผลต่อการเจริญเติบโตของรากและมีผลต่อการดูดน้ำและแร่ธาตุอาหาร ถ้าอุณหภูมิในดินต่ำการดูดน้ำจะลดลงต้นพืชจะเหี่ยว (ธนากร, 2562)

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 ผักไฮโดรโพนิกส์

วรพจน์ และอานนท์ (2561) ได้ศึกษาการปลูกผักไฮโดรโพนิกส์แบบใช้สารละลายหมุนเวียนน้ำ โดยใช้ระยะเวลาการปลูก 4 สัปดาห์ ผักกรีนโอ๊ค (13 เปอร์เซ็นต์) และเรดโอ๊ค (2 เปอร์เซ็นต์) มีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าการปลูกแบบใช้สารละลายที่ไม่หมุนเวียนน้ำ

ศุภฤกษ์ (2561) ได้ศึกษาการปลูกผักสลัดด้วยวิธีการปลูกแบบไฮโดรโพนิกส์ เมื่อนำมาปลูกในคอนโดหรือห้องเช่าแล้ว พบปัญหา คือ แสงแดดไม่เพียงพอต่อความต้องการของผักสลัด ซึ่งผักสลัดนั้นเป็นพืชที่ต้องการแสงแดดในปริมาณที่มาก สาเหตุที่ในคอนโดหรือห้องเช่าแสงแดดไม่เพียงพอเกิดจากในบางห้องอยู่บริเวณที่ไม่มีสัญญาณ ทำให้ผู้ทำวิจัยนำเทคโนโลยีหนึ่งมาใช้ คือ อาดุยโน่ เพราะเป็นเทคโนโลยีที่ใช้งานง่าย และมีราคาที่ถูก เพื่อให้คนในคอนโด หรือห้องเช่าสามารถปลูกผักสลัดได้ โดยไม่ต้องกังวลในเรื่องแสงแดด เพิ่มความสะดวกสบายให้แก่ผู้ใช้งาน ทั้งยังทำให้ได้ผักสลัดที่มีคุณภาพที่ใกล้เคียงกับผักที่ปลูกในกลางแจ้ง โดยศึกษาระบบที่มีอยู่แล้ว ผู้ที่นำเทคโนโลยีนี้มาใช้ประยุกต์กับการเกษตรกรรม

2.2.2 ระบบการสั่งการ

กรมวุฒิ (2561) ได้ศึกษาระบบควบคุมการทำงานผ่านอุปกรณ์สมาร์ทโฟน เพื่อสนับสนุนการผลิตผักไฮโดรโพนิกส์นั้น มีผลการดำเนินงานในการพัฒนาระบบสั่งงานด้วยเสียงบนเทคโนโลยีสรรพสิ่งเพื่อประยุกต์ควบคุมมอเตอร์ในงานด้านการเกษตรกรรม ได้มีการทดลองและใช้งานพบว่าอุปกรณ์สามารถทำงานได้ 50 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่สวนทั้งหมด 2 ไร่ เนื่องจากระบบการไหลเวียนของน้ำในสวนเดิมอาจไม่เพียงพอต่อการปรับค่าความเป็นกรด - ด่าง พื้นที่สวนติดคลองอ้อมในพื้นที่จังหวัดนนทบุรีในหน้าแล้งทำให้มีน้ำเค็มเข้ามาในลำคลองเกิดปัญหาน้ำจากด้านนอกเข้ามาในพื้นที่สวนต้องใช้น้ำประปาในการเจือจางไม่ให้น้ำมีค่าความเป็นด่างเกินไป

เมธา (2556) ศึกษาระบบสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการผลิตผักในระบบไฮโดรโพนิกส์ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการนำระบบสารสนเทศเข้ามาช่วยในการวางแผนและติดตามการปลูกผักในระบบไฮโดรโพนิกส์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพลดระยะเวลา และเพิ่มขีดความสามารถในการวางแผนและการติดตามการดำเนินงานมากกว่าการดำเนินงาน โดยไม่มีระบบสารสนเทศ ดังนั้นการนำระบบสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการผลิตผักเข้ามาช่วยในการจัดการด้านข้อมูลและด้านการดำเนินงานสามารถสนับสนุนให้ผู้ใช้สามารถทำงานได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น สามารถมองเห็นภาพรวมและเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงาน

วีระชาติ, ภิญโญ และขจร (2561) ได้ศึกษาการพัฒนาระบบจ่ายน้ำอัตโนมัติด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมผ่านโทรศัพท์ พบว่า ลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานและสามารถใช้ในพื้นที่ห่างไกลไม่มีไฟฟ้าเข้าถึง สำหรับควบคุมและแสดงผลการนั้น เลือกใช้ Netpie ซึ่งเป็นรูปแบบการเชื่อมต่อของอุปกรณ์บนอินเทอร์เน็ต เป็นระบบพื้นฐานที่อำนวยความสะดวกและมีสถาปัตยกรรมเป็นคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ในทุกองค์ประกอบของระบบทำให้เกิดความยืดหยุ่นและคล่องตัวสูง และช่วยให้แพลตฟอร์มมีความน่าเชื่อถือสูง และมีการทำงานผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนให้สามารถควบคุมและจัดระบบได้ ส่วนบอร์ดประมาณผลเลือกใช้ NodeMCU ที่สามารถเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตได้ มีข้อมูลเข้ามาจากเซนเซอร์วัดความชื้นดิน และเซนเซอร์วัดความชื้นอุณหภูมิอากาศ และผลการทดสอบระบบนั้นสามารถควบคุมประมวลผล สามารถสั่งการอุปกรณ์ให้ทำงานตามสภาวะที่ต้องการได้เป็นอย่างดี