บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ฟักทองบัตเตอร์นัท

ฟักทองบัตเตอร์นัท ชื่อวิทยาศาสตร์ *Cucurbita moschata* จัดอยู่ในวงศ์ Cucurbitaceae เป็นพืชที่สำคัญชนิดหนึ่งมีถิ่นกำเนิดในประเทศสหรัฐอเมริกา ลักษณะดอก จะออกดอกเดี่ยวตามง่ามใบและส่วนยอดของเถา ดอกมีสีเหลืองเป็นรูปกระดิ่งใน ดอกตัวเมียเมื่อบานเต็มที่แล้วจะมองเห็นผลเล็ก ๆ ติดอยู่ที่ใต้ใบ ใบมีลักษณะเป็นแบบใบเดี่ยวอยู่สลับกันตามลำเถา ใบมีสีเขียวแผ่นใหญ่ แยกออกเป็น 5 หยักและมีขนสาก ๆ ปกคลุมทั่วทั้งใบ ผลมีลักษณะคล้ายลูกน้ำเต้า เปลือกมีสีเขียว เนื้อเป็นสีเหลืองแบบเดียวกันกับฟักทอง ลำต้นเป็นเถาเลื้อยไปตามพื้นดินและต้องการหลักยึด ตามลำเถาจะมีมือไว้เกาะเถามีลักษณะยาวและใหญ่ มีขนสาก ๆ ปกคลุมอยู่ รากเป็นระบบรากแก้วอาจเจริญในแนวดิ่งลึก 1 เมตร รากแขนงเจริญในแนวนอนอยู่อย่างหนาแน่นในระดับ 30 เซนติเมตร จากผิวดิน รากจะยาวมากกว่าเถา (ธาวิดา ศิริสัมพันธ์, 2563) ในปัจจุบันได้มีการนำเอาพืชชนิดนี้เข้ามาปลูกเพื่อเป็นทางเลือกใหม่ให้กับเกษตรกรไทย เนื่องจากมีรสชาติหวาน เนื้อเหนียวและแน่นหนึบกว่าฟักทองทั่ว ๆ ไป มีลักษณะคล้ายน้ำเต้าสีเหลืองเข้ม ซึ่งตรงกับความต้องการของผู้บริโภค นอกจากนี้ยังเป็นพืชที่ปลูกได้ไม่ยาก และสามารถปลูกได้ทุกฤดูกาล (ดวงกมล โลหศรีสกุล, 2560)

1.1 การปลูกและการดูแลรักษา

บ้านสวนทัศนา (2563) ได้กล่าว การปลูกและการดูแลรักษาฟักทองบัตเตอร์นัท ดังนี้

1.1.1 การเพาะกล้า นำเมล็ดไปแช่น้ำ และนำเมล็ดมาวางบนผ้าขาวบาง นาน 24 ชั่วโมง รอจนรากปริ่มแทงออกมาจากเปลือก พร้อมนำไปหยอดลงถาดเพาะกล้า จากนั้นนำถาดเพาะกล้าใส่พีทมอสให้เต็ม แล้วนำเมล็ดที่มีรากปริ่มออก อย่าให้ยาวมากไป นำมาหยอดลง ในหลุมที่เตรียมไว้แนวนอน หรือตั้งก็ได้ แล้วกลบ รดน้ำ เช้า-กลางวัน-เย็น ประมาณ 10 วัน จนใบจริงขึ้น 2 ใบ

1.1.2 การย้ายปลูก เตรียมแปลงปลูกในโรงเรือน ใช้การปลูกแบบระบบน้ำหยด เนื่องจากใบฟักทองบัตเตอร์นัทจะมีขนาดใหญ่ ควรให้มีระยะห่าง 60×60 เซนติเมตร ควรปลูกช่วงเย็นเพื่อให้ต้นกล้าฟื้นตัวช่วงกลางคืน

1.1.3 การออกดอก และการผสมเกสร เมื่ออายุ 20-25 วัน นับจากลงแปลงปลูก จะเริ่มมีดอกตัวเมีย ให้เห็นก่อนอย่างชัดเจนที่ข้อของลำต้น ลักษณะดอกตัวเมียจะเป็นรูปทรงฟักทองบัตเตอร์นัท ปลายกลีบดอกจะบานออก เพื่อรอการผสมจากเกสรตัวผู้ ในกรณีที่ไม่ได้รับการผสมเกสร ดอกตัวเมียจะฝ่อ และร่วงหลุดไป สำหรับดอกตัวผู้จะออกมาทีหลังที่ข้อของลำต้น และมีจำนวนน้อยกว่าตัวเมีย นำเกสรตัวผู้เด็ดกลีบดอกออกไปเหลือแต่ อับละอองเกสร นำมาทาถู ที่เกสรตัวเมียเบา ๆ เพื่อป้องกันเกสรหัก 1 ก้านเกสรตัวผู้ ผสมได้ 2-3 ดอกตัวเมีย ในกรณีที่ตัวเมียเป็นดอกสมบูรณ์เพศจะสามารถติดลูกเอง แต่ลูกอาจจะสั้น และป้อมไม่ใหญ่มากนัก

1.1.4 การไว้ผลและจำนวนของฟักทองบัตเตอร์นัท 1 ต้น สามารถไว้ผลผลิตได้ ขั้นต่ำ 2-3 ผล/ต้น ซึ่งน้ำหนักต่อผล จะอยู่ที่ประมาณ 350-700 กรัม โดยประมาณ หรือมากกว่า 1,000 กรัม ถ้าผลมีความสมบูรณ์มาก หรือบางต้นสามารถไว้ได้ 4-5 ลูก ขึ้นกับจำนวนดอกตัวเมีย และการผลมเกสร

1.1.5 ปุ๋ยและปริมาณการให้น้ำ ฟักทองบัตเตอร์นัทจะตอบสนองต่อปุ๋ยเม็ดได้อย่างดีในระยะแรก ตั้งแต่ลงแปลงปลูก-จนถึงช่วงติดลูก ใช้ปุ๋ยเม็ดสูตรเสมอ 16-16-16 ละลายน้ำ สูตรเดียวตลอด ที่มีค่า EC 2,000-3,000 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร ในระยะที่สอง ตั้งแต่ติดลูก-ก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิต ใช้ปุ๋ยเม็ดสูตร 16-16-16 ผสม ปุ๋ยสูตร 0-0-50 ด้วยสัดส่วน 50% เพื่อเพิ่มความหวาน จ่ายน้ำผ่านทางเทปน้ำหยดทุกวัน ๆ ละ 3 ครั้ง ด้วยอัตรา 1.0-2.0 ลิตร/วัน/ต้น

1.2 การเก็บเกี่ยว

จะเริ่มทำการเก็บเกี่ยว เมื่อฟักทองบัตเตอร์นัทมีอายุ 40-50 วัน หลังจากผสมเกสรผลของฟักทองบัตเตอร์นัทจะเริ่มขยายใหญ่ขึ้น และผลเริ่มเปลี่ยนสีจากสีเหลืองอ่อนเป็นสีเหลืองเข้ม เมื่อแก่จัด พร้อมที่จะเก็บเกี่ยว และจัดจำหน่ายต่อไป (บ้านสวนทัศนา, 2563)

2. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

การที่พืชจะเจริญเติบโตได้ดี ต้องประกอบไปด้วยปัจจัยที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต ได้แก่ แสง น้ำ ธาตุอาหารพืช อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ ทั้งที่รากและส่วนเหนือดิน (ราเชนทร์ วิสุทธิแพทย์ และคณะ, 2548) การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน จากคำว่า Hydroponics เป็นการปลูกพืชที่ไม่ใช้วัสดุปลูก (Non substrate หรือ Water culture) กล่าวคือ จะทำการปลูกพืชลงบนสารละลายธาตุอาหารพืช โดยให้รากพืชสัมผัสกับสารอาหารโดยตรงนั่นเอง ทั้งนี้จะต้องควบคุมอุณหภูมิ ความเข้มข้นของธาตุอาหารและปริมาณอากาศที่ละลายในสารละลายธาตุอาหารพืชให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช (อิทธิสุนทร นันทกิจ, 2551) เป็นเทคนิคที่มีมานานหลายปีในแถบ Mediterranean สำหรับการผลิต Floriculture (Maloupa et al, 1992) และเป็นเทคนิคที่เพิ่มขยายตัวอย่างกว้างขวางในช่วงไม่กี่ 10 ปีที่ผ่านมา (Jensen, 1999) โดยทั่วไปแล้วระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเพื่อปกป้องพืชจาก Soil-borne pathogens ซึ่งเป็นระบบปลูกที่เหมาะสมต่อการควบคุมโรคราก (Runia, 1995)

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน เป็นการปลูกพืชที่ใช้หลักการในแบบวิทยาศาสตร์สมัยใหม่ ด้วยการเลียนแบบการปลูกพืชบนดิน แต่ไม่นำดินมาใช้เป็นวัสดุปลูกในการปลูก หลักการพื้นฐานในการทำให้พืชเจริญงอกงามเติบโตก็เพียงใช้น้ำที่มีการเติมธาตุอาหารต่าง ๆ เป็นการทดแทนธาตุอาหารที่มีอยู่เดิม ต้นพืชก็สามารถเจริญเติบโตได้เช่นกัน ปัจจุบันประชาชนในหลายประเทศทั่วโลก ต่างได้นิยมหันมาปลูกพืชด้วยวิธีนี้กันมากขึ้น เพื่อเป็นการช่วยเพิ่มผลผลิต (ถวัลย์ พัฒนเสถียรพงศ์, 2534)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

2.1 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน

สภาพแวดล้อมเป็นปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งการตอบสนองต่อปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ไม่ได้แตกต่างกันไม่ว่าจะปลูกพืชด้วยวิธีดั้งเดิมหรือด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ ปัจจัยที่เป็นตัวควบคุมการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชมีอยู่หลายปัจจัย แต่มีปัจจัยที่สำคัญดังต่อไปนี้

2.1.1 อุณหภูมิ อุณหภูมิควบคุมอัตราการเจริญเติบโตของพืช โดยมีผลโดยตรงต่อการสังเคราะห์แสง การหายใจ การดูดธาตุอาหาร การคายน้ำ และกิจกรรมของเอนไซม์ต่าง ๆ โดยทั่วไปอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นมีผลในการเร่งขบวนการทางเคมีต่าง ๆ ในพืช ขบวนการเหล่านี้ควบคุมโดย

เอนไซม์ ซึ่งจะทำงานได้ดีในช่วงอุณหภูมิแคบ ๆ อุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่าช่วงที่เหมาะสมจะทำให้เอนไซม์ทำงานลดลง มีผลให้ปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ในพืชลดลงหรือหยุดไปด้วย เมื่อถึงจุดนี้พืชจะอยู่ในภาวะเครียด หยุดเจริญเติบโต และอาจตายได้ในที่สุด การควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชจึงเป็นเรื่องสำคัญ สำหรับการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์

2.1.2 ความชื้นสัมพัทธ์ มีผลโดยตรงต่อการคายน้ำของพืช เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงจะทำให้พืชคายน้ำน้อยลง ส่งผลให้การลำเลียงแร่ธาตุอาหารต่าง ๆ จากรากไปสู่ใบลดลง และยังทำให้อุณหภูมิที่ใบสูงขึ้น นอกจากนี้ความชื้นสัมพัทธ์สูงยังเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคบางโรคได้ง่ายอีกด้วย

2.1.3 แสง เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และพัฒนาการของพืช เพราะแสงเป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างอาหารหรือการสังเคราะห์แสงของพืช โดยมีคลอโรฟิลล์เป็นตัวรับแสงไปใช้เป็นพลังงานในการเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำเป็นคาร์โบไฮเดรต และออกซิเจน แสงมีคุณสมบัติ 3 ประการที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ ความยาวคลื่น ความเข้มแสง และระยะเวลาที่พืชได้รับแสง คุณสมบัติที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์ที่สุด คือ ความเข้มแสง ความเข้มแสงที่มากเกินไปหรือน้อยเกินไป จะมีผลในการลดการสังเคราะห์แสงของพืช ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตน้อยลง สำหรับการปลูกพืชในประเทศไทย ซึ่งอยู่ในเขตร้อนได้รับแสงที่มีความเข้มสูง การปลูกพืชในที่โล่งจึงต้องมีการให้ร่มเงาเพื่อลดความเข้มแสง นอกจากนี้แสงยังสัมพันธ์กับอุณหภูมิ คือ เมื่อแสงมีความเข้มมากขึ้นอุณหภูมิก็จะสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งในการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์จะมองข้ามความสัมพันธ์นี้ไม่ได้ เนื่องจากอุณหภูมิของสารละลายที่ใช้ปลูกพืชมีบทบาทอย่างมากต่อกิจกรรมของราก

2.1.4 องค์ประกอบของบรรยากาศ พืชต้องใช้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นวัตถุดิบในการสังเคราะห์แสง ในอากาศโดยปกติมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณร้อยละ 0.03 ซึ่งเพียงพอต่อความต้องการของพืช นอกจากในบริเวณที่มีพืชหนาแน่น คาร์บอนไดออกไซด์อาจเป็นตัวจำกัดการเจริญเติบโตของพืช ได้ในเวลากลางวัน เนื่องจากมีการสังเคราะห์แสงเกิดขึ้นมาก นอกจากคาร์บอนไดออกไซด์แล้ว พืชต้องการออกซิเจนใช้ในการหายใจ เพื่อเปลี่ยนพลังงานเคมีที่สะสมไว้ในรูปคาร์โบไฮเดรตเป็นพลังงานใช้ในปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ในการปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์นั้นส่วนที่อยู่เหนือดินมักไม่มีปัญหาการขาดออกซิเจน เนื่องจากในอากาศมีออกซิเจนอยู่ถึงร้อยละ 20 แต่ในส่วนของรากที่อยู่ในสารละลายมักเกิดปัญหา เนื่องจากปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ ไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช จึงต้องมีการเติมออกซิเจนในสารละลายซึ่งอาจทำได้โดยใช้ปั๊มหรือเครื่องสูบลม หรืออาจใช้ระบบหมุนเวียนสารละลาย โดยปกติควรรักษาระดับออกซิเจนในสารละลายให้อยู่ที่ 8 ppm

2.1.5 คุณภาพน้ำ คุณภาพน้ำมีความสำคัญมากในการปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ เนื่องจากพืชที่ปลูกได้รับธาตุอาหารต่าง ๆ จากสารละลายธาตุอาหารซึ่งต้องใช้น้ำเป็นองค์ประกอบสำคัญ ถ้าน้ำมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคต่าง ๆ โรคจะแพร่กระจายได้อย่างรวดเร็ว จำเป็นต้องมีการฆ่าเชื้อก่อนนำไปใช้ ซึ่งอาจใช้คลอรีน หรือโซเดียม ไฮโปคลอไรด์ หรือแคลเซียม ไฮโปคลอไรด์ก็ได้ ถ้าน้ำขุ่นเนื่องจากมีสารแขวนลอยจะต้องกรองเอาตะกอนออก

2.1.6 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำมีผลทางอ้อมต่อการเจริญเติบโตของพืช เกี่ยวข้องกับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร กล่าวว่า ค่า pH ของสารละลายโดยทั่วไปควรอยู่

ในช่วง 5.5-6.5 หรือให้ดีที่สุดอยู่ในช่วง 5.8-6.2 ซึ่งเป็นช่วงที่พืชสามารถดูดใช้ธาตุอาหารทุกตัวได้ดี แต่หากค่า pH ของสารละลายต่ำกว่า 4 จะเป็นอันตรายต่อรากพืช ในทางตรงข้ามถ้า pH สูงกว่า 7 ติดต่อกันนาน 2-3 วัน จะทำให้การดูดใช้ ฟอสฟอรัส เหล็ก และแมงกานีส ผิดปกติไป ทำให้พืชขาดธาตุอาหารดังกล่าวจนแสดงอาการ ทั้งที่ในระบบมีธาตุอาหารดังกล่าวอยู่ (อิทธิสุนทร นันทกิจ, 2553)

2.2 ระบบวัสดุปลูก

วัสดุปลูกหรือเครื่องปลูกมีหน้าที่ให้รากเกาะยึดเพื่อให้ลำต้นตั้งตรง ไม่โอนเอนหรือล้ม วัสดุปลูกยังทำหน้าที่สำหรับเก็บความชื้นและธาตุอาหารเพื่อให้รากดูดไปใช้ ขณะเดียวกันวัสดุปลูกก็มีส่วนเกี่ยวข้องกับการระบายน้ำและการถ่ายเทอากาศรอบ ๆ ระบบราก การพิจารณาเลือกวัสดุปลูกโดยใช้วัสดุปลูกแทนดินนั้นต้องคำนึงถึงคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของวัสดุปลูก (สุชาดา เภาตระกูล, 2525)

สำหรับข้อควรระมัดระวังของการปลูกด้วยวัสดุ ซึ่งผู้ปลูกควรต้องดูแลไม่ปล่อยให้วัสดุปลูกแห้งจนไม่มีความชื้นอยู่ เพราะถ้าแห้งถึงในระดับหนึ่งรากก็อาจจะไม่สามารถกลับคืนสู่สภาพที่ดีดังเดิมได้ อันจะเป็นการก่อให้เกิดความเสียหายต่อแปลงเพาะปลูกนั้นได้ นอกจากนี้ ยังมีปัญหาสำคัญอีกประการหนึ่งในการจะเก็บเศษรากพืชที่เหลือออกจากวัสดุปลูก ให้หมดไปเมื่อต้องการเริ่มปลูกพืชครั้งใหม่ (ดิเรก ทองอร่าม, 2553)

Criley & Watanabe (1974) รายงานถึงคุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญของวัสดุปลูกดังต่อไปนี้ คือ ความจุในการดูดยึดน้ำไว้ได้ อัตราการซึมน้ำ ช่องว่างอากาศ และความหนาแน่นรวม ส่วนสมบัติทางเคมี และชีวภาพที่สำคัญ ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุ ปราศจากสารพิษและศัตรูพืช

3. ธาตุอาหารพืช

ธาตุอาหารพืชจำแนกได้เป็น 2 พวก ตามปริมาณที่พืชต้องการ คือ ธาตุอาหารมหัพภาค (Macronutrient elements) ธาตุอาหารจุลภาค (Micronutrient elements) (Epstein, 1972; Gauch, 1972)

3.1 ธาตุอาหารมหัพภาคหรือธาตุอาหารหลัก (Macronutrient elements)

ธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณมาก ความเข้มข้นของธาตุ โดยน้ำหนักแห้งเมื่อพืชเจริญเติบโตเต็มที่สูงกว่า 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน ธาตุเหล่านี้ สามารถเพิ่มเติมให้กับดินในรูปของปุ๋ยได้ ส่วนคาร์บอน และออกซิเจน พืชสามารถรับจากอากาศในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซออกซิเจน ส่วนไฮโดรเจน พืชสามารถรับได้จากโมเลกุลของน้ำ นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งย่อยตามอาการขาดธาตุในดินเป็น 2 ประเภท คือ

ธาตุอาหารหลัก (Primary nutrient elements) ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เนื่องจากพืชต้องการในปริมาณมากแต่ในดินไม่ค่อยเพียงพอ จึงมีการใช้ปุ๋ยที่มีส่วนประกอบของธาตุทั้งสาม

ธาตุอาหารรอง (Secondary nutrient elements) ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน ในดินทั่วไปจะพบการขาดธาตุอาหารนี้น้อย (ราเชนทร์ วิสุทธิแพทย์ และคณะ, 2548)

3.2 ธาตุอาหารจุลภาคหรือจุลธาตุ (Micronutrient elements)

คือ ธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณน้อย ความเข้มข้นของธาตุ โดยน้ำหนักแห้งเมื่อพืชเจริญเติบโตเต็มวัยต่ำกว่า 100 มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัม ได้แก่ โบรอน คลอรีน ทองแดง เหล็ก แมงกานีส โมลิบดินัม สังกะสี และนิกเกิล (Stocking & Ongum, 1962)

3.3 สารละลายธาตุอาหาร

สารละลายธาตุอาหาร เป็นสิ่งสำคัญสำหรับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน เพราะเป็นแหล่งที่ให้ธาตุอาหารแก่พืช สารละลายธาตุอาหารที่มีชนิดและปริมาณธาตุอาหารที่เพียงพอต่อความต้องการของพืช จะไม่เป็นพิษต่อพืช การที่มีสัดส่วนระหว่างธาตุอาหารที่เหมาะสมจะทำให้ไม่เกิดการแข่งขันในการดูดใช้ธาตุอาหารประจุเดียวกันในพืช เพื่อให้พืชสามารถเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องจนถึงกระบวนการเก็บเกี่ยว นอกจากนี้ยังต้องควบคุม pH ของสารละลายให้อยู่ในช่วงที่พอเหมาะต่อการเจริญเติบโตของพืช (ดิเรก ทองอร่าม, 2547 และ อิทธิสุนทร นันทกิจ, 2553)

4. ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity : EC) ในสารละลายธาตุอาหารพืช

ในการเตรียมสารละลายพืชสำหรับการปลูกพืชต่าง ๆ นั้น นอกจากชนิด และปริมาณของธาตุอาหารพืชแล้ว สิ่งที่ต้องคำนึงถึงอีกประการ คือ ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารนี้ สามารถดูได้จากค่าการนำไฟฟ้า (EC) เนื่องจากค่า EC คือ ค่าที่แสดงถึงความเข้มข้นของเกลือทั้งหมดที่ละลายอยู่ในน้ำ เป็นค่าวัดโดยรวม ไม่สามารถแยกบอกความเข้มข้นของเกลือแต่ละตัวได้ ซึ่งค่าการนำไฟฟ้านี้มีหน่วยเป็น มิลลิโมลต่อเซนติเมตร (mmol/cm) หรือมิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร (mS/cm) ค่าการนำไฟฟ้าสำหรับพืชส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วง 1.5-3.0 mS/cm ถ้าค่าการนำไฟฟ้าสูง หรือต่ำกว่าในช่วงนี้ จะส่งผลกระทบในด้านลบต่อพืช ซึ่งอาจแก้ไขได้โดยการเจือจางสารละลายให้มีความเข้มข้นน้อยลงเมื่อค่าการนำไฟฟ้าสูงเกินไป และถ้าค่าการนำไฟฟ้าต่ำเกินไปสามารถแก้ไขได้โดยการเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร (อิทธิสุนทร นันทกิจ, 2553)

ค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมแตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโต ความแข็งแรงและชนิดของต้นพืช เช่น ในต้นมะเขือเทศค่าการนำไฟฟ้าที่สูงจะยับยั้งการเจริญเติบโตของต้นพืช แต่จะเหมาะสมกับพืชที่อยู่ในช่วงให้ผลผลิต (Reproductive growth) ค่าการนำไฟฟ้าที่ต่ำ จะเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตทางลำต้นก่อนการให้ผล (Vegetative growth) เมื่อเพิ่มค่าการนำไฟฟ้าให้สูงขึ้น จะมีผลทำให้พืชมีความแข็งแรงมากขึ้น มีการเจริญเติบโตเร็วขึ้น เพิ่มน้ำหนักใบ ผล และดอก ทำให้คุณภาพผลผลิตดีขึ้น เช่น มะเขือเทศจะมีปริมาณน้ำตาลที่สูงขึ้น ปริมาณธาตุอาหาร และกรดในผลเพิ่มขึ้น อายุการเก็บเกี่ยวยาวนานขึ้น อย่างไรก็ตาม การควบคุมให้ค่าการนำไฟฟ้าสูงจะยุ่งยาก และหากค่าการนำไฟฟ้าสูงเกินไปจะทำให้ผลเสีย เช่น ในผักสลัด อาจเกิดอาการยอดไหม้ (Tip burn) (อิทธิสุนทร นันทกิจ, 2553) ค่าการนำไฟฟ้าที่ต่ำนั้น (<1.0 mS/cm) จะทำให้คุณภาพของผลผลิตที่ได้อ่อนนุ่ม ซึ่งจะดีในการปลูกผักสลัด แต่ในมะเขือเทศ และพืชผักชนิดอื่นที่เก็บผลสด พบว่า คุณภาพของผลจะไม่ดี

เนื่องจากผลนุ่มเกินไป และรสชาติไม่ดี นอกจากนี้อายุหลังการเก็บเกี่ยว ทั้งผัก ไม้ดอก และไม้ประดับจะสั้นลง

อิทธิสุนทร นันทกิจ และคณะ (2557) ได้กล่าวว่า ค่า EC ของสารละลายเป็นการบอกค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงปริมาณความเข้มข้นของสารละลาย ถ้าค่า EC สูง แสดงว่าสารละลายมีความเข้มข้นสูง คือ มีธาตุต่าง ๆ ละลายอยู่มาก การเปลี่ยนค่า EC ของสารละลายจะเปลี่ยนเร็วมากน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัย ดังนี้

4.1 สภาพภูมิอากาศ

ถ้าสภาพอากาศที่ส่งเสริมให้อัตราการคายน้ำของพืชเพิ่มขึ้นก็มีผลใน การเปลี่ยนค่า EC เร็วขึ้น เช่น อากาศร้อน อุณหภูมิสูง แดดจัด พืชคายน้ำมากค่า EC เปลี่ยนเร็วกว่าในหน้าฝนที่มีเมฆมาก อากาศชื้น (อิทธิสุนทร และคณะ, 2557)

4.2 สัดส่วนของจำนวนพืชที่ปลูกต่อปริมาตรถังสารละลาย

สัดส่วนของจำนวนพืชที่ปลูกต่อปริมาตรถังสารละลาย เช่น ถ้าถังมีขนาดเล็กแต่ปลูกพืชจำนวนมากการเปลี่ยนค่า EC ก็จะเร็วกว่าใช้ถังขนาดใหญ่ (อิทธิสุนทร และคณะ, 2557)

4.3 ค่า EC ตั้งต้นของสารละลาย

ถ้าค่า EC เริ่มต้นของสารละลายมีความแตกต่างจากค่า EC ที่พืชดูดใช้มาก ค่า EC ก็จะเปลี่ยนเร็ว เช่น เตรียมสารละลายปลูกพืชที่มีค่า EC = 1.8 mS/cm แต่พืชมีความต้องการค่า EC = 1.0 mS/cm การเปลี่ยนค่า EC จะเร็วกว่าเมื่อเราเตรียมสารละลายปลูกพืชที่มีค่า EC = 1.1 mS/cm (อิทธิสุนทร และคณะ, 2557)

4.4 ความบริสุทธิ์ของน้ำและปุ๋ยที่ใช้เตรียมสารละลาย

ถ้ามีธาตุที่พืชไม่ต้องการเจือปนอยู่มาก เช่น Na สารละลายก็จะมีการเปลี่ยนค่า EC เร็วกว่าการใช้น้ำ และปุ๋ยที่มีปริมาณ Na น้อยกว่า เนื่องจากธาตุเหล่านี้พืชจะไม่ดูดใช้ดังนั้นจะเหลือสะสมอยู่ในน้ำทำให้ค่า EC สูงขึ้น (อิทธิสุนทร และคณะ, 2557)

4.5 ความเค็มกับการเจริญเติบโตของพืช

ความเค็มทำให้การเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของพืชลดลง เนื่องจากความเครียดออสโมติก (Osmotic stress) ความเป็นพิษของธาตุบางชนิด (Ion toxicity) และความไม่สมดุลของธาตุอาหาร (Bernstein, 1964)

4.5.1 ความเครียดออสโมติก (Osmotic stress) พืชที่ขึ้นบนพื้นที่ดินเค็มจะต้องใช้พลังงานมากกว่าปกติ เพื่อดูดน้ำ และธาตุอาหารมาใช้ในการเจริญเติบโต เกลือในดินทำให้น้ำในดินมีแรงออสโมติก (Osmotic stress) เพิ่มขึ้น และความต่างศักย์ของน้ำ (Water potential) ลดลง เซลล์พืชมีอาการขาดน้ำ และอาจถึงตายได้ เพราะน้ำจะไหลจากปริมาณที่มีความต่างศักย์สูง (เกลือเจือจาง) ไปสู่บริเวณที่มีความต่างศักย์ที่ต่ำกว่า (เกลือเข้มข้น) หากดินมีเกลือในสารละลายดินเข้มข้นกว่าในพืช

ความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินจะลดลง ทำให้พืชไม่สามารถดูดน้ำจากดินได้มีผลกระทบต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืช พืชแสดงอาการเฉา หรือขอบใบไหม้ (Wyn Jones et al, 1981)

4.5.2 ความเป็นพิษของธาตุบางชนิด (Ion toxicity) เนื่องจากไอออนบางชนิดที่พืชดูดเข้าไปสะสมมากเกินความต้องการพืชแสดงอาการขอบใบไหม้ และลุกลามเข้าเส้นกลางใบในที่สุด ไอออนที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ Na^{+}, Mg^{2+}, Cl^{-}, CO_3^{2-} และ SO_4^{2-} (Richards, 1954) โซเดียมคลอไรด์ที่เพิ่มขึ้นทำให้พืชตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ได้ลดลง และสังเคราะห์โปรตีนได้ลดลง (Wyn Jones et al, 1981) โซเดียมที่สะสมในใบ มีผลทำให้ใบไหม้ เนื้อเยื่อตามขอบใบตาย ในสภาพอากาศร้อนและแห้งจะแสดงความเสียหายรวดเร็ว เกิดที่ใบแก่ก่อน เริ่มที่ปลายใบ ขอบใบ แล้วลามมาที่เส้นกลางใบ ในต้นอโวกาโด ส้ม แอปเปิล เกิดอาการเมื่อดินและน้ำมีโซเดียมเพียง 5 g/L โซเดียมมีผลทางอ้อมในแง่ที่ทำให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารพืช โซเดียมปริมาณมากทำให้เกิดอาการขาดแคลเซียม โพแทสเซียม และแมกนีเซียม ทำให้โครงสร้างของดินเสีย (Glen, 1987)

4.5.3 ความไม่สมดุลของธาตุอาหาร การที่ดินมีระดับ pH ทำให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารบางธาตุลดลง เกิดผลเสียต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น ที่ระดับ pH ระหว่าง 6-7 ฟอสเฟตอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์แก่พืช แต่ที่ระดับ pH มากกว่า 7 ธาตุอาหารพวกเหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง และโคบอลท์อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ได้น้อย (Glen, 1987)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ณัฐกร อินทรวิชะ, ไพรัตน์ พิมพ์ศิริกุล และอิทธิสุนทร นันทกิจ (2548) ศึกษาผลของระดับความเข้มข้นธาตุอาหารพืช (EC) 3 ระดับ คือ EC=1.0, 1.4 และ 1.8 mS/cm ที่มีผลต่อผลผลิตของผักสลัด 5 ชนิด (Red coral, Red oak, Butterhead, Green oak และ Cos) ที่ปลูกในระบบ Nutrient Film Technique (NFT) ภายในโรงเรือนเปิด 2 ช่วงฤดูปลูก (คือ ฤดูฝน และฤดูหนาว) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ความเข้มข้นของธาตุอาหาร (EC) ไม่มีผลต่อน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผักสลัดที่ปลูกในทั้ง 2 ช่วงฤดู แต่ผักที่ปลูกในฤดูฝนจะมีน้ำหนักแห้ง และปริมาณไนเตรทมากกว่าผักที่ปลูกในฤดูหนาวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาแยกตามชนิดของผักสลัดพบว่าค่า EC ไม่มีผลต่อน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผักสลัดทั้ง 5 ชนิด แต่จะมีผลต่อปริมาณไนเตรท กล่าวคือความเข้มข้นของผักสลัดที่ปลูกในทั้ง 2 ช่วงฤดูกาลนั้นมีค่าสูงขึ้นตามระดับของค่า EC ที่เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ ในผักสลัด Red coral ที่ปลูกในช่วงฤดูฝน ที่ EC=1.8 mS/cm มีความเข้มข้นไนเตรทสูงสุด คือ 3,642 mg NO_3^{-}/kg FW รองลงมาคือ ที่ EC=1.4 mS/cm พบว่ามีค่าเท่ากับ 3,544 mg NO_3^{-}/kg FW ซึ่งค่าดังกล่าวมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ของค่าสูงสุดที่ยอมให้มีได้ตามข้อกำหนดของสหภาพยุโรปของ EC (European commission Regulation No. 194/97)

ปริชาติ ดิษฐกิจ และธรรมศักดิ์ ทองเกตุ (2548) ศึกษาความเข้มข้น และระดับ pH ของสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโต ปริมาณไนเตรท และวิตามินซี ของผักกาดหอมคอสที่ปลูกในโรงเรือนปิดที่มีระบบลดอุณหภูมิ ณ ศูนย์วิจัยพืชผักเขตร้อน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2547 ถึง มกราคม 2548 แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ช่วงอายุการเจริญเติบโต คือ ช่วงที่ 1 (อายุ 1-2 สัปดาห์) และช่วงที่ 2 (อายุ 3-4 สัปดาห์) พบว่าการใช้ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร (EC) ที่ 1.5 mS/cm ร่วมกับ pH ที่ 5.8 ให้

การเจริญเติบโตที่ดีที่สุด ปริมาณไนเตรทสะสมในผักกาดหอมคอสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร (EC) สูงขึ้น อย่างไรก็ตามทุกความเข้มข้นที่ใช้ไม่ทำให้ไม่มีการสะสมเกินกว่าปริมาณไนเตรทสูงสุดที่ยอมรับได้ และพบแนวโน้มว่าปริมาณวิตามินซีในผักกาดหอมมีแนวโน้มสูงเมื่อใช้ความเข้มข้นต่ำและผกผันกับปริมาณ NO_3^- นอกจากนี้พบอาการ Tip burn ในผักกาดหอมเกิดรุนแรงมากขึ้นเมื่อปลูกในสารละลายที่มีความเข้มข้น และค่า pH สูงขึ้น

กฤษฎา หงษ์ทอง และศิวาพร ธรรมดี (2553) ศึกษาผลของระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของแตงกวาญี่ปุ่นในวัสดุปลูกไร้ดิน วางแผนการทดลองแบบบล็อคสุ่มสมบูรณ์ Randomized Completely Block Design (RCBD) ประกอบด้วย 4 กรรมวิธี 4 ซ้ำ (26 ต้น/ซ้ำ) โดยให้ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารเทียบเป็นค่า Electro-Conductivity (EC) เมื่อเข้าสู่ระยะติดผลเป็น 4 ระดับ คือ 1.0, 2.0, 2.5 และ 3.0 mS/cm พบว่า การให้สารละลายอาหารที่ EC=3.0 mS/cm มีค่าเฉลี่ยของผลผลิตแตงกวาที่ขายได้ และผลผลิตเกรด 1 ไม่แตกต่างจากที่ EC=2.5 และ 2.0 mS/cm แต่มากกว่าที่ EC=1.0 mS/cm ส่วนของการเจริญเติบโตนั้น ความยาวของใบ แตงกวาญี่ปุ่นที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่ EC=2.5 mS/cm มีค่ามากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ

กัญจนา แซ่เตียว, อิทธิสุนทร นันทกิจ และวนิดา ดวงก้งแสน (2555) ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของชนิดเหล็กคีเลต และระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่มีผลต่อปทุมมา ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในระบบปลูก NFT โดยวางแผนการทดลองแบบ 3x3 Factorial in Completely Randomized Design มี 2 ปัจจัยคือ 1) เหล็กคีเลต 3 ชนิด ได้แก่ Fe-EDTA, Fe-DTPA และ Fe-EDDHA 2) ระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 3 ระดับ คือ EC= 1.0, 2.0 และ 3.0 mS/cm ทำการทดลอง 4 ซ้ำ จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าการปลูกปทุมมา ถ้ามีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตดอกการใช้ Fe-EDTA ที่ระดับ EC=2.0 จะให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอกและน้ำหนักดอกดีที่สุด แต่ไม่แตกต่างกับ Fe-EDDHA ที่ระดับ EC=3.0 ดังนั้นควรเลือกใช้ Fe-EDTA เนื่องจากมีราคาถูกกว่า และจากการผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่า การปลูกปทุมมา ถ้ามีวัตุประสงค์เพื่อผลิตหัว สามารถเลือกใช้ Fe- EDTA หรือ Fe-DTPA ที่ระดับ EC=3.0 จะให้น้ำหนักหัวที่มากที่สุด

กาญจนา นฤทัย และอิทธิสุนทร นันทกิจ (2556) ได้ศึกษาชนิดของเหล็กคีเลตและความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเยอบีร่า วางแผนการทดลองแบบ 3x3 Factorial in Complete Randomized Design (CRD) มี 9 ตำรับการทดลอง ตำรับการทดลองละ 8 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ต้น ปัจจัยที่ 1 คือ ชนิดเหล็กคีเลต 3 ชนิด (Fe-EDTA, Fe-DTPA และ Fe-EDDHA) ปัจจัยที่ 2 คือ ระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 3 ระดับ (EC=1.2 mS/cm, 2.0 mS/cm และ 2.8 mS/cm) จากผลการทดลอง พบว่า การใช้ Fe-EDDHA (21.60 เซนติเมตร) และ Fe-EDTA (20.88 เซนติเมตร) มีผลทำให้ก้านดอกมีความยาวมากกว่าการใช้ Fe-DTPA และเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่ ระดับ 2.8 mS/cm ให้ผลผลิตมากที่สุด คือ 9.46 ดอก/ต้น และใบมีค่าความเขียวมากที่สุด คือ 48.73 ดังนั้น การปลูกเยอบีร่าเป็นไม้กระถางควรใช้ขุยมะพร้าวเป็นวัสดุปลูก และใช้เหล็ก EDTA ที่ระดับความเข้มข้นสารละลาย EC=2.8 mS/cm เนื่องจากเป็นสารละลายที่มีราคาถูก และพืชมีการเจริญเติบโตดี

สุวพิชญ์ อมรชินวิวัฒน์ (2557) ทำการศึกษาเปรียบเทียบระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของเมล่อน 2 สายพันธุ์ (Green Net และ Pot Orange) ที่ปลูกในระบบ DFT โดยวางแผนการทดลองแบบ Spilt plot in CRD 4 ซ้ำ ปัจจัยหลัก คือ ระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 3 ระดับ ได้แก่ EC=3 mS/cm, 4 mS/cm และ 5 mS/cm ปัจจัยย่อยคือ สายพันธุ์เมล่อน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ เมล่อนพันธุ์ Green Net และเมล่อนพันธุ์ Pot Orange ผลการทดลองพบว่า เมล่อนที่ปลูกโดยมีการให้ระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่ระดับ EC=5 mS/cm ให้ผลดีที่สุดในเรื่องขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางต้น (9.80 มิลลิเมตร) และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (15.49 %brix) ส่วนสายพันธุ์ของเมล่อน 2 สายพันธุ์ พบว่า พันธุ์ Pot Orange ให้ผลดีกว่าเมล่อนพันธุ์ Green Net ในเรื่องความสูงต้น น้ำหนักผล ปริมาตรผล เส้นผ่าศูนย์กลางผล ความยาวผล ความหนาเนื้อ และความแน่นเนื้อ ส่วนเมล่อนพันธุ์ Green Net ให้ผลดีกว่าพันธุ์ Pot Orange เรื่องปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (15.45 %brix)

เกวลิน กลสิทธิ์, ปัญญา สมบัติมาก และสกานต์ กรานโต (2563) ศึกษาชนิดของวัสดุปลูกและระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของต้นแพนซีในระบบไม่ใช้ดิน วางแผนการทดลองแบบ 3x3 Factorial in Completely Randomized Design มี 9 ตำรับการทดลอง ตำรับละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 2 ต้น ปัจจัย A คือ ชนิดของวัสดุปลูก 3 ชนิด (ขุยมะพร้าว เพอร์ไลท์ และเม็ดดินเผา) และปัจจัย B คือ ระดับความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร 3 ระดับ (EC=1.5 mS/cm, EC=2.0 mS/cm และ EC=2.5 mS/cm) จากการทดลอง พบว่า ต้นแพนซีที่ปลูกในวัสดุปลูกขุยมะพร้าวร่วมกับ EC=2.5 mS/cm มีการเจริญเติบโตและผลผลิตดีที่สุด โดยมีความยาวดอก 23.57 มิลลิเมตร ในขณะที่ต้นแพนซีที่ปลูกในวัสดุปลูกเพอร์ไลท์ร่วมกับ EC=2.5 mS/cm มีความยาวดอกต่ำที่สุด 18.84 มิลลิเมตร เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนจำนวนดอก พบว่า ต้นแพนซีที่ปลูกในขุยมะพร้าวร่วมกับ EC=2.0 mS/cm มีจำนวนดอกมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ๆ เท่ากับ 28 ดอก แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งการปลูกต้นแพนซีเพื่อตัดดอกในระบบปลูกพืชไม่ใช้ดิน ควรใช้วัสดุปลูกที่มีราคาถูกซึ่งวัสดุปลูกขุยมะพร้าวเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายในประเทศไทย ราคาถูก สามารถใช้ทดแทนวัสดุปลูกที่นำเข้าจากต่างประเทศได้

Caruso et al. (2011) ทำการทดลองปลูก Strawberry ในระบบ NFT โดยให้ความเข้มข้นของสารละลายในระดับที่ต่างกัน 4 ระดับ คือ 1.3, 1.6, 1.9 และ 2.2 mS/cm ร่วมกับการปลูก 2 ฤดูกาล คือ ช่วงฤดูร้อน-ฤดูใบไม้ผลิ และช่วงฤดูหนาว-ฤดูใบไม้ผลิ พบว่าในช่วงฤดูร้อน-ฤดูใบไม้ผลิ Strawberry ที่ปลูกโดยให้ระดับความเข้มข้นของสารละลายเท่ากับ 1.3 mS/cm ให้ผลผลิตดีที่สุด ส่วนช่วงฤดูหนาว-ฤดูใบไม้ผลิที่ระดับความเข้มข้นของสารละลายที่ต่างกันไม่มีผลต่อจำนวนผลผลิต