บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

การปลูกพืชไม่ใช้ดิน

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเป็นการปลูกพืชในน้ำหรือในวัสดุปลูกอย่างอื่นเช่น ในวัสดุอนินทรีย์ ได้แก่ ทราย กรวด หินขนาดต่างๆ และในวัสดุอินทรีย์บางชนิดเช่น แกลบ ขุยมะพร้าว ขี้เลื่อย วัสดุต่างๆ เหล่านี้จะเป็นที่ยึดเกาะของรากพืชเพื่อให้พืชพยุงต้นตั้งตรงอยู่ได้ ส่วนการปลูกพืชในน้ำพืชอาจพยุงตัวเองได้เช่น ผักกะเฉด ผักบุ้ง หรือต้องช่วยพืชพยุงตัวเช่น พืชบกที่นำไปปลูกในน้ำเช่น ผักกาดหอม การปลูกในวัสดุดังกล่าวนี้ ต้องให้สารละลายธาตุอาหารต่างๆ อย่างเพียงพอ ต้นพืชจึงสามารถเจริญเติบโตได้ (Baudoin,1990)

1. การจำแนกระบบการปลูกพืชไม่ใช้ดิน

จากรายงานของ Baudoin (1990) ได้จำแนกระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเป็น 2 แบบ คือ

1. Water Culture เป็นการปลูกพืชที่ปราศจากวัสดุหรือจะใช้วัสดุปลูกเฉพาะในช่วงเวลาขยายพันธุ์ โดยการปลูกพืชให้รากจุ่มอยู่ในสารละลายธาตุอาหารหรือให้สารละลายธาตุอาหารไหลผ่านไปยังรากพืช การปลูกพืชโดยวิธีนี้แบ่งย่อยออกได้ดังนี้

1.1 Deep Water Culture หรือ Gericke System เป็นระบบแรกที่ผลิตผักเพื่อการค้า โดยได้รับการพัฒนาจาก Gericke ในช่วง ค.ศ.1929,1937,1938 หลักสำคัญในการปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหารคือ รากพืชทั้งหมดหรือบางส่วน จะจุ่มอยู่ในสารละลายธาตุอาหาร ซึ่งอาจจะอยู่นิ่งหรือหมุนเวียนกันก็ได้ ในรายงานการปลูกครั้งแรกจะปลูกในรางขนาดกว้าง

ประมาณ 0.6 เมตร ลึก 15 เซนติเมตร และยาว 10 เมตร ซึ่งสร้างจากกระดาษมุงหลังคา Bituminous โดยขึงตาข่ายเหนือส่วนบนของรางแล้วคลุมด้วยผ้าใบหยาบ เพื่อไว้ใส่ทราย ซึ่งหนา 1.3 เซนติเมตร ต่อมามีการใช้รางปลูกที่ทำด้วยวัสดุต่างๆเช่น ทำด้วยคอนกรีต ไม้ แผ่นเหล็กที่เคลือบสีที่ไม่เป็นพิษ เพื่อป้องกันไม่ให้แผ่นเหล็กปลดปล่อยสังกะสี ทองแดง แมงกานีส นิเกิล ออกมามากเกินไป แปลงเพาะเมล็ดที่ทำจากฟาง ขี้เลื่อย หรือ พีทมอสนั้น วางอยู่บนตาข่ายเหนือรางปลูก นอกจากวัสดุเพาะจะช่วยพยุงต้นอ่อนแล้วยังช่วยป้องกันแสงแดดอีกด้วย มีผลป้องกันไม่ให้สาหร่ายเจริญเติบโตและยังลดความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในสารละลายได้อีกด้วย

ระบบแรกของ Gericke ได้มีการทดสอบในหลายๆ ประเทศ โดยทั่วไปได้ผลไม่ค่อยดี อาจเป็นเพราะในสารละลายธาตุอาหารนี้มีอากาศละลายอยู่ไม่ดี ต่อมา Gericke จึงปรับปรุงระบบการปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหาร ซึ่งพบว่ามีรากเกิดขึ้นสองชนิดคือ รากที่ทำหน้าที่ดูดสารละลายธาตุอาหาร (absorbing root) และรากอากาศที่เจริญในอากาศอิ่มตัวเหนือสารละลาย (aerating root) แม้ว่าผลที่ได้จากการทดลองที่สนับสนุนข้อมูลจะมีไม่มาก แต่จากการสังเกตระบบรากที่ปลูกใน Nutrient film พบว่ามีสัณฐานแตกต่างกันคือ รากที่เกิดในสภาพอากาศชื้นในรางปลูกจะมีรากขนอ่อนปกคลุมเต็มไปหมด ส่วนรากที่เกิดใต้ผิวสารละลายจะมีรากขนอ่อนน้อยกว่ามาก มีนักวิทยาศาสตร์หลายคนแก้ไขปัญหาเรื่องการละลายของอากาศในสารละลาย โดยให้มีการหมุนเวียนสารละลายตลอดเวลา และมีการวิดสารละลายเข้าไปในแปลงปลูก การปรับปรุงดังกล่าวนี้ช่วยให้อากาศละลายในสารละลายได้ดีขึ้น

ต่อมา Baudoin (1990) อ้างถึง Douglas (1972) ที่ได้ให้ข้อคิดเกี่ยวกับการทำงานของ Gericke ว่าเมื่อเพาะเมล็ดลงในแปลงปลูกควรยกระดับของสารละลายธาตุอาหารในถังขึ้นถึงวัสดุปลูก โดยจะมีการให้น้ำแบบ capillarity เมื่อรากเจริญมาถึงสารละลายธาตุอาหารก็ให้ลดระดับสารละลายธาตุอาหารต่ำลงอย่างน้อยให้ได้ครึ่งหนึ่งของความยาวรากที่งุ่มอยู่ ซึ่งจะเป็นการเพิ่มอากาศให้กับต้นพืชด้วย

ก่อนหน้านี้ Baudoin (1990) อ้างถึง Went (1943) ที่ได้ชี้ให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่าง Hydroponics (ระบบของ Gericke) และระบบการปลูกในน้ำยา (tradional water culture) และสรุปว่า การเกิดระบบรากในแปลงเพาะของระบบ Gericke นั้นสำคัญต่อการเติบโตของต้นมะเขือเทศ ข้อดีของการเกิดรากในแปลงเพาะเหนือสารละลายนี้ไม่อาจระบุได้ ที่แปลกคือไม่

เกี่ยวกับการมีอากาศในสารละลาย แม้ว่าจะมีการเติมฟองอากาศให้สารละลาย มีผลทำให้รากเจริญขึ้นก็ตาม กลับมีผลทำให้การเจริญของส่วนยอดลดลงแทนที่จะเพิ่มขึ้น

1.2 Floating Hydroponic System เป็นรูปแบบหนึ่งของ Water Culture ซึ่งพืชจะเจริญเติบโตอยู่เหนือผิวหน้าสารละลายธาตุอาหารบนแพปลูกพืช ซึ่งจะทำมาจากพลาสติกมีน้ำหนักเบา หรืออาจจะใช้โฟมก็ได้ วิธีการนี้เป็นวิธีการที่แก้ปัญหาของ Gericke เกี่ยวกับการจัดให้พืชอยู่เหนือผิวสารละลาย

ได้มีการทดลองปลูกพืชโดยมีขนาดแปลงกว้าง 1.01 เมตร ยาว 3 เมตร ลึก 15 เซนติเมตร ทำด้วยไม้ที่ปูด้วยแผ่นพลาสติกขนาด 1 x 1 เมตร และหนา 2 เซนติเมตร มีการหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหาร ให้อากาศที่ควบคุมโดยใช้เครื่องติดตั้งเวลาอัตโนมัติ พืชที่ทดลองปลูกคือ ผักกาดหอม Chard และ สตรอเบอรี่ เจาะรูปลูกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร ที่มีระยะปลูกที่เหมาะสม เหตุผลที่ปลูกโดยวิธีนี้ เพราะอุปกรณ์ที่ใช้แบบเดิมมีราคาสูงเช่น การปลูกในกรวด ทราย ผลผลิตต่อต้นเกือบจะน้อยกว่าเมื่อปลูกในดินเสมอ แต่ผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่จะเพิ่มขึ้นโดยการปลูกถี่ๆ Baudoin (1990) อ้างถึง Collin and Jensen (1983) ว่าทั้งผักสลัดและผักใบชนิดอื่นๆจะปลูกบนพลาสติกที่พองตัว (หนา 2.5 เซนติเมตร) ลอยเหนือน้ำ (ลึก 30 เซนติเมตร) ในรางปลูกที่ยาว 70 เมตร กว้าง 4 เมตร สารละลายธาตุอาหารในรางปลูกจะอยู่นิ่งก็ได้ ระบบนี้จะทำให้สายพานที่เกือบจะไม่มีความต้านทานอยู่เลยช่วยในการปลูกและเก็บเกี่ยวบนแพปลูกที่เคลื่อนที่ได้ แพปลูกนี้จะเก็บเกี่ยวทางปลายหนึ่งของแปลงปลูก อุณหภูมิและความเข้มแสงสูงจะทำให้ผักสลัดออกดอก การลดอุณหภูมิลงเหลือ 22° ซ หรือ น้อยกว่านี้จะแก้ปัญหาได้

1.3 Deep Re-circulating Water Culture เป็นระบบใหม่ของ Deep Water Culture เพื่อแก้ไขปัญหาระบบแรกของ Gericke นิยมใช้ในประเทศญี่ปุ่น สำหรับปลูกมะเขือเทศ แตงกวา ผักกาดหอม และอื่นๆ ระบบนี้นิยมใช้กันมาก รวมทั้งระบบ Kyowa และ M-system ระบบทั้งสองนี้ ตลอดจนระบบอื่นอีกนั้นจะมีลักษณะดังนี้

ระบบ Kyowa (Kyowa-system Water Culture Hydroponic) จัดเป็นระบบกึ่งน้ำลึก (Semi-deep) ใช้สำหรับปลูกผัก ในระบบนี้จะมีการดูดสารอาหารจากถังเก็บโดยมีระบบผสมอากาศ (air mixer) ส่งไปยังแปลงปลูก จากนั้นก็จะไหลกลับทางใต้ดิน สู่ถังเก็บทางท่อน้ำล้น แต่

ละหน่วยจะกว้าง 1 เมตร (ภายใน 0.9 เมตร) และยาว 3.15 เมตร ปลูกต้นพืชให้งอกรากในกระถางพลาสติกที่มีช่องเปิดทั้งด้านข้าง และด้านก้นกระถาง และฝาปิดแปลงปลูก จะมีส่วนช่วยพยุงด้วย

ระบบ M-system เป็นระบบที่ไม่ใช้ถังเก็บสารละลายธาตุอาหาร สารละลายธาตุอาหารในรางปลูกจะถูกดูดแล้วผ่านระบบผสมอากาศ (air mixer) ก่อนส่งกลับไปยังแปลงปลูกผ่านรูเล็กๆ ในท่อที่วางตามขวางอยู่ใต้แปลงปลูก แปลงปลูกทำด้วย polystyrene มีขนาดกว้าง 0.66 เมตร ข้างในกว้าง 0.6 เมตร ยาวหน่วยละ 1.2 เมตร ต่อกันได้แปลงละ 20 เมตร เพื่อป้องกันการรั่วของรอยต่อและเพื่อป้องกัน polystyrene ด้วย ภายในแปลงปลูกจึงคลุมด้วยแผ่น polystyrene บางๆ

การปลูกพืชในน้ำยาที่ใช้ในญี่ปุ่นยังรวมถึงระบบ Kubota ซึ่งหล่อด้วยพลาสติก ABS แต่ละหน่วยจะยาว 3.25 เมตร และกว้าง 0.7 เมตร (ภายในกว้าง 0.6 เมตร) แต่ละหน่วยยังแบ่งย่อยออกไปอีก และระบบ Kamizono ซึ่งแปลงปลูกสร้างแบบง่าย ผนังด้านข้างทำจากซีเมนต์บล็อก แล้วปูพื้นด้วยแผ่น polyethylene สีดำที่ค่อนข้างหนา ซึ่งจะใช้งานได้ 5-6 ปี จากนั้นใช้แผ่น polyethylene บาง 0.1 มิลลิเมตร ปูทับแผ่นดำหนา แผ่นบางนี้จะเปลี่ยนทุกปี ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องฆ่าเชื้อ นอกจากนี้ยังมีอีกระบบหนึ่งคือ Shinwa มีหลักการที่ดีคือ จะมีการเปลี่ยนสารละลายธาตุอาหารระหว่างสองแปลงที่มีขนาดเท่าๆกันเป็นครั้งคราว ด้วยเหตุนี้ระดับน้ำในแต่ละแปลงจะเปลี่ยนกันขึ้นลง ช่วยให้การถ่ายเทอากาศดีขึ้น

ระบบควบคุมจะเป็นแบบอัตโนมัติ โดยเครื่องสูบน้ำไฟฟ้าน้ำจะทำงาน 10-20 นาที ต่อรอบวงจร 1-2 ชั่วโมง กำหนดเวลาการทำงานของเครื่องสูบน้ำไฟฟ้าจะจัดตามความต้องการของพืชโดยทำงานในช่วงสั้นที่อุณหภูมิต่ำ และเพิ่มขึ้นในสภาพอากาศที่ร้อน ในช่วงกลางคืนให้ทำงานเพียง 1-2 ครั้ง เพื่อการประหยัด ขนาดของเครื่องสูบน้ำไฟฟ้าน้ำ ในหน่วยปลูกพืชขนาดใหญ่ อาจมีการแบ่งเป็นแปลงย่อยแล้วให้สารละลายธาตุอาหารทีละแปลงตามลำดับกัน

วัสดุปิดแปลงเพื่อช่วยให้ต้นพืชตั้งตรงอยู่ได้ และเพื่อป้องกันแสงแดดตลอดจนเพื่อหลีกเลี่ยงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในแปลงปลูก สำหรับพืชที่ปลูกเป็นแถวเช่น มะเขือเทศ แตงกวา และแตงเทศ อาจจะเป็นแผ่นโฟม (Expanded polystyrene) หนา 1-2

เซนติเมตร มีการเจาะรู เพื่อช่วยยึดกระถางที่มีช่องเปิดด้านข้างให้รากพืชสามารถเจริญลงในสารละลายธาตุอาหารที่อยู่ข้างล่าง ในกระถางปลูกมักใส่ควรวดเป็นเครื่องปลูก ซึ่งปัจจุบันสนใจใช้โฟมพลาสติกสำหรับผักกินใบ เช่น Japanese honewort แผ่นปิด polystyrene ที่เจาะรูมาจากโรงงานที่มีระยะห่าง 10 x 7 เซนติเมตร

Baudoin (1990) อ้างถึง Lim and Wan (1984) ว่าวิธีการหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารแบบใหม่ในมาเลเซียคือ แปลงปลูกที่ใช้จะคล้ายกับของระบบเกียววา แบบกึ่งน้ำลึก (semi-deep Kyowa system) รางปลูกยาว 3 เมตร กว้าง 1 เมตร และลึก 0.08 เมตร ฝาปิดจะเจาะรูสำหรับยึดวัสดุปลูกขนาดเล็ก มีถังเก็บน้ำยาใต้ดินทำด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กขนาด 50,000 ลิตร มีระบบทำความเย็นเพื่อลดอุณหภูมิของสารละลายให้ต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส แต่ละรางจะมีหัวจ่ายอากาศตรงจุดที่จ่ายสารละลาย โดยหัวจ่ายจะดึงอากาศเข้าไปผสมกับสารละลายตอนที่มีสารละลายไหลผ่าน สารละลายไหลกลับถังเก็บตามแรงดึงดูดของโลก โดยผ่านท่อน้ำล้นที่อยู่อีกปลายหนึ่งของหัวจ่าย

ระบบทั้งหมดนี้สามารถฆ่าเชื้อได้โดยการหมุนเวียนสารละลายที่มี คลอรีน 350 สตล.เป็นเวลา 3 วัน หลังจากนั้นก็จะปล่อยน้ำทิ้งและล้างด้วยน้ำสะอาด ใช้ปลูกมะเขือเทศ แตงกวา และแตงเทศ ในรายงานฉบับต่อมา Baudoin (1990) อ้างถึง Lim (1986) ซึ่งได้ข้อสังเกตว่าเป็นเพราะ ระบบนี้มีราคาแพงจึงเป็นข้อจำกัดการใช้เชิงการค้าและต้องการระบบที่ง่ายกว่านี้ สำหรับระบบ NFT ที่ปรับปรุงแล้วคือ ร่องปลูกจะหุ้มด้วยฉนวนป้องกันแสงแดดจัด

ระบบการปลูกแบบน้ำ หมุนเวียนอีกระบบหนึ่งที่รู้จักกันในรูป Ein Gedi system (Baudoin, 1990 อ้างถึง Soffer and Levinger, 1980) เป็นระบบที่แก้ข้อจำกัดในเรื่องน้ำและที่ดินเพื่อการเกษตรตลอดจนการปรับปรุงระบบการควบคุมที่ดี ในระบบนี้รากทั้งหมดของพืชจะจุ่มในสารละลายธาตุอาหารซึ่งควบคุมได้โดยปรับระดับของท่อน้ำล้น การปรับระดับก็เพื่อให้เหมาะกับชนิดของพืชปลูก และอันดับของการเจริญเติบโต ลักษณะที่สำคัญของระบบนี้ก็คือ การป้อนสารละลายให้แปลงปลูกคือ มีท่อน้ำที่ติดตั้งหัวฉีดพ่นฝอยตรงตามร่องที่อยู่ภายในแล้วฉีดพ่นสารละลายด้วยแรงดัน เกิดเป็นหมอกเหนือสารละลายที่ไหลอยู่ ระบบนี้จะจ่ายสารละลาย 7 ลิตรต่อต้นมะเขือเทศต่อ 1 ชั่วโมง โดยให้มี 2 ต้นต่อตารางเมตร ระบบการให้อากาศดีมาก ความเข้มข้นของออกซิเจนที่ละลายน้ำมักจะวัดได้สูงกว่าระดับที่เป็นไปได้ในสภาพอิ่มตัว (equilibrium conditions) แสดงว่าอยู่ในสภาพอิ่มตัวยิ่งยวดจากการพ่นหมอก ระบบนี้ป้อนสาร

ละลายด้วยแรงดัน มีข้อดี คือเหมาะสำหรับใช้ในที่มีอุณหภูมิสูง ซึ่งมักมีออกซิเจนละลายอยู่ในสารละลายน้อย

1.4 Nutrient Film Technique (NFT) ระบบ NFT เป็นระบบการปลูกพืชในน้ำหรือสารละลายที่มีลักษณะพิเศษคือ ใช้สารละลายไหลตื้นๆ ตามรางปลูก รากของพืชจะเกิดเป็นแผ่นบางๆบนก้นราง ระดับสารละลายนี้ตื้นมากขนต้นกล้าที่ปลูกบนก้อนปลูกหรือที่ปลูกในกระถางสามารถตั้งบนร่องปลูกได้ รากจะงอกอย่างรวดเร็วเข้าไปในสารละลายที่ไหลอยู่ ประการที่สองคือ อัตราส่วนที่กว้างระหว่างพื้นที่ผิวกับปริมาณสารละลาย ช่วยให้มีการถ่ายเทอากาศดี ผลก็คือไม่จำเป็นที่จะใช้แปลงที่ลึก หรือหนักของระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน (เช่น การปลูกในทรายหรือกรวด) แล้วใช้แผ่น polythene ซึ่งมีน้ำหนักเบาแทน ไม่เพียงแต่จะลดค่าติดตั้งและค่าบำรุงรักษาลงเท่านั้น ยังทำให้สามารถเปลี่ยนผังการปลูกได้ตามต้องการอีกด้วย ความคิดของระบบนี้ Baudoin (1990) อ้างถึง Cooper (1975,1979) เป็นคนคิดขึ้น

ลักษณะพื้นฐานของระบบ NFT มีดังนี้

- ถังบรรจุสารละลายธาตุอาหารเจือจาง
- เครื่องสูบน้ำที่ส่งสารละลายไปยังส่วนหัวของร่องหรือรางปลูก
- รางปลูกที่ขนานกันสำหรับปลูกจะมีการลาดเอียงลง เพื่อให้สารละลายไหลลงได้สะดวก
- ท่อน้ำไหลกลับ เป็นท่อที่นำสารละลายกลับมาสู่ถังเก็บอีกครั้ง
- ระบบควบคุมต่างๆ เพื่อควบคุมความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร ความเป็นกรดด่าง และระดับน้ำ

ส่วนประกอบของระบบ NFT

ก. ถังเก็บ สารละลาย ธาตุอาหาร ถังจะอยู่จุดต่ำสุดของระบบคือ อยู่ใต้ดิน ควรมีการปิดเพื่อป้องกันแสงและการเจริญของสาหร่าย และก่อให้ด้านข้างสูงกว่าระดับพื้นดิน เพื่อป้องกันฝุ่นหรือน้ำผิวดินเข้าไป ทำให้มีการปนเปื้อนขึ้น

ข. เครื่องสูบน้ำหมุนเวียน เครื่องสูบน้ำไฟฟ้าน้ำที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าควรออกแบบให้ทนทานสำหรับที่จะทำงานตลอดเวลา และสามารถดูดสารละลายธาตุอาหารที่เจือจางที่

สามารถมีการกัดกร่อนได้เล็กน้อย ความเข้มข้นเกลือปกติจะมีความนำไฟฟ้าในช่วง 2-5 mS/cm และมีค่าความเป็นกรดด่าง ในช่วง 5.5-6.8 ค่าการนำไฟฟ้าที่น้อยกว่า 8 mS/cm บางทีอาจจะพบได้ในช่วงระยะเวลาสั้นๆ (2-3 สัปดาห์) และค่าความเป็นกรดด่าง ที่ต่ำกว่าค่าในช่วงทำงานของเครื่องที่ตั้งไว้ได้ อาจจะเกิดขึ้นได้บางครั้งในช่วงสั้นๆ ด้วย เครื่องสูบน้ำไฟฟ้าหนึ่งหรือสองตัวก็น่าที่จะเพียงพอเมื่อต้นพืชยังเล็กอยู่ เมื่อระบบรากแผ่ขยายมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาพอากาศร้อน ตัวอย่างเช่น อัตราที่ 3.5-4 ลิตรต่อนาทีต่อร่อง สามารถใช้ได้ในเวลาที่เกิดสภาพความเครียด ด้วยความจุที่เพิ่มขึ้นเพื่อเพิ่มระดับออกซิเจนโดยการเหวี่ยงกระจาย หรือการถ่ายเทอากาศแบบ Venturi aeration ในถังเก็บน้ำ

ในบางสภาวะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อจำเป็นต้องจำกัดการเจริญเติบโตในช่วงระยะแรกเช่น มะเขือเทศ ภายใต้สภาพแสงที่มีความเข้มข้นต่ำ การหมุนเวียนสารละลายไม่จำเป็นต้องให้ต่อเนื่องกันได้(Baudoin, 1990 อ้างถึง Graves and Hurd, 1983) ซึ่งจะลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าและลดการเสื่อมของปั๊ม แต่ถังบรรจุต้องมีความจุที่เพียงพอในการรับสารละลายที่ระบายกลับไปจากร่องปลูก

ค. รางปลูก (troughs) วัสดุที่ทำรางหรือร่องปลูก ที่ใช้สำหรับระบบ NFT มีตั้งแต่แผ่นโพลีเอทธีลีนไปจนถึงรูปแบบที่สำเร็จจากโรงงานแต่ที่ทำได้ง่ายที่สุดทำจากโพลีเอทธีลีนสีขาวด้านหนึ่งดำอีกด้านหนึ่ง ที่กว้าง 70 เซนติเมตร

แม้ว่ารางปลูกที่ทำจากแผ่นโพลีทีนจะเป็นวิธีการที่ง่าย แต่การทำให้ลาดเอียงนั้นกลับสำคัญมาก ประการแรกที่ร่องปลูกต้องมีฐานแบนกว้าง เพื่อรองรับระบบรากที่แผ่กว้าง ร่องปลูกที่แคบจะทำให้การไหลผ่านรากช้าลง จึงทำให้ความลึกของสารละลายเพิ่มขึ้น และการให้อากาศกับสารละลาย ความกว้างของร่องปลูกที่แนะนำสำหรับมะเขือเทศคือ 30 เซนติเมตร และพืชตระกูลแตงกวาก็ไม่ควรมีความกว้างที่ต่ำกว่านี้ มีความพยายามหลายๆทางที่จะรักษาระดับของสารละลายตลอดร่องปลูก แต่อาจมีปัญหาเมื่อตอนเริ่มปลูกเนื่องจากสารละลายที่ไหลอาจจะเอียงไปข้างใดข้างหนึ่ง จึงไม่สามารถทำให้กระถางหรือบล็อคปลูกได้รับสารละลายทั่วถึงกัน ปัญหานี้จะหายไปได้เองเมื่อรากพืชเจริญพ้นวัสดุปลูกหรือสานกันเป็นแผ่น อย่างไรก็ตามในระยะแรกของการเจริญเติบโตของพืชจึงแนะนำให้วางแผ่นซับน้ำขวางร่องปลูกใต้ต้นพืช ช่วงแรกๆ การใช้แผ่นซับน้ำจะเป็นการให้สารละลายพืชอย่างเพียงพอรากของพืชจะเจริญไปตามแรงดึงดูดโลกและหยั่งลงสู่แผ่นซับน้ำด้านล่าง ทำให้เกิดปัญหาการแลกเปลี่ยนอากาศขึ้น

ประการสำคัญที่สองของการจัดวางร่องปลูกคือ ความลาดเอียงของร่องปลูก เพื่อให้สารละลายธาตุอาหารไหลได้ทันทีจากด้านบนลงสู่ด้านล่างแปลง เพื่อให้สารละลายมีอยู่เพียง ตื้นๆ ร่องปลูกควรปิดไม่ให้โดนแสง เพื่อป้องกันการเจริญของสาหร่าย ควรเพิ่มแผ่น โพลีทีน ปิดที่ปลายสุด ร่องปลูกยาวจะมีปัญหาเรื่องการละลายของอากาศ ความยาวมากที่สุดไม่ควรเกิน 20 เมตร ความยาวที่เหมาะสมควรมีขนาด 10-15 เมตร สำหรับเมืองหนาว

2. Soilless Substrates Culture เป็นการปลูกพืชโดยใช้วัสดุปลูกแทนการปลูกพืชที่ใช้ดิน ซึ่งช่วยให้รากพืชพยุงลำต้นให้สามารถทรงตัวอยู่ได้ หลักในการเลือกวัสดุปลูกคือ ให้เหมาะสมกับสภาพต่างๆ ตามที่พืชต้องการเช่น มีการระบายอากาศที่ดี อุ้มน้ำได้พอเหมาะเป็นต้น โดยเนื้อวัสดุปลูกที่นำมาอาจมีหรือไม่มีสารอาหารก็ได้ ควรมีการเพิ่มธาตุอาหารเพื่อให้พืชได้รับธาตุอาหารอย่างเพียงพอตลอดระยะการเจริญเติบโต (ถวัลย์, 2534) ซึ่งแบ่งการปลูกเป็นหลายวิธี เช่น (Baudoin, 1990)

2.1 Inert Substrate : Open System (Non-Circulating) เป็นระบบที่รากพืชพัฒนาในตัวกลางที่เป็นของแข็งเช่น กรวด ทราย ร็อควูล มีข้อดีคือ จะแตกต่างจากการปลูกในสารละลายคือ ไม่มีปัญหาของการพยุงต้นพืชในสารละลาย วัสดุปลูกที่ใช้ปกติจะละเอียดกว่า จึงดูดซับน้ำได้มากกว่าสารที่ใช้สำหรับระบบปิดที่หมุนเวียนได้

2.1.1 Sand Culture in Beds ลักษณะที่สำคัญของระบบนี้คือ วัสดุปลูกควรที่จะรักษาความชื้นให้เพียงพอสำหรับการเจริญของพืช แต่ต้องระบายน้ำอย่างดีเพื่อที่จะทำให้มีการถ่ายเทอากาศในระบบราก การให้อากาศจะมีประสิทธิภาพน้อยกว่าในระบบปิดที่หมุนเวียน เนื่องจากขนาดอนุภาคที่เล็กกว่าจึงมีแรงดึงความชื้นได้มากกว่า จึงทำให้พืชได้รับน้ำน้อยกว่า มีผลทำให้มีการพาออกซิเจนไปยังรากได้น้อยกว่า

2.1.2 Whole Greenhouse Sand Culture ในการปลูกในทราย บางครั้งหมายถึงวิธี full-floor fill โดยพื้นทั้งหมดของเรือนกระจกจะเป็นทรายล้วนๆ การให้สารละลายธาตุอาหารจะให้กับผิวของแปลงและส่วนที่เกินจะถูกระบายทิ้งออกไป ในพื้นที่แห้งแล้งอาจจะจำเป็นที่จะให้น้ำวันละ 8 ครั้ง เตรียมแปลงโดยการเอาดินออกถึงความลึกประมาณ 30 ซม. และ

ปรับให้เรียบให้มีความชันประมาณ 0.2-0.3% ปูด้วยแผ่นโพลีทีนสองชั้นเพื่อป้องกันรากพืชแทงออกมาสัมผัสกับดินข้างล่าง วางท่อระบายน้ำบนโพลีทีน ตามความลาดชัน และโรงเรือนนั้นจะใส่ทรายให้เต็ม ทรายละเอียดระบายน้ำได้ไม่ดีและควรจะหลีกเลี่ยง

2.1.3 ระบบสปริงเกอร์กับทราย คล้ายกับ whole house sand culture แปลงเพาะมีความลึกไม่น้อยกว่า 35 ซม. และถ้าให้ระบบรากดีขึ้นก็อาจใช้ความลึกที่ 60-70 ซม. พื้นควรปรับเพื่อให้มีความชัน 0.5% และคลุมด้วยแผ่นโพลีทีน (0.15 มม.) ท่อระบายน้ำวางมีระยะห่างกัน 1 ม. หรือใกล้กว่านี้ ถ้าทรายมีการระบายน้ำไม่ดีพอ น้ำหรือสารละลายธาตุอาหารสู่ท่อใหญ่ด้านล่างของส่วนลาดเอียง ให้สารละลายธาตุอาหารผ่านระบบน้ำหยด การให้น้ำสามารถควบคุมโดยตั้งเวลาและใช้วาล์ว solenoid

2.1.4 Inert Substrate in Containers (bag) ใช้สำหรับวัตถุประสงค์บางอย่าง เช่นพืชที่ปลูกเป็นแถวและมีความสูงเช่น มะเขือเทศ และแตงกวา ใช้วัสดุปลูกที่ไม่มีดินในถุงแทนที่จะปลูกในแปลงปลูก มีข้อดีคือ ลดค่าใช้จ่ายในการสร้างแปลง วัสดุปลูกถูกบรรจุในถุงโพลีเอทธีลีนที่ต้านทาน UV ที่มักจะมีสีขาวด้านนอกเพื่อที่จะสะท้อนแสงและจำกัดไม่ให้ร้อนเกินไป ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งภายใต้สภาพแสงแดดแรงมาก การปลูกระบบถุงนี้มีข้อดีในแง่ลดการระบาดหรือการติดเชื้อทางราก เพราะสามารถย้ายออกจากโรงเรือนเพื่อลดการระบาดได้ สามารถใช้เครื่องจักรกลสำหรับการบรรจุถุง

2.2 Inert Substrate Culture : Closed System (Gravel Culture) ลักษณะของระบบนี้เป็นราง ที่ใส่วัสดุที่มีลักษณะหยาบ เพื่อทำให้เกิดการไหลของสารละลายได้ง่าย ขนาดของอนุภาคปกติ จะมีเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 3 มม. Baudoin (1990) อ้างถึง Schwarz (1986) แนะนำให้ใช้กรวดขนาด 7.5 มม. และไม่มีวัสดุที่ละเอียด สารละลายธาตุอาหารท่วมแปลงปลูกเป็นระยะๆ แล้วระบายกลับสู่ถังรับน้ำ เนื่องจากสารละลายธาตุถูกหมุนเวียนใช้ใหม่ จึงเป็นการประหยัดการใช้น้ำและธาตุอาหาร

2.3 Substrate ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินมีวัสดุปลายชนิด ซึ่งส่วนมากจะเป็นของแข็ง การเลือกใช้วัสดุชนิดใด ขึ้นอยู่กับ ราคา ความยากง่าย การระบายถ่ายเทอากาศดี อุ้มน้ำได้ดี และต้องค้ำจุนรากพืชได้ดี และไม่จำเป็นต้องมีธาตุอาหารอยู่เพียงพอ เพราะสามารถใส่ให้

ได้ด้วยการใช้สารเคมีหรือปุ๋ยต่างๆได้ (ทัศนีย์ และ สรสิทธิ์, 2531) วัสดุปลูกสามารถแบ่งได้ดังนี้

2.3.1 Natural Inorganic Substrate เป็นวัสดุที่ได้จากธรรมชาติ และสังเคราะห์ขึ้นมา เป็นวัสดุที่ช่วยในการระบายน้ำ (drainage) และการถ่ายเทอากาศ (aeration) เป็นส่วนใหญ่ (สมเพียร, 2526) ซึ่งแบ่งได้หลายชนิดคือ

2.3.1.1 ทราย (Sand) เป็นวัสดุที่หาง่าย ราคาไม่แพง และสะอาด ทรายที่นำมาใช้ควรเป็นทรายที่มีขนาดเล็ก ไม่ละเอียด หรือใหญ่จนเกินไป (สมเพียร, 2526) ข้อดีของทรายคือ ราคาถูก และหาง่ายใช้ได้นาน ขนาดของทรายมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ถ้าละเอียดมากเมื่อมีความชื้นจะจับตัวกันแน่น ทำให้การระบายน้ำ และการถ่ายเทอากาศไม่ดี ทำให้พืชเจริญเติบโตไม่ดี ถ้ามีขนาดใหญ่เท่ากรวดเล็กๆ ก็มีปัญหาเพราะจะไม่อุ้มน้ำ และต้องให้น้ำบ่อย ซึ่งทำให้เสียเวลา และปริมาณสารละลายธาตุอาหารเพิ่มขึ้น (ทัศนีย์ และ สรสิทธิ์, 2531) ทรายมีความหนาแน่นรวม (bulk density) 1.92 กรัมต่อมิลลิลิตร มีช่องว่างทั้งหมด (total porosity) 36.0 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ช่องอากาศ (air space) 26.6 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร (White, 1974) ทรายที่เหมาะสมควรเป็นทรายหยาบน้ำจืด นำมาล้างทำความสะอาดโดยให้มีเศษวัสดุต่างๆ ติดมาน้อยที่สุด ไม่ควรมีเกลือติดมาด้วย เนื่องมาจากเกลือที่ติดมาทำให้เป็นอันตรายกับรากของพืชได้ (วิทยา, 2524 ; Mason, 1990)

2.3.1.2 เวอร์มิคิวไลท์ (Vermiculite) เป็นแร่ที่พบในธรรมชาติ มีลักษณะเป็นรูพรุนน้ำหนักเบา มีความเป็นกรดด่าง เป็นกลาง สามารถดูดน้ำได้ 3-4 แกลลอนต่อลูกบาศก์ฟุต ไม่ละลายน้ำ มี 2 ขนาดคือ ขนาดเล็กมาก ใช้สำหรับเพาะเมล็ด และขนาดใหญ่ เส้นผ่าศูนย์กลาง 1/4 นิ้ว ใช้สำหรับปลูกพืชซึ่งจะถ่ายเทอากาศได้ดี ไม่มีธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัส แต่มีโปแตสเซียม 5-8 เปอร์เซ็นต์ แมกนีเซียม 9-12 เปอร์เซ็นต์ และอยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ มีค่า CEC คือ ประมาณ 100-150 ml/100 g. (สมเพียร, 2526) เมื่อให้ความร้อนกับทรายที่มีอุณหภูมิสูง 2,000 องศาฟาเรนไฮต์ น้ำที่อยู่ระหว่างเม็ดทรายจะระเหยเป็นไอออกไป ทำให้เวอร์มิคิวไลท์แยกตัวเป็นชั้นๆ มีลักษณะเป็นก้อนหรือเป็นเกล็ดเล็กๆ ที่มีรูพรุนเหมือนฟองน้ำซึ่งสามารถดูดซึมน้ำได้สูง (สนั่น, 2523)

2.3.1.3 เพอไลท์ (Perlite) เป็นหินจากภูเขาไฟที่นำไปย่อยและร่อนแล้ว นำเข้าเตาอบที่มีความร้อนประมาณ 1,000 องศาเซลเซียส การขยายตัวทำให้มีน้ำหนักเบา มีความคงทนสูง (สมเพียร, 2526) ไม่มี CEC ความเป็นกรดด่าง 7.5 ซึ่งจะไม่มีผลต่อวัสดุปลูก มีราคาถูก (วิทยา, 2523) เพอไลท์มี CEC 1.5 me/100g. มีความสามารถในการเก็บน้ำ 27 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีการระบายน้ำดี (Morrison *et al.;* 1960) เพอไลท์ประกอบไปด้วย ธาตุอะลูมิเนียม โปแตสเซียม และโซเดียมอยู่ด้วย แต่ไม่เป็นประโยชน์หรือโทษกับพืช (สมเพียร, 2526) ได้มีการทดลองปลูกคาร์เนชั่นในเพอไลท์ พบว่า คาร์เนชั่นจะได้รับอันตรายอันเกิดจากพิษของอะลูมินัมเมื่อ ความเป็นกรดด่างต่ำกว่า 5 แต่ถ้า ความเป็นกรดด่าง ของเครื่องปลูกสูงกว่านี้จะไม่แสดงอาการ

2.3.1.4 ร็อควูล (Rock wool) เป็นวัสดุที่มีรูพรุนเหมือนฟองน้ำ ประกอบด้วย diabase 60 เปอร์เซ็นต์ dolerite 20 เปอร์เซ็นต์ และยังมีหินปูนเป็นองค์ประกอบ เมื่อนำมาเผาหรืออบที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส จะมีรูพรุนมาก สามารถดูดซึมน้ำ ได้ดี (Baudoin, 1990) องค์ประกอบของร็อควูลประกอบด้วย เหล็ก และทองแดง ซึ่งไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชเพราะเป็นสารเฉื่อย (Van Patten, 1991) ข้อเสียของร็อควูลคือจะเก็บสะสมน้ำไว้มากเกินไป ไม่เหมาะสมในการปลูกพืชคือ จะมีเกลือสะสมเมื่อน้ำระเหยหรือถูกดูดนำไปใช้ (Baudoin, 1990)

2.3.2 Natural organic substrate เป็นการปลูกพืชในวัสดุที่ได้จากสารอินทรีย์ธรรมชาติเช่น พีท หรือ ดินเทียม มีความสามารถในการดูดซับน้ำและธาตุอาหารมากกว่าวัสดุอื่นๆ เช่น ทราย กรวด การใช้วัสดุเหล่านี้ มีความจำเป็นที่ต้องการฆ่าเชื้อ เพราะส่วนที่ใช้แล้วสามารถทิ้งไป และหามาแทนที่ได้ สารอินทรีย์ธรรมชาติที่นำมาใช้เป็นวัสดุปลูกที่ไม่ใช้ดินมีหลายชนิดเช่น

2.3.2.1 ขุยมะพร้าว (Coil dust) ปกตินำมาเป็นส่วนผสมสำหรับการปลูกพืช (สมเพียร, 2526) เพื่อปรับปรุงคุณภาพทางฟิสิกส์ของเครื่องปลูกให้ดีขึ้น โดยเพิ่มความสามารถในการดูดธาตุอาหาร เป็นการเพิ่มความสามารถในการระบายน้ำและอากาศ สามารถอุ้มน้ำได้ถึง 4-5 เท่าของน้ำหนักตัวเอง ขุยมะพร้าวมีสภาพค่อนข้างเป็นกรดเกือบถึงสภาพเป็น

กลาง (วิทยา, 2524) มีโปแตสเซียมค่อนข้างสูง (สรสิทธิ์, 2531) มีขนาดอนุภาคส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 0.5-2.0 มิลลิเมตร ค่าสัมประสิทธิ์การซาบซึมน้ำ (Hydraulic conductivity) 0.15 เซนติเมตรต่อวินาที ขนาดของอนุภาคส่วนใหญ่อยู่ในขนาด 0.0047 ไมครอน ความหนาแน่นรวม 0.06 กรัมต่อมิลลิลิตร ความหนาแน่นอนุภาค 1.55 กรัมต่อมิลลิลิตร ความพรุนทั้งหมด 95.53 เปอร์เซ็นต์ ช่องว่างอากาศ 4.87 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ (easily available water) 35.28 เปอร์เซ็นต์ และความจุในการดูดยึดความชื้นไว้ได้ (water buffering capacity) 8.76 เปอร์เซ็นต์ (วิทยา, 2524) ขุยมะพร้าวเป็นวัสดุค่อนข้างสะอาด มีความเป็นกรดเล็กน้อยคือ มี ความเป็นกรดด่าง อยู่ในช่วง 6.2 มีความสามารถในการอุ้มน้ำได้มาก เมื่อนำไปผสมกับทรายก่อสร้างในอัตรา 1:1 เป็นอัตราที่เหมาะสมในการเพาะเมล็ดไม้ดอก (สมเพียร, 2526) ได้มีการใช้ขุยมะพร้าว แกลบ และวัสดุอื่นๆ ที่เหลือใช้มาทดลองปลูกพืชแทนดิน พบว่าพืชชนิดต่างๆ เช่น มะเขือเทศ แตงกวา แตงเทศ สามารถเจริญเติบโตได้ดีในวัสดุซึ่งเป็นส่วนผสมของแกลบสด และขุยมะพร้าว (กระบวน, 2538 ; เมธิน, 2536 และ วิจิตร, 2535) ปัจจุบันการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเพื่อการค้าในประเทศมาเลเซีย ซึ่งเป็นประเทศในเขตร้อน พบว่าขุยมะพร้าวสามารถนำมาเป็นวัสดุปลูกที่ใช้ได้ดีที่สุด (Raja and Muhammad, 1992)

2.3.2.2 พีท (peat) เกิดจากการเน่าเปื่อยผุพัง ทับถมกันเป็นระยะเวลานานหลายร้อยปีของซากพืชที่ขึ้นอยู่ตามบริเวณที่มีฝนตกชุก ความชื้นสูง และมีอากาศเย็นในช่วงฤดูร้อน คุณภาพขึ้นอยู่กับชนิดของพืชที่ให้กำเนิด ภูมิประเทศ สภาพการผุเปื่อย ปริมาณธาตุอาหารและคุณภาพความเป็นกรดของพืช (สมเพียร, 2526) พีทมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง แต่มีธาตุอาหารที่จำเป็นเพียงเล็กน้อย พีทมีคุณสมบัติเป็นกรด ส่วนใหญ่นำไปเป็นส่วนผสมกับทราย และเวอร์มิคิวไลท์ในอัตราส่วน 1:1:1 พบว่าเมื่อนำมาปลูกมะเขือเทศทำให้ได้ผลผลิตที่ดี (Abou and Beltagy, 1992)

2.3.2.3 แกลบ (rice hull) เป็นวัสดุที่หาได้ง่ายจากโรงสีข้าว (ทัศนีย์และสรสิทธิ์, 2531) คุณค่าของเคมีของแกลบประกอบด้วยองค์ประกอบโดยประมาณดังนี้ โปรตีน 3.27 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 3.13 เปอร์เซ็นต์ แป้ง 38.64 เปอร์เซ็นต์ เถ้าถ่านรวม 10.49 เปอร์เซ็นต์ ซิลิกอน 9.53 เปอร์เซ็นต์ และเถ้าถ่านที่ละลายน้ำได้ 0.96 เปอร์เซ็นต์ (สมจิตร, 2529) C/N ratio ของแกลบอยู่ระหว่าง 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งของอินทรีย์วัตถุที่นำมาผสม (สมเพียร, 2526) ได้มีการใช้วัสดุปลูกซึ่งเป็นส่วนผสมระหว่างแกลบสด และขุยมะพร้าว

นำมาเป็นวัสดุปลูกพืชชนิดต่างๆ เช่น มะเขือเทศ แตงเทศ น้ำเต้า ผักกวางตุ้ง ผักกาดขาว พริกขี้หนู และไม้ดอก เช่น ดาวเรือง เทียนสี ซึ่งทำให้พืชมีการเจริญเติบโตได้ดี (ทัศนีย์ และสรสิทธิ์, 2531)

2.3.2.4 ขี้เลื่อย (sawdust) เป็นวัสดุที่ได้จากโรงเลื่อยที่ทิ้งไว้เป็นระยะเวลานาน บริเวณชั้นบนมีการผุสลายตัวดี มักเป็นกรดจัดจนทำอันตรายกับรากพืชได้ (วิทยา, 2524) การใช้ขี้เลื่อยเป็นวัสดุปลูกนั้นต้องมีการเปลี่ยนวัสดุปลูกหลังจากปลูกพืชได้ 1-2 ฤดู เพราะจะเกิดการอัดตัวกันแน่น และควรเปลี่ยนวัสดุใหม่เพื่อหลีกเลี่ยงเชื้อโรคที่ติดมากับวัสดุปลูกได้ (ทัศนีย์ และสรสิทธิ์, 2531) ขี้เลื่อยที่เหมาะสมต่อการขยายพันธุ์พืชแต่ไม่ควรปลูกเกิน 6 เดือน เพราะอาจเป็นพิษกับพืชปลูกได้ (Mason, 1990) เมื่อนำขี้เลื่อยมาผสมกับ พีท ทราย และฟางข้าว เพื่อใช้ในการปลูกมะเขือเทศทำให้ผลผลิตที่ได้มีจำนวนเพิ่มมากขึ้น (Adamson and Mass, 1971 และ 1976)

2.3.2.5 เปลือกไม้ (wood bark) เปลือกไม้ที่นิยมใช้อยู่ในขณะนี้ส่วนใหญ่มาจากเปลือกต้นไม้เรดวูด (red wood) เปลือกไม้สนไพน์ (pine bark) เปลือกไม้เนื้อแข็ง (hardwood bark) เปลือกไม้เป็นวัสดุที่มีราคาถูก เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุอื่นๆ เช่น พีท มอส เปลือกไม้บางชนิดต้องนำไปตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ก่อน จึงนำมาเป็นเครื่องปลูก (วิทยา, 2523) เปลือกไม้มีคุณสมบัติที่ดีคือมีน้ำหนักเบา มีช่องว่างที่เหมาะสมต่อความจุในการอุ้มน้ำ นอกจากนี้การเติม sความเป็นกรดด่างagnum peat ผสมกับเปลือกไม้ในอัตราส่วน 1:2 โดยปริมาตรทำให้เครื่องปลูกมีปริมาณช่องว่างระบายอากาศ 25 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณช่องว่างที่สามารถจุน้ำได้ 65 เปอร์เซ็นต์ จึงทำให้มีการระบายอากาศที่ดี และมีความจุในการอิ่มน้ำสูง ซึ่งจะเหมาะสมกับพืชที่ปลูกในภาชนะ (Solbraa , 1986) ได้มีการทดลองเพิ่มไนโตรเจนให้กับเปลือกไม้เนื้อแข็ง 1 เปอร์เซ็นต์ และไม้เนื้ออ่อน 0.5-0.75 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เปลือกไม้มีความชื้นเพิ่มขึ้น 65-70 เปอร์เซ็นต์ แต่การเพิ่มฟอสเฟตจะไม่มีผลมากนักต่อเปลือกไม้ (Verdonck *et al.*, 1983)

2.4 คุณสมบัติของวัสดุปลูกที่เหมาะสม

2.4.1 ความจุอากาศของวัสดุปลูก และการระบายน้ำ เป็นสิ่งสำคัญมาก รากพืชจะเจริญเติบโตได้ดีเมื่อมีการระบายอากาศดี มีระดับความชื้นและธาตุอาหารเพียงพอ การกระ

จายตัวของช่องว่างมีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำในวัสดุที่ถูกยึดไว้ได้ โดยเฉพาะถ้าขนาดของช่องว่างมีขนาดเล็กจะเกิดการขังน้ำได้ (Brown and Pokomy, 1975) วัสดุปลูกที่เหมาะสมควรมีอากาศ 10-20 เปอร์เซ็นต์ และน้ำ 35-50 เปอร์เซ็นต์ ความจุความชื้นของวัสดุปลูกที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 30-60 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตรหรือ 183 ลิตรต่อลูกบาศก์เมตร นอกจากนี้วัสดุปลูกควรมีความหนาแน่นรวม (bulk density) ที่เหมาะสม เช่น 0.721-1.282 และ 0.15-0.5 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (Criley and Watanabe, 1974)

2.4.2 ค่า C.E.C. ระดับของประจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกที่เหมาะสมสำหรับวัสดุปลูกในภาชนะควรอยู่ระหว่าง 10-30 me/100 gs หรือ 10-100 me/100 ml ถ้าค่าต่ำกว่านี้จะไม่เหมาะสมในการปลูกพืชจึงจำเป็นต้องนำเอาวัสดุอื่นๆ เช่น พีท มอส เวอร์มิคิวไลท์ และอินทรีย์วัตถุที่ค่า C.E.C. สูง นำมาเป็นส่วนผสมทำให้ส่วนประกอบของวัสดุปลูกมีค่า C.E.C. สูงขึ้น (วิทยา, 2523) ค่า C.E.C. ควรอยู่ในระดับที่เหมาะสม ค่าสูงเกินไปทำให้มีปริมาณแกลือสูง และถ้าระดับต่ำเกินทำให้สารละลายธาตุอาหารมีปริมาณแกลือต่ำลง (Baudoin, 1990)

2.4.3 ความเป็นกรดด่าง ของวัสดุปลูก ความเป็นกรดเป็นด่าง มีผลควบคุมธาตุอาหารที่พืชจะสามารถนำไปใช้ได้ พืชสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในระดับ ความเป็นกรดด่างที่เป็นกรดเล็กน้อย คือในช่วง 6.2-6.8 (วิทยา, 2523) ถ้าสภาพความเป็นกรดและด่างของวัสดุมีค่าต่ำผิดปกติ ทำให้อะลูมินัมและแมงกานีสสลายออกมามากจนเป็นพิษต่อพืช (Self, 1976) ระดับของความเป็นกรดด่าง ที่สูงสามารถนำไปสู่การตกตะกอนของธาตุอาหารรอง เช่น เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี เพราะฉะนั้นในการใช้วัสดุปลูกทุกครั้ง ควรตรวจระดับความเป็นกรดด่าง และปรับเข้าที่ระดับที่พืชต้องการก่อนนำไปใช้ประโยชน์ (วิทยา, 2524)

2.4.4 ค่าการนำไฟฟ้า ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหารในระบบ NFT อยู่ระหว่าง 2-4 mS/cm (Winsor *et al.*, 1979) ค่าที่สูงกว่านี้จะใช้กับมะเขือเทศตอนแรกๆ ภายในสภาพที่ความเข้มแสงต่ำ และลดลงถึงประมาณ 3 mS/cm เมื่อความเข้มแสงเพิ่มขึ้น และการคายน้ำสูง ระดับการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมจะค่อนข้างสูงกว่าในน้ำกระด้าง (แคลเซียมสูง)มากกว่าในน้ำอ่อน (แคลเซียมต่ำ) น้ำที่มีความบริสุทธิ์พอ ทำให้พืชเจริญเติบโตดี

2.4.5 อากาศ ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินนอกจากให้ธาตุอาหารครบตามที่พืชต้องการแล้ว ยังต้องให้ออกซิเจนแก่รากพืชด้วย พืชต้องการคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ เพื่อช่วยในการสังเคราะห์แสง โดยรวมตัวกับออกซิเจนและถูกดูดเข้าไปที่ปากใบ แล้วสร้างอาหารให้กับพืช (Jan, 1979) การให้สารละลายธาตุอาหารพืชควรให้ในปริมาณที่พอเพียงถึงทุกส่วนของวัสดุปลูกอย่างสม่ำเสมอ ส่วนที่วัสดุปลูกไม่สามารถดูดซับน้ำไว้ได้ จะถูกระบายอย่างรวดเร็ว เพื่อให้มีปริมาณของก๊าซออกซิเจนอย่างเหมาะสมเข้าไปอยู่แทนที่ในส่วนของช่องว่างนั้น ขนาดของเครื่องสูบน้ำไฟฟ้า และความบ่อยครั้งในการให้สารละลายธาตุอาหารพืชขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของวัสดุรองรับพืช การให้สารละลายธาตุอาหารพืชควรให้เฉพาะช่วงกลางวัน (สุรเดช, 2538) การวางแผ่นโฟมให้พ้นผิวของสารละลายจะเกิดช่องว่างระหว่างแผ่นโฟมกับผิวของสารละลาย ช่องว่างนี้จะช่วยให้สารละลายได้สัมผัสกับออกซิเจนมากขึ้น (สุณีย์, 2534) เมื่อปลูกพืชในสภาพอากาศร้อนควรจะเพิ่มอากาศหรือออกซิเจนในสารละลายในพืช โดยให้สารละลายธาตุอาหารมีการไหลเวียนมากขึ้น เช่น อัตราการไหลของสารละลายธาตุอาหาร 3.5-4 ลิตรต่อนาทีต่อร่อง ความยาวของร่อง 10-15 เมตร ถ้าเป็นระบบ NFT. ปริมาณอากาศที่อยู่ในน้ำจะพอให้ร่องยาวเพียง 8 เมตรเท่านั้น สำหรับเขตร้อน ในเขตหนาวออกซิเจนละลายในน้ำได้มากกว่า จึงปลูกในร่องที่ยาวกว่าได้ (Baudoin, 1990)

2.4.6 หน่วยของความเข้มข้น ความเข้มข้นธาตุอาหารถูกกำหนดได้หลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีมีผู้สนับสนุนต่างๆ กัน ในอเมริกา โดย Baudoin (1990) อ้างถึง Collins and Jensen (1983) ที่แสดงความเข้มข้นสารละลายด้วย ส่วนต่อล้านส่วน (ppm.) ในทำนองเดียวกัน Baudoin (1990) อ้างถึง Jone (1981) ใช้ ppm. ซึ่งเป็นวิธีการที่ง่ายในประเทศอังกฤษ ปัจจุบันนี้ใช้มิลลิกรัมต่อลิตร หน่วยนี้มักใช้สำหรับทุกๆ วัตถุประสงค์ในทางปฏิบัติ ซึ่งแทนได้กับ ppm. เนื่องจากความหนาแน่นของน้ำใกล้เคียงกับ 1 กิโลกรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิห้อง อย่างไรก็ตามแนวคิดการใช้หน่วย ppm. เหมาะสมกว่าสำหรับอัตราส่วนที่แสดงเป็นน้ำหนัก เช่น ในการวิเคราะห์เนื้อเยื่อพืช ppm. ตรงกันกับ mg./kg. แต่สารละลายธาตุอาหารโดยทั่วไปจากการวิเคราะห์โดยฐานของปริมาตร

2. วัสดุปลูก

วัสดุที่นำมาใช้เป็นภาชนะปลูกพืชมีหลายชนิด สิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาคือ วัสดุที่นำมาใช้ไม่ควรมีสารที่เป็นพิษที่ปลดปล่อยออกมาจนทำให้พืชชะงักหรือตายได้ ส่วนใหญ่ภาชนะที่ใช้จะทำมาจากพลาสติกสีทึบ เพราะสามารถกันแสงไม่ให้ผ่านลงสู่รากพืชได้ รวมทั้งสามารถสะท้อนแสงได้ทำให้อุณหภูมิภายในกระบะปลูกพืชไม่สูงเกินไป (สุรเดช, 2538) แสงมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของราก และส่งเสริมการเกิดตะไคร่น้ำ จะไปแย่งธาตุอาหารของพืชที่ปลูก ดังนั้นภาชนะที่มีลักษณะโปร่งใส และโปร่งแสงควรหุ้มด้วยวัสดุทึบแสง (นพดล, 2538) พลาสติกที่นิยมใช้ ได้แก่ polyethylene (PE), polyvinyl chloride (PVC) และ polypropylene (PP) การใช้พลาสติกเป็นภาชนะปลูกพืชมีข้อดีเนื่องจากมีน้ำหนักเบา ทนทานต่อการกัดกร่อน ไม่ไวต่อการทำปฏิกิริยาเคมี รักษาระดับอุณหภูมิของวัสดุปลูกไม่ให้ผันแปรมาก และรักษาความสะอาดง่าย (Garnaud, 1985)

รูปร่างของภาชนะปลูกพืชโดยทั่วไปเป็นลักษณะสี่เหลี่ยมผืนผ้า กว้างประมาณ 1-1.5 เมตร ความยาวไม่เกิน 40-50 เมตร ความสูงของภาชนะรองรับรากพืชไม่เกิน 20 เซนติเมตร (สุรเดช, 2538) ลักษณะของภาชนะมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชที่มีระบบรากแตกต่างกัน ดังนั้นในการปลูกพืชแต่ละชนิดต้องพิจารณาทั้งชนิดของวัสดุปลูก ขนาด และรูปร่างของภาชนะให้สัมพันธ์กัน (Keever *et al.*, 1995)

3 ธาตุอาหารพืช

ในการควบคุมธาตุอาหารพืชในระบบ การปลูกพืชไม่ใช้ดิน ต้องการความรู้ทางเคมีอินทรีย์พื้นฐาน และการคำนวณแบบง่ายๆ ที่เกี่ยวกับความเข้มข้นของธาตุอาหารในสารละลายกับองค์ประกอบของปุ๋ย ซึ่งจะต้องศึกษาในเรื่องพื้นฐานของเรื่องธาตุอาหารของวัสดุปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน

ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ (Baudoin, 1990)

3.1 ธาตุอาหารหลัก (macronutrient) เป็นธาตุอาหารหลักของพืช พืชต้องการในปริมาณมาก ซึ่งประกอบไปด้วย ธาตุไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โปแตสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) และซัลเฟอร์ (S) ธาตุที่พืชนำไปใช้จำนวนมากคือ ธาตุโปแตสเซียม ไนโตรเจน แคลเซียม ส่วนฟอสฟอรัสและแมกนีเซียมใช้น้อยกว่า สัดส่วนของธาตุอาหารเหล่านี้จะแตกต่างกันตามตำแหน่งที่อยู่ในต้นพืช เช่น แคลเซียม ปกติจะอยู่ที่ผลน้อย

3.2 ธาตุอาหารรอง (micronutrient) เป็นธาตุอาหารที่พืชต้องใช้ในปริมาณเพียงเล็กน้อย แต่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) โบรอน (Bo) โมลิบดินัม (Mo) และคลอรีน (Cl) ความเข้มข้นของธาตุอาหารเหล่านี้ในต้นพืชก็แตกต่างกันมาก เช่น เหล็ก และแมงกานีส พืชต้องการในปริมาณที่มากกว่าโมลิบดินัมมาก แม้ว่าธาตุอาหารรองนี้พืชต้องการในระดับความเข้มข้นที่ต่ำมาก แต่บางครั้งอาจพบแมงกานีสในใบมะเขือเทศสูงถึง 0.4 เปอร์เซ็นต์ หรือมากกว่านี้ จากต้นที่ปลูกในดินที่ฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำ ความเข้มข้นระดับนี้เป็นความเข้มข้นตามปกติของธาตุอาหารหลัก เช่น โปแตสเซียม และแมกนีเซียม

4. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของคะน้า

สำหรับพืชที่ใช้ทดลองคือ คะน้า *Brassica oleracea* var. *alboglabra* อยู่ในตระกูล Cruciferae ชื่อเรียกในภาษาอังกฤษได้แก่ Kailan, Kale Chinese Brocoli (เมืองทอง และสุรีรัตน์, 2532) คะน้าเป็นพืชฤดูเดียว ลำต้นหนาสีเขียวเข้ม ใบเป็นรูปไข่สีเขียวเข้มเป็นมัน ก้านใบหนา ออกดอกเป็นช่อ ดอกมีสีขาว ผลเป็นแบบผ่าแล่ง (silique) เมล็ดมีสีน้ำตาลถึงดำ เมล็ดรูปร่างกลม (สุรชัย, 2535)

ผักคะน้าเป็นผักที่นิยมใช้บริโภค เพราะหาซื้อง่าย ราคาถูก และหาซื้อมาบริโภคได้ตลอดปี อายุการเก็บเกี่ยวตั้งแต่หยอดเมล็ดจนถึงเก็บเกี่ยว ประมาณ 45-50 วัน ต้นสูงประมาณ 35-50 เซนติเมตร ปริมาณผลผลิตของเกษตรกรปลูกได้ประมาณ 950-2,000 กิโลกรัมต่อไร่ เฉลี่ย 1,150 กิโลกรัมต่อไร่ (กลุ่มหนังสือเกษตร, 2525)

พันธุ์ผักคะน้า ที่นิยมปลูกมี 2 ประเภท (กองบรรณาธิการ, 2529) คือ

1. คะน้าใบ มีลักษณะต้นอวบใหญ่ ก้านเล็ก ใบกลมหนา ทนต่อสภาพอากาศได้ดี เมล็ดพันธุ์ของคะน้าใบที่ทางราชการผลิตได้ ได้แก่พันธุ์ ฝางเบอร์ 1 และฝางเบอร์ 2 คะน้าใบมีข้อเสียคือ ใบจะกรอบ ทำให้เป็นปัญหาในการขนส่ง

2. คะน้ายอด หรือคะน้าก้าน มีลักษณะต้นอวบใหญ่ มีดอกสีขาว ใบแหลม ก้านใหญ่ มีความต้านทานต่อโรค ต่อความร้อน และความชื้นได้ดี สำหรับเมล็ดพันธุ์ที่ทางราชการผลิตได้คือพันธุ์ PL20 โดยทำการคัดเลือกปรับปรุงพันธุ์และเผยแพร่ให้เกษตรกรได้ใช้มาตั้งแต่ปี 2516 เป็นพันธุ์ที่ออกดอกช้า ให้น้ำหนักดี และผลผลิตสูง (กองบรรณาธิการ, 2534)

สำหรับในการทดลองครั้งนี้จะใช้คะน้ายอด หรือคะน้าก้าน เพราะสามารถทนต่อสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดี มีรสชาติดี และสามารถขนส่งได้ในระยะทางไกลๆ ได้