เอกสารวิชาการ
เรื่อง
การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ศูนย์บรรณสารและสื่อการศึกษา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

อาจารย์อารักษ์ ธีรอำพน
สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำนำ

เอกสารวิชาการเรื่อง *"การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน"* เป็นเอกสารที่ใช้สำหรับประกอบการเรียนการสอนวิชาการผลิตผักเศรษฐกิจและวิชาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในหลักสูตรระดับปริญญาตรี นอกจากนี้ยังใช้เป็นเอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตรการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ของสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ.นครราชสีมา สำหรับท่านผู้สนใจเอกสารเล่มนี้คงจะให้ประโยชน์แก่ท่าน ไม่ว่าจะนำไปปฏิบัติเป็นงานอดิเรกหรือเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการลงทุนเชิงธุรกิจ รวมทั้งประยุกต์ใช้กับงานวิจัยและทดลอง

เนื้อหาในเอกสารเล่มนี้ ประกอบด้วย 4 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ความรู้ทั่วไป ได้จากการรวบรวมเอกสารทางวิชาการต่าง ๆ ส่วนที่ 2 สารละลายธาตุอาหารพืชและการจัดการสารละลายธาตุอาหารพืช ส่วนที่ 3 การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อันเกิดจากการนำผลงานวิจัยและทดลองที่ได้ไปปลูกทดสอบเชิงการค้า ในส่วนนี้ยังรวบรวมตัวอย่างการวิเคราะห์การลงทุนโครงการผลิตแตงแคนตาลูปโดยไม่ใช้ดิน เพื่อเป็นแนวทางสำหรับผู้ที่ตัดสินใจจะนำไปประกอบอาชีพ ส่วนที่ 4 บรรณานุกรม รายชื่อเวบไซต์เกี่ยวกับไฮโดรโพนิกส์ รายชื่อผู้ประกอบการ ตลอดจนสถานประกอบการที่จำหน่ายวัสดุอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินของประเทศไทย

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่สนับสนุนทุนวิจัยและงบประมาณการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน จนทำให้ได้ข้อมูลที่มีความสมบูรณ์ ท้ายสุดขอขอบคุณ คุณวันดี และ ด.ญ.ญาดา ธีรอำพน ที่คอยเป็นกำลังใจ คุณสุชาดา ทัดทอง ผู้พิมพ์ต้นฉบับ รวมถึงขอขอบคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ทำให้เอกสารเล่มนี้สมบูรณ์ สำหรับความผิดพลาดใด ๆ ที่เกิดขึ้น ผู้เขียนขอน้อมรับและจะนำไปปรับปรุงแก้ไขในโอกาสต่อไป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

อารักษ์ ธีรอำพน

กันยายน 2544

สารบัญ

หน้า

ส่วนที่ 1 : ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

- บทนำ ความหมาย และชนิดพืชที่ปลูก 1-1 ➪1-2
- ข้อดี – ข้อเสีย ของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน 1-2 ➪1-3
- ระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน 1-3 ➪1-5
- วัสดุ อุปกรณ์ที่จำเป็น 1-5 ➪1-6
- ปัจจัยที่ควบคุมการเจริญเติบโตของพืชปลูก 1-6 ➪1-13
- ภาพประกอบระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบต่างๆ 1-14 ➪1-24

ส่วนที่ 2 : สารละลายธาตุอาหารพืชและการจัดการสารละลายธาตุอาหารพืช

- สารละลายธาตุอาหาร 2-1 ➪2-13
- สูตรสารละลายธาตุอาหารสำหรับพืชต่างๆ 2-14 ➪2-27
- การจัดการสารละลายธาตุอาหารพืชในระบบ มีการนำสารละลายกลับมาใช้ใหม่ 2-28 ➪ 2-48

ส่วนที่ 3 : การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ.นครราชสีมา

- แตงเทศ/แตงแคนตาลูป 3-1 ➪3-22
- ผักกินใบ 3-23 ➪3-36
- พืชอื่นๆ ที่อยู่ระหว่างการวิจัยทดลอง 3-37 ➪3-40
- ตัวอย่างการเขียนโครงการผลิตแตงแคนตาลูประบบไฮโดรโพนิกส์ 3-41 ➪3-52

ส่วนที่ 4 : ภาคผนวก

บรรณานุกรม 4-1 ➪4-2

รายชื่อเวบไซด์เกี่ยวข้องกับไฮโดรโพนิกส์ และส่วนอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง 4-3 ➪4-5

รายชื่อผู้ประกอบการ สถานประกอบการ และร้านค้าที่จำหน่าย 4-6 ➪4-9

วัสดุ อุปกรณ์ ระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ในประเทศไทย

มทส
สวทก.W72
อ64อ7
2544

C...
Bib No. H87583, I118478
ราคา .....
วัน เดือน ปี 14 ต.ค. 2547
เลขทะเบียน B 084143

ส่วนที่ 1
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

โดย อ. อารักษ์ ธีรอำพน

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

E-mail : arak@ccs.sut.ac.th โทร (044) 224152 –3 225006 225008

บทนำ

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Soilless Culture) เป็นวิธีการปลูกพืชที่ใช้หลักการในแบบวิทยาศาสตร์สมัยใหม่ โลกในยุคปัจจุบันหันมาปลูกพืชด้วยวิธีนี้กันมากขึ้น เพราะเป็นการช่วยเพิ่มผลผลิต ลดปัญหาการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช สามารถปลูกพืชได้ทุกสถานที่โดยไม่จำกัดขอบเขต ฯลฯ การปลูกพืชแบบนี้ได้เริ่มมีมานานแล้ว จากหลักฐานโบราณทางประวัติศาสตร์มีการเขียนบันทึกต่าง ๆ ทางพฤกษ-ศาสตร์ ตั้งแต่ก่อน ค.ศ. 372-287 ปี แต่ตามประวัติที่ได้กล่าวถึงการปลูกพืชที่เข้าหลักการทางวิทยาศาสตร์ดูเหมือนจะเริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ. 1699 โดยนักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ต่อมาในปี ค.ศ.1860 แซคส์ (Sachs) และ ค.ศ.1861-5 น้อป (Knop) นักสรีรวิทยาทางพฤกษศาสตร์ชาวเยอรมัน ได้เป็นผู้เริ่มต้นปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินด้วยหลักการวิทยาศาสตร์สมัยใหม่อย่างแท้จริง กล่าวคือ ปลูกพืชด้วยสารละลายหรือการปลูกพืชในน้ำโดยการใช้เกลืออนินทรีย์ต่าง ๆ ใส่ลงไป จึงถือเป็นต้นตำหรับของสูตรธาตุอาหารที่ใช้มากันจนถึงปัจจุบัน ต่อมาก็มีการพัฒนาค้นคว้าความรู้ทางด้านสูตรธาตุอาหารกันเรื่อยมา

สำหรับประเทศไทยนั้น ข้อมูลด้านการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในอดีตมีปรากฏในรูปแบบการทำวิจัย แต่งานวิจัยส่วนใหญ่ยังจำกัดเฉพาะในวงแคบ และพืชที่ทดลองปลูกด้วยวิธีการนี้ มักเป็นพืชที่ปลูกอยู่โดยทั่วไป มีมูลค่าผลตอบแทนต่ำ ทำให้ไม่อาจกระตุ้นความสนใจในการนำไปปฏิบัติต่อ ขณะที่ปัจจุบันปัญหาสิ่งแวดล้อมทวีความรุนแรงเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ไม่ว่าจะเป็นปัญหาฝนไม่ตกต้องตามฤดูกาล การระบาดของโรค-แมลงศัตรูพืช ดินเสื่อมคุณภาพ และสภาพอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ฯลฯ ส่งผลกระทบต่อการผลิตภาคเกษตรกรรมอย่างหนัก ระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถแก้ไขปัญหาเหล่านี้ได้ และนับเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่เข้ามาปฏิวัติระบบการเพาะปลูกเดิม ขณะนี้มีบริษัทเอกชนหลาย ๆ แห่งสนใจนำเทคโนโลยีการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินมาปรับใช้ในเชิงการค้า ซึ่งพบว่าสามารถคุ้มทุนในระยะเวลาไม่นานนัก ผู้ที่สนใจธุรกิจทางด้านการเกษตรจึงขยายการลงทุนกันมากขึ้น

ความหมาย

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Soilless culture) หมายถึงวิธีการปลูกพืชเลียนแบบการปลูกพืชบนดิน โดยปลูกพืชลงบนวัสดุอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ดิน หรือปลูกลงบนสารละลายธาตุอาหารพืช อาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน จากคำว่า "***Substrate culture***" เป็นการปลูกพืชลงบนวัสดุปลูกชนิดต่างๆ เช่น แผ่นฟองน้ำ ทราย กรวด ขี้เลื่อย แกลบ ขุยมะพร้าว แทนดิน โดยพืชสามารถเจริญเติบโตบนวัสดุปลูกจากการได้รับสารละลายธาตุอาหารที่พืชต้องการจากทางรากพืช

การปลูกพืชไม่ใช้ดิน จากคำว่า "***Hydroponics***" ซึ่งมาจากคำ 2 คำในภาษากรีก คือ "hudor" หมายถึง น้ำ และ "ponos" หมายถึง งาน หรือความหมายรวมอีกนัยหนึ่งคือ "water-working" ซึ่งหมายถึง การทำงานของน้ำ (สารละลายธาตุอาหาร) ผ่านรากพืชโดยตรง

คำว่า "hydroponics" ในระยะแรก มีความหมายแคบ โดยหมายถึงเฉพาะการปลูกพืชในสารละลาย แต่ต่อมาภายหลังความหมายได้ถูกขยายให้กว้างขวางครอบคลุมทั้งระบบ ทำให้มีความหมายเดียวกับคำว่า "***Soilless culture***"

ชนิดพืชที่ปลูก

พืชแต่ละชนิดมีวิธีการปลูกโดยไม่ใช้ดินยาก-ง่ายแตกต่างกันไป อย่างไรก็ตาม เทคนิคการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินสามารถใช้ได้กับพืชแทบทุกชนิด ตั้งแต่ผัก ไม้ผล ไม้ดอก ไม้ประดับ สมุนไพร ไม่ว่าจะเป็นไม้เลื้อยจนถึงพืชยืนต้น แต่ส่วนมาก นิยมปลูกในพืชผักและไม้ผลที่เป็นพืชที่เก็บเกี่ยวช่วงอายุสั้น

ข้อดี-ข้อเสียของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

ข้อดี	ข้อเสีย
-สามารถปลูกพืชได้ทุกสถานที่ ไม่จำกัดขอบเขต แม้ในพื้นที่ที่ดินมีสภาพไม่เอื้ออำนวยต่อการใช้ประโยชน์ เช่น ดินเค็ม ฯลฯ	-เป็นระบบที่มีต้นทุนการผลิตเริ่มต้นค่อนข้างสูงกว่าการปลูกพืชในดิน เนื่องจากเครื่องมืออุปกรณ์มีราคาแพง
-ควบคุมสภาพแวดล้อมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชได้อย่างเหมาะสม แน่นอนและรวดเร็ว โดยเฉพาะในระดับรากพืช ได้แก่ การควบคุมปริมาณธาตุอาหาร pH อุณหภูมิ ความเข้มข้นของออกซิเจน ฯลฯ ซึ่งการปลูกพืชแบบทั่วไปทำได้ยาก ทำให้ผลผลิตและคุณภาพของพืชที่ได้สม่ำเสมอ คงที่ และสูงกว่าการปลูกในดินมาก	-วัสดุปลูกบางชนิดเน่าเปื่อยหรือเน่าสลายตัวยาก ทำให้อาจมีปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมได้ เช่น ฟองน้ำ เป็นต้น นอกจากนี้สารอาหารพืชที่ใช้แล้วหากไม่มีการจัดการที่ดี ก็อาจสร้างปัญหาให้แก่น้ำ เช่น ไนเตรท เป็นต้น

ข้อดี-ข้อเสียของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (ต่อ)

ข้อดี	ข้อเสีย
-ใช้น้ำและธาตุอาหารพืชอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด คือ ลดปริมาณน้ำที่ใช้ลง ประมาณ 10 เท่า และลดการสูญเสียธาตุอาหารพืช (ปุ๋ยเคมี) ลง ประมาณ 40 % ของการปลูกพืชในดิน	-ต้องการความรู้และทักษะมากพอในการจัดการควบคุมดูแล ให้เป็นไปอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ เช่น ถ้าเกลือสะสมมากในวัสดุปลูกหรือรากพืช จะทำให้รากพืชดูดน้ำไม่ได้
-พืชเจริญเติบโตได้เร็วกว่าและให้ผลผลิตที่มากกว่าการปลูกในดิน เพราะสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมของการปลูก โดยเฉพาะส่วนรากพืชได้ดีกว่า และจัดเตรียมสัดส่วนและปริมาณธาตุอาหารได้สมดุลและพอเหมาะกับความต้องการของพืช	-มีข้อจำกัดเรื่องชนิดของพืชปลูก เนื่องจากมีการลงทุนสูงกว่าการปลูกในดิน จึงต้องเลือกปลูกพืชที่มีราคา/หน่วยคุ้มค่าการลงทุน
-*ประหยัดเวลา* เนื่องจากสามารถย่นอายุการเก็บเกี่ยวให้สั้นลงกว่าการปลูกในดิน *ประหยัดค่าใช้จ่ายด้านแรงงาน* ในการปลูกและบำรุงรักษา *ประหยัดต้นทุนค่าขนส่ง* เนื่องจากเลือกพื้นที่ผลิตพืชให้ใกล้กับตลาดได้ ทำให้มีศักยภาพในเชิงการค้าสูง	-ต้องมีตลาดรองรับผลผลิตมากพอ จึงจะดำเนินการได้ เนื่องจากสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชได้ ทำให้ผลผลิตและคุณภาพของพืชสม่ำเสมอและสูงกว่าการปลูกในดินมาก
-ควบคุมปัญหาโรค-แมลงศัตรูพืชได้ง่ายกว่า เพราะพื้นที่ปลูกมีขอบเขตชัดเจน และปัญหาหลักของศัตรูพืชส่วนใหญ่เกิดจากดิน	-กรณีปลูกพืชด้วยระบบน้ำหมุนเวียน การเกิดโรคที่ระดับรากพืช จะระบาดสู่ต้นอื่นได้ง่าย ควบคุมได้ยาก
-ใช้พื้นที่ปลูกอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด คือ ปลูกพืชชนิดเดิมในพื้นที่เดียวกันได้ตลอดปี และปลูกได้ต่อเนื่อง รวมทั้งปลูกพืชได้ปริมาณหนาแน่นกว่าการปลูกในดิน เพราะไม่ต้องแย่งอาหารและน้ำกัน	-สาเหตุอื่นที่อาจทำให้เกิดความเสียหาย เช่น ไฟฟ้าดับ อุปกรณ์ชำรุด การขาดอุปกรณ์สำรอง ฯลฯ
-ผลิตผลที่ได้สะอาดและปลอดภัยทั้งต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม เพราะมีการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์ในดินน้อย	-การทำเป็นเชิงการค้า ต้องเลือกแหล่งผลิตที่มีคุณภาพน้ำที่ดี และต้องมีบุคลากรที่มีความรู้สารพัดช่างประจำหน่วยงาน

ระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน

จัดแบ่งตามวิธีการให้สารละลายธาตุอาหารบริเวณรอบรากพืช ดังนี้

1. แบบปลูกในสารละลายธาตุอาหาร เป็นแบบที่ได้รับความนิยมมากกว่าแบบอื่น ๆ ด้วยการนำรากพืชจุ่มแช่อยู่ในสารละลายโดยตรง ทั้งนี้ รากพืชสามารถทำงานได้ 2 หน้าที่ด้วยกัน คือ ดูดออกซิเจน

และดูดอาหาร รากส่วนที่ดูดออกซิเจนอยู่บริเวณโคนราก ซึ่งจะสัมผัสกับอากาศโดยตรง ส่วนรากดูดอาหารอยู่บริเวณปลายราก ซึ่งจะจุ่มแช่อยู่ในสารละลาย และสามารถพัฒนาไปเป็นรากดูดอากาศได้

การปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหารสามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธี คือ

1.1 แบบสารละลายไม่หมุนเวียน

- ไม่เติมอากาศ
- เติมอากาศ

1.2 แบบสารละลายหมุนเวียน โดยใช้ปั๊มในการทำให้สารละลายมีการไหลเวียน เป็นการเพิ่มออกซิเจนแก่รากพืชโดยตรง และช่วยรักษามิให้ธาตุต่าง ๆ เกิดการตกตะกอนต้นพืชจึงได้รับธาตุอาหารอย่างเต็มที่ ระบบนี้เหมาะสำหรับปลูกพืชเชิงการค้า

- การให้สารละลายไหลผ่านรากพืชอย่างต่อเนื่อง (Deep Flow Technique) : DFT
- การให้สารละลายไหลผ่านรากพืชเป็นน้ำบาง ๆ (Nutrient Film Technique) : NFT

2. <u>แบบปลูกให้รากลอยอยู่กลางอากาศ</u> (Aeroponics) เป็นการปลูกพืชโดยส่วนของรากลอยอยู่ในอากาศและฉีดสารละลายธาตุอาหารเป็นฝอยไปที่รากพืชโดยตรงเป็นช่วงเวลา รูปร่างของโครงสร้างปลูกพืชในระบบนี้อาจมีได้หลายรูปแบบ เช่น แบบกล่องสี่เหลี่ยม แบบกระโจมสามเหลี่ยม เป็นต้น พืชในระบบนี้มีการเจริญเติบโตดี ตั้งตัวเร็วหลังจากย้ายปลูก เนื่องจากรากพืชไม่กระทบกระเทือน การแพร่กระจายของรากดี เนื่องจากไม่มีสิ่งกีดขวางเหมือนในดินและรากพืชได้รับอากาศเต็มที่ การปลูกในระบบนี้เหมาะกับพืชต้นเตี้ย เช่น พืชผักต่าง ๆ ถ้าพืชต้นสูงจำเป็นต้องมีการค้ำยันหรือใช้เชือกยึด

ระบบนี้ เหมาะสำหรับงานวิจัยที่ศึกษาทดลองเกี่ยวกับการเจริญเติบโตหรือปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อราก เพราะเห็นการพัฒนาของรากได้ตลอด แต่ต้องลงทุนค่าใช้จ่ายในด้านวัสดุอุปกรณ์ค่อนข้างสูง ถ้าระบบการฉีดพ่นอุดตัน จะทำให้รากพืชแห้งตายได้ ไม่เหมาะจะปลูกเป็นการค้า

3. <u>แบบปลูกในวัสดุปลูก</u> (Substrate Culture) เป็นการปลูกโดยใช้วัสดุปลูกทำหน้าที่แทนดินสำหรับให้รากยึดและค้ำจุนต้นพืช วัสดุปลูกที่นิยมใช้มักมีความเป็นกลางไม่มีธาตุอาหาร ไม่เป็นอันตรายต่อการเจริญเติบโตของพืชและหาได้ง่ายในท้องถิ่นนั้น ๆ เช่น แกลบ ขุยมะพร้าว ขี้เลื่อย เปลือกไม้ ทราย กรวด ใยหิน เพอร์ไลท์ เวอร์มิคิวไลท์ เป็นต้น โดยจะเรียกชื่อระบบตามวัสดุปลูกนั้น ๆ เช่น sand culture

ข้อดีของระบบนี้คือ แม้ว่าระบบการให้น้ำชำรุด วัสดุปลูกจะสามารถทำหน้าที่เป็นแหล่งเก็บน้ำให้พืชได้ เป็นระบบที่ทำได้ค่อนข้างง่าย ไม่มีปัญหาในขณะปลูก พืชมีการเจริญเติบโตดี จากการทดลองปลูกพืชในวัสดุปลูกเปรียบเทียบระหว่างวัสดุปลูกอินทรีย์ เช่น ทราย ขุยมะพร้าว ฯลฯ ที่สามารถหาได้ในประเทศ เปรียบเทียบกับวัสดุปลูกที่ใช้อย่างแพร่หลายในต่างประเทศ ได้แก่ rockwool และฟองน้ำจากประเทศเบลเยี่ยม พบว่าการเจริญเติบโตของพืชไม่แตกต่างกัน แสดงว่าวัสดุปลูกภายในประเทศสามารถนำมาใช้ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินได้อย่างดี

ข้อเสียของการปลูกในวัสดุปลูกระบบนี้ จะมีความยุ่งยากในการเตรียมวัสดุปลูก และวัสดุบางอย่าง

มีน้ำหนักมาก ไม่สะดวกในการเคลื่อนย้าย และหลังจากปลูกพืชแล้วมักมีปัญหาในการนำไปทิ้ง โดยเฉพาะถ้าปลูกในเขตเมืองใหญ่

แบ่งการให้สารละลายธาตุอาหารพืช ได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

3.1 การให้สารละลายท่วมภาชนะปลูกระยะเวลาหนึ่งแล้วระบายออก สามารถทำได้โดย

- ใช้แรงโน้มถ่วง
- ใช้ระบบควบคุมเวลา

3.2 การให้สารละลายโดยการหยด

<u>วัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็น</u>

วัสดุอุปกรณ์สำหรับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแตกต่างกันไป สิ่งที่เป็นตัวกำหนดในการเลือกใช้วัสดุเหล่านี้ ได้จากความเหมาะสมเรื่องราคา คุณภาพ และความยาก-ง่ายในการจัดซื้อ การออกแบบอุปกรณ์ให้คำนึงถึงคุณลักษณะที่ต้องการ ชนิดพืชปลูก ลักษณะทางสภาพภูมิอากาศ สภาพแวดล้อมในท้องถิ่น ส่วนการดำเนินงาน ขึ้นอยู่กับการหาความรู้ เทคนิค และประสบการณ์ของผู้ปลูก แต่โดยทั่วไปมักประกอบด้วย

1. <u>โรงเรือน</u> เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน เพื่อที่จะสามารถควบคุมสภาวะแวดล้อมที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติให้เป็นไปในระดับที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืช โดยเฉพาะลม ฝน และการรบกวนจากแมลงศัตรูพืช รูปแบบของโรงเรือนต้องเหมาะสมและมีความแข็งแรงเพียงพอ ทำเลที่ตั้งของโรงเรือนควรอยู่ในพื้นที่ที่มีศักยภาพในการผลิต การสร้างโรงเรือนต้องตรวจสอบทิศทางการเคลื่อนที่ของแสงแดด ให้โรงเรือนได้รับแสงแดดอย่างเต็มที่ ลักษณะของโรงเรือนต้องสะดวกในการเข้าปฏิบัติงาน มีหลังคากันแดดและฝนในเวลาเดียวกัน มีความลาดเอียงของหลังคาไม่น้อยกว่า 10 % และมีชายคาป้องกันไม่ให้ฝนสาดเข้ามาในโรงเรือน ผนังด้านข้างโรงเรือนอาจเลือกใช้มุ้งตาข่ายคลุมโดยรอบ ขนาดของจำนวนช่องต่อนิ้วของมุ้งตาข่าย จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงขนาดของแมลงที่สามารถเข้ารบกวนพืชปลูกและบ่งชี้ถึงอุณหภูมิภายในโรงเรือน กล่าวคือ จำนวนช่องต่อนิ้วของมุ้งตาข่ายยิ่งมาก ยิ่งสามารถป้องกันแมลงที่มีขนาดเล็กได้มาก แต่มีผลทำให้การระบายอากาศในโรงเรือนเป็นไปได้น้อย อุณหภูมิในโรงเรือนจึงสูง

2. <u>ภาชนะที่ใช้ในการปลูก</u> หลักในการเลือกวัสดุที่จะใช้เป็นภาชนะปลูก ควรคำนึงถึง ความสะอาด ความแข็งแรง ความทนทาน ความสะดวกในการติดตั้งและใช้งาน ความปลอดภัยทั้งต่อต้นพืช และสิ่งแวดล้อม ราคาเหมาะสมและหาได้ง่ายในท้องถิ่น สำหรับตำแหน่งที่ตั้งภาชนะปลูก นิยมวางในแนวยาวในลักษณะตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์คือหันด้านแนวยาวของรางปลูกไปทางทิศเหนือและใต้

3.<u>วัสดุที่ใช้ในการปลูก</u> เป็นวัสดุที่พืชใช้ในการเจริญเติบโตที่เกี่ยวข้องกับการให้ออกซิเจนและธาตุอาหาร รวมทั้งช่วยในการส่งเสริมให้รากพืชเจริญเติบโต วัสดุปลูกดังกล่าวอาจเป็น อนินทรีย์สารและอินทรีย์สาร หรือวัสดุสังเคราะห์ หลักในการเลือกวัสดุที่ใช้ในการปลูก ควรคำนึงถึง ความสะอาด ความ

สะดวกในการใช้งาน ความปลอดภัยทั้งต่อต้นพืชและสิ่งแวดล้อม มีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดี มีราคาเหมาะสมและหาได้ง่ายในท้องถิ่น

4. วัสดุรองรับต้นพืช เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินที่ทำให้ต้นพืชทรงตัวอยู่ได้ การนำวัสดุมาช่วยค้ำพยุงอาจเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสม เช่น เชือกป่าน ลวด โฟม เป็นต้น เพื่อช่วยค้ำพยุง มิให้ต้นเคลื่อนไหวไปมา หลักในการเลือกวัสดุที่ใช้ในการปลูก ควรคำนึงถึง ความสะอาด ความสะดวกในการใช้งาน ความปลอดภัยทั้งต่อต้นพืชและสิ่งแวดล้อม มีราคาเหมาะสมและหาได้ง่ายในท้องถิ่น

5. ธาตุอาหารพืช นับเป็นหัวใจของการปลูกพืช เพราะธาตุอาหารจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ถ้าพืชไม่ได้รับธาตุอาหารนั้น พืชจะไม่สามารถเจริญเติบโตเป็นไปตามปกติจนครบวงจรชีวิตได้ ปัจจุบันมีการคิดค้นสูตรอาหารสำหรับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินมากมายหลายร้อยสูตร แต่การเลือกใช้สูตรใดขึ้นกับชนิดพืชปลูก ฤดูปลูก แสง อุณหภูมิในช่วงปลูก สถานที่ปลูก ตลอดจนวัตถุประสงค์ของการปลูก

6. น้ำ เป็นปัจจัยสำคัญ เพราะเป็นทั้งตัวทำละลายและนำธาตุอาหารไปให้พืชใช้ ตลอดทั้งยังเป็นส่วนประกอบในส่วนต่าง ๆ ของพืช ทำให้น้ำที่จะนำมาใช้ในการปลูกพืชต้องมีทั้งปริมาณและคุณภาพที่ดี คุณภาพของน้ำที่ดีจะต้องมีความเหมาะสมทั้งทางกายภาพ ชีวภาพและทางเคมี โดยเฉพาะคุณภาพของน้ำทางเคมี เพราะเกี่ยวข้องกับการจัดเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืชโดยตรง

7. ปั๊ม เป็นอุปกรณ์สำคัญในการก่อให้เกิดการไหลเวียนของสารละลายธาตุอาหาร และให้ออกซิเจนแก่รากพืช ปั๊มที่ดีต้องเป็นวัสดุที่ทนต่อการกัดกร่อนของเกลือหรือกรด แข็งแรง สะดวกในการติดตั้งและใช้งาน มีราคาเหมาะสมและหาได้ง่ายในท้องถิ่น

8. ไฟฟ้า เพื่อเป็นต้นกำลังของพลังงานที่ขาดไม่ได้ ถ้าต้องการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเชิงการค้าจำเป็นต้องจัดหาต้นกำลังสำรองไว้

9. เมล็ดพันธุ์พืชหรือกล้าพืชที่จะใช้ทำการปลูก ควรเป็นพันธุ์ไม้ที่ตลาดต้องการ ต้นกล้ามีความสำคัญต่อความสำเร็จในการผลิตมากเพราะจะทำให้พืชสามารถเจริญเติบโตและตั้งตัวได้เร็ว

10. วัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น เครื่องชั่ง ภาชนะใส่สารละลายเข้มข้น ปุ๋ยหรือธาตุอาหาร เครื่องมือตรวจวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) เครื่องมือวัดค่าการนำไฟฟ้า (electric conductivity meter) ถังใส่สารละลาย ถุงมือ อุปกรณ์ชั่ง ตวง วัดปริมาณสารอาหาร เป็นต้น

ปัจจัยที่ควบคุมการเจริญเติบโตของพืชปลูก

1. ปัจจัยทางด้านพันธุกรรม

ยีน (gene) เป็นตัวกำหนดลักษณะต่าง ๆ ของพืช เช่น การเจริญเติบโตของพืช สี ความสูง ขนาด ความสามารถในการให้ผลผลิตของพืช ความสำคัญของปัจจัยด้านพันธุกรรมจะแสดงให้เห็นได้อย่างเด่นชัดในพันธุ์พืชที่เป็นลูกผสม (hybrid) อย่างไรก็ตาม พันธุ์พืชที่จะใช้กับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินโดยเฉพาะยังไม่มีหรือมีน้อยมาก

2. ปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อม

แม้ว่าพันธุกรรมจะเป็นตัวกำหนดศักยภาพในการเจริญเติบโตหรือการให้ผลผลิตของพืช แต่การที่พืชจะเจริญเติบโตหรือให้ผลผลิตได้ถึงระดับที่ศักยภาพของพืชกำหนด ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อม ปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งมีมากมายหลายชนิด แต่มีปัจจัยที่สำคัญ ๆ ดังนี้

2.1 อุณหภูมิ
2.2 ความชื้น
2.3 แสง
2.4 อากาศ
2.5 ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)
2.6 สิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง
2.7 ธาตุอาหารพืช

อุณหภูมิ อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับพืชชั้นสูงทั่วไป อยู่ระหว่าง 15-40 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่สูงหรือต่ำกว่านี้ จะทำให้การเจริญเติบโตของพืชลดลงอย่างรวดเร็ว อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืชแต่ละชนิดแตกต่างกัน ขึ้นกับ ชนิด สายพันธุ์ อายุ และช่วงการเจริญเติบโตของพืช อุณหภูมิมีผลกระทบโดยตรงกับการสังเคราะห์แสง การหายใจ การดูดธาตุอาหาร การคายน้ำ และกิจกรรมของเอนไซม์ต่าง ๆ ซึ่งสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้จะมีผลรวมต่อการเจริญเติบโตของพืช

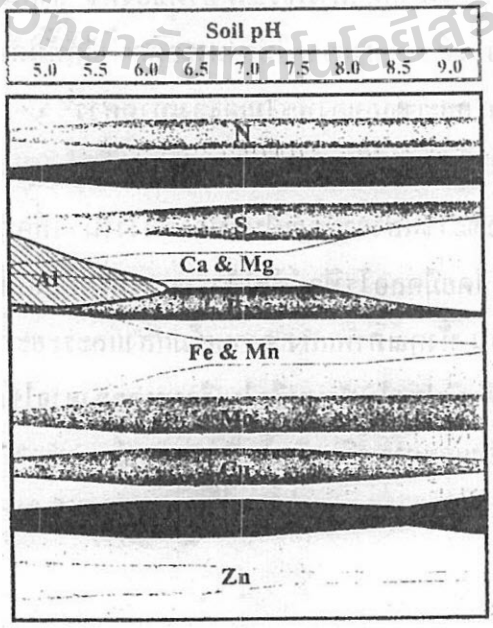
สำหรับการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน อุณหภูมิมีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำได้จะลดลง ทำให้ไม่มีออกซิเจนเพียงพอต่อการหายใจของราก เช่น เมื่ออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจาก 25 องศาเซลเซียส ไปเป็น 30 องศาเซลเซียส จะทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลงจาก 8.25 ส่วนในล้านส่วน เหลือเพียง 7.51 ส่วนในล้านส่วน (ppm)

ความชื้น เป็นปัจจัยที่สำคัญมากต่อการเจริญเติบโตของพืช ถ้าดินมีความชื้นสูงหรือต่ำเกินไปจะมีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของพืช หากรากไม่สามารถดูดน้ำได้ทันกับอัตราการคายน้ำของพืช จะทำให้การเจริญเติบโตของพืชชะงัก และเซลล์ของพืชไม่เต่งตึงเท่าที่ควร

แสง ตามธรรมชาติพืชจะใช้แสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงาน เพื่อทำให้เกิดกระบวนการสังเคราะห์แสงที่ใบหรือส่วนที่มีสีเขียว โดยมีคลอโรฟิลล์เป็นตัวรับแสงเพื่อเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำให้เป็นกลูโคสและก๊าซออกซิเจน ทั้งคุณภาพแสง ความเข้มแสงและระยะเวลาที่พืชได้รับแสง ล้วนมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช พืชที่ปลูกในบ้านหรือในเรือนทดลองอาจใช้แสงสว่างจากไฟฟ้าทดแทนแสงอาทิตย์ได้ แต่ก็เป็นการสิ้นเปลืองและการเจริญเติบโตไม่สมบูรณ์

<u>*อากาศ*</u> พืชใช้ก๊าซออกซิเจนในกระบวนการหายใจ เพื่อเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งถูกเก็บไว้ในรูปพลังงานเคมีให้เป็นพลังงานเพื่อใช้ในการขับเคลื่อนกระบวนการเมตาโบลิซึมต่าง ๆ การหายใจของส่วนเหนือดินของพืชมักไม่มีปัญหา เพราะในบรรยากาศมีก๊าซออกซิเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ถึง 20 % แต่สำหรับการปลูกพืชโดยวิธีไฮโดรโปนิกส์โดยเฉพาะระบบ Water Culture และ Liquid Culture รากพืชมักจะขาดออกซิเจน จึงจำเป็นต้องให้ออกซิเจนในจำนวนที่เพียงพอต่อความต้องการของพืชด้วยการให้ในรูปของฟองอากาศที่แทรกอยู่ในสารละลาย ด้วยการใช้ปั๊มลม หรือการใช้ระบบน้ำหมุนเวียน ถ้าในดินหรือในวัสดุปลูกมีออกซิเจนไม่เพียงพอ พืชจะมีรากยาว สีขาว และมีรากฝอยมาก ปริมาณออกซิเจนในดินและวัสดุปลูก จะมีความสัมพันธ์แบบผกผันโดยตรงกับปริมาณความชื้นหรือน้ำในดิน กล่าวคือ เมื่อดินหรือวัสดุปลูกมีความชื้นสูง จะมีอากาศหรือออกซิเจนน้อย แต่เมื่อดินมีความชื้นต่ำ จะมีออกซิเจนมาก สำหรับคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งมีอยู่ทั่วไปในอากาศ 0.033 % เป็นสารอินทรีย์ตั้งต้นในการสังเคราะห์แสง บริเวณที่มีการปลูกพืชรวมกันอย่างหนาแน่น ในช่วงกลางวันที่พืชมีการสังเคราะห์แสงมาก คาร์บอนไดออกไซด์อาจเป็นตัวจำกัดการเจริญเติบโตของพืชได้ นอกจากนี้การมีปริมาณก๊าซบางชนิดมากในอากาศ เช่น ซัล-เฟอร์ไดออกไซด์ หรือ คาร์บอนมอนอกไซด์ จะมีผลเสียต่อการเจริญเติบโตของพืชได้

<u>*ความเป็นกรดเป็นด่าง*</u> (pH) มีผลทางอ้อมต่อการเจริญเติบโต เพราะเกี่ยวข้องกับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช นั่นคือ ค่า pH 5.5-6.5 เป็นช่วงที่ธาตุอาหารทุกธาตุมีประโยชน์สำหรับพืชปลูก สำหรับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ความเป็นประโยชน์ของธาตุเหล็กและสังกะสี จะเปลี่ยนไปตามค่า pH ของสารละลายหรือการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักบางธาตุ เช่น ฟอสฟอรัส ดังนั้นการควบคุม pH หรือการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหารจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 อิทธิพลของ pH ที่มีความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช

สิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง สิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ที่อยู่ในอากาศ บนดิน และในดิน เช่นโรค แมลง จุลินทรีย์ในดิน สัตว์ขนาดเล็ก และวัชพืช จะมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืชทั้งทางตรงและทางอ้อม ผลทางตรงได้แก่การเข้าทำลายของจุลินทรีย์ต่าง ๆ หรือการแย่งน้ำและอาหารวัชพืช ผลทางอ้อม เช่น พืชได้รับไนโตรเจนมากเกินจะทำให้ต้นพืชอ่อนแอ ทำให้โรคพืชเข้าทำลายได้ง่าย

ธาตุอาหารพืช ธาตุอาหารที่พืชต้องการในการเจริญเติบโต มีทั้งหมด 16 ธาตุ แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม ตามปริมาณที่พืชต้องการ คือ ธาตุอาหารที่พืชต้องการเป็นปริมาณมาก ประกอบด้วย คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน ธาตุอาหารที่พืชต้องการเป็นปริมาณน้อย ประกอบด้วย โบรอน สังกะสี ทองแดง เหล็ก แมงกานีส โมลิบดินัม คลอรีน นอกจากนี้ยังมีธาตุที่น่าจะเป็นประโยชน์ต่อพืช แต่บทบาทของธาตุเหล่านั้นยังไม่เด่นชัด ธาตุเหล่านี้ได้แก่ โซเดียม (Na) ซิลิกอน (Si) นิเกิล (Ni) และเวเนเดียม (V)

ไนโตรเจน (N) เป็นธาตุที่สำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโตของพืช เพราะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของกรดอะมิโน โปรตีน นิวคลีโอไทด์ และคลอโรฟิลล์ สารประกอบเหล่านี้มีความสำคัญมากต่อกระบวนการเมตาโบลิซึมของพืช

ฟอสฟอรัส (P) พบในพืชประมาณ 0.1 – 0.4 % หรือน้อยกว่าไนโตรเจนประมาณ 10 เท่า ฟอสฟอรัสมีหน้าที่เกี่ยวกับการถ่ายเทพลังงาน ซึ่งเป็นกระบวนการทางสรีรวิทยาที่สำคัญอย่างยิ่ง พลังงานที่ได้จากการสังเคราะห์แสงและเมตาโบลิซึมของสารประกอบคาร์โบไฮเดรทจะถูกเก็บไว้ในรูปของสารประกอบฟอสเฟต สำหรับใช้ในการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ของพืช นอกจากนั้น ฟอสฟอรัสยังเป็นส่วนประกอบของ นิวคลีไทด์ และฟอสโฟไลปิดอีกด้วย

ความสำคัญของฟอสฟอรัสต่อการเจริญเติบโตของพืช คือ ช่วยทำให้การแบ่งเซลล์และการพัฒนาของส่วนที่เจริญเติบโตของพืช (ยอดและราก) เป็นไปได้ดี ฟอสฟอรัสช่วยให้พืชออกดอกและแก่เร็ว ทำให้พืชมีความแข็งแรง ต้านทานต่อโรคและแมลง

โปแทสเซียม (K) มีอยู่ในพืชประมาณ 1.25 – 3 % ในพืชที่ให้ผล เช่น มะเขือเทศ ความต้องการโพแทสเซียมจะสูงในช่วงพัฒนาการของผล การดูดใช้โพแทสเซียมในช่วงแรกจะสูงและลดลงอย่างรวดเร็วหลังพืชออกผล โพแทสเซียมไม่ได้เป็นองค์ประกอบอยู่ในโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์ในพืช แต่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการทำงานทางด้านสรีรวิทยา เนื่องจากโพแทสเซียมจำเป็นต่อการสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรท และการเคลื่อนย้ายแป้งและน้ำตาลภายในพืช ควบคุมการปิดเปิดของปากใบ และกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์

แคลเซียม (Ca) พบในพืชระหว่าง 0.5 – 2 % ขึ้นกับชนิดพืช อัตราการดูดธาตุแคลเซียมจะช้ากว่า

โพแทสเซียม แต่จะค่อนข้างคงที่ตลอดช่วงวงจรชีวิตพืช การดูดใช้แคลเซียมจะขึ้นกับอิออนตัวอื่นในสารละลาย โดยเฉพาะเมื่อมีไนเตรท จะทำให้การดูดใช้แคลเซียมสูงขึ้น แคลเซียมมีหน้าที่เกี่ยวกับความแข็งแรงของเนื้อเยื่อและเซลล์พืช และเป็นธาตุที่กระตุ้นให้เอนไซม์ทำงาน

<u>แมกนีเซียม</u> *(Mg)* พบในพืชประมาณ 0.2 - 0.5 % แมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของการสังเคราะห์แสง นอกจากนั้นยังเป็นตัวกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ และมีส่วนช่วยในการเคลื่อนย้ายน้ำตาลภายในพืช

<u>กำมะถัน</u> *(S)* พบในพืชประมาณ 0.15 - 0.5 % กำมะถันเป็นส่วนประกอบของกรดอะมิโนบางชนิด โปรตีน และโคเอนไซม์ (Co-enzyme) นักวิชาการหลายท่านมองว่า ความสัมพันธ์ระหว่างกำมะถันต่อไนโตรเจนมีความสำคัญกับพืชมากกว่าตัวกำมะถันเดี่ยว ๆ ดังนั้นสัดส่วนระหว่างไนโตรเจนต่อกำมะถัน (N/S) น่าจะเป็นตัวบ่งบอกถึงความเพียงพอหรือขาดได้ดีกว่าปริมาณกำมะถันทั้งหมด

<u>โบรอน</u> *(B)* พบอยู่ในพืชระหว่าง 10 - 50 ppm หน้าที่ของโบรอนยังไม่ทราบแน่ชัด เชื่อกันว่าโบรอนมีความสำคัญต่อการสังเคราะห์และการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรท การสร้างกรดอะมิโนและโปรตีน การงอกและการเจริญเติบโตของละอองเกสรตัวผู้ (pollen) และกิจกรรมต่าง ๆ ของเซลล์ เช่น การแบ่งเซลล์ การขยายตัว และ การเจริญเติบโตของเซลล์ นอกจากนั้น โบรอนยังมีอิทธิพลต่อสัดส่วนการดูดใช้ธาตุที่มีประจุบวก (cation) และธาตุที่มีประจุลบ (anion) ของพืช โดยจะส่งเสริมให้มีการดูดใช้ธาตุที่มีประจุบวกได้ดีขึ้นและธาตุที่มีประจุลบลดลง ที่พบเด่นชัด คือ การดูดใช้แคลเซียมจะเกิดได้ดีขึ้น เมื่อมีโบรอนอยู่ในปริมาณเพียงพอ

<u>สังกะสี</u> *(Zn)* มีอยู่ในพืชประมาณ 15 - 50 ppm แต่ส่วนใหญ่จะอยู่ประมาณ 15 ppm การขาดเพียง 1-2 ppm อาจทำให้เกิดความผิดปกติของพืชได้ สังกะสีมีความสำคัญต่อการทำงานของเอนไซม์หลายชนิด เพราะมีความจำเป็นในกระบวนการสังเคราะห์สาร IAA (indole acetic acid) ซึ่งเป็นสารที่เกี่ยวข้องกับการขยายตัวของเซลล์ นอกจากนั้นยังมีบทบาทเกี่ยวกับการสร้างแป้งในพืช

<u>ทองแดง</u> *(Cu)* ในพืชมีปริมาณค่อนข้างน้อยระหว่าง 2 –10 ppm ทองแดงเป็นองค์ประกอบของคลอโรพลาสต์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสงของพืช นอกจากนี้ยังมีบทบาทในการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ และช่วยในการสร้างวิตามินเอในพืช

<u>เหล็ก</u> *(Fe)* พืชมีความเข้มข้นของเหล็กประมาณ 50 - 100 ppm แต่ปริมาณเหล็กที่สูงขึ้นถึงหลายร้อย ppm ไม่มีผลเสียต่อพืช เหล็กเป็นส่วนประกอบของเฟอริดอกซิน (feridoxin) ซึ่งเป็นสารที่สำคัญใน

กระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนรอนของพืช และยังเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ ซึ่งสำคัญต่อการสังเคราะห์แสงของพืช

สารเคมีที่ให้ธาตุเหล็กที่มีราคาถูกที่สุด : คือ ferrous sulfate ($FeSO_4$) ซึ่งจะต้องควบคุมสภาพความเป็นกรด-ด่างของสารละลาย เพราะอาจเกิดการตกตะกอน และพืชไม่สามารถนำไปใช้ได้ เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาเหล่านี้ จึงนิยมใช้เหล็กในรูปคีเลต (Fe-chelate) อันเป็นสารที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างเหล็กและสารคีเลต ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์เชิงซ้อน สามารถคงตัวอยู่ในรูปสารละลายและพืชดูดกินได้ เหล็กคีเลตที่นิยมใช้กันมักอยู่ในรูปของ Fe-EDTA

แมงกานีส (Mn) ในพืชมีอยู่ประมาณ 20 -100 ppm พืชที่ไวต่อการขาดแมงกานีส มักจะไวต่อความเป็นพิษของแมงกานีสด้วย หน้าที่ของแมงกานีสเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาออกซิเดชั่น - รีดักชั่น (oxidation reduction) ในกระบวนการเคลื่อนย้ายอิเลคตรอนและเป็นตัวกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์

โมลิบดินัม (Mo) พบในพืชปริมาณต่ำมาก ประมาณ 0.5-1 ppm โมลิบดินัมเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเอนไซม์ 2 ชนิด คือ ไนโตรจีเนส (nitrogenese) ซึ่งสำคัญในการตรึงไนโตรเจนจากอากาศ และไนเตรทรีดักเตส (nitrate reductase) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการรีดิวซ์ไนเตรทให้เป็นไนไตร์ท ถ้าพืชขาดโมลิบดินัมจะทำให้มีไนเตรทสะสมในพืช ยังผลให้พืชขาดไนโตรเจนได้

คลอรีน (Cl) ปริมาณคลอรีนในพืชแตกต่างกันมาก ตั้งแต่ประมาณ 20 ppm จนถึง 0.15 % ถ้าความเข้มข้นของคลอรีนสูงกว่า 1 % ส่วนใหญ่จะเป็นพิษกับพืช หน้าที่ของคลอรีนในพืชยังไม่เด่นชัด

โซเดียม (Na) มีประโยชน์ต่อการสังเคราะห์แสงของพืช แต่โซเดียมมีอยู่มากในสภาพแวดล้อมทั่วไป และมักก่อให้เกิดปัญหาในด้านความเค็ม จึงไม่ค่อยมีผู้คำนึงถึงประโยชน์มากนัก

ซิลิกอน (Si) พบว่า ทำให้ลำต้นข้าวแข็งแรงและไม่ล้ม มะเขือเทศและพืชสกุลแตง ที่ปลูกในเรือนกระจก ต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อรา *นิเกิล (Ni)* มีประโยชน์ต่อพืชตระกูลถั่วและธัญพืชเมล็ดเล็กต่าง ๆ เพราะเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ยูรีเอส (urease) ที่จำเป็นต่อการใช้ยูเรียของพืช และ*เวเนเดียม (V)* สามารถใช้ทดแทนโมลิบดินัม ในกระบวนการเมตาโบลิซึมของไนโตรเจน

ลักษณะอาการของพืชที่ได้รับธาตุอาหารไม่เพียงพอ/มากเกินไป

ธาตุ	อาการขาดธาตุ	อาการได้รับธาตุมากเกินไป
ไนโตรเจน (N)	-ใบแก่มีสีเหลืองปนส้ม โดยเริ่มจากปลายใบก่อน เมื่อขาดรุนแรงขึ้น ใบแก่จะแห้งตาย ผลผลิตโดยรวมลดลง ผลร่วงก่อนกำหนด แตกใบอ่อนไม่ดี ติดผลน้อย ผลมีขนาดเล็ก	-พืชเจริญเติบโตทางใบมาก ออกดอกยากและช้า ผลแก่ช้า คุณภาพผลหลังเก็บเกี่ยวไม่ดี อายุเก็บรักษาสั้น
ฟอสฟอรัส (P)	-ใบล่างมีสีเขียวเข้มหรือมีสีแดงอมม่วง ลำต้นและใบแคระแกร็น การแตกกิ่งก้านไม่ดี การเติบโตของระบบรากน้อย	-ทำให้จุลธาตุ โดยเฉพาะธาตุสังกะสีและเหล็กไม่อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช
โพแทสเซียม (K)	-ใบล่างมีสีเหลืองซีด โดยเริ่มจากขอบใบและปลายใบ จากนั้นเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลลุกลามเข้าสู่กลางใบ บางพืชอาจพบจุดน้ำตาลไหม้กระจายทั่วทั้งใบหรือพบจุดสีแดง/เหลืองระหว่างเส้นใบอ่อน ถ้าอาการรุนแรง ใบจะแห้งและร่วงก่อนกำหนด ผลมีขนาดเล็ก พัฒนาการของผลไม่ดี สีผิวไม่สวย รสชาติไม่ดี	-พืชดูดใช้แมกนีเซียมและแคลเซียมลดลง
แมกนีเซียม (Mg)	-เนื้อเยื่อระหว่างเส้นใบของใบแก่จะมีสีเหลืองเห็นได้ชัด แต่เส้นใบยังมีสีเขียวปกติ (intervein chlorosis) อาจมีสีแดงเกิดตามแถบสีเหลืองบนใบด้วย อาจทำให้ใบร่วงก่อนกำหนด	-มีผลต่อการดูดใช้โพแทสเซียมและแคลเซียม
แคลเซียม (Ca)	-ใบอ่อนบิดเบี้ยว ม้วนงอ ยอดหงิก ใบไม่สามารถคลี่ได้เต็มที่ หรือเมื่อใบขยายใหญ่ขึ้นจะเกิดการขาดตามขอบใบ เกิดอาการเน่าที่ก้นผล	-มีผลต่อการดูดใช้โพแทสเซียมและแมกนีเซียม
โมลิบดินัม (Mo)	-ใบแก่มีสีเหลือง บางครั้งเกิดจุดสีน้ำตาลไหม้บนใบ	
กำมะถัน (S)	-ใบอ่อนหรือใบบนมีสีเหลืองทั้งใบ ทำให้พืชโตช้า แคระแกร็น ลำต้นผอมสูง เกิดอาการเหลืองทั้งต้น ใบอ่อนมีสีเหลืองบริเวณเส้นกลางใบ	
เหล็ก (Fe)	-ใบอ่อนที่ยังไม่โตเต็มที่มีสีเหลืองระหว่างเส้นใบ แต่เส้นใบยังมีสีเขียวอยู่ ใบหนา เล็กและหยาบกระด้าง	

ลักษณะอาการของพืชที่ได้รับธาตุอาหารไม่เพียงพอ/มากเกินไป (ต่อ)

ธาตุ	อาการขาดธาตุ	อาการได้รับธาตุมากเกินไป
แมงกานีส (Mn)	-ใบอ่อนที่โตเต็มที่มีสีเหลืองระหว่างเส้นใบ คล้ายกับการขาดธาตุเหล็ก ถ้าอาการรุนแรง จะเกิดการแห้งตายเป็นจุด ๆ หรือเป็นแถบ ผลและใบอาจร่วง ยอดแห้งตาย	
สังกะสี (Zn)	-ใบอ่อนเกิดแถบสีเหลืองทั้งสองข้างของเส้นกลางใบ จากปลายใบลามเข้าสู่โคนใบ เส้นกลางใบยังเขียว ใบมีขนาดเล็ก ปล้องของลำต้นและกิ่งก้านอ่อนจะสั้นกว่าปกติ ถ้าอาการรุนแรง ใบจะมีจุดสีเหลืองอยู่ทั่วไป.	
ทองแดง (Cu)	-ปลายใบอ่อนมีสีซีดหรือขาว การเจริญเติบโตลดลง ปล้องสั้น เมล็ดลีบ การผสมเกสรและติดผลจะน้อยลง	
โบรอน (B)	-ใบย่น หนาผิดปกติและเปราะ ม้วนงอหรือขาดวิ่น การติดผลไม่ดี รูปร่างของผลผิดปกติ ผลสุกไม่สม่ำเสมอ	
คลอรีน (Cl)		-ปลายใบหรือขอบใบไหม้ ใบเปลี่ยนเป็นสีเหลืองและร่วงก่อนกำหนด

รูปของธาตุอาหารที่พืชนำไปใช้ได้

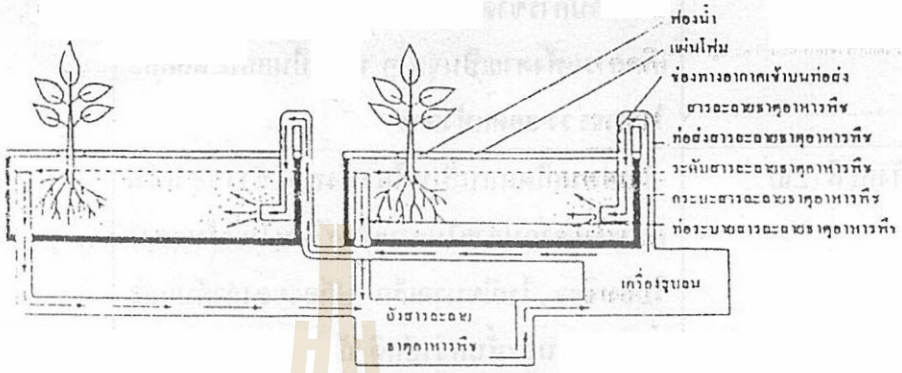
ธาตุ	รูปที่พืชนำไปใช้	ธาตุ	รูปที่พืชนำไปใช้
ไนโตรเจน (N)	NH_4^+, NO_3^-	แมงกานีส (Mn)	Mn^{+2}
ฟอสฟอรัส (P)	$H_2PO_4^-$, HPO_4^{-2}	สังกะสี (Zn)	Zn^{+2}
โพแทสเซียม (K)	K^+	ทองแดง (Cu)	Cu^{+2}
แคลเซียม (Ca)	Ca^{+2}	โบรอน (B)	BO_3^{-3} (H_3BO_3)
แมกนีเซียม (Mg)	Mg^{+2}	โมลิบดินัม (Mo)	MoO_4^{-2}
กำมะถัน (S)	SO_4^{-2}	คลอรีน (Cl)	Cl^-
เหล็ก (Fe)	Fe^{+2}, Fe^{+3}		

ศูนย์บรรณสารและสื่อการศึกษา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

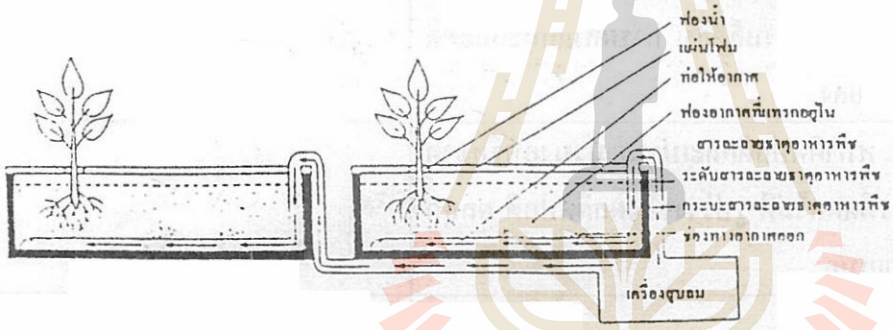
ภาพประกอบระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบต่างๆ

1. ภาพประกอบระบบการปลูกแบบใช้สารละลาย

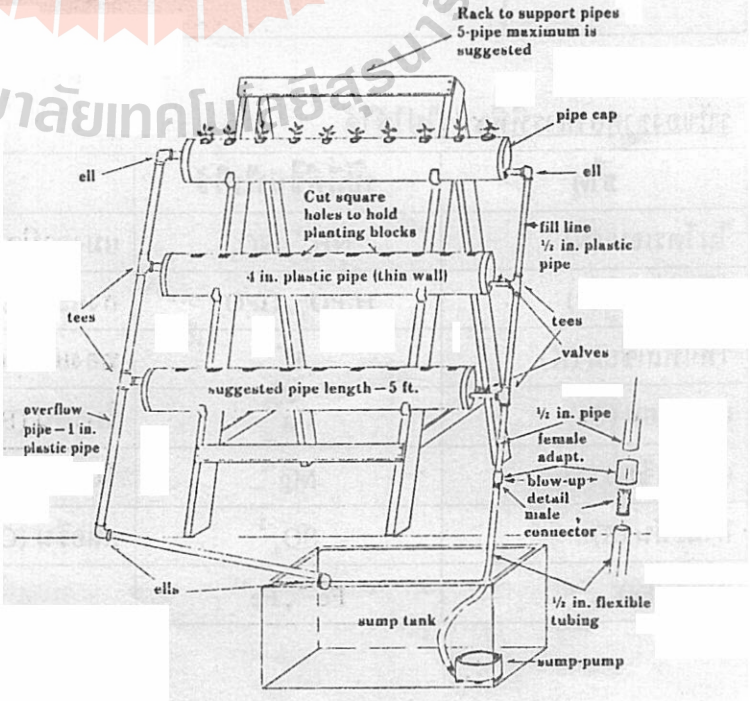
1.1 Deep Flow Technique (DFT) และระบบอื่นๆ ที่ใกล้เคียง



Circulating System : แบบน้ำหมุนเวียนออกจากกระบวนการสารละลายธาตุอาหารพืช



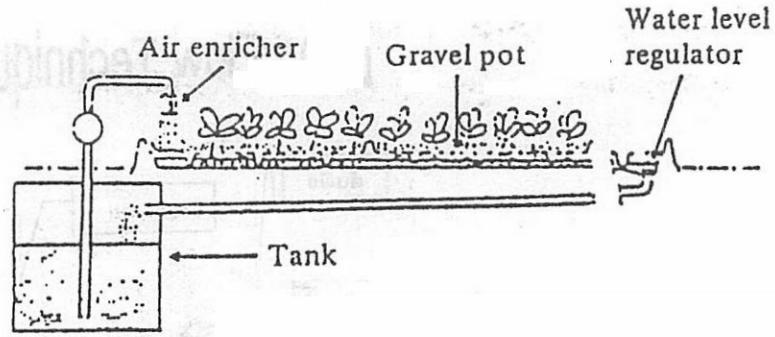
Non-circulating System : ให้อากาศแบบเจาะรูเล็ก ๆ บนท่าให้อากาศ



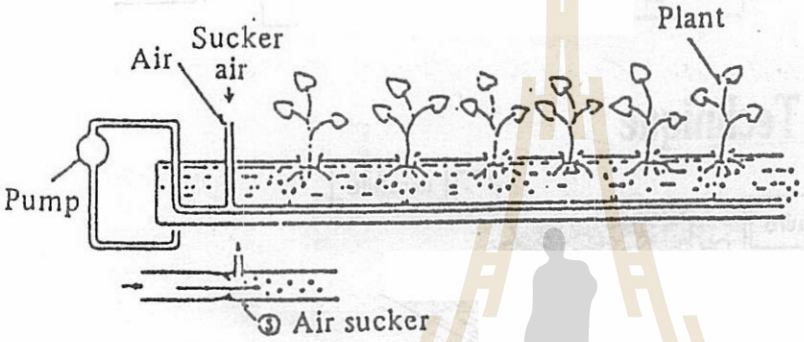
Hydroponic Tube and Rack System for Lettuce, Strawberries, Green Plants, and Small Flowers

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

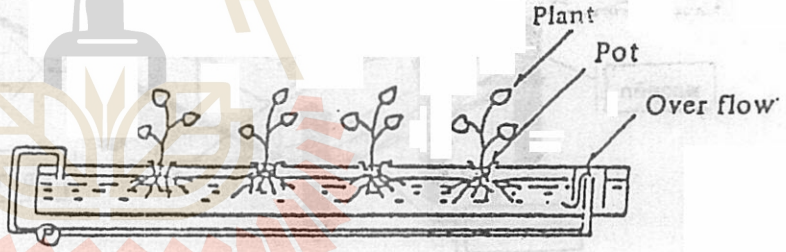
Deep Flow Technique (DFT) และระบบอื่นๆ ที่ใกล้เคียง (ต่อ)



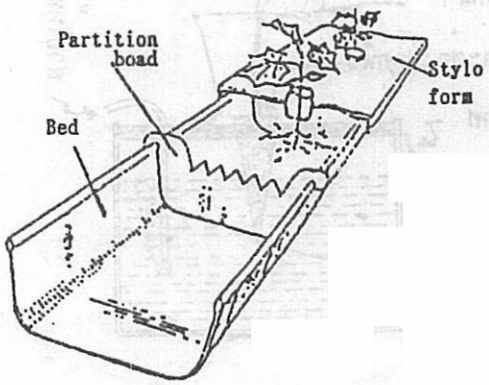
Kyowa Hyponica System (Semi-deep solution type)



M System (Deep solution type)



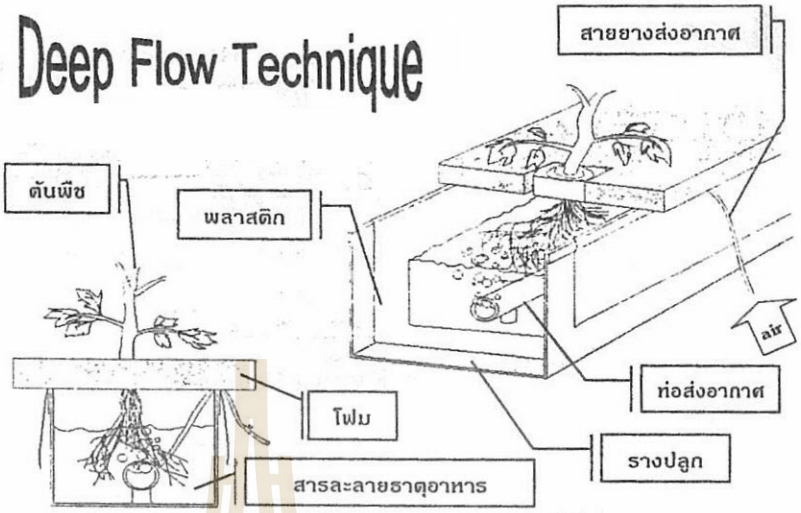
Forced Circulating System (Deep solution type)

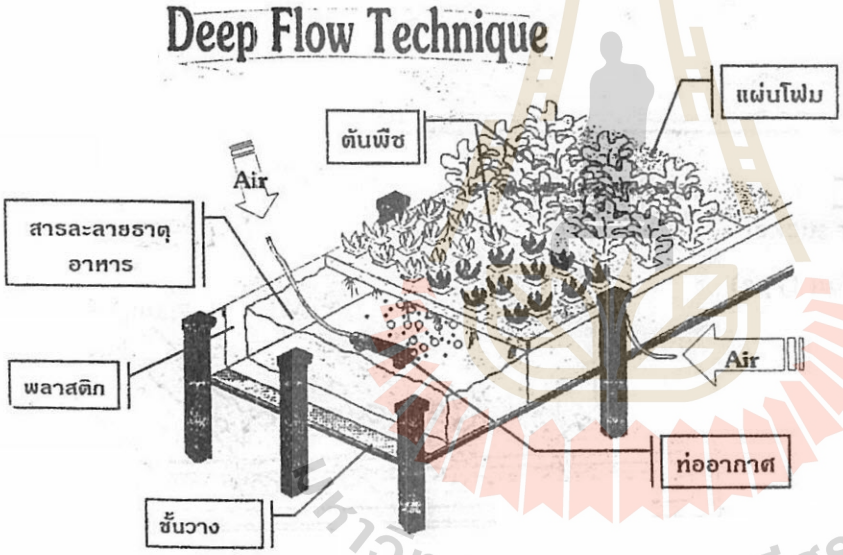


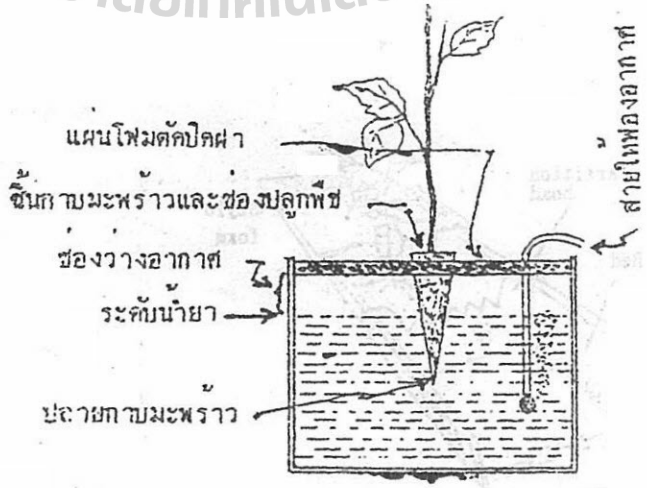
Step flow system

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Deep Flow Technique (DFT) และระบบอื่นๆ ที่ใกล้เคียง (ต่อ)



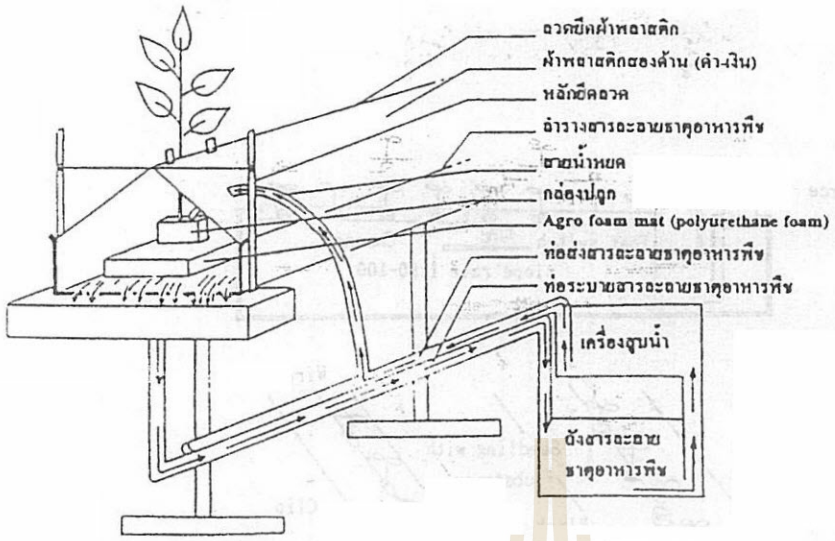




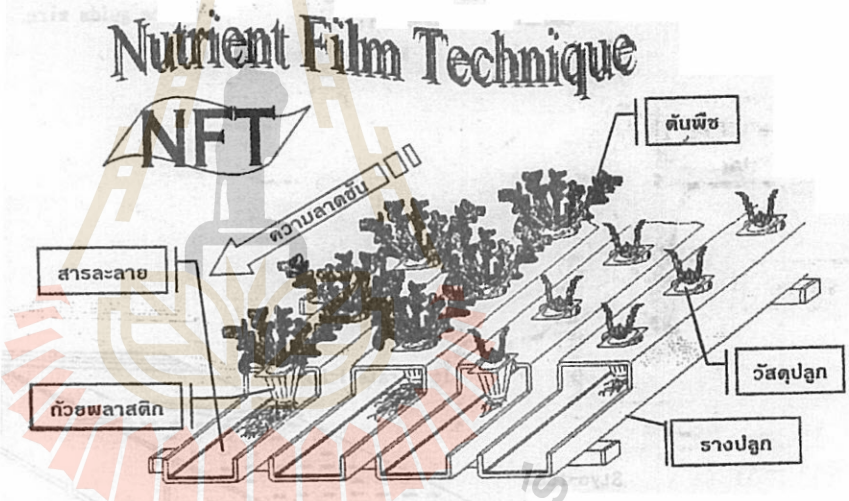
กระถางปลูกพืชก้นตัน

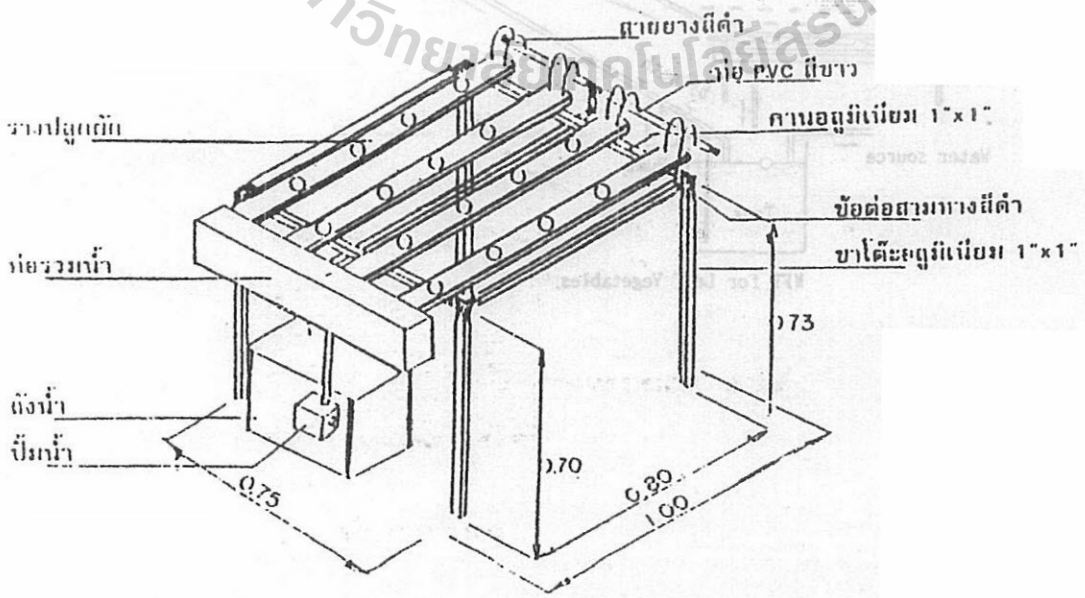
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1.2 Nutrient Film Technique (NFT)

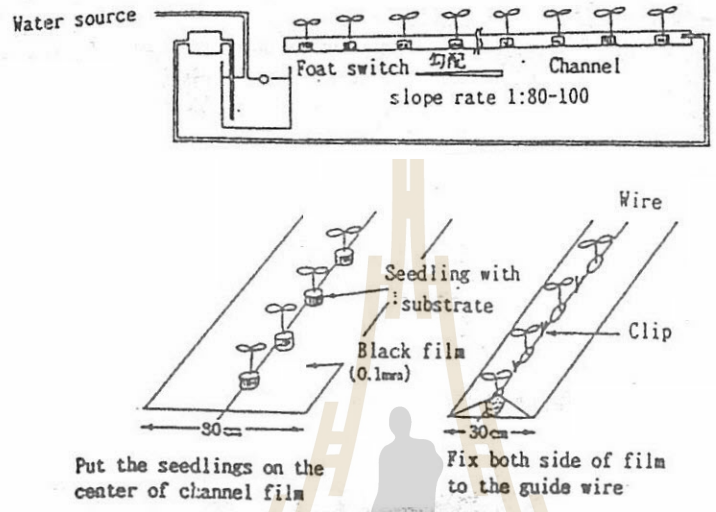


การปลูกพืชด้วยเทคนิค Nutrient Film Technique (NFT)

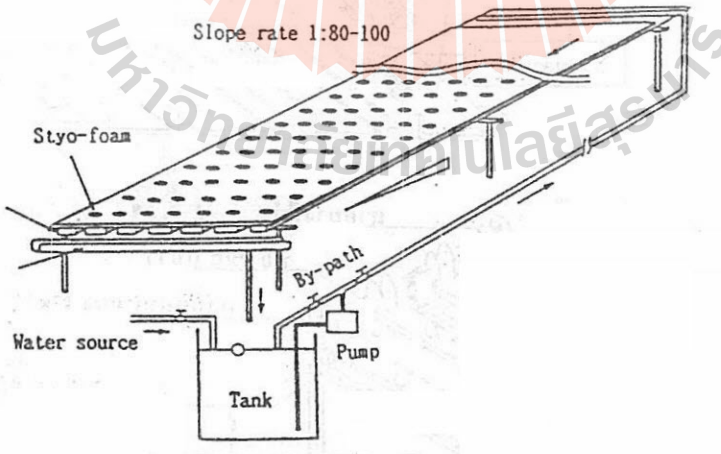




Nutrient Film Technique (NFT) (ต่อ)

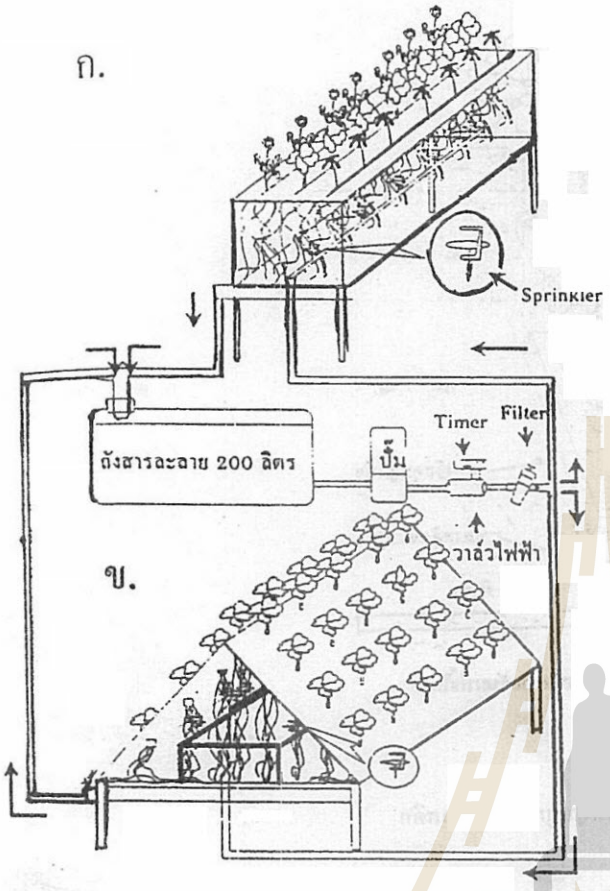


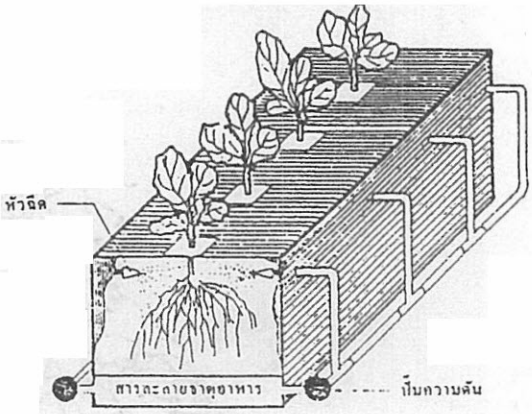
NFT for Fruit Vegetables



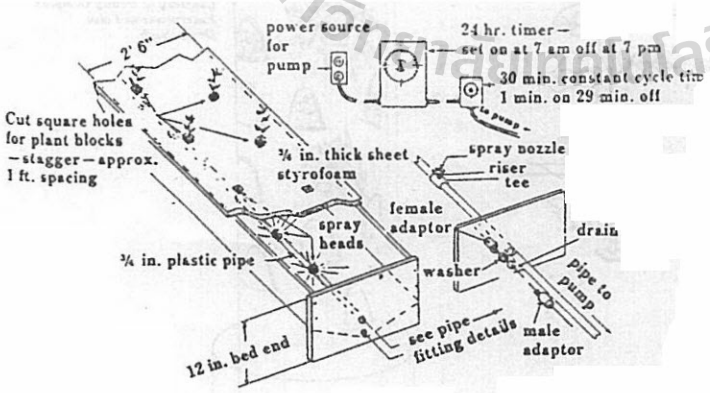
NFT for Leaf Vegetables

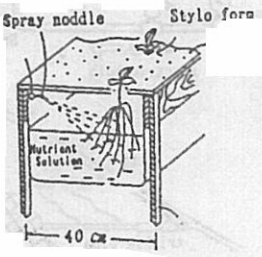
1.3 Aeroponics





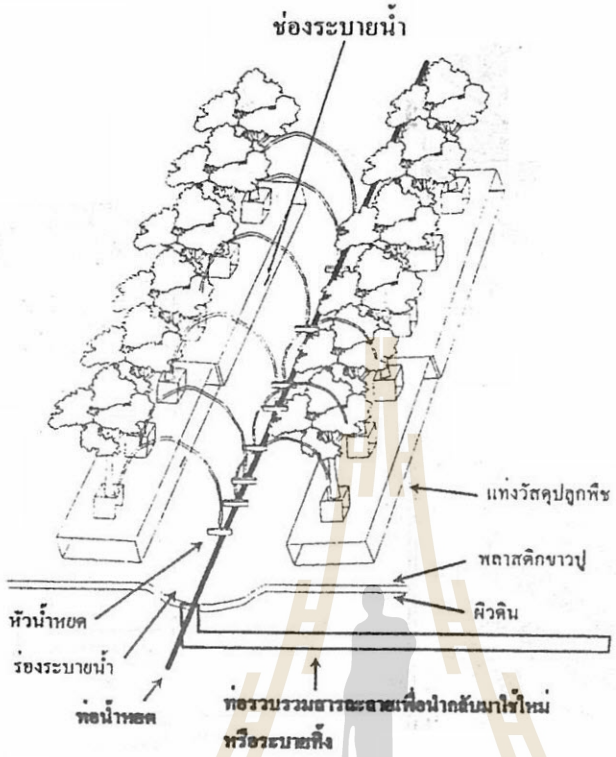
การปลูกพืชแบบกระโจมสี่เหลี่ยมและสามเหลี่ยม



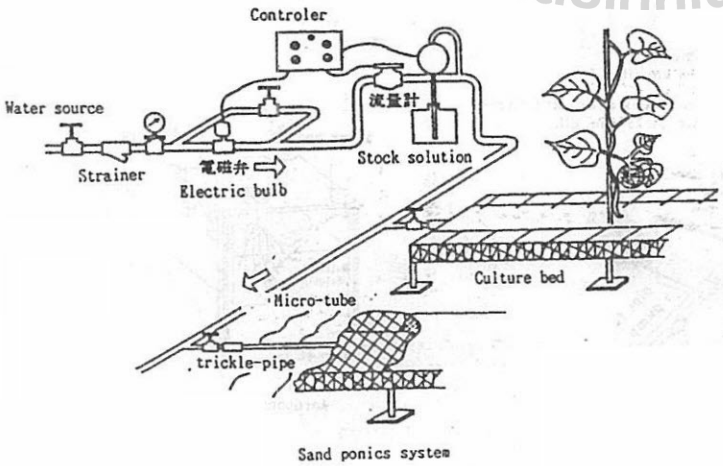


Hydroponic Spray System

2. ภาพประกอบระบบการปลูกพืชแบบ Substrate Culture



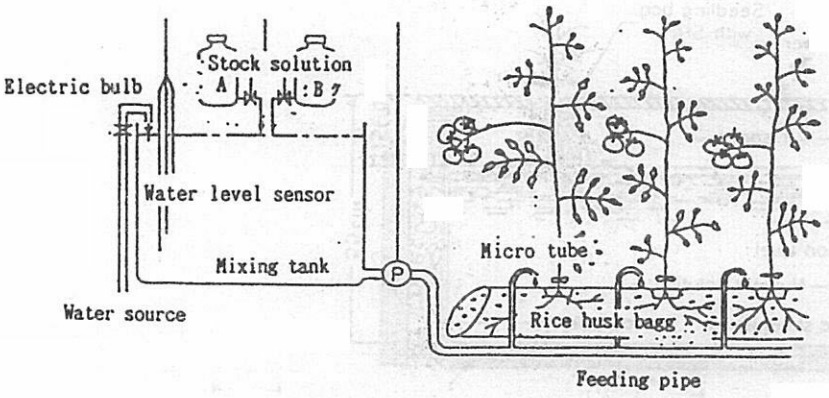
แสดงขั้นตอนการปลูกพืชโดยใช้วัสดุปลูกในถุงพลาสติก



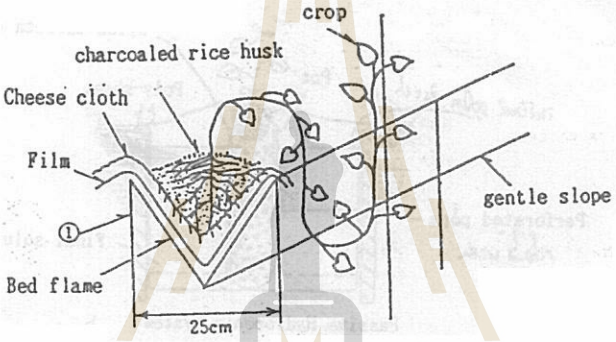
Courtesy of Dewey Compton Enterprises and also Dr. E. Saab.

Tube-o-Ponic System

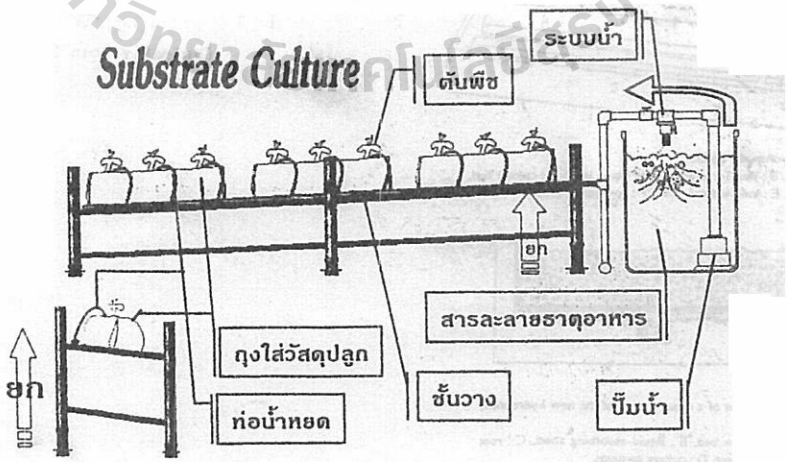
Substrate Culture (ต่อ)



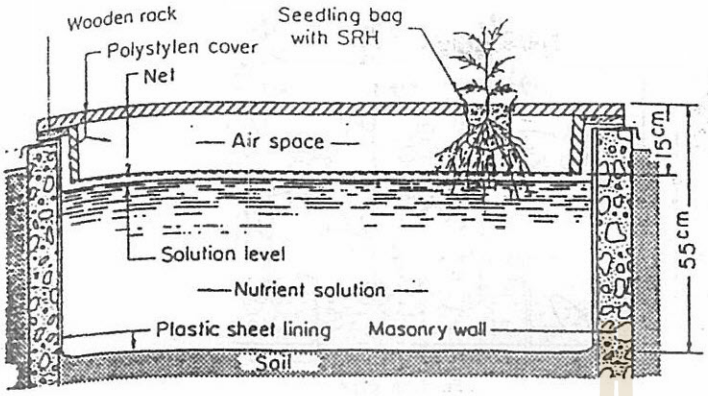
Simple hydroponics system with rice husk substrate



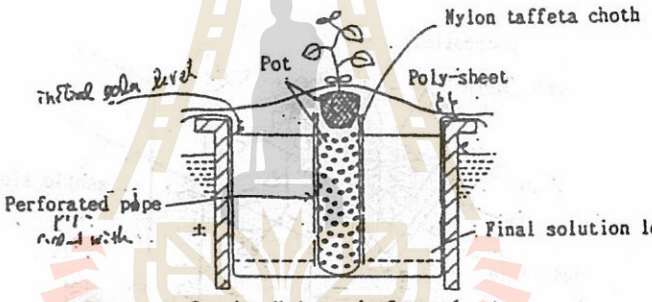
Simple hydroponic system with charcoaled rice husk as substrate



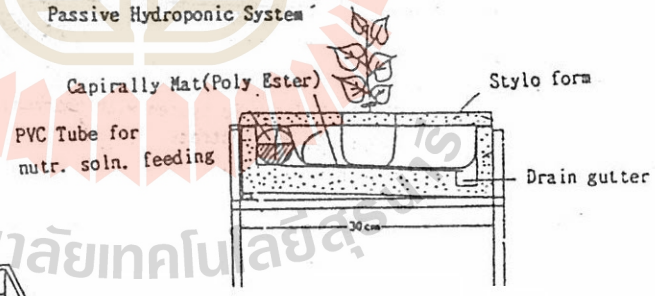
3. ภาพประกอบระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินประยุกต์แบบต่างๆ



Section of the large growing unit in non-circulating hydroponics.



Passive Hydroponic System



Capirally-Down System

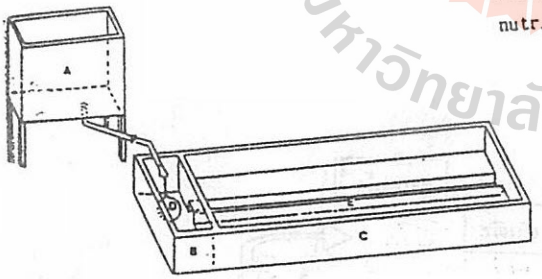


Illustration of the new hydroponic system.
A : culture solution tank, B : tank for adjusting the liquid level, C : culture bed, D : floating bulb system, E : longitudinal canal, F : connecting tube.

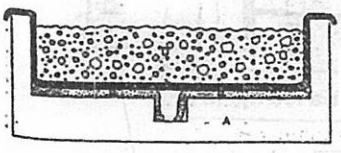
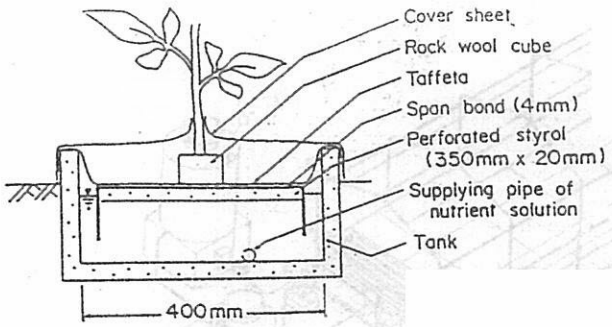


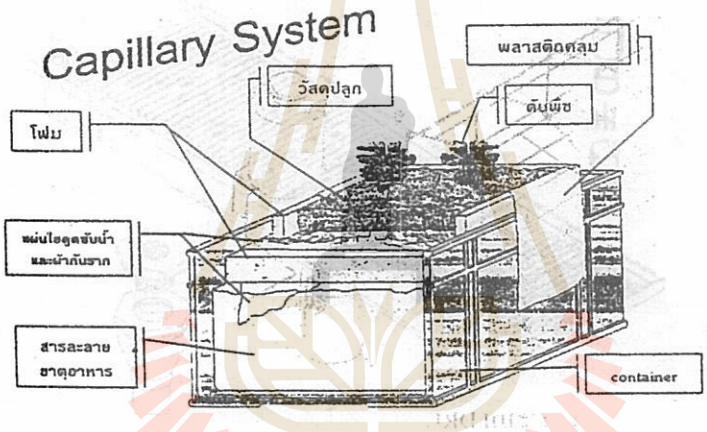
Illustration of a cross section of the new hydroponic system
A : culture bed, B : liquid-absorbing sheet, C : root barrier sheet, D : culture medium.

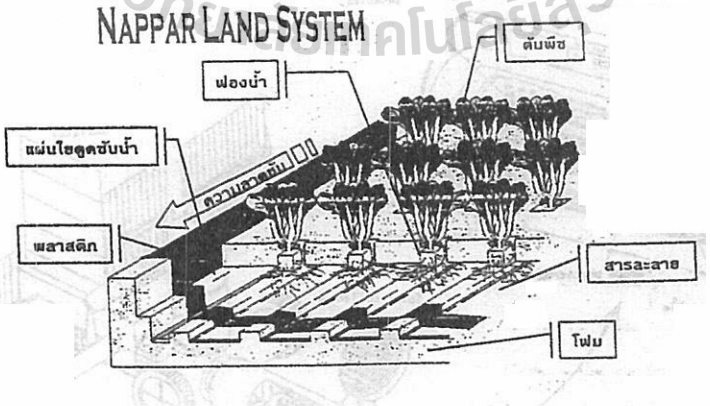
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาพประกอบระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินประยุกต์แบบต่างๆ (ต่อ)

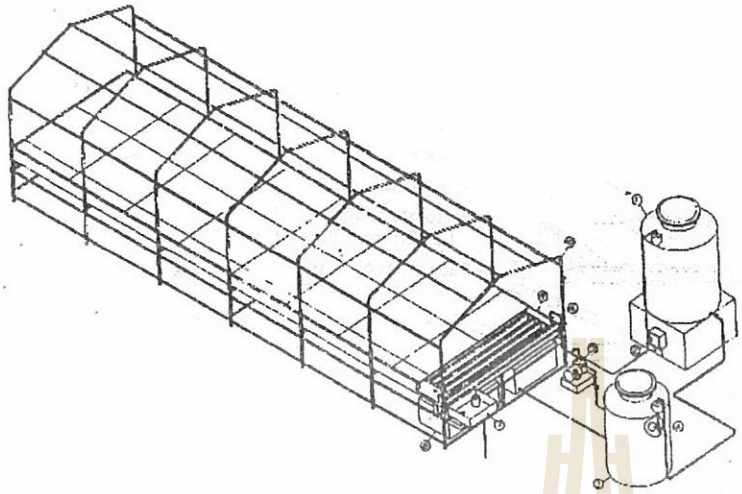


Scheme of Level Bed

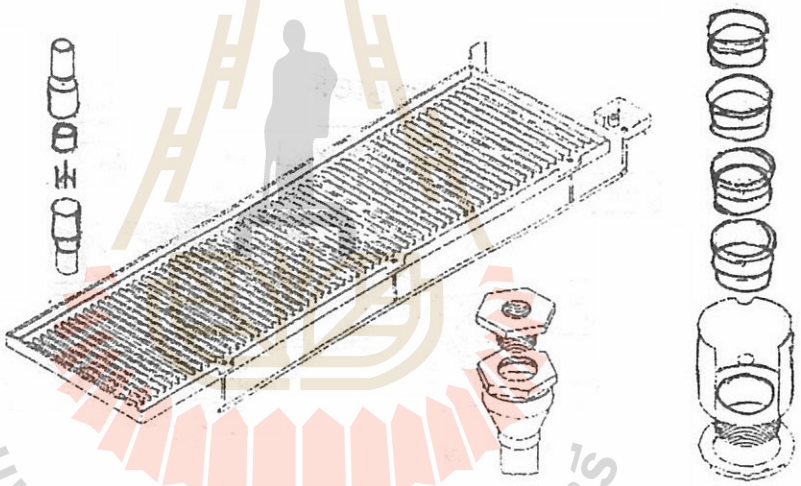




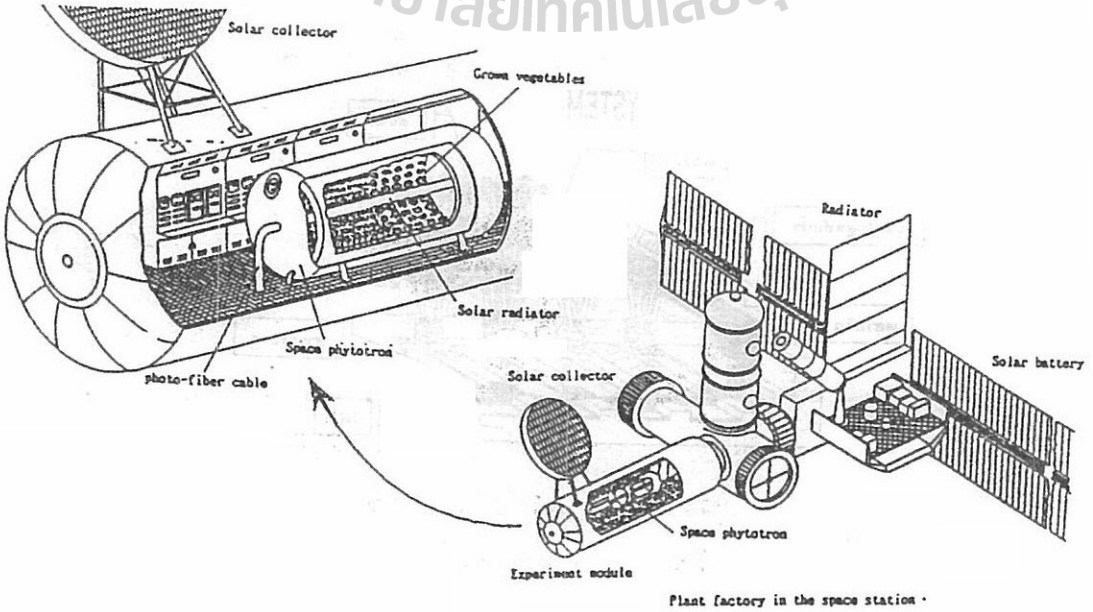
ภาพประกอบระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินประยุกต์แบบต่างๆ (ต่อ)



แสดงองค์ประกอบของระบบ DRF



แสดงองค์ประกอบถาดปลูกพืชในระบบ DRF



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ส่วนที่ 2

สารละลายธาตุอาหารพืชและการจัดการสารละลายธาตุอาหารพืช

โดย รศ.ดร.อิทธิสุนทร นันทกิจ

E-mail : knitthis@kmitl.ac.th www.kmitl.ac.th\soilkmitl

ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โทร 3274537

สารละลายธาตุอาหารพืช (Nutrient Solution)

ค่าใช้จ่ายที่สำคัญที่สุดอันหนึ่งในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน คือค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับธาตุอาหารพืช เนื่องจากเป็นค่าใช้จ่ายอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการปลูกพืช ซึ่งต่างจากค่าอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งถึงแม้จะมีราคาแพงแต่จะเป็นการลงทุนเพียงครั้งเดียวปุ๋ยหรือสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืช จะต้องสามารถละลายน้ำได้หมดซึ่งปกติจะมีราคาแพง ดังนั้นต้องหาในรูปของปุ๋ยซึ่งจะมีราคาถูกกว่าสารเคมีทั่วไป แต่บางชนิดก็ต้องใช้เป็นสารเคมีโดยเฉพาะพวกจุลธาตุอาหารทำให้มีราคาแพง แต่เราจะใช้เป็นปริมาณน้อยเท่านั้น ยกเว้น เหล็กต้องใช้ในรูป คีเลต ซึ่งมีราคาแพงและต้องใช้ปริมาณมาก

1.คุณภาพน้ำที่ใช้ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Water Quality)

น้ำเป็นสิ่งจำเป็นที่สุดในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน โดยต้องคำนึงถึงคุณภาพของน้ำที่เหมาะสม ถ้าคุณภาพน้ำไม่ดีเราไม่สามารถที่จะทำการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินได้เลย โดยทั่วไป คุณสมบัติของน้ำที่สามารถนำมาใช้ได้แสดงอยู่ในตารางที่ 1

เนื่องจากคุณสมบัติของน้ำที่จะนำมาใช้ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินจะเป็นตัวกำหนดว่าการปลูกพืชจะได้ผลหรือไม่ ดังนั้นจะขอกล่าวถึงธาตุแต่ละตัวที่มีโอกาสเจือปนอยู่ในน้ำจากแหล่งต่างๆ ดังนี้

1. <u>Sodium และ Chorine</u>

ธาตุทั้งสองตัวนี้พืชสามารถดูดใช้ได้ในปริมาณที่ไม่มากนัก เมื่อเรานำน้ำที่มีเกลือของ NaCl มาใช้ในระบบ NFT หรือในวัสดุปลูกจะมีการสะสมของเกลือทั้งสอง เนื่องจากพืชจะดูดใช้ในปริมาณที่น้อย ซึ่งถ้ามีการสะสมเป็นปริมาณมากในวัสดุปลูก หรือในสารละลายก็จะเป็นพิษต่อพืช เราจำเป็นจะต้องใช้น้ำเปล่าชะเกลือที่สะสมออก หรือถ้าเป็นระบบ NFT จะต้องมีการเปลี่ยนสารละลายใหม่ทั้งหมด และการที่จะกำจัดเกลือทั้งสองชนิดนี้ออกจากน้ำเป็นสิ่งที่ทำได้ยาก และไม่คุ้มกับค่าใช้จ่าย ดังนั้นน้ำที่มีเกลือของ NaCl เป็นองค์ประกอบอยู่สูงจึงไม่สามารถที่จะนำมาใช้ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินได้

ตารางที่ 1 คุณภาพน้ำที่สามารถนำมาใช้ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินได้

			ค่าสูงสุดของธาตุที่สามารถมีอยู่ในน้ำได้	
สารที่เจือปนในน้ำ		นน.โมเลกุล	Millimol/liter	Milligram/liter(ppm)
Sodium	Na^{+}	23.0	0.5	11.5
Chlorine	Cl^{-}	35.5	1.0	35.5
Calcium	Ca^{++}	40.1	2.0	80.2
Magnesium	Mg^{++}	24.3	0.5	12.2
Sulfate	SO_4^{++}	96.1	0.5	48.1
Bicarbonate	HCO_3^{-}	61.0	4.0	244.0
			Micromol/liter	Microgram/liter(ppb)
Iron	Fe^{++}	55.9	0.5	28.0
Manganese	Mn^{++}	54.9	10.0	549.0
Copper	Cu^{++}	63.5	1.0	63.5
Zinc	Zn^{++}	65.4	5.0	327.0
Boron	B^{+++}	10.8	25.0	270.0
Fluorine	F^{-}	19.0	25.0	475.0
Electric conductivity	EC		0.5 mS/cm 25 °C	

2. Calcium และ Magnesium

ธาตุทั้งสองนี้เป็นธาตุที่พืชต้องการ ดังนั้นจึงไม่มีปัญหาซึ่งในการเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืช เราสามารถนำปริมาณของธาตุนี้ที่มีอยู่ในน้ำมาหักออกจากปริมาณปุ๋ยที่เราจะเติมเข้าไป

3. Sulphate

เป็นธาตุที่เหมือนกับ Na และ Cl คือพืชดูดใช้ได้ในปริมาณจำกัด ดังนั้นถ้ามีปริมาณมากเกินไปในน้ำ ก็จะมีการสะสมได้

4. Bicarbonate

อนุมูลไบคาร์บอเนตจะทำให้ค่า pH ของน้ำและสารละลายธาตุอาหารสูงขึ้น ทำให้การละลายตัวของธาตุอาหารบางตัวไม่ดี ระดับ pH ของสารละลายที่เหมาะสมของสารละลายธาตุอาหารจะต้องอยู่ในช่วง 5.5 - 6 ถ้าค่า pH ของสารละลายธาตุอาหารสูงเกินไป จะทำให้การละลายตัวของอนุมูล Carbonate

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

และ Phosphate ลดลงโดยจะตกตะกอนกับ Ca และ Mg ซึ่งตะกอนนี้จะไปอุดตันหัวน้ำหยด ระบบท่อ และเครื่องกรอง ทำให้ต้องล้างอยู่เสมอๆ นอกจากนี้จะตกตะกอนเป็นแผ่นบางๆ หุ้ม electrodes ของเครื่อง pH และ E.C. meter และถ้า pH ของสารละลายสูงกว่า 6 พวกเหล็กคีเลต (Iron chelate) Fe-EDTA จะอยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถดูดใช้ได้

การกำจัดอนุมูล Bicarbonate ในน้ำทำได้โดยใช้กรด ซึ่งกรดที่ใช้ส่วนใหญ่ใช้กรด HNO_3 หรือบางครั้งอาจใช้ H_2PO_4 แต่จะมีความสามารถในการเป็นกรดน้อยกว่า HNO_3 ดังนั้นจึงต้องใช้ปริมาณมากกว่า หรืออาจใช้กรด H_2SO_4 แต่ไม่ค่อยนิยมใช้เพราะต้องระวังความเข้มข้นของอนุมูล SO_4^- อาจมากเกินไปในสารละลาย

อย่างไรก็ตาม อนุมูล Carbonate หรือ Bicarbonate ในสารละลายธาตุอาหารยังมีประโยชน์ในแง่เป็น pH-Buffer คือช่วยยับยั้งการเปลี่ยน pH ของสารละลายไม่ให้เร็วเกินไป ดังนั้นในสารละลายควรมีอนุมูล Carbonate อยู่ประมาณ 50 ppm หรือ 0.8 mmol ตารางที่ 2 แสดงการสะเทินฤทธิ์ของ Bicarbonate ด้วยกรด HNO_3

<u>ตารางที่ 2</u> ปริมาณของกรด HNO_3 ที่ต้องเติมลงในสารละลาย 1000 ลิตร ของสารละลายเข้มข้น 100 เท่า เพื่อทำลายฤทธิ์ ของ Bicarbonate

ปริมาณของอนุมูล Bicarbonate ในน้ำ		จำนวนที่ต้องการเอาออก	จำนวนกรด HNO_3 ข้น 60% ที่ต้องใช้
mg/l (ppm)	millimol	mg/l	ลิตร
50	0.8	-	-
125	2.1	75	10.54
250	4.1	200	28.11
375	6.2	325	45.67

5. <u>Iron</u>

เหล็กที่อยู่ในน้ำถ้ามีปริมาณมากจะเกิดการตกตะกอนเป็น Ferric hydroxide $Fe(OH)_3$ ซึ่งพืชไม่สามารถนำไปใช้ได้ นอกจากนี้ตะกอนที่เกิดขึ้นจะไปเคลือบ Electrodes ของเครื่อง pH และ EC และจะไปอุดตันหัวน้ำหยด ความเข้มข้นของเหล็กที่เกิน 10 micromol โดยเฉพาะเมื่อในน้ำมีอนุมูล Bicarbonate มากกว่า 1 mmol จะเกิดการตกตะกอนของเหล็กเป็นคราบสีน้ำตาลแดง ตามชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องมือ และที่รากพืช

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

6. Trace elements

ธาตุตัวอื่นๆ นอกจากที่กล่าวมาแล้วส่วนใหญ่จะเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการทั้งนั้น ยกเว้น fluoride เมื่อเราเตรียมสารละลายธาตุอาหารก็จะนำปริมาณของธาตุที่มีอยู่แล้วหักออกจากที่จะต้องเติมเข้าไป ดังนั้นส่วนใหญ่จะไม่มีปัญหา ยกเว้น fluoride ถ้ามีมากเกินไปจะเป็นพิษต่อพืช

2.ปริมาณน้ำที่ต้องใช้ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Water Quantity)

ในสภาพภูมิอากาศโดยทั่วๆไปการคายน้ำสูงสุดของพืชโดยทั่วๆไป(Maximum evapotranspiration) จะประมาณ 6 ลิตร/ตารางเมตร/วัน ดังนั้นในพื้นที่ 6.25 ไร่ พืชจะต้องการน้ำ 60 ลูกบาศก์เมตร/วัน ตัวอย่าง ในประเทศเบลเยี่ยมจะใช้น้ำฝนในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ซึ่งถือว่าเป็นน้ำที่ดีที่สุด โดย Greenhouse ทุกโรงจะมีรางน้ำฝนเก็บรวบรวมลงในบ่อที่ขุดและปูด้วยพลาสติก พื้นที่ Greenhouse ขนาด 6.25 ไร่ จะใช้บ่อขนาดความจุ 4,500 ลูกบาศก์เมตร จะเป็นการเพียงพอสำหรับการปลูกพืช แต่ในกรณีที่ปริมาณฝนน้อยหรือทิ้งช่วง อาจใช้น้ำบาดาลหรือน้ำประปาผสมร่วมกับน้ำฝนด้วยก็ได้

การเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืชในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

การเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืชโดยทั่วไปในบ้านเราจะเตรียมตามสูตรต่างๆ ซึ่งจะต้องเตรียมจากน้ำที่ค่อนข้างบริสุทธิ์มีสารต่างๆ ละลายเจือปนอยู่น้อย เช่น น้ำฝน, น้ำกรอง แต่ถ้าในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเพื่อเป็นการค้าจำเป็นจะต้องใช้น้ำจากแหล่งน้ำในท้องถิ่น เช่นจากน้ำประปา น้ำบาดาล หรือจากแม่น้ำลำธาร (ที่ผ่านการกรองเอาสารแขวนลอยต่างๆ ออกไปแล้ว) ซึ่งน้ำเหล่านี้จะมีพวกแร่ธาตุต่างๆ ละลายอยู่ไม่มากก็น้อย ถึงแม้ว่าเราสามารถจะกรองธาตุต่างๆ เหล่านี้ออกได้แต่ก็ต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง วิธีการหนึ่งที่สามารถนำน้ำเหล่านี้มาใช้ได้โดยตรงโดยการคำนวณปริมาณสารอาหารและกรดที่จะใส่ลงในน้ำ เพื่อเพิ่มเติมธาตุอาหารและปรับค่า pH ให้ได้ตามความต้องการของเรา

ขั้นตอนการเตรียมสารละลายธาตุอาหารตามวิธีของ "Coic-Lesaint" มีดังนี้

สิ่งที่ต้องรู้ก่อนการเตรียมสารละลายธาตุอาหาร

1. ค่า pH และ ค่าความเข้มข้นของธาตุอาหารในสารละลายที่เราต้องการ

2. ค่า pH และ ค่าความเข้มข้นของธาตุอาหารดั้งเดิมในน้ำที่เราจะใช้เตรียม (ค่าวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการ)

3. ชนิดของกรดและธาตุอาหารที่จะใช้เตรียม (คำนึงถึงราคาและความยากง่ายในการจัดหาและเก็บรักษา)

ตารางที่ 3 องค์ประกอบของสารละลาย "Coic-Lesaint" pH 5.8

อิออน	ความเข้มข้น(me/l)	ธาตุ	ปริมาณธาตุหรือออกไซด์ (mg/l)
NO_3^-	12	N	170.8
NH_4^+	2.2	N	30.8
$HPO_4^=$ ($H_2PO_4^-$)	2.2(1.1)	P	34.1 (P2O5 = 78.1)
K^+	5.2	K	202.8 (K2O=244.4)
Ca^{++}	6.2	Ca	124.0 (CaO=173.6)
Mg^{++}	1.5 - 3	Mg	18 – 36 (MgO=30 – 60)
$SO_4^=$	.7	S	24.0
อัตราส่วนของ N : P_2O_5 : K_2O = 1 : 0.4 : 1.2			
อัตราส่วนร้อยละของ K : Ca : Mg = 39.6 : 47.6 : 12.8			
ปริมาณจุลธาตุอาหารในการเตรียมสารละลาย 10 ลบ.ม.ใช้ปริมาณดังนี้			
Ammonium molybdate	$(NH_4)_2MoO_4$ (49% Mo)	0.5	gm
Boric acid	H_3BO_3 (11.7% B)	15	gm
Manganese sulfate	$MnSO_4.4H_2O$ (24% Mn)	20	gm
Zinc sulfate	$ZnSO_4.7H_2O$ (22%Zn)	10	gm
Copper sulfate	$CuSO_4.5H_2O$ (25% Cu)	2.5	gm
Fe (EDTA หรือ คีเรต ชนิดอื่น)		6-20	gm

องค์ประกอบของสารละลาย "Coic-Lesaint"

องค์ประกอบของสารละลายนี้จะได้จากการศึกษาทางสรีระวิทยาและองค์ประกอบของพืชโดยจัดแบ่งชนิดสารละลายเป็นกลุ่มๆ ตามปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจน และค่า pH ของสารละลาย ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะสูตรสารละลายที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจน (N) = 14.4 me/l และค่า pH = 5.8 เท่านั้น ซึ่งเป็นสารละลายที่เหมาะกับพืชผัก และไม้ดอกไม้ประดับทั่วๆ ไปองค์ประกอบของสารละลาย "Coic-Lesaint" แสดงในตารางที่ 3

การปรับค่า pH ให้ได้ค่า 5.8

โดยทั่วไปน้ำจากแหล่งต่างๆ จะมีค่า pH สูงกว่า 5.8 ค่า pH ของน้ำที่สูง เนื่องจากผลของอนุมูลไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) และบางครั้งจะมีอนุมูลของคาร์บอเนต ($CO_3^=$) รวมอยู่ด้วย ดังนั้นจำเป็นต้องเติมกรดเพื่อกำจัดอนุมูลเหล่านี้ออกทั้งหมดหรือบางส่วน และมีผลลดค่า pH ของน้ำ นอกจากนี้กรดที่เติมลงไปยัง

ใช้เพื่อสะเทินความเป็นด่างของปุ๋ย $(NH_4)_2HPO_4$ โดยทุกๆ 2.2 me ของ $(NH_4)_2HPO_4$ ที่ใช้จะต้องใช้กรด HNO_3 1 me เพื่อสะเทินความเป็นด่าง

กรดที่เติมลงในน้ำจะปลดปล่อย H^+ ซึ่งจะรวมตัวกับน้ำได้ H_3O^+และเข้าทำปฏิกริยากับ HCO_3^- $CO_3^=$ เกิด น้ำ และก๊าซ CO_2 ระเหยออกจากน้ำ ดังสมการต่อไปนี้

$H_3O^+ + HCO_3^-$ ---------> $H_2CO_3 + H_2O$

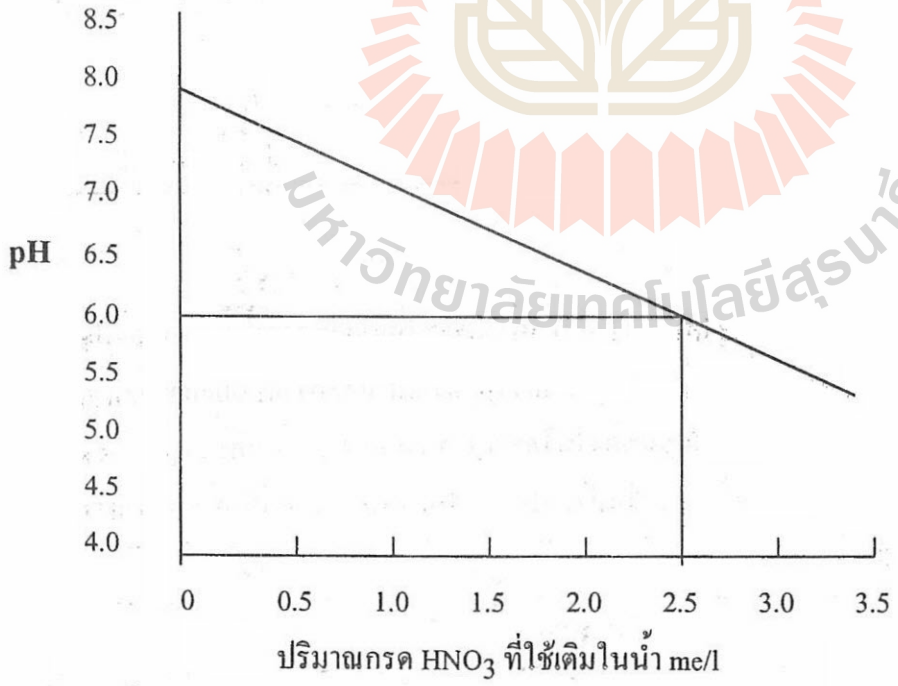
H_2CO_3 ---------> $H_2O + CO_2$

$H_3O^+ + CO_3^=$ ---------> $HCO_3 + H_2O$

$H_3O^+ + HCO_3^-$ ---------> $H_2CO_3 + H_2O$

H_2CO_3 ---------> $H_2O + CO_2$

ปริมาณกรดที่ใช้ในการปรับค่า pH จะได้จากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ และเราสามารถหาได้เอง จากการค่อยๆ เติมกรดลงในน้ำ วัดค่า pH ที่เปลี่ยน และเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดที่ใช้กับการเปลี่ยนค่า pH หลังจากนั้นสามารถคำนวณปริมาณกรดที่ต้องใช้ต่อปริมาณสารละลายที่ต้องการ กรดที่ใช้ในการปรับค่า pH ของน้ำได้แก่ HNO_3, H_2SO_4, H_2PO_4 ปริมาณธาตุอาหารในกรดแต่ละชนิดแสดงในตารางที่ 4



รูปที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH และปริมาณกรด HNO_3 ที่ใช้เติมในน้ำ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การคำนวณปริมาณธาตุอาหารที่ต้องใส่เพิ่มลงในน้ำ

1. จุลธาตุอาหาร (Fe, Mo, B, Zn, Cu, Mn) ปริมาณที่ใส่จะเท่ากันหมดโดยไม่คำนึงถึงองค์ประกอบของน้ำ

2. ธาตุอาหารหลัก (N, P, K, Ca, Mg, S) ปริมาณที่ใส่จะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบของน้ำเพื่อปรับให้ค่าปริมาณธาตุอาหารเท่ากับความเข้มข้นที่ต้องการ

เนื่องจากค่าความเข้มข้นของสารละลาย "Coic-lesaint" จะบอกในหน่วย me/l ซึ่งคำจำกัดความของ me (Milliequivalent) คือ ค่าของน้ำหนักอะตอมของธาตุหรือน้ำหนักโมเลกุลของอนุมูลหารด้วยวาเลนซีของธาตุหรือของอนุมูลนั้น ตารางที่ 3 แสดงค่า me ของสารอาหารและ ธาตุที่พบอยู่ในน้ำและสารละลายธาตุอาหารทั่วไป และในการคำนวณจำเป็นต้องเปลี่ยนค่า me ให้เป็นหน่วยน้ำหนัก เป็น กรัมหรือกิโลกรัมของธาตุอาหาร หรือปุ๋ยที่จะใส่โดยคูณจำนวน me ของธาตุอาหารหรือปุ๋ยด้วยค่าในตารางที่ 4 เช่น NH_4NO_3 1.1 me จะหนัก = 1.1 x 80 = 88 กรัม

<u>ตารางที่ 4</u> ความเข้มข้นของกรดชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

กรด HNO_3

ความหนาแน่น	% HNO_3	ปริมาตร(ml)/กรด 1 me
1.13	30	178
1.33	53.5	89
1.355	57.9	80.4
1.356	58	80
1.361	59	78.5
1.372	61	75
1.38	62.5	73
1.39	65	70
1.4	67	67
1.41	69	64.6

H_3PO_4

ความเข้มข้น	% H_3PO_4	ปริมาตร(ml)/ กรด 1 M
1.25	37	212
1.58	75	83
1.7	85	68

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 5 น้ำหนัก 1 Milliequivalent (me) ของธาตุอาหารหลักที่พบในน้ำ และในสารละลายธาตุอาหารพืช

Ions	นน.อะตอมหรือโมเลกุล(mg)	นน. 1 me = ... mg
K^+	39	39 K
Ca^{++}	40	20 Ca
Mg^{++}	24	12 Mg
NH_4^+	18	18 NH_4 (14 N)
Na^+	23	23 Na
NO_3^-	62	62 NO_3 (14 N)
$H_2PO_4^-$	97	97 H_2PO_4 (31 P)
HPO_4^{--}	96	48 HPO_4 (15.5 P)
SO_4^{--}	96	48 SO_4
Cl^-	35	35 Cl
CO_3^{--}	60	30 CO_3
HCO_3^-	61	61 HCO_3

วิธีการคำนวณ

การคำนวณจะยึดหลักให้ค่าความเข้มข้นของ NO_3^-, NH_4^+ และ $HPO_4^=$ คงที่ คือ 12.2, 2.2 และ 2.2 me/l ตามลำดับ ส่วนความเข้มข้นของธาตุอาหารอื่นสามารถเปลี่ยนแปลงได้บ้าง แต่อัตราส่วนร้อยละของ K:Ca:Mg จะต้องคงที่คือ 39.6:47.6:12.8

ตัวอย่าง เราต้องการเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืชจากน้ำที่มีองค์ประกอบดังนี้ K^+= 0.05 me/l, Ca^{++}= 3.5 me/l, Mg^{++}= 0.55 me/l, NH_4^+= 0 me/l, NO_3^-= 0.2 me/l, $H_2PO_4^-$= 0 me/l, $HPO_4^=$= 0 me/l, $SO_4^=$= 0.6 me/l วิธีการโดยจะเริ่มจากเติมค่าต่างๆลงในตารางที่ 7 เป็นลำดับดังนี้

1. เติมค่าวิเคราะห์น้ำลงในแถวที่ 1 ในหน่วยของ me/l

2. ใส่ค่า 2.2 me ของ $HPO_4^=$ และ 2.2 me ของ NH_4 ลงในช่องของ $(NH_4)_2HPO_4$

3. จากการทดลองปรับค่า pH ของน้ำโดยการค่อยๆ เติมกรดและวัดค่า pH ของน้ำที่เปลี่ยน พบว่าเพื่อปรับค่า pH ให้ได้ 5.8 จะต้องใช้กรด 2.4 me (pH เริ่มต้น = 7.3) ในที่นี้ใช้ กรด HNO_3 ในการปรับค่า pH ดังนั้นเติมค่า 2.4 me ลงในแถว HNO_3

4. การที่เราใช้ $(NH_4)_2HPO_4$ ใส่ลงในสารละลาย และเนื่องจากเกลือนี้มีฤทธิ์เป็นด่าง มีผลให้ pH ของสารละลายสูงขึ้น เพื่อลดค่า pH จะต้องเติมกรด โดยต้องใช้กรด HNO_3 1me/l เพื่อแก้ความเป็นด่างของ $(NH_4)_2HPO_4$ 2.2 me/l ดังนั้นใส่ค่า 1 me ตามแถวของ HNO_3 และในช่อง H_3O^+ และ NO_3^-

ตารางที่ 6 นน.ของปุ๋ยที่ต้องใช้ (mg) เพื่อให้ได้ธาตุอาหาร 1 me

ชนิดปุ๋ยที่ใช้ สูตรทางเคมี	นน.	นน.ปุ๋ยเป็น gm หรือ mg ต่อ eq หรือ me	
Ammonium nitrate NH_4NO_3	80	80	80
Potassium nitrate KNO_3	101	101	101
Calcium nitrate $Ca(NO_3)_2$	164	82	82
** $Ca(NO_3)_2.4H_2O$	236	118	118
$Ca(NO_3)_2.H_2O$	182	91	91
Magnesium nitrate $Mg(NO_3)_2.6H_2O$	256	128	128
Ammoniun dihydrogenphosphate $NH_4H_2PO_4$	115	115	115
Ammonium monohydrogenphosphate $(NH_4)_2HPO_4$	132	66	66
Potassium dihydrogenphosphate KH_2PO_4	136	136	136
Potassium sulfate K_2SO_4	174	87	87
Ammonium sulfate $(NH_4)_2SO_4$	132	66	66
Magnesium sulfate $MgSO_4.7H_2O$	246	123	123
$MgSO_4$	120	60	60

ตารางที่ 7 ตารางที่ใช้ประกอบการคำนวณองค์ประกอบของสารละลายธาตุอาหาร

	ความเข้มข้น (me/l)									นน.ปุ๋ยที่ใส่/m^3
	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	NH_4^+	H_3O^+	NO_3^-	$H_2PO_4^-$	$HPO_4^=$	$SO_4^=$	
ค่าวิเคราะห์น้ำ	05	3.5	.55	-	-	.20			.6	
HNO_3					3.4	3.4				3.4 x 89 = 305 cm^3
H_3PO_4										
$NH_4H_2PO_4$										
$(NH_4)_2HPO_4$				2.2				2.2		2.2 x 66 = 145 gm
$Ca(NO_3)_2.4H_2O$		3.12				3.12				3.12x118= 368.2gm
KNO_3	5.48					5.48				5.48 x 101 = 555 gm
K_2SO_4										
$MgSO_4.7H_2O$			1.23						1.23	1.23 x 123 =150 gm
$Mg(NO_3)_2.6H_2O$										
NH_4NO_3										
ผลรวมทั้งหมด	5.53	6.62	1.78	2.2	3.4	12.2		2.2	1.83	

5.ใส่ NO_3^- ทั้งหมดเป็นจำนวน 2.4 + 1 = 3.4 me และในน้ำมีอนุมูล NO_3^- อยู่แล้ว 0.2 me เหลืออนุมูล NO_3^- ที่ต้องเติมอีก 12.2 - 3.4 - 0.2 =8.6 me โดยจะใส่ในรูปของ $Ca(NO_3)_2$ และ KNO_3

6. เมื่อเราใส่อนุมูล NO_3^- 8.6 me ในรูปของเกลือที่กล่าวมาแล้วก็จะเป็นการใส่ K^+ + Ca^{++} รวมกันจำนวน 8.6 me ด้วย เนื่องจากในน้ำมี (K^+) = .0.05 + (Ca^{++}) = 3.5 รวมกัน = 3.55 me รวมทั้งหมดจะมี Ca^{++} และ K^+ รวมกันอยู่ในสารละลายทั้งหมด = 8.6 + 3.55 = 12.15 me

7. เนื่องจากอัตราส่วนร้อยละของ K : Ca : Mg ในสารละลายจะต้องเท่ากับ 39.6 : 47.6 : 12.8 หรือเมื่อคิดเป็น % ของ K : Ca = 39.6*100/(39.6+47.6) : 47.6*100/(39.6+47.6) = K : Ca = 44.5 : 54.5 ดังนั้นในสารละลายจะมี

- K^+ = (12.15*45.5) / 100 = 5.53 me ปริมาณของ KNO_3 ที่ใส่จะเท่ากับ 5.53 - 0.05 =5.48 me
- Ca^{++} = (12.15*54.5) / 100 = 6.62 me ปริมาณของ $Ca(NO_3)_2$ ที่ใส่จะเท่ากับ 6.62 - 3.5 = 3.12 me

8. ใส่ค่า 5.48 ในช่องจุดตัดระหว่างแนวนอนของ KNO_3 กับแนวตั้งของ K^+ และ NO_3^- ตามลำดับ

9. ใส่ค่า 3.12 ในช่องจุดตัดระหว่างแนวนอนของ $Ca(NO_3)_2$ กับแนวตั้งของ Ca^{++} และ NO_3^- ตามลำดับ

10. อัตราส่วนร้อยละของ K : Ca : Mg จะต้องเท่ากับ 39.6:47.6:12.8 (เมื่อคิดเป็น % ของผลรวมของ K+Ca+Mg) ในสารละลายมี Ca = 6.62 ดังนั้นจะต้องใส่ Mg = (12.8 x 6.62)/47.6 = 1.78 me Mg^{++} ในน้ำมี Mg^{++} อยู่แล้ว 0.55 me ดังนั้นจะต้องใส่เพิ่มอีก 1.78 - 0.55 = 1.23 me ใส่ในรูปของ $MgSO_4.7H_2O$ ใส่ค่า 1.23 ในช่องจุดตัดระหว่างแนวนอนของ $MgSO_4.7H_2O$ กับแนวตั้งของ Mg^{++} และ $SO_4^=$ ตามลำดับ

11. ผลรวมของ $SO_4^=$ ทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 0.6 + 1.23 = 1.83 ซึ่งค่านี้จะสูงกว่าค่าในสูตรสารอาหารเล็กน้อย (1.5 me/l) แต่เป็นค่าที่อยู่ในช่วงที่ใช้ได้ คือความเข้มข้นของ $SO_4^=$ ในสารละลายสามารถมีได้ถึง 2 me/l

12. ในการคำนวณปริมาณสารที่ต้องใช้ (กรัม) ในการเตรียมสารละลาย 1 ลูกบาศก์เมตร คำนวณโดยคูณจำนวน me ของสารที่ใช้ในแต่ละแถวด้วย น้ำหนักปุ๋ย และกรดที่ให้ไว้ในตารางที่ 2 และ 4 ใส่ค่าเหล่านี้ในแนวตั้งของช่องสุดท้าย

<u>วิธีการเตรียมสารละลาย</u>

หลังจากที่รู้ปริมาณของสารต่างๆที่ต้องเติมลงในน้ำ เพื่อเตรียมสารละลาย 1 ลูกบาศก์เมตร การเตรียมสารละลายนั้นโดยทั่วไปจะเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงและเมื่อต้องการใช้ก็จะนำมาเจือจางให้ได้ความเข้มข้นตามต้องการ โดยจะเตรียมสารละลายแยกเป็น 2 ถัง เนื่องจากปุ๋ยบางชนิดไม่สามารถผสมกันโดยตรงที่ระดับความเข้มข้นสูงๆ ซึ่งวิธีการเตรียมจะมีขั้นตอนดังนี้ เช่น เมื่อเราต้องการสารละลาย

ธาตุอาหารทั้งหมด 10 ลูกบาศก์เมตร จะเตรียมสารละลาย 2 ถัง ถังละ 50 ลิตร (ตัวอย่างจากที่คำนวณมาแล้วในตอนต้น)

ถังที่ 1 ต้องทำการผสมตามลำดับขั้นดังนี้

- ใส่น้ำ 20 ลิตร

- ใส่กรด HNO_3 เท่ากับปริมาณที่ต้องใช้เพื่อปรับ pH ของสารละลาย 9.95 ลูกบาศก์เมตร ให้ได้ pH=5.8 รวมกับปริมาณเพื่อแก้ความเป็นด่างเนื่องจากผลของปุ๋ย $(NH_4)_2HPO_4$ จากตัวอย่างใช้ HNO_3 (53.5%) = 305 ลูกบาศก์เซนติเมตร/สารละลาย 1ลูกบาศก์เมตร ดังนั้นใช้กรดทั้งหมด 9.95 x 305/1000 = 3.035 ลิตร

- ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสทั้งหมดในรูป($NH_4)_2HPO_4$ = 145 x 10/1000= 1.450 กก. (ปุ๋ยนี้ต้องละลายในน้ำ 10 ลิตร ก่อนผสม)

- ในถังที่ 1 นี้อาจใส่ N, K, Mg ในรูปของ ซัลเฟต, ไนเตรท, ฟอสเฟต, แอมโมเนียม ที่ละลายในน้ำก่อนผสม <u>แต่ในถังนี้ห้ามใส่แคลเซียมเด็ดขาดเพราะจะทำปฏิกริยา กับฟอสเฟตตกตะกอน</u> ในที่นี้จะใส่ KNO_3 ทั้งหมดในถังนี้ เพื่อลดความเข้มข้นของสารละลายในถังที่ 2 ปริมาณ KNO_3 ที่ใส่เท่ากับ 555 x 10/1000 = 5.55 กก.

- ใส่จุลธาตุอาหารทั้งหมดในถังนี้ <u>ยกเว้นเหล็ก</u>

- เติมน้ำให้ได้ปริมาตร 50 ลิตร คนสารละลายให้ผสมกันดี

pH ของสารละลายในถังนี้จะต้องต่ำกว่า 2

ถังที่ 2 ต้องทำการผสมตามลำดับดังนี้

- ใส่น้ำ 20 ลิตร

- ใส่กรด HNO_3 เพื่อปรับ pH ของน้ำในถังนี้ (50 ลิตร) ในที่นี้ต้องใส่ 0.05x305x1000/1000 = 15.25 ลูกบาศก์เซนติเมตร

- ใส่ปุ๋ยที่มีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบทั้งหมดในถังนี้ (ปุ๋ยนี้ต้องละลายในน้ำ 12 ลิตร ก่อน) ในที่นี้เราจะละลายปุ๋ย $Ca(NO_3)_2$ จำนวน 305 x 10 / 1000 = 3.05 กิโลกรัม ในน้ำ 12 ลิตร หลังจากนั้นจึงเทใส่ในถังที่ 2

- ใส่เหล็กทั้งหมดในรูปคีเลต (chelate) อัตราที่ใช้จะมีส่วนผสมของเหล็กอยู่ในช่วง 0.6 ถึง 2 กรัม/ลูกบาศก์เมตร ในที่นี้จะใส่ในรูป Fe-EDTA (6% Fe) ซึ่งมีเหล็ก 0.6 กรัม/ลูกบาศก์เมตร ดังนั้นต้องใส่เหล็กในรูป Fe-EDTA ทั้งหมดเป็นจำนวน (100 x 0.6/6) x 10 = 100 กรัม โดยที่จะต้องนำเอาสารประกอบเหล็กละลายในน้ำ 12 ลิตรก่อน

- เติมน้ำลงในถังให้ครบ 50 ลิตร กวนสารละลายให้เข้ากันดี

pH ของสารละลายในถังที่ 2 จะอยู่ในช่วง 4 ถึง 6

*ในถังนี้ห้ามใส่ ปุ๋ยที่มี อนุมูลซัลเฟต และ ฟอสเฟต

หมายเหตุ ในกรณีพืชที่ปลูกแสดงอาการขาดธาตุเหล็ก ให้วัดค่า pH ของสารละลายในถังที่ 2 ถ้าค่า pH ต่ำกว่า 3 ให้เตรียมสารละลายนี้ใหม่ เนื่องจาก Fe-EDTA สามารถคงสภาพอยู่ในรูปคีเลตได้ในช่วงของ pH 3 - 6.5 แต่ถ้าค่าของ pH ถูกต้อง ให้เพิ่มความเข้มข้นของเหล็กในสารละลาย โดยเฉพาะพืชที่ใช้ในการปรุงแต่งกลิ่นอาหาร เช่น ผักชี คื่นฉ่าย มีความต้องการเหล็กมากเป็นพิเศษ อาจต้องการมากกว่าพืชปกติถึง 2 เท่า

เหล็กคีเลตที่สามารถนำมาใช้ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินได้คือ

Fe-EDTA สามารถคงรูปที่พืชใช้ได้ในช่วง pH =1 - 6 แสงแดดทำให้เสื่อมสภาพได้

Fe-DTPA สามารถคงรูปที่พืชใช้ได้ในช่วง pH =2 - 7แสงแดดทำให้เสื่อมสภาพได้

Fe-HEDTA สามารถคงรูปที่พืชใช้ได้ในช่วง pH =2 - 9 เสื่อมสภาพได้ง่าย

Fe-EDDHA สามารถคงรูปที่พืชใช้ได้ในช่วง pH =2 - 9 มีราคาแพง

Fe-EDTA และ Fe-DTPA มีการใช้มากที่สุด

สารละลายทั้งสองถังนี้เมื่อจะนำไปใช้ จะทำการเจือจางในอัตราส่วน 1:200 เช่น ถ้าต้องการใช้สารละลายธาตุอาหารพืช 5 ลูกบาศก์เมตร = 5,000 ลิตร ต้องใช้สารละลายเข้มข้น ถังที่ 1 และถังที่ 2 ถังละ = (1/200) x 5000 = 25 ลิตร และปรับปริมาตรโดยเติมน้ำ ให้ครบ 5,000 ลิตร

ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในการเตรียมสารละลายธาตุอาหาร

<u>ปัญหาที่เกิดขึ้นเนื่องจากคุณภาพน้ำที่ใช้</u>

1. ในกรณีที่น้ำที่ใช้เตรียมสารละลายมีการเปลี่ยนปริมาณ carbonate หรือ bicarbonate อยู่ตลอดเวลาไม่แน่นอน ทำให้ปริมาณกรดที่ใช้ในการปรับค่า pH ไม่แน่นอน จำเป็นต้องเพิ่มถังกรดเป็นถังที่ 3 และมีเครื่อง pH meter คอยควบคุมเพื่อรักษาให้ระดับ pH อยู่ในช่วงที่ต้องการ

2. ในกรณีที่น้ำที่ใช้มีความเป็นกรด (pH < 5.5) ต้องใช้ Potassium bicarbonate เพื่อใช้ปรับค่า pH (มักไม่ค่อยพบมากนัก)

3. ในกรณีที่น้ำที่ใช้มีปริมาณ Ca มากเกินไป (>200 mg/l) จำเป็นต้องเพิ่มปริมาณของ Mg และ K เพื่อรักษาอัตราส่วนของ Ca:K:Mg ตามที่กำหนดไว้ และลดปริมาณ $CaNO_3$ ลง

4. ในกรณีที่น้ำมี Mg > 4 me/l ต้องเพิ่มปริมาณ Ca และ K เพื่อรักษาอัตราส่วนของ K : Ca : Mg ให้คงที่

5. ในกรณีน้ำที่ใช้มีปริมาณ Fe มากเกินไป (>1 ppm) เมื่อเหล็กอยู่ในรูป ferrous จะอยู่ในรูปสารละลายแต่เมื่อสัมผัสกับอากาศจะทำปฏิกริยากับออกซิเจนตกตะกอน ทำให้เกิดการอุดตันที่หัวหยดหรือที่ถังกรอง เพื่อแก้ปัญหานี้จะต้อง oxidize เหล็กให้อยู่ในรูป ferric ก่อนและกรองตะกอนที่เกิดขึ้นโดยใช้ถังกรองทราย สารที่ใช้ oxidize เหล็กอาจใช้พวก Potassium permanganate โดยใช้อัตราสาร 0.6 ppm ต่อ

ความเข้มข้นเหล็ก 1 ppm แต่เป็นวิธีการที่แพงมากอาจไม่คุ้มกับการลงทุน อาจใช้วิธีฉีดน้ำให้เป็นฝอยในอากาศเพื่อให้เกิดการ oxidize โดยตรงกับอากาศ

6. ในกรณีที่น้ำที่ใช้มีปริมาณ $NaHCO_3$ มากมีผลให้ pH ของน้ำสูงและต้องใช้กรด HNO_3 เป็นปริมาณมากในการปรับ pH ของสารละลายมีผลให้ปริมาณ $CaNO_3$ ที่ใช้น้อยจนปริมาณ Ca ไม่พอ ในกรณีนี้ให้ใช้กรดH_3PO_4 แทนกรด HNO_3บางส่วน

7. ถ้าน้ำที่ใช้มีปริมาณของ $SO_4^=$ มาก ให้ใช้ $Mg(NO_3)_2$ แทน $MgSO_4$

การตรวจสอบสารละลายธาตุอาหารหลังจากเตรียมแล้ว

หลังจากเราเตรียมสารละลายเสร็จแล้วจำเป็นต้องมีการตรวจสอบว่าสารละลายที่ได้มีค่า pH และค่าความเข้มข้น (EC) เป็นไปตามที่เราต้องการหรือไม่

1. ค่า pH ของสารละลายที่ได้จะต้องได้ประมาณ 5.8

2. ความเข้มข้นของสารละลาย ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร คือผลรวมของเกลือที่มีอยู่แล้วในน้ำรวมกับเกลือของปุ๋ยและกรดที่ใส่เพิ่มเข้าไป ซึ่งวัดเป็น gm หรือ mg ของเกลือ/ลิตร สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$Q = EC \times K$$

Q = ปริมาณของเกลือ gm/litre

EC = electrical conductivity mS/cm

K = ค่าคงที่ อยู่ในช่วง 0.8 ถึง 0.9 ขึ้นอยู่กับชนิดของเกลือ

โดยทั่วไปค่า EC ของสารละลายที่ใช้ปลูกพืชจะมีค่าอยู่ในช่วง 1.5 - 3 mS/cm ในการทดสอบว่าสารละลายที่เตรียมขึ้นมีปริมาณของเกลือตามความต้องการหรือไม่สามารถทำได้ดังนี้

1. วัดค่า EC ของน้ำที่ใช้เตรียมสารละลาย (EC_1)

2. วัดค่า EC ของสารละลายที่เตรียมเสร็จแล้ว(EC_2)

3. คูณค่าผลต่างของ EC ในข้อ 1 และ 2 (EC_3) ด้วย 0.8 ถึง 0.9 ซึ่งจะได้ค่าความเข้มข้นของปุ๋ยและกรดที่ใส่ลงในสารละลาย ซึ่งค่าที่ได้นี้ต้องใกล้เคียงกับปริมาณจริงๆ ของปุ๋ยและกรดที่ใส่ลงในสารละลาย ถ้าต่างกันมากแสดงว่ามีข้อผิดพลาดต้องแก้ไข

$$EC_2 - EC_1 = EC_3$$

$$EC_3 \times 0.8\text{-}0.9 = q_2$$

สูตรสารละลายธาตุอาหารสำหรับพืชต่างๆ

ตัวอย่างสูตรธาตุอาหารที่ใช้กับพืชผักและไม้ดอกที่ปลูกในวัสดุปลูกและในสารละลายเป็นสูตรที่รวบรวมไว้ในหนังสือ "Nutrient solutions for vegetables and flowers grown in water or substrates" โดย Ing. C. Sonneveld และ N. Straver (ninth edition No8 Serie: Voedingsoplossingen glastuinbouw Maart 1992) หนังสือเล่มนี้จะแบ่งกลุ่มความเหมาะสมกับพืชเป็น 3 ระดับ ตามปริมาณการทดสอบยืนยันความเหมาะสมซึ่งแบ่งได้ดังนี้

Class A. เป็นสูตรสารละลายที่มีความเหมาะสมกับพืชนั้นมากที่สุดโดยมีการทดสอบยืนยันอย่างกว้างขวางมีโอกาสผิดพลาดน้อยมากเมื่อนำไปใช้ปลูกพืชชนิดนั้นๆ

Class B. เป็นสูตรที่มีการทดสอบยืนยันไม่มากนัก เมื่อนำไปใช้จะต้องมีการตรวจสอบการเจริญเติบโตของพืชและอาจต้องมีการปรับสูตรสารละลายตามความเหมาะสม

Class C. เป็นสูตรที่มีการทดสอบยืนยันน้อยมาก เมื่อนำไปใช้จะต้องมีการตรวจสอบดูแลพืชอย่างใกล้ชิด และอาจต้องมีการเปลี่ยนสูตรธาตุอาหารพืชระหว่างปลูก

ความเข้มข้นสารละลายธาตุอาหารพืชแสดงสองส่วน คือ

Nutrient solution คือความเข้มข้นสารละลายที่เตรียมขึ้นและให้แก่พืช

Root environment คือสารละลายที่อยู่รอบบริเวณรากพืชหรือที่อยู่ในวัสดุปลูก เนื่องจากเมื่อสารละลายที่เตรียมขึ้นสัมผัสกับรากพืช รากพืชจะมีการดูดใช้ธาตุอาหารในสารละลายทำให้องค์ประกอบของสารละลายเปลี่ยนไป ซึ่งเป็นผลจากการเลือกดูดใช้ธาตุอาหารของพืช กล่าวคือธาตุที่พืชสามารถดูดใช้ได้ง่าย เช่น NO_3 และ K จะคงเหลืออยู่ในสารละลายรอบรากพืชค่อนข้างน้อย ส่วนสารละลายที่พืชดูดใช้ได้ค่อนข้างยาก เช่น Ca, Mg, และ Fe จะคงเหลือสะสมอยู่ในสารละลายบริเวณรากค่อนข้างมาก ดังนั้นจึงให้ค่าการวิเคราะห์สารละลายบริเวณรอบรากพืชหรือที่อยู่ในวัสดุปลูกไว้ด้วย

Strawberry in peaty substrate

	Nutrient solution	1: 1.5 extract *
EC mS/cm (25 ^{0}C)	1.7	0.8
NO_3 mmol/l	11.5	4.0
H_2PO_4	1.0	0.3
SO_4	1.5	1.1
NH_4	1.0	<0.5
K	5.5	1.9
Ca	3.25	1.7
Mg	1.25	0.7
Fe µmol/l	20.0	8.0
Mn	10.0	2.0
Zn	7.0	3.0
B	25.0	10.0
Cu	0.75	0.7
Mo	0.5	

* วิเคราะห์โดยสกัดวัสดุปลูกด้วยน้ำ

Classification A

Strawberry in recirculating water

	Nutrient solution	Root environment
EC mS/cm (25 ^{0}C)	1.5	2.0
NO_3 mmol/l	10.0	12.0
H_2PO_4	1.25	0.7
SO_4	1.125	2.5
NH_4	0.5	<0.5
K	5.25	4.5
Ca	2.75	4.5
Mg	1.125	2.0
Fe µmol/l	20.0	35
Mn	10.0	7.0
Zn	4.0	7.0
B	20.0	20.0
Cu	0.75	0.7
Mo	0.5	

Classification B

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Cucumber in rockwool (re-use drainage water)(แตงกวาผลยาว)

	Nutrient solution	Root environment
EC mS/cm (25 ^{o}C)	1.7	3.0
NO_3 mmol/l	12.0	18.0
H_2PO_4	1.0	0.9
SO_4	1.0	3.5
NH_4	1.0	<0.5
K	6.5	8.0
Ca	2.75	6.5
Mg	1.0	3.0
Si	0.75	0.6
Fe µmol/l	15.0	25.0
Mn	10.0	7.0
Zn	5.0	7.0
B	25.0	50.0
Cu	0.75	1.0
Mo	0.5	-

Classification B

Melons in rockwool(แคนตาลูป)

	Nutrient solution	Root environment
EC mS/cm (25 ^{o}C)	2.2	3.0
NO_3 mmol/l	16.25	20.0
H_2PO_4	1.25	0.8
SO_4	1.5	3.5
NH_4	1.0	<0.5
K	7.5	7.0
Ca	4.75	7.0
Mg	1.25	2.5
Si	0.75	0.6
Fe µmol/l	10.0	
Mn	10.0	
Zn	4.0	
B	20.0	
Cu	0.5	
Mo	0.5	

Classification B

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Propagation vegetable plants in rockwool

	Nutrient solution	Root environment
EC mS/cm (25 ^{0}C)	2.4	
NO_3 mmol/l	16.75	
H_2PO_4	1.25	
SO_4	2.5	
NH_4	1.25	
K	6.75	
Ca	4.5	
Mg	3.0	
Fe µmol/l	25.0	
Mn	10.0	
Zn	5.0	
B	35.0	
Cu	1.0	
Mo	0.5	

Classification A

Sweet pepper in rockwool(พริกยักษ์)

	Nutrient solution	Root environment
EC mS/cm (25 ^{0}C)	2.1	3.0
NO_3 mmol/l	15.25	19.0
H_2PO_4	1.25	0.9
SO_4	1.75	3.5
NH_4	1.0	<0.5
K	7.5	7.0
Ca	4.25	7.0
Mg	1.5	3.25
Fe µmol/l	15.0	15.0
Mn	10.0	7.0
Zn	5.0	7.0
B	30.0	60.0
Cu	0.75	0.7
Mo	0.5	-

Classification A

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Sweet pepper in rockwool (re-use drainage water)

	Nutrient solution	Root environment
EC mS/cm (25 ^{o}C)	1.7	3.0
NO_3 mmol/l	12.5	19.0
H_2PO_4	1.0	0.9
SO_4	1.0	3.5
NH_4	1.0	<0.25
K	6.25	7.0
Ca	3.0	7.0
Mg	1.125	3.25
Fe µmol/l	15.0	25.0
Mn	10.0	5.0
Zn	4.0	7.0
B	25.0	60.0
Cu	0.75	0.7
Mo	0.5	-

Classification A

Lettuce in recirculating water

	Nutrient solution	Root environment
EC mS/cm (25 ^{o}C)	2.6	2.5
NO_3 mmol/l	19.0	19.0
H_2PO_4	2.0	1.0
SO_4	1.125	2.0
NH_4	1.25	<0.5
K	11.0	6.0
Ca	4.5	7.0
Mg	1.0	1.5
Si	0.5	0.5
Fe µmol/l	40.0	40.0
Mn	0*	1.0
Zn	4.0	5.0
B	30.0	50.0
Cu	0.75	1.0
Mo	0.5	-

Classification A

If peat cubes are used no manganese will be added, otherwise 5 µmol/l is adviseble

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Tomato in rockwool

	Nutrient solution	Root environment
EC mS/cm (25 ^{o}C)	2.3	3.0
NO_3 mmol/l	13.75	17.0
H_2PO_4	1.25	0.7
SO_4	3.75	5.0
NH_4	1.25	<0.5
K	8.75	7.0
Ca	4.25	7.0
Mg	2.0	3.5
Fe µmol/l	15.0	15.0
Mn	10.0	7.0
Zn	5.0	7.0
B	30.0	50.0
Cu	0.75	0.7
Mo	0.5	-

Classification A

Tomato in rockwool (re-use drainage water)

	Nutrient solution	Root environment
EC mS/cm (25 ^{o}C)	1.6	3.0
NO_3 mmol/l	10.75	17.0
H_2PO_4	1.25	0.7
SO_4	1.5	5.0
NH_4	1.0	<0.5
K	6.5	7.0
Ca	2.75	7.0
Mg	1.0	3.5
Fe µmol/l	15.0	25.0
Mn	10.0	5.0
Zn	4.0	7.0
B	20.0	50.0
Cu	0.75	0.7
Mo	0.5	-

Classification A

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Carnation in rockwool

	Nutrient solution	Root environment
EC mS/cm (25 ^{o}C)	1.8	2.5
NO_3 mmol/l	13.0	14.0
H_2PO_4	1.25	0.9
SO_4	1.25	3.0
NH_4	1.0	<0.5
K	6.25	7.0
Ca	3.75	5.0
Mg	1.0	2.25
Fe µmol/l	25.0	20.0
Mn	10.0	3.0
Zn	4.0	5.0
B	30.0	60.0
Cu	0.75	1.0
Mo	0.5	-

Classification A

Carnation in peat

	Nutrient solution	1:1.5 extract
EC mS/cm (25 ^{o}C)	1.8	1.3
NO_3 mmol/l	13.0	6.0
H_2PO_4	1.25	1.0
SO_4	1.25	2.0
NH_4	1.0	<0.2
K	6.25	3.0
Ca	3.75	3.0
Mg	1.0	1.5
Fe µmol/l	25.0	15.0
Mn	10.0	1.0
Zn	4.0	2.0
B	30.0	25.0
Cu	0.75	1.0
Mo	0.5	-

Classification A

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Carnation in rockwool (re-use drainage water)

	Nutrient solution	Root environment
EC mS/cm (25 ^{o}C)	1.1	2.5
NO_3 mmol/l	7.25	14.0
H_2PO_4	0.6	0.9
SO_4	0.8	3.0
NH_4	0.75	<0.5
K	4.0	7.0
Ca	1.75	5.0
Mg	0.5	2.25
Fe µmol/l	20.0	20.0
Mn	5.0	3.0
Zn	3.0	5.0
B	20.0	60.0
Cu	0.5	1.0
Mo	0.5	-

Classification C

Anthurium andreanum in rockwool or peat(หน้าวัว)

	Nutrient solution	Root environment	1:1.5 extract
EC mS/cm (25 ^{o}C)	1.2	1.3	0.8
NO_3 mmol/l	6.5	6.0	3.0
H_2PO_4	1.0	0.75	0.5
SO_4	1.5	2.0	1.0
NH_4	1.0	<0.5	<0.3
K	4.5	3.5	1.5
Ca	1.5	2.25	1.5
Mg	1.0	1.5	0.8
Fe µmol/l	15.0	15.0	5
Mn	0*	2.0	1.0
Zn	3.0	4.0	2.0
B	20.0	40.0	25.0
Cu	0.5	1.0	0.5
Mo	0.5	-	-

Classification A

*If necessary 3 µmol/l

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Chrysanthemum recirculating water(เบญจมาศ)

	Nutrient solution	Root environment
EC mS/cm (25 ^{o}C)	1.8	1.7
NO_3 mmol/l	12.75	10.0
H_2PO_4	1.0	0.75
SO_4	1.0	2.0
NH_4	1.25	<0.5
K	7.5	5.0
Ca	2.5	3.5
Mg	1.0	1.5
Fe µmol/l	60.0	80.0
Mn	20.0	10.0
Zn	3.0	5.0
B	20.0	20.0
Cu	0.5	1.0
Mo	0.5	-

Classification A

Aster in rockwool or peat

	Nutrient solution	Root environment
EC mS/cm (25 ^{o}C)	1.8	2.5
NO_3 mmol/l	13.0	14.0
H_2PO_4	1.25	0.9
SO_4	1.25	3.0
NH_4	1.0	<0.5
K	6.25	7.0
Ca	3.75	5.0
Mg	1.0	2.25
Fe µmol/l	25.0	20.0
Mn	10.0	3.0
Zn	4.0	5.0
B	30.0	60.0
Cu	0.75	1.0
Mo	0.5	-

Classification C

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Euphorbia fulgens in rockwool(ครีสต์มาส)

	Nutrient solution	Root environment
EC mS/cm (25 ^{o}C)	1.7	
NO_3 mmol/l	11.5	
H_2PO_4	1.5	
SO_4	1.5	
NH_4	1.0	
K	6.0	
Ca	3.5	
Mg	1.0	
Fe µmol/l	35.0	
Mn	10.0	
Zn	3.0	
B	20.0	
Cu	0.5	
Mo	0.5	

Classification C

Gerbera in rockwool

	Nutrient solution	Root environment
EC mS/cm (25 ^{o}C)	1.7	2.2
NO_3 mmol/l	11.25	13.0
H_2PO_4	1.25	1.0
SO_4	1.25	2.5
NH_4	1.5	<0.5
K	5.5	6.0
Ca	3.0	5.0
Mg	1.0	2.0
Fe µmol/l	35.0	40.0
Mn	5.0	3.0
Zn	4.0	5.0
B	30.0	40.0
Cu	0.75	1.0
Mo	0.5	-

Classification A

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Gerbera in rockwool (re-use drainage water)

	Nutrient solution	Root environment
EC mS/cm (25 ^{o}C)	1.1	2.2
NO_3 mmol/l	7.5	13.0
H_2PO_4	0.75	1.0
SO_4	0.75	2.5
NH_4	1.0	<0.5
K	4.25	6.0
Ca	1.75	5.0
Mg	0.5	2.0
Fe µmol/l	25.0	40.0
Mn	5.0	3.0
Zn	3.0	5.0
B	20.0	40.0
Cu	0.5	1.0
Mo	0.5	-

Classification B

Gypsophila in rockwool

	Nutrient solution	Root environment
EC mS/cm (25 ^{o}C)	2.1	
NO_3 mmol/l	15.0	
H_2PO_4	1.75	
SO_4	1.5	
NH_4	1.25	
K	7.0	
Ca	4.5	
Mg	1.25	
Fe µmol/l	25.0	
Mn	10.0	
Zn	4.0	
B	25.0	
Cu	0.75	
Mo	0.5	

Classification C

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Hippeastrum in rockwool

	Nutrient solution	Root environment
EC mS/cm (25 ^{o}C)	1.9	2.2
NO_3 mmol/l	13.0	16.0
H_2PO_4	1.25	1.0
SO_4	1.25	2.0
NH_4	1.0	<0.5
K	7.5	6.5
Ca	3.125	5.0
Mg	1.0	2.0
Fe µmol/l	10.0	10.0
Mn	10.0	7.0
Zn	5.0	7.0
B	30.0	60.0
Cu	0.5	0.7
Mo	0.5	-

Classification B

Pot plants in expanded clay

	Nutrient solution	Root environment
EC mS/cm (25 ^{o}C)	1.6	1.7
NO_3 mmol/l	10.6	9.5
H_2PO_4	1.5	1.0
SO_4	1.0	2.0
NH_4	1.1	<0.5
K	5.5	4.5
Ca	3.0	4.0
Mg	0.75	1.0
Fe µmol/l	20.0	15.0
Mn	10.0	5.0
Zn	3.0	4.0
B	20.0	40.0
Cu	0.5	0.75
Mo	0.5	

Classification A

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Rose in rockwool

	Nutrient solution	Root environment
EC mS/cm (25 ^{o}C)	1.6	2.2
NO_3 mmol/l	11.0	12.5
H_2PO_4	1.25	0.9
SO_4	1.25	3.0
NH_4	1.25	<0.5
K	5.0	6.0
Ca	3.5	5.0
Mg	0.75	2.0
Fe µmol/l	25.0	25.0
Mn	5.0	3.0
Zn	3.5	3.5
B	20.0	20.0
Cu	0.75	1.0
Mo	0.5	-

Classification A

Rose in rockwool (re-use drainage water)

	Nutrient solution	Root environment
EC mS/cm (25 ^{o}C)	0.7	2.2
NO_3 mmol/l	4.3	12.5
H_2PO_4	0.5	0.9
SO_4	0.5	3.0
NH_4	0.5	<0.5
K	2.3	6.0
Ca	1.1	5.0
Mg	0.4	2.0
Fe µmol/l	15.0	25.0
Mn	5.0	3.0
Zn	3.0	3.5
B	15.0	20.0
Cu	0.5	1.0
Mo	0.5	-

Classification B

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Statice in rockwool

	Nutrient solution	Root environment
EC mS/cm (25 ^{o}C)	1.7	
NO_3 mmol/l	12.0	
H_2PO_4	1.0	
SO_4	1.0	
NH_4	1.0	
K	6.0	
Ca	3.0	
Mg	1.0	
Fe µmol/l	15.0	
Mn	10.0	
Zn	5.0	
B	2.5	
Cu	0.75	
Mo	0.5	

Classification C

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การจัดการสารละลายธาตุอาหารพืชในระบบมีการนำสารละลายกลับมาใช้ใหม่

(Nutrient solution management in recirculating hydroponics systems)

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินระบบที่มีการนำสารละลายกลับมาใช้ใหม่ (Close system, Recirculating system) เช่น ระบบ NFT (Nutrient film technique) DFT (Deep flow technique) Aeroponics , Float system เป็นระบบปลูกพืชที่มีการนำสารละลายที่ไหลผ่านรากพืชและนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งเป็นการใช้สารละลายอย่างมีประสิทธิภาพมาก และเป็นระบบการปลูกที่มีการขยายตัวอย่างมากเนื่องจากประหยัดสารละลายและไม่ก่อให้เกิดมลพิษจากสารละลายที่เหลือใช้ โดยเฉพาะระบบ NFT ที่เป็นที่รู้จักดีในบ้านเรา

เนื่องจากเป็นระบบที่สารละลายหมุนเวียนอยู่ในระบบ ดังนั้นการจัดการธาตุอาหารให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมกับความต้องการของพืชตลอดการปลูกเป็นเรื่องที่สำคัญ มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชมาก เป็นการจัดการที่ยากกว่าในระบบแบบ Open system และจะมีผลต่อความสำเร็จหรือล้มเหลวในการปลูกพืชในระบบ Hydroponics อย่างมาก ดังนั้นควรต้องมีข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการธาตุอาหารพืชให้เหมาะสม

<u>การจัดการธาตุอาหารพืชจะมีสิ่งที่ต้องคอยดูแลและควบคุมดังนี้</u>

1. ค่า EC ของสารละลายเป็นค่าบอกความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ในการปลูกในระบบ Hydroponics ค่าจะอยู่ในช่วง 1 - 4 mS/cm ขึ้นอยู่กับ ชนิดพืช ช่วงอายุการเจริญของพืช สภาพภูมิอากาศ คือ อุณหภูมิ ความเข้มแสง ฯลฯ
2. ค่า pH เป็นค่าบอกความเป็นกรดด่างของสารละลาย โดยทั่วไปจะควบคุมให้อยู่ในช่วง 5.5-6.5 ซึ่งจะเป็นช่วงที่ธาตุอาหารในสารละลายอยู่ในรูปที่พืชใช้ประโยชน์ได้มากที่สุด
3. ปริมาณธาตุอาหารในสารละลาย ซึ่งสารละลายธาตุอาหารพืชจะต้องมีครบทั้ง 12 ตัวคือ N, P, K, Ca, Mg, S, Zn, Mo, B, Fe, Mn, Cu ยกเว้น Cl ซึ่งถึงแม้จะเป็นธาตุอาหารที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่ Cl มักจะมีเจือปนอยู่ในสารละลายธาตุอาหารพืชในปริมาณที่เพียงพออยู่แล้ว โดยจะปนมากับน้ำ หรือปุ๋ยที่ใช้เตรียมสารละลาย ดังนั้นในการคำนวณเพื่อเตรียมสารละลายฯ จะไม่มีการใส่ Cl นอกจากในสารละลายจะต้องมีธาตุต่างๆครบ ธาตุเหล่านี้ต้องควบคุมให้อยู่ในอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชตลอดการปลูก
4. อุณหภูมิและปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในสารละลาย โดยที่อุณหภูมิและปริมาณ ออกซิเจนจะมีความสัมพันธ์แบบผกผันกัน คือ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นปริมาณการละลายตัวของออกซิเจนจะลดลง ดังนั้นในเขตร้อนแถบบ้านเราอุณหภูมิสารละลายในระบบ NFT อาจจะขึ้นสูงถึง 35 °C ซึ่งทำให้การละลายตัวของออกซิเจนสูงสุดได้ 6.8 mg/l ดังนั้นปริมาณ ออกซิเจนในสารละลายเป็นปัญหาที่สำคัญที่สุดอันหนึ่งในการปลูกพืชระบบ NFT ในเขตร้อน โดยทั่วไปต้องรักษาระดับ ออกซิเจนในสารละลายให้สูงกว่า 6 mg/l
5. ต้องคอยป้องกันโรคพืชในสารละลายธาตุอาหาร ซึ่งเชื้อโรคที่มีปัญหามากและพบบ่อยในการปลูกในระบบ NFT คือ เชื้อ Pythium ซึ่งเป็นสาเหตุให้รากพืชเน่าเป็นสีน้ำตาล-ดำ และเป็น

โรคที่ระบาดอย่างรวดเร็วและรุนแรงในระบบที่มีการนำสารละลายกลับมาใช้ใหม่ โดยทั่วไปเมื่อโรคนี้ระบาดในสารละลายจะเป็นการยากมากในการกำจัดหรือรักษาให้หายได้ ดังนั้นวิธีที่ดีที่สุดคือการป้องกันโดยการทำความสะอาดระบบปลูกก่อนปลูกทุกครั้ง

6. การกำจัดสารที่รากพืชปล่อยออกสู่สารละลาย พวกสารอินทรีย์ต่างๆ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งโดยทั่วไปจะเอาออกจากบริเวณรากพืชโดยการหมุนเวียนสารละลายผ่านรากพืชในอัตราที่เร็วพอ เพื่อป้องการสะสมจนอยู่ในปริมาณที่อาจเป็นพิษต่อพืช

อัตราการดูดใช้ธาตุอาหารแต่ละตัวในสารละลาย

เราสามารถแบ่งกลุ่มธาตุอาหารพืชได้ 3 กลุ่มตามอัตราการดูดใช้ของพืช

กลุ่ม 1 ธาตุอาหารที่พืชดูดใช้อย่างรวดเร็วและพืชสามารถดูดใช้ภายใน 2-3 ชั่วโมง

กลุ่ม 2 ธาตุอาหารที่พืชดูดใช้ในอัตราปานกลาง โดยพืชดูดใช้ในอัตราสูงกว่าการดูดน้ำเล็กน้อย

กลุ่ม 3 ธาตุอาหารที่พืชดูดใช้อย่างช้าๆ และมักเหลือสะสมอยู่ในสารละลาย

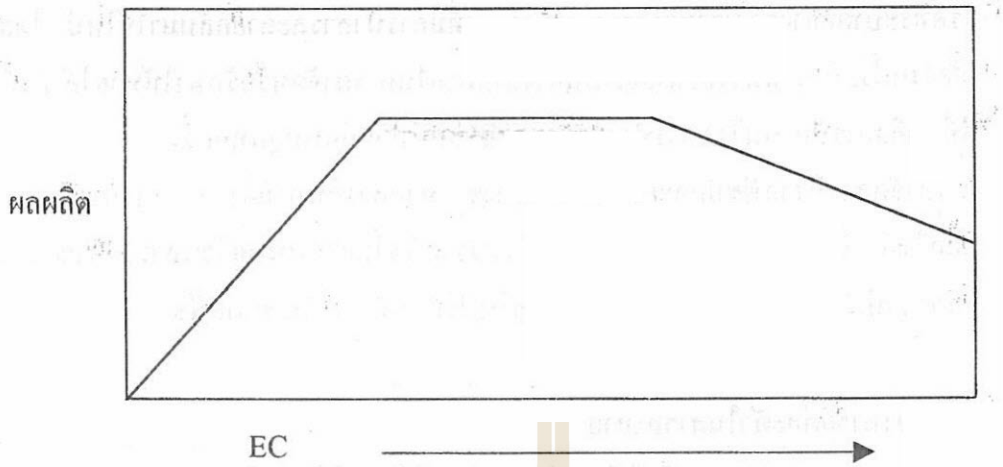
ตารางแสดงอัตราการดูดใช้สารละลายธาตุอาหาร

Group 1 Active uptake, fast removal	NO_3, NH_4,P,K,Mn
Group 2 Intermediate uptake	Mg, S, Fe, Cu, Mo
Group 3 Passive uptake, slow removal	Ca, B

ผลค่าความเข้มข้นสารละลายต่อผลผลิตพืช

โดยทั่วไปในระบบ Hydroponics ความเข้มข้นจะวัดโดยค่า EC (Electrical Conductivity) หน่วยเป็น mS/cm และค่าจะอยู่ในช่วง 1 - 4 mS/cm การตอบสนองของผลผลิตต่อค่า EC คือเมื่อค่า EC ต่ำผลผลิตก็จะต่ำและเมื่อเพิ่มค่า EC ถึงระดับหนึ่งจะได้ค่า ผลผลิตสูงสุด แต่เมื่อเพิ่มค่า EC ต่อไปผลผลิตจะไม่เพิ่มหลังจากนั้นถ้าเพิ่มต่อไปอีกผลผลิตจะลดลง ค่า EC ในที่นี้คือค่า EC บริเวณรากพืชซึ่งอาจแตกต่างจากค่า EC ของสารละลายที่เตรียม

เมื่อค่า EC ต่ำ (<1.0 mS/cm) จะทำให้ผลผลิตที่ได้อ่อนนุ่มซึ่งจะดีในการปลูกผักสลัด แต่ในมะเขือเทศและพืชผักชนิดอื่นที่เก็บผลสด คุณภาพของผลจะไม่ดีเนื่องจากผลอ่อนนุ่มเกินไปและรสชาดจะไม่ดีด้วย และอายุหลังเก็บเกี่ยวทั้งผักและไม้ดอกไม้ประดับจะสั้น และเมื่อเพิ่มค่า EC ให้สูงขึ้นมีผลให้พืชมีความแข็งแรงมากขึ้นมีการเจริญเติบโตเร็วขึ้นเพิ่มน้ำหนักใบ ผลและดอก ทำให้คุณภาพผลผลิตดีขึ้น เช่น มะเขือเทศจะมีปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้น ปริมาณธาตุอาหารและกรดในผลเพิ่มขึ้นอายุหลังเก็บเกี่ยวนานขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการควบคุมให้ค่า EC สูงจะยากกว่าการปลูกใน EC ต่ำ เนื่องจากในมะเขือเทศอาจเกิดอาการผลเน่าที่ปลาย (Blossom-end rot) ส่วนผักสลัดอาจเกิดอาการยอดไหม้ (Tip burn)



รูปที่ 1 แสดงผลของค่า EC ของสารละลายต่อผลผลิต

ผลของการดูดใช้ธาตุอาหารพืชต่อองค์ประกอบธาตุอาหารบริเวณรอบรากพืช

ในสภาพภูมิอากาศที่ส่งเสริมให้พืชมีอัตราการคายน้ำสูง (แสงมาก, ลมแรง, อุณหภูมิสูง, ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ) พืชจะมีอัตราการดูดใช้ธาตุอาหารน้อยกว่าอัตราการดูดน้ำ และในทางกลับกันถ้าสภาพภูมิอากาศส่งเสริมให้อัตราการคายน้ำต่ำ พืชก็จะดูดใช้ธาตุอาหารในอัตราที่สูงกว่าดูดใช้น้ำ เช่น ในช่วงหน้าร้อนและหน้าฝนซึ่งพืชจะมีอัตราการคายน้ำต่างกันมากจำเป็นต้องมีการจัดการความเข้มข้นสารละลายธาตุอาหารให้เหมาะสม เช่น ถ้าในขณะหนึ่งพืชดูดสารละลายธาตุอาหารที่มีค่า EC = 1.5 (คือสัดส่วนของน้ำที่พืชดูดใช้ : ปริมาณธาตุอาหารที่พืชดูดใช้) แต่ในขณะนั้นสารละลายธาตุอาหารที่ให้กับพืชมีค่า EC = 2.0 ดังนั้นพืชจะดูดน้ำมากกว่าธาตุอาหารมีผลให้ธาตุอาหารสะสมอยู่ในสารละลายมากขึ้นทำให้สารละลายบริเวณรากพืชมีค่า EC สูงขึ้นมากกว่า 2 และเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในทางกลับกันถ้าขณะเดียวกันพืชดูดใช้สารละลายที่มีค่า EC = 1.5 แต่สารละลายที่ให้แก่พืชมีค่า EC = 1 ดังนั้น พืชจะดูดธาตุอาหารมากกว่าดูดน้ำทำให้สารละลายบริเวณรากพืชมีความเข้มข้นลดลงคือมีค่า EC ลดลงต่ำกว่า 1 ลงเรื่อยๆ ซึ่งสิ่งที่เราต้องการคือ เตรียมสารละลายที่มีค่า EC เท่ากับที่พืชดูดใช้ ดังนั้นค่า EC บริเวณรากพืชจะคงที่ตลอดเวลา

อัตราการเปลี่ยนแปลงค่า EC ของสารละลายรอบรากพืชจะขึ้นอยู่กับ

1. ค่า EC ตั้งต้นของสารละลายว่ามีความแตกต่างจากค่า EC ที่พืชดูดใช้มากน้อยแค่ไหน ถ้าต่างกันมากอัตราการเปลี่ยน EC ก็จะมากด้วย
2. อัตราการคายน้ำของพืช ถ้าพืชมีอัตราการคายน้ำสูงก็จะส่งเสริมให้การเปลี่ยน EC เร็ว
3. ปริมาตรของถังเก็บสารละลายเมื่อเทียบกับจำนวนพืชที่ปลูก ถ้าถังมีขนาดเล็กการเปลี่ยนค่า EC ก็จะเปลี่ยนเร็ว

จากสาเหตุต่างๆที่กล่าวมานี้จะเห็นได้ว่า อันตรายอันอาจเกิดได้จากค่า EC จะมีอันตรายมากเมื่อสารละลายที่ใช้มีค่า EC สูงกว่าที่พืชดูดใช้มากๆ และถังสารละลายที่ใช้มีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับจำนวนพืชที่ปลูก และภายใต้สภาพที่พืชมีอัตราการคายน้ำสูงคือมีอุณหภูมิสูงแสงจัด ซึ่งในสภาพนี้สารละลายบริเวณรากพืชจะมีค่า EC เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วจนเป็นอันตรายกับพืชได้ ดังนั้นต้องมีการตรวจวัดและปรับค่า

EC ของสารละลายอย่างใกล้ชิด เครื่องควบคุมค่า EC สารละลายโดยอัตโนมัติจะช่วยลดปัญหาการเปลี่ยนค่า EC ของสารละลายได้แต่ก็มีราคาแพง

การจัดการธาตุอาหารในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินระบบปิด (Closed system)

ปัญหาที่ยุ่งยากที่สุดในการปลูกพืชในระบบปิดคือ การจัดการธาตุอาหารพืชขณะปลูก เนื่องจากการทำงานของระบบนี้สารละลายจะถูกปั๊มจากถังผสมสารละลายขึ้นสู่ถาดปลูกหรือรางปลูกและปล่อยให้ไหลผ่านรากพืชและกลับลงสู่ถังผสมใหม่ และไหลเวียนอยู่ตลอดเวลา เช่น ในระบบ Nutrient film technique (NFT) Deep flow technique (DFT) และ Aeroponics หรือสารละลายมีการไหลและหยุดสลับกัน เช่น ระบบ Flood and drain ทั้งสองแบบนี้ขณะที่สารละลายไหลผ่านรากพืชพืชก็จะดูดธาตุอาหารที่ต้องการตามอัตราส่วนที่พืชต้องการด้วย ดังนั้นถ้าในสารละลายมีธาตุบางตัวที่พืชไม่ต้องการ เช่น Na พืชก็จะไม่ดูดใช้ ดังนั้นธาตุอาหารเหล่านี้ก็จะมีการสะสมในสารละลายจนถึงระดับเป็นพิษต่อพืช นอกจากนี้ ถึงแม้แต่ธาตุอาหารที่พืชต้องการและมีอยู่แล้วในสารละลาย แต่ปริมาณความต้องการของพืชในธาตุอาหารแต่ละตัวก็จะไม่เท่ากัน ดังนั้น ถ้าองค์ประกอบของสารละลายที่ใช้ปลูกมีอัตราส่วนปริมาณธาตุอาหารไม่เท่ากับที่พืชดูดใช้ กล่าวคือ พืชอาจจะดูดบางตัวมากบางตัวน้อย เมื่อสารละลายไหลผ่านรากพืชหลายๆ รอบ สัดส่วนของธาตุอาหารก็จะไม่สมดุล ดังนั้น ต้องมีหลักการในการจัดการธาตุอาหารในสารละลายเพื่อที่จะพยามรักษาสมดุลของธาตุอาหารให้เหมาะสมกับพืชนานที่สุด และป้องกันการสะสมของธาตุบางตัวจนถึงระดับเป็นพิษแก่พืช ซึ่งการจัดการเหล่านี้เป็นสิ่งที่ยุ่งยากที่สุดในการจัดการ การจัดการธาตุอาหารพืชในทางปฏิบัติในการปลูกเป็นการค้า จะเป็นการควบคุมค่า pH และ EC ของสารละลายให้อยู่ในช่วงที่เราต้องการ เช่น คุมให้ค่า pH อยู่ในช่วง 5.8 - 6 ค่า EC อยู่ในช่วง 1.0 - 1.1 ถ้าค่าสูงหรือต่ำกว่าค่านี้ เราจะเข้าไปจัดการ

การควบคุมค่า pH ของสารละลาย

<u>การเปลี่ยนค่า pH ของสารละลายในระหว่างปลูกพืช</u>

ค่า pH ของสารละลายที่เหมาะสมของพืชทั่วๆ ไปควรอยู่ในช่วง 5.5 - 6.0 เมื่อ pH สารละลายต่ำกว่า 4 จะเป็นอันตรายแก่รากพืช ในทางกลับกันถ้า pH สูงกว่า 7 เป็นเวลาติดต่อกัน 2 - 3 วัน จะทำให้การดูดใช้ ฟอสฟอรัส เหล็ก และ แมงกานีส ไม่เป็นปกติ เมื่อเตรียมสารละลายใหม่ pH ของสารละลายจะเท่ากับ 6 แต่เมื่อเวลาผ่านไป ในการปลูกพืชผัก pH สารละลายจะสูงขึ้น เนื่องจากในช่วงการเจริญเติบโตทางใบและลำต้น (vegetative growth) พืชจะมีการดูดใช้ NO_3^- เป็นส่วนใหญ่ (ดูดใช้ Anion มากกว่า Cation) ดังนั้นก็จะปลดปล่อย HCO_3^- ออกมาจำนวนเท่ากันมีผลให้ pH ของสารละลายเพิ่มขึ้น

ดังนั้นการตรวจสอบค่า pH ต้องทำการวัดค่า pH ของสารละลายอยู่ตลอดเวลาและปรับค่า pH อยู่ที่ 6 ตลอดเวลาโดยใช้กรดไนตริก หรือกรดฟอสฟอริก การใช้กรดทั้งสองชนิดนี้ปรับค่า pH ก็จะเป็นการเติม

N และ P ให้สารละลายด้วยโดยเฉพาะเมื่อใช้กรด H_3PO_4 จะเป็นการเติม P ให้สารละลายจนอาจจะมีปริมาณมากเกินไป

และเมื่อพิจารณาถึงการเพิ่มขึ้นของ pH อย่างต่อเนื่องซึ่งเป็นผลการเจริญเติบโตในช่วง vegetative growth ซึ่ง pH จะมีค่าสูงขึ้นเนื่องจากพืชปล่อยอนุมูลไบคาร์โบเนตออกมาทำให้เราไม่สามารถควบคุมค่า pH ให้คงที่ได้ เราสามารถปรับค่า pH ได้โดยการเพิ่มปริมาณ NH_4 ลงในสารละลายธาตุอาหาร เมื่อมีอนุมูล NH_4^+ อยู่ในสารละลายพืชก็จะมีการดูดใช้ NH_4^+ ซึ่งเป็น Cation รากก็จะปล่อย H^+ ออกมาในสารละลายด้วย ทำให้สารละลายมีการเปลี่ยน pH น้อยลง แต่อย่างไรก็ตามต้องไม่เพิ่มปริมาณความเข้มข้นของอนุมูล NH_4^+ เกินกว่า 10% ความเข้มข้นของอนุมูล NO_3^- ในสารละลายฯ เนื่องจาก NH_4^+ ที่ความเข้มข้นสูงๆ เป็นอันตรายต่อพืช

ในทางกลับกันถ้าต้องการเพิ่ม pH ของสารละลายให้ใช้ Potassiumhydroxide หรือ Potassiumbicarbonate และลดปริมาณ NH_4NO_3 ลง หรืออาจเปลี่ยนจากการใช้ Monoammonium phosphate (มีฤทธิ์เป็นกรด) มาใช้ Diammonium phosphate

<u>การจัดการเกี่ยวกับค่า EC</u>

ค่า EC ของสารละลายเป็นการบอกค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงปริมาณความเข้มข้นของสารละลาย ถ้าค่า EC สูงแสดงว่าสารละลายมีความเข้มข้นสูงคือมีธาตุต่างๆ ละลายอยู่มาก ค่า EC ที่ใช้ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินจะมีความแตกต่างกันมากในแต่ละพื้นที่ และชนิดพืชที่ปลูก เช่น ผักสลัดในระบบ NFT อาจมีการแนะนำให้ใช้ค่า EC ตั้งแต่ 0.8 – 2.8 mS/cm ส่วนในมะเขือเทศมีความต้องการค่า EC สูงกว่าในผักสลัดมาก อาจแนะนำให้ใช้ตั้งแต่ 2.8 – 4.0 mS/cm และใน แคนตาลูป ในช่วงก่อนเก็บเกี่ยวอาจให้ค่า EC สูงขึ้นถึง 5-8 เพื่อให้ได้คุณภาพดี คือ เพิ่มความหวาน ปัญหาของการจัดการค่า EC คือ ค่า EC เป็นค่าที่บอกถึงระดับความเข้มข้นของสารละลายโดยรวม แต่ไม่สามารถแยกชนิดความเข้มข้นของแต่ละธาตุได้ เช่น สารละลายที่เตรียมใหม่ๆ มีปริมาณธาตุอาหารต่างๆ สมดุลตามความต้องการของพืช เช่น มีค่า EC = 2.8 แต่เมื่อใช้สารละลายนี้ปลูกพืชในระบบ NFT ไประยะหนึ่ง เช่น 2 อาทิตย์ ค่า EC ของสารละลายยังคงเท่ากับ 2.8 เหมือนเดิมแต่เมื่อวิเคราะห์ทางเคมีพบว่ามีปริมาณ Na ในสารละลายสูงมาก แสดงให้เห็นว่าค่า EC = 2.8 เป็นผลของปริมาณ Na ที่เพิ่มขึ้นอย่างมาก ซึ่งเราไม่สามารถรู้ได้เลย ถ้าดูเฉพาะค่า EC ซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญของการจัดการควบคุมค่า EC ของสารละลาย

ขณะปลูกพืชค่า EC ของสารละลายจะเปลี่ยนอยู่ตลอดเวลาซึ่งอาจมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆอย่าง

<u>การเปลี่ยนค่า EC ของสารละลายจะเปลี่ยนเร็วมากน้อยแค่ไหนจะขึ้นกับปัจจัยดังนี้</u>

1.สภาพภูมิอากาศ ถ้าสภาพที่ส่งเสริมให้อัตราการคายน้ำของพืชเพิ่มขึ้นก็มีผลในการเปลี่ยน EC เร็วขึ้น เช่น หน้าร้อน อากาศแห้ง อุณหภูมิสูง แดดจัด พืชคายน้ำมากค่า EC เปลี่ยนเร็วกว่าในหน้าฝนที่มีเมฆมาก อากาศชื้น

2. สัดส่วนของจำนวนพืชที่ปลูกต่อปริมาตรถังสารละลาย เช่นถ้าถังมีขนาดเล็กแต่ปลูกพืชจำนวนมากการเปลี่ยนค่า EC ก็จะเร็วกว่าใช้ถังขนาดใหญ่

3.ค่า EC ตั้งต้นของสารละลาย ถ้าค่า EC เริ่มต้นของสารละลายมีความแตกต่างจากค่า EC ที่พืชดูดใช้มากๆ ค่า EC ก็จะเปลี่ยนเร็ว เช่น เราเตรียมสารละลายปลูกพืชที่มีค่า EC = 1.8 แต่พืชมีความต้องการค่า EC = 1.0 การเปลี่ยนค่า EC จะเร็วกว่าเมื่อเราเตรียมสารละลายปลูกพืชที่มีค่า EC = 1.1

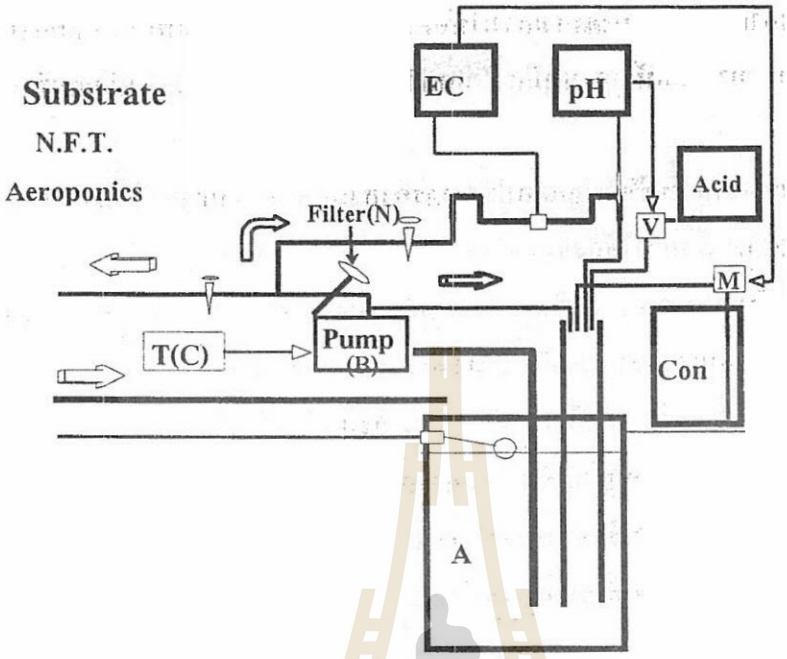
4.ความบริสุทธิ์ของน้ำและปุ๋ยที่ใช้เตรียมสารละลาย ถ้ามีธาตุที่พืชไม่ต้องการเจือปนอยู่มากเช่น Na สารละลายก็จะมีการเปลี่ยนค่า EC เร็วกว่าการใช้น้ำและปุ๋ยที่มีปริมาณ Na น้อยกว่า เนื่องจากธาตุเหล่านี้พืชจะไม่ดูดใช้ ดังนั้น จะเหลือสะสมอยู่ในน้ำทำให้ค่า EC สูงขึ้นอย่างรวดเร็ว

การควบคุมค่า EC ของสารละลายขณะปลูกพืชมีวิธีที่ปฏิบัติแตกต่างกันซึ่งจะมีผลต่อการเปลี่ยนค่า EC ของสารละลายในรูปแบบต่างๆกันที่จะกล่าวถึงดังนี้ (ตัวอย่างต่อไปนี้เป็นลักษณะการจัดการที่มีผลต่อค่า EC ของสารละลายฯ ซึ่งเป็นลักษณะในช่วงที่พืชมีความต้องการน้ำและธาตุอาหารสูง พืชมีอัตราการดูดใช้ธาตุอาหารสูงกว่าการดูดใช้น้ำ ดังนั้นถ้าไม่มีการเปลี่ยนหรือปรับค่า EC ของสารละลายค่า EC ของสารละลายจะสูงขึ้นเรื่อยๆ)

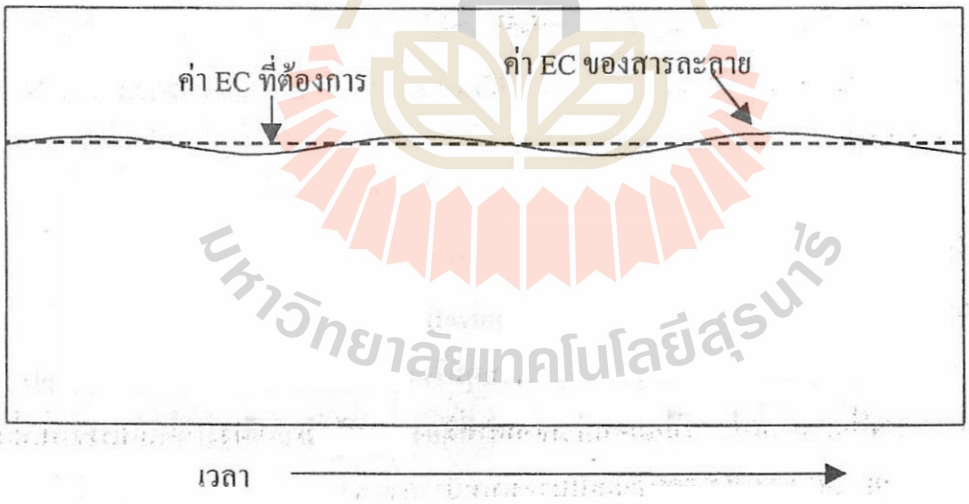
การควบคุมค่า EC ขณะปลูกพืชมีวิธีการควบคุมดังนี้

1. <u>ระบบควบคุมโดยอัตโนมัติ</u> (Automatic Control)

ระบบนี้การควบคุมค่า EC และ pH จะถูกควบคุมโดยอัตโนมัติ ตลอดเวลาดังนั้นค่า pH และ EC ของสารละลายจะคงที่ตลอดเวลาและมีค่าแตกต่างจากค่าที่ต้องการน้อยมาก ดังรูป ซึ่งเป็นระบบที่ดีที่สุดในการควบคุมค่า pH และ EC ของสารละลายแต่เป็นระบบที่มีราคาแพง



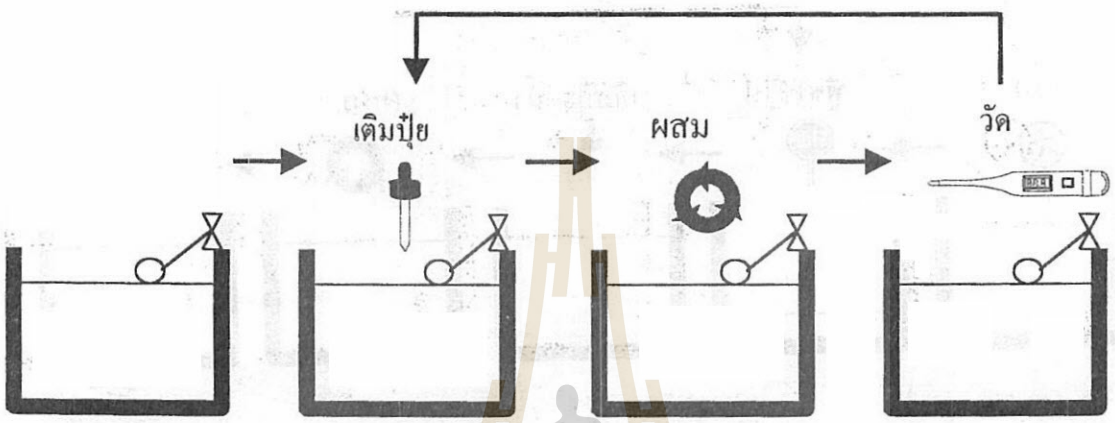
ระบบเตรียมสารละลายโดยอัตโนมัติ



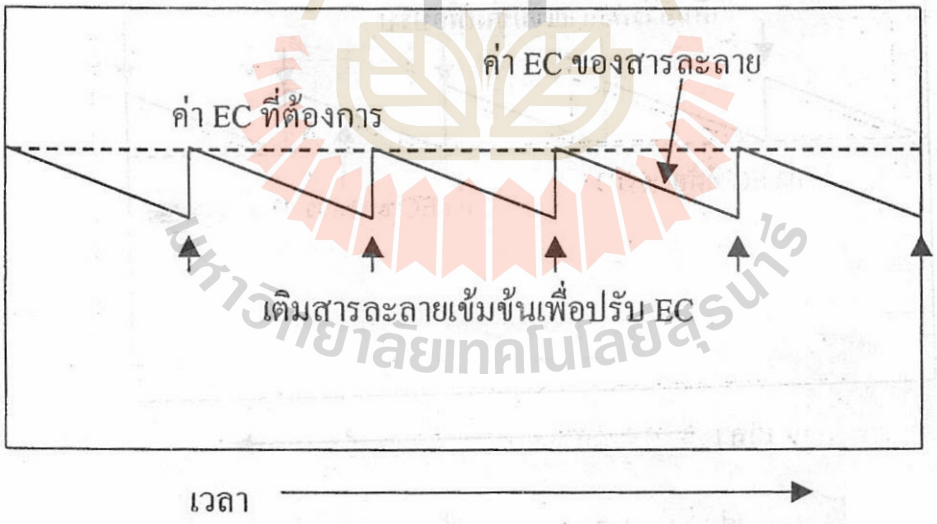
รูปที่ 2 แสดงการเปลี่ยนค่า EC ในระบบเติมน้ำและปุ๋ยโดยอัตโนมัติ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.<u>ระบบที่เติมน้ำอัตโนมัติแต่เติมปุ๋ยโดยผู้ดูแล</u> (Automatic water make-up, manual fertiliser adding) ระบบนี้จะมีลูกลอยรักษาระดับน้ำในถังสารละลายเมื่อพืชดูดสารละลายไปใช้ ลูกลอยจะคอยรักษาระดับน้ำให้คงที่ตลอดเวลาดังนั้นค่า EC ของสารละลายจะลดลงเรื่อยๆ และคนดูแลจะวัดค่า EC และ pH เป็นช่วงเวลา เช่น ทุกๆเช้า และจะเติมสารละลายเข้มข้นเพื่อปรับให้ค่า EC ของสารละลายขึ้นถึงค่าที่ต้องการลักษณะการเปลี่ยนค่า EC ของสารละลายจะเป็นดังรูป ช่วงความแตกต่างของค่า EC ที่ต้องการและค่า EC ต่ำสุดจะขึ้นกับความถี่ในการตรวจวัดและปรับค่า EC ถ้าทำบ่อยๆ จะทำให้ค่า EC อยู่ในช่วงที่พืช



ขั้นตอนการเตรียมสารละลาย

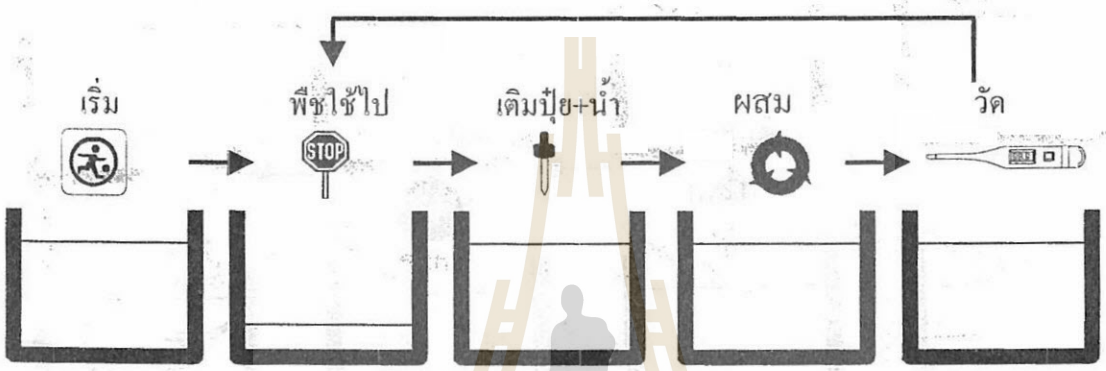


รูปที่ 3 แสดงการเปลี่ยนค่า EC ในระบบเติมน้ำอัตโนมัติ เติมปุ๋ยโดยผู้ดูแล

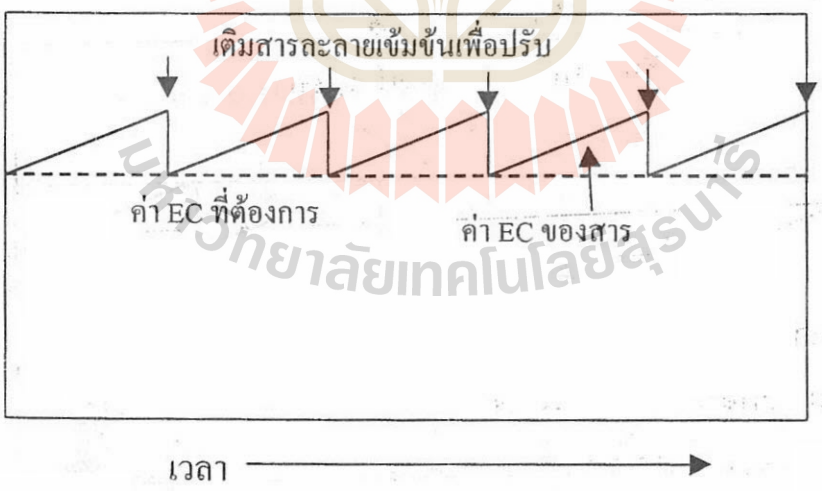
ต้องการ และสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ดี

3.<u>ระบบที่เติมน้ำและปุ๋ยโดยผู้ดูแลและมีการตรวจวัดค่า</u> (Manual Control with checking)

ระบบนี้จะปล่อยให้พืชใช้สารละลายไปเรื่อยๆ จนถึงระดับหนึ่งและผู้ดูแลจะเข้าไปเติมน้ำและปรับค่า EC ของสารละลายให้เท่ากับที่ต้องการ การเข้าไปปรับค่าอาจจะเป็นช่วงเวลา เช่น ทุกเช้า หรือดูจากปริมาณสารละลายที่พืชใช้ไปเช่น 50, 60, 70 % ของความจุถังสารละลาย ค่า EC ของระบบนี้จะเพิ่มค่าขึ้นเรื่อยๆ จนกว่าจะมีการเข้าไปปรับค่า EC ค่าก็จะลดลงมาที่ระดับที่ต้องการ



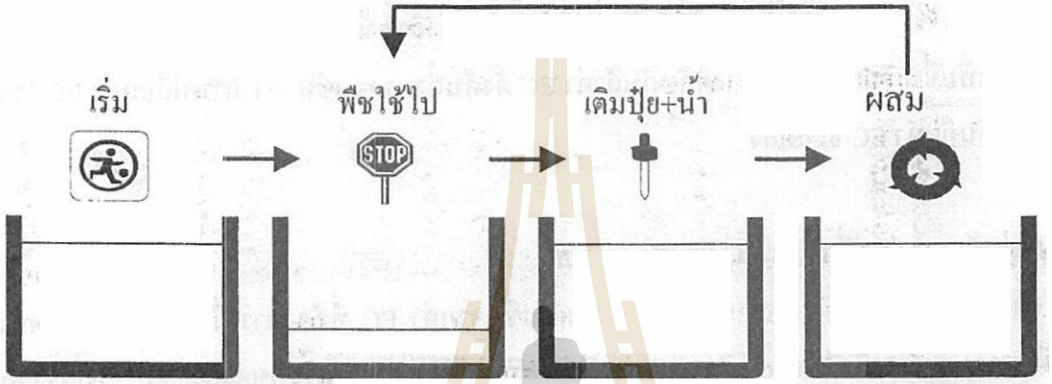
ขั้นตอนการเตรียมสารละลาย



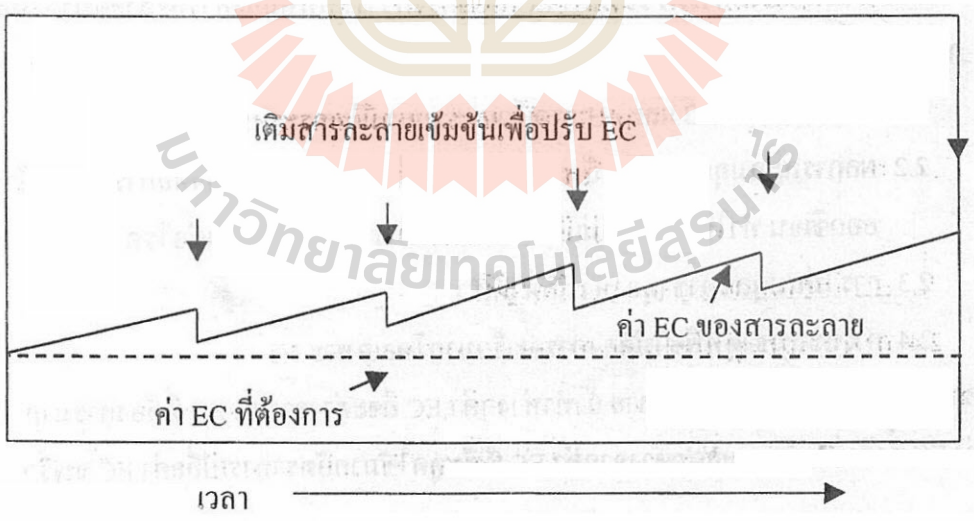
รูปที่ 4 แสดงการเปลี่ยนค่า EC ในระบบเติมน้ำและปุ๋ยโดยผู้ดูแลและมีการตรวจวัด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.<u>ระบบที่เติมน้ำและปุ๋ยโดยผู้ดูแลและไม่มีการวัดค่า</u> (Manual control without checking) วิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายและสะดวกที่สุด แต่เป็นระบบที่ควบคุมค่า EC ที่แย่ที่สุด ระบบนี้จะปล่อยให้พืชใช้สารละลายไปเรื่อยๆ จนถึงระดับหนึ่ง หลังจากนั้นจะมีการเติมสารละลายที่เตรียมไว้แล้ว (สารละลายที่มีค่า EC ที่ต้องการ) หรือโดยการเติมน้ำและสารละลายเข้มข้นตามอัตราที่กำหนดไว้ เช่น สารละลายเข้มข้น 1 ส่วน น้ำ 100 ส่วน แต่ไม่มีการวัดค่า EC ในถังสารละลาย ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีที่ใช้กันมากในการปลูกเป็นงานอดิเรก ไม่มีเครื่องวัด EC การเปลี่ยนค่า EC ในระบบนี้คือค่า EC ของสารละลายจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนอาจถึงระดับที่เป็นอันตรายต่อพืช



ขั้นตอนการเตรียมสารละลาย



รูปที่ 5 แสดงการเปลี่ยนค่า EC ในระบบเติมน้ำและปุ๋ยโดยผู้ดูแลไม่มีการวัด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

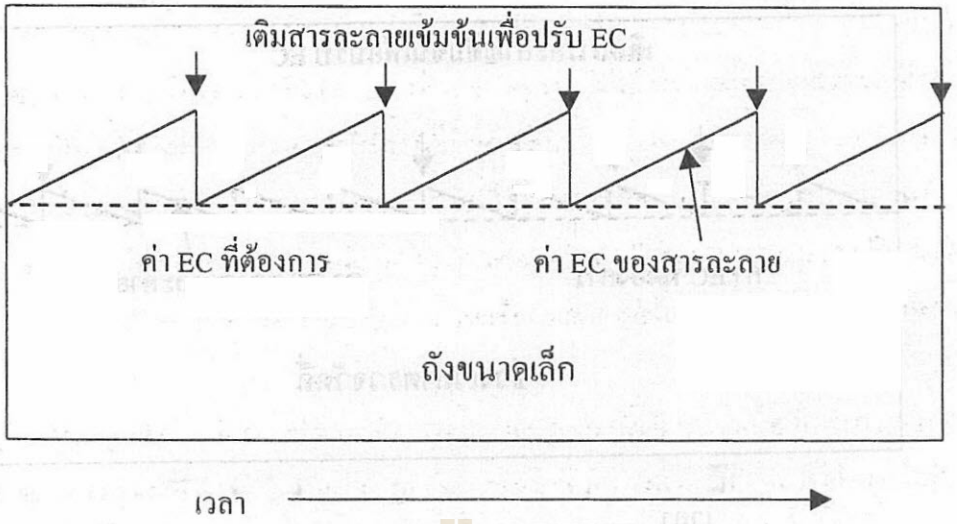
สิ่งที่ต้องระวังในการปรับค่า EC สารละลาย คือถึงแม้จะมีการถ่ายสารละลายในถังสารละลายทิ้งทั้งหมดและเติมสารละลายที่เตรียมใหม่ที่มีค่า pH และค่า EC ตามต้องการลงในถังผสมจะต้องมีการตรวจวัดค่า pH และ EC ของสารละลายอีกครั้งหลังจากที่ปล่อยให้ระบบทำงานไปสักพัก เนื่องจากเมื่อเราถ่ายสารละลายในถังผสมทิ้ง ยังมีปริมาณสารละลายเป็นจำนวนมากที่อยู่บริเวณรากพืชและมีค่า EC สูงกว่าที่ต้องการดังนั้นเมื่อสารละลายส่วนน้ำไหลกลับถังผสมจะมีผลให้ค่า EC สูงกว่าที่ต้องการ ต้องมีการวัดค่า EC ของสารละลายหลังจากที่ปล่อยให้สารละลายไหลเวียนอยู่ในระบบช่วงเวลาหนึ่ง

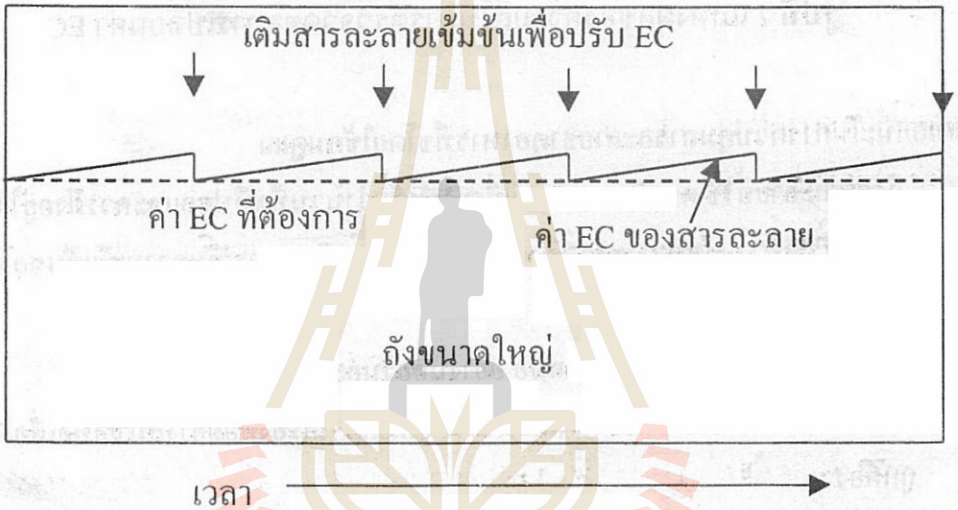
ลักษณะการเปลี่ยนค่า EC ดังที่กล่าวมาแล้วทั้งหมดเป็นกรณีที่ค่า EC ตั้งต้นสูง (สูงกว่าค่า EC ของสารละลายที่พืชดูดใช้) และอยู่ในสภาพที่พืชมีการคายน้ำสูงกว่าอัตราการดูดใช้ธาตุอาหารมีผลให้ค่า EC ของสารละลายเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่ในทางกลับกันถ้าค่า EC ตั้งต้นต่ำมากๆ เช่น < 1 การเปลี่ยนค่า EC ในสารละลายจะกลับกันคือค่า EC จะลดลง

ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเปลี่ยนค่า EC ของสารละลาย

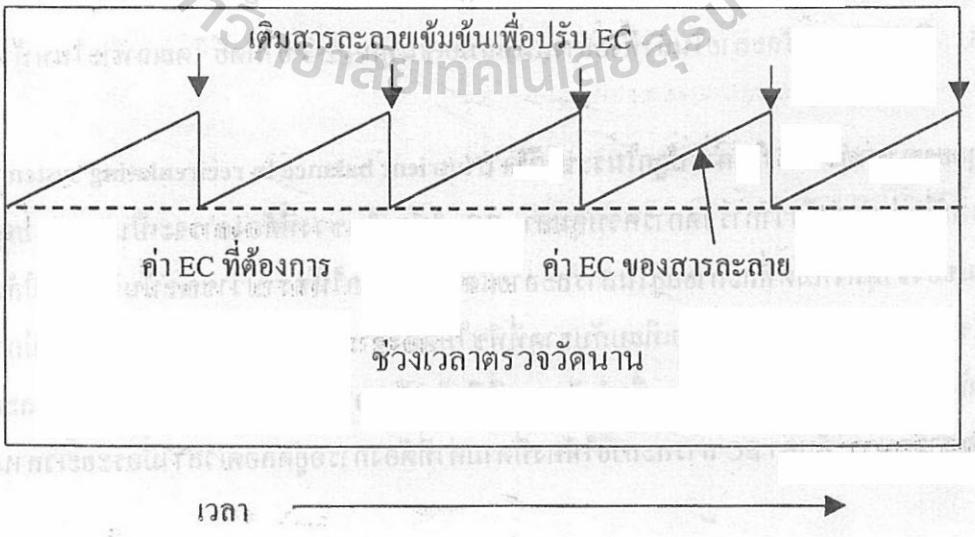
ปัญหาที่เกิดจากการที่ค่า EC ของสารละลายเพิ่มขึ้นจากค่า EC ที่ต้องการเนื่องจากวิธีการจัดการที่ต่างกันดังที่กล่าวมาแล้ว ยังมีปัจจัยเสริมบางอย่างที่ส่งเสริมให้อัตราการเพิ่มขึ้นของค่า EC รุนแรงและมีอันตรายต่อพืชมากขึ้นได้แก่

1. อุณหภูมิ ยิ่งสูงอัตราเพิ่มค่า EC จะสูงเร็วขึ้นและพืชจะเป็นอันรายได้ง่ายเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น
2. ปริมาตรถังสารละลายมีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับจำนวนพืชที่ปลูก การเปลี่ยนค่า EC จะเกิดอย่างรวดเร็ว ดังนั้น ต้องมีการตรวจวัดค่า EC บ่อยครั้งกว่าระบบที่มีถังสารละลายขนาดใหญ่กว่า ซึ่งการใช้ถังสารละลายที่มีขนาดเล็กจะมีผลเสียหลายๆ ด้านได้แก่
   - 2.1 การเปลี่ยนค่า EC และ pH รวดเร็วและรุนแรงมีผลกระทบต่อพืชได้ง่าย
   - 2.2 ผลการสะสมอุณหภูมิในถังสารละลายจะเร็วมากมีผลโดยตรงต่อการละลายตัวของออกซิเจน ทำให้รากพืชไม่แข็งแรงง่ายต่อการเข้าทำลายของเชื้อโรค
   - 2.3 การไม่สมดุลของธาตุอาหารเกิดได้เร็ว
   - 2.4 การสะสมธาตุที่พืชไม่ต้องการจะเร็วมากโดยเฉพาะ Na
3. ความถี่ในการตรวจวัดสารละลาย ถ้าทำห่างๆค่า EC ก็จะต่างจากค่า EC ที่ต้องการมาก
4. ค่า EC ตั้งต้น ถ้ามีความแตกต่างจากค่า EC ที่พืชดูดใช้มากอัตราการเปลี่ยค่า EC จะเร็ว

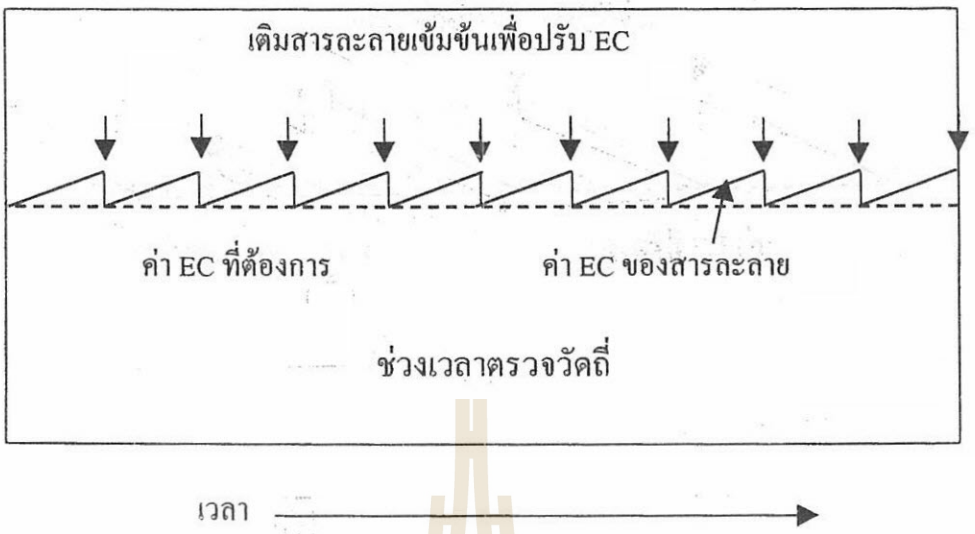




รูปที่ 6 แสดงผลของขนาดถังต่อการเปลี่ยนค่า EC



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 7 แสดงผลของความถี่ในการตรวจวัดต่อการเปลี่ยนค่า EC

สรุปข้อเสนอแนะในการควบคุมสารละลายธาตุอาหารพืชโดยใช้คนดูแล

1. ถังสารละลายที่ใช้ ควรมีขนาดใหญ่เมื่อเทียบกับจำนวนพืชที่ปลูกและควรฝังอยู่ใต้ดิน ซึ่งมีข้อดีคือ ลดความแตกต่างของอุณหภูมิ, EC , pH ลดอัตราการเพิ่มความเข้มข้นของธาตุที่พืชไม่ต้องการ
2. มีการตรวจวัดค่า EC อย่างสม่ำเสมอ อย่างน้อยวันละครั้งในตอนเช้า
3. ใช้เครื่องวัดค่า EC ที่เชื่อถือได้ และทำการ calibrate เครื่องมืออย่างสม่ำเสมอเพื่อให้ได้ค่าวัดที่ถูกต้อง
4. ใช้ระบบเติมน้ำอัตโนมัติโดยลูกลอยซึ่งจะเป็นการป้องกันไม่ให้ค่า EC ของสารละลายสูงขึ้น แต่ถ้าทำไม่ได้ควรใช้สารละลายตั้งต้นในการปลูกพืชอย่าให้สูงมากนักเช่นใช้ที่ EC น้อยกว่า 1.5 mS/cm (cF 15) โดยเฉพาะในหน้าร้อนอาจต้องใช้ต่ำกว่านี้
5. มีการถ่ายสารละลายในถังทิ้งอย่างสม่ำเสมอเช่นทุกๆ 2-3 อาทิตย์ โดยเฉพาะในหน้าร้อน

ความสมดุลยของธาตุอาหารในการปลูกในระบบปิด (Nutrient balance in recirculating system)

จากที่กล่าวมาแล้วว่าการจัดการควบคุมค่า EC ให้อยู่ในช่วงที่ต้องการจะเป็นการควบคุมค่าความเข้มข้นรวมของธาตุทั้งหมดที่ละลายอยู่ในสารละลายแต่ไม่ได้บอกให้ทราบว่าขณะนั้นๆ มีสัดส่วนธาตุอาหารที่พืชต้องการมากหรือน้อยเมื่อเทียบกับธาตุที่พืชไม่ต้องการ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการถ่ายสารละลายในถังสารละลายทิ้งเป็นช่วงๆ เพื่อกำจัดธาตุที่พืชไม่ต้องการและมีการสะสมอยู่ในสารละลาย เช่นจากรูป เมื่อเรารักษาระดับค่า EC สารละลายให้คงที่ตามค่าที่ต้องการอยู่ตลอดเวลา เมื่อระยะเวลานานเข้า

5. <u>อายุการเจริญเติบโต และชนิดของพืชที่ปลูก</u> พืชบางชนิดแสดงอาการผลกระทบจากความไม่สมดุลของธาตุอาหารอย่างรวดเร็วและรุนแรง ก็ต้องมีการถ่ายสารละลายบ่อยขึ้น และช่วงการเจริญเติบโตของพืชก็เช่นกัน เช่น ผักสลัดจะแสดงอาการ Tip burn ในช่วงก่อนเก็บเกี่ยวประมาณ 1-2 สัปดาห์ เนื่องจากเป็นช่วงที่พืชมีการเจริญเติบโตเต็มที่และรวดเร็ว อัตราความต้องการน้ำและธาตุอาหารสูงจึงเกิดสภาพความไม่สมดุลของธาตุอาหารได้ง่ายและรวดเร็ว ดังนั้นควรมีการถ่ายสารละลายก่อนหน้านั้นประมาณ 1 สัปดาห์ เพื่อป้องกันปัญหาที่อาจเกิดขึ้น

6. <u>สัดส่วนระหว่างขนาดถังสารละลายต่อจำนวนพืชที่ปลูก</u> (ปริมาณธาตุอาหาร/จำนวนพืชปลูก 1 ต้น) ถ้าถังสารละลายมีขนาดใหญ่ (เมื่อเทียบกับจำนวนพืชที่ปลูก) การถ่ายสารละลายจะช้ากว่าเมื่อใช้ถังขนาดเล็ก และการใช้ถังขนาดใหญ่มีข้อดีต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้ว แต่จะเสียค่าใช้จ่ายค่าถังค่อนข้างสูงมาก

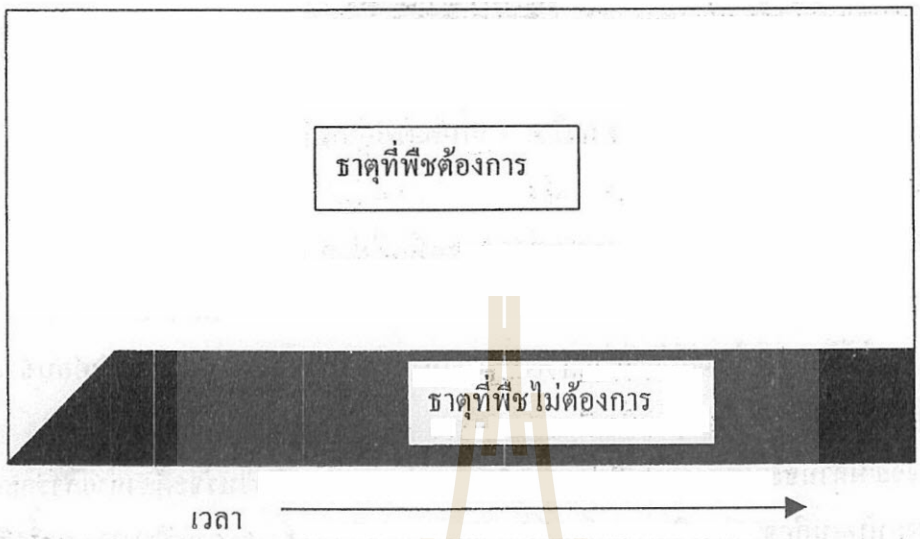
จากปัจจัยเหล่านี้จึงเป็นการยากที่จะบอกได้อย่างแน่นอนว่า เมื่อไหร่จะต้องถ่ายสารละลาย ทางเดียวที่จะรู้อย่างแน่นอนคือจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารละลายเป็นระยะๆเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบและความสมดุลของสารละลายและดูการสะสมของธาตุที่พืชไม่ต้องการเช่น Na จากค่าวิเคราะห์สามารถบอกได้อย่างแน่นอนว่าเมื่อไหร่ธาตุอาหารพืชในสารละลายจะอยู่ในสภาพไม่สมดุลและต้องทำการเปลี่ยนสารละลาย และขณะเดียวกันยังใช้เป็นแนวทางในการปรับสูตรสารละลายให้เหมาะสมกับสภาพการปลูกพืชในบ้านเราได้ แต่ในทางปฏิบัติแล้วเป็นไปไม่ได้ในการปลูกเป็นการค้า เนื่องจากเสียค่าใช้จ่ายมากและใช้เวลานานในการวิเคราะห์ ดังนั้น วิธีการที่เหมาะสมโดยการสังเกตจากการตอบสนองของพืชและอาศัยประสบการณ์ของผู้ปลูกในการตัดสินใจการถ่ายสารละลาย

ข้อควรระวังในการถ่ายสารละลายทิ้ง คือ ถึงแม้เราจะถ่ายสารละลายในถังผสมทิ้งทั้งหมดและเติมสารละลายที่เตรียมใหม่ทั้งหมด แต่ไม่ได้หมายความว่าสารละลายในถังสารละลายจะเป็นสารละลายใหม่ทั้งหมด เนื่องจากในระบบปลูกแบบ NFT ปริมาณสารละลายประมาณ มากกว่า 80% จะเหลืออยู่ในรางปลูกพืช ดังนั้นสารละลายที่เราเติมในถังสารละลายจะผสมกับสารละลายที่ค้างอยู่ในรางทำให้สารละลายสุดท้ายจะแตกต่างกับที่เราเพิ่งเติมเข้าไปใหม่ ดังนั้น จะเกิดการไม่สมดุลของธาตุอาหารหรือการสะสมของธาตุที่พืชไม่ต้องการ จะเกิดได้เร็วมากหลังจากการถ่ายสารละลาย

การค่อยๆ ถ่ายสารละลายออกอย่างช้าๆ และสม่ำเสมอ (Bleeding)

อีกวิธีการหนึ่งที่ใช้ป้องกันการไม่สมดุลของธาตุอาหารสามารถทำได้อีกวิธีหนึ่งคือการค่อยๆ ถ่ายสารละลายออกจากระบบที่จะน้อยๆ และสม่ำเสมอ ซึ่งวิธีนี้มีข้อดี คือ ปริมาณธาตุอาหารที่พืชไม่ต้องการหรือความไม่สมดุลของธาตุอาหารจะอยู่ในระดับคงที่ไม่ขึ้นลงรวดเร็วเหมือนวิธีที่กล่าวมาแล้ว ดังนั้น พืชจะไม่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนองค์ประกอบของสารละลายมากนัก ส่วนระดับการสะสมของธาตุที่พืชไม่ต้องการจะมากหรือน้อยขึ้นกับอัตราปริมาณการถ่ายสารละลายออกจากระบบ ถ้าถ่ายทิ้งสารละลาย

ในอัตราสูง ระดับธาตุที่พืชไม่ต้องการจะต่ำ แต่วิธีการนี้ไม่ค่อยมีปฏิบัติมากนักในระบบการปลูกที่มีขนาดใหญ่



รูปที่ 10 แสดงผลของการค่อยๆ ถ่ายสารละลายอย่างต่อเนื่องต่อการเพิ่มขึ้นของธาตุที่พืชไม่ต้องการ

สิ่งที่น่าจะทดลองปฏิบัติ คือ การปลูก 2 ระบบร่วมกัน คือ ปลูกในระบบ NFT และปลูกในวัสดุปลูก โดยการนำสารละลายในถังสารละลายของระบบ NFT มาให้กับระบบปลูกในวัสดุปลูก วิธีการนี้จะเป็นการค่อยๆ ถ่ายสารละลายออกจากระบบปลูกแบบ NFT อย่างช้าๆ ขณะเดียวกันสารละลายที่ต้องถ่ายทิ้งก็สามารถนำมาปลูกในระบบวัสดุปลูกได้ด้วยทำให้การใช้สารละลายเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นด้วย

ข้อเสนอแนะบางประการสำหรับการปลูกผักสลัดเป็นการค้าในระบบที่ไม่มีการเตรียมสารละลายโดยอัตโนมัติ

ปัจจุบันการปลูกผักสลัดในระบบ NFT ในรางปลูกเป็นระบบที่มีผู้สนใจมากที่สุด โดยปลูกในรางขนาดเล็ก ปัญหาสำคัญที่พบในการปลูกผักสลัดในบ้านเรา คือ

1. <u>โรครากเน่าเกิดจากเชื้อ</u> Pythium ซึ่งเป็นโรคที่อันตรายมากและแพร่ระบาดอย่างรวดเร็วโดยมีสารละลายเป็นตัวแพร่เชื้อ และเมื่อเกิดแล้วเป็นการยากมากที่จะควบคุม วิธีที่ดีที่สุดคือการป้องกัน

2. <u>**อาการ Tip burn**</u> หรืออาการยอดไหม้ โดยปลายยอดของผักสลัดจะแสดงอาการปลายยอดไหม้เนื่องจากพืชขาด Ca ซึ่งเป็นอาการที่พบบ่อยมากในผักสลัดถ้าไม่มีการถ่ายสารละลายในช่วงที่พืชเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว

จากปัญหาทั้งสองอย่างนี้ผู้เขียนขอเสนอข้อเสนอแนะในการปลูกพืชในระบบ NFT สำหรับผักสลัดดังนี้

การปลูกในรางปลูกสีขาวที่ใช้อยู่ในปัจจุบันเหมาะสมแล้ว โดย 1 โต๊ะ มีขนาดกว้าง 1.6 เมตร X 18 เมตร มีรางปลูกพืช 8 ราง การปลูกควรแบ่งเป็นระบบย่อยแยกออกจากกัน โดย 1 ระบบ ประกอบด้วยโต๊ะปลูก 4 โต๊ะ และถังสารละลายขนาด 1-1.5 ลบ.เมตร 1 ถัง ฝังอยู่ใต้ดิน และทำหลังคาบังถังเพื่อป้องกันแดดและฝน ปั๊มที่ใช้อาจใช้ปั๊มไดรโว้ (แต่ที่ดีควรใช้ปั๊มตั้งอยู่นอกถัง เพื่อป้องกันการสะสมความร้อน แต่จะมีราคาแพง และต้องเป็นปั๊มที่สามารถทำงานได้ 24 ชม อย่างต่อเนื่อง) การที่แยกออกเป็นชุดๆ ละ 4 โต๊ะ เพื่อสามารถทำความสะอาดและฆ่าเชื้อโรคทั้งชุดได้ การทำความสะอาดจะต้องทำหลังจากการเก็บเกี่ยวพืชทันที โดยใช้แปลงขัดรางเพื่อเอาตะไคร่ และเศษรากพืชออกให้หมด (รางที่เปิดฝาได้จะสะดวกในการทำความสะอาดมาก) หลังจากนั้นให้ใช้สารทำความสะอาด เช่น Clorox , Calcium hypochlorite หรือ Sodium hypochlorite ผสมน้ำล้าง (น้ำที่ผสมสารเหล่านี้แล้วควรมี pH ของน้ำต่ำกว่า 6 เนื่องจาก Calcium และ Sodium hypochlorite จะมีประสิทธิภาพดีที่ pH เป็นกรด) โดยเปิดให้ปั๊มทำงานปล่อยให้สารทำความสะอาดไหลอยู่ในระบบอย่างน้อย 4-5 ชม. ถ่ายสารทำความสะอาดทิ้งและใส่น้ำสะอาดเข้าในถัง ให้ปั๊มทำงานและถ่ายน้ำทิ้ง ทำจนแน่ใจว่าไม่มีสารทำความสะอาดตกค้างอยู่ในระบบปลูก ตากรางให้แห้ง และค่อยเริ่มปลูกพืชใหม่

ในถาดเพาะกล้าและรางอนุบาลก็ต้องมีการทำความสะอาดเช่นเดียวกันด้วย การทำดังนี้เพื่อป้องกันการแพร่ระบาดของเชื้อในสารละลาย เนื่องจากถ้าปลูกเป็นระบบใหญ่ จำนวนโต๊ะปลูกมากๆ เช่น 30 โต๊ะ ต่อถังสารละลาย 1 ถัง การล้างที่ละโต๊ะปลูกทำไม่ได้ต้องล้างพร้อมกันทั้งหมด เพราะถ้าล้างเฉพาะรางปลูกพืช เชื้อโรคยังมีสะสมในถังสารละลายหรือในรางปลูกพืชที่ยังมีพืชอยู่ ดังนั้น เมื่อเริ่มปลูกรางที่ล้างแล้วเชื้อโรคก็สามารถแพร่กระจายไปอย่างรวดเร็ว ดังนั้นถ้าเป็นถังรวมขนาดใหญ่ ต้องมีการป้องกันการแพร่ระบาดของโรงอย่างดีมาก และการล้างต้องหยุดระบบทั้งหมดเพื่อล้างพร้อมกันทั้งระบบ ดังนั้นอายุของพืชที่อยู่บนรางต้องมีเวลาการเก็บเกี่ยวพร้อมกันซึ่งเป็นการยากมากในการปลูกในบ้านเรา เพราะการปลูกต้องมีการทยอยผลิตผักหลายชนิดและต้องทยอยเก็บเกี่ยว เนื่องจาก ตลาดผักในบ้านเรายังมีขนาดเล็กมาก

ข้อดีของการเป็นระบบเล็กๆ อีกอย่างคือการจัดการในการป้องกัน Tip burn นั่นคือเราสามารถแบ่งกลุ่มชนิดของผักตามความยากง่ายในการเกิด Tip burn เช่น ผักสลัด Cross ที่มีโอกาสเกิด Tip burn ได้ง่าย ก็ปลูกในรางชุดเดียวกับผักสลัด ชนิดอื่นที่เกิด Tip burn ได้ง่ายด้วย การจัดการธาตุอาหารก็สามารถจัดการแยกกับผักสลัดชนิดอื่น เช่นจากการสังเกตโดยทั่วไปผักพวกนี้จะเกิด อาการ Tip burn หลังย้ายลงรางปลูก 3 อาทิตย์ เราก็จะทำการถ่ายสารละลายหลังจากย้ายลงราง 2 อาทิตย์ก่อนก็จะป้องกันการเกิดได้ แต่การจัดการที่เหมาะสมต้องอาศัยจากประสบการณ์ของผู้ดูแลในการปลูกและปรับสภาพการจัดการให้เหมาะสมของแต่ละพื้นที่และชนิดพืชที่ปลูก ยังไม่สามารถสรุปวิธีการจัดการที่แน่นอนตายตัวได้ ต้องมีการศึกษาทดลองให้มากกว่านี้ ปัญหาของการแยกระบบเป็นระบบเล็กๆ คือต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นในแง่ของ ถัง ปั๊ม และค่าไฟฟ้า การดูแลตรวจวัด pH และ EC ต้องทำหลายๆ ถัง ข้อเสนอแนะนี้เป็นความคิดเห็นของผู้เขียนเองซึ่งอาจจะไม่ถูกต้องทั้งหมด ผู้ปลูกควรต้องมีการปรับให้เหมาะสมในแต่ละสภาพแวดล้อม

ธาตุ Calcium ในระบบ Hydroponics

ความสำคัญของธาตุ Calcium ในระบบ Hydroponics

ปัญหาการขาดธาตุ Ca ในระบบ Hydroponics เป็นปัญหาที่พบบ่อยมากโดยเฉพาะ ในผักสลัดจะเกิดอาการ Tip burn ในมะเขือเทศและพริกหวานเกิด Blossom-end rot อาการขาด Ca มักเกิดจากมีปริมาณ Ca ไม่เพียงพอในพืช แต่ไม่ได้หมายความว่า Ca ในสารละลายไม่เพียงพอ แต่เป็นปัญหาอัตราการดูดใช้ Ca ของพืชไม่เพียงพอ กล่าวคือในสารละลายถึงแม้จะมีปริมาณ Ca ในปริมาณมากพอเพียงกับความต้องการของพืชแต่มีปัญหาอัตราการดูดใช้ Ca ไม่เพียงพอ ซึ่งอาจเป็นปัญหาของสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม หรือความไม่สมดุลของธาตุอาหารในสารละลายไม่เหมาะสม โดยเฉพาะอัตราส่วนของ Ca กับ Cation ตัวอื่น เช่น NH_4^+ ,K^+,Mg^{++}

หน้าที่ของ Ca

หน้าที่ของ Ca คือเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของผนังเซลล์ คือส่วนของ Calcium pectate ทำหน้าที่คล้ายกาวเชื่อมผนังเซลล์ให้ติดกันซึ่งทำให้เซลล์มีความแข็งแรง ดังนั้นเป็นตัวทำให้ผลและใบแข็ง ถ้าขาดธาตุนี้จะทำให้ส่วนของเซลล์หลวม อ่อนแอและตายเป็นสีน้ำตาลหรือดำ และธาตุ Ca เป็นธาตุที่ไม่เคลื่อนที่ในพืช ดังนั้นจะต้องมีปริมาณ Ca ในพืชอย่างพอเพียงตลอดเวลา พืชไม่สามารถเคลื่อนย้าย Ca ไปยังเซลล์ใหม่ได้ อาการขาดจะเกิดและแสดงอาการที่ส่วนยอด ที่พบบ่อยในผักคืออาการ Tip burn โดยยอดผักสลัดใบยอดจะมีอาการขอบใบไหม้มีสีน้ำตาลหรือดำ ในมะเขือเทศและพริกหวานจะเกิดที่ปลายผลเซลล์ตายเป็นสีดำและเน่าในที่สุด เรียกว่า Blossom-end rot ซึ่งเป็นอาการที่พบบ่อยมากทั้งที่ปลูกในดินและใน Hydroponics

การดูดใช้ Ca ของพืช

Ca เมื่อถูกดูดเข้าในต้นพืชส่วนใหญ่จะเคลื่อนที่อยู่ใน Xylem แบบ Passive transport ไปตามกระแสการไหลเวียนของสารละลายใน Xylem สู่ส่วนยอดของต้นพืช ดังนั้นปัจจัยที่มีผลต่อการคายน้ำของพืชซึ่งจะมีผลให้การเคลื่อนที่ของสารละลายใน Xylem ช้าลง จะมีผลต่อการดูดใช้ Ca ของพืชด้วย กล่าวคือ Ca จะเคลื่อนที่ไปตามลำสารละลายใน Xylem ดังนั้นบริเวณใดในพืชที่มีการคายน้ำน้อยเช่นส่วนยอดของใบอ่อนที่ถูกห่อหุ้มด้วยใบอ่อน หรือที่ปลายผลก็มีโอกาสที่จะขาด Ca ได้เป็นส่วนแรกในกรณีที่มีระดับ Ca ไม่เพียงพอ ส่วนใบแก่จะมีอัตราการคายน้ำสูงก็จะมีการเคลื่อนที่ไปส่วนนั้นได้เพียงพอ การป้องกันการขาด Ca อาจทำได้โดยการฉีดพ่น Ca ให้ทางใบได้ แต่ปัญหาคือการขาด Ca บางครั้งเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วจนคาดไม่ถึงว่าจะเกิด และบางครั้งเกิดขึ้นแล้วแต่มองไม่เห็นเช่นในผักสลัดที่ใบอ่อนถูกหุ้มด้วยใบแก่ด้านนอก ใบอ่อนเกิดอาการ Tip burn โดยใบแห้งตายที่ขอบใบ และเมื่อใบอ่อนโตขึ้นพ้นจากใบที่ห่อหุ้มอยู่จึงแสดงให้เห็นซึ่งเป็นการสายที่จะแก้เพราะผักสลัดที่ได้ไม่สามารถขายได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

อาการขาด Ca

เนื่องจาก Ca เป็นธาตุที่ไม่เคลื่อนที่กล่าวคือเมื่อพืชใช้ Ca เป็นองค์ประกอบของส่วนต่างๆ ในพืช เมื่อปริมาณ Ca ไม่เพียงพอ Ca ในส่วนต่างๆของพืชไม่สามารถเคลื่อนที่จากส่วนต่างๆ เหล่านั้นไปยังส่วนเจริญอื่นๆ ได้ เช่นที่ใบอ่อน หรือส่วนยอด ดังนั้นอาการขาดจะแสดงที่ส่วนยอดเจริญของต้นและราก โดยอาการที่แสดงให้เห็นคือ มีการเจริญเติบโตผิดปกติของใบอ่อน ใบอ่อนจะโค้งงอลง ใบอาจแสดงขอบใบเป็นสีเหลืองและเมื่อขาดนานเข้าจะแสดงอาการไหม้เป็นสีน้ำตาลถึงดำ ซึ่งจะพบบ่อยมากในผักสลัดเป็นอาการที่เรียกว่า Tip burn ในมะเขือเทศและพริกหวาน จะแสดงอาการที่เรียกว่า Blossom-end rot โดยจะแสดงก้นเน่า และการเจริญของรากที่ขาด Ca จะเจริญไม่ดีรากสั้นและเป็นสีน้ำตาล

อาการ Tip burn ในพืชผัก

พืชที่มักแสดงอาการ Tip burn ได้แก่ พวกผักสลัด (lettuce) โดยเฉพาะชนิดที่มีลักษณะเป็นหัวห่อ และอาจพบในพวกกะหล่ำ (Cabbage) อาการขาดจะเกิดที่ใบที่อยู่ด้านในโดยขอบใบจะไหม้เป็นสีน้ำตาล ส่วนในผักพวก Spinach ใบอ่อนจะแสดงขอบใบไหม้

ในหน้าร้อนจะพบ Tip burn บ่อยขึ้นในฤดูอื่นก็อาจพบ Tip burn เช่นกัน ต้นเหตุของ Tip burn เกิดจากการขาด Ca ในส่วนที่มีอาการขาด แต่โดยทั่วไปไม่ได้เกิดจากที่สารละลายขาด Ca แต่จะเกิดในช่วงที่อัตราการดูดใช้ของ Ca ต่ำ และมีการอัตราการเจริญเติบโตของพืชอย่างรวดเร็ว

การเกิด Tip burn จะเกิดในช่วงที่อัตราการคายน้ำของพืชสูงกว่าอัตราการดูดน้ำของราก หรือในสภาพตรงข้ามคือในสภาพที่มีความชื้นในอากาศสูงจนอัตราการคายน้ำของพืชต่ำมาก กล่าวคือ ทั้งสองสาเหตุ จะมีผลให้การเคลื่อนที่ของสารละลายธาตุอาหารพืชจากรากสู่ยอดถูกจำกัด พืชก็มีแนวโน้มเกิด Tip burn ปกติ Tip burn จะพบเมื่อผักสลัดใกล้เก็บเกี่ยว ใบอ่อนที่อยู่ภายในหัวผักสลัดการคายน้ำจะถูกจำกัด โดยใบข้างนอกที่ห่อหุ้มอยู่โดยเฉพาะช่วงที่ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง ผักมีโอกาสเกิด Tip burn ได้สูง ถ้าการเก็บเกี่ยวช้า นอกจากนี้สาเหตุอีกอย่างที่อาจทำให้เกิด Tip burn คือค่าความเข้มข้นสารละลายสูงเกินไป ปัจจัยที่สำคัญอีกอย่างที่สำคัญมากคือชนิดและพันธุ์พืชที่ปลูก นั่นคือวิธีที่ง่ายที่สุดในการป้องกัน Tip burn คือเลือกพันธุ์พืชที่ทนต่อการเกิด Tip burn

จากข้อมูลต่างๆ สามารถสรุปปัจจัยที่ก่อให้เกิด Tip burn คือ

1. สภาพอุณหภูมิสูงและแสงแดดจัด
2. มีลมร้อนและแห้ง
3. ค่า EC สารละลายสูง
4. สภาพรากพืชเจริญไม่ดีเนื่องจากรากขาดออกซิเจน
5. สารละลายมีปริมาณ K^+ และไนโตรเจนโดยเฉพาะในรูป $NH4^+$ สูง เนื่องจากทั้งสองตัวจะยับยั้งการดูด Ca^{++}
6. สภาพที่อากาศมีความชื้นสัมพัทธ์สูง

จากสาเหตุดังกล่าวเราสามารถลดการเกิด Tip burn ได้ดังนี้

1. รักษาระดับ Ca ในสารละลายให้สูงอยู่เสมอ
2. ป้องกันไม่ให้ระดับ K^+ และ NH_4^+ สูงเกินไปในสารละลาย
3. ใช้สารละลายที่มี NO_3^- เป็นองค์ประกอบหลีกเลี่ยงการใช้ NH_4^+ เนื่องจาก NH_4^+ จะยับยั้งการดูดใช้ Ca^{++}
4. พลางแสงให้กับพืชเมื่ออุณหภูมิและแสงแดดจัดเกินไป
5. เลือกพันธุ์พืชที่ทนต่อการเกิด Tip burn
6. ป้องกันการเพิ่มของค่า EC ระหว่างปลูกโดยเฉพาะช่วงที่พืชมีการคายน้ำสูงมาก ทำให้พืชมีอัตราการดูดใช้น้ำมากกว่าธาตุอาหารทำให้ค่า EC สูงขึ้น ในช่วงนี้ต้องคอยปรับค่า EC ไม่ให้สูงเกินไป

นอกจากนี้มีการทดลองพบว่าในการปลูกผักในระบบ NFT ในเวลากลางวันให้สารละลายธาตุอาหารพืชที่มีค่า EC=2mC/cm และในเวลากลางคืนให้ $Ca(NO_3)_2$ ที่ความเข้มข้น 100 mg/l พบว่าการเกิด Tip burn ลดลงเมื่อเทียบกับให้สารละลายอย่างเดียวทั้งกลางวันและกลางคืน ซึ่งการให้ในเวลากลางคืนมีผลให้ปริมาณ Ca ในใบเพิ่มขึ้นด้วย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ส่วนที่ 3

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ.นครราชสีมา

โดย อ. อารักษ์ ธีรอำพน

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (soilless culture) ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ.นครราชสีมา ได้เริ่มดำเนินการมาตั้งแต่ปี พ.ศ.2540 เป็นต้นไป ในรูปแบบของงานวิจัยและงานการเรียนการสอน เช่น วิชาปัญหาพิเศษ วิชาโครงการผลิตพืชเชิงธุรกิจ วิชาการผลิตผักเศรษฐกิจ เป็นต้น นอกเหนือจากสองภารกิจหลักข้างต้นแล้ว ปัจจุบัน (เริ่มตั้งแต่ พ.ศ. 2543) ยังได้มีการเผยแพร่และเป็นแหล่งให้ข้อมูลวิชาการในรูปแบบของการอบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยีแก่กลุ่มเกษตรกร นักธุรกิจ และประชาชนผู้สนใจโดยทั่วไป โดยมีจะเน้น "*เทคโนโลยีแบบง่าย ๆ ทั้งรูปแบบและการจัดการ*" จำแนกเนื้อหาตามชนิดพืชได้ดังนี้

แตงเทศ/แตงแคนตาลูป

แตงแคนตาลูปแต่เดิมต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ ดังนั้นจึงมีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า "แตงเทศ" เป็นพืชในตระกูลแตงที่มีรสชาติคล้ายแตงไทย แต่จะหวานและหอมกว่า โดยธรรมชาติเป็นพืชที่ปลูกในเขตอบอุ่นโดยทั่วไป แต่พบว่าสามารถปรับตัว เจริญเติบโตได้ดีในเขตที่มีอากาศร้อนและแห้ง มีแสงแดดเต็มที่ตลอดวัน โดยเฉพาะช่วงที่ผลแก่จัด ต้องการอากาศแห้ง เพราะจะทำให้ผลมีคุณภาพดี แม้ว่าปัจจุบันจะพบปลูกมากทางภาคเหนือและบางส่วนของจังหวัดในภาคกลางของประเทศ แต่แตงเทศก็ยังคงมีราคาค่อนข้างแพง มีจำหน่ายเฉพาะในตลาดใหญ่ ๆ หรือตามห้างสรรพสินค้าเท่านั้น จึงมีการบริโภคกันเฉพาะในกลุ่มผู้มีรายได้ปานกลางถึงค่อนข้างสูงขึ้นไป

ด้วยเหตุนี้แตงเทศถือว่าเป็นพืชหลักสำหรับงานวิจัยและทดลองของการปลูกพืชไม่ใช้ดินที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ. นครราชสีมา โดยงานวิจัยแตงเทศในระยะแรกจะเน้นเรื่องสายพันธุ์และสูตรสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสม ตลอดจนระบบการปลูกโดยไม่ใช้ดิน จากการใช้วัสดุอุปกรณ์ที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

I. สรุปขั้นตอนการปลูกแตงเทศโดยไม่ใช้ดิน

1. <u>การเตรียมโรงเรือน</u>

แม้ว่าการก่อสร้างโรงเรือนจะใช้ค่าใช้จ่ายสูง แต่ก็เป็นการลงทุนระยะยาว และเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นมากสำหรับการปลูกแตงเทศโดยไม่ใช้ดิน ทั้งนี้เพราะโรงเรือนช่วยควบคุมสภาพแวดล้อมการปลูกให้เหมาะสมได้ดี (โดยเฉพาะฤดูฝน) เช่น ช่วยลดการระบาดของโรคและแมลงศัตรูพืช ป้องกันฝน ป้องกันความเสียหายของระบบปลูก รวมถึงช่วยป้องกันขโมยโรงเรือนปลูกพืชมีหลายประเภท เช่น green house ,

glass house , net house เป็นต้น แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะโรงเรือนปลูกพืชของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จำแนกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1.1 <u>โรงเรือนขนาดใหญ่มุ้งตาข่ายหลังคามุงพลาสติกใส</u> (ภาพที่ 1.1,1.2)

ขนาดพื้นที่กว้าง 9 เมตร*ยาว 60 เมตร มีลักษณะเป็นโครงสร้างทรงจั่ว 2 ชั้น ทำด้วยท่อเหล็กกัลวาไนซ์ชั้น BS.S 6 หุน และ 4 หุน ระยะห่างระหว่างเสา 1.5 เมตร หลังคาคลุมด้วยพลาสติก LDPE ผสม UV stabilizer หนา 200 ไมครอน มีช่องระบายอากาศ สูง 30 เซนติเมตร ตลอดแนวหลังคา ด้านข้าง ด้านหน้าและด้านหลังโรงเรือน คลุมด้วยมุ้งตาข่ายพลาสติก ขนาด 20 ช่องต่อตารางนิ้ว ด้านหน้าโรงเรือนมีประตูบานเลื่อนคู่กว้างบานละ 2 และ 1.2 เมตร ตามลำดับ ด้านละ 3 คู่ จุดเชื่อมต่อระหว่างโรงเรือนมีรางน้ำสังกะสี กว้าง 16x22 เซนติเมตร ยาวตลอดแนวโรงเรือน รากฐานเป็นเสา คสล. ขนาด 4"x4" สูง 50 เซนติเมตร ทุกระยะ 3 เมตร มีแนวอิฐบล๊อคโดยรอบฐาน พื้นปูอิฐบล๊อคหรือวัสดุปูพื้นอื่น ๆ เพื่อความสะดวกในการปฏิบัติงานและป้องกันวัชพืช

1.2 <u>โรงเรือนขนาดเล็กมุ้งตาข่ายหลังคามุงพลาสติกใส</u> (ภาพที่ 2.1, 2.2)

ขนาดพื้นที่กว้าง 3 เมตร*ยาว 7 เมตร สามารถถอดประกอบได้ มีลักษณะเป็นโครงสร้างทรงจั่ว ทำด้วยท่อเหล็กกลม ขนาด 6 หุนพร้อมน๊อตตัวยึด ส่วนฐานประกอบด้วยฐานล่างด้านยาว 7 เมตร จำนวน 2 ท่อน ด้านกว้างยาว 3 เมตร จำนวน 3 ท่อน ส่วนหลังคาประกอบด้วยจั่วหลังคา ฐานจั่วยาว 3 เมตร จำนวน 3 ท่อน ส่วนประกอบยอดจั่ว ความยาว 1.8 เมตร จำนวน 6 ท่อน คานยาว 7 เมตร จำนวน 1 ท่อน โครงหลังคายาว 7 เมตร จำนวน 3 ท่อน เสาความยาว 2 เมตร จำนวน 6 ท่อน เหล็กยึดมุมขนาดเล็กความยาว 45 เซนติเมตร จำนวน 14 ท่อน เหล็กยึดคานยาว 1 เมตร จำนวน 3 ท่อน และยาว 1.5 เมตร จำนวน 2 ท่อน คลุมด้วยพลาสติก LDPE ผสม UV stabilizer หนา 200 ไมครอน ตลอดแนวหลังคา ด้านข้าง ด้านหน้าและด้านหลังโรงเรือน คลุมด้วยมุ้งตาข่ายพลาสติก ขนาด 20 ช่องต่อตารางนิ้ว ด้านหน้ามีประตูมีลักษณะบังใบ พื้นปูอิฐบล๊อคหรือวัสดุปูพื้นอื่น ๆ เพื่อความสะดวกในการปฏิบัติงานและป้องกันวัชพืช

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2. *<u>การเตรียมระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบต่าง ๆ</u>*

สามารถแบ่งตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภท คือ

2.1 <u>การเตรียมระบบอนุบาล</u>

2.1.1 ระบบอนุบาลแบบ **DFT** โดยใช้ปั๊มลม (ภาพที่ 3)

ส่วนประกอบ : *รางปลูก* ใช้โครงเหล็กฉากสำหรับวางกระเบื้องแผ่นเรียบ กว้างและสูง 60 เซนติเมตร ยาว 3 เมตร ใช้*พลาสติกขาว-ดำ*หนา 100 ไมครอนปูบน*แผ่นกระเบื้องแผ่นเรียบ*เพื่อรองรับสารละลายธาตุอาหาร *แผ่นโฟม* หนา 1 นิ้ว วางด้านบนให้เข้าขอบพอดีกับเหล็กฉาก เพื่อเป็นวัสดุค้ำยันถ้วยปลูก โดยมีระยะห่างระหว่างหลุมปลูก 10*10 เซนติเมตร *กล่อง/ถังบรรจุสารละลาย*ขนาดบรรจุ 50-100 ลิตร พร้อมชุด*ปั๊มลม*กับท่อนำลมและหัวทราย

หลักการทำงาน : เริ่มจากการเติมสารละลายธาตุอาหารไว้ในรางปลูกให้สูงประมาณ 10 เซนติเมตร เปิดปั๊มลมเข้าระบบหลังจากที่ย้ายกล้าแล้ว

2.1.2 ระบบอนุบาลแบบ DFT โดยใช้ปั๊มน้ำ (ภาพที่ 4)

ส่วนประกอบ : คล้ายข้อ 2.1.1 มีสวนที่แตกต่างกันคือระบบนี้จะใช้*ปั๊มน้ำ*ขนาดเล็กที่ประกอบท่อ PE ขนาด 20 มิลลิเมตร พร้อมข้อต่อข้องอ เพื่อเป็นท่อนำสารละลายสำหรับการไหลเวียนภายในระบบ

หลักการทำงาน : เริ่มจากการเติมสารละลายธาตุอาหารไว้ในรางปลูกให้สูงประมาณ 10 เซนติเมตร เปิดปั๊มน้ำเพื่อให้เกิดการไหลเวียนของสารละลาย

2.2 <u>การเตรียมระบบปลูกพืช</u> (ภาพที่ 5.1, 5.2, 5.3, 5.4)

2.2.1 ระบบปลูกพืชแบบ NFT

ส่วนประกอบ : *-รางปลูก* ใช้โครงเหล็กฉากสำหรับวางแผ่นกระเบื้องลอนคู่ กว้างและสูง 60 เซนติเมตร ยาว 3 เมตร จัดความลาดเอียงของรางปลูก 2 % เพื่อให้น้ำไหลกลับและไหลผ่านรากพืชเป็นฟิล์มบางๆ ใช้*พลาสติกขาว-ดำ*หนา 100 ไมครอนปูบนกระเบื้องและใช้*แผ่นโฟม* หนา 1 นิ้ว วางด้านบนให้เข้าขอบพอดีกับเหล็กฉาก เพื่อเป็นวัสดุค้ำยันถ้วยปลูก โดยมีระยะห่างระหว่างหลุมปลูก 30*50 เซนติเมตร *กล่อง/ถังบรรจุสารละลาย*ขนาดบรรจุ 50-100 ลิตร พร้อม*ปั๊มน้ำ*ขนาดเล็กที่ประกอบท่อ PE ขนาด 20 มิลลิเมตร พร้อมข้อต่อข้องอ เพื่อเป็นท่อนำสารละลายสำหรับการไหลเวียนภายในระบบ

หลักการทำงาน : เริ่มจากการเติมสารละลายธาตุอาหารไว้ในรางปลูกให้สูงประมาณ 10 เซนติเมตร เปิดปั๊มน้ำเพื่อให้เกิดการไหลเวียนของสารละลาย

2.1.2 ระบบปลูกพืชแบบ DFT

ส่วนประกอบและหลักการทำงาน : คล้ายกับระบบอนุบาลแบบ DFT โดยใช้ปั๊มน้ำ ข้อ 2.1.2 แต่มีข้อแตกต่างคือระยะห่างระหว่างหลุมปลูกของ *แผ่นโฟม*ของระบบนี้เท่ากับ 30*50 เซนติเมตร

✍ <u>*ข้อควรพิจารณา*</u> : หากต้องการปลูกเป็นเชิงการค้าที่มีจำนวนต้นและจำนวนรางปลูกที่มากขึ้น ต้องคำนึงถึง จำนวนรางให้สอดคล้องกับขนาดของปั๊ม เพื่อให้สามารถใช้ประสิทธิภาพของปั๊มได้สูงสุด

2.1.3 ระบบปลูกพืชดัดแปลงระหว่างระบบ DFT/NFT (ภาพที่ 6)

ส่วนประกอบและหลักการทำงาน : รางปลูก ประกอบจากการก่อ*อิฐบล็อค* กว้าง 60 เซนติเมตร (วัดจากขอบด้านในของอิฐบล็อค) ยาว 6 เมตร สูง 20 เซนติเมตร ใช้*แผ่นโฟม* หนา 1 นิ้ว บุที่ด้านในทั้งด้านข้างและด้านล่างรางปลูก และใช้*พลาสติกขาว-ดำ*หนา 100 ไมครอนปูวางแผ่นโฟม นำแผ่นโฟมที่เจาะรูตามระยะปลูกพืชวางให้เข้าขอบพอดีกับขอบบนของแผ่นโฟมที่บุด้านข้างเพื่อเป็นวัสดุค้ำยันถ้วยปลูก ติดตั้งระบบนำสารละลายเข้ารางปลูก (ออกจากถังสารละลาย) โดยใช้ท่อ PE หรือ PVC เส้นผ่าศูนย์กลางท่อขนาด ½-1 นิ้ว พร้อมข้อต่อและวาล์ว สารละลายออกนอกรางปลูก (กลับเข้าถังสารละลาย) ด้วยท่อ PVC เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ 3-4 นิ้ว

<u>จุดเด่นของระบบนี้</u> คือ สามารถใช้ข้อต่อ PVC ปรับระดับความสูง (DFT) หรือต่ำ (NFT) ของสารละลายภายในรางปลูกได้

วัสดุที่ใช้ทำรางปลูกที่สามารถทดแทนอิฐบล็อคได้ เช่น *เหล็กฉาก คอนกรีตเบา* เป็นต้น

2.1.4 ระบบอื่น ๆ ที่อยู่ในระหว่างการทดลองวิจัย ได้แก่

-ระบบปลูกพืชในวัสดุปลูก(substrate culture) วัสดุปลูกที่ใช้ได้แก่ ทราย ขุยมะพร้าว แกลบ (ภาพที่7)

-ระบบประยุกต์ระหว่าง DFT/NFT ร่วมกับระบบปลูกในวัสดุปลูก (ภาพที่ 8)

3. <u>การเตรียมและการจัดการเกี่ยวกับสารละลายธาตุอาหาร</u> (ภาพที่ 9.1, 9.2, 9.3)

ประกอบด้วย การตรวจวัด การปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่าเหนี่ยวนำไฟฟ้า (Electric conductivity ; EC) รวมถึงขั้นตอนการเตรียมสารละลาย ตลอดจนส่วนประกอบของสูตรสารละลายธาตุอาหารต่าง ๆ

3.1 <u>ขั้นตอนการเตรียมสารละลายธาตุอาหารเข้มข้นและการนำไปใช้</u>

สมมุติว่า ถ้าต้องการเตรียมสารละลายธาตุอาหารพร้อมใช้ 10,000 ลิตร ให้เตรียมสารละลายธาตุอาหารเข้มข้น โดยมีวิธีการปฏิบัติดังต่อไปนี้

✪ *<u>สูตรสารละลายธาตุอาหาร บริษัท แอ็คเซ็นต์ ไฮโดรโปนิคส์ 1997 (ประเทศไทย) จำกัด</u>*

เตรียม Stock A 11.4 กิโลกรัม ผสมน้ำ ประมาณ 8,000 ลิตร ละลายให้เข้ากัน เติม Stock B 11.4 กิโลกรัม ลงไป ปรับน้ำให้ได้ 10,000 ลิตร Stock ดังกล่าวประกอบด้วยปุ๋ยเคมี /สารเคมี ต่างๆ ดังนี้

NITROGEN AS INTRATE	14.3	%
PHOSPRORUS WATER SOLUBLE	2.3	%
POTASSIUM AS NITRATE	10.0	%
POTASSIUM PHOSPHATE	2.8	%
TOTAL POTASSIUM	12.8	%
CALCIUM AS NITRATE	8.6	%
MAGNESIUM AS SULPHATE	7.8	%
IRON AS CHELATE	0.19	%
MANGANESE AS SULPHATE	0.10	%
COPPER AS SULPHATE	0.006	%
ZINC AS SULPHATE	0.005	%
MOLYBDENUM AS AMMONIUM	0.003	%

✪ สูตรสารละลายธาตุอาหาร SUT-NS 1

ถัง A (สำหรับเตรียม stock A) ขนาดความจุ 50 ลิตร

1. ใส่น้ำ 20 ลิตร
2. ใส่ HNO_3 65 % 0.89 ลิตร
3. ใส่ KH_2PO_4 2.99 กก. ละลายน้ำก่อนแล้วจึงเทลงถัง stock A
4. ใส่ $MgSO_4$ 3.813 กก. ละลายน้ำก่อนแล้วจึงเทลงถัง stock A
5. ใส่ KNO_3 7.514 กก. ละลายน้ำก่อนแล้วจึงเทลงถัง stock A
6. ใส่ NH_4NO_3 3.52 กก.
7. เติมจุลธาตุ
   - 7.1 $(NH_4)_2MoO_4$ 1 กรัม ละลายน้ำก่อนแล้วจึงเทลงถัง stock A
   - 7.2 H_3BO_4 30 กรัม ละลายน้ำก่อนแล้วจึงเทลงถัง stock A
   - 7.3 $MnSO_4.4H_2O$ 68 กรัม ละลายน้ำก่อนแล้วจึงเทลงถัง stock A
   - 7.4 $ZnSO_4.7H_2O$ 20 กรัม ละลายน้ำก่อนแล้วจึงเทลงถัง stock A
   - 7.5 $CuSO_4.5H_2O$ 5 กรัม ละลายน้ำก่อนแล้วจึงเทลงถัง stock A
8. ปรับปริมาตรด้วยน้ำให้ได้ 50 ลิตร คนสารละลายให้เข้ากัน

ถัง B (สำหรับ stock B) ขนาดความจุ 50 ลิตร

1. ใส่น้ำ 20 ลิตร
2. ใส่ HNO_3 65 % 30 มล.
3. ใส่ $Ca(NO_3)_2.4H_2O$ 11.8315 กก. ละลายน้ำก่อน 12 ลิตร แล้วจึงเทลงถัง stock B
4. ใส่ Fe-EDTA 400 กรัม ละลายน้ำก่อนแล้วจึงเทลงถัง stock B
5. ปรับปริมาตรด้วยน้ำให้ได้ 50 ลิตร คนสารละลายให้เข้ากัน

อัตราการใช้ A : B : น้ำ = 1 : 1 : 200 (ปรับปริมาตรด้วยน้ำให้ได้ 200 ส่วน)

✪ สูตรสารละลายธาตุอาหาร SUT-NS 5

ถัง A (สำหรับเตรียม stock A) ขนาดความจุ 50 ลิตร

1. ใส่น้ำ 20 ลิตร
2. ใส่ HNO_3 65 % 1.2 ลิตร
3. ใส่ $(NH_4)_2HPO_4$ (20-53-0) 1.45 กก. ละลายน้ำก่อนแล้วจึงเทลงถัง stock A
4. ใส่ $MgSO_4$ 1.5 กก. ละลายน้ำก่อนแล้วจึงเทลงถัง stock A
5. ใส่ KNO_3 7.51 กก. ละลายน้ำก่อนแล้วจึงเทลงถัง stock A
6. เติมจุลธาตุ
   - 6.1 $(NH_4)_2MoO_4$ 1 กรัม ละลายน้ำก่อนแล้วจึงเทลงถัง stock A

6.2 H_3BO_4	30 กรัม	ละลายน้ำก่อนแล้วจึงเทลงถัง stock A
6.3 $MnSO_4.4H_2O$	68 กรัม	ละลายน้ำก่อนแล้วจึงเทลงถัง stock A
6.4 $ZnSO_4.7H_2O$	20 กรัม	ละลายน้ำก่อนแล้วจึงเทลงถัง stock A
6.5 $CuSO_4.5H_2O$	5 กรัม	ละลายน้ำก่อนแล้วจึงเทลงถัง stock A

7. ปรับปริมาตรด้วยน้ำให้ได้ 50 ลิตร คนสารละลายให้เข้ากัน

ถัง B (สำหรับ stock B) ขนาดความจุ 50 ลิตร

1. ใส่น้ำ	20	ลิตร
2. ใส่ HNO_3 65 %	15.25	มล.
3. ใส่ $Ca(NO_3)_2.4H_2O$	6.7	กก. ละลายน้ำก่อน 12 ลิตร แล้วจึงเทลงถัง stock B
4. ใส่ Fe-EDTA	250	กรัม ละลายน้ำก่อนแล้วจึงเทลงถัง stock B

5. ปรับปริมาตรด้วยน้ำให้ได้ 50 ลิตร คนสารละลายให้เข้ากัน

อัตราการใช้ A : B : น้ำ = 1 : 1 : 200 (ปรับปริมาตรด้วยน้ำให้ได้ 200 ส่วน)

✪ ทุกสูตรสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ในการปลูกแตงเทศโดยไม่ใช้ดิน ให้กำหนดช่วงค่า pH มาตรฐาน เท่ากับ 5.5-6.0 (ปรับค่าลงด้วยกรด Nitric และค่าขึ้นด้วย NaOH หรือ KOH) ช่วงค่า EC มาตรฐาน เท่ากับ 2-3 มิลลิซีเมนต์/เซนติเมตร (mS/cm) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 20-30 CF (Conductivity Factor)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.2 ส่วนประกอบของสารละลายธาตุอาหารสูตรต่าง ๆ ที่ใช้ปลูกแตงเทศโดยไม่ใช้ดิน ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (ล่าสุดที่เดือนมิถุนายน 2543)

ธาตุอาหาร	ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร (ppm) สูตรต่าง ๆ		
	บ. แอ็คเซนต์	SUT-NS 1	SUT-NS 5
ไนโตรเจน (N)	208.0	236.09	268.59
NH_4^+	-	-	30.75
NO_3	-	-	237.84
ฟอสฟอรัส (P)	62.0	34.09	30.04
โพแทสเซียม (K)	332.0	187.96	290.0
แคลเซียม (Ca)	168.0	164.89	113.56
แมกนีเซียม (Mg)	49.0	38.13	30.0
กำมะถัน (S)	65.0	51.47	40.0
เหล็ก (Fe)	5.6	1.2	2.4
โบรอน (B)	0.3	0.255	0.51
แมงกานีส (Mn)	2.2	0.816	1.63
สังกะสี (Zn)	0.06	0.22	0.44
ทองแดง (Cu)	0.06	0.0625	0.125
โมลิบดินัม (Mo)	0.007	0.0225	0.049

4. การเพาะกล้า (ภาพที่ 10.1, 10.2)

นำเมล็ดพันธุ์แช่สารเคมีป้องกันเชื้อรา เช่น เบนโนมิล อัตรา 1 กรัมต่อน้ำ 10 ลิตร ร่วมกับฮอร์โมนเร่งราก เช่น อโทนิค นานประมาณ 30 นาที นำเมล็ดไปวางบนกระดาษเพาะหรือกระดาษทิชชู 2 ชั้นที่ชุ่มด้วยน้ำ โดยบ่มเมล็ดไว้ในที่มืด 1 คืน หลังจากนั้นเลือกเมล็ดที่รากเริ่มงอกออกมา หยอดเมล็ดลงในวัสดุเพาะ เช่น ขุยมะพร้าวที่ปราศจากเชื้อโรคหรือเพอร์ไลท์หรือเม็ดดินเผาที่มีความชื้นเพียงพอ ข้อควรระวังในการหยอดเมล็ด หากเมล็ดมีรากงอกออกมาแล้วให้เอาทางด้านปลายรากลงวัสดุเพาะที่ทำหลุมสำหรับหยอดไว้แล้ว ห้ามไม่ให้ปลายรากหักเด็ดขาด แต่หากบ่มเมล็ด 1 คืนแล้วยังไม่งอก ให้หยอดเมล็ด โดยเอาด้านปลายแหลมของเมล็ดแทงลงวัสดุเพาะ ลึกประมาณ 0.5 เซนติเมตร นำไปวางในสถานที่ให้น้ำแบบพ่นหมอกหรือมินิสปริงเกลอร์หรือบัวรดน้ำฝอยละเอียดหรือนำไปวางในรางอนุบาลเลย โดยมีหลักการให้น้ำคือ เมล็ดต้องได้รับความชื้นอย่างเพียงพอ แต่ต้องไม่แฉะจนเกินไป เพราะจะทำให้เมล็ด/ต้นกล้าเน่าได้

5. การย้ายกล้า

การย้ายกล้า เกิดขึ้น 2 ครั้ง (ยกเว้นกรณีการเพาะกล้าในรางอนุบาล) ดังนี้

5.1 การย้ายกล้าลงรางอนุบาล (nursery tray) (ภาพที่ 11.1, 11.2,11.3)

ทำเมื่อต้นกล้ามีอายุ 7-10 วันหลังเพาะหรือเริ่มมีใบจริง 1 ใบ สำหรับกรณีที่เพาะกล้าในขุยมะพร้าวหรือเพอร์ไลท์ ให้นำต้นกล้าออกจากวัสดุเพาะแล้ว ล้างรากให้สะอาดหลังจากนั้นแช่ยาป้องกันเชื้อราประมาณ 5 นาที เตรียมฟองน้ำและแก้วพลาสติกที่เจาะก้นแล้วหรือกระถางพลาสติกขนาดเล็ก (กระถางลูกเจี๊ยบ) โดยตัดฟองน้ำให้มีขนาดพอดีกับก้นแก้วหรือก้นกระถางพลาสติก แล้วใช้มีดกรีดฟองน้ำจากขอบจนไปถึงจุดกึ่งกลางสำหรับใส่ต้นกล้าแตงเทศ นำต้นกล้าใส่ฟองน้ำ ให้ส่วนโคนของรากอยู่ใต้ฟองน้ำ สวมฟองน้ำไว้ในแก้วหรือกระถาง นำไปใส่ในรางอนุบาลที่ให้สารละลายธาตุอาหารความเข้มข้นกึ่งหนึ่งของอัตราการใช้ปกติ

5.2 การย้ายกล้าลงรางปลูก (culture tray) (ภาพที่ 12.1, 12.2)

เมื่อต้นกล้ามีอายุ 14-17 วันหลังเพาะหรือมีใบจริง 2-3 ใบ ย้ายต้นกล้าลงระบบปลูกที่เตรียมวัสดุอุปกรณ์ไว้เรียบร้อยแล้ว เช่น รางปลูก ถังบรรจุสารละลาย ปั๊ม เป็นต้น โดยใช้ระยะปลูก 30*60 เซนติเมตร เช่น พันธุ์เจดดิว และระยะปลูก 60*60 เซนติเมตร สำหรับพันธุ์หนัก เช่น พันธุ์เอมเมอรัลด์ สวีท เป็นต้น

ทั้งระบบอนุบาลและระบบปลูก: สภาพรางปลูกพืชควรจะมีแสงแดดเพียงพอ มีอากาศถ่ายเทสะดวกและไม่ควรมีลมแรง

6. การดูแลรักษา

6.1 การทำค้างและการมัดต้นขึ้นค้าง (ภาพที่ 13)

ค้างเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการปลูกแตงเทศโดยไม่ใช้ดิน เพราะเป็นหลักสำหรับให้ลำต้นยึดในแนวตั้งฉากกับพื้น ควรทำเมื่อพืชอายุ 21-30 วัน หรือมีใบจริง 5-6 ใบ เตรียมเชือกไนล่อนหรือเชือกป่าน ความยาวเชือกให้ยาวกว่าระยะห่างระหว่างรางปลูกกับแนวยึดด้านบน โดยผูกเชือกกับแนวยึดด้านบน ส่วนปลายล่างผูกติดกับขอบของรางปลูกให้ตรึง การมัดต้นขึ้นค้าง ให้ใช้เชือกฟางฉีกบางๆ มัดต้นให้วนรอบค้าง โดยจะมัดข้อเว้นหนึ่งข้อ หรือเมื่อลำต้นยาวประมาณ 20 เซนติเมตรจากข้อที่มัดไว้ก่อนแล้ว ข้อควรระวังในการมัดต้นขึ้นค้าง คือ อย่ามัดเชือกฟางให้แน่น จะทำให้ต้นหักเมื่อลำต้นขยายใหญ่ และช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับการมัดค้าง คือ ช่วงบ่าย เพราะต้นพืชจะเหนียว ไม่หักง่าย ทำให้มัดต้นได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

6.2 การเด็ดตาข้าง แขนง และยอด และการไว้แขนงสำหรับติดผล (ภาพที่ 14.1, 14.2)

แตงเทศต้องเด็ดตาข้าง ตั้งแต่ข้อที่ 1-8 เพราะหากไว้ตาข้างจนเจริญเติบโตไปเป็นแขนง ดอกกระเทยที่ติดบริเวณแขนงที่ 1-8 ดังกล่าว มักจะร่วงหรือดอกไม่สามารถเจริญเติบโตไปเป็นผลที่สมบูรณ์ได้ ทั้งนี้เพราะลำต้นยังมีขนาดเล็กและมีจำนวนใบไม่มากพอ ดังนั้น การไว้ตาข้างเพื่อให้เกิดกิ่งแขนง จะเริ่มไว้จากข้อที่ 9 เป็นต้นไป เพื่อใช้ในการผสมเกสรให้ได้ผล ในทางปฏิบัติจะผสมดอกกระเทยให้ติดมากกว่า 1

ผลขึ้นไป แล้วจึงเลือกผลที่สมบูรณ์ที่สุดไว้เพียง 1-2 ผลเท่านั้น แต่มีแตงเทศบางพันธุ์ที่ไว้ผลได้ตั้งแต่ 2 ผลขึ้นไป และยังให้ผลที่มีคุณภาพได้ (เช่น พันธุ์โกลเด้นไลท์ และซิลเวอร์ไลท์ ของบริษัทเพื่อนเกษตรกร จำกัด) หลังการติดผล ให้เด็ดปลายยอดของแขนงทิ้งไป เหลือใบที่แขนงย่อย 2 ใบ จากนั้นให้เด็ดตาข้างข้อที่ถัดขึ้นไปจากกิ่งแขนงที่ไว้ผลจนถึงข้อที่ 25 จึงเด็ดยอดทิ้ง ซึ่งต้นแตงเทศจะมีจำนวนใบเพียงพอที่จะสังเคราะห์แสงเพื่อเลี้ยงลำต้นและผล ทั้งยังช่วยประหยัดสารละลายธาตุอาหาร ตลอดจนสามารถจัดการดูแลได้ทั่วถึงอีกด้วย การเด็ดตาข้าง กิ่งแขนงและยอด ควรทำในช่วงเช้า ซึ่งเป็นช่วงที่พืชอวบน้ำ เด็ดง่าย ต้นไม่ฉีก ไม่ช้ำ

6.3 <u>การผสมเกสร</u>(ภาพที่ 15)

เนื่องจากธรรมชาติของแตงเทศเป็นพืชผสมข้าม โดยมีแมลงเป็นพาหะในการผสมเกสร และแสดงเพศดอกแบบ andromonoecieous คือ มีดอกตัวผู้และดอกกระเทย (ดอกสมบูรณ์เพศ) บนต้นเดียวกัน ดอกตัวผู้จะอยู่ที่เถาหลัก ส่วนดอกกระเทยจะอยู่ที่เถาแขนง อายุแตงเทศที่เริ่มผสมเกสรได้ อยู่ประมาณ 35-40 วัน หลักในการผสมเกสร คือ นำละอองเกสรจากดอกตัวผู้ที่ดึงเอากลีบดอกออกแล้ว ไปแตะเบา ๆ บริเวณปลายยอดเกสรตัวเมีย (บริเวณ stigma) ของดอกกระเทยที่เริ่มบาน เวลาที่เหมาะสมสำหรับการผสมเกสร คือ 06.00 - 10.00 น. ถ้าผสมหลังจากนี้อาจจะผสมไม่ติดหรือผลจะไม่สมบูรณ์สวยงาม ทั้งนี้เพราะเมื่อกบนยอดเกสรตัวเมียของดอกกระเทยเริ่มแห้ง ประกอบละอองเกสรของดอกตัวผู้เริ่มหมดสภาพ หากปลูกแตงเทศจำนวนมาก อาจใช้แมลงช่วยในการผสมเกสร เช่น มิ้ม แมลงวัน เป็นต้น เพราะแมลงเหล่านี้มีประสิทธิ-ภาพมากกว่าคนทั้งในแง่เวลาที่ใช้ในการผสมเกสร และเปอร์เซ็นต์การผสมติด ในปัจจุบันมีแตงเทศบางพันธุ์ติดผลได้โดยไม่ต้องผสมเกสร (ปลูกในสภาพโรงเรือนปิด เช่น พันธุ์ซันเน็ท ของบริษัท เจียไต๋ จำกัด) ข้อดี คือ ช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการผสมเกสร

6.4 <u>การตัดแต่งใบล่าง</u> (ภาพที่ 16)

เมื่อต้นแตงเทศติดผลแล้ว ให้ตัดใบล่างหรือใบที่ไม่สมบูรณ์ออก เพื่อให้ต้นโปร่ง ระบายอากาศได้ดี แล้วฉีดพ่นสารเคมีป้องกันเชื้อราบริเวณบาดแผลหลังการตัดแต่ง หรือใช้ปูนแดงป้ายบาดแผลเพื่อป้องกันการติดเชื้อโรค ข้อสำคัญอีกประการหนึ่ง คือ อุปกรณ์ทุกชนิดที่ใช้ในการตัดแต่ง ต้องเช็ดหรือฉีดพ่นแอลกอฮอล์ฆ่าเชื้อทุกครั้ง

6.5 <u>การแขวนผล</u> (ภาพที่ 17)

หลังจากแตงเทศติดผลแล้วประมาณ 2 อาทิตย์หรืออายุต้นประมาณ 49-54 วัน ผลแตงเทศมีขนาดเท่ากับไข่ไก่ ใช้เชือกไนล่อนหรือเชือกป่านแขวนผล ผูกแบบปมกระตุก ให้เชือกอยู่ที่ขั้วผล แขวนผลให้อยู่ในแนวขนานกับพื้น เพื่อป้องกันไม่ให้กิ่งแขนงที่ติดผลฉีกขาด มีแตงเทศบางสายพันธุ์ (เช่น พันธุ์ซันเน็ท ของ บริษัทเจียไต๋ จำกัด)ไม่ต้องแขวนผล ทำให้ประหยัดแรงงาน

6.6 <u>ศัตรูพืช ความไม่สมดุลของธาตุอาหาร แนวทางป้องกันแก้ไข และปัญหาอื่น ๆ</u> (ภาพที่ 18.1-18.12)

*โรคพืช*นับเป็นปัญหาสำคัญมากสำหรับการปลูกแตงเทศโดยไม่ใช้ดินในสภาพโรงเรือน โดยเฉพาะโรคในระดับรากพืช โรคพืชที่สำคัญได้แก่

โรคเหี่ยว (fusarium wilts) ที่เกิดจากเชื้อ *Fusarium oxysporum f. melonis* อาการของโรค คือ ใบล่างเหลืองและเหี่ยวอย่างรวดเร็ว เกิดสีน้ำตาลบริเวณท่อน้ำท่ออาหาร ควรถอนต้นที่เป็นโรคทิ้ง และป้องกันกำจัดโดยทำความสะอาดระบบปลูกทั้งหมดหลังการเก็บเกี่ยวหรือก่อนการปลูกครั้งต่อไปให้ดีที่สุด

โรคราน้ำค้าง (Downey mildew) เกิดจากเชื้อรา *Pseudoperonospora cubensis Berk. And Curt. Rost* พบระบาดในสภาพอุณหภูมิต่ำ และมีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง อาการของโรคพบใบเป็นแผลสี่เหลี่ยม สีน้ำตาลอ่อน มีเส้นใยของเชื้อราสีขาวหม่นขึ้นบนแผลบริเวณใต้ใบ เมื่อเป็นมาก ๆ ใบจะแห้ง ระบาดมากในขณะที่พืชกำลังออกดอกและให้ผล ทำให้เถาตายได้ ป้องกันกำจัดโดย เด็ดหรือตัดใบเผาไฟ แล้วฉีดพ่นด้วยสารพวก มาเนบ ซีเนบหรือคลอโรทาโลนิล

โรคใบด่าง (various mosaic viruses) เช่น melon mosaic virus , squash mosaic virus และ cucumber mosaic virus พืชจะแสดงอาการใบด่างเหลือง และหยักเป็นคลื่น ใบเล็กลง ยอดตั้งชัน ทำให้แตงชะงักการเจริญเติบโต ไม่ผลิตดอกออกผลต่อไป จัดว่าเป็นโรคที่สำคัญและทำความเสียหายมาก ป้องกันกำจัดโดย ถอนต้นที่เป็นโรคทิ้ง ไม่ปลูกพืชตระกูลแตงชนิดอื่นไว้ใกล้กัน และกำจัดแมลงศัตรูพืชที่เป็นพาหะของโรค เช่น แมลงหวี่ขาว เพลี้ยไฟและเพลี้ยอ่อน เป็นต้น

โรคแอนแทรคโนส เกิดจากเชื้อรา *Colletotricchum* lagenarium (Pass.) Ell. and Halst. พบอาการปรากฏเฉพาะที่ผล โดยเกิดเป็นจุดหรือแผลนูนเล็ก ๆ สีน้ำตาลประปรายทั่วไป จากนั้นแผลจะขยายขนาดใหญ่ขึ้น เนื้อเยื่อตรงกลางแผลยุบต่ำลงไปจากระดับเดิมเล็กน้อย ตรงกลางแผลมีเชื้อราเป็นหยดเยิ้มสีชมพูอ่อน เรียงเป็นวงกลมซ้อนกันหลายชั้นตามขนาดแผลที่ขยายใหญ่ขึ้น ป้องกันกำจัดโดยฉีดพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา เช่น เบนโนมิล ทุก ๆ 5-7 วัน เมื่อพบโรคระบาด ให้เก็บผลที่เป็นโรคทิ้ง

โรคราแป้ง (powdery mildew) เกิดจากเชื้อรา *Sphaerotheca fuliginea* ระบาดในสภาพอุณหภูมิสูงและมีความชื้นไม่สม่ำเสมอ อาการของโรค พบที่ใบ โดยมีเส้นใยราสีขาวคล้ายผงแป้งที่บริเวณด้านบนใบและตามผล ทำให้ใบแห้งกรอบเป็นสีน้ำตาล มักพบบนใบแก่และรวมไปกับโรคราน้ำค้าง ป้องกันกำจัดโดยใช้สารพวกกำมะถันผง หรือเบนโนมิล

แมลงและแมงศัตรู ที่พบได้แก่ เพลี้ยไฟ แมลงหวี่ขาว ไรแดง และหนอนชอนใบ โดยเพลี้ยไฟและแมลงหวี่ขาว จะเจาะกินน้ำเลี้ยงในใบ โดยเฉพาะบริเวณยอดอ่อน และที่สำคัญยังเป็นพาหะนำโรคใบหงิกเนื่องจากเชื้อไวรัส แม้ว่าจะปลูกแตงเทศในมุ้งตาข่ายที่มีความถี่-ห่าง ขนาด 20 ช่องต่อนิ้ว ก็ยังไม่สามารถป้องกันแมลงที่มีขนาดเล็กมากได้ ดังนั้นการป้องกันกำจัดจึงอาจทำได้โดยใช้กับดักกาวเหนียว ซึ่งจะช่วยลดการระบาดของแมลงได้ 50 เปอร์เซ็นต์ แต่หากระบาดมาก ให้ใช้สารเคมีป้องกันกำจัดตามความเหมาะสม

ความไม่สมดุลของธาตุอาหาร ในการปลูกแตงเทศโดยไม่ใช้ดิน ที่สำคัญ คือ

การขาดแมกนีเซียม พบได้บ่อยเนื่องจากความไม่สมดุลหรือไม่ได้สัดส่วนระหว่างโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ลักษณะอาการที่พบ คือ ขอบใบและบริเวณระหว่างเส้นใบเป็นสีเหลืองอย่างเห็นได้ชัด แต่เส้นใบยังเขียวอยู่ อาจมีสีแดงเกิดตามแถบสีเหลืองบนใบได้ด้วย เนื่องจากแมกนีเซียมเป็นธาตุที่เคลื่อนที่ได้ในพืช จึงทำให้อาการที่พบเกิดขึ้นที่ใบแก่ (ใบล่าง) ก่อน ถ้าขาดรุนแรงใบแก่ของพืชจะตายไป

ปัญหาอื่น ๆ เช่น ปั๊มชำรุด กระแสไฟฟ้าดับ การผสมเกสรไม่ติด หรือไม่สมบูรณ์ ฯลฯ

7. การเก็บเกี่ยว การตรวจสอบสารพิษตกค้าง และการเก็บรักษา

7.1 การเก็บเกี่ยว (ภาพที่ 19.1-19.4)

เกณฑ์ที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวแตงเทศ แตกต่างไปตามสายพันธุ์เป็นหลัก โดยพิจารณาจาก

- อายุเก็บเกี่ยวหลังผสมเกสร ประมาณ 30-50 วัน
- การขึ้นของตาข่ายที่ผิวผล
- การเปลี่ยนแปลงสีผิวผล เช่น จากสีเขียวเป็นสีเหลืองเป็นสีครีม เป็นต้น
- การดมกลิ่น ในบางพันธุ์เมื่อผลสุกจะมีกลิ่นหอม
- ดูรอยแตกรอบขั้วผล ซึ่งจะพบ 2 แบบ คือ รอยแตกรอบขั้ว 50% (half-slip) ผลยังสามารถเก็บรักษาได้อยู่ และรอยแตกรอบขั้ว 100% (full-slip) ควรรับประทานทันที

วิธีการเก็บเกี่ยว : การตัดผล ควรให้มีใบติดผลประมาณ 2 ใบ แล้วบ่มผลไว้ประมาณ 2-3 วัน เพื่อเพิ่มรสชาติ

7.2 การตรวจสอบสารพิษตกค้าง (ภาพที่ 20)

เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าผลิตผลที่ได้ไม่มีสารพิษตกค้าง โดยเฉพาะสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช จึงได้มีการสุ่มตรวจ ตามวิธีการของกลุ่มงานอาหาร ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข

7.3 การเก็บรักษา (ภาพที่ 21)

สามารถเก็บรักษาแตงเทศที่ห้องเย็น ความชื้นสัมพัทธ์ 95 % ได้นานประมาณ 15 วัน

8. การทำความสะอาดระบบปลูกหลังการเก็บเกี่ยว (ภาพที่ 22)

หลังการเก็บเกี่ยว ควรเก็บเศษพืชให้สะอาด ไม่ควรทิ้งต้นไว้ที่รางปลูก เพราะหากต้นพืชแห้งตาย เศษพืชจะร่วงสู่พื้น ทำให้ยากแก่การทำความสะอาด และทำความสะอาดระบบปลูกทั้งระบบ เช่น รางปลูก ถังใส่สารละลาย ปั๊มน้ำ แผ่นโฟม ด้วยน้ำยาทำความสะอาด เช่น NaOHCl (โซเดียมไฮโปคลอไรด์) หรือ Clorox ตามอัตราการแนะนำ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

9. ปฏิทินการผลิตแตงเทศโดยไม่ใช้ดิน

อายุ (วัน)	การจัดการ	หมายเหตุ
0 วัน	- เพาะกล้า - เตรียมรางอนุบาลและรางปลูก พร้อมวัสดุอุปกรณ์	การจัดการสารละลายธาตุอาหาร (NS) ควรเปลี่ยนถ่าย NS ทุก 2-3 สัปดาห์ และควรรักษาค่าของ pH อยู่ที่ 5.5-6.0 ค่า EC อยู่ที่ 2-3 mS/cm
7 วัน	- ย้ายกล้าลงรางอนุบาล	
14 วัน	- เริ่มเด็ดตาข้าง ทำค้างและเริ่มมัดต้นขึ้นค้าง	
28 วัน	- เริ่มไว้ตาข้าง ตั้งแต่ข้อที่ 9 ขึ้นไป เลือกลูกที่สมบูรณ์ที่สุดไว้ 1 ลูก	
35 วัน	- ไป เริ่มผสมเกสรตั้งแต่ข้อที่ 9 ขึ้นไป - ตัดแต่งใบล่าง - เด็ดยอดข้อที่ 25	
70 – 80 วัน	- เก็บเกี่ยว	

II. สรุปข้อมูลสำคัญสำหรับการปลูกแตงเทศ ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1. ระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินและสูตรสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแตงเทศ (ระยะที่ 1)

<u>วัตถุประสงค์</u> : เพื่อเปรียบเทียบผลผลิตของแตงเทศพันธุ์เจดดิว 223 ระหว่างระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ Deep Flow Technique (DFT) แบบเติมและไม่เติมอากาศ และ Nutrient Film Technique (NFT) ในฤดูกาลต่าง ๆ

การปลูกแตงเทศเพื่อทดสอบระบบปลูกโดยไม่ใช้ดิน 3 ระบบ ได้แก่ ระบบ NFT ระบบ DFT เติมอากาศ และระบบ DFT (ไม่เติมอากาศ) ใน 3 ฤดูปลูก คือ ฤดูหนาว ฤดูร้อนและฤดูฝน ระหว่างเดือนตุลาคม 2541 ถึง เดือนกันยายน 2542 ณ ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ. นครราชสีมา โดยใช้สูตรสารละลายธาตุอาหารของบริษัท แอคเซนต์ ไฮโดรโปนิกส์ 1997 (ประเทศไทย) พบว่า แตงเทศที่ปลูกโดยระบบ DFT (ไม่เติมอากาศ) ในฤดูฝนมีการติดผลที่ตำแหน่งข้อสูงสุด ส่วนแตงเทศที่ปลูกในฤดูหนาวของทุกระบบการปลูกนั้น มีอายุเก็บเกี่ยวช้าที่สุดและมีเปอร์เซ็นต์เนื้อมากที่สุด ในขณะที่แตงเทศที่ปลูกโดยระบบ NFT ในฤดูหนาวและฤดูฝน มีน้ำหนักผลมากที่สุดคือ 1,247 และ 1,261 กรัมต่อผล ตามลำดับ และความหวานเนื้อของแตงเทศที่ปลูกด้วยระบบ NFT และระบบ DFT (เติมอากาศ) ในฤดูหนาวมีค่ามากที่สุด คือ 13.55 และ 12.49 องศาบริกซ์ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าแตงเทศที่ปลูกในทุกฤดูปลูก ด้วยระบบ NFT มีความกว้างผลมากที่สุด ระบบ NFT และระบบ DFT (เติมอากาศ) ให้ความยาวผลมากที่สุด ความหนาเนื้อและความหนาเปลือกของแตงเทศที่ปลูกโดยระบบการปลูกทุกระบบ มีค่ามากที่สุดในฤดูหนาวและฤดูฝนตามลำดับ

2. ระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินและสูตรสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแตงเทศ (ระยะที่ 2)

<u>วัตถุประสงค์</u> : เพื่อเปรียบเทียบผลผลิตของแตงเทศพันธุ์เจดดิว 223 ระหว่างระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ DFT , NFT และสูตรสารละลายธาตุอาหาร 3 สูตร

การทดสอบระบบการปลูกและสูตรสารละลายธาตุอาหาร ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแตงเทศโดยไม่ใช้ดิน โดยจัดสิ่งทดลองแบบ Facterial in Completely Randomized Design (2 x 3) ปัจจัยแรกคือ ระบบการปลูกมี 2 ระดับ คือ ระบบ NFT และระบบ DFT ส่วนปัจจัยที่สองคือ สูตรสารละลายธาตุอาหารมี 3 ระดับ คือ สูตร SUT – NS1 สูตรสารละลายธาตุอาหารของบริษัท แอคเซนต์ ไฮโดรโปนิกส์ 1997 (ประเทศไทย) และสูตรSUT – NS5 ทำการทดลองที่ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ.นครราชสีมา ช่วงฤดูหนาว (ปลายปี2542 ถึง ต้นปี2543) พบว่า แตงเทศที่ปลูกในสูตรสารละลายธาตุอาหารของบริษัท แอคเซนต์ ไฮโดรโปนิกส์ 1997 (ประเทศไทย) จำกัด ของระบบ DFT มีอายุการผสมเกสรช้ากว่าระบบ NFT แต่การปลูกด้วยระบบ NFT มีอายุเก็บเกี่ยวช้ากว่าระบบ DFT (เฉพาะในสูตรสารละลายธาตุอาหารสูตร SUT – NS5) แตงเทศที่ปลูกด้วยระบบ DFT ให้น้ำหนักผล ความกว้างผลและความยาวผลมากกว่าระบบ NFT คือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 963.41 กรัม 12.51 และ12.71 เซนติเมตรตามลำดับ แต่การปลูกแตงเทศในสารละลายธาตุอาหารทั้งสามสูตรให้ค่าเฉลี่ยของค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกัน ส่วนลักษณะตำแหน่งข้อที่ติดผล (ข้อที่9.8) ความหนาเนื้อและเปลือก (2.78 และ 0.48 เซนติเมตรตามลำดับ) เปอร์เซ็นต์เนื้อ (45.70 เปอร์เซ็นต์) ความหวานเนื้อบริเวณติดเปลือก – ตรงกลาง – ติดไส้และค่าเฉลี่ยทั้งสามจุด (8.87, 10.50, 12.56 และ10.67 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ) ของแตงเทศที่ปลูกทั้งสองระบบปลูกและสามสูตรสารละลายธาตุอาหาร ให้ค่าเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

3. ระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแตงเทศ

<u>วัตถุประสงค์</u> : เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิตของแตงเทศพันธุ์เจดดิว 223 ระหว่างระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ DFT และ NFT กับการปลูกพืชโดยใช้ดิน

เปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิตของแตงเทศ พันธุ์เจดดิว 223 ในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ DFT, NFT และระบบการปลูกพืชโดยใช้ดิน โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design จำนวน 2 ซ้ำ ณ โรงเรือนมุ้งตาข่ายพลาสติกใส ฟาร์มมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา ระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือนกันยายน 2541 ใช้สูตรอาหารของบริษัท แอคเซนต์ ไฮโดรโปนิกส์ 1997 (ประเทศไทย) จำกัด พบว่า การเจริญเติบโตของแตงเทศ ซึ่งประกอบด้วย เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น พื้นที่ใบ อายุผสมเกสรติด ตำแหน่งข้อที่ไว้ผลของระบบ DFT และ NFT ให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ เปอร์เซ็นต์การรอดของต้นในระบบ DFT และ NFT มีเปอร์เซ็นต์การรอดค่อนข้างสูง (72.5 และ 67.5% ตามลำดับ) ส่วนระบบการปลูกโดยใช้ดินมีเปอร์เซ็นต์การรอดของต้นเพียง 25% เท่านั้น ผลผลิตของแตงเทศประกอบด้วย อายุเก็บเกี่ยว น้ำหนักผล ปริมาณร่างแห ความกว้าง

และความยาวของผล ความหนาเนื้อและเปลือก ให้ผลที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ความหวานของผลผลิตพบว่า ระบบ DFT และ NFT มีค่าความหวาน 11.8 และ 11.6 ° brix ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับระบบการปลูกแบบใช้ดิน (5.6° brix)

4. เปรียบเทียบระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน และถังบรรจุสารละลายที่เหมาะสมสำหรับการปลูกแตงเทศพันธุ์ซุปเปอร์ซาลมอน 195

<u>วัตถุประสงค์</u> : เพื่อเปรียบเทียบผลของระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ DFT, NFT โดยใช้ถังบรรจุสารละลายขนาด 50 และ 200 ลิตร ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของแตงเทศ พันธุ์ซุปเปอร์ซาลมอน 195

การศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิตแตงเทศพันธุ์ซุปเปอร์ซาลมอน 195 โดยวางแผนการทดลองแบบ 2x2 factorial in Completely Randomized Design ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 ระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ DFTและ NFT ปัจจัยที่ 2 ถังบรรจุสารละลาย (Nutrient Solution Container) ขนาด 50 และ 200 ลิตร จำนวน 2 ซ้ำ ใช้ต้นแตงเทศจำนวน 20 ต้น/ซ้ำ ทำการศึกษาที่ โรงเรือนมุ้งตาข่ายหลังคาพลาสติกใส ฟาร์มมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา ระหว่างเดือนกันยายนถึงธันวาคม 2541 ใช้สูตรอาหารดัดแปลง มทส 5 (SUT-NS5) พบว่า ระบบ DFT และ NFT ในถังบรรจุสารละลายขนาด 50 และ 200 ลิตร ให้ค่าน้ำหนักของผล ความกว้างและความยาวผล ความหนาเนื้อ และความหวาน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่า การปลูกแตงเทศระบบ NFT ในถังบรรจุสารละลายขนาด 200 ลิตร ให้ความสูงต้น เส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้น น้ำหนักผล ความกว้างและความยาวผล และความหนาเนื้อสูงที่สุด ส่วนความหนาเปลือกของการปลูกแตงเทศระบบ NFT ในถังบรรจุสารละลายขนาด 50 ลิตร แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับขนาด 200 ลิตร แต่ไม่แตกต่างกับระบบ DFT ในถังบรรจุสารละลายทั้ง 2 ขนาด สำหรับแตงเทศที่ปลูกด้วยระบบ DFT และ NFT ในถังบรรจุสารละลายขนาด 50 ลิตร (3.02 และ 3.87 ลิตร/ต้น/วัน ตามลำดับ) จะใช้ปริมาณสารละลายธาตุอาหารต่อต้นต่อวันตั้งแต่ย้ายกล้าจนถึงอายุเก็บเกี่ยว 72 วัน น้อยกว่าถังบรรจุสารละลายขนาด 200 ลิตร (6.22 และ 6.28 ลิตร/ต้น/วัน) ตามลำดับ

5. การทดสอบพันธุ์แตงเทศที่เหมาะสม สำหรับระบบไฮโดรโปนิกส์แบบดัดแปลง

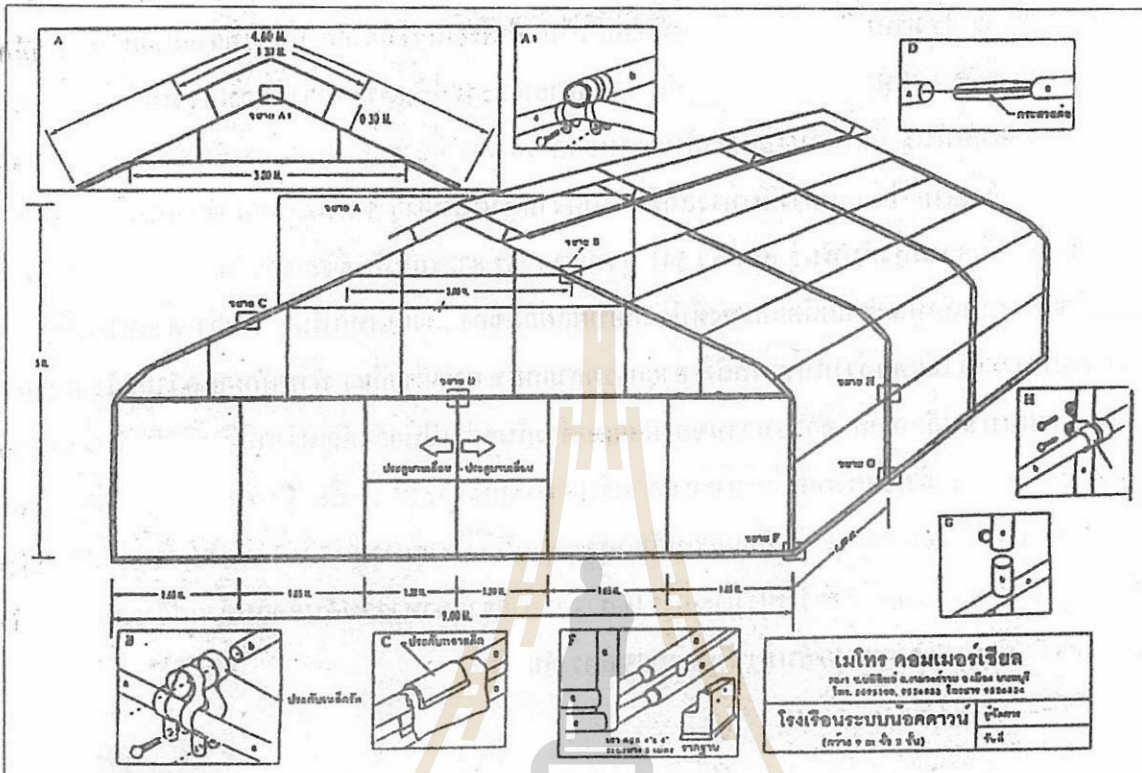
<u>วัตถุประสงค์</u> : เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของพันธุ์แตงเทศที่เหมาะสมสำหรับระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบดัดแปลง

เปรียบเทียบการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของแตงเทศ พันธุ์เจดดิว 223 , ฮอนด้า 541 , โกลเดนเลดี้ 1382 , ดร.กิตติ 15 , ดร.กิตติ 16 , เอมเมอรัลสวีท 1225 , ซิลเวอร์ไลท์ 233 และ โกลเดนไลท์ 232 ในระบบปลูกพืชไร้ดินแบบดัดแปลง (ในระยะที่เพาะเมล็ดจนถึงก่อนการออกดอก ปลูกต้นแตงเทศด้วย

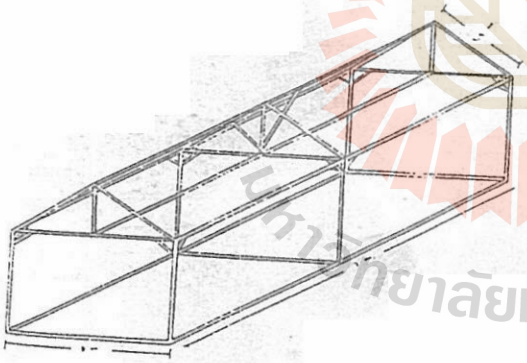
ระบบน้ำขังลึกหรือ DFT จนเมื่อต้นแตงเทศอยู่ในระยะออกดอกจนถึงเก็บเกี่ยว จึงดัดแปลงระบบการปลูกให้เป็นแบบน้ำไหลผ่านบาง ๆ หรือ NFT) โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design จำนวน 2 ซ้ำ ณ โรงเรือนมุ้งตาข่ายหลังคาพลาสติกใส ฟาร์มมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา ระหว่างเดือนกันยายนถึงพฤศจิกายน 2542 ใช้สูตรอาหารดัดแปลง มทส 5 (SUT-NS5) พบว่า แตงเทศทุกพันธุ์ มีจำนวนใบและเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น ที่อายุ 3 4 และ 5 สัปดาห์ มีความสูงต้นที่อายุ 3 และ 4 สัปดาห์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีความสูงต้นที่อายุ 5 สัปดาห์แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยความสูงต้นพันธุ์ ฮอนด้า 541 สูงที่สุด (262.83 ซม) พันธุ์ซิลเวอร์ไลท์ สูงน้อยที่สุด เท่ากับ 108.33 ซม. ส่วนลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของแตงเทศทุกพันธุ์ พบว่า ตำแหน่งข้อที่ไว้ผล และความหนาเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ อายุการผสมเกสร อายุเก็บเกี่ยว น้ำหนักผล ความกว้างและความยาวผล ความหนาเปลือก และความหวานของผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาภาพรวมของระบบดัดแปลง พันธุ์แตงเทศที่เหมาะสมสำหรับการปลูกในระบบนี้ คือ พันธุ์เอมเมอรัลสวีท เพราะมีความหวาน น้ำหนักผล ความหนาเนื้อและเปลือกสูงสุด แม้จะมีอายุการเก็บเกี่ยว (81.75 วัน) นานกว่าพันธุ์อื่น ๆ (71.75-81 วัน) สำหรับปริมาณการใช้สารละลายธาตุอาหารต่อต้นต่อวันตั้งแต่ย้ายกล้าจนถึงอายุเก็บเกี่ยว 81 วัน ของแตงเทศทุกพันธุ์ เท่ากับ 2.03 ลิตร/ต้น/วัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

III. ภาพประกอบเกี่ยวกับการปลูกแตงเทศ ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

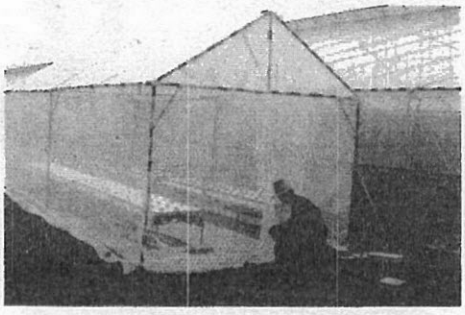


ภาพที่ 1.1



ภาพที่ 2.1

ภาพที่ 1.2



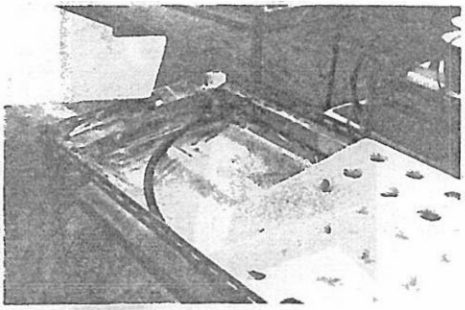
ภาพที่ 2.2

ภาพที่ 1.1, 1.2 แสดงรายละเอียดและภาพลักษณะโรงเรือนขนาดใหญ่ มุ้งตาข่ายมุงหลังคาพลาสติกใส

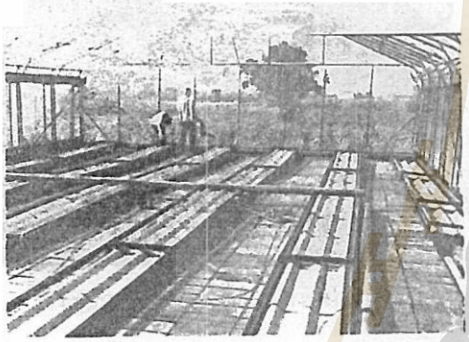
ภาพที่ 2.1, 2.2 แสดงรายละเอียดและภาพลักษณะโรงเรือนขนาดเล็ก มุ้งตาข่ายมุงหลังคาพลาสติกใส

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

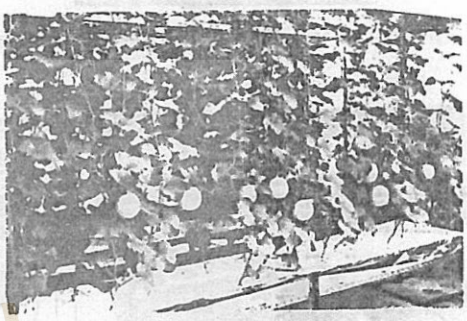
ภาพที่ 3 ตัวอย่างปั๊มลมที่ใช้ในระบบอนุบาล DFT



ภาพที่ 4 การหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารของระบบอนุบาล DFT โดยปั๊มน้ำ



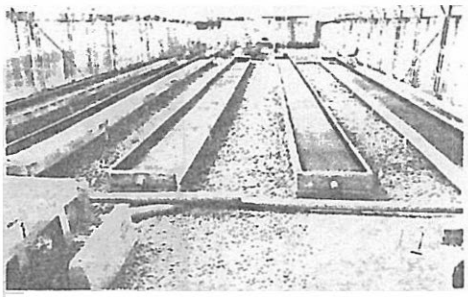
ภาพที่ 5.2 ระบบปลูกพืชแบบ NFT ชุดธุรกิจการค้าขนาดเล็ก (200-400 ต้น)



ภาพที่ 5.1 ระบบปลูกพืชแบบ DFT ชุดงานอดิเรกปลูกแตงเทศ 10-20 ต้น

ภาพที่ 6 ระบบการปลูกพืชแบบดัดแปลงระหว่าง DFT NFT (รางอิฐบล็อก)

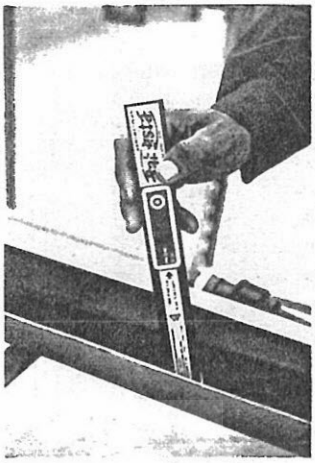
ภาพที่ 7 ระบบการปลูกพืชในวัสดุปลูก (Substrate culture)



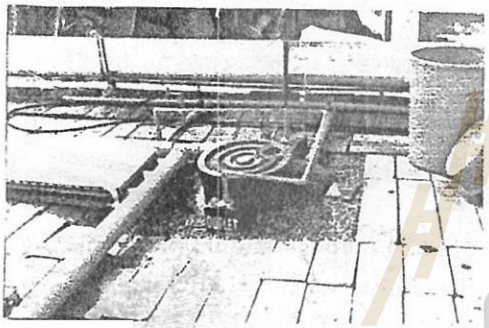
ภาพที่ 8 ระบบการปลูกพืชแบบประยุกต์ระหว่าง DFT NFT ร่วมกับระบบปลูกในวัสดุปลูก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

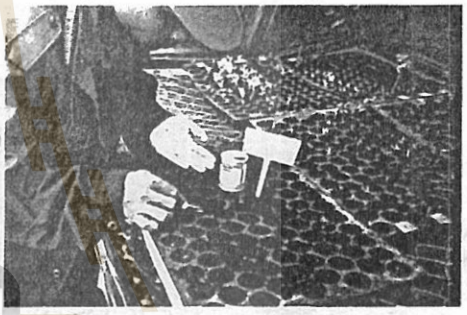
ภาพที่ 9.1 การวัดค่า pH ของสารละลายธาตุอาหาร โดยใช้ pH-meter



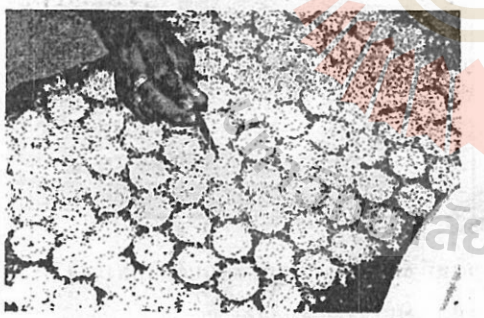
ภาพที่ 9.2 การวัดค่า EC ของสารละลายธาตุอาหาร โดยใช้ EC-tester



ภาพที่ 9.3 ตัวอย่างสำหรับบรรจุสารละลายธาตุอาหาร ขนาด 1000 ลิตร จะฝังไว้ในดินในระดับต่ำกว่ารางปลูก

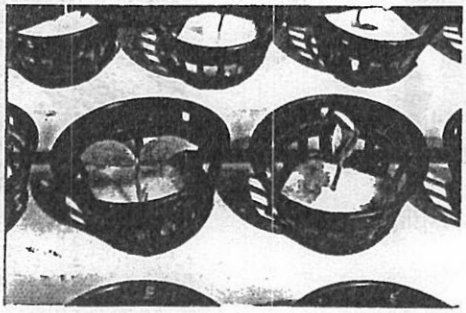


ภาพที่ 10.1 การเพาะกล้าแตงเทศในขุยมะพร้าว

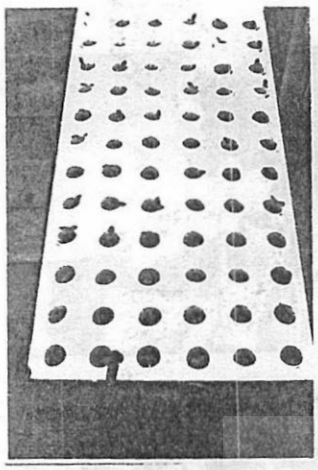


ภาพที่ 10.2 การเพาะกล้าแตงเทศในเพอร์ไรท์

ภาพที่ 11.1 ก่อนย้ายกล้าแตงเทศลงรางอนุบาลควรนำต้นกล้ามาล้างทำความสะอาดรากและแช่รากกันเชื้อรา

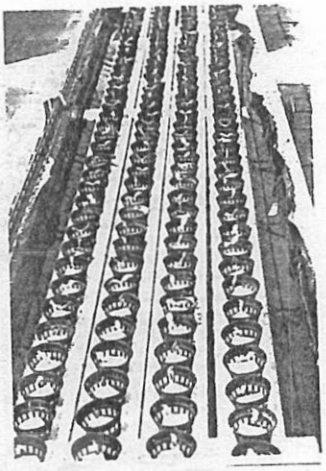


ภาพที่ 11.2 ต้นกล้าแตงเทศ (อายุ 7 วัน) ในรางอนุบาล

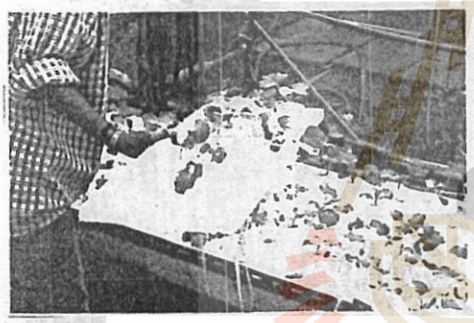


ภาพที่ 11.3 ระบบอนุบาลต้นกล้าแตงเทศในถังพลาสติกวางบนแผ่นโฟม

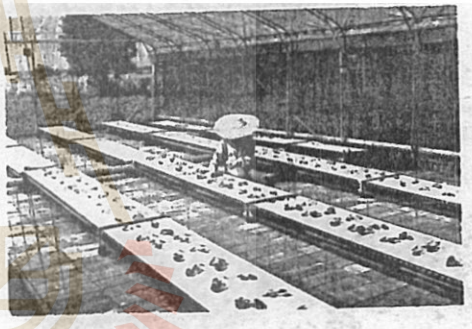
ภาพที่ 11.4 ระบบอนุบาลต้นกล้าแตงเทศในกระถางลูกเจี๊ยบที่บรรจุเม็ดดินเผา วางในกระจาดรองกระถาง



ภาพที่ 11.5 ระบบอนุบาลต้นกล้าแตงเทศ



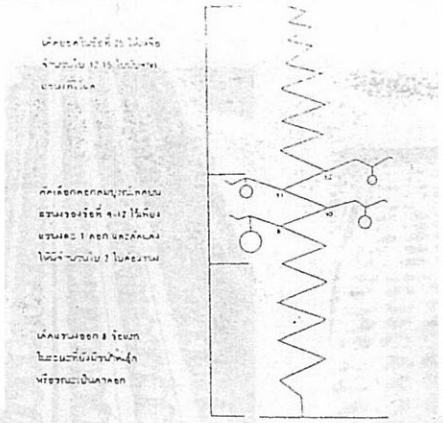
ภาพที่ 12.1 การย้ายปลูกจากรางอนุบาลเพื่อนำไปปลูกในรางปลูก



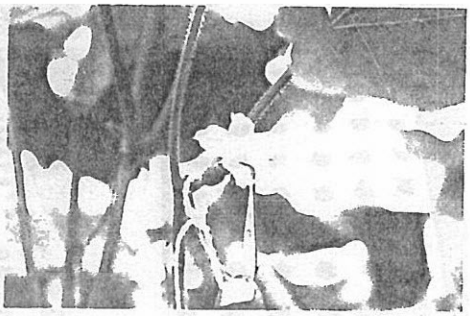
ภาพที่ 12.2 สภาพรางปลูกหลังย้ายกล้าในระบบ NFT (อายุกล้าประมาณ 14-20 วัน)

ภาพที่ 13 การมัดค้าง

ภาพที่ 14.1 การเด็ดตาข้าง



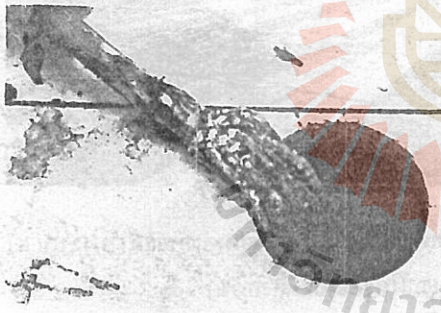
ภาพที่ 14.2 การไว้แขนงสำหรับติดผล



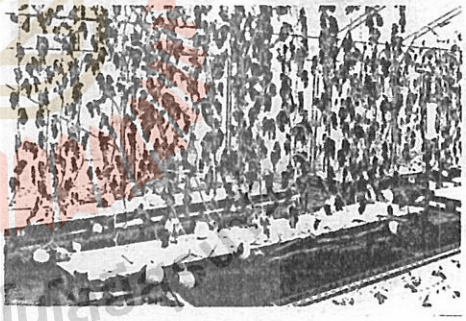
ภาพที่ 15 การผสมเกสร

ภาพที่ 16 การตัดแต่งใบล่าง

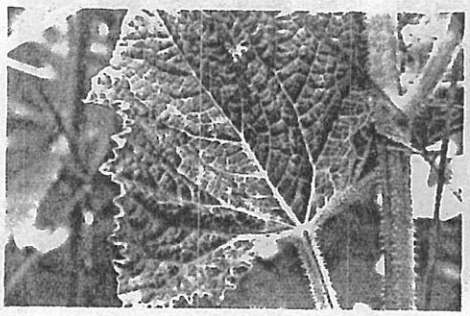
ภาพที่ 17 การแขวนผล



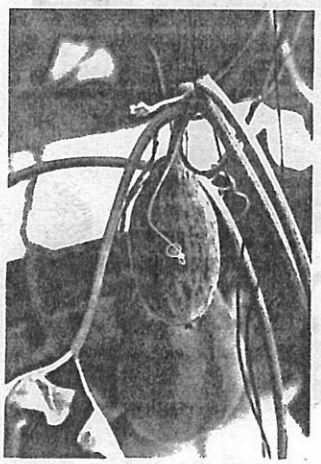
ภาพที่ 18.1 โรคเหี่ยว (fusarium wilt)



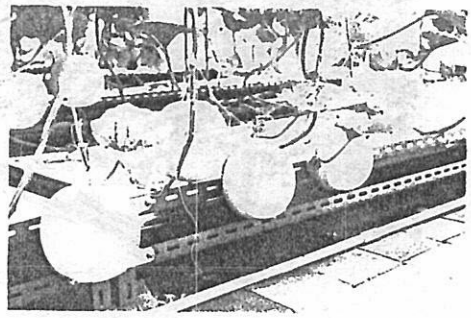
ภาพที่ 18.2 โรคเหี่ยว (fusarium wilt)



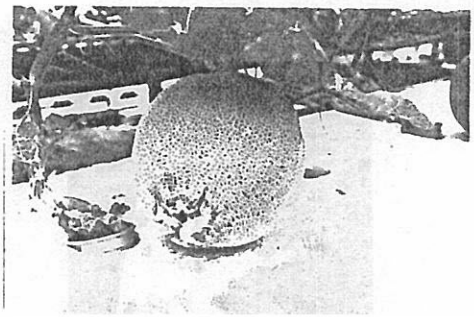
ภาพที่ 18.3 โรคใบด่าง / ใบด่างเกิดจากเชื้อ virus



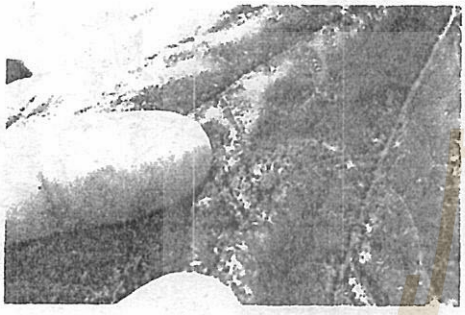
ภาพที่ 18.4 โรคแอนแทรกโนสที่ผลแตงเทศ



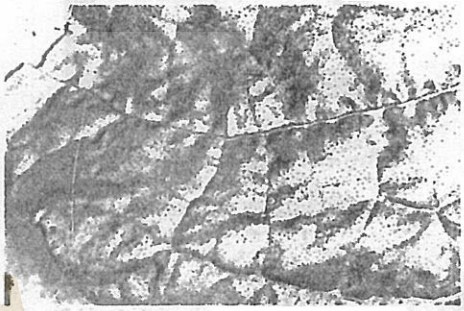
ภาพที่ 18.5 โรครานเน่า แสดงอาการที่ใบแตงเทศ



ภาพที่ 18.6 โรคก้นผลเน่า

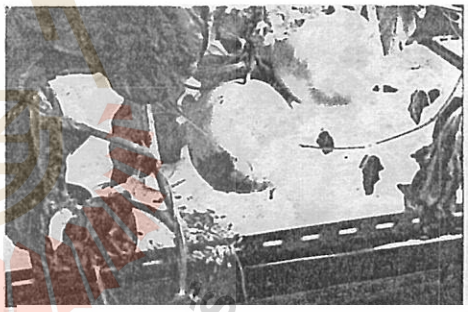


ภาพที่ 18.7 หนอนชอนใบทำลายเข้าเนื้อใบ

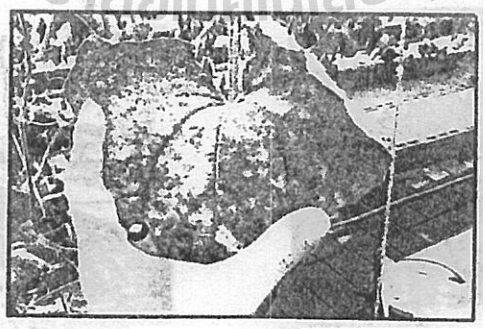


ภาพที่ 18.8 ไรแดงแตงเทศ

ภาพที่ 18.9 ตัวอ่อนด้วงเต่าแตงกัดกินใต้ใบ



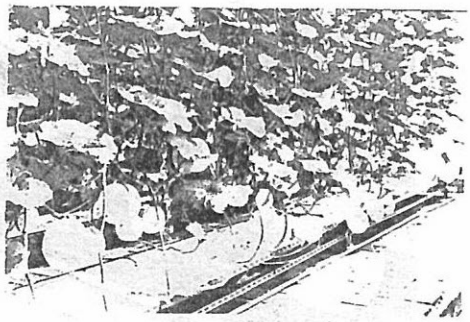
ภาพที่ 18.10 หนูเจาะผลเสียหาย



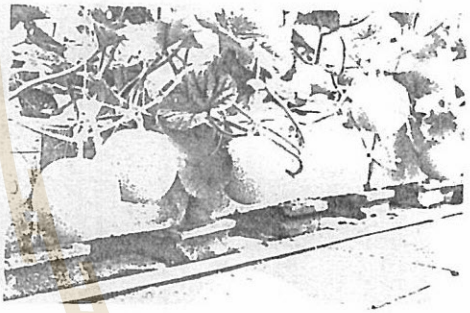
ภาพที่ 18.11 อาการขาดธาตุแมกนีเซียมในแตงเทศ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาพที่ 18.12 ต้นกล้าเหี่ยว (ริมขวามือ) เนื่องจากสารละลายไม่ไหล



ภาพที่ 19.1 แตงเทศพร้อมที่จะเก็บเกี่ยว

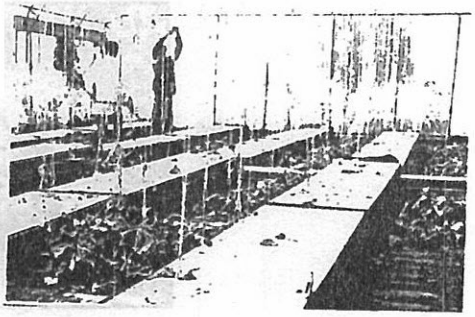


ภาพที่ 19.2 แตงเทศชนิดตาข่าย

ภาพที่ 19.3 ผลผลิตแตงเทศหลากหลายชนิด หลากพันธุ์

ภาพที่ 20 การตรวจสอบสารพิษตกค้าง

ภาพที่ 21 การเก็บรักษาแตงเทศไว้ในห้องเย็น



ภาพที่ 22 การทำความสะอาดโรงเรือนปลูกหลังการเก็บเกี่ยว

ผักกินใบ

กลุ่มผักกินใบหลัก ๆ ที่ปลูกโดยระบบไม่ใช้ดิน ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ *'กลุ่มผักกาดหอม'* ซึ่งคนทั่วไปมักเรียกว่า ผักสลัด และ *'กลุ่มผักกาดกะหล่ำ'* ผักสลัดที่ปลูกจะเป็นพันธุ์ต่างประเทศ เช่น salad cos , red oak , green oak เป็นต้น ส่วนกลุ่มผักกาดกะหล่ำ จะเป็นผักกินใบอายุเก็บเกี่ยวเร็ว และเป็นพันธุ์ที่นิยมบริโภคโดยทั่วไป เช่น ผักกาดเขียวกวางตุ้ง ผักกาดฮ่องเต้ ผักกาดขาวไม่ห่อ (ซานเฟง และฟานเจน) ผักคะน้า เป็นต้น เหตุผลที่เลือกผักเหล่านี้ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน เพราะกลุ่มผักเหล่านี้ ตอบสนองต่อการปลูกได้ดี มีการเจริญเติบโต และเก็บเกี่ยวผลผลิตได้เร็ว ปลูกได้ตลอดปี ทำให้สามารถปลูกได้หลายรุ่นต่อปี (crop/ ปี)

I. สรุปขั้นตอนการปลูกผักกินใบโดยไม่ใช้ดิน

1. <u>การเตรียมโรงเรือน</u>

แม้ว่าความจำเป็นของโรงเรือนของการปลูกผักกินใบโดยไม่ใช้ดินจะไม่สำคัญเท่าการปลูกแตงเทศ แต่ก็ยังถือว่าเป็นความจำเป็นสำหรับกลุ่มผักกาดกะหล่ำ ซึ่งเป็นกลุ่มพืชที่มีแมลงศัตรูพืชทำลายมาก และมักจะมีปัญหาเรื่องโรคในช่วงฤดูฝน ดังนั้นการสร้างโรงเรือนจะช่วยป้องกันหรือลดปัญหาดังกล่าวได้พอสมควร สำหรับรูปแบบโรงเรือนมีรายละเอียดเหมือนการปลูกแตงเทศโดยไม่ใช้ดิน

2. <u>การเตรียมระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน</u>

ระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกผักกินใบ มีหลายระบบ เช่น ระบบ DFT และ NFT โดยเฉพาะระบบ DFT เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชกลุ่มผักกาดกะหล่ำมาก เพราะนอกจากจะสามารถเจริญเติบโตได้ดีและเก็บเกี่ยวได้เร็วแล้วยังพบว่าระบบนี้จะไม่เกิดปัญหาเมื่อปั๊มเสียหรือเกิดกระแสไฟฟ้าดับ

สำหรับรายละเอียดเกี่ยวกับระบบปลูกใน*ชุดงานอดิเรก* มี 3 รูปแบบ (model) ดังนี้

1. SUT HYDROPONICS KIT MODEL 1-1 (ภาพที่ 23.1-23.4)

เป็นระบบ DFT มี 1 ชั้น ท่อปลูก 3 ท่อ ๆ ละ 6 หลุมปลูก ประกอบด้วย

1. ชุดขาตั้ง	1	ชุด
2. ท่อปลูกพืชพร้อมอุปกรณ์ติดตั้ง	1	ชุด
3. กล่องโฟม/พลาสติกสำหรับใส่สารละลาย ขนาด 35-50 ลิตร	1	กล่อง
4. ปั๊มน้ำ	1	ตัว

การประกอบชุดปลูก ประกอบด้วย

i. <u>การประกอบขาตั้งอลูมิเนียมกับข้อต่อ</u>

1. ท่ออลูมิเนียม ขนาด 6 หุน

1.1 ท่ออลูมิเนียมความยาว 100 เซนติเมตร จำนวน 2 ท่อน

1.2 ท่ออลูมิเนียมความยาว 60 เซนติเมตร จำนวน 4 ท่อน

1.3 ท่ออลูมิเนียมติดข้อต่อความยาว 60 เซนติเมตร จำนวน 4 ท่อ

2. ข้อต่อขนาด 6 หุน

2.1 ข้อต่องอ 90 องศา จำนวน 4 อัน

2.2 ข้อต่อสามทาง จำนวน 8 อัน

ii. <u>การประกอบชุดท่อส่งน้ำเข้ากับขาตั้ง ชุดท่อน้ำ</u>

3. ท่อส่งน้ำ

3.1 ท่อส่งน้ำ Micro tube จำนวน 3 เส้น

3.2 ท่อส่งน้ำ PE สีดำ ขนาด 20 มิลลิลิตร ยาว 3 เมตร

3.3 ปั๊มน้ำ จำนวน 1 ตัว

4. กล่องโฟม/พลาสติก ความจุขนาด 35-50 ลิตร 1 กล่อง

iii. <u>การประกอบรางปลูกเข้ากับชุดขาตั้ง ล็อคด้วยตัวยึด</u>

5. ท่อปลูก (ท่อPVC) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว ความยาว 133 เซนติเมตร จำนวน 3 ท่อ ปิดปลายท่อทั้งสองด้วยฝาปิดท่อพร้อมอุปกรณ์ยึด

2. SUT HYDROPONICS KIT MODEL 1-2 (ภาพที่ 24.1-24.4)

เป็น*ระบบ DFT มี 2 ชั้น* ท่อปลูก 5 ท่อ ๆ ละ 6 หลุมปลูก ประกอบด้วย

1. ชุดขาตั้ง	1	ชุด
2. ท่อปลูกพืชพร้อมอุปกรณ์ติดตั้ง	1	ชุด
3. กล่องโฟม/พลาสติกสำหรับใส่สารละลาย ขนาด 35-50 ลิตร	1	กล่อง
4. ปั๊มน้ำ	1	ตัว

การประกอบชุดปลูก ประกอบด้วย

i. <u>การประกอบขาตั้งอลูมิเนียมกับข้อต่อ</u>

1. ท่ออลูมิเนียม ขนาด 6 หุน

1.1 ท่ออลูมิเนียมความยาว 100 เซนติเมตร จำนวน 2 ท่อน

1.2 ท่ออลูมิเนียมความยาว 60 เซนติเมตร จำนวน 4 ท่อน

1.3 ท่ออลูมิเนียมติดข้อต่อความยาว 90 เซนติเมตร จำนวน 4 ท่อ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2. ข้อต่อขนาด 6 หุน

2.1 ข้อต่องอ 90 องศา จำนวน 4 อัน

2.2 ข้อต่อสามทาง จำนวน 12 อัน

ii. <u>การประกอบชุดท่อส่งน้ำเข้ากับขาตั้ง ชุดท่อน้ำ</u>

3. ท่อส่งน้ำ

3.1 ท่อส่งน้ำ Micro tube จำนวน 5 เส้น

3.2 ท่อส่งน้ำ PE สีดำ ขนาด 20 มิลลิลิตร ยาว 5 เมตร

3.3 ปั๊มน้ำ จำนวน 1 ตัว

4. กล่องโฟม/พลาสติก ความจุขนาด 35-50 ลิตร 1 กล่อง

iii. <u>การประกอบรางปลูกเข้ากับชุดขาตั้ง ล็อคด้วยตัวยึด</u>

5. ท่อปลูก (ท่อPVC) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว ความยาว 133 เซนติเมตร จำนวน 5 ท่อ ปิดปลายท่อทั้งสองด้วยฝาปิดท่อพร้อมอุปกรณ์ยึด

❒ จุดเด่นของ model 1-1 และ 1-2 คือ ที่ด้านท้าย ท่อปลูกมีจุกยาง PE สำหรับปรับระดับความสูงของสารละลาย

3.SUT HYDROPONICS KIT MODEL 2 (ภาพที่ 25)

เป็นระบบ DFT โดยใช้ปั๊มน้ำ *ส่วนประกอบ* :

- รางปลูก ที่ทำจากโครงเหล็กฉาก ปูด้วยกระเบื้องแผ่นเรียบ ทับด้วยพลาสติกดำ
- แผ่นโฟมปิดด้านบนรางปลูก เจาะหลุมปลูก ระยะปลูก 15*15 เซนติเมตร
- ต่อท่อ PE ขนาด 20 มิลลิเมตร พร้อมอุปกรณ์ เพื่อเป็นท่อสำหรับการไหลเวียนของสารละลายในระบบ
- ปั๊มน้ำขนาดเล็ก
- ถังใส่สารละลาย ขนาด 35-50 ลิตร

หลักการทำงาน : เริ่มจากการเติมสารละลายธาตุอาหารไว้ในรางปลูกให้สูงประมาณ 10 เซนติเมตร เปิดปั๊มน้ำเพื่อให้เกิดการไหลเวียนของสารละลาย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ส่วนชุดปลูกในระดับเชิงการค้าขนาดเล็ก ที่ทดสอบการปลูก ณ ฟาร์มมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี มี 2 รูปแบบ คือ

1.ระบบ NFT ที่ทำท่อปลูกจากท่อ PVC (ภาพที่ 26.1,26.2)

ส่วนประกอบด้วย :

- ชุดรองรับท่อปลูก (stand) เป็นโครงเหล็กกลมรูป 3 เหลี่ยม รองรับท่อปลูก ด้านละ 4 ชั้น 2 ด้าน ความลาดเอียงของ stand เท่ากับ 2 เปอร์เซนต์
- ท่อปลูกที่ทำจากท่อพีวีซีผ่า ¾ ยาว 12 เมตร
- แผ่นโฟม/แผ่นท่อพีวีซี ¼ ปิดด้านบนท่อปลูก เจาะหลุมปลูก ระยะปลูก 25 เซนติเมตร
- ต่อท่อ PE ขนาด 20 มิลลิเมตร พร้อมอุปกรณ์ เพื่อเป็นท่อสำหรับการไหลเวียนของสารละลายในระบบ
- ปั๊มน้ำ (หอยโข่ง) ขนาด 0.5 แรงม้า
- ถังใส่สารละลาย ขนาดบรรจุ 700-1,000 ลิตร

หลักการทำงาน : เริ่มจากการปั๊มสารละลายธาตุอาหารไปยังส่วนหัวของท่อปลูก สารละลายจะไหลตามความลาดเอียงของ stand เป็นฟิล์มบาง ๆ กลับมายังถังบรรจุสารละลาย

2.ระบบ DFT ที่ทำรางปลูกจากเหล็กฉาก (ภาพที่ 27)

รายละเอียดคล้ายกับระบบปลูกแบบ DFT ของการปลูกแตงเทศโดยไม่ใช้ดิน แต่มีจุดที่แตกต่าง คือ แตงเทศ ปลูกแบบรางเดี่ยว ขณะที่กลุ่มผักใบปลูกแบบรางคู่ เพราะแตงเทศต้องขึ้นค้าง การเรียงรางคู่จะทำให้ทำงานได้ยาก และการไหลเวียนของอากาศไม่ดี

3. <u>การเตรียมต้นกล้า</u> (ภาพที่ 28.1- 28.5)

ใส่วัสดุปลูกที่ปลอดเชื้อ เช่น เพอร์ไลท์ หรือเม็ดดินเผา ลงไปในถ้วยปลูก แล้วหยอดเมล็ดหลุมละ 2-3 เมล็ด ลึก 0.5 เซนติเมตร กรณีที่ถ้วยปลูกเดี่ยว ให้นำไปใส่ถาดเพาะกล้า แล้วจึงไปวางบนรางอนุบาล นาน 14 วัน สำหรับผักกาดกะหล่ำ และ 21 วัน สำหรับผักสลัด โดยให้น้ำเปล่าช่วงอายุ 7 วันแรก หลังจากนั้น จึงให้สารละลายความเข้มข้นกึ่งหนึ่งของปกติ

การย้ายกล้าลงระบบปลูก ต้นกล้าผักกาดกะหล่ำอายุ 14 วัน และต้นกล้าผักสลัดอายุ 21 วัน โดยเลือกต้นกล้าที่สมบูรณ์ที่สุดไว้ 1 ต้น ย้ายต้นกล้าลงในระบบ DFT หรือ NFT ระยะปลูก 15*15 เซนติเมตร สำหรับผักกาดกะหล่ำ ระยะระหว่างต้น 25 เซนติเมตร สำหรับผักสลัด

✍ ทั้งระบบอนุบาลและระบบปลูก: สภาพรางปลูกพืชควรจะมีแสงแดดเพียงพอ มีอากาศถ่ายเทสะดวกและไม่ควรมีลมแรง

4. <u>การดูแลรักษา</u>

การจัดการสารละลายธาตุอาหาร มีสูตรที่ใช้ได้หลายสูตร เช่น SUT-NS1 , SUT-NS5 สูตรของบริษัท แอคเซนต์ ไฮโดรโปนิกส์ 1997 (ประเทศไทย) จำกัด ดูรายละเอียดในการเตรียมและการจัดการเกี่ยวกับสารละลายธาตุอาหารในการปลูกแตงเทศโดยไม่ใช้ดิน โดยมีอัตราการใช้เพียงกึ่งหนึ่งของแตงเทศ ดังนั้น ค่าการเหนี่ยวนำไฟฟ้า (EC) จะอยู่ระหว่าง 1-1.5 mS/cm ส่วนค่า pH ให้ปรับค่าอยู่ระหว่าง 5.5-6 และเปลี่ยนถ่ายสารละลายทุก 2-3 สัปดาห์ (ขึ้นกับความบริสุทธิ์ของน้ำและปุ๋ยเคมีที่ใช้ในการเตรียมสารละลาย)

5. <u>ศัตรูพืช ความไม่สมดุลของธาตุอาหาร แนวทางป้องกันแก้ไข และปัญหาอื่น ๆ</u> (ภาพที่ 29.1- 29.3)

ในกลุ่มของผักสลัด โรคพืชที่สำคัญ คือ โรครากเน่า-โคนเน่า ที่เกิดจากเชื้อรา *Pytium* spp. วิธีป้องกันกำจัด คือ หมั่นตรวจสอบต้นพืชในรางปลูกอย่างสม่ำเสมอ ถ้าต้นพืชมีอาการให้ถอนทิ้ง หากระบาดมากให้ทำการล้างระบบ สำหรับความไม่สมดุลของธาตุอาหารที่พบในผักกลุ่มนี้ คือ อาการยอดไหม้ (tip burn) ซึ่งเป็นลักษณะที่พืชไม่สามารถนำธาตุแคลเซียมไปใช้ได้ จึงแสดงอาการ ขอบใบไหม้เป็นสีน้ำตาลหรือสีดำ ในผักกลุ่มนี้ ไม่ค่อยพบปัญหาเกี่ยวกับแมลงศัตรูทำลาย

ในกลุ่มผักกาดกะหล่ำ ไม่ค่อยพบปัญหาเกี่ยวกับโรคพืชมากนัก อาจพบปัญหาความไม่สมดุลของธาตุอาหารบ้าง แต่ปัญหาหลักของผักกลุ่มนี้ คือ การเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืช เช่น ด้วงหมัดผัก เพลี้ยอ่อน หนอนใยผัก ไรแดง และหนอนชอนใบ การป้องกันกำจัดอาจทำได้โดยปลูกพืชในโรงเรือนมุ้งตาข่ายร่วมกับการทำกับดักกาวเหนียวร่วมกับวิธีกล

6. <u>การเก็บเกี่ยว และการตรวจสอบสารพิษตกค้าง</u> (ภาพที่ 30.1- 30.8)

6.1 <u>การเก็บเกี่ยว</u>

สำหรับผักสลัดเก็บเกี่ยวที่อายุประมาณ 42 วันขึ้นไป และควรเก็บเกี่ยวก่อนที่พืชจะแทงช่อดอก ส่วนผักกาดกะหล่ำเริ่มเก็บเกี่ยวได้ตั้งแต่อาย 28 – 42 วัน และควรเก็บเกี่ยวก่อนที่พืชจะเกิดเส้นใย (fiber)

6.2 <u>การตรวจสอบสารพิษตกค้าง</u>

เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าผลิตผลที่ได้ไม่มีสารพิษตกค้าง โดยเฉพาะสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช จึงได้มีการสุ่มตรวจ ตามวิธีของกลุ่มงานอาหาร ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข

7. <u>การทำความสะอาดระบบปลูกหลังการเก็บเกี่ยว</u>

ทำความสะอาดระบบปลูกทั้งระบบ เช่น ราง/ท่อปลูก ถังใส่สารละลาย ปั๊มน้ำ แผ่นโฟม ด้วยน้ำยาทำความสะอาด เช่น NaOHCl (โซเดียมไฮโปคลอไรด์) หรือ Clorox ตามอัตราการแนะนำ

8. *ปฏิทินการผลิตผักสลัดและผักกาดกะหล่ำโดยไม่ใช้ดิน*

อายุ (วัน)	ผักสลัด	ผักกาดกะหล่ำ
0 วัน	-เพาะกล้า ให้น้ำเปล่า วางไว้ในถังสารละลายหรือวางไว้ที่รางอนุบาล -เตรียมราง/ท่อปลูก พร้อมวัสดุอุปกรณ์	-เพาะกล้า ให้น้ำเปล่า วางไว้ในถังสารละลายหรือวางไว้ที่รางอนุบาล -เตรียมราง/ท่อปลูก พร้อมวัสดุอุปกรณ์
7 วัน	-อนุบาลต้นกล้า	-อนุบาลต้นกล้า
14 วัน	-	-ย้ายลงราง/ท่อปลูก
21 วัน	-ย้ายลงราง/ท่อปลูก	-
28 วัน	-	-เริ่มเก็บเกี่ยว
42 วัน	-เริ่มเก็บเกี่ยว	-
หมายเหตุ	การจัดการสารละลายธาตุอาหาร (NS) ควรเปลี่ยนถ่าย NS ทุก 2-3 สัปดาห์ และรักษาค่าของ pH อยู่ที่ 5.5-6.0 ค่า EC อยู่ที่ 2-3 mS/cm	

II. สรุปข้อมูลสำคัญสำหรับการปลูกผักกินใบ ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1. การทดลองการเติมออกซิเจนและการไม่เติมออกซิเจน ให้แก่การปลูกผักกาดหอมในสารละลายธาตุอาหาร ที่ไม่มีการหมุนเวียนของสารละลาย

วัตถุประสงค์ : เพื่อศึกษาผลของการเติมและไม่เติมออกซิเจนแก่ผักกาดหอมที่ปลูกโดยไม่ใช้ดินใน ระบบ Deep Flow Technique (DFT)

การทดลองปลูกผักกาดหอมในสารละลายธาตุอาหาร แบบไม่มีการหมุนเวียนของสารละลาย (ระบบ DFT) โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design จำนวน 5 ซ้ำ ๆ ละ 19 ต้น ทดสอบที่โรงเรือนมุ้งตาข่ายหลังคามุงพลาสติกใส ฟาร์มมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ. นครราชสีมา ในระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงกันยายน 2540 ใช้สูตรอาหารดัดแปลง มทส 1 (SUT-NS1) พบว่า ทั้งการเติมออกซิเจน การไม่เติมออกซิเจน และการเติมออกซิเจนบ้างเป็นครั้งคราวลงในระบบ Deep Flow Technique ให้จำนวนใบ (4.83-6.14 ใบ) ความยาวราก (16.90-23.75 เซนติเมตร) และน้ำหนักต้น (24.00-36.37 กรัม) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

2. วัสดุเพาะกล้าและอายุต้นกล้าที่เหมาะสมสำหรับการปลูกผักกาดหอมในระบบไฮโดรโพนิกส์แบบ Nutrient Film Technique (NFT)

<u>วัตถุประสงค์</u> : เพื่อศึกษาวัสดุเพาะกล้าที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ต้นกล้าที่แข็งแรง และศึกษาถึงอายุต้นกล้าที่เหมาะสมในการย้ายปลูก

การทดลองเพาะกล้าผักกาดหอมในวัสดุเพาะ 5 ชนิด ซึ่งได้จากการผสมแกลบเผากับขุยมะพร้าวในอัตรา 1:0 0:1 1:1 1:2 และ 2:1 และย้ายปลูกเมื่ออายุกล้า 7 , 14 , 21 และ 28 วัน โดยวางแผนการทดลองแบบ 5*4 factorial in Completely Randomized Design ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ได้แก่ วัสดุเพาะกล้าและอายุต้นกล้าที่ย้ายปลูก ณ โรงเรือนมุ้งตาข่ายมุงพลาสติกใส ฟาร์มมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ.นครราชสีมา ระหว่างเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายน 2541 พบว่า วัสดุเพาะกล้าที่ให้เปอร์เซ็นต์ความงอกสูงที่สุด คือ วัสดุผสมระหว่างแกลบเผากับขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:2 รองลงมาคือ 0:1 1:1 2:1 และ 1:0 ตามลำดับ การย้ายกล้าผักกาดหอมลงปลูกในระบบ NFT เมื่ออายุ 7 วัน มีการเจริญเติบโตทั้งด้านความสูงต้น ความยาวราก จำนวนและความกว้างของใบสูงกว่าผักกาดหอมที่ย้ายปลูกเมื่ออายุ 14 21 และ 28 วัน สำหรับชนิดของวัสดุเพาะมีผลต่อจำนวนและความกว้างของใบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกอายุกล้า ยกเว้นความกว้างใบผักกาดหอมที่อายุ 7 วัน ซึ่งให้ผลไม่แตกต่างกัน และชนิดของวัสดุเพาะที่ให้จำนวนใบมากที่สุด คือ วัสดุผสมระหว่างแกลบเผากับขุยมะพร้าวที่อัตราส่วน 2 : 1

3. พันธุ์และระบบปลูกที่เหมาะสมในการปลูกผักกาดหอมโดยไม่ใช้ดิน

<u>วัตถุประสงค์</u> : เพื่อศึกษาถึงระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินและพันธุ์ผักกาดหอมที่เหมาะสม

เปรียบเทียบพันธุ์และระบบการปลูกผักกาดหอมโดยไม่ใช้ดินที่เหมาะสม ระหว่างระบบการปลูก 2 ระบบ ได้แก่ Nutrient Film Technique (NFT) และ Deep Flow Technique (DFT) ด้วยผักกาดหอมจำนวน 10 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ Grand rapids , Frill , All year round , Green mignonette , Mixed Salad leaves , Asconia , Balisto , Red oak leaf , Butter crunch และ Red rapids วางแผนการทดลองแบบ Split-plot design in CRD (2 Main plot/10 Sub plot) ทดลองที่โรงเรือนมุ้งตาข่ายหลังคาพลาสติกใส ฟาร์มมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา ในระหว่างเดือนสิงหาคมถึงตุลาคม 2542 ใช้สูตรอาหารดัดแปลง มทส 5 (SUT-NS5) โดยศึกษาข้อมูลในด้านการเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูงต้น เส้นผ่าศูนย์กลางต้น จำนวนใบ ความกว้างทรงพุ่ม และด้านการให้ผลผลิต ได้แก่ น้ำหนักสดทั้งต้น น้ำหนักสดของลำต้น น้ำหนักสดของใบ และน้ำหนักสดของราก เมื่อผักกาดหอมมีอายุ 21 , 28 , 35 และ 42 วัน นับจากวันที่เพาะเมล็ด พบว่า ผักกาดหอมทุกพันธุ์ที่ปลูกในระบบ NFT และ DFT มีการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้น น้ำหนักลำต้นของผักกาดหอมระบบ NFT สูงกว่า DFT

4. การปลูกผักกาดฮ่องเต้แบบไฮโดรโพนิกส์

<u>วัตถุประสงค์</u> : เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดฮ่องเต้ ระหว่างระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ Deep Flow Technique (DFT) และ Nutrient Film Technique (NFT) กับการปลูกพืชโดยใช้ดิน

จากการปลูกผักกาดฮ่องเต้ Pak Tsai (*Brassica chinensis* subsp. *chinensis*) ณ โรงเรือนมุ้งตาข่ายหลังคาพลาสติกใส ฟาร์มมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ.นครราชสีมา โดยระบบการปลูกแบบไม่ใช้ดิน เปรียบเทียบกับการปลูกแบบไม่ใช้ดิน ในระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคม 2541 วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design จำนวน 4 ซ้ำ ใช้สูตรอาหารของบริษัท แอคเซนต์ ไฮโดรโปนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด พบว่า ผักกาดฮ่องเต้ที่อายุ 65 วัน มีความสูงต้น (6.13 , 7.25 และ 5.75 เซนติเมตร ตามลำดับ) ความยาวใบ (18.75 , 18.13 และ 14 เซนติเมตร ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีจำนวนใบ (17 , 16 และ 15 ใบต่อต้น ตามลำดับ) และน้ำหนักต้น (213.8 , 138.8 และ 130.0 กรัม ตามลำดับ) ซึ่งปลูกด้วยระบบ NFT แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกในดิน และระบบ DFT

5. การปลูกผักกาดขาวซานเฟงและผักกาดกวางตุ้งแบบไฮโดรโพนิกส์

<u>วัตถุประสงค์</u> : เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดขาวซานเฟง และผักกาดกวางตุ้งในระบบการปลูกแบบใช้ดินและไม่ใช้ดิน

ศึกษาการปลูกผักกาดขาวซานเฟงและผักกาดกวางตุ้ง ด้วยระบบ DFT, NFT และการปลูกพืชโดยใช้ดิน วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design จำนวน 2 ซ้ำ ณ โรงเรือนมุ้งตาข่ายหลังคามุงพลาสติกใส ฟาร์มมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ. นครราชสีมา ในระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคม 2542 ซ้ำ ใช้สูตรอาหารบริษัท แอคเซนต์ ไฮโดรโปนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด พบว่า ที่อายุเก็บเกี่ยวผลผลิต 32 วัน ผักกาดขาวซานเฟงและผักกาดกวางตุ้งที่ปลูกในระบบ DFT มีจำนวนใบต่อต้น ความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม และน้ำหนักสดต่อต้น สูงกว่า NFT และการปลูกพืชในดิน โดยผักกาดขาวซานเฟง ที่ปลูกระบบ DFT NFT และการปลูกพืชในดิน มีจำนวนใบต่อต้น (7.3 , 7.2 และ 6.5 ใบ ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกันทางสถิติในแต่ละระบบการปลูก แต่มีความสูงต้น (29.8 , 29.2 และ 14.3 เซนติเมตร ตามลำดับ) ความกว้างทรงพุ่ม (21.3 , 21.2 และ 14.6 เซนติเมตร ตามลำดับ) และน้ำหนักสด (63 , 47 และ 14 กรัมต่อต้น ตามลำดับ) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละระบบการปลูก สำหรับผักกาดกวางตุ้ง ที่ปลูกระบบ DFT NFT และการปลูกพืชในดิน มีจำนวนใบต่อต้น (7.9 , 7.3 และ 6.8 ใบ ตามลำดับ) ความสูงต้น (37.4 , 36.2 และ 20.3 เซนติเมตร ตามลำดับ) ความกว้างทรงพุ่ม (29.3 , 26.4 และ 19.9 เซนติเมตร ตามลำดับ) และน้ำหนักสด (53.3 , 53 และ 16.9 กรัมต่อต้น ตามลำดับ) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละระบบการปลูก

6. การปลูกผักกาดขาวซานเฟ่งและผักกาดฮ่องเต้ด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์

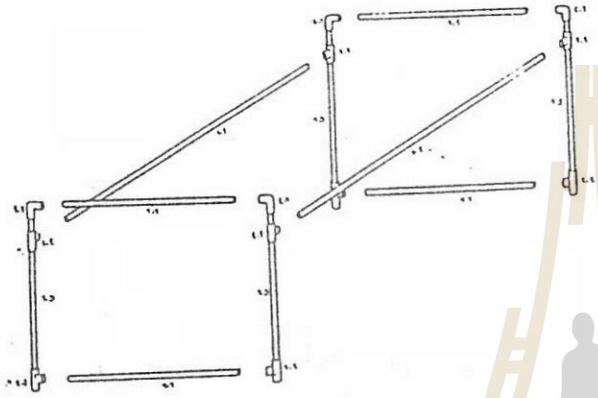
<u>วัตถุประสงค์</u> : 1. เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดขาวซานเฟ่ง และผักกาดฮ่องเต้ในระบบการปลูก DFT แบบรางเหล็กยาว 12 เมตร และแบบเหล็กกล่องปูพลาสติก กับการปลูกในดิน

2. ศึกษาและเปรียบเทียบอิทธิพลของแสงต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดขาวซานเฟ่งและผักกาดฮ่องเต้ในระบบการปลูกแบบ DFT

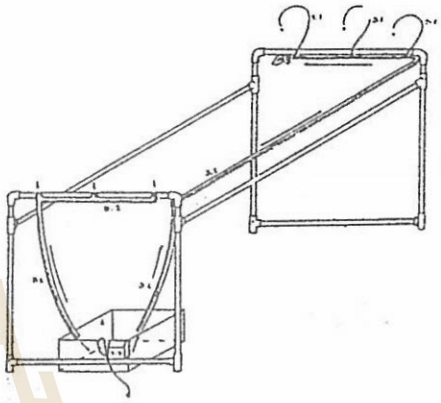
ศึกษาการปลูกผักกาดขาวซานเฟ่งและผักกาดฮ่องเต้ ด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์ การทดลองที่ 1 ศึกษาการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดขาวซานเฟ่งและผักกาดฮ่องเต้ในระบบการปลูก DFT แบบรางเหล็กยาว 12 เมตร และแบบเหล็กกล่องปูพลาสติก สำหรับการทดลองที่ 2 ศึกษาอิทธิพลของแสงต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดขาวซานเฟ่ง และผักกาดฮ่องเต้ในระบบการปลูก DFT วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design การทดลองละ 2 ซ้ำ ๆ ละ 80 ต้น ณ โรงเรือนมุ้งตาข่ายหลังคามุงพลาสติกใส ฟาร์มมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ. นครราชสีมา ในระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม 2543 ใช้สูตรอาหารดัดแปลง มทส 5 (SUT-NS5) พบว่า ผักกาดขาวซานเฟ่งและผักกาดฮ่องเต้ที่ปลูกด้วยระบบ DFT ทั้งสองแบบ มีความสูงต้น (23.5-25.0 และ 22.6-22.9 เซนติเมตร ตามลำดับ) จำนวนใบ (9.0-9.1 และ 13.1-15.5 ใบ/ต้น ตามลำดับ) และน้ำหนักสด (64.5-71.0 และ 46-55.4 กรัม/ต้น) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่แตกต่างจากการปลูกในดินทั้งความสูงต้น (13.9 และ 16.8 เซนติเมตร ตามลำดับ) จำนวนใบ (5.9 และ 7.8 ใบ/ต้น) และน้ำหนักสด (4.3 และ 8.9 กรัม/ต้น) อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง สำหรับการปลูกผักกาดขาวซานเฟ่งและผักกาดฮ่องเต้ในสารละลายที่ให้แสงต่างกัน คือ พรางแสงด้วยตาข่ายพรางแสง 50 % และไม่พรางแสง พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างน้ำหนักสด ความสูงต้น และจำนวนใบ แต่การพรางแสงจะช่วยลดการเหี่ยวของต้นพืชในเวลากลางวันซึ่งมีอุณหภูมิสูงได้ส่วนหนึ่ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

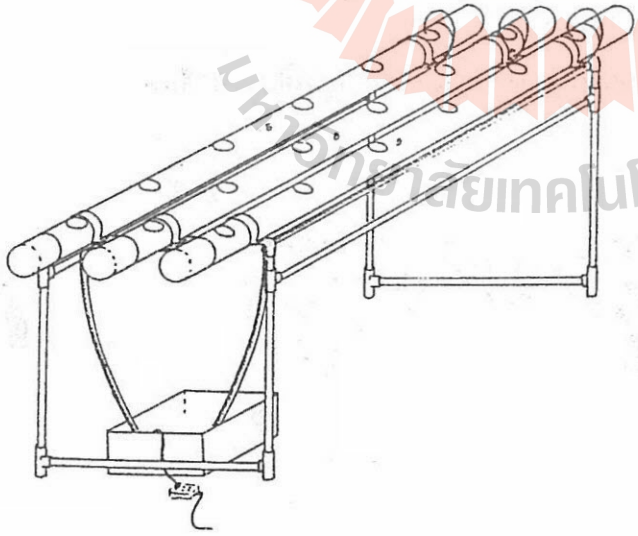
III. ภาพประกอบเกี่ยวกับการปลูกผักกินใบ ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



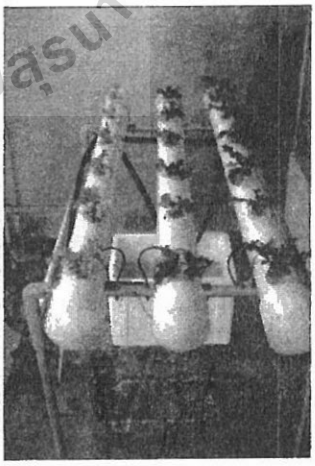
ภาพที่ 23.1



ภาพที่ 23.2



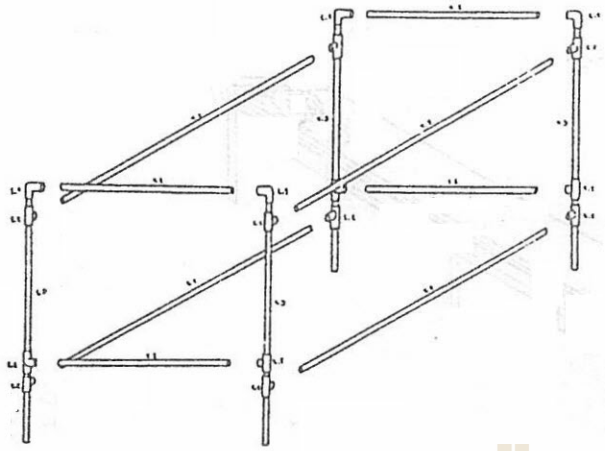
ภาพที่ 23.3



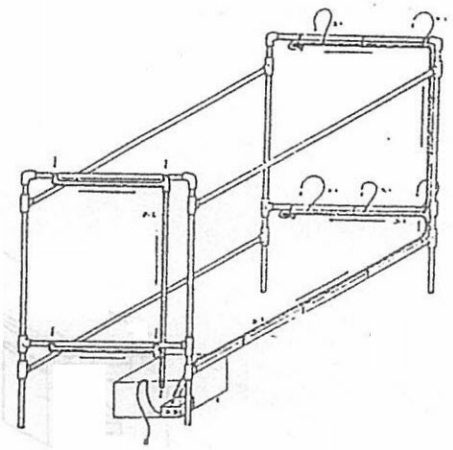
ภาพที่ 23.4

ภาพที่ 23.1-23.4 แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับชุดปลูก SUT HYDROPONIC KIT MODEL 1-1

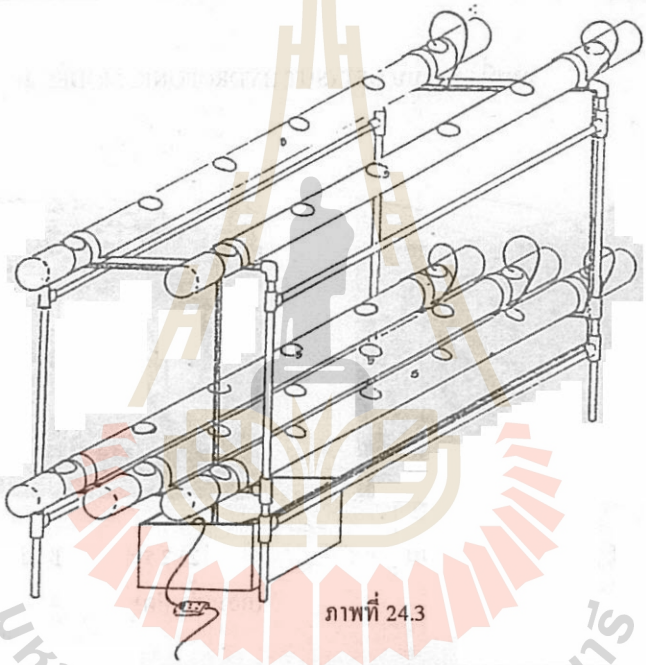
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



ภาพที่ 24.1



ภาพที่ 24.2

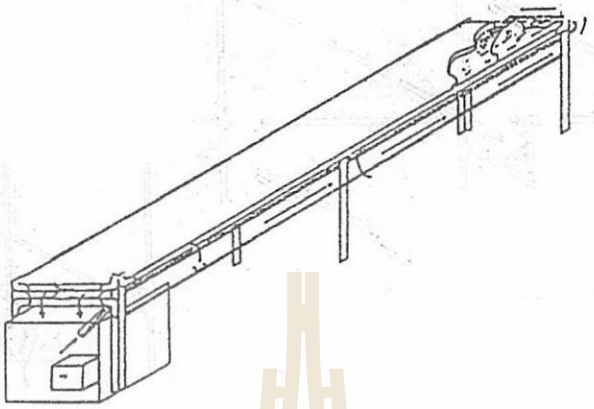


ภาพที่ 24.3

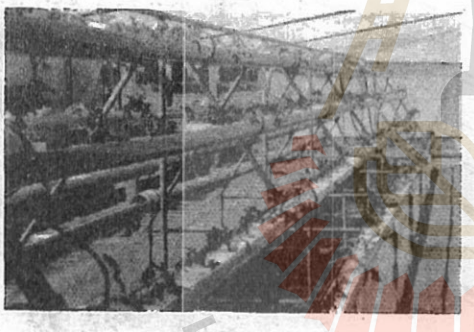
ภาพที่ 24.4

ภาพที่ 24.1-24.4 แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับชุดปลูก SUT HYDROPONIC KIT MODEL 1-2

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



ภาพที่ 25 ระบบ DFT (SUT HYDROPONIC MODEL 2)

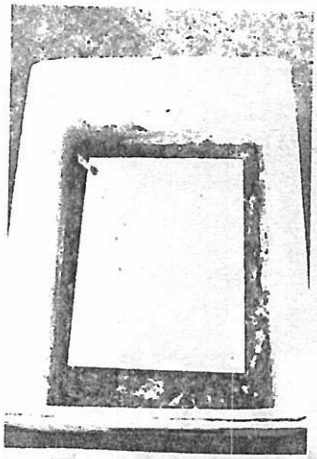


ภาพที่ 26.1 ระบบ NFT วางรางปลูก PVC บนโครงเหล็กสามเหลี่ยม

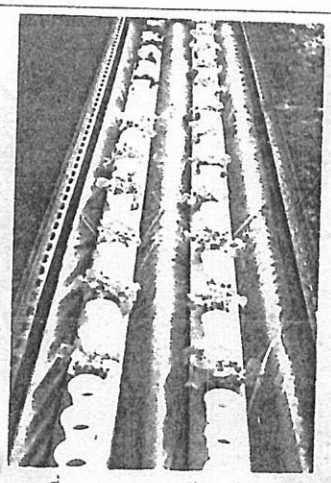
ภาพที่ 26.2 ระบบ NFT ร่วมกับระบบปลูกในวัสดุปลูก (ก้อนเชื้อเห็ด)

ภาพที่ 27 ระบบ DFT แบบวางรางคู่

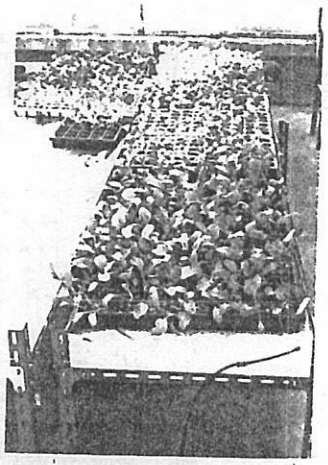
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



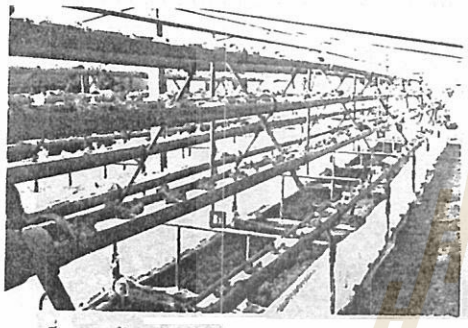
ภาพที่ 28.1 การเพาะเมล็ดผักกินใบในวัสดุปลูกเพอร์ไรท์



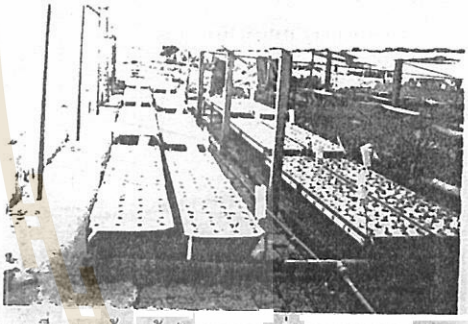
ภาพที่ 28.2 อนุบาลต้นกล้าในรางปลูก



ภาพที่ 28.3 ต้นกล้าผักกาดกะหล่ำในรางปลูก

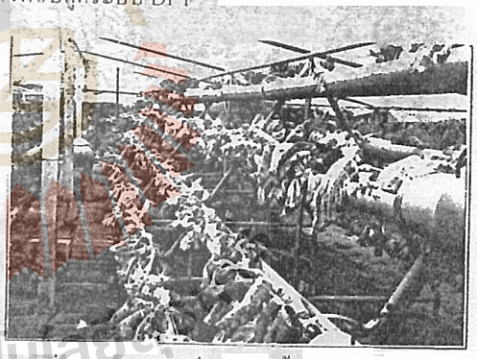


ภาพที่ 28.4 ต้นกล้าผักสลัด (อายุ 21 วัน) หลังย้ายลงท่อปลูก PVC ระบบ NFT

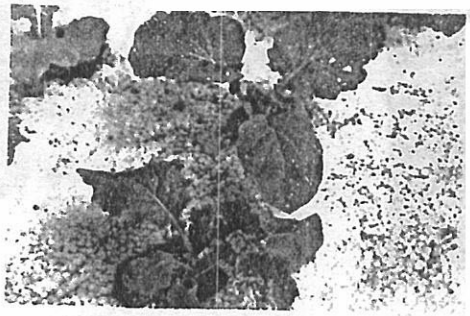


ภาพที่ 28.5 ต้นกล้าผักกาดกะหล่ำ (อายุ 21 วัน) ย้ายลงท่อปลูกระบบ DFT

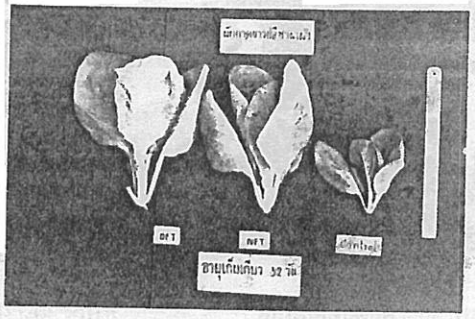
ภาพที่ 29.1 โรครากเน่าในผักสลัด



ภาพที่ 29.2 ผักสลัดเหี่ยวหมดทั้งท่อปลูก

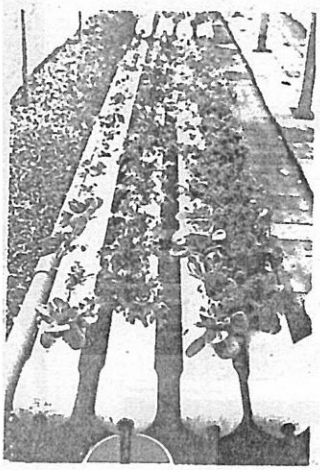


ภาพที่ 29.3 ด้วงหมัดกระโดดทำลายผักกาดขาว

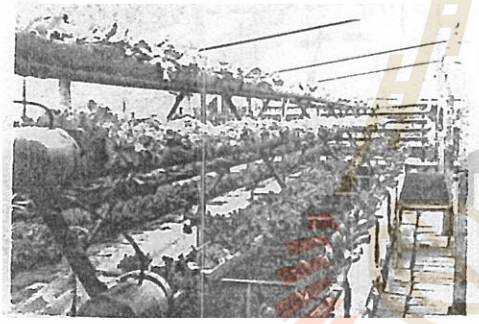


ภาพที่ 30.1 เปรียบเทียบผลผลิตของผักกาดขาวซานแฟงที่ปลูกในระบบปลูกต่างๆ

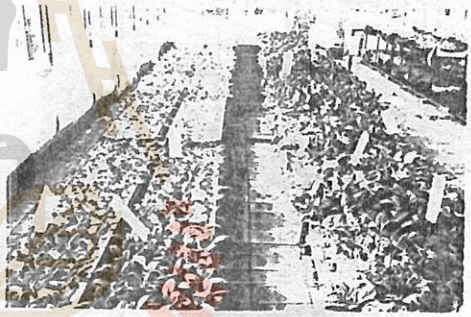
ภาพที่ 30.2 ผักกาดกะหล่ำในระบบ DFT (รางเหล็กฉาก)



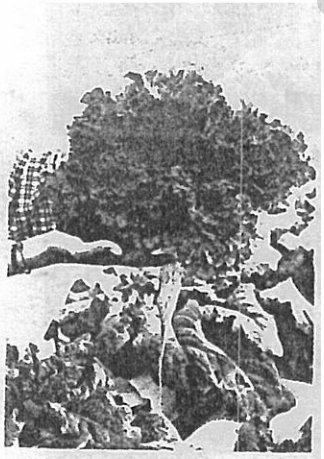
ภาพที่ 30.3 ผักสลัดในระบบ DFT (ท่อ PVC)



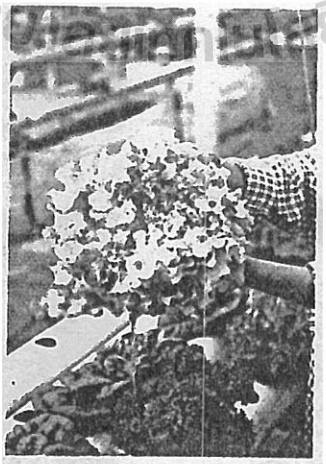
ภาพที่ 30.4 ผักสลัดในระบบ NFT (ท่อ PVC)



ภาพที่ 30.5 สภาพผักกาดกะหล่ำที่พร้อมเก็บเกี่ยว



ภาพที่ 30.6 ผลผลิตผักสลัด พันธุ์ Red rapid



ภาพที่ 30.7 ผลผลิตผักสลัด พันธุ์ Green ork

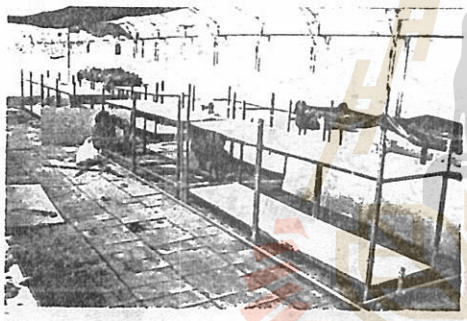
ภาพที่ 30.8 ผลผลิตผักกาดขาว

พืชอื่น ๆ ที่อยู่ระหว่างการวิจัยทดลอง

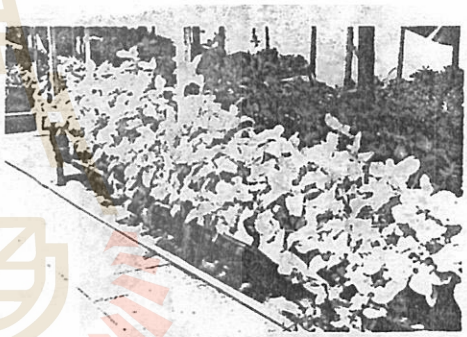
นอกเหนือจากแตงเทศและผักกินใบที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ได้มีการทดลองพืชอื่น ๆ (เน้นผักและสมุนไพร) ดังนี้

- ผักน้ำ (watercress)
- ขึ้นฉ่าย
- แตงร้าน แตงกวา
- สะระแหน่
- หอม/กระเทียม
- แตงโม
- แรดิช (radish)
- กะหล่ำดอก กะหล่ำปม
- สควอ๊ซ ซูกีนี
- ผักบุ้งจีน
- หญ้าเทวดา/หญ้าปักกิ่ง
- มะระ

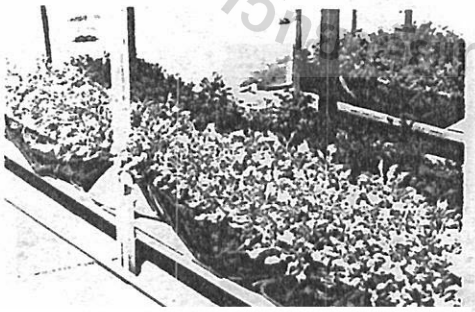
➢ภาพประกอบเกี่ยวกับการปลูกพืชอื่น ๆ ที่อยู่ระหว่างการวิจัยทดลอง ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



ภาพที่ 31.1 ระบบ DFT เหมาะสำหรับพืชที่รากไม่ต้องการอากาศมาก

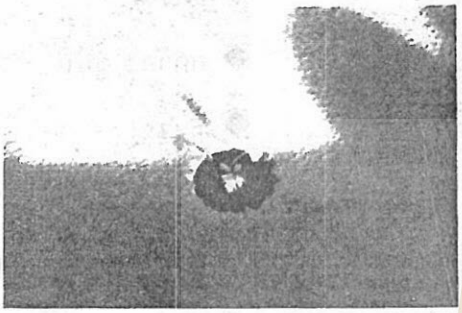


ภาพที่ 31.2 สะระแหน่ในระบบ DFT



ภาพที่ 31.3 ผักน้ำ (Watercress) ในระบบ DFT

ภาพที่ 31.4 ผลผลิต Watercress

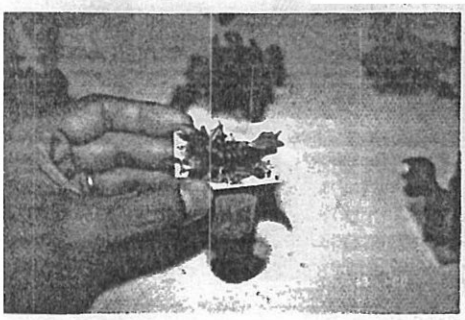


ภาพที่ 31.5 สภาพต้นกล้าคื่นฉ่าย

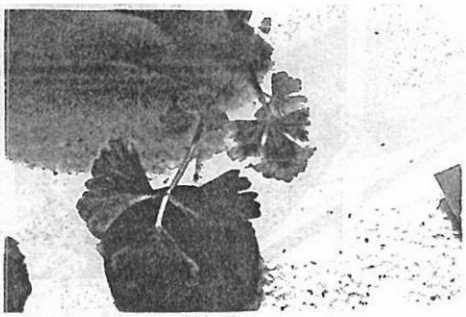
ภาพที่ 31.6 ผลผลิตคื่นฉ่ายในระบบ DFT (ฟองน้ำเป็นวัสดุค้ำจุน)

ภาพที่ 31.7 ผลผลิตคื่นฉ่ายในระบบ DFT (ถ้วยปลูกบรรจุเพอร์ไรท์)

ภาพที่ 31.8 แสดงรากจำนวนมากของคื่นฉ่าย



ภาพที่ 31.9 หนอนทำลายผักน้ำ



ภาพที่ 31.10 คื่นฉ่ายแสดงอาการขาดธาตุอาหารบางอย่าง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

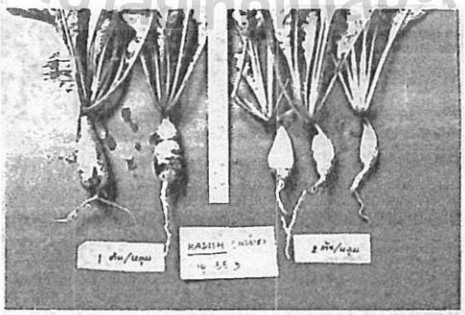
ภาพที่ 31.11 ผักบุ้งในระบบ DFT

ภาพที่ 31.12 ตั้งโอ๋ในระบบ DFT

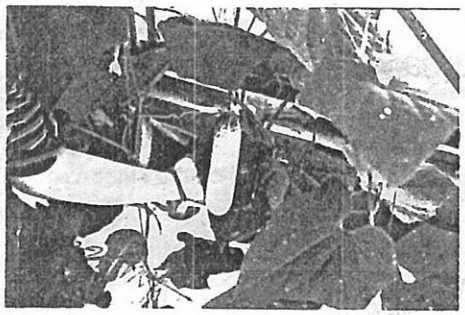
ภาพที่ 31.13 กระเทียมในระบบ DFT

ภาพที่ 31.14 กะหล่ำดอกในระบบ DFT

ภาพที่ 31.15 กะหล่ำปมในระบบ DFT



ภาพที่ 31.16 ผลผลิต Radish



ภาพที่ 31.17 แตงร้านในระบบ DFT

ภาพที่ 31.18 แตงกวาญี่ปุ่นในระบบ DFT

ภาพที่ 31.19 มะระในระบบ DFT

ภาพที่ 31.21 แตงโมในระบบ DFT

ภาพที่ 31.20 สควิอต (Squash) ในระบบ DFT

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

ตัวอย่างการเขียน *โครงการผลิตแตงแคนตาลูป ระบบไฮโดรโปนิกส์*

วิชา โครงการผลิตพืชเชิงธุรกิจ สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช
สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา

ชื่อบริษัท SMILY MELON Co,Ltd.
ผู้รับผิดชอบโครงการ กลุ่ม MELON

สมาชิกในกลุ่ม

1. นางสาวอรนิภา	เรืองประโคก	B3809419
2. นางสาววรวรรณ	วงศ์บุตร	B3803578
3. นางสาวโสมศิริ	อดุลย์เดช	B3706343
4. นางสาวจุฬารัตน์	พันธุมะเกียรติ	B3807088
5. นางสาวสุทธิลักษณ์	เจริญศรี	B3807514
6. นางสาววิภารัตน์	ภิรมย์ภักดิ์	B3850800
7. นางสาวทัณฑิกา	มุงคุณคำชาว	B3851128
8. นางสาวยุพดี	ปรีดี	B3851973

ลักษณะกลุ่ม : เป็นการร่วมหุ้นในกลุ่มเพื่อน

หลักการและเหตุผล

แคนตาลูปเป็นผลไม้ที่มีการผลิตไม่แพร่หลายมากนักทั้งนี้เพราะการปลูกแคนตาลูปต้องการการดูแลเอาใจใส่มาก ในปัจจุบันตลาดยังมีความต้องการผลผลิตแคนตาลูปอยู่ ทางกลุ่มจึงต้องการที่จะผลิตแคนตาลูประดับคุณภาพและปลอดภัยจากสารพิษเพื่อป้อนตลาด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วัตถุประสงค์การจัดตั้งโครงการธุรกิจ

1. เพื่อหารายได้ให้กับกลุ่ม
2. เพื่อตอบสนองความต้องการผลผลิตของตลาดระดับกลางและระดับสูง
3. เพื่อผลิตแคนตาลูปที่มีคุณภาพสูงและปลอดสารพิษ
4. เพื่อใช้พื้นที่ที่มีอยู่อย่างมีประสิทธิภาพ

<u>ข้อมูลพื้นฐานของท้องถิ่นที่เกี่ยวข้อง</u>

ภูมิศาสตร์ ที่ตั้ง ภูมิประเทศ การปกครอง

ที่ตั้งของโครงการอยู่ที่ ตำบลพันชนะ อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา และเนื่องจากพื้นที่เป็นพื้นที่ที่เคยให้เช่าทำการเกษตร จึงเป็นที่โล่งที่สามารถสามารถสร้างโรงเรือนได้ทันทีและมีบ้านพัก 2 หลัง

ภูมิอากาศ

ไม่มีผลกระทบต่อการผลิต

ทรัพยากรธรรมชาติ ชลประทาน แม่น้ำ ลำคลองเหมือง ฝาย

ใช้น้ำประปา และมีอ่างเก็บน้ำของหมู่บ้านเป็นแหล่งน้ำสำรอง

ดิน

ไม่เกี่ยวข้องกับการผลิต

ประชากรและแรงงาน

แรงงานที่ใช้มีจำนวนน้อย (4 คน) จึงไม่มีปัญหาเรื่องแรงงาน สำหรับกำลังซื้อในพื้นที่จัดว่าไม่ได้เป็นกลุ่มเป้าหมายจึงไม่ได้ทำการศึกษา

การพาณิชย์และการบริการ

เนื่องจากไม่มีความเกี่ยวข้องกับโครงการจึงไม่ได้ทำการศึกษา

อุตสาหกรรม

ไม่เกี่ยวข้องกับโครงการเนื่องจากไม่ได้ทำการผลิตเพื่ออุตสาหกรรม

การเงิน การธนาคาร

ทางโครงการได้เงินจากแหล่งเงินทุนจากการกู้เงินจากธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร ซึ่งมีสาขาตั้งอยู่ในอำเภอด่านขุนทด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

<u>การกำหนดทางเลือกในการจัดตั้งธุรกิจขนาดย่อม</u>

ธุรกิจที่จะดำเนินการ

ผลิตแคนตาลูปผลสด ด้วยระบบไฮโดรโพนิกส์ ได้แก่ โรงแรมและร้านอาหารในจังหวัดนครราชสีมา

ทำเลที่ตั้ง

ตำบลพันชนะ อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา

แหล่งเงินทุน

เงินทุนส่วนตัว 47% (1,200,000 บาท)

เงินกู้จาก ธกส. 53 % (1,400,000 บาท)

รูปแบบการผลิต

- ผลิตทั้งหมด 12 span ใน 3 โรงเรือนย่อย
- แบ่งเป็น 4 Crop
- ผลิตได้ Crop ละ 3 Span
- Span ละ 400 ต้น (1 Crop ผลิตได้ทั้งหมดประมาณ 1,800-1,200 ต้น)
- แต่ละ Crop ปลูกห่างกัน 14 วัน สามารถเวียนปลูกได้ตลอดปี
- ในปีแรกสามารถผลิตได้ทั้งหมด 22 Crop ปีต่อ ๆ ไปผลิตได้ทั้งหมด 26 Crop

<u>การวิเคราะห์สถานการณ์</u> **(SWOT analysis)**

1. Strength

- ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพสูงและปริมาณค่อนข้างแน่นอน ปลอดสารพิษ
- การปลูกแบบไฮโดรโพนิกส์สามารถร่อนอายุการเก็บเกี่ยวและสามารถปลูกได้ตลอดปี
- ใช้พื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- การปลูกแบบไฮโดรโพนิกส์สามารถใช้ทรัพยากรได้อย่างคุ้มค่าและไม่ก่อให้เกิดน้ำเสีย
- สามารถปรับเปลี่ยนการผลิตได้ง่าย

2. Weakness

- ในการดำเนินงานต้องมีนักวิชาการช่วยดูแล และต้องมีการดูแลเอาใจใส่มาก
- การลงทุนในระยะแรกสูง
- ตลาดผลผลิตยังไม่กว้างขวางนัก

วิธีแก้ไข

- จ้างนักวิชาการมาเป็นที่ปรึกษาและคอยช่วยดูแลเป็นประจำ
- กู้เงินจากแหล่งเงินทุน
- ใช้การประชาสัมพันธ์แบบเข้าถึงลูกค้าโดยการนำผลผลิตไปให้ลูกค้าพิจารณา

3. Opportunity

- สามารถขยายตลาดออกสู่ต่างประเทศได้
- เป็นแหล่งความรู้และเทคโนโลยีสำหรับการผลิตผักหรือผลไม้อื่น ๆ แบบไฮโดรโพนิกส์

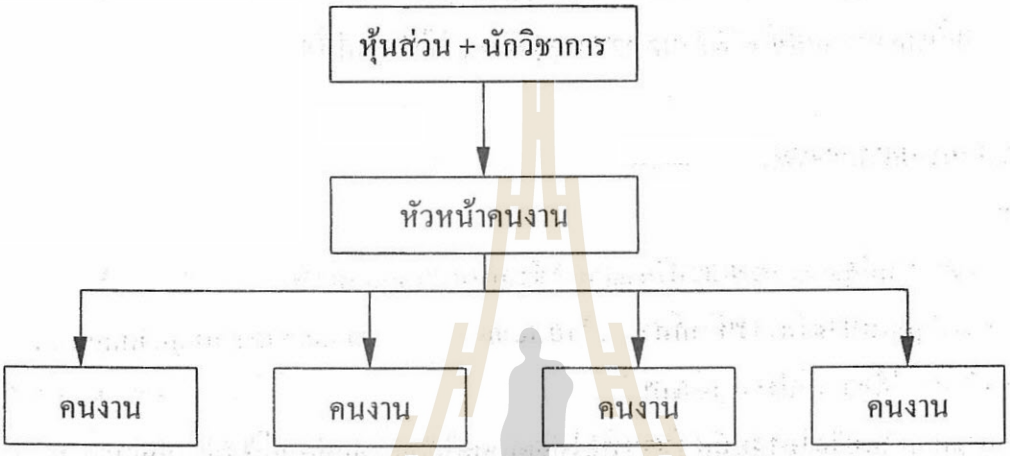
4. Treat

- แหล่งข้อมูลทางการตลาด ปัญหาคือบริษัทที่มีข้อมูลอยู่แล้วจะไม่ให้ข้อมูล
- ใช้เงินลงทุนสูงต้องแข่งขันกับเกษตรกรที่ปลูกในสภาพไร่ปกติที่มีการลงทุนต่ำกว่า

วิธีแก้ไข

- ใช้การประชาสัมพันธ์แบบเข้าถึงลูกค้าโดยการนำผลผลิตไปให้ลูกค้าพิจารณา
- เน้นจุดขายที่คุณภาพและการปลอดสารพิษ

<u>โครงสร้างการบริหารและอัตรากำลัง</u>



<u>*หุ้นส่วน*</u> ได้แก่ สมาชิกในกลุ่ม โดยมีหัวหน้ากลุ่มเป็นผู้ประสานงาน การศึกษาของหุ้นส่วนทุกคนระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต (เทคโนโลยีการผลิตพืช)

<u>*นักวิชาการ*</u> ได้แก่ ที่ปรึกษาโครงการคือ อาจารย์อารักษ์ ธีรอำพน การศึกษาระดับปริญญาโท ขณะนี้เป็นอาจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

<u>*หัวหน้าคนงาน*</u> ได้แก่ นายสุขุม รอบคอบ จบการศึกษาระดับ ปวส.

<u>*คนงาน*</u> ได้แก่ แรงงานจ้างจากในท้องถิ่น

<u>การวางแผนการผลิตและการดำเนินการ</u>

รูปแบบของโรงเรือนและระบบปลูก (ดูรายละเอียดที่ภาพที่1)

- เนื้อที่ของโรงเรือน 1,620 ตารางเมตร แบ่งเป็น 3 โรงเรือนย่อย มีผนังเดียวกัน
- แต่และโรงเรือนย่อยแบ่งออกเป็น 4 Span (ทั้งหมด 3 โรงเรือนย่อยจะได้ทั้งหมดเท่ากับ 12 Span)
- แต่ละโรงเรือนย่อยจะแบ่งเหมือนกันคือใน 4 Span ปลูกห่างกัน 2 สัปดาห์
- ชุดเครื่องมือภายในแต่ละ Span จะมีเหมือนกันคือ
- มีถังเก็บสารละลายขนาด 1,800 ลิตร 1 ถัง
- Tray สำหรับปลูกทั้งหมด 10 Tray แบ่งเป็น 2 แถว ๆ ละ 5 Tray
- Tray มีขนาด 0.6 x 6 เมตร ระยะปลูก 0.3 x 0.4 เมตร ปลูกได้ Tray ละ 2 แถว ๆ ละ 20 ต้น

รวมเป็น Tray ละ 40 ต้น

- ระยะระหว่าง Tray 0.9 เมตร ระยะระหว่างแถวของ Tray 0.6 เมตร
- Tray อนุบาล 1 Tray ไว้บนหัว Span สำหรับวางถาดเพาะกล้าจำนวน 104 หลุม และเลี้ยงรากในระยะต้นอ่อน
- เพดานจะขึงลวดสลิงตามยาว 5 เส้น ขึงกลางแต่ละ Tray เพื่อแขวนเชือกทำค้าง ขึงสลิงตามขวางที่ตำแหน่งเสาทุก ๆ 1.2 เมตร จำนวน 12 เส้นเพื่อช่วยรับน้ำหนักขนาดสลิงที่ใช้ คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1/8 นิ้ว พร้อมตัวล็อคและปรับความตึงสลิง
- ใช้ลวดขึงตามยาวระหว่างสลิงเพื่อไว้สำหรับแขวนลูก ใช้ลวดขนาดเบอร์ 22
- ใช้เชือกไนล่อน ขึงจากขอบ Tray บริเวณตำแหน่งต้นไปผูกกับสลิงเพื่อใช้เป็นค้างให้ต้นแคนตาลูปเกาะ
- ใช้เชือกไนล่อนผูกที่ลวดเบอร์ 18 ที่ดัดเป็นรูปตัว S ผูกติดกับลวดที่ขึงไว้ด้านบน เพื่อใช้ในการผูกผลเมื่อผลเริ่มโตเพื่อช่วยรับน้ำหนักผล
- ลักษณะ Tray แต่ละ Tray จะกว้าง 0.6x6 เมตร วางปลายด้านหนึ่งไว้กับพื้นและปลายอีกด้านยกสูงขึ้นประมาณ 15 เซนติเมตร โดยใช้เหล็กฉากต่อเป็นรูปสี่เหลี่ยม
- ใช้กระเบื้องวางบนโครงเหล็กฉากที่ทำการต่อไว้แล้วจำนวน 6 แผ่น/ Tray วางเหลื่อมกันเล็กน้อยเพื่อช่วยรับน้ำหนัก
- ใช้พลาสติกดำปูทับกระเบื้อง และใช้คลิบหนีบพลาสติกดำติดกับเหล็กฉาก
- ใช้โฟมแผ่นขนาด 0.6x1.2 เมตร หนา 1 นิ้ว จำนวน 5 แผ่น วางด้านบน พร้อมเจาะรูขนาดเท่ากับแก้วโค้ก ระยะปลูก 0.4x0.3 เมตร
- ภาชนะที่ใช้ในการประคองต้น คือ แก้วโค้กขนาดเล็ก พร้อมด้วยฟองน้ำตัดขนาดเท่าแก้วโค้กกรีดตามความยาวรัศมีเพื่อใส่ต้นกล้า
- ต่อระบบน้ำจากถังเก็บสารละลายโดยใช้ปั๊ม ขนาด 1/2 แรงม้าปั๊มน้ำ แล้วหมุนเวียนสารละลายเข้าถังเก็บสารละลาย และต่อท่อแยกออกเพื่อลดแรงดันน้ำเข้าสู่ระบบโดยใช้ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1/2 นิ้ว เข้า Tray ด้านที่ยกสูง
- มีท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว วางปลาย Tray เพื่อรองรับน้ำที่ผ่าน Tray แล้ววนเข้าสู่ถังสารละลายอีกครั้ง
- แต่ละโรงเรือนย่อยมี 1 ประตู รวมทั้งหมด 3 ประตู มีกุญแจล็อคทุกประตู
- ระหว่าง Span ใน 1 โรงเรือนย่อยมีมุ้งกั้นโดยจะทำเป็นมุ้งสองชั้นปิดซ้อนกันเพื่อป้องกันการแพร่โรคและแมลง
- การแยก Span เพื่อป้องกันปัญหาการติดเชื้อ

วิธีการปลูก

เพาะกล้าโดยใช้ถาดเพาะจำนวน 104 หลุม หลุมละ 1 เมล็ด โดยใช้ขุยมะพร้าวเป็นวัสดุปลูก รดน้ำเช้าเย็น เมื่อกล้าอายุได้ 7 วัน ทำการย้ายกล้า โดยล้างขุยมะพร้าวที่ติดรากด้วยน้ำสะอาดพยายามอย่าให้รากช้ำ แล้วชุบยากันรา (หรือไม่ก็ได้) จากนั้นนำต้นกล้าไปใส่ในแก้วพลาสติก เจาะรู โดยมีฟองน้ำขนาดหนา 1 เซนติเมตร ตัดเป็นวงกลมให้เท่ากับรูแก้วพลาสติกเพื่อใช้เป็นวัสดุยึดลำต้น จากนั้นนำต้นกล้าที่ได้ไปแช่ในน้ำสะอาด โดยลอยในภาชนะแบนราบที่มีเฉพาะรากจุ่มอยู่ในน้ำ เมื่อให้รากยาวพอที่จะดูดซับอาหารในระบบ NFT ได้ดี โดยจะทำการแช่น้ำอีกประมาณ 7 วัน แล้วจึงย้ายลงระบบ

การดูแลรักษา

1. <u>การเตรียมสารละลายธาตุอาหารในระบบ NFT</u>

ใช้สารละลายธาตุอาหาร ของบริษัท Accent Hydroponics nutrient Co,Ltd. ที่ประกอบด้วย Stock A 114 g รวมกับ Stock B 114 g ต่อน้ำ 100 ลิตร โดยละลายทีละส่วนเพราะถ้าละลายพร้อมกันอาจตกตะกอนได้ จากนั้นปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 5.5-6.0 และค่า EC 20- 30 CF

2. <u>การให้สารละลายธาตุอาหาร</u>

เติมในถังพักขนาด 1,500 ลิตร ที่เป็นถังหลักของระบบ NFT แต่ละ Span โดยจะเติมเป็นช่วง ๆ เมื่อพบว่าสารละลายธาตุอาหารในถังพักลดลงและปรับ pH ในถังให้อยู่ในช่วง 5.5-6.0 และค่า EC 15-20 CF โดยใช้ NaOH 10% ปรับกรด HNO_3 65% ปรับด่างในช่วงก่อนออกดอก (ที่อายุประมาณ 28-30 วัน) และใช้ H_3PO_4 ปรับด่างในช่วงออกดอกติดผล (ที่อายุประมาณ 30-70 วัน)

3. <u>การมัดต้นขึ้นค้าง</u>

ให้ต้นยาวประมาณ 1 ศอก (อายุประมาณ 14 วันหลังย้ายกล้า) ผูกเชือกไนล่อนกับเหล็กฉากและผูกเข้ากับตะขอเกาะ (ลวดเบอร์ 18 ตัดเป็นรูปตัว S) โดยเกาะกับลวดสลิงที่ผูกปลายค้างตามยาว ระหว่าง Tray ใช้เชือกฟางมัดข้อติดกับเชือกไนล่อนหลวม ๆ ข้อเว้นข้อ ไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งถึงข้อที่ 25

4. <u>การเด็ดตาข้าง</u>

ทำตั้งแต่ข้อที่ 1-10 เพื่อมิให้เกิดการแตกแขนงและติดผลเร็วเกินไป ต้องการให้ต้นแข็งแรงสมบูรณ์ก่อนแล้วจึงปล่อยให้แตกแขนงและติดลูก ไว้กิ่งแขวนตั้งแต่ข้อที่ 10 เป็นต้นไปโดยทำการผสมไว้ 4 ผล ต่อต้นแล้วทำการเลือกผลที่สมบูรณ์ที่สุดไว้เพียง 1 ผลต่อต้น

5. <u>การเด็ดยอด</u>

เมื่อเถายาวเกือบถึงปลายค้าง (ประมาณ 25-26 ใบ) ก็ทำการเด็ดยอดออก รวมทั้งเด็ดตาข้างหรือกิ่งแขนงที่แตกออกมาใหม่ด้วย

6. การออกดอกติดผลและแขวนลูก

ดอกตัวผู้ของแตงแคนตาลูปจะออกที่ตำแหน่งบนเถาหลักและบานตั้งแต่อายุ 28 วันขึ้นไป ส่วนดอกกระเทยนั้นออกตามข้อของกิ่งแขนง และจะเริ่มบานตั้งแต่อายุ 30 วัน ขึ้นไป ทำการผสมเกสร หรือที่เรียกว่าต่อดอก ทำประมาณ 6 โมงเช้าถึง 10 โมงเช้า ของทุกวันเลือกเก็บดอกตัวผู้ที่บานแล้ว ในเช้าวันผสม ดึงกลีบดอกตัวผู้และกลีบดอกกระเทยออกใช้มือจับก้านเกสรตัวผู้นำส่วนปลายดอกตัวผู้ที่มีละอองเกสรสีเหลืองติดอยู่ไปแตะตรงปลายเกสรตัวเมียของดอกกระเทยใช้ดอกตัวผู้ 2-3 ดอก ต่อดอกกระเทย 1 ดอก นอกจากนี้ต้องผูกขั้วผลหรือแขวนลูกเพื่อช่วยรับน้ำหนักผล ถ้าไม่ทำเถาแขนงที่ติดผลอาจจะฉีกขาดได้ เมื่อแตงมีผลขนาดใหญ่ทำโดยใช้เชือกไนล่อนผูกขั้วผลโยงกับลวดที่พันเป็นราวยึดค้างระหว่างต้นที่ระดับความสูง 2 เมตร

การตลาดและประชาสัมพันธ์

กลุ่มเป้าหมายจะมุ่งเน้นที่ตลาดระดับกลางและระดับสูง โดยได้ทำการติดต่อกับการบินไทย โรงแรมและร้านอาหารในจังหวัดนครราชสีมาโดยตรง โดยจุดขายจะเน้นที่คุณภาพด้านความหอมหวานและผลผลิตที่ปลอดสารพิษ และในการติดต่อจะนำตัวอย่างสินค้าไปให้ลูกค้าได้พิจารณาคุณภาพ เพราะตลาดจะเน้นด้านคุณภาพของผลผลิตมาก การขายก็จะมีการทำสัญญาซื้อขายล่วงหน้า ซึ่งมีความแน่นอนและชัดเจน ทางบริษัทได้ไปติดต่อสอบถามข้อมูลจากการบินไทย โรงแรมต่างๆ และร้านอาหาร พบว่ามีแนวทางในการติดต่อสัญญาซื้อขายในลักษณะเดียวกันคือถ้าทางบริษัทสามารถรับประกันคุณภาพได้ ตลาดก็จะรับซื้อในราคาที่เสนอขาย (กิโลกรัมละ 50 บาท)

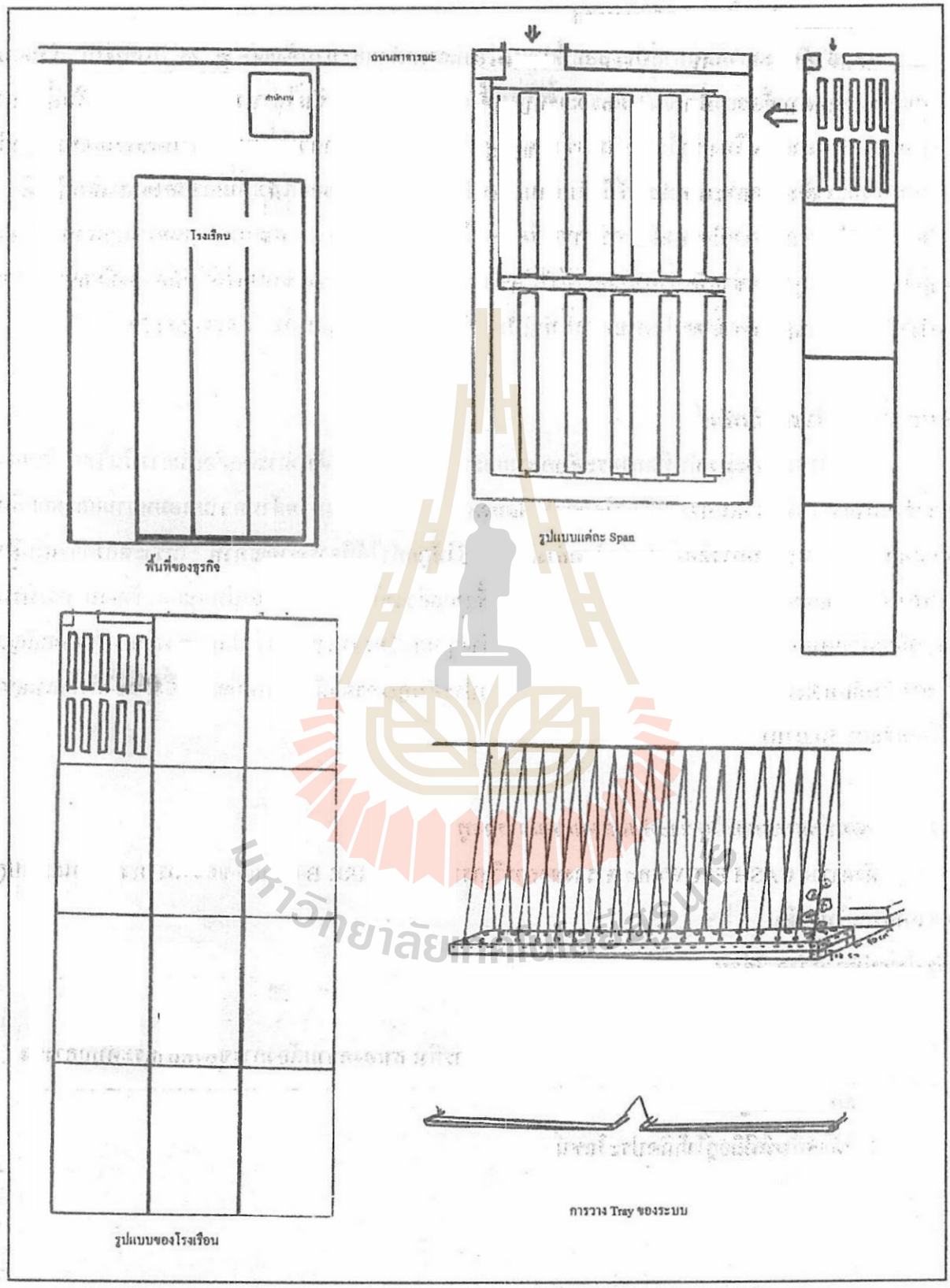
การกำหนดทรัพยากรและวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน

ดังตาราง CASH FLOWและ ตารางผลการวิเคราะห์ NPV IRR B/C ratio ของโครงการลงทุนการปลูกแตงเทศโดยไม่ใช้ดิน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. หุ้นส่วนได้รับรายได้จากกิจการ
2. ผลิตแคนตาลูปผลสดคุณภาพสูงและปลอดสารพิษ สนองความต้องการของตลาดระดับกลางถึงตลาดระดับสูงได้
3. ได้ใช้พื้นที่ที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



ภาพที่ 1 แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับรูปแบบของโรงเรือนและระบบปลูก

ค่าใช้จ่ายลงทุน

รายการ	ปีที่										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
สร้างโรงเรือน	660,000.00										
รถกระบะ	100,000.00										
อุปกรณ์สำนักงาน	2,200.00										
ท่อ PVC 1/2"	5,010.00										
ข้อต่อ 3 ทาง 1/2"	540.00										
ข้อต่องอ 1/2"	480.00										
วาล์ว 1/2"	12,420.00										
ฝาครอบปลายท่อ 1/2"	360.00										
ข้อต่อตรง 1/2"	144.00										
ท่อ PVC 4"	46,080.00										
ข้อต่อ 3 ทาง 4"	1,188.00										
ข้อต่องอ 4"	852.00										
วาล์ว 4"	2,232.00										
ฝาครอบปลายท่อ 4"	25,200.00										
ข้อต่อตรง 4"	2,640.00										
เหล็กฉากรู แบบบาง	14,400.00										
น็อต, หูช้าง	48,000.00										
สายยาง 1"	1,440.00										
ลวด No.22	2,400.00										
กระเบื้องลอนคู่ 0.4" 1.2 ม.	26,040.00										
ปั๊มไดโว่	42,000.00										
ถังใส่น้ำ 1500 ลิตร	84,000.00										
pH meter	3,000.00										
EC meter	8,000.00										
กุญแจล็อค	300.00										
ลวดสลิงค์ 1"	108,000.00										
แคลมป์ล็อคสลิงค์ 3/16"	5,760.00										
ตัวปรับสลิงค์ 3/6"	4,800.00										
ค่าแรงขึงสลิงค์	1,800.00										
ค่าแรงวางระบบ	18,000.00										
รวมค่าใช้จ่ายลงทุน	**1,227,286.00**										

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Document ตารางการวิเคราะห์ส่วนที่เหลือด้วยต่างโครงการ.doc

D:\สอนการวิเคราะห์ส่วนที่เหลือต่อโครงการ.doc

ค่าใช้จ่ายดำเนินงาน

รายการ	ปีที่										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ค่าเช่าสำนักงาน	18,000.00	18,000.00	18,000.00	18,000.00	18,000.00	18,000.00	18,000.00	18,000.00	18,000.00	18,000.00	18,000.00
ค่าเช่าที่ดิน	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00
ค่าเปลี่ยนมุ้งและหลังคาพลาสติก											
เมล็ดพันธุ์		36,400.00	36,400.00	36,400.00	36,400.00	36,400.00	36,400.00	36,400.00	36,400.00	36,400.00	36,400.00
สารเคมี		312,000.00	312,000.00	312,000.00	312,000.00	312,000.00	312,000.00	312,000.00	312,000.00	312,000.00	312,000.00
ค่าไฟฟ้า		120,000.00	120,000.00	120,000.00	120,000.00	120,000.00	120,000.00	120,000.00	120,000.00	120,000.00	120,000.00
ค่าน้ำ		1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00
โฟมแผ่น หนา 1"		210,600.00	210,600.00	210,600.00	210,600.00	210,600.00	210,600.00	210,600.00	210,600.00	210,600.00	210,600.00
บัวรดน้ำ		135.00	135.00	135.00	135.00	135.00	135.00	135.00	135.00	135.00	135.00
กะละมัง		140.00	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00	140.00
แก้วพลาสติก		360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00
ฟองน้ำแผ่น		60,000.00	60,000.00	60,000.00	60,000.00	60,000.00	60,000.00	60,000.00	60,000.00	60,000.00	60,000.00
เชือกไนล่อน		400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00
กระบะเพาะ		800.00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00
ตาข่ายหุ้มผล		52,800.00	52,800.00	52,800.00	52,800.00	52,800.00	52,800.00	52,800.00	52,800.00	52,800.00	52,800.00
เชือกฟาง		1,560.00	1,560.00	1,560.00	1,560.00	1,560.00	1,560.00	1,560.00	1,560.00	1,560.00	1,560.00
มุ้งกั้น Span		27,000.00	27,000.00	27,000.00	27,000.00	27,000.00	27,000.00	27,000.00	27,000.00	27,000.00	27,000.00
เงินเดือนหัวหน้าคนงาน		78,000.00	78,000.00	78,000.00	78,000.00	78,000.00	78,000.00	78,000.00	78,000.00	78,000.00	78,000.00
น้ำมันรถ		120,000.00	120,000.00	120,000.00	120,000.00	120,000.00	120,000.00	120,000.00	120,000.00	120,000.00	120,000.00
ภาษีและประกันรถยนต์		2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00	2,000.00
โทรศัพท์		60,000.00	60,000.00	60,000.00	60,000.00	60,000.00	60,000.00	60,000.00	60,000.00	60,000.00	60,000.00
ค่าจ้างนักวิชาการ		26,000.00	26,000.00	26,000.00	26,000.00	26,000.00	26,000.00	26,000.00	26,000.00	26,000.00	26,000.00
ค่าบำรุงรักษารถ		20,000.00	20,000.00	20,000.00	20,000.00	20,000.00	20,000.00	20,000.00	20,000.00	20,000.00	20,000.00
เครื่องใช้ในสำนักงาน		3,000.00	3,000.00	3,000.00	3,000.00	3,000.00	3,000.00	3,000.00	3,000.00	3,000.00	3,000.00
แรงงาน		216,000.00	216,000.00	216,000.00	216,000.00	216,000.00	216,000.00	216,000.00	216,000.00	216,000.00	216,000.00
ชำระหนี้เงินกู้	81,000.00	562,000.00	335,000.00	708,000.00	327,000.00						
ภาษี		596,823.50	207,903.00	435,603.50	510,305.50	529,203.50	529,203.50	46,830.50	529,203.50	529,203.50	568,823.50
รวมค่าใช้จ่ายดำเนินงาน	100,000.00	2,526,218.50	1,910,298.00	2,510,998.50	2,204,700.50	1,896,598.50	1,896,598.50	1,414,225.50	1,896,598.50	1,896,598.50	1,936,218.50
รวมค่าใช้จ่าย	1,327,286.00	2,526,218.50	1,910,298.00	2,510,998.50	2,204,700.50	1,896,598.50	1,896,598.50	1,414,225.50	1,896,598.50	1,896,598.50	1,936,218.50

ค่าใช้จ่ายลงทุน

รายการ	ปีที่									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ขายแคนตาลูปผลสด		2,082,000.00	2,406,000.00	2,406,000.00	2,406,000.00	2,406,000.00	2,406,000.00	2,406,000.00	2,406,000.00	2,406,000.00	2,406,000.00
เงินกู้จาก ธกส.	600,000.00	600,000.00	200,000.00								
รวมรายรับ	600,000.00	2,682,000.00	2,606,000.00	2,406,000.00	2,406,000.00	2,406,000.00	2,406,000.00	2,406,000.00	2,406,000.00	2,406,000.00	2,406,000.00
กำไรสุทธิ	- 727,286.00	155,781.50	695,702.00	- 104,998.50	201,299.50	509,401.50	509,401.50	991,774.50	509,401.50	509,401.50	469,781.50

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางผลการวิเคราะห์ NPV IRR B/C ratio ของโครงการลงทุนปลูกแตงเทศโดยไม่ใช้ดิน

ปีที่ (1)	ค่าใช้จ่าย (บาท) (2)	รายรับ (บาท) (3)	กำไร (บาท) (4)=(3)-(2)	อัตราส่วนลด (13.5%) (5)	มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (บาท) (6)=(2)*(5)	มูลค่าปัจจุบันของรายได้ (บาท) (7)=(3)*(5)	มูลค่าปัจจุบันของกำไร (บาท) (8)=(7)-(6)
0	1,327,286.00	600,000.00	- 727,286.00	1.000000	1,327,286.00	600,000.00	- 727,286.00
1	2,526,218.50	2,682,000.00	155,781.50	0.869565	2,196,711.19	2,332,173.33	135,462.14
2	1,910,298.00	2,606,000.00	695,702.00	0.756144	1,444,459.42	1,970,509.96	526,050.55
3	2,510,998.50	2,406,000.00	- 104,998.50	0.657516	1,651,021.69	1,581,983.50	- 69,038.19
4	2,204,700.50	2,406,000.00	201,299.50	0.571753	1,260,544.12	1,375,637.72	115,093.59
5	1,896,598.50	2,406,000.00	509,401.50	0.497177	942,945.15	1,196,207.86	253,262.71
6	1,896,598.50	2,406,000.00	509,401.50	0.432328	819,952.64	1,040,181.17	220,228.53
7	1,414,225.50	2,406,000.00	991,774.50	0.375937	531,659.69	904,504.42	372,844.73
8	1,896,598.50	2,406,000.00	509,401.50	0.326902	620,001.84	786,526.21	166,524.37
9	1,896,598.50	2,406,000.00	509,401.50	0.284262	539,130.88	683,934.37	144,803.49
10	1,936,218.50	2,406,000.00	469,781.50	0.247185	478,604.17	594,727.11	116,122.94
รวม	21,416,339.50	25,136,000.00	3,719,660.50		11,812,316.80	13,066,385.65	1,254,068.85
เฉลี่ย	1,946,939.95	2,285,090.91	185,983.03		562,491.28	622,208.84	59,717.56

สรุปผลการวิเคราะห์ โครงการปลูกแตงแคนตาลูปโดยไม่ใช้ดินมีความเหมาะสมในการลงทุน รายละเอียดดังนี้

ความเป็นไปได้ในการลงทุน	B/C Ratio	NPV (บาท)	IRR (%)	PB (ปี)
คุ้มค่ากับการลงทุน	มากกว่า 1	เป็นบวก	>อัตราดอกเบี้ยเงินกู้	
ยังเป็นไปได้ที่จะลงทุน	เท่ากับ 1	เท่ากับศูนย์	=อัตราดอกเบี้ยเงินกู้	
ไม่คุ้มค่าการลงทุน	น้อยกว่า 1	เป็นลบ	<อัตราดอกเบี้ยเงินกู้	
โครงการลงทุนปลูกแตงเทศโดยไม่ใช้ดิน	1.11	1,254,068.85	> 40%	2.61 ปี

หมายเหตุ

B/C Ratio หรือ Benefit-Cost Ratio หรืออัตราส่วนผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่าย เป็นการหาอัตราส่วนของผลตอบแทนและค่าใช้จ่ายตลอดระยะเวลาของการลงทุน โดยนำค่าของผลตอบแทนและค่าของค่าใช้จ่ายในแต่ละปีของการลงทุนมาปรับเป็นค่าปัจจุบันด้วยอัตราส่วนลดแล้วรวมผลตอบแทนและค่าใช้จ่ายในแต่ละปีที่ปรับมูลค่าปัจจุบันแล้ว เพื่อนำมาเทียบเป็นอัตราส่วน

NPV หรือ Net Present Value หรือมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ เป็นมูลค่าปัจจัยของรายได้ลดด้วยมูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่ายตลอดอายุโครงการ หรืออีกนัยหนึ่ง มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ คือ ผลรวมของผลตอบแทนสุทธิของโครงการที่ได้ปรับค่าของเวลาแล้ว

IRR หรือ Internal Rate of Return หรืออัตราผลตอบแทนของโครงการ เป็นการหาอัตราส่วนลดที่กำหนดให้มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนและค่าใช้จ่ายตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งสิ้นสุดการลงทุนเท่ากัน หรือเป็นการหาอัตราส่วนลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นศูนย์

PB หรือ Payback Period หรือระยะเวลาคืนทุน

อัตราส่วนลด หมายถึง อัตราดอกเบี้ยที่ใช้ในการหาส่วนลดเพื่อปรับมูลค่าของเงินในอนาคตให้ย้อนมาเป็นมูลค่าปัจจุบัน

ส่วนที่ 4
ภาคผนวก

บรรณานุกรม

กฤษดา กำยาน. 2540. การทดสอบการเติมและไม่เติมออกซิเจน ให้แก่การปลูกผักกาดหอมในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่มีการหมุนเวียนของสารละลาย. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

กระบวน วัฒนปรีชานนท์. 2534. คู่มือการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์. ภาควิชาพฤกษศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

แจ่มจันทร์ จำนงประโคน. 2542. พันธุ์และระบบปลูกที่เหมาะสมในการปลูกผักกาดหอมโดยไม่ใช้ดิน. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ดิเรก ทองอร่ามและอิทธิสุนทร นันทกิจ. 2543. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเชิงธุรกิจในประเทศไทย. โครงการความร่วมมือระหว่างสาขาวิชาส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์กับสำนักการศึกษาต่อเนื่องมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ถวัลย์ พัฒนเสถียรพงศ์. 2534. ปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. พรานนกการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

นภดล เรียบเลิศหิรัญ. 2538. การปลูกพืชไร้ดิน (SOILLESS CULTURE). ภาควิชาพฤกษศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิธินันท์ แตงทรัพย์. 2542. การปลูกผักกาดขาวซานเฟงและผักกาดฮ่องเต้ด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ภาคภูมิ ศรีหมื่นไวย. 2542. การทดสอบพันธุ์แตงเทศที่เหมาะสมสำหรับระบบไฮโดรโปนิกส์แบบดัดแปลง. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ยุพดี ปรีดี. 2541. การปลูกผักกาดฮ่องเต้แบบไฮโดรโปนิกส์. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

วิจิตร์ ตันมาละ. 2535. การตอบสนองของแตงเทศต่อความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และวิธีการจัดการ ในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. วิทยานิพนธ์. บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุรเดช จินตกานนท์. 2536. การควบคุมสภาพแวดล้อมของการผลิตแตงเทศในสภาพไร้ดิน. โครงการวิจัยร่วมระหว่างประเทศโดยหน่วยงาน NRCT-JSPS. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุรีรัตน์ แจ่มวงศ์. 2541. วัสดุเพาะกล้าและอายุต้นกล้าที่เหมาะสมสำหรับการปลูกผักกาดหอมในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ Nutrient Film Technique (NFT). ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

อรวรรณ ศรีสุวรรณ. 2542. เปรียบเทียบระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินและถังบรรจุสารละลายที่เหมาะสมสำหรับการปลูกแตงเทศพันธุ์ซุปเปอร์ชาลมอน 195. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

อารักษ์ ธีรอำพน. 2542. ระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินและสูตรสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแตงเทศระยะที่ 1 ในรายงานความก้าวหน้างานวิจัยประจำปี 2542. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

อารักษ์ ธีรอำพน. 2543. ระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินและสูตรสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแตงเทศระยะที่ 2 ในรายงานความก้าวหน้างานวิจัยประจำปี 2543. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

อิทธิสุนทร นันทกิจ, ดิเรก ทองอร่าม, สุมิตรา ภูวโรดม, นงนุช เลาหะวิสุทธิ์, เปรมปรี ณ สงขลา. 2544. เอกสารประกอบการฝึกอบรมการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน รุ่นที่ 3. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

Adam J. Savage, Ph.D. 1985. Hydroponics Worldwide :State of the Art in Soilless Crop Production. Honolulu , Hawii. USA.

Benoit, F. 1992. Practical Guide for Simple Soilless Culture Techniques. Ecology Agronomy. European Vegetable R&D Center. Belgium.

Douglas, J.S. 1985. Advanced Guide to Hydroponics. BAS Printers Limited, Edinburgh.

James Sholto Douglas. 1984. Beginner's Guide to HYDROPONICS. Pelham Books. England.

Lem Jones with Paul and Cay Beardsley. 1990. Home Hydroponics. Crown Publishers, Inc. New York.

Shinohara, Y. 1999. เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่อง " Possibility of Hydroponics Application in Thailand". ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

รายชื่อเวบไซต์ที่เกี่ยวกับไฮโดรโพนิกส์และส่วนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

http://www.hydroponics.com.au

http://www.prodearth.com.au

http://www.ablite.com

http://www.netafim.com

http://www.farmlogix.com

http://www.cays.com.au

http://www.hydromania.com.ac

http://www.calclear.com.au

http://www.homeharvest.com

http://www.aquaticeco.com

http://www.croplikg.com

http://www.greenhouses.co.nz

http://www.hi-techhydroponics.com.au

http://www.greenair.com

http://www.smallaire.com.au

http://www.practicalhydroponics.com

http://www.amhydro.com

http://www.2ndhandhydro.com

http://www.attachtech.com

http://www.sunmaster.growlamps.com

http://www.ozemail.com.au/~cjparker

http://www.atami.com

http://www.hydromall.com

http://www.hydromal.com/NAG

http://www.g-tech.com.au

http://www.nutri-life.com

http://www.hydroasis.com

http://www.hydroponicdesigns.com.au

http://palmltd.virtualave.net

http://www.ffp.csiro.au/pff/effluent_guideline/

http://www.netti.fi/~jjlammi/sun.html

http://www.homegrowing.com

http://www.stassengroup.com/stassen/Home/

Exports/coir/body_coir.html

http://wwww.phytotronics.com

http://www.delta9.net

http://www.charvest.com

http://www.algoflash.com

http://www.generalhydroponics.com

http://www.autogrow.com

http://www.ahlgrows.com

http://www.agri-cool.com

http://www.77hydro.com

http://www.redpath.com.au

http://www.hydroshop.com.au

http://www.affa.gov.au/taxrefarm/

http://www.blackmaxozone.com.au

http://www.ghvi.co.nz/

http://www.alpinewebservice.com/dealers/323200.html

http://www.acadianseaplants.com

http://www.users.on.net/georgaras

http://www.farmlogix.com/greenhouse.html

http://www.agro.nl/appliedresearch/pbg/wwe2.htm

http://www.seabrightlabs.com

http://www.cres.anu.edu.au/wrfa/links.htm

http://www.citysearch.com.au

http://www.alliesbc.com

http://www.hydro.net.au

http://www.diamondlinghts.com

http://www.americanagritech.com

http://www.tradepage.co.za/foddercon/

http://www.caiw.nl/~gwever/index_E.html

http://www.ussoiless.com/index.html

http://www.getfit.com.au

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

http://www.eurohydrocom/

http://www.gardenguides.com

http://www.tamarakitchen.com.au

http://www.home.aone.net.au/rap/

http://www.fungi.com/

http://archimedes.galilei.com/raiarlhisthydr.html

http://www.hydroyear.com.au

http://www.hannainst.com

http://www.faxall.com.au/croft

http://www.gks.com/cocc/manual/cocctoc.html

http://www.simpleshed.com

http://www.harford-greenhouses.com

http://www.johima.com.au

http://www.nzhydroponics.com

http://www.geocities.com/brysonoog/

annabahydroponics.html

http://www.atlantishydoponics.com/

http://www.bchothouse.com

http://www.superthrive.com

http://www.solsun.com

http://www.totallytomato.com

http://www.agragex.es

http://www.hydroponics.co.nz/index.html

http://www.hydromerchants.org

http://www.garden-greenhouse.com/main.html

http://www.highlanderweb.co.uk

http://www.homegerrnhouse.com/htm/sunmonkey.html

http://www.lightbulbcenter.com

http://www.temnet.com/~snomo/~mylarhome.html

http://www.philmac.com

http://www.netafim.com.au

http://www.ican.net/~greefld

http://strategis.ic.gc.ca

http://cadvision/special/NFO.HTM

http://www.accenthydroponics.com/

http://www.britelite-hydroponix.com

http://www.onthenet.com.au/~etgrowoz

http://www.hydro.co.nz

http://www.sunlightsupply.com

http://www.hortman.co.nz

http://www.ameritech.net/users/storm8/global.htm

http://www.h2o2.com

http://humboldtl.com/~water/course.com

http://192.41.33.193/waterasn/index.html

http://www.cals.cornell.edu/dept/flori/growon/index.html

http://www.glasshouseworks.com

http://www.ccs.ncsu.edu/depts/hort/hil/hil-33.html

http://www.usu.edu/~cpl/hydropon.html

http://www.acfplugs.com

http://www.garden-greenhouse.com

http://www.veg.org/veg

http://www.powernet.net/~chilehed/

http://www.supernet.net/~dpsc

http://www.genhydro.com

http://www.cbs.nl/englkfig/iib0005w.htm

http://res.agr.ca/harrow/hreghar.htm

http://ag.arizona.edu/hydroponictomatoes

http://www.alphalink.com.au/~omega

http://quantumponics.iinet.net.au

http://www.np.ac.sg/~csk/sssc.htm

http://www.freeyellow.com/members/olive/index.htm

http://www.aeroponics.com/index.htm

http://www.usit.net/hp/bionet/reference/BICONETRIC.htm

http://turnergreenhouses.com/index.html

http://www.abc.net.au/quantum

http://www.mindspring.com/~kes

http://www.amiadusa.com/

http://www.maghillpress.com

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

http://www.herbsaustralia.com.au

http://www.orbitworld.net/hga

http://www.hahnslighting.com

http://www.growitgreenhouses.com

http://www.aquariustech.com.au

http://www.hydroponicsusa.com

http://www.hill-labs.com

http://www.benemite.com

http://www.australis.com.au

http://www.ozemail.com.au/~romerja

http://www.cougar.uwaterloo.ca/orchids.html

http://www.aquaponics.com/hydroinfo.html

http://www.gardeningindoors.com/

http://www.130.194.180.26/Antarctica/hydropon.htm

http://www.ozemail.com.au/~cjparker

http://www.uvta.com.au

http://www.equinoxnurserg.com/index.htm

http://www.solar-salad.com/

http://www.bioponic.com/technology.html

http://www.onthenet.com.au/~%7Eetgrowoz/

http://www.midcoast.com.au/users/fodderpr/fodderpr.html

http://www.richel.fr

http://www.members.aol.com/asifoglasi

http://www.oasisgrower.com

http://www.geerlofs.com

http://www.ukexnet.co.uk/hort/hotbox

http://www.bloomauction.com

http://www.readytogrow.com

http://www.sydneymarkets.com.au

http://www.abc.net.au/landline

http://www.biologictech.com

http://www.sonicbloom.com/

http://www.ornamentaledibles.com/startupkit.html

http://www.nzero.co.nz/hydropon/

http://www.gldnet.com.au/acs/hort

http://www.agnec.org/mtg/1997.html

http://www.ipm.ucdavis.edu/PMG/selectnewpest.lettuce.html

http://www.jamm.com/strawberrh/harvests.html

http://www.homegreenhouse.com

http://www.gtghydroponics.com

http://www.ionode.com.au/

http://www.todaymarket.com

http:.//www.hortilux.com

http://www.siol-free.com

http://www.totaleden.com

http://www.AsgrowVeg.com

http://www.aaagreenguide.com

http://www.flowerweb.nl/flowertradeshow

http://www.imslabels.com

http://www.croplink.co.nz

http://www.greengrocer.com.au

http://www.dole5ada.com/cool_stuff/lettuce_menu.html

http://www.sgs_hydroponic.com

http://www.netti.fi/~jj/ammi/sun.html

http://www.carbon.org/hydro/book/aquaculture/egypt/htm

http://www.argus-carbontrols.com

http://www.orst.edu/Dept/NWREC/vegindex.html

http://lpl.arizona.edu/~bcohen/cucumbers/info.html

http://shoal.net.au/~doorstep/farm.html

http://www.sydneymarkets.com.au

http://www.abc.net.au/landline

http://www.keeracom.com/

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายชื่อผู้ประกอบการ สถานประกอบการ และร้านค้าที่จำหน่ายวัสดุ อุปกรณ์ ระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Soilless culture) ในประเทศไทย

ชื่อหน่วยงาน	ที่อยู่	เบอร์โทรฯติดต่อ	ประเภทสินค้า
หน่วยงานเอกชน			
Grow Master Hydroponics	25 หมู่บ้าน สินธร อ่อนนุช 5 ถ. อ่อนนุช แขวงลาดกระบัง กรุงเทพฯ	-	ผลผลิตสด
บริษัท จีพีเทคโนโลยี จำกัด*	กรุงเทพฯ	-	ผลผลิตสด
บริษัท พืชผักอนามัย จำกัด		(034)311893,321249 fax 036-613490	ผลผลิตสด (แตงแคนตาลูป)
บริษัท แม่กลองพืชผัก	168 ม.6 ต.บางแก้ว อ.เมือง จ.สมุทรสงคราม	(034)716752-3	
ล้านนา โอเรียลตัล ไฮโดรโพนิค*	จ.เชียงใหม่	-	ผลผลิตสด
สวนครัว "รสไท"	59 หมู่ 7 ถ.รามอินทรา กม.11 แขวงคันนายาว เขต คันนายาว กรุงเทพฯ	(02) 918-0850	ผลผลิตสด
ฮอร์ทเทคฟาร์ม*	จ. ลำพูน	-	ผลผลิตสด
Accent Hydroponics 1997 (Thailand) Co, LTD	109/33 ถ.ลาดพร้าว ซอย 18 แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900	(662)5124671,9731444-5 fax(662) 9731445	ผลผลิตสด + วัสดุ-อุปกรณ์
Fresh Garden Hydroponics Center	84/3 หมู่ 8 ถ. สุขสวัสดิ์ ต.บางครุ อ.พระประแดง จ. สมุทรปราการ 10130	(02)8191907-8 fax(02)4630985,4634477	ผลผลิตสด + วัสดุ-อุปกรณ์
กรีน ไลฟ เซ็นเตอร์	ศรีนครินทร์ มาร์เก็ต เซ็นเตอร์ ถ. ศรีนครินทร์ เขต ประเวศ กรุงเทพฯ	(02)748-2939-40 fax (02)7482940	ผลผลิตสด + วัสดุ-อุปกรณ์
บริษัท เอ ซี อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด	933 ถ.อ่อนนุช แขวง สวนหลวง เขต สวนหลวง กรุงเทพฯ 10250	(02) 333-1123-8 fax (02) 333-1124	วัสดุ-อุปกรณ์

D:\เอกสารวิชาการส่วนพืชสวน\พืชสวน.doc

ชื่อหน่วยงาน	ที่อยู่	เบอร์โทรศัพท์ติดต่อ	ประเภทสินค้า
บริษัท กรีนแนท จำกัด	76/278 หมู่ 6 ซ.ติวานนท์ 38 ถ. ติวานนท์ ต. ท่าทราย อ.เมือง จ.นนทบุรี 11000	(02) 968-6557-8,5915171 fax (02)5915172	โรงเรือนปลูกพืช และมุ้ง ตาข่าย
บริษัท เกษตรค้าส่ง	-	(02) 6185250-1	ถ้วยเพาะชำ
บริษัท พีรมาเทค จำกัด	39/2 หมู่ 6 ถ. บรมราชชนนี แขวงตลิ่งชัน เขต ตลิ่งชัน กรุงเทพฯ 10170	(02) 8807620-7 fax(02) 433-7166	ชุดน้ำยาทดสอบ เครื่องวัด pH,EC,TDS,DO
บริษัท วี พี พลาสติกไปรดัก (1993)	-	(02) 9630335	รางปลูกพืช
บริษัท หนุมานการเกษตร	137 หมู่ 2 ถ. พหลโยธิน ต. ท่าศาลา อ.เมือง จ.ลพบุรี 15000	(036)412858 (01)9437077 fax (036)613490	เพอร์ไลท์
บริษัท อีเบส จำกัด	142/58/67-69 ถ.ติวานนท์ ต.ท่าทราย อ.เมือง จ.นนทบุรี 11000	(662)5916295-6,5883359 fax (662)5916297	เครื่องฟอกโอโซน chitozan solution
บริษัท Good mark จำกัด	53/171 ม.5 ถ.แจ้งวัฒนะ ต.บางตลาด อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี 11000	(02)5030581,(01)9249928 fax (02)5031068	ปุ๋ยเคมี
Haifa chemicals Thailand	-	Fax(662)6617098	ปุ๋ยเคมี
P.P.M. chemical LTD.,FART	640 หมู่ 16 ถ.เทพารักษ์ ต.บางเสาธง กิ่งอ.บางเสาธง จ.สมุทรปราการ	(02) 706-3690-4 fax (02) 7063694	ปุ๋ยเคมี
บริษัท เคมีราไทย จำกัด	180-184 อาคารศรีกรุงวัฒนา ถ.ราชวงศ์ กรุงเทพฯ 10100	(02)224-5542,225-0200 ต่อ 1110,1112	ปุ๋ยเคมี
บริษัท ชาลีอินดัสตรีส์ จำกัด	18 ซอย 140ศิริรัตน์ ถ.ลาดพร้าว เขตบางกะปิ กรุงเทพฯ 10240	(02)3778668,3781332 fax 3773578,7342453	ปุ๋ยเคมี
บริษัท เวสไก้เคมี จำกัด	-	(02)5399003	ปุ๋ยเคมี

ชื่อหน่วยงาน	ที่อยู่	เบอร์โทร-ติดต่อ	ประเภทสินค้า
บริษัท โปรครอบ	-	(02)5611117	ปุ๋ยเคมี
หน่วยงานราชการ			
คุณ จตุรงค์ จันทร์สีทิศ	ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140	(034)351573 ต่อ 115 (02)579-4720	วิจัย
คุณ เอกสิทธิ์ วัฒนะปรีชานนท์	ผู้อำนวยโครงการหลวงสวนจิตรลดา สำนักพระราชวัง	(02) 282-3504 (01)4010736	วิจัย
คุณ สมชาย เขียวเดง	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย หมู่7 ต.แม่แรม อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่ 50180	(01)9809495 (01) 2243318	วิจัย + ผลิตสด
ศ.ดร. วัฒนา เสถียรสวัสดิ์	บริษัท ที เอ บี วิจัย และพัฒนา จำกัด จ.นครปฐม	(01) 2396831 (01) 4922472	วิจัย
รศ.ดิเรก ทองอร่าม	สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี 11120	(02) 503-3577 fax(02)503-3578	วิจัย
ผศ.กระวาน วัฒนปรีชานนท์	ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 124 ซ. ลาดพร้าว81 ถ.ลาดพร้าว เขตวังทองหลาง กรุงเทพฯ 10310	(02) 218-5485-6 fax (02)252-8979	วิจัย
ผศ.นภดล เรียบเลิศหิรัญ	ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 20/519 ม.วรารักษ์ ถ.เสียบคลองสอง แขวงสามวาตะวันตก เขตคลองสามวา กรุงเทพฯ 10510	(02) 579-4124 fax (02)940-5627	วิจัย
นาย จตุรงค์ จันทร์สีทิศ	ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	-	วิจัย

ชื่อหน่วยงาน	ที่อยู่	เบอร์โทรศัพท์ติดต่อ	ประเภทสินค้า
ผศ. ถนิมนันท์ เจนอักษร	ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง ถ.ฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520	(02) 326-6139 fax(02) 326-9979	วิจัย
รศ. อิทธิสุนทร นันทกิจ	ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง ถ.ฉลองกรุง เขต ลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520	(02) 326-6137 fax(02) 326-9977	วิจัย
อาจารย์ พรหมมาศ คูเกาะญจน์	ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง ถ.ฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520	(02) 326-6139 fax(02) 326-9979	วิจัย
อาจารย์ อารักษ์ ธีรอำพน	สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000	(044)224358,224152-3 fax(044)224150	วิจัย

หมายเหตุ * ต้องการทราบรายละเอียดคิดค่อเพิ่มเติม ติดต่อสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI)

สำหรับผู้สนใจระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบประยุกต์ ท่านสามารถซื้อวัสดุอุปกรณ์ จากร้านค้าในท้องถิ่นได้ เช่น รางปลูกที่ใช้กระเบื้องมุงหลังคา เหล็กฉาก เหล็กโครงสร้าง ท่อพีวีซี (ร้านวัสดุก่อสร้างต่าง ๆ) แผ่นโฟม (ร้านขายอุปกรณ์เครื่องเขียน) เป็นต้น

ศูนย์บรรณสารและสื่อการศึกษา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี