

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

หลักการและแนวคิด

Hydroponics: Principles and concepts



สุมาลี ชุกำแพง

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

หลักการและแนวคิด

Hydroponics: Principles and concepts

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

หลักการและแนวคิด

Hydroponics: Principles and concepts

สุมาลี ชุกำแพง

 **สำนักพิมพ์**
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2566

320.-

สุมาลี ชุกำแพง

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน : หลักการและแนวคิด / สุมาลี ชุกำแพง

1. การปลูกพืชในน้ำยา. 2. อควาโปนิคส์

631.585

ISBN (e-book) 978-974-03-4246-5

สพจ. 2633



asskunคำวิชาการสู่สังคม
Knowledge to All
www.cupress.chula.ac.th

สิทธิในการผลิตและพิมพ์หนังสือเล่มนี้เป็นของสำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยแต่ผู้เดียว
การผลิตและการลอกเลียนหนังสือเล่มนี้ไม่ว่ารูปแบบใดทั้งสิ้น
ต้องได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากสำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จัดทำโดย สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2566

www.cupress.chula.ac.th [CUB6603-002]

โทร. 0-2218-3562-3

บรรณาธิการอำนวยการ : ศาสตราจารย์ ดร.อรรักษ์ หาญสืบสาย นางอรทัย นันทนาดิษฐ์

กองบรรณาธิการฝ่ายวิชาการ : ศาสตราจารย์กิตติคุณ ดร.ปิยนดา บุนนาค

รองศาสตราจารย์ ดร.พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์

รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ชิษณุ พันธุ์เจริญ

รองศาสตราจารย์ ดร.วิมลวรรณ พิมพ์พันธุ์

ผู้ประสานงาน : วาสนา ชำเซ็น

พิสูจน์อักษร : เพ็ญนภา สำเนียง

ออกแบบปกและรูปเล่ม : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สั่งซื้อได้ที่ ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

<http://www.chulabook.com>

โทร. 08-6323-3703-4

customer@cubook.chula.ac.th, info@cubook.chula.ac.th

Apps: CU-eBook Store

คำนำ

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน หลายคนให้ความสนใจ โดยเฉพาะในกลุ่มคนรักสุขภาพที่ต้องการปลูกพืชเพื่อรับประทานเอง เป็นงานอดิเรก หรือบางคนสนใจเพื่อนำไปใช้ในการสร้างอาชีพและสร้างรายได้ บางคนสนใจเพื่อนำมาใช้เป็นวิธีการศึกษาในงานวิจัยและงานวิชาการ ดังนั้นในการปลูกพืชจึงจำเป็นต้องรู้หลักการและกลไกต่าง ๆ ที่จำเป็นและมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น ปัจจัยในการเจริญเติบโตของพืช บทบาทของน้ำและแร่ธาตุในต้นพืช การลำเลียงน้ำและแร่ธาตุ การสังเคราะห์ด้วยแสง การหายใจ การงอกของเมล็ด เพื่อนำมาปรับใช้ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน นอกจากนี้ยังกล่าวถึงวิธีการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในระดับพื้นฐาน และวิธีการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อให้สามารถนำมาใช้ในการปลูกพืชได้อย่างเหมาะสม รวมถึงตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน และการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินร่วมกับสัตว์น้ำ ซึ่งผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเล่มนี้จะเป็นประโยชน์แก่นักนิสิตนักศึกษาตลอดจนผู้ที่สนใจในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

หนังสือเล่มนี้ส่วนหนึ่งผู้เขียนได้นำมาจากระบบการณ้ทั้งการเรียนในระดับปริญญาโทและปริญญาเอก จากงานวิจัย จากการสอนทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ จากการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม ซึ่งได้รวบรวมและเรียบเรียงไว้เป็นแนวทางให้แก่ผู้ที่สนใจ หากมีข้อผิดพลาดประการใดผู้เขียนยินดีน้อมรับเพื่อนำไปปรับปรุงในโอกาสต่อไป

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณบิดา-มารดา พี่ชายและพี่สาวที่สนับสนุน ช่วยเหลือและคอยเป็นกำลังใจ ผู้เขียนขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.ปิยะดา อีระกุลพิสุทธิ์ รองศาสตราจารย์ ดร.วัฒนา พัฒนากุล และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กระบวน วัฒนปรีชานนท์ ผู้ที่ให้ความรู้และคำแนะนำที่ดีแก่ผู้เขียนมาโดยตลอด ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อโนมา ดงแสนสุข รองศาสตราจารย์ ดร.ชนิดาพร ต้มปีสุวรรณ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลหทัย แวงวาสิต ที่ให้ความอนุเคราะห์ตรวจ ให้คำแนะนำและแก้ไขหนังสือเล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ขอขอบคุณครอบครัวอันเป็นที่รัก รองศาสตราจารย์ ดร.ขวลิต ชูกำแพง นายชวกร ชูกำแพง และ นางสาวชวศา ชูกำแพง ที่มีส่วนในการให้กำลังใจ คอยช่วยเหลือและวาดภาพประกอบในหนังสือเล่มนี้ ขอขอบคุณภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ให้การสนับสนุนการเขียนหนังสือในครั้งนี้ ขอขอบคุณกำลังใจจากเพื่อนร่วมงานภาควิชาชีววิทยา และกัลยาณมิตรทุกท่าน ขอขอบคุณผู้เขียนตำรา นักวิจัยทุกท่านที่ผู้เขียนอ้างอิงในหนังสือ

สุมาลี ชูกำแพง
พฤษภาคม 2566

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทที่ 1 ความหมาย ความเป็นมาและหลักการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน	1
ความหมายของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน	2
ความเป็นมาของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน	4
ข้อดีและข้อเสียของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน	6
หลักการการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน	8
ปัจจัยในการเจริญเติบโตของพืช	10
ปัจจัยเชิงบวก	12
ปัจจัยเชิงลบ	16
บทที่ 2 รูปแบบของการปลูกพืชไม่ใช้ดิน	
รูปแบบของการปลูกพืชไม่ใช้ดิน	23
การปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหาร	25
การปลูกพืชในวัสดุปลูกทดแทนดิน	30
บทที่ 3 บทบาทของน้ำในพืช	39
บทบาทของน้ำที่มีต่อพืช	40
คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำ	40
ค่าชลศักย์ของน้ำ	45
บทบาทของน้ำต่อการปิดเปิดปากใบ	55
น้ำในดินต่อการเจริญเติบโตของพืช	57
บทที่ 4 บทบาทธาตุอาหารพืช	61
ความหมายและชนิดของธาตุอาหารพืช	62
รูปแบบของธาตุอาหารที่พืชนำไปใช้	64
บทบาทของธาตุอาหารพืช	65
บทบาทของธาตุอาหารแต่ละชนิดที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช	67
ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการเตรียมสารละลายธาตุอาหารในการปลูกพืชไม่ใช้ดิน	70
ความเป็นกรด-ด่าง ของสารละลายธาตุอาหาร	70
ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหาร	71
อุณหภูมิของสารละลายธาตุอาหาร	72
การเตรียมสารละลายธาตุอาหารสำหรับปลูกพืชไม่ใช้ดิน	72

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 5 การลำเลียงน้ำและแร่ธาตุ	81
เนื้อเยื่อที่เกี่ยวข้องกับการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุในพืช	82
หลักการเคลื่อนที่ของน้ำ	86
การลำเลียงน้ำในพืช	89
การลำเลียงน้ำในไซเล็ม	91
การคายน้ำของพืช	94
ปัจจัยที่มีผลต่อการคายน้ำ	97
การลำเลียงแร่ธาตุ	99
บทที่ 6 การลำเลียงในโฟลเอ็ม	103
เนื้อเยื่อลำเลียงอาหาร	104
การทดสอบสารที่พบในโฟลเอ็ม	107
การลำเลียงสารอาหารในพืช	108
หลักการในการลำเลียงอาหารของพืช	111
วิธีการลำเลียงอาหารเข้าและออกจากโฟลเอ็ม	112
การขนส่งอาหารเข้าสู่โฟลเอ็ม	113
การขนส่งอาหารออกจากโฟลเอ็ม	116
บทที่ 7 การสังเคราะห์ด้วยแสง	121
เนื้อเยื่อพืชหรือเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง	122
คุณสมบัติของแสง	123
คลอโรพลาสต์	124
ระบบแสง	128
กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง	129
ปฏิกิริยาใช้แสง	131
กระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักร	133
กระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบเป็นวัฏจักร	134
ปฏิกิริยาไม่ใช้แสง	136
พืช C_3	136
พืช C_4	138

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
พืช CAM	139
การหายใจแสง	142
ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง	143
บทที่ 8 การหายใจระดับเซลล์	149
รูปแบบของการหายใจของสิ่งมีชีวิตระดับเซลล์	150
การหายใจแบบใช้ออกซิเจน	150
ขั้นตอนของกระบวนการหายใจแบบใช้ออกซิเจน	151
ไกลโคไลซิส	152
การสร้างอะซิติล โคเอนไซม์ เอ	155
วัฏจักรเครบส์	156
การถ่ายทอดอิเล็กตรอน	158
การหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน	160
วิถีเพนโทสเฟส	162
บทที่ 9 การงอกและการพักตัวของเมล็ด	167
โครงสร้างของเมล็ด	168
ปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด	169
กระบวนการงอกของเมล็ด	173
การพักตัวของเมล็ด	176
สาเหตุการพักตัวของเมล็ด	177
การทำลายการพักตัวของเมล็ด	178
ความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์	181
การทดสอบความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์	183
บทที่ 10 วิธีการปลูกพืชไม่ใช้ดิน	189
การเพาะเมล็ดสำหรับปลูกพืชไม่ใช้ดิน	189
การเพาะเมล็ดในฟองน้ำ	190
การเพาะเมล็ดในวัสดุปลูก	192
การเตรียมสารละลาย	193
การเลือกรูปแบบการปลูกพืช	194

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
การย้ายปลูก	195
การเก็บเกี่ยวพืช	197
ข้อปฏิบัติและข้อควรระวังในการปลูกพืชไม่ใช้ดิน	198
ตัวอย่างการปลูกพืชไม่ใช้ดินสำหรับปลูกในครัวเรือน	198
บทที่ 11 การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเพื่องานวิจัย	203
งานวิจัยที่ศึกษาโดยใช้วิธีการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน	203
ตัวอย่างรูปแบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินสำหรับงานวิจัย	205
ตัวอย่างสูตรอาหารที่ใช้ในงานวิจัย	209
บทที่ 12 การปลูกพืชร่วมกับการเลี้ยงสัตว์น้ำ	219
ความหมายของอควาพอนิกส์	220
ความเป็นมาของอควาพอนิกส์	220
หลักการของอควาพอนิกส์	221
ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในระบบอควาพอนิกส์	223
รูปแบบอควาพอนิกส์	224
แบคทีเรียในระบบอควาพอนิกส์	230
ข้อดีและข้อเสียของระบบอควาพอนิกส์	232
ตัวอย่างการปลูกด้วยระบบอควาพอนิกส์	234
ข้อเสนอแนะในการนำระบบอควาพอนิกส์เพื่อใช้ในชีวิตประจำวัน	235
บรรณานุกรม	238
ดัชนี	

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 ภาพจำลองสวณลอยน้ำของชาวแอซเท็กในเม็กซิโก	4
1.2 องค์ประกอบของดิน ภาพ ก) สัดส่วนองค์ประกอบของดิน และ ภาพ ข) สภาพรากพืชในดิน	9
1.3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาการของพืช	11
1.4 แสงส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาการของพืช	13
1.5 ความเข้มข้นแสงส่งผลต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม	13
2.1 การจำแนกวิธีการปลูกพืชไม่ใช้ดิน	24
2.2 ระบบการปลูกพืชโดยแช่รากพืชในสารละลาย	26
2.3 ระบบการปลูกพืชแบบแผ่นโฟมลอยในสารละลาย	26
2.4 โดยให้สารละลายไหลผ่านรากพืชเป็นฟิล์มบาง ๆ	27
2.5 ระบบการปลูกพืชโดยให้สารละลายธาตุอาหารไหลผ่านรากพืชในระดับลึก	28
2.6 ระบบการปลูกโดยให้สารละลายธาตุอาหารและอากาศไหลวนผ่านรากพืช ในระดับกึ่งน้ำลึกอย่างต่อเนื่อง	28
2.7 ระบบการปลูกพืชโดยให้สารละลายขึ้น-ลง	29
2.8 ระบบการปลูกพืชโดยให้รากลอยอยู่ในอากาศ	29
2.9 เพอร์ไลต์	31
2.10 เวอร์มิคูไลต์	32
2.11 แร่ใยหินหรือร็อควูล	32
2.12 การดัดแปลงรูปแบบการปลูกพืชไม่ใช้ดิน	33
3.1 โมเลกุลของน้ำที่เกิดจากอะตอมของออกซิเจนกับอะตอมของไฮโดรเจน	41
3.2 โมเลกุลของน้ำ ภาพ ก) การจัดเรียงตัวของโมเลกุลของน้ำในขณะที่เป็นของแข็ง ของเหลว และแก๊ส และ ภาพ ข) การเปลี่ยนสถานะของน้ำ	42
3.3 ปฏิกิริยาการเกิดจากแรงดึงดูดของน้ำ ภาพ ก) ลักษณะของหยดน้ำบนใบพืช และ ภาพ ข) การเคลื่อนที่บนผิวน้ำของแมงมุม	43
3.4 แรงดึงดูดของน้ำ เมื่อมีอากาศอยู่ตรงกลางและมีโมเลกุลน้ำล้อมรอบจะมีส่วนโค้ง เป็นทรงกลมเนื่องจากมีแรงดึงดูดตามแนวสัมผัสระหว่างน้ำและอากาศ	44
3.5 น้ำบริสุทธิ์ ในสภาวะปกติ จะมีค่า Y_w สูงที่สุด คือ 0 หากเติมตัวถูกละลาย จะส่งผลทำให้ค่าซลคัลต์ลดลง	46

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.6 ผลจากตัวถูกละลาย ทำให้ค่าชลศกย์เปลี่ยนแปลงและมีผลต่อทิศทางการลำเลียงน้ำ ภาพ ก) ทิศทางการเคลื่อนที่ของน้ำบริสุทธิ์ในสภาวะปกติ และ ภาพ ข) ทิศทาง การเคลื่อนที่ของน้ำเมื่อมีตัวถูกละลาย	47
3.7 ผลจากความดัน ทำให้ค่าชลศกย์เปลี่ยนแปลงและมีผลต่อทิศทางการลำเลียงน้ำ ภาพ ก) ไม่มีแรงดันมาเกี่ยวข้อง ภาพ ข) แรงดึง และ ภาพ ค) แรงดัน	48
3.8 บริเวณรอยต่อระหว่างช่องว่างอากาศและโมเลกุลของน้ำในดิน	49
3.9 ทิศทางการเคลื่อนที่ของน้ำ ภาพ ก) สภาวะปกติ ภาพ ข) มีแรงดัน ภาพ ค) เพิ่มแรงดันมากขึ้น และ ภาพ ง) มีแรงดึง	50
3.10 ทิศทางการลำเลียงน้ำเข้า-ออก จากเซลล์ ในสภาวะที่มีค่าชลศกย์แตกต่างกัน ภาพ ก) เซลล์เต่ง และ ภาพ ข) เซลล์เหี่ยว	51
3.11 การเปลี่ยนแปลงของเซลล์ในสภาวะสมดุล : ตัวอย่างสถานการณ์ที่ 1	51
3.12 การเปลี่ยนแปลงของเซลล์ในสภาวะสมดุล : ตัวอย่างสถานการณ์ที่ 2	52
3.13 ทิศทางการเคลื่อนที่ของน้ำและการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ในสภาวะ hypotonic isotonic และ hypertonic	53
3.14 หลักการทำงานของเครื่อง pressure bomb หรือ pressure chamber	54
3.15 ผลของค่าชลศกย์ต่อการเจริญเติบโตของพืชในสภาวะที่นอกเซลล์ มีตัวถูกละลายมากจะทำให้พืชสูญเสียน้ำและเหี่ยวเฉา	55
3.16 การเปิด-ปิด ของปากใบ ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope; SEM)	55
3.17 กลไกการเปิด-ปิด ของปากใบ ภาพ ก) การแพร่เข้า-ออกของสารโพแทสเซียม บริเวณปากใบ และ ภาพ ข) เซลล์ลูโลสไมโครไฟบริลบริเวณปากใบ	56
3.18 ปริมาณน้ำในแวคิวโอลของเซลล์คุมเมื่อปากใบเปิด-ปิด	57
3.19 ลักษณะของน้ำในดินต่อการเจริญเติบโตของพืช ภาพ ก) สัดส่วนของดิน น้ำ และอากาศและ ภาพ ข) สภาพของดินและผลต่อการเจริญเติบโตของพืช	58
4.1 การจัดกลุ่มธาตุอาหารตามความต้องการของพืช	62
4.2 ธาตุอาหาร ภาพ ก) การเคลื่อนย้ายธาตุอาหารไปใช้ในพืช และ ภาพ ข) บริเวณที่พืชแสดงอาการเมื่อขาดธาตุอาหาร	65
4.3 ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน จะเป็นตัวควบคุมความมากมายของธาตุอาหาร ที่จะละลายออกมาอยู่ในน้ำในดิน	71

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
5.1 ทิศทางการลำเลียงในต้นพืช	82
5.2 เนื้อเยื่อลำเลียง (vascular tissue)	83
5.3 เนื้อเยื่อลำเลียง (vascular tissue) ภาพ ก) ลักษณะรูปร่างของเทรคีดและเวสเซล และ ภาพ ข) ภาพเวสเซลจากกล้องจุลทรรศน์	84
5.4 ลักษณะรูปร่างของเวสเซล	85
5.5 การลำเลียงน้ำในเวสเซล ภาพ ก) ในเวสเซลจะมีแผ่นตะแกรง (perforation plate) กันฟองอากาศไว้ และ ภาพ ข) น้ำจะเคลื่อนที่ทางรูผนังท่อไซเล็ม (pit) ออกสู่เซลล์ข้างเคียง	85
5.6 เปรียบเทียบลักษณะการลำเลียงน้ำเมื่อเกิดฟองอากาศในเวสเซลและเทรคีด	86
5.7 หลักการแพร่	87
5.8 กระบวนการออสโมซิส	88
5.9 กระบวนการออสโมซิส (osmosis) ในการทดลอง	88
5.10 การเคลื่อนที่แบบการไหลของมวลสาร	89
5.11 ลำดับการลำเลียงน้ำในพืช	90
5.12 การเคลื่อนที่ของน้ำในดินเข้าสู่ราก ภาพ ก) อะโพพลาสต์ ซิมพลาสต์ และ ทรานส์เมมเบรน และ ภาพ ข) แอבקสพาราเรียน ในเซลล์บริเวณเอนโดเดอร์มิส	91
5.13 แรงดันราก ภาพ ก) เมื่อตัดโคนต้นจะเห็นน้ำปริมาตรบริเวณไซเล็ม และ ภาพ ข) การวัดแรงดันรากในพืช โดยใช้มาโนมิเตอร์	92
5.14 ปรากฏการณ์ที่เกิดจากแรงดันราก ภาพ ก) การเกิดกัตเตชัน (guttation) และ ภาพ ข) บริเวณไฮดาโทด (hydathodes) ของหญ้า	92
5.15 แรงแคปิลลารี	94
5.16 การลำเลียงน้ำบริเวณต่าง ๆ จากดิน ต้นพืช ออกสู่บรรยากาศ	95
5.17 ปากใบบริเวณที่มีการคายน้ำ	96
5.18 การคายน้ำของพืช	96
5.19 การวัดอัตราการคายน้ำของพืช	98
5.20 ลำเลียงแบบไม่ใช้พลังงาน	99
5.21 ลำเลียงแบบใช้พลังงาน	100
6.1 เนื้อเยื่อลำเลียงอาหาร ภาพ ก) ซีฟทีว็บ์เมมเบอร์และคอมพานีเยนเซลล์ และ ภาพ ข) ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	104

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
6.2 คอมพานีเยนเซลล์ (companion cell) ภาพ ก) ordinary companion cell ภาพ ข) transfer cell และ ภาพ ค) intermediary cell	105
6.3 การซ่อมแซมบาดแผลของ callose ภาพ ก) บริเวณ sieve plate เกิดบาดแผล และ ภาพ ข) callose ซ่อมแซมบาดแผล	106
6.4 ลักษณะของเหลวที่ไหลออกทางก้นของเพลี่ยอ่อน	107
6.5 น้ำตาลที่พบในโพลีเอม	108
6.6 ลักษณะเปลือกของต้นไม้ ภาพ ก) ลักษณะเปลือกของต้นไม้เหี่ยวรอยควั่น ภาพ และ ข) เนื้อเยื่อบริเวณลำต้น	109
6.7 การลำเลียงอาหารในพืชจากแหล่งสร้างอาหาร (source cell) ไปยังแหล่งรับอาหาร (sink cell)	110
6.8 การลำเลียงอาหารในพืช	111
6.9 การศึกษาการลำเลียงอาหารในพืช ภาพ ก) สภาวะปกติ และ ภาพ ข) ตัดใบบางตำแหน่งทิ้ง	112
6.10 รูปแบบการลำเลียงในโพลีเอม ภาพ ก) พืชลำเลียงน้ำตาลซูโครสโดยใช้เส้นทางซิมพลาสต์ และ ภาพ ข) พืชลำเลียงน้ำตาลซูโครสโดยใช้เส้นทางอะโพพลาสต์	113
6.11 การลำเลียงในโพลีเอม โดยใช้วิธีการลำเลียงแบบใช้พลังงาน (active transport) และ วิธีการลำเลียงแบบไม่ใช้พลังงาน (passive transport)	114
6.12 การลำเลียงในโพลีเอมโดยอาศัยวิธีการลำเลียงแบบใช้พลังงาน ภาพ ก) การลำเลียง ซูโครสเข้าสู่ไซโฟลล์ ภาพ ข) รูปแบบในการลำเลียง และ ภาพ ค) การใช้พลังงาน	115
6.13 การลำเลียงในโพลีเอมโดยอาศัยวิธีการลำเลียงแบบไม่ใช้พลังงาน	116
6.14 การขนส่งอาหารออกจากโพลีเอม (phloem unloading) ภาพ ก) symplastic phloem loading และ ภาพ ข) apoplastic phloem loading	117
7.1 กระบวนการเมแทบอลิซึม (metabolism)	122
7.2 บริเวณเนื้อเยื่อที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช	123
7.3 สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	124
7.4 คลอโรพลาสต์ ภาพ ก) เนื้อเยื่อพืชและตำแหน่งของคลอโรพลาสต์ ภาพ ข) โครงสร้าง ของคลอโรพลาสต์ และ ภาพ ค) บริเวณเยื่อหุ้มไทลาคอยด์	125
7.5 รังควัตถุแต่ละชนิดดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นที่แตกต่างกัน	126

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
7.6 คลอโรฟิลล์ เอ และคลอโรฟิลล์ บี ภาพ ก) โครงสร้างโมเลกุล และ ภาพ ข) การดูดกลืนแสง	126
7.7 รงควัตถุ ภาพ ก) แคโรทีนอยด์ และ ภาพ ข) ไฟโคบิลิน	127
7.8 ระบบแสง	128
7.9 หน่วยรับพลังงาน	129
7.10 สมการการสังเคราะห์ด้วยแสง	129
7.11 ก๊าซออกซิเจนที่เกิดจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงในพืชน้ำ สกุล <i>Elodea</i>	130
7.12 ปฏิกริยาการสังเคราะห์ด้วยแสง	130
7.13 การแตกตัวของน้ำในปฏิกิริยาใช้แสงในการสังเคราะห์ด้วยแสงและการไหลของอิเล็กตรอนในปฏิกิริยาใช้แสงในการสังเคราะห์ด้วยแสง	131
7.14 กลไกการขับเคลื่อนโปรตอนเพื่อสร้าง ATP	132
7.15 โครงสร้างและกลไกการทำงานของเอนไซม์ ATP synthase	133
7.16 กระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนของการสังเคราะห์ด้วยแสงหรือการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในไทลาคอยด์เมมเบรน	133
7.17 ปฏิกริยา Non cyclic photophosphorylation	134
7.18 ปฏิกริยา cyclic photophosphorylation	135
7.19 วัฏจักรคัลวิน	136
7.20 การสร้างน้ำตาลกลูโคสจากวัฏจักรคัลวิน	137
7.21 พืช C_4 pathway	138
7.22 พืช C_4 ภาพ ก) บริเวณเนื้อเยื่อใบพืชที่เกี่ยวข้องกับ C_4 pathway และ ภาพ ข) ลักษณะเนื้อเยื่อใบที่แตกต่างกันของพืช C_3 และ C_4	139
7.23 พืช CAM pathway	140
7.24 การเปรียบเทียบการสังเคราะห์ด้วยแสงและหายใจแสงของพืช	142
7.25 การหายใจแสงของพืช	143
7.26 ผลของความเข้มแสงต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช	143
7.27 ผลของอุณหภูมิต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช	144
7.28 ผลของอุณหภูมิต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช	144
8.1 การเกิดพลังงานจากกระบวนการหายใจ	150
8.2 สารตั้งต้นในกระบวนการหายใจ	151

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
8.3 ขั้นตอนของกระบวนการหายใจและบริเวณที่เกิดปฏิกิริยา	152
8.4 ขั้นตอนของไกลโคไลซิสโดยภาพรวม	152
8.5 ขั้นตอนของกระบวนการไกลโคไลซิส ช่วงที่ 1	153
8.6 ขั้นตอนของกระบวนการไกลโคไลซิส ช่วงที่ 2	155
8.7 กระบวนการสร้างอะซิติล โคเอนไซม์ เอ	156
8.8 วัฏจักรเครบส์	157
8.9 ผลผลิตของวัฏจักรเครบส์	158
8.10 การถ่ายทอดอิเล็กตรอน	159
8.11 พลังงานที่เกิดจากการสลายน้ำตาลกลูโคส	160
8.12 การหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน	161
8.13 วิถีเพนโทสฟอสเฟต	162
8.14 จำนวนคาร์บอนที่เปลี่ยนแปลง	163
8.15 กระบวนการ pentose phosphate pathway	164
9.1 โครงสร้างของเมล็ดพืช ภาพ ก) พืชใบเลี้ยงเดี่ยว และ ภาพ ข) พืชใบเลี้ยงคู่	169
9.2 กระบวนการงอกของเมล็ด	173
9.3 การงอกของเมล็ดข้าวบาร์เลย์ (จากภาพ N = nucleus, PSV = protein storage vesicles, และ G = phytin globoid) ภาพ ก) กลไกการงอก ภาพ ข) เซลล์อะลิวโรน (aleurone) ภาพ ค) protein storage vesicles และ ภาพ ง) phytin globoid และ protein storage vesicles	175
9.4 การพักตัวของเมล็ด	176
9.5 ปฏิกิริยาทางเคมีของการเปลี่ยนแปลงของสารละลาย 2,3,5-triphenyl tetrazolium chloride	184
10.1 ฟองน้ำสำหรับเพาะเมล็ด ภาพ ก) ฟองน้ำสำหรับเพาะเมล็ดสำเร็จรูป และ ภาพ ข) ฟองน้ำที่ขายตามท้องตลาดทั่วไป	190
10.2 การเตรียมฟองน้ำสำหรับเพาะเมล็ด โดยการกรีดเป็นช่อง	191
10.3 การกรีดตรงกลางในแต่ละช่อง เพื่อเป็นหลุมสำหรับหยอดเมล็ด	191
10.4 การหยอดเมล็ด	192
10.5 ถาดสำหรับเพาะเมล็ด ภาพ ก) ชนิดบาง และ ภาพ ข) ชนิดหนา	193
10.6 การเตรียมต้นกล้าสำหรับย้ายปลูก	195

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
10.7 การเขี่ยรากต้นกล้าให้อยู่แนวตั้งก่อนย้ายปลูก	196
10.8 การเติมฟองอากาศให้กับรากพืช ภาพ ก) นำท่อใส่ด้านบนกล่องโฟม และ ภาพ ข) ลักษณะฟองอากาศในสารละลาย	196
10.9 การเจาะรูบนแผ่นโฟมสำหรับปลูกพืช	197
10.10 ชุดอุปกรณ์สำเร็จรูป	198
10.11 การปลูกพืชไม่ใช้ดินโดยใช้อุปกรณ์อย่างง่าย	199
10.12 การปลูกในชุดอุปกรณ์สำเร็จรูป ในระบบน้ำไหลผ่าน ภาพ ก) ปลูกแนวตั้ง และ ภาพ ข) ปลูกแนวนอน	199
10.13 การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินโดยใช้แผ่นโฟมลอยบนสารละลาย	200
10.14 การปลูกพืชไม่ใช้ดินแบบประยุกต์	200
11.1 การปลูกพืชเพื่อเปรียบเทียบผลของธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของพืช	204
11.2 การปลูกพืชในขวดรูปชมพู่	206
11.3 การปลูกพืชในถังพลาสติก ภาพ ก) และ ภาพ ข) พืชระยะต้นกล้า ภาพ ค) และ ภาพ ง) ต้นและรากพืชในการปลูกในถังพลาสติก	206
11.4 การปลูกข้าวในถังพลาสติก ภาพ ก) ระยะต้นกล้า และ ภาพ ข) ระยะต้นโต	207
11.5 การปลูกพืชในกล่องโฟม	208
11.6 การปลูกพืชในวัสดุปลูกสำหรับต้นไม้ที่มีขนาดใหญ่ ภาพ ก) ปลูกในวัสดุปลูก และ ภาพ ข) ปลูกโดยให้สารละลายไหลผ่านราก	209
12.1 ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตในระบบอควาพอนิกส์	223
12.2 ปัจจัยต่าง ๆ ในระบบอควาพอนิกส์	224
12.3 ระบบอควาพอนิกส์ขนาดเล็ก	225
12.4 ระบบอควาพอนิกส์ขนาดใหญ่	226
12.5 ระบบอควาพอนิกส์ที่บ่อเลี้ยงปลาสูงกว่าบริเวณที่ปลูกพืช	228
12.6 ระบบอควาพอนิกส์ที่บ่อเลี้ยงและบริเวณที่ปลูกพืชอยู่ระดับเดียวกัน	229
12.7 ระบบอควาพอนิกส์โดยปลูกพืชในวัสดุปลูก	229
12.8 ระบบอควาพอนิกส์โดยปลูกพืชไฮโดรพอนิกส์แบบ ภาพ ก) ระบบปลูกแบบรากพืช แช่ในน้ำลึก และ ภาพ ข) ระบบน้ำไหลผ่านรากพืชเป็นฟิล์มบาง ๆ	230
12.9 กระบวนการไนตริฟิเคชัน และกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน	231
12.10 ภาพตัวอย่างการปลูกด้วยระบบอควาพอนิกส์ในรูปแบบต่าง ๆ	234

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ปริมาณออกซิเจนในน้ำมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิของน้ำ	15
4.1 ปริมาณธาตุอาหารที่พืชต้องการ	64
4.2 การจัดกลุ่มของธาตุอาหารพืชตามบทบาทและหน้าที่	66-67
4.3 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของพืชแต่ละชนิด	72
4.4 ร้อยละของปริมาณธาตุอาหารของสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมสารละลายสำหรับปลูกพืช	73
4.5 ระดับปริมาณสารเคมีในสารละลายสำหรับปลูกพืช	74
4.6 เปรียบเทียบสัดส่วนปริมาณธาตุอาหารที่แตกต่างกันในอาหารแต่ละสูตร	75
4.7 ปริมาณธาตุอาหารที่พืชแต่ละชนิดต้องการ	76
4.8 เปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารสูตรอาหารของ Sonneveld and Straver สำหรับปลูกแตงกวาและมะเขือเทศ	76
5.1 ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity; RH) ที่อุณหภูมิ 20°C	97
7.1 เปรียบเทียบความแตกต่างของกระบวนการ non cyclic photophosphorylation และ กระบวนการ cyclic photophosphorylation	135
7.2 เปรียบเทียบข้อแตกต่างของพืช C ₃ C ₄ และ CAM	141
8.1 พลังงานที่เกิดจากการสลายน้ำตาลกลูโคส	159
8.2 เปรียบเทียบการหายใจแบบใช้ออกซิเจนและการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน	161
9.1 อุณหภูมิระดับต่าง ๆ ที่เมล็ดพืชชนิดต่าง ๆ สามารถงอกได้	171
9.2 เมล็ดที่ต้องการ และไม่ต้องการแสงสำหรับการงอก	172
9.3 สาเหตุการพักตัวและการทำลายการพักตัวของเมล็ด	181
10.1 ปริมาณธาตุอาหารในสารละลายธาตุอาหารสำหรับปลูกพืชไม่ใช้ดิน	194
11.1 สูตรการเตรียมสารละลายของ Hoagland and Arnon	210
11.2 ปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมสารละลายเข้มข้นในการปลูกพืช 100 ลิตร	211
11.3 การเตรียมสารละลาย Micronutrient ในสารละลาย 1 ลิตร	211
11.4 การเตรียมสารละลาย Fe-EDTA ในสารละลาย 1 ลิตร	211
11.5 ปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมสารละลายเข้มข้นในการปลูกพืช	212
11.6 การเตรียมสารละลาย 360 ลิตร จาก stock solution	213

รายการสัญลักษณ์และคำย่อ

ABA = abscisic acid

APS = aquaponics

CAM = Crassulacean Acid Metabolism

DFT = Deep Flow Technique

DRFT = Dynamic Root Floating Technique

dS/m = DeciSiemens per meter

DWC = Deep Water Culture

EC = electrical conductivity

FAO = Food and Agriculture Organization of the United Nations

G = phytin globoid

GA = gibberellin

GADA = glutamic acid decarboxylase activity

MPa = megapascal

mS/cm = milliSiemens per centimeter

N = nucleus

NFT = Nutrient Film Technique

OAA = oxaloacetate

OP = osmotic pressure

PAR = photosynthetically active radiation

PCO = Photosynthetic carbon oxidation

PEP = phosphoenolpyruvate

PS = photosystem

PSV = protein storage vesicles

RuBP = Ribulose-1,5- biphosphate

SEM = Scanning electron microscope

SRB = sulfate reducing bacteria

TZ = tetrazolium

WUE = Water Use Efficiency

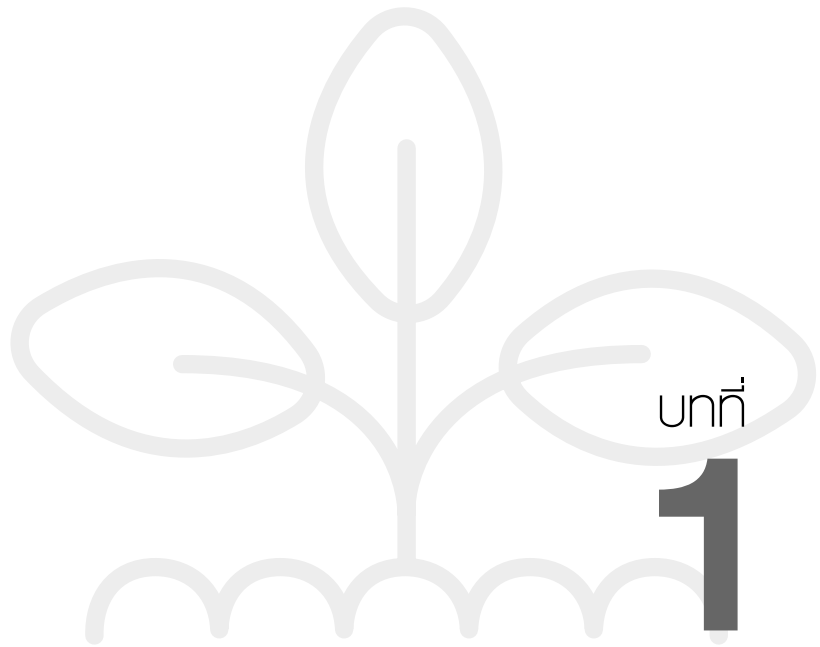
Ψ_g = gravity potential

Ψ_m = matric potential

Ψ_p = pressure potential

Ψ_s = osmotic potential

Ψ_w = water potential



ความหมาย ความเป็นมาและหลักการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

Introduction: Meaning, background and principles of soilless culture

.....

ในโลกปัจจุบันเป็นยุคที่ทุกคนหันมาใส่ใจในเรื่องสุขภาพ ซึ่งแหล่งอาหารก็มีความสำคัญต่อสุขภาพอย่างยิ่ง เนื่องจากพืชผักที่ซื้อมาเพื่อบริโภคในบางครั้งอาจจะมีสารพิษ ยาปราบศัตรูพืช ยากำจัดวัชพืช โรคพืช เชื้อปน ดังนั้นหลายคนจึงหันมาสนใจในการปลูกพืชผักในครัวเรือนไว้รับประทานเอง สำหรับบางคนอาจจะกำลังมองหาอาชีพเสริมหรืออาชีพหลัก ระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเป็นอีกรูปแบบหนึ่งในการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรให้พอเพียงต่อความต้องการอาหารสุขภาพที่เพิ่มสูงขึ้นและปัจจุบันมีข้อจำกัดในพื้นที่เพาะปลูกมากขึ้นด้วย การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเป็นเทคโนโลยีการผลิตพืชที่ต้องการธาตุอาหารพืชในระบบปลูกให้มีประสิทธิภาพ โดยไม่ใช้ดินในการเพาะปลูก (คลินิกเทคโนโลยีสถาบันเทคโนโลยีเกษตร, 2556) ดังนั้นการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้สนใจ ซึ่งเป็นแนวทางในการสร้างอาชีพได้ในอนาคต การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน มักจะคุ้นเคยกับคำในภาษาไทย เช่น การปลูกพืชไร้ดิน การปลูกพืชในน้ำ การปลูกพืชในสารละลาย ฯลฯ ส่วนภาษาอังกฤษก็มักจะใช้หลายคำ เช่น hydroponic, aqua (water) culture, hydroculture, nutriculture, soilless culture, soilless

.....

agriculture, tank farming หรือ chemical culture ดังนั้นเพื่อให้เข้าใจตรงกัน หนังสือเล่มนี้จึงขอใช้คำว่า การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (soilless culture) ซึ่งจะแบ่งรูปแบบการปลูกออกเป็นหลายวิธีและใช้คำศัพท์ที่แตกต่างกัน ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป

ในบางประเทศ มีฤดูกาลที่สภาวะอากาศไม่เหมาะสมต่อการปลูกพืช เช่น ในช่วงฤดูหนาวมีอากาศหนาวเย็นเกินไปจึงไม่เหมาะแก่การเพาะปลูก ทำให้ขาดแคลนผักและผลไม้ อีกทั้งยังพบว่าพืชผักบางชนิดมีราคาสูงมากในช่วงฤดูกาลดังกล่าว ดังนั้นผู้คนจึงนิยมปลูกพืชไว้รับประทานเองโดยปลูกไว้ในบ้านหรือสร้างเป็นโรงเรือนขนาดเล็กภายในบริเวณบ้าน หรือบางคนปลูกพืชไว้ขายเป็นธุรกิจและอาชีพ การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินจึงเข้ามามีบทบาทมากขึ้น เนื่องจากเป็นวิธีการปลูกพืชที่ง่ายในการดูแล เหมาะกับวิถีชีวิตกับคนในสมัยปัจจุบัน อีกทั้งยังสามารถควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ในการปลูกพืชได้ด้วยในพื้นที่บางพื้นที่ที่มีข้อจำกัดหรือมีพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมต่อการปลูก เช่น ต้องการปลูกพืชในบ้านที่มีพื้นที่น้อยหรือมีขนาดพื้นที่มากพอที่จะสามารถทำการเพาะปลูกได้แต่สภาพดินไม่เหมาะสมต่อการปลูกพืช เช่น พื้นดินแห้งแล้ง พื้นที่ทุรกันดาร ดินเป็นด่างหรือเป็นกรดมากเกินไป ทำให้ปลูกพืชแล้วได้ผลผลิตต่ำ ไม่คุ้มกับการลงทุน ดังนั้นจึงทำให้เกษตรกรหันมาสนใจในการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินมากขึ้น เพื่อแก้ปัญหาสถานะต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาแล้ว การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน จำเป็นต้องใช้สารเคมีในการเตรียมสารละลายให้กับพืช ทำให้หลายคนมักจะมีความกังวลในเรื่องสารตกค้างภายในพืชว่าจะเกิดอันตรายต่อมนุษย์หรือไม่ ซึ่งโดยทั่วไปสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมสารละลายในการปลูกพืชจะเป็นสารเคมีในรูปสารอนินทรีย์ ซึ่งสารเคมีเหล่านั้นพืชสามารถดูดซึมไปใช้ได้และเปลี่ยนรูปจากสารอนินทรีย์ให้กลายเป็นสารอินทรีย์ ดังนั้นหากใช้ในปริมาณที่เหมาะสมกับพืชจะไม่เกิดการตกค้างและไม่เป็นอันตรายแก่ผู้บริโภค ส่วนสารเคมีตกค้างที่มักจะเป็นข่าวว่าตรวจพบในพืชผักที่ปลูกโดยวิธีนี้ส่วนมากจะเป็นสารในกลุ่มยาฆ่าแมลงที่เกษตรกรนำมาใช้

การที่พืชจะเจริญเติบโตได้โดยการปลูกพืชไม่ใช้ดินต้องเกี่ยวข้องกับปัจจัยหลายประการคล้ายกับการปลูกพืชในดินโดยทั่วไปรวมถึงกลไกต่าง ๆ ภายในต้นพืชเพื่อที่จะทำให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้ เช่น กลไกการงอกของเมล็ด การลำเลียงน้ำ แร่ธาตุและอาหารซึ่งเกิดขึ้นในไซเล็มและโฟลเอ็ม การสังเคราะห์ด้วยแสง และการหายใจของพืช ดังนั้นเมื่อเราปลูกพืชไม่ว่าจะด้วยวิธีการใดก็ตาม เราควรจะเรียนรู้ถึงปัจจัยและกลไกต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชด้วย

ความหมายของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

ชิตี ศรีตันทิพย์ (2553) กล่าวว่า การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (soilless culture) คือ การปลูกพืชน้ำที่มีสารละลายธาตุอาหารพืชและการปลูกพืชในวัสดุที่ไม่ใช้ดิน

ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ (2544) กล่าวว่า การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินหรือที่มักนิยมเรียกกันในปัจจุบันว่า ไฮโดรพอนิกส์ (hydroponics) หรือ soilless culture หมายถึง การปลูกพืชโดยใช้วัสดุใด ๆ ที่ไม่ใช่ดิน

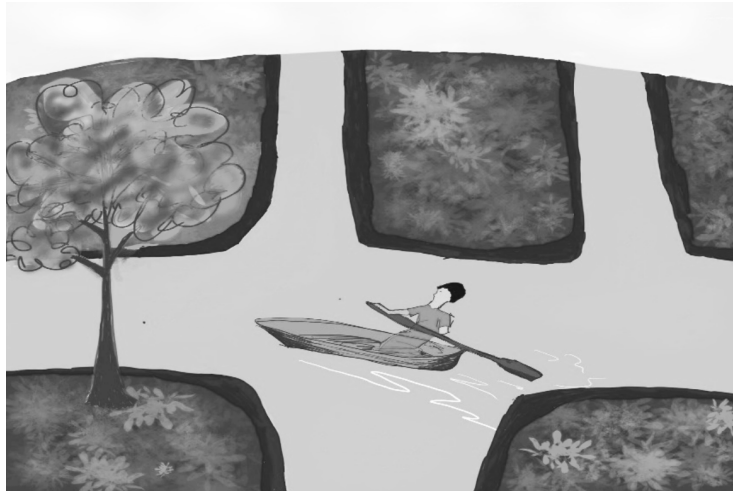
เพื่อจะได้รับน้ำและอาหารที่ต้องการจากสารละลายธาตุอาหารที่ผู้ปลูกเป็นผู้ให้กับพืชเท่านั้น ดินในที่นี้หมายถึงดินชนิดต่าง ๆ รวมถึงอินทรีย์วัตถุทั้งหลายที่มีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์แก่พืช เช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด กากน้ำตาล กากของเสียบางชนิดจากโรงงาน ส่วนวัสดุที่ไม่ใช้ดิน ได้แก่ วัสดุใดที่ไม่มีธาตุอาหารใด ๆ เจือปนอยู่มีทั้งวัสดุธรรมชาติ เช่น หวาย กรวด กาบมะพร้าว แกลบและวัสดุที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น แร่ใยหินหรือร็อกวูล (rock wool) พูไมซ์ (pumice) เพอร์ไลท์ (perlite) เวอร์มิคูไลท์ (vermiculite) และเม็ดดินเผา (hydrotron) เป็นต้น การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินจึงเป็นการปลูกพืชในลักษณะที่ผู้ปลูกเป็นผู้ควบคุมปริมาณน้ำและธาตุอาหารให้กับพืชได้อย่างสมบูรณ์ คำว่า soilless culture มักเป็นคำที่ใช้เรียกการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินโดยทั่วไป ส่วนคำว่าไฮโดรพอนิกส์จะหมายถึงเฉพาะเจาะจงถึงการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบให้รากพืชเจริญเติบโตอยู่ในน้ำสารละลายธาตุอาหารโดยตรง ส่วนคำว่า substrate culture จะหมายถึงการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินด้วยวิธีการปลูกพืชในวัสดุปลูก (substrate) ที่ไม่ใช้ดินและมีการให้น้ำและธาตุอาหารแก่วัสดุปลูกผ่านไปยังรากพืชและคำว่าแอโรโปนิคส์ (aeroponics) หมายถึง การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบที่มีการจับยึดลำต้นพืชไว้ในลักษณะที่ปล่อยให้รากพืชลอยอยู่ในอากาศ โดยไม่สัมผัสสิ่งใดและมีวิธีการให้น้ำและอาหารแก่รากพืชโดยการฉีดพ่นสารละลายอาหารไปที่รากพืช

Savvas et al. (2013) กล่าวว่า การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน หมายถึง วิธีการใด ๆ ในการปลูกพืช โดยไม่ต้องใช้ดินเป็นวัสดุปลูกซึ่งรากจะดูดสารอาหารในรูปสารอนินทรีย์ผ่านระบบการปลูกพืชในรูปแบบสารละลายธาตุอาหารในความเข้มข้นที่เหมาะสม

Jones (2014) กล่าวว่า การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน หมายถึง ศาสตร์แห่งการปลูกหรือการผลิตพืชในสารละลายที่อุดมด้วยสารอาหารหรือวัสดุทดแทนดินซึ่งเต็มไปด้วยสารละลายธาตุอาหาร การเพาะปลูกพืชโดยการวางรากในสารละลายธาตุอาหารโดยตรง

ดังนั้นหากกล่าวโดยสรุป การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (soilless culture) หมายถึง การปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหาร (hydroponics) หรือปลูกพืชในวัสดุทดแทนดินซึ่งเต็มไปด้วยสารละลายธาตุอาหาร (substrate culture) โดยรากจะดูดสารอาหารในรูปสารอนินทรีย์ผ่านระบบการปลูกพืชในรูปแบบสารละลายธาตุอาหารในความเข้มข้นที่เหมาะสม

ความเป็นมาของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน



ภาพที่ 1.1 ภาพจำลองสวนลอยน้ำของชาวแอซเท็กในเม็กซิโก (ที่มา : ภาพโดยผู้เขียน)

มนุษย์รู้จักวิธีการปลูกพืชในน้ำมานานเป็นเวลาหลายศตวรรษ ตัวอย่างเช่น สวนลอยโบราณแห่งบาบิโลน ซึ่งเป็นหนึ่งในเจ็ดของสิ่งมหัศจรรย์ของโลก สร้างขึ้นเมื่อหลายร้อยปีก่อนคริสต์ศักราช โดยนำน้ำจากแม่น้ำยูเฟรติสไปปลูกต้นไม้ ไม้ดอก ไม้ประดับที่ปลูกประดับตามระเบียงอาคาร นอกจากนี้ยังมีสวนลอยน้ำของชาวแอซเท็กในเม็กซิโก เนื่องจากเมืองมีลักษณะเป็นเกาะอยู่กลางทะเลสาบ ชาวแอซเท็กจึงสร้างสวนลอยน้ำชื่อ “ชินัมพาส” (Chinampas) เพื่อเป็นแหล่งเกษตรกรรมสำหรับเพาะปลูกพืชผักและผลิตทางการเกษตรเลี้ยงชาวเมืองนับล้านชีวิต (ดังภาพที่ 1.1) ในปี ค.ศ. 1800 เริ่มจากการที่มนุษย์สังเกตว่าพืชบางชนิดสามารถเจริญเติบโตในน้ำได้ ต่อมาจะมีการทดลองปลูกพืชอื่น ๆ ลงในน้ำที่ทดลองเติมหรือไม่เติมแร่ธาตุต่าง ๆ ลงไป เพื่อทำการศึกษาว่าแร่ธาตุใดบ้างที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ไม่ได้มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเป็นการค้าเช่นในปัจจุบัน แนวคิดพื้นฐานสำหรับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินถูกสร้างขึ้นโดยผู้ตรวจสอบว่าพืชเติบโตอย่างไร จนกระทั่งถึง ค.ศ. 1925 เมื่อวงการปลูกพืชในโรงเรือนในต่างประเทศ (ยุโรปและอเมริกา) ประสบกับปัญหาการใช้ดินปลูกพืชในโรงเรือนที่มีโรคและแมลงสะสมและดินมีการอัดตัวแน่นจนต้องมีการเปลี่ยนดินอยู่เสมอ ทำให้เกิดความยุ่งยากเพราะดินมีน้ำหนักมากจึงได้เริ่มมองหาทางเลือกอื่น ๆ ในการปลูกพืชและได้ให้ความสนใจวิธีการปลูกพืชในน้ำ โครงการวิจัยการปลูกพืชจึงได้เริ่มต้นตัวมาทำการทดลองเกี่ยวกับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินหรือ ปลูกพืชในน้ำกันมากยิ่งขึ้น จนถึง ค.ศ. 1930 Gericke จากมหาวิทยาลัยแห่งมลรัฐแคลิฟอร์เนียเป็นคนแรกที่ได้ทำการสาธิตว่าสามารถปลูกพืชในน้ำสารละลายสารอาหารจนถึงขั้นได้ผลผลิตเชิงการค้าและเป็นผลสำเร็จและยังเป็นผู้ตั้งชื่อวิธีการปลูกพืชแบบนี้ว่าไฮโดรพอนิกส์ (Hydroponics) โดยนำเอาคำจากภาษากรีก 2 คำคือ ไฮโดร (hydro) ที่แปลว่า “น้ำ” และ โพนอส (ponos) ที่แปลว่า “งาน”

เมื่อมารวมกันจะให้ความหมายว่า “การทำงานของน้ำ” ไฮโดรพอนิกส์ กลายเป็นชื่อที่เรียกกันจนคุ้นเคย สำหรับการปลูกพืชในน้ำหรือในสารละลายจนถึงทุกวันนี้ ในช่วงสงครามโลกครั้งที่สอง กองทัพสหรัฐอเมริกา ได้จัดตั้งสวนไฮโดรพอนิกส์ขนาดใหญ่บนเกาะต่าง ๆ ทางตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิก เพื่อจัดหาผักสดให้กับกองทหารที่ปฏิบัติการในพื้นที่นั้น (ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ, 2544; Jones, 2014)

นับตั้งแต่นั้นมาเทคนิคการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินก็ได้รับการพัฒนามาโดยตลอด นอกจากการปลูกลงในน้ำหรือในสารละลายอาหารโดยตรงแล้วก็มีการทดลองใช้วัสดุหลายชนิดมาเป็นวัสดุปลูก อาทิเช่น ทราย กรวด แร่ใยหิน เพอร์ไลต์และเวอร์มิคูไลต์ เป็นต้น และให้สารละลายธาตุอาหารไปพร้อมกับการให้น้ำในระบบน้ำหยด วิธีการให้สารละลายแก่รากพืชก็มีการพัฒนารูปแบบต่าง ๆ กันออกไป อาทิเช่น จากเดิมที่ปล่อยให้รากแช่อยู่ในน้ำสารละลายและพ่นอากาศลงในน้ำก็มีการดัดแปลงให้รากพืชอยู่ในรางที่มีสารละลายอาหารไหลเป็นแผ่นบาง ๆ หมุนเวียนตลอดเวลา โดยไม่ต้องมีการเติมอากาศลงไป ในสารละลาย ซึ่ง Allen Cooper ชาวอังกฤษเป็นผู้พัฒนาวิธีการนี้ขึ้นมาใน ค.ศ. 1965 โดยได้ตั้งชื่อว่า ระบบนี้ว่า NFT (Nutrient Film Technique) และเป็นระบบที่มีการนำมาปลูกพืชเป็นการค้าขนาดใหญ่ในประเทศไทยในขณะนี้ ตั้งแต่ ค.ศ. 1980 เป็นต้นมาเทคนิคไฮโดรพอนิกส์ถูกนำมาใช้ในเชิงพาณิชย์สำหรับผักและการผลิตดอกไม้ด้วยพื้นที่ปลูกผักเรือนกระจกกว่า 86,000 เอเคอร์ (ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ, 2544; Jones, 2014)

สำหรับความเป็นมาของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในประเทศไทยนั้น อาจกล่าวได้ว่ายุคแรกเป็นช่วงของการศึกษาค้นคว้าและวิจัยเพื่อการพัฒนาเทคนิคการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินที่มีความเหมาะสมกับประเทศไทย เริ่มต้นที่ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มาตั้งแต่ พ.ศ. 2500 จนกระทั่งถึง พ.ศ. 2530 ด้วยความสนพระทัยของสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารีและการสนับสนุนขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติหรือ FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) จึงได้มีการจัดทำโครงการวิจัยและพัฒนาการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเพื่อการผลิตพืชขึ้น ณ งานสวน พระราชวังสวนจิตรลดา พร้อมไปกับการศึกษาวิจัย ณ ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์บางเขนและวิทยาเขตกำแพงแสนเป็นเวลา 2 ปี ใน พ.ศ. 2530 ถึง พ.ศ. 2532 ในส่วนของสวนจิตรลดา ยังได้ดำเนินการต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน จากช่วงเวลาดังกล่าวจนถึงปัจจุบันหน่วยงานของรัฐอีกหลายหน่วยงานได้เริ่มมีการศึกษาและพัฒนางานด้านการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินมาเป็นลำดับ หน่วยงานเหล่านั้นที่เป็นที่รู้จักกันดี ได้แก่ ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และสถานีวิจัยหนองหอยมูลนิธิโครงการหลวง สำหรับยุคต่อมาเป็นยุคของการทำการธุรกิจการค้าของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในประเทศไทย ซึ่งเพิ่งเริ่มต้นได้เพียงไม่นานนักคือใน พ.ศ. 2530 มีฟาร์มไฮโดรพอนิกส์เกิดขึ้นเป็นแห่งแรกในประเทศไทย คือ นาดีตะฟาร์ม ตั้งอยู่ที่ ตำบลนาดี อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร ได้ทำการปลูกผักกินใบชนิดต่าง ๆ ออกมา