คู่มือ
ปลูกผักไฮโดรโพนิกส์

คุณภาพ
ปลอดภัย
ยั่งยืน

- ปัจจัยสำคัญในการปลูก
- คุณภาพและความปลอดภัย
- ปัญหาการสะสมไนเตรท และแนวทางแก้ไข
- ระบบการเพาะปลูกพืชแบบไฮโดรโพนิกส์
- ปัญหาโรคพืชและแมลง

HYDROPONICS

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พ.ศ. ๒๔๘๕

สสส
สำนักงานกองทุนสนับสนุน
การสร้างเสริมสุขภาพ

ชื่อหนังสือ	คู่มือปลูกผักไฮโดรโพนิกส์
ISBN	978-616-91958-5-6
พิมพ์ครั้งที่ 1	ธันวาคม 2563
จำนวนพิมพ์	1,000 เล่ม
จัดพิมพ์โดย	โครงการการพัฒนาต้นแบบการผลิตผักไฮโดรโพนิกส์ เพื่อส่งเสริมการบริโภคที่ปลอดภัย ● สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) โทร 0 2343 1500 เว็บไซต์ www.thaihealth.or.th ● ดำเนินงานโดยคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โทร 0 2562 5000 เว็บไซต์ www.agro.ku.ac.th
ออกแบบ	บริษัท มีเดีย แมทเทอร์ จำกัด โทร 062 5916596 โทรสาร 0 2045 5358 เว็บไซต์ www.media-matter.com

คำนำ

กระแสความเคลื่อนไหวด้านสุขภาพทำให้ผู้บริโภคให้ความสนใจในการบริโภคเพื่อสุขภาพของตนเองมากขึ้น สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) เป็นหน่วยงานหนึ่งที่ร่วมรณรงค์ให้ประชาชนรับประทานผักผลไม้วันละ 400 กรัมต่อคนต่อวันตามคำแนะนำขององค์การอนามัยโลก เพื่อช่วยลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง ซึ่งเป็นโรคที่มีสาเหตุหนึ่งจากพฤติกรรมการบริโภคผักและผลไม้ต่ำกว่าเกณฑ์ ที่อาจเกิดจาก "ความไม่มั่นใจในด้านความปลอดภัยอาหาร"

โครงการ "พัฒนาต้นแบบการผลิตผักไฮโดรโพนิกส์เพื่อส่งเสริมการบริโภคที่ปลอดภัย" มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างระบบห่วงโซ่ผักไฮโดรโพนิกส์ปลอดภัย โดยใช้หลักวิทยาศาสตร์ในการพิสูจน์ให้ทราบข้อเท็จจริงด้านความปลอดภัยในการบริโภคผักไฮโดรโพนิกส์ของประชาชนไทย นอกจากนี้ยังมีวัตถุประสงค์สำคัญที่ต้องการสร้างต้นแบบในการผลิตผักไฮโดรโพนิกส์ให้ปลอดภัย มีคุณภาพดี และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อให้บรรลุเป้าหมายสูงสุด คือประชาชนไทยได้รับประทานผักไฮโดรโพนิกส์ที่มีคุณภาพและปลอดภัย ผู้ปลูกหรือผู้ผลิตมีความปลอดภัย โดยใช้แนวทางวิธีการปลูกที่ปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

คู่มือปลูกผักไฮโดรโพนิกส์เล่มนี้ ประมวลข้อมูลจากหนังสือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินของ รศ.ดร. ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ และจากประสบการณ์ของคณะผู้วิจัยในการลงพื้นที่ของโครงการฯ ซึ่งเป็นโครงการที่ได้รับทุนวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ หรือ สสส. รวมทั้งประสบการณ์ องค์ความรู้ที่ได้รับจากเกษตรกรผู้ปลูกผักไฮโดรโพนิกส์ ซึ่งคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

โครงการฯ ได้จัดทำคู่มือปลูกผักไฮโดรโพนิกส์เล่มนี้ เพื่อนำเสนอข้อมูลที่สำคัญในการปลูกผักไฮโดรโพนิกส์ การจัดการลดไนเตรทในผัก และการจัดการโรคพืช ที่สำคัญคือให้ผู้อ่านมีความเข้าใจปริมาณไนไตรท์ที่อยู่ในผักในระดับที่ปลอดภัยและการจัดการให้เกิดความปลอดภัยของผักไฮโดรโพนิกส์ เพื่อผู้สนใจสามารถใช้ข้อมูลดังกล่าวในการปลูกผักไฮโดรโพนิกส์ได้อย่างปลอดภัย เป็นการสนับสนุนการบริโภคผักและผลไม้อย่างปลอดภัยให้เพียงพอ (400 กรัม/คน/วัน) ของประชาชนไทย เพื่อให้ "ทุกคนมีอายุยืนยาวขึ้นอย่างมีสุขภาวะ"

คณะผู้จัดทำ
ธันวาคม 2563

คำสำคัญ

ผักไฮโดรโพนิกส์ ความปลอดภัยอาหาร การผลิต ระบบปลูก ไนเตรท ไนไตรท์

สารบัญ

พืชไฮโดรโพนิกส์และปัจจัยสำคัญในการปลูก **6**

- น้ำ 6
- ปริมาณออกซิเจน 9
- ธาตุอาหาร 11
- สิ่งค้ำจุน 16

ผักไฮโดรโพนิกส์ในประเทศไทย: คุณภาพและความปลอดภัย **17**

ปัญหาการสะสมไนเตรท และแนวทางแก้ไข **20**

ระบบการเพาะปลูกพืชแบบไฮโดรโพนิกส์ **25**

- ระบบไฮโดรโพนิกส์แบบฟิล์มบาง 25
- ระบบไฮโดรโพนิกส์แบบน้ำลึก 27
- ระบบ DFT ดัดแปลงที่เรียกว่า DRFT 28

ปัญหาโรคพืชและแมลงศัตรูพืชที่พบในระบบเพาะปลูกพืชแบบไฮโดรโพนิกส์ **29**

คณะทำงาน **35**

บทนำ

ไฮโดรโพนิกส์ (Hydroponics) มาจากภาษากรีก คำว่า "Hydro" แปลว่าน้ำ รวมกับคำว่า "Ponos" ที่แปลว่างาน เมื่อนำมารวมกันจึงหมายถึงการทำงานของน้ำหรือสารละลายธาตุอาหารผ่านรากพืช ซึ่งสื่อถึงการปลูกพืชแบบเหมาะกับการปลูกในพื้นที่ที่สภาพดินหรือสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมต่อการปลูก ใช้พื้นที่ในการเพาะปลูกน้อยและสามารถทำการผลิตได้อย่างสม่ำเสมอ ตลอดจนควบคุมสภาพแวดล้อมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตได้ง่าย เช่น การควบคุมปริมาณธาตุอาหาร ค่ากรด-ด่าง อย่างไรก็ตาม ระบบการปลูกผักไฮโดรโพนิกส์เป็นระบบการปลูกที่มีต้นทุนการผลิตค่อนข้างสูง เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายของอุปกรณ์ และการควบคุมดูแลต้องใช้ผู้ที่มีความรู้และประสบการณ์

การผลิตผักระบบไฮโดรโพนิกส์นั้นเป็นการผลิตที่ใช้ระบบสารละลายที่มีธาตุอาหารจำเป็นในการเจริญเติบโตของพืช เป็นการปลูกโดยไม่ใช้ดิน ในกรณีที่ปลูกในโรงเรือนจะช่วยป้องกันแมลงศัตรูพืช หากมีการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ควรใช้สารเคมีที่กำหนดไว้ในกฎหมายว่าเป็นวัตถุอันตราย ผักไฮโดรโพนิกส์จึงน่าจะเป็นอีกทางเลือกของผู้บริโภคในการบริโภคผักปลอดภัย

ถึงแม้ว่าผักไฮโดรโพนิกส์จะถูกยกให้เป็นทางเลือกของผู้บริโภคที่ต้องการบริโภคผักปลอดภัย มีสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างต่ำ อย่างไรก็ตาม มีรายงานการตรวจพบไนเตรทปริมาณสูงในผักที่ปลูกด้วยวิธีไฮโดรโพนิกส์ และไนเตรทที่เข้าไปสู่ร่างกายเราอาจสัมพันธ์กับการเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็ง และมีรายงานว่าปริมาณสารตกค้างไนเตรทในผักไฮโดรโพนิกส์นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญ ได้แก่ สูตรและความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่ให้ในระหว่างการปลูก อุณหภูมิ การสัมผัสแสง ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว เป็นต้น ปัจจุบันการปลูกผักในระบบไฮโดรโพนิกส์ในประเทศไทยกระจายตัวในแหล่งปลูกของเอกชน ซึ่งมีกำลังการผลิตจำนวนมาก และพบการปลูกในระดับเล็ก เช่น ร้านอาหาร โรงเรียน และระดับครัวเรือน เพราะประชาชนสามารถหาซื้อวัสดุและสารเคมีในการปลูกได้โดยง่ายตามร้านขายอุปกรณ์เกษตรหรือสั่งซื้อทางอินเทอร์เน็ต ดังนั้นจึงเป็นความจำเป็นในการประมวลข้อมูลสถานการณ์ปัจจุบัน และผลการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำมาสื่อสารให้ทุกภาคส่วนได้รับทราบ และหาวิธีและแนวทางในการจัดการความเสี่ยง และเสนอมาตรฐานการปฏิบัติที่เหมาะสมกับบริบทของเกษตรกรและผู้บริโภคชาวไทย ให้สามารถเลือกซื้อและบริโภคผักผลไม้ที่ปลอดภัยตามนโยบายสุขภาพและโภชนาการที่ดี ให้บรรลุตามเป้าประสงค์ของโครงการ "พัฒนาต้นแบบการผลิตผักไฮโดรโพนิกส์เพื่อส่งเสริมการบริโภคที่ปลอดภัย" ที่วางไว้

พืชไฮโดรโพนิกส์และปัจจัยสำคัญในการปลูก

การปลูกพืชไฮโดรโพนิกส์หรือปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน เป็นการเพาะปลูกพืชโดยใช้สารละลายธาตุอาหารและสิ่งค้ำจุนอื่นที่ไม่ใช่ดินในการเพาะปลูก เป็นเทคโนโลยีที่สามารถรองรับการเพาะปลูกพืชทั้งในระดับครัวเรือนและอุตสาหกรรม ในการดำรงชีวิตของพืชที่ปลูกแบบไม่ใช้ดินหรือปลูกอยู่ในน้ำ รากพืชยังคงต้องการปัจจัยในการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกับการปลูกแบบใช้ดิน ได้แก่ น้ำ อากาศหรือออกซิเจน ธาตุอาหาร และสิ่งค้ำจุน ดังนั้น การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินหรือไฮโดรโพรนิกส์ให้ประสบความสำเร็จ จำเป็นต้องมีความรู้และความเข้าใจถึงปัจจัยที่จำเป็นเหล่านี้อย่างถ่องแท้ ดังต่อไปนี้

น้ำ

น้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของพืช และเป็นสารประกอบหลักที่พบในพืชตั้งแต่ร้อยละ 80-95 น้ำช่วยรักษาความเต่งของพืช จึงทำให้เนื้อเยื่อและอวัยวะของพืชคงรูปร่างอยู่ได้ น้ำจำเป็นต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง การคายน้ำ และการลำเลียงธาตุอาหารของพืช ดังนั้น หากพืชขาดน้ำหรือน้ำมีคุณภาพไม่เหมาะสม ย่อมส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของพืช การปรับปรุงคุณภาพของน้ำจึงต้องสอดคล้องกับความต้องการของพืช ดัชนีคุณภาพน้ำที่สำคัญ ได้แก่ ค่าความเป็นกรดเบสของน้ำ ความบริสุทธิ์ทางกายภาพและเคมี ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved oxygen, DO)

สำหรับการปลูกพืชไม่ใช้ดิน น้ำมีบทบาทสำคัญโดยสรุป 4 ประการ ได้แก่

ประการที่ 1 น้ำเป็นตัวทำละลายธาตุอาหารของพืช ให้อยู่ในรูปของประจุที่แตกตัว ซึ่งรากของพืชจะดูดซึมธาตุอาหารในรูปของประจุที่แตกตัวจากภายนอกเข้าสู่ราก และลำเลียงไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืช

ประการที่ 2 น้ำทำหน้าที่กักเก็บออกซิเจน สำหรับให้พืชใช้ในกระบวนการหายใจระดับเซลล์ของรากพืช เพื่อให้ได้พลังงานไปใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การดูดน้ำและธาตุอาหาร

ประการที่ 3 น้ำทำหน้าที่รับและถ่ายเทธาตุอาหาร สารประกอบ แก๊สและของเสียที่รากพืชปล่อยออกมา

ประการที่ 4 น้ำทำหน้าที่รองรับค้ำจุนต้นพืช (บนแผ่นโฟม) ให้ลอยอยู่เหนือผิวน้ำ

พืชที่ปลูกในดินและในน้ำมีความต้องการปัจจัยในการดำรงชีวิตที่เหมือนกัน

การปรับปรุงคุณภาพน้ำ

(1) การลดค่าความเป็นกรดเบสหรือค่าพีเอช (pH) ของน้ำ

น้ำที่มีค่าพีเอชสูง (มากกว่า 6) คือน้ำที่มีอิออนไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) อยู่ในปริมาณมาก ซึ่งไม่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้เตรียมสารละลายธาตุอาหาร สามารถแก้ไขโดยเติมกรด เช่น กรดไนตริก (HNO_3) ซึ่งจะไปทำปฏิกิริยากับอนุมูลไบคาร์บอเนต ได้เป็นน้ำและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ โดยทั่วไปในการปรับค่าพีเอชของน้ำ จะทดลองหาปริมาณกรดในน้ำ 1 ลิตรก่อน แล้วจึงทวีคูณตามปริมาตรของน้ำในถังพักที่ต้องการปรับค่าพีเอช

(2) ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย (Electrical Conductivity; EC)

น้ำที่นำมาใช้เพื่อการปลูกพืชไฮโดรโพนิกส์ควรเป็นน้ำที่มีการเจือปนของธาตุต่างๆ ต่ำ น้ำบริสุทธิ์หมายถึงน้ำที่ใส ไม่มีสีไม่มีกลิ่นและไม่เหนี่ยวนำไฟฟ้า โดยทั่วไป อาจกล่าวได้ว่าน้ำธรรมชาติมีความบริสุทธิ์ในระดับหนึ่ง เช่น น้ำฝน น้ำผิวดินตามธรรมชาติจะมีแร่ธาตุที่ละลายอยู่ต่ำ การวัดปริมาณธาตุอาหารต่างๆ ที่ละลายน้ำ สามารถวัดได้จากค่าการนำไฟฟ้า โดยเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดคุณภาพน้ำในเกณฑ์มีค่า EC ไม่เกิน 0.5 mS/cm แต่ต้องมีปริมาณโซเดียม (Na) คลอรีน (Cl) และธาตุอื่นๆ ไม่เกินค่าที่กำหนดดังตาราง

ธาตุอาหาร	ค่าสูงสุดที่ยอมรับได้	
	มิลลิกรัม/ลิตร	มิลลิโมล/ลิตร
โซเดียม (Na^+)	11.5	0.5
แมกนีเซียม (Mg^{2+})	12.2	0.5
แคลเซียม (Ca^{2+})	80.2	2.0
คลอรีน (Cl^-)	35.5	1.0
ไบคาร์บอเนต (HCO_3^-)	244.0	4.0
ซัลเฟอร์ (SO_4^{2-})	48.1	0.5

(3) คุณภาพและการปรับปรุงคุณภาพน้ำ

คุณภาพของน้ำเริ่มต้นจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก คุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินมีดังนี้

- มีความบริสุทธิ์และสะอาด ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย (EC) ควรมีค่าน้อยกว่า 0.5 mS/cm
- หากน้ำไม่บริสุทธิ์ น้ำดังกล่าวต้องมีปริมาณธาตุที่ละลายอยู่ไม่เกินปริมาณที่กำหนด
- น้ำธรรมชาติที่มีคุณภาพดี เหมาะสม คือ น้ำฝนที่เก็บกักไว้
- น้ำประปาส่วนใหญ่มีคุณภาพดีพอ ที่จะใช้ปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

คุณภาพเริ่มต้นของน้ำดังกล่าวจึงแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังแสดงในตาราง

แร่ธาตุ	หน่วย	ประเภทของน้ำ		
		I	II	III
โซเดียม (Na)	มิลลิกรัม/ลิตร	35	70	105
คลอรีน (Cl)	มิลลิกรัม/ลิตร	50	100	150
EC	mS/cm	0.5	1.0	1.5

ประเภทที่ I จัดเป็นน้ำที่มีคุณภาพดีที่สุด เหมาะสำหรับการปลูกพืชแบบไฮโดรโพนิกส์ที่มีการหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารอยู่ในระบบ

ประเภทที่ II จัดเป็นน้ำที่มีคุณภาพปานกลาง เพราะมีธาตุ Na และ Cl ในปริมาณมาก ไม่เหมาะกับการปลูกพืชแบบไฮโดรโพนิกส์ แต่ใช้เตรียมสารละลายธาตุอาหารสำหรับปลูกพืชในวัสดุปลูกซึ่งสารละลายไม่วนกลับมายังถัง

ประเภทที่ III เป็นน้ำที่มีคุณภาพต่ำที่สุด ไม่ควรนำมาใช้ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน แต่ยังใช้ปลูกพืชในดินได้

การกรองเป็นการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้มีคุณภาพเหมาะสมกับการเพาะปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน โดยมีเครื่องกรอง 3 ประเภท ได้แก่

1. เครื่องกรองทราย ใช้สำหรับกรองวัตถุแขวนลอย หรือวัตถุชิ้นใหญ่ออกจากน้ำ

2. เครื่องกรองชนิดรีเวอร์สออสโมซิส หรือ Reverse osmosis (R/O) ใช้สำหรับกรองแร่ธาตุทั้งประจุบวกหรือลบ น้ำที่ผ่านการกรองนี้จึงมีคุณภาพดี สะอาด และมีความบริสุทธิ์ดีที่สุด อย่างไรก็ตามมีค่าใช้จ่ายสูง และประสิทธิภาพการกรองจะลดลงตามอายุการใช้งาน

3. เครื่องกรองเรซิน ใช้สำหรับกรองแร่ธาตุที่มีประจุบวก ได้แก่ แคลเซียมอิออน (Ca^{2+}) โปแทสเซียมอิออน (K^{+}) และแมกนีเซียมอิออน (Mg^{2+}) เครื่องกรองนี้เหมาะสำหรับกรองน้ำที่มีความเป็นด่างสูงและมีความกระด้างสูง แต่เครื่องกรองชนิดนี้จะปล่อยโซเดียมอิออน (Na^{+}) ออกมา ดังนั้น น้ำจึงมีโซเดียมอิออนในปริมาณที่สูง

ปริมาณออกซิเจน

ในการปลูกพืชในน้ำ รากพืชต้องการออกซิเจนในน้ำที่พอเพียงสำหรับการหายใจของราก โดยทั่วไปควรมีออกซิเจนที่ละลายในน้ำไม่น้อยกว่า 6 มิลลิกรัม/ลิตร โดยปริมาณออกซิเจนในน้ำจะลดลงเมื่ออุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณออกซิเจนในน้ำไม่คงที่ เปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา ในการปลูกพืชแบบไฮโดรโพนิกส์ จึงจำเป็นต้องมีการจัดการและควบคุมปริมาณออกซิเจนในน้ำให้มีเพียงพอสำหรับการหายใจของรากพืช

พืชแต่ละชนิดมีความต้องการปริมาณออกซิเจนเพื่อใช้ในการหายใจของรากแตกต่างกัน เช่น แตงกวาต้องการออกซิเจนมากกว่ามะเขือเทศถึง 2 เท่า ปวยเล้งต้องการออกซิเจนมากกว่าผักกาดหอม ในขณะที่ผักกาดหอมต้องการออกซิเจนมากกว่าคะน้าและกวางตุ้ง

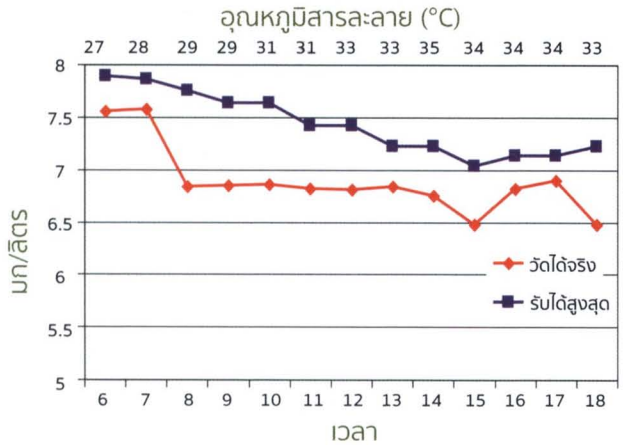
ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณออกซิเจนในน้ำ

(1) อุณหภูมิของน้ำ

ความสามารถในการกักเก็บออกซิเจนของน้ำแปรผันตามอุณหภูมิของน้ำดังแสดงในตาราง

อุณหภูมิของน้ำ (°C)	ปริมาณออกซิเจน (มิลลิกรัม/ลิตร)
10	10.9
15	9.8
20	8.8
25	8.1
30	7.5
35	7.0

น้ำที่มีอุณหภูมิต่ำจะสามารถกักเก็บออกซิเจนไว้ได้มากกว่าน้ำที่มีอุณหภูมิสูง ในเวลากลางวันเมื่ออุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิของอากาศ ปริมาณออกซิเจนในน้ำจะลดลงตามลำดับ ดังภาพ



อุณหภูมิกับออกซิเจนในสารละลาย

(2) ความลึกของน้ำ

ออกซิเจนที่ถูกเก็บกักอยู่ในน้ำมักพยายามเคลื่อนที่ขึ้นด้านบน เพื่อหนีออกจากน้ำไปสู่อากาศ ดังนั้น ปริมาณออกซิเจนที่บริเวณผิวน้ำจึงมีมากกว่าบริเวณที่อยู่ต่ำลงไป ระบบปลูกพืชไฮโดรโพนิกส์แบบน้ำบาง รากพืชได้สัมผัสกับน้ำที่มีออกซิเจนมากกว่าระบบไฮโดรโพนิกส์แบบน้ำลึก

(3) ความยาวของรากปลูกพืช

ในการปลูกพืชแบบไฮโดรโพนิกส์ที่มีการหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารระหว่างรางปลูกพืชกับตัวสารละลายที่อยู่ใต้รางปลูก โดยสารละลายธาตุอาหารจะถูกดูดมาปล่อยลงที่หัวราง และไหลผ่านรากของต้นพืชที่ปลูกอยู่ในรางจากหัวรางไปยังท้ายราง รากพืชในรางจะดูดออกซิเจนที่ละลายอยู่ในสารละลายไปใช้ในการหายใจ ดังนั้น ยิ่งรางปลูกมีความยาวมากเท่าใด จำนวนต้นพืชในรางปลูกก็จะมีจำนวนวนมากขึ้นด้วย ส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนในสารละลายธาตุอาหารในรางปลูกลดลงตามลำดับ

ปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการออกซิเจนของรากพืช

(1) ชนิดพืช

รากของพืชต่างชนิดกันมีความต้องการออกซิเจนต่างกัน พืชที่มีถิ่นกำเนิดในเขตหนาวหรือกึ่งหนาว เช่น ผักกาดหอม ปวยเล้ง และตั้งโอ๋ ซึ่งมีอุณหภูมิของอากาศและน้ำต่ำ จึงเคยชินและต้องการสภาวะที่มีออกซิเจนในน้ำมากกว่าพืชผักที่เคยชินกับสภาพอากาศร้อนในเขตร้อนชื้น เช่น คะน้า กวางตุ้ง และผักบุ้งจีน เป็นต้น

(2) อุณหภูมิของอากาศ

อากาศที่มีอุณหภูมิสูงกระตุ้นให้พืชคายน้ำมาก ทำให้รากพืชต้องทำหน้าที่ดูดน้ำขึ้นมาทดแทน รากพืชต้องการใช้ออกซิเจนในการหายใจเพื่อผลิตพลังงานมาใช้ในกระบวนการดูดน้ำและธาตุอาหาร มากขึ้กว่าสภาพอากาศเย็น

(3) ความเข้มแสง

ในทำนองเดียวกัน อุณหภูมิอากาศในวันที่มีแสงแดดจ้า พืชจะมีการคายน้ำมาก รากพืชจึงมีความต้องการออกซิเจนในน้ำเพื่อการหายใจมากกว่าวันที่มีแสงแดดอ่อน

วิธีเพิ่มออกซิเจนให้กับสารละลาย

1. จัดให้มีการไหลของสารละลายตกลงเป็นฟองในถังของสารละลาย
2. ใช้ปั๊มเวนจูรี (venturi) ดูดอากาศเข้ามาผสมในถังของสารละลาย
3. ใช้ปั๊มน้ำดูดสารละลายพ่นลงในถังของสารละลายให้เกิดฟอง
4. เป่าอากาศลงในถังของสารละลายโดยตรง

ธาตุอาหารพืช

พืชไม่ว่าจะปลูกในดินหรือในน้ำ ต้องการแร่ธาตุชนิดที่แน่นอน ธาตุอาหารพืชที่สำคัญและพืชต้องการในปริมาณมากเรียกว่ามหธาตุ macro-nutrients) หรือธาตุอาหารหลัก ประกอบด้วยธาตุอาหารหลัก 3 ชนิด คือ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) และธาตุอาหารรองอีก 3 ชนิด คือ แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และกำมะถัน (S) ส่วนธาตุอาหารที่พืชใช้ในปริมาณน้อยแต่มีความจำเป็น เรียกว่าจุลธาตุ (micro-nutrients) หรือธาตุอาหารเสริม มีจำนวน 7 ชนิด ได้แก่ เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) โบรอน (B) โมลิบดินัม (Mo) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) และคลอรีน (Cl) และธาตุอาหารนั้นต้องแตกตัวอยู่ในรูปประจุหรืออิออนที่ละลายอยู่ในน้ำในรูปที่แน่นอน ดังตารางข้างล่างนี้ รากพืชจึงดูดใช้แร่ธาตุอาหารพืชเหล่านั้นได้

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

สารละลายธาตุอาหารพืช หมายถึง สารละลายที่มีธาตุอาหารพืชที่พืชต้องการละลายอยู่ในความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับการดูดใช้ของรากพืช โดยไม่ขัดขวางการดูดซึมธาตุอาหารระหว่างกัน ไม่น้อยจนพืชแสดงอาการขาดธาตุและไม่มากจนเป็นพิษต่อพืช

การจัดการสารละลายธาตุอาหาร

ประกอบด้วยหลักสำคัญ 3 ประการ คือ

- การเลือกใช้สูตรสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมกับพืชที่ปลูก
- การเตรียมสารละลายธาตุอาหารที่ความเข้มข้นและค่าพีเอชเหมาะสม ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน
  - ก) การเตรียมสารละลายธาตุอาหารเข้มข้น
  - ข) การเจือจางสารละลายธาตุอาหารให้ได้ความเข้มข้นที่ต้องการ
- การรักษาคุณภาพของสารละลายให้คงที่ระหว่างการเพาะปลูกพืช

การปลูกพืชแบบไฮโดรโพนิกส์ที่มีการหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารในระบบ จะต้องมีการเปลี่ยนถ่ายสารละลายใหม่เมื่อเกิดการเสียสมดุล เพื่อให้การเจริญเติบโตของพืชเป็นปกติ อายุการใช้งานของสารละลายธาตุอาหารขึ้นกับชนิดพืช ฤดูกาล และขนาดของถังสารละลาย ขนาดของถังสารละลายควรใหญ่พอที่จะชะลอการเสื่อมอายุของสารละลายได้นานหนึ่งฤดูกาลของการผลิตพืช ให้เก็บเกี่ยวผลผลิตเสร็จก่อนเปลี่ยนถ่ายสารละลาย

การเลือกใช้สูตรสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมกับพืชที่ปลูก มีแนวทางการเลือก 2 ลักษณะ ได้แก่

1) เลือกตามชนิดของพืช
   - สารละลายธาตุอาหารสำหรับผักใบ จะมีไนโตรเจนปริมาณมาก
   - สารละลายธาตุอาหารสำหรับพืชผล จะมีโพแทสเซียมและแคลเซียมสูง
2) ปุ๋ยเคมีที่เป็นแหล่งของธาตุอาหารที่ต้องการ มีจำหน่ายและหาซื้อได้

ชนิดและสารละลายธาตุอาหารเข้มข้นที่นิยมใช้ และหาได้ง่ายในประเทศ แสดงดังตาราง

สารเคมี	ธาตุอาหาร
ธาตุอาหารหลัก	
โพแทสเซียมไนเตรท	N และ K
แคลเซียมไนเตรท	Ca และ N
แอมโมเนียมฟอสเฟต	P และ N
แมกนีเซียมซัลเฟต	Mg และ S
ธาตุอาหารรอง	
เหล็กคีเลท	Fe
นิค-สเปรย์	จุลธาตุรวม

การเตรียมสารละลายธาตุอาหารเข้มข้น (stock solution)

สารละลายธาตุอาหารเข้มข้น นิยมเตรียมให้เข้มข้นอยู่ระหว่าง 50-200 เท่า (50-200X) ของความเข้มข้นปกติ (1X) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดปริมาตรที่ต้องการเตรียม ในกรณีนี้เตรียม 100 ลิตร

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารเข้มข้นที่ต้องการเตรียม ในกรณีตัวอย่างความเข้มข้นเท่ากับ 100 เท่า

ขั้นตอนที่ 3 ใช้ข้อ 1 และข้อ 2 เป็นตัวคูณน้ำหนักของสารเคมีที่ต้องใช้

ตัวอย่าง ตามสูตรปกติ (1X) ต้องใช้แคลเซียมไนเตรท 950 มิลลิกรัม หรือ 0.95 กรัม แต่ในกรณีนี้ต้องการเตรียมสารละลายธาตุอาหารเข้มข้นที่ปริมาตร 100 ลิตร ความเข้มข้น 100 เท่า ดังนั้นต้องใช้แคลเซียมไนเตรททั้งสิ้น

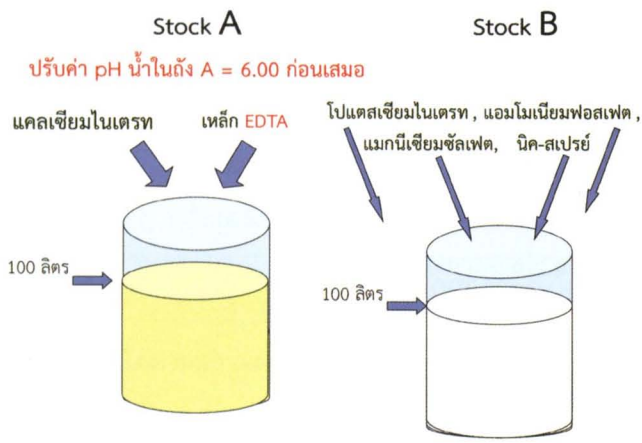
0.95 กรัม x 100 ลิตร x 100 เท่า = 9,500 กรัม หรือ 9.5 กิโลกรัม

โดยให้คำนวณเช่นนี้จนครบทุกสารเคมี

ปุ๋ยที่ใช้เตรียมสารละลายธาตุอาหารเข้มข้น (stock solution) ของสูตรสารละลายธาตุของ Enshi ที่เหมาะสำหรับการปลูกผักกินใบ แสดงไว้ในตารางข้างล่างนี้

สารเคมี	1X ปริมาณ 1 ลิตร	100X ปริมาณ 1 ลิตร	100X ปริมาณ 100 ลิตร
	มิลลิกรัม/ลิตร	กรัม/ลิตร	กิโลกรัม/ลิตร
แคลเซียมไนเตรท	950	95	9.5
เหล็ก EDTA	23.6	2.36	0.236
โพแทสเซียมไนเตรท	810	81	8.1
แอมโมเนียมฟอสเฟต	155	15.5	1.55
แมกนีเซียมซัลเฟต	500	50	5
นิกสเปรย์	20	2.0	0.2

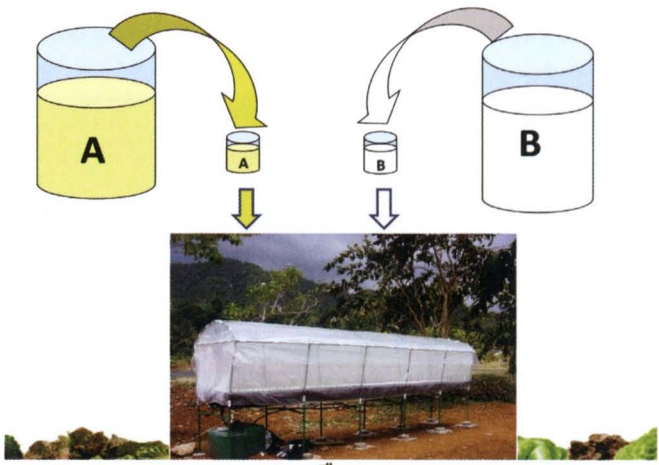
ขั้นตอนที่ 4 สิ่งที่ต้องตระหนักคือแยกเตรียมสารละลายธาตุอาหารเข้มข้นเป็น 2 ถัง ได้แก่ ถัง A และถัง B เพื่อป้องกันการตกตะกอน และการทำปฏิกิริยาของสารเคมี



การเตรียมสารละลายแบบเข้มข้น

ขั้นตอนที่ 5 นำสารเคมีที่คำนวณและชั่งได้ในข้อที่ 3 ลงไปละลายน้ำในถังที่แยกไว้ ถ้าถัง A มีเหล็กคีเลท EDTA ต้องปรับค่าพีเอชของน้ำในถัง A ให้ได้ 6.0 ก่อนเสมอ ละลายทีละสารจนหมด โดยละลายสารเคมีที่มีน้ำหนักมากก่อน ตามด้วยสารละลายที่มีน้ำหนักน้อยลง ตามลำดับ ระหว่างการเติมสารเคมี สามารถไม่เติมน้ำเพิ่มได้ แต่ระวังอย่าให้ครบปริมาตรที่ต้องการ จากนั้นปรับปริมาตรสุดท้ายให้ได้เท่ากับปริมาตรที่ต้องการเตรียม

การเจือจางสารละลายธาตุอาหารให้ได้ความเข้มข้นที่ต้องการ



การเจือจาง

ตัวอย่าง การเตรียมสารละลายธาตุอาหารเพื่อปลูกผักสลัดที่ความเข้มข้น 0.5X ในระบบปลูกพืชที่มีปริมาตรรวมเท่ากับ 100 ลิตร

โดยใช้สารละลายธาตุอาหารเข้มข้นที่ความเข้มข้น 100X ทำการเจือจางโดยใช้สูตรคำนวณดังนี้

$$N_1V_1 = N_2V_2$$

โดย N_1 คือ ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารเข้มข้นที่มี (กรณีนี้ N_1=100)

V_1 คือ ปริมาณสารละลายธาตุอาหารเข้มข้น

N_2 คือ ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารที่ต้องการ
(กรณีนี้ N_2 = 0.5 ตามที่โจทย์กำหนดหรือ 0.5X)

V_2 คือ ปริมาณสารละลายธาตุอาหารทั้งหมด
(กรณีนี้ V_2 = 100 ลิตร ตามที่โจทย์กำหนด)

แทนค่า $100 \times V_1 = 0.5 \times 100$ ลิตร

$V_1 = (0.5 \times 100 \text{ ลิตร})/100$

$V_1 = 0.5$ ลิตร

นั่นคือต้องตวงสารละลายธาตุอาหารเข้มข้นจากถัง A และถัง B อย่างละ 0.5 ลิตร แล้วผสมน้ำ 99 ลิตร รวมเป็นปริมาตร 100 ลิตร ตามที่ต้องการ

จะได้สารละลายธาตุอาหารที่ความเข้มข้น 0.5X ที่ปริมาตร 100 ลิตร

ขั้นตอนการเจือจาง

ก) เมื่อคำนวณข้างต้นเสร็จแล้ว ให้เริ่มเติม A (0.5 ลิตร) ลงในถังผสม ตามด้วยน้ำสะอาดประมาณครึ่งหนึ่งของปริมาตรที่ต้องการ ผสมให้เข้ากันแล้วเปิดปั๊มน้ำหมุนเวียนสารละลายในระบบ ทิ้งไว้ 20 นาที จากนั้นจึงเติม Stock B (0.5 ลิตร) ลงในถังเดียวกัน ค่อยๆ เติมน้ำให้ได้ปริมาตรที่ต้องการ (ต้องการปริมาตรสุดท้าย 100 ลิตร) ผสมให้เข้ากัน

ข) วัดค่า EC ให้ใกล้เคียงกับค่าที่ต้องการ อาทิ ผักใบ มีค่า EC ที่เหมาะสม = 1.2-1.8 mS/cm ถ้า EC มากเกินไปให้เติมน้ำสะอาด ผสมให้เข้ากันจนได้ EC ที่ต้องการ แต่ถ้า EC น้อยกว่าที่ต้องการ ให้ค่อยๆ เติมสารละลายธาตุอาหารเข้มข้นจากถัง A และ B ในปริมาณเท่าๆ กัน ทีละน้อย จนได้ EC ที่ต้องการ

ค) วัดค่าพีเอชของสารละลายธาตุอาหาร ซึ่งควรอยู่ในช่วง 5.8-6.2 ถ้าพีเอชสูงเกินกว่าช่วงค่าดังกล่าว ให้ปรับด้วยกรดไนตริก แต่ถ้าพีเอชต่ำเกินกว่าค่าดังกล่าว ให้ปรับด้วยน้ำ

การคิดต้นทุนเพื่อประเมินค่าใช้จ่ายของสารละลายในการปลูกพืชไฮโดรโพนิกส์

ตาราง: ตัวอย่างการคิดต้นทุนการเตรียมสารละลายธาตุอาหารสูตร Enshi

สารเคมี	ราคา*/ กิโลกรัม	ปริมาณที่ใช้ (มิลลิกรัม/ลิตร)	ราคา (บาท) / ลิตร			
			1 X	50 X	100 X	200 X
แคลเซียมไนเตรท	50	950	0.04750	2.3750	4.750	9.500
เหล็ก EDTA	350	23.6	0.00826	0.4130	0.826	1.652
โพแทสเซียมไนเตรท	26	810	0.02106	1.0530	2.106	4.212
แอมโมเนียมฟอสเฟต	30	155	0.00465	0.2325	0.465	0.930
แมกนีเซียมซัลเฟต	15	500	0.00750	0.3750	0.750	1.500
นิคสเปรย์	350	20	0.00700	0.3500	0.700	1.400
รวมต้นทุน			0.09597	4.7985	9.597	19.194

* ราคาอาจเปลี่ยนแปลงได้ตามสถานการณ์ตลาด

สิ่งค้ำจุน

สิ่งค้ำจุนมีหน้าที่เพื่อพยุงต้นพืชให้ลอยน้ำ นิยมใช้แผ่นโฟมที่ลอยน้ำได้ โดยการสอดต้นกล้าพืชลงเองที่เจาะเป็นรูบนแผ่นโฟม ให้รากพืชแช่ลงในน้ำและส่วนยอดพืชโผล่เหนือแผ่นโฟมขึ้นมารับแสงแดด

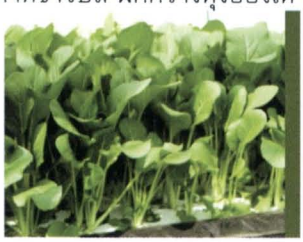
ตัวอย่างสิ่งค้ำจุนและวัสดุปลูกที่นิยมใช้ในการปลูกผักไฮโดรโพนิกส์

ผักไฮโดรโพนิกส์ในประเทศไทย: คุณภาพและความปลอดภัย

ชนิดผักที่เพาะปลูกแบบไม่ใช้ดินในประเทศไทย

1. ผักกินใบและกินผลที่มีมูลค่าสูง เช่น ผักกาด มะเขือเทศ เมล่อน และเครื่องเทศ โดยผักกาดหอมต่างประเทศมักนิยมปลูกด้วยระบบฟิล์มบาง (NFT) มีหลายชนิด ได้แก่ Frillice iceberg, Butter head, Cos, Green oak, Red oak, Red coral และ Batavia

2. ผักใบที่คนเอเชียนิยมบริโภค และมักพบปัญหาสารพิษตกค้างในดิน เช่น ผักกวางตุ้ง ผักคะน้า ผักกาดขาวปลี ผักกวางตุ้งฮ่องเต้ ผักบุ้ง และคื่นฉ่าย



ผักกวางตุ้ง

ผักคะน้า

ผักกาดขาวปลี

ผักกวางตุ้งฮ่องเต้

ผักบุ้ง

คื่นฉ่าย

ปัจจุบันและอนาคตของการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน

การเพาะปลูกพืชไม่ใช้ดินให้เกิดประโยชน์ในปัจจุบันและอนาคต ดังนี้

1.เพื่อใช้ผลิตพืชเชิงการค้า โดยเฉพาะในบริเวณที่มีสิ่งแวดล้อมไม่เหมาะสำหรับการเพาะปลูก เช่น ทะเลทราย หรือบริเวณที่ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ นอกจากการเพาะปลูกพืชเพื่อบริโภคแล้ว วิธีการนี้ยังถูกใช้เพื่อปลูกพืชที่ผลิตสารทุติยภูมิ (secondary metabolites) สำหรับนำไปใช้เป็นสารมูลค่าสูงต่อไป

2. เพื่อการวิจัยด้านพืชที่ไม่ต้องการให้สภาพแวดล้อมมีผลกระทบต่องานวิจัย ช่วยให้พืชทุกต้นได้รับสภาพแวดล้อมที่ระบบรากอย่างสม่ำเสมอ

3. เพื่อเพาะปลูกพืชในครัวเรือน รองรับการเพาะปลูกในพื้นที่จำกัด และไม่ต้องการแรงงานมาก ให้ผลผลิตที่รวดเร็ว มีคุณภาพสูง และสามารถเป็นรายได้เสริมได้อีกด้วย

4. ใช้เป็นวิธีการเพาะปลูกพืชในอนาคต เนื่องจากทรัพยากรในธรรมชาติที่เป็นปัจจัยการเพาะปลูกพืช อาทิ น้ำ ดิน และแร่ธาตุมีจำกัด การควบคุมสภาพแวดล้อม อาทิ แสง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นการใช้ทรัพยากรให้คุ้มค่าและสามารถเพาะปลูกพืชให้มีคุณภาพสูงสุด โดยใช้พื้นที่ในเมืองที่เป็นอาคารสูง เพื่อลดต้นทุนการขนส่ง เรียกระบบดังกล่าวว่าโรงงานผลิตพืช หรือ Plant factory

ความต้องการผักไฮโดรโพนิกส์ของผู้บริโภคในปัจจุบัน

ในปัจจุบัน ผู้บริโภคมีความรู้และความเข้าใจในด้านสุขภาพอนามัยมากขึ้น จึงสนใจและใส่ใจในการเลือกผักที่สะอาด ปลอดภัย มีคุณภาพดี รสชาติดี และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เหล่านี้ถือเป็นจุดเริ่มต้นของการยกระดับมาตรฐานชีวิตของประชาชน การเพาะปลูกพืชแบบไม่ใช้ดินสามารถสนองตอบความต้องการของผู้บริโภคในด้านความปลอดภัย คุณภาพ และความต่อเนื่องของผลิตภัณฑ์ จึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการผลิตพืชผักเชิงการค้าในปัจจุบัน

ความปลอดภัยในการบริโภคผักไฮโดรโพนิกส์

เนื่องจากผักไฮโดรโพนิกส์ใช้สารละลายธาตุอาหารที่เป็นสารเคมีในการเพาะปลูก จึงมีความกังวลว่าอาจก่อให้เกิดสารพิษสะสมในร่างกายได้ ด้วยเหตุดังกล่าว จึงมีคำถามว่าจะสามารถบริโภคได้อย่างปลอดภัยหรือไม่ หากพิจารณาในความเป็นจริง อาหารทุกชนิดเกิดจากสารเคมีทั้งสิ้น ซึ่งความเป็นพิษของสารเคมีเหล่านี้ขึ้นกับปริมาณที่ได้รับ แม้แต่น้ำ หากบริโภคเกินวันละ 6 ลิตร อาจก่อให้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุ หรือการรับประทานอาหารอย่างใดอย่างหนึ่งที่มากเกินความจำเป็น อาจเกิดโทษต่อร่างกายได้เช่นกัน ดังนั้นจึงไม่อาจสรุปได้ว่าผักไฮโดรโพนิกส์เป็นแหล่งสะสมสารเคมีที่อาจส่งผลกระทบต่อร่างกาย

ผักทั่วไปไม่ว่าจะเพาะปลูกด้วยดินหรือไม่ใช้ดินที่ควบคุมไม่ดี การผลิตมีโอกาสสะสมไนเตรทจากการบริโภคในปริมาณสูง เมื่อไนเตรทเข้าสู่ร่างกายจะกลายเป็นสารประกอบใหม่คือไนตริกออกไซด์ (nitric oxide) เอ็น-ไนโตรซามีน (N-nitrosoamine) ไนไตรท์ (nitrite) และเอส-ไนโตรโซไทออลส์ (s-nitrosothiols) ซึ่งบางส่วนเป็นอนุมูลอิสระที่สามารถชักนำให้เกิดโรคมะเร็งได้ โดยเฉพาะไนไตรท์เมื่อแพร่เข้าสู่กระแสเลือดแล้ว จะไปจับกับฮีโมโกลบินในเลือด แล้วเปลี่ยนสภาพเป็นเมทฮีโมโกลบิน (methemoglobin) ซึ่งไม่สามารถลำเลียงออกซิเจนได้ ทำให้ร่างกายและอวัยวะต่างๆ ขาดออกซิเจน

ในผู้ใหญ่และเด็กโตจะมีเอนไซม์เมทฮีโมโกลบิน รีดักเตส (methamoglobin reductase) ขับไนเตรทออกจากร่างกายได้ แต่เด็กเล็กหรือทารกสร้างเอนไซม์ดังกล่าวได้ในปริมาณน้อย อาจเกิดสภาวะที่เรียกว่าทารกสีฟ้า (blue baby syndrome) ได้

ปริมาณสูงสุดที่ร่างกายรับไนเตรทได้ต่อวัน คือ 3.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวต่อวัน ตัวอย่าง เช่น ผู้ใหญ่น้ำหนักตัว 60 กิโลกรัม (kg) คำนวณดังนี้

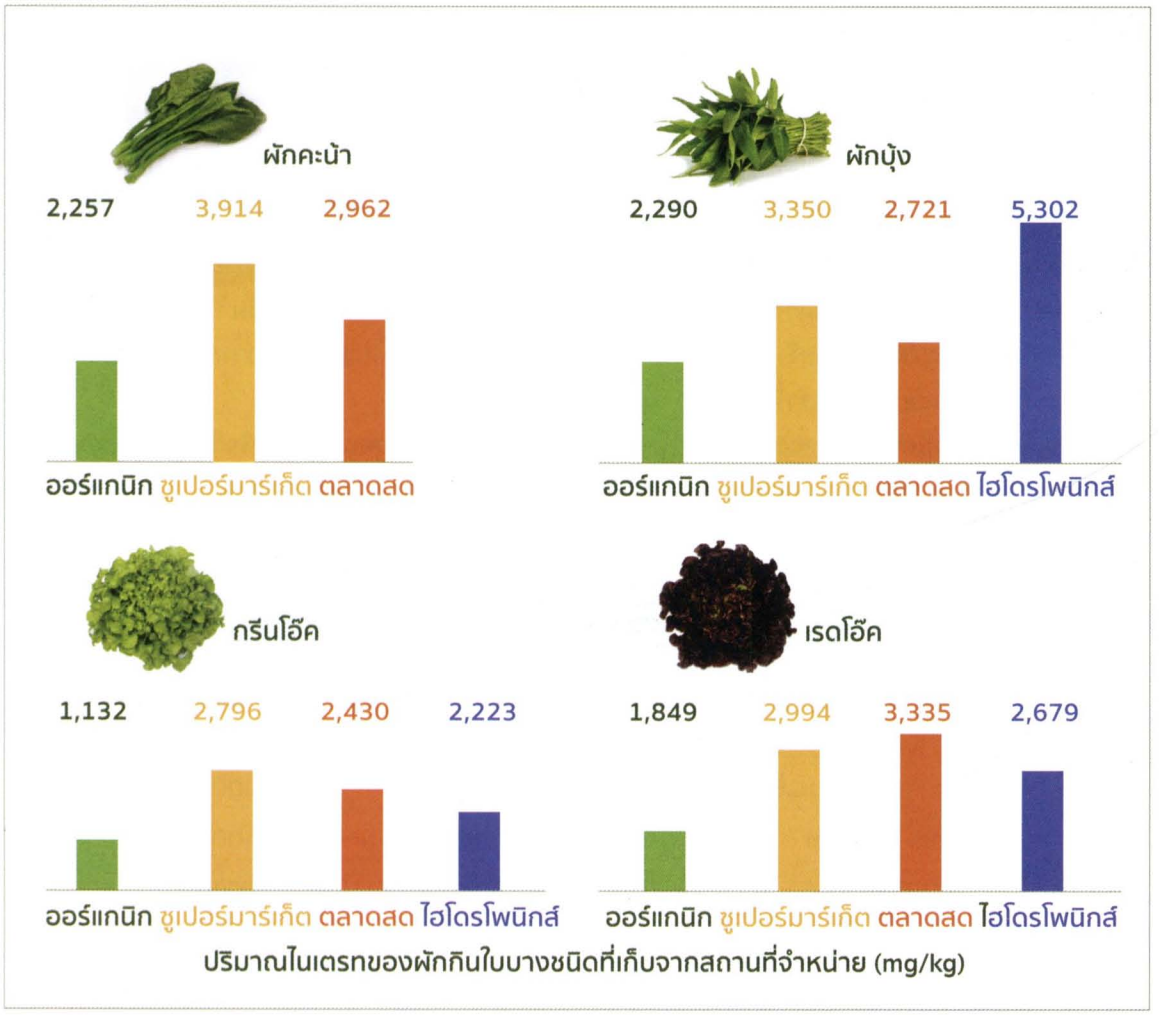
= 3.7 mg/kg bw/day x 60 kg = 222 mg/day

หมายความว่าผู้ใหญ่น้ำหนักตัว 60 กิโลกรัม รับไนเตรทได้ไม่เกิน 222 มิลลิกรัมต่อวัน

สำหรับเด็กน้ำหนักตัว 15 kg

= 3.7 mg/kg bw/day x 15 kg = 55.5 mg/day

หมายความว่าเด็กน้ำหนักตัว 15 กิโลกรัม รับไนเตรทได้ไม่เกิน 55.5 มิลลิกรัมต่อวัน



ปริมาณไนเตรทของผักกินใบบางชนิดที่เก็บจากสถานที่จำหน่าย (mg/kg)

ปัญหาการสะสมไนเตรท และแนวทางแก้ไข

ไนเตรทเป็นสารที่พบได้ทั่วไปในธรรมชาติ ไม่ว่าจะเป็นผักที่ปลูกในดินหรือปลูกในสารละลายธาตุอาหาร เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค สหภาพยุโรปได้ออกประกาศกฎระเบียบค่าสูงสุดของไนเตรท (ML) ของผักสลัดที่ปลูกในโรงเรือนไม่เกิน 4,000 หรือ 5,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปลูกนอกโรงเรือน 3,000 หรือ 4,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ขึ้นอยู่กับฤดูกาล) โดยทั่วไปแล้ว หากร่างกายได้รับไนเตรทจากผัก สารไนเตรทมากกว่าร้อยละ 70 จะถูกขับออกทางปัสสาวะ

พืชแต่ละชนิดจะมีการสะสมไนเตรทในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยแต่ละฤดูกาล พืชก็จะสะสมไนเตรทแตกต่างกัน ตารางปริมาณไนเตรทสะสมสูงสุดที่ยอมรับได้ในพืชแต่ละชนิดแสดงดังนี้

ชนิดพืช	(มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักสด) ในแต่ละฤดูกาล	
	ฤดูฝนและฤดูร้อน	ฤดูหนาว
ผักกาดหอม (Lettuce)	2,500	3,000
ผักกาดฝอยก้านแข็ง (Endive)	2,500	3,000
แรดิช (Radish)	3,000	3,000
บีท (Beet root)	3,000	3,000
คื่นฉ่าย (Chinese celery)	4,000	4,000
มันฝรั่ง (Potato)	2,000	2,000

ที่มา: EFSA (2008)

จากงานวิจัยที่ผ่านมายังไม่มีข้อมูลยืนยันว่าการบริโภคผักที่มีไนเตรทตกค้างสามารถก่อให้เกิดโรคมะเร็งหรือพิษต่อสารพันธุกรรมในมนุษย์แต่อย่างใด กรณีที่ร่างกายได้รับสารไนเตรทในปริมาณมากและต่อเนื่องเป็นเวลานาน อาจจะก่อให้เกิดการชะงักการเจริญเติบโตได้ โดยคณะผู้เชี่ยวชาญของโคเด็กซ์ (JECFA) ได้กำหนดค่าปริมาณสูงสุดที่ยอมรับได้ต่อวันของสารไนเตรท 3.7 มก./น้ำหนักตัว 1 กก./วัน กล่าวคือ หากน้ำหนักตัว 60 กก. ไม่ควรได้รับเกิน 222 มก./วัน หากผู้บริโภครับประทานผักผลไม้ให้ได้ 400 กรัมตามที่องค์การอนามัยโลก (WHO) แนะนำ โดยรับประทานผักไฮโดรโพนิกส์ร่วมกับผักชนิดอื่นๆ 200 กรัม และรับประทานผลไม้อีก 200 กรัม ให้ครบ 400 กรัม ผู้บริโภคจะได้รับไนเตรทเข้าสู่ร่างกาย 150 มิลลิกรัม ซึ่งยังต่ำกว่าค่าความปลอดภัยที่กำหนด ดังนั้น จึงไม่ต้องวิตกกังวลจนเกินไป ในเบื้องต้น ผู้บริโภคควรเลือกซื้อผักไฮโดรโพนิกส์ให้ปลอดภัย โดยซื้อผักที่สด สะอาด จากฟาร์มที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน GAP ส่วนฟาร์มผู้ผลิตผักไฮโดรโพนิกส์ควรมีระบบการจัดการที่ดี มีการควบคุมปริมาณสารละลายธาตุอาหาร การปรับค่า EC ที่เหมาะสมตลอดระยะการเก็บเกี่ยว เพื่อลดปริมาณสารไนเตรทตกค้างให้ได้มากที่สุด

ตาราง: ปริมาณไนเตรทที่คนไทยได้รับ
(Acceptable Daily Intake หรือ ADI = 222 มิลลิกรัม/วัน)

ชนิดผัก	ปริมาณที่รับประทาน (กรัม/วัน)	ปริมาณไนเตรท (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	ปริมาณที่สัมผัส (มิลลิกรัม/วัน)
แตง/ฟัก	40	80	3.2
ผักผล/หัว	30	250	7.5
ผักยอด/ใบ	150	1,200	180
หัวกะหล่ำ	10	250	2.5
เห็ด	120	40	4.8
รวม	**350**		**191**

ที่มา: ข้อมูลการบริโภคอาหารของประเทศไทย (มกอช., 2559) และ EFSA (2008)

ไนเตรทในผัก

อนุมูลไนเตรท (NO_3^-) เป็นรูปของไนโตรเจนที่เป็นมหธาตุที่พืชต้องการใช้ในปริมาณมาก ชิ้นส่วนต่างๆ ของพืชจึงมีอนุมูลไนเตรทสะสมอยู่เสมอไม่มากก็น้อย การบริโภคผักที่มีอนุมูลไนเตรทอยู่บ้างนั้นไม่ถือว่าเป็นอันตราย ยกเว้นกรณีมีไนเตรทในผักในปริมาณที่มากจนเกินไป ซึ่งเกิดขึ้นได้กับผักที่ปลูกทั้งแบบใช้ดินและแบบไม่ใช้ดิน

การให้ธาตุไนโตรเจนในรูปอนุมูลไนเตรทแก่พืชมากเกินกว่าพืชจะนำไปใช้ได้หมด หรือพืชได้รับภาวะเครียดบางอย่างที่ทำให้ไม่สามารถนำอนุมูลไนเตรทไปใช้ได้ตามปกติ หากไม่มีการควบคุมการให้สารอาหารที่เหมาะสม จะมีโอกาสเกิดการสะสมไนเตรทได้ง่าย

อย่างไรก็ตาม การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินประเภทไฮโดรโพนิกส์นั้น รากพืชสามารถดูดใช้ธาตุอาหารต่าง ๆ รวมถึงอนุมูลไนเตรทได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้น ถ้าผู้ปลูกมีความรู้ถึงสาเหตุและปัจจัยของการสะสมไนเตรท ก็จะสามารถป้องกันไม่ให้เกิดการสะสมจนมากเกินไป หรือสามารถลดปริมาณไนเตรทในผักที่ปลูกแบบไฮโดรโพนิกส์ในช่วงก่อนการเก็บเกี่ยวได้โดยง่าย

การสะสมของไนเตรทนอกจากพบในผักแล้วยังพบในเนื้อสัตว์ เมื่อไนเตรทได้รับความร้อนในสภาวะที่มีกรดอะมิโน จะเปลี่ยนสภาพเป็นไนโตรซามีน (nitrosamine) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งได้ โดยเฉพาะมะเร็งในระบบทางเดินอาหาร โดยปริมาณไนเตรทที่ร่างกายมนุษย์รับได้สูงสุดในแต่ละวัน คือ 91-141 มิลลิกรัมต่อวัน

● สาเหตุการสะสมไนเตรทในพืชไฮโดรโพนิกส์

สาเหตุของการสะสมไนเตรทที่มากเกินไปในผักไฮโดรโพนิกส์เกิดจาก 2 สาเหตุหลัก ดังนี้

1. พืชได้รับธาตุอาหารรวมถึงไนเตรทในปริมาณเหมาะสมที่ต้องการ แต่นำไปใช้ได้น้อยกว่าปกติ เกิดจากพืชตกอยู่ในสภาวะเครียดทั้งหลายที่ทำให้พืชไม่สามารถสังเคราะห์แสงสร้างอาหารไปใช้ในการเจริญเติบโตตามปกติ สภาพแวดล้อมที่ทำให้พืชเกิดความเครียด เช่น อุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไป ความเข้มแสงมากหรือน้อยเกิน ความชื้นสัมพัทธ์อากาศสูงหรือต่ำเกินไป รวมทั้งถูกแมลงและโรคเข้าทำลาย เมื่อพืชชะงักการเจริญเติบโต การนำไนเตรทไปใช้สร้างกรดอะมิโนกลูตามิคที่จำเป็นในการเจริญเติบโตก็น้อยลง จึงเหลือไนเตรทสะสมมากกว่าปกติ

2. พืชไม่ได้ตกอยู่ในสภาวะเครียด มีการเจริญเติบโตเป็นปกติ แต่ได้รับธาตุอาหารรวมถึงไนเตรทมากกว่าความต้องการใช้ จึงเหลือสะสมมากขึ้น กรณีหลังนี้ มักเกิดจากการปลูกผักไฮโดรโพนิกส์ที่ใช้สารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นสูงเกินไป หรือไม่มีเวลาตรวจวัดและปรับค่า ความเข้มข้นของสารละลายได้บ่อย

● ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการสะสมไนเตรท

1. อุณหภูมิของอากาศ

อุณหภูมิที่สูงเกินกว่าช่วงที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืช ย่อมทำให้พืชนั้นชะงักการเจริญเติบโตได้ ในกรณีของผักกาดหอมที่มีถิ่นกำเนิดในเขตหนาวและต้องการช่วงอุณหภูมิอากาศที่ต่ำกว่าของผักเมืองร้อน เมื่อปลูกในช่วงฤดูร้อนของประเทศไทยจึงมักชะงักการเจริญเติบโตได้ง่าย อนุมูลไนเตรทที่รากดูดขึ้นไปจึงถูกนำไปใช้น้อยกว่าที่รากดูดขึ้นมา ส่งผลให้เกิดมีไนเตรทตกค้างมากกว่าในกรณีปลูกพืชในฤดูหนาวที่มีอุณหภูมิอากาศที่ต่ำและพืชมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่า โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อเป็นการปลูกอยู่ในสารละลายธาตุอาหารที่รากพืชสามารถดูดแร่ธาตุอาหารรวมทั้งไนโตรเจนในรูปไนเตรทได้ง่ายและเร็วกว่าการปลูกในดิน ยิ่งทำให้เกิดการสะสมไนเตรทได้มากกว่า

2. ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร

การปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นสูงเกินไป จะทำให้พืชได้รับธาตุอาหารมากเกินความต้องการ ซึ่งรวมถึงไนโตรเจนในรูปอนุมูลไนเตรทด้วย เมื่อพืชได้รับธาตุอาหารในความเข้มข้นที่สูงกว่า จึงมีโอกาสสะสมไนเตรทได้มากยิ่งขึ้น

3. ชนิดพันธุ์ของพืช

พืชผักต่างชนิดและต่างพันธุ์มีความต้องการใช้ธาตุอาหารที่แตกต่างกัน แม้ได้รับธาตุอาหารในปริมาณที่เท่ากัน หากพืชไม่สามารถใช้ได้หมด จะเกิดการสะสมในปริมาณที่แตกต่างกัน

- **การลดไนเตรท**

การปรับ EC เพื่อลดไนเตรท

การลดไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยวพืชผัก เป็นวิธีที่ช่วยลดปริมาณไนเตรทสะสมภายในต้นผักให้ลดลงต่ำกว่าค่าสูงสุดที่ยอมให้มีได้ และช่วยส่งเสริมการบริโภคผักที่ปลอดภัยจากไนเตรท โดยสามารถทำได้หลายวิธี

- การลดความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารก่อนการเก็บเกี่ยว 1 สัปดาห์
- การแทนที่สารละลายธาตุอาหารด้วยน้ำเปล่าก่อนเก็บเกี่ยว 1-2 วัน

การปลูกผักไฮโดรโพนิกส์ไม่ให้มีการสะสมไนเตรทที่สูงเกินไปจึงต้องดูแลสภาพแวดล้อมที่จะทำให้พืชเกิดความเครียด และอย่าใช้สารละลายธาตุอาหารที่มีความเข้มข้นสูงเกินไป โดยเฉพาะในช่วงฤดูกาลที่มีสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืช การให้น้ำเปล่าแทนสารละลายธาตุอาหารก่อนเก็บเกี่ยวประมาณ 48 ชั่วโมง ก็สามารถช่วยลดปริมาณไนเตรทสะสมได้

ฟาร์มผักไฮโดรโพนิกส์ที่ดีจึงต้องออกแบบฟาร์มให้มีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชที่ต้องการปลูก อาทิเช่น ใช้โรงเรือนปลูกพืช แยกระบบปลูก (ถังสารละลายธาตุอาหารและโต๊ะปลูก) ออกเป็นชุดย่อย เพื่อสะดวกต่อการจัดการลดไนเตรทก่อนเก็บเกี่ยว ใช้ถังสารละลายที่มีขนาดใหญ่ขึ้น และใช้ความเข้มข้นสารละลายธาตุอาหารให้เหมาะกับชนิดพืช อายุ และสภาพอากาศ และควรพยายามควบคุมความเข้มข้นสารละลายธาตุอาหารและค่าพีเอชให้คงที่ตลอดการปลูกให้มากที่สุด

แนวทางการจัดการการผลิตผักไฮโดรโพนิกส์ให้มีคุณภาพและปลอดภัย

1. ออกแบบสถานที่เพาะปลูกให้เหมาะสม

มีการใช้โรงเรือนปลูกพืชเพื่อลดศัตรูพืช และลดการใช้ยาฆ่าแมลง รวมถึงแบ่งโซนปลูกในโรงเรือนเพื่อให้ง่ายต่อการบริหารจัดการพื้นที่และปัจจัยที่ใช้ในการผลิต

2. ใช้เทคโนโลยีการผลิตที่เหมาะสม

มีการควบคุมดัชนีคุณภาพสารละลายธาตุอาหาร เช่น EC ค่าพีเอช อุณหภูมิ และปริมาณธาตุอาหารให้เหมาะสมกับชนิดพันธุ์พืชและสภาพแวดล้อม รวมถึงมีการลดไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยวด้วยวิธีการที่เหมาะสม และบำบัดสารละลายธาตุอาหารที่ใช้งานแล้วก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

3. ใช้การจัดการศัตรูพืชที่เหมาะสม

พยายามหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมี แต่ใช้วิธีการสร้างสิ่งแวดล้อมให้ไม่เหมาะสมต่อการบุกรุกของศัตรูพืช เช่น ควบคุมการเข้าออกบริเวณเพาะปลูก มีระบบสุขาภิบาลบริเวณเพาะปลูก และใช้ระบบการผลิตพืชผักที่ดี (Good Agricutural Practice, GAP)

4. ใช้การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อผลิตเป็นอาหารที่ดี ด้วยวิธีการที่เหมาะสม

(Good Manufacturing Practice, GMP)

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการเพาะปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

โดยทั่วไป การเพาะปลูกพืชในดินไม่สามารถควบคุมการชะล้างสารเคมี เช่น ปุ๋ยหรือยาฆ่าแมลงจากดินสู่แหล่งน้ำได้ ทำให้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การเพาะปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน ซึ่งกระทำในระบบปิดหรือระบบกึ่งปิด ทำให้สารละลายธาตุอาหารถูกกักเก็บอยู่ในรางปลูกหรือถังสารละลาย เมื่อใช้งานเสร็จสิ้น สามารถเก็บสารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้วไว้ในถังแยกต่างหาก และหาทางนำไปใช้กับการปลูกพืชในดิน แทนการปล่อยออกไปยังท่อระบายน้ำและไหลออกสู่แม่น้ำ ลำคลองสาธารณะ ซึ่งทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้

ระบบการเพาะปลูกพืชแบบไฮโดรโพนิกส์

ระบบการเพาะปลูกพืชแบบไฮโดรโพนิกส์ที่นิยมมี 3 ประเภท ได้แก่

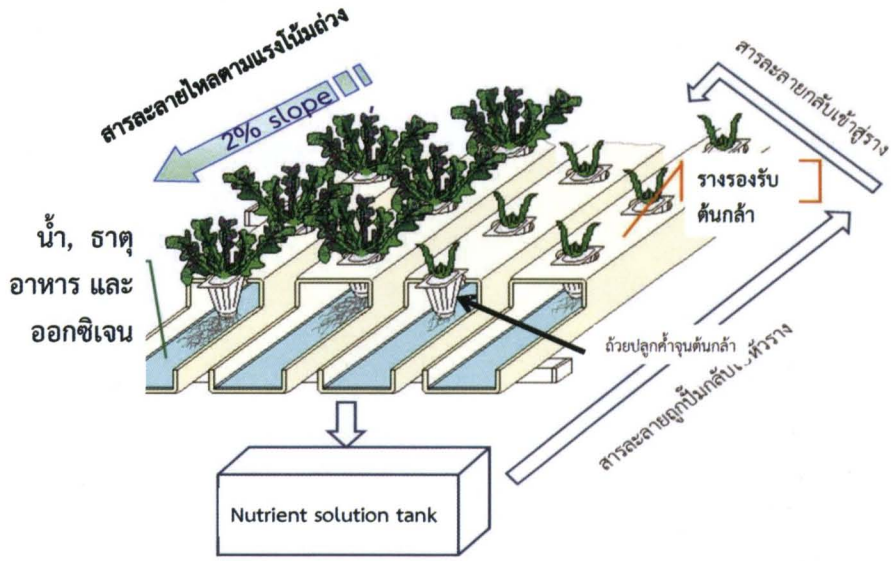
1. ระบบไฮโดรโพนิกส์แบบสารละลายไหลบาง (Nutrient Film Technique, NFT)

NFT เป็นระบบที่ให้สารละลายธาตุอาหารในรูปของเหลวแบบฟิล์มบาง ไหลตลอดเวลาที่เพาะปลูก โดยลักษณะของรางปลูก NFT ที่ดี ควรมีลักษณะดังนี้

1. มีพื้นที่รางที่แบนเรียบเพื่อให้น้ำที่ไหลผ่านเป็นแผ่นบางสม่ำเสมอกัน พื้นรางควรมีการเซาะเป็นร่องตื้นตามความยาว เพื่อลดแรงตึงผิวของสารละลายธาตุอาหาร และเป็นทางไหลของสารละลายได้โดยไม่ถูกรากของพืชกีดขวาง
2. มีช่องสำหรับการเข้า-ออกของอากาศเพื่อการแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างภายในและภายนอกรางปลูก
3. ด้านในรางปลูกมีช่องว่างเพียงพอสำหรับการแลกเปลี่ยนออกซิเจนระหว่างรากพืชและอากาศโดยรอบ

ลักษณะของรางปลูกที่ไม่ดี มีดังนี้

1. พื้นที่ไม่ราบเรียบ ทำให้เกิดหลุมและเป็นที่ขังของน้ำ
2. ไม่มีทางเข้าออกของอากาศ ทำให้ไม่มีการถ่ายเทอากาศระหว่างภายในและภายนอก
3. ไม่มีช่องว่างระหว่างรากกับอากาศโดยรอบ ทำให้แก๊สเสียเช่นเอทิลีน (ethylene) ที่รากพืชปล่อยออกมาถูกขังไว้ และออกซิเจนไม่สามารถผ่านไปถึงราก



ระบบไฮโดรโพนิกส์แบบฟิล์มบาง (Nutrient Film Technique, NFT)

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกด้วยเทคนิค NFT

1. ความยาวของรางปลูก

รางที่ยาวมากทำให้ปริมาณธาตุอาหารและออกซิเจนในสารละลายธาตุอาหารที่ไหลในรางมีปริมาณลดลงตามระยะทางบนรางที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ต้นที่ปลูกในตำแหน่งท้ายรางได้รับธาตุอาหารและออกซิเจนน้อยกว่าต้นในตำแหน่งหัวราง ทำให้พืชในรางเดียวกันมีการเจริญเติบโตต่างกัน สำหรับการปลูกในสภาพอากาศของประเทศไทย ควรเลือกใช้รางปลูกในความยาวประมาณ 12 เมตร

2. ความลาดเอียงของรางปลูก

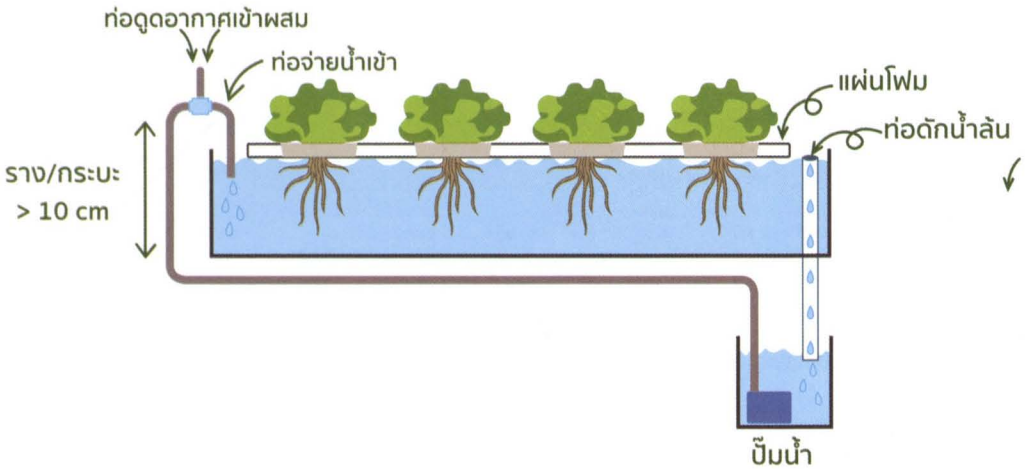
ด้านหัวรางปลูกควรมีความสูงมากกว่าด้านท้ายรางที่เป็นด้านที่สารละลายธาตุอาหารไหลออกจากราง เพื่อให้สารละลายไหลจากหัวรางไปยังท้ายรางตามแรงโน้มถ่วงของโลก หากรางมีการลาดเอียงมากจะทำให้สารละลายเคลื่อนที่ไปยังปลายรางได้เร็วขึ้น ส่งผลให้ต้นพืชในตำแหน่งท้ายรางปลูกมีโอกาสได้รับสารละลายธาตุที่ยังมีธาตุอาหารและออกซิเจนสูง ช่วยให้พืชท้ายรางมีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างจากพืชที่ตำแหน่งหัวราง สำหรับรางที่มีความยาวประมาณ 12 เมตร ควรปรับให้หัวรางสูงกว่าด้านท้ายราง 24 เซนติเมตร หรือ 2% ของความยาว 12 เมตร

3. อัตราการไหลของสารละลายอาหาร

อัตราการไหลที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนในสารละลายธาตุอาหารเพิ่มขึ้น ทำให้อัตราการเจริญของผักในรางปลูกเพิ่มขึ้น ส่งผลให้น้ำหนักผักสดเพิ่มขึ้น สำหรับประเทศไทยที่มีอากาศร้อนจึงแนะนำให้ใช้อัตราการไหลที่ไม่ต่ำกว่า 2 ลิตรต่อนาทีขึ้นไป ซึ่งการใช้อัตราการไหลที่สูงจะช่วยให้พืชเจริญเติบโตได้ดีขึ้นโดยเฉพาะในฤดูร้อน แต่ต้องแลกด้วยการสิ้นเปลืองค่าไฟที่มากขึ้น

2. ระบบไฮโดรโพนิกส์แบบน้ำลึก (Deep Flow Technique, DFT)

เป็นระบบรางปลูกที่รากของพืชจะแช่อยู่ในสารละลายธาตุอาหารที่ระดับความลึกตามที่กำหนดตลอดระยะเวลาการเพาะปลูก ดังนั้น ปริมาณออกซิเจนจึงน้อยกว่าระบบ NFT ทำให้ต้องมีระบบเติมออกซิเจนลงในสารละลายธาตุอาหาร ได้แก่ การเป่าอากาศลงในถังสารละลายธาตุอาหาร การใช้ท่อเวนจูรีดูดอากาศผสมกับน้ำ เป็นต้น



ระบบไฮโดรโพนิกส์แบบน้ำลึกหมุนเวียน (Deep Flow Technique, DFT)

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกด้วยเทคนิค DFT ได้แก่

1. ความลึกของน้ำ

น้ำในรางที่มีระดับลึกเกินไป ทำให้มีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำได้น้อยลง หากปลูกผักกินใบควรกำหนดความลึกของน้ำไว้ไม่เกิน 8 เซนติเมตร ส่วนผักกินผลควรใช้น้ำลึกมากขึ้น เพื่อให้รากพืชมีพื้นที่ในการเจริญเติบโต

2. อัตราการไหลของสารละลาย

สารละลายที่มีอัตราการไหลเร็วย่อมพาออกซิเจนและธาตุอาหารจากถังพักมาให้รากพืชในเวลาอันรวดเร็วกว่า แต่ต้องไม่เร็วและแรงจนเป็นอันตรายต่อรากพืช และอาจต้องใช้ปั๊มน้ำซึ่งหมายถึงใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นด้วย

3. ความยาวของรางปลูก

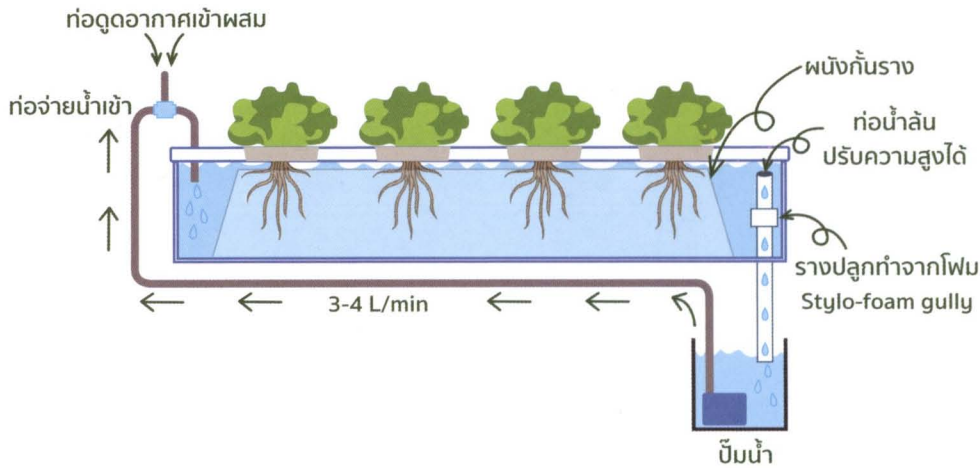
รางปลูกไม่ควรยาวเกิน 12 เมตร เพื่อให้ต้นพืชบริเวณท้ายรางได้รับออกซิเจนและสารละลายธาตุอาหารที่เพียงพอ

4. ขนาดของถังสารละลายธาตุอาหาร

สารละลายที่เก็บในถังพักที่มีขนาดใหญ่ จะมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้อย และคงความสมดุลของสารละลายธาตุอาหารได้ดีกว่า

3. ระบบ DFT ดัดแปลงที่เรียกว่า DRFT (Dynamic Root Floating Technique)

การปลูกแบบระบบให้สารละลายธาตุอาหารพืชและอากาศไหลวนผ่านรากพืชในระดับลึกอย่างต่อเนื่องในถาดปลูก เพิ่มการไหลเวียนของอากาศและสารอาหาร คือมีถาดปลูกทำด้วยโฟมเจาะรูปลูก และมีอุปกรณ์สำหรับปรับระดับของสารละลายธาตุอาหาร



ระบบไฮโดรโพนิกส์แบบกึ่งน้ำลึก (Dynamic Root Floating Technique, DRFT)

ตาราง: ความแตกต่างระหว่างระบบ NFT และ DRFT

ประเด็นที่พิจารณา	เทคนิค NFT	เทคนิค DRFT
ชนิดของพืชที่ปลูกได้	น้อยกว่า	มากกว่า
จำนวนรอบปลูกต่อปี	มากกว่า	น้อยกว่า
แรงงานในการดูแลรักษา	น้อยกว่า	มากกว่า
การลดปริมาณไนเตรทก่อนการเก็บเกี่ยว	ยากกว่า	ง่ายกว่า
ราคาอุปกรณ์	สูงกว่า	ต่ำกว่า

ปัญหาโรคพืชและแมลงที่พบในระบบเพาะปลูกพืชแบบไฮโดรโพนิกส์

ปัญหาที่พบในระบบเพาะปลูกพืชแบบไฮโดรโพนิกส์ ได้แก่ สภาพอากาศ โรคพืช และแมลงศัตรูพืช

1. สภาพอากาศ

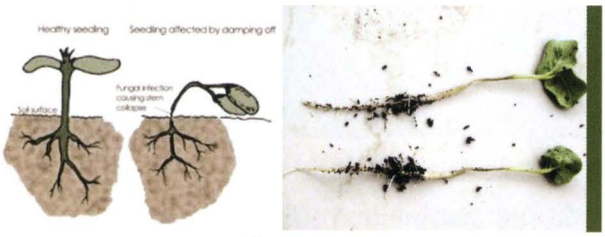
ในสภาพอากาศที่ร้อนจัด มีอุณหภูมิสูง ส่งผลให้พืชชะงักการเจริญเติบโต และรากเป็นสีน้ำตาล เนื่องจากขาดออกซิเจน

2. โรคพืช ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญมีดังนี้

2.1 โรครากเน่า

เชื้อสาเหตุ: พิเทียม (*Pythium* spp.)

อาการ



โรครากเน่า

โรคช่วงต้นกล้าเป็นหลังย้ายกล้าลงปลูกในระบบแล้ว เพราะโดยทั่วไป ในการปลูกพืชแบบไฮโดรโพนิกส์ จะพบการทำลายของเชื้อพิเทียม หลังจากการย้ายปลูกซึ่งพ้นระยะต้นกล้าไปแล้ว และพืชกำลังเติบโตในรางปลูก และมีเชื้อโรคนี้ปนเปื้อนลงไปในระบบปลูก และเข้าทำลายส่วนรากของพืช โดยแพร่กระจายไปยังต้นพืชที่ปลูกอยู่จากการหมุนเวียนของสารละลายในระบบ และถ้าในสารละลายธาตุอาหารมีออกซิเจนไม่เพียงพอ ในช่วงที่อากาศร้อนจัด ทำให้รากพืชอ่อนแอ ยิ่งเป็นปัจจัยส่งเสริมให้เชื้อโรคเข้าทำลายรากพืชได้ง่าย เร็วและรุนแรงมากขึ้น

การควบคุมโรค

- ทำให้ระบบปลอดจากเชื้อสาเหตุของโรคพืชและศัตรูพืชให้มากที่สุด
- ทำให้พืชเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วเพื่อให้รอดพ้นจากวงจรการเกิดโรค หรือทำให้ต้นพืชแข็งแรงทนทานต่อโรค
- เลือกวัสดุค้ำจุนลำต้นให้ปลอดจากเชื้อโรคให้มากที่สุด

2.2 โรคใบจุด/ใบไหม้

เชื้อสาเหตุอัลเทอนาเรีย (*Alternaria* spp.) เซอร์โคสปอรา (*Cercospora* spp.) และเซปโตเรีย (*Septoria* spp.)

อาการ

อัลเทอนาเรียเข้าทำลายโดยสร้างแผลวงสีน้ำตาลซ้อนกันหลาย ๆวง ถ้าอาการรุนแรงจะเกิดการตายของเนื้อเยื่อระหว่างเส้นใบ ทำให้ใบแห้งตาย

โรคจุดใบไหม้

เซอร์โคสปอราเข้าทำลายโดยเกิดแผลสีเทาอ่อนจนถึงสีขาว หรือสีน้ำตาลอ่อนจนถึงสีขาว รอบแผลจะมีสีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลแดงคล้ายตากบ

เซปโตเรียเข้าทำลายโดยเกิดจุดสีเหลืองขนาดเล็ก จากนั้นขยายใหญ่ขึ้น แผลจะมีรูปร่างไม่แน่นอน สีของแผลจะเป็นสีเขียวมะกอก มีจุดดำจำนวนมากบริเวณแผล

การควบคุมโรค

- เตรียมพื้นที่ปลูกให้ไม่มีน้ำขัง โดยพื้นโรงเรือนควรโรยด้วยกรวดเพื่อช่วยระบายน้ำ
- ในพื้นที่ที่มีลมแรง ควรใช้ตาข่ายหรือผ้าใบขึง เพื่อป้องกันการแพร่ระบาดจากบริเวณเพาะปลูกข้างเคียง
- กำจัดวัชพืชโดยรอบพื้นที่เพาะปลูก
- ใช้วัสดุเพาะที่สะอาด หรือผ่านการฆ่าเชื้อ

2.3 โรคใบจุดเซอร์โคสปอรา

เชื้อสาเหตุ: เซอร์โคสปอรา (*Cercospora* spp.)

อาการ

เซอร์โคสปอราเข้าทำลายโดยเกิดจุดสีม่วงอมน้ำตาลที่ใบ โดยเฉพาะใบแก่ กลางแผลเนื้อเยื่อจะแห้งเป็นสีน้ำตาลอ่อน และมักมีเชื้อราเป็นผงสีดำขึ้นบาง ๆ ถ้าสภาพแวดล้อมเหมาะสม ขนาดแผลจะขยายกว้างขึ้น และแผลอาจรวมกันจนเกิดใบแห้งทั้งใบ

โรคใบจุดเซอร์คอสปอรา

การควบคุมโรค

- ฉีดพ่นด้วยสารเคมีกำจัดเชื้อรา เช่น แคปเทน ไซเนบ มาเนบ ไดโฟลาแทน
- ริดใบที่เป็นโรคออกแล้วเผาทำลาย

2.4 โรคเหี่ยวฟิวซาเรียม

โรคเหี่ยวฟิวซาเรียม

เชื้อสาเหตุ: ฟิวซาเรียม (*Fusarium oxysporum*)

อาการ

ฟิวซาเรียมเข้าทำลายโดยเกิดใบเหี่ยวซีกใดซีกหนึ่ง ทำให้ใบเบี้ยวงอไปข้างใบที่เหี่ยว ต่อมาใบนั้นจะเหี่ยวเพิ่มขึ้น และเหี่ยวทั่วต้นในเวลาต่อมา โคนต้นพบเส้นใยราขึ้นในปริมาณมาก เมื่อถอนต้นดูราก จะพบว่ารากขาดหลุดออกจากลำต้น มีการเปื่อยผุเป็นสีน้ำตาล

การควบคุมโรค

- ทำความสะอาดรางปลูกด้วยคลอรีน
- ไม่ปลูกพืชหนาแน่นเกินไป
- ถอนต้นที่เป็นโรคไปเผาทำลาย

2.5 โรคเน่าเละจากแบคทีเรีย

โรคเน่าเละ

เชื้อสาเหตุ: เปคโตแบคทีเรีย (*Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*)

อาการ

เปคโตแบคทีเรียเข้าทำลายโดยเกิดจุดฉ่ำน้ำ และเน่าอย่างรวดเร็ว ทำให้เนื้อเยื่อเปื่อยและเป็นน้ำเยิ้ม ส่งกลิ่นเหม็น หลังจากนั้นภายในเวลา 2-3 วัน ผักจะยุบเน่าหายไปหมดทั้งต้น

การควบคุมโรค

- ทำความสะอาดรางปลูกด้วยคลอรีน
- ไม่ปลูกพืชหนาแน่นเกินไป
- รักษาอุณหภูมิการปลูกให้ต่ำ
- ทำให้อากาศถ่ายเทโดยสะดวก
- ถอนต้นที่เป็นโรคไปเผาทำลาย

3. แมลงศัตรูพืช

แมลงศัตรูพืชคือแมลงที่สร้างความเสียหายต่อพืชที่ปลูกทั้งด้านคุณภาพและปริมาณ โดยสามารถแบ่งแมลงศัตรูพืชออกได้ 3 ชนิดตามลักษณะการเข้าทำลาย ได้แก่

3.1 แมลงกัด

แมลงที่เข้าทำลายโดยการกัดกินส่วนต่างๆ ของพืช เช่น หนอน ด้วง และตั๊กแตน

3.2 แมลงดูด

แมลงที่ทำลายโดยการดูดกินน้ำเลี้ยงจากพืช เช่น มวน เพลี้ยไฟ และเพลี้ยอ่อน

3.3 แมลงพาหะ

แมลงที่เป็นพาหะสาเหตุของโรคพืช เช่น เพลี้ยไฟ แมลงหวี่ขาว เพลี้ยอ่อน เพลี้ยแป้ง เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และไรแดง

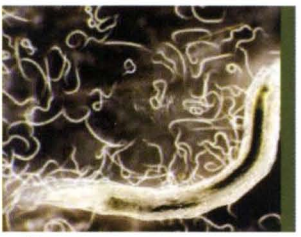
หนอนกระทู้ผัก

หนอนเจาะยอดกะหล่ำ

หนอนกระทู้หอม

หนอนใยผัก

ด้วงหมัดผัก



ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลง

ตาราง สรุปแมลงศัตรูพืชสำคัญของพืชตระกูลผักสลัด

ชนิดของแมลง	การเข้าทำลาย
หนอนใยผัก	ตัวหนอนขนาดเล็ก จะกัดกินใบ เมื่อถูกตัวจะดิ้นอย่างรุนแรงและทิ้งตัวลงพื้นโดยชักใย
หนอนกระทู้หอม	หนอนมีลำตัวอ้วน จะกัดกินใบพืช
หนอนกระทู้ผัก	หนอนจะแทะผิวใบด้านล่าง โดยเหลือด้านบน เมื่อใบแห้งจึงจะเห็นแผ่นใบสีขาวชัดเจน
หนอนคืบกะหล่ำ	หนอนมีลำตัวขนาดกลาง โดยกัดกินใบอย่างรวดเร็ว
หนอนเจาะยอดกะหล่ำ	หนอนจะเจาะเข้าทำลายในส่วนยอดที่กำลังเจริญเติบโต หากเป็นระยะออกดอกจะกินดอก
ด้วงหมัดผัก	หนอนจะกัดกินรากของพืช ส่วนด้วงตัวเต็มใบจะกัดกินใบพืช

การกำจัดแมลงศัตรูพืชอาจใช้แมลงเบียนหรือตัวห้ำ หรือสมุนไพรเพื่อควบคุมจำนวนแมลงศัตรูพืช หรือใช้กลุ่มจุลินทรีย์ทำให้แมลงตาย เช่น BT หรือ บาซิลลัส ทูริงจิเอนซิส (*Bacillus thuringiensis*) เป็นต้น

กลุ่มจุลินทรีย์ควบคุมแมลง

บีที (บาซิลลัส ทูริงจิเอนซิส)

ตาราง ชนิดของแมลงศัตรูพืชและสมุนไพรที่ใช้ในการควบคุมศัตรูพืชเป็นทางเลือกอีกวิธีหนึ่ง
ตัวอย่างเช่น

ชนิดของแมลง	ชนิดของสมุนไพรที่ใช้ควบคุม
หนอนกระทู้	สะเดา หนอนตายหยาก หางไหล
หนอนผีเสื้อ	ว่านน้ำ สะเดา หางไหล ฝักคูณแก่ หนอนตายหยาก
หนอนม้วนใบ	สะเดา สาบเสือ บอระเพ็ด หางไหล หนอนตายหยาก
หนอนเจาะฝักถั่ว	สาบเสือ หนอนตายหยาก หางไหล สะเดา
หนอนชอนใบถั่ว	สะเดา สาบเสือ
แมลงหวี่ขาว	ดาวเรือง ว่านน้ำ
เพลี้ยจักจั่น	พริกไทย ดีปลี
เพลี้ยอ่อน	สะเดา น้อยหน่า พริก ดีปลี กระเพรา
เพลี้ยไฟ	พริกแดง กระเทียม พริกไทย น้อยหน่า สาบเสือ ดีปลี
เพลี้ยกระโดด	สะเดา บอระเพ็ด น้อยหน่า พริกไทย พริกแดง ดีปลี

การทำความสะอาดรางและระบบปลูกพืช

การทำความสะอาดรางปลูกเป็นสิ่งสำคัญมาก ให้ทำทุกครั้งก่อนการเพาะปลูกและหลังการเก็บเกี่ยว โดยทำความสะอาดบริเวณรางปลูก ท่อน้ำ ข้อต่อ ถังเก็บสารละลาย แผ่นโฟม และโต๊ะปลูก โดยใช้น้ำยาฆ่าเชื้อโรคที่มีองค์ประกอบของคลอรีน โดยทั่วไปจะอยู่ในรูปโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (sodium hypochlorite, NaOCl) ซึ่งอาจพบสารนี้ในน้ำยาซักผ้าขาว อย่างไรก็ตาม สารละลาย NaOCl จะมีปริมาณคลอรีนจำเพาะ (ระบุความเข้มข้น) ปริมาณคลอรีนที่เหมาะสมเท่านั้นที่จะสามารถกำจัดเชื้อโรคได้ ปริมาณที่เหมาะสมคือ 150-200 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือ 200 ppm สามารถคำนวณได้ดังตัวอย่าง

● ถ้าต้องการเตรียมน้ำยาฆ่าเชื้อโรคที่มีคลอรีน 200 ppm ปริมาตร 100 ลิตร โดยเตรียมจากสารละลาย NaOCl (ที่มีคลอรีน 10% อ่านจากข้างขวด) จะได้ว่า

$$\text{ปริมาตร NaOCl (มล.)} = \frac{\text{ความเข้มข้นของคลอรีนที่ต้องการ (ppm)} \times \text{ปริมาตรที่ต้องการ (ลิตร)}}{\text{(\%คลอรีนที่มี x10)}}$$

ตัวอย่างเช่น

NaOCl = 200 ppm x 100 ลิตร / (10% คลอรีน x 10)

= 200 มล.

● ดังนั้น หากต้องการน้ำยาฆ่าเชื้อโรคที่มีคลอรีน 200 ppm ปริมาตร 100 ลิตร จึงเตรียมโดยตวง สารละลาย NaOCl ที่มีคลอรีน 10% มา 200 มิลลิลิตร แล้วผสมน้ำสะอาดจนได้ปริมาตร 100 ลิตร

● ข้อควรระวัง สารละลาย NaOCl ที่พบในชีวิตประจำวันทั่วไป เช่น น้ำยาซักผ้าขาว จะมีคลอรีนประมาณ 3-8% ดังนั้นให้ระวังเรื่องการแทนค่าในสูตรด้วย

● นอกจากนี้ยังมีน้ำยาฆ่าเชื้อทางการค้า อาทิ Clorox ซึ่งสามารถใช้ล้างระบบเพาะปลูกได้ โดยผสม Clorox 1 ลิตร กับน้ำสะอาด 99 ลิตร จะได้น้ำยาฆ่าเชื้อโรคที่มีความเหมาะสมสามารถใช้กำจัดโรคพืชได้

● โดยทั่วไปเมื่อล้างระบบเพาะปลูกด้วยคลอรีนแล้ว ให้ล้างออกด้วยน้ำสะอาด แล้วผึ่งกลางแจ้งจนกว่ากลิ่นคลอรีนจะหาย จึงจะสามารถใช้งานต่อได้

นอกจากการทำความสะอาดรางปลูกและระบบปลูกให้สะอาดอยู่เสมอ น้ำและวัสดุปลูกต้องไม่มีเชื้อโรคปนเปื้อน ทำการฆ่าเชื้อและล้างอุปกรณ์เครื่องใช้และรางปลูกหลังการเก็บเกี่ยว ร่วมกับการควบคุมปริมาณเชื้อโรคโดยใช้เชื้อราปฏิปักษ์ เช่น เชื้อไตรโคเดอร์มา (*Trichoderma* sp.) ซึ่งสามารถทำลายเชื้อราพิเทียมได้ การป้องกันคือลดความชื้นในแหล่งปลูก ไม่ปลูกพืชชิดเกินไป ใช้พัดลมระบายอากาศ เปิดตาข่ายพรางแสงให้แสงแดดส่องถึง และฉีดพ่นใบด้วยสารละลายเชื้อไตรโคเดอร์มา

ภาพรวมความปลอดภัยของผักที่พร้อมบริโภคในเรื่องปริมาณของสารไนเตรทและสารเคมีกำจัดแมลงศัตรูพืช พบว่าปริมาณสารเคมีที่อยู่ในผักตัวอย่างยังไม่น่าเป็นห่วง ผู้บริโภคสามารถรับประทานผักได้อย่างสบายใจ แต่ทั้งนี้ เกษตรกรผู้ผลิตควรจะต้องดูแลการปลูกให้ดียิ่งขึ้น มีการจดบันทึก และเข้มงวดในเรื่องการใช้สารเคมีกำจัดแมลงศัตรูพืชให้มากขึ้น ซึ่งปัจจุบันมีสารชีวภัณฑ์ผลิตออกมาจำหน่าย หลายชนิดสามารถใช้ทดแทนสารเคมีได้ หากเกษตรกรผลิตผักที่มีคุณภาพ มีความปลอดภัย ก็จะมีอาชีพที่ยั่งยืน

ดังนั้น การบริโภคผักอย่างปลอดภัยและได้ประโยชน์ ไม่ควรบริโภคผักชนิดใดชนิดหนึ่งเป็นประจำ ควรเลือกรับประทานผักหลากหลายชนิด จากหลายแหล่งปลูก เปลี่ยนทั้งชนิดผักและแหล่งปลูก เพื่อให้ได้รับประโยชน์ทางด้านโภชนาการครบถ้วน

คณะทำงาน

คณะทำงานโครงการพัฒนาต้นแบบการผลิตผักไฮโดรโพนิกส์เพื่อส่งเสริมการบริโภคที่ปลอดภัย

หัวหน้าโครงการ	ผศ.ดร. วราภา มหากาญจนกุล
ผู้ร่วมโครงการ	ผศ.ดร. กนิฐพร วังใน
ผู้ทรงคุณวุฒิของโครงการ	รศ.ดร. ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ
	ดร. รุ่งนภา ก่อประดิษฐ์สกุล
	รศ.ดร. ชัยณรงค์ รัตนกรีฑากุล
	ผศ.ดร. อุไรวรรณ นิลเพ็ชร์
	ผศ.ดร. รณภพ บรรเจิดเชิดชู
	ผศ.ดร. สุพจน์ กาเซ็ม
	ผศ.ดร. กฤษกมล ณ จอม
	ผศ.ดร. กุลนาถ ทองขาว
เจ้าหน้าที่โครงการ	นางสาวรุ่งทิวา เผือดผ่อง
	นางสาววนาลี อยู่ชา
	นางสาวกาญจนา เวชพานิช

คู่มือ ปลูกผักไฮโดรโพนิกส์

ผักไฮโดรโพนิกส์เป็นทางเลือกของผู้บริโภคที่ต้องการการบริโภคผักที่ดี มีคุณภาพ และปลอดภัย เพื่อสุขภาพ และลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง ผู้ผลิตจึงควรตระหนักว่าการปลูกผักเป็นต้นน้ำของห่วงโซ่ การผลิตผักไฮโดรโพนิกส์ ผู้ปลูกควรจะมีความรู้ความเข้าใจในการผลิต การใช้สารเคมีทั้งสารเคมีธาตุอาหาร และสารเคมีป้องกันแมลงและโรคพืช เพื่อสร้างความมั่นใจแก่ผู้บริโภค คู่มือปลูกผักไฮโดรโพนิกส์เล่มนี้ จึงเป็นประโยชน์ต่อทั้งผู้ผลิตที่เป็นผู้ประกอบการผลิตผักขนาดใหญ่ หรือแม้แต่ผู้ผลิตระดับครัวเรือน

จากการประมวลข้อมูล กล่าวได้ว่าปริมาณสารเคมี โดยเฉพาะสารไนเตรทในผักไฮโดรโพนิกส์ที่ปลูกในประเทศยังไม่น่าเป็นห่วง ผู้บริโภคสามารถรับประทานผักได้อย่างปลอดภัย ทั้งนี้ ผู้บริโภคเองก็ต้องตระหนักถึงเรื่องความสะอาด และการล้าง การเตรียมอาหารให้ปลอดภัยก่อนบริโภค เพื่อบริโภคผักและผลไม้ได้อย่างปลอดภัยและได้ประโยชน์ ทั้งยังไม่ควรบริโภคผักชนิดใดชนิดหนึ่งเป็นประจำ เลือกรับประทานผักผลไม้ให้หลากหลายชนิด จากหลายแหล่งปลูก เพื่อบรรลุคำแนะนำขององค์การอนามัยโลก และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการเสริมสร้างสุขภาพรณรงค์ให้ประชาชนรับประทานผักผลไม้วันละ 400 กรัมต่อคนต่อวัน

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พ.ศ. ๒๔๘๑

สสส
สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ