รายงานฉบับสมบูรณ์

# ศูนย์เรียนรู้และถ่ายทอดการบริหารจัดการน้ำแบบใช้น้ำบำบัดแล้ว

โดย ดร.ชาญยุทธ กาฬกาญจน์ และคณะ

พฤศจิกายน 2563

รายงานฉบับสมบูรณ์

# ศูนย์เรียนรู้และถ่ายทอดการบริหารจัดการน้ำแบบใช้น้ำบำบัดแล้ว

โดย ดร.ชาญยุทธ กาฬกาญจน์ และคณะ

พฤศจิกายน 2563

สัญญาเลขที่ SIP6230026

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ “ศูนย์เรียนรู้และถ่ายทอดการบริหารจัดการน้ำแบบใช้น้ำบำบัดแล้ว”


| **คณะผู้วิจัย** | **สังกัด** |
|---|---|
| ดร.ชาญยุทธ กาฬกาญจน์ | หน่วยวิจัยวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างพื้นฐาน เพื่อความยั่งยืนคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา |
| ผศ.ดร.เพชร์รัตน์ ลิ้มสุปรียารัตน์ | หน่วยวิจัยวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างพื้นฐาน เพื่อความยั่งยืนคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา |
| นางสาวจิตรา มานี | หน่วยวิจัยวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างพื้นฐานเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา |
| ผศ.ดร.ไพทูล แก้วหอม | คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว |
| ดร.สิริเชษฐ์ รัตนะชิตธวัช | คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว |
| ดร.ชนากานต์ ลักษณะ | คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว |
| ดร.อรสุรางค์ โสภิพันธ์ | คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว |
| ดร.ชัยฤกษ์ จักรพัฒนจิต | คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา |
| นายศักย์ สกุลไทย | หน่วยปฏิบัติการวิจัยระบบการจัดการแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| นายชานนท์ รัศมีประเสริฐ | หน่วยปฏิบัติการวิจัยระบบการจัดการแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| นายธรณินทร์ เป่าสง่า | หน่วยปฏิบัติการวิจัยระบบการจัดการแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| นางสาววิชุตา เหมเสถียร | หน่วยปฏิบัติการวิจัยระบบการจัดการแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |



สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม

สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ และ

แผนงานยุทธศาสตร์เป้าหมาย (Spearhead) ด้านสังคม แผนงานการบริหารจัดการน้ำปีที่ 1

# คำนำ

รายงานฉบับสมบูรณ์ของโครงการ “ศูนย์เรียนรู้และถ่ายทอดการบริหารจัดการน้ำแบบใช้น้ำบำบัดแล้ว” โดยคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้สรุปผลการศึกษาของโครงการรวมระยะเวลา 1 ปี (9 กันยายน 2562 - 30 พฤศจิกายน 2563) ซึ่งประกอบด้วยกิจกรรมที่ได้ดำเนินงาน พัฒนาต้นแบบของการบำบัดน้ำเสียจากอาคารสำนักงานและพัฒนาต้นแบบฟาร์มเพาะปลูกพืชในรูปแบบการประหยัดน้ำโดยติดตั้งระบบควบคุมด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตแห่งสรรพสิ่ง (Internet of Things หรือ IoT) เพื่อช่วยสนับสนุนการบริหารจัดการระบบบำบัดน้ำเสียจากอาคาร (โดยเลือกใช้อาคารที่มีลักษณะเป็นสำนักงานและห้องเรียน) และการเพาะปลูกในฟาร์มพืชแนวคิดศูนย์เรียนรู้และถ่ายทอดการบริหารจัดการน้ำแบบใช้น้ำบำบัดแล้วที่ได้เสนอไว้ในรายงานฉบับสมบูรณ์เล่มนี้

ทางคณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า รายงานฉบับสมบูรณ์เล่มนี้ จะมีเนื้อหาที่เป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานทั้งภาคราชการ ภาคเอกชน รวมถึงประชาชนในการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่และองค์ความรู้ด้านการเกษตรมาเป็นต้นแบบช่วยในการส่งเสริมการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ และนำข้อข้อมูลที่ได้นำไปใช้สนับสนุนการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในระดับพื้นที่ได้ในอนาคต

หัวหน้าโครงการวิจัย

พฤศจิกายน 2563

# กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาของโครงการ “ศูนย์เรียนรู้และถ่ายทอดการบริหารจัดการน้ำแบบใช้น้ำบำบัดแล้ว” สามารถดำเนินการมาได้ด้วยความร่วมมือจากหลายฝ่ายทั้งในด้านบุคลากร และการสนับสนุนข้อมูลในงานวิจัย โครงการฯ ขอขอบคุณหน่วยงานต่างๆ ซึ่งประกอบด้วยคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา บริษัท อมตะ วอเตอร์ จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทย่อยในกลุ่มบริษัท อมตะ คอร์ปอเรชัน จำกัด (มหาชน) บริษัท อาควา นิชิฮาร่า คอร์ปอเรชั่น จำกัด บริษัท เอสพีสมาร์ทแพลนท์ จำกัด และนายสัมพันธ์ พิพัฒน์วรการ (เพื่อนเกษตรเฟรชวิลล์ฟาร์ม) และการศึกษาครั้งนี้ ยังได้รับการสนับสนุนเป็นอย่างดีจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม, สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ และแผนงานยุทธศาสตร์เป้าหมาย (Spearhead) ด้านสังคม แผนงานการบริหารจัดการน้ำ ปีที่ 1 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณหน่วยงานต่างๆ และผู้ทรงคุณวุฒิ รวมทั้งผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่กรุณาให้ความร่วมมือและสนับสนุนโครงการฯ เป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณหน่วยวิจัยวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างพื้นฐานเพื่อความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว และคณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา ที่ทำงานวิจัยร่วมกันมา ณ โอกาสนี้

คณะผู้วิจัย

พฤศจิกายน 2563

# บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

## 1. บทนำ

จากโครงการพัฒนาพื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก หรือ Eastern Seaboard Development Program (ESB) ที่เกิดขึ้นใน พ.ศ. 2525 แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 5 (พ.ศ. 2525-2529) ภายใต้รัฐบาลของนายกรัฐมนตรี พลเอกเปรม ติณสูลานนท์ ส่งผลให้พื้นที่ 3 จังหวัดในภาคตะวันออก ได้แก่ จังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี และระยอง มีการเจริญเติบโตของด้านเศรษฐกิจและสังคมเป็นอย่างมาก ในปัจจุบันรัฐบาลมีนโยบายพัฒนาพื้นที่ดังกล่าวให้เป็นเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก หรือ Eastern Economic Corridor (EEC) เพื่อเป็นการต่อยอดจากโครงการ ESB และเป็นการสร้างเศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยี และนวัตกรรม โดยการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน 5 โครงการและการสร้าง 12 อุตสาหกรรมเป้าหมาย ส่งผลให้เกิดแรงกดดันต่อการจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ซึ่งปริมาณการใช้น้ำ การเก็บกักและจัดหาน้ำ อยู่ในระดับใกล้เคียงกันและเกือบเป็นความสามารถสูงสุดในการบริหารและจัดการน้ำทำให้สภาพสมดุลระหว่างอุปสงค์ (Demand) และอุปทาน (Supply) น้ำเข้าใกล้จุดวิกฤติในระยะอีกไม่นานนี้

ดังนั้น การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ทรัพยากรน้ำเพื่อหลีกเลี่ยงหรือลดผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตโครงการ “ศูนย์เรียนรู้และถ่ายทอดการบริหารจัดการน้ำแบบใช้น้ำบำบัดแล้ว” พัฒนาต้นแบบของการบำบัดน้ำเสียจากอาคารสำนักงานและพัฒนาต้นแบบฟาร์มเพาะปลูกพืชในรูปแบบการประหยัดน้ำ โดยติดตั้งระบบควบคุมด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตแห่งสรรพสิ่ง (Internet of Things หรือ IoT) เพื่อช่วยสนับสนุนการบริหารจัดการระบบบำบัดน้ำเสียจากอาคาร (โดยเลือกใช้อาคารที่มีลักษณะเป็นสำนักงานและห้องเรียน) และการเพาะปลูกในฟาร์มพืช และเพื่อใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการทำงานด้านการใช้น้ำ การบำบัดน้ำเสีย และการประหยัดน้ำ รวมทั้งเพื่อการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับน้ำจนนำไปสู่การสร้างความตระหนักรู้ถึงคุณค่าของทรัพยากรน้ำ และมุ่งหวังจะพัฒนาให้เป็นศูนย์เรียนรู้เพื่อถ่ายทอดความรู้ สื่อสาร และให้ข้อมูล รวมทั้งการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ระหว่างมหาวิทยาลัยและผู้สนใจทั่วไป

## 2. วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ของโครงการ

1) ฟาร์มต้นแบบในการประหยัดน้ำในพื้นที่ EEC

2) ศูนย์อบรมอาคารและฟาร์มประหยัดน้ำในพื้นที่ EEC

ฟาร์มต้นแบบที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อการประหยัดน้ำและเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้น้ำจากกระบวนการคิดแบบ 3Rs ได้แก่ Reduce, Reuse, Recycle ปัจจุบันจากการเติบโตด้านเศรษฐกิจและสังคมของพื้นที่ EEC นั้น บางภาคส่วนอาจยังมีการใช้น้ำในลักษณะไม่เต็มประสิทธิภาพ หรือมีความไม่มั่นใจกับการนำน้ำที่ผ่านการบำบัดกลับมาใช้ใหม่ ดังนั้น โครงการฯ จึงสร้างภาพให้เห็นถึงการใช้น้ำ การบำบัดน้ำ และการนำน้ำที่ผ่านการบำบัดกลับมาใช้ใหม่เพื่อแสดงให้เห็นการสร้างอรรถประโยชน์ให้กับน้ำ และการลดความต้องการน้ำดิบสำหรับการผลิตน้ำประปาในระดับมหภาคได้อีกทางหนึ่ง

โครงการฯ มุ่งหวังจะพัฒนาให้เป็นศูนย์เรียนรู้เพื่อถ่ายทอดความรู้ สื่อสาร และให้ข้อมูล รวมทั้งการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ระหว่างมหาวิทยาลัยและผู้สนใจทั่วไป

## 3. ขั้นตอนการดำเนินงาน

โครงการฯ สร้างระบบบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากอาคารสำนักงานและสร้างต้นแบบฟาร์มเพาะปลูกพืชในรูปแบบการประหยัดน้ำ โดยการนำน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วไปใช้ในลดอุณหภูมิและสร้างปริมาณชื้นในอากาศที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช และนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตแห่งสรรพสิ่ง (Internet of Things หรือ IoT) มาประยุกต์ใช้กับโครงการฯ

พร้อมกันนี้ยังพัฒนาหลักสูตรอบรม เพื่อขยายผลการใช้ประโยชน์องค์ความรู้ที่ได้จากโครงการฯ ให้แก่ผู้สนใจทั่วไป โดยใช้พื้นที่ในการดำเนินการที่มหาวิทยาลัยบูรพา เนื่องจากเป็นหน่วยงานการศึกษาที่ทำหน้าที่ประสานงานการสร้างบุคลากรและปรับโครงสร้างการศึกษาให้เป็นไปตามเป้าหมายของการพัฒนาประเทศในเขตพัฒนาพิเศษตะวันออก

### 3.1.1 แนวทางในการบำบัดน้ำเสีย

โดยหลักการระบบบำบัดน้ำเสียจะทำหน้าที่ปรับปรุงคุณภาพน้ำ เพื่อให้ได้น้ำซึ่งมีคุณสมบัติเหมาะสมเพียงพอที่จะปล่อยคืนสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ สามารถแยกได้เป็น 3 ประเภทตามความแตกต่างของระดับความเสียของน้ำ (หรือลักษณะน้ำเสีย) ดังนี้

1) การบำบัดทางกายภาพ เป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียพื้นฐานที่ใช้ในการบำบัดขั้นต้นสำหรับน้ำเสียที่เกิดจากอาคารหรือชุมชน ได้แก่ กระบวนการดักขยะขนาดใหญ่ กระบวนการกำจัดไขมัน และน้ำมัน กระบวนการตกตะกอนโดยใช้สารเคมี และกระบวนการกำจัดสารพิษจำพวกโลหะหนัก
2) การบำบัดทางชีวภาพ เป็นกรรมวิธีบำบัดน้ำเสียซึ่งใช้หลักการทางชีวภาพ โดยจะออกแบบก่อสร้างระบบบำบัดสำหรับทำการเลี้ยงจุลินทรีย์เพื่อย่อยสลายสารมลพิษในน้ำเสีย ซึ่งกรรมวิธีนี้เหมาะสำหรับการบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากแหล่งชุมชนหรือเทศบาลทั่วไป
3) การกำจัดตะกอน เป็นกรรมวิธีบำบัดตะกอนที่เกิดขึ้นจากการบำบัดน้ำเสียทั้งจากกระบวนการบำบัดทางกายภาพ และกระบวนการบำบัดทางชีวภาพ โดยใช้วิธีการรีดน้ำออกจากกากตะกอนเพื่อให้ตะกอนแห้งและลดปริมาตรของกากตะกอน ทำให้สะดวกต่อการขนส่งไปจำกัด เครื่องจักรที่ใช้การรีดน้ำออกจากตะกอน ได้แก่ เครื่องอัดตะกอน เครื่องรีดตะกอน หรือเครื่องเหวี่ยงตะกอน เป็นต้น ซึ่งกรรมวิธีนี้จะถูกนำไปใช้ในขั้นตอนการกำจัดตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียจากชุมชน และเทศบาล รวมไปถึงตะกอนที่เกิดจากการผลิตน้ำประปา

**3.1.2 แนวทางในการพัฒนาฟาร์มพืชประหยัดน้ำ**

การพัฒนาฟาร์มพืช เป็นการเพาะปลูกด้วยการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ คือ

1) ใช้อุปกรณ์อัตโนมัติ และกึ่งอัตโนมัติสำหรับการติดตามคุณสมบัติต่างๆ เช่น การตรวจวัด pH และค่าการนำไฟฟ้าของปุ๋ยค่าความชื้นและอุณหภูมิในโรงปลูก เป็นต้น เพื่อการช่วยติดตามลักษณะสภาพแวดล้อม ที่ทำให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้ดี และทำให้ได้ผลผลิตมากที่สุด โดยใช้ต้นทุนในการเพาะปลูกที่น้อยที่สุด
2) ระบบติดตามระยะไกลจากค่าการตรวจวัดด้วยอุปกรณ์อัตโนมัติ และกึ่งอัตโนมัติที่ถูกใช้เพื่อประเมินวิเคราะห์หรือแสดงข้อมูลที่แสดงถึงประสิทธิภาพของระบบ

**3.1.3 การพัฒนาหลักสูตรและการอบรม**

โครงการฯ ต้องการผลลัพธ์จากการพัฒนาองค์ความรู้ที่ได้จากโครงการฯ และจะใช้ถ่ายทอดผ่านคณะนักวิจัย และการทำงานร่วมกันของหน่วยงานต่างๆ ซึ่งประกอบด้วย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา บริษัท อมตะ วอเตอร์ จำกัด

บริษัท อาควา นิชิฮาร่า คอร์ปอเรชั่น จำกัด บริษัท เอสพีสมาร์ทแพลนท์ จำกัด และนายสัมพันธ์ พิพัฒน์วรการ (เพื่อนเกษตรเฟรชวิลล์ฟาร์ม) การพัฒนาหลักสูตรที่สนับสนุนการเรียนการสอนของโรงเรียน การเผยแพร่และปลูกฝังแนวความคิดด้านการประหยัดน้ำ และการใช้ทรัพยากรน้ำให้เกิดประโยชน์แก่ประชาชนผู้สนใจ

## 4. สรุปผลการศึกษา

โครงการ “ศูนย์เรียนรู้และถ่ายทอดการบริหารจัดการน้ำแบบใช้น้ำบำบัดแล้ว” ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อเป็นต้นแบบที่แสดงให้เห็นถึงการสร้างอรรถประโยชน์ให้กับน้ำ โดยนำน้ำที่เกิดจากกิจกรรมในชีวิตประจำวันเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย แล้วนำน้ำที่ผ่านการบำบัดมาใช้กับในการสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการปลูกพืชด้วยฟาร์มที่นำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตแห่งสรรพสิ่ง (Internet of Things หรือ IoT) มาประยุกต์ใช้

โครงการฯ แสดงเห็นถึง ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพเพียงพอที่ทำให้ได้น้ำที่มีคุณภาพเหมาะสมต่อการนำกลับมาใช้ใหม่

สร้างภาพให้เห็นถึงการใช้น้ำในรูปแบบ 3Rs (Reduce Reuse and Recycle) โดยเฉพาะในมุมมองปัญหาการขาดแคลนน้ำในอนาคตของพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก

การบำบัดน้ำเสียจากการใช้ในอาคาร เพื่อนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ที่มีต้นทุนถูกกว่าการใช้น้ำที่ผลิตจากระบบประปาหรือการหาแหล่งน้ำใหม่

อีกทั้งยังสามารถพัฒนาขึ้นใช้เฉพาะในพื้นที่จำกัด มีความยืดหยุ่นกว่าการพัฒนาเป็นระบบใหญ่ๆ ซึ่งมีความซับซ้อนและเงื่อนไขมากกว่า และในส่วนฟาร์มพืชช่วยให้เห็นภาพในเรื่องประสิทธิภาพการปลูกพืช ด้วยการใช้น้ำที่น้อยลง ควบคุมการเจริญเติบโต เพื่อให้ผลผลิตมีจำนวนเพิ่มขึ้น ลดการใช้แรงงานและการดูแลรักษา

นอกจากนี้ต้นแบบและองค์ความรู้ที่ได้จากโครงการฯ จะสามารถนำมาใช้ในการเผยแพร่ให้กับผู้สนใจ ทำให้เกิดการขยายผลสัมฤทธิ์ของโครงการฯ สู่สาธารณะ สร้างความตระหนักรู้ถึงคุณค่าของทรัพยากรน้ำ อีกทั้งเป็นการดำเนินงานในด้านความต้องการน้ำ ซึ่งหากได้รับการส่งเสริม สนับสนุนเพื่อต่อยอดจากหน่วยงานภาครัฐและเอกชน จะทำให้ช่วยลดภาระในการพัฒนา จัดหาและปรับปรุงแหล่งน้ำต้นทุนของภาครัฐได้อีกทางหนึ่ง

**5. ข้อเสนอแนะ**

ในการดำเนินงานโครงการฯ นี้ เป็นการทำงานในลักษณะการจัดซื้อจัดจ้างครุภัณฑ์สิ่งก่อสร้าง แต่ได้รับการยกเว้นไม่ต้องดำเนินการตามประกาศคณะกรรมการนโยบายการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐ เรื่องหลักเกณฑ์การจัดซื้อจัดจ้างเพื่อการวิจัยและพัฒนาเพื่อการให้บริการทางวิชาการของสถาบันอุดมศึกษา หรือการจ้างที่ปรึกษา แต่การดำเนินงานวิจัย ยังคงประสบปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงานโครงการ สามารถสรุปได้ดังนี้

1) *การเตรียมพื้นที่เพื่อการก่อสร้าง* ต้องศึกษากฎระเบียบในการขอใช้ประโยชน์พื้นที่โดยเฉพาะที่ราชพัสดุ หรือที่ดินครอบครองโดยมหาวิทยาลัยตามกฎเกณฑ์ต่างๆ รวมถึงการจัดทำเอกสารเพื่อขอใช้ประโยชน์พื้นที่ก่อนการดำเนินงานโครงการ
2) *การทำความเข้าใจกับทีมงานร่วมพัฒนาโครงการ* กำหนดขอบเขตและหน้าที่ของนักวิจัยแต่ละท่านให้ชัดเจนก่อนการดำเนินงาน เพื่อลดปัญหาความไม่เข้าใจถึงวัตถุประสงค์ในการพัฒนาของคณะนักวิจัยรวมถึงบทบาทที่จะเกิดขึ้น ซึ่งจะทำให้โครงการได้รับผลสัมฤทธิ์ตามที่โครงการได้ตั้งไว้
3) *การเตรียมพร้อมเรื่องผลผลิตและรายได้ของโครงการ* ศึกษาระเบียบการเงิน (Finance Regulation) หรือการดำเนินงานโครงการในลักษณะของการหารายได้ เพื่อให้โครงการสามารถหมุนเวียนรายได้สำหรับใช้ในการบำรุงรักษา และค่าจ้างบุคลากรต่างๆ โดยจะทำให้ช่วยลดภาระการจัดหางบประมาณมาใช้ในการดำเนินงานในอนาคต
4) *การจัดการเรื่องงบประมาณโครงการควรเป็นลักษณะต่อเนื่อง* ปัญหาการเบิกจ่ายงบประมาณในงานวิจัยมีข้อติดขัดในทางปฏิบัติ การทำงานในลักษณะโครงการย่อยๆ ซึ่งทำงานต่อเนื่องกันไป หากใช้เวลารอการเบิกจ่ายเงินงบประมาณที่มีระยะเวลานาน อาจทำให้การดำเนินงานติดขัดไม่ราบรื่นได้

# Executive Summary

## 1. Introduction

According to the fifth national economic and social development plan (1982-1986) under Prime Minister General PremTinsulanonda, the Eastern Seaboard Development Program (ESB) project was initiated, resulting in an increase in economic growth and productivity in Chachoengsao, Chon Buri and Rayong. At present, the government has a policy to develop the area into the Eastern Economic Corridor (EEC) Special Development Zone in order to build on the ESB program and to build a technology and innovation-driven economy by developing 5 infrastructure projects and building. 12 The target industries put pressure on the management of water resources in the area where water consumption Water storage and supply is almost the same and near the highest capacity for water management, bringing the equilibrium between Demand and Supply of water closer to a critical point in the near future.

Therefore, the improvement in water resource management would help in avoiding the problem of water shortage. One of the potential management approaches for economizing water use include efficient irrigation systems and precision agriculture. The use of alternative water resources, such as recycled wastewater in agricultural purposes would help to face the current water scarcity problem. “The Learning and Dissemination Center of Water Managementusing Treated Water” aims to develop a prototype wastewater treatment center and hydroponic farms using treated wastewater for irrigation. The water usage in the system is designed to utilized water efficiently which is controlled by using Internet of Things or IoT. The aim of the study is to promote the usage of treated wastewater as a strategic option in augmenting agricultural water supplies and to serve as a demonstration project for wastewater reuse. The center is located in the area of Piboonbumpen Demonstration School of Burapha University. Raw wastewater is obtained from office and academic buildings and is delivered to a wastewater treatment plant. Then, the treated wastewater is used in

conjunction with tap water in hydroponic agriculture. In addition, the results of this study would raise awareness and exhibit the importance of alternative water resources to support agricultural activities. This center will exchange and transfer knowledge to an individual or organization through some media like documents and workshops. More importantly, this study can encourage people to initiate activities using treated wastewater which would be helpful for future water resource management.

## 2. Objectives

The objectives of this project are as follows:

1) To construct prototype farm with smart technologies in economizing irrigation water in EEC area.
2) To develop training and demonstration center and water economic farming in EEC area.

The prototype farm is developed to economize water use and to improve water use efficiency. The concept of the farm is developed based on the *3R principles ofReduce, Reuse and Recycle*. With the growth of economy and society, there are unsustainable and inefficient water management in some areas. Also, people may concern about the wastewater reuse. Therefore, this project would demonstrate that a properly planned and managed water reuse project can produce high quality treated water for reuse in agricultural farms. Furthermore, in regions where freshwater resources are insufficient, it is al to develop a solution that is feasible technically and economically to decrease fresh water consumption.

This center will exchange and transfer knowledge to an individual or organization through some media like documents and workshops. More importantly, this study can encourage people to initiate activities using treated wastewater which would be helpful for future water resource management.

## 3. Project methodology

This project utilizes raw wastewater obtained from office and academic buildings and develop a prototype hydroponic farm using smart technology for economizing water usage. The treated water is aerated to decrease temperature and to increase humidity that suitable for agriculture operations. The efficiently water usage is controlled by using Internet of Things or IoT. In addition, an interactive training and workshop course is developed to extend the use of knowledge obtained from this project at Burapha University. This course is a part of Eastern Special Development Zone plan.

### 3.1.1 Wastewater treatment methods

The methods used to improve quality of waterprior to discharge could be classified as three types depending on characteristics of wastewater or the degree of contamination.

1) **Physical wastewater treatment method** is usually used for the initial treatment process for wastewater obtained from office buildings or communities. The treatment process includes coarse screening, lipid and oil extraction, chemical precipitation and heavy metal detoxification.
2) **Biological treatment** rely on bacteria, nematodes, or other small organisms to break down organic wastes using normal cellular processes. This method is suitable to manage wastewater obtained from communities or municipalities.
3) **Sedimentation** is the process of allowing particles in suspension in water to settle out of the suspension under the effect of gravity. The particles that settle out from the suspension become sediment, and in water treatment is known as sludge. When a thick layer of sediment continues to settle, this is known as consolidation. When consolidation of sediment, or sludge, is assisted by mechanical means then this is known as thickening. This method

could be applied for wastewater obtained from communities or municipalities and could be used to reduce the concentration of particles during production of tap water.

### 3.1.2 The development of water economic farming

The techniques used for economizing water usage in hydroponic farming are as follows:

The automatic and semi-automatic instruments are utilized for measurement of agricultural parameters such as measurements of pH, fertilizer electrical conductivity, humidity and temperature in the farms, and for monitoring environment parameters that affect plant growth, in order to maximize the production yield and minimize agricultural costs. The remote tracking system is used for precisely tracking measured parameters which are then analyzed for the efficiency of the system.

### 3.1.3 The development of interactive training and workshop course

A curriculum, including interactive training and workshop, that supports the school's teaching and learning in disseminating and cultivating the concept of water saving and the utilization of water resources beneficial. This is due to the development of knowledge gained from project researchers and the collaboration of various departments, including Faculty of Engineering Burapha University, Satit School "Piboon Bamphen", Burapha University, Amata Water Co., Ltd., Aqua Nishi Hara Corporation Co., Ltd., SP Smart Plant Co., Ltd. and Mr. Samphan Pipatworakarn (Friends of Agriculture, Fresh Ville Farm) Which the project aims to disseminate to benefit agencies, organizations and people who are interestedin further.

## 4. Summary

"The learning and dissemination center of Water Management using treated water" was developed as a model to demonstrate the utility of water. By bringing water

arising from daily life activities into the wastewater treatment system and then using the treated water to create a suitable environment for growing crops with farms using Internet of Things (IoT) technology.

The project demonstrated that the wastewater treatment system is efficient enough to obtain quality water suitable for reuse, creating a picture of the use of water in ***3Rs (Reduce Reuse and Recycle),*** especially in view of the future water shortage of the Eastern Special Development Zone. It is cheaper to treat wastewater from indoor use to recycle water than using water produced from a water supply system or to find a new water source.It can also be developed for use especially in a limited area. It is more flexible than developing large systems which are more complex and conditional. For farms, it helps to visualize crop efficiency by using less water, controlling growth to increase yields, reducing labor and maintenance.

In addition, the model and knowledge gained from the project can be used to disseminate to interested parties, thus expanding the project's achievements to the public, raising awareness of the value of water resources. It is also the operation in the area of water demand. Which if it is promoted to extend from the government and private sectors, it will help reduce the burden of developing, procuring and improving the water supply and cost of the government sector.

## 5. Recommendations

In operating this project, it is a work in the form of procurement of construction equipment, but is exempt from having to proceed according to the announcement of the Government Procurement Policy and Supplies Management Committee. Re: Criteria for the Procurement for Research and Development for Academic Service of Higher Education Institutions or Consulting. However, the research operation still has problems and obstacles in the project implementation, which can be summarized as follows:

**1) Preparing the area for construction,** need to study the rules for requesting the utilization of the area, especially the state property. Or the land occupied by the

university in accordance with the rules, including preparing documents for the utilization of the area before the implementation of the project.

**2) Understanding the project development team** to clearly determine the scope and duties of each researcher before implementation to reduce the problem of incompahension of the development objectives of the researchers and the upcoming role that the project will achieve as set out.

**3) preparation of the project's productivity and income**, study Finance Regulation, or operating a project in a form of income-making to enable the project to turnover income for use in maintenance and wages of personnel. This will help reduce the burden of budget procurement for future operations.

**4) Project budget management should be a continuous nature**, problems with budget disbursement in research work. In practice, working on a continuous basis of smaller projects, long waiting time for budget disbursements can lead to disruption of operations.

# บทคัดย่อ

**รหัสโครงการ** : SIP6230026

**ชื่อโครงการ** : ศูนย์เรียนรู้และถ่ายทอดการบริหารจัดการน้ำแบบใช้น้ำบำบัดแล้ว

**ชื่อนักวิจัย :**


| | |
|---|---|
| ดร.ชาญยุทธ กาฬกาญจน์ | หน่วยวิจัยวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างพื้นฐานเพื่อความยั่งยืน<br>คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา |
| ผศ.ดร.เพชร์รัตน์ ลิ้มสุปรียารัตน์ | หน่วยวิจัยวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างพื้นฐานเพื่อความยั่งยืน<br>คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา |
| นางสาวจิตรา มานี | หน่วยวิจัยวิศวกรรมโยธาและโครงสร้างพื้นฐานเพื่อความยั่งยืน<br>คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา |
| ผศ.ดร.ไพทูล แก้วหอม | คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา<br>วิทยาเขตสระแก้ว |
| ดร.สิริเชษฐ์ รัตนะชิตธวัช | คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา<br>วิทยาเขตสระแก้ว |
| ดร.ชนากานต์ ลักษณะ | คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา<br>วิทยาเขตสระแก้ว |
| ดร.อรสุรางค์ โสภิพันธ์ | คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา<br>วิทยาเขตสระแก้ว |
| ดร.ชัยฤกษ์ จักรพัฒนจิต | คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์<br>วิทยาเขตศรีราชา |
| นายศักย์ สกุลไทย | หน่วยปฏิบัติการวิจัยระบบการจัดการแหล่งน้ำ<br>คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| นายชานนท์ รัศมีประเสริฐ | หน่วยปฏิบัติการวิจัยระบบการจัดการแหล่งน้ำ<br>คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |

นายธรณินทร์ เป่าสง่า หน่วยปฏิบัติการวิจัยระบบการจัดการแหล่งน้ำ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
นางสาววิชุตา เหมเสถียร หน่วยปฏิบัติการวิจัยระบบการจัดการแหล่งน้ำ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ระยะเวลาโครงการ :** 9 กันยายน 2562 - 30 พฤศจิกายน 2563

**คำสำคัญ :** อาคารประหยัดน้ำ, ฟาร์มประหยัดน้ำ, ลดการใช้น้ำ

พื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี และระยอง ตั้งอยู่ในภาคตะวันออก ได้รับการพิจารณาให้เป็นเขตพัฒนาพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก หรือ Eastern Economic Corridor (EEC) ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงและการเจริญเติบโตของเศรษฐกิจและสังคมมากยิ่งขึ้นภายหลังโครงการพัฒนาพื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก หรือ Eastern Seaboard Development Program (ESB) ที่เกิดขึ้นในพ.ศ. 2525 ทำให้เกิดผลกระทบต่อปริมาณทรัพยากรน้ำของพื้นที่ซึ่งขณะนี้ปริมาณความต้องการใช้น้ำและปริมาณน้ำที่เก็บกักได้อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน ทำให้อาจเกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำขึ้นในอนาคต ดังนั้นเพื่อลดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น ดังนั้น การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพด้านการใช้ทรัพยากรน้ำจึงมีความจำเป็นที่ต้องดำเนินการ

โครงการศูนย์เรียนรู้และถ่ายทอดการบริหารจัดการน้ำแบบใช้น้ำบำบัดแล้ว (Learning and Dissemination Center of Water Management using Treated Water) มีวัตถุประสงค์เพื่อการพัฒนาต้นแบบของระบบบำบัดน้ำเสียอาคารและฟาร์มปลูกพืช โดยอาศัยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตแห่งสรรพสิ่ง (Internet of Things หรือ IoT) มาประยุกต์ใช้กับโครงการฯ เพื่อช่วยสนับสนุนการบริหารจัดการระบบบำบัดน้ำเสียจากอาคาร (โดยเลือกใช้อาคารที่มีลักษณะเป็นสำนักงานและห้องเรียน) และการเพาะปลูกในฟาร์มพืช และเพื่อใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการทำงานด้านการใช้น้ำ การบำบัดน้ำเสีย และการประหยัดน้ำ รวมทั้งเพื่อการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับน้ำ จนนำไปสู่การสร้างความตระหนักรู้ถึงคุณค่าของทรัพยากรน้ำ และมุ่งหวังจะพัฒนาให้เป็นศูนย์เรียนรู้เพื่อถ่ายทอดความรู้ สื่อสาร และให้ข้อมูล รวมทั้งการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ระหว่างมหาวิทยาลัยและผู้สนใจทั่วไป

# Abstract

**Project code :** SIP6230026

**Project Title :** Learning and Dissemination Center of water management using treated water

**Researcher Team :**


| | |
|---|---|
| Chanyut Kalakan, Ph.D. (Civil Engineering) | Faculty of Engineering, Burapha University |
| Asst. Prof. Petcharat Limsupreeyarat, Ph.D. | Faculty of Engineering, Burapha University |
| Ms. JitraManee | Faculty of Engineering, Burapha University |
| Asst. Paitoon Kaewhom, Ph.D. (Agricultural Biotechnology) | Faculty of Agricultural Technology, Burapha University, Sakaeo Campus |
| Sirichet Rattanachitthawat, Ph.D. (Biological Science) | Faculty of Agricultural Technology, Burapha University, Sakaeo Campus |
| Chanakan Laksana, Ph.D. (Agricultural Biotechnology) | Faculty of Agricultural Technology, Burapha University, Sakaeo Campus |
| Onsulang Sophiphun, Ph.D. (Chemistry) | Faculty of Agricultural Technology, Burapha University, Sakaeo Campus |
| Chairerg Jakpattanajit, D.Eng. (Electrical Engineering) | Faculty of Engineering atSriracha, Kasetsart University Sriracha Campus |
| Sak Sakulthai | Faculty of Engineering, Chulalongkorn University |
| Chanon Rusamiprasert | Faculty of Engineering, Chulalongkorn University |
| Toranin Pawsanga | Faculty of Engineering, Chulalongkorn University |
| Wichuta Hemsatien | Faculty of Engineering, Chulalongkorn University |

**Project Duration :** 9th September 2019 – 30th November 2020

**Keywords :** Wastewater, Wastewater Treatment, Reuse, Hydroponic, Agricultural Irrigation

Chachoengsao, Chonburi and Rayong provinces are located in the eastern region. It is considered to be the Eastern Economic Corridor (EEC) development zone, causing greater economic and social change and growth.After Eastern Seaboard Development Program project was initiated in 1982, these areas have been facing the water scarcity problems. The demand-and-supply balance of water for industry, livings, agriculture, etc. is almost equal, which may lead to severe water scarcity. The reuse of wastewater as an alternative water resources is also one of potential approaches that would help to face the current water scarcity problem.

In order to mitigate the potential impact, it is imperative that studies on increasing the efficiency of water resource use are needed.The Learning and Dissemination Center of Water Management using Treated Water aims to develop a prototype wastewater treatment center and hydroponic farms using treated wastewater for irrigation. Internet of things are used to track and monitor agriculture parameters in the farms in order to utilized treated water efficiently. Raw wastewater is obtained from office and academic buildings and the treated wastewater is used in conjunction with tap water in hydroponic agriculture. Furthermore, the knowledge obtained from this project will be exchange and transfer to an individual or organization. The results of this study would raise awareness and exhibit the importance of alternative water resources to support agricultural activities, as well as the exchange of experiences between universities and interested people in Thailand.

# สารบัญ

**หน้า**


รายชื่อคณะวิจัยและผู้เกี่ยวข้อง

คำนำ

กิตติกรรมประกาศ

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

Executive Summary

บทคัดย่อไทย

บทคัดย่ออังกฤษ

สารบัญ

สารบัญรูป

สารบัญตาราง

| | | |
|---|---|---|
| **บทที่ 1** | **บทนำ** | **1-1** |
| 1.1 | หลักการและเหตุผล | 1-1 |
| 1.2 | แนวคิดและเป้าหมาย | 1-1 |
| 1.3 | วัตถุประสงค์ | 1-2 |
| 1.4 | ขอบเขตโครงการ | 1-2 |
| 1.5 | ระเบียบวิธีวิจัย | 1-3 |
| 1.6 | กิจกรรมที่ดำเนินไปในระยะที่ 1 | 1-7 |
| 1.7 | เนื้อหารายงาน | 1-8 |
| **บทที่ 2** | **ระบบบำบัดน้ำ** | **2-1** |
| 2.1 | น้ำเสียและแหล่งที่มา | 2-1 |
| 2.2 | มาตรฐานน้ำลักษณะต่างๆ | 2-1 |
| 2.3 | ระบบบำบัดน้ำเสีย | 2-35 |

# สารบัญ (ต่อ)


| | | หน้า |
|---|---|---|
| **บทที่ 3** | **ระบบฟาร์มใช้น้ำบำบัด** | **3-1** |
| 3.1 | ระบบฟาร์มแบบสมาร์ทฟาร์ม | 3-1 |
| 3.2 | เรื่องโรงเรือนและระบบ | 3-6 |
| 3.3 | การปลูกผักแบบไฮโดรโปนิกส์ | 3-7 |
| **บทที่ 4** | **แนวคิดศูนย์เรียนรู้และถ่ายทอดการบริหารจัดการน้ำแบบใช้น้ำบำบัดแล้ว** | **4-1** |
| 4.1 | แนวคิดศูนย์เรียนรู้และถ่ายทอดการบริหารจัดการน้ำแบบใช้น้ำบำบัดแล้ว | 4-1 |
| 4.2 | ประเด็นความเห็นของคณะกรรมการและผู้ทรงคุณวุฒิต่อโครงการฯ | 4-9 |
| 4.3 | ข้อพิจารณาของโครงการฯ | 4-10 |
| 4.4 | ข้อสังเกตของโครงการฯ | 4-15 |
| 4.5 | สรุปผลการอบรมของโครงการ | 4-16 |
| **บทที่ 5** | **สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ** | **5-1** |
| 5.1 | สรุปผลการศึกษา | 5-1 |
| 5.2 | ข้อเสนอแนะ | 5-2 |

**เอกสารอ้างอิง**

**ภาคผนวก**

**ก** คู่มือระบบฟาร์ม

**ข** การปลูกผักไฮโดรโปนิกส์

**ค** คู่มือการปลูกเมลอน

**ง** คู่มือวิธีเพาะต้นกล้าผักสลัด

# สารบัญรูป


| รูปที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| **1.5-1** | พื้นที่ศึกษาโครงการ ที่โรงเรียนสาธิตฯ มหาวิทยาลัยบูรพา | 1-4 |
| **1.5-2** | แสดงผังสุขาภิบาลอาคาร ที่โรงเรียนสาธิตฯ มหาวิทยาลัยบูรพา | 1-5 |
| **1.5-3** | แสดงแนวคิดการเชื่อมโยงระบบน้ำอาคารและฟาร์มพืช พร้อมระบบติดตามและควบคุม | 1-6 |
| **2.3-1** | ตัวอย่างการวางบ่อของระบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond) | 2-37 |
| **2.3-2** | แสดงผังระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond) ของเทศบาลนคร จ.นครปฐม | 2-38 |
| **2.3-3** | แสดงผังระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon) ของเทศบาลเมืองอ่างทอง จ.อ่างทอง | 2-40 |
| **2.3-4** | แสดงผังระบบบำบัดน้ำเสียแบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch) ของเทศบาลตำบลแสนสุข จังหวัดชลบุรี | 2-49 |
| **3.1-1** | ระบบการให้น้ำแบบท่อน้ำพุ่ง ควบคุมด้วยเซ็นเซอร์ตรวจวัดความชื้น | 3-3 |
| **3.1-2** | จุดติดตั้งเซ็นเซอร์ตรวจวัดความชื้นในพื้นที่แปลงปลูก | 3-4 |
| **3.1-3** | กล่องควบคุมสัญญาณ | 3-5 |
| **3.1-4** | สถานีตรวจวัดสภาพอากาศผ่านเครือข่ายไร้สาย | 3-5 |
| **3.1-5** | การเดินท่อส่งน้ำจากบ่อเก็บเข้าสู่ระบบปั๊มอัตโนมัติ | 3-6 |
| **3.2-1** | รูปโรงเรือน | 3-7 |
| **3.3-1** | ระบบ NFT | 3-8 |
| **3.3-2** | ระบบ DFT โดยใช้ท่อ PVC | 3-9 |
| **3.3-3** | ระบบ DRFT | 3-9 |
| **3.3-4** | โรงเรือนขนาดเล็ก และขนาดใหญ่ | 3-10 |
| **3.3-5** | การเพาะเมล็ดสลัด | 3-14 |
| **3.3-6** | รากผักสลัดที่ม้วนขดเป็นวงกลมเรียบร้อยแล้ว จึงนำไปเรียงบรรจุลงถุง | 3-16 |

# สารบัญรูป (ต่อ)


| รูปที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| **4.3-1** | แปลนระบบบำบัดน้ำเสีย | 4-11 |
| **4.3-2** | รูปตัดแสดงรายละเอียดระบบบำบัดน้ำเสีย | 4-11 |
| **4.3-3** | รูปตัวอย่างโรงเรือนสมาร์มฟาร์ม | 4-12 |
| **4.3-4** | รูปตัวอย่างการตรวจวันอุณหภูมิในโรงเรือน | 4-13 |
| **4.3-5** | ตัวอย่างส่วนติดต่อระบบสั่งการอุปกรณ์ควบคุม | 4-13 |
| **4.3-6** | ตัวอย่างอุปกรณ์ควบคุม | 4-14 |
| **4.3-7** | ภาพตัวอย่างการปลูกพืชในระบบสมาร์ทฟาร์ม | 4-14 |
| **4.5-1** | ภาพบรรยากาศการอบรม | 4-18 |
| **4.5-2** | อาคารระบบบำบัดน้ำเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ | 4-19 |

# สารบัญตาราง

**ตารางที่** **หน้า**


**2.2-1** มาตรฐานน้ำลักษณะต่างๆ 2-1

**2.3-1** เปรียบเทียบคุณสมบัติของระบบบำบัดน้ำเสีย 2-36

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 หลักการและเหตุผล

พื้นที่ภาคตะวันออกโดยเฉพาะ 3 จังหวัดที่อยู่ในพื้นที่ Eastern Economic Corridor (EEC) ได้แก่ จังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี และระยอง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงและการเจริญเติบโตของสังคม รวมถึงเศรษฐกิจ ซึ่งก่อให้เกิดแรงกดดันต่อทรัพยากรน้ำของพื้นที่ซึ่งมีการบริหารจัดการและเชื่อมโยงจนอยู่ในระดับใกล้เคียงความสามารถสูงสุดในการพัฒนา ซึ่งให้สมดุลระหว่างความสามารถในการจัดสรรและการใช้ทรัพยากรน้ำมาถึงจุดวิกฤติในระยะอันใกล้ ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงหรือลดผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้น จึงควรมีการศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านการใช้ทรัพยากรน้ำ ซึ่งเป็นส่วนที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับสถานการณ์ใช้น้ำปัจจุบันรวมถึงการเติบโตที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

โดยการศึกษามุ่งศึกษารูปแบบการใช้น้ำของอาคารและฟาร์มพืชในปัจจุบันพร้อมการพัฒนาต้นแบบของอาคารและฟาร์มพืชที่เป็นต้นแบบในการประหยัดน้ำ พร้อมระบบควบคุมเพื่อช่วยสนับสนุนการบริหารจัดการอาคารและฟาร์มพืชด้านทรัพยากรน้ำ โดยอาศัยเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) และระบบติดตามและควบคุมผ่านเครือข่าย Internet เพื่อใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการทำงานด้านประหยัดทรัพยากรน้ำ โดยมุ่งหวังพัฒนาเป็นศูนย์อบรมเพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้แก่ผู้สนใจและสาธารณะในพื้นที่ EEC

โดยเป้าหมายของงานวิจัยต้องการพัฒนาโครงการ

1) อาคารและฟาร์มต้นแบบในการประหยัดน้ำในพื้นที่ EEC
2) ศูนย์อบรมอาคารและฟาร์มประหยัดน้ำในพื้นที่ EEC

## 1.2 แนวคิดและเป้าหมาย

1) ระบบอาคาร จากการพัฒนาทำให้เห็นประโยชน์จากการนำความรู้จากการประหยัดน้ำในอาคารทั่วไปที่สามารถปรับใช้กับอาคารทั้งแบบ “อาคารเก่าในพื้นที่ และอาคารใหม่ที่จะถูกพัฒนาขึ้น” ทั้งด้านการเลือกใช้อุปกรณ์ประหยัดน้ำ, การนำน้ำเสียมาปรับปรุงเป็นน้ำใช้ซ้ำ และน้ำบำบัดเพื่อใช้ใหม่ตามแนวคิด 3R (Reduce, Reuse, Recycle) ที่เป็นระบบและครบวงจรสามารถนำไปส่งเสริมการใช้ให้เกิดผลได้ทั้งในระดับผู้ใช้รายย่อยและองค์กร เพื่อขยายผลในการลดอัตราการใช้น้ำของอาคารในพื้นที่

EEC ที่มีความเปราะบางในเรื่องปริมาณน้ำต้นทุน และเป็นการลดปริมาณน้ำเสียในทางอ้อม โดยองค์ความรู้ที่ได้สามารถปรับปรุงเป็น “เงื่อนไขในการพัฒนาอาคาร” ในพื้นที่ในอนาคต

2) ฟาร์มต้นแบบ เป็นการนำเอาเทคโนโลยีสมัยใหม่และองค์ความรู้ด้านการเกษตร โดยพัฒนาเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพและมาตรฐานมาเป็นต้นแบบช่วยในการส่งเสริมการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ ประหยัดน้ำ และลดการใช้แรงงาน ซึ่งเป็นข้อจำกัดและต้นทุนของพื้นที่ นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้จะสามารถนำไปใช้สนับสนุนการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในระดับพื้นที่ได้ในอนาคต

## 1.3 วัตถุประสงค์

1) อาคารและฟาร์มต้นแบบในการประหยัดน้ำในพื้นที่ EEC
2) ศูนย์อบรมอาคารและฟาร์มประหยัดน้ำในพื้นที่ EEC

อาคารและฟาร์มต้นแบบที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อการประหยัดน้ำและเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้น้ำในกระบวนการคิด แบบ 3Rs ได้แก่ Reduce, Reuse, Recycle กล่าวคือ ปัจจุบันจากการเติบโตของ EEC นั้นสภาพการใช้น้ำยังขาดแนวทางที่สะท้อนรูปแบบที่เหมาะสมเชิงประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรน้ำและการนำน้ำทิ้งที่เกิดจากการใช้น้ำ ซึ่งสามารถผ่านกระบวนการบำบัดนำกลับมาใช้ใหม่เพื่อสร้างประโยชน์และลดการใช้น้ำได้อีกทางหนึ่ง โดยรูปแบบที่นำมาพัฒนาเป็นต้นแบบเป็นอาคาร และฟาร์มพืชที่เป็นรูปแบบทั่วไปของพื้นที่ สามารถส่งเสริมและขยายผลได้ง่าย มีการนำเทคโนโลยีมาช่วยสนับสนุนการจัดการลดความยุ่งยากซับซ้อน เพื่อให้ผู้นำรูปแบบไปใช้สามารถประยุกต์ใช้ได้อย่างยืดหยุ่น

ศูนย์อบรมอาคารและฟาร์มเพื่อการประหยัดน้ำ ถูกพัฒนาเป็นรูปแบบหลักสูตร และการอบรมเพื่อใช้ถ่ายทอดองค์ความรู้ที่ได้จากโครงการแก่นักเรียน, หน่วยงานราชการ และผู้สนใจเพราะการทำความเข้าใจเป็นเรื่องที่ต้องแบ่งเป็นระดับการเรียนรู้ แม้นมีต้นแบบ แต่หากไม่มีการถอดองค์ความรู้มาถ่ายทอดจะทำให้ความเข้าใจทั้งภาพรวมและรายละเอียด ไม่ตรงตามวัตถุประสงค์ของการพัฒนาโครงการที่ต้องการให้ได้เรียนรู้ และขยายการนำไปใช้สู่สาธารณะ

## 1.4 ขอบเขตโครงการ

เพื่อส่งเสริมให้มหาวิทยาลัยบูรพา เป็นศูนย์กลางขององค์ความรู้ด้านการประหยัดน้ำของพื้นที่ EEC และภาคตะวันออก โดยทางโครงการและมหาวิทยาลัยบูรพา รวมถึงโรงเรียนสาธิตพิบูลบำเพ็ญมหาวิทยาลัยบูรพา กำลังทำหนังสือแสดงความร่วมมือในโครงการ

## 1.5 ระเบียบวิธีวิจัย

โครงการเป็นการสร้างระบบเพื่อช่วยลดการใช้น้ำในกิจกรรมของอาคาร นำน้ำไปใช้ในฟาร์มพืช โดยอาศัยการปรับปรุงอาคารต้นแบบให้เป็นอาคารประหยัดน้ำ แล้วนำน้ำบางส่วนที่บำบัดได้จากกระบวนการบำบัดมาใช้กับฟาร์มพืชที่พัฒนาขึ้นโดยเน้นที่การประหยัดน้ำ เพื่อให้เห็นตัวอย่างแนวทางการใช้ประโยชน์จากน้ำที่ผ่านการบำบัดเพื่อการเกษตรกรรม พร้อมกันนี้ยังพัฒนากระบวนการและระบบที่ได้มาเป็นหลักสูตรอบรมเพื่อขยายผลการใช้ประโยชน์องค์ความรู้ที่ได้จากโครงการต่อผู้สนใจและสาธารณะ ซึ่งพื้นที่มหาวิทยาลัยบูรพามีความเหมาะสม เนื่องจากเป็นสถาบันการศึกษาขนาดใหญ่ของภาคตะวันออก สามารถเป็นที่ตั้งศูนย์กลางส่งเสริมองค์ความรู้ด้านการประหยัดน้ำของพื้นที่ EEC และภาคตะวันออก

### 1.5.1 แนวทางในการพัฒนาอาคารประหยัดน้ำ

1) การตรวจสอบและป้องกัน การรั่วไหลและการสูญเสียของน้ำ ติดตามการนำน้ำเข้าอาคารแบบ real-time เพื่อให้ทราบการเปลี่ยนแปลงและการใช้ตามช่วงเวลา พร้อมติดตามการเปลี่ยนแปลงที่ผิดสังเกตพร้อมแจ้งเตือนผู้ดูแลระบบ ปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ใช้น้ำให้เป็นแบบประหยัดน้ำ พร้อมเปลี่ยนอุปกรณ์ที่ไม่ได้มาตรฐานที่เป็นสาเหตุของการรั่วไหลของน้ำ
2) สำรวจพฤติกรรมการใช้น้ำของผู้ใช้น้ำ เพื่อให้ทราบกิจกรรมการใช้น้ำในอาคารที่สามารถปรับเปลี่ยนพฤติกรรม หรือเพิ่มประสิทธิภาพการใช้
3) การเลือกซื้อเทคโนโลยีประหยัดน้ำที่นำมาใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น ก๊อกน้ำอัตโนมัติ, สุขภัณฑ์ประหยัดน้ำ เป็นต้น
4) ควบคุมและป้องกันมิให้มีการปนเปื้อนของน้ำ ในทุกขั้นตอนการใช้ประโยชน์และการบำบัดน้ำเสียอย่างเหมาะสม จะช่วยป้องกันการเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำได้อย่างมาก หากป้องกันการปนเปื้อนด้วยการใช้น้ำในการชำระล้างอย่างถูกต้องและเหมาะสม และลดการปนเปื้อนด้วยการดักตะกอน การกรอง และการแยกไขมัน จะทำให้น้ำมีคุณภาพดีขึ้น และใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียน้อยลง
5) การใช้น้ำให้เกิดประโยชน์อย่างรู้คุณค่าด้วยการใช้น้ำซ้ำ และนำน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับมาใช้ประโยชน์อีก เช่น ใช้ในการรดต้นไม้ รดน้ำสนามหญ้า ชำระล้างพื้นผิว แนวทางการใช้น้ำในลักษณะนี้จะช่วยลดภาระการจัดหาน้ำ การใช้พลังงานในการผลิต จัดส่ง และระบบการใช้น้ำในอาคารอีกด้วย

ในอนาคตที่ความต้องการใช้น้ำเพิ่มมากขึ้น ขณะที่น้ำในแหล่งน้ำมีปริมาณเท่าเดิมหรือลดลง การใช้น้ำซ้ำและการหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่เป็นแนวทางที่มีความจำเป็นและไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ต่อไป การใช้น้ำโดยทั่วไป พบว่าใช้ในการทำความสะอาดอาคารเพียงร้อยละ 2 มีการใช้ในครัวเรือนประมาณร้อยละ 5 ขณะที่ครัวเรือนมีการใช้น้ำในการซักล้างเสื้อผ้าร้อยละ 9 การชำระล้างร่างกายและที่อ่างล้างหน้า รวมคิดเป็นร้อยละ 23 ของปริมาณใช้น้ำในครัวเรือน เฉพาะการใช้น้ำจากการใช้สุขภัณฑ์มีปริมาณมากถึงร้อยละ 26 ของปริมาณน้ำใช้ทั้งหมด และการใช้น้ำเป็นสัดส่วนมากที่สุดคือการใช้น้ำนอกอาคาร ในสวนหย่อมและการล้างรถรวมมากถึงร้อยละ 35 ของปริมาณน้ำใช้รวมปัจจุบันค่าน้ำประปาในเขตพื้นที่ EEC ประมาณ 32 บาท/ลบ.ม. โดยมูลค่าการบำบัดน้ำใช้ซ้ำประมาณ 17 บาท/ลบ.ม.

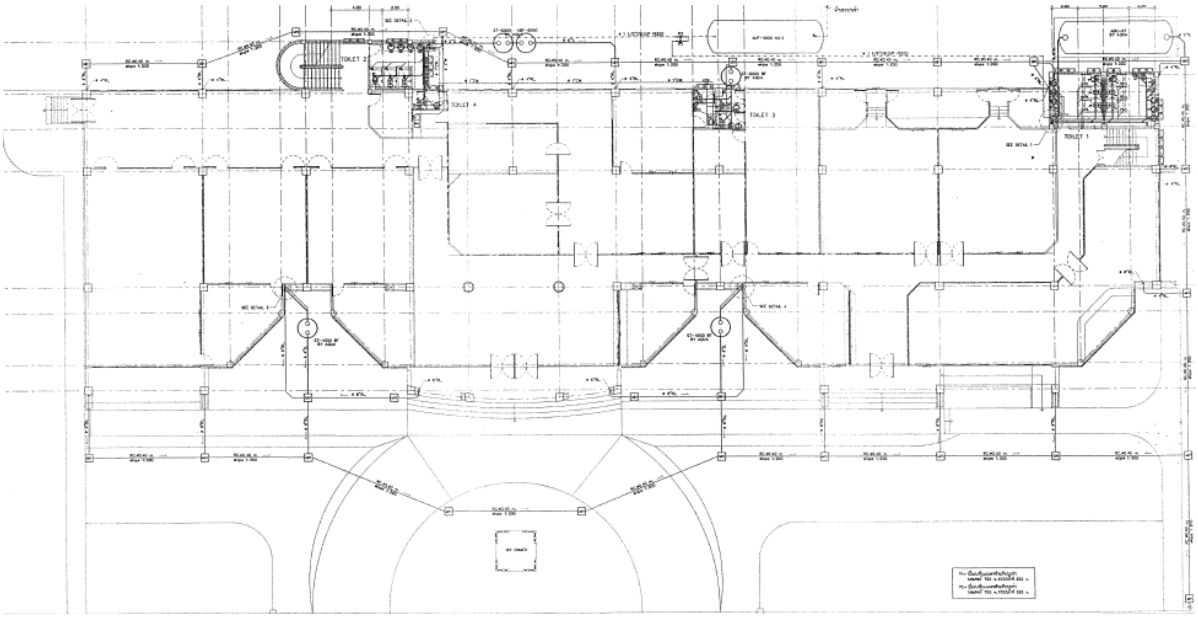
**รูปที่ 1.5-1** พื้นที่ศึกษาโครงการ ที่โรงเรียนสาธิตฯ มหาวิทยาลัยบูรพา

### 1.5.2 แนวทางในการบำบัดน้ำเสีย

ระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับอาคารให้ได้น้ำที่มีคุณสมบัติเพียงพอที่จะปล่อยสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ กรรมวิธีการบำบัดน้ำเสียสามารถแยกได้เป็น 3 ประเภทตามความแตกต่างของระดับความเสียของน้ำ (ลักษณะน้ำเสีย) ดังนี้

1) การบำบัดทางกายภาพ เป็นกระบวนการบำบัดน้ำเสียพื้นฐานที่ใช้ในการบำบัดขั้นต้นสำหรับน้ำเสียที่เกิดจากอาคารหรือชุมชน ได้แก่ กระบวนการดักขยะขนาดใหญ่ กระบวนการกำจัดไขมัน และน้ำมัน กระบวนการตกตะกอนโดยใช้สารเคมี และกระบวนการกำจัดสารพิษจำพวกโลหะหนัก
2) การบำบัดทางชีวภาพ เป็นกรรมวิธีบำบัดน้ำเสียซึ่งใช้หลักการทางชีวภาพ โดยจะออกแบบก่อสร้างระบบบำบัดสำหรับทำการเลี้ยงจุลินทรีย์เพื่อย่อยสลายสารมลพิษในน้ำเสีย ซึ่งกรรมวิธีนี้เหมาะสำหรับการบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากแหล่งชุมชนหรือเทศบาลทั่วไป

3) การกำจัดตะกอน เป็นกรรมวิธีบำบัดตะกอนที่เกิดขึ้นจากการบำบัดน้ำเสียทั้งจากกระบวนการบำบัดทางกายภาพ และกระบวนการบำบัดทางชีวภาพ โดยใช้วิธีการรีดน้ำออกจากกากตะกอนเพื่อให้ตะกอนแห้งและลดปริมาตรของ กากตะกอน ทำให้สะดวกต่อการขนส่งไปจำกัด เครื่องจักรที่ใช้การรีดน้ำออกจากตะกอน ได้แก่ เครื่องอัดตะกอน เครื่องรีดตะกอน หรือเครื่องเหวี่ยงตะกอน เป็นต้น ซึ่งกรรมวิธีนี้จะถูกนำไปใช้ในขั้นตอนการกำจัดตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียจากชุมชน และเทศบาล รวมไปถึงตะกอนที่เกิดจากการผลิตน้ำประปา



**รูปที่ 1.5-2** แสดงผังสุขาภิบาลอาคาร ที่โรงเรียนสาธิตฯมหาวิทยาลัยบูรพา

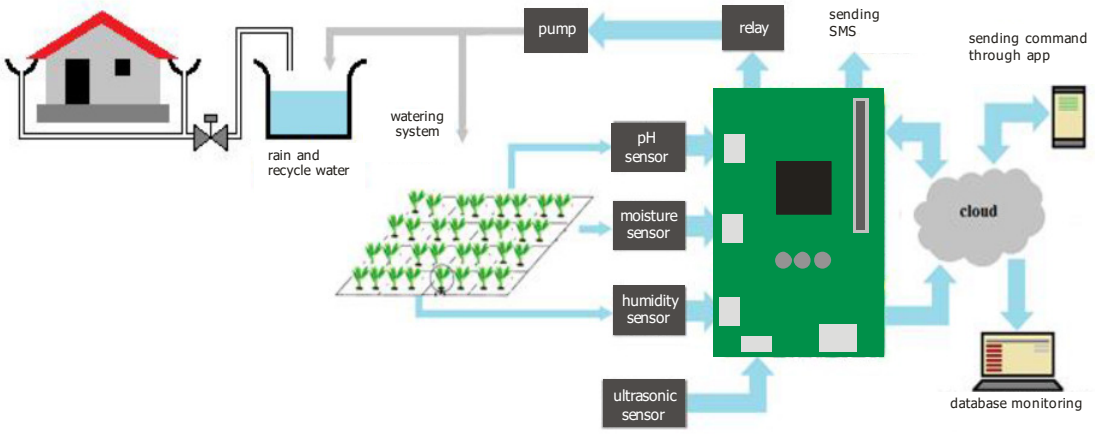
ทั้งนี้ในกระบวนการบำบัดน้ำเสียเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่จำเป็นจะต้องทำการสำรวจคุณภาพน้ำเข้าระบบเพื่อเลือกระบบบำบัดที่เหมาะสม เนื่องจากน้ำบำบัดเป็นน้ำใช้เพื่อฟาร์มพืช ซึ่งเป็นพืชผักประเภทอาหารดังนั้นการตรวจสอบจึงมีความจำเป็นเพื่อป้องกันสารตกค้างที่เป็นอันตราย และมีผลกระทบต่อการเติบโตของพืช

### 1.5.3 แนวทางในการพัฒนาฟาร์มพืชประหยัดน้ำ

ในโครงการต้องการกระตุ้นให้ใช้อุปกรณ์ IoT และอุปกรณ์ติดตามแบบต่างๆ เพื่อนำมาใช้เพื่อการเกษตรอัจฉริยะและระบบติดตาม ด้วยเทคโนโลยีที่นำเสนอสามารถแบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบใหญ่ๆ คือ

1) ระบบเก็บกักน้ำฝนและระบบรับน้ำจากการบำบัดน้ำเสียสำรองไว้ในถังเก็บน้ำที่มีอุปกรณ์วัดระดับน้ำ เพื่อติดตามระดับน้ำให้อยู่ในระดับใช้งานและส่งข้อความแจ้งเตือนเมื่อมีความผิดปกติ โดยน้ำที่เก็บไว้ใช้สำหรับฟาร์มพืช
2) ใช้อุปกรณ์ติดตามในการเกษตร (เช่น ตรวจจับ pH, ตรวจจับความชื้น, ตรวจจับความเข้มแสง, ตรวจจับระดับคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น) เพื่อการวิเคราะห์และการส่งข้อมูลสู่อุปกรณ์ IoT สื่อสารทางไกล ที่ซึ่งช่วยติดตามผลผลิตเพื่อให้เพิ่มผลผลิตให้มากที่สุดการใช้พลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอุปกรณ์ตรวจจับที่ใช้พลังงานต่างๆ รวมไปถึงพลังงานสำหรับเครื่องสูบน้ำ, อุปกรณ์เชื่อมต่อ, อุปกรณ์และวงจรที่เกี่ยวข้องที่เป็นอุปกรณ์สำรองไฟฟ้าในช่วงมรสุม, กลางคืนหรือในตอนที่ระบบ solar cell เสียหาย
3) ระบบติดตามระยะไกลเกี่ยวกับข้อมูลของระบบ จากผลลัพธ์ของระบบตรวจจับที่ถูกใช้เพื่อประเมินวิเคราะห์หรือจัดแสดงข้อมูลที่แสดงถึงประสิทธิภาพของระบบ

ในการทดลองครั้งนี้จำเป็นต้องมีการปรับปรุงระบบอาคารเพื่อให้อยู่ในระบบ 3R (Reduce, Reuse, Recycle) และก่อสร้างอาคารฟาร์มพืชพร้อมติดตั้งระบบให้น้ำและถังสำรองน้ำเพื่อใช้เป็นต้นแบบการประหยัดน้ำของอาคารและฟาร์มพืช โดยจะนำเอาเทคโนโลยีการประหยัดน้ำ และระบบติดตามควบคุมระยะไกล เพื่อใช้ส่งเสริมประสิทธิภาพในการใช้น้ำเพื่อให้มีประสิทธิภาพที่สูงที่สุด โดยจากการสำรวจในพื้นที่และจากผู้เชี่ยวชาญด้านการเกษตรแนะนำให้ปลูกผักสลัด และไม้ดอกอย่างดอกหน้าวัวจากคำแนะนำของที่ปรึกษาด้านเทคโนโลยีการเกษตร และวิศวกรรมชลประทาน เพราะเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความต้องการอย่างต่อเนื่อง




**รูปที่ 1.5-3** แสดงแนวคิดการเชื่อมโยงระบบน้ำอาคารและฟาร์มพืช พร้อมระบบติดตามและควบคุม

### 1.5.4 การพัฒนาหลักสูตรและการอบรม

ในโครงการนี้ต้องการผลลัพธ์องค์ความรู้ที่พัฒนาได้จากโครงการจะใช้ถ่ายทอดผ่านคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา เป็นศูนย์กลางการอบรมมีกลุ่มเป้าหมายจะเป็นผู้สนใจในการพัฒนาอาคารและฟาร์มพืชประหยัดน้ำในพื้นที่ EEC และผู้สนใจในภาคตะวันออกโดยเนื่องจากโครงการพัฒนาบนพื้นที่ของโรงเรียนในมหาวิทยาลัยบูรพา ดังนั้นการพัฒนาหลักสูตรที่สนับสนุนการเรียนการสอนของโรงเรียน ก็จะเป็นการเผยแพร่และปลูกฝังแนวความคิดด้านการประหยัดน้ำ และการใช้ทรัพยากรน้ำให้เกิดประโยชน์ ซึ่งเป็นการพัฒนาที่น่าจะมีความยั่งยืนและขยายผลได้ในอนาคต โดยสามารถแบ่งงานออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1) การพัฒนาหลักสูตร โดยแบ่งผู้เรียนออกเป็น 3 กลุ่มหลัก คือ (i) นักเรียน (ii) ประชาชนผู้สนใจ และ (iii) หน่วยงานภาครัฐและเอกชน เพื่อให้มีรูปแบบการถ่ายทอดและประยุกต์ใช้ที่หลากหลาย และมีความยืดหยุ่นทั้งช่วงเวลา และกลุ่มผู้เรียน อาจทำการพัฒนาเป็นชุดหลักสูตรย่อยๆ ที่สามารถพัฒนาการอบรมได้หลายรูปแบบในอนาคต
2) การฝึกอบรมแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ (i) การอบรมเชิงทฤษฎี จำนวนเป้าหมาย 1,000 คน เพื่อสร้างการตระหนักรับรู้ และเผยแพร่องค์ความรู้ (ii) การอบรมเชิงปฏิบัติการ จำนวน 100 คน เพื่อพัฒนาทักษะและองค์ความรู้ของผู้อบรมในด้านการประหยัดน้ำ การบำบัดน้ำและการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำทางการเกษตร และ (iii) บทเรียนออนไลน์ เป็นส่วนสร้างการตระหนักรู้ถึงคุณค่าของน้ำและการนำมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพ

## 1.6 กิจกรรมที่ดำเนินไปในระยะที่ 1

| เดือน | กิจกรรม (activities) | ผลที่คาดว่าจะได้รับ (outputs) |
|---|---|---|
| 3 เดือนที่ 1 | 1. ออกแบบและติดตั้งระบบอาคารประหยัดน้ำอัจฉริยะ ในการออกแบบคาดการณ์น้ำใช้ประมาณ 30 ลบ.ม./วัน (โดยการเปลี่ยนอุปกรณ์อาคาร จะประหยัดน้ำได้ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยจะเหลือน้ำเข้าระบบบำบัดประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ โดยประสิทธิภาพการบำบัดน้ำใช้ซ้ำประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์) | 1. ระบบอาคารประหยัดน้ำอัจฉริยะ<br>2. เอกสารข้อมูลระบบบำบัดน้ำ/ฟาร์ม (ระยะที่ 1) |

| เดือน | กิจกรรม (activities) | ผลที่คาดว่าจะได้รับ (outputs) |
|---|---|---|
| | 2. เก็บข้อมูลระบบบำบัดน้ำ/ฟาร์ม (ระยะที่ 1) | |
| 3 เดือนที่ 2 | 1. ทดสอบระบบอาคารประหยัดน้ำอัจฉริยะ (ดูประสิทธิภาพและประสิทธิผล) เริ่มอบรม<br>2. เก็บข้อมูลระบบบำบัดน้ำ/ฟาร์ม (ระยะที่ 2) | 1. ผลทดสอบอาคารประหยัดน้ำอัจฉริยะเทียบกับข้อมูลในอดีต<br>2. เอกสารข้อมูลระบบบำบัดน้ำ/ฟาร์ม (ระยะที่ 2) |
| 3 เดือนที่ 3 | 1. เชื่อมระบบน้ำที่ได้จากอาคารเข้ากับโครงการเกษตรทันสมัย (ฟาร์มพืชประหยัดน้ำอัจฉริยะ) | 1. ระบบน้ำที่ได้จากอาคาร เข้ากับโครงการเกษตรทันสมัย |
| 3 เดือนที่ 4 | 1. ตั้งเป็นศูนย์ถ่ายทอดความรู้การประหยัดน้ำของอาคารและฟาร์มพืชเป็นทางการ ให้บริการ อบรม แนะนำ การประยุกต์ใช้กับโครงการจริง | 1. ศูนย์ถ่ายทอดความรู้การประหยัดน้ำของอาคารและฟาร์มพืช |

### 1.7 เนื้อหารายงาน

รายงานฉบับสมบูรณ์ฉบับนี้ประกอบด้วยเนื้อหา 5 บทประกอบด้วย เนื้อหารายงานฉบับสมบูรณ์การดำเนินงานในช่วง 1 ปี (9 กันยายน 2562 - 30 พฤศจิกายน 2563)

- **บทที่ 1 บทนำ** กล่าวถึง หลักการและเหตุผล แนวคิดและเป้าหมาย วัตถุประสงค์ ขอบเขตโครงการ ระเบียบวิธีวิจัย กิจกรรมที่ดำเนินไปในระยะที่ 1 และเนื้อหารายงาน
- **บทที่ 2 ระบบบำบัดน้ำ** กล่าวถึง น้ำเสียและแหล่งที่มา มาตรฐานน้ำลักษณะต่างๆ และระบบบำบัดน้ำเสีย
- **บทที่ 3 ระบบฟาร์มใช้น้ำบำบัด** กล่าวถึง ระบบฟาร์มแบบสมาร์ทฟาร์ม เรื่องโรงเรือนและระบบ และการปลูกผักแบบไฮโดรโปนิกส์
- **บทที่ 4 แนวคิดศูนย์เรียนรู้และถ่ายทอดการบริหารจัดการน้ำแบบใช้น้ำบำบัดแล้ว** กล่าวถึง แนวคิดศูนย์เรียนรู้และถ่ายทอดการบริหารจัดการน้ำแบบใช้น้ำบำบัดแล้ว ประเด็น

ความเห็นของคณะกรรมการและผู้ทรงคุณวุฒิต่อโครงการฯ ข้อพิจารณาของโครงการฯ และข้อสังเกตของโครงการฯ

- **บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ**

# บทที่ 2
# ระบบบำบัดน้ำ

## 2.1 น้ำเสียและแหล่งที่มา

น้ำเสียมาจากแหล่งดังต่อไปนี้

1. น้ำเสียจากชุมชน เป็นน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวันของประชาชนในชุมชน โดยมีแหล่งกำเนิดมาจากอาคารบ้านเรือน ร้านค้าพาณิชยกรรม ตลาดสด ร้านอาหาร สถาบันการศึกษา สถานที่ราชการ โรงแรม โรงเรียน ห้างสรรพสินค้า เป็นต้น
2. น้ำเสียจากอุตสาหกรรม เป็นน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นน้ำล้างในกระบวนการผลิตต่างๆ ซึ่งมีสมบัติแตกต่างกันตามประเภทของอุตสาหกรรม
3. น้ำเสียจากการเกษตร เป็นน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมทางการเกษตร เช่น น้ำเสียจากการล้างคอกสัตว์เลี้ยง เช่น คอกหมู คอกวัว เล้าไก่ น้ำเสียจากนาข้าว จากฟาร์มเลี้ยงกุ้ง เป็นต้น โดยน้ำเสียจากเกษตรกรรมส่วนใหญ่จะปนเปื้อนสารเคมี ยาฆ่าแมลง หรือปุ๋ย

## 2.2 มาตรฐานน้ำลักษณะต่างๆ

**ตารางที่ 2.2-1** มาตรฐานน้ำลักษณะต่างๆ

| **มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม นิคมอุตสาหกรรม และเขตประกอบการอุตสาหกรรม** | | |
|---|---|---|
| **ดัชนีคุณภาพน้ำ** | **ค่ามาตรฐาน** | **วิธีการวิเคราะห์** |
| 1. ความเป็นกรดและด่าง (pH) | 5.5-9.0 | เครื่องวัดความเป็นกรดและด่างของน้ำ (pH Meter) ที่มีความละเอียดไม่ต่ำกว่า 0.1 หน่วย |
| 2. อุณหภูมิ (Temperature) | ไม่เกิน 40°C | เครื่องวัดอุณหภูมิวัดขณะทำการเก็บตัวอย่าง |
| 3. สี (Color) | 300 เอดีเอ็มไอ | วิธีเอดีเอ็มไอ (ADMI Method) |
| 4. ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids | (1) กรณีระบายลงแหล่งน้ำต้องไม่เกิน 3,000 มิลลิกรัม | ระเหยตัวอย่างที่กรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fiber Filter Disk) และ |

| มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม นิคมอุตสาหกรรม และเขตประกอบการอุตสาหกรรม | | |
|---|---|---|
| **ดัชนีคุณภาพน้ำ** | **ค่ามาตรฐาน** | **วิธีการวิเคราะห์** |
| หรือ TDS) | ต่อลิตร<br>(2) กรณีระบายลงแหล่งน้ำที่มีค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดเกินกว่าง 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดในน้ำทิ้งที่จะระบายได้ต้องมีค่าเกินกว่าค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดที่มีอยู่ในแหล่งน้ำนั้นไม่เกิน 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร | อบแห้งที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 1 ชั่วโมง |
| 5. ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (Total Suspended Solids) | ไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อลิตร | กรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fiber Filter Disk) และอบแห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 1 ชั่วโมง |
| 6. บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand) | ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร | บ่มตัวอย่างที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วันติดต่อกันและหาค่าออกซิเจนละลายด้วยวิธีเอมไซด์โมดิฟิเคชั่น (Azide Modification) หรือวิธีเมมเบรนอิเลคโทรด (Membrane Electrod) |
| 7. ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand) | ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร | ย่อยสลายโดยใช้โพแทสเซียมไดโครเมต (Potassium Dichromate) |
| 8. ซัลไฟด์ (Sulfide) | ไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อลิตร | ไอโอโดเมตริก (Iodometric Method) หรือวิธีเมทิลีนบลู (Methylene Blue Method) |
| 9. ไซยาไนด์ (Cyanide HCN) | ไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร | กลั่น (Distillation) และตรวจวัดด้วยวิธีเทียบสี (Colorimetric Method) หรือวิธี Flow Injection Analysis |
| 10. น้ำมันและไขมัน (Fat Oil | ไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อลิตร | สกัดด้วยเทคนิค Liquid – Liquid |

| มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม นิคมอุตสาหกรรม และเขตประกอบการอุตสาหกรรม | | |
|---|---|---|
| **ดัชนีคุณภาพน้ำ** | **ค่ามาตรฐาน** | **วิธีการวิเคราะห์** |
| and Grease) | | Extraction หรือ Soxhlet Extraction ด้วยตัวทำละลายแล้วแยกหาน้ำหนักของน้ำมันและไขมัน |
| 11. ฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde) | ไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อลิตร | วิธีเทียบสี (Colorimetric Method) |
| 12. สารประกอบฟีนอล (Phenols) | ไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อลิตร | กลั่น (Distillation) และตรวจวัดด้วยวิธีเทียบสี (Colorimetric Method) |
| 13. คลอรีนอิสระ (Free Chlorine) | ไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อลิตร | ไตเตรท (Titrimetric Method) หรือวิธีเทียบสี (Colorimetric Method) |
| 14. สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ (Pesticide) | ต้องตรวจไม่พบ | ก๊าซโครมาโตกราฟิค (Gas-Chromatographic Method) |
| 15. ทีเคเอ็น (TKN หรือ Total Kjeldahl Nitrogen) | ไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร | เจลดาห์ล (Kjeldahl) |
| 16. โลหะหนัก | | |
| (1) สังกะสี (Zn) | ไม่เกิน 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร | ย่อยสลายตัวอย่างด้วยกรด (Acid digestion) และวัดหาปริมาณโลหะด้วยวิธีอะตอมมิคแอบซอฟชั่น สเปคโตรเมตตรี (Atomic Absorption Spectrometry : AAS) หรือวิธีอินดักทีฟลีคัพเพิลพลาสม่า (Inductively Coupled Plasma) |
| (2) โครเมียมเฮ็กซาวาเลนท์ (Hexavalent Chromium) | ไม่เกิน 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร | เทียบสี (Colorimetric Method) หรือวิธีสกัดและตรวจวัดด้วยวิธีอะตอมมิคแอบซอฟชั่น สเปคโตรเมตตรี (Atomic Absorption Spectrometry : AAS) หรือวิธีสกัดและตรวจวัดด้วยวิธีอินดักทีฟลีคัพเพิลพลาสม่า (Inductively Coupled Plasma) |
| (3) โครเมียมไตรวาเลนท์ (Trivalent Chromium) | ไม่เกิน 0.75 มิลลิกรัมต่อลิตร | คำนวณจากค่าส่วนต่างของโครเมียมทั้งหมดกับโครเมียมเฮกซะวาเลนท์ |

| มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม นิคมอุตสาหกรรม และเขตประกอบการอุตสาหกรรม | | |
|---|---|---|
| **ดัชนีคุณภาพน้ำ** | **ค่ามาตรฐาน** | **วิธีการวิเคราะห์** |
| (4) สารหนู (As) | ไม่เกิน 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร | อะตอมมิคแอบซอฟชั่นสเปคโตร์โฟโตเมตรรี (Atomic Absorption Spectrophotometry) ชนิดไฮโดรด์เจนเนอเรชั่น (Hydride Generation) หรือวิธีอินดักทีฟลีคัพเพิลพลาสม่า (Inductively Coupled Plasma) |
| (5) ทองแดง (Cu) | ไม่เกิน 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร | ย่อยสลายตัวอย่างด้วยกรด (Acid digestion) และวัดหาปริมาณโลหะด้วยอะตอมมิคแอบซอฟชั่น สเปคโตร์โฟโตเมตรรี (Atomic Absorption Spectrometry :AAS) นิดไฮโดรด์เจนเนอเรชั่น (Hydride Generation) หรือวิธีอินดักทีฟลีคัพเพิลพลาสม่า (Inductively Coupled Plasma) |
| (6) ปรอท (Hg) | ไม่เกิน 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร | โคลว์เวเปอร์อะตอมมิคแอบซอฟชั่นสเปคโตรเมตตรี (Cold Vapor Atomic Absorption Spectrometry) หรือวิธีโคลด์เวเปอร์อะตอมมิคฟลูออเรสเซนซ์สเปคโตรเมตตรี (Cold Vapor Atomic Fluorescence Spectrometry) หรือวิธีอินดักทีฟลีคัพเพิลพลาสม่า (Inductively Coupled Plasma) |
| (7) แคตเมียม (Cd) | ไม่เกิน 0.003 มิลลิกรัมต่อลิตร | ย่อยสลายตัวอย่างด้วยกรด (Acid digestion) และวัดหาปริมาณโลหะด้วยวิธีอะตอมมิคแอบซอฟชั่น สเปคโตรเมตตรี (Atomic Absorption Spectrometry:AAS) หรือวิธีอินดักทีฟลีคัพเพิลพลาสม่า (Inductively Coupled Plasma) |
| (8) แบเรียม (Ba) | ไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร | |

| มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม นิคมอุตสาหกรรม และเขตประกอบการอุตสาหกรรม | | |
|---|---|---|
| **ดัชนีคุณภาพน้ำ** | **ค่ามาตรฐาน** | **วิธีการวิเคราะห์** |
| (9) ซีลีเนียม (Se) | ไม่เกิน 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร | อะตอมมิคแอบซอฟชั่นสเปคโตรเมตตรี (Atomic Absorption Spectrophotometry) ชนิดไฮไดรด์เจนเนอเรชั่น (Hydride Generation) หรือวิธีอินดักทีฟลีคัพเพิลพลาสม่า (Inductively Coupled Plasma) |
| (10) ตะกั่ว (Pb) | ไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร | ย่อยสลายตัวอย่างด้วยกรด (Acid digestion) และวัดหาปริมาณโลหะด้วยอะตอมมิคแอบซอฟชั่น สเปคโตร์โฟโตเมตรรี (Atomic Absorption Spectrometry :AAS) หรือวิธีอินดักทีฟลีคัพเพิลพลาสม่า (Inductively Coupled Plasma) |
| (11) นิกเกิล (Ni) | ไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร | |
| (12) แมงกานีส (Mn) | ไม่เกิน 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร | |

**ที่มา :** ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรม นิคมอุตสาหกรรม และเขตประกอบการอุตสาหกรรม ลงวันที่ 29 มีนาคม 2559

**ก. การกำหนดประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม**

1. ในประกาศนี้
    - **“โรงงานอุตสาหกรรม”** หมายความว่า โรงงานตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน
    - **“นิคมอุตสาหกรรม”** หมายความว่า นิคมอุตสาหกรรมตามกฎหมายว่าด้วยนิคมอุตสาหกรรม หรือโครงการที่จัดไว้สำหรับการประกอบอุตสาหกรรมที่มีการจัดการระบายน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำ สาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อมร่วมกัน
    - **“น้ำเสีย”** หมายความว่า ของเสียที่อยู่ในสภาพเป็นของเหลว รวมทั้งมวลสารที่ปะปนหรือปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น

- **“น้ำทิ้ง”** หมายความว่า น้ำเสียที่เกิดจากการประกอบกิจการโรงงานอุตสาหกรรมหรือนิคมอุตสาหกรรมที่จะระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม และให้หมายความรวมถึงน้ำเสียจากการใช้น้ำของคนงาน รวมทั้งจากกิจกรรมอื่นในโรงงานอุตสาหกรรมหรือในนิคมอุตสาหกรรมด้วย โดยน้ำทิ้งต้องเป็นไปตามมาตรฐาน ควบคุมการระบายน้ำทิ้งที่กำหนดไว้ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม
- **“แหล่งน้ำสาธารณะ”** ให้หมายความรวมถึงท่อระบายน้ำสาธารณะด้วย
- **“การบำบัดน้ำเสีย”** หมายความว่า กระบวนการทำหรือปรับปรุงน้ำเสียเพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานควบคุม การระบายน้ำทิ้งที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม แต่ทั้งนี้ห้ามมิให้ใช้วิธีการทำให้เจือจาง (Dilution)

2. โรงงานอุตสาหกรรมจำพวกที่ 2 และจำพวกที่ 3 ตามบัญชีท้ายประกาศนี้ เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม
3. นิคมอุตสาหกรรม ตามข้อ 1. เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม
4. ห้ามมิให้เจ้าของหรือผู้ครอบครองโรงงานอุตสาหกรรมหรือนิคมอุตสาหกรรม ตามข้อ 2. และข้อ 3. ปล่อยน้ำเสีย ลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม เว้นแต่น้ำเสียดังกล่าวไม่ว่าผ่านการบำบัดหรือไม่ก็ต้องมีคุณภาพตามมาตรฐาน ควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภท โรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

**แหล่งที่มา:** ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2539) เรื่อง กำหนดประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม ลงวันที่ 3 มกราคม 2539 ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 113 ตอนที่ 13ง ลงวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2539

**ข. กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิด ประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม**

1. ให้โรงงานอุตสาหกรรม จำพวกที่ 2 และจำพวกที่ 3 ดังต่อไปนี้ ระบายน้ำทิ้งที่มีค่าบีโอดีไม่เกิน 60 มิลลิกรัมต่อลิตร คือ
    - โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับสัตว์ ซึ่งมิใช่สัตว์น้ำ ประเภทการฆ่าสัตว์ ตามลำดับที่ 4(1)
    - โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเมล็ดพืชหรือหัวพืชประเภทการทำแป้ง ตามลำดับที่ 9(2)
    - โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับอาหารจากแป้งอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ตามลำดับที่ 10
    - โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับอาหารสัตว์อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างตามลำดับที่ 15
    - โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับสิ่งทอ ด้ายหรือเส้นใย ซึ่งมิใช่ใยหิน (Asbestos) อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ตามลำดับที่ 22
    - โรงงานหมัก ชำแหละ อบ ป่นหรือบด ฟอก ขัดและแต่ง แต่งสำเร็จ อัดเป็นลายนูน หรือเคลือบสีหนังสัตว์ ตามลำดับที่ 29
    - โรงงานผลิตเยื่อหรือกระดาษอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง ตามลำดับที่ 38
    - โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเคมีภัณฑ์ สารเคมี หรือวัสดุซึ่งมิใช่ปุ๋ยอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ตามลำดับที่ 42
    - โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับยาอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง ตามลำดับที่ 46
    - โรงงานห้องเย็น ตามลำดับที่ 92
2. ภายใน 1 ปี นับแต่วันที่ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2539) มีผลใช้บังคับให้โรงงานอุตสาหกรรม จำพวกที่ 2 และจำพวกที่ 3 ตามบัญชีท้ายประกาศข้างต้น ระบายน้ำทิ้ง ที่มีค่าทีเคเอ็น ไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เว้นแต่โรงงานอุตสาหกรรมตามข้อ 3
3. ภายใน 2 ปี นับแต่วันที่ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2539) มีผลใช้บังคับให้โรงงานอุตสาหกรรม จำพวกที่ 2 และจำพวกที่ 3 ดังต่อไปนี้ ระบายน้ำทิ้งที่มีค่าทีเคเอ็น ไม่เกิน 200 มิลลิกรัมต่อลิตร คือ

- โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเครื่องปรุงหรือเครื่องประกอบอาหาร ประเภทการทำเครื่องปรุงกลิ่น รสหรือสีของอาหาร ตามลำดับที่ 13(2)
- โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับอาหารสัตว์ประเภทการทำอาหารผสมหรืออาหารสำเร็จรูป สำหรับเลี้ยงสัตว์ ตามลำดับที่ 15(1)

4. ให้โรงงานอุตสาหกรรมจำพวกที่ 2 และจำพวกที่ 3 ดังต่อไปนี้ ระบายน้ำทิ้งที่มีค่าซีโอดีไม่เกิน 400 มิลลิกรัมต่อลิตร คือ
   - โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเครื่องปรุงหรือเครื่องประกอบอาหารประเภทการทำเครื่องปรุง กลิ่น รสหรือสีของอาหาร ตามลำดับที่ 13(2)
   - โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับอาหารสัตว์ ประเภทการทำอาหารผสมหรืออาหารสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงสัตว์ ตามลำดับที่ 15(1)
   - โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับสิ่งทอ ด้ายหรือเส้นใย ซึ่งมีใช่ใยหิน (Asbestos) อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ตามลำดับที่ 22
   - โรงงานหมัก ชำแหละ อบ ป่นหรือบด ฟอก ขัดและแต่ง แต่งสำเร็จ อัดให้เป็นลายนูนหรือเคลือบสีหนังสัตว์ ตามลำดับที่ 29
   - โรงงานผลิตเยื่อหรือกระดาษอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง ตามลำดับที่ 38

**ที่มา:** ประกาศคณะกรรมการควบคุมมลพิษ เรื่อง กำหนดประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมที่อนุญาตให้ระบายน้ำทิ้งให้มีค่ามาตรฐานแตกต่างจากค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งที่กำหนดได้ในประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม วันที่ 20 สิงหาคม 2539 ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 113 ตอนที่ 75ง ลงวันที่ 17 กันยายน 2539

**ค. วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง ความถี่และระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม**

1. การเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งให้เก็บ ณ จุดที่ระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อมนอกเขตที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรมหรือนิคมอุตสาหกรรม ในกรณีที่มีการระบายน้ำทิ้งหลายจุดให้เก็บทุกจุด

2. วิธีการเก็บ ความถี่และระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งให้เป็นไปดังนี้
    - โรงงานอุตสาหกรรม จำพวกที่ 2 และจำพวกที่ 3 ให้เก็บแบบจ้วง 1 ครั้ง
    - นิคมอุตสาหกรรม ให้เก็บแบบผสมผสาน โดยเก็บ 4 ครั้งๆ ละ 500 มิลลิลิตร ทุก 2 ชั่วโมงต่อเนื่องกัน

**ที่มา:** ประกาศกรมควบคุมมลพิษ เรื่อง วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง ความถี่และระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม วันที่ 28 ตุลาคม 2539 ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 113 ตอนที่ 91ง ลงวันที่ 12 พฤศจิกายน 2539

| **มาตรฐานน้ำทิ้งลงบ่อน้ำบาดาล** | | |
|---|---|---|
| **ดัชนีคุณภาพน้ำ** | **หน่วย** | **ค่ามาตรฐาน (เกณฑ์กำหนดสูงสุด)** |
| 1. สี (Color) | ปลาตินัมโคบอลต์ | 50 |
| 2. ความขุ่น (Turbidity) | หน่วยความขุ่น (JTU) | 50 |
| 3. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) | - | 5.0-9.2 |
| 4. ปริมาณสารทั้งหมด (Total Solids) | มก./ล. | 2,000 |
| 5. บีโอดี (BOD) | มก./ล. | 40 |
| 6. น้ำมันและไขมัน (Fat , Oil and Grease) | มก./ล. | 5.0 |
| 7. คลอรีนอิสระ (Free Chlorine) | มก./ล. | 5.0 |
| 8. ทองแดง (Cu) | มก./ล. | 1.5 |
| 9. สังกะสี (Zn) | มก./ล. | 15.0 |
| 10. โครเมียม (Cr) | มก./ล. | 2.0 |
| 11. สารหนู (As) | มก./ล. | 0.05 |
| 12. ไซยาไนด์ (CN) | มก./ล. | 0.2 |
| 13. ปรอท (Hg) | มก./ล. | 0.002 |
| 14. ตะกั่ว (Pb) | มก./ล. | 0.1 |
| 15. แคดเมียม (Cd) | มก./ล. | 0.1 |
| 16. แบเรียม (Ba) | มก./ล. | 1.0 |

**ที่มา:** ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 5 (พ.ศ. 2521) ออกตามความในพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520 ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 95 ตอนที่ 66 ลงวันที่ 27 มิถุนายน 2521

| ค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **ดัชนีคุณภาพน้ำ** | **หน่วย** | **เกณฑ์กำหนดสูงสุดตามประเภทมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง** | | | | | **วิธีวิเคราะห์** |
| 1. ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) | - | 5-9 | 5-9 | 5-9 | 5-9 | 5-9 | ใช้เครื่องวัดความเป็นกรดและด่างของน้ำ (pH Meter) |
| 2. บีโอดี (BOD) | มก./ล. | ไม่เกิน 20 | ไม่เกิน 30 | ไม่เกิน 40 | ไม่เกิน 50 | ไม่เกิน 200 | ใช้วิธีการ Azide Modification ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 วันติดต่อกัน หรือวิธีการอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษให้ความเห็นชอบ |
| 3. ปริมาณของแข็ง<br>- ค่าสารแขวนลอย (Suspended Soilds) | มก./ล. | ไม่เกิน 30 | ไม่เกิน 40 | ไม่เกิน 50 | ไม่เกิน 50 | ไม่เกิน60 | กรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fibre Filter Disc) |
| - ค่าตะกอนหนัก (Settleable Solids) | มล./ล. | ไม่เกิน 0.5 | ไม่เกิน 0.5 | ไม่เกิน 0.5 | ไม่เกิน 0.5 | - | วิธีการกรวยอิมฮอฟ์ (Imhoff cone) ขนาดบรรจุ 1,000 ลบ.ซม. ในเวลา 1 ชั่วโมง |
| - ค่าสารที่ละลายได้ทั้งหมด (Total Dissolved Solid) | มก./ล. | ไม่เกิน 500* | ไม่เกิน 500* | ไม่เกิน 500* | ไม่เกิน 500* | - | ระเหยแห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส ในเวลา 1 ชั่วโมง |
| 4. ค่าซัลไฟต์ (Sulfide) | มก./ล. | ไม่เกิน 1.0 | ไม่เกิน 1.0 | ไม่เกิน 3.0 - | ไม่เกิน 4.0 | - | วิธีการไตเตรต (Titrate) |
| 5. ไนโตรเจน (Nitrogen) ในรูป ที เค | มก./ล. | ไม่เกิน 35 | ไม่เกิน 35 | ไม่เกิน 40 | ไม่เกิน 40 | - | วิธีการเจลดาห์ล (kjeldahl) |

| ค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **ดัชนีคุณภาพน้ำ** | **หน่วย** | **เกณฑ์กำหนดสูงสุดตามประเภทมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง** | | | | | **วิธีวิเคราะห์** |
| เอ็น (TKN) | | | | | | | |
| 6. น้ำมันและไขมัน (Fat , Oil and Grease) | มก./ล. | ไม่เกิน 20 | ไม่เกิน 20 | ไม่เกิน 20 | ไม่เกิน 20 | ไม่เกิน 100 | วิธีการสกัดด้วยตัวทำละลาย แล้วแยกหาน้ำหนักของน้ำมันและไขมัน |

**หมายเหตุ :** 1. วิธีการตรวจสอบลักษณะน้ำทิ้งจากอาคารเป็นไปตามวิธีการมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสียใน Standard Methods for Examination of Water and Wastewater ซึ่ง APHA : American Public Health Association, AWWA : American Water Works Association และ WPCF : Water Pollution Control Federation ร่วมกันกำหนดไว้ *=เป็นค่าที่เพิ่มขึ้นจากปริมาณสารละลายในน้ำตามปกติ

2. ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภท และบางขนาด ลงวันที่ 10 มกราคม 2537 ยกเลิกตามประกาศกระทรวงทรัพยากรฯ (ก/)

3. ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดประเภทของอาคารเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม และประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2538) เรื่อง กำหนดประเภทของอาคารเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม ลงวันที่ 10 มกราคม 2537 ยกเลิก ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรฯ (ข/)

**ที่มา:** [ก/] ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด ลงวันที่ 7 พฤศจิกายน 2548 ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเล่มที่ 122 ตอนที่ 125ง วันที่ 29 ธันวาคม 2548

[ข/] ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดประเภทของอาคารเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม ลงวันที่ 7 พฤศจิกายน 2548 ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเล่มที่ 122 ตอนที่ 125ง วันที่ 29 ธันวาคม 2548

**การแบ่งประเภทของอาคาร**

**แบ่งประเภทของอาคารออกเป็น 5 ประเภท คือ**

1. **อาคารประเภท ก.** หมายความถึง อาคาร ดังต่อไปนี้
    1. อาคารชุดที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 500 ห้องนอนขึ้นไป
    2. โรงแรมที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นห้องพักรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 200 ห้องขึ้นไป
    3. โรงพยาบาลของทางราชการหรือสถานพยาบาลตามกฎหมายว่าด้วยสถานพยาบาลที่มีเตียงสำหรับรับผู้ป่วยไว้ค้างคืนรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 30 เตียงขึ้นไป
    4. อาคารโรงเรียนราษฎร์ โรงเรียนของทางราชการ สถาบันอุดมศึกษาของเอกชน หรือสถาบันอุดมศึกษาของทางราชการที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 25,000 ตารางเมตรขึ้นไป
    5. อาคารที่ทำการของทางราชการ รัฐวิสาหกิจ องค์การระหว่างประเทศหรือของเอกชนที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 55,000 ตารางเมตรขึ้นไป
    6. อาคารของศูนย์การค้าหรือห้างสรรพสินค้าที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 25,000 ตารางเมตรขึ้นไป
    7. ตลาดที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 2,500 ตารางเมตรขึ้นไป
    8. ภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 2,500 ตารางเมตรขึ้นไป
2. **อาคารประเภท ข.** หมายความถึงอาคารดังต่อไปนี้
    1. อาคารชุดที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 100 ห้องนอน แต่ไม่ถึง 500 ห้องนอน
    2. โรงแรมที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นห้องพักอาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 60 ห้อง แต่ไม่ถึง 200 ห้อง

3. หอพักที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 250 ห้องขึ้นไป
4. สถานบริการที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 5,000 ตารางเมตรขึ้นไป
5. โรงพยาบาลของทางราชการหรือสถานพยาบาลตามกฎหมายว่าด้วยสถานพยาบาลที่มีเตียงสำหรับผู้ป่วยไว้ค้างคืนรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 10 เตียง แต่ไม่ถึง 30 เตียง
6. อาคารโรงเรียนราษฎร์ โรงเรียนของทางราชการ สถาบันอุดมศึกษาเอกชนหรือสถาบันอุดมศึกษาของทางราชการ ที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 5,000 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 25,000 ตารางเมตร
7. อาคารที่ทำการของทางราชการ รัฐวิสาหกิจ องค์การระหว่างประเทศหรือของเอกชนที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 10,000 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 55,000 ตารางเมตร
8. อาคารของศูนย์การค้าหรือห้างสรรพสินค้าที่มีพื้นที่สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 5,000 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 25,000 ตารางเมตร
9. ตลาดที่มีพื้นที่ที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 1,500 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 2,500 ตารางเมตร
10. ภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 500 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 2,500 ตารางเมตร

3. **อาคารประเภท ค.** หมายความถึงอาคารดังต่อไปนี้
1. อาคารชุดที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคาร ไม่ถึง 100 ห้องนอน
2. โรงแรมที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นห้องพักรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มอาคารไม่ถึง 60 ห้อง
3. หอพักที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 50 ห้อง แต่ไม่ถึง 250 ห้อง
4. สถานบริการที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 1,000 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 5,000 ตารางเมตร

5. อาคารที่ทำการของทางราชการ รัฐวิสาหกิจ องค์การระหว่างประเทศหรือของเอกชน ที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 5,000 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 10,000 ตารางเมตร
6. ตลาดที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 1,000 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 1,500 ตารางเมตร
7. ภัตตาคารหรือร้านอาคารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคาร ตั้งแต่ 250 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 500 ตารางเมตร

4. **อาคารประเภท ง.** หมายความถึงอาคารดังต่อไปนี้
    1. หอพักที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 10 ห้อง แต่ไม่ถึง 50 ห้อง
    2. ตลาดที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 500 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 1,000 ตารางเมตร
    3. ภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคาร ตั้งแต่ 100 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 250 ตารางเมตร
5. **อาคารประเภท จ.** หมายความถึงภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นไม่ถึง 100 ตารางเมตร

**ที่มา:** ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภท และบางขนาด ราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 111 ตอนพิเศษ 9ง ลงวันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2537

**สรุปประเภทของอาคารเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ หรือออกสู่สิ่งแวดล้อม**

| ประเภทอาคาร | ขนาดของอาคารที่กำหนดมาตรฐานการระบายน้ำทิ้ง | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ก | ข | ค | ง | จ |
| 1. อาคารชุดตามกฎหมายว่าด้วยอาคารชุด | ตั้งแต่ 500 ห้องนอน | 100 - ไม่ถึง 500 ห้องนอน | ไม่ถึง - 100 ห้องนอน | - | - |
| 2. โรงแรมตามกฎหมายว่าด้วยโรงแรม | ตั้งแต่ 200 ห้อง | 60 - ไม่ถึง 200 ห้อง | ไม่ถึง 60 ห้อง | - | - |

| สรุปประเภทของอาคารเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ หรือออกสู่สิ่งแวดล้อม | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **ประเภทอาคาร** | **ขนาดของอาคารที่กำหนดมาตรฐานการระบายน้ำทิ้ง** | | | | |
| | **ก** | **ข** | **ค** | **ง** | **จ** |
| 3. หอพักตามกฎหมายว่าด้วยหอพัก | - | ตั้งแต่ 250 ห้อง | 50 - ไม่ถึง 250 ห้อง | 10 - ไม่ถึง 50 ห้อง | - |
| 4. สถานบริการ | - | ตั้งแต่ 5,000 ม.$^2$ | 1,000 - ไม่ถึง 5,000 ม.$^2$ | - | - |
| 5. โรงพยาบาลของทางราชการ หรือ สถานพยาบาลตามกฎหมาย | ตั้งแต่ 30 เตียง | 10 - ไม่ถึง 30 เตียง | - | - | - |
| 6. อาคารโรงเรียนราษฎร์ โรงเรียนของทางราชการ สถาบันอุดมศึกษาของเอกชน หรือ สถาบันอุดมศึกษาของทางราชการ | ตั้งแต่ 25,000 ม.$^2$ | 5,000-ไม่เกินกว่า 25,000 ม.$^2$ | - | - | - |
| 7. อาคารที่ทำการของทางราชการ รัฐวิสาหกิจ องค์การระหว่างประเทศหรือเอกชน | ตั้งแต่ 55,000 ม.$^2$ | 10,000-ไม่ถึง 55,000 ม.$^2$ | 5,000-ไม่ถึง 10,000 ม.$^2$ | - | - |
| 8. อาคารของศูนย์การค้าหรือห้างสรรพสินค้า | ตั้งแต่ 25,000 ม.$^2$ | 5,000-ไม่ถึง 25,000 ม.$^2$ | - | - | - |
| 9. ตลาด | เกินกว่าหรือเท่ากับ 2,500 ม.$^2$ | 1,500-ไม่ถึง 2,500 ม.$^2$ | 1,000-ไม่ถึง 1,500 ม.$^2$ | 500-ไม่ถึง 1,000 ม.$^2$ | - |

| สรุปประเภทของอาคารเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ หรือออกสู่สิ่งแวดล้อม | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **ประเภทอาคาร** | **ขนาดของอาคารที่กำหนดมาตรฐานการระบายน้ำทิ้ง** | | | | |
| | **ก** | **ข** | **ค** | **ง** | **จ** |
| 10. ภัตตาคารและร้านอาหาร | เกินกว่าหรือเท่ากับ 2,500 ม.$^2$ | 500-ไม่ถึง 2,500 ม.$^2$ | 250-ไม่ถึง 500 ม.$^2$ | 100-ไม่ถึง 250 ม.$^2$ | ไม่ถึง100 ม.$^2$ |

**หมายเหตุ:** การกำหนดประเภทของอาคาร ก ข ค ง ดังตาราง

**ที่มา:** ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดประเภทของอาคารเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม ราชกิจจานุเบกษาฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 111 ตอนพิเศษ 9ง ลงวันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2537

| ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากที่ดินจัดสรร | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **ดัชนีคุณภาพน้ำ** | **หน่วย** | **เกณฑ์มาตรฐานสูงสุดตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง** | | **วิธีการตรวจสอบ** |
| | | **ที่ดินจัดสรรเกิน 100 แปลง แต่ไม่เกิน 500 แปลง** | **ที่ดินจัดสรรเกินกว่า 500 แปลงขึ้นไป** | |
| 1. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) | - | 5.5-9.0 | 5.5-9.0 | - ใช้เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่างของน้ำ(pH Meter) |
| 2. บีโอดี (BOD) | มก./ล. | ไม่เกิน 30 | ไม่เกิน 20 | - Azide Modification ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน ติดต่อกัน หรือวิธีการอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษ ให้ความเห็นชอบ |
| 3. ปริมาณของแข็ง (Solids) | | | | |
| ● ปริมาณสารแขวนลอย (Suspended Solids) | มก./ล. | ไม่เกิน 40 | ไม่เกิน 30 | - กรองผ่าน Glass Fiber Filter Disc |
| ● ปริมาณตะกอน | มก./ล. | ไม่เกิน 0.5 | ไม่เกิน 0.5 | - วิธีการจมตัวของตะกอนสู่ก้น |

| ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากที่ดินจัดสรร | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **ดัชนีคุณภาพน้ำ** | **หน่วย** | **เกณฑ์มาตรฐานสูงสุดตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง** | | **วิธีการตรวจสอบ** |
| | | **ที่ดินจัดสรรเกิน 100 แปลง แต่ไม่เกิน 500 แปลง** | **ที่ดินจัดสรรเกินกว่า 500 แปลงขึ้นไป** | |
| หนัก (Settleable Solids) | | | | กรวยอิมฮอฟ (Imhoff Cone) ปริมาตร 1,000 ลบ.ซม. ในเวลา 1 ชั่วโมง |
| ● สารที่ละลายได้ทั้งหมด* (Total Dissolved Solids) | มก./ล. | ไม่เกิน 500 | ไม่เกิน 500 | - ระเหยแห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง |
| 4. ซัลไฟด์ (Sulfide) | มก./ล. | ไม่เกิน 1.0 | ไม่เกิน 1.0 | - การไตเตรต (Titration) |
| 5. ไนโตรเจนในรูป ที เค เอ็น (TKN) | มก./ล. | ไม่เกิน 35 | ไม่เกิน 35 | - วิธีการเจลดาห์ล (Kjeldahl) |
| 6. น้ำมันและไขมัน (Fat , Oil and Grease) | มก./ล. | ไม่เกิน 20 | ไม่เกิน 20 | - การสกัดด้วยตัวทำละลาย |

**หมายเหตุ:** 1. * เป็นค่าที่เพิ่มจากปริมาณสารละลายในน้ำใช้ตามปกติ วิธีการตรวจมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากที่ดินจัดสรรให้เป็นไปตามวิธีการมาตรฐาน สำหรับการวิเคราะห์น้ำเสียใน Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ซึ่ง APHA : American Public Health Association, AWWA : American Water Works Associaton และ WPCF : Water Pollution Control Federation ร่วมกันกำหนดไว้

2. ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 5 (พ.ศ. 2539) เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากที่ดินจัดสรร และประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2539) เรื่อง กำหนดให้ที่ดินจัดสรรเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำ

สาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม ราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไปเล่ม 113 ตอนพิเศษ 8ง วันที่ 27 มีนาคม 2539 ยกเลิก ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรฯ (ก/)

**แหล่งที่มา:** ก/ ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากที่ดินจัดสรร ลงวันที่ 7 พฤศจิกายน 2548 ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเล่มที่ 122 ตอนที่ 125ง วันที่ 29 ธันวาคม 2548

ข/ ประกาศทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดให้ที่ดินจัดสรรเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม ลงวันที่ 7 พฤศจิกายน 2548 ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเล่มที่ 122 ตอนที่ 125ง วันที่ 29 ธันวาคม 2548

| **มาตรฐานการระบายน้ำลงทางน้ำชลประทาน และทางน้ำที่ต่อเชื่อมกับทางน้ำชลประทาน ในเขตพื้นที่โครงการชลประทาน** | | |
|---|---|---|
| **ดัชนีคุณภาพน้ำ** | **หน่วย** | **ค่ามาตรฐาน (เกณฑ์กำหนดสูงสุด)** |
| 1. ความเป็นกรด-ด่าง (pH) | - | 6.5-8.5 |
| 2. ความนำไฟฟ้า | ไมโครโมล์/ซม. | 2,000 |
| 3. ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TDS) | มก./ล. | 1,300 |
| 4. บีโอดี (BOD5) มิลลิกรัม/ลิตร | มก./ล. | 20 |
| 5. สารแขวนลอย (SS) | มก./ล. | 30 |
| 6. ซัลไฟด์คิดเทียบเป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Sulfide as H2S) | มก./ล. | 1.0 |
| 7. ไซยาไนด์คิดเทียบเป็นไฮโดรเจนไซยาไนด์ (cyanide as HCN) | มก./ล. | 0.2 |
| 8. น้ำมันและไขมัน (Fat ,Oil and Grease) | มก./ล. | 5.0 |
| 9. ฟอร์มัลดีไฮด์ (formaldehyde) | มก./ล. | 1.0 |
| 10. ฟีนอลและ/หรือครีโซลส (Phenol& Cresols) | มก./ล. | 1.0 |
| 11. คลอรีนอิสระ (Free chlorine) | มก./ล. | 1.0 |
| 12. ยาฆ่าแมลงและสารกัมมันตรังสี | มก./ล. | ไม่มีเลย |
| 13. สี และกลิ่นที่ระบายลงสู่ทางน้ำชลประทาน (Colour and Odour) | - | ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ |
| 14. น้ำมันทาร์ (Tar) | - | ไม่มีเลย |

| มาตรฐานการระบายน้ำลงทางน้ำชลประทาน และทางน้ำที่ต่อเชื่อมกับทางน้ำชลประทาน ในเขตพื้นที่โครงการชลประทาน | | |
|---|---|---|
| **ดัชนีคุณภาพน้ำ** | **หน่วย** | **ค่ามาตรฐาน (เกณฑ์กำหนดสูงสุด)** |
| 15. ค่าอุณหภูมิ | องศาเซลเซียส | 40 |
| 16. Total Kjeidahl Nitrogen (TKN) | มก./ล. | 35 |
| 17. Dissolved Oxygen (DO) | มก./ล. | 2.0 |
| 18. Chemical Oxygen Demand (COD) | มก./ล. | 100 |
| 19. โลหะหนัก | | |
| - สังกะสี(Zn) | มก./ล. | 5.0 |
| - โครเมียม(Cr) | | 0.3 |
| - อาร์เซนิค(As) | | 0.25 |
| - ทองแดง(Cu) | | 1.0 |
| - ปรอท(Hg) | | 0.005 |
| - แคดเมียม(Cd) | | 0.003 |
| - แบเรียม(Ba) | | 1.0 |
| - เซลิเนียม(Se) | | 0.02 |
| - ตะกั่ว(Pb) | | 0.1 |
| - นิเกิล(Ni) | | 0.2 |
| - แมงกานีส(Mn) | | 5.0 |

**แหล่งที่มา :** คำสั่งกรมชลประทานที่ 73/2554 เรื่อง แก้ไขการระบายน้ำที่มีคุณภาพต่ำลงทางน้ำชลประทานและทางน้ำที่ต่อเชื่อมกับทางน้ำชลประทานในเขตพื้นที่โครงการชลประทาน ลงวันที่ 1 เมษายน 2554

| มาตรฐานเพื่อควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **ดัชนีคุณภาพน้ำ** | **หน่วย** | **เกณฑ์มาตรฐานสูงสุด** | | |
| | | **มาตรฐาน ก** | **มาตรฐาน ข** | **วิธีการตรวจสอบ** |
| 1. ความเป็นกรดและด่าง (pH) | - | 5.5-9 | 5.5-9 | pH meter แบบ Electronmetric Titration ที่มีความละเอียดไม่ต่ำกว่า 0.1 หน่วย |
| 2. บีโอดี (BOD) | มก./ล. | 60 | 100 | Azide Modification หรือ Membrane Electrode |

| มาตรฐานเพื่อควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **ดัชนีคุณภาพน้ำ** | **หน่วย** | **เกณฑ์มาตรฐานสูงสุด** | | |
| | | **มาตรฐาน ก** | **มาตรฐาน ข** | **วิธีการตรวจสอบ** |
| 3. ซีโอดี (COD) | มก./ล. | 300 | 400 | Potassium Dichromate Digestion แบบ Open Reflux หรือ Closed Reflux |
| 4. สารแขวนลอย (SS) | มก./ล. | 150 | 200 | Glass Fiber Filter Disc และอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 103 °C - 105 °C |
| 5. ไนโตรเจนในรูป ที เค เอ็น (TKN) | มก./ล. | 120 | 200 | Kjeldahl และตรวจวัดแอมโมเนียด้วยวิธีการ Colorimetric หรือ Ammonia Selective Electrode |

**หมายเหตุ :** 1. มาตรฐาน ก ใช้ควบคุมการระบายน้ำทิ้งสำหรับฟาร์มประเภท ก และมาตรฐาน ข ใช้ควบคุมการระบายน้ำทิ้งสำหรับฟาร์ม ประเภท ข และ ค

2. การแบ่งประเภทของฟาร์มสุกรจะใช้น้ำหนักหน่วยปศุสัตว์ (นปส.) หรือ Livestock Unit เป็นเกณฑ์ เนื่องจากฟาร์มแต่ละแห่งจะประกอบด้วยสุกรที่มีความแตกต่างกันทั้งประเภท ขนาด และช่วงอายุ ซึ่งจะทำให้เกิดของเสียและน้ำเสียในปริมาณที่แตกต่าง โดยมีข้อกำหนดดังนี้

2.1 ประเภทของฟาร์มสุกร แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

(1) ประเภท ก มีน้ำหนักหน่วยปศุสัตว์ มากกว่า 600 นปส. (เทียบเท่าจำนวนสูตรมากกว่า 5,000 ตัว)

(2) ประเภท ข มีน้ำหนักหน่วยปศุสัตว์ ตั้งแต่ 60-600 นปส. (เทียบเท่าจำนวนสุกรตั้งแต่ 500-5,000 ตัว)

(3) ประเภท ค มีน้ำหนักปศุสัตว์ ตั้งแต่ 6-น้อยกว่า 60 นปส. (เทียบเท่าจำนวนสุกรตั้งแต่ 50 - น้อยกว่า 500 ตัว)

2.2 หลักเกณฑ์การใช้น้ำหนักหน่วยปศุสัตว์

เมื่อ น้ำหนักหน่วยปศุสัตว์ 1 หน่วย เท่ากับน้ำหนักสุกรรวม 500 กิโลกรัม

โดยน้ำหนักเฉลี่ยสุกรพ่อ-แม่พันธุ์เท่ากับ 170 กิโลกรัม

น้ำหนักเฉลี่ยสุกรขุนเท่ากับ 60 กิโลกรัม

น้ำหนักเฉลี่ยลูกสุกรเท่ากับ 12 กิโลกรัม

3. การบังคับใช้มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรจะเริ่มใช้บังคับกับฟาร์มสุกรประเภท ก (ขนาดใหญ่) และประเภท ข (ขนาดกลาง) ก่อน โดยกำหนดให้เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษตามมาตรา 69 ของพระราชบัญญัติส่งเสริม และรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ หรือออกสู่สิ่งแวดล้อมนอกเขตที่ตั้งแหล่งกำเนิดมลพิษ ทั้งนี้ให้บังคับใช้เมื่อพ้นกำหนดหนึ่งปีนับแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป

สำหรับฟาร์มสุกรประเภท ค (ขนาดเล็ก) จะยังไม่บังคับใช้มาตรฐานเพื่อควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากฟาร์มดังกล่าว แต่จะใช้เสมือนเป็นมาตรฐานทางวิชาการที่จะสนับสนุนและส่งเสริมให้ฟาร์มสุกร ขนาดเล็กมีการจัดการฟาร์มที่ถูกต้องก่อนที่จะมีการใช้บังคับในระยะต่อไป เนื่องจากฟาร์มประเภท ค มีเป็นจำนวนมากและมีศักยภาพในการลงทุนต่ำ จำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการประชาสัมพันธ์ สนับสนุนการปรับปรุงวิธีการจัดการฟาร์ม ปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียที่มีอยู่ หรือช่วยเหลือในการจัดสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย

4. ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดมลพิษประเภทการเลี้ยงสุกร และประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดให้การเลี้ยงสุกรเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม ราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไปเล่ม 118 ตอนพิเศษ 8ง หน้าที่ 11-17 วันที่ 23 กุมภาพันธ์ 2544 ยกเลิกตามประกาศกระทรวงทรัพยากรฯ (ก/) และ (ข/) ตามลำดับ

**แหล่งที่มา:** [ก/] ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดมลพิษประเภทการเลี้ยงสุกร ลงวันที่ 7 พฤศจิกายน 2548 ประกาศ ในราชกิจจานุเบกษาเล่มที่ 122 ตอนที่ 125ง วันที่ 29 ธันวาคม 2548

[ข/] ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดให้การเลี้ยงสุกรเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม ลงวันที่ 7 พฤศจิกายน 2548 ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเล่มที่ 122 ตอนที่ 125ง วันที่ 29 ธันวาคม 2548

| มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง | | | |
|---|---|---|---|
| **ดัชนีคุณภาพน้ำ** | **หน่วย** | **ค่ามาตรฐาน** | **วิธีการตรวจสอบ** |
| 1. ความเป็นกรดและด่าง (pH) | - | 5.5-9.0 | ใช้เครื่องวัดความเป็นกรดและด่างของน้ำ (pH Meter) |
| 2. ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand: COD) | มก./ล. | ไม่เกิน 200 | ใช้วิธีย่อยสลาย โดยโปตัสเซียมไดโครเมต (Potassium Dichromate Digestion) |
| 3. สารแขวนลอย (Suspended Soilds;SS) | | ไม่เกิน 60 | ใช้วิธีการกรอง ผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fiber Filter Disc) |
| 4. น้ำมันและไขมัน (Fat Oil and Grease) | มก./ล. | ไม่เกิน 15 | ใช้วิธีสกัดด้วยตัวทำละลาย แล้วแยกหาน้ำหนักของน้ำมันและไขมัน |

**หมายเหตุ:** วิธีการตรวจสอบมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงให้เป็นไปตามคู่มือวิเคราะห์น้ำเสียที่สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย กำหนดไว้หรือตามวิธีการมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater) ที่ APHA AWwA และ WEF ร่วมกันกำหนดไว้

**แหล่งที่มา :** ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง และประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดให้สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่มที่ 123 ตอนที่ 129ง ลงวันที่ 15 ธันวาคม 2549

**มาตรการการควบคุมการปล่อยน้ำทิ้งจากกิจกรรมต่างๆ ลงสู่ลำน้ำ**เพื่อเป็นการแก้ไขบรรเทาความเสื่อมโทรมและภาวะมลพิษในลำน้ำ ได้แก่ แม่น้ำ ลำคลอง บึง อ่างเก็บน้ำ ทะเลสาบ และทะเลภายในน่านน้ำไทย กรมเจ้าท่า ได้ประกาศในกิจกรรมสิ่งปลูกสร้างทุกประเภทที่ปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำดังกล่าว ต้องขออนุญาตการปล่อยน้ำทิ้งจากกรมเจ้าท่า ดังนี้

1. กิจกรรมและสิ่งปลูกสร้าง ได้แก่ ภัตตาคาร ร้านอาหาร โรงแรม โรงงานอุตสาหกรรม โรงพยาบาลที่มีการปล่อยน้ำทิ้งลงสู่ลำน้ำ ให้เจ้าของกิจการข้างต้นยื่นคำร้องขออนุญาต

ปล่อยน้ำทิ้งพร้อมกับเสนอแบบผังท่อปล่อยน้ำทิ้งต่อกรมเจ้าท่า และต้องมีการต่ออายุใบอนุญาตทุกปี

2. การขออนุญาตดังกล่าวจะต้องผ่านการตรวจสอบคุณภาพน้ำทิ้งตามมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากอาคาร และมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ในกรณีที่คุณภาพน้ำทิ้งเกินมาตรฐานดังกล่าวจะต้องดำเนินการแก้ไขปรับปรุงจนได้ตามมาตรฐานฯ จึงจะได้รับอนุญาตให้ปล่อยน้ำทิ้งลงสู่ลำน้ำได้ และการฝ่าฝืนจะต้องได้รับโทษตามกฎหมาย
3. เจ้าของกิจการจะต้องให้ความร่วมมือในการอำนวยความสะดวกให้กับนักวิชาการสิ่งแวดล้อม กองวิชาการ กรมเจ้าท่าเข้าตรวจสภาพการปล่อยน้ำทิ้งในสถานประกอบกิจการได้ในเวลาเปิดทำการ

**แหล่งที่มา:** ประกาศกรมเจ้าท่า ที่ 67/2534 เรื่อง ให้มีการขออนุญาตการปล่อยน้ำทิ้งทุกประเภทลงสู่ ลำน้ำ วันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2534

มาตรการการป้องกันน้ำมัน หรือเคมีภัณฑ์ หรือสิ่งเป็นพิษอันตรายขยะขนถ่ายทางน้ำเพื่อเป็นการป้องกันการรั่วไหลของน้ำมัน เคมีภัณฑ์ หรือสิ่งเป็นพิษอันตรายที่เกิดขึ้นในแม่น้ำ ลำคลอง บึง อ่างเก็บน้ำ หรือทะเลสาบ อันเป็นทางสัญจรของประชาชนหรือประชาชนใช้ประโยชน์ร่วมกันหรือทะเลภายในน่านน้ำไทย ซึ่งอาจจะทำให้คุณภาพของน้ำเสื่อมโทรมลง และส่งผลกระทบต่อสิ่งชีวิตและสภาพแวดล้อมต่างๆ กรมเจ้าท่าจึงขอยกเลิกประกาศกรมเจ้าท่าที่ 158/2536 ลงวันที่ 10 พฤษภาคม 2536 และให้ใช้ประกาศฉบับนี้แทน โดยมีแนวทางในการปฏิบัติดังต่อไปนี้ คือ

1. ให้เจ้าของหรือผู้ครอบครองท่ากรณีที่มีการขนถ่ายระหว่างท่าเทียบสู่เรือ หรือเรือสู่ท่าเทียบเรือ และนายเรือหรือเจ้าของเรือลำที่ทำการถ่ายกรณีที่มีการขนถ่ายระหว่างเรือสู่เรือจัดเตรียมแผนการปฏิบัติการเพื่อป้องกันและขจัดมลพิษทางน้ำของกิจกรรมดังกล่าว โดยต้องกำหนดมาตรการในการป้องกันและแก้ไขผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม กำหนดผู้รับผิดชอบจัดเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ ตลอดจนจัดให้มีการฝึกอบรมให้แก่เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานสม่ำเสมอ ซึ่งแผนดังกล่าวต้องได้รับความเห็นชอบจากกรมเจ้าท่าก่อน
2. ให้เจ้าของหรือผู้ครอบครองท่าขนถ่ายน้ำมัน จัดเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ในการแก้ไขปัญหาการรั่วไหลของน้ำมัน อันประกอบด้วย
    - ทุ่นกักคราบน้ำมัน (BOOM) ควรมีความยาวไม่น้อยกว่า 1 ใน 3 ของความยาวเรือสูงสุดที่เข้าเทียบท่า ประจำอยู่ที่ท่าและให้ใช้งานทุกครั้งที่มีการขนถ่าย อีกส่วนหนึ่งความยาว

ไม่น้อยกว่า 2 เท่าของความยาวเรือ เตรียมพร้อมไว้ใกล้ท่าเทียบเรือสำหรับกรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน

- อุปกรณ์เก็บคราบน้ำมัน (Skimmer) ควรเป็น Weir Skimmer หรือ Oleophilic Skimmer หรือ Vacuum Skimmer ตามลำดับ โดยการเลือกใช้ให้พิจารณาจากความหนืดของน้ำมันแต่ละชนิด ความสามารถของเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน และประสิทธิภาพของอุปกรณ์
- ที่เก็บคราบน้ำมันชั่วคราวหรือที่เก็บคราบน้ำมันประจำท่า ต้องสามารถนำมาใช้งานได้ทันที ควรมีความจุไม่น้อยกว่า 40 ลูกบาศก์เมตร และสามารถจัดหาเพิ่มเติมได้ตามความจำเป็น
- สารเคมีขจัดคราบน้ำมัน (Dispersant) ต้องเป็นชนิดและประเภทที่ได้รับอนุญาตจากหน่วยงานราชการ และต้องได้รับความเห็นชอบจากกรมเจ้าท่าเพื่อใช้สารเคมีดังกล่าวไว้เป็นการล่วงหน้า จำนวนที่ต้องเตรียมไว้ควรมีไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 ของขนาดน้ำมันที่อาจเกิดการรั่วไหล

3. ในกรณีการขนถ่ายสารเคมีหรือสิ่งเป็นพิษอันตราย ระหว่างท่าเทียบเรือสู่เรือ หรือเรือสู่ท่าเทียบเรือ ให้นายท่าและนายเรือร่วมกันตรวจสอบความพร้อมก่อนการขนถ่าย (Ship Shore Checklists) โดยให้เจ้าของหรือผู้ครอบครองท่าเก็บรวบรวมรายงานการตรวจสอบดังกล่าวส่งให้กรมเจ้าท่าทราบทุกเดือน
4. สำหรับกรณีการขนถ่ายระหว่างเรือสู่เรือ ให้นายเรือทั้งสองลำทำการตรวจสอบรายการสำหรับเตรียมความพร้อมก่อนการขนถ่ายผลิตภัณฑ์ (Checklists) จึงสามารถลงมือดำเนินการขนถ่ายได้ และให้เจ้าของเรือเก็บรวบรวมรายงานการตรวจสอบดังกล่าวส่งให้กรมเจ้าท่าทราบทุกเดือน
5. ข้อกำหนดดังกล่าวข้างต้น กรมเจ้าท่าจะใช้เป็นข้อพิจารณาในการขอต่ออายุใบอนุญาตท่าเทียบเรือประจำปี และใช้ประกอบการพิจารณาในการดำเนินคดีหากเกิดเหตุรั่วไหลขึ้น

**แหล่งที่มา:** ประกาศกรมเจ้าท่า ที่ 495/2541 เรื่อง การป้องกันน้ำมัน หรือเคมีภัณฑ์ หรือสิ่งเป็นพิษอันตราย ขณะขนถ่ายทางน้ำ

**หลักเกณฑ์และวิธีการที่ผู้รับใบอนุญาต ประกอบกิจการโรงงานมีหน้าที่ต้องกระทำ**

**หน้าที่ของผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน**

1. **ให้โรงงานดังกล่าวต่อไปนี้มีผู้ควบคุมดูแลและผู้ปฏิบัติงานประจำเครื่องรับผิดชอบระบบป้องกันสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ ซึ่งมีคุณวุฒิตามที่กำหนดไว้ในข้อ 2.**
    1. โรงงานที่มีปริมาณน้ำทิ้งตั้งแต่ 125 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง (ยกเว้นน้ำหล่อเย็น) หรือมีปริมาณความสกปรกก่อนเข้าระบบขจัด ตั้งแต่ 200 กิโลกรัมต่อวันขึ้นไป
    2. โรงงานที่ใช้โลหะหนักในกระบวนการผลิตซึ่งมีปริมาณน้ำทิ้งตั้งแต่ 50 ลูกบาศก์เมตรต่อวันขึ้นไปและมีปริมาณของโลหะหนักในน้ำทิ้งออกจากโรงงานมีค่าดังนี้
        - สังกะสี ตั้งแต่ 250,000 มิลลิกรัมต่อวันขึ้นไป
        - โครเมียม ตั้งแต่ 25,000 มิลลิกรัมต่อวันขึ้นไป
        - อาร์เซนิค ตั้งแต่ 12,500 มิลลิกรัมต่อวันขึ้นไป
        - ทองแดง ตั้งแต่ 50,000 มิลลิกรัมต่อวันขึ้นไป
        - ปรอท ตั้งแต่ 250 มิลลิกรัมต่อวันขึ้นไป
        - แคดเมียม ตั้งแต่ 1,500 มิลลิกรัมต่อวันขึ้นไป
        - แบเรียม ตั้งแต่ 50,000 มิลลิกรัมต่อวันขึ้นไป
        - เซเลเนียม ตั้งแต่ 1,000 มิลลิกรัมต่อวันขึ้นไป
        - ตะกั่ว ตั้งแต่ 10,000 มิลลิกรัมต่อวันขึ้นไป
        - นิคเกิล ตั้งแต่ 10,000 มิลลิกรัมต่อวันขึ้นไป
        - แมงกานีส ตั้งแต่ 250,000 มิลลิกรัมต่อวันขึ้นไป
    3. โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับเหล็กและเหล็กกล้าดังต่อไปนี้
        - โรงงานที่มีเตาอบหรือใช้น้ำกรดหรือใช้สารที่อาจจะเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมในกระบวนการผลิตและมีกำลังผลิตตั้งแต่ 100 ตันต่อวันขึ้นไป
        - โรงงานที่มีขนาดเตาหลอมเหล็กมีปริมาตรรวมทั้งสิ้น (Total Capacity) ตั้งแต่ 5 ตันต่อครั้ง (Batch) ขึ้นไป
    4. โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับปิโตรเคมีคอล ที่นำวัตถุดิบ ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากโรงงานกลั่นน้ำมันมาใช้ในขบวนการผลิตด้วยปริมาณวัตถุดิบตั้งแต่ 100 ตันต่อวันขึ้นไป

5. โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับก๊าซธรรมชาติทุกชนิดที่แยก หรือแปรสภาพก๊าซธรรมชาติ (Natural Gas)
6. โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับคลอ-แอลคาไล ที่ใช้เกลือแกง (NaCl) เป็นวัตถุดิบในการผลิตโซดาแอ๊ช (Na2CO3) โซดาไฟ (NaOH) กรดเกลือ (HCl) คลอรีน (Cl2) และผงฟอกขาว (NaOCl) ที่มีกำลังผลิตแต่ละตัวหรือรวมกันตั้งแต่ 100 ตันต่อวันขึ้นไป
7. โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการผลิตการผลิตปูนซีเมนต์ทุกขนาด
8. โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการถลุงแร่หรือหลอมโหละที่มีกำลังการผลิตตั้งแต่ 50 ตันต่อวัน ขึ้นไป
9. โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการผลิตเยื่อกระดาษตั้งแต่ 50 ตันต่อวันขึ้นไป
10. โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการกลั่นน้ำมันดิบ (Crude Oil Refinery) ทุกขนาด

**2. ผู้ควบคุมดูแล ผู้ปฏิบัติงานประจำเครื่อง ซึ่งรับผิดชอบระบบป้องกันสิ่งแวดล้อมเป็นพิษต้องมีคุณวุฒิดังต่อไปนี้**

1. ผู้ควบคุมดูแลต้องเป็นผู้มีคุณวุฒิวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต หรือวิทยาศาสตร์บัณฑิตสาขาเคมี หรือสาขาเคมีเทคนิค หรือสาขาอื่นที่มีประสบการณ์ทางด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งได้รับความเห็นชอบจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม สำหรับกรณีที่เป็นบริษัทวิศวกรที่ปรึกษา (Engineering Consultant Firm) ต้องประกอบด้วยคุณวุฒิดังกล่าวข้างต้น
2. ผู้ปฏิบัติงานประจำเครื่อง (Operator) ต้องมีคุณวุฒิจบมัธยมศึกษาขั้นต้นและได้รับการรับรองจากบุคคลในข้อ 2.1
3. บุคคลในข้อ 2.1 และ 2.2 ต้องขึ้นทะเบียนต่อกรมโรงงานอุตสาหกรรมตามระเบียบและวิธีการที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนด

**3. ประกาศฉบับนี้ให้ใช้บังคับเมื่อพ้นกำหนดเก้าสิบวันนับแต่วันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป**

**แหล่งที่มา:** ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2525) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2512 เรื่อง หน้าที่ของผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานจากราชกิจจานุเบกษา (ฉบับพิเศษ) ตอน 99 เล่มที่ 89 วันที่ 29 มิถุนายน 2525

| มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง | | | |
|---|---|---|---|
| **ดัชนีคุณภาพน้ำ** | **หน่วย** | **ค่ามาตรฐาน** | **วิธีการตรวจสอบ** |
| 1. ความเป็นกรดและด่าง (pH) | - | 6.5-9.0 | ใช้เครื่องวัดความเป็นกรดและด่างของน้ำ (pH Meter) ตามวิธีหาค่าแบบวิธีอีเล็กโตรเมตริก (Electrometric) |
| 2. บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD) | มก./ล. | ไม่เกิน 20 | ใช้วิธีอะไซด์ โมดิฟิเคชั่น (Azide Modification) ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน โดยใช้ Synthetic Seawater |
| 3. สารแขวนลอย (Suspended Soilds, SS) | มก./ล. | ไม่เกิน 70 | ใช้วิธีการกรอง ผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fiber Filter Disc) ขนาดตากรอง 1.2 ไมโครเมตร |
| 4. แอมโมเนีย ($NH_3$-N) | มก-N./ล. | ไม่เกิน 1.1 | ใช้วิธีโมดิไฟด์ ไอโดฟีนอล บลู (Modified Idophenol Blue) |
| 5. ฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus) | มก-P./ล. | ไม่เกิน 0.4 | ใช้วิธีแอสคอร์บิค แอซิด (Ascorbic Acid) |
| 6. ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ($H_2S$) | มก./ล. | ไม่เกิน 0.01 | ใช้วิธีเมธิลีน บลู (Methylene Blue) |
| 7. ไนโตรเจนรวม (Total Nitrogen) คือ ผลรวมของไนโตรเจนละลาย (Total Dissolved Nitrogen) และไนโตรเจนแขวนลอย (Total Particlate Nitrogen) | มก-N./ล. | ไม่เกิน 4.0 | ให้นำค่าการตรวจวัดไนโตรเจนละลายและไนโตรเจนแขวนลอยบวกรวมกัน โดยการหาค่า<br>(ก) ไนโตรเจนละลายให้ใช้วิธีเปอร์ซัลเฟต ไดเจนชั่น (Persulfate Digestion)<br>(ข) ไนโตรเจนแขวนลอยให้ใช้วิธีวัดค่าสารแขวนลอยบนแผ่นกรองใยแก้วขนาดตากรอง 0.7 ไมโครเมตร และวิเคราะห์ด้วย Nitrogen Analyzer |

**หมายเหตุ:** 1. การเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งเพื่อการตรวจสอบมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง ให้เก็บแบบจ้วง (Grab Sampling) จากจุดที่ระบายน้ำทิ้งออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอกพื้นที่บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง

2. วิธีการตรวจสอบมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งให้เป็นไปตามคู่มือวิเคราะห์น้ำเสียที่สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย กำหนดไว้ หรือตามวิธีการมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWwA and WEF), Practical Handbook of Seawater Analysis (Stickland and Parsons), Methods of Seawater Analysis (Koroleff), Determination of Ammonia in Estuary (Sasaki and Sawada) Methods of Seawater Analysis (Grasshoff K.) และ/หรือ คู่มือวิเคราะห์น้ำและน้ำเสียของสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย และ WEF ร่วมกันกำหนดไว้

**แหล่งที่มา:** ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่มที่ 121 ตอนที่ 49ง ลงวันที่ 1 พฤษภาคม 2547
ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดให้บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่มที่ 122 ตอนที่ พิเศษ 129 ง ลงวันที่ 14 พฤศจิกายน 2548

| **มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกร่อย** | | | |
|---|---|---|---|
| **ดัชนีคุณภาพน้ำ** | **พื้นที่บ่อน้อยกว่า 10 ไร่** | **พื้นที่บ่อตั้งแต่ 10 ไร่** | **วิธีการตรวจสอบ** |
| 1. ความเป็นกรดและด่าง (pH) | 6.5 - 8.5 | | ใช้เครื่องวัดความเป็นกรดและด่างของน้ำ (pH Meter) ตามวิธีหาค่าแบบวิธีอีเล็กโตรเมตริก (Electrometric) |
| 2. ความเค็ม (Salinity) | จะมีค่าสูงกว่าความเค็มแหล่งรองรับน้ำทิ้งในขณะนั้นได้ไม่เกิน ร้อยละ 50 | | ใช้เครื่องวัดความเค็มของน้ำที่ใช้หลักการหาค่าแบบอิเล็กโตรเมตริกคอนดักติวิตี้ (Electrometric Conductivity) หรือแบบเดนซิตี้ (Density) |
| 3. บีโอดี (Biochemical Oxygen | - | ไม่เกิน 20 | ใช้วิธีอะไซด์ โมดิฟิเคชั่น (Azide |

| มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกร่อย | | | |
|---|---|---|---|
| **ดัชนีคุณภาพน้ำ** | **พื้นที่บ่อน้อยกว่า 10 ไร่** | **พื้นที่บ่อตั้งแต่ 10 ไร่** | **วิธีการตรวจสอบ** |
| Demand, BOD) | | มก./ล. | Modification) ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน โดยในกรณีน้ำทิ้งมีความเค็มให้ใช้ Synthetic Seawater |
| 4. สารแขวนลอย (Suspended Soilds, SS) | - | ไม่เกิน 70 มก./ล. | ใช้วิธีการกรอง ผ่านกระดาษกรองใยแก้ว ขนาดตากรองไม่เกิน 1.2 ไมโครเมตร |
| 5. แอมโมเนีย ($NH_3$-N) | - | ไม่เกิน 1.1 มก.-N./ล. | ใช้วิธีโมดิไฟด์ อินโดฟีนอล บลู (Modified Indophenol Blue) |
| 6. ฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus) | - | ไม่เกิน 0.4 มก.-P./ล. | ใช้วิธีแอสคอร์บิค แอซิด (Ascorbic Acid) |
| 7. ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ($H_2S$) | - | ไม่เกิน 0.01 มก./ล. | ใช้วิธีเมธิลีน บลู (Methylene Blue) |
| 8. ไนโตรเจนรวม (Total Nitrogen) คือ ผลรวมของไนโตรเจนละลาย (Total Dissolved Nitrogen) และไนโตรเจนแขวนลอย (Total Particlate Nitrogen) | - | ไม่เกิน 4.0 มก.-N./ล. | ให้ใช้วิธีใดวิธีหนึ่งดังต่อไปนี้<br>1) ให้นำค่าการตรวจวัดไนโตรเจนละลายและไนโตรเจนแขวนลอยบวกรวมกัน โดยการหาค่า<br>(ก) ไนโตรเจนละลายให้ใช้วิธีเปอร์ซัลเฟต ไดเจนชั่น (Persulfate Digestion)<br>(ข) ไนโตรเจนแขวนลอยให้ใช้วิธีวัดค่าสารแขวนลอยบนแผ่นกรองใยแก้ว ขนาดตากรองไม่เกิน 0.7 ไมโครเมตร และวิเคราะห์ด้วย Nitrogen Analyzer<br>2) ผลรวมของไนโตรเจนในรูปทีเคเอน ที่ตรวจวัดด้วยวิธีเจดาห์ล (Kjeldahl) และไนไตรท์ และไนเตรท |

| มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกร่อย | | | |
|---|---|---|---|
| **ดัชนีคุณภาพน้ำ** | **พื้นที่บ่อน้อยกว่า 10 ไร่** | **พื้นที่บ่อตั้งแต่ 10 ไร่** | **วิธีการตรวจสอบ** |
| | | | ที่ตรวจวัดด้วยวิธีแคดเมียม รีดักชั่น (Cadmium Reduction)<br>3) วิธี High - temperature Catalytic Oxidation |

**หมายเหตุ:** 1. การเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งเพื่อการตรวจสอบมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง ให้เก็บแบบจ้วง (Grab Sampling) จากจุดที่ระบายน้ำทิ้งออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอกพื้นที่บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกร่อย

2. วิธีการตรวจสอบมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกร่อย ให้เป็นไปตามวิธีการมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWwA and WEF), Practical Handbook of Seawater Analysis (Stickland and Parsons), Methods of Seawater Analysis (Koroleff), Determination of Ammonia in Estuary (Sasaki and Sawada) Methods of Seawater Analysis (Grasshoff K.) และ/หรือตามคู่มือวิเคราะห์น้ำเสียที่สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทยหรือเป็นไปตามประกาศคณะกรรมการควบคุมมลพิษ

**แหล่งที่มา :** ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกร่อย ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่มที่ 124 ตอนพิเศษ 84ง ลงวันที่ 13 กรกฎาคม 2550

ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดให้บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกร่อยเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่มที่ 124 ตอนพิเศษ 84ง ลงวันที่ 13 กรกฎาคม 2550

| มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **ดัชนีคุณภาพน้ำ** | **หน่วย** | **เกณฑ์มาตรฐานสูงสุด** | | | | |
| | | **มาตรฐาน ก** | **มาตรฐาน ข** | **มาตรฐาน ค** | | **วิธีการตรวจสอบ** |
| | | | | **พื้นที่น้อยกว่า 10 ไร่** | **พื้นที่มากกว่าหรือเท่ากับ 10 ไร่** | |
| 1. บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD) | มก./ล. | ไม่เกิน 20 | ไม่เกิน 20 | - | ไม่เกิน 20 | ใช้วิธีอะไซด์ โมดิฟิเคชั่น (Azide Modification) ที่อุณหภูมิ 20 $^{\circ}$ C เป็นเวลา 5 วัน |
| 2. สารแขวนลอย (Suspended Soilds, SS) | มก./ล. | ไม่เกิน 80 | ไม่เกิน 80 | - | ไม่เกิน 80 | ใช้วิธีกรองผ่านแผ่นกรองใยแก้ว ขนาดตากรองไม่เกิน 1.2 ไมโครเมตร |
| 3. แอมโมเนีย ($NH_3$-N) | มก.-N./ล. | - | ไม่เกิน 1.1 | - | ไม่เกิน 1.1 | ใช้วิธี โมดิไฟด์ อินโดฟีนอล บลู (Modified Indophenol Blue) |
| 4. ไนโตรเจนรวม (Total Nitrogen) คือ ผลรวมของไนโตรเจนละลาย (Total Dissolved Nitrogen) และไนโตรเจนแขวนลอย (Total Particulate Nitrogen) | มก.-N./ล. | - | ไม่เกิน 4.0 | - | ไม่เกิน 4.0 | ให้ใช้วิธีดังต่อไปนี้ (ก) ผลรวมของไนโตรเจนละลายที่ตรวจวัดด้วยวิธีเปอร์ซัลเฟตไดเจสชั่น (Persulfate Digestion) และไนโตรเจนแขวนลอยที่ตรวจวัดด้วยวิธีวัดค่าสารแขวนลอยบนแผ่นกรองใยแก้ว |

| มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **ดัชนีคุณภาพน้ำ** | **หน่วย** | **เกณฑ์มาตรฐานสูงสุด** | | | | |
| | | **มาตรฐาน ก** | **มาตรฐาน ข** | **มาตรฐาน ค** | | **วิธีการตรวจสอบ** |
| | | | | **พื้นที่น้อยกว่า 10 ไร่** | **พื้นที่มากกว่าหรือเท่ากับ 10 ไร่** | |
| | | | | | | ขนาดตากรองไม่เกิน 0.7 ไมโครเมตร และวิเคราะห์ด้วย Nitrogen Analyzer (ข) ผลรวมของไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น ที่ตรวจวัดด้วยวิธีเจดาห์ล (Kjeldahl Method) และไนไตรท์และไนเตรท ที่ตรวจวัดด้วยวิธีแคดเมียมรีดัคชั่น (Cadmium Reduction) (ค) วิธี High-temperature Catalytic Oxidation |
| 5. ฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus) | มก.-P./ล. | - | ไม่เกิน 0.5 | - | ไม่เกิน 0.5 | ใช้วิธีแอสคอร์บิคแอซิด (Ascorbic Acid) |
| 6. ความเป็นกรดและด่าง (pH) | - | - | 6.5-8.5 | 6.5-8.5 | 6.5-8.5 | ใช้เครื่องวัด pH meter แบบ Electrometric Method |

| มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **ดัชนีคุณภาพน้ำ** | **หน่วย** | **เกณฑ์มาตรฐานสูงสุด** | | | | |
| | | **มาตรฐาน ก** | **มาตรฐาน ข** | **มาตรฐาน ค** | | **วิธีการตรวจสอบ** |
| | | | | **พื้นที่น้อยกว่า 10 ไร่** | **พื้นที่มากกว่าหรือเท่ากับ 10 ไร่** | |
| 7. สภาพนำไฟฟ้า ที่ 25 °C | เดซิซีเมน/ม. | - | - | ไม่เกิน 0.75 | ไม่เกิน 0.75 | ใช้วิธีอิเล็กทิคัลคอนดักติวิตี้ (Electrical Conductivity) |

**หมายเหตุ :** 1. “บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด” หมายความว่า พื้นที่ที่ปรับให้ขังน้ำได้ โดยวิธีการต่างๆ เพื่อการเลี้ยงสัตว์น้ำแต่ไม่รวมถึงบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง หรือบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกร่อยที่มีประกาศของรัฐมนตรีกำหนดให้เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษไว้แล้ว

2. “สัตว์น้ำ” หมายความว่า สัตว์น้ำจืดที่เพาะเลี้ยงในบ่อ เช่น ปลา กุ้ง หอย เต่า จระเข้

3. “พื้นที่บ่อ” หมายความว่า พื้นที่บ่อที่ใช้เลี้ยง และให้หมายความรวมถึงคู คลองส่ง และระบายน้ำ

4. “น้ำทิ้ง” หมายความว่า น้ำที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียแล้วจนเป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งตามที่กำหนดไว้ในประกาศนี้

5. “บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดประเภท ก” หมายความว่า บ่อที่ใช้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่กินพืชเป็นอาหารทุกชนิด ซึ่งใช้น้ำจากแหล่งน้ำตามธรรมชาติ โดยไม่มีการเติมสารที่ก่อให้เกิดความเค็ม เช่น น้ำทะเล น้ำใต้ดินที่มีค่าความเค็ม เกลือ หรือสารอื่นใด ลงในบ่อเพาะเลี้ยงดังกล่าว

6. “บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดประเภท ข” หมายความว่า บ่อที่ใช้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่กินเนื้อเป็นอาหารทุกชนิด หรือสัตว์น้ำอื่นๆ ที่กินทั้งเนื้อและพืชเป็นอาหาร ซึ่งใช้น้ำจากแหล่งน้ำตามธรรมชาติ โดยไม่มีการเติมสารที่ก่อให้เกิดความเค็ม เช่น น้ำทะเล น้ำใต้ดินที่มีค่าความเค็มเกลือ หรือสารอื่นใด ลงในบ่อเพาะเลี้ยงดังกล่าว

7. “บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดประเภท ค” หมายความว่า บ่อที่มีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทุกชนิด ซึ่งมีการใช้สารที่ก่อให้เกิดความเค็ม เช่น น้ำทะเล น้ำใต้ดินที่มีค่าความเค็มเกลือ หรือ

สารอื่นใดเติมลงในบ่อเพาะเลี้ยงเพื่อปรับระดับค่าความเค็มของน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยงให้เหมาะสมกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชนิดนั้นๆ

8. การเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งเพื่อการตรวจสอบมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งให้เก็บแบบจ้วง (Grab Sampling) จากจุดที่ระบายน้ำทิ้งออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอกพื้นที่บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด
9. วิธีตรวจสอบค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด ให้เป็นไปตามวิธีมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสียใน Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ที่ American Public Health Association, American Water Works Association และ Water Environment Federation ของสหรัฐอเมริการ่วมกันกำหนดไว้

**แหล่งที่มา :** [ก/] ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด ลงวันที่ 23 พฤศจิกายน พ.ศ. 2550 ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเล่มที่ 125 ตอนพิเศษ 21ง วันที่ 30 มกราคม 2551

[ข/] ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดให้บ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม ลงวันที่ 23 พฤศจิกายน พ.ศ. 2550 ประกาศ ในราชกิจจานุเบกษาเล่มที่ 125 ตอนพิเศษ 21ง วันที่ 30 มกราคม 2551

| **มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน** | |
|---|---|
| **พารามิเตอร์** | **มาตรฐาน** |
| 1. ความเป็นกรดและด่าง (pH) | 5.5 -9.0 |
| 2. บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand) * | ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร |
| 3. ของแข็งแขวนลอย(Suspended Solids) ** | ไม่เกิน 30 มิลลิกรัมต่อลิตร |
| 4. น้ำมันและไขมัน (Fat, Oil and Grease) | ไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อลิตร |
| 5. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus) | ไม่เกิน 2 มิลลิกรัมฟอสฟอรัสต่อลิตร |
| 6. ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen) | ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร |

**หมายเหตุ :** * กรณีหน่วยบำบัดสุดท้ายเป็นบ่อเสถียร (Stabilization Pond) หรือบ่อผึ่ง (Oxidation Pond) ให้ใช้ค่าบีโอดี ของน้ำที่ผ่านการกรองแล้ว (Filtrate BOD) การกรองตัวอย่างน้ำ

เพื่อหาค่าบีโอดี ให้ใช้วิธีกรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fiber Filter Disk) ที่ใช้ในกระบวนการกรองเพื่อหาค่าของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids) ก่อนทำการวิเคราะห์หาค่าบีโอดีที่กำหนดไว้ใน Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ฉบับล่าสุด

** กรณีหน่วยบำบัดสุดท้ายเป็นบ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond) หรือบ่อผึ่ง (Oxidation Pond) ไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อลิตร

- การตรวจสอบค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชนให้เป็นไปตาม Standard Methods for the Examination of Water and Westewater ฉบับล่าสุด ซึ่ง American Public Health Association, American Water Work Association และ Water Environment Federation ร่วมกันกำหนดไว้ หรือตามวิธีอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษประกาศในราชกิจจานุเบกษา ทั้งนี้ให้เลือกใช้วิธีวิเคราะห์ตามความเหมาะสมกับลักษณะและสภาพของตัวอย่างน้ำ

**แหล่งที่มา :** ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชน ลงวันที่ 7 เมษายน 2553 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่มที่ 127 ตอนพิเศษ 69ง วันที่ 2 มิถุนายน 2553

## 2.3 ระบบบำบัดน้ำเสีย

### ระบบน้ำเสียมีกี่แบบ

ระบบบำบัดน้ำเสีย แบ่งออกเป็น 6 แบบ ได้แก่

1. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond)
2. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon หรือ AL)
3. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์ (Constructed Wetland)
4. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge Process)
5. ระบบบำบัดน้ำเสียคลองวนเวียน (Oxidation Ditch)
6. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแผ่นจานหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contactor ; RBC)

- แบบแรก ค่าใช้จ่ายต่ำ แต่ต้องใช้พื้นที่มาก
- แบบที่สอง ค่าก่อสร้างต่ำ บำรุงรักษาง่าย แต่ต้องมีค่าใช้จ่ายสำหรับค่าไฟฟ้าเครื่องเติมอากาศ
- แบบที่สาม กำลังได้รับความนิยม ลงุทนต่ำ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
- แบบที่สี่ ใช้พื้นที่น้อยแต่ต้องมีอุปกรณ์มาก
- แบบที่ห้า เหมาะสำหรับชุมชนขนาดเล็กๆ
- แบบที่หก ดูแลรักษาง่าย แต่มีค่าใช้จ่ายด้านอุปกรณ์ เหมาะสำหรับพื้นที่อุตสาหกรรม

**ตารางที่ 2.3-1** เปรียบเทียบคุณสมบัติของระบบบำบัดน้ำเสีย

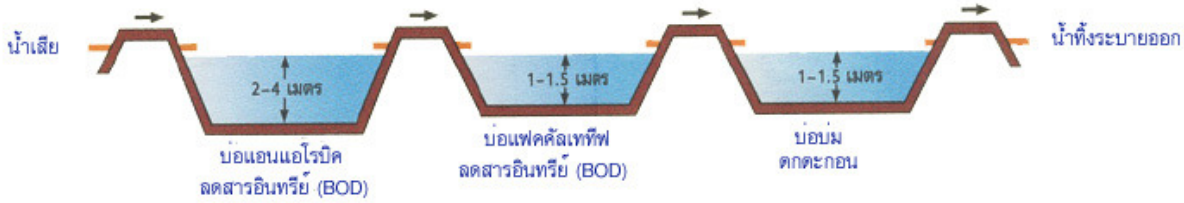
| ระบบบำบัดน้ำเสีย | ค่าก่อสร้าง | ค่าเดินระบบ | การใช้พื้นที่ | แหล่งน้ำเสีย |
|---|---|---|---|---|
| ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร | ต่ำ | ต่ำ | ปานกลาง, มาก | ชุมชน, โรงงาน, เกษตรกรรม |
| ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศ | ต่ำ | ปานกลาง | ปานกลาง | ชุมชน, โรงงาน, เกษตรกรรม |
| ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์ | ต่ำ | ต่ำ | ปานกลาง | ชุมชน, เกษตรกรรม |
| ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ | สูง | สูง | น้อย, ปานกลาง | ชุมชน, โรงงาน |
| ระบบบำบัดน้ำเสียคลองวนเวียน | ปานกลาง | ปานกลาง | ปานกลาง | ชุมชน, เกษตรกรรม |
| ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแผ่นจานหมุนชีวภาพ | สูง | สูง | น้อย | ชุมชน, โรงงาน, เกษตรกรรม |

ระบบนี้มีค่าก่อสร้างและค่าดูแลรักษาต่ำ วิธีการเดินระบบไม่ยุ่งยากซับซ้อน ผู้ควบคุมระบบไม่ต้องมีความรู้สูง แต่ต้องใช้พื้นที่ก่อสร้างมากจึงเป็นระบบที่เหมาะกับชุมชนที่มีพื้นที่เพียงพอและราคาไม่แพง

**1. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond)**

เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่อาศัยธรรมชาติในการบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ซึ่งแบ่งตามลักษณะการทำงานได้ 3 รูปแบบ คือ บ่อแอนแอโรบิค (Anaerobic Pond) บ่อแฟคคัลเททีฟ (Facultative

Pond) บ่อแอโรบิค (Aerobic Pond) และหากมีบ่อหลายบ่อต่อเนื่องกัน บ่อสุดท้ายจะทำหน้าที่เป็นบ่อบ่ม (Maturation Pond) เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งก่อนระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม




**รูปที่ 2.3-1** ตัวอย่างการวางบ่อของระบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond)

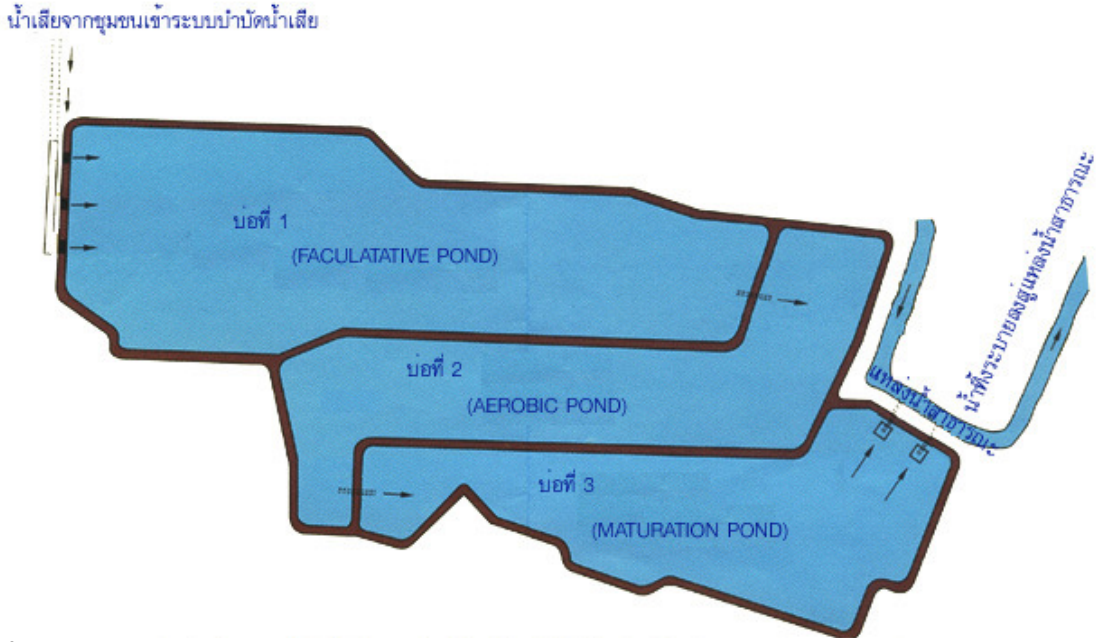
**บ่อแอนแอโรบิค (Anaerobic Pond)** บ่อแอนแอโรบิคเป็นระบบที่ใช้กำจัดสารอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นสูงโดยไม่ต้องการออกซิเจน บ่อนี้จะถูกออกแบบให้มีอัตรารับสารอินทรีย์สูงมาก จนสาหร่ายและการเติมออกซิเจนที่ผิวหน้าไม่สามารถผลิตและป้อนออกซิเจนได้ทัน ทำให้เกิดสภาพไร้ออกซิเจนละลายน้ำภายในบ่อ จึงเหมาะกับน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์และปริมาณของแข็งสูง เนื่องจากของแข็งจะตกลงสู่ก้นบ่อและถูกย่อยสลายแบบแอนแอโรบิค น้ำเสียส่วนที่ผ่านการบำบัดจากบ่อนี้จะระบายต่อไปยังบ่อแฟคคัลเททีฟ (Facultative Pond) เพื่อบำบัดต่อไป

**บ่อแฟคคัลเททีฟ (Facultative Pond)** บ่อแฟคคัลเททีฟเป็นบ่อที่นิยมใช้กันมากที่สุด ภายในบ่อมีลักษณะการทำงานแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนบนของบ่อเป็นแบบแอโรบิค ได้รับออกซิเจนจากการถ่ายเทอากาศที่บริเวณผิวน้ำและจากการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย และส่วนล่างของบ่ออยู่ในสภาพแอนแอโรบิค บ่อแฟคัลเททีฟนี้โดยปกติแล้วจะรับน้ำเสียจากที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมาก่อน กระบวนการบำบัดที่เกิดขึ้นในบ่อแฟคคัลเททีฟ เรียกว่า การทำความสะอาดตัวเอง (Self-Purification) สารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ประเภทที่ใช้ออกซิเจน (Aerobic Bacteria) เพื่อเป็นอาหารและสำหรับการสร้างเซลล์ใหม่และเป็นพลังงาน โดยใช้ออกซิเจนที่ได้จากการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายที่อยู่ในบ่อส่วนบน สำหรับบ่อส่วนล่างจนถึงก้นบ่อซึ่งแสงแดดส่องไม่ถึง จะมีปริมาณออกซิเจนต่ำจนเกิดสภาวะไร้ออกซิเจน (Anaerobic Condition) และมีจุลินทรีย์ประเภทไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Bacteria) ทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์และแปรสภาพเป็นก๊าซเช่นเดียวกับบ่อแอนแอโรบิค แต่ก๊าซที่ลอยขึ้นมาจะถูกออกซิไดซ์โดยออกซิเจนที่อยู่ช่วงบนของบ่อทำให้ไม่เกิดกลิ่นเหม็น

**บ่อแอโรบิค (Aerobic Pond)** บ่อแอโรบิคเป็นบ่อที่มีแบคทีเรียและสาหร่ายแขวนลอยอยู่ เป็นบ่อที่มีความลึกไม่มากนักเพื่อให้ออกซิเจนกระจายทั่วทั้งบ่อและมีสภาพเป็นแอโรบิคตลอดความลึก โดยอาศัยออกซิเจนจากการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย และการเติมอากาศที่ผิวหน้า และยังสามารถฆ่าเชื้อโรคได้ส่วนหนึ่งโดยอาศัยแสงแดดอีกด้วย

**บ่อบ่ม (Maturation Pond)** บ่อบ่มมีสภาพเป็นแอโรบิคตลอดทั้งบ่อ จึงมีความลึกไม่มากและแสงแดดส่องถึงก้นบ่อใช้รองรับน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว เพื่อฟอกน้ำทิ้งให้มีคุณภาพน้ำดีขึ้น และอาศัยแสงแดดทำลายเชื้อโรคหรือจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับน้ำทิ้งก่อนระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม

**ตัวอย่างระบบบำบัดน้ำเสียของเทศบาลนคร นครปฐม**




**ที่มา:** www.pcd.go.th

**รูปที่ 2.3-2** แสดงผังระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond) ของเทศบาลนคร จ.นครปฐม

ค่าลงทุนก่อสร้างต่ำในขณะที่ได้ประสิทธิภาพของระบบสูงมีกากตะกอนและกลิ่นเหม็นเกิดขึ้นน้อย การดำเนินการและบำรุงรักษาง่ายสามารถบำบัดได้ทั้งน้ำเสียชุมชนและน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรม ข้อเสียคือมีค่าใช้จ่ายในส่วนของค่ากระแสไฟฟ้าสำหรับเครื่องเติมอากาศและค่าซ่อมบำรุงและดูแลรักษาเครื่องเติมอากาศ

**2. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon หรือ AL)**

เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่อาศัยการเติมออกซิเจนจากเครื่องเติมอากาศ (Aerator) ที่ติดตั้งแบบทุ่นลอยหรือยึดติดกับแท่นก็ได้ เพื่อเพิ่มออกซิเจนในน้ำให้มีปริมาณเพียงพอ สำหรับจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้เร็วขึ้นกว่าการปล่อยให้ย่อยสลายตามธรรมชาติ ทำให้ระบบบำบัดน้ำเสีย

แบบบ่อเติมอากาศสามารถบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถลดปริมาณความสกปรกของน้ำเสียในรูปของค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand; BOD) ได้ร้อยละ 80-95 โดยอาศัยหลักการทำงานของจุลินทรีย์ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน (Aerobic) โดยมีเครื่องเติมอากาศซึ่งนอกจากจะทำหน้าเพิ่มออกซิเจนในน้ำแล้วยังทำให้เกิดการกวนผสมของน้ำในบ่อด้วย ทำให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้อย่างทั่วถึงภายในบ่อ

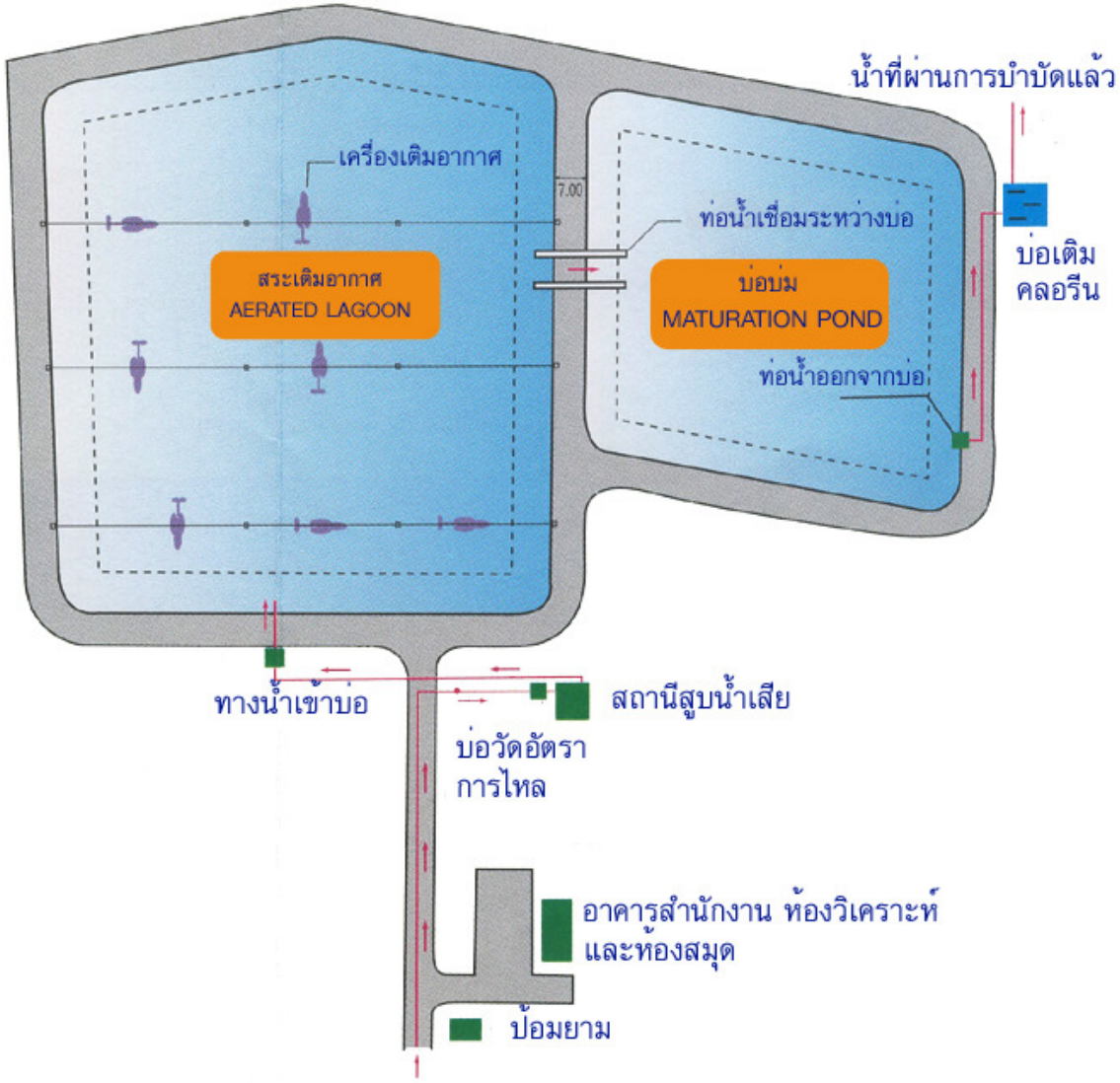
**หลักการทำงานของระบบ** ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศ สามารถบำบัดน้ำเสียได้ทั้งน้ำเสียจากแหล่งชุมชนที่มีความสกปรกค่อนข้างมาก และน้ำเสียจากอุตสาหกรรม โดยปกติจะออกแบบให้บ่อมีความลึกประมาณ 2-6 เมตร ระยะเวลาเก็บกักน้ำ (Detention Time) ภายในบ่อเติมอากาศประมาณ 3-10 วัน และเครื่องเติมอากาศจะต้องออกแบบให้มีประสิทธิภาพสามารถทำให้เกิดการผสมกันของตะกอนจุลินทรีย์ ออกซิเจนละลายในน้ำ และน้ำเสีย นอกจากนี้จะต้องมีบ่อบ่ม (Polishing Pond หรือ Maturation Pond) รับน้ำเสียจากบ่อเติมอากาศเพื่อตกตะกอนและปรับสภาพน้ำทิ้งก่อนระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม ทั้งนี้จะต้องควบคุมอัตราการไหลของน้ำภายในบ่อบ่มและระยะเวลาเก็บกักให้เหมาะสม ไม่นานเกินไป เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาการเจริญเติบโตเพิ่มปริมาณของสาหร่าย (Algae) ในบ่อบ่มมากเกินไป

ส่วนประกอบของระบบ ระบบบ่อเติมอากาศส่วนใหญ่จะประกอบด้วยหน่วยบำบัด ดังนี้

1. บ่อเติมอากาศ (จำนวนบ่อขึ้นอยู่กับการออกแบบ)
2. บ่อบ่มเพื่อปรับสภาพน้ำทิ้ง (จำนวนบ่อขึ้นอยู่กับการออกแบบ) และ
3. บ่อเติมคลอรีนสำหรับฆ่าเชื้อโรค จำนวน 1 บ่อ

อุปกรณ์ที่สำคัญของระบบบ่อเติมอากาศ ได้แก่ เครื่องเติมอากาศ ซึ่งมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อให้ออกซิเจนแก่น้ำเสีย เครื่องเติมอากาศแบ่งออกได้ 4 แบบใหญ่ๆ คือ เครื่องเติมอากาศที่ผิวหน้า (Surface Aerator) เครื่องเติมอากาศเทอร์ไบน์ (Turbine Aerator) เครื่องเติมอากาศใต้น้ำ (Submersible Aerator) และเครื่องเติมอากาศแบบหัวฉีด (Jet Aerator)

**ตัวอย่างระบบบำบัดน้ำเสียของเทศบาลเมืองอ่างทอง**




ที่มา: www.pcd.go.th

**รูปที่ 2.3-3** แสดงผังระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon) ของเทศบาลเมืองอ่างทอง จ.อ่างทอง

**ระบบบำบัดน้ำเสียของเทศบาลนครหาดใหญ่**

**(ภาพได้รับการอนุเคราะห์จาก ดร.เสนีย์ กาญจนวงศ์)**

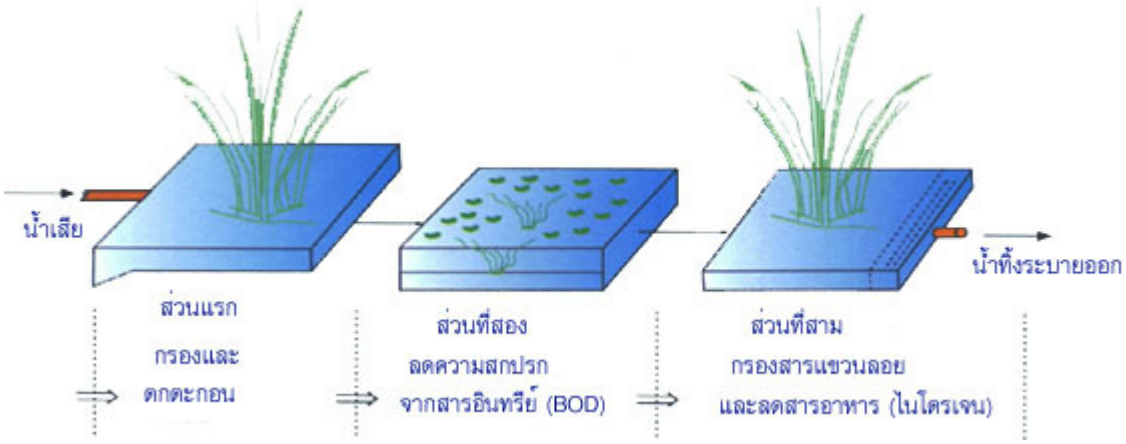
บึงประดิษฐ์ เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่อาศัยกระบวนการทางธรรมชาติ กำลังเป็นที่นิยมมากขึ้นในปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้ว ข้อดีของระบบนี้ คือ ไม่ซับซ้อนและไม่ต้องใช้เทคโนโลยีในการบำบัดสูง

### 3. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์ (Constructed Wetland)

บึงประดิษฐ์ มี 2 ประเภทได้แก่ แบบ Free Water Surface Wetland (FWS) ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับบึงธรรมชาติ และแบบ Vegetated Submerged Bed System (VSB) ซึ่งจะมีชั้นดินปนทรายสำหรับปลูกพืชน้ำและชั้นหินรองก้นบ่อเพื่อเป็นตัวกรองน้ำเสีย

หลักการทำงานของระบบ เมื่อน้ำเสียไหลเข้ามาในบึงประดิษฐ์ส่วนต้น สารอินทรีย์ส่วนหนึ่งจะตกตะกอนจมตัวลงสู่ก้นบึง และถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ ส่วนสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำจะถูกกำจัดโดยจุลินทรีย์ที่เกาะติดอยู่กับพืชน้ำหรือชั้นหินและจุลินทรีย์ที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ ระบบนี้จะได้รับออกซิเจนจากการแทรกซึมของอากาศผ่านผิวน้ำหรือชั้นหินลงมา ออกซิเจนบางส่วนจะได้จากการสังเคราะห์แสงแต่มีปริมาณไม่มากนัก สำหรับสารแขวนลอยจะถูกกรองและจมตัวอยู่ในช่วงต้นๆ ของระบบ การลดปริมาณไนโตรเจนจะเป็นไปตามกระบวนการไนตริฟิเคชั่น (Nitrification) และดีไนตริฟิเคชั่น (Denitrification) ส่วนการลดปริมาณฟอสฟอรัสส่วนใหญ่จะเกิดที่ชั้นดินส่วนพื้นบ่อ และพืชน้ำจะช่วยดูดซับฟอสฟอรัสผ่านทางรากและนำไปใช้ในการสร้างเซลล์ นอกจากนี้ระบบบึงประดิษฐ์ยังสามารถกำจัดโลหะหนัก (Heavy Metal) ได้บางส่วนอีกด้วย

1. ระบบบึงประดิษฐ์แบบ Free Water Surface Wetland (FWS) เป็นแบบที่นิยมใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งหลังจากผ่านการบำบัดจากบ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond) แล้ว ลักษณะของระบบแบบนี้จะเป็นบ่อดินที่มีการบดอัดดินให้แน่นหรือปูพื้นด้วยแผ่น HDPE ให้ได้ระดับเพื่อให้น้ำเสียไหลตามแนวนอนขนานกับพื้นดิน บ่อดินจะมีความลึกแตกต่างกันเพื่อให้เกิดกระบวนการบำบัดตามธรรมชาติอย่างสมบูรณ์โครงสร้างของระบบแบ่งเป็น 3 ส่วน (อาจเป็นบ่อเดียวกันหรือหลายบ่อขึ้นกับการออกแบบ) คือ

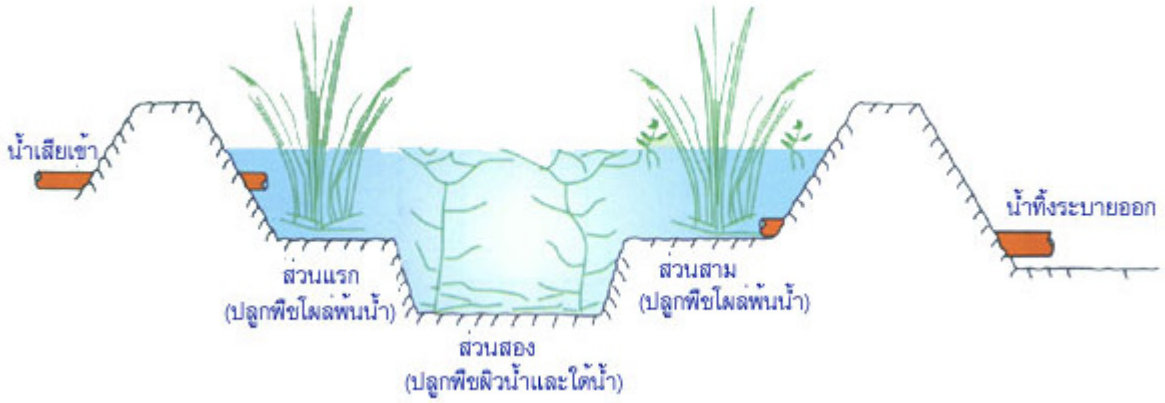



**ที่มา:** www.pcd.go.th

ส่วนแรก เป็นส่วนที่มีการปลูกพืชที่มีลักษณะสูงโผล่พ้นน้ำและรากเกาะดินปลูกไว้ เช่น กก แฝก ธูปฤาษี เพื่อช่วยในการกรองและตกตะกอนของสารแขวนลอยและสารอินทรีย์ที่ตกตะกอนได้ ทำให้กำจัดสารแขวนลอยและสารอินทรีย์ได้บางส่วน เป็นการลดสารแขวนลอยและค่าบีโอดีได้ส่วนหนึ่ง

ส่วนที่สอง เป็นส่วนที่มีพืชชนิดลอยอยู่บนผิวน้ำ เช่น จอก แหน บัว รวมทั้งพืชขนาดเล็กที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ เช่น สาหร่าย จอก แหน เป็นต้น พื้นที่ส่วนที่สองนี้จะไม่มีการปลูกพืชที่มีลัษณะสูงโผล่พ้นน้ำเหมือนในส่วนแรกและส่วนที่สาม น้ำในส่วนนี้จึงมีการสัมผัสอากาศและแสงแดดทำให้มีการเจริญเติบโตของสาหร่ายซึ่งเป็นการเพิ่มออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ทำให้จุลินทรีย์ชนิดที่ใช้ออกซิเจนย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้เป็นการลดค่าบีโอดีในน้ำเสีย และยังเกิดสภาพไนตริฟิเคชั่น (Nitrification) ด้วย

ส่วนที่สาม มีการปลูกพืชในลักษณะเดียวกับส่วนแรก เพื่อช่วยกรองสารแขวนลอยที่ยังเหลืออยู่และทำให้เกิดสภาพดิไนตริฟิเคชั่น (Denitrification) เนื่องจากออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ลดลง ซึ่งสามารถลดสารอาหารจำพวกสารประกอบไนโตรเจนได้




**ที่มา:** www.pcd.go.th

- กก แฝก และธูปฤาษี ช่วยในการกรองและตกตะกอนของสารแขวนลอย และสารอินทรีย์ที่ตกตะกอนได้
- จอก แหน บัว จะช่วยเพิ่มออกซิเจนละลายน้ำ

2. ระบบบึงประดิษฐ์แบบ Vegetated Submerged Bed System (VSB)

ระบบบึงประดิษฐ์แบบนี้จะมีข้อดีกว่าแบบ Free Water Surface Wetland คือ เป็นระบบที่แยกน้ำเสียไม่ให้ถูกรบกวนจากแมลงหรือสัตว์ และป้องกันไม่ให้จุลินทรีย์ต่างๆ ที่ทำให้เกิดโรคมาปนเปื้อนกับคนได้ ในบางประเทศใช้ระบบบึงประดิษฐ์แบบนี้ในการบำบัดน้ำเสียจากบ่อเกรอะ (Septic Tank) และปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond) หรือใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบแอกติเวเต็ดจ์สลัดจ์ (Activated Sludge) และระบบอาร์บีซี (RBC) หรือใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ระบายออกจากอาคารดักน้ำเสีย (CSO) เป็นต้น

ส่วนประกอบที่สำคัญในการบำบัดน้ำเสียของระบบบึงประดิษฐ์แบบนี้ คือ

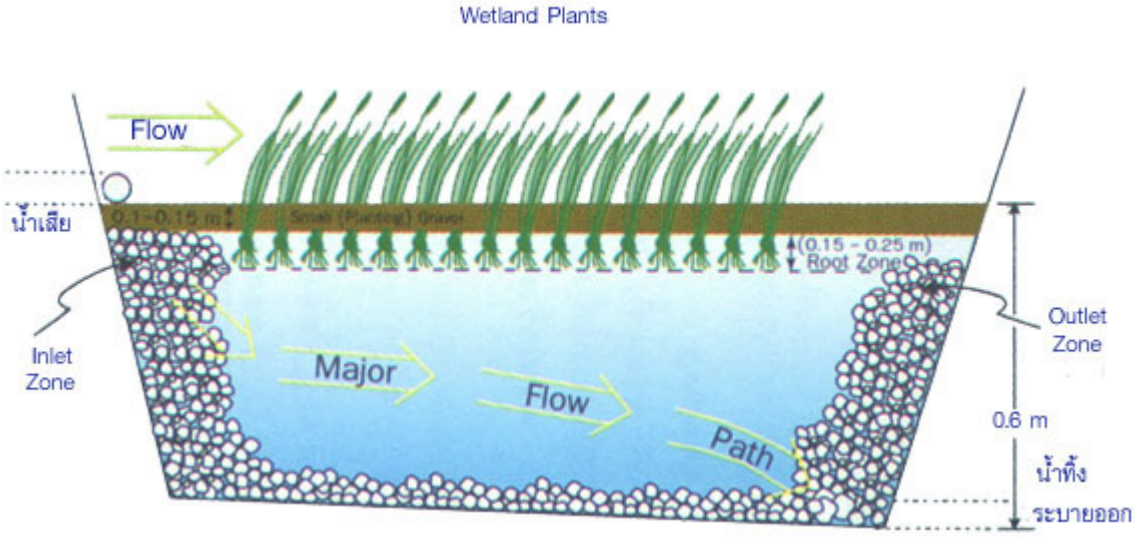
- พืชที่ปลูกในระบบ จะมีหน้าที่สนับสนุนให้เกิดการถ่ายเทก๊าซออกซิเจนจากอากาศเพื่อเพิ่มออกซิเจนให้แก่น้ำเสีย และยังทำหน้าที่สนับสนุนให้ก๊าซที่เกิดขึ้นในระบบ เช่น ก๊าซมีเทน (Methane) จากการย่อยสลายแบบแอนแอโรบิค (Anaerobic) สามารถระบายออกจากระบบได้อีกด้วย นอกจากนี้ยังสามารถกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสได้โดยการนำไปใช้ในการเจริญเติบโตของพืช
- ตัวกลาง (Media) จะมีหน้าที่สำคัญคือ

(1) เป็นที่สำหรับให้รากของพืชที่ปลูกในระบบยึดเกาะ

(2) ช่วยให้เกิดการกระจายของน้ำเสียที่เข้าระบบและช่วยรวบรวมน้ำทิ้งก่อนระบายออก

(3) เป็นที่สำหรับให้จุลินทรีย์ยึดเกาะ และ

(4) สำหรับใช้กรองสารแขวนลอยต่างๆ




**ที่มา:** www.pcd.go.th

**ตัวอย่างแปลงปลูกพืช**

**ที่มา:** http://www.stou.ac.th/Offices/rdec/Lampang/upload/artical02-01.htm

องค์ความรู้ที่ได้จากโครงการวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี พบว่า พืชสามารถให้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนได้มากกว่าร้อยละ 80 สำหรับระบบน้ำนิ่ง และจะได้มากกว่าร้อยละ 90 สำหรับระบบน้ำไหลผ่านตลอดเวลา พืชที่มีประสิทธิภาพสูงในระบบบำบัด คือ กกกลม ( กกจันทบูรณ์) และธูปฤาษี รวมทั้งหญ้าแฝกด้วย โดยการปลูกในบ่อบำบัดให้มีระยะห่างระหว่างกอประมาณ 25-35 เซนติเมตร และเก็บเกี่ยวทุกๆ 45-90 วัน (อ้างอิงจาก เอกสาร

การสัมมนาเผยแพร่ผลผลิตงานวิชาการ วช: บูรณาการงานวิจัยน้ำเพื่อชุมชน วันจันทร์ที่ 25 มิถุนายน 2550 ณ โรงแรมมารวยการ์เด้น กรุงเทพมหานคร)

เป็นวิธีบำบัดน้ำเสียโดยใช้แบคทีเรียพวกที่ใช้ออกซิเจนเป็นตัวหลักในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียสามารถบำบัดได้ทั้งน้ำเสียชุมชนและน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม

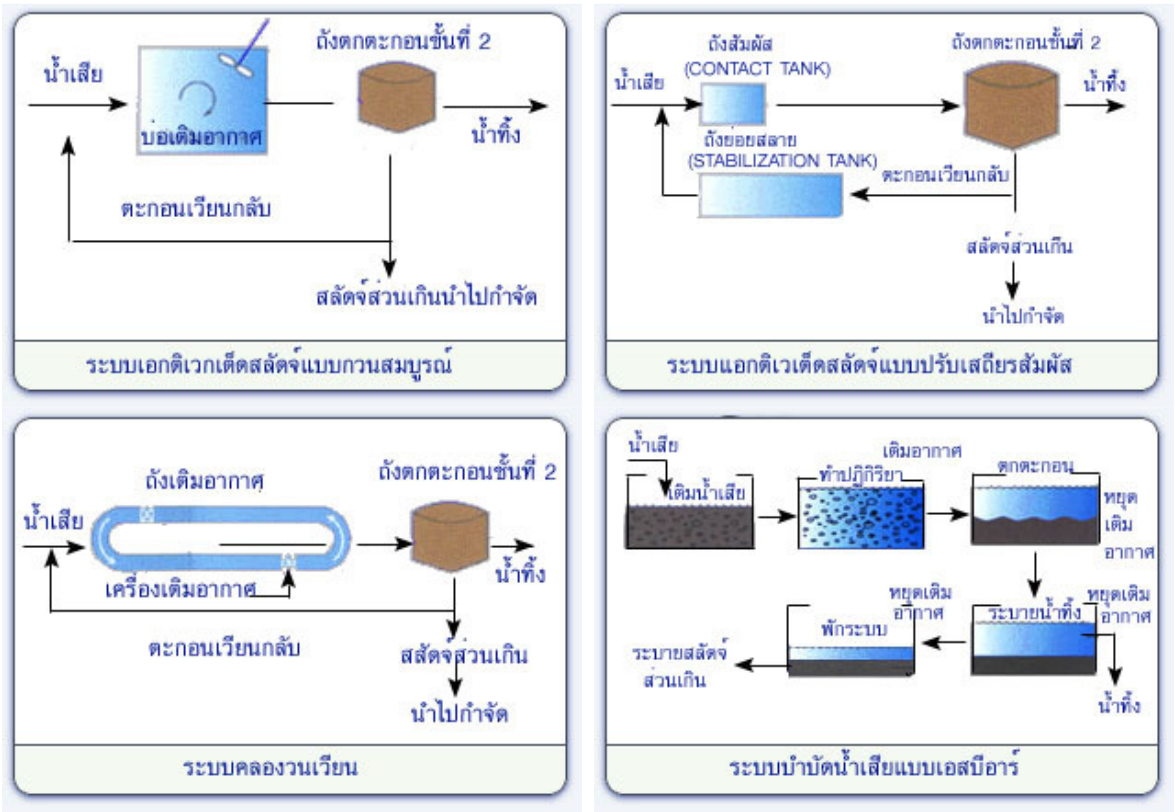
**4. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge Process)**

เป็นวิธีบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยา โดยใช้แบคทีเรียพวกที่ใช้ออกซิเจน (Aerobic Bacteria) เป็นตัวหลักในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย สามารถบำบัดได้ทั้งน้ำเสียชุมชนและน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม แต่การเดินระบบประเภทนี้จะมีความยุ่งยากซับซ้อน เนื่องจากจำเป็นจะต้องมีการควบคุมสภาวะแวดล้อมและลักษณะทางกายภาพต่างๆ ให้เหมาะสมแก่การทำงานและการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุด ในปัจจุบันระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์มีการพัฒนาใช้งานหลายรูปแบบ เช่น ระบบแบบกวนสมบูรณ์ (Completly Mix) กระบวนการปรับเสถียรสัมผัส (Contact Stabilization Process) ระบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch) หรือระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์ (Sequencing Batch Reactor) เป็นต้น

**หลักการทำงานของระบบ** ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์โดยทั่วไปจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ ถังเติมอากาศ (Aeration Tank) และถังตกตะกอน (Sedimentation Tank) โดยน้ำเสียจะถูกส่งเข้าถังเติมอากาศ ซึ่งมีสลัดจ์อยู่เป็นจำนวนมากตามที่ออกแบบไว้ สภาวะภายในถังเติมอากาศจะมีสภาพที่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์แบบแอโรบิค จุลินทรีย์เหล่านี้จะทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้อยู่ในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำในที่สุด น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจะไหลต่อไปยังถังตกตะกอนเพื่อแยกสลัดจ์ออกจากน้ำใส สลัดจ์ที่แยกตัวอยู่ที่ก้นถังตกตะกอนส่วนหนึ่งจะถูกสูบกลับเข้าไปในถังเติมอากาศใหม่เพื่อรักษาความเข้มข้นของสลัดจ์ในถังเติมอากาศให้ได้ตามที่กำหนด และอีกส่วนหนึ่งจะเป็นสลัดจ์ส่วนเกิน (Excess Sludge) ที่ต้องนำไปกำจัดต่อไป สำหรับน้ำใสส่วนบนจะเป็นน้ำทิ้งที่สามารถระบายออกสู่สิ่งแวดล้อมได้

**ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge Process) แบ่งออกเป็น 4 แบบ ได้แก่**

**ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์แบบกวนสมบูรณ์ (Completly Mixed Activated Sludge: CMAS)** ลักษณะสำคัญของระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์แบบนี้ คือ จะต้องมีถังเติมอากาศที่สามารถกวนให้น้ำและสลัดจ์ที่อยู่ในถังผสมเป็นเนื้อเดียวกันตลอดทั่วทั้งถัง ระบบแบบนี้สามารถรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (Shock Load) ได้ดี เนื่องจากน้ำเสียจะกระจายไปทั่วถึง และสภาพแวดล้อมต่างๆ ในถังเติมอากาศก็มีค่าสม่ำเสมอทำให้จุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ที่มีอยู่มีลักษณะเดียวกันตลอดทั้งถัง (Uniform Population)




**ที่มา:** www.pcd.go.th

**ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์แบบปรับเสถียรสัมผัส (Contact Stabilization Activated Sludge; CSAS)** ลักษณะสำคัญของระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์แบบนี้ คือ จะแบ่งถังเติมอากาศออกเป็น 2 ถังอิสระจากกัน ได้แก่ ถังสัมผัส (Contact Tank) และถังย่อยสลาย (Stabilization Tank) โดยตะกอนที่สูบมาจากก้นถังตกตะกอนขั้นสองจะถูกส่งมาเติมอากาศใหม่ในถังย่อยสลาย จากนั้นตะกอนจะถูกส่งมาสัมผัสกับน้ำเสียในถังสัมผัส (Contact Tank) เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ในถังสัมผัสนี้ความเข้มข้นของสลัดจ์จะลดลงตามปริมาณน้ำเสียที่ผสมเข้ามาใหม่ น้ำเสียที่ถูกบำบัดแล้วจะไหลไปยังถัง

ตกตะกอนขั้นที่สองเพื่อแยกตะกอนกับส่วนน้ำใส โดยน้ำใสส่วนบนจะถูกระบายออกจากระบบ และตะกอนที่ก้นถังส่วนหนึ่งจะถูกสูบกลับไปเข้าถังย่อยสลาย และอีกส่วนหนึ่งจะนำไปทิ้ง ทำให้บ่อเติมอากาศมีขนาดเล็กกว่าบ่อเติมอากาศของระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ทั่วไป

**ระบบคลองเวียนวน (Oxidation Ditch; OD)** ลักษณะสำคัญของระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์แบบนี้ คือ รูปแบบของถังเติมอากาศจะมีลักษณะเป็นวงรีหรือวงกลม ทำให้น้ำไหลวนเวียนตามแนวยาว (Plug Flow) ของถังเติมอากาศ และรูปแบบการกวนที่ใช้เครื่องกลเติมอากาศตีน้ำในแนวนอน (Horizontal Surface Aerator) รูปแบบของถังเติมอากาศลักษณะนี้จะทำให้เกิดสภาวะที่เรียกว่า แอน็อกซิก (Anoxic Zone) ซึ่งเป็นสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนละลายในน้ำทำให้ไนเตรทไนโตรเจน (NO32-) ถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซไนโตรเจน (N2) โดยแบคทีเรียจำพวกไนตริฟายอิงแบคทีเรีย (Nitrosomonas Spp. และ Nitrobactor Spp.) ทำให้ระบบสามารถบำบัดไนโตรเจนได้

**ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์ (Sequencing Batch Reactor)** ลักษณะสำคัญของระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์แบบนี้ คือ เป็นระบบแอกทิเวเต็ดจ์สลัดจ์ประเภทเติมเข้า-ถ่ายออก (Fill-and-Draw Activated Sludge) โดยมีขั้นตอนในการบำบัดน้ำเสียแตกต่างจากระบบตะกอนเร่งแบบอื่นๆ คือ การเติมอากาศ (Aeration) และการตกตะกอน (Sedimentation) จะดำเนินการเป็นไปตามลำดับภายในถังปฏิกิริยาเดียวกัน โดยการเดินระบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์ 1 รอบการทำงาน (Cycle) จะมี 5 ช่วงตามลำดับ ดังนี้

1) ช่วงเติมน้ำเสีย (Fill) นำน้ำเสียเข้าระบบ
2) ช่วงทำปฏิกิริยา (React) เป็นการลดสารอินทรีย์ในน้ำเสีย (BOD)
3) ช่วงตกตะกอน (Settle) ทำให้ตะกอนจุลินทรีย์ตกลงก้นถังปฏิกิริยา
4) ช่วงระบายน้ำทิ้ง (Draw) ระบายน้ำที่ผ่านการบำบัด
5) ช่วงพักระบบ (Idle) เพื่อซ่อมแซมหรือรอรับน้ำเสียใหม่

โดยการเดินระบบสามารถเปลี่ยนแปลงระยะเวลาในแต่ละช่วงได้ง่ายขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการบำบัด ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความยืดหยุ่นของระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์

ชุมชนขนาดเล็กๆ สามารถนำระบบนี้ไปใช้งานได้ง่ายๆ โดยใช้บ่อดินแทนบ่อซีเมนต์ในช่วงแรกๆ

ระบบนี้อาศัยแบคทีเรียพวกที่ใช้ออกซิเจนเป็นตัวหลักในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย เหมาะสำหรับชุมชนขนาดเล็กๆ

**5. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch ; OD)**

เป็นระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge) ประเภทหนึ่ง ที่ใช้แบคทีเรียพวกที่ใช้ออกซิเจน (Aerobic Bacteria) เป็นตัวหลักในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย และเจริญเติบโตเพิ่มจำนวน ก่อนที่จะถูกแยกออกจากน้ำทิ้งโดยวิธีการตกตะกอน

**หลักการทำงานของระบบ**

การทำงานของระบบคลองวนเวียนจะเหมือนกับระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์โดยทั่วไป คือ อาศัยจุลินทรีย์มากมายหลายชนิด โดยจุลินทรีย์ที่สำคัญได้แก่ แบคทีเรีย เชื้อรา และโปรโตซัว เป็นต้น ซึ่งสภาวะที่ใช้ในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จะเป็นสภาวะแอโรบิค โดยจุลินทรีย์จะใช้สารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสียเป็นแหล่งอาหารและพลังงาน เพื่อการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ในระบบ จากนั้นจึงแยกจุลินทรีย์ออกจากน้ำเสียที่ผ่านบำบัดแล้ว โดยวิธีการตกตะกอนในถังตกตะกอน (Sedimentation Tank) เพื่อให้ได้น้ำใส (Supernatant) อยู่ส่วนบนของถังตกตะกอน ซึ่งมีคุณภาพน้ำดีขึ้น และสามารถระบายออกสู่สิ่งแวดล้อมได้

**ส่วนประกอบของระบบ**

ระบบคลองวนเวียนจะมีลักษณะแตกต่างจากระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์แบบอื่น คือ ถังเติมอากาศจะมีลักษณะเป็นวงกลมหรือวงรี ทำให้ระบบคลองวนเวียนจึงใช้พื้นที่มากกว่าระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์แบบอื่น โดยรูปแบบของถังเติมอากาศแบบวงกลมหรือวงรี ทำให้น้ำไหลวนเวียนตามแนวยาว (Plug Flow) ของถังเติมอากาศ และการกวนจะใช้เครื่องกลเติมอากาศ ซึ่งตีน้ำในแนวนอน (Horizontal Surface Aerator) จากลักษณะการไหลแบบตามแนวยาวทำให้สภาวะในถังเติมอากาศแตกต่างไปจากระบบแอคติเวเต็ดจ์สลัดจ์แบบกวนสมบูรณ์ (Completely Mixed Activated Sludge) โดยค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำ ในถังเติมอากาศจะลดลงเรื่อยๆ ตามความยาวของถัง จนกระทั่งมีค่าเป็นศูนย์ เรียกว่าเขตแอน็อกซิก (Anoxic Zone) ซึ่งจะมีระยะเวลาไม่ช่วงนี้ไม่เกิน 10 นาที การที่ถังเติมอากาศมีสภาวะเช่นนี้ทำให้เกิดไนตริฟิเคชั่น (Nitrification) และดีไนตริฟิเคชั่น (Denitrification) ขึ้นในถังเดียวกัน ทำให้ระบบสามารถบำบัดไนโตรเจนได้ดีขึ้นด้วย

ระบบคลองวนเวียนส่วนใหญ่จะประกอบด้วยหน่วยบำบัด ดังนี้

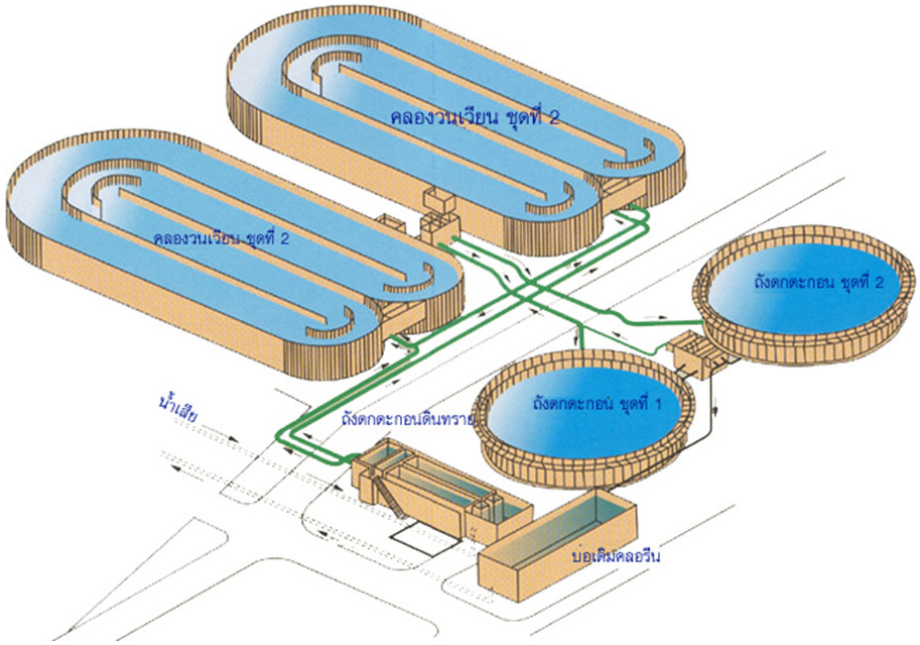
1. รางดักกรวดทราย (Grit Chamber)
2. บ่อปรับสภาพการไหล (Equalizing Tank)

3. บ่อเติมอากาศแบบคลองวนเวียน

4. ถังตกตะกอน (Sedimentation Tank)

5. บ่อสูบตะกอนหมุน

**ตัวอย่างระบบของเทศบาลตำบลแสนสุข จังหวัดชลบุรี**




**ที่มา:** www.pcd.go.th

**รูปที่ 2.3-4** แสดงผังระบบบำบัดน้ำเสียแบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch) ของเทศบาลตำบลแสนสุข จังหวัดชลบุรี

ระบบนี้ดูแลและบำรุงรักษาง่าย ทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้บุคลากรที่มีความรู้ความชำนาญมากนัก และใช้พลังงานในการเดินระบบน้อย อย่างไรก็ตามราคาเครื่องจักรอุปกรณ์ที่มีราคาแพง และอุปกรณ์จะชำรุดบ่อย เพราะต้องทนแรงอัดและปิดโดยเฉพาะเพลาแกนหมุน และแผ่นจานหมุนชีวภาพ

**6. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแผ่นจานหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contactor; RBC)**

ระบบแผ่นจานหมุนชีวภาพเป็นระบบบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาให้น้ำเสียไหลผ่านตัวกลางลักษณะทรงกระบอกซึ่งวางจุ่มอยู่ในถังบำบัด ตัวกลางทรงกระบอกนี้จะหมุนอย่างช้าๆ เมื่อหมุนขึ้นพ้นน้ำและ

สัมผัสอากาศ จุลินทรีย์ที่อาศัยติดอยู่กับตัวกลางจะใช้ออกซิเจนจากอากาศย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่สัมผัสติดตัวกลางขึ้นมา และเมื่อหมุนจมลงก็จะนำน้ำเสียขึ้นมาบำบัดใหม่สลับกันเช่นนี้ตลอดเวลา

**หลักการทำงานของระบบ**

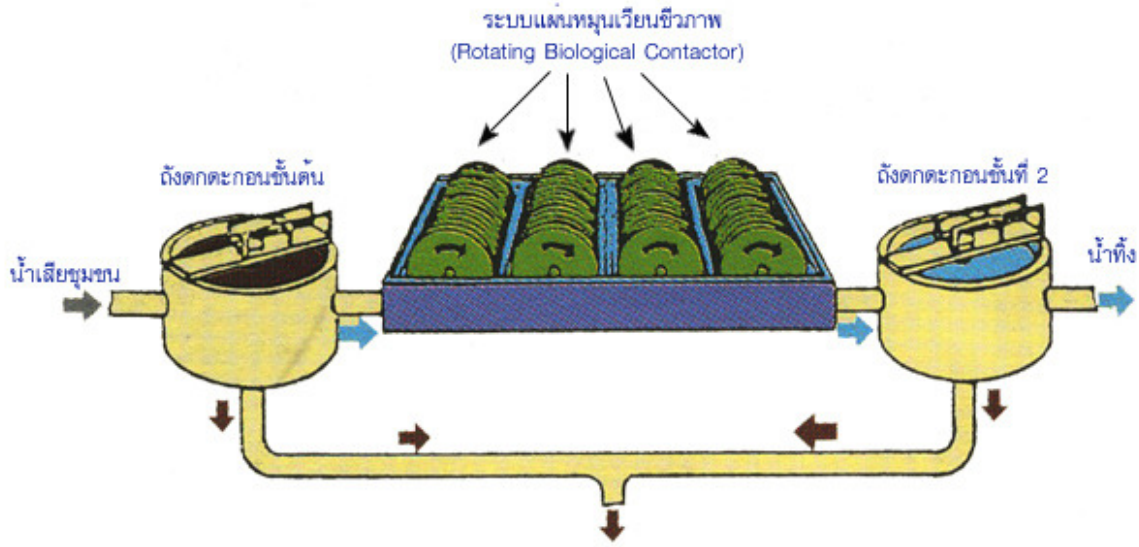
กลไกการทำงานของระบบในการบำบัดน้ำเสียอาศัยจุลินทรีย์แบบใช้อากาศจำนวนมากที่ยึดเกาะติดบนแผ่นจานหมุนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย โดยการหมุนแผ่นจานผ่านน้ำเสีย ซึ่งเมื่อแผ่นจานหมุนขึ้นมาสัมผัสกับอากาศก็จะพาเอาฟิล์มน้ำเสียขึ้นสู่อากาศด้วย ทำให้จุลินทรีย์ได้รับออกซิเจนจากอากาศ เพื่อใช้ในการย่อยสลายหรือเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์เหล่านั้นให้เป็น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และเซลล์จุลินทรีย์ ต่อจากนั้นแผ่นจานจะหมุนลงไปสัมผัสกับน้ำเสียในถังปฏิกิริยาอีกครั้ง ทำให้ออกซิเจนส่วนที่เหลือผสมกับน้ำเสีย ซึ่งเป็นการเติมออกซิเจนให้กับน้ำเสียอีกส่วนหนึ่ง สลับกันเช่นนี้ตลอดไปเป็นวัฏจักร แต่เมื่อมีจำนวนจุลินทรีย์ยึดเกาะแผ่นจานหมุนหนามากขึ้น จะทำให้มีตะกอนจุลินทรีย์บางส่วน หลุดลอกจากแผ่นจานเนื่องจากแรงเฉือนของการหมุน ซึ่งจะรักษาความหนาของแผ่นฟิล์มให้ค่อนข้างคงที่โดยอัตโนมัติ ทั้งนี้ตะกอนจุลินทรีย์แขวนลอยที่ไหลออกจากถังปฏิกิริยานี้ จะไหลเข้าสู่ถังตกตะกอนเพื่อแยกตะกอนจุลินทรีย์และน้ำทิ้ง ทำให้น้ำทิ้งที่ออกจากระบบนี้มีคุณภาพดีขึ้น

**ส่วนประกอบของระบบ**

ระบบแผ่นจานหมุนชีวภาพเป็นระบบบำบัดน้ำเสียอีกรูปแบบหนึ่งของระบบบำบัดขั้นที่สอง (Secondary Treatment) ซึ่งองค์ประกอบหลักของระบบประกอบด้วย 1) ถังตกตะกอนขั้นต้น (Primary Sedimentation Tank) ทำหน้าที่ในการแยกของแข็งที่มากับน้ำเสีย 2) ถังปฏิกิริยา ทำหน้าที่ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย และ 3) ถังตกตะกอนขั้นที่สอง (Secondary Sedimentation Tank) ทำหน้าที่ในการแยกตะกอนจุลินทรีย์และน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้ว โดยในส่วนของถังปฏิกิริยาประกอบด้วย แผ่นจานพลาสติกจำนวนมากที่ทำจาก polyethylene (PE) หรือ high density polyethylene (HDPE) วางเรียงขนานซ้อนกัน โดยติดตั้งฉากกับเพลาแนวนอนตรงจุดศูนย์กลางแผ่น ซึ่งจุลินทรีย์ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจะยึดเกาะติดบนแผ่นจานนี้เป็นแผ่นฟิล์มบางๆ หนาประมาณ 1-4 มิลลิเมตร หรือที่เรียกระบบนี้อีกอย่างว่าเป็นระบบ fixed film ทั้งนี้ชุดแผ่นจานหมุนทั้งหมดวางติดตั้งในถังคอนกรีตเสริมเหล็ก ระดับของเพลาจะอยู่เหนือผิวน้ำเล็กน้อย ทำให้พื้นที่ผิวของแผ่นจานจมอยู่ในน้ำประมาณร้อยละ 35-40 ของพื้นที่แผ่นทั้งหมด และในการหมุนของแผ่นจานหมุนชีวภาพอาศัยชุดมอเตอร์ขับเคลื่อนเพลาและเฟืองทดรอบ เพื่อหมุนแผ่นจานในอัตราประมาณ 1 - 3 รอบต่อนาที

ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ จะประกอบด้วยหน่วยบำบัด ดังนี้

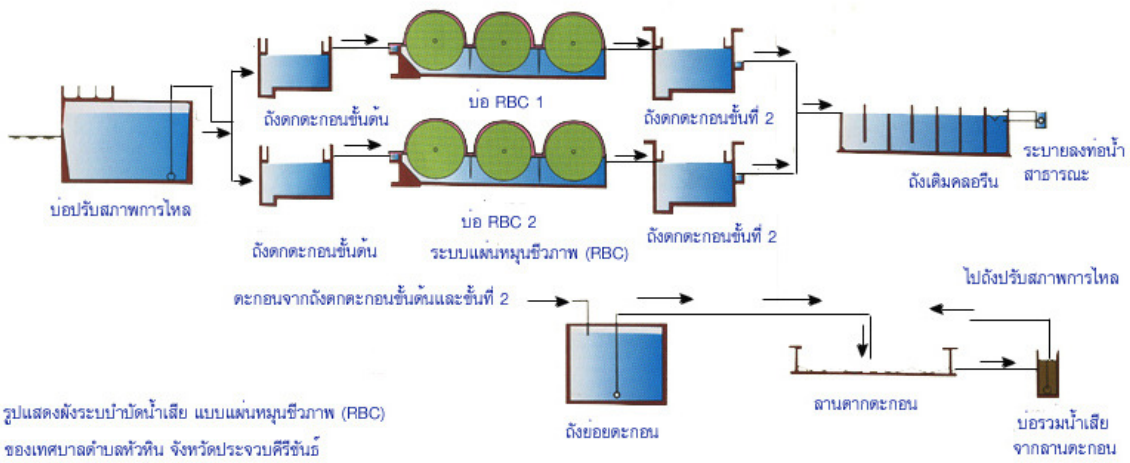
1. บ่อปรับสภาพการไหล (Equalizing Tank)
2. ถังตกตะกอนขั้นต้น (Primary Sedimentation Tank)
3. ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ
4. ถังตกตะกอนขั้นที่ 2 (Secondary Sedimentation Tank) และ
5. บ่อเติมคลอรีน




ลักษณะทั่วไปของระบบแผ่นหมุนชีวภาพ

**ที่มา:** www.pcd.go.th

**ตัวอย่างระบบของเทศบาลตำบลหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์**




รูปแสดงผังระบบบำบัดน้ำเสีย แบบแผ่นหมุนชีวภาพ (RBC) ของเทศบาลตำบลหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

**ที่มา:** www.pcd.go.th

# บทที่ 3
# ระบบฟาร์มใช้น้ำบำบัด

## 3.1 ระบบฟาร์มแบบสมาร์ทฟาร์ม

### 3.1.1 สมาร์ทฟาร์มคืออะไร

สมาร์ทฟาร์ม หรือเกษตรอัจฉริยะเป็นรูปแบบการทำเกษตรแบบใหม่ที่จะทำให้การทำไร่ทำนา ทำสวนมีภูมิคุ้มกันต่อสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปโดยการนำเอาข้อมูลของภูมิอากาศทั้งในระดับพื้นที่ย่อย (Microclimate) ระดับไร่ (Mesoclimate) และระดับมหภาค (Macroclimate) มาใช้ในการบริหารจัดการ ดูแลพื้นที่เพาะปลูก เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพอากาศที่เกิดขึ้น รวมถึงการเตรียมพร้อมรับมือกับสภาพอากาศที่จะเปลี่ยนแปลงไปในอนาคต โดยการใช้เทคโนโลยีที่มีอยู่ในปัจจุบันมาช่วยในกระบวนการเกษตรเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

### 3.1.2 หลักการทำงานของสมาร์ทฟาร์ม

ระบบสมาร์ทฟาร์มจะบูรณาการข้อมูล Microclimate และ Mesocimate จากเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (wireless Sensor Networks) ที่ติดตั้งตามจุดต่างๆ ภายในพื้นที่เพาะปลูก (ข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้น ในดินและในอากาศ แสง ลม น้ำฝน) ที่มีอยู่บนอินเตอร์เน็ต และนำเสนอต่อเกษตรเจ้าของไร่ผ่านทางเว็บไซต์ โดยจะมีการเก็บข้อมูลเป็นฐานข้อมูลของไร่ เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจ และดำเนินกิจกรรมต่างๆ การวางแผนการเพาะปลูกการให้น้ำ ให้ปุ๋ยและยา เป็นต้น

### 3.1.3 สมาร์ทฟาร์มมิ่ง (SMART FARMNG) หรือฟาร์มอัจฉริยะ คือ

การนำเอาเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาผสมผสานเข้ากับงานด้านการเกษตรเพื่อช่วยแก้ไขปัญหาต่างๆ ให้กับเกษตรกร เทคโนโลยีฟาร์ม อัจฉริยะนั้นตั้งอยู่บนแนวคิดของการทำเกษตรสมัยใหม่ที่เรียกว่าเกษตรแม่นยำสูง เป็นกลยุทธ์ในการทำการเกษตรที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยทำให้เกษตรกรสามารถปรับการใช้ทรัพยากรให้สอดคล้องกับสภาพของพื้นที่มากที่สุด รวมไปถึงเรื่องการดูแลอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งแนวคิดนี้สามารถนำไปปรับใช้ได้ทั้งฟาร์มพืชและสัตว์ ฟาร์มอัจฉริยะนี้จะมีความแตกต่างกับฟาร์มธรรมดาอยู่ตรงที่การใช้ทรัพยากรน้ำทำได้อย่างแม่นยำและตรงต่อความต้องการของพืชและสัตว์ ซึ่งช่วยลดการสูญเสียทรัพยากรและได้ผลผลิตที่ออกมาตรงตามความต้องการของผู้ดูแลมากที่สุด

### 3.1.4 แนวคิดของสมาร์ทฟาร์มมิ่ง (SMART FARMING)

สอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ และแนวคิดนี้เน้นการพัฒนาเกษตรกรให้มีความสามารถในการพึ่งพาตนเองได้ มีภูมิคุ้มกันพร้อมรับความเสี่ยงในมิติของการผลิตและการตลาด รวมทั้งมีความสามารถในการผลิต และการตลาดในระดับที่พร้อมก้าวสู่การเป็นผู้จัดการฟาร์มมืออาชีพที่ทำการเกษตรได้จนประสบความสำเร็จ จะเน้นการผลิตสินค้าเกษตรที่มีคุณภาพสูง ปลอดภัยต่อผู้บริโภค เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และแนวคิดของ Smart farming จะทำให้เกษตรกรที่มีความรู้อย่างถ่องแท้เกี่ยวกับการประกอบอาชีพเกษตรกรรม สามารถวางแผนโดยรู้ถึงอุปสงค์ตลาด และเตรียมการผลิตให้สอดคล้อง รวมทั้งมีความสามารถในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและในการแก้ปัญหาได้รวดเร็ว โดยการวิเคราะห์ข้อมูลรอบด้านเป็นองค์ประกอบในการตัดสินใจที่ตั้งอยู่บนหลักการและเหตุผล ตลอดจนรู้จักประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในการเกษตร

### 3.1.5 ข้อดีของสมาร์ทฟาร์มมิ่ง (SMRT FARMING)

- ❖ ช่วยลดต้นทุนในเรื่องของค่าใช้จ่ายและเวลาของบุคคลากรในงานจิปาถะ
- ❖ ทำให้การจัดสรรตารางงานภายในฟาร์มเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น
- ❖ ได้ระบบที่มีการตรงต่อเวลา ไม่ต้องกังวลเรื่องความล่าช้า
- ❖ สามารถติดตามสภาพแวดล้อมและปรับให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมสำหรับผลผลิตได้
- ❖ สั่งงานผ่านจากหน้าจอสมาร์ทโฟนได้ทันที
- ❖ มีความเที่ยงตรง แม่นยำสูง
- ❖ การลดต้นทุนในกระบวนการผลิต
- ❖ การเพิ่มคุณภาพมาตรฐานการผลิตและมาตรฐานสินค้า
- ❖ การลดความเสี่ยงในภาคเกษตร ซึ่งเกิดจากการระบาดของศัตรูพืชและจากภัยธรรมชาติ และการจัดการและส่งผ่านความรู้ (Knowledge Management and Transfer) โดยนำเทคโนโลยีสารสนเทศจากการวิจัยไปประยุกต์สู่การพัฒนาในทางปฏิบัติและให้ความสำคัญต่อการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของเกษตรกร

### 3.1.6 ข้อเสียของสมาร์ทฟาร์มมิ่ง (SMRT FARMING)

ดังนั้นการที่จะก้าวเข้ามาเป็น สมาร์ทฟาร์ม (Smart farmer) จำเป็นที่ต้องเรียนรู้เทคโนโลยีด้านต่างๆ ที่จะนำมาใช้ เช่น เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน, เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ, เซ็นเซอร์วัดคุณภาพของ

ดิน เป็นต้น ด้วยเหตุนี้จึงเป็นข้อเสียของเกษตรกร ที่จะก้าวเข้ามาเป็น สมาร์ทฟาร์ม (Smart farmer) ทั้งด้านข้อจำกัดพื้นฐานด้านการศึกษา ด้านเงินทุน ด้านการเข้าถึงเทคโนโลยี

### 3.1.7 ระบบจัดการน้ำอัจฉริยะ

- ไม่ต้องกังวลว่าจะลืมปิดน้ำ
- สามารถใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับระดับความชื้นในดิน เพื่อสั่งเปิด-ปิดน้ำอัตโนมัติ
- คุณสามารถปิดวาล์วน้ำได้ผ่านทางมือถือ แม้ไม่อยู่บ้าน
- จัดเก็บบันทึกข้อมูลระดับความชื้นในดิน และข้อมูลการให้น้ำ

**รูปที่ 3.1-1** ระบบการให้น้ำแบบท่อน้ำพุ่ง ควบคุมด้วยเซ็นเซอร์ตรวจวัดความชื้น

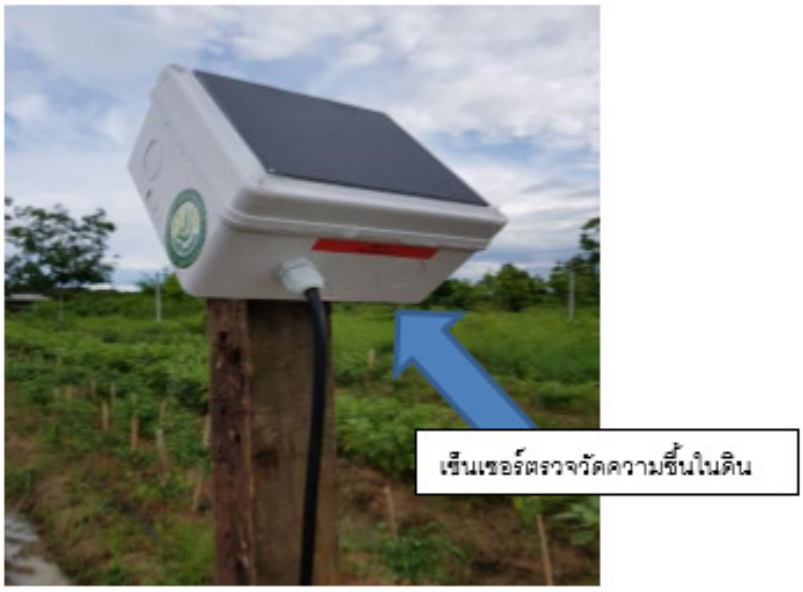
### 3.1.8 ระบบการให้น้ำอัจฉริยะสำหรับพืช

**ระบบน้ำหยด (Drip irrigation) และสปริงเกอร์ (Sprinkler)**

เป็นระบบการให้น้ำที่มีประสิทธิภาพสูง สามารถช่วยให้การใช้น้ำคุ้มค่า และเพิ่มผลผลิตในพืชหลายชนิดโฟน แท็บเล็ต ผ่านระบบการสื่อสารแบบไร้สาย หรือ 3G/4G ซึ่งภายในอุปกรณ์เคลื่อนที่จะมีแอพพลิเคชันทำการประมวลผลเมื่อความชื้น ถึงจุดวิกฤต ผู้ควบคุมแปลงสามารถสั่งการให้ปั๊มน้ำและโซลินอยด์วาล์วทำงาน

ระบบอัตโนมัติในการให้น้ำไปยังแปลงปลูกพืชนวัตกรรมนี้สามารถควบคุมการให้น้ำได้ง่าย และแม่นยำตรงตามความต้องการน้ำของพืชทำให้ประหยัดน้ำ พร้อมทั้งเพิ่มผลผลิต คุณภาพของ

ผลผลิตพืช ช่วยลดแรงงาน ประหยัดการใช้น้ำ และเพิ่มรายได้สำหรับผู้ใช้ลดปัญหาการขาดแคลนน้ำในชุมชน และเป็นการรักษาสภาพแวดล้อม เนื่องจากมีการลดการชะล้างปุ๋ยลงไปในแหล่งน้ำ สามารถช่วยทำให้อาชีพการทำเกษตรมีความมั่นคง ลดปัญหาการขาดแคลนแรงงานภาคเกษตรผ่านอุปกรณ์เคลื่อนที่หรือสามารถตั้งให้การทำงานให้เป็นระบบอัตโนมัติ

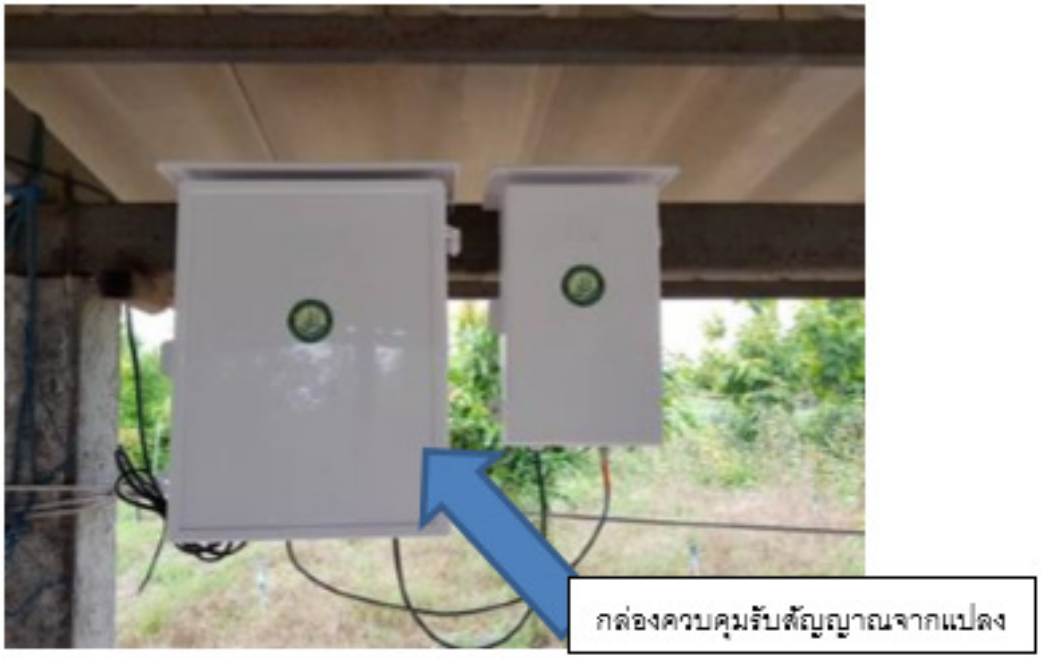



**รูปที่ 3.1-2** จุดติดตั้งเซ็นเซอร์ตรวจวัดความชื้นในพื้นที่แปลงปลูก

### 3.1.9 ชุดการควบคุมระบบการให้น้ำ

ชุดการควบคุมระบบการให้น้ำ เป็นการทำงานร่วมกันระหว่าง 3 อุปกรณ์ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ระบบควบคุมการเปิด-ปิดน้ำอัตโนมัติ โดยภายในจะมีบอร์ดไมโครคอนโทลเลอร์ที่ช่วยควบคุมอุปกรณ์เปิด-ปิดไฟฟ้า (Relay) ที่ทำหน้าที่เปิดปิดวงจรไฟฟ้าในชนิดเดียวกับสวิตซ์ไฟฟ้า โดยจะสามารถสั่งเปิด-ปิดปั๊มน้ำ สำหรับรดน้ำผักในแปลงเกษตรได้ อีกทั้งยังสามารถตั้งเวลาเปิด-ปิดน้ำได้ตามความต้องการของชนิดพืช ยกตัวอย่างเช่น สั่งเปิดระบบไฟฟ้าของปั๊มน้ำทุกๆ 08.00 น. โดยรดน้ำเป็นเวลา 5 นาที เป็นต้น ทำให้ช่วยลดความกังวลที่เกษตรกรต้องเดินทางไปต่างจังหวัดหลายวัน ไม่มีเวลาดูแลรดน้ำพืชผล ก็ให้ใช้อุปกรณ์รดน้ำอัตโนมัติช่วยควบคุมการรดน้ำได้




**รูปที่ 3.1-3** กล่องควบคุมสัญญาณ

ระบบเซ็นเซอร์ติดตามสภาพอากาศ จะเป็นการตรวจวัดปัจจัยสภาพแวดล้อมของแปลงเกษตรใน 2 รูปแบบ คือ 1) การตรวจวัดอุณหภูมิในกรณีที่สภาพแวดล้อมของแปลงมีอุณหภูมิเกินที่กำหนด เช่น อุณหภูมิสูงเกิน 35 องศา ระบบจะทำการสั่งเปิดปั๊มน้ำเป็นระบบน้ำหยด หรือ สปริงเกอร์ จนกว่าอุณหภูมิจะลดระดับ 2) การวัดความชื้นในดิน ในกรณีที่ตรวจพบความชื้นในอากาศต่ำกว่าที่กำหนด เช่น ความชื้นในดินที่ต่ำกว่า 50% ระบบก็จะสั่งรดน้ำอัตโนมัติ

**รูปที่ 3.1-4** สถานีตรวจวัดสภาพอากาศผ่านเครือข่ายไร้สาย

ระบบสั่งการและแจ้งเตือนผ่านสมาร์ทโฟน จะเป็นการส่งข้อความแจ้งเตือน พร้อมแสดงผลสภาพอากาศบริเวณพื้นที่แปลงเกษตร ผ่านระบบ Line Notify บนสมาร์ทโฟนของเกษตรกร เช่น อุณหภูมิที่ร้อน ความชื้นในดินที่แล้ง และปริมาณน้ำที่ลดน้อยลง ฯลฯ เพื่อเป็นการอำนวยความสะดวก เพิ่มประสิทธิภาพ และประหยัดเวลาของเกษตรกรในการควบคุมและสั่ง เปิด-ปิด ระบบรดน้ำปุ๋ยรวมถึงน้ำสมุนไพรสำหรับป้องกันแมลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนหาแนวทางการป้องกันและกำจัดโรคให้ทันท่วงที เพื่อเพิ่มคุณภาพของผลิตผลทางการเกษตร

**รูปที่ 3.1-5** การเดินท่อส่งน้ำจากบ่อเก็บเข้าสู่ระบบปั๊มอัตโนมัติ

## 3.2 เรื่องโรงเรือนและระบบ

โรงเรือนสมาร์ทฟาร์มอัจฉริยะ คือโรงเรือนอัจฉริยะโดยในโรงเรือนมีการปลูกพืชที่มีการให้น้ำ ธาตุอาหาร และให้แสงเพื่อสังเคราะห์ โดยการควบคุมจากระบบคอมพิวเตอร์สมองกล แบบอัตโนมัติ หรือกึ่งอัตโนมัติก็ได้ ซึ่งจะปลูกในโรงเรือนที่มีหลังคา แบบม่านพรางแสงเปิด-ปิด ไฟฟ้า หรือแบบเปิดโล่ง หรือในที่ร่มก็ได้ มีระบบปิดป้องกันแมลงหรือศัตรูพืชเข้ามากัดกินผลผลิต สามารถตรวจสอบได้จากกล้องวงจรปิดและบันทึกเป็นวีดีโอได้ ปลูกพืชได้โดยไม่จำกัดฤดูกาล ได้เป็นจำนวนมาก ทำให้ได้ผลผลิตตลอด และสามารถผลิตได้เป็นจำนวนมาก เพิ่มผลผลิตได้ง่าย เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค

**รูปที่ 3.2-**1 รูปโรงเรือน

### 3.3 การปลูกผักแบบไฮโดรโปนิกส์

**ไฮโดรโปนิกส์ (Hydroponics)** มาจากภาษากรีก คำว่า **“Hydro”** แปลว่า น้ำรวมกับคำว่า **“Ponos”** ที่แปลว่า งาน เมื่อรวมกันจึงหมายถึง การทำงานของน้ำ(สารละลายธาตุอาหาร) ผ่านรากพืช โดยปกติแล้วการที่พืชจะเจริญเติบโตได้ดีนั้นต้องอาศัยปัจจัยต่างๆ ที่เหมาะสมหลายอย่าง เช่น แสงแดด อุณหภูมิ น้ำ และธาตุอาหารพืช การที่พืชจะนำธาตุอาหาพืชไปใช้ประโยชน์ได้นั้นจะต้องคำนึงถึงเรื่องความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินหรือสารละลายธาตุอาหารใช้ปลูกพืช การปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ พืชจะได้รับธาตุอาหารในรูปสารละลายเรียกว่า **“สารละลายธาตุอาหารพืช”** ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ได้ทันทีเพราะมีการปรับค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity : EC) และ pH ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชอยู่ตลอดเวลา

ข้อดีของการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ คือ สามารถทำการปลูกผักในบริเวณที่พื้นดินไม่เหมาะสมหรือสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อการปลูกผัก ใช้พื้นที่ในการเพาะปลูกน้อยและสามารถทำการผลิตได้อย่างสม่ำเสมอ ควบคุมสภาพแวดล้อมต่างๆ ที่เกี่ยวของกับการเจริญเติบโตได้ เช่น การควบคุมปริมาณ

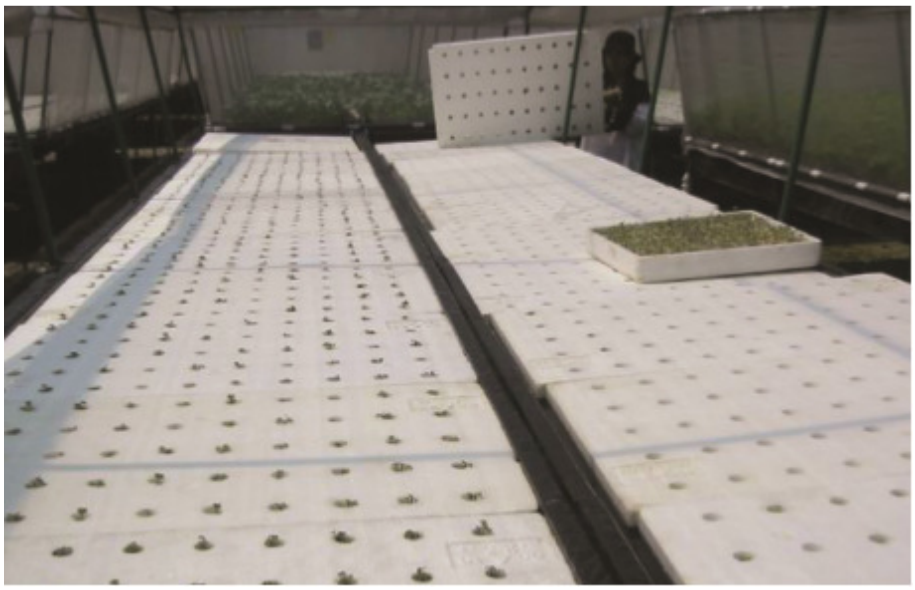
ธาตุอาหาร pH เป็นการปลูกผักที่ใช้น้ำและธาตุอาหารพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งประหยัดเวลาแรงงาน และค่าใช้จ่ายในการเตรียมดินและกำจัดวัชพืช แต่การปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ เป็นระบบที่มีต้นทุนการผลิตค่อนข้างสูง เนื่องจากอุปกรณ์มีราคาแพง และการควบคุมดูแลต้องใช้ผู้ที่มีความรู้และประสบการณ์

### 3.3.1 ระบบของการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์

ระบบการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์สามารถจำแนกได้เป็นหลายระบบขึ้นอยู่กับวิธีการต่างๆ แต่ที่ใช้มากในประเทศไทย มีดังนี้

**รูปที่ 3.3-1** ระบบ NFT

**รูปที่ 3.3-2** ระบบ DFT โดยใช้ท่อ PVC



**รูปที่ 3.3-3** ระบบ DRFT

1. การปลูกโดยให้สารละลายธาตุอาหารไหลผ่านรากผักเป็น แผ่นบางๆ อย่างต่อเนื่อง (Nutrient Film Technique : NFT) เป็นการให้สารละลายธาตุอหารพืชไหลผ่านรากพืชที่ปลูกบนราง ตามความลาดชันของรางปลูกอย่างช้าๆ เป็นแผ่นฟิล์มบางๆ ประมาณ 1-3 มิลลิเมตร พืชที่ปลูกได้ดีและนิยมปลูกในระบบนี้ ได้แก่ ผักกินใบจำพวกผักสลัด มีอายุยาวประมาณ 45-50 วัน

2. การปลูกโดยให้สารละลายธาตุอาหารไหลผ่านรากผักในระดับลึก (Deep Flow Technique : DFT) การปลูกผักโดยวิธีนี้เหมือนการปลูกแบบลอยน้ำ ซึ่งสามารถปลูกได้ดีในที่ที่มีแดดจัด โดยวิธีนี้จะมีช่องว่างระหว่างแผ่นปลูกกับสารละลายธาตุอาหารพืชประมาณ 3-5 เซนติเมตร เพื่อให้รากผักบางส่วนถูกอากาศและบางส่วนอยู่ในสารละลายธาตุอาหารพืช ผักที่ปลูกได้ดีและนิยมปลูกในระบบนี้ได้แก่ ผักไทย (ผักกินใบที่มีอายุสั้น ประมาณ 20-30 วัน) เช่น ผักคะน้า ผักบุ้ง ผักโขม เป็นต้น

3. การปลูกโดยให้สารละลายธาตุอาหารและอากาศไหลวนผ่านรากผักในระดับลึกอย่างต่อเนื่องในถาดปลูก (Dynamic Root Floating Technique ; DRFT) ระบบนี้พัฒนามาจากระบบ DFT โดยเพิ่มการไหลเวียนของอากาศและสารละลายธาตุอาหารพืช ผักที่ปลูกได้ดีและนิยมปลูก ได้แก่ ผักไทย

### 3.3.2 วัสดุ อุปกรณ์สำหรับการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์

วัสดุและอุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการปลูกผักโฮโดรโปนิกส์มีหลายชนิดขึ้นอยู่กับลักษณะของการปลูก ซึ่งสิ่งที่ควรคำนึงถึงคือ ควรมีราคาไม่สูงมากนัก แต่มีคุณภาพดีและหาซื้อได้สะดวก นอกจากนี้ ยังสามารถนำวัสดุสิ่งของเหลือใช้ต่างๆ มาประยุกต์ใช้ในการปลูกผักโฮโดรโปนิกส์ได้อีกด้วย

**โรงเรือนขนาดเล็ก**

**โรงเรือนขนาดใหญ่**

**รูปที่ 3.3-4** โรงเรือนขนาดเล็ก และขนาดใหญ่

ปกติแล้ววัสดุและอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ ประกอบด้วย

**1. โรงเรือน**

ในการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ในเชิงการค้าจำเป็นต้องใช้โรงเรือนสำหรับเพาะกล้า อนุบาลต้นกล้า และปลูก ซึ่งรูปแบบของโรงเรือนต้องเหมาะสม มีความแข็งแรง สามารถควบคุมภูมิอากาศภายในโรงเรือนให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผักที่ปลูก นอกจากนี้ โรงเรือนยังสามารถป้องกันศัตรูพืชได้ พื้นที่ตั้งโรงรือนต้องมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมคือมีการถ่ายเทอากาศดี อยู่ในที่โล่งแจ้ง มีการคมนาคม

ที่สะดวก มีแหล่งน้ำอย่างเพียงพอและมีไฟฟ้า แต่สำหรับการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ในบริเวณบ้านนั้น ไม่จำเป็นต้องสร้างโรงเรือนขนาดใหญ่ เนื่องจากเป็นการปลูกเพื่อไว้รับประทานกันเองภายในครอบครัว หรือเพื่อเป็นงานอดิเรกเท่านั้น เพียงแต่สร้างโครงมุ้งเพื่อป้องกันแมลงและการกระแทกของน้ำฝน

**2. ภาชนะและวัสดุที่ใช้ในการปลูก**

**2.1 ภาชนะที่ใช้ในการปลูก** ควรเป็นภาชนะที่เหมาะสมต่อระบบปลูกมีความแข็งแรง สะอาด และทำความสะอาดได้ง่าย ไม่ผุกร่อน หรือไม่เป็นอันตรายต่อรากผัก และสภาพแวดล้อม นอกจากนี้ ควรมีราคาถูก หาซื้อได้ง่าย สะดวกต่อการติดตั้งและการใช้งาน

**2.2 วัสดุปลูก (Growing media)** ต้องเป็นวัสดุที่เกี่ยวข้องกับการให้ออกซิเจน ธาตุอาหาร และช่วยในการเจริญเติบโตของรากผัก ตลอดจนเป็นที่เกาะยึดค้ำยันต้นผัก ลักษณะของวัสดุปลูกที่ดี คือ เป็นที่เกาะยึดค้ำผันต้นผัก เป็นแหล่งสะสมน้ำและอาหาร และเป็นแหล่งที่ให้อากาศแก่ผัก

**3. ปุ๋ยหรือธาตุอาหารพืช**

จัดว่าเป็นหัวใจสำคัญสำหรับการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ เนื่องจากเป็นการจัดการในการให้ปุ๋ยเคมีต่างๆ เพื่อทดแทนธาตุอาหารที่มีอยู่ในดิน เพราะการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์เป็นการให้ผักที่ปลูกได้รับสารอาหารพืช หรือสารละลายธาตุอาหารพืช (nutrient solution) ที่ได้จากการนำธาตุอาหาร (แม่ปุ๋ย) ผสมกับน้ำ

**4. น้ำ**

น้ำที่ใช้ต้องมาจากแหล่งน้ำที่ดี มีคุณภาพดีและมีปริมาณเพียงพอต่อการปลูก ก่อนที่นำมาใช้ในการปลูกผัก ควรมีการนำตัวอย่างน้ำไปตรวจคุณภาพเสียก่อน

**5. ระบบไฟฟ้า**

ระบบไฟฟ้าใช้เพื่อเป็นต้นกำลังของพลังงานที่ขาดไม่ได้ ควรมีระบบไฟสำรองสำหรับบางช่วงที่มีปัญหาเกี่ยวกับระบบไฟฟ้า

**6. ปั๊ม**

ใช้สำหรับส่งและก่อให้เกิดการไหลเวียนของสารละลายธาตุอาหารพืช และให้ออกซิเจนแก่รากพืช

**7. เมล็ดพันธ์ผัก หรือกล้าผักที่จะใช้ปลูก**

ควรเลือกพันธุ์ที่ตลาดต้องการ ต้นกล้ามีความสำคัญต่อการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์มาก เนื่องจากทำให้พืชสามารถเจริญเติบโตและตั้งตัวได้เร็ว เมล็ดพันธุ์ที่ดีต้องมีลักษณะตรงตามพันธุ์ มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูง

**8. วัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืช**

**8.1 ถังใส่สารลายธาตุอาหารพืช** ขนาดของถังขึ้นอยู่กับระบบของการปลูกเพื่อกักเก็บสารละลายธาตุอาหารให้เพียงพอ โดยทั่วไปจะฝังถังใส่สารละลายธาตุอาหารพืชไว้ใต้ดิน เพื่อลดอุณหภูมิของสารละลายและช่วยลดการระเหยของสารละลายได้อีกด้วย

**8.2 ถุงมือ** เพื่อใช้ในการเตรียม รักษาหรือควบคุมค่าความเป็นกรดด่าง (pH) เนื่องจากการปรับค่าความเป็นกรดด่างของสารละลายบางครั้งต้องใช้กรดเป็นตัวปรับเมื่อสารละลายมีความเป็นด่างมากเกิน

**8.3 เครื่องชั่ง** วัด ตวง ใช้ตวงปริมาณปุ๋ยหรือสารอาหารที่ใช้ในการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์

**9. วัสดุผูกมัดหรือรองรับต้นผัก**

กรณีที่ผักมีความสูง เช่น มะเขือเทศ แคนตาลูป รากไม่สามารถยึดติดกับวัสดุปลูกได้ จำเป็นต้องมีวัสดุรองรับต้นผัก เพื่อช่วยให้พืชที่มีลำต้นสูง และมีผลผลิตที่มีน้ำหนัก สามารถทรงตัวอยู่ได้ ซึ่งวัสดุผูกมัด ได้แก่ เชือก ลวด ไม้ค้ำ และอาจมีสิ่งผูกมัดติดกับต้นผักซึ่งส่วนมากทำจากพลาสติก

**10. วัสดุ อุปกรณ์สำหรับควบคุมอุณหภูมิโรงเรือน สารละลาย ธาตุอาหารและวัสดุปลูก**

เนื่องจากประเทศไทยมีอุณหภูมิสูงจึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือน

**11. อุปกรณ์สำหรับการตรวจวัดและควบคุมสารละลายธาตุอาหารพืช**

เครื่องมือตรวจวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลายธาตุอาหารพืช (pH meter) เครื่องมือตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายธาตุอาหารพืช (Electrical Conductivity meter)

**12. วัสดุอุปกรณ์และโรงเรือนบรรจุหีบห่อผลผลิต**

สำหรับการปลูกในเชิงการค้าจำเป็นต้องมีอุปกรณ์สำหรับการทำความสะอาด คัดขนาด บรรจุหีบห่อภายใต้โรงเรือนที่ดีก่อนขนส่งไปตลาด

**13. ห้องเย็นและระบบขนส่งที่สามารถควบคุมอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์**

การผลิตในเชิงการค้าที่มีพื้นที่ตั้งแต่ 1 ไร่ขึ้นไป จะมีอัตรากำลังในการผลิตที่สูง ควรมีห้องเย็น บรรจุภัณฑ์ และระบบขนส่งที่สามารถควบคุมอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์ได้ เพื่อรักษาคุณภาพของผลผลิต โดยเฉพาะในกรณีที่แหล่งผลิตอยู่ไกลจากตลาดมาก

### 3.3.3 ข้อควรคำนึงสำหรับการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ในเชิงการค้า

การปลูกผักไฮโดรโปนิกส์นั้นสามารถปลูกผักได้ทุกชนิด หากปลูกในเชิงการค้าจะต้องคำนึงถึง

- **อายุการเก็บเกี่ยว** เนื่องจากการปลูกด้วยวิธีนี้จะมีการลงทุนสูง ดังนั้นจึงควรเลือกผักที่มีอายุเก็บเกี่ยวสั้น มีรอบการผลิตหลายรอบต่อปีจะช่วยลดต้นทุนได้ เช่น ผักสลัด หรือผักไทยที่มีอายุสั้น เช่น ผักบุ้ง ผักคะน้า ผักโขม
- **ราคาผลผลิต** ควรเลือกผักที่มีราคาสูง ขายได้ราคาดี เนื่องจากมีต้นทุนการผลิตสูง จึงจำเป็นต้องเลือกผักที่มีราคาดีและตลาดมีความต้องการ แต่ในปัจจุบันได้มีการนำผักที่มีขายอยู่ทั่วไปตามท้องตลาด เช่น ผักบุ้ง ผักคะน้า ผักกาดเขียว กวางตุ้ง มาปลูกระบบไฮโดรโปนิกส์มากขึ้น และนำมาขายใต้ผลิตภัณฑ์ผักปลอดภัยจากสารพิษ ซึ่งกำลังเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ก็สามารถทำรายได้ดีอีกทางหนึ่ง
- **ฤดูปลูก** ช่วงฤดูฝนผักทั่วไปจะมีออกสู่ตลาดน้อย แต่สำหรับการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์สามารถผลิตได้ทุกฤดูกาล

### 3.3.4 ตัวอย่างการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ 1 งาน สร้างรายได้เกือบ 2.5 หมื่นต่อเดือน

ปัจจุบัน ผักที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ได้รับความนิยมอย่างมากในฐานะผักปลอดสารพิษ ผักเหล่านี้มีคุณค่าทางอาหารสูงและมีความปลอดภัยสูง เนื่องด้วยผักอุดมไปด้วยวิตามินที่จำเป็นต่อร่างกายมากมาย ซึ่งให้ไขมันต่ำด้วย มีน้ำ มีกากใยช่วยให้ระบบขับถ่ายดี ลดการเสี่ยงเป็นโรคมะเร็ง อุดมไปด้วยสารเบต้าแคโรทีน วิตามินซี วิตามินดี รวมถึงสารประกอบที่มีประโยชน์อื่นๆ

คุณวรรณนิภา เรืองทัพ บ้านเลขที่ 70/7 หมู่ที่ 4 บ้านหนองสะเดา ตำบลบ้านนา อำเภอวชิรบารมีจังหวัดพิจิตร “เจ้าของฟาร์มสุดใจ Hydroponic จ.พิจิตร” ซึ่งในเบื้องต้นก็ได้ศึกษาข้อมูลในยูทูบและในกลุ่มผู้ที่ปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ ในเฟซบุ๊ก ซึ่งได้ความรู้และเทคนิคต่างๆ เป็นอย่างดี หลังจากแน่ใจก็ลงมือซื้ออุปกรณ์ต่างๆ สร้างสวนผักไฮโดรโปนิกส์ขึ้นมา แล้วตั้งชื่อสวนว่า “สุดใจ Hydroponics จ.พิจิตร”

#### 3.3.4.1 การเพาะเมล็ดสลัด

ใช้ฟองน้ำสำเร็จรูปที่กรีดกากบาท วางเรียงบนถาดรอง รดฟองน้ำปลูกให้ชุ่ม พร้อมกับใช้มือกดฟองน้ำให้ซับน้ำให้อิ่มตัว นำไม้ปลายแหลมหรือไม้จิ้มฟันจุ่มน้ำแล้วแต้มแตะไปที่เมล็ดพันธุ์ผักสลัด แล้วนำเมล็ดสลัดที่ติดที่ปลายไม้มาใส่ลงไปในกลางฟองน้ำที่ผ่าไว้ 1 เมล็ด ต่อฟองน้ำ 1 อัน นำแผ่นโฟมเพาะเมล็ดไปไว้ในโต๊ะอนุบาลที่ 1 ประมาณ 2 สัปดาห์ หรือกล้าผักสลัดมี 2 ใบ ช่วงนี้ต้องหมั่นฉีดน้ำด้วยฟ็อกกี้หรือกระบอกฉีดน้ำเพื่อลดความร้อนให้ต้นกล้าทุกๆ วัน วันละ 2-5 ครั้ง ตามสภาพอากาศ

ช่วงเพาะเมล็ด (สัปดาห์ที่ 1) ใช้เวลา 7 วัน นำเมล็ดใส่ลงไปในวัสดุยึดราก เช่น ฟองน้ำ เพอร์ไลท์ โฟม ความลึกประมาณ 5 มิลลิเมตร ใส่ไว้ในถาดเพาะที่มีน้ำอยู่ด้านล่าง พรมน้ำให้ชุ่ม เช้า-เย็น ควรเลือกพื้นที่ร่มในการวางถาดเพาะ เพื่อรักษาความชื้น ถ้าเมล็ดสมบูรณ์แข็งแรง จะงอกเป็นใบให้เห็นใน 3-4 วัน เมื่อเริ่มเห็นใบให้ย้ายไปเจอแดด (ใช้ซาแรนช่วยกรองแสงด้วย) เพราะถ้าอยู่ในที่ร่มไม่เจอแสง ผักจะยืดหาแสง ทำให้ผักโตช้า ลำต้นไม่แข็งแรง ฯลฯ (ช่วง 7 วันแรก ไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยก็ได้ เพราะพืชจะใช้สารอาหารในเมล็ด)

**รูปที่ 3.3-5** การเพาะเมล็ดสลัด

จากนั้น จึงจะย้ายอนุบาลไปยัง โต๊ะอนุบาลที่ 2 ช่วงอนุบาล (สัปดาห์ที่ 3-4) ช่วงอนุบาล เป็นช่วงที่เริ่มให้อาหาร ให้ใส่ปุ๋ย A และ B อย่างละ 5 ซีซี ต่อน้ำ 1 ลิตร ใส่ไตรโคเดอร์มาลงในถังปุ๋ย อัตราส่วน 1 ช้อนโต๊ะ ต่อน้ำ 100 ลิตร เพื่อป้องกันโรครากเน่า คอยตรวจดูหนอน หนอนชอบกินต้นอ่อนมาก ผักสลัดจะกินอาหารได้เมื่อค่า EC ในน้ำอยู่ระหว่าง 1.2-1.8 ในช่วงสัปดาห์ที่ 3-4 เป็นการย้ายแยกต้นกล้าที่อยู่บนแผ่นฟองน้ำแผ่นเดียวกัน ต้องฉีกตามรอยที่มีให้เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส

แผ่นฟองน้ำที่มีต้นกล้าต้องทำงานด้วยความระมัดระวัง ไม่ให้ต้นกล้าหักเสียหาย กล้าพักจะอยู่บนโต๊ะอนุบาลที่ 2 อีก 2 สัปดาห์ จนต้นกล้ามีใบจริงหลายใบ ต้นสูงราว 5-10 เซนติเมตร และมีรากที่แข็งแรงยาวโผล่พ้นฟองน้ำ จนสังเกตเห็นได้ชัดเจน นำต้นกล้าที่ได้ย้ายลงรางปลูกบนโต๊ะปลูก (ระยะเวลาการอนุบาลในแต่ละฤดูอาจจะไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศเป็นปัจจัย บางฤดูอาจใช้เวลาอนุบาลเพียงไม่นาน ก็สามารถย้ายลงปลูกได้เลย โดยจะสังเกตได้จากต้นกล้าเป็นหลัก) และเดินเครื่องปั๊มน้ำที่เป็น

ระบบน้ำวนตลอด 24 ชั่วโมง ดูแลต่ออีกประมาณ 2 สัปดาห์ ซึ่งถือว่าเป็นช่วงของการเติบโต (สัปดาห์ที่ 5-6) เนื่องจากผักจะมีขนาดใหญ่ขึ้น ก็จะกินน้ำมากขึ้น

ต้องคอยตรวจสอบปริมาณน้ำและปุ๋ย ใช้อัตราส่วนการผสมปุ๋ยเหมือนเดิม ก็เริ่มทยอยเก็บผักสลัดจำหน่ายได้ ซึ่งอายุการเก็บเกี่ยวโดยเฉลี่ยของผักสลัดจะใกล้เคียงกัน คือประมาณ 45 วัน นับหลังจากการเริ่มเพาะเมล็ด

**3.3.4.2 การปฏิบัติดูแลผักประจำวัน**

คุณวรรณนิภา เล่าว่า กิจวัตรที่ต้องทำทุกวันคือ การตรวจถังและเติมน้ำสะอาดลงในถังดำหน้าโต๊ะปลูก วันละ 2 ครั้ง คือในช่วงเวลา 11.00 น. และ 14.00 น. ในทุกๆ วัน ซึ่งพืชผักนำไปใช้ ระเหยไปกับอากาศ จะเติมปุ๋ยช่วงเย็น เนื่องจากถ้าน้ำปุ๋ยในถังร้อนจะส่งผลให้น้ำปุ๋ยซึ่งเป็นสารละลายที่เติมลงไปจะตกตะกอน ความร้อนของน้ำที่หมุนเวียนในรางมันจะส่งผลต่อผัก ทำให้ผักไม่โต เกิดโรครากเน่า

**3.3.4.3 การควบคุม ค่า EC**

สำหรับการปลูกผักสลัดจะคอยตรวจวัดค่า EC ให้อยู่ระหว่าง 1-1.8 mS/cm โดยเครื่อง EC meter ปรับลดโดยการเพิ่มน้ำ และปรับค่า EC เพิ่มโดยการเพิ่มปุ๋ย กรณีไม่มีเครื่องวัดสามารถประมาณการเติมสารอาหาร A และ B ควบคุมค่า pH อยู่ระหว่าง 5.2-6.8 โดยเครื่อง pH meter หรือ pH Drop test ปรับลดโดยการใช้กรดฟอสฟอริก หรือกรดไนตริก (pH down) และปรับค่า pH เพิ่มโดยการเติมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (pH up) ปริมาณ 2-3 หยด ถ้าค่า EC สูงมากเกินไป จะทำให้ผักสลัดมีรสขมได้ การปลูกผักไฮโดรโปนิกส์จำเป็นต้องศึกษาเรื่องนี้เพิ่มเติมให้เข้าใจ ซึ่งหาความรู้เพิ่มได้จากโลกออนไลน์

จากประสบการณ์ที่ปลูกผักไฮโดรโปนิกส์มาก็พอได้คำตอบในข้อดีของการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ เช่นปลูกผักได้ทุกชนิด ไม่มีข้อจำกัดในเรื่องดิน เนื่องจากเป็นการปลูกโดยไม่ใช้ดิน สามารถปลูกพืชได้ในพื้นที่ซึ่งดินมีคุณสมบัติไม่เหมาะสมต่อการปลูกพืช เช่น ดินเค็ม ดินเปรี้ยว หรือดินปนเปื้อนด้วยสารพิษ เป็นต้น รวมทั้งพื้นที่ซึ่งไม่มีดิน เช่น บนอาคารสูง ดาดฟ้า บริเวณบ้านจัดสรร เป็นต้น

พื้นที่โรงเรือนปลูก 1 งาน ตอนนี้มีโต๊ะปลูกผักทั้งหมด 16 โต๊ะปลูก โดย 1 โต๊ะปลูกจะประกอบด้วย 8 รางปลูก ซึ่งในแต่ละรางปลูกจะมีความยาว 6 เมตร โดยจะวางแผนการปลูกสัปดาห์ละ 4 โต๊ะ เพื่อให้ผักมีผลผลิตออกมาจำหน่ายอย่างต่อเนื่องไม่ขาดช่วง เฉลี่ยแล้วจะได้น้ำหนักผักรวมราว 100 กิโลกรัม แต่ในช่วงหน้าหนาวที่เป็นช่วงที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของผักสลัด น้ำหนักผักจะดีมาก ซึ่งอาจจะสูงถึง 150 กิโลกรัม ต่อจำนวน 4 โต๊ะปลูก

รายได้รวมต่อเดือนที่ได้จากการขายผัก เฉลี่ย 20,000-25,000 บาท ต่อเดือน หลังหักค่าใช้จ่ายต้นทุนการผลิตประมาณ 5,000 บาท ต่อเดือนแล้ว ก็ถือว่าอาชีพการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ก็สามารถอยู่ได้

ต้นทุนนั้นก็จะมีค่าน้ำ ค่าไฟ ค่าเมล็ดพันธุ์ผักสลัด ค่าปุ๋ย ราว 5,000 บาท ต่อเดือน ซึ่งเป็นต้นทุนที่จะต้องใช้หัก

**3.3.4.4 ราคากลางผักสลัด ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศหรือฤดูกาล**

คุณวรรณนิภา อธิบายว่า ผักสลัดเหล่านี้ชอบอากาศเย็นหรืออุณหภูมิที่ไม่สูงมากจนเกินไป หากเป็นช่วงปลายปีจะมีผลผลิตเยอะ ผักจะเจริญเติบโตดี น้ำหนักผักดี ซึ่งน้ำหนักผักอาจจะเพิ่มขึ้นมาถึงหนึ่งเท่าตัวเลยทีเดียว ต่อ 1 โต๊ะปลูก ราคาอาจจะตกลงมานิดหนึ่ง ซึ่งเป็นเรื่องธรรมดาที่มีผักออกสู่ตลาดมาก แต่หากเป็นช่วงหน้าร้อน ผักสลัดเหล่านี้จะโตช้า มีออกตลาดน้อย ราคาก็จะเพิ่มสูงขึ้น **“หน้าร้อนแพง หน้าฝนกลางๆ หน้าหนาวถูก”**

**3.3.4.5 การเก็บเกี่ยวผักสลัด**

หลังจากผักสลัดอายุได้ 45 วัน หลังจากเพาะเมล็ด ก็จะเริ่มทยอยเก็บเกี่ยวขายได้ หรือเก็บออกขายทั้งหมดหรือชะลอการขายเลี้ยงต่อบนโต๊ะปลูกได้นานนับสัปดาห์ (น้ำหนักผักก็ดีตาม) การเก็บผักออกจากโต๊ะปลูกก็จะดึงขึ้นมาพร้อมราก โดยไม่ตัดรากออก แต่ตอนแพ็กใส่ถุงจะต้องม้วนรากขดเป็นวงกลมให้เรียบร้อย ต้องระมัดระวังไม่ให้ใบผักหักช้ำ

**ที่มา :** sentangsedtee, matichon

**รูปที่ 3.3-6** รากผักสลัดที่ม้วนขดเป็นวงกลมเรียบร้อยแล้ว จึงนำไปเรียงบรรจุลงถุง

### 3.3.5 คู่มือการปลูกผักไร้ดินแบบการปลูกในน้ำ Hydroponics และแบบฟิล์มน้ำ NFT

การปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ มีขั้นตอนหลักๆ ที่สำคัญ ดังนี้

1. ขั้นตอนการเพาะเมล็ด
2. การอนุบาลต้นอ่อน
3. การปลูกลงแปลงปลูก
4. การล้างปุ๋ยตกค้าง

#### 3.3.5.1 การเพาะเมล็ด (ช่วงอายุ1-7 วัน)

วัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ดังนี้

1. เมล็ดพันธุ์ แบบเคลือบ/ไม่เคลือบ มีแต่แนะนำให้ใช้เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพดี เชื่อถือได้ จะคุ้มค่ากว่า
2. วัสดุปลูก perlite + vermiculite บางท่านอาจใช้ฟองน้ำก็ได้ เพราะเหมือนการปลูกแบบ DFT แล้วเอาลงมาปลูกต่อในราง แต่ต้องใช้ฝีมือนิดนึง
3. ถ้วยปลูก นิยมใช้ถาดเขียว เพราะว่าใช้งานสะดวก ราคาไม่ค่อยแพง
4. ถาดอเนกประสงค์ หรือวัสดุรองรับน้ำ หรือขังน้ำตอนเพาะเมล็ด

#### 3.3.5.2 วิธีการเพาะเมล็ด

1. นำเพอร์ไลท์ เวอมิคูไลท์ใส่ถ้วยปลูกให้เต็ม จะเหลือให้ต่ำกว่าขอบถ้วยประมาณ 0.5 cm ก็ได้
2. นำแผงถ้วยปลูกที่ใส่วัสดุปลูกแล้วใสในถาดอเนกประสงค์
3. รดน้ำด้วยบัวรดน้ำให้ชุ่ม ให้ระดับในถาดสูงประมาณ 1 cm
4. นำไม้เสียบลูกชิ้นหรือไม้แหลมเขี่ยๆ ที่เพอร์ไลต์ให้เป็นรูความลึก 0.5-1cm ขยายรูให้กว้างพอดีสำหรับหยอดเมล็ดเคลือบ
5. หยอดเมล็ดพันธุ์ให้ครบทุกหลุมจากนั้นพ่นน้ำด้วยฟ็อกกี้นำถาดเพาะไปไว้ในที่เย็นไม่โดนแสงแดดหากทำตามขั้นตอนนี้เมล็ดจะงอกรากให้เห็นภายใน 1 วัน พอเข้าวันที่ 2-3 ให้นำถาดออกไปโดนแสง โดยมีการกรองแสงด้วยแสลน 50% - 70% เพื่อป้องกันการยืดของต้นอ่อน บางท่านก็นำมาวางไว้เฉลียงบ้าน ชานบ้านให้โดนแดดประมาณ 3-4 ชั่วโมง เพื่อให้ต้นกล้าได้แสง เขาจะไม่ยืด

6. คอยพรมน้ำเช้าเย็นเพื่อรักษาความชื้น ความชื้นสำคัญมากๆ ต่อการงอกของเมล็ด ถ้าความชื้นเหมาะสมไม่ขาด เมล็ดจะงอกเกือบร้อยเปอร์เซ็นต์

**ข้อสังเกต**

1. จากการทดลองเปรียบเทียบวัสดุปลูกระหว่างเพอไลท์กับฟองน้ำ พบว่าการปลูกในเพอไลท์ระบบรากจะแข็งแรงกว่าการปลูกในฟองน้ำ ซึ่งแน่นอนเลยว่าการมีวัสดุยึดรากที่แน่นขึ้นทำให้ระบบรากดี ยิ่งลงดินระบบรากยิ่งแข็งแกร่งตาม
2. การเจาะหลุมโดยไม่กลบ จะช่วยลดความเสี่ยงที่เมล็ดจะถูกวัสดุปลูกกดทับ ทำให้งอกได้ยาก เทคนิคนี้ลองใช้ดู แต่เมล็ดแบบเคลือบ ถ้าเป็นเมล็ดไม่เคลือบกลบด้วยวัสดุเพาะ
3. พ่นละอองน้ำเช้าเย็น ถ้าอากาศแห้งอาจจะพ่น 3-4 รอบ/วัน การงอกของเมล็ดอาศัยความชื้นเป็นปัจจัยหลักความชื้นสำคัญมากๆ ยิ่งตอนนี้เขามีรากแล้ว มีใบแล้ว ความชื้น น้ำ แสงแดด และความเย็น อย่างที่บอกไปว่าเป็นปัจจัยสำคัญเลยทีเดียว อย่าให้ขาดตกบกพร่อง ต้นกล้าจะแข็งแรงมากๆ ถ้าดูแลเค้าให้เหมาะสม
4. เมื่ออายุครบ 7 วัน ขนาดของรากและใบจะโตได้ขนาดที่ต้องได้รับ ธาตุอาหารจากน้ำ เพราะว่าอาหารในเมล็ดหมดแล้ว ต้องทำการเติมสารอาหารให้กับต้นกล้าต่อไป

**การอนุบาลต้นกล้า**

1. เมื่อต้นกล้าอายุได้ 3-7 วันให้ย้ายลงแปลงอนุบาล หรือปกติ 7 วัน ต้องเติมสารอาหารให้เขาถ้ามีแปลงปลูกเยอะ จะลงแปลงปลูกอนุบาลต่อได้ยิ่งดี
2. การเตรียมอาหารพืชคร่าวๆ ดังนี้
    2.1 ถ้าน้ำเป็นด่างมากเกินไปให้ปรับค่า pH ด้วยกรดไนตริก หรือฟอสฟอริก ให้ค่า pH อยู่ระหว่าง 6.0-6.5 ปกติถ้าเราปลูกน้อยๆ น้ำประปา หรือน้ำสะอาดก็ปลูกได้แล้ว ไม่ต้องปรับค่า
    2.2 เติมไตรโดเดอม่าตามอัตราส่วนที่เหมาะสม สำหรับสำหรับสร้างความแข็งแรงให้รากพืช ต่อต้านโรครากเน่า โคนเน่า และส่งเสริมผักให้แข็งแรงดีมากๆ ถ้าไม่มีไม่ต้องใช้ก็ได้ สำหรับฟาร์มจะพ่นให้อาหารทางใบเป็นสารอะมิโนโปรตีน ด้วยทุกๆ 7 วัน และถ้าปลูกเยอะหน่อย ทุกๆ 7 วัน จะสลับกันพ่น EM ป้องกันโรคใบจุด EM ป้องกันเพลี้ย EM ป้องกันหนอน สลับกันไปป้องกันโรคพืชด้วยวิธีชีวภาพ

2.3 เติมธาตุอาหาร AB อัตราส่วน 5-8 cc ต่อน้ำ 1 ลิตร ให้ค่า EC อยู่ระหว่าง 1.2-1.8

**การผสมสารอาหาร A B**

1. ขั้นตอนการผสมสารอาหาร A และ B อย่างละลิตร โดยการหาขวดเปล่าที่บรรจุน้ำได้ประมาณ 1 ลิตร มา 2 ขวด
2. ใส่น้ำลงในขวดที่เตรียมไว้ ขวดละลิตร แยกเป็นสองขวด
3. เทสารอาหาร A ลงในขวดแรกและขวดที่ 2 ผสมสารอาหาร B แยกเป็น 2 ขวด ขวด A และขวด B เพียงเท่านี้เราก็จะได้สารอาหาร A B เอาไว้ใช้เลี้ยงผักกันแล้ว
4. ไซริงค์นำสารอาหารขึ้นมา 5 cc ต่อ น้ำ 1 ลิตร มีน้ำในถังเท่าไร ก็คูณเข้าไปได้เลย
5. คอยตรวจระดับน้ำและค่า EC ในถังอาหารพืช เติมไตรโคเดอร์ม่าลงถังสารอาหารอย่างน้อยสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ค่า EC จะวัดโดยใช้ EC มิเตอร์ ถ้าไม่มีให้ใช้วิธี การเปลี่ยนน้ำทุกๆ 7 วัน แล้วเติมอาหารตามข้อ 2.3

**คำแนะนำ**

ควรล้างทำความสะอาดแปลงอนุบาลหรือถาดขังน้ำสำหรับเพาะเมล็ดอย่างน้อยเดือนละ 1 ครั้ง ป้องกันโรคต่างๆ ของพืชด้วย

**ข้อสังเกต**

สำคัญ ถ้ามีแปลงปลูกว่างอยู่ให้ย้ายลงแปลงปลูกเมื่อต้นกล้าอายุได้ 14 วัน ไม่ควรปล่อยให้ผักอยู่ในแปลงอนุบาลเกิน 21 วัน เนื่องจากผักสลัดจะขยายออกทางแนวราบถ้าใบชนกันจะทำให้ผักยืด เสียทรงและใบน้อยไปเลย

**การปลูก อายุ 14-35 วัน**

เมื่อผักอายุได้ 14-21 วัน จึงย้ายลงแปลงปลูกขั้นตอนการเตรียมอาหาร เหมือนการอนุบาลเติมสารอาหาร ตามข้อ 2.3 เหมือนเดิม

**ข้อควรระวัง**

1. หมั่นตรวจระดับน้ำ และอาหาร เพราะต้นพืชจะขนาดใหญ่ขึ้น จะกินน้ำมากขึ้น

2. ไตรโคเดอร์ม่า ฉีดพ่น EM ป้องกันหนอน EM ป้องกันโรคใบจุด และ EM ป้องกันเพลี้ย สัปดาห์ละ 1 ครั้ง
3. ไม่ควรผสมสารอาหาร AB ไว้เป็นระยะเวลานาน หรือนำสารอาหารกลับมาใช้ใหม่ เพราะจะทำให้ประสิทธิภาพสารอาหารลดลง แม้ว่าค่า EC จะได้ตามที่พืชต้องการก็ตาม เนื่องจากสารอาหาร A และ สารอาหาร B ทำปฏิกิริยาเคมีกันกลายเป็นสารใหม่ที่พืชไม่สามารถนำไปใช้ได้ ส่วนอาหารทางใบเราจะวิธีฉีด อะมิโนโปรตีนอาทิตย์ละครั้งครับ ช่วยให้พืชเติบโตได้มากๆ

**การล้างสารอาหารตกค้าง อายุ 42 วัน**

เป็นการงดให้อาหารพืช เพื่อให้พืชนำสารอาหารที่สะสมตามใบมาใช้เพื่อลดปริมาณไนเตรทคงค้างให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อการรับประทาน การล้างสารอาหารตกค้างใช้เวลา 4-7 วัน ผักที่ไม่ผ่านกระบวนการล้างสารอาหารจะมีรสขมมาก กว่าปกติเยอะเลย ปกติผักจะไม่ค่อยขมนะครับ

**ข้อควรระวัง**

การล้างสารอาหารไม่ควรให้เกิน 7 วัน จะทำให้คุณภาพผักลดลง เพราะขาดสารอาหารพืชจะไม่สวยงาม พูดง่ายก็คือ จะเหลืองและอ่อนแอ

**เพิ่มเติม**

1. ในฤดูหนาว ผักจะเจริญเติบโตดีกว่ามากๆ เมื่อเทียบกับในฤดูร้อน เนื่องจากความเย็นในฤดูหนาวมีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของพืช ถ้าแดดดี และอากาศเย็นๆ หน่อยจะได้ผักสลัด 2-3 ต้นโล เลยทีเดียว
2. ถ้าอากาศอบอ้าวและร้อน แสงน้อย จะทำให้ผักยืดเร็วมากๆ สังเกต กรีนโอคจะยืดก่อนเพื่อนเลย
3. การใช้ตาข่ายกรองแสงควรอยู่ระหว่าง 50%-70% การใช้ตาข่ายกรองแสง 80% ขึ้นไปจะทำให้มีไนเตรทตกค้างมากขึ้น แสงรอดน้อย สังเคราะห์แสงได้ไม่ดี ผักจะยืดด้วย
4. ตาข่ายกรองแสงไม่ควรใช้สีเขียว เนื่องจากสีเขียวได้ดูดกลืนคลื่นแสงที่จำเป็นต่อพืชไป ผมใช้มาหลายเดือน ทำให้เกิดโรคเหี่ยวเขียวได้ง่าย

5. ความขมของผัก มีสาเหตุ 4 อย่าง หลักๆ คือ ชนิดผัก ล้างปุ๋ยไม่หมด ผักแก่เกินไป และอุณหภูมิอากาศที่ร้อนจัดมากๆ ผักสลัดเมืองหนาวพวกนี้มียาง เวลาอากาศร้อนยางออกเยอะทำให้ขมได้เหมือนกัน
6. การควบคุมโรคและแมลง ไตรโคเดอร์ม่ากันโรครากเน่า EM ชีวภาพสำหรับกำจัดหนอน EM ป้องกันโรคใบจุด, โรคไวรัส EM ป้องกันเพลี้ย เน้นเลยครับอยากให้ใช้ชีวภัณฑ์พวกนี้จะปลอดภัยทั้งผู้ปลูกและคนทานด้วย
7. ผักแต่ละชนิด อายุไม่เท่ากัน ถ้าต้องการปลูกบนแปลงเดียวกันและเก็บเกี่ยวพร้อมกัน ควรวางแผนจัดลำดับการเพาะเมล็ดให้ดี ตัวอย่างเช่น ผักสีเขียวจะอายุ 42 วัน แต่ผักสีแดงอาจจะ ถึง 47 วัน
8. ติดตั้งระบบพ่นหมอกช่วยลดความร้อนในแปลงผัก ถ้ามีงบประมาณหน่อย ก็ลงทุนเลย ระบบการระบายความร้อนให้บรรยากาศเย็น ผักเมืองหนาวพวกนี้ชอบมากๆ ยิ่งน้ำเย็น ผักก็จะเติบโตดี ไม่ค่อยเป็นโรคพืช
9. ระบบน้ำหมุนเวียนต้องเติมอากาศให้น้ำ เช่น เพิ่มระยะผ่านอากาศของน้ำที่ตกลงถัง การเพิ่มออกซิเจนลงในน้ำ

# บทที่ 4
# แนวคิดศูนย์เรียนรู้และถ่ายทอดการบริหารจัดการน้ำแบบใช้น้ำบำบัดแล้ว

## 4.1 แนวคิดศูนย์เรียนรู้และถ่ายทอดการบริหารจัดการน้ำแบบใช้น้ำบำบัดแล้ว

ปัจจุบันในพื้นที่ EEC มีโอกาสน้อยมากที่จะทำให้เกิดการพัฒนาแหล่งกักเก็บน้ำขึ้นใหม่ เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่เป็นอย่างมาก ทั้งการขยายตัวของชุมชนที่อยู่อาศัย การเติบโตของพื้นที่นิคมอุตสาหกรรม และการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่จากทำการเกษตรเป็นการพาณิชยกรรมต่างๆ เป็นต้น ดังนั้นการลดการใช้น้ำลง (Reduce) การนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ (Reuse) และการนำน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) จึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมกับสถานการณ์ในอนาคต

ทั้งนี้โครงการ “ศูนย์เรียนรู้และถ่ายทอดการบริหารจัดการน้ำแบบใช้น้ำบำบัดแล้ว” เป็นการผนวกเอาความคิดเรื่องการใช้ประโยชน์จากน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว มาเชื่อมกับการใช้ระบบฟาร์มพืชประหยัดน้ำที่มีการใช้ระบบ IoT มาสนับสนุนการจัดการ และถอดความรู้ที่ได้จากทั้งสองส่วนมาสร้างเป็นหลักสูตรสื่อการสอน และการอบรม เพื่อช่วยส่งเสริมแนวทางการใช้น้ำอย่างประหยัดที่มุ่งให้ความรู้กับกลุ่มเป้าหมาย 3 ระดับ คือ

1) ระดับนักเรียน (ชั้นประถมศึกษา – มัธยมศึกษา) เพื่อสร้างความสนใจและความตระหนักรู้เกี่ยวกับข้อจำกัดของน้ำ ความสำคัญของน้ำ และการใช้น้ำอย่างรู้คุณค่าโดยสอดแทรกผ่านสื่อการเรียนการสอนในบทเรียนที่เกี่ยวข้องในแต่ระดับการศึกษา

2) ระดับบุคคลทั่วไป เพื่อสร้างความสนใจผ่านต้นแบบระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ และโรงเรือนอัจฉริยะต้นแบบสำหรับการปลูกพืช โดยการใช้น้ำจากการบำบัดแล้วมาทำให้เกิดประโยชน์ หรือนิทรรศการถาวรของโครงการฯ ที่จะดำเนินการในอนาคต ซึ่งแสดงข้อมูลการเกิดขึ้นปัญหาน้ำเสียพร้อมการจัดการน้ำเสียเพื่อการนำกลับมาใช้ใหม่ และการเกษตรที่ใช้ระบบฟาร์มที่ประหยัดน้ำโดยใช้เทคโนโลยี IoT

3) ระดับผู้สนใจ ในระดับนี้จะแบ่งผู้สนใจออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มผู้สนใจในการทำระบบบำบัดน้ำเสีย และ/หรือ การปลูกพืชที่บ้าน หรือที่หน่วยงานธุรกิจของตน ทั้งในระดับกิจการขนาดเล็กและ/หรือขนาดกลางและกลุ่มผู้มีความสนใจในการจัดการน้ำเสีย และ/หรือ การเกษตรสมัยใหม่ อาจเป็นเกษตรกรหรือบุคคลที่เกี่ยวข้องซึ่งต้องการใช้เทคโนโลยี IoT มาช่วยในการจัดการ

โครงการได้พัฒนาต้นแบบระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ และโรงเรือนอัจฉริยะต้นแบบสำหรับการปลูกพืช เพื่อใช้เป็นแหล่งเรียนรู้ และถ่ายทอดองค์ความรู้ โดยเน้นการให้ความรู้ผ่าน

การเยี่ยมชม สื่อการสอนหลักสูตรอบรมและกิจกรรมการทดลองลงมือปฏิบัติ เพื่อการสร้างความเข้าใจให้ตรงกับความต้องการเรียนรู้ของแต่ละกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งคาดว่าจะสามารถทำให้ผู้ที่สนใจเข้าใจถึงปัญหา วิธีการแก้ไขปัญหา และตระหนักรู้ถึงการใช้น้ำอย่างรู้คุณค่า

### 4.1.1 รายละเอียดหลักสูตรการอบรมภาคทฤษฎี

**รายละเอียดของหลักสูตรการอบรมภาคทฤษฎี**

**ผู้รับผิดชอบ** โครงการ “ศูนย์เรียนรู้และถ่ายทอดการบริหารจัดการน้ำแบบใช้น้ำบำบัดแล้ว”

**หลักสูตรการอบรม** ภาคทฤษฎี

**ข้อมูลทั่วไป**

**ชื่อหลักสูตรการอบรม** การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Soilless Culture)

**จำนวนชั่วโมงการอบรม** 6 ชั่วโมง

**จุดประสงค์ในการพัฒนาหลักสูตรการอบรม**

โครงการฯ พัฒนาต้นแบบระบบบำบัดน้ำเสียจากอาคาร (โดยเลือกใช้อาคารที่มีลักษณะเป็นสำนักงานและห้องเรียน) และพัฒนาต้นแบบฟาร์มเพาะปลูกพืชในรูปแบบการประหยัดน้ำ โดยติดตั้งระบบควบคุมด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตแห่งสรรพสิ่ง (Internet of Things หรือ IoT) โดยมีจุดประสงค์ดังนี้

1) เพื่อช่วยสนับสนุนการบริหารจัดการระบบบำบัดน้ำเสียจากอาคาร และการเพาะปลูกในฟาร์มพืช
2) เพื่อใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการทำงานด้านการใช้น้ำ การประหยัดน้ำ และการใช้น้ำอย่างรู้คุณค่า
3) สร้างความตระหนักรู้ถึงคุณค่าของทรัพยากรน้ำ

**รายละเอียดโดยย่อของหลักสูตร**

สำหรับหลักสูตรการอบรม การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Soilless Culture) เป็นส่วนที่ให้ผู้เข้าอบรมมีความรู้เกี่ยวกับระบบการปลูกพืชแบบต่างๆ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชการปลูกพืชโดยไม่ใช่ดิน เมล็ดพันธุ์ ปุ๋ย (ธาตุอาหารพืช) วัสดุและอุปกรณ์ โรคและศัตรูพืช โรงเรือน การเตรียมต้นกล้า การอนุบาล การเก็บเกี่ยวผลผลิต การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต รวมทั้งนำเครื่องมือ อุปกรณ์ และเทคโนโลยีที่เหมาะสมมาใช้งาน

## จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

### จุดมุ่งหมายของหลักสูตรการอบรม

1) ผู้เข้าร่วมการอบรมสามารถอธิบายรายละเอียดของระบบการปลูกพืชแบบต่างๆ ได้
2) ผู้เข้าร่วมการอบรมสามารถระบุปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชได้
3) ผู้เข้าร่วมการอบรมสามารถอธิบายรายละเอียดการปลูกพืชโดยไม่ใช่ดิน
4) ผู้เข้าร่วมการอบรมสามารถยกตัวอย่างวิธีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต
5) ผู้เข้าร่วมการอบรมสามารถยกตัวอย่างเทคโนโลยีที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้งาน

## ลักษณะและการดำเนินการ

### คำอธิบายหลักสูตรการอบรม

ระบบการปลูกพืชแบบต่างๆ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชการปลูกพืชโดยไม่ใช่ดิน เมล็ดพันธุ์ ปุ๋ย (ธาตุอาหารพืช) วัสดุและอุปกรณ์ โรคและศัตรูพืช โรงเรือน การเตรียมต้นกล้า การอนุบาล การดูแลในแต่ละช่วงเวลา การเก็บเกี่ยวผลผลิต การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต รวมทั้งนำเครื่องมือ อุปกรณ์ และเทคโนโลยีที่เหมาะสมมาใช้งาน

### แผนการอบรม

| ลำดับ | หัวข้อ/รายละเอียด | จำนวนชั่วโมง | กิจกรรมการอบรม/สื่อที่ใช้ |
|---|---|---|---|
| 1 | ระบบการปลูกพืชแบบต่างๆ | 1 | บรรยายพร้อมยกตัวอย่างประกอบอภิปราย ซักถาม/เอกสารการบรรยาย |
| 2 | ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช | 1 | บรรยายพร้อมยกตัวอย่างประกอบอภิปราย ซักถาม/เอกสารการบรรยาย |
| 3 | การปลูกพืชโดยไม่ใช่ดิน เมล็ดพันธุ์ ปุ๋ย (ธาตุอาหารพืช) วัสดุและอุปกรณ์ โรคและศัตรูพืช โรงเรือน | 1 | บรรยายพร้อมยกตัวอย่างประกอบอภิปราย ซักถาม/เอกสารการบรรยาย |
| 4 | การเตรียมต้นกล้า การอนุบาลการดูแลในแต่ละช่วงเวลา | 1 | บรรยายพร้อมยกตัวอย่างประกอบอภิปราย ซักถาม/เอกสารการ |

| ลำดับ | หัวข้อ/รายละเอียด | จำนวนชั่วโมง | กิจกรรมการอบรม/สื่อที่ใช้ |
|---|---|---|---|
| | | | บรรยาย |
| 5 | การเก็บเกี่ยวผลผลิต การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต | 1 | บรรยายพร้อมยกตัวอย่างประกอบอภิปราย ซักถาม/เอกสารการบรรยาย |
| 6 | การนำเครื่องมือ อุปกรณ์ และเทคโนโลยีที่เหมาะสมมาใช้งาน | 1 | บรรยายพร้อมยกตัวอย่างประกอบอภิปราย ซักถาม/เอกสารการบรรยาย |

**หมายเหตุ** ผู้สอน คือ เจ้าหน้าที่โครงการศูนย์เรียนรู้ฯ หรือผู้ทรงคุณวุฒิ

## ทรัพยากรประกอบการอบรม

**ตำราหรือเอกสารอ้างอิง**


ดิเรก ทองอร่าม. (2550). การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน : หลักการจัดการการผลิตและเทคโนโลยีการผลิตเชิงธุรกิจในประเทศ. พิมพ์ดีการพิมพ์.

นพดล เรียบเลิศหิรัญ. (2550). *การปลูกพืชไร้ดิน*.สุวีริยาสาส์น.

มนูญ ศิรินุพงศ์. (2556). *การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในประเทศไทย.*วารสารเคหการเกษตร.

โสระยา ร่วมรังษี. (2544). *การผลิตพืชสวนแบบไม่ใช้ดิน*. โอเดียนสโตร์.

อานัฐ ตันโช. (2555). *คู่มือการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน.*ศูนย์หนังสือ สวทช.

Jensen, M. H. &Malter A., J. (1995). Protected AgricultureA Global Review. World Bank technical paper.

Muckle, M. E.(2004). *Hydroponic Nutrients: Easy Ways to Make Your Own*. Growers Press Inc.

Raviv, M., Lieth J. H., & Bar-Tal A. (Eds.). (2019). *Soilless culture: Theory and practice: Theory and practice*. Elsevier.

Resh, H. M. (2012). *Hydroponic food production: a definitive guidebook for the advanced home gardener and the commercial hydroponic grower*. CRC Press.

**เอกสารหรือข้อมูลเพิ่มเติม**

ยงยุทธ เจียมไชยศรี. (2550). ความปลอดภัยในการบริโภคผักไม่ใช้ดินข้อเท็จจริงที่คุณควรรู้. *วารสารเคหการเกษตร*.31(2). 170-174.

วรรณภา เสนาดี. (2558) ชุมชนผักไฮโดรโพนิกส์ SME ที่เขาค้อ...แหล่งผลิตใหญ่ที่สุดในประเทศไทย (ตอน 1). *วารสารเคหการเกษตร*. 39(12). 136-141.

วรรณภา เสนาดี. (2559). ชุมชนผักไฮโดรโพนิกส์ SME ที่เขาค้อ...แหล่งผลิตใหญ่ที่สุดในประเทศไทย (ตอนจบ). *วารสารเคหการเกษตร*. 40(1). 172-176.

### 4.1.2 รายละเอียดหลักสูตรการอบรมภาคปฏิบัติการ

**ผู้รับผิดชอบ** โครงการ “ศูนย์เรียนรู้และถ่ายทอดการบริหารจัดการน้ำแบบใช้น้ำบำบัดแล้ว”

**หลักสูตรการอบรม** ปฏิบัติการ

**ข้อมูลทั่วไป**

**ชื่อหลักสูตรการอบรม** การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Soilless Culture)

**จำนวนชั่วโมงการอบรม** 12 ชั่วโมง

**จุดประสงค์ในการพัฒนาหลักสูตรการอบรม**

โครงการฯ พัฒนาต้นแบบระบบบำบัดน้ำเสียจากอาคาร (โดยเลือกใช้อาคารที่มีลักษณะเป็นสำนักงานและห้องเรียน) และพัฒนาต้นแบบฟาร์มเพาะปลูกพืชในรูปแบบการประหยัดน้ำ โดยติดตั้งระบบควบคุมด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตแห่งสรรพสิ่ง (Internet of Things หรือ IoT) โดยมีจุดประสงค์ดังนี้

1) เพื่อช่วยสนับสนุนการบริหารจัดการระบบบำบัดน้ำเสียจากอาคาร และการเพาะปลูกในฟาร์มพืช

2) เพื่อใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการทำงานด้านการใช้น้ำ การประหยัดน้ำ และการใช้น้ำอย่างรู้คุณค่า

3) สร้างความตระหนักรู้ถึงคุณค่าของทรัพยากรน้ำ

**รายละเอียดโดยย่อของหลักสูตร**

สำหรับหลักสูตรการอบรม การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Soilless Culture) เป็นส่วนที่ให้ผู้เข้าอบรมมีความรู้และทักษะเบื้องต้นเกี่ยวกับการปลูกพืชแบบต่างๆ การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน การเพาะเมล็ดพันธุ์ การให้ปุ๋ย (ธาตุอาหารพืช) การเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์ การตรวจหาโรคและศัตรูพืช การเลือกใช้วิธีการกำจัดโรคแมลงและศัตรูพืช การวางแผนและการเตรียมต้นกล้า การอนุบาลต้นกล้าการปลูกและสังเกตการเจริญเติบโต การเก็บเกี่ยวผลผลิต การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต การเลือกใช้เครื่องมือ อุปกรณ์และเทคโนโลยีที่เหมาะสมมาใช้งาน

## จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

**จุดมุ่งหมายของหลักสูตรการอบรม**

1) ผู้เข้าร่วมการอบรมมีความรู้และทักษะในการปลูกพืชแบบต่างๆ การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน การเพาะเมล็ดพันธุ์

2) ผู้เข้าร่วมการอบรมมีความรู้และความเข้าใจสำหรับการให้ปุ๋ย (ธาตุอาหารพืช) การเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์

3) ผู้เข้าร่วมการอบรมมีความรู้และความสามารถในการตรวจหาโรคและศัตรูพืช การเลือกใช้วิธีการกำจัดโรคแมลงและศัตรูพืช

4) ผู้เข้าร่วมการอบรมมีความรู้และความเข้าใจในการจัดการโรงเรือนการวางแผน และการเตรียมต้นกล้า การอนุบาลต้นกล้า

5) ผู้เข้าร่วมการอบรมมีความรู้และทักษะในการปลูกและสังเกตการเจริญเติบโตการเก็บเกี่ยวผลผลิต การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต

6) ผู้เข้าร่วมการอบรมมีความรู้และสามารถระบุการเลือกใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ และเทคโนโลยีที่เหมาะสมมาใช้งาน

## ลักษณะและการดำเนินการ

**คำอธิบายหลักสูตรการอบรม**

ระบบการปลูกพืชแบบต่างๆ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน เมล็ดพันธุ์ ปุ๋ย (ธาตุอาหารพืช) วัสดุและอุปกรณ์ โรคและศัตรูพืช โรงเรือน การเตรียมต้นกล้า การอนุบาล

การดูแลในแต่ละช่วงเวลา การเก็บเกี่ยวผลผลิต การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต รวมทั้งนำเครื่องมือ อุปกรณ์ และเทคโนโลยีที่เหมาะสมมาใช้งาน

**แผนการอบรม**

| ลำดับ | หัวข้อ/รายละเอียด | จำนวนชั่วโมง | กิจกรรมการอบรม/สื่อที่ใช้ |
|---|---|---|---|
| 1 | การปลูกพืชแบบต่างๆ การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน การเพาะเมล็ดพันธุ์ | 2 | บรรยายพร้อมปฏิบัติการ อภิปราย ซักถาม/เอกสารการบรรยาย การปฏิบัติในศูนย์เรียนรู้ฯ |
| 2 | การให้ปุ๋ย (ธาตุอาหารพืช) การเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์ | 2 | บรรยายพร้อมปฏิบัติการ อภิปราย ซักถาม/เอกสารการบรรยาย การปฏิบัติในศูนย์เรียนรู้ฯ |
| 3 | การตรวจหาโรคและศัตรูพืช การเลือกใช้วิธีการกำจัดโรคแมลงและศัตรูพืช | 2 | บรรยายพร้อมปฏิบัติการ อภิปราย ซักถาม/เอกสารการบรรยาย การปฏิบัติในศูนย์เรียนรู้ฯ |
| 4 | การจัดการโรงเรือน การวางแผนและการเตรียมต้นกล้า การอนุบาลต้นกล้า | 2 | บรรยายพร้อมปฏิบัติการ อภิปราย ซักถาม/เอกสารการบรรยาย การปฏิบัติในศูนย์เรียนรู้ฯ |
| 5 | การปลูกและสังเกตการเจริญเติบโต การเก็บเกี่ยวผลผลิต การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต | 2 | บรรยายพร้อมปฏิบัติการ อภิปราย ซักถาม/เอกสารการบรรยาย การปฏิบัติในศูนย์เรียนรู้ฯ |
| 6 | การเลือกใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ และเทคโนโลยีที่เหมาะสมมาใช้งาน | 2 | บรรยายพร้อมปฏิบัติการ อภิปราย ซักถาม/เอกสารการบรรยาย การปฏิบัติในศูนย์เรียนรู้ฯ |

**หมายเหตุ** ผู้สอน คือ เจ้าหน้าที่โครงการศูนย์เรียนรู้ฯ หรือผู้ทรงคุณวุฒิ

## ทรัพยากรประกอบการอบรม

### ตำราหรือเอกสารอ้างอิง


ดิเรก ทองอร่าม. (2550). การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน : หลักการจัดการการผลิตและเทคโนโลยีการผลิตเชิงธุรกิจในประเทศ. พิมพ์ดีการพิมพ์.

นพดล เรียบเลิศหิรัญ. (2550). *การปลูกพืชไร้ดิน*.สุวีริยาสาส์น.

มนูญ ศิรินุพงศ์. (2556). *การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในประเทศไทย.*วารสารเคหการเกษตร.

โสระยา ร่วมรังษี. (2544). *การผลิตพืชสวนแบบไม่ใช้ดิน*. โอเดียนสโตร์.

อานัฐ ตันโช. (2555). *คู่มือการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน.*ศูนย์หนังสือ สวทช.

Jensen, M. H. &Malter A., J. (1995). Protected AgricultureA Global Review. World Bank technical paper.

Muckle, M. E.(2004). *Hydroponic Nutrients: Easy Ways to Make Your Own*. Growers Press Inc.

Raviv, M., Lieth J. H., & Bar-Tal A. (Eds.). (2019). *Soilless culture: Theory and practice: Theory and practice*. Elsevier.

Resh, H. M. (2012). *Hydroponic food production: a definitive guidebook for the advanced home gardener and the commercial hydroponic grower*. CRC Press.


### เอกสารหรือข้อมูลเพิ่มเติม


ยงยุทธ เจียมไชยศรี. (2550). ความปลอดภัยในการบริโภคผักไม่ใช้ดินข้อเท็จจริงที่คุณควรรู้.*วารสารเคหการเกษตร*.31(2). 170-174.

วรรณภา เสนาดี. (2558). ชุมชนผักไฮโดรโพนิกส์ SME ที่เขาค้อ...แหล่งผลิตใหญ่ที่สุดในประเทศไทย (ตอน 1).*วารสารเคหการเกษตร*. 39(12). 136-141.

วรรณภา เสนาดี. (2559). ชุมชนผักไฮโดรโพนิกส์ SME ที่เขาค้อ...แหล่งผลิตใหญ่ที่สุดในประเทศไทย (ตอนจบ). *วารสารเคหการเกษตร*. 40(1). 172-176.

## 4.2 ประเด็นความเห็นของคณะกรรมการและผู้ทรงคุณวุฒิต่อโครงการฯ

คณะกรรมการและผู้ทรงคุณวุฒิ มีความเห็นให้โครงการฯ นำประเด็นต่างๆ เหล่านี้ไปพิจารณา

**ข้อคิดเห็นต่อการดำเนินงานวิจัย**

1) วิธีการจัดการโครงการฯ ในระยะยาว

2) เทคโนโลยีที่จะถ่ายทอด และผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี

3) ยังไม่มีความชัดเจนในเรื่องรูปแบบ แนวคิด และผลงานที่ดำเนินการ

4) ควรพิจารณาถึงความยั่งยืนของศูนย์การเรียนรู้ฯ ในแง่ของรายได้ จากการนำผลผลิตจากการนำน้ำไปใช้ประโยชน์และความต้องการของตลาด

**ข้อเสนอแนะเพื่อเชื่อมโยงงานวิจัยนี้ต่อจากงานที่กำลังดำเนินการอยู่**

การนำโครงการฯ ไปเชื่อมโยงกับภาคเอกชน (ผู้ซื้อผลิตภัณฑ์หรืออุปกรณ์) เพื่อให้เกิดความร่วมมือระหว่างกัน

**ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ต่อไปในอนาคต**

ส่งเสริมให้นำผลลัพธ์ของโครงการฯ ไปถ่ายทอดต่อให้หน่วยงานรัฐ และภาคเอกชน เพื่อใช้เป็นแนวทางการใช้น้ำในโรงงานอุตสาหกรรมและครัวเรือนในอนาคต

**ข้อคิดเห็นต่อการดำเนินงานวิจัยจากผู้ทรงคุณวุฒิ ในการประเมินเอกสารโครงการวิจัย**

1) การศึกษาที่ผ่านมาเน้นเรื่อง Hardware การก่อสร้างระบบต่างๆ จนอาจทำให้การดูแลเรื่อง Software การเตรียมการฝึกอบรม การสรรหาผู้เข้าอบรมทั้งนักเรียน นักศึกษา และสาธารณชน ขาดการเตรียมการ ทั้งๆ ที่ทั้งสองส่วนนั้นมีความสำคัญไม่น้อยไปกว่ากัน หากเป็นเช่นนี้ โครงการวิจัยอาจบรรลุวัตถุประสงค์ด้านระบบบำบัดเป็นหลัก ส่วนด้านการฝึกอบรมอาจไม่ได้ผลตามที่ต้องการ การนำไปขยายผลต่อสาธารณชนอาจไม่บรรลุผล

2) โครงการล่าช้ากว่าแผนมาก จากการที่มีการเสนอโครงการวิจัยโดยขาดการเตรียมการหรือการศึกษาด้านการปฏิบัติจริง ทั้งในเรื่องของความพร้อมของพื้นที่ การได้มาของพื้นที่ ตลอดจนกระบวน/ขั้นตอนการก่อสร้างที่ต้องการเวลาในการดำเนินการ

3) โครงการฯ สามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้ด้วยการเพิ่มจำนวนนักวิจัย

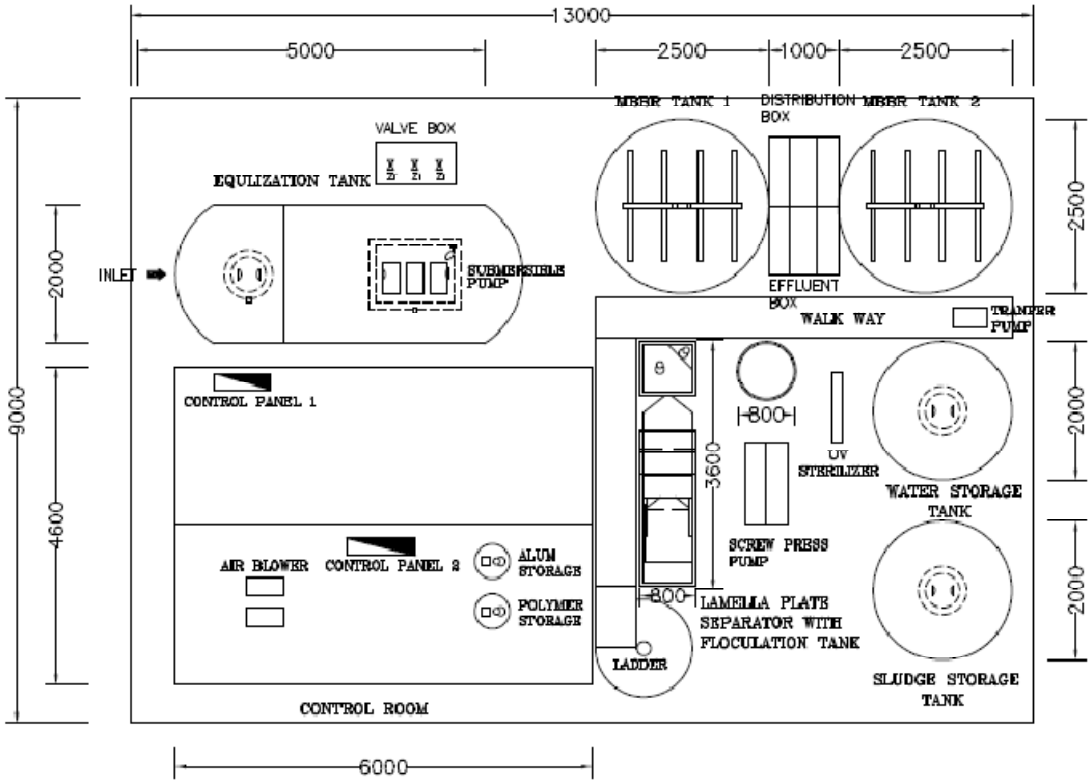
4) โครงการฯ อาจไม่ยั่งยืน เนื่องจากขาดความชัดเจนในเรื่องของบุคลากรที่จะดำเนินโครงการต่อเนื่องหลังจากสิ้นสุดโครงการวิจัย ตลอดจนขาดการวิเคราะห์ วางแผนด้านการหารายได้เข้าโครงการ

5) โครงการฯ ควรมีการจัดทำรูปแบบทางธุรกิจ (Business model) ให้ชัดเจน และเตรียมการด้านองค์กรที่จะเข้ามาดูแลรับมอบต่อไป

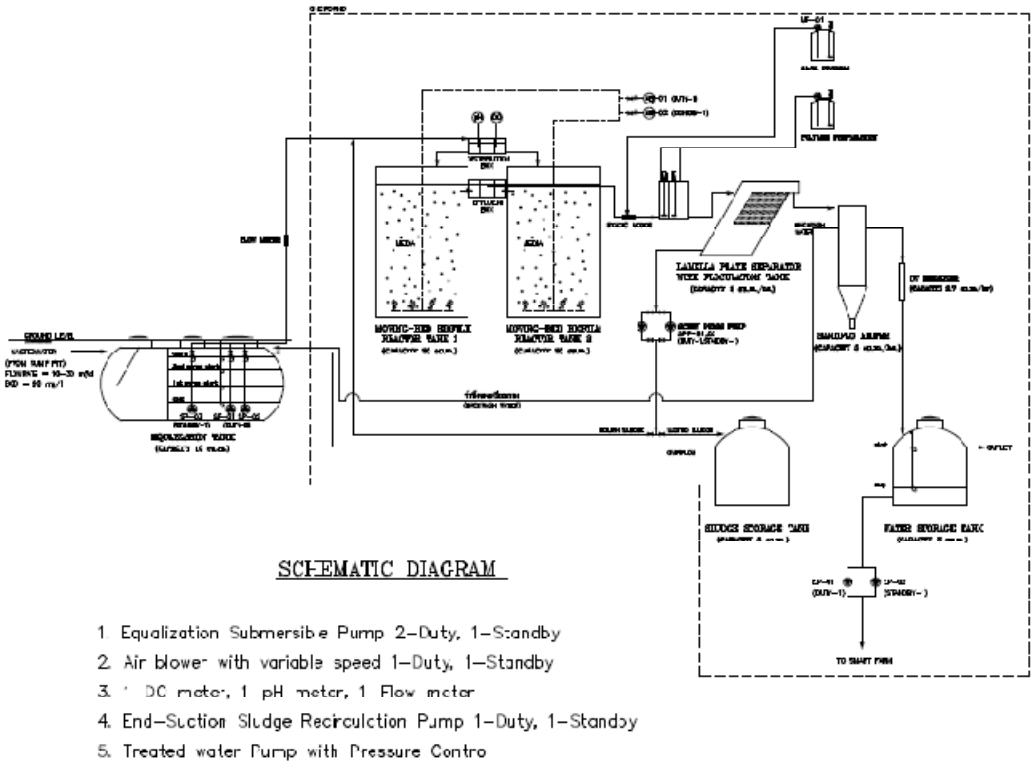
## 4.3 ข้อพิจารณาของโครงการฯ

โครงการฯ ได้นำประเด็นข้างต้นมาพิจารณาและดำเนินการจัดการ เช่น ขณะนี้โครงการฯ พิจารณาร่วมกับผู้เชี่ยวชาญด้านระบบบำบัดน้ำ บริษัท อมตะ วอเตอร์ จำกัด (บริษัทย่อยในกลุ่ม บมจ. อมตะ คอร์ปอเรชัน) เห็นควรว่า เพื่อให้การดำเนินงานของโครงการฯ เกิดประสิทธิภาพสูงสุด เนื่องจากสิ่งที่โครงการฯ ต้องการ คือ การนำน้ำที่ผ่านระบบบำบัดแล้วไปใช้ประโยชน์ด้านการเกษตรด้วยระบบเกษตรสมัยใหม่ หรือสมาร์ทฟาร์ม (Smart Farm) และการถ่ายทอดเทคโนโลยีของศูนย์การเรียนรู้ฯ ที่จะจัดตั้งขึ้น อีกทั้งค่าบำรุงรักษาระบบเป็นปัจจัยที่สำคัญในการดำเนินงานของโครงการฯ

โครงการฯ จึงให้พิจารณาบริษัทที่มีความเหมาะสมต่อการดำเนินงานมากที่สุดซึ่งได้แก่ บริษัท อาควา นิชิฮาร่า คอร์ปอเรชั่น จำกัด โดยระบบบำบัดน้ำเสียจะวิธีการบำบัดในตัวกลางเคลื่อนที่ควบคู่กับการกรองแบบต่อเนื่อง (Moving Bed Biological Reactor with Continuous Sand Filter หรือ MBBR-CF) ซึ่งมีประสิทธิภาพดี เหมาะสมต่อการใช้งาน และมีต้นทุนการบำรุงรักษาต่ำ และบริษัท อาควา นิชิฮาร่า คอร์ปอเรชั่น จำกัด จะสนับสนุนการดำเนินงานของศูนย์การเรียนรู้ฯ ในด้านการอบรมถ่ายเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียในระดับต่างๆ ให้กับผู้สนใจในทุกระดับ โดยจะให้การสนับสนุนทั้งองค์ความรู้ และวิทยากรเมื่อต้นทุนการบำรุงรักษาของโครงการฯ ลดลงจากเดิม ทำให้ภาระเรื่องจากจัดหารายได้มาดำเนินงานก็ลดความกดดันลงส่งผลให้การดำเนินงาน และรูปแบบทางธุรกิจของโครงการฯ มีความเป็นไปได้มากขึ้น



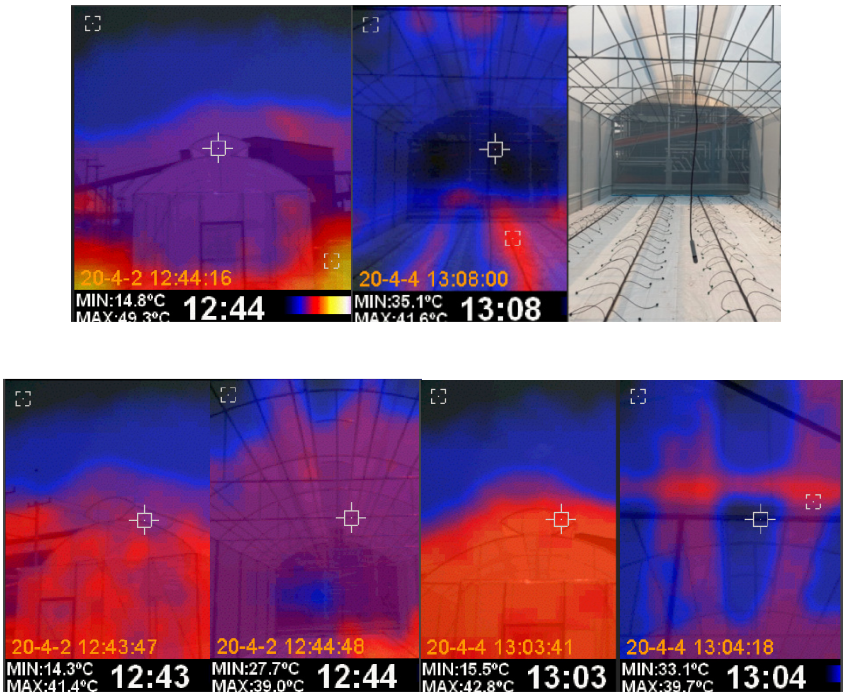

**รูปที่ 4.3-1** แปลนระบบบำบัดน้ำเสีย




**รูปที่ 4.3-2** รูปตัดแสดงรายละเอียดระบบบำบัดน้ำเสีย

โครงการฯ พิจารณาให้ บริษัท เอสพีสมาร์ทแพลนท์ จำกัด เป็นผู้ดำเนินการในส่วนของโรงเรือนอัจฉริยะต้นแบบสำหรับการปลูกพืช โดยบริษัท เอสพีสมาร์ทแพลนท์ จำกัด เป็นบริษัทที่มีความเชี่ยวชาญด้านการทำโรงเรือนสำหรับการปลูกพืช โดยนำเทคโนโลยี IoT เข้ามาช่วยในการควบคุม บริษัทฯ ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล (DEPA) และสำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (NIA) ในการส่งเสริมให้เป็นบริษัท Startup ด้านการเกษตรสมัยใหม่ โดยบริษัทฯ ก่อตั้งมาแล้วเป็นระยะเวลา 3 ปี บริษัทฯ ได้นำเทคโนโลยีและองค์ความรู้ด้านการสร้างโรงเรือนสำหรับการเกษตรสมัยใหม่ไม่น้อยกว่า 17 โครงการ ทำให้มีความเชี่ยวชาญ และเข้าใจถึงปัญหาของโรงเรือนประเภทสมาร์ทฟาร์มเป็นอย่างดี มีการพัฒนาฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์เกี่ยวกับ IoT สำหรับการบริหารจัดการในระดับธุรกิจ ซึ่งฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์ที่ใช้มีคุณภาพอยู่ในระดับอุตสาหกรรม จึงทำให้มีความมั่นใจในระบบ และระบบที่ใช้มีความยืดหยุ่นปรับเปลี่ยนได้ เพื่อให้เหมาะสมกับการปลูกพืชได้หลายประเภท ซึ่งองค์ความรู้และการถ่ายทอดเทคโนโลยีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องนั้น บริษัทฯ จะร่วมดำเนินการเพื่อขยายผลการส่งเสริมการเกษตรสมัยใหม่

**รูปที่ 4.3-3** รูปตัวอย่างโรงเรือนสมาร์มฟาร์ม




**รูปที่ 4.3-4** รูปตัวอย่างการตรวจวัดอุณหภูมิในโรงเรือน

**รูปที่ 4.3-5** ตัวอย่างส่วนติดต่อระบบสั่งการอุปกรณ์ควบคุม

**รูปที่ 4.3-6** ตัวอย่างอุปกรณ์ควบคุม

นอกจากระบบฟาร์มแล้วทางโครงการฯ อยู่ระหว่างการคัดเลือกว่าจ้างผู้ดูแลการปลูกพืชที่มีความเชี่ยวชาญในการปลูกและดูแลพืชระบบฟาร์ม ซึ่งมาเป็นวิทยากรในการถ่ายทอดความรู้แก่โครงการฯ ในช่วงเริ่มต้นของการดำเนินงาน โดยขณะนี้โครงการฯ อยู่ในช่วงการประสานงานขั้นสุดท้ายเพื่อให้มีผู้รับจ้างนั้นเข้าใจถึงวัตถุประสงค์ของโครงการฯ ในการเผยแพร่องค์ความรู้ให้กับผู้สนใจในทุกระดับ เพื่อให้มั่นใจได้ว่าผู้รับจ้างยินดีมอบความรู้ และถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่โครงการฯ เพื่อให้โครงการฯ สามารถพัฒนาหลักสูตรและการอบรมขึ้นได้จริง

**รูปที่ 4.3-7** ภาพตัวอย่างการปลูกพืชในระบบสมาร์ทฟาร์ม

จากผู้เกี่ยวข้องทั้งหมดนี้ ทำให้โครงการฯ มีความมั่นใจว่าการพัฒนาหลักสูตร, สื่อการสอน และการอบรมนั้นจะเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ภายหลังจากการได้รับการอนุมัติงบประมาณ ทางผู้เกี่ยวข้องพร้อมที่จะช่วยทางโครงการในการพัฒนาเนื้อหาดังกล่าวให้พร้อมสำหรับการเปิดตัว “ศูนย์เรียนรู้และถ่ายทอดการบริหารจัดการน้ำแบบใช้น้ำบำบัดแล้ว” ให้พร้อมสำหรับการถ่ายทอดและฝึกอบรมในระยะต่อไป

**4.4 ข้อสังเกตของโครงการฯ**

1. โดยปกติการใช้ระบบบำบัดเพื่อนำน้ำกลับมาใช้ใหม่นั้นดำเนินการโดยโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้นั้นมีมูลค่ามากกว่าการลงทุนระบบบำบัดน้ำทั้งในด้านปริมาณน้ำที่จำนวนมาก ช่วงเวลาของความต้องการน้ำ การนำน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ซึ่งทำให้การบำบัดน้ำเสียในโรงงานอุตสาหกรรมไม่มีปัญหาในด้านค่าดูแลบำรุงรักษาระบบ ต่างจากแนวคิดของโครงการฯ ที่ตั้งอยู่ในโรงเรียน และนำน้ำที่ผ่านการบำบัดกลับมาใช้เป็นแหล่งน้ำหลักของด้านการเกษตร

2. การนำน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับมาใช้หมด หรือเป็นน้ำต้นทุนหลักเพื่อการเกษตรอาจไม่เหมาะสม ถ้าปริมาณน้ำในพื้นที่ไม่ได้ขาดแคลนอย่างมาก เช่น พื้นที่แห้งแล้งทุรกันดาร หรือเกาะซึ่งต้นทุนจัดหาน้ำใต้ดิน หรือการผลิตน้ำจากน้ำทะเล เพื่อการอุปโภค-บริโภคมีราคาสูงมาก เป็นต้น แต่ทั้งนี้ก็ยังมีความจำเป็นต้องศึกษาทางเลือกนี้เพื่อเป็นทางออกยามวิกฤติ โดยเฉพาะพื้นที่ภาคตะวันออกที่มีการใช้น้ำภาคครัวเรือนและบริการสูงขึ้นตามลำดับ

3. แนวคิดการใช้น้ำเพื่อการเกษตรแบบสมาร์ทฟาร์มมีความได้เปรียบเมื่อเทียบกับการเกษตรแบบเดิมในด้านอัตราใช้น้ำที่น้อยกว่าเดิมต่อผลผลิตที่ได้เท่าเดิม และมีการสูญเสียน้ำสู่สภาพแวดล้อมที่น้อยจึงเป็นแนวคิดที่ดีในการประหยัดน้ำเพื่อการเกษตร แต่ยังมีข้อจำกัดที่ต้องนำมาพิจารณาคือความเชื่อมั่นต่อผลผลิตที่ได้จากการนำน้ำที่ผ่านการบำบัดกลับมาใช้เพาะปลูกพืชโดยตรง ซึ่งมีผลต่อความรู้สึกมาก หากโครงการฯ เลือกใช้วิธีนี้ อาจต้องลงทุนในการสร้างความมั่นใจมากกว่าการลงทุนในการเพาะปลูกพืชก็เป็นได้

4. นอกจากแนวความคิดการใช้น้ำที่ผ่านการบำบัดเป็นแหล่งน้ำหลักสำหรับการเพาะปลูกพืชแล้ว เรายังสามารถใช้น้ำที่ผ่านการบำบัดเป็นแหล่งน้ำรองในการสนับสนุน เพื่อเป็นทางเลือก และ/หรือสามารถใช้ในกิจกรรมการเกษตรอื่นๆ ที่ลดการสัมผัสกับผลผลิตโดยตรง เช่น การใช้เสริมในระบบน้ำหยดผ่านดินเป็นตัวกลาง, การใช้เพื่อลดอุณหภูมิในโรงเรือน, การใช้สำหรับเพิ่มความชื้นในโรงเรือน เป็นต้น ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้เป็นกิจกรรมทางการเกษตร และช่วยให้หลีกเลี่ยงการสัมผัสผลผลิตบริโภคโดยตรง

5. แม้ระบบการเกษตรจะมีความทันสมัยเพียงใด แต่ความเข้าใจพืชในฐานะเกษตรกรก็ยังมีความจำเป็น เนื่องจากพืชเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีความอ่อนไหว เช่น การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ ช่วงจังหวะเวลาการเติบโตของพืชแต่ละชนิด การเตรียมการเพาะปลูก โรคพืชแมลง เป็นต้น ซึ่งระบบตรวจจับต่างๆ ซึ่งมีความสามารถอาจไม่สามารถเข้าใจถึงสิ่งดังกล่าวได้ ดังนั้นความรู้ความเชี่ยวชาญของเกษตรกรจะช่วยส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพผลผลิตได้ดีขึ้น และสร้างความแตกต่างให้เกิดขึ้นจากผลผลิตทั่วๆ ไป

**4.5 สรุปผลการอบรมของโครงการ**

ในโครงการได้พัฒนาระบบอาคารบำบัดและระบบฟาร์มพืชขึ้นเพื่อใช้เป็นสื่อในการอบรมเพื่อสร้างการเรียนรู้และเผยแพร่ความรู้ที่ได้ต่อผู้สนใจและสาธารณะ ทั้งนี้เนื่องจากระบบที่พร้อมสำหรับการอบรมในโครงการมีเพียงระบบฟาร์มพืช เพราะระบบบำบัดกำลังอยู่ระหว่างการติดตั้งระบบไฟฟ้าและปรับปรุงสถานที่ติดตั้งทำให้ยังไม่สามารถดำเนินการอบรมในส่วนนี้ได้อย่างเต็มรูปแบบ ทำให้ทางโครงการได้จัดอบรมการปลูกพืชด้วยระบบฟาร์มพืชเพื่อที่ให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของโครงการที่ต้องการเป็นศูนย์เรียนรู้ฯ โดยการอบรมการเพราะปลูกระบบฟาร์มพืชเป็นการอบรมร่วมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ เนื่องจากทางที่ปรึกษาโครงการและผู้เชี่ยวชาญที่โครงการได้เชิญมาเป็นวิทยากรให้ความเห็นว่าการเพาะปลูกระบบฟาร์มจำเป็นต้องทำการอบรมในลักษณะดังกล่าว เพื่อสร้างความเข้าใจและสามารถนำไปปฏิบัติได้จริงและเป็นแนวทางที่วิทยากรใช้มามากกว่า 10 ปี รวมถึงการที่ให้ผู้เข้าอบรมได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมของฟาร์มจะทำให้ผู้เข้าอบรมมีความผูกพันกับโครงการ เมื่อมีความคืบหน้าหรือมีกิจกรรมที่ฟาร์มจะทำให้ผู้เข้าร่วมอบรมเข้าร่วมอย่างต่อเนื่อง รวมถึงการจัดกิจกรรมควรเกี่ยวพันกับระยะการเติบโตของพืช เช่น การเพาะเมล็ด, การดูแล, การใส่ปุ๋ย, การดูแลโรคและแมลง และการเก็บผลผลิต เป็นต้น

โครงการได้จัดการอบรมอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่วันที่ 23 สิงหาคม 2563 จนถึงปัจจุบัน โดยมีผู้เข้าร่วมตั้งแต่ 30-80 คน และบางส่วนเป็นผู้เข้าอบรมเดิมที่ได้เคยมาอบรมก่อนหน้านี้แสดงให้เห็นถึงความสนใจและความสำเร็จของกระบวนการการอบรม การอบรมมีการสอนการเพาะเมล็ดในอุปกรณ์ที่หาได้ง่าย เช่น แก้ว และถาดพลาสติก เป็นต้น ด้วยกระบวนการปลูกแบบไฮโดรโฟนิคเพื่อให้ผู้อบรมเข้าใจหลักการเบื้องต้น โดยวิทยากรอธิบายถึงปัจจัยการเติบโตของพืชที่ต้องใช้น้ำที่เป็นสื่อในการนำอาหารสู่พืช วัสดุปลูกที่เป็นฟองน้ำเพื่อยึดต้นและราก และสารอาหารพืช พร้อมอธิบายถึงวงจรการเติบโตของพืชที่ในระยะแรก 2-3 วันแรกพืชใช้สารอาหารในเมล็ดโดยมีน้ำเป็นตัวกระตุ้นการงอกและหลังจากนั้น

พืชจะเริ่มสังเคราะห์แสงโดยอาศัยสารอาหารที่เติมในน้ำ โดยหลักการพืชจะคายน้ำทางใบและดึงสารอาหารทางราก เมื่อผ่านไปประมาณ 7-10 วันต้องทำการเติมสารอาหารเพิ่มสลับกันไปจนกว่าจะเก็บผลผลิต วิทยากรได้ให้ความรู้ว่าผู้เข้าอบรมต้องเข้าใจขั้นตอนเหล่านี้เพื่อให้ทราบถึงกระบวนการเพาะปลูกทั้งหมด แล้วจึงอธิบายถึงประโยชน์ของการใช้ระบบฟาร์มที่ช่วยเหลือผู้อบรมในกระบวนการดูแลพืช เพราะระบบปลูกไม่ใช่ระบบอเนกประสงค์ที่จะทำให้ผู้เข้าอบรมปลูกพืชได้เลย แต่จะช่วยในการลดการใช้แรงงานในการเพาะปลูกที่มีจำนวนมาก โดยเฉพาะการดูแลการให้สารอาหารและน้ำแก่พืช รวมถึงการป้องกันแมลงศัตรูพืชจากการมีมุ้งเพื่อป้องกันและการมีโรงเรือนเพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ

ในการอบรมนอกจากมีการเพาะปลูกแบบไฮโดรโฟนิคแล้วยังมีการเพาะปลูกพืชลงดินในกระบะปลูก และการปลูกเมลอนในถุงวัสดุปลูกเพื่อเป็นทางเลือกในการเพาะปลูก ช่วยให้ผู้เข้าอบรมมีทางเลือกในการเกษตรและเห็นข้อดีข้อเสียของการเพาะปลูกแต่ละแบบ เช่น การปลูกลงดินก็จะสะดวกในด้านที่ไม่ต้องติดตั้งระบบที่ซับซ้อนแต่ก็มีปัญหาเรื่องการควบคุมคุณภาพของผลผลิตเพราะเป็นการที่พืชดึงสารอาหารโดยตรงจากดินและต้องใช้น้ำมากกว่าเพื่อละลายสารอาหารในดิน แต่การปลูกแบบไฮโดรโฟนิคสามารถควบคุมปริมาณสารอาหารที่ให้กับพืชได้ผ่านทางน้ำโดยตรงแต่ก็ต้องพึ่งพาระบบที่ซับซ้อน หรือการปลูกผักแม้นราคาต่อหน่วยอาจจะต่ำกว่าการปลูกเมลอนแต่ระยะเวลาในการเพาะปลูกคือ 40-45 วัน ในขณะที่การปลูกเมลอนแม้นราคาต่อหน่วยจะสูงกว่าแต่ระยะเวลาในการเพาะปลูกเป็น 80-90 วันถึงจะได้ผลผลิต ทำให้ผู้เข้าอบรมเห็นถึงเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับตัวเองที่สามารถนำไปปรับใช้ ทั้งนี้การเพาะปลูกที่แนะนำก็อยู่บนพื้นฐานการประหยัดน้ำเพราะเป็นวัตถุประสงค์หลักในการส่งเสริม ทั้งนี้การเพาะปลูกแบบที่สาธิตสามารถลดการใช้น้ำได้มากกว่าแบบปกติได้ถึง 30-50 เปอร์เซ็นต์ เพราะไม่ต้องเสียน้ำส่วนเกินที่ซึมลงดินและระเหยออกไปในอากาศ

**รูปที่ 4.5-1** ภาพบรรยากาศการอบรม

ผู้เข้าอบรมนอกจากมีเกษตรกรและผู้สนใจแล้วยังมีภาคเอกชนที่ต้องการนำระบบและความรู้ไปใช้เพื่อพัฒนาเป็นธุรกิจมาขอความรู้และเข้ามาศึกษาดูงานอย่างต่อเนื่อง รวมถึงหน่วยงานภาคการศึกษาที่เป็นทั้งจากโรงเรียนและองค์กรสนใจเข้ามาดูงานและเข้ารับการอบรม นับว่าโครงการสามารถดำเนินการได้ตามวัตถุประสงค์ ทั้งนี้แม้ระบบบำบัดจะยังไม่เสร็จแต่ทางโครงการก็ได้นำเสนอแนวคิดการและความจำเป็นของการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเพื่อนำน้ำกับมาใช้ใหม่ตั้งแต่ข้อจำกัดของประเทศที่ไม่สามารถพัฒนาแหล่งน้ำได้เพิ่มอีกแล้ว ข้อจำกัดของพื้นที่ภาคตะวันออกที่มีการเติบโตของการใช้น้ำในแต่ละภาคส่วนแต่แหล่งน้ำดิบในพื้นที่ใกล้จะไม่เพียงพอเพราะกำลังมีแผนพัฒนาแหล่งน้ำอย่างเต็มความสามารถรวมถึงการที่มีแนวคิดการซื้อน้ำมาจากประเทศเพื่อนบ้าน การที่ภาคเอกชนโดยเฉพาะภาคอุตสาหกรรมเริ่มพัฒนาโครงการเพื่อนำน้ำบำบัดกลับมาใช้ ความจำเป็นที่พื้นที่ต้องศึกษาการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่สำหรับภาคเกษตรกรรมและภาคบริการ พร้อมยกตัวอย่างของประเทศสิงคโปร์ที่มีการใช้น้ำบำบัดนำกลับมาใช้ใหม่ในระบบประปา เพื่อย้ำให้เห็นถึงความจำเป็นที่โครงการต้องพัฒนาระบบบำบัดน้ำเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่พร้อมศึกษาความเหมาะสมในการนำมาใช้ เพื่อสร้างความเชื่อมั่นและเตรียมการให้เกิดการพัฒนาโครงการในลักษณะนี้ในพื้นที่และระดับประเทศ

**รูปที่ 4.5-2** อาคารระบบบำบัดน้ำเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

# บทที่ 5
# บทสรุปและข้อเสนอแนะ

## 5.1 บทสรุป

โครงการ “ศูนย์เรียนรู้และถ่ายทอดการบริหารจัดการน้ำแบบใช้น้ำบำบัดแล้ว” ถูกพัฒนาเพื่อเป็นต้นแบบแสดงให้เห็นแนวทางการใช้ประโยชน์จากน้ำที่ผ่านการบำบัดในกิจกรรมการใช้ โดยทางโครงการเลือกนำน้ำที่ได้มาใช้กับระบบฟาร์มพืชที่นำนวัตกรรมการประหยัดน้ำมาช่วยลดการใช้น้ำอีกทางหนึ่ง ทางโครงการต้องการทดลองให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่ได้จากการบำบัดน้ำ และรูปแบบการเกษตรที่ลดการใช้น้ำ จากเงื่อนไขของพื้นที่เขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (EEC) ที่มีข้อจำกัดในการพัฒนาและปรับปรุงแหล่งกักเก็บน้ำ ทำให้ทางเลือกในการนำรูปแบบการใช้น้ำซ้ำทั้งแบบ 3Rs (Reduce Reuse and Recycle) และการบำบัดน้ำเสียจากการใช้ในอาคาร เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ที่มีต้นทุนถูกกว่าการใช้น้ำที่ผลิตจากระบบประปาหรือการหาแหล่งน้ำใหม่ อีกทั้งยังสามารถพัฒนาขึ้นใช้เฉพาะในพื้นที่จำกัด มีความยืดหยุ่นกว่าการพัฒนาเป็นระบบใหญ่ๆ ซึ่งมีความซับซ้อนและเงื่อนไขมากกว่า และในส่วนระบบฟาร์มพืชประหยัดน้ำจะช่วยในเห็นภาพเรื่องประสิทธิภาพการปลูกด้วยการใช้น้ำที่ลดลง การควบคุมผลผลิตเพื่อให้ผลผลิตมีจำนวนที่เพิ่มขึ้น และลดการใช้แรงงานการเพาะปลูก และการดูแลรักษา

นอกจากนี้ต้นแบบและองค์ความรู้ที่โครงการพัฒนาขึ้นยังสามารถนำมาใช้ในการเผยแพร่ความรู้ให้กับหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนนักเรียน นักศึกษา และผู้สนใจ ในการสร้างความตระหนักรู้ถึงประโยชน์ที่จะได้รับจากการนำต้นแบบและแนวคิดของโครงการไปประยุกต์ใช้ในกิจกรรมของตน อันเป็นวัตถุประสงค์ที่ทำให้เกิดการขยายผลสัมฤทธิ์ของโครงการสู่สาธารณะ ซึ่งจะมีส่วนช่วยในการลดการใช้น้ำในพื้นที่ EEC ได้อีกทางหนึ่ง อีกทั้งเป็นการลงทุนทางด้านผู้ใช้ ซึ่งหากได้รับการส่งเสริมเพื่อต่อยอดจากหน่วยงานภาครัฐ จะทำให้ช่วยลดงบประมาณในการพัฒนาและปรับปรุงแหล่งน้ำของภาครัฐได้อีกทางหนึ่ง

ในการพัฒนาโครงการ การอบรม สื่อการสอน คู่มือ และสื่อวีดีทัศน์ เพื่อใช้ในการเผยแพร่ต่อสาธารณะ ทางโครงการได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากพันธมิตรผู้ร่วมสนับสนุนการวิจัย ได้แก่ บริษัท อมตะ วอเตอร์ จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทย่อยในกลุ่ม บริษัท อมตะ คอร์ปอเรชัน จำกัด (มหาชน) บริษัท อาควา นิชิฮาร่า คอร์ปอเรชั่น จำกัด บริษัท เอสพีสมาร์ทแพลนท์ จำกัด และนายสัมพันธ์ พิพัฒน์วรการ (ร้านเกษตรเฟรชวิลล์ฟาร์ม) ทำให้งานวิจัยสามารถดำเนินการไปได้ อีกทั้งมีการถ่ายทอดความรู้ และเกิดความร่วมมือในการพัฒนาเป็นเครือข่ายความร่วมมือในการทำงานร่วมกันในอนาคต ซึ่งนับเป็นรูปแบบ

งานวิจัยที่ไม่ได้วัดความสำเร็จที่สิ้นสุดระยะเวลาการศึกษาและส่งมอบผลงานแต่มีการแบ่งปันและถ่ายทอดความรู้ระหว่างกัน ทำให้ผลการทำงานไม่ได้เหลือไว้เพียงการศึกษา แต่มีการต่อยอดให้เห็นเป็นรูปธรรมของการดำเนินงาน ทำให้ผู้ที่เข้ามามีส่วนร่วมทั้งในการอบรมและกิจกรรมต่างๆ เกิดความมั่นใจในแนวทางการดำเนินงานของโครงการ และทำให้โครงการสามารถสื่อสารกับสาธารณะโดยผ่านตัวศูนย์เรียนรู้ฯ ที่ได้ตั้งขึ้น

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการทำงานประเภทสิ่งก่อสร้างและการขอใช้สถานที่ในการก่อสร้าง เป็นสิ่งที่ยุ่งยากในการพัฒนางานวิจัย ทำให้ประสบปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงานโครงการ ทั้งนี้เนื่องจากข้อจำกัดในหลายด้านที่ปรากฏในการดำเนินงานโครงการสามารถสรุปเป็นข้อเสนอแนะในการพัฒนาโครงการในลักษณะนี้ได้ ดังนี้

1) *การเตรียมพื้นที่เพื่อการก่อสร้าง*ต้องศึกษากฎระเบียบในการขอใช้ประโยชน์พื้นที่ (โดยเฉพาะที่ราชพัสดุ ที่ดินครอบครองโดยมหาวิทยาลัยตามกฎเกณฑ์ต่างๆ) รวมถึงการจัดทำเอกสารเพื่อขอใช้ประโยชน์พื้นที่ก่อนการพัฒนาโครงการเพื่อลดปัญหาในการพัฒนาโครงการ
2) *การทำความเข้าใจกับทีมงานร่วมพัฒนาโครงการ*กำหนดขอบเขตและหน้าที่ของนักวิจัยแต่ละท่านให้ชัดเจนก่อนการดำเนินงาน เพื่อลดปัญหาความไม่เข้าใจถึงวัตถุประสงค์ในการพัฒนาของคณะนักวิจัยรวมถึงบทบาทที่จะเกิดขึ้น ซึ่งจะทำให้โครงการได้รับผลสัมฤทธิ์ตามที่โครงการได้ตั้งไว้
3) *การเตรียมพร้อมเรื่องผลผลิตและรายได้ของโครงการ*ศึกษาระเบียบการเงินการคลัง หรือการดำเนินงานโครงการในลักษณะของการหารายได้ เพื่อให้โครงการสามารถหมุนเวียนรายได้สำหรับใช้ในการบำรุงรักษา และค่าจ้างบุคลากรต่างๆ โดยจะทำให้ช่วยลดภาระการจัดหางบประมาณมาใช้ในการดำเนินงานในอนาคต
4) *การจัดการเรื่องงบประมาณโครงการควรเป็นลักษณะต่อเนื่อง* ปัญหาการเบิกจ่ายงบประมาณในงานวิจัยมีข้อติดขัดในทางปฏิบัติ การทำงานในลักษณะชุดโครงการเป็นการทำงานที่ต่อเนื่องกันไป หากใช้เวลารอการเบิกจ่ายงบประมาณที่นานเกินไป อาจทำให้การดำเนินงานโครงการติดขัดได้

ทั้งนี้แม้ว่าโครงการจะประสบปัญหาที่เกิดจาการทำงานและปัญหาที่เกิดจากสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) แต่โครงการที่ได้รับความร่วมมือกันทำงานร่วมพัฒนาจากพันธมิตรผู้ร่วมสนับสนุนการวิจัย ซึ่งมีความเข้าใจปัญหาและยินดีร่วมมือในพัฒนาโครงการตามระยะเวลาของการดำเนินงานซึ่งสั้นกว่าที่ได้วางแผนไว้ คณะนักวิจัยที่ร่วมกันทำงาน ต่างมีความเข้าใจและช่วยกันแก้ไขปัญหาจนทำให้โครงการสามารถดำเนินงานมาจนประสบความสำเร็จ และคาดว่าจากความเข้าใจที่ดีระหว่างกันนี้ จะส่งผลทำให้เกิดการผลักดันให้ศูนย์เรียนรู้ฯ สามารถดำเนินการได้อย่างราบรื่นและต่อเนื่องในอนาคต

# เอกสารอ้างอิง


ภาษาไทย

การปลูกผักไฮโดรโปนิกส์, กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. เอกสารคำแนะนำที่ 5/2558.

เกรียงกานต์ กาญจนะโภคิน. 2555. ต่อไปทุกอย่างจะเป็น Smart Device. แหล่งที่มา: http://www.bangkokbiznews.com/blog/detail/468586, 10 พฤศจิกายน 2558.

จตุรภัทร วาฤทธ์ และคณะ. 2561. องค์ความรู้ MJU Smart Farm and Solutions. โครงการการพัฒนาอัจฉริยะเพื่อยกระดับ การเกษตรในเขตภาคเหนือ มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 192 น.

โชติพงษ์ กาญจนประโชติ และคณะ. 2561. คู่มือใช้งานระบบ ควบคุมการให้น้ำพืชแบบไร้สาย. INTHANIN AUTOMATION CO., LTD. MODEL : INA-201801. เชียงใหม่. 62 น.

ประโยชน์ คำสวัสดิ์. 2556. การพัฒนาเครือข่ายเซ็นเซอร์สำหรับระบบชลประทานอัตโนมัติ แหล่งที่มา: http://sutir.sut.ac.th:8080/sutir/bitstream/123456789/5558/1/SUT7-709-56-12-59-Fulltext.pdf 10 พฤศจิกายน 2561.

ภาคภูมิ มโนยุทธ, มัลลิกา อุณหวิวรรธน์, วรรณรัช สันติอมรทัต. (2553). ระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและการต่ออุปกรณ์เสริมเพื่อใช้ในสวนยางพารา. งานประชุมวิชาการ ECTI-CARD 2010. (1) : 1-6.

ระวิน สืบค้า. 2557. การให้น้ำแบบหยดแก่ไม้ผลที่ปลูกเชิงแถบอนุรักษ์ในระบบเกษตรน้ำฝนบนที่ลาดชัน วารสารนเรศวรพะเยา. (3) ธันวาคม 2557.

http://www.h2ohydrogarden.com/ข่าวสารต่างๆ ของคนปลูกไฮโดร/ปลูกผักไฮโดรโปนิกส์-1-งาน-สร้างรายได้เกือบ-25-หมื่น-ต่อเดือน.htm.

ภาษาอังกฤษ

Xuefeng Wang, GuizhenHao 2015 Water-saving Concept and Technical Measures in High Rise Building Water Supplyand Drainage System.

Jamal Al-Qawasmi, Muhammad Asif, Ahmed Abd El Fattah and Mohammad O. Babsail 2019 Water Eciency and Management in Sustainable Building Rating Systems: Examining Variation inCriteria Usage.

Cheng-Li Cheng, Jt-Jie Peng, Ming-Chin Ho, Wan-Ju Liao, and Szu-Jen Chern 2016 Evaluation of Water Efficiency in Green Buildingin Taiwan.

Venkata SriharshaKuncham, Prof Rao N.V 2014 Sensor For Managing Water Resources In Agriculture Vol-9,2 pp: 145-163.

Amar PratapSingh, ShaktiKumar, Tara Singh Kamal, 2003. ANN Based Virtual Instrumentation System for Estimation of Non–Linear Characteristics of Sensors, IETE Journal Of Education. Vol-44 ,2, pp:63-72.

AlgeebA, AlbaulA, AAsseni, Jomah S, Khalifa O, 2010. Design and Fabrication Of an Intelligent Irrigation Control System, Advances in Sensors, Proceedings of 3rd WSEAS International Conference on Advances in Sensors, Signal and Materials, pp : 119-124, U.S.A.

Alexander Loew, Florian Schlenz, Joachim Fallmann, Marzahn, Wolfram, Mauser, 2012. Characterists of Rape Field Microwave Emission and Implicants to surface soil moisture retrievals, Remote Sesing, vol-4, pp:247-270.

Bheli, Macro, 2007. Soil Moisture Sensors, Department of Agro Environmental Sciences & Technology, Bolonga.

Brent, Philpot, T., 2008.Field Guide to Soil Moisture Sensor Use in Florida, University of Florida, Florida.

Devices, Decagon, 2010. EC-20, EC-10, EC-5 Soil Moisture Sensors User Manual, Decagon devices Inc, Pullmann WA 99163, U.S.A.

# ภาคผนวก ก

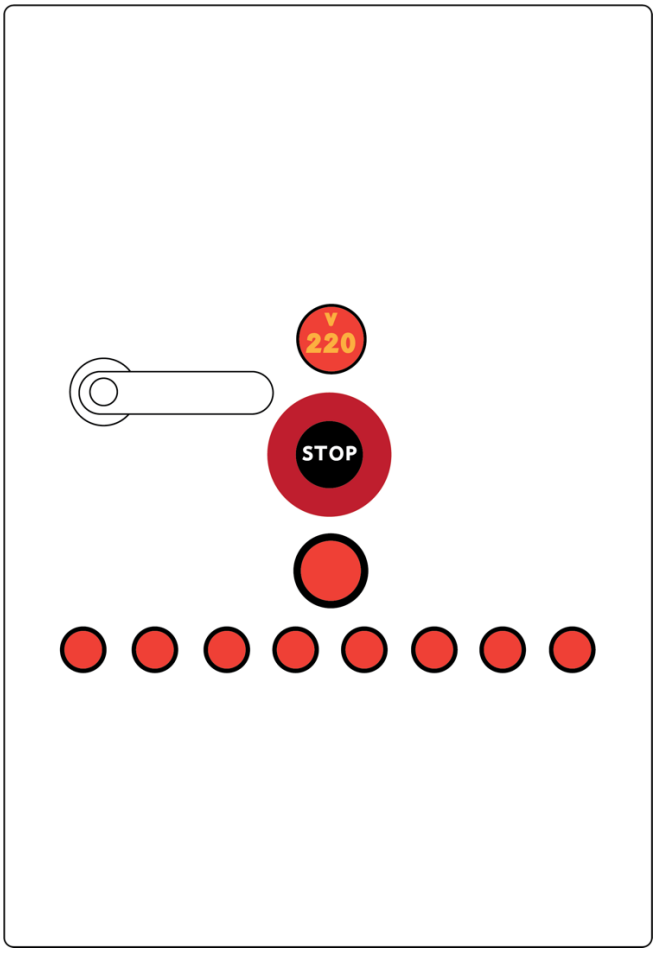
# คู่มือระบบฟาร์ม

ภาคผนวก ก

คู่มือระบบฟาร์ม

SPsmartplants

# SP BOX รุ่น STANDARD 8Z1P และ 8Z1P3G




คู่มือการใช้งาน ภาษาไทย

# สารบัญ


| ลำดับ | หัวข้อ | หน้าที่ |
|---|---|---|
| 1 | ข้อแนะนำเพื่อความปลอดภัย | 2 |
| 2 | ส่วนประกอบ | 3 |
| | อุปกรณ์ที่ให้มาด้วย | 3 |
| | ด้านหน้ากล่องควบคุม | 3 |
| | ด้านในกล่องควบคุม | 4 |
| | บอร์ดวงจรควบคุมอัจฉริยะ | 6 |
| 3 | ข้อกำหนดทางเทคนิค | 7 |
| 4 | การติดตั้ง | 8 |
| | ขั้นตอนการตั้งค่า WiFi ให้กล่องควบคุม เฉพาะรุ่น 8Z1P | 8 |
| | ขั้นตอนการติดตั้งกล่องควบคุม | 9 |
| | ขั้นตอนการตั้งค่าเชื่อมกล่องควบคุมกับเว็บแอพลิเคชั่น | 11 |
| 5 | การใช้งานเว็บแอพลิเคชั่น | 13 |
| | การเริ่มต้นเข้าใช้ระบบ | 13 |
| | การตั้งค่าการทำงานแบบอัตโนมัติ (Automation) | 15 |
| | การตั้งค่าการทำงานตามรอบการปลูกแบบอัตโนมัติ (Crop Profile) | 17 |
| | การควบคุมการสั่ง เปิด/ปิด อุปกรณ์ทันที (I/O) | 20 |
| | การตั้งค่าเวลานับถอยหลัง เปิด/ปิด อุปกรณ์ (Timer) | 20 |
| | การตรวจสอบประวัติการ เปิด/ปิด อุปกรณ์, ประวัติการทำงานของโปรไฟล์ และสถิติค่าเซนเซอร์ต่าง ๆ ย้อนหลัง (Report) | 21 |
| | การอัพเดทซอฟต์แวร์ระบบ (System) | 24 |
| 6 | การแก้ไขปัญหาเบื้องต้นเมื่อเกิดเหตุขัดข้อง | 25 |
| 7 | ติดต่อเรา | 27 |

## ข้อแนะนำเพื่อความปลอดภัย

โปรดปฏิบัติตามข้อแนะนำเพื่อความปลอดภัยขั้นพื้นฐานในขณะใช้งานกล่องควบคุม เพื่อป้องกันความเสี่ยงต่อการเกิดไฟฟ้าช็อต ไฟไหม้ ไฟรั่ว ไฟฟ้าลัดวงจร หรือการบาดเจ็บต่อตัวบุคคล ดังนี้

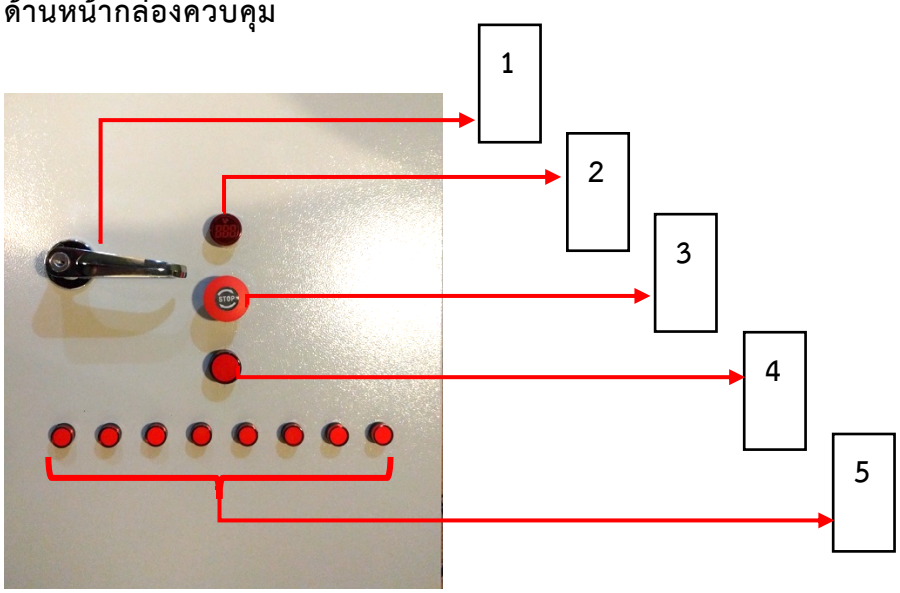
1. โปรดอ่านข้อแนะนำอย่างละเอียดก่อนการใช้งาน
2. ใช้กล่องควบคุมนี้ตามวัตถุประสงค์ที่ระบุไว้ในคู่มือเท่านั้น
3. ในการติดตั้ง โปรดตรวจสอบให้แน่ใจว่าสายไฟของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่อพ่วงทั้งหมดเสียบเข้ากับกล่องควบคุมในตำแหน่งที่ถูกต้องก่อนเปิดการใช้งาน เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับตัวอุปกรณ์ไฟฟ้าและกล่องควบคุม
4. ไม่ควรใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าต่อพ่วง เช่น ปั๊มน้ำ โซลินอยด์วาล์ว หลอดไฟ หรืออุปกรณ์อื่น ๆ ที่ไม่ได้มาตรฐาน หรืออยู่ในสภาพที่ไม่พร้อมใช้งาน ต่อพ่วงเข้ากับกล่องควบคุม
5. ควรระวังเด็กเล่นซนในบริเวณใกล้กล่องควบคุม อาจทำให้กล่องควบคุมหรืออุปกรณ์ต่อพ่วงเสียหาย
6. ห้ามใช้สารเคมีที่มีฤทธิ์ในการกัดกร่อนทำความสะอาดตัวกล่องควบคุม
7. ห้ามใช้งานกล่องควบคุมในขณะที่เครื่องทำงานผิดปกติ ชำรุด เสียหาย เกิดไฟรั่ว หรือปลั๊กชำรุด
8. เพื่อป้องกันความเสี่ยงสูงสุด หากสวิตช์ดีดลงปิดอัตโนมัติ แล้วผู้ใช้พยายามดีดเปิดขึ้นอีกครั้งไม่เป็นผลสำเร็จ ควรหยุดการใช้งานแล้วติดต่อทีมสนับสนุน SPsmartplants เพื่อขอความช่วยเหลือหรือดำเนินการซ่อมแซม
9. กล่องควบคุมนี้มีการติดตั้งฟิวส์ตัดไฟฟ้าเมื่อกระแสเกิน เมื่อเกิดกระแสเกินให้สังเกตที่กระบอกฟิวส์จะขึ้นไฟสีแดง แสดงว่าฟิวส์ตัดลงแล้ว ผู้ใช้ควรตรวจสอบอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมดก่อนการติดตั้งฟิวส์ตัวใหม่หรือเปิดใช้งานอีกครั้ง
10. กล่องควบคุมนี้ไม่สามารถทำงานในสภาวะน้ำท่วมได้ ผู้ใช้ควรเก็บให้พ้นจากน้ำ และเมื่อหลังน้ำท่วมหากอุปกรณ์เคยถูกน้ำขัง เมื่อแห้งแล้วไม่ควรนำกลับมาใช้ใหม่ ควรส่งกล่องควบคุมให้ทีมสนับสนุน SPsmartplants ตรวจสอบก่อน
11. เด็กและผู้ใหญ่ที่มีความบกพร่องทางร่างกาย ทางประสาทรับรู้ หรือทางจิตใจ รวมถึง ผู้ที่ขาดประสบการณ์และความรู้ เกี่ยวกับอุปกรณ์ไฟฟ้าทางการเกษตร ไม่ควรใช้งานกล่องควบคุมนี้ ควรหลีกเลี่ยงการใช้งานโดยไม่มีผู้รู้ควบคุมอย่างใกล้ชิด เพื่อความปลอดภัยในการใช้งานสูงสุด

## ส่วนประกอบ

### อุปกรณ์ที่ให้มาด้วย

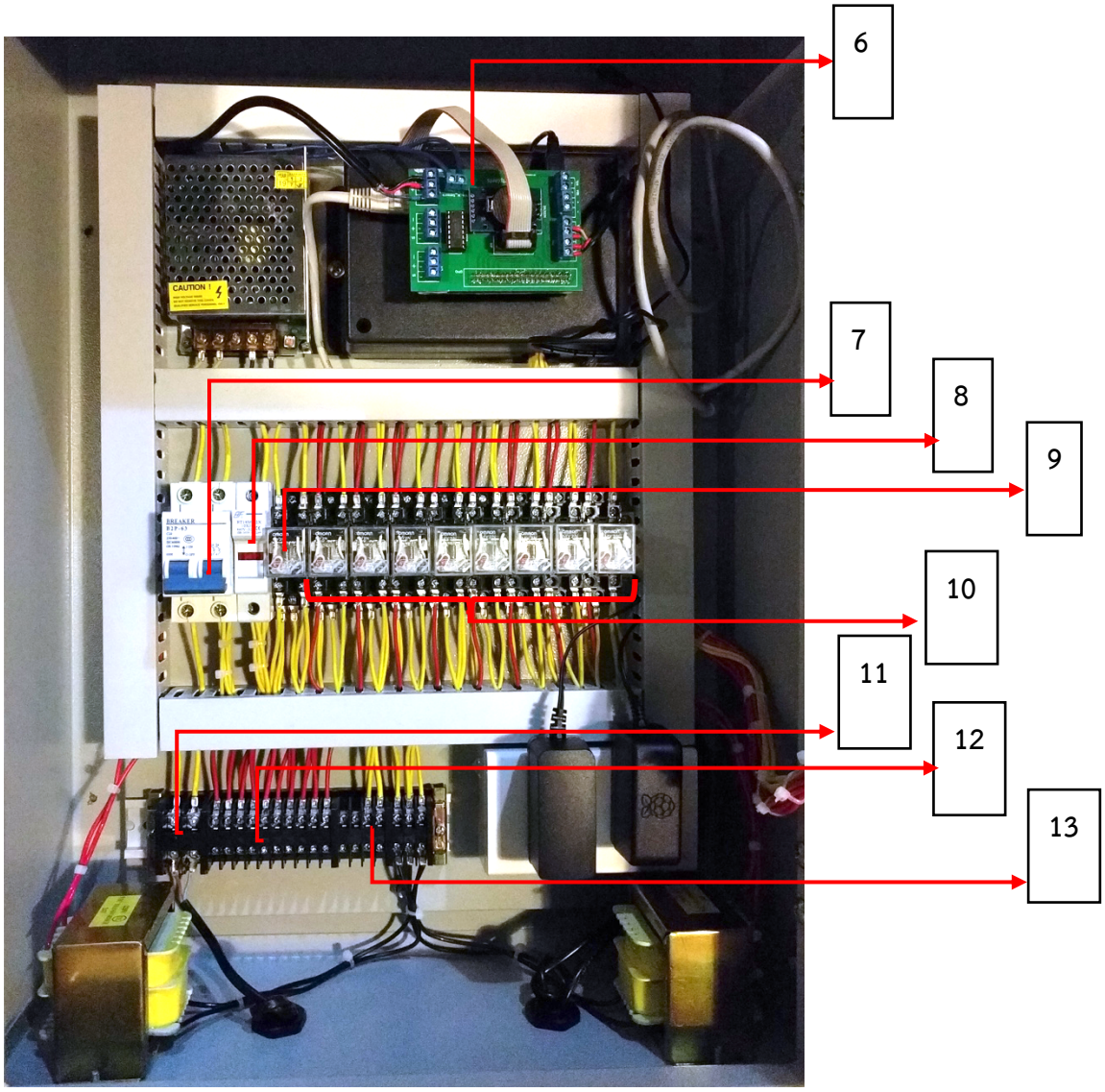
1. กล่องควบคุม SP Box รุ่น Standard 8Z1P หรือ 8Z1P3G
2. สายไฟยาว 1 เมตร
3. เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น รุ่น SPS31
4. เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน รุ่น SPS100
5. คู่มือการใช้งาน ภาษาไทย

### ด้านหน้ากล่องควบคุม




| ตำแหน่ง | ชื่อ | คำอธิบาย |
|---|---|---|
| 1 | ตัวล็อกกล่อง | ใช้สำหรับล็อกและเปิดปิดฝากล่องควบคุม |
| 2 | ไฟสถานะ การทำงาน ของกล่องควบคุม | แสดงสถานะการทำงานของกล่องควบคุมพร้อมตัวเลขแสดงกำลังไฟที่เครื่องกำลังใช้งานอยู่ในขณะนั้น (ไม่ควรต่ำกว่า 200V หรือ เกิน 230V) |
| 3 | ปุ่มหยุดฉุกเฉิน | กดเมื่อต้องการให้หยุดการจ่ายไฟ และหมุนขวาเพื่อจ่ายไฟอีกครั้ง |
| 4 | ไฟสถานะปั๊มน้ำ | แสดงสถานะของปั๊มน้ำ (220VAC)<br>ไฟสีแดงสว่าง : เปิดการทำงาน<br>ไฟสีแดงดับ : ปิดการทำงาน |
| 5 | ไฟสถานะ อุปกรณ์ที่ 1 - 8 | แสดงสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่อพ่วงที่ 1 - 8 (24VAC)<br>ไฟสีแดงสว่าง : เปิดการทำงาน<br>ไฟสีแดงดับ : ปิดการทำงาน |

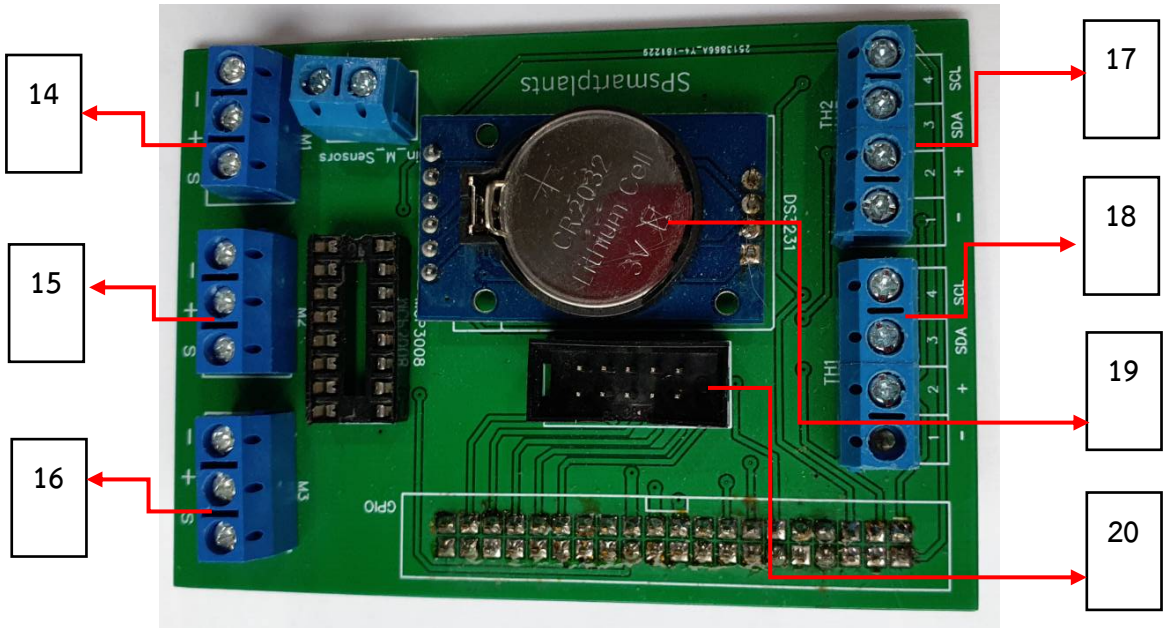
## ด้านในกล่องควบคุม




| ตำแหน่ง | ชื่อ | คำอธิบาย | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|
| 6 | บอร์ดวงจรควบคุมอัจฉริยะ | บอร์ดประมวลผลกลางของ SP Box รุ่น Standard ทำหน้าที่ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า รับค่าเซนเซอร์ เชื่อมต่อกับสัญญาณอินเตอร์เน็ต และควบคุมระบบการทำงานอัตโนมัติ | MicroSD Card ถูกเสียบอยู่บริเวณด้านขวาของแผงวงจร |
| 7 | สวิตช์ เปิด /ปิด | สวิตช์ควบคุมการทำงานของ SP Box Standard<br>สับคันโยกขึ้น : เปิด จ่ายกระแสไฟ<br>สับคันโยกลง : ปิด ตัดกระแสไฟ | |
| 8 | ฟิวส์ | ใช้สำหรับป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับ SP Box Standard ในกรณีที่ไฟฟ้าลัดวงจร | สามารถเปลี่ยนได้ |

<table>
<tr><th>ตำแหน่ง</th><th>ชื่อ</th><th>คำอธิบาย</th><th>หมายเหตุ</th></tr>
<tr><td>9</td><td>รีเลย์ ควบคุมไฟฟ้าปั๊มน้ำ</td><td>สำหรับควบคุมปั๊มน้ำ โดยปั๊มน้ำจะถูกเปิดขึ้นเมื่อมีรีเลย์ควบคุมวาล์วตัวใดตัวหนึ่งเปิด และจะถูกปิดเมื่อไม่มีรีเลย์ควบคุมวาล์วตัวใดเปิดอยู่</td><td></td></tr>
<tr><td>10</td><td>รีเลย์ ควบคุมไฟฟ้าอุปกรณ์ที่ 1 - 8</td><td>สำหรับควบคุมอุปกรณ์ต่อพ่วงที่เป็นโซลินอยด์วาล์ว (วาล์วน้ำไฟฟ้า) โดยรีเลย์จะควบคุมอุปกรณ์ต่อพ่วงตั้งแต่ 1 - 8 ตามลำดับ</td><td></td></tr>
<tr><td>11</td><td>ช่องต่อสายไฟเข้า</td><td>เสียบสายไฟจากแหล่งไฟฟ้าเข้าสู่ตัวกล่องควบคุมที่ช่อง L (Line) และ N (Neutral)</td><td></td></tr>
<tr><td>12</td><td>ช่องต่อสายไฟควบคุมอุปกรณ์ต่อพ่วง (24VAC)</td><td>สำหรับเสียบสายไฟของโซลินอยด์วาล์วต่าง ๆ ดังนี้
<table>
<tr><th>หมายเลข</th><th>โซลินอยด์วาล์วตัวที่</th><th>สายไฟ</th></tr>
<tr><td>1</td><td>1</td><td>L</td></tr>
<tr><td>2</td><td>2</td><td>L</td></tr>
<tr><td>3</td><td>3</td><td>L</td></tr>
<tr><td>4</td><td>4</td><td>L</td></tr>
<tr><td>5</td><td>1 – 4</td><td>N</td></tr>
<tr><td>6</td><td>5</td><td>L</td></tr>
<tr><td>7</td><td>6</td><td>L</td></tr>
<tr><td>8</td><td>7</td><td>L</td></tr>
<tr><td>9</td><td>8</td><td>L</td></tr>
<tr><td>10</td><td>5 - 8</td><td>N</td></tr>
</table></td><td></td></tr>
<tr><td>13</td><td>ช่องต่อสายไฟควบคุมปั๊มน้ำ (220VAC)</td><td>สำหรับเสียบสายไฟของปั๊มน้ำ ดังนี้
<table>
<tr><th>หมายเลข</th><th>สายไฟ</th></tr>
<tr><td>1</td><td>L</td></tr>
<tr><td>2</td><td>N</td></tr>
</table></td><td></td></tr>
</table>

## บอร์ดวงจรควบคุมอัจฉริยะ




| ตำแหน่ง | ชื่อ | คำอธิบาย | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|
| 14 - 16 | ช่องต่อสายสัญญาณเซนเซอร์ชนิดแอนะล็อก (Analog) | ใช้สำหรับต่อกับสายสัญญาณจากเซนเซอร์ชนิดแอนะล็อก มี 3 ช่อง คือ M1(14), M2(15) และ M3(16)<br>**หมายเลข / สัญลักษณ์ / ความหมาย**<br>1 / - / ไฟขั้วลบ<br>2 / + / ไฟขั้วบวก 5VDC<br>3 / S / สัญญาณข้อมูล | เช่น เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน รุ่น SPS100 |
| 17 - 18 | ช่องต่อสายสัญญาณเซนเซอร์ชนิดดิจิตอลไอสแควร์ซี (I2C) | ใช้สำหรับต่อกับสายสัญญาณจากเซนเซอร์ชนิดดิจิตอล I2C มี 2 ช่อง คือ TH1(17) และ TH2(18)<br>**หมายเลข / สัญลักษณ์ / ความหมาย**<br>1 / - / ไฟขั้วลบ<br>2 / + / ไฟขั้วบวก 5VDC<br>3 / SDA / สัญญาณข้อมูล<br>4 / SCL / สัญญาณนาฬิกา | เช่น เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ รุ่น SPS21, SPS31 |
| 19 | ถ่านนาฬิกา 3V ขนาด CR2032 | ใช้สำหรับรักษาสถานะเวลาปัจจุบันของระบบ ควรเปลี่ยนใหม่เมื่อมีอายุการใช้งานครบ 3 ปี | |
| 20 | ช่องต่อสายสัญญาณจากตัวควบคุมรีเลย์ | ใช้สำหรับต่อสายสัญญาณจากตัวควบคุมรีเลย์ มีลักษณะเป็นสายแพสีเทา | |

## ข้อกำหนดทางเทคนิค

กล่องควบคุม SP Box รุ่น Standard 8Z1P มีข้อกำหนดทางเทคนิค ดังนี้

| ลำดับ | หัวข้อ | ข้อกำหนด |
|---|---|---|
| 1 | กำลังไฟฟ้า | 220VAC 50Hz - 60Hz |
| 2 | อุณหภูมิในการทำงาน | 10 – 50 องศาเซลเซียส |
| 3 | การกันน้ำและกันฝุ่นของกล่องควบคุม | IP55 |
| 4 | ตัวควบคุมอุปกรณ์ | รีเลย์ Omron จำนวน 9 ตัว |
| 5 | กำลังไฟสูงสุดที่สามารถควบคุมอุปกรณ์ต่อพ่วงได้ | 24VAC 50Hz - 60Hz ไม่เกิน 5A รองรับกระแสไฟกระชากสูงสุด 10A ไม่เกิน 10 วินาที |
| 6 | กำลังไฟสูงสุดที่สามารถควบคุมปั๊มน้ำได้ | 220VAC 50Hz - 60Hz ไม่เกิน 5A รองรับกระแสไฟกระชากสูงสุด 10A ไม่เกิน 10 วินาที |
| 7 | เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น | ชุดเซนเซอร์ SPS31 |
| 8 | เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน | ชุดเซนเซอร์ SPS100 |
| 9 | การเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ต | - รุ่น 8Z1P : เชื่อมต่อผ่านสัญญาณ WiFi<br>- รุ่น 8Z1P3G : เชื่อมต่อผ่านสาย LAN กับ 3G Router รับสัญญาณ GSM 3G |

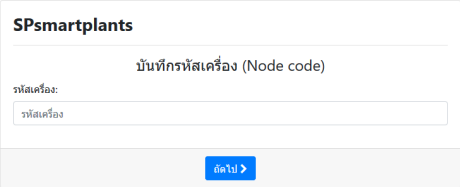
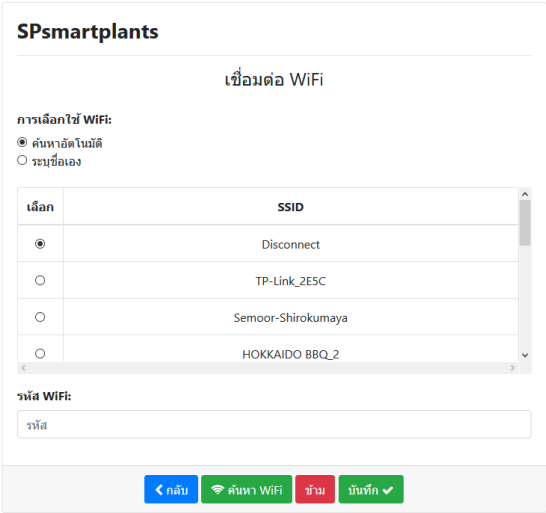
เว็บแอพลิเคชั่นสำหรับการตั้งค่าและการควบคุม มีข้อกำหนดทางเทคนิค ดังนี้

| ลำดับ | หัวข้อ | ข้อกำหนด |
|---|---|---|
| 1 | การเข้าใช้งาน | https://inc.farm |
| 2 | จำนวนกล่องควบคุมที่รองรับ | ไม่จำกัด |
| 3 | จำนวนค่าจากเซนเซอร์ที่รองรับ | สูงสุด 4 ค่า คือ ความเข้มข้นของแสง, ความชื้นในดิน, ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิในอากาศ |
| 4 | การตั้งค่าการทำงานอัตโนมัติ (Automation) | ไม่จำกัดโปรไฟล์ |
| 5 | การตั้งค่าการทำงานตามรอบการปลูกอัตโนมัติ (Crop Profile) | ไม่จำกัดสัปดาห์การปลูก |
| 6 | การเก็บค่าเซนเซอร์ที่วัดค่าได้ย้อนหลัง (Report) | ดูย้อนหลังผ่านเว็บแอพลิเคชั่นได้ 1,000 ค่าล่าสุด แต่สามารถดาวน์โหลดข้อมูลเป็นไฟล์ .CSV ได้ไม่จำกัดค่า |
| 7 | การเก็บประวัติการ เปิด/ปิด อุปกรณ์ (Log) | ดูย้อนหลังผ่านเว็บแอพลิเคชั่นได้ 1,000 ค่าล่าสุด แต่ไม่สามารถดาวน์โหลดข้อมูลได้ |

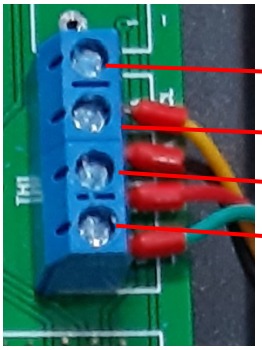
## การติดตั้ง

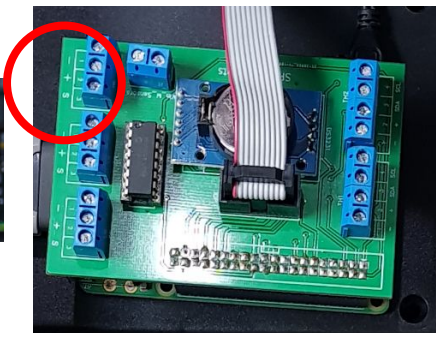
### ขั้นตอนการตั้งค่า WIFI ให้กล่องควบคุม เฉพาะรุ่น 8Z1P

ในกรณีที่ต้องการเชื่อมต่อสัญญาณ WiFi เข้ากับกล่องควบคุม จำเป็นต้องนำกล่องควบคุมไปตั้งค่ากับเราเตอร์ (Router) ผ่านสาย LAN ก่อนการติดตั้งกล่องควบคุมกับฐานที่ตั้ง ดังนี้

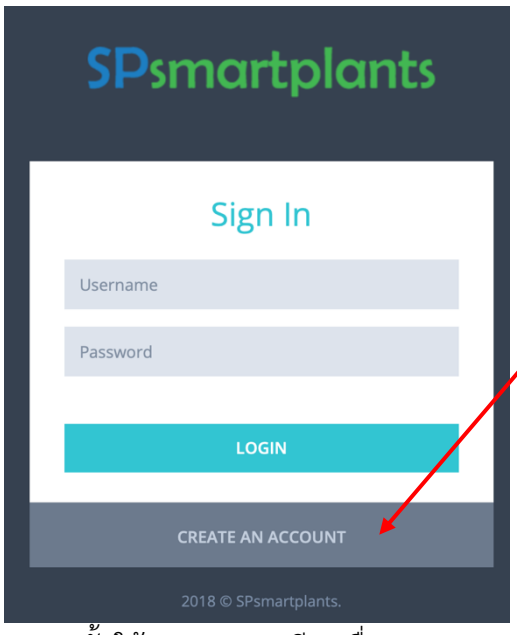
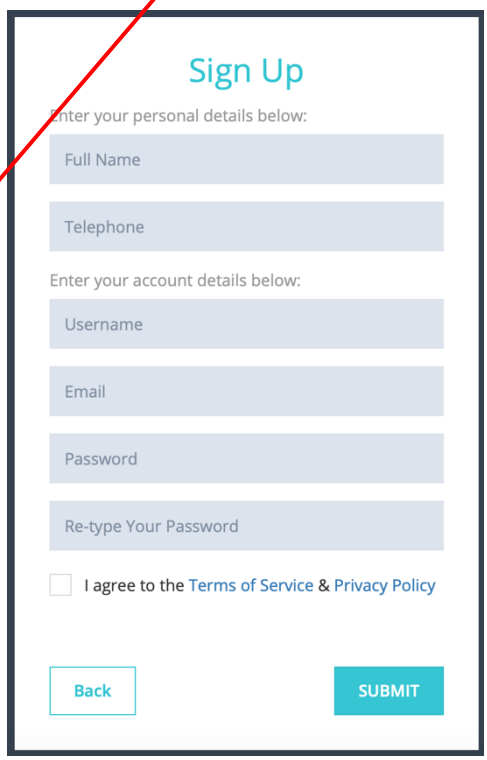
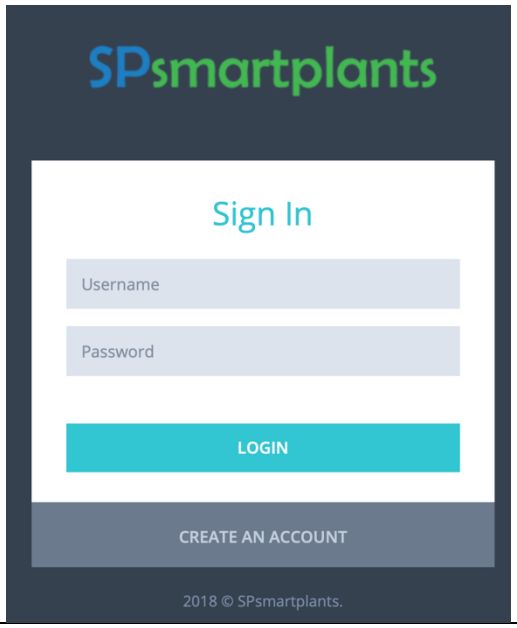
| ลำดับ | การตั้งค่า |
|---|---|
| 1 | เชื่อมต่อสาย LAN เข้ากับ กล่องควบคุมบริเวณบอร์ดวงจรควบคุมอัจฉริยะ (ช่องต่อสาย LAN อยู่บริเวณด้านซ้ายของบอร์ดวงจร) กับ เราเตอร์ (Router) กระจายสัญญาณ WiFi |
| 2 | เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์หรือสมาร์ทโฟนเข้ากับ WiFi ของ Router |
| 3 | เข้าสู่เว็บแอพลิเคชั่นผ่านทางโปรแกรมเว็บเบราเซอร์ (เช่น Chrome, Firefox, IE หรือ Edge) บนคอมพิวเตอร์หรือสมาร์ทโฟน ผ่านทาง http://192.168.1.180 |
| 2 | <br>1. ลงชื่อเข้าใช้<br>Username : admin<br>Password : password<br>2. กดปุ่ม Sign in |
| 3 |  <br>1. ใส่รหัสเครื่อง (รหัสแสดงอยู่บนฝาด้านในของกล่องควบคุม)<br>2. กดปุ่ม ถัดไป |
| 4 |  <br>รายชื่อ WiFi ในบริเวณโดยรอบของกล่องควบคุม จะแสดงขึ้น<br>1. เลือกชื่อ WiFi ที่ต้องการเชื่อมต่อ<br>2. ใส่รหัสผ่านของ WiFi ดังกล่าว<br>3. กดปุ่ม บันทึก<br>ในกรณีที่ WiFi อยู่ในโหมดไม่แสดงตน (Hide)<br>1. เลือก “ระบุชื่อเอง”<br>2. ใส่ชื่อ WiFi ที่ต้องการเชื่อมต่อ<br>3. ใส่รหัสผ่านของ WiFi ดังกล่าว<br>4. กดปุ่ม บันทึก |
| 5 | กล่องควบคุมจะรีสตาร์ท (Restart) ใหม่ประมาณ 1 – 2 นาที หากการเชื่อมต่อ WiFi ไม่สำเร็จ ให้เริ่มต้นทำรายการใหม่อีกครั้ง |

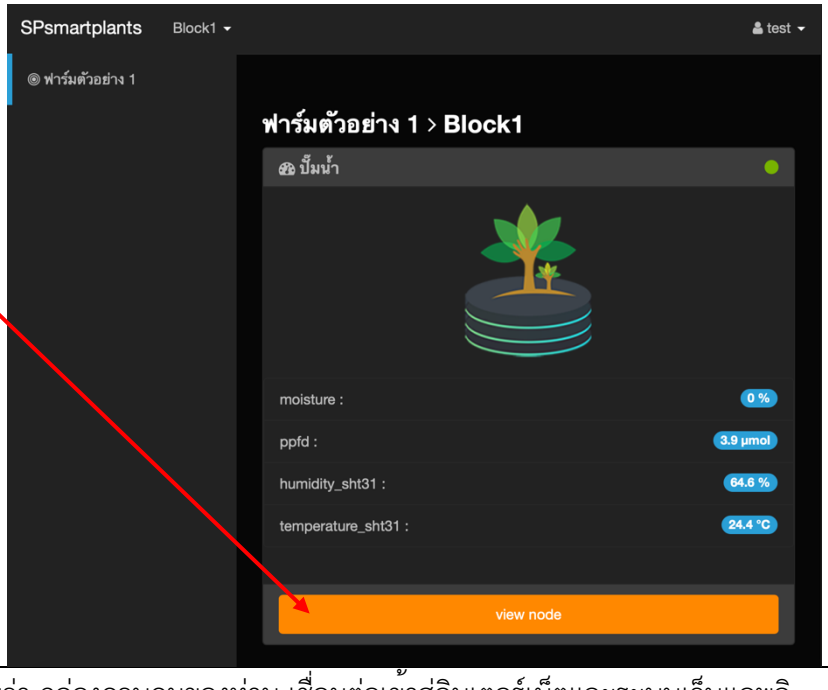
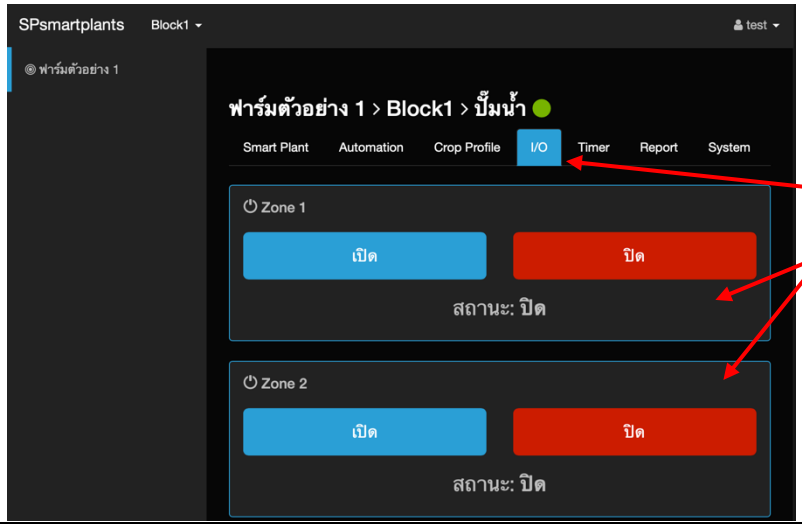
**ขั้นตอนการติดตั้งกล่องควบคุม**

<table>
<tr><th>ลำดับ</th><th>การติดตั้ง</th></tr>
<tr><td>1</td><td>ติดตั้งกล่องควบคุม SP Box รุ่น Standard 8Z1P หรือ 8Z1P3G<br>1. ยึดเข้ากับผนังกำแพงหรือเสา ด้วยสกรูทั้ง 4 มุมให้แข็งแรง<br>2. ควรติดตั้งให้สูงจากพื้นอย่างน้อย 1 เมตร<br>3. ควรติดตั้งในที่ร่มไม่โดนแดดโดยตรง และไม่ติดตั้งบนบ่อน้ำ</td></tr>
<tr><td>2</td><td>ติดตั้งสายสัญญาณเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น รุ่น SPS31<br>1. ร้อยสายสัญญาณเซนเซอร์เข้ามาในกล่องผ่านทางรูสอดสายไฟที่ด้านล่างกล่อง<br>2. เสียบสายไฟ 4 เส้น เข้ากับช่องต่อสายสัญญาณเซนเซอร์แบบดิจิตอล I2C บนบอร์ดวงจรควบคุมอัจฉริยะ และไขน็อตยึดสายสัญญาณให้แน่นดังภาพ<br>  <br><table><tr><th>หมายเลข</th><th>สายไฟ</th></tr><tr><td>4</td><td>SCL</td></tr><tr><td>3</td><td>SDA</td></tr><tr><td>2</td><td>+</td></tr><tr><td>1</td><td>-</td></tr></table><br>3. ติดตั้งตัวแท่งเซนเซอร์ SPS31 ไว้กับจุดที่ยึดอย่างแข็งแรงและอากาศถ่ายเทสะดวก</td></tr>
<tr><td>3</td><td>ติดตั้งสายสัญญาณเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน รุ่น SPS100<br>1. ร้อยสายสัญญาณเซนเซอร์เข้ามาในกล่องผ่านทางรูสอดสายไฟที่ด้านล่างกล่อง<br>2. เสียบสายไฟ 3 เส้น เข้ากับช่องต่อสายสัญญาณเซนเซอร์แบบแอนะล็อก บนบอร์ดวงจรควบคุมอัจฉริยะ และไขน็อตยึดสายสัญญาณให้แน่นดังภาพ<br> <br><table><tr><th>หมายเลข</th><th>สัญลักษณ์</th><th>ความหมาย</th></tr><tr><td>1</td><td>-</td><td>ไฟขั้วลบ</td></tr><tr><td>2</td><td>+</td><td>ไฟขั้วบวก 5VDC</td></tr><tr><td>3</td><td>S</td><td>สัญญาณข้อมูล</td></tr></table><br>3. ติดตั้งตัวแท่งเซนเซอร์ SPS100 เสียบลงในดินตรงจุดที่ต้องการจะวัดความชื้น</td></tr>
<tr><td>4</td><td>ติดตั้งสายไฟของโซลินอยด์วาล์วเข้ากับ รีเลย์ ควบคุมอุปกรณ์ที่ 1 – 8 ดังนี้<br>1. ร้อยสายไฟของโซลินอยด์วาล์วเข้ามาในกล่องผ่านทางรูสอดสายไฟด้านล่างกล่อง<br>2. เสียบสายไฟ 2 เส้น ของแต่ละวาล์วเข้ากับช่องต่อสายไฟของโซลินอยด์วาล์วและขันน็อตให้แน่น โดย N (Neutral) ของอุปกรณ์ 1 – 4 ใช้ร่วมกัน และ N ของอุปกรณ์ 5 – 8 ใช้ร่วมกัน</td></tr>
</table>

| ลำดับ | การติดตั้ง |
|---|---|
| 5 | ติดตั้งสายไฟของปั๊มน้ำเข้ากับ รีเลย์ ดังนี้<br>1. ร้อยสายไฟของปั๊มน้ำเข้ามาในกล่องผ่านทางรูสอดสายไฟด้านล่างกล่อง<br>2. เสียบสายไฟ 2 เส้น เข้ากับช่องต่อสายไฟของโซลินอยด์วาล์วและขันน็อตให้แน่น |
| 6 | ติดตั้งสาย LAN ระหว่างกล่องควบคุม กับ เราเตอร์ (Router)<br>1. เสียบสาย LAN ด้านหนึ่งเข้ากับบอร์ดวงจรควบคุมอัจฉริยะทางด้านซ้ายบน (บริเวณที่วงกลม)<br>2. ร้อยสาย LAN ออกจากกล่องควบคุมผ่านช่องสอดสายไฟด้านล่างกล่อง<br>3. เสียบสาย LAN อีกด้านหนึ่งเข้ากับช่อง LAN ของเราเตอร์อินเตอร์เน็ต หรือเราเตอร์ 3G<br> <br>  |
| 7 | ติดตั้งสายไฟจากภายนอกเข้ากับตัวกล่องควบคุม ดังนี้<br>1. ร้อยสายไฟเข้ามาในกล่องผ่านช่องสอดสายไฟด้านล่างกล่อง<br>2. เสียบสายไฟ 2 เส้น L และ N เข้ากับช่องต่อสายไฟและขันน็อตให้แน่น |
| 8 | เสียบปลั๊กไฟกล่องควบคุมเข้ากับเต้ารับไฟฟ้าที่ติดตั้งปลอดภัยได้มาตรฐานดังนี้<br>1. ติดตั้งสูงกว่าระดับพื้น 1 เมตร เพื่อให้แน่ใจว่ากล่องควบคุมจะไม่เปียกน้ำ<br>2. ติดตั้งท่อร้อยสายไฟ เพื่อความปลอดภัยจากสัตว์นานาชนิดที่สามารถกัดสายไฟขาดจนเกิดการลัดวงจร<br>3. ไม่ควรลากสายไฟไว้ที่พื้นโดยที่ไม่มีท่อร้อยสายไฟ |
| 9 | เปิดสวิตช์ขึ้น แล้วทำตามคู่มือการตั้งค่าการเชื่อมต่อกล่องควบคุมกับเว็บแอพลิเคชั่นต่อไป |

**ขั้นตอนการตั้งค่าเชื่อมกล่องควบคุมกับเว็บแอพลิเคชั่น**

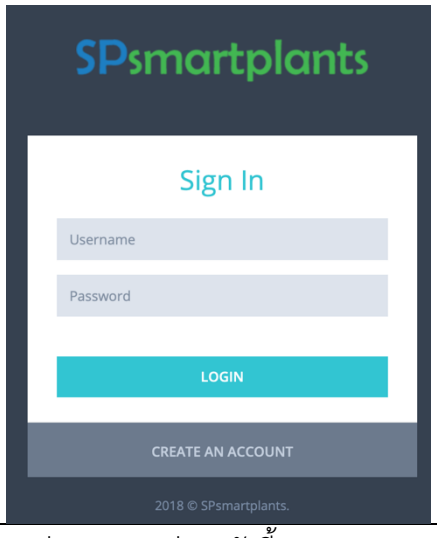
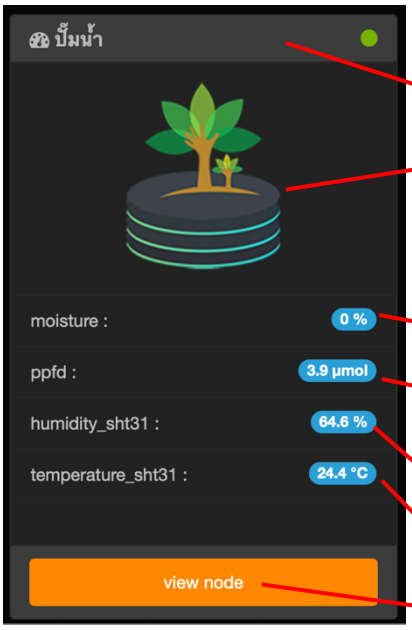
| ลำดับ | การตั้งค่า |
|---|---|
| 1 | เข้าสู่เว็บแอพลิเคชั่นผ่านทางโปรแกรมเว็บเบราเซอร์ (เช่น Chrome, Firefox, IE หรือ Edge) บนคอมพิวเตอร์หรือสมาร์ทโฟน ผ่านทาง https://inc.farm |
| 2 |  ในกรณีที่ยังไม่มีรหัสผู้ใช้ ให้ทำการสมัครสมาชิกก่อน โดยกดปุ่ม Create an Account  2.1 จากนั้นให้กรอกรายละเอียด ชื่อ-นามสกุล, เบอร์โทรศัพท์ติดต่อ, ชื่อผู้ใช้, อีเมล, รหัสผ่าน และรหัสผ่านอีกครั้ง<br>2.2 คลิกเลือกที่หน้า I agree to the Terms of Service & Privacy Policy.<br>2.3 กดปุ่ม Submit เพื่อสมัครสมาชิก และรอการตอบกลับจากทีมสนับสนุน |
| 3 | ลงชื่อเข้าใช้ด้วย Username และ Password ที่ได้จากทีมสนับสนุน หรือสมัครสมาชิกใหม่ไว้ แล้วกดปุ่ม Login  |

| ลำดับ | การตั้งค่า |
|---|---|
| 4 | เข้าสู่หน้าหลักของการควบคุม ให้เริ่มตั้งค่าระบบอัตโนมัติ คลิกปุ่ม view node เพื่อเข้าสู่การตั้งค่าและควบคุม   |
| 5 | ตรวจสอบให้แน่ใจก่อนว่า กล่องควบคุมของท่าน เชื่อมต่อเข้าสู่อินเตอร์เน็ตและระบบเว็บแอพลิเคชั่นแล้ว ให้ผู้ใช้สังเกตสัญลักษณ์รูปต้นไม้ 5.1 ถ้ามีลักษณะเป็นสีสัน พร้อมกับคำว่า Node : Online แสดงว่าการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตทำงานแล้ว ให้ทำขั้นตอนถัดไป 5.2 ถ้ามีลักษณะเป็นสีเทา พร้อมกับคำว่า Node : Offline แสดงว่าการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตไม่สมบูรณ์ ให้ตรวจสอบการทำงานหรือการติดตั้งกล่องควบคุมอีกครั้ง |
| 6 |   ตรวจสอบการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ที่ 1 และ 2 โดยการเข้าเมนูย่อย I/O และทดลอง เปิด/ปิด อุปกรณ์ Zone 1 และ 2 ดูหลาย ๆ ครั้ง ว่าสามารถควบคุมการเปิด/ปิด ได้ปกติหรือไม่ |

## การใช้งานเว็บแอพลิเคชั่น

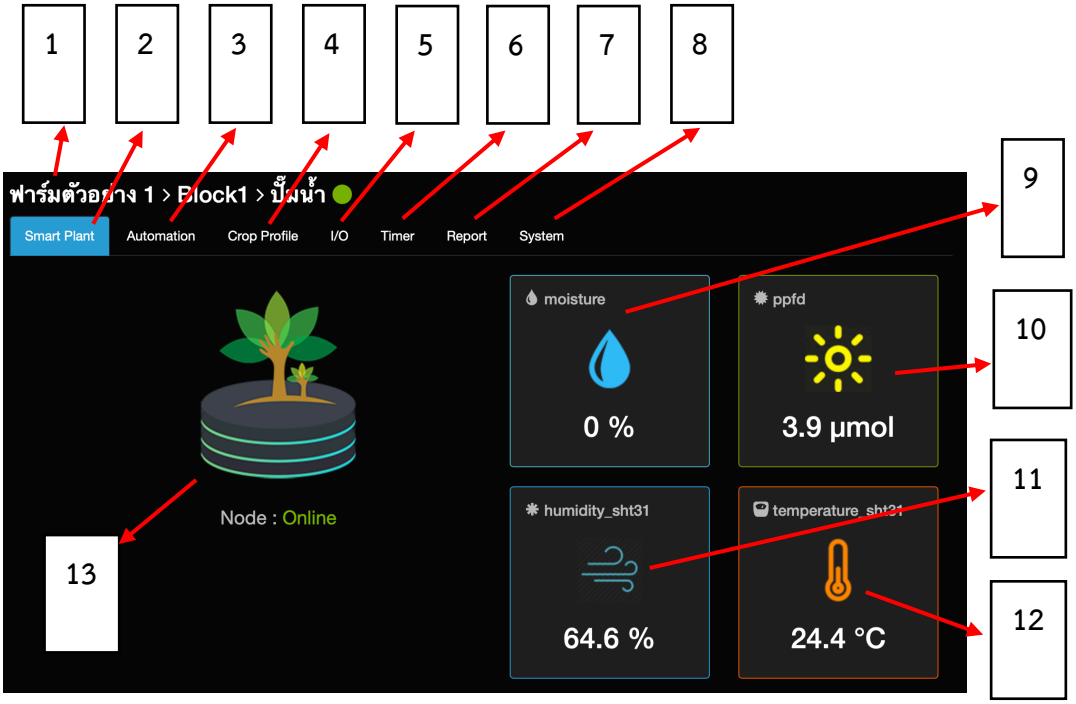
เว็บแอพลิเคชั่น สามารถเข้าใช้ได้ผ่านเว็บเบราเซอร์บนคอมพิวเตอร์หรือสมาร์ทโฟนทั้ง Android และ iOS ได้ผ่านทาง https://inc.farm โดยมีหัวข้อขั้นตอนการใช้งาน ดังนี้

### การเริ่มเข้าใช้ระบบ

<table>
<tr><th>ลำดับ</th><th>การตั้งค่า</th></tr>
<tr><td>1</td><td>เข้าสู่เว็บแอพลิเคชั่นผ่านทางโปรแกรมเว็บเบราเซอร์ (เช่น Chrome, Firefox, IE หรือ Edge) บนคอมพิวเตอร์หรือสมาร์ทโฟน ผ่านทาง https://inc.farm</td></tr>
<tr><td>2</td><td>ลงชื่อเข้าใช้ด้วย Username และ Password ที่ได้รับจากทีมสนับสนุน หรือสมัครสมาชิกใหม่ไว้ แล้วกดปุ่ม Login<br> 
</td></tr>
<tr><td>3</td><td>เมื่อเข้าสู่หน้าหลัก ระบบจะแสดงผลสถานะการทำงานของกล่องควบคุมล่าสุดดังนี้<br> 

<table>
<tr><th>ลำดับ</th><th>คุณสมบัติ</th></tr>
<tr><td>1</td><td>ชื่อของกล่องควบคุม</td></tr>
<tr><td>2</td><td>สัญลักษณ์แสดงกล่องควบคุม<br>Online (สัญลักษณ์สีสัน) หรือ<br>Offline (สัญลักษณ์สีเทา)</td></tr>
<tr><td>3</td><td>Moisture : แสดงค่าความชื้นในดิน</td></tr>
<tr><td>4</td><td>PPFD : แสดงค่าความเข้มข้นของแสง ที่จำเป็นต่อการสังเคราะห์แสงของพืช</td></tr>
<tr><td>5</td><td>Humidity : แสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ</td></tr>
<tr><td>6</td><td>Temperature : แสดงค่าอุณหภูมิในอากาศ</td></tr>
<tr><td>7</td><td>ปุ่มสำหรับเข้าสู่หน้าตั้งค่าและควบคุม</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

| ลำดับ | การตั้งค่า |
|---|---|
| 4 | เมื่อเข้าสู่หน้า view node ตั้งค่าและควบคุม จะพบกับแถบเมนูด้านบน และการแสดงผลค่าเซนเซอร์ต่าง ๆ หน้าแรกคือ Smart Plant มีรายละเอียดดังนี้ |

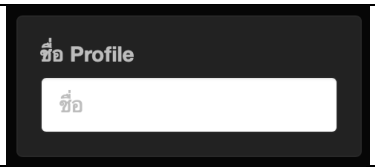
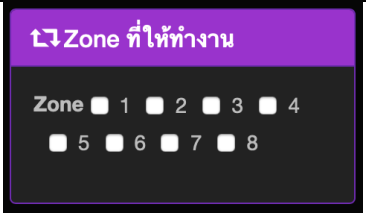
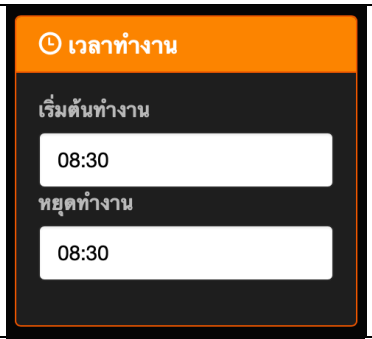
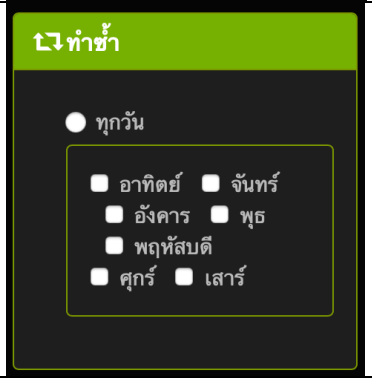


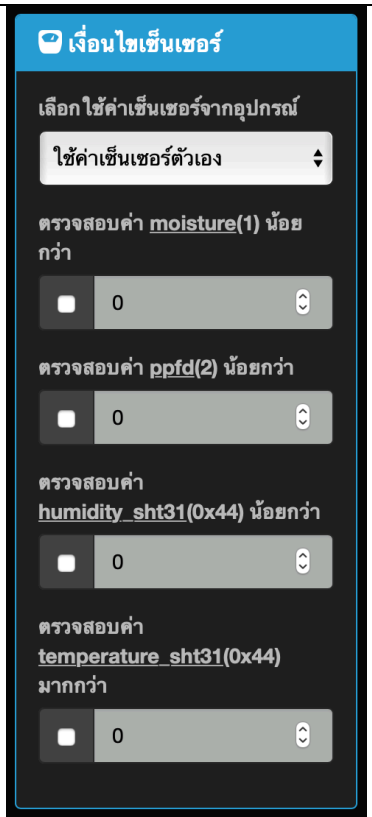
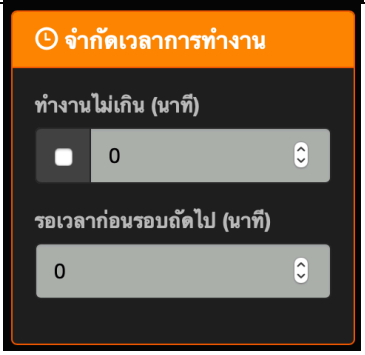
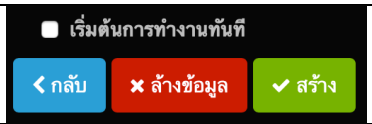
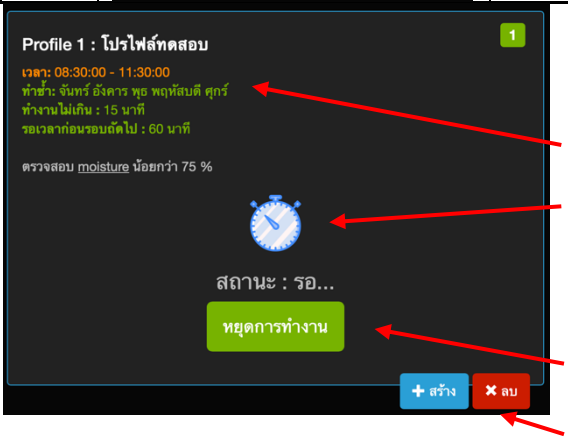

| ลำดับ | คุณสมบัติ |
|---|---|
| 1 | แสดงชื่อของกล่องควบคุม |
| 2 | Smart Plant หน้าแสดงค่าเซนเซอร์ต่าง ๆ |
| 3 | Automation หน้าการตั้งค่าการทำงานแบบอัตโนมัติ |
| 4 | Crop Profile หน้าการตั้งค่าการทำงานตามรอบการปลูกแบบอัตโนมัติ |
| 5 | I/O หน้าควบคุมการสั่งการ เปิด/ปิด อุปกรณ์ทันที |
| 6 | Timer หน้าตั้งค่าเวลานับถอยหลัง เปิด/ปิด อุปกรณ์ |
| 7 | Report หน้ารายการสถิติค่าเซนเซอร์ต่าง ๆ และประวัติการ เปิด/ปิด อุปกรณ์ |
| 8 | System หน้าแสดงสถานะล่าสุดของเครื่องควบคุมและควบคุมการทำงานเบื้องหลัง |
| 9 | แสดงค่าความชื้นในดิน หน่วย: % |
| 10 | แสดงค่าความเข้มข้นของแสงที่จำเป็นต่อการสังเคราะห์แสงของพืช หน่วย: ไมโครโมล |
| 11 | แสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ หน่วย: % |
| 12 | แสดงค่าอุณหภูมิในอากาศ หน่วย: องศาเซลเซียส |
| 13 | แสดงสัญลักษณ์สถานะการทำงานของกล่องควบคุม<br>13.1 Online (สัญลักษณ์สีสัน) กล่องควบคุมเชื่อมต่ออยู่<br>13.2 Offline (สัญลักษณ์สีเทา) กล่องควบคุมขาดการเชื่อมต่อ |

## การตั้งค่าการทำงานแบบอัตโนมัติ

ตั้งค่าการทำงานแบบอัตโนมัติ (Automation) คือ การสร้างเงื่อนไขเพื่อควบคุมการ เปิด/ปิด อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้การตัดสินใจจาก วัน เวลา หรือค่าเซนเซอร์ต่าง ๆ เช่น “ต้องการให้ปั๊มน้ำ (Zone 1) เปิดการทำงานเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส และปิดการทำงานภายในระยะเวลา 20 นาที โดยให้ทำงานได้แค่ช่วงเช้าในเวลา 8.00 – 17.00 น.” เป็นต้น มีวิธีการตั้งค่าดังนี้

<table>
<tr><th>ลำดับ</th><th>การตั้งค่า</th></tr>
<tr><td>1</td><td>เมนูแถบด้านบน กดปุ่ม Automation</td></tr>
<tr><td>2</td><td>

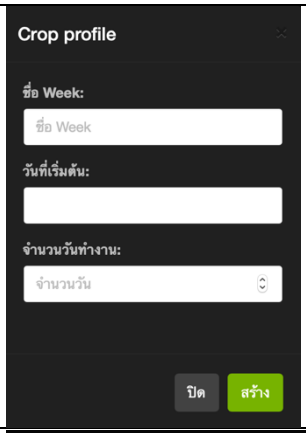
กดปุ่ม สร้าง ที่มุมขวาล่างหน้าจอ</td></tr>
<tr><td>3</td><td>ระบบจะแสดงหน้าจอการตั้งค่า Profile (โปรไฟล์) Automation ให้ตั้งค่าต่าง ๆ ดังนี้
<table>
<tr><th>ลำดับ</th><th>รูปแบบ</th><th>การตั้งค่า</th></tr>
<tr><td>1</td><td> 
</td><td>ตั้งชื่อโปรไฟล์ตามความเข้าใจของผู้ใช้ ยกตัวอย่าง เช่น “รดน้ำเมื่อร้อนเกิน 35 องศาในตอนเช้า”</td></tr>
<tr><td>2</td><td> 
</td><td>เลือกอุปกรณ์ (Zone) ที่ต้องการควบคุม<br>Zone 1 : แมกเนติก ควบคุม ปั๊มน้ำ<br>Zone 2 : รีเลย์ ควบคุม โซลินอยด์วาล์ว, หลอดไฟแสงสว่าง หรืออื่น ๆ</td></tr>
<tr><td>3</td><td> 
</td><td>เลือกช่วงเวลาที่ต้องการให้โปรไฟล์นี้ทำงาน นอกเหนือช่วงเวลาที่กำหนด โปรไฟล์นี้จะไม่ทำงาน ยกตัวอย่างเช่น “ต้องการให้โปรไฟล์เริ่มต้นทำงานเฉพาะตอนเช้า ตั้งแต่เวลา 8.00 – 11.30 น.”</td></tr>
<tr><td>4</td><td> 
</td><td>เลือกวันที่ต้องการให้โปรไฟล์นี้ทำงาน สามารถเลือกเฉพาะบางวันก็ได้ หรือจะเลือกให้ทำงานทุกวันก็ได้ ยกตัวอย่างเช่น “ต้องการให้โปรไฟล์นี้ทำงานเฉพาะวันจันทร์ - ศุกร์” ผู้ใช้ก็จะต้องคลิกเลือกช่องหน้าวันที่ต้องการให้ทำงานคือ จันทร์ อังคาร พุธ พฤหัสบดี ศุกร์ เป็นต้น</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

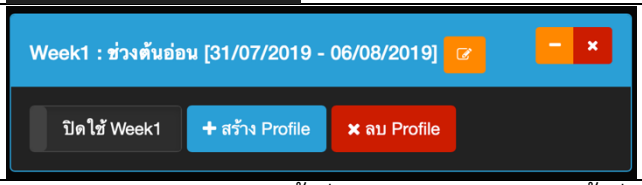
| | ลำดับ | รูปแบบ | การตั้งค่า |
|---|---|---|---|
| | 5 |  | เลือกใช้เซนเซอร์เป็นเงื่อนไขในการ เปิด/ปิด อุปกรณ์ ถ้าหากเงื่อนไขถูกต้อง อุปกรณ์จะเปิด และถ้าหากเงื่อนไขไม่ถูกต้อง อุปกรณ์จะปิด<br>5.1 เลือกว่าจะใช้ค่าเซนเซอร์จากอุปกรณ์ใด<br>- ใช้ค่าเซนเซอร์ตัวเอง (เซนเซอร์ที่ติดตั้งภายในกล่องควบคุม)<br>- ใช้ค่าเซนเซอร์จากอุปกรณ์อื่น<br>5.2 เลือกค่าเซนเซอร์ใดเซนเซอร์หนึ่งที่ต้องการใช้เป็นเงื่อนไขในการพิจารณา เปิด/ปิด อุปกรณ์<br>5.3 ใส่ค่าตัวเลขเป็นเงื่อนไขลงไปตามคำแนะนำ เช่น “ถ้า moisture ความชื้นในดิน น้อยกว่า 70%” ผู้ใช้จะต้องคลิกเลือกหน้ากล่อง moisture และใส่ค่า 70 ลงในช่องถัดไป (โดยไม่ต้องใส่หน่วย) |
| | 6 |  | หากผู้ใช้ต้องการจำกัดเวลาการเปิดอุปกรณ์ต่อครั้ง เมื่อโปรไฟล์เริ่มทำงาน ให้คลิกเลือกและตั้งเวลา<br>6.1 ทำงานไม่เกิน (นาที) คือการตั้งค่าให้อุปกรณ์ปิดลงเมื่อทำงานตามนาทีสูงสุดที่ตั้งไว้<br>6.2 รอเวลาก่อนรอบถัดไป (นาที) คือ การพักการทำงานของโปรไฟล์ตามนาทีที่ตั้งไว้ชั่วคราว เมื่อครบเวลาจึงจะเริ่มทำงานโปรไฟล์ใหม่อีกครั้ง |
| | 7 |  | 7.1 คลิกเลือก ถ้าต้องการให้เริ่มทำงานทันที<br>7.2 คลิก สร้าง เพื่อสร้างโปรไฟล์ |
| | 4 |  | โปรไฟล์ที่สร้างเสร็จแล้ว จะแสดงผลอยู่บนหน้า Automation<br>4.1 รายละเอียดเงื่อนไขของโปรไฟล์<br>4.2 สัญลักษณ์แสดงสถานะการทำงาน<br>- นาฬิกา : รอเริ่มต้นการทำงาน<br>- หยดน้ำ : กำลังทำงาน <br>4.3 กดปุ่ม เริ่มการทำงาน/หยุดการทำงาน ได้<br>4.4 กดปุ่มลบ เมื่อไม่ต้องการใช้โปรไฟล์แล้ว |

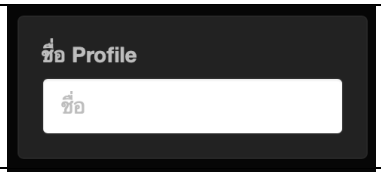
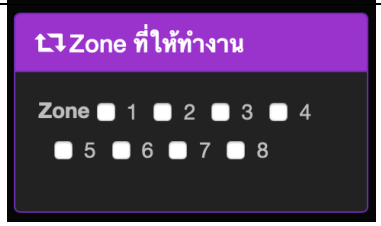
## การตั้งค่าการทำงานตามรอบการปลูกแบบอัตโนมัติ

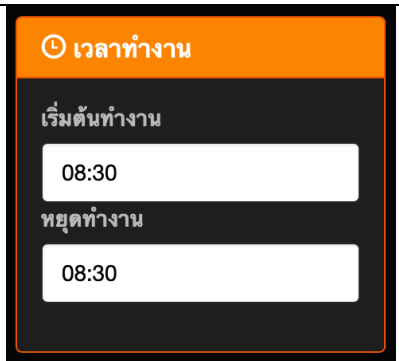
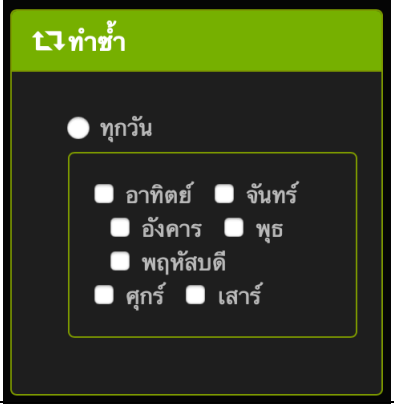
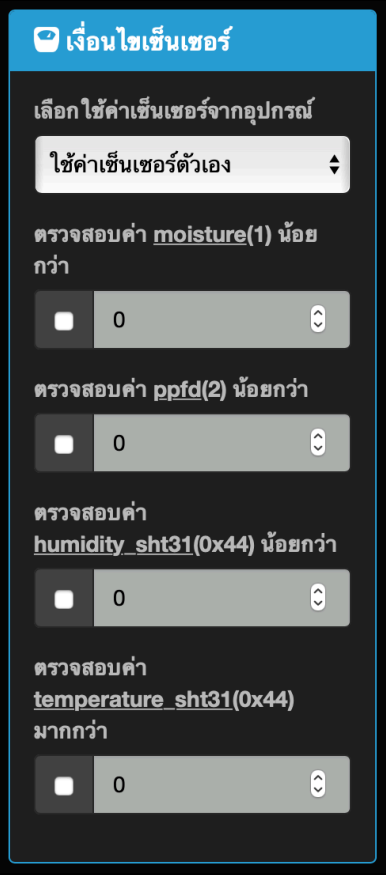
การตั้งค่าการทำงานตามรอบการปลูกแบบอัตโนมัติ (Crop Profile) คือ การสร้างเงื่อนไขในการทำงานเพื่อควบคุมการ เปิด/ปิด อุปกรณ์ต่าง ๆ โดยใช้เงื่อนไขจากวัน, เวลา, หรือค่าที่ได้จากเซนเซอร์ต่าง ๆ และผู้ใช้สามารถตั้งค่าได้ตั้งแต่วันเริ่มต้นปลูกจนถึงวันสิ้นสุดหรือเก็บเกี่ยว เช่น “การปลูกพืชชนิดพืชไร่ ในช่วง 7 วันแรก พืชต้องการน้ำปริมาณไม่มาก ดังนั้น ควรตั้งค่าการรดน้ำเมื่อมีความชื้นในดินต่ำกว่า 70% หลังจากนั้นในช่วง 7 วันถัดมา พืชต้องการปริมาณน้ำมากขึ้น ควรตั้งค่าการรดน้ำเมื่อมีความชื้นในดินต่ำกว่า 80%” เป็นต้น มีวิธีการตั้งค่าดังนี้

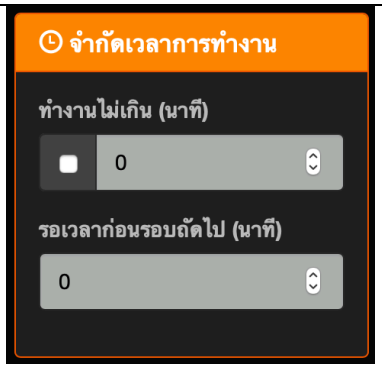
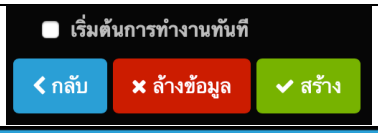
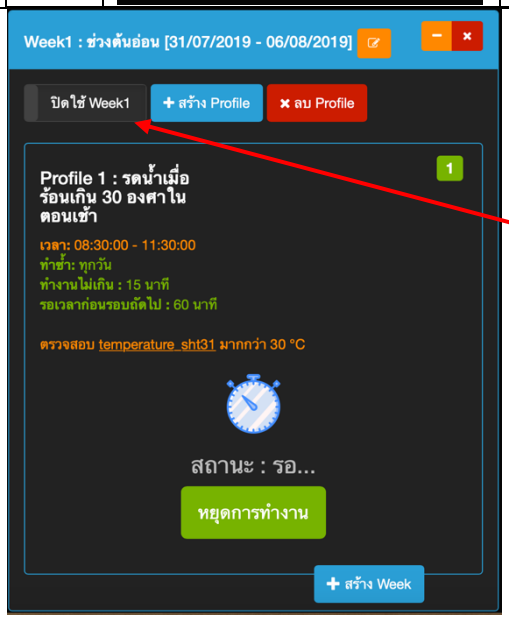
<table>
<tr><th>ลำดับ</th><th>การตั้งค่า</th></tr>
<tr><td>1</td><td>ที่เมนูแถบด้านบน กดปุ่ม Crop Profile</td></tr>
<tr><td>2</td><td>

กดปุ่มสร้าง Week (สัปดาห์การปลูก) ที่มุมขวาล่างของหน้าจอ</td></tr>
<tr><td>3</td><td> 

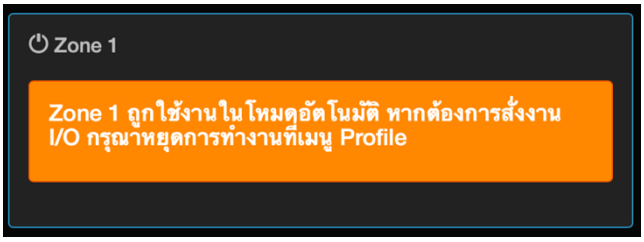
ใส่รายละเอียดสัปดาห์การปลูก<br>3.1 ชื่อสัปดาห์การปลูก (Week)<br>3.2 วันที่เริ่มต้นการปลูก<br>3.3 จำนวนวันทำงาน นับตั้งแต่วันที่เริ่มต้นการปลูก<br>3.4 กดปุ่ม สร้าง เพื่อสร้างสัปดาห์การปลูก</td></tr>
<tr><td>4</td><td> 

หน้าจอจะแสดงผลสัปดาห์การปลูกที่สร้างขึ้น ให้ผู้ใช้กดปุ่ม สร้างโปรไฟล์ (Profile) เพื่อสร้างเงื่อนไขการควบคุม</td></tr>
<tr><td>5</td><td>ระบบจะแสดงหน้าจอการตั้งค่าโปรไฟล์ (Profile) ให้ตั้งค่าต่าง ๆ ดังนี้
<table>
<tr><th>ลำดับ</th><th>รูปแบบ</th><th>การตั้งค่า</th></tr>
<tr><td>1</td><td> 
</td><td>ตั้งชื่อโปรไฟล์ตามความเข้าใจของผู้ใช้ ยกตัวอย่าง เช่น “รดน้ำเมื่อร้อนเกิน 35 องศาในตอนเช้า”</td></tr>
<tr><td>2</td><td> 
</td><td>เลือกอุปกรณ์ (Zone) ที่ต้องการควบคุม<br>Zone 1 : แมกเนติก ควบคุม ปั๊มน้ำ<br>Zone 2 : รีเลย์ ควบคุม โซลินอยด์วาล์ว, หลอดไฟแสงสว่าง หรืออื่น ๆ</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

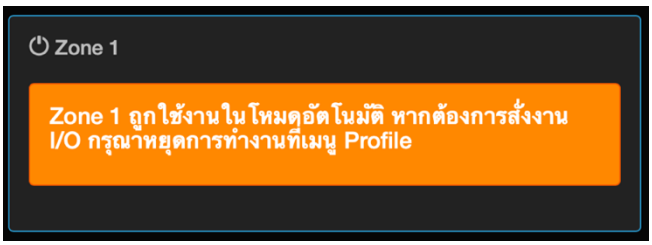
| ลำดับ | รูปแบบ | การตั้งค่า |
|---|---|---|
| 3 |  | เลือกช่วงเวลาที่ต้องการให้โปรไฟล์นี้ทำงาน นอกเหนือช่วงเวลาที่กำหนด โปรไฟล์นี้จะไม่ทำงาน ยกตัวอย่างเช่น “ต้องการให้โปรไฟล์เริ่มต้นทำงานเฉพาะตอนเช้า ตั้งแต่เวลา 8.00 – 11.30 น.” |
| 4 |  | เลือกวันที่ต้องการให้โปรไฟล์นี้ทำงาน สามารถเลือกเฉพาะบางวันก็ได้ หรือจะเลือกให้ทำงานทุกวันก็ได้ ยกตัวอย่างเช่น “ต้องการให้โปรไฟล์นี้ ทำงานเฉพาะวันจันทร์ - ศุกร์” ผู้ใช้ก็จะต้องคลิกเลือกช่องหน้าวันที่ต้องการให้ทำงานคือ จันทร์ อังคาร พุธ พฤหัสบดี ศุกร์ เป็นต้น |
| 5 |  | เลือกใช้เซนเซอร์เป็นเงื่อนไขในการ เปิด/ปิด อุปกรณ์ ถ้าหากเงื่อนไขถูกต้อง อุปกรณ์จะเปิด และถ้าหากเงื่อนไขไม่ถูกต้อง อุปกรณ์จะปิด<br>5.1 เลือกว่าจะใช้ค่าเซนเซอร์จากอุปกรณ์ใด<br>- ใช้ค่าเซนเซอร์ตัวเอง (เซนเซอร์ที่ติดตั้งภายในกล่องควบคุม)<br>- ใช้ค่าเซนเซอร์จากอุปกรณ์อื่น<br>5.2 เลือกค่าเซนเซอร์ใดเซนเซอร์หนึ่งที่ต้องการใช้เป็นเงื่อนไขในการพิจารณา เปิด/ปิด อุปกรณ์<br>5.3 ใส่ค่าตัวเลขเป็นเงื่อนไขลงไปตามคำแนะนำ เช่น “ถ้า moisture ความชื้นในดิน น้อยกว่า 70%” ผู้ใช้จะต้องคลิกเลือกหน้ากล่อง moisture และใส่ค่า 70 ลงในช่องถัดไป (โดยไม่ต้องใส่หน่วย) |

| | ลำดับ | รูปแบบ | การตั้งค่า |
|---|---|---|---|
| | 6 |  | หากผู้ใช้ต้องการจำกัดเวลาการเปิดอุปกรณ์ต่อครั้งเมื่อโปรไฟล์เริ่มทำงาน ให้คลิกเลือกและตั้งเวลา<br>6.1 ทำงานไม่เกิน (นาที) คือการตั้งค่าให้อุปกรณ์ปิดลงเมื่อทำงานตามนาทีสูงสุดที่ตั้งไว้<br>6.2 รอเวลาก่อนรอบถัดไป (นาที) คือ การพักการทำงานของโปรไฟล์ตามนาทีที่ตั้งไว้ชั่วคราว เมื่อครบเวลาจึงจะเริ่มทำงานโปรไฟล์ใหม่อีกครั้ง |
| | 7 |  | 7.1 คลิกเลือก ถ้าต้องการให้เริ่มทำงานทันที<br>7.2 คลิก สร้าง เพื่อสร้างโปรไฟล์ |
| 6 | |  | 6.1 โปรไฟล์ที่สร้างเสร็จแล้ว จะแสดงผลอยู่ในสัปดาห์การปลูก ผู้ใช้สามารถ สร้าง Profile เพิ่มได้<br>6.2 หลังจากการสร้างสัปดาห์การปลูกเสร็จเรียบร้อย ผู้ใช้ต้องกดปุ่ม “ปิดใช้ Week” ให้กลายเป็น “เปิดใช้ Week” เพื่อเริ่มใช้งานทุกครั้ง<br> <br>6.3 ผู้ใช้สามารถสร้าง Week อื่น ๆ เพิ่มได้ ตามความต้องการ<br>6.4 หากต้องการลบสัปดาห์การปลูก ให้คลิกปุ่ม X ที่มุมขวาบน |

## การควบคุมการสั่ง เปิด/ปิด อุปกรณ์ทันที

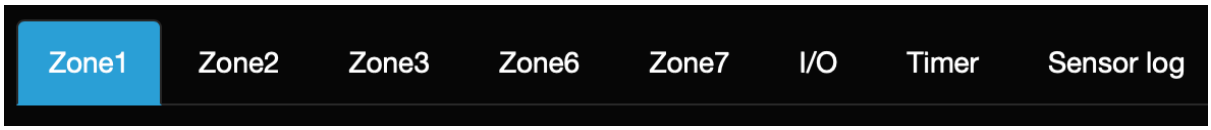
| ลำดับ | การตั้งค่า |
|---|---|
| 1 | เมนูแถบด้านบน กดปุ่ม I/O |
| 2 | ผู้ใช้สามารถตรวจสอบสถานะปัจจุบันและควบคุมการเปิด/ปิด อุปกรณ์ (Zone) ต่าง ๆ ได้ โดยจะเห็นผลการทำงานทันที |
| 3 | โหมดการสั่งงานทันที หรือแบบ I/O จะไม่สามารถควบคุมอุปกรณ์ (Zone) ที่กำลังทำงานอยู่ ตามเงื่อนไขคำสั่งโปรไฟล์ในโหมด Automation หรือโปรไฟล์ในโหมด Crop Profile ได้ หากต้องการใช้โหมด I/O นี้ ผู้ใช้จะต้องหยุดการสั่งงานที่โหมดอื่น ๆ ก่อน  |

## การตั้งค่าเวลานับถอยหลัง เปิด/ปิด อุปกรณ์

| ลำดับ | การตั้งค่า |
|---|---|
| 1 | ที่เมนูแถบด้านบน กดปุ่ม Timer |
| 2 | ผู้ใช้สามารถตั้งเวลานับถอยหลังการเปิด/ปิด อุปกรณ์ได้<br>2.1 เลือกเวลานับถอยหลังที่จะเปิดอุปกรณ์<br>2.2 กดปุ่ม เริ่ม<br>2.3 เมื่อนับถอยหลังจนถึง 0 : 00 นาที อุปกรณ์จะหยุดการทำงาน |
| 3 | โหมดการสั่งงานทันที หรือแบบ I/O จะไม่สามารถควบคุมอุปกรณ์ (Zone) ที่กำลังทำงานอยู่ ตามเงื่อนไขคำสั่งโปรไฟล์ในโหมด Automation หรือโปรไฟล์ในโหมด Crop Profile ได้ หากต้องการใช้โหมด I/O นี้ ผู้ใช้จะต้องหยุดการสั่งงานที่โหมดอื่น ๆ ก่อน  |

**การตรวจสอบประวัติการ เปิด/ปิด อุปกรณ์, ประวัติการทำงานของโปรไฟล์ และสถิติค่าเซนเซอร์ต่าง ๆ ย้อนหลัง**

แถบเมนู กดปุ่ม Report แล้วหน้าจอจะแสดงแถบเมนูย่อย ดังนี้




1. Zone 1 – Zone 7 คือ การแสดงประวัติย้อนหลังการทำงานของโปรไฟล์ที่ควบคุมอุปกรณ์ (Zone) นั้น ซึ่งระบบสามารถแสดงผลย้อนหลังได้สูงสุด 1,000 รายการล่าสุด

| # | เริ่ม | สิ้นสุด | ใช้เวลา | วันที่ |
|---|---|---|---|---|
| 1. | 15:03 | 15:08 | 5 นาที | 31/07/2019 |
| 2. | 15:04 | 15:06 | 2 นาที | 06/06/2019 |
| 3. | 11:25 | 11:30 | 5 นาที | 06/06/2019 |
| 4. | 11:00 | 11:05 | 5 นาที | 06/06/2019 |
| 5. | 10:35 | 10:40 | 5 นาที | 06/06/2019 |

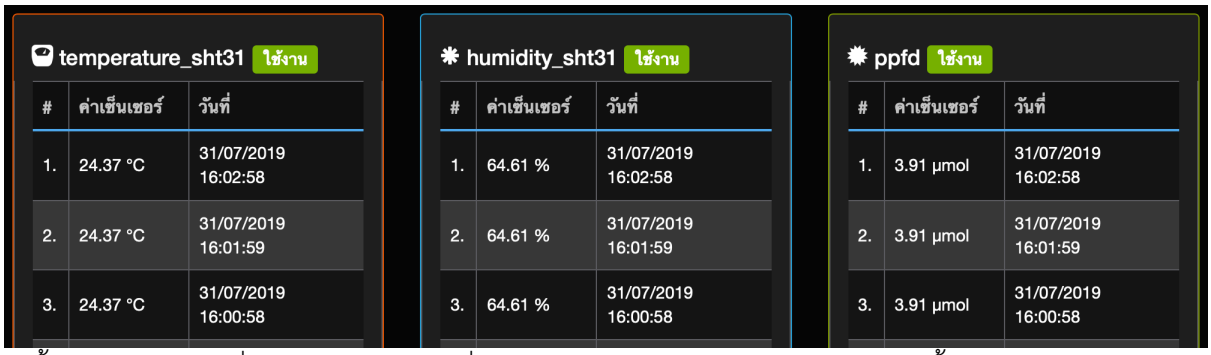
2. I/O คือ การแสดงประวัติการเปิด/ปิด ด้วยตนเองของทุกอุปกรณ์ (Zone) ซึ่งระบบสามารถแสดงผลย้อนหลังได้สูงสุด 1,000 รายการล่าสุด

| # | Zone | คำสั่ง | วันที่ |
|---|---|---|---|
| 1. | Zone 1 | ปิด | 31/07/2019 15:11:53 |
| 2. | Zone 1 | ปิด | 31/07/2019 15:10:03 |
| 3. | Zone 1 | เปิด | 31/07/2019 15:10:02 |
| 4. | Zone 1 | ปิด | 31/07/2019 15:09:59 |
| 5. | Zone 1 | ปิด | 17/07/2019 11:26:03 |

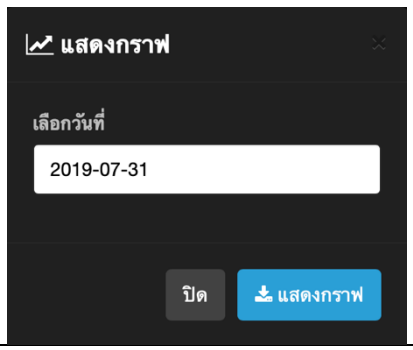
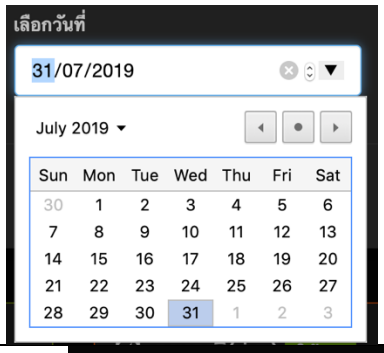
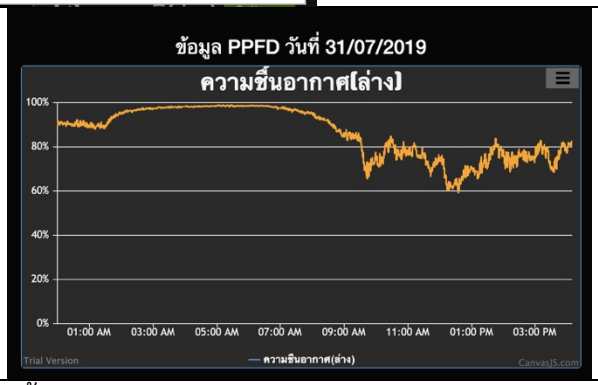
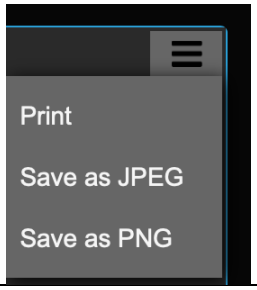
3. Timer คือ การแสดงประวัติการตั้งเวลานับถอยหลัง เปิด/ปิด ของทุกอุปกรณ์ (Zone) ซึ่งระบบสามารถแสดงผลย้อนหลังได้สูงสุด 1,000 รายการล่าสุด

| # | Zone | เริ่มต้น | สิ้นสุด | วันที่ |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Zone 1 | 13:29 | 13:59 | 09/05/2019 13:29:26 |
| 2. | Zone 2 | 13:29 | 13:59 | 09/05/2019 13:29:28 |
| 3. | Zone 1 | 13:29 | 13:59 | 09/05/2019 13:29:30 |
| 4. | Zone 2 | 13:29 | 13:59 | 09/05/2019 13:29:32 |
| 5. | Zone 1 | 13:29 | 13:59 | 09/05/2019 13:29:35 |

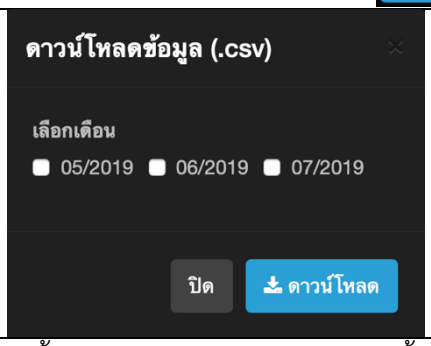
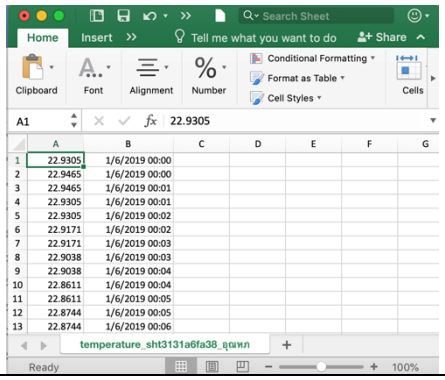
4. Sensor Log คือ การแสดงสถิติค่าเซนเซอร์ต่าง ๆ ที่ระบบเก็บค่าได้ ซึ่งระบบสามารถแสดงผลย้อนหลังได้สูงสุด 1,000 รายการล่าสุด โดยแสดงผลแยกตามชนิดของเซนเซอร์




ผู้ใช้สามารถเลือกวันที่ต้องการให้แสดงผลค่าจากเซนเซอร์ได้ ในรูปแบบกราฟเส้น ดังนี้

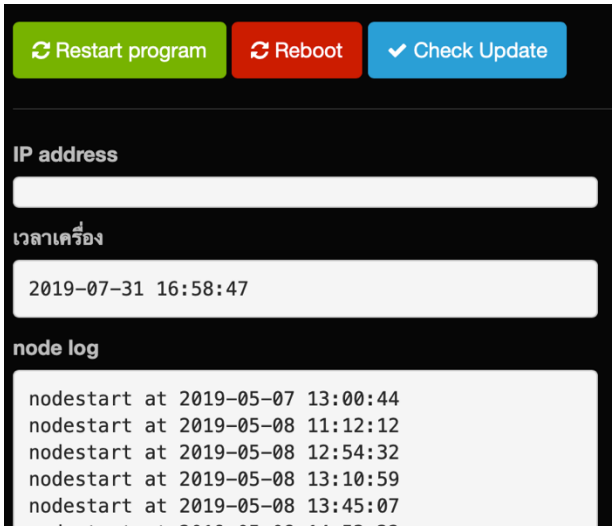
| ลำดับ | การตั้งค่า |
|---|---|
| 1 | กดปุ่ม กราฟ ที่มุมขวาบน |
| 2 |   เลือกวันที่ต้องการให้แสดงผลค่าเซนเซอร์ จากนั้นปุ่ม แสดงกราฟ |
| 3 | ระบบจะแสดงป๊อปอัพหน้าใหม่ แสดงผลค่าเซนเซอร์ต่าง ๆ ในรูปแบบกราฟตามวันที่ผู้ใช้ระบุ ซึ่งทำให้เห็นความแตกต่างในแต่ละช่วงเวลาได้ชัดเจนยิ่งขึ้น  |
| 4 |  ที่ปุ่มเมนูขวาบน ผู้ใช้สามารถเลือกบันทึกภาพกราฟเป็นรูปได้ (นามสกุลไฟล์ .JPG หรือ .PNG) หรือเลือกพิมพ์กราฟออกทางเครื่องพิมพ์ |

ผู้ใช้สามารถดาวน์โหลด ค่าเซนเซอร์ทุกตัวที่บันทึกในแต่ละรอบเดือนได้ (บันทึกเป็น 1 ไฟล์ .CSV ต่อเซนเซอร์ 1 ชนิด และถูกบีบอัดรวมกันเป็น 1 ไฟล์ .ZIP) ดังนี้

| ลำดับ | การตั้งค่า |
|---|---|
| 1 | กดปุ่ม ดาวน์โหลด ที่มุมขวาบน |
| 2 |  คลิกเลือกเดือนที่ต้องการดาวน์โหลดข้อมูล โดยผู้ใช้สามารถเลือกได้มากกว่า 1 เดือน จากนั้นกดปุ่ม ดาวน์โหลด |
| 3 | ผู้ใช้จะได้รับไฟล์ .ZIP จากระบบ ผู้ใช้ต้องทำการ Unzip ไฟล์ก่อน จึงจะสามารถเปิดไฟล์ .CSV ที่อยู่ภายในได้ โดยแต่ละไฟล์จะถูกแบ่งข้อมูลกันตามชนิดของเซนเซอร์และตามเดือนที่ผู้ใช้เลือกไว้ |
| 4 |  ตัวอย่างไฟล์ที่ได้ เมื่อเปิดในโปรแกรม Microsoft Excel |

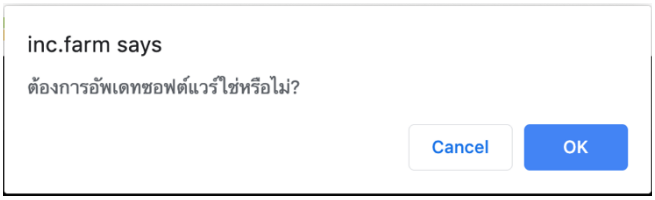
## การอัพเดทซอฟต์แวร์ระบบ

เมนูแถบด้านบน กดปุ่ม System




- ในกรณีที่กล่องควบคุมไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ ให้ผู้ใช้กดปุ่ม Reboot จากนั้นวงจรในกล่องควบคุมจะปิดและเปิดใหม่แบบอัตโนมัติ
- ในกรณีที่โปรแกรมควบคุมไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ ให้ผู้ใช้กดปุ่ม Restart Program จากนั้นโปรแกรมจะปิดและเปิดใหม่แบบอัตโนมัติ
- ในกรณีที่ผู้ใช้ต้องการอัพเดทระบบการใช้งานด้วยตนเอง สามารถกดปุ่ม Check Update ได้

หากมีคำสั่งให้อัพเดทระบบ ระบบจะสอบถามผู้ใช้ เพื่อยืนยันความต้องการ ให้ผู้ใช้กดปุ่ม OK จากนั้นระบบจะไม่สามารถเชื่อมต่อกับกล่องควบคุมได้ชั่วคราว ให้รอประมาณ 2 – 5 นาที จึงจะกลับมาใช้งานได้ตามปกติ




| | |
|---|---|
| **คำเตือน** | ทุกครั้งก่อนยืนยันการอัพเดทระบบ ผู้ใช้ควรแน่ใจก่อนว่า ไม่มีอุปกรณ์ (Zone) ใดกำลังเปิดใช้งานอยู่ และตลอดการอัพเดตระบบจะต้องมีสัญญาณอินเตอร์เน็ตและไฟฟ้าจ่ายให้กับกล่องควบคุมตลอดระยะเวลานั้น เพื่อป้องกันการทำงานผิดพลาด ทั้งนี้ การอัพเดทระบบอาจมีความเสี่ยง หากไม่สามารถใช้งานระบบได้หลังการอัพเดต โปรดติดต่อทีมสนับสนุน SPsmartplants |

## การแก้ไขปัญหาเบื้องต้นเมื่อเกิดเหตุขัดข้อง

| # | ปัญหาที่พบ | วิธีแก้ไขปัญหา |
|---|---|---|
| 1 | ระบบรดน้ำ หรืออุปกรณ์ต่อพ่วงไม่ทำงานอัตโนมัติตามเวลาที่ตั้งไว้ | สาเหตุ : กล่องควบคุมไม่ทำงาน<br>ตรวจสอบ : ตรวจสอบการจ่ายไฟหรือการเสียบปลั๊กของอุปกรณ์<br>แก้ไข : จ่ายไฟหรือเสียบปลั๊กเข้ากับกล่องควบคุม |
| 2 | ไม่สามารถใช้เว็บแอพลิเคชั่นเพื่อควบคุมอุปกรณ์ได้ | สาเหตุ : ขาดสัญญาณการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตกับกล่องควบคุม<br>ตรวจสอบ : ตรวจสอบสัญญาณเครือข่าย 3G สามารถใช้งานได้ตามปกติหรือไม่ หรือตรวจสอบยอดค้างชำระค่าบริการอินเตอร์เน็ต<br>แก้ไข : ชำระค่าบริการอินเตอร์เน็ต หรือในกรณีสัญญาณเครือข่าย 3G หมดอายุให้ติดต่อทีมสนับสนุน SPsmartplants ต่ออายุสัญญาณเครือข่าย 3G |
| 3 | ระบบรดน้ำหรือปั๊มน้ำไม่สามารถจ่ายน้ำได้ตามปกติ | สาเหตุ : น้ำไม่เพียงพอต่อการจ่ายน้ำ<br>ตรวจสอบ : ตรวจสอบการทำงานของปั๊มน้ำ และปริมาณน้ำในแหล่งน้ำมีเพียงพอสำหรับการจ่ายน้ำหรือไม่<br>แก้ไข : ซ่อมแซมปั๊มน้ำให้ทำงานได้ปกติ และหาแหล่งน้ำให้เพียงพอต่อการใช้งานในทุกวัน |
| 4 | ค่าเซนเซอร์ทำงานผิดพลาดจากความเป็นจริง | สาเหตุ : เซนเซอร์หมดอายุการใช้งาน<br>ตรวจสอบ : ทดสอบวัดค่าที่ได้จากเซนเซอร์กับอุปกรณ์วัดค่าอื่น ๆ (ถ้ามี) หรือสังเกตค่าว่าความคลาดเคลื่อนจากปกติมากน้อยเพียงใด<br>แก้ไข : หากค่าคลาดเคลื่อนมากหรือค่าเริ่มผิดไปจากปกติ แนะนำให้เปลี่ยนเซนเซอร์ตัวใหม่ ทั้งนี้ เซนเซอร์ทุกชนิดมีอายุการใช้งานต่างกันขึ้นอยู่กับสภาพการใช้งานเช่นกัน |
| 5 | กล่องควบคุมไม่ทำงาน | สาเหตุ : วงจรควบคุมอัจฉริยะทำงานผิดพลาด<br>ตรวจสอบ : ตรวจสอบไฟสถานะสีเขียวแสดงหรือไม่<br>แก้ไข : โปรดติดต่อทีมสนับสนุน SPsmartplants เพื่อแจ้งถึงความผิดปกติและส่งอุปกรณ์ซ่อม |

| # | ปัญหาที่พบเจอ | วิธีแก้ไขปัญหา |
|---|---|---|
| 6 | ไม่สามารถเข้าสู่เว็บแอพลิเคชั่นได้ | สาเหตุ : คอมพิวเตอร์หรือสมาร์ทโฟนของท่านมีปัญหาการเชื่อมต่อกับสัญญาณอินเตอร์เน็ต<br>ตรวจสอบ : ตรวจสอบการเชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ตด้วยตนเอง ใช้วิธีการทดสอบจากโปรแกรม SpeedTest หรือเว็บไซต์ทดสอบความเร็ว http://speedtest.adslthailand.com<br>แก้ไข : เปลี่ยนไปใช้สัญญาณอินเตอร์เน็ตที่มีเสถียรภาพมากกว่า เช่น จากเดิมใช้ WiFi ให้ลองปิด WiFi แล้วเปลี่ยนมาใช้ 4G เป็นต้น |
| 7 | บนระบบเว็บแอพลิเคชั่นไม่แสดงค่าเซนเซอร์ แต่สามารถใช้ควบคุมอุปกรณ์อื่น ๆ ได้ตามปกติ | สาเหตุ : เซนเซอร์มีปัญหา ไม่สามารถเชื่อมต่อกับกล่องควบคุมได้<br>ตรวจสอบ : สายสัญญาณจากตัวเซนเซอร์เชื่อมต่อเข้ากับกล่องควบคุมถูกต้องแล้วหรือไม่ หรือสายสัญญาณถูกตัดขาดหรือไม่<br>แก้ไข : เสียบสายสัญญาณจากเซนเซอร์เข้ากับกล่องควบคุมให้ถูกต้อง หรือกรณีที่สายขาด โปรดติดต่อทีมสนับสนุน SPsmartplants เพื่อดำเนินการเปลี่ยนซ่อม |
| 8 | ปั๊มน้ำทำงานอยู่ตลอดเวลา | สาเหตุ : ไม่มีแหล่งน้ำเพียงพอ<br>ตรวจสอบ : ท่อน้ำจ่ายน้ำเข้าปั๊มได้ตามปกติหรือไม่ หรือมีแหล่งน้ำเพียงพอหรือไม่ หรือตรวจสอบการเปิดวาล์วน้ำ<br>แก้ไข : จ่ายน้ำเข้าท่อน้ำเพื่อให้ปั๊มน้ำทำงานตามปกติ |
| 9 | ถูกไฟช็อตขณะสัมผัสกับกล่องควบคุม (เฉพาะรุ่นที่เป็นกล่องเหล็กหรืออลูมิเนียม) | สาเหตุ : ไม่ติดตั้งสายดิน ทำให้น้ำและความชื้นสัมผัสกับกล่องควบคุมจนอาจเกิดไฟรั่ว<br>ตรวจสอบ : นำไขควงเช็คไฟไปจิ้มที่กล่องควบคุม อุปกรณ์ต่าง ๆ และบริเวณโดยรอบเซนเซอร์ต่าง ๆ ว่ามีไฟรั่วหรือไม่<br>แก้ไข : ติดตั้งสายดินให้เรียบร้อยหรือขอรับคำปรึกษาจากทีมสนับสนุน SPsmartplants เพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้งาน |
| 10 | ท่อน้ำแตก | สาเหตุ : แรงดันน้ำมากจนเกินไป<br>ตรวจสอบ : ตรวจสอบรอยรั่วทุกจุด<br>แก้ไข : ปิดวาล์วน้ำและอุดรอยรั่วท่อตามจุดต่าง ๆ ที่รั่วด้วยตนเอง หรือแจ้งช่างติดตั้งท่อน้ำให้ปรับแก้แรงดันน้ำ |

## ติดต่อเรา

### บริษัท เอสพีสมาร์ทแพลนท์ จำกัด

**ที่อยู่สำนักงาน:**

120/29 – 30 ชั้น 3 ซอยสุขุมวิท 23 ถนนสุขุมวิท แขวงคลองเตยเหนือ เขตวัฒนา
กรุงเทพมหานคร 10110

**เวลาทำการ:**

เปิดทำการทุกวันจันทร์ - เสาร์ ตั้งแต่เวลา 10.00 – 19.00 น.
ยกเว้นวันหยุดนักขัตฤกษ์

**โทรศัพท์:**

065 – 516 – 4459
084 – 669 – 3452

**อีเมล:**

support@spsmartplants.com

**เว็บไซต์:**

https://www.spsmartplants.com

# ภาคผนวก ข

# การปลูกผักไฮโดรโปนิกส์

# การปลูกผักไฮโดรโปนิกส์

**ผักไฮโดรโปนิกส์** คือการปลูกผักไร้ดินชนิดหนึ่งที่อาศัยน้ำเป็นตัวกลางเพื่อนำพาสารอาหารไปเลี้ยงพืชผ่านทางราก ได้ผ่านการพิสูจน์ แล้วว่าน่าจะดีที่สุดในการปลูกพืชผักแบบไร้ดินเพราะสารอาหารจะไปพร้อมน้ำเลยทันทีทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดีมากๆ ทำให้การเจริญเติบโตสม่ำเสมอรวดเร็วพร้อมกันทั้งแปลงปลูก

---

เมล็ดพันธุ์ผักสลัดทุกชนิดที่เรานำมาเพาะจะงอกได้ดีจนเก็บเกี่ยวได้ ต้องควบคุมปัจจัยต่างๆให้เหมาะสมด้วยครับมาเริ่มตั้งแต่การสรรหาเมล็ดพันธุ์ เมล็ดพันธุ์ต้องมาจากแหล่งที่เชื่อถือได้

บ้านเราส่วนใหญ่จะใช้เมล็ดพันธุ์ผักสลัดผักเมืองหนาวมาจากฮอลแลนด์ ถึงจะมีราคาแพงซักหน่อยแต่คุณภาพโอเคเลยครับ ดีมากๆ สรุปข้อแรก **เมล็ดพันธุ์ต้องดี** นะครับ

**เมล็ดพันธุ์เปลือยหรือไม่เคลือบ** อายุการเก็บรักษาจะได้นานกว่าแบบเคลือบฟาร์มขนาดใหญ่ จะเลือกใช้แบบนี้เพราะว่าต้นทุนราคาถูกกว่าเกือบครึ่งและเก็บรักษาได้นานกว่า ส่วนฟาร์มขนาด เล็กหรือพวกมือใหม่อย่างพวกเราผมแนะนำแบบเคลือบครับเพาะว่าเพาะง่ายกว่าทั้งวิธีขั้นตอน การทำ และ รวมไปถึงอัตราการงอกที่ดีกว่าแบบเปลือย

**ข้อเสีย** คือ ราคาแพงกว่าและเก็บรักษาต้องใช้ให้หมดในหกเดือน ปกติเมล็ดเคลือบเขาจะเคลือบ แป้งมาหลังจากกระตุ้นการงอกแล้ว ส่วนเมล็ดพันธุ์เปลือยหลังจากลดความชื้นเขา

มักจะคลุก **สารป้องกันโรค** มาด้วยก่อนซื้อถามก่อนคนขายก่อนว่าคลุกสารป้องกันเชื้อโรคมาหรือเปล่าผมว่า คนขายก็คงตอบว่าไม่ได้ใส่มาแน่นอน เอาเป็นว่าหลังเพาะเมล็ดทุกครั้งจงล้างมือให้สะอาดเลย เพื่อนๆ สรุปว่าเลือกใช้ตามชอบใจเลยอย่างผมชอบแบบเคลือบ ง่าย และสะดวก อัตราการงอก ดีกว่าแต่แพงกว่าหน่อยแต่ถ้าต้องซื้อเยอะๆ ก็ต้องพิจารณาเปลือยล่ะครับประหยัดๆๆ

# ขั้นตอนการปลูกผักสลัดแบบฟองน้ำ

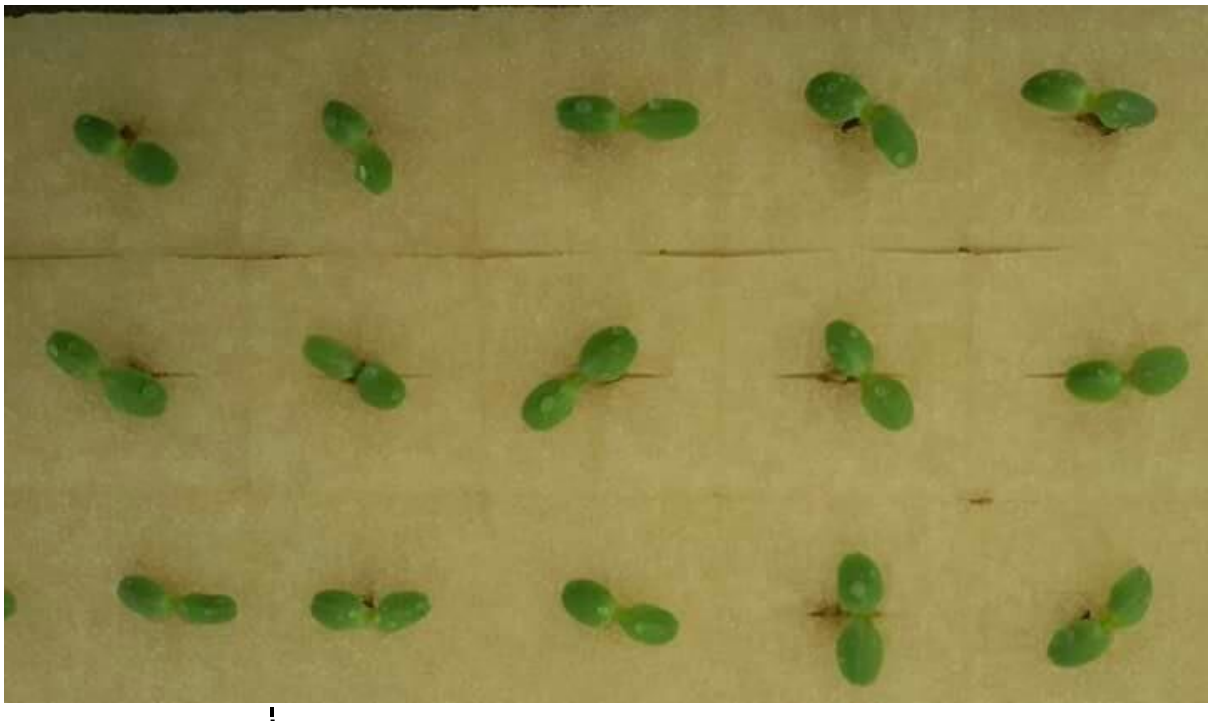
1.**เตรียมถาดสำหรับเพาะ** เอาประเภทที่ขังน้ำได้แบบตื้นๆก็พอ ซักสองสามเซ็นก็พอ นำฟองน้ำสำหรับเพาะเมล็ดมาเรียงในถาดเพาะ ราดน้ำให้ชุ่มกดให้ฟองน้ำอุ้มน้ำให้เต็มที่เลย อุ้มน้ำมากๆ และเติมน้ำให้สูงประมาณซักครึ่งความสูงฟองน้ำอย่าให้เกินนี้ ต่ำกว่าเล็กน้อยได้

2.**หยอดเมล็ดลงในฟองน้ำ** ประมาณให้จมไปสองสามมิลลิเมตร หรือฟองน้ำรอยบากปิดทับอมเมล็ดได้ พอดีๆ ถ้ากดลึกเกินไปเมล็ดจะงอกยากและอาจจะชื้นจมน้ำตายได้ผักสลัดหยอด 1 เมล็ดต่อ หนึ่งก้อนฟองน้ำเพราะเป็นผักทรงพุ่มใหญ่ สำหรับผักไทยผักจีนเป็นผักทรงพุ่มเล็ก มากกว่า สองเมล็ดต่อฟองน้ำได้ครับ

**หนึ่งก้อนฟองน้ำต่อหนึ่งเมล็ด/เมล็ดละต้น**

**สำหรับผักไทยให้ใส่ 3-5 เมล็ดต่อหลุม**

3.**ต้องการรักษาความชื้น** ไว้ วิธีง่ายๆคือการเอาถุงพลาสติกใสคลุมถาดเพาะไว้ ครอบไว้3-4 วัน วันแรกพยายามหยอดเมล็ดช่วงเย็นและ เอาไว้ในที่ร่มและมีความเย็น ถ้าอุณหภูมิได้ 24- 25 องศา อย่างน้อยหนึ่งวัน ทำแบบนี้ได้จะดีมากๆ เมล็ดจะงอกได้ดีจริงๆ ครับ ย้ำหน่อยเมล็ด งอกจากความชื้นนะครับไม่ใช่แช่น้ำโดยตรง



4.**วันที่ 2-4** เอาพลาสติก ให้โดนแสงรำไรหรือแสงเช้าหรือแสงเย็นซักสองสามชั่วโมงและ ควรสเปรย์น้ำให้ชุ่มฟองน้ำเปียกอย่างน้อยวันละสองครั้ง สามครั้งได้ก็ยิ่งดีบ้านเราอากาศร้อน มากๆ เน้นควรใช้เครื่องสเปรย์น้ำ หรือ ฟอกกี้นะครับดีกว่าตักน้ำราดตรงๆ

5.**วันที่ 4** ผักเริ่มงอกใบเลี้ยงคู่ออกมาเห็นชัดเจนมากและแน่นอนเบื้องล่างรากก็ต้องมีด้วยแน่ๆ เราเทน้ำที่เพาะที่ขังถาดเพาะทิ้งเลย เติมน้ำใหม่ที่มีสารอาหารพืชไปแทนที่ ปกติผมใช้ส่วนผสม **สารอาหาร AB 5-8 cc ต่อน้ำ 1 ลิตร** เป็นสูตรเฉพาะของแต่ละฟาร์มครับ เหมือนเดิมขังน้ำให้ สูงประมาณสองเซน อย่าให้น้ำในถาดแห้งและคอยพ่นฟอกกี้ให้ฟองน้ำชุ่มตลอดวันละสองสาม ครั้งน่าจะพอ **อย่าลืมให้โดนแสงอย่างน้อยซักสองสามชั่วโมงด้วยนะเช้าหรือเย็นก็ได้ เช้าเจ็ดโมง ถึงสิบโมงหรือบ่ายสามโมงถึงเย็นก็ได้ อย่าให้แดดเปรี้ยง**

6. **เจ็ดวันเราจะเห็นใบจริงออกมา** อย่างน้อย ต้องมีสาม สี่ใบแน่ๆครับ ปรบมือได้เลยถือว่าการ เพาะกล้าเราสำเร็จด้วยดีแล้วครับ จากนี้ให้ลดน้ำที่ขังในถาดเหลือแค่ครึ่งเซนติเมตรก็พอ ล่อรากให้ ยาวลงไปหาน้ำมากๆยาวๆและรากไม่จมน้ำอย่าลืมในน้ำต้องมีสารอาหารนะครับตามข้อ5 ขั้นตอนนี้**เพิ่มการรับแสงเป็นครึ่งวัน**ด้วยนะครับจะเช้าหรือบ่ายก็ได้ถ้าจะให้ดีช่วงนี้ให้อาหาร ทางใบด้วยจะดีมากๆ สิ่งสำคัญที่ลืมไม่ได้คือการให้ชีวภัณฑ์ป้องกันโรคพืชด้วย ผมใช้อีเอ็มฆ่า หนอน อีเอ็มกำจัดโรคใบจุดไวรัสพืช อีเอ็มป้องกันเพลี้ยและเชื้อราไตรโคเดอร์มาเป็นหลัก สลับกันพ่น ในทุกๆอาทิตย์พ่นอย่างละครั้งนะครับ ส่วนไตรโคเดอร์มาให้ทางน้ำผ่านรากเป็น หลัก

7.**เมื่อครบสิบสี่วันหรือสองอาทิตย์** ต้นกล้าที่ได้จะแข็งแรงมากๆ เราต้องย้ายลงระบบปลูกจริง เราได้แล้ว ก่อนย้ายต้องสเปรย์น้ำให้ชุ่มฟองน้ำนะครับ และต้องย้ายกล้าในช่วงเย็นเท่านั้น กลางคืนผักจะฟื้นตัวเองได้ดี ตอนย้ายกล้าเลือกเอากล้าที่สมบูรณ์เท่านั้นนะครับไม่ดีไม่สวยไม่ ต้องเอาไปเลี้ยงต่อไม่ต้องเสียดายเอาต้นที่แข็งแรงเท่านั้น การย้ายต้นกล้าใส่กระถางเจี๊ยบต้อง เอาให้ชัวร์นะครับ ตามรูปอย่าให้รากหักเสียหาย ต้องสอดต้นขึ้นจากด้านและคงเหลือ ความสูงของฟองน้ำไว้ครึ่งหนึ่งตามภาพถ่าย

8.คราวนี้มาเลือกเลยว่าจะ **เอาไปปลูกในระบบไหน** ในถ้วยชามกะละมัง ขวดน้ำ หรือว่า มีอุปกรณ์ปลูกแบบมาตรฐาน ระบบฟิล์มน้ำ NFT น้ำลึก DFT กึ่งน้ำลึก DRFT เมื่อเรามีต้นกล้า แล้วสามารถนำไปปลูกได้ในทุกระบบดังกล่าว ขอให้มีน้ำ และสารอาหารพืชสัมผัสกับรากพืช เท่านั้น ที่ **โคนต้นพยายามรักษาความชื้นให้โคนต้นพืช** หน่อยก็ดีครับ ในการวัดค่าสารอาหารพืชถ้า ไม่มีเครื่องวัดค่าEC ให้เปลี่ยนน้ำทุกอาทิตย์เช่น วันที่ 14 วันที่21 วันที่ 28 ครั้งสุดท้ายวันที่35 หลังจากนั้นน้ำเปล่าตลอดเลย จนครบอายุผัก 42 วันแค่นี้ก็เก็บทานได้สบายใจไร้สารพิษเลย สามอาทิตย์นี้ให้โดนแสงเต็มที่เลย เคล็ดลับ แสงเยอะๆแต่อย่าร้อน ถ้าจะให้ผักโตสวยๆ สุขภาพผักดีให้ฉีดพ่น อะมิโนโปรตีนทางใบ EM ป้องกันหนอน EM ป้องกันโรคใบจุด กาบใบ แห้ง EMป้องกันเพลี้ย และที่ลืมไม่ได้ไตรโคเดอร์มาทางรากด้วย

# ขั้นตอนการปลูกผักสลัดแบบเพอร์ไลท์

**การเพาะเมล็ด (ช่วงอายุ1-7 วัน)** วัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้นะครับ

**1.เมล็ดพันธุ์ แบบเคลือบ/ไม่เคลือบ** มี แต่แนะนำให้ใช้เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพดี เชื่อถือได้ จะ คุ้มค่ากว่าครับ

**2. วัสดุปลูก เพอร์ไลท์ และ เวอร์มิคูไลท์** การเพาะแบบนี้จะมีโอกาสงอกของเมล็ดง่ายกว่าแบบฟองน้ำ เพราะว่า มันช่วยดูแลเรื่องความชื้นระหว่างวันได้ดีพอสมควร

**3. ถ้วยปลูก** นิยมใช้ถาดเขียว เพราะว่า ใช้งานสะดวก ราคาไม่ค่อยแพงครับ

**4. ถาดอเนกประสงค์** วัสดุรองรับน้ำ หรือ ขังน้ำตอนเพาะเมล็ด

## ขั้นตอนการเพาะ

**1.นำเพอร์ไลท์เวอร์มิคูไลท์**ใส่ถ้วยปลูกให้เต็มจะเหลือให้ต่ำกว่าขอบถ้วยประมาณ 0.5 cm ก็ ได้

2.นำแผงถ้วยปลูกที่ใส่วัสดุปลูกแล้วใส่ใน**ถาดอเนกประสงค์**

**3.รดน้ำ ด้วยบัวรดน้ำให้ชุ่ม** ให้ระดับในถาดสูงประมาณ 1 cm.

**4.นำไม้เสียบลูกชิ้นหรือไม้แหลมเขี่ยๆที่เพอร์ไลท์**ให้เป็นรูความลึก 0.5-1cm. ขยายรูให้กว้าง พอดีสำหรับหยอดเมล็ดเคลือบ

**5.หยอดเมล็ดพันธุ์ให้ครบทุกหลุม** จากนั้นพ่นน้ำด้วยฟอกกี้ นำถาดเพาะไปไว้ในที่เย็น ไม่โดน แสงแดด

**6.คอยพรมน้ำเช้าเย็นเพื่อรักษาความชื้น** ความชื้นสำคัญมากๆครับ ต่อการงอกของเมล็ด ถ้า ความชื้นเหมาะสมไม่ขาด เมล็ดจะงอกเกือบร้อยเปอร์เซ็นต์เลยครับ

**หากทำตามขั้นตอนนี้เมล็ดจะงอกรากให้เห็นภายใน 1 วัน พอเข้าวันที่ 2-3 ให้นำถาดออกไปโดนแสง โดยมีการกรองแสงด้วยแสลน 50%-70% เพื่อป้องกันการยืดของต้นอ่อนบาง ท่านก็นำมาวางไว้ เฉลียงบ้าน ชานบ้านให้โดนแดดประมาณ 3 -4 ชั่วโมง เพื่อให้ต้นกล้าได้แสง เขาจะไม่ยืด**

# ข้อสังเกต

1**. จากการทดลองเปรียบเทียบวัสดุปลูกระหว่างเพอร์ไลท์กับฟองน้ำ** พบว่าการปลูกในเพอร์ไลท์ ระบบรากจะแข็งแรงกว่าการปลูกในฟองน้ำ ซึ่งแน่นอนเลยว่าการมีวัสดุยึดรากที่แน่นขึ้นทำให้ ระบบรากดี ยิ่งลงดินระบบรากยิ่งแข็งแกร่งตาม

2. **การเจาะหลุมโดยไม่กลบ** จะช่วยลดความเสี่ยงที่เมล็ดจะถูกวัสดุปลูกกดทับ ทำให้งอกได้ ยาก เทคนิคนี้ลองใช้ดูครับ แต่เมล็ดแบบเคลือบครับ ถ้าเป็นเมล็ดไม่เคลือบกลบเขาซะหน่อย ด้วยวัสดุเพาะนะครับ

3. **พ่นละอองน้ำเช้าเย็น** ถ้าอากาศแห้งอาจจะพ่น 3-4 รอบ/วัน การงอกของเมล็ดอาศัยความชื้นเป็นปัจจัยหลัก ความชื้นสำคัญมากๆครับ ยิ่งตอนนี้เขามีรากแล้ว มีใบแล้ว ความชื้นน้ำ แสงแดด และความเย็น อย่างที่บอกไปว่าเป็นปัจจัยสำคัญเลยทีเดียว อย่าให้ขาดตก

4. **เมื่ออายุครบ 7 วัน** ขนาดของรากและใบจะโตได้ขนาดที่ต้องได้รับ ธาตุอาหารจากน้ำเพราะว่าอาหารในเมล็ดหมดแล้ว ต้องทำการเติมสารอาหารให้กับต้นกล้า ต่อไปครับ

# การอนุบาลต้นกล้า

1.**เมื่อต้นกล้าอายุได้ 3-7** วันให้ย้ายลงแปลงอนุบาล หรือ ปกติ 7 วันครับ ต้องเติมสารอาหารให้เขาถ้ามีแปลงปลูกเยอะ จะลงแปลงปลูกอนุบาลต่อได้ยิ่งดี

2. **การเตรียมอาหารพืช** คร่าวๆดังนี้ครับ 2.1 ถ้าน้ำเป็นด่างมากเกินไปให้ปรับค่า pH ด้วย กรดไนตริก หรือ ฟอสฟอริก ให้ค่า pH อยู่ ระหว่าง 6.0-6.5 ปกติถ้าเราปลูกน้อยๆ น้ำประปา หรือ น้ำสะอาดก็ปลูกได้แล้วไม่ต้องปรับค่า 2.2 เติมไตรโดเดอม่าตามอัตราส่วนที่เหมาะสม สำหรับสร้างความแข็งแรงให้รากพืช

**ต่อต้าน โรครากเน่า โคนเน่า** และ ส่งเสริมผักให้แข็งแรงดีมากๆครับ ถ้าไม่มีไม่ต้องใช้ก็ได้ครับ สำหรับฟาร์มผม จะพ่นให้อาหารทางใบเป็น สารอะมิโนโปรตีน ด้วยทุกๆ 7 วัน และถ้าปลูก เยอะหน่อย ทุกๆ 7 วัน จะสลับกันพ่น EM ป้องกันโรคใบจุด EM ป้องกันเพลี้ย EM ป้องกัน หนอน สลับกัน ไปป้องกันโรคพืชด้วยวิธีชีวภาพ 2.3 เติมธาตุอาหาร AB อัตราส่วน 5-8 cc ต่อน้ำ 1 ลิตร ให้ค่า EC อยู่ระหว่าง 1.2-1.8

## คำแนะนำ

**ควรล้างทำความสะอาดแปลงอนุบาลหรือถาดขังน้ำสำหรับเพาะเมล็ดอย่างน้อยเดือนละ 1 ครั้ง ป้องกันโรคต่างๆ ของพืชด้วยครับ**

## ข้อสังเกต

สำคัญนะครับ ถ้ามีแปลงปลูกว่างอยู่ให้ย้ายลงแปลงปลูกเมื่อต้นกล้าอายุได้ 14 วัน ไม่ควรปล่อยให้ผักอยู่ในแปลงอนุบาลเกิน 21 วัน เนื่องจากผักสลัดจะขยายออกทางแนวราบถ้าใบชนกันจะทำให้ผักยืด เสียทรงและใบน้อยไปเลย

## ข้อควรระวัง

1. **หมั่นตรวจระดับน้ำ** และอาหาร เพราะต้นพืชจะขนาดใหญ่ขึ้น จะกินน้ำมากขึ้น เติม
2. ไตรโคเดอร์ม่า ฉีดพ่น EM ป้องกันหนอน EM ป้องกันโรคใบจุด และ EM ป้องกัน เพลี้ย สัปดาห์ละ 1 ครั้ง
3. **ไม่ควรผสมสารอาหาร AB ไว้เป็นระยะเวลานาน** หรือนำสารอาหารกลับมาใช้ใหม่ เพราะจะทำให้ประสิทธิภาพสารอาหารลดลง แม้ว่าค่า EC จะได้ตามที่พืชต้องการก็ตาม เนื่องจากสารอาหาร A และ สารอาหาร B ทำปฏิกิริยาเคมีกันกลายเป็นสารใหม่ที่พืชไม่ สามารถนำไปใช้ได้ส่วนอาหารทางใบเราจะวิธีฉีด อะมิโนโปรตีนอาทิตย์ละครั้งครับ ช่วย ให้พืชเติบโตได้มากๆ

## การล้างสารอาหารตกค้าง

อายุ 42 วัน เป็นการงดให้อาหารพืช เพื่อให้พืชนำสารอาหารที่สะสมตามใบมาใช้เพื่อลดปริมาณไนเตรทคง ค้างให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อการรับประทาน การล้างสารอาหารตกค้างใช้เวลา 4-7 วัน ผักที่ ไม่ผ่านกระบวนการล้างสารอาหารจะมีรสขมมาก กว่าปกติเยอะเลย ปกติผักจะไม่ค่อยขมนะ ครับ

## ข้อควรระวัง

การล้างสารอาหารไม่ควรให้เกิน 7 วันจะทำให้คุณภาพผักลดลง เพราะขาด สารอาหารพืชจะไม่สวยงาม พูดง่ายก็คือ จะเหลืองและ อ่อนแอ

## เพิ่มเติม

1. **ในฤดูหนาว** ผักจะเจริญเติบโตดีกว่ามากๆเมื่อเทียบกับในฤดูร้อน เนื่องจากความเย็นในฤดู หนาวมีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของพืช ถ้าแดดดี และ อากาศเย็นๆ หน่อย เพื่อนๆจะ ได้ผักสลัด 2-3 ต้นโล เลยทีเดียว

2. **ถ้าอากาศอบอ้าวและร้อน** แสงน้อย จะทำให้ผักยืดเร็วมากๆ สังเกตกรีนโอ๊ค จะยืดก่อน เพื่อนเลย

3. **การใช้ตาข่ายกรองแสง** ควรอยู่ระหว่าง 50%-70% การใช้ตาข่ายกรองแสง 80% ขึ้นไปจะทำ ให้มีไนเตรทตกค้างมากขึ้น แสงรอดน้อย สังเคราะห์แสงได้ไม่ดี ผักจะยืดด้วย

4. **ตาข่ายกรองแสงไม่ควรใช้สีเขียว** เนื่องจากสีเขียวได้ดูดกลืนคลื่นแสงที่จำเป็นต่อพืชไป ผม ใช้มาหลายเดือน ทำให้เกิดโรคเหี่ยวเขียวได้ง่าย

5. **ความขมของผัก** มีสาเหตุ4 อย่าง หลัก ๆ คือ ชนิดผัก ล้างปุ๋ยไม่หมด ผักแก่เกินไป และ อุณหภูมิอากาศที่ร้อนจัดมากๆ ผักสลัดเมืองหนาวพวกนี้มียาง เวลา อากาศร้อนยางออก เยอะทำให้ขมได้เหมือนกัน

6. **การควบคุมโรคและแมลง** ไตรโคเดอร์ม่ากันโรครากเน่า EM ชีวภาพ สำหรับกำจัดหนอน EM ป้องกันโรคใบจุด,โรคไวรัส EM ป้องกันเพลี้ย เน้นเลยครับอยากให้ใช้ชีวภัณฑ์พวกนี้ จะปลอดภัยทั้งผู้ปลูกและ คนทานเลยครับ

7. **ผักแต่ละชนิด** อายุไม่เท่ากัน ถ้าต้องการปลูกบนแปลงเดียวกันและเก็บเกี่ยวพร้อมกัน ควร วางแผนจัดลำดับการเพาะเมล็ดให้ดีตัวอย่างเช่น ผักสีเขียวจะอายุ 42 วัน แต่ผักสีแดง อาจจะ ถึง 47 วันครับผม

8. **ติดตั้งระบบพ่นหมอก** ช่วยลดความร้อนในแปลงผัก ถ้าเพื่อนมีงบประมาณหน่อย ก็ลงทุน เลย ระบบการระบายความร้อนให้บรรยากาศเย็น ผักเมืองหนาวพวกนี้ชอบมากๆครับ ยิ่งน้ำ เย็น ผักก็จะเติบโตดี ไม่ค่อยเป็นโรคพืช

9. **ระบบน้ำหมุนเวียน** ต้องเติมอากาศให้น้ำ เช่น เพิ่มระยะผ่านอากาศของน้ำที่ตกลงถัง การเพิ่มออกซิเจนลงในน้ำ

**การพ่น Amino Protein จะช่วยทำให้พืชได้รับสารอาหาเพิ่มเติมจากทางรากที่ฟาร์มใช้พ่นช่วงที่ผักเหี่ยวเพราะความร้อน ทำให้พืชกลับมาเด้งสวยมากขึ้น**

# วิธีผสมสารอาหาร A B เฟรชวิลล์ฟาร์ม

1.เตรียมสารอาหาร A B แบบแห้ง

2.เตรียมขวดน้ำขนาดความจุให้ได้ 1 ลิตร จำนวน 2 ขวด

3.นำน้ำสะอาดใส่อย่างละลิตร ในขวดที่เตรียมไว้

4.นำผงของสารอาหาร A ใส่ในขวดที่มีน้ำ แล้วคนให้เข้ากัน

5.นำผงของสารอาหาร B ใส่ในขวดที่มีน้ำอีกขวดนึง แล้วคนให้เข้ากัน

6.เสร็จแล้ว เราจะได้สารละลาย A และ B อย่างละขวด

# วิธีการใช้งาน

1.ใช้ถ้วยตวง หรือ ไซริงค์ ตวงสารละลาย A มา 5 CC ต่อน้ำ 1 ลิตร

2.ใส่ลงไปในน้ำที่เราปลูกผัก ปล่อยซักประมาณ ครึ่งชั่วโมง หรือ ครึ่งวัน แล้วเติมสารละลาย B ลงไป โดยอัตราส่วนเหมือนกันกับ A

3.เราจะเติมปุ๋ยอีกทีก็ต่อเมื่อ น้ำที่เลี้ยงพืชมีสีที่จางลง ซึ่งสามารถสังเกตได้ เราจึงเติมธาตุอาหารเพิ่มได้เลย แต่ถ้าเรามีงบ การหาเครื่องวัดค่าไฟฟ้าในน้ำ หรือ กรด-ด่าง ก็เป็นสิ่งที่ดีสำหรับการปลูกพืช การวัดพวกนี้จะทำให้เรารู้ค่าน้ำว่าเราควรเติมสารอาหารเพิ่มรึเปล่า และ เราสามารถวัดได้ด้วยว่าน้ำที่เราจะใช้ปลูก มันเหมาะกับการปลูกพืช หรือ ไม่ ซึ่งมันเหมาะสำหรับการปลูกที่เยอะๆ หลายโต๊ะปลูก มีเครื่องพวกนี้ไว้ก็ทำให้สบายใจไปอีกทาง

**ไตรโคเดอร์มา** – กันโรครากเน่า เป็นเชื้อรา ที่ช่วยฆ่าเชื้อรากันโรครากเน่าที่มาตามน้ำ

**BT/BS/BV** – ชีวภัณฑ์ป้องกันโรคพืช ควร ใช้พวกนี้ในการป้องกันโรคพืช ใช้ให้เป็นประจำ

# ภาคผนวก ค

# คู่มือการปลูกเมลอน

**ภาคผนวก ค**

**คู่มือการปลูกเมล่อน**

**การปลูกเมล่อนแบบลงดิน**

**แบบไฮโดรโปนิกส์**

**อุปกรณ์การปลูกเมล่อนแบบลงดินอุปกรณ์การปลูกเมล่อนแบบไฮโดรโปนิกส์**

1. เมล็ดพันธุ์เมล่อน
2. ถาดเพาะ
3. ดินพีทมอส
4. ถุง หรือกระถางปลูก
5. ขุยมะพร้าว
6. เปลือกมะพร้าวสับ
7. ทราย
8. ปุ๋ย
9. ชีวภัณฑ์ป้องกันโรคและแมลง
10. ค้าง
11. เชือกร่ม

1. เมล็ดพันธ์เมล่อน
2. ถ้วยเพาะ
3. เพอร์ไลต์
4. แปลงปลูกแบบไฮโดร
5. ปุ๋ย A ,B
6. ปุ๋ยหวาน
7. ปุ๋ยแคลเซียม-โบรอน
8. เชือกร่ม
9. ชีวภัณฑ์ป้องกันโรคและแมลง

# ขั้นตอนการเพาะเมล็ดในดินสำหรับปลูกลงถุง กระถาง หรือแปลงดิน

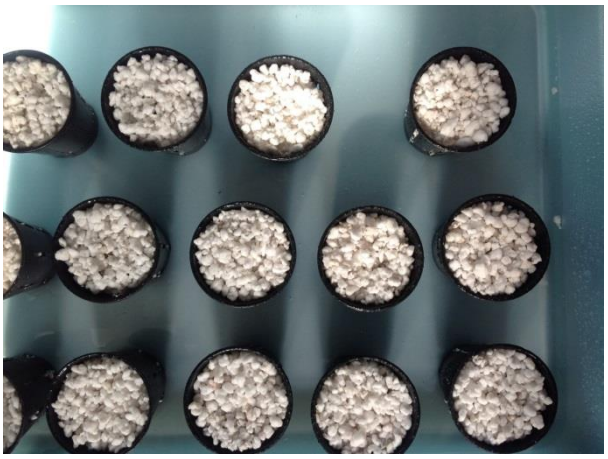
1. นำเมล็ดพันธ์เมล่อนมาแช่น้ำสะอาด 4-6 ชั่วโมง
2. เตรียมถาดเพาะเมล็ดโดยใส่พีทมอส ลงในถาดเพาะพอเต็มหลุม ใช้ดินสอหรือปลายปากกาเจาะ หลุมลึก 1 เซนติเมตร กว้าง 1 เซนติเมตร
3. นำเมล็ดที่แช่น้ำไว้มาลงหลุมเพาะ โดยวางเมล็ดเมล่อนตามยาวขนานกับพื้น หรือวางด้านแหลมของเมล็ดลงไปเอียง 45 องศาเอาดินพีทมอสกลบเมล็ดให้พอมิด
4. เอาถาดเพาะวางไว้ที่ร่มรำไร ใช้ฝักบัวรดน้ำเบาๆพอดินเพาะชุ่มๆ ภายใน 3 วันเมล็ดเมล่อนจะงอกเป็นต้นเล็กๆ มีใบเลี้ยงคู่ออกมาด้วยให้นำถาดเพาะไปวางไว้ที่โดนแสงแดด 6-8 ชั่วโมงรดน้ำให้ดินชุ่มหมาดๆ อยู่เสมออย่าให้ดินแห้ง
5. ดูแลต้นกล้าอย่าให้ด้วงเต่าแดงหรือแมลงอื่นมากินใบ จนครบ 7-10 วัน ต้นกล้าจะโตและมีใบจริง 1-2 ใบ ก็พร้อมที่จะย้ายลงถุงปลูก กระถาง หรือแปลงปลูก

การเพาะเมล็ดลงถาดเพาะ

ต้นกล้าเมล่อน อายุได้ 7-10 วันพร้อมย้ายลงปลูก

## ขั้นตอนการเพาะเมล็ดในเพอร์ไลท์สำหรับปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์

1. เมล็ดพันธ์เมล่อนมาแช่น้ำสะอาด 4-6 ชั่วโมง
2. เตรียมถ้วยเพาะเมล็ดโดยใส่เพอร์ไลท์ในถ้วยเพาะพอเต็มหลุม ใช้บัวรดน้ำสะอาดลงในถ้วยเพอร์ไลต์พอชุ่ม ใช้ดินสอหรือปลายปากกาเจาะหลุมลึก1 เซนติเมตร กว้าง 1 เซนติเมตร
3. เมล็ดที่แช่น้ำไว้มาลงหลุมเพาะ โดยวางเมล็ดเมล่อนตามยาวขนานกับพื้น หรือวางด้านแหลมของเมล็ดลงไปเอียง 45 องศาเอาเพอร์ไลต์กลบเมล็ดพอมิด และใช้ฝักบัวรดน้ำเบาๆ
4. นำถ้วยเพาะเมล็ดเมล่อนไปวางเรียงไว้ในถาดที่ขังน้ำไว้ได้ โดยใส่น้ำหล่อไว้ในถาดสูงประมาณ 1 เซนติเมตร เอาวางไว้ที่ร่มรำไรๆ ภายใน 3 วันเมล็ดเมล่อนจะงอกเป็นต้นเล็กๆ มีใบเลี้ยงคู่ออกมาด้วยให้นำถาดเพาะไปวางไว้ที่โดนแสงแดด 6-8 ชั่วโมงรดน้ำให้เพอร์ไลท์ชุ่มหมาดๆ อยู่เสมอและคอยเติมน้ำลงไปในถาดให้ขังอยู่เสมอ
5. ดูแลต้นกล้าอย่าให้ด้วงเต่าแดงหรือแมลงอื่นมากินใบ จนครบ 7-10 วัน ต้นกล้าจะโตและมีใบจริง 1-2 ใบ ก็พร้อมที่จะย้ายลงรางหรือแปลงปลูกแบบไฮโดร



การเพาะเมล็ดเมล่อนลงในเพอร์ไลท์เพื่อปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์

**ขั้นตอนการปลูกลงถุง กระถาง หรือแปลงดินและแบบไฮโดรโปนิกส์**

1. ผสมวัสดุปลูก ทราย ½ ส่วน มะพร้าวสับ 1 ส่วน ขุยมะพร้าว 1 ส่วนนำทั้ง 3 อย่างมาคลุกเล้าให้เข้ากัน
2. นำส่วนผสมบรรจุลงในถุงปลูก กระถาง หรือแปลงปลูก จนเต็มถุงหรือกระถางปลูก ใช้มือขุดทำหลุมลึก 3-4 เซนติเมตร กว้าง 2-3 เซนติเมตรขึ้นกับขนาดของหลุมถาดเพาะต้นกล้า

3. เตรียมต้นกล้า โดย 1-2 วันก่อนย้ายต้นกล้าลงถุงปลูก กระถาง หรือแปลงปลูก งดรดน้ำในถาดเพาะต้นกล้าเพื่อจะให้ดินในถาดเพาะกับรากของต้นกล้าเมล่อนยึดจับตัวกันไว้เวลาย้ายปลูกรากจะไม่ขาด

การย้ายต้นกล้าจากถาดเพาะลงปลูก

4. การย้ายต้นกล้าลงปลูก ใช้ปลายนิ้วดันที่ก้นหลุมปลูก .ให้ดินในหลุมเพาะต้นกล้าเกาะติดกับรากเมล่อนออกมาลักษณะตามรูป
5. นำลงปลูกในถุง กระถาง หรือแปลงปลูกที่เตรียมไว้ก่อนหน้า โดยรองก้นหลุมด้วยปุ๋ยปลาของเฟสวิวล์ฟาร์ม 1 ช้อนโต๊ะหรือปุ๋ยเคมี16-16-16 จำนวน ครึ่งช้อนชาการโดยการใส่ปุ๋ยเคมีที่ก้นหลุมจะต้องใช้วัสดุปลูกกลบปุ๋ยก่อนหนา 2 เซนติเมตร ก่อนนำต้นกล้าลงปลูก ป้องกันการแพ้ปุ๋ยของต้นพืชในระยะเริ่มต้น ถ้าใช้ถุงปลูกให้เจาะรูระบายน้ำออกสูงจากก้นถุง 2 เซนติเมตร 4-5 รูรอบๆ ถุงเมล่อนไม่ชอบฝนหรือน้ำโดนใบควรปลูกฤดูร้อนหรือหนาว หรือปลูกในโรงเรือน

การปลูกเมล่อนแบบลงถุง

การปลูกลงถุง และการปลูกแบบไฮโดร

6. สำหรับการปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ให้เตรียมรางปลูกหรือระบบปลูกแบบไฮโดร วางไว้ในที่โดนแสงแดด 6-8 ชั่วโมงต่อวันใส่ปุ๋ย A-B ของเฟรชวิลล์ฟาร์มผสมปุ๋ย A ในอัตราส่วน 10 ซีซี ต่อน้ำ 1 ลิตร ลงในถังปุ๋ยของระบบปลูกและเปิดระบบน้ำหรือระบบการเติมอากาศ ทิ้งไว้ 30 นาทีแล้วใส่ปุ๋ย B ตามไปในอัตราส่วน10 ซีซี ต่อน้ำ 1 ลิตร ให้ระบบทำงานไปอีก 30 นาที .ใส่น้ำไตรโคเดอร์ม่าไปในถังน้ำปุ๋ย A-B 200 ซีซี เพื่อป้องกันโรครากเน่าโคนเน่า และส่งเสริมให้พืชกินปุ๋ยได้ดีขึ้น จึงนำถ้วยเพาะต้นกล้าเมล่อนที่เพาะได้ 7-10 วัน ไปวางในระบบปลูก โดยระวังอย่าให้ราก

ขาดหรือหักช้ำช่วงที่ไว้ลูกแล้วให้เติมแคลเซียมโบรอน และปุ๋ยหวานลงไปเพิ่มในถังปุย 10ซีซีต่อน้ำในถัง 1 ลิตร

7. สำหรับในวัสดุปลูกอื่นนำไปวางไว้ในที่โดนแสงแดด 6-8 ชั่วโมงต่อวัน โดยวางระยะต้นปลูกห่างกันอย่างน้อย 40 เซนติเมตร รดน้ำที่ผสมกับเชื้อไตรโคเดอร์ม่าเพื่อป้องกันโรครากเน่าให้ชุ่มในถุงปลูก และผสมน้ำฉีดพ่นทางใบทุกๆ 15 วัน ในช่วงเย็นๆหลังย้ายปลูกได้ 7 วัน ให้ใส่ปุ๋ยสูตร 16-16-16 ครั้งละ 1 ช้อนชา ทุกๆ 7 วัน
8. ฉีดชีวภัณฑ์EM-BT EM-BV ของเฟรชวิลล์ฟาร์มเพื่อป้องกัน หนอน เพลี้ย และแมลงขนาดเล็ก โดยฉีดพ่นตอนเย็นๆ ทุก 7 วัน
9. ฉีดชีวภัณฑ์ EM-KU และ EM-AI ของเฟรชวิลล์ฟาร์มเพื่อป้องกันหนอนเจาะและหนอนชักใยที่จะมาเจาะลูกและกินใบ โดยฉีดพ่นทุกๆ 15 วันตอนเย็น
10. ฉีดอาหารเสริม อะมิโนโปรตีนของเฟรชวิลล์ฟาร์มทุก 7 วันเพื่อให้เมล่อนได้รับอาหารทางใบ โดยฉีดพ่นตอนเช้า ทุกๆ 7 วันเพื่อให้เมล่อน
11. ฉีดสาร พรีเมียมเฟรชวิลล์ออแกนิกส์ ของเฟรชวิลล์ฟาร์ม เพื่อกระตุ้นการสังเคราะห์แสงของเมล่อนและทำให้เมล่อนกินปุ๋ยได้ดี ทำให้ต้นเมล่อนแข็งแรง มีความต้านทานโรคและแมลงต่างๆโดยฉีดพ่นทุกๆ 7 วัน ช่วงเช้า

12. หลังจากย้ายปลูกได้ 10 -15 วัน ทำการผูกต้นหรือทำค้างให้ต้นเมล่อนเลื้อยตามแนวตั้ง ช่วงนี้จะเกิดยอดแขนงหรือกิ่งที่แทงออกมาตรงข้อของเมล่อนให้ใช้มือเด็ดออกตั้งแต่เริ่มเห็นมันแตกออกมาอย่ารอให้มันยาว โดยเด็ดตั้งแต่แขนงที่ 1- 7 ออก เหลือแขนงที่จะให้ติดไว้ลูก ตั้งแต่แขนงที่ 8-12 ช่วงนี้ต้องใส่ปุ๋ยสูตร 16-16-16 รวมกับ 8-24-8
13. จำนวน 15 กรัมต่อต้น และ แคลเซียมโบรอนเพื่อช่วยในการติดดอกและผล
    การเด็ดกิ่งแขนงเมล่อนออกตั้งแต่กิ่งที่ 1-7
14. การรดน้ำเมล่อนอย่ารดโดนใบ ควรให้เป็นน้ำหยด ถ้ารดน้ำโดนใบเมล่อนจะเป็นโรคง่าย เมล่อนต้องการน้ำวันละ 1-3 ลิตรต่อต้นต่อวัน ขึ้นอยู่กับแต่ละช่วงของการเจริญเติบโต
15. หลังจากย้ายปลูกได้ 20-30 วันแขนงที่ 8-12 จะเริ่มมีดอกตัวเมียเกิดที่ข้อแรกของแขนง และดอกตัวผู้เกิดที่ข้อของลำต้น โดยดอกตัวเมียจะมีรังไข่หรือลูกเล็กๆที่ยังไม่ได้ผสมต้องรอกลีบดอกตัวเมียบานจึงจะผสมเกสรได้ การผสมเกสรจะทำช่วงเช้า 7-10 โมงโดยเด็ดดอกตัวผู้ออกจากต้นแล้วเอากลีบดอกตัวผู้ออกเหลือแต่ส่วนที่เป็นเกสรนำเกสรตัวผู้ที่ได้ไปวนบนเกสรดอกตัวเมีย 2-3 รอบ โดยวนให้เกสรตัวผู้สัมผัสกับเกสรตัวเมียครบทั้ง 3 ภู ถ้าวนไม่สัมผัสครบทั้ง 3 ภู ลูกที่ติดจะเบี้ยวไม่กลม ทำการผสมเกสรให้ครบ ทั้ง 5 แขนง

***ดอกตัวเมียจะมีรังไข่เกิดขึ้นที่แขนง*** ***เกสรตัวผู้*** ***การผสมเกสร***

***ส่วนดอกตัวผู้จะเกิดที่ข้อ***

16. หลังจากผสมเกสรแล้ว 2-3 วันกลีบดอกตัวเมียจะเหี่ยวและหลุดร่วงไปรังไข่จะติดเป็นลูกใหญ่ขึ้นและภายใน 7-10 วัน ผลเมล่อนจะใหญ่ขึ้นจนสามารถคัดลูกที่จะเก็บไว้ได้ให้เด็ดเอาปลายยอดของแขนงที่ที่ห่างไปจากลูก 1 ข้อออกไปเหื่อให้อาหารมาเลี้ยงที่ลูกโดยคัดลูกที่สมบูรณ์ไว้ต้นละ 1 – 2 ลูก เมื่อคัดลูกไว้ได้แล้วให้ทำการแขวงลูกโดยใช้เชือกร่มมัดในลักษณะการแขวนหิ้วลูกไว้

ลูกที่ผสมแล้วเบี้ยว การเด็ดยอดแขนงทิ้งเมื่อติดลูก

การแขวนลูก

17. เมื่อเลือกไว้ลูกแล้ว 1-2 ลูกต่อต้น ให้เด็ดใบล่างสุด ออก 4-5 ใบให้บริเวณโคนต้นเมล่อนโล่งๆ แสงสองผ่านได้ถึงวัสดุปลูก เพื่อป้องกันโรคและแมลงต่างๆเมือเมล่อนติดลูกได้ 20-25 วันให้ใส่ปุ๋ยหวาน สูตร 0-0-50 15กรัม หรือ 1 ช้อนชาต่อต้นทุกๆ 7 วัน จนถึงการงดน้ำก่อนเก็บผลผลิต
18. โรค และ แมลงศัตรูของเมล่อน มีหลายแบบ เช่นโรครากเน่าโคนเน่า โรคราแป้ง ราน้ำค้าง แมลงด้วงเตาแดง หนอนแมลงวันทอง เพลี้ยต่างๆ ต้องฉีดชีวภัณฑ์ป้องกันโรคและแมลงของเฟรชวิลล์ ฟาร์มทุกอาทิตย์

ราแป้ง

ราน้ำค้างเหี่ยวเขียว

ด้วงเต่าแดง

หนอน

แมลงวันทอง

# การเขียนลายบนลูกเมล่อน

การเขียนลายบนลูกเมล่อน นิยมเขียนลายกับพันธ์เมล่อนตาข่าย หรือเนตเมล่อน มากกว่าพันธ์ที่เป็นผิวเรียบๆ การเขียนลายจะช่วยเพิ่มมูลค่าของเมล่อน เพราะสามารถเขียนเป็นภาพ และตัวอักษรได้ทุกแบบ แต่ต้องให้มีความสวยงาม มีความหมาย เช่น เขียนชื่อคนที่เราจะมอบให้ เขียนคำตามเทศกาลหรือในโอกาสต่างๆ วันเกิด ปีใหม่ ตรุษจีน วาเลนไทน์ อวยพรผู้ใหญ่ เป็นต้น ขั้นตอนการเขียนลายคือ

1. ลูกเมล่อนที่จะเริ่มเขียนลายได้ ควรมีอายุหลังจากผสมเกสรแล้ว 15-25 วัน หรือก่อนลายตาข่ายบนลูกจะมี
2. เตรียมตะปูใหม่ๆ สะอาด หรือดินสอกดที่ปลายเป็นสแตนเลสโดยเอาไส้ดินสอออก หรือโลหะอื่นที่สะอาดและปลอดภัยเพื่อใช้มากดเขียนลายที่ผิวของลูกเมล่อน
3. เลือกลูกเมล่อนที่เราจะทำการเขียนลายลงไปโดยเลือกด้านที่เราสามารถมองเห็นได้ง่าย เดินดู ใช้ตะปูหรือปลายดินสอกด ร่างรูป หรือตัวอักษรที่ต้องการเป็นแนวทางบนลูกก่อน ต่อมาให้กดปลายตะปูหรือดินสอกดขูดไปบนผิวของลูกเมล่อนให้เป็นลอยถลอกตามที่ร่างไว้ ระวังอย่ากดขูดแรงเกินไปจนเป็นแผลที่ผิวเปลือกเมล่อนจะทำให้ลูกเมล่อนเสียหายได้
4. หลังจากนั้น 4-7 วัน ลายที่เขียนลงไปจะค่อยปรากฏขึ้น และชัดเจนตามขนาดลายตาข่ายของลูกเมล่อน

ลักษณะผิวที่ถลอกบนลูกที่เขียนลาย

4-7 วันจะเริ่มปรากฏลาย

เส้นของตาข่ายหรือเน็ตจะเกิดตามลายที่เขียนบนลูกเมล่อน

# การปลูกเมล่อนแบบไฮโดรโปนิกส์ที่เฟรชวิลล์ฟาร์ม

## การเก็บเกี่ยวเมล่อน

เมล่อนจะแบ่งเป็น พันธุ์เบา จะมีอายุตั้งแต่เพาะเมล็ดจนเก็บผลผลิตได้คือ 70 วัน พันธุ์กลาง 80 วัน และพันธุ์หนัก 90 วัน สังเกตที่ขั้วของลูกเมล่อนว่าลอยแตกที่ขั้วหรือยัง ถ้ามีแสดงว่าแก่เก็บผลผลิตได้แล้ว โดยก่อนเก็บ 7-10 วันจะงดให้น้ำและปล่อยให้ต้นเมล่อนเหี่ยวไป เพื่อให้สะสมความหวานไว้ที่ลูกแต่ควรเช็คความหวานก่อนว่ามีความหวานตามที่ต้องการหรือยังโดยการเก็บลูกที่ปลูกรุ่นเดียวกันพันธุ์เดียวกันมาชิมก่อน

**เมล่อนที่แก่จะมีลอยแตกที่ขั้ว**

การตัดขั้วลูกเมล่อนจะตัดเก็บให้เป็นรูปตัว T เพื่อให้เก็บได้นานและดูดี ห่อด้วยตาข่ายกันกระแทก ชั่งน้ำหนัก ติดฉลากแหล่งที่ผลิต และใส่แพ็คเกจจิงเพื่อเพิ่มมูลค่า

*ใส่แพ็คเกจพร้อมจำหน่าย*

**ขอให้ทุกท่านมีความสุขกับการปลูกเมล่อนกันนะครับ**

# ภาคผนวก ง

# คู่มือวิธีเพาะต้นกล้าผักสลัด

FreshVille Farm
เพื่อนเกษตรเฟรชวิลล์ฟาร์ม www.freshvillefarm.com

ภาคผนวก ง

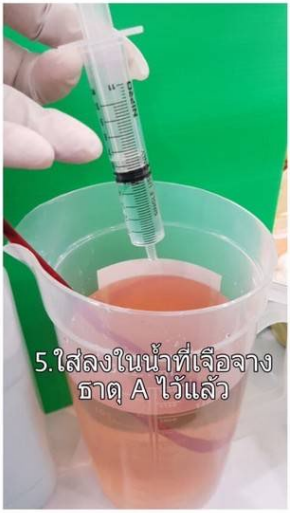
คู่มือวิธีเพาะต้นกล้าผักสลัด

# วิธีเพาะต้นกล้าผักสลัด

# วิธีผสมธาตุอาหาร A B

*** หากต้องการขยาย ธาตุอาหาร A B
ในปริมาณมากขึ้น
ให้ตวงน้ำใส่ถังตามจำนวนลิตรที่ต้องการ
แล้วจึงตวงธาตุ A B ใส่ในอัตราส่วน อย่างละ
5 cc. ต่อน้ำ 1 ลิตร โดยใส่ธาตุ A ก่อน
ให้ธาตุA เจือจาง จึงตามด้วย ธาตุ B เท่าๆกัน
(ไม่ควรใส่ธาตุอาหารA Bเข้มข้น พร้อมๆกัน
เพราะธาตุจะจับตัวกันเป็นตะกอน
พืชจะไม่สามารถนำสารอาหารไปใช้ได้

***EC ผักสลัด 1.2-1.8
PH ในน้ำ 5.5-6.5



# เตรียมอุปกรณ์

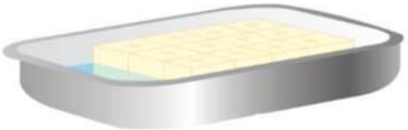
1.ถาดเพาะ
2.ฟองน้ำ
3.เมล็ดพันธุ์ผัก
4.ไม้แหลมแต้มเมล็ด
5.ฟ็อกกี้ฉีดน้ำ
6.น้ำสะอาด(7 วันแรก)
7.น้ำผสมธาตุอาหาร A B

# ขั้นตอนการเพาะเมล็ด

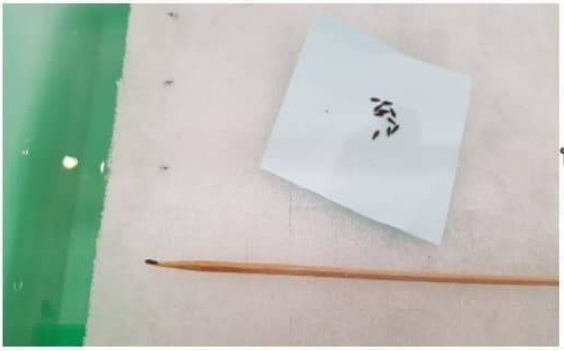
1.ใส่ฟองน้ำลงในถาดเพาะ
แล้วเติมน้ำลงไปในถาด

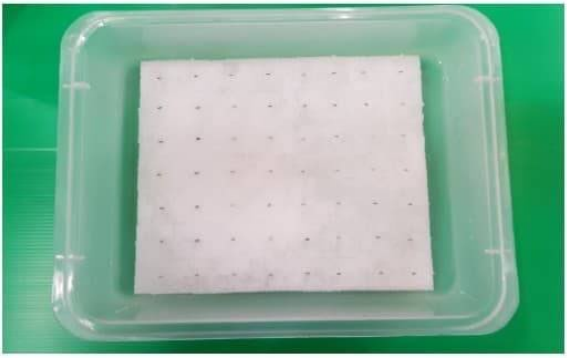
2.ใช้มือกดฟองน้ำทั่วๆเพื่อไล่
ฟองอากาศ และให้ฟองน้ำ
ฉ่ำน้ำมากที่สุด

***ขั้นตอนนี้สำคัญ
ฟองน้ำต้องอุ้มน้ำ ถ้าฟองน้ำแห้ง
ส่วนมากจะไม่งอก



3.ก่อนนำไปหยอดเมล็ดให้หล่อ
น้ำไว้ก้นถาด สูงครึ่งก้อนฟองน้ำ





4.นำเมล็ดพันธุ์มาเพาะลงบนฟองน้ำ
โดยใช้ไม้แหลมแตะน้ำให้เปียก
แล้วจึงนำมาแต้มเมล็ดไปใส่ในรอยบาก
หนีบเมล็ดให้อยู่ตรงกลางชิ้นฟองน้ำบริเวณใต้ผิวฟองน้ำ

***สำคัญ
ไม่ให้ตื้นหรือลึกจนเกินไป
เพราะมีผลต่อการงอก

5.หลังจากนำเมล็ดใส่ลงในฟองน้ำครบตามจำนวนแล้ว เชคดูอีกครั้งว่าฟองน้ำแห้งหรือไม่ ถ้าแห้งให้นำฟ็อกกี้มาพ่นใส่ด้านบนของฟองน้ำอีกรอบ
ส่วนด้านล่างควรมีระดับจากก้นถาดขึ้นมา 2 ซม. หรือครึ่งก้อนฟองน้ำ

6.นำถาดที่เพาะเมล็ดแล้วเก็บไว้ในที่ร่มประมาณ 2 วัน
คอยพ่นน้ำสม่ำเสมอ
ระวังอย่าให้หน้าฟองน้ำแห้ง

7.ประมาณวันที่ 3
เมล็ดพันธุ์ส่วนใหญ่จะเริ่มงอกแล้ว
เริ่มนำออกไปวางไว้บริเวณชายคาบ้าน
ให้ได้รับแสงตอนเช้าอย่างน้อยครึ่งวัน
หากแดดร้อนจัดต้องเก็บหลบ
หรือหาแสลนมาพรางความร้อน
(แสงเช้าจะไม่ร้อนเท่าช่วงบ่าย)

ระยะนี้
ปริมาณน้ำในถาดให้รักษาระดับน้ำ
เปล่าไว้ที่ครึ่งก้อนฟองน้ำ
คอยเติมเพิ่มสม่ำเสมอ
โดยเทบริเวณด้านข้างของถาดเพาะ (อย่าราดลงบนฟองน้ำ
ต้นกล้าอาจหักเสียหายได้
และจะทำให้เกิดตะไคร่)ส่วนด้านบนให้พ่นด้วยน้ำเปล่า
หากอากาศร้อนให้พ่นน้ำบ่อยๆเพื่อลดการคายน้ำของต้นกล้า

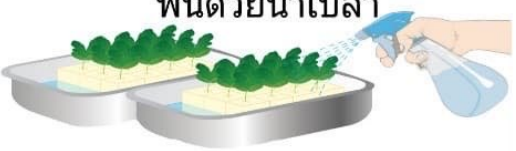
8.เมื่อต้นกล้าอายุครบ 7 วัน
หากได้รับแสงแดดเพียงพอ
จะได้ใบเลี้ยง 2
ใบที่แข็งแรงใบใหญ่ ลำต้นสั้น
ไม่อ่อนหักง่าย
เริ่มมีรากแทงออกมาด้านล่างแล้ว
(หากแสงไม่พอลำต้นจะอ่อนแอ
ยืดยาวหาแสง
ใบเล็กสังเคราะห์แสงได้ไม่ดี
ระบบรากไม่ดี
แบบนี้ถ้าเลี้ยงผักก็จะไม่แข็งแรง
ไม่เป็นทรงพุ่ม)

9.เมื่อใบแท้เริ่มงอก เข้าสู่อาทิตย์ที่2 (วันที่8)เริ่มให้ธาตุอาหาร A B โดยการรินน้ำเปล่าในถาดเพาะออกก่อน แล้วจึงหล่อกันถาดด้วยน้ำผสมธาตุอาหาร A B แทน พยายามรักษาระดับน้ำผสมธาตุอาหารไว้ที่ครึ่งก้อนฟองน้ำ(รินใส่ที่ขอบข้างๆของถาด ไม่ราดลงบนแผ่นฟองน้ำโดยตรง เพราะจะทำให้เกิดตะไคร่น้ำ ทำให้พืชเติบโตไม่ดีเท่าที่ควร) โดยเจือจาง อย่างละ 3-5 cc.ต่อน้ำ 1 ลิตร ส่วนด้านบนพ่นด้วยน้ำเปล่า วางไว้ชายคาบ้านตามเดิม หรือให้ได้รับแสง 4-6 ชม. ต่อวัน

*** หากต้องการขยาย ธาตุอาหาร A B ในปริมาณมากขึ้น ให้ตวงน้ำใส่ถังตามจำนวนลิตรที่ต้องการ แล้วจึงตวงธาตุ A B ใส่ในอัตราส่วน อย่างละ 5 cc. ต่อน้ำ 1 ลิตร โดยใส่ธาตุ A ก่อน ให้ธาตุA เจือจาง จึงตามด้วย ธาตุ B เท่าๆกัน (ไม่ควรใส่ธาตุอาหารA Bเข้มข้น พร้อมๆกัน เพราะธาตุจะจับตัวกันเป็นตะกอน พืชจะไม่สามารถนำสารอาหารไปใช้ได้

***EC ผักสลัด 1.2-1.8
PH ในน้ำ 5.5-6.5

## วิธีผสมธาตุอาหาร A B



10.ปล่อยให้พืชเติบโตในถาดเพาะได้ถึง 3 สัปดาห์ ระหว่างนั้นคอยเติมน้ำผสมธาตุอาหาร AB แล้วไปเรื่อยๆ รักษาระดับน้ำผสมธาตุอาหารไว้ที่ครึ่งก้อนฟองน้ำ ดูแลไปจนครบ 2-3 อาทิตย์ ต้นกล้าจะมีใบหลายใบ + รากที่แข็งแรง พร้อมย้าย ลงรางปลูก หรือ ภาชนะอื่นๆต่อไป

อายุเก็บเกี่ยว 45 วัน นับ
จากวันที่เพาะเมล็ด

# ต้นกล้าผักสลัดอายุ 7 วัน

ยืดหาแสง ลำต้นอ่อนแอ รากสั้น
สาเหตุ : ขาดแสง ออกรับแสงช้า เพาะในร่ม

ลำต้นเตี้ย แข็งแรง ใบใหญ่ รากยาว
สาเหตุ : ออกรับแสงทันเวลา แสงแดดเพียงพอ

# วิธีปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ในขวดน้ำ

FreshVille Farm
เพื่อนเกษตรเฟรชวิลล์ฟาร์ม www.freshvillefarm.com