



รายงานผลการสัมมนา

การพัฒนาระบบน้ำเพื่อการเกษตรและการเปลี่ยนแปลงสู่เศรษฐกิจ
สีเขียว สำหรับเจ้าหน้าที่ของกลุ่มประเทศสมาชิก BRICS

(Seminar on Agricultural Water System Development and Green
Transformation Policies for Officials of BRICS Countries)

ณ กรุงปักกิ่ง และเมืองอู่ฮั่น สาธารณรัฐประชาชนจีน

ระหว่างวันที่ 30 พฤษภาคม - 15 มิถุนายน 2569



กรมส่งเสริมการเกษตร
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

รายงานการไปสัมมนาการพัฒนากระบวนน้ำเพื่อการเกษตรและการเปลี่ยนแปลง
สู่เศรษฐกิจสีเขียว สำหรับเจ้าหน้าที่ของกลุ่มประเทศสมาชิก BRICS
(Seminar on Agricultural Water System Development and Green
Transformation Policies for Officials of BRICS Countries)
ณ กรุงปักกิ่ง และเมืองอู่ฮั่น สาธารณรัฐประชาชนจีน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

คนที่ 1

1.1 ชื่อ-สกุล

(ภาษาไทย)

คำนำหน้า (นาย, นาง, น.ส.) ชื่อ ..ดร.ณิ... สกุลคุณยศยิ่ง.....

(ภาษาอังกฤษ)

Prefix (~~Mr.~~, ~~Mrs.~~, Ms.) First Name ...Darunee... Last Name ... Kunyosying....

1.2 เกี่ยวกับที่ทำงาน

ตำแหน่ง (วิชาการ/บริหาร)นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรชำนาญการ.....

หน่วยงาน (เช่น กอง/สำนัก) ...กลุ่มอารักขาพืช สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงราย...

โทรศัพท์.(หน่วยงาน)..053700265...โทรสาร.(หน่วยงาน).....-.....

e-mai: (หน่วยงาน)...chiangrai05pp@gmail.com..

หน้าที่ความรับผิดชอบ *

1.งานส่งเสริมการหยุดเผาในพื้นที่การเกษตร ขับเคลื่อนและประสานงานในระดับจังหวัด จัดทำ
ฐานข้อมูลพื้นที่เสี่ยงต่อการเผาในพื้นที่การเกษตร และรายงานสถานการณ์การเผาในพื้นที่การเกษตร รวบรวมข้อมูล
และจัดทำ

2.งานด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

3. งานโครงการส่งเสริมการเกษตรที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

4. งานโครงการรณรงค์และรณรงค์กลุ่มจังหวัด

5.ปฏิบัติงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องหรือตามที่ได้รับมอบหมาย งานติดตามและตรวจสอบคุณภาพน้ำแม่น้ำ
สาย แม่น้ำกก แม่น้ำรวก และแม่น้ำโขง จังหวัดเชียงราย

คนที่ 2

1.1 ชื่อ-สกุล

(ภาษาไทย)

คำนำหน้า (นาย, นาง, น.ส.) ชื่อ ..ธนาวิฐ... สกุลแก้วมณีนิพโชติ.....

(ภาษาอังกฤษ)

Prefix (~~Mr.~~, ~~Mrs.~~, Ms.) First Name ... Thanawadi... Last Name ... Kaewmaninobphachot....

1.2 เกี่ยวกับที่ทำงาน

ตำแหน่ง (วิชาการ/บริหาร)นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรชำนาญการ.....

หน่วยงาน (เช่น กอง/สำนัก) ...กลุ่มอารักขาพืช สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงราย...

โทรศัพท์.(หน่วยงาน)..053700265...โทรสาร.(หน่วยงาน).....-.....

e-mai: (หน่วยงาน)...chiangrai05pp@gmail.com..

หน้าที่ความรับผิดชอบ *

1. ศึกษา วิเคราะห์ และดำเนินการจัดทำแผนโครงการเกษตรอัจฉริยะ การส่งเสริมการใช้เครื่องจักรกลการเกษตร การส่งเสริมการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำในระดับไร่นา การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตแมลงเศรษฐกิจ การจัดการศัตรูพืชด้วยวิธีผสมผสาน โครงการแปลงใหญ่ เบิกแผนกรมการข้าว งานติดตามและตรวจสอบคุณภาพน้ำ แม่น้ำสาย แม่น้ำกก แม่น้ำรวก และแม่น้ำโขง จังหวัดเชียงราย โครงการอื่นๆที่ได้รับมอบหมายในจังหวัด
2. สำรวจ ติดตาม และเฝ้าระวังการระบาดของศัตรูพืช จัดทำสื่อประชาสัมพันธ์เตือนการระบาดของศัตรูพืชเพื่อเผยแพร่ข้อมูลข่าวสาร และประชาสัมพันธ์ในการเฝ้าระวังศัตรูพืช ประสานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องตรวจพิสูจน์และตรวจสอบความเสียหายจากการระบาดของโรคและแมลงศัตรูพืช
3. ศึกษาพัฒนาแนวทางจัดการศัตรูพืชที่เหมาะสมกับพื้นที่ หาองค์ความรู้ใหม่ๆที่ช่วยในการดำเนินงาน และถ่ายทอดเทคโนโลยีให้เจ้าหน้าที่อำเภอและเกษตรกรอย่างต่อเนื่อง
4. ให้บริการตรวจวินิจฉัยศัตรูพืชและให้คำแนะนำด้านอารักขาพืชแก่เจ้าหน้าที่และเกษตรกร
5. สนับสนุนสำนักงานเกษตรอำเภอในการดำเนินงานโครงการที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มอารักขาพืช
6. ติดตาม ประเมินผล รวบรวมและรายงานผลการดำเนินงานในภาครวมของสำนักงานเกษตรจังหวัด
7. ปฏิบัติงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องหรือตามที่ได้รับมอบหมาย เช่น การประสานงานโครงการด้านอารักขาพืช กับองค์กรความร่วมมือระหว่างประเทศของ เยอรมัน (GIZ) และภาคีเครือข่าย

1.3 ชื่อเรื่อง/หลักสูตร

ภาษาไทยสัมมนาการพัฒนาระบบน้ำเพื่อการเกษตรและการเปลี่ยนแปลงสู่เศรษฐกิจสีเขียว สำหรับเจ้าหน้าที่ของกลุ่มประเทศสมาชิก BRICS.....

ภาษาอังกฤษ.....Seminar on Agricultural Water System Development and Green Transformation Policies for Officials of BRICS Countries.....

1.4 วัตถุประสงค์ของการเดินทางไป*

- ☐ ประชุม ☒ สัมมนา ☐ ฝึกอบรม ☐ ปฏิบัติการวิจัย
☐ ดูงาน ☐ ปฏิบัติงานในองค์การระหว่างประเทศ

1.5 แหล่งให้ทุน

ชื่อองค์กร/หน่วยงาน ผู้ให้ทุน ...สถานกงสุลใหญ่จีนประจำเชียงใหม่จะเป็นผู้รับผิดชอบค่าตัวเครื่องบินไปและกลับ ค่าอาหาร และค่าที่พัก ส่วนค่าใช้จ่ายในการตรวจร่างกายและค่าใช้จ่ายอื่นๆ ผู้เข้าร่วมอบรมเป็นผู้รับผิดชอบ....

ประเภทของแหล่งทุน *

- ☐ ทุนของหน่วยงานต้นสังกัด ☒ ทุนของหน่วยงานอื่นๆ
☐ ทุนของหน่วยงานต้นสังกัดและหน่วยงานอื่นๆ ☐ ทุนส่วนตัว

1.6 ประเทศที่ไป ..สาธารณรัฐประชาชนจีน...

1.7 งบประมาณ – วันเดินทาง*

งบประมาณ-..... บาท

จากวันที่ ..30../...พฤษภาคม...../....2569... ถึงวันที่15../...มิถุนายน.../..2569...

1.8 ภายใต้โครงการ/หน่วยงาน

ชื่อโครงการสัมมนาการพัฒนาระบบน้ำเพื่อการเกษตรและการเปลี่ยนแปลงสู่เศรษฐกิจสีเขียว สำหรับเจ้าหน้าที่ของกลุ่มประเทศสมาชิก BRICS.....

ของหน่วยงานสถานกงสุลใหญ่จีนประจำเชียงใหม่

1.9 คุณวุฒิ/วุฒิบัตรที่ได้รับSeminar on Agricultural Water System Development and Green Transformation Policies for Officials of BRICS Countries.....

ส่วนที่ 2 บทคัดย่อหรือสรุปย่อของหลักสูตร เพื่อประโยชน์ในการสืบค้น (ภาษาไทย/อังกฤษ)

2.1 บทคัดย่อหรือสรุปย่อของหลักสูตร*

.....สัมมนาการพัฒนากระบวนทัศน์เพื่อการเกษตรและการเปลี่ยนแปลงสู่เศรษฐกิจสีเขียว สำหรับเจ้าหน้าที่ของกลุ่มประเทศสมาชิก BRICS เน้นการฝึกอบรม แลกเปลี่ยนและเสวนา ศึกษาดูงาน ความร่วมมือด้านการเกษตร การพัฒนากระบวนทัศน์เพื่อการเกษตรและการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม เครือข่ายน้ำอัจฉริยะและการพัฒนาด้านดิจิทัล ณ กรุงปักกิ่ง และเมืองอู่ฮั่น สาธารณรัฐประชาชนจีน

ส่วนที่ 3 ข้อมูลที่ได้รับจากการสัมมนา และการไปปฏิบัติงานในองค์การระหว่างประเทศ

3.1 วัตถุประสงค์

เพื่อฝึกอบรมระหว่างประเทศทั้งในรูปแบบทวิภาคีและพหุภาคี ภายใต้กรอบความร่วมมือระดับรัฐบาล พร้อมทั้งการสร้างเครือข่ายกับผู้เข้าร่วมโครงการและชุมชนท้องถิ่นในการที่จะเกิดประโยชน์สูงสุด

3.2 เนื้อหาที่เป็นสาระสำคัญในเชิงวิชาการ ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

ไม่น้อยกว่า 1 หน้ากระดาษ A4 (หากมีรายงานฯ แยกต่างหากโปรดแนบไฟล์ PDF ขนาดไม่เกิน 5 MB ส่งด้วย)

1) ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสาธารณรัฐประชาชนจีน

(1) มิติทางประวัติศาสตร์ (5,000 Years of Continuity and Transformation)

บริบทการพัฒนาของจีนตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน มีรากฐานสำคัญที่ส่งผลต่อการวางนโยบายและวิถีชีวิตในปัจจุบัน

(1.1) การวางรากฐานทางอารยธรรม (ราชวงศ์ฉินและฮั่น): การรวมประเทศในปี 221 ก่อนคริสตกาล นำไปสู่การวางระบบบริหารราชการแผ่นดินแบบรวมศูนย์ (Commandery-County System) และการปฏิรูประบบตัวอักษรจีนให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน ซึ่งเป็นกลไกสร้างความผูกพันทางวัฒนธรรมที่ก้าวข้ามความต่างของภาษาถิ่น

(1.2) ระบบแนวคิดและความเป็นเลิศ (Meritocracy): ในสมัยราชวงศ์ฮั่นมีการยกย่องแนวคิดขงจื้อเป็นอุดมการณ์หลัก และเริ่มใช้ระบบการสอบคัดเลือกข้าราชการจากความรู้ความสามารถ (Imperial Examination) ตั้งแต่คริสต์ศตวรรษที่ 7 เกิดเป็นระบบปกครองร่วมกันระหว่างจักรพรรดิและกลุ่มปัญญาชนข้าราชการ

(1.3) การล่มสลายและการฟื้นฟู: จีนมีวงจรประวัติศาสตร์ในการล่มสลายและสร้างใหม่ แต่มีความเสถียรภาพสูงเนื่องจากระบบเครือญาติและชุมชนในระดับฐานรากมีกลไกซ่อมแซมตัวเองสูง ขณะที่ผู้ปกครองต่างชาติ (เช่น ราชวงศ์หยวนและชิง) ก็ยังต้องรับเอาวัฒนธรรมจีนและระบบราชการแบบฮั่นไปใช้บริหารจักรวรรดิเกษตรกรรม

(1.4) ความพยายามปฏิรูปในศตวรรษที่ 19: หลังสงครามฝิ่น (ค.ศ. 1840) จีนพยายามเรียนรู้เทคโนโลยีทางทหารจากตะวันตกแต่ล้มเหลว เนื่องจากนำเข้าเฉพาะเทคโนโลยีแต่ไม่ได้เปลี่ยนเชิงโครงสร้างสถาบัน

(1.5) การเปลี่ยนผ่านสู่ความทันสมัย (ค.ศ. 1912-ปัจจุบัน):

- โมเดลพรรคคอมมิวนิสต์จีน (CCP): ประสบความสำเร็จจากการระดมกำลังชาวนา (ซึ่งเป็นประชากร 90% ของประเทศ) ผ่านการปฏิรูปที่ดิน และสร้างเครือข่ายองค์กรตั้งแต่วิทยฐานะรากจนถึงส่วนกลาง

- ยุคเศรษฐกิจวางแผน (ค.ศ. 1949-1978): พัฒนาอุตสาหกรรมขั้นต้นและยกระดับอายุขัยเฉลี่ย แลกกับความตึงเครียดทางการเมือง

- ยุคปฏิรูปและเปิดประเทศ (ค.ศ. 1978-ปัจจุบัน): ใช้สูตร "ตลาด + รัฐ" โดยนโยบายสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อภาคเกษตรคือ "ระบบสัญญาความรับผิดชอบร่วมกันในครอบครัว" (Household Contract Responsibility System) ทำให้สามารถยกระดับประชากร 800 ล้านคนออกจากความยากจน และกลายเป็นเศรษฐกิจขนาดใหญ่อันดับ 2 ของโลก

(2) มติการเมืองและการบริหารรัฐกิจ (Politics & National Governance)

โครงสร้างและหลักการปกครองภายใต้พรรคคอมมิวนิสต์จีน (CCP) ประกอบด้วย

(2.1) **หลักการหลักในรัฐธรรมนูญ:** กำหนดชัดเจนว่าการนำของพรรคคอมมิวนิสต์จีนคือลักษณะเด่นที่สุดของระบบสังคมนิยม จีนไม่ใช้ระบบแยกอำนาจแบบตะวันตก แต่ใช้อำนาจผ่านสภาผู้แทนประชาชน (People's Congress) ทุกระดับภายใต้หลักการ "รวมศูนย์ประชาธิปไตย" (Democratic Centralism)

(2.2) **โครงสร้างการบริหาร:** แบ่งเป็น 5 ระดับ ได้แก่ (1) รัฐบาลกลาง (2) มณฑล/เขตปกครองตนเอง/มหานคร (3) เขตปกครองตนเองระดับจังหวัด/อำเภอ (4) ตำบล และ (5) หมู่บ้าน (ซึ่งรัฐบาลตำบลจะดูแลหมู่บ้านประมาณ 10-20 แห่ง)

(2.3) **กลไกการนำคู่ขนาน (Dual Leadership System):** มีโครงสร้างแบบคู่ขนาน (หน่วยงานรัฐ + คณะพรรค) ทำให้นโยบายสามารถส่งตรงจากส่วนกลางลงไปถึงระดับฐานรากได้อย่างไร้รอยต่อ

(2.4) ความมั่นคงทางสังคมและเศรษฐกิจ (ข้อมูลปี 2024-2025):

- o ประชากรมากกว่า 1,400 ล้านคน มีกลุ่มรายได้ปานกลางกว่า 400 ล้านคน
- o อัตราความรู้สึกลดภัยของประชาชนสูงกว่า 98%
- o ประกันสุขภาพพื้นฐานครอบคลุมประชากร 1,070 ล้านคน และประกันสุขภาพครอบคลุมกว่า 95%
- o มีระบบอุตสาหกรรมที่ครบถ้วนที่สุดในโลกตามการจัดประเภทของ UN ครอบคลุม 41 อุตสาหกรรมรายใหญ่ 207 อุตสาหกรรมรายกลาง และ 666 อุตสาหกรรมย่อย

(3) มติวัฒนธรรมและกระบวนความคิด (Culture & Thinking)

แนวคิดดั้งเดิม 3 เสาหลักที่หล่อหลอมวิถีคิดและการดำเนินนโยบายของจีน ได้แก่

(3.1) **ลัทธิขงจื้อ (Confucianism):** เน้นเรื่อง เหวิน (ความเมตตา) หลี่ (จริยธรรม/พิธีกรรม) และ เลี้ยว (ความกตัญญูและการเคารพผู้อาวุโส/ผู้มีอำนาจ) ความสัมพันธ์ทางสังคมเป็นแบบ "เครือข่ายสายด้าย" (Differential mode of association) ที่อิงตามความใกล้ชิดของสายสัมพันธ์ ต่างจากระบบสัญญาประชาคมของตะวันตก

(3.2) **ลัทธิเต๋า (Daoism):** เน้นความสมดุลและการปล่อยให้เป็นไปตามธรรมชาติ (อู่เหว่ย) วิธีคิดแบบวิภาษวิธี (Dialectical Thinking) เช่น "ในวิกฤตมีโอกาส" ซึ่งถูกนำมาปรับใช้ในเชิงกลยุทธ์ของรัฐบาลจีนบ่อยครั้ง

(3.3) **พุทธศาสนา (Buddhism):** ส่งเสริมแนวคิดเรื่องกรรมและการทำความดี

(3.4) **วัฒนธรรมยุคใหม่:** การส่งเสริมความมั่นใจทางวัฒนธรรมผ่านนโยบายฟื้นฟูประเพณี (Neo-traditionalism) เพื่อสร้างอัตลักษณ์แห่งชาติควบคู่ไปกับวัฒนธรรมดิจิทัล (เช่น WeChat, Douyin, Xiaohongshu)

(4) เทคโนโลยีอวกาศและการประยุกต์ใช้ใน "เกษตรแม่นยำ" (Space Technology & Precision Agriculture)

นี่คือ หัวใจสำคัญที่กองวิชาการและส่งเสริมการเกษตรของเราสามารถนำมาถอดบทเรียนได้มากที่สุด จากการนำเสนอระบบเทคโนโลยีของจีน:

(4.1) ระบบดาวเทียมนำทางเป่ย์โต่ว (BeiDou Navigation Satellite System - BDS):

- o มีการประยุกต์ใช้ระบบดาวเทียมนำทางเป่ย์โต่วอย่างแพร่หลายในภาคการเกษตรเพื่อขับเคลื่อนการยกระดับเครื่องจักรกลเกษตรและเปลี่ยนผ่านสู่ "เกษตรกรรมอัจฉริยะและความทันสมัยทางการเกษตร"

o **ฟังก์ชันหลักในภาคเกษตร:** ระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติของเครื่องจักรกล (Automatic Steering), การตรวจสอบติดตามการปฏิบัติงาน (Operation monitoring), การทำการเกษตรแบบแม่นยำสูง (Precision operation) และระบบบริหารจัดการเครื่องจักร (Machine management)

o **ความแม่นยำเชิงพื้นที่:** บริการทั่วไปมีความแม่นยำที่ 10 เมตร ความแม่นยำในการวัดความเร็วที่ 0.2 เมตร/วินาที และมีความแม่นยำในระบบพื้นที่ต่างระดับ (Wide Area Difference) สูงถึง 1 เมตร

(4.2) **แพลตฟอร์มบิ๊กดาต้าและการเชื่อมต่อ IoT ในภาคเกษตร (Agricultural IoT & Big Data Platform):**

o โครงสร้างสถาปัตยกรรมข้อมูลเกษตรของจีนมีการเชื่อมโยงข้อมูลจากอุปกรณ์ปลายทางของเปียโตว (เทอร์มินอลตรวจสอบ) บนเครื่องจักรกลเกษตร ส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายไร้สาย (Cellular Network) และระบบ Gateway

o ข้อมูลจะถูกประมวลผลผ่านระบบวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data Application) และจัดเก็บในห้องประมวลผลที่มี Server กว่า 100 ยูนิต และ GPUs 3 ยูนิต

o **การนำไปใช้ประโยชน์:** ข้อมูลที่ประมวลผลเสร็จแล้วจะถูกนำไปให้บริการแก่สหกรณ์เครื่องจักรกลการเกษตร (Agricultural machinery cooperatives) และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ในการมอนิเตอร์ฟีดแบ็กยานพาหนะ การตรวจสอบแพลตฟอร์ม และการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อวางแผนการส่งเสริมการเพาะปลูกในภาพรวม

2) การวัดความยากจนแบบตรงเป้าหมายของจีน: มุมมองเชิงนโยบายของพรรคคอมมิวนิสต์จีน

(1) ความสำเร็จและเกณฑ์ความยากจนของจีน (China's Achievements & Criteria)

จีนสามารถบรรลุเป้าหมายในการวัดความยากจนได้อย่างก้าวกระโดด โดยมีตัวเลขความสำเร็จที่สำคัญดังนี้

- **การจัดประชากรยากจน:** สามารถนำประชาชนหลุดพ้นจากความยากจนได้ถึง 98.99 ล้านคน
- **การยกระดับพื้นที่:** สามารถลบชื่ออำเภอยากจนออกจากบัญชีได้ 832 อำเภอ และหมู่บ้านยากจน 128,000 หมู่บ้าน
- **สัดส่วนในเวทีโลก:** อัตราความยากจนในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ลดลงจาก 61% (ปี 1990) เหลือเพียง 4% (ปี 2015) ซึ่งผลงานการลดความยากจนของจีนคิดเป็น 70% ของการลดความยากจนทั่วโลก
- **เส้นความยากจน (Poverty Line):** จีนปรับเกณฑ์รายได้ต่อคนต่อปีเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จาก 2,536 หยวน ในปี 2011 ขึ้นมาเป็น 3,442 หยวนในปี 2020 ส่งผลให้ประชากรที่ยากจนสัมบูรณ์ (Absolute Poverty) ลดลงจาก 12.238 ล้านคนในปี 2011 จนกลายเป็น 0 คน (หมดสิ้นไป) ในปี 2020

(2) วิวัฒนาการนโยบายแก้จนของจีน 5 ระยะ (Poverty Reduction Process)

จีนผ่านกระบวนการทดลองผิดลองถูกและพัฒนานโยบายมาอย่างยาวนาน แบ่งเป็น 5 ระยะหลัก:

- **ระยะที่ 1: เน้นการบรรเทาทุกข์ (1949–1977):** เริ่มต้นจากการปฏิรูปที่ดิน ยกเลิกระบบกรรมสิทธิ์ที่ดินของเอกชนแบบศักดินา และสร้างระบบความปลอดภัยทางสังคมพื้นฐานในชนบท เช่น ระบบหลักประกัน 5 ประการ (Five Guarantees) (ดูแลอาหาร, เครื่องนุ่งห่ม, ที่อยู่อาศัย, การรักษาพยาบาล และศพ/การศึกษาแก่กำพร้า) สำหรับผู้สูงอายุและผู้พิการ
- **ระยะที่ 2: ขับเคลื่อนโดยการปฏิรูปเชิงสถาบัน (1978–1985):** มีการนำ ระบบสัญญาความรับผิดชอบร่วมกันของครัวเรือน (Household Contract Responsibility System - HCRS) มาใช้แทนการทำฟาร์มแบบรวมหมู่ ทำให้มูลค่าผลผลิตการเกษตรโตเฉลี่ย 7.6% ต่อปี ส่งผลให้อัตราความยากจนในชนบทลดจาก 97.5% เหลือ 78.3%

- **ระยะที่ 3: ใช้พื้นที่ "ระดับอำเภอ" เป็นฐาน (1986–2000):** จัดตั้งกลุ่มนำการแก้ไขความยากจนภายใต้คณะรัฐมนตรี มีการกำหนด "อำเภอยากจนระดับชาติ" (เริ่มต้น 331 อำเภอ และขยายเป็น 592 อำเภอในปี 1994) และประกาศแผนลดความยากจน "8-7" เพื่อแก้ปัญหาปากท้องของคน 80 ล้านคนภายใน 7 ปี
- **ระยะที่ 4: ใช้พื้นที่ "ระดับหมู่บ้าน" เป็นฐาน (2001–2012):** เปลี่ยนเป้าหมายลงลึกสู่ระดับหมู่บ้าน 128,000 แห่งทั่วประเทศ ผ่านโครงการ "Whole-Village Advancement" มีการยกเลิกภาษีเกษตรในปี 2006 เพื่อลดภาระให้เกษตรกร
- **ระยะที่ 5: การจัดความยากจนแบบตรงเป้าหมาย (2013–2020):** เป็นระยะเด็ดขาดที่เน้นการพุ่งเป้าไปที่ตัวบุคคลและครัวเรือนจริง ๆ ไม่ใช่แค่รายภูมิภาค

(3) ยุทธศาสตร์ "การแก้จนแบบตรงเป้าหมาย" (Targeted Poverty Alleviation)

เป็นนโยบายริเริ่มโดยประธานาธิบดี สี จิ้นผิง เมื่อปี 2013 เนื่องจากพบว่าความช่วยเหลือแบบเหมาเข่งตามภูมิภาคในอดีต เงินมักจะตกไปอยู่กับครัวเรือนที่ฐานะค่อนข้างดีในหมู่บ้านไม่ถึงมือผู้ยากจนที่สุดจริง ๆ ยุทธศาสตร์นี้มีแก่นที่ ชี้วัดหลักเรียกว่า "2 ไม่ต้องกังวล และ 3 หลักประกัน" (Two No Worries and Three Guarantees):

1. **2 ไม่ต้องกังวล:** ไม่ต้องกังวลเรื่อง **อาหาร** (มีอาหารปลอดภัยและน้ำดื่มสะอาด) และไม่ต้องกังวลเรื่อง **เครื่องนุ่งห่ม** (มีเสื้อผ้าเหมาะสมกับทุกฤดูกาล)
2. **3 หลักประกัน:**
 - o **การศึกษาภาคบังคับ:** เด็กต้องไม่หลุดออกจากระบบการศึกษาเพราะความยากจน
 - o **การแพทย์พื้นฐาน:** มีระบบประกันสุขภาพชนบทอุดหนุนค่ารักษาโรคเรื้อรังและโรคอุบัติร้ายแรง
 - o **ที่อยู่อาศัยปลอดภัย:** หากบ้านไม่ปลอดภัย รัฐจะอุดหนุนให้ซ่อมแซม ปรับปรุง หรือย้ายถิ่นฐานออกจากพื้นที่เปราะบาง

มาตรการหลักที่นำมาใช้ปฏิบัติตามแนวทางส่งเสริมการเกษตรและพัฒนาชุมชน:

- **การพัฒนาอุตสาหกรรมอัตลักษณ์ท้องถิ่น (Characteristic Industry):** ส่งเสริมการจ้างงานและสร้างอาชีพในชุมชน เช่น โรงงานแปรรูปสินค้าเกษตร หรืองานหัตถกรรมในท้องถิ่น
- **การชดเชยเชิงนิเวศ (Ecological Compensation):** จ้างงานผู้ยากจนในพื้นที่ป่าไม้ให้ทำหน้าที่เป็น "เจ้าหน้าที่พิทักษ์ป่า" เพื่อให้มีรายได้มั่นคงควบคู่กับการรักษาสิ่งแวดล้อม
- **การย้ายถิ่นฐานเพื่อหนีความยากจน (Relocation):** สำหรับครัวเรือนที่อยู่ในชัยภูมิที่แห้งแล้งหรือห่างไกลเกินกว่าจะพัฒนา รัฐจะสร้างหมู่บ้านจัดสรรใหม่ให้ย้ายออกมาอยู่ในจุดที่มีโครงสร้างพื้นฐานพร้อม

(4) ปัจจัยสู่ความสำเร็จ: บทบาทและการระดมพลของพรรคคอมมิวนิสต์จีน (CPC)

หัวใจสำคัญที่ทำให้จีนทำได้สำเร็จและสามารถนำมาถอดบทเรียน มีดังนี้:

- **การประสานงานแนวตะวันออก-ตะวันตก (East-West Collaboration):** ให้ 9 มณฑลทางตะวันออกที่พัฒนาแล้ว จับคู่ช่วยเหลือ 14 มณฑลทางตอนกลางและตะวันตกที่ยังยากจน มีการอุดหนุนงบประมาณ แลกเปลี่ยนบุคลากร และส่งเสริมให้วิสาหกิจไปลงทุน
- **ระบบความรับผิดชอบของเลขาธิการพรรค 5 ระดับ (Five-level Secretary):** เป็นข้อผูกมัดทางวัฒนธรรมที่ให้เลขาธิการพรรคตั้งแต่ระดับ มณฑล, เมือง, อำเภอ, ตำบล และหมู่บ้าน ต้องลงนามหนังสือคำประกันความรับผิดชอบร่วมกัน หากแก้จนไม่สำเร็จจะส่งผลต่อการประเมินและการเลื่อนตำแหน่ง
- **การส่งทีมงานฝังตัวในหมู่บ้าน (Village-based Work Groups):** จีนส่งข้าราชการและเจ้าหน้าที่พรรคที่มีการศึกษาสูงและเป็นคนรุ่นใหม่จำนวนกว่า 3 ล้านคน ลงไปตั้งทีมงานกินนอนและปฏิบัติหน้าที่ฝังตัวอยู่ในหมู่บ้านยากจน 255,000 กลุ่ม เพื่อวางแผนพัฒนาครัวเรือนแบบรายคนจนกว่าจะสำเร็จ (มีเจ้าหน้าที่เสียชีวิตในหน้าที่นี้กว่า 1,800 คน)

(5) ก้าวต่อไป: จากการแก้จนสู่ "การฟื้นฟูชนบท" (Rural Revitalization)

หลังจากจีนบรรลุเป้าหมายแรกในการขจัดความยากจนสัมบูรณ์แล้ว ได้วางแผนยุทธศาสตร์ต่อเนื่อง 3 ระยะ เพื่อมุ่งสู่ "ความเจริญรุ่งเรืองร่วมกัน" (Common Prosperity):

- **ปัจจุบัน (รากฐาน):** นำผลสำเร็จจากการแก้จนมาเป็นฐานในการฟื้นฟูชนบท
- **ภายในปี 2035:** บรรลุความทันสมัยในภาคการเกษตรและชนบทอย่างเป็นรูปธรรม ลดช่องว่างการบริการสาธารณะระหว่างเมืองและชนบท
- **ภายในปี 2050:** ชนบทได้รับการฟื้นฟูเต็มรูปแบบ เกษตรกรมีความมั่งคั่ง ประเทศก้าวสู่ความเจริญรุ่งเรืองร่วมกันอย่างสมบูรณ์

3) การก่อสร้างและการปฏิบัติการด้านการตรวจสอบและกำกับดูแลอัจฉริยะแบบบูรณาการในเขตชลประทานภาคเหนือ (Northern Irrigation Districts)

1. ภูมิหลังและวิวัฒนาการของเขตชลประทานจีน (Background Information)

ระบบชลประทานในประเทศจีนผ่านกระบวนการพัฒนาและนำเทคโนโลยีสารสนเทศ (Informatization) มาใช้เป็นลำดับขั้น ดังนี้:

- **ขั้นการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน (1950s - 2021+):** เริ่มต้นจากการสร้างชลประทานเพื่อแก้ปัญหาปากท้อง ไปสู่การขุดบ่อบาดาลด้านภัยแล้งในภาคเหนือ การปฏิรูประบบการจัดการ (ปี 1980-2000) จนถึงยุคการยกระดับสู่ความทันสมัยและการประหยัดน้ำที่มีประสิทธิภาพสูง (ปี 2001-2021+)
- **วิวัฒนาการด้านสารสนเทศชลประทาน:**
 - o 1970s - 1990s: เริ่มทดลองระบบรวบรวมข้อมูลน้ำ ระบบวัดและควบคุมอัตโนมัติ
 - o 2000 - 2015: เกิดโครงการนำร่องระบบสารสนเทศในเขตชลประทาน 153 แห่ง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดสรรน้ำ
 - o 2016 - 2020: นำเทคโนโลยี 3S และ Internet of Things (IoT) มาประยุกต์ใช้ในการพยากรณ์การชลประทานตามความต้องการของพืชและสภาพอากาศ
 - o 2021 - 2025 (แผนพัฒนาเศรษฐกิจฯ ฉบับที่ 14): ตั้งเป้าหมายให้อัตราการครอบคลุมของระบบสารสนเทศในเขตชลประทานสูงกว่า 80%
- **เป้าหมายในอนาคต (Digital Twin & Intelligence):** มุ่งสู่การเป็นเขตชลประทานอัจฉริยะที่สามารถ "ตัดสินใจได้เอง-สั่งการได้เอง-ดำเนินการได้เอง" โดยใช้คนควบคุมน้อยที่สุดหรือทำงานแบบอัตโนมัติ (Unattended) ผ่านความสามารถในการเตรียมพร้อม 4 ด้าน (The "Four Preparations")

2. สถาปัตยกรรมองค์รวมและแนวคิดของ Digital Twin (Overall Architecture)

การเปลี่ยนผ่านสู่ระบบ Digital Twin (ฝาแฝดดิจิทัล) ในเขตชลประทานไม่ใช่เพียงแค่การติดตั้งฮาร์ดแวร์ แต่คือการเปลี่ยนผ่าน 3 ด้านสำคัญ คือ: จากอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์สู่วิธีการทางเทคโนโลยี, จากการแสดงผลแบบหยุดนิ่งสู่กระบวนการตัดสินใจแบบไดนามิก และจากการจัดเก็บข้อมูลสู่รูปแบบการจัดการที่ขับเคลื่อนด้วยดิจิทัล

ระบบนี้ขับเคลื่อนผ่าน "การรวมกันของ 4 เครือข่าย" ได้แก่:

1. **Facilities Network (เครือข่ายพื้นฐาน):** เครือข่ายฮาร์ดแวร์ที่รวบรวมข้อมูลพื้นฐานเชื่อมต่อระบบน้ำจริง
2. **Data Network (เครือข่ายข้อมูล):** การตรวจวัดแบบ 3 มิติ (อวกาศ-อากาศ-ภาคพื้นดิน) เพื่อให้ข้อมูลที่หลากหลายตามความต้องการ
3. **Artificial Network / Simulation Network (เครือข่ายจำลอง):** การรวมแบบจำลองกลไกทางกายภาพและคลังข้อมูลความรู้ (Knowledge Graph) เพื่อหาโซลูชันการใช้น้ำครบวงจร

4. **Decision Network (เครือข่ายตัดสินใจ):** การวางแผนตัดสินใจแบบหลายเป้าหมาย (Multi-objective) ทั้งอุปสงค์ อุปทาน การบริโภค และการระบายน้ำ เพื่อสร้างแผนที่สถานการณ์จำลองน้ำจืดเดียว ("One Map")

3. ข้อกำหนดทางเทคนิค (Technical Requirements)

3.1 ระบบตรวจวัด 3 มิติ (Tridimensional Perception)

บูรณาการข้อมูล 4 ด้าน: น้ำ (Water), วิศวกรรม (Engineering), เกษตรกรรม (Agricultural) และอุตุนิยมวิทยา (Meteorology) โดยใช้เครื่องมือดังนี้:

- **ดาวเทียมและอากาศยานไร้คนขับ (UAV):** ตรวจสอบโครงสร้างพืชผล, พื้นที่ชลประทาน, ความต้องการน้ำ, การเติบโตของพืช และความเสียหายของโครงสร้างชลประทาน
- **การตรวจวัดภาคพื้นดิน:**
 - o **ด้านน้ำ:** วัดระดับน้ำ (ใช้เกจแบบลูกลอย, ความดัน, เรดาร์, อัลตราโซนิก) และวัดอัตราการไหล (Doppler, ADCP, ข้อมูลความสัมพันธ์ระดับน้ำ-อัตราการไหล)
 - o **ด้านวิศวกรรม:** ตรวจสอบการเคลื่อนตัว การทรุดตัว และการรั่วซึมของเขื่อน/ประตูน้ำ ผ่านระบบ GNSS ความแม่นยำสูง และอุปกรณ์วัดความดันไฮโดรสแตติก
 - o **ด้านเกษตรกรรม:** วัดความชื้นในดิน (FDR, TDR, GPR) และวัดระดับน้ำในนาข้าวอัตโนมัติ

3.2 ระบบควบคุมอัตโนมัติ (Automatic Control)

มุ่งเน้นการควบคุมประตูระบายน้ำ, สถานีสูบน้ำ, บ่อน้ำบาดาล และระบบชลประทานในไร่นา โดยพัฒนาอัลกอริทึมควบคุมอัจฉริยะตลอดแนวคลอง เพื่อสร้างคำสั่งจ่ายน้ำอัตโนมัติตามความต้องการของแต่ละช่องเปิดจ่ายน้ำ (Branch bucket openings) ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำอย่างเต็มที่

3.3 คลังแบบจำลองเฉพาะทาง (Specialized Models)

ประกอบด้วย 5 โมเดลหลักที่พัฒนาโดย IWHR:

1. โมเดลพยากรณ์อุปสงค์-อุปทานน้ำ: คาดการณ์ปริมาณน้ำไหลเข้าคลองและพยากรณ์การใช้น้ำของพืช
2. โมเดลจัดสรรทรัพยากรน้ำ: คำนวณการจัดสรรน้ำแบบหลายแหล่ง (Multi-water) แก่ผู้ใช้หลายกลุ่ม ทั้งในระดับปี เดือน และ 10 วัน
3. โมเดลจำลองการส่งและแจกจ่ายน้ำ: ใช้ระบบไฮดรอลิกจำลองการเคลื่อนที่ของน้ำในคลองแบบ 3 มิติ เพื่อดูระดับน้ำและความเร็วได้ทุกจุดทุกเวลา
4. โมเดลจ่ายน้ำ (Water Supply Dispatching): แปลงแผนการใช้น้ำสู่แผนการเปิด-ปิดประตูน้ำและสถานีสูบน้ำอัตโนมัติ
5. โมเดลป้องกันภัยพิบัติจากน้ำและภัยแล้ง: ตรวจสอบความแห้งแล้ง, พยากรณ์น้ำหลากเข้าคลอง และแจ้งเตือนระดับน้ำล้นตลิ่ง

4. กรณีศึกษาความสำเร็จ: เขตชลประทานตงเล่ย์ (Donglei Irrigation District Construction Practice)

เขตชลประทานตงเล่ย์ มณฑลส่านซี เป็นโครงการสูบน้ำพลังงานไฟฟ้าที่ตั้งอยู่บนพื้นที่สูงและมีอัตราการไหลใหญ่ที่สุดในมณฑล ครอบคลุมพื้นที่ชลประทานกว่า 1.02 ล้านมุ (ประมาณ 417,000 คน)

4.1 ปัญหาเดิมก่อนการปรับปรุง

- ระบบตรวจวัดไม่ครอบคลุม ขาดการตรวจสอบความปลอดภัยของสถานีสูบน้ำและตลิ่งคลอง
- ขาดระบบวัดน้ำที่แม่นยำในช่องเปิดจ่ายน้ำสำคัญ
- ขาดอัลกอริทึมและโมเดลอัจฉริยะ ข้อมูลแยกส่วนไม่เชื่อมโยงกัน

4.2 ผลลัพธ์จากการนำระบบ Digital Twin มาใช้ (ปี 2025-2026)

จากการสร้าง "3 เครือข่าย" และ "1 สมองคลาวด์" ส่งผลให้เกิดความสำเร็จอย่างเป็นรูปธรรมดังนี้:

3 เครือข่าย (The 3 Networks) คือการวางโครงสร้างพื้นฐานทางเทคโนโลยีตั้งแต่ต้นน้ำถึงปลายน้ำ เพื่อทำหน้าที่ "รับรู้ - ควบคุม - จัดสรร" ประกอบด้วย:

1. เครือข่ายการรับรู้ (Perception Network)

- **หน้าที่:** เปรียบเสมือน "ตาและหู" ของระบบ
- **การทำงาน:** ใช้เทคโนโลยีการตรวจวัดแบบ 3 มิติ (อวกาศ-อากาศ-ภาคพื้นดิน) โดยรวบรวมข้อมูลดิบแบบเรียลไทม์จากภาคสนาม เช่น ระดับน้ำ, อัตราการไหลของน้ำ, ความชื้นในดิน, สภาพอากาศ, และภาพถ่ายวิดีโอจากโดรนหรือกล้องวงจรปิด AI เครือข่ายนี้ทำหน้าที่เปลี่ยนสถานะทางกายภาพของน้ำและแปลงมาให้กลายเป็นข้อมูลดิจิทัลส่งเข้าสู่ระบบ

2. เครือข่ายการควบคุมและกำกับดูแลวิศวกรรม (Control & Engineering Supervision Network)

- **หน้าที่:** เปรียบเสมือน "มือและเท้า" ที่ลงมือปฏิบัติการ
- **การทำงาน:** เป็นเครือข่ายฮาร์ดแวร์ระบบอัตโนมัติที่เชื่อมต่อกับโครงสร้างชลประทานโดยตรง ทำหน้าที่รับคำสั่งมาสั่งการควบคุมระยะไกล (Remote Control) เช่น การเปิด-ปิดประตูระบายน้ำอัตโนมัติ, การเดินเครื่องสถานีสูบน้ำ, หรือการส่งจ่ายน้ำในระบบคลอง นอกจากนี้ยังคอยตรวจสอบความปลอดภัยของโครงสร้างวิศวกรรม เช่น การทรุดตัวของตลิ่ง หรือการรั่วซึมของเขื่อนไปพร้อมกันด้วย

3. เครือข่ายการจัดสรรและสนับสนุนการบริหารจัดการ (Dispatching & Support Network)

- **หน้าที่:** เปรียบเสมือน "ระบบส่งกำลังและโครงข่ายประสาทการสื่อสาร"
- **การทำงาน:** ทำหน้าที่เชื่อมโยงข้อมูลและการสั่งการระหว่างคลังข้อมูล วาล์ว/ประตูน้ำ และเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน เพื่อให้มั่นใจว่าแผนการจัดสรรน้ำที่คำนวณออกมาแล้วจะสามารถส่งผ่าน เชื่อมต่อ และสนับสนุนการตัดสินใจในการจ่ายน้ำไปยังจุดต่างๆ ได้อย่างราบรื่น ปลอดภัย และมีเสถียรภาพสูงสุด

1 สมองคลาวด์ (1 Cloud Brain) คือสมองส่วนกลางเพื่อการจัดการอัจฉริยะ

- **หน้าที่:** เปรียบเสมือน "สมองส่วนกลาง" ที่คอยคิด วิเคราะห์ และสั่งการ
- **การทำงาน:** ข้อมูลมหาศาลจาก *เครือข่ายการรับรู้* จะถูกส่งมารวมกันที่ศูนย์คลาวด์นี้ จากนั้น "สมองคลาวด์" ที่ฝัง **คลังแบบจำลองอัจฉริยะ (AI & Specialized Models)** ไว้ จะทำการประมวลผลทันที:
 - o วิเคราะห์ความต้องการน้ำของพืชผลล่วงหน้า
 - o คำนวณและคาดการณ์ปริมาณน้ำในอนาคต
 - o สร้างแผนการจัดสรรน้ำที่คุ้มค่าที่สุด (ประหยัดน้ำและไฟฟ้าสูงสุด)
 - o แปลงแผนการใช้น้ำให้เป็นคำสั่งควบคุมอัตโนมัติ แล้วส่งกลับไปสั่งการที่ *เครือข่ายการควบคุม* ทันที

สรุปการทำงานร่วมกัน: "**เครือข่ายรับรู้**" รายงานสถานการณ์น้ำ → "**สมองคลาวด์**" คิดคำนวณวางแผนการจ่ายน้ำ

→ "**เครือข่ายจัดสรร**" ส่งผ่านคำสั่ง → "**เครือข่ายควบคุม**" เปิดประตูน้ำและสูบน้ำตามสั่งโดยอัตโนมัติ การบูรณาการแบบนี้เองที่ทำให้เขตชลประทานตงเล่ย์ สามารถเอาชนะภัยแล้งครั้งใหญ่ปี 2025 ช่วยประหยัดน้ำได้เป็นล้านลูกบาศก์เมตร และลดการใช้แรงงานมนุษย์ลงได้อย่างมหาศาล

- **เอาชนะภัยแล้งรุนแรงในปี 2025:** แม้จะเผชิญภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดนับตั้งแต่ปี 1961 แต่ระบบสามารถตรวจจับสัญญาณภัยแล้งในระบบซินหมิน (Xinmin system) ได้ล่วงหน้าตั้งแต่ต้นเดือนกุมภาพันธ์ 2025 ทำให้เริ่มการชลประทานช่วงฤดูใบไม้ผลิได้ทันท่วงที ส่งผลให้ผลผลิตข้าวสาลีในเขตชลประทานสูงถึง 1,000 จินต่อมู ขณะที่นอกเขตชลประทานได้ผลผลิตเพียง 200 จินต่อมู หรือบางแห่งไม่ได้ผลผลิตเลย

- **การประหยัดน้ำและพลังงาน:** จากโมเดลการคำนวณอ้างอิงความต้องการน้ำตามจริง (ในอดีตใช้จริง 10.70 ล้าน ลบ.ม. จากค่าทฤษฎี 13.11 ล้าน ลบ.ม.) และการควบคุมอัตโนมัติ AI ส่งผลให้:
 - o ลดการใช้น้ำ ได้ประมาณ 1 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี
 - o ประหยัดไฟฟ้า ได้ 1.05 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี
 - o ลดต้นทุนการดำเนินงานและบำรุงรักษา (O&M) ทั้งด้านแรงงานและพลังงานลงประมาณ 15% และลดจำนวนเจ้าหน้าที่เข้าเวรประจำลงได้ 5 คน
- **การจัดการอัจฉริยะ (Smart Cockpit & Video AI):** ใช้ระบบวิดีโอ AI ตรวจสอบและแจ้งเตือนสิ่งแปลกปลอมลอยในน้ำ, ตรวจสอบระดับน้ำ, ดินสไลด์, ไฟไหม้ และคนบุกรุกพื้นที่อันตรายได้โดยอัตโนมัติ

4) การควบคุมมวลรวมและการใช้น้ำภาคเกษตรอย่างมีประสิทธิภาพสูง

1. สถานการณ์และสิ่งท้าทายของการใช้น้ำภาคการเกษตรทั่วโลก (Global Status & Challenges)

- **วิกฤตความมั่นคงทางอาหารและน้ำ:** ภายในปี 2050 ประชากรโลกจะสูงถึง 9.7 พันล้านคน ส่งผลให้ความต้องการอาหารเพิ่มขึ้น 60% ขณะเดียวกันประชากรกว่า 6.5 พันล้านคนจะเผชิญความแห้งแล้งรุนแรง ข้อมูลล่าสุดปี 2025 ชี้ว่ามีประชากรกว่า 230 ล้านคนใน 37 ประเทศที่อยู่ในภาวะไม่มั่นคงทางอาหารขั้นวิกฤต
- **การขาดแคลนน้ำและการสูญเสียน้ำบาดาล:** ภาคการเกษตรดึงน้ำจัดไปใช้สูงถึง 72% ของการใช้น้ำทั้งหมดทั่วโลก การใช้น้ำอย่างไม่ถูกวิธีส่งผลให้ปริมาณน้ำสำรองและน้ำบาดาลลดลงอย่างวิกฤต (เช่น กรณีชั้นน้ำบาดาล Ogallala ในสหรัฐฯ และการแห้งขอดของทะเลอารัลในเอเชียกลาง)
- **ความย้อนแย้งของการประหยัดน้ำ (The Irrigation Efficiency Paradox):** ผลการวิจัยเชิงอุทกวิทยาพบว่า การเปลี่ยนไปใช้ระบบน้ำประหยัด (เช่น ระบบน้ำหยด) ในระดับแปลง ไม่ได้แปลว่าจะประหยัดน้ำในระดับลุ่มน้ำเสมอไป เนื่องจาก:
 1. ลดน้ำส่วนที่เคยซึมกลับลงไปเติมน้ำใต้ดิน (Return Flows)
 2. ต้นทุนที่ถูกลงทุนทำให้เกษตรกรขยายพื้นที่เพาะปลูกเพิ่มขึ้น (Area Expansion)
 3. เกษตรกรเปลี่ยนไปปลูกพืชเศรษฐกิจที่ใช้น้ำสูงเพื่อสร้างกำไร (Crop Transition) ดังนั้น "การประหยัดน้ำที่แท้จริง" จึงไม่ใช่แค่การลดปริมาณน้ำต่อไร่ แต่คือการควบคุม "ปริมาณการใช้น้ำรวมของทั้งภูมิภาค" (Regional Total Consumption)

2. ระบบควบคุมมวลรวมการใช้น้ำภาคเกษตร (Agricultural Water Consumption Control)

ประเทศจีนได้เปลี่ยนผ่านนโยบายจากการมุ่งเน้นเพิ่มประสิทธิภาพในแปลง มาเป็นการใช้ "ระบบควบคุมมวลรวมที่เข้มงวด" โดยใช้หลักการ "ใช้น้ำกำหนดปริมาณที่ดินและผลผลิต" (Water determines land and production) ซึ่งมีเทคโนโลยีหลัก 4 ด้าน:

2.1 การทำบัญชีน้ำและการกำหนดโควตา (Water Accounting & Quota)

- มีการคำนวณปริมาณน้ำที่จัดสรรได้จริงในภูมิภาค โดยหักลบน้ำเพื่อระบบนิเวศออกก่อน
- กำหนดโควตาน้ำ (Water Quota) แยกตามประเภทพืชและรายพื้นที่

2.2 การจัดสรรสิทธิการใช้น้ำ (Water Rights Allocation)

- แบ่งสิทธิน้ำจากระดับลุ่มน้ำ มณฑล อำเภอ กลุ่มเกษตรกร/ผู้ใช้น้ำ
- **การซื้อขายสิทธิน้ำ (Water Rights Trading):** เกษตรกรที่ประหยัดน้ำได้ สามารถนำโควตาน้ำที่เหลือไปขายคืนให้รัฐหรือเปลี่ยนมือให้ภาคอุตสาหกรรมผ่านทางตลาดกลางซื้อขายน้ำได้

2.3 เทคโนโลยีการวัดปริมาณน้ำอัจฉริยะ (Water Metering)

- ใช้ระบบ "ฟ้า-ดิน-บูรณาการ" (Space-Air-Ground Integration) โดยผสมผสานข้อมูลดาวเทียม, โดรนสำรวจความชื้นพืช และมีเตอร์ตรวจวัดที่หน้าบ้านระบายน้ำ
- ใช้เทคโนโลยี Electricity-to-Water Conversion (คำนวณปริมาณน้ำจากการใช้ไฟฟ้าของปั๊มน้ำบาดาล) ซึ่งช่วยลดต้นทุนการติดตั้งมิเตอร์ได้มากกว่า 60% ในพื้นที่น้ำบาดาล
- ติดตั้งมิเตอร์ระบบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic) และอัลตราโซนิก (Ultrasonic) ณ จุดจ่ายน้ำสำคัญ เพื่อความแม่นยำสูงและไม่มีปัญหาอุดตันจากตะกอน

2.4 การปฏิรูปโครงสร้างค่าน้ำ (Tiered Water Pricing & Incentives)

- เปลี่ยนจากการคิดค่าน้ำตามพื้นที่เพาะปลูก มาเป็น "คิดตามปริมาณการใช้จริงแบบขั้นบันได"
 - o **ขั้นที่ 1 (ในโควตา):** อัตราค่าน้ำพื้นฐาน (ได้รับการอุดหนุนจากรัฐ)
 - o **ขั้นที่ 2-3 (เกินโควตา):** คิตรายเพิ่มแบบก้าวหน้าหรือปรับในอัตราโทษสูง เพื่อดัดหลังการขยายพื้นที่เพาะปลูกแบบสุ่มสี่สุ่มห้า
- มีระบบ "ให้รางวัลผู้ประหยัด-ลงโทษผู้ใช้เกิน" (Rewards for saving and penalties for exceeding)

3. เทคโนโลยีและอุปกรณ์ประหยัดน้ำประสิทธิภาพสูง (High-Efficiency Technologies)

3.1 ระบบมินิสปริงเกอร์และสปริงเกอร์เคลื่อนที่ (Sprinkler Irrigation)

- มีตั้งแต่ระบบท่อติดตั้งถาวร ระบบกึ่งถาวร และแบบล้อหมุนเคลื่อนที่อัตโนมัติ (Center-pivot/Lateral-move)
- ระบบให้ปุ๋ยพร้อมน้ำ (Fertigation): เน้นให้ปุ๋ยแต่ปริมาณน้อย โดยความเข้มข้นปุ๋ยเคมีในน้ำอยู่ที่ 0.2%–0.3% สำหรับธัญพืช และ 0.1%–0.2% สำหรับพืชไร่ ช่วยลดการใช้ปุ๋ยลงได้ 40%–50%
- ข้อจำกัด: หากลมแรงเกินระดับ 3–4 หรือความชื้นสัมพัทธ์ต่ำเกินไป จะเกิดการระเหยและการสูญเสียในอากาศสูงถึง 10%

3.2 ระบบน้ำหยดอัจฉริยะ (Advanced Drip Irrigation)

- พัฒนาไปสู่การทำระบบ "น้ำหยดใต้ดิน" (Subsurface Drip Irrigation: SDI) และระบบน้ำหยดตื้น (Shallow-buried) เพื่อลดการระเหยหน้าดินโดยตรง
- ระบบกรองเชิงวิศวกรรม (Engineering Filtration): ใช้ตัวกรองแบบหมุนเหวี่ยง (Centrifugal) ร่วมกับถังกรองทราย (Sand & Gravel) และกรองแผ่นดิสก์ (Disc filter) เพื่อกรองรับน้ำที่มีตะกอนหนาแน่นหรือน้ำรีไซเคิล ป้องกันปัญหาน้ำหยดอุดตัน
- การเพิ่มฟองก์ชั้นเสริม: พัฒนาสู่ระบบ Oxygenated Irrigation (เติมออกซิเจนไปกับน้ำเพื่อกระตุ้นรากพืช) และ Magnetized Irrigation (ใช้น้ำผ่านสนามแม่เหล็กเพื่อปรับปรุงการดูดซึมสารอาหารของดิน)

3.3 เทคนิคการจัดการและเคมีเกษตรประหยัดน้ำ (Agronomic & Chemical Water-Saving)

- การแก่งัดดิน/ควบคุมการขาดน้ำ (Regulated Deficit Irrigation: RDI): แก่งัดให้พืชขาดน้ำปานกลางในช่วงเจริญเติบโตทางลำต้น เพื่อกระตุ้นให้รากหยั่งลึก และให้น้ำเต็มที่ในระยะสะสมอาหาร/ออกผล ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำได้สูงสุด
- สารเคมีประหยัดน้ำ:
 - o Antitranspirants (-FA): สารควบคุมการเปิด-ปิดปากใบพืช เพื่อลดการคายน้ำส่วนเกิน
 - o Water-retaining agents (-SAP): สารอุ้มน้ำใต้ดิน ช่วยสร้างอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กในชั้นราก ลดการซึมลึก
 - o Soil conditioners (-AM): สารปรับปรุงโครงสร้างดินชั้นบน เพิ่มการซึมผ่านของน้ำฝน ลดการชะล้างพังทลาย

4. ถอดบทเรียนแนวปฏิบัติเชิงนวัตกรรมในภูมิภาคต้นแบบของจีน (Innovative Practices)

พื้นที่/โมเดล	รูปแบบนวัตกรรมที่โดดเด่น	ผลลัพธ์เชิงประจักษ์
1. เขตโอเอซิส ซินเจียง (Xinjiang Model)	ระบบน้ำหยดใต้ผ้าพลาสติกคลุมดิน (Mulched Drip Irrigation) สำหรับฝ้าย และพืชเศรษฐกิจ ช่วยบล็อกการระเหยของน้ำและดันเกลือออกจากบริเวณรากพืช	เพิ่มพื้นที่ subunit จาก 6.5 เป็น 16.7 ไร่, ประหยัดน้ำ 44 m ³ /ไร่, ผลผลิตฝ้ายเพิ่มขึ้น 14 กก./ไร่
2. เขตตะวันออกเฉียงเหนือ (Heilongjiang & Inner Mongolia)	ระบบน้ำหยดฝังดินแบบไร้พลาสติกคลุม (Mulch-Free Shallow-Buried) ฝังลึกถึงใต้ดิน 3 ซม. ร่วมกับการปลูกพืชแบบแถวแคบ-สลับกว้างและมีความหนาแน่นสูง	ในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สามารถเพิ่มผลผลิตได้ถึง 45.1% (คิดเป็น 1,335 กก./ไร่) ประหยัดต้นทุนค่าพลาสติกคลุมดิน
3. มณฑลซานตง (Shandong Model)	โครงข่ายวัดน้ำระบบไฟฟ้า (Electricity-to-Water) เชื่อมโยงข้อมูลระดับ เมือง-อำเภอ-ตำบล-แปลงเกษตรกร คิดค่าน้ำตามปริมาณลูกบาศก์เมตรจริง	ลดการใช้น้ำเฉลี่ยต่อหมู่จาก 212 m ³ เหลือ 187 m ³ และลดต้นทุนการสูบน้ำลง 4 หยวน/ไร่
4. อำเภอหยวนโหมว มณฑลยูนนาน (Yuanmou Model)	โมเดลความร่วมมือรัฐ-เอกชน-เกษตรกร (PPP) ลงทุนร่วมสร้างท่อส่งน้ำและมิเตอร์อัจฉริยะกว่า 4,930 จุด เอกชนเข้ามาบริหารจัดการ เกษตรกรถือหุ้น	ดัชนีการปลูกพืชเพิ่มจาก 188% เป็น 280% (ปลูกพืชได้หลายรอบต่อปี), ปุ๋ยลดลง 25%-30%, รายได้สุทธิเกษตรกรเพิ่มขึ้น 17.4%

5) ภาพรวมการเกษตรของประเทศไทยและการเปลี่ยนผ่านสู่เกษตรสีเขียว

1. เงื่อนไขทรัพยากรธรรมชาติและภูมิศาสตร์การเกษตร

- **ลักษณะภูมิประเทศและภูมิอากาศ:** ประเทศไทยมีพื้นที่ภูเขาและที่ราบสูงเป็นสัดส่วนใหญ่ โดยภูมิประเทศลาดเอียงจากทิศตะวันตกสู่ตะวันออกแบ่งเป็น 3 ชั้น โดยชั้นที่ 3 ซึ่งเป็นพื้นที่เนินเขาต่ำกว่า 1,000 เมตร และที่ราบต่ำกว่า 200 เมตรทางตะวันออก ถือเป็นเขตเกษตรกรรมที่สำคัญที่สุด สภาพภูมิอากาศมีความหลากหลายสูงตั้งแต่แบบมรสุมเขตร้อน ถึงเขตร้อน อบอุ่น ไปจนถึงแบบภาคพื้นทวีปและภูเขาสูง โดยทรัพยากรความร้อนจะอุดมสมบูรณ์ในทางตอนใต้และค่อยๆ ลดลงทางตอนเหนือ
- **ทรัพยากรดินและน้ำ:** จีนมีปริมาณทรัพยากรที่ดินโดยรวมจำนวนมากแต่มีสัดส่วนต่อหัวต่ำ พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นภูเขา มีที่ราบจำกัด และมีสัดส่วนที่ดินทำกิน (Arable land) กับที่ดินป่าไม้ค่อนข้างน้อย สำหรับทรัพยากรน้ำ แม้จะเป็นประเทศที่มีปริมาณน้ำอุดมสมบูรณ์ในภาพรวม แต่ปริมาณน้ำที่มีให้ใช้อ้างอิงต่อหัวประชากรกลับต่ำมาก โดยคิดเป็นเพียง 1 ใน 4 ของค่าเฉลี่ยทั่วโลกเท่านั้น

2. โครงสร้างพื้นฐาน เทคโนโลยี และนวัตกรรมการผลิตทางการเกษตร

จีนให้ความสำคัญกับการยกระดับศักยภาพการผลิตผ่านการลงทุนในระบบโครงสร้างพื้นฐานและเทคโนโลยีขั้นสูงอย่างก้าวกระโดด ดังนี้

การพัฒนาพื้นที่เกษตรกรรมมาตรฐานสูง (High-Standard Farmland)

- **นิยามและเป้าหมาย:** หมายถึงพื้นที่ทำการเกษตรที่มีลักษณะผืนดินราบเรียบ เป็นผืนใหญ่ต่อเนื่อง มีระบบชลประทานและสิ่งอำนวยความสะดวกครบถ้วน ดินมีความอุดมสมบูรณ์ มีระบบนิเวศที่ดี และมีความสามารถในการต้านทานภัยพิบัติสูง เพื่อให้สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้สูงและมั่นคงทั้งในสภาวะภัยแล้งหรือน้ำท่วม

- **ความคืบหน้า:** ภายในสิ้นปี 2025 ประเทศจีนได้สร้างพื้นที่เกษตรกรรมมาตรฐานสูงสะสมไปแล้วมากกว่า 1,000 ล้านมุ และในปี 2025 มีพื้นที่ชลประทานที่ได้รับการจัดการน้ำเข้าถึงสูงถึง 1,090 ล้านมุ ซึ่งเป็นรากฐานสำคัญในการรักษาความมั่นคงทางอาหาร

ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและการใช้เครื่องจักรกลเกษตร

- **อัตราการเติบโต:** ในปี 2025 อัตราการสนับสนุนจากความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร (Agricultural Technology Contribution Rate) ของจีนพุ่งสูงเกินกว่า 64% ซึ่งทำให้ระดับเทคโนโลยีการเกษตรโดยรวมของจีนก้าวเข้าสู่กลุ่มแนวหน้าของโลก
- **การใช้เครื่องจักรกลทดแทนแรงงาน:** อัตราการใช้เครื่องจักรกลเกษตรแบบเบ็ดเสร็จ (Comprehensive Mechanization Rate) ในขั้นตอนการเตรียมดิน การปลูก และการเก็บเกี่ยวสูงทะลุ 76% โดยพืชพรรณหลัก 3 ชนิด ได้แก่ ข้าวสาลี ข้าวเจ้า และข้าวโพด บรรลุการใช้เครื่องจักรกลอย่างเต็มรูปแบบแล้ว ปัจจุบันมีการพัฒนาเครื่องจักรกลเฉพาะทาง เช่น รถแทรกเตอร์ล้อยางแรงม้าสูงระบบปรับความเร็วต่อเนื่อง (CVT), เครื่องเกี่ยววนวดข้าวขนาดใหญ่, จอบหมุนตัดตอซัง (Stubble-breaking disc harrow) รวมไปถึงหุ่นยนต์เก็บเกี่ยวผลไม้แบบหลายแขนในสวน
- **การประยุกต์ใช้โดรนการเกษตร:** โดรนเกษตรได้พัฒนาจากการใช้งานพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช ไปสู่การใช้งานที่หลากหลาย เช่น การหว่านเมล็ดพืช การหว่านปุ๋ย และการขนส่งทางอากาศ ครอบคลุมทั้งภาคการเพาะปลูก ป่าไม้ ปศุสัตว์ และประมง ซึ่งช่วยลดข้อจำกัดของเครื่องบินการบินทั่วไป (Traditional aviation) ที่มีต้นทุนสูงและเหมาะสมเฉพาะแปลงขนาดใหญ่เท่านั้น

เกษตรอัจฉริยะและการจัดการที่แม่นยำ (Smart Agriculture)

- **โมเดลการขับเคลื่อน:** ขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยี Big Data, IoT, Cloud Computing และ Mobile Internet โดยมีหุ่นยนต์และอุปกรณ์อัจฉริยะเป็นเครื่องมือ มุ่งเป้าสู่การทำเกษตรแบบไร้คนขับ (Unmanned) หรือใช้แรงงานน้อยที่สุด ควบคู่กับความแม่นยำสูง
- **กรณีศึกษาความสำเร็จ:** บริษัท Jiangsu Runuo ได้เปลี่ยนผ่านสู่ระบบดิจิทัลเต็มรูปแบบ มีการประสานงานร่วมกับสถาบันวิจัยเครื่องจักรกลอัจฉริยะแห่งสถาบันวิทยาศาสตร์จีน (CAS) นำเทคโนโลยีรีโมตเซนซิง (Remote Sensing) มาแปลงข้อมูลแปลงนาให้อยู่ในรูปแบบดิจิทัล มีการเชื่อมโยงข้อมูลธาตุอาหารในดินและความชื้นเพื่อสร้าง "แผนที่ความอุดมสมบูรณ์ของดิน" (Soil Fertility Map) ทำให้สามารถควบคุมการใส่ปุ๋ยและพ่นสารเคมีได้อย่างแม่นยำรายแปลง

การยกระดับอุตสาหกรรมเมล็ดพันธุ์ (Breeding Innovation)

- **นโยบายยุทธศาสตร์:** จีนได้ประกาศใช้ "แผนปฏิบัติการเพื่อความพลิกพันอุตสาหกรรมเมล็ดพันธุ์" (Action Plan for Vitalizing the Seed Industry) ในเดือนกรกฎาคม 2021 โดยยกระดับความมั่นคงของแหล่งเมล็ดพันธุ์ให้เป็นวาระความมั่นคงแห่งชาติ
- **ผลลัพธ์เชิงประจักษ์:** ปัจจุบันจีนมีอัตราการพึ่งพาตนเองในแหล่งพันธุ์หลักของปศุสัตว์/สัตว์ปีก เกินกว่า 75% และสัตว์น้ำเกินกว่า 85% ขณะที่อัตราการครอบคลุมของเมล็ดพันธุ์พืชที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์ (Improved crop varieties) สูงเกินกว่า 96% ซึ่งมีส่วนช่วยเพิ่มผลผลิตธัญพืชได้มากกว่า 45%
- **การก้าวสู่ยุค Breeding 4.0:** มีการเปลี่ยนผ่านจากการคัดเลือกทางกายภาพ (1.0), การผสมข้ามพันธุ์ตามกฎเมนเดล (2.0), การใช้เครื่องหมายโมเลกุลและการถอดรหัสยีน (3.0) ไปสู่ ยุค 4.0 ซึ่งเป็นการปรับปรุงพันธุ์ด้วยปัญญาประดิษฐ์และการออกแบบเชิงโมเลกุล (AI / Molecular Design Breeding) เช่น การแก้ไขยีน (Gene editing), การวัดฟีโนไทป์อัจฉริยะ, และชีววิทยาสังเคราะห์ (Synthetic biology)

3. ระบบการบริหารจัดการและบริการสังคมทางการเกษตร

- **การบ่มเพาะเกษตรกรคุณภาพสูง (High-Caliber Farmers):** แม้ว่าเกษตรกรรายย่อยที่เป็นฐานรากครอบครัว (Household-based) จะเป็นผู้ผลิตหลักที่มีขนาดเนื้อที่ถือครองขนาดเล็ก แต่รัฐบาลได้ส่งเสริมการฝึกอบรมเกษตรกรยุคใหม่ที่เน้นทักษะการผลิตควบคู่กับความสามารถในการบริหารจัดการ เพื่อให้เป็นแกนหลักในการพัฒนาเกษตรกรรมสมัยใหม่ นอกจากนี้ยังเกิดกลุ่มผู้ดำเนินธุรกิจเกษตรแนวใหม่ เช่น สหกรณ์มีอาชีพ, วิสาหกิจเกษตรชั้นนำ (Leading agribusiness enterprises) และฟาร์มครอบครัว (Family farms)
- **บริการสังคมทางการเกษตร (Agriculture Socialized Services):** รัฐบาลใช้วิธี "รวมศูนย์ขั้นตอนการผลิตที่เกษตรกรรายย่อยทำเองไม่ได้หรือทำได้ไม่ดี หรือทำแล้วไม่คุ้มทุน" แล้วมอบหมายให้องค์กรผู้ให้บริการเฉพาะทางเป็นผู้ดำเนินการแทน เพื่อนำองค์ประกอบสมัยใหม่ เช่น สายพันธุ์ เทคโนโลยี และเครื่องจักรขั้นสูงเข้าสู่กระบวนการผลิต ถือเป็นการใช้ "การจัดการบริการขนาดใหญ่" (Large-scale service provision) มาทดแทน "การบริหารจัดการที่ดินผืนใหญ่"
- **สถิติตัวเลขบริการ (สิ้นปี 2025):** มีองค์กรธุรกิจที่ให้บริการสังคมทางการเกษตรนี้ถึง 1.111 ล้านราย ครอบคลุมและช่วยเหลือเกษตรกรรายย่อยได้เกือบ 93 ล้านครัวเรือน โดยมีพื้นที่ให้บริการรายปีรวมมากกว่า 2,290 ล้านมู-ครั้ง (รวมพื้นที่กลุ่มพืชน้ำมันและธัญพืช 1,780 ล้านมู-ครั้ง)

4. เส้นทางเปลี่ยนผ่านสู่เกษตรสีเขียว (Green Transition)

การวิวัฒนาการของบทบาทหน้าที่ทางการเกษตร (Multifunctionality) ของจีนเปลี่ยนผ่านจาก *เน้นฟังก์ชันทางเศรษฐกิจเป็นหลัก* ไปสู่ *การสร้างสมดุลระหว่างเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม* และมุ่งสู่ *การขับเคลื่อนด้วยฟังก์ชันนอกเหนือเศรษฐกิจ (Non-economic functions)* โดยแบ่งเส้นทางพัฒนาออกเป็น 3 ชั้น progressive ดำเนินการดังนี้:

ระดับเกษตรสีเขียว	เป้าหมายหลัก	แนวทางปฏิบัติสำคัญ
เกษตรสีเขียว 1.0: การบำบัดมลพิษ (Pollution Abatement)	ลดการปล่อยมลพิษในภาคเกษตร	ควบคุมและลดการใช้สารเคมีทางการเกษตร, ลดการใช้ทรัพยากรที่เกินความจำเป็น, ส่งเสริมการนำของเสียและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรกลับมาใช้ประโยชน์แบบบูรณาการ
เกษตรสีเขียว 2.0: การยกระดับคุณภาพ (Quality Improvement)	การแปลงมูลค่าจากปัจจัยนำเข้าสีเขียว	เน้นการทำความสะอาดและฟื้นฟูสภาพพื้นที่แหล่งผลิต (Greening of origins) ควบคู่กับการพัฒนาผลิตภัณฑ์เกษตรให้ได้คุณภาพสูงและปลอดภัย
เกษตรสีเขียว 3.0: การเพิ่มประสิทธิภาพ (Efficiency Enhancement)	การพัฒนาเกษตรกรรมคุณภาพสูงอย่างยั่งยืน	สร้างปฏิริยาเชิงบวกและเกื้อกูลกันระหว่างการรักษาสีเขียวกับการเติบโตทางเศรษฐกิจ (Virtuous interaction)

- กรณีศึกษา "โมเดลระบบนิเวศ ข้าว-เป็ด-กบ" (Rice-Duck-Frog Symbiotic System) ณ เมืองสือโส่ว มณฑลหูเป่ย์: เป็นการสร้างระบบการหมุนเวียนทางเกษตรระดับนิเวศ โดยปล่อยเป็ดและกบลงในนาข้าวเพื่อให้พวกมันกินแมลงศัตรูพืชและวัชพืชตามธรรมชาติ พร้อมทั้งให้มูลสัตว์เป็นปุ๋ยอินทรีย์แก่ต้นข้าว ช่วยลดการใช้ปุ๋ยและสารเคมีได้อย่างมหาศาล อีกทั้งมีการปรับปรุงโครงข่ายทางน้ำในระบบนิเวศเพื่อบำบัดและหมุนเวียนน้ำทั้งจากนาข้าวกลับมาใช้ใหม่ เกิดเป็นวงจรนิเวศปิด "ใช้น้ำเลี้ยงสัตว์ช่วยหมุนข้าว และใช้ผืนนาข้าวเกื้อกูลสัตว์น้ำ"

5. สถานการณ์การผลิตพืชพรรณและปศุสัตว์หลัก

- นโยบายเส้นแดงพื้นที่ดินทำกิน: จีนกำหนด "เส้นแดง" เพื่อคุ้มครองพื้นที่ดินทำกินอย่างเข้มงวดไม่ให้ต่ำกว่า 120 ล้านเฮกตาร์ เพื่อการรับประกันความมั่นคงทางอาหาร
- สถิติผลผลิตพืชหลัก (ปี 2024): ผลผลิตธัญพืชรวมของจีนแต่ละระดับสูงสุดเป็นประวัติการณ์ที่ 1.413 ล้านตัน (706.5 ล้านตัน) โดยเกินระดับ 1.4 ล้านตันเป็นครั้งแรก และถือเป็นปีที่ 10 ติดต่อกันที่รักษาผลผลิตได้สูงกว่า 1.3 ล้านตัน ทำให้ปริมาณธัญพืชต่อหัวประชากรอยู่ที่ 500 กิโลกรัม

สรุปข้อมูลพืชพรรณและปศุสัตว์ที่สำคัญ (ปี 2024)

- ข้าวเจ้า (Rice): เป็นพืชอาหารที่สำคัญที่สุด มีผลผลิต 207.53 ล้านตัน (คิดเป็น 29.37% ของผลผลิตพืชอาหารทั้งหมด) ปลูกหนาแน่นในลุ่มแม่น้ำแยงซีและลุ่มแม่น้ำไข่มุก
- ข้าวสาลี (Wheat): พืชอาหารอันดับสอง เป็นอาหารหลักของประชากรภาคเหนือและตะวันตกเฉียงเหนือ มีผลผลิต 140.10 ล้านตัน
- ข้าวโพด (Corn): เติบโตอย่างต่อเนื่องและแซงหน้าข้าวเจ้ากลายเป็นพืชที่ให้ผลผลิตสูงสุดในจีน มีผลผลิต 294.92 ล้านตัน (คิดเป็น 41.74% ของผลผลิตพืชอาหารทั้งหมด)
- ถั่วเหลือง (Soybeans): ผลผลิตรวม 20.6478 ล้านตัน มีเขตที่ราบตะวันออกเฉียงเหนือ (โดยเฉพาะมณฑลเฮย์หลงเจียง) เป็นแหล่งผลิตที่ใหญ่ที่สุด
- พืชเศรษฐกิจอื่นๆ: ฝ้าย (6.16 ล้านตัน), พืชน้ำมัน (39.79 ล้านตัน), อ้อย (104.57 ล้านตันในปี 2023) และหัวบีทน้ำตาล (9.16 ล้านตันในปี 2023)
- ภาควัตถุ (Animal Husbandry): ยอดคงเหลือของสุกร ณ สิ้นปี 2024 อยู่ที่ 427 ล้านตัว เนื้อโคมีผลผลิต 7.79 ล้านตัน เนื้อแพะ/แกะมีผลผลิต 5.18 ล้านตัน และในส่วนของสัตว์ปีก มีการฆ่าและแปรรูปทั้งสิ้น 17,340 ล้านตัว ส่งออกไข่ 35.88 ล้านตัน และเนื้อสัตว์ปีก 26.60 ล้านตัน
- แนวคิดเกษตรและอาหารขนาดใหญ่ (All-encompassing Approach to Agriculture & Food): เน้นย้ำการพัฒนาแบบบูรณาการระหว่างพืชพรรณ-ป่าไม้-ปศุสัตว์-ประมง และเพิ่มการวิจัยล้ำหน้าในเทคโนโลยีอาหารทางเลือก เช่น เนื้อเพาะเลี้ยงจากเซลล์ (Cell-cultured meat) และเนื้อโปรตีนจากจุลินทรีย์ (Microbial protein) รวมถึงการพัฒนาระบบเทคโนโลยีการผลิตเห็ดราที่รับประทานได้ (Edible fungi)

6. ระบบการตลาด การกระจายสินค้า และโลจิสติกส์สีเขียว

- โครงสร้างระบบตลาด: มีการพัฒนาระบบตลาดแบบ 3 ระดับ ได้แก่ "ตลาดปลายทาง" (Field markets) เป็นฐาน -> "ตลาดซื้อขายระดับภูมิภาค" เป็นจุดเชื่อมต่อ -> "ตลาดค้าส่งระดับประเทศ" เป็นหัวหอกหลัก นอกจากนี้ยังมีตลาดนัดเกษตรกร (Farmers' markets) และตลาดซื้อขายล่วงหน้า (Futures markets) ช่วยรักษาเสถียรภาพราคาพืชหลัก
- การเติบโตของ E-Commerce ในชนบท: นโยบาย "Internet + Agricultural Products Outbound" ส่งผลให้ร้านค้าออนไลน์ในชนบทเติบโตอย่างรวดเร็ว เกิดนวัตกรรมการตลาดแบบโมเดลผสมผสาน เช่น การซื้อร่วมกันในชุมชน (Community buying), การไลฟ์สดขายสินค้า (Live-streaming sales) และกลยุทธ์สร้างแบรนด์
- การจัดการโลจิสติกส์สีเขียวเพื่อลดการสูญเสีย (Green Cold Chain): ปัจจุบันอัตราการสูญเสียและขยะในกระบวนการหมุนเวียนสินค้าเกษตรของจีนอยู่ที่ประมาณ 15% - 20% จึงมีการปฏิรูปสีเขียวตลอดห่วงโซ่เพื่อลดการสูญเสียและลดคาร์บอน
 - o ต้นทาง (Origin End): ลงทุนสร้างห้องเย็น ณ แหล่งผลิต และศูนย์รวบรวมกระจายสินค้าห่วงโซ่ความเย็น

- o ระหว่างขนส่ง (Circulation Links): เปลี่ยนมาใช้ตะกร้าหมุนเวียนมาตรฐานที่ล้างและใช้ซ้ำได้แทนบรรจุภัณฑ์แบบใช้ครั้งเดียวทิ้ง พร้อมบังคับใช้นโยบายช่องทางสีเขียว (Green channel)
- o กรณีกิจการ ฟาร์มครอบครัวฮงรูน (Hongrun Family Farm) เมืองซือผิง มณฑลยูนนาน: ร่วมมือกับแบรนด์เครื่องดื่มชาชั้นนำ สร้างระบบควบคุมคุณภาพตั้งแต่การเก็บเกี่ยว การลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วหลังเก็บเกี่ยว (Pre-cooling) และการขนส่งด้วยรถควบคุมอุณหภูมิ โดยมีกุหลาบผลหยางเหมย (Bayberry) ก่อนออกจากคลังสินค้าจะต้องได้รับการวัดอุณหภูมิแกนกลางผลให้ต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส และต้องรักษาอุณหภูมินี้ไว้ตลอดการเดินทางโดยติดตามผลผ่านระบบบล็อกเชน (Blockchain traceability)

7. อุตสาหกรรมชนบทและเศรษฐกิจหมุนเวียน

- **สัดส่วนจีดีพีภาคเกษตร (ปี 2025):** ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (GDP) ของจีนอยู่ที่ 140.19 ล้านล้านหยวน โดยภาคเกษตรกรรม (Primary Sector) มีมูลค่า 9.33 ล้านล้านหยวน หรือคิดเป็นสัดส่วน 6.7% ของ GDP แม้สัดส่วนต่อ GDP จะลดลงตามการเติบโตของภาคอุตสาหกรรมและบริการ แต่ขนาดเศรษฐกิจที่แท้จริงของภาคเกษตรขยายตัวเพิ่มขึ้นถึง 78.1% เมื่อเทียบกับปี 2012
- **อุตสาหกรรมการแปรรูปสินค้าเกษตร:** ในปี 2024 อัตราการนำสินค้าเกษตรหลักมาแปรรูปพุ่งสูงถึง 75% และสัดส่วนมูลค่าผลผลิตระหว่างอุตสาหกรรมการแปรรูปต่อมูลค่าผลผลิตภาคเกษตรกรรมโดยรวมอยู่ที่ 2.65 : 1 โดยเน้นการแปรรูปที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและการนำของเสียกลับมาใช้ใหม่แบบคลัสเตอร์ (Waste recycling clusters)
- **อุตสาหกรรมอัตลักษณ์พื้นถิ่น (Rural Specialty Industries):** มุ่งเน้นการคุ้มครองและใช้ประโยชน์จากทรัพยากรพันธุกรรมท้องถิ่น และรักษาภูมิปัญญาแบบดั้งเดิม ตัวอย่างเช่น เมืองโซ่วกวง มณฑลชานตง ซึ่งได้ฉายาว่า "เมืองหลวงแห่งผักของจีน" มีพื้นที่ปลูกผักถึง 600,000 ไร่ และมีเรือนกระจกปลูกผัก 157,000 หลัง สร้างโมเดลแบบครบวงจรตั้งแต่ "เมล็ดพันธุ์หนึ่งเมล็ดสู่เมนูอาหารจานโปรดบนโต๊ะ"
- **การท่องเที่ยวเชิงเกษตรและวัฒนธรรม (Rural Leisure Tourism):** บูรณาการภาคเกษตรกรรม วัฒนธรรม และการท่องเที่ยวเข้าด้วยกันเพื่อเปลี่ยน "ทัศนียภาพที่สวยงาม" ให้กลายเป็น "เศรษฐกิจที่มั่นคง" เช่น การทำฟาร์มเชิงสร้างสรรค์, ฟาร์มเพื่อการศึกษาศึกษา, และโฮมสเตย์ ตัวอย่างที่เด่นชัดคือ หมู่บ้านเสี่ยวหยู (Xiaoyu Village) ในมณฑลยูนนาน ที่จัดตั้งบริษัทท่องเที่ยวร่วมทุน นำบ้านเรือนที่ว่างเปล่าของชาวบ้านมาบริหารจัดการ ซ่อมแซม และเปิดบริการกิจกรรมการเรียนรู้วัฒนธรรมการทำเกษตรและที่พักริมน้ำ ช่วยตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในเมืองได้อย่างครบวงจร

8. รายได้ คุณภาพชีวิต และกรอบนโยบายการเกษตร

- **โครงสร้างรายได้เกษตรกร (ปี 2024):** รายได้ต่อหัวประชากรชนบทมีโครงสร้างที่สมดุลขึ้น โดยมาจากรายได้ค่าจ้าง 42.39%, รายได้จากการดำเนินธุรกิจเกษตร 33.93%, รายได้จากทรัพย์สิน 2.51% และรายได้จากการโอนย้ายของภาครัฐ (Transfer income) 21.17%
- **การยกระดับสิ่งแวดล้อมและที่อยู่อาศัยในชนบท (ปี 2024):**
 - o อัตราความครอบคลุมของสุขาถูกสุขลักษณะในชนบทสูงถึงประมาณ 75%
 - o หมู่บ้านในเขตบริหารมากกว่า 90% มีระบบการจัดเก็บและบำบัดขยะอย่างเป็นระบบ
 - o อัตราการบำบัดน้ำเสียในครัวเรือนชนบทเกินกว่า 45%
 - o ด้านระบบดิจิทัลและการเข้าถึงบริการ: หมู่บ้านในเขตบริหารมากกว่า 90% มีสัญญาณ 5G เข้าถึง ระบบน้ำประปาในชนบทครอบคลุม 94% และมีบริการขนส่งพัสดุด่วน (Courier services) ครอบคลุมมากกว่า 95% ของหมู่บ้าน

- กรอบนโยบายแบบบูรณาการ (The Framework of Core Agricultural Policies): รัฐบาลจีนใช้กลไกผ่านเอกสารกำหนดนโยบายฉบับที่ 1 ของส่วนกลาง (Annual No.1 Central Documents) ซึ่งสร้างนโยบายหลักเชื่อมโยงกัน 8 ด้าน ได้แก่
 1. นโยบายการผลิตและการดำเนินงานทางการเกษตร
 2. นโยบายการตลาดและการหมุนเวียนสินค้าเกษตร
 3. นโยบายการสนับสนุนและคุ้มครองภาคเกษตร
 4. นโยบายการพัฒนาอุตสาหกรรมในชนบท
 5. นโยบายสิทธิในทรัพย์สินทางชนบท (หัวใจด้านความสอดคล้องของผลผลิตและสิทธิครอบครอง)
 6. นโยบายการบริหารจัดการและปกครองส่วนท้องถิ่นในชนบท
 7. นโยบายการบูรณาการความเจริญระหว่างเมืองและชนบทอย่างเท่าเทียม
 8. นโยบายการเปลี่ยนผ่านสู่เกษตรสีเขียวอย่างยั่งยืน

6) ความก้าวหน้าในการวิจัยเทคโนโลยีประหยัสน้ำที่มีประสิทธิภาพสูงสำหรับพืชเศรษฐกิจหลัก

1. ข้อมูลวิทยากรและหน่วยงานวิจัยระดับสากล

- วิทยากรผู้เชี่ยวชาญ: ดร. กว่างซวэй หวัง (Dr. Guangshuai Wang) สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอกด้านวิศวกรรมศาสตร์ และปริญญาเอกโท (Postdoc) ด้านการจัดการ ปัจจุบันดำรงตำแหน่งรองนักวิจัย มีผลงานตีพิมพ์ในวารสารระดับ SCI จำนวนมาก และถือครองสิทธิบัตร/ซอฟต์แวร์ลิขสิทธิ์ด้านการเกษตรมากกว่า 7 รายการ
- สถาบันวิทยาศาสตร์การเกษตรแห่งประเทศจีน (CAAS): เป็นหน่วยงานวิจัยระดับชาติที่มุ่งเน้นการแก้ปัญหาความท้าทายทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตรเชิงกลยุทธ์ มีบุคลากรกว่า 11,171 คน (นักวิจัยประจำ 6,167 คน) ประกอบด้วย 11 กลุ่มวิชาการ 330 ทีมวิจัย
- สถาบันการชลประทานในไร่นา (IFI of CAAS): ก่อตั้งในปี ค.ศ. 1959 มีฐานทดลองและห้องปฏิบัติการหลักระดับชาติ เช่น ห้องปฏิบัติการความต้องการน้ำและการควบคุมของพืช, สถานีสังเกตการณ์สิ่งแวดล้อมเกษตรทางชีว และศูนย์ตรวจสอบคุณภาพอุปกรณ์ชลประทานประหยัสน้ำ นอกจากนี้ยังสร้างความร่วมมือระดับนานาชาติอย่างกว้างขวางร่วมกับ แคนาดา เซเนกัล สหราชอาณาจักร (Rothamsted Research) และเยอรมนี

2. สถานการณ์และความท้าทายด้านทรัพยากรน้ำในภาคเกษตรกรรม

จากการวิเคราะห์เชิงระบบ พบว่าวิกฤตการณ์ด้านน้ำมีนัยสำคัญต่อความมั่นคงทางอาหารสูงมาก ดังนี้:

- วิกฤตการใช้น้ำเกินสมดุล: ภาคการเกษตรเป็นภาคส่วนที่ใช้น้ำสูงที่สุดคิดเป็น 62% ของทรัพยากรน้ำทั้งหมด แต่การบริหารจัดการน้ำในไร่นายังขาดความประณีตและมีประสิทธิภาพต่ำ
- ปัญหาการพัฒนาแหล่งน้ำเกินเกณฑ์วิกฤต: ในหลายลุ่มน้ำมีการดึงน้ำไปใช้เกินเกณฑ์เผื่อสำรองทางนิเวศวิทยาที่กำหนดไว้ไม่เกิน 40% เช่น ลุ่มน้ำไห่เหอมีการใช้สูงถึง 89.4% และลุ่มน้ำฮวงโหสูงถึง 66.4% ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาสังคมและสิ่งแวดล้อมที่รุนแรง
- ข้อจำกัด "ขาดแคลนนํ้ารุนแรงกว่าขาดแคลนที่ดิน": ประเทศจีนมีพื้นที่เพาะปลูกเพียง 9% และน้ำจืดเพียง 6% ของโลก แต่ต้องผลิตสินค้าเกษตรเลี้ยงประชากรถึง 20% ของโลก (คิดเป็น 26% ของผลผลิตเกษตรโลก)
- มาตรการปรับตัวเชิงพื้นที่ในประเทศจีน:
 - o ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ: ปรับเปลี่ยนพื้นที่ปลูกข้าวนาปรังเป็นพืชใช้น้ำน้อย (Conversion of paddy rice to dryland farming)
 - o ภาคตะวันตกเฉียงเหนือ: บังคับใช้มาตรการจำกัดน้ำในการเพาะปลูก

- o ภาคเหนือ: ประสบปัญหาการสูบน้ำบาดาลเกินขนาดจนแผ่นดินทรุดและน้ำทะเลหนุน จำเป็นต้องปรับเปลี่ยนมาปลูกพืชที่เหมาะสมกับปริมาณน้ำ
- o กลุ่มน้ำฮวงโห: ดำเนินมาตรการประหยัดน้ำและควบคุมน้ำอย่างเข้มงวดเชิงลึก
- o ภาคใต้: มุ่งเน้นการประหยัดน้ำเพื่อลดมลพิษจากแหล่งที่ไม่ระบุที่มา (Non-point source pollution)
- **เป้าหมายเชิงนโยบาย:** รัฐบาลจีนได้กำหนดแผนปฏิบัติการประหยัดน้ำแห่งชาติ และแผนการก่อสร้างพื้นที่เกษตรกรรมมาตรฐานสูง (ค.ศ. 2021-2030) โดยกำหนดเส้นทางขับเคลื่อนสู่ระบบ "รู้ข้อมูล ควบคุมได้ คาดการณ์ได้ และประเมินผลได้" เพื่อยกระดับประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงสุด

3. ระบบเทคโนโลยีการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพในไร่นา

สถาบันฯ ได้จัดหมวดหมู่ระบบเทคโนโลยีประหยัดน้ำออกเป็น 3 ระบบย่อยหลักที่เชื่อมโยงกันอย่างเป็นองค์รวม:

3.1 ระบบย่อยวิศวกรรมชลประทานในไร่นา (Field Engineering)

- การชลประทานผิวดิน (Surface Irrigation): เป็นวิธีหลักที่ใช้มากที่สุดกว่า 90% ข้อดีคือต้นทุนต่ำ จัดการง่าย แต่ข้อเสียคือใช้แรงงานสูง สิ้นเปลืองน้ำมาก และยากต่อการควบคุมอัตโนมัติ ทางสถาบันฯ แนะนำให้เปลี่ยนมาเน้น "ระบบท่อส่งน้ำแรงดันต่ำใต้ดิน" (Underground Low-Pressure Pipe Irrigation) ซึ่งใช้ท่อแทนทางระบายน้ำแบบเปิด และสามารถต่อเข้ากับระบบหัวจ่ายน้ำอื่นๆ ได้หลากหลาย
- การชลประทานแบบฉีดฝอย (Sprinkler Irrigation): มีการพัฒนาดังแต่ระบบท่อถาวร, กิ่งถาวร, แพลตฟอรมเคลื่อนที่ขนาดใหญ่ (Lateral Move / Center Pivot) ไปจนถึงระบบม้วนสาย (Hose-Reel) และระบบหัวฉีดพับเก็บใต้ดิน (Pop-up Sprinkler) ที่หุดตัวลงใต้ดิน 350-400 mm หลังใช้งานเพื่อไม่ให้กีดขวางเครื่องจักรกลการเกษตร ข้อดีคือให้น้ำสม่ำเสมอ ปรับเปลี่ยนสภาพภูมิอากาศระดับจุลภาคได้ดี แต่ข้อเสียคือใช้พลังงานสูง ต้นทุนการก่อสร้างแพง และสูญเสียน้ำจากแรงลมได้ง่าย
- การชลประทานจุลภาค (Micro-flow Irrigation): รวมถึงระบบน้ำหยดบนดิน (Surface drip), น้ำหยดใต้พลาสติกคลุม (Sub-mulch drip), น้ำหยดใต้ดิน (Subsurface drip - SDI) และระบบพ่นฝอยขนาดเล็ก (Micro-sprinkler) ข้อดีคือสม่ำเสมอ ประหยัดน้ำสูง บูรณาการระบบปุ๋ย (Fertigation) ได้ดีเยี่ยม ข้อเสียคืออุดตันง่าย ต้นทุนเริ่มต้นสูง (แนะนำให้พิจารณาทุกระบบยกเว้นแบบใต้ดิน SDI เนื่องจากบำรุงรักษายากและมีปัญหากับการงอกของต้นกล้า)

3.2 ระบบย่อยเทคนิคการเกษตรประหยัดน้ำ (Agronomic Techniques)

- การคลุมดินรักษาความชื้น (Mulching): การใช้พลาสติกหรือเศษฟางคลุมดินเพื่อลดการระเหย เพิ่มอุณหภูมิดิน และช่วยเพิ่มผลผลิต
- การใช้ปุ๋ยร่วมกับการให้น้ำ (Water-Fertilizer Coupling / Fertigation): ผสานการให้น้ำและปุ๋ยไปพร้อมกัน ปัจจุบันพัฒนาจากโรงเรือนสู่แปลงใหญ่ และจากพืชเศรษฐกิจสู่พืชอาหาร
- สารอุ้มน้ำและสารลดการคายน้ำ (Water-Retaining & Anti-Transpirants): เพิ่มความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน ลดการใช้น้ำชลประทานลง 20%-30% เพิ่มการใช้ประโยชน์จากน้ำฝนได้มากกว่า 30% และเพิ่มผลผลิตได้ 5%-9% ในสภาวะแห้งแล้ง
- การไถพรวนลึก (Deep Tillage): การไถพรวนลึกเพื่อทำลายชั้นดาน (ความลึก 30-40 เซนติเมตร) ทุกๆ 2-3 ปี ช่วยให้การกักเก็บน้ำและดูดซึมน้ำในดินชั้นล่างได้ดีขึ้นแทนที่จะกระจุกอยู่แค่ผิวหน้าดินที่ถูกบดอัดจากเครื่องจักร
- การคัดเลือกสายพันธุ์ทนแล้ง: คัดเลือกพืชที่ต้องการน้ำน้อย ทนแล้ง และมีวงจรชีวิตสอดคล้องกับฤดูกาลน้ำฝน

3.3 ระบบย่อยการบริหารจัดการน้ำ (Management Technologies)

- มุ่งเน้นการกำหนดตารางการให้น้ำที่เหมาะสมตามช่วงวิกฤตที่พืชต้องการน้ำ, การตรวจวัดความชื้นดินแม่นยำเพื่อการให้น้ำเสริม (Supplemental Irrigation), และการนำระบบอัตโนมัติมาใช้ควบคุมการจ่ายน้ำ-ปุ๋ย

สรุปแนวทางการปรับเปลี่ยน 6 ประการสู่อนาคต (Six Shifts):

1. เปลี่ยนจากทางระบายน้ำเปิดเป็นระบบท่อส่งน้ำ
2. เปลี่ยนจากการรดน้ำลงดินเป็นการให้น้ำแก่ตัวพืชโดยตรง
3. เปลี่ยนจากการใส่ปุ๋ยในดินเป็นการใส่ปุ๋ยตามความต้องการของพืช
4. เปลี่ยนจากการแยกน้ำและปุ๋ยเป็นการผสมรวมกัน (Water-fertilizer coupling)
5. เปลี่ยนจากเทคโนโลยีเดี่ยวเป็นการจัดการแบบองค์รวม
6. เปลี่ยนจากเกษตรกรรมแบบดั้งเดิมสู่เกษตรกรรมสมัยใหม่

4. ความต้องการน้ำและการใช้อย่างมีประสิทธิภาพในพื้นที่ปลูกข้าวโพด

ข้าวโพดเป็นพืชที่มีพื้นที่ปลูกและผลผลิตรวมมากที่สุดในประเทศจีน (พื้นที่ 35% ผลผลิต 40% ของธัญพืชทั้งหมด) น้ำจึงเป็นปัจจัยวิกฤตในการยกระดับผลผลิตสู่เป้าหมายระดับแสนล้านจีน

4.1 กลไกการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อภัยแล้งและน้ำท่วมขัง

- **ความไวต่อความแห้งแล้ง (Drought Sensitivity):** การขาดน้ำส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการแพร่กระจายของก๊าซ CO_2 ซึ่งลดอัตราการสังเคราะห์แสงของใบ ลำดับความไวต่อความแห้งแล้งในแต่ละช่วงอายุ ช่วงออกไหมเป็นช่วงวิกฤตที่สุด หากขาดน้ำในช่วงออกดอกผลผลิตจะลดลงถึงหนึ่งตันที่
- **ความไวต่อน้ำท่วมขัง (Flooding Sensitivity):** ลำดับความไวต่อสภาวะน้ำท่วมขัง ได้แก่: ช่วงยืดอกต้น = ช่วงออกไหม (54.4%) > ช่วงต้นกล้า (23.1%) > ช่วงสร้างเมล็ด (9.8%) หากน้ำท่วมขังเกิน 2 วันจะลดจำนวนปากใบและอุณหภูมิใบ เกิน 4 วันจะขัดขวางการสื่อสารอาหาร เกิน 6 วันจะทำให้ท่อลำเลียงที่โคนต้นผิดปกติ ลำต้นอ่อนแอล้มง่าย เมล็ดลดลง และผลผลิตลดลงมากกว่า 20%
- **ความเครียดร่วมจากความร้อนและความแล้ง (Heat + Drought Compound Stress):** สภาวะอากาศร้อนจัดร่วมกับภัยแล้ง จะส่งผลให้รากถูกจำกัด การคายน้ำของรากลดลง 47.68% สาร MDA ในใบเพิ่มขึ้น คลอโรฟิลล์ลดลง และลดอัตราการสังเคราะห์แสงลง 23.38% ทำให้ข้าวโพดฤดูร้อนผลผลิตลดลงถึง 27.74% และคุณภาพเมล็ดแย่มาก

4.2 ความต้องการน้ำและประสิทธิภาพการใช้น้ำจำแนกตามเขตนิเวศวิทยา

จากการวิจัยและสร้างฐานข้อมูลเชิงพื้นที่เชิงปริมาณ ได้ข้อสรุปปริมาณความต้องการน้ำ (Water Demand) และประสิทธิภาพการใช้น้ำ (Water Use Efficiency: WUE) ใน 4 เขตหลักของจีน ดังตารางนี้

เขตนิเวศวิทยาปลูกข้าวโพด	ปริมาณความต้องการน้ำเฉลี่ย (mm)	ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (WUE) (kg/m^3)
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (Northeast Spring Corn)	454.16	2.81
ภาคตะวันตกเฉียงเหนือ (Northwest Spring Corn)	511.20	3.11
ที่ราบภาคเหนือ (North China Plain / Huang-Huai-Hai)	368.78	2.33
ภาคตะวันตกเฉียงใต้ (Southwest Corn Zone)	408.98	2.61

(ข้อมูลจำลองและสถิติจากสถาบันวิจัยการชลประทาน CAAS)

นอกจากนี้ วิจัยพบว่าความหนาแน่นในการปลูกและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีผลโดยตรง:

- หากความหนาแน่นเพิ่มขึ้นทุกๆ 1,000 ต้น/ม² ข้าวโพดฤดูใบไม้ผลิจะต้องการน้ำเพิ่มขึ้น 35.5 mm (9.1%) และข้าวโพดฤดูร้อนเพิ่มขึ้น 25.7 mm (6.3%)
- สภาพอากาศร้อนที่อุณหภูมิสูงสุดเพิ่มขึ้นทุก 1°C จะทำให้ความต้องการน้ำของข้าวโพดเพิ่มขึ้นอีก 29.6 mm (7.5%)

4.3 นวัตกรรมการตัดสินใจชลประทานอัจฉริยะ (Multi-Source Information Fusion)

ทางสถาบันฯ ได้พัฒนาระบบการให้น้ำแม่นยำสูงโดยใช้หลักการ "ดูฟ้า ดูดิน ดูพืช" มาบูรณาการร่วมกันบนแพลตฟอร์มดิจิทัล:

- **"ดูฟ้า" (Observing Weather):** สร้างระบบพยากรณ์การให้น้ำอิงตามข้อมูลอุณหภูมิสะสมที่มีประสิทธิภาพ (Effective Accumulated Temperature) ร่วมกับข้อมูลพยากรณ์อากาศล่วงหน้า 3-5 วัน เพื่อคำนวณปริมาณการใช้น้ำจริงรายวันและกำหนดวันให้น้ำครั้งต่อไปล่วงหน้าได้อย่างแม่นยำ
- **"ดูดิน" (Observing Soil):** พัฒนาระบบเซนเซอร์อัจฉริยะตรวจวัดความชื้นดินแยกตามชั้นความลึก (0-40 cm, 0-60 cm, 0-80 cm) เพื่อกำหนดเกณฑ์การให้น้ำเสริมความชื้นตามข้อกำหนดเฉพาะของแต่ละพื้นที่
- **"ดูพืช" (Observing Crops):**
 - o ระบบอินฟราเรดเรือนยอด (Infrared Canopy Temperature): ใช้โดรน (UAV) ตรวจวัดอุณหภูมิเรือนยอดพืชเพื่อคำนวณดัชนีความเครียดน้ำ (CWSI) โดยพบว่าค่า CWSI ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับข้าวโพดคือ 0.299 และผลต่างอุณหภูมิใบกับอากาศที่เหมาะสมคือ 0.498°C
 - o ระบบภาพถ่ายไฮเปอร์สเปกตรัม (Hyperspectral Monitoring): วิเคราะห์แถบคลื่นแสงเพื่อหาปริมาณน้ำในพืช โดยพบว่าดัชนีสเปกตรัมแบบนอร์มัลไลซ์ มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำในพืชสูงที่สุด ทำให้ตรวจวัดความแห้งแล้งของต้นพืชได้แบบเรียลไทม์โดยไม่ทำลายโครงสร้างพืช
- **ระบบคลาวด์อัจฉริยะ "China Irrigation Cloud"** เป็นสมองกลคลาวด์ที่รวบรวมข้อมูล Big Data ด้านอุตุนิยมวิทยา และแบบจำลองพืช เพื่อเป็นศูนย์กลางการชลประทานแม่นยำและระบบเตือนภัยแล้งรายแปลง
- **ระบบให้น้ำ-ปุ๋ย-ยาอัจฉริยะ (Smart Integrated Drip & Sprinkler):** พัฒนาหัวจ่ายและระบบควบคุมแปรผันอัจฉริยะ (Variable-amount controls) ผ่านระบบสื่อสาร Long Range เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายระยะไกลที่ใช้พลังงานต่ำมากร่วมกับแผนที่สั่งการ (Prescription maps) เพื่อการจ่ายน้ำ ปุ๋ย และสารเคมีตามความต้องการของพืชแต่ละจุดในแปลงขนาดใหญ่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. ทิศทางและแผนงานวิจัยในอนาคตที่กองส่งเสริมฯ ควรนำมาประยุกต์ใช้

เพื่อก้าวเข้าสู่ยุคเกษตรกรรมสมัยใหม่และการจัดการน้ำอัจฉริยะ ทางสถาบันฯ ได้วางกรอบการดำเนินงานขั้นต่อไปไว้ 2 ส่วนหลัก ซึ่งสอดคล้องกับภารกิจของกรมส่งเสริมการเกษตรในการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่เกษตรกร:

1. **การศึกษาเชิงลึกด้านกลไกการควบคุมร่วมกันหลายกระบวนการ (Synergistic Regulation Mechanisms):** เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการใช้น้ำระดับสูงสุด และวางรากฐานทางทฤษฎีสำหรับการเพาะปลูกพืชไร่นาแล้งในสถานะเอลนีโญ
2. **การพัฒนานวัตกรรมการวินิจฉัยธาตุอาหาร (น้ำและไนโตรเจน) อย่างรวดเร็ว:** ร่วมกับการสร้างเกณฑ์ตัดสินใจอัจฉริยะสำหรับการบริหารจัดการน้ำและปุ๋ยไนโตรเจนพร้อมกันภายใต้ระบบชลประทานรูปแบบต่างๆ เพื่อลดต้นทุนปุ๋ยและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงสุดให้แก่เกษตรกร

7) การยกระดับประสิทธิภาพการใช้น้ำในภาคเกษตรกรรม ผ่านการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการชลประทานสมัยใหม่

1. สถานการณ์ความต้องการน้ำและพื้นที่ชลประทานทั่วโลก

- การใช้น้ำทั่วโลกมีปริมาณสูงถึง 4,000 ลูกบาศก์กิโลเมตรต่อปี ปริมาณนี้คิดเป็นร้อยละ 10 ของทรัพยากรน้ำจืดบนผืนดินของโลก
- ภาคการเกษตรเป็นภาคที่มีการดึงน้ำมาใช้มากที่สุดถึงร้อยละ 72 รองลงมาคือภาคอุตสาหกรรมร้อยละ 15 และการอุปโภคบริโภคร้อยละ 13
- พื้นที่เพาะปลูกทั่วโลกมีจำนวน 1,535 ล้านเฮกตาร์ โดยเป็นพื้นที่ชลประทาน 305 ล้านเฮกตาร์ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 20 ของพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมด
- แม้พื้นที่ชลประทานจะมีเพียงร้อยละ 20 แต่สามารถสร้างผลผลิตทางการเกษตรได้ถึงร้อยละ 40 ของผลผลิตทั้งหมด
- ในพื้นที่ชลประทาน 305 ล้านเฮกตาร์นั้น ส่วนใหญ่ยังคงเป็นระบบชลประทานแบบแรงโน้มถ่วง (Gravity irrigation) ถึง 248 ล้านเฮกตาร์ (ร้อยละ 83) มีการใช้ระบบสปริงเกลอร์ 38 ล้านเฮกตาร์ (ร้อยละ 13) และระบบน้ำระดับจุลภาค (Micro irrigation) เพียง 14 ล้านเฮกตาร์ (ร้อยละ 5)

2. แนวโน้มและปัจจัยการพัฒนาระบบชลประทานสมัยใหม่ (Sprinkler & Micro-irrigation)

- **หลักการพื้นฐาน:**
 - o ระบบน้ำหยด (Drip irrigation) มีอัตราการไหลของน้ำไม่เกิน 12 ลิตรต่อชั่วโมง
 - o ระบบไมโครสปริงเกลอร์ (Micro sprinkler) มีอัตราการไหลไม่เกิน 250 ลิตรต่อชั่วโมง
 - o การประยุกต์ใช้ระบบชลประทานสมัยใหม่ทำให้สามารถให้น้ำไปพร้อมกับปุ๋ยได้ เรียกว่า "Fertigation" รวมถึงการให้สารเคมีทางการเกษตรอื่นๆ ผ่านระบบน้ำ เรียกว่า "Chemigation"
- **สถานการณ์โลก:** สหรัฐอเมริกามีพื้นที่ชลประทานแบบสปริงเกลอร์และระบบไมโครรวมกันมากที่สุดในโลก (มากกว่า 16 ล้านเฮกตาร์) รองลงมาคือประเทศจีนและอินเดีย
- **ปัจจัยขับเคลื่อนการใช้เทคโนโลยี:** การเปลี่ยนผ่านไปสู่การใช้ระบบสปริงเกลอร์ในแต่ละประเทศขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญ 4 ประการ ได้แก่
 1. ปริมาณทรัพยากรน้ำ: ประเทศที่ขาดแคลนน้ำต่อหัวประชากร มักมีแนวโน้มที่จะใช้ระบบสปริงเกลอร์ในสัดส่วนที่สูงกว่า
 2. การใช้น้ำภาคการเกษตร: สัดส่วนการใช้น้ำภาคการเกษตรจะลดลงอย่างชัดเจน เมื่อมีการใช้ระบบสปริงเกลอร์เพิ่มขึ้น
 3. รายได้ประชาชาติ (GDP): ประเทศที่มี GDP ต่อหัวสูง จะมีการนำระบบสปริงเกลอร์มาใช้ในสัดส่วนที่มากขึ้น
 4. ความพร้อมของแรงงาน: การลดลงของสัดส่วนประชากรในชนบท (การขาดแคลนแรงงาน) เป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่เร่งให้เกิดการใช้ระบบชลประทานอัตโนมัติ

3. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการชลประทานแม่นยำ (Precision Irrigation & Smart Farming)

เนื้อหาการสัมมนาเน้นย้ำถึงการจัดการระบบชลประทานแบบแปรผัน (Variable Rate Irrigation - VRI) ซึ่งสอดคล้องกับการส่งเสริมเกษตรอัจฉริยะ

- **ความจำเป็นของระบบ VRI:** ระบบ VRI ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อรับมือกับความแปรปรวนในแปลงเพาะปลูก เช่น ความแตกต่างของสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน สภาพภูมิประเทศ และความต้องการน้ำที่แตกต่างกันของพืชในแต่ละจุด

- **การทำงานของระบบ VRI:** อาศัยการเชื่อมโยงข้อมูลจากแผนที่ดิน ข้อมูลพิกัด (GPS) เซนเซอร์วัดความชื้นดิน ระบบส่งข้อมูลไร้สาย (WIFI/4G) และการควบคุมวาล์วแบบแยกโซน (Zone control)
- **ประสิทธิภาพและผลสัมฤทธิ์:**
 - o การประเมินผลพบว่าระบบ VRI สามารถประหยัดปริมาณน้ำชลประทานตามฤดูกาลได้ร้อยละ 16-32 เมื่อเทียบกับการให้น้ำแบบอัตราคงที่ทั่วไป (URI)
 - o การบูรณาการร่วมกับเซนเซอร์อินฟราเรด: การใช้เซนเซอร์อินฟราเรดวัดอุณหภูมิเรือนยอดพืช (Canopy temperature) ติดตั้งบนระบบ Center pivot สามารถลดปริมาณการให้น้ำได้ร้อยละ 16 เพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ (Water Use Efficiency - WUE) ได้ร้อยละ 13 และช่วยให้ผลผลิตมีความสม่ำเสมอมากขึ้น
 - o การใช้อากาศยานไร้คนขับ (UAV) ร่วมกับระบบ VRI: การใช้ภาพถ่ายความร้อนและระบบมัลติสเปกตรัมจากโดรนมาประมวลผลเป็นแผนที่สั่งการ (Prescription map) สามารถลดปริมาณการให้น้ำได้ถึงร้อยละ 28 และเพิ่มค่า WUE ได้ถึงร้อยละ 17 เมื่อเทียบกับวิธีปฏิบัติแบบดั้งเดิมของเกษตรกร

4. การบริหารจัดการปุ๋ยร่วมกับระบบน้ำ (Sprinkler Fertigation)

- การให้ปุ๋ยผ่านระบบสปริงเกลอร์สามารถทำได้ในทุกระยะการเจริญเติบโตของพืช และช่วยลดต้นทุนแรงงานได้อย่างมาก
- ปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อการสูญเสียปุ๋ย (Volatilization loss) ในระหว่างการทำ Fertigation เรียงลำดับความสำคัญจากมากไปน้อย ได้แก่ อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม
- จากการศึกษาวิจัยในแปลงข้าวโพด พบว่าการประยุกต์ใช้ระบบ VRI ร่วมกับการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างเหมาะสม สามารถลดอัตราการสูญเสียไนโตรเจนในรูปก๊าซ (NH₃) ได้ร้อยละ 16 และสามารถเพิ่มผลผลิตได้ร้อยละ 20 พร้อมทั้งเพิ่มประสิทธิภาพการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนได้ร้อยละ 20

8) ประวัติศาสตร์ สถานการณ์ปัจจุบัน และอนาคตของการชลประทานระบบน้ำฝอยในประเทศจีน

1. แนวคิด คุณลักษณะเฉพาะ และประเภทของการชลประทานระบบน้ำฝอย

- **แนวคิด (Concepts):** การชลประทานระบบน้ำฝอย (Microirrigation) คือ การจ่ายน้ำอย่างช้า ๆ ไปบนผิวดิน เหนือผิวดิน หรือใต้ผิวดิน โดยจ่ายน้ำในลักษณะเป็นหยดแยกขาดจากกันหรือต่อเนื่อง เป็นสายน้ำขนาดเล็ก หรือเป็นฝอยละอองขนาดเล็ก ผ่านหัวจ่ายน้ำ (emitters) หรืออุปกรณ์จ่ายน้ำที่ติดตั้งอยู่ตามแนวท่อน้ำข้างแถวพืช
- **ประเภทของระบบและอัตราการไหล:**
 - o ระบบน้ำหยด (Drip irrigation): มีอัตราการไหล 12 ลิตร/ชั่วโมง (สำหรับการใช้งานปกติทั่วไปจะน้อยกว่า 4 ลิตร/ชั่วโมง) แบ่งเป็นระบบน้ำหยดบนผิวดิน (Surface drip) และระบบน้ำหยดใต้ผิวดิน (Subsurface drip irrigation - SDI)
 - o ระบบมินิสปริงเกลอร์ (Micro sprinkler): มีอัตราการไหล 250 ลิตร/ชั่วโมง
 - o ระบบบับเบิลอร์ (Bubble irrigation)
 - o (ข้อเปรียบเทียบ: หากเป็นระบบสปริงเกลอร์ทั่วไปจะมีอัตราการไหล > 250 ลิตร/ชั่วโมง)
- **คุณลักษณะเฉพาะที่สำคัญ 6 ประการ:**
 1. น้ำถูกจ่ายในอัตราที่ต่ำมาก
 2. จ่ายน้ำเป็นระยะเวลานานในแต่ละครั้ง
 3. จ่ายน้ำในระยะเวลาที่ถี่และสม่ำเสมอ

4. ให้น้ำเข้าใกล้หรือตรงเข้าสู่เขตรากพืชโดยตรง
5. ส่งน้ำผ่านระบบที่ใช้แรงดันต่ำ
6. ถูกใช้เป็นเครื่องมือประจำในการขนส่งปุ๋ยและสารเคมีเกษตรเข้าสู่รากพืชโดยตรง (Fertigation)

2. ประวัติศาสตร์และลำดับเหตุการณ์สำคัญ (Milestones) ในประเทศจีน

- **ปี 1974:** เริ่มมีการนำเข้าระบบชลประทานน้ำฝอยเข้ามาในประเทศจีนเป็นครั้งแรก
- **ช่วงปี 1970–1990 (ระยะเริ่มต้น):** การพัฒนาเป็นไปอย่างล่าช้ามาก โดยส่วนใหญ่เน้นการทดสอบใช้ในพืชผักและสวนผลไม้ ซึ่งได้รับการยอมรับว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและคุ้มค่าสำหรับพืชที่มีมูลค่าสูง มีการสร้างระบบกระจายในหลากหลายภูมิภาคตั้งแต่พื้นที่แห้งแล้ง ถึงแห้งแล้ง ไปจนถึงพื้นที่ชุ่มชื้น อย่างไรก็ตาม ระบบส่วนใหญ่ในยุคนี้ประสบความล้มเหลวเนื่องจากปัญหาหัวจ่ายอุดตัน (clogging/plugging) รวมถึงการออกแบบและการจัดการระบบที่ไม่เหมาะสม และมีอุปสรรคสำคัญคือต้นทุนเริ่มต้นที่สูงมาก
- **ตัวอย่างความสำเร็จในยุคแรก:** ปี 1979 มีการคิดค้นระบบชลประทานน้ำหยดแบบเคลื่อนย้ายได้ด้วยมือ (manually portable drip system) ในมณฑลเหอหนาน สามารถให้น้ำในพื้นที่เพาะปลูกข้าวสาลี ข้าวโพด และฝ้าย ขนาด 77.6 เฮกตาร์ ซึ่งช่วยเพิ่มผลผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจอย่างมีนัยสำคัญ และระบบนี้ถูกใช้งานต่อเนื่องมาจนถึงทศวรรษ 1990
- **ทศวรรษ 1990:** ประเทศจีนเริ่มนำเข้าสายการผลิตท่อน้ำหยด (driplines) ทำให้จีนสามารถผลิตหัวจ่ายน้ำ ตัวกรอง เครื่องจ่ายปุ๋ย และอุปกรณ์เสริมต่าง ๆ ได้เองภายในประเทศ
- **ปลายทศวรรษ 1990:** จีนประสบความสำเร็จในการคิดค้นท่อน้ำหยดต้นทุนต่ำ (แบบผนังบาง หรือ thin wall) นวัตกรรมนี้ทำให้สามารถขยายการใช้ระบบน้ำหยดไปสู่พืชไร่ที่มีมูลค่าต่ำได้ เช่น ฝ้าย และข้าวโพด ส่งผลให้พื้นที่ชลประทานน้ำฝอยเติบโตอย่างก้าวกระโดด โดยเฉพาะในเขตแห้งแล้ง ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดของท่อน้ำหยดต้นทุนต่ำนี้ นอกจากนี้ การเปลี่ยนสายส่งน้ำหยดแนวราบ (laterals) ใหม่ในทุก ๆ ปี ยังช่วยลดความเสี่ยงจากการอุดตันและลดค่าบำรุงรักษาลงอย่างมาก ทำให้จีนก้าวขึ้นเป็นอันดับ 2 ของโลกในขณะนั้น
- **ปี 2015:** พื้นที่ชลประทานระบบน้ำฝอยของจีนเพิ่มขึ้นเป็น 27 ล้านเฮกตาร์ คิดเป็น 36% ของพื้นที่ชลประทานน้ำฝอยทั้งหมดในโลก และก้าวขึ้นเป็นอันดับ 1 ของโลกในที่สุด

3. ไฮไลท์และเทคโนโลยีการจัดการที่สำคัญ (Remarkable Highlights)

ประเทศจีนได้พัฒนาองค์ความรู้และเทคโนโลยีในระบบนี้จนก้าวหน้าในหลายด้าน ดังนี้:

3.1 การพึ่งพาตนเองด้านอุปกรณ์การผลิต

ปัจจุบันจีนสามารถผลิตส่วนประกอบทุกอย่างในระบบได้เองทั้งหมด:

- **หัวจ่ายน้ำ (Emitters):** ผลิตสายน้ำหยดทั้งแบบเขาวงกต (labyrinth), แบบ Inline, แบบชดเชยแรงดัน (Pressure compensating) และหัวจ่ายเทคโนโลยี Copper Shield™ ที่ออกแบบเฉพาะสำหรับระบบใต้ดิน เพื่อป้องกันรากพืชชอนไชและการอุดตัน
- **ระบบกรองน้ำ (Filters):** มีการผลิตตัวกรองหลากหลายรูปแบบ เช่น กรองไซโคลน (Cyclonic), กรองตะแกรง (Screen), กรองแผ่นดิสก์ (Disk) และกรองทราย (Sand media filter) ที่มาพร้อมระบบล้างย้อนอัตโนมัติ (Automatic backflush system)
- **เครื่องจ่ายปุ๋ย (Injectors):** ประกอบด้วย ถังจ่ายปุ๋ยแบบความดันต่าง (Pressure differential tank), เครื่องจ่ายปุ๋ยเวนจูรี (Venturi injector) และปั๊มจ่ายปุ๋ยตามสัดส่วนที่ขับเคลื่อนด้วยแรงดันน้ำ (Water-driven proportional pump)

3.2 พลวัตของน้ำและสารอาหารในดิน (Water & Nutrient Dynamics)

- **การเคลื่อนตัวของน้ำ:** น้ำที่จ่ายจากหัวน้ำหยดจะเคลื่อนที่โดยแรงโน้มถ่วงและแรงขับน้ำของดิน (capillarity) มีลักษณะการกระจายตัวเป็นรูปร่างรีลงไปในชั้นดิน โดยเนื้อดิน (soil texture) ที่ต่างกันจะส่งผลต่อรูปทรงการกระจายน้ำที่ต่างกัน (ดินทราย ดินร่วน ดินเหนียว)
- **การสะสมของเกลือ:** น้ำหยดจะผลักดันให้เกิดการสะสมของเกลือที่บริเวณขอบนอกของพื้นที่ดินที่เปียกน้ำ การให้น้ำก่อนปลูก (preplant irrigation) ปริมาณ 190 มม. จะช่วยลดความเค็มของดินในช่วงปลายฤดูปลูกได้อย่างมากเมื่อเทียบกับการไม่ให้น้ำก่อนปลูก
- **อิทธิพลของประเภทดินต่อเกลือและสารอาหาร:** ในดินร่วน (loam) เกลือจะเคลื่อนตัวในแนวราบ (กว้างขวาง) ได้ดีกว่าแนวตั้ง ส่วนในดินทราย (sandy) การเคลื่อนตัวในแนวราบจะสั้นกว่าดินร่วนถึงครึ่งหนึ่ง แต่จะเคลื่อนตัวลงแนวดิ่งลึกกว่าดินร่วนถึง 3 เท่า
- **การเคลื่อนตัวของไนเตรต (Nitrate):** ไนเตรตมักจะเคลื่อนตัวไปสะสมอยู่ที่ขอบนอกสุดของพื้นที่ดินเปียกน้ำ ดังนั้น จึงต้องระมัดระวังเป็นพิเศษเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการชะล้างไนเตรต (nitrate leaching) หลุดลึกลงไปได้เขตรากพืช

3.3 กลยุทธ์และความถี่ในการให้ปุ๋ยพร้อมน้ำ (Fertigation Frequency & Strategies)

- **ผลของความถี่:** การให้ปุ๋ยพร้อมน้ำที่ความถี่ต่ำ (เช่น นาน ๆ ครั้ง) จะทำให้ปริมาณไนเตรตในดินผันผวนและไม่สม่ำเสมอระหว่างฤดูปลูก ในขณะที่การให้ปุ๋ยพร้อมน้ำที่มีความถี่สูงและสม่ำเสมอ (เช่น ทุกสัปดาห์) จะช่วยเพิ่มผลผลิตของมะเขือเทศในเรือนกระจกได้อย่างมีนัยสำคัญถึง 18%
- **กลยุทธ์การล้างท่อและลำดับการจ่าย:** หลังจากสิ้นสุดการปล่อยปุ๋ย จำเป็นต้องทำการล้างระบบท่อ (Flushing) เพื่อป้องกันปุ๋ยตกค้างจนหัวจ่ายอุดตัน แต่ระยะเวลาการล้างท่อต้องสั้นที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ เพื่อป้องกันการชะล้างไนเตรตสูญหายไปจากเขตรากพืช
- **สัดส่วนเวลาการให้น้ำและปุ๋ยที่แนะนำ:** จากการวิจัยพบว่ากลยุทธ์แบบ 1/4W-1/2N-1/4W (จ่ายน้ำเปล่าก่อน 1/4 ของเวลาทั้งหมด ตามด้วยจ่ายปุ๋ยพร้อมน้ำ 1/2 และล้างท่อด้วยน้ำเปล่าอีก 1/4) เป็นกลยุทธ์ที่แนะนำและมีประสิทธิภาพสูงสุด
- **การจัดการเฉพาะสำหรับข้าวโพด:**
 - o การใช้ปุ๋ย Monoammonium phosphate (MAP) ควบคู่กับกลยุทธ์จ่ายปุ๋ยหนึ่งครั้งหนึ่งและน้ำครึ่งหนึ่ง (1/2F-1/2W) หรือการใช้ปุ๋ย Ammonium polyphosphate (APP) ควบคู่กับกลยุทธ์ 1/4W-1/2F-1/4W ถือเป็นกลยุทธ์ที่ยอดเยี่ยมในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส (NUE & PUE) และช่วยเพิ่มผลผลิตของข้าวโพด
 - o การเพิ่มความลึกของท่อน้ำหยดใต้ดิน (Lateral depth) เช่น ฝังลึกที่ระดับ 15 ซม. หรือ 30 ซม. มีส่วนช่วยเพิ่มการดูดซึมธาตุอาหาร N และ P และช่วยเพิ่มผลผลิตข้าวโพดได้ดียิ่งขึ้น

3.4 การรับรู้และการยอมรับของเกษตรกร

- ปัจจุบันเทคโนโลยีการให้ปุ๋ยพร้อมน้ำ (Fertigation) ได้รับการยอมรับและนำไปใช้อย่างกว้างขวางโดยเกษตรกรจีน
- อย่างไรก็ตาม เกษตรกรต้องตระหนักว่าระบบนี้ต้องการการดำเนินงานและบำรุงรักษาที่ซับซ้อนกว่าการให้น้ำแบบเดิม (เช่น การชลประทานผิวดิน)
- การเปลี่ยนมาใช้ระบบน้ำฝอยไม่ได้การันตีว่าจะเพิ่มผลผลิตและคุณภาพเสมอไป หากขาดการบริหารจัดการน้ำและธาตุอาหารที่ถูกต้องและเหมาะสมซึ่งเป็นเงื่อนไขที่จำเป็นล่วงหน้า

4. บทเรียนที่ได้รับ (Lessons Learned) สำหรับการนำมาปรับใช้ในประเทศไทย

1. **อย่าเน้นย้ำเรื่อง "การประหยัดน้ำ" มากจนเกินไป:** ฟังก์ชันการประหยัดน้ำไม่ควรถูกโฆษณาเกินจริง สิ่งสำคัญคือการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากน้ำและปุ๋ยร่วมกัน
2. **ความคุ้มค่าทางต้นทุนต้องมาก่อน:** ความคุ้มค่าและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของระบบชลประทาน (Cost effectiveness) ควรเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการส่งเสริมแก่เกษตรกร
3. **การจัดการสำคัญกว่าการติดตั้ง:** การบริหารจัดการและการดำเนินงานระบบ (System operation and management) มีความสำคัญและส่งผลกระทบต่อความสำเร็จมากกว่าแค่การติดตั้งอุปกรณ์เสร็จสิ้น

5. แนวโน้มในอนาคต (Future Trends)

- **ระบบอัตโนมัติและอัจฉริยะ (Automation and intelligence):** พัฒนาเพื่อรองรับปัญหาการขาดแคลนแรงงานและระบบชลประทานขนาดใหญ่
- **การศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม:** มุ่งศึกษาผลกระทบเมื่อเปลี่ยนจากการให้น้ำแบบผิวดินมาเป็นระบบน้ำฝอย โดยเฉพาะในเขตแห้งแล้ง (การสะสมของเกลือ และผลกระทบต่อระบบนิเวศ)
- **การประหยัดน้ำในระดับฟาร์ม (Farm scale):** มุ่งเน้นผลสัมฤทธิ์ภาพรวมของทั้งฟาร์ม
- **การหมุนเวียนน้ำ (Reuse of reclaimed water):** การนำน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับมาใช้ใหม่ผ่านระบบน้ำฝอยอย่างปลอดภัย
- **การใช้พลังงานสะอาด:** บูรณาการพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar cells) เข้ากับระบบปั้มน้ำทางการเกษตร

9) เทคโนโลยีการให้น้ำพร้อมปุ๋ยสำหรับพืชผัก

1. ผลเสียของการให้น้ำและปุ๋ยเกินความจำเป็นในแปลงผัก (Disadvantages of Overwatering & Overfertilizing)

การให้น้ำแบบท่วมแปลง (Flood Irrigation) ควบคู่กับการใส่ปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยคอกที่มากเกินไป ก่อให้เกิดความเสี่ยงและผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมอย่างรุนแรง ดังนี้

- **การสูญเสียทรัพยากร:** เกิดการสิ้นเปลืองน้ำและปุ๋ยโดยเปล่าประโยชน์ เนื่องจากพืชมีอัตราการดึงไปใช้ประโยชน์ (Utilization Rates) ที่ต่ำมาก
- **ปัญหาล้างปุ๋ยและโครงสร้างดิน:** เกิดการสะสมและชะล้างสารไนเตรต และแอมโมเนีย ลงสู่ชั้นดินและแหล่งน้ำบาดาล (Leaching) ทำให้ดินเกิดการอัดตัวแน่น (Soil Compaction) ส่งผลให้การถ่ายเทอากาศในดินแย่งลง
- **ปัญหาโรคและแมลง:** ในระบบการปลูกพืชโรงเรือน (Greenhouse) การให้น้ำมากเกินไปจะเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงเกินเกณฑ์ ควบคุมได้ยาก และเป็นต้นเหตุให้เกิดการระบาดของโรคพืชและแมลงศัตรูพืชอย่างรุนแรง
- **ผลกระทบทางเศรษฐกิจ:** เกษตรกรต้องสูญเสียทั้งในแง่ของปริมาณผลผลิต คุณภาพที่ตกต่ำ และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่ไม่คุ้มค่างบต้นทุนปุ๋ยค่ายาที่เสียไป

ข้อค้นพบสำคัญ: หากเปลี่ยนมาใช้ระบบน้ำหยดแต่ "แยก" การให้ปุ๋ยกับการให้น้ำออกจากกัน ดินในบริเวณรอบหัวหยดจะได้รับความชื้นเพียงแค่ประมาณ 30% เท่านั้น ธาตุอาหารที่อยู่ในบริเวณดินส่วนที่แห้งจะไม่สามารถละลายน้ำได้ ส่งผลให้ประสิทธิภาพของการใช้ปุ๋ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น ระบบการให้น้ำพร้อมปุ๋ย (Fertigation) จึงเป็นคำตอบที่ดีที่สุดในการชะพละลายน้ำและปุ๋ยให้แก่พืชได้อย่างถูกเวลา แม่นยำ สมดุล และมีประสิทธิภาพสูงสุด

2. หลักการประหยัดน้ำและเส้นทางการเคลื่อนที่ของน้ำ (Principles of Water-saving & Pathways)

หัวใจสำคัญของการประหยัดน้ำคือ "การลดการสูญเสียที่เปล่าประโยชน์" ซึ่งรายงานได้จำแนกเส้นทางการเคลื่อนที่ของน้ำภายหลังการจัดการให้น้ำในแปลงผักออกเป็น 7 เส้นทาง ได้แก่

1. ไหลบ่าผิวหน้า (Runoff)
2. ชังในดิน (Storage)
3. ซึมลึก (Percolation)
4. ซึมออกข้าง (Lateral Seepage)
5. ระเหยหน้าดิน (Evaporation)
6. การคายน้ำของพืช (Transpiration)
7. น้ำในเนื้อเยื่อพืช (Biological Water)

เป็นการเปลี่ยนวิธีคิดจากการ "ประหยัดน้ำแบบอดอม" มาเป็น "การบริหารจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ" อธิบายทั้ง 7 เส้นทาง โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ระหว่าง "น้ำที่สูญเสียไปฟรีๆ" กับ "น้ำที่พืชได้ใช้ประโยชน์จริง" ดังนี้ เมื่อเราจ่ายน้ำลงไปในแปลงผัก (ไม่ว่าจะด้วยวิธีใดก็ตาม) น้ำจะกระจายตัวและเคลื่อนที่ออกไปตามกลไกธรรมชาติ 7 เส้นทาง

กลุ่มที่ 1: การสูญเสียที่เปล่าประโยชน์ (Useless Water Loss)

เป็นกลุ่มที่เราต้องพยายาม "อุดรอยรั่ว" เพื่อไม่ให้เงินค่าไฟค่าน้ำและค่าแรงสูญเปล่า

1. การไหลบ่าผิวหน้าดิน (Runoff): เกิดขึ้นเมื่อเรารดน้ำแรงหรือมากเกินไปจนดินซึมไม่ทัน หรือโครงสร้างดินแน่นเกินไป ทำให้น้ำไหลนองทิ้งออกไปนอกแปลงฟรีๆ
2. การซึมลึกเกินเขตรากพืช (Deep Percolation): น้ำซึมดิ่งลงใต้ดินลึกเกินกว่าที่ปลายรากของผักจะเอื้อมไปดูดถึง ซึ่งการทำเกษตรแบบดั้งเดิม น้ำจะแอบหนีเที่ยวผ่านช่องทางนี้สูงที่สุดถึง 40.0% – 61.9% เลยทีเดียว
3. การซึมขยายออกด้านข้าง (Lateral Seepage): น้ำซึมแผ่ขยายออกไปด้านข้างของแปลง ซึ่งมักเป็นบริเวณทางเดินหรือพื้นที่ที่ไม่มีรากพืชอยู่
4. การระเหยจากผิวหน้าดิน (Soil Evaporation): แดดที่แผดเผาลงมาตรงๆ บนหน้าดิน (หรือความร้อนในโรงเรือน) จะสูบความชื้นบนดินให้ระเหยกลายเป็นไอไปในอากาศก่อนที่พืชจะได้ดื่ม ช่องทางนี้นักน้ำเราไปอีกราว 10.8% – 17.4%

กลุ่มที่ 2: น้ำที่คงอยู่และพืชได้ใช้ประโยชน์จริง (Useful Water)

เป็นกลุ่มที่สร้างผลผลิตและสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรโดยตรง

5. การกักเก็บชังอยู่ในดิน (Storage): น้ำส่วนที่แทรกตัวและเกาะอยู่ตามรูพรุนเล็กๆ ของโครงสร้างดินในระดับเขตรากพืช เพื่อสแตนด์บายรอให้รากพืชค่อยๆ ดูดไปใช้
6. การคายน้ำของพืช (Crop Transpiration): ช่องทางที่น้ำเกิดประโยชน์สูงสุด! รากพืชดูดน้ำและธาตุอาหารขึ้นไปเลี้ยงลำต้นและใบ จากนั้นคายออกทางปากใบเพื่อช่วยลดอุณหภูมิของตัวพืชเอง และกระตุ้นให้เกิดแรงดึงสารอาหารรอบใหม่ขึ้นมาใช้
7. น้ำในเนื้อเยื่อพืช (Biological Water): น้ำส่วนที่พืชล็อกเอาไว้ใช้สร้างเซลล์ เจริญเติบโต และเปลี่ยนไปเป็นน้ำหนักของผลผลิต (อย่างผักกินใบจะมีน้ำเป็นองค์ประกอบสูงกว่า 90% น้ำในช่องทางนี้จึงส่งผลต่อความกรอบ ความอวบ และน้ำหนักตอนชั่งขายโดยตรง)

หัวใจของ Smart Farming: "ปรับสัดส่วน" ไม่ใช่แค่ "ลดปริมาณน้ำ" แนวคิดของ Professor Xu Jin บ่งชี้ว่าการประหยัดน้ำในมิติใหม่ไม่ใช่การปล่อยให้ผักอดๆ อยากๆ จนเหี่ยว แต่คือการ "บีบช่องทางที่ 1-4 ให้เหลือน้อยที่สุด เพื่อโยกน้ำเหล่านั้นมาเพิ่มในช่องทางที่ 5-7" โดยใช้เทคโนโลยีเข้ามาจัดการ

คาถา 3 ข้อ สยบการสูญเสีย:

- **บล็อกไม่ให้ระเหย:** การใช้เทคนิค "น้ำหยดใต้พลาสติกคลุมแปลง" จะทำหน้าที่เหมือนฝาซีปิดกั้นไม่ให้แดดเผาหน้าดินโดยตรง ตัดวงจรการระเหยทิ้ง (Soil Evaporation) ได้อย่างเด็ดขาด
- **บล็อกไม่ให้ซึมลึก:** เปลี่ยนจากการให้น้ำท่วมเดียว มาเป็นหลักการ "ให้น้อยแต่บ่อยครั้ง" (Frequent, light irrigations) คุมเวลาไม่เกิน 2 ชั่วโมงในแต่ละรอบ เพื่อให้น้ำกระจายตัวนิ่งอยู่เฉพาะในเขตรากพืช ไม่ซึมลึกลงหายไปเฉยๆ
- **ผสานปุ๋ยคูกับน้ำ (Fertigation):** การปล่อยปุ๋ยไปพร้อมน้ำหยด จะช่วยแก้ปัญหา "ดินแห้งปุ๋ยไม่ละลาย" เพราะดินรอบๆ หัวหยดจะมีความชื้นพอดีเสมอ ทำให้พืชดึงทั้งน้ำและปุ๋ยไปใช้ในกระบวนการคายน้ำ (Transpiration) และสร้างเนื้อเยื่อ (Biological Water) ได้คุ้มค่าทุกหยด

การสูญเสียหลักในแปลงจัดการแบบดั้งเดิม (Extensive Management): พบว่าน้ำจะสูญเสียไปกับการซึมลึกเกินเขตรากพืช (Deep Percolation) สูงถึง 40.0% – 61.9% และสูญเสียจากการระเหยจากผิวหน้าดิน (Soil Evaporation) อีกกว่า 10.8% – 17.4%

แนวทางแก้ไข: เทคโนโลยี Fertigation จะมุ่งเน้นไปที่การลดอัตราการระเหยหน้าดินและควบคุมการซึมลึกไม่ให้เกินระดับรากที่พืชใช้จริง เพื่อเพิ่มสัดส่วนการคายน้ำผ่านตัวพืช (Crop Transpiration) ซึ่งเป็นการใช้น้ำที่เกิดประโยชน์โดยตรง

3. คุณลักษณะความต้องการและการใช้น้ำของพืชผัก (Water Requirement & Consumption Characteristics)
น้ำคือส่วนประกอบหลักของพืชผัก โดยผักกินใบมีส่วนประกอบที่เป็นน้ำสูงกว่า 90% และผักกินผลมีองค์ประกอบของน้ำมากกว่า 80% ทำหน้าที่เป็นทั้งตัวทำละลาย สารตั้งต้นในปฏิกิริยาเคมี ตัวนำพาธาตุอาหาร และช่วยบัฟเฟอร์อุณหภูมิรอบตัวพืชเนื่องจากน้ำมีความจุความร้อนจำเพาะสูง

จากการศึกษาพบว่าพฤติกรรมการใช้น้ำมีความแตกต่างกันอย่างมากในแต่ละฤดูกาลปลูก (Cropping Seasons):

- **รอบฤดูหนาว-ใบไม้ผลิ (Winter-Spring):** อัตราการคายน้ำของพืชจะค่อยๆ ไต่ระดับสูงขึ้นตามอายุพืชและอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น (ตั้งแต่ช่วง ก.พ. - มิ.ย.) โดยอาจสูงถึง 500 – 600 มิลลิลิตรต่อวันต่อต้น
- **รอบฤดูใบไม้ร่วง-ฤดูหนาว (Autumn-Winter):** อัตราการคายน้ำจะลดลงอย่างต่อเนื่อง (ตั้งแต่ช่วง ก.ย. - ม.ค.) จนเหลือต่ำกว่า 100 มิลลิลิตรต่อวันต่อต้น เนื่องจากสภาพอากาศที่หนาวเย็นลง

ตารางแสดงความต้องการน้ำและประสิทธิภาพการใช้น้ำ (Water Requirements & WUE)

ชนิดพืชผัก	ฤดูกาลปลูก	ปริมาณน้ำที่ ต้องการรวม (มม.)	อัตราความ เข้มข้นการใช้น้ำ (มม./วัน)	ประสิทธิภาพการ ใช้น้ำ (WUE) (กก./ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำที่ใช้ รวมทั้งปี (มม.)
มะเขือเทศ (Tomato)	ฤดูหนาว-ใบไม้ผลิ	248.8	2.07	44.0	411.6
	ฤดูใบไม้ร่วง- ฤดูหนาว	162.8	1.05	38.8	
แตงกวา (Cucumber)	ฤดูหนาว-ใบไม้ผลิ	330.7	2.45	39.4	466.7
	ฤดูใบไม้ร่วง- ฤดูหนาว	136.0	1.18	37.1	

4. เทคโนโลยีระบบการให้น้ำพร้อมปุ๋ยประสิทธิภาพสูง (High-Efficiency Fertigation Technology)

เทคโนโลยีนี้เป็นการผสมผสานระหว่าง "พืชศาสตร์ (Agronomy)" และ "วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering)" โดยมีรายละเอียดองค์ประกอบและกลยุทธ์การบริหารจัดการ ดังนี้

4.1 องค์ประกอบของอุปกรณ์ในระบบ (Components of Fertigation Equipment)

1. ระบบแหล่งน้ำ (Water Source System): อ่างเก็บน้ำ/ถังพักน้ำ และระบบปั๊มน้ำ
2. ชุดควบคุมส่วนหัว (Headworks System): หัวใจในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ ประกอบด้วย ปั๊มน้ำ, ตัวกรอง, เครื่องฉีดจ่ายปุ๋ย, วาล์วควบคุม, วาล์วระบายอากาศ และอุปกรณ์วัดความดัน/อัตราการไหล
3. เครือข่ายท่อจัดจำหน่ายน้ำ (Water Distribution Network System): ประกอบด้วย ท่อประธาน (Main), ท่อประธานย่อย (Sub-lateral) และท่อแขนง (Lateral) นิยมใช้วัสดุประเภท PE และ PVC
4. ระบบวาล์ว (Valve System): ใช้สำหรับตัดต่อและควบคุมทิศทางการไหล
5. หัวจ่ายน้ำ/อุปกรณ์ปล่อยน้ำ (Emitters): เลือกใช้ตามความเหมาะสม เช่น ท่อน้ำหยด (Drip Tubing/Tape), เทปพ่นฝอย (Micro-sprinkler Tape) ทั้งแบบแขวนและปักดิน หรือหัวน้ำหยดแบบลูกศร (Drip Arrow) สำหรับพืชกระถางและวัสดุปลูกทดแทนดิน

4.2 ระบบการกรองน้ำ (Filters System)

การกรองน้ำเป็นปราการด่านแรกที่สำคัญเพื่อป้องกันระบบอุดตัน โดยแบ่งออกเป็น 4 ประเภทหลักตามลักษณะการใช้งาน ดังนี้

ประเภทตัวกรอง	ข้อดี	ข้อจำกัด
1. กรองทราย/สารกรอง (Media Filter)	เหมาะกับแหล่งน้ำเปิดทั่วไป ประสิทธิภาพการกรองสารอินทรีย์สูงมาก	ลงทุนเริ่มต้นสูง ใช้พื้นที่ติดตั้งมาก และเกิดแรงดันตกคร่อมสูง
2. กรองแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal Filter)	แยกตะกอนทรายหยาบและสิ่งเจือปนขนาดใหญ่ได้ดี บำรุงรักษาง่าย แรงดันสูญเสียน้อย	ไม่สามารถกรองอนุภาคขนาดเล็กหรือตะกอนละเอียดได้ดี
3. กรองแผ่นดิสก์ซ้อน (Stacked Disc Filter)	พื้นที่กรองสูง รองรับอัตราการไหลได้มาก บำรุงรักษาง่ายและประหยัดพลังงาน	ต้นทุนระบบเริ่มต้นสูง และหากล้างย้อน (Backflush) ไม่ดีอาจสะสมตะกอนได้
4. กรองตะแกรง (Screen Filter)	โครงสร้างไม่ซับซ้อน ราคาประหยัด หาซื้อง่าย	ความละเอียดจำกัด ต้องถอดล้างบ่อย และใส่กรองซ้ำรวดเร็วเสียค่าใช้จ่าย

4.3 เครื่องฉีดจ่ายปุ๋ย (Fertilizer Injectors)

ในการเลือกอุปกรณ์ผสมปุ๋ยเข้าสู่ระบบน้ำ สามารถเลือกใช้ได้ตามสเกลพื้นที่ปลูกและงบประมาณ:

- **ถังอัดปุ๋ยระบบความดันต่าง (Pressure Differential Fertilizer Tank):** ทำงานโดยต่อขนานกับท่อประธาน ใช้งานง่าย ปลอดภัย ไม่ต้องใช้ไฟฟ้า แต่ข้อเสียคือความเข้มข้นของปุ๋ยจะไม่คงที่ (จะเข้มข้นช่วงแรกและเจือจางลงเรื่อยๆ)
- **หัวฉีดปุ๋ยระบบแวนจูรี (Venturi Fertilizer Injector):** ใช้หลักการแรงดันสูญญากาศ (Negative Pressure) ดูดปุ๋ยเข้าท่อ ให้ปุ๋ยได้สม่ำเสมอกว่าปรับอัตราได้ง่าย แต่ทำให้แรงดันน้ำในระบบลดลงอย่างมาก เหมาะกับแปลงขนาดเล็กถึงปานกลาง
- **ปั๊มจ่ายปุ๋ยตามอัตราส่วน (Ratio Fertilizer Pump / Dosatron):** ขับเคลื่อนด้วยแรงดันน้ำโดยตรง ไม่ใช้ไฟฟ้า มีความแม่นยำและความยืดหยุ่นสูงมาก แต่ต้องการน้ำที่สะอาดและมีการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ
- **เครื่องจ่ายปุ๋ยอัตโนมัติ (Fertilizer Machine):** ระบบส마트ฟาร์มควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ ทำการฉีดจ่ายแม่ปุ๋ย (Mother Solution) พร้อมเซนเซอร์ตรวจวัดค่า EC และ pH แบบ Real-time เหมาะสำหรับโรงงานผลิตพืชเชิงอุตสาหกรรม

5. กลยุทธ์การบริหารจัดการน้ำและปุ๋ย (Irrigation & Fertilization Strategies)

5.1 เกณฑ์การประเมิน "เมื่อไหร่ควรให้น้ำ?"

1. การทดสอบสภาพดิน (Soil Hand Test): ขุดดินที่ความลึก 10 เซนติเมตร นำมากำในมือแล้วปล่อยตกจากระดับเอว

- *เหมาะสม*: ดินจับตัวเป็นก้อนได้ แต่จะแตกกระจายออกเมื่อตกถึงพื้น
- *ขาดน้ำ*: ดินแห้งจนไม่สามารถกำเป็นก้อนได้
- *น้ำเกิน*: มีน้ำบีบทะลักออกจากกำมือ และก้อนดินไม่แตกเมื่อตกถึงพื้น

2. การใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์: ตรวจวัดผ่านเครื่องวัดความตึงของน้ำในดิน (Soil Moisture Tensiometer)

3. การสังเกตลักษณะพืช (Plant Test): ในช่วงเช้าตรู่ หากพบหยดน้ำเกาะที่ขอบใบพืช (ปรากฏการณ์กัตเตชัน - Guttation) และใบตั้งตรง แสดงว่าน้ำเพียงพอ หากใบเริ่มเหี่ยวแสดงว่าขาดน้ำ

5.2 ปริมาณและอัตราการให้น้ำ

- **ช่วงเตรียมดินก่อนปลูก**: ต้องให้น้ำในปริมาณมากประมาณ 300 – 375 ลบ.ม. ต่อเฮกตาร์ (ดินทรายใช้น้อยกว่า ดินเหนียวใช้มากกว่า) เพื่อเชื่อมต่อโครงข่ายรูพรุนของดิน (Capillary Networks) และช่วยชะล้างเกลือที่ตกค้างบนหน้าดินลงสู่ดินชั้นลึก
- **ช่วงพืชเจริญเติบโต**: ยึดหลัก "ให้น้อยแต่บ่อยครั้ง" (Frequent, light irrigations) โดยควบคุมไม่ให้เกินเกณฑ์สูงสุดของโครงสร้างดินแต่ละประเภท:
 - o *ดินเหนียว*: ไม่เกิน 300 ลบ.ม./เฮกตาร์
 - o *ดินร่วน*: ไม่เกิน 240 ลบ.ม./เฮกตาร์
 - o *ดินทราย*: ไม่เกิน 180 ลบ.ม./เฮกตาร์
- **ระยะเวลาการให้น้ำ**: โดยทั่วไปจะใช้เวลาประมาณ 4 – 5 ชั่วโมง แต่สำหรับมะเขือเทศ แนะนำควบคุมปริมาณน้ำไว้ที่ประมาณ 90 ลบ.ม./เฮกตาร์ ต่อครั้ง (สูงสุดไม่เกิน 120 ลบ.ม./เฮกตาร์) และระยะเวลาในการเปิดน้ำไม่ควรเกิน 2 ชั่วโมง

5.3 ข้อกำหนดและสัดส่วนการให้ปุ๋ย

ข้อห้ามสำคัญ: ห้ามนำปุ๋ยเม็ดคอปพาวด์หรือปุ๋ยเม็ดละลายช้าทั่วไปมาใช้ในระบบ Fertigation เป็นอันตรายเนื่องจากมีสารเคลือบและตะกอนที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งจะเข้าไปอุดตันหัวหยดและสร้างความเสียหายต่อระบบท่อแนะนำให้ใช้ **ปุ๋ยเกล็ดละลายน้ำ 100% (Solid Soluble Compound Fertilizers)** ซึ่งมีจุดเด่นคือละลายได้ดี ไม่มีตะกอนตกค้าง ความเข้มข้นธาตุอาหารสูง (ประมาณ 50% – 60%) และสามารถปรับสูตรตามระยะการเติบโตได้ โดยมีสัดส่วนอัตราธาตุอาหารบริสุทธิ์ ($N:P_2O_5:K_2O$) ดังนี้:

- **ระยะต้นกล้า (Seedling Stage)** อัตราส่วน 1.2 : 0.7 : 1.1 (เช่น สูตรเสมอ 20-20-20)
- **ระยะเริ่มติดผล (Initial Fruiting Stage)** อัตราส่วน 1.1 : 0.5 : 1.4 (เช่น สูตร 19-8-27 หรือ 16-8-34)
- **ระยะผลเจริญเติบโตเต็มที่ (Full Fruiting Stage)** อัตราส่วน 1.0 : 0.3 : 1.7 (เช่น สูตร 19-8-27 หรือ 16-8-34) เทคนิคการผสม: ในการจ่ายน้ำทุกๆ 1 ลูกบาศก์เมตร (ลบ.ม.) แนะนำให้เติมปุ๋ยเกล็ดละลายน้ำลงไปอัตรา 1 – 2 กิโลกรัม

6. กรณีศึกษาความสำเร็จในการนำไปประยุกต์ใช้งานจริง (Examples of Success)

กรณีศึกษาที่ 1: การปลูกมะเขือเทศในโรงเรือนช่วงฤดูหนาว (Facility Production)

- **วิธีการ**: ขึ้นแปลงปลูกแบบ "แปลงสูงขนาดเล็ก" (Small High Bed) วางท่อน้ำหยดขนาดอัตราไหล 2 ลิตร/ชั่วโมง จำนวน 1 สายต่อแถวพืช แล้วคลุมด้วยพลาสติก

- **การให้น้ำครั้งแรกหลังย้ายกล้า**: อัตรา 20 ลบ.ม. ต่อไร่ (หรือเท่ากับ 300 ลบ.ม. ต่อเฮกตาร์) เพื่อช่วยให้รากพืชฟื้นตัว

- ตารางการให้ปุ๋ยแต่งหน้า (Top-dressing Schedule):

1. ระยะกล้า ถึง ดอกช่อแรกเริ่มบาน: ใส่สูตร 20-10-20 อัตรา 30 – 45 กก./เฮกตาร์ เพียง 1 ครั้ง (หากต้นสมบูรณ์ดีสามารถข้ามได้)
 2. ระยะผลช่อที่ 1 ถึง ช่อที่ 5: ใส่สูตร 18-5-27 ทุกๆ 7 – 10 วัน อัตรา 75 – 120 กก./เฮกตาร์ และหลังเก็บเกี่ยวผลผลิตในแต่ละช่อ ให้ใส่สูตร 20-10-20 อัตรา 75 – 120 กก./เฮกตาร์ เพื่อฟื้นฟูดิน พร้อมทั้งเสริมแคลเซียมไนเตรต อัตรา 30 – 45 กก./เฮกตาร์ ในช่วงผลกำลังขยายตัว
 3. ระยะผลช่อที่ 6 เป็นต้นไป: ใส่สูตร 18-5-27 ทุกๆ 7 – 10 วัน ลดอัตราลงเหลือ 45 – 75 กก./เฮกตาร์
- บทสรุปผลลัพธ์: ตลอดรอบการปลูกมีการให้น้ำรวม 22 ครั้ง (ปริมาณน้ำรวม 405 ลบ.ม.) ให้ปุ๋ยแต่งหน้าสลับสูตรระหว่าง 20-20-20 และ 9-12-40 รวม 20 ครั้ง (ปริมาณปุ๋ยรวม 158.5 กิโลกรัม) สามารถทำผลผลิตได้สูงถึง 35 กิโลกรัม ต่อตารางเมตร

กรณีศึกษาที่ 2: การผลิตในโรงงานพืชปิดเชิงอุตสาหกรรม (Vegetable Factory Production)

เป็นการจัดการขั้นสูงที่ใช้ระบบหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหาร (Recycling of Nutrient Solution) โดยมีกลยุทธ์การคำนวณที่แม่นยำ:

- **การควบคุมเวลา:** สังการเปิด-ปิดระบบโดยอิงจากเวลาพระอาทิตย์ขึ้นและพระอาทิตย์ตก โดยจะเริ่มให้น้ำหลังพระอาทิตย์ขึ้น 1 – 2 ชั่วโมง และหยุดระบบเมื่อความชื้นในวัสดุปลูกลดลง 2% – 4% หลังจากการให้น้ำรอบสุดท้าย
- **การคำนวณปริมาณน้ำตามค่ารังสีดวงอาทิตย์:** ใช้สูตรเปรียบเทียบมาตรฐาน $1 \text{ J/cm}^2 = 3 \text{ ml/m}^2$
 - o ตัวอย่างการคำนวณ: หากค่ารังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยเท่ากับ 1211 J/cm^2 และโรงเรือนมีอัตราการส่งผ่านแสง (Transmittance) อยู่ที่ 40%
 $\text{ปริมาณน้ำที่ต้องการต่อพื้นที่} = 1211 \times 3 \times 40\% = 1,450 \text{ ml/m}^2$
 - o หากพื้นที่ 1 ตารางเมตร ปลูกมะเขือเทศ 2.86 ต้น จะได้ปริมาณน้ำที่ต้องจ่ายต่อต้นเท่ากับ 500 มิลลิเมตร/ต้น ($1,450 \div 2.86$)
- **การควบคุมสารละลาย:** มีการควบคุมค่าความนำไฟฟ้าของสารละลาย (EC) อยู่ในช่วง 2.0 - 3.5 mS/cm และควบคุมความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ที่ 5.3 - 5.7 พร้อมทั้งปรับสัดส่วน PPM ของธาตุอาหารหลัก อย่างละเอียดตามระยะพัฒนาการ A ถึง J เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของพืชอย่างแท้จริง

10) ความร่วมมือด้านทรัพยากรน้ำและการประสานนโยบายระหว่างกลุ่มประเทศ BRICS

1. สถานการณ์วิกฤตน้ำโลก: จาก “ความเครียด” สู่ “ภาวะล้มละลายทางการน้ำ” (Global Water Bankruptcy)

เวทีสัมมนาได้ถอดบทเรียนจากรายงานของสหประชาชาติ (UNU-INWEH) โดย Prof. Kaveh Madani ซึ่งระบุว่าปัจจุบันโลกได้ก้าวข้ามผ่านคำว่า “วิกฤตน้ำ (Water Crisis)” และเข้าสู่ภาวะ “ล้มละลายทางการน้ำ (Water Bankruptcy)” อย่างเต็มตัว เนื่องจาก:

- **การดึงทุนธรรมชาติมาใช้เกินตัว:** มนุษยชาติมีการใช้น้ำจากทั้ง “บัญชีกระแสรายวัน” (แหล่งน้ำผิวดิน เช่น แม่น้ำ ทะเลสาบ) และ “บัญชีออมทรัพย์” (แหล่งน้ำบาดาลที่ไม่สามารถฟื้นฟูได้ในเวลาอันสั้น) เกินกว่าปริมาณน้ำหมุนเวียนตามธรรมชาติ
- **ความเสียหายที่ย้อนกลับคืนไม่ได้:** ส่งผลให้พื้นที่ชุ่มน้ำทั่วโลกหายไปแล้วกว่า 410 ล้านเฮกตาร์ และเกิดปัญหาชั้นน้ำบาดาลทรุดตัวถาวร
- **ความขัดแย้งที่สูงขึ้น:** สถิติตัวเลขความขัดแย้งที่เกี่ยวข้องกับน้ำ (Water-Related Conflicts) ทั่วโลกพุ่งสูงขึ้นอย่างก้าวกระโดดตั้งแต่ปี 2010 เป็นต้นมา โดยเฉพาะในภูมิภาคแห้งแล้งและพื้นที่เกษตรกรรม

2. โครงสร้างและการจัดสรรน้ำในภาคการเกษตรระดับสากล

- **ภาคการเกษตรคือผู้ใช้น้ำรายใหญ่ที่สุด:** ในภาพรวมของโลก น้ำหมุนเวียน (Blue Water) ถูกดึงไปใช้ในภาคการเกษตรและการชลประทานสูงถึง **70%** ของปริมาณน้ำทั้งหมด ในขณะที่ภาคเมืองและอุตสาหกรรมใช้รวมกันเพียงส่วนน้อย
- **การผลิตอาหารที่ใช้ น้ำสูง (Water Footprint):** ที่ประชุมให้ความสำคัญกับตัวเลขต้นทุนน้ำในการผลิตสินค้าเกษตร เช่น
 - o เนื้อวัว 1 กิโลกรัม ใช้ทรัพยากรน้ำสูงถึง **15,000 ลิตร**
 - o ข้าวสาร 1 กิโลกรัม ใช้ทรัพยากรน้ำประมาณ **2,500 ลิตร**
 - o ความต้องการบริโภคเนื้อสัตว์และพืชอาหารสัตว์ (โดยเฉพาะถั่วเหลืองในประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงและจีน) ที่เติบโตอย่างรวดเร็ว เป็นตัวเร่งการดึงน้ำไปใช้ในระบบเกษตรกรรมอย่างมหาศาล

3. ถอดบทเรียน: การบริหารจัดการน้ำและการชลประทานของสาธารณรัฐประชาชนจีน

ประเทศจีนประสบปัญหาความเหลื่อมล้ำทางภูมิศาสตร์สูง (พื้นที่ทางใต้มีน้ำอุดมสมบูรณ์ แต่ทางเหนือและตะวันตกเฉียงเหนือแห้งแล้งและขาดแคลนน้ำขั้นวิกฤต) จีนจึงได้วางมาตรการรับมือใน 3 มิติหลัก:

3.1 ระบบโครงสร้างพื้นฐานและการจัดการอุทกภัย (Flood Control & Engineering)

- **การแบ่งโซนหน่วงน้ำเพื่อความปลอดภัย:** จีนจัดให้มีพื้นที่รองรับและกักเก็บน้ำหลาก (Flood Storage and Delay Areas) ทั่วประเทศถึง 98 แห่ง รวมพื้นที่กว่า 34,000 ตารางกิโลเมตร สามารถกักเก็บน้ำรวมกันได้มากกว่า 1 แสนล้านลูกบาศก์เมตร
- **อภิมหาโครงการผันน้ำ (South-to-North Water Diversion):** โครงการผันน้ำจากแม่น้ำแยงซีเกียงทางใต้ขึ้นสู่กรุงปักกิ่งทางตอนเหนือ ระยะทางกว่า 1,400 กิโลเมตร ใช้เวลาก่อสร้าง 11 ปี (2003-2014) ช่วยให้ประชากรมากกว่า 100 ล้านคนมีน้ำกินน้ำใช้

3.2 เทคโนโลยีการพยากรณ์น้ำและระบบอัจฉริยะ (Digital Twin Water Net)

จีนได้ก้าวเข้าสู่ยุค "Smart Control" โดยนำ AI และระบบแบบจำลองเสมือนจริง (Digital Twin) มาใช้สร้างระบบเตือนภัย 4 ประการ ได้แก่:

1. **Prediction:** การพยากรณ์ล่วงหน้าด้วยเรดาร์ตรวจฝน (Rain-Detection Radar) ร่วมกับดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาตระกูล Fengyun (FY) ช่วยเพิ่มความแม่นยำในการคาดการณ์ฝนในพื้นที่ได้ถึง 30%
2. **Early Warning:** การแจ้งเตือนภัยล่วงหน้าผ่านระบบดาวเทียมนำทาง BeiDou เพื่อร่นเวลาอพยพประชาชน
3. **AI Simulation:** การใช้ Digital Twin จำลองสถานการณ์น้ำท่วมและการไหลของน้ำในอ่างเก็บน้ำแบบ Real-time
4. **Optimizing Scheduling:** การวางแผนและจัดสรรการเปิด-ปิดประตูระบายน้ำแบบอัตโนมัติเพื่อประสิทธิภาพสูงสุด

3.3 การพัฒนาการชลประทานประหยัดน้ำเพื่อการเกษตร (Water-Saving Irrigation)

จีนสามารถเพิ่มพื้นที่ชลประทานที่มีประสิทธิภาพได้มากกว่า 4 เท่าตัว นับตั้งแต่ปี 1949 โดยมีนวัตกรรมที่น่าสนใจสำหรับนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร ดังนี้

- **ระบบการใช้น้ำแบบขั้นบันไดในภาคอุตสาหกรรมและเมือง (Water Cycle Cascade Utilization):** การหมุนเวียนน้ำตามคุณภาพน้ำ จากกิจกรรมที่ต้องการน้ำสะอาดสูง ไหลลงสู่กิจกรรมรอง เช่น น้ำหล่อเย็น อุตสาหกรรม → น้ำล้างถนน → น้ำสำหรับพื้นที่สีเขียวและการเกษตรโดยรอบ เพื่อลดการดึงน้ำดิบจากธรรมชาติ

- **เทคโนโลยีชลประทานในแปลงนา:** มีการเปลี่ยนจากคลองดินเป็นคลองคอนกรีตลาดพลาสติกเพื่อลดการสูญเสีย (Leakage Protected Canal) รวมถึงการส่งเสริมเครื่องรดน้ำแบบหมุนรอบจุดศูนย์กลาง (Center Pivot) และระบบน้ำหยด (Drip Irrigation)
- **ระบบเกษตรอัจฉริยะและให้ปุ๋ยพร้อมน้ำ (Drip Fertigation):** ผสมระบบน้ำหยดเข้ากับการคำนวณการให้ปุ๋ยตามระยะการเจริญเติบโตของพืช (Plant Physiology) ทั้งในโรงเรือน (Protected Agriculture) และการปลูกพืชไร่กลางแจ้ง เช่น ยาสูบ และพืชในเขตทะเลสาบหรือทะเลทราย

4. วัฒนธรรมและภูมิปัญญาท้องถิ่นในการจัดการน้ำ

นอกเหนือจากเทคโนโลยีระดับสูงแล้ว จีนยังคงอนุรักษ์และประยุกต์ใช้ภูมิปัญญาโบราณที่ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นมรดกโลกด้านระบบชลประทาน (Heritage Irrigation Structures) เช่น:

- **ระบบชลประทานตูเจียงเยียน (Dujiangyan):** บริหารจัดการแยกน้ำหลากและน้ำแล้งโดยไม่ใช้เขื่อนกันแม่น้ำอันเป็นต้นแบบการจัดการน้ำร่วมกับธรรมชาติ
- **ถังเก็บน้ำใต้ดินทรงขวด/ทรงกลม (Water Harvesting Cellar):** ในพื้นที่แห้งแล้ง มีระบบรองรับน้ำฝนจากลานคอนกรีตผ่านบ่อกรองทรายลงไปกักเก็บใต้ดินเพื่อไว้ใช้สำหรับการอุปโภคบริโภคและต่อปื้มมือโยกเพื่อการเกษตรกรรมรายย่อย
- **ระบบคาเรซ (Karez / Qanat):** อารยธรรมโหม่งค์ส่งน้ำใต้ดินในเขตซินเจียง (เช่น หุบเขาอู๋นตูหลู่ฟาน) ที่ช่วยส่งน้ำจากภูเขาหิมะมาสู่พื้นที่เกษตรกรรมโอเอซิสโดยไม่สูญเสียจากการระเหยท่ามกลางทะเลทรายร้อนจัด

5. การขยายผลและความร่วมมือในระดับสากล (Global Cooperation)

ภายใต้นโยบาย CHINA AID ประเทศจีนได้นำโมเดลและเทคโนโลยีการบริหารจัดการน้ำเหล่านี้ไปสนับสนุนโครงสร้างพื้นฐานในหลายประเทศ เช่น:

- การก่อสร้างเขื่อนชลประทานและผลิตไฟฟ้า Merowe Dam ในซูดาน และเขื่อน Tekeze ในเอธิโอเปีย
- โครงการวางท่อส่งน้ำภาคอุตสาหกรรมและชุมชนในแอฟริกาใต้
- การร่วมมือในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ รวมถึง **ประเทศไทย** ในด้านการจัดการโซลาร์เซลล์ลอยน้ำ (Floating Solar) เพื่อระบบบำบัดน้ำดื่มและการเกษตร รวมถึงการแก้ไขปัญหาดินเค็มในพื้นที่เกษตรกรรม

11) ลงพื้นที่ศึกษาดูงาน ณ เมืองอู่ฮั่น มณฑลหูเป่ย์

อู่ฮั่น (Wuhan) ไม่เพียงแต่เป็นเมืองศูนย์กลางทางเศรษฐกิจและการคมนาคมของจีนตอนกลางเท่านั้น แต่ในมิติทางภูมิศาสตร์ ทรัพยากรน้ำ และเทคโนโลยี อู่ฮั่นคือ "ห้องปฏิบัติการที่มีชีวิต (Living Laboratory)" ที่เหมาะสมที่สุดในการแสดงให้กลุ่มประเทศ BRICS และประเทศกำลังพัฒนาเห็นถึงความเชื่อมโยงระหว่าง "การจัดการน้ำขั้นวิกฤต" กับ "การเปลี่ยนผ่านสู่เศรษฐกิจสีเขียว (Green Transition)"

1. ภูมิรัฐศาสตร์ด้านน้ำและการจัดการอุทกภัยระดับโลก (The Hydro-Hub of Yangtze River)

- **ที่ตั้งจุดยุทธศาสตร์:** อู่ฮั่นตั้งอยู่ตรงจุดบรรจบของ แม่น้ำแยงซี (Yangtze River) ซึ่งเป็นแม่น้ำที่ยาวที่สุดในเอเชีย และ แม่น้ำอัน (Han River) เมืองนี้จึงถูกขนานนามว่า "เมืองแห่งร้อยทะเลสาบ" (City of a Hundred Lakes) มีสัดส่วนพื้นที่น้ำสูงถึง 1 ใน 4 ของพื้นที่เมืองทั้งหมด
- **บทเรียนจากวิกฤตการณ์:** ในอดีตอู่ฮั่นเผชิญกับภัยพิบัติน้ำท่วมครั้งใหญ่ซ้ำซาก (เช่น มหาอุทกภัยปี 1954 และ 1998) ทำให้เมืองนี้กลายเป็นศูนย์กลางการพัฒนาวิศวกรรมชลประทานและการบรรเทาอุทกภัยที่ก้าวหน้าที่สุดแห่งหนึ่งของโลก การมาดูงานที่นี่จึงทำให้เห็นว่า จีนเปลี่ยนเมืองที่เคย "เปราะบางต่อภัยน้ำ" ให้กลายเป็นเมืองที่ "ควบคุมและใช้ประโยชน์จากน้ำ" ได้อย่างไร

2. เมืองต้นแบบ “ฟองน้ำ” ระดับสากล (Sponge City Pilot Model)

- การซับน้ำและหมุนเวียนน้ำในเขตเมืองสู่ภาคเกษตร: อุ๋ฮั่นได้รับการเลือกให้เป็น 1 ในเมืองนำร่องกลุ่มแรกของจีนในการสร้าง "Sponge City" (เมืองฟองน้ำ) ที่เน้นการออกแบบผังเมืองให้สามารถดูดซับ กักเก็บกกรอง และหมุนเวียนน้ำฝนตามธรรมชาติ แทนการเทคอนกรีตบล็อกน้ำ
- ประโยชน์ต่อระบบนิเวศโดยรอบ: ระบบนี้ช่วยลดปัญหาน้ำท่วมขังในเมือง และน้ำน้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยวิธีธรรมชาติ (Nature-based Solutions) เช่น ผ่านสวนสาธารณะชุ่มน้ำ (Wetland Parks) ไปกระจายใช้ในพื้นที่เกษตรกรรมชานเมืองรอบ ๆ ช่วยลดการดึงทรัพยากรน้ำดิบมาใช้

3. ศูนย์กลางนวัตกรรมและสถาบันวิจัยชั้นนำ (The Silicon Valley of Water & Agriculture)

ผู้จัดงานเลือกอุ๋ฮั่นเนื่องจากเป็นที่ตั้งของสถาบันการศึกษาและหน่วยงานวิจัยระดับโลกที่ขับเคลื่อนเทคโนโลยีการเกษตรและน้ำ ซึ่งคณะศึกษาดูงานได้เข้าสัมผัสองค์ความรู้จากสถาบันหลัก ได้แก่:

- มหาวิทยาลัยอุ๋ฮั่น (Wuhan University): โดดเด่นเป็นอันดับต้น ๆ ของจีนในด้านวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ (Water Resources Engineering) และการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing)
- มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์หัวจง (Huazhong Agricultural University - HZAU): ศูนย์กลางการวิจัยด้านวิทยาศาสตร์การเกษตร เทคโนโลยีชีวภาพ และการจัดการดินและน้ำที่มีชื่อเสียงในระดับสากล
- สถาบันวิทยาศาสตร์อุทกศาสตร์แห่งแม่น้ำแยงซี (Changjiang River Scientific Research Institute): หน่วยงานหลักที่ดูแลและควบคุมข้อมูลน้ำ วางแผนการเปิด-ปิดเขื่อน และจำลองสถานการณ์น้ำของแม่น้ำแยงซีทั้งสาย

4. โมเดลความสำเร็จ "การเกษตรชานเมืองสีเขียว" (Green Peri-urban Agriculture)

- การผสมผสานระหว่างอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม: แม้ว่าอุ๋ฮั่นจะเป็นเมืองอุตสาหกรรมหนักและเทคโนโลยีสูง (เช่น อุตสาหกรรมรถยนต์และออปโตอิเล็กทรอนิกส์) แต่เมืองนี้สามารถรักษาและพัฒนาพื้นที่เกษตรกรรมรอบเมืองให้เป็นพื้นที่ผลิตอาหารที่ปลอดภัยและยั่งยืนได้
- ห่วงโซ่อุปทานสีเขียว: อุ๋ฮั่นประสบความสำเร็จในการทำเกษตรอินทรีย์ เกษตรกรรมที่ลดการปล่อยคาร์บอน (Low-carbon Agriculture) และการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเชิงอนุรักษ์ (Sustainable Aquaculture) ในแถบทะเลสาบเหลียงจื่อ (Liangzi Lake) ซึ่งเป็นโมเดลที่กลุ่มประเทศ BRICS สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อสร้างความมั่นคงทางอาหารควบคู่กับการรักษาสีเขียวได้อย่างดี

11.1) ศึกษาดูงาน ณ สำนักงานอุทกวิทยาอันโขว คณะกรรมการทรัพยากรน้ำแม่น้ำแยงซี

1. ความสำคัญเชิงยุทธศาสตร์ของสถานีอุทกวิทยาอันโขว (Hankou Branch)

สถานีอุทกวิทยาอันโขว ถือเป็น "หัวใจหลัก" ในการเตือนภัยและบริหารน้ำของจีนตอนกลาง เนื่องจากตั้งอยู่บริเวณจุดบรรจบของแม่น้ำสายใหญ่สองสาย คือ แม่น้ำแยงซี และ แม่น้ำฮั่น (Han River) หน้าที่หลักของหน่วยงานนี้คือการเก็บข้อมูลอุทกวิทยาอย่างแม่นยำ เพื่อส่งต่อให้ระบบส่วนกลางใช้ใน 2 ภารกิจหลัก:

- การจัดการภัยพิบัติ (Flood & Drought Control): ควบคุมและเตือนภัยล่วงหน้าก่อนที่มวลน้ำจะหลากเข้าท่วมพื้นที่เศรษฐกิจและพื้นที่เกษตรกรรมกรรมแปลงใหญ่ในมณฑลหูเป่ย์และพื้นที่ลุ่มต่ำตอนปลาย
- การจัดสรรน้ำเพื่อความมั่นคงทางอาหาร: ข้อมูลปริมาณน้ำและระดับน้ำจากสถานีนี้ จะถูกนำไปคำนวณร่วมกับระบบอ่างเก็บน้ำและเขื่อนสามผา (Three Gorges Dam) เพื่อจัดสรรโควตาน้ำเข้าสู่คลองชลประทานภาคการเกษตรในช่วงฤดูแล้ง ขับเคลื่อนระบบเศรษฐกิจสีเขียวที่เน้นการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าสูงสุด

2. นวัตกรรมและเทคโนโลยีเด่นที่ได้จากการศึกษาดูงาน (Technical Insights)

จากการลงพื้นที่ภาคสนามบนเรือสำรวจและตรวจวัดทางอุทกวิทยา ทางหน่วยงานได้สาธิตการเปลี่ยนผ่านจากระบบจัดเก็บข้อมูลแบบดั้งเดิม (Manual) ไปสู่ ระบบสำรวจอัจฉริยะอัตโนมัติ (Automated & Intelligent Hydro-System) ซึ่งมีเทคโนโลยีหลักที่น่าสนใจดังนี้:

2.1 เทคโนโลยีการวัดอัตราการไหลและปริมาณน้ำ (Discharge & Current Velocity Measurement)

Measurement)

- **ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler):** การใช้เครื่องส่งคลื่นสะท้อนความถี่เสียงติดตั้งใต้ท้องเรือสำรวจเพื่อวัดความเร็วของกระแสน้ำและคำนวณหาปริมาณน้ำไหล (Discharge) ได้แบบ Real-time โดยไม่จำเป็นต้องหย่อนเครื่องมือวัดแบบเดิม ช่วยให้การประเมินมวลน้ำที่จะไหลเข้าสู่พื้นที่เกษตรกรรมทำได้รวดเร็วและแม่นยำขึ้น
- **ระบบเรดาร์และหุ่นลอยอัจฉริยะ (Unmanned Hydrological Survey):** มีการประยุกต์ใช้เรือไร้คนขับ (USV) ขนาดเล็กติดเซนเซอร์ในการแล่นตัดกระแสน้ำเพื่อเก็บข้อมูลในจุดเสี่ยงอันตราย

2.2 ระบบติดตามคุณภาพน้ำเพื่อการเกษตรสีเขียว (Water Quality Real-time Monitoring)

- เพื่อตอบโจทย์ "เศรษฐกิจสีเขียว" สถานีฮั่นโข่วไม่ได้วัดเพียงปริมาณน้ำ แต่มีระบบเซนเซอร์อัตโนมัติคอยตรวจวัดคุณภาพน้ำ (Water Quality) ตลอด 24 ชั่วโมง โดยเน้นการตรวจวัดค่าความเค็ม สารเคมีตกค้าง และปริมาณตะกอน (Sediment Load) ซึ่งข้อมูลตะกอนนี้มีความสำคัญมากต่อภาคการเกษตร เพราะตะกอนจากแม่น้ำแยงซีจะช่วยให้เพิ่มแร่ธาตุในดินเมื่อส่งน้ำเข้าสู่ระบบชลประทานแปลงนา

2.3 การบูรณาการข้อมูลสู่ระบบ Digital Twin แม่น้ำแยงซี

- ข้อมูลทั้งหมดที่เก็บจากสถานีฮั่นโข่วจะถูกยิงขึ้นดาวเทียม BeiDou ส่งตรงไปยังศูนย์ประมวลผลกลาง เพื่อสร้าง "แบบจำลองแม่น้ำเสมือนจริง (Digital Twin)" ทำให้เจ้าหน้าที่สามารถใช้ AI จำลองสถานการณ์ได้ว่า หากปล่อยน้ำจากเขื่อนตอนบนในปริมาณเท่าใด มวลน้ำจะมาถึงพื้นที่ชลประทานเกษตรชาวนาเมืองอู๋ฮั่นภายในกี่ชั่วโมง เพื่อแจ้งเตือนให้เกษตรกรเตรียมรับมือหรือสูบน้ำเข้ากักเก็บได้ทันท่วงที

3. การเชื่อมโยงสู่ "เศรษฐกิจสีเขียว" (Green Economy Transition)

การดูงานที่ Hankou Branch แสดงให้เห็นว่า ระบบอุทกวิทยาที่แม่นยำคือรากฐานของเศรษฐกิจสีเขียวในภาคการเกษตร (Green Agriculture) เพราะ:

- **ลดการสูญเสียพลังงาน:** เมื่อรู้ปริมาณและระดับน้ำในแม่น้ำที่แน่นอน ระบบปั๊มน้ำชลประทานพลังงานสะอาด (เช่น โซลาร์เซลล์ลอยน้ำ) จะสามารถวางแผนเวลาการสูบน้ำที่ประหยัดพลังงานที่สุดได้
- **ปกป้องระบบนิเวศพื้นที่ชุ่มน้ำ:** การควบคุมระดับน้ำที่สมดุลช่วยรักษาความหลากหลายทางชีวภาพรอบแม่น้ำและทะเลสาบ ส่งเสริมโมเดล "นาข้าวพื้พารบบนิเวศ" (เช่น การเลี้ยงกุ้ง/ปลาในนาข้าว) ที่ไม่ต้องพึ่งพาสารเคมี



11.2) ศึกษาดูงาน ณ พิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประหยัดน้ำแห่งนครอู๋ฮั่น

(Wuhan Water Saving Science & Technology Museum) ซึ่งเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้และจัดแสดงนวัตกรรมการจัดการน้ำที่สะท้อนถึงการเปลี่ยนผ่านสู่เศรษฐกิจสีเขียวได้อย่างเป็นรูปธรรม

1. แนวคิดหลักของพิพิธภัณฑ์: การสร้าง "วัฒนธรรมประหยัดน้ำ" คู่ขนานกับเทคโนโลยี

ผลการสัมมนาการพัฒนาบบน้ำเพื่อการเกษตรและการเปลี่ยนแปลงสู่เศรษฐกิจสีเขียว สำหรับเจ้าหน้าที่ของกลุ่มประเทศสมาชิก BRICS ณ สาธารณรัฐประชาชนจีน

พิพิธภัณฑ์แห่งนี้ตั้งอยู่ในนครอู่ฮั่น ซึ่งเป็นเมืองที่มีทรัพยากรน้ำอุดมสมบูรณ์ แต่อุดมการณ์ในการจัดตั้งพิพิธภัณฑ์กลับมุ่งเน้นไปที่ "การตระหนักรู้ในยามที่น้ำยังคงมีอยู่" โดยสะท้อนผ่านประเด็นหลัก 3 ส่วน:

- **การจัดแสดงประวัติศาสตร์และวิกฤตน้ำ:** ชี้ให้เห็นถึงความจำกัดของทรัพยากรน้ำจืดของโลก และผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลต่อความมั่นคงทางอาหาร
- **การเชื่อมโยงระบบเมืองและระบบเกษตร:** แสดงให้เห็นถึงวัฏจักรน้ำในเขตเมืองอู่ฮั่น (Wuhan Sponge City Model) ที่มีการบำบัดน้ำเสียและดักกรองน้ำฝนเพื่อนำกลับมาหมุนเวียนใช้ในพื้นที่สีเขียวและการเกษตรในเมือง
- **ห้องทดลองและสื่อการสอนปฏิสัมพันธ์ (Interactive Learning):** มีการใช้สื่อดิจิทัลและแบบจำลองเพื่อสอนให้ประชาชนและเกษตรกรเข้าใจถึงปริมาณน้ำที่ซ่อนอยู่ในการผลิตสินค้าแต่ละชนิด (Water Footprint)

2. นวัตกรรมและเทคโนโลยีประหยัดน้ำภาคการเกษตรที่น่าสนใจ (Agricultural Water-Saving Technologies)

จากการเจาะลึกในโซนเทคโนโลยีการเกษตรสีเขียว พิพิธภัณฑ์ได้นำเสนอแนวทางที่จีนนำมาใช้แก้ปัญหาการใช้น้ำสิ้นเปลืองในภาคย่อยต่าง ๆ ซึ่งสามารถถอดบทเรียนได้ดังนี้:

2.1 ระบบควบคุมการจ่ายน้ำอัจฉริยะ (Intelligent Micro-Irrigation & Sprinkler Systems)

- **ระบบน้ำหยดใต้ผิวดิน (Subsurface Drip Irrigation - SDI):** การฝังท่อปล่อยน้ำใต้ดินระดับรากพืชโดยตรง เทคโนโลยีนี้ช่วยลดการระเหยของน้ำสู่ชั้นบรรยากาศได้เกือบ 100% เหมาะสำหรับการปลูกพืชไร่และพืชสวนในพื้นที่ที่มีอัตราการระเหยสูง
- **หัวจ่ายน้ำอัจฉริยะระบบเซนเซอร์:** มีการจัดแสดงหัวสปริงเกลอร์ที่ทำงานร่วมกับเซนเซอร์ตรวจวัดความชื้นในดิน (Soil Moisture Sensors) ระบบจะจ่ายน้ำเฉพาะเมื่อความชื้นในดินต่ำกว่าค่าที่กำหนด และจะหยุดทำงานทันทีเมื่อพืชได้รับน้ำเพียงพอ ช่วยลดการสูญเสียน้ำเกินความจำเป็น

2.2 เทคโนโลยีการให้ปุ๋ยพร้อมน้ำระบบแม่นยำ (Precision Fertigation)

- พิพิธภัณฑ์จัดแสดงโมเดลการผสมปุ๋ยเคมีเหลวหรือปุ๋ยอินทรีย์น้ำเข้ากับระบบชลประทาน โดยควบคุมผ่านระบบคอมพิวเตอร์กลาง (Automated Nutrient Dosing System) ซึ่งคำนวณตามระยะการเจริญเติบโตของพืช วิธีนี้ช่วยลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมี ป้องกันไม่ให้ปุ๋ยส่วนเกินซึมลงสู่ชั้นน้ำบาดาล และช่วยลดการใช้น้ำในการละลายปุ๋ยแบบเดิม

2.3 การรีไซเคิลน้ำและการใช้แหล่งน้ำทางเลือก (Water Recycling & Alternative Sources)

- **ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเพื่อการเกษตร (Treated Wastewater Re-use):** แบบจำลองแสดงการนำน้ำทิ้งจากชุมชนที่ผ่านกระบวนการบำบัดทางชีวภาพ (เช่น การใช้พืชน้ำในบึงประดิษฐ์) จนได้มาตรฐานความปลอดภัย นำกลับมาใช้รดน้ำแปลงผักและพืชพลังงานรอบเมือง ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของเศรษฐกิจหมุนเวียนสีเขียว (Circular Green Economy)

3. การถอดบทเรียนสู่การเปลี่ยนผ่านสู่ "เศรษฐกิจสีเขียว" (Green Economy Transition)

นวัตกรรมที่จัดแสดงในพิพิธภัณฑ์ชี้ให้เห็นว่า การประหยัดน้ำในภาคการเกษตรไม่ใช่เพียงแค่การลดการใช้น้ำ แต่คือการยกระดับประสิทธิภาพการผลิต (Water Productivity) ด้วยแนวคิด:

- **More Crop per Drop:** การทำให้ค่าน้ำทุกหยดสร้างผลผลิตทางการเกษตรได้มูลค่าสูงที่สุด
- **ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก:** การลดการสูญเสียในนาข้าว (เช่น การขยับสู่ระบบเปียกสลับแห้ง) และการลดการใช้น้ำมันพลังงานฟอสซิล ช่วยลดการปล่อยก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ในภาคเกษตรได้อย่างมีนัยสำคัญ



11.3) ศึกษาตงาน ณ สถาบันวิทยาศาสตร์อุทกศาสตร์แห่งแม่น้ำแยงซี (Changjiang River Scientific Research Institute - CRSRI) ซึ่งเป็นสถาบันวิจัยระดับชาติที่อยู่ภายใต้คณะกรรมการทรัพยากรน้ำแม่น้ำแยงซี (CWRC) สถาบัน CRSRI ถือเป็นส่วนสำคัญของการวางรากฐานนวัตกรรมวิศวกรรมชลประทาน การอนุรักษ์ดินและน้ำ และการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ส่วนที่ 1: บทบาทของ CRSRI ต่อการเปลี่ยนผ่านสู่ "เศรษฐกิจสีเขียว" ในภาคเกษตรกรรม

CRSRI ทำหน้าที่ผสมผสานระหว่างวิทยาศาสตร์การจัดการน้ำดิบ (Water Resources) เข้ากับวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (Ecological Science) เพื่อตอบโจทย์เศรษฐกิจสีเขียว โดยในเวทีศึกษาดูงานได้เน้นย้ำถึง 3 พันธกิจหลักที่ส่งผลโดยตรงต่อพื้นที่เกษตรกรรมของจีน

- **การวิจัยและพัฒนาวิศวกรรมชลประทานคาร์บอนต่ำ:** มุ่งเน้นการออกแบบระบบกระจายน้ำในคลองส่งน้ำที่ลดการใช้พลังงาน และเพิ่มการไหลของน้ำตามแรงโน้มถ่วงร่วมกับการควบคุมแบบดิจิทัล
- **การอนุรักษ์ดินและน้ำในลุ่มน้ำเกษตรกรรม (Soil and Water Conservation):** วิจัยเกี่ยวกับการป้องกันการชะล้างพังทลายของหน้าดินในเขตพื้นที่เกษตรกรรมลาดชัน และการฟื้นฟูเสถียรภาพของตลิ่งทางน้ำชลประทานด้วยวิธีทางชีวภาพ (Bio-engineering)
- **การประเมินขีดความสามารถในการรองรับของระบบนิเวศน้ำ (Water Carrying Capacity):** คำนวณปริมาณน้ำสูงสุดที่ภาคเกษตรกรรมและภาคอุตสาหกรรมจะสามารถดึงไปใช้ได้ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อระดับน้ำขั้นต่ำที่ระบบนิเวศและสัตว์น้ำต้องการ

ส่วนที่ 2: นวัตกรรมและเทคโนโลยีเด่นที่ได้จากสถาบัน CRSRI

จากการเข้าชมห้องปฏิบัติการและแบบจำลองจำลองยุทธศาสตร์ของสถาบัน ข้าพเจ้าได้รวบรวมเทคโนโลยีสำคัญที่สามารถนำมาถอดบทเรียนประยุกต์ใช้ได้ ดังนี้

2.1 แบบจำลองทางกายภาพขนาดใหญ่ยักษ์ร่วมกับระบบดิจิทัล (Physical & Digital Hydraulic Models)

- CRSRI มีชื่อเสียงระดับโลกในด้านการสร้างแบบจำลองย่อย (Scale Models) ของโครงการจัดการน้ำขนาดใหญ่ เช่น เขื่อนสามผา (Three Gorges Project) และระบบผันน้ำจากใต้ไปเหนือ (South-to-North Water Diversion)
- **การประยุกต์ใช้ในภาคเกษตร:** สถาบันได้สาธิตการใช้แบบจำลองไฮดรอลิกในการคำนวณทิศทางการไหลของตะกอนดินที่มีประโยชน์ต่อการเกษตร เพื่อให้ตะกอนเหล่านั้นไหลเข้าสู่คลองชลประทานและกระจายตัวไปยังแปลงนาของเกษตรกรได้อย่างทั่วถึง แทนที่จะตกตะกอนสะสมจนทำให้คลองตื้นเขิน

2.2 ระบบเฝ้าระวังและประเมินภัยแล้งภาคเกษตรในระดับมหภาค (Remote Sensing for Agricultural Drought)

- สถาบันใช้เซ็นเซอร์ตรวจสอบระยะไกลผ่านดาวเทียม (Remote Sensing) และอากาศยานไร้คนขับ (UAV/Drones) ร่วมกับโมเดลประมวลผลคลาวด์ เพื่อตรวจวัด ดัชนีความเครียดน้ำของพืช (Crop Water Stress Index - CWSI) และความชื้นในดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแยงซีทั้งหมด
- เทคโนโลยีนี้ช่วยให้รัฐบาลสามารถคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งต่อพืชเศรษฐกิจ (เช่น ข้าวและชา) ได้ล่วงหน้าหลายสัปดาห์ และสั่งการระบายน้ำจากเขื่อนหลักเข้าสู่คลองส่งน้ำการเกษตรได้อย่างทันท่วงที ก่อนที่พืชผลจะเกิดความเสียหาย

2.3 เทคโนโลยีวัสดุศาสตร์สีเขียวเพื่อโครงสร้างพื้นฐานการเกษตร (Eco-friendly Materials)

- CRSRI ได้คิดค้นและพัฒนาวัสดุตลาดคลองชลประทานชนิดใหม่ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Porous Ecological Concrete) ซึ่งเป็นคอนกรีตที่มีรูพรุนยอมให้พืชน้ำเต้าโตและรากพืชยึดเกาะได้ คอนกรีตชนิดนี้ช่วยรักษาทัศนียภาพ เพิ่มการกรองสารเคมีเกษตรตกค้างในคลอง และยังคงความทนทานแข็งแรงในการป้องกันน้ำรั่วซึมได้ดีกว่าคอนกรีตแบบเดิม



11.4) ศึกษาดูงาน ณ ฐานวิจัยและทดลองทรัพยากรชีวภาพสิ่งมีชีวิตในน้ำสู่เชิงไท่ กระทรวงทรัพยากรน้ำ (Ministry of Water Resources Shuishengtai Aquatic Biological Resource Research and Experiment Base) ฐานวิจัยแห่งนี้ถือเป็นต้นแบบสำคัญระดับโลกในการศึกษา วิจัย และเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ รวมถึงขยายพันธุ์สิ่งมีชีวิตในน้ำ พืชน้ำ และสัตว์น้ำเศรษฐกิจ เพื่อใช้ในการฟื้นฟูระบบนิเวศและขับเคลื่อนระบบเกษตรกรรมสีเขียว ขอสรุปเนื้อหาและเทคโนโลยีเชิงลึกที่ได้จากการศึกษาดูงาน เพื่อนำมาปรับใช้เป็นแนวทางในงานส่งเสริมการเกษตรของไทย ดังนี้

ส่วนที่ 1: บทบาทของฐานวิจัยสู่เชิงไท่ ต่อการเปลี่ยนผ่านสู่ "เศรษฐกิจสีเขียว"

แนวคิดหลักของฐานวิจัยแห่งนี้คือการพิสูจน์ว่า "แหล่งน้ำที่สะอาดและระบบนิเวศที่สมบูรณ์ คือรากฐานของความมั่นคงทางอาหารและรายได้ที่ยั่งยืนของเกษตรกร" โดยมุ่งเน้นการปฏิรูปภาคการเกษตรและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (Aquaculture) จากรูปแบบเดิมที่ทำลายสิ่งแวดล้อม ให้กลายเป็นระบบที่เป็นมิตรต่อธรรมชาติผ่าน 3 พันธกิจเด่น:

- การอนุรักษ์พันธุกรรมสิ่งมีชีวิตในน้ำ (Aquatic Genetic Resources): รวบรวมและวิจัยสายพันธุ์พืชน้ำและสัตว์น้ำพื้นเมืองที่มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เพื่อนำมาใช้ในระบบเกษตรผสมผสาน
- การใช้ชีววิธีในการบำบัดน้ำภาคเกษตร (Phytoremediation): วิจัยศักยภาพของพืชน้ำเฉพาะถิ่นในการดูดซับสารเคมี ปุ๋ยส่วนเกิน (ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส) และโลหะหนักจากแปลงเกษตรก่อนไหลคืนสู่แหล่งน้ำสาธารณะ
- การเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจบนฐานความหลากหลายทางชีวภาพ: พัฒนาโมเดลการเกษตรที่สร้างรายได้ให้เกษตรกรควบคู่ไปกับการเพิ่มพื้นที่สีเขียวและการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

ส่วนที่ 2: นวัตกรรมและเทคโนโลยีเด่นที่ได้จากการศึกษาดูงาน (Technical Insights)

จากการเข้าชมห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ แพลงทดลองพืชน้ำ และบ่ออนุบาลระบบปิด คณะทำงานได้ถอดบทเรียนเทคโนโลยีสำคัญดังนี้

2.1 ระบบหมุนเวียนน้ำอัจฉริยะในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Recirculating Aquaculture Systems - RAS)

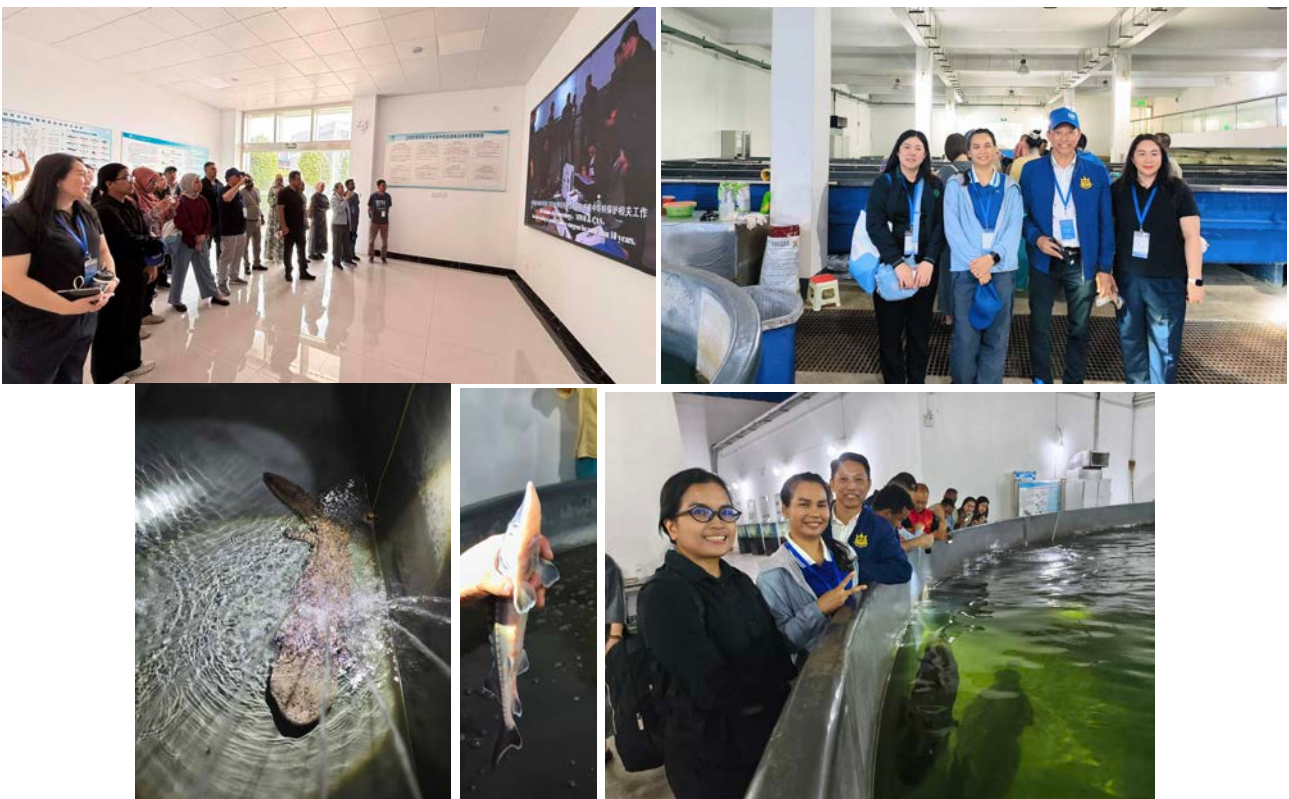
- ฐานวิจัยได้สาธิตระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่มีการควบคุมคุณภาพน้ำด้วยระบบดิจิทัลและเซนเซอร์ IoT น้ำจากบ่อเลี้ยงจะถูกส่งผ่านระบบกรองชีวภาพ (Biological Filters) ที่ใช้จุลินทรีย์และพืชน้ำในการบำบัด ทำให้น้ำสะอาดพอที่จะหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ได้ถึง 95%
- ระบบนี้ช่วยลดการดึงน้ำจากธรรมชาติ ลดการปล่อยน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์สูงออกสู่ภายนอก และลดความเสี่ยงในการเกิดโรคของสัตว์น้ำ ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy)

2.2 โมเดลการทำเกษตรและระบบนิเวศพึ่งพา (Ecological Engineering in Agriculture)

- การใช้พืชน้ำบำบัดและสร้างรายได้: มีการวิจัยสายพันธุ์พืชน้ำเศรษฐกิจ เช่น บัวสาย ผักน้ำ และพืชขายน้ำ ชนิดต่าง ๆ ที่มีประสิทธิภาพสูงในการดักจับตะกอนและดูดซับสารเคมีจากน้ำทิ้งภาคการเกษตร เกษตรกรสามารถปลูกพืชเหล่านี้ในทางระบายน้ำหรือรอบแปลงนา เพื่อกรองน้ำให้บริสุทธิ์ขึ้น และยังสามารถเก็บเกี่ยวพืชน้ำเหล่านี้ไปขายเป็นอาหาร ยารักษาโรค หรือวัตถุดิบสิ่งทอได้อีกด้วย
- การฟื้นฟูห่วงโซ่อาหารในแหล่งน้ำชลประทาน: ฐานวิจัยได้ทดลองปล่อยสัตว์หน้าดินและหอยพื้นเมืองบางชนิดลงในคลองส่งน้ำชลประทาน เพื่อช่วยกินเศษซากพืชและปรับปรุงคุณภาพน้ำทางชีวภาพ ช่วยลดปัญหาคลอโรฟิลล์ที่อันตรายจากสาหร่ายโตผิดปกติ (Algal Bloom) ที่เกิดจากปุ๋ยเคมีชะล้างลงน้ำ

2.3 เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงและขยายพันธุ์สัตว์น้ำเศรษฐกิจคาร์บอนต่ำ

- สถาบันประสบความสำเร็จในการคัดเลือกสายพันธุ์สัตว์น้ำที่เติบโตได้ดีในระบบนิเวศธรรมชาติที่มีการจัดการแบบอินทรีย์ โดยลดการพึ่งพาอาหารสำเร็จรูปสารเคมี และหันมาสร้างระบบอาหารธรรมชาติ (Natural Food Chain) ในแหล่งน้ำ ซึ่งช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตอาหารสัตว์และการขนส่ง



11.5) ศึกษาฐาน ณ หมู่บ้านเสี่ยวจววน (Xiao Zhu Wan)

ตั้งอยู่ในเขตเจียงเซีย (Jiangxia District) นครอู่ฮั่น มณฑลหูเป่ย์ ซึ่งเป็นหมู่บ้านต้นแบบระดับชาติที่ประสบความสำเร็จในการยกระดับจากชุมชนเกษตรกรรมดั้งเดิมสู่การเป็น "ชนบทที่สวยงาม" (Beautiful Countryside) ที่มีความสมดุลทั้งในด้านการจัดการทรัพยากรน้ำ สิ่งแวดล้อม และการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม ขอสรุปเนื้อหาเชิงลึกและกลยุทธ์สำคัญที่ได้จากการศึกษาฐาน ณ ชุมชนต้นแบบแห่งนี้ เพื่อนำมาปรับใช้เป็นแนวทางในงานส่งเสริมการเกษตรของไทย ดังมีสาระสำคัญดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1: อัตลักษณ์และบริบทของหมู่บ้านเสี่ยวจววน

เดิมทีเสี่ยวจววนเป็นเพียงหมู่บ้านเกษตรกรรมขนาดเล็กที่เผชิญปัญหาความทรุดโทรมและการย้ายถิ่นฐานของแรงงาน แต่รัฐบาลท้องถิ่นและชุมชนได้ร่วมกันปฏิรูปพื้นที่ภายใต้นโยบายฟื้นฟูชนบท (Rural Revitalization) โดยมีจุดเด่นคือ:

- **การอนุรักษ์สถาปัตยกรรมวัฒนธรรมจิงฉู่ (Jingchu Style):** หมู่บ้านได้ปรับปรุงภูมิทัศน์ อาคารบ้านเรือน และสิ่งปลูกสร้างทั้งหมดให้กลับมามีเอกลักษณ์ตามสไตล์จิงฉู่ดั้งเดิม (สถาปัตยกรรมโบราณแถบลุ่มแม่น้ำแยงซีและมณฑลหูเป่ย์) เน้นกำแพงอิฐสีเทา หลังคาทรงโค้งอ่อนช้อย ซึ่งสร้างมูลค่าเพิ่มทางวัฒนธรรมได้อย่างมหาศาล
- **การเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศชนเมือง:** ด้วยการวางผังเมืองที่ดีและอยู่ไม่ไกลจากใจกลางนครอู่ฮั่น เสี่ยวจววนจึงกลายเป็นจุดหมายปลายทางยอดนิยมสำหรับการท่องเที่ยวพักผ่อนในวันหยุด (Weekend Getaway) ที่ดึงดูดเม็ดเงินจากคนเมืองกลับสู่ชุมชนผ่านธุรกิจโฮมสเตย์ ร้านอาหารเกษตรอินทรีย์ และสตูดิโอศิลปะ

ส่วนที่ 2: การจัดการน้ำและสิ่งแวดล้อมสีเขียวภายในชุมชน (Eco-Water Management)

ในฐานะที่เสี่ยวจววนเป็นส่วนหนึ่งของโมเดลศึกษาดูงานระบบน้ำและเศรษฐกิจสีเขียว สิ่งชุมชนแห่งนี้ทำได้ดีย่อมคือการบูรณาการระบบน้ำเข้ากับวิถีชีวิตและการท่องเที่ยวอย่างแนบเนียน:

2.1 ระบบการจัดการน้ำเสียชุมชนด้วยวิธีธรรมชาติ (Eco-Wastewater Treatment)

- หมู่บ้านเสี่ยวจววนไม่มีท่อน้ำทิ้งปนเปื้อนที่ส่งกลิ่นเหม็น แต่ใช้ระบบท่อปิดส่งน้ำเสียจากโฮมสเตย์และครัวเรือนไปบำบัดยัง "ระบบบึงประดิษฐ์และพื้นที่ชุ่มน้ำขนาดเล็ก" (Constructed Wetlands) ภายในหมู่บ้าน โดยใช้พืชน้ำ เช่น บัวหลวง กก และธูปฤๅษี ในการกรองและบำบัดน้ำทางชีวภาพ ทำให้น้ำที่ไหลออกจากชุมชนมีความสะอาดและไม่ทำลายระบบนิเวศโดยรอบ

2.2 การกักเก็บน้ำและการปรับภูมิทัศน์ตามแนวคิด Sponge Village

- มีการขุดสระน้ำและสร้างช่องทางน้ำไหลเวียนทั่วหมู่บ้านเพื่อทำหน้าที่เป็นฟองน้ำคอยกักเก็บน้ำฝน ป้องกันปัญหาน้ำท่วมขัง และนำน้ำเหล่านั้นมาใช้ประโยชน์ในการรดน้ำแปลงผักสวนครัวอินทรีย์ของสมาชิกในชุมชน สระน้ำเหล่านี้ยังถูกออกแบบให้เป็นจุดนั่งพักผ่อน ถ่ายภาพ และเพิ่มความร่มเย็นให้กับนักท่องเที่ยว

2.3 การเกษตรที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อรองรับการท่องเที่ยว (Agri-Tourism Loop)

- เกษตรกรรอบหมู่บ้านได้รับการส่งเสริมให้ลดการใช้สารเคมีอย่างเด็ดขาด เพื่อป้องกันไม่ให้สารตกค้างซึมลงสู่ระบบน้ำของชุมชน และหันมาปลูกผัก ผลไม้ และชาอินทรีย์ เพื่อส่งตรงให้กับร้านอาหารและโฮมสเตย์ในหมู่บ้าน เกิดเป็นห่วงโซ่อุปทานสีเขียวสั้น ๆ (Short Green Supply Chain) ที่สร้างรายได้ให้เกษตรกรโดยตรงและสร้างความมั่นใจให้แก่นักท่องเที่ยว



11.6) ศึกษาดูงาน ณ บริษัท หูเป่ย์ ฟอর্বอน เทคโนโลยี (Hubei Forbon Technology Co., Ltd.)

ซึ่งเป็นผู้นำระดับโลกด้านเทคโนโลยีการบริการทางการเกษตร มาดูในมิติของการขับเคลื่อน

"เทคโนโลยีปุ๋ยอัจฉริยะและการเกษตรแม่นยำสูง" (Smart Fertilizer & Precision Agriculture) บริษัท Forbon Technology เป็นบริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์และเป็นผู้ให้บริการระดับโลกด้านการวิจัยและพัฒนาเคมีภัณฑ์เพื่อการเกษตร ปุ๋ยอัจฉริยะ (Smart Fertilizers) รวมถึงการบูรณาการเทคโนโลยี IoT เข้ากับระบบน้ำและการให้ปุ๋ย

ส่วนที่ 1: บทบาทของ Forbon ต่อการเปลี่ยนผ่านสู่ "เศรษฐกิจสีเขียว"

ในอดีต ภาคเกษตรกรรมมักประสบปัญหาการใช้ปุ๋ยและน้ำที่มากเกินไปจนเกิดความจำเป็น (Over-fertilization) ซึ่งก่อให้เกิดต้นทุนที่สูง ดินเสื่อมสภาพ และสารเคมีไหลลงสู่แหล่งน้ำจนทำลายระบบนิเวศ บริษัท Forbon ได้นำเสนอโซลูชันรูปแบบใหม่ภายใต้แนวคิด "Value-added Fertilizers & Digital Farming" เพื่อตอบโจทย์เศรษฐกิจสีเขียวอย่างยั่งยืน โดยมีเสาหลัก 3 ประการ:

- **การเพิ่มประสิทธิภาพและลดปริมาณ (Efficiency Enhancement):** พัฒนาปุ๋ยที่พืชสามารถดูดซึมได้ดีขึ้น เพื่อให้เกษตรกรสามารถลดปริมาณการใช้ปุ๋ยลงได้ แต่ได้ผลผลิตเท่าเดิมหรือมากกว่า
- **การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Eco-friendly Input):** ลดการสูญเสียของปุ๋ยจากการระเหยไปในอากาศ หรือการชะล้างไปกับน้ำชลประทาน
- **การขับเคลื่อนด้วยข้อมูลดิจิทัล (Data-driven Agriculture):** เปลี่ยนภาคเกษตรจากการเดาสุ่ม ไปสู่การตรวจวัดและคำนวณที่แม่นยำ

ส่วนที่ 2: นวัตกรรมและเทคโนโลยีเด่นที่ได้จากการศึกษาดูงาน (Technical Insights)

จากการเข้าชมศูนย์วิจัยนวัตกรรม โซนจัดแสดงเทคโนโลยี และห้องปฏิบัติการของ Forbon คณะทำงานได้รวบรวมเทคโนโลยีสำคัญที่น่าสนใจดังนี้

2.1 เทคโนโลยีปุ๋ยอัจฉริยะควบคุมการปลดปล่อย (Controlled-Release & Functional Fertilizers)

- **ปุ๋ยเคลือบสารชีวภาพ (Bio-coated Fertilizers):** Forbon มีชื่อเสียงอย่างมากในเทคโนโลยีการเคลือบผิวเม็ดปุ๋ย (Fertilizer Additives & Coatings) โดยพัฒนาสารเคลือบที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ช่วยควบคุมให้เม็ดปุ๋ยค่อย ๆ ละลายและปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาทีละน้อยตามความต้องการของพืชและสอดคล้องกับระดับความชื้นในดิน วิธีนี้ช่วยป้องกันปัญหาปุ๋ยละลายหมดไปอย่างรวดเร็วในระบบชลประทาน
- **ปุ๋ยละลายน้ำได้ดีเยี่ยมสำหรับระบบน้ำ (Water-soluble Fertilizers):** ออกแบบปุ๋ยสูตรเฉพาะที่มีอัตราการละลายน้ำ 100% โดยไม่มีตะกอนอุดตันในหัวจ่ายน้ำหยดหรือสปริงเกลอร์ เหมาะสมที่สุดสำหรับระบบการให้น้ำพร้อมปุ๋ย (Fertigation)

2.2 ระบบตรวจวิเคราะห์ดินแบบรู้ผลทันที (Real-time Soil Testing Technology)

- Forbon ได้พัฒนาอุปกรณ์และแพลตฟอร์มตรวจวิเคราะห์ธาตุอาหารในดินอัจฉริยะ ที่สามารถวิเคราะห์ค่า N, P, K, pH และอินทรียวัตถุในดินได้อย่างรวดเร็ว โดยเชื่อมต่อข้อมูลเข้ากับระบบคลาวด์ เพื่อให้ AI ประมวลผลและแนะนำสูตรปุ๋ยที่เหมาะสมกับพืชชนิดนั้น ๆ ในแปลงนั้นโดยเฉพาะ (Tailor-made Fertilizer Recommendation) ช่วยให้เกษตรกรไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยตามความเคยชินอีกต่อไป

2.3 แพลตฟอร์มการบริหารจัดการแปลงเกษตรดิจิทัล (Digital Farming Platform & IoT)

- สถาบันได้สาธิตการบูรณาการระบบตรวจวัดสภาพอากาศ เซนเซอร์ความชื้นในดิน และภาพถ่ายดาวเทียมเข้าไว้บนแดชบอร์ดเดียวกัน ระบบจะคำนวณว่าในวันดังกล่าว พืชต้องการน้ำในปริมาณเท่าใดและต้องการปุ๋ยเสริมหรือไม่ จากนั้นจะสั่งการไปยังระบบวาล์วน้ำอัจฉริยะให้จ่ายน้ำและปุ๋ยพร้อมกันโดยอัตโนมัติ ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตรกรรม

การใช้เทคโนโลยีสีเขียวเพื่อปกป้องและนำการพัฒนาอย่างยั่งยืนของอุตสาหกรรมเกษตรโลก โดยมุ่งเน้นการเป็นผู้เชี่ยวชาญระดับโลกในการลดต้นทุนและเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร (Global Agricultural Expert in Reducing Costs and Increasing Yields) ผ่านองค์ประกอบหลัก 6 ประการ

1. Digital Soil Testing การตรวจวิเคราะห์ดินดิจิทัล
2. Digital Water & Fertilizer ระบบน้ำและปุ๋ยดิจิทัล
3. Soil Improvement การปรับปรุงบำรุงดิน
4. Biological Nitrogen Fixation การตรึงไนโตรเจนด้วยวิธีชีวภาพ
5. Special Bio-fertilizers ปุ๋ยชีวภาพสูตรพิเศษ
6. Bio-pesticides สารชีวภัณฑ์กำจัดศัตรูพืช



3.3 ประโยชน์ที่ได้รับต่อหน่วยงานภายในสังกัดของกรมส่งเสริมการเกษตร

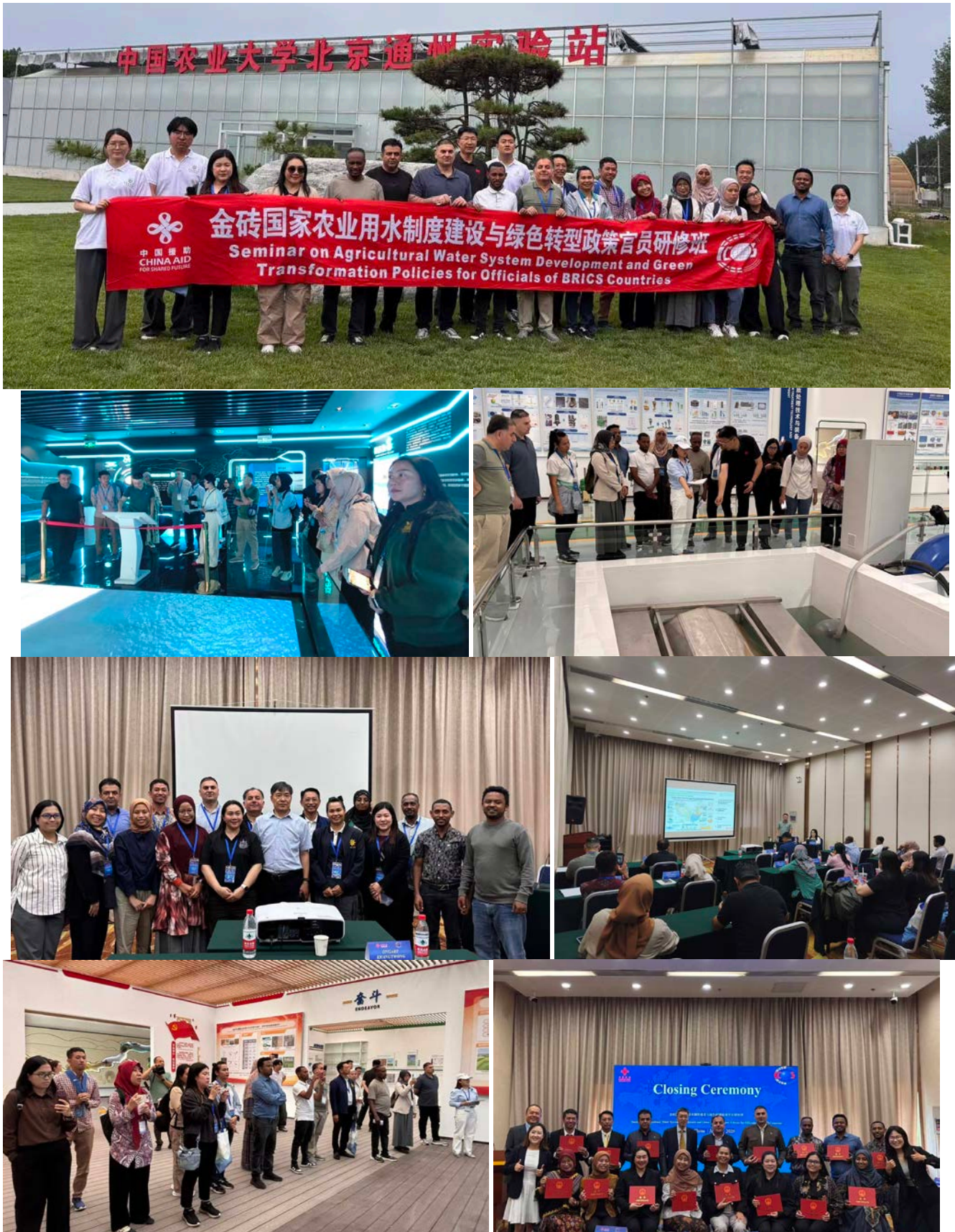
(โปรดระบุอย่างชัดเจน เข้าใจง่าย และนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้)

การส่งเสริมการเกษตรในรูปแบบการยกระดับเทคโนโลยีซึ่งสามารถประยุกต์นำโมเดลการบริหารจัดการระบบน้ำอัจฉริยะ (Smart Irrigation) และ ระบบน้ำอัจฉริยะแม่นยำสูง (Precision Irrigation) มาปรับใช้ในแปลงใหญ่เพื่อลดการใช้น้ำและพลังงานอย่างเป็นรูปธรรม พร้อมทั้งยังสามารถนำองค์ความรู้เรื่องเศรษฐกิจสีเขียว (Green Economy) ไปยกระดับหลักสูตรฝึกอบรมเกษตรกร เพื่อขับเคลื่อนภาคเกษตรไทยสู่ความยั่งยืนตามแนวทาง BCG Model นอกจากนี้ยังเป็นการสร้างโอกาสการประสานความร่วมมือและแลกเปลี่ยนนวัตกรรมทางการเกษตร เทคโนโลยีขั้นสูงร่วมกับกลุ่มประเทศสมาชิก BRICS ในอนาคต

ประมวลภาพประกอบการสัมมนา



ผลการสัมมนาการพัฒนากระบวนการเกษตรและการเปลี่ยนแปลงสู่เศรษฐกิจสีเขียว สำหรับเจ้าหน้าที่ของกลุ่มประเทศสมาชิก BRICS ณ สาธารณรัฐประชาชนจีน



ผลการสัมมนาการพัฒนากระบวนน้ำเพื่อการเกษตรและการเปลี่ยนแปลงสู่เศรษฐกิจสีเขียว สำหรับเจ้าหน้าที่ของกลุ่มประเทศสมาชิก BRICS ณ สาธารณรัฐประชาชนจีน

ส่วนที่ 4 ปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะ

4.1 ปัญหา/อุปสรรค

กรอบระยะเวลาในการสัมมนา มีระยะเวลาไม่มากพอ ทำให้ยังขาดสิ่งที่ต้องการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ เช่น ความรู้ด้านเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสีย หรือไม่ได้ไปหลายมณฑล

4.2 ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

ควรมีการขยายผลการใช้เทคโนโลยีระบบน้ำอัจฉริยะแม่นยำสูง (Smart Irrigation) ควบคู่กับการยกระดับหลักสูตรแปลงใหญ่สู่เศรษฐกิจสีเขียว (Green Economy) เพื่อลดต้นทุนและสร้างความยั่งยืนให้เกษตรกรไทยอย่างเป็นรูปธรรม

ส่วนที่ 5 จะนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานอย่างไรบ้าง

- 5.1 ส่งเสริมให้กลุ่มเกษตรกร (เช่น กลุ่มแปลงใหญ่ หรือ Young Smart Farmer) หันมาใช้ระบบน้ำหยดและสปริงเกลอร์ที่ควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติ เพื่อลดต้นทุน ยกย่องผลิต และบริหารจัดการน้ำในชุมชนให้มีประสิทธิภาพสูงสุด
- 5.2 ปรับปรุงหลักสูตรการฝึกอบรม โดยสอดแทรกแนวคิดเศรษฐกิจสีเขียว เช่น การทำนาข้าวขยายผล การจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งเพื่อลดก๊าซเรือนกระจก และการลดการใช้สารเคมีเพื่อมุ่งสู่มาตรฐานเกษตรยั่งยืน

(นางสาวธนวิฐ์ แก้วมณีนพโชติ)

นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรชำนาญการ

ส่วนที่ 6 ความคิดเห็นของผู้บังคับบัญชา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

ตำแหน่ง

ลงวันที่

ผู้ประสานงาน

ชื่อ-นามสกุล นางสาวธนวิฐ์ แก้วมณีนพโชติ

โทรศัพท์ (หน่วยงาน) 053700265

e-mail: (หน่วยงาน) chiangrai05pp@gmail.com

ส่วนที่ 4 ปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะ

4.1 ปัญหา/อุปสรรค

กรอบระยะเวลาในการสัมมนามีระยะเวลาไม่มากพอ ทำให้ยังขาดสิ่งที่ต้องการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ เช่น ความรู้ด้านเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสีย หรือไม่ได้ไปหลายมณฑล

4.2 ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

ควรมีการขยายผลการใช้เทคโนโลยีระบบน้ำอัจฉริยะแม่นยำสูง (Smart Irrigation) ควบคู่กับการยกระดับหลักสูตรแปลงใหญ่สู่เศรษฐกิจสีเขียว (Green Economy) เพื่อลดต้นทุนและสร้างความยั่งยืนให้เกษตรกรไทยอย่างเป็นรูปธรรม

ส่วนที่ 5 จะนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานอย่างไรบ้าง

5.1 ส่งเสริมให้กลุ่มเกษตรกร (เช่น กลุ่มแปลงใหญ่ หรือ Young Smart Farmer) หันมาใช้ระบบน้ำหยดและสปริงเกลอร์ที่ควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติ เพื่อลดต้นทุน ยกกระดับผลผลิต และบริหารจัดการน้ำในชุมชนให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

5.2 ปรับปรุงหลักสูตรการฝึกอบรม โดยสอดแทรกแนวคิดเศรษฐกิจสีเขียว เช่น การทำนาข้าวขายผล การจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งเพื่อลดก๊าซเรือนกระจก และการลดการใช้สารเคมีเพื่อบำรุงมาตรฐานเกษตรยั่งยืน

Stamp

(นางสาวธนวภีร์ แก้วมณีนพโชติ)

นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรชำนาญการ

ส่วนที่ 6 ความคิดเห็นของผู้บังคับบัญชา

Waktu awal / akhir diukur dari waktu berangkat sampai waktu selesai

ขั้นตอนที่ ๑ การนำข้อมูลไปใช้

ลงชื่อ.....
ตำแหน่ง..... (นางสาวศิริลักษณ์ กมล)
ลงวันที่..... เกษตรจังหวัดเชียงราย

ผู้ประสานงาน

ชื่อ-นามสกุล นางสาวธนวิษฐ์ แก้วมณีนพโชติ

โทรศัพท์ (หน่วยงาน) 053700265

e-mail: (ทนายงาน) chiangrai05pp@gmail.com

