



ฟิสิกส์ในงานเกษตรอัจฉริยะ

ผศ.เพ็ญขวัญ เครือภู

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

ฟิลิกส์ในงานเกษตรอัจฉริยะ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์เพ็ญขวัญ เครือภู

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ

National Library of Thailand Cataloging in Publication Data

เพียงขวัญ เครือภู.

ฟิสิกส์ในงานเกษตรอัจฉริยะ.-- ชลบุรี : สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก, 2567.
165 หน้า.

1. เทคโนโลยีการเกษตร. 2. ฟิสิกส์การเกษตร. I. ชื่อเรื่อง.

681.763

ISBN 978-616-8337-69-1

หนังสือเผยแพร่ ห้ามจำหน่าย

จัดทำโดย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

43 หมู่ 6 ตำบลบางพระ อำเภอศรีราชา

จังหวัดชลบุรี รหัสไปรษณีย์ 20110

ฟิสิกส์ในงานเกษตรอัจฉริยะ

คำนำ

ในยุคที่เทคโนโลยีและวิทยาศาสตร์ก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว การนำศาสตร์ต่างๆ มาประยุกต์ใช้ในทุกภาคส่วนของชีวิตประจำวันจึงเป็นสิ่งสำคัญ หนึ่งในนั้นคือการนำหลักการทางฟิสิกส์มาใช้ในการเกษตรกรรมที่เราเรียกว่า "เกษตรอัจฉริยะ" ซึ่งเป็นการผสมผสานระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อยกระดับการผลิตทางการเกษตรให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

หนังสือเล่มนี้จึงถูกจัดทำขึ้นเพื่อให้ผู้อ่านได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของฟิสิกส์ในงานเกษตรอัจฉริยะ ไม่ว่าจะเป็นการใช้เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นในการควบคุมสภาพแวดล้อมของพืช การใช้เครื่องมือทางการเกษตรที่พัฒนาขึ้นด้วยหลักการทางฟิสิกส์เพื่อเพิ่มผลผลิต หรือการใช้เทคโนโลยีทางฟิสิกส์ในการลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ ซึ่งทั้งหมดนี้ล้วนมีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนแปลงวิธีการทำการเกษตรในยุคใหม่

ผู้เขียนหวังว่าเนื้อหาภายในหนังสือเล่มนี้จะช่วยเสริมสร้างความเข้าใจการประยุกต์ใช้ฟิสิกส์ในงานเกษตรอัจฉริยะได้ดียิ่งขึ้น และสามารถนำความรู้ไปปรับใช้ในงานเกษตร เพื่อลดต้นทุน เพิ่มผลผลิต และสร้างความยั่งยืนให้กับอุตสาหกรรมเกษตรในอนาคต เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนางานเกษตรให้มีประสิทธิภาพและยั่งยืนยิ่งขึ้น

ผู้ช่วยศาสตราจารย์เพ็ญขวัญ เครือภู

8 ธันวาคม 2567

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำหนังสือเล่มนี้เป็นผลจากความร่วมมือของหลายฝ่ายที่ให้การสนับสนุนและช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนร่วมในกระบวนการทำงานทั้งในด้านการวิจัย การเขียนเนื้อหา และการให้คำแนะนำต่างๆ ซึ่งทำให้หนังสือเล่มนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณคณาจารย์และผู้เชี่ยวชาญในสาขาฟิสิกส์และเกษตรศาสตร์ที่ให้ความรู้และคำแนะนำอันมีคุณค่า ตลอดจนทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในการรวบรวมข้อมูลและจัดทำเนื้อหาของหนังสือเล่มนี้

ขอขอบคุณครอบครัวและเพื่อนร่วมงานทุกท่านที่ให้กำลังใจและสนับสนุนในทุกๆ ด้าน รวมทั้งผู้ที่ให้คำแนะนำในระหว่างการทำงานจนสามารถนำเสนอเนื้อหาที่มีประโยชน์และตรงตามวัตถุประสงค์ของการจัดทำหนังสือเล่มนี้

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณผู้อ่านทุกท่านที่ให้ความสนใจและสนับสนุนการจัดทำหนังสือเล่มนี้ ซึ่งหวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเล่มนี้จะเป็นประโยชน์และสร้างแรงบันดาลใจในการนำฟิสิกส์ไปประยุกต์ใช้ในงานเกษตรอัจฉริยะ เพื่อการพัฒนางานเกษตรให้ยั่งยืนและมีประสิทธิภาพในอนาคต

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ

1.1	ฟิสิกส์และวิวัฒนาการของฟิสิกส์	1
1.2	การเกษตรและวิวัฒนาการทางการเกษตร	4
1.3	ความสำคัญของฟิสิกส์ต่อการเกษตร	6
1.4	เกษตรอัจฉริยะ	15
	สรุป	20
	เอกสารอ้างอิง	21

บทที่ 2 เซนเซอร์และเทคโนโลยีการวัดในเกษตรกรรม

2.1	เทคโนโลยีการวัด	24
2.1.1	การวัดและหน่วยวัด	25
2.1.2	การเลือกใช้เครื่องมือวัดที่เหมาะสม	29
2.1.3	มาตรฐานและการสอบเทียบเครื่องมือวัด	32
2.1.4	การแปลงหน่วยวัด	34
2.2	ประเภทของเซนเซอร์ที่ใช้ในเกษตรกรรม	36
2.2.1	เซนเซอร์ดิน	36
2.2.2	เซนเซอร์สิ่งแวดล้อม	36
2.2.3	เซนเซอร์แสง	37
2.3	ฟิสิกส์ของเซนเซอร์	38
2.3.1	หลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับเซนเซอร์	39
2.3.2	การประยุกต์ใช้เซนเซอร์ในงานเกษตรอัจฉริยะ	45
2.4	การตรวจวัดระยะไกลสำหรับการเฝ้าติดตามพืชและสัตว์	52
2.4.1	การประยุกต์ใช้ฟิสิกส์ในการตรวจวัดสภาพพืชและสัตว์	53
2.4.2	การเฝ้าติดตามสภาพแวดล้อม	54
	สรุป	56
	เอกสารอ้างอิง	57

บทที่ 3 ระบบอัตโนมัติและหุ่นยนต์ในงานเกษตรอัจฉริยะ

3.1	บทบาทของฟิสิกส์ในหุ่นยนต์การเกษตร	60
3.1.1	การพัฒนาเครื่องจักรกลการเกษตร	60
3.1.2	การควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์การเกษตร	64
3.1.3	ระบบเซนเซอร์และการรับรู้สภาพแวดล้อม	66
3.1.4	การประมวลผลข้อมูลและการตัดสินใจอัตโนมัติ	67

3.1.5	ตัวอย่างนวัตกรรมระบบอัตโนมัติและหุ่นยนต์ทางการเกษตร	69
3.2	ฟิสิกส์ของเทคโนโลยีโดรนในเกษตรกรรม	74
3.2.1	ฟิสิกส์ของการบินและอากาศพลศาสตร์	74
3.2.2	ฟิสิกส์ของพลังงานและการใช้พลังงาน	76
3.2.3	ฟิสิกส์ของเซนเซอร์และการเก็บข้อมูล	77
3.2.4	ฟิสิกส์ของการควบคุมและการสื่อสาร	78
3.3	เซนเซอร์และการรวมข้อมูลในระบบหุ่นยนต์	79
3.3.1	บทบาทของเซนเซอร์ในระบบหุ่นยนต์	79
3.3.2	การรวมข้อมูล	80
3.3.3	ฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับเซนเซอร์และการรวมข้อมูล	80
	สรุป	81
	เอกสารอ้างอิง	82

บทที่ 4 ระบบชลประทานและการจัดการน้ำ

4.1	พลศาสตร์ของของไหลในระบบชลประทาน	85
4.1.1	การไหลในท่อและคลอง	86
4.1.2	การกระจายน้ำในพื้นที่เกษตร	87
4.1.3	การสูญเสียพลังงานในระบบชลประทาน	89
4.2	ระบบชลประทานอัจฉริยะและการอนุรักษ์น้ำ	89
4.2.1	แนวคิดของระบบชลประทานอัจฉริยะ	89
4.2.2	การควบคุมการกระจายน้ำอัตโนมัติ	90
4.2.3	การอนุรักษ์น้ำและการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในระบบชลประทาน	90
4.2.4	กรณีศึกษาระบบชลประทานอัจฉริยะในประเทศไทย	92
4.3	การพัฒนาและนวัตกรรมในระบบชลประทาน	96
4.3.1	งานวิจัยด้านฟิสิกส์ที่ช่วยพัฒนาระบบชลประทาน	97
4.3.2	เทคโนโลยีใหม่ในการจัดการน้ำและการอนุรักษ์น้ำ	99
4.3.3	แนวทางการใช้พลังงานทดแทนในการพัฒนาระบบชลประทานในอนาคต	100
	สรุป	103
	เอกสารอ้างอิง	104

บทที่ 5 แบบจำลองสภาพภูมิอากาศและพยากรณ์อากาศสำหรับการเกษตร

5.1	ฟิสิกส์ของสภาพภูมิอากาศ	107
5.1.1	การถ่ายโอนพลังงานจากดวงอาทิตย์	108
5.1.2	การหมุนเวียนของบรรยากาศ	110
5.1.3	การระเหยของน้ำและการเกิดฝน	112

5.1.4	การเคลื่อนที่ของมวลอากาศและการเกิดพายุ	113
5.1.5	การจำลองสภาพภูมิอากาศ และ การพยากรณ์อากาศ	114
5.2	การตรวจจับระยะไกลสำหรับการพยากรณ์อากาศ	118
5.2.1	การใช้การตรวจจับระยะไกลในการพยากรณ์อากาศ	119
5.2.2	เทคโนโลยีในการตรวจจับระยะไกล	121
5.2.3	ความสำคัญของการตรวจจับระยะไกลในภาคเกษตรกรรม	123
5.3	การควบคุมสภาพอากาศในโรงงานผลิตพืช (Plant Factory)	125
5.3.1	ปัจจัยทางกายภาพที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช	126
5.3.2	เทคโนโลยีในการควบคุมสภาพอากาศในโรงงานผลิตพืช	128
5.3.3	โรงงานผลิตพืชในประเทศไทย	131
	สรุป	135
	เอกสารอ้างอิง	136
	บรรณานุกรม	139
	ภาคผนวก	151
	ดัชนี	152
	ประวัติผู้เขียน	157

1

บทนำ

ฟิสิกส์เป็นศาสตร์ที่ศึกษากฎเกณฑ์ของธรรมชาติที่กำหนดการเคลื่อนไหวและการเปลี่ยนแปลงของสสารและพลังงาน การศึกษาและทำความเข้าใจฟิสิกส์ช่วยให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันและพัฒนาเทคโนโลยีที่ส่งผลต่อการดำรงชีวิตอย่างมาก ในขณะเดียวกัน การเกษตรซึ่งเป็นกิจกรรมหลักในการผลิตอาหารและทรัพยากรธรรมชาติสำหรับมนุษย์ก็มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อเพิ่มผลผลิตและประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ ได้อย่างคุ้มค่า

ในบทแรกของหนังสือ "ฟิสิกส์ในงานเกษตรอัจฉริยะ" จะได้กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างฟิสิกส์และการเกษตร โดยเริ่มจากการทำความเข้าใจฟิสิกส์และวิวัฒนาการของฟิสิกส์ ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงในแนวทางการเกษตรที่เกิดขึ้นในช่วงที่ผ่านมา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในยุคที่เทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการปรับปรุงกระบวนการต่าง ๆ การใช้ฟิสิกส์ในการเกษตรจะช่วยให้การเพาะปลูกและการเลี้ยงสัตว์มีประสิทธิภาพมากขึ้น รวมถึงมีส่วนในการพัฒนาการเกษตรสมัยใหม่ที่มีความยั่งยืนและเหมาะสมกับความต้องการของสังคมยุคดิจิทัล นอกจากนี้ยังได้นำเสนอแนวคิดและวิธีการของ "เกษตรอัจฉริยะ" ที่อาศัยเทคโนโลยีขั้นสูง เช่น การใช้เซนเซอร์ ระบบอัตโนมัติ และการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อเพิ่มผลผลิตและลดความสูญเสียในกระบวนการผลิตทางการเกษตร โดยจะชี้ให้เห็นว่า ฟิสิกส์สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาการเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืนในอนาคตได้อย่างไร

1.1 ฟิสิกส์และวิวัฒนาการของฟิสิกส์

ฟิสิกส์ (Physics) มีรากศัพท์มาจากภาษากรีก แปลว่า ธรรมชาติ เป็นวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพว่าด้วยการศึกษาเกี่ยวกับธรรมชาติและการทำงานของสสารและพลังงาน เป็นความรู้พื้นฐานที่นำไปใช้ในการพัฒนาเทคโนโลยี เครื่องมือ และ เครื่องใช้ต่าง ๆ เพื่ออำนวยความสะดวกแก่มนุษย์ ตัวอย่างเช่น การนำความรู้พื้นฐานด้านกลศาสตร์ ไปใช้ในการพัฒนาเครื่องจักรกลต่าง ๆ เช่น คาน รอก ล้อและเพลา ระบบไฮดรอลิกและนิวเดอมิก เป็นต้น หรือการนำความรู้พื้นฐานทางด้านแม่เหล็กไฟฟ้า ไปใช้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ เช่น โทรศัพท์ คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์มือถือ อุปกรณ์วัดและควบคุมต่าง ๆ เป็นต้น และการนำความรู้ทางอุณหพลศาสตร์ ไปใช้ในการพัฒนาเครื่องจักรกลและยานพาหนะ ระบบทำความร้อนและความเย็น เป็นต้น

ในยุคแรกนักฟิสิกส์ศึกษาธรรมชาติโดยเน้นที่การค้นคว้าหากฎเกณฑ์และทฤษฎีเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ หรือ วัตถุที่มีขนาดใหญ่ผ่านการสังเกตและจดบันทึก จนกระทั่งมีการพัฒนาเครื่องมือและอุปกรณ์ในการวัดค่าต่าง ๆ จึงได้พัฒนาไปสู่การทดลอง

ปัจจุบันเรียกวิชาฟิสิกส์ที่ศึกษากันในยุคนี้ว่า ฟิสิกส์ยุคเก่า (Classical Physics) โดยทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานสำคัญในยุคนี้มี 3 ทฤษฎี ได้แก่

1) ทฤษฎีกลศาสตร์แบบนิวตัน (Newtonian Mechanics) ที่อธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุและแรงที่กระทำต่อวัตถุ โดยมีพื้นฐานจากกฎสามข้อของนิวตันที่ช่วยให้เข้าใจการเคลื่อนที่ เช่น การเคลื่อนที่ของวัตถุที่ไม่ถูกแรงกระทำจะอยู่นิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ (กฎข้อที่ 1) หรือการเคลื่อนที่ของวัตถุจะเปลี่ยนแปลงตามแรงที่กระทำ (กฎข้อที่ 2) นอกจากนี้ยังมีหลักการที่กล่าวว่า ทุกแรงที่กระทำต่อวัตถุ จะมีแรงเท่ากันและทิศทางตรงข้ามที่ถูกกระทำโดยวัตถุ (กฎข้อที่ 3) ซึ่งทฤษฎีนี้ใช้ในการอธิบายการเคลื่อนที่ในชีวิตประจำวันและสถานการณ์ที่ไม่เกี่ยวข้องกับความเร็วสูงหรือแรงโน้มถ่วงที่รุนแรง

2) ทฤษฎีแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetism) อธิบายการกระทำของแรงแม่เหล็กและไฟฟ้า ซึ่งเกี่ยวข้องกับประจุไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก โดยการศึกษาปรากฏการณ์ต่าง ๆ เช่น การกระทำของประจุไฟฟ้าในสภาวะที่ไม่เคลื่อนที่ (ไฟฟ้า) และการเกิดสนามแม่เหล็กจากการเคลื่อนที่ของประจุ (แม่เหล็ก) ทฤษฎีนี้ได้รับการพัฒนาโดยเจมส์ คลาร์ก แมกซ์เวลล์ ซึ่งสร้างสมการแมกซ์เวลล์ที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างไฟฟ้าและแม่เหล็ก โดยเปิดเผยการกระจายของสนามไฟฟ้าและแม่เหล็ก รวมถึงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในการเข้าใจการทำงานของเทคโนโลยีเช่น โทรคมนาคมและการกระจายคลื่น

3) ทฤษฎีอุณหพลศาสตร์ (Thermodynamics) ที่ศึกษาการแปลงพลังงานและความร้อนในระบบ โดยมีกฎที่สำคัญ ได้แก่ กฎของการอนุรักษ์พลังงาน (กฎข้อที่ 1) ซึ่งกล่าวว่า พลังงานไม่สามารถสร้างขึ้นหรือทำลายได้ แต่สามารถเปลี่ยนรูปแบบได้ เช่น ความร้อนอาจแปลงเป็นพลังงานกล ในขณะเดียวกัน กฎข้อที่ 2 ระบุว่า ความยุ่งเหยิง (เอนโทรปี) ของระบบจะเพิ่มขึ้นหรือคงที่ในทุกกระบวนการทางธรรมชาติ และกฎข้อที่ 3 ระบุว่า เมื่ออุณหภูมิของระบบเข้าใกล้ศูนย์สัมบูรณ์ เอนโทรปีจะเข้าใกล้ค่าต่ำสุด ทฤษฎีนี้ใช้ในการอธิบายการทำงานของเครื่องจักร การผลิตพลังงาน และกระบวนการทางธรรมชาติที่เกี่ยวข้องกับพลังงาน

เมื่อเครื่องมือต่าง ๆ ได้รับการพัฒนาจนกระทั่งมีความละเอียดและแม่นยำมากขึ้นจึงได้เริ่มศึกษาวัตถุที่มีขนาดเล็กลงเรื่อย ๆ เช่น โมเลกุล อะตอม และอนุภาค ทำให้พบว่าทฤษฎีฟิสิกส์ยุคเก่าไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในวัตถุขนาดเล็กได้เพียงพอ จึงเกิดการค้นพบทฤษฎีที่สำคัญ คือ ฟิสิกส์ควอนตัม (Quantum physics) และ ทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ (Special Theory of Relativity) โดยที่ฟิสิกส์ควอนตัมเป็นสาขาของฟิสิกส์ที่ศึกษาพฤติกรรมของสสารและพลังงานในระดับที่เล็กมาก เช่น อะตอมและอนุภาคย่อย ฟิสิกส์ควอนตัมกล่าวว่าในระดับจุลภาค สสารไม่ได้เคลื่อนที่ตามกฎที่เคยเข้าใจกันทั่วไป แต่มันจะมีลักษณะเป็นทั้งคลื่นและอนุภาคในเวลาเดียวกัน และสามารถอยู่ในหลายสถานะพร้อมกันจนกว่าจะมีการวัด ซึ่งเรียกว่า "ซูเปอร์โพสิชัน" ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดคือ การที่อิเล็กตรอนในอะตอมสามารถอยู่ในหลายวงโคจรพร้อมกันจนเมื่อมีการสังเกตจึงเลือกวงโคจรเพียงวงเดียว ฟิสิกส์ควอนตัมยังมีแนวคิดเกี่ยวกับ "ความไม่แน่นอน" ซึ่งหมายความว่าไม่สามารถรู้ตำแหน่งและความเร็วของอนุภาคได้พร้อมกันอย่างแม่นยำ ในขณะที่ทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษที่พัฒนาโดยอัลเบิร์ต ไอน์สไตน์ ยังอธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงของเวลาและพื้นที่เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วใกล้เคียงกับความเร็วแสง โดยหลักการสำคัญของทฤษฎีนี้คือ กฎของฟิสิกส์จะต้องเหมือนกันสำหรับผู้สังเกตที่เคลื่อนที่ในอัตราเร่งคงที่ และความเร็วแสงในทุกกรอบอ้างอิงจะคงที่เสมอไม่ว่าจะมองจากมุมมองใดก็ตาม ซึ่งนั่นส่งผลให้เวลาและความยาวเกิดการบิดเบือนเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง เช่น เวลาจะช้าลงและความยาวจะหดตัวเมื่อเคลื่อนที่ใกล้ความเร็วแสง การค้นพบนี้มีผลกระทบ

อย่างมากต่อความเข้าใจในจักรวาลและการพัฒนาเทคโนโลยีต่าง ๆ เช่น คอมพิวเตอร์ควอนตัม เทคโนโลยีเลเซอร์ การใช้ GPS หรือเทคโนโลยีการถ่ายภาพทางอวกาศ เป็นต้น ซึ่งทฤษฎีใหม่ที่ค้นพบภายหลังนี้เป็นหลักการพื้นฐานของฟิสิกส์ในยุคปัจจุบันที่เรียกว่า ฟิสิกส์ยุคใหม่ (Modern Physics)

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างทฤษฎีฟิสิกส์ยุคเก่า และ ทฤษฎีฟิสิกส์ยุคใหม่ จะไม่ถือว่าทฤษฎีฟิสิกส์ยุคเก่ามีความถูกต้องน้อยกว่า แต่จะถือว่าทฤษฎีฟิสิกส์ยุคเก่ามีความถูกต้องหากการประมาณนั้นมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ทำการวัดได้อย่างละเอียด ในปัจจุบันจึงไม่ได้มีการแบ่งวิชาฟิสิกส์ออกเป็นฟิสิกส์ยุคเก่าหรือฟิสิกส์ยุคใหม่ แต่มองวิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับสสารในแง่ที่สัมพันธ์กับพลังงานนั่นเอง โดยนักฟิสิกส์ศึกษาตั้งแต่สิ่งที่มีขนาดเล็กมาก เช่น อะตอม ไปจนถึงสิ่งที่มีขนาดใหญ่มหึมาหศาล เช่น จักรวาล เป็นต้น งานวิจัยทางฟิสิกส์ถูกแบ่งเป็นสาขาย่อย ๆ หลายสาขา เช่น ฟิสิกส์พื้นฐาน ฟิสิกส์ประยุกต์ ฟิสิกส์ดาราศาสตร์ ฟิสิกส์ของอะตอมและโมเลกุล ฟิสิกส์อนุภาค ฟิสิกส์ของสสารควบแน่น ทัศนศาสตร์ฟิสิกส์ เป็นต้น

วิชาฟิสิกส์ยังมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับวิชาอื่น ๆ มากมาย เช่น วิชาเคมี ใช้ทฤษฎีทางฟิสิกส์ในการอธิบายการประกอบกันขึ้นเป็นโมเลกุลของสสาร การเปลี่ยนสถานะจากการดูดหรือคายพลังงานในระหว่างการทำปฏิกิริยา เป็นต้น ส่วนในวิชาชีววิทยา ใช้ทฤษฎีทางฟิสิกส์อธิบายกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต เช่น การสังเคราะห์แสงและการคายน้ำของพืช การทำงานของระบบประสาทของสัตว์ อิทธิพลของความร้อน ความชื้น ความดัน และ รังสีต่อสิ่งมีชีวิต เป็นต้น ในทางวิทยาศาสตร์ประยุกต์และเทคโนโลยี วิชาฟิสิกส์ก็มีบทบาทในการสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์และวิทยาการใหม่ ๆ เช่น นักธรณีวิทยาใช้ทฤษฎีฟิสิกส์ศึกษาแหล่งแร่ และส่วนประกอบโครงสร้างชั้นหินภายในของโลก รวมถึงภูมิประเทศและทรัพยากรธรรมชาติ ในขณะที่แพทย์ใช้เครื่องมือในการตรวจวินิจฉัยและการรักษาที่สร้างมาจากทฤษฎีทางฟิสิกส์ เช่น เครื่องฟังเสียงอวัยวะภายใน (Stethoscope) เครื่องตรวจวัดสัญญาณชีพ เครื่องมือผ่าตัดด้วยเลเซอร์ เครื่องเอกซเรย์หรือการถ่ายภาพทางการแพทย์ และการใช้รังสีบำบัด ส่วนวิศวกรใช้ทฤษฎีฟิสิกส์เป็นพื้นฐานในการคำนวณความแข็งแรงของโครงสร้าง เครื่องจักรกล และอุปกรณ์ไฟฟ้า เพื่อประโยชน์ในด้านการออกแบบ สร้าง และปรับปรุงเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวัน เป็นต้น

นอกจากนี้วิชาฟิสิกส์ยังมีประโยชน์ทางอ้อมต่อวิทยาการต่าง ๆ อีกมากมาย ตัวอย่างเช่น นักโบราณคดี ใช้ทฤษฎีทางฟิสิกส์ทำนายอายุขัยของวัตถุโบราณ จิตรกร ใช้สีหรือวัสดุในการเขียนภาพซึ่งปรับปรุงมาจากทฤษฎีทางฟิสิกส์ นักกีฬาเพิ่มสมรรถนะของร่างกายผ่านอุปกรณ์ที่สวมใส่หรืออุปกรณ์ที่ช่วยในการฝึกฝนร่างกายที่อาศัยหลักการทางฟิสิกส์ นักปรับปรุงพันธุ์พืชมีการใช้รังสีต่าง ๆ ในการปรับปรุงพันธุ์พืชให้มีความทนทานต่อโรคหรือเพิ่มผลผลิตต่อไร่ ชาวประมงใช้เครื่องมือโซนาร์ในการเดินเรือและหาฝูงปลาในทะเล เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม ใช้เครื่องรีดนมซึ่งพัฒนามาจากทฤษฎีในทางฟิสิกส์ เป็นต้น

จากตัวอย่างที่กล่าวมาจะเห็นว่าทฤษฎีทางฟิสิกส์มีบทบาทเกี่ยวข้องในหลาย ๆ เรื่อง เนื่องจากเป็นพื้นฐานของการพัฒนาเครื่องมือ เครื่องใช้ ที่ช่วยอำนวยความสะดวกทั้งต่อชีวิตประจำวันหรือการประกอบอาชีพ ซึ่งในหัวข้อต่อไปจะกล่าวถึงนิยามและความเป็นมาของการเกษตร เพื่อปูพื้นความเข้าใจไปสู่ความสำคัญของฟิสิกส์ต่อการเกษตรต่อไป

1.2 การเกษตรและวิวัฒนาการทางการเกษตร

การเกษตร (Agriculture) มาจากภาษาละติน 2 คำ คือ agri หมายถึงทุ่งกว้าง และ cultivation หมายถึงการเพาะปลูก/เขตกรรม การเกษตรจึงมีความหมายถึง การปลูกพืช (Domesticated Plant) และการเลี้ยงสัตว์ (Domesticated Animal) เพื่อใช้ในการดำรงชีวิต โดยมนุษย์มีบทบาทสำคัญในการดำเนินกิจกรรม มนุษย์มีการทำเกษตรเพื่อยังชีพ และสร้างรายได้ เพราะนอกจากจะเป็นแหล่งอาหารแล้ว การทำเกษตรยังให้ผลผลิตที่สามารถนำไปสร้างเป็นที่ยู่ออาศัย ยารักษาโรค รวมถึงผลิตเป็นเครื่องนุ่งห่มอีกด้วย

เมื่อกล่าวถึงการปลูกพืช พืชที่ปลูกในแต่ละพื้นที่จะขึ้นอยู่กับทรัพยากรและข้อจำกัดทางภูมิศาสตร์และภูมิอากาศ โดยสามารถแบ่งการปลูกพืชออกได้เป็น 3 ประเภทย่อย ได้แก่ พืชไร่ (Agronomy) เช่น ธัญพืช พืชตระกูลถั่ว พืชอาหารสัตว์ พืชเส้นใย พืชใช้รากเป็นประโยชน์ พืชใช้หัวเป็นประโยชน์ พืชให้น้ำตาล พืชให้น้ำมัน พืชให้น้ำยาง เป็นต้น พืชสวน (Horticulture) เช่น พืชผัก พืชกินผล ไม้ดอกไม้ประดับ เป็นต้น และ ป่าไม้ (Forest) เช่น ป่าเบญจพรรณ ป่าแดง ป่าดิบชื้น ป่าสน ป่าโกงกาง ป่าพรุ เป็นต้น

ส่วนการเลี้ยงสัตว์นั้นนอกจากจะเพื่อเป็นอาหารแล้ว สัตว์หลายชนิดยังถูกใช้เพื่อช่วยในการเพาะปลูกพืช การเก็บเกี่ยว และการควบคุมสัตว์อื่น รวมถึงใช้ในการขนส่งสินค้าเกษตร ซึ่งแบ่งประเภทของสัตว์ที่เลี้ยงในการเกษตรออกได้เป็นหลายประเภท ได้แก่ สัตว์ใหญ่ สัตว์เล็ก สัตว์ปีก สัตว์น้ำ และ สัตว์อื่น ๆ การทำฟาร์มปศุสัตว์ หมายถึง การประกอบอาชีพเลี้ยงสัตว์บนบก โดยขึ้นอยู่กับความต้องการและสภาพพื้นที่ มีทั้งการทำฟาร์มโคนม การทำฟาร์มหมู การทำฟาร์มสัตว์ปีก การทำฟาร์มแกะ เป็นต้น ในขณะที่การทำประมงมีความหมายรวมถึงทั้งการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและการจับสัตว์น้ำ

นอกจากนี้อาจแบ่งการทำการเกษตรออกเป็น 3 ประเภทตามวัตถุประสงค์ ได้แก่ เกษตรพื้นบ้าน (Traditional Agriculture) หรือ การทำเกษตรเพื่อยังชีพ เป็นการทำการเกษตรโดยใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่น เน้นเพื่อยังชีพ ใช้บริโภคในครัวเรือน ซื้อมาขายไป เกษตรสมัยใหม่ (Modern Agriculture) หรือ การทำการเกษตรเพื่อเงินสด หรือ ยุคการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีการใช้เทคโนโลยีเพื่อพัฒนาและปรับปรุงการทำงาน เน้นสร้างรายได้เพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นและเพื่อคุณค่าทางเศรษฐกิจ และ เกษตรยั่งยืน (Sustainable Agriculture) หรือ การทำการเกษตรเพื่อสภาพแวดล้อม มีการประยุกต์ใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นและเทคโนโลยีเพื่อทำการเกษตรและรักษาสภาพแวดล้อมไปด้วยกัน ลดความเสียหายจากภัยธรรมชาติและสร้างสมดุลของระบบนิเวศ

เมื่อกล่าวถึงวิวัฒนาการและการปฏิวัติทางการเกษตร สามารถแบ่งออกได้เป็น 8 ยุค ดังนี้

1) การเกษตรในยุคก่อนประวัติศาสตร์ (Prehistoric Agriculture) ในยุคแรกนั้น มนุษย์หากินด้วยการล่าสัตว์และเก็บสะสมอาหารที่หาได้ในป่า

2) การเกษตรในยุควิทยาศาสตร์ (Scientific Agriculture) เนื่องจากประชากรเพิ่มมากขึ้น จึงเริ่มมีการเพาะปลูกจากเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรวบรวมและสะสมไว้ และเริ่มมีการเลี้ยงสัตว์ นอกจากนี้ยังมีการขยายพื้นที่เพาะปลูกเพิ่มมากขึ้นเพื่อให้เพียงพอต่อการดำรงชีวิต และเริ่มมีการใช้วิทยาศาสตร์มาประยุกต์เพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร โดยการเพาะปลูกพืชแบบหมุนเวียน (Crop Rotation) และมีการพัฒนาเทคโนโลยีต่าง ๆ เพิ่มมากขึ้น เช่น กังหันน้ำ ระบบชลประทาน และการเพาะปลูกพืชในฤดูแล้ง เป็นต้น

3) การเกษตรในยุคล่าอาณานิคม (Colonial Agriculture) เพื่อความมั่นคงทางอาหาร ประเทศมหาอำนาจเริ่มออกเดินทางเพื่อล่าอาณานิคม โดยใช้กองทัพเรือเข้าโจมตีประเทศด้อยพัฒนา

4) การเกษตรในยุคปรับปรุงพันธุ์พืชและสัตว์ (Breeding of Plant & Animal) เริ่มมีการปรับปรุงพันธุ์พืชและสัตว์ โดยคัดเลือกจากแหล่งพันธุกรรมที่มีในธรรมชาติมาประยุกต์ใช้กับทฤษฎีการปรับปรุงพันธุ์ เพื่อให้ได้พันธุ์พืชและสัตว์ใหม่ที่ให้ผลผลิตสูง เพื่อผลิตเป็นอาหารแก่ประชากรโลก

5) ยุคการพัฒนาเครื่องจักรกล (Mechanical Advance) เริ่มมีการพัฒนาเครื่องปั้นด้าย ทำให้การเกษตรเริ่มเปลี่ยนแปลงจากการผลิตเพื่อยังชีพมาสู่การผลิตเพื่อการค้า โดยเริ่มมีการปลูกพืชเชิงเดี่ยว เช่น การปลูกฝ้ายในประเทศสหรัฐอเมริกาและพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ

6) ยุคการป้องกันกำจัดศัตรูพืชด้วยสารเคมี (Pest Control) เมื่อการปลูกพืชเชิงเดี่ยวเริ่มแพร่หลาย มีการปลูกพืชชนิดเดียวในพื้นที่ขนาดใหญ่ ทำให้ความหลากหลายทางชีวภาพลดลง มีการใช้สารอาหารแบบเดียวและแมลงศัตรูพืชมีแนวโน้มเพิ่มจำนวนมากขึ้น จึงเริ่มมีการใช้สารเคมีในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืช ได้แก่ หนู โรคพืช แมลง และ วัชพืช การผลิตสารเคมีกำจัดแมลง (Insecticide) สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา (Fungicide) สารเคมีป้องกันและกำจัดวัชพืช (Herbicide) เพื่อใช้ในการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร และทำให้ผลผลิตมีคุณภาพดีขึ้น

7) ยุคพัฒนาการขนส่งสินค้า (Transport) มีการสร้างถนน ขุดคลอง สร้างทางรถไฟเพื่อทำการขนส่งสินค้าเกษตรในระยะทางไกลและสะดวกมากขึ้น เริ่มมีการค้าขายสินค้าทางการเกษตรระหว่างประเทศ

8) ยุคการปฏิวัติเขียว (Green Revolution) มีการใช้เทคโนโลยี เช่น การปรับปรุงพันธุ์พืช ร่วมกับปุ๋ยเคมี สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ระบบชลประทาน และการใช้เครื่องจักรกลการเกษตร เพื่อเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ เพื่อให้มีผลผลิตทางการเกษตรเพียงพอแก่ประชากรโลก ทำให้สังคมเริ่มเปลี่ยนเป็นระบบอุตสาหกรรมเกษตรและทุนนิยม และยังสร้างผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมอีกด้วย

ในปัจจุบันถึงแม้ว่าความต้องการอาหารของพลเมืองโลกจะเพิ่มมากขึ้น แต่ก็เริ่มมีการตระหนักถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการทำเกษตรมากขึ้นเช่นกัน เริ่มมีการตื่นตัวเรื่องผลกระทบต่อสภาวะโลกร้อน มีความต้องการในการทำเกษตรเพื่อสร้างผลผลิตทางการเกษตรที่มีคุณภาพสูงและในขณะเดียวกันยังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งถือเป็นการยกระดับอย่างยั่งยืนในด้านการเกษตร โดยจำเป็นต้องมีเทคโนโลยีใหม่ๆ มาช่วยในการจัดการพืชผล ควบคุมศัตรูพืช ควบคุมคุณภาพและจัดการโรคแบบบูรณาการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดการกับสภาพอากาศที่คาดเดาได้ยาก ยกตัวอย่างเช่น การเก็บรวบรวมข้อมูล (Data collection) สภาวะอากาศ การเจริญเติบโตของพืชและสัตว์ เป็นต้น เพื่อนำมาวิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการทำเกษตรให้เหมาะสมยิ่งขึ้น การใช้เครื่องจักรกลการเกษตรระบบอัตโนมัติ (Automation) ไม่ว่าจะเป็นโดรน หรือ หุ่นยนต์ หรืออาจรวมไปถึงการทำโรงปลูกพืชระบบปิด (Plant factory) เพื่อควบคุมความชื้น ลม และดิน ป้องกันความเสียหายและยังควบคุมคุณภาพของผลผลิตได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้การเก็บเกี่ยวและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวก็มีบทบาทสำคัญเช่นกัน เช่น การหาวิธีการที่จะเก็บเกี่ยวผลผลิตในระยะเวลาที่เหมาะสม (ดัชนีการเก็บเกี่ยว) เพื่อให้ได้คุณภาพที่ดี การจัดทำบรรจุภัณฑ์ที่ช่วยลดความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการขนส่ง หรือ บรรจุภัณฑ์ที่ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิต หรือ กระบวนการยืดอายุผลผลิตโดยปราศจากสารเคมีที่เป็นอันตราย เป็นต้น

1.3 ความสำคัญของฟิสิกส์ต่อการเกษตร

จากวิวัฒนาการทางการเกษตรที่ได้กล่าวถึงไปในหัวข้อที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่า ในแต่ละยุคสมัย ฟิสิกส์ได้เข้ามามีบทบาทเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีหลาย ๆ ด้านที่มีส่วนช่วยให้เกิดการพัฒนาทางการเกษตร โดยสามารถไล่เรียงความสำคัญของฟิสิกส์ต่อการเกษตรตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันและแนวโน้มต่อไปในอนาคตได้ ดังนี้

1.3.1 ความสำคัญของฟิสิกส์ต่อการเพาะปลูก

ในอดีตมนุษย์มีการเพาะปลูกเพื่อการยังชีพ ทั้งเพื่อเป็นอาหาร ยา เครื่องนุ่งห่ม และที่อยู่อาศัย มีการพัฒนาเครื่องมือ เครื่องทุ่นแรงต่าง ๆ เพื่ออำนวยความสะดวก เพิ่มปริมาณผลผลิต และลดแรงงานในภาคเกษตร ในยุคแรกเครื่องมือการเกษตรอย่างง่ายถูกสร้างขึ้นโดยอาศัยหลักการทางฟิสิกส์พื้นฐาน เช่น จอบ เสียม ขวาน และ มีด เป็นวัสดุมีคมซึ่งสร้างขึ้นจากไม้และโลหะ เป็นเครื่องมือที่ช่วยทุ่นแรงในการทำ การเกษตร เช่น การถางป่า หรือ การเตรียมพื้นที่สำหรับเพาะปลูก โดยอาศัยหลักการของแรงและการหมุน

เมื่อต้องการเพาะปลูกแหล่งน้ำก็นับเป็นปัจจัยสำคัญในการปลูกพืช โดยมนุษย์มักเลือกพื้นที่เพาะปลูกใกล้เคียงกับแหล่งน้ำธรรมชาติ มีการสร้างทางน้ำเพื่อปันน้ำเข้ายังพื้นที่เพาะปลูกโดยอาศัยหลักการของแรงโน้มถ่วงที่ว่าวัตถุทุกชนิดจะถูกแรงโน้มถ่วงดึงดูดลงสู่พื้นโลกเสมอ แหล่งน้ำก็เช่นกัน จะไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ แต่หากพื้นที่เพาะปลูกอยู่ห่างไกลจากแหล่งน้ำก็จำเป็นต้องมีการตักน้ำมาเก็บสำรองไว้ในภาชนะที่สร้างขึ้น ซึ่งการใช้คันหาบน้ำอาศัยหลักการเรื่องสมดุลและจุดศูนย์ถ่วง ก็จะทำให้สามารถขนน้ำได้ปริมาณมากขึ้น ต่อรอบ และเมื่อเข้าสู่ยุควิทยาศาสตร์ก็เริ่มมีการพัฒนาระบบชลประทาน เพื่อการทดน้ำในฤดูแล้งและระบายน้ำในฤดูน้ำหลาก โดยอาศัยหลักกลศาสตร์ของของไหล มีการสร้างท่อน้ำ วางระบบน้ำ และ การใช้เครื่องสูบน้ำ มาช่วยในการเพาะปลูกให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งเครื่องสูบน้ำเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการส่งน้ำประกอบไปด้วยกลไกทางกลและไฟฟ้าทำงานร่วมกัน การวางระบบน้ำและการเลือกใช้เครื่องสูบน้ำให้เหมาะสมนั้นถือเป็นเรื่องสำคัญมาก ซึ่งรายละเอียดจะขอกล่าวถึงอีกครั้งในบทที่ 3 นอกจากนี้เมื่อพื้นที่เพาะปลูกแห้งแล้ง และ ขาดแคลนน้ำ การทำฝนเทียมก็เป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่มาจากหลักการพื้นฐานทางฟิสิกส์และเคมี ฝนเทียม คือ กระบวนการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเพื่อให้เหมาะสมกับการเกิดฝนมากที่สุด โดยใช้สารเคมีประเภทคายความร้อน เพื่อทำให้มวลอากาศในบริเวณนั้นมีอุณหภูมิสูงขึ้น หรือใช้สารเคมีประเภทที่ทำหน้าที่ดูดซับความชื้น เพื่อกระตุ้นกลไกการรวมตัวกันของละอองเมฆให้มีขนาดใหญ่ขึ้นจนเกิดการกลั่นตัวเป็นเม็ดฝนในที่สุด นับเป็นการนำเอาหลักการเรื่องความร้อนและอุณหพลศาสตร์ไปแก้ปัญหาที่เกิดจากธรรมชาติ

เมื่อเข้าสู่ยุคพัฒนาเครื่องจักรกลและยุคพัฒนาการขนส่งสินค้า รถแทรกเตอร์ไอน้ำถูกพัฒนาขึ้นในปี พ.ศ. 2411 โดยใช้ตุ้มน้ำขนาดเล็ก และมีการพัฒนาเรื่อยมาจนกระทั่งปี พ.ศ. 2450 เฮนรี ฟอร์ดได้มีการผลิตรถแทรกเตอร์ที่ใช้น้ำมันเบนซินขึ้นเป็นครั้งแรก และในปี พ.ศ. 2494 รถแทรกเตอร์เครื่องยนต์ดีเซลก็ถือกำเนิดขึ้นและมีการใช้งานเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน ซึ่งเครื่องยนต์ไอน้ำ เครื่องยนต์เบนซิน และเครื่องยนต์ดีเซลที่กล่าวมาล้วนสร้างขึ้นโดยอาศัยหลักการของอุณหพลศาสตร์ ในขณะที่รถแทรกเตอร์ถูกออกแบบและสร้างขึ้นโดยอาศัยหลักการของแรงและสมดุลกล ซึ่งเป็นหลักการของกลศาสตร์นั่นเอง เมื่อมีรถแทรกเตอร์เป็นต้นกำลังแล้ว มนุษย์มีการประดิษฐ์อุปกรณ์ต่อพ่วงติดท้ายรถแทรกเตอร์ขึ้นมาอีกมากมายดังรูปที่ 1.1 เช่น ผานบุกเบิก ผานพรวน ใบมีดดันดิน จอบหมุน เครื่องตัดหญ้า เครื่องปลูก เครื่องพ่นยา เครื่องเก็บเกี่ยว

เป็นต้น เพื่อช่วยในขั้นตอนการเตรียมดิน การปลูก และการเก็บเกี่ยว ช่วยลดระยะเวลาและแรงงานคนในภาคเกษตร



ก) ผานบุกเบิก



ข) ผานพรวน



ค) ใบมีดดันดิน



ง) จอบหมุน

รูปที่ 1.1 ตัวอย่างเครื่องทุ่นแรงทางการเกษตรที่ใช้หลักการทางฟิสิกส์

ที่มา: แทรกเตอร์คูโบต้า (ม.ป.ป.)

เมื่อกล่าวถึงการปลูกพืชปัจจัยทางฟิสิกส์ที่มีอิทธิพลต่อการปลูกพืชนั้นมีหลายประการที่เชื่อมโยงกับกระบวนการทางธรรมชาติ ซึ่งสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช ยกตัวอย่างเช่น

- ฟิสิกส์ของดินที่เกี่ยวข้องคุณสมบัติทางกายภาพของดิน เช่น ความสามารถในการเก็บน้ำ และการระบายอากาศ ซึ่งส่วนนี้ถูกกำหนดโดย ช่องว่างในดิน (Porosity) ที่ช่วยให้ดินมีพื้นที่สำหรับน้ำและอากาศได้ ฟิสิกส์ของดินมีผลต่อการแลกเปลี่ยนก๊าซและการเจริญเติบโตของรากพืช ถ้าดินมีช่องว่างน้อยหรือแน่นเกินไป อาจทำให้การเจริญเติบโตของรากและการดูดซึมน้ำของพืชไม่ดี การไถพรวนดิน ช่วยให้ดินโปร่งและสามารถระบายอากาศได้ดีขึ้น ช่วยให้รากพืชสามารถเติบโตได้ง่ายขึ้นและพืชสามารถดูดซึมสารอาหารและน้ำได้ดีขึ้นด้วย

- น้ำ และ ทฤษฎีการไหล ในวิชาฟิสิกส์อธิบายการเคลื่อนที่ของน้ำในดิน โดยการไหลของน้ำจะขึ้นอยู่กับความสามารถของดินในการถ่ายโอนน้ำและความชื้นในดิน เช่น ไหลจากที่มีความชื้นสูงไปยังที่มีความชื้นต่ำ เป็นต้น การควบคุมการไหลของน้ำมีความสำคัญในการทำให้พืชได้รับน้ำอย่างเพียงพอ และไม่เกิดน้ำขังในดินที่ส่งผลทำให้รากพืชเน่า การวางระบบให้น้ำและการระบายน้ำ เป็นการจัดการการไหลของน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้หลักการไหลของน้ำและอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น เครื่องสูบน้ำ ซึ่งช่วยให้การให้น้ำแก่พืชในพื้นที่เกษตรกรรมมีความสม่ำเสมอและทั่วถึง

- ความเข้มแสงมีบทบาทสำคัญในการสังเคราะห์แสงของพืช ซึ่งเป็นกระบวนการที่พืชใช้แสงแดดในการผลิตอาหารผ่านการสังเคราะห์แสง การควบคุมความเข้มแสง โดยการเลือกปลูกพืชในสถานที่ที่มีแสงแดดเพียงพอหรือการใช้เทคนิคการจัดการแสง เช่น การใช้โรงเรือนหรือผ้าใบกรองแสง สามารถช่วย

เพิ่มผลผลิตของพืชได้ นอกจากนี้ฟิสิกส์ของแสงในกระบวนการสังเคราะห์แสงยังมีความสำคัญในการพัฒนาเทคโนโลยีการเกษตร เช่น การใช้แสงเซลล์แสงอาทิตย์ในการผลิตพลังงานในฟาร์มการใช้แสงเทียมในการปลูกพืชในโรงงานผลิตพืช เป็นต้น

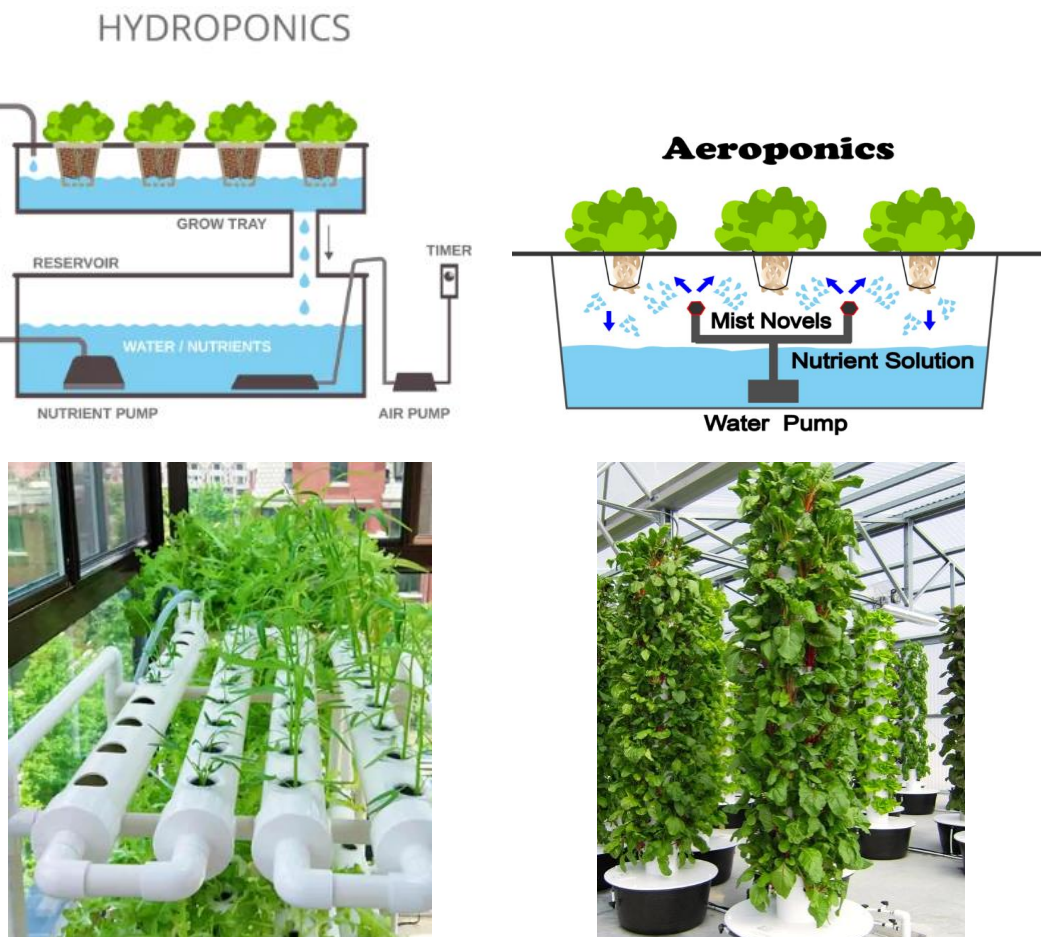
- คลื่นเสียงก็สามารถนำมาประยุกต์ในการควบคุมแมลงศัตรูพืช จากการศึกษาเกี่ยวกับคลื่นเสียงพบว่า การใช้คลื่นเสียงที่มีความถี่เฉพาะสามารถรบกวนการสื่อสารหรือการเคลื่อนที่ของแมลงบางชนิดได้ โดยเฉพาะในแมลงที่ใช้การสั่นสะเทือนหรือลักษณะคลื่นเสียงในการติดต่อสื่อสารหรือหาคู่ การใช้คลื่นเสียงในการไล่ก หู แมลงศัตรูพืชที่มาทำลายผลผลิตในไร่ นา ซึ่งการใช้เทคนิคนี้สามารถช่วยลดการใช้สารเคมีในการควบคุมแมลงศัตรูพืช และยังเป็นวิธีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ฟิสิกส์เหล่านี้ล้วนมีผลต่อประสิทธิภาพในการปลูกพืชและการจัดการทรัพยากรในเกษตรกรรม ในปัจจุบันมีการพัฒนาเครื่องจักรกลทางการเกษตรมากมายเพื่ออำนวยความสะดวกแก่เกษตรกรในการเพาะปลูกพืช ทั้งเกษตรกรรายย่อยและเกษตรกรรายใหญ่ โดยอาจแบ่งประเภทของเครื่องจักรกลทางการเกษตรซึ่งอาศัยหลักการทางฟิสิกส์ได้ดังนี้

- 1) เครื่องจักรกลที่ใช้เตรียมดิน ได้แก่ ไถหัวหมู ไถจาน รถแทรกเตอร์ รถไถเดินตาม เป็นต้น
- 2) เครื่องจักรกลที่ใช้ในการปลูกพืช ได้แก่ เครื่องหยอดเมล็ด เครื่องปลูกแบบล้อเอียง เครื่องปลูก เครื่องหว่าน เครื่องดำนา เครื่องปลูกต้นกล้า เป็นต้น
- 3) เครื่องจักรกลที่ใช้ในการดูแลและอารักพืช ได้แก่ เครื่องกำจัดวัชพืชและถากหญ้า เครื่องสูบน้ำ เครื่องพ่นสารเคมี เป็นต้น
- 4) เครื่องจักรกลที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวและการนวด ได้แก่ เครื่องเกี่ยวนวดข้าว เครื่องเกี่ยวข้าว แบบมัดฟ่อน เครื่องเกี่ยวข้าวแบบวางราย รถตัดอ้อย เครื่องเก็บเกี่ยวลำไย มันสำปะหลัง เป็นต้น
- 5) เครื่องจักรกลที่ใช้ในการลดความชื้นเมล็ดพืช ได้แก่ เครื่องลดความชื้นแบบกระบะ เครื่องลดความชื้นแบบคอลัมน์ชนิดเมล็ดพืชไม่เคลือบเคล้า เครื่องลดความชื้นแบบถังหมุนเวียน เครื่องลดความชื้นแบบเมล็ดไหลคลุกเคล้า เครื่องลดความชื้นแบบฟลูอิดไดซ์เบด เป็นต้น

เทคโนโลยีการปลูกพืชไร้ดิน (Soilless Culture) หรือ การปลูกพืชด้วยน้ำ (Hydroponics) คือ การปลูกพืชในน้ำที่มีการเติมธาตุอาหารของพืชลงไป โดยใช้วัสดุปลูกที่ไม่ใช่ดิน และให้รากพืชสัมผัสกับสารอาหารโดยตรง วัสดุปลูกที่นิยมใช้มีหลายชนิด ทั้งวัสดุปลูกที่เป็นสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ หรือ สารสังเคราะห์ โดยอาจแบ่งชนิดของวัสดุปลูกได้ คือ วัสดุที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น ทราย กรวด หินเกล็ด หินภูเขาไฟ หินซีลท์ วัสดุที่ผ่านกระบวนการทางความร้อน เช่น เม็ดดินเผา โยหินหรือรีโอคิวล เพอร์ไลท์ เวอร์มิคูไลน์ วัสดุสังเคราะห์ เช่น ฟองน้ำ และวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น เศษอิฐมอญ เศษดินเผา เป็นต้น การปลูกพืชด้วยน้ำสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ ระบบ NFT (Nutrient Film Technique) เป็นการปลูกพืชโดยให้สารละลายธาตุอาหารไหลเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ หนา 1-3 มิลลิเมตร และรากพืชสัมผัสกับสารอาหารโดยตรง ระบบ DFT (Deep Flow Technique) เป็นการปลูกพืชโดยให้รากแช่ในสารละลายธาตุอาหารในน้ำลึก 3-5 เซนติเมตร โดยอาจปลูกในราง หรือ ภาชนะ หรือ ถาดปลูกก็ได้ และระบบ DRFT (Dynamic Root Floating Technique) ซึ่งคล้ายกับระบบ DFT คือให้รากสัมผัสกับสารละลายธาตุอาหารในน้ำลึก 3-5 เซนติเมตรและมีการเติมอากาศเข้าไปด้วย นอกจากนี้ยังมีระบบการปลูกพืชแบบพ่น

ละอองน้ำ (Aeroponics) ซึ่งคือการปลูกพืชโดยไม่ให้รากลอยอยู่ในอากาศและให้สารละลายธาตุอาหารผ่านการพ่นเป็นละอองน้ำบางไปยังรากตลอดเวลา



รูปที่ 1.2 ตัวอย่างเทคโนโลยีการปลูกพืชไร้ดิน (Soilless culture)

ที่มา: เกษตรอินทรีย์ (2563)

การปลูกพืชระบบ NFT เป็นระบบที่ต้องมีการหมุนเวียนน้ำที่ผสมสารละลายแร่ธาตุอย่างต่อเนื่องด้วยปั้มน้ำ และการปลูกพืชแบบพ่นละอองน้ำ (Aeroponics) ต้องมีการหมุนเวียนน้ำและสารละลายแร่ธาตุโดยใช้ปั้มน้ำผ่านหัวพ่น ฉีดพ่นน้ำและสารละลายธาตุอาหารให้เป็นฝอยละเอียดเป็นระยะ ๆ ตลอด 24 ชั่วโมง โดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า Timer เป็นตัวกำหนดระยะเวลาและจำนวนครั้งที่พ่นตามความเหมาะสมของพืชแต่ละชนิด ซึ่งการปลูกพืชทั้งสองระบบนี้จำเป็นต้องอาศัยความรู้ในเรื่องแรงดันและกลศาสตร์ของของไหลเพื่อให้สามารถเลือกปั้มน้ำ ขนาดท่อ หรือ ขนาดหัวพ่นได้เหมาะสมกับการใช้งาน

1.3.2 ความสำคัญของฟิสิกส์ต่อการเลี้ยงสัตว์

เมื่อมนุษย์เริ่มทำการเพาะปลูกและสร้างที่อยู่อาศัย จึงเริ่มมีการดัดแปลงสัตว์มาเลี้ยงไว้เพื่อใช้เป็นอาหารแทนการล่าสัตว์ทุกวัน เนื่องจากผลผลิตที่ได้จากสัตว์ เช่น เนื้อวัว เนื้อหมู เนื้อไก่ เนื้อแพะ เป็นต้น ล้วนแต่เป็นแหล่งอาหารสำคัญของมนุษย์ การสร้างคอกสัตว์จำเป็นต้องมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะกักขังสัตว์ไว้ได้ และการนำเนื้อสัตว์มารับประทานก็ต้องมีการให้ความร้อนให้สุกก่อน การเลี้ยงสัตว์นั้นเกิดขึ้นมาก

ว่าหนึ่งหมื่นปีแล้ว และได้รับการพัฒนาเรื่อยมาจนปัจจุบัน การเลี้ยงสัตว์ครอบคลุมถึงการเลี้ยงดู การให้อาหาร การปรับปรุงพันธุ์ และการสุขาภิบาล เพื่อให้สัตว์มีชีวิตที่แข็งแรง สมบูรณ์ ให้ผลผลิตได้สูงสุด สัตว์เลี้ยงที่เป็นสัตว์เศรษฐกิจมีหลายประเภท เช่น สัตว์ใหญ่ ได้แก่ ช้าง ม้า โค กระบือ เป็นต้น สัตว์เล็ก ได้แก่ สุกร แพะ และ แกะ เป็นต้น สัตว์ปีก ได้แก่ ไก่ เป็ด ห่าน และนกชนิดต่าง ๆ สัตว์น้ำ ได้แก่ กุ้ง หอย ปู ปลา และสัตว์ประเภทอื่น ๆ ได้แก่ จระเข้ กบ เป็นต้น

การใช้ประโยชน์จากสัตว์นอกจากเป็นอาหารหลักของมนุษย์ คือ เนื้อ นม และ ไข่ มนุษย์ยังได้รับประโยชน์จากผลพลอยได้ต่าง ๆ อาทิเช่น หนังโค หนังกระบือ หนังสุกร ขนสัตว์ กระดูก เขา เป็นต้น ซึ่งเมื่อนำไปแปรรูปผ่านกรรมวิธีต่าง ๆ ก็จะได้เป็นเครื่องมือ เครื่องใช้ เครื่องอุปโภคหลากหลาย เช่น เครื่องหนัง เครื่องนุ่งห่ม วัคซีนจากเลือดหรือไขของสัตว์ แก๊สชีวภาพจากมูลสัตว์ เป็นต้น นอกจากนี้การเลี้ยงสัตว์ยังช่วยเปลี่ยนสิ่งเหลือทิ้งในภาคการเกษตรหรืออุตสาหกรรม เช่น เปลือกสับปะรด ฟางข้าว ชานอ้อย เปลือกข้าวโพด กากถั่วเหลือง กากน้ำตาล มาใช้ให้เกิดประโยชน์ในการเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ และมูลสัตว์ยังช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์แก่ดิน เนื่องจากประกอบด้วยแร่ธาตุต่าง ๆ ที่พืชต้องการ

การเลี้ยงสัตว์ให้ประสบความสำเร็จนั้นจะต้องประกอบไปด้วย 3 ปัจจัยหลัก ได้แก่ พันธุ์สัตว์ อาหารสัตว์ และการจัดการที่ดี ซึ่งหากมองลึกลงไปในกระบวนการเลี้ยงสัตว์แล้ว ฟิสิกส์เข้ามามีบทบาทสำคัญตั้งแต่กระบวนการเตรียมอาหารสัตว์ ไปจนถึงการจัดการต่าง ๆ ในฟาร์ม

อาหารสัตว์ (Feeds) หมายถึง วัสดุ หรือ สารที่ได้จากธรรมชาติ หรือ ได้จากการสังเคราะห์ซึ่งสัตว์กินเข้าไปแล้วไม่เป็นพิษต่อร่างกาย และสามารถจะถูกย่อย ถูกดูดซึม และ นำไปใช้ประโยชน์ได้ สามารถทำให้สัตว์เจริญเติบโต ให้ผลผลิต และดำรงชีวิตได้ ปัจจุบันมีวัสดุไม่น้อยกว่า 2,000 ชนิดถูกใช้เพื่อเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ โดยสามารถแบ่งกลุ่มประเภทของวัตถุดิบอาหารสัตว์ได้ดังนี้ อาหารแห้ง อาหารหยาบสด อาหารหยาบหมัก อาหารพลังงาน อาหารเสริมประเภทต่าง ๆ (โปรตีน แร่ธาตุ วิตามิน) และ วัตถุที่เติมในอาหารสัตว์ ซึ่งการจะเลือกใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์แต่ละประเภทรู้นั้นจำเป็นต้องรู้ถึงสมบัติทางกายภาพของวัสดุแต่ละอย่าง ไม่ว่าจะเป็น มวล ปริมาตร ขนาด ความหนาแน่น ความชื้น เป็นต้น

ปัจจัยทางฟิสิกส์มีบทบาทสำคัญในการเลี้ยงสัตว์ โดยมีผลต่อพฤติกรรมและการเจริญเติบโตและสุขภาพของสัตว์ในหลายด้าน ยกตัวอย่างเช่น

- ลมและการระบายอากาศ โดยที่ฟิสิกส์ของลมและการไหลของอากาศมีผลโดยตรงต่อสภาพแวดล้อมในโรงเรือนเลี้ยงสัตว์ ลมช่วยควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนและลดความชื้นที่สูงเกินไป ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาเช่น การสะสมของเชื้อโรคหรือโรคทางเดินหายใจในสัตว์ การออกแบบโรงเรือนที่มีการระบายอากาศที่ดีจึงสำคัญ โดยการเลือกใช้ช่องระบายอากาศหรือพัดลมช่วยเพิ่มการไหลเวียนของอากาศจะช่วยลดการสะสมของความชื้นและปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของสัตว์

- แสงและความเข้มแสง พบว่าฟิสิกส์ของแสงมีผลต่อพฤติกรรมและการเจริญเติบโตของสัตว์ โดยเฉพาะสัตว์ที่ตอบสนองต่อแสงในช่วงเวลาต่าง ๆ เช่น แสงในช่วงกลางวันและกลางคืนจะมีผลต่อวงจรชีวิตของสัตว์บางชนิด เช่น การสืบพันธุ์และการหลับนอน การให้แสงแดดอย่างเพียงพอในระหว่างวันจะ

ช่วยให้สัตว์ได้รับวิตามินดี ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตและการดูดซึมแคลเซียม ในทางกลับกัน ความมืดในเวลากลางคืนจะช่วยให้สัตว์ได้พักผ่อน ซึ่งสำคัญต่อสุขภาพและการฟื้นฟูพลังงาน

- เสียง สามารถส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมของสัตว์ โดยสัตว์บางชนิดจะตอบสนองต่อเสียงที่เกิดขึ้นในสภาพแวดล้อม เช่น เสียงจากการเคลื่อนไหวของมนุษย์หรือเสียงเครื่องจักรอาจทำให้สัตว์เครียดหรือวิตกกังวลได้ ในขณะที่เสียงในบางกรณี เช่น เสียงคลื่นเสียงที่ถูกออกแบบเฉพาะ อาจใช้ในการฝึกสัตว์หรือกระตุ้นการเคลื่อนไหว หรือควบคุมพฤติกรรมของสัตว์ได้ การใช้เสียงที่เหมาะสมจึงสามารถช่วยปรับปรุงพฤติกรรมและเพิ่มประสิทธิภาพในการเลี้ยงสัตว์ได้

- ความร้อนและอุณหภูมิ เป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อการเติบโตของสัตว์ โดยความร้อนที่มากเกินไปอาจทำให้สัตว์เกิดความเครียดหรือทำให้ร่างกายเสียพลังงานในการรักษาอุณหภูมิให้สมดุล ทำให้สัตว์เจริญเติบโตช้าลง ในขณะที่อุณหภูมิที่เย็นเกินไปจะทำให้สัตว์ไม่สามารถรักษาความอบอุ่นของร่างกายได้ดี การควบคุมระบบระบายความร้อนหรือการให้ความร้อนในพื้นที่เลี้ยงสัตว์ที่ดี จะช่วยให้สัตว์มีความสะดวกสบายและเจริญเติบโตได้ดีขึ้น การออกแบบโรงเรือนและการระบายอากาศจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในพื้นที่เลี้ยงสัตว์ให้เหมาะสมที่สุด ในด้านของอาหารสัตว์

- การพิจารณาสมบัติทางกายภาพของอาหาร เช่น มุมไหล (Angle of Repose) และ มุมกอง (Angle of Pile) จะช่วยในการออกแบบระบบการจัดเก็บและการจ่ายอาหาร เช่น ถังเก็บอาหารสัตว์หรือไซโล ที่มีประสิทธิภาพในการเก็บรักษาและการไหลของอาหารที่เหมาะสมผ่านการออกแบบรางอาหารสัตว์ที่ดีซึ่งต้องพิจารณาถึงรูปร่าง ขนาด รวมถึงความหนาแน่นของอาหารสัตว์ร่วมกับมุมต่าง ๆ เพื่อช่วยให้อาหารไหลลงมาได้อย่างสะดวกและสัตว์สามารถเข้าถึงอาหารได้ง่าย โดยไม่เกิดการสิ้นเปลือง

ท้ายที่สุด การผสมผสานฟิสิกส์ในปัจจัยเหล่านี้ไม่เพียงแต่ช่วยปรับปรุงสภาพแวดล้อมและสุขภาพของสัตว์ แต่ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตสัตว์เลี้ยง โดยการคำนึงถึงลม แสง เสียง ความร้อน อาหาร ผ่านการออกแบบระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมในฟาร์มสัตว์ นอกจากนี้ฟิสิกส์ยังมีส่วนในการพัฒนาเครื่องจักรกลทางการเกษตรที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเลี้ยงสัตว์ ซึ่งส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ ได้แก่

- 1) เครื่องจักรกลเกษตรที่ใช้ในการปลูก ดูแล และเก็บเกี่ยวพืชอาหารสัตว์ ได้แก่ เครื่องเตรียมดิน เครื่องปลูก เครื่องใส่ปุ๋ยคอก เครื่องเก็บเกี่ยว เครื่องอัดฟ่อนหญ้า เครื่องลดความชื้นหญ้าแห้ง เครื่องอัดก้อนหญ้า เป็นต้น

- 2) เครื่องจักรกลเกษตรที่ใช้ในการดูแลสัตว์เลี้ยง ได้แก่ เครื่องย่อยอาหารหยาบ เครื่องสับเครื่องผสมอาหารหยาบ เครื่องผสมอาหารข้น เครื่องอัดอาหารเม็ด เครื่องให้น้ำและอาหารอัตโนมัติ เป็นต้น ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับฟิสิกส์ ได้แก่ ความเร็วรอบของใบมีดสับอาหาร แรงกดอัด ปริมาตร ความหนาแน่น มุมกอง และมุมไหล เป็นต้น

- 3) เครื่องจักรกลเกษตรที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวผลพลอยได้จากสัตว์ ได้แก่ เครื่องรีดนม หุ่นยนต์รีดนม เป็นต้น ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับฟิสิกส์ในเรื่องแรงดัน กลศาสตร์ของของไหล เป็นต้น

- 4) เครื่องจักรกลเกษตรที่ใช้ในการเพาะและดูแลลูกสัตว์ ได้แก่ เครื่องฟักไข่ ไฟกก คอกอนุบาลสัตว์เล็ก เป็นต้น ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับฟิสิกส์ในเรื่องของความร้อนและอุณหพลศาสตร์ เป็นต้น

5) เครื่องจักรกลเกษตรที่ใช้ในการดูแลสุขภาพสัตว์เลี้ยง ได้แก่ เครื่องกวาดมูลอัตโนมัติ เครื่องทำความสะอาดคอก เครื่องล้างเต้านม เป็นต้น

6) เครื่องมือทางการแพทย์เพื่อดูแลสุขภาพสัตว์เลี้ยงเบื้องต้น ได้แก่ เครื่องอัลตราซาวด์ และ เครื่องวัดเปอร์เซ็นต์ไขมัน เป็นต้น ซึ่งอาศัยหลักการทางฟิสิกส์ในเรื่องคลื่น เป็นต้น

อาคารหรือโรงเรือนที่ใช้ในการเลี้ยงสัตว์จะต้องมีการออกแบบและสร้างให้มีการระบายอากาศที่ดี มีปริมาณแสงและอุณหภูมิที่เหมาะสม และสามารถควบคุมหรือจำกัดเสียงรบกวนได้ มีการกำจัดของเสียอย่างถูกสุขลักษณะ ปัจจุบันมีการพัฒนาคอกหมู คอกวัว หรือแม้กระทั่งคอกไก่ที่มีการควบคุมสภาวะอากาศแบบอัตโนมัติ อีกทั้งในกระบวนการผลิตและแปรรูปเนื้อสัตว์จะต้องได้มาตรฐาน ระบบการจับสัตว์ การตอนสัตว์ การถอนขนไก่ สายพานลำเลียง หรือแม้แต่ห้องเก็บเย็นก็ยังมีความเกี่ยวข้องกับฟิสิกส์

1.3.3 ความสำคัญของฟิสิกส์ต่อการพัฒนาการเกษตร

การพัฒนาการเกษตร หมายถึงการพัฒนาความสามารถในการทำเกษตรภายใต้สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ ทั้งปัญหาโลกร้อน มลพิษทางอากาศ และยังอาจหมายถึงรวมถึงแนวโน้มการทำเกษตรในสภาวะจำกัดต่าง ๆ เช่น สภาวะแห้งแล้งขาดแคลนน้ำ สภาวะไร้แสง หรือ สภาวะไร้แรงโน้มถ่วง เป็นต้น การใช้เทคโนโลยีที่มีรากฐานมาจากการพัฒนาองค์ความรู้ทางฟิสิกส์ในด้านต่าง ๆ จะช่วยพัฒนาการเกษตรในเรื่องของความแม่นยำ และการควบคุมคุณภาพของผลผลิต นอกจากนี้เทคโนโลยีสารสนเทศยังเข้ามามีบทบาทในกระบวนการผลิตทุก ๆ ขั้นตอน ตั้งแต่การเตรียมเมล็ด การเตรียมดิน ไปจนถึงการปลูกและการเก็บเกี่ยวอีกด้วย

การพยากรณ์ คาดการณ์ความเป็นไปของสภาวะอากาศ ดิน และน้ำ จากข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดผ่านเซนเซอร์ชนิดต่าง ๆ ที่ติดตั้งไว้ จะช่วยให้เกษตรกรสามารถปรับตัวและแก้ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นได้ ลดความสูญเสียที่จะเกิดขึ้นแก่ผลผลิต ซึ่งเซนเซอร์ (Sensor) หรือ ตัวรับรู้ เป็นวัตถุที่มีหน้าที่ตรวจจับการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของสภาพแวดล้อมและแปรสัญญาณออกมาเป็นสัญญาณไฟฟ้า หรือ สัญญาณแสง ยกตัวอย่างเช่น คู่ควความร้อน (Thermocouple) จะแปลงค่าอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมเป็นแรงดันไฟฟ้า เป็นต้น เป้าหมายสำคัญของการพัฒนาด้านการเกษตรของไทย คือ การยกระดับเกษตรกรไปสู่การเป็นเกษตรกรปราดเปรื่อง (Smart Farmer) เทคโนโลยีเซนเซอร์-ไอโอที จึงเข้ามามีบทบาทสำคัญ ตัวอย่างเช่น สถานีวัดอากาศ สถานีวัดระดับน้ำ อุปกรณ์สำหรับระบบควบคุมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ กล้องควบคุมวาล์วให้น้ำ โซลาร์ปั๊ม และอินเวอร์เตอร์ เป็นต้น ระบบเกษตรแม่นยำที่มีการนำเทคโนโลยีเซนเซอร์-ไอโอทีมาพัฒนาเป็นอุปกรณ์ตรวจวัดและควบคุมสภาวะแวดล้อมตั้งแต่ปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว ไม่ว่าจะเป็นการให้น้ำ ให้อุณหภูมิ ป้องกันแมลง ควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณแสง โดยระบบจะเก็บข้อมูลสภาวะแวดล้อม สามารถควบคุมและสั่งการอุปกรณ์ให้ทำงานอัตโนมัติผ่านแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือหรือคอมพิวเตอร์ และสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการบริหารจัดการ ช่วยในการตัดสินใจซึ่งพบว่าสามารถเพิ่มผลผลิตขึ้นได้ถึง 20% โดยอุปกรณ์เซนเซอร์ที่นิยมนำมาใช้กับงานด้านเกษตรกรรม ได้แก่ DHT22 ใช้ในการตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น, TSL2561 วัดความสว่าง, AtlasPH วัด PH, AtlasEC วัด EC, YoctoCO2 วัดคาร์บอนไดออกไซด์ และ WaterlevelSimple วัดระดับน้ำ เป็นต้น



รูปที่ 1.3 ตัวอย่างการใช้งานเซนเซอร์-ไอโอทีเป็นอุปกรณ์ตรวจวัดและควบคุมสถานะแวดล้อม
ที่มา: สวทช. (2564ก)

การปลูกพืชในโรงงานผลิตพืช หรือ Plant Factory เป็นอีกหนึ่งเทคโนโลยีที่ปฏิวัติวงการเกษตรและอาหาร สามารถพลิกโฉมการปลูกพืชแบบดั้งเดิมที่ต้องพึ่งพาธรรมชาติ มาสู่การปลูกในระบบปิดที่ควบคุมสภาพแวดล้อม ทำให้มีความปลอดภัยสูง ปลอดภัยและแมลง มีปริมาณผลผลิตที่คงที่ และสามารถปลูกพืชได้ทั้งปีไม่ขึ้นกับฤดูกาล ถูกพัฒนามาจากการทำเกษตรแนวตั้ง (Vertical Farming) โดยทั่วไปประกอบไปด้วย 6 หลักการพื้นฐานได้แก่ ตัวโครงสร้างผนังอาคารที่ติดตั้งฉนวนกันความร้อนเพื่อป้องกันการไหลผ่านของอากาศทั้งภายในและภายนอก รางปลูกพืชที่ติดตั้งระบบน้ำแบบ Hydroponics และหลอดไฟแอลอีดี ระบบทำความเย็นพร้อมระบบระบายอากาศ ระบบจ่ายคาร์บอนไดออกไซด์ ระบบจ่ายสารอาหารและปุ๋ยน้ำ และชุดควบคุมสถานะแวดล้อมในอาคารปลูก ในปัจจุบันหลายประเทศมีการผลิตพืชในระบบนี้เพื่อจำหน่ายในท้องตลาด แต่เนื่องด้วยต้นทุนที่สูงจึงมักใช้ในการปลูกพืชที่มีมูลค่าสูง เช่น สมุนไพรเพื่อใช้ในการผลิตยารักษาโรค หรือ ผักสลัดซึ่งเป็นผักกินสดที่ต้องการความสะอาดสูง เป็นต้น



รูปที่ 1.4 ตัวอย่างการปลูกพืชในโรงงานผลิตพืช
ที่มา: สวทช. (2564ข)

หุ่นยนต์ โดรน และระบบอัตโนมัติ เป็นเทคโนโลยีที่เข้ามาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเกษตรกร ช่วยลดแรงงาน ลดเวลา ลดต้นทุน แต่ยังคงได้ผลผลิตในระดับเดิมหรือมากขึ้นกว่าเดิม ด้วยการใช้อย่างมีประสิทธิภาพ การเก็บข้อมูลด้านการเกษตร เช่น สภาพดิน น้ำ อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณแสง ของพื้นที่เพาะปลูก ร่วมกับสถานการณ์การเจริญเติบโตของพืชผ่านอุปกรณ์ตรวจจับเซนเซอร์-ไอโอที เพื่อวิเคราะห์หาวิธีการเพาะปลูกที่ดีที่สุดและมีประสิทธิภาพสูงสุด ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีนำไปสู่การพัฒนาหุ่นยนต์ทางการเกษตรจำนวนมาก โดยอาศัยเทคโนโลยีการมองเห็นของเครื่องจักร (Machine Vision) เพื่อหลีกเลี่ยงอันตราย และสามารถระบุพืชผลได้ ทำให้หุ่นยนต์สามารถทำงานต่าง ๆ เช่น การกำจัดวัชพืช การเก็บเกี่ยว หรือแม้แต่การคัดแยกผลผลิตและการบรรจุหีบห่อได้ นอกจากนี้การระบุตำแหน่งผ่านดาวเทียม (GPS) ยังช่วยเพิ่มความก้าวหน้าให้กับหุ่นยนต์ทางการเกษตร ซึ่งเมื่อใช้ร่วมกับเซนเซอร์การมองเห็น หุ่นยนต์เหล่านี้ก็จะสามารถไถนา หว่านเมล็ด หรือนำทางให้กับรถแทรกเตอร์และอุปกรณ์อัตโนมัติอื่น ๆ ได้ ซึ่งเมื่อใช้ร่วมกับเทคโนโลยีการเรียนรู้ของเครื่องจักร (Machine Learning) ก็จะช่วยทำให้หุ่นยนต์เรียนรู้ที่จะปรับตัว เพื่อหลีกเลี่ยงอันตรายได้ ตัวอย่างหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติทางการเกษตร เช่น รถแทรกเตอร์อัตโนมัติ (Automated Tractors) หุ่นยนต์ปลูกและกำจัดวัชพืช (Seeding and Weeding Robotics) หุ่นยนต์ชลประทาน (Irrigation Robotics) หุ่นยนต์เก็บเกี่ยว (Harvesting Robotics) โดรนสำหรับหว่านปุ๋ยและฉีดพ่นสารเคมีกำจัดแมลงศัตรูพืช โดรนสำหรับการให้น้ำและฮอร์โมน โดรนสำหรับการถ่ายภาพวิเคราะห์และตรวจโรคพืช เป็นต้น



รูปที่ 1.5 ตัวอย่างหุ่นยนต์ โดรน และระบบอัตโนมัติทางการเกษตร

ที่มา: HowToRobot (2564)

การแบ่งปันพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Sharing) หรือ ระบบการเกษตรร่วมกับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ (Agrivoltic) เป็นแนวคิดในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ที่ดินในการทำเกษตรร่วมกับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ แนวคิดนี้เผยแพร่ครั้งแรกในปี พ.ศ. 2525 โดยนักวิทยาศาสตร์เยอรมัน และได้ถูกนำไปพัฒนาและทดสอบการใช้งานจริงในประเทศญี่ปุ่นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 เป็นต้นมา โดย

มีการใช้งานแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ ระบบประยุกต์ใช้พื้นที่ทำเกษตรร่วมกับโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เดิมที่มีอยู่แล้ว ตัวอย่างเช่น ใช้พื้นที่ได้แผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อปลูกพืชที่ต้องการแสงน้อย ใช้พื้นที่ระหว่างแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อปลูกพืชที่ใช้พื้นที่น้อย หรือ ใช้พื้นที่ได้แผงเพื่อเลี้ยงสัตว์ และ ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ออกแบบให้เหมาะสมต่อการทำเกษตร ที่มีการคำนึงถึงความเข้มแสง พื้นที่ ทิศทางการรับแสง ให้สอดคล้องกับการทำงานเกษตรกรรมและมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับพืชและสัตว์ที่ต้องการผลิต ตัวอย่างเช่น การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ปริมาณร้อยละ 20 บนหลังคาโรงเรือน ไม่พบความแตกต่างของผลผลิตทางการเกษตรที่ผลิตได้ แต่อย่างไรก็ตามแสงจัดเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช การแบ่งปันพลังงานแสงอาทิตย์จะต้องมีการคัดเลือกพืชให้เหมาะสมกับข้อจำกัดของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ด้วย เช่น ความหนาแน่นของแผง ระยะห่าง หรือแม้กระทั่งความสูงของแผง เป็นต้น



รูปที่ 1.6 ตัวอย่างการแบ่งปันพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Sharing)

ที่มา: นิตยสารสารคดี โดย สวทช. (2567)

1.4 เกษตรอัจฉริยะ

เกษตรอัจฉริยะ (Smart Agriculture หรือ Smart Farming) เป็นแนวคิดของการทำเกษตรในยุคใหม่ที่ตอบโจทย์ทั้งเรื่องคุณภาพและปริมาณ โดยการใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ ที่มีความแม่นยำสูงและข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาในการพัฒนาภาคการเกษตรเพื่อความมั่นคง ปลอดภัย ต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม โดยเน้นการพัฒนาใน 4 ด้าน คือ ลดต้นทุนในกระบวนการผลิต เพิ่มคุณภาพมาตรฐานการผลิตและมาตรฐานสินค้า ลดความเสี่ยงในภาคเกษตรที่เกิดจากการระบาดของศัตรูพืชหรือภัยธรรมชาติ และจัดการส่งผ่านความรู้โดยใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรม

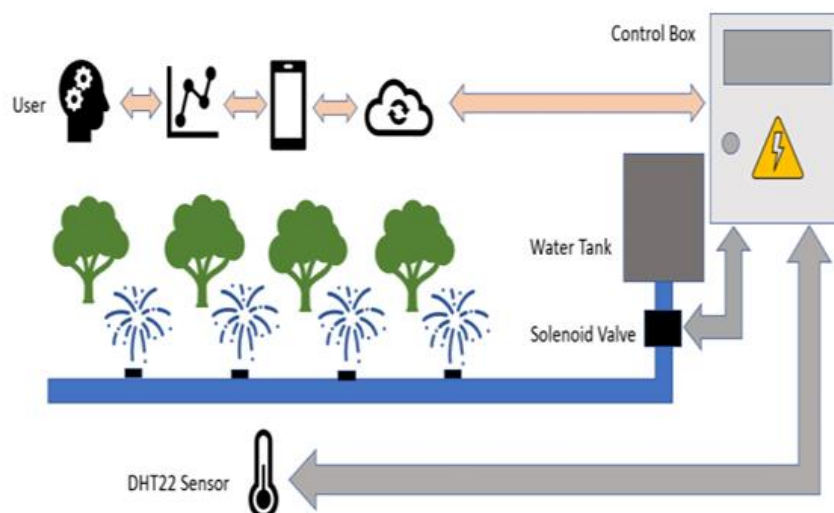
ภาคการเกษตรมีแนวโน้มในการใช้เทคโนโลยีมากขึ้น โดยเฉพาะเทคโนโลยีสารสนเทศและระบบอัตโนมัติ ตั้งแต่การคัดเลือกเมล็ดพันธุ์ การเพาะปลูก การดูแลการเจริญเติบโต การเก็บเกี่ยว รวมไปถึงการควบคุมจัดการการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าแม่นยำทั้งระบบ การจัดการข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) จึงเข้ามา

มีส่วนสำคัญในการผลิต ติดตามและวิเคราะห์กระบวนการทำงานเพื่อการเกษตรแบบแม่นยำ (Precision Farming) โดยเริ่มตั้งแต่การลงเมล็ดพันธุ์ให้เหมาะสมกับดิน ตามประเภทของพืช ด้วยปริมาณเมล็ดที่เหมาะสม การให้ปุ๋ยในปริมาณที่แตกต่างตามความต้องการของพืชที่สัมพันธ์กับปริมาณธาตุอาหารในดินในแต่ละพื้นที่ การฉีดสารบำรุงหรือกำจัดศัตรูพืชในปริมาณที่แตกต่างให้เหมาะสมกับความต้องการ เพื่อไม่ให้เกิดการสูญเสียโดยไม่จำเป็น และระบบให้น้ำอัจฉริยะที่ให้น้ำตามค่าความชื้นของดินและความต้องการน้ำของพืชแต่ละชนิดในแต่ละช่วงอายุ โดยเทคโนโลยีที่นำมาใช้สำหรับเกษตรอัจฉริยะนั้นมีมากมาย ยกตัวอย่างเช่น

- โดรน (Drone) สำหรับบินสำรวจ ตรวจสอบสภาพพื้นที่ เก็บข้อมูลพื้นที่ หว่านเมล็ด พ่นยา หรือให้น้ำแก่แปลงเกษตร
- เครื่องจักรกลการเกษตร (Agricultural Machinery) เช่น แตรกเตอร์ รถขุด รถเก็บเกี่ยวที่ติดตั้งระบบ GPS ติดตามข้อมูลการทำงานและพฤติกรรมการใช้เครื่องจักร เพื่อให้วางแผนการทำงานได้อย่างเหมาะสม
- ระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง หรือ ระบบ IoT (Internet of Things) ที่ช่วยเก็บข้อมูลโดยอัตโนมัติ เช่น การใช้เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน เซ็นเซอร์วัดแสง เซ็นเซอร์ตรวจจับแมลง และสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ เพื่อเก็บข้อมูล วิเคราะห์ และประมวลผลข้อมูลสภาพแวดล้อม เพื่อใช้คาดการณ์เหตุการณ์หรือความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นกับผลผลิต เพื่อพิจารณาหาแนวทางในการป้องกันและแก้ไข
- ระบบจัดการโรงเรือนอัตโนมัติ (Greenhouse Automation) ที่ติดตามและควบคุมสภาพแวดล้อมในการเพาะปลูกในโรงเรือน เช่น การไหลเวียนของอากาศ ความชื้น แสง ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตให้ดียิ่งขึ้น

เกษตรอัจฉริยะในประเทศไทย เกี่ยวข้องกับการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการกระบวนการเกษตรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ความยั่งยืน และความสามารถในการทำกำไร งานวิจัยในด้านนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การพัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น ระบบ IoT ผ่านการใช้เซ็นเซอร์ในการตรวจสอบความชื้นในดิน อุณหภูมิ ความชื้น และสุขภาพของพืช โดรนในการตรวจสอบจากอากาศและพ่นสารเคมีหรือปุ๋ยอย่างแม่นยำ ปัญญาประดิษฐ์ (AI) ผ่านการวิเคราะห์ข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อทำนายผลผลิตและตรวจจับโรคได้เร็วขึ้น หุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติในการทำงานต่าง ๆ เช่น การเก็บเกี่ยวและการเพาะปลูก และการใช้ Big Data ในการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่เพื่อช่วยเกษตรกรในการตัดสินใจ

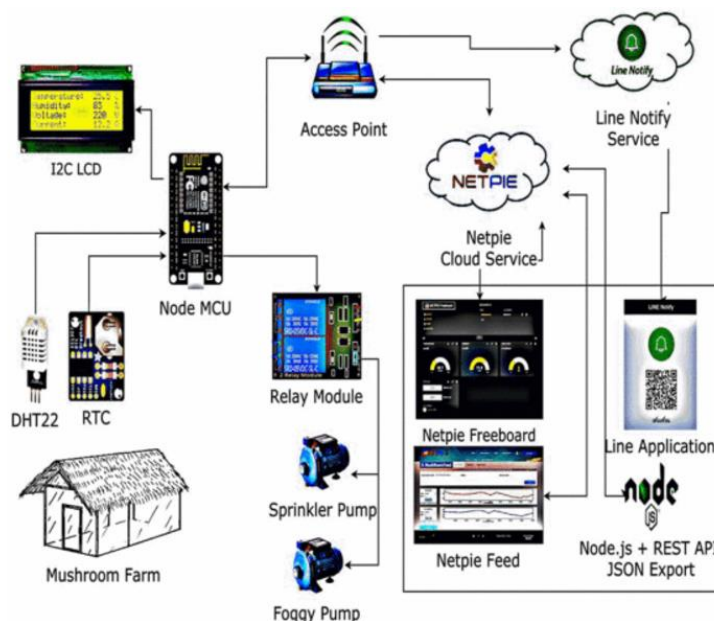
การพัฒนาด้านแบบเกษตรอัจฉริยะในประเทศไทยที่ใช้เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) มีเป้าหมายเพื่อการออกแบบและพัฒนาระบบที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำการเกษตรผ่านการทำงานอัตโนมัติและการตรวจสอบข้อมูลแบบเรียลไทม์ ต้นแบบนี้รวมอุปกรณ์ IoT หลายประเภท ได้แก่ เซ็นเซอร์ DHT22 สำหรับวัดความชื้นในดิน อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ และบอร์ด Raspberry Pi ที่ติดตั้งในกล่องควบคุมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการเกษตรผ่านแอปพลิเคชันบนเว็บไซต์ที่ออกแบบและนำไปใช้แบบเรียลไทม์ โดยสถาปัตยกรรมของระบบที่ใช้เทคโนโลยี IoT และเซ็นเซอร์เก็บข้อมูล ซึ่งจะถูกส่งไปยังหน่วยควบคุมกลางเพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูล (Suanpang & Jamjuntr, 2019) ระบบนี้ช่วยให้เกษตรกรสามารถตรวจสอบฟาร์มได้จากระยะไกลผ่านอุปกรณ์มือถือ ซึ่งช่วยในการตัดสินใจ และการจัดการทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเน้นย้ำถึงศักยภาพของ IoT ในการเพิ่มผลผลิต ลดการใช้น้ำ และส่งเสริมความยั่งยืนในการทำการเกษตรของประเทศไทย



รูปที่ 1.7 การออกแบบระบบเกษตรอัจฉริยะโดยใช้ IoT (Suanpang & Jamjuntr, 2019)

การใช้ระบบเกษตรอัจฉริยะในเกษตรกรรายย่อยในประเทศไทย มุ่งเน้นที่การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและการพัฒนาอย่างยั่งยืนในภาคเกษตรกรรม เนื่องจากในปัจจุบันพบความท้าทายในหลายด้านของภาคการเกษตร เช่น ขนาดฟาร์มโดยเฉลี่ยลดลง จำนวนเกษตรกรสูงอายุเพิ่มขึ้น หรือการขาดแคลนแรงงานในภาคการเกษตร ซึ่งสวนทางกับความต้องการอาหารจากทั่วโลกซึ่งเพิ่มขึ้น จึงจำเป็นต้องเร่งสร้างการยอมรับเทคโนโลยีของเกษตรกร โดยงานวิจัยได้ศึกษาเกษตรกรรายย่อยในประเทศไทยที่ใช้ระบบเกษตรอัจฉริยะในการปรับปรุงการทำเกษตร (Kwanmuang et al., 2020) ซึ่งรวมถึงการใช้เทคโนโลยี เช่น เซนเซอร์ การเก็บข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อควบคุมและปรับสภาพแวดล้อมของฟาร์มได้ดีขึ้น ยกตัวอย่างเช่น การควบคุมการให้น้ำและการใช้ปุ๋ย การปรับสภาพแวดล้อมของฟาร์มให้เหมาะสม เป็นต้น

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี IoT ในการจัดการเกษตรอัจฉริยะของฟาร์มเห็ดหลินจือที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เป็นอีกหนึ่งตัวอย่างการใช้การจัดการเกษตรอัจฉริยะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการจัดการฟาร์ม มีการใช้เซนเซอร์เพื่อวัดสภาพแวดล้อมต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และแสง โดยข้อมูลความชื้นที่ประมวลผลผ่าน NETPIE (ได้รับการพัฒนาและจัดทำโดย NECTEC เพื่อเป็นบริการฟรีสำหรับ IoT) จะถูกเก็บไว้และแสดงผลบนอุปกรณ์พกพาและคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ยังใช้ระบบควบคุมเครื่องพ่นน้ำและปั๊มหมอกอัตโนมัติ โดยตั้งค่าสถานะการทำงาน และส่งการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน LINE อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้คือ NodeMCU เซนเซอร์ความชื้น RTC โมดูลรีเลย์ เครื่องพ่นน้ำและปั๊มหมอก โดยใช้ C++ และ Node.JS ในการเขียนโปรแกรม ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการใช้ IoT ร่วมกับเซนเซอร์ช่วยปรับปรุงต้นแบบของฟาร์มอัจฉริยะช่วยให้สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมในฟาร์มได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพ ระบบ IoT ที่พัฒนาขึ้นสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายเพื่อให้ข้อมูลที่สำคัญสามารถเข้าถึงและวิเคราะห์ได้จากทุกที่ ซึ่งช่วยในการตัดสินใจและปรับปรุงคุณภาพการผลิตเห็ดหลินจือ (Chieochan et al., 2017)



รูปที่ 1.8 แผนภาพแนวคิดของระบบผสมผสานของการติดตามและควบคุมฟาร์มเห็ดหลินจืออัจฉริยะ (Chieochan et al., 2017)

การนำเทคโนโลยีเกษตรอัจฉริยะมาใช้ในเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนในจังหวัดชุมพร (Wetchasit & Lilavanichakul, 2023) เนื่องจากทุเรียนเป็นผลิตภัณฑ์ส่งออกทางการเกษตรที่สำคัญอย่างหนึ่งของประเทศไทยและเป็นผลไม้มูลค่าสูงของจังหวัดชุมพร เกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนต้องเผชิญกับการสูญเสียผลผลิตหลังเกิดการระบาดของโรค และแมลงศัตรูพืช ในขณะที่คุณภาพดินและน้ำเสื่อมโทรมลง และยังมีภัยคุกคามจากรายได้ของเกษตรกรในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา โดยงานวิจัยสำรวจการปรับใช้เทคโนโลยีเกษตรอัจฉริยะในฟาร์มทุเรียนจากเกษตรกรจำนวน 108 ครัวเรือน โดยเฉพาะในด้านการใช้เซนเซอร์เพื่อควบคุมสภาพแวดล้อม เช่น การให้น้ำและการตรวจสอบสภาพดิน รวมถึงการใช้เทคโนโลยีในการบริหารจัดการฟาร์มเพื่อเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนการผลิต ซึ่งผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าเกษตรกรที่อายุน้อยกว่าที่มีขนาดฟาร์มใหญ่กว่า มีแนวโน้มที่จะนำเทคโนโลยีเกษตรอัจฉริยะมาใช้มากกว่าเกษตรกรที่มีอายุมากกว่า นอกจากนี้เกษตรกรในจังหวัดชุมพรที่นำเทคโนโลยีเกษตรอัจฉริยะมาใช้สามารถลดแรงงานและต้นทุนปุ๋ยได้ ซึ่งบ่งชี้ว่าเทคโนโลยีการเกษตรอัจฉริยะช่วยให้ฟาร์มมีประสิทธิภาพในการผลิตทุเรียนดีขึ้นและช่วยลดต้นทุน

การศึกษาผลกระทบของเทคโนโลยีเกษตรอัจฉริยะต่อผลผลิตทางการเกษตรในประเทศไทย โดยใช้อ้างอิงข้อมูลขนาดใหญ่ซึ่งครอบคลุมช่วงเวลาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 - 2563 เพื่อวิเคราะห์การนำเทคโนโลยีมาใช้ในภาคการเกษตร แสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยีเกษตรอัจฉริยะ เช่น การใช้เซนเซอร์เพื่อวัดสภาพแวดล้อม การใช้ระบบการจัดการน้ำ และการประมวลผลข้อมูลช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในภาคการเกษตรได้อย่างมีนัยสำคัญ (Hwang et al., 2024) การศึกษาพบว่าเกษตรกรที่ใช้เทคโนโลยีเกษตรอัจฉริยะสามารถเพิ่มผลผลิต ลดการใช้ทรัพยากร เช่น น้ำและปุ๋ย และเพิ่มความยั่งยืนในการผลิตได้ นอกจากนี้ผลการศึกษา ยังชี้ให้เห็นว่าเทคโนโลยีเกษตรอัจฉริยะมีผลต่อการพัฒนาเกษตรกรในประเทศไทย ทั้งในด้านการเพิ่มผลผลิตและการจัดการทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ โดยการนำเทคโนโลยีมาปรับใช้ในฟาร์มช่วยให้เกษตรกรสามารถตอบสนองต่อความท้าทายต่างๆ เช่น การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ดีขึ้น

การใช้เทคโนโลยีเกษตรอัจฉริยะนอกจากช่วยให้เกษตรกรสามารถเพิ่มผลผลิต ลดต้นทุน และพัฒนาความสามารถในการแข่งขันในตลาดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขณะเดียวกันก็เสริมสร้างความยั่งยืนในกระบวนการเกษตรกรรม ทั้งนี้ ระบบเกษตรอัจฉริยะได้ช่วยให้เกษตรกรรายย่อยในประเทศไทยสามารถรับมือกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศและปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมได้ดียิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามการศึกษาผลกระทบของการประยุกต์ใช้เกษตรอัจฉริยะต่อเกษตรกรไทย โดยใช้กรณีศึกษาของเกษตรอัจฉริยะในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 18 ราย (Meechoovet & Siriwato, 2023) ที่นำเทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ๆ มาใช้ในภาคการเกษตรในประเทศไทย เช่น การใช้ระบบเซนเซอร์ การวิเคราะห์ข้อมูล และการควบคุมการให้น้ำและปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุน และการศึกษาความพร้อมของเกษตรกรและองค์กรในด้านการนำเทคโนโลยี IoT มาใช้ในภาคการเกษตรกรรมของประเทศไทย เพื่อส่งเสริมการทำเกษตรอัจฉริยะ (Duang-Ek-Anong et al., 2019) ซึ่งเป็นการผสมผสานระหว่างเครือข่ายเซนเซอร์และเทคนิคปัญญาประดิษฐ์ (AI) เพื่อปรับปรุงการเจริญเติบโตให้เหมาะสม ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงสถานการณ์ปัจจุบันของภาคการเกษตร เช่น ปัญหาการจัดการระบบชลประทาน ต้นทุนการผลิตที่สูง และราคาสินค้าเกษตรที่ลดลง เกษตรกรที่ใช้เทคโนโลยีเกษตรอัจฉริยะได้รับประโยชน์จากการเพิ่มผลผลิต การลดการใช้ทรัพยากร ลดการใช้แรงงาน และเพิ่มความสามารถในการแข่งขันในตลาด แต่อย่างไรก็ตามเกษตรกรในประเทศไทยยังขาดความพร้อมในด้านการรับรู้และการใช้งาน เนื่องจากขาดความรู้ทางเทคโนโลยี ขาดความสามารถในการลงทุน และขาดการสนับสนุนจากรัฐบาลและองค์กรต่าง ๆ โดยเฉพาะกลุ่มเกษตรกรสูงอายุปฏิเสธที่จะใช้เทคโนโลยีเกษตรอัจฉริยะ เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายสูงและขาดความรู้พื้นฐานทางเทคโนโลยีที่เพียงพอ จึงควรต้องมีการสนับสนุนและพัฒนาทักษะเพิ่มเติมรวมทั้งพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน เพื่อให้เกษตรกรสามารถใช้เทคโนโลยีได้อย่างเต็มที่ นอกจากนี้รัฐบาลควรสนับสนุนเกษตรกรอัจฉริยะทั่วประเทศ เพื่อสร้างเครือข่ายที่แข็งแกร่งในการนำร่องและถ่ายทอดประสบการณ์ให้กับฟาร์มอื่น ๆ เพื่อช่วยให้เกษตรกรในประเทศไทยสามารถนำเกษตรอัจฉริยะมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถพัฒนาเกษตรกรรมอัจฉริยะที่ยั่งยืนได้ในอนาคต

จากงานวิจัยต่าง ๆ ที่กล่าวมา มีการนำเทคโนโลยีมาใช้เพื่อพัฒนาการเกษตรให้เป็นเกษตรอัจฉริยะ ซึ่งจะช่วยเพิ่มผลผลิตและการจัดการทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ แต่ยังมีปัญหาที่การยอมรับเทคโนโลยีและขาดความรู้พื้นฐานที่จะเข้าใจในเทคโนโลยีต่าง ๆ การแนะนำหลักการหรือทฤษฎีพื้นฐานทางฟิลิกส์จะช่วยให้เข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับปัจจัยการผลิตและสามารถประยุกต์ความรู้นั้น ๆ มาใช้กับงานเกษตรอัจฉริยะได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

สรุป

ในบทนี้มีการกล่าวถึงบทบาทของฟิสิกส์ในฐานะวิทยาศาสตร์พื้นฐานในงานเกษตรกรรม โดยเริ่มจากการอธิบายถึงธรรมชาติของฟิสิกส์ที่ศึกษากฎเกณฑ์ของธรรมชาติที่มีอิทธิพลต่อการเคลื่อนไหวและการเปลี่ยนแปลงของสสารและพลังงาน โดยเน้นความสำคัญของฟิสิกส์ในการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ส่งผลกระทบต่อชีวิตประจำวันและการเกษตรซึ่งเป็นกิจกรรมหลักของมนุษย์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตอาหารและทรัพยากรธรรมชาติ โดยชี้ให้เห็นถึงการพัฒนาและวิวัฒนาการของการเกษตรควบคู่กับความก้าวหน้าทางฟิสิกส์ซึ่งครอบคลุมถึงหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้

1. **การประยุกต์ใช้ฟิสิกส์ในงานเกษตร** การใช้หลักการฟิสิกส์ เช่น กลศาสตร์, อุณหพลศาสตร์, และแม่เหล็กไฟฟ้า ในการออกแบบเครื่องจักรกลเพื่อช่วยลดแรงงาน เช่น รถแทรกเตอร์, เครื่องพรวนดิน, และเครื่องสูบน้ำ รวมถึงการพัฒนาระบบชลประทานที่ใช้หลักกลศาสตร์ของของไหลเพื่อจัดการน้ำในพื้นที่เพาะปลูกให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

2. **การเกษตรอัจฉริยะ (Smart Agriculture)** การใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการเพิ่มผลผลิตและลดความสูญเสียในกระบวนการเกษตร เช่น การนำ IoT (Internet of Things), เซนเซอร์ตรวจวัด, หุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติมาใช้ในกระบวนการเกษตร ตั้งแต่การตรวจสอบสภาพแวดล้อม เช่น ความชื้น, อุณหภูมิ, และแสง ไปจนถึงการปรับปรุงระบบให้น้ำและปุ๋ยอย่างแม่นยำ ซึ่งช่วยเพิ่มผลผลิต ลดการสูญเสีย และลดต้นทุน

3. **แนวคิดการเกษตรเพื่อความยั่งยืน** การทำเกษตรในยุคดิจิทัลที่มุ่งเน้นความยั่งยืน โดยการประยุกต์ใช้ฟิสิกส์เพื่อแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม เช่น การทำฝนเทียมที่ใช้หลักการของความร้อนและอุณหพลศาสตร์ การพัฒนาเทคโนโลยีปลูกพืชไร้ดิน (Hydroponics) การปลูกพืชในโรงเรือนระบบปิด และการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับการทำเกษตร (Agrivoltaic)

4. **ตัวอย่างเทคโนโลยีการเกษตรสมัยใหม่** การใช้โดรนเพื่อหว่านปุ๋ยและตรวจสอบสภาพพื้นที่ หุ่นยนต์เก็บเกี่ยวผลผลิต และการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) เพื่อช่วยเกษตรกรในการตัดสินใจและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต

5. **ความเชื่อมโยงระหว่างฟิสิกส์และกระบวนการเกษตร** ไม่ว่าจะเป็นการควบคุมปัจจัยพื้นฐานอย่างแสงในกระบวนการสังเคราะห์แสง การออกแบบเครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพ การจัดการทรัพยากร เช่น น้ำ และดิน ไปจนถึงการพัฒนาอุปกรณ์ที่ช่วยลดการใช้แรงงานมนุษย์

เนื้อหาในบทแรกนี้เป็นการปูพื้นฐานเพื่อชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของฟิสิกส์ต่อการเกษตรและสร้างความเข้าใจถึงการผสมผสานวิทยาศาสตร์กับการเกษตรเพื่อแก้ปัญหาและพัฒนาการเกษตรไปสู่ความยั่งยืนในยุคดิจิทัล ซึ่งจะมีการลงรายละเอียดในบทต่อ ๆ ไปเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเหล่านี้ในภาคการเกษตรอย่างเป็นรูปธรรม

เอกสารอ้างอิง

- เกษตรอินทรีย์. (2563). สร้างรายได้จากผักแอรโอโพนิกส์ Aeroponics ทำอย่างไร. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.kasetorganic.com/knowledge/aeroponics/> (24 พฤศจิกายน 2566)
- เดป้า. (ม.ป.ป.). โดรนกับเกษตรไทย Tech Series: Drone for smart farming. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.depa.or.th/th/article-view/tech-series-drone-smart-farming> (21 พฤศจิกายน 2567)
- เดป้า. (ม.ป.ป.). โรงงานผลิตพืช (Plant factory) เทรนด์เทคโนโลยีเพื่อการเพาะปลูกแห่งอนาคต. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.depa.or.th/th/article-view/plant-factory> (24 พฤศจิกายน 2566)
- เดอะ ลิสท์. (2560). ฝนหลวง. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://thelist.group/realist/blog/ฝนหลวง-ในหลวง/> (24 พฤศจิกายน 2566)
- แทรกเตอร์คูโบต้า. (ม.ป.ป.). อุปกรณ์ต่อพ่วงแทรกเตอร์. (ออนไลน์) แหล่งที่มา https://www.siamkubota.co.th/tractor_peripherals/ (17 พฤศจิกายน 2566)
- ทรูปลูกปัญญา. (2559). การลดความชื้นของเมล็ดพืช. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.truelookpanya.com/knowledge/content/64674/-blog-blo-> (24 พฤศจิกายน 2566)
- ทรูปลูกปัญญา. (2561). การทำฝนหลวง. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.truelookpanya.com/knowledge/content/66756/-blo-sciche-sci-> (24 พฤศจิกายน 2566)
- นิตยสารสาระวิทย์ โดย สวทช. (2567). Agrivoltaic นวัตกรรมการทำเกษตรร่วมกับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.nstda.or.th/sci2pub/agrivoltaic/> (20 พฤศจิกายน 2567)
- บริษัท ไทยเทคมะซินดีไซน์ จำกัด. (ม.ป.ป.). เครื่องจักรกลการเกษตร มีอะไรบ้าง? เครื่องจักรสุดเจ๋งสำหรับเกษตรไทย. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://ttmdthailand.com/เครื่องจักรกลการเกษตร/> (24 พฤศจิกายน 2566)
- มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. (ม.ป.ป.). หลักการเลี้ยงสัตว์. (ออนไลน์). แหล่งที่มา <https://elearning.yru.ac.th/home/course/view.php?id=2334> (24 พฤศจิกายน 2566)
- มูลนิธิโครงการสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน. (ม.ป.ป.). สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ / เล่มที่ ๔ / เรื่องที่ ๕ ปรากฏการณ์ของอากาศ / การทำฝนเทียม. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://saranukromthai.or.th/oldchild/327> (24 พฤศจิกายน 2566)
- วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีแพร่. (2557). เครื่องเก็บเกี่ยววนวด. (ออนไลน์) แหล่งที่มา http://www.pcat.ac.th/_files_school/00000831/data/00000831_1_20141104-131021.pdf (24 พฤศจิกายน 2566)

- สยามคูโบต้า. (2567). Smart Farm คืออะไร การทำเกษตรอัจฉริยะ ควบคุมด้วยเทคโนโลยี. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://kas.siamkubota.co.th/knowledge/ประเภทองค์ความรู้/องค์ความรู้ทั่วไป/smart-farm/> (21 พฤศจิกายน 2567)
- สวก. (2565). เกษตรอัจฉริยะความหวังใหม่ของภาคการเกษตรไทย. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.arda.or.th/detail/6195> (21 พฤศจิกายน 2567)
- สวทช. (2563). Smart Farming การเกษตรอัจฉริยะ. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://waa.inter.nstda.or.th/stks/pub/2020/20200313-smart-farming.pdf> (21 พฤศจิกายน 2567)
- สวทช. (2564ก). เซนเซอร์-ไอโอที เทคโนโลยีตัวเร่ง “สมาร์ทฟาร์มเมอร์. (ออนไลน์) แหล่งที่มา https://www.nstda.or.th/home/performance_post/sensor-iot-accelerator-technology-smart-farmer/ (24 พฤศจิกายน 2566)
- สวทช. (2564ข). Plant Factory ยกระดับการปลูกพืชสู่เกษตรแม่นยำ. (ออนไลน์) แหล่งที่มา https://www.nstda.or.th/home/performance_post/plant-factory/ (24 พฤศจิกายน 2566)
- สำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (ม.ป.ป.). องค์ความรู้ที่ 3 การใช้เทคโนโลยีในการบริหารจัดการฟาร์มยุคใหม่ (Smart Farming). (ออนไลน์) แหล่งที่มา https://www.opsmoac.go.th/km-km_org_center-files-431391791794 (21 พฤศจิกายน 2567)
- Bellis, M. (ม.ป.ป.). ประวัติของรถแทรกเตอร์. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://th.eferrit.com/ประวัติของรถแทรกเตอร์/> (17 พฤศจิกายน 2566)
- Chieochan, O., Saokaew, A., & Boonchieng, E. (2017). IOT for smart farm: A case study of the Lingzhi mushroom farm at Maejo University. In *2017 14th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE)* (pp. 1-6). IEEE.
- Croptracker. ม.ป.ป. Robotic technology in Agiculture. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.croptacker.com/blog/robotic-technologies-in-agriculture.html> (21 พฤศจิกายน 2567)
- Duang-Ek-Anong, S., Pibulcharoensit, S., & Phongsatha, T. (2019). Technology readiness for Internet of Things (IoT) adoption in smart farming in Thailand. *Int. J. Simul. Syst. Sci. Technol.*, 20, 1-6.
- EasternPeak. (2566). Smart farming: How automation is transforming Agriculture. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://easternpeak.com/blog/smart-farming-how-automation-is-transforming-agriculture/> (21 พฤศจิกายน 2567)
- Field, H. L., & Solie, J. B. (2007). *Introduction to Agricultural Engineering Technology: A Problem Solving Approach 3rd Ed.* Springer.
- Forfarm. (2563). เซนเซอร์ที่นิยมนำมาใช้กับงานด้านเกษตรกรรม (Agriculture Sensors). (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://forfarm.co/agriculture-sensors/> (24 พฤศจิกายน 2566)

- Forfarm. (2564). Plant factory with artificial lighting (PFAL). (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://forfarm.co/pfal/> (24 พฤศจิกายน 2566)
- FourFarm. (ม.ป.ป.). การปลูกพืชไร้ดิน. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.fourfarm.com/การปลูกพืชไร้ดิน-soilless-culture/> (24 พฤศจิกายน 2566)
- HowToRobot. (2564). Agricultural robots: A revolutionary tool for farmers worldwide. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://howtorobot.com/expert-insight/agricultural-robots> (21 พฤศจิกายน 2567)
- Hwang, B. N., Jitanugoon, S., & Puntha, P. (2024). The Impact of Smart Farming Technology on Agricultural Productivity: Evidence from a Large-scale Database in Thailand. *KnE Social Sciences*, 9(32), 25-55.
- Kwanmuang, K., Pongputhinan, T., Jabri, A., & Chitchumnung, P. (2020). Small-scale farmers under Thailand's smart farming system. *FFTC Agricultural Policy Platform (FFTC-AP)*, 636.
- Meechoovet, Y., & Siriwato, S. (2023). Thailand's Smart Agriculture and its Impacts on Thai Farmers: A Case Study of Smart Agriculture in Ayutthaya, Thailand. *Asian Political Science Review*, 7(1).
- Rose, C. W. (1966). *Agricultural Physics*. Pergamon press Ltd.
- Suanpang, P., & Jamjuntr, P. (2019). A smart farm prototype with an Internet of Things (IoT) case study: Thailand. *technology*, 5(12), 15.
- Wetchasit, P., & Lilavanichakul, A. (2023). Durian Farmer Adoption of Smart Farming Technology: A Case Study of Chumphon Province. *Journal of Food Science and Agricultural Technology (JFAT)*, 7(1), 8-13.

2

เซนเซอร์และเทคโนโลยีการวัดในเกษตรกรรม

ในยุคที่เทคโนโลยีก้าวล้ำ การเกษตรก็ไม่ได้หยุดอยู่กับที่อีกต่อไป การใช้เซนเซอร์และเทคโนโลยีการวัดในเกษตรกรรมได้กลายเป็นเครื่องมือสำคัญในการพัฒนาการผลิตและการจัดการฟาร์มให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยเฉพาะในยุคที่การเกษตรต้องการการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าและยั่งยืน เซนเซอร์และอุปกรณ์การวัดช่วยให้เกษตรกรสามารถรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมและการเจริญเติบโตของพืชและสัตว์ที่มีความแม่นยำได้แบบเวลาจริง (Real-Time) เทคโนโลยีการวัดเป็นหัวใจสำคัญในการทำงานของเซนเซอร์ในเกษตรกรรม ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่การเลือกใช้เครื่องมือวัดที่เหมาะสมไปจนถึงการแปลงหน่วยวัดต่าง ๆ ให้ตรงกับมาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับ เช่น การวัดค่าความชื้นในดิน ความเข้มของแสง หรืออุณหภูมิในสภาพแวดล้อม การสอบเทียบเครื่องมือวัดให้ได้ค่าที่ถูกต้องและเชื่อถือได้ก็เป็นสิ่งสำคัญเพื่อคุณภาพของข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์ และอีกหนึ่งเทคโนโลยีที่น่าจับตามองในเกษตรกรรมคือการตรวจจذبระยะไกล ซึ่งทำให้เกษตรกรสามารถติดตามสถานะของพืชและสัตว์ในฟาร์มได้แม้ไม่ได้อยู่ในพื้นที่ การใช้เทคโนโลยีเช่น การถ่ายภาพทางดาวเทียมหรือโดรน จะช่วยในการประเมินผลผลิตและสุขภาพของพืชและสัตว์ได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพ

ในบทนี้จะนำเสนอเรื่องราวเกี่ยวกับเทคโนโลยีการวัด เซนเซอร์ที่ใช้ในเกษตรกรรม ฟิสิกส์ของเซนเซอร์ และการตรวจจذبระยะไกลสำหรับการติดตามพืชและสัตว์ เพื่อเข้าถึงบทบาทและความสำคัญของเทคโนโลยีเหล่านี้ผ่านองค์ความรู้ทางฟิสิกส์ ในโลกของการเกษตรสมัยใหม่

2.1 เทคโนโลยีการวัด

การเกษตรในปัจจุบันได้ก้าวเข้าสู่ยุคของเทคโนโลยีที่ทันสมัย ซึ่งไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มผลผลิตเท่านั้น แต่ยังช่วยให้การจัดการทรัพยากรในภาคเกษตรมีความยั่งยืนและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น หนึ่งในเทคโนโลยีที่มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาเกษตรกรรมคือ เทคโนโลยีการวัด ซึ่งช่วยให้เกษตรกรสามารถรวบรวมข้อมูลที่แม่นยำเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมและสถานะของพืชหรือสัตว์ในฟาร์ม เพื่อให้สามารถตัดสินใจได้อย่างมีข้อมูลรองรับ งานเกษตรจนครอบคลุมการวัดหลายประเภท ทั้งการวัดพารามิเตอร์ทางสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม ทิศทางลม และปริมาณแสง เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการวัดสมบัติต่าง ๆ ของดิน เช่น ความชื้นในดิน หรือความเป็นกรด-ด่าง (pH) การวัดเหล่านี้มีความสำคัญต่อการดูแลพืชและสัตว์ในฟาร์ม เนื่องจากสามารถช่วยให้เกษตรกรสามารถกำหนดสถานะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชและสัตว์ รวมทั้งสามารถลดการสูญเสียจากภัยธรรมชาติ เกษตรกรสามารถทำการเกษตรที่มีความแม่นยำทำให้การใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า

การใช้เครื่องมือและเซนเซอร์ที่ทันสมัยในการวัดช่วยให้การเกษตรมีความแม่นยำและมีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยการวัดและเก็บข้อมูลในระยะเวลาจริง (Real-Time) สามารถช่วยในการวิเคราะห์และปรับการจัดการทางการเกษตรให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมและความต้องการของพืชและสัตว์ การแปลงหน่วยการวัด การสอบเทียบเครื่องมือ และการเข้าใจถึงมาตรฐานในการวัด ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้มีความเชื่อถือได้และสามารถนำไปใช้ในการตัดสินใจได้อย่างแม่นยำ

2.1.1 การวัดและหน่วยวัด

การวัดและหน่วยวัดเป็นส่วนสำคัญที่จะบ่งชี้ถึงปริมาณทางกายภาพ มีคำกล่าวที่ว่า “ถ้าสามารถวัดสิ่งต่าง ๆ และแสดงออกมาเป็นตัวเลขได้ หมายความว่า ได้เกิดการเรียนรู้แล้ว แต่ถ้ายังไม่สามารถแสดงออกมาเป็นตัวเลขได้หมายความว่า รู้เพียงผิวเผินเท่านั้น จึงไม่อาจจัดเป็นวิทยาศาสตร์ได้” ในทางการเกษตร การวัดและหน่วยวัดมีบทบาทสำคัญในการจัดการทรัพยากร วางแผนการผลิต และประเมินผลผลิตทางการเกษตร โดยการเลือกใช้เครื่องมือวัดที่เหมาะสมและมีความแม่นยำ

ในการวัดค่าปริมาณต่าง ๆ จำเป็นต้องทราบว่าจะวัดปริมาณใด และมีหน่วยวัดว่าอย่างไร เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบค่าจากการวัดได้ เนื่องจากปริมาณที่ได้จากการวัดจะต้องอยู่ในหน่วยวัดเดียวกันจึงสามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้ ในปัจจุบันมีระบบหน่วยการวัดที่นิยมใช้กันแพร่หลายอยู่มากมาย เช่น ระบบอังกฤษ ระบบเมตริก ระบบสากล เป็นต้น ระบบอังกฤษนิยมใช้กันแพร่หลายในประเทศตะวันตกหลายประเทศที่ใช้ภาษาอังกฤษเป็นภาษาประจำชาติ จึงมีอิทธิพลต่อการศึกษาตำราหรือหนังสือที่แปลมาจากภาษาอังกฤษ ในขณะที่ระบบเมตริกเป็นระบบหน่วยที่นิยมใช้ในประเทศไทย หนังสือตำราในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานส่วนใหญ่มีการใช้หน่วยในระบบเมตริก ส่วนในการศึกษาวิชาฟิสิกส์ สูตรและสมการเกือบทั้งหมดสร้างขึ้นมาจากหน่วยวัดในระบบสากล จึงจำเป็นจะต้องเข้าใจความสัมพันธ์ของหน่วยวัดในแต่ละระบบเพื่อที่จะสามารถแปลงหน่วยวัดให้เหมาะสมกับการใช้งานได้ ตารางที่ 2.1 แสดงตัวอย่างหน่วยวัดในแต่ละระบบที่มีการใช้งานในปัจจุบัน

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างระบบหน่วยที่มีการใช้งานในปัจจุบัน

ระบบหน่วย	เวลา	มวล	ความยาว	อุณหภูมิ
ระบบอังกฤษ	วินาที	สลัก	ฟุต	องศาฟาเรนไฮต์
ระบบเมตริก (CGS)	วินาที	กรัม	เซนติเมตร	องศาเซลเซียส
ระบบสากล (SI)	วินาที	กิโลกรัม	เมตร	เคลวิน

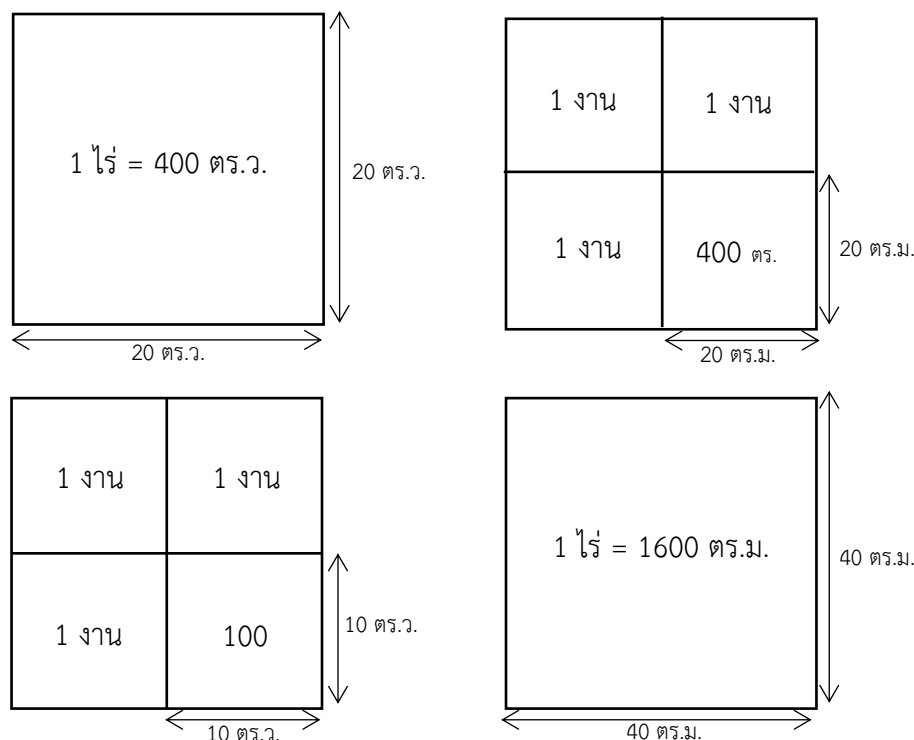
นอกจากหน่วยวัดที่กล่าวมาแล้วยังมีระบบหน่วยวัดที่เรียกว่า หน่วยไทย ซึ่งเป็นหน่วยวัดแบบไทยดั้งเดิมที่มีการใช้งานกันมาในประเทศไทยตั้งแต่อดีต โดยเฉพาะอย่างยิ่งหน่วยในการชั่ง ตวง วัด ทางเกษตร เช่น มวล ความยาว หรือ พื้นที่ ตารางที่ 2.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยไทยและหน่วยวัดในระบบเมตริก ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยวัดต่าง ๆ ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น แม้ว่าหน่วยบางหน่วยอาจไม่ได้พบเห็นการใช้งานแล้วในปัจจุบัน

การชั่งมวลในหน่วย สลึง บาท ตำลึง ชั่ง และหาบ เป็นหน่วยที่ใช้สำหรับวัดน้ำหนักหรือมวลในระบบไทย ตารางแสดงให้เห็นว่า 1 บาทมีมวล 15 กรัม หรือ 1 หาบมีมวล 60 กิโลกรัม เป็นต้น ในขณะที่การวัดความยาวในหน่วย กระเปียด นิ้ว คืบ ศอก วา เส้น และโยชน์ ใช้สำหรับวัดความยาวของสิ่งของ ระยะทาง หรือระยะทาง เป็นต้น สุดท้ายการวัดพื้นที่ พบการใช้งานหน่วยวัด ได้แก่ ตารางวา งาน และไร่ เป็นต้น

ตารางที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยไทยและหน่วยวัดในระบบเมตริก

ปริมาณ/หน่วย	เปรียบเทียบในหน่วยไทย	เปรียบเทียบกับระบบเมตริก
มวล		
1 สลึง	-	3.75 กรัม
1 บาท	4 สลึง	15 กรัม
1 ตำลึง	4 บาท	60 กรัม
1 ชั่ง	20 ตำลึง	1,200 กรัม
1 หาบ	50 ชั่ง	60 กิโลกรัม
ความยาว		
1 กระเปียด	-	0.5208 เซนติเมตร
1 นิ้ว	4 กระเปียด	2.5 เซนติเมตร
1 คืบ	10 นิ้ว	25 เซนติเมตร
1 ศอก	2 คืบ	50 เซนติเมตร
1 วา	4 ศอก	เมตร
1 เส้น	20 วา	40 เมตร
1 โยชน์	400 เส้น	16 กิโลเมตร
พื้นที่		
1 ตารางวา	-	4 ตารางเมตร
1 งาน	100 ตารางวา	400 ตารางเมตร
1 ไร่	4 งาน	1600 ตารางเมตร

รูปที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยวัดพื้นที่ในหน่วยไทยและระบบเมตริก จากรูปจะเห็นว่าพื้นที่ 1 ไร่ถูกแบ่งออกเป็น 4 งาน ซึ่งพื้นที่ 1 งานมีค่าเท่ากับ 100 ตารางวา หรือ 400 ตารางเมตร พื้นที่ 1 ไร่ จึงมีค่าเท่ากับ 400 ตารางวา หรือ 1600 ตารางเมตร ซึ่งการทราบค่าขนาดของพื้นที่นี้จะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนและออกแบบระบบให้น้ำ ปริมาณเมล็ดพันธุ์ หรือแม้แต่ปริมาณปุ๋ย ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการของพืชและสัตว์ในฟาร์ม นอกจากนี้หน่วยวัดพื้นที่ในต่างประเทศนิยมใช้เป็น เฮกตาร์ และ เอเคอร์ โดยพื้นที่ 1 เฮกตาร์มีค่าเท่ากับ 6.25 ไร่ และพื้นที่ 1 เอเคอร์มีค่าเท่ากับ 2.53 ไร่



รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยวัดพื้นที่ในหน่วยไทยและระบบเมตริก

การวัดในงานเกษตรนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็นหลายประเภทขึ้นอยู่กับลักษณะของสิ่งที่ต้องการวัด เช่น มวล ความยาว พื้นที่ ปริมาตร ความชื้น หรือคุณสมบัติทางเคมีของดินและพืช ดังนี้

1) การวัดมวลใช้ในการประเมินผลผลิตทางการเกษตร เช่น การวัดน้ำหนักของผลผลิต (ข้าว ผัก ผลไม้) หรือปริมาณการใช้ปุ๋ยและสารเคมีในการเพาะปลูก โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวัดมวล ได้แก่ เครื่องชั่ง (Balance) หรือ เครื่องชั่งดิจิตอล (Digital Scale) ที่สามารถวัดค่าในหน่วยต่าง ๆ ได้ เช่น กรัม กิโลกรัม หรือ ตัน เป็นต้น

2) การวัดความยาว พื้นที่ และ ปริมาตร ใช้ในการประเมินขนาดพื้นที่การเพาะปลูกหรือขนาดของพืช เครื่องมือที่ใช้วัดความยาว ได้แก่ สายวัด (Tape Measure) ไม้วัด (Measure Stick) หรือ เครื่องวัดระยะทางด้วยเลเซอร์ (Laser Distance Meter) โดยมีหน่วยในการวัดความยาว เช่น เซนติเมตร นิ้ว ฟุต หรือ เมตร เป็นต้น หน่วยในการวัดพื้นที่ เช่น ตารางเมตร ตารางวา งาน ไร่ เอเคอร์ หรือ เฮกตาร์ เป็นต้น และหน่วยในการวัดปริมาตร เช่น มิลลิเมตร ลิตร ลูกบาศก์เซนติเมตร ลูกบาศก์เมตร หรือ ลิตร เป็นต้น

3) การวัดความชื้น เป็นปัจจัยสำคัญในการเกษตร โดยเฉพาะงานด้านการเพาะปลูกพืชในพื้นที่ที่มีการชลประทานหรือพื้นที่ที่ต้องการควบคุมสภาพความชื้น เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ เครื่องวัดความชื้นในดิน (Soil Moisture Meter) หรือ เครื่องวัดความชื้นในผลผลิต (Moisture Meter) ซึ่งสามารถวัดค่าในหน่วยเปอร์เซ็นต์ (%) ได้

4) การวัดคุณสมบัติทางเคมีของดินและพืช ใช้ในการประเมินคุณภาพของดินและการจัดการธาตุอาหารในดิน เช่น การวัดความเป็นกรด-ด่าง pH, ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียมในดิน โดยเครื่องมือที่ใช้ได้แก่ pH Meter, NPK Meter, หรือ EC Meter เป็นต้น

5) การวัดอุณหภูมิ ในงานเกษตรมีความสำคัญในการควบคุมสภาพแวดล้อม เช่น การตรวจสอบอุณหภูมิของดิน น้ำ หรือ อากาศในเรือนกระจกหรือแปลงปลูก พืชบางชนิดต้องการอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโต เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ เทอร์โมมิเตอร์ หรือ เครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรด เป็นต้น

ในการเขียนค่าของจำนวนบางครั้งก็มีความจำเป็นต้องเขียนตัวเลขที่มีจำนวนค่าสูงมาก ๆ หรือ ต่ำมาก ๆ เช่น ประเทศไทยมีเนื้อที่เพาะปลูกข้าวในปี 99,357,027,200 ตารางเมตร มีจำนวนผลผลิต 26,933,808,000 กิโลกรัม หรือ ต้นกล้ามีอัตราการเจริญเติบโตที่ 0.005 เมตรต่อวัน เป็นต้น ซึ่งการเขียนในรูปแบบนี้นั้นเข้าใจได้ยากและมีโอกาสผิดพลาดได้สูง การเขียนในรูปของค่าอุปสรรคและหน่วยวัดที่เหมาะสมจะช่วยให้ปริมาณนั้นเข้าใจได้ง่ายขึ้น เช่น ประเทศไทยมีเนื้อที่เพาะปลูกข้าวในปี 62 ล้านไร่ มีจำนวนผลผลิต 26 ล้านตัน และต้นกล้ามีอัตราการเจริญเติบโตที่ 0.5 เซนติเมตรต่อวัน เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถใช้เลขบอกระดับขนาด (Order of Magnitude) หรือ สัญกรณ์กำลังสิบ (ค่าตัวเลข 10 ยกกำลังต่าง ๆ) เพื่อแสดงค่าของปริมาณร่วมด้วยก็ได้ เช่น 9.9×10^{10} ตารางเมตร หรือ 2.7×10^{10} กิโลกรัม หรือ 5×10^{-3} เมตรต่อวัน เป็นต้น

ตารางที่ 2.3 แสดงรายการค่าอุปสรรคที่นิยมใช้ในระบบ SI เช่น กิโ- เซนติ- เมกะ- หรือ นาโน- เป็นต้น โดยค่าอุปสรรคเป็นคำที่นำมาเติมด้านหน้าหน่วยแล้วทำให้มีความหมายเหมือนมีตัวคูณเพิ่มหรือคูณลด ทำให้หน่วยใหญ่ขึ้นหรือเล็กลง การใช้ค่าอุปสรรคทำให้แสดงค่าตัวเลขได้ชัดเจนขึ้น ไม่ต้องเขียนเลขศูนย์หรือจุดทศนิยมมากเกินไปจนจำเป็น ตัวอย่างเช่น 1 กิโลเมตร สามารถเขียนได้เป็น 1 km หรือ 10^3 m ในขณะที่ 1 เซนติเมตร สามารถเขียนได้เป็น 1 cm หรือ 10^{-2} m และ 1 ไมโครเมตร สามารถเขียนได้เป็น 1 μ m หรือ 10^{-6} m เป็นต้น

ตารางที่ 2.3 ค่าอุปสรรคที่ใช้ในระบบ SI

ตัวคูณ	ค่าอุปสรรค	สัญลักษณ์	ตัวคูณ	ค่าอุปสรรค	สัญลักษณ์
10^{24}	ยอตตะ (yotta)	Y	10^{-1}	เดซิ (deci)	d
10^{21}	เซตตะ (zetta)	Z	10^{-2}	เซนติ (centi)	c
10^{18}	เอ็กซะ (exa)	E	10^{-3}	มิลลิ (milli)	m
10^{15}	เพตะ (peta)	P	10^{-6}	ไมโคร (micro)	μ
10^{12}	เทระ (tera)	T	10^{-9}	นาโน (nano)	n
10^9	กิกะ (giga)	G	10^{-12}	พิโก (pico)	p
10^6	เมกะ (mega)	M	10^{-15}	เฟมโต (femto)	f
10^3	กิโล (kilo)	k	10^{-18}	อัตโต (atto)	a
10^2	เฮกโต (hecto)	h	10^{-21}	เซพโต (zepto)	z
10^1	เดคา (deka)	da	10^{-25}	ยอกโต (yecto)	y

ตัวอย่างการใช้งานคำอุปสรรคที่มีปริมาณมาก ๆ เช่น หน่วยของข้อมูลในเครื่องคอมพิวเตอร์ การวัดขนาดหน่วยความจำ นิยมใช้หน่วยเป็นไบต์ (Byte) ซึ่งอาจเทียบได้กับตัวอักษร 1 ตัว โดยที่คอมพิวเตอร์ต้องใช้หน่วยความจำที่ใหญ่มากจึงได้มีการกำหนดหน่วยขึ้นมาเพิ่มเติมดังนี้

1 Byte (ไบต์) = 1 ตัวอักษร

1 KB (กิโลไบต์) = 1024 Byte

1 MB (เมกะไบต์) = 1024 KB

1 GB (กิกะไบต์) = 1024 MB

1 TB (เทระไบต์) = 1024 GB

ในปัจจุบันอุปกรณ์บันทึกข้อมูลและหน่วยความจำต่าง ๆ จะใช้หน่วยความจุเป็น KB, MB, GB และ TB เท่านั้น แต่ก็ยังมีการใช้งานในหน่วย PB (เพตะไบต์), EB (เอ็กซะไบต์), ZB (เซตตะไบต์) และ YB (ยอตตะไบต์) อีกด้วย ถึงแม้จะยังไม่มีอุปกรณ์หรือหน่วยความจำได้สามารถทำความจุได้ก็ตาม

นอกจากนี้ยังมีคำอุปสรรคที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายทั่วไป เช่น คำอุปสรรคที่ใช้กับหน่วยทางการเงิน ได้แก่ สิบล (10¹) ร้อย (10²) พัน (10³) หมื่น (10⁴) แสน (10⁵) ล้าน (10⁶) เป็นต้น

2.1.2 การเลือกใช้เครื่องมือวัดที่เหมาะสม

การเกษตรในยุคปัจจุบันได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องทั้งในด้านเทคโนโลยีและวิธีการผลิต เพื่อตอบสนองความต้องการของตลาดและเพิ่มผลผลิตให้มีคุณภาพสูงขึ้น การเลือกใช้เครื่องมือวัดที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งสำคัญในการบริหารจัดการด้านการเกษตร เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด การเลือกเครื่องมือวัดที่มีความแม่นยำและเหมาะสมกับงานที่จะช่วยลดความผิดพลาดในการวัดผล และยังช่วยให้เกษตรกรสามารถวิเคราะห์และตัดสินใจได้อย่างถูกต้องและทันเวลา

เครื่องมือวัดที่ใช้ในงานด้านการเกษตรนั้นมีหลายประเภท ขึ้นอยู่กับลักษณะของงานที่ต้องการวัด เช่น เครื่องมือวัดทางด้านมวล (น้ำหนัก), ความยาว, ความหนาแน่น, ปริมาตร, และการวัดคุณสมบัติทางเคมีของดินหรือพืช ซึ่งเครื่องมือแต่ละประเภทต้องเลือกให้เหมาะสมกับประเภทงาน ขนาดของสิ่งที่จะวัด ลักษณะการอ่านค่า (อ่านค่าอย่างเดียวหรืออ่านค่าเพื่อควบคุม) ช่วงการวัด และคุณภาพ (ความไว Sensitivity, ความละเอียด Resolution, ความถูกต้อง Accuracy, ความเที่ยงตรง Precision, มาตรฐานและใบรับรองคุณภาพ) ซึ่งเครื่องมือวัดสามารถจำแนกลักษณะงานได้ดังนี้

1) เครื่องมือวัดมวล (น้ำหนัก) การวัดมวลเป็นหนึ่งในงานที่สำคัญในการเกษตร เช่น การวัดน้ำหนักผลผลิตทางการเกษตร (ข้าว อ้อย ผัก ผลไม้) หรือการวัดน้ำหนักของปุ๋ยและสารเคมีที่ใช้ในการเกษตร การเลือกเครื่องมือวัดน้ำหนัก เช่น เครื่องชั่งดิจิตอลหรือเครื่องชั่งคาน ขึ้นอยู่กับความละเอียดที่ต้องการและปริมาณที่ต้องการวัด ตัวอย่างเช่น เครื่องชั่งดิจิตอลที่มีความละเอียดสูงเหมาะสำหรับการวัดในปริมาณที่น้อย แต่เครื่องชั่งคานอาจเหมาะสมกว่าในกรณีที่ต้องวัดผลผลิตในปริมาณมาก สำหรับการเลือกซื้อเครื่องชั่งนั้น ควรพิจารณาจากวัตถุประสงค์ของการใช้งานว่าจะนำไปใช้ชั่งอะไร ขนาดของสิ่งที่จะชั่ง ความละเอียดที่ต้องการ น้ำหนักสูงสุดที่ชั่ง เพื่อพิจารณาว่าจะใช้เครื่องชั่งแบบวางพื้น เครื่องชั่งตั้งโต๊ะ หรือ เครื่องชั่งแบบแขวน เป็นต้น นอกจากนี้ที่มาหรือแหล่งผลิตก็มีส่วนสำคัญ เนื่องจากมีผลต่อความเที่ยงตรงและความ

นำเชื่อถือ และควรเลือกเครื่องซึ่งที่มีบริการหลังการขาย เพราะเมื่อใช้งานไปนาน ๆ อาจมีส่วนประกอบบางชิ้นชำรุดเสียหาย หรือจำเป็นต้องมีการบำรุงรักษา และท้ายที่สุด เครื่องซึ่งควรได้รับมาตรฐานและผ่านการตรวจสอบรับรองจากกองชั่งตวงวัด กรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์ ตัวอย่างเครื่องมือวัดมวลแบบต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ตัวอย่างเครื่องมือวัดมวลแบบต่าง ๆ

ที่มา: Fromfactory (2563)

2) เครื่องมือวัดความยาว ในการเกษตรใช้เครื่องมือวัดความยาวในการวัดพื้นที่เพาะปลูก ขนาดของพืช ระยะห่างระหว่างต้นพืช หรือการวัดความยาวของเส้นทางน้ำ เป็นต้น เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ เครื่องมือวัดแบบเข็มขัดวัด ไม้บรรทัด หรือเครื่องมือวัดระยะทางดิจิตอล (Laser Distance Meter) โดยควรเลือกใช้เครื่องมือที่เหมาะสมกับขนาดของพื้นที่หรือระยะทางที่ต้องการวัด ตัวอย่างเช่น สายวัด (Tape Measure) ใช้ในงานวัดระยะสั้นถึงกลาง มีความสะดวกและใช้ได้หลากหลายรูปแบบ โดยเฉพาะในงานที่ต้องการวัดระยะที่ไม่เกิน 50 เมตร ในขณะที่เครื่องมือวัดระยะทางด้วยเลเซอร์ (Laser Distance Meter) ซึ่งให้ความแม่นยำสูง ใช้สำหรับการวัดระยะไกล เช่น การวัดระยะห่างระหว่างฟาร์ม หรือการวัดพื้นที่ใหญ่ ๆ ส่วนไม้บรรทัด (Ruler) ใช้ในงานที่ต้องการความแม่นยำในระดับที่ไม่มาก เช่น การวัดขนาดของเมล็ดพันธุ์หรือการตัดแต่งพืช หรือไมโครมิเตอร์ (Micrometer) ซึ่งใช้ในงานที่ต้องการความแม่นยำสูงมาก เช่น การวัดขนาดเมล็ดพันธุ์ในงานวิจัย เป็นต้น นอกจากนี้ควรเลือกเครื่องมือที่มีความทนทานและสามารถทนต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ในฟาร์ม เช่น ความชื้น แสงแดด หรือฝน และต้องมีความสะดวกในการใช้งาน ใช้งานง่าย สามารถใช้งานได้ในพื้นที่สภาพแวดล้อมที่หลากหลาย เช่น หากทำงานในพื้นที่แคบ ๆ อาจจะเลือกใช้เครื่องมือที่มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา และพกพาสะดวก หากทำงานในพื้นที่กว้าง อาจต้องเลือกเครื่องมือที่สามารถวัดระยะทางไกลได้อย่างแม่นยำ และสามารถใช้งานได้โดยไม่ต้องใช้เทคนิคที่ซับซ้อนจะช่วยให้การทำงานในภาคเกษตรสามารถทำได้มีประสิทธิภาพ



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างเครื่องมือวัดความยาวแบบต่าง ๆ

ที่มา: ช. กิจเจริญ (2558)

3) เครื่องมือวัดคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของดินและพืช เครื่องมือเหล่านี้มีความสำคัญในการวัดคุณสมบัติทางเคมี เช่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความเข้มข้นของธาตุอาหารในดิน (NPK) หรือ ค่าการนำไฟฟ้าในดิน (EC) เป็นต้น และคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น ความชื้น หรือ อุณหภูมิ เป็นต้น เนื่องจากปัจจัยทางเคมีกายภาพเหล่านี้ล้วนมีผลต่อการดูดซึมสารอาหาร และการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ได้แก่ เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH Meter), เครื่องวัดธาตุอาหารในดิน (NPK Meter), เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (EC Meter), เครื่องวัดค่าความชื้น (Moisture Meter), และ เครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermometer) เป็นต้น โดยการเลือกเครื่องมือที่เหมาะสมควรพิจารณาจากความแม่นยำเป็นสำคัญ เนื่องจากผลการวิเคราะห์ที่แม่นยำจะช่วยให้เกษตรกรสามารถตัดสินใจในการใช้ปุ๋ยหรือสารเคมีได้อย่างเหมาะสม เช่น หากต้องการวัดธาตุหลักและสังกะสีที่มีในดินซึ่งมีปริมาณที่ต่ำ ควรเลือกใช้เครื่องมือวัดที่มีค่าความละเอียดสูง นอกจากนี้ความสะดวกในการใช้งานและการพกพาจะช่วยให้สามารถเก็บข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว เกษตรกรต้องพิจารณาความคุ้มค่าระหว่างราคาและคุณสมบัติของเครื่องมือประกอบกับความทนทานและความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อม หรือบริการหลังการขายร่วมด้วย การมีเครื่องมือวัดที่ได้คุณภาพจะช่วยให้การเก็บเกี่ยวหรือการเก็บรักษาผลผลิตมีคุณภาพมากขึ้น



รูปที่ 2.4 ตัวอย่างเครื่องมือวัดวัดคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของดินและพืชแบบต่าง ๆ

ที่มา: Ifarm. ม.ป.ป.

หลักในการเลือกเครื่องมือวัดให้เหมาะสมกับการใช้งานด้านการเกษตรนั้นต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายประการ เพื่อให้การวัดมีความแม่นยำและเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมการใช้งาน ได้แก่

- ความแม่นยำ เครื่องมือวัดที่ใช้ในการเกษตรจะต้องมีความแม่นยำในการวัด เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เชื่อถือได้ ตัวอย่างเช่น การวัดความชื้นในดินควรใช้เครื่องมือที่สามารถแสดงค่าได้อย่างละเอียดในช่วงที่ต้องการ เช่น 0-100% ความชื้น หรือการวัดน้ำหนักของผลผลิตควรใช้เครื่องชั่งที่สามารถวัดได้ในหน่วยกรัมหรือกิโลกรัม
- ความทนทานและเหมาะสมกับสภาพแวดล้อม เครื่องมือวัดในงานการเกษตรจะต้องมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่มีความรุนแรง เช่น ฝน ความร้อน หรือความชื้น เครื่องมือที่ใช้ในฟาร์มหรือในพื้นที่เพาะปลูกต้องสามารถใช้งานในพื้นที่กลางแจ้งหรือในสภาพแวดล้อมที่มีฝุ่นละอองหรือความชื้นสูงได้
- ความสะดวกและใช้งานง่าย การเลือกเครื่องมือวัดที่มีการออกแบบที่ใช้งานง่ายและไม่ซับซ้อน จะช่วยให้เกษตรกรสามารถใช้งานได้โดยไม่ต้องใช้ความชำนาญพิเศษ เครื่องมือที่ใช้งานง่ายจะช่วยประหยัดเวลาและลดข้อผิดพลาดที่เกิดจากการใช้งาน
- ความสามารถในการบำรุงรักษา เครื่องมือวัดที่ใช้ในงานเกษตรควรมีความสามารถในการบำรุงรักษาและซ่อมแซมได้ง่าย เนื่องจากการใช้งานในพื้นที่เพาะปลูกอาจทำให้เครื่องมือเกิดความเสียหายจากสภาพแวดล้อมที่ท้าทาย

ในการเลือกเครื่องมือวัดที่เหมาะสมสำหรับงานด้านการเกษตร ควรคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องอีกหลายประการ เช่น ขนาดของพื้นที่ สำหรับฟาร์มขนาดใหญ่ อาจต้องใช้เครื่องมือที่มีความสามารถในการวัดในระดับพื้นที่กว้าง เช่น การใช้เครื่องมือวัดระยะทางอัตโนมัติ และยังต้องคำนึงถึงชนิดของพืชหรือผลิตภัณฑ์ เครื่องมือวัดความชื้นในดินอาจเหมาะสำหรับพืชบางประเภท เช่น ข้าวหรืออ้อย และงบประมาณ การเลือกเครื่องมือที่เหมาะสมกับงบประมาณที่มีจะช่วยให้เกษตรกรสามารถลงทุนได้อย่างคุ้มค่า

2.1.3 มาตรฐานและการสอบเทียบเครื่องมือวัด

การใช้เครื่องมือวัดในงานเกษตรมีส่วนสำคัญในการปรับปรุงคุณภาพของผลผลิต การควบคุมสภาพแวดล้อม และการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตทางการเกษตร เครื่องมือวัดที่ใช้ในการเกษตร เช่น เครื่องมือวัดปริมาณน้ำในดิน การวัดความชื้นในพืช การวัดคุณสมบัติทางเคมีของดินและน้ำ และเครื่องมือวัดอื่น ๆ ต้องมีความแม่นยำสูงเพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้มีความเชื่อถือได้ นอกจากนี้ การใช้เครื่องมือที่ไม่ผ่านการสอบเทียบหรือไม่ได้มาตรฐานอาจนำไปสู่ข้อผิดพลาดที่ส่งผลเสียต่อการจัดการทางการเกษตรและผลผลิต ซึ่งในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงความสำคัญของมาตรฐานเครื่องมือวัดและกระบวนการสอบเทียบเครื่องมือวัดในงานเกษตร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือในการทำงานในภาคเกษตร

มาตรฐานเครื่องมือวัด คือ ข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับความถูกต้องของการวัด ซึ่งช่วยให้เครื่องมือให้ผลการวัดที่แม่นยำและเชื่อถือได้ มาตรฐานเหล่านี้ถูกกำหนดโดยองค์กรระดับชาติหรือสากล เช่น ISO (International Organization for Standardization) หรือ IEC (International Electrotechnical Commission) ที่กำหนดมาตรฐานเครื่องมือวัดที่สามารถใช้ได้ทั่วโลก ในด้านการเกษตรเครื่องมือวัดต้องมีมาตรฐานที่ครอบคลุมการใช้งานในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย เช่น ดินที่มีความเป็นกรด-ด่างแตกต่างกัน พืชที่มีความหลากหลายในการเติบโต และสภาพภูมิอากาศที่มีความแปรปรวน เครื่องมือที่ได้มาตรฐานจึงช่วยให้เกษตรกรมั่นใจได้ว่าเครื่องมือที่ใช้งานมีความแม่นยำและเชื่อถือได้

การสอบเทียบ (Calibration) เป็นกระบวนการที่ใช้ในการตรวจสอบและปรับปรุงความถูกต้องของเครื่องมือวัด โดยเปรียบเทียบค่าที่เครื่องมือวัดอ่านได้กับค่ามาตรฐานหรือค่าที่ทราบแน่นอนในสภาพที่มีการควบคุม การสอบเทียบเครื่องมือวัดช่วยให้มั่นใจได้ว่าเครื่องมือที่ใช้งานมีความแม่นยำและเชื่อถือได้ในระดับที่สอดคล้องกับมาตรฐาน โดยกระบวนการสอบเทียบเครื่องมือวัดในงานเกษตรประกอบด้วย

- 1) การเลือกเครื่องมือมาตรฐาน เครื่องมือที่ใช้ในการสอบเทียบต้องเป็นเครื่องมือที่มีความแม่นยำสูง และมีการสอบเทียบจากองค์กรที่ได้รับการรับรองในระดับสากล
- 2) การตรวจสอบการตั้งค่าเครื่องมือ หลังจากเลือกเครื่องมือมาตรฐานแล้ว จะต้องทำการตรวจสอบการตั้งค่าของเครื่องมือที่ต้องการสอบเทียบ เช่น การตั้งค่าผลลัพธ์ให้ตรงกับค่ามาตรฐาน
- 3) การดำเนินการสอบเทียบ หลังจากตั้งค่าผลลัพธ์แล้วจะทำการเปรียบเทียบค่าที่เครื่องมือวัดได้กับค่ามาตรฐาน หากผลที่ได้ไม่ตรงกับค่ามาตรฐาน จะต้องปรับแก้เครื่องมือให้เหมาะสม
- 4) การบันทึกผลการสอบเทียบ ผลการสอบเทียบจะต้องมีการบันทึกอย่างถูกต้องเพื่อใช้ในการตรวจสอบย้อนหลังและรักษามาตรฐานของเครื่องมือวัด

การสอบเทียบเครื่องมือวัดในงานเกษตรมีความสำคัญหลายด้าน ได้แก่ การสอบเทียบเครื่องมือช่วยให้เครื่องมือสามารถให้ค่าที่ถูกต้องและแม่นยำ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดิน การตรวจสอบระดับน้ำในดิน หรือการวัดคุณภาพของพืช การวัดที่มีความแม่นยำสูงจะช่วยให้เกษตรกรสามารถตัดสินใจในการใช้สารเคมีหรือปุ๋ยได้อย่างถูกต้อง และเครื่องมือที่มีความแม่นยำจะช่วยให้การควบคุมสภาพแวดล้อมในฟาร์มดีขึ้น เช่น การควบคุมระดับน้ำหรือความชื้นในดิน ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชและผลผลิตที่ได้ หากเครื่องมือวัดไม่ได้มาตรฐานหรือไม่ได้รับการสอบเทียบอย่างถูกต้อง อาจทำให้เกิดการตัดสินใจที่ผิดพลาด ซึ่งอาจนำไปสู่การใช้สารเคมีหรือปุ๋ยในปริมาณที่ไม่เหมาะสม ส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อดิน พืช หรือสิ่งแวดล้อม

การสอบเทียบเครื่องมือจะช่วยให้เกษตรกรสามารถรับรองคุณภาพของเครื่องมือวัดและการทดสอบที่ใช้ในการทำการเกษตร ซึ่งเป็นการสร้างความน่าเชื่อถือและความมั่นใจในกระบวนการผลิต โดยมีข้อควรระวังในการสอบเทียบเครื่องมือวัด คือ ควรเลือกใช้บริการสอบเทียบจากห้องปฏิบัติการหรือองค์กรที่ได้รับการรับรองมาตรฐานสากล เพื่อให้มั่นใจได้ว่าเครื่องมือได้รับการสอบเทียบอย่างถูกต้องและมีมาตรฐาน และควรทำเป็นระยะ ๆ ตามระยะเวลาที่กำหนด โดยขึ้นอยู่กับประเภทของเครื่องมือและความถี่ในการใช้งาน นอกจากนี้หลังจากการสอบเทียบเครื่องมือแล้ว ควรเก็บรักษาเครื่องมือในสภาพที่เหมาะสมเพื่อรักษาความแม่นยำของเครื่องมือให้คงอยู่ต่อไป

ในประเทศไทย มีห้องปฏิบัติการสอบเทียบและองค์กรที่ได้รับการรับรองมาตรฐานสากล (ISO/IEC 17025) ซึ่งสามารถให้บริการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางการเกษตรได้ โดยห้องปฏิบัติการเหล่านี้มีการรับรองมาตรฐานจากองค์กรต่าง ๆ เช่น สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) หรือองค์กรที่ได้รับการรับรองจาก ISO/IEC 17025 ซึ่งเป็นมาตรฐานสำหรับห้องปฏิบัติการที่ให้บริการการทดสอบและสอบเทียบเครื่องมือวัด

ตัวอย่างห้องปฏิบัติการสอบเทียบที่ได้รับการรับรองในประเทศไทยมีดังนี้

- 1) ศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัดของกรมวิทยาศาสตร์บริการ ให้บริการสอบเทียบเครื่องมือที่ใช้ในงานเกษตร เช่น เครื่องวัดคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของดินและพืช เช่น ตู้อบ เทอร์โมมิเตอร์ เครื่องชั่ง และเครื่องมือวัดความยาว
- 2) ห้องปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ให้บริการสอบเทียบเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดินและน้ำ รวมทั้งเครื่องมือในงานเกษตรอื่น ๆ
- 3) ศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ ให้บริการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางเกษตร เช่น เครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าพื้นฐาน เช่น ความชื้น ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดินและน้ำ
- 4) ศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด ให้บริการสอบเทียบเครื่องมือวัดมวล เครื่องมือวัดความยาว และเครื่องมือวัดอุณหภูมิ
- 5) ศูนย์สอบเทียบเครื่องมือวัด บริษัท สมาร์ทเทค แคลิเบรชั่น แอนด์ เซอร์วิส เซส จำกัด (STC) ให้บริการสอบเทียบเครื่องมือวัด เช่น เครื่องมือวัดทางเคมีในดินและน้ำ เครื่องมือวัดทางฟิสิกส์ และเครื่องมือวัดในภาคเกษตร
- 6) ห้องปฏิบัติการสอบเทียบ ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเกษตรเพื่อการส่งออก คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ให้บริการสอบเทียบเครื่องมือวัดมวล และเครื่องมือวัดอุณหภูมิ
- 7) ศูนย์ห้องปฏิบัติการและวิจัยทางการแพทย์และการเกษตรแห่งเอเชีย (AMARC) ให้บริการสอบเทียบเครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้น เครื่องมือวัดทางเคมี เช่น ค่าความนำไฟฟ้า ค่าความเป็นกรด-ด่าง และเครื่องมือวัดมวล

2.1.4 การแปลงหน่วยวัด

ในบางครั้งการคำนวณมีความจำเป็นต้องเปลี่ยนหน่วยจากระบบหนึ่งไปเป็นอีกระบบหนึ่ง เนื่องจากการเปรียบเทียบปริมาณ 2 ปริมาณจำเป็นต้องมีหน่วยเดียวกันเท่านั้น หากต้องการเปรียบเทียบปริมาณ 2 ค่าในหน่วยนิ้ว (in.) และเซนติเมตร (cm) จะไม่สามารถนำค่าตัวเลขมาเปรียบเทียบกันได้ แต่จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนหน่วย เช่น เชือก 2 เส้นที่มีความยาว 12 in และ 28 cm จะไม่สามารถดูแค่ปริมาณตัวเลขแล้วเปรียบเทียบขนาดได้ แต่จำเป็นต้องแปลงค่าจากความยาวในหน่วยนิ้วไปเป็นเซนติเมตรก่อนจึงจะสามารถเปรียบเทียบค่าตัวเลขทั้งสองได้ ตัวประกอบการเปลี่ยนหน่วยจึงเข้ามามีบทบาทสำคัญ (รายละเอียดของตัวประกอบการเปลี่ยนหน่วยดูได้ในภาคผนวก เช่น $1 \text{ in.} = 0.0254 \text{ m} = 2.54 \text{ cm}$ เป็นต้น)

สำหรับขั้นตอนในการเปลี่ยนหน่วยนั้นเริ่มจากมองหน่วยเป็นปริมาณฟิสิกส์ซึ่งสามารถตัดทอนกันได้ หากต้องการเปลี่ยนหน่วยให้นำปริมาณนั้นคูณกับตัวประกอบการเปลี่ยนหน่วย ซึ่งมีอัตราส่วนเป็น 1 ยกตัวอย่างเช่น หากทราบว่า $1 \text{ in.} = 2.54 \text{ cm}$ ดังนั้นปริมาณ $\left(\frac{1 \text{ in.}}{2.54 \text{ cm}}\right)$ มีค่าเป็น 1 และส่วนกลับของปริมาณนี้ $\left(\frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ in.}}\right)$ ก็มีค่าเป็น 1 เช่นกัน เรียกทั้งสองปริมาณนี้ว่า ตัวประกอบการเปลี่ยนหน่วย ซึ่งตัวประกอบเหล่านี้จะไม่ทำให้ค่าของปริมาณนั้นเปลี่ยนไป

การแปลงหน่วยของความยาว 12 in. เป็น cm จึงทำได้โดยนำ 12 in คูณกับ $\frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ in.}}$ และหารด้วย 1 in เพื่อให้หน่วย in. ตัดกันไป เหลือเพียงหน่วย cm ซึ่งหากเขียนหน่วยกำกับไว้ หน่วยที่เหลืออยู่ก็จะเป็นการตรวจสอบได้ว่าเปลี่ยนหน่วยถูกหรือไม่

$$12 \text{ in.} = (12 \text{ in.}) \times \left(\frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ in.}} \right) = 30.48 \text{ cm}$$

จากตัวอย่างจะเห็นว่า เชือกยาว 12 in. เมื่อแปลงหน่วยแล้วจะได้ความยาว 30.48 cm ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับเชือกอีกเส้นที่ยาว 28 cm จึงได้ว่าเชือกที่ยาว 12 in. มีความยาวมากกว่า

ตัวอย่างการแปลงหน่วยของเวลา ยกตัวอย่างเช่น ต้องการเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการทำงาน 11 ชั่วโมง กับระยะเวลาที่ใช้ในการพักผ่อน 25,000 s ว่าปริมาณใดมีค่ามากกว่า ซึ่งการแปลงหน่วยของเวลาจากชั่วโมงเป็นวินาทีสามารถทำได้ดังนี้ (เมื่อ 1 h = 3600 s)

$$11 \text{ h} = (11 \text{ h}) \times \frac{(3600 \text{ s})}{(1 \text{ h})} = 39600 \text{ s}$$

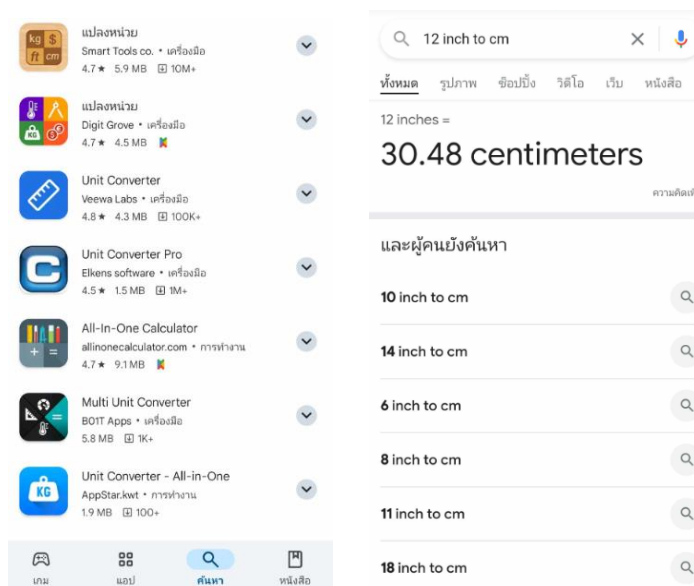
ดังนั้นจึงได้ว่าระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานมีค่ามากกว่า เนื่องจากมีค่าถึง 39,600 s นั่นเอง

และเมื่อต้องการเปรียบเทียบขนาดของพื้นที่ โดยนาย ก. มีที่ดิน 3 ไร่ ในขณะที่ นาย ข. มีที่ดินซึ่งกว้าง 50 เมตร และ ยาว 44 เมตร จึงจำเป็นต้องมีการแปลงหน่วยของพื้นที่ของนาย ข. ให้เป็นหน่วยไร่ ก่อน ซึ่งทำได้ดังนี้ (1 ไร่ = 1600 ตารางเมตร)

$$50 \text{ m} \times 44 \text{ m} = (2200 \text{ m}^2) \times \left(\frac{1 \text{ ไร่}}{1600 \text{ m}^2} \right) = 1.375 \text{ ไร่}$$

จากการแปลงหน่วยจะเห็นได้ว่านาย ก. ซึ่งมีที่ดิน 3 ไร่ มีที่ดินมากกว่า นาย ข. ซึ่งมีที่ดินเพียง 1.375 ไร่ เป็นต้น

ในปัจจุบันการแปลงหน่วยวัดสามารถทำได้ง่ายและสะดวกมากขึ้น มีแอปพลิเคชันสำหรับการแปลงหน่วยให้สามารถดาวน์โหลดเลือกใช้ได้มากมาย หรืออาจใช้ Search engine เจ้าดังอย่าง Google.com ในการแปลงหน่วยก็ได้ เพียงแค่ต้องเข้าใจหลักการว่า ทำไมการแปลงหน่วยจึงสำคัญ หรือ แปลงหน่วยไปเพื่ออะไร รูปที่ 2.5 แสดงตัวอย่างแอปพลิเคชันสำหรับการแปลงหน่วย และ การใช้ Google ในการแปลงหน่วย



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างการใช้แอปพลิเคชัน และ google ในการแปลงหน่วย

2.2 ประเภทของเซนเซอร์ที่ใช้ในเกษตรกรรม

เทคโนโลยีเซนเซอร์มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาเกษตรกรรมที่ทันสมัย โดยเฉพาะการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการทรัพยากรและการควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับการเพาะปลูก เทคโนโลยีเหล่านี้ช่วยให้เกษตรกรสามารถตัดสินใจได้อย่างแม่นยำ โดยการตรวจวัดและติดตามข้อมูลในเวลาจริง (Real-Time) ซึ่งมีประโยชน์ในการลดการใช้ทรัพยากรที่ไม่จำเป็นและเพิ่มผลผลิตที่มีคุณภาพ เซนเซอร์ที่ใช้ในเกษตรกรรมสามารถแบ่งออกเป็นหลายประเภทตามลักษณะการใช้งาน ได้แก่ เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน หรือเซนเซอร์สำหรับตรวจสอบสภาพแวดล้อม เช่น เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ ความชื้น หรือเซนเซอร์ตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของแสง ซึ่งการเลือกใช้เซนเซอร์ที่เหมาะสมกับลักษณะการผลิตหรือสิ่งแวดล้อมที่เกษตรกรต้องการศึกษา จะช่วยให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้อย่างเต็มที่

2.2.1 เซนเซอร์ดิน (Soil Sensors)

เซนเซอร์ดินมีบทบาทสำคัญในการตรวจสอบและวัดค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับดิน เช่น ความชื้นในดิน, อุณหภูมิ, ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และการมีสารอาหารในดิน ซึ่งเป็นข้อมูลที่สำคัญสำหรับการเจริญเติบโตของพืช โดยเซนเซอร์ประเภทนี้สามารถแบ่งได้เป็นหลายชนิด ได้แก่

- เซนเซอร์ความชื้นในดิน (Soil Moisture Sensors) การวัดความชื้นในดินมีบทบาทสำคัญในการตรวจวัดปริมาณน้ำที่มีอยู่ในดิน ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช การตรวจวัดความชื้นในดินช่วยให้เกษตรกรสามารถกำหนดเวลารดน้ำที่เหมาะสม ซึ่งช่วยป้องกันการใช้น้ำมากเกินไปหรือน้อยเกินไป เซนเซอร์ประเภทนี้ใช้หลักการวัดการนำไฟฟ้า (resistive sensors) หรือความจุไฟฟ้า (capacitive sensors) ของดิน ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงตามระดับความชื้นในดิน
- เซนเซอร์ pH ของดิน (Soil pH Sensors) การควบคุมระดับ pH ของดินมีความสำคัญต่อการดูดซึมสารอาหารของพืช เซนเซอร์ pH ช่วยให้เกษตรกรสามารถปรับปรุงคุณภาพของดินเพื่อให้พืชเติบโตได้ดีที่สุด
- เซนเซอร์อุณหภูมิในดิน (Soil Temperature Sensors) อุณหภูมิของดินมีผลต่อการเติบโตของพืชและกระบวนการต่าง ๆ ในดิน เช่น การย่อยสลายของสารอินทรีย์ เซนเซอร์อุณหภูมิในดินช่วยให้เกษตรกรทราบถึงสภาพอุณหภูมิในดินและปรับการทำงานของระบบการเกษตรได้

การใช้เซนเซอร์ดินจะช่วยให้การจัดการน้ำ การปรับสภาพดิน และการใส่ปุ๋ยมีความแม่นยำมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้การเกษตรมีประสิทธิภาพและยั่งยืนขึ้น

2.2.2 เซนเซอร์สิ่งแวดล้อม (Environmental Sensors)

เซนเซอร์สิ่งแวดล้อมถูกใช้ในการตรวจวัดสภาพแวดล้อมที่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม คุณภาพน้ำ และคุณภาพอากาศ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะช่วยให้เกษตรกรสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมในการปลูกพืชได้อย่างเหมาะสม โดยเซนเซอร์สิ่งแวดล้อมทางการเกษตรสามารถแบ่งเป็นประเภทต่าง ๆ ได้ดังนี้

- เซนเซอร์อุณหภูมิและความชื้น (Temperature and Humidity Sensors) การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในพื้นที่เกษตรกรรมเป็นสิ่งสำคัญในการเพิ่มผลผลิตและป้องกันการเกิดโรคพืช

เซนเซอร์นี้ใช้ในการติดตามอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ ซึ่งสามารถช่วยปรับปรุงการจัดการสภาพแวดล้อม เช่น การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในเรือนกระจก รวมถึงเป็นข้อมูลที่สำคัญในการตัดสินใจเลือกชนิดของพื้นที่ที่จะปลูกอีกด้วย เซนเซอร์ประเภทนี้สามารถใช้เพื่อคำนวณค่าอุณหภูมิและความชื้นในอากาศที่เวลาต่าง ๆ และแจ้งเตือนหากสภาพอากาศไม่เหมาะสม

- เซนเซอร์คุณภาพอากาศ (Air Quality Sensors) การตรวจวัดคุณภาพอากาศ เช่น ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) ก๊าซมีเทน (CH₄) และฝุ่นละออง (PM2.5) ช่วยให้เกษตรกรสามารถตรวจวัดระดับก๊าซที่เกิดขึ้นในฟาร์ม ซึ่งสามารถบ่งชี้ถึงการเปลี่ยนแปลงในการบวนการทางชีวภาพหรือสภาพแวดล้อม ช่วยให้สามารถระบุสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชและสัตว์ ทำให้สามารถปรับปรุงหรือระบายอากาศได้ทันเวลา เซนเซอร์ประเภทนี้จึงมีความสำคัญอย่างมากในเรือนกระจกหรือฟาร์มที่ต้องการควบคุมการระบายอากาศ เพื่อรักษาสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับพืชและสัตว์

- เซนเซอร์ความเร็วลม (Wind Speed Sensors) การตรวจวัดความเร็วลมและทิศทางลมเป็นสิ่งสำคัญในการป้องกันความเสียหายจากพายุ หรือการใช้พลังงานลมในการผลิตพลังงานในฟาร์ม เซนเซอร์ประเภทนี้ช่วยในการคาดการณ์และเตรียมความพร้อมในการรับมือกับสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลง

- เซนเซอร์ตรวจวัดคุณภาพน้ำ (Water Quality Sensors) การตรวจวัดคุณภาพน้ำช่วยให้สามารถระบุสภาพของน้ำในแหล่งน้ำต่าง ๆ ที่ใช้ในการเกษตร เช่น การตรวจวัดความขุ่นของน้ำ ค่า pH ระดับออกซิเจนในน้ำ หรือ ความเข้มข้นของสารเคมีต่าง ๆ ในน้ำได้ การในเซนเซอร์ประเภทนี้ช่วยให้เกษตรกรสามารถควบคุมคุณภาพน้ำที่ใช้ในการชลประทาน การเพาะปลูกในโรงเรือน หรือเลี้ยงสัตว์ได้

จากที่กล่าวมาจะเห็นว่าเซนเซอร์สิ่งแวดล้อมเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้เกษตรกรสามารถปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงทางสภาพอากาศและสิ่งแวดล้อม สามารถคาดการณ์หรือวางแผนเพื่อรับมือกับผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงทางสภาพอากาศและสิ่งแวดล้อม รวมถึงใช้ในการเกษตรที่ต้องมีการควบคุมสภาพแวดล้อมได้ เพื่อให้การเกษตรมีความยั่งยืนและลดความเสี่ยงจากภัยธรรมชาติ

2.2.3 เซนเซอร์แสง (Light Sensors)

เซนเซอร์แสงถูกใช้ในการวัดปริมาณแสงที่ตกกระทบต่อพืช ซึ่งมีผลต่อการบวนการสังเคราะห์แสงและการเจริญเติบโตของพืช เซนเซอร์แสงมีความสำคัญในการควบคุมปริมาณแสงในพื้นที่ที่พืชปลูก เช่น ในเรือนกระจกหรือระบบการปลูกพืชในทึ่ม โดยมีประเภทหลัก ๆ ดังนี้

- เซนเซอร์ความเข้มของแสง (Light Intensity Sensors) ใช้ในการวัดความเข้มของแสงที่พืชได้รับ ซึ่งมีผลต่อการสังเคราะห์แสงและการเจริญเติบโตของพืช ในการปลูกพืชในเรือนกระจกหรือการปลูกพืชในทึ่ม เซนเซอร์นี้สามารถใช้เพื่อควบคุมปริมาณแสงจากแหล่งกำเนิดแสงเทียมภายในเรือนกระจกให้มีความเหมาะสมต่อพืชแต่ละชนิดได้

- เซนเซอร์แสงสี (Light Spectrum Sensors) ใช้ในการวัดแสงในช่วงคลื่นต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น แสงสีแดงหรือสีน้ำเงิน ซึ่งมีส่วนสำคัญในการกระตุ้นการเจริญเติบโต รวมถึงกระตุ้นการผลิตสารออกฤทธิ์สำคัญต่าง ๆ แร่ธาตุ วิตามิน หรือสารพฤกษเคมี (Phytochemicals) ในพืช เซนเซอร์นี้จึงสามารถช่วยในการปรับแสงให้เหมาะสมกับการปลูกพืชที่มีมูลค่าสูงได้

- เซนเซอร์การควบคุมแสง (Photoelectric Sensors) ช่วยในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของแสงในพื้นที่เกษตรกรรม และสามารถควบคุมการเปิดปิดของม่านหรือระบบไฟฟ้าในเรือนกระจกตามความต้องการของพืช

การใช้เซนเซอร์แสงช่วยให้การควบคุมแสงเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้การสังเคราะห์แสงในพืชเป็นไปได้ดีและเพิ่มผลผลิตของพืชในเกษตรกรรม

นอกจากนี้ยังมีเซนเซอร์อีกบางประเภทที่ถูกนำมาใช้งานในด้านเกษตรกรรม ยกตัวอย่างเช่น

- เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว (Motion Sensors) ที่ถูกนำมาใช้ในเกษตรกรรมเพื่อการรักษาความปลอดภัยของฟาร์ม หรือใช้ในการตรวจจับพฤติกรรมของสัตว์ที่อาจทำลายพืชผล เซนเซอร์ประเภทนี้สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวในพื้นที่ที่กำหนด และส่งสัญญาณเตือนเมื่อพบการเคลื่อนไหวที่ไม่ปกติ

- เซนเซอร์ตรวจจับการกระแทก (Vibration Sensors) มักถูกใช้ในฟาร์มที่มีเครื่องจักร เช่น เครื่องจักรสำหรับเก็บเกี่ยวผลผลิต หรือในระบบชลประทาน เซนเซอร์ประเภทนี้สามารถตรวจจับการสั่นสะเทือนจากเครื่องจักรที่อาจบ่งชี้ถึงปัญหาหรือความผิดปกติ ซึ่งสามารถช่วยให้เกษตรกรทำการซ่อมแซมเครื่องจักรได้ทันเวลาที่

- เซนเซอร์จีพีเอส (GPS Sensors) ใช้ในการติดตามตำแหน่งของเครื่องจักร เช่น รถแทรกเตอร์ หรือในระบบเกษตรกรรมที่ใช้เทคโนโลยีอัตโนมัติ (Precision Farming) การใช้จีพีเอส ช่วยให้เกษตรกรสามารถวางแผนและบริหารจัดการพื้นที่การเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การกำหนดเส้นทางการเดินเครื่องจักรในแปลงเกษตรเพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด

- เซนเซอร์ภาพ (Imaging Sensors) เช่น เซนเซอร์ที่ใช้ในการถ่ายภาพหรือการวิเคราะห์ภาพจากดาวเทียม หรือโดรน สามารถช่วยในการประเมินสภาพของพืชในแปลงเกษตรได้ โดยเซนเซอร์ประเภทนี้สามารถใช้ในการตรวจสอบความสมบูรณ์ของพืช ผลผลิต หรือการตรวจจับโรคพืช โดยใช้ภาพที่ได้จากโดรนหรือดาวเทียมเพื่อติดตามสภาพของพืชผลจากมุมสูง

- ไบโอสเซนเซอร์ (Biosensors) ใช้ในการตรวจจับและวัดปริมาณสารชีวภาพหรือสารเคมี โดยใช้อุปกรณ์ประกอบทางชีววิทยาเป็นตัวรับ (bioreceptor) ซึ่งสามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสารที่ต้องการตรวจจับได้ โดยมักจะมีการแปลงสัญญาณชีวภาพให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า หรือสัญญาณทางกายภาพอื่น ๆ จึงใช้ในการตรวจสอบสิ่งแวดล้อม จุลินทรีย์ในดิน เชื้อก่อโรคพืช สารพิษ หรือแม้แต่ความเครียดของพืช เป็นต้น

จากที่กล่าวมาจะเห็นว่าเซนเซอร์ในเกษตรกรรมมีความสำคัญต่อการพัฒนาเกษตรกรรมในยุคดิจิทัล โดยการนำเซนเซอร์ที่หลากหลายมาใช้จะช่วยให้เกษตรกรสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเพาะปลูก การใช้น้ำ การควบคุมสภาพแวดล้อม และการรักษาความปลอดภัยในฟาร์ม นอกจากนี้ยังช่วยในการลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มผลผลิตที่มีคุณภาพสูงขึ้น เซนเซอร์ในเกษตรกรรมจึงเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการทำให้เกษตรกรรมมีความยั่งยืนและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2.3 ฟิสิกส์ของเซนเซอร์

เซนเซอร์เป็นอุปกรณ์ที่มีบทบาทสำคัญในยุคเทคโนโลยีปัจจุบัน ซึ่งทำหน้าที่ในการตรวจจับและแปลงสัญญาณจากสิ่งที่เกิดขึ้นในโลกจริงให้เป็นสัญญาณที่สามารถวิเคราะห์ได้ในระบบดิจิทัลหรือระบบอิเล็กทรอนิกส์ การทำความเข้าใจฟิสิกส์ของเซนเซอร์เป็นสิ่งสำคัญ เพราะมันเกี่ยวข้องกับการเลือกเทคโนโลยีที่ใช้ในงานต่าง ๆ เนื่องจากเซนเซอร์ใช้หลักการทางฟิสิกส์ในการทำงาน โดยการวัดค่าทางกายภาพต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความดัน หรือแสง และแปลงค่าดังกล่าวเป็นข้อมูลที่มีความหมาย การทำงานของเซนเซอร์ในปัจจุบันช่วยให้การเก็บข้อมูลจากสิ่งแวดล้อมสามารถทำได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพ ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาและปรับปรุงเทคโนโลยีในหลากหลายสาขา เช่น การสื่อสาร การแพทย์ การเกษตร การขนส่ง และอุตสาหกรรมต่าง ๆ ซึ่งทั้งหมดนี้ต้องพึ่งพาฟิสิกส์ของเซนเซอร์เพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งในหัวข้อนี้จะพาไปทำความเข้าใจหลักการฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของเซนเซอร์ต่าง ๆ และประโยชน์ของเซนเซอร์ในแต่ละด้าน

2.3.1 หลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับเซนเซอร์

เซนเซอร์ส่วนใหญ่ทำงานโดยการแปลงพลังงานจากสิ่งแวดล้อม (เช่น ความร้อน แรงแดัน หรือ แสง) ให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าที่สามารถวัดหรือประมวลผลได้ ซึ่งหลักการทางฟิสิกส์ที่ใช้ในการทำงานของเซนเซอร์มีหลายแบบ โดยหลักการพื้นฐานที่พบได้บ่อย ได้แก่

1) การนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity) เซนเซอร์บางชนิดใช้หลักการทางไฟฟ้าในการวัดค่าต่าง ๆ เช่น ความชื้นหรือความเข้มข้นของสารต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น

- เซนเซอร์ความชื้นในดิน ใช้การเปลี่ยนแปลงของความต้านทานไฟฟ้าในดินเพื่อบ่งบอกระดับของความชื้น ในดินที่มีความชื้นสูง ไอออนในน้ำจะช่วยให้กระแสไฟฟ้าไหลได้ดีขึ้น ทำให้มีค่าความต้านทานต่ำ ในขณะที่ดินแห้งจะมีค่าความต้านทานสูงขึ้น เช่นเดียวกับหลักการของเครื่องความชื้นในเมล็ดพืช การเปลี่ยนแปลงความต้านทานไฟฟ้านี้สามารถตรวจจับและแปลงเป็นข้อมูลเพื่อใช้ประโยชน์ในการควบคุมการให้น้ำในฟาร์ม ซึ่งสามารถพัฒนาไปสู่ระบบการให้น้ำอัตโนมัติได้

- เซนเซอร์วัดความเค็มของดิน ใช้หลักการนำไฟฟ้าเพื่อวัดปริมาณไอออนในดิน มักแสดงค่าในหน่วย กรัมต่อลิตร หรือ ส่วนต่อพัน (ppm.) ดินที่มีความเค็มสูงค่าการนำไฟฟ้าของดินจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากไอออนที่ละลายอยู่ในน้ำช่วยให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ดี เซนเซอร์วัดความเค็มจึงตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับความเค็มในดินทำให้สามารถประเมินคุณภาพของดินและปรับปรุงการจัดการน้ำได้

- เซนเซอร์วัดสารอาหารในดินและน้ำ การที่ความเข้มข้นของสารละลายแตกต่างกัน ย่อมส่งผลต่อปริมาณไอออนที่ละลายในน้ำหรือดิน โดยทั่วไปมีหน่วยวัดเป็น ซีเมนส์ต่อเมตร (S/m) หรือ ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร ($\mu\text{S}/\text{cm}$) ไอออนที่มีความเข้มข้นสูงจะช่วยให้การนำไฟฟ้าของสารละลาย ซึ่งสามารถนำสมบัตินำไฟฟ้านี้มาสร้างเป็นเครื่องมือตรวจวัดเพื่อจะได้ทราบค่าความเข้มข้นของปริมาณปุ๋ยในดินหรือสารละลายที่ใช้ในการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ หรือ แอโรโปนิกส์ได้ ทำให้สามารถประเมินระดับของสารอาหารต่าง ๆ ได้อย่างแม่นยำ โดยวัสดุที่ใช้ในการทำเซนเซอร์ประเภทนี้มักเป็นวัสดุที่เป็นตัวนำไฟฟ้าหรือมีคุณสมบัติการนำไฟฟ้าเชิงเคมีที่เหมาะสม ยกตัวอย่างเช่น คาร์บอน (กราไฟต์) ที่นิยมใช้ในเซนเซอร์ความชื้นเนื่องจากมีความต้านทานต่ำและทำงานได้ดีในสภาวะแวดล้อมที่มีความชื้นสูง หรือ ทองแดง ซึ่งเป็น

วัสดุที่มีความสามารถในการนำไฟฟ้าสูง นิยมใช้ในการทำเซนเซอร์ที่ต้องการความแม่นยำในการวัด เช่น เซนเซอร์วัดความเค็มหรือสารอาหารในดิน และ เซรามิก ที่นิยมใช้ในเซนเซอร์ที่ต้องการความทนทานต่ออุณหภูมิและความชื้น เช่น เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน เป็นต้น

สมการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับกลไกการทำงานของเซนเซอร์ที่อาศัยหลักการนำไฟฟ้า ได้แก่ สมการความต้านทานไฟฟ้า และความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานและการนำไฟฟ้า ที่กล่าวว่า การนำไฟฟ้า (G) เป็นส่วนกลับของความต้านทานไฟฟ้า (R) ดังนี้

$$G = \frac{1}{R} \quad (2.1)$$

เมื่อความต้านทานหาได้จาก $R = \rho \frac{L}{A} = \frac{V}{I} \quad (2.2)$

การนำไฟฟ้าจึงมีค่าดังนี้ $G = \sigma \frac{A}{L} = \frac{I}{V} \quad (2.3)$

เมื่อ G คือ การนำไฟฟ้า มีหน่วยเป็นซีเมนส์, R คือ ความต้านทานไฟฟ้า มีหน่วยเป็นโอห์ม, ρ คือ สภาพต้านทานไฟฟ้า มีหน่วยเป็นโอห์มเมตร, L คือ ระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้า มีหน่วยเป็นเมตร, A คือ พื้นที่หน้าตัดของขั้วไฟฟ้า มีหน่วยเป็นตารางเมตร, V คือ แรงดันไฟฟ้า มีหน่วยเป็นโวลต์, I คือ กระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็นแอมแปร์ และ σ คือ สภาพนำไฟฟ้า มีหน่วยเป็นซีเมนส์ต่อเมตร

2) ปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric Effect) คือ การที่วัสดุบางชนิดสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้าภายในตัวเองได้เมื่อได้รับแรงทางกล เช่น การบีบอัด การยืด หรือเกิดการเคลื่อนที่ ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงในโครงสร้างของโมเลกุลในวัสดุนั้น ๆ จากเดิมที่มีการจัดเรียงไอออนในโครงสร้างผลึกอย่างสมมาตร และในทางกลับกันเมื่อวัสดุที่มีคุณสมบัติเพียโซอิเล็กทริกได้รับแรงดันไฟฟ้าก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างทางกายภาพได้ โดยใช้หลักการนี้ เซนเซอร์นี้สามารถวัดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของแรงหรือการสั่นสะเทือนที่เกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อมการเกษตรแล้วแปลงออกมาเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าได้ ตัวอย่างเช่น เซนเซอร์วัดแรงกด (Force Sensors) เซนเซอร์ตรวจจับการสั่นสะเทือน (Vibration Sensors) เซนเซอร์วัดแรงดันน้ำในระบบชลประทาน เพื่อควบคุมการไหลของน้ำ หรือแม้กระทั่งการตรวจจับการเคลื่อนไหวของพืชและสัตว์ วัสดุที่มีคุณสมบัติเพียโซอิเล็กทริกที่นิยมใช้ในการพัฒนาเซนเซอร์มีหลายประเภท เช่น ควอตซ์ เพียโซคอมโพสิต หรือ เซรามิกส์เพียโซอิเล็กทริก ซึ่งแต่ละวัสดุจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันในด้านความไวและการตอบสนองต่อแรงทางกล ข้อดีของเซนเซอร์เพียโซอิเล็กทริกคือมีความไวสูง ทนทาน มีขนาดเล็กจึงสามารถติดตั้งได้ง่ายในพื้นที่จำกัด แต่ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของราคาและการตอบสนองต่อแรงทางกลในบางสภาพแวดล้อม

สมการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับกลไกการทำงานของเซนเซอร์วัดแรงที่อาศัยปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริก ได้แก่ สมการของวีทสโตนบริดจ์

$$V_{out} = \frac{V_{in}}{4} \cdot \frac{\Delta R}{R} \quad (2.4)$$

เมื่อ V_{out} คือ แรงดันไฟฟ้าขาออก มีหน่วยเป็นโวลต์, V_{in} คือ แรงดันไฟฟ้าขาเข้า มีหน่วยเป็นโวลต์, ΔR คือ การเปลี่ยนแปลงความต้านทาน มีหน่วยเป็นโอห์ม และ R คือ ความต้านทานเดิม มีหน่วยเป็นโอห์ม

3) ปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริก (Thermoelectric Effect) เซนเซอร์ที่ใช้หลักการนี้สามารถแปลงความแตกต่างของอุณหภูมิเป็นแรงดันไฟฟ้า โดยอาศัยหลักการถ่ายโอนพลังงานความร้อน ซึ่งกระตุ้นให้เกิดการเคลื่อนที่ของประจุพาหะ (Charge Carriers) ที่ส่งผลให้เกิดการสร้างแรงดันไฟฟ้าในวัสดุ ปรากฏการณ์นี้สามารถประยุกต์ใช้ในเซนเซอร์ทางการเกษตรเพื่อการวัดและตรวจสอบอุณหภูมิ สภาพแวดล้อมของพืช หรือการควบคุมระบบการให้น้ำและการใช้พลังงานภายในฟาร์ม เช่น เซนเซอร์วัดอุณหภูมิที่ใช้หลักการของเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouples) ซึ่งมีการใช้วัสดุสองชนิดที่มีสมบัติทางไฟฟ้าแตกต่างกัน การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นที่ขั้วต่าง ๆ ของวัสดุจะทำให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้า ซึ่งสามารถวัดได้เพื่อป้องกันอุณหภูมิ ปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริกมีการใช้งานที่หลากหลายในเซนเซอร์ทางการเกษตร ประกอบด้วย 2 หลักการสำคัญ ได้แก่

- ปรากฏการณ์ซีเบก (Seebeck Effect) เป็นปรากฏการณ์ที่วัสดุสองชนิดที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันถูกเชื่อมต่อกัน และเกิดแรงดันไฟฟ้าในวัสดุนั้น ๆ อันเนื่องมาจากการเคลื่อนที่ของประจุในวัสดุที่มีอุณหภูมิสูงไปยังวัสดุที่มีอุณหภูมิต่ำ การวัดแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะช่วยให้สามารถวัดความแตกต่างของอุณหภูมิได้ การประยุกต์ใช้ปรากฏการณ์ซีเบก ในเซนเซอร์ทางการเกษตรสามารถใช้ในการตรวจสอบอุณหภูมิในสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เช่น การตรวจสอบอุณหภูมิของดิน ที่สามารถให้ข้อมูลที่แม่นยำเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่อาจมีผลกระทบต่อรากพืช เช่น อุณหภูมิที่ต่ำเกินไปอาจทำให้พืชหยุดเจริญเติบโต หรือการตรวจวัดอุณหภูมิของพืชในระบบการเกษตรที่ควบคุมอุณหภูมิ เพื่อประเมินสภาพความเครียดจากความร้อนหรือการขาดน้ำ ในกรณีที่พืชได้รับอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสม รวมถึงการตรวจสอบอุณหภูมิในระบบชลประทาน เพื่อตรวจสอบและควบคุมอุณหภูมิของน้ำในท่อหรือบ่อน้ำให้เหมาะสมสำหรับพืชแต่ละชนิด

- ปรากฏการณ์เพลเทียร์ (Peltier Effect) เป็นปรากฏการณ์ที่เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านจุดต่อระหว่างวัสดุสองชนิดที่แตกต่างกัน จะเกิดการดูดซับความร้อนจากด้านหนึ่งและปล่อยความร้อนออกจากอีกด้านหนึ่ง เซนเซอร์ที่ใช้ปรากฏการณ์เพลเทียร์ สามารถนำมาใช้ในระบบที่ต้องการการควบคุมอุณหภูมิในพืชหรือพื้นที่เกษตรกรรม โดยการใช้กระแสไฟฟ้าเพื่อควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมกับความต้องการของพืช เช่น ห้องเรือนกระจก หรือแปลงพืชที่ต้องการการควบคุมอุณหภูมิที่เหมาะสม เซนเซอร์นี้สามารถใช้ในการขับเคลื่อนระบบทำความเย็นหรือทำความร้อนในพื้นที่เหล่านั้นเพื่อให้พืชเจริญเติบโตได้ดีที่สุด วัสดุที่ใช้ในเซนเซอร์ที่อาศัยปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริกส่วนใหญ่จะต้องมีคุณสมบัติในการนำความร้อนต่ำ และการนำไฟฟ้าสูง ตัวอย่างเช่น บิสมัทเทลลูไรด์ (Bismuth Telluride, Bi_2Te_3) เป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติทางเทอร์โมอิเล็กทริกที่ดีและได้รับการใช้งานอย่างแพร่หลายในการพัฒนาเซนเซอร์เทอร์โมอิเล็กทริก ในขณะที่ซิลิคอนคาร์ไบด์ (Silicon Carbide, SiC) เป็นวัสดุที่ทนทานต่ออุณหภูมิสูงและการเสียดสี จึงเหมาะสำหรับการใช้งานในสภาพแวดล้อมทางการเกษตรที่มีอุณหภูมิสูงหรือสภาพแวดล้อมที่มีความรุนแรง ส่วนเซรามิกที่มีคุณสมบัติเทอร์โมอิเล็กทริก (Thermoelectric Ceramics) เช่น ซินดริกออกไซด์ (Zinc Oxide) หรือสารประกอบเคมีอื่น ๆ ที่มีคุณสมบัติทางเทอร์โมอิเล็กทริกสูงก็ได้รับการพัฒนาให้ใช้ในเซนเซอร์การเกษตร ข้อดีของการใช้ปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริกในเซนเซอร์ทางการเกษตร คือ ให้ข้อมูลที่แม่นยำเกี่ยวกับอุณหภูมิ ช่วยในการควบคุมและปรับอุณหภูมิของพืชและระบบเกษตรอย่างมีประสิทธิภาพ แต่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงช้ากว่าและวัสดุมีราคาสูง จึงอาจเป็นอุปสรรคในการนำไปใช้ในเกษตรกรรมที่มีขนาดใหญ่

สมการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับกลไกการทำงานของเซนเซอร์เทอร์โมอิเล็กทริก ตัวอย่างเช่น สมการการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าในเทอร์โมคัปเปิลที่อาศัยปรากฏการณ์ซีเบก

$$V = S \cdot \Delta T \quad (2.5)$$

และสมการการเปลี่ยนแปลงความร้อนเมื่อให้กระแสไฟฟ้าผ่านวัสดุ ที่อาศัยปรากฏการณ์เพลเทียร์

$$Q = \alpha \cdot I \cdot \Delta T \quad (2.6)$$

เมื่อ V คือ แรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้น มีหน่วยเป็นโวลต์, S คือ สัมประสิทธิ์ซีเบก ซึ่งมีค่าขึ้นอยู่กับวัสดุ มีหน่วยเป็นโวลต์/เคลวิน, ΔT คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างจุดสองจุด มีหน่วยเป็นเคลวิน, Q คือ ความร้อนที่ถูกปล่อยออกหรือดูดกลืนไว้ มีหน่วยเป็นจูล, α คือ สัมประสิทธิ์เพลเทียร์ มีหน่วยเป็นจูล/คูลอมบ์, และ I คือ กระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็น แอมแปร์

4) การสะท้อนของแสง (Optical Reflection) เซนเซอร์แสงหรือเซนเซอร์ภาพใช้หลักการสะท้อนของแสง ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ที่เกิดขึ้นเมื่อคลื่นแสงพุ่งชนพื้นผิวของวัสดุและสะท้อนกลับไปในทิศทางที่ต่างจากทิศทางเดิม การสะท้อนนี้เกิดจากการโต้ตอบระหว่างแสงและพื้นผิวของวัสดุ ซึ่งพื้นผิวของวัสดุนั้นอาจจะเป็นชนิดที่เรียบและเงางาม (เช่น กระจก) หรือพื้นผิวที่หยาบ (เช่น ดินหรือพืช) เช่น เซนเซอร์วัดแสงที่ใช้หลักการการสะท้อนของแสงจากวัตถุและการวัดความเข้มของแสงที่สะท้อนกลับมา ตามหลักฟิสิกส์ของการสะท้อนของแสง หรือ กฎของการสะท้อน (Law of Reflection) ซึ่งกล่าวว่า "มุมตกกระทบ¹ เท่ากับมุมสะท้อน²" ($\theta_i = \theta_r$) ซึ่งหมายความว่าเมื่อแสงตกกระทบพื้นผิวที่มีคุณสมบัติในการสะท้อน แสงจะสะท้อนกลับในมุมที่เท่ากับมุมที่มันตกกระทบ เซนเซอร์ประเภทนี้ถูกใช้ในระบบการเกษตร การสื่อสาร และการตรวจจับสิ่งกีดขวางในระบบขนส่ง โดยนำการสะท้อนของแสงมาใช้ในการวัดลักษณะทางกายภาพและเคมีต่าง ๆ เช่น เซนเซอร์ตรวจจับความชื้นในดิน (Soil Moisture Sensors) เซนเซอร์วัดการสะท้อนแสงในพืช (Plant Reflectance Sensors) เพื่อการตรวจสอบสภาพของพืช หรือการประเมินคุณภาพของผลผลิตทางการเกษตร และเซนเซอร์ตรวจสอบสภาพแวดล้อม (Environmental Reflectance Sensors) โดยเฉพาะการใช้เทคโนโลยีแสงเพื่อช่วยในการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมและการเจริญเติบโตของพืช การสะท้อนของแสงมีบทบาทสำคัญในการวัดลักษณะต่าง ๆ เช่น

- การสะท้อนของแสงจากพืช พืชมีลักษณะพื้นผิวที่สามารถสะท้อนแสงได้ตามชนิดของใบและโครงสร้างที่มีสีและเนื้อสัมผัสต่างกัน การสะท้อนแสงจากใบพืชสามารถใช้ในการตรวจสอบความสมบูรณ์ของพืช รวมถึงการตรวจสอบอัตราการสังเคราะห์แสง การดูดซึมสารอาหาร และการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อม เช่น การขาดน้ำหรือการได้รับแสงไม่เพียงพอ พืชที่มีสุขภาพดีมักจะสะท้อนแสงในลักษณะที่แตกต่างจากพืชที่มีความเครียดหรือป่วย การใช้เซนเซอร์ที่สามารถการวัดการสะท้อนของแสงจากพืชในช่วงคลื่นต่าง ๆ จึงเป็นวิธีหนึ่งในการตรวจสอบสุขภาพของพืชและประเมินสถานการณ์ได้อย่างแม่นยำ

- การสะท้อนของแสงจากดิน สามารถให้ข้อมูลที่สำคัญเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของพืชหรือความชื้นในดิน ดินที่มีความชื้นสูงจะสะท้อนแสงในลักษณะที่แตกต่างจากดินที่แห้ง เนื่องจากคุณสมบัติการดูดซึมและการสะท้อนแสงของน้ำในดิน โดยเฉพาะในระบบการชลประทาน เซนเซอร์ที่ใช้การสะท้อนของแสงสามารถช่วยในการประเมินระดับความชื้นในดินได้อย่างแม่นยำ หรือแม้กระทั่งการบ่งชี้ถึงการขาดสารอาหารหรือโรคที่อาจเกิดขึ้นในพืชได้

¹ มุมตกกระทบ (Incident Angle) คือ มุมที่แสงทำกับเส้นตั้งฉากที่พื้นผิว (ปกติของพื้นผิว)

² มุมสะท้อน (Reflected Angle) คือ มุมที่แสงสะท้อนกลับหลังจากที่ตกกระทบกับพื้นผิว

การวิเคราะห์การสะท้อนแสงในเซนเซอร์ทางการเกษตรมักจะใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า เซนเซอร์วัดการสะท้อนแสง (Reflectance Sensors) ซึ่งสามารถวัดการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นที่แตกต่างกัน เช่น แสงที่มองเห็น (Visible light) หรือ แสงอินฟราเรด (Infrared light) เพื่อให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการประเมินสภาพแวดล้อมทางการเกษตรได้ ซึ่งข้อดีของเซนเซอร์ประเภทนี้คือ เมื่อใช้การสะท้อนของแสงในการตรวจสอบสามารถทำได้โดยไม่ทำลายสภาพแวดล้อมหรือพืชที่ถูกตรวจสอบ ทำได้รวดเร็ว ไม่ยุ่งยากและมีความแม่นยำสูง แต่ก็มีข้อจำกัดจากปัจจัยภายนอก เช่น สภาพอากาศหรือแสงที่เปลี่ยนแปลงอาจทำให้การวัดเกิดความผิดพลาดได้

สมการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับกลไกการทำงานของเซนเซอร์ที่อาศัยหลักการสะท้อนแสง ที่วัดความเข้มของแสงที่สะท้อนกลับมา ได้แก่ สมการความสัมพันธ์ระหว่างกำลังของแสงกับความเข้มแสง

$$P = I A \cos \theta \quad (2.7)$$

เมื่อ P คือ กำลังของแสงที่ตกกระทบเซนเซอร์ มีหน่วยเป็นวัตต์, I คือ ความเข้มของแสง มีหน่วยเป็นแคนเดลา, A คือ พื้นที่หน้าตัดรับแสงของเซนเซอร์ มีหน่วยเป็นตารางเมตร และ θ คือ มุมระหว่างแสงที่ตกกระทบและผิวของเซนเซอร์

5) หลักการแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Principles) เป็นสาขาหนึ่งของฟิสิกส์ที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างไฟฟ้าและแม่เหล็ก ที่ถือเป็นพื้นฐานสำคัญในหลายเทคโนโลยี รวมทั้งการพัฒนาเซนเซอร์ทางการเกษตร ด้วยการประยุกต์ใช้หลักการของแม่เหล็กไฟฟ้า การทำงานของเซนเซอร์ที่ใช้หลักการของแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถอธิบายได้โดยการใช้ กฎของฟาราเดย์ (Faraday's Law of Induction) ที่ระบุว่า การเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งจะก่อให้เกิดกระแสไฟฟ้า (Induced Current) ในวงจรที่มีการเชื่อมโยงกับสนามแม่เหล็กนั้น ซึ่งในเซนเซอร์ทางการเกษตร กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กสามารถใช้เพื่อวัดค่าเฉพาะ เช่น ความชื้นในดินหรือความหนาแน่นของพืช และ กฎของแอมแปร์ (Ampère's Law) ที่อธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรกับสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบ ๆ วงจรนั้น โดยสนามแม่เหล็กที่สร้างขึ้นจากกระแสไฟฟ้าสามารถนำมาใช้ในเซนเซอร์ที่มีหน้าที่ตรวจจับสัญญาณที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ในพื้นที่เกษตร รวมถึงกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการวัดและการตรวจจับสัญญาณที่เกิดจากสนามแม่เหล็กที่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงในสภาพแวดล้อมทางการเกษตร โดยเซนเซอร์สามารถตรวจจับและวัดค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อมทางการเกษตร เช่น ความชื้นในดิน การตรวจวัดความเร็วของลม หรือการประเมินความหนาแน่นของพืช โดยอาศัยปรากฏการณ์ที่เกิดจากการโต้ตอบระหว่างสนามแม่เหล็กและกระแสไฟฟ้า ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาระบบการเกษตรที่มีประสิทธิภาพและความยั่งยืน หลักการของแม่เหล็กไฟฟ้าถูกนำมาประยุกต์ใช้ในเซนเซอร์ทางการเกษตรเพื่อวัดปัจจัยต่าง ๆ ที่สำคัญในการผลิตพืช เช่น

- เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน วัดความชื้นในดินจากการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานไฟฟ้าในดินที่มีความชื้นต่างกัน เมื่อความชื้นในดินสูงขึ้น กระแสไฟฟ้าจะไหลได้ดีขึ้น ซึ่งเซนเซอร์ที่อาศัยหลักการของแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงนี้ได้เพื่อให้ข้อมูลที่แม่นยำเกี่ยวกับระดับความชื้นในดิน

- เซนเซอร์วัดความหนาแน่นของพืช วัดการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กในพื้นที่ที่มีการปลูกพืช เซนเซอร์ประเภทนี้สามารถตรวจสอบความหนาแน่นของพืชในพื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งการมีพืช

มากหรือน้อยจะส่งผลต่อการกระจายของสนามแม่เหล็กและการสะท้อนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เซนเซอร์ตรวจจับ

- เซนเซอร์ตรวจสอบคุณภาพน้ำ ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำ เช่น ความหนืด (Viscosity) หรือการนำไฟฟ้า (Conductivity) ของน้ำ โดยสามารถประเมินความสะอาดของน้ำและความเหมาะสมสำหรับการใช้งานในระบบชลประทาน เพื่อการจัดการทรัพยากรน้ำสำหรับการเกษตร
- เซนเซอร์ตรวจสอบพายุและสภาพอากาศ วัดทิศทางและความเร็วของลม ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญในการประเมินความเสี่ยงจากพายุหรือการควบคุมการระบายน้ำในพื้นที่การเกษตร โดยวัดการเคลื่อนไหวย่านผ่านการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กหรือการใช้ปรากฏการณ์ฮอลล์ (Hall Effect) ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำในสนามแม่เหล็ก ทำให้เกิดแรงดันที่สามารถวัดได้

วัสดุที่ใช้ในเซนเซอร์แม่เหล็กไฟฟ้ามักจะมีคุณสมบัติทางไฟฟ้าและแม่เหล็กที่เหมาะสม เช่น เหล็กหรือโลหะผสม (Ferromagnetic Materials) ซึ่งสามารถตอบสนองต่อสนามแม่เหล็กได้ดี และมักใช้ในการทำเซนเซอร์ที่ต้องการการตรวจจับสนามแม่เหล็กที่ละเอียด เช่น เซนเซอร์ที่ใช้ในการวัดการเคลื่อนไหวย่านหรือความหนาแน่นของพืช ในขณะที่วัสดุนำไฟฟ้า (Conductive Materials) เช่น ทองแดงหรืออลูมิเนียม สามารถใช้ในการสร้างวงจรที่ตอบสนองต่อสนามแม่เหล็กและสร้างกระแสไฟฟ้าที่จำเป็นในเซนเซอร์ ข้อดีของการใช้แม่เหล็กไฟฟ้าในเซนเซอร์ทางการเกษตร คือ สามารถให้ข้อมูลที่มีความแม่นยำสูง ติดตั้งง่ายและไม่มีการกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แต่ข้อเสียคือความไวต่อสิ่งรบกวนจากสนามแม่เหล็กภายนอก

สมการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับกลไกการทำงานของแม่เหล็กไฟฟ้า ได้แก่ กฎของฟาราเดย์ และกฎของแอมแปร์ ดังนี้

$$V = -N \cdot \frac{d\Phi_B}{dt} \quad (2.8)$$

และ
$$\oint B \cdot dI = \mu_0 I \quad (2.9)$$

เมื่อ V คือ แรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้น มีหน่วยเป็นโวลต์, N คือ จำนวนรอบของขดลวด, Φ_B คือ ฟลักซ์แม่เหล็ก มีหน่วยเป็นเวเบอร์, B คือ ความเข้มของสนามแม่เหล็ก มีหน่วยเป็นเทสลา, คือ μ_0 ค่าคงที่แม่เหล็ก มีหน่วยเป็นเฮนรี/ตารางเมตร และ I คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน มีหน่วยเป็นแอมแปร์

ดังนั้น เมื่อแบ่งประเภทของเซนเซอร์ตามลักษณะการทำงาน ดังที่ได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อที่ผ่านมา จะพบว่าเซนเซอร์ทางการเกษตรแต่ละประเภทจะใช้หลักการฟิสิกส์ที่แตกต่างกันในการทำงาน ตัวอย่างเช่น

- เซนเซอร์ความชื้น (Humidity Sensors) ใช้หลักการการนำไฟฟ้าในวัสดุที่ดูดซับน้ำ ซึ่งความชื้นที่มีอยู่ในอากาศและวัสดุต่าง ๆ จะเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของวัสดุ เช่น เซนเซอร์ความชื้นในอากาศที่ใช้หลักการการเปลี่ยนแปลงของความต้านทานเมื่อมีการดูดซับน้ำ เป็นต้น
- เซนเซอร์อุณหภูมิ (Temperature Sensors) ใช้หลักการเทอร์โมอิเล็กทริกหรือความต้านทานไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ เช่น เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouples) หรือ RTDs (Resistance Temperature Detectors) โดยการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณไฟฟ้าที่วัดได้สามารถบ่งชี้ถึงอุณหภูมิของวัตถุหรือสภาพแวดล้อม

- เซนเซอร์แสง (Light Sensors) เช่น โฟโตเซลล์ (Photocells) ใช้หลักการของการสะท้อนแสงหรือการดูดซับแสงที่ตกกระทบกับวัสดุ เพื่อแปลงค่าการเปลี่ยนแปลงของแสงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า ตัวอย่างเช่น โฟโตไดโอด (Photodiodes) ที่สามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของแสงและแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้าได้
- เซนเซอร์ความดัน (Pressure Sensors) ใช้หลักการการเปลี่ยนแปลงของความต้านทานไฟฟ้าหรือการแปลงค่าความเครียด (Stress) ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของความดันในวัสดุ ตัวอย่างเช่น เซนเซอร์การเปลี่ยนแปลงของความต้านทาน (Resistive Sensors) ที่ใช้วัสดุที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของแรงดัน เป็นต้น

ในอนาคต เซนเซอร์มีแนวโน้มที่จะได้รับการพัฒนาให้มีความแม่นยำสูงขึ้นและใช้งานได้ในสภาพแวดล้อมที่หลากหลายขึ้น โดยมีทิศทางการพัฒนา ได้แก่ การพัฒนาความไวของเซนเซอร์ การปรับปรุงเซนเซอร์ให้มีความไวในการวัดค่าได้แม่นยำมากขึ้น เช่น การวัดความชื้นในดินที่สามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยในระดับความชื้น หรือการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ การผสมผสานเทคโนโลยีต่าง ๆ เช่น ระบบ IoT (Internet of Thing) เพื่อให้สามารถตรวจสอบข้อมูลจากเซนเซอร์ในเวลาจริง (Real-Time) และใช้ข้อมูลในการตัดสินใจทางการเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ สุดท้ายคือการลดต้นทุนและเพิ่มความทนทาน การพัฒนาเซนเซอร์ที่มีราคาถูกลงและสามารถทนทานต่อสภาพแวดล้อมทางการเกษตรที่หลากหลาย เช่น การทนทานต่อสารเคมีในดินหรือการใช้งานในสภาพอากาศที่มีความชื้นสูง

2.3.2 การประยุกต์ใช้เซนเซอร์ในงานเกษตรอัจฉริยะ

การเกษตรอัจฉริยะ (Smart Agriculture) คือ การใช้เทคโนโลยีขั้นสูงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตและการจัดการทรัพยากรทางการเกษตร เนื่องจากกิจกรรมการเกษตรในแต่ละวันจะเน้นที่การปลูกพืช กำจัดวัชพืชและแมลงศัตรูพืช แก่ไขโรคพืช รดน้ำ ใส่ปุ๋ย และประเมินการเจริญเติบโตของพืชและผลผลิต ซึ่งเป็นงานที่ซ้ำซาก จำเจและใช้แรงงานมาก การปรับปรุงการเกษตรให้ทันสมัยโดยใช้เทคโนโลยีเกษตรอัจฉริยะจึงเป็นการแก้ปัญหาการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด โดยนำเทคโนโลยีมาใช้เพื่อตรวจสอบติดตามการเจริญเติบโตของพืชผล และตรวจจับความเสียหายหรือภัยคุกคาม ร่วมกับการวิเคราะห์จากปัญญาประดิษฐ์เพื่อสร้างระบบจัดการและการควบคุมอัตโนมัติจากระยะไกลที่ใช้พลังงานทดแทน ผ่านเซนเซอร์ไร้สายและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ซึ่งประกอบด้วย

- 1) แพลตฟอร์มที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Raspberry Pi ที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
- 2) หน่วยรวบรวมข้อมูลจากชุดเซนเซอร์ไร้สายสำหรับการตรวจสอบและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับพารามิเตอร์ทางการเกษตร
- 3) หน่วยฐานข้อมูลซึ่งประกอบด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล เซิร์ฟเวอร์ และแอปพลิเคชันซอฟต์แวร์สำหรับประมวลผล รวบรวม และส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์ของผู้ใช้ เช่น มือถือ แท็บเล็ต หรือ คอมพิวเตอร์

การนำเทคโนโลยีมาใช้งานด้านการเกษตรจะช่วยให้เกิดความยั่งยืน (Navulur & Prasad, 2017) ซึ่งสามารถทำได้ผ่านกิจกรรมต่าง ๆ ดังนี้

- การใช้งานเซนเซอร์ในงานฟาร์มซึ่งช่วยในการระบุและวินิจฉัยโรค การคำนวณปุ๋ย การศึกษาดินและน้ำ การประเมินความต้องการพืช การวิเคราะห์ความพร้อมของพืช การระบุอุณหภูมิและความชื้น เป็นต้น การประยุกต์ใช้เซนเซอร์ที่สำคัญในเกษตรกรรม คือ การวัดเคมีของดินผ่านการทดสอบต่าง ๆ เช่น ค่า pH ความชื้น ปริมาณสารอาหาร อุณหภูมิ เซนเซอร์ ISE (Ion Selective Electrode) และ ISEFT (Ion-Sensitive Field Effect Transistor) ใช้ในการตรวจสอบการดูดซึมไอออนไนโตรเจนของพืช และอัตราการดูดซึมสารอาหาร ซึ่งขึ้นอยู่กับอัตราการเจริญเติบโตและปริมาณสารอาหารของพืช
- การใช้งานเซนเซอร์ในเรือนกระจก ช่วยในการให้สารที่พืชต้องการในเวลาที่เหมาะสม ในอัตราส่วนที่ถูกต้อง เซนเซอร์ส่วนใหญ่ที่ใช้เพื่อวัดอุณหภูมิ ควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การเติมอากาศ การระบายอากาศ แสงสว่าง ความร้อน และแสงแดด เป็นต้น รวมถึงการควบคุมระบบทำน้ำร้อนและไอน้ำ การป้องกันการหมอกและละอองน้ำอีกด้วย
- การใช้งานเซนเซอร์ในปศุสัตว์ เซนเซอร์จะถูกใช้เพื่อกำหนดระดับ pH และอุณหภูมิภายในกระเพาะวัว เพื่อตรวจสอบสัญญาณชีพที่สำคัญ เช่น อุณหภูมิแกนกลาง อัตราการเต้นของหัวใจ และระดับออกซิเจนในเลือด โดยการติดแท็กเซนเซอร์คลื่นความถี่วิทยุ RFID
- การใช้งานเซนเซอร์ในการติดตามสัตว์ป่า เพื่อตรวจสอบและป้องกันการรุกรานของสัตว์ป่าต่อพื้นที่เกษตร

นอกจากนี้ยังมีการใช้งานเซนเซอร์ชนิดต่าง ๆ เพื่อประโยชน์ในทางการเกษตร ตัวอย่างเช่น การใช้เซนเซอร์เสียงเพื่อระบุเนื้อสัมผัสของดินจากการเปลี่ยนแปลงของระดับเสียง การใช้เซนเซอร์การไหลของอากาศเพื่อวัดการซึมผ่านของอากาศในดิน เปอร์เซ็นต์ความชื้น ระบุโครงสร้างของดินและแยกแยะประเภทของดิน การใช้เซนเซอร์ไฟฟ้าเคมีเพื่อวัดสารอาหารในดิน ความเค็ม และค่า pH การใช้เซนเซอร์แม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อทำแผนที่สภาพนาไฟฟ้าและการตอบสนองของแม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อระบุในเตรตที่เหลือยู่และอินทรีย์วัตถุในดิน การใช้เซนเซอร์เชิงกลเพื่อตรวจสอบการเจาะหรือตัดผ่านดิน การใช้เซนเซอร์อัจฉริยะเพื่อตรวจสอบการคายน้ำของพืชแบบเรียลไทม์ การใช้เซนเซอร์แสงเพื่อทำนายปริมาณดินเหนียว อินทรีย์วัตถุ และความชื้น การใช้เซนเซอร์อัลตราโซนิกตรวจจับความแตกต่างของโครงสร้างเซลล์ลูโลสเพื่อกำหนดความชื้นในผลปาล์ม น้ำมัน การใช้เซนเซอร์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ในการตรวจจับวัชพืชในแถวพืชไร่ การใช้เซนเซอร์เอ็ดดี้เคียวเรียนในการวัดปริมาณการเผาผลาญคาร์บอนในพื้นที่พรุณ การใช้เซนเซอร์แสงฟลูออเรสเซนส์ในการประเมินองค์ประกอบของพืชเพื่อควบคุมการสุกขององุ่น การใช้เซนเซอร์อะคูสติกในการจำแนกเมล็ดพืชผ่านการวิเคราะห์สเปกตรัมการดูดซับเสียง การใช้เซนเซอร์ SWLB ในการกำหนดลักษณะพฤติกรรมทางอุทกวิทยา การใช้เซนเซอร์แสงและไมโครเวฟเพื่อตรวจสอบการเจริญเติบโตของสวนมะกอก การใช้เซนเซอร์วัดระยะ (LiDAR) รับข้อมูลพื้นที่ของใบร่วมกับจีพีเอส เพื่อประมาณชีวมวลในป่า การใช้งานเซนเซอร์ Argos ซึ่งทำงานร่วมกับดาวเทียมเพื่อรวบรวม ประมวลผล และเผยแพร่ข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อม การใช้เซนเซอร์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการจับภาพ จัดเก็บ จัดการ วิเคราะห์ และนำเสนอข้อมูลเชิงพื้นที่ การใช้เซนเซอร์เทเลเมติกส์ในการสื่อสารทางโทรคมนาคม และการใช้งานเซนเซอร์เทเลเมทรีในการรวบรวมข้อมูลจากจุดที่ห่างไกลหรือเข้าถึงไม่ได้ เช่น การเคลื่อนที่ของจระเข้หรือฉลามได้น้ำ เป็นต้น

การประยุกต์ใช้เซนเซอร์เป็นส่วนสำคัญในการเก็บข้อมูลและตรวจสอบสภาพแวดล้อมทางการเกษตรอย่างต่อเนื่อง เซนเซอร์ในงานเกษตรอัจฉริยะสามารถวัดค่าต่าง ๆ เช่น ความชื้นในดิน อุณหภูมิ แสง ความดันอากาศ และปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชและสุขภาพของสัตว์ เพื่อให้เกษตรกร

สามารถตัดสินใจได้อย่างแม่นยำและทันเวลามากขึ้น เซนเซอร์จึงเป็นเครื่องมือที่มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาเกษตรกรรมให้มีความยั่งยืนและมีประสิทธิภาพสูง

เซนเซอร์ที่ใช้ในงานเกษตรอัจฉริยะสามารถแบ่งออกเป็นหลายประเภทตามการทำงานและการประยุกต์ใช้ ได้แก่ เซนเซอร์ดิน เซนเซอร์สิ่งแวดล้อม เซนเซอร์แสง และเซนเซอร์ตรวจจับพฤติกรรมของสัตว์ การทำงานของเซนเซอร์เหล่านี้ใช้หลักการฟิสิกส์ต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวไปแล้ว เช่น การสะท้อนของแสง การวัดความต้านทานไฟฟ้า และการใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในการตรวจจับสัญญาณจากสิ่งต่าง ๆ ในสภาพแวดล้อมซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) เซนเซอร์ดิน (Soil Sensors) การตรวจวัดความชื้นในดินเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการเกษตร เซนเซอร์ที่ใช้ในการวัดความชื้นในดินช่วยให้เกษตรกรสามารถควบคุมการรดน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อลดการใช้น้ำและป้องกันการขาดน้ำที่อาจส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งประกอบด้วย เซนเซอร์ความชื้นในดิน ที่ใช้หลักการการวัดความต้านทานไฟฟ้าของดิน หรือการเปลี่ยนแปลงของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในการตรวจวัดปริมาณความชื้นในดิน และเซนเซอร์การตรวจวัดค่า pH และสารอาหารในดิน ซึ่งเซนเซอร์เหล่านี้ช่วยให้เกษตรกรสามารถตรวจสอบความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดินและปริมาณสารอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งช่วยในการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร

2) เซนเซอร์สิ่งแวดล้อม (Environmental Sensors) เซนเซอร์ที่ใช้วัดปัจจัยสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้นในอากาศ ความดัน และความเร็วลม มีบทบาทสำคัญในการปรับปรุงการจัดการทางการเกษตร โดยสามารถช่วยให้เกษตรกรคาดการณ์สภาพอากาศและการเกิดโรคหรือแมลงที่อาจเกิดขึ้นกับพืช ซึ่งประกอบด้วย เซนเซอร์อุณหภูมิและความชื้น ที่สามารถตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชและสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับสัตว์ และเซนเซอร์การตรวจวัดมลพิษในอากาศ เช่น การตรวจวัดสารเคมีในอากาศที่อาจส่งผลกระทบต่อพืชหรือสุขภาพของสัตว์ เป็นต้น

3) เซนเซอร์แสง (Light Sensors) แสงเป็นปัจจัยสำคัญในการสังเคราะห์แสงของพืช การตรวจวัดระดับแสงที่พืชได้รับสามารถช่วยในการคำนวณอัตราการเจริญเติบโตและกำหนดเวลาที่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยว ซึ่งประกอบด้วย เซนเซอร์แสงในช่วงคลื่นที่มองเห็นได้ (Visible Light) ใช้ในการวัดระดับแสงที่พืชได้รับ ซึ่งมีผลต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงและการเจริญเติบโต และเซนเซอร์อินฟราเรด (Infrared Sensors) ใช้ในการตรวจวัดปริมาณการสะท้อนของแสงอินฟราเรดจากพืช ซึ่งช่วยในการประเมินความชื้นและสุขภาพของพืช

4) เซนเซอร์ตรวจจับพฤติกรรมของสัตว์ (Animal Behavior Sensors) การเฝ้าติดตามพฤติกรรมของสัตว์เป็นเรื่องสำคัญในการจัดการฟาร์มสัตว์ โดยเซนเซอร์สามารถตรวจสอบสัญญาณชีวภาพ เช่น อุณหภูมิร่างกาย การเคลื่อนไหว หรือเสียงของสัตว์ ซึ่งประกอบด้วย เซนเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิร่างกายสัตว์ ช่วยในการติดตามสุขภาพของสัตว์ในฟาร์ม โดยเฉพาะในกรณีที่สัตว์มีอาการป่วยหรือเครียด และเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวของสัตว์ ใช้ในการติดตามพฤติกรรมของสัตว์ เช่น การเคลื่อนที่หรือการกินอาหาร ซึ่งช่วยให้สามารถตรวจสอบสุขภาพของสัตว์และจัดการการให้อาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การใช้เซนเซอร์ในงานเกษตรอัจฉริยะสามารถเพิ่มความแม่นยำในการตัดสินใจและช่วยในการจัดการทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในการลดการใช้น้ำ ปุ๋ย และพลังงาน ซึ่งมีผลต่อการลดต้นทุนและเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร เซนเซอร์ช่วยให้เกษตรกรสามารถควบคุมการใช้น้ำและปุ๋ยได้อย่างแม่นยำ โดยใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตและลดการสูญเสียทรัพยากร การ

ติดตามและวิเคราะห์ข้อมูลจากเซนเซอร์ช่วยให้สามารถเพิ่มผลผลิตได้ เนื่องจากสามารถตรวจสอบและปรับปรุงสภาพแวดล้อมที่พืชและสัตว์อาศัยอยู่ และการใช้เซนเซอร์ช่วยในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และทำให้กระบวนการผลิตทางการเกษตรมีความยั่งยืนมากขึ้น โดยการควบคุมการใช้น้ำและสารเคมีอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งการประยุกต์ใช้เซนเซอร์ในการจัดการทางการเกษตรสมัยใหม่ต้องอาศัยวิธีการตรวจจับที่หลากหลาย (Li et al., 2010) เพื่อให้ได้รับข้อมูลที่ถูกต้องเกี่ยวกับพืชผล ดิน สภาพภูมิอากาศ และสภาพแวดล้อม ตัวอย่างเช่น

- การตรวจสอบสเปกตรัมระยะไกลของพืชผล ความแตกต่างในคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของวัตถุที่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าตกกระทบจะแตกต่างกัน เช่น สี พื้นผิว และรูปร่างของใบ ซึ่งจะกำหนดปริมาณพลังงานที่สะท้อน ดูดกลืน และส่งผ่านที่มีความยาวคลื่นเฉพาะ ซึ่งเรียกว่าลายเซ็นของสเปกตรัม ซึ่งมีลักษณะเฉพาะสำหรับสายพันธุ์และสภาพแวดล้อมของพืช การใช้งานในการเกษตรครอบคลุมช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มองเห็นได้ (400-700 นาโนเมตร) ถึงอินฟราเรดใกล้ (700-2500 นาโนเมตร) การตรวจจับสเปกตรัมระยะไกลประสบความสำเร็จในการวัดคุณค่าทางโภชนาการของพืช โรคพืช การระบาดของวัชพืช ความเสียหายจากแมลง การขาดน้ำหรือน้ำเกิน และการจัดการน้ำท่วม

- จมูกอิเล็กทรอนิกส์ (eNose) โดยปกติพืชจะปล่อยสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืช ซึ่งจะบ่งบอกถึงสภาพของพืชและแปลงปลูก เช่น ความชื้น แสง อุณหภูมิ สภาพดิน ปุ๋ย แมลง และโรคพืช จมูกอิเล็กทรอนิกส์ประกอบด้วยเซนเซอร์ก๊าซหลายตัว การใช้งานที่พบบ่อยของจมูกอิเล็กทรอนิกส์ในภาคเกษตรกรรม คือ การตรวจจับโรคพืช และระบุการระบาดของโรคและแมลง

- เซนเซอร์ไฟฟ้าเคมี มีการประยุกต์ใช้ในการวัดค่าเคมีของดิน เช่น ค่า pH หรือปริมาณสารอาหาร ซึ่งมีความสำคัญต่อปริมาณผลผลิต คุณภาพ และรสชาติ เซนเซอร์ไฟฟ้าเคมีสองประเภทที่นิยมใช้คือ เซนเซอร์ ISE (Ion Selective Electrode) และ ISEFT (Ion-Sensitive Field Effect Transistor) เพื่อใช้ตรวจสอบการดูดซึมไอออน และสารอาหารของพืช (เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม) ทำให้เกษตรกรออกแบบและปรับการให้ปุ๋ยให้เหมาะสมได้

- ไบโอสเซนเซอร์ ใช้ในการตรวจจับสารปนเปื้อนทางเคมีและเชื้อก่อโรค ซึ่งจะตอบสนองต่อ กรดนิวคลีอิก โปรตีน เอนไซม์ และแอนติบอดี ทรานสดิวเซอร์ประเภทหลักที่ใช้ในไบโอสเซนเซอร์ส่วนใหญ่ได้แก่ ทรานสดิวเซอร์ไฟฟ้าเคมี ทรานสดิวเซอร์แสง ทรานสดิวเซอร์ความร้อน และอุปกรณ์คลื่นเสียง (AW) โดยไบโอสเซนเซอร์ชนิดเรโซเนเตอร์แมกนีโตอิเล็กตริก (ME) จะสั่นด้วยความถี่เรโซแนนซ์เฉพาะภายใต้สนามแม่เหล็ก ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าสามารถตรวจจับเชื้อก่อโรคต่าง ๆ ได้อย่างประสบความสำเร็จ เช่น สปอร์ของ *S. typhimurium*, *B. anthracis* และ *E. Coli* เป็นต้น นอกจากนี้ไบโอสเซนเซอร์ยังสามารถตรวจจับสารเคมีอันตรายและสารปนเปื้อนในอาหารได้ เช่น ออร์กาโนฟอสเฟต (OP) ที่ใช้แพร่หลายในรูปแบบของยาฆ่าแมลงทางการเกษตร

- เครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย ซึ่งประกอบด้วย เครื่องรับส่งสัญญาณความถี่วิทยุ (RF) เซนเซอร์ระบุตำแหน่งทั่วโลก เซนเซอร์ดิน น้ำ ไอออน VOC ไมโครคอนโทรลเลอร์ และแหล่งพลังงาน ซึ่งอยู่ในช่วงเริ่มต้นของการพัฒนา

การพัฒนาและการประยุกต์ใช้เซนเซอร์ในภาคเกษตรกรรมในยุคปัจจุบัน เกี่ยวข้องกับการเพิ่มประสิทธิภาพและความยั่งยืนในระบบการผลิตทางการเกษตร โดยงานวิจัยเน้นถึงเทคโนโลยีล่าสุดที่เกี่ยวข้อง

กับเซนเซอร์ เช่น การใช้เซนเซอร์ในการตรวจวัดสภาพแวดล้อม การติดตามสภาพการเจริญเติบโตของพืช และการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจัดการการใช้น้ำและปุ๋ยในเกษตรกรรม (Kayad et al., 2020) เซนเซอร์เหล่านี้สามารถช่วยเกษตรกรในการตัดสินใจที่ดีขึ้น ลดต้นทุน และเพิ่มผลผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการใช้งานเซนเซอร์ในงานเกษตรอัจฉริยะแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ งานที่เกี่ยวข้องกับดิน การปกป้องพืช และการประเมินสุขภาพพืช การจัดการฟาร์มโดยใช้เทคโนโลยีดิจิทัล และการใช้งานหลังการเก็บเกี่ยว ดังนี้

- งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับดิน ตัวอย่างเช่น การใช้เซนเซอร์นิวตรอนรังสีคอสมิก ซึ่งเป็นเซนเซอร์แบบใหม่สำหรับการประมาณค่าความชื้นในดินเหนือพื้นที่ขนาดใหญ่ จากจำนวนนิวตรอนในสิ่งแวดล้อม โดยใช้เครื่องตรวจจับนิวตรอนแบบผสม การเปรียบเทียบและการตรวจสอบความถูกต้องของเซนเซอร์ความชื้นแบบความจุ (DFRobot รุ่น SKU:SENO193) ราคาประหยัดเพื่อผสานระบบตรวจสอบความชื้นในดินอัตโนมัติ การใช้เรดาร์ตรวจจับพื้นดิน (GPR) ที่ผลิตโดย Sensors and Software Inc. ผสมผสานกับระบบดาวเทียมนำทางทั่วโลก (RTK-GNSS) เพื่อตรวจสอบและทำแผนที่แนวท่อระบายน้ำทางการเกษตรที่ระดับความลึกของการตรวจสอบ 2 เมตร ซึ่งสามารถระบุแนวท่อระบายน้ำได้สำเร็จ การใช้ระบบคลื่นวิทยุ RFID ในการประเมินการเคลื่อนตัวของดินชั้นบนในกระบวนการไถพรวนแบบโรตารี การใช้เซนเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ ความเร็วและทิศทางลม ในการประเมินการพัดพาของละอองน้ำจากการพ่นสารเคมีในไร่ร้อนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการพ่นสารเคมีและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

- งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปกป้องพืชและการประเมินสุขภาพพืช ตัวอย่างเช่น การพัฒนาหุ่นยนต์อัตโนมัติสำหรับกำจัดวัชพืชในไร่ร้อน ซึ่งประกอบด้วย เครื่องพรวนดินแบบหัวไถไฟฟ้าและหุ่นยนต์ที่ติดตั้งเครื่องสแกนเลเซอร์ 2 มิติเพื่อติดตามพืช ซึ่งการประเมินประสิทธิภาพในการตรวจจับลำต้นพืชใช้ 2 วิธีที่แตกต่างกัน คือ ฟิเลอร์และโซนาร์ พบว่าทำงานได้ดีทั้งสองวิธีและไม่สร้างความเสียหายให้แก่ต้นพืช และเครื่องสแกนเลเซอร์ยังใช้ให้เครื่องจักรติดตามแถวได้อย่างแม่นยำ และการใช้อุณหภูมิขีด (Thermography) แบบอินฟราเรดในการประเมินสุขภาพพืช เพื่อแยกความแตกต่างระหว่างเนื้อเยื่อที่เสื่อมโทรมและแข็งแรง โดยพิจารณาความแตกต่างของภาพความร้อนจากกล้อง FLIR T1030sc ในขณะที่วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ด้วยเทอร์โมไฮโกรมิเตอร์ FLIR MR 176 ที่เวลาต่าง ๆ ตลอดทั้งวัน เพื่อเชื่อมโยงรูปแบบความร้อนกับสุขภาพของพืช และยังมีการนำเทอร์โมกราฟีอินฟราเรดมาใช้ในการตรวจจับเชื้อรา *Zymoseptoria tritici* เพื่อตรวจจับโรคในระยะเริ่มต้น โดยพบว่าสามารถตรวจพบโรคได้ภายหลังการทดลอง 3 วันเมื่อเทียบกับการสังเกตอาการของโรคด้วยสายตาซึ่งจะพบได้ในวันที่ 23 จึงสามารถช่วยในการคัดเลือกพันธุ์พืชที่ต้านทานโรคได้ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการใช้งานข้อมูลสเปกตรัมในพืชไร่จากเซนเซอร์ระยะไกลภาคพื้นดิน ได้แก่ การใช้เซนเซอร์แสงเพื่อระบุระดับไนโตรเจนและทำนายผลผลิตในข้าวสาลี การใช้เครื่องแพสซิฟสเปกโตรมิเตอร์ติดตั้งบนยานบินไร้คนขับ (UAV) เพื่อถ่ายภาพทางอากาศ เชื่อมโยงกับข้อมูลภาคสนามและพารามิเตอร์ทางชีวภาพ เช่น ผลผลิตข้าวสาลี ชีวมวล ดัชนีพื้นที่ใบ และปริมาณไนโตรเจน ซึ่งเมื่อใช้ร่วมกับการพิจารณารังสีดวงอาทิตย์ การนำไฟฟ้าของดิน จะส่งผลให้สามารถทำนายผลผลิตได้ดียิ่งขึ้น สุดท้าย การใช้ภาพความร้อนเพื่อประเมินสุขภาพของต้นอินทผลัม เป็นการสำรวจระยะไกลแบบมัลติเซนเซอร์ความละเอียดสูง เช่น การตรวจจับแสงด้วยการวัดระยะ (LiDAR) ภาพ RGB ภาพความร้อนและไฮเปอร์สเปกตรัมเพื่อบ่งชี้ความเครียดบนต้นอินทผลัมในพื้นที่ต่าง ๆ

- งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการฟาร์มโดยใช้เทคโนโลยีดิจิทัล ตัวอย่างเช่น การใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์ที่ฝังอยู่ในเครื่องจักรกลเกษตรเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องจักร วัดและนับปัจจัยการผลิตทางการเกษตรและผลผลิต ซึ่งในปัจจุบันข้อมูลเหล่านี้ถูกผสมผสานกับระบบนำทางดาวเทียม

ทั่วโลก หรือ เซนเซอร์ GNSS (Global Navigation Satellite System) ทำให้สามารถเก็บข้อมูลและอ้างอิงตำแหน่งได้ โดยมีการพัฒนาอัลกอริทึมที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลอ้างอิงทางภูมิศาสตร์ที่บันทึกไว้เพื่อคำนวณพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ต่าง ๆ นอกจากนี้การแปลงระบบอาหารเป็นดิจิทัลที่สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับอาหารแบบดั้งเดิมในแง่ของการปรับปรุงกระบวนการเก็บเกี่ยว การเพิ่มผลผลิต ลดของเสีย และการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการจัดเก็บและจัดจำหน่าย โดยใช้เซนเซอร์และแอปพลิเคชันประมวลผลข้อมูลเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการทำนายห่วงโซ่คุณค่าของอาหาร เพื่อความยั่งยืนของระบบอาหาร

- งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานหลังการเก็บเกี่ยว ตัวอย่างเช่น การพัฒนาแบบจำลองในกระบวนการอบแห้งเมล็ดทานตะวันที่มีกรดโอเลอิกสูง โดยมีการรวบรวมข้อมูลปริมาณความชื้นผ่านเครื่องวิเคราะห์น้ำหนักซึ่งสามารถอธิบายกระบวนการอบแห้งภายใต้สภาวะความชื้นและอุณหภูมิที่หลากหลายได้

จมูกอิเล็กทรอนิกส์ (eNose) เป็นตัวอย่างเซนเซอร์ในงานเกษตรอัจฉริยะที่ใช้ในงานเกษตรทั้ง 4 ส่วนที่กล่าวมา ทำจากวัสดุตรวจจับ (Sensing Materials) ที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบทางการเกษตรที่จำเพาะกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไอระเหยของน้ำ (ความชื้นสัมพัทธ์) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ เอทิลีน และเอทานอล โดยทั่วไปวัสดุตรวจจับที่ใช้เป็นเซนเซอร์จะทำปฏิกิริยากับก๊าซหลายชนิด แต่จมูกอิเล็กทรอนิกส์จำเป็นต้องใช้วัสดุตรวจจับหลายชนิดที่ทำปฏิกิริยากับสารเป้าหมายเพียงชนิดเดียวเพื่อให้ได้ผลที่สมบูรณ์ (Love et al., 2021) ยกตัวอย่างเช่น

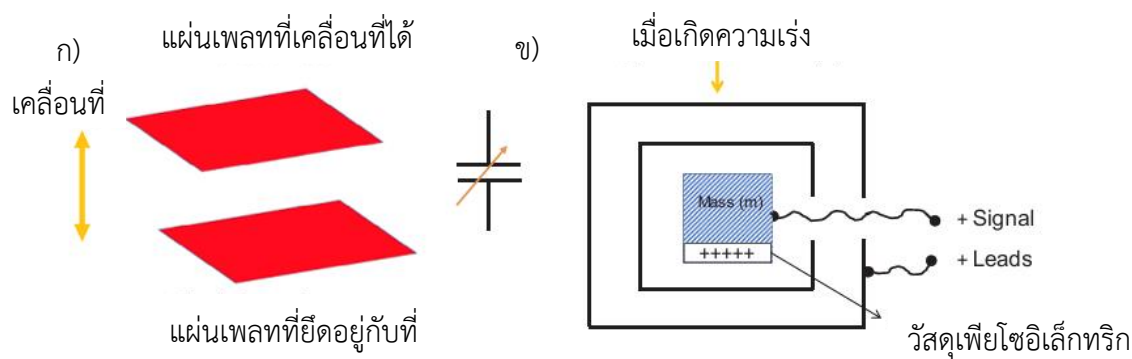
- ก๊าซเอทิลีน หรือที่เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ฮอร์โมนพืช มีบทบาทสำคัญในการงอกของเมล็ด การออกดอก และการสุกของผลไม้ การตรวจจับและติดตามก๊าซเอทิลีนในเรือนกระจกและการขนส่งจึงมีความสำคัญ วัสดุโลหะออกไซด์จำนวนมากได้รับการพัฒนาและทดสอบในการตรวจจับก๊าซเอทิลีน มีรายงานการใช้แผ่นนาโนสังกะสีออกไซด์ที่มีรูพรุน (ZnO NS) เพื่อกำหนดความสุกของผลไม้ ฟิล์มที่เตรียมขึ้นจากปฏิกิริยาเคมีของสังกะสีอะซิเตทกับยูเรียสามารถตรวจจับก๊าซเอทิลีนที่ความไว 0.5 $\mu\text{A/ppm}$ ที่ระดับ 5 ppm ดีบุกออกไซด์ (SnO_2) สามารถตรวจจับเอทิลีนที่ระดับ 20 ppm โดยมี CO_2 , SO_2 , NH_3 , NO_2 และ H_2 เป็นก๊าซรบกวนที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 1,000-3,000 ppm การใช้อนุภาค Pd/Pt ทำให้ความไวในการตรวจจับและเวลาตอบสนองเพิ่มขึ้น การใช้นาโนไททาเนียมออกไซด์พลอตินัมที่มีรูพรุน (PbTiO_2) ที่ตรวจจับเอทิลีนที่ระดับต่ำกว่า 1 ppm และวัสดุตรวจจับใหม่ที่ประกอบด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา Grubbs ที่ทำงานได้ดีภายใต้อุณหภูมิห้องท่ามกลางก๊าซรบกวนอื่น ๆ และมีความเสถียรเมื่อสัมผัสกับอากาศหรือความชื้น โดยสามารถตรวจจับเอทิลีนที่ระดับต่ำกว่า 0.9 ppm จึงใช้ในการตรวจการสุกของเชอร์รี่ เสาวรส และกล้วย

- ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งใช้ในการปรับปรุงสภาพแวดล้อมในการปลูกพืชในเรือนกระจกที่ระดับความเข้มข้น 200-1300 ppm มีรายงานวัสดุตรวจจับหลากหลายชนิด เช่น สังกะสีออกไซด์ (ZnO) ที่ให้ช่วงการตรวจจับที่กว้างที่ระดับ 50 ppm นาโนสเฟียร์ซีเรียมออกไซด์ (CeO_2) ที่มีขีดจำกัดการตรวจจับที่เหมาะสมที่ 150 ppm ที่อุณหภูมิ 100°C และความชื้นสัมพัทธ์ 70% การเคลือบแผ่นนาโนด้วย TiO_2 ซึ่งเป็นวัสดุตรวจจับแบบไฮบริด 2 มิติสำหรับการตรวจก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วง 100-2500 ppm ที่อุณหภูมิห้องแต่มีข้อจำกัดเนื่องจากพบความไวต่อ H_2 และ S และวัสดุตรวจจับเหมาะสมที่สุดสำหรับใช้งานในเรือนกระจกคือ การใช้กราฟีนและ PEDOT/PSS ร่วมกัน ซึ่งมีข้อดีคือวัสดุทั้งสองมีการจำหน่ายในเชิงพาณิชย์และไม่จำเป็นต้องผ่านการบำบัดหรือสังเคราะห์เพิ่มเติม มีช่วงอุณหภูมิในการทำงานที่ดี (35-65 °C) สามารถตรวจจับก๊าซได้กว้าง (4.7-4500 ppm)

- ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งใช้ในการเร่งการเจริญเติบโตของพืชผลที่ระดับความเข้มข้น 1-80 ppm ซึ่งพบรายงานการใช้งานอินเดียมออกไซด์ (In_2O_3) ในการตรวจจับ H_2S ที่อุณหภูมิห้อง 25 °C และ 100 °C ที่ขีดจำกัดการตรวจจับ 5 ppb การใช้คอปเปอร์ออกไซด์ (CuO) ที่เคลือบด้วยคาร์บอนนาโนทิวบ์ (CNTs) และดีบุกออกไซด์ (SnO_2) ในการตรวจจับ H_2S และยังมีความไวต่อ NH_3 , CO และ SO_2 อีกด้วย และการใช้เส้นใยนาโนพรุนของดีบุกออกไซด์ ซึ่งมีขีดจำกัดการตรวจจับที่ 1 ppm แต่มีช่วงอุณหภูมิทำงานที่ 200-350 °C จึงจำเป็นต้องให้ความร้อนและควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ขณะใช้งาน
- ก๊าซเอทานอล ที่มีบทบาทสำคัญในการยืดอายุการเก็บรักษา ซึ่งพบรายงานการใช้ชั้นของลวดนาโน SiO_2/Si , PSAA ในเซนเซอร์ไร้สายเพื่อตรวจจับเอทานอล และการใช้อัลคิลอิมิดาโซเลียมฮาไลด์ ที่มีค่าขีดจำกัดการตรวจจับต่ำที่สุดที่ 6 ppm เมื่อทำงานที่อุณหภูมิ 30 °C

การใช้เซนเซอร์ MEMS (*Micro-Electro-Mechanical Systems*) ซึ่งเป็นหนึ่งในองค์ประกอบที่สำคัญของโลกดิจิทัลในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นสื่อกลางระหว่างโลกอนาล็อกและอุปกรณ์ดิจิทัล อิเล็กทรอนิกส์ ในทางเกษตรกรรมมีการใช้เซนเซอร์ MEMS ในโดรนและเครื่องวัดความเร่งทางการเกษตร ซึ่งมีส่วนสำคัญในการเกษตรแม่นยำ (Precision Agriculture) ซึ่งจะสร้างประโยชน์มหาศาลต่อผลผลิตทางการเกษตร (Singh & Singh, 2020) เซนเซอร์ MEMS ทำงานบนหลักการของโดเมนต่าง ๆ เช่น เพียโซอิเล็กทริก แม่เหล็กไฟฟ้า ไฟฟ้าสถิต และความร้อน โดยสามารถตรวจสอบสถานะการเอียงได้ โดยจะทำงานควบคู่กับไจโรสโคป ทำให้สามารถวัดการเคลื่อนที่ ตรวจสอบแรงและความเร่งได้ ซึ่งการตรวจจับการสั่นสะเทือนในเครื่องจักรกลเหล่านี้จะช่วยในการตรวจสอบสุขภาพของเครื่องจักร ระบบนำทาง ตรวจสอบความผิดพลาดในเครื่องจักร วัดเสถียรภาพการบินในโดรน เป็นต้น กลไกพื้นฐานของเครื่องวัดความเร่ง คือความสัมพันธ์ของความจุกับมวลที่เคลื่อนที่ ซึ่งทำงานบนกลไกที่ประกอบด้วยแผ่นเพลทสองแผ่น แผ่นหนึ่งยึดอยู่กับที่ อีกแผ่นสามารถเคลื่อนที่ได้ ดังรูปที่ 2.6 ก) เมื่อชาร์จด้วยกระแสไฟฟ้าหรือเกิดการเอียง ระยะห่างระหว่างแผ่นเพลททั้งสองจะเปลี่ยนไปซึ่งวัดได้จากแรงดันไฟฟ้าขาออก เครื่องวัดเหล่านี้จึงเป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายในด้านความแม่นยำและความเสถียร และเครื่องวัดความเร่งที่อาศัยปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริก ดังรูปที่ 2.6 ข) เมื่อคริสตัลภายในถูกกดหรือได้รับแรงทางกลจะเริ่มเคลื่อนที่ ประจุที่มีขั้วตรงข้ามจะสะสมในแผ่นและถูกขยายโดยเครื่องขยายสัญญาณและแปลงเป็นแรงดันไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้า นอกจากนี้ยังมีเครื่องวัดความเร่งแบบปรากฏการณ์ฮอลล์ที่ทำงานผ่านการวัดการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำหรือเครื่องวัดความเร่งแบบเพียโซรีซิสทีฟ ที่รู้จักกันในชื่อสเตรนเกจ ซึ่งทำงานโดยวัดการเปลี่ยนแปลงของความต้านทานไฟฟ้าในวัสดุเมื่อเกิดแรงกดทางกล และเครื่องวัดความเร่งแบบการถ่ายเทความร้อน เป็นต้น

การใช้เซนเซอร์ในระบบเกษตรอัจฉริยะ (Smart Agriculture) ที่ใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์เพื่อตรวจสอบสภาพแวดล้อมแบบเรียลไทม์ และการนำข้อมูลเหล่านี้มาวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงการบริหารจัดการทรัพยากรการเกษตร การประยุกต์ใช้เซนเซอร์ในเกษตรกรรมจึงเป็นกุญแจสำคัญในการพัฒนาการผลิตที่ยั่งยืนและลดผลกระทบจากการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างไม่สมดุล และทิศทางในอนาคตของการใช้เซนเซอร์ในเกษตรกรรม เช่น การพัฒนาเซนเซอร์ที่สามารถให้ข้อมูลที่มีความละเอียดสูงและแม่นยำมากขึ้น รวมถึงการบูรณาการเทคโนโลยีอื่น ๆ เช่น การประมวลผลข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) และการใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI) ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากเซนเซอร์เหล่านี้ เพื่อให้การจัดการเกษตรมีความยืดหยุ่นและแม่นยำยิ่งขึ้นในอนาคต



รูปที่ 2.6 แผนผังแสดงหลักการทำงานของเครื่องวัดความแรงทางการเกษตร ก) แบบความจุ และ ข) แบบเพียโซอิเล็กทริก ดัดแปลงจาก Singh และ Singh (2020)

2.4 การตรวจจากระยะไกลสำหรับการเฝ้าติดตามพืชและสัตว์

การตรวจจากระยะไกล (Remote Sensing) เป็นเทคโนโลยีที่ใช้สำหรับการรวบรวมข้อมูลจากระยะไกล โดยไม่ต้องมีการสัมผัสกับเป้าหมายโดยตรง เทคโนโลยีการตรวจจากระยะไกลนี้ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการเฝ้าติดตามพืชและสัตว์ในทางการเกษตรและการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม การใช้ฟิสิกส์ในการตรวจจากระยะไกลช่วยให้สามารถวิเคราะห์สภาพแวดล้อมและการเจริญเติบโตของพืชรวมถึงพฤติกรรมและสภาพของสัตว์ในระบบนิเวศได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพมากขึ้น การศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การเฝ้าติดตามสภาพแวดล้อมโดยใช้การตรวจจากระยะไกลสามารถทำได้ผ่านการวิเคราะห์คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนกลับจากพื้นผิวของโลก ซึ่งข้อมูลเหล่านี้มีประโยชน์ในการตรวจสอบสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณสารมลพิษ หรือการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศต่าง ๆ การตรวจจากระยะไกลส่วนใหญ่ใช้หลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการสะท้อนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Waves) ซึ่งครอบคลุมทั้งแสงที่มองเห็นได้ (Visible light) รังสีอินฟราเรด (Infrared radiation) และรังสีไมโครเวฟ (Microwaves) ที่สามารถเดินทางผ่านบรรยากาศและสะท้อนจากพื้นผิวของโลกหรือวัตถุต่าง ๆ เพื่อเก็บข้อมูลที่สามารถใช้ในการประเมินสภาพแวดล้อมได้

การสะท้อนของแสง (Reflection of Light) เป็นหนึ่งในปรากฏการณ์ที่สำคัญในการตรวจจากระยะไกล โดยคลื่นแสงที่พุ่งจากแหล่งกำเนิด เช่น ดาวเทียม เครื่องบิน หรือโดรน จะถูกสะท้อนจากพื้นผิวพืชหรือสัตว์ไปยังเครื่องตรวจจับ (Sensor) ที่ติดตั้งบนเครื่องมือดังกล่าว ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของพื้นผิวที่แสงตกกระทบ เช่น การสะท้อนของแสงจากใบพืชที่มีคลื่นแสงในช่วงรังสีอินฟราเรด ซึ่งอาจบ่งชี้ถึงความชื้นในพืชหรือสถานะของพืชในช่วงต่าง ๆ ดังนี้

- การสะท้อนแสงจากพืช (Vegetation Reflectance) พืชสะท้อนแสงในช่วงคลื่นต่าง ๆ ของสเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้า โดยเฉพาะแสงอินฟราเรด ซึ่งสามารถใช้ในการประเมินสภาพความชื้นของพืชหรือการเจริญเติบโต เซนเซอร์ที่วัดการสะท้อนแสงจากพืช เช่น เซนเซอร์ NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) จะวิเคราะห์อัตราส่วนของแสงที่สะท้อนจากพืชในช่วงต่าง ๆ เพื่อบ่งชี้ถึงสภาพพืช

- การสะท้อนแสงจากสัตว์ (Animal Reflectance) สัตว์ก็สะท้อนแสงในลักษณะเฉพาะ ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการตรวจจับหรือติดตามการเคลื่อนไหวของสัตว์ โดยเซนเซอร์ที่ใช้การสะท้อนแสงจากสัตว์จะสามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่งของสัตว์ในพื้นที่กว้างได้
- การสะท้อนแสงจากสิ่งแวดล้อม (Environmental Reflectance) มีลักษณะการสะท้อนที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุนั้น ๆ เช่น สี ความชื้น และโครงสร้างของพื้นผิว ซึ่งข้อมูลการสะท้อนนี้สามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อให้ทราบถึงสภาพของสิ่งแวดล้อม พื้นผิวดินและน้ำสะท้อนคลื่นแสงต่างกันขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นและคุณสมบัติทางเคมี ทำให้สามารถใช้ข้อมูลการสะท้อนแสงเหล่านี้ในการประเมินคุณสมบัติต่าง ๆ ของดินหรือการตรวจสอบแหล่งน้ำได้

หลักการทางฟิสิกส์ของการกระเจิง (Scattering) และการดูดกลืน (Absorption) ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นอีกหนึ่งหลักการที่สำคัญในเทคโนโลยีการตรวจจับระยะไกล พื้นผิวของพืชหรือสัตว์จะดูดซับหรือกระจายคลื่นแสงตามชนิดของวัสดุ และลักษณะของพื้นผิวที่มีคุณสมบัติเฉพาะ ในกรณีของพืช เช่น ใบไม้ที่มีคลอโรฟิลล์จะดูดซับแสงในช่วงคลื่นแสงที่มองเห็นได้ แต่จะสะท้อนแสงในช่วงคลื่นอินฟราเรดและมีการกระจายแสงในลักษณะที่สามารถวัดได้จากเครื่องมือตรวจจับ การกระจายแสงหรือคลื่นจะขึ้นอยู่กับขนาดและลักษณะของอนุภาคที่คลื่นตกกระทบ เช่น ฝุ่น เมฆ และมลพิษในอากาศ ซึ่งสามารถส่งผลต่อการวัดค่าที่สะท้อนจากพื้นผิว เนื่องจากการกระจายอาจทำให้ข้อมูลที่ได้รับมีความคลาดเคลื่อน ดังนั้นการศึกษาการกระจายคลื่นสามารถช่วยในการวิเคราะห์สภาพอากาศและมลพิษในบรรยากาศได้ จึงมีความสำคัญในการพัฒนาความแม่นยำของการวิเคราะห์ข้อมูลจากการตรวจจับระยะไกล เช่น พื้นที่ที่มีฝุ่นหรือหมอก การกระจายของแสงในบรรยากาศย่อมส่งผลต่อการถ่ายภาพจากเซนเซอร์ การศึกษาการกระจายของแสงช่วยให้สามารถปรับปรุงความแม่นยำของข้อมูลที่ได้รับจากการตรวจจับระยะไกลในสภาพแวดล้อมที่ไม่สมบูรณ์ได้

2.4.1 การประยุกต์ใช้ฟิสิกส์ในการตรวจจับสภาพพืชและสัตว์

เทคโนโลยีการตรวจจับระยะไกลสามารถใช้ในการเฝ้าติดตามการเจริญเติบโตของพืช และประเมินสภาพทางการเกษตร เช่น การวัดค่าความชื้นในดิน การตรวจสอบปริมาณคลอโรฟิลล์ในพืช หรือการประเมินความเป็นไปได้ของการขาดสารอาหารในพืชจากการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นอินฟราเรด การตรวจจับระยะไกลสามารถช่วยให้เกษตรกรสามารถประเมินสภาพพืชได้อย่างแม่นยำโดยไม่ต้องเข้าถึงพื้นที่การเกษตร

การใช้เทคโนโลยีเซนเซอร์เพื่อการวิเคราะห์พืช การใช้เซนเซอร์ที่ใช้หลักการสะท้อนแสง เช่น NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) ช่วยในการตรวจสอบสภาพการเจริญเติบโตของพืช โดยใช้ค่าความแตกต่างระหว่างการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นสีแดงและอินฟราเรดใกล้ (Near-Infrared) และการประเมินความเครียดของพืชโดยใช้เซนเซอร์ตรวจจับการสะท้อนแสงจากพืชยังสามารถใช้ในการตรวจสอบความเครียดของพืช เช่น ความเครียดจากการขาดน้ำ หรือการติดเชื้อที่ทำให้การสะท้อนแสงเปลี่ยนแปลงไป นอกจากนี้ยังพบวิธีประเมินความเครียดของพืชโดยใช้ไบโอเซนเซอร์ระดับนาโนตรวจจับปริมาณ H_2O_2 , H_2S , ฮอโมนพืช และกรดอินทรีย์ระเหยง่าย ที่ปล่อยออกมาเมื่อพืชอยู่ภายใต้ความเครียด

การตรวจจับระยะไกลยังถูกนำมาใช้ในการเฝ้าติดตามพฤติกรรมของสัตว์ในธรรมชาติหรือในพื้นที่เกษตรกรรม เช่น การติดตามการเคลื่อนไหวของสัตว์ป่า หรือการเฝ้าระวังสัตว์ที่อาจเป็นอันตรายต่อ

ผลผลิตทางการเกษตร การใช้เทคโนโลยีการตรวจจับสนามแม่เหล็กทำให้สามารถติดตามสัตว์ในพื้นที่กว้างและในสภาพแวดล้อมที่ยากต่อการเข้าถึง

การใช้เซนเซอร์อินฟราเรด (Infrared Sensors) สามารถตรวจจับความร้อนจากสัตว์และให้ข้อมูลตำแหน่งที่สัตว์อยู่ในพื้นที่ใหญ่ แม้ในเวลากลางคืน หรือในสภาพแวดล้อมที่มีแสงน้อย การใช้โดรนที่ติดตั้งเซนเซอร์สำหรับการตรวจจับสนามแม่เหล็กช่วยให้สามารถติดตามการเคลื่อนไหวของสัตว์ในพื้นที่กว้าง และสามารถเก็บข้อมูลภาพถ่ายจากมุมสูงในการศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมของสัตว์ในธรรมชาติ

2.4.2 การเฝ้าติดตามสภาพแวดล้อม

การตรวจจับสนามแม่เหล็กสามารถประยุกต์ใช้ในการติดตามสภาพแวดล้อมในหลายด้าน เช่น

- การเฝ้าติดตามการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ (Climate Change Monitoring) เช่น การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิพื้นผิวโลก การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเล และการละลายของน้ำแข็งในพื้นที่ขั้วโลก โดยการวัดการสะท้อนของคลื่นอินฟราเรดและคลื่นไมโครเวฟที่สะท้อนจากพื้นผิวโลก
- การตรวจสอบคุณภาพอากาศ ในการเฝ้าติดตามมลพิษทางอากาศ (Air Pollution Monitoring) เช่น การตรวจจับสนามแม่เหล็กของแก๊สเรือนกระจกและสารมลพิษในบรรยากาศ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และมีเทน (CH_4) โดยการวัดการดูดซับและการกระจายของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงคลื่นที่มักจะถูกลดดูดซับโดยสารมลพิษในอากาศ
- การติดตามภัยธรรมชาติ (Disaster Monitoring) สามารถช่วยในการตรวจจับสนามแม่เหล็ก เช่น แผ่นดินไหว สึนามิ และไฟป่า โดยการใช้เซนเซอร์ตรวจจับสนามแม่เหล็กของพื้นผิวโลกหรือการวัดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนจากพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ การใช้เทคโนโลยีนี้ช่วยให้สามารถติดตามสถานการณ์และประเมินความเสียหายได้อย่างรวดเร็ว
- การศึกษาพื้นที่เกษตรกรรม (Agricultural Monitoring) ในการตรวจสอบสภาพดินพืช และสัตว์ในพื้นที่เกษตรกรรม

โดยการวิเคราะห์การสะท้อนของแสงจากพืชสามารถช่วยในการประเมินสุขภาพของพืชและปริมาณความชื้นในดิน ซึ่งช่วยให้การจัดการทรัพยากรในการเกษตรมีประสิทธิภาพและลดต้นทุนการผลิต เทคโนโลยีนี้ยังสามารถพัฒนาได้ต่อเนื่องเพื่อเพิ่มความแม่นยำและประสิทธิภาพในการตรวจจับและการวิเคราะห์ข้อมูลจากสภาพแวดล้อมต่าง ๆ

การตรวจจับสนามแม่เหล็กด้วยเลเซอร์ในเกษตรกรรม เป็นการตรวจสอบพื้นที่ขนาดใหญ่ จำเป็นต้องใช้เซนเซอร์หลากหลายชนิดและถูกรบกวนได้ง่ายด้วยหมอกและละอองในชั้นบรรยากาศ รวมถึงละอองของพืชและเวลาในการวัด ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อพารามิเตอร์สเปกตรัมของแสงแดด จึงจำเป็นต้องมีการสอบเทียบกล้องและเซนเซอร์ก่อนการวัดทุกครั้ง ทำให้ไม่สามารถทำงานอัตโนมัติได้ ในขณะที่การตรวจจับแบบแอคทีฟด้วยไลดาร์ (LiDAR) สามารถทำงานได้ตลอดทั้งกลางวันและกลางคืนโดยไม่ต้องสอบเทียบอุปกรณ์ เนื่องจากไม่ได้รับอิทธิพลจากแสงแดด (Gudkov et al., 2024) ทีมนักวิทยาศาสตร์จากยุโรปได้พัฒนาไลดาร์เพื่อนำมาประเมินสภาพทั่วไปของพืชและหาสาเหตุของความเครียด ส่วนนักฟิสิกส์จากสหภาพโซเวียตพัฒนาไลดาร์เพื่อวิเคราะห์มหาสมุทรจากเครื่องบินและใช้ในการตรวจจับพืชพรรณ แต่ด้วยข้อจำกัดด้าน

ต้นทุนทำให้การใช้งานไลดาร์ในการเกษตรเริ่มขึ้นตั้งแต่ช่วงทศวรรษ 2010 เมื่อเครื่องบินไร้คนขับขนาดเล็ก แบตเตอรี่ลิเธียมที่มีน้ำหนักเบาและไมโครคอนโทรลเลอร์ความเร็วสูงถูกพัฒนาขึ้น โดยพบการพัฒนาไลดาร์ เรืองแสงสำหรับการตรวจสอบในภาคเกษตรกรรมเพื่อการเปลี่ยนผ่านไปสู่เกษตรแม่นยำแสดงดังรูปที่ 2.7 ที่แสดงเครื่องมือไลดาร์ฟลูออเรสเซนซ์ขนาดกะทัดรัดน้ำหนัก 310 กรัมขณะถ่ายภาพจากโดรน ซึ่งช่วยในการ ตรวจจับความเครียดของพืช การวัดความชื้นของหญ้าหมักซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากในการผลิตปศุสัตว์ ประสิทธิภาพสูง นอกจากนี้ยังมีการใช้งานสำหรับการตรวจสอบสภาพแวดล้อมของผิวน้ำในแหล่งน้ำจืด



รูปที่ 2.7 แผนผังแสดงไลดาร์เรืองแสงขนาดกระทัดรัดที่ติดตั้งบนโดรนขณะทำการวัดทุ่งข้าวโพด ดัดแปลง จาก (Gudkov et al., 2024)

การประยุกต์ใช้เลเซอร์สเปกโตรสโคปีและฟิสิกส์เลเซอร์มีแนวโน้มที่ดีในการแก้ปัญหาในภาคเกษตรกรรม การพัฒนาเครื่องมือไลดาร์สำหรับการตรวจจับระยะไกล การผสมผสานระหว่างการใช้ประโยชน์จากอากาศยานไร้คนขับที่มีต้นทุนต่ำและความก้าวหน้าต่อเทคโนโลยีเลเซอร์ทำให้สามารถพัฒนาอุปกรณ์ขนาดกะทัดรัดสำหรับการตรวจจับและทำแผนที่พื้นที่เพาะปลูกและการเปลี่ยนแปลงของพืช ซึ่งเป็นอีกเครื่องมือสำคัญในการเปลี่ยนผ่านไปสู่เกษตรกรรมแม่นยำ

นอกจากนี้อัตราการขยายตัวของเมืองและการเติบโตอย่างรวดเร็วของประชากรส่งผลกระทบเชิงลบอย่างมีนัยสำคัญต่อสิ่งแวดล้อมและภาคเกษตรกรรม การพัฒนาทางเศรษฐกิจของมนุษย์นำไปสู่มลภาวะทางสิ่งแวดล้อม น้ำและดินปนเปื้อนด้วยโลหะหนัก และยังสะสมในร่างกายของปศุสัตว์ การวิเคราะห์ทางเคมีอย่างรวดเร็วในภาคเกษตรกรรมจึงมีความสำคัญต่อการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารคุณภาพสูง การกำหนดองค์ประกอบทางเคมีของธาตุ เช่น การสเปกโตรสโคปีการดูดกลืนอะตอม การปลดปล่อยอะตอม และมวล แต่ด้วยอุปกรณ์เหล่านี้มีราคาแพงและต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบจึงได้มีการพัฒนาสเปกโตรมิเตอร์การสลายเหนี่ยวนำด้วยเลเซอร์ (LIBS) ขึ้นมาเพื่อให้สามารถใช้งานได้ง่ายและเชื่อถือได้ ข้อดีของ LIBS คือความเร็วสูง และไม่พบอันตรายจากการใช้งาน สามารถระบุธาตุหนักและเบาได้พร้อมกัน LIBS สามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับองค์ประกอบหลักและรองของดินน้ำพืชและสัตว์ได้โดยไม่ต้องใช้ตัวอย่างมาตรฐาน การใช้ LIBS ร่วมกับเครือข่ายประสาทพัวสามารถใช้ในการติดตามระยะไกลแบบต่อเนื่องได้ การพัฒนาเครื่องมือให้มีขนาดกะทัดรัดและสามารถตรวจวัดได้รวดเร็วจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อฟาร์มสมัยใหม่ที่เน้นการผลิตอาหารคุณภาพสูง

สรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงบทบาทสำคัญของเซนเซอร์และเทคโนโลยีการวัดในเกษตรกรรมที่ช่วยให้การทำเกษตรมีความทันสมัยและยั่งยืนมากขึ้น โดยเน้นการใช้เซนเซอร์ในการเก็บข้อมูลแบบเรียลไทม์ เช่น การวัดความชื้นในดิน อุณหภูมิ และแสง เพื่อสนับสนุนการเจริญเติบโตของพืชและสัตว์ อีกทั้งยังช่วยให้การใช้ทรัพยากรมีประสิทธิภาพสูงสุด เทคโนโลยีการวัดในเกษตรกรรมครอบคลุมการใช้เครื่องมือวัดพารามิเตอร์สิ่งแวดล้อม เช่น pH ดิน ความเร็วลม และคุณภาพน้ำ รวมถึงการวัดขนาดพื้นที่และปริมาตรของแหล่งเพาะปลูก อีกทั้งยังถึงความสำคัญของการสอบเทียบเครื่องมือเพื่อให้ได้ค่าที่แม่นยำและเชื่อถือได้

ในบทนี้ได้มีการแบ่งประเภทเซนเซอร์ที่ใช้ในเกษตรกรรมออกเป็นกลุ่มต่าง ๆ เช่น เซนเซอร์ดินที่ตรวจวัดความชื้น pH และอุณหภูมิ เซนเซอร์สิ่งแวดล้อมที่วัดคุณภาพอากาศและน้ำ เซนเซอร์แสงที่ประเมินความเข้มและสเปกตรัมของแสง รวมถึงเซนเซอร์เฉพาะทาง เช่น เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวและเซนเซอร์ภาพสำหรับการประเมินผลผลิต ทั้งนี้ได้อธิบายหลักการทางฟิสิกส์ของเซนเซอร์ เช่น การนำไฟฟ้า การสะท้อนของแสง ปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริก และปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริก ซึ่งเป็นรากฐานสำคัญในการพัฒนาเทคโนโลยีเหล่านี้ และกล่าวถึงความสำคัญของการสอบเทียบและปฏิบัติตามมาตรฐานสากลเพื่อรักษาความแม่นยำของเครื่องมือ รวมถึงตัวอย่างการใช้งานจริง เช่น การเกษตรแม่นยำ การให้น้ำอัตโนมัติ การควบคุมสภาพแวดล้อมในเรือนกระจก และการตรวจสอบระยะไกล เพื่อช่วยลดต้นทุนการผลิต เพิ่มผลผลิต และสนับสนุนการทำเกษตรแบบยั่งยืนในยุคดิจิทัล

นอกจากนี้ยังได้มีการนำเสนองานวิจัยที่พัฒนาเซนเซอร์ตรวจจับสภาพพืชและสัตว์ระยะไกลและการเฝ้าติดตามสภาพแวดล้อมซึ่งจะเป็นเทคโนโลยีที่มีความสำคัญในอนาคต เนื่องจากการเติบโตของเมืองและการพัฒนาเศรษฐกิจ

เอกสารอ้างอิง

- ช. กิจเจริญ. (2558). เครื่องมือวัดความยาวและมิติ. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.nanasupplier.com/chorkit/p-174773> (28 พฤศจิกายน 2567)
- ชนินธ์ พิมพ์ศรี. (2561). การเลือกเครื่องมือวัดให้เหมาะสมกับการใช้งาน(ด้านมิติ). (ออนไลน์) แหล่งที่มา http://lib3.dss.go.th/fulltext/dss_knowledge/ps-3-61-dimension.pdf (27 พฤศจิกายน 2567)
- สมสกุล เผ่าจินดาสุข. (2547). MEMs เครื่องจักรกลจิ๋ว. (ออนไลน์) แหล่งที่มา https://www.nectec.or.th/bid/mkt_info_tech_mems.html (29 พฤศจิกายน 2567)
- สวทช. (2564). Plant Factory ยกกระต๊อบการปลูกพืชสู่เกษตรแม่นยำ. (ออนไลน์) แหล่งที่มา https://www.nstda.or.th/home/performance_post/plant-factory/ (24 พฤศจิกายน 2566)
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2567). ตารางแสดงรายละเอียดข้าวนาปี. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.oae.go.th/view/1/ตารางแสดงรายละเอียดข้าวนาปี/TH-TH> (27 พฤศจิกายน 2567)
- Angelis, I., Zervopoulos, A., Alvanou, A., Vergis, S., Papamichail, A., Bezas, K., Styliadou, A., Tsipis, A., Komianos, V., Tsoumanis, G., Koufoudakis, G., & Oikonomou, K. (2022). Smart agriculture: a low-cost wireless sensor network approach. In *Information and Communication Technologies for Agriculture – Theme I: Sensors*. Springer. Bochtis, D. D., Lampridi, M., Petropoulos, G. P., Ampatzidis, Y., & Pardalos, P. M. (Eds), pp. 139-172.
- Angelopoulou, T. (2022). Soil reflectance spectroscopy for supporting sustainable development goals. In *Information and Communication Technologies for Agriculture – Theme I: Sensors*. Springer. Bochtis, D. D., Lampridi, M., Petropoulos, G. P., Ampatzidis, Y., & Pardalos, P. M. (Eds), pp. 17-42.
- Blognone. (2565). นักวิจัยญี่ปุ่นพัฒนาแผ่นฟิล์มพิเศษช่วยเร่งอัตราการเติบโตของพืชผักได้ 20-40%. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.blognone.com/node/131219> (29 พฤศจิกายน 2567)
- Desun Uniwill. (2567). ความแตกต่างระหว่างเซนเซอร์วัดความเค็มและเซนเซอร์วัดค่าการนำไฟฟ้า. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://disen-sensor.com/th/differences-between-salinity-sensors-and-conductivity-sensors/> (29 พฤศจิกายน 2567)
- Dhaigude, V., HB, N., Chaudhary, P., Payssal, S. A., Nadda, A. K., Minkina, P., & Rajput V. D. (2023). Role of nanobiosensors in agriculture advancement. In *Advances in Nanotechnology for Smart Agriculture Techniques and Applications*. CRC Press. Chaudhary, P., Chaudhary, A., Nadda, A. K., & Khatri, P. (Eds), pp. 181-197.

- Field, H. L., & Solie, J. B. (2007). *Introduction to Agricultural Engineering Technology: A Problem Solving Approach 3rd Ed.* Springer.
- FMUSSER. (2564). เซนเซอร์ MEMS คืออะไร. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://th.fmuser.net/content/?20818.html> (29 พฤศจิกายน 2567)
- Fromfactory. (2563). การเลือกซื้อเครื่องชั่ง. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.fromfactory.net/article/8/การเลือกซื้อเครื่องชั่ง> (27 พฤศจิกายน 2567)
- Gudkov, S. V., Sarimov, R. M., Astashev, M. E. E., Pishchalnikov, R. Y., Yanykin, D. V., Simakin, A. V., Shkirin, A. V., Serov, D. A., Konchekov, E. M., Gusein-zade, N. G., NLednev, V., Ya Grishin, M., Sdvizhenskii, P. A., Pershin, S. M., Bunkin, A. F., Ashurov, M. K., Aksenov, A. G., Chilingaryan, N. O., Smirnov, I. G., Pavkin, D. Y., Hort, MNMoskovskiy, D. O., Sibirev, A. V., Lobachevsky, Y. P., Dorokhov, A. S., & Izmailov, A. Y. (2024). Modern physical methods and technologies in agriculture. *Phys. Uspekhi*, 67, 194-210.
- Hallik, L., Šarauskis, E., Kazlauskas, M., Bručiene, I., Mozgeris, G., Steponavičius, D., & Tõrra, T. (2022). Proximal sensing sensors for monitoring crop growth. In *Information and Communication Technologies for Agriculture – Theme I: Sensors*. Springer. Bochtis, D. D., Lampridi, M., Petropoulos, G. P., Ampatzidis, Y., & Pardalos, P. M. (Eds), pp. 43-97.
- Ifarm. (ม.ป.ป.). เครื่องมือวัดค่าดิน 5 อุปกรณ์ที่คนทำเกษตรมือโปรใช้เป็นประจำ. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.ifarm.co.th/blog/soil-tester/> (28 พฤศจิกายน 2567)
- Kakarla, S., Ampatzidis, Y., Park, S., Adosoglou, G., & Pardalos, P. (2022). Emerging sensing technologies for precision agriculture. In *Information and Communication Technologies for Agriculture – Theme I: Sensors*. Springer. Bochtis, D. D., Lampridi, M., Petropoulos, G. P., Ampatzidis, Y., & Pardalos, P. M. (Eds), pp. 3-16.
- Kayad, A., Paraforos, D. S., Marinello, F., & Fountas, S. (2020). Latest advances in sensor applications in agriculture. *Agriculture*, 10(8), 362.
- Khati, P., Lohani, S., Sharma, A. & Maura, J. (2023). Concepts of nano-based agriculture In *Advances in Nanotechnology for Smart Agriculture Techniques and Applications*. CRC Press. Chaudhary, P., Chaudhary, A., Nadda, A. K., & Khati, P. (Eds), pp. 91-110.
- Li, S., Simonian, A., & Chin, B. A. (2010). Sensors for agriculture and the food industry. *The Electrochemical Society Interface*, 19(4), 41.
- Love, C., Nazemi, H., El-Masri, E., Ambrose, K., Freund, M. S., & Emadi, A. (2021). A review on advanced sensing materials for agricultural gas sensors. *Sensors*, 21(10), 3423.

- Medium. (2562). 8 ข้อสำคัญในการเลือกใช้เครื่องมือวัด. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://medium.com/@pannachet.p/8-ข้อสำคัญในการเลือกใช้เครื่องมือวัด-f0e3e92a956> (27 พฤศจิกายน 2567)
- Navulur, S., & Prasad, M. G. (2017). Agricultural management through wireless sensors and internet of things. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 7(6), 3492.
- Parveen, H., Chaudhary, P., Srivastava, P., Priya, S., Bhandari, G., & Chaudhary, A. (2023). Role of nanoparticles in agriculture. In *Advances in Nanotechnology for Smart Agriculture Techniques and Applications*. CRC Press. Chaudhary, P., Chaudhary, A., Nadda, A. K., & Khatri, P. (Eds), pp. 1-18.
- Ponpe Instruments. (ม.ป.ป.). การเลือกใช้เครื่องมือวัด. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.ponpe.com/tech/181-การเลือกใช้เครื่องมือวัด.html> (27 พฤศจิกายน 2567)
- Rani, A., Kumar, T., Trivedi, B., & Chaudhary, P. (2023). Nanotechnology in climate smart agriculture. In *Advances in Nanotechnology for Smart Agriculture Techniques and Applications*. CRC Press. Chaudhary, P., Chaudhary, A., Nadda, A. K., & Khatri, P. (Eds), pp. 291-304.
- Roy, T., & George, J. K. (2020). Precision farming: a step toward sustainable, climate-smart agriculture. In *Global Climate Changes: Resilient and Smart Agriculture*. Springer. Venkatramanan, V., Shah, S., & Prasad, R. (Eds), pp. 199-220.
- Singh, N., & Singh, A. N. (2020). Odysseys of agriculture sensors: Current challenges and forthcoming prospects. *Computers and electronics in agriculture*, 171, 105328.
- Upadhyay, V. K., Naitam, M. G. Hhosh, S., Patel, V. K., Sharma, A., Chandra, A. K., & Taj, G. (2023). Techniques for integrating nanotechnology in agriculture. In *Advances in Nanotechnology for Smart Agriculture Techniques and Applications*. CRC Press. Chaudhary, P., Chaudhary, A., Nadda, A. K., & Khatri, P. (Eds), pp. 19-40.
- Yin, H., Cao, Y., Marelli, B., Zeng, X., Mason, A. J., & Cao, C. (2021). Soil sensors and plant wearables for smart and precision agriculture. *Advanced Materials*, 33(20), 2007764.

3

ระบบอัตโนมัติและหุ่นยนต์ในงานเกษตรอัจฉริยะ

การเกษตรอัจฉริยะ (Smart Agriculture) เป็นแนวทางที่นำเทคโนโลยีและนวัตกรรมต่าง ๆ มาใช้ในการพัฒนาภาคการเกษตร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต และลดต้นทุนการผลิต โดยเฉพาะการใช้ระบบอัตโนมัติและหุ่นยนต์ในกระบวนการต่าง ๆ ตั้งแต่การเพาะปลูกจนถึงการเก็บเกี่ยว ซึ่งการใช้เทคโนโลยีเหล่านี้จะช่วยปรับปรุงคุณภาพการผลิตให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาดและการจัดการทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ หนึ่งในเทคโนโลยีที่สำคัญในระบบเกษตรอัจฉริยะคือ หุ่นยนต์การเกษตร ที่มีบทบาทสำคัญในการทำงานอัตโนมัติ เช่น การปลูก การดูแล การเก็บเกี่ยว และการควบคุมวัชพืช รวมทั้งการใช้โดรนสำหรับการเก็บข้อมูลและการตรวจสอบสภาพแวดล้อมที่เกษตรกรอาจไม่สามารถเข้าถึงได้ในพื้นที่ที่กว้างใหญ่

การนำฟิลิกส์เข้ามาประยุกต์ใช้ในเทคโนโลยีต่าง ๆ เช่น หุ่นยนต์การเกษตรและโดรน ถือเป็นการผสมผสานที่สำคัญในการพัฒนาเทคโนโลยีเหล่านี้ โดยในบทนี้จะอธิบายถึง บทบาทของฟิลิกส์ในหุ่นยนต์การเกษตร ฟิลิกส์ของเทคโนโลยีโดรนในเกษตรกรรม และ เซนเซอร์และการรวมข้อมูลในระบบหุ่นยนต์ ซึ่งมีความสำคัญในการเพิ่มความแม่นยำและประสิทธิภาพในการดำเนินงานของระบบอัตโนมัติในภาคการเกษตร

3.1 บทบาทของฟิลิกส์ในหุ่นยนต์การเกษตร

การพัฒนาหุ่นยนต์การเกษตรที่สามารถทำงานในสภาพแวดล้อมทางการเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพและแม่นยำนั้นเกี่ยวข้องกับหลักการฟิลิกส์ ซึ่งเป็นฐานรากที่ช่วยให้หุ่นยนต์สามารถทำงานได้ในลักษณะที่เหมาะสมและคุ้มค่า โดยเฉพาะในด้านการควบคุมการเคลื่อนที่และการทำงานต่าง ๆ ของหุ่นยนต์ ซึ่งต้องใช้หลักการทางฟิลิกส์หลายประการ เช่น การคำนวณแรงและการเคลื่อนที่ เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถทำงานได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพ การรับรู้สภาพแวดล้อม และการประมวลผลข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์และเทคโนโลยีต่าง ๆ เช่น การวัดระยะทาง การตรวจจับอุปสรรค และการคำนวณการทำงานอัตโนมัติที่มีความซับซ้อน การพัฒนาให้หุ่นยนต์สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องและมีความทนทานในการใช้งานในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย ซึ่งในบทนี้จะเน้นการอธิบายถึงบทบาทของฟิลิกส์ในหุ่นยนต์การเกษตรในด้านต่าง ๆ ได้แก่ การควบคุมการเคลื่อนที่ ระบบเซนเซอร์ และการประมวลผลข้อมูลที่มีความสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในสภาพแวดล้อมที่มีความท้าทาย

3.1.1 การพัฒนาเครื่องจักรกลการเกษตร

เครื่องจักรกลการเกษตรถือเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาการเกษตรในยุคปัจจุบัน ซึ่งการใช้เครื่องจักรในการเกษตรมีความสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพ ลดต้นทุน และเพิ่มความรวดเร็วในการทำงานในภาคการเกษตรต่าง ๆ เช่น การไถดิน การปลูก การเก็บเกี่ยว หรือการจัดการวัชพืช การพัฒนาเครื่องจักรกล

การเกษตรจำเป็นต้องพึ่งพาหลักการฟิสิกส์ที่ช่วยให้การทำงานของเครื่องจักรมีประสิทธิภาพและปลอดภัย โดยเฉพาะในด้านการออกแบบและการควบคุมการทำงานของเครื่องจักร ซึ่งจะถูกอธิบายในหลายมิติ ดังนี้

1) ฟิสิกส์ของการเคลื่อนที่และแรง (Motion and Force)

เครื่องจักรกลการเกษตรส่วนใหญ่ เช่น รถแทรกเตอร์ เครื่องเก็บเกี่ยว และเครื่องปลูกพืช ต้องการการควบคุมการเคลื่อนที่ที่มีความแม่นยำในการทำงานในพื้นที่เพาะปลูก การประยุกต์ใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน และหลักการของแรง เป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตร การคำนึงถึงแรงที่กระทำต่อเครื่องจักรเป็นสิ่งจำเป็น เนื่องจากแรงที่กระทำมีผลต่อการทำงานของเครื่องจักร เช่น แรงที่ต้องใช้ในการเคลื่อนที่ของล้อหรือขาของเครื่องจักร ซึ่งจะส่งผลต่อความสามารถในการขับเคลื่อนและการทำงานของเครื่องจักรในสภาพพื้นผิวต่าง ๆ เช่น พื้นที่มีความชันสูงหรือดินที่เป็นโคลน พื้นผิวที่ไม่เรียบหรือพื้นที่ที่มีความขรุขระ เป็นต้น ซึ่งเครื่องจักรต้องเผชิญกับแรงต่างๆ ที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ เช่น แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างล้อหรือยางของเครื่องจักรกับพื้นดิน แรงบิดที่เกิดจากเครื่องยนต์หรือจากการหมุนของล้อ การเลือกใช้เครื่องยนต์ที่มีแรงบิดสูงจะช่วยให้เครื่องจักรสามารถทำงานในพื้นที่ที่ยากลำบากหรือมีความต้านทานสูง เช่น ในการไถพรวนดินที่มีความแข็ง นอกจากนี้ยังมีแรงที่เกิดจากการต้านทาน เช่น แรงต้านทานจากดิน ซึ่งมีผลต่อการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรบนดินที่มีลักษณะต่างกัน แรงเสียดทานในระบบลำเลียงและคัดแยกวัสดุเกษตร เช่น เมล็ดพืช หรือปุ๋ย ที่คำนวณได้จากชนิดของราง มุมเอียงของราง และชนิดของวัสดุเกษตร ซึ่งมีผลต่อการเคลื่อนที่ การควบคุมอัตราการไหล หรืออัตราการคัดแยก เป็นต้น โดยการศึกษาแรงต่าง ๆ และการออกแบบเครื่องจักรให้สามารถลดแรงต้านทานได้จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน เครื่องจักรสามารถเคลื่อนที่ได้ดีในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่สูญเสียพลังงานไปกับการเสียดทานมากเกินไป

นอกจากนี้ การใช้หลักการของการเคลื่อนที่แบบหมุน ก็มีบทบาทสำคัญ โดยเฉพาะในส่วนของ การหมุนของล้อหรือเฟืองที่ใช้ในการถ่ายทอดพลังงานจากเครื่องยนต์ไปยังส่วนต่างๆ ของเครื่องจักร ตัวอย่างเช่น การออกแบบเฟืองเพื่อให้ได้อัตราทดที่เหมาะสมในเครื่องจักรการเกษตร การปรับความเร็วหรือรอบการหมุนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรกลเกษตร เป็นต้น

ในทางปฏิบัติ การออกแบบเครื่องจักรกลเกษตรต้องมีการคำนวณทางฟิสิกส์ในการเลือกรูปแบบของเครื่องจักร เช่น ขนาดของล้อหรือยาง การคำนวณแรงที่เกิดจากการตัด การไถ หรือการขุดเพื่อให้เครื่องจักรทำงานได้ในสภาวะที่มีการต้านทานสูง นอกจากนี้ ยังต้องพิจารณาการเลือกวัสดุที่เหมาะสมในการผลิตส่วนประกอบต่างๆ เพื่อให้สามารถทนทานต่อแรงภายนอกและแรงที่กระทำต่อเครื่องจักรในระหว่างการทำงาน การพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตรที่มีประสิทธิภาพและตอบสนองต่อการทำงานในสภาพแวดล้อมที่หลากหลายทำให้อุปกรณ์ที่พัฒนาออกมาสามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ ลดการใช้พลังงานและเวลาที่ต้องใช้ในการทำงาน รวมถึงลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมและบำรุงรักษาเครื่องจักรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2) ฟิสิกส์ของการถ่ายโอนพลังงาน (Energy Transfer)

การพัฒนาเครื่องจักรกลการเกษตรต้องคำนึงถึงการใช้และการถ่ายโอนพลังงานที่มีประสิทธิภาพ ฟิสิกส์ของพลังงานมีบทบาทสำคัญในการออกแบบเครื่องจักร เพื่อให้เครื่องจักรสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพสูงสุด ตัวอย่างเช่น ในเครื่องจักรที่ใช้เครื่องยนต์เพื่อลากหรือขับเคลื่อนระบบต่าง ๆ จะต้องพิจารณาถึงการแปลงพลังงานจากเชื้อเพลิง เช่น น้ำมันดีเซล หรือไฟฟ้า ให้เป็นพลังงานกลในการเคลื่อนที่และการทำงานของเครื่องจักร หรือคำนึงถึงหลักการถ่ายโอนพลังงานระหว่างพลังงานจลน์และพลังงานศักย์ขณะที่เครื่องจักรทำงาน เป็นต้น

การออกแบบเครื่องจักรที่ใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพจะช่วยลดการสูญเสียพลังงานและลดต้นทุนในการใช้งานของเกษตรกร นอกจากนี้การใช้พลังงานทดแทน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ในการขับเคลื่อนเครื่องจักรในอนาคตอาจเป็นทางเลือกที่ดีในการลดการพึ่งพาพลังงานจากฟอสซิล เป็นต้น

3) ฟิลิกส์ของวัสดุและการออกแบบ (Materials Science and Design)

การเลือกวัสดุในการผลิตเครื่องจักรกลการเกษตรเป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อความทนทานและประสิทธิภาพในการใช้งานฟิลิกส์ของวัสดุ จะช่วยในการคำนวณความแข็งแรง ความยืดหยุ่น และคุณสมบัติการทนต่อการสึกหรอของวัสดุที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องจักร เช่น ล้อเกษตร อุปกรณ์การปลูก หรือระบบตัดในเครื่องเกี่ยวเกี่ยว การเลือกวัสดุที่เหมาะสมจะช่วยเพิ่มอายุการใช้งานของเครื่องจักรและลดความเสี่ยงในการเกิดความเสียหาย การพัฒนาเครื่องจักรกลการเกษตรที่มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่มีการใช้งานหนักในสภาพดินที่แตกต่างกันจำเป็นต้องใช้หลักการฟิลิกส์ในการพิจารณาความต้านทานต่อการสึกหรอและการกัดกร่อนจากปัจจัยภายนอก เช่น ความชื้นและสารเคมีต่าง ๆ ในการทำเกษตร เป็นต้น

จากที่กล่าวมาจะเห็นว่าฟิลิกส์มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาเครื่องจักรกลการเกษตร ตั้งแต่การคำนวณแรงและการเคลื่อนที่ การออกแบบระบบพลังงานและการควบคุม การเลือกวัสดุที่เหมาะสม ไปจนถึงการลดผลกระทบด้านเสียงและการสั่นสะเทือน หลักการฟิลิกส์ช่วยให้การพัฒนาเครื่องจักรมีประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้งานภาคการเกษตร นอกจากนี้ฟิลิกส์ของแสงและความร้อนยังมีบทบาทต่อการพัฒนานวัตกรรมหรือเทคโนโลยีอีกหลายอย่าง เช่น เครื่องมือที่ประมวลผลจากภาพในการวิเคราะห์คุณสมบัติบางประการของผลผลิตทางการเกษตรได้โดยไม่ทำลาย หรือเครื่องอบแห้งผลผลิตทางการเกษตร เป็นต้น

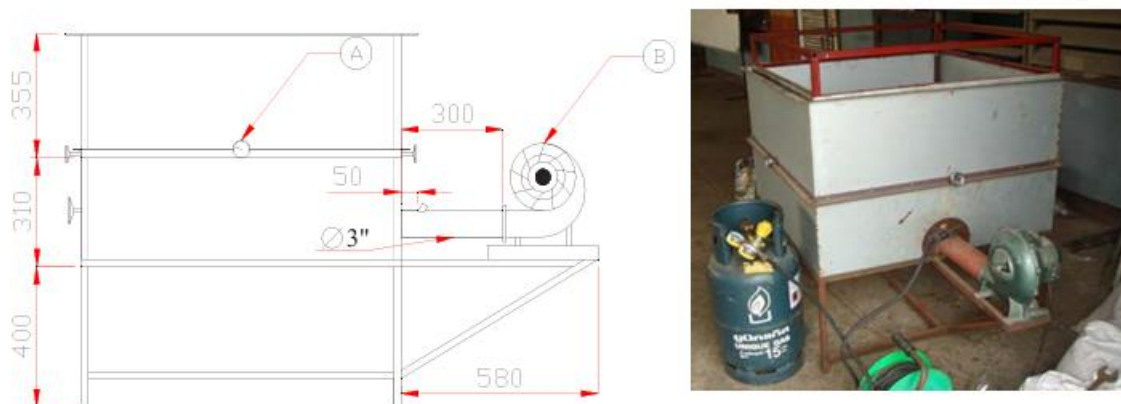
การประยุกต์ใช้ฟิลิกส์ในด้านต่าง ๆ จะช่วยยกระดับเครื่องจักรกลการเกษตรให้มีความทันสมัย ทนทาน และสามารถตอบสนองต่อความต้องการในอนาคตได้อย่างยั่งยืน งานวิจัยที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้จึงเป็นตัวอย่างการใช้หลักการทางฟิลิกส์ในการพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตร

การพัฒนาเครื่องใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพในการผลิตพืชพลังงานแบบพ่วงท้ายรถแทรกเตอร์ที่คานลาก (ผดุงศักดิ์ วานิชขัง และคณะ, 2557ข) มีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ โครงหลัก ระบบขับเคลื่อน ถังบรรจุปุ๋ย สว่านลำเลียงปุ๋ย และ ฐานกระจายปุ๋ย พบว่า ที่ความเร็วรอบมาตรฐานของเพลอาานวยกำลัง 540 รอบ/นาที สว่านลำเลียงปุ๋ยจะหมุนด้วยความเร็วรอบเฉลี่ย 129.60 รอบ/นาที สามารถลำเลียงปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพอัดเม็ดขนาดใหญ่ที่มีอัตราการไหลเฉลี่ย 12.30 ตัน/ชั่วโมงได้ โดยไม่พบปัญหาการอุดตันของเม็ดปุ๋ย โดยเครื่องที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถใส่ปุ๋ยได้ในอัตรา 434.29-847.47 กิโลกรัม/ไร่ และสามารถปรับอัตราการใส่ปุ๋ยได้จากการปรับอัตราการไหลโดยการเปลี่ยนความเร็วรอบของสว่านลำเลียงหรือเพิ่มขนาดของสว่านลำเลียง

การพัฒนาเครื่องคัดแยกกากข้าวกล้องแบบถ่วงน้ำหนักสำหรับธุรกิจชุมชน (ผดุงศักดิ์ วานิชขัง และคณะ, 2557ก) พบว่าเมื่อเพิ่มความเร็วรอบการหมุนและปรับมุมเอียงเพิ่มขึ้นจะทำให้อัตราการทำงานเพิ่มขึ้น ความบริสุทธิ์ของข้าวกล้องสูง แต่ข้าวเปลือกที่ได้มีความบริสุทธิ์ต่ำเนื่องจากอัตราไหลเร็วเกินไปทำให้คัดแยกไม่ทัน การปรับมุมเอียงน้อย ๆ จะทำให้สามารถคัดแยกได้สมบูรณ์มากขึ้น ที่มุมเอียง 1 องศา ความเร็วรอบ 35 รอบ/นาที อัตราป้อน 25 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการคัดแยกสูงที่สุด ข้าวกล้องมีความบริสุทธิ์ 99.27 เปอร์เซ็นต์ และข้าวเปลือกมีความบริสุทธิ์ 99.42 เปอร์เซ็นต์ ที่อัตราการทำงาน 147.37 กิโลกรัม/ชั่วโมง

การพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบกะบะเพื่อวิสาหกิจชุมชน (ใจทิพย์ วานิชขัง และคณะ, 2558) ที่สามารถอบแห้งข้าวเปลือกหนึ่งหรือข้าวฮางที่มีความชื้นสูงได้โดยไม่กระทบต่อคุณภาพการสีของข้าว เครื่องอบแห้งที่พัฒนาขึ้นนี้แสดงดังรูปที่ 3.1 สามารถอบแห้งข้าวเปลือกได้ 50-100 กิโลกรัม มีขนาด 0.97x0.97

เมตร ชั้นบนเป็นที่ใส่ข้าวเปลือกสูง 0.35 เมตร ชั้นล่างเป็นห้องลมร้อนสูง 0.31 เมตร และมีขาตั้งสูง 0.40 เมตร โดยตัวให้ความร้อนใช้ก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง จากการทดลองอบแห้งข้าวเปลือกนึ่ง 50 กิโลกรัมที่ความชื้น 31 เปอร์เซ็นต์พบว่าสามารถลดความชื้นเหลือ 14 เปอร์เซ็นต์ในเวลา 5 ชั่วโมง เมื่อตั้งอุณหภูมิเครื่องอบที่ 65°C และมีประสิทธิภาพการใช้พลังงาน 2.84 เมกกะจูล/กิโลกรัมน้ำที่ระเหยออกไป คิดเป็นค่าใช้จ่ายในการอบแห้ง 1.10 บาท/กิโลกรัมข้าวเปลือก โดยไม่กระทบต่อคุณภาพการสีของข้าวเปลือก

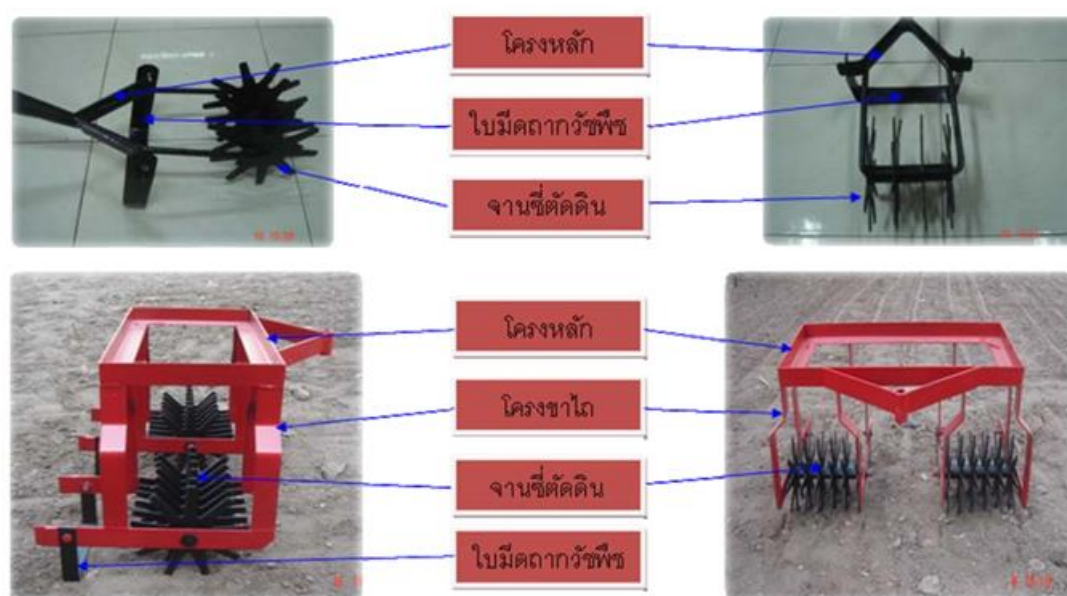


รูปที่ 3.1 เครื่องอบแห้งแบบกะบะจากงานวิจัยของ ใจทิพย์ วานิชชัง และคณะ (2558)

การพัฒนาเครื่องกำจัดวัชพืชในการปลูกข้าวแอรอริก (ผดุงศักดิ์ วานิชชัง และคณะ, 2558ก) แสดงดังรูปที่ 3.2 เครื่องกำจัดวัชพืชแบบจูงแถวเดี่ยวประกอบด้วยชุดจานซี่ตัดดิน 9 ซี่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางจาน 14 มิลลิเมตรจำนวน 4 จานวางห่างกัน 30 มิลลิเมตรหมุนอิสระ และมีใบมีดถากรูปตัวยูขนาด 30x83 มิลลิเมตรกว้าง 150 มิลลิเมตรติดอยู่ด้านหลังของชุดจานซี่ตัดดิน เมื่อออกแรงผลักเครื่องไปด้านหน้า ขณะที่คนเดินจูง ซี่ด้านหน้าจะจิกดินให้เกิดช่องว่างในขณะที่ใบมีดถากด้านหลังกำจัดวัชพืช ส่วนเครื่องกำจัดวัชพืชแบบสองแถวติดรถไถเดินตามประกอบด้วยชุดจานซี่ตัดดิน 9 ซี่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางจาน 20 มิลลิเมตรจำนวน 6 จานวางห่างกัน 35 มิลลิเมตรหมุนอิสระ จำนวน 2 ชุด และมีใบมีดถากรูปตัวยูขนาด 30x120 มิลลิเมตรกว้าง 214 มิลลิเมตรติดอยู่ด้านหลังของชุดจานซี่ตัดดิน เมื่อรถไถเดินตามลากเครื่องกำจัดวัชพืชคร่อมแถวปลูก ชุดจานซี่จะจิกให้หน้าดินแตกและตัดรากวัชพืชระหว่างแถวก่อนที่ใบมีดถากจะถากตัดต้นวัชพืชให้ขาดจากดิน จากงานวิจัยพบว่าสมรรถนะการทำงานในการกำจัดวัชพืชระหว่างแถวข้าวในสภาพดินร่วนปนทรายของเครื่องกำจัดวัชพืชแถวเดี่ยวที่ใช้แรงงานคนลากจูงมีความสามารถทางไร่จริงเฉลี่ย 0.09 ไร่/ชั่วโมง สามารถกำจัดวัชพืชได้ 83.20 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่เครื่องกำจัดวัชพืชสองแถวติดรถไถเดินตามมีความสามารถจริงทางไร่เฉลี่ย 0.95 ไร่/ชั่วโมง สามารถกำจัดวัชพืชได้ 84.88 เปอร์เซ็นต์

การสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานการผลิตและแปรรูปข้าวของโรงสีชุมชนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจำนวน 21 ราย (ผดุงศักดิ์ วานิชชัง และคณะ, 2558ข) พบว่า โรงสีข้าวชุมชนใช้รูตะแกรงของเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกที่มีขนาดใหญ่เกินไป และมีมุมเอียงน้อยถึงปานกลาง ส่งผลต่ออัตราการทำงานที่ต่ำและไม่สามารถคัดแยกสิ่งเจือปนขนาดใหญ่ออกจากข้าวเปลือกได้ การเพิ่มมุมเอียงของตะแกรงอีก 5-10 องศา และเลือกใช้ตะแกรงรูยาวขนาด 2.5-3.0 x 20 มิลลิเมตร จะช่วยแก้ปัญหานี้ได้ นอกจากนี้การใช้เครื่องกะเทาะเปลือกแบบลูกยางที่มีความเร็วไม่เหมาะสมจะส่งผลต่อการแตกหักของข้าวกล้องสูง จึงควรปรับให้ลูกยางทั้งสองมีความเร็วแตกต่างกันประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ และลดความเร็วลมแยกแกลบลงให้เหมาะสมที่ 1.5-2.5 เมตร/วินาที เพื่อลดการสูญเสียปลายข้าวกล้องไปกับแกลบ ส่วนเครื่องกะเทาะแบบลูกหินแกนนอนที่ใช้ความเร็วผิวในการกะเทาะต่ำเกินไปจะทำให้มีอัตราการกะเทาะเปลือกต่ำ ได้ข้าวกล้องที่มีกากข้าวเปลือก

ปนอยู่มาก ในขณะที่เครื่องตัดข้าวแบบลูกหินที่ใช้มีความเร็วผิวในการตัดข้าวต่ำเกินไปทำให้ตัดข้าวไม่ขาว ควรปรับให้มีความเร็วระหว่าง 12-13 เมตร/วินาทีสำหรับข้าวเจ้า การปรับยางเส้นให้ชิดกับหินตัดข้าวมากเกินไปจะทำให้ข้าวร้อนขณะตัดข้าวและเกิดการแตกหักเพิ่มขึ้น ทำให้ได้รับปริมาณต้นข้าวลดลง จึงควรตั้งค่าความเร็วลมหัวหินเพื่อดูดน้ำและระบายความร้อนที่อัตรา 10 เมตร/วินาที ไม่เพียงเท่านั้น ผู้วิจัยยังพบว่าโรงสีชุมชนใช้เครื่องคัดแยกข้าวเปลือกที่มีมุมเอียงของชุดแยกและความเร็วในการโยกที่ต่ำ จึงควรปรับมุมเอียงของชุดคัดแยกให้มีค่า 5 องศา และปรับความเร็วในการโยกให้สูงขึ้น โดยค่าที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 96-105 รอบ/นาที่ อย่างไรก็ตามคุณภาพของข้าวเปลือกก่อนการสีก็มีความสำคัญ ข้าวเปลือกสดของโรงสีข้าวชุมชนมีปริมาณสิ่งเจือปนสูง กระบวนการทำความสะอาดข้าวเปลือกที่ดีจะสามารถเพิ่มปริมาณข้าวต้นจากการสีแปรรูปได้ถึง 8-15 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 3.2 ส่วนประกอบของเครื่องกำจัดวัชพืชแบบจูงแถวเดี่ยวและแบบสองแถวติดรถไถเดินตาม

ที่มา: ผดุงศักดิ์ วานิชชัง และคณะ (2558ก)

จากงานวิจัยที่กล่าวถึงนี้พบว่าต้องมีการใช้ความรู้ทางฟิสิกส์ตั้งแต่การวัดขนาดผลผลิตเพื่อเลือกขนาดของรูตะแกรงที่เหมาะสม การกำหนดความเร็วรอบที่เหมาะสมในการปล่อยเมล็ดหรือปุ๋ยให้ได้ปริมาณที่ต้องการ การคำนวณความเร็วเพื่อถ่ายทอดกำลังจากต้นกำลังไปยังเครื่องจักร และการเลือกอุณหภูมิที่เหมาะสมเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายกับผลผลิต

3.1.2 การควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์การเกษตร

หุ่นยนต์ทางการเกษตรเป็นเทคโนโลยีที่ได้รับความนิยมอย่างมากในช่วงหลายปีที่ผ่านมา เนื่องจากสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเกษตร ลดการใช้แรงงานมนุษย์ และปรับปรุงคุณภาพของผลผลิต โดยการพัฒนาระบบการควบคุมการเคลื่อนที่ (Motion Control) ในหุ่นยนต์ทางการเกษตรถือเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่มีความสำคัญ เนื่องจากการเคลื่อนที่ที่แม่นยำและมีประสิทธิภาพเป็นปัจจัยสำคัญในการทำงานต่างๆ เช่น การเก็บเกี่ยว การปลูก การพรวนดิน และการให้น้ำ

การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์การเกษตรในพื้นที่เพาะปลูกต้องพึ่งพาหลักการฟิสิกส์เพื่อให้สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย โดยหลักการทางฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่นั้นประกอบด้วย กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน แรง งาน พลังงาน และ โมเมนตัม ซึ่งช่วยในการคำนวณการเคลื่อนที่ในสภาวะแวดล้อมที่มีความซับซ้อน เช่น พื้นที่ที่ไม่สม่ำเสมอหรือมีสิ่งกีดขวาง การควบคุมการเคลื่อนที่ที่มีความแม่นยำเป็นสิ่งจำเป็นในหุ่นยนต์ที่ต้องใช้ในการปลูกหรือเก็บเกี่ยวพืช นอกจากนี้ การคำนวณแรงกระทำ ที่ส่งผ่านล้อหรือขาในหุ่นยนต์ยังเกี่ยวข้องกับการของ แรงเสียดทาน ที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ในสภาพพื้นผิวต่าง ๆ ซึ่งการควบคุมแรงเสียดทานอย่างเหมาะสมจะช่วยให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพและลดการเสียดพลังงาน

เครื่องจักรกลการเกษตรสมัยใหม่มีการใช้งานซึ่งต้องอาศัยหลักการฟิสิกส์ในการออกแบบระบบควบคุมที่แม่นยำ เช่น การควบคุมการเคลื่อนที่อัตโนมัติของแทรกเตอร์หรือเครื่องจักรเก็บเกี่ยวที่สามารถทำงานได้โดยไม่ต้องมีการควบคุมจากมนุษย์ การใช้เซนเซอร์และระบบการประมวลผลข้อมูล ซึ่งใช้หลักการฟิสิกส์ในการตรวจจับและวิเคราะห์สภาพแวดล้อมหรือพฤติกรรมการทำงาน เช่น การตรวจจับระยะทาง ความเร็วในการเคลื่อนที่ ตำแหน่งของเครื่องจักรในแปลงเพาะปลูก การใช้ระบบจีพีเอส และการควบคุมเส้นทางในเครื่องจักรกลการเกษตรจะต้องพึ่งพาการคำนวณทางฟิสิกส์ เพื่อให้เครื่องจักรสามารถเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการได้อย่างแม่นยำในแปลงเกษตร ซึ่งการควบคุมเชิงอัตโนมัติช่วยให้เครื่องจักรสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด และช่วยลดข้อผิดพลาดที่เกิดจากการควบคุมด้วยมนุษย์

ในช่วงเริ่มต้นของการพัฒนาหุ่นยนต์ทางการเกษตร การควบคุมการเคลื่อนที่นั้นยังค่อนข้างจำกัดด้วยการใช้เทคโนโลยีที่มีความซับซ้อนไม่มากนัก เช่น การควบคุมด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าไฟฟ้ากระแสตรงและเซนเซอร์ที่มีความแม่นยำต่ำ ทำให้สามารถควบคุมทิศทางและความเร็วของการเคลื่อนที่ได้ในระดับพื้นฐาน ยังไม่สามารถปรับแต่งการเคลื่อนที่ที่มีความแม่นยำสูง หรือรองรับการทำงานในสภาพแวดล้อมที่ซับซ้อนได้ เครื่องมือในการควบคุมยังคงพึ่งพาการควบคุมด้วยมนุษย์ในระดับหนึ่ง และการใช้ระบบอัตโนมัติที่มีข้อจำกัดในด้านความซับซ้อนของการเคลื่อนที่

ในช่วงทศวรรษที่ 2000 เป็นต้นมา เทคโนโลยีการควบคุมการเคลื่อนที่ในหุ่นยนต์ทางการเกษตรเริ่มมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยใช้หลักการเดินตามเส้น ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่เรียบง่ายแต่ช่วยให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ในทิศทางที่ต้องการได้โดยไม่ต้องพึ่งพาการควบคุมจากมนุษย์ตลอดเวลา ทำให้สามารถทำงานในแปลงเกษตรขนาดใหญ่ได้อย่างอัตโนมัติ โดยมีการใช้เซนเซอร์การเคลื่อนที่ (Motion Sensors) และ ระบบป้อนกลับ (Feedback Systems) เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ได้แม่นยำยิ่งขึ้น เซนเซอร์ที่ใช้ในงานในหุ่นยนต์เดินตามเส้นได้แก่ เซนเซอร์แสง และ เซนเซอร์อินฟราเรด เป็นต้น

นอกจากนี้การใช้เซนเซอร์ระบุตำแหน่ง (Position Sensors) เช่น Encoders และ IMUs (Inertial Measurement Units) ทำให้สามารถติดตามและปรับทิศทางเคลื่อนที่ได้ในระดับที่สูงขึ้น และระบบป้อนกลับเริ่มถูกนำมาใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่อย่างมีประสิทธิภาพ โดยที่ข้อมูลจากเซนเซอร์จะถูกส่งกลับไปยังตัวควบคุม เพื่อปรับพฤติกรรมของมอเตอร์ในทันที หากมีความผิดพลาดเกิดขึ้นในทิศทางหรือความเร็วของการเคลื่อนที่ ตัวอย่างเช่น การใช้การควบคุมแบบ PID (Proportional-Integral-Derivative Control) ในการปรับแก้การเคลื่อนที่ให้ตรงตามที่ต้องการ

ในปัจจุบันการพัฒนาการควบคุมการเคลื่อนที่ในหุ่นยนต์ทางการเกษตรมีความซับซ้อนและมีประสิทธิภาพมากขึ้นด้วยการนำปัญญาประดิษฐ์ (AI) และ การเรียนรู้ของเครื่องจักร (Machine Learning) มา

ใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ ตัวอย่างเช่น การใช้การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมการทำเกษตรที่หลากหลายและไม่แน่นอน การควบคุมด้วยปัญญาประดิษฐ์ทำให้หุ่นยนต์สามารถเรียนรู้จากข้อมูลที่เก็บได้ในระหว่างการทำงาน เช่น การเคลื่อนที่ในแปลงเกษตรที่มีพื้นที่และความลาดชันแตกต่างกัน ซึ่งทำให้สามารถปรับพฤติกรรมการเคลื่อนที่ได้แบบอัตโนมัติและแม่นยำ นอกจากนี้ การใช้การควบคุมแบบไม่สัมผัสผ่านเทคโนโลยีไลดาร์ (LiDAR) และการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Vision) ทำให้หุ่นยนต์สามารถสร้างแผนที่ของพื้นที่ ระบุอุปสรรคหรือเป้าหมายที่อยู่รอบๆ และทำการหลีกเลี่ยงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในอนาคตการควบคุมการเคลื่อนที่ในหุ่นยนต์ทางการเกษตรคาดว่าจะมีความสัมพันธ์กับเทคโนโลยี IoT (Internet of Thing) ซึ่งทำให้สามารถควบคุมและติดตามสถานะของหุ่นยนต์จากระยะไกล รวมถึงการใช้งาน คลาวด์คอมพิวเตอร์ในการประมวลผลข้อมูลเพื่อเพิ่มความสามารถในการตัดสินใจและการปรับแต่งการเคลื่อนที่ตามสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง การควบคุมแบบยั่งยืนจะลดการใช้พลังงานและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน ซึ่งเป็นทิศทางสำคัญที่อุตสาหกรรมนี้จะต้องให้ความสนใจ เช่น การพัฒนาระบบที่สามารถทำงานในพื้นที่เกษตรที่ไม่ต้องพึ่งพาพลังงานจากแหล่งภายนอกหรือการพัฒนาเทคโนโลยีที่สามารถนำพลังงานจากแหล่งธรรมชาติ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ มาประยุกต์ใช้ในการเคลื่อนที่

3.1.3 ระบบเซนเซอร์และการรับรู้สภาพแวดล้อม (Sensors and Environmental Sensing)

การใช้เซนเซอร์ ในหุ่นยนต์การเกษตรนั้นเป็นการประยุกต์ใช้หลักการฟิลิกส์หลายประการ เช่น ฟิลิกส์ของแสง และ ฟิลิกส์ของเสียง ในการตรวจจับวัตถุหรือพืชที่ต้องการ เซนเซอร์ที่ใช้ในหุ่นยนต์การเกษตรมีหลายประเภท เช่น เซนเซอร์ภาพ เซนเซอร์วัดระยะ (LiDAR) เซนเซอร์ความร้อน และเซนเซอร์วัดความชื้น ซึ่งจะทำให้หุ่นยนต์สามารถรับรู้สภาพแวดล้อมได้ในรูปแบบที่ละเอียดและแม่นยำ การใช้เซนเซอร์ภาพและเซนเซอร์แสง ในการตรวจจับพืชหรือวัชพืช โดยใช้หลักการของการสะท้อนของแสง จะช่วยให้หุ่นยนต์สามารถแยกแยะระหว่างสิ่งต่าง ๆ บนพื้นดินได้อย่างแม่นยำ ในขณะเดียวกันการใช้เซนเซอร์ความร้อน ช่วยตรวจจับการเปลี่ยนแปลงในอุณหภูมิของพืชหรือดินซึ่งสามารถบ่งชี้ถึงสภาพความชื้นหรือสุขภาพของพืชได้

การรับรู้สภาพแวดล้อมถือเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของหุ่นยนต์ทางการเกษตร เนื่องจากหุ่นยนต์จำเป็นต้องสามารถประมวลผลข้อมูลจากสภาพแวดล้อมภายนอกเพื่อให้งานสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ การใช้ระบบเซนเซอร์ในการรับรู้สภาพแวดล้อมช่วยให้หุ่นยนต์สามารถตัดสินใจได้ดีขึ้นในการดำเนินการตามภารกิจที่ได้รับมอบหมาย เช่น การเก็บเกี่ยว การปลูก การพรวนดิน หรือการตรวจสอบสภาพพืชและดิน ซึ่งในปัจจุบันมีการใช้เทคโนโลยีเซนเซอร์ที่หลากหลายและทันสมัยเพื่อช่วยให้หุ่นยนต์สามารถรับรู้และตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อมได้อย่างแม่นยำ

ระบบเซนเซอร์มีบทบาทสำคัญในหุ่นยนต์การเกษตร โดยทำหน้าที่ในการรวบรวมข้อมูลจากสภาพแวดล้อมต่างๆ เช่น สภาพดิน พื้นที่การเกษตร สภาพอากาศ ตลอดจนสถานะของพืชและผลผลิต เซนเซอร์เหล่านี้ทำให้หุ่นยนต์สามารถรู้จักตำแหน่งและสภาพของสภาพแวดล้อมที่อยู่รอบตัวมัน รวมถึงสามารถทำงานอย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ซึ่งการรับรู้สภาพแวดล้อมมีความสำคัญในการตัดสินใจของหุ่นยนต์เกี่ยวกับการเคลื่อนที่หรือการดำเนินการในสถานการณ์ต่างๆ เช่น การปรับตำแหน่งให้ตรงกับเส้นทางที่ต้องการเดิน หรือการตรวจจับอุปสรรคเพื่อหลีกเลี่ยงการชน รวมไปถึงการระบุสภาพของพืชและดิน เพื่อให้การทำงานมีประสิทธิภาพมากที่สุด

หุ่นยนต์การเกษตรสามารถใช้เซนเซอร์ต่างๆ เพื่อรับรู้ข้อมูลจากสภาพแวดล้อมได้หลากหลายดังที่ได้กล่าวไปในบทที่ผ่านมา เช่น

- เซนเซอร์การมองเห็น เช่น กล้อง CCD หรือ กล้องความละเอียดสูง ถูกใช้ในการตรวจสอบและแยกแยะสภาพแวดล้อม ยกตัวอย่างเช่น การตรวจจับพืชที่พร้อมเก็บเกี่ยว การติดตามเส้นทางการเคลื่อนที่ หรือการตรวจสอบสภาพพืชโดยการวิเคราะห์ภาพจากใบพืช เพื่อวิเคราะห์สถานะของพืช เช่น การขาดน้ำ หรือการเจ็บป่วย นอกจากนี้การใช้ระบบการมองเห็น 3 มิติ เช่น ไลดาร์ (LiDAR) หรือ ToF (Time of Flight) ทำให้เซนเซอร์สามารถสร้างแผนที่สามมิติของพื้นที่การเกษตร เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถรับรู้และหลีกเลี่ยงอุปสรรค ไม่ว่าจะเป็นสายพันธุ์ของพืชต่างๆ หรือสภาพทางภูมิศาสตร์ที่อาจจะไม่สามารถมองเห็นได้จากมุมมองปกติ
- เซนเซอร์อินฟราเรด มีบทบาทสำคัญในการตรวจจับอุณหภูมิและความชื้นในสภาพแวดล้อม เซนเซอร์เหล่านี้ใช้ในการตรวจสอบอุณหภูมิของพื้นดินและอากาศ รวมทั้งช่วยในการประเมินความชื้นในดิน ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญในการตัดสินใจในการให้น้ำแก่พืช เซนเซอร์อินฟราเรดยังสามารถใช้ในการตรวจจับสิ่งกีดขวางหรือการเคลื่อนที่ในพื้นที่ที่มีแสงน้อยได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- เซนเซอร์ทางเคมี ถูกใช้ในการตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีของดินและพืช เช่น เซนเซอร์ pH ที่ช่วยในการตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน หรือ เซนเซอร์วัดระดับสารอาหาร ที่ช่วยในการวัดระดับสารอาหารในดินหรือพืช เซนเซอร์เหล่านี้ช่วยให้หุ่นยนต์สามารถปรับการดำเนินการได้ตามความต้องการของพืช เพื่อให้มีการดูแลที่เหมาะสมและปรับปรุงผลผลิต
- เซนเซอร์แรงดัน ใช้ในการตรวจสอบแรงที่เกิดขึ้นระหว่างการทำงานของหุ่นยนต์ ยกตัวอย่างเช่น การทำงานของเครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการเกษตร เช่น การไถพรวนหรือการเก็บเกี่ยว ซึ่งเซนเซอร์เหล่านี้สามารถช่วยให้หุ่นยนต์เข้าใจถึงสภาพของพื้นดินหรือพืชและสามารถปรับกำลังการทำงานให้เหมาะสมได้
- เซนเซอร์การเคลื่อนที่ เช่น เครื่องวัดความเร็ว ไจโรสโคป และ จีพีเอส ใช้ในการติดตามการเคลื่อนที่และตำแหน่งของหุ่นยนต์ในพื้นที่การเกษตร เซนเซอร์เหล่านี้ช่วยให้หุ่นยนต์สามารถระบุตำแหน่งที่แม่นยำบนพื้นดินและปรับทิศทางหรือเส้นทางการเคลื่อนที่ให้สอดคล้องกับแผนการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.1.4 การประมวลผลข้อมูลและการตัดสินใจอัตโนมัติ (Data Processing and Autonomous Decision Making)

ในปัจจุบันหุ่นยนต์ทางการเกษตรได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานทางการเกษตร เช่น การปลูก การพรวนดิน การตรวจสอบสภาพพืชและดิน และการเก็บเกี่ยว ซึ่งการประมวลผลข้อมูลและการตัดสินใจอัตโนมัติถือเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้หุ่นยนต์สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความแม่นยำสูง การใช้เทคโนโลยีต่างๆ เช่น ปัญญาประดิษฐ์ การเรียนรู้ของเครื่องจักร และการประมวลผลข้อมูลจากเซนเซอร์ ช่วยให้หุ่นยนต์สามารถตัดสินใจในการดำเนินการต่างๆ ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

การประมวลผลข้อมูลที่ได้รับจากเซนเซอร์ต่าง ๆ และการตัดสินใจอัตโนมัติเกี่ยวข้องกับหลักการฟิสิกส์ของการประมวลผลสัญญาณ และการควบคุมเชิงคณิตศาสตร์ ข้อมูลที่ได้รับจากเซนเซอร์ในหุ่นยนต์

การเกษตรจะถูกส่งไปยัง ระบบประมวลผลข้อมูลซึ่งอาจเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือ หน่วยประมวลผลข้อมูลที่ซับซ้อน เช่น ปัญญาประดิษฐ์ หรือ การเรียนรู้ของเครื่องจักร เป็นต้น เพื่อประมวลผลและตัดสินใจเกี่ยวกับการเคลื่อนที่หรือการดำเนินการต่อไป เช่น การปรับอัตราการให้น้ำตามความชื้นในดิน หรือการปรับทิศทางของหุ่นยนต์ให้เหมาะสมกับเส้นทางการทำงาน โดยข้อมูลจากเซนเซอร์จะถูกแปลงเป็นสัญญาณที่สามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อหาคำตอบในการตัดสินใจ การประมวลผลข้อมูลที่รวบรวมมาใช้เทคโนโลยีอัลกอริธึมที่เกี่ยวข้องกับฟิลิกส์ของการคำนวณ เช่น การใช้การคำนวณทางคณิตศาสตร์ในการประมวลผลข้อมูลภาพจากเซนเซอร์หรือการคำนวณการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

ข้อมูลที่ได้รับจากเซนเซอร์มักจะมีหลากหลาย ทั้งข้อมูลเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมทางกายภาพ เช่น สภาพดิน สภาพอากาศ สภาพพืช ตลอดจนข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ เช่น ตำแหน่ง ทิศทาง และสถานะของอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการเกษตร โดยสามารถแบ่งประเภทของข้อมูลที่ใช้ในการประมวลผลได้ดังนี้

- ข้อมูลจากเซนเซอร์ หุ่นยนต์ทางการเกษตรมักใช้เซนเซอร์หลากหลายประเภท เช่น เซนเซอร์การมองเห็น เซนเซอร์อินฟราเรด เซนเซอร์จีพีเอส และเซนเซอร์ความชื้นในดิน ซึ่งทำให้หุ่นยนต์สามารถรับรู้สภาพแวดล้อมได้อย่างแม่นยำ
- ข้อมูลภาพ ระบบการมองเห็นและการประมวลผลภาพ เช่น การใช้กล้อง CCD หรือ ไลดาร์ ในการสร้างแผนที่ 3D ของพื้นที่การเกษตร เพื่อช่วยให้หุ่นยนต์สามารถระบุอุปสรรคหรือพื้นที่ที่มีการปลูกพืชและตรวจสอบสภาพของพืช
- ข้อมูลตำแหน่งและการเคลื่อนที่ ข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์ จีพีเอส หรือ IMU (Inertial Measurement Unit) ใช้ในการติดตามตำแหน่งและทิศทางของหุ่นยนต์ เพื่อให้สามารถกำหนดเส้นทางการเคลื่อนที่ที่เหมาะสม
- ข้อมูลทางเคมีและสิ่งแวดล้อม เซนเซอร์ตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ความชื้นในดิน และสารอาหารในดินที่ช่วยให้หุ่นยนต์สามารถตัดสินใจเกี่ยวกับการให้น้ำหรือการใส่ปุ๋ย

กระบวนการประมวลผลข้อมูลในหุ่นยนต์ทางการเกษตรสามารถแบ่งออกเป็นขั้นตอนหลักๆ โดยเริ่มจากข้อมูลจะถูกรวบรวมจากเซนเซอร์ที่ติดตั้งบนหุ่นยนต์หรือในสภาพแวดล้อม เพื่อทำการตรวจจับค่าต่างๆ เช่น ความชื้นในดิน อุณหภูมิ สภาพของพืช และตำแหน่งของหุ่นยนต์ ข้อมูลเหล่านี้จะถูกส่งไปยังระบบประมวลผลเพื่อทำการวิเคราะห์และทำให้หุ่นยนต์สามารถเข้าใจสภาพแวดล้อมและสถานะต่างๆ ได้ ยกตัวอย่างเช่น การแปลงข้อมูลจากเซนเซอร์ให้เป็นข้อมูลที่สามารถใช้งานได้ การกรองข้อมูล เพื่อลดสัญญาณรบกวนที่ไม่จำเป็น และการใช้อัลกอริธึมการเรียนรู้ของเครื่องจักร หรือ การประมวลผลภาพ วิเคราะห์ข้อมูลภาพหรือสัญญาณจากเซนเซอร์เป็นต้น ซึ่งระบบการตัดสินใจจะใช้ข้อมูลเหล่านี้ร่วมกับอัลกอริธึมการควบคุม เช่น การควบคุมแบบ PID (Proportional-Integral-Derivative) เพื่อเลือกการดำเนินการที่เหมาะสม ทำให้หุ่นยนต์สามารถปรับตัวตามสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปได้โดยอัตโนมัติ ยกตัวอย่างเช่น การกำหนดเส้นทางการเคลื่อนที่ การเลือกอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำงาน หรือการตัดสินใจในการให้น้ำหรือใส่ปุ๋ย เป็นต้น เมื่อหุ่นยนต์ตัดสินใจได้แล้ว การดำเนินการจะถูกส่งไปยังระบบควบคุม เช่น มอเตอร์ที่ใช้ในการเคลื่อนที่ หรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทำงาน เช่น เครื่องพ่นสารเคมีหรือเครื่องมือเกษตรอื่นๆ การดำเนินการนี้จะต้องเป็นไปตามคำสั่งที่ได้รับจากกระบวนการตัดสินใจ

การตัดสินใจอัตโนมัติในหุ่นยนต์ทางการเกษตรเป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการเลือกและดำเนินการในขั้นตอนต่างๆ ของการทำงานโดยไม่จำเป็นต้องมีการควบคุมจากมนุษย์ การตัดสินใจนี้เกิดจากการประมวลผลข้อมูลจากเซนเซอร์ และการวิเคราะห์ข้อมูลจากสภาพแวดล้อมที่มีความซับซ้อน ยกตัวอย่าง เช่น การเลือกเส้นทางการเคลื่อนที่ หุ่นยนต์ต้องตัดสินใจในการเลือกเส้นทางการเคลื่อนที่ที่เหมาะสมโดยใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์การมองเห็นหรือข้อมูลจากจีพีเอส การกำหนดอัตราการให้น้ำหรือปุ๋ยจะขึ้นอยู่กับข้อมูลเกี่ยวกับความชื้นในดินและสารอาหารในดิน ซึ่งหุ่นยนต์จะทำการปรับปรุงการให้น้ำหรือปุ๋ยในลักษณะที่ตอบสนองต่อสภาพของดินหรือพืช และการตรวจจับสัญญาณจากพืช เช่น การเปลี่ยนแปลงของสีใบพืช ซึ่งอาจบ่งบอกถึงการขาดน้ำหรือโรคพืช เป็นต้น

การใช้ปัญญาประดิษฐ์และการเรียนรู้ของเครื่องจักรในการประมวลผลข้อมูลและการตัดสินใจทำให้หุ่นยนต์สามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติและแม่นยำมากยิ่งขึ้น โดยปัญญาประดิษฐ์สามารถเรียนรู้จากข้อมูลที่สะสมจากการทำงานในแต่ละวันและปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง ตัวอย่างการใช้ ปัญญาประดิษฐ์ในการตัดสินใจอัตโนมัติ เช่น การใช้การเรียนรู้เชิงลึกในการวิเคราะห์ภาพจากกล้องเพื่อระบุความเจ็บป่วยของพืช หรือการใช้การเรียนรู้แบบเสริมแรงในการปรับปรุงการควบคุมการให้น้ำตามสภาพความชื้นในดิน เป็นต้น

นอกจากนี้การใช้เทคโนโลยีไอโอที (IoT) ช่วยให้เซนเซอร์ในหุ่นยนต์สามารถเชื่อมต่อกับระบบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ระบบฐานข้อมูลหรือแพลตฟอร์มการจัดการฟาร์ม ซึ่งทำให้ข้อมูลจากเซนเซอร์สามารถถูกส่งไปยังเกษตรกรหรือผู้ดูแลหุ่นยนต์ในเวลาจริง (Real-Time) เพื่อให้สามารถตัดสินใจในการปรับปรุงการดำเนินงานได้ทันที เนื่องจากการประมวลผลข้อมูลและการตัดสินใจอัตโนมัติในหุ่นยนต์ทางการเกษตรมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพและความแม่นยำในการทำงานของหุ่นยนต์ การใช้เทคโนโลยีต่างๆ เช่น เซนเซอร์ ปัญญาประดิษฐ์ การเรียนรู้ของเครื่องจักร และการประมวลผลภาพ ช่วยให้หุ่นยนต์สามารถรับรู้สภาพแวดล้อม ตัดสินใจในการดำเนินการ และปรับตัวให้เหมาะสมกับสภาพการเกษตรที่เปลี่ยนแปลงไป ส่งผลให้การเกษตรมีประสิทธิภาพและยั่งยืนมากขึ้น

3.1.5 ตัวอย่างนวัตกรรมระบบอัตโนมัติและหุ่นยนต์ทางการเกษตร

ในปัจจุบัน เทคโนโลยีอัตโนมัติและหุ่นยนต์ทางการเกษตรกำลังเข้ามามีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนแปลงและยกระดับภาคการเกษตรทั่วโลก เนื่องจากการเกษตรมีความสำคัญทั้งในด้านเศรษฐกิจและการดำรงชีวิตของประชากรส่วนใหญ่ ด้วยการพัฒนาของเทคโนโลยีสมัยใหม่ เช่น การประยุกต์ใช้ระบบอัตโนมัติและหุ่นยนต์ทางการเกษตร ทำให้การผลิตภาคการเกษตรมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ลดการใช้แรงงานคน และช่วยให้เกษตรกรสามารถจัดการทรัพยากรได้อย่างเหมาะสมและยั่งยืน

นวัตกรรมทางการเกษตรที่ใช้ระบบอัตโนมัติและหุ่นยนต์ได้รับการพัฒนาและนำไปใช้งานในหลากหลายรูปแบบ โดยมุ่งเน้นการเพิ่มผลผลิต ลดต้นทุนการผลิต และช่วยแก้ไขปัญหาการขาดแคลนแรงงาน รวมถึงการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม หลายประเทศมีการวิจัยและนำมาใช้ประโยชน์ ตัวอย่างเช่น จีนมีการใช้หุ่นยนต์ในการปลูก กำจัดวัชพืช การดูแลพืช การเก็บเกี่ยว และการบรรจุหีบห่อ เช่น รถปลูกข้าวอัตโนมัติ หุ่นยนต์กำจัดวัชพืชในนาข้าว และการเด็ดยอดฝ้าย เป็นต้น ในขณะที่สหรัฐอเมริกา สเปน ออสเตรเลีย ฮอลแลนด์ และอิสราเอล ใช้หุ่นยนต์ในการรีดนม เก็บเกี่ยว กำจัดวัชพืช บรรจุหีบห่อ การดูแลพืช เช่น การแต่งทรงพุ่ม การเก็บเกี่ยวแอปเปิ้ล เชอร์รี่ แพร่ โอวาคาโด ส้ม และการตรวจสอบคุณภาพ เช่น จำนวนผลผลิต น้ำหนัก สีผิวและความเสียหาย เป็นต้น สเปนใช้หุ่นยนต์ในด้านบรรจุภัณฑ์ รีดนม และกำจัดวัชพืช ส่วน

เยอรมันและอิตาลีพบการใช้หุ่นยนต์ในด้านการพนสารกำจัดวัชพืช อังกฤษใช้ในการรีดนม และญี่ปุ่นใช้หุ่นยนต์ในการเก็บเกี่ยวผลผลิต เป็นต้น

การนำเทคโนโลยีมาใช้ในการเกษตรนั้นสามารถช่วยให้เกษตรกรปรับตัวเข้ากับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ดีขึ้นและเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรมเกษตรของประเทศ ตัวอย่างนวัตกรรมที่เกิดขึ้นเช่น หุ่นยนต์เพื่อการหว่านเมล็ดและปลูกต้นกล้า หุ่นยนต์เก็บเกี่ยวผลไม้ ระบบชลประทานอัตโนมัติ หุ่นยนต์ควบคุมวัชพืช และ โดรนตรวจสอบพืช ต่างได้รับการพัฒนาและนำมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตทางการเกษตร ซึ่งการใช้เทคโนโลยีเหล่านี้ไม่เพียงแต่ช่วยลดความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ แต่ยังช่วยส่งเสริมการเกษตรที่ยั่งยืนและเพิ่มความมั่นคงทางอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างนวัตกรรมหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติแสดงดังรูปที่ 3.3 เช่น

ก. หุ่นยนต์เพื่อการหว่านเมล็ดและปลูกต้นกล้า ซึ่งใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ และการมองเห็นของเครื่องจักร ที่ช่วยให้งานเพาะปลูกมีความรวดเร็วและแม่นยำมากขึ้น ตัวอย่างเช่น หุ่นยนต์ที่พัฒนาขึ้นโดยบริษัท PlantTape ผู้ผลิตหุ่นยนต์การเกษตรจากสหรัฐอเมริกา โดยออกแบบดินเพาะเมล็ดให้มีลักษณะเหมือนแถบเทป เพื่อความรวดเร็วในการเพาะปลูก

ข. หุ่นยนต์เพื่อการดูแลการปลูกพืชและเก็บเกี่ยว ที่ปัจจุบันมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง แต่ยังไม่สามารถใช้แทนมนุษย์ได้อย่างสมบูรณ์ เนื่องจากพืชแต่ละชนิดมีลักษณะ รูปร่าง สี และขนาดที่แตกต่างกัน ในกระบวนการเก็บเกี่ยวจึงยังต้องอาศัยความเชี่ยวชาญของมนุษย์ในการสังเกต และเก็บเกี่ยวผลผลิตอย่างเบามือ แต่อย่างไรก็ตามก็มีการพัฒนาหุ่นยนต์สำหรับดูแลและเก็บเกี่ยวพืชผลที่มีประสิทธิภาพดีหลายชนิด เช่น แอปเปิ้ล องุ่น สตอเบอร์รี่ และบลูเบอร์รี่ เป็นต้น ตัวอย่างเช่น หุ่นยนต์ในการปลูก ดูแล และเก็บเกี่ยวสตอเบอร์รี่ที่พัฒนาขึ้นโดยบริษัท Harvest Croo ผู้ผลิตเครื่องจักรการเกษตรจากอเมริกา

ค. หุ่นยนต์กำจัดศัตรูพืช ที่ช่วยกำจัดศัตรูพืช เพื่อความปลอดภัยของเกษตรกร ตัวอย่างเช่น หุ่นยนต์ Bug Vacuum พัฒนาขึ้นจากบริษัท AGROBOT ผู้ผลิตเครื่องจักรการเกษตรจากสเปน ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดศัตรูพืช ลดการใช้ยาฆ่าแมลง

ง. หุ่นยนต์ควบคุมการปลูกพืชในโรงเรือน ที่สร้างขึ้นเพื่อรองรับการทำเกษตรในอนาคต เพราะมีความแม่นยำ และช่วยลดความสูญเสียที่อาจเกิดขึ้นจากสภาพอากาศ ทำให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพและเพียงพอต่อความต้องการ ตัวอย่างเช่น Techno Farm™ เป็นโรงเรือนที่ใช้หุ่นยนต์ในการเพาะปลูก 100% ซึ่งพัฒนาขึ้นโดยบริษัท SPREAD ผู้พัฒนาระบบการปลูกพืชในโรงเรือนของประเทศญี่ปุ่น และบริษัท IRON OX สตาร์ทอัพจากสหรัฐอเมริกา ผู้พัฒนาระบบการปลูกพืชในโรงเรือนด้วยหุ่นยนต์แบบครบวงจร

แนวโน้มการใช้หุ่นยนต์ในการเกษตรนั้นมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นทั่วโลก รวมทั้งประเทศไทย จึงควรมีการเตรียมความพร้อมในด้านโครงสร้างพื้นฐานดิจิทัล เนื่องจากการทำงานของหุ่นยนต์อัตโนมัติจำเป็นต้องใช้สัญญาณอินเทอร์เน็ตเพื่อสื่อสารระหว่างเซนเซอร์ ชุดควบคุม และหุ่นยนต์ ซึ่งต่อไปนี้จะกล่าวถึงตัวอย่างนวัตกรรมหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติในประเทศไทย



รูปที่ 3.3 ตัวอย่างหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติเพื่อการเกษตร

ที่มา: นรเศรษฐ์ พัฒน์ใหญ่. (ม.ป.ป.).

หุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติทางการเกษตรสำหรับการควบคุมวัชพืชในไร่อ้อย (Terra) แสดงดังรูปที่ 3.4 พัฒนาขึ้นจากการเก็บข้อมูลการเพาะปลูก การติดตามการเจริญเติบโตของอ้อย ข้อมูลตัวอย่างของดินเพื่อวิเคราะห์คุณภาพดินในไร่ ทำให้สามารถเฝ้าระวังการเกิดโรคพืชและแมลง รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงในสภาพแวดล้อม ทำให้เกษตรกรไร่อ้อยสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพดินฟ้าอากาศที่แปรปรวนมากขึ้น ช่วยลดต้นทุนทางตรงเกี่ยวกับการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืช ลดความเสี่ยงจากการขาดแคลนแรงงานในอนาคต และลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคจากการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชของเกษตรกรและผู้คนในชุมชน Terra เป็นหุ่นยนต์อัตโนมัติทางการเกษตรสำหรับการควบคุมวัชพืชในไร่อ้อย เป็นหุ่นยนต์ขับเคลื่อนอิสระสี่ล้อ มีฐานขนาด 90x110 เซนติเมตร น้ำหนักประมาณ 310 กิโลกรัม มีระบบรองรับการสั่นสะเทือนจึงสามารถเคลื่อนที่ในแปลงที่มีพื้นขรุขระได้ ด้านหลังของหุ่นยนต์ติดตั้งถังบรรจุสารเคมีกำจัดวัชพืชขนาด 50 ลิตร และหัวฉีดพ่น 19 ชุด ที่มีความกว้าง 190 เซนติเมตร โดยพบว่าหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ในไร่อ้อยได้ดี ความเร็วสูงสุด 2 กิโลเมตร/ชั่วโมง สามารถข้ามสิ่งกีดขวางจำพวกก้อนหินขนาดเล็ก เนินดิน กิ่งไม้ หรือซากวัชพืชได้ และหุ่นยนต์สามารถทำงานต่อเนื่องได้มากกว่า 4 ชั่วโมง ผ่านการควบคุมด้วยระบบควบคุมระยะไกลและระบบอัตโนมัติ ซึ่งอาศัยการคำนวณพิกัดและทิศทางจาก GNSS และเซนเซอร์ไจโรสโคป ร่วมกับกล้องจำนวน 3 ตัวไว้สำหรับถ่ายภาพแปลงอ้อยและประมวลผลเพื่อหาตำแหน่งของพืชและวัชพืชได้อย่างแม่นยำ



รูปที่ 3.4 หุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติทางการเกษตรสำหรับการควบคุมวัชพืชในไร่อ้อย

ที่มา: NSTDA (2566)

หุ่นยนต์เก็บเกี่ยวมะเขือเทศของบริษัท SMART FARM DIY เป็นเทคโนโลยีที่เข้ามาช่วยลดแรงงานและเพิ่มประสิทธิภาพในการ เก็บเกี่ยว โดยใช้ระบบอัตโนมัติที่ประกอบด้วยเซนเซอร์และเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ เพื่อคัดเลือกลมะเขือเทศที่สุกพร้อมเก็บ และมีกลไกที่ไม่ทำให้ผลผลิตเสียหายขณะเก็บเกี่ยว โดยการระบุและจำแนกผลมะเขือเทศจะใช้กล้องตรวจจับแสง (กล้อง RGB) ในช่วงคลื่นที่เฉพาะเจาะจง หรือเซนเซอร์แบบ 3 มิติ และใช้ปัญญาประดิษฐ์ช่วยในการประมวลผลภาพเพื่อวิเคราะห์และระบุความสุกของผลมะเขือเทศจากขนาด รูปร่าง สี และสภาพผิว ส่วนการคำนวณตำแหน่ง หุ่นยนต์จะสร้างแผนที่ 3 มิติของพื้นที่ปลูกและคำนวณตำแหน่งที่แม่นยำของผลมะเขือเทศแต่ละผลและกำหนดเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเก็บเกี่ยว โดยหลีกเลี่ยงการชนต้นไม้หรือมะเขือเทศผลอื่น ๆ จากนั้นในขั้นตอนการเก็บผลมะเขือเทศ หุ่นยนต์จะใช้แขนกลจับผลมะเขือเทศและใช้มีดตัดผลมะเขือเทศออกจากก้านโดยไม่ให้ผลเสียหาย สุดท้ายจึงนำผลมะเขือเทศวางในถาดหรือภาชนะที่เตรียมไว้เพื่อส่งไปคัดแยกตามขนาดและคุณภาพโดยอัตโนมัติก่อนการบรรจุ การใช้หุ่นยนต์เก็บเกี่ยวมะเขือเทศช่วยให้กระบวนการเก็บเกี่ยวเป็นไปอย่างรวดเร็ว มีความแม่นยำสูง และช่วยลดต้นทุนการผลิตในระยะยาว โดยหุ่นยนต์จะต้องเก็บข้อมูลในระหว่างการทำงานเพื่อใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพและความแม่นยำ

กรมวิชาการเกษตรวิจัยและพัฒนาหุ่นยนต์และเครื่องจักรกลเกษตรอัตโนมัติอารักขาพืชจำนวน 4 เครื่อง เพื่อใช้งานในประเทศไทย โดยเป็นเครื่องจักรขนาดเล็ก ราคาไม่สูงมาก เหมาะกับพื้นที่ทำเกษตรน้อย ประกอบด้วย 1) หุ่นยนต์อัตโนมัติกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยมันสำปะหลัง ขนาด 70x140x70 เซนติเมตร น้ำหนัก 140 กิโลกรัม ใช้เครื่องยนต์ต้นกำลังขนาด 6.5 แรงม้า ขณะทำงานในแปลงมีความเร็ว 3-4 กิโลเมตร/ชั่วโมง ที่ความสามารถในการทำงาน 1 ไร่/ชั่วโมง สามารถควบคุมการทำงานได้ 3 รูปแบบ คือ ควบคุมด้วยคน ควบคุมด้วยรีโมท และทำงานอัตโนมัติ 2) เรือขับเคลื่อนอัตโนมัติสำหรับให้น้ำและพ่นสารในร่องด้วยระบบนำร่องด้วยดาวเทียม GNSS โดยใช้เรือที่ทำจากสแตนเลส ขนาด 1.5x3.6 เมตร สามารถเดินหน้าถอยหลัง และมีหางเสือบังคับเลี้ยวซ้ายขวา โดยระบบขับเคลื่อนเรือแบบบังคับด้วยมือ มีเครื่องปั่นไฟสร้างไฟฟ้าให้กระบบต้นกำลัง

ซึ่งจะติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการขับเคลื่อนอัตโนมัติต่อไป 3) เครื่องวัดความเข้มข้นไนเตรทในดินชนิดพกพาๆ โดยปั๊มจะดูดสารละลายที่ได้จากการสกัดดินไปวัดค่าและทดสอบซ้ำจนได้ค่าคงที่ และ 4) รถยกสูงกำจัดวัชพืช และหยอดปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินแบบอัตโนมัติสำหรับไร่มันสำปะหลัง ซึ่งออกแบบให้ใช้งานในช่วงอายุ 1-3 เดือน มีระยะห่างล้อ 1.3-1.4 เมตร ความสูงใต้ท้องรถ 0.8 เมตร ใช้เครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียวขนาด 15 แรงม้า เป็นเครื่องยนต์ต้นกำลัง มีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 3.95 ไร่/ชั่วโมง ที่อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 0.35 ลิตร/ไร่



รูปที่ 3.5 หุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติทางการเกษตรสำหรับการควบคุมวัชพืชในไร่อ้อย

ที่มา: วิชัย โอภาณุกุล (2565)

ในการทำงานของหุ่นยนต์การเกษตร ฟิลิกส์จะถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการกำหนดพฤติกรรมของหุ่นยนต์ในสถานการณ์ต่าง ๆ เช่น การตัดสินใจในการหลีกเลี่ยงอุปสรรค หรือการควบคุมให้หุ่นยนต์ทำงานในลักษณะการปรับความเร็วการเคลื่อนที่ที่เหมาะสม ซึ่งการประมวลผลนี้จะช่วยให้หุ่นยนต์สามารถทำงานได้อัตโนมัติและปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ บทบาทของฟิลิกส์ในหุ่นยนต์การเกษตรไม่เพียงแต่เกี่ยวข้องกับหลักการพื้นฐานในด้านการเคลื่อนที่และการควบคุมการเคลื่อนที่เท่านั้น แต่ยังรวมถึงการใช้หลักการฟิลิกส์ในการออกแบบเซนเซอร์ที่สามารถตรวจจับและประมวลผลข้อมูลได้อย่างแม่นยำ ซึ่งทำให้หุ่นยนต์สามารถทำงานในสภาพแวดล้อมทางการเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ การประยุกต์ใช้ฟิลิกส์ในด้านต่าง ๆ นี้จะช่วยพัฒนาหุ่นยนต์การเกษตรให้มีความสามารถในการทำงานที่ซับซ้อนและปรับตัวให้เหมาะสมกับการเกษตรที่มีความหลากหลาย ทั้งในด้านการปลูกพืช การเก็บเกี่ยว และการดูแลรักษาพืชอย่างยั่งยืน

3.2 ฟิสิกส์ของเทคโนโลยีโดรนในเกษตรกรรม

การใช้โดรน (Drone) ในเกษตรกรรมกำลังกลายเป็นเทคโนโลยีที่มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตทางการเกษตร โดยเฉพาะในการเก็บข้อมูล การตรวจสอบพื้นที่เพาะปลูก การพ่นยาฆ่าแมลง หรือการให้ปุ๋ยอย่างแม่นยำ โดรนในภาคเกษตรกรรมไม่เพียงแต่มีความสำคัญในการลดต้นทุนและเพิ่มผลผลิต แต่ยังช่วยให้การทำเกษตรกรรมเป็นไปอย่างยั่งยืนด้วยการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 3.6 ตัวอย่างการใช้โดรนในเกษตรกรรม

ที่มา: Salika (2564)

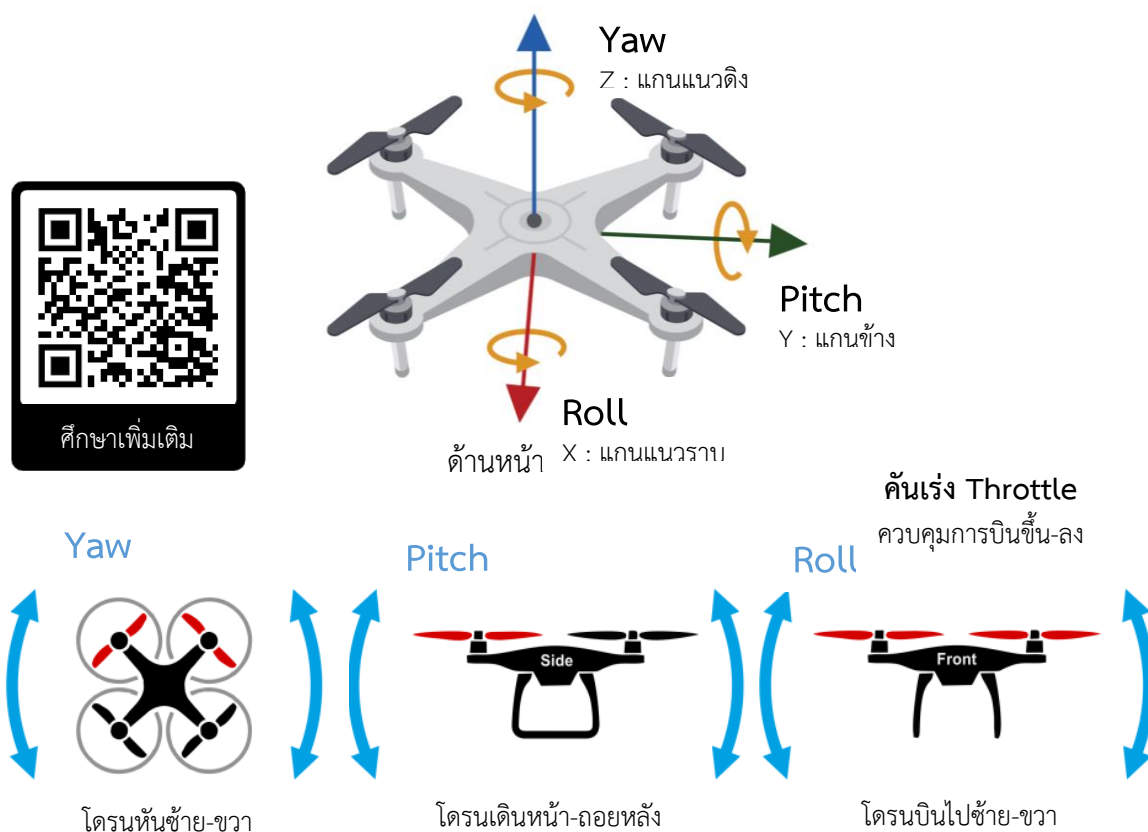
การทำงานของโดรนในเกษตรกรรมต้องอาศัยการประยุกต์ใช้หลักการฟิสิกส์หลายประการ เช่น ฟิสิกส์ของการบิน ฟิสิกส์ของแรง ฟิสิกส์ของการสื่อสาร และฟิสิกส์ของการประมวลผลข้อมูล เพื่อให้สามารถควบคุมการบิน เก็บข้อมูลจากเซนเซอร์ หรือใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดรนในปัจจุบันสามารถติดตั้งเซนเซอร์เพื่อวัดค่าต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความดัน และแสงสว่าง ซึ่งทำให้เกษตรกรสามารถเก็บข้อมูลที่มีความแม่นยำสูงเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมและการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้นฟิสิกส์ของเทคโนโลยีโดรนในเกษตรกรรมจึงมีบทบาทสำคัญในหลายมิติที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานโดรนอย่างมีประสิทธิภาพ

3.2.1 ฟิสิกส์ของการบินและอากาศพลศาสตร์ (Aerodynamics)

หลักการพื้นฐานของการบินในโดรนสามารถอธิบายได้โดยฟิสิกส์ของอากาศพลศาสตร์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของอากาศและแรงที่เกิดขึ้นขณะโดรนบินอยู่ในอากาศ การบินของโดรนจะอาศัยการสร้างแรงยก (Lift) ซึ่งช่วยให้โดรนสามารถลอยขึ้นได้ในอากาศ โดยแรงยกจะเกิดจากการเคลื่อนที่ของใบพัดที่หมุน ทำให้เกิดการแตกต่างของความดันอากาศระหว่างด้านบนและด้านล่างของใบพัด ซึ่งเป็นหลักการที่

อธิบายได้โดยทฤษฎีเบอร์นูลลี ที่กล่าวว่าอากาศที่เคลื่อนที่เร็วจะมีความดันต่ำกว่าอากาศที่เคลื่อนที่ช้า ดังนั้นเมื่อใบพัดหมุนอากาศด้านบนของใบพัดจะมีความเร็วสูงกว่าด้านล่าง จึงทำให้เกิดแรงยกดันโดรนขึ้นสู่ท้องฟ้า

การควบคุมทิศทาง การเอียง และการหมุนของแกน Yaw, Pitch และ Roll ของโดรนในระหว่างการบินแสดงดังรูปที่ 3.7 ซึ่งจะต้องใช้การปรับสมดุลของแรงยกที่เกิดจากใบพัด โดยการปรับความเร็วของการหมุนมอเตอร์ของใบพัดแต่ละตัว เพื่อให้โดรนสามารถเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ต้องการ ตัวอย่างเช่น หากใบพัด 2 ใบในแนวทแยงมุม หมุนด้วยความเร็วต่างกัน โดรนจะหมุนรอบแกน Yaw (แกนแนวตั้ง) โดยจะหมุนตามเข็มและทวนเข็มนาฬิกา ซึ่งจะทำให้โดรนเปลี่ยนทิศทางไปทางซ้ายหรือขวา หรือหากใบพัดด้านหน้าและหลังหมุนด้วยความเร็วต่างกัน โดรนจะหมุนรอบแกน Pitch (แกนข้าง) หากใบพัดด้านหน้าหมุนเร็วกว่า โดรนจะเคลื่อนที่ไปด้านหลัง แต่หากใบพัดด้านหลังหมุนเร็วกว่าโดรนจะเคลื่อนที่ไปด้านหน้า ในขณะที่การหมุนของใบพัด 2 ใบด้านซ้ายขวาที่แตกต่างกัน โดรนจะหมุนรอบแกน Roll (แกนแนวราบ) หากใบพัดด้านขวาหมุนด้วยความเร็วสูง โดรนจะเคลื่อนที่ไปทางซ้าย และหากใบพัดด้านซ้ายหมุนด้วยความเร็วสูง โดรนจะเคลื่อนที่ไปทางขวา เป็นต้น นอกจากนี้การควบคุมการบินขึ้นและลงจะควบคุมด้วยคันเร่ง (Throttle) หากใบพัดทั้งสองทำงานด้วยความเร็วสูง โดรนจะลอยตัวขึ้น แต่หากลดความเร็วของใบพัดทั้งสอง โดรนจะเคลื่อนที่ลง เป็นต้น



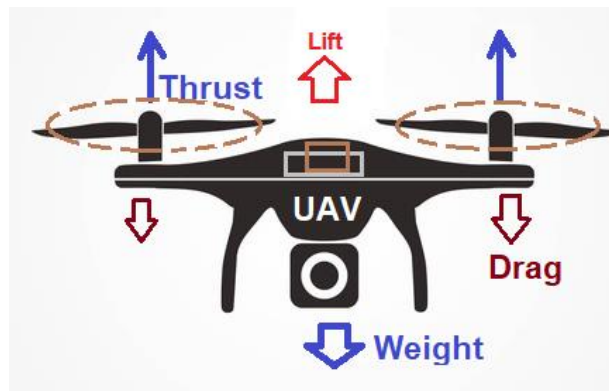
รูปที่ 3.7 การควบคุมทิศทาง การเอียง และการหมุนของแกน Yaw, Pitch และ Roll ของโดรนในการบิน

ที่มา: ดัดแปลงจาก Centeno (ม.ป.ป.) และ PX4 Guide (ม.ป.ป.)

การออกแบบโดรนจะต้องพิจารณาถึงน้ำหนัก (Weight) ของโดรน เนื่องจากมีผลต่อการเลือกขนาดของใบพัดหรือมอเตอร์ให้เหมาะสม นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงแรงต้าน (Drag) ที่เกิดจากความพยายาม

ด้านการเคลื่อนที่ของโดรนในอากาศ และแรงขับ (Thrust) ที่เกิดจากการหมุนของมอเตอร์ใบพัด ดังรูปที่ 3.8 และแรงกระทำอื่นๆ ที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ ความเร็ว และความเสถียรของการบิน การรักษาความสมดุลของโดรนเป็นเรื่องสำคัญในการบิน เพราะการขาดการควบคุมสมดุลอาจทำให้โดรนเสียการทรงตัวและตกลงได้ การควบคุมสมดุลมักใช้เซ็นเซอร์ต่างๆ เช่น เครื่องวัดความเร่ง ไจโรสโคป และ บารอมิเตอร์ ที่ช่วยตรวจสอบการเคลื่อนไหวและทิศทางของโดรน ซึ่งข้อมูลที่ได้จะถูกส่งไปยังระบบควบคุมอัตโนมัติเพื่อปรับการหมุนของใบพัดให้สมดุล

การบินของโดรนในสภาพแวดล้อมภาคเกษตรกรรมอาจได้รับผลกระทบจากปัจจัยต่างๆ เช่น แรงแผ่นดินไหว ฝุ่น หมอก ความชื้น และอุณหภูมิ ซึ่งสามารถส่งผลต่อแรงยกและแรงต้าน (Lift and Drag) ในการบินของโดรนได้ ตัวอย่างเช่น ลมแรงอาจทำให้แรงต้านเพิ่มขึ้นและยากต่อการควบคุมทิศทางการบินของโดรน ฝุ่นหรือหมอกควันทันอาจส่งผลต่อการประมวลผลภาพ หรือการรบกวนจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่าง ๆ เป็นต้น การพัฒนาเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติของโดรนจึงต้องมีการประมวลผลสภาพแวดล้อมรอบตัวโดรนเพื่อให้สามารถปรับการบินให้เหมาะสมได้



รูปที่ 3.8 แรงต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของโดรน

ที่มา: Pachputel (ม.ป.ป.)

3.2.2 ฟิสิกส์ของพลังงานและการใช้พลังงาน (Energy and Power)

อีกหนึ่งด้านที่สำคัญในฟิสิกส์ของโดรนคือการจัดการกับพลังงานที่ใช้ในการบิน โดยทั่วไปโดรนจะใช้แบตเตอรี่ลิเทียมโพลิเมอร์ซึ่งมีความสามารถในการเก็บพลังงานสูงและมีน้ำหนักเบา เป็นตัวให้พลังงานไฟฟ้าในการหมุนใบพัดและขับเคลื่อนมอเตอร์ โดยจำเป็นต้องพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่ต้องใช้ในการยกโดรนขึ้นจากพื้นดิน และพลังงานที่ใช้ในการเคลื่อนที่ไปในอากาศ พลังงานที่ใช้ในการยกตัวนี้สัมพันธ์กับมวลของโดรนและแรงยก (Lift) ที่ต้องใช้เพื่อเอาชนะแรงโน้มถ่วง จึงต้องคำนึงถึงกำลังของมอเตอร์และใบพัดที่จะต้องสร้างแรงยกให้มากพอ ที่จะยกน้ำหนักของโดรนและอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น กล้อง เซ็นเซอร์ หรือเครื่องมือการเกษตร ในขณะที่พลังงานที่ใช้ในการเคลื่อนที่ที่เกิดจากแรงขับจากใบพัดซึ่งต้องคำนึงถึงแรงต้าน (Drag) ที่เกิดขึ้นระหว่างการเคลื่อนที่ในอากาศของโดรน ซึ่งแรงต้านนี้ขึ้นอยู่กับความเร็วในการเคลื่อนที่ ความหนาแน่นของอากาศ ขนาด รูปร่างและพื้นผิว ของโดรน เป็นต้น การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการเพิ่มระยะเวลาในการบินและลดความเสี่ยงจากการหมดพลังงานกลางคันในขณะทำการเกษตร

การออกแบบระบบการจัดการพลังงานของโดรนจะต้องคำนึงถึงการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ในการบินที่มีความสม่ำเสมอและการพิจารณาประสิทธิภาพในการทำงาน ยกตัวอย่างเช่น การควบคุมมอเตอร์และระบบต่าง ๆ ภายในโดรน ให้ทำงานในช่วงที่มีการใช้พลังงานต่ำสุดเพื่อยืดอายุการใช้งานแบตเตอรี่ โดยอาจใช้ระบบควบคุมการบินที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน เช่น การปรับความเร็วของมอเตอร์ตามความต้องการของการบินและสภาพแวดล้อมเพื่อลดการสูญเสียพลังงาน เป็นต้น นอกจากนี้ความสามารถในการชาร์จแบตเตอรี่และการใช้งานในสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ เช่น ความร้อนหรือความชื้น ก็ต้องได้รับการพิจารณาเพื่อให้โดรนสามารถทำงานได้ต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพ

การชาร์จแบตเตอรี่โดรนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เป็นแนวทางที่น่าสนใจในการเพิ่มความยั่งยืนในการใช้งานโดรนในภาคเกษตรกรรม การใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าและเก็บไว้ในแบตเตอรี่ช่วยให้โดรนสามารถใช้งานได้นานขึ้นโดยไม่ต้องพึ่งพาการชาร์จจากแหล่งพลังงานภายนอกตลอดเวลา โดยใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ที่มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งสามารถติดตั้งบนตัวโดรน หรือในบางกรณีอาจใช้สถานีชาร์จที่มีแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อชาร์จแบตเตอรี่เมื่อโดรนอยู่ในสภาพที่หยุดนิ่ง แผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะจับแสงอาทิตย์และแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้าผ่านกระบวนการที่เรียกว่า ปรากฏการณ์โฟโตโวลเทอิก (Photovoltaic Effect) จากนั้นจะถูกเก็บในแบตเตอรี่ที่ใช้ในโดรนเพื่อให้พลังงานแก่มอเตอร์และระบบต่างๆ ในระหว่างการบิน การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการชาร์จโดรนจะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงานและลดการพึ่งพาแหล่งพลังงานที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แต่ข้อจำกัดคือประสิทธิภาพของการชาร์จจะขึ้นอยู่กับความแรงของแสงแดดและพื้นที่ในการติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ บนโดรน

3.2.3 ฟิลิกส์ของเซนเซอร์และการเก็บข้อมูล (Sensors and Data Collection)

การใช้งานเซนเซอร์ ต่าง ๆ ในโดรนเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยให้สามารถเก็บข้อมูลเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมในพื้นที่เกษตรกรรมได้อย่างแม่นยำ ยกตัวอย่างเช่น

- เซนเซอร์การมองเห็น เช่น เซนเซอร์ภาพ เซนเซอร์อินฟราเรด และ เซนเซอร์วัดระยะ (LiDAR) ที่ช่วยในการเก็บข้อมูลภาพของพื้นที่การเกษตร วัดระยะห่าง และสร้างแผนที่ 3D ของพื้นที่เกษตร หรือใช้ในการตรวจสอบสภาพพืชและสิ่งแวดล้อม เช่น การตรวจสอบสุขภาพพืชผ่านการวิเคราะห์สีและลักษณะทางกายภาพของใบ การตรวจจับโรคพืช หรือใช้ในการตรวจจับความร้อนจากสัตว์และให้ข้อมูลตำแหน่งของสัตว์ในพื้นที่ขนาดใหญ่ เป็นต้น โดยหลักการทำงานของเซนเซอร์การมองเห็นอาศัยฟิลิกส์ของแสงและการสะท้อนของแสง

การใช้ซอฟต์แวร์ photogrammetry ในการประมวลผลภาพเพื่อสร้างแผนที่และแบบจำลอง เป็นสิ่งสำคัญ ตัวอย่างซอฟต์แวร์การจับภาพแผนที่สำหรับโดรน เช่น ซอฟต์แวร์สำหรับทำแผนที่สามมิติ ของ DroneDeploy, ซอฟต์แวร์ Maps Made Easy (Orthophoto and 3D Models), ซอฟต์แวร์ 3DF Zephyr Photogrammetry, ซอฟต์แวร์ Pix4D Mapper Photogrammetry, ซอฟต์แวร์ Agisoft PhotoScan Photogrammetry, ซอฟต์แวร์ AutoDesk ReCap Photogrammetry, ซอฟต์แวร์ PrecisionHawk Precision Mapper / Viewer, ซอฟต์แวร์ Open Drone Map และซอฟต์แวร์ ESRI Drone2Map For ArcGIS เป็นต้น

- เซนเซอร์ความชื้นและความเป็นกรด-ด่าง ซึ่งทำงานโดยการวัดการนำไฟฟ้าหรือการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้าในดิน เมื่อดินมีความชื้นหรือมีสารเคมีในปริมาณที่แตกต่างกัน การนำไฟฟ้าจะมีการ

เปลี่ยนแปลง ซึ่งเซนเซอร์เหล่านี้สามารถใช้เพื่อประเมินสภาพแวดล้อมทางการเกษตรและการตัดสินใจในการให้น้ำหรือการใส่ปุ๋ยได้

- เซนเซอร์อุณหภูมิ สามารถใช้เพื่อวัดอุณหภูมิของอากาศหรือดิน เพื่อใช้ในการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมในฟาร์ม ฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องคือหลักการของการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานไฟฟ้าในวัสดุที่ต่างกันเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง

หลักการฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับเซนเซอร์เหล่านี้ เช่น การสะท้อนของแสง การแผ่รังสีอินฟราเรด การนำไฟฟ้า หรือ เทอร์โมอิเล็กทริก ช่วยให้โดรนสามารถวัดความชื้นในดิน ตรวจสอบสภาพของพืชและสัตว์ หรือแม้แต่การตรวจจับวัชพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ การประมวลผลข้อมูลจากเซนเซอร์เหล่านี้จะต้องพึ่งพาฟิสิกส์ของการประมวลผลสัญญาณ ซึ่งช่วยให้ข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาจากโดรนสามารถนำมาวิเคราะห์และแสดงผลในรูปแบบที่เข้าใจได้ เช่น การตรวจสอบสุขภาพของพืช หรือการประเมินผลผลิตของพืชในแต่ละพื้นที่ เป็นต้น

3.2.4 ฟิสิกส์ของการควบคุมและการสื่อสาร (Control and Communication Physics)

การควบคุมโดรนในระหว่างการบินต้องอาศัยหลักการฟิสิกส์ของการควบคุมการบินและการสื่อสาร การควบคุมการบินของโดรนขึ้นอยู่กับการใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติที่รวมการคำนวณการเคลื่อนที่ใน 3 มิติ (X, Y และ Z) โดยใช้หลักการของการเคลื่อนที่ เช่น กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน หรือ ระบบการนำทางอัตโนมัติ ซึ่งอาศัยการคำนวณทางฟิสิกส์ในการควบคุมทิศทางและความเร็วของโดรนอย่างแม่นยำ ผ่านการปรับการหมุนของใบพัดให้เหมาะสมกับการเคลื่อนที่ในทิศทางต่าง ๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและความต้องการของผู้ใช้งาน

นอกจากนี้ฟิสิกส์ของการสื่อสารยังเกี่ยวข้องกับการส่งสัญญาณและการรับสัญญาณผ่าน ระบบการสื่อสารไร้สาย เช่น สัญญาณวิทยุ หรือ สัญญาณจีพีเอส ที่เป็นการสื่อสารผ่านดาวเทียม ซึ่งทำงานตามหลักการของการส่งสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อให้การทำงานของโดรนเป็นไปอย่างแม่นยำและไม่ขาดการติดต่อระหว่างโดรนกับผู้ควบคุม การใช้งานการควบคุมจากระยะไกล ต้องพึ่งพาหลักการของฟิสิกส์ในการส่งและรับสัญญาณ เพื่อให้ข้อมูลจากเซนเซอร์หรือคำสั่งต่าง ๆ ถูกส่งไปยังโดรนอย่างรวดเร็ว มีความเสถียร และตอบสนองได้ดีในสภาพแวดล้อมที่อาจมีการรบกวนจากคลื่นวิทยุ

ฟิสิกส์ของเทคโนโลยีโดรนในเกษตรกรรมมีบทบาทสำคัญในหลายด้าน ไม่ว่าจะเป็นการคำนวณการบินและแรงยก การใช้พลังงาน การจัดการข้อมูลจากเซนเซอร์ และการควบคุมการสื่อสาร การประยุกต์ใช้หลักการฟิสิกส์ในการพัฒนาโดรนช่วยให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเกษตร เช่น การตรวจสอบสภาพแวดล้อม การควบคุมการบินที่แม่นยำ และการเก็บข้อมูลที่มีความละเอียดสูง เพื่อให้การเกษตรสามารถทำได้ดียิ่งขึ้นและมีประสิทธิภาพสูงสุด

นวัตกรรมทางเทคโนโลยีใหม่ล่าสุดของโดรนที่ได้รับการจดสิทธิบัตรมีมากมาย โดยมีคุณสมบัติหรือลักษณะที่น่าสนใจ เช่น การควบคุมการบินอัจฉริยะและโหมด Follow Me ซึ่งใช้งานการติดตาม บินไปยังจุดหมายที่ถูกกำหนด บินกลับฐานและอื่นๆ อีกมากมาย ระบบการบินอัจฉริยะ ยกตัวอย่างเช่น Active Track ใช้บินตามคนได้โดยอัตโนมัติ (ส่องสว่างเฉพาะจุด หรือบินวน), Draw Waypoints วาดจุดหมายที่กำหนด, TapFlyแตะหน้าจอให้โดรนบินไปตรงจุดหมายที่ต้องการ, Terrain Follow Mode บินเกาะพื้น โดยจะปรับระดับความสูงต่ำตามพื้นดินโดยอัตโนมัติ, Tripod Mode ทำให้โดรนบินอยู่กับที่ ไปทางซ้าย ขวา หมุนตัว โดย

จะบินจะช้ากว่าปกติ, Gesture Mode บินโดรนโดยใช้สัญลักษณ์มือออกคำสั่ง, S-Mode (Sport) ควบคุมเสถียรภาพแบบอิเล็กทรอนิกส์, P-Mode (Position) บินรักษาตำแหน่ง, A-Mode (Altitude) บินกำหนดความสูง, Beginner Mode โหมดสำหรับผู้เริ่มต้น, Course Lock เพื่อเล่นกับมุมกล้องตามใจเรา, Home Lock ควบคุมการบินโดยไม่คำนึงถึงด้านหน้าของตัวลำ, Headless เปลี่ยนทิศทางการควบคุมให้ประสานกับจุดขึ้นบิน และ Obstacle Avoidance หลบหลีกสิ่งกีดขวาง เป็นต้น

3.3 เซนเซอร์และการรวมข้อมูลในระบบหุ่นยนต์

การพัฒนาหุ่นยนต์ในยุคปัจจุบันไม่ได้จำกัดเพียงแค่การสร้างเครื่องจักรที่มีความสามารถในการทำงานตามคำสั่งเพียงอย่างเดียว แต่ยังต้องพิจารณาถึงการให้หุ่นยนต์สามารถรับรู้และตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพ โดยการใช้เซนเซอร์ และเทคโนโลยีการรวมข้อมูล เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถรับข้อมูลจากสภาพแวดล้อมและทำการตัดสินใจหรือปรับการทำงานได้อย่างเหมาะสม การใช้เซนเซอร์และการรวมข้อมูลมีบทบาทสำคัญในหลายด้าน เช่น การรับรู้สภาพแวดล้อม การนำทาง การควบคุมการเคลื่อนที่ และการตัดสินใจอัตโนมัติ การประยุกต์ใช้ฟิสิกส์ในเซนเซอร์เหล่านี้ช่วยให้หุ่นยนต์สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในสภาพแวดล้อมที่มีความซับซ้อน

เซนเซอร์เป็นส่วนสำคัญในระบบหุ่นยนต์การเกษตรที่ช่วยให้หุ่นยนต์สามารถรับรู้และตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อมได้อย่างแม่นยำ ซึ่งเซนเซอร์เหล่านี้จะช่วยให้หุ่นยนต์สามารถทำงานต่าง ๆ เช่น การตรวจสอบสภาพดิน การวัดความชื้นในพืช หรือการเก็บข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ เพื่อทำการประมวลผลและตัดสินใจอัตโนมัติ การรวมข้อมูลจากเซนเซอร์ต่าง ๆ จะช่วยให้หุ่นยนต์สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและเพิ่มความแม่นยำในการปฏิบัติการกิจ นอกจากนี้ การใช้เทคโนโลยีการเชื่อมต่อระหว่างเซนเซอร์และระบบคอมพิวเตอร์หรือคลาวด์ ยังช่วยให้ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ถูกประมวลผลและวิเคราะห์อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อใช้ในการตัดสินใจต่าง ๆ ในกระบวนการเกษตร

3.3.1 บทบาทของเซนเซอร์ในระบบหุ่นยนต์

เซนเซอร์เป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญในระบบหุ่นยนต์ โดยเซนเซอร์สามารถแบ่งได้เป็นหลายประเภทตามหน้าที่ในการตรวจจับข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการทำงานของหุ่นยนต์ เช่น การตรวจจับระยะทาง, การวัดอุณหภูมิ การตรวจจับแรง และการรับรู้สภาพแวดล้อม เซนเซอร์ช่วยให้หุ่นยนต์สามารถรับข้อมูลจากภายนอกและทำการแปลงข้อมูลเหล่านั้นให้เป็นข้อมูลที่สามารถนำมาประมวลผลได้ โดยทั่วไปเซนเซอร์ในระบบหุ่นยนต์สามารถแบ่งได้เป็นประเภทต่าง ๆ ดังนี้

- เซนเซอร์การเคลื่อนที่ ใช้ในการตรวจจับการเคลื่อนที่และความเร็ว เช่น เซนเซอร์ความเร่ง และ เซนเซอร์ไจโรสโคป ซึ่งช่วยให้หุ่นยนต์สามารถควบคุมการเคลื่อนที่และปรับทิศทางได้
- เซนเซอร์การมองเห็น เช่น กล้อง และ ไลดาร์ ซึ่งสามารถใช้ในการสร้างแผนที่ของสภาพแวดล้อมและรับข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งกีดขวางหรือวัตถุที่อยู่รอบ ๆ หุ่นยนต์ การประมวลผลข้อมูลจากเซนเซอร์ภาพสามารถใช้ในการระบุรูปทรงหรือสีของวัตถุ
- เซนเซอร์การสัมผัส ใช้ในการตรวจจับแรงสัมผัสและความดัน เช่น เซนเซอร์แรง ที่ช่วยให้หุ่นยนต์สามารถจับวัตถุหรือปรับการกระทำได้ตามแรงที่สัมผัส

- เซนเซอร์สภาพแวดล้อม เช่น เซนเซอร์ความชื้น เซนเซอร์อุณหภูมิ และ เซนเซอร์ก๊าซ ซึ่งใช้ในการตรวจจับสภาพแวดล้อมที่หุ่นยนต์กำลังทำงานอยู่ เพื่อปรับการทำงานให้เหมาะสม

3.3.2 การรวมข้อมูล (Data Fusion)

การรวมข้อมูล คือ การกระบวนการรวบรวมและประมวลผลข้อมูลจากเซนเซอร์หลาย ๆ ตัวในหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและสมบูรณ์มากที่สุด การรวมข้อมูลช่วยให้หุ่นยนต์สามารถรับรู้สภาพแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยการรวมข้อมูลที่มาจากเซนเซอร์ต่าง ๆ ซึ่งสามารถช่วยในการปรับปรุงความแม่นยำของการตรวจจับและลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้เซนเซอร์ตัวเดียว โดยการรวมข้อมูลมีหลายรูปแบบตามลักษณะของการประมวลผล เช่น

- การรวมข้อมูลแบบเชิงเส้น เป็นการรวมข้อมูลที่มีลักษณะเชิงเส้น โดยการคำนวณค่ามัธยฐาน หรือค่าเฉลี่ยจากข้อมูลหลาย ๆ ชุดที่ได้รับจากเซนเซอร์
- การรวมข้อมูลแบบพิวชันขั้นสูง ใช้การคำนวณที่ซับซ้อนมากขึ้น เช่น การใช้ฟิลเตอร์คาลมาน ซึ่งใช้ในการคำนวณค่าทำนายและปรับค่าความเชื่อมั่นของข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์ต่าง ๆ เพื่อลดข้อผิดพลาดที่เกิดจากการรับข้อมูลจากเซนเซอร์หลายตัว

การรวมข้อมูลในหุ่นยนต์นั้นต้องการการประมวลผลที่รวดเร็วและมีความแม่นยำ เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในสภาพแวดล้อมที่ซับซ้อนหรือมีการเคลื่อนไหวที่ไม่สามารถคาดเดาได้ การรวมข้อมูลจากเซนเซอร์หลายตัวจะช่วยให้หุ่นยนต์สามารถตัดสินใจได้อย่างแม่นยำและเหมาะสมกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้น

3.3.3 ฟิลิกส์ที่เกี่ยวข้องกับเซนเซอร์และการรวมข้อมูล

การทำงานของเซนเซอร์และการรวมข้อมูลในหุ่นยนต์ต้องพึ่งพาหลักการฟิลิกส์หลายประการ โดยเฉพาะในด้านของ การแปลงข้อมูล และการคำนวณการเคลื่อนไหว เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ การใช้ เซนเซอร์ความเร่ง และไจโรสโคป ช่วยให้สามารถคำนวณการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์ในสามมิติและติดตามตำแหน่งของหุ่นยนต์ในพื้นที่ได้อย่างแม่นยำ

ในทางฟิลิกส์ หลักการของการสั่น และการเคลื่อนที่ของวัตถุ จะช่วยให้เซนเซอร์สามารถประเมินผลการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์และปรับปรุงการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง การใช้ ฟิลเตอร์คาลมาน และ ฟิลเตอร์สมการสถานะ ยังเกี่ยวข้องกับการใช้สมการเชิงเส้นและไม่เชิงเส้น ในการคำนวณค่าทำนายและการประเมินค่าที่ได้จากเซนเซอร์ต่าง ๆ

เซนเซอร์และการรวมข้อมูลมีบทบาทสำคัญในระบบหุ่นยนต์โดยช่วยให้หุ่นยนต์สามารถรับรู้และตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพ ฟิลิกส์มีบทบาทสำคัญในการออกแบบและการทำงานของเซนเซอร์เหล่านี้ รวมถึงการประมวลผลข้อมูลจากเซนเซอร์ต่าง ๆ เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถตัดสินใจและทำงานได้อย่างถูกต้อง การพัฒนาเทคโนโลยีเซนเซอร์และการรวมข้อมูลจะช่วยให้หุ่นยนต์สามารถใช้งานในหลากหลายสาขาและตอบสนองต่อความท้าทายในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ.

สรุป

ในบทนี้กล่าวถึงการผสมผสานระบบอัตโนมัติและหุ่นยนต์ในเกษตรอัจฉริยะ โดยเน้นถึงความก้าวหน้าที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ ลดต้นทุน และการบริหารทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีรายละเอียดสำคัญประกอบด้วย

1. **บทบาทของฟิสิกส์ในหุ่นยนต์การเกษตร** หลักการฟิสิกส์ถูกนำมาใช้เพื่อพัฒนาการออกแบบและการทำงานของหุ่นยนต์สำหรับงานต่าง ๆ เช่น การปลูก การกำจัดวัชพืช และการเก็บเกี่ยว โดยเพิ่มความแม่นยำและการตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อม
2. **การพัฒนาเครื่องจักรกลการเกษตร** การออกแบบเครื่องจักร เช่น รถแทรกเตอร์และอุปกรณ์การปลูก ใช้หลักการฟิสิกส์เพื่อเพิ่มความแม่นยำ ทนทาน ปลอดภัย และเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน
3. **โดรนในภาคการเกษตร** โดรนมีบทบาทสำคัญในการเก็บข้อมูล การทำเกษตรแม่นยำ และการตรวจสอบพื้นที่ขนาดใหญ่ โดยใช้อาศัยหลักอากาศพลศาสตร์ การจัดการพลังงาน และเทคโนโลยีเซนเซอร์
4. **เซนเซอร์และการประมวลผลข้อมูล** เซนเซอร์ขั้นสูงช่วยรวบรวมข้อมูลสภาพแวดล้อม ซึ่งการผสานข้อมูลและปัญญาประดิษฐ์ช่วยในการตัดสินใจที่แม่นยำและตอบสนองเร็ว
5. **พลังงานและความยั่งยืน** การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น โดรนที่ขับเคลื่อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สะท้อนถึงความพยายามในเกษตรกรรมที่ยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

- ใจทิพย์ วานิชชัง, ผดุงศักดิ์ วานิชชัง, นฤมล บุญกระจำง และ เพียงขวัญ วานิชชัง. (2558). การพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบกะบะเพื่อวิสาหกิจชุมชน. *รายงานสืบเนื่องจากการประชุมสัมมนาทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ครั้งที่ 8*. 238-242.
- นรเศรษฐ์ พัฒนาใหญ่. (ม.ป.ป.). การปรับตัวของเกษตรกรไทยสู่ยุคดิจิทัล. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.depa.or.th/th/article-view/adaptation-of-Thai-farmers-to-the-digital-age> (4 ธันวาคม 2567)
- บทความ IT 24 ชั่วโมง. 2560. ฟิลิกส์ของโดรน โดรนบินอย่างไร บังคับบินในทิศต่าง ๆ ได้อย่างไร. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://it24hrs.com/2017/drone-uav-work-infographic/> (4 ธันวาคม 2567)
- ผดุงศักดิ์ วานิชชัง, ใจทิพย์ วานิชชัง และ เพียงขวัญ วานิชชัง. (2557ก). การพัฒนาเครื่องคัดแยกกากข้าวกล้องแบบถ่วงหมุนสำหรับธุรกิจชุมชน. *รายงานสืบเนื่องจากการประชุมสัมมนาทางวิชาการ มทร.ตะวันออก มรภ.กลุ่มศรีอยุธยา และราชนครินทร์วิชาการและวิจัย*. 208-213.
- ผดุงศักดิ์ วานิชชัง, ใจทิพย์ วานิชชัง, สมบัติ เตมียสสดี และ เพียงขวัญ วานิชชัง. (2557ข). การวิจัยและพัฒนาเครื่องใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพในการผลิตพืชพลังงาน. *รายงานสืบเนื่องจากการประชุมสัมมนาทางวิชาการ มทร.ตะวันออก มรภ.กลุ่มศรีอยุธยา และราชนครินทร์วิชาการและวิจัย*. 202-207.
- ผดุงศักดิ์ วานิชชัง, ใจทิพย์ วานิชชัง, นฤมล บุญกระจำง และ เพียงขวัญ วานิชชัง. (2558ก). การพัฒนาเครื่องกำจัดวัชพืชในการปลูกข้าวแอรอริก. *รายงานสืบเนื่องจากการประชุมสัมมนาทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ครั้งที่ 8*. 386-390.
- ผดุงศักดิ์ วานิชชัง, ใจทิพย์ วานิชชัง, นฤมล บุญกระจำง และ เพียงขวัญ วานิชชัง. (2558ข). การปรับปรุงผลิตภาพและการลดการสูญเสียจากการแปรรูปข้าวของโรงสีข้าวชุมชน. *รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 7*. 33-43.
- วิชัย โอภาณุกุล. (2565). รายงานโครงการวิจัย เรื่อง โครงการนวัตกรรมวิจัยหุ่นยนต์และเครื่องจักรกลเกษตรอัตโนมัติอารักขาพืช. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.doa.go.th/plan/wp-content/uploads/2023/08/35.pdf> (4 ธันวาคม 2567)
- Ahmed, K. P., & Srishti, V. (2024). Farming assistance using machine learning and internet of thing. In *Predictive Analytics in Smart Agriculture*. CRC Press. Krishnan, S., Anand, A. J., Prasanth, N., Goundar, S., & Ananth, C. (Eds), pp. 1-19.
- Ahamed, T. (2024). *IOT and AI in Agriculture. Smart Automation Systems for Increasing Agriculture Productivity to Achieve SDGs and Society 5.0*. Springer.
- Centeno, L. (ม.ป.ป.). How Drone Vision Systems Allow Drone to fly in Low-Light Conditions. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.immervision.com/drone-navigation-system/> (4 ธันวาคม 2567)

- Dhakshayani, J., Surediran, B., & Jyothsna, J. (2024). Artificial intelligence in precision agriculture: a systematic review on tools, techniques, and applications. In *Predictive Analytics in Smart Agriculture*. CRC Press. Krishnan, S., Anand, A. J., Prasanth, N., Goundar, S., & Ananth, C. (Eds), pp. 37-57.
- HortiThai. (2564). หุ่นยนต์ทางการเกษตร. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <http://hort.ezathai.org/?p=9690> (4 ธันวาคม 2567)
- Kapila, D., Ulloa, N., Anita, S., Subramanian, R. S., Kandewar, P., & Sujatha, P. (2024). Application of drones in predictive analytics. In *Predictive Analytics in Smart Agriculture*. CRC Press. Krishnan, S., Anand, A. J., Prasanth, N., Goundar, S., & Ananth, C. (Eds), pp. 250-274.
- Learn. (2559). 6 วิธีทางที่โดรนสามารถปฏิบัติการเกษตรกรรม. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://learn.gistda.or.th/2018/04/28/6-วิธีโดรนเพื่อการเกษตร/> (4 ธันวาคม 2567)
- Learn. (2561). โดรนทำงานอย่างไรและอะไรคือเทคโนโลยีโดรน. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://learn.gistda.or.th/2018/09/24/how-do-drones-work-and-what-is-drone-technology/> (4 ธันวาคม 2567)
- Machitec. (ม.ป.ป.). หุ่นยนต์การเกษตร. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://machi-tec.com/robots/> (4 ธันวาคม 2567)
- Medium. (2567). บทบาทของหุ่นยนต์ในอุตสาหกรรมเกษตรเพื่อเพิ่มผลผลิตและความยั่งยืน. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://medium.com/@wanwisa.ka/บทบาทของหุ่นยนต์ในอุตสาหกรรมเกษตรเพื่อเพิ่มผลผลิตและความยั่งยืน-9c3f08150970> (4 ธันวาคม 2567)
- Mottola, L., & Whitehouse, K. (2018). Fundamental Concepts of Reactive Control for Autonomous Drones. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://cacm.acm.org/research/fundamental-concepts-of-reactive-control-for-autonomous-drones/> (4 ธันวาคม 2567)
- Mreport. (2567). ทำไมควรใช้ระบบอัตโนมัติในการเกษตร. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.securities.io/th/revolutionizing-agriculture-the-role-of-robotics-in-boosting-productivity-and-sustainability> (4 ธันวาคม 2567)
- NSTDA. (2566). Terra: แพลตฟอร์มหุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติทางการเกษตรสำหรับการควบคุมวัชพืชในไร่ อ้อย. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.nstda.or.th/nac/2023/exhibitions/ex25/> (4 ธันวาคม 2567)
- Pachputel, S. (ม.ป.ป.). Working Principle and Components of Drone. (ออนไลน์) แหล่งที่มา https://cfdflowengineering.com/working-principle-and-components-of-drone/#google_vignette (4 ธันวาคม 2567)

- PX4 Guide. (ม.ป.ป.). Basic Flying (Mulicopter). (ออนไลน์) แหล่งที่มา https://docs.px4.io/main/en/flying/basic_flying_mc.html (4 ธันวาคม 2567)
- Salika. (2564). อัปเดตเทรน “AGTECH” สำคัญที่เกษตรกรยุคใหม่ (Smart Farmer) ไม่รู้ไม่ได้ (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.salika.co/2021/07/07/agtech-technology-for-smart-farmer-thailand/> (4 ธันวาคม 2567)
- Securities. (2566). การปฏิวัติการเกษตร: บทบาทของหุ่นยนต์ในการเพิ่มผลผลิตและความยั่งยืน. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.securities.io/th/revolutionizing-agriculture-the-role-of-robotics-in-boosting-productivity-and-sustainability> (4 ธันวาคม 2567)
- SmartfarmDIY. (2567). Tomato Harvest Robot Farming: สู่ยุคเกษตรกรรมอัจฉริยะ. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://smartfarmdiy.com/tomato-harvest-robot-farming-ยังอยู่ในช่วงขั้นท/> (4 ธันวาคม 2567)
- Yang, Y., Li, H., Zhang, M., & Qiu, R. (2023). Plant phenotyping robot platform. In *Sensing Technologies for Field and In-House Crop Production*. Springer. Zhang, M., Li, H., Sheng, W., Qiu, R., & Zhang, Z. (Eds) pp. 39-52.

4

ระบบชลประทานและการจัดการน้ำ

ระบบชลประทานและการจัดการน้ำเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาและบำรุงรักษาความมั่นคงทางการเกษตร รวมถึงการใช้ทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนไม่เพียงพอหรือไม่แน่นอน การชลประทานจึงช่วยเสริมสร้างแหล่งน้ำสำหรับการเพาะปลูก ลดผลกระทบจากภัยแล้ง และเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรอย่างยั่งยืน อย่างไรก็ตาม ระบบชลประทานที่มีอยู่ในปัจจุบันยังต้องเผชิญกับปัญหาหลายประการ เช่น การสูญเสียน้ำในกระบวนการชลประทาน การขาดแคลนน้ำ หรือการใช้พลังงานที่มากเกินไปในการขับเคลื่อนระบบเหล่านี้ การเกษตรอัจฉริยะจึงถูกนำมาใช้กับงานในระบบชลประทานเป็นลำดับต้น ๆ เนื่องจากน้ำเป็นปัจจัยสำคัญทางการเกษตร เช่น เซอร์การตรวจวัดความชื้นของดิน รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงสภาวะอากาศ สามารถระบุความต้องการน้ำของพืชได้ จึงช่วยให้ระบบชลประทานทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การพัฒนา ระบบชลประทานที่มีประสิทธิภาพจำเป็นต้องใช้หลักการฟิสิกส์มาเป็นพื้นฐานในการออกแบบและปรับปรุงระบบการไหลของน้ำ เช่น พลศาสตร์ของของไหล มีบทบาทสำคัญในการคำนวณการไหลของน้ำในท่อและคลอง รวมถึงการวิเคราะห์การสูญเสียพลังงานที่เกิดขึ้นในกระบวนการขนส่งน้ำ นอกจากนี้การเลือกใช้ระบบชลประทานที่สามารถรักษาความสมดุลของน้ำและพลังงานได้ ก็เป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยให้การจัดการน้ำเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน รวมถึงการเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม เช่น การประยุกต์ใช้พลังงานทดแทนจากพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม เพื่อลดต้นทุนพลังงานและส่งเสริมการใช้พลังงานสะอาด ระบบชลประทานอัจฉริยะที่ใช้เทคโนโลยีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ผ่านเซนเซอร์และไอโอที (IoT) สามารถช่วยในการควบคุมการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ โดยการวิเคราะห์ข้อมูลแบบเรียลไทม์และการปรับการจ่ายน้ำให้เหมาะสมกับความต้องการของพืช

การพัฒนา ระบบชลประทานและการจัดการน้ำที่ดีไม่เพียงแต่จะช่วยเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร แต่ยังสามารถสนับสนุนการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำและพลังงานในระยะยาว โดยมีการใช้ฟิสิกส์และเทคโนโลยีที่เหมาะสมเข้ามาช่วยให้การจัดการน้ำในแต่ละระบบมีความยืดหยุ่นและตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศและความต้องการของการเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.1 พลศาสตร์ของของไหลในระบบชลประทาน

พลศาสตร์ของของไหล (Fluid Dynamics) เป็นสาขาของฟิสิกส์ที่ศึกษาพฤติกรรมของของไหล ซึ่งรวมสถานะของสารทั้งของเหลวและก๊าซ ในระบบชลประทานพลศาสตร์ของของไหลจึงมีบทบาทสำคัญในการกำหนดประสิทธิภาพในการขนส่งน้ำจากแหล่งน้ำไปยังพื้นที่การเกษตร การวิเคราะห์พลศาสตร์ของของไหลในระบบชลประทานมีความสำคัญเนื่องจากช่วยในการออกแบบและพัฒนาระบบการกระจายน้ำที่มีประสิทธิภาพสูง ลดการสูญเสียพลังงาน และสามารถจัดการน้ำได้อย่างเหมาะสมตามความต้องการของพืช

4.1.1 การไหลในท่อและคลอง

การไหลของน้ำในท่อและคลองเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในระบบชลประทานที่ช่วยส่งน้ำและสารอื่นๆ ที่ไหลผ่านท่อ คลอง หรือระบบต่างๆ จากแหล่งน้ำไปยังพื้นที่ที่ต้องการ การไหลในท่อและคลองสามารถแบ่งออกเป็นสองประเภทหลัก ได้แก่ การไหลแบบราบเรียบ (Laminar Flow) และการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent Flow) ซึ่งมีผลต่อการสูญเสียพลังงานและประสิทธิภาพในการขนส่งน้ำ โดยทั่วไปการไหลในท่อที่มีความเร็วต่ำและน้ำไหลในลักษณะเรียบ น้ำจะไหลในทิศทางเดียวโดยไม่มีการผสมระหว่างชั้นของน้ำ การไหลแบบนี้เกิดขึ้นเมื่อค่าเรย์โนลด์ต่ำกว่า 2000 และการสูญเสียพลังงานในระบบจะน้อยกว่าเรียกว่าเป็นการไหลแบบราบเรียบ ในขณะที่การไหลในท่อที่มีความเร็วสูงหรือคลองที่มีการไหลของน้ำอย่างแรง พอที่จะทำให้เกิดการหมุนวนและการผสมกันของน้ำในท่อ ค่าเรย์โนลด์จะสูงกว่า 4000 ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานจะสูงกว่าการไหลแบบราบเรียบ เนื่องจากเกิดการเสียดทานภายในท่อมากขึ้น เรียกการไหลแบบนี้ว่าการไหลแบบปั่นป่วน การศึกษาพลศาสตร์ของของไหลในบริบทของระบบชลประทานมีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากการไหลของน้ำผ่านท่อและคลองมีผลต่อการกระจายและการใช้น้ำในพื้นที่การเกษตร การเข้าใจพลศาสตร์ของของไหลช่วยให้สามารถออกแบบและปรับปรุงระบบการขนส่งน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ และลดการสูญเสียพลังงานและน้ำจากการไหลที่ไม่เหมาะสม

การไหลของน้ำในท่อและคลองสามารถอธิบายได้โดยใช้หลักการทางพลศาสตร์ของของไหลที่สำคัญ ได้แก่

- สมการการต่อเนื่อง ที่อธิบายการอนุรักษ์มวลของน้ำในกระบวนการไหลในท่อและคลอง โดยระบุว่าปริมาณน้ำที่ไหลผ่านส่วนต่างๆ ของท่อหรือคลองต้องคงที่ ตัวอย่างเช่น หากมีการลดขนาดของท่อหรือคลองในบางจุด ความเร็วของน้ำจะเพิ่มขึ้นตามกฎของการต่อเนื่อง

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (4.1)$$

โดยที่ A_1 และ A_2 คือพื้นที่หน้าตัดของท่อในจุดต่าง ๆ และ v_1 กับ v_2 คือความเร็วของน้ำในจุดนั้นๆ

- กฎของเบอร์นูลลี ที่อธิบายถึงการอนุรักษ์พลังงานในของไหลที่ไหลในเส้นทางเดียวกัน โดยระบุว่าในท่อที่ไม่มีการสูญเสียพลังงานจากการเสียดทาน ความดัน พลังงานจลน์ และพลังงานศักย์ จะมีความสัมพันธ์กันในลักษณะดังนี้

$$P + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gh = \text{constant} \quad (4.2)$$

โดยที่ P คือ ความดัน, ρ คือ ความหนาแน่นของน้ำ, v คือ ความเร็วของน้ำ, และ h คือ ความสูงของท่อจากระดับอ้างอิง

- สมการดาร์ซี-ไวส์แบค ใช้ในการคำนวณการสูญเสียพลังงานจากการเสียดทานในท่อ

$$\Delta P = f \frac{L}{D} \frac{\rho v^2}{2} \quad (4.3)$$

โดยที่ ΔP คือการสูญเสียความดัน, f คือ สัมประสิทธิ์การเสียดทาน, L คือ ความยาวของท่อ, D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ, ρ คือ ความหนาแน่นของน้ำ และ v คือ ความเร็วของน้ำ

การไหลของน้ำในคลองมีลักษณะที่คล้ายกับการไหลในท่อ แต่เนื่องจากคลองมักเป็นระบบเปิด การไหลในคลองจะมีความซับซ้อนมากขึ้น เนื่องจากการไหลบนพื้นผิวที่ไม่เรียบและมีแรงต้านที่เกิดจากการเสียดทานกับพื้นคลองและผนังของคลอง การวิเคราะห์การไหลในคลองสามารถทำได้โดยใช้ สมการมานนิง ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้ในการคำนวณอัตราการไหลในคลองที่มีลักษณะเปิด

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2} \quad (4.4)$$

โดยที่ Q คือ อัตราการไหล, n คือ สัมประสิทธิ์มานนิง, A คือ พื้นที่หน้าตัดของคลอง, R คือ รัศมีการไหล และ S คือความลาดชันของคลอง

การคำนวณนี้ช่วยให้สามารถออกแบบคลองให้มีประสิทธิภาพในการขนส่งน้ำ โดยการเลือกขนาดและความลาดชันที่เหมาะสมกับลักษณะการใช้งาน

การสูญเสียพลังงานในท่อและคลองเกิดจากการเสียดทานและการต้านทานที่เกิดขึ้นระหว่างการไหลของน้ำกับผนังท่อหรือพื้นคลอง การสูญเสียพลังงานนี้สามารถทำให้ระบบชลประทานต้องใช้พลังงานมากขึ้นในการขับเคลื่อนน้ำ ซึ่งอาจส่งผลให้ต้นทุนในการจัดการน้ำสูงขึ้น ในระบบท่อ การสูญเสียพลังงานส่วนใหญ่เกิดจากความเสียดทานภายในท่อ การเลือกขนาดท่อที่เหมาะสม การใช้วัสดุที่มีแรงเสียดทานต่ำ และการควบคุมความเร็วของน้ำสามารถช่วยลดการสูญเสียพลังงานในระบบได้ ในขณะที่การไหลในคลอง การสูญเสียพลังงานจะขึ้นอยู่กับความเรียบของพื้นคลอง การเคลื่อนไหวของน้ำบนพื้นผิว และความลาดชันของคลอง การเลือกออกแบบคลองที่มีรัศมีการไหลที่เหมาะสมและลดการขัดขวางในการไหลของน้ำสามารถช่วยให้การสูญเสียพลังงานในระบบลดลงได้

พลศาสตร์ของของไหลเป็นเครื่องมือสำคัญในการออกแบบและวิเคราะห์การไหลของน้ำในท่อและคลองที่ใช้ในระบบชลประทาน การเข้าใจหลักการของการไหลแบบต่างๆ และการสูญเสียพลังงานที่เกิดจากการเสียดทานในท่อและคลองช่วยให้สามารถปรับปรุงระบบการขนส่งน้ำให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ลดต้นทุนในการดำเนินงาน และเพิ่มความยั่งยืนของระบบการจัดการน้ำ.

4.1.2 การกระจายน้ำในพื้นที่เกษตร

การกระจายน้ำในพื้นที่การเกษตรการ หมายถึง กระบวนการที่น้ำจากระบบชลประทานถูกส่งไปยังพื้นที่ดินและซึมลงสู่ชั้นดินเพื่อให้พืชดูดซับน้ำและสารอาหารที่จำเป็นในการเจริญเติบโต มีความสำคัญในการรักษาความชุ่มชื้นของดินและการเจริญเติบโตของพืช การกระจายน้ำในพื้นที่การเกษตรต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายประการ เช่น ความชื้นในดิน ความต้องการน้ำของพืช และลักษณะภูมิประเทศที่ส่งผลต่อการกระจายน้ำ ในการวิเคราะห์การกระจายน้ำในพื้นที่เกษตรกรรม กระบวนการนี้เกี่ยวข้องกับพลศาสตร์ของไหลในดิน ซึ่งสามารถอธิบายได้โดยหลักการของการไหลของน้ำในดินและการกระจายน้ำในดิน ซึ่งเกี่ยวข้องกับการซึมซับของน้ำลงสู่ดินและการกระจายน้ำในระดับพื้นผิวดิน ทำให้สามารถใช้ในการออกแบบระบบชลประทานเพื่อให้แน่ใจว่าพืชจะได้รับน้ำที่เพียงพอในทุกช่วงของการเติบโต

น้ำจากระบบชลประทานจะไหลลงสู่พื้นดินและซึมเข้าสู่ดิน กระบวนการซึมซับน้ำขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน เช่น ความพรุน และการซึมซับของดิน ซึ่งกำหนดอัตราการซึมซับของน้ำลงสู่ดิน น้ำจะกระจายไปตามทางเดินของช่องว่างในดิน โดยมีการกระจายน้ำแบบแผ่ขยายออกจากจุดที่น้ำถูกส่งลงสู่ดิน และภายหลังจากน้ำซึมลงสู่ดินแล้ว น้ำจะเคลื่อนที่ในดินในลักษณะของการไหลตามแรงดันและความชื้น

ในดิน โดยการกระจายน้ำในดินเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของน้ำในดินตามหลักการไหลของของไหลในดินและการกระจายน้ำในชั้นดินที่มีความชื้นต่างกัน

ในระบบชลประทานมีการกระจายน้ำแบบต่างๆ เช่น ระบบน้ำหยด (Drip Irrigation) ระบบพ่นฝอย (Sprinkler Irrigation) และระบบผิวดิน (Surface Irrigation) พลศาสตร์ของของไหลมีบทบาทสำคัญในการควบคุมและปรับการกระจายน้ำให้เหมาะสมกับความต้องการของพืชและลักษณะของดิน

- ระบบน้ำหยด ใช้ท่อหรือสายยางที่มีรูเล็กๆ ซึ่งน้ำจะถูกส่งไปยังรากของพืชโดยตรง โดยมีการควบคุมการไหลของน้ำให้เหมาะสมกับความต้องการของพืชในแต่ละจุด (2-8 ลิตร/ชั่วโมง) การออกแบบและการควบคุมการไหล ในระบบนี้ต้องใช้พลศาสตร์ของของไหลในการคำนวณแรงดันที่ต้องการในท่อและการไหลผ่านรูของน้ำหยด รวมถึงการควบคุมอัตราการไหลของน้ำเพื่อให้เหมาะสมกับการซึมซับในแต่ละประเภทของดินและความต้องการของพืชแต่ละชนิด

- ระบบพ่นฝอย มีการกระจายน้ำในรูปของละอองน้ำที่ตกลงบนพื้นผิวของดิน การควบคุมการกระจายน้ำในระบบนี้ต้องพิจารณาถึงความเร็วและแรงดันที่เหมาะสมในการพ่นน้ำให้กระจายอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งพื้นที่การเกษตร พลศาสตร์ของของไหลในการออกแบบหัวพ่นฝอยจะเกี่ยวข้องกับการคำนวณแรงดันที่ต้องการเพื่อให้ละอองน้ำพ่นออกมาในลักษณะที่เหมาะสม

- ระบบผิวดิน น้ำจะถูกปล่อยลงบนพื้นผิวดินโดยตรงแล้วกระจายไปในพื้นที่การเกษตร การกระจายน้ำในระบบผิวดินขึ้นอยู่กับความลาดชันของพื้นที่และการต้านทานของดิน โดยมีการใช้พลศาสตร์ของของไหลในการคำนวณความเร็วในการไหลของน้ำและการกระจายตัวของน้ำบนพื้นดิน เพื่อให้สามารถกระจายน้ำได้อย่างทั่วถึงและมีประสิทธิภาพ

การใช้การจำลองการไหลของน้ำ และการวิเคราะห์แรงต้านของน้ำในดินในพื้นที่เกษตรช่วยให้สามารถออกแบบระบบชลประทานที่มีประสิทธิภาพ และสามารถปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของน้ำตามประเภทของพืชและสภาพดินที่มีอยู่ เช่น การใช้ระบบน้ำหยด หรือระบบพ่นฝอย ที่ช่วยให้การกระจายน้ำในพื้นที่การเกษตรเป็นไปอย่างทั่วถึงและประหยัดน้ำ

การสูญเสียน้ำจากการกระจายน้ำในพื้นที่เกษตรอาจเกิดขึ้นจากหลายสาเหตุ เช่น การระเหยจากผิวดิน และการซึมซับน้ำที่ไม่จำเป็น เป็นต้น น้ำที่ตกลงบนพื้นผิวดินหรือพืชอาจสูญเสียไปในการระเหยในรูปของไอน้ำ การลดการระเหยในพื้นที่การเกษตรสามารถทำได้โดยการใช้ระบบชลประทานที่กระจายน้ำใกล้กับรากของพืช เช่น ระบบน้ำหยดที่สามารถลดการระเหยจากพื้นผิวได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นต้น นอกจากนี้การไหลของน้ำในดินอาจสูญเสียจากการซึมซับที่ไม่เหมาะสม เช่น การซึมซับเกินความสามารถของดินหรือการไหลออกจากพื้นที่ที่ต้องการ การออกแบบระบบชลประทานให้สอดคล้องกับลักษณะของดินและความต้องการน้ำของพืชสามารถช่วยลดการสูญเสียจากการซึมซับที่ไม่จำเป็นได้ การควบคุมการสูญเสียน้ำจึงมีความสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้น้ำในพื้นที่เกษตรกรรม

พลศาสตร์ของของไหลเป็นเครื่องมือสำคัญในการเข้าใจและออกแบบระบบชลประทานที่ช่วยกระจายน้ำไปยังพื้นที่เกษตรกรรม การศึกษาการกระจายน้ำในดิน การควบคุมการไหลของน้ำ และการลดการสูญเสียน้ำจากการระเหยและการซึมซับที่ไม่จำเป็นมีความสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำในระบบการเกษตร การเลือกใช้ระบบชลประทานที่เหมาะสมและการใช้เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพสามารถช่วยให้การจัดการน้ำในพื้นที่เกษตรมีความยั่งยืนและประหยัดทรัพยากร

4.1.3 การสูญเสียพลังงานในระบบชลประทาน

การสูญเสียพลังงานในระบบชลประทานเกิดจากปัจจัยหลายประการ เช่น การเสียดทานในท่อและคลอง การไหลของน้ำที่ไม่สมบูรณ์ การสูญเสียจากการระเหย และการใช้พลังงานในการขับเคลื่อนปั๊มน้ำ การสูญเสียพลังงานที่เกิดขึ้นในระหว่างการขนส่งน้ำสามารถคำนวณได้จาก สมการดาร์ซี-ไวส์แบค ซึ่งใช้ในการคำนวณการสูญเสียพลังงานจากความต้านทานในท่อและคลอง โดยปัจจัยที่สำคัญในการคำนวณการสูญเสียพลังงาน ได้แก่ ความยาวของท่อ เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ ความหนืดของน้ำ และอัตราการไหลของน้ำ

นอกจากนี้การสูญเสียพลังงานยังเกิดจากการทำงานของปั๊มน้ำที่ใช้ในการดึงน้ำจากแหล่งน้ำและส่งไปยังพื้นที่การเกษตร การเลือกใช้ปั๊มน้ำที่มีประสิทธิภาพและการปรับขนาดของท่อและคลองให้เหมาะสมกับอัตราการไหลของน้ำจะช่วยลดการสูญเสียพลังงานในระบบได้อย่างมีนัยสำคัญ

การสูญเสียพลังงานจากการระเหยเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ต้องคำนึงถึง โดยเฉพาะในระบบชลประทานที่มีการกระจายน้ำบนพื้นผิวดิน เช่น ระบบพ่นฝอย ซึ่งน้ำอาจสูญเสียไปในรูปของไอน้ำ การออกแบบระบบชลประทานให้มีการกระจายน้ำอย่างเหมาะสมจะช่วยลดการสูญเสียพลังงานและน้ำจากกระบวนการระเหยได้

การศึกษาพลศาสตร์ของของไหลในระบบชลประทานมีบทบาทสำคัญในการออกแบบระบบการกระจายน้ำที่มีประสิทธิภาพ การไหลในท่อและคลอง การกระจายน้ำในพื้นที่เกษตร และการลดการสูญเสียพลังงานในระบบชลประทานเป็นปัจจัยสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรน้ำและลดต้นทุนการดำเนินการ การเลือกใช้เทคโนโลยีที่ช่วยลดการสูญเสียพลังงาน เช่น ระบบชลประทานอัจฉริยะที่สามารถควบคุมการไหลของน้ำและปรับการจ่ายน้ำตามความต้องการที่แท้จริงของพืช จะช่วยให้การจัดการน้ำในพื้นที่การเกษตรมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และสนับสนุนการเจริญเติบโตของพืชอย่างยั่งยืน

4.2 ระบบชลประทานอัจฉริยะและการอนุรักษ์น้ำ

ระบบชลประทานอัจฉริยะ (Smart Irrigation System) เป็นเทคโนโลยีที่มีการใช้อุปกรณ์และเทคโนโลยีดิจิทัลที่ทันสมัยในการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่เกษตรกรรม ระบบนี้ถูกออกแบบมาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ทรัพยากรน้ำ โดยการควบคุมการกระจายน้ำให้เหมาะสมตามความต้องการของพืชในแต่ละช่วงเวลาและสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป แนวคิดของระบบชลประทานอัจฉริยะรวมถึงการใช้เซนเซอร์ต่าง ๆ การเชื่อมต่อผ่านไอโอที (IoT) และการใช้ข้อมูลจากดาวเทียมเพื่อให้เกิดการตัดสินใจในการกระจายน้ำที่ถูกต้องและแม่นยำ นอกจากนี้ยังเน้นการอนุรักษ์น้ำและการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในระบบชลประทานเพื่อให้เกิดความยั่งยืนในการเกษตรกรรม

4.2.1 แนวคิดของระบบชลประทานอัจฉริยะ

ระบบชลประทานอัจฉริยะคือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลและข้อมูลจากเซนเซอร์ต่างๆ เพื่อควบคุมการกระจายน้ำในระบบชลประทานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับสภาพดิน สภาพอากาศ ความชื้นในดิน ความต้องการน้ำของพืช และการพยากรณ์สภาพอากาศในอนาคต โดยข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำมาวิเคราะห์และใช้ในการตัดสินใจในการกระจายน้ำให้กับพืชในพื้นที่เกษตรกรรมในเวลาที่เหมาะสม โดยเทคโนโลยีที่ใช้ในระบบชลประทานอัจฉริยะสามารถแบ่งออกเป็นหลายประเภท เช่น

- เซนเซอร์ตรวจวัดความชื้นในดิน ใช้ในการตรวจสอบระดับความชื้นในดิน ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญในการตัดสินใจว่าพืชต้องการน้ำหรือไม่ ระบบสามารถปรับการไหลของน้ำให้เหมาะสมกับสภาพความชื้นในดิน

- เซนเซอร์สภาพอากาศ สามารถวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และปริมาณฝน เพื่อคำนวณการใช้น้ำที่เหมาะสมตามสภาพอากาศในขณะนั้น

- ระบบไอโอทีและการเชื่อมต่อผ่านคลาวด์ การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ ผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งช่วยให้สามารถควบคุมและตรวจสอบระบบชลประทานจากระยะไกล ทำให้เกษตรกรสามารถติดตามข้อมูลได้ตลอดเวลาและทำการปรับแต่งการตั้งค่าเพื่อให้ระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.2.2 การควบคุมการกระจายน้ำอัตโนมัติ

การควบคุมการกระจายน้ำอัตโนมัติเป็นส่วนสำคัญของระบบชลประทานอัจฉริยะ ซึ่งอาศัยการใช้เซนเซอร์และระบบอัตโนมัติในการตัดสินใจว่าเมื่อใดที่น้ำควรจะถูกล่อยลงสู่พื้นที่เกษตรกรรม การควบคุมนี้สามารถทำได้โดยการตั้งโปรแกรมหรือใช้ข้อมูลที่ได้รับจากเซนเซอร์เพื่อตัดสินใจเรื่องปริมาณน้ำที่จะถูกล่อยออกจากระบบชลประทาน

- ระบบชลประทานแบบน้ำหยด จะปล่อยน้ำออกมาในปริมาณที่เหมาะสมไปยังจุดที่รากพืชต้องการน้ำ โดยใช้อุปกรณ์ที่สามารถปรับการไหลของน้ำได้ตามความต้องการของพืชและความชื้นในดิน ทำให้เกิดการใช้ทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ

- ระบบพ่นฝอย สามารถควบคุมการกระจายน้ำได้อย่างแม่นยำผ่านระบบการตั้งเวลา และการควบคุมความดันในระบบ โดยสามารถตั้งโปรแกรมให้พ่นน้ำในช่วงเวลาที่ต้องการหรือในปริมาณที่เหมาะสมกับสภาพอากาศ

- การควบคุมตามข้อมูลสภาพอากาศ ระบบอัจฉริยะสามารถใช้ข้อมูลจากการพยากรณ์อากาศเพื่อประเมินความต้องการน้ำในพื้นที่การเกษตร โดยการลดหรือเพิ่มปริมาณน้ำที่ปล่อยออกจากระบบตามการพยากรณ์ฝนหรืออุณหภูมิที่คาดว่าจะเกิดขึ้น

การควบคุมการกระจายน้ำอัตโนมัติช่วยให้การใช้น้ำในระบบชลประทานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่ต้องพึ่งพาความรู้และการตัดสินใจของมนุษย์ทั้งหมด ซึ่งลดความผิดพลาดจากการตัดสินใจที่ไม่แม่นยำและลดการสูญเสียจากการกระจายน้ำที่ไม่เหมาะสม

4.2.3 การอนุรักษ์น้ำและการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในระบบชลประทาน

การอนุรักษ์พลังงานในระบบชลประทานอัจฉริยะเป็นส่วนสำคัญในการทำให้การจัดการน้ำในเกษตรกรรมมีความยั่งยืน โดยการใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานและการควบคุมการใช้พลังงานในระบบสามารถช่วยลดต้นทุนการดำเนินงานและเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้น้ำและพลังงาน

- การพัฒนาแหล่งน้ำ เนื่องจากแหล่งน้ำธรรมชาติต่าง ๆ ในปัจจุบันเกิดสภาพตื้นเขินทำให้ปริมาณน้ำที่กักขังไว้มีปริมาณลดลง การพัฒนาแหล่งน้ำอาจทำได้โดยการขุดลอกแหล่งน้ำ สร้างคลองส่งน้ำ ตลอดจนจัดหาแหล่งน้ำเพิ่มเติม เช่น การขุดเจาะน้ำบาดาล น้ำผิวดิน ทำบ่อหรือสระกักเก็บน้ำ รวมถึงการสร้างฝายทดน้ำ อ่างเก็บน้ำและระบบชลประทาน เป็นต้น โดยต้องคำนึงถึงสภาพภูมิประเทศและความ

ต้องการใช้น้ำ ยกตัวอย่างเช่น ความต้องการใช้น้ำเพื่อการเพาะปลูกของพืชแต่ละชนิดในแต่ละระยะ ความต้องการน้ำในการเลี้ยงสัตว์ (วัวและควายต้องการน้ำตัวละประมาณ 50 ลิตรต่อวัน หมูตัวละประมาณ 20 ลิตรต่อวัน และไก่ตัวละประมาณ 0.15 ลิตรต่อวัน เป็นต้น) หรือความต้องการน้ำของผู้คนในพื้นที่ (มนุษย์ต้องการน้ำประมาณวันละ 60 ลิตร ต่อคน)

- การใช้พลังงานทดแทน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม ในการขับเคลื่อนปั๊มที่ใช้ในการส่งน้ำ ซึ่งไม่เพียงแต่ช่วยประหยัดพลังงานจากแหล่งพลังงานฟอสซิล แต่ยังช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

- การใช้ปั๊มประสิทธิภาพสูง การเลือกใช้น้ำที่มีประสิทธิภาพสูงและเหมาะสมกับสภาพการใช้น้ำในการขนส่งน้ำจะช่วยลดการสูญเสียพลังงานจากการขับเคลื่อนน้ำ โดยการใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยในการควบคุมการทำงานของปั๊ม เช่น การควบคุมการทำงานของปั๊มตามสภาพความต้องการน้ำ ทำให้การใช้พลังงานในระบบมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

- การควบคุมและปรับการไหลของน้ำ ระบบชลประทานอัจฉริยะสามารถปรับการไหลของน้ำให้เหมาะสมกับความต้องการของพืชและสภาพอากาศ ซึ่งสามารถลดการสูญเสียพลังงานจากการไหลของน้ำที่ไม่จำเป็นหรือจากการที่ปั๊มต้องทำงานหนักเกินไป

- การติดตามและการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้น้ำ การใช้เซนเซอร์และการเก็บข้อมูลเพื่อวิเคราะห์การใช้น้ำจะช่วยให้เกษตรกรสามารถติดตามการใช้พลังงานและน้ำในระบบได้อย่างละเอียด ซึ่งสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรในอนาคต

ระบบชลประทานอัจฉริยะไม่เพียงแต่ช่วยในการควบคุมการกระจายน้ำให้เหมาะสมกับความต้องการของพืชและสภาพอากาศ แต่ยังช่วยในการอนุรักษ์น้ำและพลังงานด้วยการใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย เช่น เซนเซอร์และระบบการควบคุมอัตโนมัติ ซึ่งสามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำและพลังงานในการทำเกษตร นอกจากนี้การใช้พลังงานทดแทนและการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงานยังเป็นการส่งเสริมการเกษตรที่ยั่งยืนและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

พระราชบัญญัติทรัพยากรน้ำ พ.ศ. 2561 ตามแผนแม่บทการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ 20 ปี กล่าวถึงการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ 3 ระบบ ได้แก่ น้ำในบรรยากาศ น้ำผิวดิน และน้ำใต้ดิน มีสาระสำคัญ คือ ขอบเขตบังคับใช้ครอบคลุม 8 ด้าน ซึ่งประกอบด้วย การจัดสรร การใช้ การพัฒนา การบริหารจัดการ การบำรุงรักษา การฟื้นฟู การอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำ และสิทธิในน้ำ โดยวางหลักเกณฑ์ในการประกันสิทธิขั้นพื้นฐานของประชาชนในการเข้าถึงทรัพยากรน้ำสาธารณะ และกำหนดให้การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำอย่างเป็นระบบ ทั้งน้ำในเขตชลประทาน นอกเขตชลประทาน และน้ำใต้ดิน นอกจากนี้ยังมีองค์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ กำหนดการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำแบบบูรณาการ และกำหนดหลักเกณฑ์การจัดสรรน้ำที่เป็นธรรม ระบบการอนุญาตการใช้ทรัพยากรน้ำสาธารณะ และมาตรการป้องกันภาวะน้ำแล้งหรือน้ำท่วม รวมถึงกำหนดมาตรการในการส่งเสริมและสนับสนุนให้ภาคเอกชน ประชาชน และชุมชนที่เกี่ยวข้องต้องมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการน้ำ อนุรักษ์และพัฒนาทรัพยากรน้ำสาธารณะ และสุดท้ายกำหนดบทลงโทษและความรับผิดชอบ

4.2.4 กรณีศึกษาระบบชลประทานอัจฉริยะในประเทศไทย

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีภาคเกษตรกรรมเป็นส่วนสำคัญของเศรษฐกิจ ซึ่งการจัดการน้ำในภาคการเกษตรมีบทบาทอย่างมากในการเพิ่มผลผลิตและรักษาความยั่งยืนของการผลิตทางการเกษตร ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา การพัฒนาระบบชลประทานอัจฉริยะได้รับความสนใจอย่างมาก เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่ช่วยในการจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ และลดการสูญเสียน้ำในกระบวนการชลประทาน ด้วยการนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ เช่น เซนเซอร์ ระบบควบคุมอัตโนมัติ และการวิเคราะห์ข้อมูลมาใช้ในการตัดสินใจเกี่ยวกับการใช้น้ำในภาคเกษตรกรรมในประเทศไทย

ในประเทศไทย ระบบชลประทานแบบดั้งเดิมที่ใช้การกระจายน้ำด้วยวิธีการเปิดปิดประตูน้ำหรือใช้ท่อสปริงเกลอร์บางครั้งไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการใช้น้ำได้อย่างแม่นยำ ซึ่งส่งผลให้เกิดการสูญเสียอย่างไม่จำเป็น เช่น การระเหยจากน้ำที่เปิดทิ้งไว้ในช่วงที่อากาศร้อน หรือการใช้น้ำมากเกินไปในพื้นที่ที่ไม่ต้องการน้ำมาก การพัฒนาระบบชลประทานอัจฉริยะจึงมีความสำคัญในการช่วยให้เกษตรกรสามารถควบคุมการใช้น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพและประหยัดน้ำในระยะยาว โดยใช้การเชื่อมต่อของเทคโนโลยีต่าง ๆ เพื่อตรวจสอบและควบคุมการไหลของน้ำแบบเรียลไทม์

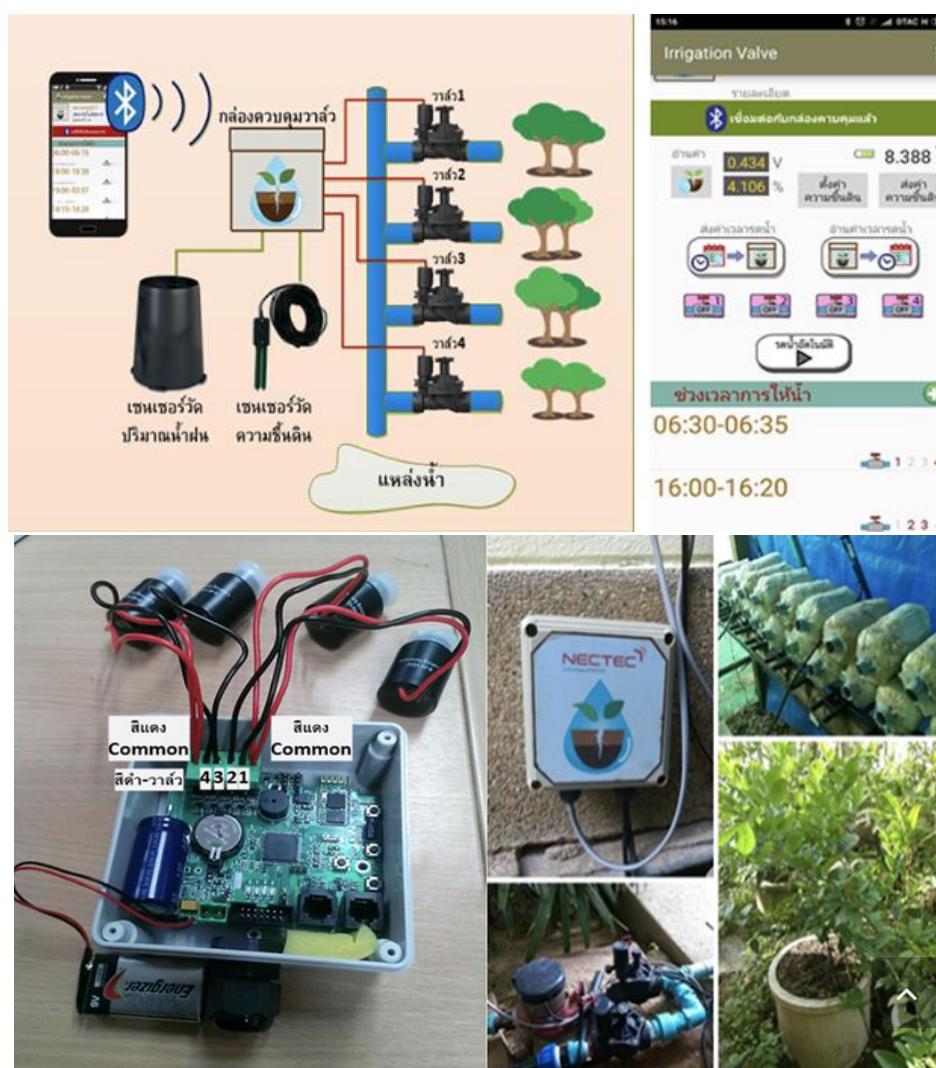
ระบบชลประทานอัจฉริยะประกอบด้วยเทคโนโลยีหลายประเภทที่ทำงานร่วมกันเพื่อให้การใช้น้ำเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น เซนเซอร์ตรวจวัดความชื้นในดิน ระบบควบคุมอัตโนมัติ เทคโนโลยีการวิเคราะห์ข้อมูล แอปพลิเคชันมือถือและการเชื่อมต่อไอโอที เพื่อให้เกษตรกรสามารถควบคุมการใช้น้ำจากระยะไกล และตรวจสอบสถานการณ์ต่าง ๆ ของระบบชลประทานได้แบบเรียลไทม์

การประยุกต์ใช้ระบบชลประทานอัจฉริยะในประเทศไทยเริ่มมีความสำคัญเพิ่มขึ้นในหลายพื้นที่ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีการเกษตรที่ใช้น้ำมากและต้องการการจัดการน้ำอย่างเข้มข้น เช่น ในการปลูกข้าวและพืชผลอื่น ๆ ในภาคกลางและภาคเหนือของประเทศไทย ข้าวเป็นพืชที่ต้องการน้ำมาก ในขณะที่พืชไร่และพืชสวนแต่ละชนิดมีความต้องการปริมาณน้ำที่แตกต่างกัน การใช้ระบบชลประทานอัจฉริยะในการควบคุมปริมาณน้ำให้เหมาะสมกับความต้องการของข้าวสามารถช่วยลดการใช้น้ำโดยไม่จำเป็นได้

สำนักงานทรัพยากรน้ำรายงานผลการดำเนินงานผ่านความร่วมมือกับกับสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (GISDA) ในการใช้เทคโนโลยีภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อสำรวจข้อมูล จัดทำ “บัญชีแหล่งน้ำ” และพัฒนาแอปพลิเคชันในการจัดเก็บข้อมูลแหล่งน้ำ สำหรับใช้เป็นข้อมูลประกอบการบริหารจัดการน้ำและรับมือน้ำท่วม/ภัยแล้ง โดยมีการต่อยอดนำนวัตกรรมการบริหารจัดการน้ำในรูปแบบ Nearly Real time Analytic มาช่วยให้การเข้าถึงข้อมูลได้สะดวก รวดเร็ว และแม่นยำ ผ่านเทคโนโลยี “One Map” ทำให้เกิด “คลังข้อมูลน้ำและภูมิอากาศแห่งชาติ” ที่รวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้แก่ ข้อมูลฝน การคาดการณ์ฝนและพายุ คลื่น น้ำหลัก ระดับน้ำในแหล่งต่าง ๆ ทั้งอ่างเก็บน้ำ แม่น้ำสายหลัก และแหล่งน้ำธรรมชาติขนาดใหญ่

ทีมนักวิจัยเทคโนโลยีเกษตรดิจิทัล รายงานถึงระบบรดน้ำอัตโนมัติที่มีการใช้งานในประเทศไทย ซึ่งแบ่งได้เป็น 4 กลุ่มได้แก่ ระบบอัตโนมัติตามเวลา ตามความชื้นดิน ตามอัตราการระเหย และ ตามความต้องการของพืช (เสกสรรค์ และคณะ, 2565) เริ่มจากระบบรดน้ำอัตโนมัติตามเวลาที่เหมาะสำหรับพื้นที่ไม่ใหญ่นัก โดยจะมีอุปกรณ์ในการตั้งเวลาเปิดปิดแบบอัตโนมัติที่ใช้พลังงานจากถ่านซึ่งสามารถติดตั้งเข้ากับก๊อกน้ำทั่วไป มีข้อดีคือติดตั้งง่าย ไม่ซับซ้อน แต่การรดน้ำอัตโนมัติระบบนี้จะเกิดขึ้นแม้ตอนฝนตกทำให้เกิดความ

สิ้นเปลือง และการที่อุปกรณ์ตั้งเวลาใช้พลังงานจากถ่าน เมื่อแรงดันไฟฟ้าลดลงไปตามอายุการใช้งานอาจทำให้ระบบไม่สามารถทำงานได้ ส่วนระบบรดน้ำอัตโนมัติตามความชื้นดิน จะมีกล่องควบคุมที่มีไมโครคอนโทรลเลอร์เพิ่มเข้ามา เพื่อตรวจเช็คสภาพแวดล้อมด้วยเซนเซอร์ต่าง ๆ เช่น เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ เซนเซอร์วัดความชื้นดิน หรือเซนเซอร์ตรวจวัดปริมาณน้ำฝน ข้อดีคือมีความเหมาะสมสำหรับการปลูกพืชที่ต้องการควบคุมการให้น้ำแต่มีราคาสูงกว่าแบบแรก รูปที่ 4.1 แสดงระบบรดน้ำอัตโนมัติที่พัฒนาโดยศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ ซึ่งเป็นกล่องควบคุมวาล์วสำหรับรดน้ำ ที่เรียกว่า Water FiT รุ่น Simple นอกจากนี้ยังได้ออกแบบระบบให้น้ำสำหรับการเพาะปลูกในพื้นที่ขนาดใหญ่ ที่เรียกว่า Water FiT รุ่น Evergreen ดังรูปที่ 4.2 ซึ่งการขยายสเกลนี้ทำให้ครอบคลุมพื้นที่มากขึ้นได้ โดยการติดตั้งเซนเซอร์ในแต่ละพื้นที่และส่งข้อมูลกลับมายังส่วนกลางเพื่อประมวลผล และควบคุมกล่องวาล์วในแต่ละจุดให้รดน้ำ โดยสามารถดูค่าเซนเซอร์ต่าง ๆ ผ่านหน้าเว็บไซต์บนมือถือได้ ซึ่งทั้งสองระบบที่ได้กล่าวมานี้มีการใช้งานอย่างแพร่หลาย แต่อย่างไรก็ตามยังมีระบบให้น้ำอีกสองกลุ่มซึ่งอยู่ในขั้นตอนการวิจัยและพัฒนา ได้แก่ ระบบรดน้ำอัตโนมัติตามอัตราการระเหยและตามความต้องการของพืช



รูปที่ 4.1 กล่องควบคุมวาล์วสำหรับรดน้ำ Water FiT รุ่น Simple ที่พัฒนาโดย NECTEC

ที่มา: เสกสรรค์ ศาสตรสถิต และ เกสร กาลจิตร (2565)



รูปที่ 4.2 กล้องควบคุมวาล์วสำหรับรดน้ำ Water FiT รุ่น Evergreen ที่พัฒนาโดย NECTEC

ที่มา: เสกสรรค์ ศาสตราจารย์ และ เกสร กาลจิตร์ (2565)

ระบบรดน้ำอัตโนมัติตามการระเหยที่พัฒนาขึ้นโดยศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) อาศัยข้อมูลสภาพภูมิอากาศของแต่ละท้องถิ่น โดยการติดตั้งสถานีวัดอากาศ และคำนวณค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชร่วมกับค่าสัมประสิทธิ์ต่าง ๆ เพื่อหาปริมาณที่พืชต้องการน้ำในแต่ละวันตามอัตราการระเหย ส่วนระบบรดน้ำอัตโนมัติตามความต้องการของพืชนั้น ทางศูนย์ฯ มีโครงการนำร่องร่วมกับศูนย์วิจัยพืชสวน จังหวัดจันทบุรี มหาวิทยาลัยขอนแก่น และศูนย์วิจัย Julish ประเทศเยอรมัน เพื่อตรวจวัดและทดสอบการใช้งานระบบนี้ในทุเรียนที่จังหวัดจันทบุรี ทางทีมวิจัยติดตั้งเซนเซอร์และทำการศึกษาปริมาณต่าง ๆ ที่มีผลต่อความต้องการน้ำของทุเรียน เช่น การวัดอุณหภูมิใบ อุณหภูมิทรงพุ่ม การคายน้ำและการคายน้ำของทุเรียน ดังรูปที่ 4.3 ในสภาวะต่าง ๆ ที่แตกต่างกันไป ยกตัวอย่างเช่น ขณะที่ทุเรียนออกดอก ติดดอก หรือให้ผลขนาดเล็ก เป็นต้น เพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดี และมีผลการเศรษฐกิจและการส่งออกต่อไป ข้อดีของระบบรดน้ำอัตโนมัติทั้งสองแบบนี้คือสามารถให้น้ำตามความต้องการพืชโดยตรง แต่เซนเซอร์และอุปกรณ์มีราคาแพงจึงเหมาะสมกับพืชเศรษฐกิจบางประเภท ซึ่งยังอยู่ในขั้นตอนการวิจัยและพัฒนา



รูปที่ 4.3 การวิจัยและพัฒนาระบบรดน้ำอัตโนมัติตามความต้องการของทุเรียน โดย NECTEC

ที่มา: เสกสรรค์ ศาสตราจารย์ และ เกสร กาลจิตร์ (2565)

โครงการชลประทานอัจฉริยะฯ เชื่อมมูลบน จังหวัดนครราชสีมา (ไทยรัฐ, 2566ข) มีการนำเทคโนโลยีการบริหารจัดการน้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุดพร้อมนาร่องแปลงเกษตรอัจฉริยะ 337 ไร่ เป็นต้นแบบเชิงพาณิชย์ ซึ่งพบว่าสามารถเพิ่มผลผลิตการเพาะปลูกให้สูงขึ้น โดยในระยะที่ 1 ประกอบด้วย งานพัฒนาระบบจัดการการเพาะปลูกอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีดิจิทัล และ IoT พร้อมปรับปรุงระบบส่งน้ำแบบอัตโนมัติเพื่อจัดการน้ำและปุ๋ยแก่พืชตลอดฤดูกาลเพาะปลูกในพื้นที่แปลงสาธิต 10 ไร่ และงานพัฒนาระบบควบคุมการแบ่งจ่ายน้ำอัจฉริยะไปยังคลองส่งน้ำหลักเพื่อแบ่งจ่ายน้ำสู่พื้นที่จัดการน้ำ โดยติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดระยะไกล และระบบควบคุม SCADA นอกจากนี้ยังมีงานพัฒนาระบบชลประทานอัจฉริยะเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการบริหารจัดการน้ำ โดยใช้เทคโนโลยีการวัดระยะไกล และ IoT หรือ ระบบ “RID Meesuk” ดังรูปที่ 4.4 ในพื้นที่จัดการน้ำเพื่อการเกษตรนาร่อง 337 ไร่ ที่เน้นถึงการจัดการน้ำตามความต้องการของผู้ใช้น้ำ โครงสร้างพื้นฐานระบบชลประทาน และแหล่งทรัพยากรน้ำในพื้นที่ เพื่อแก้ปัญหาการแบ่งจ่ายน้ำและปรับปรุงประสิทธิภาพการบริหารจัดการน้ำ ทำให้เพิ่มผลผลิตการใช้น้ำให้สูงขึ้นและสามารถลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมได้ ในโครงการยังได้พัฒนาศูนย์เรียนรู้เทคโนโลยีเกษตรอัจฉริยะสำหรับการจัดการเพาะปลูกแบบแปลงน้ำหยด แปลงเปียกสลับแห้ง และแปลงน้ำขังอีกด้วย

สถาปัตยกรรม ของระบบ RID Meesuk



รูปที่ 4.4 ระบบ RID Meesuk ของโครงการชลประทานอัจฉริยะฯ เชื่อมมูลบน จังหวัดนครราชสีมา

ที่มา: ไทยรัฐ. (2566ก)

โครงการมุ่งเป้าสู่การชลประทานอัจฉริยะ PIS (The Project for Irrigation toward Smart) คือการบริการบริหารจัดการน้ำโดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยและเหมาะสมตลอด 24 ชั่วโมง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของกรมชลประทาน ซึ่งขณะนี้อยู่ในระหว่างโครงการนำร่องระยะที่ 1 โดยเทคโนโลยีที่นำมาใช้จะมีเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่ ระบบโทรมาตรเพื่อให้ทราบถึงปริมาณน้ำที่ไหลลงอ่างที่สามารถติดตามได้ตลอด 24 ชั่วโมง โดยข้อมูลจากระบบโทรมาตรจะส่งมายังศูนย์ปฏิบัติการน้ำอัจฉริยะ (SWOC) ที่กรมชลฯ สามเสน เพื่อเป็นข้อมูลในการพยากรณ์และวางแผนบริหารจัดการ จากนั้นจึงส่งต่อไปยังสำนักงานประทานในแต่ละพื้นที่เพื่อควบคุมบานประตูน้ำผ่านระบบ SCADA ที่มีหน้าที่ตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำ และควบคุมบานประตูน้ำอัตโนมัติ นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาฝายพับได้ การทำแบบจำลองคำนวณความต้องการใช้น้ำ การพัฒนาโดรนที่สามารถตรวจสอบภาพเพื่อจำแนกชนิดพืชได้ นอกจากนี้ยังมีการติดตั้งเครื่องวัดความชื้นในดิน วัดระดับน้ำในแปลงนา เพื่อความแม่นยำในการจัดสรรน้ำให้แต่ละพื้นที่

4.3 การพัฒนาและนวัตกรรมในระบบชลประทาน

การพัฒนาระบบชลประทานเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยในการจัดการน้ำเพื่อสนับสนุนการเกษตรกรรม โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีแหล่งน้ำจำกัดหรือในพื้นที่ที่ประสบปัญหาภัยแล้ง ระบบชลประทานที่มีประสิทธิภาพสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร ลดการสูญเสียน้ำ และเพิ่มความยั่งยืนให้กับการเพาะปลูก การพัฒนาและนวัตกรรมในระบบชลประทานจึงเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน

ระบบชลประทานแบบดั้งเดิมมักใช้วิธีการกระจายน้ำในพื้นที่เกษตรกรรมโดยตรง เช่น การใช้ระบบคลองหรือร่องน้ำในการส่งน้ำจากแหล่งน้ำไปยังพื้นที่ปลูก ซึ่งแม้ว่าจะมีความง่ายและคุ้มค่าในบางพื้นที่ แต่ก็ยังมีข้อจำกัดทั้งในเรื่องการสูญเสียน้ำจากการระเหย การไหลบ่าไม่ทั่วถึง และการควบคุมการใช้น้ำที่ไม่เหมาะสม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้น้ำและลดการสูญเสียจากระบบชลประทาน จึงมีการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในภาคการเกษตรได้ เช่น

- ระบบชลประทานแบบน้ำหยดเป็นหนึ่งในนวัตกรรมที่สำคัญในการจัดการน้ำในภาคเกษตรกรรม ซึ่งสามารถลดการสูญเสียน้ำและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำได้สูง ระบบนี้ใช้น้ำที่ผ่านท่อไปยังต้นไม้โดยตรงในรูปแบบหยด จึงทำให้สามารถควบคุมปริมาณน้ำที่ใช้ได้แม่นยำและลดการระเหยหรือการไหลบ่าของน้ำ
- การพัฒนาเทคโนโลยีเซนเซอร์และระบบอัตโนมัติในการควบคุมการใช้น้ำเป็นอีกหนึ่งนวัตกรรมที่ช่วยให้การชลประทานมีประสิทธิภาพสูงขึ้น เซนเซอร์สามารถตรวจวัดความชื้นในดินและส่งข้อมูลไปยังระบบควบคุมอัตโนมัติที่สามารถเปิดหรือปิดการไหลของน้ำตามความต้องการของพืชได้อย่างแม่นยำ ลดการใช้น้ำในปริมาณที่เกินจำเป็น
- แอปพลิเคชันบนมือถือสำหรับการจัดการชลประทานที่ช่วยให้เกษตรกรสามารถตรวจสอบและควบคุมการใช้น้ำได้ง่ายขึ้น เป็นนวัตกรรมที่ตอบสนองต่อความต้องการในการจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ การใช้แอปพลิเคชันเพื่อคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องใช้ในแต่ละช่วงเวลาหรือสถานการณ์ต่าง ๆ ช่วยให้เกษตรกรสามารถวางแผนการใช้น้ำได้อย่างเหมาะสม
- ระบบการจัดการน้ำแบบไม่รวมศูนย์เป็นระบบที่แยกตัวบริหารจัดการน้ำจากศูนย์กลาง แต่ยังคงทำงานร่วมกันกับระบบใหญ่อยู่ เมื่อใช้งานร่วมกับระบบเซนเซอร์ไอโอที และ ปัญญาประดิษฐ์ที่วิเคราะห์ข้อมูลสภาพแวดล้อมและรูปแบบการใช้น้ำ ทำให้สามารถติดตามงานได้ใกล้ชิดและรวดเร็ว ลดปริมาณน้ำที่สูญหายไป และมีความยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมโลก

การพัฒนาระบบชลประทานและนวัตกรรมใหม่ ๆ มีผลดีหลายประการ โดยเฉพาะในด้านการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรและการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ ช่วยลดการสูญเสียและเพิ่มความยั่งยืนในการจัดการทรัพยากรน้ำ ลดการขาดแคลนน้ำและป้องกันผลกระทบจากภัยแล้งในอนาคต

4.3.1 งานวิจัยด้านฟิลิกส์ที่ช่วยพัฒนาระบบชลประทาน

การพัฒนาระบบชลประทานที่มีประสิทธิภาพเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเกษตรและการจัดการทรัพยากรน้ำ โดยเฉพาะในประเทศที่มีการเกษตรกรรมเป็นส่วนสำคัญของเศรษฐกิจ การพัฒนาและการวิจัยในด้านฟิลิกส์มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบชลประทาน ทั้งในด้านการควบคุมการไหลของน้ำ การวัดและคำนวณปริมาณน้ำ การใช้พลังงานทดแทนในการขับเคลื่อนระบบชลประทาน และการลดการสูญเสียจากกระบวนการต่าง ๆ โดยการประยุกต์ใช้หลักการทางฟิลิกส์ในการออกแบบและพัฒนาเทคโนโลยีจะช่วยให้ระบบชลประทานอย่างยั่งยืนและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

การควบคุมการไหลของน้ำในระบบชลประทานเป็นหัวข้อหลักที่ได้รับการศึกษาและพัฒนาโดยการใช้หลักการฟิลิกส์ของการไหลของของไหล งานวิจัยในด้านนี้มุ่งเน้นไปที่การออกแบบระบบชลประทานที่สามารถควบคุมอัตราการไหลของน้ำให้เหมาะสมกับความต้องการของพืชในแต่ละช่วงเวลา เพื่อให้ระบบสามารถส่งน้ำไปยังพื้นที่ที่ต้องการได้โดยไม่มีการสูญเสียหรือการใช้ทรัพยากรเกินความจำเป็น นักวิจัยจากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ได้พัฒนานวัตกรรมชลประทานอัจฉริยะ “Hendy Sense” หรือเทคโนโลยีเซนเซอร์กับการควบคุมระบบการให้น้ำ ซึ่งเป็นระบบการให้น้ำอัตโนมัติตามค่าความชื้นในดินที่เหมาะสมตามชนิดของพืช และยังสามารถปรับสภาพแวดล้อม เช่น แสง อุณหภูมิของโรงเรือนให้เหมาะสมกับพืชได้อย่างอัตโนมัติ ด้วยระบบควบคุมการบริหารจัดการผ่านสมาร์ทโฟน โดยเกษตรกรสามารถใช้ Hendy Sense ตรวจสอบความชื้นในดินและสภาพอากาศ เก็บข้อมูลและคำนวณปริมาณน้ำที่พืชต้องการเพื่อปรับการไหลของน้ำได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งมีการใช้หลักการฟิลิกส์ในการวัดและประมวลผลข้อมูล เพื่อให้การจัดการน้ำเป็นไปอย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพสูงสุด

ออนนิอร์แกนิกฟาร์ม จังหวัดกาญจนบุรี (Onniorganicfarm, 2562) ได้พัฒนาการควบคุมระบบน้ำอัตโนมัติ เพื่อใช้ในการเกษตร โดยผู้ควบคุมอัตโนมัติประกอบด้วย ระบบควบคุมด้วยเวลา ระบบควบคุมแบบไร้สายผ่านมือถือ และระบบควบคุมด้วยตนเอง ซึ่งสามารถประยุกต์การใช้งานร่วมกับเซนเซอร์ความร้อน เพื่อควบคุมอุณหภูมิในโรงเรือนหรือระบบปิด โดยโซลินอยด์จะพ่นน้ำเพื่อระบายความร้อนเมื่ออุณหภูมิสูงกว่าค่าที่ตั้งไว้

การใช้วิธีการเรียนรู้ของเครื่องจักรในการจัดการน้ำในระบบชลประทานช่วยให้ระบบสามารถปรับตัวและเรียนรู้จากข้อมูลที่ได้รับในแบบเรียลไทม์ เช่น ข้อมูลเกี่ยวกับความชื้นในดิน สภาพอากาศ และสภาพของพืช เป็นต้น มีข้อดีในด้านความยืดหยุ่นและความสามารถในการปรับตัวต่อข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา การคำนวณและการประมวลผลข้อมูลสามารถทำได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ในสถานการณ์ที่ไม่สามารถใช้ข้อมูลทางฟิลิกส์ในการคำนวณได้ทันที ในขณะที่การสร้างแบบจำลองทางฟิลิกส์ในการจัดการชลประทานอาศัยการใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ เช่น พลศาสตร์ของของไหล และการเคลื่อนที่ของน้ำในดิน ซึ่งสามารถใช้คำนวณปริมาณน้ำที่พืชต้องการตามลักษณะของดินและสภาพแวดล้อม มีข้อดีในการให้ข้อมูลที่มีความแม่นยำและสามารถอธิบายถึงการกระจายน้ำในดินและการดูดซึมน้ำของพืชได้ดี แต่จำเป็นต้องมีข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับคุณสมบัติของดินและสภาพแวดล้อมต่างๆ ที่อาจเปลี่ยนแปลงได้

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า การผสมผสานเทคนิคทั้งสองอาจเป็นทางเลือกที่ดีที่สุดสำหรับการจัดการน้ำในระบบเกษตรกรรมในอนาคต (Gumiere et al., 2020)

เทคโนโลยีการชลประทานที่แม่นยำ เป็นเทคโนโลยีที่ช่วยประหยัดน้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ โดยมุ่งเน้นไปที่การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ และการลดผลกระทบต่อ เพื่อจัดการการใช้น้ำให้เหมาะสมที่สุดในแต่ละสถานการณ์ โดยใช้เทคโนโลยีต่างๆ ในการให้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ระบบชลประทานแบบน้ำหยด ระบบชลประทานพ่นฝอย และเครือข่ายชลประทานอัจฉริยะ ซึ่งมีการใช้เซนเซอร์ตรวจวัดความชื้นในดินและสภาพอากาศ จึงสามารถควบคุมการให้น้ำได้ตามความต้องการของพืชในแต่ละช่วงเวลา สภาพแวดล้อมต่าง ๆ นอกจากนี้ยังได้ชี้ให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งส่งผลกระทบต่อจัดการน้ำในภาคเกษตรกรรม เช่น การขาดแคลนน้ำและอุณหภูมิที่สูงขึ้น เป็นต้น ทำให้การใช้เทคโนโลยีการชลประทานที่แม่นยำเป็นสิ่งสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำและสามารถเพิ่มผลผลิตได้อย่างมีนัยสำคัญในพื้นที่ที่ขาดแคลนน้ำในภาวะที่อากาศเปลี่ยนแปลง การให้น้ำในปริมาณที่พอเหมาะและเวลาที่เหมาะสม ช่วยลดการใช้น้ำที่ไม่จำเป็นและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มาจากการใช้พลังงานในการชลประทานได้ (Lakhier et al., 2024)

งานวิจัยเกี่ยวกับการใช้พลังงานทดแทนในการขับเคลื่อนระบบชลประทานเป็นอีกหนึ่งประเด็นที่ได้รับความสนใจ โดยเฉพาะการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการขับเคลื่อนปั้มน้ำ ในระบบชลประทานงานวิจัยในด้านนี้ใช้หลักการฟิลิกส์ในการคำนวณความต้องการพลังงานในการสูบน้ำและการเลือกอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงเพื่อใช้งานร่วมกับแหล่งพลังงานทดแทน เช่น แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Panels) ซึ่งมีการศึกษาถึงการคำนวณความต้องการพลังงานจากการสูบน้ำและการออกแบบระบบให้สามารถทำงานได้อย่างยั่งยืนในพื้นที่ห่างไกล

ระบบสูบน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นเทคโนโลยีที่ใช้พลังงานทดแทนในการขับเคลื่อนปั้มน้ำเพื่อการเกษตรและใช้งานในพื้นที่ห่างไกล จึงมีการวิจัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ การพัฒนาระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ และการประยุกต์ใช้ในภาคการเกษตรและอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น การชลประทานทางการเกษตร การจัดการน้ำในฟาร์มสัตว์ และการใช้งานในระบบน้ำประปาในพื้นที่ห่างไกล เป็นต้น (Aliyu et al., 2018) ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เหมาะสมกับพื้นที่ที่ขาดแคลนการเข้าถึงพลังงานไฟฟ้า เนื่องจากสามารถใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ที่มีอยู่ในธรรมชาติ จึงสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้น้ำในภาคเกษตรกรรมและลดการใช้พลังงานจากแหล่งฟอสซิล ซึ่งช่วยลดต้นทุนการผลิตน้ำและสนับสนุนการพัฒนาที่ยั่งยืนในด้านการเกษตรในพื้นที่ห่างไกลและการจัดการทรัพยากรน้ำ แต่การติดตั้งระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์นั้นต้องการการลงทุนที่ค่อนข้างสูงและต้องมีการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ รวมถึงความไม่แน่นอนของแสงอาทิตย์ในบางพื้นที่ที่อาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของระบบการพัฒนาเทคโนโลยีที่สามารถรวมแหล่งพลังงานอื่นๆ เช่น การเก็บพลังงานในแบตเตอรี่หรือการใช้งานร่วมกับแหล่งพลังงานฟอสซิลในบางกรณี จะช่วยให้ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์มีความยืดหยุ่นมากขึ้นและสามารถใช้งานได้ในทุกสภาพอากาศ

การพัฒนาระบบชลประทานแบบอัจฉริยะที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย โดยมุ่งเน้นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในการบริหารจัดการน้ำในภาคเกษตรกรรมอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อลดการใช้น้ำและเพิ่มผลผลิตของพืชในขณะเดียวกัน โดยผสมผสานระบบการสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เข้ากับระบบชลประทานอัจฉริยะ โดยทำการเก็บข้อมูลภาคสนามในพื้นที่ที่มีการติดตั้งระบบน้ำร่อง 2 แห่งในประเทศไทย คือ สวนนงนุชที่พัทยา และภาคการเกษตรในจังหวัดบุรีรัมย์ (Ayundyahrini et al., 2023) ส่วนประกอบ

หลักของระบบปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ประกอบด้วย ปั๊มจุ่ม แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ภาชนะเก็บน้ำ รวมถึงอุปกรณ์เสริมอื่น ๆ ที่จำเป็น เช่น ระบบป้องกันไฟกระชาก เซนเซอร์ระดับ และ เซนเซอร์แรงดันน้ำ เป็นต้น (ระบบนี้ไม่ควรติดตั้งแบตเตอรี่เนื่องจากมีต้นทุนการบำรุงรักษาสูง) จากการวิจัยพบว่าระบบชลประทานอัจฉริยะที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อใช้ร่วมกับเซนเซอร์ตรวจจับความชื้น สามารถควบคุมปริมาณน้ำที่ใช้ได้อย่างแม่นยำช่วยลดการสูญเสียที่ไม่จำเป็น จึงสามารถเพิ่มผลผลิตได้เนื่องจากพืชได้รับน้ำอย่างเหมาะสมในเวลาที่ต้องการ นอกจากนี้การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ยังช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการใช้พลังงานฟอสซิลในการขับเคลื่อนปั๊มสูบน้ำ ระบบชลประทานแบบอัจฉริยะที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์นี้จึงเป็นทางเลือกที่ยั่งยืนสำหรับการเกษตรโดยเฉพาะในพื้นที่ที่ขาดแคลนน้ำและแหล่งพลังงาน

4.3.2 เทคโนโลยีใหม่ในการจัดการน้ำและการอนุรักษ์น้ำ

การจัดการน้ำและการอนุรักษ์น้ำเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาที่ยั่งยืน โดยเฉพาะในสภาวะที่แหล่งน้ำธรรมชาติมีความจำกัดและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำในแหล่งต่างๆ การนำเทคโนโลยีใหม่ที่ผสมผสานหลักการฟิสิกส์เข้าใช้ในการจัดการน้ำและการอนุรักษ์น้ำ จึงมีความสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้น้ำอย่างยั่งยืนและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยหลักการฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการน้ำมักจะเชื่อมโยงกับการไหลของน้ำ การถ่ายเทความร้อน การกระจายตัวของแรงดัน และการเปลี่ยนแปลงสภาพของน้ำ ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการออกแบบและพัฒนาเทคโนโลยีต่างๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการน้ำได้ เช่น การควบคุมการไหลของน้ำ การกรองน้ำ การกักเก็บน้ำ หรือการลดการสูญเสียจากระบบชลประทาน

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีใหม่ที่เกี่ยวข้องกับหลักการฟิสิกส์ในการจัดการน้ำและการอนุรักษ์น้ำมีหลายรูปแบบ ซึ่งเทคโนโลยีเหล่านี้ได้รับการพัฒนาจากการศึกษาหลักการฟิสิกส์ของการไหลและการถ่ายเทพลังงาน ดังนี้

- ระบบชลประทานแบบน้ำหยด เป็นเทคโนโลยีที่ใช้หลักการฟิสิกส์เกี่ยวกับการไหลของน้ำ โดยการควบคุมอัตราการไหลของน้ำไปยังพืชแต่ละต้นผ่านท่อขนาดเล็ก การใช้แรงดันที่ต่ำและการควบคุมการไหลช่วยให้สามารถควบคุมให้ปริมาณน้ำที่พืชต้องการได้อย่างแม่นยำและไม่สูญเสียไปในดินหรือจากการระเหย นอกจากนี้ยังสามารถลดการสูญเสียพลังงานจากการสูบน้ำได้ เนื่องจากแรงดันที่ใช้ในระบบต่ำกว่าระบบชลประทานแบบอื่น ๆ

- เทคโนโลยีการรีไซเคิลน้ำ ใช้หลักการฟิสิกส์ในการบำบัดและกรองน้ำให้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ โดยใช้กระบวนการแยกสารปนเปื้อนในน้ำ เช่น การกรองด้วยเมมเบรน การใช้เทคโนโลยีการระเหยน้ำ หรือการใช้เทคโนโลยีการถ่ายเทความร้อน เช่น การใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการกลั่นน้ำ (Solar Distillation) ซึ่งช่วยให้สามารถนำน้ำที่มีมลพิษหรือปนเปื้อนมาใช้น้ำใหม่ในกระบวนการต่าง ๆ โดยการประยุกต์ใช้หลักการฟิสิกส์ในกระบวนการกรองและการแยกสาร

- การใช้น้ำฝนและการจัดการน้ำฝน เป็นอีกหนึ่งเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับฟิสิกส์ โดยการคำนวณปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาในพื้นที่แต่ละช่วงเวลา การใช้หลักการฟิสิกส์ในการประเมินแรงดันและการไหลของน้ำฝนผ่านระบบท่อ หรือการเลือกวัสดุในการเก็บน้ำฝนเพื่อหลีกเลี่ยงการสูญเสียพลังงานจากการ

ระเหย และเพิ่มประสิทธิภาพในการกักเก็บน้ำ เพื่อนำมาใช้ในพื้นที่ที่ขาดแคลนน้ำในอนาคต การออกแบบถังเก็บน้ำฝนและระบบท่อที่มีความเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศและพื้นที่ใช้งานจึงจำเป็นต้องใช้การคำนวณทางฟิสิกส์

- ระบบการจัดการน้ำด้วยเซนเซอร์ ใช้หลักการฟิสิกส์ในการวัดและตรวจสอบความชื้นในดิน และระดับน้ำ เช่น เซนเซอร์วัดความชื้น ซึ่งใช้เทคโนโลยีการวัดค่าความต้านทานของดิน หรือการวัดการเปลี่ยนแปลงของการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อตรวจสอบความชื้นของดินและส่งข้อมูลไปยังระบบควบคุมอัตโนมัติ ซึ่งจะเปิดหรือปิดการไหลของน้ำในเวลาที่เหมาะสม การใช้เซนเซอร์เหล่านี้ช่วยให้การใช้น้ำมีความแม่นยำมากขึ้น ลดการสูญเสียและการใช้น้ำที่ไม่จำเป็น

- เทคโนโลยีการลดการระเหยของน้ำ เป็นการประยุกต์ใช้หลักการฟิสิกส์เกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อน โดยการใช้เทคนิคต่าง ๆ เช่น การใช้ผ้าคลุมดิน หรือการใช้สารเคลือบผิวที่มีคุณสมบัติในการลดการระเหย ซึ่งสารเคลือบเหล่านี้จะช่วยลดการสูญเสียน้ำจากการระเหยและช่วยรักษาความชื้นในดินให้คงอยู่ได้นานขึ้น เทคโนโลยีนี้สามารถนำมาใช้ในพื้นที่เกษตรกรรมหรือแม้กระทั่งในพื้นที่ที่ต้องการรักษาระดับน้ำในบ่อน้ำหรืออ่างเก็บน้ำ

การใช้เทคโนโลยีใหม่ในการจัดการน้ำและการอนุรักษ์น้ำที่เกี่ยวข้องกับฟิสิกส์มีประโยชน์มากมาย ทั้งในด้านการประหยัดทรัพยากรน้ำ การเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้น้ำ และการช่วยลดผลกระทบจากการขาดแคลนน้ำ โดยเทคโนโลยีเหล่านี้สามารถช่วยให้การบริหารจัดการน้ำเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ลดการสูญเสียน้ำในกระบวนการต่าง ๆ และทำให้สามารถใช้น้ำได้อย่างยั่งยืน

4.3.3 แนวทางการใช้พลังงานทดแทนในการพัฒนาระบบชลประทานในอนาคต

การพัฒนาระบบชลประทานที่มีประสิทธิภาพเป็นสิ่งสำคัญในการสนับสนุนภาคเกษตรกรรม โดยเฉพาะในประเทศที่มีการเกษตรกรรมเป็นส่วนสำคัญของเศรษฐกิจ เช่น ประเทศไทย ที่ประสบกับปัญหภัยแล้งและการขาดแคลนน้ำในหลายพื้นที่ การใช้น้ำในการเกษตรกรรมมักต้องใช้พลังงานจำนวนมากเพื่อสูบน้ำและกระจายน้ำไปยังพื้นที่ต่าง ๆ โดยเฉพาะในระบบชลประทานที่ใช้ปั๊มในการส่งน้ำ พลังงานที่ใช้ในการสูบน้ำส่วนใหญ่จะมาจากพลังงานฟอสซิล ซึ่งทั้งมีต้นทุนสูงและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การหันมาใช้พลังงานทดแทน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม และพลังงานชีวมวล การใช้พลังงานทดแทนในการพัฒนาระบบชลประทานจึงเป็นแนวทางที่สามารถช่วยลดการพึ่งพาแหล่งพลังงานฟอสซิล ซึ่งมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้พลังงานทดแทนสามารถช่วยเพิ่มความยั่งยืนในระบบชลประทานและการจัดการน้ำในระยะยาว อีกทั้งยังช่วยลดต้นทุนการผลิตและการสูญเสียพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นหนึ่งในพลังงานทดแทนที่มีศักยภาพสูงในการใช้ในระบบชลประทาน เนื่องจากแหล่งพลังงานแสงอาทิตย์มีอยู่ทั่วไปและสามารถใช้ได้ในพื้นที่เกษตรกรรมที่มีแสงแดดส่องถึงเป็นเวลานาน การใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ในการขับเคลื่อนปั๊มน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นเทคโนโลยีที่ได้รับความนิยมในระบบชลประทาน เนื่องจากช่วยลดการใช้พลังงานจากแหล่งฟอสซิลและลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ นอกจากนี้ยังช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและสนับสนุนการพัฒนาพลังงานสะอาด การพัฒนาเทคโนโลยีในระบบชลประทานพลังงานแสงอาทิตย์ในอนาคตสามารถทำให้มีความยืดหยุ่นในการใช้งานมากขึ้น เช่น การพัฒนาระบบชลประทานอัจฉริยะ ที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเซนเซอร์และระบบ

ควบคุมอัตโนมัติ เพื่อให้สามารถเปิดหรือปิดการไหลของน้ำได้ตามความต้องการของพืชในเวลาที่เหมาะสม นอกจากนี้การเชื่อมโยงข้อมูลผ่านระบบไอโอทียังสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการน้ำ

พลังงานลมสามารถนำมาใช้ในการพัฒนาปั๊มน้ำพลังงานลมในระบบชลประทาน โดยการติดตั้งกังหันลมในพื้นที่ที่มีลมแรง ซึ่งพลังงานลมที่ได้จะถูกใช้ในการสูบน้ำและกระจายน้ำไปยังพื้นที่ต่าง ๆ การใช้พลังงานลมสามารถช่วยลดต้นทุนพลังงานและเป็นทางเลือกที่ยั่งยืนในการจัดการน้ำในพื้นที่ที่มีทรัพยากรลมเหมาะสม ในปัจจุบัน เทคโนโลยีกังหันลมขนาดเล็กที่ใช้ในระบบชลประทานกำลังได้รับความนิยม เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งต่ำและสามารถใช้งานในพื้นที่ห่างไกลได้ การพัฒนากังหันลมที่มีประสิทธิภาพสูงและสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพอากาศในแต่ละพื้นที่ได้จะช่วยเพิ่มความสามารถในการใช้งานพลังงานลมในระบบชลประทาน

พลังงานชีวมวลเป็นพลังงานที่ได้จากการเผาผลาญวัสดุทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว เศษไม้ หรือพืชที่ไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรได้ ซึ่งสามารถใช้ในการผลิตพลังงานเพื่อขับเคลื่อนปั๊มชลประทานหรือใช้ในกระบวนการทำความร้อนในระบบชลประทาน โดยพลังงานชีวมวลมีข้อดีที่สามารถผลิตได้จากวัสดุในท้องถิ่น ทำให้ไม่ต้องพึ่งพาพลังงานจากแหล่งฟอสซิล การใช้พลังงานชีวมวลในระบบชลประทานยังสามารถช่วยลดมลพิษและขยะจากภาคเกษตรกรรม และเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจให้กับเกษตรกรจากการขายหรือใช้วัสดุเหลือทิ้งในการผลิตพลังงาน การพัฒนาระบบการเผาไหม้และการแปลงพลังงานชีวมวลให้มีประสิทธิภาพสูง จะช่วยเพิ่มศักยภาพในการใช้งานพลังงานชีวมวลในระบบชลประทานได้มากยิ่งขึ้น

การใช้พลังงานทดแทนในการพัฒนาระบบชลประทานมีประโยชน์หลายประการ ได้แก่ ลดต้นทุนการผลิต จากการพึ่งพาพลังงานจากแหล่งฟอสซิลที่มีต้นทุนสูง เพิ่มความยั่งยืนเนื่องจากพลังงานสะอาดจะช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ลดการพึ่งพาพลังงานจากภายนอก และส่งเสริมการพัฒนาในชนบท เพราะสามารถติดตั้งในพื้นที่ห่างไกลได้ ไม่ต้องพึ่งพาโครงสร้างพื้นฐานที่ซับซ้อน

การพัฒนาและใช้พลังงานทดแทนในระบบชลประทานยังมีความท้าทายที่ต้องเผชิญ เช่น ต้นทุนการลงทุนเริ่มต้นสูง ต้องการการบำรุงรักษาที่มีความชำนาญ และความผันผวนของพลังงานตามสภาพอากาศ ซึ่งการแก้ไขปัญหาเหล่านี้ จำเป็นต้องมีการสนับสนุนจากภาครัฐในการลงทุนในโครงสร้างพื้นฐาน การฝึกอบรมเกษตรกรในการใช้เทคโนโลยีใหม่ และการพัฒนาเทคโนโลยีให้มีความทนทานและประสิทธิภาพสูงขึ้น

กรมชลประทานจัดทำคู่มือการเพิ่มประสิทธิภาพระบบกระจายน้ำแบบน้ำหยดในแปลงเพาะปลูกด้วยพลังงานทดแทนตามแนวพระราชดำริ เพื่อให้เกษตรกรมีเป็นระบบและมีประสิทธิภาพโดยใช้แสงอาทิตย์เป็นพลังงานทดแทน ซึ่งประกอบด้วย ระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ใช้ปั๊มน้ำไฟฟ้า กระแสตรงที่รับพลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยมีขั้นตอนได้แก่ การวางแผน สำรวจแหล่งน้ำ ตรวจสอบสภาพพื้นที่ที่เพาะปลูก เช่น สภาพภูมิประเทศ ชนิดของดิน เป็นต้น จัดทำระบบสูบน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเลือกทำเลที่ตั้งเครื่องสูบน้ำและแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จากนั้นจึงจัดทำระบบสูบน้ำจากเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งประกอบด้วย ถังเก็บน้ำสำรอง แบตเตอรี่ กรองน้ำเกษตร และถังเก็บน้ำพร้อมฐานรองยกสูง สุดท้ายจึงวางท่อและข้อต่อต่าง ๆ พร้อมมวลวาล์วเพื่อเปิดปิดน้ำเข้าสู่แปลงเกษตร โดยเลือกจากท่อหลักและท่อรองเป็นท่อ PE ขนาด 16 มิลลิเมตร และใช้ท่อย่อย หรือเทปน้ำหยดขนาด 16 มิลลิเมตร

แนวปฏิบัติที่ดีในระบบน้ำหยดพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ใช้ในพื้นที่การเกษตร 5-12 ไร่ ของเกษตรกรในจังหวัดขอนแก่นที่ได้รับคำแนะนำจากศูนย์ปฏิบัติการบรรเทาภัยกันเกิดจากน้ำ กรมชลประทาน ร่วมกับความช่วยเหลือของสถาบันส่งเสริมและพัฒนากิจกรรมปิดทองหลังพระสืบสานแนวพระราชดำริ ตัวอย่างเช่น เกษตรกรบ้านจระเข้สงคราม เกษตรกรบ้านห้วยยาง เกษตรกรบ้านจรเข้ เป็นต้น ที่ทดลองใช้ระบบน้ำหยดพลังงานแสงอาทิตย์นี้ โดยมีถังเก็บน้ำความจุ 2,000 ลิตร จำนวน 2 ถัง ใช้เวลาในการปล่อยน้ำสู่แปลง 2 ครั้ง ๆ ละ 15 นาทีในช่วงเช้าและเย็น พบว่าผลผลิตทางการเกษตรที่ได้มีคุณภาพสูงขึ้น อีกทั้งยังใช้เวลาเหลือไปทำกิจกรรมการเกษตรอื่น ๆ เพื่อเพิ่มรายได้แก่ครัวเรือน ทั้งการเลี้ยงปลา เลี้ยงวัว เลี้ยงเป็ด เลี้ยงไก่ เป็นต้น

การกระจายน้ำในแปลงเพาะปลูกด้วยระบบน้ำหยดโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงาน ช่วยเพิ่มศักยภาพของการกระจายน้ำและช่วยพัฒนาการทำเกษตรแบบครบวงจร มีข้อดีหลายประการ เช่น เป็นการใช้น้ำแบบประหยัดและใช้พลังงานน้อย เพราะเป็นการให้น้ำแบบแรงดันต่ำ ที่อัตราการไหลของหัวปล่อยน้ำ 2-8 ลิตร/ชั่วโมง มีการลงทุนด้านเครื่องสูบน้ำและค่าใช้จ่ายพลังงานต่ำเมื่อเทียบกับระบบอื่น ๆ เหมาะสำหรับไม้ผล ไม้ยืนต้นที่มีรูปแบบการปลูกเป็นแถว สามารถใส่ปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพโดยผสมในน้ำให้กับพืชโดยตรงตามสัดส่วนที่ต้องการ ประหยัดแรงงานและใช้เวลาน้อยกว่าระบบให้น้ำอื่น ๆ เป็นต้น แต่ก็มีข้อจำกัดเกี่ยวกับการอุดตันเนื่องจากหัวน้ำหยดมีขนาดเล็ก จึงจำเป็นต้องใช้ร่วมกับเครื่องกรองน้ำ และการวางท่อที่กระจายไปบนพื้นดินทำให้ตรวจสอบการอุดตันได้ยาก พืชอาจเกิดความเสียหายจากการขาดน้ำ จึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบเป็นระยะ หรืออาจปรับใช้ร่วมกับเซนเซอร์และไอโอที เพื่อช่วยในการตรวจสอบ ป้องกันความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นได้

สรุป

ระบบชลประทานและการจัดการน้ำมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาภาคการเกษตร โดยช่วยเพิ่มผลผลิต ลดผลกระทบจากภัยแล้ง และส่งเสริมการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน การพัฒนาเทคโนโลยีในระบบชลประทานมักอาศัยหลักการฟิสิกส์ เช่น พลศาสตร์ของของไหล เพื่อออกแบบระบบที่ลดการสูญเสีย น้ำและพลังงาน พร้อมทั้งควบคุมการจ่ายน้ำให้เหมาะสมกับความต้องการของพืชในแต่ละช่วงเวลา

หนึ่งในนวัตกรรมสำคัญ คือ ระบบชลประทานอัจฉริยะที่ใช้เทคโนโลยี IoT และเซนเซอร์ในการตรวจวัดความชื้นในดินและสภาพอากาศ เพื่อการควบคุมการจ่ายน้ำแบบแม่นยำ พร้อมทั้งช่วยประหยัดน้ำและพลังงาน นอกจากนี้ยังมีการนำพลังงานทดแทน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม มาใช้ขับเคลื่อนปั๊มน้ำ ลดต้นทุนการดำเนินงานและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ในขณะที่ระบบชลประทานแบบน้ำหยดและพ่นฝอยเป็นอีกหนึ่งนวัตกรรมที่ช่วยลดการสูญเสียน้ำจากการระเหย และเพิ่มความแม่นยำในการกระจายน้ำให้กับพืช

ในประเทศไทย ระบบชลประทานอัจฉริยะเริ่มมีการใช้งานในพื้นที่เกษตร เช่น โครงการเชื่อมมูลบนที่พัฒนาเทคโนโลยีการบริหารจัดการน้ำอัจฉริยะ ซึ่งช่วยเพิ่มผลผลิตและประสิทธิภาพการใช้น้ำในพื้นที่การเกษตร นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาระบบรดน้ำอัตโนมัติโดยหน่วยงานวิจัย เช่น NECTEC ที่พัฒนาอุปกรณ์ Hedy Sense ที่สามารถปรับการให้น้ำตามความชื้นในดินและความต้องการของพืชได้อย่างแม่นยำ

อนาคตของการจัดการน้ำในภาคการเกษตรมุ่งเน้นการอนุรักษ์และการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ เช่น การนำเทคโนโลยีการรีไซเคิลน้ำและการลดการระเหยมาใช้ รวมถึงการใช้เซนเซอร์เพื่อวัดและควบคุมการใช้น้ำอย่างแม่นยำ ระบบชลประทานที่ผสานนวัตกรรมเหล่านี้จะช่วยรองรับความเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ เพิ่มผลผลิตทางการเกษตร และสร้างความยั่งยืนให้กับการจัดการทรัพยากรน้ำในระยะยาว

เอกสารอ้างอิง

- เสกสรรค์ ศาสตรสถิต และ เกสร กาลจิตร. (2565). ทำความรู้จัก “ระบบการให้น้ำพืชแบบอัตโนมัติ”. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.nectec.or.th/news/news-publicdocument/automatic-watering-system.html> (6 ธันวาคม 2567)
- ไทยรัฐ. (2566ก). กรมชลฯ รุกขับเคลื่อนสมาร์ทฟาร์ม นวัตกรรมเทคโนโลยีบริหารน้ำ SCADA ที่เขื่อนมูลบน. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.thairath.co.th/agriculture/agricultural-technology/2732627> (6 ธันวาคม 2567)
- ไทยรัฐ. (2566ข). เปิดโครงการ “ชลประทานอัจฉริยะฯ” เขื่อนมูลบน นำเทคโนโลยีจัดการน้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุด. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.thairath.co.th/agriculture/agricultural-technology/2721493> (6 ธันวาคม 2567)
- กรมชลประทาน. (2561). คู่มือการเพิ่มประสิทธิภาพระบบการระบายน้ำแบบน้ำหยด ในแปลงเพาะปลูก ด้วยพลังงานทดแทน ตามแนวพระราชดำริ. บริษัท บูม สสเดชั่น จำกัด. (ออนไลน์) แหล่งที่มา https://www.rid.go.th/_data/documents/rid_book/2561/todtan.pdf (6 ธันวาคม 2567)
- ข่าวสด. (2566). กรมชลประทาน เปิดตัวโครงการชลประทานอัจฉริยะฯ แห่งแรกของไทย เขื่อนมูลบน. (ออนไลน์) แหล่งที่มา https://www.khaosod.co.th/around-thailand/news_7842134 (6 ธันวาคม 2567)
- ชัยตร ออวะลา. (2553). *Fluid Mechanics กลศาสตร์ของไหล*. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://irre.ku.ac.th/books/pdf/19.pdf> (5 ธันวาคม 2567)
- นายช่างมาแชร์. (2566). 5 เทคโนโลยีการจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพในปี 2023. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://naichangmashare.com/2023/06/13/technology-top5-water-management-2023/> (6 ธันวาคม 2567)
- ปราโมท พลพะณะนาวิ. (2554). *หลักการคำนวณปริมาณน้ำผ่านอาคารชลประทาน*. กรมชลประทาน. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://water.rid.go.th/waterm/template/manager/FProjectMAC/O&MQA/65/a/9/9.4.pdf> (5 ธันวาคม 2567)
- ปรียาพร โกษา. (ม.ป.ป.). การไหลในทางน้ำเปิด. (ออนไลน์) แหล่งที่มา https://eng.sut.ac.th/ce/download/homework/HydraulicHandout_AllCh_Book02withLOGO_Ch7.pdf (6 ธันวาคม 2567)
- วัชรภรณ์ สันทนา. (2560). Hendy Sense เซนเซอร์ควบคุมระบบให้น้ำเพื่อการเกษตร. (ออนไลน์) แหล่งที่มา https://www.nstda.or.th/home/news_post/nstda-newsletter-4y3-article/ (6 ธันวาคม 2567)
- สวก. (2565). นวัตกรรม! การบริหารจัดการน้ำ การพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อการเกษตร. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.arda.or.th/detail/6189> (6 ธันวาคม 2567)

- สันติ ทองพำนัก. (2534). *การไหลในทางน้ำเปิด*. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://irre.ku.ac.th/books/pdf/60.pdf> (5 ธันวาคม 2567)
- สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ. (2562.). *การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ*. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <http://www.onwr.go.th/wp-content/uploads/2019/11/การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ.pdf> (6 ธันวาคม 2567)
- องค์การบริหารส่วนตำบลโนนสมบูรณ์. (2567). *การอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำ วิธีอนุรักษ์น้ำ 10 แนวทาง*. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://nonsomboonlocal.go.th/public/list/data/detail/id/6012/menu/1554/page/8> (6 ธันวาคม 2567)
- Aliyu, M., Hassan, G., Said, S. A., Siddiqui, M. U., Alawami, A. T., & Elamin, I. M. (2018). A review of solar-powered water pumping systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 87, 61-76.
- Ayundyahrini, M., Susanto, D. A., Febriansyah, H., Rizanulhaq, F. M., & Aditya, G. H. (2023). Smart farming: integrated solar water pumping irrigation system in thailand. *EVERGREEN Joint Journal of Novel Carbon Resource Science & Green Asia Strategy*, 10(1), 553-563.
- BCG. (2566). *รองอธิบดีกรมชลประทาน ลงพื้นที่ติดตามโครงการชลประทานอัจฉริยะ ในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษามูลบน จ.นครราชสีมา*. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://bcg.in.th/news/rid-smart-irrigation-project-nakhon-ratchasima/> (6 ธันวาคม 2567)
- Bhattacharyya, P., Pathak, H., & Pal, S. (2020). *Climate Smart Agriculture: Concepts, Challenges, and Opportunities*. Springer.
- Dey, A., Patel, S., Sharma, A., & Singh, H. P. (2024). An insight on different climate smart and resilient agricultural practices. In *Technological Approaches for Climate Smart Agriculture*. Springer. Aishwarya, K, P. (Ed), pp. 25-40.
- Eastwater. (ม.ป.ป.). *เทคโนโลยีการบริหารจัดการน้ำ*. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.eastwater.com/th/EWBBusiness/เทคโนโลยีการบริหารจัดการน้ำ/12> (6 ธันวาคม 2567)
- Field, H. L., & Solie, J. B. (2007). *Introduction to Agricultural Engineering Technology: A Problem Solving Approach 3rd Ed*. Springer.
- Gumiere, S. J., Camporese, M., Botto, A., Lafond, J. A., Paniconi, C., Gallichand, J., & Rousseau, A. N. (2020). Machine learning vs. physics-based modeling for real-time irrigation management. *Frontiers in Water*, 2, 8.
- Lakhiar, I. A., Yan, H., Zhang, C., Wang, G., He, B., Hao, B., Han, Y., Wang, B., Bao, R., Syed, T.N., Chauhdary, J.N., & Rakibuzzaman, M. (2024). A review of precision irrigation water-

- saving technology under changing climate for enhancing water use efficiency, crop yield, and environmental footprints. *Agriculture*, 14(7), 1141.
- Microsoft. (ม.ป.ป.). ทรัพยากรและเทคโนโลยีด้านการจัดการน้ำอย่างยั่งยืน. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.microsoft.com/th-th/sustainability/learn/water-sustainability/> (6 ธันวาคม 2567)
- Onniorganicfarm. (2562). การควบคุมระบบน้ำอัตโนมัติ. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.nectec.or.th/news/news-public-document/automatic-watering-system.html> (6 ธันวาคม 2567)
- Rajkumar, S., Biyani, R., Jagtap, S., Penumuchu, N., & Shriram, S. S. (2024). IoT-enabled smart irrigation with machine learning models for precision farming. In *Predictive Analytics in Smart Agriculture*. CRC Press. Krishnan, S., Anand, A. J., Prasanth, N., Goundar, S., & Ananth, C. (Eds) pp. 107-126.
- Rose, C. W. (1966). *Agricultural Physics*. Pergamon press Ltd.
- Well (ม.ป.ป.). การวัดการไหลคืออะไร มีกี่ประเภท และวิธีการเลือกใช้งาน (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://wellflowmeter.com/การวัดการไหล/> (5 ธันวาคม 2567)
- Zhu, X., Fordjour, A., Jiu, J., & Yuan, S. (2023). *Dynamic Fluidic Sprinkler and Intelligent Sprinkler Irrigation Technologies*. Springer

5

แบบจำลองสภาพภูมิอากาศและพยากรณ์อากาศ สำหรับการเกษตร

การเกษตรเป็นกิจกรรมที่มีความสำคัญต่อความมั่นคงทางอาหารและเศรษฐกิจของประเทศอย่างยิ่ง การพยากรณ์อากาศเป็นส่วนสำคัญในการบริหารจัดการเกษตรกรรม เนื่องจากสภาพภูมิอากาศมีผลกระทบอย่างมากต่อการเจริญเติบโตของพืชและผลผลิตทางการเกษตร ไม่ว่าจะเป็น ปริมาณฝน อุณหภูมิ ความชื้นในอากาศ ลม และแสง การเข้าใจและสามารถคาดการณ์สภาพภูมิอากาศจึงเป็นเครื่องมือสำคัญในการช่วยเกษตรกรในการตัดสินใจทางการเกษตร เช่น การเลือกเวลาที่เหมาะสมในการเพาะปลูก การให้น้ำ การป้องกันโรคพืช และการจัดการผลผลิตให้เหมาะสมกับสภาพอากาศที่คาดว่าจะเกิดขึ้น

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา การพยากรณ์อากาศและการวิเคราะห์สภาพภูมิอากาศมีความสำคัญมากขึ้นในการเกษตร การพยากรณ์อากาศสำหรับการเกษตร จำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีและความเข้าใจในฟิสิกส์ของสภาพภูมิอากาศ ผ่านการใช้เทคโนโลยีต่างๆ เช่น การตรวจวัดระยะไกลและการจำลองทางฟิสิกส์ของบรรยากาศ การพัฒนาวีธีการพยากรณ์สภาพอากาศที่แม่นยำและการควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงงานผลิตพืช (Plant Factory) ช่วยให้เราสามารถจัดการกับความท้าทายที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศและภัยธรรมชาติได้ดียิ่งขึ้น

ในบทนี้จะกล่าวถึงการพยากรณ์อากาศสำหรับการเกษตร โดยเริ่มต้นจากการอธิบายฟิสิกส์ของสภาพภูมิอากาศที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร การใช้เทคโนโลยีการตรวจวัดระยะไกลในการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมทางการเกษตร และการควบคุมสภาพอากาศในโรงงานผลิตพืชเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การนำเอาความรู้และเทคโนโลยีเหล่านี้มาใช้ในการพยากรณ์และควบคุมสภาพอากาศสามารถช่วยเพิ่มความยั่งยืนในการผลิตพืชและเพิ่มประสิทธิภาพการเกษตรในอนาคต

5.1 ฟิสิกส์ของสภาพภูมิอากาศ

ฟิสิกส์ของสภาพภูมิอากาศเกี่ยวข้องกับการศึกษากระบวนการทางธรรมชาติในบรรยากาศซึ่งส่งผลกระทบต่อสภาพอากาศ เช่น การรับพลังงานจากดวงอาทิตย์ การหมุนเวียนของอากาศในบรรยากาศ การระเหยของน้ำและการเกิดฝน การเคลื่อนที่ของลม และการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ การทำความเข้าใจในฟิสิกส์ของบรรยากาศช่วยในการสร้างแบบจำลองสภาพภูมิอากาศและพยากรณ์สภาพอากาศในระยะยาวและระยะสั้นที่สามารถใช้ในการคาดการณ์ความต้องการของพืชต่อการให้น้ำ ปริมาณฝน และอุณหภูมิที่เหมาะสม โดยในการพยากรณ์อากาศในภาคเกษตรกรรม ความสำคัญของการคำนึงถึงฟิสิกส์ของการถ่ายโอนพลังงานจากดวงอาทิตย์และการหมุนเวียนของบรรยากาศช่วยให้การคาดการณ์มีความแม่นยำมากขึ้น ตัวอย่างเช่น

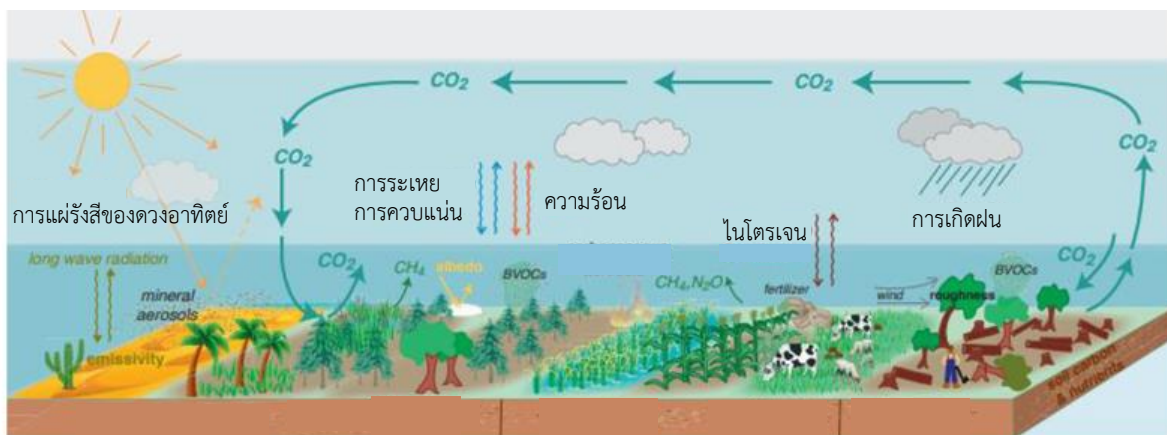
การวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาในแต่ละฤดูกาลหรือการคำนวณอุณหภูมิที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยมีการใช้แบบจำลองทางฟิลิกส์ที่คำนึงถึงผลกระทบจากปัจจัยต่างๆ เช่น ลม ความชื้น และแสงแดดในการสร้างแบบจำลองที่สามารถทำนายสภาพอากาศได้อย่างแม่นยำ

5.1.1 การถ่ายโอนพลังงานจากดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานหลักที่ขับเคลื่อนระบบภูมิอากาศของโลก พลังงานจากดวงอาทิตย์จะถูกดูดซับและกระจายไปในชั้นบรรยากาศและพื้นผิวโลก กระบวนการนี้เรียกว่า การรับพลังงาน ซึ่งมีอิทธิพลต่ออุณหภูมิและสภาพอากาศในพื้นที่ต่างๆ ของโลก พลังงานจากดวงอาทิตย์ส่วนหนึ่งถูกสะท้อนกลับสู่อวกาศโดยการกระเจิงของแสงในชั้นบรรยากาศ อีกส่วนหนึ่งถูกดูดซับและเปลี่ยนเป็นความร้อนที่พื้นผิวโลก ซึ่งทำให้เกิดการอุ่นตัวของพื้นดินและมหาสมุทร การกระจายของพลังงานนี้มีความสำคัญในการกำหนดอุณหภูมิและการเคลื่อนที่ของอากาศ

การถ่ายโอนพลังงานจากดวงอาทิตย์เป็นกระบวนการพื้นฐานที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศของโลก พลังงานจากดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานหลักที่ขับเคลื่อนกระบวนการทางธรรมชาติในบรรยากาศโลก รวมถึงการเกิดลม การกระจายของอุณหภูมิ การระเหยของน้ำและการเกิดฝน ซึ่งล้วนแต่มีผลโดยตรงต่อสภาพอากาศในพื้นที่ต่าง ๆ ของโลกและการผลิตทางการเกษตร ในภาคเกษตรกรรม การเข้าใจถึงการถ่ายโอนพลังงานจากดวงอาทิตย์และการกระจายพลังงานนี้เป็นสิ่งสำคัญในการจัดการการปลูกพืชและการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงทางภูมิอากาศที่เกิดขึ้น

พลังงานจากดวงอาทิตย์ถูกส่งมายังพื้นผิวโลกในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งมีทั้งแสงที่มองเห็นและคลื่นอินฟราเรด โดยพลังงานเหล่านี้จะถูกดูดซับโดยพื้นผิวโลก เช่น พื้นดิน พืชพรรณ และมหาสมุทร หรือสะท้อนกลับสู่อวกาศผ่านกระบวนการกระเจิงของแสงในชั้นบรรยากาศ ส่วนที่ถูกดูดซับจะถูกเปลี่ยนเป็นความร้อน ทำให้พื้นผิวโลกและบรรยากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งมีผลกระทบต่อการกระจายความร้อนและความชื้นในพื้นที่ต่างๆ ดังรูปที่ 5.1 กระบวนการนี้มีความสำคัญต่อภาคเกษตรกรรมอย่างยิ่ง เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช การปรับตัวของพืชต่ออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น เช่น การปรับเปลี่ยนช่วงเวลาการปลูก การควบคุมการให้น้ำ และการเลือกพันธุ์พืชที่ทนทานต่ออุณหภูมิที่สูงขึ้น เป็นสิ่งสำคัญในการเพิ่มผลผลิตและลดความเสี่ยงจากภาวะอากาศที่ไม่เหมาะสม



รูปที่ 5.1 การถ่ายโอนพลังงานจากดวงอาทิตย์ที่มีผลต่อสภาพภูมิอากาศในภาคเกษตรกรรม

ที่มา: ดัดแปลงจาก สำนักงานคณะกรรมการนโยบายที่ดินแห่งชาติ (2566)

นอกจากนี้ยังพบว่า อุณหภูมิของดินเพิ่มสูงขึ้นจากการดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์ และลดลงจากการส่งผ่านความร้อนจากผิวดินไปสู่บรรยากาศ การสะท้อนรังสีคลื่นสั้นและการปลดปล่อยรังสีคลื่นยาวโดยพืชชนิดต่าง ๆ ผิวน้ำ และ ดิน จะแตกต่างกันไปตามลักษณะของผิวดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกัน บริเวณที่พืชพรรณมีความหนาแน่นสูง เช่น ป่าไม้ จะดูดซับคลื่นรังสีและส่งผ่านพลังงานไปสู่บรรยากาศของโลกได้สูงทำให้อุณหภูมิของดินต่ำ โดยอุณหภูมิและความชื้นของดินจะส่งผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์ที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและทำให้เกิดภาวะโลกร้อน ซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการตกของฝน สภาพอากาศที่รุนแรง รวมถึงภัยพิบัติต่าง ๆ

การกระจายพลังงานจากดวงอาทิตย์ไม่เท่ากันในแต่ละพื้นที่ ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ลักษณะภูมิประเทศ การสะท้อนของแสงจากพื้นผิว การปกคลุมของเมฆ หมอก และความชื้นในอากาศ การกระจายพลังงานที่ไม่สม่ำเสมอทำให้เกิดความแตกต่างในอุณหภูมิและการเคลื่อนที่ของอากาศในบรรยากาศ ซึ่งส่งผลให้เกิดลมและการหมุนเวียนของบรรยากาศที่กระจายความร้อนจากพื้นที่ที่มีอุณหภูมิสูงไปยังพื้นที่ที่มีอุณหภูมิต่ำ ในภาคเกษตรกรรม ความแตกต่างในอุณหภูมินี้มีผลต่อการจัดการน้ำและการให้น้ำแก่พืช พื้นที่ที่ได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์มากจะมีความต้องการน้ำสูงขึ้น เนื่องจากการระเหยที่เพิ่มขึ้น การทำความเข้าใจการกระจายพลังงานในพื้นที่สามารถช่วยในการวางแผนการให้น้ำและการใช้ทรัพยากรน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

พลังงานจากดวงอาทิตย์ไม่เพียงแต่มีผลต่ออุณหภูมิและการกระจายความร้อนเท่านั้น แต่ยังส่งผลกระทบต่อกระบวนการระเหยของน้ำจากพื้นผิวต่างๆ การระเหยเกิดขึ้นเมื่อพลังงานจากดวงอาทิตย์ทำให้โมเลกุลของน้ำจากพื้นดิน มหาสมุทร พืชพรรณเปลี่ยนเป็นไอน้ำและปล่อยออกสู่บรรยากาศ ไอน้ำที่เกิดจากการระเหยจะส่งผลให้เกิดการควบแน่นในชั้นบรรยากาศ ซึ่งนำไปสู่การเกิดเมฆ ก่อนจะพัฒนาต่อไปในรูปของฝนหรือหิมะ การพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาจากกระบวนการนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเกษตร เนื่องจากปริมาณฝนที่ได้รับจะมีผลต่อการจัดการน้ำและการควบคุมการให้น้ำในพื้นที่เกษตรกรรม การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝนจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะช่วยให้เกษตรกรเตรียมพร้อมรับมือกับภัยพิบัติจากน้ำ เช่น น้ำท่วมหรือภัยแล้ง เป็นต้น

นอกจากนี้อุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นจากการถ่ายโอนพลังงานจากดวงอาทิตย์ยังส่งผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของพืช พืชที่ได้รับอุณหภูมิที่สูงเกินไปอาจเผชิญกับความเครียดจากความร้อน ซึ่งอาจส่งผลให้การเจริญเติบโตช้าลง ผลผลิตลดลง หรือแม้กระทั่งตายลงในที่สุด การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและการตอบสนองของพืชจึงเป็นสิ่งสำคัญในการคัดเลือกพันธุ์พืชที่ทนทานต่ออุณหภูมิสูงและสามารถปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงทางภูมิอากาศ การใช้เทคโนโลยีเช่น การควบคุมอุณหภูมิในโรงเรือน หรือการใช้พืชที่มีความทนทานต่ออุณหภูมิสูงจะช่วยเพิ่มผลผลิตในภาวะที่สภาพอากาศมีการเปลี่ยนแปลงและไม่แน่นอนได้

การถ่ายโอนพลังงานจากดวงอาทิตย์มีผลกระทบอย่างมากต่อสภาพภูมิอากาศในภาคเกษตรกรรม โดยพลังงานจากดวงอาทิตย์มีส่วนในการกำหนดอุณหภูมิ การกระจายความร้อน การระเหยของน้ำและการเกิดฝน ซึ่งทั้งหมดนี้มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชและผลผลิตทางการเกษตร ความรู้ทางฟิสิกส์ช่วยให้การทำความเข้าใจการถ่ายโอนพลังงานจากดวงอาทิตย์และการกระจายพลังงานในบรรยากาศช่วยให้เกษตรกรและนักวิจัยสามารถพัฒนานวัตกรรมการจัดการที่เหมาะสมในการเพิ่มผลผลิต ลดความเสี่ยงจากภัยพิบัติทางธรรมชาติ และปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.1.2 การหมุนเวียนของบรรยากาศ

การหมุนเวียนของบรรยากาศเป็นกระบวนการที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิ และความดันในชั้นบรรยากาศ ซึ่งส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของอากาศในบรรยากาศและการกระจายความร้อนจากดวงอาทิตย์ กระบวนการนี้มีผลกระทบโดยตรงต่อสภาพภูมิอากาศในระดับท้องถิ่นและระดับโลก การหมุนเวียนของบรรยากาศสามารถทำให้เกิดลม พายุ และการกระจายของฝน ซึ่งมีผลต่อสภาพอากาศในภาคเกษตรกรรม โดยเฉพาะในด้านการจัดการน้ำและการควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับการเพาะปลูกพืช การเข้าใจถึงกลไกของการหมุนเวียนของบรรยากาศจึงมีความสำคัญในการคาดการณ์สภาพภูมิอากาศที่มีผลต่อการเกษตร

การหมุนเวียนของบรรยากาศเกิดจากการกระจายพลังงานจากดวงอาทิตย์ที่ไม่สม่ำเสมอในพื้นที่ต่างๆ ของโลก ซึ่งทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิและความดันในพื้นที่ต่าง ๆ บริเวณที่ได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์มาก เช่น พื้นที่ใกล้เส้นศูนย์สูตร จะมีอุณหภูมิสูงและความกดอากาศต่ำ (บริเวณที่มีอุณหภูมิสูง โมเลกุลอากาศจะขยายตัว ทำให้มีความหนาแน่นลดลงจึงลอยตัวสูงขึ้น เรียกว่ามีความกดอากาศต่ำ) ส่วนบริเวณใกล้ขั้วโลกจะมีอุณหภูมิต่ำและความกดอากาศสูง (บริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ โมเลกุลอากาศหดตัว ทำให้มีความหนาแน่นสูงขึ้นจึงเคลื่อนตัวลงต่ำ เรียกว่ามีความกดอากาศสูง) ซึ่งการหมุนเวียนนี้จะทำให้มวลอากาศจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงลอยตัวสูงขึ้น และมวลอากาศจากบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเคลื่อนเข้ามาแทนที่ กระบวนการนี้ช่วยในการกระจายความร้อนจากดวงอาทิตย์ไปทั่วโลก หรือที่เรียกว่า การเกิดลม ซึ่งลมจะพัดจากบริเวณที่มีความกดอากาศสูงไปยังบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำนั่นเอง

แบบจำลองการหมุนเวียนของบรรยากาศโลกแบบทั่วไป ได้แก่ แฮดลีย์เซลล์ (Hadley Cell) เฟอว์เรลเซลล์ (Ferrel Cell) และ โพลาร์เซลล์ (Polar Cell) แสดงดังรูปที่ 5.2 ซึ่งแต่ละเซลล์นี้มีลักษณะการหมุนเวียนที่แตกต่างกัน แต่ทั้งหมดนี้ช่วยในการถ่ายโอนความร้อนและการเคลื่อนที่ของมวลอากาศในลักษณะต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อสภาพภูมิอากาศ การหมุนเวียนของบรรยากาศมีผลกระทบสำคัญต่อสภาพอากาศในภาคเกษตรกรรมในหลายด้าน ดังนี้

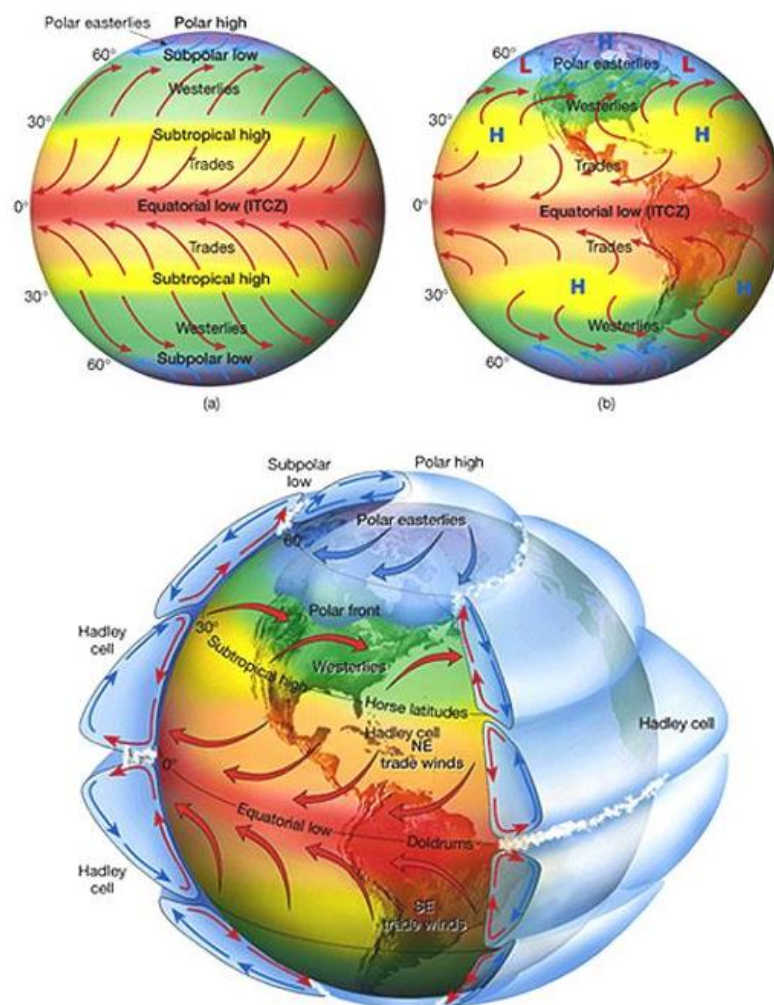
- 1) การกระจายฝนและความชื้น การหมุนเวียนของบรรยากาศมีบทบาทในการกระจายฝนและความชื้นทั่วโลก โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีการเคลื่อนที่ของมวลอากาศที่เกิดจากการหมุนเวียนแฮดลีย์เซลล์ พื้นที่ที่อยู่ภายใต้การหมุนเวียนนี้ เช่น พื้นที่เขตร้อน มักจะได้รับฝนที่ตกอย่างสม่ำเสมอ ในขณะที่พื้นที่ที่อยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรแต่มีการเคลื่อนที่ของอากาศจากทิศทางต่างๆ อาจได้รับฝนไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นการเข้าใจการหมุนเวียนนี้สามารถช่วยเกษตรกรในการคาดการณ์ปริมาณฝนและการวางแผนการให้น้ำได้เหมาะสมกับความต้องการของพืช

- 2) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ การหมุนเวียนของบรรยากาศทำให้เกิดการกระจายความร้อน ซึ่งส่งผลต่อการปรับตัวของพืชในแต่ละพื้นที่ การเปลี่ยนแปลงในกระบวนการหมุนเวียนนี้ทำให้บางพื้นที่ประสบอาจปัญหากล้งหรือมีอุณหภูมิสูงเกินไป ซึ่งส่งผลให้ผลผลิตการเกษตรลดลง

- 3) การเคลื่อนที่ของพายุและลม การหมุนเวียนของบรรยากาศส่งผลให้เกิดการเคลื่อนที่ของมวลอากาศที่มีความชื้นและอุณหภูมิแตกต่างกัน ซึ่งอาจทำให้เกิดพายุหรือฝนตกหนักได้ ในบางพื้นที่ พายุเหล่านี้อาจนำไปสู่ปัญหาน้ำท่วมและความเสียหายต่อผลผลิตทางการเกษตร นอกจากนี้ลมที่เกิดจากการหมุนเวียนของบรรยากาศยังสามารถมีผลต่อการกระจายของเมล็ดพันธุ์พืช การระบาดของโรคพืชและแมลงที่เป็นศัตรูพืช

- 4) ปรากฏการณ์เอลนีโญและลานินญา การหมุนเวียนของบรรยากาศมีบทบาทสำคัญในการเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญและลานินญา ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงของการไหลเวียนของลมและอุณหภูมิของมหาสมุทรแปซิฟิกที่ส่งผลกระทบต่อสภาพอากาศทั่วโลก ปรากฏการณ์เหล่านี้มักทำให้บางพื้นที่ประสบปัญหา

ภัยแล้งหรือฝนตกหนักเกินไป ซึ่งส่งผลกระทบต่อการผลิตทางการเกษตรโดยตรง การเข้าใจการหมุนเวียนนี้ช่วยให้สามารถคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงในระยะยาวได้ดียิ่งขึ้น



รูปที่ 5.2 ทิศทางการพัดของลมบนโลกและแบบจำลองการหมุนเวียนของอากาศแบบทั่วไป

ที่มา: อนพัช มีมั่งคั่ง (ม.ป.ป.)

จากรูปที่ 5.2 ที่แสดงทิศทางการพัดของลมบนโลก พบว่าที่บริเวณใกล้ขั้วโลกและใกล้เส้นศูนย์สูตร ลมจะพัดมาจากทิศตะวันออก เรียกว่า ลมตะวันออก ในขณะที่บริเวณละติจูดกลาง ลมจะพัดมาจากทิศตะวันตก เรียกว่า ลมตะวันตก ซึ่งการหมุนเวียนของลมที่ละติจูดต่าง ๆ มีลักษณะดังนี้ ที่บริเวณขั้วโลกจะมีความกดอากาศสูง ลมจึงเคลื่อนที่จากขั้วโลกไปยังบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำซึ่งอยู่ที่ละติจูดประมาณ 60 องศา (การหมุนเวียนลมนี้ เรียกว่า โพลาร์เซลล์) เมื่อปะทะเข้ากับลมตะวันตกจะเกิดเป็นแนวปะทะอากาศ ทำให้อากาศบริเวณนี้มีความแปรปรวนและมีหยาดน้ำฟ้ามาก ในขณะที่บริเวณละติจูด 30 องศา ซึ่งเป็นบริเวณที่มีความกดอากาศสูง ท้องฟ้าแจ่มใส แต่พื้นดินแห้งแล้ง พบลม 2 ชนิด คือ ลมที่พัดมาจากทิศตะวันตก กับ ลมที่พัดมาจากทิศตะวันออกเพื่อไปยังบริเวณร่องความกดอากาศต่ำ ซึ่งเป็นลมที่ใช้ในการเดินเรือสินค้า จึงเรียกว่า ลมสินค้า (การหมุนเวียนลมนี้ เรียกว่า เฟอริลเซลล์) ส่วนที่บริเวณเส้นศูนย์สูตรมีลมสินค้าจากซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้มาปะทะกัน ทำให้เกิดร่องความกดอากาศต่ำ อุณหภูมิและความกดอากาศแตกต่างกันเพียง

เล็กน้อยทำให้ลมค่อนข้างสงบ จึงมีอากาศที่ร้อนและชื้น มีเมฆหนาแน่นจึงมีฝนตกชุกและมีพายุฝนฟ้าคะนอง (การหมุนเวียนลมระหว่างเส้นศูนย์สูตรกับบริเวณละติจูด 30 องศา เรียกว่า แอสต์ลีย์เซลล์)

การทำความเข้าใจถึงกระบวนการหมุนเวียนของบรรยากาศสามารถนำไปสู่การพัฒนาและปรับปรุงกลยุทธ์การเกษตรที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยเฉพาะในการวางแผนการจัดการน้ำ การคาดการณ์ปริมาณฝนและการเลือกพันธุ์พืชที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการตรวจจับระยะไกลและข้อมูลจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศสามารถช่วยให้เกษตรกรและนักวิจัยสามารถติดตามและคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงทางภูมิอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

5.1.3 การระเหยของน้ำและการเกิดฝน

การระเหยของน้ำและการเกิดฝนเป็นกระบวนการทางธรรมชาติที่มีผลกระทบอย่างสำคัญต่อสภาพภูมิอากาศในภาคเกษตรกรรม กระบวนการเหล่านี้ไม่เพียงแต่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของน้ำในบรรยากาศ แต่ยังมีผลต่อการกระจายความชื้นและอุณหภูมิ ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช การจัดการน้ำและผลผลิตทางการเกษตร โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีปัญหาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและภาวะฝนแล้งหรือฝนตกหนักเกินไป

กระบวนการระเหยเกิดขึ้นเมื่อโมเลกุลของน้ำบริเวณต่าง ๆ เช่น พื้นดิน มหาสมุทร หรือ พืชพรรณต่างรับพลังงานจากดวงอาทิตย์ทำให้เปลี่ยนเป็นไอน้ำและปล่อยออกสู่บรรยากาศ ส่วนการควบแน่น คือ กระบวนการที่ไอน้ำในบรรยากาศเย็นตัวลงและกลับเป็นน้ำหรือละอองน้ำ ที่เรียกว่า หยาดน้ำฟ้า ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการก่อตัวของเมฆและการเกิดฝน กระบวนการระเหยในธรรมชาติได้รับอิทธิพลจากหลายปัจจัย เช่น อุณหภูมิของอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วของลม และความเข้มของแสงแดด ซึ่งการเปลี่ยนแปลงในปัจจัยเหล่านี้สามารถส่งผลต่ออัตราการระเหยของน้ำได้ โดยทั่วไปแล้วในภาคเกษตรกรรมความสามารถในการควบคุมการระเหยของน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญในการจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อการปลูกพืช

การเกิดฝนเป็นกระบวนการที่มีความซับซ้อนและเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของอากาศในบรรยากาศ เมื่ออากาศที่มีความชื้นสูงจากการระเหยของน้ำเย็นตัวลงและเกิดการควบแน่น ไอน้ำในอากาศจะรวมตัวกันเป็นหยดน้ำหรือผลึกน้ำแข็ง ที่เรียกว่า หยาดน้ำฟ้า ซึ่งจะพัฒนาจนกลายเป็นเมฆ เมื่อเมฆเหล่านี้มีความหนาแน่นและหนักพอ ก็จะปลดปล่อยน้ำออกมาในรูปของฝน ซึ่งกระบวนการนี้ขึ้นอยู่กับเคลื่อนที่ของมวลอากาศในบรรยากาศ เช่น การลอยตัวขึ้นของอากาศที่ร้อนและชื้นในบริเวณที่อุณหภูมิสูง ซึ่งทำให้เกิดการรวมตัวของไอน้ำเป็นเมฆและฝนที่ตกลงมา กระบวนการนี้มีความสำคัญต่อการกระจายของน้ำในธรรมชาติ และส่งผลต่อปริมาณน้ำที่สามารถใช้ในการเกษตรได้ โดยมีผลกระทบต่อการผลิตทางการเกษตรในหลายด้าน ดังนี้

1) การจัดการน้ำในภาคเกษตรกรรม เนื่องจากกระบวนการระเหยจากพื้นผิวต่างๆ เช่น พื้นดิน และพืชพรรณ เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการสูญเสียความชื้นจากดินในระหว่างการเพาะปลูกพืช เมื่อมีอัตราการระเหยสูงและฝนไม่ตกตามที่คาดการณ์ พืชอาจได้รับน้ำไม่เพียงพอและประสบกับปัญหาภัยแล้ง ซึ่งส่งผลให้ผลผลิตลดลง การคำนวณและการจัดการอัตราการระเหยจึงมีความสำคัญในการวางแผนการใช้น้ำในการเกษตร

2) ความชื้นในดิน ซึ่งได้รับผลกระทบจากการระเหยของน้ำจากดินและพืชมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช พืชที่ได้รับน้ำจากดินไม่เพียงพออาจเผชิญกับความเครียดจากการขาดน้ำ ซึ่งส่งผลให้การเจริญเติบโตและการพัฒนาในด้านต่างๆ ของพืชลดลง

3) ปริมาณฝนและการจัดการน้ำฝนที่ตกลงมาจากกระบวนการควบแน่นและการเกิดพายุฝนมีบทบาทสำคัญในการเติมเต็มแหล่งน้ำธรรมชาติ เช่น แม่น้ำ ลำคลอง และอ่างเก็บน้ำ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการเกษตร การคาดการณ์ปริมาณฝนในระยะยาวช่วยให้เกษตรกรสามารถเตรียมความพร้อมในการจัดการน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อลดผลกระทบจากภัยพิบัติ เช่น น้ำท่วมและภัยแล้ง

4) ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่เกิดจากกิจกรรมมนุษย์ เช่น การปล่อยก๊าซเรือนกระจก มีผลกระทบต่อการระเหยและการเกิดฝน โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของอุณหภูมิ ซึ่งอาจทำให้บางพื้นที่มีฝนตกน้อยลง หรือบางพื้นที่อาจได้รับฝนตกมากเกินไป ทั้งสองสถานการณ์นี้สามารถส่งผลเสียต่อการเกษตร การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้จึงเป็นความท้าทายที่สำคัญในการพัฒนาการเกษตรในอนาคต

5) การศึกษาการระเหยของน้ำและการเกิดฝนช่วยให้สามารถคาดการณ์สภาพอากาศในระยะยาวได้ ซึ่งจะมีประโยชน์ในการวางแผนการผลิตทางการเกษตร เช่น การคาดการณ์การขาดแคลนน้ำในฤดูปลูกที่แล้ง หรือการเตรียมรับมือกับฝนตกหนักในช่วงฤดูมรสุม การใช้เทคโนโลยีต่างๆ เช่น การตรวจวัดระยะไกล, แบบจำลองสภาพภูมิอากาศ, และการคำนวณอัตราการระเหย จะช่วยเพิ่มความแม่นยำในการทำนายและจัดการทรัพยากรน้ำในการเกษตร

5.1.4 การเคลื่อนที่ของมวลอากาศและการเกิดพายุ

การเคลื่อนที่ของมวลอากาศและการเกิดพายุเป็นกระบวนการทางอุตุนิยมวิทยาที่มีผลกระทบโดยตรงต่อสภาพภูมิอากาศและการเกษตร กระบวนการเหล่านี้เกี่ยวข้องกับการกระจายความร้อน ความชื้น และการเคลื่อนย้ายมวลอากาศภายในบรรยากาศ ซึ่งมีผลทั้งในแง่ของการจัดการทรัพยากรน้ำ การเจริญเติบโตของพืช และการคาดการณ์สภาพอากาศในระยะยาว การทำความเข้าใจในกลไกของการเคลื่อนที่ของมวลอากาศและการเกิดพายุเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาเทคโนโลยีการพยากรณ์อากาศและการปรับตัวของการเกษตรเพื่อรับมือกับสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง

มวลอากาศ คือ กลุ่มของอากาศที่มีคุณสมบัติทางอุณหภูมิและความชื้นค่อนข้างสม่ำเสมอ โดยการเคลื่อนที่ของมวลอากาศเกิดจากความแตกต่างในความกดอากาศและอุณหภูมิในบรรยากาศ การเคลื่อนที่ของมวลอากาศทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ต่าง ๆ ซึ่งในส่วนของการเกษตร การเคลื่อนที่ของมวลอากาศสามารถส่งผลกระทบได้หลายทาง ยกตัวอย่างเช่น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้นในอากาศที่มีผลต่อการระเหยของน้ำจากดินและการเจริญเติบโตของพืช มวลอากาศที่มาจากแหล่งที่มีอุณหภูมิสูงหรือความชื้นต่ำ เช่น มวลอากาศจากทะเลทราย หรือจากพื้นที่ที่แห้งแล้ง จะทำให้เกิดสภาวะที่แห้งและร้อน ซึ่งอาจส่งผลให้การเพาะปลูกพืชประสบกับปัญหาภัยแล้งและการขาดน้ำ ในทางกลับกัน มวลอากาศที่มาจากทะเลหรือมหาสมุทร มักจะมีความชื้นสูงและมีผลต่อการเกิดฝนตก ซึ่งอาจส่งผลดีต่อการเกษตรในบางพื้นที่ หรือสร้างปัญหาจากพายุและน้ำท่วม เป็นต้น

พายุเป็นกระบวนการที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของมวลอากาศที่มีความแตกต่างทางอุณหภูมิและความชื้นอย่างรุนแรง โดยมักเกิดขึ้นในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิสูงและมีการเคลื่อนที่ของอากาศจากพื้นที่ต่างๆ มาเจอกัน เช่น พายุหมุนเขตร้อน หรือพายุทอร์นาโด การเกิดพายุเหล่านี้มักจะเกี่ยวข้องกับการรวมตัวของอากาศที่มี

ความร้อนและความชื้นสูง ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางอุตุนิยมวิทยาอย่างรวดเร็ว และในหลายกรณีพายุเหล่านี้สามารถทำให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิตทางการเกษตร โดยสามารถแบ่งพายุออกได้เป็นหลายประเภท ดังนี้

1) พายุหมุนเขตร้อน (Tropical Cyclone) เกิดขึ้นในบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงในมหาสมุทร เขตร้อน โดยมวลอากาศที่มีความชื้นสูงจะถูกดูดขึ้นไปและหมุนวนตามทิศทางที่เกิดจากแรงหมุนของโลก ผลลัพธ์จากพายุหมุนเขตร้อนมักจะมีลมแรงและฝนตกหนัก ซึ่งสามารถนำไปสู่การเกิดน้ำท่วม และความเสียหายต่อการเพาะปลูกพืช เช่น ข้าว ข้าวโพด หรือพืชสวนอื่นๆ ที่อาจได้รับความเสียหายจากลมและน้ำฝนที่ตกลงมาอย่างหนัก นอกจากนี้พายุยังสามารถทำให้เกิดดินโคลนถล่มซึ่งส่งผลกระทบต่อพื้นที่การเกษตรได้ ในปัจจุบันแบ่งพายุหมุนเขตร้อนเป็น 3 กลุ่มตามระดับความรุนแรง ได้แก่ พายุดีเปรสชัน (ความเร็วลมไม่เกิน 63 กิโลเมตร/ชั่วโมง) พายุโซนร้อน (ความเร็วลม 63-118 กิโลเมตร/ชั่วโมง) และ พายุระดับรุนแรง ที่มีชื่อเรียกแตกต่างกันไปตามพื้นที่ที่เกิดพายุ เช่น แอบแซซิฟิกเรียกว่าไต้ฝุ่น แอบบเมริกากลางเรียกว่าเฮอริเคน หรือ แอบบมหาสมุทรอินเดียเรียกว่าไซโคลน เป็นต้น

2) พายุฝนฟ้าคะนอง (Thunderstorm) เป็นพายุที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิและความชื้นในชั้นบรรยากาศ ทำให้เกิดการควบแน่นของไอน้ำและปล่อยพลังงานออกมาผ่านฟ้าผ่าและฝนที่ตกลงมา พายุประเภทนี้สามารถทำให้เกิดฝนตกหนัก ฟ้าผ่า และลมกระโชกแรงซึ่งส่งผลกระทบต่อพืชผลทางการเกษตร เช่น การทำลายผลผลิตพืชโดยการหักโค่นจากลมแรง หรือการเกิดน้ำท่วมที่อาจทำให้พืชผลเสียหายจากการขาดอากาศหรือการจมน้ำ เป็นต้น

3) พายุทอร์นาโด (Tornado) เกิดจากการเคลื่อนที่ของมวลอากาศร้อนและเย็นที่ปะทะกัน ทำให้เกิดการหมุนเวียนอย่างรุนแรง พายุประเภทนี้มีลมแรงที่สามารถทำลายสิ่งก่อสร้างและผลผลิตทางการเกษตรได้อย่างรวดเร็ว พายุทอร์นาโดที่เกิดขึ้นในพื้นที่เกษตรกรรมมักทำลายพืชผลเช่น ข้าว ข้าวโพด และพืชผลทางการเกษตรอื่นๆ อย่างรวดเร็ว ทำให้ความเสียหายให้กับเกษตรกร

การเคลื่อนที่ของมวลอากาศและการเกิดพายุมีผลกระทบอย่างมากต่อการผลิตทางการเกษตร ทั้งในแง่ของการจัดการน้ำและการจัดการผลผลิต พายุและการเคลื่อนที่ของมวลอากาศสามารถเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศในพื้นที่เกษตรกรรม ทำให้เกิดภัยพิบัติที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้เช่น น้ำท่วม ภัยแล้ง และพายุฝนฟ้าคะนอง การเคลื่อนที่ของมวลอากาศที่ทำให้เกิดพายุฝนฟ้าคะนอง หรือพายุหมุนเขตร้อนสามารถนำไปสู่การเกิดน้ำท่วม ซึ่งทำให้เกิดการชะล้างหน้าดินและลดประสิทธิภาพการดูดซับน้ำจากดิน ในบางกรณีที่พายุเกิดในฤดูแล้ง อาจทำให้เกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำได้ จึงต้องมีการวางแผนการจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อให้ได้รับผลกระทบน้อยที่สุด นอกจากนี้พายุที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของมวลอากาศสามารถทำให้ผลผลิตทางการเกษตรได้รับความเสียหายจากลมแรงและน้ำท่วม ซึ่งอาจทำให้การเพาะปลูกพืชต้องได้รับการปรับตัวอย่างต่อเนื่อง เกษตรกรจำเป็นต้องใช้เทคนิคการจัดการที่ผลผลิตที่เหมาะสมเพื่อป้องกันความเสี่ยงจากพายุที่อาจเกิดขึ้น

การพยากรณ์และการติดตามการเคลื่อนที่ของมวลอากาศและการเกิดพายุสามารถทำได้ผ่านการใช้เทคโนโลยีต่างๆ เช่น การตรวจจับระยะไกลและการใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่คำนวณการเคลื่อนที่ของมวลอากาศในชั้นบรรยากาศ การพยากรณ์พายุอย่างแม่นยำสามารถช่วยให้เกษตรกรเตรียมตัวรับมือกับสภาพอากาศที่ไม่แน่นอนและลดผลกระทบจากการเกิดภัยพิบัติ ช่วยลดความเสี่ยงและเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรในระยะยาว

5.1.5 การจำลองสภาพภูมิอากาศ และการพยากรณ์อากาศ

การจำลองสภาพภูมิอากาศและการพยากรณ์อากาศเป็นเครื่องมือสำคัญในการศึกษาผลกระทบของสภาพอากาศที่มีต่อภาคเกษตรกรรม ทั้งสองกระบวนการนี้มีบทบาทสำคัญในการช่วยให้เกษตรกรสามารถวางแผนและปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ เพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรและลดความเสี่ยงจากภัยธรรมชาติ อย่างไรก็ตาม การพยากรณ์อากาศและการจำลองสภาพภูมิอากาศมีความแตกต่างกันในแง่ของวัตถุประสงค์ เทคนิค และระยะเวลาในการคาดการณ์

การจำลองสภาพภูมิอากาศ (Climate Modeling) ช่วยในการวางแผนการเกษตรและการปรับตัวของเกษตรกรต่อการเปลี่ยนแปลงในสภาพภูมิอากาศ เช่น การจัดการทรัพยากรน้ำ การเลือกพืชที่เหมาะสมกับสภาพอากาศในแต่ละช่วงเวลา และการรับมือกับภัยพิบัติทางธรรมชาติ เป็นต้น โดยใช้แบบจำลองทางฟิสิกส์และการคำนวณในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงทางภูมิอากาศในอนาคต โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างต่อเนื่อง การจำลองสภาพภูมิอากาศช่วยให้สามารถประเมินแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ปริมาณฝน ระดับน้ำทะเล และปรากฏการณ์ภูมิอากาศอื่นๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและการเกษตรได้ การจำลองสภาพภูมิอากาศช่วยให้เกษตรกรสามารถประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศและวางแผนการจัดการทรัพยากรเพื่อปรับตัวได้อย่างเหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงจากภัยพิบัติทางธรรมชาติ เช่น ภัยแล้ง น้ำท่วม หรือพายุที่รุนแรง

แบบจำลองสภาพภูมิอากาศ (Climate Models) คือ ระบบทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการจำลองกระบวนการต่างๆ ที่เกิดขึ้นในบรรยากาศ มหาสมุทร และพื้นผิวโลก โดยการคำนวณนี้จะรวมถึงการประเมินผลกระทบจากกิจกรรมมนุษย์ เช่น การปล่อยก๊าซเรือนกระจก การตัดไม้ทำลายป่า หรือการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน แบบจำลองเหล่านี้สามารถแบ่งออกเป็นประเภทต่างๆ ดังนี้

1) แบบจำลองสภาพภูมิอากาศทั่วไป (General Circulation Models, GCMs) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการจำลองการหมุนเวียนของบรรยากาศ การถ่ายโอนพลังงาน และการระเหยของน้ำในลักษณะเชิงลึก โดยสามารถประเมินการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศในระยะยาวได้ เช่น การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ปริมาณฝน และลมในระดับโลก เป็นต้น ซึ่งมีประโยชน์ในการศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระดับประเทศและระดับภูมิภาค

2) แบบจำลองภูมิอากาศเฉพาะภูมิภาค (Regional Climate Models, RCMs) มีความละเอียดสูงกว่า GCMs เนื่องจากมุ่งเน้นการจำลองสภาพภูมิอากาศในระดับภูมิภาค ซึ่งช่วยให้สามารถประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในพื้นที่เฉพาะได้อย่างแม่นยำมากขึ้น เช่น การคาดการณ์ปริมาณฝนในฤดูเกษตรกรรม การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่อาจส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช หรือการศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศที่เกิดขึ้นในพื้นที่เกษตรกรรม เป็นต้น

3) แบบจำลองพืชและระบบนิเวศ (Crop and Ecosystem Models) แบบจำลองพืชใช้ข้อมูลจากแบบจำลองภูมิอากาศเพื่อประเมินการเจริญเติบโตของพืชภายใต้สภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป โดยสามารถคำนวณผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ความชื้น และการระเหยของน้ำที่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตร ตัวอย่างเช่น การประเมินการปลูกข้าวในพื้นที่ที่มีฝนตกน้อยลง หรือการเลือกพืชที่สามารถทนทานต่อภาวะอุณหภูมิสูง เป็นต้น

การจำลองสภาพภูมิอากาศสามารถใช้ในการวางแผนการเกษตรในหลายด้าน เช่น การจัดการทรัพยากรน้ำ การคาดการณ์ผลผลิต การปรับตัวของเกษตรกร และการศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ เป็นต้น การจำลองสภาพภูมิอากาศช่วยในการคาดการณ์ปริมาณฝนที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญในการวางแผนการใช้น้ำในภาคเกษตรกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการจัดการน้ำในฤดูแล้งหรือช่วงที่มีปริมาณน้ำฝนมากเกินไป ในขณะที่การใช้แบบจำลองพืชสามารถช่วยในการคาดการณ์ผลผลิตของพืชในสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง โดยการวิเคราะห์ผลกระทบจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นหรือการขาดแคลนน้ำ เช่น การลดผลผลิตของข้าวในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิสูงเกินไปในช่วงการปลูก เป็นต้น จะเห็นว่าการจำลองสภาพภูมิอากาศสามารถช่วยให้เกษตรกรปรับกลยุทธ์การปลูกพืชได้ตามสภาพอากาศที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต เช่น การเลือกพืชที่ทนทานต่อสภาพอากาศร้อน หรือการปรับเปลี่ยนเทคนิคการเกษตรให้เหมาะสมกับสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลง และยังช่วยในการศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่อาจมีต่อภาคเกษตรกรรม เช่น การคาดการณ์ภัยแล้งที่เกิดจากการลดลงของปริมาณน้ำฝน หรือการเตรียมรับมือกับพายุที่มีความรุนแรงขึ้น

แหล่งข้อมูลที่น่ามาใช้ในการสร้างแบบจำลองสภาพภูมิอากาศนั้น มีตั้งแต่ข้อมูลจากการสังเกตสภาพอากาศโดยตรง ข้อมูลจากการประมาณการ และข้อมูลบรรพชีวินวิทยา โดยข้อมูลจากการสังเกตได้จากสถานีตรวจวัดสภาพอากาศภาคพื้นดินที่ติดตั้งอยู่ในหลายประเทศ ซึ่งข้อมูลจากสถานีเดียวไม่อาจสมบูรณ์ได้จึงได้มีการรวบรวมและจัดทำเป็นฐานข้อมูล เช่น ฐานข้อมูล Global Historical Climatology Network (GHCN) ที่มีข้อมูลจาก 100,000 สถานีใน 180 ประเทศ ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดรายวัน ปริมาณน้ำฝน และหิมะ เป็นต้น และฐานข้อมูล Asian Precipitation – Highly Resolved Observation Data Integration Towards Evaluation (APHRODITE) ซึ่งมีข้อมูลปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิจาก 12,000 สถานีทั่วภูมิภาคเอเชีย เป็นต้น ซึ่งสำหรับประเทศไทย ข้อมูลสถานีภาคพื้นดินหลัก ๆ เป็นของกรมอุตุนิยมวิทยา (100 สถานี) และสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (สสน.) (940 สถานี) โดยให้ข้อมูลอุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน และความชื้น นอกจากนี้ยังมีข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่แปลผลให้เป็นข้อมูลสภาพภูมิอากาศ เช่น ปริมาณน้ำ พื้นที่ป่า ระดับน้ำทะเล มวลน้ำแข็ง ระดับก๊าซเรือนกระจก การใช้ไฟในเวลากลางคืน และผลผลิตทางการเกษตร ซึ่งข้อมูลสภาพอากาศจากภาพถ่ายดาวเทียมของไทยได้จากดาวเทียมไทยโชตของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (GISTDA)

ข้อมูลจากการประมาณการจะช่วยให้การสร้างแบบจำลองสมบูรณ์ขึ้นในกรณีพื้นที่ที่ไม่มีสถานีตรวจอากาศติดตั้งอยู่ ซึ่งความแม่นยำของข้อมูลจะขึ้นอยู่กับจำนวนสถานีในพื้นที่ใกล้เคียง เทคนิคที่ใช้ และตัวแปรที่ต้องการศึกษา โดยใช้ทฤษฎีทางฟิลิกส์ในการคำนวณความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสภาพอากาศต่าง ๆ เพื่อสร้างข้อมูลให้สมบูรณ์ครอบคลุมทุกพื้นที่ที่ต้องการศึกษา ซึ่งในประเทศไทย มหาวิทยาลัยรามคำแหงร่วมกับผู้เชี่ยวชาญในภูมิภาคได้จัดตั้งศูนย์ข้อมูลกลาง The Southeast Asia Regional Climate Change Information System (SARCCIS) เพื่อพัฒนาฐานข้อมูลและเผยแพร่แก่ผู้สนใจ นอกจากนี้ข้อมูลบรรพชีวินวิทยาจะเข้ามาเติมเต็มในส่วนของการประมาณการสภาพภูมิอากาศในอดีต ในยุคที่ยังไม่มีข้อมูลจากสถานีหรือภาพถ่ายดาวเทียม ทั้งในเรื่องอุณหภูมิ ก๊าซในชั้นบรรยากาศ ลักษณะของพื้นผิวโลก รวมถึงสิ่งมีชีวิต โดยศึกษาจากข้อมูลบรรพชีวินต่าง ๆ ยกตัวอย่างเช่น ฟอสซิลของพืชและสัตว์ วงปีของต้นไม้ที่อายุยืน (ขนาดและสีของวงปีสามารถบ่งบอกถึงอุณหภูมิและปริมาณน้ำในปีนั้น ๆ) ขนาดของธารน้ำแข็ง (สารเคมีและฟอสฟอรัสในแต่ละชั้นของแกนน้ำแข็งบ่งบอกได้ถึงเกิดการเกิดภูเขาไฟ มลพิษ หรือ ฝุ่นจากดาวตก) เป็นต้น

อย่างไรก็ตามบ่อยครั้งที่นักวิจัยมีความจำเป็นต้องแปลงหน่วยของตัวแปรที่ต้องการศึกษาให้เป็นหน่วยเดียวกัน ยกตัวอย่างเช่น หากมีข้อมูลสถานีอากาศรายอำเภอ แต่ต้องการศึกษาผลผลิตรายจังหวัดก็ต้องแปลงข้อมูลรายอำเภอให้เป็นค่าเฉลี่ยรายจังหวัด หรือต้องเลือกว่าจะถ่วงน้ำหนักด้วยพื้นที่หรือจำนวนประชากร ข้อมูลด้านเวลาที่มีผลต่อการตีความว่าความสัมพันธ์ที่ศึกษานั้นเป็นความสัมพันธ์ระยะสั้นหรือระยะยาว ดังนั้น นอกจากอาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์แล้ว จำเป็นต้องทราบกลไกการส่งผ่านข้อมูลสภาพอากาศไปยังกิจกรรมทางเศรษฐกิจด้วยเพื่อจะได้เลือกข้อมูลและหน่วยวัดที่น่าเสนอได้เหมาะสม

ในประเทศไทย สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (สสน.) ได้ศึกษาวิจัยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และจัดทำระบบติดตามสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เพื่อพัฒนาระบบการคาดการณ์สภาพอากาศเพื่อสนับสนุนข้อมูลให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการวางแผนบริหารจัดการน้ำให้เกิดประสิทธิภาพ ซึ่งรวมถึงการเตือนภัยน้ำแล้ง-น้ำท่วม-ดินถล่ม โดยสร้างแบบจำลองคาดการณ์ระยะสั้นแบบคู่ควบ (WRF-ROMS-Coupled Model) ที่ทำงานร่วมกันระหว่างแบบจำลองสภาพอากาศและแบบจำลองมหาสมุทร โดยพัฒนาจากแบบจำลองคู่ควบของประเทศสหรัฐอเมริกา โดยแบบจำลองนี้จะคาดการณ์ปริมาณฝน ทิศทางลม และสภาพอากาศ ได้ล่วงหน้า 3 วัน ที่ความละเอียด 3 กิโลเมตรตามแนวราบ และ 7 วัน ที่ความละเอียด 9 และ 27 กิโลเมตร ตามแนวราบ โดยประมวลผลและปรับปรุงข้อมูลวันละ 2 ครั้ง และนำเสนอผ่านเว็บไซต์ www.thaiwater.net เพื่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องและผู้สนใจนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

การจำลองสภาพภูมิอากาศเป็นเครื่องมือที่มีความสำคัญในการศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตและช่วยในการวางแผนการเกษตรอย่างมีประสิทธิภาพ การใช้แบบจำลองภูมิอากาศและแบบจำลองพืชสามารถช่วยในการปรับกลยุทธ์การเกษตรเพื่อรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศที่เกิดขึ้น การประยุกต์ใช้เครื่องมือเหล่านี้ในภาคเกษตรกรรมจึงมีความสำคัญต่อการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรและการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำอย่างยั่งยืนในอนาคต แต่ยังคงมีความท้าทายบางประการที่ต้องพิจารณา ยกตัวอย่างเช่น ความไม่แน่นอนของข้อมูลจากข้อมูลที่คลาดเคลื่อนหรือไม่ครอบคลุม การคำนวณที่ซับซ้อน หรือ การปรับตัวของเกษตรกร เพื่อนำผลการจำลองสภาพภูมิอากาศไปใช้จริงในภาคเกษตรกรรม เป็นต้น

การพยากรณ์อากาศ (Weather Forecasting) เป็นกระบวนการที่มุ่งเน้นการทำนายสภาพอากาศและปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ที่จะเกิดขึ้นในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งในอนาคต ซึ่งในภาคเกษตรกรรมการพยากรณ์อากาศมีบทบาทสำคัญในการช่วยเกษตรกรตัดสินใจเรื่องต่างๆ เช่น การเก็บเกี่ยวพืช การรดน้ำ หรือ การป้องกันพืชจากภัยพิบัติทางธรรมชาติ เช่น ฝนตกหนัก ภัยแล้ง หรือพายุ เป็นต้น โดยส่วนมากการพยากรณ์อากาศจะเกี่ยวข้องกับสภาวะอากาศที่เกิดขึ้น ตัวอย่างเช่น ฝน อุณหภูมิ เมฆ หมอก คลื่นลม รวมถึงภัยธรรมชาติ โดยแบ่งออกเป็น 3 ชนิดตามช่วงเวลาของการพยากรณ์ ได้แก่ การพยากรณ์อากาศระยะสั้น ระยะกลาง และ ระยะยาว โดยการพยากรณ์อากาศระยะสั้นจะพยากรณ์อากาศในช่วงเวลาไม่เกิน 72 ชั่วโมง อาศัยข้อมูลจากผลตรวจอากาศและแผนที่อากาศในปัจจุบันมาวิเคราะห์ตามแนวทางของทฤษฎีอุตุนิยมวิทยา ส่วนการพยากรณ์อากาศระยะกลางนั้น จะพยากรณ์อากาศในระยะ 72 ชั่วโมง จนถึง 10 วัน ซึ่งต้องใช้ข้อมูลปัจจุบันร่วมกับข้อมูลสถิติภูมิอากาศร่วมกัน สุดท้ายการพยากรณ์อากาศระยะยาว จะพยากรณ์อากาศในช่วงเวลามากกว่า 10 วันขึ้นไป โดยใช้ข้อมูลสถิติทางอุตุนิยมวิทยา ซึ่งการจะได้มาซึ่งข้อมูลเหล่านี้จำเป็นต้องมีสถานีตรวจอากาศ ทั้งสถานีภาคพื้นเพื่อตรวจอากาศชั้นล่าง และตรวจอากาศชั้นบน เพื่อตรวจวัดปัจจัยต่าง ๆ เช่น ความกดอากาศ อุณหภูมิ ลม ฝน เป็นต้น เรดาร์ตรวจอากาศจะตรวจจับพื้นที่ที่มีความรุนแรงของฝน ในขณะที่ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาใช้ตรวจวัดข้อมูลในบริเวณที่ห่างไกลและไม่สามารถติดตั้งสถานีตรวจอากาศได้

เช่น บริเวณเทือกเขา ป่าไม้ ทะเลทราย มหาสมุทร เกาะต่าง ๆ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีเครื่องมือตรวจวัดระดับน้ำที่ติดตั้งตามแม่น้ำสำคัญต่าง ๆ เพื่อตรวจวัดปริมาณการไหลของน้ำเพื่อให้ระบบการพยากรณ์อากาศสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

การพยากรณ์อากาศส่งผลกระทบต่อภาคเกษตรกรรมในหลายด้าน เช่น การจัดการน้ำ การปลูก และการเก็บเกี่ยว รวมถึงการป้องกันพืชพันธุ์จากภัยธรรมชาติ เป็นต้น การพยากรณ์ฝนในระยะสั้นช่วยให้เกษตรกรสามารถวางแผนการใช้น้ำและการรดน้ำพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถหลีกเลี่ยงการใช้น้ำมากเกินไปในช่วงที่มีฝนตก หรือเตรียมพร้อมสำหรับการร่นน้ำในช่วงที่คาดว่าจะเกิดภัยแล้ง นอกจากนี้ยังช่วยให้เกษตรกรตัดสินใจเกี่ยวกับการปลูกพืชในเวลาที่เหมาะสมหรือการเก็บเกี่ยวพืช ลดความเสี่ยงจากภัยพิบัติทางธรรมชาติ และเตรียมตัวรับมือกับภัยพิบัติ เช่น พายุฝน พายุทอร์นาโด หรืออุณหภูมิที่สูงเกินไป ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตร

การพยากรณ์อากาศและการจำลองสภาพภูมิอากาศมีข้อแตกต่างที่สำคัญในแง่ของวัตถุประสงค์ ระยะเวลา เทคนิค และการประยุกต์ใช้งานแสดงดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบการจำลองสภาพภูมิอากาศและการพยากรณ์อากาศ

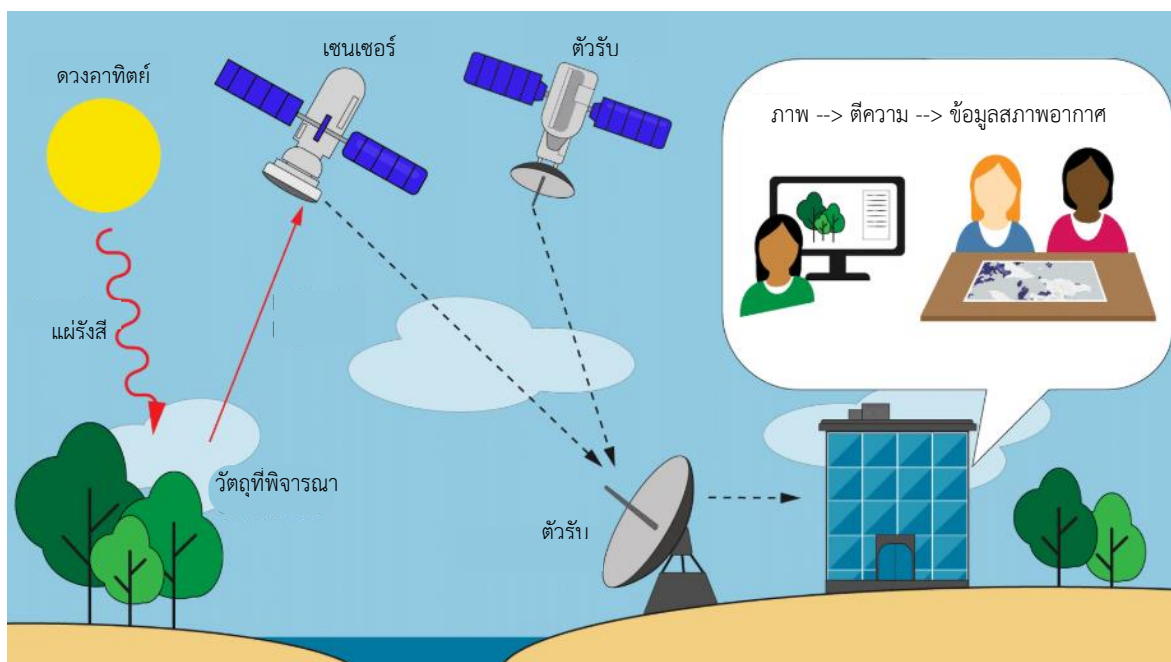
ลักษณะ	การจำลองสภาพภูมิอากาศ	การพยากรณ์อากาศ
วัตถุประสงค์	ศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระยะยาว	ทำนายสภาพอากาศในระยะสั้น (ไม่กี่ชั่วโมงถึงไม่กี่วัน)
ระยะเวลา	ระยะยาว (ทศวรรษหรือศตวรรษ)	ระยะสั้น (1-7 วัน)
การใช้ข้อมูล	ข้อมูลเชิงสถิติ เช่น การปล่อยก๊าซเรือนกระจก การเปลี่ยนแปลงของพื้นผิวโลก	ข้อมูลจากสถานีตรวจอากาศ ดาวเทียม เช่น อุณหภูมิ ลม ความชื้น
เทคนิค	แบบจำลองสภาพภูมิอากาศเชิงสถิติและคณิตศาสตร์ (GCMs, RCMs)	แบบจำลองการพยากรณ์ อุตุนิยมนิเทศและข้อมูลสังเกตการณ์
การประยุกต์ใช้งาน	การวางแผนการเกษตรในระยะยาวและการประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ	การจัดการการเกษตรในระยะสั้น (การปลูก การเก็บเกี่ยว การรดน้ำ)

การจำลองสภาพภูมิอากาศและการพยากรณ์อากาศมีบทบาทสำคัญในการจัดการสภาพอากาศในภาคเกษตรกรรม แต่มีความแตกต่างกันในด้านการทำนายระยะยาวและการประยุกต์ใช้งาน การพยากรณ์อากาศเน้นการทำนายสภาพอากาศในระยะสั้นที่ช่วยในการตัดสินใจในกิจกรรมเกษตรกรรมในแต่ละวัน เช่น การปลูก การเก็บเกี่ยว และการจัดการน้ำ ขณะที่การจำลองสภาพภูมิอากาศเน้นการศึกษาในระยะยาวและประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต โดยมีบทบาทสำคัญในการวางแผนการเกษตร การพัฒนาสายพันธุ์พืชให้เหมาะสมกับสภาพอากาศที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต และการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่อาจเกิดขึ้น

5.2 การตรวจจากระยะไกลสำหรับการพยากรณ์อากาศ

การตรวจจากระยะไกล (Remote Sensing) เป็นเครื่องมือที่สำคัญในการเก็บข้อมูลสภาพอากาศและสภาพแวดล้อมการเกษตรในพื้นที่กว้างที่อาจเข้าถึงได้ยาก การใช้เทคโนโลยีการตรวจจากระยะไกล เช่น การใช้ดาวเทียม เซนเซอร์บนเครื่องบิน หรือโดรนสามารถให้ข้อมูลที่มีความละเอียดสูงเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศและสภาพแวดล้อมต่างๆ ที่มีผลต่อการเกษตร การใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียมเพื่อวิเคราะห์สภาพอากาศ เช่น การวัดปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิพื้นผิวดิน และการวิเคราะห์การเจริญเติบโตของพืชจากการสะท้อนแสง (NDVI) เป็นตัวอย่างการประยุกต์ใช้การตรวจจากระยะไกลในการพยากรณ์อากาศ ข้อมูลเหล่านี้สามารถนำมาใช้ในการคาดการณ์อากาศที่มีผลกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตรได้อย่างแม่นยำมากขึ้น เช่น การคาดการณ์ภาวะภัยแล้ง การพยากรณ์ฝนตกในฤดูกาลต่างๆ เพื่อช่วยให้เกษตรกรเตรียมตัวรับมือกับสภาพอากาศที่ไม่แน่นอนได้ นอกจากนี้ ข้อมูลที่ได้จากการตรวจจากระยะไกลยังสามารถนำมาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลสภาพอากาศที่เก็บจากสถานีอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่เฉพาะ โดยใช้เทคโนโลยีข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) และการประมวลผลด้วยปัญญาประดิษฐ์ (AI) สามารถทำให้การพยากรณ์สภาพภูมิอากาศในระดับท้องถิ่นมีความแม่นยำสูงขึ้นและสามารถตอบสนองต่อความต้องการของการเกษตรได้ดียิ่งขึ้น

การตรวจจากระยะไกลเป็นเทคนิคที่ใช้ในการเก็บข้อมูลจากระยะไกลโดยไม่ต้องสัมผัสโดยตรงกับเป้าหมาย มีการใช้เทคโนโลยีต่างๆ เช่น ดาวเทียม เครื่องมือวัดในอากาศ และเซนเซอร์ที่ตั้งอยู่บนพื้นผิวโลกในการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสภาพอากาศ เช่น อุณหภูมิ ความชื้นปริมาณฝน ความเร็วลม และความดันบรรยากาศ ข้อมูลที่ได้จากการตรวจจากระยะไกลนี้มีความสำคัญในการพยากรณ์อากาศ เนื่องจากสามารถให้ข้อมูลที่แม่นยำ รวดเร็ว และครอบคลุมในพื้นที่กว้าง รวมถึงข้อมูลที่มีความละเอียดสูงในหลายมิติ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาสภาพอากาศและการคาดการณ์สภาพภูมิอากาศในอนาคต



รูปที่ 5.3 การถ่ายโอนพลังงานจากดวงอาทิตย์ที่มีผลต่อสภาพภูมิอากาศในภาคเกษตรกรรม

ที่มา: ดัดแปลง Reef Resilience Network (ม.ป.ป.)

5.2.1 การใช้การตรวจจับระยะไกลในการพยากรณ์อากาศ

การตรวจจับระยะไกลเป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในการเก็บข้อมูลจากระยะไกลโดยไม่ต้องสัมผัสกับวัตถุหรือพื้นที่ที่ต้องการศึกษา โดยอาศัยการใช้เซนเซอร์ที่ติดตั้งบนดาวเทียม เครื่องบิน หรืออุปกรณ์ที่อยู่บนพื้นดิน ซึ่งสามารถวัดคุณสมบัติต่างๆ ของบรรยากาศและพื้นผิวโลก เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม ปริมาณฝน และการเคลื่อนที่ของมวลอากาศ เป็นต้น การตรวจจับระยะไกลสามารถใช้เพื่อวัดอุณหภูมิในชั้นบรรยากาศ เช่น การใช้เซนเซอร์อินฟราเรดจากดาวเทียมในการวัดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิพื้นผิวโลกหรือในชั้นบรรยากาศ การวัดความชื้นในอากาศสามารถช่วยให้การพยากรณ์อากาศแม่นยำขึ้น โดยเฉพาะในการทำนายการเกิดฝน นอกจากนี้การวัดความเร็วลมและทิศทางการเคลื่อนที่ของมวลอากาศ ก็เป็นข้อมูลสำคัญในการพยากรณ์สภาพอากาศที่เกี่ยวข้องกับพายุทอร์นาโด พายุไซโคลน และมรสุม ในขณะที่การใช้เรดาร์และดาวเทียมในการตรวจจับปริมาณฝนช่วยในการพยากรณ์ฝนในระยะสั้น โดยสามารถตรวจสอบการสะสมของฝนในพื้นที่ต่างๆ และคาดการณ์การกระจายตัวของฝนในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วม

ข้อมูลจากการตรวจจับระยะไกลเหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการพยากรณ์อากาศและการศึกษาสภาพอากาศในระยะยาว เนื่องจากสามารถให้ข้อมูลที่มีความแม่นยำและครอบคลุมในพื้นที่กว้าง รวมถึงการติดตามการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศในระดับโลก ข้อมูลที่ได้จากการตรวจจับระยะไกลช่วยในการสร้างแบบจำลองสภาพอากาศที่แม่นยำมากขึ้น ซึ่งมีประโยชน์ในการพยากรณ์อากาศหลายด้าน ได้แก่

- 1) การเก็บข้อมูลทางบรรยากาศ การใช้ดาวเทียมและเซนเซอร์ในอากาศสามารถเก็บข้อมูลเกี่ยวกับสภาพบรรยากาศได้อย่างละเอียด เช่น การวัดอุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม และการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของมวลอากาศ การมีข้อมูลที่ครอบคลุมในพื้นที่กว้างทำให้สามารถทำการพยากรณ์อากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ

- 2) การตรวจจับการเคลื่อนไหวของระบบอากาศ การตรวจจับระยะไกลสามารถช่วยในการตรวจสอบการเคลื่อนที่ของระบบอากาศต่างๆ เช่น พายุ มรสุม หรือการเปลี่ยนแปลงของมวลอากาศ ซึ่งมีผลต่อการพยากรณ์อากาศในระยะสั้น โดยการใช้ข้อมูลที่ได้จากดาวเทียมในการติดตามการเคลื่อนที่ของพายุและระบบอากาศอื่นๆ ที่เกิดขึ้นในมหาสมุทรและบนบก

- 3) การติดตามสภาพแวดล้อม การตรวจจับระยะไกลสามารถใช้ในการติดตามสภาพแวดล้อมที่มีผลกระทบต่ออากาศ เช่น การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่า การแผ่ขยายของการเกษตร หรือการเปลี่ยนแปลงของพื้นผิวโลกที่สามารถส่งผลกระทบต่อภาระพลังงานและความชื้นในบรรยากาศ เป็นต้น

การตรวจจับระยะไกลมีการประยุกต์ใช้ในหลายด้านของการพยากรณ์อากาศที่มีผลต่อสังคมและเศรษฐกิจ โดยเฉพาะในภาคเกษตรกรรม การคมนาคม และการจัดการภัยพิบัติ ตัวอย่างเช่น การพยากรณ์พายุและภัยพิบัติทางธรรมชาติด้วยการใช้เรดาร์และดาวเทียมในการตรวจสอบการเคลื่อนไหวของพายุและการเปลี่ยนแปลงของมวลอากาศซึ่งช่วยให้สามารถเตือนภัยล่วงหน้าพายุฝน พายุทอร์นาโด หรือสภาวะอากาศที่รุนแรงได้ และข้อมูลจากการตรวจจับระยะไกลสามารถช่วยในการคาดการณ์ฝนและการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในพื้นที่ต่างๆ ซึ่งมีความสำคัญต่อการจัดการทรัพยากรน้ำในเกษตรกรรมและการวางแผนการใช้น้ำในพื้นที่เสี่ยงภัย นอกจากนี้ยังช่วยในการทำนายสภาพอากาศในระยะสั้น ซึ่งมีความสำคัญในการตัดสินใจด้านการเกษตร เช่น การปลูก การเก็บเกี่ยว และการรักษาความปลอดภัยของพืช

การตรวจจับระยะไกลเป็นเครื่องมือสำคัญในการพยากรณ์อากาศ เนื่องจากสามารถให้ข้อมูลที่แม่นยำและครอบคลุมในการทำนายสภาพอากาศในระยะสั้นและยาว ด้วยการใช้เทคโนโลยีต่างๆ เช่น ดาวเทียม เรดาร์ และ ไลดาร์ (LiDAR) ซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อต่อไป การตรวจจับระยะไกลช่วยในการเก็บข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการพยากรณ์อากาศที่เกี่ยวข้องกับสภาพบรรยากาศ การเคลื่อนที่ของมวลอากาศ และการเกิดพายุ รวมถึงการคาดการณ์สภาพอากาศในภาคเกษตรกรรมและการจัดการทรัพยากรน้ำ

5.2.2 เทคโนโลยีในการตรวจจับระยะไกล

การตรวจจับระยะไกลเป็นเครื่องมือสำคัญในการพยากรณ์อากาศและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเกษตรเพื่อการบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพ หลายเทคโนโลยีในการตรวจจับระยะไกลมีการพัฒนาและใช้ในงานพยากรณ์อากาศ โดยเฉพาะดาวเทียมที่สามารถให้ข้อมูลสำคัญได้จากอวกาศ ซึ่งมีหลากหลายประเภทที่มีคุณสมบัติต่างกันในการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับสภาพอากาศ

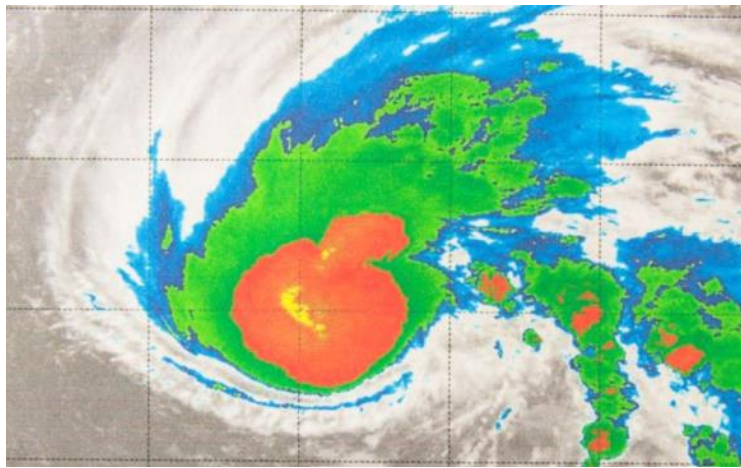
1) ดาวเทียมเชิงสังเกตการณ์ เป็นเครื่องมือหลักที่สำคัญในการตรวจจับข้อมูลสภาพบรรยากาศและการเปลี่ยนแปลงทางภูมิอากาศที่มีผลต่อการพยากรณ์อากาศ โดยสามารถให้ข้อมูลที่ครอบคลุมในระดับภูมิภาคและทั่วโลก ดาวเทียมที่ใช้ในการพยากรณ์อากาศมีหลายประเภท เช่น ดาวเทียมที่อยู่ในวงโคจรเชิงภูมิศาสตร์ (Geostationary) และวงโคจรโพลาร์ (Polar-Orbiting) ซึ่งแต่ละประเภทมีข้อดีในการเก็บข้อมูลในลักษณะที่ต่างกัน ได้แก่ ดาวเทียมในวงโคจรเชิงภูมิศาสตร์ เช่น GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite) สามารถเก็บข้อมูลสภาพอากาศในพื้นที่ขนาดใหญ่และให้ข้อมูลในเวลาจริงซึ่งช่วยในการติดตามสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงเร็ว เช่น พายุฝนหรือพายุทอร์นาโด ในขณะที่ดาวเทียมในวงโคจรโพลาร์ เช่น POES (Polar Orbiting Environmental Satellite) ช่วยในการให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับสภาพอากาศที่ครอบคลุมพื้นที่ทั่วโลก โดยการบินผ่านขั้วโลกเหนือและใต้ ทำให้สามารถเก็บข้อมูลสภาพบรรยากาศในระดับโลกได้อย่างละเอียดและต่อเนื่อง ตัวอย่างภาพถ่ายดาวเทียมแสดงดังรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 ภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อตรวจสอบเส้นทางพายุ

ที่มา: กรุงเทพมหานคร (2564)

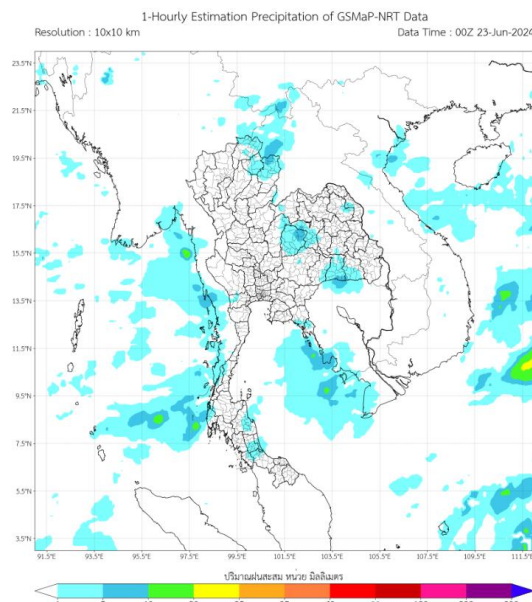
2) การใช้ความร้อนอินฟราเรด เป็นเครื่องมือสำคัญในการติดตามสภาพอากาศ โดยเซนเซอร์อินฟราเรดที่สามารถวัดการปล่อยรังสีอินฟราเรดจากผิวดินและบรรยากาศช่วยในการประเมินอุณหภูมิของบรรยากาศ พื้นผิวโลก หรือการเคลื่อนที่ของมวลอากาศได้ โดยอาจติดตั้งบนพื้นดินเพื่อใช้ในการตรวจวัดอุณหภูมิของพื้นผิวดิน พืช หรือแม้กระทั่งการระเหยของน้ำจากพื้นผิว ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการประเมินสภาพน้ำในพื้นที่เกษตรกรรม เช่น การตรวจจับการคายน้ำจากพืช ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการประเมินการใช้น้ำและการจัดการทรัพยากรน้ำ หรือติดตั้งอยู่กับดาวเทียมเพื่อใช้ติดตามสภาพอากาศในช่วงเวลากลางที่ไม่สามารถมองเห็นได้ การใช้ข้อมูลจากการตรวจจับความร้อนอินฟราเรดสามารถนำมาใช้ในการพยากรณ์อากาศในหลายแง่มุม ยกตัวอย่างเช่น การติดตามการเคลื่อนที่ของเมฆ ประเมินอุณหภูมิพื้นผิวโลก พยากรณ์ภัยพิบัติทางธรรมชาติ หรือ ใช้ในการจัดการทรัพยากรน้ำ เป็นต้น ข้อมูลจากการตรวจจับอินฟราเรดสามารถนำไปใช้ในการประยุกต์ใช้ในภาคเกษตรกรรมเพื่อการจัดการน้ำ พยากรณ์ฝน การคำนวณการคายน้ำจากพืช และการคาดการณ์สภาพอากาศที่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช ตัวอย่างภาพถ่ายความร้อนอินฟราเรดแสดงดังรูปที่ 5.5



รูปที่ 5.5 ภาพถ่ายดาวเทียมอินฟราเรดของพายุโซนร้อนรุนแรงในมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนือ

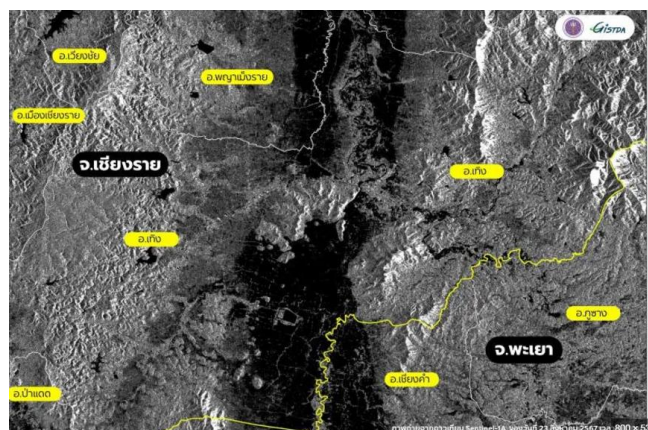
ที่มา: iStock. (ม.ป.ป.)

3) การใช้ความถี่วิทยุ (Radar and LiDAR) โดยเรดาร์เป็นเทคโนโลยีที่ใช้คลื่นวิทยุในการวัดการสะท้อนจากวัตถุในบรรยากาศ เช่น ปริมาณฝน ความเร็วลม และสภาพการเคลื่อนไหวของพายุ ข้อมูลจากเรดาร์สามารถใช้ในการตรวจสอบสภาพอากาศในพื้นที่จำกัด โดยเฉพาะในการพยากรณ์และติดตามปริมาณฝนและพายุได้แม่นยำ โดยการส่งสัญญาณวิทยุและรับสัญญาณสะท้อนกลับจากวัตถุในบรรยากาศ เรดาร์สามารถใช้ในการตรวจสอบพายุฝน พายุทอร์นาโด และเงื่อนไขที่อาจส่งผลต่อสภาพอากาศในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูง ตัวอย่างภาพถ่ายจากเรดาร์แสดงดังรูปที่ 5.6 ในขณะที่ไลดาร์ เป็นเทคโนโลยีที่ใช้เลเซอร์ในการวัดระยะทางและและความหนาแน่นของเมฆและฝน โดยสร้างภาพสามมิติของสิ่งต่าง ๆ บนพื้นผิวโลกและบรรยากาศ จึงใช้ในการตรวจสอบการกระจายตัวของฝนและเมฆในชั้นบรรยากาศ ข้อมูลจากไลดาร์สามารถช่วยในการวิเคราะห์พยากรณ์ และติดตามพายุฝน ลมแรง พายุทอร์นาโด หรือสถานการณ์น้ำท่วม ทำให้สามารถทำนายการเคลื่อนที่ของพายุและลักษณะของพายุได้ดียิ่งขึ้น ตัวอย่างภาพจากไลดาร์ แสดงดังรูปที่ 5.7



รูปที่ 5.6 ภาพถ่ายเรดาร์เพื่อประมาณค่าฝนด้วยดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2567)



รูปที่ 5.7 ภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-1A จากเทคโนโลยีไลดาร์ (LiDAR) เพื่อติดตามสถานการณ์น้ำท่วม

ที่มา: และ Bedrock (2567)

5.2.3 ความสำคัญของการตรวจจ้บระยะไกลในภาคเกษตรกรรม

การตรวจจําบระยะไกล เป็นเทคโนโลยีที่ใช้สำหรับการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะต่าง ๆ ของสภาพแวดล้อมจากระยะไกล โดยใช้เครื่องมือและเซนเซอร์ที่ติดตั้งในดาวเทียม อากาศยาน หรืออุปกรณ์ที่ตั้งอยู่บนพื้นผิวโลก ซึ่งสามารถให้ข้อมูลที่มีความละเอียดสูงและครอบคลุมพื้นที่กว้าง การตรวจจําบระยะไกลไม่เพียงแต่ช่วยในการพยากรณ์อากาศทั่วไปเท่านั้น แต่ยังมีบทบาทสำคัญในภาคเกษตรกรรม เนื่องจากช่วยในการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมต่าง ๆ ที่มีผลต่อการผลิตทางการเกษตรอย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งการตรวจสอบสุขภาพของพืช การจัดการทรัพยากรน้ำ การป้องกันภัยพิบัติทางธรรมชาติ และการวางแผนการใช้ทรัพยากรในเกษตรกรรม ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) การจัดการทรัพยากรน้ำ ซึ่งเป็นทรัพยากรที่สำคัญในการเกษตรกรรม โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีการขาดแคลนน้ำ การตรวจจับระยะไกลช่วยในการประเมินปริมาณน้ำฝน วัดระดับน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ และการกระจายตัวของน้ำในพื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งสามารถใช้ในการคำนวณการใช้น้ำและการคายน้ำจากพืช รวมถึงการตรวจสอบความสมดุลของน้ำในดินและผลกระทบจากการใช้ทรัพยากรน้ำมากเกินไปหรือขาดแคลน การใช้ข้อมูลจากดาวเทียมและเซนเซอร์ที่ตรวจวัดการคายน้ำจากพื้นผิวสามารถช่วยให้เกษตรกรรู้ถึงปริมาณน้ำที่พืชต้องการในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งทำให้สามารถใช้ทรัพยากรน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพและลดการสูญเสียจากการใช้น้ำมากเกินไป

2) การตรวจสอบสุขภาพของพืช การตรวจจับระยะไกลช่วยในการตรวจสอบสุขภาพของพืชโดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียมหรืออากาศยานเพื่อตรวจวัดลักษณะต่างๆ ของพืช เช่น ค่าดัชนีความเขียวของพืช ซึ่งสามารถใช้ในการประเมินการเจริญเติบโตและการฟื้นตัวของพืชในพื้นที่การเกษตร ข้อมูลจากเซนเซอร์ที่ใช้แสงอินฟราเรดใกล้ (Near-Infrared) สามารถช่วยในการระบุพื้นที่ที่มีความเครียดจากสภาพแวดล้อมหรือการขาดสารอาหารในพืช ซึ่งจะช่วยให้เกษตรกรสามารถทำการดูแลและบำรุงรักษาพืชได้อย่างถูกต้องและทันท่วงที นอกจากนี้ยังสามารถใช้ในการระบุการระบาดของโรคและแมลงศัตรูพืช ซึ่งช่วยให้เกษตรกรสามารถดำเนินการป้องกันและควบคุมโรคได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

3) การจัดการภัยพิบัติทางธรรมชาติ เช่น พายุ น้ำท่วม ภัยแล้ง หรือไฟป่า สามารถส่งผลกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตร การตรวจจับระยะไกลสามารถใช้ในการติดตามสภาพอากาศและการเกิดภัยพิบัติในพื้นที่เกษตรกรรม โดยเฉพาะการติดตามการเคลื่อนที่ของพายุ การประเมินความเสี่ยงจากน้ำท่วม และการติดตามการกระจายตัวของไฟป่า ข้อมูลจากเซนเซอร์อินฟราเรดและเรดาร์ช่วยในการประเมินอุณหภูมิของพื้นที่และการเคลื่อนที่ของน้ำ ซึ่งมีผลสำคัญในการเตือนภัยและการช่วยเหลือในกรณีที่เกิดเหตุฉุกเฉิน นอกจากนี้ยังสามารถช่วยในการประเมินความเสียหายจากภัยพิบัติได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ ซึ่งทำให้การช่วยเหลือและการฟื้นฟูพื้นที่เกษตรสามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4) การเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร การตรวจจับระยะไกลช่วยในการประเมินสภาพของพื้นที่เกษตรเพื่อปรับปรุงการผลิตทางการเกษตร เช่น การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน การจัดการการปลูกพืช และการประเมินผลผลิต ค่าดัชนีความเขียว ที่ได้จากการตรวจจับระยะไกลสามารถใช้ในการติดตามการเจริญเติบโตของพืชและคำนวณผลผลิตที่คาดว่าจะได้ในอนาคต ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์ในการวางแผนการเกษตรและการคาดการณ์การตลาด และยังช่วยให้เกษตรกรสามารถปรับกลยุทธ์การปลูกพืชได้ตามสภาพอากาศและลักษณะของพื้นที่ ซึ่งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดต้นทุนการเกษตรได้

5) การติดตามการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระดับโลกและระดับท้องถิ่น เช่น การติดตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ปริมาณฝน และการกระจายตัวของเมฆ ซึ่งสามารถช่วยในการประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่อาจเกิดขึ้นต่อภาคเกษตรกรรม ข้อมูลจากการตรวจจับระยะไกลช่วยให้เกษตรกรสามารถคาดการณ์ความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ เช่น การทำนายฝน การตรวจจับภัยแล้งหรืออุณหภูมิที่สูงเกินไป ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์ในการวางแผนการผลิตและการจัดการทรัพยากร

6) การปรับปรุงการวางแผนการเกษตร การตรวจจับระยะไกลมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาระบบข้อมูลภูมิสารสนเทศ (GIS) ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการวางแผนการเกษตร โดยการใช้ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ที่เก็บรวบรวมจากการตรวจจับระยะไกลในการสร้างแผนที่และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ เพื่อการ

ตัดสินใจที่แม่นยำในการเลือกพื้นที่การปลูกพืชที่เหมาะสม การวางแผนการใช้ปุ๋ยและสารเคมี การบริหารจัดการน้ำ และการป้องกันโรค

การตรวจจับระยะไกลเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการพยากรณ์อากาศ เนื่องจากสามารถเก็บข้อมูลที่มีความแม่นยำและครอบคลุมในพื้นที่กว้าง ซึ่งมีผลต่อการทำนายสภาพอากาศในระยะสั้นและการติดตามการเปลี่ยนแปลงของระบบอากาศต่างๆ โดยเฉพาะในภาคเกษตรกรรม การใช้เทคโนโลยีเช่น ดาวเทียม เซนเซอร์ อินฟราเรด เรดาร์ และ ไลดาร์ ทำให้สามารถติดตามข้อมูลที่มีผลกระทบต่อการผลิตพืชและการจัดการทรัพยากรน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้เกษตรกรสามารถเพิ่มผลผลิต ลดความเสี่ยงจากภัยธรรมชาติ และบริหารจัดการทรัพยากรได้อย่างยั่งยืน

5.3 การควบคุมสภาพอากาศในโรงงานผลิตพืช (Plant Factory)

โรงงานผลิตพืช คือหนึ่งในทางเลือกใหม่ที่สามารถตอบโจทย์การผลิตพืชในสภาพแวดล้อมที่จำกัด โดยการนำเทคโนโลยีและหลักการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชในทุกๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นแสง อุณหภูมิ ความชื้น หรือการให้น้ำ ซึ่งสามารถทำได้อย่างแม่นยำและต่อเนื่องภายในอาคารหรือโรงงานที่มีการควบคุมอย่างดี

การควบคุมสภาพอากาศในโรงงานผลิตพืชหรือโรงเรือนสำหรับการปลูกพืชในร่ม ดังรูปที่ 5.8 เป็นกระบวนการสำคัญที่ช่วยในการสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืชในระบบการปลูกพืชที่มีการควบคุมสภาพแวดล้อม โดยการใช้เทคโนโลยีต่างๆ ในการควบคุมปัจจัยทางกายภาพ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น แร่ธาตุ แสงสว่าง และการไหลเวียนของอากาศ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตพืชในสภาพแวดล้อมที่ไม่ขึ้นอยู่กับปัจจัยภายนอก เช่น สภาพอากาศและฤดูกาล การควบคุมสภาพอากาศในโรงงานผลิตพืช เป็นการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการจำลองและควบคุมปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดีแม้ในสภาพอากาศที่ไม่เอื้อต่อการผลิต จึงสามารถปลูกพืชได้ตลอดทั้งปีและมีการผลิตพืชที่มีคุณภาพสูงในปริมาณมาก



รูปที่ 5.8 การถ่ายโอนพลังงานจากดวงอาทิตย์ที่มีผลต่อสภาพภูมิอากาศในภาคเกษตรกรรม

ที่มา: ผู้จัดการออนไลน์ (2561)

จุดเด่นของการปลูกพืชในโรงงานผลิตพืช คือ สามารถผลิตพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ ให้ผลผลิตสูงทั้งในด้านกำลังผลิตที่เพิ่มขึ้นต่อพื้นที่ต่อเวลา เนื่องจากการปลูกพืชในแนวตั้งจึงใช้พื้นที่น้อยกว่าการทำเกษตรแบบดั้งเดิม และยังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพราะลดการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช วัชพืช และโรคพืช ทำให้ได้ผลผลิตที่สะอาด ปราศจากสารพิษ จึงเหมาะกับการผลิตพืชผักกินสด สมุนไพร หรือ พืชมูลค่าสูงต่าง ๆ นอกจากนี้ยังลดการใช้ทรัพยากรน้ำและธาตุอาหาร โดยพบว่าใช้น้ำเพียง 10% และใช้ปุ๋ยเพียง 25% เมื่อเปรียบเทียบกับ การปลูกพืชแบบดั้งเดิม และสามารถปลูกพืชได้ในทุก ๆ สภาพอากาศ เนื่องจากไม่ได้รับผลกระทบที่ก่อให้เกิดความเสียหายจากภัยธรรมชาติ จุดเด่นที่สำคัญของพืชที่ผลิตในโรงงานผลิตพืชคือสามารถเพิ่มคุณค่าของพืชนั้น ๆ ได้ด้วยการเพิ่มวิตามิน สารต้านอนุมูลอิสระ รวมทั้งสารสกัดต่าง ๆ ที่ใช้เป็นยารักษาโรค ด้วยการปรับปริมาณแสง และสเปกตรัมของแสง ซึ่งผลพลอยได้คือพืชในโรงงานผลิตพืชมีอายุการเก็บเกี่ยวที่สั้นลงเนื่องจากสามารถเพิ่มชั่วโมงแสงต่อวันเพื่อเร่งการเจริญเติบโตได้ ด้วยเหตุนี้จึงเพิ่มศักยภาพการตลาดในด้านการผลิตเชิงอุตสาหกรรม สามารถส่งวัตถุดิบให้กับอุตสาหกรรมยา เวชสำอาง รวมทั้งผู้บริโภคที่ต้องการพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง หรือ Functional Food สำหรับผู้ป่วย หรือกลุ่มคนรักสุขภาพ

เทคโนโลยีที่ใช้ในการควบคุมสภาพอากาศในโรงงานผลิตพืชมีหลายประเภท เช่น ระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ ระบบการให้น้ำที่ใช้การตรวจวัดความชื้นในดิน หรือการใช้แสงแอลอีดี (LED) เพื่อจำลองแสงจากดวงอาทิตย์ให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชแต่ละประเภท การควบคุมสภาพอากาศในโรงเรือนยังสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตและลดความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศที่ไม่คาดคิดได้ ซึ่งนำไปสู่การทำเกษตรแบบเกษตรอัจฉริยะ

5.3.1 ปัจจัยทางกายภาพที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

การเจริญเติบโตของพืชในโรงงานผลิตพืชขึ้นอยู่กับ การควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงงานที่สามารถปรับแต่งได้ตามความต้องการของพืชแต่ละชนิด ปัจจัยทางกายภาพที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชในระบบนี้ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น แร่ธาตุ แสงสว่าง และการไหลเวียนของอากาศ ซึ่งสามารถควบคุมและปรับแต่งเพื่อให้เหมาะสมที่สุดกับการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชในแต่ละช่วงเวลา

1) อุณหภูมิ เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อกระบวนการทางชีวเคมีและชีวภาพของพืช เช่น การสังเคราะห์แสง การหายใจของพืช และการดูดซึมสารอาหารจากดิน การควบคุมอุณหภูมิในโรงงานผลิตพืชจึงเป็นการสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตที่มีประสิทธิภาพ โดยอุณหภูมิที่สูงหรือต่ำเกินไปสามารถส่งผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตของพืชในลักษณะต่างๆ เช่น การลดการสังเคราะห์แสง การหยุดการเจริญเติบโต และการเกิดความเครียดที่อาจทำให้พืชตายได้ เป็นต้น ในโรงงานผลิตพืชการควบคุมอุณหภูมิจะต้องพิจารณาถึงชนิดของพืชที่ปลูก โดยพืชบางชนิดอาจต้องการอุณหภูมิสูงสำหรับการเจริญเติบโต เช่น พืชเมืองร้อน ในขณะที่พืชที่ทนต่ออุณหภูมิที่ต่ำจะเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่เย็น การควบคุมอุณหภูมิสามารถทำได้โดยการใช้เครื่องทำความร้อน หรือเครื่องปรับอากาศ ร่วมกับเซนเซอร์วัดอุณหภูมิในการรักษาความเสถียรของอุณหภูมิในระดับที่เหมาะสม เพื่อให้คงอุณหภูมิที่เหมาะสมตลอดช่วงการเจริญเติบโตของพืช

2) ความชื้นในอากาศ มีผลต่อกระบวนการระเหยและการคายน้ำจากพืช ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญในการควบคุมการเจริญเติบโตของพืช ในโรงงานผลิตพืช การควบคุมความชื้นในอากาศจะช่วยลดการขาดน้ำในพืชและปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโต เมื่อกล่าวถึงความชื้นในอากาศจะแสดงค่าเป็นความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งหมายถึงปริมาณไอน้ำในอากาศเทียบกับปริมาณไอน้ำอิ่มตัวในอากาศขณะนั้น ดังนั้นการมีความชื้นในอากาศที่สูงเกินไปอาจทำให้เกิดการเจริญเติบโตของเชื้อโรคและเชื้อรา ขณะที่ความชื้นที่ต่ำเกินไป

จะทำให้พืชขาดน้ำ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อการทำงานของพืช ซึ่งในระบบการผลิตพืชภายในโรงเรือนที่มีการควบคุมสภาพแวดล้อม การใช้อุปกรณ์ เช่น เครื่องทำความชื้นหรือเครื่องลดความชื้น ช่วยในการปรับความชื้นให้เหมาะสม โดยความชื้นที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและระยะเวลาในการเจริญเติบโต โดยปกติแล้วความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 50-70% ถือว่าเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืชส่วนใหญ่

3) แสง เป็นแหล่งพลังงานหลักสำหรับการสังเคราะห์แสง ซึ่งกระบวนการนี้มีความสำคัญในการผลิตอาหารและการเจริญเติบโตของพืชในโรงเรือนผลิตพืช การควบคุมแสงในระบบนี้สามารถทำได้ผ่านการใช้แสงเทียม (Artificial Lighting) เช่น หลอดไฟแอลอีดี (LED) ซึ่งสามารถปรับความเข้มและความยาวคลื่นของแสงได้เพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการของพืชในแต่ละช่วงเวลา เช่น การให้แสงที่มีความยาวคลื่นสีน้ำเงินเพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโต หรือแสงสีแดงเพื่อกระตุ้นการออกดอกและการติดผล นอกจากนี้ ยังมีการควบคุมช่วงเวลาของการให้แสง ซึ่งมีผลต่อวงจรชีวิตของพืชบางชนิด เช่น พืชที่ออกดอกในช่วงเวลากลางคืน หรือพืชที่ต้องการแสงตลอดทั้งวัน การควบคุมแสงในโรงเรือนผลิตพืชช่วยให้สามารถควบคุมการเจริญเติบโตและการพัฒนาให้ตรงกับความต้องการของพืชได้อย่างแม่นยำ

4) การไหลเวียนของอากาศ เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่สำคัญในโรงเรือนผลิตพืช เพราะช่วยในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้เหมาะสม รวมถึงการควบคุมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่เกิดจากกระบวนการหายใจของพืชและใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง การระบายอากาศที่ดีสามารถป้องกันการสะสมของอุณหภูมิสูงเกินไปและความชื้นที่มากเกินไป ซึ่งอาจก่อให้เกิดสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืช การใช้ระบบระบายอากาศและพัดลมช่วยให้การไหลเวียนของอากาศเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยจะช่วยให้อากาศในโรงเรือนหมุนเวียนได้อย่างสม่ำเสมอ ส่งผลให้การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในพื้นที่ต่าง ๆ ของโรงเรือนผลิตพืชเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5) ความดันบรรยากาศในโรงเรือนผลิตพืชอาจมีผลต่อกระบวนการทางชีวเคมีของพืช เช่น การดูดซึมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) สำหรับการสังเคราะห์แสง หรือการไหลของน้ำและสารอาหารในพืช ความดันบรรยากาศในโรงเรือนผลิตพืชจะต้องถูกควบคุมให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมเพื่อให้การแลกเปลี่ยนก๊าซและกระบวนการทางชีวภาพในพืชเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

6) แร่ธาตุและสารอาหารต่าง ๆ เป็นหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญในการทำให้พืชเจริญเติบโตได้อย่างมีประสิทธิภาพในโรงเรือนผลิตพืช โดยเฉพาะในระบบการเกษตรที่ใช้การควบคุมสภาพแวดล้อม โดยแร่ธาตุและสารอาหารประกอบด้วยแร่ธาตุหลัก (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน) และแร่ธาตุรอง (เหล็ก สังกะสี ทองแดง แมงกานีส โบรอน โมลิบดีนัม)

ปัจจัยทางกายภาพที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชในโรงเรือนผลิตพืชมีหลายประการ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น แสง การไหลเวียนของอากาศ ความดันบรรยากาศ และแร่ธาตุ ซึ่งแต่ละปัจจัยมีบทบาทสำคัญในการสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตและการผลิตของพืชในระบบการเกษตรที่มีการควบคุมสภาพแวดล้อม การควบคุมและปรับแต่งปัจจัยเหล่านี้ให้เหมาะสมสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดความเสี่ยงจากการเจริญเติบโตที่ไม่สมบูรณ์ และสร้างผลผลิตที่มีคุณภาพสูงในโรงเรือนผลิตพืช

5.3.2 เทคโนโลยีในการควบคุมสภาพอากาศในโรงเรือนผลิตพืช

การควบคุมสภาพอากาศในโรงเรือนผลิตพืช เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืช โดยเทคโนโลยีที่ใช้ในการควบคุมสภาพอากาศนั้นมุ่งเน้นไปที่การ

ปรับแต่งปัจจัยต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น แสง และการไหลเวียนของอากาศ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตพืช ลดผลกระทบจากสภาพแวดล้อมภายนอก และสามารถผลิตพืชได้อย่างต่อเนื่องและมีคุณภาพสูงในทุกฤดูกาล เทคโนโลยีที่ใช้ในการควบคุมสภาพอากาศในโรงงานผลิตพืชประกอบด้วยหลายด้าน ได้แก่ ระบบการควบคุมอุณหภูมิ ระบบการควบคุมความชื้น ระบบการควบคุมแสง ระบบการระบายและการไหลเวียนของอากาศ การควบคุมคุณภาพอากาศ และระบบควบคุมสารอาหาร ซึ่งแต่ละระบบมีบทบาทสำคัญในการสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช

1) ระบบควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Control Systems)

อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อกระบวนการทางชีวภาพของพืช เช่น การสังเคราะห์แสงและการหายใจของพืช ในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืช ระบบควบคุมอุณหภูมิจะมีบทบาทในการควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ ระบบนี้มักจะใช้เครื่องปรับอากาศ และเครื่องทำความร้อน ที่มีการควบคุมอุณหภูมิที่แม่นยำเพื่อให้สามารถรักษาสภาพอากาศในโรงงานผลิตพืชให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับการปลูกพืชเหมาะสมตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโตของพืช

- ระบบทำความร้อน จะถูกใช้ในช่วงที่อุณหภูมิลดลงในโรงงานต่ำเกินไป ด้วยอุปกรณ์ เช่น เครื่องทำความร้อนด้วยไฟฟ้า หรือเครื่องทำความร้อนแบบพลังงานความร้อนจากแหล่งอื่น ๆ ที่จะช่วยเพิ่มอุณหภูมิในโรงงานผลิตพืชให้เหมาะสมสำหรับพืชที่ต้องการอุณหภูมิสูงในการงอก การเจริญเติบโต หรือการออกดอก เป็นต้น

- ระบบทำความเย็น ในสภาพแวดล้อมที่อุณหภูมิสูงเกินไป ระบบทำความเย็น เช่น เครื่องปรับอากาศหรือเครื่องระบายความร้อน จะถูกนำมาใช้ในการลดอุณหภูมิภายในโรงงาน เพื่อให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้อย่างเหมาะสม

2) ระบบควบคุมความชื้น (Humidity Control Systems)

ความชื้นในอากาศมีผลต่อการคายน้ำจากพืชและการระเหยของน้ำในโรงงานผลิตพืช ซึ่งสามารถส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและการผลิตของพืชได้ ระบบควบคุมความชื้นถูกออกแบบมาเพื่อรักษาความชื้นให้คงที่ในช่วงที่เหมาะสมกับพืชแต่ละชนิด ซึ่งมักจะอยู่ในช่วง 50-70% ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและระยะการเจริญเติบโตซึ่งการควบคุมความชื้นสามารถทำได้ดังนี้

- เครื่องทำความชื้น เครื่องทำความชื้นจะใช้ในการเพิ่มความชื้นในอากาศโดยการพ่นไอน้ำ หรือ การใช้เทคโนโลยีการระเหยเพื่อเพิ่มระดับความชื้นในสภาพแวดล้อมที่แห้ง

- เครื่องลดความชื้น ระบบนี้จะช่วยลดความชื้นในอากาศโดยการดึงความชื้นส่วนเกินออกจากอากาศ ซึ่งจะช่วยป้องกันการเกิดเชื้อราหรือแบคทีเรียที่อาจเจริญเติบโตในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสูงเกินไป

3) ระบบควบคุมแสง (Lighting Control Systems)

แสงเป็นพลังงานหลักในการสังเคราะห์แสง ซึ่งเป็นกระบวนการที่พืชใช้ในการผลิตอาหารสำหรับการเจริญเติบโต การควบคุมแสงในโรงงานผลิตพืชสามารถทำได้ผ่านการใช้แสงเทียม (Artificial Lighting) เช่น หลอดไฟแอลอีดี (LED) ที่มีการปรับสเปกตรัมของแสงได้หลากหลายและสามารถควบคุมระยะเวลาในการให้แสงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบไฟ LED สามารถปรับความเข้มของแสงและเวลาที่ให้แสงได้ตามความ

ต้องการของพืชแต่ละชนิด โดยสามารถใช้แสงที่มีสเปกตรัมเฉพาะเพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตของพืชหรือเร่งการออกดอกและการติดผล

- หลอดไฟแอลอีดี (LED) เป็นที่นิยมในการควบคุมแสงในโรงงานผลิตพืช เนื่องจากสามารถปรับความเข้มแสงและความยาวคลื่นของแสงได้ตามความต้องการของพืชในแต่ละช่วงระยะการเจริญเติบโต การใช้แสงสีน้ำเงินจะช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของใบ ในขณะที่แสงสีแดงจะช่วยกระตุ้นการออกดอกและการติดผลของพืช

- การควบคุมระยะเวลาของแสง มีผลโดยตรงต่อการออกดอกและการติดผลของพืชบางชนิด เช่น พืชที่ต้องการแสงมาก หรือพืชที่ต้องการแสงน้อย การควบคุมระยะเวลาให้แสงจะช่วยให้สามารถควบคุมวงจรชีวิตของพืชได้ บังคับการติดดอกและผลในพืชบางชนิด นอกจากนี้การเพิ่มระยะเวลาให้แสงยังสามารถเร่งการเจริญเติบโตทำให้พืชในโรงงานผลิตพืชมีอายุการเก็บเกี่ยวที่สั้นลง จึงสามารถเพิ่มจำนวนรอบการปลูกต่อปี ทำให้ได้ผลผลิตมากขึ้นได้

4) ระบบไหลเวียนของอากาศ (Air Circulation Systems)

การระบายอากาศและการไหลเวียนของอากาศมีบทบาทสำคัญในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงงานผลิตพืช รวมถึงการควบคุมปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งมีความจำเป็นในกระบวนการสังเคราะห์แสง ระบบไหลเวียนของอากาศที่ดีสามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพการเจริญเติบโตของพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ การใช้พัดลมและเครื่องระบายอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงช่วยให้การกระจายอากาศในโรงงานผลิตพืชเป็นไปอย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอ ช่วยให้การระบายความร้อนจากระบบไฟ LED และอุปกรณ์ต่างๆ มีประสิทธิภาพสูงขึ้นรวมถึงการควบคุมความชื้นในโรงงานผลิตพืช

- การใช้พัดลม ซึ่งประกอบด้วย พัดลมระบายอากาศ พัดลมเป่าอากาศ หรือ พัดลมหมุนเวียนอากาศ ที่จะช่วยดึงเอาอากาศร้อนหรืออากาศที่มีความชื้นสูงออกจากโรงงานผลิตพืช หรือดึงเอาอากาศภายนอกเข้ามาเพื่อเติมอากาศในโรงงาน และช่วยในการกระจายอากาศให้ทั่วถึงในทุกมุมของโรงงานผลิตพืช

- การควบคุมการระบายอากาศ โดยการระบายอากาศที่ดีต้องสามารถปรับอัตราการไหลของอากาศได้ตามสถานะของโรงงานผลิตพืช ซึ่งสามารถควบคุมได้โดยการใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติ หรือใช้ช่องระบายอากาศที่ช่วยให้การไหลเวียนของอากาศเป็นไปได้อย่างขึ้น โดยช่องระบายอากาศนี้สามารถเปิดและปิดได้ตามความจำเป็น เช่น เมื่ออุณหภูมิภายในโรงงานผลิตพืชสูงเกินไป การเปิดช่องระบายอากาศจะช่วยให้อากาศภายนอกที่เย็นกว่าเข้ามา

- การใช้ระบบท่อระบายอากาศ จะช่วยให้การไหลเวียนของอากาศมีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยการใช้ท่อและพัดลมที่ติดตั้งในจุดต่าง ๆ ภายในโรงงานเพื่อช่วยให้สามารถกระจายอากาศได้อย่างทั่วถึง ซึ่งเป็นการลดความไม่สมดุลของการไหลเวียนอากาศในแต่ละส่วน

5) ระบบควบคุมสารอาหาร (Nutrient Control Systems)

การควบคุมแร่ธาตุและสารอาหารในโรงงานผลิตพืชสามารถทำได้โดยระบบต่าง ๆ ที่มีเทคโนโลยีระดับสูงและได้รับการปรับแต่งให้เหมาะสมกับชนิดพืชและลักษณะของโรงงานผลิตพืช ดังนี้

- การใช้สารละลายธาตุอาหารพืช ระบบการให้อาหารพืชในโรงงานผลิตพืชมักใช้สารละลายธาตุอาหารพืชที่ประกอบไปด้วยแร่ธาตุหลักและรองที่พืชต้องการในปริมาณที่เหมาะสม ระบบนี้มัก

ใช้ในระบบการปลูกพืชในน้ำโดยไม่ใช้ดิน ซึ่งสารอาหารจะถูกละลายและดูดซึมผ่านราก การควบคุมปริมาณและองค์ประกอบของสารละลายอาหารพืชจึงเป็นสิ่งที่สำคัญ เนื่องจากหากสารอาหารไม่ครบถ้วนหรือไม่สมดุลพืชอาจเจริญเติบโตได้ไม่ดี

- ระบบการปลูกพืชในน้ำโดยไม่ใช้ดินซึ่งแบ่งเป็น ระบบไฮโดรโปนิกส์ (Hydroponics) ที่ใช้สารละลายธาตุอาหารที่ละลายในน้ำ ซึ่งพืชจะได้รับสารอาหารผ่านรากที่แช่อยู่ในน้ำ การควบคุมสารอาหารและระดับ pH ของน้ำเป็นสิ่งสำคัญ และระบบแอโรโพนิกส์ (Aeroponics) ที่พืชจะถูกเลี้ยงในอากาศและรากจะได้รับสารอาหารผ่านละอองน้ำที่พ่นออกมา ระบบนี้ใช้เทคโนโลยีที่ช่วยให้การควบคุมสารอาหารมีประสิทธิภาพมากขึ้น เนื่องจากสารอาหารถูกพ่นให้พืชรับได้ทันที

- ระบบการให้ปุ๋ยพร้อมน้ำ (Fertigation) คือ การให้น้ำพร้อมกับสารอาหารผ่านระบบชลประทาน ซึ่งสารอาหารจะถูกละลายในน้ำและนำไปให้พืชในระดับที่เหมาะสม โดยระบบนี้จะใช้เซนเซอร์เพื่อวัดระดับสารอาหารและการไหลของน้ำ เพื่อให้สามารถปรับปริมาณและอัตราการให้อาหารได้อย่างแม่นยำ

- การควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่าง และ ค่าการนำไฟฟ้า โดยค่า pH ของสารละลายอาหารพืชจะส่งผลต่อการดูดซึมของแร่ธาตุในรากพืช โดยค่า pH ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับพืชส่วนใหญ่จะอยู่ระหว่าง 5.5 ถึง 6.5 ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity) หรือค่า EC เป็นค่าที่ใช้ในการวัดความเข้มข้นของสารอาหารในน้ำ โดยการควบคุมค่า EC ช่วยให้เราสามารถทราบได้ว่าในสารละลายนั้นมีสารอาหารอยู่ในระดับที่พืชสามารถดูดซึมได้อย่างเหมาะสม

6) การตรวจวัดและการควบคุมอัตโนมัติ (Monitoring and Automation Systems)

การควบคุมสภาพอากาศในโรงงานผลิตพืช ส่วนใหญ่จะใช้ระบบการตรวจวัดและควบคุมอัตโนมัติที่เชื่อมโยงข้อมูลจากเซนเซอร์ที่ติดตั้งในพื้นที่ต่างๆ ของโรงงาน เช่น เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ ความชื้น ความเข้มข้นของสารละลาย ความเข้มแสง และการไหลเวียนของอากาศ ข้อมูลจากเซนเซอร์เหล่านี้จะถูกส่งไปยังระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประมวลผลและควบคุมเครื่องจักรที่เกี่ยวข้อง เช่น เครื่องทำความร้อน เครื่องปรับอากาศ เครื่องทำความชื้น เครื่องผสมปุ๋ย ปั๊มน้ำ และระบบไฟ LED เพื่อให้ระบบสามารถปรับการตั้งค่าอัตโนมัติเพื่อรักษาสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืช

- เซนเซอร์ที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิ ความชื้น ความเข้มข้นของสารละลาย แสง และการไหลเวียนของอากาศจะทำการเก็บข้อมูลและส่งไปยังระบบควบคุมเพื่อให้สามารถปรับเปลี่ยนการตั้งค่าของระบบต่างๆ ได้

- ระบบอัตโนมัติ จะช่วยให้การปรับสภาพแวดล้อมสามารถทำได้โดยไม่ต้องมีการแทรกแซงจากมนุษย์ เช่น การปรับค่า pH หรือความเข้มข้นของสารอาหารพืช การควบคุมความเร็วของพัดลมหรือการเปิดปิดพัดลมระบายอากาศ การเปิด-ปิด ควบคุมสเปกตรัมแสง การควบคุมปั๊มหรือระบบให้น้ำ เป็นต้น ซึ่งจะทำให้โรงงานผลิตพืชมีความเสถียรในการผลิตพืชในระยะยาว

เทคโนโลยีการควบคุมสภาพอากาศในโรงงานผลิตพืชมีความสำคัญในการสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืชในสภาพแวดล้อมที่ไม่ขึ้นกับฤดูกาลหรือสภาพอากาศภายนอก เทคโนโลยีที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น แสง การไหลเวียนของอากาศ และระบบอัตโนมัติช่วยให้การผลิตพืชมีประสิทธิภาพ ลดความเสี่ยงจากสภาพแวดล้อมภายนอก และทำให้สามารถผลิตพืชได้อย่างต่อเนื่องตลอดทั้งปี นอกจากนี้ยังช่วยให้สามารถเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของพืชได้ตามความต้องการของตลาด

การควบคุมสภาพอากาศในโรงงานผลิตพืชต้องคำนึงถึงการใช้พลังงาน ต้นทุนในการลงทุน และการจัดการความซับซ้อนของระบบ เนื่องจากระบบควบคุมสภาพอากาศที่ใช้ในโรงงานผลิตพืชต้องการพลังงานสูง โดยเฉพาะในกรณีที่มีการใช้แสงเทียม เครื่องทำความร้อน และเครื่องปรับอากาศ นอกจากนี้ในการติดตั้งและบำรุงรักษาระบบควบคุมสภาพอากาศที่มีเทคโนโลยีทันสมัยจึงต้องใช้ต้นทุนในการลงทุนที่สูง การปรับตั้งค่า และการดูแลรักษาระบบต่างๆ ที่ควบคุมสภาพอากาศอาจต้องการการฝึกอบรมและความเชี่ยวชาญในการดำเนินงานอย่างมีประสิทธิภาพ

5.3.3 โรงงานผลิตพืชในประเทศไทย

ในปัจจุบันการผลิตอาหารเพื่อรองรับการเติบโตของประชากรโลกที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เป็นความท้าทายที่สำคัญที่ทุกประเทศต้องเผชิญ การพัฒนาโรงงานผลิตพืชในประเทศไทยเป็นแนวทางที่น่าสนใจในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืช และช่วยให้เกษตรกรสามารถดำเนินไปได้ในสภาพแวดล้อมที่ควบคุมได้ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีการขาดแคลนทรัพยากรธรรมชาติ หรือที่มีพื้นที่เพาะปลูกจำกัด อีกทั้งยังสามารถลดผลกระทบจากปัจจัยภายนอก เช่น ภัยพิบัติทางธรรมชาติ หรือการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศที่อาจส่งผลกระทบต่อเกษตรกรในแบบดั้งเดิม โรงงานผลิตพืชจึงไม่เพียงแต่สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตพืชได้อย่างยั่งยืน แต่ยังช่วยให้การใช้ทรัพยากรอย่างน้ำและปุ๋ยมีประสิทธิภาพมากขึ้น รวมทั้งสามารถใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยในการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพของพืชผลทุกขั้นตอน เพื่อให้ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพสูงสุด ตัวอย่างธุรกิจโรงงานผลิตพืชในประเทศไทย ได้แก่

1) คุณ กฤษณะ ธรรมวิมล CEO บริษัท วังรี เฮลท์ แฟคตอรี จำกัด จัดตั้งโรงงานผลิตพืช (Plant Factory) ระบบปิด 100% ขึ้นที่จังหวัดนครนายก โดยมีผลผลิตเป็นผักสลัดต่าง ๆ กัญชา สตอเบอรี่ มะเขือเทศ เป็นต้น โรงงานใช้ผนังฉนวนสำเร็จรูป Sandwich Panel หรือ ISO Wall ซึ่งเป็นโลหะทั้งสองด้าน ส่วนตรงกลางเป็นโฟมเพื่อป้องกันความร้อน ผักที่ปลูกภายในโรงเรือนที่เป็นห้องปลอดเชื้อ (Clean room) และไม่มีการแลกเปลี่ยนอากาศกับภายนอก ทำให้ควบคุมโรคและแมลงได้ จึงปลอดเชื้อโรคและสารเคมีกำจัดโรคและแมลง ภายในสามารถควบคุมแสงให้เหมาะสมได้โดยใช้แสงไฟเทียมจากหลอด LED มีการจ่ายคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อเร่งการสังเคราะห์แสงของพืช มีระบบให้น้ำและปุ๋ยแบบอัตโนมัติ โดยน้ำที่ใช้เป็นน้ำดื่มที่ผ่านระบบกรองทั้งหมด พบว่าการปลูกแบบนี้ใช้น้ำน้อยกว่าการปลูกแบบดั้งเดิมมาก ผลผลิตที่ได้มีรสชาติดี มีคุณค่าทางอาหารสูง โตเร็วกว่าปกติเกือบเท่าตัว สะอาด สามารถเก็บจากแปลงและบริโภคได้เลยโดยไม่ต้องล้าง ทำให้ผักคงคุณค่าทางอาหารไว้และสามารถเก็บได้นานกว่า



รูปที่ 5.9 โรงงานผลิตพืชของบริษัท วังรี เฮลท์ แฟคตอรี จำกัด

ที่มา: ผู้จัดการออนไลน์ (2562)

นอกจากนี้ยังพบว่าต้นทุนในการปลูกไม่ได้สูงไปกว่าการปลูกผักแบบอินทรีย์ทั่วไป การปลูกผักปกติใช้เวลา 45 วันจึงเก็บเกี่ยว ในขณะที่ผักในโรงงานผลิตพืชใช้เวลาเพียงแค่ 30 วัน ทำให้หนึ่งปีสามารถปลูกได้ 12 รอบ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับผักอินทรีย์ที่ในฤดูฝนตกหนักหรือฤดูแล้งหนัก ๆ ไม่สามารถปลูกได้ ทำให้ในหนึ่งปีปลูกได้เพียงแค่ 6 รอบเท่านั้น นอกจากนี้พื้นที่ของโรงงานขนาด 10x15 ตารางเมตร ให้ผลผลิตเทียบเท่ากับพื้นที่ปลูกผักอินทรีย์ 4 ไร่ และใช้คนดูแลเพียงแค่ 1 คน หากพิจารณาค่าแรง ค่าพื้นที่ ค่าปุ๋ย ค่าน้ำ เทียบกับการลงทุนโรงงานผลิตพืชแล้ว จึงถือว่าไม่แตกต่างกัน ซึ่งในระยะยาวต้นทุนก็จะยิ่งถูกลงเรื่อย ๆ และสามารถใช้ตึก อาคาร บิมน้ำมันร้าง หรือพื้นที่อื่น ๆ ใกล้เคียงในการสร้างโรงงานผลิตพืชได้

2) บริษัท ซีวิค อโกรเทค จำกัด ผู้นำในธุรกิจ LED ในประเทศไทย ได้เล็งเห็นโอกาสของเกษตรกรรมในเมือง จึงผันตัวมาค้นคว้าวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ “LEDs สำหรับการปลูกพืชแบบ Indoor” รวมทั้งให้บริการด้านระบบปลูกพืชในโรงงานผลิตพืชแบบครบวงจร โดยทำวิจัยร่วมกับสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร สวท. มหาวิทยาลัยนเรศวร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ในหัวข้อ “นวัตกรรมการผลิตผักกินใบโภชนาการสูงด้วยเทคโนโลยีแสงแอลอีดี” ปัจจุบันมีโรงงานปลูกพืชระบบปิดที่จังหวัดสมุทรสาคร ที่เป็นโรงงานต้นแบบให้ความรู้ พร้อมทั้งจัดจำหน่ายผักเคล และ ผักสลัดชนิดต่าง ๆ ที่ปลูกในโรงงานอีกด้วย



รูปที่ 5.10 โรงงานผลิตพืชของบริษัท ซีวิค อโกรเทค จำกัด

ที่มา: Civicagrotech (2565)

3) ดร.วิลาศ ฉ่ำเลิศวัฒน์ CEO สตาร์ทอัพ noBitter ของบริษัท โนบิทเทอร์ จำกัด โรงงานปลูกพืชขนาดเล็กใจกลางเมือง ปัจจุบันตั้งอยู่ใจกลางเมือง โดยแปลงตึกอาคารที่ไม่ได้ใช้งานแล้วให้เป็นห้องปลูกผักภายใต้คอนเซ็ปต์ “ปลูก ณ จุดขาย” เน้นการปลูกพืชผักแปลก เช่น คენัวใบหยิก หรือ เคล ซึ่งเป็นผักที่มีคุณค่าทางอาหารสูง ในประเทศไทยหาซื้อยากเนื่องจากเป็นผักนำเข้า มีทั้งเคลไดโนเสาร์ เคลรัสเซีย เคลไซบีเรีย และจำหน่ายให้กับลูกค้าในรูปแบบ เคลตัดใบ โดยปลูกในระบบปิดที่ควบคุมด้วยเทคโนโลยีดูแลตลอด 24 ชั่วโมง ทั้งการวัดค่าความสว่าง (ค่า PPFD) ควบคุมการไหลเวียนของน้ำและปุ๋ยด้วยบิมน้ำระบบอัตโนมัติ เป็นต้น ทำให้ได้ผลผลิตที่มีรสชาติดี ไม่ขม ตามชื่อของแบรนด์ noBitter เนื่องจากผักเติบโตในสภาพแวดล้อมที่ดี จึงไม่เกิดความเครียด



รูปที่ 5.11 โรงงานผลิตพืชของ noBitter

ที่มา: ผู้จัดการออนไลน์ (2565)

4) ผศ.ดร.สิริวัฒน์ สาครวาสี และ ผศ.ดร.โชติพงศ์ กาญจนประโชติ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ได้พัฒนาระบบปิดและระบบ IoT เพื่อการผลิตสตรอว์เบอร์รี่ภายใต้แสงเทียมในตู้คอนเทนเนอร์ ให้ได้ผลผลิตคุณภาพสูง ไร้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช และปลูกได้ทุกฤดูกาล ภายใต้งบประมาณสนับสนุนของสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) โดยนำการปลูกพืชระบบปิด หรือ โรงงานผลิตพืช ที่เป็นเทคโนโลยีการปลูกพืชที่มีการควบคุมสภาพแวดล้อมเกือบทั้งหมดให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต และให้ผลผลิต ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ เช่น แหล่งกำเนิดแสงเทียม เครื่องปรับอากาศ ระบบควบคุมสารอาหาร และระบบเพิ่มปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้สามารถผลิตพืชคุณภาพสูงได้ในทุกสถานที่และทุกสภาพอากาศ โดยพัฒนาระบบไอโอที (IoT) เพื่อเป็นระบบติดตามและควบคุมการปลูกพืชแบบทางไกลผ่านการใช้ประโยชน์ของเซนเซอร์วัดปริมาณแสง ความชื้น อุณหภูมิ และปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ สามารถผลิตสตรอว์เบอร์รี่ได้ 200-300 ต้น ที่ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว 4-5 เดือน โดยสามารถดูแลและติดตามผลผลิตได้จากที่ใดก็ได้ที่มีอินเทอร์เน็ต



รูปที่ 5.12 ตู้ปลูกสตรอว์เบอร์รี่ระบบปิด

ที่มา: ห้องสมุดเพื่อเกษตรกรไทย (2563)

จากตัวอย่างที่กล่าวมา จะเห็นว่าการพัฒนาโรงงานผลิตพืชในประเทศไทยเป็นทางเลือกที่น่าสนใจในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชและแก้ปัญหามลพิษในพื้นที่จำกัด โดยเฉพาะในพื้นที่เขตเมือง โรงงานผลิตพืชช่วยให้การใช้ทรัพยากร เช่น น้ำและปุ๋ย มีประสิทธิภาพมากขึ้นและสามารถควบคุมคุณภาพของผลผลิตได้ทุกขั้นตอน โดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย เช่น ระบบการปลูกในโรงเรือนที่มีการควบคุมแสง อุณหภูมิ และคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนการปลูกและเพิ่มจำนวนรอบการเก็บเกี่ยวในหนึ่งปี ทั้งยังใช้พื้นที่น้อยและสามารถผลิตพืชได้ในทุกฤดูกาล

สรุป

ในบทนี้กล่าวถึงความสำคัญของแบบจำลองสภาพภูมิอากาศและการพยากรณ์อากาศในภาคเกษตรกรรม โดยเน้นว่าการเข้าใจและคาดการณ์สภาพภูมิอากาศ เช่น ปริมาณฝน อุณหภูมิ และความชื้น เป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจในการเกษตร เช่น การวางแผนการปลูกพืช การให้น้ำ และการจัดการความเสี่ยงต่อพืชผล รายละเอียดส่วนสำคัญประกอบด้วย

1. ฟิสิกส์ของสภาพภูมิอากาศในเกษตรกรรม วิเคราะห์กระบวนการทางธรรมชาติ เช่น การถ่ายโอนพลังงานจากดวงอาทิตย์ การหมุนเวียนของบรรยากาศ และการระเหยของน้ำ ซึ่งมีผลต่อสภาพอากาศและส่งผลต่อการเกษตร
2. แบบจำลองสภาพภูมิอากาศและการพยากรณ์อากาศ อธิบายความแตกต่างระหว่างการจำลองสภาพภูมิอากาศระยะยาวเพื่อการวางแผนในอนาคต และการพยากรณ์อากาศระยะสั้นเพื่อการจัดการกิจกรรมในแต่ละวัน โดยกล่าวถึงเครื่องมือและแหล่งข้อมูล เช่น แบบจำลองการหมุนเวียนทั่วไป และข้อมูลจากดาวเทียม
3. เทคโนโลยีการตรวจวัดระยะไกล อธิบายการใช้ดาวเทียม เรดาร์ และเซนเซอร์ในการติดตามและพยากรณ์สภาพอากาศ ซึ่งช่วยในการปรับตัวและจัดการในภาคเกษตร เช่น การวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝน ความชื้นในดิน และสุขภาพพืช
4. การประยุกต์ใช้ในเกษตรกรรม อธิบายวิธีการนำเทคโนโลยีเหล่านี้มาช่วยจัดการทรัพยากร เลือกชนิดพืชที่เหมาะสม และเตรียมรับมือกับภัยพิบัติทางธรรมชาติ เพื่อให้เกษตรกรรมมีความยั่งยืนและมีประสิทธิภาพ

ในบทนี้เน้นการใช้เครื่องมือเทคโนโลยีและความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและความยืดหยุ่นของการเกษตรต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

เอกสารอ้างอิง

- เทคโนโลยีชาวบ้าน (2564). “noBitter ฟาร์มผักขนาดเล็ก แนวคิดสร้างความมั่นคงทางอาหาร. (ออนไลน์) แหล่งที่มา https://www.technologychaoban.com/bullet-news-today/article_192132 (7 ธันวาคม 2567) Civicagrotech. (2565). ต่อย้าความเป็นผู้นำด้านการปลูกพืชด้วยแสงประดิษฐ์ LEDs ของ Civic AgroTech. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.civicagrotech.com/> (7 ธันวาคม 2567)
- กรมอุตุนิยมวิทยา. (2567). วิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียม. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://satda.tmd.go.th/> (7 ธันวาคม 2567)
- กรมอุตุนิยมวิทยา. (ม.ป.ป.). การพยากรณ์อากาศ. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://tmd.go.th/info/การพยากรณ์> (7 ธันวาคม 2567)
- กรุงเทพธุรกิจ. (2564). พยากรณ์อากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา วิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียม เช็กเส้นทางพายุ. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.bangkokbiznews.com/news/968507> (7 ธันวาคม 2567)
- ผู้จัดการออนไลน์. (2561). ส่องโรงงานผลิตพืชของญี่ปุ่น ปลูกผักได้ในระบบปิด. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://mgronline.com/science/detail/9610000017430> (7 ธันวาคม 2567)
- ผู้จัดการออนไลน์. (2562). “วังรี เฮลท์ รีสอร์ต” บุกเบิก Plant Factory เกษตรไร้เคมี เริ่มก่อนรวยก่อน. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://mgronline.com/smes/detail/9620000051525> (7 ธันวาคม 2567)
- ผู้จัดการออนไลน์. (2565). “โนบิทเทอร์” ฟาร์มผักปลอดภัย (ที่ไม่ขม!) ปลูก ณ จุดขายพร้อมส่งคุณภาพที่สดใหม่กว่า. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://mgronline.com/smes/detail/9650000065025> (7 ธันวาคม 2567)
- มิตรผล. (2563). Plant Factory โรงงานผลิตพืช. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.mitrpholmodernfarm.com/news/2020/06/plant-factory-โรงงานผลิตพืช> (7 ธันวาคม 2567)
- ศิลปวัฒนธรรม. (2567). Plant Factory นวัตกรรมปลูกพืชแบบใหม่ที่สะอาดและทันสมัย. (ออนไลน์) แหล่งที่มา https://www.silpa-mag.com/news/article_132146/ (7 ธันวาคม 2567)
- ศูนย์ความเป็นเลิศด้านฟิสิกส์ (2563). ภาวะโลกร้อน : มุมมองเชิงฟิสิกส์. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.thep-center.org/ภาวะโลกร้อน-มุมมองเชิง/> (7 ธันวาคม 2567)
- ศูนย์ภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา. (ม.ป.ป.). ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่มีต่อการผลิตอาหาร. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <http://climate.tmd.go.th/content/article/13> (7 ธันวาคม 2567)
- ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง. (2560). องค์ความรู้เรื่องเรดาร์ตรวจอากาศเพื่อประชาชน. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://ubonmet.tmd.go.th/files/KM-base/KM-2560-3.pdf> (7 ธันวาคม 2567)

- สถาบันวิจัยเศรษฐกิจป๋วย อึ๊งภากรณ์. (2565). ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ : วัดจากไหนและตีความอย่างไร. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.pier.or.th/abridged/2022/12/> (7 ธันวาคม 2567)
- สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ. (2562). แบบจำลองคาดการณ์สภาพอากาศระยะสั้น. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.hii.or.th/งานของเรา/งานวิจัยและพัฒนา/2019/10/02/แบบจำลองคาดการณ์สภาพอากาศ/> (7 ธันวาคม 2567)
- สวทช. (2564ข). Plant Factory ยกระดับการปลูกพืชสู่เกษตรแม่นยำ. (ออนไลน์) แหล่งที่มา https://www.nstda.or.th/home/performance_post/plant-factory/ (24 พฤศจิกายน 2566)
- สำนักงานคณะกรรมการนโยบายที่ดินแห่งชาติ. (2566). ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อที่ดินและทรัพยากรที่ดิน. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.onlb.go.th/about/featured-articles/5137-a5137> (7 ธันวาคม 2567)
- ห้องสมุดเพื่อเกษตรกรไทย. (2563). ตู้ปลูกสตรอว์เบอร์รี่ระบบปิด สดใหม่ไร้สารเคมีเก็บทุกฤดู. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://thaifarmer.lib.ku.ac.th/news/5e422d2bd2e37f4099534a58> (7 ธันวาคม 2567)
- อนพัช มีมั่งคั่ง. (ม.ป.ป.). การหมุนเวียนของกระแสลมและการหมุนเวียนของกระแสน้ำ. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://pronpen.wordpress.com/wp-content/uploads/2012/08/e0b881e0b8a3e0b8b0e0b981e0b8aae0b8a5e0b8a1-e0b899e0b989e0b8b3.pdf> (7 ธันวาคม 2567)
- Attri, S. D. (2020). Climate services for managing climate change impacts on agriculture. In *Global Climate Changes: Resilient and Smart Agriculture*. Springer. Venkatramanan, V., Shah, S., & Prasad, R. (Eds), pp. 301-314.
- Bedrock. (2567). 4 นักพยากรณ์ยุคใหม่ ช่วยคาดการณ์ภัยพิบัติทางธรรมชาติสุดแม่นยำ. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://bedrockanalytics.ai/blog/technology/4-modern-prophets-helps-predict-natural-disasters-with-extreme-accuracy> (7 ธันวาคม 2567)
- Bhattacharyya, P., Pathak, H., & Pal, S. (2020). *Climate Smart Agriculture: Concepts, Challenges, and Opportunities*. Springer.
- Civicagrotech. (2565). ต่อยอดความเป็นผู้นำด้านการปลูกพืชด้วยแสงประดิษฐ์ LEDs ของ Civic AgroTech. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.civicagrotech.com/> (7 ธันวาคม 2567)
- Field, H. L., & Solie, J. B. (2007). *Introduction to Agricultural Engineering Technology: A Problem Solving Approach 3rd Ed.* Springer.
- FreedomDive. (2565). รู้จักกับลมมรสุม พายุหมุน และร่องความกดอากาศต่ำ. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.freedomdive.com/th/tip/weather-wind> (7 ธันวาคม 2567)
- iStock. (ม.ป.ป.). ภาพถ่ายดาวเทียมอินฟราเรดของพายุโซนร้อนรุนแรงในมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนือ. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.istockphoto.com/th/รูปถ่าย/ภาพถ่ายดาวเทียม>

- อินฟราเรดของพายุโซนร้อนรุนแรงในมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนือ-gm1009152168-272119878 (7 ธันวาคม 2567)
- Malavipathirana, C. G., Dinusha, K. A., Sandamali, K. U. J., & Withanage, W. D. D. P. (2024). Monitoring and forecasting land use and land cover changes in paddy cultivation. In *Technological Approaches for Climate Smart Agriculture*. Springer. Aishwarya, K, P. (Ed), pp. 165-190.
- Reef Resilience Network. (ม.ป.ป.). การตรวจจับระยะไกลด้วยแสงและเรดาร์. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://reefresilience.org/th/management-strategies/remote-sensing-and-mapping/introduction-to-remote-sensing/optical-and-radar-remote-sensing/> (7 ธันวาคม 2567)
- Rose, C. W. (1966). *Agricultural Physics*. Pergamon press Ltd.
- Subramanian, K. S., Karthika, V., Praghadeesh, M., & Lakshmanan, A. (2020). Climate services for managing climate change impacts on agriculture. In *Global Climate Changes: Resilient and Smart Agriculture*. Springer. Venkatramanan, V., Shah, S., & Prasad, R. (Eds), pp. 315-336.
- Thomas, G. A. S., Muthukaruppasamy, S., Kumar, S. S., Saravanan, K., & Karthikeyan, B. J. (2024). Predictive analytics of climate change: the future of global warming lies in data analytics. In *Predictive Analysis in Smart Agriculture*. CRC Press. Krishnan, S., Anand, A. J., Prasanth, N., Goundar, S., & Ananth, C. (Eds), pp. 229-249.
- True ปลุณปัญญา. (2560). การหมุนเวียนของบรรยากาศ. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://ubonmet.tmd.go.th/files/KM-base/KM-2560-3.pdf> (7 ธันวาคม 2567)

บรรณานุกรม

- เกษตรอินทรีย์. (2563). สร้างรายได้จากผักแอโรโพนิกส์ Aeroponics ทำอย่างไร. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.kasetorganic.com/knowledge/aeroponics/> (24 พฤศจิกายน 2566)
- เทคโนโลยีชาวบ้าน (2564). “noBitter ฟาร์มผักขนาดเล็ก แนวคิดสร้างความมั่นคงทางอาหาร. (ออนไลน์) แหล่งที่มา https://www.technologychaoban.com/bullet-news-today/article_192132 (7 ธันวาคม 2567)
- เดป้า. (ม.ป.ป.). โดรนกับเกษตรไทย Tech Series: Drone for smart farming. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.depa.or.th/th/article-view/tech-series-drone-smart-farming> (21 พฤศจิกายน 2567)
- เดป้า. (ม.ป.ป.). โรงงานผลิตพืช (Plant factory) เทรนด์เทคโนโลยีเพื่อการเพาะปลูกแห่งอนาคต. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.depa.or.th/th/article-view/plant-factory> (24 พฤศจิกายน 2566)
- เดอะ ลิสท์. (2560). ฟนหลวง. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://thelist.group/realist/blog/ฟนหลวง-ในหลวง/> (24 พฤศจิกายน 2566)
- เสกสรรค์ ศาสตร์สถิต และ เกสร กาลจิตร. (2565). ทำความรู้จัก “ระบบการให้น้ำพืชแบบอัตโนมัติ”. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.nectec.or.th/news/news-public-document/automatic-watering-system.html> (6 ธันวาคม 2567)
- แทรกเตอร์คูโบต้า. (ม.ป.ป.). อุปกรณ์ต่อพ่วงแทรกเตอร์. (ออนไลน์) แหล่งที่มา https://www.siamkubota.co.th/tractor_peripherals/ (17 พฤศจิกายน 2566)
- ใจทิพย์ วานิชัง, ผดุงศักดิ์ วานิชัง, นฤมล บุญกระจ่าง และ เพียงขวัญ วานิชัง. (2558
- ไทยรัฐ. (2566ก). กรมชลฯ รุกขับเคลื่อนสมาร์ทฟาร์ม นำร่องเทคโนโลยีบริหารน้ำ SCADA ที่เขื่อนมูลบน. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.thairath.co.th/agriculture/agricultural-technology/2732627> (6 ธันวาคม 2567)
- ไทยรัฐ. (2566ข). เปิดโครงการ “ชลประทานอัจฉริยะฯ” เขื่อนมูลบน นำเทคโนโลยีจัดการน้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุด. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.thairath.co.th/agriculture/agricultural-technology/2721493> (6 ธันวาคม 2567)
- กรมชลประทาน. (2561). คู่มือการเพิ่มประสิทธิภาพระบบการกระจายน้ำแบบน้ำหยด ในแปลงเพาะปลูกด้วยพลังงานทดแทน ตามแนวพระราชดำริ. บริษัท บูม สส เตชั่น จำกัด. (ออนไลน์) แหล่งที่มา https://www.rid.go.th/_data/documents/rid_book/2561/todtan.pdf (6 ธันวาคม 2567)
- กรมอุตุนิยมวิทยา. (2567). วิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียม. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://satda.tmd.go.th/> (7 ธันวาคม 2567)
- กรมอุตุนิยมวิทยา. (ม.ป.ป.). การพยากรณ์อากาศ. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://tmd.go.th/info/การพยากรณ์> (7 ธันวาคม 2567)

- กรุงเทพธุรกิจ. (2564). พยากรณ์อากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา วิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียม เชื้อเคเส้นทางพายุ. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.bangkokbiznews.com/news/968507> (7 ธันวาคม 2567)
- ข่าวสด. (2566). กรมชลประทาน เปิดตัวโครงการชลประทานอัจฉริยะฯ แห่งแรกของไทย เชื่อมมูลบน. (ออนไลน์) แหล่งที่มา https://www.khaosod.co.th/around-thailand/news_7842134 (6 ธันวาคม 2567)
- ช. กิจเจริญ. (2558). เครื่องมือวัดความยาวและมิติ. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.nanasupplier.com/chorkit/p-174773> (28 พฤศจิกายน 2567)
- ชนินธ์ พิมพ์ศรี. (2561). การเลือกเครื่องมือวัดให้เหมาะสมกับการใช้งาน(ด้านมิติ). (ออนไลน์) แหล่งที่มา http://lib3.dss.go.th/fulltext/dss_knowledge/ps-3-61-dimension.pdf (27 พฤศจิกายน 2567)
- ทรูปลูกปัญญา. (2559). การลดความชื้นของเมล็ดพืช. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.truelookpanya.com/knowledge/content/64674/-blog-blo-> (24 พฤศจิกายน 2566)
- ทรูปลูกปัญญา. (2561). การทำฝนหลวง. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.truelookpanya.com/knowledge/content/66756/-blo-sciche-sci-> (24 พฤศจิกายน 2566)
- ชัยดร ออวะลา. (2553). Fluid Mechanics กลศาสตร์ของไหล. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://irre.ku.ac.th/books/pdf/19.pdf> (5 ธันวาคม 2567)
- นเรศเรษฐ พัฒน์ใหญ่. (ม.ป.ป.). การปรับตัวของเกษตรกรไทยสู่ยุคดิจิทัล. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.depa.or.th/th/article-view/adaptation-of-Thai-farmers-to-the-digital-age> (4 ธันวาคม 2567)
- นายช่างมาแชร์. (2566). 5 เทคโนโลยีการจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพในปี 2023. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://naichangmashare.com/2023/06/13/technology-top5-water-management-2023/> (6 ธันวาคม 2567)
- นิตยสารสาระวิทย์ โดย สวทช. (2567). Agrivoltaic นวัตกรรมการทำเกษตรร่วมกับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.nstda.or.th/sci2pub/agrivoltaic/> (20 พฤศจิกายน 2567)
- บทความ IT 24 ชั่วโมง. 2560. ฟิลิกส์ของโดรน โดรนบินอย่างไร บังคับบินในทิศต่าง ๆ ได้อย่างไร. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://it24hrs.com/2017/drone-uav-work-infographic/> (4 ธันวาคม 2567)
- บริษัท ไทยเทคมแมชชีนส์ จำกัด. (ม.ป.ป.). เครื่องจักรกลการเกษตร มีอะไรบ้าง? เครื่องจักรสุดเจ๋งสำหรับเกษตรกรไทย. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://ttmdthailand.com/เครื่องจักรกลการเกษตร/> (24 พฤศจิกายน 2566)
- ปราโมท พลพณณาวี. (2554). หลักการคำนวณปริมาณน้ำผ่านอาคารชลประทาน. กรมชลประทาน. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://water.rid.go.th/waterm/template/manager/FProjectMAC/O&MQA/65/a/9/9.4.pdf> (5 ธันวาคม 2567)

- ปรียาพร โกษา. (ม.ป.ป.). การไหลในทางน้ำเปิด. (ออนไลน์) แหล่งที่มา https://eng.sut.ac.th/ce/download/homework/HydraulicHandout_AllCh_Book02withLOGO_Ch7.pdf (6 ธันวาคม 2567)
- ผดุงศักดิ์ วานิชชัง, ใจทิพย์ วานิชชัง และ เพียงขวัญ วานิชชัง. (2557ก). การพัฒนาเครื่องคัดแยกกากข้าวกล้องแบบถึงหมุนสำหรับธุรกิจชุมชน. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมสัมมนาทางวิชาการ มทร.ตะวันออก มรภ.กลุ่มศรีอยุธยา และราชนครินทร์วิชาการและวิจัย. 208-213.
- ผดุงศักดิ์ วานิชชัง, ใจทิพย์ วานิชชัง, สมบัติ เตมียสสดี และ เพียงขวัญ วานิชชัง. (2557ข). การวิจัยและพัฒนาเครื่องใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพในการผลิตพืชพลังงาน. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมสัมมนาทางวิชาการ มทร.ตะวันออก มรภ.กลุ่มศรีอยุธยา และราชนครินทร์วิชาการและวิจัย. 202-207.
- ผดุงศักดิ์ วานิชชัง, ใจทิพย์ วานิชชัง, นฤมล บุญกระจ่าง และ เพียงขวัญ วานิชชัง. (2558ก). การพัฒนาเครื่องกำจัดวัชพืชในการปลูกข้าวแอรอริก. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมสัมมนาทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ครั้งที่ 8. 386-390.
- ผดุงศักดิ์ วานิชชัง, ใจทิพย์ วานิชชัง, นฤมล บุญกระจ่าง และ เพียงขวัญ วานิชชัง. (2558ข). การปรับปรุงผลิตภาพและการลดการสูญเสียจากการแปรรูปข้าวของโรงสีข้าวชุมชน. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 7. 33-43.
- ผู้จัดการออนไลน์. (2561). ส่งโรงงานผลิตพืชของญี่ปุ่น ปลูกผักได้ในระบบปิด. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://mgronline.com/science/detail/9610000017430> (7 ธันวาคม 2567)
- ผู้จัดการออนไลน์. (2562). “วังรี เฮลท์ รีสอร์ท” บุกเบิก Plant Factory เกษตรไร้เคมี เริ่มก่อนรวยก่อน. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://mgronline.com/smes/detail/9620000051525> (7 ธันวาคม 2567)
- ผู้จัดการออนไลน์. (2565). “โนบิตเทอร์” ฟาร์มผักปลอดภัย (ที่ไม่ขม!) ปลูก ณ จุดขายพร้อมส่งคุณภาพที่ดีที่สุดใหม่กว่า. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://mgronline.com/smes/detail/9650000065025> (7 ธันวาคม 2567)
- มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. (ม.ป.ป.). หลักการเลี้ยงสัตว์. (ออนไลน์). แหล่งที่มา <https://elearning.yru.ac.th/home/course/view.php?id=2334> (24 พฤศจิกายน 2566)
- มิตรผล. (2563). Plant Factory โรงงานผลิตพืช. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.mitrpholmodernfarm.com/news/2020/06/plant-factory-โรงงานผลิตพืช> (7 ธันวาคม 2567)
- มูลนิธิโครงการสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน. (ม.ป.ป.). สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ / เล่มที่ ๔ / เรื่องที่ ๕ ปรากฏการณ์ของอากาศ / การทำฝนเทียม. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://saranukromthai.or.th/oldchild/327> (24 พฤศจิกายน 2566)
- วัชรภรณ์ สอนนา. (2560). Hendy Sense เซนเซอร์ควบคุมระบบให้น้ำเพื่อการเกษตร. (ออนไลน์) แหล่งที่มา https://www.nstda.or.th/home/news_post/nstda-newsletter-4y3-article/ (6 ธันวาคม 2567)

- วิชัย โอภาณุกุล. (2565). รายงานโครงการวิจัย เรื่อง โครงการนวัตกรรมวิจัยหุ่นยนต์และเครื่องจักรกลเกษตรอัตโนมัติอารักขาพืช. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.doa.go.th/plan/wp-content/uploads/2023/08/35.pdf> (4 ธันวาคม 2567)
- วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีแพร่. (2557). เครื่องเก็บเกี่ยววนด. (ออนไลน์) แหล่งที่มา http://www.pcat.ac.th/_files_school/00000831/data/00000831_1_20141104-131021.pdf (24 พฤศจิกายน 2566)
- ศิลปวัฒนธรรม. (2567). Plant Factory นวัตกรรมปลูกพืชแบบใหม่ที่สะอาดและทันสมัย. (ออนไลน์) แหล่งที่มา https://www.silpa-mag.com/news/article_132146/ (7 ธันวาคม 2567)
- ศูนย์ความเป็นเลิศด้านฟิสิกส์ (2563). ภาวะโลกร้อน : มุมมองเชิงฟิสิกส์. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.thep-center.org/ภาวะโลกร้อน-มุมมองเชิง/> (7 ธันวาคม 2567)
- ศูนย์ภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา. (ม.ป.ป.). ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่มีต่อการผลิตอาหาร. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <http://climate.tmd.go.th/content/article/13> (7 ธันวาคม 2567)
- ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง. (2560). องค์ความรู้เรื่องเรดาร์ตรวจอากาศเพื่อประชาชน. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://ubonmet.tmd.go.th/files/KM-base/KM-2560-3.pdf> (7 ธันวาคม 2567)
- สถาบันวิจัยเศรษฐกิจป๋วย อึ๊งภากรณ์. (2565). ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ : วัดจากไหนและตีความอย่างไร. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.pier.or.th/abridged/2022/12/> (7 ธันวาคม 2567)
- สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ. (2562). แบบจำลองคาดการณ์สภาพอากาศระยะสั้น. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.hii.or.th/งานของเรา/งานวิจัยและพัฒนา/2019/10/02/แบบจำลองคาดการณ์สภาพอากาศ/> (7 ธันวาคม 2567)
- สมสกุล เฝ้าจินตามุข. (2547). MEMs เครื่องจักรกลจิ๋ว. (ออนไลน์) แหล่งที่มา https://www.nectec.or.th/bid/mkt_info_tech_mems.html (29 พฤศจิกายน 2567)
- สยามคูโบต้า. (2567). Smart Farm คืออะไร การทำเกษตรอัจฉริยะ ควบคุมด้วยเทคโนโลยี. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://kas.siamkubota.co.th/knowledge/ประเภทองค์ความรู้/องค์ความรู้ทั่วไป/smart-farm/> (21 พฤศจิกายน 2567)
- สวก. (2565). เกษตรอัจฉริยะความหวังใหม่ของภาคการเกษตรไทย. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.arda.or.th/detail/6195> (21 พฤศจิกายน 2567)
- สวก. (2565). เน้นเทคนิค! การบริหารจัดการน้ำ การพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อการเกษตร. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.arda.or.th/detail/6189> (6 ธันวาคม 2567)
- สวทช. (2563). Smart Farming การเกษตรอัจฉริยะ. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://waa.inter.nstda.or.th/stks/pub/2020/20200313-smart-farming.pdf> (21 พฤศจิกายน 2567)
- สวทช. (2564ก). เซนเซอร์-ไอโอที เทคโนโลยีตัวเร่ง “สมาร์ทฟาร์มเมอร์”. (ออนไลน์) แหล่งที่มา https://www.nstda.or.th/home/performance_post/sensor-iot-accelerator-technology-smart-farmer/ (24 พฤศจิกายน 2566)

- สวทช. (2564ข). Plant Factory ยกระดับการปลูกพืชสู่เกษตรแม่นยำ. (ออนไลน์) แหล่งที่มา https://www.nstda.or.th/home/performance_post/plant-factory/ (24 พฤศจิกายน 2566)
- สันติ ทองพำนัก. (2534). การไหลในทางน้ำเปิด. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://irre.ku.ac.th/books/pdf/60.pdf> (5 ธันวาคม 2567)
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2567). ตารางแสดงรายละเอียดข้าวนาปี. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.oae.go.th/view/1/ตารางแสดงรายละเอียดข้าวนาปี/TH-TH> (27 พฤศจิกายน 2567)
- สำนักงานคณะกรรมการนโยบายที่ดินแห่งชาติ. (2566). ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อที่ดินและทรัพยากรที่ดิน. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.onlb.go.th/about/featured-articles/5137-a5137> (7 ธันวาคม 2567)
- สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ. (2562.). การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <http://www.onwr.go.th/wp-content/uploads/2019/11/การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ.pdf> (6 ธันวาคม 2567)
- สำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (ม.ป.ป.). องค์ความรู้ที่ 3 การใช้เทคโนโลยีในการบริหารจัดการฟาร์มยุคใหม่ (Smart Farming). (ออนไลน์) แหล่งที่มา https://www.opsmoac.go.th/km-km_org_center-files-431391791794 (21 พฤศจิกายน 2567)
- ห้องสมุดเพื่อเกษตรกรไทย. (2563). ตูปลูกสตรอว์เบอร์รี่ระบบปิด สดใหม่ไร้สารเคมีเก็บทุกฤดู. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://thaifarmer.lib.ku.ac.th/news/5e422d2bd2e37f4099534a58> (7 ธันวาคม 2567)
- องค์การบริหารส่วนตำบลโนนสมบูรณ์. (2567). การอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำ วิธีอนุรักษ์น้ำ 10 แนวทาง. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://nonsomboonlocal.go.th/public/list/data/detail/id/6012/menu/1554/page/8> (6 ธันวาคม 2567)
- อนพัช มีมั่งคั่ง. (ม.ป.ป.). การหมุนเวียนของกระแสน้ำและการหมุนเวียนของกระแสไฟฟ้า. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://pronpen.wordpress.com/wp-content/uploads/2012/08/e0b881e0b8a3e0b8b0e0b981e0b8aae0b8a5e0b8a1-e0b899e0b989e0b8b3.pdf> (7 ธันวาคม 2567)
- Ahmed, K. P., & Srishti, V. (2024). Farming assistance using machine learning and internet of thing. In *Predictive Analytics in Smart Agriculture*. CRC Press. Krishnan, S., Anand, A. J., Prasanth, N., Goundar, S., & Ananth, C. (Eds), pp. 1-19.
- Ahamed, T. (2024). *IOT and AI in Agriculture. Smart Automation Systems for Increasing Agriculture Productivity to Achieve SDGs and Society 5.0*. Springer.
- Aliyu, M., Hassan, G., Said, S. A., Siddiqui, M. U., Alawami, A. T., & Elamin, I. M. (2018). A review of solar-powered water pumping systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 87, 61-76.

- Angelis, I., Zervopoulos, A., Alvanou, A., Vergis, S., Papamichail, A., Bezas, K., Styliou, A., Tsiplis, A., Komianos, V., Tsoumanis, G., Koufoudakis, G., & Oikonomou, K. (2022). Smart agriculture: a low-cost wireless sensor network approach. In *Information and Communication Technologies for Agriculture – Theme I: Sensors*. Springer. Bochtis, D. D., Lampridi, M., Petropoulos, G. P., Ampatzidis, Y., & Pardalos, P. M. (Eds), pp. 139-172.
- Angelopoulou, T. (2022). Soil reflectance spectroscopy for supporting sustainable development goals. In *Information and Communication Technologies for Agriculture – Theme I: Sensors*. Springer. Bochtis, D. D., Lampridi, M., Petropoulos, G. P., Ampatzidis, Y., & Pardalos, P. M. (Eds), pp. 17-42.
- Attri, S. D. (2020). Climate services for managing climate change impacts on agriculture. In *Global Climate Changes: Resilient and Smart Agriculture*. Springer. Venkatramanan, V., Shah, S., & Prasad, R. (Eds), pp. 301-314.
- Ayundyahrini, M., Susanto, D. A., Febriansyah, H., Rizanulhaq, F. M., & Aditya, G. H. (2023). Smart farming: integrated solar water pumping irrigation system in thailand. *EVERGREEN Joint Journal of Novel Carbon Resource Science & Green Asia Strategy*, 10(1), 553-563.
- BCG. (2566). รองอธิบดีกรมชลประทาน ลงพื้นที่ติดตามโครงการชลประทานอัจฉริยะ ในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษามูลบน จ.นครราชสีมา. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://bcg.in.th/news/rid-smart-irrigation-project-nakhon-ratchasima/> (6 ธันวาคม 2567)
- Bedrock. (2567). 4 นักพยากรณ์ยุคใหม่ ช่วยคาดการณ์ภัยพิบัติทางธรรมชาติสุดแม่นยำ. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://bedrockanalytics.ai/blog/technology/4-modern-prophets-helps-predict-natural-disasters-with-extreme-accuracy> (7 ธันวาคม 2567)
- Bellis, M. (ม.ป.ป.). ประวัติของรถแทรกเตอร์. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://th.eferrit.com/ประวัติของรถแทรกเตอร์/> (17 พฤศจิกายน 2566)
- Bhattacharyya, P., Pathak, H., & Pal, S. (2020). *Climate Smart Agriculture: Concepts, Challenges, and Opportunities*. Springer.
- Blognone. (2565). นักวิจัยญี่ปุ่นพัฒนาแผ่นฟิล์มพิเศษช่วยเร่งอัตราการเติบโตของพืชผักได้ 20-40%. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.blognone.com/node/131219> (29 พฤศจิกายน 2567)
- Centeno, L. (ม.ป.ป.). How Drone Vision Systems Allow Drone to fly in Low-Light Conditions. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.immervision.com/drone-navigation-system/> (4 ธันวาคม 2567)
- Chieochan, O., Saokaew, A., & Boonchieng, E. (2017). IOT for smart farm: A case study of the Lingzhi mushroom farm at Maejo University. In *2017 14th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE)*. IEEE. pp. 1-6.

- Civicagrotech. (2565). ต่อย้าความเป็นผู้นำด้านการปลูกพืชด้วยแสงประดิษฐ์ LEDs ของ Civic AgroTech. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.civicagrotech.com/> (7 ธันวาคม 2567)
- Croptracker. ม.ป.ป. Robotic technology in Agriculture. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.croptracker.com/blog/robotic-technologies-in-agriculture.html> (21 พฤศจิกายน 2567)
- Desun Uniwill. (2567). ความแตกต่างระหว่างเซนเซอร์วัดความเค็มและเซนเซอร์วัดค่าการนำไฟฟ้า. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://disen-sensor.com/th/differences-between-salinity-sensors-and-conductivity-sensors/> (29 พฤศจิกายน 2567)
- Dey, A., Patel, S., Sharma, A., & Singh, H. P. (2024). An insight on different climate smart and resilient agricultural practices. In *Technological Approaches for Climate Smart Agriculture*. Springer. Aishwarya, K, P. (Ed), pp. 25-40.
- Dhaigude, V., HB, N., Chaudhary, P., Payssal, S. A., Nadda, A. K., Minkina, P., & Rajput V. D. (2023). Role of nanobiosensors in agriculture advancement. In *Advances in Nanotechnology for Smart Agriculture Techniques and Applications*. CRC Press. Chaudhary, P., Chaudhary, A., Nadda, A. K., & Khatri, P. (Eds), pp. 181-197.
- Dhakshayani, J., Surediran, B., & Jyothsna, J. (2024). Artificial intelligence in precision agriculture: a systematic review on tools, techniques, and applications. In *Predictive Analytics in Smart Agriculture*. CRC Press. Krishnan, S., Anand, A. J., Prasanth, N., Goundar, S., & Ananth, C. (Eds), pp. 37-57.
- Duang-Ek-Anong, S., Pibulcharoensit, S., & Phongsatha, T. (2019). Technology readiness for Internet of Things (IoT) adoption in smart farming in Thailand. *Int. J. Simul. Syst. Sci. Technol.*, 20, 1-6.
- EasternPeak. (2566). Smart farming: How automation is transforming Agriculture. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://easternpeak.com/blog/smart-farming-how-automation-is-transforming-agriculture/> (21 พฤศจิกายน 2567)
- Eastwater. (ม.ป.ป.). เทคโนโลยีการบริหารจัดการน้ำ. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.eastwater.com/th/EWBBusiness/เทคโนโลยีการบริหารจัดการน้ำ/12> (6 ธันวาคม 2567)
- Field, H. L., & Solie, J. B. (2007). *Introduction to Agricultural Engineering Technology: A Problem Solving Approach 3rd Ed*. Springer.
- FMUSSER. (2564). เซนเซอร์ MEMS คืออะไร. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://th.fmuser.net/content/?20818.html> (29 พฤศจิกายน 2567)
- Forfarm. (2563). เซนเซอร์ที่นิยมนำมาใช้งานด้านเกษตรกรรม (Agriculture Sensors). (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://forfarm.co/agriculture-sensors/> (24 พฤศจิกายน 2566)

- Forfarm. (2564). Plant factory with artificial lighting (PFAL). (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://forfarm.co/pfal/> (24 พฤศจิกายน 2566)
- FourFarm. (ม.ป.ป.). การปลูกพืชไร้ดิน. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.fourfarm.com/การปลูกพืชไร้ดิน-soilless-culture/> (24 พฤศจิกายน 2566)
- FreedomDive. (2565). รู้จักกับลมมรสุม พายุหมุน และร่องความกดอากาศต่ำ. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.freedomdive.com/th/tip/weather-wind> (7 ธันวาคม 2567)
- Fromfactory. (2563). การเลือกซื้อเครื่องชั่ง. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.fromfactory.net/article/8/การเลือกซื้อเครื่องชั่ง> (27 พฤศจิกายน 2567)
- Gudkov, S. V., Sarimov, R. M., Astashev, M. E. E., Pishchalnikov, R. Y., Yanykin, D. V., Simakin, A. V., Shkirin, A. V., Serov, D. A., Konchekov, E. M., Gusein-zade, N. G., NLednev, V., Ya Grishin, M., Sdvizhenskii, P. A., Pershin, S. M., Bunkin, A. F., Ashurov, M. K., Aksenov, A. G., Chilingaryan, N. O., Smirnov, I. G., Pavkin, D. Y., Hort, MNMoskovskiy, D. O., Sibirev, A. V., Lobachevsky, Y. P., Dorokhov, A. S., & Izmailov, A. Y. (2024). Modern physical methods and technologies in agriculture. *Phys. Uspekhi*, 67, 194-210.
- Gumiere, S. J., Camporese, M., Botto, A., Lafond, J. A., Paniconi, C., Gallichand, J., & Rousseau, A. N. (2020). Machine learning vs. physics-based modeling for real-time irrigation management. *Frontiers in Water*, 2, 8.
- Hallik, L., Šarauskis, E., Kazlauskas, M., Bručiene, I., Mozgeris, G., Steponavičius, D., & Törre, T. (2022). Proximal sensing sensors for monitoring crop growth. In *Information and Communication Technologies for Agriculture – Theme I: Sensors*. Springer. Bochtis, D. D., Lampridi, M., Petropoulos, G. P., Ampatzidis, Y., & Pardalos, P. M. (Eds), pp. 43-97.
- HortiThai. (2564). ศูนย์นันทนาการเกษตร. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <http://hort.ezathai.org/?p=9690> (4 ธันวาคม 2567)
- HowToRobot. (2564). Agricultural robots: A revolutionary tool for farmers worldwide. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://howtorobot.com/expert-insight/agricultural-robots> (21 พฤศจิกายน 2567)
- Hwang, B. N., Jitanugoon, S., & Puntha, P. (2024). The Impact of Smart Farming Technology on Agricultural Productivity: Evidence from a Large-scale Database in Thailand. *KnE Social Sciences*, 9(32), 25-55.
- Ifarm. (ม.ป.ป.). เครื่องมือวัดค่าดิน 5 อุปกรณ์ที่คนทำเกษตรมือโปรใช้เป็นประจำ. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.ifarm.co.th/blog/soil-tester/> (28 พฤศจิกายน 2567)
- iStock. (ม.ป.ป.). ภาพถ่ายดาวเทียมอินฟราเรดของพายุโซนร้อนรุนแรงในมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนือ. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.istockphoto.com/th/รูปถ่าย/ภาพถ่ายดาวเทียม>

- อินฟราเรดของพายุโซนร้อนรุนแรงในมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนือ-gm1009152168-272119878 (7 ธันวาคม 2567)
- Kakarla, S., Ampatzidis, Y., Park, S., Adosoglou, G., & Pardalos, P. (2022). Emerging sensing technologies for precision agriculture. In *Information and Communication Technologies for Agriculture – Theme I: Sensors*. Springer. Bochtis, D. D., Lampridi, M., Petropoulos, G. P., Ampatzidis, Y., & Pardalos, P. M. (Eds), pp. 3-16.
- Kapila, D., Ulloa, N., Anita, S., Subramanian, R. S., Kandewar, P., & Sujatha, P. (2024). Application of drones in predictive analytics. In *Predictive Analytics in Smart Agriculture*. CRC Press. Krishnan, S., Anand, A. J., Prasanth, N., Goundar, S., & Ananth, C. (Eds), pp. 250-274.
- Kayad, A., Paraforos, D. S., Marinello, F., & Fountas, S. (2020). Latest advances in sensor applications in agriculture. *Agriculture*, 10(8), 362.
- Khati, P., Lohani, S., Sharma, A. & Maura, J. (2023). Concepts of nano-based agriculture In *Advances in Nanotechnology for Smart Agriculture Techniques and Applications*. CRC Press. Chaudhary, P., Chaudhary, A., Nadda, A. K., & Khati, P. (Eds), pp. 91-110.
- Kwanmuang, K., Pongputhinan, T., Jabri, A., & Chitchumnung, P. (2020). Small-scale farmers under Thailand's smart farming system. *FFTC Agricultural Policy Platform (FFTC-AP)*, 636.
- Lakhari, I. A., Yan, H., Zhang, C., Wang, G., He, B., Hao, B., Han, Y., Wang, B., Bao, R., Syed, T.N., Chauhdary, J.N., & Rakibuzzaman, M. (2024). A review of precision irrigation water-saving technology under changing climate for enhancing water use efficiency, crop yield, and environmental footprints. *Agriculture*, 14(7), 1141.
- Learn. (2559). 6 วิธีทางที่โดรนสามารถปฏิบัติการเกษตรกรรม. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://learn.gistda.or.th/2018/04/28/6-วิธีโดรนเพื่อการเกษตร/> (4 ธันวาคม 2567)
- Learn. (2561). โดรนทำงานอย่างไรและอะไรคือเทคโนโลยีโดรน. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://learn.gistda.or.th/2018/09/24/how-do-drones-work-and-what-is-drone-technology> (4 ธันวาคม 2567)
- Li, S., Simonian, A., & Chin, B. A. (2010). Sensors for agriculture and the food industry. *The Electrochemical Society Interface*, 19(4), 41.
- Love, C., Nazemi, H., El-Masri, E., Ambrose, K., Freund, M. S., & Emadi, A. (2021). A review on advanced sensing materials for agricultural gas sensors. *Sensors*, 21(10), 3423.
- Machitec. (ม.ป.ป.). หุ่นยนต์การเกษตร. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://machi-tec.com/robots/> (4 ธันวาคม 2567)

- Malavipathirana, C. G., Dinusha, K. A., Sandamali, K. U. J., & Withanage, W. D. D. P. (2024). Monitoring and forecasting land use and land cover changes in paddy cultivation. In *Technological Approaches for Climate Smart Agriculture*. Springer. Aishwarya, K, P. (Ed), pp. 165-190.
- Medium. (2562). 8 ข้อสำคัญในการเลือกใช้เครื่องมือวัด. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://medium.com/@pannachet.p/8-ข้อสำคัญในการเลือกใช้เครื่องมือวัด-f0e3e92a956> (27 พฤศจิกายน 2567)
- Medium. (2567). บทบาทของหุ่นยนต์ในอุตสาหกรรมเกษตรเพื่อการผลิตและความยั่งยืน. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://medium.com/@wanwisa.ka/บทบาทของหุ่นยนต์ในอุตสาหกรรมเกษตรเพื่อการผลิตและความยั่งยืน-9c3f08150970> (4 ธันวาคม 2567)
- Meechoovet, Y., & Siriwato, S. (2023). Thailand's Smart Agriculture and its Impacts on Thai Farmers: A Case Study of Smart Agriculture in Ayutthaya, Thailand. *Asian Political Science Review*, 7(1).
- Microsoft. (ม.ป.ป.). ทรัพยากรและเทคโนโลยีด้านการจัดการน้ำอย่างยั่งยืน. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.microsoft.com/th-th/sustainability/learn/water-sustainability/> (6 ธันวาคม 2567)
- Mottola, L., & Whitehouse, K. (2018). Fundamental Concepts of Reactive Control for Autonomous Drones. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://cacm.acm.org/research/fundamental-concepts-of-reactive-control-for-autonomous-drones/> (4 ธันวาคม 2567)
- Mreport. (2567). ทำไมควรใช้ระบบอัตโนมัติในการเกษตร. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.securities.io/th/revolutionizing-agriculture-the-role-of-robotics-in-boosting-productivity-and-sustainability> (4 ธันวาคม 2567)
- Navulur, S., & Prasad, M. G. (2017). Agricultural management through wireless sensors and internet of things. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 7(6), 3492.
- NSTDA. (2566). Terra: แพลตฟอร์มหุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติทางการเกษตรสำหรับการควบคุมวัชพืชในไร่ อ้อย. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.nstda.or.th/nac/2023/exhibitions/ex25/> (4 ธันวาคม 2567)
- Onniorganicfarm. (2562). การควบคุมระบบน้ำอัตโนมัติ. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.nectec.or.th/news/news-public-document/automatic-watering-system.html> (6 ธันวาคม 2567)
- Pachputel, S. (ม.ป.ป.). Working Principle and Components of Drone. (ออนไลน์) แหล่งที่มา https://cfdflowengineering.com/working-principle-and-components-of-drone/#google_vignette (4 ธันวาคม 2567)
- Parveen, H., Chaudhary, P., Srivastava, P., Priya, S., Bhandari, G., & Chaudhary, A. (2023). Role of nanoparticles in agriculture. In *Advances in Nanotechnology for Smart Agriculture*

- Techniques and Applications*. CRC Press. Chaudhary, P., Chaudhary, A., Nadda, A. K., & Khati, P. (Eds), pp. 1-18.
- Ponpe Instruments. (ม.ป.ป.). การเลือกใช้เครื่องมือวัด. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.ponpe.com/tech/181-การเลือกใช้เครื่องมือวัด.html> (27 พฤศจิกายน 2567)
- PX4 Guide. (ม.ป.ป.). Basic Flying (Mulicopter). (ออนไลน์) แหล่งที่มา https://docs.px4.io/main/en/flying/basic_flying_mc.html (4 ธันวาคม 2567)
- Rajkumar, S., Biyani, R., Jagtap, S., Penumuchu, N., & Shriram, S. S. (2024). IoT-enabled smart irrigation with machine learning models for precision farming. In *Predictive Analytics in Smart Agriculture*. CRC Press. Krishnan, S., Anand, A. J., Prasanth, N., Goundar, S., & Ananth, C. (Eds), pp. 107-126.
- Rani, A., Kumar, T., Trivedi, B., & Chaudhary, P. (2023). Nanotechnology in climate smart agriculture. In *Advances in Nanotechnology for Smart Agriculture Techniques and Applications*. CRC Press. Chaudhary, P., Chaudhary, A., Nadda, A. K., & Khati, P. (Eds), pp. 291-304.
- Reef Resilience Network. (ม.ป.ป.). การตรวจจับระยะไกลด้วยแสงและเรดาร์. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://reefresilience.org/th/management-strategies/remote-sensing-and-mapping/introduction-to-remote-sensing/optical-and-radar-remote-sensing/> (7 ธันวาคม 2567)
- Rose, C. W. (1966). *Agricultural Physics*. Pergamon press Ltd.
- Roy, T., & George, J. K. (2020). Precision farming: a step toward sustainable, climate-smart agriculture. In *Global Climate Changes: Resilient and Smart Agriculture*. Springer. Venkatramanan, V., Shah, S., & Prasad, R. (Eds), pp. 199-220.
- Salika. (2564). อัปเดตเทรน “AGTECH” สำคัญที่เกษตรกรยุคใหม่ (Smart Farmer) ไม่รู้ไม่ได้ (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.salika.co/2021/07/07/agtech-technology-for-smart-farmer-thailand/> (4 ธันวาคม 2567)
- Securities. (2566). การปฏิวัติการเกษตร: บทบาทของหุ่นยนต์ในการเพิ่มผลผลิตและความยั่งยืน. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://www.securities.io/th/revolutionizing-agriculture-the-role-of-robotics-in-boosting-productivity-and-sustainability> (4 ธันวาคม 2567)
- Singh, N., & Singh, A. N. (2020). Odysseys of agriculture sensors: Current challenges and forthcoming prospects. *Computers and electronics in agriculture*, 171, 105328.
- SmartfarmDIY. (2567). Tomato Harvest Robot Farming: สู้ยุคเกษตรกรรมอัจฉริยะ. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://smartfarmdiy.com/tomato-harvest-robot-farming-ยังอยู่ในช่วงขั้นต้น/> (4 ธันวาคม 2567)

- Suanpang, P., & Jamjuntr, P. (2019). A smart farm prototype with an Internet of Things (IoT) case study: Thailand. *Technology*, 5(12), 15.
- Subramanian, K. S., Karthika, V., Praghadeesh, M., & Lakshmanan, A. (2020). Climate services for managing climate change impacts on agriculture. In *Global Climate Changes: Resilient and Smart Agriculture*. Springer. Venkatramanan, V., Shah, S., & Prasad, R. (Eds), pp. 315-336.
- Thomas, G. A. S., Muthukaruppasamy, S., Kumar, S. S., Saravanan, K., & Karthikeyan, B. J. (2024). Predictive analytics of climate change: the future of global warming lies in data analytics. In *Predictive Analysis in Smart Agriculture*. CRC Press. Krishnan, S., Anand, A. J., Prasanth, N., Goundar, S., & Ananth, C. (Eds), pp. 229-249.
- True ปลุกปัญญา. (2560). การหมุนเวียนของบรรยากาศ. (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://ubonmet.tmd.go.th/files/KM-base/KM-2560-3.pdf> (7 ธันวาคม 2567)
- Upadhayay, V. K., Naitam, M. G. Hhosh, S., Patel, V. K., Sharma, A., Chandra, A. K., & Taj, G. (2023). Techniques for integrating nanotechnology in agriculture. In *Advances in Nanotechnology for Smart Agriculture Techniques and Applications*. CRC Press. Chaudhary, P., Chaudhary, A., Nadda, A. K., & Khatri, P. (Eds), pp. 19-40.
- Well (ม.ป.ป.). การวัดการไหลคืออะไร มีกี่ประเภท และวิธีการเลือกใช้งาน (ออนไลน์) แหล่งที่มา <https://wellflowmeter.com/การวัดการไหล/> (5 ธันวาคม 2567)
- Wetchasit, P., & Lilavanichakul, A. (2023). Durian Farmer Adoption of Smart Farming Technology: A Case Study of Chumphon Province. *Journal of Food Science and Agricultural Technology (JFAT)*, 7(1), 8-13
- Yang, Y., Li, H., Zhang, M., & Qiu, R. (2023). Plant phenotyping robot platform. In *Sensing Technologies for Field and In-House Crop Production*. Springer. Zhang, M., Li, H., Sheng, W., Qiu, R., & Zhang, Z. (Eds), pp. 39-52.
- Yin, H., Cao, Y., Marelli, B., Zeng, X., Mason, A. J., & Cao, C. (2021). Soil sensors and plant wearables for smart and precision agriculture. *Advanced Materials*, 33(20), 2007764.
- Zhu, X., Fordjour, A., Jiu, J., & Yuan, S. (2023). *Dynamic Fluidic Sprinkler and Intelligent Sprinkler Irrigation Technologies*. Springer.

ภาคผนวก

ตัวประกอบการเปลี่ยนหน่วย

ความยาว (Length)

$$1 \text{ m} = 100 \text{ cm} = 1000 \text{ mm} = 10^6 \mu\text{m} = 10^9 \text{ nm}$$

$$1 \text{ km} = 1000 \text{ m} = 0.6214 \text{ mi}$$

$$1 \text{ m} = 3.281 \text{ ft} = 39.37 \text{ in.}$$

$$1 \text{ cm} = 0.3937 \text{ in.}$$

$$1 \text{ in.} = 2.540 \text{ cm}$$

$$1 \text{ ft} = 30.48 \text{ cm}$$

$$1 \text{ yd} = 91.44 \text{ cm}$$

$$1 \text{ mi} = 5280 \text{ ft} = 1.609 \text{ km}$$

$$1 \text{ light year} = 9.461 \times 10^{15} \text{ m}$$

พื้นที่ (Area)

$$1 \text{ cm}^2 = 0.155 \text{ in}^2$$

$$1 \text{ m}^2 = 10^4 \text{ cm}^2 = 10^6 \text{ mm}^2 = 10.76 \text{ ft}^2$$

$$1 \text{ in}^2 = 6.452 \text{ cm}^2$$

$$1 \text{ ft}^2 = 144 \text{ in.}^2 = 0.0929 \text{ m}^2$$

ปริมาตร (Volume)

$$1 \text{ liter} = 1000 \text{ cm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3 = 0.03531 \text{ ft}^3 = 61.02 \text{ in.}^3$$

$$1 \text{ ft}^3 = 0.02832 \text{ m}^3 = 28.32 \text{ liters} = 7.477 \text{ gallons}$$

$$1 \text{ gallon} = 3.788 \text{ liters}$$

เวลา (Time)

$$1 \text{ min} = 60 \text{ s}$$

$$1 \text{ h} = 60 \text{ min} = 3600 \text{ s}$$

$$1 \text{ d} = 86,400 \text{ s}$$

$$1 \text{ y} = 365.24 \text{ d} = 3.156 \times 10^7 \text{ s}$$

มวล (Mass)

$$1 \text{ kg} = 10^3 \text{ g} = 0.0685 \text{ slug}$$

$$1 \text{ g} = 6.85 \times 10^{-5} \text{ slug}$$

$$1 \text{ slug} = 14.59 \text{ kg}$$

$$1 \text{ u} = 1.661 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

แรง (Force)

$$1 \text{ N} = 10^5 \text{ dyn} = 0.2248 \text{ lb}$$

$$1 \text{ lb} = 4.448 \text{ N} = 4.448 \times 10^5 \text{ dyn}$$

มุม (Angle)

$$1 \text{ rad} = 57.30^\circ = 180^\circ / \pi$$

$$1^\circ = 0.01745 \text{ rad} = \pi / 180 \text{ rad}$$

$$1 \text{ rev} = 360^\circ = 2\pi \text{ rad}$$

$$1 \text{ rev/min (rpm)} = 0.1047 \text{ rad/s}$$

ความเร็ว (Speed)

$$1 \text{ m/s} = 3.281 \text{ ft/s}$$

$$1 \text{ ft/s} = 0.3048 \text{ m/s}$$

$$1 \text{ mi/min} = 60 \text{ mi/h} = 88 \text{ ft/s}$$

$$1 \text{ km/h} = 0.2778 \text{ m/s} = 0.6214 \text{ mi/h}$$

$$1 \text{ mi/h} = 1.466 \text{ ft/s} = 0.4470 \text{ m/s} = 1.609 \text{ km/h}$$

ความเร่ง (Acceleration)

$$1 \text{ m/s}^2 = 100 \text{ cm/s}^2 = 3.281 \text{ ft/s}^2$$

$$1 \text{ cm/s}^2 = 0.01 \text{ m/s}^2 = 0.03281 \text{ ft/s}^2$$

$$1 \text{ ft/s}^2 = 0.3048 \text{ m/s}^2 = 30.48 \text{ cm/s}^2$$

$$1 \text{ mi/h.s} = 1.467 \text{ ft/s}^2$$

ความดัน (Pressure)

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2 = 1.450 \times 10^{-4} \text{ lb/in}^2 = 0.209 \text{ lb/ft}^2$$

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ lb/in}^2 = 6895 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ lb/ft}^2 = 47.88 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ atm} = 1.015 \times 10^5 \text{ Pa} = 1.013 \text{ bar} = 14.7 \text{ lb/in}^2 =$$

$$2117 \text{ lb/ft}^2 = 760 \text{ mmHg}$$

$$1 \text{ mmHg} = 1 \text{ torr} = 133.3 \text{ Pa}$$

พลังงาน (Energy)

$$1 \text{ J} = 10^7 \text{ ergs} = 0.239 \text{ cal}$$

$$1 \text{ cal} = 4.186 \text{ J}$$

$$1 \text{ ft.lb} = 1.356 \text{ J}$$

$$1 \text{ Btu} = 1055 \text{ J} = 252 \text{ cal} = 778 \text{ ft.lb}$$

$$1 \text{ eV} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$1 \text{ kWh} = 3.600 \times 10^6 \text{ J}$$

กำลัง (Power)

$$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$$

$$1 \text{ hp} = 746 \text{ W} = 550 \text{ ft.lb/s}$$

$$1 \text{ Btu/h} = 0.293 \text{ W}$$

ดัชนี

ก

- กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน, 61, 79
 กฎของการอนุรักษ์พลังงาน, 5
 กฎของเบอร์นูลลี, 86
 กลศาสตร์, 4, 5, 10, 13, 15
 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, 37, 52
 ก๊าซเรือนกระจก, 103
 ก๊าซเอทานอล, 52
 ก๊าซเอทิลีน, 52
 การกระจายน้ำ, 88, 89, 91, 102, 104
 การเก็บเกี่ยว, 9, 10, 20, 70, 71
 การเกษตร, 4, 7, 8, 9, 11, 12, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 26, 27
 การเกษตรอัจฉริยะ, 46, 60, 85
 การเกิดฝน, 108, 112, 113
 การเกิดโรค, 48
 การเกิดลม, 108
 การควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่าง, 130
 การควบคุมจากระยะไกล, 79
 การควบคุมสภาพอากาศ, 125
 การเคลื่อนที่, 5, 11, 12, 15, 49, 61, 65
 การเคลื่อนที่และแรง, 61
 การเคลื่อนไหว, 41, 49, 55
 การจัดการทรัพยากรน้ำ, 113, 116, 124
 การจัดการน้ำ, 87, 91, 99, 112
 การเจริญเติบโต, 11, 20, 46, 48, 49, 50, 55, 72, 108, 112, 113, 126
 การใช้ปัญญาประดิษฐ์, 70
 การตรวจจับระยะไกล, 54, 55, 56, 119, 120, 123
 การตรวจสอบคุณภาพอากาศ, 56
 การเตรียมดิน, 10
 การถ่ายเทความร้อน, 101
 การถ่ายโอนพลังงาน, 107, 108
 การนำไฟฟ้า, 31, 40, 45, 79
 การบริหารจัดการน้ำ, 100
 การแบ่งปันพลังงานแสงอาทิตย์, 19
 การปรับปรุงพันธุ์พืชและสัตว์, 8
 การปลูกพืช, 7, 10, 11, 71
 การปลูกพืชในน้ำโดยไม่ใช้ดิน, 130
 การพยากรณ์อากาศ, 107, 115, 118, 121
 การเพาะปลูก, 7, 9, 10, 20, 27, 39, 72, 96
 การมองเห็นของเครื่องจักร, 18, 71
 การมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์, 66
 การระบาค, 22, 49
 การระบายน้ำ, 11, 45
 การระบายอากาศ, 11, 47, 129
 การระเหยของน้ำ, 101, 102, 108, 112, 113
 การเรียนรู้ของเครื่องจักร, 18, 66, 68, 70
 การเลี้ยงสัตว์, 7
 การแลกเปลี่ยนก๊าซ, 11
 การสอบเทียบ, 32, 33, 34
 การสะท้อนของแสง, 43, 48
 การสะท้อนแสง, 49, 54, 55, 78, 79
 การสังเคราะห์แสง, 49
 การสันตะเทียน, 53
 การสูญเสียพลังงาน, 87
 การหมุนเวียนของบรรยากาศ, 110
 การให้น้ำ, 11, 15, 16, 18, 20, 22, 26
 การไหล, 11, 86, 89, 90, 92, 99, 101
 การไหลของน้ำ, 87
 การไหลแบบปั่นป่วน, 86
 การไหลแบบราบเรียบ, 86
 การไหลเวียนของอากาศ, 127
 การอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำ, 85, 92
 การอนุรักษ์น้ำ, 101, 102
 กำจัดวัชพืช, 70, 73
 เกษตรกรรม, 24, 36, 37, 38, 47, 48, 49, 50, 53, 56, 57, 58
 เกษตรแม่นยำ, 20
 เกษตรยั่งยืน, 7
 เกษตรสมัยใหม่, 7
 เกษตรอัจฉริยะ, 19, 22, 23, 46, 53, 96

บ

ข้อมูลขนาดใหญ่, 20, 53

ข้อมูลบรรพชีวิน, 116

ค

คลื่น, 5, 11, 15, 16

ความกดอากาศต่ำ, 110, 112

ความกดอากาศสูง, 110

ความเข้มข้นของธาตุอาหารในดิน, 31

ความเข้มแสง, 14, 19, 38, 129

ความเครียดของพืช, 57

ความชื้น, 6, 9, 11, 12, 20, 21, 22, 24, 27, 31, 32, 37, 47, 54, 57

ความชื้นในดิน, 24, 36, 40, 44, 46, 48, 55, 56, 68, 91, 94, 99, 102, 113, 126

ความชื้นในอากาศ, 48, 127

ความดัน, 6, 48, 87

ความดันในชั้นบรรยากาศ, 110

ความดันบรรยากาศ, 128

ความต้านทาน, 102

ความต้านทานไฟฟ้า, 40, 48, 53

ความทนทาน, 32

ความเป็นกรด-ด่าง, 24, 28, 31, 36, 68, 79

ความแม่นยำ, 32

ความยาว, 26, 27, 29, 30

ความร้อน, 5, 6, 10, 13, 15, 32, 41, 42, 47, 51, 53, 55, 78

ความเร็วลม, 24, 37, 48, 50

ความละเอียด, 29

ความหนาแน่น, 29

ความหนาแน่นของน้ำ, 87

ค่าการนำไฟฟ้า, 31

คำอุปสรรค, 28, 29

คุณค่าทางโภชนาการ, 49

คุณภาพน้ำ, 37

คุณสมบัติทางกายภาพ, 11, 49

คุณสมบัติทางเคมี, 32

คุณสมบัติทางเคมีของดิน, 33

คุณสมบัติทางเคมีของดินหรือพืช, 29

เครื่องคัดแยกกากข้าวกล้าง, 63

เครื่องจักรกล, 4, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 16, 20, 26, 51, 53, 59, 61, 62, 65, 73, 83

เครื่องชั่ง, 27, 30

เครื่องมือวัด, 29, 31, 32

เครื่องมือวัดใน, 33

เครื่องวัดความเร่ง, 53

เครื่องใส่ปุ๋ยอินทรีย์, 62

เครื่องอบแห้ง, 63

จ

จุ่มอิเล็กทรอนิกส์, 49, 51

จีพีเอส, 39, 48, 66, 68, 69, 70, 79

ไจโรสโคป, 53, 72

ช

ชลประทาน, 10, 23, 27, 41, 42, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 106, 107

ชลประทานอัจฉริยะ, 90, 93, 96, 97, 100

ช่องว่างในดิน, 11

ซ

เซนเซอร์วัดสารอาหาร, 40

เซนเซอร์, 4, 16, 18, 20, 21, 22, 23, 27, 28, 24, 25, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 93, 98, 102, 131

เซนเซอร์ MEMS, 52

เซนเซอร์การควบคุมแสง, 38

เซนเซอร์การเคลื่อนที่, 68

เซนเซอร์การตรวจวัดความชื้น, 85

เซนเซอร์การมองเห็น, 67, 70, 78

เซนเซอร์ความเข้มของแสง, 38

เซนเซอร์ความชื้น, 45

เซนเซอร์ความชื้นในดิน, 36, 40, 44, 69

เซนเซอร์ความดัน, 46

เซนเซอร์ความเร็วลม, 37

เซนเซอร์คุณภาพอากาศ, 37

เซนเซอร์ดิน, 36, 48

เซนเซอร์ตรวจจับการกระแทก, 38
 เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว, 38
 เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวของสัตว์, 49
 เซนเซอร์ตรวจจับการสัมผัส, 41
 เซนเซอร์ตรวจจับความชื้นในดิน, 43
 เซนเซอร์ตรวจจับพฤติกรรมของสัตว์, 49
 เซนเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิร่างกายสัตว์, 49
 เซนเซอร์ตรวจวัดความชื้นในดินและสภาพอากาศ, 100
 เซนเซอร์ตรวจวัดคุณภาพน้ำ, 37
 เซนเซอร์ตรวจสอบคุณภาพน้ำ, 45
 เซนเซอร์ตรวจสอบพายุและสภาพอากาศ, 45
 เซนเซอร์ตำแหน่ง, 66
 เซนเซอร์นิวตรอนรังสีคอสมิก, 50
 เซนเซอร์ไฟฟ้าเคมี, 50
 เซนเซอร์ภาพ, 39
 เซนเซอร์แม่เหล็กไฟฟ้า, 45
 เซนเซอร์แรงดัน, 68
 เซนเซอร์แรงดันน้ำ, 101
 เซนเซอร์วัดการสะท้อนแสง, 44
 เซนเซอร์วัดความเค็ม, 40
 เซนเซอร์วัดความชื้น, 102
 เซนเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์, 50
 เซนเซอร์วัดความหนาแน่นของพืช, 44
 เซนเซอร์วัดแรงกด, 41
 เซนเซอร์วัดแรงดันน้ำ, 41
 เซนเซอร์วัดแสง, 43
 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ, 41
 เซนเซอร์สิ่งแวดล้อม, 37, 48
 เซนเซอร์แสง, 38, 46, 48
 เซนเซอร์แสงสี, 38
 เซนเซอร์อินฟราเรด, 55, 68, 69
 เซนเซอร์อุณหภูมิ, 46
 เซนเซอร์อุณหภูมิและความชื้น, 37, 48
 เซลล์แสงอาทิตย์, 104

ด

ดาวเทียม, 39, 48, 50, 121
 โดรน, 9, 18, 20, 39, 60, 71, 75, 76, 77, 78

ต

ตรวจจับแมลง, 20
 ตัวประกอบการเปลี่ยนหน่วย, 35
 ติดตามสัตว์, 55

ท

ทฤษฎีเบอร์นูลลี, 76
 ทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ, 5
 ทิศทางลม, 24, 37, 50
 เทคโนโลยีการวัด, 24

บ

บรรจุภัณฑ์, 9
 แบบจำลองการหมุนเวียนของบรรยากาศโลก, 110
 แบบจำลองสภาพภูมิอากาศ, 115
 ไบโอบีโอสเซนเซอร์, 39, 50, 55

ป

ปกป้องพืช, 51
 ปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริก, 41
 ปรากฏการณ์เพลเทียร์, 42
 ปรากฏการณ์เพียโซอิเล็กทริก, 41, 53
 ปริมาณน้ำฝน, 109
 ปริมาณฝน, 113
 ปริมาตร, 29
 ปัญญาประดิษฐ์, 53, 66, 68, 71, 73

ผ

ผลผลิตทางการเกษตร, 48, 112, 118, 124
 แผงเซลล์แสงอาทิตย์, 19, 101

พ

พลศาสตร์ของของไหล, 85, 86, 89
 พลังงาน, 62
 พลังงานชีวมวล, 103
 พลังงานทดแทน, 85
 พลังงานลม, 85, 92, 103
 พลังงานแสงอาทิตย์, 19, 46, 62, 78, 85, 92, 100, 103, 104, 109

พายุ, 113, 114, 122

พีเอส, 69

พื้นที่, 26, 27, 30, 32, 35, 48, 51, 56, 57, 58

เพียโซอิเล็กทริก, 53

ฟ

ฟิสิกส์, 4, 6, 62, 65, 66, 67, 74, 77, 79, 101

ฟิสิกส์ของดิน, 11

ฟิสิกส์ของแสง, 78

ฟิสิกส์ควอนตัม, 5

ไฟฟ้าสถิต, 53

ภ

ภัยธรรมชาติ, 20, 56, 126

ภัยพิบัติ, 124

ภูมิอากาศ, 109, 113, 117

ม

มวล, 25, 26, 27, 29, 30, 48, 51, 53, 57

มวลอากาศ, 113

มาตรฐาน, 24, 25, 29, 30, 32, 33, 34, 57

แมลง, 49, 72

แม่เหล็กไฟฟ้า, 4, 5, 44, 48, 49, 53, 54, 55, 56, 77, 79, 102, 108

ไมโครคอนโทรลเลอร์, 46

ย

ยานบินไร้คนขับ, 51

ร

รถแทรกเตอร์, 10, 18, 62

ระดับออกซิเจนในน้ำ, 37

ระบบการจัดการน้ำแบบไม่รวมศูนย์, 98

ระบบการให้ปุ๋ยพร้อมน้ำ, 130

ระบบควบคุมความชื้น, 129

ระบบควบคุมสารอาหาร, 130

ระบบควบคุมแสง, 129

ระบบควบคุมอัตโนมัติ, 93, 131

ระบบควบคุมอุณหภูมิ, 128

ระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ, 126

ระบบชลประทาน, 8

ระบบชลประทานแบบน้ำหยด, 89, 91, 98, 100, 101

ระบบชลประทานพ่นฝอย, 89, 100

ระบบทำความเย็น, 129

ระบบทำความร้อน, 4, 128

ระบบน้ำอัตโนมัติ, 99

ระบบเมตริก, 25, 26

ระบบรดน้ำอัตโนมัติ, 95

ระบบสากล, 25

ระบบไหลเวียนของอากาศ, 129

ระบบอังกฤษ, 25

ระบบอัตโนมัติ, 70, 94, 98, 131

ระยะเวลาจริง, 25

รังสี, 6

เรดาร์, 118, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 137

แรง, 53, 60

แรงขับ, 77

แรงดันไฟฟ้า, 41, 53

แรงต้าน, 77, 78

แรงบิด, 61

แรงยก, 77

แรงและสมดุล, 10

แร่ธาตุและสารอาหาร, 128

โรคพืช, 72, 78

โรงงานผลิตพืช, 9, 107, 125, 132

โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์, 19

โรงเรือน, 71

โรงเรือนอัตโนมัติ, 20

ล

ลม, 9, 14, 15

ลมตะวันตก, 111

ลมตะวันออก, 111

ลักษณะทางกายภาพ, 78

เลเซอร์, 6, 27, 30, 51, 56, 57

ไสดาร์, 47, 51, 56, 57, 66, 67, 68, 69, 78, 81, 121, 122, 123, 125

ว

วัชพืช, 64, 67, 71

วัสดุ, 40, 41, 42, 43, 45, 46, 51, 52, 53, 54, 55, 61,
62, 79, 87

วัสดุไฟฟ้า, 45

วิทยาศาสตร์กายภาพ, 4

เวลาจริง, 46, 70

ศ

ศัตรูพืช, 20, 22

ส

สถานีตรวจวัดสภาพอากาศ, 20

สนามไฟฟ้า, 5

สนามแม่เหล็ก, 5, 44

สภาพภูมิอากาศ, 10, 49, 56, 107, 110, 112, 115, 124

สภาพแวดล้อม, 50, 56, 67, 69, 72, 80, 99, 120

สภาพอากาศ, 46, 48, 91, 92, 99, 108

สมการการต่อเนื่อง, 86

สมการดาร์ซี-วีสแบค, 87

สารพิษเคมี, 38

สารอาหารในดิน, 40

สิ่งแวดล้อม, 57

สุขภาพของพืช, 20

สุขภาพของสัตว์, 48, 49

สุขภาพพืช, 43, 49, 50, 51, 56, 67, 124

เสียง, 15

แสง, 14, 20, 22, 24, 47, 48, 129

แสงเทียม, 129

ท

หน่วยไทย, 26

หน่วยวัด, 25, 28, 34, 35

หยาดน้ำฟ้า, 112

หุ่นยนต์, 9, 15, 18, 20, 51

หุ่นยนต์การเกษตร, 60, 65, 74

หุ่นยนต์ทางการเกษตร, 66, 67, 68, 69, 70

อ

อัตโนมัติ, 32, 39, 40, 46, 50, 51, 56, 58

อากาศพลศาสตร์, 75

อายุการเก็บรักษา, 9

อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง, 46

อินฟราเรด, 44, 49, 56, 66, 78, 79, 122

อุณหพลศาสตร์, 4, 5, 10

อุณหภูมิ, 15, 22, 24, 25, 28, 37, 41, 42, 47, 48, 50,
54, 56, 79, 108, 110, 127, 128, 129, 130, 131

อุตุนิยมวิทยา, 113

แอโรโพนิกส์, 40, 130

ไอโอที, 18, 20, 21, 22, 23, 46, 67, 70

ฮ

ฮอโมนพืช, 52

ไฮโดรโพนิกส์, 40, 130



ประวัติผู้เขียน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์เพียงขวัญ เครือภู

หน่วยงานที่สังกัด

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

ตำบลบางพระ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี

ประวัติการศึกษา

- พ.ศ. 2552 วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ (วท.ม. ฟิสิกส์)
มหาวิทยาลัยมหิดล
- พ.ศ. 2550 วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ (วท.บ. ฟิสิกส์ เกียรตินิยมอันดับ 1)
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

ประวัติการทำงาน

- ม.ค. 2561 – ปัจจุบัน พนักงานในสถาบันอุดมศึกษา ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.ตะวันออก
- ก.ค. 2556 - ม.ค. 2561 พนักงานในสถาบันอุดมศึกษา ตำแหน่ง อาจารย์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.ตะวันออก
- พ.ย. 2553 – ก.ค. 2556 อาจารย์อัตราจ้าง
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.ตะวันออก
- พ.ค. 2552 – พ.ย. 2553 ผู้ช่วยนักวิจัย คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มทร.ตะวันออก

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

วัสดุนาโน วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตเกษตร สมบัติทางกายภาพ การอนุรักษ์พลังงาน