

รายงานการศึกษา

ระบบวนเกษตร

กับการแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ



สำนักพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยี
สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม

กันยายน 2566

เอกสารเผยแพร่ ฉบับที่ 667

รายงานการศึกษา

ระบบวนเกษตร

กับการแก้ไขปัญหการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ศึกษาและเรียบเรียง

โดย

นางอาทิตย์ยา พองพรหม

ผู้เชี่ยวชาญด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ที่ดินในเขตปฏิรูปที่ดิน

สำนักพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยี สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม

กันยายน 2566

คำนำ

เอกสารฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อเผยแพร่ข้อมูลและความรู้ เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และบทบาทของระบบวนเกษตรในการลดปัญหาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอันเป็นสาเหตุของภาวะโลกร้อน และเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ รวมถึงบทบาทของวนเกษตรในการเป็นระบบผลิตทางการเกษตร ซึ่งเป็นหนึ่งในรูปแบบเกษตรกรรมยั่งยืนที่ได้รับการยอมรับจากผู้นำและเครือข่ายเกษตรกร องค์กรพัฒนาเอกชน และภาควิชาการ ทั้งภายในและต่างประเทศว่าเป็นรูปแบบที่มีระบบนิเวศเกษตรที่มีความยั่งยืน สามารถสร้างประโยชน์ให้กับเกษตรกรและชุมชนได้ทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม โดยสำนักงานกฤษฎาภที่ดินเพื่อเกษตรกรรม (ส.ป.ก.) เป็นหน่วยงานหลักในกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ที่มีการส่งเสริมเกษตรกรในเขตปฏิรูปที่ดินให้ปรับเปลี่ยนการผลิตมาสู่ระบบวนเกษตรอย่างต่อเนื่อง

เป้าหมายหลักของการจัดทำเอกสารฉบับนี้ คือ การสร้างความตระหนักรู้ถึงสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สาเหตุ และผลกระทบที่จะเกิดขึ้น โดยเฉพาะในภาคเกษตรซึ่งเป็นทั้งผู้ปลดปล่อยและผู้ดูดซับกักเก็บก๊าซเรือนกระจก และสร้างการรับรู้ถึงความสำคัญของระบบวนเกษตร ในการเป็นทางเลือกสำหรับการรับมือกับปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยได้รวบรวม เรียบเรียงเนื้อหาจากแหล่งต่าง ๆ ทั้งในเชิงหลักการ และแนวปฏิบัติสำหรับการจัดการระบบนิเวศในแปลงวนเกษตรให้เกิดความมั่นคงและยั่งยืน และมีศักยภาพสูงในการช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตลอดจนการรับมือกับผลกระทบเชิงลบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งนับได้ว่าเป็นวาระสำคัญเร่งด่วนทั้งในระดับประเทศและระดับโลก

หวังเป็นอย่างยิ่งว่าเอกสารนี้จะเป็นประโยชน์ต่อบุคลากรของ ส.ป.ก. และผู้สนใจทั่วไป และในโอกาสนี้ต้องขอขอบคุณผู้อำนวยการสำนักพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยี (นายวิวรรธน์ สงประเสริฐ) และผู้บริหาร ส.ป.ก. ที่ให้โอกาสในการจัดทำและเผยแพร่เอกสารฉบับนี้ และขอขอบคุณนางสาวปริญฉัตร แก้วฟู และนางสาวพรทิพย์ เปรมยิ่ง ทีมงานที่สนับสนุนการจัดทำรายงานฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

อาทิยา พงพรหม

กันยายน 2566

สารบัญ

บทที่	เนื้อหา	หน้า
	คำนำ	ก
	สารบัญ	ข
	สารบัญตาราง	ง
	สารบัญภาพ	จ
1	การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	1
1.1	ความหมายของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	1
1.2	สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	2
2	ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศต่อภาคเกษตร	11
2.1	สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	11
2.2	ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	15
2.3	สรุปผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	29
3	แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตรกรรม	30
3.1	แผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ. 2558 - 2593	30
3.2	รายงานการศึกษาและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการลดผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	34
3.3	สรุปแนวทางการลดผลกระทบ และการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	43
4	ไม่ยืนต้นกับการดูดซับและกักเก็บคาร์บอนในระบบนิเวศเกษตร	45
4.1	วัฏจักรคาร์บอน	45
4.2	แหล่งดูดซับและกักเก็บคาร์บอนในระบบนิเวศเกษตร	46
5	ระบบวนเกษตร: หลักการ และการจัดการระบบนิเวศเกษตร	51
5.1	แนวคิดระบบนิเวศเกษตรและความหลากหลายทางชีวภาพเพื่อการประยุกต์ใช้ในระบบวนเกษตร	51
5.2	ระบบวนเกษตร (Agro-Forestry System)	54
5.3	แนวทางการสร้างความหลากหลายทางชีวภาพในระบบนิเวศวนเกษตร	61
5.4	รูปแบบการปลูกไม้ยืนต้นเพื่อสร้างระบบนิเวศวนเกษตร	72
5.5	การเลี้ยงสัตว์เพื่อสร้างความหลากหลายในระบบนิเวศเกษตรกรรมยั่งยืน	74
5.6	การจัดการแปลงเกษตรกรรมเพื่อเสริมสร้างความหลากหลายทางชีวภาพ	75
5.7	แนวทางการปรับเปลี่ยนระบบนิเวศเกษตรสู่ระบบวนเกษตร	77
5.8	ประโยชน์ต่อครัวเรือนเกษตรกรและชุมชน	81
5.9	การบริการทางนิเวศของระบบวนเกษตร	83

บทที่	เนื้อหา	หน้า
6	บทบาทของระบบนิเวศต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	84
6.1	บทบาทระบบนิเวศในการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂)	86
6.2	บทบาทของระบบนิเวศต่อการสนับสนุนการปรับตัวต่อความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	87
	บรรณานุกรม	91

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
1.1	สรุปชนิดของก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตร แหล่งที่มา และสัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซ	4
1.2	สรุปแหล่งหลักและลักษณะการเกิดก๊าซเรือนกระจกจากภาคการเกษตร	9
2.1	สรุปผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อวัฏจักรน้ำ	15
3.1	สรุปแนวทางและมาตรการแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (ด้านการเกษตรและความมั่นคงทางอาหาร)	32
3.2	ตัวอย่างการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคเกษตร	35
3.3	สรุปตัวอย่าง เทคโนโลยีและแนวทางการจัดการเพื่อลดก๊าซเรือนกระจก รวมถึงการปรับตัวเพื่อรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	38
3.4	สรุปแนวทางและตัวอย่างแนวปฏิบัติเพื่อลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกและการปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	43
5.1	ข้อควรพิจารณาเบื้องต้นในการเลือกชนิดพันธุ์ไม้ยืนต้น	63
5.2	สรุปประเภท ประโยชน์ และตัวอย่างการปลูกป่า 3 อย่างประโยชน์ 4 อย่าง แบบ 5 ระดับขั้น	70
5.3	ตัวอย่างประเภทและชนิดสัตว์เลี้ยง	75
5.4	ตัวอย่างการจัดการแปลงเกษตรกรรมเพื่อเสริมสร้างความหลากหลายทางชีวภาพในระบบนิเวศเกษตร	76
5.5	ตัวอย่างทางเลือกในการพัฒนา/ ปรับเปลี่ยนสู่ระบบวนเกษตรของเกษตรกรที่แตกต่างกัน	78
5.6	สรุปแนวทางการจัดการนิเวศเกษตรให้เกิดความยั่งยืนโดยประยุกต์ใช้หลักการนิเวศธรรมชาติ	80
6.1	ความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การปรับตัว และตัวอย่างรูปแบบการจัดการในระบบระบบวนเกษตร	89

สารบัญภาพ

ภาพที่	ชื่อภาพ	หน้า
1.1	ผลกระทบจากก๊าซเรือนกระจกต่ออุณหภูมิโลก	2
1.2	แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมของมนุษย์	3
1.3	แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตร	5
1.4	สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายสาขาของประเทศไทย ปี 2562	5
1.5	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย จำแนกตามชนิดก๊าซ ปี 2543 - 2562	6
1.6	ปริมาณการปล่อยก๊าซ CH ₄ จากการปลูกข้าวในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2543 - 2560	6
1.7	ปริมาณการปล่อยก๊าซ CH ₄ จากการหมักในระบบย่อยอาหารสัตว์จำแนกตามชนิดสัตว์ ในปี พ.ศ. 2543 - 2560	7
1.8	ปริมาณการปล่อยก๊าซ N ₂ O ทางตรงจากดินเกษตรจาก 4 แหล่งหลัก ในปี พ.ศ. 2543 - 2560	7
1.9	ปริมาณการปล่อยก๊าซ N ₂ O ทางอ้อมจากการจัดการมูลสัตว์จำแนกตามชนิดสัตว์ ในปี 2543 - 2560	7
1.10	ตัวอย่างแหล่งการปล่อยและกักเก็บก๊าซเรือนกระจกในระบบนิเวศเกษตร	8
2.1	อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปีที่ต่างจากค่าปกติ ช่วงปี 2555 - 2564	14
2.2	อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปีของประเทศไทย ช่วงปี 2555 - 2564	14
2.3	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งปีของประเทศไทย ช่วงปี 2555 - 2564	16
2.4	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนและทั้งปีที่ต่างจากค่าปกติ ปี 2564	17
2.5	ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของผลผลิตต่อพื้นที่ระหว่าง พ.ศ. 2553 ถึง พ.ศ. 2593	25
2.6	การคาดการณ์ความเสียหายจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	27
2.7	ค่าความยืดหยุ่นของมูลค่าผลผลิตทางการเกษตรต่ออุณหภูมิ เปรียบเทียบตามรูปแบบของการทำเกษตรผสมผสาน	27
2.8	สรุปผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อภาคเกษตรและเกษตรกร	28
2.9	สรุปลักษณะการเปลี่ยนแปลงและผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	29
3.1	กระบวนการทำเกษตรยั่งยืนและข้อเสนอแนะมาตรการสนับสนุนการผลิตที่ยั่งยืน	40
4.1	วัฏจักรคาร์บอน (Carbon Cycle)	46
4.2	แหล่งกักเก็บคาร์บอนที่สำคัญในระบบนิเวศป่าธรรมชาติ	48
4.3	สัดส่วนของการกักเก็บคาร์บอนในต้นไม้	48
4.4	ศักยภาพในการกักเก็บก๊าซเรือนกระจกและลักษณะการเติบโตของต้นไม้	49
5.1	สรุประดับของความหลากหลายทางชีวภาพ	53
5.2	ความสัมพันธ์ระหว่างความหลากหลายทางชีวภาพ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และความเป็นอยู่ที่ดีของมนุษย์	54
5.3	แนวคิดและรูปแบบพื้นฐานของระบบวนเกษตร	57

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	ชื่อภาพ	หน้า
5.4	รูปแบบพื้นฐานของระบบวนเกษตร	58
5.5	สรุปประโยชน์จากต้นไม้ในระบบนิเวศเกษตร	59
5.6	ตัวอย่างความสัมพันธ์ของกิจกรรมในแปลงเกษตรกรรมยั่งยืน : วนเกษตร	59
5.7	สรุปรูปแบบพื้นฐาน ลักษณะโครงสร้างและความสอดคล้องกับการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน	60
5.8	รูปแบบพื้นฐานของเกษตรผสมผสาน	62
5.9	สรุปหลักการเบื้องต้นในการเลือกชนิดพืชเพื่อปลูกร่วม หรือปลูกแซมในแปลงเกษตรกรรม	64
5.10	ตัวอย่างพืชแซมและพืชร่วมในสวนยางพารา	64
5.11	ตัวอย่างการปลูกพืชหลายระดับและการรับแสงของพืชในสวนยางพารา	67
5.12	แบบจำลองการจัดระบบนิเวศแบบหลายระดับขั้นและเลือกชนิดพืชตามการใช้ประโยชน์ในระบบวนเกษตร	67
5.13	ตัวอย่างการทำการเกษตรแบบหลายขั้น	68
5.14	เกษตรผสมผสานแบบหลายระดับขั้น	69
5.15	ตัวอย่างการปลูกพืชแบบหลายระดับขั้นเพื่อสร้างป่า สร้างรายได้ กรณี โมเดลโครงสร้างป่าและการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่า ในโครงการสร้างป่าสร้างรายได้	69
5.16	สภาพป่า 3 อย่างประโยชน์ 4 อย่าง	71
5.17	แบบจำลองตัวอย่างการปลูกพืชผสมผสานแบบ 5 ระดับขั้นตามหลักการปลูกป่า 3 อย่างประโยชน์ 4 อย่าง	71
5.18	ตัวอย่างรูปแบบการปลูกไม้ยืนต้นในแปลงวนเกษตร	72
5.19	ตัวอย่างการออกแบบการปลูกไม้ยืนต้นในแปลงเกษตร	73
5.20	ภาพแสดงตัวอย่างความหลากหลายของพันธุ์พืช การเลี้ยงสัตว์ กิจกรรมต่าง ๆ และสภาพนิเวศภายในแปลงเกษตรผสมผสาน (แบบวนเกษตร)	74
5.21	ความแตกต่างของการออกแบบระบบและผลผลิตจากระบบนิเวศเกษตร 2 รูปแบบ	77
5.22	ตัวอย่าง แนวทางปฏิบัติสำหรับการปรับเปลี่ยนจากพืชเกษตรเชิงเดี่ยวสู่ระบบวนเกษตร	78
5.23	สรุปการบริการทางนิเวศของระบบวนเกษตร	83
6.1	ปริมาณกักเก็บคาร์บอนของระบบนิเวศที่แตกต่างกัน	86
6.2	ภาพแสดงสภาพทั่วไปของระบบนิเวศเกษตรที่สมบูรณ์ขึ้นด้วยระบบวนเกษตรและการอนุรักษ์ป่าหัวไร่ปลายนา (พื้นที่เดิมปลูกยางพาราเชิงเดี่ยว และนาข้าว)	88

1

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงลักษณะอากาศเฉลี่ย (average weather) เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณฝน ลม ฯลฯ ในพื้นที่หนึ่ง ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของสภาพอากาศในระยะยาว การเปลี่ยนแปลงนี้ เกิดจากองค์ประกอบของบรรยากาศที่เปลี่ยนแปลงไปทั้งที่เกิดจากความแปรปรวนของสภาวะอากาศตามธรรมชาติ และจากการกระทำของมนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อม

1.1 ความหมายของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบของสภาพภูมิอากาศที่มีความหมายครอบคลุมมากกว่าความแปรปรวนของสภาพอากาศตามธรรมชาติโดยทั่วไป เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นระยะยาว ซึ่งการปรากฏผลที่ชัดเจนและเกิดผลกระทบอาจใช้ระยะเวลายาวนานถึง 30 - 50 ปี โดยในกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC) ได้ระบุคำจำกัดความของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศไว้ในมาตรา 1 ว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หรือ Climate Change หมายถึง “การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ ซึ่งเป็นผลโดยตรงหรือโดยอ้อมจากกิจกรรมของมนุษย์ ที่เปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของชั้นบรรยากาศโลก และเป็นการเปลี่ยนแปลงที่มากกว่าการเปลี่ยนแปลง ที่เกิดจากความแปรปรวนทางสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติในช่วงเวลาเดียวกัน” (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2558)

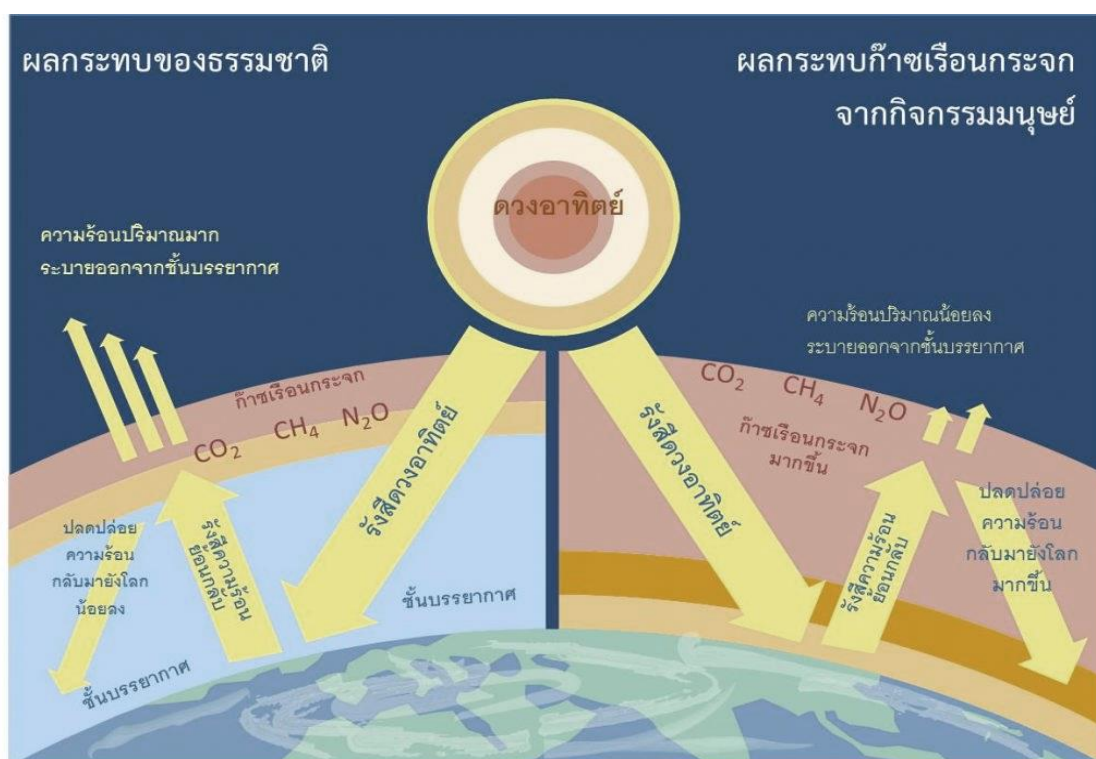
การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ตามความหมายทางอุตุนิยมวิทยา หมายถึง การเปลี่ยนแปลงลักษณะอากาศเฉลี่ยในพื้นที่หนึ่ง ซึ่งลักษณะอากาศเฉลี่ย หมายความว่ารวมถึง ลักษณะทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับอากาศ เช่น อุณหภูมิ ฝน ลม แต่ในความหมายตามกรอบอนุสัญญา UNFCCC จะหมายถึง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอันเป็นผลทางตรงหรือทางอ้อมจากกิจกรรมมนุษย์ที่ทำให้องค์ประกอบของบรรยากาศเปลี่ยนแปลงไป และความหมายตาม IPCC หมายถึง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ไม่ว่าจะ เนื่องมาจากความผันแปรตามธรรมชาติหรือจากกิจกรรมมนุษย์ (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2559 อ้างถึงใน สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2563) และสุภาวดี สาระวัน (2562) อธิบายว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงสภาวะอากาศอันเป็นผลจากกิจกรรมของมนุษย์ที่เปลี่ยนองค์ประกอบของบรรยากาศโลกโดยตรงหรือโดยอ้อมและที่เพิ่มเติมจากความแปรปรวน

ของสภาวะอากาศตามธรรมชาติที่สังเกตได้ในช่วงระยะเวลาเดียวกัน ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณน้ำฝน ฤดูกาล ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงอยู่ของสิ่งมีชีวิตที่จะต้องปรับตัวให้เข้ากับสภาพภูมิอากาศในบริเวณที่สิ่งมีชีวิตนั้นอาศัยอยู่

โดยสรุปแล้ว การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงลักษณะอากาศเฉลี่ย (average weather) เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณฝน ลม ฯลฯ ในพื้นที่หนึ่ง ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของสภาพอากาศในระยะยาว การเปลี่ยนแปลงนี้ เกิดจากองค์ประกอบของบรรยากาศที่เปลี่ยนแปลงไปทั้งที่เกิดจากความแปรปรวนของสภาวะอากาศตามธรรมชาติ และจากการกระทำของมนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อม

1.2 สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเกิดขึ้นจากภาวะอุณหภูมิของโลกร้อนขึ้น หรือ ภาวะโลกร้อน (Global Warming) ซึ่งสาเหตุหลักมาจากก๊าซเรือนกระจก (Green House Gas) ที่มีมากเกินไปในชั้นบรรยากาศทำให้โลกถูกปกคลุมไปด้วยก๊าซมีลักษณะเหมือนเรือนกระจก (Green house) ที่ทำให้ความร้อนจากดวงอาทิตย์ไม่ระบายออก และทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น หรือร้อนขึ้น ปรากฏการณ์นี้มีสาเหตุสำคัญมาจากก๊าซหลายชนิดเรียกรวมกันว่า ก๊าซเรือนกระจก ซึ่งมีคุณสมบัติในการดูดซับคลื่นรังสีความร้อนได้ดี โดยปกติแล้วหากก๊าซกลุ่มนี้มีปริมาณที่เหมาะสมจะช่วยรักษาอุณหภูมิในบรรยากาศของโลกให้คงที่แต่เมื่อมีปริมาณเพิ่มขึ้นมากเกินไปจะกลายเป็นสาเหตุสำคัญไปขัดขวางการสะท้อนกลับของรังสีความร้อนออกจากโลก ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของชั้นบรรยากาศโลกเพิ่มสูงขึ้น (ภาพที่ 1.1)



ภาพที่ 1.1 ผลกระทบจากก๊าซเรือนกระจกต่ออุณหภูมิโลก

ที่มา: <http://www.environnet.in.th/archives/1126>

ก๊าซเรือนกระจกสำคัญที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ 6 ชนิดหลัก ประกอบด้วย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ก๊าซไฮโดรฟลูโอโรคาร์บอน (HFCS) ก๊าซเพอร์ฟลูโอโรคาร์บอน (PFCS) ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) โดยพบว่า ก๊าซที่มีค่อนข้างสำคัญและเกี่ยวข้องกับภาคการเกษตรมากกว่าชนิดอื่น คือ ไนตรัสออกไซด์ มีเทน และคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนก๊าซชนิดอื่น ๆ มีความสำคัญเช่นกันแต่เกิดจากอุตสาหกรรมและการขนส่งเป็นหลัก (ภาพที่ 1.2)



ภาพที่ 1.2 แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมของมนุษย์

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เกิดจากภาคขนส่งและอุตสาหกรรมเป็นหลัก เช่น คาร์บอนจากท่อไอเสีย คาร์บอนจากการเผาถ่านหิน เผาขยะ ส่วนที่เกิดจากภาคเกษตรนั้นเกิดจากการเผาป่า เผาตอซังข้าวและเศษวัสดุทางการเกษตรต่าง ๆ รวมถึงการไถพรวน และการใช้ปุ๋ยสารเคมีจากระบบเกษตรเคมี ซึ่งส่งผลให้ดินเสื่อมโทรมเกิดการคายคาร์บอนออกจากดินจำนวนมาก **ก๊าซไนตรัสออกไซด์** เกิดจากภาคอุตสาหกรรมและส่วนหนึ่งเกิดจากกิจกรรมการเกษตร เช่น การใช้สารเคมี และปุ๋ยเคมี โดยเฉพาะที่มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบ (ที่เกษตรกรรู้จักดีคือ ปุ๋ยยูเรีย) และการเผาเศษวัสดุ **ก๊าซมีเทน** เกิดจากการหมักและย่อยสลายของขยะ อินทรีย์วัตถุต่าง ๆ และน้ำเสีย และที่เกี่ยวกับเกษตรกรรมมาก คือ เกิดจากนาข้าวซึ่ง ผลิตสัตว์ และการย่อยอาหารของสัตว์ ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากภาคเกษตร ทั้ง 3 ชนิดดังกล่าว มีลักษณะการปล่อยทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยรวมจะมีสัดส่วนการปล่อยประมาณ 17 - 32 % ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่เกิดจากกิจกรรมมนุษย์ที่ปล่อยออกมาทั้งโลก (ตารางที่ 1.1) โดย Bellarby et al, 2008 อ้างถึงใน พุทธิญา นันทะวรการ และจตุพร เทียรมา (2553) รายงานว่า สัดส่วนของการปล่อยทางตรงของก๊าซหลักทั้ง 3 ชนิดจากภาคเกษตร จะมีสัดส่วนประมาณร้อยละ 10 - 12 ของการปล่อยก๊าซที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ที่ปล่อยออกมาทั้งโลก และการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทางอ้อมจาก

กระบวนการผลิตปุ๋ยและการใช้ กระบวนการผลิตในฟาร์ม และการเปลี่ยนแปลงที่ดิน จะเกิดขึ้นประมาณ ร้อยละ 7 - 20 ของการปล่อยก๊าซที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ที่ปล่อยออกมาทั้งโลก

ตารางที่ 1.1 สรุปรูปแบบของก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตร แหล่งที่มา และสัดส่วนการปลดปล่อยก๊าซ

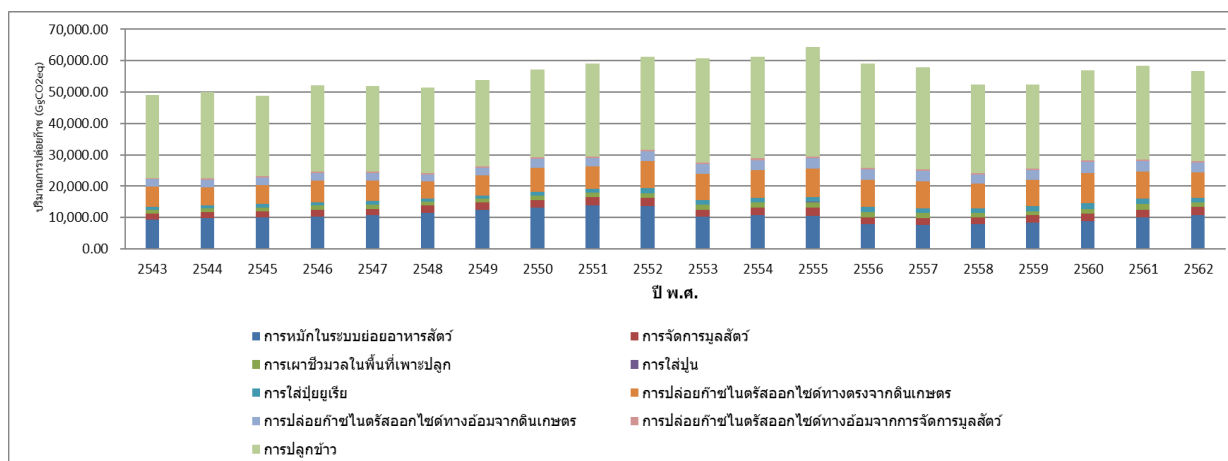
ลักษณะการปล่อยก๊าซ	ชนิดก๊าซ	ปริมาณที่ปล่อยออกมา (GtCO ₂ -eqyr-1)	แหล่งที่มา	สัดส่วนของปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมมนุษย์ที่ปล่อยออกมาทั้งโลก
ปล่อยทางตรง	CO ₂	0.04	- การย่อยสลายของจุลินทรีย์ - การเผาเศษวัสดุทางการเกษตร	10 - 12%
	CH ₄	3.3	- การย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในสภาพไร้ออกซิเจน - ปศุสัตว์ และการจัดการมูลสัตว์ - การทำนา	
	N ₂ O	2.8	กระบวนการเปลี่ยนมูลสัตว์และไนโตรเจนในดินโดยแบคทีเรีย เกิดขึ้นเมื่อมีไนโตรเจนเกินความจำเป็นในสภาพน้ำขัง (การใส่ปุ๋ยเคมี)	
ปล่อยทางอ้อม	CO ₂	3.4 – 10.4	- กระบวนการผลิตปุ๋ยและการใช้ - กระบวนการผลิตในฟาร์ม - การเปลี่ยนแปลงที่ดิน	7 - 20%
			รวม	17 – 32 %

ที่มา: Bellarby et al, 2008 อ้างถึงใน พุทธิณา นันทะวรการ และจตุพร เทียรมา, 2553

สำหรับประเทศไทย เมื่อพิจารณาจากข้อมูลย้อนหลังรายการกิจกรรม จากช่วงปี 2543 – 2562 พบว่า ก๊าซเรือนกระจกหลักจากภาคเกษตรถูกปล่อยจากการปลูกข้าวเป็นหลัก (ภาพที่ 1.3) โดยในปี 2562 ภาคเกษตรมีส่วนในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก คิดเป็นประมาณ ร้อยละ 15.23 ของการปล่อยทั้งหมด (ภาพที่ 1.4) เมื่อพิจารณารายกิจกรรมพบว่า การปลูกข้าวมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คือ ร้อยละ 50.58 โดยเฉพาะมีเทน (CH₄) ซึ่งแม้ว่ามีเทนจะเป็นก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศในสัดส่วนที่ต่ำกว่าคาร์บอนไดออกไซด์แต่มีเทนมีศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนสูงกว่าคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าถึงประมาณ 25 เท่า มีอายุสะสมเฉลี่ยในชั้นบรรยากาศประมาณ 12 ปี ในขณะที่ การเลี้ยงปศุสัตว์ (รวมการจัดการทุกประเภท) มีส่วนในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประมาณ 24.69% โดยปล่อยก๊าซในกลุ่มของก๊าซมีเทน (CH₄) และไนตรัสออกไซด์ (N₂O) โดยไนตรัสออกไซด์เป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีศักยภาพในการทำให้อุณหภูมิโลกร้อนมากกว่าคาร์บอนไดออกไซด์ถึงประมาณ 298 เท่า และคงอยู่ในบรรยากาศเป็นเวลา 114 ปี¹

¹ ศักยภาพของ แนวทางการประเมินประสิทธิภาพองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (Local Performance Assessment : LPA) เรื่อง รายงานข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดย องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) 2561 http://conference.tgo.or.th/download/tgo_or_th/Article/2018/GHG_LPA.pdf

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคเกษตรกรรมจำแนกรายกิจกรรม ปี 2543 - 2562

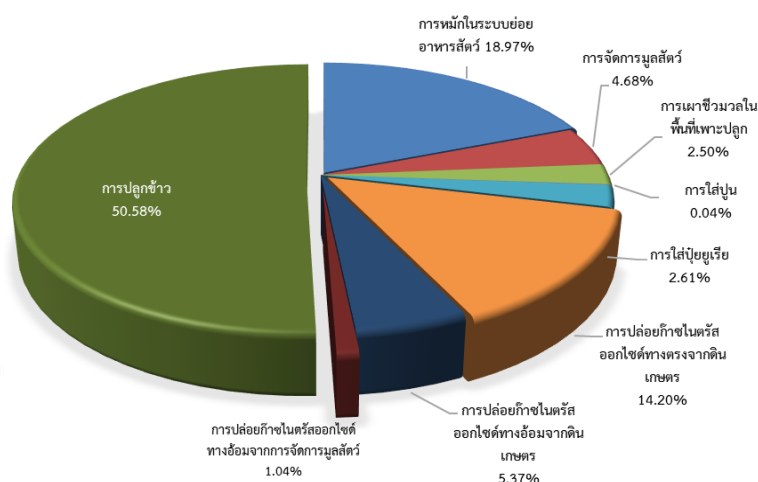
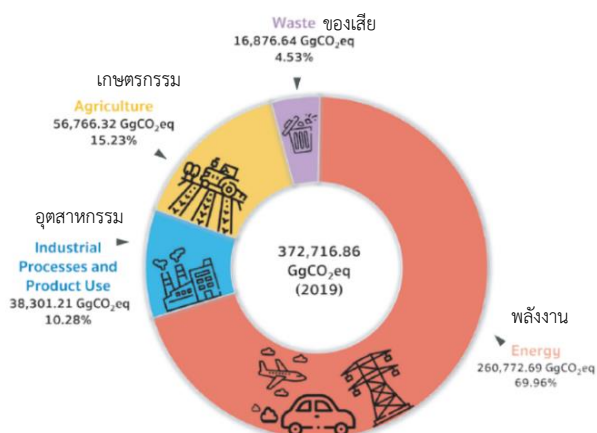


ภาพที่ 1.3 แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตร

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2566 (ข) วันที่ปรับปรุงไฟล์/ลิงก์ข้อมูลใน catalog 22 มิถุนายน

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากรายสาขา ปี 2562

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคเกษตรรายกิจกรรม ปี 2562

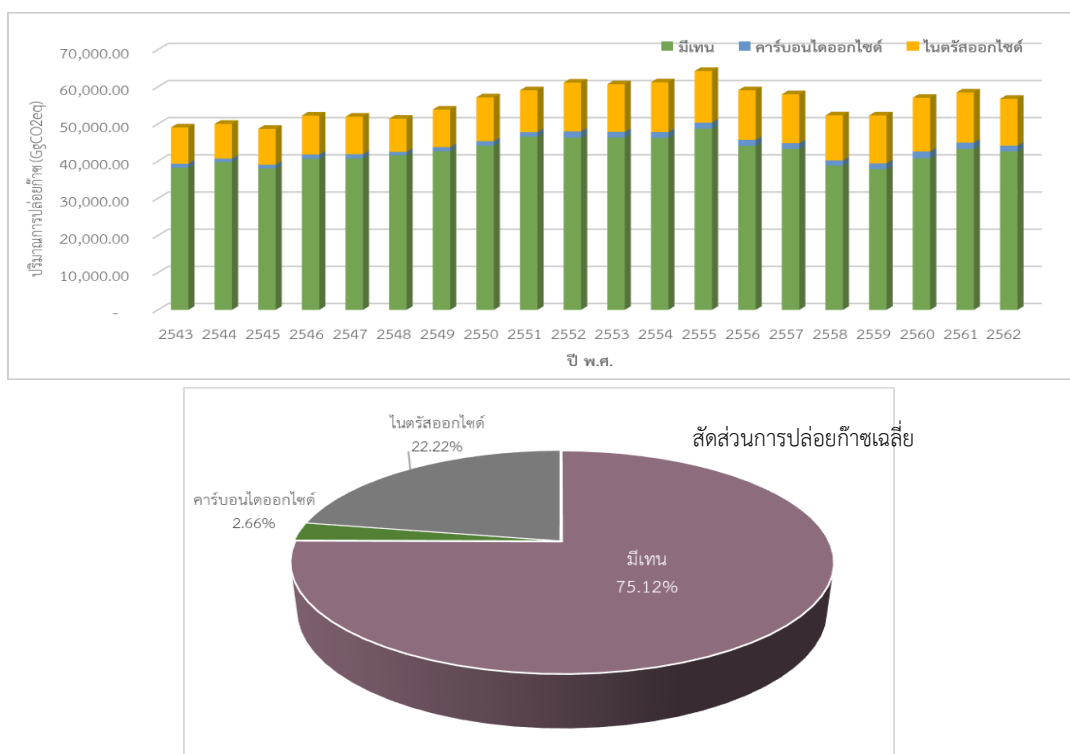


ภาพที่ 1.4 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากรายสาขาของประเทศไทย ปี 2562

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, ม.ป.ป (ข). (บัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย)

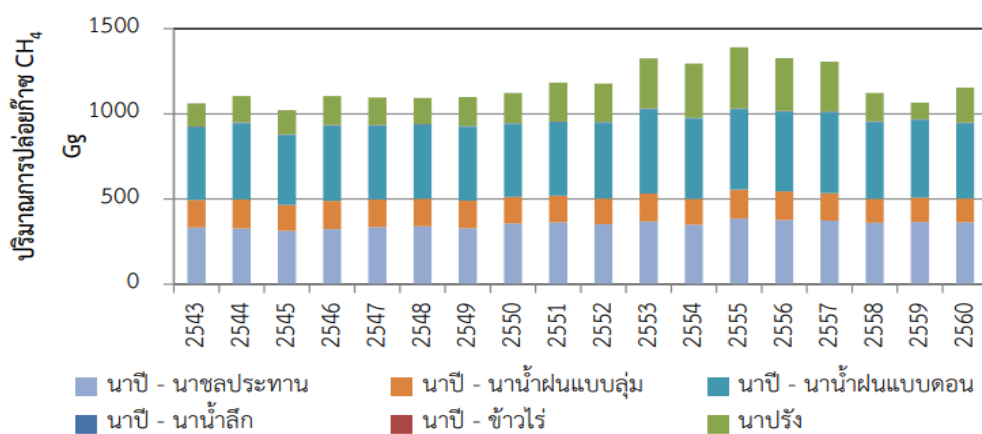
นอกจากนี้ จากรายงานปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากรายชนิดของประเทศไทยในช่วงปี 2543 – 2562 พบว่า ส่วนใหญ่เป็นก๊าซมีเทน ไนตรัสออกไซด์ และคาร์บอนไดออกไซด์ ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 1.5 ซึ่งแหล่งหลักของก๊าซมีเทนส่วนใหญ่มาจากการปลูกข้าว การเลี้ยงปศุสัตว์ (ระบบย่อยอาหารของสัตว์ การจัดการมูลสัตว์) และการเผาเศษวัสดุทางการเกษตร โดยจากภาพที่ 1.6 จะเห็นได้ว่า การทำนาแบบนาปี - นาข้าวแบบนาปี - นาข้าวแบบนาปี มีปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนสูงสุด รองลงมาคือ นาปี - นาข้าวประทาน นาปรัง และนาปี - นาข้าวแบบนาปี ส่วนการเลี้ยงปศุสัตว์ พบว่า ส่วนใหญ่เกิดจากการเลี้ยงโคเนื้อ กระบือ และโคนม ในขณะที่ก๊าซไนตรัสออกไซด์พบว่ามีแหล่งการปล่อยก๊าซทางตรงจากดินเกษตรมาจากการใช้ปุ๋ยเคมี มีปริมาณสูงที่สุด รองลงมา คือ มูลสัตว์จากการ

เลี้ยงแบบปล่อย เศษวัสดุการเกษตร และการใส่มูลสัตว์ลงในดิน ตามลำดับ และการปล่อยก๊าซทางอ้อมจากการจัดการมูลสัตว์ ซึ่งพบปริมาณการปล่อยสูงที่สุดในโคเนื้อ สัตว์ปีก และโคนม ตามลำดับ (ภาพที่ 1.7 - ภาพที่1.9)



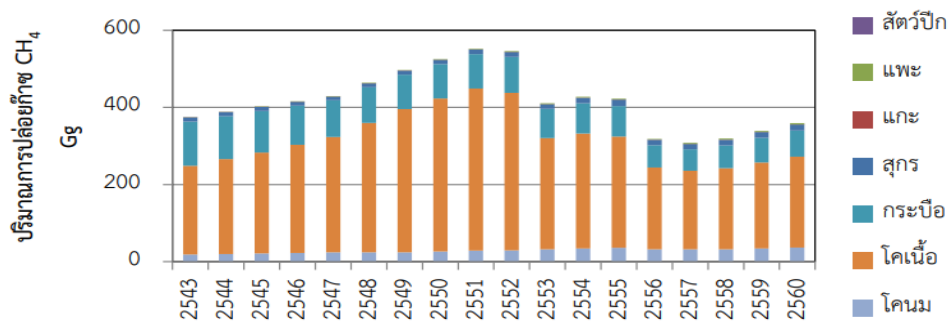
ภาพที่ 1.5 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย จำแนกตามชนิดก๊าซ ปี 2543 - 2562

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2566(ข)



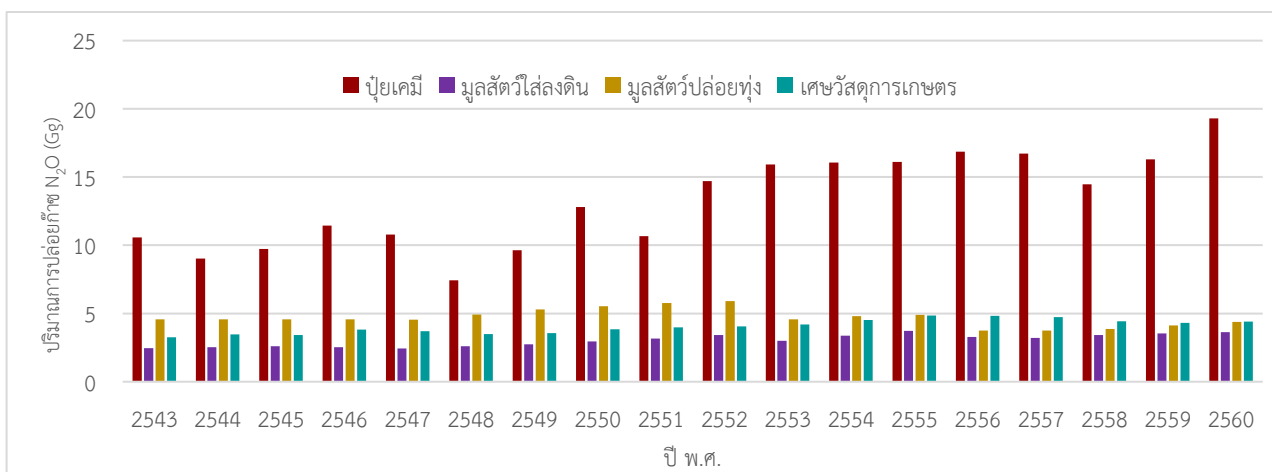
ภาพที่ 1.6 ปริมาณการปล่อยก๊าซ CH₄ จากการปลูกข้าวในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2543 – 2560

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, ม.ป.ป.(ก)



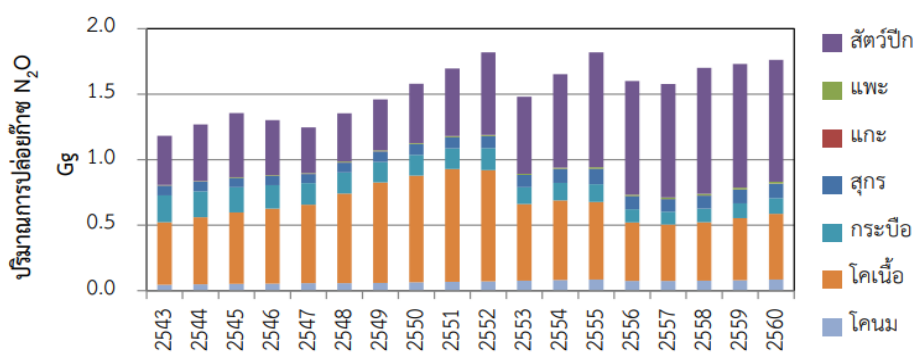
ภาพที่ 1.7 ปริมาณการปล่อยก๊าซ CH₄ จากการหมักในระบบย่อยอาหารสัตว์จำแนกตามชนิดสัตว์ ในปี พ.ศ. 2543 -2560

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, ม.ป.ป. (ก)



ภาพที่ 1.8 ปริมาณการปล่อยก๊าซ N₂O ทางตรงจากดินเกษตรจาก 4 แหล่งหลัก ในปี พ.ศ. 2543 - 2560

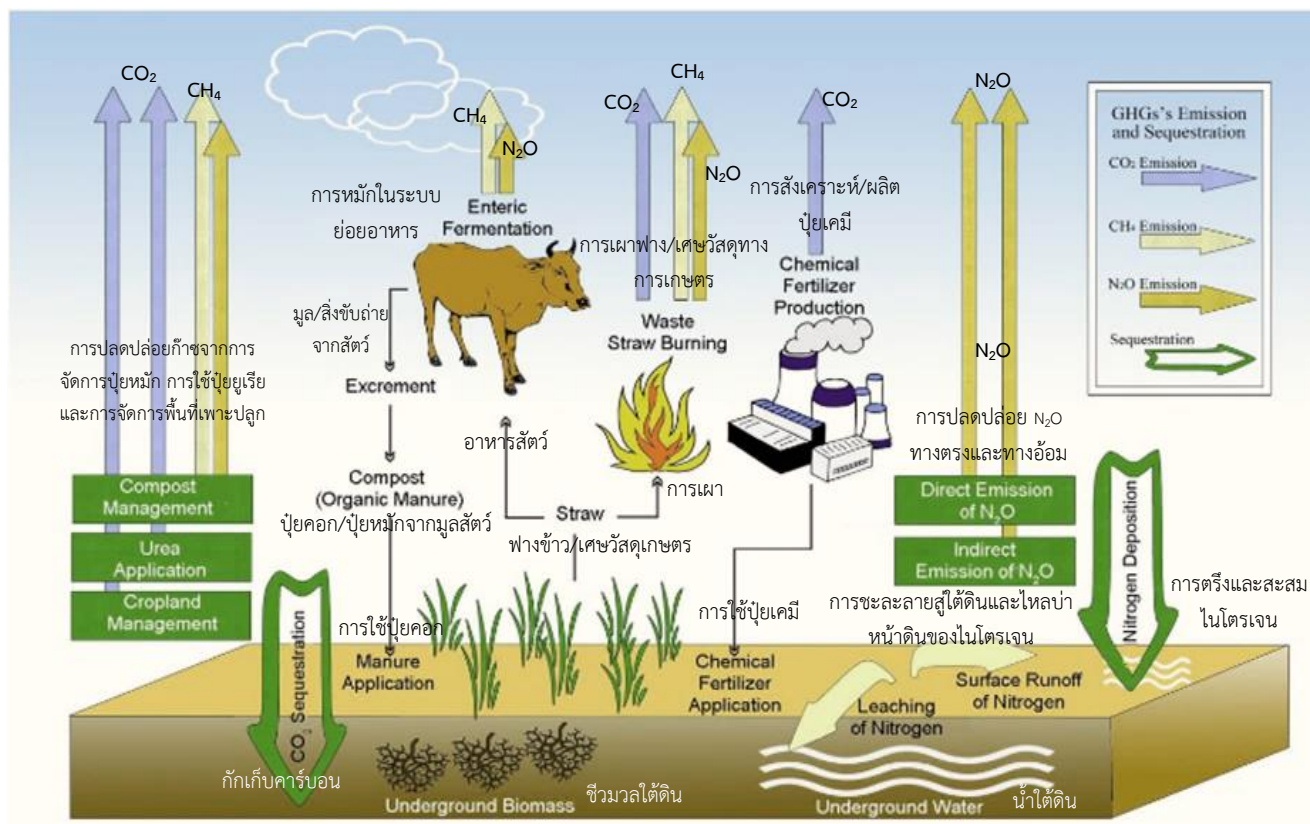
ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, ม.ป.ป. (ก)



ภาพที่ 1.9 ปริมาณการปล่อยก๊าซ N₂O ทางอ้อมจากการจัดการมูลสัตว์จำแนกตามชนิดสัตว์ในปี 2543 - 2560

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, ม.ป.ป. (ก)

อย่างไรก็ดี ระบบนิเวศเกษตรถือเป็นภาคส่วนที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างต่อเนื่อง แม้ว่าสัดส่วนของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตรจะไม่สูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับภาคพลังงาน แต่มีส่วนสำคัญมากในการดูดซับและกักเก็บก๊าซเรือนกระจก ดังตัวอย่างในภาพที่ 1.10 จึงมีความจำเป็นที่ผู้เกี่ยวข้องจะต้องพิจารณาหามาตรการที่เหมาะสมในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซ และเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนให้มากขึ้น



ภาพที่ 1.10 ตัวอย่างแหล่งการปล่อยและกักเก็บก๊าซเรือนกระจกในระบบนิเวศเกษตร

ที่มา: ดัดแปลงจาก <https://www.eurekalert.org/multimedia/538284>

การกำหนดแนวทางตลอดจนวิธีการต่าง ๆ ในการลดการปลดปล่อยและเพิ่มการกักเก็บก๊าซเรือนกระจกในระบบนิเวศเกษตรที่เหมาะสมนั้น มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องสร้างความรู้ความเข้าใจถึงแหล่งที่มาและลักษณะของการเกิดก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตรและมีการเผยแพร่สู่ผู้ที่เกี่ยวข้องอย่างถูกต้องและทั่วถึง โดยเฉพาะเกษตรกรซึ่งเป็นผู้ปฏิบัติโดยตรง โดยจากการศึกษาพบว่า นอกจากจะเกิดส่วนใหญ่มาจากการปลูกข้าวและเลี้ยงปศุสัตว์แล้ว การปฏิบัติทางการเกษตรที่ไม่เหมาะสมต่าง ๆ มีส่วนสำคัญในการปล่อยก๊าซ เช่น การใช้ปุ๋ยและสารเคมีปริมาณมาก การจัดการมูลสัตว์ที่ไม่ถูกต้อง เป็นต้น ซึ่งลักษณะของการเกิดก๊าซชนิดต่าง ๆ ทั้ง คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และไนตรัสออกไซด์ นั้น เกิดขึ้นทั้งทางตรงและทางอ้อม ดังสรุปในตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 สรุปแหล่งหลักและลักษณะการเกิดก๊าซเรือนกระจกจากภาคการเกษตร

แหล่งปล่อยก๊าซ	ลักษณะการเกิด
1. การหมักในระบบย่อยอาหารของสัตว์ (Enteric Fermentation)	การย่อยอาหารจะเกิดการหมักของอาหารในกระเพาะหมักของสัตว์ (Enteric Fermentation) ในสภาวะไร้อากาศ
2. การจัดการมูลสัตว์ (Manure Management)	
2.1 ก๊าซ CH ₄ จากการจัดการมูลสัตว์	เกิดขึ้นจากการจัดการมูลสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าอยู่ในสภาวะไร้อากาศจะทำให้เกิดการสร้างและปล่อย CH ₄ ออกมา ดังนั้น ปริมาณ CH ₄ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการนี้ จึงขึ้นอยู่กับวิธีการจัดการมูลสัตว์ ประสิทธิภาพในการบำบัด รวมถึงปริมาณและประเภทของอาหารที่สัตว์บริโภค
2.2 ก๊าซ N ₂ O ทางอ้อมจากการจัดการมูลสัตว์	N ₂ O ที่เกิดขึ้นในส่วนนี้ เกิดขึ้นระหว่างการเก็บและรักษาของเสียก่อนที่จะถูกนำไปใช้ในดิน โดยการปล่อย N ₂ O จากของเสียนี้ ขึ้นอยู่กับปริมาณไนโตรเจนและคาร์บอนในของเสียนั้น ช่วงเวลาในการกักเก็บ และวิธีการจัดการกับของเสีย
3. การปลูกข้าว (Rice Cultivation)	ส่วนใหญ่เกิดจากการปลูกข้าวในสภาพน้ำขัง ที่ทำให้ปริมาณออกซิเจนในดินจำกัด และเป็นสภาวะที่เอื้อต่อการทำงานของจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจน โดยเฉพาะจุลินทรีย์กลุ่มเมทาโนเจน (methanogens) จึงส่งผลให้เกิดการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในนาข้าวในสภาวะไร้อากาศ และทำให้เกิดการผลิตและการปล่อยก๊าซมีเทนจากพื้นที่ปลูกข้าว
4. การเผาเศษวัสดุการเกษตรในพื้นที่เกษตร (Field Burning of Agricultural Residues)	การเผาเศษวัสดุการเกษตรส่วนใหญ่เกิดจากช่วงของการเตรียมพื้นที่เพาะปลูก การลดการระบาดของโรคและแมลงศัตรูพืช รวมถึงการลดค่าใช้จ่ายในการเพาะปลูก ซึ่งก่อให้เกิดก๊าซที่สำคัญ คือ มีเทน (CH ₄) ไนตรัสออกไซด์ (N ₂ O) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂) และการเผาที่มีออกซิเจนไม่เพียงพอทำให้เกิดก๊าซชนิดอื่นได้ด้วย เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์และออกไซด์ของไนโตรเจน
5. ดินที่ใช้ในการเกษตร (Agricultural Soils)	
5.1 CO ₂ และ N ₂ O จากการใส่ปุ๋ยยูเรีย	เมื่อใช้ปุ๋ยยูเรียในพื้นที่เพาะปลูก ปุ๋ยจะถูกย่อยสลายด้วยเอนไซม์ยูเรียเอส (Urease) และส่งผลให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากปุ๋ยยูเรีย นอกจากนี้ แอมโมเนียมในปุ๋ยยูเรียยังสามารถเปลี่ยนรูปต่อไปและทำให้เกิดการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ได้ด้วย
5.2 CO ₂ จากการใส่ปุ๋ย	การใส่ปุ๋ยที่มีสารประกอบคาร์บอนเนตในพื้นที่เพาะปลูก เช่น ปูนมาร์ล และ โดโลไมท์ ซึ่งมีแคลเซียมคาร์บอเนต และแมกนีเซียมคาร์บอเนตเป็นส่วนประกอบส่วนใหญ่ จึงทำให้เกิดการปล่อย CO ₂ ได้
5.3 N ₂ O ทางตรงจากดินเกษตร	การใส่ปุ๋ยที่มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบลงในดิน จะเป็นสาเหตุหลักของการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ทางตรงจากดินเกษตร ทั้งในรูปของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ มูลสัตว์ และเศษวัสดุการเกษตร เป็นต้น เมื่อไนโตรเจนในดินสูงขึ้นจะเอื้อต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในดินที่เปลี่ยนรูปไนโตรเจน โดยเฉพาะการเปลี่ยนรูปผ่านกระบวนการ Nitrification และ Denitrification ซึ่งบางส่วนของปุ๋ยจะสูญเสียไปโดยกระบวนการ

แหล่งปล่อยก๊าซ	ลักษณะการเกิด
5.4 N ₂ O ทางอ้อมจากดินเกษตร	และมีการปล่อย N₂O ออกมาโดยตรง (Direct Emission) การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ลงไปดิน สามารถกระตุ้นให้มีการย่อยสลายประกอบไนโตรเจนที่มีอยู่ในดินก่อนหน้านี้แล้ว ซึ่งกระบวนการนี้จะส่งผลให้ดินปล่อย N₂O จำนวนหนึ่ง ซึ่งเรียกการปล่อยจากกระบวนการนี้ว่าการปล่อยโดยทางอ้อม (Indirect Emission)

ที่มา: สรุปจาก สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2553 ; สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2562 ; พชรพจน์ นันทรามาศ และคณะ, 2563 และสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, ม.ป.ป. (ก)

2

ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ



2.1 สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ระดับโลก

ก๊าซเรือนกระจก (Green House Gas) ทำให้โลกมีพลังงานความร้อนสะสมอยู่บนผิวโลกและชั้นบรรยากาศมากขึ้น ส่งผลให้พื้นผิวโลกมีอุณหภูมิสูงขึ้นและนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมและสภาพภูมิอากาศของโลก ทั้งนี้ จากรายงานของ IPCC ระบุว่า พลังงานความร้อนสะสมรวมเฉลี่ยที่เกิดจากผลกระทบโดยตรงของก๊าซเรือนกระจกตั้งแต่เริ่มมีอุตสาหกรรมเกิดขึ้นบนโลกมีค่าประมาณ 2.45 วัตต์ต่อตารางกิโลเมตร ในขณะที่ผลกระทบทางอ้อมที่มีต่อโอโซนมีค่าประมาณ 0.5 วัตต์ต่อตารางกิโลเมตร ซึ่งผลกระทบดังกล่าวสูงกว่าผลกระทบจากสาเหตุอื่นหลายเท่า โดยผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ และการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลของนักวิทยาศาสตร์ทั่วโลก (กรมอุตุนิยมวิทยา, ม.ป.ป)

- อุณหภูมิระดับผิวโลกสูงขึ้นเฉลี่ยประมาณ 0.3 ถึง 0.6 องศาเซลเซียส นับตั้งแต่กลางคริสต์ศตวรรษที่ 20 โดยได้พบว่า บริเวณพื้นทวีประหว่างละติจูด 40 ถึง 70 องศาเหนือ เป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิ

สูงขึ้นมากที่สุด ในขณะที่เดียวกันที่บางแห่ง เช่น บริเวณมหาสมุทรแอตแลนติกเหนือได้มีอุณหภูมิลดลงในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา

- อุณหภูมิในรอบวันบนพื้นทวีปมีแนวโน้มลดลงตั้งแต่ประมาณกลางคริสต์ศตวรรษที่ 20 ซึ่งเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณเมฆในท้องฟ้า ทำให้ช่วงกลางวันมีอุณหภูมิลดลง และอุณหภูมิในช่วงกลางคืนสูงขึ้น และคาดว่าอุณหภูมิบริเวณตอนล่างของบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ (สูงจากผิวโลกระหว่าง 14 - 20 กิโลเมตร) ลดลงเนื่องจากการลดลงของโอโซน และการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

- การระเหยของน้ำในมหาสมุทรเขตร้อนสูงขึ้น สัมพันธ์กับปริมาณไอน้ำในเขตร้อนที่ตรวจวัดได้สูงขึ้น
- พื้นที่หิมะปกคลุมอยู่ในระดับต่ำกว่าค่าเฉลี่ยตั้งแต่ปี ค.ศ. 1987
- ในช่วง 100 ปีที่ผ่านมา ระดับน้ำทะเลทั่วโลกเฉลี่ยสูงขึ้นประมาณ 1 ถึง 2.5 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งเป็นผลกระทบโดยตรงจากการที่อุณหภูมิของบรรยากาศสูงขึ้น ทำให้น้ำทะเลและมหาสมุทรขยายตัวพร้อมกับการละลายของธารน้ำแข็ง

นอกจากนี้ รายงานการศึกษาของ IPCC ชี้ว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของทั้งโลกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 2 - 3 ทศวรรษข้างหน้า และหากไม่มีนโยบายเพื่อชะลอการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หรือการพัฒนาที่ยั่งยืน คาดว่าจะมีปริมาณการปล่อยก๊าซเพิ่มขึ้น 25 - 90% ในปี ค.ศ.2030 เมื่อเทียบกับปี ค.ศ.2000 ยิ่งกว่านั้นหากยังมีการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิลต่อไป คาดว่าหลังปี ค.ศ.2030 จะมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 40 - 110%

สอดคล้องกับรายงานของ World Meteorological Organization (2022a) อ้างถึงในสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2566 (ก)) ที่ระบุว่า ในช่วงปี พ.ศ. 2558 - 2564 โลกมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิในยุคอุตสาหกรรมถึง 1 องศาเซลเซียส อุณหภูมิโลกที่เพิ่มขึ้น ให้ความร้อนเกิดการสะสมอยู่บนผิวโลก มหาสมุทรและชั้นบรรยากาศมากขึ้น และส่งผลให้น้ำแข็งบริเวณขั้วโลกละลาย มีระดับน้ำทะเลเฉลี่ยทั่วโลกเพิ่มสูงขึ้น โดยในช่วงปี พ.ศ. 2536 ถึง พ.ศ. 2545 มีระดับน้ำทะเลเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้น 4.4 มิลลิเมตรต่อปี ในขณะที่ระหว่าง พ.ศ. 2556 ถึง พ.ศ. 2564 มีระดับน้ำทะเลเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นเป็นสองเท่า อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นยังทำให้ระดับความร้อนเพิ่มสูงขึ้น เกิดคลื่นความร้อนที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งและทวีความรุนแรงมากขึ้นนับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2493 ในขณะที่การเกิดอากาศเย็น คลื่นความหนาวเย็นเกิดขึ้นน้อยและลดความรุนแรงลง ความถี่และความรุนแรงของการเกิดฝนตกลดน้อยลง โดยเฉพาะปริมาณน้ำฝนในช่วงฤดูมรสุมที่พัดพาน้ำฝนมาตกบนแผ่นดินมีปริมาณลดลง แต่การเกิดพายุไซโคลนที่มีความรุนแรงระดับ 3 - 5 มีความถี่มากขึ้นในช่วง 40 ปีที่ผ่านมา

นอกจากนี้ การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยมหาสมุทร แม้ว่าจะช่วยทำให้ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศลดลง แต่การเกิดปฏิกิริยาระหว่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำทะเลส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของมหาสมุทรลดลง หรือ การเกิดสภาวะน้ำทะเลเป็นกรด โดยพบว่า อัตราการเกิดกรดและอัตราที่ได้จากค่าเฉลี่ยความร้อนสูงสุด Paleocene-Eocene (PETM) ในมหาสมุทรทั่วโลกในปัจจุบันสูงกว่าในปีที่ผ่านมา โดยเมื่อค่า pH ของมหาสมุทรลดลง ความสามารถในการดูดซับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากชั้นบรรยากาศจะลดลงเช่นกัน (World Meteorological Organization, 2021a อ้างถึงในสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2566 (ก))

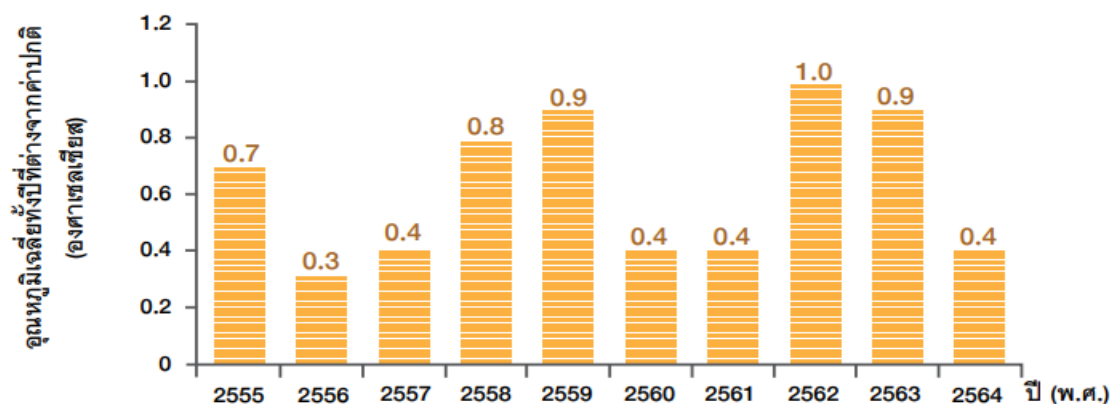
ผลกระทบดังกล่าวข้างต้น นำไปสู่การเปลี่ยนสภาพภูมิอากาศของโลกที่ผิดแปลกไปจากปกติ และมีความแปรปรวน คาดการณ์ได้ยากมากขึ้น โดยเฉพาะอุณหภูมิ และปริมาณน้ำ ตลอดจนการเกิดภัยพิบัติที่รุนแรงทั้งภัยแล้ง ภัย น้ำท่วม โรคระบาดต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในทุกระดับ กล่าวคือ ไม่เพียงแต่ส่งผลกระทบในเชิงลบต่อความหลากหลายทางชีวภาพ การบริการของระบบนิเวศ และการพัฒนาทางเศรษฐกิจ แต่ยังนำไปสู่ความเสี่ยงในเรื่องของความเป็นอยู่ อาหาร และความมั่นคงของมนุษย์อีกด้วย ซึ่ง IPCC ระบุว่าความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นอันเกิดจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในแต่ละภูมิภาค โดยแบ่งตามประเด็นสำคัญ (sector) ได้แก่ (1) ความเสี่ยงจากโรคร้ายไข้เจ็บร้ายแรงและสภาพแวดล้อมที่อันตราย อันเป็นผลมาจากคลื่นพายุซัดฝั่ง (Storm surges) ระดับน้ำทะเลที่สูงขึ้น (Sea level rise) และน้ำท่วมชายฝั่งทะเล (Coastal flooding) น้ำท่วมบนพื้นดินในเขตตัวเมือง และปรากฏการณ์ความร้อนที่ทวีความรุนแรงมากขึ้น (2) ความเสี่ยงเชิงระบบเนื่องจากสภาพอากาศที่รุนแรง นำไปสู่การพังทลายของเครือข่ายโครงสร้างพื้นฐานต่าง ๆ และจุดวิกฤตของการบริการรูปแบบต่าง ๆ (3) ความเสี่ยงในความไม่มั่นคงทางอาหารและน้ำ และความสูญเสียสภาพความเป็นอยู่ในชนบทและรายได้ของประชากรผู้ยากไร้ และ (4) ความเสี่ยงในการสูญเสียระบบนิเวศ ความหลากหลายทางชีวภาพ และสินค้า หน้าที่และบริการของระบบนิเวศ (กรมอุตุนิยมวิทยา, ม.ป.ป.)

ระดับภูมิภาคอาเซียน

ประเทศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ที่ได้รับการประเมินการได้รับผลกระทบจากภัยพิบัติทางธรรมชาติอย่างรุนแรงในรอบ 20 ปีระหว่าง พ.ศ. 2543 - 2562 มากที่สุด เมื่อเทียบกับประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก ในรายงาน Global Climate Risk Index 2021 คือ สาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมา ได้รับผลกระทบจากพายุไซโคลนนาเกิส (Nargis) เมื่อ พ.ศ. 2551 เป็นพายุที่สร้างความเสียหายต่อประเทศและมีผู้เสียชีวิตมากที่สุด และประเทศที่ได้รับการประเมินว่าได้รับผลกระทบจากภัยพิบัติทางธรรมชาติเป็นประจำ และต่อเนื่อง คือ สาธารณรัฐฟิลิปปินส์ เนื่องจากได้รับผลกระทบจากพายุไต้ฝุ่นบอบา (Bopha) ใน พ.ศ. 2555 พายุไต้ฝุ่นไห่เยียน (Hayan) ใน พ.ศ. 2556 และพายุไต้ฝุ่นมังคุด (Mangkhut) ใน พ.ศ. 2561 (Germanwatch, 2021) อีกทั้งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เป็นหนึ่งในภูมิภาคที่อ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมากที่สุด และเป็นอันดับ 3 ของกลุ่มประเทศที่ประสบปัญหาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแบบสุดขีดและการเกิดคลื่นความร้อนมากที่สุด (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2566(ก))

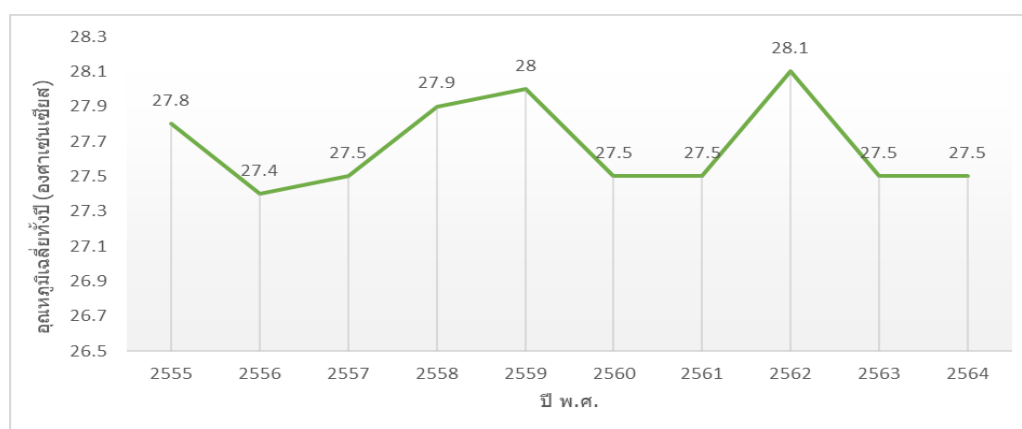
ระดับประเทศ

จากข้อมูล FAO ระบุว่า ไทยเป็นประเทศที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตรเป็นอันดับ 9 ของเอเชีย และเป็นอันดับ 3 ของอาเซียนรองจากอินโดนีเซีย และเมียนมา นอกจากนี้ ยังพบไทยปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตรสูงกว่าเวียดนามซึ่งเป็นคู่แข่งสำคัญในการส่งออกสินค้าอย่างข้าว และปศุสัตว์ รวมทั้ง ฟิลิปปินส์ และมาเลเซีย ซึ่งเป็นคู่แข่งสำคัญในการส่งออกผลไม้ (พชรพจน์ นันทรามาสและคณะ, 2564) โดยในช่วงปี 2554 - 2564 มีรายงานว่า ประเทศไทยมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นเฉลี่ย 0.09 องศาเซลเซียสต่อปี อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปีใน พ.ศ. 2564 เท่ากับ 27.5 องศาเซลเซียส สูงกว่าค่าปกติ 0.4 (ค่าปกติคาบ 30 ปี พ.ศ. 2524 - 2553 เท่ากับ 27.1 องศาเซลเซียส) และพบว่าส่วนใหญ่มีอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนสูงกว่าค่าปกติยกเว้น เดือนมกราคมและเมษายน ที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนต่ำกว่าค่าปกติ 0.5 และ 0.8 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ภาพที่ 2.1 - 2.2) (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2565 อ้างถึงใน สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2566(ก))



ภาพที่ 2.1 อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปีที่แตกต่างกันค่าปกติ ช่วงปี 2555 – 2564

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา, 2565 อ้างถึงในสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2566(ก)



ภาพที่ 2.2 อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปีของประเทศไทย ช่วงปี 2555 – 2564

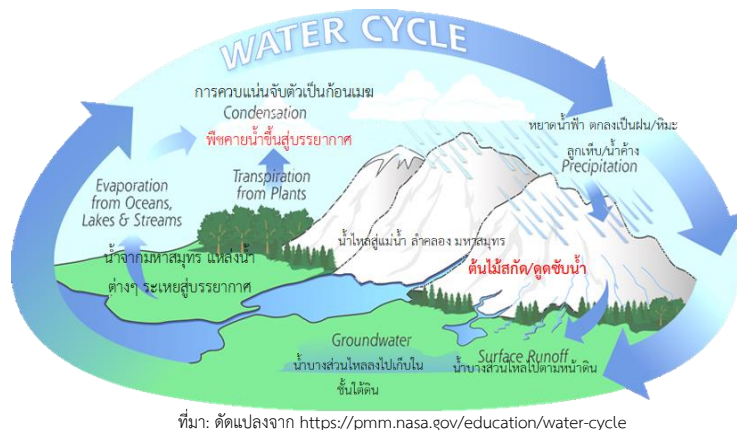
ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2566(ก)

นอกจากนี้ Germanwatch (2564) อ้างถึงในสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2566(ก)) ได้ประเมินและจัดอันดับประเทศไทยว่ามีความเสี่ยงต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกในระยะยาวเป็นอันดับที่ 9 ซึ่งก่อให้เกิดความสูญเสียทั้งในแง่ของชีวิตประชาชนและทางเศรษฐกิจจากเหตุภัยพิบัติในระหว่างปี 2543 – 2562 โดยพื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเลถือเป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูงของประเทศ รวมทั้งกรุงเทพฯ เป็นเมืองที่มีความเสี่ยงสูงสุด และสาขาเกษตรเป็นสาขาที่ได้รับผลกระทบและเป็นที่น่ากังวลสูงสุด

2.2 ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

2.2.1 ผลกระทบต่อวัฏจักรน้ำ: น้ำแล้ง - น้ำท่วม

ทรัพยากรน้ำมีความสำคัญอย่างมากต่อสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีพของมนุษย์ โดยเฉพาะภาคเกษตรที่ต้องอาศัยน้ำในการผลิตไม่ว่าจะเป็นการเพาะปลูกพืช เลี้ยงสัตว์ การประมง หรือการเก็บหาของป่าอาหารธรรมชาติจำเป็นต้องอาศัยน้ำเป็นปัจจัยสำคัญ ผลกระทบจากทรัพยากรน้ำมีได้ 3 ลักษณะ คือ น้ำน้อยลง (ฝนแล้ง) น้ำมากเกินไป (น้ำท่วม) และระยะเวลาที่มีน้ำเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม (การตกของฝนหรือการไหลของน้ำผิวดินที่แปรปรวนไป) โดยผลกระทบดังกล่าวจะรุนแรงมากขึ้น



ที่มา: ดัดแปลงจาก <https://pmm.nasa.gov/education/water-cycle>

เพียงใดจะขึ้นอยู่กับขนาดของผลกระทบ และขอบเขตของพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบด้วย (วิฑูรย์ ปัญญากุล, 2551)

การเปลี่ยนแปลงวัฏจักรของน้ำทำให้เกิดความเสี่ยง และผลกระทบในหลายมิติ โดย IPCC ได้กล่าวถึงแรงขับเคลื่อนของการเปลี่ยนแปลงในสองมิติที่จะมีผลต่อทรัพยากรน้ำและการปรับตัวต่อสถานการณ์ในอนาคต คือ (1) แรงขับเคลื่อนที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ได้แก่ ฝน หิมะ ไอน้ำ ที่มีความรุนแรงขึ้นและผันแปรมากขึ้น ธารน้ำแข็ง และการใช้น้ำของพืช และ (2) แรงขับเคลื่อนที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ เช่น การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน การทำลายป่า การใช้น้ำที่สูงขึ้นจากการพัฒนาเมืองและอุตสาหกรรม การสร้างและจัดการอ่างเก็บน้ำ การเพิ่มขึ้นของประชากร ความต้องการอาหาร การใช้น้ำของชุมชนเกษตรกรรม พื้นที่ลุ่มน้ำและระบบนิเวศ โดย IPCC ได้สรุปผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อวัฏจักรน้ำไว้ในตารางที่ 2.1 (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม , 2561)

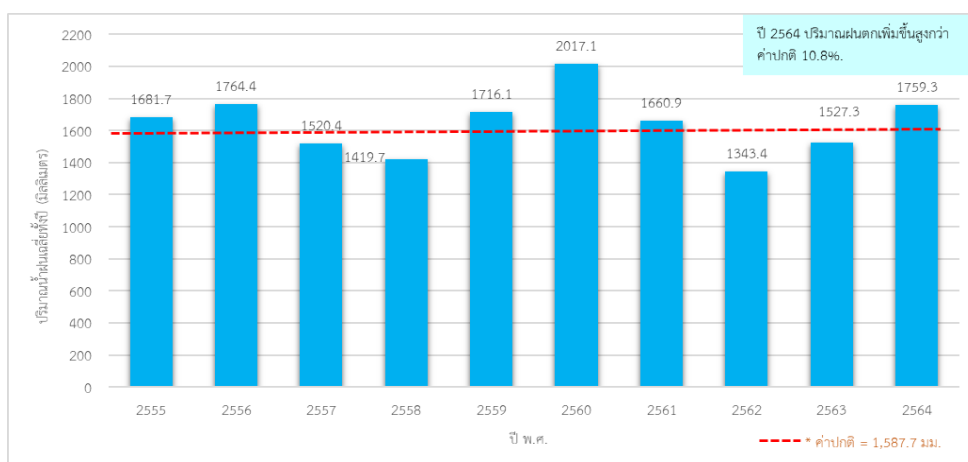
ตารางที่ 2.1 สรุปผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อวัฏจักรน้ำ

ประเด็น	ผลกระทบ
การระเหยและหยาดน้ำฟ้า (precipitation)	● การเปลี่ยนแปลงปริมาณการระเหยของน้ำที่มากกว่าปริมาณฝนที่ตกในตอนกลางของอเมริกาเหนือ อเมริกากลาง ตอนเหนือของอเมริกาใต้ ตอนใต้ของชายฝั่งซีกโลกใต้ของแอฟริกา ยุโรปตะวันตก เมดิเตอร์เรเนียน และตอนใต้ของเอเชียกลาง ซึ่งส่งผลต่อปริมาณน้ำท่าและน้ำที่เติมลงใต้ดินลดลง ● การเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนที่ตกมากกว่าปริมาณการระเหย ในพื้นที่ตะวันออกของอเมริกาเหนือ ตะวันตกเฉียงเหนือของอเมริกาใต้ แอฟริกาตอนกลาง อินเดียและเอเชียตะวันออกเฉียง ซึ่งส่งผลให้มีปริมาณน้ำท่าและน้ำใต้ดินมากขึ้น
น้ำใต้ดิน	● การใช้น้ำที่มากขึ้นจากประชาชนที่มากขึ้นและการลดลงของน้ำผิวดินที่ใช้ได้ ส่งผลให้เกิดการลดลงของระดับน้ำใต้ดินโดยเฉพาะในพื้นที่ที่ฝนตกน้อย
น้ำผิวดิน	● มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำท่าที่สูงขึ้น โดยเฉพาะในเขตละติจูดสูง

ประเด็น	ผลกระทบ
พื้นที่ชายฝั่งทะเล	● การเพิ่มขึ้นของปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่ใกล้ชายฝั่งทะเล ทำให้เกิดการรุกล้ำของน้ำเค็มบริเวณปากแม่น้ำและชั้นน้ำบาดาล ● การเปลี่ยนแปลงของเวลาและปริมาณน้ำจืด ที่มีผลต่อการปลักดันน้ำเค็ม ตะกอน และปริมาณธาตุอาหาร ● การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ ซึ่งเกิดจากการสูงขึ้นของระดับน้ำทะเลและการระบายน้ำ ● ผลกระทบต่อระบบนิเวศสัตว์ พืช และคนที่อยู่ในพื้นที่ดังกล่าว
คุณภาพน้ำ	● อุณหภูมิสูงขึ้นทำให้เกิดคุณภาพน้ำที่ลดลง ● ปัญหาน้ำท่วมและภัยแล้งทำให้คุณภาพน้ำที่แย่งจากการปนเปื้อนของตะกอน สารอาหารที่ละลายน้ำ สารเคมี และเกลือ
อุปสงค์ อุปทานของน้ำ	● การเปลี่ยนแปลงของปัจจัยทางอุณหภูมิก๊าซที่ส่งผลกับวัฏจักรน้ำส่งผลให้การบริหารจัดการน้ำยุ่งยากมากขึ้น โดยเฉพาะอุปสงค์ อุปทานของน้ำ และธรรมาภิบาลด้านน้ำ

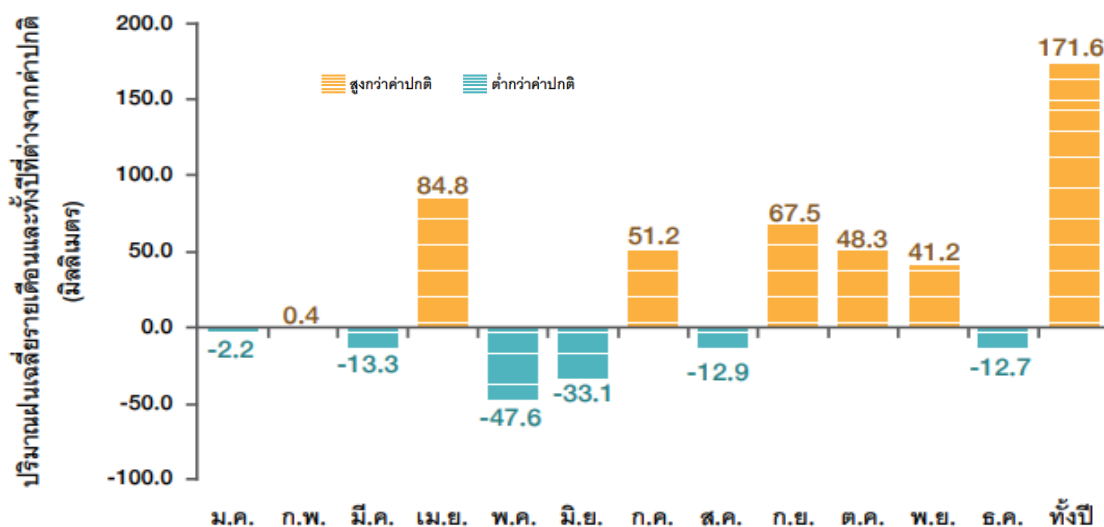
ที่มา: IPCC, 2003 อ้างถึงใน สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2561

สำหรับสถานการณ์น้ำในประเทศไทย ในปี 2563 มีรายงานว่า ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 10 ปีมีแนวโน้มลดลง แต่ใน พ.ศ. 2564 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงกว่า พ.ศ. 2563 และสูงกว่าค่าปกติ ปริมาณน้ำท่าใน พ.ศ. 2563/2564 มีปริมาณ 213,447 ล้านลูกบาศก์เมตร เพิ่มขึ้นร้อยละ 40.23 น้ำผิวดินเพิ่มขึ้น 31.4% ใน 22 กลุ่มน้ำ ส่วนศักยภาพแหล่งน้ำบาดาลที่สามารถนำมาใช้ได้อย่างปลอดภัยมีปริมาณ 45,386 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี โดยคุณภาพของแหล่งน้ำบาดาลโดยทั่วไปอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน สำหรับปริมาณน้ำฝนรวมเฉลี่ย พบว่าใน พ.ศ. 2564 มีปริมาณเท่ากับ 1,759.3 มิลลิเมตร โดยสูงกว่าค่าปกติ 171.6 มิลลิเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 11 (ค่าปกติค่า 30 ปี พ.ศ. 2524 - 2553 เท่ากับ 1,587.7 มิลลิเมตร) เพิ่มขึ้นจาก พ.ศ. 2563 ที่มีปริมาณฝนเฉลี่ย 1,528.8 มิลลิเมตร (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2565 อ้างถึงในสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2566) (ภาพที่ 2.3)



ภาพที่ 2.3 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งปีของประเทศไทย ช่วงปี 2555 – 2564

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2566(ก)



ภาพที่ 2.4 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนและทั้งปีที่ยังต่างจากค่าปกติ ปี 2564

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2566(ก)

อย่างไรก็ตาม ความผันแปรของปริมาณฝนและจำนวนวันที่ฝนตก มีการผันผวนตามกาลเวลา รูปแบบและปริมาณน้ำฝนที่ขยายออกไปนี้ อาจก่อให้เกิดปัญหาในหลายภาคส่วน โดยเฉพาะภาคเกษตรและการจัดการน้ำ โดยจากการคาดการณ์ภูมิอากาศในอนาคตระยะไกล ทำให้ทราบว่าปริมาณฝนสูงสุด 1 วัน คาดว่าจะเพิ่มสูงขึ้นและนำมาสู่แนวโน้มการเกิดน้ำท่วมฉับพลันจากฝนตกหนัก ในส่วนของปริมาณฝนรายปีทั้งหมดคาดว่าจะลดลง ซึ่งสะท้อนถึงสัญญาณของภัยแล้งในอนาคต โดยภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้มีแนวโน้มเกิดภัยแล้งสูงกว่าภาคอื่นของประเทศไทย (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2566 (ก))

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้ประเมินและคาดการณ์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จากการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยจำแนกตามการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศภายใต้สถานการณ์จำลอง RCP 4.5 และ RCP 8.5 พบว่า ปริมาณน้ำฝนสูงสุดเฉลี่ยรายปีมีแนวโน้มสูงขึ้น ในขณะที่จำนวนวันที่ฝนตกในช่วงฤดูฝนมีจำนวนเท่าเดิม แต่ปริมาณน้ำฝนที่ตกในแต่ละครั้งมีปริมาณมากขึ้น และมีช่วงการกระจายตัวในวงแคบ ทำให้มีแนวโน้มจะเกิดพื้นที่ที่มีโอกาสเสี่ยงในการเกิดภัยแล้งเป็นพื้นที่กว้างกว่าพื้นที่ที่มีความเสี่ยงในการเกิดอุทกภัย นอกจากนี้ มีการศึกษาเพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในช่วงระยะ 20 ปีข้างหน้า โดยใช้แบบจำลองทางอุทกวิทยา (Soil and Water Assessment Tools: SWAT) ประกอบกับข้อมูลทางวิชาการที่เกี่ยวข้อง เช่น พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมและภัยแล้ง และแผนที่น้ำท่วมซ้ำซากและภัยแล้งซ้ำซาก รวมทั้ง มีการประเมินความเปราะบางด้านการจัดการน้ำท่วม ภัยแล้ง จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยพิจารณาจาก (1) ปัจจัยการเปิดรับซึ่งประกอบไปด้วยการเกิดน้ำท่วม และน้ำแล้ง (2) ปัจจัยความอ่อนไหว ซึ่งจะคำนึงถึงด้านต่าง ๆ ที่ต้องอาศัยทรัพยากรน้ำเป็นสำคัญ เช่น การเพาะปลูกและความเป็นชุมชนต่าง ๆ ในแต่ละจังหวัด และ (3) ปัจจัยความสามารถในการรับมือด้านการจัดการน้ำ ซึ่งขึ้นอยู่กับรายได้เฉลี่ยของจังหวัด จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุนเพื่อจัดการน้ำท่วมและภัยแล้ง ผลการศึกษาดังกล่าว รายงานผลข้อมูลการคาดการณ์ความเปราะบางและเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นกับประเทศจากการเกิดอุทกภัย และภัยแล้ง ไว้ดังนี้ (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2561)

- **ด้านอุทกภัย:** มีพื้นที่เสี่ยง รวมทั้งสิ้น 24,163,537 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 7.53 ของพื้นที่ประเทศ โดยส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ในที่ราบลุ่ม เป็นพื้นที่ที่อยู่ในเขตชลประทาน 9,487,808 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 39.26 และพบว่าเป็นพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากสูงครอบคลุมพื้นที่ใน 3,605 ตำบล 552 อำเภอ ใน 69 จังหวัด สำหรับจังหวัดที่มีความเสี่ยงในการเกิดอุทกภัยแยกรายภูมิภาคพบว่า ภาคกลางและภาคตะวันตกมีจำนวนพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยสูงสุด รองลงมาคือ ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตามลำดับ โดยจังหวัดที่มีพื้นที่เสี่ยงอุทกภัย 10 อันดับแรก ได้แก่ จังหวัดนครสวรรค์ พระนครศรีอยุธยา สุราษฎร์ธานี สุพรรณบุรี พิษณุโลก พิจิตร สุโขทัย ร้อยเอ็ด นครราชสีมา และศรีสะเกษ

- **ด้านภัยแล้ง:** มีพื้นที่เสี่ยง รวมทั้งสิ้น 123,751,221 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 38.59 ของพื้นที่ประเทศ ครอบคลุมพื้นที่ 5,577 ตำบล 717 อำเภอ ใน 66 จังหวัด เป็นพื้นที่อยู่ในพื้นที่ชลประทานแล้ว 16,504,061 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 13.34 ความเสี่ยงในการเกิดภัยแล้งแยกรายภูมิภาคพบว่า ภาคเหนือมีพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งสูงสุด รองลงมาคือภาคกลางและตะวันตก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตามลำดับ จังหวัดที่มีความเสี่ยงในการเกิดภัยแล้งมากที่สุด 10 อันดับแรก ได้แก่ จังหวัดนครสวรรค์ เพชรบูรณ์ นครราชสีมา พิษณุโลก กาญจนบุรี เชียงใหม่ กำแพงเพชร สระแก้ว ลำปาง และชัยภูมิ

ภาวะภัยแล้งและอุทกภัยจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศดังกล่าวอาจมีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น จากปรากฏการณ์สภาวะอากาศแปรปรวนฉับพลัน หรือ ปรากฏการณ์เอลนีโญ (El Niño) และลานีญา (La Niña) ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นจากความผันผวนของกระแสอากาศบริเวณแถบเส้นศูนย์สูตรเหนือ มหาสมุทรแปซิฟิกจนเกิดการเปลี่ยนแปลงของกระแสลมกระแสน้ำของโลกและส่งผลกระทบต่อลักษณะหรือแบบแผนของฝนที่เปลี่ยนไปในทิศทางที่มีความรุนแรงมากขึ้นกว่าสภาวะปกติ **ปรากฏการณ์เอลนีโญ** หรือ ภาวะแห้งแล้ง เกิดจากกระแสลมมีกำลังอ่อนและเปลี่ยนทิศทางพัดจากด้านตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิกไปด้านตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิก ทำให้กระแสน้ำอุ่นไหลไปยังทวีปอเมริกาใต้แทน ด้วยเหตุนี้ภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และออสเตรเลียจึงขาดฝน และเกิดความแห้งแล้ง แต่ชายฝั่งของทวีปอเมริกาใต้กลับมีฝนตกเพิ่มมากขึ้น **ปรากฏการณ์ลานีญา** หรือ ภาวะฝนตกหนัก เกิดจากกระแสลมพัดจากด้านตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิกมายังด้านตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกตามเดิมแต่กระแสลมมีความรุนแรงมากกว่าปกติ ทำให้กระแสน้ำอุ่นไหลมายังภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มากขึ้น ส่งผลให้ภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และออสเตรเลียมีระดับน้ำทะเลสูงขึ้นและฝนตกหนักมากกว่าปกติ ในทางตรงข้ามก็เกิดภาวะความแห้งแล้งตามแนวชายฝั่งทวีปอเมริกาใต้ (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน), 2564)

ปัจจุบัน นักวิทยาศาสตร์ยังไม่สามารถระบุสาเหตุหรือคาดการณ์ถึงระยะเวลาของการเกิดปรากฏการณ์ดังกล่าวได้อย่างแน่ชัด แต่จากสถิติจะพบว่าทุก 2 ถึง 7 ปี เอลนีโญมักเกิดขึ้นในช่วงเทศกาลคริสต์มาสของทุกปี เป็นระยะเวลาตั้งแต่ 2 เดือนไปจนถึง 1 ปี ขณะที่ลานีญาเป็นปรากฏการณ์ที่สามารถเกิดขึ้นได้ยาวนานกว่า (ประมาณ 9 เดือนไปจนถึง 2 ปี) นอกจากนี้ นักวิทยาศาสตร์ยังทำนายไว้ว่าวัฏจักรของเอนโซ (ENSO)² ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันระหว่างปรากฏการณ์ในมหาสมุทร (น้ำ) และบรรยากาศ (ลม) จะทวีความรุนแรงยิ่งขึ้นเมื่อโลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น กล่าวคือ อาจเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญและ

² เอนโซ (ENSO) คือ ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลในแปซิฟิกเขตศูนย์สูตรและความผันแปรของระบบอากาศในซีกโลกใต้ และหมายความรวมถึงปรากฏการณ์ทั้งเอลนีโญและลานีญา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2546)
<https://www.tmd.go.th/info/%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%81%E0%B8%8F%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%93%E0%B9%80%E0%B8%AD%E0%B8%99%E0%B9%82%E0%B8%8B>

ลानीญาที่สร้างผลกระทบต่อระบบนิเวศของโลกได้อย่างรุนแรงยิ่งกว่าในอนาคต สำหรับประเทศไทย ในช่วงที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญขึ้น อุณหภูมิภายในประเทศอาจเพิ่มสูงขึ้นกว่าระดับปกติ และอาจเกิดสภาพอากาศแปรปรวนในบางพื้นที่ เช่น ในบริเวณที่เคยมีฝนตกชุกอาจต้องเผชิญกับความแห้งแล้งฉับพลัน หรือในพื้นที่ที่ขาดแคลนน้ำฝนอาจเผชิญกับพายุฝนรุนแรง เป็นต้น (คัดค้นรัฐ ชื่นวงศ์อรุณ, 2563 (ข))

Salika (2023) รายงานว่า ในเบื้องต้นมีการประเมินผลกระทบในขั้นแรกของประเทศไทย คาดว่าจะกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตรอาจคิดเป็นมูลค่าราว 4.8 หมื่นล้านบาทในปี 2566 ส่วนผลกระทบต่อภาคอุตสาหกรรม ส่วนใหญ่จะกระทบกับอุตสาหกรรมโลหะ เช่น แก้ว กระเบื้อง และซีเมนต์ และอีกสองอุตสาหกรรมที่ได้รับผลกระทบ ได้แก่ อุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์เกษตรหรืออาหาร และอุตสาหกรรมสิ่งทอ ซึ่งถ้าประเทศไทยเผชิญภาวะขาดแคลนน้ำอย่างรุนแรง รัฐบาลอาจจะต้องพิจารณาให้มีการลดกำลังการผลิตลง นอกจากนี้ สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช.) รายงานว่า “เอลนีโญ” จะเป็นหนึ่งในข้อจำกัดและปัจจัยเสี่ยงที่กระทบต่อเศรษฐกิจไทย โดยอ้างอิงข้อมูลจาก National eather Service; Climate Prediction Centre (NOAA) ซึ่งได้คาดการณ์เกี่ยวกับปรากฏการณ์ ENSO โดยคาดว่าจะมีโอกาส 62% ที่จะเข้าสู่สภาวะเอลนีโญ ในช่วงเดือนพฤษภาคม 2566 ต่อเนื่องไปจนถึงกุมภาพันธ์ 2567

2.2.2 ผลกระทบต่อทรัพยากรดินและที่ดิน

ดินเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญของการเกษตร ซึ่งเป็นฐานเศรษฐกิจและการดำรงชีพของคนในชุมชนสำหรับประเทศไทย ทรัพยากรดินส่วนใหญ่มีศักยภาพสำหรับการเกษตร คิดเป็นร้อยละ 46.35 บางพื้นที่ มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำทั้งจากสภาพธรรมชาติและการใช้ที่ดินไม่เหมาะสม โดยเฉพาะการปลูกพืชเศรษฐกิจในพื้นที่ที่ไม่เหมาะสม และมีการปนเปื้อนของสารเคมีทางการเกษตร โดยในช่วงปี 2562 - 2564 พบว่า พื้นที่เกษตรกรรมลดลง ส่วนที่พื้นที่ชุมชน สิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่อื่น ๆ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ที่ผ่านมการใช้ที่ดินอย่างไม่เหมาะสม ทำให้เกิดการเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินค่อนข้างมาก และการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศมีแนวโน้มทำให้เกิดการเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินมากขึ้น โดยหากมีปริมาณฝนตกน้อยลงอย่างต่อเนื่องก่อให้เกิดภัยแล้ง การเปลี่ยนแปลงที่มีสภาพแห้งแล้งรุนแรงมากขึ้น และมีความผันผวนของสภาพอากาศอย่างรุนแรง อาจเกิดปัญหาการรुकืบของทะเลทราย เนื่องจากความแห้งแล้งส่งผลกระทบต่อโครงสร้างดินหรือธาตุอาหารในดิน ซึ่งปัญหาการรुकืบของทะเลทราย มีทั้งแบบถาวรพื้นสภาพไม่ได้ และแบบไม่ถาวรซึ่งสามารถฟื้นคืนสภาพ สภาพดินที่เปลี่ยนแปลงไปจะส่งผลต่อการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ทั้งเพื่อการผลิตทางการเกษตรและอื่น ๆ รวมถึงการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสิ่งมีชีวิตบนดินและในดินนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงต่อระบบนิเวศและความหลากหลายทางชีวภาพในแต่ละระดับ (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2566 (ก))

2.2.3 ผลกระทบต่อระบบนิเวศและความหลากหลายทางชีวภาพ

สำหรับประเทศไทยแบ่งระบบนิเวศออกเป็น 7 ระบบนิเวศหลัก ได้แก่ ระบบนิเวศป่าไม้ ระบบนิเวศภูเขา ระบบนิเวศแห้งแล้งกึ่งชื้น ระบบนิเวศแหล่งน้ำในแผ่นดิน ระบบนิเวศเกษตร ระบบนิเวศทะเลและชายฝั่ง และระบบนิเวศเกาะ โดยระบบนิเวศเกษตรมีพื้นที่มากที่สุด และส่วนใหญ่เป็นเกษตรเชิงเดี่ยว ส่วนระบบนิเวศที่เป็นถิ่นที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตทั้งทุ่งหญ้า พื้นที่ลุ่ม ป่าชายหาด ป่าพรุ แหล่งหญ้าทะเล มีแนวโน้มลดลง ในปี พ.ศ. 2564 มีรายงานว่ามีชนิดพันธุ์พืชในประเทศไทย 12,050 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 3 ของชนิดพันธุ์พืชในโลก โดยมีการจำแนกชนิดพันธุ์แล้ว 10,531 ชนิด ได้รับการประเมินสถานภาพ ในปี 2563 จำนวน 1,185 ชนิด

ในจำนวนนี้ มีสถานภาพถูกคุกคาม 999 ชนิด หรือคิดเป็นร้อยละ 84 ในขณะที่ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่รุกราน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ผลการประเมินสถานภาพการถูกคุกคามของสัตว์มีกระดูกสันหลังใน พ.ศ. 2563 พบว่าเพิ่มขึ้น จาก พ.ศ. 2560 นอกจากนี้ ปี 2564 - 2565 มีการสำรวจพบสิ่งมีชีวิตชนิดใหม่ของประเทศไทยอย่างต่อเนื่อง เป็นกลุ่มพรรณไม้ 25 ชนิด สัตว์มีกระดูกสันหลัง 3 ชนิด สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง 10 ชนิด และจุลินทรีย์ 14 ชนิด อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ ซึ่งอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของอุณหภูมิเฉลี่ย การเปลี่ยนแปลงระดับสมมูลของอุปสงค์ อุปทานน้ำ ภาวะอากาศที่รุนแรงตามฤดูกาลและความผันผวนของสภาพ อากาศ ภาวะความตึงเครียดอันเนื่องมาจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นและการเกิดไฟป่าอันเนื่องมาจากสภาพแห้งแล้ง ในบางพื้นที่ จะทำให้ระบบนิเวศธรรมชาติและความหลากหลายทางชีวภาพเสื่อมโทรมลงเร็วขึ้น เกิดเปลี่ยนแปลง ขององค์ประกอบและโครงสร้างของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ การอพยพย้ายที่ของสิ่งมีชีวิตและบางชนิดตายลงหรือ หลงเหลืออยู่น้อยมาก เหลือสิ่งมีชีวิตเพียงไม่กี่ชนิดในระบบนิเวศธรรมชาติ และส่งผลให้ความหลากหลาย ทางพันธุกรรมลดลง หรือหากเกิดการเปลี่ยนแปลงที่รุนแรง จนทำให้สิ่งมีชีวิตหลักหรือที่เป็นพื้นฐานของระบบนิเวศนั้น ไม่สามารถปรับตัวทันใด อาจส่งผลถึงขั้นการล่มสลายของระบบนิเวศ และสิ่งมีชีวิตหลายชนิดอาจสูญพันธุ์ (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2566 (ก))

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน และอาจจะเกิดขึ้นพร้อมกันมากกว่าหนึ่ง เหตุการณ์ เช่น ภัยแล้ง และอุณหภูมิสูงขึ้น ฯลฯ ซึ่งสามารถส่งผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพทั้งในระดับ พันธุกรรม ระดับชนิดพันธุ์และระดับระบบนิเวศ รวมทั้งการบริการทางระบบนิเวศ จากการประเมินระบบนิเวศ แห่งสหประชาชาติ (2005) อ้างถึงในสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2561) พบว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติและ ความหลากหลายทางชีวภาพ 3 ระดับ

(1) ระดับพันธุกรรม: มีการคาดการณ์ว่าผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอาจส่งผลกระทบต่อ ระดับพันธุกรรม จะเห็นได้ว่าในอดีตประชากรโลกพึ่งพาชนิดพันธุ์พืชต่าง ๆ ที่เป็นพืชอาหารมากกว่า 7,000 ชนิด ขณะที่ในปัจจุบัน ร้อยละ 90 ของอาหารในโลก ขึ้นอยู่กับพืชเพียง 15 ชนิด และสัตว์เพียง 8 ชนิดเท่านั้น

(2) ระดับชนิดพันธุ์: นักวิทยาศาสตร์พบว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีผลกระทบต่อพฤติกรรม ของชนิดพันธุ์ต่าง ๆ เช่น พันธุ์พืชบางชนิดจะเริ่มมีช่วงเวลาการผลิใบของดอกเร็วขึ้นกว่าปกติ เพราะการเพิ่มขึ้น ของอุณหภูมิ นอกจากนี้อาจวางไข่เร็วขึ้น เป็นต้น นอกจากนี้ สิ่งที่สำคัญในการปรับตัวของระบบนิเวศก็คือการแข่งขันกัน ระหว่างสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ โดยเฉพาะพืชพันธุ์ต่าง ๆ สิ่งมีชีวิตบางชนิดจะสามารถปรับตัวให้กับสภาพแวดล้อม ที่เปลี่ยนไปและใช้ประโยชน์จากสภาพแวดล้อมใหม่ได้ดีกว่าสิ่งมีชีวิตอีกชนิดหนึ่ง สิ่งมีชีวิตในกลุ่มนี้ก็จะสามารถ เจริญเติบโตและแพร่พันธุ์ไปเบียดบังสิ่งมีชีวิตที่ไม่สามารถปรับตัวได้ หรือปรับตัวได้น้อยกว่า ทำให้องค์ประกอบ ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศเปลี่ยนไป ยกตัวอย่างเช่น พืชในกลุ่ม C3 ที่เจริญเติบโตได้ดีกว่าก็จะเบียดบังพืชในกลุ่ม C4 ทำให้ระบบนิเวศอาจมีพืช C3 เป็นหลัก สภาพอากาศที่เปลี่ยนไปอาจทำให้สิ่งมีชีวิตที่เดิมมีประชากรไม่มากนัก เนื่องจากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม แต่ในสภาพแวดล้อมใหม่เป็นสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมเป็นพิเศษ หรือ ในสภาพแวดล้อมใหม่มีศัตรูธรรมชาติน้อยลง หรือไม่มีศัตรู ทำให้สิ่งมีชีวิตนี้สามารถขยายพันธุ์จนกลายเป็น สิ่งมีชีวิตหลักของระบบนิเวศนั้นได้

(3) ระดับระบบนิเวศ: ผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ถือได้ว่าส่งผลค่อนข้างชัดเจนต่อความหลากหลายของระบบนิเวศ ซึ่งเป็นที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิต เมื่ออากาศเริ่มแปรเปลี่ยนระบบนิเวศจะเริ่มเคลื่อนที่เขาสู่ศูนย์สูตรในอัตรา 6 กิโลเมตร ทุก ๆ 10 ปี สัตว์ต่าง ๆ จำเป็นต้องอพยพย้ายถิ่น เนื่องจากถิ่นที่อยู่เดิมหายไป การเกิดภัยน้ำท่วม ภัยแล้ง อุณหภูมิสูงขึ้น เป็นต้น นำไปสู่การเปลี่ยนของระบบนิเวศที่เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตในแต่ละพื้นที่ ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของชนิดพันธุ์ หรือบางชนิดพันธุ์ไม่สามารถทนทาน หรือปรับตัวเข้ากับสภาพที่เปลี่ยนได้ อาจเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ได้ เช่น กรณีระบบนิเวศป่าไม้ ที่อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งในส่วนขององค์ประกอบของพันธุ์ไม้ สัตว์ป่า และสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในป่า ป่าบางชนิดอาจสูญหายไป และระบบนิเวศทางทะเล อาจได้รับผลกระทบจากภาวะโลกร้อนจากระดับน้ำทะเลที่สูงขึ้น และอุณหภูมิผิวน้ำที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้พืชและสัตว์ทะเลบางชนิดสูญพันธุ์ รวมถึงการเกิดปรากฏการณ์ปะการังฟอกสีทั้งในอ่าวไทยและฝั่งทะเลอันดามัน

2.2.4 ผลกระทบต่อภาคเกษตร

เมื่อสภาพภูมิอากาศโลกเปลี่ยนไป ซึ่งจะปรากฏในลักษณะของอากาศร้อนขึ้น อากาศแปรปรวน ฤดูกาลเปลี่ยนไป และการเปลี่ยนแปลงของวัฏจักรน้ำ ดังกล่าวในหัวข้อที่ผ่านมา ซึ่ง สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, (ม.ป.ป.) สรุปว่า สภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงเป็นปัจจัยเสี่ยงสำคัญของการทำเกษตร 3 สาขาหลัก คือ (1) ปัจจัยเสี่ยงต่อการเพาะปลูกพืช ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ ความชื้น ระยะเวลาแต่ละฤดูกาล และการเกิดวิกฤตภัยธรรมชาติ เช่น พายุ ภัยแล้ง น้ำท่วม ฯลฯ (2) ปัจจัยเสี่ยงต่อการเลี้ยงปศุสัตว์ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณและคุณภาพน้ำ โดยพบว่า การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิส่งผลต่อ ความเครียด การสืบพันธุ์ และเกิดโรคอุบัติใหม่และโรคอุบัติซ้ำในการทำฟาร์มปศุสัตว์ทางเศรษฐกิจที่สำคัญทั้ง โค สุกร ไก่ไข่ เป็นต้น และ (3) ปัจจัยเสี่ยงต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำ และการทำประมง ได้แก่ ปริมาณน้ำและคุณภาพน้ำ ความเป็นกรด รวมถึงปัจจัยเสี่ยงที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอื่น ๆ เช่น การขาดแคลนน้ำที่เป็นปัจจัยเสี่ยงต่อธุรกิจการเพาะเลี้ยงปลาน้ำจืด โดยเฉพาะปลาน้ำจืดในกระชัง

ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ อาจทำให้ภาคเกษตรได้รับผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อม ในด้านต่าง ๆ สรุปได้ดังนี้

(1) ระบบการเกษตรและการผลิตอาหาร

การเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศจะส่งผลกระทบโดยตรงต่อระบบการเกษตรและระบบการผลิตอาหาร เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝน การกระจายตัวของฝน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระหว่างช่วงฤดูเพาะปลูก โดยการเคลื่อนของฤดูกาล มีผลโดยตรงต่อผลผลิตของพืชต่าง ๆ แตกต่างออกไปตามความอ่อนไหว และความทนทานของพืชแต่ละชนิดที่จะเติบโตได้ นอกจากนี้ อาจเกิดความเสียหายจากภัยพิบัติอันเกิดจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของภาวะอากาศรุนแรง เช่น ภาวะฝนแล้งหรือทิ้งช่วง และภาวะฝนตกหนักจนเกิดน้ำท่วม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณพื้นที่ราบริมแม่น้ำซึ่งมักจะใช้เป็นพื้นที่เกษตร ในขณะที่ภาคปศุสัตว์ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ



อาจส่งผลต่อคุณภาพและปริมาณอาหารสัตว์ที่เปลี่ยนแปลงไป การเกิดภาวะ Heat stress ในสัตว์ และมีโรคระบาดเพิ่มมากขึ้น ส่วนการประมงอาจจะส่งผลกระทบต่อแหล่งอนุบาลสัตว์น้ำ เป็นต้น

ภาวะเรือนกระจกที่ทำให้โลกร้อนขึ้น และเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนั้น ในบรรยากาศมีปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช เช่น แสงแดด คาร์บอนไดออกไซด์ ระดับอุณหภูมิ ความชื้น ฯลฯ ซึ่งอาจจะส่งผลทั้งในเชิงบวกและลบตามลักษณะของชนิดพืช ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นปัจจัยสำคัญในการเจริญเติบโตของพืช พืชทุกชนิดจะมีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้นในสภาพอากาศที่มีคาร์บอนไดออกไซด์เข้มข้นขึ้นเนื่องจากพืชได้ธาตุอาหารจากอากาศมากขึ้นและทำให้การสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้น แต่มีระดับที่ต่างกันตามชนิดของพืช โดยทั่วไปพืชในกลุ่ม C_3^3 จะเจริญเติบโตได้ดีกว่าพืชในกลุ่ม C_4^4 (พืชส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่ม C_3) อย่างไรก็ตาม พืชแต่ละชนิดจะสามารถเจริญเติบโตโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ได้สูงสุดถึงจุดหนึ่งในระดับที่แตกต่างกัน กล่าวคือ แม้ว่า CO_2 จะมีความเข้มข้นมากขึ้นแต่การเจริญเติบโตของพืชก็อาจไม่ได้เพิ่มขึ้น เนื่องจากปัจจัยในการเจริญเติบโตอื่น ๆ เริ่มจำกัดไม่ให้พืชเจริญเติบโตได้อีก เช่น มีธาตุอาหารในดินไม่เพียงพอ นอกจากนี้ มีหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ทำให้เชื่อได้ว่าสรีรวิทยาของพืชอาจเปลี่ยนแปลงไปเมื่อบรรยากาศมีคาร์บอนไดออกไซด์สูง ยกตัวอย่างเช่น รากพืชน่าจะมีความหนาใหญ่ขึ้น รุหายใบบนใบพืชมีจำนวนลดลง และขนาดของใบลดลง เป็นต้น (วิฑูรย์ ปัญญากุล, 2551)

สำหรับปัจจัยด้านอุณหภูมิ พบว่า พืชโดยส่วนใหญ่จะมีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเนื่องจากพืชสามารถมีเมตาบอลิซึมสูงขึ้นแต่เมื่ออุณหภูมิสูงเกินไป ๆ หนึ่งก็อาจเป็นอันตรายต่อพืชได้ อุณหภูมิที่สูงขึ้นนี้อาจมีผลกระทบต่อการผสมเกสร คือ ทำให้ละอองเกสรตัวผู้หรือตัวเมียเป็นหมันได้ ซึ่งในกรณีนี้พืชอาหารที่เป็นพืชใบจะไม่ได้รับผลกระทบ ในขณะที่ธัญพืช ผัก ผลไม้ จะมีโอกาสเสี่ยงจากการไม่ได้ผลผลิต หากสภาพอากาศในช่วงการติดผลมีอุณหภูมิสูงเกินไปได้ (วิฑูรย์ ปัญญากุล, 2551) จากการศึกษาพบว่า การสังเคราะห์แสงแบบ C_3 และ C_4 มีความเกี่ยวข้องกับสภาวะการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ โดยระบบการสังเคราะห์แสงทั้งสองแบบนี้ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ CO_2 ในชั้นบรรยากาศได้แตกต่างกัน คือ ในสภาวะที่มีปริมาณ CO_2 สูงขึ้น หรือ อุณหภูมิต่ำ พืช C_3 มีประสิทธิภาพในกระบวนการสังเคราะห์แสงสูงกว่าในสภาวะที่มีแสงแดดจัด ร้อน และแห้งแล้ง สาเหตุเนื่องจากการหายใจเชิงแสงลดลง ในขณะที่การใช้ ATP ที่สิ้นเปลืองของพืช C_4 ทำให้มีประสิทธิภาพลดลงในสภาวะที่มีแสงน้อย นอกจากนี้ พืช C_3 จะลดการสูญเสียน้ำด้วยการปิดปากใบส่วนใหญ่เอาไว้ ทำให้ CO_2 จากอากาศเข้ามาทางปากใบน้อยมาก รวมทั้ง O_2 ที่เกิดจากปฏิกิริยาที่ไม่ต้องใช้แสงไม่สามารถปล่อยออกสู่บรรยากาศได้ จะสะสมอยู่ในคลอโรพลาสต์มากขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อการตรึง CO_2 เกิดขึ้นน้อย พืช C_3 จะทำการตรึง O_2 ที่สะสมค้างอยู่ไว้แทน การหายใจเชิงแสงทำให้เกิดการสูญเสียสารอินทรีย์ในกระบวนการ Calvin cycle บางส่วน เนื่องจากได้ถูกนำไปใช้ในการตรึง O_2 มีผลให้ประสิทธิภาพในกระบวนการสังเคราะห์แสงลดลง (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ม.ป.ป.) ดังนั้น การสังเคราะห์แสงของพืชแบบ C_4 ได้รับประโยชน์มากกว่า C_3 ภายใต้สภาวะที่มี CO_2 ในชั้นบรรยากาศน้อย และ/หรือเมื่ออุณหภูมิสูง และภายใต้สภาวะดังกล่าวนี้ ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงแบบ C_4 จะเหนือกว่าแบบ C_3 ทั้งนี้ มีรายงานการศึกษาผลที่เกิดขึ้นต่อข้าว พบว่าการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์สองเท่าโดยไม่เพิ่มอุณหภูมิ สามารถเพิ่มชีวมวลของต้นข้าวร้อยละ 40 และผลผลิตข้าวร้อยละ 27 แต่ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอาจทำให้ผลผลิตข้าวลดลง โดยรวม

³ พืช C_3 เป็นพืชที่มีการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ 1 ครั้ง แล้วได้สารที่เสถียรตัวแรกที่มีคาร์บอน 3 อะตอม มักเกิดการหายใจเชิงแสง (photorespiration) ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงลดลง ตัวอย่างพืช : พืชส่วนใหญ่ ข้าวสาลี ข้าวเจ้า ข้าวบาร์เลย์

⁴ พืช C_4 เป็นพืชที่มีการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ 2 ครั้ง แล้วได้สารที่เสถียรตัวแรกที่มีคาร์บอน 4 อะตอม ตัวอย่างพืช : ข้าวโพด ข้าวฟ่าง อ้อย ผักโขมจีน บานไม่รู้โรย

ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นทุก 75 ppm จะทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น 0.5 ตันต่อ 1 เฮกตาร์ (6.25 ไร่) และอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทุก 1 องศาเซลเซียส จะทำให้ผลผลิตข้าวลดลง 0.6 ตันต่อ 1 เฮกตาร์ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวอาจเกิดขึ้นพร้อมกัน ผลกระทบที่พืชจะได้รับอาจแตกต่างกัน และอาจส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อเกษตรกร (IRRI, 2007 อ้างถึงใน สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม, 2563)

นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศยังมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศต่างกันไป เช่น เมื่อคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น ใบพืชจะมีปริมาณไนโตรเจนและโปรตีนน้อยลง ทำให้แมลงศัตรูพืชต้องกินใบพืชมากขึ้น เพื่อให้ได้ปริมาณธาตุอาหารเท่าเดิม ถ้าแมลงศัตรูพืชนั้นไม่สามารถย่อยใบพืชในปริมาณที่มากขึ้นได้ การเจริญเติบโตของแมลงศัตรูพืชก็จะช้าลง และอาจมีอัตราการตายเพิ่มขึ้น (Kristiansen, 1993 อ้างถึงใน วิฑูรย์ ปัญญากุล, 2551)

การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิส่งผลกระทบต่อมูลค่าผลผลิตทางการเกษตรของครัวเรือนเกษตรกรไทย คือ หากอุณหภูมิพื้นผิวของประเทศไทยมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าประมาณ 24°C การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจะส่งผลให้มูลค่าผลผลิตทางการเกษตรเพิ่มขึ้น หรือค่าความยืดหยุ่นเป็นบวก แต่ถ้าอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจากจุด threshold ณ ระดับอุณหภูมิที่ 24°C การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจะสร้างความเสียหายต่อมูลค่าผลผลิตทางการเกษตร โดยการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจะส่งผลกระทบรุนแรงเพิ่มสูงขึ้นในอัตราเร่งตามระดับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ การคำนวณค่าความยืดหยุ่นดังกล่าว ไม่มีข้อมูลการพยากรณ์เหตุการณ์ภัยแล้งรุนแรง หรือน้ำท่วมขนาดใหญ่ แต่ในความเป็นจริง การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจะส่งผลกระทบต่อความเสี่ยงด้านความถี่และความรุนแรงในการเกิดภัยพิบัติที่สูงขึ้น ดังนั้น การประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในงานวิจัยนี้ จึงยังไม่ได้สะท้อนความเสียหายจากความเสี่ยงของการเกิดมหาภัยแล้ง หรือมหาอุทกภัยด้วย ผลการวิจัยดังกล่าวยังระบุว่า ครัวเรือนเกษตรกรที่ไม่สามารถเข้าถึงชลประทานและครัวเรือนที่มีพื้นที่ทำการเกษตรขนาดใหญ่จะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมากกว่า การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจะส่งผลให้มูลค่าผลผลิตทางการเกษตรของครัวเรือนที่ไม่เข้าถึงชลประทานลดลงรุนแรงกว่า นอกจากนี้ เมื่อจำแนกครัวเรือนเกษตรกรตามขนาดพื้นที่ทำการเกษตร ครัวเรือนที่ได้รับผลกระทบมากที่สุด คือ ครัวเรือนที่มีพื้นที่ทำการเกษตรขนาดใหญ่ (มากกว่า 29 ไร่) รองลงมา คือ ครัวเรือนที่มีพื้นที่ทำการเกษตรขนาดกลาง (12 – 29 ไร่) และครัวเรือนที่มีพื้นที่ทำการเกษตรขนาดเล็ก (น้อยกว่า 12 ไร่) ส่วนครัวเรือนเกษตรกรที่มีกิจกรรมการผลิตทางการเกษตรหลากหลายจะได้รับผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้อยกว่าครัวเรือนเกษตรกรที่ทำกิจกรรมการผลิตชนิดเดียว (กรรณิการ์ ธรรมพานิชวงศ์และคณะ, 2564)

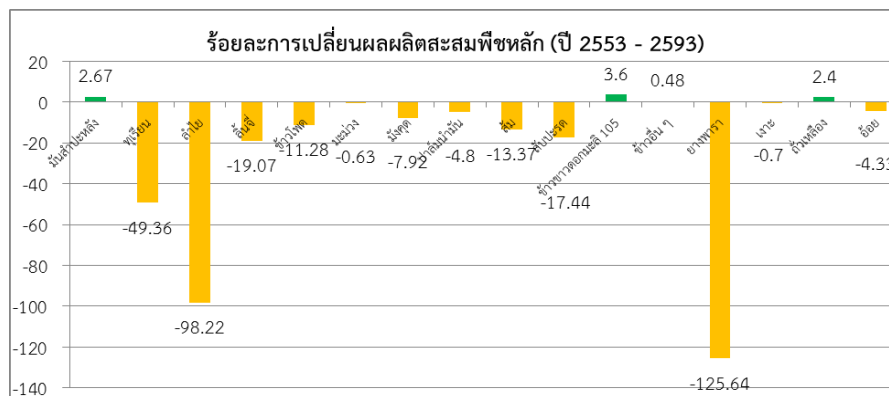
เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านความชื้น พบว่าการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในบรรยากาศและผืนมีแนวโน้มสูงขึ้นในบางพื้นที่ โดยสาเหตุเกิดจากการระเหยของน้ำมากขึ้น ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศสูงขึ้น สภาพนี้อาจมีผลดีต่อพืชในพื้นที่ที่มีปัญหาความแห้งแล้ง แต่ในขณะเดียวกันบรรยากาศที่ร้อนขึ้นอาจเป็นปัจจัยที่ส่งผลเสียต่อการเกษตร เช่น การแพร่ระบาดของโรคพืชโดยเฉพาะจากเชื้อรา นอกจากนี้ ปริมาณฝนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่การกระจายตัวของฝนอาจมีการเปลี่ยนแปลงไป ทำให้เกษตรกรต้องวางแผนการเพาะปลูกอย่างระมัดระวัง (IRRI, 2007) การเปลี่ยนแปลงปริมาณฝน การกระจายตัวของฝน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระหว่างช่วงฤดูเพาะปลูก อีกทั้งการขยับเลื่อนของฤดูกาล จะมีผลโดยตรงต่อผลผลิตของพืชต่าง ๆ ซึ่งอาจแตกต่างกันไปตามความอ่อนไหวของพืชแต่ละชนิดที่มีต่อสภาพอากาศที่พืชนั้น ๆ ด้านความทนทานหรือการเติบโต การที่ฝนไม่ตกตามฤดูกาล ปริมาณน้ำฝนมากไปหรือน้อยไปไม่เหมาะต่อการทำการเกษตร พืชผลและสัตว์เลี้ยงเกิดความเสียหาย

จากภาวะแห้งแล้งที่รุนแรงขึ้นและภาวะน้ำท่วม ในพื้นที่แห้งแล้งซ้ำซากเมื่อประกอบกับแสงแดดที่แผดเผารุนแรง จะทำให้ปริมาณน้ำใต้ดินลดลงและผิวดินขาดความชุ่มชื้น บางพื้นที่เกิดน้ำทะเลหนุนสูงทำให้พื้นที่เกษตรเสียหาย จะเห็นได้ว่า สภาพดินฟ้าอากาศ โดยเฉพาะปริมาณน้ำ และโรคแมลงต่าง ๆ รวมถึงภัยธรรมชาติ มีผลต่อการผลิตของพืชเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะพืชหลัก เช่น ข้าว มันสำปะหลัง อ้อย ยางพารา และภาคปศุสัตว์ พบว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อคุณภาพและปริมาณอาหารสัตว์ที่เปลี่ยนแปลงไป และอาจเกิดความเสียหายจากอากาศร้อนขึ้น เช่น ภาวะเครียด เกิดโรคน้ำร้อนในอาหาร เจริญเติบโตช้า ให้ผลผลิตเนื้อ นม ไข่ ไม่ดี นอกจากนี้ สภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปอาจทำให้โรคและแมลงบางชนิดมีการปรับตัวและขยายพันธุ์รวดเร็วจนเกิดการระบาด เกิดเชื้อโรคชนิดใหม่และรุนแรงขึ้นทั้งกับสัตว์และคน เช่น โรคไข้หวัดนก โรควัวบ้า เป็นต้น (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม, 2563)

ในประเทศไทย จากการคาดการณ์ของศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ พบว่า การเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำฝนในภาคกลาง จะทำให้เกิดน้ำท่วมบ่อยครั้งและความถี่สูง มีผลต่อการผลิตข้าวในแถบลุ่มน้ำเจ้าพระยาและผลผลิตลดลง และการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่ทำให้เกิดความชื้นเพิ่มขึ้นในบางฤดูกาลหรือระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้นต่างมีผลกระทบต่อปศุสัตว์ของไทย ได้แก่ ผลผลิตและการเจริญเติบโตลดลง การผสมพันธุ์ทำได้ยาก และมีการแพร่ระบาดของโรคสูง ขณะเดียวกันการทำประมงอาจลดลง เนื่องจากแหล่งน้ำที่เคยอุดมสมบูรณ์ อาจแห้งขอดในบางฤดูกาล ส่งผลกระทบต่อ การขยายพันธุ์และการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ ทำให้จำนวนและความหลากหลายชนิดของสัตว์น้ำลดลง ตัวอย่างเช่น ความอุดมสมบูรณ์ในแหล่งน้ำแถบลุ่มแม่น้ำโขงในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะลดลงหากเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้การศึกษาเพื่อคาดการณ์ความเสี่ยงและผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ในอนาคตของพื้นที่เกษตร ใน 3 กลุ่มพืช ได้แก่ นาข้าว พืชไร่ และพืชสวน โดยพิจารณาจากสัดส่วนของพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยธรรมชาติคือ อุทกภัย และภัยแล้ง พบว่า ในพื้นที่นาข้าว มีพื้นที่เสี่ยงต่อการได้รับผลกระทบจากอุทกภัยรวม 15,980,779 ไร่ โดยพื้นที่ที่มีระดับความเสี่ยงมากที่สุดอยู่ในเขตภาคกลางมีจำนวน 1,331,880 ไร่ ส่วนพืชไร่ที่มีพื้นที่เสี่ยงต่อการได้รับผลกระทบจากอุทกภัยรวม 449,757 ไร่ โดยพื้นที่ที่มีระดับความเสี่ยงมากที่สุด อยู่ในเขตภาคเหนือ จำนวน 12,528 ไร่ และไม้ผลมีพื้นที่เสี่ยงต่อการได้รับผลกระทบจากอุทกภัยรวม 461,405 ไร่ โดยพื้นที่ที่มีระดับความเสี่ยงมากที่สุดอยู่ในเขตภาคกลางมีจำนวน 15,750 ไร่ (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม, 2563)

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ได้ศึกษาประเมินความเหมาะสมด้านชีวภูมิอากาศของ พืชจำนวน 15 ชนิด ในสภาพภูมิอากาศปัจจุบันและสภาพภูมิอากาศอนาคต พ.ศ. 2593 ผลการศึกษาพบว่าพื้นที่เพาะปลูกในสภาพภูมิอากาศปัจจุบันโดยทั่วไปถูกกำหนดด้วยปริมาณน้ำและการกระจายของฝน และมีพืชจำนวน 3 ชนิด ที่อาจได้รับผลกระทบอย่างสูงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ ลำไย ส้ม และสับปะรด ส่วนมันสำปะหลัง ลิ้นจี่ มะม่วง ยางพารา และอ้อย อาจจะไม่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่อาจเกิดขึ้นภายใน พ.ศ. 2593 นอกจากนี้ ผลการประเมินผลกระทบในเชิงเศรษฐกิจอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงผลผลิตต่อไร่ พบว่า แต่ละพื้นที่จะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่แตกต่างกัน โดยพื้นที่ทางภาคทางเหนือ ตะวันออก และได้บางส่วนเป็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบมาก พืชที่ได้รับผลกระทบมากที่สุดคือ ทุเรียน ลำไย ข้าวโพด อ้อย และยางพารา บางพืชที่ได้รับประโยชน์จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แม้แต่กรณีที่แย่ที่สุด

ประกอบด้วย มันสำปะหลัง ข้าวขาวดอกมะลิ 105 รวมถึงข้าวพันธุ์อื่น และถั่วเหลือง (ภาพที่ 2.5) โดยพื้นที่ที่มีสัดส่วนความยากจนที่สูงกว่า (พื้นที่ชนบทและพื้นที่ที่ต้องพึ่งพาการเกษตร) จะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมากกว่า (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, ม.ป.ป.)



ภาพที่ 2.5 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของผลผลิตต่อพื้นที่ระหว่าง พ.ศ. 2553 ถึง พ.ศ. 2593
ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, ม.ป.ป

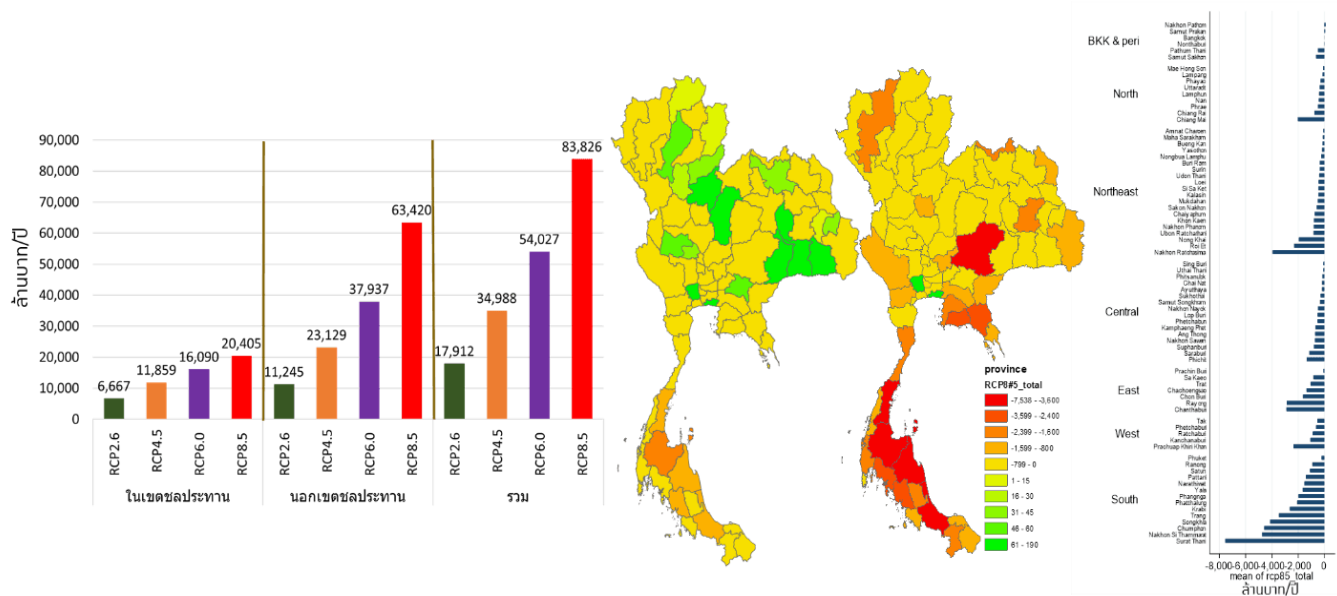
ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อผลผลิตน้ำยางพาราในพื้นที่เขตภาคใต้ตอนล่าง โดยณฤทธิ์ ไทยบุรี (2565) สรุปว่า การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศมีส่วนที่ทำให้ผลผลิตยางพารา ของประเทศไทยเกิดความเสี่ยงและมีแนวโน้มที่จะเกิดผลกระทบในอนาคตที่เพิ่มขึ้นจากปัจจุบัน จากการประมาณค่าแบบจำลอง Fixed Effect Model ของสมการค่าเฉลี่ยพบว่าตัวแปร ด้านสภาพภูมิอากาศทั้งอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนส่งผลต่อผลผลิตยางพาราอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในทิศทางตรงกันข้ามกับค่าความยืดหยุ่นของอุณหภูมิเฉลี่ย ปริมาณน้ำฝนรวม ความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝน กล่าวคือเมื่อปัจจัยดังกล่าวมีค่าเพิ่มขึ้นปริมาณผลผลิตยางพาราลดลง นอกจากนี้ จากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ภาคใต้ตอนล่าง คาดการณ์อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน ในปี ค.ศ. 2030, 2060 และ 2090 จากการจำลองสภาพภูมิอากาศ PRECIS พบว่า ผลผลิตยางพาราเฉลี่ยลดลง ร้อยละ -14.816 ถึง -22.325 มีค่าความแปรปรวนของผลผลิตยางพาราสูงถึงร้อยละ 16.83 แสดงถึงความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นต่อผลผลิตยางพารา จากแบบจำลองพบว่าพื้นที่ภาคใต้ตอนล่างจะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ส่งผลกระทบต่อปริมาณผลผลิตยางพาราในพื้นที่ภาคใต้ตอนล่างในอนาคต

อัสมน ลิ้มสกุล และคณะ (ม.ป.ป.) วิเคราะห์ข้อมูลตรวจวัดภูมิอากาศในอดีต - ปัจจุบันและคาดการณ์ในอนาคตรวมทั้งประเมินผลกระทบและความอ่อนแอจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อเกษตรกรสวนยางพารา ในจังหวัดหนองคาย พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยรายปีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นประมาณ 0.7 องศาเซลเซียส ในรอบ 46 ปี ที่ผ่านมา พ.ศ. 2513 - 2558 และคาดว่าจะเพิ่มขึ้นประมาณ 2.1 องศาเซลเซียส ในอนาคต และพบว่าดัชนีสภาวะความรุนแรงของฝนในรูปของปริมาณฝนรวมสูงสุดในรอบ 5 วัน และปริมาณฝนรวมจากเหตุการณ์ฝนตกหนักมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาวะสุดขีดของฝน และลมฟ้าอากาศ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศดังกล่าว ส่งผลกระทบต่อผลผลิตตลอดจนสรีรวิทยาของยางพาราผลการ

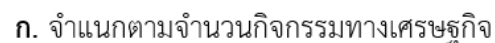
วิเคราะห์ข้อมูลภูมิอากาศดังกล่าวค่อนข้างสอดคล้องกับผลการสำรวจข้อมูลจากเกษตรกรสวนยางพาราในพื้นที่ ซึ่งพบว่าในรอบ 5 - 10 ปี ที่ผ่านมา ปริมาณฝนมีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน โดยฝนตกน้อยลงแต่บ่อยครั้งขึ้น รวมทั้งอุณหภูมิที่ร้อนขึ้นส่งผลโดยตรงต่อผลผลิตของยางพาราในแง่ปริมาณน้ำยางที่กรีตได้น้อยลง ทั้งนี้ พายุและฝนตกหนักเป็นภัยพิบัติที่เกิดขึ้นและก่อให้เกิดความเสียหายมากที่สุด

ผลการศึกษาข้างต้น สอดคล้องกับ สายัณห์ สดุดี และคณะ (2557) ที่มีการศึกษาผลกระทบจากความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศที่มีต่อการผลิยางพาราในพื้นที่ภาคใต้ 7 จังหวัด (สงขลา พัทลุง นครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานี พังงา กระบี่และตรัง) ซึ่งพบว่าผลผลิตยางพาราในภาพรวมของภาคใต้มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยกับปรากฏการณ์เอนโซ (ENSO) และเหตุการณ์สภาวะสุดขีดของฝนโดยผลผลิตยางพารามีแนวโน้มสูงกว่าปกติในช่วงที่เกิดเหตุการณ์เอลนีโญเนื่องจากปริมาณฝนและความชื้นสัมพัทธ์รวมทั้งวันฝนตกและความแรงของฝนต่ำกว่าปกติส่งผลให้วันที่สามารถกรีตยางได้เพิ่มขึ้น ในขณะที่ผลผลิตยางพารามีแนวโน้มลดลงในช่วงที่เกิดเหตุการณ์ลานีญา สืบเนื่องจากเกิดฝนตกชุกและความชื้นของอากาศเพิ่มขึ้นในช่วงเหตุการณ์ดังกล่าว นอกจากนี้ ความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศทั้งที่ปรากฏในรูปความแตกต่างระหว่างอัตราการระเหยและปริมาณน้ำฝน ฝนที่ตกชุกและฝนที่ตกในช่วงฤดูร้อน รวมทั้งเหตุการณ์น้ำท่วมขัง ยังส่งผลกระทบทางอ้อมแบบสะสมต่อลักษณะบางประการ ต่อสรีรวิทยาและการพัฒนาในรอบปีของยางพารา โดยผลต่อสรีรวิทยาของต้นยางพาราที่พบ คือ 1) การผลิตใบของยางพาราที่ผิดปกติ เนื่องจากมีฝนตกหนักในช่วงฤดูร้อนและความแปรปรวนที่ผิดปกติของความชื้นอากาศและอัตราการระเหยของน้ำส่งผลให้มีโรคระบาดทางใบ เช่น โรคราแป้ง ระบาดบนใบอ่อนที่แตกออกใหม่ภายหลังจากการผลิตใบทำให้ใบยางร่วงซ้ำอีกครั้ง 2) คุณภาพน้ำยางในรูปค่าปริมาณเนื้อยางแห้งต่ำลง และ 3) ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงของต้นยางพาราลดลง

นอกจากนี้ การศึกษาของ Attavanich (2017) อ้างถึงในกรณีการ ธรรมพานิชวงศ์ และคณะ (2564) คาดการณ์เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จะสร้างความเสียหายสะสมระหว่างช่วงปี 2554 – 2588 คิดเป็นมูลค่าสูงถึง 0.61 – 2.85 ล้านล้านบาท หรือเฉลี่ย 17,912 – 83,826 ล้านบาทต่อปี ขึ้นอยู่กับระดับความรุนแรงของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยพื้นที่เกษตรนอกเขตชลประทานจะได้รับความเสียหายคิดเป็นมูลค่า 0.38 – 2.16 ล้านล้านบาท หรือเฉลี่ย 11,245 – 63,420 ล้านบาทต่อปี ขณะที่พื้นที่ในเขตชลประทานจะได้รับความเสียหายคิดเป็นมูลค่า 0.23 – 0.69 ล้านล้านบาท หรือเฉลี่ย 6,667 – 20,405 ล้านบาทต่อปี โดยเมื่อพิจารณาเป็นรายจังหวัดพบว่า 10 จังหวัดแรกที่จะมีมูลค่าความเสียหายมากที่สุด ได้แก่ จังหวัดสุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช ชุมพร สงขลา นครราชสีมา ตรัง จันทบุรี ระยอง กระบี่ และประจวบคีรีขันธ์ ตามลำดับ (ภาพที่ 2.6) และ Attavanich et al. (2019); วิษณุ อรรถวานิช และคณะ (2564) อ้างใน (กรณีการ ธรรมพานิชวงศ์และคณะ, 2564) พบว่า ภาคเกษตรไทยนับว่ามีความเปราะบางสูงมากต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เนื่องจากแรงงานส่วนใหญ่ในภาคเกษตรมีสถานะทางเศรษฐกิจที่ด้อยกว่าแรงงานในภาคเศรษฐกิจอื่น ๆ ส่วนใหญ่ยังเป็นเกษตรกรรายย่อยที่มีที่ดินถือครองไม่มาก เข้าถึงระบบชลประทานเพียงร้อยละ 26 รวมถึงเผชิญกับปัญหาสังคมสูงวัยในอัตราเร่งและสูงกว่าภาคเศรษฐกิจอื่น ในขณะที่เกษตรกรหนุ่มสาวยังทยอยออกนอกภาคเกษตรอย่างต่อเนื่อง



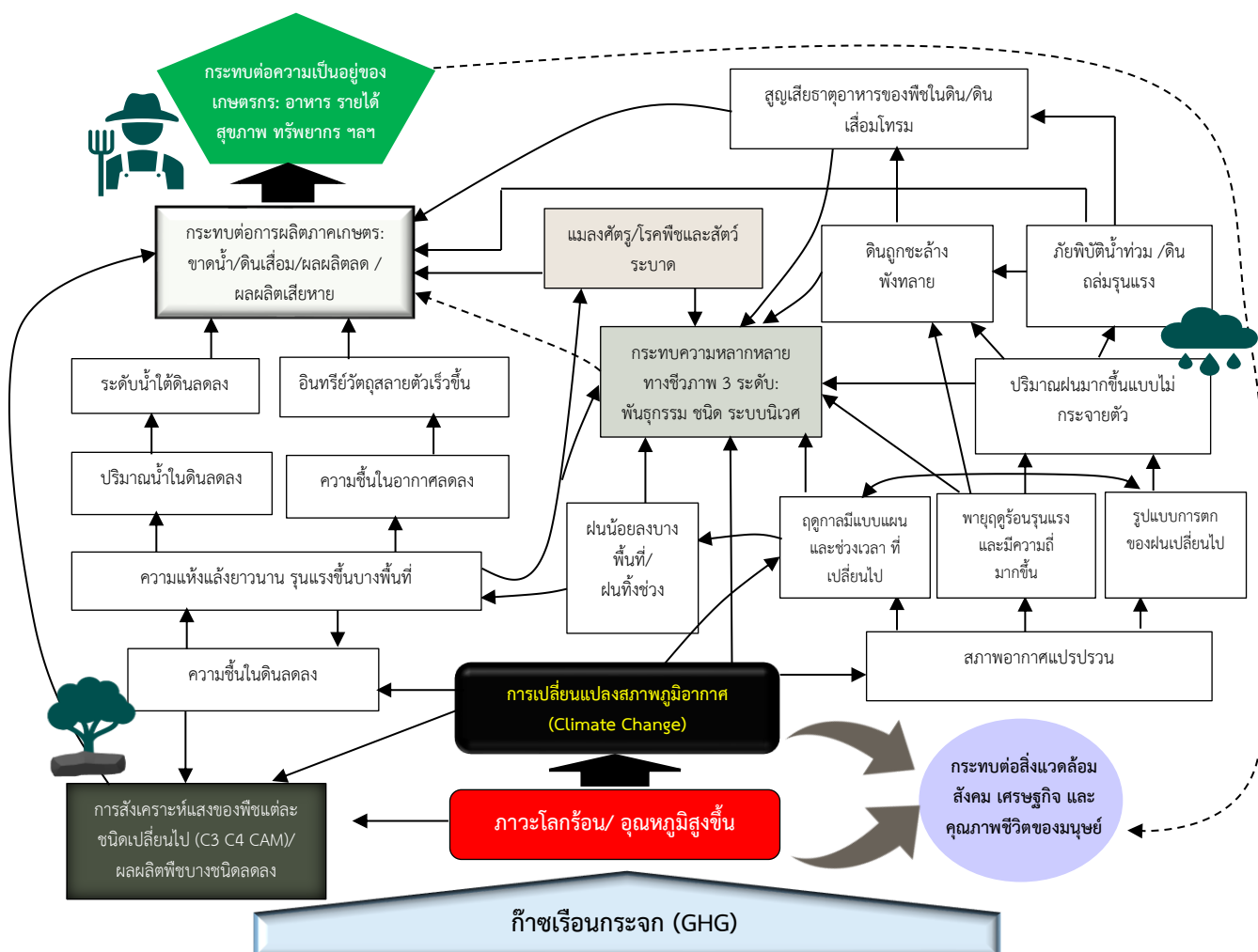
ภาพที่ 2.6 การคาดการณ์ความเสียหายจากกรเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ



ภาพที่ 2.7 ค่าความยืดหยุ่นของมูลค่าผลผลิตทางการเกษตรต่ออุณหภูมิ เปรียบเทียบตามรูปแบบของ
การทำเกษตรผสมผสาน

จากภาพที่ 2.7 แสดงให้เห็นว่า ครว้เรือนที่มีกิจกรรมการผลิตทางการเกษตรหลากหลาย โดยผสมผสาน ระหว่างการปลูกพืช การเลี้ยงสัตว์ หรือการทำประมง เป็นจำนวน 2 – 3 กิจกรรม (เส้นสีแดง) จะอ่อนไหวต่อ การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ น้อยกว่าครว้เรือนที่มีเพียงกิจกรรมการผลิตเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง โดยครว้เรือนที่ไม่มี การกระจายความเสี่ยงในการทำเกษตรจะได้รับผลกระทบที่รุนแรงเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 24°C ใน ขณะเดียวกัน รูปที่ 4ข แสดงให้เห็นว่า เมื่ออุณหภูมิสูงกว่าประมาณ 27°C ครว้เรือนที่ทำการเพาะปลูกควบคู่ไปกับ

การทำปศุสัตว์ (เส้นสีแดง) จะได้รับผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในระดับที่ต่ำกว่าครัวเรือนที่ปลูกพืช
 อย่างเดียว (เส้นสีเทา) (ณัฐนันท์ สวาสุและคณะ, 2565)

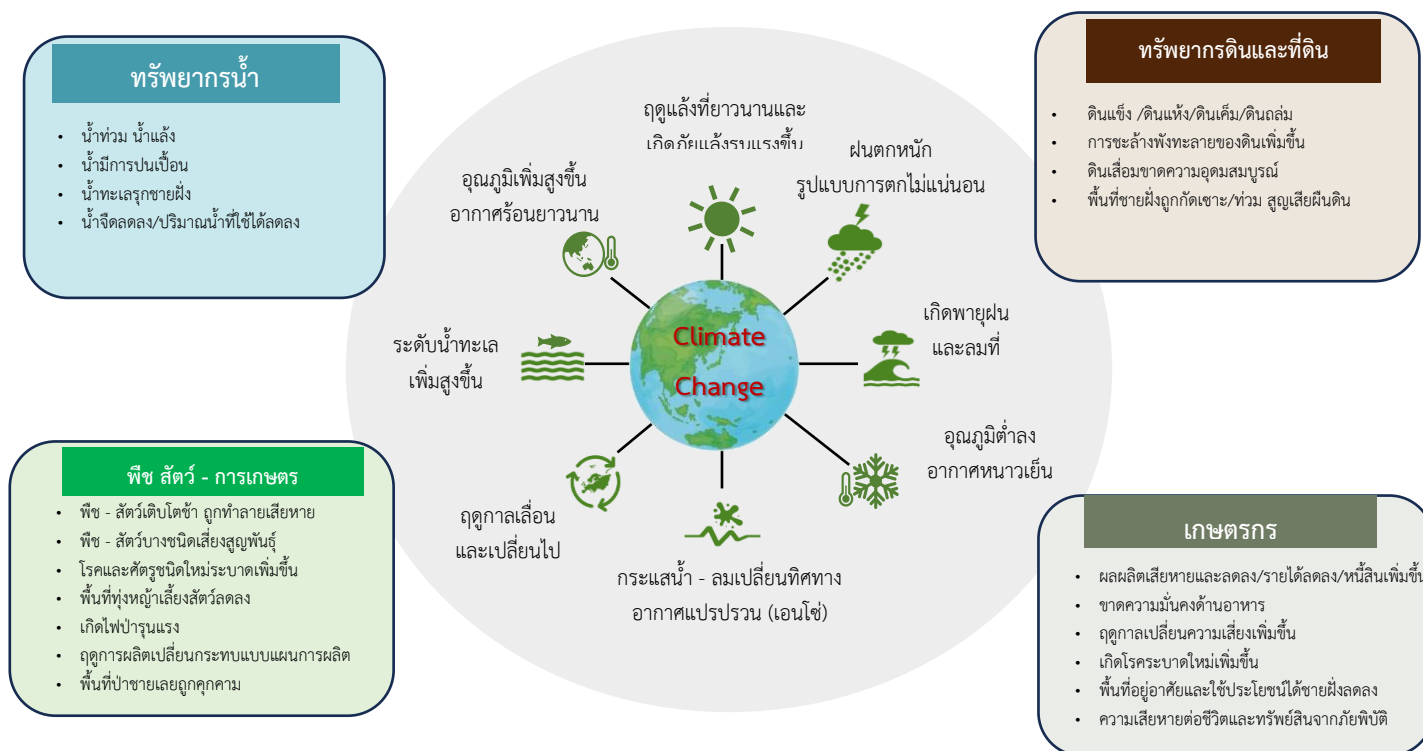


ภาพที่ 2.8 สรุปผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อภาคเกษตรและเกษตรกร

จากภาพที่ 2.8 จะเห็นได้ว่า ผลกระทบต่อภาคเกษตรการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ ซึ่งมีสาเหตุสำคัญ มาจากการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกที่ทำให้เกิดภาวะก๊าซเรือนกระจกและส่งผลกระทบลูกโซ่ ต่อสภาพภูมิอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความแปรปรวนของอากาศ อุณหภูมิ และการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำ ที่แตกต่างจากแบบแผนปกติอย่างรุนแรง ส่งผลกระทบบึงลต่อระบบการเกษตรและอาหารของเกษตรกรราย ย่อยและชุมชนท้องถิ่น ซึ่งส่วนใหญ่มีรากฐานเศรษฐกิจที่ขึ้นอยู่กับภาคเกษตร โดยเฉพาะการผลิตพืชและสัตว์ เศรษฐกิจหลักที่ยังคงพึ่งพา ปริมาณน้ำฝนและแบบแผนสภาพอากาศที่แน่นอน ทรัพยากรธรรมชาติในท้องถิ่น และ ส่วนใหญ่มีการจัดการดิน น้ำ และการผลิตแบบเดิม ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงที่ทำให้เกิดความผันผวนของสภาพ อากาศดังกล่าวมีแนวโน้มที่จะส่งผลให้ผลผลิตได้รับความเสียหาย หรือผลผลิตอาจจะลดลงทั้งเชิงปริมาณและ/หรือ คุณภาพ ในระดับที่ส่งผลต่อความมั่นคงของรายได้และอาหาร ตลอดจนคุณภาพชีวิตของครอบครัวเกษตรกร โดยเฉพาะเกษตรกรรายย่อย

2.3 สรุปผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ภาวะโลกร้อน จากผลของก๊าซเรือนกระจก นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ของโลกมากมาย ซึ่งส่งผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติที่เป็นพื้นฐานการผลิตอาหารและปัจจัยในการดำรงชีวิตของมนุษย์ ดังกล่าวไว้ในหัวข้อที่ผ่านมา โดยเฉพาะกลุ่มเปราะบาง เช่น คนยากจน เกษตรกรรายย่อยที่ยังขาดโอกาสในการปรับปรุงพัฒนาเพื่อยกระดับขีดความสามารถในการรับมือกับผลกระทบที่จะเกิดขึ้น ทั้งนี้จากผลการศึกษา สามารถสรุปการเปลี่ยนแปลงในด้านต่าง ๆ จากผลของภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และผลกระทบต่อทรัพยากรน้ำ ทรัพยากรดินและที่ดิน พืช สัตว์และระบบการเกษตร และเกษตรกรไว้ในภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 สรุปลักษณะการเปลี่ยนแปลงและผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

3

แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตรกรรม

การแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมุ่งเน้นใน 2 ประเด็นหลัก คือ (1) การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Mitigation) โดยการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในการดำเนินกิจกรรมของมนุษย์ และการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงในเชิงโครงสร้างพื้นฐานต่าง ๆ เพื่อไม่ให้เกิด หรือเกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยลง รวมถึงการเพิ่มแหล่งกักเก็บคาร์บอน และ (2) การปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Adaptation) ซึ่งมุ่งเน้นการเพิ่มขีดความสามารถในการปรับตัวและสร้างภูมิคุ้มกันต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

3.1 แผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ. 2558 - 2593

3.1.1 กรอบแนวทางการดำเนินงาน

แผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศ พ.ศ. 2558 - 2593 มีกรอบแนวทางหลักในการแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ในบริบทของประเทศไทยได้ (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม , 2558) ดังนี้

กรอบแนวทางที่ 1 มุ่งเน้นการเสริมสร้างขีดความสามารถในการปรับตัวและรับมือกับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคส่วนต่าง ๆ อย่างเป็นรูปธรรม

- ให้ความสำคัญกับภาคส่วนที่มีความอ่อนไหวสูงต่อการเปลี่ยนแปลงและมีศักยภาพต่ำในการรับมือกับผลกระทบ เช่น กลุ่มผู้มีรายได้น้อย ชุมชนในพื้นที่เสี่ยงภัยธรรมชาติ กลุ่มเกษตรกรและกลุ่มธุรกิจที่จำเป็นต้องพึ่งพาสภาพอากาศ และทรัพยากรธรรมชาติในการหาเลี้ยงชีพ เช่น ภาคการท่องเที่ยว โดยเฉพาะในส่วนที่ดำเนินการโดยผู้ประกอบการรายย่อย เป็นต้น

- ควรเร่งผลักดันมาตรการอนุรักษ์และส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน และมาตรการการจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อมอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อลดแรงกดดันต่อฐานทรัพยากรธรรมชาติและคุณภาพสิ่งแวดล้อม และรักษาหรือเสริมสร้างขีดความสามารถของฐานทรัพยากรธรรมชาติและระบบนิเวศ ในการรับมือและปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

กรอบแนวทางที่ 2 มุ่งเน้นการลดก๊าซเรือนกระจก

- ผลักดันนโยบายการพัฒนาพลังงานที่ปล่อยคาร์บอนต่ำและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
- มาตรการอนุรักษ์และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในภาคส่วนต่าง ๆ เช่น คมนาคมขนส่ง อุตสาหกรรม อาคาร เมือง เป็นต้น ซึ่งมีส่วนเกี่ยวข้องกับการพัฒนาโครงสร้าง พื้นฐานที่ปล่อยคาร์บอนต่ำในหลายสาขา
- ขยายแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกให้ครอบคลุมภาคส่วนอื่น ๆ โดยใช้หลักการสมประโยชน์ (win-win) หรือการมีประโยชน์ร่วมกัน (co-benefits) เช่น การเปลี่ยนของเสียเป็นพลังงาน การส่งเสริมการผลิตสินค้าและบริการที่ปล่อยคาร์บอนต่ำและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มและขยายตลาดสินค้าและบริการของไทย
- การสร้างศักยภาพให้สามารถลดก๊าซเรือนกระจกเพิ่มเติมสำหรับภาคส่วนที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลัก

กรอบแนวทางที่ 3 มุ่งเน้นการขับเคลื่อนนโยบายและแผนที่เกี่ยวข้องให้มีผลในทางปฏิบัติ และสามารถบรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้อย่างมีประสิทธิภาพ

- การพัฒนาเรื่องฐานข้อมูลและองค์ความรู้ประกอบการ
- กำหนดนโยบายและแผนอย่างมีประสิทธิภาพ
- การพัฒนาเทคโนโลยีและบุคลากรรองรับทิศทางการพัฒนาในรูปแบบใหม่
- การสร้างความตระหนักรู้ของภาคส่วนต่าง ๆ เพื่อให้สามารถมีส่วนร่วมอย่างเข้าใจในบทบาทที่ ถูกต้อง และการประสานการดำเนินงานภายในและระหว่างประเทศให้สามารถส่งเสริมและต่อยอดซึ่งกันและกัน

3.1.2 แนวทางและมาตรการที่เกี่ยวข้องกับการเกษตรและความมั่นคงทางอาหาร

แนวทางและมาตรการแก้ไขปัญหการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ด้านการเกษตรและความมั่นคงทางอาหาร ภายใต้แผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ. 2558 - 2593 มุ่งเน้นขับเคลื่อนใน 2 ประเด็นหลัก คือ การปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการลดก๊าซเรือนกระจกและส่งเสริมการเติบโตที่ปล่อยคาร์บอนต่ำ แนวทางและมาตรการดังสรุปในตารางที่ 3.1 (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม , 2558)

ตารางที่ 3.1 สรุปแนวทางและมาตรการแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (ด้านการเกษตรและความมั่นคงทางอาหาร)

แนวทาง	สรุปมาตรการ
1.การปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	
1.1 การจัดการความเสี่ยงจากภัยธรรมชาติ	• วิจัยและพัฒนาการพยากรณ์และคาดการณ์ความแปรปรวนสภาพภูมิอากาศและสภาพอากาศรุนแรง ให้มีความถูกต้องแม่นยำและสามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้นาน • จัดทำแผนที่เกษตรเสี่ยงภัยและคาดการณ์ช่วงเวลาเกิดภัย เช่น แผนที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมภัยแล้ง ดินถล่ม การรुक้าของน้ำเค็ม การแพร่กระจายโรคพืชและสัตว์สภาพอากาศรุนแรงอื่น ๆ ฯลฯ • ปรับปรุงและพัฒนาระบบและแผนเตือนภัยล่วงหน้า (early warning) ทางเกษตรให้มีการเชื่อมโยงข้อมูลเตือนภัยแบบบูรณาการ มีความแม่นยำ และทันต่อเหตุการณ์สามารถเตือนภัยล่วงหน้าได้ในระดับประเทศจนถึงระดับพื้นที่ • สร้างเครือข่ายเกษตรกรในการติดตาม เฝ้าระวัง การเปลี่ยนแปลงของปัจจัยทางภูมิอากาศและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น • พัฒนาระบบประกันภัยหรือประกันความเสี่ยงจากสภาพอากาศต่อผลผลิตทางการเกษตรปศุสัตว์และประมง รวมถึงสนับสนุนมาตรการบริหารความเสี่ยงของตลาดสินค้าเกษตร • พัฒนาระบบคาดการณ์และเตือนภัยการระบาดของแมลงและศัตรูพืช
1.2 การสร้างความพร้อมในการรับมือและปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	• ประเมินและคาดการณ์ผลกระทบต่อวิถีในการทำการเกษตรพืชเศรษฐกิจ ประมง และปศุสัตว์ที่สำคัญ รวมถึงผลกระทบที่เชื่อมโยงกับระบบการค้าและอุตสาหกรรมแปรรูปสินค้าเกษตรดังกล่าว • พัฒนางานวิจัยเกี่ยวกับความเชื่อมโยงระหว่างเกษตรและการจัดการน้ำ เชื่อมโยงกับแนวทางการปรับตัวด้านการจัดการน้ำในภาคการเกษตร • พัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านการชลประทานให้ครอบคลุมพื้นที่ที่มีศักยภาพทางการเกษตรสูง สนับสนุนเกษตรกรรายย่อยนอกเขตชลประทานให้สามารถดำเนินการตามแนวทางเกษตรทฤษฎีใหม่ สนับสนุนการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดเล็ก และการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำในภาคการเกษตร • เร่งฟื้นฟูและปรับปรุงคุณภาพดินที่เสื่อมโทรม โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีศักยภาพทางการเกษตรเพื่อส่งเสริมการเพิ่มผลผลิตต่อหน่วยเสริมสร้างความมั่นคงทางอาหาร และเพื่อให้สามารถนำพื้นที่มาใช้ประโยชน์และสร้างรายได้ที่มั่นคงแก่เกษตรกรได้ • พัฒนาการใช้เทคโนโลยีการทำเกษตรกรรมแบบแม่นยำสูง (precision farming) ผสมผสานกับภูมิปัญญาท้องถิ่น เพื่อการจัดการทรัพยากรในภาคการเกษตรอย่างมีประสิทธิภาพและลดความแปรปรวนของกิจกรรมทางการเกษตรต่อปัจจัยทางภูมิอากาศ • สร้างความตระหนักรู้ให้ชุมชนเกษตรมีความเข้าใจถึงผลกระทบ ความเสี่ยง และโอกาสในอนาคตจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พัฒนารูานความรู้และต่อยอดภูมิปัญญาท้องถิ่นที่เกี่ยวข้องกับทางเลือกในการปรับตัวด้านการเกษตร

แนวทาง	สรุปมาตรการ
	● พัฒนาความรู้ของผู้นำชุมชนต่อประเด็นผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ รวมถึงสร้างเครือข่ายความร่วมมือในการประเมิน ถ่ายทอดข้อมูล และเชื่อมโยงองค์ความรู้เชิงวิชาการสู่บริบทของชุมชน โดยให้ชุมชนเป็นแกนกลางในการถ่ายทอดองค์ความรู้ ● จัดทำระบบฐานข้อมูลสนับสนุนให้สามารถเข้าถึงได้ง่าย ทั้งในส่วนของข้อมูลทางกายภาพ และข้อมูลภาพรวม และจัดทำต้นแบบธุรกิจ (business model) เพื่อศึกษาและวางแผนการพัฒนาสินค้าเกษตรอย่างเป็นระบบเชื่อมโยงตั้งแต่ต้นน้ำถึงปลายน้ำและเป็นทางเลือกในการสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกร ● สนับสนุนการรวมกลุ่มเครือข่ายในการผลิตและจำหน่ายสินค้าเกษตรและผลิตภัณฑ์แปรรูปจากการเกษตร พัฒนาตราสินค้าและบรรจุภัณฑ์เพื่อยกระดับราคา ส่งเสริมการใช้เครื่องจักรกลและเทคโนโลยีแทนแรงงานเกษตร ● ประชาสัมพันธ์ให้กับผู้บริโภคเห็นถึงความแตกต่างของผลกระทบต่อสุขภาพระหว่างสินค้าเกษตรที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมกับสินค้าเกษตรทั่วไป และขยายตลาดสินค้าทั้งในและต่างประเทศ ● สร้างกลไกสนับสนุนเงินทุนและทรัพยากรที่จำเป็นในการปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในรูปแบบต่าง ๆ โดยมุ่งเน้นการสนับสนุนเกษตรกรรายย่อย
1.3 การรักษาความมั่นคงทางอาหาร	● วิเคราะห์และคาดการณ์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อระบบการผลิตในภาคการเกษตร และประเมินผลกระทบต่อความอยู่รอดของการทำการเกษตรในพื้นที่ต่าง ๆ ของประเทศ ● คัดกรองพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการทำเกษตรและมีการลงทุนด้านโครงสร้างพื้นฐานเพื่อสนับสนุนการทำการเกษตรไว้แล้ว รวมถึงกำหนดและจัดสรรเขตการพัฒนาพื้นที่ (zoning) สำหรับปลูกพืชอาหารและพืชพลังงาน โดยกระบวนการมีส่วนร่วมจากทุกระดับ ● พัฒนางานศึกษาวิจัยและองค์ความรู้ด้านเทคโนโลยีชีวภาพ รวมถึงสนับสนุนการพัฒนาศูนย์พันธุ์กรรม เพื่อประโยชน์ด้านการปรับปรุงพันธุ์พืชและสัตว์ที่ทนต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยทางภูมิอากาศ โดยมุ่งเน้นให้เกิดความหลากหลายทางชนิดพันธุ์สำหรับผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญของประเทศ ● ประเมินนัยยะของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อความมั่นคงทางอาหาร ทั้งในระดับประเทศ และระดับท้องถิ่น ● ประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่อาจจะเป็นภัยคุกคามต่อการดำรงชีวิตและภาวะทางโภชนาการของกลุ่มประชากรที่เปราะบางและกลุ่มผู้รายได้น้อย ● ส่งเสริมการทำประมงที่คำนึงถึงความสมดุลของทรัพยากร สัตว์น้ำ และระบบนิเวศ ● สนับสนุนเกษตรกรรายย่อยในการจัดการตามแนวเกษตรทฤษฎีใหม่ ควบคู่ไปกับการเกษตรที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและปลอดภัย เพื่อให้สามารถรักษาความมั่นคงทางอาหารในระดับครัวเรือนและชุมชนได้อย่างยั่งยืน ลดความเปราะบางต่อปัจจัยเสี่ยงจากภูมิอากาศและความผันผวนของตลาด

แนวทาง	สรุปมาตรการ
2. การลดก๊าซเรือนกระจกและส่งเสริมการเติบโตที่ปล่อยคาร์บอนต่ำ	
2.1 การจัดการด้านการเกษตรที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำและก่อให้เกิดผลประโยชน์ร่วม	• สนับสนุนการปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร ลดการใช้ทรัพยากรในการผลิต เพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ • ลดการเผาในกระบวนการผลิตสินค้าเกษตร • ส่งเสริมให้เกษตรกรสามารถใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพในฟาร์มปศุสัตว์ รวมถึงพัฒนาเทคนิคการจัดการเพื่อลดก๊าซเรือนกระจกจากภาคปศุสัตว์ เช่น การจัดการด้านโภชนาการของสัตว์ ฯลฯ • พัฒนาเทคนิคการจัดการด้านการเกษตรที่ช่วยลดก๊าซเรือนกระจกในการผลิตข้าวอย่างมีประสิทธิภาพและมีต้นทุนที่เหมาะสม • ส่งเสริมให้เกษตรกรทำการเกษตรด้วยระบบเกษตรกรรมยั่งยืน สนับสนุนแนวทางและมาตรการทางการเกษตรที่ดี (Good Agricultural Practice: GAP) รวมถึงการผลิตปศุสัตว์และประมงที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม • สร้างแรงจูงใจให้เกษตรกรรายกลางและรายย่อยปรับเปลี่ยนวิธีการผลิตให้ได้มาตรฐาน GAP หรือ มาตรฐานอื่น ๆ โดยใช้มาตรการทางการเงินหรือการคลัง และมาตรการด้านโครงสร้างพื้นฐานสนับสนุน เช่น สินเชื่อ ภาษี เทคโนโลยี และแหล่งน้ำ ฯลฯ • พัฒนางานวิจัยและจัดทำพื้นที่ต้นแบบเพื่อสาธิตการพัฒนาการเกษตรที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมแก่เกษตรกร อาทิ การพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืช การเพิ่มผลผลิตต่อไร่ การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ที่ดินและน้ำ การเก็บเกี่ยวและการจัดการภายหลังการเก็บเกี่ยว การจัดการวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร การแปรรูปผลผลิต และการจัดการด้านการตลาด เป็นต้น
2.2 การสร้างความพร้อมและพัฒนาศักยภาพของเกษตรกร	• เผยแพร่องค์ความรู้และพัฒนาศักยภาพเกษตรกรให้มีความพร้อมในการรองรับเทคโนโลยีและการจัดการเพื่อลดก๊าซเรือนกระจก เช่น การจัดการน้ำในนาข้าว การเลือกใช้ปุ๋ย การจัดการธาตุอาหารเฉพาะที่เพื่อลดปริมาณการใช้ปุ๋ย การปลูกพืชคลุมดิน ฯลฯ • ส่งเสริมการศึกษาวิจัยด้านการลดก๊าซเรือนกระจกในภาคการเกษตร • ส่งเสริมการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาข้อมูลและฐานข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตร • สนับสนุนเกษตรกรต้นน้ำด้านการเข้าถึงแหล่งทุนและปัจจัยการผลิต รวมถึงการเสริมสร้างองค์ความรู้และขีดความสามารถในการดำเนินการอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

ที่มา: สรุปจากสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2558

3.2 รายงานการศึกษาและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการลดผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ประเทศไทยมีความเปราะบางและมีโอกาสที่จะได้รับผลกระทบสูงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ดังนั้น การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะสามารถช่วยลดความเสี่ยง และเพิ่มความยืดหยุ่นในการรับมือกับผลกระทบ (Resilience) จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต ที่ผ่านมามีงานวิจัยที่ศึกษาถึงตัวอย่างการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคเกษตร เช่น Attavanich and Pengthamkeerati 2018; Thampanishvong, Akram and Sirison, 2021; Thampanishvong, Paopongsakorn and Adikari, 2018) ซึ่งกรณีการ ธรรมพานิชวงศ์และคณะ (2564) ได้สรุปวิธีที่มีศักยภาพไว้ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคเกษตร

ลำดับ	วิธีการ	ผล
1	การปลูกข้าวแบบเปียกสลับแห้ง (Alternate Wetting and Drying: AWD) สำหรับข้าวนาปรังในพื้นที่ชลประทาน	- ช่วยลดการใช้น้ำในฤดูแล้ง - ช่วยลดต้นทุนการผลิตให้กับเกษตรกรได้ประมาณ 1,000 บาทต่อไร่ - ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการผลิตข้าวทั้งหมดประมาณ 2.32 – 6.33% ในปี พ.ศ. 2573 เมื่อเทียบกับกรณีปกติ (business-as-usual: BAU)
2	การลดการเผาเศษวัสดุทางการเกษตรในพื้นที่เพาะปลูกข้าวอ้อย และมันสำปะหลัง	- วิธีการนี้จะทำให้ต้นทุนการจัดการแปลงของเกษตรกรเพิ่มขึ้น แต่สามารถลดปัญหามลพิษทางอากาศจากฝุ่น PM2.5 (สารก่อมะเร็งกลุ่ม 1) ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพเป็นวงกว้างในทุกภูมิภาคของประเทศ (ยกเว้นภาคใต้) - วิธีการนี้ยังช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้สูงถึง 22.22 – 66.47% ในปี พ.ศ. 2573 เทียบกับ BAU
3	วิธีการใส่ปุ๋ยที่เหมาะสมตามค่าวิเคราะห์ดินและความต้องการของพืช (SSNM)	- ลดต้นทุนจากการใช้ปุ๋ยได้ (1) ข้าวประมาณ 215 – 253 บาทต่อไร่ (2) อ้อยโรงงานประมาณ 134 – 154 บาทต่อตัน (3) มันสำปะหลังประมาณ 20 – 36 บาทต่อตัน (4) ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 59 – 334 บาทต่อตัน และ (5) ยางพารา 563 – 1,037 บาทต่อตัน - สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในข้าวได้ถึง 5.64 – 13.59% ในปี พ.ศ. 2573 เทียบกับ BAU
4	วิธีการปรับปรุงอาหารสัตว์และจัดการมูลสัตว์	- การปรับปรุงอาหารสัตว์ช่วยลดต้นทุนการผลิตโคเนื้อและกระบือได้ประมาณ 3.59% และ 3.17% ตามลำดับ ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 1.28% ในปี พ.ศ. 2573 เทียบกับ BAU - วิธีการจัดการมูลสุกรเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ (Biogas) สามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 5.78% และ 9.88% ตามลำดับ ในปี พ.ศ. 2573 เทียบกับ BAU และสามารถลดมลพิษทางกลิ่นและการปนเปื้อนของยาปฏิชีวนะในแหล่งน้ำได้อีกด้วย
5	การทำเกษตรทฤษฎีใหม่	- ช่วยให้รายได้สุทธิของเกษตรกรเพิ่มขึ้น 33,808 บาท/ครัวเรือน - ช่วยลดโอกาสในการได้รายได้สุทธิเป็นศูนย์หรือติดลบ - ช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายด้านอาหารของครัวเรือนเกษตรกร (Thampanishvong, Akram and Sirison, 2021)

ที่มา: สรุปและดัดแปลงจาก กรรณิการ์ ธรรมพานิชวงศ์และคณะ (2564)

จากการศึกษาพบว่า การกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินสามารถทำได้โดยการลดการไถพรวน รวมถึงทิ้งเศษซากพืชต่าง ๆ ไว้คลุมดิน ซึ่งนอกจากจะช่วยปกป้องหน้าดินแล้วยังช่วยเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดินและการสร้างดินขึ้นใหม่ (Soil Association, 2009 และอัล กอร์, 2552 อ้างถึงใน พุทธิธนา นันทะวรการ และจตุพร เทียรมา, 2553) นอกจากนี้ การจัดการในแปลงเกษตรจะช่วยลดการปล่อยและเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนได้ เช่น (1) การฟื้นฟูพืชพรรณตามธรรมชาติและป่าหัวไร่ปลายนา (2) การจัดการระบบเกษตรกรรมยั่งยืนเพื่อเพิ่มปริมาณคาร์บอน

สะสมในพื้นที่เพาะปลูก โดยการเพิ่มผลผลิตจากการจัดน้ำ การใช้พันธุ์พืชที่เหมาะสม และการปลูกพืชตระกูลถั่ว ลดการรวนดินโดยไม่ไถหรือลดการไถพรวนและใช้วัสดุคลุมดิน และระบบวนเกษตร เป็นต้น (3) จัดการมูลสัตว์ โดยนำไปผลิตก๊าซชีวภาพ การดูแลไม่ให้เกิดไฟไหม้ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ (4) การจัดการนาข้าวโดยปรับปรุงระบบ จัดการน้ำไม่ปล่อยน้ำขังตลอดเวลา (5) ลดการใช้ปุ๋ยเคมีสังเคราะห์รวมถึงปรับปรุงประสิทธิภาพในการใช้ปุ๋ย เพื่อช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกสู่บรรยากาศ (Jessica Bellarby et al, 2008 อ้างถึงใน พุทธิณานันท์วรการ และจตุพร เทียรมา, 2553)

สำนักงานที่ปรึกษาการเกษตรต่างประเทศ ประจำสหภาพยุโรป (2564) สรุปว่า ภาคเกษตรมีส่วนช่วย บรรเทาผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ 3 แนวทาง ได้แก่ (1) การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากกิจกรรมการเกษตรโดยตรง (2) การเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนในดิน และ (3) การใช้พลังงานชีวมวลหรือพลังงาน ชีวภาพแทนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล วิธีปฏิบัติต่าง ๆ เช่น การปลูกพืชคลุมดิน ปลูกพืชหมุนเวียน การลด การไถพรวนดิน การใช้ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอกในฟาร์มก๊าซชีวภาพที่ผลิต จากมูลสัตว์หรือน้ำเสียภายในฟาร์ม ระบบ วนเกษตร (agroforestry) ฯลฯ นอกจากจะช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตรแล้ว ยังเป็นการเพิ่ม การสะสมคาร์บอนในดิน ประสิทธิภาพการผลิต และรายได้ของเกษตรกร

การกักเก็บคาร์บอนในดินเป็นมาตรการหนึ่งในการลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ นอกจาก จะเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนขนาดใหญ่แล้ว คาร์บอนที่ถูกกักเก็บไว้ในดินมีส่วนช่วยในการทำให้เกิดเม็ดเงินที่เสถียร มีการระบายอากาศดีขึ้น และมีการอุ้มน้ำดีขึ้น ส่งผลต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินและธาตุอาหารพืช โดยแนวทาง ในการกักเก็บคาร์บอนในดินสามารถมีหลายวิธี เช่น ลดการไถพรวนในการเตรียมพื้นที่ปลูกพืช ใส่วัสดุอินทรีย์ เช่น ฟางข้าว เศษใบไม้ต่าง ลงไปในดิน ไม่เผาเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร การใช้ปุ๋ยและการจัดการธาตุอาหารพืชที่ เหมาะสม เช่น ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ การใช้ถ่านชีวภาพ (Biochar) การปลูกพืชหมุนเวียน โดยใช้พืชตระกูลถั่ว (ดารากร อัครชาติศรี และคณะ, 2565)

ศิริพร วิริยะตั้งสกุล (ม.ป.ป.) กล่าวว่า ทางเลือกในลดก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตรที่คุ้มค่าที่สุด คือ การจัดการพื้นที่เพาะปลูกและการฟนฟูดินอินทรีย์ (เพิ่มการกักเก็บคาร์บอนในดิน) ทำได้โดย

การปรับวิธีการจัดการที่ดินและการปลูกพืช: (1) การใส่ปุ๋ยพืชด้วยปริมาณไนโตรเจนที่เหมาะสม ชนิดของปุ๋ย เวลาที่แม่นยำในช่วงเพาะปลูก การใช้ไนโตรเจนมากเกินไปอาจนำไปสู่การปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ ที่สูงขึ้นโดยไม่เพิ่มการผลิตพืชผล (2) การระบายน้ำจากนาข้าวในพื้นที่ขม้น้ำในช่วงฤดูปลูกเพื่อลดการปล่อยก๊าซ มีเทน (3) การปฏิบัติที่ให้คาร์บอนสูง เช่น การปรับปรุงพันธุ์พืช การหมุนเวียนพืช การใช้พืชคลุมดิน ระบบ การปลูกพืชยืนต้น เทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตร (4) การลดการไถพรวน และการสะสมของเศษวัสดุทาง การเกษตร และ (5) การปลูกพืชตรึงไนโตรเจน

การจัดการของเสีย (มูลสัตว์): (1) การจัดการมูลสัตว์ เพื่อลดการปล่อยก๊าซมีเทน และไนตรัสออกไซด์ เช่น การตากแห้งแทนการกองทิ้งไว้ (2) การจัดเก็บมูลสัตว์ในบ่อแบบไม่ใช้ออกซิเจนเพื่อเพิ่มการผลิตมีเทน ให้สูงสุด เพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล

การจัดการปศุสัตว์ : (1) การปรับปรุงคุณภาพแหล่งอาหารสัตว์ (เช่น ขาโพด ถั่วเหลือง) เพื่อเพิ่มผลผลิต สัตว์ ซึ่งสามารถลดปริมาณก๊าซมีเทนที่ปล่อยออกมาต่อหน่วยของผลิตภัณฑ์จากสัตว์ (2) การปรับปรุงพันธุ์สัตว์ (3) การปรับปรุงอาหารสัตว์ และวัตถุดิบอาหารเพื่อลดการปล่อยจากการหมักในลำไส้

ศุภกาญจน์ ล้วนมณี (2556) ได้สรุปสาระสำคัญจากการเข้าร่วมโครงการ Workshop on Developing Farming Systems for Climate Change Mitigation ที่สามารถนำมาปรับใช้ในการผลิตทางการเกษตรของประเทศไทย เพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยแบ่งออกเป็น 5 ประเด็นหลัก ดังนี้

ปรับปรุงพันธุ์พืช: วิจัยและพัฒนาเพื่อปรับปรุงพันธุ์พืชที่มีประสิทธิภาพสูงในการใช้น้ำและธาตุอาหาร เพื่อให้ได้พันธุ์พืชที่สามารถเจริญเติบโตและสร้างผลผลิตได้ดีแม้ในสภาพที่มีน้ำน้อยและไม่จำเป็นต้องใช้ธาตุอาหารในปริมาณมาก การพัฒนาพันธุ์ข้าวไร่ซึ่งใช้น้ำน้อยและปลูกในสภาพไร่ได้อย่างมีประสิทธิภาพการปรับปรุงพันธุ์ทนทานความร้อน เพื่อให้ได้พันธุ์พืชที่มีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ดีในสภาพที่มีอุณหภูมิสูง การปรับปรุงพันธุ์ทนทานภาวะแล้ง ซึ่งลักษณะของพันธุ์ที่ทนทานแล้งคือมีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงหรือมีการใช้น้ำน้อย และปรับปรุงพันธุ์พืชให้มีอายุสั้นแต่ให้ผลผลิตสูง

ปรับปรุงระบบปลูกพืช: การปลูกพืชแซม (Intercropping) หรือ การปลูกพืชหมุนเวียน (Crop rotation) แทนที่การปลูกพืชเดี่ยว (Monocropping) การเกษตรแบบผสมผสาน การทำการเกษตรแบบยั่งยืน (Sustainable agriculture) และการเกษตรแบบพอเพียง (Self-sufficient agriculture) โดยไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม การปลูกข้าวแบบใช้น้ำน้อยโดยให้น้ำขังในระดับที่พอเพียงสำหรับพืชเท่านั้น (ประมาณ 5 ซม.) และขังน้ำเฉพาะช่วงเวลาที่เป็น จำเป็น โดยให้ดินมีลักษณะเปียก - สลับแห้งเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว

ปรับปรุงการจัดการดิน น้ำ และธาตุอาหารพืช: จัดการธาตุอาหารแบบผสมผสาน โดยการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ หรือปุ๋ยชีวภาพ หรือการจัดการเศษซากวัสดุอินทรีย์ แบบผสมผสาน ใช้ปุ๋ยชีวภาพมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในนาข้าว เช่น ใช้แหนแดงเป็นแหล่งของไนโตรเจนทดแทนปุ๋ยเคมี การใช้ปุ๋ยอย่างถูกวิธี ถูกอัตรา และถูกเวลา การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อลดการใช้ปุ๋ยที่มากเกินไปจนความจำเป็น ลดการไหลปนในพื้นที่ที่สามารถปฏิบัติได้ จัดการระบบชลประทานที่เพียงพอ ส่งเสริมวิธีการใช้น้ำอย่างประหยัด เช่น การใช้ระบบน้ำหยด และการลดการพังทลายของดินโดยใช้หญ้าแฝก

ปรับปรุงการจัดการเศษซากพืชในไร่นา: การไถกลบเศษซากพืชเพื่อลดการเผาเศษซากพืชของเกษตรกร หรือนำเศษ ซากพืชไปใช้ในการผลิตพลังงาน (ควรแนะนำเมื่อเกษตรกรไม่มีทางเลือกที่ดีกว่าการเผาเศษซากพืช) การใช้จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ไปใช้ในการย่อยสลายฟางข้าว และการนำเศษวัสดุอินทรีย์ในไร่นา เช่น เศษซากพืช และมูลสัตว์ มาทำเป็นปุ๋ยอินทรีย์

ปรับปรุงการจัดการระบบข้อมูลสภาพภูมิอากาศ: พัฒนาระบบอุตุนิยามวิทยาที่แม่นยำ ครอบคลุมพื้นที่ และสามารถเข้าถึงข้อมูลโดยระบบออนไลน์

กรมวิชาการเกษตร (2566) ได้แนะนำโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reduction Program: T-VER) เพื่อให้เกษตรกรและประชาชนที่สนใจเข้าร่วมโครงการเพื่อขอรับรองคาร์บอนเครดิตภาคเกษตร โดยในโครงการ T-VER ภาคเกษตร ได้กำหนดลักษณะโครงการไว้ 2 รูปแบบ คือ (1) การกักเก็บคาร์บอนและการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับการปลูกพืชไร่: **โดยการใช้ปุ๋ยอย่างถูกวิธีในพื้นที่การเกษตร** ซึ่งมีวิธีการดำเนินการ คือ ปรับปริมาณการใช้ปุ๋ย และ/หรือ สารปรับปรุงดินอย่างถูกต้อง และเหมาะสมกับความต้องการธาตุอาหารของพืช เพิ่มการใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพเพื่อลดการใช้ปุ๋ยเคมี ปรับปรุงวิธีการใส่ปุ๋ยที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ เช่น ผึ่งกลบ และใส่ปุ๋ยในเวลาที่เหมาะสม เช่น มีความชื้นในดินที่เหมาะสม (2) การกักเก็บคาร์บอนและการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับ การปลูกพืชไม้ผลไม้ยืนต้น:

โดยการเพิ่มศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอน จากการปลูก การดูแล และการบำรุง รักษาอย่างถูกวิธีในไม้ผลไม้อืน ต้นที่ปลูกใหม่ หรือไม้ผลไม้อืนต้นที่มีอยู่เดิมในพื้นที่ การปรับปริมาณการใช้ปุ๋ย และ/หรือ สารปรับปรุงดินอย่าง ถูกต้องและเหมาะสม ปลูกไม้ผลไม้อืนต้นที่มีรูปแบบการปลูกเป็นสวนเชิงเดี่ยว หรือเป็นสวนผสม ปลูกไม้ผล - ไม้ยืนต้นที่ต้องมีการบำรุงรักษาอยู่อย่างสม่ำเสมอเพื่อรักษาผลผลิตให้ได้อย่างต่อเนื่อง

นอกจากนี้ โครงการไทยไรซ์นามา (Thai Rice NAMA) ภายใต้ความร่วมมือของกระทรวงเกษตรและ สหกรณ์และองค์กรความร่วมมือระหว่างประเทศของเยอรมัน (GIZ) ประจำประเทศไทยได้ถ่ายทอดองค์ความรู้ การเพาะปลูกข้าวที่ไม่ให้น้ำขัง โดยปรับเปลี่ยนกระบวนการเพาะปลูกข้าวด้วย 4 เทคโนโลยี คือ (1) เทคโนโลยี ระบบเลเซอร์ปรับระดับพื้นที่นา ปรับหน้าดินให้เรียบเสมอกันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการปลูกข้าว (2) เทคโนโลยี การปลูกข้าวแบบเปียกสลับแห้ง ซึ่งเป็นการจัดการน้ำในพื้นที่ปลูกข้าวโดยไม่ให้น้ำขังอยู่ในพื้นที่นาตลอดเวลา เพื่อช่วยลดการเกิดและปล่อยก๊าซมีเทน รวมถึงลดการใช้น้ำในการเพาะปลูก สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต และช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ร้อยละ 30 เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเพาะปลูกข้าวตามปกติ (3) เทคโนโลยีการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน เป็นการจัดการธาตุอาหารในนาข้าวโดยการเลือกชนิดปุ๋ยที่เหมาะสม ใส่ปุ๋ยปริมาณเพียงพอและเหมาะสมกับระยะการเจริญเติบโตของข้าว ช่วยลดก๊าซไนตรัสออกไซด์จากดิน และ (4) เทคโนโลยีการจัดการฟางและตอซังโดยไม่ใช้วิธีการเผา เช่น การแปรสภาพฟางข้าวและตอซังข้าวโดยใช้น้ำหมัก แทนการเผา การไถกลบฟาง/ตอซังข้าวลงในนา และย้ายฟางข้าวออกจากนาไปเป็นอาหารสัตว์ ใช้เป็นวัสดุ เพาะเห็ด หรือผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ (Praorngpit Katchwattana, 2023 และพรรณทิภา นิลโสภณ, 2566)

ณฤทธิ์ ไทยบุรี (2565) สรุปว่าโมเดลการปรับตัวของเกษตรกรสวนยางพาราที่สามารถปฏิบัติได้เหมาะสม พบว่ารูปแบบที่เกษตรกรสามารถทำได้แบ่งเป็น 4 กลุ่ม ปรับทัศนคติ เกิดการรับรู้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เปลี่ยนรูปแบบการทำสวนยางเป็นแบบผสมผสาน และนำเทคโนโลยีมาใช้ในการผลิตยางพาราเพื่อลดความเสี่ยงที่ จะเกิดขึ้น นอกจากนี้จากการศึกษาของ อัครมน ลิ้มสกุล และคณะ (ม.ป.ป.) เกษตรกรสวนยางพาราในจังหวัด หนองคายมีความตระหนักถึงผลกระทบของสภาพภูมิอากาศต่อผลผลิตยางพาราและมีการปรับตัวเพื่อลด ผลกระทบด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น บำรุงต้นยาง ลดการใช้น้ำเคมี ทำเกษตรผสมผสาน และหาอาชีพเสริม ฯลฯ

ผลการศึกษาจากแหล่งต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้นสามารถ สรุปตัวอย่าง เทคโนโลยีและแนวทางการจัดการ เพื่อลดก๊าซเรือนกระจก รวมถึงการปรับตัวเพื่อรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 สรุปตัวอย่าง เทคโนโลยีและแนวทางการจัดการเพื่อลดก๊าซเรือนกระจก รวมถึงการปรับตัวเพื่อรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

กิจกรรมทาง การเกษตร	ตัวอย่าง เทคโนโลยีและแนวทางการจัดการเพื่อลดก๊าซเรือนกระจก
การปลูกพืช	
ข้าว (Rice Cultivation)	• เทคโนโลยีระบบเลเซอร์ปรับระดับพื้นที่นา • เทคโนโลยีการปลูกข้าวแบบเปียกสลับแห้ง • เทคโนโลยีการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน • เทคโนโลยีการจัดการฟางและตอซังโดยไม่ใช้วิธีการเผา

กิจกรรมทาง การเกษตร	ตัวอย่าง เทคโนโลยีและแนวทางการจัดการเพื่อลดก๊าซเรือนกระจก
พืชไร่ / พืชสวน / ไม้ยืนต้น ฯลฯ	● การปรับปรุงพันธุ์ข้าว ● การจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสาน ● การจัดการเศษซากพืชในนา การจัดการดิน ● ลดการรบกวนดินโดยไม่ไถ หรือ ลดการไถพรวน ลดการสูญเสียของคาร์บอนอินทรีย์ ● การไถพรวนเชิงอนุรักษ์ ● การใช้พืช หรือวัสดุคลุมดิน ● ปรับปรุงดินโดยใช้ปุ๋ยปรับปรุงดินกรด เพิ่มอินทรีย์วัตถุในดินเนื้อหยาบ ดินแน่นทึบ การจัดการปุ๋ย ● การใช้ปุ๋ย และสารปรับปรุงดินอย่างถูกวิธี และเหมาะสมกับสภาพดิน ● การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ● เพิ่มการใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพเพื่อลดการใช้ปุ๋ยเคมี ● การใช้ปุ๋ยที่มีธาตุไนโตรเจนอย่างเหมาะสม ทั้งชนิดของปุ๋ย ปริมาณ และเวลา ● การใช้ปุ๋ยแบบผสมผสานในปริมาณที่เหมาะสม (ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยชีวภาพ และปุ๋ยพืชสด ฯลฯ) การจัดการพันธุ์พืช ● การปรับปรุงพันธุ์พืช ● การใช้พันธุ์พืชที่เหมาะสม ● การใช้พันธุ์ท้องถิ่นที่แข็งแรง ● การฟื้นฟูพืชพรรณตามธรรมชาติและป่าหัวไร่ปลายนา การจัดการระบบการปลูก ● ระบบเกษตรทฤษฎีใหม่ ● ระบบวนเกษตร ● การปลูกพืชหมุนเวียน ● การปลูกพืชยืนต้น ● การปลูกพืชแซม/พืชร่วม ● การปลูกพืชตรึงไนโตรเจน พืชตระกูลถั่ว ● การปลูกพืชล่อ/เลี้ยง แมลงที่เป็นประโยชน์ ไล่แมลงที่เป็นโทษ การจัดการศัตรูพืช ● การใช้เทคโนโลยีชีวภาพทดแทนสารเคมี ● การควบคุมศัตรูพืชตามหลักการควบคุมโดยธรรมชาติ ● การจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสาน

กิจกรรมทาง การเกษตร	ตัวอย่าง เทคโนโลยีและแนวทางการจัดการเพื่อลดก๊าซเรือนกระจก
	การจัดการเศษวัสดุการเกษตรในพื้นที่เกษตร ● การลด หรือ ไม่ใช้วิธีการเผา เพื่อลดการปล่อยก๊าซและการสูญหายธาตุอาหาร ● การไถกลบเศษซากพืช ● การใช้พลังงานทดแทน ● การใช้เป็นอาหารสัตว์ ● การใช้เป็นปุ๋ยหมัก ปุ๋ยชีวภาพ ● การใช้เป็นวัสดุคลุมดิน ● การแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จากวัสดุเกษตร
การเลี้ยงสัตว์	
การสุกขบาลสัตว์	● การปรับปรุงพันธุ์สัตว์ ● การใช้สัตว์พันธุ์ดี เหมาะสมกับสภาพอากาศ และมีประสิทธิภาพการใช้อาหารหรืออัตราแลกเนื้อดี ● การออกแบบอาคารโรงเรือนที่มีการระบายอากาศที่ดี มีระบบการจัดการมูลสัตว์และน้ำเสีย ที่ถูกต้องไม่เกิดการสะสมของเชื้อโรค และการหมักที่ก่อให้เกิดก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์ ● มีการปลูกต้นไม้ภายในแปลงเกษตร หรือโดยรอบโรงเรือน เพื่อให้ร่มเงาและลดอุณหภูมิ ลดความเครียด สัตว์สุขภาพดี มีการกินอาหารและย่อยอาหารได้ดี ● การปรับปรุงคุณภาพแหล่งอาหารสัตว์ อาหาร วัตถุดิบอาหาร เพื่อเพิ่มผลผลิตสัตว์ และลดการปล่อยมีเทนจากการหมักของระบบย่อยอาหารของสัตว์ (Enteric Fermentation) ● การดูแลไม่ให้เกิดไฟไหม้ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์
การจัดการมูลสัตว์	การลดการปล่อยมีเทนและไนตรัสออกไซด์โดยการจัดการมูลสัตว์จัดการมูลสัตว์โดย ● การหมักแบบแอโรบิก เช่น การตากแห้งแทนการกองทิ้งไว้ หรือการปล่อยให้มูลสัตว์ กองทับถมเวลานาน ● การปรับปรุงวิธีการให้อาหารสัตว์ ● การปรับปรุงวิธีการใส่มูลสัตว์ในดิน ● การผลิตก๊าซชีวภาพและนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง เปนพลังงานทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล

สำหรับข้อเสนอเชิงนโยบาย พบว่า กรรณิการ์ ธรรมพานิชวงศ์ (2562) ได้เสนอผลการศึกษาและวิเคราะห์กระบวนการทำเกษตรยั่งยืน ภายใต้โครงการ “มาตรการเพื่อสนับสนุนการลดก๊าซเรือนกระจกและส่งเสริมการผลิตและการบริโภคที่ยั่งยืนในภาคเกษตร” พร้อมทั้งมีข้อเสนอเชิงนโยบายที่สนับสนุนการลดก๊าซเรือนกระจกและการผลิตและการบริโภคที่ยั่งยืนในภาคเกษตร เช่น การทำเกษตรกรรมยั่งยืน การกำหนดเขตอนุรักษ์ดิน การถ่ายทอดความรู้การใช้ประโยชน์จากเศษวัสดุเหลือใช้ ฯลฯ ดังสรุปในภาพที่ 3.1.



ภาพที่ 3.1 กระบวนการทำเกษตรยั่งยืนและข้อเสนอแนะมาตรการสนับสนุนการผลิตที่ยั่งยืน
ที่มา: กรรณิการ์ ธรรมพานิชวงศ์, 2562

นอกจากนี้ กฤษดา บุญชัย (2021) ได้ประมวลข้อเสนอเกี่ยวกับการสนับสนุนพัฒนาศักยภาพเกษตรกรเพื่อเปลี่ยนผ่านสู่วิถีนิเวศเกษตรที่เข้มแข็งต่อสภาวะการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ดี ในประเด็นสำคัญสรุปได้ดังนี้

- พัฒนาเกษตรกรรมยั่งยืน เช่น เกษตรอินทรีย์ วนเกษตร ฯลฯ ซึ่งเป็นระบบการเกษตรที่เน้นความสมดุลนิเวศ สร้างความหลากหลายทางชีวภาพ และความมั่นคงและความปลอดภัยทางอาหาร ดิน น้ำ และอาหารไม่ปนเปื้อนหรือมีการตกค้างของสารเคมีทางการเกษตร ซึ่งจะช่วยทำให้เกิดการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก นอกจากนั้น เกษตรกรรมยั่งยืนยังช่วยเพิ่มธาตุอาหารและให้ดินอุดมสมบูรณ์ เอื้อให้เกิดสภาพอากาศและสิ่งแวดล้อมที่ดีขึ้น **กรณี ระบบเกษตรอินทรีย์** เป็นระบบที่เน้นสร้างอินทรีย์วัตถุในดิน โดยตรึงคาร์บอนในอากาศมาสู่อินทรีย์สารในดิน ไม่ใช้ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ลดการปล่อยก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ไม่เผาชีวมวลทำให้ลด

การปล่อยก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ได้ และการไม่ใช้ปุ๋ยไนโตรเจนจะช่วยลดก๊าซเรือนกระจกจากพลังงานฟอสซิลที่ใช้ผลิตปุ๋ย สำหรับการเลี้ยงสัตว์ในระบบอินทรีย์จะทำให้ไม่เกิดมูลสัตว์ส่วนเกินที่ปล่อยก๊าซมีเทน ไนโตรเจนไดออกไซด์ และคาร์บอนไดออกไซด์ การที่ระบบเกษตรอินทรีย์ช่วยเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดิน ทำให้สามารถดูดซับน้ำได้มากขึ้น ช่วยป้องกันการชะล้างหน้าดิน และทนทานต่อความแห้งแล้ง นอกจากนี้ การสร้างระบบเกษตรอินทรีย์ที่มีความหลากหลายทางชีวภาพ จะช่วยให้ภูมิคุ้มกันต่อการระบาดของโรค และอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่ ทั้งนี้ สถาบัน Rodale ได้เก็บข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างเกษตรอินทรีย์กับเกษตรเคมีเป็นเวลา 27 ปี พบว่าพื้นที่เกษตรอินทรีย์มีปริมาณคาร์บอนในดินสูงขึ้นเกือบร้อยละ 30 สามารถเก็บกักน้ำได้ดีทำให้พืชทนทานต่อความแล้งและโรคพืช เกษตรอินทรีย์สามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ถึงร้อยละ 40 ของปริมาณการปลดปล่อยทั่วโลก (GRAIN,2021 อ้างถึงใน กฤษฎา บุญชัย, 2021)

- ส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ของเกษตรกร โดยพัฒนาภูมิปัญญาท้องถิ่นผสมผสานความรู้สมัยใหม่ เพื่อพัฒนาระบบนิเวศเกษตร พันธุกรรมพื้นบ้าน ระบบการผลิตที่หลากหลาย การจัดการดินที่ทำให้ดินมีความสมบูรณ์ด้วยอินทรีย์วัตถุ การจัดการแหล่งน้ำให้เพียงพอ การคัดเลือกพันธุ์พืชพันธุ์สัตว์ที่เหมาะสม การสร้างความหลากหลายในแปลงเกษตรและการใช้ประโยชน์จากพื้นที่หัวไร่ปลายนาสำหรับการปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตและระบบการผลิตมีความยืดหยุ่นภายใต้สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

- สร้างระบบการจัดการทรัพยากรธรรมชาติของชุมชนที่มั่นคงยั่งยืน โดยส่งเสริมให้ชุมชนมีจัดการน้ำ ป่า และความหลากหลายทางชีวภาพ เช่น การฟื้นฟูป่าบริเวณทุ่งหญ้า การฟื้นฟูบริเวณชายฝั่งแม่น้ำ และการปลูกพืชตามแนวพุ่มไม้ รวมถึงการปลูกไม้ยืนต้น ที่เอื้อให้เกิดประโยชน์หลายด้าน เช่น เป็นที่พักพิงอาศัยของสัตว์ป่า ดึงดูดแมลงช่วยในการผสมเกสรและช่วยควบคุมศัตรูพืชในแปลงการผลิต กักเก็บคาร์บอนไว้ในมวลชีวภาพ และช่วยป้องกันการชะล้างพังทลายของหน้าดินและช่วยอนุรักษ์น้ำ เป็นต้น

- ส่งเสริมเกษตรกรให้มีส่วนร่วมในการรวบรวม คัดสรร วิจัยและพัฒนาพันธุ์พืชพื้นบ้านที่เหมาะสมต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และจัดตั้งธนาคารพันธุกรรมที่รวบรวมพันธุ์พืชพื้นบ้าน เพื่อให้เกษตรกรมีพันธุ์พืชที่หลากหลาย และเหมาะสมต่อการปรับตัวการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และสามารถเพิ่มผลผลิตได้โดยไม่พึ่งพาปุ๋ยเคมีและสารเคมีกำจัดศัตรูพืช

- พัฒนาพลังงานหมุนเวียนในการจัดการระบบการเกษตร ทั้งพลังงานจากชีวภาพ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม และอื่น ๆ เพื่อใช้เครื่องจักร อุปกรณ์การผลิต ซึ่งจะเป็นการช่วยลดการใช้พลังงานจากฟอสซิลที่เป็นสาเหตุก๊าซเรือนกระจก และประหยัดค่าใช้จ่ายให้กับเกษตรกร

- สนับสนุนตลาดเกษตรกรท้องถิ่น เพื่อทำให้ระยะทางการขนส่งอาหารนั้นสั้นลง ประหยัดและอนุรักษ์ทรัพยากรการขนส่ง

- พัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านคุณภาพและการเข้าถึงน้ำ และช่วยเตรียมความพร้อมให้กับชุมชนสำหรับการเกิดภัยแล้งในอนาคต โดยการฟื้นฟูอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก ติดตั้งเครื่องสูบน้ำบาดาลพลังงานแสงอาทิตย์ การสร้างแท่งเก็บน้ำ เครื่องสูบน้ำ เป็นต้น

- การกระจายข้อมูลเกี่ยวกับความรุนแรงของผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศสู่เกษตรกรอย่างทั่วถึงและเท่าทัน เช่น การเกิดภัยแล้งและน้ำท่วม เพื่อช่วยให้เกษตรกรได้เข้าใจและวางแผนปรับตัว จัดการการผลิตให้สอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงในพื้นที่

3.3 สรุปแนวทางการลดผลกระทบ และการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ภาคเกษตรแม้ว่าจะเป็นหนึ่งในแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นอันดับสองรองจากภาคพลังงาน แต่นับว่าเป็นภาคส่วนที่สำคัญยิ่งในการช่วยบรรเทาผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยมีบทบาทอย่างน้อย 2 แนวทาง คือ (1) การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการเกษตรรวมถึงการจัดการเศษวัสดุหรือชีวมวลจากภาคเกษตร (2) การเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนในดิน ซึ่งเกษตรกรต้องมีการปรับตัวทั้งการปฏิบัติทางการเกษตรเพื่อลดการปล่อยก๊าซทั้ง 2 แนวทางดังกล่าว และการปรับตัวต่อผลกระทบเชิงลบ หรือภัยคุกคามที่จะเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนั้นด้วย เพื่อให้มีความสามารถในการรับมือหรือต้านทานต่อผลกระทบ มีความยืดหยุ่นและสามารถฟื้นสภาพจากความเสียหายได้เร็วขึ้น ความสามารถในการปรับตัวดังกล่าวนี้ จะขึ้นอยู่กับระดับความเปราะบางของครัวเรือนเกษตรกร กล่าวคือ หากสภาพครัวเรือนเกษตรกรมีความมั่นคงทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม และทรัพยากรพื้นฐานสูง ก็จะมีขีดความสามารถสูงกว่ากลุ่มเปราะบาง เช่น ครัวเรือนยากจน ครัวเรือนยากจนและที่มีหนี้สินสูง รวมถึงครัวเรือนอ่อนแอมีภาวะพึ่งพิงสูงที่มีผู้สูงอายุ เด็กและคนพิการ เป็นต้น

จากการศึกษาพบว่า มีงานวิจัย ข้อเสนอแนะ แนวทางและมาตรการต่าง ๆ ในการรับมือกับสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศค่อนข้างหลากหลาย สามารถสรุปได้ 2 ประเด็นหลัก คือ (1) การลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศ หรือสนับสนุนการกักเก็บคาร์บอนในระบบนิเวศ (Mitigation) และ (2) การปรับตัวเพื่อรับมือกับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Adaptation) โดยพบว่า ทั้งสองแนวทางดังกล่าวนี้ ยังมีการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะจากภาคส่วนต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง เพื่อค้นหาวิธีการที่ดีและหลากหลายสำหรับบรรเทาความรุนแรงของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและเตรียมความพร้อมรับมือกับการเปลี่ยนแปลงที่เป็นผลกระทบเชิงลบที่เกิดขึ้น โดยในเอกสารนี้ ได้สังเคราะห์และสรุปแนวทางและตัวอย่างแนวปฏิบัติไว้ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 สรุปแนวทางและตัวอย่างแนวปฏิบัติเพื่อลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกและการปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ประเด็น		ตัวอย่าง แนวทางและแนวปฏิบัติ
Mitigation		
ลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศ หรือสนับสนุนการกักเก็บคาร์บอนในระบบนิเวศ	การกักเก็บคาร์บอน	- กักเก็บคาร์บอนในรูปชีวมวลบนดินและใต้ดินจากการปลูกพืชโดยเฉพาะไม้ยืนต้น - กักเก็บคาร์บอนในดิน โดยเพิ่มการสะสมอินทรีย์วัตถุในดิน ลดการไถเปิดหน้าดิน
	การลดการปล่อยก๊าซ GHG	- ปรับปรุงการปฏิบัติทางการเกษตรที่มีการปล่อยก๊าซ เช่น การปลูกข้าวที่ลดการขังน้ำ การใส่ปุ๋ยตามความจำเป็น ลดการไถพรวน และการสุขาภิบาลปศุสัตว์ที่ดีทั้งอาหารและการจัดการมูลสัตว์ เป็นต้น - ลด/ไม่เผาเศษวัสดุการเกษตร - ลดการปล่อยก๊าซ N₂O โดยการเพิ่มการดัดแปลงอาหารมาใช้โดยการปลูกพืชที่หลากหลาย และลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนพืชกินความจำเป็น - ลดการปล่อยก๊าซ CO₂ จากโครงสร้างของอาคารสิ่งปลูกสร้าง - เพิ่มคุณภาพของหญ้าอาหารสัตว์เพื่อลดการปล่อยมีเทนจากระบบย่อยของสัตว์ - ลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ลดการใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ในฟาร์ม เช่น เครื่องทำความร้อนหรือทำความเย็นในอาคารต่าง ๆ

ประเด็น		ตัวอย่าง แนวทางและแนวปฏิบัติ
Adaptation		
การปรับตัวเพื่อรับมือกับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	ลดหรือกำจัดภัยคุกคาม และเพิ่มความยืดหยุ่นในการรับมือกับผลกระทบเชิงลบ หรือ ใช้ประโยชน์จากผลกระทบเชิงบวก	• ปรับปรุงสภาพจุลภูมิอากาศในแปลงเกษตรเพื่อลดผลกระทบจากสภาพภูมิอากาศแบบสุดขั้วที่จะส่งผลต่อพืช และสัตว์ • สนับสนุนการสร้าง ความหลากหลายทางชีวภาพในระบบนิเวศเกษตร ทั้งพืชปลูก สัตว์เลี้ยง รวมถึงพืชและสัตว์จากธรรมชาติหรือระบบนิเวศโดยรอบ เช่น สัตว์ท้องถิ่นที่ช่วยในการผสมเกสร และแมลงที่มีประโยชน์ • สร้างระบบนิเวศเกษตรที่มีโครงสร้างและหน้าที่ที่หลากหลายเพื่อสร้างความเกื้อกูล และความมั่นคงของระบบ เช่น การปลูกพืชยืนต้น เกษตรแบบผสมผสาน ระบบวนเกษตร เกษตรทฤษฎีใหม่ ไร่นาสวนผสม การอนุรักษ์ดินและน้ำ ฯลฯ • สร้างความหลากหลายของผลผลิตในระบบนิเวศเกษตร เพื่อลดความเสี่ยงจากสภาพภูมิอากาศที่แปรปรวน และความเสี่ยงด้านการตลาด • การใช้เทคโนโลยีเกษตรแบบแม่นยำ ปรับปรุงปฏิบัติการปลูกพืชเลี้ยงสัตว์ และควบคุมปัจจัยการผลิตเพื่อลดความเสียหายจากสภาพอากาศ • การปรับปรุงพันธุ์พืชและสัตว์ให้มีความเหมาะสมกับสภาพอากาศ และภูมินิเวศ • ใช้พันธุ์พืชและสัตว์ท้องถิ่นที่มีความแข็งแรง ทนทาน เพื่อลดต้นทุนการผลิต และส่งเสริมการสร้างมูลค่าจากทรัพยากรชีวภาพ • ลดการใช้การใช้ปุ๋ยและสารเคมีสังเคราะห์ เพื่อลดต้นทุนการผลิต ลดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศที่เป็นกลไกสนับสนุนการผลิตตามธรรมชาติ • ปรับปรุงวิธีการจัดการในแปลงเกษตรกรรมให้ถูกต้องเหมาะสมตั้งแต่ การเตรียมดิน การปลูก การดูแล การเก็บเกี่ยว โดยการปฏิบัติที่ดีทางการเกษตร (GAP) เกษตรอินทรีย์ (ที่มีการจัดการปุ๋ยอินทรีย์อย่างเหมาะสม) เกษตรชีวภาพ เป็นต้น • จัดการผลพลอยได้ และเศษวัสดุเกษตรอย่างถูกต้อง โดยไม่ใช้วิธีการเผา หรือเหลือทิ้งโดยไม่มีการจัดการที่ถูกต้อง โดยนำไปหมุนเวียนใช้ประโยชน์เป็นผลิตภัณฑ์แปรรูป ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยชีวภาพ วัสดุคลุมดิน ก๊าซชีวภาพ เพื่อเป็นเชื้อเพลิง เป็นต้น

ไม่ยืนต้นกับการดูดซับและกักเก็บคาร์บอนในระบบนิเวศเกษตร

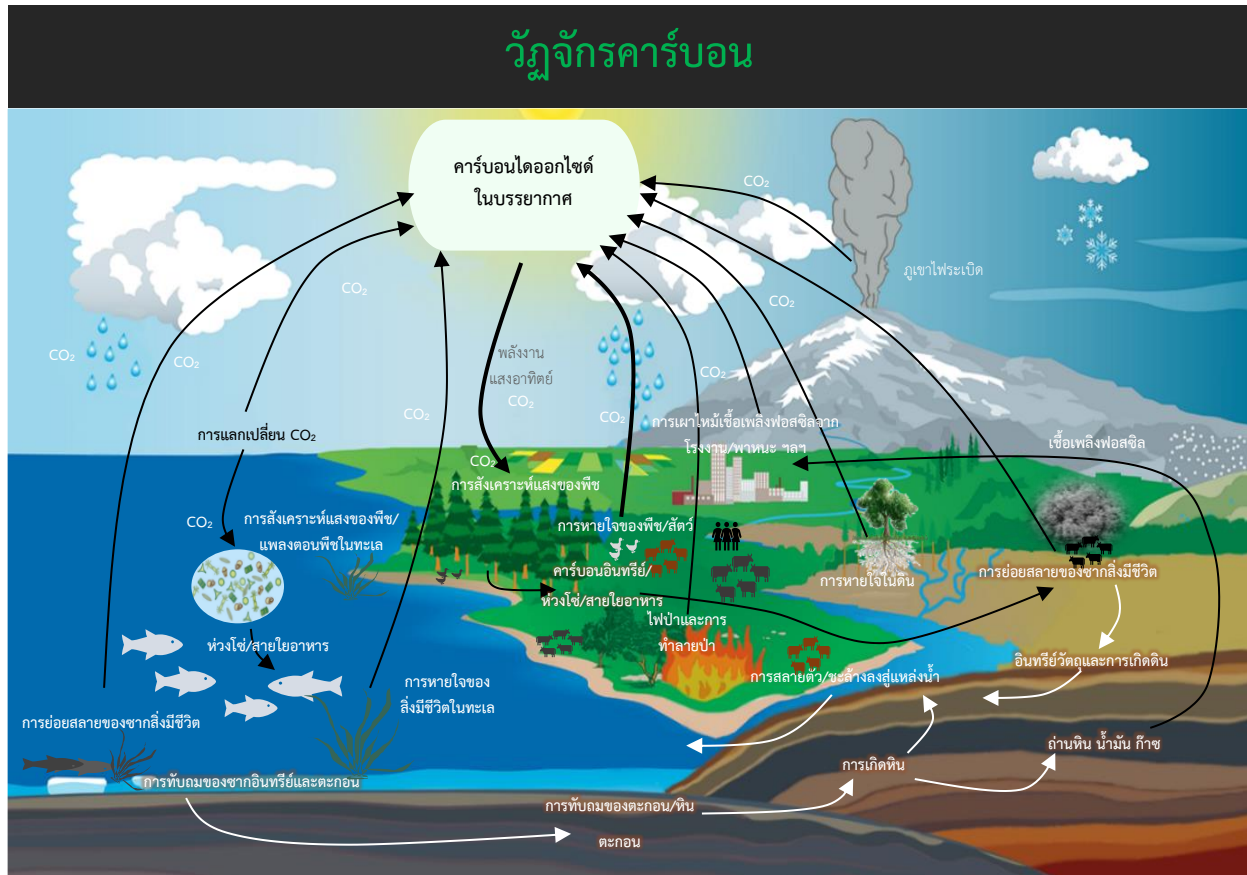
จากบทที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่า การปลูกไม้ยืนต้นและกิจกรรมที่มีไม้ยืนต้นเป็นองค์ประกอบ เช่น ระบบวนเกษตร เกษตรทฤษฎีใหม่ ฯลฯ เป็นแนวปฏิบัติหนึ่งที่สำคัญในการบรรเทาปัญหาโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศรวมถึงการปรับตัวรับมือกับผลกระทบที่จะเกิดขึ้น โดยเฉพาะบทบาทในการดูดซับกักเก็บคาร์บอน ซึ่งมีบทบาทสำคัญในฐานะที่เป็นสาเหตุของภาวะโลกร้อน และเป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิตโดยเป็นองค์ประกอบของชีวมวลซึ่งเป็นผลผลิตที่เป็นอาหาร ปัจจัยการดำรงชีพ และสินค้าจากระบบนิเวศเกษตร ดังนั้นในบทนี้จึงขอนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับวัฏจักรคาร์บอนและแหล่งดูดซับกักเก็บคาร์บอนในระบบนิเวศเพื่อสร้างความเข้าใจในกลไกของระบบนิเวศที่เป็นหลักการสำคัญในการออกแบบระบบนิเวศเกษตรให้มีความยั่งยืน โดยเฉพาะระบบวนเกษตรซึ่งจะกล่าวถึงในบทถัดไป

4.1 วัฏจักรคาร์บอน

คาร์บอน เป็นหนึ่งในธาตุองค์ประกอบสำคัญของร่างกายสิ่งมีชีวิต ทั้งพืช สัตว์ มนุษย์ และจุลินทรีย์ วัฏจักรคาร์บอน (Carbon Cycle) หมายถึง การหมุนเวียนของธาตุและสารประกอบคาร์บอน ทั้งที่อยู่ในสถานะของแข็ง ของเหลว และก๊าซ รวมถึงการเปลี่ยนถ่ายคาร์บอนระหว่างแหล่งกักเก็บต่าง ๆ ผ่านกระบวนการทางเคมีที่เกิดขึ้นจากสิ่งมีชีวิตและการเปลี่ยนแปลงของโลก วัฏจักรคาร์บอนเริ่มต้นจากพืชตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศมาใช้ในการกระบวนการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) จนได้สารประกอบอินทรีย์ที่เป็นอาหารของสิ่งมีชีวิตและถูกนำไปใช้ในการสร้างเซลล์ร่างกาย สะสมในรูปของชีวมวลในรูปแบบต่าง ๆ ยกตัวอย่างเช่น ต้นไม้ จะเก็บคาร์บอนไว้ในรูปของเนื้อไม้ ใบไม้ ดอก ผล ราก ฯลฯ โดยสารประกอบคาร์บอนในสิ่งมีชีวิตนี้จะถูกถ่ายทอดส่งผ่านห่วงโซ่อาหารภายในระบบนิเวศ และจะหมุนเวียนกลับสู่บรรยากาศในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาผลาญอาหาร แป้ง น้ำตาล โปรตีน ไขมัน ผ่านกระบวนการหายใจของสิ่งมีชีวิต (Respiration) และในรูปของสารประกอบคาร์บอนในดินหรืออินทรีย์วัตถุในดินจากการย่อยสลายโดยผู้ย่อยสลาย (Decomposer)

คาร์บอนที่สะสมอยู่ในรูปของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายกลายเป็นดิน หินและแร่ชนิดต่าง ๆ รวมไปถึงการเกิดเชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil Fuel) เช่น ถ่านหิน น้ำมันดิบ และก๊าซธรรมชาติ ซึ่งนับว่าเป็นแหล่งสะสมของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon) ขนาดใหญ่ที่เกิดจากการถูกทับถมภายใต้อุณหภูมิและแรงดันสูงเป็นระยะเวลาหลายพันปีใต้พื้นผิวโลก เมื่อสารประกอบเหล่านี้ รวมถึงสารอินทรีย์ต่าง ๆ จะถูกปลดปล่อยเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กลับสู่บรรยากาศอีกครั้ง โดยกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงและสารอินทรีย์ต่าง ๆ เช่น ไม้ ถ่านหิน และน้ำมันดิบ ซึ่งจะเปลี่ยนคาร์บอนในสถานะของแข็งให้กลายเป็นก๊าซกลับสู่ชั้นบรรยากาศ ซึ่งนอกจากกระบวนการหายใจและการเผาไหม้ดังกล่าวข้างต้นแล้ว คาร์บอนยังถูกปลดปล่อยสู่บรรยากาศได้จากการเปลี่ยนแปลงชั้นเปลือกโลก (Movement of Tectonic Plates) ได้แก่ การระเบิดของภูเขาไฟหรือการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลก (ภาพที่ 4.1)

นอกจากนี้ สารประกอบคาร์บอนในสถานะของเหลว ที่เกิดจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในบรรยากาศถูกชะล้างจากหยาดน้ำฟ้า (Precipitations) และละลายลงสู่แหล่งน้ำและมหาสมุทร เกิดเป็น กรดคาร์บอนิก (Carbonic Acid) ที่สามารถทำปฏิกิริยากับแร่หินปูน หรือแคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium Carbonate) ที่มีอยู่มากในน้ำทะเล และเกิดสารประกอบคาร์บอเนตอื่น ๆ ที่พืชและสัตว์น้ำสามารถนำมาใช้ในการเจริญเติบโต โดยเฉพาะใช้เป็นส่วนประกอบของโครงสร้างที่ต้องการความแข็งแรง เช่น เปลือกของหอย ชนิดต่าง ๆ เมื่อมีการผุสลายลงจะเกิดเป็นตะกอนทับถม สะสมและพัฒนาสู่การเกิดหินตะกอน (นิวัต เรื่องพายุฯ, 2541 และคัตคณัฐ ชื่นวงศ์อรุณ, 2563 (ก))



ภาพที่ 4.1 วัฏจักรคาร์บอน (Carbon Cycle)

ที่มา : ดัดแปลงจาก <https://dynamicinfographic.wgbhdigital.org/en/instances/the-cycling-of-carbon/>

4.2 แหล่งดูดซับและกักเก็บคาร์บอนในระบบนิเวศเกษตร

ระบบนิเวศเกษตรเป็นระบบที่สร้างขึ้นโดยมนุษย์ องค์ประกอบจึงแตกต่างออกไปตามวัตถุประสงค์ของผู้ผลิตหรือเกษตรกร เช่น หากออกแบบระบบนิเวศที่มุ่งสู่ระบบเกษตรกรรมยั่งยืนซึ่งเน้นเลียนแบบสภาพนิเวศป่าธรรมชาติ รูปแบบของการกักเก็บคาร์บอนก็จะมีพลวัตคล้ายคลึงกัน โดยมีดินไม้และพืชพรรณต่าง ๆ เป็นปัจจัยเริ่มต้นที่สำคัญในวัฏจักรคาร์บอนที่ทำหน้าที่ทั้งช่วยดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศและกักเก็บเป็นคาร์บอนอินทรีย์ในรูปแบบต่าง ๆ

ในคู่มือของ IPCC (2006) ระบุว่าองค์ประกอบของระบบนิเวศที่เป็นกระบวนการและการกักเก็บคาร์บอน ชั้นปฐมภูมิในภาคเกษตร ป่าไม้ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน (AFOLU) มี 4 ประเภทหลัก คือ (1) *ชีวมวล* (Biomass) จากพืชทั้งบนดินและใต้ดิน ซึ่งเป็นช่องทางหลักในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ที่ถูกเคลื่อนย้ายจาก ชั้นบรรยากาศสู่ระบบนิเวศผ่านการสังเคราะห์แสงมาเก็บไว้ในรูปของชีวมวลโดยจะถูกกักเก็บในส่วนต่าง ๆ ของพืช (2) *ซากอินทรีย์วัตถุ* (Dead organic matter: DOM) เกิดจากซากพืชที่เกิดการย่อยสลาย (3) *ดิน* เกิดจากการทับถมของซากอินทรีย์วัตถุที่เกิดการย่อยสลาย เรียกว่า *ดินอินทรีย์วัตถุ* (Soil organic matter: SOM) การย่อยสลายของดินอินทรีย์วัตถุจะส่งคืนคาร์บอนสู่ชั้นบรรยากาศอีกครั้ง โดยกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ ความแปรผันทางสภาพภูมิอากาศ และปัจจัยทางสภาพแวดล้อมอื่น ๆ กระทบโดยตรงต่อกระบวนการของคาร์บอนในดิน ชีวมวล และดินอินทรีย์วัตถุ ในพื้นที่ที่เกิดน้ำท่วมขัง เช่น พื้นที่ชุ่มน้ำ พื้นที่เพาะปลูกข้าว เป็นส่วนสำคัญที่ส่งผลให้เกิดการย่อยสลายของซากอินทรีย์วัตถุและดินอินทรีย์วัตถุและเกิดการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH₄) คืนสู่ชั้นบรรยากาศ ซึ่งกรณีแบบนี้ส่วนใหญ่จะเกิดในพื้นที่ที่ปลูกข้าว และ (4) *การเลี้ยงปศุสัตว์* เกิดจากระบบการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง ซึ่งเป็นแหล่งปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งก๊าซมีเทน (CH₄) ที่เกิดจากการหมักจากระบบย่อยอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ซึ่งมูลของสัตว์และวิธีการในการจัดการมูลสัตว์ส่งผลกระทบโดยตรงต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซก๊าซมีเทน (CH₄) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N₂O) (Paustian, K., Ravindranath, N., & Amstel, A. V. , 2006 อ้างถึงใน Environment, 2016)

สถาบันลูกโลกสีเขียว (2562) สรุปไว้ว่า การกักเก็บธาตุคาร์บอน คือ กระบวนการดึงคาร์บอนจากชั้นบรรยากาศมาเก็บไว้ในแหล่งเก็บที่ใดที่หนึ่ง หรือนำคาร์บอนมาเก็บไว้ เช่น พืชสีเขียวทุกชนิดดูดคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง แล้วเปลี่ยนจากคาร์บอนไดออกไซด์มาเป็นเนื้อไม้ โดยเนื้อไม้ทั่ว ๆ ไปมีคาร์บอนอยู่ประมาณ 50% ซึ่งการปลูกต้นไม้ก็คือการดึงเอาคาร์บอนมาเก็บไว้ ทำให้คาร์บอนในชั้นบรรยากาศลดลง ป่าจึงเป็นแหล่งเก็บคาร์บอนชั้นดี เพราะสามารถเปลี่ยนคาร์บอนในบรรยากาศมาสะสมไว้ในต้นไม้และพืชสีเขียว ในรูปของเนื้อไม้และใบไม้ เป็นต้น นอกจากนี้ ผลผลิตจากต้นไม้ที่มนุษย์นำมาใช้ประโยชน์ เช่น ไม้ในการก่อสร้างบ้านเรือน เฟอร์นิเจอร์ และอาคารต่าง ๆ ล้วนเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนเช่นกัน และนอกจากคาร์บอนจะถูกกักเก็บไว้ในชีวมวลดังกล่าวแล้ว คาร์บอนที่ผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช ยังสามารถกักเก็บในดิน (soil carbon sequestration) จากรากต้นไม้ ใบและเนื้อไม้ที่เน่าเปื่อยผุพัง รวมถึงช่วยดูดซับก๊าซมีเทนซึ่งมีคุณสมบัติทำให้โลกร้อนมากกว่าคาร์บอนไดออกไซด์ ดินจึงมีศักยภาพเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนจากบรรยากาศ และช่วยในการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่บรรยากาศ (สำนักงานวิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูง, ม.ป.ป.)

แหล่งสะสมคาร์บอน (carbon pool) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของระบบนิเวศป่าไม้จำแนกเป็น 6 แหล่ง ได้แก่ (1) มวลชีวภาพเหนือดิน (living above-ground biomass) ได้แก่ ทุกส่วนของต้นไม้ที่อยู่เหนือดิน อันได้แก่ ลำต้น กิ่ง ใบ ดอก และผล รวมทั้งพืชพรรณอื่น ๆ (2) มวลชีวภาพใต้ดิน (living below-ground biomass) ได้แก่ ส่วนของต้นไม้ที่อยู่ใต้ดินคือ ราก (3) ไม้ตาย (dead organic matter in wood) ได้แก่ ต้นไม้ที่ล้ม หรือยืนต้นตาย (4) ซากพืช (dead organic matter in litter) ได้แก่ ส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้ที่ร่วงหล่นสู่ดิน คือ กิ่ง ก้าน ใบ ดอก และผล (5) อินทรีย์วัตถุในดิน (soil organic matter) และ (6) ผลผลิตจากไม้ (harvested wood product) ได้แก่ ส่วนของเนื้อไม้ที่นำไปใช้ประโยชน์ภายหลังการตัดฟัน (Watson, 2009 อ้างถึงใน คณะวนศาสตร์, 2554)

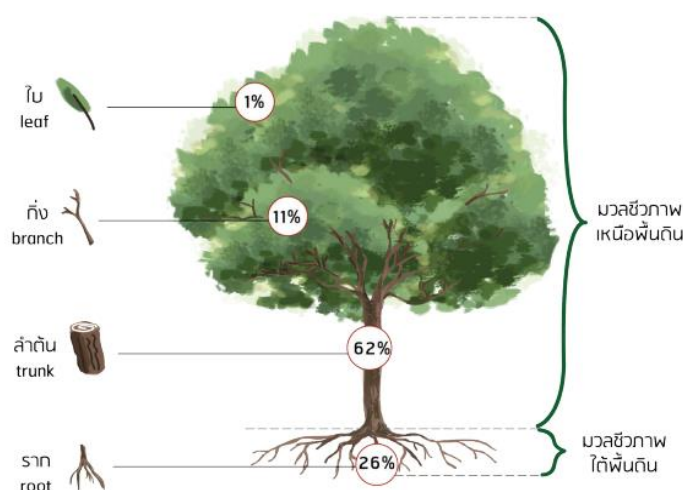
จากภาพที่ 4.2 แหล่งกักเก็บคาร์บอนที่สำคัญในระบบนิเวศป่าไม้และเกษตร (ไม่รวมผลิตภัณฑ์ที่มีการตัดฟันไปใช้ประโยชน์) ได้แก่ (1) มวลชีวภาพที่มีชีวิตเหนือพื้นดิน ได้แก่ ต้นไม้ พืชชั้นล่างต่าง ๆ รวมไม้พุ่ม เถาวัลย์

(2) มวลชีวภาพที่มีชีวิตใต้ผิวดิน ได้แก่ รากต้นไม้ขนาดต่าง ๆ (ในการคำนวณของนักวิชาการมักไม่รวมรากที่มีขนาดเล็กกว่า 2 มิลลิเมตร) (3) มวลชีวภาพที่ไม่มีชีวิตบนดิน ได้แก่ ต้นไม้ที่ตายแล้ว ซากใบไม้และส่วนต่าง ๆ ของพืชที่ร่วงหล่นทับถมบนผิวดิน และ (4) คาร์บอนในดิน ได้แก่ อินทรีย์วัตถุและแร่ธาตุในดิน (IPCC, 2006 อ้างถึงใน ส่วนพัฒนานวนศาสตร์ชุมชน สำนักจัดการป่าชุมชน, 2557 และสถาบันลูกโลกสีเขียว ,2562)



ภาพที่ 4.2 แหล่งกักเก็บคาร์บอนที่สำคัญในระบบนิเวศป่าธรรมชาติ
ที่มา: ดัดแปลงจาก ส่วนพัฒนานวนศาสตร์ชุมชน สำนักจัดการป่าชุมชน, 2557

จะเห็นว่าต้นไม้มีบทบาทสำคัญในการดูดซับและกักเก็บคาร์บอน ทั้งมวลชีวภาพที่อยู่บนดินและใต้ดิน ซึ่งองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (2559) ได้นำเสนอข้อมูลให้เห็นถึงสัดส่วนของการกักเก็บคาร์บอนในส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้ โดยพบว่า การกักเก็บส่วนใหญ่อยู่ในลำต้นร้อยละ 62 รองลงมาคือรากที่อยู่ใต้ดินร้อยละ 26 กิ่งไม้ร้อยละ 11 และใบร้อยละ 1 (ภาพที่ 4.3)



ภาพที่ 4.3 สัดส่วนของการกักเก็บคาร์บอนในต้นไม้
ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) , 2559

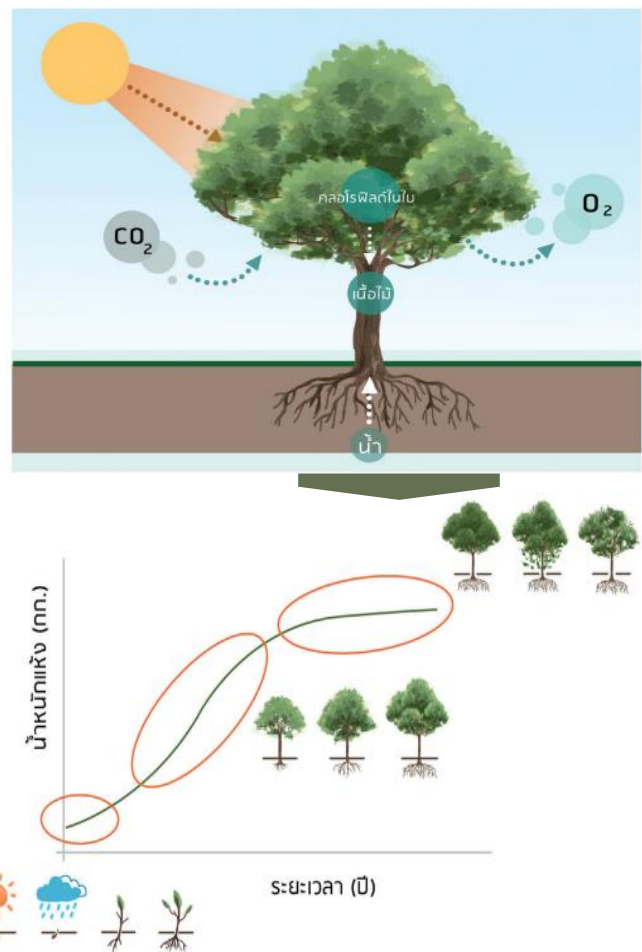
ศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนขึ้นอยู่กับอัตราการเติบโตของต้นไม้ โดยปัจจัยแวดล้อมก็มีผลต่อการเติบโตของพืช หากปลูกบนพื้นที่ที่มีความเหมาะสมกับชนิด พืช นั้น ๆ ก็จะส่งผลให้เจริญเติบโตดีและกักเก็บก๊าซเรือนกระจกได้ในปริมาณสูง ในการประเมินปริมาณการกักเก็บก๊าซเรือนกระจกของต้นไม้ที่รวบรวมจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมีสมมุติฐานว่า “ต้นไม้เติบโตเท่ากันทุกปี” ซึ่งสามารถสรุปได้ภาพที่ 4.4 (ก) และ (ข) โดยจะเห็นได้ว่า การเติบโตของต้นไม้มีความสัมพันธ์กับเวลา โดยต้นไม้จะมีรูปแบบการเติบโตเป็นรูปตัวเอส (S-Curve) จากกราฟในภาพที่ 4.4 (ข) จะเห็นได้ว่าต้นไม้จะมีการเติบโตช้าในระยะแรกที่เป็นลูกไม้และจะเติบโตอย่างรวดเร็วในระยะที่เป็นไม้หนุ่มและเมื่อถึงอายุหนึ่งการเติบโตของต้นไม้จะมีค่าค่อนข้างคงที่ (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2559)

ชนิด/ กลุ่มพรรณไม้	ความเหมาะสม ของพื้นที่	ปริมาณกักเก็บ (ตันคาร์บอนไดออกไซด์ เทียบเท่า/ไร่/ปี)	ปริมาณกักเก็บ (กก.คาร์บอนไดออกไซด์ เทียบเท่า/ไร่/ปี)
สัก ¹	เหมาะสมมาก	2.16	10.80
	เหมาะสมปานกลาง	1.72	8.60
	เหมาะสมน้อย	1.36	6.80
ยูคาลิปตัส ¹	เหมาะสมมาก	6.09	30.45
	เหมาะสมปานกลาง	4.77	23.85
	เหมาะสมน้อย	3.15	15.75
กระถินเทพา ¹	เหมาะสมมาก	6.09	30.45
	เหมาะสมปานกลาง	4.40	22.00
	เหมาะสมน้อย	4.00	20.00
กระถินณรงค์ ¹	เหมาะสมมาก	4.40	22.00
	เหมาะสมปานกลาง	3.48	17.40
	เหมาะสมน้อย	2.27	11.35
กระถินยักษ์ ¹	เหมาะสมมาก	6.49	32.45
	เหมาะสมปานกลาง	4.80	24.00
	เหมาะสมน้อย	0.77	3.85
โกงกาง ¹	ไม่ระบุ	2.75	13.75
กลุ่มพรรณไม้ รอบรั้วกินได้ ²	ไม่ระบุ	1.47 ¹	14.70
กลุ่มพรรณไม้ ป่า ²	ไม่ระบุ	0.95 ¹	9.50
พรรณไม้ ริมถนน ²	ไม่ระบุ	1.2 ¹	12.00

¹ คำนวณการกักเก็บ CO₂ จากการปลูกต้นไม้ด้วยความหนาแน่น 200 ต้น/ไร่

² คำนวณการกักเก็บ CO₂ จากการปลูกต้นไม้ด้วยความหนาแน่น 100 ต้น/ไร่

(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.4 ศักยภาพในการกักเก็บก๊าซเรือนกระจกและลักษณะการเติบโตของต้นไม้
ที่มา: ดัดแปลงจาก องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2559

นอกจากกลุ่มพืชที่เป็นไม้ป่าไม้ยืนต้นดังกล่าว พบว่าปัจจุบันมีพืชเกษตรหลายชนิดที่ถูกนำมาประเมินหาปริมาณการสะสมคาร์บอน ได้แก่ ปาล์มน้ำมัน ยางพารา ทูเรียน ลำไย และไม้ยืนต้นอื่น ๆ โดยยางพาราถือเป็น

พืชเกษตรที่มีศักยภาพสูงในการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีอัตราการเจริญเติบโตที่เร็ว จึงมีมวลชีวภาพแปรผันตรงตามอายุของยางพารา เมื่อต้นยางพาราอายุมากขึ้นมวลชีวภาพจะเพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยปริมาณมวลชีวภาพมีผลต่อศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนและอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในลักษณะแปรผกผันตามอายุของยางพารา โดยพบว่า ยางพาราอายุ 1 - 5 ปี สามารถกักเก็บและดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 1.07 ตันต่อไร่ต่อปี อายุ 6 - 10 ปี สามารถกักเก็บและดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 1.34 ตันต่อไร่ต่อปี อายุ 11 - 15 ปี สามารถกักเก็บและดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 1.21 ตันต่อไร่ต่อปี อายุ 16 - 20 ปี สามารถกักเก็บและดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 1.08 ตันต่อไร่ต่อปี และอายุ 21 - 25 ปี สามารถกักเก็บและดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 0.96 ตันต่อไร่ต่อปี จะเห็นได้ว่ายางพาราที่อายุ 6 - 10 ปี มีศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ยได้สูงสุด รองลงมาคือ อายุ 11 - 15 ปี (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก ม.ป.ป. และคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2554; ระวี เจริญวิภาและคณะ, 2555; มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2563 อ้างถึงใน กรุงเทพมหานคร, 2565)

ระบบวนเกษตร : หลักการ และการจัดการระบบนิเวศเกษตร

เกษตรกรจะได้รับประโยชน์จากบริการทางนิเวศจากระบบวนเกษตรมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ การออกแบบระบบนิเวศและการจัดการภายในแปลง ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความพร้อมทั้งปัจจัยด้านเศรษฐกิจ สังคม และทรัพยากรของครัวเรือน ความรู้ และการสนับสนุนจากภายนอก หากเกษตรกรสร้างความหลากหลายทางชีวภาพในระบบซึ่งมีไม้ยืนต้นเป็นองค์ประกอบสำคัญ รวมถึงใช้หลักการปฏิบัติในแปลงเกษตรที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและยั่งยืน เช่น การฟื้นฟูและอนุรักษ์ดินและน้ำ การหมุนเวียนทรัพยากรภายในแปลงเพื่อใช้ประโยชน์สูงสุด ลดการเผาเศษซากพืชและวัสดุทางการเกษตร ลดการใช้ปุ๋ยเคมีสังเคราะห์โดยเฉพาะกลุ่มที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ ลดการไถพรวน เป็นต้น ระบบวนเกษตรก็จะสามารถให้บริการทางนิเวศได้ไม่เพียงแต่ในระดับแปลงแต่ยังส่งผลต่อระบบนิเวศของชุมชนโดยรวมด้วย ระบบวนเกษตรจึงเป็นทางเลือกที่สำคัญสำหรับเป็นเครื่องมือในการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เนื่องจากมีศักยภาพสูงทั้งการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยเฉพาะการดูดซับและกักเก็บคาร์บอน และการลดความเสี่ยงจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยการสร้างความมั่นคงของระบบนิเวศเกษตร ไปพร้อมกับความมั่นคงทางเศรษฐกิจและสังคมของครัวเรือนเพื่อการพร้อมรับและปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่รุนแรงและไม่แน่นอนได้

5.1 แนวคิดระบบนิเวศเกษตรและความหลากหลายทางชีวภาพเพื่อการประยุกต์ใช้ในระบบวนเกษตร

5.1.1 ความหมายของระบบนิเวศเกษตร

ระบบนิเวศ (Ecosystem) หมายถึง ระบบความสัมพันธ์ระหว่างกันของกลุ่มสิ่งมีชีวิต (biotic component) และความสัมพันธ์ของกลุ่มสิ่งมีชีวิตกับกลุ่มสิ่งไม่มีชีวิต เช่น ทรัพยากรดิน น้ำ อากาศ แร่ธาตุ ฯลฯ ในอาณาบริเวณหนึ่ง กลไกการทำงานผ่านความสัมพันธ์ในระบบ ส่งผลให้เกิดการถ่ายทอดพลังงานและหมุนเวียนธาตุและสารอาหารทั้งภายในระบบและส่งออกไปสู่ภายนอก ระบบนิเวศมีองค์ประกอบสำคัญทั้งสิ่งมีชีวิต และสิ่งไม่มีชีวิต หรือสิ่งแวดล้อมทางกายภาพต่าง ๆ โดยโครงสร้างของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศทั่วไปจะประกอบด้วย 3 กลุ่มใหญ่ คือ ผู้ผลิต ผู้บริโภค และผู้ย่อยสลาย ซึ่งต่างก็มีความสัมพันธ์ระหว่างกัน รวมถึงมีความสัมพันธ์กับสิ่งไม่มีชีวิตที่อยู่แวดล้อมด้วย ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ คือ ภาวะการอยู่ร่วมกัน (symbiosis) ภาวะปฏิปักษ์ (antagonism) และภาวะเป็นกลาง (neutrality) หน้าที่สำคัญของระบบนิเวศ คือ การหมุนเวียนธาตุและสารอาหาร การถ่ายทอดพลังงาน และการปรับตัวสู่สมดุล ผ่านกลไกความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ ในระบบ ทั้งสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิต รวมถึงสภาพแวดล้อมภายนอก และระบบนิเวศเกิด

การเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาขึ้นอยู่กับปัจจัยแวดล้อมด้านกายภาพ ด้านชีวภาพ และกระบวนการภายในของระบบ ซึ่งจะเป็นกลไกสำคัญในการกำหนดสภาพของระบบนิเวศนั้น ๆ เมื่อใดก็ตามที่องค์ประกอบส่วนใดส่วนหนึ่งถูกรบกวน หรือได้รับความกระทบกระเทือนจากสิ่งรบกวน ผลกระทบที่เกิดขึ้นจะถูกส่งต่อไปถึงองค์ประกอบอื่น ๆ ทั่วทั้งระบบ และระบบจะพยายามปรับตัวเพื่อเข้าสู่สมดุลมากที่สุด

ระบบนิเวศเกษตร (Agro-ecosystem) เป็นระบบนิเวศที่สร้างขึ้นโดยมนุษย์ หมายถึง ระบบนิเวศในพื้นที่หนึ่ง และช่วงเวลาหนึ่ง ที่เกิดขึ้นจากการจัดการของมนุษย์เป็นหลักด้วยการลอกเลียนระบบนิเวศธรรมชาติ เพื่อให้เกิดระบบการผลิตพืช สัตว์ ประมง และป่าไม้ รูปแบบใดรูปแบบหนึ่งในสภาพแวดล้อมธรรมชาติ โดยมีองค์ประกอบที่เป็นสิ่งมีชีวิต ได้แก่ มนุษย์ สัตว์ พืช จุลินทรีย์ และองค์ประกอบที่เป็นสิ่งไม่มีชีวิต เช่น ดิน น้ำ อากาศ แสงแดด แร่ธาตุ อินทรีย์สาร ฯลฯ รวมไปถึงปัจจัยแวดล้อมที่อาจมีความเกี่ยวข้องและส่งผลกระทบต่อทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น ความรู้ เทคโนโลยี เศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม ประเพณี กฎหมายและการเมือง ซึ่งองค์ประกอบทั้งหมดนั้นจะมีปฏิสัมพันธ์ต่อกัน และเกิดผลผลิตที่เป็นปัจจัยพื้นฐานในการดำรงชีพ เช่น อาหาร เชื้อเพลิง ที่อยู่อาศัย เส้นใย สมุนไพรรักษาโรค ฯลฯ รวมถึงสร้างประโยชน์อื่นทั้งด้านเศรษฐกิจ ความสัมพันธ์ทางสังคม และการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

5.1.2 ความหลากหลายทางชีวภาพกับระบบเกษตร

ความหลากหลายทางชีวภาพ (biodiversity) มาจากสองคำคือ biological หรือ ชีวภาพ หมายถึง ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิต ส่วน diversity หรือ ความหลากหลาย หมายถึง มีมากมายและแตกต่างกัน ดังนั้น ความหลากหลายทางชีวภาพ จึงหมายถึง การมีสิ่งมีชีวิตทั้งพืช สัตว์ เชื้อรา และจุลินทรีย์ต่าง ๆ หรือ ทรัพยากรชีวภาพ ที่มีจำนวนมากมายและแตกต่างกันในแหล่งที่อยู่อาศัยหนึ่ง โดยในระบบนิเวศจะมีความหลากหลายทางชีวภาพ 2 ลักษณะ คือ (1) เกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติ เช่น ในระบบนิเวศป่าธรรมชาติ ระบบนิเวศทางทะเล ฯลฯ และ (2) เกิดจากมนุษย์เป็นผู้กระทำ เช่น ระบบนิเวศเกษตรยั่งยืนในรูปแบบต่าง ๆ ที่มีความหลากหลายของพันธุ์พืชและสัตว์ โดยความหลากหลายทางชีวภาพนั้นแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ดังสรุปในภาพที่ 5.1

ความหลากหลายทางชีวภาพนับได้ว่าเป็นแหล่งกำเนิดของพืชและสัตว์ รวมถึงเป็นรากฐานของบริการระบบนิเวศที่จำเป็นต่อกิจกรรมด้านเกษตรกรรม และความเป็นอยู่ที่ดีของมนุษย์ กล่าวคือ มนุษย์มีความเชื่อมโยงกับความหลากหลายทางชีวภาพ และสภาพภูมิอากาศของโลก โดยจะได้รับประโยชน์จากบริการทางนิเวศของระบบนิเวศที่มีความหลากหลายทางชีวภาพ ทั้งประโยชน์ทางตรงด้านการผลิต และการบริการด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญอย่างยิ่งในปัจจุบัน คือ ช่วยปรับตัวและลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ในขณะเดียวกันกิจกรรมของมนุษย์เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (ภาพที่ 5.2) ดังนั้น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการส่งเสริม สนับสนุนการปฏิบัติที่ดีในภาคการเกษตรที่จะช่วยส่งเสริมให้เกิดความหลากหลายทางชีวภาพทั้งในระบบนิเวศธรรมชาติและระบบนิเวศเกษตร เช่น การทำเกษตรเกษตรอย่างยั่งยืน และการเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม 2564, น. 2 - 7)

1

ความหลากหลาย
ทางพันธุกรรม
(genetic diversity)

ลักษณะทางพันธุกรรมที่สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดเป็นสิ่งที่ได้รับการถ่ายทอดมาจากรุ่นพ่อแม่และส่งต่อไปยังรุ่นถัดไป ความหลากหลายทางพันธุกรรม หรือ ความหลากหลายทางชีวภาพระหว่างสายพันธุ์ ในภาคการเกษตรจะพบความแตกต่างและหลากหลายของสายพันธุ์พืชและสัตว์ เช่น ความหลากหลายระหว่างสายพันธุ์ข้าวเจ้า และข้าวเหนียว ซึ่งในแต่ละสายพันธุ์ยังมีความแตกต่างด้านสายพันธุ์ย่อยลงไปอีก เช่น ข้าวเหนียวดำ ข้าวเหนียวขาวพันธุ์ต่าง ๆ และความหลากหลายของสายพันธุ์สัตว์ ซึ่งเกษตรกรสามารถเลือกเพื่อให้เหมาะสมตามความต้องการของตลาดได้ เช่น ไก่เนื้อ ไก่ไข่ ไก่ชน และโคเนื้อ ฯลฯ

2

ความหลากหลาย
ทางชนิดพันธุ์
(species diversity)

จำนวนชนิด และจำนวนหน่วยสิ่งมีชีวิต หรือ หมายถึง ความหลากหลายของชนิดสิ่งมีชีวิตที่มีอยู่ในพื้นที่หนึ่ง ปัจจุบันมีการบันทึกอย่างเป็นทางการแล้วประมาณ 1.4 ล้านชนิด ความหลากหลายระหว่างชนิดพันธุ์สามารถพบเห็นได้โดยทั่วไปถึงความแตกต่างระหว่างพืชและสัตว์แต่ละชนิด ไม่ว่าจะเป็นสัตว์ที่อยู่ใกล้ตัว เช่น ไก่ เป็ด สุกร สุนัข แมว จิ้งจก ตุ๊กแก กา นกพิราบ และนกกระจอก เป็นต้น หรือสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในป่าเขาลำเนาไพร เช่น สิงโต กระต่าย วัวแดง เสือ ช้าง กวาง เก้ง กระเจิง ลิง ชะนี และหมี ฯลฯ พื้นที่ธรรมชาติเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตที่แตกต่างหลากหลาย

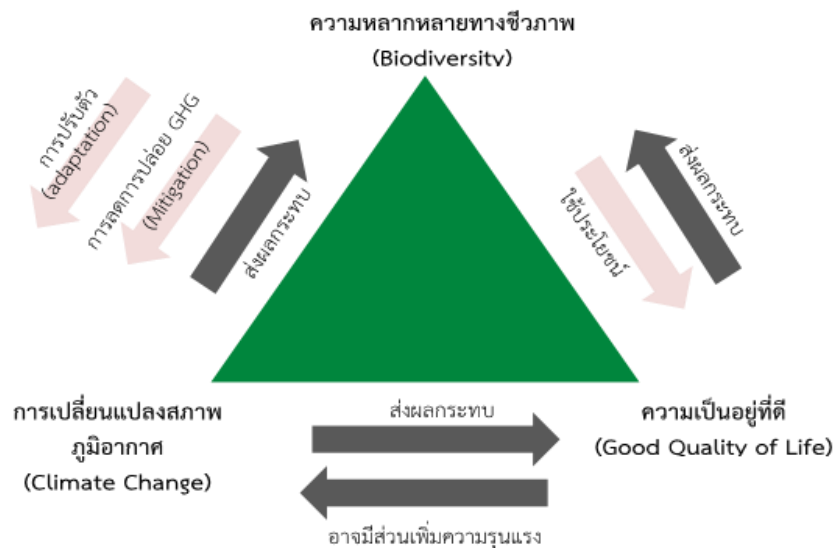
3

ความหลากหลาย
ของระบบนิเวศ
(ecological diversity)

ระบบนิเวศหรือถิ่นที่อยู่อาศัย (habitat) ของสิ่งมีชีวิตที่ต่างกัน อันเกิดจากความซับซ้อนของลักษณะพื้นที่ที่แตกต่างกันในแต่ละภูมิภาคของโลกประกอบกับสภาพภูมิอากาศและลักษณะภูมิประเทศที่ต่างกัน ซึ่งสิ่งมีชีวิตจะอาศัยอยู่ในแต่ละพื้นที่ได้โดยผ่านการคัดเลือกตามธรรมชาติตามกระบวนการวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายระหว่างระบบนิเวศ เป็นความหลากหลายทางชีวภาพซึ่งมีความซับซ้อน สามารถเห็นได้จากความแตกต่างระหว่างระบบนิเวศประเภทต่าง ๆ เช่น ป่าดงดิบ พืชหญ้า ป่าชายเลน ทะเลสาบ บึง หนอง ชายหาด แนวปะการัง ตลอดจนระบบนิเวศที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น พืชนา อ่างเก็บน้ำ และชุมชนเมือง ฯลฯ โดยในระบบนิเวศเหล่านี้ จะประกอบด้วยสิ่งมีชีวิตที่ต่างชนิดกัน และมีสภาพการอยู่อาศัยแตกต่างกันด้วย

ภาพที่ 5.1 สรุประดับของความหลากหลายทางชีวภาพ

ที่มา: ดัดแปลงจาก วรณัฐ อุษณกร (2547, น.10) ; สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2535) อ้างถึงในวิลาวรรณ น้อยภา และคณะ (2554 น. 6 – 7)



ภาพที่ 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความหลากหลายทางชีวภาพ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และความเป็นอยู่ที่ดีของมนุษย์
ที่มา : Korn et al (2019) และ IPBES-IPCC-Sponsored Workshop Report on Biodiversity and Climate Change Report (2021) อ้างถึงในสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2564, น. 2)

การทำการเกษตรที่มีการผสมผสานกิจกรรมมากกว่า 1 ชนิด เช่น ไม้ผลผสมผสาน ไร่นาสวนผสม และ ป่าชุมชน แม้ว่าจะมีผลผลิตที่อยู่ในระดับปานกลาง แต่มีระดับความมั่นคง ยั่งยืน สูงกว่าการทำการเกษตรเชิงเดี่ยว (Conway , 1986) โดยหากพิจารณาจากหลักของนิเวศธรรมชาติแล้วการสร้างระบบนิเวศเกษตรให้หลากหลาย และมีการจัดการให้เกิดความเกื้อหนุนและควบคุมซึ่งกันและกัน จะเอื้อประโยชน์หลายประการ เช่น การควบคุมโรคและศัตรูพืช การปรับปรุงดิน การสร้างความร่มรื่น และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ที่ดิน ซึ่งโดยรวมแล้วจะทำให้ระบบเกิดความมั่นคง ยั่งยืน และสามารถสร้างประโยชน์ให้กับเกษตรกรได้มากกว่า การทำการเกษตรเชิงเดี่ยวที่มีรูปแบบที่ห่างออกไปจากระบบนิเวศธรรมชาติมาก (อาทิตยา พองพรหมและคณะ, 2560 (ก), น.13 - 14)

5.2 ระบบวนเกษตร (Agro-Forestry System)

จากแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกในบทที่ผ่านมา จะเห็นได้ว่า ส่วนใหญ่เป็นวิธีการปฏิบัติที่สอดคล้องกับการปฏิบัติในระบบเกษตรกรรมยั่งยืน ซึ่งเป็นระบบที่มองการเกษตรอย่างเป็นองค์รวมของสรรพสิ่งทั้งที่มีชีวิตและสิ่งแวดล้อมโดยรอบที่มีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ตั้งแต่ระบบนิเวศที่เล็กที่สุดภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตจนถึงระบบนิเวศระดับแปลงเกษตร บุคคล ครอบครัว กลุ่ม ชุมชน หมู่บ้าน ตำบล อำเภอ จังหวัด ประเทศ ทวีป และโลก ซึ่งสามารถตอบสนองต่อการพัฒนาทั้งมิติทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม โดยใช้หลักการของนิเวศธรรมชาติมาสร้างสรรค์ให้เกิดระบบนิเวศการเกษตรที่ยั่งยืน ได้หลากหลายรูปแบบ เช่น เกษตรผสมผสาน เกษตรอินทรีย์ วนเกษตร เกษตรทฤษฎีใหม่ เพอร์มาคัลเจอร์ เกษตรธรรมชาติ ไร่นาสวนผสม ฯลฯ โดยรูปแบบ ดังกล่าว แม้ว่าจะมีแนวคิดและวิธีปฏิบัติที่โดดเด่นเฉพาะที่แตกต่างกันออกไปบ้าง แต่จะยังคงหลักการจัดการระบบเกษตรกรรมยั่งยืนร่วมกันไว้อย่างน้อย 5 ประเด็นสำคัญที่จะส่งผลสนับสนุนการรับมือกับปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ คือ

(1) ให้ความสำคัญกับการสร้างและใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพทั้งพืชและสัตว์ในระบบนิเวศเกษตรให้เกิดการผสมผสานเกื้อกูลกันและกัน โดยเลียนแบบระบบนิเวศธรรมชาติ

(2) การใช้พันธุ์พืช พันธุ์สัตว์ที่ไม่เน้นเฉพาะพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง โดยต้องใช้ปัจจัยการผลิตมาก แต่จะให้ความสำคัญกับพันธุ์ที่ให้ผลผลิตอย่างสม่ำเสมอในสภาพแวดล้อมของท้องถิ่น มีพันธุ์ที่ทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย รวมถึงการอนุรักษ์พันธุกรรม

(3) ให้ความสำคัญกับการจัดการพื้นที่เกษตรอย่างมีประสิทธิภาพ การอนุรักษ์และจัดการทรัพยากรดินและน้ำ และการหมุนเวียนใช้ทรัพยากรในแปลงเกษตรทั้งทรัพยากรด้านกายภาพและชีวภาพรวมถึงการใช้ประโยชน์จากชีวมวลจากการเกษตร ให้เกิดประโยชน์สูงสุดและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

(4) การลดการพึ่งพาปัจจัยการผลิตจากภายนอก และหลีกเลี่ยงการใช้ปัจจัยการผลิตจากภายนอกในระบบนิเวศเกษตร โดยเฉพาะสารเคมีสังเคราะห์ เช่น สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ปุ๋ยเคมี ฯลฯ โดยใช้ทรัพยากรที่หาได้จากท้องถิ่นซึ่งไม่สร้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของเกษตรกรและผู้บริโภค

(5) ให้ความสำคัญกับการปลูกไม้ยืนต้น (ไม้ผล ไม้ใช้สอย รวมถึงไม้ป่า ไม้ท้องถิ่นต่าง ๆ) ในระบบเพื่อเพิ่มความสมบูรณ์ให้กับระบบ ซึ่งจะทำให้เกิดประโยชน์ที่หลากหลายมากขึ้น ทั้งด้านการผลิตและการบริการทางนิเวศและสิ่งแวดล้อมด้านอื่น ๆ รวมถึงสนับสนุนการหมุนเวียนธาตุอาหารในระบบด้วย

ระบบวนเกษตร เป็นรูปแบบหนึ่งของเกษตรกรรมยั่งยืนที่มีศักยภาพในการบรรเทาปัญหาโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และสนับสนุนการปรับตัวของเกษตรกรเพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยหลักการปฏิบัติของวนเกษตรตามหลักการข้างต้นจะสามารถให้ประโยชน์ได้ทั้งด้านการผลิตและบริการทางนิเวศด้านอื่น ๆ เช่น การรักษาสสมดุลของระบบ ด้วยการลดความแปรปรวนของสภาพอากาศ ป้องกันน้ำท่วม การหมุนเวียนธาตุอาหาร การอนุรักษ์ดิน ฯลฯ ระบบวนเกษตรจึงเป็นทางเลือกที่สำคัญสำหรับการส่งเสริมเกษตรกรรายย่อยในการปฏิบัติเพื่อสร้างความมั่นคงให้กับระบบนิเวศเกษตรและนำไปสู่ความมั่นคงด้านการผลิต และความมั่นคงทางเศรษฐกิจสังคมของครัวเรือน ส่งผลให้มีภูมิคุ้มกันในการต่อสู้กับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ อีกทั้งยังมีส่วนในการลดก๊าซเรือนกระจกอีกทางหนึ่งด้วย

5.2.1 ความหมายของระบบวนเกษตร

วนเกษตรเป็นระบบเกษตรกรรมที่นำเอาหลักการความยั่งยืนของระบบป่าธรรมชาติมาเป็นแนวทางในการออกแบบปรับระบบนิเวศเกษตร และมีการจัดองค์ประกอบการผลิตทางการเกษตรให้มีความหลากหลายของชนิดพืชและสัตว์อย่างเหมาะสมและสมดุล คำว่า วนเกษตร มาจากคำ วน (วะ-นะ) หมายถึง ป่า ซึ่งมีความหลากหลายของทรัพยากรที่มีชีวิตและไม่มีชีวิต และคำว่า เกษตร ที่หมายถึง การใช้ประโยชน์ที่ดินในการผลิตพืช การประมงและเลี้ยงปศุสัตว์ต่าง ๆ ระบบวนเกษตร (Agroforestry System) หมายถึง รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินตามแนวทางเกษตรกรรมยั่งยืน ที่เน้นการจัดการนิเวศเกษตรเลียนแบบระบบนิเวศธรรมชาติของป่าไม้ด้วยการผสมผสานระหว่างกิจกรรมการเกษตร (ทำนา ทำไร่ ทำสวน เลี้ยงสัตว์ ประมง) กับการป่าไม้ เพื่อสร้างความหลากหลายในแปลงเกษตรกรรมตั้งแต่ 2 กิจกรรมขึ้นไปในพื้นที่เดียวกัน ช่วงเวลาเดียวกัน หรือสลับช่วงเวลาย่อยอย่างเหมาะสม โดยจะต้องมีกิจกรรมป่าไม้อยู่ในระบบ ทั้งนี้ ปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างองค์ประกอบย่อยต่าง ๆ ในระบบ ทั้งเกิดขึ้นโดยธรรมชาติ และการจัดการอย่างเหมาะสมจะช่วยให้การใช้ประโยชน์ที่ดินเกิดประสิทธิภาพมากขึ้น

5.2.2 หลักการสำคัญและรูปแบบของระบบวนเกษตร

จากผลการศึกษาของ อาทิตยา พองพรหม และคณะ (2560 (ก)) ระบุว่า ระบบวนเกษตรเป็นระบบที่มีความสอดคล้องกับหลักการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืนอย่างน้อยใน 7 ประเด็นหลัก คือ

- **เป็นไปได้ทางวิชาการและทำได้จริง:** เป็นระบบการผลิตที่อาศัยหลักการทางระบบนิเวศและเลียนแบบป่าธรรมชาติที่เกษตรกรสามารถทำได้ มีต้นแบบชัดเจน มีองค์ความรู้ที่สามารถถ่ายทอดสู่เกษตรกรที่สนใจนำไปปฏิบัติได้ เช่น การเกษตรแบบหลายระดับ การปลูกพืชแบบหลุมพอเพียง การปลูกพืชผสมผสานไม้ป่าเลียนแบบธรรมชาติ เป็นต้น

- **เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม:** ใช้เทคนิคการจัดการระบบ ที่ไม่เกิดผลกระทบเชิงลบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ไม่สร้างมลภาวะต่อดิน น้ำ ทางอากาศ เนื่องจากเกษตรกรไม่ใช้ปุ๋ยเคมีหรือใช้น้อยมากเท่าที่จำเป็น เพราะสามารถผลิตปุ๋ยชีวภาพและใช้หลักการเกื้อกูลของระบบ คือ การหมุนเวียนธาตุอาหารในดินจากพืชสัตว์ที่อยู่ในแปลง นอกจากนี้ ยังเห็นได้ชัดว่าแปลงเกษตรกรซึ่งมีป่าเป็นองค์ประกอบหนึ่งซึ่งเป็นความหลากหลายทางชีวภาพ มีต้นไม้อยู่จำนวนมาก เป็นแหล่งดูดซับคาร์บอน และปล่อยออกซิเจนสู่บรรยากาศ ช่วยให้อากาศดี

- **อนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ:** วนเกษตรเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมดังกล่าวข้างต้น จึงส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ โดยการช่วยรักษาสภาพดินให้อุดมสมบูรณ์ ไม่เกิดการชะล้างพังทลาย ชุมขึ้นต้นไม้ดูดซับเก็บกักน้ำในดิน ลดการไหลบ่าของน้ำและรักษาสีเขียวระดับชุมชนจากการรักษาสมดุลของสภาพอากาศในแปลงและในชุมชนไม่ให้อุ่นหรือเย็นเกินไป

- **เกษตรกรและสังคมยอมรับ:** ปัจจุบันวนเกษตรเป็นที่ยอมรับของสังคม นักวิชาการทั้งในประเทศและระดับสากล รวมถึงเกษตรกรระดับแกนนำของชุมชนในหลายพื้นที่ของประเทศ มีศักยภาพในการขยายผลเพื่อการพัฒนาเกษตรกรรมที่ยั่งยืน

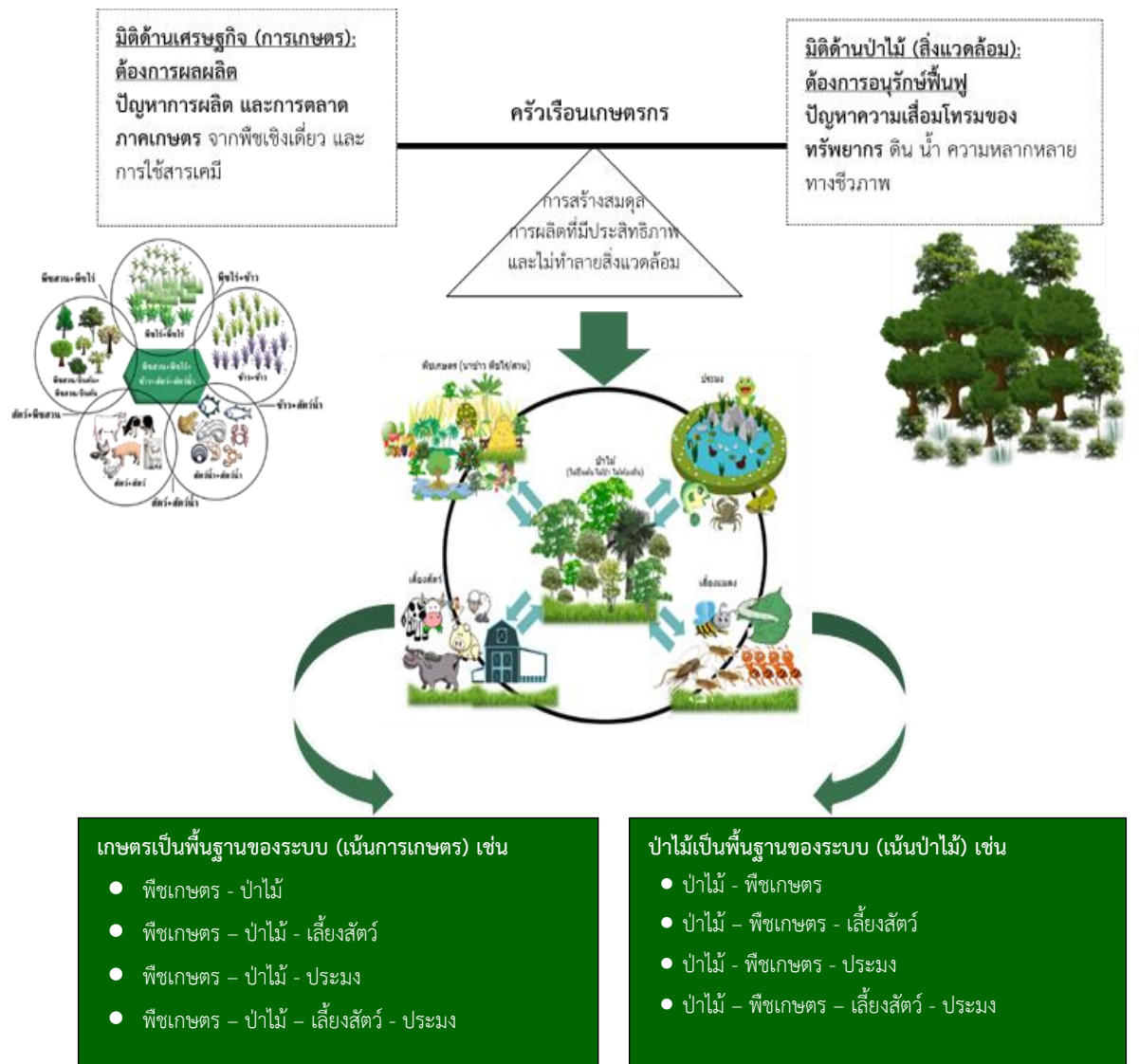
- **สนับสนุนการผลิตที่หลากหลาย:** ผลผลิตหลากหลายทั้งเป็นอาหาร บริโภคในครัวเรือน และขายสร้างรายได้ สามารถผลิตไม้ใช้สอย เชื้อเพลิง สมุนไพร ผลผลิตที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติจากแปลงวนเกษตรที่เริ่มเข้าสู่ระบบที่สมบูรณ์ เช่น เห็ดธรรมชาติ สัตว์เล็กจากธรรมชาติ แมลงต่าง ๆ รวมถึงผลผลิตที่เป็นบริการทางสังคมและสิ่งแวดล้อม

- **ลดความเสี่ยงในการผลิต :** ความหลากหลายของระบบย่อยในแปลงวนเกษตร ช่วยลดความเสี่ยงด้านการตลาด เกิดความมั่นคงของรายได้และอาหาร ความมั่นคงของระบบแก้ไขจุดอ่อนของระบบเกษตรเชิงเดี่ยวและใช้สารเคมี

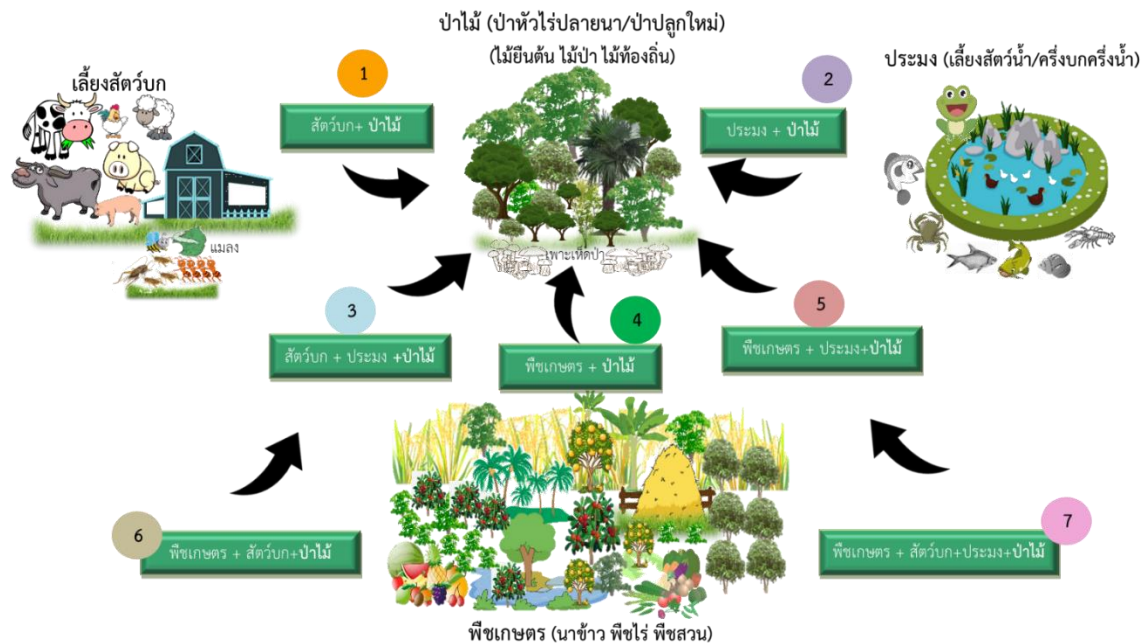
- **คุ้มค่าทางเศรษฐกิจ :** ต้นทุนการผลิตต่ำ ใช้พื้นที่และปัจจัยการผลิตอย่างเต็มประสิทธิภาพ สภาพดินที่อุดมสมบูรณ์จากการฟื้นสภาพดินด้วยจุลินทรีย์และสัตว์ใต้ดิน การทับถมของเศษซากใบไม้ กิ่งไม้ มูลสัตว์ และสามารถใช้แรงงานในครอบครัวตลอดทั้งปี แบบที่มีการกระจายงานไม่หนักในช่วงใดช่วงหนึ่งเหมือนเกษตรเชิงเดี่ยว ผลผลิตหลากหลายเกิดประโยชน์ทั้งระยะสั้นและระยะยาว

ระบบวนเกษตรประกอบด้วย 2 แนวคิดหลัก คือ แนวคิดการสร้างผลผลิตด้วยระบบการเกษตร ซึ่งเป็นแนวคิดเชิงการพัฒนาด้านเศรษฐกิจ และแนวคิดด้านการอนุรักษ์ฟื้นฟูด้วยระบบนิเวศป่าไม้ ซึ่งเป็นระบบที่มีความสมบูรณ์และมีเสถียรภาพมากที่สุด เนื่องจากมีความหลากหลายทางชีวภาพสูง และระบบมีการจัดการตนเอง หมุนเวียนธาตุอาหารในระบบได้อย่างสมดุล ดังนั้น การปรับเปลี่ยนรูปแบบการผลิตของเกษตรกร

ต้องเกิดจากการเข้าใจถึงคุณค่าของระบบนิเวศที่มีความหลากหลาย ใกล้เคียงกับระบบนิเวศป่าธรรมชาติ โดยการสร้างความหลากหลายและจัดการให้เกิดประโยชน์มากที่สุด ซึ่งผลของการปรับเปลี่ยนการผลิตดังกล่าวไม่เพียงแต่เกษตรกรจะได้รับประโยชน์ทางตรงในเชิงเศรษฐกิจ แต่ยังได้รับประโยชน์ด้านอื่นที่ไม่ใช่ตัวเงิน รวมถึงการสร้างประโยชน์ให้กับระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อมโดยรวมด้วย (ภาพที่ 5.3)



ภาพที่ 5.3 แนวคิดและรูปแบบพื้นฐานของระบบวนเกษตร



ภาพที่ 5.4 รูปแบบพื้นฐานของระบบนิเวศเกษตร

จากภาพที่ 5.3 และ 5.4 จะเห็นได้ว่า หลักการพื้นฐานของระบบนิเวศเกษตร คือ (1) การมีต้นไม้ใหญ่และพืชหลายระดับ เป็นการใช้ที่ดินให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นและช่วยให้ระบบมีกลไกการควบคุมตัวเองและอนุรักษ์ดินได้เป็นอย่างดี (2) การเลือกพืชเศรษฐกิจให้เหมาะสมกับพื้นที่ คือ การใช้ประโยชน์เกื้อกูลกันและกันของพืช สัตว์และป่าไม้ รูปแบบของวนเกษตรจะมีความหลากหลายขึ้นอยู่กับการผสมผสานกิจกรรมต่าง ๆ ภายในแปลง หลักการดังกล่าว เป็นการออกแบบระบบนิเวศเกษตรเลียนแบบธรรมชาติ ที่จะช่วยให้เกิดการเกื้อกูลและความมั่นคงในระบบสูงขึ้น มีความยืดหยุ่นฟื้นตัวได้เร็วขึ้นเมื่อเผชิญกับภัยแล้ง น้ำท่วม ลมแรง และโรคแมลงต่าง ๆ กล่าวคือ หากภัยพิบัตินั้นไม่ถึงขั้นวิกฤติรุนแรงจนเกินความสามารถของการฟื้นฟูสภาพของระบบ เกษตรกรอาจจะได้รับความเสียหายจากกิจกรรมหนึ่ง แต่จะยังมีกิจกรรมอื่น ๆ ช่วยบรรเทาความเสียหายหรือลดความรุนแรงของผลกระทบลง นอกจากนี้ การปฏิบัติตามแนวทางเกษตรยั่งยืน โดยเฉพาะการเพิ่มต้นไม้เป็นองค์ประกอบหลักในระบบนิเวศเกษตร ทำให้เกษตรกรได้รับประโยชน์จากบริการทางนิเวศของต้นไม้ทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม รวมถึงเพิ่มศักยภาพของระบบในการช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งโดยตรงและโดยอ้อม (ภาพที่ 5.5)

ระบบนิเวศเกษตรของวนเกษตร จึงเน้นการสร้างกิจกรรมหลากหลายแบบผสมผสานระหว่างกิจกรรมการเกษตร (พืชและสัตว์) และป่าไม้ ในพื้นที่เดียวกัน โดยมีลักษณะคล้ายกับการจำลองป่า หรือระบบนิเวศธรรมชาติมาไว้ในนา ในสวน ในไร่ กิจกรรมในแปลงวนเกษตรอาจแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มหลัก คือ กลุ่มพืชเกษตร (นาไร่สวน) ป่าไม้ เลี้ยงสัตว์ ประมง ซึ่งความสัมพันธ์ของกิจกรรมต่าง ๆ ในแปลงเกิดขึ้นทั้งโดยการจัดการของเจ้าของแปลงและเกิดเองโดยธรรมชาติ ดังตัวอย่างดังภาพที่ 5.6

นอกจากนี้ RECOFTC, ICRAF and AWG-SF (2020) ได้สรุปลักษณะโครงสร้างของระบบวนเกษตรไว้เป็นกลุ่มใหญ่ 2 แบบ คือ แบบไม่ซับซ้อนและแบบซับซ้อน

(1) **วนเกษตรแบบไม่ซับซ้อน (Simple agroforestry)** ประกอบด้วยไม้ยืนต้นไม่เกิน 5 ชนิด ร่วมกับพืชอายุสั้น (Annual Crop) เช่น ข้าว ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ผัก สมุนไพร อาหารสัตว์ ฯลฯ และ/หรือ กลุ่มพืชยืนต้นขนาดกลางถึงเล็ก เช่น กล้าย โกโก้ กาแฟ ฯลฯ โดยไม้ยืนต้นทำหน้าที่ให้ร่มเงาแบบชั้นเดียวสำหรับพืชอื่นที่ปลูกร่วมกันเนื่องจากความหนาของชั้นเรือนยอดไม่มาก ระยะห่างระหว่างพืชแต่ละชนิดอาจเป็นได้ทั้งการจัดการที่เป็นระบบหรือแบบสุ่ม ประโยชน์จากระบบนี้ มุ่งเน้นด้านเศรษฐกิจโดยการปลูกพืชที่เป็นสินค้าหลัก ตัวอย่างรูปแบบที่ดีที่สุดของวนเกษตรที่ไม่ซับซ้อน คือ การปลูกแบบ Taungya การปลูกไม้เป็นแนวรั้ว และการปลูกไม้กันลม

(2) **วนเกษตรแบบซับซ้อน (Complex agroforestry)** ระบบวนเกษตรนี้มักจะมีไม้ยืนต้นมากกว่า 5 ชนิด นอกเหนือจากพืชสินค้าหลัก หรือพืชผล นอกจากให้ผลผลิต (ผลไม้ ไม้ เครื่องเทศ) แล้วต้นไม้ยังทำหน้าที่เป็นร่มเงาสำหรับพืชร่วมในระบบ และให้ร่มเงาแบบหลายระดับชั้น ระยะห่างระหว่างพืชแต่ละชนิด มักจะปลูกแบบไม่มีการจัดการมาก และใช้วิธีการแบบพื้นบ้าน ลักษณะและการทำงานระบบวนเกษตรแบบซับซ้อน มีความใกล้เคียงกับระบบนิเวศป่าธรรมชาติ โดยให้ประโยชน์ทั้งทางเศรษฐกิจ (ผลิตภัณฑ์ที่จับต้องได้) และบริการของระบบนิเวศด้านอื่น ๆ เช่น การกักเก็บคาร์บอน การควบคุมระบบน้ำ การป้องกันการพังทลายของดิน/ดินถล่ม และเป็นถิ่นที่อยู่อาศัยสำหรับสัตว์และพืชพื้นถิ่น ทั้งนี้ เกษตรกรสามารถ สร้างวนเกษตรแบบไม่ซับซ้อนสู่ระบบที่ซับซ้อนได้โดยการปลูกไม้ยืนต้น ไม้พุ่ม และพืชเศรษฐกิจอื่น ๆ เพิ่มเติมในระบบ

รูปแบบพื้นฐาน ลักษณะโครงสร้างและความสอดคล้องกับการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืนของระบบวนเกษตร สรุปได้ตามภาพที่ 5.7



ความสอดคล้องกับการใช้ที่ดินอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน:

- เป็นไปได้ทางวิชาการและทำได้จริง
- เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม
- อนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ
- เกษตรกรและสังคมยอมรับ
- สนับสนุนการผลิตที่หลากหลาย
- ลดความเสี่ยงในการผลิต



ลักษณะโครงสร้าง:

- แบบไม่ซับซ้อน (ไม้ยืนต้นไม่เกิน 5 ชนิด)
- แบบซับซ้อน (ไม้ยืนต้นมากกว่า 5 ชนิด)



รูปแบบพื้นฐาน:

- พืชเกษตร + ไม้ป่า
- สัตว์บก + ไม้ป่า
- ประมง + ไม้ป่า
- พืชเกษตร + สัตว์บก + ป่าไม้
- พืชเกษตร + ประมง + ป่าไม้
- สัตว์บก + ประมง + ป่าไม้
- พืชเกษตร + สัตว์บก + ประมง + ป่าไม้



ภาพที่ 5.7 สรุปรูปแบบพื้นฐาน ลักษณะโครงสร้างและความสอดคล้องกับการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

5.3 แนวทางการสร้างความหลากหลายทางชีวภาพในระบบนิเวศเกษตร

การสร้างความหลากหลายทางชีวภาพในระบบนิเวศเกษตร เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สำคัญที่จะสนับสนุนให้ระบบมีความมั่นคง และสามารถรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ รวมถึงช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการเป็นแหล่งดูดซับและกักเก็บก๊าซเรือนกระจกได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้เนื่องจากความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ นอกจากจะเป็นสิ่งที่นำไปสู่การเชื่อมโยงและความสลับซับซ้อนของความสัมพันธ์แล้วยังส่งผลถึงความมั่นคงของระบบ หากองค์ประกอบย่อยของระบบใดระบบหนึ่งถูกทำลายลง ระบบย่อยอื่น ๆ ในระบบโดยรวมจะยังคงสามารถดำรงอยู่ต่อไป หรือมีระยะเวลาให้ระบบที่ถูกกระทบได้ฟื้นฟูสภาพปรับตัวกลับสู่สภาวะเดิมได้ เช่น การปลูกพืชหลายชนิดปะปนกัน ย่อมมีความทนทานต่อโรคหรือแมลงบางชนิดดีกว่าปลูกแบบเชิงเดี่ยว ฯลฯ

ความหลากหลายทางชีวภาพทางการเกษตร (Agricultural Biodiversity) หมายถึง ความหลากหลายของพันธุ์พืช พันธุ์สัตว์ และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กต่าง ๆ ทุกชนิด ทั้งระดับสายพันธุ์ ชนิดพันธุ์และแหล่งที่อยู่อาศัย ที่มีอยู่ในระบบนิเวศเกษตร และระบบนิเวศใกล้เคียง ซึ่งเป็นผลมาจากการจัดการของเกษตรกรและปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อมของพื้นที่นั้น รวมถึงสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศธรรมชาติ ที่มีปฏิสัมพันธ์และมีส่วนช่วยส่งเสริมสนับสนุนให้เกิดผลผลิตจากระบบนิเวศเกษตรอย่างมีประสิทธิภาพ ความหลากหลายทางชีวภาพทางการเกษตรมีความสำคัญหลายประการ คือ ทำให้มนุษย์มีอาหารและวัตถุดิบที่เป็นสินค้าต่าง ๆ ซึ่งทำให้มีรายได้และปัจจัยในการดำรงชีพ รวมถึงสนับสนุนให้เกิดการบริการอื่น ๆ จากระบบนิเวศ ดังนั้น การเพิ่มความหลากหลายชีวภาพทางการเกษตรจึงมีความสำคัญมากทั้งต่อเกษตรกรผู้ผลิต ผู้บริโภค และสภาพแวดล้อมในมิติต่าง ๆ

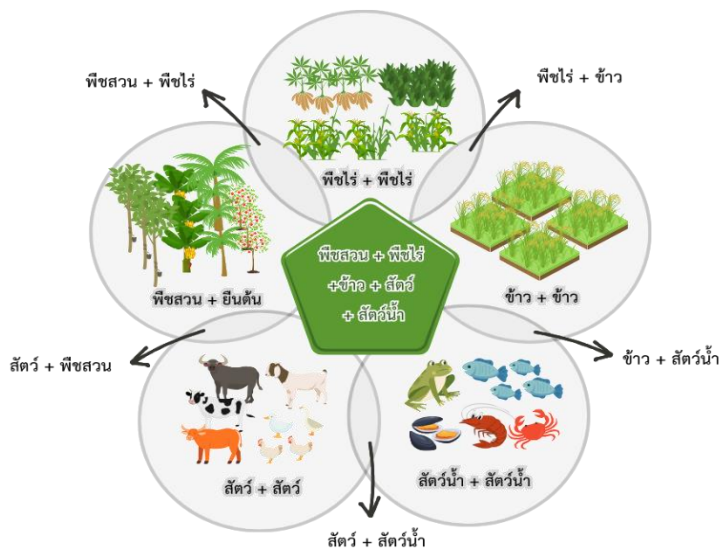
การสร้างความหลากหลายทางชีวภาพในระบบนิเวศเกษตรสามารถทำได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยมีแนวทางโดยสรุป ดังนี้

5.3.1 การสร้างความหลากหลายของกิจกรรม

การเพิ่มความหลากหลายของกิจกรรม เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะเพิ่มความมั่นคงในระบบนิเวศเกษตร การเพิ่มกิจกรรมการเกษตรสามารถนำหลักของการเกษตรแบบผสมผสานมาใช้ ซึ่ง**เกษตรผสมผสาน (Integrated Farming)** หมายถึง ระบบเกษตรที่มีการปลูกพืชและ/หรือมีการเลี้ยงสัตว์หลายชนิดในพื้นที่เดียวกัน โดยกิจกรรมแต่ละชนิดจะต้องเกื้อกูลประโยชน์ต่อกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในไร่นา เช่น ดิน น้ำ แสงแดด อย่างเหมาะสมเพื่อก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด มีความสมดุลของสภาพแวดล้อมและเพิ่มพูนความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรธรรมชาติ วัตถุประสงค์ของการเกษตรผสมผสานเพื่อให้เกิดความมั่นคงด้านรายได้ เพื่อลดการพึ่งพา ด้านเงินทุน ปัจจัยการผลิต และอาหารจากภายนอก เพื่อให้เกิดการประหยัดทางขอบข่าย เพิ่มรายได้จากพื้นที่เกษตรที่จำกัด นอกจากนี้ ยังมีการเพิ่มพูนความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรธรรมชาติ ลดการทำลายสิ่งแวดล้อม ทำให้เกษตรกรมีความเป็นอิสระในการดำรงชีวิต ในมิติของการสร้างความหลากหลาย เกษตรผสมผสานถือเป็นลักษณะพื้นฐานของการเกษตรยั่งยืนทุกรูปแบบ

จากภาพที่ 5.8 รูปแบบพื้นฐานของเกษตรผสมผสาน อาจแบ่งได้ 3 กลุ่มใหญ่ตามองค์ประกอบของกิจกรรม คือ (1) การปลูกพืชแบบผสมผสาน (2) การเลี้ยงสัตว์แบบผสมผสาน (3) การปลูกพืชผสมผสานกับการเลี้ยงสัตว์ ซึ่งใน 3 กลุ่มดังกล่าว จะแบ่งเป็นระบบย่อยตามกิจกรรมในแปลงของเกษตรกร นอกจากนี้ ในด้านเทคนิคและการจัดการไร่นานั้น เกษตรผสมผสานให้ความสำคัญในเรื่องการสร้างความหลากหลายของพืช สัตว์

และทรัพยากรชีวภาพ การใช้ประโยชน์เกื้อกูลกันระหว่างกิจกรรม การใช้ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก การใช้วัสดุหรือพืชคลุมดิน การปลูกพืชหลายระดับ มีแหล่งน้ำในไรนา เป็นต้น



ภาพที่ 5.8 รูปแบบพื้นฐานของเกษตรผสมผสาน

ที่มา : ดัดแปลงจาก อาทิตยา พองพรหม, 2562

5.3.2 การสร้างความหลากหลายของชนิดพืช

1) การเลือกชนิดพืช โดยทั่วไปพืชมีหน้าที่ 2 ส่วนหลัก คือ (1) ด้านการผลิต เช่น อาหารคน อาหารสัตว์ สมุนไพร เชื้อเพลิง วัสดุก่อสร้าง เส้นใย และวัตถุดิบต่าง ๆ ฯลฯ และ (2) ด้านการบริการ เช่น การปรับปรุงดิน ควบคุมการกัดเซาะ พังทลายของดิน ควบคุมการระเหยของน้ำหน้าผิวดิน ควบคุมวัชพืช ยึดเกาะดิน เป็นแนวรั้ว แนวกันชน ร่มเงา ฯลฯ และเกษตรกรสามารถเลือกชนิดของพันธุ์พืช โดยพิจารณากำหนดเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์หลักและวัตถุประสงค์รองของครัวเรือนความเหมาะสมของพื้นที่ ความต้องการของตลาด ประเมินความพร้อมของครัวเรือนเกษตรกร เช่น เงินทุน แรงงาน ความรู้ ฯลฯ ตลอดจนโอกาสที่จะได้รับการสนับสนุนจากภายนอก เมื่อเกษตรกรพิจารณาประเมินความพร้อมของตนเอง สามารถเลือกชนิดพืชที่ต้องการ โดยเน้นที่กลุ่มใดกลุ่มหนึ่งหรือทั้งสองกลุ่ม คือ กลุ่มพืชที่ทำหน้าที่หลักในการผลิต เช่น ข้าว ไม้ผล พืชผัก สมุนไพร เป็นต้น และกลุ่มพืชที่ทำหน้าที่หลักด้านการบริการทางนิเวศ เช่น พืชยืนต้น ไม้ป่า พืชตระกูลถั่ว เป็นต้น เมื่อเลือกแล้วจึงวางแผนวางแผนปลูก และจัดการต่อไป โดยการปลูกพืชที่สร้างความยั่งยืนได้เป็นอย่างดี คือ การปลูกตามแนวทางการปลูกป่า 3 อย่างประโยชน์ 4 อย่าง พหุกรรม เกษตรผสมผสาน เกษตรหลายระดับ เป็นต้น

หลักการเบื้องต้นในการพิจารณาเลือกชนิดพืชเพื่อสร้างความหลากหลายโดยการใช้วิธีการปลูกร่วม หรือ ปลูกแซมในแปลงเกษตรกรรม (ชนวน รัตนวราราช, 2536 และวิฑูรย์ ปัญญากุล, 2556) สรุปได้ดังนี้

1) ชนิดพืช คุณสมบัติด้านกายภาพ และชีวภาพของพืชแต่ละชนิด ได้แก่

1.1) ระบบรากพืช เนื่องจากพืชมีระบบรากต่างกัน บางชนิดรากลึก บางชนิดรากตื้น การเลือกพืชหลัก และพืชแซมควรมีระบบรากที่ยังลึกในดินในระดับที่แตกต่างกันเพื่อหลีกเลี่ยงการแข่งขันการใช้ธาตุอาหารและน้ำจากดินในบริเวณเดียวกัน โดยทั่วไปพืชแซมควรมีระบบรากที่ตื้นกว่าพืชหลัก

1.2) อายุของพืชหลักและพืชแซม ควรมีอายุแตกต่างกันเพื่อหลีกเลี่ยงการเก็บเกี่ยวพร้อมกันและลดการแข่งขันการแย่งธาตุอาหารในดินในช่วงเวลาเดียวกันด้วย เนื่องจากพืชมีความต้องการธาตุอาหารในชนิดและปริมาณที่ต่างกัน และพืชแต่ละชนิดมีประสิทธิภาพในการใช้ธาตุอาหารต่างกัน

1.3) ขนาดและลักษณะของทรงพุ่มต้น พืชหลักควรมีทรงพุ่มต้นที่ไม่บังแสงแดดพืชแซมจนเกินไป ซึ่งอาจจะต้องพิจารณาชนิดของพืชแซมด้วยว่าชอบแดดมากน้อยเพียงใด เพราะพืชแต่ละชนิดชอบแสงและร่มเงาที่แตกต่างกัน พืชแซมควรเป็นพืชที่ชอบร่มเงา โดยเฉพาะในการปลูกพืชแบบต่างระดับหรือหลายระดับ

1.4) พืชชนิดที่มีความเกื้อกูลซึ่งกันและกัน เช่น ปลูกพืชตระกูลถั่วเป็นพืชแซมจะช่วยตรึงไนโตรเจนให้พืชหลักและช่วยแข่งขันกับวัชพืชที่จะมาแย่งอาหารกับพืชหลัก รวมทั้งให้อินทรีย์วัตถุเมื่อเน่าเปื่อย ซึ่งช่วยอนุรักษ์ความชื้นในดินไม่ให้ระเหยเร็วเกินไป

1.5) พืชมีความเหมาะสมกับสภาพดินที่ต่างกัน และต้องการความชื้นในดิน และในอากาศที่ต่างกัน การจัดสรรพื้นที่และการให้น้ำ จึงต้องมีความสอดคล้อง และเหมาะสมทั้งพืชหลัก พืชร่วม และพืชแซม

2) วิธีปฏิบัติในการปลูก การดูแล และการเก็บเกี่ยว พืชชนิดหนึ่งจะกระทบกับพืชอีกชนิดหนึ่งหรือไม่ เช่น วิธีการดูแลและกำจัดศัตรูพืชที่เหมาะสม การเก็บเกี่ยว รวมถึงการใช้แรงงานในการจัดการ ดูแลรักษาที่ต่างกัน

3) ช่วงระยะเวลาการปลูก ต้องเลือกประเภทและชนิดของพืชที่เหมาะสมต่อสภาพแวดล้อมสภาพอากาศ ฤดูกาล ซึ่งจะมีปัจจัยทั้งด้านอุณหภูมิ ช่วงแสง และความชื้นในอากาศที่จะมีผลต่อการเจริญเติบโตเข้ามาเกี่ยวข้อง เพื่อให้เกิดผลผลิตที่มีประสิทธิภาพและรายได้สูงสุด

4) ความต้องการของตลาด และความเสี่ยงในเรื่องการตลาดของพืชแต่ละชนิดเพื่อนำมาวางแผนการผลิตที่สอดคล้องกับตลาด

5) ความต้องการใช้ประโยชน์จากพืชแต่ละชนิด เช่น เพื่อเป็นอาหารคน อาหารสัตว์ สมุนไพร ไม้ใช้สอย เชื้อเพลิง ปรับปรุงดิน กันลม ฯลฯ

6) ความรู้ ความสามารถ ความถนัดในการจัดการของเกษตรกรในการปลูก การดูแล และการเก็บเกี่ยวพืชแต่ละชนิด

นอกจากนี้ ในการเลือกไม้ยืนต้น มีข้อควรพิจารณาเบื้องต้นในการเลือกชนิดพันธุ์ที่จะปลูกในระบบเกษตรกรรมยั่งยืนโดยเฉพาะรูปแบบวนเกษตร ดังสรุปในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ข้อควรพิจารณาเบื้องต้นในการเลือกชนิดพันธุ์ไม้ยืนต้น

คุณลักษณะ	ประโยชน์
เอนกประสงค์	ให้ผลผลิตหลายอย่าง เช่น ไม้เป็นเชื้อเพลิง ก่อสร้าง อาหารสัตว์ ปุ๋ยพืชสด สมุนไพร
การเติบโต	โตเร็ว เพิ่มปริมาณผลผลิตชีวมวล
การเจริญของราก	รากลึก ไม่กระทบกับพืชเกษตรอื่น ๆ
การแข่งขัน	ไม่แย่งพื้นที่ สารอาหาร อากาศ แสง และน้ำ
การแตกยอดใหม่	การเจริญของยอดหรือกิ่งดีหลังจากตัดแต่ง

คุณลักษณะ	ประโยชน์
สารอาหาร และรสชาติ	เป็นพืชอาหารสัตว์ได้ ไม่เป็นพิษ ใบไม่หยาบเกินไป
เรือนยอด	แสงผ่านได้ แต่ยังให้ร่มเงาได้ดี
การตรึงไนโตรเจน	สามารถตรึงไนโตรเจน เพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน
ด้านเศรษฐกิจ	ให้ผลผลิตสามารถขายได้ เช่น ผลไม้ ไม้ใช้สอย ไม้ฟืน ฯลฯ
ด้านสิ่งแวดล้อม	ไม่เป็นอันตรายต่อพืชชนิดอื่น เหมาะสมกับพื้นที่ ปรับตัวได้ดี สนับสนุนการเพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพ

ที่มา : Wekesa และ Jönsson, 2014 อ้างถึงใน อาทิตยา พงษ์พรหม และคณะ , 2560 (ก), น. 31

ความต้องการใช้ประโยชน์จากพืช: อาหารคน อาหารสัตว์
สมุนไพร ไม้ใช้สอย เชื้อเพลิง ปรับปรุงดิน กันลม ฯลฯ

คุณสมบัติของพืชแต่ละชนิด:

ระบบราก อายุ ขนาดและ
ทรงพุ่ม ความเกื้อกูลกัน การ
แข่งขัน ความเหมาะสมกับพื้นที่

การจัดการผลิต: การปลูก ช่วง
ระยะเวลาการปลูก การดูแล
การเก็บเกี่ยว การใช้แรงงาน

ความรู้ ความพร้อมของเกษตรกรใน
การผลิตและจัดการพืชแต่ละชนิด

ความต้องการของตลาด ความ
เสี่ยงของพืชแต่ละชนิด



ภาพที่ 5.9 สรุปหลักการเบื้องต้นในการเลือกชนิดพืชเพื่อปลูกร่วม หรือปลูกแซมในแปลงเกษตรกรรม

หลักการเบื้องต้นสำหรับการพิจารณาเลือกชนิดพืช รวมถึงไม้ยืนต้นที่เหมาะสมในการปลูกร่วม หรือ ปลูกแซมในระบบเกษตรแบบผสมผสาน สรุปได้ดังภาพที่ 5.9 ทั้งนี้ ความเข้าใจลักษณะของความสัมพันธ์ของพืชแต่ละชนิดในระบบนิเวศเกษตร นับว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญในการจัดการกิจกรรมในระบบเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด เช่น การสร้างระบบจุลภูมิอากาศที่เหมาะสมให้กับพืชอื่น การผลิตสารเคมีที่เป็นประโยชน์หรือเป็นโทษต่อพืชอื่น ช่วยลดจำนวนศัตรูพืช ควบคุมวัชพืช เป็นสมุนไพรให้คนและสัตว์ เป็นสมุนไพรปราบศัตรูพืชและไล่แมลง ผลิตและ

เคลื่อนย้ายธาตุอาหาร (เช่น ตรึงไนโตรเจน) ผลิตชีวมวลที่เป็นอาหารของพืชหรือสัตว์ เพิ่มหน้าดินหรือโครงสร้างของระบบรากพืช มีระบบรากลึกเพื่อช่วยหมุนเวียนธาตุอาหาร เป็นต้น ตัวอย่างเช่น การปลูกพืชแนวระดับที่ช่วยอนุรักษ์ดินและน้ำ ผลผลิตเป็นอาหาร และเชื้อเพลิง หรือ กรณีปลูกพืชเป็นรั้วรอบแปลง นอกจากช่วยกันสัตว์จากภายนอกเข้ามาในแปลง และช่วยกันลมแล้ว ยังเป็นอาหาร เชื้อเพลิง อาหารสัตว์ หรือสมุนไพรได้ด้วย อย่างไรก็ตาม เกษตรกรสามารถเลือกชนิดพืชได้หลากหลายชนิด และไม่มีสูตรสำเร็จหรือกำหนดตายตัวได้ เนื่องจากวัตถุประสงค์ในการปลูกและเงื่อนไขปัจจัยมีความแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่และช่วงเวลา แต่ประเด็นที่สำคัญคือ ผู้จัดการระบบนิเวศเกษตร หรือ เกษตรกร ควรศึกษาและเรียนรู้เกี่ยวกับชนิดพืช การดูแลรักษา รวมถึงเทคนิควิธีในการจัดการเพื่อลดปัญหาการแย่งธาตุอาหาร น้ำ และการได้รับแสงแดดของพืช ตลอดจนการจัดการด้านคุณภาพและมาตรฐาน และการตลาด ซึ่งจะมีความสำคัญมากต่อเกษตรกรที่มีวัตถุประสงค์ด้านเศรษฐกิจเป็นหลัก และด้านสังคมและสิ่งแวดล้อมเป็นวัตถุประสงค์รอง

2) แนวทางการสร้างความหลากหลายของชนิดพืช สามารถทำได้โดยใช้หลักการปลูกพืชแบบหลากหลาย หรือ การปลูกพืชแบบพหุสิกรรม (Multiple-cropping) คือ การปลูกพืชมากกว่าหนึ่งชนิดในพื้นที่เดียวกัน ซึ่งอาจจะปลูกร่วมกันในเวลาเดียวกันหรือต่างระยะเวลากันก็ได้ โดยสามารถจัดการได้หลายระบบ เช่น การปลูกพืชร่วม การปลูกพืชแซม การปลูกแบบรับช่วง การปลูกพืชแบบทวนสิกรรมหรือแบบตามการปลูกพืชหลายระดับ การปลูกพืชแบบราวน การปลูกพืชแบบเกาะอาศัย ฯลฯ โดยขอยกตัวอย่างระบบการปลูกพืชเพื่อสร้างความหลากหลายของระบบนิเวศเกษตรยั่งยืน โดยการปลูกพืชร่วม (แบบสลับแถวและแบบผสม) และการปลูกพืชแบบหลายระดับ ดังนี้



ภาพที่ 5.10 ตัวอย่างพืชแซมและพืชร่วมในสวนยางพารา

2.1) การปลูกพืชร่วม (Intercropping) หมายถึง การปลูกพืชตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปร่วมกันในเวลาเดียวกัน ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบหลัก คือ (1) การปลูกแบบผสม (mixed intercropping) หมายถึง การปลูกพืชร่วมที่ไม่เป็นแถวเป็นแนวแต่หากจะปลูกผสมกันไปตามความเหมาะสมของสภาพที่ต้องการตามธรรมชาติ (2) การปลูกพืชแบบเป็นแถว (row intercropping) หรือปลูกแบบสลับแถว หมายถึง ระบบการปลูกพืชร่วมที่มีอย่างน้อยหนึ่งชนิดที่ปลูกเป็นแถว พืชที่เหลืออาจจะปลูกเป็นแถวสลับกับพืชแรกหรือปลูกไม่เป็นแถวอยู่ระหว่างแถวของพืชชนิดแรกก็ได้ ดังตัวอย่างพืชแซมและพืชร่วมยางในภาพที่ 5.10

2.2) การปลูกพืชแบบหลายระดับชั้น หรือการปลูกพืชแบบต่างระดับ หลักการปลูกพืชหลายระดับหรือปลูกโดยใช้หลักการจัดลำดับชั้นความสูงของพืช มีพื้นฐานมาจากการจัดชั้นเรือนยอดของต้นไม้ในนิเวศป่าไม้ ซึ่งในป่าฝนเขตร้อนทั่วไปที่มีความอุดมสมบูรณ์จะมีต้นไม้ปกคลุมในหลายระดับ ตั้งแต่พืชคลุมดิน ไม้พุ่ม เถาวัลย์ ไม้เรือนยอด และไม้ใหญ่ โดยทั่วไปการเรียงลำดับชั้นในแนวตั้ง (Vertical stratification) ซึ่งเป็นการจัดชั้นที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยของการได้รับแสง ส่วนใหญ่จะแบ่งออกเป็น 4 ชั้น คือ

(1) ชั้นเหนือเรือนยอดชั้นบน (Emergent Layer) เป็นกลุ่มไม้ที่มีเรือนยอดสูงกว่าระดับของเรือนยอดของพืชอื่นทั้งหมด เรือนยอดของพืชกลุ่มนี้จะได้รับแสงเต็มที่ทั้งด้านบนและด้านข้างเกือบ 100%

(2) ชั้นเรือนยอดระดับบน (Canopy Layer) ไม้จำพวกนี้จะเป็นไม้ที่มีเรือนยอดอยู่ในระดับเดียวกับระดับของยอดไม้ทั้งป่า จะได้รับแสงมากทางด้านบนของเรือนยอดประมาณไม่เกิน 95 % ส่วนด้านข้างของเรือนยอดจะไม่ได้รับแสงหรือรับได้น้อยมาก ตัวเรือนยอดมักจะมีขนาดปานกลาง

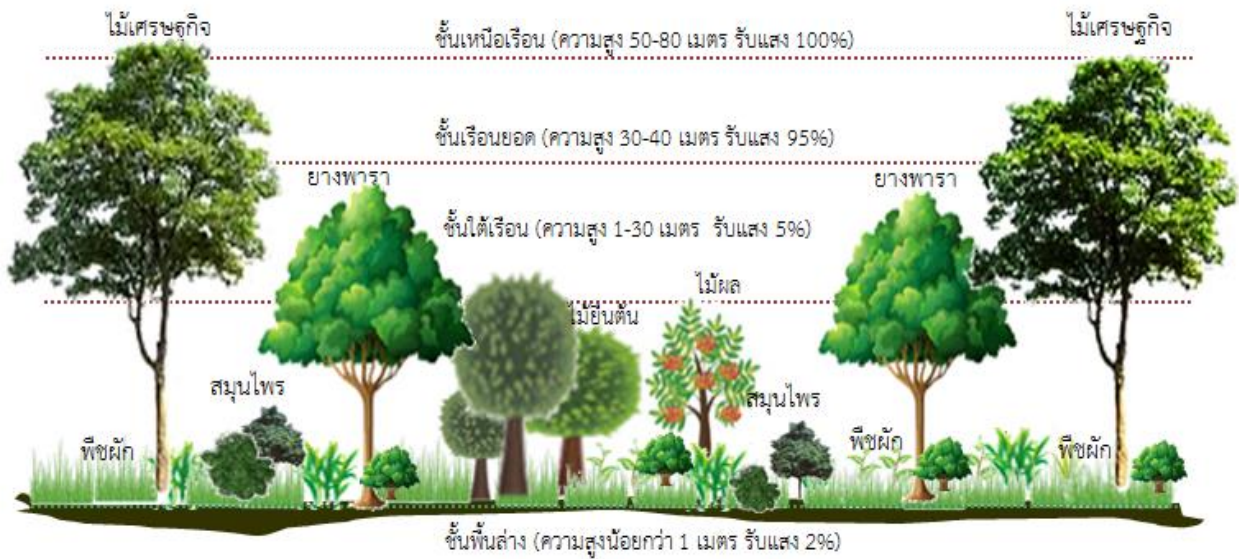


(3) ชั้นเรือนยอดระดับกลาง หรือ ใต้เรือนยอด (Understory Layer) เป็นกลุ่มไม้ชั้นกลาง ที่มีเรือนยอดอยู่ต่ำกว่าระดับเรือนยอดของไม้ทั้งบริเวณ แต่อาจจะมีส่วนใดส่วนหนึ่งของเรือนยอดได้รับแสงโดยตรงจากข้างบนบ้างเล็กน้อย แต่ด้านข้างเรือนยอดนั้นไม่ได้รับแสงเลย ได้รับแสงประมาณ 5% โดยปกติแล้ว “ไม้กลาง” จะมีเรือนยอดเล็กและถูกเปิดจากต้นที่อยู่ด้านข้างหรือที่อยู่โดยรอบค่อนข้างมาก

(4) ชั้นล่างสุด หรือ พื้นป่า (Forest Floor) ไม้ชั้นล่างเป็นไม้ที่มีเรือนยอดต่ำกว่าระดับเรือนยอดของไม้ทั้งบริเวณเรือนยอดจะไม่ได้รับแสงโดยตรงเลย หรือน้อยมาก ประมาณไม่เกิน 2% ไม่ว่าจะทางด้านบนหรือรอบ ๆ เรือนยอด ยกเว้นมีต้นไม้ใหญ่ล้มแล้วเกิดช่องว่างให้แสงส่องถึง (องค์การพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ, 2564)

อย่างไรก็ตาม จำนวนชั้นเรือนยอดในแต่ละสังคมพืชนั้น จะแตกต่างกันไปตามลักษณะของสังคมนั้น ๆ ในบางพื้นที่อาจประกอบด้วยชั้นเรือนยอดตั้งแต่ 5 ถึง 7 ชั้น คือ อาจประกอบด้วยไม้ใหญ่ 2 - 3 ชั้น ไม้พุ่ม 2 ชั้น และชั้นของไม้ล้มลุก และลูกไม้ ส่วนที่ผิวดินเป็นชั้นของมอสส์และไลเคนส์ ส่วนในดินอาจจำแนกชั้นลึก

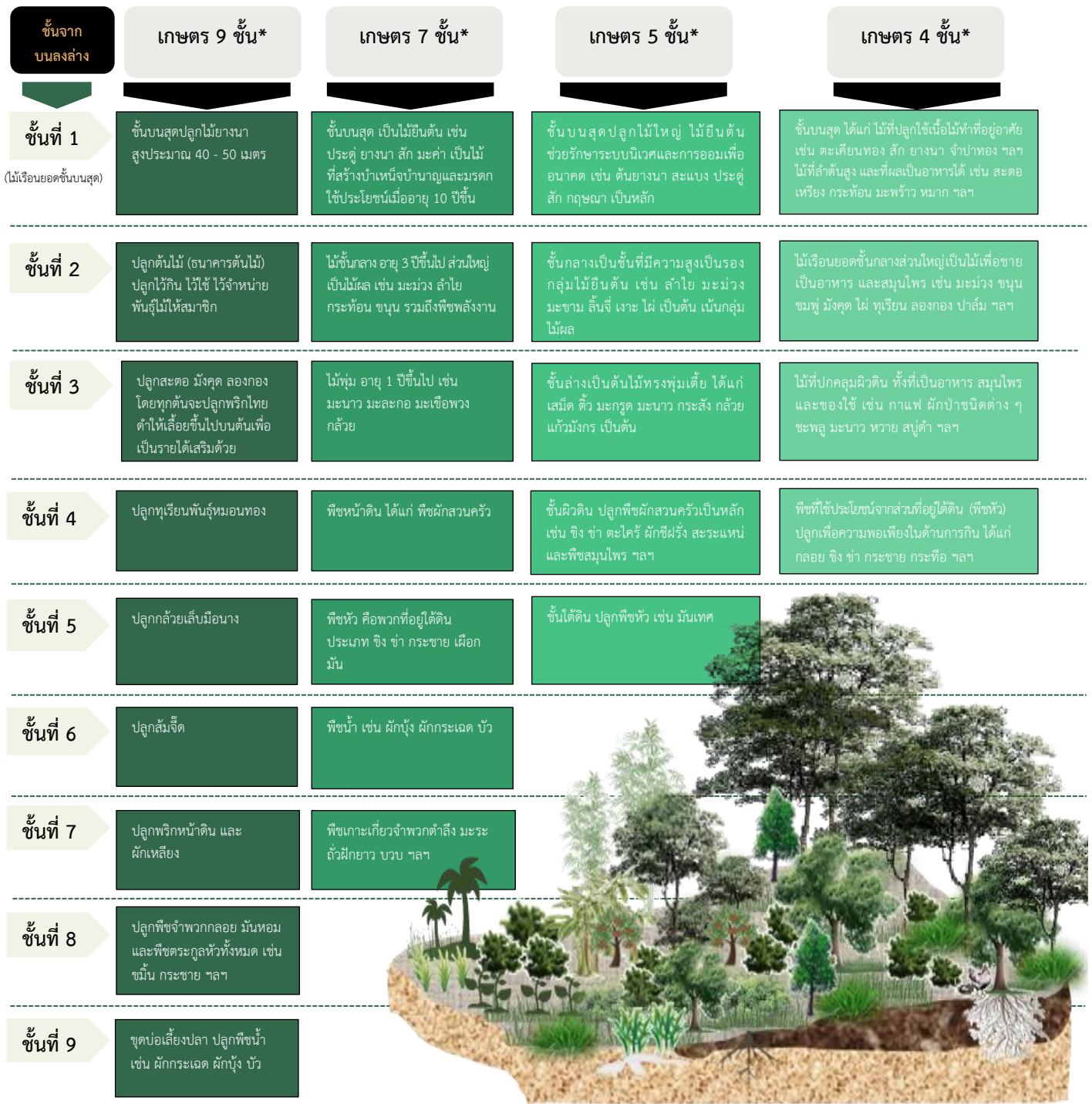
ลงไปได้ตามระดับชั้นของเรือนรากและสิ่งมีชีวิตในดิน และสำหรับการออกแบบระบบนิเวศเกสรนั้น จะขึ้นอยู่กับเกษตรกรเจ้าของแปลงเป็นหลักว่าจะปลูกพืชชนิดใดในแต่ละระดับชั้น ดังตัวอย่างในภาพที่ 5.11 - 5.15



ภาพที่ 5.11 ตัวอย่างการปลูกพืชหลายระดับและการรับแสงของพืชในสวนยางพารา
ที่มา : ดัดแปลงจากวิทยา พรหมมี (2563) อ้างถึงใน อาทิตยา พองพรหมและคณะ (2564)



ภาพที่ 5.12 แบบจำลองการจัดระบบนิเวศแบบหลายระดับชั้นและเลือกชนิดพืชตามการใช้ประโยชน์ในระบบวนเกษตร
ที่มา : อาทิตยา พองพรหม และคณะ, 2560 (ก)



หมายเหตุ: *กรณีตัวอย่าง เกษตร 4 ชั้น (นายพงศา ชูเนม) เกษตร 5 ชั้น (นายบุญ มีชัย) เกษตร 7 ชั้น (นายอัษฎางค์ สิริหาราช) และเกษตร 9 ชั้น (นายสมบุญ ศรีสุบัติหรือ ลุงนิล)
ทั้งนี้ ชนิดพืชที่ปลูกสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสมของพื้นที่ปลูก ความพร้อมของเกษตรกร และความต้องการตลาดในแต่ละภูมิภาค

ภาพที่ 5.13 ตัวอย่างการทำการเกษตรแบบหลายชั้น

ที่มา : ดัดแปลงจากหม่อนไม้, ม.ป.ป. และอภิชาติ ศรีสอาด และคณะ, 2559 อ้างถึงในอาทิตยา พงพรหม
และคณะ, 2560 (ก)

การปลูกพืชหลายระดับขั้นสามารถประยุกต์ใช้หลักการปลูกป่า 3 อย่าง ประโยชน์ 4 อย่าง ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการเลือกปลูกต้นไม้ในระบบเกษตรกรรมยั่งยืน โดยหลักการดังกล่าวนี้ พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ 9 ทรงพระราชทานพระราชดำริไว้เมื่อปี 2519 ณ หน่วยพัฒนาต้นน้ำทุ่งจ้อ อำเภอมะนัง จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อจะทำให้เกิดป่าไม้แบบผสมผสานและสร้างความสมดุลแก่ธรรมชาติอย่างยั่งยืน การปลูกป่า 3 อย่าง คือ ปลูกไม้ใช้สอย ไม้กินได้ ไม้เศรษฐกิจ ซึ่งไม้ทั้ง 3 อย่างนี้ สามารถให้ประโยชน์ได้ถึง 4 อย่าง คือ นอกจากประโยชน์ในตัวเองตามชื่อดังกล่าวแล้ว ยังให้ประโยชน์อย่างอื่นที่ 4 คือ ช่วยอนุรักษ์ดินและต้นน้ำลำธารได้ด้วย หลักการปลูกป่า 3 อย่างสามารถออกแบบเป็นหลายระดับขั้น 4 - 5 ขั้น ตามลักษณะของพืชที่ปลูก (ศูนย์กสิกรรมธรรมชาติบ้านบุญ, ม.ป.ป. อ้างถึงใน อาทิตยา พงพรหมและคณะ, 2560 (ก)) ดังสรุปในตารางที่ 5.2 และตัวอย่างในภาพที่ 5.16 - 5.17

ตารางที่ 5.2 สรุปประเภท ประโยชน์ และตัวอย่างการปลูกป่า 3 อย่าง ประโยชน์ 4 อย่าง แบบ 5 ระดับขั้น

ประเภทต้นไม้ในป่า 3 อย่าง	ประโยชน์ 4 อย่าง	การปลูกแบบ 5 ระดับขั้น
● ป่าไม้ใช้สอย ไม้สำหรับใช้ก่อสร้าง ทำเครื่องมือเครื่องใช้ เช่น ไม้ไผ่ ไม้โตเร็ว ไม้เนื้อแข็งชนิดต่าง ๆ เป็นต้น ● ป่าไม้กินได้ คือ ไม้ผล พืชผักที่ใช้เป็นอาหาร รวมถึงสมุนไพรชนิดต่าง ๆ ● ป่าไม้เศรษฐกิจ คือ ไม้ที่ปลูกไว้ขาย ไม่ว่าจะเป็น ไม้ผลเศรษฐกิจ และไม้ที่ปลูกไว้ขายเนื้อไม้ เช่น ไม้สัก เป็นต้น	● เป็นไม้ใช้สอย โดยนำมาสร้างบ้าน ทำเล้าเป็ด เล้าไก่ ดำจอบเสียม ทำหัตถกรรม หรือกระทั่งเป็นฟืนในการหุงต้ม ● เป็นอาหาร ทั้งพืชกินใบ กินผล กินหัว และเป็นยาสมุนไพร ● เป็นแหล่งรายได้ของครัวเรือน เป็นพืชที่สามารถนำมาจำหน่ายได้ ซึ่งควรปลูกพืชหลากหลายชนิด เพื่อลดความเสี่ยงเรื่องราคาคงต่ำและไม่แน่นอน ● ร่มเงาเป็นประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อม ช่วยอนุรักษ์ดินและน้ำ การปลูกพืชที่หลากหลายเป็นระบบจะช่วยสร้างความสมดุลของระบบนิเวศในสวน ช่วยปกป้องผิวดินให้ชุ่มชื้น ดูดซับน้ำ และปลดปล่อยความชื้นสู่แปลงเกษตร	● ไม้เรือนยอดชั้นบน: กลุ่มไม้ยืนต้นสูง อายุยืน กลุ่มที่ใช้เนื้อไม้ เช่น ตะเคียน ยางนา เต็ง รัง ฯลฯ กลุ่มที่ใช้ผลเป็นอาหารได้ เช่น สะตอ เหยียง กระท้อน มะพร้าว หมาก ฯลฯ ● ไม้เรือนยอดชั้นกลาง: ไม้ในระดับนี้เป็นกลุ่มที่เน้นเป็นอาหาร สมุนไพร และขายได้ เช่น มะม่วง ขนุน มังคุด ชมพู่ มังคุด ฝรั่งเรียน ลองกอง ฯลฯ ● ไม้เรือนยอดชั้นล่าง: เป็นอาหาร สมุนไพร เช่น กาแฟ มะนาว ติ้ว หวาย ฯลฯ ● ไม้พุ่มเตี้ย: กลุ่มพืชพุ่มเตี้ยและล้มลุก ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพืชอาหาร และสมุนไพร เช่น พริก มะเขือ กะเพรา ผักหวานบ้าน เหยียง ฯลฯ และกลุ่มไม้เลื้อย เช่น พริกไทย รางจืด ฯลฯ ● ไม้หัวใต้ดิน: กลุ่มพืช ขิง ข่า กลอย มันมือเสือ บุก กวาวเครือ ฯลฯ

ที่มา : ปรับจาก ศูนย์กสิกรรมธรรมชาติบ้านบุญ, ม.ป.ป. อ้างถึงใน อาทิตยา พงพรหมและคณะ, 2560 (ก)



ภาพที่ 5.16 สภาพป่า 3 อย่างประโยชน์ 4 อย่าง

ที่มา : โครงการส่วนพระองค์สมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้ากรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี, 2564



ภาพที่ 5.17 แบบจำลองตัวอย่างการปลูกพืชผสมผสานแบบ 5 ระดับชั้นตามหลักการปลูกป่า 3 อย่างประโยชน์ 4 อย่าง

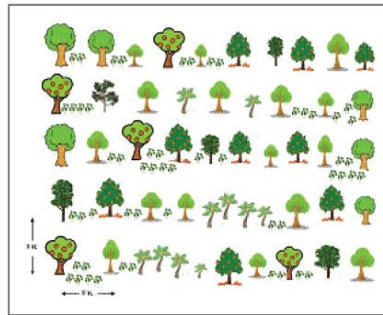
5.4 รูปแบบการปลูกไม้ยืนต้นเพื่อสร้างระบบนิเวศวนเกษตร

การปลูกไม้ยืนต้นในระบบนิเวศเกษตร ทำได้หลากหลายรูปแบบ เช่น แบ่งพื้นที่ปลูกเป็นสัดส่วนแบบสวนป่าผสม (Farm Woodland) ปลูกผสมเป็นแถบแนวกันลม (Shelterbelts) ปลูกเป็นแถวแบบผสมหลายชนิด (Tree Rows) ปลูกแบบเป็นกลุ่มผสมหลายชนิดกระจายในแปลง (Clumps) ปลูกเป็นแถวรายพืชสลับอย่างเป็นระเบียบ (Singletrees (Regular)) ปลูกเป็นต้นเดี่ยวแบบกระจายหลายชนิดไม่เป็นระเบียบ (Singletrees (Irregular)) ดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 5.18 นอกจากนี้ กรมป่าไม้ (2556) ได้แนะนำรูปแบบการจัดการปลูกไม้ยืนต้นในแปลงวนเกษตรที่เหมาะสมหลายวิธี อาทิ (1) ปลูกไม้ป่าผสมในลักษณะบ้านสวน (2) ปลูกไม้ป่าเป็นแนวเขตหรือล้อมนา (3) ปลูกไม้ผลผสมไม้ป่า (4) ปลูกไม้ป่าในพื้นที่นาข้าวบนคันนาเก่า (5) ปลูกไม้ป่ากับพื้นที่นาข้าวบนคันนาปรับแต่ง (6) ปลูกไม้ป่ากับพืชไร่และพืชอาหารสัตว์ภายในพื้นที่เดียวกัน (7) ปลูกผสมไม้ป่าสลับเป็นแถวกับการปลูกพืชเกษตร (8) ปลูกผสมไม้ป่าสลับเป็นแถวการการปลูกพืชไร่แบบชุมชนปลูกเพื่อใช้สอยร่วมกัน (9) ปลูกผสมไม้ป่าสลับเป็นแถบกับการปลูกพืชไร่แบบเกษตรกรปลูกเพื่อจำหน่าย (10) ปลูกไม้ผสมไม้ยืนต้นเพื่อประโยชน์เอนกประสงค์ (11) ปลูกผสมไม้ 3 ชั้น เรือนยอดเพื่อการใช้ประโยชน์แบบเอนกประสงค์ เป็นต้น ดังตัวอย่างในภาพที่ 5.19



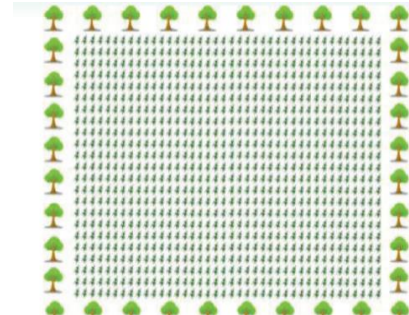
ภาพที่ 5.18 ตัวอย่างรูปแบบการปลูกไม้ยืนต้นในแปลงวนเกษตร

ที่มา: Smith, 2010 อ้างถึงใน อาทิตยา พองพรหมและคณะ, 2560 (ก)



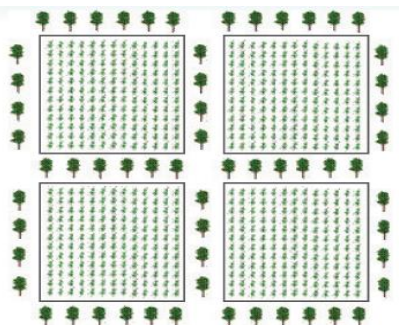
ไม้โตเร็ว ไม้ผล พืชสมุนไพร

ปลูกผสมผสานแบบสุ่มอย่างไม่เป็นระเบียบระหว่างต้นไม้ป่ากับพืชเกษตร



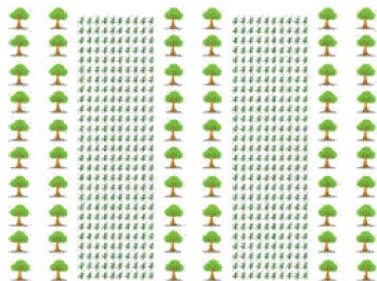
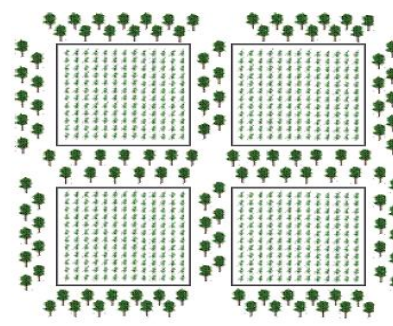
ไม้โตเร็ว พืชไร่

ปลูกเป็นแนวขอบรอบนอกของแปลงปลูกพืชเกษตร/นาข้าว

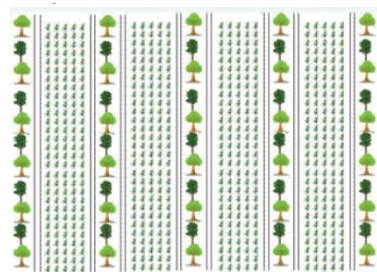
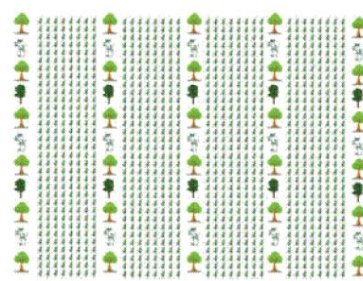


ไม้โตเร็ว ข้าว

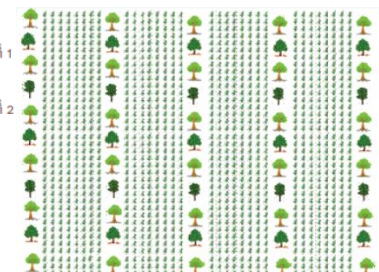
ปลูกไม้ป่าในพื้นที่นาข้าวบนคันนาเก่า และ/หรือคันนาปรับแต่ง



ไม้โตเร็ว ประเภทที่ 1
ไม้โตเร็ว ประเภทที่ 2
ไม้
พืชไร่



ไม้โตเร็วประเภทที่ 1 (ไม้ชั้น 3)
ไม้โตเร็วประเภทที่ 2 (ไม้ชั้น 2)
ไม้ผล
พืชไร่



ปลูกสลับเป็นแถบ หรือ เป็นแถว ระหว่างไม้ป่าโตเร็วกับพืชเกษตร

ภาพที่ 5.19 ตัวอย่าง การออกแบบการปลูกไม้ยืนต้นในแปลงเกษตร
ที่มา : ดัดแปลงจาก กรมป่าไม้, 2556

5.5 การเลี้ยงสัตว์เพื่อสร้างความหลากหลายในระบบนิเวศเกษตรกรรมยั่งยืน

จากหลักการทางนิเวศวิทยาจะเห็นได้ว่า พืชเป็นผู้ผลิต สัตว์เป็นผู้บริโภค สัตว์ไม่สามารถสร้างอาหารได้เอง และโดยปกติต้องกินอาหารจากพืช ดังนั้น หากมีความต้องการบริโภคเนื้อสัตว์มากขึ้น ความต้องการพืชอาหารสัตว์ก็จะยิ่งมากขึ้นตามไปด้วย โดยเฉพาะการเลี้ยงสัตว์ในระบบอุตสาหกรรมที่จะใช้อาหารชั้นที่ได้จากพืชจำนวนมาก ส่วนหนึ่งนำไปสู่การรุกพื้นที่ป่าเพื่อปลูกข้าวโพด ถั่วเหลือง มันสำปะหลัง หญ้า ซึ่งเป็นพืชอาหารสัตว์มากขึ้นตามไปด้วย และแน่นอนว่าย่อมส่งผลต่อเนื่อง คือ ภาวะโลกร้อนที่กำลังเป็นปัญหาสำคัญในปัจจุบัน และอนาคต การเลี้ยงสัตว์ในระบบเกษตรยั่งยืนจะช่วยให้เกิดการหมุนเวียนทรัพยากรในแปลงได้ดีขึ้น เกษตรกรสามารถลดต้นทุนค่าปุ๋ยและมีอาหารโปรตีนไว้บริโภค อย่างไรก็ตาม หากต้องการได้รับประโยชน์สูงสุด เกษตรกรจะต้องมีการจัดการที่ดี โดยเฉพาะการผลิตอาหารสัตว์เอง ซึ่งเป็นการลดต้นทุน และควบคุมคุณภาพและป้องกันการปนเปื้อนสารเคมีได้ (ภาพที่ 5.20)



ภาพที่ 5.20 ภาพแสดงตัวอย่างความหลากหลายของพันธุ์พืช การเลี้ยงสัตว์ กิจกรรมต่าง ๆ และสภาพนิเวศภายในแปลงเกษตรผสมผสาน (แบบวนเกษตร)

ปัจจุบัน มีเกษตรกรเริ่มให้ความสำคัญกับการเลี้ยงสัตว์ในระบบเกษตรอินทรีย์ และมักจะพบว่าเป็นการเลี้ยงผสมผสานในระบบเกษตรยั่งยืน สำหรับชนิดของสัตว์เลี้ยง เกษตรกรสามารถเลือกได้หลากหลายชนิด โดยควรพิจารณาให้เหมาะสมกับแรงงาน เงินทุน และพื้นที่ที่เหลือ ตลอดจน อาหารบางส่วนที่ได้จากแปลงปลูกพืช (เช่น ต้นพืช รำข้าว ฟางข้าว มูลสัตว์ ฯลฯ) รวมถึงวัตถุประสงค์ในการเลี้ยง เช่น เลี้ยงเป็นรายได้หลัก เลี้ยงเป็นรายได้เสริมและอาหารประจำวัน โดยเฉพาะปลาซึ่งเป็นอาหารประจำวันของคนไทยที่บริโภคร่วมกับข้าว และผัก สิ่งสำคัญคือ การเลี้ยงในระบบเกษตรผสมผสานเป็นการหมุนเวียนธาตุอาหารในระบบด้วยการเปลี่ยนพืชผัก เศษเหลือจากพืช เศษอาหารต่าง ๆ มาเป็นเนื้อ นม ไข่ เพื่อเป็นอาหารและสร้างรายได้ และเป็นมูลสัตว์กลับเป็นธาตุอาหารในดิน ทดแทนปุ๋ยเคมีและประหยัดค่าใช้จ่ายในการซื้อปุ๋ยอินทรีย์จากภายนอก อาจกล่าวได้ว่า มูลสัตว์เป็นสิ่งเชื่อมต่อ และการก่อถูกระหว่างพืชและสัตว์ ที่อาจเรียกได้ว่าเป็นพื้นฐานของระบบเกษตรแบบผสมผสาน

นอกจากนี้ การเลี้ยงสัตว์แบบผสมผสานมีแนวทางที่หลากหลาย เช่น การเลี้ยงรวมกับแปลงไม้ยืนต้น การเลี้ยงร่วมในแปลงพืชผสมผสาน การสร้างคอกหรือเล้าสัตว์คร่อมริมบ่อปลาเพื่อใช้มูลสัตว์เป็นอาหารปลา หรือการขุดบ่อปลาให้มีระดับความลึกต่างกัน เป็นต้น สัตว์ที่นิยมเลี้ยงคู่กับปลา คือ ไก่ เป็ด หมู ดังตัวอย่างใน ตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 ตัวอย่างประเภทและชนิดสัตว์เลี้ยง

ประเภท	ตัวอย่างชนิดสัตว์	ตัวอย่างการเลี้ยงผสมผสาน
สัตว์ปีก	ไก่เนื้อ(พื้นเมือง) ไก่เนื้อ ไก่ไข่ ไก่วง เป็ดเนื้อ เป็ดไข่ นกกระทา ฯลฯ	ไก่ - ปลา / ไก่ - เป็ด - ยางพารา ผสมผสาน / ไก่ไข่อารมณ์ดีในสวนผสมผสาน / เป็ดในนาข้าว - ปลา
สัตว์เล็ก	หมู (พื้นเมือง) หมูพันธุ์การค้า แพะนม แพะเนื้อ ฯลฯ	หมู - ปลา (เลี้ยงหมูบนคันบ่อ/บนบ่อปลา)/ แพะ - ยางพารา - สวนผสม / หมูหลุม - สวนผสมผสาน
สัตว์ใหญ่	โคเนื้อ-พื้นเมือง โคเนื้อ โคนม กระบือ ฯลฯ	โคเนื้อ - ปาล์ม / โคนม - หญ้า - สวนผสมผสาน
สัตว์น้ำและสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ	ปลากินพืช: ปลานิล ปลาดุก ปลาตะเพียน ปลาไน ปลาจีน ฯลฯ ปลาดุก ปลาช่อน ปลาหมอ ปลาแรด สวาย กบ หอยขม ฯลฯ	ปลาในนาข้าว - เป็ด/กบ - ปลาดุก/ปลาผสมผสาน หลายชนิด (กินอาหารต่างกัน)
แมลง	จิ้งหรีด ผีเสื้อ ชันโรง มดแดง ไหม ฯลฯ	จิ้งหรีด - เกษตรผสมผสาน/ชันโรงในสวนยางพาราผสมผสาน / ลำไย - ผีเสื้อ / มดแดง - สวนวนเกษตร/หม่อน - ไหม - สวนผสมผสาน

5.6 การจัดการแปลงเกษตรกรรมเพื่อเสริมสร้างความหลากหลายทางชีวภาพ

การเพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพในระบบนิเวศเกษตร นอกจากการเพิ่มโดยตรงจากการเพิ่มกิจกรรมเพิ่มชนิดพืชและสัตว์ในแปลงเกษตรกรรมแล้ว การเลือกรูปแบบการจัดการแปลงที่ดีในด้านต่าง ๆ เช่น การจัดการดิน น้ำ ปุ๋ยและธาตุอาหารพืช การให้อาหารและการสุขภาพสัตว์ การกำจัดศัตรูพืช การเชื่อมโยงกิจกรรมและใช้ประโยชน์จากทรัพยากรต่าง ๆ ในแปลง ฯลฯ จะช่วยส่งเสริมให้การผลิตพืชและสัตว์ที่มีความหลากหลายนั้นมีประสิทธิภาพมากขึ้น และที่สำคัญช่วยสร้างระบบนิเวศภายในแปลงให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการทำงานของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กและจุลินทรีย์ รวมถึงเป็นที่อยู่อาศัย แหล่งหลบภัย และแหล่งอาหารให้กับสัตว์และพืชท้องถิ่นในระบบนิเวศธรรมชาติ การจัดการแปลงเกษตรกรรมที่ดี จึงถือว่าเป็นปัจจัยสำคัญในการช่วย

ส่งเสริมให้ระบบนิเวศเกษตรเกิดความหลากหลายทั้งโดยการสร้างขึ้น และจากธรรมชาติอันเป็นผลจากการสร้างระบบนิเวศที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยสามารถทำได้หลายวิธีดังตัวอย่างที่แสดงในตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 ตัวอย่างการจัดการแปลงเกษตรกรรมเพื่อเสริมสร้างความหลากหลายทางชีวภาพในระบบนิเวศเกษตร

แนวปฏิบัติ	วิธีปฏิบัติ
1. ลดการไถพรวน และหลีกเลี่ยงการใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่	○ ลดการไถพรวนให้น้อยลงเท่าที่จำเป็น เพื่อลดผลกระทบต่อน้ำในดิน และการใช้เครื่องจักรกลการเกษตรขนาดใหญ่ ที่มีน้ำหนักมาก จะทำให้ดินแน่นแข็ง ส่งผลต่อปริมาณของตัวอ่อนแมลงที่อาศัยอยู่ในดิน
2. ปลูกพืชหมุนเวียน โดยมีพืชตระกูลถั่วร่วมด้วย	○ การปลูกพืชหมุนเวียนมีส่วนช่วยเพิ่มความหลากหลายของพืชและแมลงโดยตรง แต่การเลือกพืชต้องพิจารณาสภาพเงื่อนไขของดิน ภูมิอากาศ และสภาพเงื่อนไขท้องถิ่นอื่น ๆ ○ วงจรของการปลูกพืชหมุนเวียนจะต้องมีการปลูกพืชที่ปรับปรุงดิน (พืชตระกูลถั่ว) เพื่อให้ดินได้รับอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้น รวมทั้งช่วยลดการชะล้างหน้าดินและธาตุอาหาร ทำให้ดินเก็บกักธาตุอาหารได้ดีขึ้น ลดการชะล้างไนโตรเจนจากดิน โดยการปลูกพืชตระกูลถั่วเป็นส่วนหนึ่งของระบบพืชหมุนเวียนซึ่งจะช่วยให้เพิ่มไนโตรเจนให้กับดินสำหรับพืชที่จะปลูกในฤดูถัดไป
3. เลือกใช้ปุ๋ยอินทรีย์แบบผสมผสาน และมีอินทรีย์วัตถุสูง	○ การใช้ปุ๋ยอินทรีย์แทนการใช้ปุ๋ยเคมีในอัตราสูง จะช่วยให้มีแมลงและสิ่งมีชีวิตที่ไม่มีการดักสั่นหลังที่กินแมลงขนาดเล็กเพิ่มขึ้น แต่ถ้าใช้ปุ๋ยในอัตราที่สูงโดยเฉพาะปุ๋ยที่มีไนโตรเจนสูงเกินไป อาจจะทำให้พืชอ่อนแอ และทำให้เกิดการระบาดของโรคและแมลงศัตรูพืชได้ ○ ควรใช้ปุ๋ยอินทรีย์แบบผสมผสานหรือใช้หลายชนิดร่วมกันจะทำให้มีความหลากหลายของธาตุอาหารพืช และสามารถเลือกใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีอินทรีย์วัตถุสูง ก็จะช่วยให้แมลงอาหารให้กับจุลินทรีย์และสัตว์ได้อีกด้วย
4. จัดการศัตรูพืชโดยวิธีธรรมชาติ	○ การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชจะส่งผลกระทบต่อแมลงอื่นที่ไม่ใช่แมลงเป้าหมาย รวมถึงแมลงที่เป็นประโยชน์ เช่น ตัวห้ำ ตัวเบียน ฯลฯ จึงควรใช้สารกำจัดศัตรูพืชจากสารธรรมชาติซึ่งจะมีผลกระทบต่อแมลงที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมาย และสำหรับกับสารกำจัดวัชพืชที่เป็นสารเคมีแม้ว่าจะไม่ได้เกิดผลกระทบกับแมลงที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมายมากนัก แต่จะส่งผลกระทบการใช้ความหลากหลายของพืชท้องถิ่น จึงควรเลือกใช้วิธีทางธรรมชาติที่ส่งผลกระทบต่อแมลงน้อยกว่า
5. สร้างสมดุล ของความเกื้อกูล ในการปลูกพืช และเลี้ยงสัตว์	○ การปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์ในฟาร์มเดียวกัน ควรมีจำนวนที่เหมาะสมไม่หนาแน่นเกินไปเพื่อช่วยลดปัญหาเกี่ยวกับโรคระบาด ○ ใช้ปุ๋ยคอกที่ได้จากสัตว์ในฟาร์มเพื่อให้ธาตุอาหารกับพืช ○ ควรปลูกพืชที่สามารถใช้เป็นอาหารหยาบให้กับสัตว์ด้วย
6. ปลูกพืชพื้นถิ่น	○ ปลูกพืชพื้นถิ่น บริเวณขอบแปลง บนคันนา หรือพื้นที่หัวไร่ปลายนา เพื่อช่วยเป็นแหล่งอาหาร ผสมพันธุ์ และพักอาศัยของแมลงและสัตว์ท้องถิ่น
7. ปลูกไม้ดอกเป็นอาหารให้สัตว์และแมลงผสมเกสร	○ ปลูกไม้ดอกหลากหลาย ให้มีดอกไม้ตลอดทั้งปี เพื่อให้ ผึ้ง ค้างคาว และนกบางชนิดที่ทำหน้าที่ในการผสมเกสรให้กับพืช มีแหล่งอาหารเพียงพอ
8. กันพื้นที่เป็นพื้นที่อนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ	○ กันพื้นที่เป็นพื้นที่อนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ ทั้งชนิดของพืชพรรณท้องถิ่น และเป็นแหล่งอาหารที่อยู่อาศัย ที่หลบภัยของสัตว์ แมลงในธรรมชาติ และพันธุ์ท้องถิ่นที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศเกษตร โดยสามารถทำได้หลายวิธี เช่น • อนุรักษ์พื้นที่บริเวณรอบบ่อ - สระน้ำ/ บริเวณคูน้ำ - ทางระบายน้ำเพราะมีความหลากหลายทางชีวภาพสูงมาก ทั้งนี้เพราะเป็นส่วนหนึ่งของระบบนิเวศน้ำ ทำให้มีสัตว์และพืชในน้ำ บนผิวน้ำ และริมตลิ่ง • สร้างพื้นที่ป่าในฟาร์ม โดยอาจกันออกปล่อยไว้ให้พืชพรรณพื้นถิ่นได้เจริญเติบโตเองหรือมีการปลูกไม้พุ่ม - ไม้ยืนต้นร่วมด้วย • กันพื้นที่บางส่วนของฟาร์ม (5 – 7% ของพื้นที่) เป็นพื้นที่อนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ โดยปล่อยให้พืชพรรณพื้นถิ่นขึ้นเองตามธรรมชาติ หรือมีการปลูกเพิ่ม และไม่รบกวนพืช/สัตว์ที่อยู่ในพื้นที่ดังกล่าว ○ อนุรักษ์พื้นที่แนวเขตรอบฟาร์ม และพื้นที่ชุ่มน้ำที่อยู่ในฟาร์ม หรือรอบฟาร์ม

ที่มา : สรุปและดัดแปลงจาก กรีนเนท (ม.ป.ป.)

การสร้าง ความหลากหลายทางชีวภาพทางการเกษตรจะช่วยให้เกษตรกรได้รับประโยชน์จากบริการทางนิเวศได้มากขึ้น ทั้งด้านการผลิตและบริการด้านอื่น ๆ โดยนำหลักการของระบบนิเวศธรรมชาติเข้ามาจัดการ คือ การเลียนแบบความหลากหลายทางชีวภาพของระบบนิเวศธรรมชาติ ให้เกิดความหลากหลายทางชีวภาพในแปลงเกษตร (agro-biodiversity) ซึ่งการสร้าง ความหลากหลายให้ระบบนิเวศเกษตร สามารถทำได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม ทางตรงคือ สามารถ เพิ่มความหลากหลายของชนิดพันธุ์ และสายพันธุ์พืช/สัตว์ รวมถึงจุลินทรีย์ลงไปในระบบนิเวศเกษตรโดยตรงจากการปลูก เลี้ยง และเติมจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ และทางอ้อม คือ เมื่อระบบนิเวศในแปลงเกษตรมีความเหมาะสม เกิดที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตสายพันธุ์ธรรมชาติของพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ให้เข้ามาอาศัยและทำหน้าที่ในระบบ ซึ่งจะเกิดระบบที่เชื่อมโยงกับสิ่งมีชีวิตเดิมในพื้นที่ทั้งในรูปของ ความเกื้อกูลและแข่งขัน (ตารางที่ 5.4) กลไกเหล่านี้จะส่งผลให้ระบบนิเวศเกษตรมีประสิทธิภาพสูงขึ้น เช่น ใช้ปัจจัยการผลิตหรือเติมทรัพยากรการผลิตจากภายนอกน้อยลง แต่ได้ผลผลิตเท่าเดิมหรือมากขึ้น ผลกระทบเชิงลบต่อเกษตรกร ผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อมลดลง หรือช่วยรักษาสภาพแวดล้อมให้ดีขึ้นด้วย และเกษตรกรจะได้รับประโยชน์ตามหลักการบริการทางนิเวศที่หลากหลายมากขึ้นด้วย ทั้งนี้ ประโยชน์ที่เกิดขึ้นมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับการออกแบบระบบนิเวศเกษตรและการลงมือปฏิบัติทางการเกษตรด้านต่าง ๆ เป็นสำคัญ

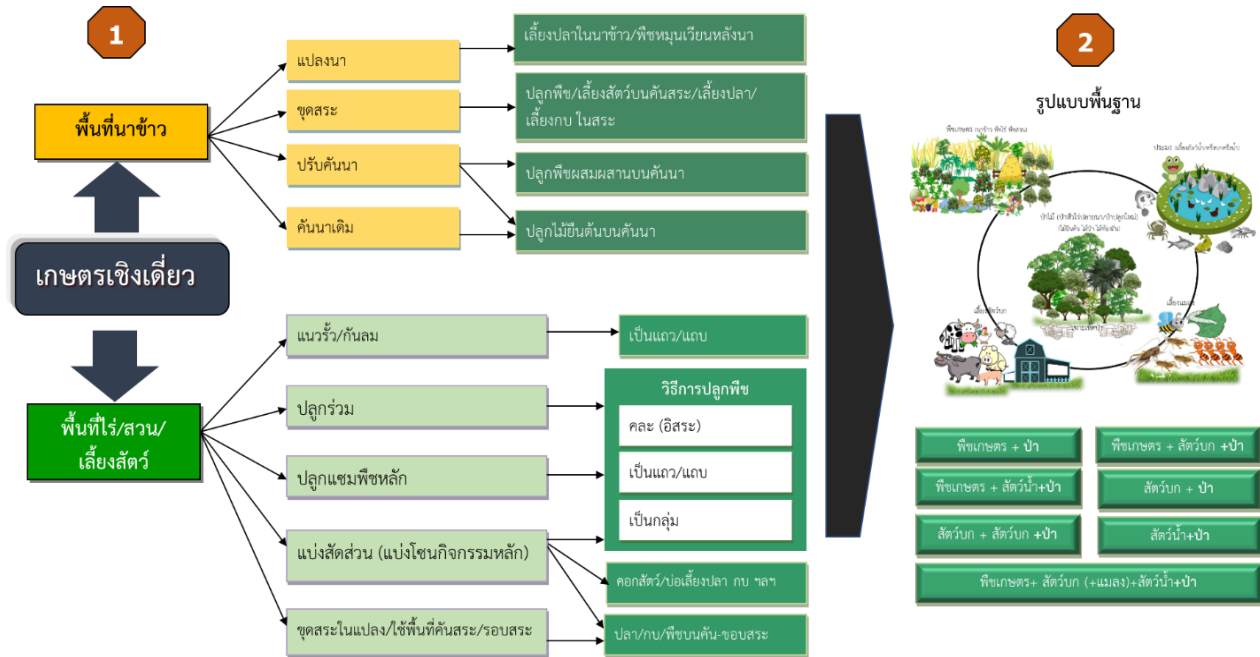
5.7 แนวทางการปรับเปลี่ยนระบบนิเวศเกษตรสู่ระบบวนเกษตร

จากภาพที่ 5.21 การออกแบบการออกแบบนิเวศเกษตร ทั้งระบบนิเวศแบบเชิงเดี่ยวและระบบเกษตรยั่งยืน ซึ่งมีความหลากหลาย (Diversity) จะมีปัจจัยแวดล้อมอื่น ๆ เข้ามาเกี่ยวข้องทั้งปัจจัยภายในครัวเรือนเกษตรกร และปัจจัยแวดล้อมภายนอก และบางครั้งเกษตรกรหนึ่งครัวเรือนอาจมีการออกแบบการใช้ที่ดินทั้งสองรูปแบบ โดยการจัดสรรพื้นที่เป็นส่วน ๆ หรือแยกแปลง ซึ่งมีทั้งแยกโดยไม่มีความเชื่อมโยงกันของระบบ และแยกแต่มีการเชื่อมโยงกันของระบบ เช่น ทำนาข้าวเชิงเดี่ยวในที่ลุ่ม และทำเกษตรผสมผสานในพื้นที่ดอน โดยมีการนำฟางข้าวจากแปลงนาไปใช้ในแปลงเกษตรผสมผสาน หรือ มีแปลงยางพาราเชิงเดี่ยว และแปลงเกษตรผสมผสาน โดยไม่มีกิจกรรมใดเชื่อมโยงกัน ฯลฯ ระบบนิเวศเกษตรที่ต่างกันจะมีวิธีปฏิบัติหรือการจัดการภายในระบบนิเวศเกษตรที่ต่างกันออกไป ส่งผลต่อผลผลิตและผลลัพธ์ที่ต่างกันด้วยตามหลักการบริการทางนิเวศ



ภาพที่ 5.21 ความแตกต่างของการออกแบบระบบและผลผลิตจากระบบนิเวศเกษตร 2 รูปแบบ

ทั้งนี้ แนวทางในการปรับเปลี่ยนจากเกษตรแบบเชิงเดี่ยวไปสู่เกษตรกรรมยั่งยืนที่มีการผสมผสานที่หลากหลาย สามารถทำได้ดังตัวอย่างแนวทางปฏิบัติสำหรับการปรับเปลี่ยนจากพืชเกษตรเชิงเดี่ยวสู่ระบบวนเกษตรในภาพที่ 5.22 และทางเลือกในการปรับเปลี่ยนสู่ระบบวนเกษตรของเกษตรกรที่แตกต่างกันในตารางที่ 5.5



ภาพที่ 5.22 ตัวอย่าง แนวทางปฏิบัติสำหรับการปรับเปลี่ยนจากพืชเกษตรเชิงเดี่ยวสู่ระบบวนเกษตร

ตารางที่ 5.5 ตัวอย่างทางเลือกในการพัฒนา/ ปรับเปลี่ยนสู่ระบบวนเกษตรของเกษตรกรที่แตกต่างกัน

ตัวอย่างการแบ่งกลุ่มเกษตรกรเป้าหมาย*	ตัวอย่าง ทางเลือกการพัฒนา/ การปรับเปลี่ยนสู่ระบบวนเกษตร**
กลุ่มที่ 1 เกษตรกรต้นแบบวนเกษตร	- รักษาสภาพของระบบ และเพิ่มคุณสมบัติของระบบ - มีการจัดการผลผลิตและเพิ่มมูลค่าที่เป็นระบบ - มีการจัดการผลผลิตจากสวนถึงตลาด - มีพัฒนาระดับเป็นผู้ประกอบการวนเกษตร สร้างผลิตภัณฑ์จากทรัพยากรภายในแปลง - มีการพัฒนาระดับเป็นต้นแบบระดับก้าวหน้าและมีบทบาทในฐานะผู้นำและผู้ถ่ายทอดความรู้ในกระบวนการส่งเสริมระบบวนเกษตร
กลุ่มที่ 2 เกษตรกรที่ทำการเกษตรแบบผสมผสาน วนเกษตร (เริ่มต้น) ทฤษฎีใหม่ ไร่สวนผสม เกษตรอินทรีย์	- ปลูกพืชร่วมไม้ยืนต้นแบบหลายระดับ - ปลูกพืชแซมไม้ยืนต้น - แบ่งพื้นที่สร้างสวนวนเกษตร/ สวนป่า - ปลูกไม้ยืนต้นเป็นแนวรั้ว/ แนวกันลม - มีการจัดการผลผลิตและเพิ่มมูลค่าที่เป็นระบบ

ตัวอย่างการแบ่งกลุ่มเกษตรกร เป้าหมาย*	ตัวอย่าง ทางเลือกการพัฒนา/ การปรับเปลี่ยนสู่ระบบวนเกษตร**
	- มีการจัดการผลผลิตจากสวนถึงตลาด และการเตรียมการพัฒนาสู่ผู้ประกอบการวนเกษตร - การเตรียมความพร้อมการเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้และเป็นศูนย์เรียนรู้วนเกษตร
กลุ่มที่ 3 เกษตรกรที่ปลูกไม้ผล เชิงเดี่ยว	- ปลูกพืชแซมไม้ยืนต้น เช่น พืชสมุนไพร พืชหัว พืชที่ชอบแสงน้อย - ปลูกพืชร่วมไม้ยืนต้นแบบหลายระดับทั้งแปลง - แบ่งสัดส่วนปลูกพืชร่วมไม้ยืนต้นหลายระดับ
กลุ่มที่ 4 เกษตรกรที่ปลูกยางพารา เชิงเดี่ยว	- ปลูกพืชแซม เช่น พืชสมุนไพร พืชหัว พืชที่ชอบแสงน้อย - ปลูกพืชร่วมแบบหลายระดับทั้งแปลง หรือแบ่งพื้นที่ปลูกพืชร่วมหลายระดับ
กลุ่มที่ 5 เกษตรกรปลูกข้าวเชิงเดี่ยว	- ปลูกไม้ยืนต้นบนคันนา - ปลูกไม้ยืนต้นเป็นแนวรั้ว - ปรับคันนาใหญ่/ ขุดสระ และปลูกไม้ยืนต้น/ ไม้ผลบนคันนา/ คันสระ
กลุ่มที่ 6 เกษตรปลูกพืชไร่เชิงเดี่ยว หรือปลูกพืชผัก	- ปลูกไม้ยืนต้นเป็นแนวรั้ว/ กันลม - แบ่งพื้นที่สร้างสวนวนเกษตร ปลูกไม้ยืนต้น โดยช่วงแรกปลูกพืชไร่ พืชผัก ข้าวไร่ แซมระหว่างแถวไม้ยืนต้น (ลักษณะคล้ายวนเกษตรแบบ Taungya) หรือปลูกพืชที่ชอบร่มเงาเป็นพืชร่วมกับไม้ยืนต้น
กลุ่มที่ 7 เกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์	- ปลูกเป็นแนวรั้ว/ กันลม - ปลูกไม้ยืนต้น/ ไม้ผล บนคันนา/ คันสระ (ถ้ามี) - แบ่งพื้นที่สร้างสวนวนเกษตร ช่วงแรกปลูกหญ้าเลี้ยงโคหรือพืชไร่ พืชผัก ข้าวไร่ แซมไม้ยืนต้น (ลักษณะคล้ายวนเกษตรแบบ Taungya) หรือปลูกพืชที่ชอบร่มเงาเป็นพืชร่วมกับไม้ยืนต้น

หมายเหตุ: *สามารถแบ่งกลุ่มได้มากกว่าตัวอย่างในตารางนี้ ** รูปแบบ/เทคนิควิธีที่เลือกควรสอดคล้องกับความชอบ และศักยภาพของของเกษตรกร และเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ (ภูมิประเทศ ดิน น้ำ อากาศ พืชท้องถิ่น ฯลฯ)

ที่มา : ดัดแปลงจากอาทิตย์า พองพรหมและคณะ, 2560 (ก)

หลักการทางนิเวศธรรมชาติ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบระบบนิเวศวนเกษตร (Agroforestry Ecosystem) ให้เกิดความยั่งยืน โดยใช้หลักความสัมพันธ์ขององค์ประกอบที่หลากหลาย และความเกื้อกูลขององค์ประกอบที่มีชีวิต เช่น การปลูกพืช การเลี้ยงสัตว์ร่วมกัน หรือแบบผสมผสาน และการใช้หลักการแข่งขันทำลาย เช่น การใช้ศัตรูธรรมชาติควบคุมศัตรูพืช ฯลฯ นอกจากนี้ การจัดการระดับแปลง ที่จะส่งผลให้เกิดความยั่งยืนของระบบอีกหลายประการ เช่น การปรับปรุงดิน การจัดการศัตรูพืช การจัดการสภาพแวดล้อม ดิน น้ำ ในระดับแปลง และการหมุนเวียนธาตุอาหาร ซึ่งการจัดการดังกล่าวนี้สามารถเกิดขึ้นทั้งโดยการจัดการของมนุษย์และโดยธรรมชาติ เมื่อระบบมีความหลากหลายของกิจกรรมมากขึ้นกลไกที่เลียนแบบนิเวศธรรมชาติก็จะเพิ่มขึ้นด้วยหลักการ แนวปฏิบัติ และตัวอย่างวิธีการจัดการโดยใช้หลักของนิเวศธรรมชาติมาประยุกต์ใช้ สรุปได้ดังตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.6 สรุปแนวทางการจัดการนิเวศเกษตรให้เกิดความยั่งยืนโดยประยุกต์ใช้หลักการนิเวศธรรมชาติ

หลักการ	แนวปฏิบัติ	ตัวอย่างวิธีการ
การเกื้อกูลกัน	การเพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพทั้งพันธุ์กรรม ชนิดและระบบนิเวศ	● ปลุกพืชแบบหลากหลาย ใช้วิธีปลุกพืชร่วมพืชแซม ● เกษตรแบบผสมผสาน ปลุกพืช เลี้ยงสัตว์ หลากหลาย เช่น เกษตรผสมผสาน พืช - พืช / พืช - สัตว์/ พืช - ประมง/ พืช - สัตว์ - ประมง/ วนเกษตร ฯลฯ
การสร้างความอุดมสมบูรณ์ของดิน	จัดการอินทรีย์วัตถุในดินและส่งเสริมสิ่งมีชีวิตในดิน	● เติมอินทรีย์วัตถุ เช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด ● เติมจุลินทรีย์ในดิน เช่น ปุ๋ยชีวภาพ ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ การปลุกพืชตระกูลถั่วเพื่อเติมจุลินทรีย์ที่ช่วยตรึงไนโตรเจน ฯลฯ ● ไถพรวนเพื่อปรับโครงสร้างดิน ● ปลุกพืชคลุมดินตระกูลถั่ว เติมไนโตรเจน และอินทรีย์วัตถุในดิน ● เติมแร่ธาตุเพื่อปรับสภาพดิน เช่น ปูนขาว หินฟอสเฟต ฯลฯ
การรักษาและหมุนเวียนธาตุอาหาร	สร้างสมดุลของวงจรแร่ธาตุอาหารโดยการตรึงไนโตรเจน การดึงธาตุอาหารจากดินชั้นล่าง และการใช้ปุ๋ยแบบหมุนเวียน	● ปลุกพืชตระกูลถั่วทั้งแบบพืชล้มลุก พุ่ม และยืนต้น ● ปลุกไม้ยืนต้นที่ระบบรากลึกสามารถดึงธาตุอาหารจากดินชั้นล่างขึ้นมาใช้ได้ ● ระบบเกษตรผสมผสาน/ วนเกษตร ● การเลี้ยงสัตว์ ร่วมกับการปลุกพืช/ ผสมผสาน
การจัดการดิน น้ำ และสภาพอากาศ	การจัดการภูมิอากาศย่อย การจัดการน้ำและการควบคุมการชะล้างพังทลายของดิน	● คลุมดิน โดยใช้วัสดุอินทรีย์ เช่น เศษใบไม้ หญ้า ฟางข้าว คลุมหน้าดินช่วยรักษาความชื้น ● ปลุกพืชคลุมดิน เพื่อรักษาความชื้นและการชะล้าง พัดพาหน้าดิน ● ปลุกต้นไม้หรือกำแพง เป็นแนวกันลม เพื่อกันกระแสน้ำพัดพาความชื้น และหน้าดิน รักษาสภาพอากาศในแปลง ● สร้างพื้นที่กักเก็บน้ำ เช่น สร้างคันดิน ร่องน้ำ หลุม หรือบ่อดักและเก็บน้ำ สาระเก็บน้ำ ฯลฯ ● การปลุกพืชแนวขวาง เพื่อลดระดับความเร็วในการไหล ให้น้ำซึมลงเก็บในดิน เช่น หญ้าแฝก ไม้พุ่ม ไม้ยืนต้น ต่าง ๆ ● ธนาครน้ำใต้ดิน
การจัดการศัตรูพืช	การป้องกันและควบคุมกำจัดศัตรูพืชแบบปลอดภัย	● ปลุกพืชหมุนเวียน ● ปลุกพืชหลายชนิด โดยปลุกพืชร่วม พืชไล่แมลง พืชล่อแมลง ● ใช้ศัตรูธรรมชาติควบคุม ● การจัดการซาก เศษวัสดุ ที่เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยศัตรูพืช ● ใช้พันธุ์ต้านทาน ● การควบคุมและกำจัด โดยวิธีกล (มือจับ เครื่องดัก ฯลฯ) ใช้สารควบคุมและกำจัดศัตรูพืชที่ปลอดภัย

ที่มา: สรุปและดัดแปลง จากวิทยุรีย์ ปัญญากุล, 2544

5.8 ประโยชน์ต่อครัวเรือนเกษตรกรและชุมชน

การจัดการแปลงวนเกษตรอย่างเหมาะสมโดยเฉพาะการใช้หลักความสัมพันธ์ของกิจกรรมต่าง ๆ จะทำให้เกษตรกรได้รับประโยชน์อย่างเต็มที่โดยไม่ต้องใช้แรงงานมากและลงทุนน้อย ทั้งนี้ ประโยชน์ที่เกิดขึ้นจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับรูปแบบและวิธีการในการจัดการ โดยภาพรวมแล้วการทำการเกษตรแบบวนเกษตร จะทำให้เกษตรกรได้รับประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อม ทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม

5.8.1 มิติด้านเศรษฐกิจ

- **ลดต้นทุนการผลิต** กิจกรรมที่หลากหลายและมีการจัดการที่ดีจะทำให้เกิดการเกื้อกูลกัน การลดความถี่ในการไถพรวน การปลูกไม้ยืนต้นและพันธุ์พืชท้องถิ่นที่มีความเหมาะสมกับพื้นที่ ช่วยลดการพึ่งพาปัจจัยการผลิตจากภายนอกทั้งด้านการจ้างเครื่องจักร ลดภาระในการดูแล และลดการใช้ปุ๋ยเคมีหรือใช้สารเคมีกำจัดโรคแมลงศัตรูพืชได้ เอื้อให้เกษตรกรสามารถจัดการดินและน้ำมีประสิทธิภาพมากขึ้น กล่าวคือ เกษตรกรจะสามารถลดต้นทุนการผลิตจึงลดลงได้ ทั้งโดยเฉพาะการลงทุนกับปุ๋ยเคมี สารเคมีเกษตร พันธุ์พืช/สัตว์ อาหารสัตว์ ค่าจ้างการไถพรวน การใช้น้ำ เป็นต้น

- **ลดรายจ่ายในครัวเรือน** นอกจากระบบวนเกษตรจะช่วยลดต้นทุนการผลิตลงได้แล้ว ยังช่วยให้เกษตรกรลดค่าใช้จ่ายด้านอาหารเพื่อการบริโภคในครัวเรือน ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ จากการใช้ประโยชน์จากสมุนไพร ไม่ใช่สอยต่าง ๆ ทั้งเพื่อการก่อสร้าง เชื้อเพลิง เสนิโย เป็นต้น

- **เพิ่มรายได้** เกษตรกรสามารถเพิ่มแหล่งของรายได้ในระบบวนเกษตร โดยวางแผนการเพาะปลูกและเลี้ยงสัตว์ ได้ทั้งระยะสั้นและระยะยาวที่หลากหลาย สามารถกระจายรายได้ตลอดทั้งปี เกษตรกรสามารถจัดการผลผลิตให้เกิดรายได้ทั้งการขายผลผลิตสด การแปรรูปผลผลิต การแปรรูปสมุนไพร เมล็ดพันธุ์ การเพาะพันธุ์กล้าไม้ การแปรรูปเนื้อไม้ ถ่านหุงต้ม ตลอดจนการเปิดเป็นจุดท่องเที่ยวเชิงเกษตร

- **สร้างความมั่นคงทางเศรษฐกิจของครัวเรือน** ครัวเรือนเกษตรกรที่มีการจัดการระบบวนเกษตรที่ดีจะมีความมั่นคงทางด้านเศรษฐกิจครัวเรือนสูงขึ้น จากการลดต้นทุน และค่าใช้จ่าย ในขณะที่สามารถสร้างรายได้อย่างต่อเนื่องและหลากหลาย ไม้ยืนต้นในแปลงเป็นรายได้ระยะยาว เป็นแหล่งเงินออม และสามารถใช้เป็นหลักทรัพย์ในการขอสินเชื่อ รวมถึงมีโอกาสในการสร้างรายได้จากการขายคาร์บอนเครดิตได้

- **ลดความเสี่ยงด้านการตลาด** เกษตรกรสามารถลดผลกระทบที่รุนแรงจากความผันผวนของราคาสินค้าและกลไกตลาดได้เมื่อเปรียบเทียบกับทำการเกษตรเชิงเดี่ยวโดยการสร้างความหลากหลายของสินค้า และผลิตสินค้าที่มีความปลอดภัยแต่มีต้นทุนไม่สูงมากเกินไป

5.8.2 มิติด้านสังคม

- **เพิ่มความมั่นคงทางอาหารในครัวเรือน และชุมชน** เนื่องจากระบบวนเกษตรเน้นการผลิตอาหารที่หลากหลาย มีความปลอดภัย ทำให้เกษตรกรมีแหล่งอาหารที่เข้าถึงง่าย ปลอดภัย คุณภาพดี มีประโยชน์ทางโภชนาการ และสอดคล้องกับความต้องการบริโภคของครัวเรือนมากขึ้น

- **แรงงานครัวเรือนมีงานทำตลอดทั้งปี** ลดการอพยพออกนอกพื้นที่ และเป็นแรงจูงใจให้ลูกหลานกลับบ้านกลับถิ่นฐาน ทำให้ความมั่นคงทางสังคมเพิ่มมากขึ้น

- **สุขภาพอนามัยที่ดีขึ้น** เนื่องจากสภาพนิเวศเกษตรดีขึ้น จากการปลูกไม้ยืนต้น การผลิตที่ปลอดภัย โดยเน้นการ ลด ละ เลิกการใช้สารเคมีทางการเกษตรที่อันตราย นอกจากนี้ ยังส่งผลต่อสภาพจิตใจที่ดี จากสภาพนิเวศเกษตรที่ดี สภาพอากาศระดับแปลงที่ดี มีความร่มรื่น

- **สร้างความเข้มแข็งเครือข่ายทางสังคม** การมีอาหาร รายได้ สภาพแวดล้อมดี คุณภาพชีวิตที่ดี สามารถสร้างความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างญาติพี่น้องและคนในชุมชน เกิดการแบ่งปัน การพึ่งพิง พึ่งพาอาศัย

- **เป็นแหล่งเรียนรู้และศึกษาวิจัย** แหล่งเรียนรู้ใหม่ ๆ ในชุมชน ที่ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และการสร้างเครือข่ายความร่วมมือระหว่างผู้สนใจด้านวนเกษตร รวมถึงมีการสืบทอด พัฒนา และต่อยอดองค์ความรู้ ที่มีมาตั้งแต่ดั้งเดิมไม่ให้อายุหายไป

5.8.3 มิติด้านสิ่งแวดล้อม

- **เพิ่มพื้นที่ป่าหรือพื้นที่สีเขียวนอกเขตอนุรักษ์** ระบบวนเกษตรเน้นการสร้างระบบนิเวศเกษตรที่เลียนแบบป่าธรรมชาติ เพิ่มพื้นที่ปลูกไม้ยืนต้น และพืชพรรณที่หลากหลาย การอนุรักษ์พันธุกรรมท้องถิ่น ทั้งพืชและสัตว์ เป็นการสนับสนุนการอนุรักษ์ป่านอกเขตอนุรักษ์ ซึ่งนอกจากจะสร้างสภาพแวดล้อมที่ดีในระดับแปลงแล้วยังส่งผลให้สภาพแวดล้อมในชุมชนดีขึ้นด้วย

- **เพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพ** ทั้งระดับกิจกรรม ชนิดพันธุ์ และสายพันธุ์ ทั้งจากชนิดพันธุ์ที่นำมาปลูกเลี้ยง และที่อยู่ในธรรมชาติ เนื่องจากการสร้างระบบนิเวศเกษตรที่สามารถเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของพืชและสัตว์จากธรรมชาติ ดังนั้น ระบบวนเกษตรจะช่วยเพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพทางการเกษตรและทางธรรมชาติได้

- **อนุรักษ์ดินและน้ำ** ระบบวนเกษตรเน้นการปลูกพืชยืนต้น และมีพืชคลุมหน้าดิน ช่วยลดการไหลของน้ำ เพิ่มการซึมของน้ำลงดิน ทำให้น้ำใต้ดินสะอาดขึ้น ลดโอกาสในการเกิดน้ำหลากรุนแรง และการทับถมของตะกอนดินในแม่น้ำ ลำคลอง นอกจากนี้ วนเกษตรสามารถปรับปรุงคุณภาพดินและช่วยลดการชะล้างพังทลายของดิน ซึ่งดินที่มีสภาพดี มีความอุดมสมบูรณ์ จะสามารถกักเก็บความชื้นได้ดีกว่าและดีต่อการปลูกพืช ทำให้ระบบมีความยืดหยุ่นต่อความแห้งแล้งและเหตุการณ์สภาพอากาศที่รุนแรงอื่น ๆ ช่วยให้เกษตรกรปรับตัวเข้ากับผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ดีขึ้น

- **เพิ่มขีดความสามารถในการรับมือกับความเสี่ยงจากภัยธรรมชาติ** ระบบวนเกษตรที่มีการจัดการที่ดี จะเกิดความเกื้อกูลมีความมั่นคงทั้งด้านระบบผลิตรายได้ และระบบเศรษฐกิจสังคมครัวเรือน ทำให้มีศักยภาพในการรับมือกับภัยธรรมชาติที่รุนแรงทั้งในแง่ของบรรเทาความเสียหายและการฟื้นฟู ปรับตัว หลังจากได้รับผลกระทบ

- **มีศักยภาพในการช่วยลดปัญหาภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ** จากการสร้างพื้นที่สีเขียวโดยเฉพาะการปลูกไม้ยืนต้น ไม้ป่า และพืชพรรณต่าง ๆ ที่จะช่วยดูดซับและกักเก็บคาร์บอน หากเกษตรกรมีการจัดการที่ดีตามหลักการปลูกพืชที่หลากหลาย การอนุรักษ์ดินและน้ำ ลดการไถพรวน การลดและเลิกใช้ปุ๋ยและสารเคมี การปรับปรุงอาหารและการดูแลสัตว์เลี้ยง การจัดการมูลสัตว์และเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม จะช่วยให้เพิ่มศักยภาพในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ ไนตรัสออกไซด์ และมีเทน สู่บรรยากาศ

อย่างไรก็ตาม เกษตรกรจะได้รับประโยชน์จากบริการทางนิเวศจากระบบวนเกษตรที่เกษตรกรออกแบบมากหรือน้อย จะขึ้นอยู่กับความพร้อมทั้งปัจจัยด้านเศรษฐกิจ สังคม และทรัพยากรของครัวเรือน ความรู้ และการสนับสนุนจากภายนอก และส่วนใหญ่เกษตรกรจะออกแบบระบบนิเวศแปลงวนเกษตรให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของครัวเรือนเป็นลำดับแรก เพื่อให้ได้รับประโยชน์ทางเศรษฐกิจที่เป็นประโยชน์ทางตรง เช่น อาหาร ผลผลิตที่สร้างรายได้ สมุนไพร ไม้ ไม้ ฯลฯ ซึ่งระบบนิเวศของแปลงวนเกษตรที่หลากหลายและมีไม้ยืนต้นเป็นองค์ประกอบสำคัญทำให้ระบบวนเกษตรสามารถให้บริการทางนิเวศ ไม่เพียงแต่ในระดับแปลง แต่ยังส่งผลต่อระบบนิเวศใกล้เคียง ระบบนิเวศระดับชุมชน โดยรวมด้วยทั้งทางตรงและทางอ้อม

5.9 การบริการทางนิเวศของระบบวนเกษตร

จากประโยชน์ดังกล่าวข้างต้น หากพิจารณาในมิติของการบริการทางนิเวศของระบบวนเกษตร สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มหลัก คือ การบริการด้านการผลิต การบริการด้านสิ่งแวดล้อมและการสนับสนุนระบบ และการบริการด้านสังคมและวัฒนธรรม โดยสามารถสรุปประเด็นสำคัญในแต่ละกลุ่มได้ดังนี้ (ภาพที่ 5.23)

ด้านการผลิต: อาหารคน อาหารสัตว์ สมุนไพร ไม้ ไม้ เชื้อเพลิง และปัจจัยดำรงชีพอื่น ๆ เช่น

- ผลผลิต: ใบ ดอก ผล ราก น้ำผึ้ง เนื้อ นม ไข่ ฯลฯ
- ผลผลิตจากต้นไม้: ไม้ ไม้ และผลผลิตอื่นจากไม้ เช่น เชื้อเพลิง ยางไม้ น้ำมัน
- สมุนไพร: พืชสมุนไพร และผลิตภัณฑ์สมุนไพร
- พลังงานจากชีวมวล: เชื้อเพลิงชีวภาพจากต้นไม้ และเศษวัสดุทางการเกษตร ฯลฯ
- สีย้อมผ้า: สีย้อมธรรมชาติจากพืช
- น้ำสะอาด

ด้านสังคมและวัฒนธรรม:

- เพิ่มความมั่นคงทางอาหารในครัวเรือนและชุมชน
- แรงงานครัวเรือนมีงานทำตลอดทั้งปี ลดการอพยพออกนอกพื้นที่
- สุขภาพอนามัยที่ดีขึ้น
- เป็นแหล่งพักผ่อนหย่อนใจ
- สร้างความเข้มแข็งเครือข่ายทางสังคม
- เป็นแหล่งเรียนรู้และศึกษาวิจัย



ด้านสิ่งแวดล้อมและการสนับสนุนระบบ:

- ควบคุมการชะล้างพังทลายของดิน
- ฟื้นฟูและปรับปรุงดินให้อุดมสมบูรณ์
- ปรับปรุงการระบายน้ำ
- กักเก็บคาร์บอน และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากกว่าพืชเชิงเดี่ยว
- ไม้ยืนต้นและพืชคลุมดิน ลดความเร็วของลมซึ่งสัมพันธ์กับการสูญเสียหน้าดิน ลดอุณหภูมิ และเพิ่มความชื้น
- ช่วยจัดการน้ำ โดยปรับปรุงการซึมของน้ำและการไหลบ่าของน้ำ
- ปรับสภาพจุลภูมิอากาศในแปลงเกษตร
- การควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี
- เป็นแหล่งธาตุอาหารขั้นต้นในการผลิต
- การหมุนเวียนธาตุอาหาร
- แหล่งความหลากหลายทางชีวภาพ ทั้งด้านพันธุกรรมชนิดพันธุ์ และระบบนิเวศ
- แหล่งที่อยู่อาศัยให้สัตว์จากธรรมชาติ
- เป็นแหล่งเพาะพันธุ์และที่อยู่ของสัตว์วัยอ่อน
- ไม้ยืนต้นเป็นร่มเงากับพืชและสัตว์ ลดผลกระทบจากแสงแดดและความร้อน



ภาพที่ 5.23 สรุปการบริการทางนิเวศของระบบวนเกษตร

6

ระบบวนเกษตรกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ระบบวนเกษตรมีบทบาทสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศใน 2 ประเด็นหลัก คือ (1) บทบาทในการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และ (2) บทบาทในการปรับตัวต่อความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ระดับศักยภาพของระบบวนเกษตรในการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและลดความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนั้น ขึ้นอยู่กับรูปแบบและการปฏิบัติของเกษตรกร รวมถึงปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมในแต่ละพื้นที่



องค์ประกอบสำคัญที่ทำให้ระบบวนเกษตรมีความโดดเด่นและมีศักยภาพสูงกว่าการเกษตรรูปแบบอื่น คือ การมีต้นไม้ หรือ ไม้ยืนต้น อยู่ในระบบนิเวศเกษตร และการจัดการแปลงเกษตรกรรมตามหลักการและแนวปฏิบัติในการสร้างความหลากหลาย และความยั่งยืน จะยิ่งเป็นการเพิ่มศักยภาพในการทำหน้าที่ของระบบวนเกษตรมากยิ่งขึ้นทั้งในแง่ของการผลิต การบริการทางนิเวศด้านสิ่งแวดล้อม และการบริการด้านอื่น ๆ

สาเหตุสำคัญของการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ คือ ก๊าซเรือนกระจก ซึ่งส่วนหนึ่งมาจากกิจกรรมทางการเกษตร เช่น ก๊าซไนตรัสออกไซด์ มาจากการใช้ปุ๋ยเคมีที่มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบ และการเผาเศษวัสดุ ก๊าซมีเทน เกิดจากนาข้าวที่ขัง มูลสัตว์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการเผาเศษวัสดุทางการเกษตรต่าง ๆ เป็นต้น ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลย้อนกลับมาที่ภาคเกษตรทำให้เกษตรกรเกิดความเสี่ยงในการผลิตท่ามกลางสภาพอากาศที่แปรปรวน ภัยแล้ง น้ำท่วม และโรคระบาด เป็นต้น ดังนั้น การออกแบบระบบเกษตรที่ลดความเสี่ยงน้อยที่สุดจึงเป็นสิ่งจำเป็น โดยนอกจากจะคำนึงถึงการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศดังกล่าวแล้วยังต้องมีส่วนในการป้องกันหรือลดสาเหตุของการปล่อยก๊าซที่เป็นสาเหตุของภาวะโลกร้อนไปพร้อมกัน ซึ่งเมื่อพิจารณาจากหลักการ และรูปแบบการจัดการที่นำเสนอไว้ข้างต้นจะเห็นได้ว่า ระบบวนเกษตรเป็นทางเลือกหนึ่งในการทำเกษตรที่มีศักยภาพทั้งเชิงป้องกันและรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ต้นไม้ ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของระบบวนเกษตรและความหลากหลายของชนิดพืช รวมถึงการจัดการเกี่ยวกับการอนุรักษ์ดินและน้ำ หลักการของระบบวนเกษตรสามารถมีส่วนช่วยลดสาเหตุและผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้วย ระบบวนเกษตรมีลักษณะเด่น คือ การมีต้นไม้ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของระบบ การเน้นสร้างความหลากหลายทางชีวภาพ รวมถึงการจัดการความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ และการอนุรักษ์ดินและน้ำ เป็นต้น และการมีต้นไม้ในระบบทำให้ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดในชีวมวลเหนือพื้นดินและใต้ดินในระบบวนเกษตรโดยทั่วไปจะสูงกว่าการใช้ที่ดินโดยไม่มีต้นไม้ ทำให้วนเกษตรมีส่วนอย่างมากในการดูดซับและกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการปล่อยสู่บรรยากาศ

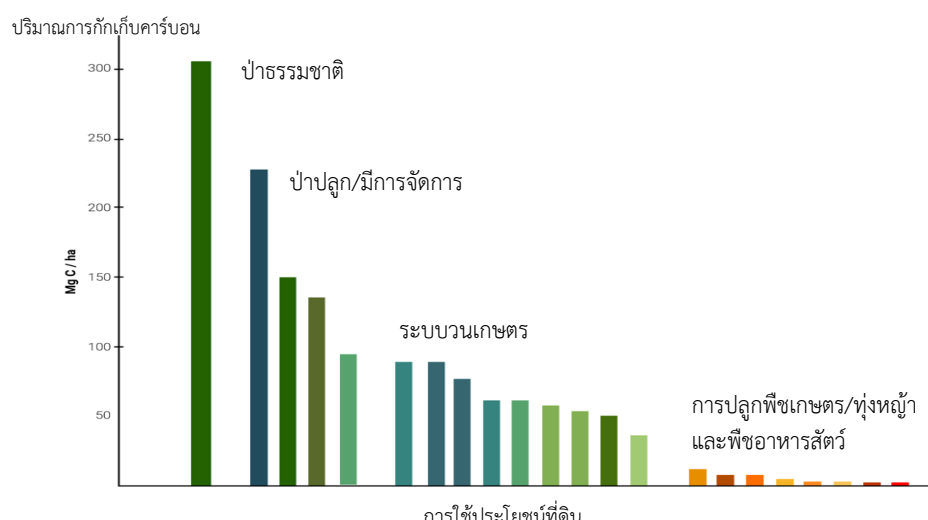
ผลการศึกษาและรายงานจากแหล่งต่าง ๆ เช่น Verchot et al, 2007; Cactacutan et al, 2017, pp.10 - 16 และ pp.14 - 16; Rijal, 2019, pp.23 - 25; Kumar et al, 2019; Bertrand and Roberts, 2022; Schoenneberger and Domke, 2012, pp.43 - 50; Tefera et al, 2019, pp.64 - 66; RECOFTC, ICRAF and AWG-SF, 2020, pp.40 - 46; Bhagawati et al, 2020, pp.40 - 41; Thissen, 2020; Schoenneberger et al, 2012, pp.128 - 124 และ Gebre, 2016, pp.83 - 87 ซึ่งชี้ให้เห็นว่า แม้ว่าจะยังจำเป็นต้องมีการศึกษาวิจัย และรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมในประเด็นการลดคาร์บอนไดออกไซด์ ในแต่ละรูปแบบของวนเกษตร ซึ่งมีการจัดการแปลงเกษตรที่แตกต่างกัน รวมถึงศักยภาพในการลดก๊าซไนตรัสออกไซด์ และมีเทน แต่ส่วนใหญ่เห็นว่าระบบวนเกษตรมีศักยภาพสูงในการช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เป็นสาเหตุการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (mitigation) โดยเฉพาะคาร์บอนไดออกไซด์ และการเพิ่มขีดความสามารถในการรับมือและปรับตัวจากกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (adaptation) โดยเฉพาะเกษตรกรรายย่อยและยากจนที่มีความเสี่ยงและเปราะบางมากกว่าเกษตรกรรายใหญ่

อย่างไรก็ตาม ระดับศักยภาพของระบบวนเกษตรในการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก และลดความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนั้น จะขึ้นอยู่กับรูปแบบและการปฏิบัติของเกษตรกรรวมถึงปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมในแต่ละพื้นที่ โดยองค์ประกอบสำคัญที่ทำให้ระบบวนเกษตรมีความโดดเด่นและมีศักยภาพสูงกว่าการเกษตรรูปแบบอื่น คือ การมีต้นไม้ หรือ ไม้ยืนต้น อยู่ในระบบนิเวศเกษตร ซึ่งหากประกอบกับเกษตรกรให้ความสำคัญและจัดการแปลงเกษตรกรรมตามหลักการและแนวปฏิบัติในการสร้างความหลากหลายและความยั่งยืน ก็จะเป็นการเพิ่มศักยภาพในการทำหน้าที่ของระบบวนเกษตรมากยิ่งขึ้น โดยบทบาทหน้าที่สำคัญของระบบวนเกษตรที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สรุปได้ดังนี้

6.1 บทบาทระบบวนเกษตรในการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂)

ดูดซับและลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ต้นไม้และพืชพรรณต่าง ๆ ในระบบวนเกษตร จะดูดซับและลดการปล่อยคาร์บอนในบรรยากาศ โดยดูดซับโดยตรงมาใช้ในการสังเคราะห์แสงและเปลี่ยนเป็น สารประกอบอินทรีย์ในรูปของชีวมวลทางอ้อม ได้แก่ ลดการใช้ปุ๋ยเคมีโดยใช้กลไกการทำงานของต้นไม้ที่สามารถ ตรึงไนโตรเจนจากชั้นบรรยากาศ และการใช้ปุ๋ยอินทรีย์จะช่วยลดความต้องการปุ๋ยเคมีโดยเฉพาะการผลิตปุ๋ย ไนโตรเจนซึ่งต้องใช้พลังงานมากและปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จำนวนมากสู่ชั้นบรรยากาศ ร่มเงาจากต้นไม้ ช่วยรักษาความชื้น เพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำของระบบ สามารถลดพลังงานที่ต้องใช้สำหรับการสูบน้ำ การปลูกต้นไม้ และพืชพรรณคลุมหน้าดินอย่างต่อเนื่องจะช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ทางอ้อมจาก การลดไถพรวน ซึ่งจะลดการใช้เครื่องจักรที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากดิน นอกจากนี้ การใช้ประโยชน์จากเศษวัสดุทางการเกษตรเพื่อทำปุ๋ยอินทรีย์ ชีวภาพ จะลดโอกาสในการเผา เศษวัสดุและลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

กักเก็บคาร์บอน การปลูกต้นไม้ในระบบวนเกษตร เป็นการดึงคาร์บอนมาเก็บไว้ ทำให้คาร์บอน ในชั้นบรรยากาศลดลง ในระบบนิเวศป่าไม้และระบบนิเวศเกษตรที่เลียนแบบป่าจึงเป็นแหล่งเก็บคาร์บอน โดยจะเก็บคาร์บอนในรูปต่าง ๆ เช่น รากต้นไม้ ใบและเนื้อไม้ที่เน่าเปื่อยผุพัง รวมถึงช่วยดูดซับก๊าซมีเทน ซึ่งมีคุณสมบัติทำให้โลกร้อนมากกว่าคาร์บอนไดออกไซด์ (สมศักดิ์ สุขวงศ์และคณะ, 2559) โดยแหล่งกักเก็บ คาร์บอน 4 แหล่งที่สำคัญ ได้แก่ (1) มวลชีวภาพที่มีชีวิตเหนือพื้นดิน ได้แก่ ต้นไม้ รวมไม้พุ่ม เถาวัลย์ และพืช ชั้นล่างต่าง ๆ (2) มวลชีวภาพที่มีชีวิตใต้ผิวดิน ได้แก่ รากของต้นไม้และพืชพรรณต่าง ๆ (3) มวลชีวภาพที่ไม่มี ชีวิตบนดิน ได้แก่ ต้นไม้ที่ตายแล้ว ซากใบไม้และส่วนต่าง ๆ ของพืช ที่ร่วงหล่นทับถมบนผิวดิน และ (4) คาร์บอนในดิน ได้แก่ อินทรีย์วัตถุและแร่ธาตุในดิน Verchot et al., (2007) รายงานว่าระบบวนเกษตรสามารถกักเก็บคาร์บอน ได้น้อยกว่าป่าธรรมชาติและป่าปลูกที่มีการจัดการ แต่สูงกว่าการพืชเกษตร/ทุ่งหญ้าและพืชอาหารสัตว์ทั่วไป (ภาพที่ 6.1)



ภาพที่ 6.1 ปริมาณกักเก็บคาร์บอนของระบบนิเวศที่ต่างกัน
ที่มา : ดัดแปลงจาก Verchot et al., (2007)

จะเห็นได้ว่า ต้นไม้มีบทบาทสำคัญทั้งการดูดซับและกักเก็บคาร์บอน โดยมวลชีวภาพที่อยู่บนดินและใต้ดิน ระบบวนเกษตรซึ่งมีต้นไม้เป็นองค์ประกอบจึงสามารถกักเก็บคาร์บอนได้ปริมาณมากกว่าการปลูกพืชเกษตรชนิดอื่น นอกจากนี้ ระบบรากของต้นไม้ในระบบวนเกษตรช่วยปรับปรุงสภาพของดิน ซึ่งจะเพิ่มปริมาณคาร์บอนที่เก็บไว้ในดิน และดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สามารถกักเก็บคาร์บอนและสารอาหารอื่น ๆ ได้ดี โดยพบว่าการปลูกไม้ยืนต้นและพืชร่วมในระบบวนเกษตรจะช่วยลดการไถพรวนดิน ซึ่งจะช่วยกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินได้ดีขึ้นด้วย คาร์บอนที่ถูกกักเก็บไว้ในดินมีส่วนช่วยในการทำให้เกิดเม็ดดินที่เสถียร มีการระบายอากาศดีขึ้น และมีการอุ้มน้ำดีขึ้น ส่งผลต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินและธาตุอาหาร (ดารากร อัคราศรี และคณะ, 2565) ช่วยให้เกษตรกรสามารถลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีสังเคราะห์ลง โดยเฉพาะปุ๋ยที่มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบ และจะส่งผลให้ลดโอกาสในการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์สู่บรรยากาศได้ทางอ้อมด้วย บทบาทดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของ Schoeneberger Metal (2012) ที่ได้ระบุว่านอกจากบทบาทการดูดซับ CO₂ เพื่อสังเคราะห์แสงแล้ว วนเกษตรสนับสนุนกิจกรรมที่ช่วยลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศ หรือสนับสนุนการกักเก็บคาร์บอนในระบบนิเวศ (Mitigation) ได้อีกหลายกิจกรรม อาทิ ลดการปล่อย CO₂ จากการลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล (ลดการใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ในฟาร์ม การใช้เครื่องทำความร้อนหรือทำความเย็นในอาคารต่าง ๆ ภายในฟาร์ม) ลดการปล่อยก๊าซ CO₂ จากการปรับปรุงโครงสร้างของอาคารสิ่งปลูกสร้าง ลดการปล่อยก๊าซ NO₂ โดยการเพิ่มการดัดธาตุอาหารมาใช้โดยการปลูกพืชที่หลากหลายและลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนกับต้นไม้ และเพิ่มคุณภาพของหญ้าอาหารสัตว์เพื่อลดการปล่อยมีเทน เป็นต้น ในขณะที่ช่วยกักเก็บคาร์บอนในรูปชีวมวลบนดินและใต้ดินและเก็บในรูปของคาร์บอนในดิน

6.2 บทบาทของระบบวนเกษตรต่อการสนับสนุนการปรับตัวต่อความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ระบบวนเกษตรที่มีการจัดการระบบนิเวศที่ดีตามแนวทางการจัดการที่ยั่งยืน จะมีศักยภาพต่อการลดผลกระทบเชิงลบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรและชุมชนโดยรอบ กล่าวคือ เกษตรกรสามารถใช้ระบบวนเกษตรในการปรับตัวและรับมือกับการเปลี่ยนแปลง โดยใช้ประโยชน์จากบริการทางนิเวศของระบบวนเกษตรทั้งด้านการผลิตและการบริการทางสิ่งแวดล้อม สรุปได้ดังนี้

6.2.1 ความมั่นคงของระบบนิเวศเกษตรของครัวเรือนเกษตรกร

(1) เพิ่มพื้นที่ป่าหรือพื้นที่สีเขียว ซึ่งนอกจากจะสร้างสภาพแวดล้อมที่ดีในระดับแปลงแล้วยังส่งผลให้สภาพแวดล้อมในชุมชนดีขึ้น เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์และพืชท้องถิ่น เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์และแมลงที่เป็นประโยชน์ต่อระบบนิเวศเกษตร เช่น นกกินแมลง แมลงผสมเกสร แมลงที่ควบคุมแมลงศัตรูพืช ฯลฯ และเป็นจุดเชื่อมต่อให้สัตว์ท้องถิ่น สัตว์ป่าต่าง ๆ สามารถเคลื่อนย้ายหาแหล่งที่อยู่อาศัยและขยายพันธุ์ที่เหมาะสมได้ง่ายขึ้น

(2) เพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพและอนุรักษ์พันธุกรรมท้องถิ่น ทั้งระดับแหล่งที่อยู่อาศัย ชนิดพันธุ์ และสายพันธุ์ ทั้งจากชนิดพันธุ์ที่นำมาปลูกเลี้ยง และที่อยู่ในธรรมชาติ เกิดโอกาสในการสร้างประโยชน์จากความเกื้อกูลกันของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ และช่วยอนุรักษ์พันธุกรรมท้องถิ่น ที่มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อม

(3) สนับสนุนการอนุรักษ์ดินและน้ำ ระบบวนเกษตรเน้นการปลูกพืชยืนต้น และมีพืชคลุมหน้าดิน ช่วยชะลอการไหลของน้ำ เพิ่มการซึมของน้ำลงดิน ทำให้น้ำใต้ดินสะอาดขึ้น ลดโอกาสในการเกิดน้ำหลากรุนแรง นอกจากนี้ วนเกษตรสามารถปรับปรุงคุณภาพดินและช่วยลดการชะล้างพังทลายของดิน ซึ่งดินที่มีสภาพดี

มีความอุดมสมบูรณ์ จะสามารถกักเก็บความชื้นได้ดีกว่าและดีต่อการปลูกพืช ทำให้ระบบมีความยืดหยุ่นต่อความแห้งแล้ง และเหตุการณ์สภาพอากาศที่รุนแรงอื่น ๆ ช่วยให้เกษตรกรปรับตัวเข้ากับผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ดีขึ้น

จากสภาพของระบบนิเวศเกษตรดังกล่าวข้างต้นจะเอื้อให้ระบบมีขีดความสามารถในการต้านทาน และปรับตัวเพื่อลดความเสียหายจากผลกระทบหรือความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยเฉพาะ การสร้างระบบที่มีกิจกรรมหลากหลาย ซึ่งกรณีการ ธรรมพานิชวงศ์ และคณะ (2564) รายงานว่า ครั้วเรือน เกษตรที่มีกิจกรรมการผลิตทางการเกษตรหลากหลายจะได้รับผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้อยกว่า ครั้วเรือนเกษตรที่ทำกิจกรรมการผลิตชนิดเดียว โดยมีรายงานการวิจัยระบุว่า กิจกรรมการผลิตทางการเกษตร หลากหลายโดยผสมผสานระหว่างการปลูกพืช การเลี้ยงสัตว์ หรือการทำประมง จำนวน 2 – 3 กิจกรรม จะอ่อนไหวต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้อยกว่าครั้วเรือนที่มีเพียงกิจกรรมการผลิตเพียงอย่างเดียวอย่างใดอย่างหนึ่ง โดยครั้วเรือนที่ไม่มีการกระจายความเสี่ยงในการทำเกษตรจะได้รับผลกระทบที่รุนแรงเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 24°C และเมื่ออุณหภูมิสูงกว่าประมาณ 27°C ครั้วเรือนที่ทำการเพาะปลูกควบคู่ไปกับการทำปศุสัตว์จะได้รับผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในระดับที่ต่ำกว่าครั้วเรือนที่ปลูกพืชอย่างเดียว



ภาพที่ 6.2 ภาพแสดงสภาพทั่วไปของระบบนิเวศเกษตรที่สมบูรณ์ขึ้นด้วยระบบวนเกษตร และการอนุรักษ์ ป่าห้วยไร่ปลายนา (พื้นที่เดิมปลูกยางพาราเชิงเดี่ยว และนาข้าว)

Schoeneberger M et al (2012) รายงานว่า ในมิติของการปรับตัว (Adaptation) ระบบวนเกษตร มีกิจกรรมที่ช่วยลด หรือกำจัดผลกระทบเชิงลบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หรือ ใช้ประโยชน์ จากผลกระทบเชิงบวก โดยมีบทบาทใน (1) การลดภัยคุกคามและเพิ่มความยืดหยุ่นโดยการปรับปรุงสภาพ ภูมิอากาศเพื่อลดผลกระทบจากสภาพภูมิอากาศแบบสุดขั้วที่จะส่งผลกระทบต่อพืช และการรักษาปริมาณและคุณภาพ ของผลผลิตอาหารสัตว์ รวมถึงภาวะเครียดในสัตว์เลี้ยง สร้างความหลากหลายของแหล่งที่อยู่อาศัยให้สิ่งมีชีวิต

เช่น สัตว์ท้องถิ่นที่ช่วยในการผสมเกสร และแมลงที่มีประโยชน์ เกิดโครงสร้างและหน้าที่ที่หลากหลายเพื่อรักษาและปกป้องบริการของทรัพยากรธรรมชาติ สร้างความหลากหลายของผลผลิต เพื่อลดความเสี่ยงจากสภาพภูมิอากาศที่แปรปรวน (2) เอื้อให้สิ่งมีชีวิตสายพันธุ์ต่าง ๆ สามารถอพยพย้ายถิ่นฐานไปในถิ่นที่อยู่ใหม่ที่เหมาะสม โดยทำให้เกิดเส้นทางการอพยพ เคลื่อนย้ายของสิ่งมีชีวิตสายพันธุ์ต่าง ๆ อย่างไรก็ตาม ลักษณะและความสามารถในการปรับตัวเพื่อรับมือกับความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จะขึ้นอยู่กับรูปแบบการจัดการภายในแปลงวนเกษตรนั้น ๆ ดังตัวอย่างการศึกษาของ Bentrup and MacFarland (2020) ที่สรุปในตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 ความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การปรับตัว และตัวอย่างรูปแบบการจัดการในระบบวนเกษตร

ความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	การปรับตัว (Adaptation)	ตัวอย่างรูปแบบการจัดการในระบบวนเกษตร
ปริมาณฝนตกหนักมากขึ้น	ต้นไม้และพืชพรรณต่าง ๆ ช่วยลดการไหลบ่าของน้ำ ลดการชะล้างพังทลายของดิน และมลพิษทางน้ำ	การปลูกพืชแซมแถวไม้ยืนต้น
อุณหภูมิสูงขึ้น	ลดความเครียดของสัตว์เลี้ยงจากความร้อน โดยการให้ร่มเงา	การเลี้ยงสัตว์ร่วมกับการปลูกไม้ยืนต้น
ความถี่และความรุนแรงของภัยแล้งมากขึ้น	ลดการระเหยของน้ำ โดยลดความเร็วลม	การปลูกต้นไม้กันลม
พายุฝนที่รุนแรงขึ้น	ป้องกันความเสียหายของพืชพรรณต่าง ๆ จากลมพายุ	การปลูกต้นไม้บังลมและการปลูกพืชแซมแถวไม้ยืนต้น
การเปลี่ยนแปลงของฤดูกาล	ป้องกันความเสียหายของพืชพรรณ จากการปรับสภาพจุลภูมิอากาศในแปลงเกษตร	การปลูกต้นไม้กันลม ปลูกพืชแซมแถวไม้ยืนต้น และผสมผสานป่าไม้ - เกษตรแบบหลายระดับ
ปัญหาโรคและแมลงระบาดมากขึ้น	เป็นที่ยู่อาศัยของแมลงที่เป็นประโยชน์เพื่อทำหน้าที่ควบคุมแมลงศัตรูพืช	ปลูกต้นไม้กันลม ปลูกพืชแซมแถวไม้ยืนต้น
ผลผลิตอาจเกิดความเสียหายจากความเครียดที่เกิดขึ้นจากความแปรปรวนของภูมิอากาศ	ป้องกันความเสียหายของพืชโดยเพิ่มความหลากหลายของพืชที่ปลูก	ผสมผสานป่าไม้ - เกษตรแบบหลายระดับ ปลูกพืชแซมแถวไม้ยืนต้น ปลูกต้นไม้กันลม การเลี้ยงสัตว์ร่วมกับการปลูกไม้ยืนต้น

ที่มา : ดัดแปลงจาก Bentrup and MacFarland, 2020

6.2.2 ความมั่นคงด้านเศรษฐกิจและสังคมของครัวเรือนเกษตรกร

ความมั่นคงของระบบนิเวศเกษตรดังกล่าวข้างต้น จะส่งผลต่อประโยชน์ที่จะได้รับในเชิงเศรษฐกิจและสังคมของครัวเรือนเกษตรกร ซึ่งหากมีสถานะที่มีความเข้มแข็งและมั่นคงสูงเกษตรกรก็就会有ความสามารถในการรับมือกับปัญหาและความเสี่ยงจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในมิติทางเศรษฐกิจและสังคมได้ดีกว่าครัวเรือนที่มีความเปราะบาง เช่น ครัวเรือนยากจน และด้อยโอกาสทางเศรษฐกิจและสังคม ฯลฯ โดยระบบวนเกษตรมีศักยภาพในการสร้างความมั่นคงด้านเศรษฐกิจและสังคมให้กับครัวเรือนเกษตรกรได้ ดังนี้

(1) ลดต้นทุนการผลิต กิจกรรมที่หลากหลายและมีการจัดการที่ดีจะทำให้เกิดการเกื้อกูลกัน การลดการไถพรวน การปลูกไม้ยืนต้นและพันธุ์พืชท้องถิ่นที่มีความเหมาะสมกับพื้นที่ ช่วยลดการพึ่งพาปัจจัยการผลิตจากภายนอกทั้งด้านการจ้างเครื่องจักร ลดภาระในการดูแล และลดการใส่ปุ๋ยเคมีหรือใช้สารเคมีกำจัดโรคแมลงศัตรูพืชได้ ช่วยให้เกษตรกรสามารถจัดการดินและน้ำมีประสิทธิภาพมากขึ้น กล่าวได้ว่า เกษตรกรจะสามารถลดต้นทุนการผลิตได้ โดยเฉพาะการลงทุนกับปุ๋ยเคมี สารเคมีเกษตร พันธุ์พืช/สัตว์ อาหารสัตว์ ค่าจ้างการไถพรวน การใช้น้ำ เป็นต้น

(2) ลดรายจ่ายในครัวเรือน โดยช่วยให้เกษตรกร ลดค่าใช้จ่ายด้านอาหารเพื่อการบริโภคในครัวเรือน ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ จากการใช้ประโยชน์จากสมุนไพร ไม้ใช้สอยต่าง ๆ ทั้งเพื่อการก่อสร้าง เชื้อเพลิง เส้นใย และสมุนไพร เป็นต้น

(3) เพิ่มรายได้ เกษตรกรสามารถเพิ่มแหล่งของรายได้ในระบบวนเกษตร โดยวางแผนการเพาะปลูก และเลี้ยงสัตว์ ได้ทั้งระยะสั้นและระยะยาว รวมถึงการออมผ่านต้นไม้ ซึ่งแหล่งรายได้จะมีความหลากหลาย และกระจายรายได้ตลอดทั้งปี เกษตรกรสามารถจัดการผลผลิตให้เกิดรายได้ทั้งการขายผลผลิตสด การแปรรูปผลผลิต การแปรรูปสมุนไพร เมล็ดพันธุ์ การเพาะพันธุ์กล้าไม้ การแปรรูปเนื้อไม้ ถ่านหุงต้ม ตลอดจนการเปิดเป็นจุดท่องเที่ยวเชิงเกษตร

(4) ลดความเสี่ยงด้านการตลาด เกษตรกรสามารถลดผลกระทบที่รุนแรงจากความผันผวนของราคาสินค้าและกลไกตลาดได้เมื่อเปรียบเทียบกับทำการเกษตรเชิงเดี่ยว โดยการสร้างความหลากหลายของสินค้า และผลิตสินค้าที่มีความปลอดภัยแต่มีต้นทุนไม่สูงมากเกินไป

(5) เพิ่มความมั่นคงทางอาหารในครัวเรือน และชุมชน เนื่องจากระบบวนเกษตรเน้นการผลิตอาหารที่หลากหลาย มีความปลอดภัย ทำให้เกษตรกรมีแหล่งอาหารที่เข้าถึงง่าย ปลอดภัย คุณภาพดี มีประโยชน์ทางโภชนาการ และสอดคล้องกับความต้องการบริโภคของครัวเรือนมากขึ้น

(6) แรงงานครัวเรือนมีงานทำตลอดทั้งปี ลดการอพยพออกนอกพื้นที่ และเป็นแรงจูงใจให้ลูกหลานกลับถิ่นฐาน ครอบครัวอบอุ่น ทำให้ความมั่นคงของครอบครัวเพิ่มมากขึ้น

(7) สุขภาพอนามัยที่ดีขึ้น เนื่องจากสภาพนิเวศเกษตรดีขึ้น จากการปลูกไม้ยืนต้น การผลิตที่ปลอดภัย โดยเน้นการ ลด ละ เลิกการใช้สารเคมีทางการเกษตรที่อันตราย นอกจากนี้ ยังส่งผลต่อสภาพจิตใจที่ดีจากสภาพนิเวศเกษตรที่ดี สภาพอากาศระดับแปลงที่ดี มีความร่มรื่น

(8) สร้างความเข้มแข็งของเครือข่ายทางสังคมของครัวเรือน โดยเมื่อมีอาหาร มีรายได้ มีสภาพแวดล้อมดี มีคุณภาพชีวิตที่ดี จะช่วยให้มีโอกาสในการสร้างความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างญาติพี่น้องและคนในชุมชน เกิดการแบ่งปัน การพึ่งพิง พึ่งพาอาศัย

บรรณานุกรม

- กฤษฎา บุญชัย.2021.ปฏิรูประบบเกษตรกรรมเพื่อเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Online). ThaiPublica. <https://thaipublica.org/2021/07/thai-climate-justice-for-all06/>. สืบค้นเมื่อ 30 สิงหาคม 2566
- กรีนเนท. ม.ป.ป. แนวทางอนุรักษ์ฟื้นฟูความหลากหลายทางชีวภาพโดยฟาร์มเกษตรอินทรีย์ (Online). <https://www.greennet.or.th/organic-biodiversity/> สืบค้นเมื่อ 27 เมษายน 2566
- กรมป่าไม้.2556.การปลูกไม้ป่าโดยระบบวนเกษตร Forest Trees Planting in Agroforestry Systems.กลุ่มงานวนวัฒนวิจัย สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้. กรุงเทพฯ: กรมป่าไม้
- กรมวิชาการเกษตร. 2566. คู่มือภาคประชาชน โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (Online). กองวิจัยพัฒนาพืชเศรษฐกิจใหม่และการจัดการก๊าซเรือนกระจกสำหรับภาคเกษตร.https://www.doa.go.th/fc/nakhonsawan/wp-content/uploads/2023/08.....1_compressed.pdf คู่มือภาคประชาชน โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ ตามมาตรฐานของประเทศไทย (doa.go.th) สืบค้นเมื่อ 7 กันยายน 2566
- กรรณิการ์ ธรรมพานิชวงศ์. 2562.โครงการ มาตรการเพื่อสนับสนุนการลดก๊าซเรือนกระจกและส่งเสริมการผลิตและการบริโภคที่ยั่งยืนในภาคเกษตร(Online).สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย. สืบค้นเมื่อ 30 สิงหาคม 2566
- <https://tdri.or.th/wp-content/uploads/2019/02/measures-to-promote-SCP-25.02.19.pdf>
- กรรณิการ์ ธรรมพานิชวงศ์, วิษณุ อรรถวานิช, บัณฑิต ลิ้มมีโชคชัย และอัศมน ลิ้มสกุล. 2564. การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในบริบทของไทย.สถาบันวิจัยเศรษฐกิจป๋วย อึ๊งภากรณ์ (Online). <https://www.pier.or.th/abridged/2021/15/>. สืบค้นเมื่อ 27 เมษายน 2566
- กรุงเทพธุรกิจ. 2565. สวนยางเพิ่มรายได้ด้วยคาร์บอนเครดิต กยท.เปิดผังราคาต่อไร่ sustainability เผยแพร่ 30 30 ต.ค. 2565 (Online). <https://www.bangkokbiznews.com/environment/1034920>. สืบค้นเมื่อ 27 เมษายน 2566
- กรมอุนิยมวิทยา. ม.ป.ป. ภาวะเรือนกระจก (Greenhouse effect) (Online). <http://climate.tmd.go.th/content/article/10> . สืบค้น 27 เมษายน 2566
- คัดค้านัฐ ชื่นวงศ์อรุณ.2563 (ก).วัฏจักรคาร์บอน (carbon cycle) คืออะไร(Online). <https://ngthai.com/science/31560/carbon-cycle/>. สืบค้น 27 เมษายน 2566
- คัดค้านัฐ ชื่นวงศ์อรุณ.2563 (ข).ปรากฏการณ์ เอลนีโญ และ ลานีญา ความแปรปรวนของกระแสลมและการไหลเวียนของกระแสน้ำ (Online). <https://ngthai.com/science/26980/el-nino-lanina/> สืบค้น 27 เมษายน 2566

- โครงการส่วนพระองค์สมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้ากรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี. 2564. **สร้างป่า สร้างรายได้**. สมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้ากรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ทรงบรรยาย ในการประชุมสัมมนา “รักษาน่าน” ครั้งที่ 4 วันจันทร์ที่ 13 พฤษภาคม 2562. สวนจิตรลดา พระราชวังดุสิตและจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
<http://www.psproject.org/wp-content/uploads/2021/09/speechsangpha.pdf>.
สืบค้นเมื่อ 29 สิงหาคม 2566
- ชนวน รัตนวราหะ (บรรณาธิการ). 2536. **เกษตรกรรมเชิงระบบ เกษตรกับสิ่งแวดล้อม กรุงเทพฯ**. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- ชนวน รัตนวราหะ และสุพจน์ ชัยวิมล. 2555. **เกษตรยั่งยืน 1**. เอกสารประกอบการเรียน. สถาบันการเรียนรู้เพื่อปวงชน. พิมพ์ครั้งที่ 2. สถาบันส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน. กรุงเทพฯ: เจริญวิทย์การพิมพ์.
- ดารากร อัคราศรี, จุไรรัตน์ ฝอยถาวร และอาผู้ เบเช. 2565. **การกักเก็บคาร์บอนในดินกับสภาวะโลกร้อน**. สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) (Online). <https://www.hrdi.or.th/Articles/Detail/1541>.
สืบค้นเมื่อ 17 เมษายน 2566
- ณฤทธิ์ ไทยบุรี 2565. **ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อผลผลิตยางพารา ในพื้นที่เขตภาคใต้ตอนล่างของประเทศไทย** (Online). ดุษฎีนิพนธ์ตามหลักสูตร ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ประยุกต์ สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
<http://ir.mju.ac.th/dspace/bitstream/123456789/1250/1/6212701006.pdf>.
สืบค้นเมื่อ 15 กันยายน 2566
- ณัฐนันท์ สวาวสุ, ทีปกร จิรัฏฐิติกุลชัย, วรวิทย์ แสงอาวุธ และสพล ตันตประพันธ์. 2565. **การปรับตัวด้วยเกษตรผสมผสานเพื่อบรรเทาผลกระทบจากโลกร้อน** (Online).. **การปรับตัวด้วยเกษตรผสมผสานเพื่อบรรเทาผลกระทบจากโลกร้อน | PIER** [https://www.pier.or.th/abridged/2022/14..... %A3](https://www.pier.or.th/abridged/2022/14.....%A3).สืบค้นเมื่อ 17 เมษายน 2566
- นิวัติ เรืองพานิช. 2541. **นิเวศวิทยาทรัพยากรธรรมชาติ**. กรุงเทพฯ: ไร่เขียว.
- นิพนธ์ พัวพงศกร, กรรณิการ์ ธรรมพานิชวงศ์ และ ชัยสิทธิ์ อนุชิตวรวงศ์. 2015. **ภาวะโลกร้อนกับผลกระทบต่อภาคเกษตรไทย** (Online). <https://tdri.or.th/2015/02/20150226/>. สืบค้นเมื่อ 17 เมษายน 2566
- เบญจมาศ โชติทอง. วาสีฐิ แก้วจุลลา. ธนรัตน์ ธนวัฒน์ และวิภาวรรณ คลังเงิน. 2562. **BIODIVERSITY PROGRESS ความก้าวหน้าการขับเคลื่อนการบริหารจัดการความหลากหลายทางชีวภาพของประเทศไทย** (Online). https://www.tei.or.th/file/events/BIODIVERSITY_PROGRESS_247.pdf. 11 ธันวาคม 2565
- ปราโมทย์ อินสว่าง, สุปราณี จงดีไพศาล, ศิริธัญญ์ ไพโรจน์บริบูรณ์ และขวัญฤดี โชติชนาทวีวงศ์. ม.ป.ป. **คุณค่าระบบนิเวศและบริการของระบบนิเวศสำหรับภาคธุรกิจ** แปลจาก Guide to Corporate Ecosystem Valuation และ The Corporate Ecosystem Services Review. องค์การความร่วมมือระหว่างประเทศของเยอรมัน (GIZ) องค์การธุรกิจเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน (TBCSD) และมูลนิธิสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย (TEI) (Online). <https://www.tei.or.th/publications/2013-download/2013-TBCSD-giz-valuable-ecosystem-businesses.pdf> . สืบค้นเมื่อ 11 ธันวาคม 2565

- พชรพจน์ นันทรามาศ, อภินันท์ สุประเสริฐ และพิมพ์ฉัตร เอกฉันท์. 2563. BCG Economy กระแส Net Zero Emission ตัวแปรสำคัญเปลี่ยนโลกสินค้าเกษตรและอาหาร? (Online). https://krungthai.com/Download/economyresources/EconomyResourcesDownload_466Net_Zero_Emission.pdf. สืบค้นเมื่อ 12 สิงหาคม 2566
- พุทธิธนา นันทวรการ และจตุพร เทียรมา. 2553. เกษตรยั่งยืน ความหวังสร้างโลกเย็น พลิกวิกฤติโลกร้อน ด้วยวิถีเกษตรกรรมที่ยั่งยืน. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คลังวิชา จำกัด
- พรรณทิภา นิลโสภณ. 2566. การลดก๊าซเรือนกระจกในภาคการเกษตร (Carbon Credit) เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน (Online). สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร. สำนักวิชาการสถานีวิทยุกระจายเสียงและวิทยุโทรทัศน์รัฐสภา. <https://library.parliament.go.th/th/radioscript/rr2566-feb1>. สืบค้นเมื่อ 12 สิงหาคม 2566
- วิฑูรย์ ปัญญากุล. 2551. แนวทางการปรับตัวเพื่อรับมือกับผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อทรัพยากรและการเกษตร. หลายสิ่งเปลี่ยนไป เพราะอากาศเปลี่ยนแปลง โลกร้อนเราเดือดร้อน. ดนัย กล่าวแล้ว บรรณาธิการ. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. กรุงเทพฯ
- วิฑูรย์ ปัญญากุล (แปล). 2556. เกษตรยั่งยืน: วิถีเกษตรเพื่ออนาคต. พิมพ์ครั้งที่ 3. มูลนิธิสายใยแผ่นดิน. กรุงเทพฯ: วีพรีน.
- วิลาวรรณ น้อยภา, กมลรัตน์ โพธิ, เบญจมาศ โชติทอง และธารี กาเมือง. 2554. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการบูรณาการคุณค่าความหลากหลายทางชีวภาพสู่แนวทางการจัดการทรัพยากรธรรมชาติในประเทศไทย [ออนไลน์]. สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. สืบค้นจาก <http://www.tei.or.th/publications/2010-download/2010-IYB-TEI.pdf>
- ศิริพร วิริยะตั้งสกุล. ม.ป.ป. การกักเก็บคาร์บอน และการลดก๊าซเรือนกระจกในภาคการเกษตร. สำนักประเมินและรับรองโครงการ(Online). https://www.nectec.or.th/ace2022/wp-content/uploads/2022/09/SS10_2_%E0%B8%84%E0%B8%B8%E0%B8%93%E0%B8%A8%E0%B8%B4%E0%B8%A3%E0%B8%B4%E0%B8%9E%E0%B8%A3.pdf. สืบค้นเมื่อ 12 สิงหาคม 2566
- ศุภกาญจน์ ล้วนมณี. 2556. รายงานการเข้าร่วมโครงการเอพีโอ 13-AG-16-GE-WSP-B Workshop on Developing Farming Systems for Climate Change Mitigation ระหว่างวันที่ 26-30 สิงหาคม 2556 ณ โคลอมโบ ประเทศศรีลังกา. สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ. <https://www.ftpi.or.th/download/APO-Article/Agriculture-Sector/Sustainable%20Development%20in%20Agriculture/e13AG16WSPClimateChange-SuphakarnL27Sep13.pdf>. สืบค้นเมื่อ 10 กันยายน 2566
- สถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้มหาวิทยาลัยมหิดล. ม.ป.ป. การหมุนเวียนของสสารในระบบนิเวศ (Online). <https://il.mahidol.ac.th/e-media/ap-biology2/chapter5/eco5.htm>. สืบค้นเมื่อ 12 สิงหาคม 2566

สถาบันลูกโลกสีเขียว.2562.คาร์บอนเครดิตในต้นไม้ (Online).งานวิจัยและการจัดการความรู้.

<https://www.greenglobeinstitute.com/Frontend/Content.aspx?ContentID=06872c7d-003a-444b-9d8f-32d5f8d6a7a0>. สืบค้นเมื่อ 16 เมษายน 2566

สายันท์ สดุดี ดร.อัศมน ลิ้มสกุลและนายวุฒิชัย แพงแก้ว.2557. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการ ความแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในภาคใต้ของประเทศไทยที่มีผลต่อการผลิตยางพารา (Online). สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.). การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและผลกระทบต่อง่าย.pdf (climatesa.org) <https://climatesa.org/wp-content/uploads/2020/...> สืบค้นเมื่อ 20 สิงหาคม 2566

สุกาญจน์ รัตนเลิศนุสรณ์. 2550. หลักการอนุรักษ์และการจัดการชีวภาพ. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). กรุงเทพฯ: พิมพ์ดีการพิมพ์ จำกัด

สุภาวดี สาระวัน 2562. Climate Change คืออะไร? (Online). <https://www.scimath.org/article-chemistry/item/10620-climate-change> . สืบค้นเมื่อ 16 เมษายน 2566

สมศักดิ์ สุขวงศ์ และคณะ. 2559. การวัดปริมาณการกักเก็บธาตุคาร์บอนของต้นไม้ในภูมิทัศน์ โหนด นา เล. (Online). [https://www.greenglobeinstitute.com/Upload/CarbonCreditReference/Carbon%20 Measurement%20Training.pdf](https://www.greenglobeinstitute.com/Upload/CarbonCreditReference/Carbon%20Measurement%20Training.pdf). สืบค้นเมื่อ 16 เมษายน 2566

คณะวนศาสตร์. 2554. คู่มือศักยภาพของพรรณไม้สำหรับส่งเสริมภายใต้โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดภาคป่าไม้.อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 88 หน้า.

ส่วนพัฒนานวนศาสตร์ชุมชน สำนักจัดการป่าชุมชน. 2557. คู่มือการสำรวจการกักเก็บคาร์บอนและความหลากหลายทางชีวภาพในป่าชุมชน: กรุงเทพฯ. กรมป่าไม้

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2553. รายงานฉบับสมบูรณ์การจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย. กรุงเทพฯ. 143 หน้า

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2558. แผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ. 2558-2593. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (Online). https://climate.onep.go.th/wp-content/uploads/2019/07/CCMP_58-93_TH.pdf. สืบค้นเมื่อ 16 เมษายน 2566

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2561. แผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ.กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม(Online). https://climate.onep.go.th/wp-content/uploads/2021/06/National_Adaptation_Plan_01062021.pdf สืบค้นเมื่อ 16 เมษายน 2566

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2562. คู่มือการตรวจวัด รายงานและทวนสอบการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย ภาคเกษตร. กรุงเทพฯ: สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. https://climate.onep.go.th/wp-content/uploads/2020/11/3.Handbook_on_MRV_agriculture.pdf. สืบค้นเมื่อ 12 สิงหาคม 2566

- สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2563. สถานภาพความหลากหลายทางชีวภาพของประเทศไทย พ.ศ.2563. กรุงเทพฯ. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. https://chm-thai.onep.go.th//wp-content/uploads/2021/11/status_of_bio63_02112565.pdf สืบค้นเมื่อ 12 สิงหาคม 2566
- สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2564. สรุปรายงานการประชุมเชิงปฏิบัติการระหว่าง IPBES และ IPCC ว่าด้วย ความหลากหลายทางชีวภาพและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Online). https://drive.google.com/file/d/10cviP6qGr6Pww_2SxTmE-1_vP2IkKiGo/view สืบค้นเมื่อ 12 สิงหาคม 2566
- สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2566(ก). รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2565 (Online). <https://www.onep.go.th/book/soe2565/>. สืบค้นเมื่อ 17 สิงหาคม 2566
- สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2566(ข). การปล่อยและกักเก็บก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย. <https://data.go.th/dataset/gdnpublish-ccmcdatabase1> วันที่ปรับปรุงไฟล์/ลิงก์ข้อมูลใน catalog 22 มิถุนายน. สืบค้นเมื่อ 24 กรกฎาคม 2566
- สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. ม.ป.ป (ก). รายงานบัญชีก๊าซเรือนกระจกภาคเกษตร ระหว่างปี พ.ศ. 2543 – 2560. เอกสารประกอบวาระที่ 4.1 (Online). https://climate.onep.go.th/wp-content/uploads/2020/02/Meeting_document_Agricultural_4.1.pdf. สืบค้นเมื่อ 12 สิงหาคม 2566
- สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. ม.ป.ป (ข). บัญชีก๊าซเรือนกระจก. บัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศ ปี พ.ศ. 2543 – 2562 (ค.ศ. 2000 – 2019)(Online). <https://climate.onep.go.th/th/topic/database/ghg-inventory/>. สืบค้นเมื่อ 24 กรกฎาคม 2566
- สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน). 2564. เอลนีโญ ลานีญา ปรากฏการณ์ที่มีอิทธิพลต่อสภาพภูมิอากาศของโลก (Online). https://www.gistda.or.th/news_view.php?n_id=3312&lang=TH. สืบค้นเมื่อ 20 พฤษภาคม 2566
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. ม.ป.ป. ยุทธศาสตร์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศด้านการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (พ.ศ. 2560 – 2564). คณะอนุกรรมการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศด้านการเกษตร ภายใต้คณะกรรมการนโยบายและแผนพัฒนาการเกษตรและสหกรณ์ (Online). [https://oaezone.oae.go.th/assets/portals/1/files/ebook/Climatechange2560-2564\(1\).pdf](https://oaezone.oae.go.th/assets/portals/1/files/ebook/Climatechange2560-2564(1).pdf) . สืบค้นเมื่อ 18 สิงหาคม 2566
- สำนักงานที่ปรึกษาการเกษตรต่างประเทศ ประจำสหภาพยุโรป. 2564.ฟาร์มคาร์บอนช่วยบรรเทาผลกระทบและปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ [ออนไลน์]. ข่าวสารด้านการเกษตรสหภาพยุโรป ฉบับที่11/2564 https://appdb.tisi.go.th/tis_devs/regulate/eu/pdf/Carbon_Farm.pdf. สืบค้นเมื่อ 24 กรกฎาคม 2566

- อัศมน ลิ่มสกุล ฤทธิรงค์ จังโกฏี วุฒิชัย แพงแก้ว นิตาลักษณ์ อรุณจันทร์ และ จิราภรณ์ นันทะจันทร์. ม.ป.ป. **ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อยางพาราในประเทศไทย กรณีศึกษาในจังหวัดหนองคาย** (Online). รายงานผลงานวิจัยศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม ปี 2558-2560. https://www.researchgate.net/profile/Atsamon-Limsakul/publication/333506364_The_impact_of_climate_change_on_rubber_in_Thailand_d_A_case_study_of_Nong_Khai_Province/links/5cf0a211a6fdcc8475f8bcff/The-impact-of-climate-change-on-rubber-in-Thailand-A-case-study-of-Nong-Khai-Province.pdf. วันที่ 20 สิงหาคม 2566
- อาทิตยา พองพรหม, ณัฐพล ขานหมัด, ชีระดา นิลไชย, และอนุสรณ์ มูลป้อม. 2560ก. **แนวทางการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างยั่งยืนด้วยการพัฒนาระบบวนเกษตรของเกษตรกรในเขตปฏิรูปที่ดินภาคตะวันออกเฉียงเหนือ**. เอกสารวิจัยฉบับที่ 245. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม.
- อาทิตยา พองพรหม, พรพรรณ ปะทาเส, อนุสรณ์ มูลป้อม, เยาวลักษณ์ แก้วยอด. 2560ข. **การใช้ประโยชน์จากป่าหัวไร่ปลายนาในแปลงเกษตรกรรมของเกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ**. เอกสารวิจัยฉบับที่ 244. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม.
- อาทิตยา พองพรหม. 2561. **ความรู้เบื้องต้นด้านนิเวศเกษตรเพื่อการประยุกต์ใช้ในระบบเกษตรกรรมยั่งยืน**. เอกสารเผยแพร่ ฉบับที่ 588. สำนักพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ: สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม
- อาทิตยา พองพรหม. 2562. **หลักการและรูปแบบเกษตรกรรมยั่งยืน**. เอกสารเผยแพร่ ฉบับที่ 596. สำนักพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยี. สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม (ส.ป.ก.)
- อาทิตยา พองพรหม, ปริญธร แก้วฟู และภัทรพล เชิดเกียรติชัย. 2564. **การปลูกพืชร่วมและเกษตรผสมผสาน: ทางเลือกเพื่อลดความเสี่ยงของเกษตรกรชาวสวนยางพารา**. เอกสารเผยแพร่ ฉบับที่ 630. สำนักพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยี (สพท.) สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม (ส.ป.ก.)
- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). 2559. **ปลูกต้นไม้ช่วยลดโลกร้อนยังยั่งยืน** (Online). สำนักวิเคราะห์และติดตามประเมินผล. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). http://www.tgo.or.th/2020/file_managers/uploads/file_managers/source/PUBLICATION/final%20Tree_version%2002.pdf. สืบค้นเมื่อ 7 กันยายน 2566
- Attavanich, W., Chantararat, S., Chenphuengpawon, J., Mahasuweerachai, P., Thampanishvong, K., & others. 2019. **Farms, farmers and farming: a perspective through data and behavioral insights**. Puey Ungphakorn Institute for Economic Research. https://www.pier.or.th/files/dp/pier_dp_122.pdf. สืบค้นเมื่อ 17 เมษายน 2566
- Bentrup, G. and MacFarland, K. 2020. **Agroforestry**. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Climate Change Resource Center (Online). www.fs.usda.gov/ccrc/topics/agroforestry. สืบค้นเมื่อ 27 มีนาคม 2566

- Bertrand Savannah and Roberts Anna Sophia. 2022. **Adding Trees to Farms Can Mitigate Climate Change and Increase Resilience** (Online). <https://www.eesi.org/articles/view/adding-trees-to-farms-can-mitigate-climate-change-and-increase-resilience>. สืบค้นเมื่อ 28 มีนาคม 2566
- Bhagawati Raktim, Paul Shantonu and Dambale Ashok. 2020. **Role of Agroforestry system in carbon sequestration for regulating climate change**. Agriculture Development and Economic Transformation in Global Scenario (pp.35) (Online). <https://www.researchgate.net/publication/344255256> สืบค้นเมื่อ 28 มีนาคม 2566
- Catacutan DC, van Noordwijk M, Nguyen TH, Öborn I, Mercado AR. 2017. **Agroforestry: contribution to food security and climate-change adaptation and mitigation in Southeast Asia**. White Paper. Bogor, Indonesia: World Agroforestry Centre (ICRAF) Southeast Asia Regional Program; Jakarta, Indonesia: ASEAN-Swiss Partnership on Social Forestry and Climate Change (Online). http://cantholib.org.vn:81/View.aspx?p=F65657C9E995862737E6C64_677B9F975A537 สืบค้นเมื่อ 28 มีนาคม 2566
- Conway Gordon. 1987. **The Properties of Agroecosystems**. *Agricultural Systems* (1987) 95-117. International Institute for Environment and Development, Great Britain (Online). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0308521X87900564>. สืบค้นเมื่อ 28 มีนาคม 2566
- Environment. 2016. **ภาคเกษตร ป่าไม้ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน**. สืบค้นจาก <http://www.environnet.in.th/archives/1147> สืบค้นเมื่อ 30 สิงหาคม 2566
- Gebre Abrha Brhan. 2016. **Potential Effects of Agroforestry Practices on Climate Change Mitigation and Adaptation Strategies: A review**. Journal of Natural Sciences Research Vol.6, No.15, 2016. (Online). <https://core.ac.uk/download/pdf/234656542.pdf>. สืบค้นเมื่อ 16 เมษายน 2566
- Kumar Rohit, Pandey Ankit, Rana Rekha and Yadav Ashutosh. 2019. **Climate Change and Mitigation through Agroforestry**. Review Article. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. Volume 8 Number 06 (2019). (Online). <https://www.ijcmas.com/8-6-2019/Rohit%20Kumar,%20et%20al.pdf>. สืบค้นเมื่อ 16 เมษายน 2566
- Nair. P.K. Ramachadran. 1993. **An Introduction to Agroforestry**. International Centre for Research in Agroforestry.
- Praornpit Katchwattana. 2019. **Net Zero emissions ลดคาร์บอนให้เป็นศูนย์ คำตอบสุดท้าย ต้น ธุรกิจพลังงานไทย เดินไปสู่ Circular Economy เร็วขึ้น**. <https://www.salika.co/2021/04/09/net-zero-emission/>. สืบค้นเมื่อ 30 สิงหาคม 2566
- RECOFTC and ICRAF. 2020. **Agroforestry for climate-resilient landscapes** (Online). <https://www.recoftc.org/sites/default/files/publications/resources/recoftc-0000369-0003-en.pdf>

- Rijal Swodesh. 2019. Agroforestry System: **Approaches For Climate Change Mitigation And Adaptation**. Big Data In Agriculture, 1(2) : 23-25. (Online).
<https://bigdatainagriculture.com/paper/issue2%202019/2bda2019-23-25.pdf>. สืบค้นเมื่อ 16 เมษายน 2566
- Salika .2023.ภัยแล้ง & ปรากฏการณ์เอลนีโญ ความเสียหายเศรษฐกิจไทยครึ่งปีหลัง 2566 (Online).
<https://www.salika.co/2023/07/15/el-nino-phenomenon-thai-economic/>.
 สืบค้นเมื่อ 27 สิงหาคม 2566
- Schoeneberger Michele et al,. 2012. **Branching out: Agroforestry as a climate change mitigation and adaptation tool for agriculture**. Journal of soil and water conservation SEPT/OCT 2012—VOL. 67, NO. 5. (Online). <https://www.jswnonline.org/content/jswn/67/5/128A.full.pdf>.
 สืบค้นเมื่อ 30 มีนาคม 2566
- Schoeneberger Michele and Domke Grant. 2017. **Chapter 3 Greenhouse Gas Mitigation and Accounting**. Agroforestry: Enhancing Resiliency in U.S. Agricultural Landscapes Under Changing Conditions. United States Department of Agriculture (Online). https://www.agroforestrynw.com/_files/ugd/574c99_e1f02fd5764e43e0bfb5a03273993ac7.pdf. สืบค้นเมื่อ 30 มีนาคม 2566
- Tefera Yirefu, Hailu Yenenesh and Siraj Zemedkun. 2019. **Potential of Agroforestry for Climate Change Mitigation through Carbon Sequestration**: Review Paper. Agricultural Research & Technology: Open Access Journal (Online).
<https://juniperpublishers.com/artoaj/pdf/ARTOAJ.MS.ID.556196.pdf>. สืบค้นเมื่อ 30 มีนาคม 2566
- Thissen Wass. 2020. **Why agroforestry is a promising climate change solution** (Online).
<https://www.renature.co/articles/why-agroforestry-is-a-promising-climate-change-solution/>
 สืบค้นเมื่อ 27 กรกฎาคม 2566
- Verchot Louis V. et al. 2007. **Climate change: linking adaptation and mitigation through agroforestry**. Mitig Adapt Strat Glob Change 2007 12:901–918 (Online). https://www.researchgate.net/publication/225567434_Climate_change_Linking_adaptation_and_mitigation_through_agroforestry. สืบค้นเมื่อ 27 มีนาคม 2566

