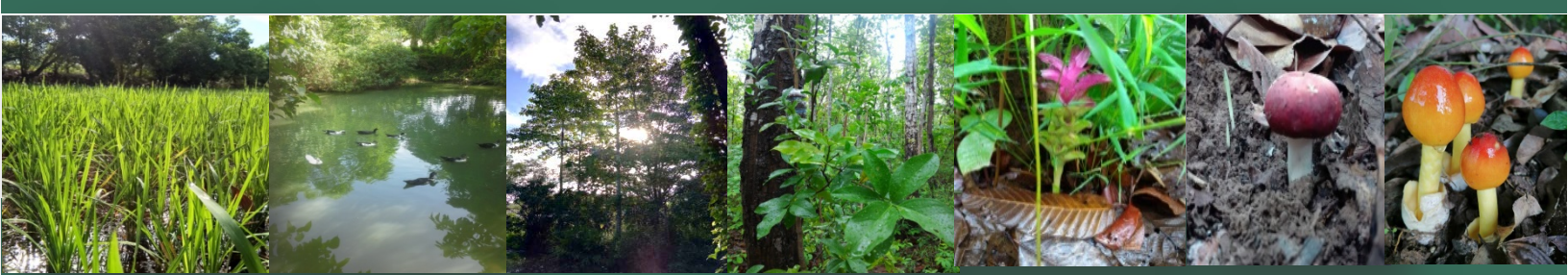


เอกสารเผยแพร่ ฉบับที่ ๕๘๘



ความรู้เบื้องต้นด้านนิเวศเกษตร เพื่อการประยุกต์ใช้ในระบบเกษตรกรรมยั่งยืน



สำนักพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยี
สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม
กันยายน ๒๕๖๑
(ฉบับปรับปรุง)

เอกสารเผยแพร่ ฉบับที่ ๕๘๘

**ความรู้เบื้องต้นด้านนิเวศเกษตร
เพื่อการประยุกต์ใช้ในระบบเกษตรกรรมยั่งยืน**

เรียบเรียงโดย

อาทิตยา พองพรหม

สำนักพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยี
สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม
กันยายน ๒๕๖๑

(ฉบับปรับปรุง)

คำนำ

เอกสารนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นแหล่งความรู้สำหรับเจ้าหน้าที่ สำนักพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยี เจ้าหน้าที่สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม (ส.ป.ก.) ตลอดจนผู้สนใจเรื่องนิเวศวิทยาและนิเวศเกษตรสำหรับเป็นความรู้พื้นฐานในการส่งเสริมและพัฒนาระบบเกษตรกรรมยั่งยืน ผู้เขียนได้รวบรวมประมวล และเรียบเรียง ความรู้เกี่ยวกับ ระบบนิเวศธรรมชาติ ระบบนิเวศเกษตร ระบบเกษตรกรรมยั่งยืน รวมถึงความรู้เกี่ยวกับการเลือกชนิดพืชและชนิดพืชในระบบยั่งยืน มาไว้ในเอกสารนี้ โดยฉบับนี้เป็นฉบับปรับปรุง ซึ่งมีการแก้ไขและเพิ่มเติมเนื้อหาบางส่วนให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น หวังเป็นอย่างยิ่งว่าเนื้อหาสาระที่นำเสนอในเอกสารนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้อ่านในการนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป ในโอกาสนี้ขอขอบคุณแหล่งความรู้ทุกแหล่งที่ผู้เขียนได้นำข้อมูลมาใช้ในการวิเคราะห์ เรียบเรียง และส่งต่อให้ผู้อ่านนำไปใช้ประโยชน์ให้กว้างขวางยิ่งขึ้น

อาทิตยา พองพรหม

กันยายน 2561

(ฉบับปรับปรุง)

สารบัญ

ลำดับที่	เรื่อง	หน้า
1	หลักการทางนิเวศธรรมชาติ	3
	1.1 ระบบนิเวศธรรมชาติ	3
	1.2 น้ำและวัฏจักรของน้ำ	8
	1.3 หลักการหมุนเวียนธาตุอาหารในระบบนิเวศ	9
	1.4 หลักการการบริการทางนิเวศและความหลากหลายทางชีวภาพ	13
2	ระบบนิเวศเกษตร	20
	2.1 หลักการระบบนิเวศเกษตร	20
	2.2 ปัจจัยที่กำหนดประเภทของระบบนิเวศเกษตร	20
	2.3 ระดับชั้นของระบบนิเวศเกษตร	23
	2.4 การประยุกต์ใช้หลักนิเวศธรรมชาติ	25
3	หลักการและรูปแบบเกษตรกรรมยั่งยืน	32
	3.1 ปัญหาของเกษตรกรรมเคมีเชิงเดี่ยว	32
	3.2 หลักการเกษตรกรรมยั่งยืน	34
	3.3 รูปแบบเกษตรกรรมยั่งยืน	35
4	พืชและสัตว์ในระบบเกษตรกรรมยั่งยืน	49
	4.1 การปลูกพืชในระบบเกษตรกรรมยั่งยืน	49
	4.2 การเลี้ยงสัตว์ในระบบเกษตรกรรมยั่งยืน	55
	บรรณานุกรม	58
	ภาคผนวก	61

1.1 ระบบนิเวศธรรมชาติ

ระบบนิเวศธรรมชาติ (Ecosystem) เป็นหลักการพื้นฐานของนิเวศเกษตร ซึ่งโดยทั่วไปหมายถึง ระบบความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตกับสิ่งต่าง ๆ หรือสิ่งแวดล้อม ในแหล่งที่อยู่อาศัยบริเวณพื้นที่หนึ่ง ซึ่งในระบบนิเวศนั้นจะมีความสัมพันธ์อยู่ 2 ลักษณะหลัก ๆ คือ ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิต และความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตกับสิ่งไม่มีชีวิต โดยสรรพสิ่งต่าง ๆ ดังกล่าวนั้น จะมีหน้าที่ต่างกัน และมีความสัมพันธ์กันอย่างเป็นระบบ ที่สำคัญคือ มีการถ่ายทอดพลังงาน และสารอาหารในบริเวณนั้น ๆ สู่สิ่งแวดล้อม โดยโครงสร้างของระบบนิเวศจะถูกกำหนดโดยชนิด ปริมาณ และการกระจายตัวของสิ่งมีชีวิตที่อยู่อาศัยอยู่ในระบบนั้น จากความหมายดังกล่าวนี้ จะเห็นได้ว่าโครงสร้างของระบบนิเวศจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ

1) สิ่งไม่มีชีวิต (Abiotic Component) ได้แก่ อนินทรีย์สาร เช่น คาร์บอน ไนโตรเจน น้ำ และออกซิเจน เป็นต้น อินทรีย์สาร เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน เป็นต้น และสภาพแวดล้อมทางกายภาพ เช่น แสง อุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง ความเค็มและความชื้น เป็นต้น

2) สิ่งมีชีวิต (Biotic Component) แบ่งออกได้เป็น

2.1) ผู้ผลิต (Producer) คือ กลุ่มสิ่งมีชีวิตที่สามารถนำเอาพลังงานจากแสงอาทิตย์มาสังเคราะห์อาหารขึ้นได้เอง (การสังเคราะห์แสง) จากแร่ธาตุและสารที่มีอยู่ตามธรรมชาติ ได้แก่ พืชสีเขียว แพลงก์ตอนพืช และแบคทีเรียบางชนิด

2.2) ผู้บริโภค (Consumer) คือ สิ่งมีชีวิตที่ได้รับอาหารจากการกินสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ อีกทอดหนึ่ง แบ่งได้เป็น กลุ่มที่กินพืชเป็นอาหาร กลุ่มที่กินสัตว์เป็นอาหาร และกลุ่มที่กินทั้งพืชและสัตว์เป็นอาหาร สิ่งมีชีวิตในกลุ่มนี้ คือ สัตว์ต่าง ๆ รวมทั้ง มนุษย์

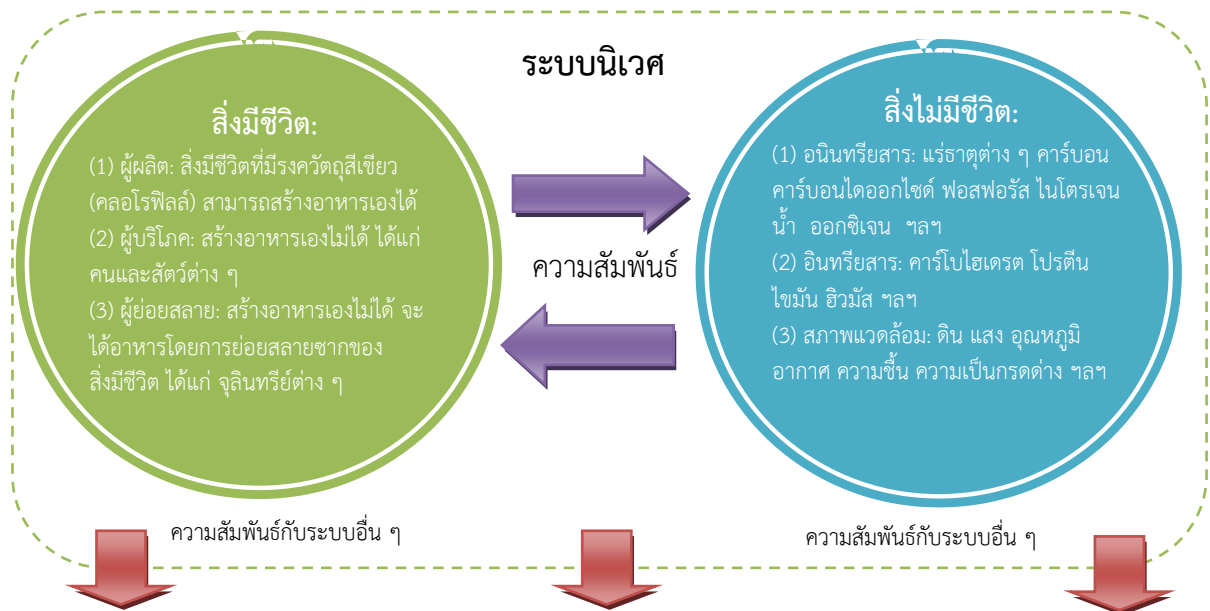
2.3) ผู้ย่อยสลาย (Decomposer) เป็นพวกไม่สามารถสร้างอาหารได้ แต่จะกินอาหารโดยการผลิตเอนไซม์ออกมาย่อยสิ่งที่มีชีวิตอื่นที่ตายแล้ว ให้เป็นธาตุอาหาร ในรูปของโมเลกุลเล็ก ๆ แล้วจึงดูดซึมไปใช้เป็นสารอาหารบางส่วน ส่วนที่เหลือปลดปล่อยออกไปสู่ระบบนิเวศ ซึ่งผู้ผลิตจะสามารถเอาไปใช้ต่อไป จึงนับว่าผู้ย่อยสลายเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้สารอาหารสามารถหมุนเวียนเป็นวัฏจักรได้ กลุ่มนี้ คือ พวกแบคทีเรีย และเชื้อราต่าง ๆ (นิวัติ เรืองพานิช, 2541 และชนวน รัตนวราหะ, 2536)

จะเห็นได้ว่า โครงสร้างของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศทั่วไป จะประกอบด้วย 3 กลุ่มใหญ่ ซึ่งต่างก็มีความสัมพันธ์ระหว่างกัน รวมถึงมีความสัมพันธ์กับสิ่งไม่มีชีวิตที่อยู่แวดล้อมด้วย ดังสรุปในภาพที่ 1.1

สิ่งมีชีวิตในแต่ละระบบนิเวศดังกล่าวข้างต้น จะดำรงอยู่ได้ต้องมีความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่งกับสิ่งไม่มีชีวิต ซึ่งแบ่งเป็นกลุ่มสารอนินทรีย์ เช่น แร่ธาตุต่าง ๆ ที่เป็นอาหารหลักของกลุ่มผู้ผลิต และสารอินทรีย์ที่เป็นอาหารหลักของกลุ่มผู้บริโภคและผู้ย่อยสลาย และสภาพแวดล้อมทางกายภาพ หรือที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตที่ต้องอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม เช่น

- **แสงสว่าง** มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต (แสงจากดวงอาทิตย์) เช่น คุณภาพแสงมีผลต่อการงอกของเมล็ด ช่วงแสงมีผลต่อการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ของพืชหลายชนิด ความเข้มแสงมีผลต่อการสังเคราะห์แสง

- **น้ำ และความชื้น** ระบบนิเวศที่มีความชื้นมากมักจะมีพืช และสัตว์อาศัยอย่างหนาแน่นทำให้มีโอกาสปฏิสัมพันธ์กันเพื่อถ่ายทอด หรือส่งต่อธาตุอาหาร และพลังงานให้แก่กันได้มากขึ้น
- **อุณหภูมิ** เนื่องจากอุณหภูมามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของออกซิเจนในน้ำ จึงเป็นปัจจัยกำหนดชนิดของพืชและสัตว์ มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่างพรรณสัณฐาน และสรีระวิทยาของสิ่งมีชีวิต การอพยพของสัตว์ การแพร่กระจายของพืชและสัตว์ในพื้นที่ต่าง ๆ เป็นต้น
- **ดิน** เป็นที่รวมของธาตุอาหารต่าง ๆ เช่น แคลเซียม ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และเป็นแหล่งปุ๋ยธรรมชาติ โดยเมื่อสิ่งมีชีวิตตายลงก็จะถูกย่อยสลายกลายเป็นฮิวมัส เพิ่มความอุดมสมบูรณ์แก่ดิน ดินที่มีลักษณะความสมบูรณ์หรือมีธาตุอาหารแตกต่างกันย่อมมีผลต่อพืช และสัตว์ที่อาศัยอยู่บนดินนั้น ทั้งในแง่ของชนิด จำนวน การแพร่กระจาย และการเจริญเติบโต
- **ความเป็นกรดเป็นด่าง** มีความสำคัญต่อกระบวนการหายใจและระบบการทำงานของเอนไซม์ภายในร่างกาย และมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชด้วยโดยเฉพาะความเป็นกรดเป็นด่างในดิน



ภาพที่ 1.1 โครงสร้างและองค์ประกอบของระบบนิเวศ

สิ่งสำคัญของระบบนิเวศอีกประการหนึ่ง คือ ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบย่อยต่าง ๆ ในระบบ ทั้งเชิงบวก คือ การเกื้อกูลสนับสนุนกัน และเชิงลบที่ส่งผลการดำรงอยู่ของอีกองค์ประกอบหนึ่ง เช่น การแย่งชิงกันระหว่างสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกันเนื่องจากมีความต้องการปัจจัยพื้นฐานเหมือนกันแต่มีจำนวนจำกัด หรือมีไม่เพียงพอที่จะทำให้สิ่งมีชีวิตดำรงอยู่ได้เป็นปกติ เช่น การแย่งชิงน้ำ อาหาร แสงสว่าง ที่อยู่อาศัย เช่น การที่พืชสองชนิดขึ้นอยู่ใกล้เคียงกันจะแย่งกันครอบครองพื้นที่ทำให้ทั้งสองฝ่ายไม่เจริญเติบโตเท่าที่ควรบางครั้งฝ่ายที่อ่อนแอกว่าก็จะตายไป

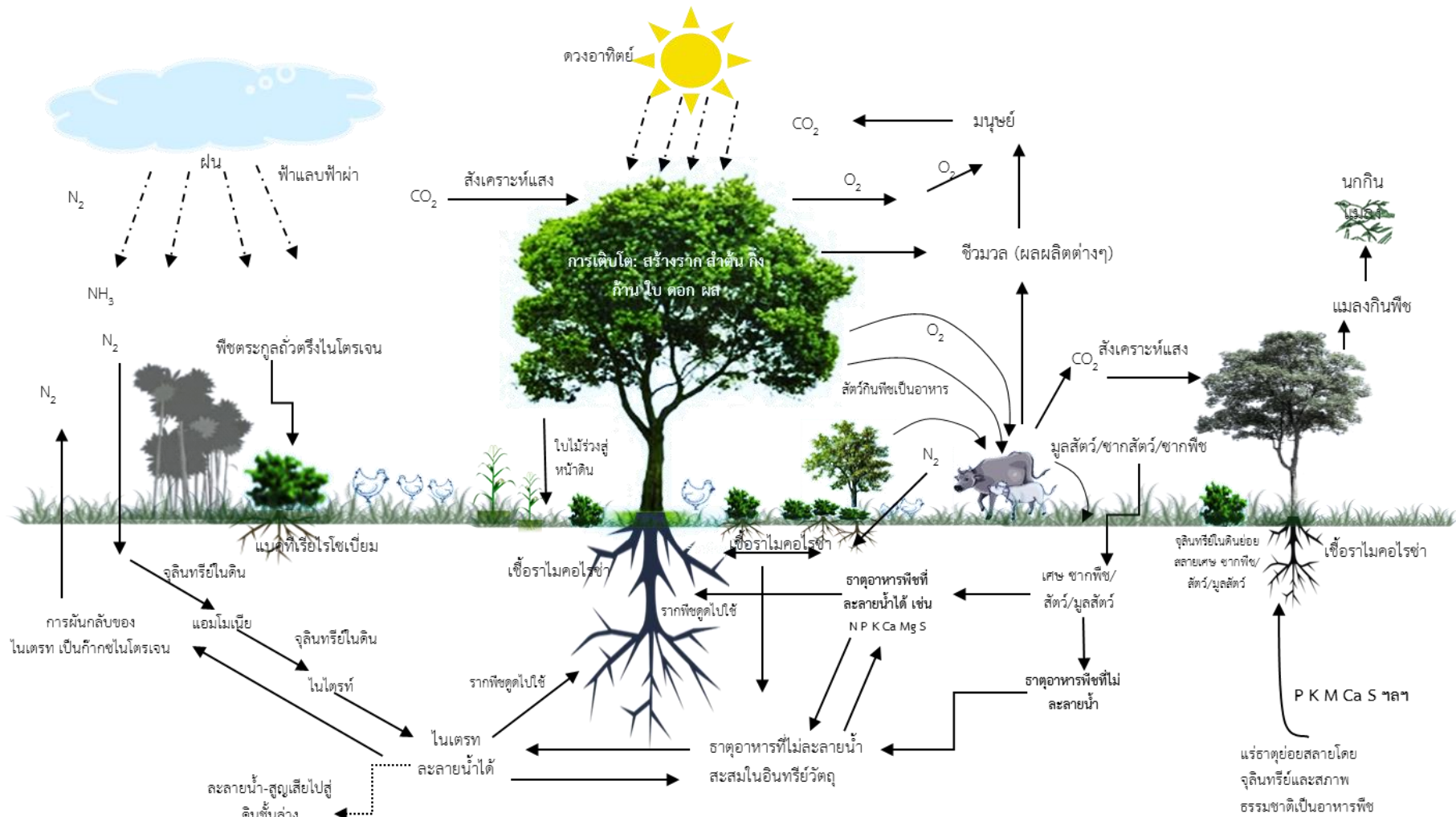
นอกจากนี้ ยังมีความสัมพันธ์ในลักษณะที่สิ่งมีชีวิตหนึ่งกินสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ เป็นอาหารมีผลต่อการควบคุมจำนวนของสัตว์ในแต่ละระบบนิเวศเพื่อให้เกิดความสมดุล ระบบนิเวศที่ขาดความสมดุลในเรื่องการกินซึ่งกันและกันมีผลทำให้เกิดปัญหา เช่น ไรข้าวโพดมีตัวกตแต่นามากิน และทำลายข้าวโพดเสียหาย ถ้าไม่มีสัตว์อื่นมากินตัวกตแต่น ก็จะทำให้ตัวกตแต่นแพร่พันธุ์ได้รวดเร็ว เกิดเสียสมดุลทางธรรมชาติ โดยผลของ

การปฏิสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบย่อยดังกล่าว ทำให้เกิดผลผลิตและส่งผลผลิตที่เกิดขึ้นไปแลกเปลี่ยนกับระบบนิเวศอื่น ขณะเดียวกันก็มีการนำปัจจัยต่าง ๆ ที่ใช้เป็นวัตถุดิบจากระบบอื่นมาเป็นปัจจัยการผลิตของระบบด้วย กล่าวคือ ระบบนิเวศยังมีปฏิสัมพันธ์และแลกเปลี่ยนทรัพยากรกับระบบอื่นในด้านปัจจัยต่าง ๆ ที่จำเป็นด้วย เพื่อการคงอยู่ของแต่ละองค์ประกอบย่อยในระบบนั้นและการคงอยู่ร่วมกันอย่างสมดุลของระบบนิเวศโดยรวม

ปัจจัยสำคัญที่เป็นตัวกำหนดสภาพของระบบนิเวศธรรมชาติ ในแต่ละพื้นที่นั้นโดยทั่วไปมี 4 ปัจจัยหลัก คือ (1) ความหลากหลายของชนิดพืชและสัตว์ ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของระบบนิเวศนั้นด้วย (2) ความซับซ้อนของระบบ (ระบบที่มีสิ่งมีชีวิตที่หลากหลายจะมีความซับซ้อนมากกว่าระบบที่มีสิ่งมีชีวิตน้อยกว่า) (3) การมีปฏิสัมพันธ์ในระบบ ซึ่งมีทั้งความสัมพันธ์แบบเกื้อกูลกัน เช่น ผึ้งช่วยผสมเกสรให้พืช พืชตระกูลถั่วตรึงไนโตรเจนให้พืชชนิดอื่น อินทรียั้วตูกจากใบของพืชยืนต้นชนิดหนึ่งเป็นอาหารให้กับพืชอีกชนิดหนึ่ง ฯลฯ และความสัมพันธ์ขัดแย้งกัน เช่น สัตว์กินพืช สัตว์ใหญ่กินสัตว์เล็ก แมลงกินพืช การแย่งธาตุอาหารและน้ำของพืช การแย่งแสงแดดของพืช ฯลฯ และ (4) การคัดเลือกโดยธรรมชาติ กล่าวคือ พืช หรือสัตว์ที่มีการปรับตัวจนถูกคัดเลือกโดยธรรมชาติให้สามารถดำรงอยู่ในระบบนิเวศใดก็จะมีที่เหมาะสมในนิเวศนั้น ๆ กลไกในการคัดเลือก คือการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมธรรมชาติ ความหนาแน่นของประชากร และกลไกทางพันธุกรรมย้อนกลับ (ชนวน รัตนวราหะ, 2536)



ภาพที่ 1.2 ปัจจัยกำหนดสภาพของระบบนิเวศ



ที่มา: ดัดแปลงจาก ขนวน รัตนวาทะ (2536) อ้างถึงในอาทิตย์ยา พงพรหม และคณะ (2560ก)

ภาพที่ 1.3 ภาพจำลองความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตและสภาพแวดล้อม และการหมุนเวียนของธาตุ บางส่วนในระบบนิเวศธรรมชาติ

จากภาพที่ 1.3 จะเห็นได้ว่า สิ่งมีชีวิตไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้โดยลำพัง ต้องมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ และสิ่งแวดล้อม มีองค์ประกอบย่อยต่าง ๆ ที่ประสานสัมพันธ์กันเพื่อให้เกิดความสมดุล เริ่มจากกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช ทำให้เกิดสารประกอบของคาร์บอนซึ่งเป็นสารที่ทำให้สิ่งมีชีวิตทั้งหลายดำรงอยู่ได้ ทั้งนี้ พลังงานที่ใช้ในระบบนิเวศส่วนใหญ่จะได้รับมาจากดวงอาทิตย์โดยพืชนำมาใช้ในการสังเคราะห์แสงแล้วสะสมไว้ในอาหารที่สร้างขึ้น จากนั้นจะถูกถ่ายทอดไปสู่ผู้บริโภคตามลำดับขั้นการบริโภค และถูกถ่ายทอดเข้าสู่ผู้ย่อยสลาย สำหรับการหมุนเวียนของธาตุอาหารในระบบนิเวศ จะอยู่ในลักษณะของวัฏจักร (Cycle) กล่าวคือ เมื่อผู้ผลิตได้รับธาตุอาหารจากดินและน้ำ ไปใช้ในการสังเคราะห์แสง ผู้บริโภคได้รับแร่ธาตุโดยการบริโภคต่อกันไปตามลำดับ เมื่อผู้ผลิตผู้บริโภคตาย ผู้สลายสาร (จุลินทรีย์ต่าง ๆ) จะย่อยสลายและธาตุอาหารจะถูกปล่อยออกมาเวียนกลับไปให้ผู้ผลิตนำไปใช้ หมุนเวียนเป็นวัฏจักร ซึ่งการหมุนเวียนของแร่ธาตุดังกล่าวนี้ นับว่าเป็นหัวใจสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้ระบบนิเวศสามารถคงอยู่ได้ การหมุนเวียนของธาตุอาหาร เกิดขึ้นจากการทำงานร่วมกันระหว่างกระบวนการทางชีวภาพ กระบวนการทางกายภาพ และกระบวนการทางเคมี ที่เกิดขึ้นทั้งในสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ทำให้แร่ธาตุเกิดการหมุนเวียนอยู่ในระบบนิเวศได้ (นิวัติ เรืองพานิช, 2541 และชนวน รัตนวราหะ, 2536)

1.2 น้ำและวัฏจักรของน้ำ

น้ำเป็นสิ่งที่อยู่ในธรรมชาติสามารถเปลี่ยนแปลงสถานะเป็นของแข็ง ของเหลว และไอ น้ำการหมุนเวียนนี้ เรียกว่า **วัฏจักรของน้ำ**



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

ภาพที่ 1.4 วัฏจักรของน้ำในระบบนิเวศ

วัฏจักรของน้ำเริ่มที่น้ำจากทะเลและแหล่งน้ำต่าง ๆ เมื่อได้รับพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์จะระเหยกลายเป็นไอลอยขึ้นสู่บรรยากาศจับตัวกันเป็นก้อนเมฆ เมื่อถูกลมพัดพาไปกระทบความเย็นจะกลายเป็น

ฝนตกสู่พื้นดิน น้ำฝนที่ตกลงมานี้ส่วนหนึ่งจะถูกต้นไม้ดูดซับสกัดกั้นไว้และส่วนหนึ่งจะระเหยกลับสู่ชั้นบรรยากาศ ส่วนหนึ่งจะค่อย ๆ ไหลลงสู่พื้นดิน และส่วนที่เหลือจะไหลไปตามพื้นดินลงสู่ลำห้วย ลำธาร หนอง คลอง บึง บ่อน้ำต่าง ๆ น้ำที่ถูกดินดูดซับไว้บางส่วนจะระเหยไป และบางส่วนจะสะสมไว้เป็นความชื้นในดิน ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการเติบโตของพืช เมื่อพืชดูดน้ำไปใช้จะสูญเสียน้ำไปในกระบวนการคายน้ำ และน้ำส่วนที่เหลือจะไหลลงไปเป็นน้ำใต้ดินและค่อย ๆ ระบายออกสู่ลำธาร แม่น้ำ ทะเล และมหาสมุทร และกลับระเหยเป็นไอ หมุนเวียนต่อไปเรื่อย ๆ น้ำที่ปรากฏอยู่ในบรรยากาศจะอยู่ในรูปแบบต่างๆ กัน 3 รูปแบบ คือ ไอน้ำ กลุ่มก้อนเมฆ ซึ่งเป็นกลุ่มของไอน้ำที่จับรวมตัวกับฝุ่นละอองขนาดเล็กต่าง ๆ ในบรรยากาศ และหยาดน้ำฟ้า (Precipitated) ในรูปของฝน หิมะ ลูกเห็บ และน้ำค้าง เป็นต้น

หากพิจารณาจากภาพที่ 1.4 วัฏจักรของน้ำอาจแบ่งออกได้ 2 แบบหลัก คือ **วัฏจักรแบบสั้น** เป็นวัฏจักรที่ไม่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมโดยเริ่มจากพื้นน้ำและพื้นดินระเหย กลายเป็นไอลอยขึ้นไปในบรรยากาศ แล้วกลั่นตัวกลายเป็นน้ำฝนตกลงมาหมุนเวียนกลับสู่พื้นดินและพื้นน้ำต่อไป และ**วัฏจักรยาว** เป็นวัฏจักรที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต โดยเริ่มจากน้ำในบริเวณที่เป็นพื้นดินและพื้นน้ำ น้ำที่ได้เกิดจากการคายน้ำของพืช น้ำจากร่างกายของสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ เมื่อสิ่งมีชีวิตตายลง น้ำในร่างกายจะระเหยกลายเป็นไอ ลอยตัวอยู่ในบรรยากาศแล้วกลั่นตัวเป็นหยดน้ำตกลงมาเป็นฝน หมุนเวียนกลับคืนสู่พื้นน้ำพื้นดิน และสิ่งมีชีวิตหมุนเวียนเป็นวัฏจักรอย่างต่อเนื่อง

น้ำมีความสำคัญต่อระบบนิเวศและต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิดโดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำเป็นส่วนสำคัญในกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืชซึ่งเป็นผู้ผลิตขั้นแรกทั้งโดยทางตรงและทางอ้อม บทบาทของน้ำที่มีต่อพืชสรุปได้ดังนี้

- เป็นองค์ประกอบหลักของเซลล์
- เป็นตัวทำละลายทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของก๊าซและธาตุอาหาร
- เป็นตัวทำปฏิกิริยาในกระบวนการที่สำคัญของต้นไม้ เช่น กระบวนการสังเคราะห์แสง และกระบวนการย่อยสลายสารอาหาร
- เป็นตัวรักษาความเต่งซึ่งมีความสำคัญต่อการเพิ่มขนาด และการเติบโตของเซลล์ นอกจากนี้ความเต่งยังมีความสำคัญต่อการเปิด - ปิดของปากใบด้วย

1.3 หลักการหมุนเวียนธาตุอาหารในระบบนิเวศ

การหมุนเวียนธาตุ และสารอาหาร อาจแบ่งออกเป็น 2 วัฏจักรใหญ่ คือ วัฏจักรธาตุ และวัฏจักรสารอาหาร หากกล่าวถึง วัฏจักรธาตุ (Biogeochemical Cycling) จะหมายถึงการหมุนเวียนของธาตุต่าง ๆ ระหว่างสิ่งมีชีวิต กับสิ่งแวดล้อมรวมทั้ง ดิน น้ำ และอากาศ ในระบบใหญ่ หรือภาพรวมของทุกระบบนิเวศ ซึ่งจะใช้เวลานานในมิติของเวลาทางธรณีวิทยา ส่วนวัฏจักรสารอาหาร (Nutrient Cycling) คือ การหมุนเวียนถ่ายเทธาตุ และอาหารที่จำเป็นสำหรับสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศหน่วยใดหน่วยหนึ่งที่มีขนาดเล็กในช่วงเวลาหนึ่งในมิติของเวลาในทางนิเวศวิทยา และมีลักษณะเฉพาะของแต่ละระบบนิเวศ (สราวุธ คลอวุฒิมันตร์, ม.ป.ป.) ความรู้เกี่ยวกับวัฏจักรดังกล่าวจำเป็นสำหรับการจัดการกับระบบนิเวศเกษตรซึ่งต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจเรื่องการหมุนเวียนของสารอาหารมาจัดการการใช้ประโยชน์ที่ดินให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

วัฏจักรการหมุนเวียนธาตุและสารอาหาร มีรูปแบบหลักที่คล้ายกัน คือ การเคลื่อนย้าย การหยุด และการเปลี่ยนรูป ซึ่งกระบวนการทั้ง 3 จะเกิดซ้ำหรือเร็วขึ้นขึ้นขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสารแต่ละชนิด โดยการหมุนเวียนแบ่งเป็น 3 ลักษณะหลัก คือ (1) Hydrologic cycle คือ วัฏจักรของน้ำ (2) Gaseous cycle

(Atmospheric cycle) คือ การหมุนเวียนธาตุที่มีแหล่งสำรองส่วนใหญ่อยู่ในบรรยากาศ และทะเล เช่น วัฏจักรคาร์บอน วัฏจักรออกซิเจน และวัฏจักรไนโตรเจน (3) Sedimentary cycle (Lithospheric cycle) คือ การหมุนเวียนธาตุที่มีแหล่งสำรองส่วนใหญ่อยู่ในพื้นดิน ในรูปของแข็ง เช่น วัฏจักรฟอสฟอรัส วัฏจักรแคลเซียม และวัฏจักรซิลิเคต ฯลฯ

สำหรับวัฏจักรสารอาหารในระบบนิเวศนั้น โดยทั่วไปเริ่มจากสารถูกนำเข้าไปในระบบ เช่น จากการผุพัง หรือการถูกลืมและฝน พัดพาเข้ามาในระบบในรูปของฝุ่นและสารละลาย และการนำเข้ามาโดยสิ่งมีชีวิต เมื่อเข้าสู่ระบบแล้วพืชและสัตว์จะนำไปใช้ สะสมในชีวมวล จากนั้นขับออกมาเป็นของเสีย และเมื่อตายลงจะเป็นซากพืชซากสัตว์ มีผู้ย่อยสลายทำหน้าที่ย่อยเป็นแร่ธาตุกลับสู่ดิน และหมุนเวียนกลับไปให้พืชต่อไป ในที่นี้จะขอยกตัวอย่างกระบวนการในการหมุนเวียนธาตุและสารอาหาร เพียง 3 ชนิด ซึ่งในระบบนิเวศเกษตร ถือเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการผลิต เพราะเป็นธาตุอาหารหลักของพืช¹ ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโปแตสเซียม (K) โดยอ้างอิงจากรายงานของ สราวุธ คลอวุฒิมันตร์ (ม.ป.ป.); ปัทมา วิทยากร แรมโป (ม.ป.ป.); Nair (1993) และนิวัติ เรืองพานิช (2541)

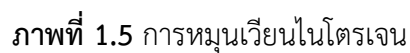
1) วัฏจักรไนโตรเจน (Nitrogen Cycle)

ไนโตรเจน (N) เป็นธาตุที่สำคัญสำหรับชีวิตโดยเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของโปรตีน พิวรีน (Purine) และไพริมิดีน (Pyrimidine) ในอากาศประกอบด้วยแก๊สไนโตรเจน (N_2) ประมาณ 78% โดยปริมาตร วัฏจักรของ N ในธรรมชาติ เริ่มจากพืชซึ่งเป็นผู้ผลิตในห่วงโซ่อาหารนำธาตุ N ไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน จากนั้นส่งต่อไปในรูปของอาหารไปสู่ผู้บริโภค ซึ่งจะได้รับ N ต่อเป็นทอด ๆ ตามลำดับ เมื่อผู้ผลิต และผู้บริโภค ขับถ่ายออกมา หรือตายลง ธาตุ N ในสิ่งขับถ่ายและซาก ก็จะถูกย่อยสลายกลับคืนออกมาสู่ดิน น้ำ และบรรยากาศ วัฏจักรไนโตรเจนเป็นวัฏจักรที่ค่อนข้างซับซ้อน ประกอบขึ้นจากหลายขั้นตอนที่มีการเปลี่ยนแปลงสารรูปแบบต่าง ๆ โดยทั่วไปในหนึ่งวัฏจักรจะประกอบด้วย 4 กระบวนการ ที่สำคัญ คือ การตรึงไนโตรเจน (Nitrogen Fixation) (2) การสร้างแอมโมเนีย (Ammonification) (3) การสร้างไนเตรต (Nitrification) และ (4) การผันกลับของไนเตรต (Denitrification) การหมุนเวียนไนโตรเจนในระบบนิเวศธรรมชาติ สามารถสรุปเป็นภาพจำลองได้ดังภาพที่ 1.5

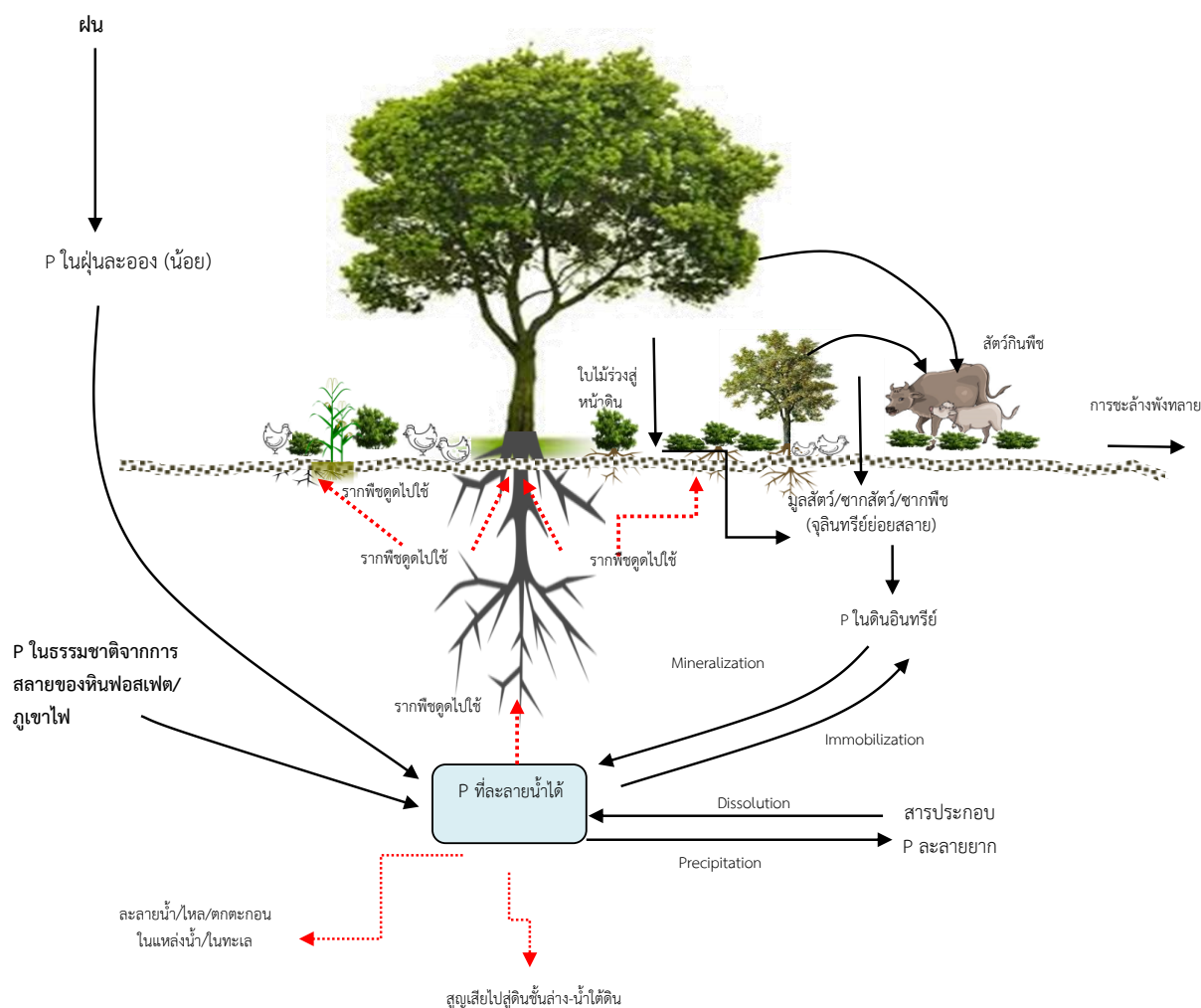
2) วัฏจักรฟอสฟอรัส (Phosphorus cycle)

สารประกอบของฟอสฟอรัส (P) ในดินจะถูกพืชดูดนำไปใช้ ในการเจริญเติบโต ต่อจากนั้นสัตว์กินพืชเป็นอาหาร จะนำสารประกอบฟอสฟอรัสไปสร้างโครงสร้างของกระดูก ทั้งพืชและสัตว์ตายไปก็ย่อยสลายกลายเป็นสารประกอบฟอสฟอรัสลงสู่ดิน พืชจะดูดฟอสฟอรัสได้น้อยถ้าดินมีความเป็นกรดสูง (โดยทั่วไปดินมีความเป็นกรดเบส 2.2-9.6) เพราะฟอสฟอรัสจะอยู่ในรูปของเหล็กฟอสเฟตหรืออลูมิเนียมฟอสเฟต ซึ่งเป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำ แต่ถ้าดินมีความเป็นเบสสูงพืชก็จะดูดฟอสฟอรัสได้น้อยเช่นเดียวกัน เพราะฟอสฟอรัสอยู่ในรูปของแคลเซียมฟอสเฟตหรือแมกนีเซียมฟอสเฟต ซึ่งเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำได้น้อย พืชนำไปใช้ได้ยาก ฟอสฟอรัส (P) ในดิน นั้น สามารถแบ่งเป็น 4 กลุ่ม (Categories) คล้ายกับธาตุ K คือ (1) P ที่ละลายอยู่ในสารละลายดิน (2) P ที่ดูดยึดอยู่กับอนุภาคดิน (3) P ที่จับอยู่กับอินทรีย์วัตถุในดินและ (4) สารประกอบอินทรีย์ P ซึ่งอยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ได้น้อย (ภาพที่ 1.6)

¹ รายละเอียดเพิ่มเติมในภาคผนวกที่ 2



จะเห็นได้ว่า วัฏจักรฟอสเฟสเป็นวัฏจักรที่ไม่สลับซับซ้อน และเป็นแบบที่มีการตกตะกอนของสาร (Sedimentary cycle) ไม่มีการหมุนเวียนสู่บรรยากาศ เพราะไม่อยู่ในสถานะที่เป็นแก๊ส การหมุนเวียนของธาตุเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ เพราะสารประกอบฟอสฟอรัสส่วนใหญ่ถูกชะล้างลงสู่ทะเล เกิดเป็นตะกอนหินฟอสเฟตค้างอยู่ โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นเวลานาน เมื่อมีการนำหินฟอสเฟต (หินฟอสเฟต) มาบดเป็นปุ๋ยให้แก่พืช จึงเป็นการเร่งวัฏจักรนี้ให้เร็วขึ้นและสมบูรณ์ขึ้น



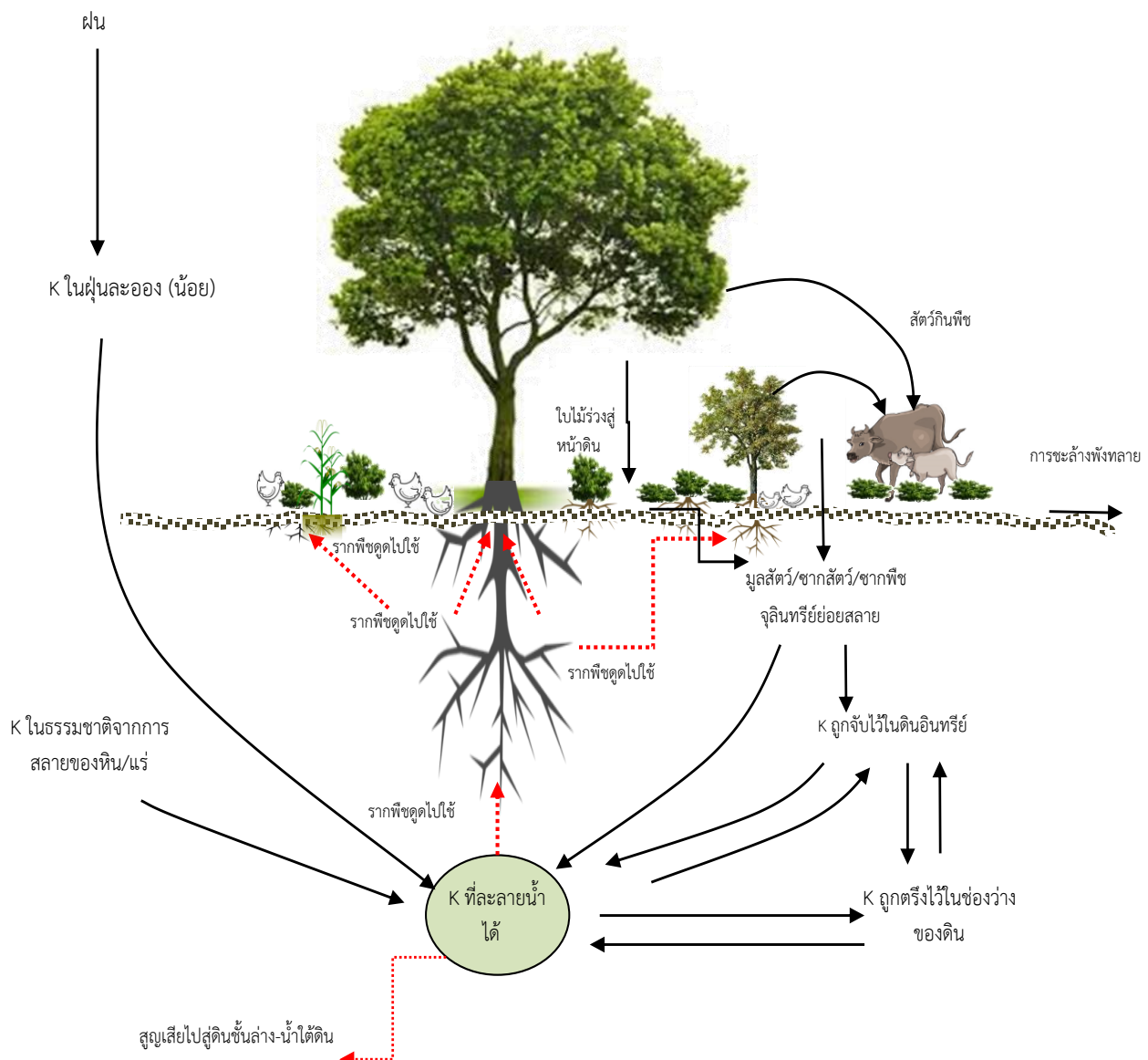
ภาพที่ 1.6 การหมุนเวียนฟอสฟอรัสในนิเวศธรรมชาติ

3) วัฏจักรโปแตสเซียม

วงจรมหวนเวียนโพแทสเซียม (K) ไม่มีความซับซ้อนคล้ายกันกับ P โดยพบว่า K ในดินนั้นได้มาจากหินและแร่ของเปลือกโลกเป็นหลัก การสลายตัวของแร่ปฐมภูมิ ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการกำเนิดดินจึงเป็นกระบวนการหลักที่ให้ K แก่ดิน วัฏจักร K จึงหมายถึง กระบวนการนำ K เข้าสู่ระบบดิน ออกจากระบบดิน และหมุนเวียนเปลี่ยนรูป K ในระบบดินและพืช การเปลี่ยนรูปของ K ที่ดินได้รับจากการสลายตัวของแร่ปฐมภูมิอยู่ในหลายรูป ในดินนั้น มี 3 รูปแบบหลัก ได้แก่ (1) K ที่ละลายน้ำในสารละลายดิน (2) K ที่แลกเปลี่ยนได้ ได้แก่รูปที่ถูกดูดซับบนผิวคอลลอยด์ดินที่มีประจุลบ ได้แก่ ประจุลบถาวร หรือถูกดูดซับบนผิวคอลลอยด์ดินที่มีประจุผันแปร เช่น คอลลอยด์ดินส่วนที่เป็นอินทรีย์วัตถุ และ (3) K ที่ถูกตรึง หรือ รูปที่แลกเปลี่ยนไม่ได้ เป็นรูปที่ถูกดูดซับอย่างแข็งแรงไม่สามารถถูกแลกเปลี่ยนโดยแคตไอออนอื่นได้ คำว่า การตรึง (Fixation) หมายถึง การเปลี่ยนรูป K จากรูปในสารละลายดินหรือรูปแลกเปลี่ยนได้เป็นรูปที่แลกเปลี่ยนไม่ได้ ได้แก่ รูปที่อยู่ในช่องว่างระหว่างชั้นของแร่ดินเหนียว (ภาพที่ 1.7)

ทั้งนี้ ปัจจัยที่สำคัญในการควบคุมความเข้มข้นของ K ในสารละลายดิน และ K ที่ถูกดูดซับ คือ แร่ทุติยภูมิ ได้แก่ แร่ดินเหนียว และอินทรีย์วัตถุในดิน โดยพบว่าถ้าเป็นกรณีในระบบนิเวศเกษตร แหล่งของโพแทสเซียมที่เป็นสารอินทรีย์มีอยู่มากโดยเฉพาะจากภาคเกษตรกรรม เช่น ในประเทศเขตร้อนที่ปลูกข้าวเป็น

พืชอาหารหลัก K ส่วนใหญ่จะอยู่ในฟางข้าว และตอซัง ซึ่งจะมี K ประมาณ 0.4 - 1.4% ของน้ำหนักแห้ง ดังนั้น ถ้ามีการไถกลบฟางข้าวและตอซังกลับคืนสู่ดิน ก็จะเป็นการนำ K กลับสู่ดินด้วย (ปีพามา วิทยากร แรมโบ , ม.ป.ป.)



ภาพที่ 1.7 การหมุนเวียนโปแตสเซียมในนิเวศธรรมชาติ

1.4 หลักการการบริการทางนิเวศและความหลากหลายทางชีวภาพ

1.4.1 การบริการทางนิเวศ

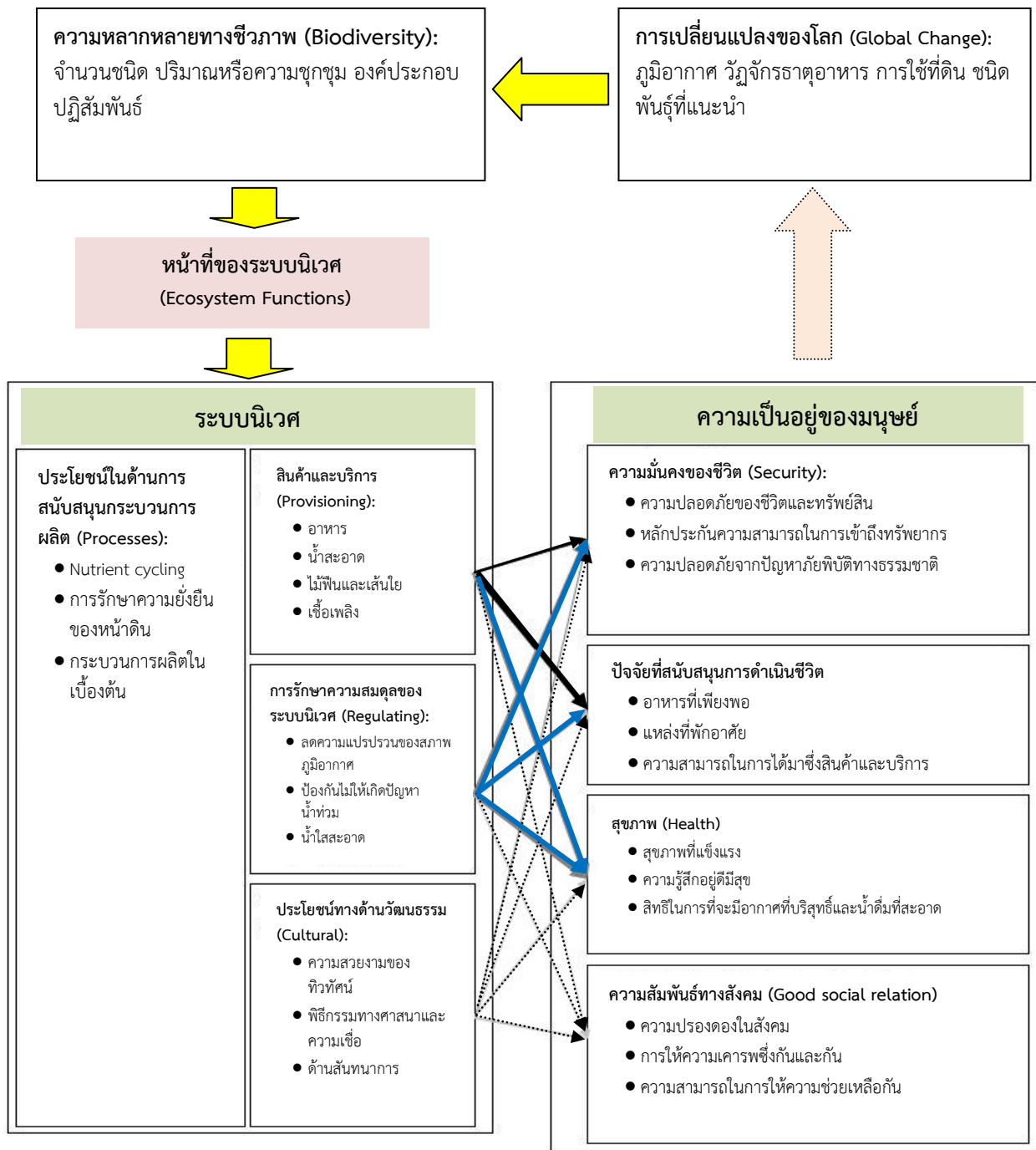
ระบบนิเวศ สามารถเอื้อประโยชน์ต่อมนุษย์ได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม หรือที่เรียกว่าบริการของระบบนิเวศ บางครั้งเรียกว่า “บริการทางด้านสิ่งแวดล้อม” (Environmental Service) หรือ “บริการทางด้านระบบนิเวศ” (Ecosystem Service) หมายถึง ผลประโยชน์ที่มนุษย์ได้จากระบบนิเวศ ทั้งจากสิ่งแวดล้อมและความหลากหลายทางชีวภาพ เพื่อเป็นฐานในการพัฒนาคุณภาพชีวิตของคนและสังคม เช่น น้ำ ไม้ซุง ความสามารถ

ในการควบคุมสภาพภูมิอากาศ การคุ้มครองความเสี่ยงทางธรรมชาติ การควบคุมการกัดเซาะของดิน การพักผ่อนหย่อนใจ และการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น อาจกล่าวได้ว่าบริการของระบบนิเวศนั้นทำหน้าที่นันทนาการ ทั้งเป็นวัตถุดิบ ช่วยเกื้อหนุน ส่งเสริม และมีอิทธิพลต่อสภาพของทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมที่จำเป็นต่อการดำรงชีพ

การประเมินระบบนิเวศแห่งสหัสวรรษ (Millennium Ecosystem Assessment: MA) ที่ได้มีการติดตามประเมินสถานะและแนวโน้มของระบบนิเวศและบริการของระบบนิเวศ ได้แบ่งบริการของระบบนิเวศออกเป็น 4 ประเภท ซึ่งล้วนแล้วแต่ส่งผลถึงชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์ (Human Well-Being) (Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts (2009); ปราโมทย์ อินสว่าง และคณะ, ม.ป.ป.) ดังนี้

- บริการด้านการเป็นแหล่งผลิต (Provisioning Services) คือ การให้บริการวัตถุดิบในการผลิต เช่น น้ำ อาหาร ทรัพยากรป่าไม้ แร่ธาตุ พืชพันธุ์และสัตว์ต่าง ๆ เป็นต้น
- บริการด้านการควบคุมกลไกของระบบ (Regulating Services) คือ การควบคุมปรากฏการณ์ และกระบวนการทางธรรมชาติของระบบนิเวศ เช่น การควบคุมสภาพภูมิอากาศ การป้องกันการกัดเซาะชายฝั่ง การป้องกันน้ำท่วม การป้องกันการกัดเซาะของดิน การควบคุมศัตรูพืช การผสมละอองเกสร การควบคุมมลภาวะ เป็นต้น
- บริการด้านวัฒนธรรม (Cultural Services) คือ ประโยชน์ทางนามธรรมที่ดำรงคุณค่าทางสังคมและวัฒนธรรม เช่น ประเพณี การพักผ่อนหย่อนใจ คุณค่าทางจิตใจ ความเพลิดเพลินจากความงาม ของธรรมชาติ สุนทรียภาพ และนันทนาการ เป็นต้น
- บริการด้านการเกื้อหนุน (Supporting Services) คือ กระบวนการทางธรรมชาติที่สนับสนุนการดำรงอยู่ของบริการอื่น ๆ เช่น เป็นแหล่งธาตุอาหารของระบบการผลิตขั้นต้น การทำให้เกิดวัฏจักรของอาหาร การเป็นแหล่งที่อยู่ของสัตว์วัยอ่อน แหล่งเพาะพันธุ์ เป็นแหล่งความหลากหลายทางพันธุกรรม เป็นต้น

นอกจากนี้ ในเอกสาร Millennium Ecosystem Assessment (2005); (Ecosystems and human well-being; Daily (1997) และ Nature's service Societal dependence on natural ecosystems) อ้างถึง ในมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช (ม.ป.ป.) ได้วางกรอบให้เห็นถึงความเชื่อมโยงระหว่างระบบนิเวศและความเป็นอยู่ของมนุษย์ ซึ่งการบริการของระบบนิเวศดังกล่าวนี้ มีความเกี่ยวข้องกับ ความหลากหลายทางชีวภาพ ซึ่งสัมพันธ์กับสภาพภูมิอากาศ การหมุนเวียนธาตุอาหาร การใช้ที่ดิน และการเลือกชนิดพันธุ์ ดังสรุปใน (ภาพที่ 1.8)



ที่มา: ดัดแปลงจาก มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช (ม.ป.ป.) และ Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts (2009) (Millennium Ecosystem Assessment's overview of ecosystem services)

ภาพที่ 1.8 ความเชื่อมโยงระหว่างระบบนิเวศ ความหลากหลายทางชีวภาพและความเป็นอยู่ของมนุษย์

สำหรับการให้บริการของระบบนิเวศด้านการเกษตรนั้น มีหลายประการ เช่น (1) กระบวนการสร้างดิน (Soil formulation) และการหมุนเวียนแร่ธาตุในดิน ผ่านกระบวนการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุเป็นและสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก (เช่น ไส้เดือน กิ้งกือ) ที่อยู่อาศัยหาอาหารในดิน ซึ่งมีส่วนสำคัญต่อปริมาณและคุณภาพของ

ผลิตผลทางการเกษตร (2) การตรึงไนโตรเจน (Nitrogen fixation) ขบวนการตรึงจากอากาศมาเปลี่ยนเป็นโมเลกุล (เช่น แอมโมเนีย) ที่สามารถนำไปใช้ในสิ่งมีชีวิตได้โดยจุลินทรีย์ดิน (ไรโซเบียม) ซึ่งจะอาศัยที่ปมรากถั่ว (3) การเป็นแหล่งผลิตอาหารและเป็นแหล่งวัตถุดิบ (4) การควบคุมศัตรูพืชโดยธรรมชาติ ในทางการเกษตรสามารถควบคุมศัตรูพืชโดยธรรมชาติจากการใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพ เช่น การควบคุมแมลงโดยใช้ระบบสิ่งมีชีวิตอื่นที่เป็นผู้ล่ามาควบคุมแมลงเป็นวิธีการควบคุมตามธรรมชาติที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแบบการควบคุมด้วยสารเคมี (5) การผสมเกสรของแมลง ซึ่งแมลงมีความสำคัญต่อการขยายพันธุ์พืชทั้งในพื้นที่การเกษตรและพื้นที่ป่าไม้ แมลงจะช่วยในการผสมเกสรและเพิ่มผลิตผลทางการเกษตร เช่น ผึ้งหลวง ม้า ผึ้งชันโรง และแมลงภู่ ผีเสื้อกลางคืน แมลงนูน ตัวงผลไม้ ต่อ แตน เป็นต้น (6) การหมุนเวียนของน้ำในพื้นที่ โดยระบบนิเวศบริการจากพืชและดินที่มีอินทรีย์วัตถุจะช่วยในการจัดการน้ำในการทำเกษตร เช่น การเก็บกักตามธรรมชาติ หากเกษตรกรเรียนรู้และใช้ประโยชน์จากระบบนิเวศก็จะช่วยในการลดต้นทุน และการจัดการน้ำด้วยวิธีการอื่นได้ (7) การปลูกต้นไม้เป็นแนวเขต (8) ความสวยงามของพื้นที่บรรยากาศและการพักผ่อน (9) พืชและดินเป็นแหล่งสะสมคาร์บอนในพื้นที่เกษตร ผ่านกิจกรรมทางการเกษตรต่าง ๆ เช่น การทำการเกษตรแบบไร่ นา สวนผสม วนเกษตร การปลูกหญ้าเลี้ยงสัตว์ การปรับปรุงดินโดยใช้วัสดุอินทรีย์หรือวัสดุที่มีคาร์บอนสูงรวมไปถึงการลดกิจกรรมที่เร่งการทำลายคาร์บอนในดินโดยเฉพาะการเผาเศษวัสดุทางการเกษตร เป็นต้น

1.4.2 ความหลากหลายทางชีวภาพ

ความหลากหลายทางชีวภาพ (Biodiversity) มาจากสองคำคือ Biological หรือ ชีวภาพ หมายถึง ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิต ส่วน Diversity หรือ ความหลากหลาย หมายถึง มีมากมายและแตกต่าง ดังนั้นความหลากหลายทางชีวภาพ จึงหมายถึง การมีสิ่งมีชีวิตทั้งพืช สัตว์ เชื้อรา และจุลินทรีย์ต่าง ๆ หรือทรัพยากรชีวภาพ ที่มีจำนวนมากมายและแตกต่างกันในแหล่งที่อยู่อาศัยหนึ่ง โดยแบ่งความหลากหลายทางชีวภาพออกเป็น 3 ระดับ คือ *ระดับพันธุกรรม* ที่อยู่ในสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันซึ่งทำให้เกิดความหลากหลาย หรือเรียกว่าความหลากหลายของสายพันธุ์ (Genetic Diversity) *ระดับชนิดพันธุ์* หรือความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตต่างชนิดกัน (Species Diversity) และความหลากหลาย*ระดับระบบนิเวศ* (Ecosystem) ที่แตกต่างหลากหลายในแต่ละภูมิภาคบนโลก

สิ่งมีชีวิตจะมีความหลากหลายทางพันธุกรรมและชนิดพันธุ์มากขึ้นตามความแตกต่างของถิ่นที่อยู่อาศัยหรือระบบนิเวศ โดยพบว่าระบบนิเวศป่าไม้ นับเป็นแหล่งทรัพยากรชีวภาพที่สำคัญที่สุดแห่งหนึ่งเพราะมีความหลากหลายของชนิดและพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตเป็นจำนวนมากทั้งพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ ทั้งนี้ความหลากหลายทางชีวภาพ 3 ระดับ คือ ระดับพันธุกรรม ระดับชนิดพันธุ์ และระดับระบบนิเวศ มีสาระสำคัญเพิ่มเติม ดังนี้ (วรณัฐ อุษณกร, 2547; สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2535 อ้างถึงในวิลาวรรณ น้อยภา และคณะ, 2554)

(1) **ความหลากหลายทางพันธุกรรม (Genetic diversity)** หรือ ลักษณะทางพันธุกรรมที่สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดได้รับการถ่ายทอดมาจากรุ่นพ่อแม่และส่งต่อไปยังรุ่นถัดไป ความหลากหลายทางพันธุกรรม หรือความหลากหลายทางชีวภาพ ระหว่างสายพันธุ์ จะเห็นได้จากความแตกต่างของสีของใบไม้ สีของขนนก และในกรณีของมนุษย์จะเห็นได้ชัดเจนจากสี และลักษณะของเส้นผม สีของนัยนา รวมถึงสีผิวที่แตกต่างกัน ถึงแม้จะเป็นพี่น้องสายเลือดเดียวกันก็ตาม นอกจากนี้ ในภาคเกษตรจะพบความแตกต่างและหลากหลายของ

สายพันธุ์พืชและสัตว์ เช่น ความหลากหลายระหว่างสายพันธุ์ข้าวเจ้า และข้าวเหนียว ซึ่งในแต่ละสายพันธุ์ยังมีความแตกต่างด้านสายพันธุ์ย่อยลงไปอีก เช่น ข้าวเหนียวดำ และข้าวเหนียวขาวพันธุ์ต่าง ๆ และความหลากหลายของสายพันธุ์สัตว์ซึ่งเกษตรกรสามารถเลือกเพื่อให้เหมาะสมตามความต้องการของตลาดได้ เช่น ไก่พันธุ์เนื้อ ไก่พันธุ์ไข่ วัวพันธุ์นม และวัวพันธุ์เนื้อ เป็นต้น

(2) ความหลากหลายทางชนิดพันธุ์ (Species diversity) หมายถึง จำนวนชนิด และจำนวนหน่วยสิ่งมีชีวิต หรือ หมายถึง ความหลากหลายของชนิดสิ่งมีชีวิต (Species) ที่มีอยู่ในพื้นที่หนึ่ง ปัจจุบันมีการบันทึกอย่างเป็นทางการแล้วประมาณ 1.4 ล้านชนิด ความหลากหลายระหว่างชนิดพันธุ์ สามารถพบเห็นได้โดยทั่วไปถึงความแตกต่างระหว่างพืชและสัตว์แต่ละชนิดไม่ว่าจะเป็นสัตว์ที่อยู่ใกล้ตัว เช่น ไก่ เป็ด สุกร สุนัข แมว จิ้งจก ตุ๊กแก กา นกพิราบ และนกกระจอก เป็นต้น หรือสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในป่าเขาลำเนาไพร เช่น สิงห์โต กระต่าย วัวแดง เสือ ช้าง กวาง เก้ง กระเจิง ลิง ชะนี และหมี เป็นต้น พื้นที่ธรรมชาติเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตที่แตกต่างหลากหลาย

(3) ความหลากหลายของระบบนิเวศ (Ecological diversity) คือ ระบบนิเวศหรือถิ่นที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตที่ต่างกันไป อันเกิดจากความซับซ้อนของลักษณะพื้นที่ที่แตกต่างกันในแต่ละภูมิภาคของโลก ประกอบกับสภาพภูมิอากาศและลักษณะภูมิประเทศที่แตกต่างกัน ซึ่งสิ่งมีชีวิตจะอาศัยอยู่ในแต่ละพื้นที่ได้โดยผ่านการคัดเลือกตามธรรมชาติตามกระบวนการวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายระหว่างระบบนิเวศ เป็นความหลากหลายทางชีวภาพซึ่งมีความซับซ้อน สามารถเห็นได้จากความแตกต่างระหว่างระบบนิเวศประเภทต่าง ๆ เช่น ป่าดงดิบ ทุ่งหญ้า ป่าชายเลน ทะเลสาบ บึง หนอง ชายหาด แนวปะการัง ตลอดจนระบบนิเวศที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น ทุ่งนา อ่างเก็บน้ำ และชุมชนเมือง โดยในระบบนิเวศเหล่านี้ จะประกอบด้วยสิ่งมีชีวิตที่ต่างชนิดกัน และมีสภาพการอยู่อาศัยแตกต่างกันด้วย

ความแตกต่างหลากหลายระหว่างระบบนิเวศดังกล่าวข้างต้น ทำให้โลกมีถิ่นที่อยู่อาศัยเหมาะสมสำหรับสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ ระบบนิเวศแต่ละประเภทให้ประโยชน์แก่การดำรงชีวิตของมนุษย์แตกต่างกัน รวมถึงให้บริการทางสิ่งแวดล้อม (Environmental Service) ต่างกันด้วย เช่น ป่าไม้ทำหน้าที่ดูดซับน้ำ ไม่ให้เกิดน้ำท่วม และการพังทลายของดิน ส่วนป่าชายเลนทำหน้าที่เก็บตะกอนไม่ให้ไปทับถมจนทำให้บริเวณปากอ่าวตื้นเขิน ตลอดจนป้องกันการกัดเซาะบริเวณชายฝั่งจากกระแสลมและคลื่นด้วย

สำหรับ ความหลากหลายด้านระบบนิเวศในประเทศไทย สามารถจำแนกออกได้ครบตามการแบ่งระบบนิเวศของอนุสัญญาว่าด้วยความหลากหลายทางชีวภาพทั้ง 7 ระบบนิเวศ ได้แก่ ระบบนิเวศเกษตร ระบบนิเวศป่าไม้ ระบบนิเวศทางทะเลและชายฝั่ง ระบบนิเวศเกาะ ระบบนิเวศแหล่งน้ำในแผ่นดิน ระบบนิเวศแห้งแล้งและกึ่งชื้น และระบบนิเวศภูเขา โดยใน ปี พ.ศ. 2561 ระบบนิเวศเกษตรและระบบนิเวศป่าไม้ เป็นระบบนิเวศหลักของประเทศ มีพื้นที่คิดเป็นร้อยละ 55.73 และร้อยละ 31.68 ของพื้นที่ประเทศตามลำดับ (เบญจมาศ โชติทอง และคณะ, 2562)

ความหลากหลายทางชีวภาพถือเป็นแหล่งกำเนิดของพืชผลทุกชนิดและปศุสัตว์ที่เลี้ยงรวมถึงเป็นรากฐานของบริการระบบนิเวศที่จำเป็นต่อการดำรงกิจกรรมด้านเกษตรกรรมและความเป็นอยู่ที่ดีของมนุษย์อย่างใด ๆ ความหลากหลายทางชีวภาพของพืชผลและปศุสัตว์ในปัจจุบันเป็นผลมาจากการจัดการของมนุษย์เป็นเวลายาวนานพันปี และกิจกรรมการเกษตรที่เหมาะสมสามารถสนับสนุนการอนุรักษ์และการใช้ความหลากหลายทางชีวภาพอย่างยั่งยืน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเกษตรแบบยั่งยืนจะส่งเสริมให้เกิดและรักษาความหลากหลายทางชีวภาพ ซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการผลิตอาหารและผลผลิตทางการเกษตร อื่น ๆ

อย่างยั่งยืน ซึ่งส่งผลถึงความมั่นคงด้านอาหาร และการสร้างประโยชน์ด้านอื่นที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ (Convention on Biological Diversity, ม.ป.ป.)

ความหลากหลายทางชีวภาพทางการเกษตร (Agricultural Biodiversity) เป็นคำกว้าง ๆ ที่รวมองค์ประกอบทั้งหมดของความหลากหลายทางชีวภาพ ที่เกี่ยวข้องกับอาหารและการเกษตร และองค์ประกอบทั้งหมดของความหลากหลายทางชีวภาพที่ประกอบขึ้นเป็นระบบนิเวศทางการเกษตร หรือ ระบบนิเวศเกษตร **ความหลากหลายทางชีวภาพทางการเกษตร** หมายถึง ความหลากหลายของพันธุ์พืช พันธุ์สัตว์ และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กต่าง ๆ ทุกชนิด ที่มีอยู่ในระบบนิเวศเกษตรและระบบนิเวศใกล้เคียง ซึ่งเป็นผลมาจากวิธีการจัดการของเกษตรกร และปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อมของพื้นที่นั้น (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และ Convention on Biological Diversity อ้างถึงใน ชัยวัฒน์ ประมวล, ม.ป.ป.)

ความหลากหลายทางชีวภาพทางการเกษตรถือเป็นองค์ประกอบของปัจจัยพื้นฐานในการดำรงชีวิตของมนุษย์ โดยเฉพาะอาหารและความมั่นคงในการดำรงชีวิต โดยจะมีการเปลี่ยนแปลงและมีวิวัฒนาการตลอดเวลาอันเกิดจากกิจกรรมและวิถีปฏิบัติของมนุษย์ ซึ่งเกษตรกรจะมีบทบาทสำคัญในการเป็นผู้ดูแลและจัดการความหลากหลายทางชีวภาพทางการเกษตร ดังนั้น ความรู้ที่สืบทอดตามธรรมเนียมประเพณี และวัฒนธรรมของชุมชนท้องถิ่นที่เกี่ยวข้องจึงเป็นส่วนสำคัญในการจัดการความหลากหลายทางชีวภาพทางการเกษตร และทำให้การอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพทางการเกษตรในระบบการผลิตมีความเชื่อมโยงกับการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนอย่างใกล้ชิด ซึ่งปัจจุบันพบว่าความหลากหลายทางชีวภาพทางการเกษตรส่วนใหญ่จะได้รับการอนุรักษ์นอกถิ่นที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติ (Ex Situ) ไว้ในธนาคารพันธุกรรม หรือที่เก็บรักษาของผู้เพาะเลี้ยง/เพาะพันธุ์อื่น ๆ ทั้งนี้ ความหลากหลายภายในชนิดพันธุ์พืชปลูกและสัตว์เลี้ยงมีความสำคัญ เช่นเดียวกับความหลากหลายระหว่างชนิดพันธุ์และได้รับการพัฒนาเพิ่มเติมจากการเกษตรจนมีวิวัฒนาการไปมาก นอกจากนี้ ระบบการเพาะปลูกต่าง ๆ ยังต้องพึ่งพาอาศัยชนิดพันธุ์พืชปลูกจากต่างถิ่น จึงทำให้เกิดการพึ่งพาซึ่งกันและกันระหว่างประเทศผู้เป็นเจ้าของและผู้ใช้ทรัพยากรพันธุกรรมเพื่ออาหารและการเกษตร จากลักษณะของความหลากหลายทางชีวภาพทางการเกษตรดังกล่าว จะเห็นได้ว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อม ทรัพยากรพันธุกรรมและวิธีการจัดการ ที่ปรากฏในถิ่นที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติภายในระบบนิเวศเกษตร (Agro-ecosystem) จะช่วยสนับสนุนการดำรงรักษาวัฏจักรและพลวัตของความหลากหลายทางชีวภาพทางการเกษตรได้

ความหลากหลายทางชีวภาพทางการเกษตรมีความสำคัญหลายประการ คือ ทำให้มนุษย์มีอาหารและวัตถุดิบที่เป็นสินค้าต่าง ๆ เช่น เส้นใยจากฝ้ายสำหรับผลิตเสื้อผ้า ไม้สำหรับสร้างที่พักและเชื้อเพลิง สมุนไพรจากพืชและสัตว์ วัสดุเชื้อเพลิงชีวภาพ รวมถึงทำให้มีรายได้และปัจจัยในการดำรงชีพ สนับสนุนให้เกิดการบริการอื่นจากระบบนิเวศ เช่น การอนุรักษ์ดินและน้ำ การรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินและสิ่งมีชีวิต และการผสมเกสร และความหลากหลายทางพันธุกรรมของความหลากหลายทางชีวภาพทางการเกษตรยังช่วยให้สิ่งมีชีวิตแต่ละสายพันธุ์มีความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงและมีวิวัฒนาการ โดยเพิ่มความทนทานต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้ ดังนั้น การเพิ่มความหลากหลายชีวภาพทางการเกษตรจึงมีความสำคัญมากทั้งต่อเกษตรกรผู้ผลิต ผู้บริโภค และสภาพแวดล้อมในมิติต่าง ๆ โดยสามารถสรุปประเด็นสำคัญ ได้ดังนี้

- ผลผลิตทางเกษตรเพิ่มขึ้น และสร้างความมั่นคงทางด้านอาหาร
- สร้างความมีเสถียรภาพและความยั่งยืนให้กับพื้นที่เกษตรกรรมและสภาพแวดล้อม

- การมีสายพันธุ์พืชและสัตว์ ที่หลากหลาย ช่วยป้องกันกำจัดโรคแมลงศัตรูพืชได้
- มีส่วนช่วยในการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและการอนุรักษ์ดินและน้ำมากขึ้น
- ผลผลิตที่หลากหลายช่วยเพิ่มโอกาสในการสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกร และเป็นการเพิ่มเสถียรภาพในเรื่องรายได้โดยเฉพาะเมื่อผลผลิตดังกล่าวมีความปลอดภัยต่อสุขภาพทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภค
- ลดความเสี่ยงในเรื่องราคาผลผลิตของเกษตรกรทั้งในระดับครัวเรือนและระดับชาติเพิ่มประสิทธิภาพในการหมุนเวียนใช้ประโยชน์จากทรัพยากรที่มีอยู่ในพื้นที่
- ลดการทำลายป่าไม้และการสูญเสียของชนิดพันธุ์หายากตามธรรมชาติ
- ลดการพึ่งพาปัจจัยการผลิตจากภายนอก เช่น ปุ๋ยเคมี สารเคมีปราบศัตรูพืช และเครื่องจักรกลการเกษตร
- ทำให้เกษตรกรได้รับคุณค่าจากสารอาหารในชีวิตประจำวันอย่างครบถ้วนมากขึ้น

2.1 หลักการระบบนิเวศเกษตร

ระบบนิเวศเกษตร (Agro-ecosystem) คือ ระบบการผลิตพืช สัตว์ ประมง และป่าไม้ ที่มนุษย์ได้กระทำให้เกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมธรรมชาติ เพื่อให้ได้มาซึ่งปัจจัยพื้นฐานในการดำรงชีพ เพื่อการแลกเปลี่ยนและการค้าขาย โดยมีองค์ประกอบที่เป็นสิ่งมีชีวิต ได้แก่ มนุษย์ สัตว์ พืชและองค์ประกอบที่เป็นสิ่งไม่มีชีวิต ได้แก่ ดิน น้ำ อากาศและแสงแดด ซึ่งเป็นสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ รวมไปถึงปัจจัยที่มีผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อม ได้แก่ เทคโนโลยี เศรษฐกิจ สังคม ประเพณีและการเมือง ซึ่งองค์ประกอบทั้งหมดนั้นจะมีปฏิสัมพันธ์ต่อกันและกันทำให้เกิดเป็นระบบนิเวศเกษตร ขอบเขตของระบบนิเวศเกษตร แตกต่างกันไปตั้งแต่ขนาดเล็กระดับไร่-นา-สวนของเกษตรกรแต่ละครอบครัว ไปจนถึงระบบนิเวศเกษตรระดับหมู่บ้าน ตำบล อำเภอ จังหวัด ภาค ประเทศ กลุ่มประเทศ และโลก อย่างไรก็ตาม ถึงแม้จะแบ่งย่อยออกเป็นหลายระดับดังกล่าว แต่พบว่าในแต่ละระดับจะมีผลกระทบต่อกันทั้งทางตรงและทางอ้อม ทั้งในด้านกายภาพ ชีวภาพ เศรษฐกิจ สังคม และการเมือง (ชนวน รัตนวราหะ, 2536)

Conway (1986) อ้างใน ชนวน รัตนวราหะ (2536) สรุปว่า ระบบนิเวศเกษตรมีคุณสมบัติที่สำคัญ 4 ลักษณะ คือ

- **ผลิตภาพ (Productivity)** หมายถึง ปริมาณสุทธิของผลิตผลต่อหน่วยของทรัพยากร ซึ่งได้แก่ ที่ดิน แรงงาน พลังงานหรือเงินทุน ส่วนมากมักจะวัดผลิตภาพในช่วงของปีว่ามีมูลค่าผลิตผลมากน้อยเพียงใด หรือรายได้สุทธิต่อพื้นที่ 1 ไร่ หรือต่อแรงงาน 1 คน หรือต่อพลังงาน 1 กิโลแคลอรีหรือต่อเงินทุน 100 บาท เป็นต้น
- **เสถียรภาพ (Stability)** หมายถึง ระดับความมั่นคงของการผลิตที่ไม่ผันแปรจนเกินไป ถึงแม้จะมีการผันแปรอยู่บ้าง เนื่องจากปัจจัยที่เกิดจากสภาพแวดล้อม สภาพทางเศรษฐกิจ และสภาพของการตลาดบ้างก็ตาม โดยทั่วไปจะวัดด้วยค่าเศษส่วนของค่าสัมประสิทธิ์ของการเบี่ยงเบน (Coefficient of Variation) ของผลิตภาพ
- **ถาวรภาพหรือความยั่งยืน (Sustainability)** หมายถึง การรักษาระดับความมั่นคงของผลิตภาพในระยะยาวอย่างต่อเนื่องถึงแม้จะมีเหตุจากปัจจัยภายนอกเข้ามากระทบก็ไม่ทำให้เกิดการผันแปรของผลิตภาพ
- **สมภาพ (Equitability)** หมายถึง การกระจายผลประโยชน์ที่เกิดจากผลิตภาพให้เกิดขึ้นกับประชาชนในท้องถิ่นของการผลิตว่าได้รับมากน้อยและทั่วถึงเพียงใด การผลิตใดที่ผลิตผลที่เกิดขึ้นนั้นมีประโยชน์กับคนต่างถิ่นมากกว่าคนในท้องถิ่นย่อมมีระดับสมภาพต่ำ ในทางตรงข้ามการผลิตที่มีผลิตผลที่เกิดขึ้นนั้นคนในท้องถิ่นใช้เป็นอาหาร ยารักษาโรค เครื่องนุ่งห่มที่อยู่อาศัย พลังงาน อย่างทั่วถึงย่อมจะมีสมภาพที่สูง เป็นต้น

2.2 ปัจจัยที่กำหนดประเภทของระบบนิเวศเกษตร

ระบบนิเวศเกษตร สามารถจำแนกออกได้เป็นประเภทต่าง ๆ ได้ 4 กลุ่มหลัก ได้แก่

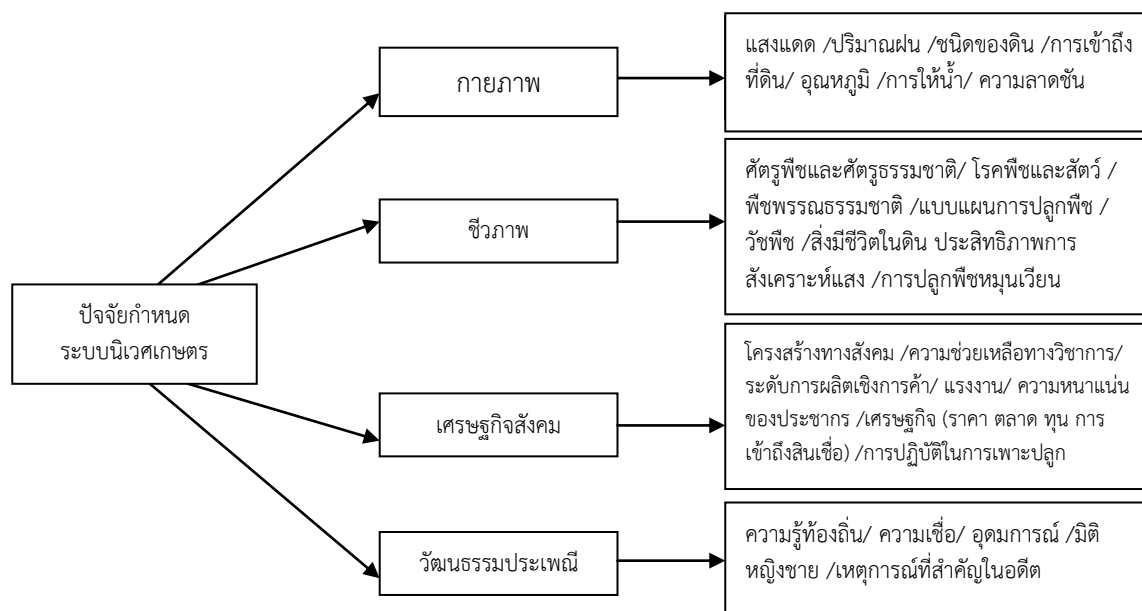
(1) จำแนกตามระดับความหลากหลายทางชีวภาพ (Biodiversity) ที่มีอยู่ในระบบ ซึ่งสามารถแบ่งเป็นระบบนิเวศเกษตรที่ปลูกพืชเดี่ยว ปลูกพืชหลายชนิด และที่เป็นการผลิตแบบผสมผสานระหว่างพืช สัตว์เลี้ยง ป่าไม้ และสัตว์น้ำ

(2) จำแนกตามระดับการบริหารและการจัดการระบบนิเวศของมนุษย์ สามารถแบ่งออกเป็นระบบนิเวศเกษตรปลูกพืชแบบประณีต เช่น การปลูกผัก ไม้ดอกไม้ประดับ และระบบนิเวศเกษตรปลูกพืชแบบไม่ประณีต เช่น การปลูกพืชไร่ เป็นต้น

(3) จำแนกตามชนิดและปริมาณของปัจจัยที่นำเข้าสู่ระบบจากภายนอก เช่น (1) ระบบนิเวศเกษตรธรรมชาติเป็นระบบที่เกษตรกรได้เข้าไปบริหารจัดการทรัพยากรที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในระบบนิเวศนั้นอยู่ในระดับน้อย จึงทำให้มีการใช้แรงงาน พลังงาน ข้อมูลข่าวสาร วัสดุอุปกรณ์ และปัจจัยนำเข้าอื่น ๆ จากภายนอกเพียงเล็กน้อย (2) ระบบนิเวศเกษตรแบบกึ่งธรรมชาติ และ (3) ระบบนิเวศเกษตรแบบประณีต ซึ่งเกษตรกรมีการใช้แรงงาน และมีการบริหารจัดการปรับเปลี่ยนทรัพยากรที่เป็นปัจจัยการผลิตและมีการเพิ่มเติมพลังงานวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ รวมทั้งข้อมูลข่าวสารเข้าไปในระบบเป็นจำนวนมากเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณสมบัติตามที่ต้องการ

(4) จำแนกตามลักษณะภูมิประเทศและภูมิอากาศ แบ่งตามลักษณะภูมิประเทศ เช่น ระบบนิเวศเกษตรที่สูง นิเวศเกษตรบนที่ดอน นิเวศเกษตรที่ลุ่ม และนิเวศวิทยาเกษตรบนที่กึ่งลุ่มกึ่งดอน เป็นต้น แบ่งระบบนิเวศเกษตรตามลักษณะภูมิอากาศ เช่น ระบบนิเวศเกษตรในเขตหนาว ระบบนิเวศเกษตรเขตอบอุ่น และระบบนิเวศเกษตรเขตร้อน เป็นต้น

สำหรับ ปัจจัยที่ส่งผลกระทบหรือเป็นตัวกำหนดระบบนิเวศเกษตรนั้นประกอบด้วย หลายปัจจัยสามารถสรุปเป็น 4 กลุ่ม หลัก คือ ปัจจัยด้านกายภาพ ด้านชีวภาพ ด้านเศรษฐกิจสังคม และด้านวัฒนธรรมประเพณี (ภาพที่ 2.1)



ที่มา: สรุปจาก วิลาศลักษณ์, 2549 อ้างถึงใน จตุรภัทร์ รัตนวิสาณนท์. 2551

ภาพที่ 2.1 สรุปปัจจัยกำหนดประเภทของระบบนิเวศเกษตร

ปัจจัยต่าง ๆ ข้างต้น จะส่งผลถึงการกำหนดรูปแบบในการจัดการระบบนิเวศเกษตรในระดับแปลง ซึ่งเจ้าของแปลงที่ดินหรือเกษตรกรจะเป็นผู้เข้าไปจัดการ ปรับปรุง เปลี่ยนแปลง และควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ในระบบตามเงื่อนไขหรือปัจจัยแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง ตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ การปลูก/เลี้ยง การบำรุงรักษา จนถึงการใช้เกี่ยว การจัดการหลังเกี่ยว และจำหน่ายสินค้า โดยจะมีการจัดการระบบนิเวศในแปลงเกษตรกรรม เช่น จัดการดิน น้ำ แสงแดด พันธุ์ รูปแบบการผลิต การกำจัดศัตรูพืช เป็นต้น ซึ่งการจัดการดังกล่าวจะเป็นตัวกำหนดความแตกต่างกันของระบบนิเวศเกษตรในพื้นที่นั้น ทั้งนี้ องค์ประกอบต่าง ๆ ในระบบจะมีปฏิสัมพันธ์ต่อกันและมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา และจะได้รับผลกระทบจากระบบนิเวศอื่น ๆ ในขณะเดียวกันลักษณะการจัดการระบบนิเวศเกษตรนั้น ๆ ก็จะมีผลกระทบต่อมนุษย์และระบบนิเวศอื่นด้วยเช่นกัน ทั้งผลกระทบเชิงบวก เช่น อาหารและเส้นใย เชื้อเพลิง การดูดซับคาร์บอน สนุนทรัพยากร เป็นต้น และผลกระทบเชิงลบ เช่น น้ำที่มีการปนเปื้อน การชะล้างหน้าดิน กลิ่นไม่พึงประสงค์ และความเสี่ยงเรื่องสุขภาพจากสารเคมี เป็นต้น (Swinton, 2007 อ้างถึงใน วิลารวรรณ น้อยภา และคณะ, 2554)

ระบบนิเวศเกษตรทุกระบบ ทั้งที่เป็นระบบนิเวศเกษตรตามธรรมชาติ กึ่งธรรมชาติ หรือระบบนิเวศเกษตรที่ก้าวหน้าทันสมัย มีลักษณะสำคัญที่ต่างจากระบบนิเวศธรรมชาติ สรุปได้ดังนี้ (ประสิทธิ์ ประครองศรี, 2543 อ้างถึงใน สุโข เสมมหาศักดิ์ และคณะ, 2559)

(1) เกษตรกรเข้าไปบริหารจัดการระบบนิเวศ โดยมีกิจกรรมที่สำคัญดังต่อไปนี้

1.1) การกำหนดขอบเขตของระบบการผลิต ปริมาณ คุณภาพ รูปร่าง ลักษณะ และคุณสมบัติผลผลิตที่ต้องการ การวางแผนการใช้และพัฒนาทรัพยากรที่เป็นปัจจัยการผลิต การคัดเลือกพันธุ์เพื่อให้ความเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศ ภูมิประเทศ สภาพทางสังคมและเศรษฐกิจ ความพร้อมของเกษตรกร ความต้องการของผู้บริโภค รวมทั้งทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม

1.2) การปรับเปลี่ยนลักษณะและคุณสมบัติบางอย่างของสิ่งไม่มีชีวิต โดยเฉพาะองค์ประกอบทางกายภาพของพื้นที่ให้มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชและสัตว์ เช่น การจัดการดินและน้ำ การปรับระดับหน้าดิน การไถพรวน การขุดคลองส่งน้ำ การระบายน้ำ ฯลฯ เพื่อให้ได้ผลผลิตตามที่ต้องการ

1.3) การเพิ่มเติมวัสดุอุปกรณ์ แร่ธาตุอาหาร วิทยาการเทคโนโลยี และพลังงานจากภายนอกเข้าไปในระบบนิเวศ เพื่อนำไปใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของระบบนิเวศ ทำให้สามารถผลิตเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน

(2) ความหลากหลายและสายพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตรวมถึงทรัพยากรธรรมชาติที่ไม่มีชีวิตลดลง ทั้งจำนวนและประเภทที่ต้องการผลิต เนื่องจากการผลิตพืชและสัตว์เพียงบางชนิดเพื่อตอบสนองความต้องการต่อการบริโภคอย่างเพียงพอ ทำให้โครงสร้างของระบบมีความสลับซับซ้อนน้อยลง

(3) ห่วงโซ่อาหารสั้นและระบบของสายใยอาหารสลับซับซ้อนน้อยกว่านิเวศธรรมชาติ ทั้งนี้การนำเอาผลผลิตออกจากพื้นที่ในระบบนิเวศเดิมไปสู่พื้นที่อื่นจะทำให้มีพืชและสัตว์เน่าเปื่อยทับถมลงไปในดินน้อยลง อนุภาคของดินขาดตัวยึดเกาะ เกิดการชะล้างของหน้าดินโดยน้ำและลมหรือการไถพรวนที่ไม่ถูกหลักวิชาการทำให้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุอาหาร รวมถึงการปลูกพืชหรือเลี้ยงสัตว์ที่มีอายุวงจรชีวิตสั้น สามารถเกี่ยวเกี่ยวผลผลิตได้รวดเร็วยิ่งขึ้นนั้นจะทำให้อัตราการหมุนเวียนของแร่ธาตุอาหารเกิดขึ้นเร็วและมากขึ้นกว่าเดิม ส่งผลถึงการสูญเสียแร่ธาตุอาหารจากดินในระบบนิเวศเพิ่มขึ้นและส่งผลกระทบต่อผลผลิตลดลงด้วยแม้ว่าจะมีการใส่สิ่งที่สูญหายเข้าไปทดแทน

(4) ระบบนิเวศเกษตรเป็นระบบเปิดมากกว่าระบบนิเวศธรรมชาติ และมีความเกี่ยวข้องเชื่อมโยงและมีปฏิสัมพันธ์พึ่งพาอาศัยกับระบบอื่น ทั้งปัจจัยนำเข้าจากภายนอกเพื่อใช้เป็นปัจจัยการผลิต และส่งผลผลิตที่

เกิดขึ้นออกไปสู่ภายนอกในระบบในรูปของวัตถุดิบและพลังงานจำนวนมากกว่าระบบนิเวศธรรมชาติ และถือว่าระบบนิเวศเกษตรเป็นระบบที่มีความสลับซับซ้อนเกี่ยวข้องเชื่อมโยงกับระบบอื่นทั้งในแนวราบระดับเดียวกัน และในแนวดิ่งที่เป็นระบบที่ต่างระดับกัน

(5) เสถียรภาพของระบบนิเวศเกษตรอยู่ในระดับต่ำ กล่าวคือ ระบบมีผลผลิต ความยั่งยืนถาวรของระบบและการพึ่งตนเองได้อยู่ในระดับต่ำ เนื่องจากเป็นระบบที่ความสมบูรณ์และสมดุลในโครงสร้างตามธรรมชาติของทรัพยากรที่เป็นสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิตได้ลดลง ซึ่งเป็นผลจากการที่เกษตรกรได้เข้าไปบริหารและจัดการทรัพยากรเหล่านั้น รวมถึงเปลี่ยนแปลงรูปร่างลักษณะและคุณสมบัติของปัจจัยการผลิตดังกล่าวไว้ในหัวข้อที่ผ่านมา จึงทำให้ระบบนิเวศเกษตรมีกลไกและความสามารถในการควบคุมและการปรับตัวเพื่อให้เกิดความสมดุลตามธรรมชาติลดลง มีความอ่อนแอและไม่ยั่งยืนถาวร กล่าวคือ หากได้รับผลกระทบจากสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไปอย่างรุนแรง เช่น ภัยแล้ง อากาศเย็นที่ยาวนาน พายุรุนแรง โรคและแมลงศัตรูพืช เป็นต้น ทำให้ระบบนิเวศเกษตรไม่สามารถต้านทานต่อสภาพแวดล้อมที่ผิดปกติได้ อย่างไรก็ตาม ความมีเสถียรภาพของระบบนิเวศเกษตรไม่ได้ขึ้นอยู่กับกลไกในการควบคุมตามธรรมชาติมากนัก แต่ขึ้นอยู่กับความสามารถในการพยากรณ์ที่แม่นยำเกี่ยวกับโอกาสที่จะเกิดขึ้นได้ของสภาพแวดล้อมที่ไม่ปกติ

2.3 ระดับชั้นของระบบนิเวศเกษตร (Agroecosystem hierarchy)

ระบบนิเวศเกษตร มีขอบเขตตั้งแต่ขนาดเล็กในระดับไร่นาของเกษตรกร ไปจนถึงระดับหมู่บ้าน ตำบล อำเภอ จังหวัด ภาค ประเทศ กลุ่มประเทศ และโลก ซึ่งแต่ละระดับยังมีความเกี่ยวข้องเชื่อมโยงกัน ทำให้เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปัจจัยแวดล้อมต่าง ๆ ในแต่ละระดับก็จะส่งผลกระทบถึงระบบนิเวศเกษตรในระดับอื่น ๆ เช่นกัน ซึ่งระบบที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในระดับต่ำกว่า จะถูกควบคุมโดยระบบที่อยู่ระดับสูงกว่า เช่น การแบ่งระดับระบบการปลูกพืช ประกอบด้วย ระบบการจัดการทรัพยากรดิน ทรัพยากรน้ำ ระบบการเพาะปลูก การควบคุมศัตรูพืช และการสนับสนุนปัจจัยการผลิตที่จำเป็นต่อการเกษตร

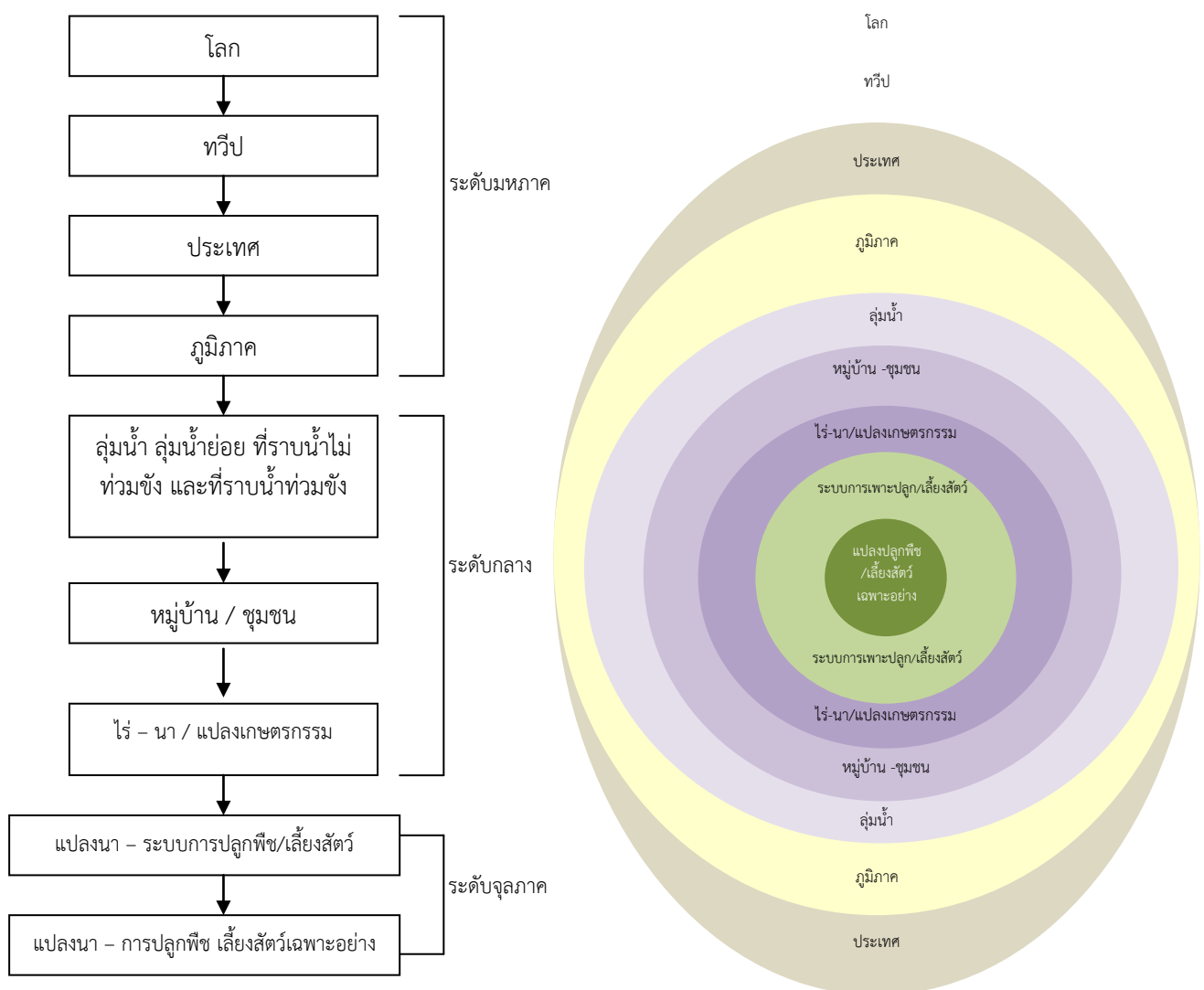
การแบ่งระดับชั้นของระบบนิเวศเกษตรออกเป็นระบบย่อย ๆ ตามลำดับชั้น จะมีประโยชน์ที่สามารถช่วยให้นักพัฒนาสามารถศึกษาวิเคราะห์ระบบนั้น ๆ ได้ง่ายและรวดเร็วยิ่งขึ้น เนื่องจากความสลับซับซ้อนขององค์ประกอบที่มีอยู่ในระบบย่อยมีระดับลดลง จึงทำให้ทราบอย่างละเอียดขององค์ประกอบ บทบาทหน้าที่ และผลผลิตของระบบ นอกจากนี้ยังทำให้ทราบถึงปฏิสัมพันธ์กับระบบย่อยที่อยู่ภายใต้การควบคุมของระบบนิเวศเกษตรและการพัฒนาการผลิตให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

ระบบนิเวศเกษตรสามารถจำแนกออกเป็นระดับชั้นต่าง ๆ โดยลำดับจากระบบที่อยู่ระดับต่ำสุดขึ้นไปหาาระบบที่อยู่ระดับสูงสุดได้ ดังแสดงใน (ภาพที่ 2.2)

- ระบบนิเวศเกษตรระดับจุลภาค (Micro level) เป็นระบบที่อยู่ในระดับต่ำสุด ได้แก่ ระบบนิเวศเกษตรระดับแปลงนาที่เกษตรกรมีการปลูกพืชเฉพาะอย่างและระดับแปลงนาเป็นแปลงขนาดใหญ่ที่มีการปลูกพืชหลากหลายชนิดอย่างเป็นระบบ
- ระบบนิเวศเกษตรที่อยู่ในระดับกลาง (Meso level) ได้แก่ ระบบไร่นาของแต่ละครัวเรือนที่มีการผลิตหลากหลาย พร้อมทั้งเป็นที่ตั้งบ้านเรือนที่อยู่อาศัย ส่วนระบบนิเวศเกษตรที่อยู่ในระดับสูงขึ้นไปในระดับกลางนี้ เป็นระบบนิเวศเกษตรระดับหมู่บ้านหรือตำบล ที่มีพื้นที่ทำการเกษตรของหมู่บ้านหรือตำบลที่ประกอบด้วยพื้นที่ดอน นาดอนน้ำท่วมไม่ขัง และพื้นที่ราบลุ่มน้ำท่วมขัง และแหล่งน้ำ ได้แก่ ลำห้วย ลำธารน้ำอยู่ตรงกลาง

- ระบบนิเวศระดับมหภาค (Macro level) ซึ่งมีขนาดพื้นที่ขนาดใหญ่ประกอบด้วยลุ่มน้ำขนาดเล็กหลายลุ่มน้ำ และระดับสูงขึ้นในระดับนี้เป็นระบบนิเวศระดับภูมิภาค ระดับประเทศ ระดับทวีป และระดับโลก ตามลำดับ

ระบบนิเวศแต่ละระดับมีความเกี่ยวข้องเชื่อมโยง และมีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกันในการแลกเปลี่ยนผลผลิต กล่าวคือ ระบบนิเวศที่อยู่ในระดับต่ำกว่าอีกระบบหนึ่งก็จะเป็นองค์ประกอบหนึ่ง และอยู่ภายใต้อิทธิพลของระบบนิเวศที่อยู่ในระดับเหนือกว่าและมีอาณาบริเวณขนาดใหญ่กว่า



ภาพที่ 2.2 ระดับชั้นของระบบนิเวศ

2.4 การประยุกต์ใช้หลักนิเวศธรรมชาติ

1) การสร้างความหลากหลายทางชีวภาพในระบบนิเวศเกษตร

การสร้างความหลากหลายชนิดของสิ่งมีชีวิตที่นำเข้ามาและมีอยู่ตามธรรมชาติในระบบนิเวศเกษตรให้มีความคล้ายคลึงกับระบบนิเวศธรรมชาตินั้น จะช่วยให้เกิดผลดีต่อการผลิต ดังนี้

(1) การป้องกันกำจัดศัตรูพืช

การปลูกพืชหลายชนิดปะปนกันบนพื้นที่และเวลาเดียวกันจะเป็นทั้งตัวป้องกันภัยตามธรรมชาติ และเป็นที่อยู่อาศัยของศัตรูธรรมชาติของศัตรูพืช ให้มีทั้งชนิดและปริมาณมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ความซับซ้อนหลากหลายของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศเกษตร จะก่อให้เกิดเสถียรภาพและความยั่งยืนขององค์ประกอบโดยเฉพาะทรัพยากรดิน น้ำ และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งความสามารถในการผลิตของระบบนั้น และศัตรูพืชจะมีการระบาดลดน้อยลงอีกด้วย

(2) การฟื้นฟูและรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน

การปลูกพืชหลากหลายชนิดและผสมผสานเข้ากับการเลี้ยงสัตว์ เป็นวิธีการที่สร้างความเกื้อกูลซึ่งกันและกันอย่างสมดุลของแร่ธาตุอาหาร เป็นการปรับปรุงบำรุงฟื้นฟูและรักษาความสมบูรณ์ของดิน

(3) การสร้างรายได้ที่มีเสถียรภาพมั่นคงด้วยการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ที่ดิน

การปลูกพืชและการเลี้ยงสัตว์หลากหลายชนิดที่ผสมผสานกันอย่างเหมาะสมและเป็นไปตามหลักธรรมชาติ สิ่งมีชีวิตจะมีความเกี่ยวข้องเชื่อมโยงและมีปฏิสัมพันธ์เกื้อกูลต่อกัน เช่น การปลูกพืช การเลี้ยงสัตว์ และประมงหลายชนิดผสมผสานกันในพื้นที่และเวลาเดียวกัน ซึ่งจะช่วยทำให้เกิดผลผลิตอย่างต่อเนื่องและเพิ่มรายได้แทนที่จะมีการปลูกพืชหรือเลี้ยงสัตว์ชนิดเดียว เป็นต้น ดังนั้นการผลิตเลียนแบบระบบนิเวศธรรมชาติจึงเป็นการช่วยสร้างรายได้ให้สูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในระยะยาว

(4) ปรับปรุงสุขภาพอนามัยและคุณภาพชีวิตของมวลมนุษย์

การปลูกพืชยืนต้นและไม่ยืนต้นผสมผสานในระบบเกษตรกรรมเป็นการสร้างและเพิ่มความร่มรื่นแก่มนุษย์ อีกทั้งยังเป็นการเสริมสร้างความชุ่มชื้นให้แก่พื้นที่ ดังนั้นการปลูกพืชแบบหลากหลายชนิดจึงเป็นการช่วยปรับปรุงสุขภาพอนามัย คุณภาพชีวิตของประชากร และความยั่งยืนของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

2) ลักษณะการมีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ

หากพิจารณาจากหลักของนิเวศธรรมชาติแล้ว การสร้างระบบนิเวศเกษตรให้หลากหลายและมีการจัดการให้เกิดความเกื้อหนุน และควบคุมซึ่งกันและกัน จะเอื้อประโยชน์หลายประการ เช่น การควบคุมโรคและศัตรูพืช การปรับปรุงดิน การสร้างความร่มรื่น และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ที่ดิน โดยรวมแล้วนำไปสู่ความมั่นคง ยั่งยืน ของระบบ และสามารถสร้างประโยชน์ให้กับเกษตรกรได้มากกว่าการทำการเกษตรเชิงเดี่ยวซึ่งมีรูปแบบที่ห่างออกไปจากระบบนิเวศธรรมชาติมาก

รูปแบบและกลไกของการมีปฏิสัมพันธ์ต่อกันขององค์ประกอบ โดยเฉพาะระหว่างองค์ประกอบที่มีชีวิต เพื่อประยุกต์ใช้เป็นแนวทางพัฒนาระบบนิเวศเกษตรให้สามารถเกิดศักยภาพในการผลิตและตอบสนองต่อความต้องการอย่างพอเพียงต่อไปในระยะยาว สรุปได้ดังนี้

การมีปฏิสัมพันธ์ในเชิงสนับสนุนเกื้อกูลกัน (Symbiosis)

- ระหว่างพืชกับพืช พืชสามารถช่วยเหลือเกื้อกูลกัน เช่น การป้องกันแสงแดดและให้ร่มเงา พืชเป็นที่ยึดอาศัย เป็นแหล่งอาหารของแมลงศัตรูพืช ช่วยป้องกันวัชพืช เก็บรักษาความชื้น และพืชบางชนิดสามารถไล่และทำลายแมลงศัตรูพืช เป็นต้น
- ระหว่างพืชและสัตว์ สามารถช่วยเหลือเกื้อกูลกันในเรื่องด้านอาหาร เช่น เป็นอาหารซึ่งกันและกัน ใช้พืชเป็นยาสมุนไพรรักษาโรคของสัตว์ ป้องกันศัตรูและสิ่งแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ไม่ให้เกิดขึ้น จุลินทรีย์ช่วยย่อยสลาย แร่ธาตุอาหารของพืชและสัตว์ เป็นต้น

การมีปฏิสัมพันธ์ในเชิงแข่งขันทำลายกัน (Antagonist)

- ระหว่างพืชกับพืช การปลูกที่ไม่เกื้อกูลกันจะก่อให้เกิดการแข่งขันทำลายกัน เช่น แย่งกันในเรื่องน้ำ อาหาร และแสงแดด เป็นต้น
- ระหว่างสัตว์และสัตว์ โดยเฉพาะแมลงศัตรูพืชหลายชนิดที่กินพืชชนิดเดียวกันเป็นอาหาร
- ระหว่างพืชและสัตว์ เช่น การปลูกพืชเดียวทำให้ศัตรูธรรมชาติของแมลงศัตรูพืชน้อยลง แมลงศัตรูจะแพร่พันธุ์และระบาดได้อย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น

อย่างไรก็ดี การใช้ประโยชน์จากหลักการปฏิสัมพันธ์ในระบบนิเวศดังกล่าวนี้มีทั้งทางตรง (Direct interaction) และทางอ้อม (Indirect Interaction) ในเชิงเกื้อกูลสนับสนุน (Symbiosis) หรือในทางแข่งขันทำลาย (Antagonist) และในทางที่เป็นอาหาร เพื่อบริโภคในวงจรอาหาร (Food Chain) หลักการดังกล่าวนี้สามารถนำมาใช้ในการจัดการระบบนิเวศเกษตรเพื่อให้เกิดผลตอบแทนสูงสุดในขณะที่ทรัพยากรธรรมชาติไม่ถูกทำลาย หรือถูกทำลายน้อยที่สุด ในที่นี้จะขอยกตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากความสัมพันธ์ หรือปฏิสัมพันธ์ของพืชและสัตว์ในระบบนิเวศเกษตรไว้ดังตารางที่ 2.1 (ชวนน รัตนวราหะ, 2536)

ตารางที่ 2.1 สรุปการใช้ประโยชน์จากปฏิสัมพันธ์ของพืชและสัตว์ในระบบนิเวศเกษตร

หลักการปฏิสัมพันธ์	รูปแบบการปฏิสัมพันธ์	ตัวอย่างการใช้ประโยชน์
ปฏิสัมพันธ์เชิงเกื้อกูล	(1) ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพืชกับพืช	● พืชตระกูลถั่วช่วยตรึงไนโตรเจนให้กับพืชชนิดอื่น ● พืชยืนต้นให้ร่มเงากับพืชที่ต้องการแสงน้อย เช่น กาแฟ โกโก้ ชา สมุนไพร ● พืชเป็นอาหาร และที่ยึดอาศัยให้กับแมลงศัตรูธรรมชาติเพื่อช่วยกำจัดศัตรูพืช ไม่ให้เกิดกับพืชชนิดอื่น ๆ เช่น การปลูกถั่วลิสงระหว่างแถวในแปลงข้าวโพด จะช่วยให้แมลงศัตรูธรรมชาติได้มาอาศัยอยู่ในถั่วลิสงมากและช่วยกำจัดแมลงศัตรูของข้าวโพด ● พืชยืนต้นเป็นที่ยึดอาศัย และอาหารแก่พืชประเภทเถา และกาฝาก เช่น พริกไทย พลู ตีปัส ล้วนไม้ ฯลฯ ● พืชที่ปลูกแซมระหว่างแถวของพืชหลัก จะช่วยป้องกันไม่ให้วัชพืชขึ้นแย่งอาหารกับพืชหลักที่ปลูก เช่น การปลูกถั่วเขียว และแซมข้าว เป็นต้น ● พืชแซมระหว่างแถวไม้ยืนต้นในระยะเริ่มปลูกจะช่วยบังลม บังแดดและเก็บความชื้นในดินให้กับพืชยืนต้น เช่น ปลูกกล้วยแซมยางพาราจะช่วยให้ยางพารา

หลักการ ปฏิสัมพันธ์	รูปแบบการ ปฏิสัมพันธ์	ตัวอย่างการใช้ประโยชน์
		เติบโตได้เร็วขึ้นกว่ายางพาราที่ไม่มีกล้วยปลุกแซม • พืชช่วยไล่ และทำลายแมลงศัตรูพืชไม่ให้เข้ามาทำลายพืชที่ต้องการการรักษา เช่น ตะไคร้หอม ถั่วลิสง ดาวเรือง ต้นหอม แมงลัก โหระพา ฯลฯ ช่วยไล่แมลงศัตรูพืช เช่น กรณีการศึกษาของ จรัส ชื่นราม และคณะ (2534) รายงานว่า ถั่วลิสง ดาวเรือง เป็นพืชที่สามารถจะช่วยลดประชากรของไส้เดือนฝอยศัตรูพืชชนิด <i>Meloidogyne spp.</i>
	(2) ปฏิสัมพันธ์ เกื้อกูลระหว่างพืช สัตว์ ประมง	• เศษเหลือของพืชใช้เป็นอาหารปลา • พืชยืนต้นช่วยบังลม บังแดด บังฝนให้กับสัตว์ • พืชสมุนไพรเป็นยารักษาโรคให้กับสัตว์ • ปลาช่วยกินแมลงศัตรูพืช และวัชพืช ให้กับพืชที่ปลูกในสภาพน้ำท่วมขัง เช่น ข้าว • ปลาช่วยให้อินทรีย์วัตถุกับพืช จากการถ่ายมูลตกตะกอนในบ่อเลี้ยงปลาซึ่งสามารถลอกขึ้นมาเป็นปุ๋ยกับพืช และการเลี้ยงปลาในนาข้าว • เป็ด ห่าน แพะ วัว ควาย ฯลฯ ช่วยกำจัดวัชพืชในสวนผลไม้แปลงปลูกหม่อน • มูลสัตว์ทุกชนิดสามารถใช้ประโยชน์เป็นปุ๋ยกับต้นพืช • ผึ้งช่วยผสมเกสรของพืช • แมลงที่มีประโยชน์หลายชนิดได้อาศัยพืชเป็นอาหาร และที่อยู่อาศัย • จุลินทรีย์ช่วยย่อยสลายซากพืช และสัตว์ให้เป็นปุ๋ยกับต้นไม้ • แมลงศัตรูธรรมชาติจำนวนมากช่วยควบคุมประชากรแมลงศัตรูพืชไม่ให้ขยายพันธุ์จนเกิดระบาด
ปฏิสัมพันธ์เชิง แข่งขันทำลาย	(1) ปฏิสัมพันธ์เชิง แข่งขันทำลาย ระหว่างพืชกับ พืช	• พืชแย่งอาหาร น้ำ และแสงแดดกับพืชอื่น เช่น มะม่วงปลุกแซมในป่าไม้ธรรมชาติได้ แต่ไม่สามารถปลุกแซมในต้นยูคาลิปตัส เพราะถูกยูคาลิปตัสแย่งน้ำ และธาตุอาหารโดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้งที่ขาดน้ำ • พืชเป็นอาหาร และที่อยู่อาศัยอย่างต่อเนื่องของศัตรูพืชอื่นในระบบนิเวศเดียวกัน เช่น ข้าวโพด เป็นพืชอาศัยของหนอนเจาะสมออเมริกัน (<i>Heliothis spp.</i>) และเพลี้ยอ่อน (Aphid) ของฝ้าย
	(2) ปฏิสัมพันธ์เชิง แข่งขันทำลาย ระหว่างพืช สัตว์ ประมง	• การเลี้ยงสัตว์จำนวนมากเกินไปจะทำให้ปริมาณพืชทั้งในสภาพที่ปลูก และในสภาพธรรมชาติไม่เพียงพอ จะเกิดสภาพแวดล้อมที่แห้งแล้ง ดินถูกชะล้างด้วยลมและฝน จนเกิดสภาพทะเลทราย • มูลสัตว์ที่ถ่ายออกมาจากการเลี้ยงสัตว์จำนวนมากเกินไปทำให้เกิดน้ำเน่าเสีย • การปลูกพืชที่มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช จะเกิดพิษตกค้างในน้ำ และผลิตผลที่เป็นพิษต่อสัตว์และปลา • การปลูกพืชเดี่ยว หรือเน้นการปลูกพืชเพื่อให้ผลผลิตอย่างใดอย่างหนึ่งสูงสุดและได้กำไรสูงสุด จะทำให้สภาพแวดล้อมของสัตว์ที่เป็นประโยชน์ เช่น แมลงศัตรูธรรมชาติหมดไปด้วย แล้วเปิดโอกาสให้ศัตรูพืชซึ่งมีอาหารบริบูรณ์สามารถขยายพันธุ์อย่างรวดเร็ว และเกิดระบาดทำลายพืชผลเหล่านั้น

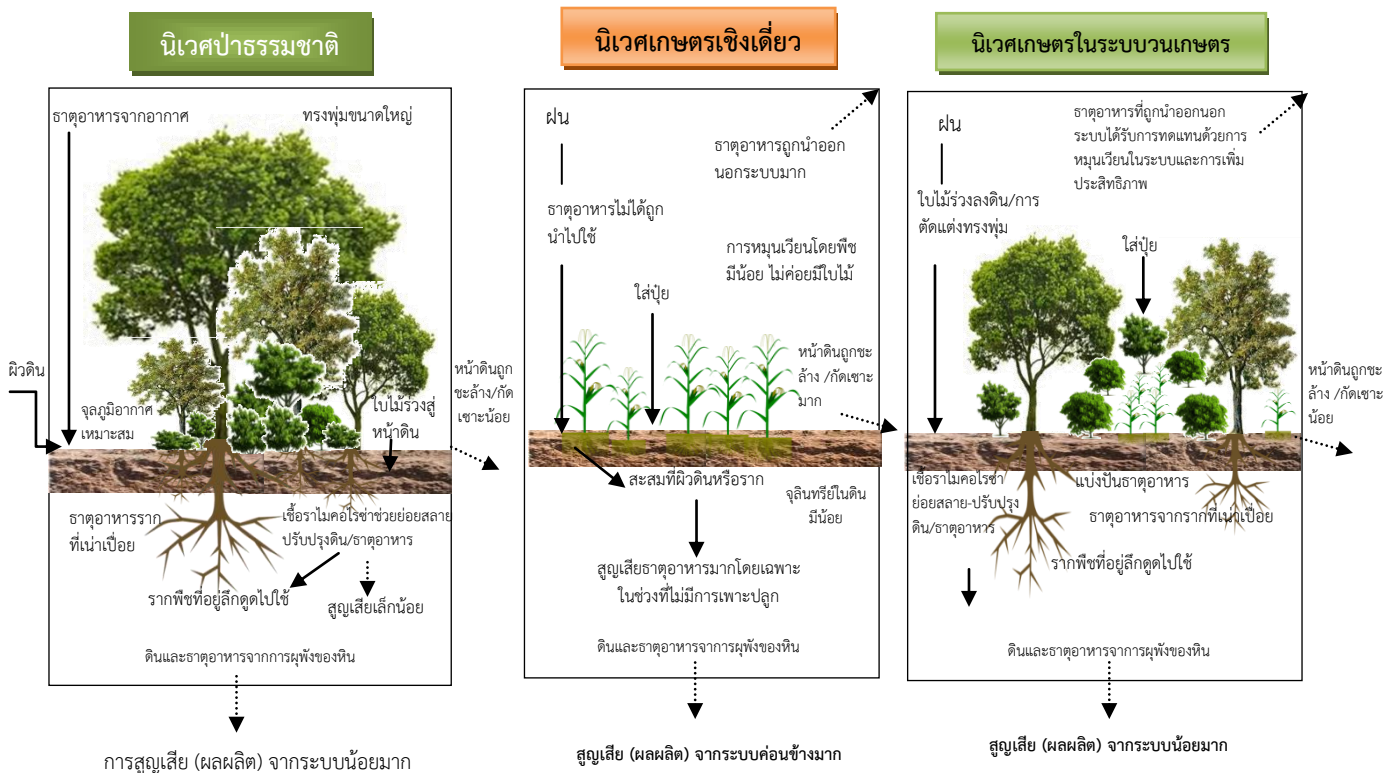
หลักการต่าง ๆ ดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานของ Dover & Talbot (1987) อ้างไว้ในวิฑูรย์ ปัญญา กุล (2556) โดยเฉพาะหลักการที่ว่า ระบบนิเวศเกษตรที่มีความหลากหลาย เป็นระบบที่มีเสถียรภาพมากกว่า ระบบที่มีสิ่งมีชีวิตเพียงชนิดเดียว แต่เสถียรภาพที่จะเกิดขึ้นนั้นต้องขึ้นอยู่กับความสอดคล้องเหมาะสมของพืช และสัตว์ตามหลักของความสัมพันธ์ในระบบว่าจะมีแบบเกื้อกูล หรือแข่งขัน/ทำลาย ซึ่งประเด็นนี้ผู้จัดการ ระบบนิเวศเกษตร จะต้องมีความรู้ความเข้าใจถึงหลักความสอดคล้องกลมกลืนในระบบนิเวศเกษตรด้วย เช่น ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติ และความต้องการของพืชแต่ละชนิด เพื่อให้สามารถเลือกชนิด และจัดการได้อย่างเหมาะสม เช่น

- (1) มีระบบรากต่างกัน บางชนิดรากลึก บางชนิดรากตื้น
- (2) ต้องการธาตุอาหารในชนิด และปริมาณที่ต่างกัน และพืชแต่ละชนิดมีประสิทธิภาพในการใช้ธาตุอาหารต่างกัน
- (3) ชอบแสงและร่มเงาที่แตกต่างกัน
- (4) ต้องการความชื้นในดิน และในอากาศที่แตกต่างกัน
- (5) เหมาะสมกับสภาพดินที่ต่างกัน
- (6) ความจำเป็นในการใช้แรงงาน ในการจัดการ ดูแลรักษาที่ต่างกัน
- (7) มีความต้องการของตลาด และความเสี่ยงในเรื่องการตลาดที่ต่างกัน

นอกจากนี้ ความเข้าใจในลักษณะของความเกื้อกูลของพืชในระบบนิเวศเกษตร นับว่าเป็นปัจจัยสำคัญ ในการจัดการกิจกรรมในระบบ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด เช่น สร้างระบบจุลภูมิอากาศที่เหมาะสมให้กับพืชอื่น ผลิตสารเคมีที่เป็นประโยชน์หรือเป็นโทษต่อพืชอื่น ช่วยลดจำนวนศัตรูพืช ควบคุมวัชพืช เป็นสมุนไพรให้คนและสัตว์ เป็นสมุนไพรปราบศัตรูพืชและไล่แมลง ผลิตและเคลื่อนย้ายธาตุอาหาร (เช่น ตรึงไนโตรเจน) ผลิตชีวมวลที่เป็นอาหารของพืชหรือสัตว์ เพิ่มหน้าดินหรือโครงสร้างของระบบรากพืช มีระบบรากลึกเพื่อช่วยหมุนเวียนธาตุอาหาร เป็นต้น ตัวอย่างเช่น การปลูกพืชแนวระดับที่ช่วยอนุรักษ์ดินและน้ำ ผลผลิตเป็นอาหาร และเชื้อเพลิง หรือ กรณีปลูกพืชเป็นรั้วรอบแปลง นอกจากช่วยกันสัตว์จากภายนอกเข้ามาในแปลง และช่วยกันลมแล้ว ยังเป็นอาหาร เชื้อเพลิง อาหารสัตว์ หรือสมุนไพรได้ด้วย

จะเห็นว่าการศึกษานิเวศธรรมชาติ เพื่อนำมาปรับใช้ในการจัดการระบบนิเวศเกษตรนั้นเป็นเรื่องจำเป็นเพื่อสร้างระบบการเกษตรที่ยั่งยืน ยกตัวอย่างเช่น กรณีระบบวนเกษตร ซึ่งเป็นระบบการเกษตรที่เน้นเลียนแบบสภาพนิเวศธรรมชาติ โดยเฉพาะนิเวศป่าไม้ ที่ใช้หลักของความหลากหลายและการเกื้อกูลโดยธรรมชาติทำให้ระบบเกิดความมั่นคงและยั่งยืน โดยเฉพาะการหมุนเวียนธาตุอาหารในระบบ ได้มากกว่าระบบเกษตรที่ปลูกพืชชนิดเดียว ดังที่ Nair(1984) อ้างถึงใน Nair(1993) ได้นำเสนอภาพจำลองให้เห็นความแตกต่างของระบบนิเวศธรรมชาติ และนิเวศเกษตรแบบเชิงเดี่ยวกับวนเกษตร (ในอุดมคติ) ว่างดภาพที่ 2.3

จากภาพที่ 2.3 จะเห็นได้ว่า ระบบนิเวศพืชเชิงเดี่ยว แม้ว่าจะมีการเติมปุ๋ย (ธาตุอาหาร) จากนอกระบบ แต่มีการสูญเสียธาตุอาหารออกนอกระบบค่อนข้างมากในรูปของผลผลิต ในขณะที่ขาดระบบการหมุนเวียนโดยพืชยืนต้น รวมถึงไม่มีพืชทำหน้าที่ชะลอการกัดเซาะพังทลายของดินจากลม และการไหลของน้ำ ทำให้โดยรวมแล้วมีการสูญเสียที่มากกว่า ระบบวนเกษตร ซึ่งแม้ว่าจะมีการเก็บผลผลิตออกไปนอกระบบแต่มีระบบหมุนเวียนธาตุอาหารในระบบที่ช่วยให้ลดการสูญเสียได้มากกว่าเกษตรเชิงเดี่ยว ดังนั้นยิ่งถ้าเกษตรกรสามารถจัดการใช้ประโยชน์จากการเกื้อกูลกันของพืชและสัตว์ได้อย่างเหมาะสม จะทำให้ระบบวนเกษตร ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ที่ดินให้สูงขึ้น ในขณะที่ยังรักษาสมดุลของธาตุอาหาร และสภาพแวดล้อมในแปลงเกษตรไว้ได้เป็นอย่างดี



ที่มา: ปรับจาก Nair (1984) อ้างถึงใน Nair (1993) และวิฑูรย์ ปัญญากุล (2547) อ้างถึงในอาทิตยา พงพรหม (2560)
 ภาพที่ 2.3 ภาพจำลองแสดงความสัมพันธ์ และประโยชน์จากระบบวนเกษตรเปรียบเทียบกับระบบนิเวศป่าธรรมชาติและนิเวศเกษตรเชิงเดี่ยวทั่วไป

3) ลักษณะของการคัดเลือกสายพันธุ์ตามธรรมชาติเพื่อให้สายพันธุ์มีความคงอยู่

สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศธรรมชาติจะได้รับการคัดเลือกให้ดำรงสภาพชีวิตอยู่อย่างเหมาะสมกับสภาพของสิ่งแวดล้อมธรรมชาติเฉพาะแต่ละท้องที่ ดังนั้นจึงควรมีการทดสอบความเหมาะสมของพันธุ์ต่าง ๆ ที่จะทำการปรับปรุงโดยเฉพาะปัญหาเรื่องความต้านทานต่อโรคและแมลงที่มีอยู่แล้วในแต่ละท้องถิ่น เพื่อที่จะได้คัดเลือกพันธุ์ที่เหมาะสมก่อนส่งเสริมเผยแพร่ต่อไป

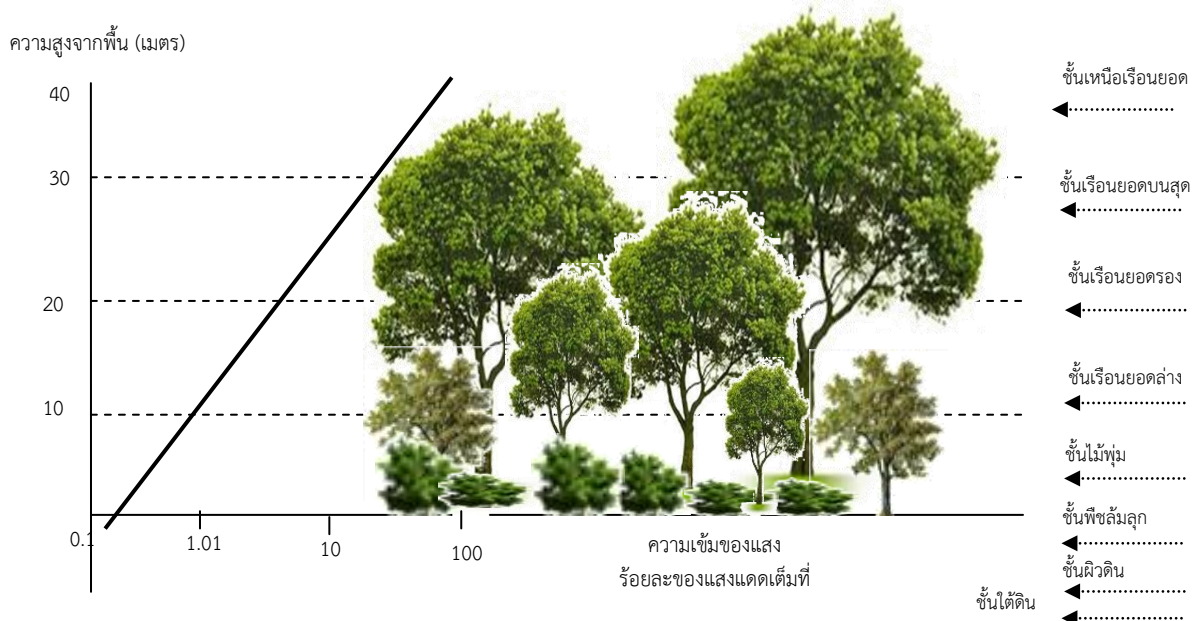
4) การปลูกพืชผสมผสานแบบหลายระดับ

หลักการปลูกพืชหลายระดับหรือปลูกโดยใช้หลักการจัดลำดับชั้นความสูงของพืช มีพื้นฐานมาจากการจัดชั้นเรือนยอดของต้นไม้ในนิเวศป่าไม้ โดยพบว่าในป่าฝนเขตร้อนทั่วไป ที่มีความอุดมสมบูรณ์ จะมีต้นไม้ปกคลุมในหลายระดับ นับตั้งแต่พืชคลุมดิน ไม้พุ่ม เถาวัลย์ ไม้เรือนยอด และไม้ใหญ่ โดยทั่วไป การจัดชั้นในแนวตั้ง (Vertical stratification) ซึ่งเป็นการจัดชั้นที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยของการได้รับแสง ส่วนใหญ่จะแบ่งออกเป็น 4 ชั้น คือ

- (1) ชั้นเหนือเรือนยอด-ชั้นบน (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” จะมีเรือนยอดเล็กและถูกเบียดจากข้างๆหรือรอบๆมาก

(4) ชั้นล่างสุด หรือ พื้นป่า (Forest Floor) ไม้ชั้นล่างเป็นไม้ที่มีเรือนยอดต่ำกว่าระดับเรือนยอดของไม้ทั้งบริเวณ เรือนยอดจะไม่ได้รับแสงโดยตรงเลย หรือน้อยมาก ประมาณไม่เกิน 2% ไม่ว่าจะทางด้านบนหรือรอบๆ เรือนยอด ยกเว้นจะมีต้นไม้ใหญ่ล้มแล้วเกิดช่องว่าง (องค์กรพิพิธภัณฑ์วิทยาาสตร์, ม.ป.ป.)



ภาพที่ 2.4 แบบจำลองความสูง และการได้รับแสงของต้นไม้

อย่างไรก็ตาม จำนวนชั้นเรือนยอดในแต่ละสังคมพืชนั้น จะแตกต่างกันไปตามลักษณะของสังคมนั้น ๆ ในบางพื้นที่อาจประกอบด้วยชั้นเรือนยอดตั้งแต่ 5 ถึง 7 ชั้น คือ อาจประกอบด้วยไม้ใหญ่ 2 - 3 ชั้น ไม้พุ่ม 2 ชั้น และชั้นของไม้ล้มลุก และลูกไม้ ส่วนที่ผิวดินเป็นชั้นของมอสส์และไลเคนท์ ส่วนในดินอาจจำแนกชั้นลึกลงไปได้ตามระดับชั้นของเรือนรากและสิ่งมีชีวิตในดิน การจัดจำแนกชั้นโดยทั่วไปอาจแบ่งได้ ดังนี้

- ชั้นเหนือเรือนยอด (Emergent) เป็นชั้นไม้ที่มีความสูงเป็นพิเศษแผ่เหนือเรือนยอดไม้อื่น
- ชั้นเรือนยอดบนสุด (Top Canopy or Upper Layer) เป็นไม้ที่ประกอบด้วย เรือนยอดชั้นบน มีเรือนยอดในระดับเดียวกัน และต่อเนื่องกันไปอาจมีช่องว่างเกิดขึ้นได้ในบางตอน
- ชั้นเรือนยอดชั้นรอง (Secondary Canopy or Layer) เป็นไม้ขนาดกลาง ต้องการแสงน้อยกว่าชนิดไม้ที่อยู่ในชั้นบน มักแทรกอยู่ระหว่างช่องว่างของไม้ชั้นบน และทำให้เรือนยอดป่าแน่นทึบ
- ชั้นเรือนยอดชั้นล่าง (Lower Canopy or Layer) เป็นไม้ขนาดเล็ก มีความหนาแน่นสูง บางครั้งขึ้นผสมกับไม้พุ่มสูงปรากฏอยู่ภายใต้เรือนยอดชั้นบน
- ชั้นเรือนยอดของไม้พุ่มเตี้ย (Lower Shrub Layer) เป็นชั้นของไม้พุ่มเตี้ย มีความสูงไม่เกิน 2 เมตร

- ชั้นของหญ้าและพืชล้มลุก (Grass and Herb Layer) เป็นชั้นที่ประกอบพวกหญ้าและพืชล้มลุก บางครั้งอาจเรียกชั้น Forest Floor
- ชั้นผิวดิน (Ground Surface Cover) เป็นชั้นของมอสส์ ตะไคร้ โลเคนท์ หรือพืชขนาดเล็ก
- ชั้นใต้ดิน (Subterranean Layer) เป็นชั้นของรากพืช และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในดิน

เมื่อพิจารณาระดับชั้นของต้นไม้ และแสงที่ได้รับ พืชต้นสูงจะต้องการแสงแดดมากกว่าส่วนพืชชั้นล่างลงไปก็จะเป็นกลุ่มที่ปรับตัวให้เจริญเติบโตได้ภายใต้ร่มเงา หรือในสภาพที่มีแสงแดดเพียงเล็กน้อย ต้นไม้ที่เจริญเติบโตในพื้นที่ทั่วไปตามธรรมชาติ จึงสามารถแบ่งออกได้ตามความต้องการแสงที่แตกต่างกัน คือ ไม้ยืนต้น จะได้รับแสงอย่างเต็มที่ ใบและกิ่งก้านสามารถดูดซับแสงไว้ได้ประมาณร้อยละ 50 จากแสงทั้งหมดร้อยละ 100 ส่วนปริมาณแสงที่เหลืออีกร้อยละ 50 จะถูกส่งผ่านไปยังพืชที่อยู่ชั้นต่ำกว่าตามลำดับ เหลือถึงไม้พุ่มประมาณร้อยละ 10 และร้อยละ 1 - 5 ไปยังไม้ล้มลุก และไม้คลุมดิน และเหลือเพียงประมาณ ร้อยละ 0.1 ถึงพื้นดิน (จากภาพที่ 2.4) (วิฑูรย์ เลี่ยนจำรูญ, 2530)

3.1 ปัญหาของเกษตรกรรมเคมีเชิงเดี่ยว

หลังจาก“ยุคการปฏิวัติเขียว” (Green Revolution) ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงครั้งสำคัญในภาคการเกษตร ที่นำความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์เกษตรและเทคโนโลยี มาใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้า เช่น การใช้พันธุ์พืช พันธุ์สัตว์ที่ให้ผลผลิตสูง ใช้เครื่องจักรกลทางการเกษตร ไถพรวนได้ลึกมากขึ้น ทดแทนแรงงานสัตว์ สามารถผลิตได้ทุกช่วงเวลา และมีผลผลิตอย่างต่อเนื่อง เหตุการณ์ดังกล่าวเกิดขึ้นในช่วงปี ค.ศ. 1960 โดยเริ่มต้นจากเทคโนโลยีการผลิต เช่น การผสมพันธุ์พืช สัตว์ที่ให้ผลผลิตสูง การใช้สารเคมีชนิดต่าง ๆ เป็นปัจจัยการผลิตที่สำคัญ และการใช้เครื่องจักรกลการเกษตร เป็นต้น ซึ่งนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงด้านอื่น ๆ ทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม การเมืองและวัฒนธรรม ตลอดจนสุขภาพอนามัยและระบบนิเวศวิทยาของโลก “การปฏิวัติเขียว” กลายเป็นนโยบายหลักของเกือบทุกประเทศ รวมทั้งประเทศไทย ซึ่งประชาชนส่วนใหญ่ โดยเฉพาะเกษตรกรต่างถูกโน้มน้าว ส่งเสริมให้ยอมรับระบบการเกษตรดังกล่าวด้วยวิธีการต่าง ๆ รวมทั้งผ่านระบบการศึกษาและสื่อสารมวลชน จนกระทั่งกลายเป็น**กระแสหลัก**ของระบบการเกษตรจนถึงปัจจุบัน

การปฏิวัติเขียวเข้าสู่ประเทศไทยประมาณสิ้นสงครามโลกครั้งที่ 2 ผลที่เกิดขึ้นในประเทศไทย คือ การเปลี่ยนรูปแบบการเกษตรของไทยจากการผลิตเพื่อบริโภคในครัวเรือนเป็นหลักมาเป็นเพื่อขาย เช่น การเปลี่ยนวิธีการทำนาจากเพื่อกินเหลือจึงขาย มาเป็นปลูกเพื่อขายมีระบบชลประทานและข้าวพันธุ์ใหม่ทำให้เกษตรกรทำนาได้ตลอดปี เกิดจากจ้างแรงงาน ใช้เครื่องจักร ปุ๋ยเคมีและสารเคมีกำจัดศัตรูพืชเพิ่มขึ้น ต้นทุนการทำเกษตรสูงขึ้น และชาวนากำหนดราคาพืชผลเองไม่ได้ นอกจากข้าวแล้วยังมีการขยายการเพาะปลูกพืชไร่ชนิดอื่น ที่เน้นการเพิ่มผลผลิตจากการปรับปรุงพันธุ์ใหม่ การใช้ปุ๋ยเคมี และการใช้สารเคมีจำนวนมาก ผลผลิตเกินความต้องการของตลาด ราคาตกต่ำ ฝนพวนทรัพยากรการผลิตเสื่อมโทรม ต้นทุนสูงขึ้นเรื่อย ๆ อย่างไรก็ตาม รูปแบบการผลิตดังกล่าวได้รับการยอมรับแบบฝังลึกในสังคมการเกษตรไทย จนกลายเป็นรูปแบบเกษตรกระแสหลักเช่นเดียวกับในหลายประเทศทั่วโลกจนถึงปัจจุบัน

จะเห็นได้ว่า แม้ว่าการปฏิวัติเขียวจะมีจุดเด่นคือการนำเอาความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตรที่เห็นผลชัดเจน แต่จุดอ่อนคือการละเลยผลกระทบเชิงลบด้านอื่น ๆ เช่น สังคมและสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยาซึ่งมีความละเอียดอ่อนและซับซ้อน กล่าวคือ แม้ผลผลิตจะเพิ่มขึ้นแต่กลับพบว่าไม่ได้ช่วยให้เกษตรกรพ้นความยากจนลง ในขณะที่รูปแบบการเกษตรที่เปลี่ยนไปใช้สารเคมีจำนวนมากทำให้ทรัพยากรดิน น้ำ และระบบนิเวศเสื่อมโทรมลง ในเอกสารนี้ขอยกตัวอย่างปัญหาหลัก ๆ ที่เกิดจากเกษตรเคมีเชิงเดี่ยว มาไว้พอสังเขปดังนี้

3.1.1 ปัญหาด้านนิเวศของการเกษตรเคมีเชิงเดี่ยว

ดินเสื่อมโทรม: การใช้ปุ๋ยเคมีทำให้ดินขาดอินทรีย์วัตถุจะส่งผลให้โครงสร้างดินเสีย ดินแน่นความสามารถในการเก็บกักน้ำลดลง ความสามารถในการยึดจับธาตุอาหารน้อยลง ความบกพร่องของธาตุอาหารรอง จุลินทรีย์ลดจำนวนลงและหยุดทำงาน และเมื่อประกอบกับการสารเคมีเป็นเวลานานจะส่งผลให้คุณสมบัติด้านกายภาพ ชีวภาพ และเคมีของดินเสียไป เช่น ดินเป็นกรด เกิดการเร่งการสลายตัวของฮิวมัสทำลายจุลินทรีย์ในดินบางชนิดจนเสียสมดุล

การระบาดของศัตรูพืชรุนแรงขึ้น: ดินเสื่อมทำให้พืชอ่อนแอลง ถูกศัตรูพืชรบกวนและทำลายได้โดยง่าย

คุณภาพอาหารด้อยลง: นอกจากสารเคมีจะตกค้างปนเปื้อนในผลผลิตที่เป็นอาหารแล้ว ยังส่งผลกระทบต่ออาหารที่ผลิตได้ คือ เก็บรักษาได้ไม่นานหรือเกิดการเน่าเสียง่าย รสชาติด้อยกว่าผลผลิตจากธรรมชาติและแบบไม่ใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมี

มลพิษในดิน น้ำ อากาศ: สารพิษที่ใช้จะตกค้างในดิน น้ำ และบรรยากาศ บางชนิดตกค้างเป็นเวลานานกว่าจะสลายตัว เช่น DDT ค้างมากกว่า 10 ปี นอกจากจะทำให้ผลผลิตที่เป็นอาหารคนและอาหารสัตว์ต่าง ๆ ไม่ปลอดภัยแล้ว ยังนำไปสู่การลดลงของประชากรแมลงและสัตว์เล็กในระบบนิเวศที่กินอาหารที่มีสารพิษ หรือได้รับผลจากพิษของสารเคมีโดยตรง กล่าวคือสารพิษตกค้างหมุนเวียนอยู่ในห่วงโซ่อาหารในระบบนิเวศ

การสูญหายของพันธุกรรมท้องถิ่น: การส่งเสริมเมล็ดพันธุ์ใหม่ หรือพันธุ์ลูกผสมผสม ทำให้พันธุกรรมท้องถิ่นเริ่มถูกละเลยความสำคัญ เกษตรกรเลิกปลูกพืชพันธุ์ดั้งเดิมเนื่องจากให้ผลผลิตต่ำกว่าพันธุ์ลูกผสมผสม ส่งผลให้พืชบางชนิดสูญหายไปจากท้องถิ่น จนเหลือพืชและสัตว์ไม่กี่ชนิด และเกิดความไม่หลากหลายและเสียสมดุลในระบบนิเวศ

3.1.2 ปัญหาด้านเศรษฐกิจของการเกษตรเคมีเชิงเดี่ยว

ต้นทุนสูงขึ้น: เกิดจากการใช้ปัจจัยภายนอกเพิ่มขึ้น เช่น ปุ๋ยเคมี สารเคมีปราบศัตรูพืช ฯลฯ ในขณะที่ราคาปัจจัยการผลิตดังกล่าวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง

ผลผลิตต่ำลง: แม้ว่าเกษตรกรจะใช้ปุ๋ย และยาปราบศัตรูพืชมากขึ้นแต่ไม่ได้ทำให้ผลผลิตสูงขึ้นตาม เพราะพืชมีขีดจำกัดในการนำปุ๋ยไปใช้ในระดับหนึ่งเท่านั้นการใช้มากเกินไปไม่ได้ส่งผลให้ผลผลิตมากขึ้นตาม แต่จะทำให้สภาพดินเสื่อมโทรมลง และย้อนกลับมาเป็นปัญหาทำให้พืชอ่อนแอ ไม่เติบโต ผลผลิตต่ำลง

ความเสี่ยงเรื่องการตลาด: การผลิตจำนวนมากโดยที่ไม่สามารถควบคุมกลไกการตลาดได้ เกษตรกรย่อมตกอยู่ในภาวะเสี่ยงต่อการขาดทุน เมื่อราคาผลผลิตตกต่ำ หรือ ผันผวน ทำให้เกษตรกรที่ปลูกพืชเชิงเดี่ยวซึ่งต้นทุนขึ้น เข้าสู่วงจรของการเป็นหนี้สิน และบางส่วนสูญเสียที่ดิน

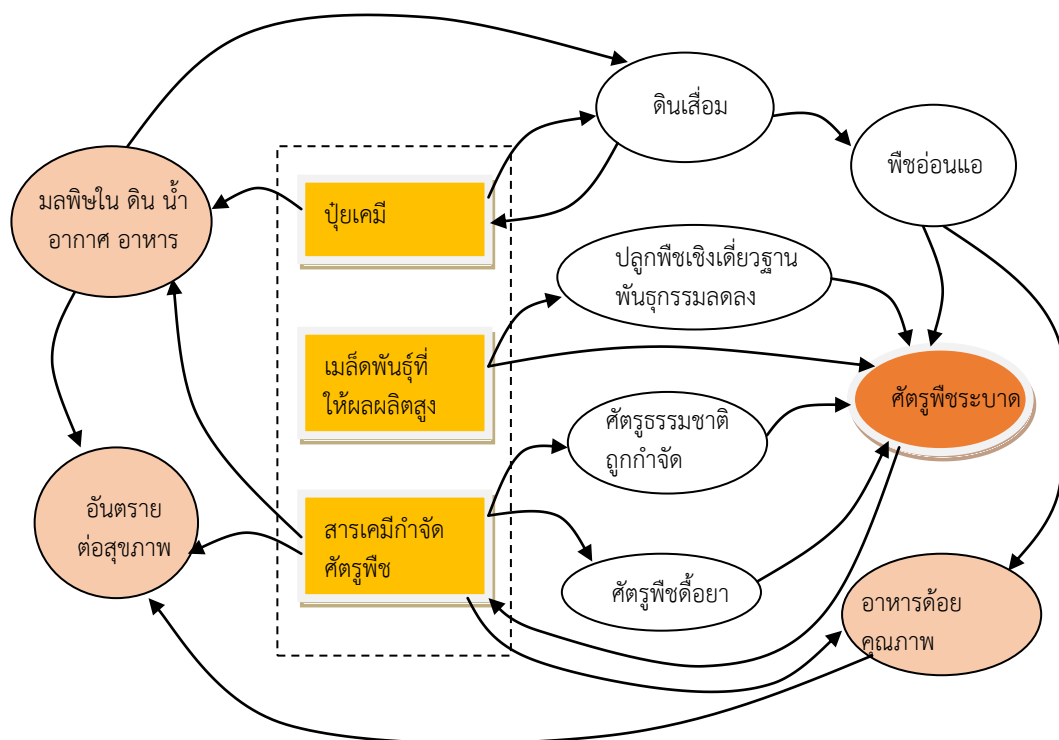
3.1.3 ปัญหาด้านสังคมของการเกษตรเคมีเชิงเดี่ยว

ช่องว่างระหว่างคนรวยกับคนจน: การเข้าถึงเทคโนโลยี และการสนับสนุนของรัฐ ของคนรายนั้น ง่ายและเร็วกว่าคนจน ซึ่งทำให้ได้รับประโยชน์มากกว่าคนจน ส่งผลให้เกิดช่องว่างของรายได้และการสะสมทุนมากขึ้นด้วย

การพึ่งตนเองลดลง: การเปลี่ยนแปลงการผลิตจากเดิมมาสู่การใช้ปัจจัยภายนอกมากขึ้น ทำให้เกษตรกรต้องพึ่งพิงภายนอกมากขึ้น สูญเสียความเชื่อมั่น การใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นในการทำการเกษตร

การสูญเสียระบบเกษตรกรรมและภูมิปัญญาดั้งเดิม: ความเจริญก้าวหน้าเทคโนโลยีใหม่ในการผลิต การเกษตรสมัยใหม่ ที่เชื่อว่าจะได้รับผลผลิตสูงขึ้น มีประสิทธิภาพมากขึ้น ทำให้ภูมิปัญญาและระบบการเกษตรแบบดั้งเดิมกำลังจะสูญหายไป แม้ว่าจะเป็นระบบที่สอดคล้องกับระบบนิเวศ และสังคมนั้น ๆ เช่น การใช้พันธุ์ข้าวหลายสายพันธุ์ในอดีตโดยแบ่งปลูกตามลักษณะพื้นที่และอายุเก็บเกี่ยว จะช่วยแก้ปัญหาการกระจายแรงงานในการปักดำและเก็บเกี่ยว การผลิตอาหารที่เพียงพอตลอดปี การลดความเสี่ยงจากสภาพอากาศในสภาพพื้นที่ที่มีทั้งที่ดอนและลุ่มต่ำ เป็นต้น

จากสภาพปัญหาดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปเป็นวงจรของปัญหาเกษตรเคมีเชิงเดี่ยวได้ดังภาพที่ 3.1



ที่มา: ดัดแปลงจาก ชิมเป มูรากามิ (2547)

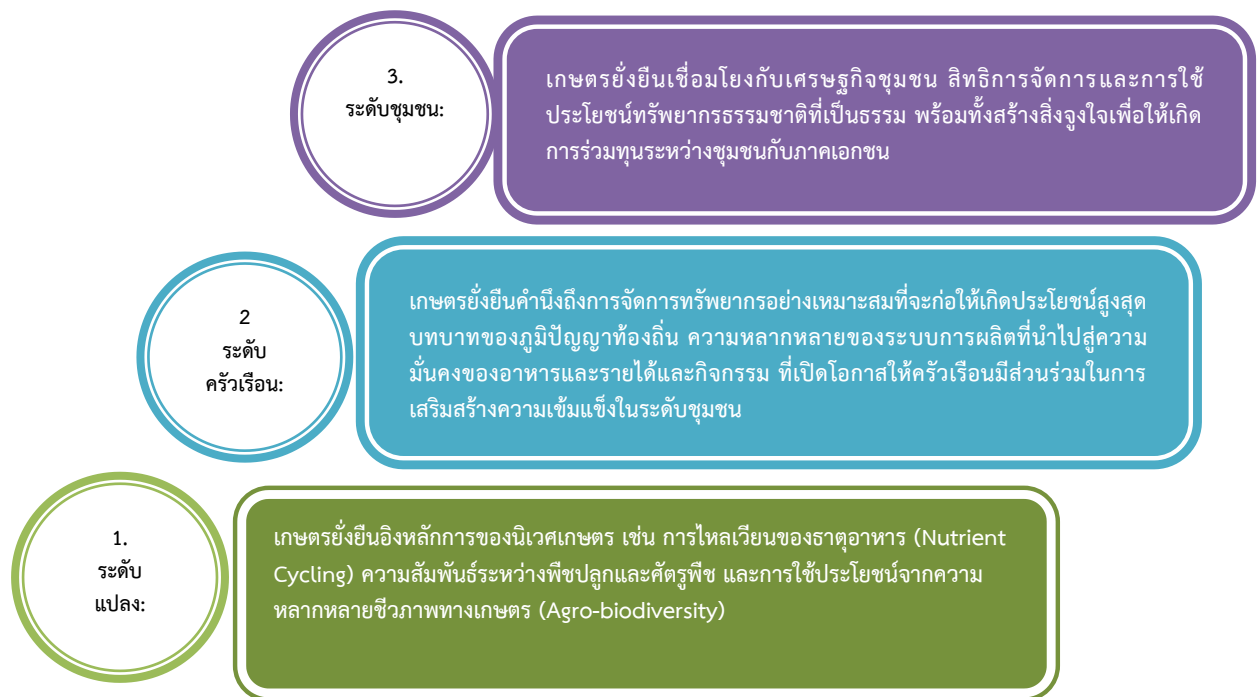
ภาพที่ 3.1 แสดงวงจรของปัญหาที่เกิดจากเกษตรเคมีเชิงเดี่ยว

3.2 หลักการเกษตรกรรมยั่งยืน

ผลกระทบเชิงลบดังกล่าวข้างต้นนำไปสู่ข้อพิจารณาของสังคมโลกและทำให้เกิดเกษตรกรรมทางเลือก ขึ้นมากมายโดยมีเป้าหมายคือการการผลิตที่ไม่ละเลยมิติทางด้านสังคม และสิ่งแวดล้อม หนึ่งในหลักการและ รูปแบบที่กล่าวถึงคือการเกษตรยั่งยืน (Sustainable Agriculture) ซึ่งมีผู้คิดค้นนำเสนอรูปแบบที่หลากหลาย โดยมีนักวิชาการในระดับนานาชาติได้ศึกษาพัฒนามาตั้งแต่ช่วงปี 2513 แต่เพิ่งได้รับความสนใจอย่างจริงจัง ในช่วงปี 2528 ต่อมาในปี 2532 องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO/UN) ได้ตีพิมพ์สรุป เกี่ยวกับหลักการเกษตรยั่งยืนผ่านความเห็นชอบของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญนานาชาติในเครือข่ายของ Consultative Group on International Agriculture Research : CGIAR (12 สถาบัน) เอกสารดังกล่าวมีชื่อว่า Sustainable Agricultural Production: Implication for International Agriculture Research โดย TAC (Technical Advisory Committee)/CGIAR เอกสารนี้กล่าวไว้ว่าเกษตรยั่งยืน “เป็นหลักการการจัดการ ทรัพยากรเพื่อการผลิตทางเกษตรอันประสบความสำเร็จเพื่อสนองความจำเป็นของมนุษย์ที่เปลี่ยนแปลง โดย สามารถรักษาคุณภาพของสิ่งแวดล้อมและอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ” การเกษตรแบบยั่งยืนเป็นหลักการและ แนวทางที่จะเป็นตัวกำหนดวิธีการหรือเทคนิค รวมทั้งนโยบาย กฎหมายปัจจัยทางเศรษฐกิจและสังคม (Sustainable agriculture) (FAO, 2532 อ้างใน จริญญา และผกาพรรณ 2546)

อย่างไรก็ตาม มีนักวิชาการที่มองเกษตรยั่งยืนในความหมายที่กว้างกว่า เช่น Gip (2529) อ้างใน วิฑูรย์ (2544) มองว่า เกษตรยั่งยืนคือระบบเกษตรกรรมที่ประกอบด้วยเงื่อนไข 5 ประการ ได้แก่ สอดคล้องกับระบบ นิเวศ มีความเป็นไปได้ในทางเศรษฐกิจ มีความยุติธรรมทางสังคม มีมนุษยธรรม และมีความยืดหยุ่น

ระบบเกษตรยั่งยืนเป็นระบบการเกษตรที่สัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมและสอดคล้องกับปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง และได้ถูกบรรจุไว้เป็นครั้งแรกในแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 8 และต่อเนื่องมาในแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 12 เกษตรยั่งยืนเกี่ยวข้องกับความยั่งยืนของชุมชนหลายระดับ ตั้งแต่ครัวเรือน ชุมชน จนถึงระดับประเทศ ความหมายจึงแตกต่างกันไป อย่างไรก็ตาม โดยรวมแล้วระบบเกษตรยั่งยืนจะต้องมีระบบภูมิคุ้มกันต่อผลกระทบอันเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทั้งภายในและภายนอก ในที่นี้ได้แยกแยะ ความหมายของเกษตรยั่งยืนที่สามารถนำไปปฏิบัติเป็น 3 ระดับ ดังนี้

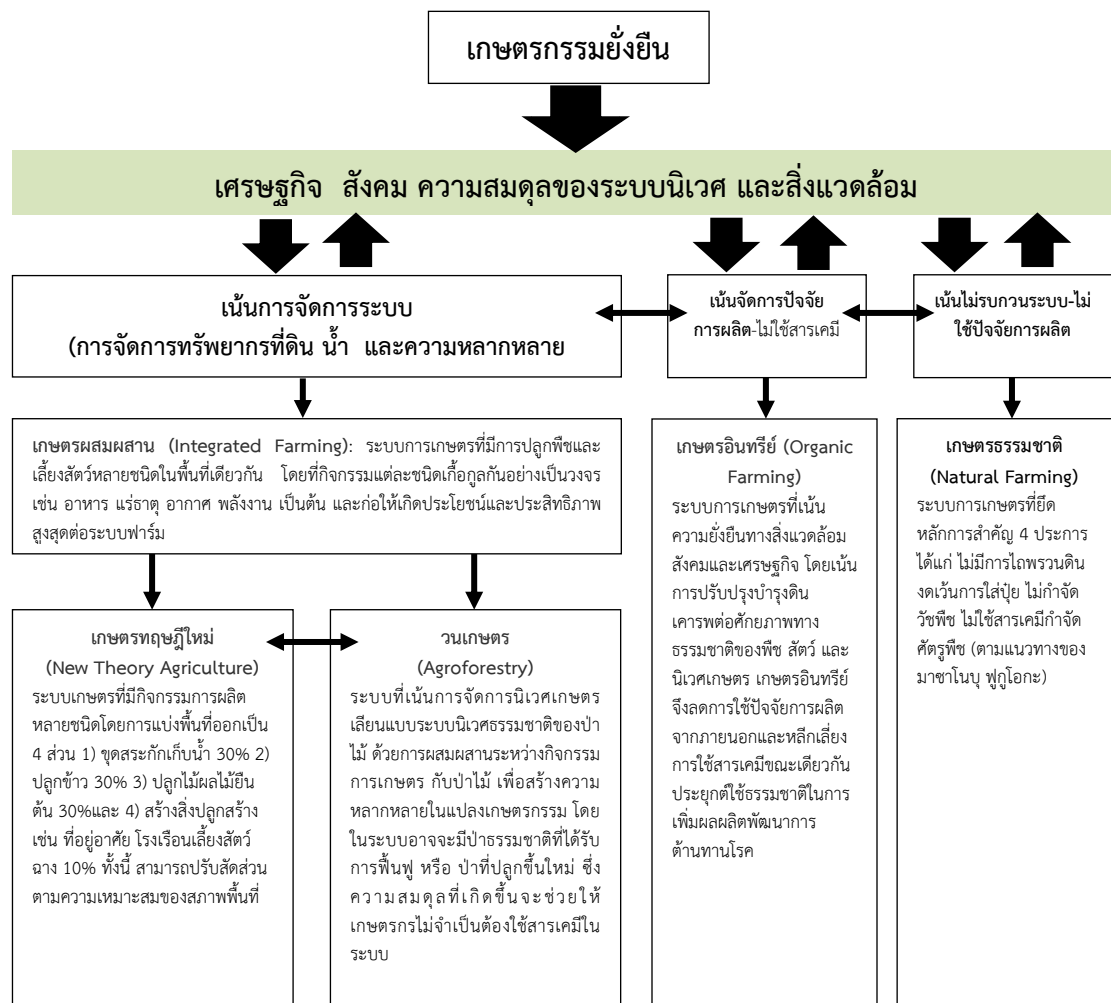


เกษตรยั่งยืน อาจถูกเรียกและตีความหมายที่หลากหลายตามความรู้ความเข้าใจของผู้ที่เกี่ยวข้อง เช่น เกษตรกรรมทางเลือก เกษตรนิเวศ นิเวศการเกษตร เกษตรสมดุล เกษตรอินทรีย์ เกษตรที่ลดการใช้ปัจจัยการผลิตภายนอก เป็นต้น ซึ่งทั้งหมดให้ความหมายในเชิงตรงกันข้ามกับการเกษตรกระแสหลักในปัจจุบันที่ให้ความสำคัญกับการเพิ่มผลผลิตโดยใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ การใช้สารเคมีทั้งปุ๋ย สารฆ่าแมลงและฮอร์โมนต่าง ๆ คนส่วนหนึ่งมักเข้าใจว่าการทำเกษตรแบบยั่งยืนเป็นการปฏิเสธเทคโนโลยีหรือเป็นรูปแบบที่ล้าหลัง ซึ่งประเด็นนี้ Pretty (2539) ให้ความเห็นว่า การเกษตรแบบยั่งยืนไม่ใช่รูปแบบที่ล้าหลังแต่ควรจะเป็นการผสมผสานความรู้หรือเทคโนโลยีทั้งเก่าและใหม่ไว้ด้วยกัน เพื่อพัฒนาระบบการผลิตที่สามารถสนองตอบต่อเกษตรกรทั้งทางเศรษฐกิจและรักษาสิ่งแวดล้อม และเป็นทางเลือกอย่างหนึ่งของเกษตรกร และอาจกล่าวได้ว่าการเกษตรยั่งยืนเป็นพื้นฐานของการสร้างเศรษฐกิจแห่งการพึ่งตนเอง

3.3 รูปแบบเกษตรกรรมยั่งยืน

ในประเทศไทย เกษตรกรรมยั่งยืน (Sustainable Agriculture) ที่ระบุในระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยการส่งเสริมและพัฒนาระบบเกษตรกรรมยั่งยืน พ.ศ. 2554 หมายถึง ระบบการเกษตรที่ครอบคลุมถึงวิถีชีวิตเกษตรกร กระบวนการผลิต และการจัดการทุกรูปแบบ เพื่อให้เกิดความสมดุลทาง

เศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม และระบบนิเวศ ซึ่งนำไปสู่การพึ่งตนเองและการพัฒนาคุณภาพชีวิตของเกษตรกร และผู้บริโภค มีรูปแบบค่อนข้างหลากหลาย โดยมีการเรียกชื่อต่างกันไปตามพบว่ารูปแบบที่เป็นที่ยอมรับ และบรรจุไว้ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 เป็นต้นมา คือ เกษตรผสมผสาน เกษตรทฤษฎีใหม่ วนเกษตร เกษตรอินทรีย์ และเกษตรธรรมชาติ และรูปแบบอื่น ๆ ที่สอดคล้องกับหลักการ เกษตรกรรมยั่งยืน ทั้ง 5 รูปแบบสามารถจัดเป็นกลุ่มได้ 3 กลุ่ม (1) เน้นการจัดการระบบดิน น้ำ และความหลากหลายของกิจกรรม (2) เน้นการจัดการปัจจัยการผลิต และ (3) เน้นการไม่รบกวนระบบ (ภาพที่ 3.2)



ภาพที่ 3.2 สรุปรูปแบบเกษตรกรรมยั่งยืน

เกษตรยั่งยืนในแต่ละระบบข้างต้นมีสาระสำคัญโดยสรุป ดังนี้

(1) เกษตรผสมผสาน

เกษตรผสมผสาน คือ ระบบเกษตรที่มีการปลูกพืชและหรือมีการเลี้ยงสัตว์หลายชนิดในพื้นที่เดียวกัน โดยกิจกรรมแต่ละชนิดจะต้องเกื้อกูลประโยชน์ต่อกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในไร่นา เช่น ดิน น้ำ แสงแดด อย่างเหมาะสมเพื่อก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดมีความสมดุลของสภาพแวดล้อมและเพิ่มพูนความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรธรรมชาติ วัตถุประสงค์ของการเกษตรผสมผสานเพื่อให้เกิดความมั่นคงด้านรายได้ เพื่อลดการพึ่งพาด้านเงินทุน ปัจจัยการผลิต และอาหารจากภายนอก เพื่อให้เกิดการประหยัดทางขอบข่าย เพิ่มรายได้จากพื้นที่เกษตรขนาดย่อยที่จำกัด นอกจากนี้ยังมีการเพิ่มพูนความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรธรรมชาติ ลดการทำลายสิ่งแวดล้อม ทำให้เกษตรกรมีความเป็นอิสระในการดำรงชีวิต

หลักการสำคัญเกษตรผสมผสาน

(1) มีกิจกรรมการเกษตรตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป และกิจกรรมทั้งสองชนิดต้องทำในเวลาและสถานที่เดียวกัน มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดมากกว่าให้เกิดกำไรสูงสุด

(2) เกิดการเกื้อกูลกันอย่างต่อเนื่องระหว่างกิจกรรมพืชกับพืช พืชกับปลา สัตว์กับปลา พืชกับสัตว์ สัตว์กับสัตว์ ซึ่งลักษณะการเกื้อกูลกันของระบบเกษตรผสมผสานทำให้ต้นทุนการผลิตลดลง หรือที่เรียกว่าเป็นการประหยัดทางขอบข่าย (Economy of Scope) และลดการพึ่งพิงปัจจัยจากภายนอกในที่สุด (วิฑูรย์ เลี่ยนจำรูญ, 2539 และธันวา จิตต์สงวน และคณะ, 2543)

สำหรับในประเทศไทยมีการทำการเกษตรแบบผสมผสานมานานแล้ว จากรูปแบบการผลิตที่ง่าย ๆ เช่นการเลี้ยงปลาในนาข้าว หลังจากที่หน่วยงานรัฐมีบทบาทในการส่งเสริมและวิจัยมากขึ้น รูปแบบการผลิตจึงมีความซับซ้อนมากขึ้น มีการผสมผสานระหว่างพืช สัตว์และปลา โดยทั่วไปรูปแบบการผลิตซึ่งประกอบด้วยชนิดและขนาดของกิจกรรมการผลิตในไร่นาจะแตกต่างกันไป ปัจจัยที่กำหนดรูปแบบการผลิตมี 3 ประการ (ธันวา จิตต์สงวนและคณะ, 2543) คือ

(1) สภาพแวดล้อมทางกายภาพของพื้นที่ เช่น ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ระดับความสูงต่ำของพื้นที่ แหล่งน้ำ สภาพลมฟ้า อากาศ และอื่นๆ

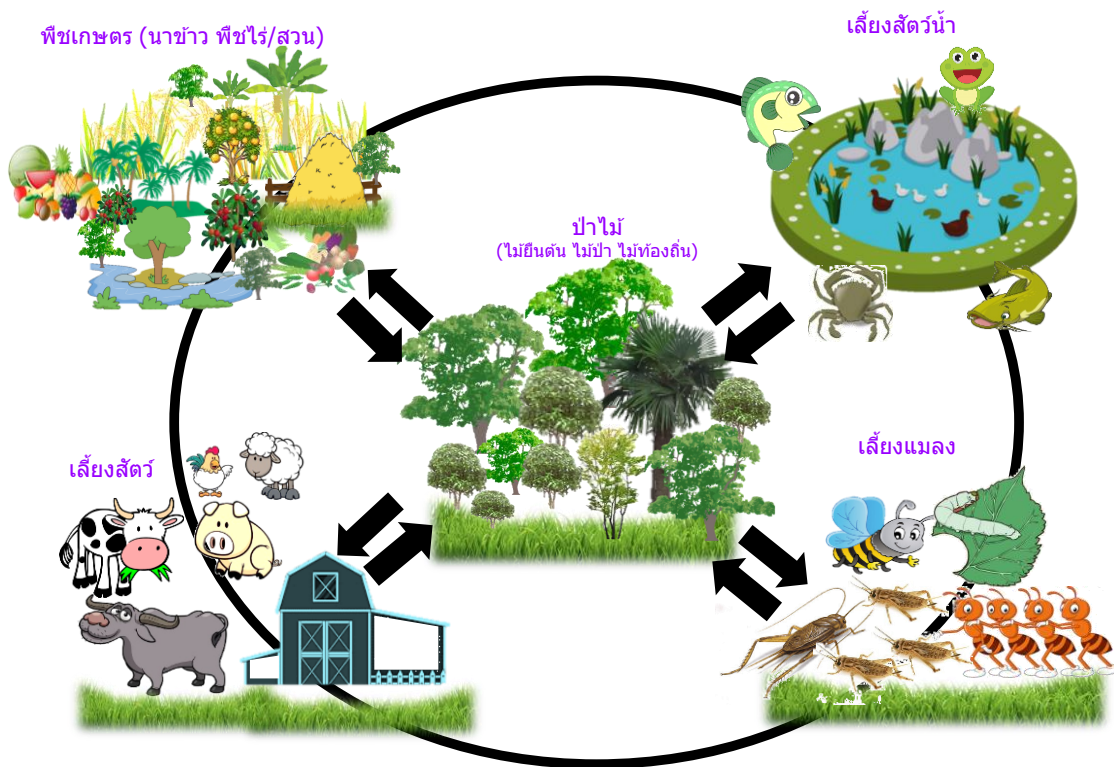
(2) สภาพแวดล้อมทางชีวภาพของพื้นที่ ได้แก่ ชนิดของพืช สัตว์และปลาที่สามารถปรับตัวเข้ากับพื้นที่ได้อย่างเหมาะสม

(3) สภาพแวดล้อมทางเศรษฐกิจและสังคม ได้แก่ ขนาดของพื้นที่ถือครอง จำนวนแรงงานในครัวเรือน เงินออม ตลาด พฤติกรรมการบริโภค เป็นต้น

รูปแบบของเกษตรผสมผสาน อาจแบ่งได้ 3 กลุ่มใหญ่ คือ (1) การปลูกพืชแบบผสมผสาน (2) การผสมผสานการเลี้ยงสัตว์ (3) การปลูกพืชผสมผสานกับการเลี้ยงสัตว์ ในด้านเทคนิคและการจัดการไร่นานั้น เกษตรผสมผสานให้ความสำคัญในเรื่องการสร้างความหลากหลายของพืช สัตว์ และทรัพยากรชีวภาพ การใช้ประโยชน์เกื้อกูลกันระหว่างกิจกรรม การใช้ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก การใช้วัสดุหรือพืชคลุมดิน การปลูกพืชหลายระดับ มีแหล่งน้ำในไร่นา ซึ่งจะไม่นับหนักว่าต้องมีการปฏิบัติ เช่นสามารถใช้พืชคลุมดินไถพรวนดินหรือปุ๋ยเคมีร่วมด้วย

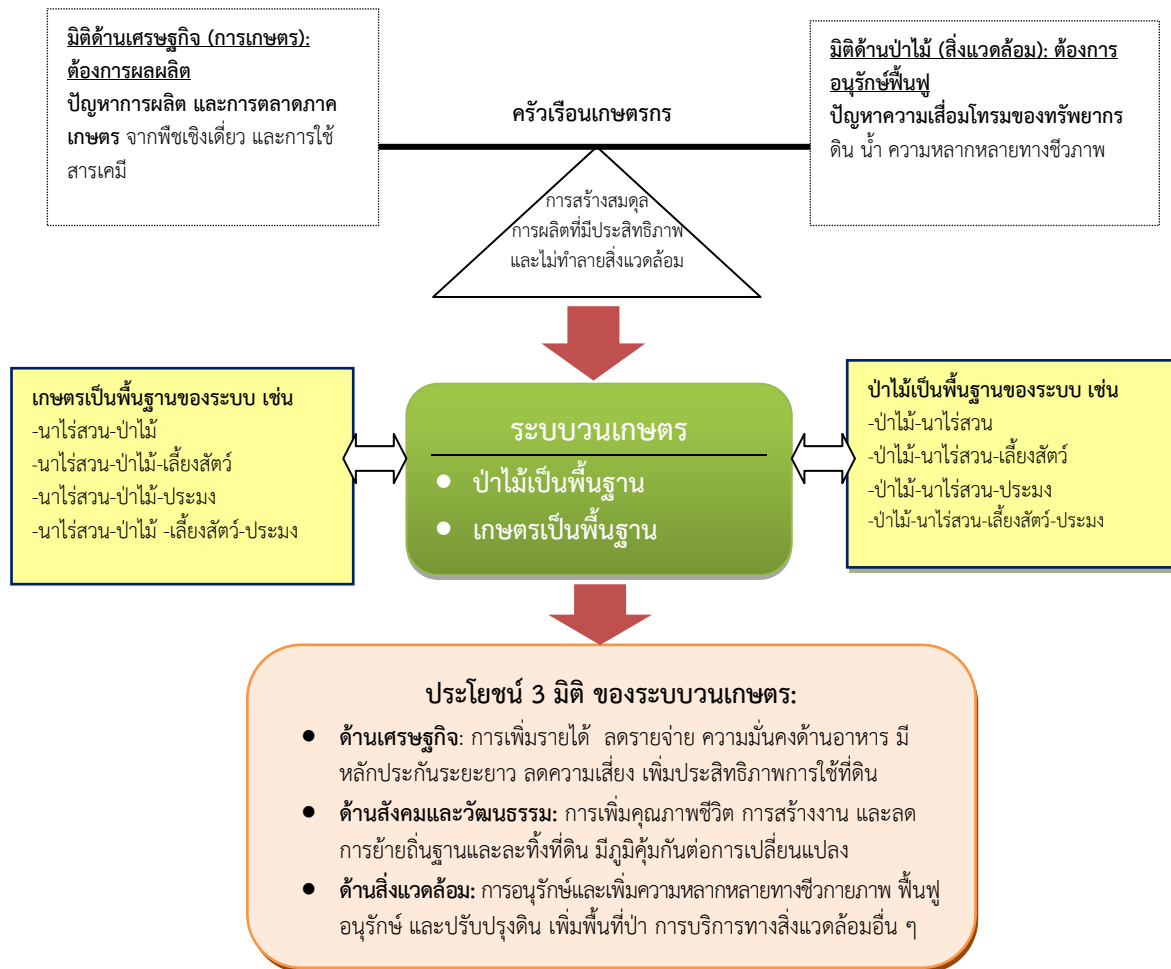
(2) วนเกษตร

วนเกษตร (Agroforestry) หมายถึง รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินตามแนวทางเกษตรกรรมยั่งยืน ที่เน้นการจัดการนิเวศเกษตรเลียนแบบระบบนิเวศธรรมชาติของป่าไม้ ด้วยการผสมผสานระหว่างกิจกรรมการเกษตร (ทำนา ทำไร่ ทำสวน เลี้ยงสัตว์ ประมง) กับการป่าไม้ เพื่อสร้างความหลากหลายในแปลงเกษตรกรรมตั้งแต่ 2 กิจกรรมขึ้นไปในพื้นที่เดียวกัน ช่วงเวลาเดียวกัน หรือสลับช่วงเวลายังเหมาะสม โดยจะต้องมีกิจกรรมป่าไม้อยู่ในระบบ ทั้งนี้ ปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างองค์ประกอบย่อยต่าง ๆ ในระบบ ทั้งที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ และการจัดการอย่างเหมาะสมจะช่วยให้การใช้ประโยชน์ที่ดินเกิดประสิทธิภาพมากขึ้น **วนเกษตร** เป็นรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบผสมผสานระหว่างกิจกรรมการเกษตร (พืชและสัตว์) และป่าไม้ ในพื้นที่เดียวกัน โดยมีลักษณะคล้ายกับการจำลองป่า ยกป่ามาไว้ในนา ในสวน ในไร่ กิจกรรมในแปลงวนเกษตร อาจแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มหลัก คือ กลุ่มพืชเกษตร ป่าไม้ เลี้ยงสัตว์ ประมง และในเอกสารนี้จะขอแยกแยะลงจากการเลี้ยงสัตว์ทั่วไปเป็นอีก 1 กลุ่มย่อย ดัง (ภาพที่ 3.3)



ภาพที่ 3.3 ประเภทกิจกรรมในระบบวนเกษตร

ตามด้วยการเลือกชนิดพืชและสัตว์ และในช่วงแรกเกษตรกรจะพิจารณาถึงหน้าที่ขององค์ประกอบย่อยต่าง ๆ ทั้งพืชและสัตว์ว่าเมื่อปลูก/เลี้ยงแล้วจะให้ผลผลิตหรือให้ประโยชน์ในเรื่องใด โดยเฉพาะในเชิงเศรษฐกิจ เมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่งเกษตรกรจะเริ่มสนใจและหาพันธุ์ไม้ชนิดต่างๆ มาปลูกเพิ่ม ในพื้นที่มากขึ้น โดยไม่ได้กังวลว่าพืชเหล่านั้นจะให้ผลอย่างไร แต่เป็นความภูมิใจที่จะสร้างสวนที่มีป่า มีความร่มรื่น อุดมสมบูรณ์ บางรายเลือกพืชที่ให้ประโยชน์หลายด้านนอกจากเพื่อขาย เช่น เป็นทั้งอาหาร และสมุนไพร หรือพืชท้องถิ่นที่เริ่มหายาก หรือพืชที่ปลูกแล้วทำให้เกิดเห็ดธรรมชาติ เช่น ยางนา



ที่มา: ดัดแปลงจาก อาทิตยา พงษ์พรหมและคณะ (2560)

ภาพที่ 3.5 กรอบแนวคิดและรูปแบบวนเกษตร

ระบบวนเกษตรเป็นเกษตรที่ยั่งยืนรูปแบบหนึ่งที่มีวัตถุประสงค์หลัก คือ การเพิ่มเสถียรภาพทางเศรษฐกิจ ภูมิคุ้มกัน เกื้อกูลการผลิตให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ใช้ที่ดินเสื่อมโทรมและขนาดเล็กให้ได้ผลผลิตสูงขึ้น เพิ่มความร่มรื่น และฟื้นฟูทรัพยากรและสภาพแวดล้อม ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างยั่งยืน ที่มีวัตถุประสงค์หลัก คือ เพิ่มความสามารถในการผลิต ลดระดับความเสี่ยงของการผลิต ปกป้องคุ้มครองทรัพยากรธรรมชาติไม่ให้เสื่อมโทรมและสูญหาย มีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ และมีการยอมรับทางสังคมโดยรวมแล้วยังสอดคล้องในกรอบการพัฒนาที่ยั่งยืน คือ มิติด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม

หลักการพื้นฐานสำคัญของวนเกษตร คือ (1) การมีต้นไม้ใหญ่และพืชหลายระดับ เป็นการใช้ที่ดินให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นและช่วยให้ระบบมีกลไกการควบคุมตัวเองและอนุรักษ์ดินได้เป็นอย่างดี (2) การเลือกพืชเศรษฐกิจให้เหมาะสมกับพื้นที่ คือ การใช้ประโยชน์เกื้อกูลกันและกันของพืช สัตว์และป่าไม้

รูปแบบของวนเกษตรจะมีความหลากหลายขึ้นอยู่กับการผสมผสานกิจกรรมต่าง ๆ ภายในแปลงคือ กิจกรรมป่าไม้ นา-ไร่-สวน เลี้ยงสัตว์ และประมง จะแตกต่างจากระบบอื่น ๆ คือ ต้องมีกิจกรรมด้านป่าไม้ร่วมด้วย ซึ่งในที่นี้ ป่าไม้ หมายถึง การปลูกไม้ยืนต้นในกลุ่มไม้ใช้สอย หรือไม้ป่า หรือไม้ท้องถิ่นต่าง ๆ รวมถึงสมุนไพรในท้องถิ่นด้วย

สำหรับการเรียกชื่อระบบวนเกษตรนั้นไม่ตายตัว ขึ้นอยู่กับประเภทของกิจกรรมในแปลง โดยอาจจะแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ **กลุ่มที่มีป่าไม้เป็นพื้นฐานหรือกิจกรรมหลักของระบบ** (อาจจะเป็นป่าธรรมชาติหัวไร่ปลายนาที่เกษตรกรฟื้นฟูอนุรักษ์ไว้เป็นส่วนหนึ่งในแปลงเกษตรหรือป่าไม้ที่ปลูกใหม่) เช่น ป่าไม้-นาไร่สวน-เลี้ยงสัตว์ ป่าไม้-นาไร่สวน เป็นต้น และ**กลุ่มที่มีระบบเกษตรเป็นพื้นฐานหรือกิจกรรมหลักของระบบ** เช่น (1) นาไร่ สวน-ป่าไม้-เลี้ยงสัตว์ (2) เลี้ยงสัตว์-ป่าไม้-นาไร่สวน (3) นาไร่สวน-ป่าไม้ เป็นต้น

การจัดการแปลงวนเกษตรอย่างเหมาะสมโดยเฉพาะการใช้หลักความสัมพันธ์ของกิจกรรมต่าง ๆ จะทำให้เกษตรกร ได้รับประโยชน์อย่างเต็มที่ โดยไม่ต้องใช้แรงงานมากและลงทุนน้อย ทั้งนี้ ประโยชน์ที่เกิดขึ้นจะแตกต่างกันขึ้นกับรูปแบบและวิธีการในการจัดการ อย่างไรก็ตาม โดยภาพรวมแล้ว

การทำเกษตรแบบวนเกษตร จะทำให้เกษตรกรได้รับประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยมีมูลค่าทั้งแบบผ่านตลาดและไม่ผ่านตลาด ซึ่งจะทำให้เกษตรกรได้รับประโยชน์อย่างน้อย 3 ด้าน คือ

(1) ด้านเศรษฐกิจ เช่น ความมั่นคงทางด้านรายได้ ประหยัด ลดรายจ่าย และสร้างความมั่นคงด้านอาหาร

(2) ด้านสังคมและวัฒนธรรม เช่น การเพิ่มคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น สร้างงานในชุมชน ลดการย้ายถิ่นฐานเข้าสู่สังคมเมือง และละทิ้งที่ดิน สุขภาพของผู้ผลิตดีขึ้น ลดการพึ่งพิงภายนอก มีภูมิคุ้มกันต่อการเปลี่ยนแปลง

(3) ด้านสิ่งแวดล้อม เช่น ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อนุรักษ์หรือเพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพ และเพิ่มพื้นที่ป่า พื้นฟูทรัพยากรดิน น้ำ และสิ่งแวดล้อม

(3) เกษตรทฤษฎีใหม่

ทฤษฎีใหม่เป็นแนวทางการพัฒนาชีวิตและอาชีพที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ 9 ได้พระราชทานพระราชดำริไว้ 3 ขั้น คือ ขั้นที่ 1) การผลิต ขั้นที่ 2) การรวมพลังกันในรูปกลุ่มหรือสหกรณ์ และขั้นที่ 3) การร่วมมือกับแหล่งเงิน (ธนาคาร) และแหล่งพลังงาน

ทฤษฎีใหม่ ขั้นที่หนึ่ง: การผลิต

สำหรับขั้นที่ 1 จะทราบกันโดยทั่วไปว่าเป็นระบบเกษตรทฤษฎีใหม่ซึ่งเริ่มจากการจัดการที่ดินของเกษตรกร ที่มีหลักการพื้นฐานจากเกษตรผสมผสานลักษณะสำคัญ คือ เป็นรูปแบบการเกษตรที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ขนาดเล็ก ประมาณ 10 - 20 ไร่ โดยทำกิจกรรมการเกษตรหลายอย่างเพื่อให้มีการใช้ทรัพยากรอย่างเต็มประสิทธิภาพ เพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน และสร้างสมดุลให้แก่ระบบนิเวศ ที่สำคัญคือมีการจัดสรรพื้นที่อย่างเป็นระบบโดยแบ่งเป็น 4 ส่วน โดยพิจารณาให้เหมาะสมกับศักยภาพของเกษตรกรและสภาพพื้นที่ เช่น ขนาดและรูปร่างของพื้นที่ พื้นฐานที่สำคัญในการปฏิบัติเกษตรทฤษฎีใหม่ ได้แก่ การรู้จักการบริหารและ

จัดการดินและน้ำ ซึ่งเป็นทรัพยากรธรรมชาติ ร่วมกับการบริหารเวลา บริหารเงินทุน และกำลังคนเพื่อได้บังเกิดผลผลิตเป็นอาหารและรายได้ตลอดปี โดยพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ 9 ได้ทรงแนะนำให้แบ่งพื้นที่ประมาณ 15 ไร่ ออกเป็นสัดส่วนร้อยละ 30:30:30:10 (ภายหลังสัดส่วนนี้ทรงมีพระราชวินิจฉัยให้ยืดหยุ่นได้) และทำกิจกรรม ดังนี้ (อำพล เสนาณรงค์, 2557)

ส่วนที่ 1 ร้อยละ 30 ให้ขุดสระประมาณ 4.5 ไร่ สำหรับเก็บน้ำฝนธรรมชาติที่มีอย่างเหลือเฟือในฤดูฝนปกติ เพื่อใช้เมื่อฝนทิ้งช่วงแห้งแล้ง การใช้น้ำจะต้องเป็นไปอย่างประหยัด โดยใช้วิธีการและเลือกพืชกับวิธีปลูกแต่ละพืชที่เหมาะสม **วิธีการให้น้ำโดยประหยัด** เช่น การตัดกรด การสูบน้ำตามท่ออย่าง หรือการใช้ระบบน้ำหยดแบบพื้นบ้าน เป็นต้น **ส่วนพืชและวิธีปลูกที่เหมาะสม** เช่น เลือกพืชที่ใช้น้ำน้อย เช่น พืชยืนต้น หรือพืชอายุสั้นโดยปลูกผสมผสานกันหลายๆ ชนิดระหว่างพืชต้นใหญ่และพืชล้มลุกเพื่อใช้พื้นที่และน้ำอย่างมีประสิทธิภาพที่สุดและมีเสถียรภาพ น้ำที่เก็บในสระหากเหลือไปถึงฤดูแล้งให้ใช้ปลูกพืชอายุสั้นและพืชราคาดี เช่น ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วลิสง และผักต่างๆ ไม่ควรนำไปใช้ปลูกข้าวนาปรัง ยกเว้นเกิดน้ำท่วมแปลงข้าวเสียหายหมด จึงจะพิจารณาปลูกข้าวนาปรังได้เพื่อให้มีข้าวบริโภค โดยต้องประมาณขนาดพื้นที่ปลูกข้าวให้เหมาะสมกับปริมาณน้ำที่มีอยู่ในสระ

รูปร่างและขนาดของสระอาจยืดหยุ่นได้บ้าง เช่น ในพื้นที่ที่ฝนมีปริมาณมากทั้งปี หรือ มีน้ำชลประทานมาเติมได้ ขนาดสระอาจจะน้อยกว่าร้อยละ 30 และถ้าพื้นที่บังคับหรือต้องการเลี้ยงสัตว์น้ำอาจขุดสระและบ่อหลายๆ บ่อก็ได้ (สระสำหรับเก็บน้ำเพื่อบริโภคอุปโภค และการชลประทาน หรือบ่อสำหรับเลี้ยงสัตว์น้ำ) แต่เมื่อรวมพื้นที่ทั้งหมดแล้วจะต้องใกล้เคียงร้อยละ 30 นอกจากนี้**อาจจะรวมนับพื้นที่ร่องน้ำที่ยกคันขึ้นเพื่อปลูกไม้ยืนต้นด้วย** หากสามารถเก็บน้ำในร่องได้ตลอดปีในกรณีที่สามารถส่งน้ำมาจากแหล่งชลประทานได้ต้องส่งมาในระบบท่อปิดเพื่อลดการสูญเสีย และส่งมาเติมในสระตามช่วงเวลาที่เป็นเท่านั้น การใช้น้ำจากสระต้องเป็นไปตามหลักประหยัดดังที่กล่าวข้างต้น และพึงตัวเองให้มากที่สุดหากไม่ได้รับความช่วยเหลือการขุดสระจากราชการ หรือแหล่งเงินทุนอื่นและต้องการขุดเอง ควรทยอยขุดสระแต่ละปีตามกำลังเงิน และกำลังกาย จนกว่าจะครบพื้นที่ร้อยละ 30 **รูปร่างของสระควรว่ารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า** **น้ำจะลดการระเหยของน้ำได้ดีกว่าบ่อกว้าง** ดินที่ขุดจากสระใช้ถมเป็นคันดินรอบพื้นที่เพื่อกันน้ำท่วม หากไม่ใช้ทำคันดิน จะต้องแยกดินส่วนบนไว้ส่วนหนึ่ง สำหรับนำมาเกลี่ยทับดินชั้นล่าง

ส่วนที่ 2 ร้อยละ 30 ใช้ปลูกข้าวเนื้อที่ประมาณ 4.5 ไร่ เนื่องจากทรงมีพระราชวินิจฉัยว่า ข้าวเป็นอาหารหลักของคนไทยและเป็นส่วนหนึ่งของความมั่นคงและมั่นใจในการดำรงชีวิต อย่างน้อยจะต้องมั่นใจว่ามีข้าวกินและพยายามปลูกข้าวให้พอกินตลอดปีเพื่อให้มีเสถียรภาพด้านอาหาร

ครอบครัวที่มีสมาชิก 6 คนถ้าบริโภคข้าวเฉลี่ยประมาณคนละ 200 กิโลกรัมต่อปี จะต้องบริโภคข้าวไม่ต่ำกว่าปีละ 1,200 กิโลกรัม และถ้าทำนาปีในสภาพที่ควบคุมน้ำไม่ให้ขาดช่วงได้เมื่อฝนแล้ง ก็จะได้ผลผลิตไม่ต่ำกว่าปีละ $4.5 \times 325 = 1,462.5$ กิโลกรัม แต่ถ้าบำรุงรักษาดีอาจจะได้ผลผลิตเพิ่มมากกว่านี้เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวนาปีแล้วหากยังมีน้ำฝนและน้ำในสระเหลือควรเลือกปลูกพืชอายุสั้นและราคาดีในสภาพนาดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

ส่วนที่ 3 ร้อยละ 30 เนื้อที่ประมาณ 4.5 ไร่ **ให้ปลูกพืชสวน ไม้ยืนต้น และพืชไร่อย่างผสมผสานโดยวิธีการและชนิดของพืชที่แตกต่างกันหลากหลายกันไปแต่ละพื้นที่** และขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ภูมิภาค ฤดูกาล ตลาดและเส้นทางคมนาคม ตลอดจนประสบการณ์และภูมิปัญญาของเกษตรกร เป็นต้น ไม่มีสูตรตายตัวยืดหยุ่นได้ การปลูกพืชให้หลากหลายเช่นนี้จะเป็นการกระจายเงินทุน แรงงาน น้ำ และปัจจัย-

การผลิตต่าง ๆ กระจายความเสียหายจากศัตรูพืช และความแปรปรวนของดิน ฟ้า อากาศ ตลอดจนกระจายรายได้ด้วย

ข้อควรพิจารณาในการปลูกพืช

พืชที่ปลูกระยะแรกควรเป็นกล้วยเพื่อบังแดด และเก็บความชื้นในดิน ต่อไปควรเป็นผลไม้ และไม่ยืนต้น ระหว่างที่ไม่ยืนต้นยังไม่โต ก็ปลูกพืชล้มลุกอายุสั้นระหว่างแถว เช่น พริก มะเขือ ถั่วต่าง ๆ จนกว่าจะปลูกไม้ได้จึงเปลี่ยนไปปลูกไม้ยืนต้น เช่น ขิง ข่า และพืชหัว เป็นต้น พื้นที่ปลูกพืชผสมผสานเหล่านี้มีพื้นที่รวมกันประมาณ 4.5 ไร่ แต่ในบางท้องที่ขนาดของสระ และพื้นที่ปลูกข้าวรวมกันอาจน้อยกว่า 9 ไร่ พื้นที่ที่ลดลงอาจใช้ปลูกพืชผสมได้ รวมทั้งบริเวณรอบที่อยู่อาศัย คันดิน ทางเดิน และขอบสระอาจใช้ปลูกพืชต่าง ๆ ได้ นับพื้นที่รวมกันเป็นพื้นที่ปลูกพืชผสม

พืชผสมผสานดังกล่าวข้างต้น ส่วนใหญ่จะใช้เป็นอาหารประจำวัน ได้แก่ ผัก ผลไม้ สมุนไพร และเครื่องเทศ ซึ่งเป็นอาหารหลักของคนไทยที่กินกับข้าวมาเป็นเวลาช้านานเช่นเดียวกับข้าว และปลา โดยเฉพาะพืชผักพื้นเมืองปัจจุบันมีมากกว่า 160 ชนิด บางชนิดมีพบทั่วทุกภาค บางชนิดมีเฉพาะภาค ส่วนที่เหลือก็สามารถจำหน่ายเป็นรายได้

ส่วนที่ 4 ร้อยละ 10 ใช้เป็นพื้นที่ปลูกสร้างที่อยู่อาศัยถาวร คันดิน และสิ่งก่อสร้างอื่น ๆ รวมประมาณ 1.5 ไร่ พื้นที่ส่วนนี้จะรวมคอกสัตว์เลี้ยง เรือนเพาะชำ ฉางเก็บผลิตผลเกษตร ปัจจัยการผลิต เครื่องมือเครื่องทุ่นแรง ฯลฯ และอาจรวมสวนรอบบ้านด้วย

สำหรับการเลี้ยงสัตว์ ควรเลือก เลี้ยงสัตว์บก เช่น วัวนม หมู ไก่ เป็ด และสัตว์น้ำ เช่น ปลาตะเพียน ปลาสลิด ปลานิล ปลาพืชมิม กุ้งก้ามกราม หอยขม ฯลฯ ให้เหมาะสมกับแรงงาน เงินทุน และพื้นที่ที่เหลือ ตลอดจนอาหารบางส่วนที่ได้จากในแปลงพืช (ต้นพืช รำข้าว ฟางข้าว มูลสัตว์ ฯลฯ) โดยไม่ต้องเน้นเป็นรายได้หลัก แต่เพื่อเป็นรายได้เสริม และอาหารประจำวัน โดยเฉพาะปลาซึ่งเป็นอาหารประจำวันของคนไทยที่บริโภคร่วมกับข้าว และผักมาตั้งแต่ โบราณกาล สำหรับเทคนิคของการเลี้ยง ควรเป็นไปตามคำแนะนำของนักวิชาการ เช่นเดียวกับการปลูกพืช เช่น การสร้างคอกหรือเล้าสัตว์ค่อม ริมบ่อปลา เพื่อใช้มูลสัตว์เป็นอาหาร ปลา หรือการขุดบ่อปลาให้มีระดับ ความลึกต่างๆ กัน เป็นต้น

ทฤษฎีใหม่ ขั้นที่สอง: การรวมพลังกันในรูปกลุ่มหรือสหกรณ์

เมื่อการทำเกษตร “ทฤษฎีใหม่” ขั้นที่หนึ่งมีมากรายขึ้น และผ่านไปหลาย ๆ ปี ผลผลิตและรายได้จะมีเพิ่มขึ้น เกษตรกรจำเป็นต้องปรับปรุงตัวเองรวมกลุ่มกันในรูปกลุ่มหรือสหกรณ์ และร่วมแรงกันในเรื่องต่างๆ เช่น การผลิต (พันธุ์พืช เตรียมดิน ซลประทาน ฯลฯ) การตลาด (ลานตากข้าว ยุ้งเครื่องสีข้าว การจำหน่ายผลผลิต) การเป็นอยู่ (กะปิ น้ำปลา อาหาร เครื่องนุ่งห่ม ฯลฯ ที่ผลิตไม่ได้เอง) สวัสดิการ (สาธารณสุข ยารักษาโรค เงินกู้ ฯลฯ) การศึกษา (โรงเรียน ศูนย์การศึกษา ฯลฯ) สังคมและศาสนา เป็นต้น สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้เป็นความจำเป็นของชีวิตประจำวัน แต่ไม่อาจลงทุน ลงแรงเพียงลำพังได้ จะต้องอาศัยความร่วมมือกันระหว่างเพื่อนบ้าน และของ หน่วยงานราชการ มูลนิธิและเอกชน

ทฤษฎีใหม่ ขั้นที่สาม: การร่วมมือกับแหล่งเงิน (ธนาคาร) และแหล่งพลังงาน

เมื่อกิจการขั้นที่หนึ่งและขั้นที่สองเจริญเติบโตขึ้น จำเป็นจะต้อง พัฒนากิจการต่าง ๆ เพิ่มขึ้นอีก โดยติดต่อร่วมมือกับแหล่งเงินทุน (ธนาคาร) และแหล่งพลังงาน (บริษัทน้ำมัน) หรือเอกชน เพื่อดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ เช่น ตั้งและบริหารโรงสี ตั้งและบริหารร้านสหกรณ์ (1,3) ช่วยการลงทุน (1,2) ช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิต (4,5,6) เป็นต้น ทั้งนี้ ทั้งฝ่ายเกษตรกรและฝ่ายธนาคารกับบริษัทจะได้รับประโยชน์ เกษตรกรขายข้าวในราคา

สูง (ไม่กดราคา) ธนาคารกับบริษัทซื้อข้าวในราคาต่ำ (ซื้อข้าวเปลือกตรงจากเกษตรกรมาสีเอง (2)) เกษตรกรซื้อเครื่องอุปโภคบริโภค ในราคาต่ำ (เช่น สหกรณ์ ราคาขายส่ง (1,3)) ธนาคารกับบริษัท (เอกชน) จะสามารถขยาย บุคลากร

(4) เกษตรอินทรีย์

สำนักงานพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช.) ได้ให้นิยาม **เกษตรอินทรีย์ (Organic Farming)** ไว้ว่า หมายถึง ระบบการเกษตรที่เน้นความยั่งยืนทางสิ่งแวดล้อม สังคมและเศรษฐกิจ โดยเน้นการปรับปรุงบำรุงดิน เคารพต่อศักยภาพทางธรรมชาติของพืช สัตว์ เกษตรอินทรีย์เป็นระบบการเกษตรที่หลีกเลี่ยงการใช้ปุ๋ยเคมี และสารเคมีกำจัดศัตรูพืช เน้นการปลูกพืชหมุนเวียน ใช้เศษซากพืช มูลสัตว์ ปุ๋ยธรรมชาติ ปุ๋ยพืชสด ในการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน และใช้หลักการควบคุมศัตรูพืช โดยวิธีชีวภาพ (Biological Control) จุดเด่นของระบบเกษตรอินทรีย์ คือ ก่อให้เกิดผลผลิตทางการเกษตรที่ปลอดภัยจากสารพิษ เพิ่มมูลค่าของผลผลิตและตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค และเป็นการฟื้นฟูความอุดมสมบูรณ์ของดิน และสภาพแวดล้อม

เกษตรอินทรีย์เกิดขึ้นครั้งแรกในกลุ่มประเทศสหภาพยุโรปจากแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ด้านการเกษตร คือ F.H. King และ Sir Albert Howard โดยในปี ค.ศ. 1943 Sir Albert Howard ซึ่งได้รับการยกย่องว่าเป็นบิดาของเกษตรอินทรีย์ ได้วางหลักการเกษตรอินทรีย์ที่สำคัญไว้เป็นครั้งแรกในหนังสือชื่อ *An Agricultural Testament* ซึ่งนำเสนอหลักการของเกษตรอินทรีย์โดยสรุป คือ สุขภาพที่ดีเป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตทั้งหมดบนพื้นโลก โดยมีความเกี่ยวข้องกับ ดิน พืช สัตว์ และมนุษย์ ซึ่งจะเชื่อมโยงประสานซึ่งกันและกัน ดังนั้นผลกระทบที่เกิดขึ้นกับดินจะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตทั้งหมด ปัญหาการระบาดของโรคและแมลงที่มีต่อพืชและสัตว์ จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ และสุขภาพที่ไม่ดีของพืช สัตว์ และมนุษย์เกิดขึ้นจากดินมีปัญหา ซึ่งการปรับปรุงคุณภาพของดินไม่อาจทำได้โดยการใช้สารเคมี จึงจำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนการพัฒนา แก้ปัญหาที่ต้นเหตุ โดยการนำทรัพยากรธรรมชาติที่เหลือใช้กลับคืนสู่ดิน ผสมผสานกับการปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์ และไม่กระทำการใดๆ ที่จะเป็นการทำลายสิ่งมีชีวิตเล็กๆ ในดิน ซึ่งเป็นประโยชน์ในการแปรสภาพแร่ธาตุให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อไป

ระบบเกษตรอินทรีย์ได้รับการยอมรับอย่างเป็นทางการในด้านวิชาการจากหลายประเทศทั่วโลก รวมทั้งสหรัฐอเมริกา ซึ่งกระทรวงเกษตรของสหรัฐได้รายงานผลของการทำเกษตรอินทรีย์ทั่วประเทศ และพบว่าเกษตรอินทรีย์ไม่ใช่การทำเกษตรแบบล้าหลังแบบถอยหลังไม่สู่การทำเกษตรดั้งเดิมตามที่เข้าใจ ในสหรัฐอเมริกานั้นยังคงมีการใช้เครื่องจักรทุนแรง มีพันธุ์พืชที่มีคุณภาพ มีคำแนะนำการจัดการดินและน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ และสิ่งที่สำคัญ คือ การปฏิเสธ หลีกเลี่ยงการใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมีกำจัดศัตรูพืช มีการใช้พืชตระกูลถั่วและพืชคลุมดินปลูกเป็นพืชหมุนเวียนเพื่อทดแทนธาตุอาหารที่สำคัญบางชนิดจากปุ๋ยเคมี มีการนำมูลสัตว์เพื่อผลิตเป็นปุ๋ยคอกสำหรับหมุนเวียนธาตุอาหารที่สำคัญ ได้แก่ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสซึ่งสหรัฐอเมริกาได้เผยแพร่ข้อมูลดังกล่าวนี้ประมาณ ปี ค.ศ.1980 ผ่านหนังสือชื่อว่า *Report and Recommendations on Organic Farming* (วิฑูรย์ เลี่ยนจำรูญ, 2539) ต่อมากระทรวงเกษตรของสหรัฐอเมริกา ได้ให้ความหมายว่า เกษตรอินทรีย์ (Organic Farming) คือ ระบบการผลิต ทางเกษตรที่หลีกเลี่ยงการใช้ปุ๋ยเคมีสังเคราะห์ สารเคมี กำจัดศัตรูพืช และฮอร์โมนที่กระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชและ

สัตว์ การเกษตรกรรมอินทรีย์อาศัยการปลูกพืชหมุนเวียนเศษ ซากพืช มูลสัตว์ พืช ตระกูลถั่ว ปุ๋ยพืชสด เศษซากเหลือทิ้งต่าง ๆ การใช้ธาตุอาหารจากการผุพังของหินแร่ รวมทั้งใช้หลักการควบคุมศัตรูพืชโดยวิธีชีวภาพ เพื่อรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินเป็นแหล่งอาหารของพืชทั้งเป็นการควบคุมศัตรูพืชต่าง ๆ เช่น แมลง โรค และวัชพืช เป็นต้น (Barry Wookey, 1987 อ้างโดย วิฑูรย์ เลี่ยนจำรูญ, 2539)

ในประเทศไทย กลุ่มกรีนเนทซึ่งเป็นองค์กรเอกชนที่ดำเนินกิจกรรมเกี่ยวกับเกษตรอินทรีย์มาเป็นระยะเวลาอันยาวนานได้สรุปหลักการสำคัญของเกษตรอินทรีย์ไว้ดังนี้

การอนุรักษ์นิเวศเกษตร

หลักการสำคัญของเกษตรอินทรีย์ คือ การอนุรักษ์ระบบนิเวศการเกษตรและสิ่งแวดล้อม ด้วยการปฏิเสธการใช้สารเคมีสังเคราะห์ทุกชนิด เนื่องจากสารเคมีเหล่านี้มีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ที่อยู่ในฟาร์ม ทั้งสัตว์, แมลง, และจุลินทรีย์ ทั้งที่อยู่บนผิวดิน และใต้ดิน เนื่องจากในกลไกธรรมชาติ สิ่งมีชีวิตเหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการสร้างสมดุลของระบบนิเวศเกษตร ไม่ว่าจะเป็นการช่วยควบคุมประชากรของสิ่งมีชีวิตอื่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งศัตรูพืช หรือ การพึ่งพาอาศัยกันในการดำรงชีวิต เช่น การผสมเกสร, การช่วยย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ การผลิตธาตุอาหารที่จำเป็น

การฟื้นฟูระบบนิเวศเกษตร

เกษตรอินทรีย์เน้นให้มีการฟื้นฟูสมดุล และความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศ แนวทางหลักในการฟื้นฟู นิเวศเกษตร คือ การปรับปรุงบำรุงดินด้วยการใช้อินทรีย์วัตถุ และเพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพ

การพึ่งพากลไกธรรมชาติในการทำเกษตร

การเกษตรอินทรีย์ตั้งอยู่บนปรัชญาที่ว่า ต้องเป็นไปตามครรลองของธรรมชาติ ไม่ใช่การเกษตรที่ฝืนวิถีธรรมชาติแต่เป็นการเรียนรู้จากธรรมชาติและการปรับระบบการเกษตรให้เข้ากับวิถีแห่งธรรมชาติ กลไกธรรมชาติที่สำคัญ ได้แก่ วงจรการหมุนเวียนธาตุอาหาร วงจรการหมุนเวียนของน้ำ พลวัตรของภูมิอากาศ และแสงอาทิตย์ รวมทั้งสัมพันธ์กันของสิ่งมีชีวิต ทั้งในเชิงของการเกื้อกูล การพึ่งพา และห่วงโซ่อาหาร

การควบคุมและป้องกันมลพิษ

ในระบบเกษตรอินทรีย์ต้องมีการป้องกันมลพิษต่าง ๆ จากภายนอกแปลงเกษตรกรรมไม่ให้ปนเปื้อนกับผลผลิตโดย การจัดทำแนวกันชน และแนวป้องกันบริเวณขอบแปลง และภายในแปลงเกษตรกรรมจะต้องลด หรือป้องกันมลพิษที่อาจจะเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตของฟาร์มเองด้วย เช่น ให้มีระบบจัดการขยะ และน้ำเสียก่อนที่จะปล่อยออกนอกฟาร์ม หรือ ไม่ใช้วัสดุบรรจุผลผลิตที่อาจมีสารพิษปนเปื้อนได้

การพึ่งพาตนเองด้านปัจจัยการผลิต

เกษตรอินทรีย์มีหลักที่มุ่งให้เกษตรกรพยายามผลิตปัจจัยการผลิตต่าง ๆ ด้วยตนเองให้ได้มากที่สุด เช่น ปุ๋ยอินทรีย์ เมล็ดพันธุ์ เป็นต้น หากเกษตรกรไม่สามารถผลิตได้เองก็สามารถหาซื้อได้จากนอกฟาร์มแต่ควรจะเป็นปัจจัยการผลิตที่มีอยู่แล้วในท้องถิ่น

สำหรับการจัดการเกษตรอินทรีย์นั้นไม่สามารถที่จะใช้เพียงวิธีการจัดการอย่างใดอย่างหนึ่งได้ แต่ต้องใช้หลายๆ วิธีร่วมกัน อย่างต่อเนื่อง และเชื่อมโยงกัน เพื่อให้เกิดความสมดุลและเกิดประสิทธิผลสูงสุดในการฟื้นฟูและรักษาความสมบูรณ์ของระบบนิเวศการเกษตร เทคนิควิธีทางธรรมชาติที่ใช้ในระบบเกษตรอินทรีย์จึงมีหลายวิธี เช่น

1) การใช้วัสดุคลุมดิน โดยใช้เศษซากอินทรีย์วัตถุ เช่น ใบไม้ ฟางข้าว แกลบ ชานอ้อย มูลสัตว์ หรือ ปล่อยให้มีพืชปกคลุมในบริเวณที่ต้องการ เพื่อรักษาความชุ่มชื้น และอุณหภูมิในดิน ป้องกันการชะล้างของหน้าดิน ควบคุมวัชพืช และเมื่อเน่าเปื่อยลงก็กลายเป็นปุ๋ยบำรุงดินได้ด้วย

2) การปรับปรุงโดยใช้พืชตระกูลถั่วเนื่องจากพืชตระกูลถั่วสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศ ให้เปลี่ยนมาเป็นปุ๋ยไนโตรเจนในรูปที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ และ خاکตื้นถั่วยังสามารถใช้เป็นปุ๋ยพืชสด หรือ ปุ๋ยหมักได้ด้วย

3) การใช้ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก หินแร่ และเศษวัสดุจากการเกษตร ธาตุอาหารที่อยู่ในเศษซากเหล่านี้ จะหมุนเวียนกลับไปสู่ดินได้โดยไม่ทำลายความสมดุลของระบบนิเวศ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อพืชทั้งทางตรงและทางอ้อม อีกทั้งยังช่วยให้พืชได้รับธาตุอาหารครบถ้วน โดยเฉพาะธาตุอาหารรองที่ไม่มีในปุ๋ยเคมี

4) การลดการไถพรวน โดยให้มีการไถพรวนน้อยที่สุด หรือ ใช้การไถพรวนแบบอนุรักษ์ เพื่อลดการรบกวนกิจกรรมและปริมาณของจุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อดิน

5) การผสมผสานการปลูกพืชเลี้ยงสัตว์ เพื่อหมุนเวียนการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรต่างๆ และจัดการทรัพยากรในแปลงเกษตรกรรมให้มีความเกื้อกูลกัน ซึ่งจะเกิดประโยชน์ทั้งในแง่ของการควบคุมศัตรูพืช และการเพิ่มอินทรีย์วัตถุ

6) การควบคุมศัตรูพืชโดยไม่ใช้สารเคมี ทั้งสารเคมีกำจัดวัชพืช แมลงศัตรูพืช และโรคพืช

นอกจากนี้ ชมชน บุญระหงษ์ และคณะ (2553) ได้สรุปหลักการเกษตรอินทรีย์ โดยเน้นย้ำว่า เกษตรอินทรีย์ที่จะทำให้เกษตรกรอยู่รอดได้จริง ต้องเป็น “เกษตรอินทรีย์ในระบบเกษตรยั่งยืน” และต้องไม่ใช่เกษตรอินทรีย์เชิงเดี่ยว โดยจากประสบการณ์ในการทำงานร่วมกับเกษตรกรรายย่อย และผู้บริโภคของสถาบันชุมชนเกษตรกรรมยั่งยืน ได้สรุปหลักการเกษตรอินทรีย์ในระบบเกษตรกรรมยั่งยืนไว้ดังต่อไปนี้

1) การพึ่งตนเองและเศรษฐกิจพอเพียง

- (1) เริ่มจากการผลิตอาหารที่ใช้กระบวนการทางธรรมชาติเพื่อบริโภคในครอบครัวก่อน
- (2) พึ่งตนเอง เน้นการลดรายจ่าย ใช้ปัจจัยการผลิตและทรัพยากรในท้องถิ่นเป็นหลัก
- (3) ทำการเกษตรที่มีระบบเหมือนป่าธรรมชาติ เสริมสร้างความหลากหลายทางชีวภาพในไร่นา เพื่อทำให้เกิดความสมดุลของระบบนิเวศ ตามหลักการของห่วงโซ่อาหารที่ประกอบด้วย

“ผู้ผลิต-ผู้บริโภค-ผู้ย่อยสลาย”

- (4) ใช้และพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสม
- (5) มีการแปรรูป และจำหน่ายที่ตลาดชุมชนก่อน หากเหลือถึงนำไปขายที่ห่างไกลออกไป

2) การใช้ทรัพยากรอย่างชาญฉลาด รู้คุณค่า

- (1) ไม่ใช้สารเคมีสังเคราะห์ในกระบวนการผลิต แปรรูป ตลาด ทุกขั้นตอน
- (2) รวบรวม พัฒนา ปรับปรุงพันธุ์กรรมพืช สัตว์ จุลินทรีย์ท้องถิ่น
- (3) เพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินอย่างต่อเนื่องด้วยการหมุนเวียนทรัพยากรของไร่นาให้เกิดประโยชน์สูงสุด: คน พืช สัตว์ จุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ
- (4) วัชพืชคือทรัพยากรที่มีคุณค่าเป็นทั้งอาหารและยา ฯลฯ
- (5) พัฒนาองค์ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นด้วยการศึกษา ทดลอง วิจัยอย่างต่อเนื่อง

3) สนับสนุนการแลกเปลี่ยนเรียนรู้บนฐานองค์ความรู้ เพื่อพัฒนาคน องค์กรและเครือข่าย

- (1) ตระหนักในการสร้างโอกาสในการมีส่วนร่วม ในองค์ความรู้ ข้อมูล การคิด ตัดสินใจ ดำเนินการรับผิดชอบและประเมิน บทบาทชายหญิง
- (2) สร้างและพัฒนาองค์กรมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ท้องถิ่น ที่ชุมชนและสังคมเชื่อมั่น

- (3) สร้างและพัฒนาองค์กรเกษตรกรและผู้บริโภคยกระดับเป็นเครือข่ายและสถาบันของชุมชน
“ชุมชนเกษตรกรรมยั่งยืน”
(4) พัฒนาแผนชุมชนยั่งยืน

จากวิธีการจัดการดังกล่าวในหัวข้อที่ผ่านมาจะเห็นว่า หลักการทำเกษตรอินทรีย์นั้นให้ความสำคัญอย่างมากต่อการหลีกเลี่ยงและไม่ใช้สารเคมีสังเคราะห์ และโดยเฉพาะอย่างยิ่งเน้นการปรับปรุงบำรุงดิน และรักษาความสมดุลในดินให้มีความอุดมสมบูรณ์ ซึ่งความอุดมสมบูรณ์ของดินนั้น หมายถึง ความสามารถของดินในการให้ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งส่วนประกอบหลักของดินที่สมบูรณ์นั้นต้องประกอบด้วย อินทรีย์สาร อนินทรีย์สาร น้ำ อากาศ ซึ่ง **อินทรีย์สาร**จะเป็นแหล่งอาหารและพลังงานให้กับสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่อาศัยอยู่ในดิน ได้แก่ โปรโตซัว แมลงที่เป็นประโยชน์ขนาดเล็ก ไส้เดือน เชื้อจุลินทรีย์พวกรา แบคทีเรีย แอคติโนมัยซิส ยีสต์ และสาหร่าย อย่างไรก็ตาม หลักการทำเกษตรอินทรีย์ดังกล่าวนี้ควรเป็นไปตามหลักปฏิบัติของการทำเกษตรยั่งยืนที่เน้นความหลากหลาย สอดคล้องกับทรัพยากรในพื้นที่ และการพึ่งตนเอง กล่าวคือ ควรเป็นเกษตรอินทรีย์ในระบบเกษตรยั่งยืน ดังข้อกล่าวข้างต้น

(5) เกษตรธรรมชาติ

เกษตรธรรมชาติ (Natural Farming) คำนี้เกิดขึ้นประมาณปี 2530 ภายหลังจากที่ขอเขียนเรื่อง One Straw Revolution ของ มาซาโนบุ ฟูกูโอกะ ได้รับการถอดความและตีพิมพ์เป็นภาษาไทย แนวความคิดเรื่องเกษตรธรรมชาติจึงได้รับการขานรับอย่างกว้างขวาง วัตถุประสงค์ของเกษตรธรรมชาติ คือ ให้ธรรมชาติควบคุมธรรมชาติ ดังนั้น ระบบเกษตรธรรมชาติจึงเป็นระบบเกษตรกรรมที่สร้างผลผลิตพืชและสัตว์ให้สอดคล้องกับพื้นที่ โดยพยายามแทรกแซงการใช้ปัจจัยและเทคโนโลยีทางการผลิตต่างๆให้น้อยที่สุด เพื่อให้ระบบเกษตรกรรมและธรรมชาติสามารถเกื้อกูลซึ่งกันและกันเป็นองค์รวม จนนำไปสู่ความสมดุลทางธรรมชาติในที่สุด หลักการและเงื่อนไขของเกษตรธรรมชาติ แนวความคิดและหลักการไม่กระทำ (Do-nothing) ที่ถูกถ่ายทอดไว้โดยฟูกูโอกะในหนังสือ One Straw revolution, The Road Back to Nature และ The Natural Way of Farming ซึ่งถือเป็นรากฐานของเกษตรกรรมธรรมชาติ 4 ประการ (วิฑูรย์ เลี่ยนจำรูญ, 2539) คือ

1) ไม่มีการไถพรวนดิน

การไม่ไถพรวนนับเป็นหลักการพื้นฐานของเกษตรกรรมธรรมชาติ เนื่องจากในธรรมชาติถือว่าดินมีการไถพรวนโดยธรรมชาติจากการซอกไชของแมลงและสิ่งมีชีวิตเล็กในดิน การไถพรวนดินก่อให้เกิดการทำลายโครงสร้างของดิน ทำให้ดินจับตัวกันแน่นแข็ง รากพืชและสิ่งมีชีวิตในดิน ไม่สามารถทำหน้าที่ตามธรรมชาติได้ อีกทั้งยังทำให้เกิดปัญหาการสูญเสียหน้าดินอีกด้วย

2) ไม่ใช้ปุ๋ยเคมีหรือทำปุ๋ยหมัก

การใช้ปุ๋ยเคมีเป็นการเร่งการเจริญเติบโตของพืชแบบชั่วคราว ธาตุอาหารที่พืชได้รับไม่ครบสมบูรณ์ ทำให้พืชอ่อนแอเกิดโรคและแมลงง่าย นอกจากนี้ ดินที่ใส่ปุ๋ยเคมีเป็นเวลานานจะมีสภาพเป็นกรดและเนื้อดินไม่ร่วนซุย สำหรับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์มีความจำเป็นอยู่บ้างโดยเฉพาะในช่วงแรกที่ต้องมีการปรับสภาพสิ่งแวดล้อมที่เสียไปจากการทำการเกษตรเคมีมานาน

3) ไม่กำจัดวัชพืช

เนื่องจากการกำจัดวัชพืชเป็นงานที่หนัก เป็นภาระแก่เกษตรกรค่อนข้างมาก และยังมีผลต่อโครงสร้างดิน ทำให้ดินขาดพืชคลุมดิน ในระบบเกษตรธรรมชาติจึงมองวัชพืชในมุมมองใหม่ โดยมองที่คุณค่าและประโยชน์ของวัชพืชในฐานะของการเป็นพืชคลุมดิน ช่วยลดการชะล้างพังทลายและลดการระเหยของน้ำ

4) ไม่ใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช

การใช้สารเคมีปราบศัตรูพืชนอกจากจะทำลายศัตรูพืชแล้ว ยังทำลายสิ่งมีชีวิตที่มีประโยชน์ต่อพืชหรือสิ่งมีชีวิตที่เป็นศัตรูธรรมชาติทำให้เสียสมดุลธรรมชาติ และยังก่อให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม มลพิษ และปัญหาสารพิษตกค้างตามมาอีกด้วย ในระบบเกษตรธรรมชาติ จึงควรใช้กลไกทางธรรมชาติทำหน้าที่ศัตรูพืชด้วยตัวมันเอง รวมถึงให้ความสำคัญกับการคลุมดิน (Mulching) และการปลูกพืชเพื่อบำรุงดิน

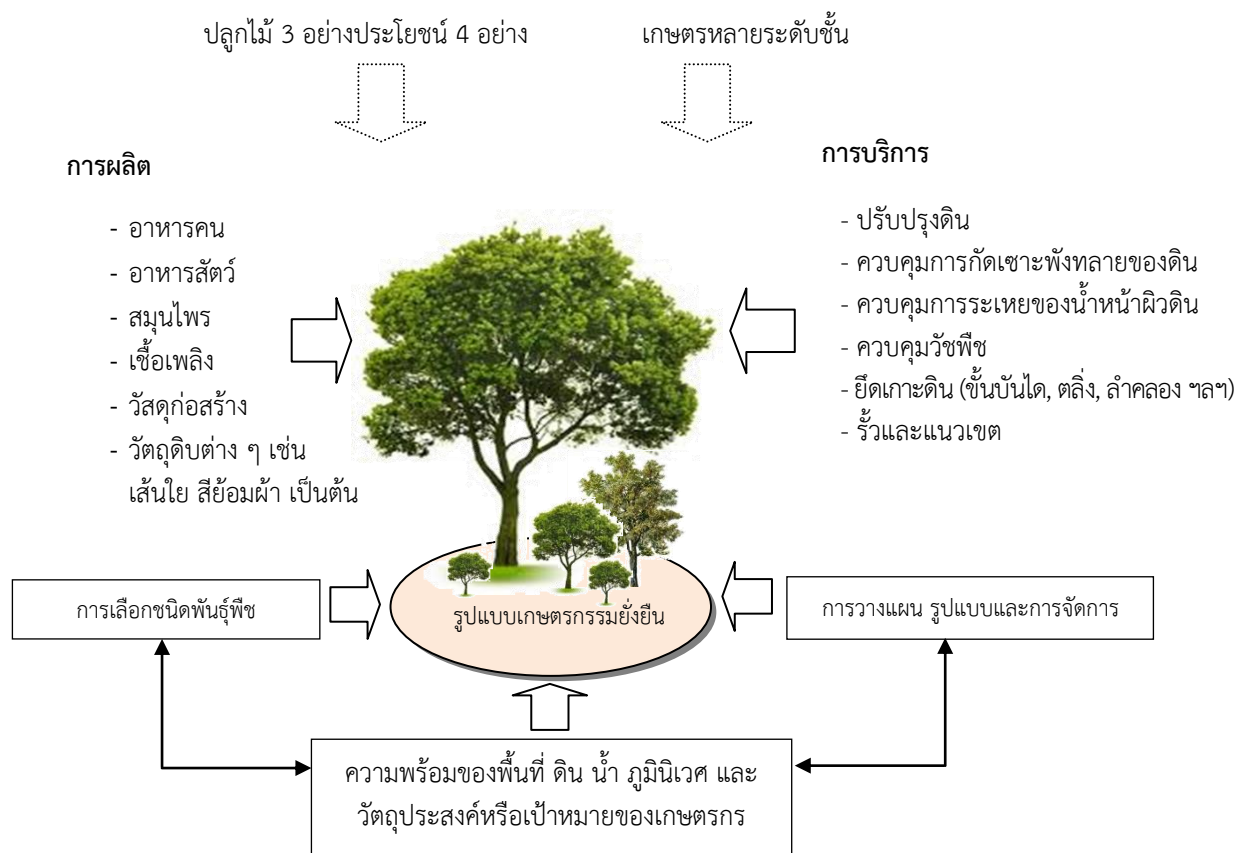
บทสรุป หลักสำคัญของเกษตรยั่งยืนในรูปแบบต่าง ๆ ที่ได้สรุปนำเสนอไว้ข้างต้น คือ การสร้างระบบนิเวศเกษตรให้มีลักษณะดังนี้

- **ความหลากหลาย:** ปลูกพืช เลี้ยงสัตว์หลากหลายชนิด
- **ความปลอดภัย:** หลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีและสารพิษในระบบเพื่อลดผลกระทบต่อผู้ผลิต ผู้บริโภค และสิ่งมีชีวิตในระบบทั้งบนดิน ในดิน น้ำ และอากาศ
- **ดินมีชีวิต:** ไม่ทำลายสิ่งมีชีวิตในดินโครงสร้างดิน ปรับปรุงบำรุงดินโดยใช้สารอินทรีย์ ชีวภาพ
- **การสร้างวงจรหมุนเวียนธาตุอาหาร:** สร้างระบบนิเวศเกษตรที่มีการเกื้อกูลหมุนเวียนธาตุอาหารในระบบอย่างสมดุล ลดการพึ่งพิงภายนอก
- **โครงสร้างหลายระดับเลียนแบบนิเวศป่าธรรมชาติ:** การสร้างความหลากหลายของพืชสามารถใช้หลักการการปลูกพืชแบบหลายระดับใช้หลักความเกื้อกูล และใช้พื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น หลักการปลูกป่า 3 อย่าง ประโยชน์ 4 อย่าง ซึ่งมีพันธุ์ไม้หลายระดับ ที่ให้ประโยชน์ต่างกันทั้งเป็นอาหาร สมุนไพร ไม้ใช้สอย ไม้เชื้อเพลิง และการสร้างสภาพแวดล้อมที่ดี ทั้งดิน น้ำ อากาศ

4.1 การปลูกพืชในระบบเกษตรกรรมยั่งยืน

4.1.1 หลักการเลือกชนิดของพันธุ์พืช

ในระบบเกษตรยั่งยืนพืชมีหน้าที่ 2 ส่วนหลัก คือ หน้าที่ในการผลิต และการบริการ โดยเกษตรกรสามารถเลือกชนิดของพันธุ์พืชและวางรูปแบบ และการจัดการ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยมีหลักในการเลือกชนิดพันธุ์พืช ตามภาพที่ 4.1 นอกจากนี้ หากเกษตรกรต้องการปลูกพืชในกลุ่มไม้ยืนต้นสามารถเลือกชนิดพันธุ์โดยประยุกต์ใช้หลักการเลือกดังสรุปไว้ในตารางที่ 4.1



ที่มา: ดัดแปลงจาก มณฑล จำเริญพฤษก (2536)

ภาพที่ 4.1 การเลือกชนิดพันธุ์พืชในระบบเกษตรยั่งยืน

ตารางที่ 4.1 ข้อควรพิจารณาในการเลือกชนิดพันธุ์ไม้ยืนต้น

คุณลักษณะ	ประโยชน์
เอนกประสงค์	ให้ผลผลิตหลายอย่าง เช่น ไม้เป็นเชื้อเพลิง ก่อสร้างอาหารสัตว์ ปุ๋ยพืชสด สมุนไพร
การเติบโต	โตเร็ว เพิ่มปริมาณผลผลิตชีวมวลได้ดี
การเจริญของราก	รากลึก ไม่กระทบกับพืชไร่อื่น ๆ
การแข่งขัน	ไม่แย่งพื้นที่ สารอาหาร อากาศ แสง และน้ำ
การแตกยอดใหม่	การเจริญของยอด/กิ่ง ได้ดี หลังจากตัดแต่ง
สารอาหาร และรสชาติ	เป็นพืชอาหารสัตว์ได้ ไม่เป็นพิษ ใบไม่หยาบเกินไป
เรือนยอด	แสงผ่านได้ แต่ยังให้ร่มเงาได้ดี
การตรึงไนโตรเจน	สามารถตรึงไนโตรเจน เพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน
ด้านเศรษฐกิจ	ให้ผลผลิตสามารถขายได้ เช่น ผลไม้ ไม้ใช้สอย ไม้ฟืน เป็นต้น
ด้านสิ่งแวดล้อม	ไม่เป็นอันตรายต่อพืชชนิดอื่น เหมาะสมกับพื้นที่ ปรับตัวได้ดี สนับสนุนการเพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพ

4.1.2 พืชในระบบเกษตรผสมผสาน

การเลือกปลูกพืชผสมผสานหลายชนิดในพื้นที่เดียวกันต้องอาศัยคำแนะนำทางวิชาการ และประสบการณ์ หรือภูมิปัญญาชาวบ้าน เพราะพืชบางชนิดจะปลูกร่วมกันได้ บางชนิดปลูกร่วมกันไม่ได้ จึงมีหลักพิจารณาเพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากพืชผสมผสานได้สูงสุด เช่น

- (1) พิจารณาความสูงของเรือนยอดของพืชชนิดต่าง ๆ โดยแบ่งความสูงออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้
 - สูง เช่น มะพร้าว มะขาม ประดู่ ไม้ ชนุน เหลียง สะตอ เนียง มะตูม เป็นต้น
 - ปานกลาง เช่น มะม่วง ส้ม มะนาว มะรุม ผักหวาน ขี้เหล็ก มะดัน กระท้อน น้อยหน่า กล้วย มะละกอ อ้อย สะเดา มะกรูด ชะมวง หมุย ชะอม มะยม ทองหลาง มะกอกป่า มะเฟือง มะอึก ยอ เป็นต้น
 - ชั้นล่าง เช่น ขิง ข่า ตะไคร้ สะระแหน่ บัวบก บอน กระชาย ขมิ้น ชะพลู สับปะรด บุก มันชนิดต่าง ๆ มะเขือ พริก กระเจี๊ยบมอญ กระเจี๊ยบแดง ผักโขม เป็นต้น
- (2) พิจารณาจากประโยชน์ ที่เน้นการปลูกพืชอาหาร โดยการแบ่งเป็นกลุ่มต่าง ๆ เช่น
 - พืชสวนครัว เช่น พริก กะเพรา โหระพา แมงลัก ตะไคร้ มะกรูด พริกไทย มะอึก มะนาว เป็นต้น
 - รั้วกินได้ เช่น ตำลึง ขจร โสน ถั่วพู มันปู กระถิน มะขามเทศ บวบ ฟักเขียว มะระ ใผ่ น้ำเต้า ฟักข้าว เป็นต้น

- ผักส้มตำ เช่น มะละกอ ถั่วฝักยาว ถั่วพุ่ม มะนาว พริก
- ผักข้าวยา เช่น กระถิน ส้มโอ มะดัน มะขาม สะตอ ถั่วฝักยาว ตะไคร้ มะม่วง ข้าว มะกรูด มะพร้าว
- ผักแกงแค เช่น ชะอม ชะพลู กะเพรา ตำลึง ผักชีฝรั่ง ผักขี้หูด มะเขือเปราะ หน่อไม้ ผักเผ็ด ถั่วฝักยาว มะเขือพวง ตะไคร้

นอกจากนี้ หากพิจารณาชนิดพืชโดยใช้ลักษณะของพืชและการให้ผลผลิต สามารถดูตัวอย่างพืชได้ในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ตัวอย่างของชนิดพืชและเห็ดที่สามารถเลือกปลูกในระบบเกษตรผสมผสาน

ประเภท	ชนิดพืช
พืชสวน (ไม้ผล)	เช่น มะม่วง มะพร้าวแก่ มะพร้าวน้ำหอม มะขาม ขนุน ละมุด ส้มเขียวหวาน ส้มโอ ส้มโชกุน ฝรั่ง น้อยหน่า กระท้อน มะละกอ ชมพู และกล้วย เป็นต้น
พืชสวน (ผักยืนต้น/เถา/อายุปานกลางถึงยาว)	เช่น แคนกัน มะรุม สะเดา ชะอม ขี้เหล็ก ผักหวาน กระถิน เถลิง เนียง สะตอ หนุ่ย ทำมึง ชะมวง มันปู มะอึก มะกอก ย่านาง ถั่วมะแฮะ ตำลึง ถั่วพู เป็นต้น
พืชสวน (ผักล้มลุก/อายุสั้น)	เช่น พริก กะเพรา โหระพา ตะไคร้ ขิงข้าว กระชาย ชะพลู แมงลัก สะระแหน่ บัวบก มันเทศ มันสำปะหลัง เผือก บุก ถั่วฝักยาว ถั่วพุ่ม มะเขือ พักเขียว พักทอง ผักบุ้งไทย ผักบุ้งจีน ผักคะน้า ผักกาดขาว ผักกาดหอม ผักไผ่ หอม กระเทียม และมะละกอ เป็นต้น
พืชสวน (ไม้ดอกและไม้ประดับ)	เช่น มะลิ ดาวเรือง บานไม่รู้โรย กุหลาบ รัก ช่อนกลิน ปทุมมา กระเจียว และดอกไม้เพื่อทำดอกไม้แห้ง เป็นต้น
สมุนไพรและเครื่องเทศ	บางชนิด จัดอยู่ในกลุ่มพืชผัก เช่น พริก พริกไทย กะเพรา สะระแหน่ แมงลัก และตะไคร้ เป็นต้น แต่ยังมีบางประเภทที่ใช้เป็นยารักษาโรคและน้ำมันหอม เช่น ขมิ้นชัน (โรคกระเพาะ) พญาหอหรือเสลดพังพอน (โรคเรื้อรัง) ไพล (ปวดเมื่อย) ฟักทะลายโจร (แก้ไข้) มะแว้ง (แก้ไข้ และแก้ไอ) ขุมเห็ด และมะขามแขก (ยาระบายอ่อน ๆ) ทองพันชั่ง (ความดันสูง) กระเทียม (ความดันสูง) ตะไคร้หอม (ยากันยุง) และแฝกหอม เป็นต้น
พืชน้ำ	ปลูกในสระหรือพื้นที่ชุ่มน้ำ เช่น ผักกระเฉด ผักบุ้งไทย กระเจียว บัวสาย ผักกูด และโสน เป็นต้น
ไม้ยืนต้น (ใช้สอยและเชื้อเพลิง แต่บางชนิดมีส่วนที่กินได้)	เช่น ไม้ มะพร้าว ตาล เสี้ยว กระถิน สะแก ยูคาลิปตัส สะเดา ขี้เหล็ก สัก ยางนา และหลายชนิดมีคุณสมบัติ บำรุงดินด้วย เช่น ประดู่บ้าน ประดู่ป่า พะยูง ชิงชัน กระถินณรงค์ กระถินพิมาน กระถิน-เทพา มะค่าโมง ทั้งถ่อน จามรีป่า จามจุรี ทองหลวง กระถินไทย และมะขามเทศ เป็นต้น
พืชไร่	พืชไร่หลายชนิดไม่เหมาะกับการปลูกผสมกับพืชอื่น เพราะต้องการแสงแดดมากและไม่ชอบการเปียกเสียด แต่อาจปลูกได้ในช่วงแรกที่ยืนต้นยังไม่โต ไม่แย่งร่งเงามากนัก บางชนิดอาจเก็บเกี่ยวเมื่อผลผลิตยังสดอยู่และรับประทาน หรือ จำหน่ายเป็นพืชผักซึ่งจะมีราคาดีกว่าเมื่อเก็บผลผลิตแก่ พืชไร่เหล่านี้ ได้แก่ ข้าวโพด ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ถั่วพุ่ม ปอกระเจา อ้อยคั้นน้ำ และมันสำปะหลัง เป็นต้น

ประเภท	ชนิดพืช
	พืชไร่บางชนิดเป็นพืชยืนต้น อาจปลูกตามริมแปลง หัวไร่ปลายนาได้ เช่น นุ่น ละหุ่ง และฝ้ายสำลี เป็นต้น ส่วนดีของพืชไร่ คือ ผลผลิตเก็บไว้ได้นาน ต่างกับพืชสวนที่ผลิตผลเก็บไว้ไม่ได้นาน จะต้องรีบจำหน่ายหรือบริโภค หรือแปรรูปทันที
พืชบำรุงดิน และพืชคลุมดิน	ชนิดที่เป็นพืชล้มลุก ควรปลูกแซม ผลไม้ หรือ ไม้ยืนต้น ขณะที่ต้นยังเล็กอยู่ หรือปลูกตามหลังข้าว เช่น ถั่ว มะแขว่ ถั่วฮามาต้า โสนอัฟริกัน โสนพื้นเมือง ปอเทือง ถั่วพริ้ว รวมทั้งถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วลิสง และถั่วพุ่ม เป็นต้น บางชนิด เป็นพืชยืนต้น อาจปลูกผสมกับพืชอื่น หรือปลูกตามหัวไร่ปลายนาได้ บางอย่างอยู่ในกลุ่มพืชสวนที่บริโภคได้ บางอย่างอยู่ในกลุ่มไม้ใช้สอยและเชื้อเพลิง เช่น ขี้เหล็ก กระถิน ชะอม ถั่วมะแขว่ สะตอ หางไหล มะขาม มะขามเทศ มะขามแขก ประดู่บ้าน ประดู่ไทย ทองหลาง และสะเดาช้าง เป็นต้น สำหรับ พื้นที่ที่มีความลาดเท หรือริมบ่อ ริมคันดิน ควรปลูกแฝก เป็นแถวขวาง แนวลาดเอียง เพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน
เห็ด	เช่น เห็ดฟาง เห็ดนางฟ้า เห็ดเป๋าฮื้อ เห็ดป่า/เห็ดธรรมชาติ ซึ่งเกษตรกรสามารถปลูกได้ เมื่อมีต้นไม้อายุ 1 ปีขึ้นไป

4.1.3 การปลูกพืชตามหลักการปลูกไม้ 3 อย่าง ประโยชน์ 4 อย่าง

การปลูกไม้ 3 อย่าง คือ ไม้ใช้สอย ไม้กินได้ ไม้เศรษฐกิจ จะให้ประโยชน์ 4 ประการ คือ ไม้ใช้สอยและเศรษฐกิจ ไม้ฟืน ไม้กินได้ และประการสุดท้าย คือ สามารถช่วยอนุรักษ์ดินและต้นน้ำลำธารด้วย ซึ่งประเภทไม้ 3 อย่างที่เหมาะสมแก่การปลูกนั้นพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว (รัชกาลที่ 9) ทรงเน้นให้ใช้พันธุ์ไม้ที่มีอยู่แล้วในท้องถิ่น เพราะเป็นไม้ที่สามารถเจริญเติบโตได้ดี มีลักษณะที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่อยู่แล้วไม่เป็นการเสี่ยงต่อภาวะการรอดตายและการเจริญเติบโต เป็นและที่รู้จักของราษฎรในท้องถิ่นอย่างดี (คณิต ธนธรรมเจริญ, 2546) ประเภทของป่า 3 อย่าง และการใช้ประโยชน์ 4 อย่าง และแนวทางปฏิบัติสรุปได้ ดังนี้

1) ป่า 3 อย่าง ได้แก่

- (1) ป่าไม้ใช้สอย ไม้สำหรับใช้ก่อสร้าง ทำเครื่องมือเครื่องใช้ต่าง ๆ เช่น ไม้ไผ่ ไม้โตเร็ว ไม้เนื้อแข็งชนิดต่าง ๆ เป็นต้น
- (2) ป่าไม้กินได้ คือ ไม้ผล พืชผักที่ใช้เป็นอาหาร รวมถึงสมุนไพรชนิดต่าง ๆ
- (3) ป่าไม้เศรษฐกิจ คือ ไม้ที่ปลูกไว้ขาย ไม่ว่าจะเป็น ไม้ผลเศรษฐกิจ และไม้ที่ปลูกไว้ขายเนื้อไม้ เช่น ไม้สัก เป็นต้น

2) ประโยชน์ 4 อย่าง ได้แก่

- (1) ประโยชน์ในการเป็นไม้ใช้สอย โดยนำมาสร้างบ้าน ทำเล้าเปิด เล้าไก่ ดำจอบ/เสียม ทำหัตถกรรม หรือกระทั่งเป็นฟืนในการหุงต้ม
- (2) ประโยชน์ในการเป็นอาหาร ทั้งพืชกินใบ กินผล กินหัว และเป็นยาสมุนไพร
- (3) ประโยชน์ในการเป็นแหล่งรายได้ของครัวเรือน เป็นพืชที่สามารถนำมาจำหน่ายได้ ซึ่งควรปลูกพืชหลากหลายชนิดเพื่อลดความเสี่ยงเรื่องราคาตกต่ำและไม่แน่นอน

(4) ประโยชน์ในการช่วยอนุรักษ์ดินและน้ำ การปลูกพืชที่หลากหลายอย่างเป็นระบบ ช่วยสร้างสมดุลของระบบนิเวศในสวน ช่วยปกป้องผิวดินให้ชุ่มชื้น ดูดซับน้ำฝน และค่อย ๆ ปลดปล่อยความชื้นสู่แปลงเกษตรกรรม

การปลูกป่า 3 อย่าง ประโยชน์ 4 อย่าง ใช้หลักการปลูกพืชแบบหลายระดับชั้น แบ่งเป็น 5 ระดับตามชั้นความสูงของต้นไม้และระบบนิเวศของป่าดังนี้

- (1) ไม้ระดับสูง เช่น ตะเคียน ยางนา มะค่าโมง สะตอ มะพร้าว ฯลฯ
- (2) ไม้ระดับกลาง เช่น ผักหวานป่า ตั้ว พลู กำลังเสือโคร่ง กล้วย ฯลฯ
- (3) ไม้พุ่มเตี้ย เช่น ผักหวานบ้าน มะนาว พริกไทย ย่านาง เสาวรส ฯลฯ
- (4) ไม้เลื้อยดิน เช่น หน่วว ผักเสี้ยน มะเขือเทศ สะระแหน่ ฯลฯ
- (5) ไม้หัวใต้ดิน เช่น ข่า ตะไคร้ ขมิ้น ไพล ผือก มัน บุก กลอย ฯลฯ

ข้อคำนึงในการปลูกป่า 3 อย่าง

- การปลูกช่วงแรกควรเลือกปลูกไม้เบิกนำ เช่น แค มะรุม สะเดา กล้วย อ้อย ไม้ ข้าวและพืชผักเพราะเป็นพืชอาหาร และไม้ใช้สอยที่โตและให้ผลผลิตเร็ว สามารถคลุมดินและดูดซับความชุ่มชื้น ทั้งนี้ ควรเน้นปลูกพืชกินได้ทีโตไวเพื่อเป็นแหล่งอาหารและไม้ใช้สอย
- ไม้ปลูกเพื่ออยู่อาศัย หรือไม้เศรษฐกิจขนาดใหญ่ หรือไม้ระดับสูง ควรปลูกในปีที่ 2
- ไม้สมุนไพร ส่วนใหญ่จะเป็นไม้พุ่มเตี้ย ไม้เลื้อยดิน และไม้หัวใต้ดิน มักจะเจริญเติบโตได้ดี ในที่ร่มหรือร่มรำไร
- นาข้าวควรเลือกพื้นที่ที่เหมาะสม สามารถให้ผลผลิตเพียงพอตลอดทั้งปี
- ควรขุดร่องน้ำขนาดเล็กเพื่อเก็บน้ำและความชุ่มชื้นแก่ต้นไม้ และสามารถใส่เลี้ยงปลาเพื่อเป็นอาหาร และหมุนเวียนน้ำไปสู่บ่อขนาดใหญ่ (ศูนย์กิจกรรมธรรมชาติบ้านบุญ, มปป. เอกสารออนไลน์)

4.1.4 การปลูกพืชผักในระบบเกษตรกรรมยั่งยืน

ในตารางที่ 4.3 ได้แบ่งประเภทของพืชผักที่สามารถเลือกปลูกได้ในระบบเกษตรกรรมยั่งยืน โดยเกษตรกรสามารถเลือกพืชผักได้ตามความเหมาะสมของพื้นที่ สภาพอากาศ ฤดูกาล ความชอบในการบริโภค ควบคู่ไปกับการความต้องการของตลาด ซึ่งมีข้อแนะนำในการพิจารณาประเภทและวิธีการปลูกพืชผัก ดังนี้

ตารางที่ 4.3 ประเภทของพืชผักและระดับความต้องการธาตุอาหาร

ประเภท	ชนิดผัก	ระดับความต้องการธาตุ*	ระดับการติดโรคได้ง่าย*
ผักกินใบ:	ผักตระกูลกะหล่ำ ผักกาด คะน้า ผักบุ้ง กวางตุ้ง ผักชี ขึ้นฉ่าย โหระพา กะเพรา สลัด ผักโขม เป็นต้น	2	2
ผักกินผล:	มะเขือ พริก แตงกวา มะระ แตงไทย พัก กระเจี๊ยบ มะเขือเทศ มะเขือพวง บวบงู พริกหวาน เป็นต้น	3	1
ผักกินราก:	แครอท ผักกาดหัว มันแกว มันเทศ มันฝรั่ง หัวหอมแดง กระเทียม ผือก ข่า ขิง กระชาย เป็นต้น	4	3

ประเภท	ชนิดผัก	ระดับความต้องการ แร่ธาตุ*	ระดับการติดโรค ได้ง่าย*
พืชผักบำรุงดิน/ ตระกูลถั่ว:	พืชตระกูลถั่วสามารถตรึงไนโตรเจนในอากาศได้ จึง นิยมปลูกบำรุงดิน ส่วนเมล็ดและใบก็ใช้เป็นอาหาร เช่น ถั่วต่างๆ เช่น ถั่วฝักยาว ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วดำ ถั่วแดง ถั่วแปบ ถั่วพริ้ว ถั่วลันเตา ถั่วพู ถั่วมะ แฮะ เป็นต้น	5	4
พืชผักที่กินเมล็ด/ ธัญพืช:	ข้าวโพด งา เต๋อย เป็นต้น	1	5

หมายเหตุ: * ความต้องการแร่ธาตุ หมายเลข 5 = ต่ำ หมายเลข 1 = สูง

* ระดับการติดโรคได้ง่าย หมายเลข 5 = ยาก หมายเลข 1 =ง่าย

ที่มา: ชมชน บุญระหงษ์และคณะ (2553)

ข้อแนะนำการปลูกพืชผักในระบบเกษตรยั่งยืน

- ปลูกพืชโดยเน้นความหลากหลาย ทั้งชนิดพันธุ์ ตระกูลและคุณสมบัติเพื่อลดความเสี่ยงจาก
ความเสียหายและศัตรูพืช เช่น การปลูกผักกินใบ+ผักกินผล+ผักกินหัว+ผักไล่แมลง ร่วมกัน
- ปลูกพืชหมุนเวียน เป็นการเลือกชนิดผักที่ปลูก ตามความต้องการธาตุอาหารที่ต่างกันและลด
ปัญหาเรื่องโรคและแมลงระบาด การวางแผนปลูกพืชหมุนเวียนที่ดีควรพิจารณา ปัจจัยสำคัญ 2
ประการ คือ
 - (2.1) ระดับการดึงธาตุอาหาร เช่น ผักที่ใช้ธาตุอาหารมากเหมาะจะปลูกก่อนหรือตามหลังพืช
ที่ใช้ธาตุอาหารน้อย
 - (2.2) ความต้านทานโรค ถ้าดินมีเชื้อโรคหรือศัตรูพืชแฝงอยู่จะต้องปลูกผักที่ต้านทานโรคได้ดี
- ปลูกพืชร่วมในแปลงเดียวกัน เป็นการปลูกมากกว่าชนิดเดียวในแปลง สามารถรักษาธาตุอาหาร
ได้อย่างใดอย่างหนึ่งในดินไม่ให้หมดไปอย่างรวดเร็วและเป็นการเกื้อกูลกัน ข้อคำนึงในการปลูกพืช
ร่วม คือ
 - การใช้ธาตุอาหาร เช่น ปลูกธัญพืชกับพืชตระกูลถั่ว
 - ความลึกของราก เช่น ปลูกข้าวโพดร่วมกับฟักทอง (ข้าวโพดรากลึกกว่าฟักทองใช้ธาตุ
อาหารชั้นล่าง ฟักทองใช้ธาตุอาหารชั้นบน) เป็นต้น

ข้อสังเกต พืชรากลึกมักจะเป็นพืชที่มีลำต้นตรง ส่วนพืชรากตื้นมักจะเป็นพวกแผ่เลื้อย
ไปตามพื้น

 - ปลูกพืชขับไล่แมลง (แมลงไม่ชอบ) และพืชดักแมลง (แมลงชอบ)
- ปลูกพืชแนวตั้ง เป็นวิธีการปลูกที่เหมาะสมสำหรับครอบครัวที่ไม่มีที่ดิน หรือมีน้อย แต่ต้องการผลิต
อาหารแบบหลากหลาย
- ปลูกพืชเหมาะสมตามฤดูกาล พืชแต่ละชนิดสามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาวะฤดูกาลที่ต่างกัน
การเลือกปลูกให้เหมาะกับฤดูกาลจะสามารถป้องกันโรคแมลง และพืชเจริญเติบโตได้ดีให้
ผลผลิตสูง

- (6) ปลุกพืชพันธุ์พืชบ้าน พืชผักพื้นบ้านมีข้อดีคือ ปลูกง่าย ด้านทานโรค แมลง ข้อด้อยคือ ความต้องการของผู้บริโภคมีน้อย ใช้เวลานานในการเจริญเติบโต (ชมชวน บุญระหงษ์และคณะ, 2553)

4.2 การเลี้ยงสัตว์ในระบบเกษตรกรรมยั่งยืน

จากหลักการทางนิเวศวิทยาจะเห็นได้ว่า พืชเป็นผู้ผลิต สัตว์เป็นผู้บริโภค สัตว์ไม่สามารถสร้างอาหารได้เอง และโดยปกติต้องกินอาหารจากพืช ดังนั้น หากมีความต้องการบริโภคเนื้อสัตว์มากขึ้น ความต้องการพืชอาหารสัตว์ก็จะยิ่งมากขึ้นตามไปด้วย โดยเฉพาะการเลี้ยงสัตว์ในระบบอุตสาหกรรมที่จะใช้อาหารชั้นที่ได้จากพืชจำนวนมาก ส่วนหนึ่งนำไปสู่การรุกพื้นที่ป่าเพื่อปลูกข้าวโพด ถั่วเหลือง มันสำปะหลัง หญ้า ซึ่งเป็นพืชอาหารสัตว์ มากขึ้นตามไปด้วย และแน่นอนว่าย่อมส่งผลต่อเนื่อง คือ ภาวะโลกร้อนที่กำลังเป็นปัญหาสำคัญในปัจจุบันและอนาคต

การเลี้ยงสัตว์ในระบบเกษตรยั่งยืนจะช่วยให้เกิดการหมุนเวียนทรัพยากรในแปลงได้ดีขึ้น เกษตรกรสามารถลดต้นทุนค่าปุ๋ยและมีอาหารโปรตีนไว้บริโภค อย่างไรก็ตาม หากต้องการได้รับประโยชน์สูงสุด เกษตรกรจะต้องมีการจัดการที่ดี โดยเฉพาะการผลิตอาหารสัตว์เอง ซึ่งเป็นการลดต้นทุน และควบคุมคุณภาพ และป้องกันการปนเปื้อนสารเคมีได้ ปัจจุบัน พบว่ามีเกษตรกรเริ่มให้ความสำคัญกับการเลี้ยงสัตว์ในระบบเกษตรอินทรีย์ และมักจะพบว่าเป็นการเลี้ยงผสมผสานในระบบเกษตรยั่งยืน

เป้าหมายของการเลี้ยงสัตว์อินทรีย์ในระบบเกษตรกรรมยั่งยืน คือ การทำให้สัตว์มีสุขภาพดี โดยมีวิธีการคือ ให้สัตว์เป็นส่วนหนึ่งของระบบนิเวศ หลีกเลี่ยงการเอาเปรียบสัตว์และการกักขังในที่จำกัด แต่จะเน้นการปล่อยในพื้นที่โล่ง ไม่มีการตัดหางสุกรและการตัดปากไก่ ไม่ใช้สารเคมีสังเคราะห์ในอาหาร ไม่ใช้สารปฏิชีวนะ ที่สำคัญเน้นการเลี้ยงโดยใช้อาหารจากในไร่นาตนเองก่อน หากจำเป็นต้องใช้อาหารชั้นควรมีการผสมอาหารเอง ไม่ควรซื้ออาหารสำเร็จโรงงาน เพราะอาหารสำเร็จส่วนใหญ่จะใส่สารปฏิชีวนะ สารเร่งให้โตเร็ว และสารกันรา ซึ่งสารเหล่านี้จะมีผลเสียต่อสุขภาพของผู้ที่บริโภค ตัวอย่างเช่น กรณีสารอันตรายต่อสุขภาพซึ่งผสมอยู่ในอาหารไก่เนื้อ มีการระบุข้างกระสอบอาหารว่า “ห้ามใช้อาหารนี้เลี้ยงสัตว์ก่อนจับ 7 วัน” แต่ในทางปฏิบัติ การจับไก่จะขึ้นอยู่กับความต้องการของตลาด ซึ่งไม่สามารถควบคุมการใช้อาหารให้เป็นไปตามคำแนะนำดังกล่าวได้ ปัญหาไม่ได้เกิดขึ้นเฉพาะไก่เนื้อเท่านั้น แต่ยังพบปัญหาทั้งในไก่ไข่และโคนม โดยเฉพาะในช่วงทำวัคซีนจะไม่ให้มีการขายไข่และนม แต่พบว่ายังมีการลักลอบจำหน่ายอยู่ ดังนั้น ในระบบเกษตรยั่งยืนอาหารหรือวัตถุดิบที่ใช้ในการทำอาหารเพื่อใช้เลี้ยงสัตว์ควรมาจากไร่นาตนเอง หรือหากจำเป็นต้องซื้อก็ควรมาจากไร่นาของกลุ่มและเครือข่ายที่มีการรับรองมาตรฐานหรือเชื่อถือได้

สำหรับชนิดของสัตว์เลี้ยง เกษตรกรสามารถเลือกได้หลากหลายชนิดโดยควรพิจารณาให้เหมาะสมกับแรงงาน เงินทุน และพื้นที่ที่เหลือ ตลอดจน อาหารบางส่วนที่ได้จากแปลงปลูกพืช (เช่น ต้นพืช รำข้าว ฟางข้าว มูลสัตว์ ฯลฯ) รวมถึงวัตถุประสงค์ในการเลี้ยง เช่น เลี้ยงเป็นรายได้หลัก เลี้ยงเป็นรายได้เสริมและอาหารประจำวัน โดยเฉพาะปลาซึ่งเป็นอาหารประจำวันของคนไทยที่บริโภคพร้อมกับข้าว และผัก สิ่งสำคัญคือการเลี้ยงในระบบเกษตรผสมผสานเป็นการหมุนเวียนธาตุอาหารในระบบด้วยการเปลี่ยนพืชผัก เศษเหลือจากพืช เศษอาหารต่างๆ มาเป็นเนื้อ นม ไข่ เพื่อเป็นอาหารและสร้างรายได้ และเป็นมูลสัตว์กลับเป็นธาตุอาหารในดินทดแทนปุ๋ยเคมีและประหยัดค่าใช้จ่ายในการซื้อปุ๋ยอินทรีย์จากภายนอก

เทคนิคของการเลี้ยงสัตว์แบบผสมผสานควรเป็นไปตามคำแนะนำของนักวิชาการหรือผู้รู้ที่มีประสบการณ์ เช่นเดียวกับการเลือกชนิดพืชที่ปลูก ซึ่งการเลี้ยงสัตว์แบบผสมผสานมีแนวทางที่หลากหลาย เช่น การเลี้ยงรวมกับแปลงไม้ยืนต้น การเลี้ยงร่วมในแปลงพืชผสมผสาน การสร้างคอกหรือเล้าสัตว์คร่อมริมบ่อปลา เพื่อใช้มูลสัตว์เป็นอาหารปลา หรือการขุดบ่อปลาให้มีระดับความลึกต่างกัน เป็นต้น สัตว์ที่นิยมเลี้ยงคู่กับปลา คือ ไก่ เป็ด หมู ดังตัวอย่างใน ตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ตัวอย่างประเภทและชนิดสัตว์เลี้ยง

ประเภท	ตัวอย่างชนิดสัตว์	ตัวอย่างการเลี้ยงผสมผสาน
สัตว์ปีก	ไก่เนื้อ-พื้นเมือง	ไก่-ปลา
	ไก่เนื้อ	ไก่/เป็ด-ยางพารา/สวนผสม
	ไก่ไข่	ไก่ไข่อารมณ์ดีในสวนผสมผสาน
	ไก่งวง	เป็ดในนาข้าว-ปลา
	เป็ดเนื้อ	
	เป็ดไข่	
	นกกระทา	
สัตว์เล็ก	หมู-พื้นเมือง	หมู-ปลา (เลี้ยงหมูบนคันบ่อ/บ่อปลา)
	หมู	แพะ-ยางพารา/สวนผสม
	แพะนม	หมูหลุม-สวนผสมผสาน
	แพะเนื้อ	
สัตว์ใหญ่	โคเนื้อ-พื้นเมือง	โคเนื้อ-ปาล์ม
	โคเนื้อ	โคนม-หญ้า-สวนผสมผสาน
	โคนม	
	กระบือ	
สัตว์น้ำและ สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ	ปลากินพืช: นิล ตะเพียน ไ่น ฯลฯ	ปลาในนาข้าว-เป็ด
	ปลาดุก	กบ-ปลาดุก
	ปลาช่อน	
	ปลาหมอ	
	กบ	
แมลง	จิ้งหรีด	ลำไย-ผึ้ง
	ผึ้ง	มดแดง-สวนวนเกษตร
	มดแดง	
	ไหม	หม่อน-ไหม-สวนผสมผสาน



นอกจากนี้ ในระบบเกษตรผสมผสาน สัตว์ยังมีบทบาทเป็นผู้ใช้แรงงาน และเป็นอาหารแก่มนุษย์โดยการบริโภคพืช หรือสัตว์อื่น อีกทอดหนึ่ง แล้วตอบแทนกลับคืนสู่พืชในรูปของมูลหรือของเสียอื่นๆ ซึ่งยังมีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมากมาย (ตัวอย่างในตารางที่ 4.5) อาจกล่าวได้ว่า มูลสัตว์ เป็นสิ่งเชื่อมต่อและการเกื้อกูล ระหว่างพืชและสัตว์ ที่อาจเรียกได้ว่าเป็นพื้นฐานของระบบเกษตรแบบผสมผสาน

ตารางที่ 4.5 แสดงปริมาณธาตุอาหารเฉลี่ยสำหรับพืชที่มีในมูลสัตว์แห้งชนิดต่างๆ

ปุ๋ยมูลสัตว์	ปริมาณธาตุอาหารทั้งหมด (ร้อยละ)								ปริมาณธาตุอาหารทั้งหมด (มก./กก.)		
	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Fe	Cu	Mn	Zn
มูลสุกร	2.69	3.24	1.12	3.85	1.18	0.19	0.27	0.44	611.07	1,030.13	975.75
กากตะกอน	2.23	6.84	0.23	11.7	1.09	1.16	0.07	0.63	1,001.73	2,060.29	2,791.1
มูลไก่ไข่	2.59	1.96	2.29	8.09	0.74	0.54	0.32	0.31	75.51	591.87	396.54
มูลโคเนื้อ	1.36	0.51	1.71	1.76	0.50	0.33	0.73	0.45	40.63	375.86	134.62
มูลโคนม	1.27	0.48	1.42	0.98	0.43	0.31	0.23	0.34	29.92	416.10	121.60
มูลแพะ	1.03	0.66	0.64	1.49	0.37	0.37	0.13	0.14	24.78	210.88	125.64
มูลแกะ	0.94	0.54	1.07	1.23	0.34	0.19	0.20	0.11	21.01	205.28	103.53

ที่มา: สุกัญญา จัตตุพรพงษ์, ปณิมา อู๋สูงเนิน และอุทัย คັນโธ (2549)



บรรณานุกรม

- คณิต ธนธรรมเจริญ. 2546. เอกสารประกอบการฝึกอบรม หลักสูตร การปลูกไม้ 3 อย่าง ประโยชน์ 4 ประการ. เชียงใหม่: ฝ่ายศึกษาและพัฒนาป่าไม้ ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้ อันเนื่องมาจากพระราชดำริ.
- จตุรภัทร์ รัตนวิสาณนท์. 2551. เอกสารวิชาการ เรื่องการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีเชิงพื้นที่.สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 2. กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- จรัญ จันทลักษณ์ และผกาพรรณ สกุลมัน. 2546. การเกษตรยั่งยืน หลักการ แนวทาง และตัวอย่างระบบฟาร์ม.กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชัยวัฒน์ ประมวล. ม.ป.ป. ความหลากหลายทางชีวภาพทางการเกษตร. กลไกการเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารความหลากหลายทางชีวภาพ [ออนไลน์]. สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม สืบค้นจาก http://chm-thai.onep.go.th/chm/agriculture_ecosystem/index.html
- ชนวน รัตนวราหะ (บรรณาธิการ). 2536. เกษตรกรรมเชิงระบบ เกษตรกับสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร.กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ชิมเป มูรากามิ. 2547. คู่มือเกษตรกรรายครัวเรือน เกษตรกรรมนิเวศในเขตร้อน. ดิสรัต โรจนลักษณ์ แปล. พิมพ์ครั้งที่ 2. ศูนย์เกษตรกรรมธรรมชาติหนองจอก มูลนิธิสุขภาพไทย. กรุงเทพมหานคร: ปาปัสพับลิเคชั่น
- ชมชวน บุญระหงส์ และคณะ. 2553. เกษตรอินทรีย์ในระบบเกษตรกรรมยั่งยืนและระบบตลาดที่เป็นธรรม. พิมพ์ครั้งที่ 5. สถาบันชุมชนเกษตรกรรมยั่งยืน. สนับสนุนโดย อ็อกแฟม เกรท บริเทน. เชียงใหม่: โคเฮน มีเดีย ทีม.
- ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และประทีป วีระพัฒนนิรันดร์. 2550. คู่มือสำหรับเกษตรกรยุคใหม่ ธรรมชาติของดินและปุ๋ย. โครงการรวมพลังพลิกฟื้นผืนดินเกษตรไทย. กรุงเทพมหานคร: หจก.กรศรีเอช.
- ปราโมทย์ อินสว่าง และคณะ. ม.ป.ป. คุณค่าระบบนิเวศและบริการของระบบนิเวศสำหรับภาคธุรกิจ [ออนไลน์]. แปลจาก Guide to Corporate Ecosystem Valuation และ The Corporate Ecosystem Services Review. องค์การความร่วมมือระหว่างประเทศของเยอรมัน (GIZ) องค์การธุรกิจเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน (TBCSD) และมูลนิธิสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย (TEI). สืบค้นจาก www.tei.or.th/publications/2013.../2013-TBCSD-giz-valuable-ecosystem-businesses.p...
- ปัทมา วิทยากร แรมโบ. ม.ป.ป. Soil Fertility and Plant Nutrition ความอุดมสมบูรณ์ของดินและโภชนาการพืช [ออนไลน์]. ไนโตรเจน. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. สืบค้นจาก [https://ag.kku.ac.th/academic/new/file/pattama/132351%20Lec%207%20%20\(Nitrogen\).pdf](https://ag.kku.ac.th/academic/new/file/pattama/132351%20Lec%207%20%20(Nitrogen).pdf)

- ม.ป.ป. บทที่ 7 ระบบนิเวศเกษตร (Agroecosystem) [ออนไลน์]. สืบค้นจาก
ลักษณะสำคัญของระบบนิเวศเกษตร - AGRI MIS https://mis.agri.cmu.ac.th/course_lecture_download
- นิวัติ เรืองพานิช. 2541. นิเวศวิทยาทรัพยากรธรรมชาติ. กรุงเทพฯ: รั้วเขียว.
- มณฑล จำเริญพลฤกษ์. ม.ป.ป.. บทบาทของต้นไม้ในระบบนิเวศเกษตร [ออนไลน์]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. สืบค้นจาก <http://www.mcc.cmu.ac.th/Seminar/pdf/323.pdf>
- มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. ม.ป.ป.. มูลค่าเศรษฐกิจของประโยชน์จากระบบนิเวศ [ออนไลน์]. สืบค้นจาก <http://www.stou.ac.th/stouonline/lom/data/sec/Lom21/03-01-2.html>
- มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ม.ป.ป.. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับสังคมพืช [ออนไลน์]. ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้. คณะวนศาสตร์. สืบค้นจาก <http://www.bioff.forest.ku.ac.th/main/?p=42>
- วิฑูรย์ ปัญญากุล (แปล). 2556. เกษตรยั่งยืน: วิถีเกษตรเพื่ออนาคต. พิมพ์ครั้งที่ 3. มูลนิธิสายใยแผ่นดิน. กรุงเทพฯ: วีพรีน.
- วิฑูรย์ เลี่ยนจำรูญ. 2530. การเกษตรแบบผสมผสาน โอกาสสุดท้ายของเกษตรกรรมไทย. สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม. กรุงเทพฯ: งานดี.
- วิฑูรย์ เลี่ยนจำรูญ (บรรณาธิการ). 2539. เกษตรกรรมทางเลือก: ความหมาย ความเป็นมา และเทคนิควิธี. หนังสือประกอบงานสมัชชาเกษตรกรรมทางเลือกครั้งที่ 2. เครือข่ายเกษตรกรรมทางเลือก. กรุงเทพฯ: พิมพ์ดี.
- วรนุช อุษณกร. 2547. รอบรู้เรื่องสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์
- ศูนย์กสิกรรมธรรมชาติบ้านบุญ. ม.ป.ป.. คนรักป่า ป่า 3 อย่าง ประโยชน์ 4 ประการ [ออนไลน์]. ขอนแก่น: สืบค้นจาก http://www.banrainarao.com/knowledge/kl_forest
- วิลาวรรณ น้อยภา, กมลรัตน์ โพธิ, เบญจมาศ โชติทอง และธารี กาเมือง. 2554. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการบูรณาการคุณค่าความหลากหลายทางชีวภาพสู่แนวทางการจัดการ ทรัพยากรธรรมชาติในประเทศไทย [ออนไลน์]. สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. สืบค้นจาก <http://www.tei.or.th/publications/2010-download/2010-IYB-TEI.pdf>
- เบญจมาศ โชติทอง. วาสินี แก้วจุลลา. ธนรัตน์ ธนวัฒน์ และวิภาวรรณ คลังเงิน. 2562. BIODIVERSITY PROGRESS ความก้าวหน้าการขับเคลื่อนการบริหารจัดการความหลากหลายทางชีวภาพของประเทศไทย [ออนไลน์]. มูลนิธิสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. สืบค้นจาก https://www.tei.or.th/file/events/BIODIVERSITY_PROGRESS_247.pdf
- สรารุช คลอวุฒิมันตร์. ม.ป.ป.. การหมุนเวียนของธาตุและสารอาหาร (Biogeochemical and Nutrient Cycle) [ออนไลน์]. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. http://bio.flas.kps.ku.ac.th/courses/381/biogeochemical_cycle_HO58.pdf

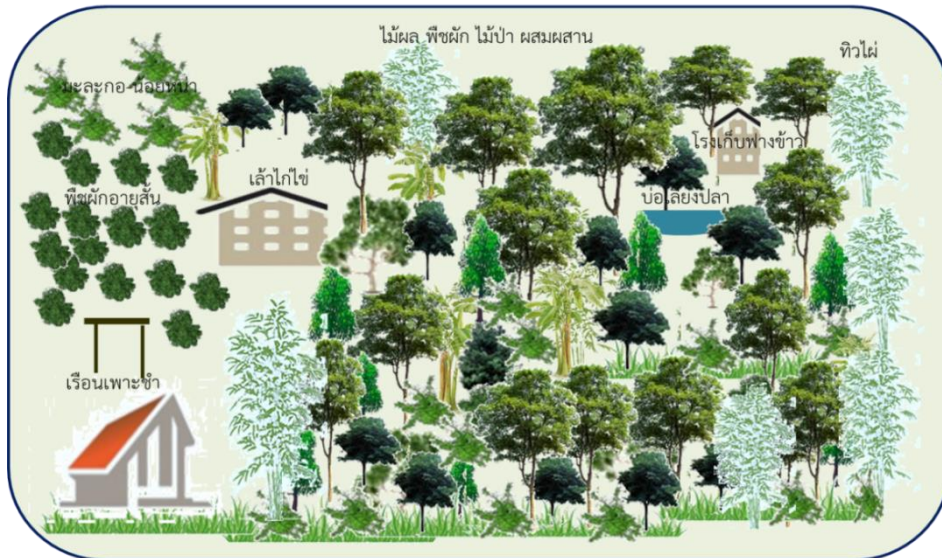
- สุโข เสมมหาศักดิ์, อัถฐ์ อัจฉริยมนตรี และชุติวาลัญญ์ เสมมหาศักดิ์.2559. เอกสารเผยแพร่ผลการวิจัย เรื่อง การประเมินความเปราะบางเชิงพื้นที่และผลกระทบต่อระบบนิเวศเกษตรอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ: กรณีศึกษาลุ่มน้ำแม่มิ จังหวัดเชียงใหม่ [ออนไลน์]. สืบค้นจาก http://www.cmnet.tmd.go.th/Research/Research_Dr_Sukho.pdf
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2546. การพัฒนาที่ยั่งยืน. เอกสารประกอบการประชุมประจำปี วันจันทร์ที่ 30 มิถุนายน 2546. ศูนย์การประชุมและแสดงสินค้า อิมแพ็คเมืองทองธานี จังหวัดนนทบุรี
- สำนักความหลากหลายทางชีวภาพ. ม.ป.ป.. ความหมายของความหลากหลายทางชีวภาพ [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 15 มกราคม 2560. สืบค้นจากhttp://chm-thai.onep.go.th/chm/cbd_definition.html
- อาทิตย์ยา พงพรม, ญัฐพล ขานหมัด, ชีระดา นิลไชย, และอนุสรณ์ มูลป้อม.2560ก. แนวทางการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างยั่งยืนด้วยการพัฒนาระบบวนเกษตรของเกษตรกรในเขตปฏิรูปที่ดินภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. เอกสารวิจัยฉบับที่ 245. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม.
- อาทิตย์ยา พงพรม, พรพรรณ ปะทาเส, อนุสรณ์ มูลป้อม, เยลลักษณ์ แก้วยอด. 2560ข. การใช้ประโยชน์จากป่าหัวไร่ปลายนาในแปลงเกษตรกรรมของเกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. เอกสารวิจัยฉบับที่ 244. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม.
- องค์กรพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ.ม.ป.ป. **ชั้นเรือนยอด (Canopy)** [ออนไลน์]. สืบค้นจาก http://www.nsm.or.th/index.php?option=com_k2&view=item&id=4986:canopy&Itemid=218
- อำพล เสนาณรงค์.2557. **เกษตรทฤษฎีใหม่ตามแนวพระราชดำริ**.กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการสำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (กปร.)
- California Institute of Technology - Space Radiation Lab. **Learn about Rainforests**. [Online]. สืบค้นจาก <http://www.srl.caltech.edu/personnel/krubal/rainforest/Edit560s6/www/whlayers.html>
- Convention on Biological Diversity. ม.ป.ป. **Agricultural biodiversity** [Online]. สืบค้นจาก <https://www.cbd.int/agro/importance.shtml>
- Nair. P.K. Ramachadran. 1993. **An Introduction to Agroforestry**. International Centre for Research in Agroforestry.
- Wekesa Amos และJönsson Madeleine. 2014. **A training Material: Sustainable Agriculture Land Management** [Online]. We Effect and Vi Agroforestry. We Effect Regional Office East Africa. Nairobi. SALM Training Manual: Available: <http://weeffect.org/start-page/about-us/downloads/>

ภาคผนวก

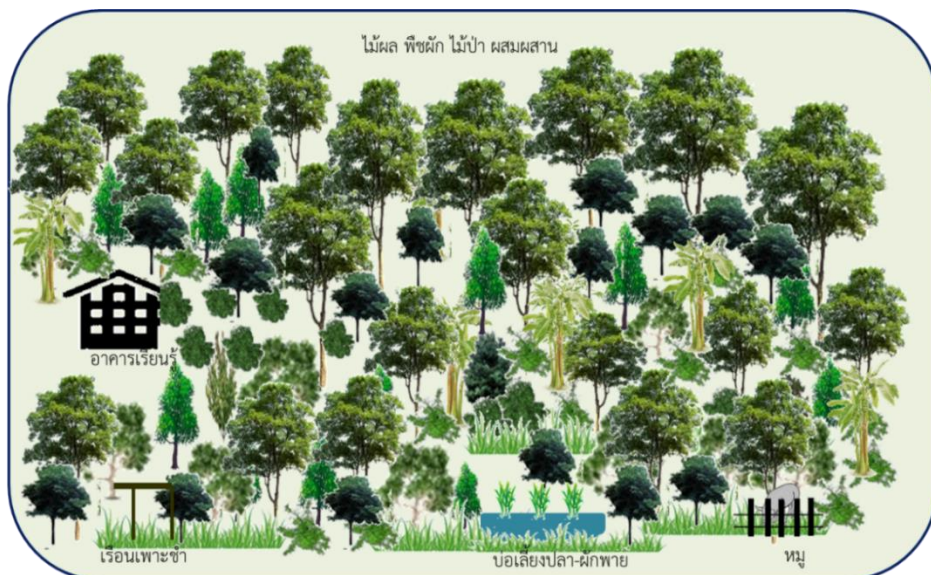
ภาคผนวกที่ 1

ตัวอย่างการวางแผนผังแปลงและกิจกรรมในระบบวนเกษตรจำแนกตามสภาพพื้นที่

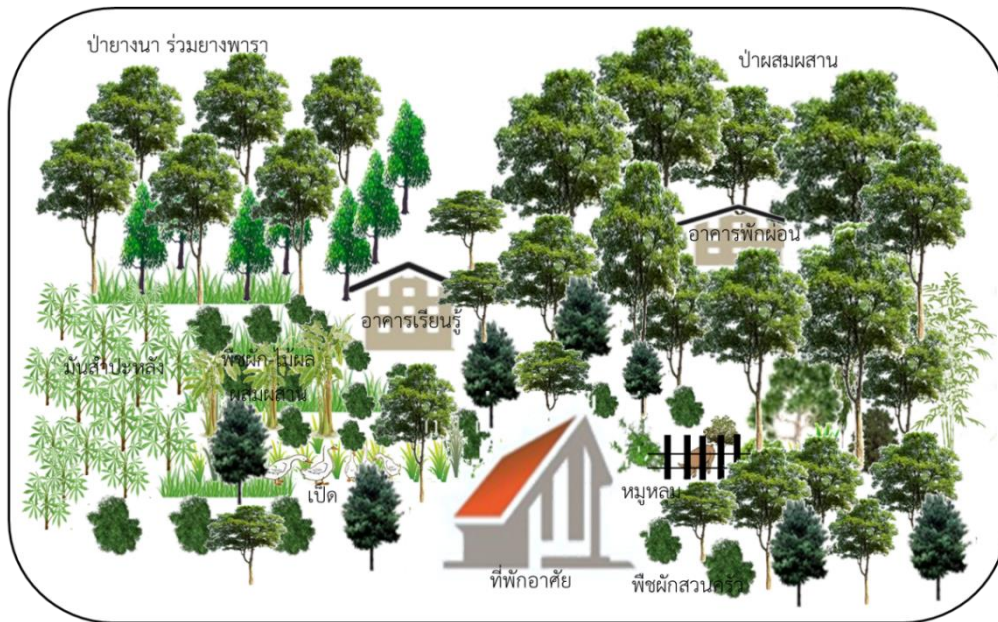
1. กลุ่มพื้นที่ไร่/สวน-ไม่มีนาข้าว



แปลงวนเกษตรในพื้นที่น้อยเฉพาะรอบบ้านพัก-ไม่มีพื้นที่นาข้าว:
รูปแบบ นาไร่สวน-ป่าไม้-เลี้ยงสัตว์-ประมง

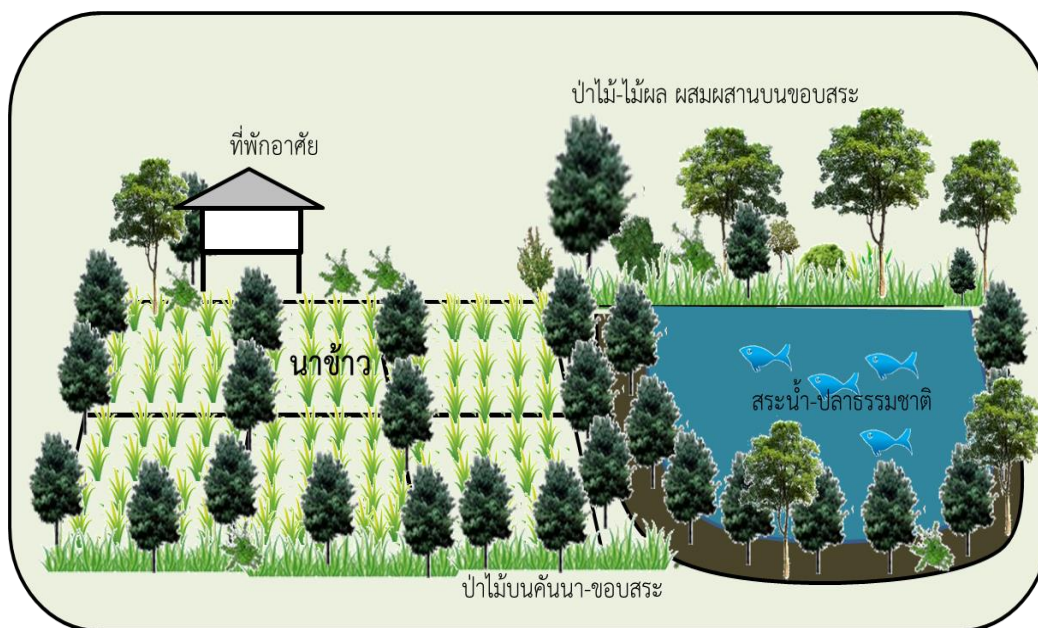


แปลงวนเกษตรในพื้นที่สวนหรือไร่-ไม่มีพื้นที่นาข้าว (ปลูกผสมผสานกระจายทั้งแปลง):
รูปแบบ นาไร่สวน-ป่าไม้-เลี้ยงสัตว์-ประมง

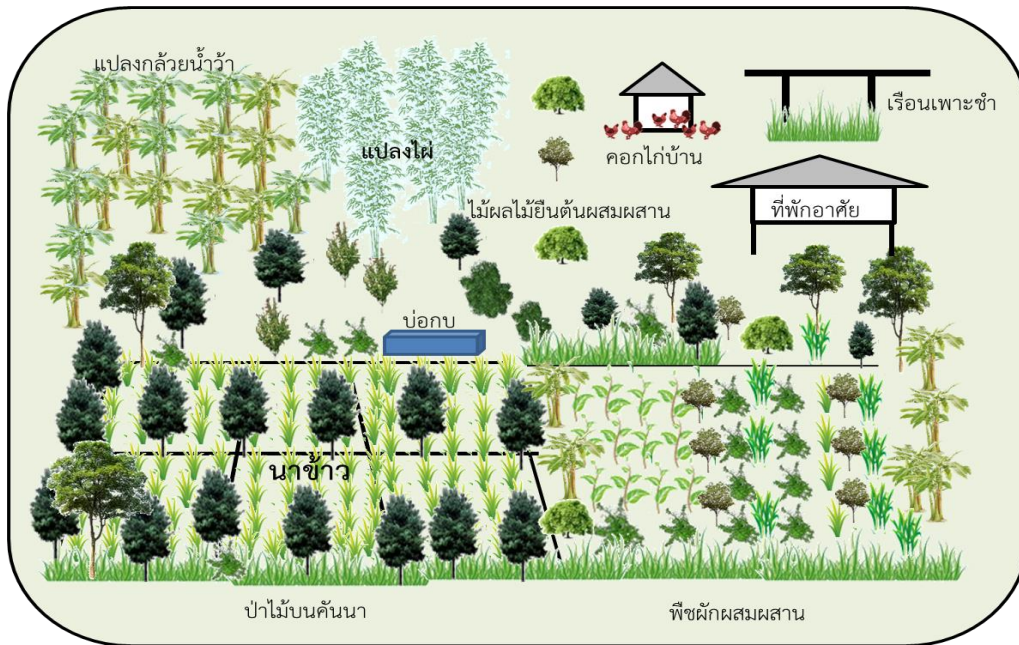


แปลงวนเกษตรในพื้นที่สวนหรือไร่-ไม่มีพื้นที่นาข้าว (แบบแบ่งสัดส่วนพื้นที่):
รูปแบบ นาไร่สวน-ป่าไม้-เลี้ยงสัตว์

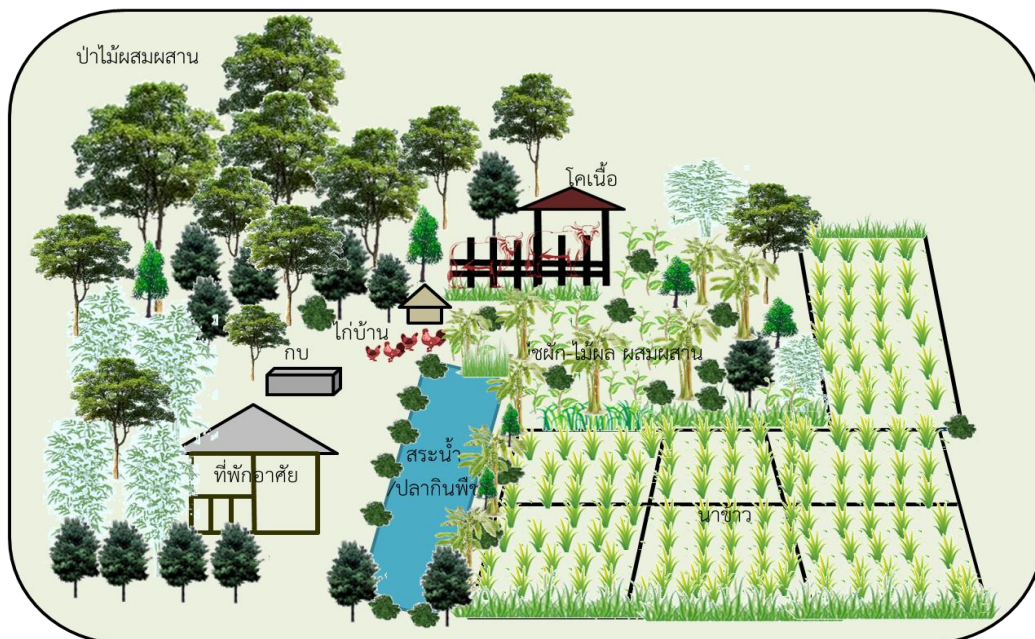
2. กลุ่มพื้นที่ไร่/สวน-มีนาข้าว



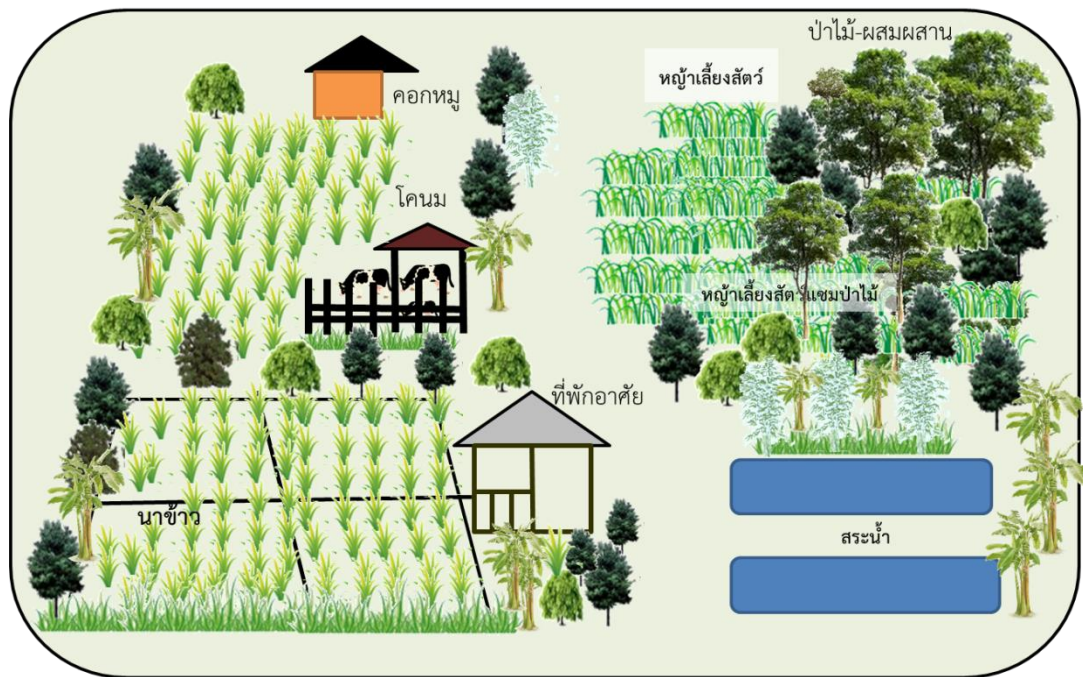
แปลงวนเกษตรในพื้นที่นาข้าวอย่างเดียว (ปลูกไม้ยืนต้นบนคันนา-ขอบสระ):
รูปแบบนาไร่สวน-ป่าไม้



แปลงวนเกษตรในพื้นที่ที่มีสวน/ไร่ และนาข้าว (แบบแบ่งสัดส่วน-ไม่ยืนต้นบนคันนา):
รูปแบบ นาไร่สวน-ป่าไม้-เลี้ยงสัตว์-ประมง



แปลงวนเกษตรในพื้นที่ที่มีสวน/ไร่ และนาข้าว (แบบแบ่งสัดส่วนพื้นที่):
รูปแบบ นาไร่สวน-ป่าไม้-เลี้ยงสัตว์-ประมง



แปลงวนเกษตรในพื้นที่ที่มีสวน/ไร่ และนาข้าว (แบบแบ่งสัดส่วนพื้นที่):
รูปแบบ นาไร่สวน-เลี้ยงสัตว์ (โคนม)-ป่าไม้

ภาคผนวกที่ 2

ปริมาณ N P K ในปุ๋ยอินทรีย์ (ร้อยละของน้ำหนักแห้ง)

ชนิดของปุ๋ยอินทรีย์	N (ร้อยละ)	P (ร้อยละ)	K (ร้อยละ)
ผักตบชวา	1.55	0.46	0.49
ปอเทือง	1.98	0.30	2.41
ต้นข้าวโพด	0.71	0.11	1.38
ฟางข้าว	0.59	0.08	1.72
รำข้าว	1.22	0.91	1.09
แกลบ	0.46	0.26	0.70
ขี้เถ้าแกลบ	0.00	0.15	0.81
มูลวัว	1.10	0.40	1.60
มูลสุกร	1.30	2.40	1.00
มูลไก่	2.42	6.29	2.11
มูลค่างควา	1.54	14.28	0.60
ปุ๋ยหมักฟางข้าว	1.34	0.53	0.97

ที่มา: ทศนิยม อุตตะนันท์ และประทีป วีระพัฒนนิรันดร์ (2550)

ความสำคัญของธาตุอาหาร

N	ไนโตรเจน*	เพิ่มการเจริญของกิ่ง ก้าน ใบ ทำให้พืชมีสีเขียวเข้มขึ้น และป้องกันการร่วงของใบ กิ่ง และผล
P	ฟอสฟอรัส*	เร่งการเจริญของ ดอก ผล และราก เพิ่มการดูดน้ำ และช่วยการงอกของเมล็ด
K	โปแตสเซียม*	ช่วยให้ลำต้นแข็งแรง ผลใหญ่ รวงโต และเกี่ยวข้องกับการสร้างแป้งและโปรตีน
S	ซัลเฟอร์**	เป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโน โปรตีน ซึ่งจำเป็นต่อการสร้างสารสีเขียวในพืช และทำให้พืชมีรสดีขึ้น
Ca	แคลเซียม**	ช่วยการงอกของเมล็ด สร้างเซลล์ใหม่ในส่วนขยายยอดและราก และยืดเวลาการเก็บและคงความสดของผลที่เก็บเกี่ยวแล้วได้นานขึ้น
Mg	แมกนีเซียม**	ช่วยในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ แป้ง และช่วยการงอกของเมล็ด
Mn	แมงกานีส	ช่วยการยืดตัวของราก รากแข็งแรงเป็นโรคได้ยาก และช่วยการสังเคราะห์ด้วยแสง
Fe	เหล็ก	เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง สังเคราะห์คลอโรฟิลล์
B	โบรอน	ช่วยในการออกดอก ติดผล และการพัฒนาของเมล็ดในพืช

ที่มา: สุกัญญา จิตตพรพงษ์, ปฐิมา อุสุ่งเนิน และอุทัย คันโธ (2549)

หมายเหตุ: ธาตุอาหารที่พืชต้องการมากแบ่งเป็น * คือ ธาตุอาหารหลัก ** คือ ธาตุอาหารรอง