

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มันสำปะหลัง

มิ่งสรรพ ขาวสอาด และคณะในปี 2546 ได้รายงานเรื่องมันสำปะหลังเป็นพืชที่เก็บสะสมอาหารในรูปของคาร์โบไฮเดรตหรือแป้งไว้ในราก โดยทั่วไปหัวมันที่มีอายุ 12 เดือนที่ได้รับปริมาณน้ำฝนเพียงพอ และไม่มีฝนตกชุกขณะเก็บเกี่ยว จะมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแป้งถึงร้อยละ 70-80 ดังนั้นมันสำปะหลังจึงเป็นพืชที่สำคัญชนิดหนึ่งที่เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ให้พลังงานแก่คนและสัตว์ได้ดีที่สุด

มันสำปะหลังเป็นพืชที่ปลูกอยู่ในเขตร้อน เหมาะสมในดินร่วนปนทราย แต่เป็นพืชทนแล้ง จึงสามารถทำการปลูกได้ในดินทุกชนิด แม้แต่ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ โดยมันสำปะหลังที่ปลูกกันทั่วโลกมีหลายประเภท แต่มันสำปะหลังที่ปลูกเพื่อการค้านั้นมีเพียง *Manihot esculenta* Crantz (ชื่อเดิมคือ *Manihot utilissima* Pohl) ซึ่งมันสำปะหลังที่ปลูกแบ่งเป็น 2 ชนิดคือ มันสำปะหลังชนิดหวาน (Sweet type) และมันสำปะหลังชนิดขม (Bitter type) ซึ่งมันสำปะหลังชนิดนี้เป็นมันสำปะหลังที่ให้ปริมาณแป้งสูง จึงนิยมใช้ในอุตสาหกรรมการแปรรูปต่าง ๆ ประเทศไทยสามารถปลูกมันสำปะหลังได้ทุกภาค และปลูกได้ตลอดปี แต่เกษตรกรส่วนใหญ่จะปลูกช่วงต้นฤดูฝน (เดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายน) และช่วงปลายฤดูฝน (เดือนตุลาคมถึงเดือนพฤศจิกายน) เนื่องจากการปลูกในช่วงฤดูฝนให้ผลผลิตหัวสดสูงกว่าในช่วงอื่น ๆ หัวมันสำปะหลังที่ผลิตได้ในประเทศไทยส่วนใหญ่จะใช้เป็นวัตถุดิบที่สำคัญในอุตสาหกรรมมันเส้นและมันอัดเม็ด และอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังอุตสาหกรรมและเทคโนโลยีการผลิตผลิตภัณฑ์แป้งมันสำปะหลังของประเทศไทย

1. อุตสาหกรรมมันเส้น (Cassava chips) การแปรรูปที่ใกล้ชิดตัวเกษตรกรมากที่สุดคือ การทำมันเส้น โดยเมื่อเก็บเกี่ยวหัวมันสดแล้ว หัวมันจะถูกนำส่งเข้าลานมันเพื่อทำการแปรรูปเป็นมันเส้น ซึ่งมันเส้นบางส่วนจะถูกส่งออกไปจำหน่ายในบางประเทศ ได้แก่ จีน เกาหลีใต้ และญี่ปุ่น ในขณะที่บางส่วนจะถูกนำไปแปรรูปเป็นมันอัดเม็ดเพื่อจำหน่ายในต่างประเทศ อย่างไรก็ตาม การใช้ประโยชน์จากมันเส้นภายในประเทศไทยยังมีค่อนข้างน้อย โดยอุตสาหกรรมที่มีการใช้มันเส้น ได้แก่ อุตสาหกรรมอาหารสัตว์ และอุตสาหกรรมการหมัก ซึ่งสามารถใช้มันเส้นเป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ได้จากกระบวนการหมัก เช่น กรดซิตริก และเอทานอล เป็นต้น

2. อุตสาหกรรมมันอัดเม็ด (Cassava pellets) มันอัดเม็ด หรือที่เรียกว่า มันเม็ด เป็นการนำมันเส้นมาแปรรูปโดยผ่านกระบวนการที่เรียกว่า Extrusion เพื่อลดปริมาตรลง และลดมลภาวะภายในท่าเรือ ขณะที่มีการขนย้าย ทำให้สะดวกต่อการขนส่งมากขึ้น อัตราการแปรรูปจากมันเส้นเป็นมันอัดเม็ดขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ประสิทธิภาพของเครื่องอัดเม็ด ความชื้นของมันเส้น สิ่งเจือปนต่าง ๆ เป็นต้น มันอัดเม็ดที่ผลิตได้จะส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับอาหารสัตว์ เพราะมีปริมาณแป้งสูง และยังสามารถผลิตและส่งจำหน่ายได้ตลอดทั้งปี เนื่องจากมีราคาไม่สูงนักเมื่อเทียบกับผลผลิตของธัญพืชอื่น ๆ รวมทั้งยังขนส่งได้ง่าย ไร้ฝุ่นละออง อย่างไรก็ตาม ปริมาณการส่งออกมีแนวโน้มจะลดลงทั้งนี้เป็นผลมาจากการปฏิรูปนโยบายเกษตรร่วมของสหภาพยุโรปที่ทำให้ปริมาณธัญพืช ซึ่งเป็นคู่แข่งมันอัดเม็ดในยุโรปมีปริมาณการค้าเพิ่มขึ้นและมีราคาต่ำลง

3. อุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง (Cassava starch) ในบรรดาประเทศที่ปลูกมันสำปะหลังจำนวนมาก ประเทศไทยเป็นประเทศเดียวที่ใช้มันสำปะหลังมาผลิตเป็นแป้งมากที่สุด และถือได้ว่าเป็นผู้ผลิตแป้งมันสำปะหลังรายใหญ่ที่สุดของโลก นอกจากนี้แป้งมันสำปะหลังยังเป็นอุตสาหกรรมแป้งที่มีการผลิตมากที่สุดในประเทศไทย กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังในประเทศไทยที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในปัจจุบัน จะเป็นกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังแบบสไลต์แห้ง ซึ่งเป็นกระบวนการผลิตแบบใหม่ที่ใช้เวลาในการผลิตน้อย โดยตั้งแต่เป็นหัวมันสดเข้าโรงงานจนได้แป้งแห้งใช้เวลาน้อยกว่า 30 นาที แป้งมันสำปะหลังที่ผลิตได้จะมีลักษณะเป็นผงละเอียด สีขาว และมีความบริสุทธิ์สูง มีสิ่งปนเปื้อนต่ำ โดยจะมีปริมาณแป้ง (Starch) อยู่มากกว่าร้อยละ 95 และมีปริมาณโปรตีนและไขมัน รวมถึงฟอสฟอรัส ค่อนข้างต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับแป้งชนิดอื่นๆ และเมื่อได้รับความร้อนจะมีความหนืดสูง ทำให้ได้แป้งเปียกที่ใส ไม่ทึบแสง และมีอัตราการคืนตัวต่ำ (Retrogradation) อย่างไรก็ตาม บางครั้งแป้งดิบ (Native Starch) ก็ไม่เป็นที่ต้องการต่อการใช้ในระดับอุตสาหกรรม จึงมีการนำแป้งมาปรับเปลี่ยนคุณสมบัติให้มีความเหมาะสมต่อการใช้งานมากขึ้น โดยกระบวนการดัดแปรแป้ง (Starch modification) ซึ่งแป้งที่ได้จะเรียกว่า แป้งดัดแปร

4. อุตสาหกรรมแป้งดัดแปร อุตสาหกรรมแป้งดัดแปรในประเทศไทยใช้กระบวนการดัดแปรทั้ง 3 วิธี คือ การดัดแปรทางกายภาพ (Physical modification) ทางเคมี (Chemical modification) และทางชีวภาพ (Biological modification) ทำให้ได้แป้งดัดแปร 3 ประเภท คือ แป้งรีเจลาไรนซ์ แป้งดัดแปรทางเคมี และอนุพันธ์แป้งจากการย่อย โดยแป้งดัดแปรที่มีความสำคัญและมีการนำมาใช้อย่างแพร่หลายในเชิงอุตสาหกรรมมากที่สุด ได้แก่ แป้งดัดแปรทางเคมี แป้งรีเจลาติไนซ์ หรือ อัลฟาสตาร์ช (Alpha starch) เป็นแป้งมันสำปะหลังที่ผ่านการดัดแปรทางกายภาพ ซึ่งส่วนใหญ่จะส่งออกไปยังประเทศคู่ค้า

สำคัญ คือ เกาหีและไต้หวัน ส่วนแป้งดัดแปรทางเคมี จะเป็นแป้งที่ผ่านการดัดแปรโดยใช้ปฏิกิริยาเคมี ซึ่งเป็นผลให้ผลิตภัณฑ์ในกลุ่มนี้มีความหลากหลายตามชนิดของสารเคมีที่ใช้และระดับการแทนที่

แป้งดัดแปรทางเคมีสามารถจำแนกออกเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ได้ตามการเกิดปฏิกิริยาได้เป็น 4 ประเภทคือ การเกิดอนุพันธ์ (Derivatization) การลดขนาดโมเลกุลแป้งด้วยกรด (Acid thinning) เด็กซ์ทรีไนเซชัน (Dextrinization) และ ออกซิเดชัน (Oxidation) ซึ่งแป้งดัดแปรทางเคมีที่ผลิตในเชิงอุตสาหกรรมที่สำคัญ ได้แก่ แป้งดัดแปรที่มีความคงตัวสูง แป้งครอสลิง (Crosslinked starch) แป้งดัดแปรด้วยกรด (Acid-thinned starch) และแป้งออกซิไดซ์ (Oxidized starch) ซึ่งแป้งดัดแปรทางเคมีที่ได้จะมีต้นทุนที่สูงกว่าแป้งดัดแปรทางกายภาพ เนื่องจากใช้เทคโนโลยีที่สูงกว่า

แป้งดัดแปรอีกประเภทหนึ่งคือ ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการย่อยแป้ง ซึ่งจะแตกต่างกันตามชนิดของเอนไซม์และระดับการย่อย โดยชนิดของเอนไซม์ที่ใช้ย่อยแป้งที่สำคัญได้แก่ เอนไซม์ย่อยภายนอก (Exo-enzyme) เอนไซม์ย่อยภายใน (Endo-enzyme) เอนไซม์ย่อยพันธะกิ่ง (Debranching enzyme) และเอนไซม์ Transferase ซึ่งจะทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่สำคัญ ได้แก่ มอลโตเดกซ์ตริน และน้ำเชื่อมกลูโคส ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบเริ่มต้นในการผลิตผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ อีกหลายชนิด เช่น น้ำเชื่อมฟรักโทส น้ำตาลแอลกอฮอล์ กรดอะมิโน ผงชูรสและไลซีน เป็นต้น นอกจากการดัดแปรแป้งโดยใช้เทคโนโลยีแต่ละประเภทดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้ว บางครั้งการดัดแปรแป้งเพื่อประโยชน์ทางการค้าอาจใช้เทคโนโลยีการดัดแปรหลายวิธีร่วมกันเพื่อช่วยปรับปรุงคุณภาพของแป้งให้มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานมากขึ้น การใช้ประโยชน์แป้งมันสำปะหลังทั้งแป้งดิบและแป้งดัดแปรภายในประเทศนอกจากจะใช้เป็นการบริโภคในครัวเรือนแล้วยังสามารถนำแป้งมันสำปะหลังไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้ โดยอุตสาหกรรมที่ใช้แป้งมันสำปะหลังมากที่สุดคือ อุตสาหกรรมอาหาร ผงชูรส/ไลซีน สารให้ความหวาน สิ่งทอและกระดาษ ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับปัจจัย 4 ทั้งสิ้น จากข้อมูลข้างต้น จะเห็นได้ว่า อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังของไทยได้วิวัฒนาการมาจากการแปรรูป โดยอาศัยกลไกไม่ซับซ้อน ต้นทุนไม่สูง ไปเป็นอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าเพิ่มสูง และอาศัยความรู้ทางชีวเคมีมากขึ้น แต่เนื่องจากมันสำปะหลังเป็นพืชเขตร้อน จึงอาจจำเป็นต้องมีการดัดแปลงเทคโนโลยีตะวันตก ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ใช้พืชเขตอบอุ่น ประเทศไทยจึงได้วิวัฒนาการที่มาถึงจุดเปลี่ยนผ่านที่ต้องลงทุนในการวิจัยและพัฒนา เพื่อสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มที่สูงขึ้นจากผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายไปกว่าเดิม

ศักยภาพการผลิตและการค้าผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง

1. ศักยภาพการผลิตมันสำปะหลังในประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 เป็นต้นมา ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ของประเทศไทยเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอีกในอนาคต ทั้งนี้เนื่องจากการนำพันธุ์มันสำปะหลังพันธุ์ใหม่มาใช้ในการปลูก รวมทั้งการส่งเสริมจากภาครัฐ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาถึงพื้นที่และปริมาณการปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทย พบว่า พื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังก็มีแนวโน้มลดลงมาโดยตลอด ส่งผลให้ผลผลิตรวมของมันสำปะหลังของไทยลดลงตามไปด้วย

2. การค้าผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังของโลกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังที่มีการค้ากันมากที่สุดได้แก่ มันสำปะหลังอัดเม็ดและมันเส้น รองลงมา คือ แป้งมันสำปะหลัง ส่วนสำคัญที่ทำจากมันสำปะหลังเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการค้าน้อยที่สุด เมื่อพิจารณาการส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังในตลาดโลกเป็นรายประเทศ ก็พบว่า ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังมากที่สุดในโลก โดยผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังที่ประเทศไทยมีการส่งออกมาก ได้แก่ มันสำปะหลังอัดเม็ดและมันเส้น และแป้งมันสำปะหลัง สำหรับประเทศที่มีการส่งออกรองลงมาได้แก่ ประเทศอินโดนีเซีย แต่เป็นคู่แข่งที่ห่างจากประเทศไทยมาก ในด้านการนำเข้า ตลาดรองรับมันสำปะหลังอัดเม็ดและมันเส้นที่สำคัญของโลกได้แก่ ตลาดสหภาพยุโรป โดยมีเนเธอร์แลนด์เป็นตลาดรองรับที่สำคัญ อย่างไรก็ตาม ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 เป็นต้นมา ตลาดสหภาพยุโรปเริ่มหดตัวลง โดยมีสาเหตุสำคัญมาจากนโยบายปฏิรูปเกษตรกรรมของสหภาพยุโรป ในขณะที่ตลาดจีนเป็นตลาดรองรับที่สำคัญของแป้งมันสำปะหลัง และเริ่มมีการขยายตัวของการนำเข้ามันสำปะหลังอัดเม็ดและมันเส้นเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงอาจกล่าวได้ว่าในอนาคตประเทศจีนจะมีบทบาทสำคัญต่อผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังในตลาดโลก

3. การค้าผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังของประเทศไทย ถึงแม้ว่าแอฟริกาจะเป็นแหล่งผลิตหัวมันสำปะหลังที่ใหญ่ที่สุดในโลก แต่ส่วนใหญ่เป็นการปลูกเพื่อบริโภคโดยตรงมากกว่าที่จะนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ในขณะที่ประเทศไทยจะเป็นแหล่งผลิตหัวมันสำปะหลังเพื่อการแปรรูปมากกว่า ทำให้ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังรายใหญ่ของโลก โดยเฉพาะการส่งออกแป้งมันสำปะหลัง และมันเส้นและมันอัดเม็ด ซึ่งสามารถนำรายได้เข้าสู่ประเทศได้เป็นจำนวนมาก อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบัน ตลาดมันอัดเม็ดในสหภาพยุโรปมีแนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ ในขณะเดียวกันแนวโน้มของแป้งสตาร์ชและแป้งแปรรูปอื่น ๆ มีแนวโน้มที่ดีขึ้น โดยเฉพาะในตลาดจีนซึ่งมีความต้องการมันเส้นและแป้งเพิ่มขึ้นในช่วง 3 ปีที่ผ่านมา เมื่อพิจารณาเป็นรายผลิตภัณฑ์ พบว่า ปัจจุบันประเทศไทยมีการส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังประเภทมันอัดเม็ดมากกว่าผลิตภัณฑ์อื่น ๆ โดยแต่ละผลิตภัณฑ์มีตลาดรองรับที่แตกต่างกัน กล่าวคือ การส่งออกมันอัดเม็ดส่วนใหญ่จะถูกส่งไปยังตลาดในประเทศเนเธอร์แลนด์ ส่วนแป้งมันสำปะหลังจะมีตลาดไต้หวันและญี่ปุ่นเป็นตลาดที่สำคัญ ในขณะที่การส่งออกมันเส้น รวมถึงเดกซ์ทรินและโมดิไฟด์สตาร์ชจะมีตลาดจีนเป็นตลาดรองรับที่สำคัญ จะเห็นได้ว่า ตลาดรองรับผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังของประเทศไทยที่สำคัญมีเพียงไม่กี่ตลาด ได้แก่ ตลาดจีน ญี่ปุ่น เนเธอร์แลนด์ และไต้หวัน ในอดีตประเทศเนเธอร์แลนด์และญี่ปุ่น เป็นตลาดที่สำคัญของประเทศไทย แต่หลังจากปี พ.ศ. 2544 เป็น

ต้นมา ประเทศจีนได้กลายมาเป็นตลาดที่สำคัญแทน และมีแนวโน้มขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในอนาคต (มิ่งสรรพ ขาวสอาด และคณะ, 2546)

แนวคิดเชิงระบบ

แนวคิดการใช้ประโยชน์จากธรรมชาติ เพื่อการเกษตรที่ยั่งยืน และรักษาสภาพนิเวศเกษตรให้เหมาะสมเป็นแนวคิด ที่เรียกว่า นิเวศเกษตร เป็นแนวคิดที่ให้ความสนใจกับกับสภาวะแวดล้อม สังคม ความยั่งยืนของการผลิตและสภาพนิเวศวิทยา

ระบบนิเวศ (ecosystem) เป็นโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตต่างๆ กับบริเวณแวดล้อม ที่มีสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ดำรงชีวิตอยู่ ระบบนิเวศเป็นแนวคิด ที่นักนิเวศวิทยาได้นำมาใช้ในการมองส่วนย่อยๆ ของโลก เพื่อที่จะได้เข้าใจความเป็นไปของโลกนี้ดีขึ้น องค์ประกอบของระบบนิเวศประกอบด้วยสิ่งมีชีวิต และไม่มีชีวิต ที่มีความสัมพันธ์กันและมีผลกระทบ ซึ่งกันและกัน สามารถจัดแบ่งได้เป็นลำดับชั้น และอยู่รวมกันเป็นจักร ระบบนิเวศมีหน้าที่ในการเคลื่อนย้ายพลังงาน (energy flow) และการแลกเปลี่ยนหมุนเวียนสารอาหารระหว่างกัน (nutrient recycling) ระบบนิเวศเกษตรจะแปรรูปพลังงานจากแสงอาทิตย์ น้ำ ธาตุอาหาร แรงงานและวัตถุดิบจากฟาร์มเป็นผลผลิต ซึ่งเป็นประโยชน์ในแง่เศรษฐกิจแก่มนุษย์ เช่น อาหาร เชื้อเพลิง เส้นใย เป็นต้น

ระบบนิเวศเกษตร (Agro-ecology) คือ ระบบการผลิตพืช สัตว์ ประมง และป่าไม้ ที่มนุษย์ได้กระทำให้เกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมธรรมชาติ เพื่อให้ได้มาซึ่งปัจจัยพื้นฐานในการดำรงชีพ การแลกเปลี่ยน และการค้าขาย โดยมีองค์ประกอบที่เป็นสิ่งมีชีวิต ได้แก่ มนุษย์ สัตว์ พืช และองค์ประกอบที่เป็นสิ่งไม่มีชีวิต ได้แก่ น้ำ ดิน อากาศและแสงแดด ซึ่งเป็นสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ รวมไปถึงปัจจัยที่มีผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อม ได้แก่ เทคโนโลยี เศรษฐกิจ สังคม ประเพณีและการเมือง องค์ประกอบทั้งหมด มีความเกี่ยวเนื่องเป็นลูกโซ่ของส่วนต่างๆ ซึ่งอาจจะมีผลกระทบต่อการจัดการเปลี่ยนแปลงแก้ไข ปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต

ระบบนิเวศเกษตรมีขอบเขตตั้งแต่ขนาดเล็ก เช่น ระดับไร่นาของเกษตรกร และขยายขอบเขตกว้างออกไปจนถึงระดับหมู่บ้าน ตำบล อำเภอ จังหวัด ภาค ประเทศ กลุ่มประเทศ และโลก ปัจจุบันการติดต่อสื่อสารคมนาคมเป็นไปอย่างรวดเร็ว ฉะนั้นผลกระทบของการค้า การเมือง และเศรษฐกิจระหว่างประเทศซึ่งเป็นขอบเขตที่ใหญ่กว่า ก่อให้เกิดผลกระทบต่อการจัดการเปลี่ยนแปลงแก้ไข เกษตรในทุกระดับจนถึงระดับที่เล็กที่สุดในระดับไร่นา

หากพิจารณาในขอบเขตระดับแปลง เช่น ระบบนิเวศในนาข้าวสามารถแบ่งเป็น ระบบนิเวศของวงจรอาหารได้น้ำและเหื่อน้ำและแต่ละระบบ ยังประกอบไปด้วยสิ่งมีชีวิตต่างๆ เช่น วัชพืช แมลง ศัตรูพืช เป็นต้น

ระบบนิเวศเกษตรมีส่วนสำคัญในการกำหนด หรือมีอิทธิพลต่อประเภทของการเกษตรในแต่ละภูมิภาค โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายประการ ได้แก่ปัจจัยด้านกายภาพ ชีวภาพ เศรษฐกิจสังคม วัฒนธรรม ประเพณี เป็นต้น แต่ละปัจจัยประกอบด้วยตัวแปรย่อย ดังนี้

ตารางที่ 2.1 ปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดประเภทของระบบนิเวศเกษตร

ปัจจัย	ตัวแปร
กายภาพ	แสงแดด อุณหภูมิ ปริมาณฝน การให้น้ำ ชนิดของดิน ความลาดชัน การเข้าถึงที่ดิน
ชีวภาพ	ศัตรูพืชและศัตรูธรรมชาติ วัชพืช โรคพืชและสัตว์ สิ่งมีชีวิตในดิน พืชพรรณธรรมชาติ ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสง แบบแผนการปลูกพืช การปลูกพืชหมุนเวียน
เศรษฐกิจสังคม	โครงสร้างทางสังคม ความหนาแน่นของประชากร ความช่วยเหลือทางวิชาการ เศรษฐกิจ (ราคา ตลาด ทุน การเข้าถึง สินเชื่อ) ระดับการผลิตเชิงการค้า การปฏิบัติทางการเพาะปลูก แรงงาน
วัฒนธรรม ประเพณี	ความรู้พื้นบ้าน ความเชื่อ อุดมการณ์ มิติชายหญิง เหตุการณ์สำคัญในอดีต

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินกิจกรรมทางการเกษตร มีทั้งปัจจัยทางกายภาพ ชีวภาพ เศรษฐกิจ และสังคม ปัจจัยเหล่านี้ มีปฏิสัมพันธ์ ซึ่งกันและกัน ทำให้ระบบเกษตร เป็นระบบที่ซับซ้อน การใช้แนวทางเชิงระบบ ในการวิจัยและพัฒนาทางการเกษตร จึงได้รับการยอมรับว่าเป็นเรื่องจำเป็น ในปัจจุบันและอนาคตการผลิตสินค้าทางการเกษตร จะต้องคำนึงถึงการอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติควบคู่ไปด้วย ขณะเดียวกันการแข่งขันทางการตลาดที่สูงขึ้น และการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของการกีดกันทางการค้า จะยิ่งทำให้การพัฒนาทางการเกษตรมีความซับซ้อนมากขึ้น การใช้แนวทางเชิงระบบจึงยังมีความจำเป็นมากขึ้นไปด้วย (อาร์นัต พัทโนทัย, 2544)

แนวทางเชิงระบบ ประกอบด้วย การคิดเชิงระบบ (system thinking) และปฏิบัติเชิงระบบ (system practice) การคิดเชิงระบบ หมายถึง การเปลี่ยนย้ายมุมมองจากองค์ประกอบสู่องค์รวม องค์รวมย่อมเป็นมากกว่าผลรวมขององค์ประกอบของมัน หรือการเปลี่ยนจากการมองเนื้อหา (contents) สู่การมองแบบแผน (pattern) นอกจากนี้ การคิดเชิงระบบยังหมายถึงการคิดเชิงบริบท (contextual thinking)

และการคิดเชิงกระบวนการ (process thinking) การทำความเข้าใจระบบจึงต้องมองภาพรวมไม่แยกส่วน ขอบเขตของระบบจะเปลี่ยนแปลงได้ ตามความสนใจหรือจุดมุ่งหมายของการวิเคราะห์ ดังนั้น จะต้องทำความเข้าใจปฏิสัมพันธ์ขององค์ประกอบและกระบวนการเปลี่ยนแปลงจาก input ไปสู่ output การวิเคราะห์ระบบนิเวศเกษตร เป็นขั้นตอนสำคัญของกระบวนการใช้แนวทางเชิงระบบ ในการวิจัยและพัฒนาการเกษตร การวิเคราะห์ระบบจะเป็นการใช้วิธีการที่สามารถระบุปัญหา เรียงลำดับความสำคัญ และการคัดเลือกแนวทางที่มีศักยภาพในการแก้ปัญหา เพื่อนำไปทดสอบร่วมกับเกษตรกรในไร่นา นอกจากนี้ในเอกสารการวิจัยเชิงระบบ ได้ในความรู้เกี่ยวกับระบบไว้ดังนี้ หลักการในแนวคิดเชิงระบบ อธิบายไว้ว่า ระบบโดยองค์รวมทำงานแตกต่างจากองค์ประกอบ องค์ประกอบไม่สามารถทำงานได้อย่างองค์รวม ระบบหนึ่งเป็นส่วนย่อยของอีกระบบหนึ่งเสมอ ดังนั้นแต่ละระบบจึงมีระบบย่อยและระบบใหญ่ ครอบอยู่ ความอยู่รอดของระบบขึ้นอยู่กับสมดุล ระหว่างมิติ 2 มิติ ได้แก่ เป็นเอกเทศกับบูรณาการ เสถียรภาพกับการปรับตัว ระบบจะอยู่รอดได้ก็ต่อเมื่อพร้อมที่จะปรับตัวในระยะสั้น แต่คงไว้ซึ่งเอกลักษณ์ ในระยะยาว ระบบจะมีเสถียรภาพถ้าปล่อยให้เวลาฟื้นตัวจากสิ่งรบกวนมากพอ เพื่อกลับไปสู่ธรรมชาติ ประเด็นใหม่ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยเชิงระบบ ได้แก่ ความยั่งยืนของระบบเกษตร ความหลากหลายทางชีวภาพ ความมั่นคงทางอาหาร การจัดการทรัพยากรธรรมชาติ การจัดการลุ่มน้ำ ชุมชน และ การเกษตรกับสิ่งแวดล้อม

การวิจัยระบบเกษตรกรรม

ระบบเกษตรกรรม (Farming systems) คือ ลักษณะของความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมทางการเกษตรและสิ่งแวดล้อมด้านต่างๆ ได้แก่ ด้านกายภาพ ชีวภาพ เศรษฐกิจและสังคม

การวิจัยระบบเกษตรกรรม (farming systems research) เป็นแนวทางการวิจัยที่มีลักษณะเฉพาะที่เด่นชัดเพื่อ แก้ปัญหาและสร้างโอกาสทางเลือกของเกษตรกร โดยมีเป้าหมายให้ได้เทคโนโลยีรูปแบบการเกษตรที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของเกษตร เป็นงานที่สนใจการแก้ปัญหา มากกว่า การศึกษาวิจัยค้นหาเทคโนโลยีการเกษตร เน้นการแนะนำเฉพาะที่ (recommendation domain) แก่ กลุ่มเกษตรกรที่มีสภาพแวดล้อมและปัญหาค่คล้ายคลึงกัน

งานวิจัยระบบเกษตรกรรม จึงเป็นเครื่องมือช่วยในการพัฒนาเทคโนโลยีการเกษตร และถ่ายทอดเทคโนโลยีนั้นสู่เกษตรกรรายย่อย แต่เดิมงานวิจัยและพัฒนาตามโครงการต่างๆ มักมีลักษณะถูกสั่งการ (top-down) จากส่วนกลาง ไม่สนองต่อเกษตรกร หรือนักวิจัยกับเกษตรกรคิดกันคนละทาง ทำให้เกษตรกรไม่ยอมรับเทคโนโลยีเพราะแก้ไขปัญหไม่ได้ นักวิจัยเองก็มีปัญหาที่ไม่เข้าใจเกษตรกร ไม่คำนึงถึงระบบ

เนื่องจากเกษตรกรกับนักวิจัยมักมีเกณฑ์ประเมินผลแตกต่างกัน เช่น เป้าหมายการทำกิจกรรม การเพิ่มผลผลิตกับความเสถียร การมองมิติเดียวกับหลายมิติ จึงจำเป็นต้องปรับแนวคิด ทำความเข้าใจกับเป้าหมาย และมองให้เป็นระบบ ต่อมาแนวคิดด้านงานวิจัยระบบเกษตรกรรม ซึ่งเสนอแนวทางสื่อสาร

สองทาง (two way communication) เพื่อแก้ไขปัญหาได้ตรงจุด ให้ความสำคัญต่อการค้นหาข้อเท็จจริงในพื้นที่ และการวินิจฉัยปัญหา ก่อนการวางแผนการทดลอง หรือดำเนินการโครงการต่างๆ ข้อแตกต่างของการวิจัยและพัฒนาแบบเดิม และการวิจัยระบบเกษตรเป็นดังนี้

ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบการพัฒนาแบบเดิมและการวิจัยระบบเกษตรกรรม

การวิจัยและพัฒนาแบบเดิม	การวิจัยพัฒนาระบบเกษตรกรรม
- ยึดพืชเป็นหลัก - เน้นพันธุ์พืชที่ให้ผลผลิตสูง - พันธุ์สัตว์ลูกผสมให้ผลผลิตสูง - สร้างโครงการชลประทานขนาดใหญ่ - ใช้ปุ๋ย สารเคมี เพื่อเพิ่มผลผลิต - มุ่งแก้ไขในสิ่งที่เกษตรกรไม่เห็นว่าเป็นปัญหา - ผลิตเกินทรัพยากรรองรับ - ขัดกับกิจกรรมอื่น/ขาดแรงจูงใจ - มีปัญหาทางสังคมและชุมชน	ระยะยาว - เพื่อพัฒนาระบบครัวเรือน และชุมชนบนพื้นฐานความยั่งยืน ระยะกลาง - ปรับปรุงการผลิตของฟาร์ม - เพิ่มรายได้ครัวเรือน ลดค่าใช้จ่าย สร้างโอกาส - แก้ปัญหาสนองความต้องการ

ลักษณะสำคัญของงานวิจัยระบบเกษตรกรรม

- ถือเอา ไร่นา เป็นจุดเน้น โดยมุ่งความสนใจไปที่การใช้ทรัพยากรในระดับครัวเรือนเกษตรกร
- พิจารณาไร่นาเป็น ระบบ หรือใช้แนวทาง เชิงระบบ สนใจความเชื่อมโยงระหว่างสาขาวิชาองค์ประกอบในระดับต่างๆ
 - เน้นเกษตรกรรายย่อย ใช้วิธีทดสอบในไร่นาเกษตรกรตามสภาพที่เป็นจริง
 - ให้เกษตรกรมีส่วนร่วม เน้นการกำหนดปัญหาและโอกาสร่วมกันระหว่างนักวิจัย นักส่งเสริมการเกษตร และเกษตรกร
 - ใช้แนวทางสหสาขาวิชา ต้องการผู้รู้ ผู้ชำนาญจาก จากหลายสาขาวิชามาทำงานร่วมกันเป็นคณะ
 - วางแผนจากระดับล่าง และเน้นการประเมินผลกระทบ อันเกิดจากการใช้เทคโนโลยีการเกษตรที่มีการแนะนำ
 - มีการปรับเปลี่ยนตามสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลง

ระดับครัวเรือนเกษตรกร (Farm household system) เป็นระบบหลักและเป็นจุดเน้นของการพัฒนาระบบเกษตรกรรม มีองค์ประกอบ 3 ประการ ได้แก่

1. เป็นหน่วยของการตัดสินใจ สร้างเป้าหมายของเกษตรกร สามารถควบคุมระบบ เป็นแหล่งแรงงาน และมีความต้องการอาหาร เงินสด

2. เชื่อมโยงใกล้ชิดกับไร่นา กิจกรรมการปลูกพืช เลี้ยงสัตว์ จ้างแรงงาน ผลิตอาหาร และหารายได้เสริม

3. การทำงานนอกไร่นา (นอกภาคเกษตร) มักจะแย่งแรงงานกับกิจกรรมในไร่นา แต่ก็แหล่งจ้างงาน และทำให้มีรายได้ เงินสด

การตัดสินใจของเกษตรกร เกษตรกรต้องตัดสินใจ เพื่อวางแผนและจัดการเรื่องต่างๆ เช่น ในระยะยาวจะต้องวางแผนเรื่องการผลิต การลงทุน และด้านชุมชน

ด้านการผลิต จะผลิตอะไร อย่างไร เท่าไร เมื่อใด ที่ไหน

ด้านทรัพยากร ต้องใช้แรงงานเท่าใดทั้งไร่นาและนอกไร่นา

ต้องจ้างเพิ่มอีกเท่าใด ความต้องการใช้ปัจจัยการผลิต การเช่าหรือให้เช่าที่ดิน

ด้านการลงทุน จะลงทุนที่ไหน อย่างไร จึงปลอดภัยมีกำไร

การลงทุนเพื่อการผลิต ต้องการสินเชื่ออีกเท่าใด

เงินสดที่ต้องใช้เพื่อบริโภค ภาระส่งลูกเรียน การจัดการเงินสด

ด้านชุมชน การเข้าเป็นสมาชิกโครงการ/กลุ่มต่างๆ การเปลี่ยนสถานภาพในชุมชน

การเปลี่ยนสถานภาพในชุมชน

ชุมชนคาดหวังให้ครัวเรือนผลิต หรือทำอะไร

แต่ระยะสั้นหรือเรื่องเฉพาะหน้า เกษตรกรจะต้องตัดสินใจเรื่อง วันนี้จะต้องทำอะไร ลักษณะสำคัญของเกษตรกรรายย่อย ได้แก่ การมีทรัพยากรจำกัด ต้องดิ้นรนเพื่อความอยู่รอด มีกิจกรรมหลายอย่างทั้งภายในและภายนอกภาคเกษตร มีลักษณะของการทำเพื่อยังชีพ บางกิจกรรมทำเพื่ออยู่เพื่อกิน บางกิจกรรมทำเพื่อขาย บางกิจกรรมทำทั้งกินและขาย ดังนั้น เกษตรกรจะยอมรับเทคโนโลยีก็ต่อเมื่อมีความเหมาะสมกับสภาพของเกษตรกร ความเป็นไปได้ทั้งทางเทคนิค ทางเศรษฐศาสตร์ และทางสังคม (technically feasible economically viable and socially acceptable)

การวิเคราะห์ระบบเกษตรกรรม จะต้องมองครัวเรือนเกษตรกรทั้งระบบ ลักษณะของครัวเรือนเป็นระบบที่สลับซับซ้อนเป็นพลวัต มีการพัฒนาเพื่อตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลง มีการสะสมองค์ความรู้พื้นบ้านหรือภูมิปัญญาพื้นบ้าน และหากยอมรับความเปลี่ยนแปลงระบบก็เปลี่ยนแปลงได้ นักวิจัยและพัฒนาเกษตรจึงจำเป็นต้อง เข้าใจความเชื่อมโยงขององค์ประกอบแต่ละอย่าง และปฏิสัมพันธ์ (interaction) ขององค์ประกอบ ทำความเข้าใจ กับสภาพ(ทางธรรมชาติ สังคมประเพณี นโยบายสถาบัน) ที่มีผลต่อการตัดสินใจของระดับครัวเรือน จากนั้นทำการวินิจฉัย ข้อจำกัด/อุปสรรคต่อการเพิ่มผลผลิตของระบบ และหาวิธีการ/แนวทาง การปรับปรุงตามศักยภาพ ไม่ว่าจะเป็นการวิจัย/พัฒนา การ

ส่งเสริมหรือกำหนดนโยบายปรับปรุงระบบสนับสนุนใดๆ ขึ้นอยู่กับผลการวิเคราะห์ระบบเกษตรกรรมนั้นๆ

แบบจำลอง

แบบจำลอง (model) เป็นเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ระบบที่ช่วยอธิบายความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของเรื่องหรือประเด็นต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ โดยการใช้แบบจำลองโดยส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับระบบ ดังนั้นจึงต้องเข้าใจเกี่ยวกับระบบ ซึ่งมีหลายคนให้นิยามของคำว่า ระบบ ไว้ ได้แก่ Dent และ Blackie ในปี ค.ศ. 1979 ว่า ระบบ คือการเชื่อมโยงส่วนประกอบที่มีความสมบูรณ์ในประเด็นนั้นอย่างอิสระ (Dent and Blackie, 1979) ในขณะที่ Robert และ คณะ ในปี ค.ศ. 1983 ได้กล่าวว่า ระบบเป็นการรวบรวมผลที่มีบทบาทร่วมกันในวัตถุประสงค์ต่างๆ (Robert et al, 1983) นอกจากนี้ Gordon ในปี ค.ศ. 1969 ได้กล่าวว่า ระบบคือการเชื่อมโยงกับวัตถุประสงค์ต่างๆ ในเชิงสัมพันธ์หรือมีอิทธิพลต่อกัน (Gordon, 1969) เช่นเดียวกันกับ Churchman ในปี ค.ศ. 1971 ได้กล่าวว่า แบบจำลองอาจกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่าเป็นแบบจำลองทางด้านกายภาพหรือแบบจำลองด้านสัญลักษณ์ (Churchman, 1971) โดยแบบจำลองดังกล่าวสามารถจำแนกออกเป็น 2 ชนิดคือ

1. แบบจำลองเชิงคุณภาพ เป็นแบบจำลองที่แสดงถึงลักษณะของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ของระบบ สามารถแสดงถึงกระบวนการ การปฏิสัมพันธ์หรือโครงสร้างของระบบ แต่ไม่สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ และความสัมพัทธ์ระหว่าง input กับ output ในเชิงตัวเลข

2. แบบจำลองเชิงปริมาณ แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ของระบบ ตลอดจนความสัมพันธ์ระหว่าง input กับ output ซึ่งแสดงเป็นตัวเลข และแบบจำลองเชิงปริมาณสามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภท คือแบบจำลองที่เกี่ยวกับการทดลอง และแบบจำลองที่เกี่ยวกับระบบกลไก บางกรณีแบบจำลองเกี่ยวกับการทดลองไม่สามารถอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทางกายภาพและชีวภาพบางตัว ในขณะที่แบบจำลองที่เกี่ยวข้องกับระบบเครื่องกลไก สามารถอธิบายความสัมพันธ์ดังกล่าวได้ ทั้งนี้ เพราะแบบจำลองที่เกี่ยวกับการทดลองเป็นองค์ประกอบย่อยของแบบจำลองดังกล่าว สำหรับตัวอย่างแบบจำลองที่เกี่ยวกับการทดลอง ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตข้าวกับอัตราการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน ซึ่งไม่สามารถอธิบายได้ว่า ปุ๋ยไนโตรเจนมีความสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิตอย่างไร ในขณะที่แบบจำลองที่เกี่ยวกับระบบเครื่องกลไก แสดงไดอะแกรมของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตและปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิต อาทิเช่น ปริมาณน้ำ และปริมาณแสง เป็นต้น โดยการนำข้อมูลดังกล่าวเข้าสู่โปรแกรมคอมพิวเตอร์และแปลผลออกมา

สำหรับการสร้างแบบจำลองที่เหมาะสมประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่โครงสร้างของแบบจำลองและการควบคุมหรือการพัฒนาระบบ โดยขั้นตอนในการสร้างแบบจำลองมีดังต่อไปนี้ (1) การกำหนดปัญหา วัตถุประสงค์ และระบบ (2) การรวบรวม และการวิเคราะห์ข้อมูล (3) การกำหนดโครงสร้างของแบบจำลอง (4) การทดสอบแบบจำลอง (5) การปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง และ(6) การใช้ประโยชน์

แบบจำลอง (Jungkaew wattana, 1995)

นอกจากนี้แบบจำลองเป็นเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ระบบที่เกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิต เพื่อให้เกิดความเข้าใจถึงองค์ประกอบและผลที่เกิดขึ้นของสิ่งเหล่านั้น อย่างเช่น การสร้างแบบจำลองของเมือง ที่ประกอบด้วย การศึกษา การขนส่ง ระบบตลาด และส่วนอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง แบบจำลองของเซลล์สิ่งมีชีวิต ปัจจุบันได้นำแบบจำลองมาใช้ประโยชน์ทั้งด้านวิทยาศาสตร์ สังคมศาสตร์ การจัดการทรัพยากรธรรมชาติ และการพัฒนาการเกษตร

แบบจำลองทางการเกษตร

การพัฒนาการเกษตรในระยะหลังนี้ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์มาใช้งานมากขึ้น จึงส่งผลให้เกิดการพัฒนาแบบจำลองให้มีความก้าวหน้าไปพร้อมๆ กัน โดยเฉพาะแบบจำลองสถานการณ์ (simulation models) ทำให้เกิดการพัฒนาศาสตร์ในการจำลองระบบสำหรับงานวิจัย และช่วยในการตัดสินใจในระดับต่างๆ ของระบบเกษตร ตั้งแต่ระดับแปลง ระดับฟาร์ม ระดับภูมิภาค และระดับประเทศ (Goldsworthy and penning, 1994; Teng et al., 1997; Kropff et al., 1997 อ้างใน อารันต์ พัฒนาศาสตร์, 2544) การศึกษาวิจัยทางด้านการเกษตรส่วนใหญ่ใช้แบบจำลองเชิงปริมาณ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ แบบจำลองคณิตศาสตร์เชิงเศรษฐศาสตร์ (mathematical economic models) และแบบจำลองสถานการณ์เชิงกายภาพ-ชีวภาพ (biophysical simulation models) โดยแบบจำลองคณิตศาสตร์เชิงเศรษฐศาสตร์ที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ในระดับฟาร์มมากที่สุด คือ linear programming models ตัวอย่างเช่น งานของ ICARDA (International Center for Agricultural Research in Dry Areas) ที่ใช้ linear programming model เพื่อวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของระบบการผลิตทั้งหมดของฟาร์ม มีการวิเคราะห์ล่วงหน้า (ex-ante analysis) เพื่อเปรียบเทียบผลกำไรที่จะเป็นไปได้ของระบบพืชไร่-พืชไร่ ระบบหมุนเวียนพืชไร่-ทุ่งหญ้า และระบบผสมผสานกับการเลี้ยงสัตว์ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน และใช้การวิเคราะห์ความไว (sensitivity analysis) เข้ามาช่วยในการกำหนดเป้าหมายของงานวิจัย และกำหนดกลุ่มบุคคลเป้าหมาย (Harris et al., 1994 อ้างใน อารันต์ พัฒนาศาสตร์, 2544) นอกจากนี้ Jansen และคณะ (Jansen et al., 1997 อ้างใน อารันต์ พัฒนาศาสตร์, 2544) ใช้ linear programming ในการคัดเลือกทางเลือกในการใช้ที่ดิน ที่สร้างรายได้ของฟาร์มโดยเฉลี่ยสูงสุดภายใต้ข้อจำกัดของทรัพยากร และคำนึงถึงความยั่งยืนของระบบ แบบจำลองข้างต้นนี้ล้วนแต่เป็นการจำลองทางเศรษฐศาสตร์การเกษตร ในขณะที่เดียวกัน Heady and Vocke (1992) ได้อธิบายไว้ว่า การจำลองทางเศรษฐศาสตร์การเกษตรนั้นมีระบบตลาดเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งแสดงให้เห็นโครงสร้างทางด้านรายได้และรายจ่ายของระบบ ค่าสัมประสิทธิ์การบริโภคที่ผ่านมาและความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอื่นๆ

สำหรับแบบจำลองสถานการณ์เชิงกายภาพ-ชีวภาพ ที่ได้รับความสนใจมากที่สุด คือ แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืช ปัจจุบันแบบจำลองดังกล่าวได้พัฒนาขึ้นสำหรับพืชหลากหลายชนิด ตัวอย่างของแบบจำลอง ได้แก่ ชุดโปรแกรม DSSAT version 3.5 สามารถจำลองการเจริญเติบโตของพืชได้ 16 ชนิด

ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด ข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์ ข้าวฟ่าง ข้าวฟ่างไข่มุก ถั่วเหลือง ถั่วลิสง dry (*Phaseolus*) chickpea มันสำปะหลัง มันฝรั่ง อ้อย มะเขือเทศ ทานตะวัน และทุ้งหญ้า เป็นต้น และยังดำเนินการเพิ่มเติมในพืชชนิดอื่นๆ อีก ได้แก่ ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ถั่วพุ่ม faba bean พริกไทย สับปะรด ผัก และ velvet bean เป็นต้น (อาร์นัต พัฒโนทัย, 2544) สำหรับงานวิจัยที่ทำการทดสอบแบบจำลองพืชในระบบ DSSAT ในประเทศไทยมีหลายแบบจำลอง ได้แก่ แบบจำลองถั่วเหลือง แบบจำลองข้าว แบบจำลองข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ แบบจำลองอ้อย แบบจำลองมันสำปะหลัง และแบบจำลองพืชเส้นใย เป็นต้น (อรรถชัย จินตเวชและคณะ, 2543) นอกจากนี้การพัฒนาแบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชแต่ละชนิดแล้ว ยังมีการพัฒนาแบบจำลองสำหรับระบบการปลูกพืชหลากหลายชนิดร่วมกัน (multiple cropping systems) (Coldwell and Hanson, 1992 อ้างในอาร์นัต พัฒโนทัย, 2544)

โปรแกรม STELLA

stella เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้งานเฉพาะในด้านการสร้างแบบจำลอง (simulation software) ที่สามารถเชื่อมโยงองค์ประกอบต่างๆ ภายในระบบเชิงคณิตศาสตร์ อีกทั้งยังสามารถสังเคราะห์ระหว่างตัวแปรในระบบที่เรียกว่า driven variable ที่สามารถส่งผลการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของระบบได้ ดังนั้นการวิเคราะห์พฤติกรรมของระบบที่เปลี่ยนแปลงไปอันเนื่องมาจากผลกระทบของตัวแปรภายนอก หรือการวิเคราะห์สถานการณ์ จึงทำได้โดยง่ายหากว่ามีการสร้างแบบจำลองที่ดีและถูกต้อง

stella เป็นแบบจำลองประเภท เมคานิสติกส์ (mechanistic model) สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่างๆ ในระบบ อีกทั้งยังใช้ในการจำลอง (simulation) ระบบภายใต้สถานการณ์ต่างๆ ได้ เช่น การเคลื่อนย้ายแร่ธาตุในดินที่จำเป็นต่อการเติบโตของมันสำปะหลัง ทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินที่จำเป็นต่อการเติบโตของพืช อุปสงค์ อุปทานการตลาด หรือตัวแปรขับเคลื่อนทำให้เกิดความผันผวนของราคาผลผลิตมันสำปะหลังจากระบบเกษตร เป็นต้น

การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง

สุกิจ รัตนศรีวงศ์และคณะ (2552) ได้สร้างแบบจำลองมันสำปะหลัง ในระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการถ่ายทอดเทคโนโลยีทางการเกษตร (decision support system for agrotechnology transfer : DSSAT) เป็นเครื่องมือในการประเมินความเหมาะสมของพันธุ์มันสำปะหลังในแต่ละพื้นที่ ซึ่งสามารถคาดการณ์ผลผลิตได้ค่อนข้างแม่นยำ ในพันธุ์ระยะของ 5 ระยะของ 90 ระยะของ 7 ระยะของ 9 และเกษตรศาสตร์ 50 โดยมีค่า agreement index ระหว่าง 0.76-0.86 และมีค่า RMSE 0.75-1.57 ตันต่อไร่ และเมื่อนำมาใช้ในการประเมินความเหมาะสมของการผลิตภายใต้เงื่อนไขของภูมิอากาศ ชุดดิน พันธุ์ และการจัดการ ในพื้นที่แหล่งปลูกมันสำปะหลังของประเทศ พบว่า มันสำปะหลังที่ปลูกปลายฤดูฝน (ต.ค.-พ.ย.) ให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกต้นฤดูฝน (พ.ค.-มิ.ย.) แต่มีความแปรปรวนสูง

ศักดา จงแก้ววัฒนา (2552) ได้พัฒนาแบบจำลองระบบเกษตรที่ประกอบด้วยระบบการปลูกข้าว การเลี้ยงสัตว์ ปลา และทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ โดยใช้แบบจำลอง Stella ในการสร้างแบบจำลอง ผลการจำลองพบว่า ในระบบการปลูกข้าว นั้น แบบจำลองสามารถจำลองระยะพัฒนาการ ผลผลิต และมวลชีวภาพของข้าวได้เป็นที่น่าพอใจ ส่วนการจำลองระบบอื่นๆ แบบจำลองสามารถจำลองพฤติกรรมได้อย่างถูกต้องตามผลที่คาดหวัง แต่ไม่สามารถตรวจสอบความถูกต้องของผลดังกล่าวได้เนื่องจากไม่มีข้อมูลงานวิจัยเพื่อนำไปใช้ในการ validate อย่างไรก็ตามแบบจำลองดังกล่าวสามารถพัฒนาและตรวจสอบความถูกต้องได้ต่อไป นอกจากนั้นแบบจำลองนี้สามารถใช้เป็นตัวอย่างการศึกษาการวิเคราะห์สถานการณ์ได้

อนุชา เหลาเคนและคณะ (2010) ได้ทดสอบรูปแบบระบบการปลูกพืชตามแนวเศรษฐกิจพอเพียงในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังเป็นพืชหลักในจังหวัดมหาสารคาม ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2550 ถึง เดือนกันยายน 2552 เพื่อสร้างเกษตรต้นแบบที่มีระบบการผลิตเป็นไปตามแนวคิดเศรษฐกิจพอเพียงที่เหมาะสมกับภูมิสังคม โดยการประยุกต์ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงกับการปฏิบัติตนโดยการวิจัยและทดสอบเทคโนโลยีการผลิตพืชที่อยู่ภายใต้แนวทางเศรษฐกิจพอเพียง พบว่าเกษตรกรได้มีการเรียนรู้และได้ปรับเปลี่ยนพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังเพื่อให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่มากขึ้น

ปราโมทย์ แก้ววงศ์ศรี และคณะ (2548) ได้สร้างแปลงตัวอย่างในการทำวนเกษตรยางพารา เช่น สับปะรดแซมยาง พริกแซมยาง ฝรั่งแซมยาง ผักเมี่ยงแซมยาง เป็นต้น ของวนเกษตรยางพาราภาคใต้ พบว่า มีเกษตรกรบางรายปลูกยางพาราร่วมกับการปลูกไม้ผล ได้แก่ ฝรั่ง และลองกอง เป็นต้น โดยการปลูกสับปะรดแซมยางมีรายจ่ายในการผลิต 2 รุ่น เป็นเงินจำนวน 3,300 บาทต่อไร่ มีรายสุทธิจากการขายผลผลิต 2 รุ่น เป็นเงินจำนวน 17,140 บาทต่อไร่ สำหรับการปลูกพริกแซมยางมีรายจ่ายในการผลิต 2 รุ่น เป็นเงินจำนวน 17,700 บาทต่อไร่ มีรายได้สุทธิ 94,300 บาทต่อไร่ ฝรั่งแซมยางมีรายจ่ายในการปลูก

ฝรั่งเป็นเงินจำนวน 37,336 บาท มีรายได้ 113,940 บาท ส่วนलगองรวมยงมีรายจ่ายในการปลูก
ทดลอง 15,000 บาทต่อไร่ และมีรายได้จากलगองรวมยง 33,500 บาทต่อไร่

Choi และ Sosin และคณะ (1990) ได้ทำการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงรสนิยมของผู้บริโภคในอุป
สงค์ของเนื้อสัตว์ ซึ่งได้ขยายทฤษฎีการผลิตในเรื่องการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี โดยให้มีการเปลี่ยนแปลง
โครงสร้าง แสดงโดยการเปลี่ยนแปลงไปของเวลาซึ่งอยู่ในรูป Multiplicative Terms ภายใต้ข้อจำกัดของ
Utility Function เป็นข้อมูลดัชนีต่อหัวในด้านปริมาณของเนื้อแดง สัตว์ปีก และอาหารอื่นๆ ผล
การศึกษาพบว่าการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างในการบริโภคเนื้อแดง ค่าประมาณการบริโภคต่อหัวของเนื้อ
แดงลดลงร้อยละ 13.5 ในสัตว์ปีกค่อนข้างคงที่ และในสินค้าอื่นๆจะเพิ่มขึ้น ส่วนความสัมพันธ์ของอุปสงค์
และอุปทาน

Goldstein and Khan (1985) ได้ศึกษาความยืดหยุ่นของราคาต่อทั้งอุปสงค์ และอุปทานการ
ส่งออกโดยใช้ข้อมูลรายไตรมาส (quarterly data) ของการส่งออกเฉพาะประเทศอุตสาหกรรม 8 ประเทศ
ได้แก่ เบลเยียม ฝรั่งเศส เยอรมัน อิตาลี ญี่ปุ่น เนเธอร์แลนด์ สหราชอาณาจักร และสหรัฐอเมริกา โดยใช้
สมการอุปสงค์และอุปทานการส่งออกอย่างง่ายโดยแบ่งการศึกษาเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกศึกษาด้าน
รูปแบบดุลยภาพ (equilibrium model) มีข้อสมมุติฐานว่าไม่มีความล่าช้าในระบบ และในส่วนที่ 2
ศึกษาด้านรูปแบบไม่มีดุลยภาพ (disequilibrium model) โดยมีข้อสมมุติฐานว่ามีความล่าช้าในระบบ
การศึกษาในส่วนที่ 2 นี้ เพื่อศึกษาพฤติกรรมของราคา และปริมาณการส่งออกที่อาจเกิดขึ้นได้ในกรณีที่มี
อุปสงค์ส่วนเกินและอุปทานส่วนเกินในสถานการณ์จริง

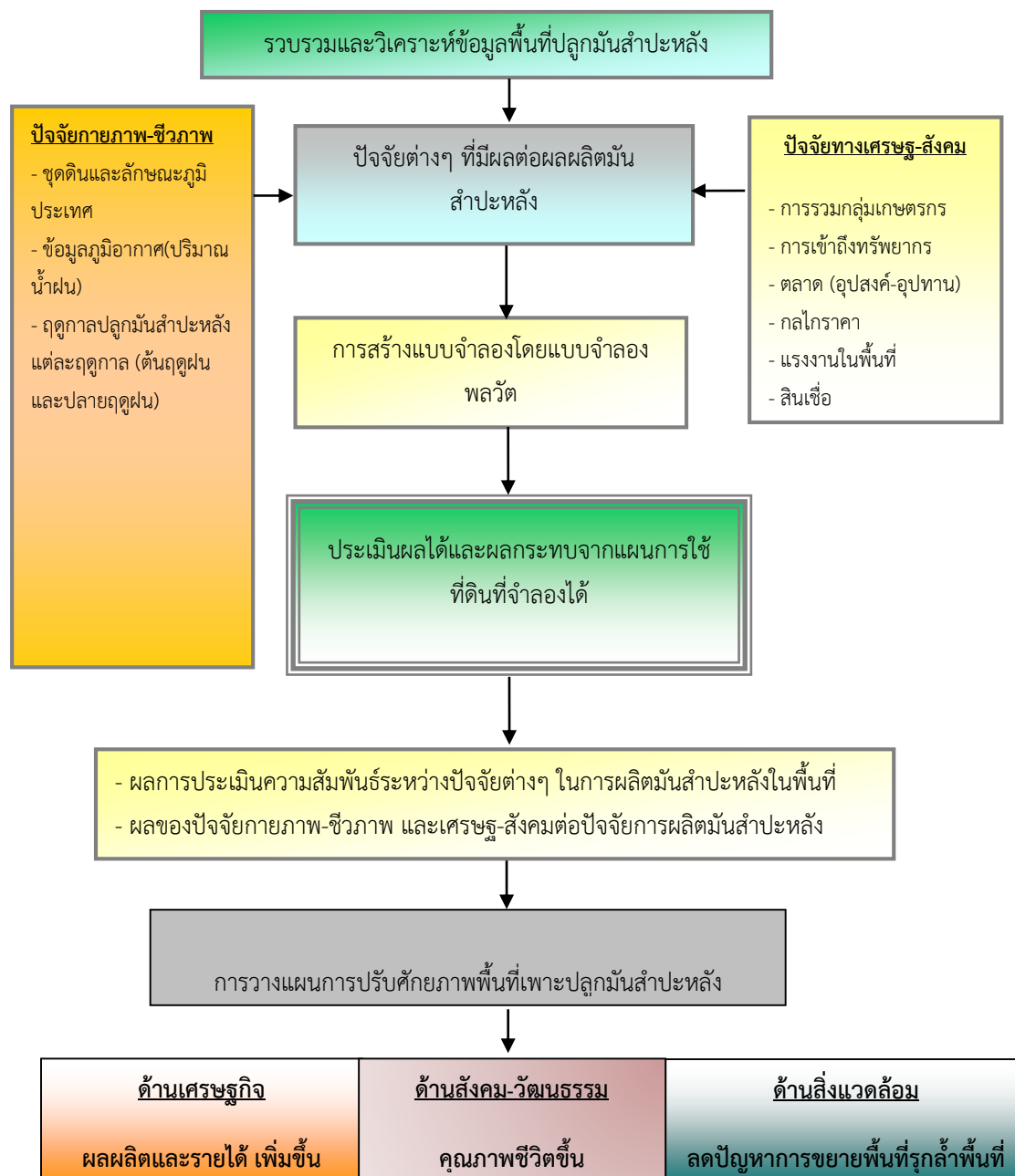
Kunova and Bielik (2009) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความต้องการ
บริโภคเนื้อสัตว์ ด้วยวิธีการวิเคราะห์ระบบสมการโดยใช้วิธีการถดถอย (Regression) ปัจจัยที่มีผลต่อ
อัตราการบริโภคเนื้อสัตว์คือ ราคาเนื้อสัตว์(เนื้อสุกร เนื้อวัว และเนื้อสัตว์ปีก)แนวโน้มของการเกิดโรค
ระบาด และที่สำคัญอัตราการบริโภคเนื้อสัตว์ก็มีผลต่อราคาเนื้อสัตว์ ด้วยเช่นกัน โดยงานวิจัยนี้มีการยึด
ผลกระทบแต่ละตัวที่จะมีผลกระทบต่อการบริโภคเนื้อสัตว์สำหรับแบบจำลองสถานการณ์เนื้อสัตว์ให้
คงที่ เพื่อหาว่าปัจจัยใดบ้างที่มีผลกระทบต่อการบริโภคเนื้อสัตว์ และในส่วนของการพลวัตระบบ

Alexandre (2001) ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์ระบบของ System Dynamics, (SD) ในการจัดโครงการ
116 (Project Management) ภายใต้ความเสี่ยง (Risk) และความไม่แน่นอน (Uncertainty) ที่เกิดขึ้นใน
ระบบโดยเค้าได้สร้าง System Dynamics Framework ขึ้นมาจากนั้นเขาก็ทำการศึกษาถึงผลกระทบที่
เปลี่ยนไปของการจัดการโครงการ

Ajani and Onwubuya (2013) การศึกษาผลของการปรับปรุงวิธีการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังของเกษตรกรในรัฐ อนามบรา ประเทศไนจีเรีย โดยการสัมภาษณ์แบบโครงสร้างจากกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง จำนวน 80 คน แล้วนำไปวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ค่าเฉลี่ยและร้อยละในการแสดงค่า ซึ่งผลการศึกษาพบว่าส่วนใหญ่เกษตรกร ร้อยละ 58.2 ปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่ที่ได้รับมรดกและร้อยละ 57.5 เป็นที่ดินซื้อด้วยตนเอง การปรับปรุงการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังมีการใช้หลายวิธีในการปรับปรุง โดยเฉพาะการใช้ปุ๋ยเคมี และยากำจัดศัตรูพืช แต่ก็มีข้อจำกัดเนื่องจากต้นทุนที่สูงและผลผลิตจากวิธีการนี้ราคาต่ำเมื่อนำไปขายในตลาด

Olanbiwoninu and Odunfa (2012) เปลือกมันสำปะหลังเป็นหนึ่งในชีวมวลที่ถูกทิ้งอย่างไร้ประโยชน์ในประเทศไนจีเรีย ซึ่งเป็นสิ่งที่เหลือจากการผลิตหัวมันสำปะหลังสดเพื่อบริโภค โดยผลผลิตจากแป้งมันสำปะหลัง และการใช้ในอุตสาหกรรม วัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้เป็นการตรวจสอบสถานะที่เหมาะสมในการปรับสภาพเปลือกมันสำปะหลังโดยการเจือจางด้วยกรดซัลฟิวริก และใช้เมทานอลเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาและใช้กระบวนการไฮโดรซีสเอนไซม์ของจุลินทรีย์ เพื่อสร้างผลผลิตน้ำตาล โดยตัวอย่างที่มีการปรับสภาพจะถูกทำให้น้ำตาลในเปลือกมันสำปะหลังลดลง ซึ่งผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่ากระบวนการไฮโดรไลซิสของกรดซัลฟิวริกที่มีความเข้มข้น 0.1 M ที่ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จะให้ผลในการลดน้ำตาลสูงสุด 88.8 % และ 98% ตามลำดับ

Ajala และคณะ (2012) การศึกษาการประเมินประสิทธิภาพในการปรับปรุงการผลิตมันสำปะหลังในรัฐ OSUN โดยการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิของเกษตรกรตัวอย่างผู้ปลูกมันสำปะหลังจำนวน 312 คน ซึ่งใช้พื้นที่ศึกษาในพื้นที่รัฐบาลท้องถิ่น โดยการสัมภาษณ์แบบโครงสร้างและแบบสอบถาม โดยผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมการปรับปรุงผลผลิตมันสำปะหลัง โดยการเตรียมดิน การเลือกช่วงเวลาเพาะปลูกที่เหมาะสม และการปรับปรุงวิธีการให้ปุ๋ยแก่มันสำปะหลัง



ภาพที่ 2.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย