รายงานโครงการวิจัย

การประเมินการสูญเสียของพืชไร่ในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยว ตลอดห่วงโซ่อุปทาน

Assessment of Postharvest Loss in field crops Supply Chain

กรมวิชาการเกษตร

หัวหน้าโครงการวิจัย

นางสาวจารุรัตน์ พุ่มประเสริฐ

JARURAT PUMPRASERT

ปี พ.ศ. 2564

รายงานโครงการวิจัย

การประเมินการสูญเสียของพืชไร่ในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยว ตลอดห่วงโซ่อุปทาน

Assessment of Postharvest Loss in field crops Supply Chain

กรมวิชาการเกษตร

หัวหน้าโครงการวิจัย

นางสาวจารุรัตน์ พุ่มประเสริฐ

JARURAT PUMPRASERT

ปี พ.ศ. 2564

คำปรารถ

โครงการวิจัยการประเมินการสูญเสียของพืชไร่ในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทาน งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของชุดโครงการการประเมินการสูญเสียของผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตรในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทาน ดำเนินการทดลองในปี 2563-2564 ประกอบด้วย 3 การทดลอง เป็นงานวิจัยที่ศึกษาถึงการสูญเสียผลผลิตของถั่วเหลือง ข้าวโพด และข้าว ในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทาน การศึกษาวิจัยทั้งหมดที่กล่าวมานี้มุ่งหวังให้เกิดประโยชน์ในการประเมินปริมาณการสูญเสียผลผลิตของถั่วเหลือง ข้าวโพด และข้าว ในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทาน และได้ประโยชน์อย่างแท้จริงในการจัดการเพื่อลดความสูญเสียของผลผลิตดังกล่าว ยกระดับคุณภาพในการจัดการลดความสูญเสียที่เกิดขึ้น และมีแนวทางในการลดความสูญเสียในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวสำหรับเกษตรกร

จารุรัตน์ พุ่มประเสริฐ
หัวหน้าโครงการวิจัย

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	1
ผู้วิจัย	2
บทนำ	3
คำสำคัญ	4
บทคัดย่อ	5
ระเบียบวิธีวิจัย	7
ผลการวิจัยและอภิปรายผล	10
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	50
บทสรุปและข้อเสนอแนะ	51
บรรณานุกรม	51

กรมวิชาการเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหน่อยงานผู้สนับสนุนทุนวิจัย กรมวิชาการเกษตร เจ้าหน้าที่หน่วยงานกรมวิชาการเกษตร กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร และเกษตรกรผู้ปลูก ที่เสียสละเวลาในการให้ข้อมูล เอื้อเฟื้อสถานที่ทำการทดลอง ทำให้การทดลองนี้ประสบความสำเร็จด้วยดี

กรมวิชาการเกษตร

ผู้วิจัย

เนตรา สมบูรณ์แก้ว
Nettra Somboonkaew

จารุรัตน์ พุ่มประเสริฐ
Jarurat Pumprasert

ณัฐกานต์ สาตราภัย
Nutthakan Sattrapai

กัลยลักษณ์ เสนาะสำเนียง
Kanyalak Sanosomneng

สิทธิพงษ์ ศรีสว่างวงษ์
Sittiphong Srisawangwong

วิมลรัตน์ ดำขำ
Wimonrat Dumkum

ศิวกร เกียรติมณีรัตน์
Siwakorn keatmaneerat

นฤเทพ เวชภิบาล
Naruthep Wechpibal

อรวรรณ จิตต์ธรรม
Orawn Jittham

กรรณิการ์ เพ็งคุ้ม
Kannikar Pengkum

และ

ใจทิพย์ อุไรชื่น
Jaitip Uraichuen

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

การสูญเสียอาหาร (food loss) หมายถึง การสูญเสียอาหาร หรือการลดลงในเชิงปริมาณของอาหารที่มีอยู่เพื่อการบริโภคของมนุษย์ โดยส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิตหรือแปรรูปตลอดห่วงโซ่อุปทานอาหาร หรือตลอดห่วงโซ่ของการเกษตร เช่น การเพาะปลูก การเลี้ยง การขนส่ง การแปรรูป การเก็บรักษา จนเป็นอาหารสำเร็จพร้อมส่งเพื่อการบริโภค โดยการสูญเสียอาหารอาจจะเกิดขึ้นตั้งแต่ขั้นตอนการผลิต การเก็บเกี่ยว และ/หรือการแปรรูป ทำให้น้ำหนักของอาหารหรือคุณค่าทางโภชนาการของอาหารลดลง องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization of the United Nations : FAO) ประเมินว่าในปี พ.ศ. 2554 ทั่วโลกมีการสูญเสียอาหาร (Food Loss) และการทิ้งอาหาร (Food Waste) รวมประมาณ 1,300 ล้านตันต่อปี คิดเป็นร้อยละ 33.3 ของอาหารที่ผลิตได้ทั้งโลก ทำให้ประชากรมากกว่าหนึ่งพันล้านคนอดอยาก และร้อยละ 50 ของประชากรเหล่านั้นอาศัยอยู่ในภูมิภาคเอเชียและแปซิฟิก ดังนั้น FAO ได้เริ่มรณรงค์ให้ลดปริมาณการสูญเสียและการทิ้งอาหารให้ได้อย่างน้อยร้อยละ 25 ซึ่งจะช่วยให้มีอาหารเพียงพอแก่ประชากรโลก 870 ล้านคน (FAO, 2018) อย่างไรก็ตามประเทศไทยยังไม่มีข้อมูลปริมาณการสูญเสียอาหารและปริมาณการทิ้งอาหารที่ชัดเจน หน่วยงานภาครัฐร่วมกับหน่วยงานภาคีที่เกี่ยวข้องในการลดการสูญเสียอาหาร ผ่านการดำเนินงานของคณะอนุกรรมการด้านการลดการสูญเสียอาหารได้ระดมความคิดเห็นและศึกษาวิธีการลดการสูญเสียอาหาร โดยเริ่มจากการวิเคราะห์ห่วงโซ่อุปทาน จุดวิกฤตที่ก่อให้เกิดการสูญเสียอาหาร ค่าฐาน (Baseline) ของการสูญเสียอาหาร ร้อยละของเป้าหมายปริมาณการลดการสูญเสียอาหาร และวิธีปฏิบัติเพื่อลดการสูญเสียให้ได้ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ตามคำแนะนำของ FAO ในอาหารและสินค้าเกษตร 5 กลุ่มหลัก ได้แก่ ผักและผลไม้ พืชหัว ธัญพืช เนื้อสัตว์ นมและพืชน้ำมัน และอาหารทะเลและปลา (สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร, 2564)

ถั่วเหลืองเป็นสินค้าเกษตรในกลุ่มธัญพืช จากรายงานผลการศึกษาการสูญเสียถั่วเหลืองในประเทศบราซิล ระหว่างปี 2545-2554 พบว่า การสูญเสียในขั้นตอนการจัดการในแปลงปลูก (Agricultural Production) เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากร้อยละ 43.6 (2.56 ล้านตัน) ในปี 2545 เป็นร้อยละ 46.3 (4.49 ล้านตัน) ในปี 2554 ขณะที่ขั้นตอนการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษา เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 21.8 เป็นร้อยละ 23.2 หรือจาก 1.28 ล้านตันเป็น 2.24 ล้านตัน และขั้นตอนการแปรรูปและการบรรจุ ก่อให้เกิดการสูญเสียเฉลี่ยร้อยละ 30.2 (2.92 ล้านตัน) ในปี 2554 โดย Gustavsson, *et al*. (2011), Bond, *et al*. (2013) และ Irfanoglu, *et al*. (2014) ได้เสนอวิธีการลดการสูญเสียโดยการปรับปรุงพันธุ์ และการใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีใหม่ ๆ ในการจัดการ ซึ่งต้องการการลงทุนที่สูง เป็นอุปสรรคในการแก้ไขปัญหาการสูญเสียอาหารในประเทศกำลังพัฒนาอย่างยิ่ง ในปีเพาะปลูก 2562/2563 ประเทศไทยผลิตถั่วเหลืองได้ 26,283.20 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นแหล่งผลิตถั่วเหลืองที่สำคัญของประเทศ สำหรับการศึกษาการสูญเสียถั่วเหลืองในประเทศไทยนั้นมีเพียงเล็กน้อยและไม่มีการเก็บข้อมูลการสูญเสียอย่างชัดเจน

ข้าวโพด (maize หรือ corn, *Zea mays* L.) เป็นธัญพืช (cereal crop) ที่มีการปลูกในเกือบทุกภูมิภาคทั่วโลก เนื่องจากเป็นพืชที่ขึ้นได้ในหลายสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศ และเป็นพืชอาหารที่สำคัญมากที่สุดชนิดหนึ่งในโลก ส่วนในประเทศไทย พบว่าข้าวโพดส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ลูกผสมซึ่งให้ผลผลิตสูง (สิทธิเดช และคณะ, 2558) และนำไปใช้เป็นวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมในอุตสาหกรรมผลิตอาหารสัตว์ที่มีการขยายตัวอย่างต่อเนื่องตามภาวะการเติบโตของภาคปศุสัตว์ ปัญหาหลักของเกษตรกรผู้ผลิตข้าวโพด

กรมวิชาการเกษตร

คือกระบวนการเก็บเกี่ยวที่ยังไม่ถูกต้อง โดยเกษตรกรบางส่วนจะเร่งเก็บเกี่ยวข้าวโพดก่อนที่ผลผลิตจะแห้งสนิท เพื่อเตรียมดินปลูกรอบต่อไป ทำให้ข้าวโพดมีความชื้นสูง และเกษตรกรส่วนใหญ่ไม่มีพื้นที่สำหรับตากข้าวโพด การซื้อขายจึงถูกหักค่าความชื้นสูงเป็นประจำ ทั้งยังทำให้คุณภาพข้าวโพดลดลง เนื่องจากเกิดเชื้อราได้ง่าย นอกจากนี้การผลิตข้าวโพดของประเทศไทยเกือบทั้งหมดอาศัยน้ำฝน และเกษตรกรปลูกข้าวโพดมักเก็บเกี่ยวผลผลิตพร้อมกัน ทำให้ผลผลิตล้นตลาด ส่งผลให้เกิดปัญหาราคาผลผลิตตกต่ำ

ข้าวเปลือก ปี 2553 พบรายงานการสำรวจแมลงศัตรูโรงเก็บจาก 30 แหล่ง 14 จังหวัด พบแมลงศัตรูที่สำคัญ 8 ชนิด ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด มอดหัวป้อม มอดแป้ง มอดฟันเลื่อย มอดหนวดยาว มอดสยาม ผีเสื้อข้าวเปลือก และเหาหนังสือ และพบว่าเมื่อใส่ด้วงงวงข้าวโพด และผีเสื้อข้าวสารจำนวน 1 คู่ จะก่อให้เกิดความเสียหายแก่ข้าวสาร 4-6 และ 28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเวลาผ่านไป 6 เดือน และเมื่อปล่อยมอดข้าวเปลือกจำนวน 10 ตัวลงในข้าวกล้องจะก่อให้เกิดความเสียหายมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ในเวลา 6 เดือน (ใจทิพย์ และคณะ, 2553) และ กรรณิการ์ และใจทิพย์ (2563) รายงานการสำรวจความเสียหายของข้าวเปลือก และข้าวสาร เท่ากับ 4.1 และ 6.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยพบว่าแมลงศัตรูในโรงเก็บเป็นปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดความเสียหายทั้งในข้าวเปลือกและข้าวสาร

ดังนั้นเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นปัจจุบันเกี่ยวกับการสูญเสียถั่วเหลือง ข้าวโพด และข้าวเปลือกของประเทศไทย การศึกษานี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของผู้เกี่ยวข้องในห่วงโซ่อุปทาน จัดทำข้อมูลการสูญเสีย และหาแนวทางในการลดการสูญเสียของถั่วเหลือง ข้าวโพด และข้าวเปลือกตลอดห่วงโซ่อุปทานจะทำให้เป็นประโยชน์ต่อแนวทางในการแก้ปัญหาการผลิตให้มีคุณภาพ เพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร และลดปัญหาความเหลื่อมล้ำความยากจน

คำสำคัญ

การสูญเสียอาหาร ถั่วเหลือง ข้าวโพด ข้าวเปลือก ข้าวสาร จุดวิกฤต ห่วงโซ่อุปทาน สมการประเมินความสูญเสียข้าว การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ แมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

food loss, soybean, maize, paddy, milled rice, critical point, supply chain, Rice Losses Assessment, multiple regression, stored product insect

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

องค์การสหประชาชาติได้กำหนดเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) 17 เป้าหมาย โดยเป้าหมายที่ 12.3.1 กำหนดให้ลดการสูญเสียอาหารตลอดห่วงโซ่อุปทาน ตั้งแต่การผลิตจนถึงการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว (จนถึงก่อนขั้นตอนการแปรรูป) แต่ประเทศไทยยังไม่มีข้อมูลปริมาณการสูญเสียอาหารที่ชัดเจน ภาครัฐร่วมกับหน่วยงานภาคีที่เกี่ยวข้องจึงศึกษาการสูญเสียอาหารในพืชและสินค้าเกษตรที่สำคัญ เพื่อให้ได้ทราบปริมาณและสาเหตุการสูญเสียที่เป็นปัจจุบัน และหาวิธีการลดการสูญเสียที่เหมาะสม การประเมินการสูญเสียของถั่วเหลือง และข้าวโพด ครอบคลุมกระบวนการตั้งแต่ การจัดการก่อนการเก็บเกี่ยว การเก็บเกี่ยว การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว การขนส่ง และการรวบรวมเก็บรักษา วิธีการศึกษาประกอบด้วยการรวบรวมข้อมูลผ่านการประชุมเฉพาะกลุ่ม การสัมภาษณ์เชิงลึก และการลงพื้นที่จริง จากผลการศึกษาพบว่าเกษตรกรเป็นกลุ่มหลักในห่วงโซ่อุปทานถั่วเหลือง โดยมีผู้รับจ้างเก็บเกี่ยวและนวด ผู้รวบรวม และผู้ประกอบการซื้อ-ขายถั่วเหลืองร่วมดำเนินกิจกรรมต่างๆ ในแต่ละขั้นตอนในห่วงโซ่อุปทาน สำหรับการสูญเสียถั่วเหลืองตลอดห่วงโซ่อุปทานมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 34.13 จำแนกเป็นขั้นตอนการเก็บเกี่ยวร้อยละ 9.7 (เก็บเกี่ยวด้วยมือ ร้อยละ 1.91 และรถเกี่ยวร้อยละ 17.67) ขั้นตอนกะเทาะเปลือก (นวด) ร้อยละ 6.38 ขั้นตอนหลังการตากและเก็บรักษาที่บ้านเกษตรกร ร้อยละ 7.79 การเก็บรักษาที่จุดรวบรวม ร้อยละ 5.63 และก่อนการแปรรูป ร้อยละ 4.63 ผลจากข้อมูลอาจสรุปได้ว่าการเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองด้วยรถเกี่ยวเป็นจุดวิกฤตสำคัญที่ก่อให้เกิดการสูญเสียมากที่สุด ตามด้วยการเก็บรักษาที่ไม่เหมาะสม และการกะเทาะเปลือก การพัฒนาวิธีการและเครื่องมือที่เหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยว กะเทาะเปลือก และเก็บรักษาถั่วเหลืองจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อลดการสูญเสียถั่วเหลืองในประเทศไทย และผลการศึกษาในข้าวโพด พบว่า ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในกิจกรรมหลักตลอดห่วงโซ่อุปทาน ประกอบด้วย เกษตรกร แรงงาน ผู้รับจ้างขับรถ และผู้รวบรวมผลผลิต ปัจจัยผลักดันที่มีผลต่อความสูญเสียอาหารสามารถจำแนกได้ 4 กลุ่ม คือ การผลิต กระบวนการเก็บเกี่ยว การขนส่ง และการเก็บรักษา จากผลการวิเคราะห์พบว่าจุดวิกฤตที่ส่งผลต่อการสูญเสียอาหารในข้าวโพด 2 จุดสูงสุด คือ การเก็บเกี่ยว และการเก็บรักษา จากปัจจัยการสูญเสียดังกล่าวที่ส่งผลต่อการสูญเสียในห่วงโซ่อุปทานข้าวโพด จึงมีความจำเป็นที่จะต้องได้รับความร่วมมือจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียระหว่างเกษตรกร แรงงาน พ่อค้าคนกลาง ภาคเอกชน และสถาบันของราชการเพื่อนำไปสู่กุญแจขับเคลื่อนสำคัญในการลดการสูญเสียอาหารข้าวโพดในระยะยาวต่อไป และการศึกษาการใช้สมการประเมินความสูญเสียของข้าวจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร วัตถุประสงค์เพื่อหาสมการการถดถอยที่มีความแม่นยำในการประเมินความสูญเสียในข้าวเปลือกและข้าวสาร ในปีแรกทำการเก็บตัวอย่างจากตัวอย่างข้าวเปลือกและข้าวสาร 10 แหล่ง โดยเก็บข้อมูลระยะเวลาการเก็บรักษา ระดับอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเก็บ ความชื้นเมล็ดของตัวอย่าง และปริมาณแมลงทั้งหมดที่พบในตัวอย่าง นำข้อมูลที่ได้มาหาความสัมพันธ์กับปริมาณความสูญเสียเมล็ดและน้ำหนักของทั้งข้าวเปลือกและข้าวสาร เพื่อสร้างสมการการถดถอยพหุคูณด้วยวิธีการ stepwise regression ในปีที่ 2 เก็บข้อมูลเช่นเดียวกับปีแรกในโรงเก็บจำนวน 10 โรง นำข้อมูลที่ได้มาหาค่าความคลาดเคลื่อนจากการประเมินของสมการ จนได้สมการประเมินปริมาณเมล็ดเสียของข้าวเปลือกและข้าวสารจากแมลงศัตรูสำคัญ โดยทั้ง 2 สมการมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 75 และ 91% ตามลำดับ

กรมวิชาการเกษตร

Abstract

The United Nations has set 17 Sustainable Development Goals (SDGs) for all member, with SDG 12.3.1 set to minimise food loss throughout the supply chain. However, there are lack information on the amount of food loss in Thailand. The government, together with related parties, recently study food loss in important crops/agricultural products in order to know the current quantity and causes of the loss to determine suitable methods to decrease the losses**.** The loss of soybean and maize, wear also assessed, covering activities from pre-harvesting, harvesting, post-harvest management, transportation and storage. Consequently, focus group meetings, in-depth interviews, actual measurement at field sites with stakeholders throughout the value chain were a method for collecting quantitative data. The study found that farmers play an important role in various steps of soybean supply chain together with harvestor, collector and entrepreneur. The average loss of soybean throughout the supply chain was 34.1%, divided into 9.7% of the harvesting (harvested by hands 1.91% and combine harvester 17.67%), threshing 6.38%, after dried and stored at farmer's house 7.79%, storage at collection point 5.63% and at raw material warehouse (before processing) 4.63%. Consequently, the harvesting is the most cost-provoking step, followed by improper storage and threshing step, respectively. Thus, developing suitable method and equipment for soybean harvesting, threshing, and storage are essential to decrease the soybean loss in Thailand. In maize the results showed that stakeholders of main activities throughout the supply chain of maize consisted of farmers, labors, drivers and collectors. Four driving factors affected food loss in the supply chain of maize production were 1) pre-production (pre-harvesting) 2)harvesting 3) transportation and 4) storage factors. Therefore, the two most critical points that caused the losses were harvesting and storage activities as 3.89 and 2.25%, respectively. These factors significantly affected the losses in maize supply chain. Therefore, a muti stakeholder collaboration among farmers, labors, middle-man, private sectors, government institutions, is a key driver leading to reduce the losses in a long term. The Equation to Rice Losses Assessment Caused by stored product insects. The objective of study was get the accuracy multiple linear regression models as a tool for analyzing paddy and milled rice losses. In the first year, samples were collected paddy and milled rice samples from 10 locations. The 5 kinds of data were collected such as period of time storged, temperature and humidity levels inside the storage rooms, seed moisture of paddy and milled samples and the total amount of insect pests found in the samples. The data were analyzed by stepwise regression models to find the equation used to predict the losses of paddy and milled rice. In the second year, the same kind of data were collected as in the first year in 10 locations. The data was obtained to determine the error of the equation. The accuracy

of the prediction when using one year from data to build paddy and milled rice losses predicting equations by coefficient of determination (R^2) were 75 and 91% respectively.

ระเบียบวิธีการวิจัย

การทดลองที่ 1 การประเมินการสูญเสียของถั่วเหลืองในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทาน

1. ทบทวนวรรณกรรม เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสูญเสียถั่วเหลือง
2. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ในห่วงโซ่อุปทานถั่วเหลือง
3. พิจารณาพื้นที่เก็บตัวอย่าง การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่สัมภาษณ์ และสุ่มตัวอย่างถั่วเหลือง พิจารณาจากสถิติการผลิตถั่วเหลืองของประเทศไทยจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรและกรมส่งเสริมการเกษตร เพื่อวางแผนการสำรวจ เก็บข้อมูลการสัมภาษณ์ และเก็บตัวอย่างถั่วเหลือง โดยคัดเลือกจังหวัดที่มีการผลิตถั่วเหลืองในปริมาณมาก และกำหนดกลุ่มตัวอย่าง (เกษตรกร ผู้รวบรวม และผู้แปรรูป) ที่อยู่ในห่วงโซ่อุปทานที่เกี่ยวข้องกับการสูญเสียถั่วเหลือง ตั้งแต่ขั้นการตอนการเก็บเกี่ยว ตากแห้ง กะเทาะเปลือก ขนส่ง เก็บรักษา และการจัดการก่อนการแปรรูป ซึ่งสามารถใช้เป็นตัวแทนของประชากรสำหรับการรวบรวมข้อมูลในห่วงโซ่อุปทาน การศึกษานี้ยังได้ดำเนินงานตามคำแนะนำของ FAO ที่แนะนำให้ระบุจุดต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดการสูญเสียอาหารมาก (จุดวิกฤต) และให้เน้นการสำรวจในจุดวกฤตเหล่านั้น
4. ออกแบบแบบสอบถาม

เพื่อความสะดวกในการเก็บข้อมูลและประมวลผลการสูญเสียถั่วเหลืองทั้งภาคการผลิตในพื้นที่เพาะปลูกและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว ผู้วิจัยได้จัดทำแบบสอบถามออนไลน์เป็น 2 ฉบับ โดยแบบสอบถามการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวของถั่วเหลืองสำหรับเกษตรกร มีรายละเอียดตามลิงก์ต่อไปนี้ https://docs.google.com/forms/d/OIIhK66xCnqASLmDrtOAlorAB_t5f7wMUA6aYIC0OMY/edit และลิงก์แบบสอบถามการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวของถั่วเหลืองสำหรับผู้รวบรวมและผู้ประกอบการแปรรูป https://docs.google.com/forms/d/1 rRAKB0 fzQdoMfFx--8 pskw5 LHZamxVA8 uQN-zJf6kOY/edit

5. ลงพื้นที่สำรวจ สัมภาษณ์ และเก็บตัวอย่างถั่วเหลือง

เนื่องจากเป็นการสัมภาษณ์เชิงลึก แบบสอบถามมีจำนวนคำถามมาก เป็นภาษาทางการและเป็นการสัมภาษณ์และบันทึกผลสัมภาษณ์ทางออนไลน์ทันทีเมื่อสัมภาษณ์แล้วเสร็จ (ผ่านแท็บเล็ตพีซีเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ต) ดังนั้นก่อนลงพื้นที่สำรวจ จึงมีการซักซ้อมความเข้าใจให้กับคณะผู้เก็บข้อมูลเพื่อเข้าใจคำถามและสามารถถ่ายทอดเป็นภาษาที่กลุ่มตัวอย่างสามารถเข้าใจได้อย่างถูกต้อง และผู้เก็บข้อมูลสามารถบันทึกข้อมูลที่ถูกต้องและครบถ้วนตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย สำหรับการเก็บตัวอย่างถั่วเหลืองเพื่อวิเคราะห์การสูญเสียจริงนั้น คณะผู้วิจัยเก็บตัวอย่างในขั้นตอนการเก็บเกี่ยว การตาก การกะเทาะเปลือก การเก็บรักษา และการจัดการก่อนการแปรรูป ในพื้นที่ที่เก็บข้อมูลการสัมภาษณ์เชิงลึก

6. ประมวลและวิเคราะห์ข้อมูล
7. สรุปข้อมูลและจัดทำรายงาน

กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 2 การประเมินการสูญเสียของข้าวโพดในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทาน

1. กำหนดพื้นที่เป้าหมายการปฏิบัติงานเบื้องต้น โดยรวบรวมข้อมูลพื้นที่การผลิตข้าวโพดปีล่าสุด (ปี 2561) ในระดับประเทศ แต่เนื่องจากผลกระทบจากสถานการณ์ COVID-19 ส่งผลต่อการเดินทางไปสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดจากแหล่งต่างๆ จึงได้รับข้อแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ (ดร.สมชาย บุญประดับ) ให้เลือกพื้นที่การผลิตข้าวโพดมีลักษณะของชนิดดินต่างกัน และเลือก 1 จังหวัดที่เป็นตัวแทนของภูมิภาคนั้นๆ เพื่อให้ดำเนินการวิจัยภายใต้ข้อจำกัด โดยได้แนะนำให้เป็นจังหวัดเพชรบูรณ์ นครวรรค์ สระบุรี และนครราชสีมา

2. ศึกษาและจัดทำห่วงโซ่คุณค่าของข้าวโพดในภาพรวมของประเทศที่จะสามารถนำมาวิเคราะห์ให้เห็นถึงขั้นตอนหรือสาเหตุที่ทำให้เกิดการสูญเสียอาหาร เพื่อให้สามารถระบุจุดวิกฤตที่จะนำไปสู่การเสนอแนะแนวทางแก้ปัญหาต่อไป โดยค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth interview) ผู้ที่เกี่ยวข้อง รวมถึงสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องเฉพาะกลุ่ม (focus group interview) และจัดทำห่วงโซ่คุณค่าของข้าวโพด

3. สุ่มคัดเลือกเกษตรกรปลูกข้าวโพดและสอบถามเบื้องต้นเกี่ยวกับจุดวิกฤต (critical point) และปัจจัยผลักดัน (driving factor) ที่ทำให้เกิดการสูญเสียอาหาร และจัดทำแบบสอบถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์เพื่อเก็บข้อมูลข้าวโพด

4. รวบรวมข้อมูลและเก็บข้อมูลการสูญเสียอาหาร เช่น ข้อมูลพื้นที่การผลิตปีล่าสุดในระดับประเทศ ข้อมูลบันทึกการสูญเสียอาหารจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต่างๆ เป็นต้น ข้อมูลที่รวบรวมได้ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงการดำเนินงานในขั้นตอนนี้มีทั้งข้อมูลปฐมภูมิ (primary data) ที่ได้จากการสัมภาษณ์โดยใช้แบบสอบถาม (ภาคผนวก 1) และข้อมูลทุติยภูมิ (secondary data) ที่ได้จากการศึกษางานวิจัยที่สำหรับการเก็บข้อมูลการสูญเสียอาหารด้วยการเก็บข้อมูลภาคสนามสามารถ จะดำเนินการกำหนดพื้นที่สุ่มตัวอย่างขนาด 5 x 5 เมตร โดยใช้วิธีการทำแปลงตัวอย่าง (crop cutting) เพื่อเก็บข้อมูลผลผลิตจริงในแปลงปลูกของเกษตรกร แล้วทำการ วัด นับ ชั่ง เพื่อคำนวณหาผลผลิตต่อไร่โดยใช้ทฤษฎีทางสถิติ วิธีดังกล่าวถูกสร้างขึ้นเพื่อช่วยให้รัฐบาลและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการเกษตรสามารถหาค่าประมาณของผลผลิตพืชในรอบการเพาะปลูกได้ รวมถึงสามารถนำไปใช้วางแผนงานและนโยบายด้านเกษตรได้อย่างเหมาะสม ในการศึกษานี้จึงไม่สามารถดำเนินการตั้งแปลงตัวอย่างเพื่อเก็บข้อมูลตามวิธีการที่ FAO ได้แนะนำไว้ได้ทั้งหมด จึงใช้เทคนิคการเดิน 10 ก้าว เพื่อวางกรอบแปลงขนาด 5 x 5 ตารางเมตร อย่างไรก็ตาม วิธีดำเนินการเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลผลผลิตต่อไร่ในการศึกษานี้อ้างอิงจากหลักการเดียวกับ FAO นั่นคือ หลักการทำแปลงตัวอย่างเพื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตจริง การสุ่มจุดเพื่อวางแปลงตัวอย่างจะทำการสุ่มทั้งหมด 2 จุด ดังแสดงในภาพที่ 2 โดยจุดที่ 1 เริ่มจากมุมล่างซ้ายของแปลง เดินตามขอบแปลงปลูกไปทางด้านบน 10 ก้าว แล้วเลี้ยวขวาตรงเข้าไปในแปลงปลูกอีก 10 ก้าว ตรงปลายเท้าก้าวที่ 10 ให้วางแปลงตัวอย่างขนาด 5 x 5 ตารางเมตร และจุดสำรวจที่ 2 เริ่มจากมุมตรงข้ามกับจุดที่วางแปลงตัวอย่างที่ 1 คือ มุมบนขวามือให้เดินตามขอบแปลงปลูกลงมาทางด้านล่าง 10 ก้าว แล้วเลี้ยวขวาตรงเข้าไปในแปลงอีก 10 ก้าว วางแปลงตัวอย่างขนาด 5 x 5 ตารางเมตร เช่นเดียวกับแปลงตัวอย่างที่ 1 ทำการล้อมเชือกเพื่อเก็บข้อมูลหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต โดยบันทึกข้อมูลน้ำหนักปริมาณข้าวโพดภายหลังการเก็บเกี่ยวด้วยรถเกี่ยวนำข้อมูลที่ได้มาใช้เป็นตัวแทนในการคำนวณอหาผลผลิตตกหล่นหรือผลผลิตที่หลงเหลือในแปลงปลูก (harvesting loss)

5. ประเมินความสูญเสียข้าวโพดในเชิงปริมาณในกิจกรรมหลังเก็บเกี่ยว

การทดลองที่ 3 การใช้สมการประเมินความสูญเสียของข้าวจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

1. การสร้างสมการประเมินความสูญเสียข้าว

การสร้างสมการประเมินความเสียหายของผลิตผลเกษตรที่เก็บรักษาในโรงเก็บที่เกิดจากอิทธิพลของสภาพแวดล้อม และจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร ดำเนินการดังนี้

1.1 ข้าวเปลือกและข้าวสารที่นำมาใช้ในการทดลองเลือกข้าวที่มีการคัดคุณภาพมาเรียบร้อยแล้ว เพื่อง่ายต่อการตรวจนับความสูญเสีย โดยข้าวเปลือกที่นำมาใช้ในการทดลองเป็นเมล็ดข้าวพันธุ์ขยายพันธุ์ กข 77 ซึ่งเป็นข้าวพันธุ์นิ่ม ส่วนข้าวสารใช้ข้าวสารหอมมะลิ 100 เปอร์เซ็นต์ เตรียมข้าวสำหรับใช้ในการทดลองโดยการรมด้วยสารรมฟอสฟีนสำหรับข้าวสารใช้อัตรา 2 เม็ดต่อตัน ขณะที่ข้าวเปลือกใช้อัตรา 3 เม็ดต่อตัน ระยะเวลารม 7 วัน เพื่อกำจัดแมลงที่ติดมากับข้าวให้หมด

1.2 เตรียมสถานที่ทดลอง จำนวน 10 โรง โดยเลือกโรงเก็บใหญ่และขนาดกลาง ทำความสะอาดพื้นที่ก่อนการวางตัวอย่าง และติดตั้งเครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้น (datalogger) ภายในโรงเก็บ โดยตั้งความถี่ในการบันทึกผลทุก 6 ชั่วโมง ตลอดระยะเวลาการทดลอง

1.3 แบ่งข้าวเปลือกและข้าวสารที่ผ่านการรมแล้วใส่กระสอบป่านน้ำหนัก 50 กิโลกรัมต่อกระสอบ จำนวน 30 กระสอบ นำกระสอบข้าวเปลือกและข้าวสารที่แบ่งแล้ว ไปวางในโรงเก็บ โดยใน 1 โรงเก็บวางกระสอบข้าวเปลือกและข้าวสารคู่กัน 3 จุด จุดละกระสอบ (เท่ากับ 3 ซ้ำต่อโรงเก็บ) แต่ละจุดให้มีระยะห่างกันไม่ต่ำกว่า 5 เมตร โดยมีพาเลท (pallet) รองทุกจุด

1.4 สุ่มตัวอย่างข้าวจากแต่ละกระสอบๆละ 250 กรัม นำมาตรวจสอบผล ได้แก่ ปริมาณและชนิดของแมลงที่ลงทำลายจากตัวอย่าง 250 กรัม ปริมาณความเสียหายของผลิตผลที่เกิดจากแมลงโดยสุ่มเม็ดข้าว 1000 เม็ด จำนวน 3 ซ้ำต่อถุง ความชื้นของผลิตผลเกษตรจำนวน 3 ซ้ำ และตรวจสอบสภาพทั่วไปของกองผลิตผลเกษตร

1.5 ทำการสุ่มตัวอย่างและตรวจวัดผลการทดลองเดือนละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 10 เดือน

1.6 การเก็บข้อมูลปริมาณและชนิดของแมลงจากตัวอย่าง 250 กรัม น้ำหนักผลผลิตข้าวสารและข้าวเปลือก 1000 เม็ด จำนวนเมล็ดเสียข้าวสารและข้าวเปลือก 1000 เม็ด ความชื้นของเมล็ดข้าว ณ โรงเก็บ อุณหภูมิ ความชื้นของอากาศภายในโรงเก็บ

1.7 วิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์สมการถดถอยพหุคูณแบบเป็นขั้นตอน (Stepwise multiple regression analysis) ด้วยโปรแกรม SPSS

2. การทดสอบความใช้ได้ของสมการประเมินความเสียหายของข้าว

ทดสอบประสิทธิภาพของสมการประเมินความเสียหาย โดยวางตัวอย่างข้าวเปลือก และข้าวสารในโรงสี 10 โรง ทำการเก็บตัวอย่างข้าวจากตัวอย่างทั้ง 10 โรง ทุกเดือนเพื่อตรวจนับปริมาณความสูญเสีย ปริมาณแมลง ความเสียหาย ระดับอุณหภูมิ และความชื้น นำผลการตรวจนับจริง กับผลที่ได้จากการประเมินโดยสมการ เพื่อทดสอบความใช้ได้ของสมการที่สร้างขึ้น

กรมวิชาการเกษตร

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การทดลองที่ 1 การประเมินการสูญเสียของถั่วเหลืองในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทาน

1. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในห่วงโซ่อุปทาน

จากการทบทวนวรรณกรรม และการสำรวจการปลูกถั่วเหลือง (รุ่นที่ 2[1]) ปีเพาะปลูก 2563/2564 ในพื้นที่ภาคเหนือ (จังหวัดแม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ ลำปาง เชียงราย และน่าน) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (จังหวัดขอนแก่น อุดรธานี และหนองบัวลำภู) และภาคกลาง (จังหวัดสุโขทัย) ซึ่งมีพื้นที่การปลูกถั่วเหลืองรวมคิดเป็นร้อยละ 74.64 ของพื้นที่การปลูกถั่วเหลืองทั้งประเทศ (Table 1) จากการสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้องในเชิงลึก (in depth interview) ตามรายละเอียดใน Table 2 พบว่าเกษตรกรตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 54 ของตัวอย่างทั้งหมด) มีอายุเฉลี่ยระหว่าง 56-60 ปี (ร้อยละ 25 ของตัวอย่างทั้งหมด) จำนวนแรงงานเฉลี่ยในการปลูกถั่วเหลืองต่อแปลง 2 คน เป็นแรงงานในครัวเรือนร้อยละ 95 และแรงงานจ้างเหมาร้อยละ 5 โดยเกษตรกรมีประสบการณ์ในการปลูกถั่วเหลืองมากกว่า 10 ปี (ร้อยละ 50) และเริ่มปลูกถั่วเหลืองเป็นครั้งแรกร้อยละ 3 โดยเกษตรกรตัวอย่างร้อยละ 76 ใช้ที่ดินของตนเองในการปลูกถั่วเหลือง และเช่าที่ดินร้อยละ 19 ขณะที่ร้อยละ 5 มีผู้อื่นให้ใช้ที่ดินโดยไม่คิดค่าใช้จ่าย

เกษตรกรตัวอย่างมีพื้นที่เพาะปลูกถั่วเหลืองเฉลี่ย 4.54 ไร่ (อยู่ในช่วง 1-15 ไร่) โดยเกษตรกรในจังหวัดน่านและลำปางมีพื้นที่ปลูกถั่วเหลืองเฉลี่ยน้อยกว่า 3 ไร่ (Table 3) พื้นที่ปลูกถั่วเหลืองข้างต้นประมาณร้อยละ 63 เป็นพื้นที่ลุ่มที่ไม่มีน้ำขัง ตามด้วยพื้นที่ลุ่มมีน้ำขัง ร้อยละ 22 และอีกร้อยละ 15 เป็นพื้นที่ดอน เมื่อจำแนกตามลักษณะดิน ส่วนใหญ่ (ร้อยละ 42) เป็นดินเหนียวปนทราย รองลงมา ได้แก่ ดินเหนียว (ร้อยละ 26) ดินร่วนปนทราย (ร้อยละ 18) ดินร่วน (ร้อยละ 7) ดินทราย (ร้อยละ 4) และ ดินร่วนปนเหนียว (ร้อยละ 3) ตามลำดับ แหล่งน้ำสำหรับใช้ในการปลูกถั่วเหลืองจากแปลงเกษตรกรตัวอย่าง ได้แก่ น้ำบาดาล (ร้อยละ 56) น้ำจากคลองชลประทานและสระน้ำ (ร้อยละ 45) และน้ำฝน (ร้อยละ 9)

รูปแบบการปลูกถั่วเหลืองในกลุ่มเกษตรกรตัวอย่างเป็นการเพาะปลูกสลับกับการทำนาเป็นหลัก (ร้อยละ 87) ขณะที่ร้อยละ 5 ปลูกถั่วเหลืองเพียงอย่างเดียว หรือ สลับกับการปลูกข้าวโพด ร้อยละ 2 ปลูกในสวนลำไย และร้อยละ 1 สลับการปลูกอ้อย การปลูกถั่วเหลืองของเกษตรกรกลุ่มนี้ได้รับการรับรองการผลิตพืชตามมาตรฐานระบบการจัดการคุณภาพการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืช (Good Agricultural Practice: GAP) ร้อยละ 8 ได้รับการรับรองมาตรฐานการผลิตพืชอินทรีย์ ร้อยละ 0.6 และร้อยละ 91.4 ไม่ได้รับรองการผลิตพืชใด ๆ

เกษตรกรเลือกใช้พันธุ์ถั่วเหลืองแตกต่างกัน เกษตรกรตัวอย่างร้อยละ 79.5 เลือกใช้พันธุ์เชียงใหม่ 60 ร้อยละ 10 เลือกใช้พันธุ์ สจ.5 ร้อยละ 5 เลือกใช้พันธุ์สุโขทัย 1 ร้อยละ 2.5 เลือกใช้พันธุ์ศรีสำโรง 1 และที่เหลือเลือกใช้พันธุ์แม่โจ้ สจ.4 สจ. 6 และพันธุ์ตาแดง สำหรับเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ เกษตรกรร้อยละ 63 ได้รับจากหน่วยงานราชการ (เช่น กรมวิชาการเกษตร) ร้อยละ 19 ผลิตเมล็ดพันธุ์ด้วยตนเอง และร้อยละ 18 ซื้อจากเอกชน โดยเกษตรกรร้อยละ 66 คลุกเมล็ดพันธุ์กับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ซึ่งประกอบด้วยแบคทีเรียตระกูลไรโซเบียม (Rhizobiaceae) เพื่อทำให้ปริมาณไนโตรเจนในลำต้นถั่วเพิ่มขึ้น เพิ่มผลผลิต และปรับปรุงคุณภาพของเมล็ดถั่วเหลือง

[1] การปลูกถั่วเหลืองแบ่งออกเป็น 2 รุ่น รุ่นที่ 1 (เพาะปลูกระหว่างวันที่ 1 พฤษภาคม ถึง 31 ตุลาคมของปี) และ รุ่นที่ 2 (เพาะปลูกระหว่างวันที่ 1 พฤศจิกายน ถึง 30 เมษายนของปีถัดไป)

สำหรับการเตรียมแปลงปลูกถั่วเหลือง เกษตรกรร้อยละ 70 ไม่ไถแปลงก่อนเพาะปลูก กำจัดตอซังหรือวัชพืชด้วยวิธีการเผา (ร้อยละ 29) ใช้เครื่อง/รถตัดหญ้า (ร้อยละ 21) และการเผาร่วมกับเครื่องตัดหญ้า (ร้อยละ 15) ขณะที่เกษตรกรร้อยละ 11 ไม่กำจัดวัชพืชหรือตอซังก่อนปลูกถั่วเหลือง โดยในปีเพาะปลูก 2563/2564 เกษตรกรเริ่มปลูกถั่วเหลือง (รุ่น 2) เดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม 2563

หลังจากหว่านเมล็ดพันธุ์ 1-2 สัปดาห์ เกษตรกรร้อยละ 98 ใส่ปุ๋ยเพื่อช่วยให้ถั่วเหลืองเจริญเติบโต จำแนกเป็นปุ๋ยอินทรีย์/มูลสัตว์/พืชสด (ไม่ใช้ปุ๋ยเคมี) ร้อยละ 4 ปุ๋ยเคมี เช่น ปุ๋ยยูเรีย และปุ๋ยสูตร 15-15-15 ร้อยละ 86 และปุ๋ยอินทรีย์/มูลสัตว์/พืชสด ร่วมกับปุ๋ยเคมี ร้อยละ 10 เกษตรกรตัวอย่างร้อยละ 24ใส่ปุ๋ยในอัตรา 21-25 กิโลกรัม/ไร่ รองลงมาได้แก่ 16-20 กิโลกรัม/ไร่ (ร้อยละ 20) 11-15 กิโลกรัม/ไร่ (ร้อยละ 17) และเกษตรกรร้อยละ 3 ใส่ปุ๋ยอัตรา 46-50 กิโลกรัม/ไร่ ขณะที่ร้อยละ 17 ไม่ใส่ปุ๋ยหรือใส่ในอัตรา 0.1-0.9 กิโลกรัม/ไร่ สำหรับวิธีการใส่ปุ๋ยเกษตรกรร้อยละ 79 ใส่ปุ๋ยโดยวิธีหว่าน ร้อยละ 15 ใช้วิธีพ่นหรือราด และร้อยละ 4 หว่านร่วมกับวิธีพ่น ช่วงเวลาที่เกษตรกรส่วนใหญ่ (ร้อยละ 90) ใส่ปุ๋ยคือระหว่างการเพาะปลูก โดยเกษตรกรร้อยละ 45 ใส่ปุ๋ยจำนวน 2 ครั้ง และอีกร้อยละ 45 ใส่ปุ๋ย 1 ครั้ง ขณะที่เกษตรกรร้อยละ 7 ใส่ปุ๋ยช่วงเตรียมดินก่อนการเพาะปลูกเท่านั้น และร้อยละ 1 ใส่ปุ๋ยก่อนเพาะปลูก 1 ครั้ง และระหว่างเพาะปลูก 1 ครั้ง

โรคในถั่วเหลืองที่เกษตรกรตัวอย่างพบ ได้แก่ เมล็ดสีม่วง ใบยอดย่นถั่วเหลือง โคนเน่า ใบจุดนูน ราสนิม ราน้ำค้าง แอนแทรคโนส และ ใบจุดวง ร้อยละ 18 15 15 14 11 8 7 และ 5 ตามลำดับ ขณะที่ร้อยละ 7 ของเกษตรกรตัวอย่างระบุว่าไม่พบโรคใดๆ ในแปลงปลูก เกษตรกรส่วนใหญ่ (ร้อยละ 45) ควบคุมโรคด้วยสารเคมี ร้อยละ 16 เลือกใช้จุลินทรีย์ เช่น เชื้อราไตเคอร์โดมาร์ เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* สารสกัดพืช น้ำหมักชีวภาพ น้ำส้มควันไม้ และร้อยละ 39 ของเกษตรกร ไม่ใช้วิธีใดๆ เพื่อควบคุมโรค โดยเกษตรกรกลุ่มที่ใช้สารควบคุมโรค ใช้สารเฉลี่ย 3.61 สัปดาห์ก่อนเก็บเกี่ยว

เกษตรกรตัวอย่างร้อยละ 33.3 ไม่พบแมลงศัตรูถั่วเหลือง ขณะที่ร้อยละ 66.7 พบแมลงศัตรู ชนิดแมลงที่พบมาก ได้แก่ หนอนเจาะฝักถั่ว *Etiella zinckenella* (Treitschke) มวนถั่วเหลือง *Riptortus linearis* (Fabricius) และแมลงหวี่ขาว *Bemisia tabaci* (Gennadius) เมื่อเกษตรกรพบแมลงศัตรูพืช จะควบคุมแมลงโดยฉีดพ่นสารเคมีร้อยละ 69 ถอนต้น/ฆ่าแมลงด้วยมือ ร้อยละ 4 ฉีดพ่นด้วยสารสกัดพืช เช่น สะเดา น้ำส้มควันไม้ ร้อยละ 2 ใช้กับดัก/ฟีโรโมน ร้อยละ 2 และไม่ใช้วิธีใดๆ ในการควบคุมแมลงศัตรู ร้อยละ 23 เกษตรกรกลุ่มที่ใช้สารเคมีควบคุมแมลงศัตรู ใช้สารเฉลี่ย 4.26 สัปดาห์ก่อนเก็บเกี่ยว

การควบคุมวัชพืชในถั่วเหลือง เกษตรกรตัวอย่างร้อยละ 65.4 ใช้สารเคมีควบคุมวัชพืช ร้อยละ 9.9 ถอนวัชพืชด้วยมือหรือใช้วัสดุคลุมดินเพื่อชะลอการเจริญของวัชพืช โดยไม่ใช้สารเคมี และร้อยละ 24.7 ไม่มีการควบคุมวัชพืช เกษตรกรกลุ่มที่ใช้สารเคมีควบคุมวัชพืชร้อยละ 89.4 พ่นสารเคมีหลังจากปลูก(ก่อนเมล็ดถั่วและวัชพืชงอก) และร้อยละ 10.6 พ่นสารเคมีก่อนหว่านเมล็ด สารเคมีหลักที่ใช้ ได้แก่ ฟลูอะซิฟอบ-พี-บิลทิล (fluazifop-P-butyl) เพื่อกำจัดวัชพืชใบแคบ และโฟมีซาเฟน (fomesafen) เพื่อกำจัดวัชพืชใบกว้าง เกษตรกรตัวอย่างทุกรายไม่ใช้สารกำจัดวัชพืชหลังจากถั่วเหลืองติดฝักจนถึงการเก็บเกี่ยว

เกษตรกรกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เก็บเกี่ยวถั่วเหลือง (รุ่นที่ 2) เดือนมีนาคม-เมษายน 2564 และเกษตรกรร้อยละ 2 เก็บเกี่ยวในเดือนพฤษภาคม 2564 เนื่องจากฝนตกและมีน้ำท่วมขังในแปลงปลูกระหว่างที่จะเก็บเกี่ยว อายุการเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองเฉลี่ยได้แก่ 15.36 สัปดาห์ โดยตัวอย่างจากจังหวัดสุโขทัยมีอายุเฉลี่ย 13.17 สัปดาห์ และจังหวัดเชียงรายมีอายุเฉลี่ย 16.40 สัปดาห์ โดยเกษตรกรตัวอย่าง

กรมวิชาการเกษตร

ร้อยละ 29 เก็บเกี่ยวด้วยตนเองร่วมกับแรงงานในครัวเรือน ร้อยละ 41 จ้างแรงงานเก็บเกี่ยว ร้อยละ 27 เก็บเกี่ยวด้วยตนเองร่วมกับจ้างแรงงานเก็บเกี่ยว และร้อยละ 3 มีเพื่อนบ้านร่วมช่วยกันเก็บเกี่ยว (ลงแขก) โดยเกษตรกรตัวอย่างร้อยละ 5 เก็บเกี่ยวถั่วเหลืองฝักสด และร้อยละ 95 เก็บเกี่ยวฝักแห้งเพื่อจำหน่ายเมล็ดแห้ง เกษตรกรทั้งหมดร้อยละ 32.68 เก็บเกี่ยวด้วยมือ (เคียว) และร้อยละ 68.32 เก็บเกี่ยวด้วยรถเกี่ยว (นวด) สำหรับขั้นตอนการเก็บเกี่ยว มีขั้นตอนดังนี้

การเก็บเกี่ยวและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองฝักสด

อายุประมาณ 62-70 วัน ฝักเต่ง สีเขียว → เก็บเกี่ยวด้วยมือ → มัด → จำหน่าย

การเก็บเกี่ยวและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองฝักแห้ง

<u>แบบที่ 1</u>

อายุประมาณ 92-115 วัน → เก็บเกี่ยวต้นสดด้วยมือ → มัดเป็นฟ่อน → ตากแดด → นำเมล็ดออกจากฝักด้วยเครื่องนวด→ ตากลดความชื้นเมล็ด → จำหน่าย

<u>แบบที่ 2</u>

ฝักแห้ง ฝักสีน้ำตาล ใบร่วง → เก็บเกี่ยวต้นแห้งด้วยรถเกี่ยวนวด → ตากลดความชื้นเมล็ด → จำหน่าย

เกษตรกรตัวอย่างที่เก็บเกี่ยวถั่วเหลืองฝักสด (เฉพาะบางส่วนของการเพาะปลูก) ใช้เวลาตั้งแต่เก็บเกี่ยว เด็ดใบ และมัดเป็นกำเพื่อจำหน่าย ไม่เกิน 1-2 วัน สำหรับเกษตรกรตัวอย่างที่เก็บเกี่ยวถั่วเหลืองฝักแห้งร้อยละ 40.5 เก็บเกี่ยวถั่วเหลืองฝักแห้งจากต้นสดด้วยเคียว (แบบที่ 1) โดยใช้เวลาตั้งแต่เริ่มเก็บเกี่ยวตากแห้ง กะเทาะเปลือก จนพร้อมจำหน่ายไม่เกิน 2 สัปดาห์ (7-14 วัน) หรืออาจใช้เวลานานกว่านั้น กรณีปริมาณแสงแดดไม่เพียงพอสำหรับตากหรือต้องรอผู้ให้บริการเครื่องนวด (กะเทาะและแยกเมล็ดออกจากฝัก) เข้ามาให้บริการ สำหรับขั้นตอนตากในแบบที่ 1 เกษตรกรตัวอย่างร้อยละ 27.7 มีวัสดุรองพื้นสำหรับใช้ตากถั่วเหลืองต้นสดในแปลงปลูก และกลุ่มที่เหลือไม่ใช้วัสดุรองพื้น สำหรับเกษตรกรที่เก็บเกี่ยวและจัดการหลังการเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองฝักแห้งแบบที่ 2 (ร้อยละ 59.5 ของเกษตรกรที่เก็บเกี่ยวฝักแห้ง) เก็บเกี่ยวด้วยรถเกี่ยวนวด ไม่มีขั้นตอนการตากแห้งก่อนนวด เนื่องจากเก็บเกี่ยวและกะทาะเปลือกในขั้นตอนเดียวกัน ใช้เวลาตั้งแต่เก็บเกี่ยวจนถึงจำหน่าย 5-14 วัน ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ ช่วงเวลาการให้บริการของรถเกี่ยวนวด และผู้รวบรวมถั่วเหลืองในท้องที่

หากผู้ให้บริการรถเกี่ยวนวดไม่ใช่ผู้รวบรวมเมล็ดถั่วเหลืองเพื่อจำหน่าย ระหว่างรอผู้รวบรวมมารับซื้อ เกษตรกรมีขั้นตอนลดความชื้นเมล็ดถั่วเหลืองโดยการบรรจุในถุงตาข่ายหรือถุงกระสอบพลาสติก หรือตากแห้งบนวัสดุรองพื้นในที่ร่ม เช่น ใต้ถุนบ้าน (Figure 1) เมื่อถั่วเหลืองแห้ง (วัดจากผิวสัมผัสของถั่วเหลือง การขบเมล็ด หรือการฟังเสียงเมล็ดกระทบพื้น ไม่มีการวัดความชื้นด้วยเครื่องมือวิทยาศาสตร์) ถั่วเหลืองที่แห้งแล้วจะถูกบรรจุในถุงกระสอบพลาสติก (ถุงปุ๋ย) เพื่อรอจำหน่ายต่อไป

สำหรับการซื้อขายถั่วเหลือง เกษตรกรทั้งหมดและผู้รวบรวมไม่ตรวจวัดความชื้น สี และการเน่าเสีย วัดเพียงปริมาณน้ำหนักของถั่วเหลืองเท่านั้น ปริมาณถั่วเหลืองที่ผลิตได้ในพื้นที่สำรวจ มีค่าเฉลี่ย 292 กิโลกรัม/ไร่ โดยจังหวัดสุโขทัยได้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด 340 กิโลกรัม/ไร่ และจังหวัดอุดรธานีได้ผลผลผลิตน้อยที่สุด 243 กิโลกรัม/ไร่ ราคารับซื้อถั่วเหลืองในจังหวัดที่เก็บข้อมูล (ปี 2563/2564) เฉลี่ย 16.48 บาท อย่างไรก็ตามเกษตรกรตัวอย่างร้อยละ 30.2 เก็บเมล็ดถั่วเหลืองประมาณ 30-50 กิโลกรัมเพื่อเป็นเมล็ดพันธุ์ในฤดูกาลผลิตถัดไป

สงวนลิขสิทธิ์

เมื่อเกษตรกรหรือผู้รวบรวมรายย่อยนำถั่วเหลืองมาจำหน่าย ณ สหกรณ์การเกษตรหรือร้านค้ารับซื้อผลิตผลเกษตร ถั่วเหลืองจะถูกขนส่งต่อภายใน 1-3 วันหลังจากรับซื้อ และใช้เวลาในการขนส่งไปยังจุดรวบรวมที่ใหญ่กว่าหรือผู้ประกอบการแปรรูปไม่เกิน 1 วัน โดยรถบรรทุกไม่มีกระสอบบรรจุ มีผ้าใบคลุม ค่าใช้จ่ายในการขนส่งประมาณ 400-500 บาทต่อถั่วเหลือง 1 ตัน (ขึ้นอยู่กับระยะทาง) ขนส่งครั้งละประมาณ 30 ตันปริมาณถั่วเหลืองที่รับซื้อเฉลี่ย 500-600 ตันต่อปีต่อจุดรวบรวม โดยในปีเพาะปลูก 2563/2564 รับซื้อถั่วเหลืองเฉลี่ยกิโลกรัมละ 16.50-18.00 บาท หากความชื้นถั่วเหลืองมากกว่า 14-15% ราคาถั่วเหลืองจะลดลงกิโลกรัมละ 10 สตางค์ ถั่วเหลือง 100 กิโลกรัม มีเปลือกฝักแห้งและเศษวัสดุอื่นปนเปื้อนประมาณ 3-4 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 3-4 จากปริมาณถั่วเหลืองที่รับซื้อทั้งหมด สำหรับจุดรวบรวมขนาดใหญ่ มีการวัดความชื้นและคัดขนาดถั่วเหลืองด้วยเครื่องร่อน ความชื้นของเมล็ดไม่เกิน 14-15% เมล็ดขนาดใหญ่สีเหลืองจะถูกนำส่งต่อไปยังโรงงานผลิตนมถั่วเหลือง ขณะที่เมล็ดขนาดเล็กหรือสีเขียว จะถูกนำส่งไปยังโรงงานผลิตอาหารสัตว์

สำหรับข้อมูลจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปถั่วเน่าในจังหวัดแม่ฮ่องสอน มีความต้องการใช้ถั่วเหลืองประมาณ 7.5-8.0 ตันต่อปี ผู้แปรรูปถั่วเน่าไม่มีการวัดความชื้นด้วยเครื่องมือวิทยาศาสตร์ แต่ถ้ารู้สึกว่าเมล็ดยังมีความชื้นสูงเกินไปจะตากแดดประมาณ 1-3 วัน มีการคัดคุณภาพก่อนนำไปแปรรูป ถั่วเหลือง 1 ถัง (หรือ 15 กิโลกรัม) มีเมล็ดเน่าเสีย 300-500 กรัม หรือคิดเป็นร้อยละ 2.00-3.33 เมล็ดที่ไม่ผ่านการคัดคุณภาพถูกนำไปผลิตปุ๋ยพืชสด

ดังนั้น ผู้เกี่ยวข้องในกิจกรรมหลักของห่วงโซ่อุปทานถั่วเหลือง ได้แก่ เกษตรกร ผู้รับจ้างเก็บเกี่ยวและกะเทาะเปลือก ผู้รวบรวม สหกรณ์การเกษตร กลุ่มวิสาหกิจ และผู้ประกอบการแปรรูปถั่วเหลือง โดยมีความสัมพันธ์ในห่วงโซ่อุปทาน แสดงใน Figure 3

2. ปัจจัยที่มีผลต่อการสูญเสียอาหาร

เกษตรกร ผู้รวบรวม และผู้ประกอบการแปรรูปถั่วเหลือง จำนวนรวม 144 ราย (Table 2) ได้ให้ข้อมูลการสูญเสียถั่วเหลืองในขั้นตอนต่าง ๆ ตามห่วงโซ่อุปทานใน Figure 3 ผ่านการให้คะแนนในแบบสอบถาม โดย 5 หมายถึง พบการสูญเสียมากที่สุด และ 0 ไม่พบการสูญเสีย จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลคะแนน พบว่าถั่วเหลืองสูญเสียก่อนการเก็บเกี่ยวสูงที่สุด คะแนนเฉลี่ย 4.77±0.501 ตามด้วยขั้นตอนการกะเทาะเปลือก การเก็บเกี่ยว การตากแห้ง และการเก็บรักษา มีคะแนนเฉลี่ยการสูญเสีย 3.88±0.774 2.62±0.789 0.46±0.169 และ 0.03±0.170 ตามลำดับ ขณะที่ขั้นตอนการขนส่งและการแปรรูปไม่พบการสูญเสีย (Table 4) ซึ่ง สามารถนำมาใช้จัดลำดับขั้นตอนที่เกิดการสูญเสียจากปริมาณมากที่สุดไปยังปริมาณน้อยที่สุด พร้อมปัจจัยสำคัญในแต่ละขั้นตอนที่มีผลต่อการสูญเสียถั่วเหลืองได้ดังนี้

2.1 ขั้นตอนก่อนการเก็บเกี่ยว

จากข้อมูลการสัมภาษณ์เกษตรกรตัวอย่างส่วนใหญ่ปลูกถั่วเหลืองในที่นา อาศัยน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติและน้ำฝน หากไม่มีน้ำเพียงพอ เช่น ไม่มีน้ำฝน ในช่วงเวลาแรกของการเพาะปลูก ทำให้การเจริญเติบโตของถั่วเหลืองไม่สมบูรณ์ ผลผลิตต่ำ ในทางกลับกัน เมื่อถึงเวลาเก็บเกี่ยวอาจมีฝนตกหนักและน้ำท่วมขังบริเวณที่เพาะปลูก (โดยเฉพาะถั่วเหลือง รุ่น 2) ทำให้เก็บเกี่ยวล่าช้า เมล็ดถั่วเหลืองมีความชื้นสูงกว่าเดิม หรือเมล็ดตกหล่นในพื้นที่เพาะปลูกจำนวนมาก

2.2 ขั้นตอนการเก็บเกี่ยว

เกษตรกรตัวอย่างส่วนใหญ่ (ร้อยละ 68.32) จ้างเหมารถเกี่ยวข้าวในการเก็บเกี่ยวถั่วเหลือง ซึ่งสามารถปรับความสูงให้เหมาะสมในการตัดถั่วเหลืองได้จำกัด (เนื่องจากลำต้นถั่วเหลืองสั้นกว่าต้นข้าว)

ทำให้พบฝักถั่วเหลืองที่ไม่ได้ตัดตกค้างในแปลงปลูก (ฝักติดลำต้นใกล้พื้นดิน) รวมถึงการหลุดร่วงของฝักและเมล็ดถั่วเหลืองที่เกิดขึ้นระหว่างเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องจักร (Figure 4) อย่างไรก็ตามพบการหลุดร่วงของเมล็ดถั่วเหลืองบนแปลงปลูกที่เก็บเกี่ยวด้วยมือ (เคียว) เช่นกัน (Figure 5) แต่มีปริมาณน้อยกว่าเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องจักร ดังนั้นการเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องจักรจึงเป็นปัจจัยผลักดันที่ทำให้เกิดการสูญเสียถั่วเหลือง

2.3 ขั้นตอนการกะเทาะเปลือก (แยกเปลือกออกจากเมล็ด)

การแยกเปลือกฝักที่แห้งออกจากเมล็ดถั่วเหลืองเป็นขั้นตอนสำคัญ จากการสัมภาษณ์เกษตรกรพบว่าเป็นขั้นตอนที่ทำให้เกิดการสูญเสีย 3.88 จาก 5 คะแนน โดยเฉพาะการกะเทาะเปลือกด้วยเครื่องเกี่ยวนวด (ทำต่อเนื่องจากขั้นตอนการเก็บเกี่ยว) และเครื่องสีข้าว ทำให้เมล็ดถั่วเหลืองหลุดร่วงลงบนแปลงปลูก ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการสูญเสีย คือ แรงสั่นสะเทือนจากเครื่องนวด และภาชนะรองรับเมล็ดถั่วเหลืองที่กะเทาะเปลือกแล้วมีขนาดหรือจัดวางอยู่ในตำแหน่งที่ไม่เหมาะสม (Figure 6)

2.4 ขั้นตอนการตากแห้งในแปลง

ขั้นตอนการตากแห้งในแปลงเพื่อรอการกะเทาะเปลือก เกษตรกรกลุ่มตัวอย่างให้ข้อมูลว่าเป็นขั้นตอนที่ทำให้เกิดการสูญเสียในถั่วเหลืองเล็กน้อย (0.46 คะแนน จาก 5 คะแนน) ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการสูญเสียในขั้นตอนนี้ อาจเกิดจากการหลุดร่วงตามธรรมชาติของถั่วเหลืองที่แก่จัด หรือแรงกดทับหรือกระแทกระหว่างการตาก

2.5 ขั้นตอนการตากแห้งหลังจากกะเทาะเปลือกและการเก็บรักษา

การสูญเสียในขั้นตอนนี้เกิดขึ้นน้อยมาก (0.03 คะแนน) เกษตรกรที่พบการสูญเสียในขั้นตอนนี้เป็นผู้แปรรูปถั่วเน่าในพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน เนื่องจากเก็บในที่ไม่มิดชิดเป็นเวลานานกว่า 6 เดือน ทำให้แมลงศัตรูกลุ่มแมลงหลังการเก็บเกี่ยวเข้าทำลายเมล็ดถั่วเหลือง ลักษณะเมล็ดเป็นรูพรุน มีไข่ ตัวอ่อน และตัวเต็มวัย รวมถึงซากของแมลงศัตรู ตาม Figure 7 ลักษณะการเข้าทำลายของด้วงถั่วเหลือง (*Callosobruchus chinesis* L.) ทำให้ไม่สามารถนำถั่วเหลืองไปแปรรูปได้

3. วิเคราะห์ตัวอย่างถั่วเหลืองจากจุดวิกฤตและข้อมูลร้อยละการสูญเสียในห่วงโซ่อุปทานถั่วเหลือง

จากผลการสุ่มเก็บตัวอย่างถั่วเหลืองเพื่อวิเคราะห์การสูญเสียจากแปลงปลูกหลังเก็บเกี่ยว จำนวน 31 ตัวอย่าง จุดกะเทาะ 2 ตัวอย่าง บ้านเกษตรกร (ขั้นตอนหลังจากตากแห้ง) จำนวน 22 ตัวอย่าง ร้านรับซื้อผลิตผลเกษตร/สหกรณ์การเกษตร (จุดรวบรวมและขนส่ง) จำนวน 7 ตัวอย่าง และผู้ประกอบการแปรรูป 3 ตัวอย่าง (Table 5)

<u>ขั้นตอนการเก็บเกี่ยว</u> เก็บตัวอย่างถั่วเหลืองที่ร่วงหล่นในแปลงหลังจากเกษตรกรเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองแล้ว โดยเก็บตัวอย่างถั่วเหลือง จำนวน 5 จุด ต่อ 1 แปลงปลูก แต่ละจุดขนาด 1 ตารางเมตร (Figure 8) จำนวนรวม 31 แปลง จำแนกเป็นเก็บเกี่ยวด้วยมือ 15 แปลง และด้วยรถเกี่ยว 16 แปลง พบปริมาณถั่วเหลือง (หากมีฝักติดมา แกะเมล็ดออกจากฝัก และชั่งน้ำหนักเมล็ด) เฉลี่ย 16.37 กรัม/ตารางเมตร หรือประมาณ 26.192 กิโลกรัม/ไร่ และเมื่ออ้างอิงข้อมูลจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ผลผลิตเฉลี่ยถั่วเหลืองรุ่น 2 (ปี 2562/2563) ทั้งประเทศเฉลี่ย 247 กิโลกรัม/ไร่ ดังนั้นขั้นตอนการเก็บเกี่ยวทำให้เกิดการสูญเสียถั่วเหลืองเฉลี่ยร้อยละ 9.70 และเมื่อจำแนกวิธีการเก็บเกี่ยวด้วยมือ (เคียวเกี่ยว) และการเก็บเกี่ยวด้วยรถเกี่ยว พบว่า การเก็บเกี่ยวด้วยมือ มีปริมาณถั่วเหลืองร่วงหล่นที่แปลงเฉลี่ย 2.95 กรัม/ตารางเมตร หรือ 4.27 กิโลกรัม/ไร่ มีการสูญเสียเฉลี่ยร้อยละ 1.91 ขณะที่การเก็บเกี่ยวด้วยรถเกี่ยว มี

กรมวิชาการเกษตร

ปริมาณถั่วเหลืองร่วงหล่นที่แปลง 27.28 กรัม/ตารางเมตร หรือ 43.65 กิโลกรัม/ไร่ คิดเป็นการสูญเสียร้อยละ 17.67

ขั้นตอนการกะเทาะเปลือก หรือขั้นตอนการนวด เป็นการแยกเมล็ดถั่วเหลืองออกจากฝักเกษตรกรตัวอย่างมากกว่าร้อยละ 95 กะเทาะเปลือกถั่วเหลืองด้วยเครื่องนวดที่พัฒนาจากเครื่องนวดข้าว ความชื้นที่เหมาะสมของถั่วเหลืองที่จะเข้าสู่ขั้นตอนการนวดควรอยู่ระหว่างร้อยละ 13-18 (นิลุบลและละอองดาว, 2553) หากเมล็ดมีความชื้นสูงเมื่อนวดแล้วจะทำให้เมล็ดช้ำและเกิดเชื้อราระหว่างการเก็บรักษา ขณะที่เมล็ดที่มีความชื้นต่ำมาก เมื่อนวดแล้วจะทำให้เมล็ดแตกหักสูญเสียได้ จากการศึกษาครั้งนี้เก็บตัวอย่างจากจุดกะเทาะเปลือก จำนวน 2 ตัวอย่าง พบว่าเมล็ดถั่วเหลืองที่ได้จากเครื่องนวดมีเมล็ดแตกหักร้อยละ 6.38 มีเศษฝักและเศษวัชพืชปนเปื้อนร้อยละ 4.57 และมีความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 14.1 (ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส)

ขั้นตอนหลังจากตากแห้งและเก็บรักษา

-ตัวอย่างถั่วเหลืองจากบ้านเกษตรกรที่ตากแห้งและบรรจุถุงกระสอบพลาสติกเพื่อรอจำหน่าย จำนวน 22 ตัวอย่าง (Table 6) พบว่า ถั่วเหลืองตัวอย่างมีความชื้นเฉลี่ย 10.54% (ที่ 25 องศาเซลเซียส) ตัวอย่างถั่วเหลืองจากจังหวัดลำปางและเชียงใหม่ (พันธุ์เชียงใหม่ 60) มีความชื้นต่ำที่สุด (9.13-9.73%) ขณะที่ความชื้นในถั่วเหลืองจากจังหวัดสุโขทัย (พันธุ์ศรีสำโรง 1) มีความชื้น 13.02% ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยจากจังหวัดอื่น ตัวอย่างถั่วเหลืองทั้งหมดมีเมล็ดแตกหัก มีอาการของโรค เช่น เมล็ดสีม่วง และเศษฝักปนเปื้อน คิดเป็นร้อยละ 7.79 และปริมาณโปรตีนและไขมันเฉลี่ย 34.23 และ 13.05 กรัมต่อถั่วเหลือง 100 กรัม ตามลำดับ

-สหกรณ์การเกษตรและร้านค้ารับซื้อผลิตผลเกษตร สำหรับตัวอย่างถั่วเหลืองที่ได้จากจังหวัดน่านและขอนแก่น จำนวน 7 ตัวอย่าง มีความชื้นเฉลี่ย 11.96% ประกอบด้วยเมล็ดดีร้อยละ 94.37 และเมล็ดแตกหัก แสดงอาการโรค มีเศษฝักหรือวัสดุอื่นปนเปื้อนร้อยละ 5.63 (Table 6) มีปริมาณโปรตีนและไขมันเฉลี่ย 32.02 และ 15.81 กรัมต่อถั่วเหลือง 100 กรัม ตามลำดับ

-จุดรวบรวมของผู้ประกอบการแปรรูป ตัวอย่างถั่วเหลืองที่สุ่มเก็บจากผู้ประกอบการแปรรูป จำนวน 3 ตัวอย่าง มีความชื้นเฉลี่ย 12.64% อย่างไรก็ตามตัวอย่างจากผู้แปรรูป จำนวน 1 ตัวอย่าง มีแมลงศัตรูเข้าทำลายทั้งหมด (ร้อยละ 100) ทำให้ไม่สามารถนำมาตรวจวัดคุณภาพต่อได้ สำหรับตัวอย่างถั่วเหลือง จำนวน 2 ตัวอย่าง ประกอบด้วยเมล็ดดีเฉลี่ยร้อยละ 95.37 เมล็ดเน่าเสียเฉลี่ยร้อยละ 4.63 มีปริมาณโปรตีนและไขมันเฉลี่ย 32.27 และ 15.71 กรัมต่อถั่วเหลือง 100 กรัม ตามลำดับ

ศรีวิชัยการเกษตร

Table 1 Soybean planting area, yield, and yield per Rai* in crop year B.E. 2562/2563 (classified by province)

Provinces	Soybean (SB) planting area (Rai) and SB area per SB area in Thailand (%)	Number of households cultivated	Average planting area per household (rai)	Average yield (tons)	Average yield per rai (kg)	Average price (Baht)
Thailand	104,193 (100%)	19,056	5.47	26,283.74	268.00	13.42
All Surveyed Provinces	77,774 (74.64%)	13,967	5.39	21,189.00	237.67	16.03
Chiang Rai	6,046 (5.80%)	1,236	4.89	1,312	228	14.71
Chiang Mai	4,977 (4.77%)	1,069	4.66	1,243	250	16.81
Nan	7,664 (7.35%)	1,906	4.02	2,134	279	17.00
Mae Hong Son	45,381 (43.55%)	7,582	5.99	13,362	298	11.03
Lum Pang	1,825 (1.75%)	392	4.66	353	193	17.32
Khon Khan	2,877 (2.76%)	462	6.23	675	242	17.61
Nong Bua Rumpu	690 (0.66%)	179	3.85	124	192	16.96
Udonthani	1,073 (1.03%)	157	6.83	231	215	16.32
Sukhothai	7,241 (6.95%)	984	7.36	1,755	242	16.56

*1 Rai = 0.16 hectare

Source: Office of Agricultural Economics, 2563

กรมวิชาการเกษตร

Table 2 Numbers of depth interview : farmers (n=137) and other stakeholders (n=7) in soybean supply chain (classified by province)

Province/ Destrict/ Sub-destrict	Number of farmer	Number of stakeholder
Chiang Rai/ Chiang Saen/ Mae Ngern	19	-
Chiang Mai/ Mae Taeng/ Sun Pa Yang	10	-
Chiang Mai/ Mae Taeng/ Sop Perng	5	-
Nan/ Pu Peang/ Ta Now	15	-
Nan/ Muang Nan	-	2
Mae Hong Son/Mae La Noi/Mae La Luang	10	-
Mae Hong Son/ Khun Yuem/ Mae Ngow	10	2
Mae Hong Son/ Muang/ Pang Moo	-	1
Lam Pang/ Wang Nuar/ Wang Tai	12	-
Khon Khan/ Pu Pha Man/ Pu Pha Man	15	-
Khon Khan/ Chum Pae/ Non Hun	-	1
Khon Khan/ Chum Pae/ Chum Pae	-	1
Nong Bua Lumpu/ Suwankuha/ Ban Kok	11	-
Udonthani/ Nong Wua Sor/ Nong Or	15	-
Sukhothai/ Srisumrong/ Banna	9	-
Sukhothai/ Sawankalok/ Pak Num	6	-
Total	137	7

Table 3 Soybean planting area of farmers samples (classified by province)

Province	Number of farmers	Planting area (Rai)			Standard deviation
		Minimum	Maximum	Average	
Chiang Rai	19	2.00	7.00	3.50	1.312
Chiang Mai	15	1.00	15.00	5.03	3.724
Nan	15	1.25	4.50	2.72	1.060
Mae Hong Son	20	2.00	6.75	4.00	1.390
Lum Pang	12	1.50	8.00	2.92	1.859
Khon Khan	15	2.00	8.00	3.62	1.834
Nong Bua Lumpu	11	1.00	14.00	8.64	5.045
Udonthani	15	2.00	10.00	4.67	2.476
Sukhothai	15	3.00	10.50	6.77	2.751

กรมวิชาการเกษตร

Table 4 Impact of each step in the supply chain on the amount of soybean losses (data from interviews of farmers and entrepreneurs; rated 0-5, with 0 = no loss and 5 = the highest loss)

Steps in supply chain	Score of loss	SD	N	CV
Pre-harvesting	4.77	0.501	137	0.1050
Harvesting	2.62	0.789	137	0.3015
Drying	0.46	0.569	137	1.2485
Threshing	3.88	0.774	137	0.1997
Transport	0.00	0.000	139	0.0000
Storage	0.03	0.170	139	5.7658
Before processing	0.00	0.000	139	0.0000

Table 5 Number of soybean sample randomly collected for loss actual measurement from the planting area after harvesting, threshing point, farmer's house (after drying and storage), collection point (agricultural produce shop and agricultural cooperatives) and at processor warehouse

Province	At planting area after harvesting	At threshing point	After drying (at farmer's house)	At collection point (shop and cooperatives)	Processor warehouse
Chiang Mai	-	-	4	-	-
Nan	1	-	1	5	-
Mae Hong Son	-	-	-	-	3
Lum Pang	6	-	6	-	-
Khon Khan	6	-	3	2	-
Nong Bua Lumpu	8	-	3	-	-
Udonthani	7	-	3	-	-
Sukhothai	3	2	2	-	-
Total	31	2	22	7	3

กรมวิชาการเกษตร

Table 6 Moisture content (%), loss (%), protein and fat concentrations of soybeans after dried and packed in plastic sacks (before being sold) at 3 sampling points *viz*. farmer's house (after drying), collection point (agricultural produce shop and agricultural cooperatives) and processor warehouse

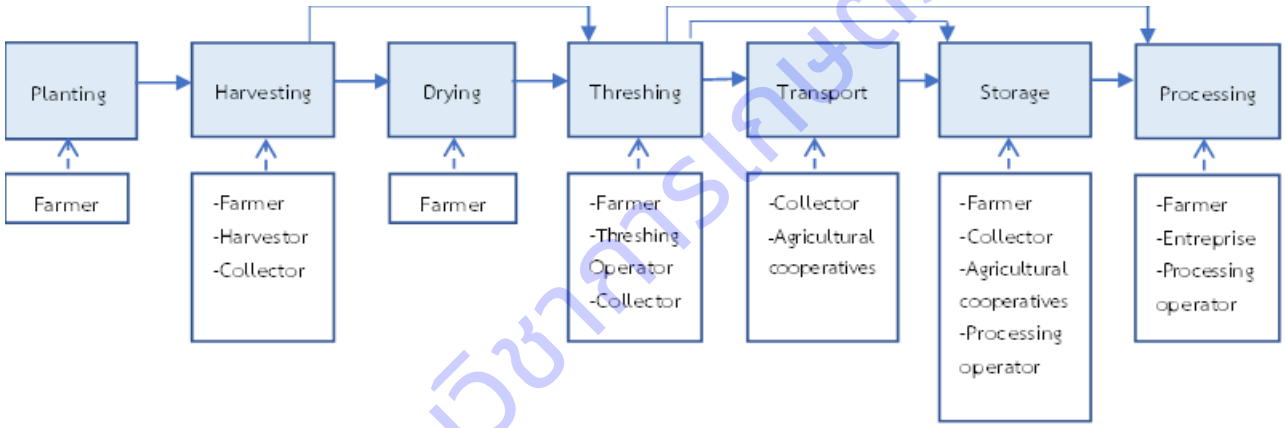
Sampling Point	Province	Variety	Moisture content (%)	Good seed (%)	Losses (%) : broken and infected seeds, contaminated pods and other materials	Protien (g/100g)	Fat (g/100g)
Farmer's house	Chiang Mai	Chiang Mai 60	9.13	93.01	6.99	33.89	12.98
	Nan	Chiang Mai 60	12.57	96.85	3.15	30.53	12.94
	Lum Pang	Chiang Mai 60	9.73	96.61	3.39	33.95	13.68
	Khon Khan	Sor Jor 5	11.72	83.29	15.43	35.81	11.41
	NongBuaLumpu	Chiang Mai 60	10.62	95.72	4.28	34.19	14.28
	Udonthani	Chiang Mai 60	10.48	84.62	15.38	34.77	13.84
	Sukhothai	SriSumRong 1	13.02	92.65	7.35	34.51	10.82
	Total average		10.54	92.04	7.79	34.23	13.05
Shop and Cooperatives	Khon Khan	Assorted	10.97	91.49	8.51	34.00	13.94
	Nan	Assorted	12.36	95.52	4.48	31.23	16.56
	Total average		11.96	94.37	5.63	32.02	15.81
Processor warehouse*	Mae Hong Son	Assorted	12.64	95.37	4.63	32.27	15.71

* Note: Soybeans from a soybean processor, Khun Yuam District, Mae Hong Son Province, had a 100% loss. Thus, the average was not taken into account

กรมวิชาการเกษตร

Figure 1 Drying the soybeans on nylon net in the shade

Figure 2 Soybean seeds in the storage area of agricultural cooperatives for transportation to the processing plant



กรมวิชาการเกษตร

Figure 3 Soybean supply chain and stakeholders involved in the supply chain in Thailand

Figure 4 Soybean pods and seeds fall in the field after harvesting by combine harvester

Figure 5 Soybean seeds fall in the field after hand-harvesting (scythe)

Figure 6 Soybean threshing practice

Figure 7 Loss caused by infestation of soybean beetles (*Callosobruchus chinesis* L.) during storage

กรมวิชาการเกษตร

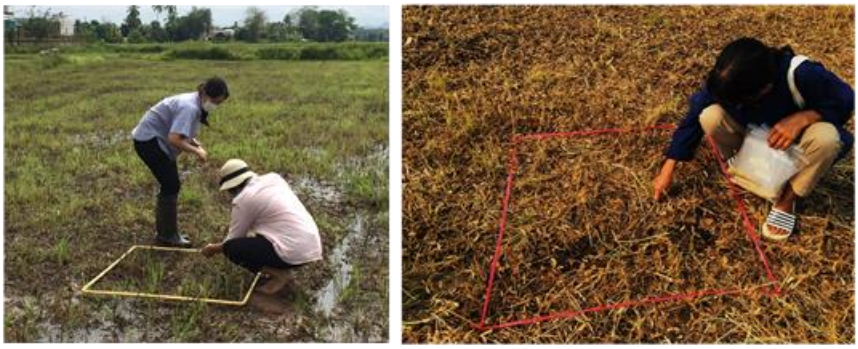


Figure 8 Sampling of soybeans in planting plots after harvesting

การทดลองที่ 2 การประเมินการสูญเสียของข้าวโพดในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทาน

1. การวิเคราะห์บริบทอุตสาหกรรม

การวิเคราะห์บริบทอุตสาหกรรมข้าวโพดในงานทดลองนี้ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ด้วย SWOT Analysis เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่ออุตสาหกรรมข้าวโพด สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1

2. ห่วงโซ่อุปทานข้าวโพดในประเทศไทย

ห่วงโซ่อุปทานข้าวโพดมีลักษณะเป็นห่วงโซ่อุปทานแบบดั้งเดิม ตั้งแต่ต้นน้ำจนถึงปลายน้ำมีอิสระต่อกัน โดยผู้ที่อยู่ต้นน้ำเป็นเกษตรกรรายย่อยที่ทำการผลิตภายใต้ทุนของตนเอง มีอิสระในการขายให้แก่ผู้รวบรวมผลผลิต โดยห่วงโซ่อุปทานข้าวโพด สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ระบบหลัก ได้แก่

1) ระบบการผลิต (production system) มีหน้าที่หลักในการผลิตข้าวโพด และปรับปรุงคุณภาพเบื้องต้น ได้แก่ การสี การลดความชื้น โดยผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบนี้ประกอบด้วยเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพด ผู้รับจ้างสี ลาน/พ่อค้ารวบรวมท้องถิ่น ไซโล และสหกรณ์

2) ระบบการแปรรูป (processing system) มีหน้าที่หลักในการแปรรูปข้าวโพดเป็นผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายได้แก่ อาหารสัตว์ และแป้งข้าวโพด โดยผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบนี้จะประกอบด้วยโรงงานอาหารสัตว์ โรงงานแป้งข้าวโพด

3) ระบบการกระจายสินค้าและตลาด (distribution and marketing System) มีหน้าที่หลักในการนำผลิตภัณฑ์แปรรูปจากข้าวโพดทั้งอาหารสัตว์ แป้งข้าวโพด รวมถึงข้าวโพดไปยังมือผู้บริโภคทั้งในประเทศ (ณัฐพล และคณะ, 2558)

จากแนวความคิดห่วงโซ่อุปทานข้าวโพดตามภาพข้างต้นแสดงให้เห็นบริบทในภาพรวมของการดำเนินงานที่มีความสัมพันธ์กัน ประกอบด้วยผู้เกี่ยวข้อง (actor) และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียจากหลายภาคส่วน ได้แก่ เกษตรกรผู้ปลูก แรงงาน ผู้รวบรวมผลผลิต ผู้รับจ้างขับรถ สหกรณ์ ไซโล โรงงานแปรรูปอาหารสัตว์ และแปรรูปแป้ง และกิจกรรมต่างๆ (activity) ที่เกิดขึ้นตั้งแต่ในแปลงปลูก (on-farm) ไปจนถึงการเก็บรวบรวมผลผลิต (off-farm) ประกอบด้วย การปลูกข้าวโพด การจัดหาปัจจัยการผลิตการปลูก จนถึงการจำหน่ายข้าวโพด การเก็บเกี่ยว การขนส่งจากแปลง และการรวบรวมข้าวโพด (ภาพที่ 4) จากภาพความสัมพันธ์ดังกล่าวจะทำให้สามารถพิจารณาการสูญเสียที่มีโอกาสเกิดขึ้นในกิจกรรมของการผลิตข้าวโพด เพื่อให้สามารถเห็นถึงจุดวิกฤต และความเป็นไปได้ที่อาจทำให้เกิดการสูญเสียใดๆ ในระบบการผลิต

กรมวิชาการเกษตร

3. ระดับปัจจัยผลักดันที่ก่อให้เกิดความสูญเสียอาหารของข้าวโพด

ระดับปัจจัยผลักดันเป็นการแสดงให้เห็นถึงปัจจัยต่างๆ ที่อาจก่อให้เกิดความสูญเสียอาหารของข้าวโพดที่อาจเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการผลิตไปจนถึงการรวบรวมและการเก็บรักษา ซึ่งมีความเชื่อมโยงสัมพันธ์กันถึงสาเหตุของการนำไปสู่การสูญเสียอาหารปริมาณและคุณภาพของข้าวโพดหลังการเก็บเกี่ยว โดยข้อมูลดังกล่าวได้จากการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพด มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 การผลิต

เป็นกระบวนการเตรียมพื้นที่แปลงปลูก การปลูก และการบำรุงดูแลรักษาต้นข้าวโพดที่มีความสำคัญต่อปริมาณผลผลิต (yield) ในอนาคต โดยการการเตรียมพื้น ประกอบด้วยการถางก่อนไถดิน เพื่อให้ดินมีความร่วนซุยและรากต้นข้าวโพดลงดินได้อย่างสมบูรณ์ รวมถึงการใส่ปุ๋ยรองหลุมเพื่อเพิ่มธาตุอาหารให้แก่ต้นข้าวโพดก่อนปลูก หลังจากเตรียมพื้นที่เพื่อปลูกเรียบร้อยแล้ว เกษตรกรจะดำเนินการปลูกโดยใช้พันธุ์ข้าวโพดที่ซื้อจากร้านขายปัจจัยการผลิตทางการเกษตรของเอกชน หรือพันธุ์ที่ได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐ เช่น กรมวิชาการเกษตร เป็นต้น การเลือกพันธุ์ที่มีลำต้นแข็งแรง ระบบรากดี จะช่วยลดความเสียหายจากการหักล้มได้ ในขณะที่พันธุ์ที่มีเปลือกหุ้มฝักปลายฝักมิดชิดจะป้องกันไม่ให้น้ำไหลเข้าไปอยู่ที่โคนฝักจะช่วยลดการเน่าเสียหรือการงอกของเมล็ดในแปลงได้ พันธุ์ข้าวโพดส่วนมากที่ใช้ปลูกอยู่ในประเทศไทยมีอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 110 – 120 วัน ทำให้สามารถปลูกได้ 1 – 2 ครั้งต่อปี หรือปลูกร่วมกับพืชอื่นในระบบการปลูกพืชแบบต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับการตกของฝนในแต่ละพื้นที่

โดยช่วงเพาะปลูกที่เหมาะสมสามารถปลูกได้ 2 ครั้ง/ปี คือ ครั้งที่ 1 ช่วงต้นฤดูฝน จะเริ่มเพาะปลูกในช่วงเดือนปลายเดือนมีนาคม - พฤษภาคม และเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนกรกฎาคม - สิงหาคม ครั้งที่ 2 ช่วงปลายฤดูฝน จะเริ่มเพาะปลูกในช่วงกรกฎาคม - สิงหาคม และเก็บเกี่ยวในช่วงตุลาคม – พฤศจิกายน การผลิตข้าวโพดทั้ง 2 ครั้งนั้นเป็นช่วงการเก็บเกี่ยวอยู่ในช่วงต้นฤดูฝน และปลายฤดูฝน เพราะฉะนั้นผลผลิตที่ได้จึงเสี่ยงต่อการมีความชื้นสูง ส่งผลก่อให้เกิดปัญหาในการเก็บรักษา ยกเว้นข้าวโพดที่เก็บเกี่ยวในช่วงเดือนพฤศจิกายน – ธันวาคม ซึ่งเป็นการปลูกครั้งที่ 2 ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จะมีความชื้นต่ำ ดังนั้นหากชะลอฤดูปลูกข้าวโพดให้ล่าช้ากว่าปกติเพื่อปล่อยให้ข้าวโพดแห้งในแปลง และเก็บเกี่ยวในช่วงที่ไม่มีฝนตกแล้ว โดยทำการปลูกข้าวโพดในช่วงกลางเดือนมิถุนายนถึงปลายเดือนกรกฎาคม หรือปลูกข้าวโพดเป็นพืชที่สองหลังพืชอายุสั้นอื่น ๆ เช่น ถั่วเขียวหรือถั่วเหลืองพันธุ์อายุสั้น แล้วเก็บเกี่ยวข้าวโพดหลังจากฝักแห้งสนิท วิธีการนี้อาจจะทำให้ผลผลิตของข้าวโพดต่ำกว่าการปลูกในช่วงต้นฤดูฝน แต่การเลื่อนฤดูปลูกนอกจากจะช่วยลดการเกิดสารแอฟลาทอกซินในข้าวโพดได้เป็นอย่างดีแล้ว ยังช่วยลดความเสี่ยงจากฝนทิ้งช่วงในระยะที่ข้าวโพดออกดอกและติดฝักอีกด้วย ขั้นตอนของการดูแลบำรุงข้าวโพดภายหลังทำการปลูกได้ทั้งในรูปแบบแรงงานคน หรือด้วยเครื่องจักรเป็นขั้นตอนที่ช่วยให้ข้าวโพดเจริญเติบโตดี และส่งผลต่อผลผลิต โดยต้องมีการบำรุงดิน การใส่ปุ๋ย และการควบคุมและกำจัดวัชพืชที่เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลผลิตข้าวโพดลดลง เนื่องจากวัชพืชจะแย่งธาตุอาหาร ความชื้นในดิน และแสงแดด อีกทั้งยังเป็นแหล่งสะสมของโรคและแมลง การให้น้ำข้าวโพดในช่วงเริ่มต้นของการเจริญเติบโตเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งวิธีการให้น้ำสามารถให้น้ำแบบฝอย และการให้น้ำแบบหยด โดยผู้ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิตเพื่อให้เป็นไปตามหลักเกษตรดีที่เหมาะสม (GAP) จะประกอบด้วยเกษตรกรผู้ปลูกแรงงาน และผู้รับเหมา (แรงงาน/เครื่องจักร) ที่ถือเป็นผู้เกี่ยวข้องโดยตรง ส่วนผู้ขายปัจจัยการผลิตหรือผู้ให้บริการเครื่องจักรที่ใช้เตรียมดิน เช่น รถไถเดินตาม รถแทรคเตอร์ เครื่องสูบน้ำ และอุปกรณ์การให้น้ำเป็นต้น และสารเคมีที่ใช้ในการปรับปรุงดิน (ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์) เป็นผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทางอ้อม

3.2 กระบวนการเก็บเกี่ยว

การเก็บเกี่ยวข้าวโพดเป็นขั้นตอนสำคัญที่พบว่าเป็นขั้นตอนจุดวิกฤติที่จะก่อให้เกิดการสูญเสียอาหารข้าวโพดทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพได้ โดยปัจจัยของวิธีการเก็บเกี่ยว ความชำนาญของเกษตรกรและผู้เก็บเกี่ยว รวมถึงอายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะ ถือเป็นปัจจัยผลักดันที่สำคัญที่ต้องให้ความสำคัญ การเก็บเกี่ยวข้าวโพดที่เหมาะสม คือข้าวโพดที่มีความชื้นต่ำกว่า 23% จะช่วยรักษาคุณภาพของข้าวโพดขณะเก็บรักษา รวมถึงป้องกันจากการเข้าทำลายเชื้อราและการปนเปื้อนของสารแอฟลาทอกซิน ดัชนีการเก็บเกี่ยวข้าวโพดสามารถพิจารณาจากใบข้าวโพดแห้งทั้งต้น หรืออายุประมาณ 110 - 120 วันหลังจากปลูก เมื่อแกะเมล็ดจะเห็นเนื้อเยื่อสีดำอยู่ที่โคนเมล็ด แสดงให้เห็นว่าข้าวโพดสุกแก่ทางสรีระ การสะสมน้ำหนักแห้งจะสิ้นสุดลงไม่ต้องการน้ำและอาหารอีกต่อไป เป็นระยะที่ข้าวโพดมีน้ำหนักแห้งสูงสุด หากการเก็บเกี่ยวข้าวโพดอายุ 115 วัน เมล็ดจะมีความชื้นประมาณ 25% จะทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารแอฟลาทอกซินระหว่างการเก็บรักษาต่ำ แต่ถ้าเก็บเกี่ยวที่อายุ 125 วัน จะมีความชื้นประมาณ 23% หรือต่ำกว่าและค่อนข้างปลอดภัยต่อการปนเปื้อนของสารแอฟลาทอกซิน และถ้าเก็บเกี่ยวที่อายุมากกว่า 130 วัน จะมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 20 ส่วนในกรณีปลูกต้นฤดูฝน และจำเป็นต้องเก็บเกี่ยวเร็ว ที่อายุ 90 - 100 วัน เพื่อต้องการปลูกพืชชนิดอื่นถัดจากพืชเดิม ข้าวโพดจะเปียกและมีความชื้นมากกว่า 30% ให้สีหลังเก็บเกี่ยวทันทีแล้วส่งไซโลปลายทางและอบเมล็ดภายใน 48 ชั่วโมง เพื่อให้ปลอดภัยจากสารแอฟลาทอกซิน ช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม ควรหลีกเลี่ยงเก็บเกี่ยวข้าวโพดหลังฝนตก เพราะเมล็ดจะมี ความชื้นสูง ควรปล่อยให้ฝักและต้นข้าวโพดแห้งก่อน หากเกิดฝนตกในขณะที่กำลังเก็บเกี่ยวให้ใช้ผ้าพลาสติกหรือผ้าใบคลุมกองข้าวโพด และคลุมข้าวโพดที่อยู่บนรถบรรทุกที่ขนส่งระหว่างแปลงปลูกไปยังลานตากหรือจุดนัดหมายเพื่อสีข้าวโพด การเก็บเกี่ยวนั้นสามารถใช้แรงงานคนหรือเครื่องมือในการเก็บเกี่ยว กรณีใช้แรงงานคนในการเก็บเกี่ยวสามารถทำได้ 2 วิธี ได้แก่ 1) การเก็บเกี่ยวโดยใช้ไม้ปลายแหลมแทงเปลือกบริเวณปลายฝัก การเก็บเกี่ยววิธีนี้ต้องระวังอย่าให้โดนเมล็ดปอกเปลือกแล้วใส่ในตะกร้า หรือกระสอบป่าน หรือหากวางกองไว้ต้องวางบนผ้าพลาสติกหรือใช้ซากต้นข้าวโพดรองพื้น 2) การเก็บเกี่ยวโดยหักข้าวโพดทั้งเปลือกแล้วจึงมาแกะเปลือกภายหลังหรือเก็บไว้ทั้งเปลือก การเก็บวิธีนี้จะสามารถทำได้รวดเร็วช่วยป้องกันไม่ให้เมล็ดข้าวโพดเกิดแผลหรือเมล็ดเกิดร้าวในระหว่างทำการเก็บเกี่ยวหรือขนย้ายนอกจากนี้เปลือกข้าวโพดยังช่วยป้องกันเชื้อราและแมลงมาสัมผัสเมล็ดข้าวโพดโดยตรง กล่าวคือ การเก็บเกี่ยวโดยใช้แรงงานคนนั้นไม่ว่าจะวิธีใดก็ตามไม่ควรวางฝักข้าวโพดบนพื้นที่แฉะ ไม่ควรโยนฝักข้าวโพดเพราะจะทำให้เกิดแผลบนเมล็ด หรือทำให้เมล็ดร้าวซึ่งจะทำให้เชื้อราเข้าไปทำลายเมล็ดได้ง่าย ขณะเก็บเกี่ยวให้แยกฝักเน่าหรือมีเชื้อราทำลายออกจากฝักดี และเผาทำลายฝักเน่าและฝักที่มีเชื้อรา ส่วนกรณีเก็บเกี่ยวโดยใช้เครื่องมือนั้น เครื่องจักรที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวข้าวโพด ได้แก่ เครื่องปลิดฝักข้าวโพด (corn snapper) เครื่องปลิดและรูดเปลือกหุ้มฝักข้าวโพด (corn picker-husker) และเครื่องเกี่ยวนวดข้าวโพด (corn picker-sheller หรือ corn combine harvester) โดยเครื่องจักรชนิดนี้จะปลิดฝักข้าวโพดจากต้นแล้วสีออกเป็นเมล็ด (ภาพที่ 5) การใช้เครื่องเก็บเกี่ยวมีข้อดีในกรณีค่าจ้างแรงงานในการเก็บเกี่ยวสูงเนื่องจากขาดแคลนแรงงาน การใช้เครื่องจักรในเก็บเกี่ยวทำให้สามารถเก็บเกี่ยวได้อย่างรวดเร็ว และอาจทำให้ทันปลูกข้าวโพดรุ่นต่อไปในฤดูฝน แต่อย่างไรก็ตามการใช้เครื่องจักรในการเก็บเกี่ยวมีข้อเสียตรงที่ต้องเก็บเกี่ยวในพื้นที่ราบและสม่ำเสมอต้น ข้าวโพดหักล้มน้อยและยังมีอัตราการสูญเสียเนื่องจากฝักเก็บเกี่ยวไม่หมด มีการแตกหักของฝักและเมล็ด (ภาพที่ 6) ทำให้เชื้อราเข้าทำลายเมล็ดได้ง่าย ส่วนการสีหรือกะเทาะให้เมล็ดแตกหรือฉีกน้อยที่สุดออกจากฝักข้าวโพดจะช่วยลดโอกาสการเกิดเชื้อราจากสารพิษแอฟลาทอกซิน เนื่องจากเมล็ดที่สมบูรณ์ ไม่แตกหัก หรือปราศจากการทำลายของแมลงจะลดความเสียหายจากการเข้า

ทำลายจากเชื้อราได้ การลดความชื้นนับว่าเป็นปัจจัยสำคัญที่ควรดำเนินการทำทันทีภายหลังหลังการเก็บเกี่ยวหรือการกะเทาะเมล็ด เพราะเนื่องจากความชื้นเมล็ดข้าวโพดที่อยู่ในระหว่างการเก็บเกี่ยวอาจอยู่ในช่วง 25-30% ซึ่งถือว่าเป็นความชื้นที่ยังไม่เหมาะสมต่อการเก็บรักษา ดังนั้นการลดความชื้นโดยผู้รวบรวมผลผลิต (ไซโล ลานตาก เกษตรกร) จะต้องรีบดำเนินการโดยเร็วด้วยความถูกต้องตามหลักปฏิบัติของเกษตรดีที่เหมาะสม (GAP) โดยวิธีลดความชื้นเมล็ดข้าวโพดที่นิยมใช้ ประกอบด้วย

1) การผึ่งลมหรือตากแดดประมาณ 3-4 แดด ซึ่งหลังจากผึ่งลมหรือตากแดดแล้วข้าวโพดมีความชื้น 20-25% หากตากบนคอนกรีตลานตากควรลาดเอียงโดยให้ตรงกลางนูนสูงและมีคูระบายน้ำรอบๆลานเพื่อช่วยระบายน้ำออกได้ หากฝนตกขณะตากให้นำผ้าพลาสติกหรือผ้าใบมาคลุมข้าวโพดไว้ นอกจากนี้ในการตากข้าวโพดบนลานตากต้องมีการเกลี่ย หรือพลิกกลับเมล็ดข้าวโพดทุกๆ ชั่วโมงซึ่งจะทำให้สามารถลดความชื้นได้รวมเร็วกว่าการตากที่ไม่กลับข้าวโพดถึงร้อยละ 67 แต่อย่างไรก็ตามข้อเสียของการตากข้าวโพดบนลานตาก คือทำให้มีเปอร์เซ็นต์การแตกหักของเมล็ดค่อนข้างสูงกว่าการตากบนลานดิน เนื่องจากการใช้รถแทรกเตอร์ในการเกลี่ยและกลับเมล็ด (ภาพที่ 7)

2) การใช้เครื่องอบเมล็ด เพื่อช่วยแก้ปัญหาเรื่องแสงแดดไม่เพียงพอ หรือปริมาณความชื้นในอากาศสูงการลดความชื้นโดยการใช้เครื่องอบจะพบมากในกรณีที่ที่เกษตรกรปลูกในต้นฤดูฝนและขณะเก็บเกี่ยวเมล็ดมีความชื้นมากกว่าร้อยละ 30 และต้องสีหรือกะเทาะเปลือกทันทีแล้วส่งไซโลปลายทางเพื่ออบลดความชื้นภายใน 48 ชั่วโมง (ภาพที่ 8)

ซึ่งผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการเก็บเกี่ยวข้าวโพด ประกอบไปด้วยเกษตรกรผู้ปลูก แรงงาน ผู้รับเหมา (แรงงาน/เครื่องจักร) และผู้รวบรวมผลผลิต

3.3 กระบวนการขนส่งจากแปลงไปยังโรงรับซื้อ

เมื่อข้าวโพดถูกเก็บเกี่ยวด้วยรถเกี่ยวเรียบร้อยแล้ว จะมีรถบรรทุกจากโรงรับซื้อรายย่อย หรือจากเกษตรกรผู้ปลูกที่เป็นผู้จ้าง มาจอดรอเพื่อรอรับผลผลิตข้าวโพดที่เก็บเกี่ยวเสร็จ โดยพบว่า รถเกี่ยวจะลำเลียงส่งเมล็ดข้าวโพดผ่านท่อจากรถเกี่ยวไปยังรถบรรทุกที่มีตาข่ายป้องกันการกระเด็น (ภาพที่ 9) ทำให้การขนถ่ายและการขนส่งไม่เกิดการสูญเสียที่สามารถวัดได้ รถบรรทุกที่นำมาใช้ขนจะต้องสะอาด และเหมาะสมกับการบรรทุกข้าวโพดในปริมาณมาก ไม่ควรเป็นรถที่ใช้บรรทุกดิน สัตว์ มูลสัตว์ ปุ๋ยเคมี หรือสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช เพราะอาจจะมีการปนเปื้อนของเชื้อโรคและสารเคมี ยกเว้นจะมีการทำความสะอาดอย่างเหมาะสมก่อนนำมาบรรทุกข้าวโพด ส่วนในกรณีมีความจำเป็นต้องขนส่งเมล็ดข้าวโพดในฤดูฝน จำเป็นต้องมีผ้าใบคลุมเพื่อป้องกันไม่ให้เมล็ดข้าวโพดดูดความชื้นจากภายนอกที่อาจเป็นปัจจัยที่ทำให้เมล็ดข้าวโพดเกิดการปนเปื้อนจากสารพิษแอฟลาทอกซินได้ ซึ่งผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการกระบวนการขนส่งจากแปลงไปยังโรงรับซื้อ ประกอบไปด้วยเกษตรกรผู้ปลูก แรงงาน ผู้รับจ้างขับรถ และผู้รวบรวมผลผลิต

3.4 กระบวนการรวบรวมผลผลิตและเก็บรักษา

กระบวนการรวบรวมผลผลิตข้าวโพดสามารถจำแนกได้เป็นผู้รวบรวมรายย่อย และผู้รวบรวมรายใหญ่ โดยผู้รวบรวมรายย่อยจะเป็นผู้รวบรวมในพื้นที่ระดับตำบล หมู่บ้าน ซึ่งอาจจะมีหรือไม่มีพื้นที่สำหรับตากข้าวโพต ในขณะที่ผู้รวบรวมรายใหญ่จะเป็นผู้รวบรวมในระดับอำเภอ จังหวัดซึ่งมักจะมีพื้นที่สำหรับตากข้าวโพด มีโกดังเก็บหรือไซโล และอาจมีเครื่องลดความชื้นข้าวโพด การรับซื้อข้าวโพดจากเกษตรกร ผู้รวบรวมจะรับซื้อทั้งในรูปของแบบฝัก แบบไม่มีเปลือก และแบบเมล็ด (ภาพที่ 10) ขึ้นกับว่าเกษตรกรและผู้รวบรวมจะมีข้อตกลง หรือมีความสัมพันธ์กันแบบใด เช่น เกษตรกรที่เป็นลูกไล่ ผู้รวบรวมจะนำเครื่องสีไปสีที่ไร่ของเกษตรกรและผู้รวบรวมจะกำหนดราคารับซื้อตามคุณภาพของข้าวโพด โดยปัจจัยที่ผู้รวบรวมใช้กำหนดคุณภาพ ได้แก่ ความชื้น ความสมบูรณ์ของเมล็ด โดยทั่วไปพบว่าเกษตรกรมักถูกหักราคาจาก

กรมวิชาการเกษตร

ปัจจัยเรื่องความชื้นมากที่สุด ในขณะที่ผู้รวบรวมรายใหญ่จะรับซื้อข้าวโพดทั้งในรูปฝักและเมล็ด โดยจะรับซื้อทั้งจากเกษตรกร และจากผู้รวบรวมรายเล็ก และสหกรณ์ ผู้รวบรวมรายใหญ่สามารถเก็บข้าวโพดได้ระยะยาวเพื่อเก็งกำไร ในการเก็บจะบรรจุกระสอบ และเก็บไว้ในโกดัง จากการสัมภาษณ์พบว่าจะเก็บไว้เป็นระยะเวลา 3 - 6 เดือนหากนานกว่านี้ ข้าวโพดจะมีคุณภาพต่ำลงทำให้ขายได้ราคาต่ำ เนื่องจากผู้รวบรวมรายใหญ่มักจะถูกกำหนดมาตรฐานข้าวโพดมาจากผู้แปรรูป เช่น โรงงานอาหารสัตว์ และโรงงานแป้งข้าวโพต โดยผู้รวบรวมจะสามารถทำให้ความชื้นข้าวโพดอยู่ในระดับ 14.5% มีการคัดเลือกเมล็ดที่มีสีดำที่เป็นเชื้อรา ร่อนฝุ่น และสิ่งเจือปนออก เนื่องจากหากส่งไปจำหน่ายแล้วมีการสุ่มเจอสูงกว่ามาตรฐานที่ผู้แปรรูปกำหนดจะถูกปฏิเสธการรับซื้อ ในขั้นตอนการจัดการของผู้รวบรวมรายใหญ่จะแตกต่างจากรายย่อย คือเมื่อรับซื้อข้าวโพดที่มีความชื้นสูง จะทำการลดความชื้นภายใน 1-2 วัน โดยถ้าเป็นช่วงฝนตกผู้รวบรวมรายใหญ่ที่มีเครื่องอบจะนำเอาข้าวโพดเข้าเครื่องอบทันที แต่ในบางครั้งหากเป็นช่วงฤดูเก็บเกี่ยวมีจำนวนข้าวโพดออกสู่ตลาดจำนวนมากไม่สามารถลดความชื้นได้ทันที ผู้รวบรวมรายใหญ่อาจจะปล่อยให้มีการกองข้าวโพดไว้บนลานโดยหากเป็นข้าวโพดฝักมักจะไม่ก่อให้เกิดเชื้อราแต่ถ้าเป็นเมล็ดอาจมีโอกาสเกิดเชื้อราได้มากขึ้น การจัดเก็บข้าวโพดของผู้รวบรวมรายใหญ่มักจะมีการกองไว้โดยไม่มีการระบายความร้อนออกจากกองข้าวโพดแต่ผู้รวบรวมรายใหญ่มักจะมีการแยกข้าวโพดที่มีความชื้นแตกต่างกัน มีคุณภาพที่แตกต่างกันอีกทั้ง ผู้รวบรวมรายใหญ่จะจัดส่งข้าวโพดไปยังผู้แปรรูปพบว่ามากกว่าร้อยละ 90 ของข้าวโพดของผู้รวบรวมรายใหญ่จะถูกส่งไปยังโรงงนอาหารสัตว์ และประมาณร้อยละ 10 ถูกส่งไปยังผู้ส่งออกและโรงงานแป้งข้าวโพด โดยข้าวโพดที่มีคุณภาพดีจะถูกส่งไปจำหน่ายที่โรงงานอาหารสัตว์ และโรงงานแป้งข้าวโพด การเก็บรักษาฝักข้าวโพด และเมล็ดข้าวโพด จะต้องมีพื้นและผนัง และมีการหมุนเวียนอากาศที่ดี นอกจากนี้ต้องมีการทำความสะอาดก่อนเก็บและหากต้องการเก็บรักษานาน หรือเมื่อพบว่าผลผลิตกำลังถูกทำลายต้องมีการอบยาฆ่าแมลง ซึ่งการเก็บรักษาฝักข้าวโพดที่มีความชื้นในเมล็ดต่ำกว่า 23% จะพบการปนเปื้อนของเชื้อราในปริมาณต่ำตลอดระยะเวลาในการก็บรักษา นอกจากนี้การเก็บรักษาฝักข้าวโพดแบบมีเปลือกหุ้มสามารถชะลอการเกิดเชื้อราแอฟลาทอกซิน (มีการปนเปื้อนน้อยกว่า 20 ppb) ได้นาน 6-3 สัปดาห์ทั้งนี้ขึ้นกับระดับความรุนแรงของการเกิดอะฟลาทอกซินในแต่ละปีด้วย ในการเก็บฝักข้าวโพด์ไม่ควรวางกระสอบข้าวโพด หรือเทกองข้าวโพดบนพื้นโดยตรงควรมีการรองพื้นด้วยวัสดุที่เป็นฉนวนกันความชื้นเพื่อป้องกันไม่ให้ฝักหรือเมล็ดข้าวโพดดูดความชื้นจากพื้นสำหรับข้าวโพดบรรจุกระสอบที่มีการวางกระสอบซ้อนทับกันนั้นควรเว้นช่องว่างระหว่างแถวกระสอบเพื่อให้อากาศถ่ายเทและสามารถเดินเข้าตรวจสอบได้โดยง่าย ส่วนการการเก็บรักษาเมล็ดข้าวโพดระดับผู้รวบรวมพบว่าการปนปื้อนของสารแอฟลาทอกซินเกิดขึ้นในขั้นตอนนี้มากที่สุดเพราะการกะเทาะฝักข้าวโพดทำให้เมล็ดบางส่วนแตกหรือฉีกเสียหายทำให้เชื้อราสามารถเข้าทำลายได้รวดเร็วกว่าเมล็ดที่มีสภาพสมบูรณ์และการกะเทาะเมล็ดยังทำให้เกิดการผสมสปอร์ของเชื้อราให้แพร่กระจายทั่วถึงมากขึ้นจึงจำเป็นต้องลดความชื้นของเมล็ดให้เร็วที่สุดโดยถ้าเมล็ดยังมีความชื้นสูงให้ลดลงมาต่ำกว่าร้อยละ 18 ภายในระยะเวลา 48 ชั่วโมงหลังจากกะเทาะเมล็ดที่มีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 18 สามารถก็บไว้ได้ชั่วคราวแต่ความชื้นเมล็ดที่ต่ำกว่าร้อยละ 14 เป็นระดับที่ปลอดภัยใน หากจำเป็นต้องเก็บรักษาเมล็ดข้าวโพดไว้เป็นระยะเวลานาน อาจมีแมลงศัตรูข้าวโพดเข้าทำลายในโรงเก็บ ซึ่งผู้รวบรวมสามารถป้องกันการทำลายของแมลงตัตรูข้าวโพดได้โดยการใช้สารรมเนื่องจากเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพ ทำลายแมลงศัตรูได้เกือบทุกชนิด และทุกระยะการเจริญเติบโต และสามารถทำลายศัตรูชนิดอื่น ๆ เช่น นก หนู ไร และเชื้อราได้ ไม่มีพิษตกค้างเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารฆ่าแมลง วิธีการรมไม่ยุ่งยากซับซ้อนมากนักจึงง่ายต่อการปฏิบัติและทำได้สะดวกรวดเร็ว อย่างไรก็ตามการใช้สารรมทุกชนิดต้องทำด้วยความระมัดระวังและปฏิบัติตามคำแนะนำอย่างเคร่งครัด เพื่อความปลอดภัย

กรมวิชาการเกษตร

ของผู้ปฏิบัติงานและผู้อยู่บริเวณใกล้เคียง เนื่องจากสารรมเกือบทุกชนิดเป็นอันตรายต่อมนุษย์แม้ที่ความเข้มข้นต่ำ การรมที่มีประสิทธิภาพต้องดำเนินการอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ ผู้ทำการรมต้องทราบคุณสมบัติของสารรมแต่ละชนิด ชนิดของผลิตผลเกษตร ชนิดของศัตรู สถานที่ดำเนินการรมตลอดจนสภาพแวดล้อมต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น เป็นต้น การรมที่ไม่มีประสิทธิภาพเกิดจากสาเหตุหลายประการ เช่น ผ้าพลาสติกมีรูรั่ว อัตราการใช้น้อยหรือมากเกินไป หรือระยะเวลาสั้นเกินไป ความผิดพลาดนี้อาจทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย และทำให้แมลงสร้างความต้านทานต่อสารรมไม่ให้เกิดขึ้น หรือเกิดช้าที่สุด (กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร, 2561) ซึ่งผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในกระบวนการรวบรวมผลผลิตและเก็บรักษา ประกอบด้วยผู้รวบรวมผลผลิตเกษตรกรผู้ปลูก และแรงงาน ปัจจัยเสี่ยงที่มีผลต่อการสูญเสียอาหารจากที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องตั้งแต่ระดับเกษตรกรผู้ปลูก ผู้รวบรวมผลผลิต และผู้เชี่ยวชาญจากหน่วยงานราชการ โดยให้ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องให้คะแนนปัจจัยเสี่ยงที่มีผลต่อการสูญเสียในระดับความสูญเสียมาก (4 คะแนน) จนถึงมีผลต่อระดับความสูญเสียน้อย (1 คะแนน) ซึ่งผลการให้คะแนนระดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยแสดงดังแสดงในภาพที่ 11 ผลจากการสำรวจพบว่าผู้มีส่วนเกี่ยวข้องส่วนใหญ่ให้ความเห็นว่าการสูญเสียอาหารข้าวโพดส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในกระบวนการเก็บเกี่ยว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกิจกรรมการเก็บเกี่ยว (4 คะแนน) และกระบวนการเก็บรักษา ภายใต้กิจกรรมการเก็บรักษา (4 คะแนน) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงจุดวิกฤตของการสูญเสีย (critical loss point) ที่สำคัญที่นำไปสู่แนวทางการลดการสูญเสียในเชิงนโยบายเพื่อการผลิตอาหารที่ยั่งยืนถัดไป

4. การจำแนกจุดวิกฤติ (critical point) ที่ก่อให้เกิดการสูญเสียอาหารในข้าวโพด

การจำแนกจุดวิกฤติ (critical point) ที่ก่อให้เกิดการสูญเสียอาหารในข้าวโพดนั้นเป็นการพิจารณาจากการสัมภาษณ์ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องตลอดห่วงโซ่คุณค่า (ภาพที่ 12) และลงพื้นที่ตรวจวัดจริง (actual measurement) (ภาพที่ 13) เพื่อให้ครอบคลุมกิจกรรมการผลิต การเก็บเกี่ยว การขนส่ง และการรวบรวม (ภาพที่ 14) พบว่า จุดวิกฤติที่ก่อให้เกิดการสูญเสียของข้าวโพดมากที่สุด คือขั้นตอนระหว่างการเก็บเกี่ยวด้วยรถเกี่ยว ที่พบการสูญเสียประมาณ 3.89% และรองลงมาคือการสูญเสียในระหว่างเก็บรักษาเมล็ดข้าวโพดของโรงงาน (ผู้รวบรวม) ที่พบการสูญเสียประมาณ 2.25% (ตารางที่ 2) กล่าวคือ

4.1 การสูญเสียในระหว่างการเก็บเกี่ยวด้วยรถเกี่ยว

การเก็บเกี่ยวข้าวโพดโดยใช้รถเกี่ยวก่อให้เกิดการสูญเสียข้าวโพดสูงสุด (5%) เนื่องจากประสิทธิภาพของรถเกี่ยวมีความแตกต่างกัน เช่น อายุการใช้งาน สภาพรถเกี่ยว ชนิดรถเกี่ยว และกำลังของเครื่องยนต์ ถ้าหากรถเกี่ยวมีการบำรุงรักษาเครื่องยนต์ อะไหล่ และอุปกรณ์การเกี่ยวอย่างสม่ำเสมอ รวมถึงมีเทคโนโลยีที่สูงกว่า ย่อมส่งผลให้เกิดการสูญเสียที่น้อยกว่ารถเกี่ยวที่ขาดการบำรุงรักษา นอกจากนี้ยังพบว่าการควบคุมความเร็วของรถในระหว่างการเก็บเกี่ยวเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการสูญเสียข้าวโพด หากผู้ขับรถเกี่ยวใช้ความเร็วไม่เหมาะสมหรือเร็วเกินไปกว่าคำแนะนำ เนื่องจากต้องการทำรอบในการรับจ้างเกี่ยวไปพื้นที่อื่นๆ ต่อวัน เพราะรถเกี่ยวส่วนมากจะเป็นรถบริการรับจ้าง ทำให้เกษตรกรมีข้อจำกัดในการต่อรองเรื่องความเร็วในการขี่ของผู้รับจ้าง นอกจากนี้ยังพบว่าปัจจัยของต้นข้าวโพดที่ล้มเนื่องจากได้รับความเสียหายจากลมพายุ ส่งผลให้รถเกี่ยวไม่สามารถเก็บฝักต้นข้าวโพดที่ล้มบนพื้นดิน และในบางครั้งล้อรถเกี่ยวอาจเหยียบทับฝักข้าวโพด ส่งผลให้เมล็ดข้าวโพดแตกได้รับความเสียหาย ไม่สามารถเก็บเมล็ดไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้ ส่งผลก่อให้เกิดการสูญเสียอาหาร อีกทั้งยังพบว่าช่วงเวลาที่เก็บเกี่ยว หรือการเก็บเกี่ยวที่ไม่อยู่ในระยะที่เหมาะสม เนื่องมาจากข้อจำกัดด้านราคาจำหน่ายหรือสภาพดินฟ้าอากาศแปรปรวน ที่อาจทำให้มีความจำเป็นต้องเก็บเกี่ยวก่อนกำหนด ทำให้เมล็ดที่เก็บ

กรมวิชาการเกษตร

เกี่ยวมีสภาพเมล็ดที่ไม่สมบูรณ์ เมล็ดแตกง่าย มีความชื้นสูง และอาจส่งผลกระทบในระยะยาวทางที่มีความเสี่ยงต่อการเข้าทำลายของสารพิษจากเชื้อราแอฟลาทอกซินที่

4.2 การสูญเสียในระหว่างเก็บรักษาเมล็ดข้าวโพด

การเก็บรักษาข้าวโพดให้มีคุณภาพ จำเป็นต้องลดความชื้นในผลผลิตข้าวโพดให้เร็วที่สุดเพื่อลดโอกาสการเข้าทำลายของเชื้อราจากสารพิษแอฟลาทอกซิน แต่จากการสัมภาษณ์ผู้รวบรวมผลผลิต และการประเมินคุณภาพเมล็ดข้าวโพดในระหว่างการเก็บรักษาในโรงเก็บ พบว่า พื้นที่ที่ทำการเก็บข้าวโพดส่วนใหญ่เป็นพื้นที่โล่ง ภายหลังจากผู้รวบรวมนำเมล็ดไปลดความชื้นด้วยวิธีการตากแดด เป็นเวลา 3 วัน โดยใช้รถแทรกเตอร์ในการเกลี่ยเมล็ดทุกๆ 1 ชั่วโมง และรวบรวมเมล็ดตากบนลาน หรือหากเมล็ดข้าวโพดมีความชื้นสูงเนื่องจากเกิดความแปรปรวนของสภาพอากาศฝนตกผิดฤดูกาล ส่งผลให้เกิดปัญหาความชื้นภายในผลผลิตในระหว่างการเก็บเกี่ยว ดังนั้นการใช้เครื่องอบเมล็ดจึงเป็นวิธีการแก้ปัญหา และลดความเสี่ยงจากปริมาณความชื้นในเมล็ดที่มากเกินไป แต่อย่างไรก็ตามพบว่าโรงงานรับซื้อมักนิยมนำเมล็ดข้าวโพดที่ลดความชื้นไปกองยังโรงเก็บที่มีหลังคาเพื่อรอการจำหน่ายให้แก่ผู้รวบรวมรายใหญ่ แต่จากการลงไปสำรวจสถานที่จัดเก็บพบว่า เมล็ดที่กองไว้พบปัญหาในเรื่องลักษณะเมล็ดที่แตกหัก อาจเนื่องมาจากแรงกดทับของล้อรถไถในระหว่างการเกลี่ยเมล็ดลดความชื้น นอกจากนี้ยังพบกลิ่นผิดปกติ แมลงเข้าทำลาย เมล็ดบางส่วนเป็นเชื้อรา และมีมูลสัตว์ปะปนอยู่ภายในกอง อีกทั้งพบว่าโรงเก็บส่วนใหญ่มีรอยรั่วส่งผลให้ความชื้น หรือละอองฝนสามารถเข้าไปสัมผัสกับเมล็ดข้าวโพดที่เก็บไว้ได้ง่าย จากการทดลองของภัควิไล และคณะ (2560) พบว่าเก็บรักษาเมล็ดข้าวโพดในลักษณะแบบกอง มีโอกาสที่ก่อให้เกิดสารพิษจากเชื้อราแอฟลาทอกซินเมื่อเก็บรักษานาน โดยพบว่าเชื้อราแอฟลาทอกซินมีปริมาณเพิ่มขึ้นถึง 22.05 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ในเดือนที่ 6 อาจเนื่องมาจากการเก็บข้าวโพดแบบกองติดต่อกันเป็นเวลานาน ส่งผลทำให้เกิดความชื้นและความร้อนสะสมในกองข้าวโพดทำให้เกิดการระบาดของเชื้อราและการเข้าทำลายจากแมลง/ศัตรูในโรงเก็บ ส่งผลทำให้เกิดเป็นจุดวิกฤติที่ก่อให้เกิดการสูญเสียอาหารของข้าวโพดคิดเป็น 3%

ดังนั้นแนวทางการแก้ไขปัญหา ควรมีแนวทางในการจัดการดังต่อไปนี้

1. สถานที่เก็บข้าวโพดควรมีผนังปิดมิดชิด เพื่อป้องกันการเข้าทำลายของสัตว์
2. ควรทำตาข่ายป้องกันหนู และนก
3. ควรแยกเก็บข้าวโพดที่ความชื้นแตกต่างกันไว้คนละกองเพื่อรักษาคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของข้าวโพด ทำให้สะดวกต่อผู้รวบรวมสำหรับนำไปจำหน่ายต่อ
4. เมื่อบรรจุเมล็ดข้าวโพดในกระสอบควรวางกระสอบให้ห่างจากผนังของโกดังเพื่อป้องกันความชื้นจากภายนอกซึมผ่านผนังมาสัมผัสกับข้าวโพด
5. สำหรับกรณีที่วางเมล็ดกองในโรงเก็บโดยที่ไม่ได้ใส่กระสอบ ควรมีการทำโพรงระบายอากาศให้แก่ข้าวโพดแต่ละกองเพื่อให้ข้าวโพดที่อยู่ด้านล่างสามารถระบายความชื้นได้

5. ข้อเสนอแนะเพื่อนำไปสู่การลดความสูญเสียอาหาร

1. ภาครัฐควรมีการขึ้นทะเบียนผู้เก็บเกี่ยวข้าวโพด โดยกำหนดมาตรฐานเกี่ยวกับทักษะความรู้และข้อกำหนดในการเก็บเกี่ยว รวมถึงการสร้างแรงจูงใจและความตระหนัก ตลอดจนมีมาตรการสำหรับการเก็บเกี่ยวที่ไม่ได้คุณภาพ รวมทั้งการพัฒนาเครื่องจักรกลทางการเกษตรสำหรับกระบวนการเก็บเกี่ยวเพื่อช่วยให้เกษตรกรสามารถเก็บเกี่ยวได้มีประสิทธิภาพ ทำให้การเก็บเกี่ยวฝักข้าวโพดมีคุณภาพเพิ่มขึ้น

ศรีวิชาการเกษตร

ลดปัญหาเรื่องการตกค้างของฝักร่วงในแปลง และการแตกของเมล็ดที่จะทำให้เป็นบาดแผลแล้วกลายเป็นช่องทางซ้ำจากการเก็บเกี่ยว

2. ภาครัฐควรกำหนดนโยบายให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องมีหน้าที่รับผิดชอบในการยกระดับเกษตรกรรายย่อยให้เกิดการรวมกลุ่มกันอย่างยั่งยืน เพื่อข้อได้เปรียบทางด้านการต่อรองราคา และโอกาสจากการดูแลของทางภาครัฐ นอกจากนี้การรวมกลุ่มกันจะเกิดการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ที่มีประโยชน์เพื่อนำมาปรับใช้กับเกษตรกร

3. ภาครัฐควรให้หน่วยงานที่รับผิดชอบด้านส่งเสริมทางการเกษตรและเทคโนโลยีด้านการเกษตร มาให้ความรู้แก่เกษตรกรและผู้ที่เกี่ยวข้องในห่วงโซ่อุปทานข้าวโพด เพื่อให้การผลิตข้าวโพดและการนำไปใช้ประโยชน์ เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

4. รัฐบาลควรมีการพัฒนาทั้งด้านสินค้า และข้อมูลตลอดห่วงโซ่คุณค่า โดยเตรียมความพร้อมในการพัฒนาศักยภาพห่วงโซ่ข้าวโพด ส่งเสริมให้มีการพัฒนาด้านข้อมูลข่าวสารมากขึ้น มีการนำเอาการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับข้าวโพด (GAP) มาดำเนินการอย่างจริงจัง การปรับปรุงระบบโครงสร้างพื้นฐานและการพัฒนระบบโลจิสติกส์ การสร้างมาตรฐานและแนวทางการรับซื้อข้าวโพด

5. ด้านเกษตรกร ควรมีการปรับโครงสร้างการผลิตข้าวโพด นำระบบการผลิตแบบเกษตรอัจฉริยะ (smart farming) มาใช้ จัดตั้งกลุ่ม/สหกรณ์การสร้างแรงจูงใจในการเพิ่มมูลค่าสินค้า โดยการคัดแยกเกรดคุณภาพข้าวโพด ในภาคส่วนของผู้รวบรวม ควรมีการสนับสนุนให้มีการลงทุนในเครื่องอบ ลานตากหรือโกดังมากขึ้น การบังคับใช้มาตรฐานการรับซื้อที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน ในขณะที่ผู้แปรรูปควรการสร้างความร่วมมือระหว่างกลุ่มเกษตรกรและผู้ใช้ข้าวโพดลี้ยงสัตว์ ลงไปส่งสริมให้เกษตรกรรับทราบข้อมูลของข้าวโพดที่มีคุณภาพ สนับสนุนให้มีการรับซื้อข้าวโพดที่มีคุณภาพ และมีการผลิตแบบ GAP

Table 7 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่ออุตสาหกรรมข้าวโพด

จุดแข็ง	จุดอ่อน
1. ประเทศไทยมีทำเลที่ตั้งและมีภูมิอากาศเหมาะสม สามารถปลูกได้ในหลายพื้นที่ 2. เกษตรกรกว่าร้อยละ 95 ยอมรับและใช้พันธุ์ลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูง 3. เกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดมีประสบการณ์และความชำนาญด้านการปลูก การดูแลรักษา และการเก็บเกี่ยว 4. มีเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ปลูกข้าวโพด 5. ข้าวโพดเป็นวัตถุดิบสำคัญของอุตสาหกรรมในประเทศที่มีความสามารถในการรับซื้อผลผลิตจากเกษตรกร 6. ภาคเอกชนมีความก้าวหน้าในเทคโนโลยีการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดที่ได้มาตรฐาน	1. พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ในเขตน้ำฝนนอกเขตชลประทาน 2. เกษตรกรบางส่วนเพาะปลูกข้าวโพดในพื้นที่เหมาะสมน้อย และพื้นที่ที่ไม่เหมาะสม 3. เกษตรกรใช้พันธุ์ลูกผสมที่ต้องการการจัดการที่เหมาะสมจึงจะให้ผลผลิตเต็มตามศักยภาพของพันธุ์ 4. เกษตรกรใช้พันธุ์ลูกผสมซึ่งไม่สามารถเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้ใช้เอง 5. เกษตรกรขาดความรู้ความเข้าใจในการใช้เทคโนโลยีในการผลิตข้าวโพดที่ถูกต้อง 6. เกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดเป็นเกษตรกรรายย่อยขาดประสิทธิภาพในการจัดการการผลิตและการตลาด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โอกาส	อุปสรรค
1. อุตสาหกรรมอาหารสัตว์มีความต้องการใช้ข้าวโพดเป็นวัตถุดิบเพิ่มขึ้น 2. นโยบายของรัฐในการส่งเสริมการลดพื้นที่ข้าวนาปรังเอื้อต่อการขยายพื้นที่ปลูกข้าวโพดในฤดูแล้ง 3. ข้าวโพดเป็นวัตถุดิบที่สามารถพัฒนาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์สร้างมูลค่าเพิ่มได้อีกมาก 4. ไทยมีบุคลากร และหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนที่มีความรู้ความสามารถในการศึกษาวิจัย และพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตครบทุกด้าน 5. มีองค์ภาครัฐ และเอกชนที่มีศักยภาพในการบริหารจัดการผลิตและการตลาด	1. ประเทศคู่ค้าอาจมีการใช้กฎระเบียบและมาตรการที่ไม่ใช่ภาษี กับสินค้าแปรรูปและผลิตภัณฑ์ปลายน้ำข้าวโพด 2. การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ ส่งผลต่อการผลิตทั้งปริมาณและคุณภาพของผลผลิตข้าวโพด 3. ราคาปัจจัยการผลิตที่จำเป็นมีแนวโน้มสูงขึ้น 4. ขาดการเชื่อมโยงด้านการผลิตและการตลาดทำให้บริหารจัดการผลผลิต ไม่มีประสิทธิภาพ 5. องค์ภาครัฐ และเอกชนที่มีศักยภาพในการบริหารจัดการการตลาด และเงินทุนในการดำเนินการ 6. ขาดการสร้างบุคลากร และสนับสนุนด้านการวิจัยพัฒนาการผลิต การแปรรูปน้อย และไม่ต่อเนื่อง 7. แรงงานยุคใหม่ไม่ชอบทำการเกษตร

Table 8 ข้อมูลความสูญเสียในแต่ละขั้นตอนตลอดห่วงโซ่อุปทานข้าวโพด

Commodity	Stage	Stakeholders	ความสูญเสียเชิงปริมาณ			
			ลักษณะความสูญเสีย	สาเหตุของการสูญเสีย	ร้อยละความสูญเสีย	การนำไปใช้ประโยชน์
ข้าวโพด	การเก็บเกี่ยว (Harvest)	เกษตรกร	ฝักและเมล็ดเป็นเชื้อรา	ได้รับน้ำฝนทำให้เกิดความชื้น	0.05	ทิ้ง/ทำลาย
			ฝักร่วงหล่น	ต้นข้าวโพดล้ม	0.5	นำไปสีหรือเป็นอาหารสัตว์
			ฝักไม่สมบูรณ์	ขาดธาตุอาหาร ขาดน้ำ หนูกัด	0.2	เป็นอาหารสัตว์
		ผู้รวบรวม	เมล็ดแตก	รถเก็บเกี่ยวทับ	3.89	ทิ้งไว้ในแปลง
	Harvest Loss				4.64	
	การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว (Post Harvest)	เกษตรกร	ฝักร่วงหล่นระหว่างขนส่ง	ถุงบรรจุปิดผนึกไม่สนิท	0.15	-
		ผู้รวบรวม	เมล็ดร่วงหล่นระหว่างขนส่ง	รถขนส่งปิดไม่มิดชิด	0.05	-
			เมล็ดเป็นเชื้อรา	การเก็บรักษาไม่เหมาะสม	2.25	ทิ้ง/ทำลาย
			เมล็ดแตกหัก	โดนแรงกดจากรถบรรทุกทับ	1.02	เป็นอาหารสัตว์
			เมล็ดเสียหาย โดนแทะเป็นรู	โดนหนูและแมลงเจาะแทะ	0.98	เป็นอาหารสัตว์
	Post Harvest Loss				4.45	

กรมวิชาการเกษตร

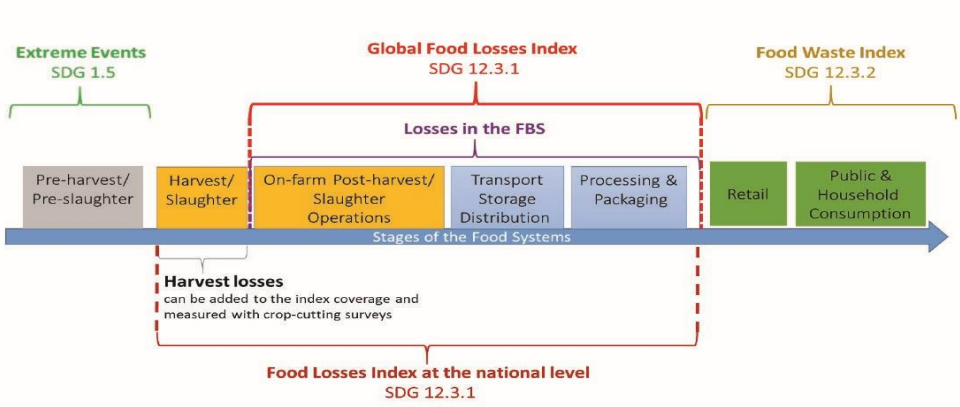


Figure 9 ขอบเขตของดัชนีการสูญเสียอาหารตลอดห่วงโซ่อุปทานอาหาร (FAO, 2019)

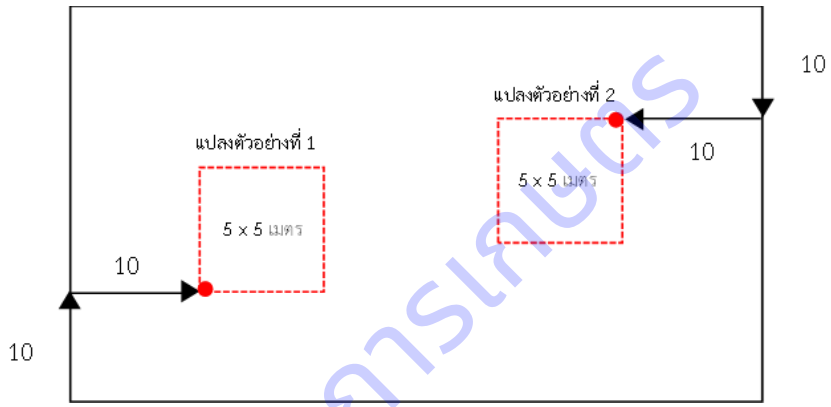


Figure 10 ตัวอย่างการสุ่มจุดเพื่อวางแปลงตัวอย่างในแปลงข้าวโพด

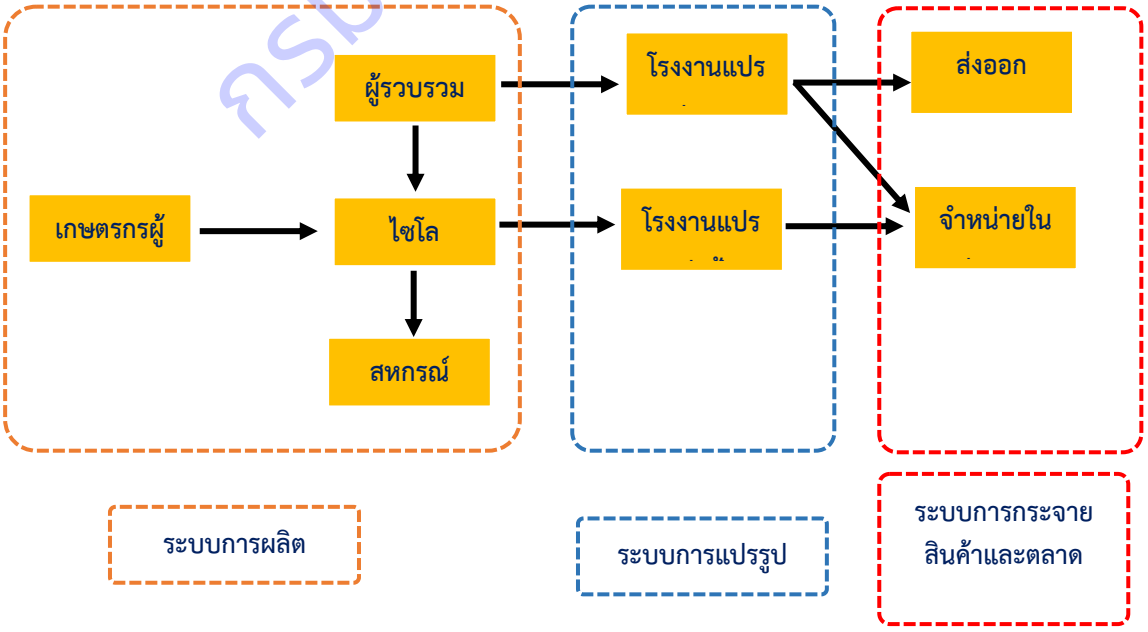


Figure 11 ห่วงโซ่อุปทานข้าวโพดในประเทศไทย (maize supply chain in Thailand)

กรมวิชาการเกษตร

Activities/กิจกรรม	On-farm			Off-farm
	ก่อนเก็บเกี่ยว	การเก็บเกี่ยว	ขนส่งจากแปลง	จุดรวบรวมผลผลิต
	(Harvesting)	(Post-harvesting)	(Transport)	(Storage)
Actor/ผู้เกี่ยวข้อง	เกษตรกร	เกษตรกร	เกษตรกร	ผู้รวบรวม
	ผู้ที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยการผลิต	แรงงานของเกษตรกร	แรงงาน	เกษตรกร
	แรงงาน	ผู้รวบรวมผลผลิต	ผู้รวบรวมผลผลิต	แรงงาน
			ผู้รับจ้างขับรถ	

Figure 12 ความสัมพันธ์ในกิจกรรมต่างๆ (activity) และผู้เกี่ยวข้อง (actor) ที่ก่อให้เกิดความสูญเสียอาหารของข้าวโพด

Figure 13 รถเกี่ยวนวดข้าวโพด (corn combine harvester)

Figure 14 ฝักและเมล็ดข้าวโพดที่ตกค้างในแปลงปลูกภายหลังการเก็บเกี่ยวโดยใช้เครื่องจักร

Figure 15 ลานตากเมล็ดข้าวโพด

Figure 16 เครื่องอบลดความชื้นเมล็ด

Figure 17 รถบรรทุกข้าวโพดลำเลียงส่งเมล็ดข้าวโพดผ่านท่อจากรถเกี่ยว

Figure 18 การรับซื้อข้าวโพดจากเกษตรกรในรูปของแบบฝัก แบบเมล็ด และแบบไม่มีเปลือกของผู้รวบรวม

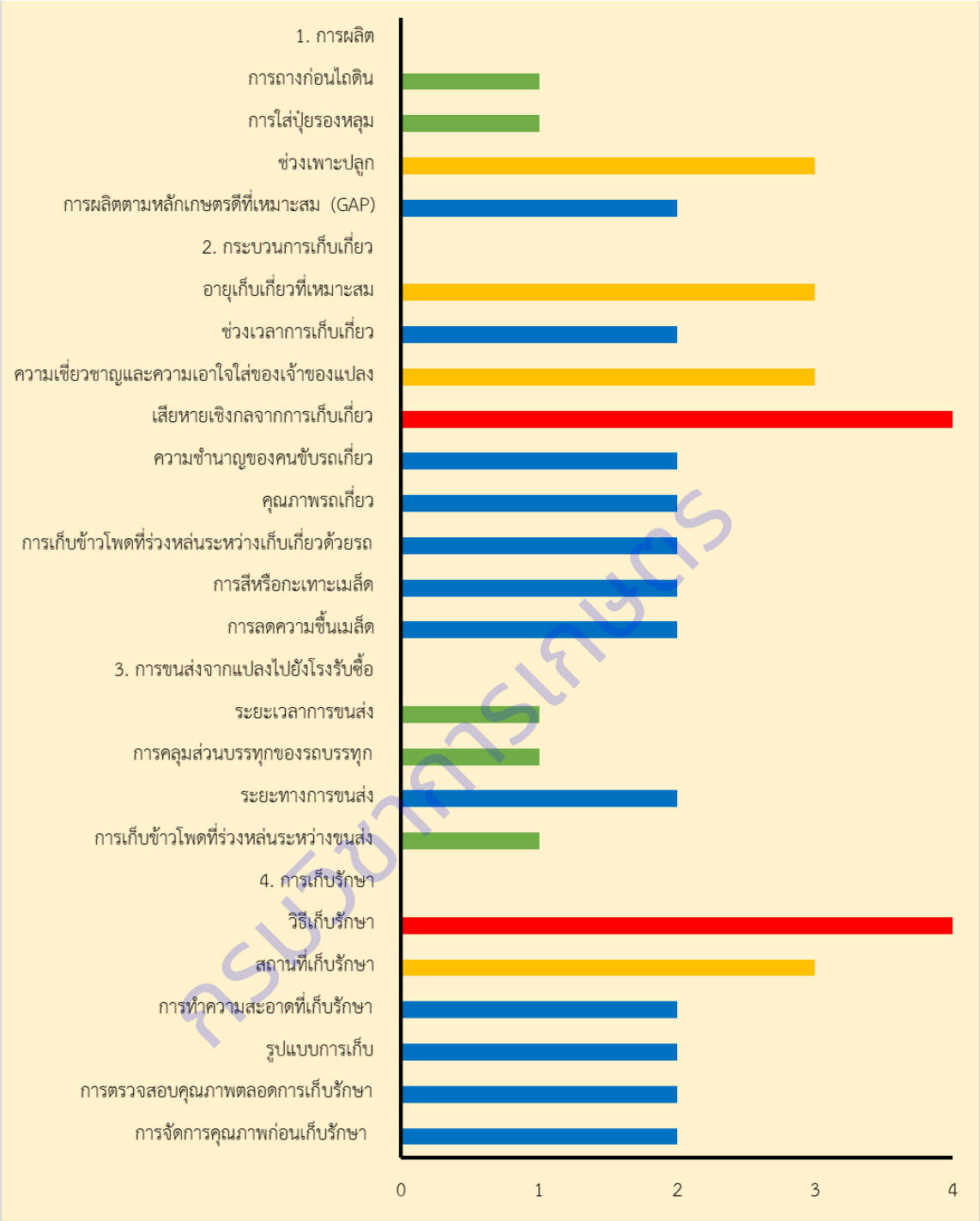


Figure 19 ระดับปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดการสูญเสียข้าวโพดตลอดห่วงโซ่อุปทาน (level of driving factors affecting to maize food loss along supply chain)

Figure 20 การสัมภาษณ์ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องตลอดห่วงโซ่คุณค่า

Figure 21 ลงพื้นที่ตรวจวัดจริง (actual measurement) เพื่อเก็บข้อมูลการสูญเสียอาหารหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต

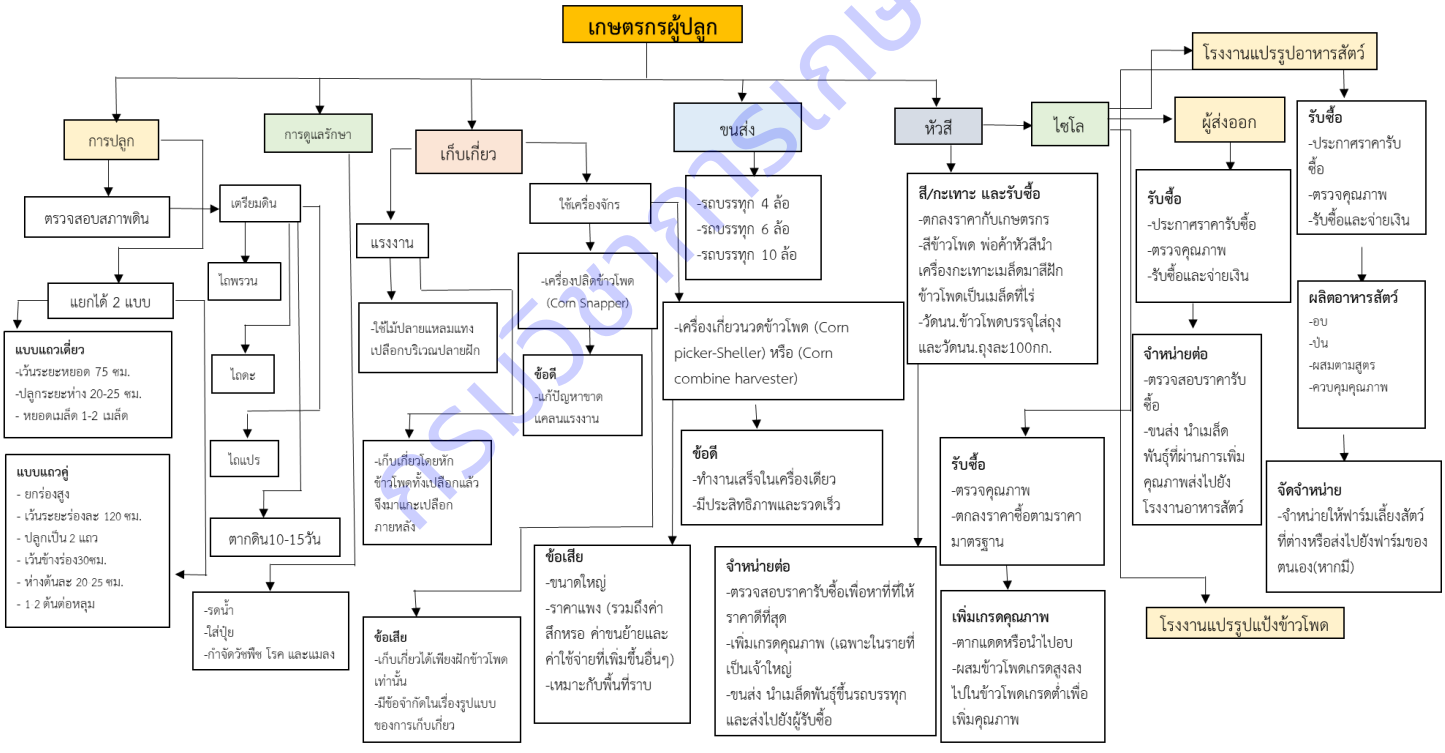


Figure 22 ผังกิจกรรมและความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นในห่วงโซ่อุปทานข้าวโพด

การทดลองที่ 3 การใช้สมการประเมินความสูญเสียของข้าวจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร

1. การสร้างสมการประเมินความสูญเสียข้าวจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูในโรงเก็บ

1.1 สมการประเมินความสูญเสียข้าวสารจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูในโรงเก็บ

การสร้างสมการประเมินความสูญเสียข้าวสารที่เก็บรักษาในโรงเก็บ โดยใช้ค่าสังเกต Y จำนวน 2 ตัว คือ คือปริมาณเมล็ดเสียจาก 1000 เมล็ด และปริมาณน้ำหนักที่หายไปของเมล็ดข้าว 1000 เมล็ด จากนั้นนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์เมล็ดเสียเฉลี่ย (Y1) และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเมล็ดสูญเสียเฉลี่ย (Y2) และได้นำค่าสังเกตทั้ง 2 ชนิดมาหาความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่นๆ ที่วัดได้ ดังนี้

1.1.1 สมการประเมินเมล็ดเสียของข้าวสารจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูสำคัญ

Y_1 = เปอร์เซ็นต์เมล็ดเสียเฉลี่ย

การสร้างสมการด้วยการหาความสัมพันธ์กับตัวแปร X จำนวน 5 ตัว คือ

X_1 คือ ระยะเวลาการเก็บรักษาข้าว (เดือน)

X_2 คือ ระดับอุณหภูมิภายในโรงเก็บเฉลี่ยต่อเดือน (^oC)

X_3 คือ ระดับความชื้นภายในโรงเก็บเฉลี่ยต่อเดือน (%RH)

X_4 = ระดับความชื้นเมล็ดข้าวสารตัวอย่างเฉลี่ย (%MC)

X_5 = ปริมาณแมลงศัตรูสำคัญของข้าวสารเฉลี่ย (ตัว/ข้าวสาร 250 กรัม)

โดยตัวแปรปริมาณแมลงที่ตรวจพบจะใช้แมลงศัตรูสำคัญทั้งหมด 7 ชนิด ได้แก่ ผีเสื้อข้าวสาร มอดข้าวเปลือก ด้วงงวงข้าวโพด มอดแป้ง มอดฟันเลื่อย มอดสยาม และมอดหนวดยาว ใน Table 1 พบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร Y_1 กับตัวแปร X_1, X_2, และ X_5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยความสัมพันธ์กับ X_1 และ X_5 เป็นความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับตัวแปร Y ส่วนความสัมพันธ์กับตัวแปร X_2 เป็นในทิศทางตรงข้ามกับตัวแปร Y_1 ซึ่งค่าความสัมพันธ์ที่ได้คือ .824, -.658 และ .933 ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์สมการถดถอยแบบ stepwise regression จะได้โมเดลทั้งหมด 4 โมเดล (Table 2) โดยพบว่าทุกโมเดลมีค่า R^2 สูงใกล้เคียงกันตั้งแต่ 87-92% หากเลือกโมเดลที่มีค่า R^2 สูง 90% ขึ้นไปสามารถเลือกได้ 3 โมเดล คือ โมเดลที่ 2, 3 และ 4 ซึ่งมีค่า R^2 เท่ากับ 91, 92 และ 92% ซึ่งพบว่ามีความแตกต่างกันเพียง 1% เท่านั้น แต่เมื่อพิจารณาจำนวนตัวแปรในโมเดลพบว่า โมเดล 2 มีจำนวนตัวแปร X จำนวน 2 ตัว คือ X_5 และ X_1 โมเดล 3 มีตัวแปร X จำนวน 3 ตัว คือ X_5, X_1และ X_2 ส่วนโมเดล 3 มีตัวแปร X จำนวน 4 ตัว คือ X_5, X_1, X_2 และ X_3 ซึ่งตัวแปร X_2 และ X_3 มีความสัมพันธ์กับตัวแปร Y น้อยกว่า X_5 และ X_1 ดังนั้นควรเลือกโมเดล 2 มาสร้างสมการประเมินความสูญเสียเมล็ดข้าวสาร เนื่องจากให้ค่า R_2 สูงใกล้เคียงโมเดลอื่นและมีตัวแปร X เข้ามาเกี่ยวข้องเพียง 2 ตัว เมื่อพิจารณาค่า coefficients ของโมเดล 2 (Table 3) สามารถสร้างสมการประเมินความสูญเสียเมล็ดข้าวสาร ได้ดังนี้

$\hat{Y}_1 = -1.564 + .561^{**}X_1 + .091^{**}X_5$

R^2 = 91%

Y_1 = เปอร์เซ็นต์เมล็ดข้าวสารเสียจากการเข้าทำลายของแมลงเฉลี่ย

X_1 = ระยะเวลาการเก็บรักษาข้าว (เดือน)

X_5 = ปริมาณแมลงศัตรูสำคัญของข้าวสารเฉลี่ย (ตัวต่อตัวอย่างข้าว 250 กรัม)

ซึ่งหมายความว่าตัวแปร X สามารถทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณเมล็ดเสีย (Y_1) ได้ 91% และถ้าระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น 1 เดือนโดยปริมาณแมลงคงที่จะทำให้มีปริมาณเมล็ดเสียเพิ่มขึ้น 0.561% และถ้าหากมีแมลงเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 1 ตัวในตัวอย่างข้าวสาร 250 กรัมโดยที่ระยะเวลาการเก็บรักษาคงที่จะเกิดความเสียหายต่อเมล็ดข้าวสารเพิ่มขึ้น 0.091% ดังนั้นหากไม่ต้องการให้มีปริมาณเมล็ดเสียเพิ่มมากขึ้นควรต้องทำการควบคุมปริมาณแมลงให้ดี จากค่า coefficients พบว่าตัวแปร X_1, X_5 สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงจำนวนเมล็ดเสียได้อย่างมีนัยสำคัญ

กรมวิชาการเกษตร

1.1.2 สมการประเมินการสูญเสียน้ำหนักของข้าวสารจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูสำคัญ

สำหรับสมการประเมินความสูญเสียเมล็ดข้าวสาร ทำเช่นเดียวกับการหาสมการได้ประเมินความสูญเสียเมล็ดข้าวสาร โดยใช้ตัวแปรตามเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเมล็ดสูญเสียเฉลี่ย (Y_2) ซึ่งผลของความสัมพันธ์ระหว่าง กับตัวแปร X ต่างๆ แสดงไว้ใน Table 4 โดยพบว่า Y_2 มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับ X_1, X_2, และ X_5 โดยค่าความสัมพันธ์ที่ได้คือ .710, -.375 และ .637 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์สมการถดถอยแบบ stepwise regression จะได้โมเดลทั้งหมด 3 โมเดล มีค่า R^2 อยู่ระหว่าง 50-58% (Table 5) พบว่าโมเดลที่สามารถทำนายผลตัวแปร Y_2 ได้ดีที่สุดคือ โมเดล 3 ซึ่งมีตัวแปร X ที่เกี่ยวข้องจำนวน 3 ตัวแปร คือ X_1, X_2 และ X_5 เมื่อพิจารณาค่า Coefficients จาก Table 6 สามารถสร้างสมการ ได้ดังนี้ดังนี้

$\hat{Y}_2 = -27.734 + 1.069^{**}X_1 + .876^{**}X_2 + .022^{**}X_5$

$R^2 = 58\%$

Y_2 = เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสูญเสียของเมล็ดข้าวสาร จากจำนวนข้าวสาร 1000 เมล็ด

X_1 คือ ระยะเวลาการเก็บรักษาข้าว (เดือน)

X_2 คือ ระดับอุณหภูมิภายในโรงเก็บเฉลี่ยต่อเดือน (^oC)

X_5 = ปริมาณแมลงศัตรูสำคัญของข้าวสารเฉลี่ย (ตัว/ข้าวสาร 250 กรัม)

โดยสมการที่ได้มีค่า R^2 เท่ากับ 58% จากค่า coefficients พบว่าตัวแปร X_1, X_2, X_5 สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำหนักเมล็ดที่สูญเสียได้อย่างมีนัยสำคัญ หากพิจารณาจากค่า R^2 ของสมการพบว่าตัวแปร X ทั้ง 2 ตัวสามารถคาดการความสูญเสียที่จะเกิดแก่ข้าวสารได้เพียง 58% ซึ่งยังน้อยมาก อาจยังไม่สามารถนำมาใช้ได้ในการประเมินความเสียหายในแนวเส้นตรง

1.2 สมการประเมินความสูญเสียข้าวเปลือกจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูในโรงเก็บ

สำหรับการสร้างสมการประเมินความสูญเสียข้าวเปลือกที่เก็บรักษาในโรงเก็บ ใช้ค่าสังเกต Y จำนวน 2 ตัว เช่นเดียวกับข้าวสาร คือ คือ ปริมาณเมล็ดเสียจาก 1000 เมล็ด และปริมาณน้ำหนักที่หายไปของเมล็ดข้าว 1000 เมล็ด จากนั้นนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์เมล็ดเสียเฉลี่ย (Y_1) และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเมล็ดสูญเสียเฉลี่ย (Y_2) และได้นำค่าสังเกตทั้ง 2 ชนิดมาหาความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่นๆที่วัดได้ดังนี้

1.2.1 สมการประเมินปริมาณเมล็ดเสียของข้าวเปลือกจากแมลงศัตรูสำคัญ

จากการตรวจนับแมลงในตัวอย่างข้าวเปลือกเพื่อใช้สร้างสมการ จากทั้งหมด 10 โรง พบแมลงศัตรูทั้งหมด 8 ชนิด ได้แก่ ผีเสื้อข้าวเปลือก มอดข้าวเปลือก ด้วงงวงข้าวโพด มอดแป้ง มอดฟันเลื่อย มอดสยาม มอดหนวดยาว และเหาหนังสือ ในการสร้างสมการใช้จำนวนแมลงศัตรูสำคัญเฉลี่ยทั้งหมด 7 ชนิด ยกเว้นเหาหนังสือ ซึ่งเป็นแมลงขนาดเล็กมากและก่อให้เกิดความเสียหายแก่เมล็ดข้าวเปลือกน้อย แต่มีปริมาณมากในบางพื้นที่

เมื่อนำเปอร์เซ็นต์เมล็ดข้าวเปลือกเสียเฉลี่ย (Y_1) มาหาความสัมพันธ์กับตัวแปร X ทั้ง 5 ตัว ได้แก่

X_1 คือ ระยะเวลาการเก็บรักษาข้าว (เดือน)

X_2 คือ ระดับอุณหภูมิภายในโรงเก็บเฉลี่ยต่อเดือน (^oC)

X_3 คือ ระดับความชื้นภายในโรงเก็บเฉลี่ยต่อเดือน (%RH)

X_4 = ระดับความชื้นเมล็ดข้าวเปลือกตัวอย่างเฉลี่ย (%MC)

X_5 = ปริมาณแมลงศัตรูสำคัญของข้าวเปลือกเฉลี่ย (ตัว/ข้าวเปลือก 250 กรัม)

กรมวิชาการเกษตร

พบว่า Y_1 มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับ X_1, X_2, X_4 และ X_5 โดยค่าความสัมพันธ์ที่ได้คือ .830, -.775, .765 และ .719 ตามลำดับ (Table 7) เมื่อทำการวิเคราะห์ stepwise regression ผลการวิเคราะห์สรุปได้ 2 โมเดลที่มีค่า R^2 อยู่ระหว่าง 69-75% (Table 8) ซึ่งโมเดลที่สามารถทำนายผลตัวแปร Y_1 ได้ดีที่สุด คือ โมเดลที่ 2 ที่มีตัวแปร X ที่เข้ามาเกี่ยวข้อง 2 ตัว คือ X_1 และ X_2 และเมื่อนำค่า Coefficients จาก Table 9 สามารถสร้างสมการ ได้ดังนี้

$\hat{Y}_1 = 51.607 + 1.333^{**}X_1 - 1.706^{**}X_2$

$R^2 = 75\%$

Y_1 = เปอร์เซ็นต์เมล็ดข้าวเปลือกเสียจากการเข้าทำลายของแมลงเฉลี่ย

X_1 = ระยะเวลาการเก็บรักษาข้าว (เดือน)

X_2 คือ ระดับอุณหภูมิภายในโรงเก็บเฉลี่ยต่อเดือน (^oC)

สมการที่ได้มีค่า R^2 เท่ากับ 75% แสดงว่าทั้งตัวแปร X_1 และ X_2 สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของจำนวนเมล็ดเสียได้ 75% จากค่า coefficients พบว่าตัวแปร X_1 และ X_2 สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำหนักเมล็ดที่สูญเสียได้อย่างมีนัยสำคัญ แต่การที่สมการมีค่าความแม่นยำในการทำนายการเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์เมล็ดเสียได้เพียง 75% ถือว่ายังไม่สูงมากนัก หากต้องการให้ได้ค่าความแม่นยำที่เพิ่มขึ้นจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเพิ่มเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของสมการในลำดับต่อไป

1.2.2 สมการประเมินการสูญเสียน้ำหนักของข้าวเปลือกจากแมลงศัตรู

ค่าสังเกตอีกชนิดที่ใช้วัดความสูญเสียของข้าวเปลือกได้คือ ปริมาณน้ำหนักที่หายไปของเมล็ดข้าว 1000 เมล็ด การหาสมการประเมินความสูญเสียน้ำหนักเมล็ดทำเช่นเดียวกับการหาสมการประเมินความสูญเสียเมล็ด โดยใช้ตัวแปรตามเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเมล็ดสูญเสียเฉลี่ย (Y_2) ซึ่งผลของความสัมพันธ์ระหว่าง กับตัวแปร X ต่างๆ แสดงไว้ใน Table 10

โดยพบว่า Y_2 มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับ X_1, X_2, X_4 และ X_5 โดยค่าความสัมพันธ์ที่ได้คือ .813, -.771, .761 และ .715 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์สมการถดถอยแบบ stepwise regression ผลการวิเคราะห์สรุปได้ 2 โมเดลที่มีค่า R^2 อยู่ระหว่าง 66-73% (Table 11) ซึ่งโมเดลที่สามารถทำนายผลตัวแปร Y_1 ได้ดีที่สุด คือ โมเดลที่ 2 ที่มีตัวแปร X ที่เข้ามาเกี่ยวข้อง 2 ตัว คือ X_1 และ X_2 และเมื่อนำค่า Coefficients จาก Table 12 สามารถสร้างสมการ ได้ดังนี้

$\hat{Y}_2 = 27.478 + .633^{**}X_1 - .905^{**}X_2$

$R^2 = 73\%$

Y_2 = เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือกสูญเสียจากการเข้าทำลายของแมลงเฉลี่ย

X_1 = ระยะเวลาการเก็บรักษาข้าว (เดือน)

X_2 คือ ระดับอุณหภูมิภายในโรงเก็บเฉลี่ยต่อเดือน (^oC)

สมการที่ได้มีความใกล้เคียงกับสมการประเมินความสูญเสียปริมาณเมล็ดข้าวเปลือก โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 73% แสดงว่าทั้งตัวแปร X_1 และ X_2 สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของจำนวนเมล็ดเสียได้ 73% จากค่า coefficients พบว่าตัวแปร X_1 และ X_2 สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำหนักเมล็ดที่สูญเสียได้อย่างมีนัยสำคัญ แต่ค่าความแม่นยำในการทำนายเพียง 73% ถือว่ายังไม่สูงมากนัก จึงควรต้องเก็บข้อมูลเพิ่มเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของสมการในลำดับต่อไป

กรมวิชาการเกษตร

2. การทดสอบความเหมาะสมของสมการประเมินความเสียหายของข้าว

จากการสร้างสมการประเมินความสูญเสียของข้าวสารและข้าวเปลือกทั้ง 4 สมการ ทำการทดสอบสมการที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการประเมิน ด้วยวิธีการ Least Square Method โดยสมการที่เหมาะสมจะมีค่าความคลาดเคลื่อระหว่างค่าสังเกตของค่าจริง (Y) กับค่าประมาณการจากสมการ ($\hat{Y}$) น้อยที่สุด ข้อมูลที่นำมาใช้ทดสอบสมการคือข้อมูลที่เก็บในปี 2564

การเปรียบเทียบค่าปริมาณเมล็ดเสียของข้าวสารที่วัดได้จริง (Y) กับค่าที่ได้จากการคำนวนด้วยสมการสมการประเมินเมล็ดเสียของข้าวสารจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูสำคัญ ($\hat{Y}$) พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 2.6 ส่วนการเปรียบเทียบปริมาณสูญเสียน้ำหนักของข้าวสารที่วัดได้จริง (Y) กับค่าที่คำนวนได้จากสมการประเมินการสูญเสียน้ำหนักของข้าวสารจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูสำคัญ ($\hat{Y}$) พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 7.3 (Table 13) จะเห็นได้ว่าสมการประเมินปริมาณเมล็ดเสียมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าสมการประเมินปริมาณน้ำหนักสูญเสีย

สำหรับสมการประเมินความสูญเสียในข้าวเปลือก ทำการเปรียบเทียบค่าปริมาณเมล็ดเสียของข้าวเปลือกที่วัดได้จริง (Y) กับค่าที่ได้จากการคำนวนด้วยสมการสมการประเมินเมล็ดเสียของข้าวเปลือกจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูสำคัญ ($\hat{Y}$) มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 12.0 ส่วนการเปรียบเทียบปริมาณสูญเสียน้ำหนักของข้าวเปลือกที่วัดได้จริง (Y) กับค่าที่คำนวนได้จากสมการประเมินการสูญเสียน้ำหนักของข้าวเปลือกจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูสำคัญ ($\hat{Y}$) มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 39.9 (Table 14) พบว่าสมการประเมินปริมาณเมล็ดเสียมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าสมการประเมินปริมาณน้ำหนักสูญเสีย

กรมวิชาการเกษตร

Table 9 Correlations between average percentage grain damage of milled rice (Y1), storage period (X1), temperature (X2) and humidity (X3) inside the storage rooms, grain moisture (X4) and average number of insect pests found in the samples (X5)

		Y1	x1	x2	x3	x4	x5
Y1	Pearson Correlation	1	.824**	-.658**	-.191	-.084	.933**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.071	.430	.000
	N	90	90	90	90	90	90
x1	Pearson Correlation	.824**	1	-.732**	-.156	.004	.744**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.141	.968	.000
	N	90	90	90	90	90	90
x2	Pearson Correlation	-.658**	-.732**	1	-.207	-.250*	-.539**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000		.050	.017	.000
	N	90	90	90	90	90	90
x3	Pearson Correlation	-.191	-.156	-.207	1	.356**	-.185
	Sig. (2-tailed)	.071	.141	.050		.001	.080
	N	90	90	90	90	90	90
x4	Pearson Correlation	-.084	.004	-.250*	.356**	1	-.173
	Sig. (2-tailed)	.430	.968	.017	.001		.103
	N	90	90	90	90	90	90
x5	Pearson Correlation	.933**	.744**	-.539**	-.185	-.173	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.080	.103	
	N	90	90	90	90	90	90

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Table 10 The model summary of grain losses of milled rice analysed by stepwise regression method

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.933[a]	.871	.870	1.80641
2	.954[b]	.909	.907	1.52648
3	.957[c]	.917	.914	1.47068
4	.959[d]	.921	.917	1.44467

a. Predictors: (Constant), x5

b. Predictors: (Constant), x5, x1

c. Predictors: (Constant), x5, x1, x2

d. Predictors: (Constant), x5, x1, x2, x3

e. Dependent Variable: Y1

กรมวิทยาศาสตร์

Table 11 Coefficients of equation for estimate grain losses of milled rice caused by major stored product pests model

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
2	(Constant)	-1.564	.362		-4.315	.000
	x5	.091	.006	.717	14.826	.000
	x1	.561	.093	.291	6.020	.000

a. Dependent Variable: Y1

Table 12 Correlations between average percentage weight loss of milled rice (Y2), storage period (X1), temperature (X2) and humidity (X3) inside the storage rooms, grain moisture (X4) and average number of insect pests found in the samples (X5)

		Y2	x1	x2	x3	x4	x5
Y2	Pearson Correlation	1	.710**	-.375**	-.207	-.192	.637**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.050	.071	.000
	N	90	90	90	90	90	90
x1	Pearson Correlation	.710**	1	-.732**	-.156	.004	.744**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.141	.968	.000
	N	90	90	90	90	90	90
x2	Pearson Correlation	-.375**	-.732**	1	-.207	-.250*	-.539**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000		.050	.017	.000
	N	90	90	90	90	90	90
x3	Pearson Correlation	-.207	-.156	-.207	1	.356**	-.185
	Sig. (2-tailed)	.050	.141	.050		.001	.080
	N	90	90	90	90	90	90
x4	Pearson Correlation	-.192	.004	-.250*	.356**	1	-.173
	Sig. (2-tailed)	.071	.968	.017	.001		.103
	N	90	90	90	90	90	90
x5	Pearson Correlation	.637**	.744**	-.539**	-.185	-.173	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.080	.103	
	N	90	90	90	90	90	90

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

Table 13 The model summary of weight loss of milled rice analysed by stepwise regression method

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.710[a]	.504	.499	2.58925
2	.741[b]	.550	.539	2.48218
3	.758[c]	.575	.560	2.42501

a. Predictors: (Constant), x1

b. Predictors: (Constant), x1, x2

c. Predictors: (Constant), x1, x2, x5

d. Dependent Variable: Y2

Table 14 Coefficients of quation for estimate weight losses of milled rice caused by major stored product pests model

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
3	(Constant)	-27.734	9.314		-2.978	.004
	x1	1.069	.183	.759	5.836	.000
	x2	.876	.292	.310	3.000	.004
	x5	.022	.010	.239	2.270	.026

a. Dependent Variable: Y2

กรมวิชาการเกษตร

Table 15 Correlations between average percentage seed damage of paddy rice (Y1), storage period (X1), temperature (X2) and humidity (X3) inside the storage rooms, grain moisture (X4) and average number of insect pests found in the samples (X5)

		Y1	x1	x2	x3	x4	x5
Y1	Pearson Correlation	1	.830**	-.775**	-.012	.765**	.719**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.907	.000	.000
	N	90	90	90	90	90	90
x1	Pearson Correlation	.830**	1	-.732**	-.156	.836**	.801**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.141	.000	.000
	N	90	90	90	90	90	90
x2	Pearson Correlation	-.775**	-.732**	1	-.207	-.688**	-.649**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000		.050	.000	.000
	N	90	90	90	90	90	90
x3	Pearson Correlation	-.012	-.156	-.207	1	-.227*	-.223*
	Sig. (2-tailed)	.907	.141	.050		.031	.034
	N	90	90	90	90	90	90
x4	Pearson Correlation	.765**	.836**	-.688**	-.227*	1	.975**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.031		.000
	N	90	90	90	90	90	90
x5	Pearson Correlation	.719**	.801**	-.649**	-.223*	.975**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.034	.000	
	N	90	90	90	90	90	90

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

กรมวิทยาศาสตร

Table 16 The model summary of seed damage of paddy rice analysed by stepwise regression method

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.830[a]	.689	.685	3.43194
2	.865[b]	.749	.743	3.09907

a. Predictors: (Constant), x1

b. Predictors: (Constant), x1, x2

c. Dependent Variable: Y1

Table 17 Coefficients of equation for estimate grain losses of paddy rice caused by major stored product pests model

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
2	(Constant)	51.607	11.898		4.338	.000
	x1	1.333	.186	.566	7.179	.000
	x2	-1.706	.373	-.361	-4.574	.000

a. Dependent Variable: Y1

Table 18 Correlations between average percentage weight loss of paddy rice (Y2), storage period (X1), temperature (X2) and humidity (X3) inside the storage rooms, grain moisture (X4) and average number of insect pests found in the samples (X5)

		Y2	x1	x2	x3	x4	x5
Y2	Pearson Correlation	1	.813**	-.771**	-.003	.761**	.715**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.979	.000	.000
	N	90	90	90	90	90	90
x1	Pearson Correlation	.813**	1	-.732**	-.156	.836**	.801**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.141	.000	.000
	N	90	90	90	90	90	90
x2	Pearson Correlation	-.771**	-.732**	1	-.207	-.688**	-.649**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000		.050	.000	.000
	N	90	90	90	90	90	90
x3	Pearson Correlation	-.003	-.156	-.207	1	-.227*	-.223*
	Sig. (2-tailed)	.979	.141	.050		.031	.034
	N	90	90	90	90	90	90
x4	Pearson Correlation	.761**	.836**	-.688**	-.227*	1	.975**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.031		.000
	N	90	90	90	90	90	90
x5	Pearson Correlation	.715**	.801**	-.649**	-.223*	.975**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.034	.000	
	N	90	90	90	90	90	90

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

ศูนย์วิทยทรัพยากร

Table 19 The model summary of weight loss of paddy rice analysed by stepwise regression method

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.813[a]	.660	.657	1.80363
2	.853[b]	.727	.721	1.62507

a. Predictors: (Constant), x1

b. Predictors: (Constant), x1, x2

c. Dependent Variable: Y2

Table 20 Coefficients of equation for estimate weight losses of paddy rice caused by major stored product pests model

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
	(Constant)	27.478	6.239		4.404	.000
2	x1	.633	.097	.534	6.506	.000
	x2	-.905	.196	-.380	-4.626	.000

a. Dependent Variable: Y2

กรมวิชาการเกษตร

Table 21 Compare between predictive values and actual values of losses of milled rice by equation for estimate grain loss and weight loss of milled rice caused by stored product pests

sample	Equation for estimate grain losses of milled rice caused by major stored product pests				Equation for estimate weight losses of milled rice caused by major stored product pests			
	actual (Y)	predicted($\bar{Y}$)	Y- $\hat{Y}$	(Y-$\bar{Y}$)^2	actual (Y)	predicted($\bar{Y}$)	Y- $\hat{Y}$	(Y-$\bar{Y}$)^2
1	1.2	3.3	-2.1	4.5	2.2	4.7	-2.5	6.4
2	2.3	5.5	-3.2	10.2	2.8	4.5	-1.7	3.0
3	8.2	9.4	-1.2	1.4	6.8	8.7	-1.9	3.7
4	10.3	10.4	-0.2	0.0	6.9	10.2	-3.3	10.9
5	13.1	12.0	1.1	1.3	8.9	8.8	0.1	0.0
6	3.3	1.2	2.1	4.4	1.5	3.3	-1.8	3.3
7	4.5	4.0	0.5	0.2	2.2	3.8	-1.6	2.5
8	11.7	12.3	-0.6	0.4	7.4	7.5	-0.1	0.0
9	15.4	14.1	1.2	1.5	9.5	8.0	1.6	2.4
10	22.8	20.9	1.9	3.7	11.5	11.0	0.5	0.2
11	1.7	1.2	0.5	0.2	0.7	2.5	-1.8	3.4
12	2.9	3.3	-0.4	0.2	1.0	3.1	-2.1	4.3
13	8.8	8.2	0.6	0.4	3.5	6.6	-3.1	9.8
14	10.0	8.9	1.1	1.2	4.1	7.4	-3.3	10.9
15	12.1	9.5	2.6	6.6	7.7	8.1	-0.4	0.2
16	0.8	3.7	-2.9	8.2	6.8	3.8	3.1	9.5
17	1.1	6.7	-5.6	30.9	6.9	4.6	2.3	5.2
18	9.9	9.3	0.6	0.3	9.0	7.4	1.6	2.7
19	11.0	10.2	0.8	0.6	9.7	8.3	1.4	2.0
20	12.1	11.0	1.1	1.2	11.1	8.8	2.3	5.5
21	0.8	0.8	0.0	0.0	6.4	3.4	3.0	8.7
22	1.1	1.6	-0.5	0.2	6.8	3.5	3.3	11.2
23	2.1	4.1	-2.0	3.8	8.2	6.0	2.3	5.2
24	2.2	5.0	-2.8	7.8	8.6	6.4	2.2	4.8
25	2.4	6.2	-3.9	14.9	9.1	7.6	1.5	2.2
26	1.6	0.8	0.8	0.6	8.0	3.4	4.6	21.0
27	2.7	1.9	0.8	0.7	9.0	3.6	5.4	28.9
28	8.5	7.0	1.5	2.1	9.9	6.5	3.4	11.3
29	9.6	9.3	0.3	0.1	11.7	7.6	4.1	16.9
30	12.7	11.0	1.6	2.7	12.4	8.8	3.5	12.6
31	1.1	0.5	0.6	0.4	2.9	2.1	0.8	0.7
32	1.4	1.6	-0.2	0.0	3.1	2.4	0.7	0.5
33	6.2	5.2	1.0	1.0	4.2	5.4	-1.2	1.5
34	7.1	7.6	-0.5	0.2	4.4	6.9	-2.5	6.1
35	9.2	8.4	0.8	0.7	4.9	8.0	-3.0	9.2
36	2.3	2.7	-0.4	0.1	6.8	3.2	3.6	12.8
37	4.7	6.1	-1.4	2.1	6.9	3.8	3.0	9.3
38	12.1	9.9	2.2	5.0	8.2	6.7	1.5	2.4
39	16.8	16.0	0.7	0.6	8.4	8.3	0.0	0.0
40	22.9	21.4	1.5	2.3	8.5	11.2	-2.7	7.4
41	0.9	1.0	-0.1	0.0	5.2	3.9	1.4	1.8
42	1.8	1.8	0.0	0.0	6.5	4.3	2.2	4.9
43	7.0	7.3	-0.3	0.1	8.3	7.2	1.1	1.1
44	8.0	8.8	-0.8	0.7	8.5	8.1	0.4	0.2
45	10.4	9.5	1.0	0.9	10.1	8.5	1.6	2.6
46	1.3	1.5	-0.2	0.0	0.2	2.4	-2.3	5.1
47	2.5	2.7	-0.2	0.0	0.4	2.7	-2.4	5.7
48	6.5	5.1	1.4	1.9	1.3	5.3	-4.0	15.7
49	7.7	7.1	0.7	0.4	1.4	6.4	-5.0	24.6
50	9.4	8.6	0.8	0.6	1.8	8.4	-6.6	43.1
sum	346.3	345.7	0.6	127.7	312.4	303.2	9.2	363.4
average	6.9	6.9	0.0	2.6	6.2	6.1	0.2	7.3

สำนักวิทยบริการฯ

Table 22 Compare between predictive values and actual values of losses of paddy rice by equation for estimate grain loss and weight loss of paddy rice caused by stored product pests

sample	Equation for estimate grain losses of paddy rice caused by major stored product pests				Equation for estimate weight losses of paddy rice caused by major stored product pests			
	actual (Y)	predicted($\bar{Y}$)	Y- $\hat{Y}$	(Y-$\bar{Y}$)^2	actual (Y)	predicted($\bar{Y}$)	Y- $\hat{Y}$	(Y-$\bar{Y}$)^2
1	0.6	0.2	0.5	0.2	0.6	0.0	0.7	0.4
2	1.0	4.7	-3.7	13.6	1.0	2.3	-1.3	1.7
3	3.4	7.8	-4.4	19.4	3.4	3.7	-0.3	0.1
4	5.4	8.6	-3.2	10.4	5.4	4.1	1.3	1.7
5	8.8	15.2	-6.4	41.2	8.8	7.5	1.3	1.6
6	2.8	1.9	0.9	0.8	2.8	0.9	1.9	3.7
7	7.0	5.4	1.6	2.6	7.0	2.7	4.3	18.8
8	10.7	11.6	-1.0	0.9	10.7	5.8	4.9	24.2
9	12.8	14.6	-1.8	3.4	12.8	7.3	5.5	30.5
10	14.6	15.1	-0.5	0.3	14.6	7.4	7.1	50.6
11	6.7	3.5	3.2	10.4	6.7	1.7	5.0	24.8
12	10.0	6.5	3.5	12.4	10.0	3.2	6.8	45.6
13	16.2	11.3	4.9	23.6	16.2	5.6	10.6	112.4
14	17.5	13.4	4.1	17.0	17.5	6.6	10.9	118.7
15	18.2	15.4	2.9	8.2	18.2	7.6	10.6	113.4
16	0.6	2.2	-1.6	2.7	0.6	1.0	-0.5	0.2
17	5.5	5.1	0.3	0.1	5.5	2.5	2.9	8.7
18	14.0	10.5	3.5	12.5	14.0	5.1	8.9	78.6
19	15.0	12.2	2.8	7.8	15.0	6.0	9.0	81.4
20	16.3	14.8	1.5	2.2	16.3	7.3	9.0	81.0
21	0.4	1.5	-1.1	1.3	0.4	0.7	-0.3	0.1
22	1.7	5.0	-3.2	10.5	1.7	2.4	-0.7	0.5
23	5.0	10.7	-5.7	32.7	5.0	5.3	-0.3	0.1
24	5.8	13.4	-7.6	58.1	5.8	6.6	-0.8	0.7
25	9.8	14.9	-5.1	25.8	9.8	7.3	2.5	6.1
26	0.3	1.5	-1.2	1.5	0.3	0.7	-0.4	0.2
27	3.7	4.8	-1.0	1.1	3.7	2.3	1.4	2.0
28	12.5	11.0	1.5	2.4	12.5	5.4	7.1	50.5
29	18.1	13.1	5.0	24.7	18.1	6.5	11.6	135.2
30	24.5	14.7	9.8	97.0	24.5	7.2	17.3	299.8
31	5.1	3.9	1.2	1.3	5.1	2.0	3.1	9.8
32	8.4	7.0	1.4	1.9	8.4	3.5	4.9	23.8
33	12.3	12.3	0.0	0.0	12.3	6.1	6.2	38.6
34	14.2	13.7	0.5	0.3	14.2	6.8	7.4	55.5
35	17.5	15.1	2.4	5.6	17.5	7.5	10.0	100.7
36	3.8	2.7	1.1	1.2	3.8	1.3	2.5	6.1
37	5.1	6.3	-1.2	1.5	5.1	3.2	1.9	3.7
38	10.0	12.0	-2.0	4.1	10.0	6.0	4.0	16.4
39	12.1	14.8	-2.7	7.5	12.1	7.4	4.7	22.2
40	13.0	14.9	-1.9	3.6	13.0	7.3	5.7	32.0
41	0.7	0.8	0.0	0.0	0.7	0.3	0.4	0.2
42	2.4	3.4	-1.0	1.0	2.4	1.6	0.8	0.6
43	6.0	9.7	-3.7	13.5	6.0	4.7	1.3	1.7
44	7.6	11.9	-4.3	18.4	7.6	5.8	1.8	3.2
45	9.2	14.6	-5.4	29.0	9.2	7.2	2.0	4.1
46	2.8	3.7	-0.9	0.9	2.8	1.9	0.9	0.9
47	6.2	6.8	-0.6	0.4	6.2	3.4	2.8	7.7
48	14.2	12.5	1.7	2.9	14.2	6.2	8.0	63.8
49	17.0	14.4	2.6	6.5	17.0	7.2	9.8	96.6
50	21.8	14.5	7.4	54.1	21.8	7.1	14.7	216.3
sum	458.2	465.5	-7.3	598.5	458.2	229.0	229.1	1997.0
average	9.2	9.3	-0.1	12.0	9.2	4.6	4.6	39.9

ศูนย์วิทยทรัพยากร

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาสรุปได้ว่าห่วงโซ่อุปทานของการผลิตถั่วเหลืองในประเทศไทยมีผู้เกี่ยวข้องหลัก คือ เกษตรกร ผู้รับจ้างเก็บเกี่ยว กะเทาะเปลือก ผู้รวบรวม และผู้ประกอบการแปรรูป เป็นผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่สำคัญในกิจกรรมต่าง ๆ ในห่วงโซ่อุปทาน เกษตรกรมีพื้นที่เพาะปลูกต่อครัวเรือนน้อยกว่า 5 ไร่ วิธีการปลูกเป็นแบบดั้งเดิม อาศัยน้ำจากธรรมชาติเป็นหลัก และปลูกปริมาณมากในเขตพื้นที่ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลางตอนบน สำหรับการสูญเสียของถั่วเหลือง (จากการตรวจวัดจริง) พบการสูญเสียในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวร้อยละ 9.7 (เก็บเกี่ยวด้วยมือ ร้อยละ 1.91 และรถเกี่ยวร้อยละ 17.67) ขั้นตอนกะเทาะเปลือก (นวด) ร้อยละ 6.38 ขั้นตอนหลังการตากและเก็บรักษาที่บ้านเกษตรกร ร้อยละ 7.79 การเก็บรักษาที่จุดรวบรวม ร้อยละ 5.63 และก่อนการแปรรูป ร้อยละ 4.63 อย่างไรก็ตาม ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวไม่มีผลทางสถิติต่อปริมาณโปรตีนและไขมันในเมล็ดถั่วเหลือง จากข้อมูลสามารถสรุปได้ว่าการเก็บเกี่ยว (ด้วยรถเกี่ยว) เป็นขั้นตอนที่ก่อให้เกิดการสูญเสียมากที่สุดในห่วงโซ่อุปทาน ตามด้วยการกะเทาะเปลือกและการเก็บรักษาที่ไม่เหมาะสม ดังนั้นการพัฒนาเครื่องมือเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมกับการเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อลดการสูญเสียถั่วเหลืองในประเทศไทย

การประเมินการสูญเสียของข้าวโพดในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทาน เป็นการดำเนินงานเพื่อให้ทราบถึงบริบทของอุตสาหกรรม ความเข้าใจในห่วงโซ่อุปทาน ตลอดจนความสัมพันธ์ในกิจกรรมต่างๆ (activity) และผู้เกี่ยวข้อง (actor) ทั้งหมด นอกจากนี้ มีการจำแนกถึงปัจจัยผลักดันที่ก่อให้เกิดความสูญเสียอาหารของข้าวโพด (การผลิต กระบวนการเก็บเกี่ยว กระบวนการขนส่งจากแปลงไปยังโรงรับซื้อกระบวนการรวบรวมผลผลิตและเก็บรักษา) การจำแนกจุดวิกฤติ (critical point) ที่ก่อให้เกิดการสูญเสีย ที่พบว่าขั้นตอนการเก็บเกี่ยว และการเก็บรักษา พบการสูญเสียสูงถึง 3.89 และ 2.25% ตามลำดับ รวมทั้งการจัดทำข้อเสนอแนะเพื่อนำไปสู่การลดการสูญเสียอาหารในข้าวโพดตลอดห่วงโซ่อุปทานต่อไป

จากการทดสอบการสร้างสมการประเมินความสูญเสียของข้าวสารและข้าวเปลือก จากค่าความสูญเสีย (Y) 2 ตัว คือ ปริมาณเมล็ดเสีย และน้ำหนักเมล็ดสูญเสีย กับตัวแปรอื่น 5 ตัวแปร ได้แก่ 1) ระยะเวลาการเก็บรักษา (X_1), 2) ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงเก็บ (X_2), 3) ค่าความชื้นเฉลี่ยภายในโรงเก็บ (X_3), 4) ระดับความชื้นเมล็ดข้าวตัวอย่าง (X_4), และ 5) ปริมาณแมลงศัตรูเฉลี่ย (X_5) ทำให้ได้สมการการประเมินทั้งหมด 4 สมการ และสามารถคัดเลือกสมการที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการประเมินการสูญเสียข้าวสารและข้าวเปลือก ดังนี้

- สมการประเมินเปอร์เซ็นต์เมล็ดเสียของข้าวสารจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูสำคัญ

$\hat{Y} = -1.564 + .561^{**}X_1 + .091^{**}X_5$

Y = เปอร์เซ็นต์เมล็ดข้าวสารเสียจากการเข้าทำลายของแมลงเฉลี่ย

X_1 = ระยะเวลาการเก็บรักษาข้าว (เดือน)

X_5 = ปริมาณแมลงศัตรูสำคัญของข้าวสารเฉลี่ย (ตัวต่อตัวอย่างข้าว 250 กรัม)

- สมการประเมินเปอร์เซ็นต์เมล็ดเสียของข้าวเปลือกจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูสำคัญ

$\hat{Y} = 51.607 + 1.333^{**}X_1 - 1.706^{**}X_2$

Y = เปอร์เซ็นต์เมล็ดข้าวเปลือกเสียจากการเข้าทำลายของแมลงเฉลี่ย

X_1 = ระยะเวลาการเก็บรักษาข้าว (เดือน)

กรมวิชาการเกษตร

X_2 คือ ระดับอุณหภูมิภายในโรงเก็บเฉลี่ยต่อเดือน (°C)

โดยทั้ง 2 สมการมีค่า R^2 เท่ากับ 91 และ 75% และมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 2.6 และ 12.0 ตามลำดับ

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ห่วงโซ่อุปทานของการผลิตถั่วเหลืองในประเทศไทยขั้นตอนการเก็บเกี่ยว (ด้วยรถเกี่ยว) เป็นขั้นตอนที่ก่อให้เกิดการสูญเสียมากที่สุดในห่วงโซ่อุปทาน ตามด้วยการกะเทาะเปลือก และการเก็บรักษาที่ไม่เหมาะสม ดังนั้นการพัฒนาเครื่องมือเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมกับการเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อลดการสูญเสียถั่วเหลืองในประเทศไทย การสูญเสียของข้าวโพดในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยวตลอดห่วงโซ่อุปทานขั้นตอนการเก็บเกี่ยว และการเก็บรักษา ก่อให้เกิดการสูญเสียมากที่สุดในห่วงโซ่อุปทาน และได้สมการประเมินปริมาณเมล็ดเสียของข้าวเปลือกและข้าวสารจากแมลงศัตรูสำคัญ

บรรณานุกรม

กรรณิการ์ เพ็งคุ้ม ใจทิพย์อุไรชื่น. 2563. การสำรวจและประเมินความเสียหายของผลิตผลเกษตรที่เก็บรักษาในโรงเก็บเนื่องจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร. หน้า 457-471 ใน รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มประจำปี 2563 กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ.

ใจทิพย์ อุไรชื่น พรทิพย์ วิสารทานนท์ และอัจฉรา เพชรโชติ. 2553. การประเมินความสูญเสียของผลิตผลเกษตรที่เกิดจากแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร. หน้า 31-46 *ใน* รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มประจำปี 2553 สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ.

ณัฐพล พจนาประเสริฐ อัจฉรา ปทุมนากุล และรวิสสาข์ สุชาโต. 2558. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ การจัดการโซ่อุปทานเพื่อพัฒนาคุณภาพข้าวโพดเลี้ยงสัตว์.

ภัควิไล ยอดทอง และจารุวรรณ บางแวก. 2560. วิธีและระยะเวลาการเก็บรักษาเมล็ดที่เหมาะสมในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มประจำปี 2560 กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

สิทธิเดช พงศ์กิจวรสิน และเขมรัฐ เถลิงศรี. 2558. ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์กับการสูญเสียพื้นที่ป่า: ปัญหาและทางออก.-- กรุงเทพฯ : สถาบันคลังสมองของชาติ กระทรวงศึกษาธิการ. 114 หน้า

สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน). 2564. *Food loss study to boost up food security*. 53 หน้า. เข้าถึงข้อมูลได้ที่ [https://www.arda.or.th/ebook/file/Book%20Food%20Loss_%E0%B8%AA%E0%B8%A7%E0%B8%81%20%E0%B8%A3%E0%B8%A7%E0%B8%A1.pdf] สืบค้นเมื่อ 20 ธันวาคม 2564.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2564. ถั่วเหลือง: ร้อยละและปริมาณผลผลิตรายเดือนถั่วเหลือง รายจังหวัด ปีเพาะปลูก 2562/63. เข้าถึงข้อมูลได้ที่ [https://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/percent%20product%2062(4).pdf] สืบค้นเมื่อ 5 กุมภาพันธ์ 2564.

กรมวิชาการเกษตร

Bond, M., Meacham, T., Bhunnoo, R. and Benton, T.G. 2013. Food waste within global food systems. A Global Food Security report. Online available [www.foodsecurity.ac.uk] Accessed on 2 February 2021.

FAO. 2018. SDG 12.3.1: Global food loss index methodology for monitoring SDG target 12.3. as approved by the interagency and expert group on sgd indicators, 6 november 2018 the global food loss index design, data collection methods and challenges. Online available [SDG 12.3.1 Global FLI_FAO Guideline.pdf] Accessed on: 20 January 2021.

Gustavsson J., Cederberg C., Sonesson U., van Otterdijk R., Meybeck A. 2011. Global Food Losses and Food Waste– Extent, Causes and Prevention. Online available [https://www.researchgate.net/publication/285683189_Global_Food_Losses_and_Food_Waste-_Extent_Causes_and_Prevention/citation/download] Accessed on: 4 February 2021.

กรมวิชาการเกษตร