Agricultural Sci. J. 53 : 3 (Suppl.) : 100-103 (2022) ว. วิทย. กษ. 53 : 3 (พิเศษ) : 100-103 (2565)

การใช้สมการประเมินความสูญเสียของข้าวจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร
Equation to Rice Loss Assessment Caused by Stored Product Insects

กรรณิการ์ เพ็งคุ้ม[1] และ ใจทิพย์ อุไรชื่น[1]
Kannikar Pengkum[1] and Jaitip Uraichuen [1]

Abstract

Studying the use of the equation to rice loss assessment caused by stored product insects was conducted during 2020-2021. The objective of the study is to get accurate multiple linear regression models as a tool for analyzing paddy and milled rice losses. In the first year, paddy and milled rice samples were collected on 10 locations, with 5 various parameters: storage duration, temperature and relative humidity levels inside the storage room, moisture content of paddy and milled rice samples and the total amount of insect pests found in the samples. The data were analyzed by multiple linear regression models to find the equation for using to predict the losses of paddy and milled rice (holed grain and insect bitten grain) cause by damaging of important stored product insects such as Angoumois grain moth, rice moth, lesser grain borer, maize weevil, rust red flour beetle, saw-toothed grain beetle, Siamese grain beetle and *Cryptolestes* spp. In the second year, the same kinds of data were collected in 10 different locations. These new data were used to determine errors and improve the accuracy of the equation. The accuracy of the prediction when using paddy and milled rice loss assessment equations by coefficient of determination (R^2) were 0.76 and 0.92 respectively.

Keywords: rice loss assessment, rice, linear regression

บทคัดย่อ

การศึกษาการใช้สมการประเมินความสูญเสียของข้าวจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร ดำเนินการศึกษาระหว่างปี 2563-2564 วัตถุประสงค์เพื่อหาสมการการถดถอยที่มีความแม่นยำในการประเมินความสูญเสียในข้าวเปลือกและข้าวสาร ในปีแรกทำการเก็บตัวอย่างจากข้าวเปลือกและข้าวสาร 10 แหล่ง โดยเก็บข้อมูล 5 ตัวแปร ได้แก่ ระยะเวลาการเก็บรักษา ระดับอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเก็บ ความชื้นเมล็ดของตัวอย่าง และปริมาณแมลงทั้งหมดที่พบในตัวอย่าง นำข้อมูลที่ได้มาหาความสัมพันธ์กับปริมาณเมล็ดเสีย (เมล็ดเป็นรู และเมล็ดมีรอยกัดแทะ) ที่เกิดจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูสำคัญของข้าวเปลือกและข้าวสาร ได้แก่ ผีเสื้อข้าวเปลือก ผีเสื้อข้าวสาร มอดข้าวเปลือก ด้วงงวงข้าวโพด มอดแป้ง มอดฟันเลื่อย มอดสยาม และมอดหนวดยาว เพื่อสร้างสมการการถดถอยพหุคูณ ในปีที่ 2 เก็บข้อมูลเช่นเดียวกับปีแรกในโรงเก็บจำนวน 10 โรง นำข้อมูลความเสียหายที่ได้มาหาค่าความคลาดเคลื่อนจากการประเมินของสมการ โดยสมการประเมินปริมาณเมล็ดเสียของข้าวเปลือกและข้าวสารจากแมลงศัตรูสำคัญที่ได้มีค่ามีสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.76 และ 0.92 ตามลำดับ

คำสำคัญ: การประเมินความสูญเสียข้าว ข้าว สมการถดถอยชิงเส้น

คำนำ

แมลงศัตรูในโรงเก็บคือสาเหตุหลักของการสูญเสียของข้าวที่เก็บรักษาในโรงเก็บ จากรายงานการสำรวจความเสียหายของข้าวที่เก็บในโรงเก็บระหว่างปี 2559-2562 พบความเสียหายที่เกิดจากแมลงในโรงเก็บของข้าวเปลือก และข้าวสาร เท่ากับ 4.1 และ 6.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (กรรณิการ์ และใจทิพย์, 2563) ปัจจัยที่ทำให้แมลงเจริญเติบโตเพิ่มปริมาณได้ดีในโรงเก็บ คือ ปริมาณข้าวที่เก็บรักษาและมีการเก็บอย่างต่อเนื่อง และสภาพแวดล้อมภายในโรงเก็บ ได้แก่ อุณหภูมิ และความชื้นที่สูงเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแมลง ดังนั้นความเสียหายของข้าวที่เกิดจากการเข้าทำลายของแมลงจึงมีความเกี่ยวเนื่องกับสภาพแวดล้อม

[1] กลุ่มงานวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชไร่ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร
1 Postharvest Technology Research and Development Group, Postharvest and Processing Research and Development Office, Department of Agriculture Bangkok, 10900

การหาความสัมพันธ์ระหว่างความเสียหายของเมล็ดกับปัจจัยสภาพแวดล้อมเพื่อนำมาสร้างสมการการประเมินหรือคาดการณ์ความเสียหาย จะเป็นประโยชน์ในการวางแผนการจัดการแมลงศัตรูในโรงเก็บได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การสร้างสมการประเมินความสูญเสียข้าว

1.1 ข้าวทดลอง ใช้ข้าวเปลือกเมล็ดพันธุ์ขยาย กข 77 ซึ่งเป็นข้าวพันธุ์นิ่ม ส่วนข้าวสารใช้ข้าวสารหอมมะลิ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งได้กำจัดแมลงด้วยการรมสารรมฟอสฟีนก่อนนำมาทดสอบ

1.2 เตรียมสถานที่ทดลอง โดยเลือกโรงสีขนาดใหญ่และขนาดกลาง จำนวน 10 โรง ทำความสะอาดพื้นที่ก่อนการวางตัวอย่าง และติดตั้งเครื่องบันทึกอุณหภูมิและความชื้น (data logger) ภายในโรงเก็บ โดยตั้งความถี่ในการบันทึกผลทุก 6 ชั่วโมง ตลอดระยะเวลาการทดลอง

1.3 แบ่งข้าวเปลือกและข้าวสารใส่กระสอบป่านน้ำหนัก 50 กิโลกรัมต่อกระสอบ จำนวน 30 กระสอบ นำไปวางในโรงเก็บ โดยใน 1 โรงเก็บวางกระสอบข้าวเปลือกและข้าวสารบนพาเลท (pallet) คู่กัน 3 จุด (3 ซ้ำต่อโรงเก็บ) แต่ละจุดห่างกันไม่ต่ำกว่า 5 เมตร

1.4 สุ่มตัวอย่างข้าวจากแต่ละกระสอบๆ ละ 250 กรัม ตรวจสอบความชื้นเมล็ด ณ จุดทดลอง จากนั้นนำตัวอย่างข้าวมาตรวจสอบ ปริมาณและชนิดของแมลง และสุ่มเมล็ดข้าว 1000 เม็ด จำนวน 3 ซ้ำต่อถุง เพื่อตรวจปริมาณเมล็ดเสีย (เมล็ดเป็นรูและเมล็ดที่โดนแมลงกัดแทะ) และชั่งน้ำหนักเมล็ด โดยสุ่มตัวอย่างและตรวจวัดผลการทดลองเดือนละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 10 เดือน

1.5 วิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์สมการถดถอยพหุคูณแบบเป็นขั้นตอน (stepwise multiple regression analysis) ด้วยโปรแกรม SPSS

2. การทดสอบความใช้ได้ของสมการประเมินความเสียหายของข้าว

ทดสอบประสิทธิภาพของสมการประเมินความเสียหาย โดยวางตัวอย่างข้าวเปลือก และข้าวสาร ในโรงสี 10 โรง ทำการเก็บตัวอย่างจากข้าวตัวอย่างทั้ง 10 โรง ทุกเดือนเป็นเวลา 10 เดือนเพื่อตรวจนับปริมาณความสูญเสีย ปริมาณแมลง ความเสียหาย ระดับอุณหภูมิ และความชื้น นำผลการตรวจนับจริง กับผลที่ได้จากการประเมินโดยสมการ เพื่อทดสอบความใช้ได้ของสมการที่สร้างขึ้น ด้วยวิธีการ least square method

ผลการทดลอง

1. การสร้างสมการประเมินความสูญเสียข้าวจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูในโรงเก็บ

การสร้างสมการประเมินความสูญเสียข้าวที่เก็บรักษาในโรงเก็บ โดยใช้ค่าสังเกต Y จำนวน 2 ตัว คือจำนวนเมล็ดเสียจาก 1000 เมล็ด และปริมาณน้ำหนักที่หายไปของเมล็ดข้าว 1000 เมล็ด นำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์เมล็ดเสียเฉลี่ย (Y_1) และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเมล็ดสูญเสียเฉลี่ย (Y_2) และนำค่าสังเกตทั้ง 2 ตัว มาหาความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่นๆ ที่วัดได้ ดังนี้

Y_1 = เปอร์เซ็นต์เมล็ดเสียเฉลี่ย จากจำนวนข้าว 1000 เมล็ด

Y_2 = เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสูญเสียของเมล็ดข้าวสาร จากจำนวนข้าว 1000 เมล็ด

การสร้างสมการด้วยการหาความสัมพันธ์กับตัวแปร X จำนวน 5 ตัว คือ

X_1 คือ ระยะเวลาการเก็บรักษาข้าว (เดือน)

X_2 คือ ระดับอุณหภูมิภายในโรงเก็บเฉลี่ยต่อเดือน (^{o}C)

X_3 คือ ระดับความชื้นภายในโรงเก็บเฉลี่ยต่อเดือน (%RH)

X_4 = ระดับความชื้นเมล็ดข้าวตัวอย่างเฉลี่ย (%MC)

X_5 = ปริมาณแมลงศัตรูสำคัญของข้าวเฉลี่ย (ตัว/ข้าว 250 กรัม)

เมื่อนำตัวแปร X ทั้งหมดมาสร้างสมการประเมินความสูญเสีย Y โดยการวิเคราะห์สมการถดถอยพหุคูณแบบเป็นขั้นตอน จะได้สมการ ดังนี้

สมการประเมินเมล็ดเสีย (Y_1) ของข้าวสารจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูสำคัญ

โดยตัวแปรปริมาณแมลงที่ตรวจพบใช้ปริมาณแมลงศัตรูสำคัญทั้งหมด 7 ชนิด ได้แก่ ผีเสื้อข้าวสาร มอดข้าวเปลือก ด้วงงวงข้าวโพด มอดแป้ง มอดฟันเลื่อย มอดสยาม และมอดหนวดยาว พบความสัมพันธ์ระหว่างค่าสังเกต Y_1 กับตัวแปร X_1, X_2, และ X_5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยความสัมพันธ์กับ X_1 และ X_5 เป็นความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับค่าสังเกต Y

ส่วนความสัมพันธ์กับค่าสังเกต X_2 เป็นในทิศทางตรงข้ามกับค่าสังเกต Y_1 ซึ่งค่าความสัมพันธ์ที่ได้คือ .824, -.658 และ .933 ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์สมการถดถอยแบบ stepwise regression จะได้โมเดลที่มี ค่า R^2 สูง และสัมพันธ์กับตัวแปร X จำนวน 2 ตัว คือ X_5 และ X_1 โดยมีค่า coefficients ของโมเดล เท่ากับ -1.564 ซึ่งสร้างสมการประเมินความสูญเสียเมล็ดข้าวสาร ได้ดังนี้

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

$$R^2 = 0.92$$

ซึ่งหมายความว่าตัวแปร X สามารถทำนายการเปลี่ยนแปลงปริมาณเมล็ดเสีย (Y_1) ได้ 92% และถ้าระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น 1 เดือนโดยปริมาณแมลงคงที่จะทำให้มีปริมาณเมล็ดเสียเพิ่มขึ้น 0.561% และถ้าหากมีแมลงเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 1 ตัว ในตัวอย่างข้าวสาร 250 กรัมโดยที่ระยะเวลาการเก็บรักษาคงที่จะเกิดความเสียหายต่อเมล็ดข้าวสารเพิ่มขึ้น 0.091% ดังนั้น หากไม่ต้องการให้มีปริมาณเมล็ดเสียเพิ่มมากขึ้นควรต้องทำการควบคุมปริมาณแมลงให้ดี จากค่า coefficients พบว่าตัวแปร X_1, X_5 สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงจำนวนเมล็ดเสียได้อย่างมีนัยสำคัญ

ขณะที่สมการประเมินการสูญเสียน้ำหนัก (Y_2) ของข้าวสารจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูสำคัญ พบว่า โมเดลที่สร้างได้มีค่า R^2 เพียง 0.50-0.58 เท่านั้นซึ่งยังน้อยมาก อาจยังไม่สามารถนำมาใช้ได้ในการประเมินความเสียหายในแนวเส้นตรง

สมการประเมินปริมาณเมล็ดเสีย (Y1) ของข้าวเปลือกจากแมลงศัตรูสำคัญ

จากการตรวจนับแมลงในตัวอย่างข้าวเปลือกเพื่อใช้สร้างสมการพบแมลงศัตรูทั้งหมด 7 ชนิด ได้แก่ ผีเสื้อข้าวเปลือก มอดข้าวเปลือก ด้วงงวงข้าวโพด มอดแป้ง มอดฟันเลื่อย มอดสยาม และมอดหนวดยาว เมื่อนำเปอร์เซ็นต์เมล็ดข้าวเปลือกเสียเฉลี่ย (Y_1) มาหาความสัมพันธ์กับตัวแปร X ทั้ง 5 ตัว พบว่า Y_1 มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับ X_1, X_2, X_4 และ X_5 โดยค่าความสัมพันธ์ที่ได้คือ .830, -.775, .765 และ .719 ตามลำดับ เมื่อทำการวิเคราะห์ stepwise regression ผลการวิเคราะห์โมเดลที่ดีที่สุดมีค่า R^2 0.76 มีตัวแปร X ที่เข้ามาเกี่ยวข้อง 2 ตัว คือ X_1 และ X_2 และมีค่า Coefficients เท่ากับ 51.607 สามารถสร้างสมการ ได้ดังนี้

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

$$R^2 = 0.76$$

แต่การที่สมการมีค่าความแม่นยำในการทำนายการเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์เมล็ดเสียได้เพียง 76% ถือว่ายังไม่สูงมากนัก หากต้องการให้ได้ค่าความแม่นยำที่เพิ่มขึ้นจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเพิ่มเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของสมการในลำดับต่อไป

สมการประเมินการสูญเสียน้ำหนัก (Y2) ของข้าวเปลือกจากแมลงศัตรู

พบว่า Y_2 มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับ X_1, X_2, X_4 และ X_5 โดยค่าความสัมพันธ์ที่ได้คือ .813, -.771, .761 และ .715 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์สมการถดถอยแบบ stepwise regression ได้โมเดลที่มีค่า R^2 เท่ากับ 0.73 มีตัวแปร X ที่เข้ามาเกี่ยวข้อง 2 ตัว คือ X_1 และ X_2 และเมื่อนำค่า Coefficients เท่ากับ 27.478 สามารถสร้างสมการ ได้ดังนี้

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

$$R^2 = 0.73$$

2. การทดสอบความเหมาะสมของสมการประเมินความเสียหายของข้าว

ด้วยวิธีการ Least Square Method โดยสมการที่เหมาะสมจะมีค่าความคลาดเคลื่อระหว่างค่าสังเกตของค่าจริง (Y) กับค่าประมาณการจากสมการ ($\hat{Y}$) น้อยที่สุด ข้อมูลที่นำมาใช้ทดสอบสมการคือข้อมูลที่เก็บในปีที่ 2 ของการทดลอง

การเปรียบเทียบค่าปริมาณเมล็ดเสียของข้าวสารที่วัดได้จริง (Y_1) กับค่าที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการประเมินเมล็ดเสียของข้าวสารจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูสำคัญ ($\hat{Y}_1$) พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 2.6 ส่วนการเปรียบเทียบปริมาณสูญเสียน้ำหนักของข้าวสารที่วัดได้จริง (Y_2) กับค่าที่คำนวณได้จากสมการประเมินการสูญเสียน้ำหนักของข้าวสารจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูสำคัญ ($\hat{Y}_2$) พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 7.3 จะเห็นได้ว่าสมการประเมินปริมาณเมล็ดเสีย (Y_1) มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าสมการประเมินปริมาณน้ำหนักสูญเสีย (Y_2)

สำหรับสมการประเมินความสูญเสียในข้าวเปลือก ทำการเปรียบเทียบค่าปริมาณเมล็ดเสียของข้าวเปลือกที่วัดได้จริง (Y_1) กับค่าที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการประเมินเมล็ดเสียของข้าวเปลือกจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูสำคัญ ($\hat{Y}_1$) มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 12.0 ส่วนการเปรียบเทียบปริมาณสูญเสียน้ำหนักของข้าวเปลือกที่วัดได้จริง (Y_2) กับค่าที่คำนวณได้จากสมการประเมินการสูญเสียน้ำหนักของข้าวเปลือกจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูสำคัญ ($\hat{Y}_2$) มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 39.9 พบว่าสมการประเมินปริมาณเมล็ดเสีย (Y_1) มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าสมการ

ประเมินปริมาณน้ำหนัก สูญเสีย (Y_2) แสดงว่า สมการประเมินปริมาณเมล็ดเสียมีประสิทธิภาพในการทำนายมากกว่าสมการประเมินปริมาณน้ำหนักสูญเสีย

วิจารณ์ผล

การสร้างสมการการประเมินความสูญเสียในข้าวเปลือกพบค่าความสูญเสียมีความสัมพันธ์กับปริมาณแมลงที่ได้จากตัวอย่างน้อยมาก เนื่องจากแมลงที่ทำให้เกิดความเสียหายในข้าวเปลือกมาที่สุด คือ ผีเสื้อข้าวเปลือก ซึ่งเป็นแมลงที่ว่องไว และจะบินหนีเมื่อถูกรบกวน ในการสุ่มตัวอย่างจึงมีแมลงหายไปบางส่วน ดังนั้นควรปรับปรุงวิธีการสุ่มตัวอย่างหรือการตรวจนับแมลงในข้าวเปลือกเพื่อให้ได้ปริมาณแมลงที่สัมพันธ์กับความเสียหายอย่างแท้จริง และจากผลการทดลองสมการที่คัดเลือกมีค่าความแม่นยำในการทำนายการเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์ความสูญเสียได้ 76-92% หากต้องการให้ได้ค่าความแม่นยำที่เพิ่มขึ้นจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเพิ่มเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของสมการในลำดับต่อไป

สรุป

การสร้างสมการประเมินความสูญเสียของข้าวสารและข้าวเปลือก จากค่าความสูญเสีย (Y) 2 ตัว คือ ปริมาณเมล็ดเสียและน้ำหนักเมล็ดสูญเสีย กับตัวแปรอื่น 5 ตัวแปร ได้แก่ X_1, ระยะเวลาการเก็บรักษา X_2, ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงเก็บ X_3, ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยภายในโรงเก็บ X_4, ระดับความชื้นเมล็ดข้าวตัวอย่าง และ X_5, ปริมาณแมลงศัตรูเฉลี่ย ได้สมการการประเมินทั้งหมด 4 สมการ และสามารถคัดเลือกสมการที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการประเมินการสูญเสียข้าวสารและข้าวเปลือก ดังนี้

- สมการประเมินเปอร์เซ็นต์เมล็ดเสียของข้าวสารจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูสำคัญ

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

Y = เปอร์เซ็นต์เมล็ดข้าวสารเสียจากการเข้าทำลายของแมลงเฉลี่ย จากจำนวนข้าว 1000 เมล็ด

X_1 = ระยะเวลาการเก็บรักษาข้าว (เดือน)

X_5 = ปริมาณแมลงศัตรูสำคัญของข้าวสารเฉลี่ย (ตัว/ข้าว 250 กรัม)

- สมการประเมินเปอร์เซ็นต์เมล็ดเสียของข้าวเปลือกจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูสำคัญ

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

Y = เปอร์เซ็นต์เมล็ดข้าวเปลือกเสียจากการเข้าทำลายของแมลงเฉลี่ย จากจำนวนข้าว 1000 เมล็ด

X_1 = ระยะเวลาการเก็บรักษาข้าว (เดือน)

X_2 คือ ระดับอุณหภูมิภายในโรงเก็บเฉลี่ยต่อเดือน (^{o}C)

โดยทั้ง 2 สมการมีค่า R^2 เท่ากับ 0.92 และ 0.76 และมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 2.6 และ 12.0 ตามลำดับ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ห้างหุ้นส่วนจำกัดโรงสีแสงทองวัฒนา (เม่งกี่) ห้างหุ้นส่วนจำกัดนำสินไทย ค้าธัญญมงคล โรงสีรุ่งเรืองไพศาล โรงสีไฟกิจวัฒนา โรงสีอุดมธัญญะ โรงสี ช. รุ่งเรือง โรงสีกิจประเสริฐ โรงสีชัยถาวรพันธุ์ โรงสีธัญญกิจ โรงสีไฟทวีภัณฑ์ ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ศูนย์ข้าวพิษณุโลก ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวสุโขทัย ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ทดลอง และข้าวบางส่วนเพื่อใช้ในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

กรรณิการ์ เพ็งคุ้ม และใจทิพย์ อุไรชื่น. 2563. การสำรวจและประเมินความเสียหายของผลิตผลเกษตรที่เก็บรักษาในโรงเก็บเนื่องจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูผลิตผลเกษตร. รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มประจำปี 2563 กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. หน้า 457-471.