รายงานโครงการวิจัย

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการให้ผลผลิตไม้ผลเศรษฐกิจ

The study of Factors of Economic Fruits Production for Yield Prediction Model

กรมวิชาการเกษตร

นวลมณี พรหมนิล

Nuanmanee Phromnil

ปี พ.ศ. 2564

คำปรารภ

โครงการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการให้ผลผลิตไม้ผลเศรษฐกิจ อยู่ภายใต้แผนงานย่อยพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อพยากรณ์ผลผลิตไม้ผลเศรษฐกิจ แผนงานวิจัยและพัฒนาระบบสารสนเทศสู่เกษตรดิจิทัล ของกรมวิชาการเกษตร ดำเนินการวิจัยตั้งแต่ปี 2559 – 2564 รวบรวมข้อมูลที่มีผลต่อปัจจัยการให้ผลผลิตทั้งในสภาพแปลง สภาพภูมิอากาศ ของทุเรียน (จังหวัดจันทบุรี ระยอง ตราด) มังคุด (จังหวัดจันทบุรี ระยอง ตราด) มะม่วง (จังหวัดฉะเชิงเทรรา ปราจีนบุรี สระแก้ว) สับปะรด (จังหวัดเพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์) ลำไย (จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน) และ เงาะ(จังหวัดสุราษฎร์ธานี) เป็นการนำปัญญาประดิษฐ์มาช่วยในการตัดสินใจ โดยการใช้จักรกลเรียนรู้ (Machine learning) มาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนมาก ด้วยเครื่องมือ สมการถดถอยโลจิสติกแบบลำดับ (Ordinal Logistic Regression) เป็นการศึกษาหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อระดับการให้ผลผลิตของพืช ทำให้ได้ปัจจัยที่มีผลในแต่ละพืชแต่ละจังหวัด ช่วยในการตัดสินใจวางแผนการผลิตให้เหมาะสมกับพืชได้ โดยสามารถนำไปพัฒนาเป็นระบบให้บริการภูมิสารสนเทศไม้ผลเศรษฐกิจที่เข้าถึงและใช้งานได้ง่ายมากขึ้น สนับสนุนการทำการเกษตรโดยการใช้เทคโนโลยีช่วยในการตัดสินใจ

รายงานฉบับนี้ ประกอบด้วย 6 การทดลอง คือ 1) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการให้ผลผลิตทุเรียน 2) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการให้ผลผลิตมังคุด 3) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการให้ผลผลิตมะม่วง 4) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการให้ผลผลิตสับปะรด 5) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการให้ผลผลิตลำไย 6) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการให้ผลผลิตเงาะ ซึ่งเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า รายงานฉบับนี้จะมีประโยชน์แก่นักวิจัย นักวิชาการเกษตร เกษตรกรผู้ปลูกไม้ผล ตลอดจนผู้สนใจ ในการนำไปเป็นข้อมูล แนวทาง และพัฒนาต่อยอดในพืชอื่น หรือพื้นที่อื่นให้เกิดประโยชน์ต่อไป

คณะผู้วิจัย
กุมภาพันธ์ 2565

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	4
ผู้วิจัย	5
บทนำ	6
บทคัดย่อ	10
การทดลองที่ 1 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการให้ผลผลิตทุเรียน	12
การทดลองที่ 2 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการให้ผลผลิตมังคุด	27
การทดลองที่ 3 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการให้ผลผลิตมะม่วง	42
การทดลองที่ 4 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการให้ผลผลิตสับปะรด	67
การทดลองที่ 5 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการให้ผลผลิตลำไย	85
การทดลองที่ 6 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการให้ผลผลิตเงาะ	93
บทสรุปและข้อเสนอแนะ	101
บรรณานุกรม	102
ภาคผนวก	104

กรมวิชาการเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของแผนวิจัยและพัฒนาระบบสารสนเทศสู่เกษตรดิจิทัล ขอขอบคุณคณะกรรมการที่ปรึกษาทางวิชาการศูนย์เทคโนโลยีและการสื่อสารที่ให้คำแนะนำ ปรับแก้งานวิจัยนี้เพื่อให้เกิดประโยชน์แก่ผู้เกี่ยวข้อง ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่กลุ่มสารสนเทศการเกษตร เจ้าหน้าที่กรมส่งเสริมการเกษตร เจ้าหน้าที่ของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ขอขอบคุณเกษตรกรเจ้าของแปลงทุเรียนและมังคุด จังหวัดจันทบุรี ระยอง และตราด เกษตรกรเจ้าของแปลงมะม่วง จังหวัดฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี และสระแก้ว เกษตรกรเจ้าของแปลงสับปะรด จังหวัดเพชรบุรี และประจวบคีรีขันธ์ เกษตรกรเจ้าของแปลงลำไย จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และลำพูน และเกษตรกรเจ้าของแปลงเงาะ จังหวัดสุราษฎร์ธานี ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลเป็นอย่างดี ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้

คณะผู้วิจัย
กุมภาพันธ์ 2565

กรมวิชาการเกษตร

ผู้วิจัย

นวลมณี พรหมนิล

สุรพงษ์ ประสิทธิ์วัฒนเสรี

กฤษณา แสงดี

นครินทร์ทิพย์ พุทธสิทธิ์

วีรศักดิ์ ขุนชำนาญ

ธีรภัทร ธรรมไชยางกูร

สุวิชา อ่อนเฉียบ

เกษมศักดิ์ ผลากร

ยรรยง พันธ์พฤกษ์

สุมิตร วิลัยพร

วลัยภรณ์ ชัยฤทธิไชย

นรีรัตน์ ชูช่วย

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

1. ความสำคัญและที่มาของโครงการวิจัย

ทุเรียน มีพื้นที่การผลิตประมาณ 572,805 ไร่ ผลิตได้ 631,904 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 1,103 กิโลกรัมต่อไร่ มีแหล่งเพาะปลูก 5 อันดับแรก คือ จันทบุรี ชุมพร ยะลา นครศรีธรรมราช และนราธิวาส แนวโน้มในอนาคต จำนวนพื้นที่การปลูกทุเรียนจะค่อยๆ ลดลง เนื่องจากประสบปัญหาภัยแล้ง การระบาดของโรค เกษตรกรจึงหันไปปลูกไม้ผลอย่างอื่นแทน ส่วนผลผลิตอยู่ในเกณฑ์เดิมโดยการผลิตเพื่อการบริโภคภายในประเทศ และมีแนวโน้มลดลง ขณะที่การส่งออกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557)

มังคุด มีพื้นที่การผลิตประมาณ 412,952 ไร่ ผลิตได้ 290,306 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 703 กิโลกรัมต่อไร่ มีแหล่งเพาะปลูก 5 อันดับแรก คือ จันทบุรี นครศรีธรรมราช ชุมพร ตราด และระยอง การบริโภคภายในประเทศประเภทมังคุดสดและผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นจากปีที่ผ่านมา ส่วนการส่งออกมังคุดสดและผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของผลผลิต ประกอบกับความต้องการของตลาดยังคงมีอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะมังคุดที่มีคุณภาพดี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557)

มะม่วง เป็นพืชที่มีศักยภาพการส่งออกสูง มีพื้นที่การผลิตประมาณ 2.09 ล้านไร่ ผลิตได้ 3.14 ล้านตัน ใช้ภายในประเทศประมาณ 3.07 ล้านตัน หรือร้อยละ 98 ในรูปผลสด และส่งออกรวม 73,167 ตันสด มะม่วงมีช่วงการผลิตมากในเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม และมีผลผลิตได้ตลอดทั้งปี มีแหล่งเพาะปลูก 5 อันดับแรก คือ จังหวัดพิษณุโลก เลย เชียงใหม่ นครราชสีมา และประจวบคีรีขันธ์ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) มะม่วงน้ำดอกไม้ ปลูกมากที่ฉะเชิงเทรา (22,867 ไร่) ประจวบคีรีขันธ์ (16,943 ไร่) ชลบุรี (15,512 ไร่) นครราชสีมา (14,141 ไร่) และเชียงใหม่ (11,892 ไร่) ให้ผลผลิตมากที่สุดในจังหวัดพิษณุโลก (23,624 ตัน) ชลบุรี (21,226 ตัน) ประจวบคีรีขันธ์ (13,561 ตัน) นครราชสีมา (9,526 ตัน) และสระแก้ว (9,087 ตัน) (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2547)

สับปะรด ที่นิยมปลูกในไทย ได้แก่ พันธุ์ปัตตาเวีย (หรือสับปะรดศรีราชา) พันธุ์นางแล (เชียงราย) พันธุ์สวี (ชุมพร) พันธุ์ภูเก็ต พันธุ์ปัตตานี พันธุ์อินทรชิตขาว-แดง (ฉะเชิงเทรา) พันธุ์ตราดสีทอง (สิงคโปร์) พันธุ์ลักกะตา พันธุ์สิงคโปร์ปัตตาเวีย (คล้ายพันธุ์สวีและภูเก็ต) โดยสับปะรดสายพันธุ์หลักในเมืองไทย คือ ปัตตาเวีย ภูเก็ต และอินทรชิต พันธุ์ที่เป็นพันธุ์ทางการค้าและพันธุ์เศรษฐกิจ คือ พันธุ์ปัตตาเวีย ใช้ทั้งบริโภคสดและการแปรรูป สำหรับพันธุ์สับปะรดโรงงานจะหมายถึงพันธุ์ปัตตาเวียเป็นหลัก ผลผลิตประมาณร้อยละ 20-25 ของผลผลิตทั้งหมดจะบริโภคในประเทศในรูปผลสด ส่วนผลิตภัณฑ์สับปะรดแปรรูปจะส่งออกเกือบทั้งหมด แหล่งผลิต 5 อันดับแรก ได้แก่ ประจวบคีรีขันธ์ ระยอง พิษณุโลก ราชบุรี และเพชรบุรี ช่วงเก็บเกี่ยวสับปะรดในฤดูกาล คือ ตั้งแต่เดือน

กรมวิชาการเกษตร

พฤศจิกายนถึงเดือนมกราคม และกลางเดือนเมษายนถึงเดือนกรกฎาคม ซึ่งช่วงนี้จะเป็นช่วงที่สับปะรดให้ผลผลิตมาก ราคาในตลาดจะค่อนข้างมีราคาถูก ส่วนช่วงการเก็บเกี่ยวสับปะรดนอกฤดูกาล คือ ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงต้นเดือนเมษายน และช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนตุลาคม ซึ่งในฤดูกาลนี้จะมีสับปะรดน้อย จึงมีราคาค่อนข้างสูง ผลผลิตปี 2556 พื้นที่ 532,947 ไร่ ผลิตได้ 2,067,908 ตัน หรือ 3,880 กก./ไร่ ผลผลิตปี 2557 พื้นที่ 511,846 ไร่ ผลิตได้ 1,987,833 ตัน หรือ 3,884 กก./ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556)

ลำไย เป็นไม้ผลที่มีความสำคัญ เนื่องจากมีมูลค่าการส่งออกหลายพันล้าน มีพื้นที่ให้ผลประมาณ 1.1 ล้านไร่ ผลผลิตประมาณ 8.7 แสนตัน ผลผลิตต่อไร่ 822 กิโลกรัม โดยมีแหล่งเพาะปลูก 5 อันดับแรก คือ เชียงใหม่ ลำพูน จันทบุรี เชียงราย และพะเยา โดยเนื้อที่ให้ผลเพิ่มขึ้น ยกเว้นภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากมีการปรับเปลี่ยนไปปลูกพืชชนิดอื่นทดแทน ส่วนผลผลิตต่อไร่และผลผลิตรวมลดลง เนื่องจากสภาพอากาศไม่เอื้ออำนวย ทำให้ติดดอกน้อย (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) ช่วงครึ่งปีแรก 2564 พบว่าการส่งออกลำไยแบบสดมีการส่งออกไปยังประเทศจีน เวียดนาม ฮ่องกง อินโดนีเซีย และมาเลเซีย แล้ว 198,079 ตัน และการส่งออกลำไยแบบอบแห้ง มีการส่งไปยังประเทศจีน เวียดนาม ฮ่องกง สิงคโปร์ และเกาหลี ไปแล้ว 14,069 (กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ, 2564)

เงาะ มีพื้นที่ให้ผล 2.78 แสนไร่ จำนวนผลผลิต 3.1 แสนตัน ผลผลิตต่อไร่ 1.1 ตัน โดยมีแหล่งเพาะปลูก 5 อันดับแรก คือ จันทบุรี ตราด สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช และนราธิวาส เนื้อที่ให้ผลรวมทั้งประเทศลดลงเนื่องจากการโค่นต้นที่มีอายุมากทิ้ง แล้วปรับเปลี่ยนไปปลูกพืชอื่นทดแทน ยกเว้นภาคเหนือที่มีพื้นที่เพิ่มขึ้น ส่วนผลผลิตต่อไร่ลดลง ยกเว้นภาคใต้ เนื่องจากสภาพอากาศไม่เอื้ออำนวย ส่วนใหญ่ผลิตเพื่อบริโภคภายในประเทศมากกว่าร้อยละ 90 และที่เหลือแปรรูปส่งออก (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) พันธุ์ที่นิยมปลูกเป็นการค้า คือ พันธุ์โรงเรียน พันธุ์สีชมพู และพันธุ์สีทอง โดยเงาะพันธุ์โรงเรียน เป็นที่นิยมในการบริโภคมากที่สุด (วสันต์ สุขสุวรรณ, 2558)

ปัญหาการผลิตไม้ผลของประเทศไทยตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา ส่วนใหญ่มาจากการขยายพื้นที่เพาะปลูกโดยไม่คำนึงว่าที่ดินเหล่านั้นจะเหมาะสมกับการผลิตหรือไม่ ทำให้ประสบปัญหาและส่งผลกระทบต่อการตลาดและราคา รวมถึงสภาพดินฟ้าอากาศที่แปรปรวนในช่วงเดือนที่ไม้ผลกำลังติดดอกออกผล ทำให้ผลผลิตร่วงหล่นเสียหายดังนั้น การวางแผนและนโยบายภาครัฐจึงได้เน้นเรื่องคุณภาพ ปริมาณ และการสร้างมูลค่าเพิ่ม โดยนำสารสนเทศมาใช้วิเคราะห์ข้อมูลได้ทันกับเหตุการณ์และวางแผนล่วงหน้าได้ ทั้งนี้ เพื่อให้เกษตรกรได้มีแนวทางเลือกเพาะปลูกพืช และเลือกใช้เทคโนโลยีและการบริหารจัดการการผลิตพืชที่เหมาะสมกับเศรษฐกิจและสังคมท้องถิ่นของเกษตรกร

การวิเคราะห์และพยากรณ์ระดับการให้ผลผลิตของไม้ผลเกี่ยวข้องกับการให้ผลผลิต ทั้งปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ เช่น ธาตุอาหารพืช ปุ๋ย น้ำ และปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุม เช่น สภาพภูมิประเทศ สภาพ

กรมวิชาการเกษตร

ภูมิอากาศ โดยใช้จักรกลการเรียนรู้ (Machine Learning) เป็นกลไกหลักสำคัญในวิทยาการข้อมูล และหลักของการอนุมานเชิงสถิติคือการสุ่มของข้อมูล (Randomness of Data) ในการพยากรณ์และการประมาณค่าซึ่งทำให้ความไม่แน่นอนออกมาเป็นปริมาณได้ (อานนท์, 2561)

จักรกลเรียนรู้ (Machine Learning) แบ่งเป็น 2 รูปแบบ คือ การเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised) และการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised)

$$Y = f(x)$$

โดยที่ f คือฟังก์ชั่นที่ประมวลผล

X คือตัวแปรนำเข้า (input)

Y คือผลลัพธ์ (output)

สมการถดถอยโลจิสติกแบบลำดับ (Ordinal Logistic Regression) เป็นเทคนิคที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลที่มีตัวแปรพยากรณ์ (Y) ซึ่งเป็นตัวแปรแบบลำดับ ขึ้นอยู่กับตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ (X) ซึ่งเป็นตัวแปรแบบใดก็ได้ ดังนั้น โมเดลพื้นฐานมีตัวแปรตามเป็นตัวแปรแฝงที่ไม่สามารถสังเกตได้ (Latent Variable) ดังนี้

$$y_i^* = \varnothing\,(X\beta) + \epsilon$$

กำหนดค่าตัวแปร y เป็น 3 ระดับ

$$y = \begin{cases} 1 \text{ if} & y^* \leq \mu 1 \\ 2 \text{ if} & \mu 1 < y^* \leq \mu 2 \\ 3 \text{ if} & \mu 3 < y^* \end{cases}$$

โดยที่ yi = ระดับการให้ผลผลิต (ระดับ 1 = น้อย 2= ปานกลาง 3 =มาก)

สามารถคำนวณค่าความน่าจะเป็นของระดับการให้ผลผลิต ได้ดังนี้

$$\text{Prob}\,(y=1 \quad x) = \text{Prob}\,(y^* \leq \mu 1) = \varnothing - \beta x_i$$

$$\text{Prob}\,(y=2 \quad x) = \text{Prob}\,(\mu 2 < y^* \leq \mu 3) = \varnothing\,(\mu 2 - \beta' x) - \varnothing\,(\beta' x_i)$$

$$\text{Prob}\,(y=3 \quad x) = \text{Prob}\,(\mu 2 < y^*) = 1 - \varnothing\,(\mu 3 - \beta x)$$

โดยที่ Ø คือ ฟังก์ชั่นของการกระจายแบบโลจิสติกสะสม (Cumulative Logistic Distribution Function) สมการนี้ใช้ในการพยากรณ์ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่ทำให้ข้อมูลมีความเหมาะสมกับฟังก์ชันของสมการ ระดับการให้ผลผลิตพืชมีอิทธิพลจากปัจจัยหลายๆ อย่างที่เกี่ยวข้องกับดิน สภาพอากาศ ภูมิอากาศ และการดูแลรักษาแปลง เมื่อวิเคราะห์ผลของปัจจัยเหล่านั้นจะทำให้ทราบถึงการเจริญเติบโตของพืช และสามารถใช้พัฒนาเป็นดัชนีที่เกี่ยวข้องกับการให้ผลผลิตพืช ได้แก่ ดัชนีพืชพรรณ (spectral vegetation indices) โปรไฟล์การเจริญเติบโต (spectral growth profile) เป็นต้น ตามวัตถุประสงค์ของโครงการ เพื่อศึกษาและวิเคราะห์

กรมวิชาการเกษตร

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้ผลผลิตของทุเรียน มังคุด มะม่วง สับปะรด ลำไย และเงาะ รวมทั้งได้โมเดลทำนายระดับการให้ผลผลิต สามารถนำโมเดลไปใช้ประกอบการตัดสินใจวางแผนการผลิตได้

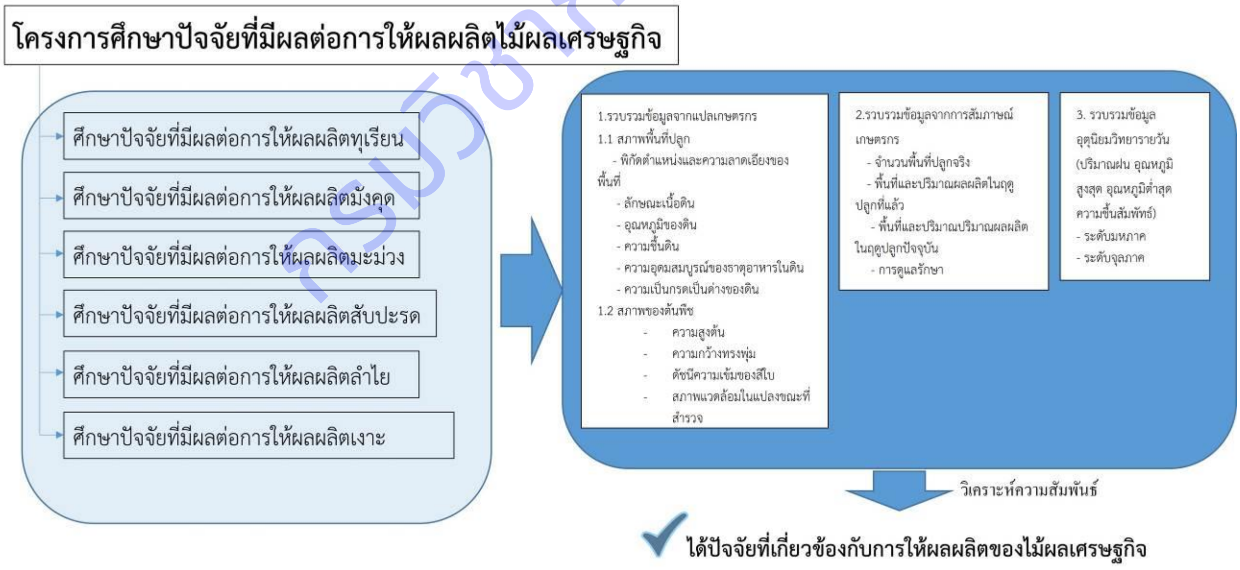
2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้ผลผลิตของไม้ผลเศรษฐกิจ

3. วิธีการวิจัย

โครงการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการให้ผลผลิตไม้ผลเศรษฐกิจ ดำเนินการเก็บข้อมูลในพื้นที่ทุเรียน (จังหวัดจันทบุรี ระยอง ตราด) มังคุด(จังหวัดจันทบุรี ระยอง ตราด) มะม่วง (จังหวัดฉะเชิงเทรรา ปราจีนบุรี สระแก้ว) สับปะรด (จังหวัดเพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์) ลำไย (จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน) และ เงาะ(จังหวัดสุราษฎร์ธานี) ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2558 ถึงเดือนกันยายน 2564 ประกอบด้วย 6 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการให้ผลผลิตทุเรียน การทดลองที่ 2 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการให้ผลผลิตมังคุด การทดลองที่ 3 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการให้ผลผลิตมะม่วง การทดลองที่ 4 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการให้ผลผลิตสับปะรด การทดลองที่ 5 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการให้ผลผลิตลำไย และการทดลองที่ 6 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการให้ผลผลิตเงาะ โดยมีการเชื่อมโยงดังภาพที่ 1

กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 1 ภาพแสดงความเชื่อมโยงของกิจกรรมภายในโครงการวิจัย

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับผลผลิตทุเรียน มังคุด มะม่วง สับปะรด ลำไย และเงาะเพื่อจัดทำโมเดลทำนายระดับการให้ผลผลิต ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี ระยอง ตราด ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี สระแก้ว เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ เชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน และสุราษฎร์ธานี ระหว่างปี 2559 – 2564 เลือกใช้โมเดลการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีการฝึก (Supervised Machine Learning) ดำเนินการประเมินปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับการให้ผลผลิต 3 ระดับ (น้อย ปานกลาง และมาก) โดยวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติคเพื่อทำนายความน่าจะเป็นในการให้ผลผลิตอยู่ในระดับใด จำนวนชุดข้อมูลที่ใช้ทั้งหมด จำนวน 1,470 ชุดข้อมูล พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อระดับการให้ผลผลิตทุเรียนอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.01 คือ อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม ปริมาณฝน และอุณหภูมิสูงสุด โมเดลการทำนายระดับการให้ผลผลิตทุเรียน คือ Logit = $0.35_{\text{อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม}} + 0.13_{\text{ปริมาณฝน}} - 0.4_{\text{อุณหภูมิสูงสุด}}$ มีค่าความถูกต้องของการทำนายร้อยละ 71 ปัจจัยที่มีผลต่อระดับการให้ผลผลิตมังคุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 คือ อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม ความชื้นใต้ทรงพุ่ม ความสูงต้น และปริมาณฝน โมเดลการทำนายระดับการให้ผลผลิตมังคุด คือ Logit = $-0.19_{\text{อุณหภูมิดิน}} + 0.35_{\text{อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม}} - 0.05_{\text{ความชื้นใต้ทรงพุ่ม}} - 0.01_{\text{ความสูงต้น}} + 0.17_{\text{ปริมาณฝน}}$ มีค่าความถูกต้องของการทำนาย 77.11 เปอร์เซ็นต์ ปัจจัยที่มีผลต่อระดับการให้ผลผลิตมะม่วงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 คือ ลักษณะเนื้อดิน การระบายน้ำของดิน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ระดับความเป็นกรดด่างของดิน ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ ความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุด โมเดลทำนายระดับการให้ผลผลิตมะม่วงจังหวัดฉะเชิงเทรา คือ Logit = $0.66_{\text{เนื้อดิน}} + 0.78_{\text{ระบายน้ำของดิน}} + 1.10_{\text{ระดับความเป็นกรดด่างของดิน}} + 0.16_{\text{ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ}}$ โมเดลทำนายระดับการให้ผลผลิตมะม่วง จังหวัดปราจีนบุรี คือ Logit = $0.22_{\text{ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ}} + 0.02_{\text{ความสูงต้น}} - 0.01_{\text{ความกว้างทรงพุ่ม}} + 1.01_{\text{อุณหภูมิสูงสุด}} - 1.07_{\text{อุณหภูมิต่ำสุด}}$ และโมเดลทำนายระดับการให้ผลผลิตมะม่วง จังหวัดสระแก้ว คือ Logit = $1.60_{\text{ระบายน้ำของดิน}} + 1.09_{\text{ความอุดมสมบูรณ์ของดิน}}$ มีค่าความถูกต้องของการทำนาย 62%, 26% และ 51.5% ตามลำดับ ปัจจัยที่มีผลต่อระดับการให้ผลผลิตสับปะรดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 คือ ลักษณะดิน การระบายน้ำของดิน และดัชนีความเข้มของสีใบ โมเดลทำนายระดับการให้ผลผลิตสับปะรด จังหวัดเพชรบุรี คือ Logit = $2.60_{\text{ระบายน้ำดิน}} + 0.26_{\text{ดัชนีสีใบ}}$ และโมเดลทำนายระดับการให้ผลผลิตสับปะรด จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ คือ Logit = $2.76_{\text{เนื้อดิน}} + 3.63_{\text{ระบายน้ำดิน}} - 0.29_{\text{ดัชนีสีใบ}}$ มีค่าความถูกต้องของการทำนาย 59% และ 72% ตามลำดับ ปัจจัยที่มีผลต่อระดับการให้ผลผลิตลำไยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.01 คือ อุณหภูมิดิน และ ดัชนีความเข้มของสีใบ โมเดลการทำนายระดับการให้ผลผลิตลำไย คือ Logit = $0.03_{\text{อุณหภูมิดิน}} + 0.03_{\text{ดัชนีความเข้มของสีใบ}}$ มีค่าความถูกต้องของการทำนายร้อยละ 79.58 และปัจจัยที่มีผลต่อระดับการให้ผลผลิตเงาะอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.01 คือ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน อุณหภูมิดิน และดัชนีความเข้มของสีใบ โมเดลการทำนายระดับการให้ผลผลิตเงาะ คือ Logit = $2.29_{\text{ความอุดมสมบูรณ์ของดิน}} - 0.07_{\text{อุณหภูมิดิน}} + 0.30_{\text{ดัชนีความเข้มของสีใบ}}$ และมีค่าความถูกต้องของการทำนายร้อยละ 76 สามารถนำไปพัฒนาระบบบริการสารสนเทศร่วมกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อทำนายผลผลิตไม้ผลเศรษฐกิจแก่เกษตรกร เจ้าหน้าที่ และผู้สนใจต่อไป

Abstract

The study on analyzing factors of durian, mangosteen, mango, pineapple, longan and rambutan production aims to create model of production level prediction. Data were collected from the famers in Chanthaburi, Rayong, Trat, Chachoengsao, Prachinburi, Sa Kaeo, Phetchaburi, Prachuap Khiri Khan, Chiang Mai, Chiang Rai, Lamphun and Surat Thani province between 2016 - 2021. Fruits production were labelled as 3 levels (low, moderate, and high), then used logistic regression model to predict production level. There was 1,470 data set. Factors found to affect Durian production level were tree temperature, rainfall per day, and maximum temperature (P <0.01). Predictive analytic model is $Logit = 0.35._{tree_temp} + 0.13_{rainfall} - 0.4_{max_temp}$ and has 71 % accuracy. Factors found to affect mangosteen production level were tree temperature, tree humidity, tree height, and rainfall per day (P<0.05). Predictive analytic model is $Logit = -0.19_{soil\ termp} + 0.35_{tree\ termp} - 0.05_{tree\ humidity} - 0.01_{tree\ height} + 0.17_{rainfall}$ and has 77.11 % accuracy. Factors found to affect mango production level were soil texture, drainage, soil fertility, pH of soil, humidity, tree height, width of canopy tree, maximum temperature and minimum temperature (P<0.05) Predictive analytic model is Logit (Chachoengsao Province) = $0.66_{soil\ texture} + 0.78_{drainage} + 1.10_{PH} + 0.16_{humidity}$ and has 62 % accuracy. Logit (Prachinburi Province) = $0.22_{humidity} + 0.22_{tree\ height} - 0.01_{width_tree} + 1.01_{max_temp} - 1.07_{min_temp}$ and has 26 % accuracy. Logit (Sa Kaeo Province) = $1.60_{drainage} + 1.09_{soil\ fertility}$ and has 51.5 % accuracy. Factors found to affect pineapple production level were soil texture, drainage and Dark Green Color Index :DGCI (P <0.05). Predictive analytic model is Logit (Phetchaburi Province) = $2.60_{soil\ texture} + 0.26_{DGCI}$ and has 59 % accuracy. Predictive analytic model is Logit (Prachuap Khiri Khan Province) = $2.76_{soil\ texture} + 3.63_{drainage} - 0.29_{DGCI}$ and has 72 % accuracy. Factors found to affect longan production level were soil temperature and DGCI (P <0.01). Predictive analytic model is $Logit = 0.03._{s_temp} + 0.03_{DGCI}$ and has 79.58 % accuracy. And factors found to affect rambutan production level were soil fertility, soil temperature, and DGCI (P <0.01). Predictive analytic model is $Logit = 2.29_{soil\ fertility} - 0.07_{soil\ temperature} + 0.30_{DGCI}$ and has 76 % accuracy. Be used to develop an information service system together with satellite image data to predict economic fruit yields for farmers, officials and other interested parties

กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 1

ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการให้ผลผลิตทุเรียน

The study of Factors of Durian Production for Yield Prediction Model

สุรพงษ์ ประสิทธิ์วัฒนเสรี นครินทร์ทิพย์ พุทธสิทธิ์ กฤษณา แสงดี นวลมณี พรหมนิล สุวิชา อ่อนเฉียบ
วีรศักดิ์ ขุนชำนาญ ธีรภัทร ธรรมไชยางกูร ยรรยง พันธ์พฤกษ์

คำสำคัญ

ทุเรียน จักรกลการเรียนรู้ โมเดลการทำนาย สมการถดถอยโลจิสติค

Key words

Durian, Machine Learning, Model, Logistic Regression

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับผลผลิตทุเรียนเพื่อจัดทำโมเดลทำนายระดับการให้ผลผลิตทุเรียน ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี ระยอง และตราด ระหว่างปี 2559 – 2561 เลือกใช้โมเดลการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีการฝึก (Supervised Machine Learning) ดำเนินการประเมินปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับการให้ผลผลิต 3 ระดับ (น้อย ปานกลาง และมาก) โดยวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติคเพื่อทำนายความน่าจะเป็นในการให้ผลผลิตระดับใด ชุดข้อมูลที่ใช้รวม 270 ชุดข้อมูล พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อระดับการให้ผลผลิตทุเรียนอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.01 คือ อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม ปริมาณฝน และอุณหภูมิสูงสุด โมเดลการทำนายระดับการให้ผลผลิตทุเรียน คือ $\text{Logit} = 0.35_{\text{อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม}} + 0.13_{\text{ปริมาณฝน}} - 0.4_{\text{อุณหภูมิสูงสุด}}$ มีค่าความถูกต้องของการทำนายร้อยละ 71

กรมวิชาการเกษตร

Abstract

The study on analyzing factors of Durian production aims to create model of Durian production level prediction. Data were collected in Chanthaburi, Rayong, and Trad province between 2016 - 2018. Durian production were labelled as 3 levels (low, moderate, and high), then used logistic regression model to predict production level. Factors found to affect Durian production level were tree temperature, rainfall per day, and maximum temperature ($P < 0.01$). Predictive analytic model is $\text{Logit} = 0.35_{tree_temp} + 0.13_{rainfall} - 0.4_{max_temp}$ and has 71 % accuracy.

บทนำ (Introduction)

ทุเรียน มีพื้นที่การผลิตประมาณ 572,805 ไร่ ผลิตได้ 631,904 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 1,103 กิโลกรัมต่อไร่ มีแหล่งเพาะปลูก 5 อันดับแรก คือ จันทบุรี ชุมพร ยะลา นครศรีธรรมราช และนราธิวาส แนวโน้มในอนาคต จำนวนพื้นที่การปลูกทุเรียนจะค่อยๆ ลดลง เนื่องจากประสบปัญหาภัยแล้ง การระบาดของโรค เกษตรกรจึงหันไปปลูกไม้ผลอย่างอื่นแทน ส่วนผลผลิตอยู่ในเกณฑ์เดิมโดยการผลิตเพื่อการบริโภคภายในประเทศ และมีแนวโน้มลดลง ขณะที่การส่งออกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557)

ปัญหาการผลิตไม้ผลของประเทศไทยตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา ส่วนใหญ่มาจากการขยายพื้นที่เพาะปลูกโดยไม่คำนึงว่าที่ดินเหล่านั้นจะเหมาะสมกับการผลิตหรือไม่ ทำให้ประสบปัญหาและส่งผลกระทบต่อการตลาดและราคา รวมถึงสภาพดินฟ้าอากาศที่แปรปรวนในช่วงเดือนที่ไม้ผลกำลังติดดอกออกผลทำให้ผลผลิตร่วงหล่นเสียหาย ดังนั้น การวางแผนและนโยบายภาครัฐจึงได้เน้นเรื่องคุณภาพ ปริมาณ และการสร้างมูลค่าเพิ่ม เช่น การส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพผลผลิตสู่มาตรฐานการผลิตพืช (GAP) และมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ ส่งเสริมเกษตรกรให้รวมกลุ่มเพื่อผลิตไม้ผลในลักษณะแปลงใหญ่ อบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยี ทั้งนี้ การวางแผนดังกล่าวย่อมต้องการข้อมูลสารสนเทศประกอบการตัดสินใจ ข้อมูลสารสนเทศควรถูกต้อง ครบถ้วน ปรับปรุงข้อมูลให้ตรงกับสถานการณ์และสถานภาพที่เป็นปัจจุบันการพัฒนาและจัดทำโมเดล เพื่อใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์และวางแผนการผลิตพืช แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้ทันกับเหตุการณ์และวางแผนล่วงหน้าได้ ทั้งนี้ เพื่อให้เกษตรกรได้มีแนวทางเลือกเพาะปลูกพืช และเลือกใช้เทคโนโลยีและการบริหารจัดการการผลิตพืชที่เหมาะสม

ผลผลิตของพืชขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆ อย่างที่เกี่ยวข้องกับดิน สภาพพื้นที่ สภาพอากาศ การดูแลรักษาแปลง เมื่อนำข้อมูลปัจจัยเหล่านั้นมาวิเคราะห์ทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ที่ส่งผลต่อระดับการให้ผลผลิต รวมถึงสามารถจัดทำโมเดลทำนายผลผลิตโดยการใช้แนวทางการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine learning) ขั้นตอนการสร้างโมเดลการเรียนรู้ของเครื่อง (ไพรสันต์, 2563) มีดังนี้

1. ทำความเข้าใจข้อมูล (data understanding) อธิบายชุดข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับสร้างโมเดล ประเภทของข้อมูล และแสดงผลข้อมูลในรูปแบบของกราฟ

2. การเตรียมข้อมูล (data preprocessing) เตรียมข้อมูลให้พร้อมสำหรับสร้างโมเดล โดยการทำความสะอาดข้อมูล (data cleaning) การจัดการกับข้อมูลที่ขาดหายไป และการจัดการเก็บข้อมูลที่ผิดปกติ

การจัดการกับข้อมูลเพื่อให้สามารถนำไปวิเคราะห์ได้

2.1 การแปลงข้อมูลแบบนามบัญญัติ

2.2 การแปลงข้อมูลตัวเลขต่อเนื่องให้เป็นแบบลำดับ

2.3 การปรับระดับของข้อมูลให้อยู่ในช่วงที่ต้องการ เช่น [0,1] หรือ [-1,+1]

3. การสร้างโมเดลและการประเมินผล (model training and model evaluation)

กรมวิชาการเกษตร

3.1 การสร้างโมเดลการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีการฝึก (Supervised learning) จะต้องมีข้อมูลจริงและระบุสิ่งที่ต้องการทำนาย (target) ไว้ก่อนล่วงหน้า และสร้างโมเดลขึ้นมาจากข้อมูลเหล่านั้น หลังจากนั้นนำข้อมูลใหม่เข้ามาเพื่อให้โมเดลทำนาย

3.2 การสร้างโมเดลการเรียนรู้ของเครื่องแบบไม่มีการฝึก (Unsupervised learning) ข้อมูลที่มีอยู่ไม่สามารถระบุผลลัพธ์ (target) ได้

การถดถอยโลจิสติค (Logistic Regression) เป็นโมเดลการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีการฝึกที่นิยมใช้สำหรับปัญหาการจำแนกประเภท (classification) ซึ่งเป็นปัญหาที่มีตัวแปรเกณฑ์ (target variable) เป็นตัวแปรแบบไม่ต่อเนื่อง (discrete variable) เช่น การจำแนกผลผลิตน้อย/มาก การทำนายสภาพอากาศในวันพรุ่งนี้โดยคำทำนายที่เป็นไปได้ คือ ฝนตก แดดแรง มีเมฆมาก เป็นต้น

การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติคแบบลำดับ (Ordinal Logistic Regression) ใช้กับตัวแปรเกณฑ์ที่แบ่งเป็นกลุ่มมากกว่า 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ปรากฏเหตุการณ์ที่สนใจมีค่าเป็น 1, 2, 3,..., k โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติคแบบลำดับ (กัลยา, 2550) ดังนี้

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรทำนายที่มีต่อความน่าจะเป็นที่เกิดเหตุการณ์ (ตัวแปรเกณฑ์) พร้อมทั้งศึกษาระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรทำนายแต่ละตัว

2. เพื่อทำนายความน่าจะเป็นที่เกิดเหตุการณ์ที่สนใจจากสมการที่เหมาะสม หรือใช้สมการโดยการเลือกตัวแปรทำนายที่เหมาะสม เพื่อทำให้เปอร์เซ็นต์ของความถูกต้องในการทำนายมีค่าสูงสุด

โมเดลการวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติค

$$\text{ความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ} = \frac{1}{1+e^{-z}}$$

$$\text{ความน่าจะเป็นของการไม่เกิดเหตุการณ์ที่สนใจ} = \frac{1}{1+e^{z}}$$

โดยสมการเชิงเส้น

$Z = b_0 + b_1x$ กรณีตัวแปรทำนาย 1 ตัว

$Z = b_0 + b_1x_1 + b_1x_1 + \ldots + b_px_p$ กรณีตัวแปรทำนาย p ตัว

กรมวิชาการเกษตร

เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเกณฑ์และตัวแปรทำนายของโมเดลการวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติค ไม่อยู่ในรูปเชิงเส้น จึงมีการปรับโดยกำหนดค่า odds ratio

$$odds\ ratio = \frac{\text{ความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ}}{\text{ความน่าจะเป็นของการไม่เกิดเหตุกรณ์ที่สนใจ}}$$

$$odds = e^{b_0 + b_1 x}$$ กรณีตัวแปรทำนาย 1 ตัว

$$odds = e^{b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \cdots + b_p x_p}$$ กรณีตัวแปรทำนาย p ตัว

จะได้โมเดลในรูปลอการิทึมธรรมชาติ (natural logarithm) ของ odds หรือ logit ดังสมการ

$$ln(odds) = logit = b_0 + b_1 x_1$$ กรณีตัวแปรทำนาย 1 ตัว

$$ln(odds) = logit = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \cdots + b_p x_p$$ กรณีตัวแปรทำนาย p ตัว

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้ผลผลิตทุเรียนเพื่อสร้างโมเดลทำนายระดับการให้ผลผลิตทุเรียนในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี ระยอง และตราด สามารถนำโมเดลไปใช้ประกอบการตัดสินใจวางแผนการผลิตได้เป็นอย่างดี และมีความเข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการผลิตทุเรียน ทั้งปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ เช่นธาตุอาหารพืช ปุ๋ย น้ำ และปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุม เช่นสภาพพื้นที่ สภาพอากาศ เป็นการใช้ประโยชน์จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทำนายการให้ผลผลิต วางแผนพัฒนา และส่งเสริม แนะนำการใช้องค์ความรู้และเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตทุเรียนต่อไป

กรมวิชาการเกษตร

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

อุปกรณ์และวิธีการ

1. เครื่องเจาะดิน
2. อุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นในดิน
3. อุปกรณ์ตรวจวัดความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารในดิน
4. อุปกรณ์ตรวจวัดความเป็นกรดเป็นด่างของดิน
5. อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิแบบอินฟาเรด
6. อุปกรณ์วัดระยะทางแบบอัลตราโซนิก
7. วัสดุสำรวจ (ตลับเมตร, กล้องถ่ายรูป, กล้องส่องทางไกล)
8. วัสดุสำนักงานและคอมพิวเตอร์ (กระดาษ หมึกพิมพ์ Handy Drive ฯลฯ)

วิธีการ

1. กำหนดตัวแปรทำนาย

1.1 เก็บรวบรวมข้อมูลจากแปลงทุเรียนของเกษตรกรในจังหวัดจันทบุรีจำนวน 10 แปลง จังหวัดระยอง จำนวน 10 แปลง และจังหวัดตราด จำนวน 10 แปลง ใช้วิธีคัดเลือกแปลงโดยการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple Random Sampling) เดินทางไปเก็บข้อมูล 3 ช่วง คือ ระยะก่อนการให้ผลผลิต ระยะการให้ผลผลิต และระยะหลังการให้ผลผลิต เป็นเวลา 3 ปี รวมจังหวัดละ 90 ข้อมูล โดยใช้ข้อมูลตัวแปรทำนาย (X_1- X_8) จังหวัดละ 8 ตัวแปร รวม 720 ข้อมูล (ตารางที่ 1)

1.2 เก็บรวบรวมข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยาจันทบุรี สถานีอุตุนิยมวิทยาระยอง และสถานีอุตุนิยมวิทยาตราด ตรงกับวันที่เดินทางไปเก็บข้อมูลแปลงทุเรียนของเกษตรกร โดยได้ข้อมูลตัวแปรทำนาย (X_9 - X_{11}) จังหวัดละ 3 ตัวแปร รวม 270 ข้อมูล (ตารางที่ 1) รวมจำนวนข้อมูลตัวแปรทำนายทั้งหมด 990 ข้อมูล

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 1 ข้อมูลตัวแปรทำนายระดับการให้ผลผลิตของทุเรียน และแหล่งของข้อมูล

ชื่อตัวแปร	ตัวแปร	แหล่งของข้อมูล
X_1	ความอุดมสมบูรณ์ของดิน	เจาะดินบริเวณรอบต้น 10 ต้นๆ ละ 3 จุด ที่ระดับความลึก 0-15 ซม. และ 15–30 ซม. เก็บตัวอย่างดินไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ RapidTest
X_2	ความเป็นกรดด่างของดิน	เจาะดินบริเวณรอบต้น 10 ต้นๆ ละ 3 จุด ที่ระดับความลึก 0-15 ซม. และ 15–30 ซม. เก็บตัวอย่างดินไปวิเคราะห์ ด้วยเครื่องมือ RapidTest
X_3	อุณหภูมิดิน	ใช้อุปกรณ์เจาะลงในดินบริเวณรอบต้น 10 ต้นๆ ละ 3 จุด แล้ววัดอุณหภูมิด้วยเครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบอินฟาเรด
X_4	ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ	ใช้อุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์จากบริเวณรอบต้น 10 ต้นๆ ละ 3 จุด
X_5	อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม	ใช้อุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นจากบริเวณรอบต้น 10 ต้นๆ ละ 3 จุด
X_6	ความชื้นใต้ทรงพุ่ม	ใช้อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิจากบริเวณรอบต้น 10 ต้นๆ ละ 3 จุด
X_7	ความสูงต้น	วัดระยะความสูง 10 ต้นๆ ละ 3 จุด
X_8	ความกว้างทรงพุ่ม	วัดระยะความกว้างของทรงพุ่ม 10 ต้นๆ ละ 3 จุด
X_9	ปริมาณฝนต่อวัน	สถานีอุตุนิยมวิทยา จ.จันทบุรี จ.ระยอง และ จ.ตราด
X_{10}	อุณหภูมิสูงสุด	สถานีอุตุนิยมวิทยา จ.จันทบุรี จ.ระยอง และ จ.ตราด
X_{11}	อุณหภูมิต่ำสุด	สถานีอุตุนิยมวิทยา จ.จันทบุรี จ.ระยอง และ จ.ตราด

1.3 กำหนดระดับการวัดของตัวแปรทำนาย (X_1 – X_{11}) และความหมาย

ตารางที่ 2 การกำหนดตัวแปรทำนายระดับการให้ผลผลิตของทุเรียน

ชื่อตัวแปรทำนาย	ความหมาย	ระดับการวัด
X_1	ความอุดมสมบูรณ์ของดิน	1 = ต่ำมาก 2 = ต่ำ 3 = ปานกลาง 4 = สูง 5 = สูงมาก
X_2	ความเป็นกรดด่างของดิน	ค่าจริง (pH)
X_3	อุณหภูมิดิน	ค่าจริง (องศาเซลเซียส)
X_4	ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ	ค่าจริง (เปอร์เซ็นต์)
X_5	อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม	ค่าจริง (องศาเซลเซียส)
X_6	ความชื้นใต้ทรงพุ่ม	ค่าจริง (เปอร์เซ็นต์)
X_7	ความสูงต้น	ค่าจริง (เซนติเมตร)
X_8	ความกว้างทรงพุ่ม	ค่าจริง (เซนติเมตร)
X_9	ปริมาณฝน	ค่าจริง (มิลลิเมตร)
X_{10}	อุณหภูมิสูงสุด	ค่าจริง (องศาเซลเซียส)
X_{11}	อุณหภูมิต่ำสุด	ค่าจริง (องศาเซลเซียส)

2. กำหนดตัวแปรเกณฑ์

2.1 เก็บรวบรวมข้อมูลสถิติผลผลิตทุเรียนของจังหวัดจันทบุรี ระยอง และตราด (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) ระหว่างปี 2554 – 2558

ตารางที่ 3 สถิติผลผลิตทุเรียน ปี 2554 – 2558 (กิโลกรัม/ไร่)

จังหวัด	ปี 2554	ปี 2555	ปี 2556	ปี 2557	ปี 2558	ค่าเฉลี่ย
จันทบุรี	1,328	1,232	1,344	1,449	1,404	1,351.40
ระยอง	1,342	1,232	1,235	1,381	1,290	1,296.00
ตราด	1,262	1,198	1,229	1,385	1,379	1,290.60
ค่าเฉลี่ย	**1,310.67**	**1,220.67**	**1,269.33**	**1,405.00**	**1,357.67**	**1,312.67**

2.2 กำหนดระดับการวัดของตัวแปรเกณฑ์

กำหนดระดับการให้ผลผลิตทุเรียน ซึ่งเป็นตัวแปรเกณฑ์เป็น 3 ระดับ (1 - 3) คือ ให้ผลผลิตน้อย ปานกลาง และมาก (ตารางที่ 4)

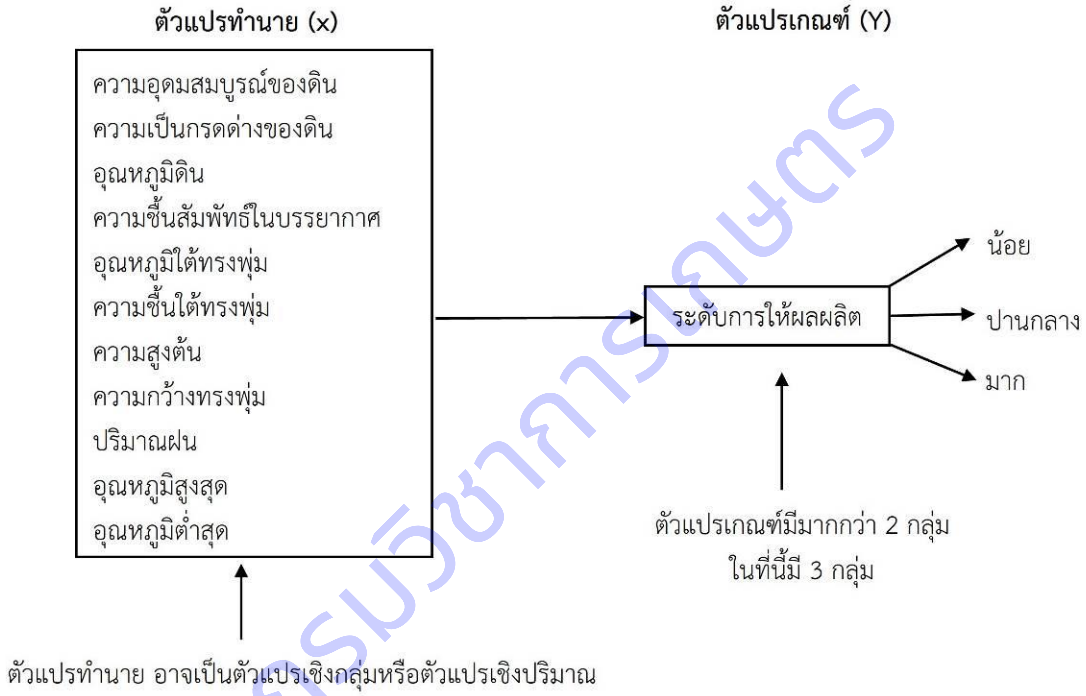
กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 4 การกำหนดตัวแปรเกณฑ์

ระดับการให้ผลผลิต (Y)	**ความหมาย**	**ช่วงผลผลิต (กก./ไร่)**
1	ให้ผลผลิตน้อย	$\leq$ 1,300
2	ให้ผลผลิตปานกลาง	1,301 – 1,700
3	ให้ผลผลิตมาก	>1,700

3. การวิเคราะห์โมเดล

วิเคราะห์การถดถอยโลจิสติค ระหว่างตัวแปรเกณฑ์ (ระดับการให้ผลผลิตทุเรียน) กับตัวแปรทำนาย (ข้อมูลจากแปลงเกษตรกรและข้อมูลอุตุนิยมวิทยา) ดังภาพที่ 2



กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 2 วิเคราะห์การถดถอยโลจิสติค ระหว่างตัวแปรเกณฑ์ (ระดับการให้ผลผลิตทุเรียน) กับตัวแปรทำนาย

4. การคำนวณความถูกต้องของการทำนาย

ความถูกต้อง (Accuracy) หมายถึง ค่าที่ได้จากการทำนายในแต่ละครั้งเข้าใกล้ค่าที่แท้จริงมากน้อยเพียงใด

% ความถูกต้อง = 100 - % ความคลาดเคลื่อน

โดยที่ % ความคลาดเคลื่อน = $\left| \frac{\text{ค่าที่แท้จริง} - \text{ค่าที่ทำนายได้}}{\text{ค่าที่ทำนายได้}} \right| \times 100$

เวลาและสถานที่

ระยะเวลาดำเนินการ ตุลาคม 2559 – กันยายน 2561

สถานที่ดำเนินการ แปลงเกษตรกรจังหวัดจันทบุรี ระยอง และตราด

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมวิชาการเกษตร

ผลการวิจัย (Results)

1. ลักษณะข้อมูลตัวแปรที่รวบรวมได้

1.1 ผลการสำรวจและรวบรวมข้อมูลตัวแปรทำนาย (X_1 – X_{11}) พบว่าตัวแปรทำนายหรือปัจจัยต่างๆ ที่คาดว่าจะมีผลต่อระดับการให้ผลผลิตทุเรียน (ตารางที่ 5) มีดังนี้

ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ส่วนมากอยู่ในระดับปานกลางจนถึงระดับสูง (ร้อยละ 43.0) ความเป็นกรดด่างของดิน (pH) มีค่ามากกว่า 7.0 (ร้อยละ 56.6) อุณหภูมิดิน อยู่ระหว่าง 26 - 30 องศาเซลเซียส (ร้อยละ 60.4) ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ (ร้อยละ 57.8) อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม อยู่ระหว่าง 31-35 องศาเซลเซียส (ร้อยละ 59.6) ความชื้นใต้ทรงพุ่ม อยู่ระหว่าง 56-75 เปอร์เซ็นต์ (ร้อยละ 55.6) ความสูงต้น อยู่ระหว่าง 801-1,100 เซนติเมตร (ร้อยละ 57.8) ความกว้างทรงพุ่ม อยู่ระหว่าง 801-1,100 เซนติเมตร (ร้อยละ 66.3) ปริมาณฝนต่อวัน ส่วนมากมีปริมาณน้อยกว่า 1.01 มิลลิเมตร (ร้อยละ 60.7) อุณหภูมิสูงสุด อยู่ระหว่าง 31-33 องศาเซลเซียส (ร้อยละ 37.4) อุณหภูมิต่ำสุด อยู่ระหว่าง 24-26 องศาเซลเซียส (ร้อยละ 47.8)

ตารางที่ 5 จำนวนและร้อยละของข้อมูลตัวแปรทำนายที่รวบรวมได้ของทุเรียน (N = 270)

ตัวแปรทำนาย		จันทบุรี	ระยอง	ตราด	รวม
X_1 ความอุดมสมบูรณ์ของดิน					
ต่ำมาก	จำนวน	12	20	27	59
	ร้อยละ	13.3	22.2	30.0	21.9
ต่ำ	จำนวน	22	29	22	73
	ร้อยละ	24.4	32.2	24.4	27.0
ปานกลาง	จำนวน	13	12	12	37
	ร้อยละ	14.4	13.4	13.4	13.7
สูง	จำนวน	33	20	26	79
	ร้อยละ	36.7	22.2	28.9	29.3
สูงมาก	จำนวน	10	9	3	22
	ร้อยละ	11.2	10.0	3.3	8.1
X_2 ความเป็นกรดด่างของดิน (pH)					
น้อยกว่า 6.1	จำนวน	21	17	17	55
	ร้อยละ	23.3	18.9	18.9	20.4
6.1 – 7.0	จำนวน	24	13	25	62
	ร้อยละ	26.7	14.4	27.8	23.0
มากกว่า 7.0	จำนวน	45	60	48	153
	ร้อยละ	50.0	66.	53.3	56.6

กรมวิชาการเกษตร

X_3 อุณหภูมิดิน (องศาเซลเซียส)					
น้อยกว่า 21	จำนวน	4	-	5	9
	ร้อยละ	4.4		5.6	3.3
21 – 25	จำนวน	34	19	38	91
	ร้อยละ	37.8	21.1	42.2	33.7
26 – 30	จำนวน	50	68	45	163
	ร้อยละ	55.6	75.6	50.0	60.4
มากกว่า 30	จำนวน	2	3	2	7
	ร้อยละ	2.2	3.3	2.2	2.6
X_4 ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ (เปอร์เซ็นต์)					
น้อยกว่า 71	จำนวน	10	11	6	27
	ร้อยละ	11.1	12.2	6.7	10.0
71 - 80	จำนวน	10	43	34	87
	ร้อยละ	11.1	47.8	37.8	32.2
มากกว่า 80	จำนวน	70	36	50	153
	ร้อยละ	77.8	40.0	55.5	57.8
X_5 อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม (องศาเซลเซียส)					
น้อยกว่า 26	จำนวน	14	1	17	32
	ร้อยละ	15.6	1.1	18.9	11.9
26 – 30	จำนวน	18	24	17	59
	ร้อยละ	20.0	26.6	18.9	21.8
31 – 35	จำนวน	55	57	18.9	161
	ร้อยละ	61.1	63.4	54.4	59.6
มากกว่า 35	จำนวน	3	8	7	18
	ร้อยละ	3.3	8.9	7.8	6.7
X_6 ความชื้นใต้ทรงพุ่ม (เปอร์เซ็นต์)					
น้อยกว่า 36	จำนวน	7	-	-	7
	ร้อยละ	7.8			2.5
36 – 55	จำนวน	20	24	28	72
	ร้อยละ	22.2	26.7	31.1	26.7
56 – 75	จำนวน	44	59	47	150
	ร้อยละ	48.9	65.5	52.2	55.6

กรมวิชาการเกษตร

มากกว่า 75	จำนวน	19	7	15	41
	ร้อยละ	21.1	7.8	16.7	15.2
X_7 ความสูงต้น (เซนติเมตร)					
น้อยกว่า 501	จำนวน	-	-	2	2
	ร้อยละ			2.2	0.7
501 - 800	จำนวน	26	24	5.2	102
	ร้อยละ	28.9	26.7	57.8	37.8
801 -1,100	จำนวน	56	65	35	156
	ร้อยละ	62.2	72.2	38.9	57.8
มากกว่า 1,100	จำนวน	8	1	1	10
	ร้อยละ	8.9	1.1	1.1	3.7
X_8 ความกว้างทรงพุ่ม (เซนติเมตร)					
น้อยกว่า 501	จำนวน	1	-	3	4
	ร้อยละ	1.1	12	3.3	1.5
501 - 800	จำนวน	23	13.3	45	80
	ร้อยละ	25.6	13.3	50.0	29.6
801 -1,100	จำนวน	60	78	41	179
	ร้อยละ	66.6	86.7	45.6	66.3
มากกว่า 1,100	จำนวน	6	-	1	7
	ร้อยละ	6.7		1.1	2.6
X_9 ปริมาณฝนต่อวัน (มิลลิเมตร)					
น้อยกว่า 1.01	จำนวน	56	67	41	164
	ร้อยละ	62.3	74.5	45.6	60.8
1.01 – 5.00	จำนวน	4	1	19	36
	ร้อยละ	4.4	14.4	21.1	13.3
5.01 – 10.00	จำนวน	20	16	10	40
	ร้อยละ	22.2	11.1	11.1	14.8
10.01 – 15.00	จำนวน	10	-	1	11
	ร้อยละ	11.1		1.1	4.1
มากกว่า 15.00	จำนวน	-	-	19	19
	ร้อยละ			21.1	7.0

กรมวิชาการเกษตร

X_{10} อุณหภูมิสูงสุด (องศาเซลเซียส)					
น้อยกว่า 31	จำนวน	18	18	35	71
	ร้อยละ	20.0	20.0	38.9	26.3
31 - 33	จำนวน	38	41	22	1.1
	ร้อยละ	42.2	45.6	24.4	37.4
มากกว่า 33	จำนวน	34	31	33	98
	ร้อยละ	37.8	34.4	36.7	36.3
X_{11} อุณหภูมิต่ำสุด (องศาเซลเซียส)					
น้อยกว่า 21	จำนวน	20	10	16	46
	ร้อยละ	22.2	11.1	17.8	17.0
21 – 23	จำนวน	17	-	14	31
	ร้อยละ	18.9		15.6	11.5
24 – 26	จำนวน	43	26	60	129
	ร้อยละ	47.8	28.9	66.6	47.8
มากกว่า 26	จำนวน	10	54	-	64
	ร้อยละ	11.1	60.0		23.7

1.2 ผลการสำรวจและรวบรวมข้อมูลตัวแปรเกณฑ์ (Y) ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การกำหนดตัวแปรเกณฑ์ของระดับการให้ผลผลิตทุเรียน

ตัวแปรเกณฑ์		จันทบุรี	ระยอง	ตราด	รวม
ระดับการให้ผลผลิต					
น้อย	จำนวน	22	20	21	63
	ร้อยละ	24.4	22.2	23.3	23.3
ปานกลาง	จำนวน	13	27	29	69
	ร้อยละ	14.4	30.0	32.3	25.6
มาก	จำนวน	55	43	40	138
	ร้อยละ	61.2	47.8	44.4	51.1

กรมวิชาการเกษตร

2. การวิเคราะห์สมการถดถอยโลจิสติค

ผลการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติคระหว่างตัวแปรทำนาย (ข้อมูลจากแปลงเกษตรกรและข้อมูลอุตุนิยมวิทยา) กับตัวแปรเกณฑ์ (ระดับการให้ผลผลิตทุเรียน) ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติคระหว่างตัวแปรทำนายต่างๆ กับตัวแปรเกณฑ์ (ระดับการให้ผลผลิตทุเรียน)

	ตัวแปร	สัมประสิทธิ์	อัตราส่วน Odds	Z	นัยสำคัญของ Z	ช่วงความเชื่อมั่น 95%
	ค่าคงที่ (1)	5.76		1.02	0.310	
	ค่าคงที่ (2)	7.49		1.32	0.188	
X_1	ความอุดมสมบูรณ์ของดิน	0.33	1.39	2.38	0.017	1.06-1.82
X_2	ความเป็นกรดด่างของดิน	-0.55	0.58	-1.84	0.066	0.32-1.04
X_3	อุณหภูมิดิน	-0.08	0.93	-1.12	0.262	0.81-1.06
X_4	ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ	-0.05	0.95	-1.43	0.152	0.89-1.02
X_5	อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม	0.35	1.42	5.21	0.000*	1.24-1.62
X_6	ความชื้นใต้ทรงพุ่ม	0.01	1.01	0.45	0.655	0.97-1.05
X_7	ความสูงต้น	-0.00	1.00	-0.12	0.908	1.00-1.00
X_8	ความกว้างทรงพุ่ม	-0.00	1.00	-1.58	0.113	1.00-1.00
X_9	ปริมาณฝน	0.13	1.13	4.57	0.000*	1.07-1.20
X_{10}	อุณหภูมิสูงสุด	-0.40	0.67	-3.41	0.001*	0.53-0.84
X_{11}	อุณหภูมิต่ำสุด	0.16	1.17	1.97	0.048	1.00-1.37

* นัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.01

กรมวิชาการเกษตร

3. โมเดลทำนายระดับการให้ผลผลิตทุเรียน

จากตารางที่ 7 ตัวแปรทำนายที่มีผลต่อระดับการให้ผลผลิตทุเรียนอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.01อธิบายได้ดังนี้

อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม (X_5) เมื่อเพิ่มขึ้นมีความน่าจะเป็นที่ให้ระดับการให้ผลผลิตทุเรียนเพิ่มขึ้นกว่าตัวแปรทำนายอื่นๆ 0.35 เท่า

ปริมาณฝน (X_9) เมื่อเพิ่มขึ้นมีความน่าจะเป็นที่ระดับการให้ผลผลิตทุเรียนเพิ่มขึ้นกว่าตัวแปรทำนายอื่นๆ 0.13 เท่า

อุณหภูมิสูงสุด (X_{10}) เมื่อเพิ่มขึ้นมีความน่าจะเป็นที่ระดับการให้ผลผลิตทุเรียนลดลงร้อยละ 60

ได้สมการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติค คือ

$$\text{Logit} = 0.35_{\text{อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม}} + 0.13_{\text{ปริมาณฝน}} - 0.4_{\text{อุณหภูมิสูงสุด}}$$

โดยที่ ความน่าจะเป็นที่ให้ผลผลิตน้อย = P (Y ≤ 5.76)

ความน่าจะเป็นที่ให้ผลผลิตปานกลาง = P (7.49 < Y ≤ 5.76)

ความน่าจะเป็นที่ให้ผลผลิตมาก = P (7.49 < Y)

4. การทดสอบความถูกต้องของโมเดล

ข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากแปลงทุเรียนของเกษตรกร จังหวัดระยอง ปี 2562 รายหนึ่ง ได้ค่าเฉลี่ย จาก 30 ต้น ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากแปลงทุเรียนของเกษตรกร จังหวัดระยอง ปี 2562

ตัวแปร	ค่าเฉลี่ย
อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม (องศาเซลเซียส)	32.67
ปริมาณฝน (มิลลิลิตร)	0.95
อุณหภูมิสูงสุด (องศาเซลเซียส)	29.75

นำข้อมูลตัวแปรมาเข้าสมการถดถอยโลจิสติค ดังนี้

Logit = (0.35 x 32.67) + (0.13 x 0.95) – (0.4 x 29.75)

= 11.43 + 0.12 – 11.90

= -0.35

ความน่าจะเป็นของระดับการให้ผลผลิตทุเรียน

$$P(y) = \frac{1}{1+e^{-z}}$$

$$= \frac{1}{1+e^{0.35}}$$

$$= \frac{1}{1+2.71828^{0.35}}$$

$$= \frac{1}{1+1.4191}$$

$$= \frac{1}{2.4191} \qquad = 0.41$$

กรมวิชาการเกษตร

เมื่อเทียบกับโมเดลได้ค่า P (Y ≤ 5.76) สรุปได้ว่า แปลงทุเรียนของเกษตรกรจังหวัดระยองรายนี้มีความน่าจะเป็นที่จะให้ผลผลิตในระดับน้อย (ผลผลิตน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1,300 กิโลกรัม/ไร่) และจากสถิติการปลูกพืช ปี 2562 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2563) ผลผลิตเฉลี่ยของทุเรียนจังหวัดระยอง 1,677 กิโลกรัม/ไร่

% ความถูกต้อง = 100 - % ความคลาดเคลื่อน

% ความคลาดเคลื่อน = $\left| \dfrac{\text{ค่าที่แท้จริง} - \text{ค่าที่ทำนายได้}}{\text{ค่าที่ทำนายได้}} \right| \times 100$

$= \left| \dfrac{1,677 - 1,300}{1,300} \right| \times 100 = 29\ \%$

% ความถูกต้อง = 100 - 29

= 71

อภิปรายผล (Discussion)

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับทุเรียนต้องมีแหล่งน้ำจืดให้ต้นทุเรียนได้เพียงพอตลอดปี ทุเรียนชอบอากาศร้อนชื้น อุณหภูมิที่เหมาะสมประมาณ 25-30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ 75-85 % ถ้าปลูกในพื้นที่ที่มีอากาศแห้งแล้ง มีอากาศร้อนจัดเย็นจัด และมีลมแรง จะพบปัญหาใบไหม้หรือใบร่วง ต้นทุเรียนไม่เจริญเติบโตหรือเติบโตช้าให้ผลผลิตช้าและน้อยไม่คุ้มต่อการลงทุน และควรเป็นดินร่วน ดินร่วนปนทราย ดินเหนียวปนทราย ที่มีการระบายน้ำดีและมีหน้าดินลึก เพราะทุเรียนเป็นพืชที่อ่อนแอต่อสภาพน้ำขัง ความเป็นกรดด่างของดินอยู่ระหว่าง 5.5-6.5 ถ้าจำเป็นต้องปลูกทุเรียนในสภาพดินทราย จำเป็นต้องนำหน้าดินจากแหล่งอื่นมาเสริม ต้องใส่ปุ๋ยคอกและต้องดูแลเรื่องการให้น้ำมากเป็นพิเศษ แหล่งน้ำต้องพอเพียง (กรมวิชาการเกษตร, 2547) ในการวิจัยนี้มีการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการให้ผลผลิตของทุเรียน ดังนี้

อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม อยู่ระหว่าง 31-35 องศาเซลเซียส

ปริมาณฝน น้อยกว่า 1.0 มิลลิเมตร ต่อวัน

อุณหภูมิสูงสุด อยู่ระหว่าง 31-33 องศาเซลเซียส

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

การทดลองนี้ทำให้ทราบถึงปัจจัยที่มีผลต่อระดับการให้ผลผลิตของทุเรียนอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ คือ อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม ปริมาณฝน และอุณหภูมิสูงสุด และได้โมเดลวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติคที่มีความถูกต้องของการทำนายระดับการให้ผลผลิตทุเรียนร้อยละ 71

กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 2

ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการให้ผลผลิตมังคุด

The Study of Factors of Mangosteen Production for Yield Prediction Model

สุรพงษ์ ประสิทธิ์วัฒนเสรี นครินทร์ทิพย์ พุทธสิทธิ์ กฤษณา แสงดี นวลมณี พรหมนิล สุวิชา อ่อนเฉียบ
วีรศักดิ์ ขุนชำนาญ ธีรภัทร ธรรมไชยางกูร ยรรยง พันธ์พฤกษ์

คำสำคัญ

มังคุด จักรกลการเรียนรู้ โมเดลการทำนาย สมการถดถอยโลจิสติค

Key words

Mangosteen, Machine Learning, Model, Logistic Regression

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษา วิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับผลผลิตมังคุดเพื่อจัดทำโมเดลทำนายระดับการให้ผลผลิตมังคุด ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี ระยอง และตราด ระหว่างปี 2559 – 2561 เลือกใช้โมเดลการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีการฝึก (Supervised Machine Learning) ดำเนินการประเมินปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับการให้ผลผลิต 3 ระดับ (น้อย ปานกลาง และมาก) โดยวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติคเพื่อทำนายความน่าจะเป็นในการให้ผลผลิตระดับใด ชุดข้อมูลที่ใช้รวม 270 ชุดข้อมูล พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อระดับการให้ผลผลิตมังคุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 คือ อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม ความชื้นใต้ทรงพุ่ม ความสูงต้น และปริมาณฝน โมเดลการทำนายระดับการให้ผลผลิตมังคุด คือ $\text{Logit} = -0.19_{\text{อุณหภูมิดิน}} + 0.35_{\text{อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม}} - 0.05_{\text{ความชื้นใต้ทรงพุ่ม}} - 0.01_{\text{ความสูงต้น}} + 0.17_{\text{ปริมาณฝน}}$ มีค่าความถูกต้องของการทำนาย 77.11 เปอร์เซ็นต์

Abstract

The study on analyzing factors of mangosteen production aims to create model of mangosteen production level prediction. Data were collected in Chanthaburi, Rayong, and Trad province between 2016 - 2018. Mangosteen production were labelled as 3 levels (low, moderate, and high), then used logistic regression model to predict production level. Factors found to affect mangosteen production level were tree temperature, tree humidity, tree height, and rainfall per day ($P<0.05$). Predictive analytic model is $\text{Logit} = -0.19_{\text{soil termp}} + 0.35_{\text{tree termp}} - 0.05_{\text{tree humidity}} - 0.01_{\text{tree height}} + 0.17_{\text{rainfall}}$ and has 77.11 % accuracy.

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ (Introduction)

มังคุด มีพื้นที่การผลิตประมาณ 412,952 ไร่ ผลิตได้ 290,306 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 703 กิโลกรัมต่อไร่ มีแหล่งเพาะปลูก 5 อันดับแรก คือ จันทบุรี นครศรีธรรมราช ชุมพร ตราด และระยอง การบริโภคภายในประเทศประเภทมังคุดสดและผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นจากปีที่ผ่านมา ส่วนการส่งออกมังคุดสดและผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของผลผลิต ประกอบกับความต้องการของตลาด ยังคงมีอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะมังคุดที่มีคุณภาพดี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557)

ปัญหาการผลิตไม้ผลของประเทศไทยตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา ส่วนใหญ่มาจากการขยายพื้นที่เพาะปลูกโดยไม่คำนึงว่าที่ดินเหล่านั้นจะเหมาะสมกับการผลิตหรือไม่ ทำให้ประสบปัญหาและส่งผลกระทบต่อการตลาดและราคา รวมถึงสภาพดินฟ้าอากาศที่แปรปรวนในช่วงเดือนที่ไม้ผลกำลังติดดอกออกผลทำให้ผลผลิตร่วงหล่นเสียหาย ดังนั้น การวางแผนและนโยบายภาครัฐจึงได้เน้นเรื่องคุณภาพ ปริมาณ และการสร้างมูลค่าเพิ่ม เช่น การส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพผลผลิตสู่มาตรฐานการผลิตพืช (GAP) และมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ ส่งเสริมเกษตรกรให้รวมกลุ่มเพื่อผลิตไม้ผลในลักษณะแปลงใหญ่ อบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยี ทั้งนี้ การวางแผนดังกล่าวย่อมต้องการข้อมูลสารสนเทศประกอบการตัดสินใจ ข้อมูลสารสนเทศควรถูกต้อง ครบถ้วน ปรับปรุงข้อมูลให้ตรงกับสถานการณ์และสถานภาพที่เป็นปัจจุบันการพัฒนาและจัดทำโมเดล เพื่อใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์และวางแผนการผลิตพืช แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้ทันกับเหตุการณ์และวางแผนล่วงหน้าได้ ทั้งนี้ เพื่อให้เกษตรกรได้มีแนวทางเลือกเพาะปลูกพืช และเลือกใช้เทคโนโลยีและการบริหารจัดการการผลิตพืชที่เหมาะสม

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้ผลผลิตมังคุดเพื่อสร้างโมเดลทำนายระดับการให้ผลผลิตมังคุดในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี ระยอง และตราด สามารถนำโมเดลไปใช้ประกอบการตัดสินใจวางแผนการผลิตได้เป็นอย่างดี และมีความเข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการผลิตมังคุด ทั้งปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ เช่นธาตุอาหารพืช ปุ๋ย น้ำ และปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุม เช่นสภาพพื้นที่ สภาพอากาศ เป็นการใช้ประโยชน์จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทำนายการให้ผลผลิตวางแผนพัฒนา และส่งเสริม แนะนำการใช้องค์ความรู้และเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมังคุดต่อไป

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ผลผลิตของพืชขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆ อย่างที่เกี่ยวข้องกับดิน สภาพพื้นที่ สภาพอากาศ การดูแลรักษาแปลง เมื่อนำข้อมูลปัจจัยเหล่านั้นมาวิเคราะห์ทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ที่ส่งผลต่อระดับการให้ผลผลิต รวมถึงสามารถจัดทำโมเดลทำนายผลผลิตโดยการใช้แนวทางการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine learning) ขั้นตอนการสร้างโมเดลการเรียนรู้ของเครื่อง (ไพรสันต์, 2563) มีดังนี้

1. ทำความเข้าใจข้อมูล (data understanding) อธิบายชุดข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับสร้างโมเดล ประเภทของข้อมูล และแสดงผลข้อมูลในรูปแบบของกราฟ

กรมวิชาการเกษตร

2. การเตรียมข้อมูล (data preprocessing) เตรียมข้อมูลให้พร้อมสำหรับสร้างโมเดล โดยการทำความสะอาดข้อมูล (data cleaning) การจัดการกับข้อมูลที่ขาดหายไปและการจัดการเก็บข้อมูลที่ผิดปกติ

การจัดการกับข้อมูลเพื่อให้สามารถนำไปวิเคราะห์ได้

2.1 การแปลงข้อมูลแบบนามบัญญัติ

2.2 การแปลงข้อมูลตัวเลขต่อเนื่องให้เป็นแบบลำดับ

2.3 การปรับระดับของข้อมูลให้อยู่ในช่วงที่ต้องการ เช่น [0,1] หรือ [-1,+1]

3. การสร้างโมเดลและการประเมินผล (model training and model evaluation)

3.1 การสร้างโมเดลการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีการฝึก (Supervised learning) จะต้องมีข้อมูลจริงและระบุสิ่งที่ต้องการทำนาย (target) ไว้ก่อนล่วงหน้า และสร้างโมเดลขึ้นมาจากข้อมูลเหล่านั้น หลังจากนั้นนำข้อมูลใหม่เข้ามาเพื่อให้โมเดลทำนาย

3.2 การสร้างโมเดลการเรียนรู้ของเครื่องแบบไม่มีการฝึก (Unsupervised learning) ข้อมูลที่มีอยู่ไม่สามารถระบุผลลัพธ์ (target) ได้

การถดถอยโลจิสติค (Logistic Regression) เป็นโมเดลการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีการฝึกที่นิยมใช้สำหรับปัญหาการจำแนกประเภท (classification) ซึ่งเป็นปัญหาที่มีตัวแปรเกณฑ์ (target variable) เป็นตัวแปรแบบไม่ต่อเนื่อง (discrete variable) เช่น การจำแนกผลผลิตน้อย/มาก การทำนายสภาพอากาศในวันพรุ่งนี้โดยคำทำนายที่เป็นไปได้ คือ ฝนตก แดดแรง มีเมฆมาก เป็นต้น

การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติคแบบลำดับ (Ordinal Logistic Regression) ใช้กับตัวแปรเกณฑ์ที่แบ่งเป็นกลุ่มมากกว่า 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ปรากฏเหตุการณ์ที่สนใจมีค่าเป็น 1, 2, 3,..., k โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติคแบบลำดับ (กัลยา, 2550) ดังนี้

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรทำนายที่มีต่อความน่าจะเป็นที่เกิดเหตุการณ์ (ตัวแปรเกณฑ์) พร้อมทั้งศึกษาระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรทำนายแต่ละตัว

2. เพื่อทำนายความน่าจะเป็นที่เกิดเหตุการณ์ที่สนใจจากสมการที่เหมาะสม หรือใช้สมการโดยการเลือกตัวแปรทำนายที่เหมาะสม เพื่อทำให้เปอร์เซ็นต์ของความถูกต้องในการทำนายมีค่าสูงสุด

โมเดลการวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติค

$$\text{ความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์} = \frac{1}{1+e^{-z}}$$

$$\text{ความน่าจะเป็นของการไม่เกิดเหตุการณ์} = \frac{1}{1+e^{z}}$$

โดยสมการเชิงเส้น

$Z = b_0 + b_1x$ กรณีตัวแปรทำนาย 1 ตัว

$Z = b_0 + b_1x_1 + b_1x_1 + \ldots + b_px_p$ กรณีตัวแปรทำนาย p ตัว

เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเกณฑ์และตัวแปรทำนายของโมเดลการวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติค ไม่อยู่ในรูปเชิงเส้น จึงมีการปรับโดยกำหนดค่า odds ratio

$$\text{odds ratio} = \frac{\text{ความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ}}{\text{ความน่าจะเป็นของการไม่เกิดเหตุกรณ์ที่สนใจ}}$$ ย 1 ตัว

odds $= e^{b_0+b_1x_1+b_2x_2+\cdots+b_px_p}$ กรณีตัวแปรทำนาย p ตัว

จะได้โมเดลในรูปลอการิทึมธรรมชาติ (natural logarithm) ของ odds หรือ logit ดังสมการ

$ln(odds) = logit = b_0 + b_1x_1$ กรณีตัวแปรทำนาย 1 ตัว

$ln(odds) = logit = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \cdots + b_px_p$ กรณีตัวแปรทำนาย p ตัว

กรมวิชาการเกษตร

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

อุปกรณ์และวิธีการ

1. เครื่องเจาะดิน
2. อุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นในดิน
3. อุปกรณ์ตรวจวัดความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารในดิน
4. อุปกรณ์ตรวจวัดความเป็นกรดเป็นด่างของดิน
5. อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิแบบอินฟาเรด
6. อุปกรณ์วัดระยะทางแบบอัลตราโซนิก
7. วัสดุสำรวจ (ตลับเมตร, กล้องถ่ายรูป, กล้องส่องทางไกล)
8. วัสดุสำนักงานและคอมพิวเตอร์ (กระดาษ หมึกพิมพ์ Handy Drive ฯลฯ)

วิธีการ

1. กำหนดตัวแปรทำนาย

1.1 เก็บรวบรวมข้อมูลจากแปลงมังคุดของเกษตรกรในจังหวัดจันทบุรีจำนวน 10 แปลง จังหวัดระยอง จำนวน 10 แปลง และจังหวัดตราด จำนวน 10 แปลง ใช้วิธีคัดเลือกแปลงโดยการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple Random Sampling) เดินทางไปเก็บข้อมูล 3 ช่วง คือ ระยะก่อนการให้ผลผลิต ระยะการให้ผลผลิต และระยะหลังการให้ผลผลิต เป็นเวลา 3 ปี รวมจังหวัดละ 90 ข้อมูล โดยใช้ข้อมูลตัวแปรทำนาย (X_1- X_8) จังหวัดละ 8 ตัวแปร รวม 720 ข้อมูล (ตารางที่ 9)

1.2 เก็บรวบรวมข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยาจันทบุรี สถานีอุตุนิยมวิทยาระยอง และสถานีอุตุนิยมวิทยาตราด ตรงกับวันที่เดินทางไปเก็บข้อมูลแปลงมังคุดของเกษตรกร โดยได้ข้อมูลตัวแปรทำนาย (X_9 - X_{11}) จังหวัดละ 3 ตัวแปร รวม 270 ข้อมูล (ตารางที่ 9) รวมจำนวนข้อมูลตัวแปรทำนายทั้งหมด 990 ข้อมูล

ตารางที่ 9 ข้อมูลตัวแปรทำนายระดับการให้ผลผลิตของมังคุด และแหล่งของข้อมูล

ชื่อตัวแปร	ตัวแปร	แหล่งของข้อมูล
X_1	ความอุดมสมบูรณ์ของดิน	เจาะดินบริเวณรอบต้น 10 ต้นๆ ละ 3 จุด ที่ระดับความลึก 0-15 ซม. และ 15–30 ซม. เก็บตัวอย่างดินไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ RapidTest
X_2	ความเป็นกรดด่างของดิน	เจาะดินบริเวณรอบต้น 10 ต้นๆ ละ 3 จุด ที่ระดับความ

กรมวิชาการเกษตร

ชื่อตัวแปร	ตัวแปร	แหล่งของข้อมูล
		ลึก 0-15 ซม. และ 15–30 ซม. เก็บตัวอย่างดินไปวิเคราะห์ ด้วยเครื่องมือ RapidTest
X_3	อุณหภูมิดิน	ใช้อุปกรณ์เจาะลงในดินบริเวณรอบต้น 10 ต้นๆ ละ 3 จุด แล้ววัดอุณหภูมิด้วยเครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบอินฟาเรด
X_4	ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ	ใช้อุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์จากบริเวณรอบต้น 10 ต้นๆ ละ 3 จุด
X_5	อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม	ใช้อุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นจากบริเวณรอบต้น 10 ต้นๆ ละ 3 จุด
X_6	ความชื้นใต้ทรงพุ่ม	ใช้อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิจากบริเวณรอบต้น 10 ต้นๆ ละ 3 จุด
X_7	ความสูงต้น	วัดระยะความสูง 10 ต้นๆ ละ 3 จุด
X_8	ความกว้างทรงพุ่ม	วัดระยะความกว้างของทรงพุ่ม 10 ต้นๆ ละ 3 จุด
X_9	ปริมาณฝนต่อวัน	สถานีอุตุนิยมวิทยา จ.จันทบุรี จ.ระยอง และ จ.ตราด
X_{10}	อุณหภูมิสูงสุด	สถานีอุตุนิยมวิทยา จ.จันทบุรี จ.ระยอง และ จ.ตราด
X_{11}	อุณหภูมิต่ำสุด	สถานีอุตุนิยมวิทยา จ.จันทบุรี จ.ระยอง และ จ.ตราด

1.3 กำหนดระดับการวัดของตัวแปรทำนาย (X_1 – X_{11}) และความหมาย ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 การกำหนดตัวแปรทำนายระดับการให้ผลผลิตของมังคุด

ชื่อตัวแปรทำนาย	ความหมาย	ระดับการวัด
X_1	ความอุดมสมบูรณ์ของดิน	1 = ต่ำมาก 2 = ต่ำ 3 = ปานกลาง 4 = สูง 5 = สูงมาก

กรมวิชาการเกษตร

X_2	ความเป็นกรดด่างของดิน	ค่าจริง (pH)
X_3	อุณหภูมิดิน	ค่าจริง (องศาเซลเซียส)
X_4	ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ	ค่าจริง (เปอร์เซ็นต์)
X_5	อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม	ค่าจริง (องศาเซลเซียส)
X_6	ความชื้นใต้ทรงพุ่ม	ค่าจริง (เปอร์เซ็นต์)
X_7	ความสูงต้น	ค่าจริง (เซนติเมตร)
X_8	ความกว้างทรงพุ่ม	ค่าจริง (เซนติเมตร)
X_9	ปริมาณฝน	ค่าจริง (มิลลิเมตร)
X_{10}	อุณหภูมิสูงสุด	ค่าจริง (องศาเซลเซียส)
X_{11}	อุณหภูมิต่ำสุด	ค่าจริง (องศาเซลเซียส)

2. กำหนดตัวแปรเกณฑ์

2.1 เก็บรวบรวมข้อมูลสถิติผลผลิตมังคุดของจังหวัดจันทบุรี ระยอง และตราด (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) ระหว่างปี 2554 – 2558

ตารางที่ 11 สถิติผลผลิตมังคุด ปี 2554 – 2558 (กิโลกรัม/ไร่)

จังหวัด	**ปี 2554**	**ปี 2555**	**ปี 2556**	**ปี 2557**	**ปี 2558**	**ค่าเฉลี่ย**
จันทบุรี	675	588	865	812	640	716.00
ระยอง	790	597	828	744	545	700.80
ตราด	608	510	790	706	544	631.60
ค่าเฉลี่ย	691.00	565.00	827.67	754.00	576.33	682.80

2.2 กำหนดระดับการวัดของตัวแปรเกณฑ์

กำหนดระดับการให้ผลผลิตมังคุด ซึ่งเป็นตัวแปรเกณฑ์เป็น 3 ระดับ (1 - 3) คือ ให้ผลผลิตน้อย ปานกลาง และมาก (ตารางที่ 12)

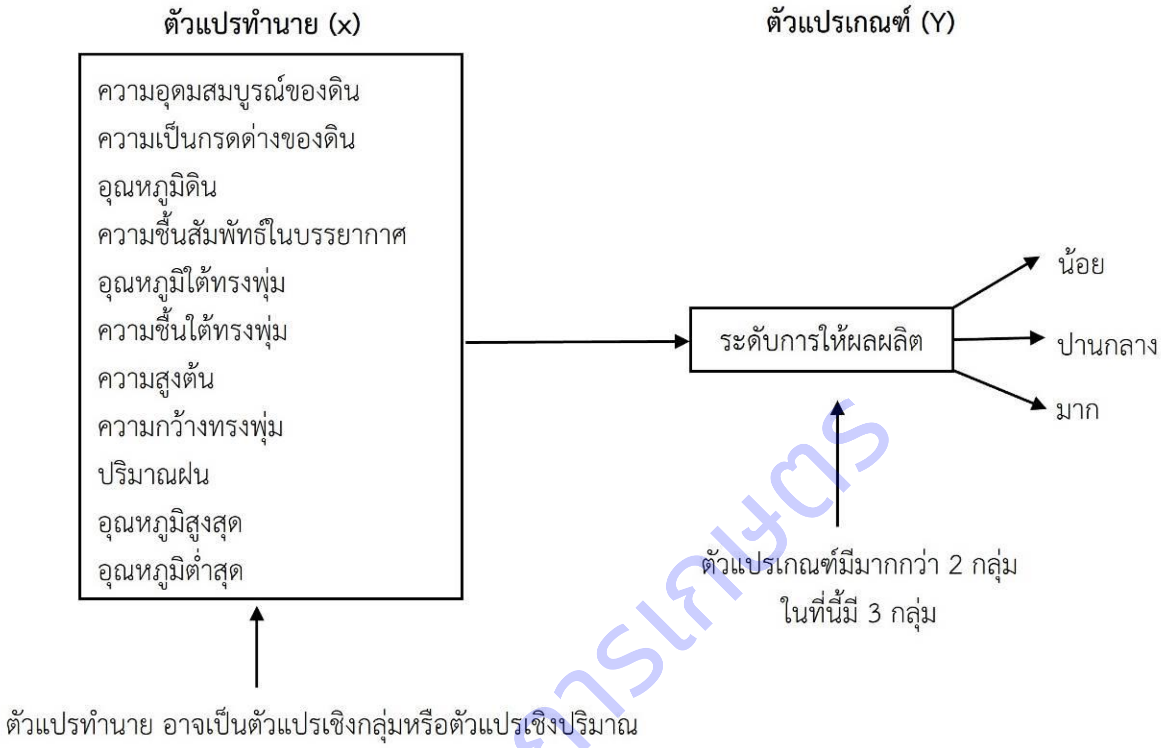
ตารางที่ 12 การกำหนดตัวแปรเกณฑ์ของระดับการให้ผลผลิตมังคุด

ระดับการให้ผลผลิต (Y)	**ความหมาย**	**ช่วงผลผลิต (กก./ไร่)**
1	ให้ผลผลิตน้อย	≤ 700
2	ให้ผลผลิตปานกลาง	701 – 900
3	ให้ผลผลิตมาก	> 900

กรมวิชาการเกษตร

3. การวิเคราะห์โมเดล

วิเคราะห์การถดถอยโลจิสติค ระหว่างตัวแปรเกณฑ์ (ระดับการให้ผลผลิตมังคุด) กับตัวแปรทำนาย (ข้อมูลจากแปลงเกษตรกรและข้อมูลอุตุนิยมวิทยา) ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 วิเคราะห์การถดถอยโลจิสติค ระหว่างตัวแปรเกณฑ์ (ระดับการให้ผลผลิตมังคุด) กับตัวแปรทำนาย

4. การคำนวณความถูกต้องของการทำนาย

ความถูกต้อง (Accuracy) หมายถึง ค่าที่ได้จากการทำนายในแต่ละครั้งเข้าใกล้ค่าที่แท้จริงมากน้อยเพียงใด

$$\%\text{ ความถูกต้อง} = 100 - \%\text{ ความคลาดเคลื่อน}$$

โดยที่ $$\%\text{ ความคลาดเคลื่อน} = \left|\frac{\text{ค่าที่แท้จริง} - \text{ค่าที่ทำนายได้}}{\text{ค่าที่ทำนายได้}}\right| \times 100$$

เวลาและสถานที่

ระยะเวลาดำเนินการ ตุลาคม 2559 – กันยายน 2561

สถานที่ดำเนินการ แปลงเกษตรกรจังหวัดจันทบุรี ระยอง และตราด

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมวิชาการเกษตร

กรมวิชาการเกษตร

ผลการวิจัย (Results)

1. ลักษณะข้อมูลตัวแปรที่รวบรวมได้

1.1 ผลการสำรวจและรวบรวมข้อมูลตัวแปรทำนาย (X_1 – X_{11}) พบว่าตัวแปรทำนายหรือปัจจัยต่างๆ ที่คาดว่าจะมีผลต่อระดับการให้ผลผลิตมังคุด (ตารางที่ 13) มีดังนี้

ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ส่วนมากอยู่ในระดับต่ำจนถึงระดับสูง (ร้อยละ 68.14) ความเป็นกรดด่างของดิน (pH) มีค่ามากกว่า 7.0 (ร้อยละ 48.15) อุณหภูมิดิน อยู่ระหว่าง 21-25 องศาเซลเซียส (ร้อยละ 66.30) ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ (ร้อยละ 61.48) อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม อยู่ระหว่าง 31-35 องศาเซลเซียส (ร้อยละ 52.68) ความชื้นใต้ทรงพุ่ม อยู่ระหว่าง 56-75 เปอร์เซ็นต์ (ร้อยละ 48.15) ความสูงต้น อยู่ระหว่าง 501-800 เซนติเมตร (ร้อยละ 78.89) ความกว้างทรงพุ่ม อยู่ระหว่าง 501-800 เซนติเมตร (ร้อยละ 70) ปริมาณฝนต่อวัน ส่วนมากมีปริมาณ น้อยกว่า 1.0 มิลลิเมตร (ร้อยละ 54.81) อุณหภูมิสูงสุด อยู่ระหว่าง 31-33 องศาเซลเซียส (ร้อยละ 55.56) อุณหภูมิต่ำสุด อยู่ระหว่าง 24-26 องศาเซลเซียส (ร้อยละ 60)

ตารางที่ 13 จำนวนและร้อยละของข้อมูลตัวแปรทำนายที่รวบรวมได้ (N = 270)

ตัวแปรทำนาย		จันทบุรี	ระยอง	ตราด	รวม
X_1 ความอุดมสมบูรณ์ของดิน					
ต่ำมาก	จำนวน	17	14	18	49
	ร้อยละ	18.89	15.55	20.00	18.15
ต่ำ	จำนวน	19	22	24	65
	ร้อยละ	21.11	24.44	26.67	24.08
ปานกลาง	จำนวน	24	15	23	62
	ร้อยละ	26.67	16.67	25.56	22.96
สูง	จำนวน	20	23	14	57
	ร้อยละ	22.22	25.56	15.56	21.11
สูงมาก	จำนวน	10	16	11	37
	ร้อยละ	11.11	17.78	12.22	13.70
X_2 ความเป็นกรดด่างของดิน (pH)					
น้อยกว่า 6.1	จำนวน	17	20	17	54
	ร้อยละ	18.89	22.22	18.89	20.00
6.1 – 7.0	จำนวน	31	32	23	86
	ร้อยละ	34.44	35.56	25.55	31.85
มากกว่า 7.0	จำนวน	42	38	50	130
	ร้อยละ	46.67	42.22	55.56	48.15

กรมวิชาการเกษตร

ตัวแปรทำนาย		จันทบุรี	ระยอง	ตราด	รวม
X_3 อุณหภูมิดิน (องศาเซลเซียส)					
น้อยกว่า 21	จำนวน	8	1	7	16
	ร้อยละ	8.89	1.11	7.78	5.92
21 – 25	จำนวน	62	44	73	179
	ร้อยละ	68.89	48.89	81.11	66.30
26 – 30	จำนวน	20	42	10	72
	ร้อยละ	22.22	46.67	11.11	26.67
มากกว่า 30	จำนวน	-	3	-	3
	ร้อยละ	-	3.33	-	1.11
X_4 ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ (เปอร์เซ็นต์)					
น้อยกว่า 71	จำนวน	10	11	6	27
	ร้อยละ	11.11	12.22	6.67	10.00
71 - 80	จำนวน	10	43	24	77
	ร้อยละ	11.11	47.78	26.66	28.52
มากกว่า 80	จำนวน	70	36	60	166
	ร้อยละ	77.78	40.00	66.67	61.48
X_5 อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม (องศาเซลเซียส)					
น้อยกว่า 26	จำนวน	15	1	18	34
	ร้อยละ	16.67	1.11	20.00	12.59
26 – 30	จำนวน	33	29	29	91
	ร้อยละ	36.67	32.22	32.22	33.70
31 – 35	จำนวน	41	59	42	142
	ร้อยละ	45.55	65.56	46.67	52.60
มากกว่า 35	จำนวน	1	1	1	3
	ร้อยละ	1.11	1.11	1.11	1.11
X_6 ความชื้นใต้ทรงพุ่ม (เปอร์เซ็นต์)					
น้อยกว่า 36	จำนวน	7	3	-	10
	ร้อยละ	7.78	3.33	-	3.70
36 – 55	จำนวน	21	28	27	76
	ร้อยละ	23.33	31.11	30.00	28.15

กรมวิชาการเกษตร

56 – 75	จำนวน	39	52	39	130
	ร้อยละ	43.33	57.78	43.33	48.15
มากกว่า 75	จำนวน	23	7	24	54
	ร้อยละ	25.55	7.78	26.67	20.00
X_7 ความสูงต้น (เซนติเมตร)					
น้อยกว่า 501	จำนวน	-	5	2	7
	ร้อยละ	-	5.56	2.22	2.59
501 - 800	จำนวน	71	67	75	213
	ร้อยละ	78.89	74.44	83.33	78.89
801 -1,100	จำนวน	17	17	13	47
	ร้อยละ	18.89	18.89	14.45	17.41
มากกว่า 1,100	จำนวน	2	1	-	3
	ร้อยละ	2.22	1.11	-	1.11
X_8 ความกว้างทรงพุ่ม (เซนติเมตร)					
น้อยกว่า 501	จำนวน	1	-	3	4
	ร้อยละ	1.11	-	3.33	1.48
501 - 800	จำนวน	61	62	66	189
	ร้อยละ	67.78	68.89	73.34	70.00
801 -1,100	จำนวน	28	28	20	76
	ร้อยละ	31.11	31.11	22.22	28.15
มากกว่า 1,100	จำนวน	-	-	1	1
	ร้อยละ	-	-	1.11	0.37
X_9 ปริมาณฝนต่อวัน (มิลลิเมตร)					
น้อยกว่า 1.01	จำนวน	40	67	41	148
	ร้อยละ	44.44	74.45	45.56	54.81
1.01 – 5.00	จำนวน	14	13	20	47
	ร้อยละ	15.56	14.44	22.22	17.41
5.01 – 10.00	จำนวน	10	10	10	30
	ร้อยละ	11.11	11.11	11.11	11.11
10.01 – 15.00	จำนวน	16	-	-	16
	ร้อยละ	17.78	-	-	5.93
มากกว่า 15.00	จำนวน	10	-	19	29

กรมวิชาการเกษตร

	ร้อยละ	11.11	-	21.11	10.74
X_{10} อุณหภูมิสูงสุด (องศาเซลเซียส)					
น้อยกว่า 31	จำนวน	18	19	15	52
	ร้อยละ	20.00	21.11	16.67	19.26
31 - 33	จำนวน	48	50	52	150
	ร้อยละ	53.33	55.56	57.78	55.56
มากกว่า 33	จำนวน	24	21	23	68
	ร้อยละ	26.67	23.33	25.55	25.18
X_{11} อุณหภูมิต่ำสุด (องศาเซลเซียส)					
น้อยกว่า 21	จำนวน	10	-	6	16
	ร้อยละ	11.11	-	6.67	5.93
21 – 23	จำนวน	25	-	24	49
	ร้อยละ	27.78	-	26.67	18.15
24 – 26	จำนวน	55	47	60	162
	ร้อยละ	61.11	52.22	66.60	60.00
มากกว่า 26	จำนวน	-	43	-	43
	ร้อยละ	-	47.78	-	15.92

1.2 ผลการสำรวจและรวบรวมข้อมูลตัวแปรเกณฑ์ (Y) ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 จำนวนและร้อยละของข้อมูลตัวแปรเกณฑ์ที่รวบรวมได้ (N = 270)

ตัวแปรเกณฑ์		จันทบุรี	ระยอง	ตราด	รวม
ระดับการให้ผลผลิต					
น้อย	จำนวน	26	27	27	84
	ร้อยละ	28.89	30.00	30.00	29.63
ปานกลาง	จำนวน	25	22	29	76
	ร้อยละ	27.78	24.44	32.22	28.15
มาก	จำนวน	39	41	34	114
	ร้อยละ	43.33	45.56	37.78	42.22

กรมวิชาการเกษตร

2. การวิเคราะห์สมการถดถอยโลจิสติค

ผลการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติคระหว่างตัวแปรทำนาย (ข้อมูลจากแปลงเกษตรกรและข้อมูลอุตุนิยมวิทยา) กับตัวแปรเกณฑ์ (ระดับการให้ผลผลิตมังคุด) ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติคระหว่างตัวแปรทำนายต่างๆ กับตัวแปรเกณฑ์ (ระดับการให้ผลผลิตมังคุด)

	ตัวแปร	สัมประสิทธิ์	อัตราส่วน Odds	Z	นัยสำคัญของ Z	ช่วงความเชื่อมั่น 95%
	ค่าคงที่(1)	-3.57		-0.85	0.40	
	ค่าคงที่(2)	-1.50		-0.36	0.72	
X_1	ความอุดมสมบูรณ์ของดิน	-0.05	0.95	-0.26	0.80	0.67-1.36
X_2	ระดับความเป็นกรดด่างของดิน	-0.40	0.67	-1.49	0.14	0.40-1.14
X_3	อุณหภูมิดิน	-0.19	0.83	-2.59	0.01*	0.72-0.95
X_4	ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ	0.05	1.05	1.57	0.12	0.99-1.13
X_5	อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม	0.35	1.42	4.48	0.00*	1.22-1.65
X_6	ความชื้นใต้ทรงพุ่ม	-0.05	0.95	-2.60	0.01*	0.92-0.99
X_7	ความสูงต้น	-0.01	0.99	-4.05	0.00*	0.99-1.00
X_8	ความกว้างทรงพุ่ม	-0.00	1.00	1.20	0.23	1.00-1.01
X_9	ปริมาณฝน	0.17	1.18	6.20	0.00*	1.12-1.24
X_{10}	อุณหภูมิสูงสุด	-0.00	1.00	-0.02	0.98	0.79-1.26
X_{11}	อุณหภูมิต่ำสุด	-0.04	0.96	-0.59	0.56	0.82-1.11

* นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3. โมเดลทำนายระดับการให้ผลผลิตมังคุด

จากตารางที่ 15 ตัวแปรทำนายที่มีผลต่อระดับการให้ผลผลิตมังคุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 อธิบายได้ดังนี้

อุณหภูมิดิน (X_3) เมื่อเพิ่มขึ้นมีความน่าจะเป็นที่ระดับการให้ผลผลิตมังคุดลดลงร้อยละ 81

อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม (X_5) เมื่อเพิ่มขึ้นมีความน่าจะเป็นที่ให้ระดับการให้ผลผลิตมังคุดเพิ่มขึ้นกว่าตัวแปรทำนายอื่นๆ 0.35 เท่า

กรมวิชาการเกษตร

ความชื้นใต้ทรงพุ่ม (X_6) เมื่อเพิ่มขึ้นมีความน่าจะเป็นที่ระดับการให้ผลผลิตมังคุดลดลงร้อยละ 95

ความสูงต้น (X_7) เมื่อเพิ่มขึ้นมีความน่าจะเป็นที่ระดับการให้ผลผลิตมังคุดลดลงร้อยละ 99

ปริมาณฝน (X_9) เมื่อเพิ่มขึ้นมีความน่าจะเป็นที่ระดับการให้ผลผลิตมังคุดเพิ่มขึ้นกว่าตัวแปรทำนายอื่นๆ 0.17 เท่า

ได้สมการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติค คือ

$$\text{Logit} = -0.19_{\text{อุณหภูมิดิน}} + 0.35_{\text{อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม}} - 0.05_{\text{ความชื้นใต้ทรงพุ่ม}} - 0.01_{\text{ความสูงต้น}} + 0.17_{\text{ปริมาณฝน}}$$

โดยที่ ความน่าจะเป็นที่ให้ผลผลิตน้อย = $P(y \leq -3.57)$

ความน่าจะเป็นที่ให้ผลผลิตปานกลาง = $P(-1.50 < y \leq -3.57)$

ความน่าจะเป็นที่ให้ผลผลิตมาก = $P(-1.50 < y)$

4. การทดสอบความถูกต้องของโมเดล

นำข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากแปลงมังคุดของเกษตรกร จังหวัดระยอง ปี 2562 รายหนึ่ง ได้ค่าเฉลี่ยจาก 30 ต้น คือ อุณหภูมิดิน 26.2 องศาเซลเซียส อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม 28.5 องศาเซลเซียส ความชื้นใต้ทรงพุ่ม 41.5 % ความสูงต้น 825.1 เซนติเมตร และปริมาณฝน 4.6 มิลลิเมตร นำมาเข้าสมการดังนี้

$$\text{Logit} = (-0.19 \times 26.2) + (0.35 \times 28.5) - (0.05 \times 0.42) - (0.01 \times 825.1) + (0.17 \times 4.6)$$

$$= -4.98 + 9.98 - 0.02 - 8.25 + 0.78$$

$$= -2.49$$

ความน่าจะเป็นของระดับการให้ผลผลิตมังคุด

$$P(y) = \frac{1}{1+e^{-z}}$$

$$= \frac{1}{1+e^{2.49}}$$

$$= \frac{1}{1+2.71828^{2.49}}$$

$$= \frac{1}{1+12.0612}$$

$$= \frac{1}{13.0612} = 0.07$$

เมื่อเทียบกับโมเดลได้ค่า $P(-1.50 < y)$ สรุปได้ว่า แปลงมังคุดของเกษตรกรรายนี้มีความน่าจะเป็นที่จะให้ผลผลิตในระดับมาก (ผลผลิตมากกว่า 900 กิโลกรัม/ไร่) และจากสถิติการปลูกพืช ปี 2562 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2563) ผลผลิตเฉลี่ยของมังคุด 694 กิโลกรัม/ไร่

กรมวิชาการเกษตร

% ความถูกต้อง = 100 - % ความคลาดเคลื่อน

% ความคลาดเคลื่อน = $\left|\frac{\text{ค่าที่แท้จริง} - \text{ค่าที่ทำนายได้}}{\text{ค่าที่ทำนายได้}}\right| \times 100$

= |694 -900)/900 | X 100 = 22.89 %

% ความถูกต้อง = 100 – 22.89 = 77.11

อภิปรายผล (Discussion)

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับมังคุดเป็นพื้นที่ไม่มีน้ำท่วมขังมีความสูงจากระดับน้ำทะเล 0 - 650 เมตร ดินร่วนปนทรายระบายน้ำดี อากาศร้อนชื้น อุณหภูมิที่เหมาะสม 10 - 46 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ (กรมวิชาการเกษตร, 2547) การวิจัยนี้มีการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการให้ผลผลิตของมังคุด ดังนี้

1. อุณหภูมิดิน อยู่ระหว่าง 21 - 25 องศาเซลเซียส มีความเหมาะสมสำหรับมังคุด
2. อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม อยู่ระหว่าง 31 - 35 องศาเซลเซียส มีความเหมาะสมสำหรับมังคุด
3. ความชื้นใต้ทรงพุ่ม อยู่ระหว่าง 56 – 75 เปอร์เซ็นต์ ค่อนข้างเหมาะสมไม่สูงหรือต่ำเกินไปจนเป็นสาเหตุของการสะสมโรคพืช
4. ความสูงของต้น อยู่ระหว่าง 501 – 800 เซนติเมตร อยู่ช่วงอายุการให้ผลผลิตของมังคุด
5. ปริมาณฝนต่อวันน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร แต่จากการสำรวจครั้งนี้ พบว่าไม่มีการทิ้งช่วงแล้งนานเกิน 3 เดือน ซึ่งปริมาณฝนเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของมังคุด

กรมวิชาการเกษตร

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

การทดลองนี้ทำให้ทราบถึงปัจจัยที่มีผลต่อระดับการให้ผลผลิตของมังคุด คือ อุณหภูมิดิน อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม ความชื้นใต้ทรงพุ่ม ความสูงต้น และปริมาณฝน และได้โมเดลวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติคที่มีความถูกต้องของการทำนายระดับการให้ผลผลิตมังคุด 77.11 %

การทดลองที่ 3

ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการให้ผลผลิตมะม่วง

The Study of Factors of Mango Production for Yield Prediction Model

สุรพงษ์ ประสิทธิ์วัฒนเสรี นครินทร์ทิพย์ พุทธสิทธิ์ กฤษณา แสงดี นวลมณี พรหมนิล สุวิชา อ่อนเฉียบ
วีรศักดิ์ ขุนชำนาญ ธีรภัทร ธรรมไชยางกูร เกษมศักดิ์ ผลากร ยรรยง พันธ์พฤกษ์

คำสำคัญ

มะม่วง จักรกลการเรียนรู้ โมเดลการทำนาย สมการถดถอยโลจิสติค

Key words

Mango, Machine Learning, Model, Logistic Regression

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา วิเคราะห์ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับผลผลิตมะม่วง เพื่อจัดทำโมเดลทำนายระดับการให้ผลผลิตมะม่วง ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี และสระแก้ว ซึ่งระหว่าง ปี 2559 - 2561 เลือกใช้โมเดลการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีการฝึก (Supervised Learning) ดำเนินการประเมินปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับการให้ผลผลิต 3 ระดับ (น้อย ปานกลาง และมาก) โดยวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติคแบบลำดับ เพื่อทำนายโอกาสที่จะให้ผลผลิตในระดับใด ชุดข้อมูลที่ใช้รวม 270 ชุดข้อมูล พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อระดับการให้ผลผลิตมะม่วงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 คือ ลักษณะเนื้อดิน การระบายน้ำของดิน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ระดับความเป็นกรดด่างของดิน ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ ความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุด โมเดลทำนายระดับการให้ผลผลิตมะม่วง จังหวัดฉะเชิงเทรา คือ Logit = $0.66_{\text{เนื้อดิน}} + 0.78_{\text{ระบายน้ำของดิน}} + 1.10_{\text{ระดับความเป็นกรดด่างของดิน}} + 0.16_{\text{ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ}}$ โมเดลทำนายระดับการให้ผลผลิตมะม่วง จังหวัดปราจีนบุรี คือ Logit = $0.22_{\text{ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ}} + 0.02_{\text{ความสูงต้น}} - 0.01_{\text{ความกว้างทรงพุ่ม}} + 1.01_{\text{อุณหภูมิสูงสุด}} - 1.07_{\text{อุณหภูมิต่ำสุด}}$ และโมเดลทำนายระดับการให้ผลผลิตมะม่วง จังหวัดสระแก้ว คือ Logit = $1.60_{\text{ระบายน้ำของดิน}} + 1.09_{\text{ความอุดมสมบูรณ์ของดิน}}$ มีค่าความถูกต้องของการทำนาย 62%, 26% และ 51.5% ตามลำดับ

กรมวิชาการเกษตร

Abstract

The study on analyzing factors of mango production aims to create model of mango production level prediction. Data were collected in Chachoengsao, Prachinburi, and Sa Kaeo province between 2016 - 2018. Mango production were labelled as 3 levels (low, moderate, and high), then used logistic regression model to predict production level. Factors found to affect mango production level soil texture, drainage, soil fertility, pH of soil, humidity, tree height, width of canopy tree, maximum temperature and minimum temperature ($P<0.05$) Predictive analytic model is Logit (Chachoengsao Province) = $0.66_{\text{soil texture}} + 0.78_{\text{drainage}} + 1.10_{\text{PH}} + 0.16_{\text{humidity}}$ and has 62 % accuracy. Logit (Prachinburi Province) = $0.22_{\text{humidity}} + 0.22_{\text{tree height}} - 0.01_{\text{width_tree}} + 1.01_{\text{max_temp}} - 1.07_{\text{min_temp}}$ and has 26 % accuracy. Logit (Sa Kaeo Province) = $1.60_{\text{drainage}} + 1.09_{\text{soil fertility}}$ and has 51.5 % accuracy.

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ (Introduction)

มะม่วง เป็นพืชที่มีศักยภาพการส่งออกสูง มีพื้นที่การผลิตประมาณ 2.09 ล้านไร่ ผลิตได้ 3.14 ล้านตัน ใช้ภายในประเทศประมาณ 3.07 ล้านตัน หรือร้อยละ 98 ในรูปผลสด และส่งออกรวม 73,167 ตันสด มะม่วงมีช่วงการผลิตมากในเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม และมีผลผลิตได้ตลอดทั้งปี มีแหล่งเพาะปลูก 5 อันดับแรก คือ จังหวัดพิษณุโลก เลย เชียงใหม่ นครราชสีมา และประจวบคีรีขันธ์ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) มะม่วงน้ำดอกไม้ปลูกมากในฉะเชิงเทรา (22,867 ไร่) ประจวบคีรีขันธ์ (16,943 ไร่) ชลบุรี (15,512 ไร่) นครราชสีมา (14,141 ไร่) และเชียงใหม่ (11,892 ไร่) ให้ผลผลิตมากที่สุดในจังหวัดพิษณุโลก (23,624 ตัน) ชลบุรี (21,226 ตัน) ประจวบคีรีขันธ์ (13,561 ตัน) นครราชสีมา (9,526 ตัน) และสระแก้ว (9,087 ตัน) (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2547)

ปัญหาการผลิตไม้ผลของประเทศไทยตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา ส่วนใหญ่มาจากการขยายพื้นที่เพาะปลูกโดยไม่คำนึงว่าที่ดินเหล่านั้นจะเหมาะสมกับการผลิตหรือไม่ ทำให้ประสบปัญหาและส่งผลกระทบต่อการตลาดและราคา รวมถึงสภาพดินฟ้าอากาศที่แปรปรวนในช่วงเดือนที่ไม้ผลกำลังติดดอกออกผลทำให้ผลผลิตร่วงหล่นเสียหาย ดังนั้น การวางแผนและนโยบายภาครัฐจึงได้เน้นเรื่องคุณภาพ ปริมาณ และการสร้างมูลค่าเพิ่ม เช่น การส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพผลผลิตสู่มาตรฐานการผลิตพืช (GAP) และมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ ส่งเสริมเกษตรกรให้รวมกลุ่มเพื่อผลิตไม้ผลในลักษณะแปลงใหญ่ อบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยี ทั้งนี้ การวางแผนดังกล่าวย่อมต้องการข้อมูลสารสนเทศประกอบการตัดสินใจ ข้อมูลสารสนเทศควรถูกต้อง ครบถ้วน ปรับปรุงข้อมูลให้ตรงกับสถานการณ์และสถานภาพที่เป็นปัจจุบัน การประยุกต์ใช้แบบจำลองการผลิตพืช (Crop Model) ร่วมกับระบบภูมิสารสนเทศ เพื่อวิเคราะห์และวางแผนระบบการผลิตพืชที่เหมาะสมและสอดคล้องกับความต้องการของตลาด แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้ทันกับเหตุการณ์และวางแผนล่วงหน้าได้ ทั้งนี้ เพื่อให้เกษตรกรได้มีแนวทางเลือกเพาะปลูกพืช และเลือกใช้เทคโนโลยีและการบริหารจัดการการผลิตพืชที่เหมาะสมกับเศรษฐกิจและสังคมท้องถิ่นของเกษตรกร

วิทยาการข้อมูล (Data Science) เป็นศาสตร์ในแบบสหสาขาที่เน้นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสังเคราะห์ความรู้ (Knowledge) และความเข้าใจเชิงลึก (Insights) จากข้อมูลที่มีหลากหลายรูปแบบ วิทยาการข้อมูลประกอบด้วย 3 ด้าน ได้แก่ สถิติและการวิเคราะห์ข้อมูล (Statistics & Data Analysis) วิทยาการคอมพิวเตอร์ (Computer Science) ความรู้เฉพาะในแต่ละสาขา (Domain Experience) สถิติและการเรียนรู้ของเครื่องเป็นกลไกหลักสำคัญในวิทยาการข้อมูล การตั้งคำถามอย่างนักสถิติช่วยให้สามารถนำทรัพยากรข้อมูลมาใช้เพื่อสกัดความรู้ออกมาได้มากที่สุดและได้คำตอบที่ดียิ่งกว่าเดิม แกนกลางหลักของการอนุมานเชิงสถิติ คือ การสุ่มของข้อมูล (Randomness of Data) ช่วยให้สามารถตั้งคำถามเกี่ยวกับกระบวนการเบื้องหลังของข้อมูลและทำให้สามารถระบุปริมาณความไม่แน่นอนของคำตอบที่พยายามค้นหาได้ กรอบความคิดทางสถิติช่วยให้นักวิจัยแยกแยะระหว่างสหสัมพันธ์ และความสัมพันธ์เชิงสาเหตุออกจากกันได้ และช่วยให้ระบุสิ่งที่ต้องทำเพื่อนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงในผลลัพธ์ตามที่ปรารถนา กรอบความคิดทางสถิติยังช่วยให้สามารถหาวิธีการในการพยากรณ์และการประมาณค่าซึ่งทำให้ความไม่แน่นอนออกมาเป็นปริมาณได้ และการจะทำเช่นนี้ได้ย่อมต้องอาศัย

กรมวิชาการเกษตร

ขั้นตอนวิธี (Algorithm) ที่ต้องแสดงพฤติกรรมที่ทำซ้ำได้แน่นอน และสามารถพยากรณ์ได้แม่นยำ (อานนท์, 2561)

ผลผลิตของพืชขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆ อย่างที่เกี่ยวข้องกับดิน สภาพพื้นที่ สภาพอากาศ การดูแลรักษาแปลง เมื่อนำข้อมูลปัจจัยเหล่านั้นมาวิเคราะห์ทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ที่ส่งผลต่อระดับการให้ผลผลิต รวมถึงสามารถจัดทำโมเดลทำนายผลผลิตโดยการใช้แนวทางการเรียนรู้ของเครื่อง ขั้นตอนการสร้างโมเดลการเรียนรู้ของเครื่อง (ไพรสันต์, 2563)

1. ทำความเข้าใจข้อมูล (Data Understanding) อธิบายชุดข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับสร้างโมเดล ประเภทของข้อมูล และแสดงผลข้อมูลในรูปแบบของกราฟ

2. การเตรียมข้อมูล (Data Preprocessing) เตรียมข้อมูลให้พร้อมสำหรับสร้างโมเดล โดยการทำความสะอาดข้อมูล (data cleaning) การจัดการกับข้อมูลที่ขาดหายไปและการจัดการกับข้อมูลที่ผิดปกติ

2.1 การแปลงข้อมูลแบบนามบัญญัติ

2.2 การแปลงข้อมูลตัวเลขต่อเนื่องให้เป็นแบบลำดับ

2.3 การปรับระดับของข้อมูลให้อยู่ในช่วงที่ต้องการ เช่น [0,1] หรือ [-1,+1]

3. การสร้างโมเดลและการประเมินผล (Model Training and Model Evaluation)

3.1 การสร้างโมเดลการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีการฝึก จะต้องมีข้อมูลจริงและระบุสิ่งที่ต้องการทำนาย (target) ไว้ก่อนล่วงหน้า และสร้างโมเดลขึ้นมาจากข้อมูลเหล่านั้น หลังจากนั้นนำข้อมูลใหม่เข้ามาเพื่อให้โมเดลทำนาย

3.2 การสร้างโมเดลการเรียนรู้ของเครื่องแบบไม่มีการฝึก ข้อมูลที่มีอยู่ไม่สามารถระบุผลลัพธ์ (target) ได้

การถดถอยโลจิสติค เป็นโมเดลการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีการฝึกที่นิยมใช้สำหรับปัญหาการจำแนกประเภท (classification problem) ซึ่งเป็นปัญหาที่มีตัวแปรเกณฑ์ (target variable) เป็นตัวแปรแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete variable) เช่น การจำแนกผลผลิตน้อย/มาก การทำนายสภาพอากาศในวันพรุ่งนี้โดยคำทำนายที่เป็นไปได้ คือ ฝนตก แดดแรง มีเมฆมาก เป็นต้น

การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติคแบบลำดับใช้กับตัวแปรเกณฑ์ที่แบ่งเป็นกลุ่มมากกว่า 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ปรากฏเหตุการณ์ที่สนใจมีค่าเป็น 1, 2, 3,..., k โดยวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติค (กัลยา, 2550) มีดังนี้

1) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรทำนายที่มีต่อความน่าจะเป็นที่เกิดเหตุการณ์ (ตัวแปรเกณฑ์) พร้อมทั้งศึกษาระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรทำนายแต่ละตัว

2) เพื่อทำนายความน่าจะเป็นที่เกิดเหตุการณ์ที่สนใจจากสมการที่เหมาะสม หรือใช้สมการโดยการเลือกตัวแปรทำนายที่เหมาะสม เพื่อทำให้เปอร์เซ็นต์ของความถูกต้องในการทำนายมีค่าสูงสุด

โมเดลการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติค

$$\text{ความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์} = \frac{e^{z}}{1+e^{z}}$$

กรมวิชาการเกษตร

ความน่าจะเป็นของการไม่เกิดเหตุการณ์	=	$\dfrac{1}{1+e^{Z}}$

โดยสมการเชิงเส้น

$Z = b_0 + b_1x$ กรณีตัวแปรทำนาย 1 ตัว

$Z = b_0 + b_1x_1 + b_1x_1 + ... + b_px_p$ กรณีตัวแปรทำนาย p ตัว

เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์ของโมเดลการวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติค ไม่อยู่ในรูปเชิงเส้น จึงมีการปรับโดยกำหนดค่า odds ratio

odds ratio	=	$\dfrac{\text{โอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ}}{\text{โอกาสที่จะไม่เกิดเหตุการณ์ที่สนใจ}}$

odds $= e^{b_0 + b_1x}$ กรณีตัวแปรทำนาย 1 ตัว

odds $= e^{b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \cdots + b_px_p}$ กรณีตัวแปรทำนาย p ตัว

จะได้โมเดลในรูป natural logarithm ของ odds หรือเรียกว่า logit ดังสมการ

$\ln(odds) = logit = b_0 + b_1x_1$ กรณีตัวแปรทำนาย 1 ตัว

$\ln(odds) = logit = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \cdots + b_px_p$ กรณีตัวแปรทำนาย p ตัว

กรมวิชาการเกษตร

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

อุปกรณ์และวิธีการ

1. เครื่องเจาะดิน
2. อุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นในดิน
3. อุปกรณ์ตรวจวัดความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารในดิน
4. อุปกรณ์ตรวจวัดความเป็นกรดเป็นด่างของดิน
5. อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิแบบอินฟาเรด
6. อุปกรณ์วัดระยะทางแบบอัลตราโซนิก
7. วัสดุสำรวจ (ตลับเมตร, กล้องถ่ายรูป, กล้องส่องทางไกล)
8. วัสดุสำนักงานและคอมพิวเตอร์ (กระดาษ หมึกพิมพ์ Handy Drive ฯลฯ)

วิธีการ

1. กำหนดตัวแปรทำนาย

1.1 เก็บรวบรวมข้อมูลจากแปลงมะม่วงของเกษตรกรในจังหวัดฉะเชิงเทราจำนวน 10 แปลง จังหวัดปราจีนบุรี จำนวน 10 แปลง และจังหวัดสระแก้ว จำนวน 10 แปลง ใช้วิธีคัดเลือกแปลงโดยการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple Random Sampling) เดินทางไปเก็บข้อมูล 3 ช่วง คือ ช่วงระยะก่อนให้ผลผลิต ระยะให้ผลผลิต และระยะหลังให้ผลผลิต เป็นเวลา 3 ปี รวมจังหวัดละ 90 ข้อมูล ได้ข้อมูลตัวแปรทำนาย (X_1-X_{11}) รวม 990 ข้อมูล (ตารางที่ 16)

1.2 เก็บรวบรวมข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยาฉะเชิงเทรา สถานีอุตุนิยมวิทยาปราจีนบุรี และสถานีอุตุนิยมวิทยาสระแก้ว ตรงกับวันที่เดินทางไปเก็บข้อมูลแปลงมะม่วงของเกษตรกร ได้ข้อมูลตัวแปรทำนาย (X_{12}-X_{14}) รวม 270 ข้อมูล (ตารางที่ 16) รวมจำนวนข้อมูลตัวแปรทำนายทั้งหมด 1,260 ข้อมูล

1.3 กำหนดระดับการวัดของตัวแปรทำนาย (X_1-X_{14}) และความหมาย

ตารางที่ 16 ข้อมูลตัวแปรทำนาย และแหล่งข้อมูล

ชื่อตัวแปร	ตัวแปร	แหล่งของข้อมูล
X_1	ลักษณะเนื้อดิน	วิเคราะห์ทางกายภาพ โดยใช้วิธีพิจารณาเนื้อสัมผัส
X_2	การระบายน้ำของดิน	ลักษณะรูปแบบของการยึดและการเรียงตัวของอนุภาคเดี่ยวของดิน
X_3	ความอุดมสมบูรณ์ของดิน	เจาะดินบริเวณรอบต้น 10 ต้นๆ ละ 3 จุด ที่ระดับความลึก 0-15 ซม. และ 15–30 ซม. เก็บตัวอย่างดินไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ RapidTest

กรมวิชาการเกษตร

X_4	ระดับความเป็นกรดด่างของดิน	เจาะดินบริเวณรอบต้น 10 ต้นๆ ละ 3 จุด ที่ระดับความลึก 0-15 ซม. และ 15–30 ซม. เก็บตัวอย่างดินไปวิเคราะห์ ด้วยเครื่องมือ RapidTest
X_5	อุณหภูมิดิน	ใช้อุปกรณ์เจาะลงในดินบริเวณรอบต้น 10 ต้นๆ ละ 3 จุด แล้ววัดอุณหภูมิด้วยเครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบอินฟาเรด
X_6	ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ	ใช้อุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์จากบริเวณรอบต้น 10 ต้นๆ ละ 3 จุด
X_7	ความชื้นใต้ทรงพุ่ม	ใช้อุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นจากบริเวณรอบต้น 10 ต้นๆ ละ 3 จุด
X_8	อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม	ใช้อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิจากบริเวณรอบต้น 10 ต้นๆ ละ 3 จุด
X_9	ความสูงต้น	วัดระยะความสูง 10 ต้นๆ ละ 3 จุด
X_{10}	ความกว้างทรงพุ่ม	วัดระยะความกว้างของทรงพุ่ม 10 ต้นๆ ละ 3 จุด
X_{11}	ดัชนีความเข้มของสีใบ	ถ่ายภาพใบแล้ววัดค่า H (Hue), S (Saturation) และ B (Brightness) โดยใช้โปรแกรม Color Picker แล้วคำนวณ DGCI โดยใช้สูตร $DGCI = [(H - 60/60) + (1 - S) + (1 - B)]/3$
X_{12}	ปริมาณฝน	สถานีอุตุนิยมวิทยา จ.ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี สระแก้ว
X_{13}	อุณหภูมิสูงสุด	สถานีอุตุนิยมวิทยา จ.ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี สระแก้ว
X_{14}	อุณหภูมิต่ำสุด	สถานีอุตุนิยมวิทยา จ.ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี สระแก้ว

ตารางที่ 17 การกำหนดตัวแปรทำนาย

ชื่อตัวแปร	**ความหมาย**	**ระดับการวัด**
X_1	ลักษณะเนื้อดิน	1 = ดินทราย 2 = ดินร่วนปนทราย 3 = ดินร่วน 4 = ดินเหนียว
X_2	การระบายน้ำของดิน	1 = ไม่ดี 2 = ปานกลาง 3 = ดี
X_3	ความอุดมสมบูรณ์ของดิน	1 = ต่ำมาก 2 = ต่ำ 3 = ปานกลาง

กรมวิชาการเกษตร

		4 = สูง 5 = สูงมาก
X_4	ระดับความเป็นกรดด่างของดิน	1 = น้อยกว่า 6.0 2 = 6.1 – 7.0 3 = มากกว่า 7.0
X_5	อุณหภูมิดิน	ค่าจริง (องศาเซลเซียส)
X_6	ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ	ค่าจริง (เปอร์เซ็นต์)
X_7	ความชื้นใต้ทรงพุ่ม	ค่าจริง (เปอร์เซ็นต์)
X_8	อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม	ค่าจริง (องศาเซลเซียส)
X_9	ความสูงต้น	ค่าจริง (เซนติเมตร)
X_{10}	ความกว้างทรงพุ่ม	ค่าจริง (เซนติเมตร)
X_{11}	ดัชนีความเข้มของสีใบ	คำนวณจากสูตร (เปอร์เซ็นต์)
X_{12}	ปริมาณฝน	ค่าจริง (มิลลิเมตร)
X_{13}	อุณหภูมิสูงสุด	ค่าจริง (องศาเซลเซียส)
X_{14}	อุณหภูมิต่ำสุด	ค่าจริง (องศาเซลเซียส)

2. กำหนดตัวแปรเกณฑ์

2.1 เก็บรวบรวมข้อมูลสถิติผลผลิตมะม่วงของจังหวัดฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี และสระแก้ว (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) ระหว่างปี 2554 – 2558

ตารางที่ 18 ข้อมูลสถิติผลผลิตมะม่วง ปี 2554 – 2558 (กิโลกรัม/ไร่)

จังหวัด	ปี 2554	ปี 2555	ปี 2556	ปี 2557	ปี 2558	ค่าเฉลี่ย
ฉะเชิงเทรา	1,225.47	780.37	675.56	778.92	494.39	**790.94**
ปราจีนบุรี	1,103.11	678.69	533.79	687.73	328.4	**666.34**
สระแก้ว	2,799.23	3,135.38	2,157.91	3,991.06	1,747.02	**2,766.12**
ค่าเฉลี่ย	**1,709.27**	**1,531.48**	**1,122.42**	**1,819.24**	**856.60**	**1,407.80**

2.2 กำหนดระดับการวัดของตัวแปรเกณฑ์

กำหนดระดับการให้ผลผลิตมะม่วง ซึ่งเป็นตัวแปรเกณฑ์ เป็น 3 ระดับ (1 - 3) คือ ให้ผลผลิตน้อย ปานกลาง และมาก (ตารางที่ 19)

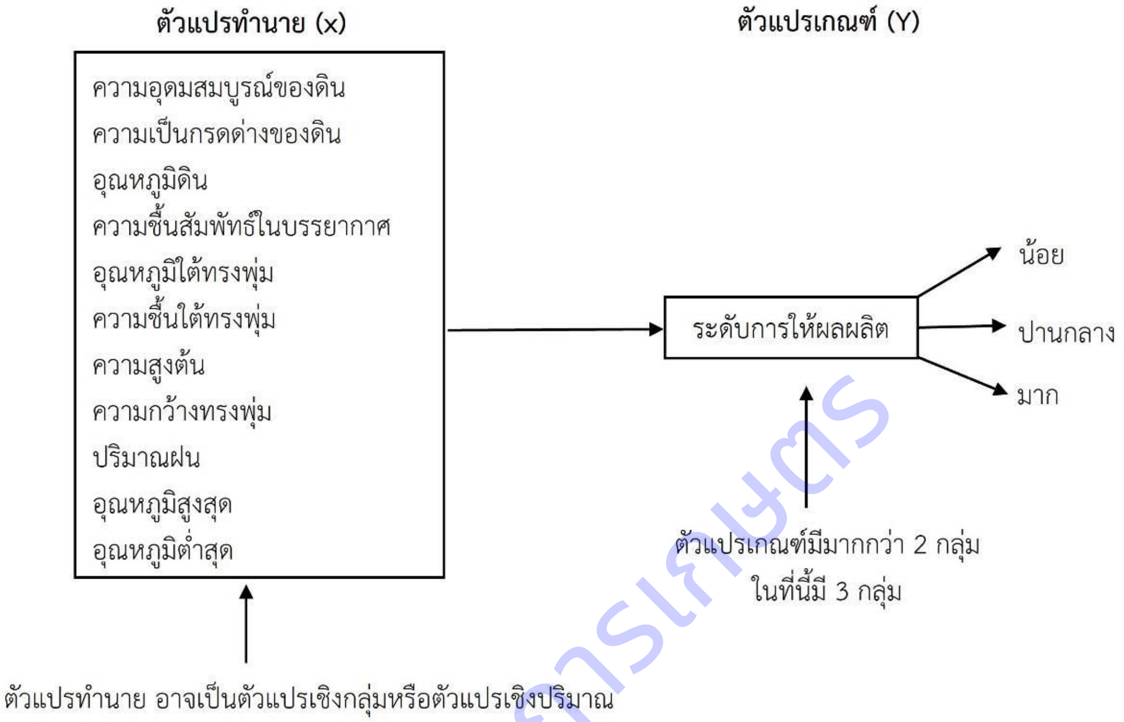
ตารางที่ 19 การกำหนดตัวแปรเกณฑ์

ระดับการให้ผลผลิต (y)	ความหมาย	ช่วงผลผลิต (กก./ไร่)
1	ให้ผลผลิตน้อย	$\leq$ 1,400
2	ให้ผลผลิตปานกลาง	1,400 – 1,800
3	ให้ผลผลิตมาก	> 1,800

กรมวิชาการเกษตร

3. การวิเคราะห์โมเดล

วิเคราะห์การถดถอยโลจิสติค ระหว่างตัวแปรเกณฑ์ (ระดับการให้ผลผลิตมะม่วง) กับตัวแปรทำนาย (ข้อมูลจากแปลงเกษตรกรและข้อมูลอุตุนิยมวิทยา) ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 วิเคราะห์การถดถอยโลจิสติค ระหว่างตัวแปรเกณฑ์ (ระดับการให้ผลผลิตมะม่วง) กับตัวแปรทำนาย

4. การคำนวณเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการทำนาย

ค่าความถูกต้อง (Accuracy) หมายถึง ค่าที่ได้จากการทำนายในแต่ละครั้ง มีค่าเข้าใกล้ค่าที่แท้จริงมากน้อยเพียงใด

% ความถูกต้อง = 100 - % ความคลาดเคลื่อน

โดยที่ % ความคลาดเคลื่อน = $\left| \frac{\text{ค่าที่แท้จริง} - \text{ค่าที่ทำนายได้}}{\text{ค่าที่ทำนายได้}} \right| \times 100$

เวลาและสถานที่

ระยะเวลาดำเนินการ ตุลาคม 2559 – กันยายน 2561

สถานที่ดำเนินการ แปลงเกษตรกรจังหวัดฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี และสระแก้ว

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมวิชาการเกษตร

กรมวิชาการเกษตร

ผลการวิจัย (Results)

1. การทำนายระดับการให้ผลผลิตมะม่วง จังหวัดฉะเชิงเทรา

1.1 ลักษณะข้อมูลตัวแปรที่รวบรวมได้

ผลการสำรวจและรวบรวมข้อมูลตัวแปรทำนาย (X_1 – X_{14}) ดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 จำนวนและร้อยละของข้อมูลตัวแปรทำนายที่รวบรวมได้ (N = 90)

ตัวแปรทำนาย	จำนวน	ร้อยละ
X_1 ลักษณะเนื้อดิน		
ดินทราย	37	41.1
ดินร่วนปนทราย	25	27.8
ดินร่วน	19	21.1
ดินเหนียว	9	10.0
X_2 การระบายน้ำของดิน		
ไม่ดี	15	16.7
ปานกลาง	33	36.7
ดี	39	46.6
X_3 ความอุดมสมบูรณ์ของดิน		
ต่ำมาก	19	21.1
ต่ำ	9	10.0
ปานกลาง	19	21.1
สูง	25	27.8
สูงมาก	18	20.0
X_4 ระดับความเป็นกรดด่างของดิน		
น้อยกว่า 6.0	19	21.1
6.1 – 7.0	24	26.7
มากกว่า 7.0	47	52.2
X_5 อุณหภูมิดิน (องศาเซลเซียส)		
น้อยกว่า 25	20	22.2
25 – 30	57	63.3
30 – 35	8	8.9
มากกว่า 35	5	56.0
X_6 ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ (%)		
น้อยกว่า 70	10	11.1

กรมวิชาการเกษตร

ตัวแปรทำนาย	จำนวน	ร้อยละ
70 – 80	32	35.6
มากกว่า 80	48	53.3
X_7 ความชื้นใต้ทรงพุ่ม (%)		
น้อยกว่า 50	23	25.5
50 – 60	37	41.1
60 – 70	23	25.6
70 – 80	1	1.1
มากกว่า 80	6	6.7
X_8 อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม (องศาเซลเซียส)		
น้อยกว่า 25	10	11.1
25 – 30	12	13.3
30 – 35	57	63.4
มากกว่า 35	11	12.2
X_9 ความสูงต้น (เซนติเมตร)		
น้อยกว่า 300	7	7.8
301 – 399	16	17.8
400 – 499	29	32.2
500 – 600	27	30.0
มากกว่า 600	11	12.2
X_{10} ความกว้างทรงพุ่ม (เซนติเมตร)		
น้อยกว่า 500	30	33.3
500 – 599	14	15.6
600 – 699	22	24.4
700 – 800	14	15.6
มากกว่า 800	10	11.1
X_{11} ดัชนีความเข้มของสีใบ (%)		
น้อยกว่า 41	6	6.7
41 – 50	51	56.7
51 – 60	32	35.5
มากกว่า 60	1	1.1
X_{12} ปริมาณฝน (มิลลิเมตร)		
0 – 9	71	78.9

กรมวิชาการเกษตร

ตัวแปรทำนาย	จำนวน	ร้อยละ
11 – 19	9	10.0
20 - 30	10	11.1
X_{13} อุณหภูมิสูงสุด (องศาเซลเซียส)		
น้อยกว่า 32	10	11.1
32 – 34	35	38.9
34 – 36	35	38.9
มากกว่า 36	10	11.1
X_{14} อุณหภูมิต่ำสุด (องศาเซลเซียส)		
น้อยกว่า 23	32	35.5
23 – 24	24	26.7
24 – 25	18	20.0
มากกว่า 25	16	17.8

ผลการสำรวจและรวบรวมข้อมูลตัวแปรเกณฑ์ (y) ดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 จำนวนและร้อยละของข้อมูลตัวแปรเกณฑ์ที่รวบรวมได้ (N = 90)

ตัวแปรเกณฑ์	จำนวน	ร้อยละ
ระดับการให้ผลผลิต		
น้อย	49	54.4
ปานกลาง	24	26.7
มาก	17	18.9

1.2 การวิเคราะห์สมการถดถอยโลจิสติค

ผลการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติคระหว่างตัวแปรทำนาย (ข้อมูลจากแปลงเกษตรกรและข้อมูลอุตุนิยมวิทยา) กับตัวแปรเกณฑ์ (ระดับการให้ผลผลิตมะม่วง) ดังตารางที่ 22

ตารางที่ 22 การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติคระหว่างตัวแปรทำนายต่างๆ กับระดับการให้ผลผลิตมะม่วง จังหวัดฉะเชิงเทรา

ตัวแปรทำนาย	Adjusted Odds Ratio	p-Value	(95% Conf. Interval)	
			lower	upper
X_1 ลักษณะเนื้อดิน	1.94	0.013*	1.15	3.28
X_2 การระบายน้ำของดิน	2.18	0.049*	1.00	4.72

กรมวิชาการเกษตร

ตัวแปรทำนาย		Adjusted Odds Ratio	p-Value	(95% Conf. Interval)	
				lower	upper
X_3	ความอุดมสมบูรณ์ของดิน	0.97	0.923	0.56	1.69
X_4	ระดับความเป็นกรดด่างของดิน	3.00	0.006*	1.36	6.61
X_5	อุณหภูมิดิน	1.08	0.538	0.84	1.40
X_6	ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ	1.18	0.018*	1.03	1.35
X_7	ความชื้นใต้ทรงพุ่ม	0.96	0.501	0.85	1.08
X_8	อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม	0.85	0.394	0.60	1.23
X_9	ความสูงต้น	1.01	0.055	1.00	1.02
X_{10}	ความกว้างทรงพุ่ม	0.99	0.097	0.99	1.00
X_{11}	ดัชนีความเข้มของสีใบ	1.10	0.187	0.95	1.27
X_{12}	ปริมาณฝน	0.98	0.606	0.91	1.06
X_{13}	อุณหภูมิสูงสุด	1.22	0.395	0.77	1.92
X_{14}	อุณหภูมิต่ำสุด	1.10	0.544	0.81	1.48

* ระดับนัยสำคัญ 0.05

1.3 โมเดลทำนายระดับการให้ผลผลิตมะม่วง จังหวัดฉะเชิงเทรา

จากตารางที่ 22 ตัวแปรทำนายที่มีผลต่อการให้ผลผลิตมะม่วงจังหวัดฉะเชิงเทราอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 อธิบายได้ดังนี้

ลักษณะเนื้อดิน (X_1) เมื่อเพิ่มขึ้นมีโอกาสทำให้ระดับผลผลิตมะม่วงเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าตัวแปรทำนายอื่นๆ 0.66 เท่า

การระบายน้ำของดิน (X_2) เมื่อเพิ่มขึ้นมีโอกาสทำให้ระดับผลผลิตมะม่วงเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าตัวแปรทำนายอื่นๆ 0.78 เท่า

ระดับความเป็นกรดด่างของดิน (X_4) เมื่อเพิ่มขึ้นมีโอกาสทำให้ระดับผลผลิตมะม่วงเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าตัวแปรทำนายอื่นๆ 1.10 เท่า

ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ (X_6) เมื่อเพิ่มขึ้นมีโอกาสทำให้ระดับผลผลิตมะม่วงเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าตัวแปรทำนายอื่นๆ 0.16 เท่า

ได้สมการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก คือ

$$Logit = 0.66_{\text{เนื้อดิน}} + 0.78_{\text{ระบายน้ำของดิน}} + 1.10_{\text{ระดับความเป็นกรดด่างของดิน}} + 0.16_{\text{ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ}}$$

กรมวิชาการเกษตร

โดยที่ ความน่าจะเป็นที่ให้ผลผลิตน้อย = P ($y \leq -28.43$)

ความน่าจะเป็นที่ให้ผลผลิตปานกลาง = P ($-28.43 < y \leq -26.27$)

ความน่าจะเป็นที่ให้ผลผลิตมาก = P ($-26.27 < y$)

1.4 เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของโมเดล

นำข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากแปลงมะม่วงของเกษตรกร จังหวัดฉะเชิงเทรา ปี 2561 รายหนึ่งได้ตัวแปรลักษณะเนื้อดินเป็นดินเหนียว (4) การระบายน้ำของดินไม่ดี (1) ความเป็นกรดด่างของดินปานกลาง (2) และความชื้นสัมพันธ์ในบรรยากาศ (87%) นำมาเข้าสมการได้ ดังนี้

ดังนั้น Logit $= (0.66 \times 4) + (0.78 \times 1) + (1.10 \times 2) + (0.16 \times 0.87)$

$= 5.76$

ความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ

$$P(y) = \frac{1}{1+e^{-z}} = \frac{1}{1+e^{-5.76}} = \frac{1}{1+2.71828^{-5.76}} = \frac{1}{1+0.0032} = \frac{1}{1.0032} = 0.9968$$

เมื่อเทียบกับโมเดลจะได้ค่า P ($-26.27 < y$) สรุปว่า แปลงมะม่วงของเกษตรกรจังหวัดฉะเชิงเทรารายนี้ มีความน่าจะเป็นที่ให้ผลผลิตในระดับมาก (ผลผลิตมากกว่า 1,800 กิโลกรัม/ไร่)

และจากสถิติการปลูกพืช ปี 2561 (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2563) ผลผลิตเฉลี่ยของมะม่วงในจังหวัดฉะเชิงเทรา 1,116 กิโลกรัม/ไร่

% ความถูกต้อง = 100 - % ความคลาดเคลื่อน

% ความคลาดเคลื่อน $= \left| \frac{\text{ค่าที่แท้จริง} - \text{ค่าที่ทำนายได้}}{\text{ค่าที่ทำนายได้}} \right| \times 100$

$= \left| \frac{1{,}116 - 1{,}800}{1{,}800} \right| \times 100 = 38\ \%$

% ความถูกต้อง = 100 - 38 = 62 %

2. การทำนายระดับการให้ผลผลิตมะม่วง จังหวัดปราจีนบุรี

2.1 ลักษณะข้อมูลตัวแปรที่รวบรวมได้

ผลการสำรวจและรวบรวมข้อมูลตัวแปรทำนาย ($X_1 - X_{14}$) ดังตารางที่ 23

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 23 จำนวนและร้อยละของข้อมูลตัวแปรทำนายที่รวบรวมได้ (N = 90)

ตัวแปรทำนาย	**จำนวน**	**ร้อยละ**
X_1 ลักษณะเนื้อดิน		
ดินทราย	36	40.0
ดินร่วนปนทราย	41	45.6
ดินร่วน	12	13.3
ดินเหนียว	1	1.1
X_2 การระบายน้ำของดิน		
ไม่ดี	15	16.6
ปานกลาง	33	36.7
ดี	42	46.7
X_3 ความอุดมสมบูรณ์ของดิน		
ต่ำมาก	28	31.2
ต่ำ	20	22.2
ปานกลาง	22	24.4
สูง	19	21.1
สูงมาก	1	1.1
X_4 ระดับความเป็นกรดด่างของดิน		
น้อยกว่า 6.0	9	10.0
6.1 – 7.0	21	23.3
มากกว่า 7.0	60	66.7
X_5 อุณหภูมิดิน (องศาเซลเซียส)		
น้อยกว่า 20	3	3.3
20 – 25	32	35.5
25 – 30	41	45.6
มากกว่า 30	14	15.6
X_6 ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ (%)		
น้อยกว่า 70	25	27.7
70 – 80	45	50.0
มากกว่า 80	20	22.3
X_7 ความชื้นใต้ทรงพุ่ม (%)		
น้อยกว่า 50	38	42.2
50 – 60	25	27.8

กรมวิชาการเกษตร

ตัวแปรทำนาย	จำนวน	ร้อยละ
60 – 70	14	15.6
70 - 80	9	10.0
มากกว่า 80	4	4.4
X_8 อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม (องศาเซลเซียส)		
น้อยกว่า 25	10	11.1
25 – 30	18	20.0
30 – 35	49	54.4
มากกว่า 35	13	14.4
X_9 ความสูงต้น (เซนติเมตร)		
น้อยกว่า 300	1	1.1
300 – 399	7	7.8
400 – 499	35	38.9
500 – 600	42	46.6
มากกว่า 600	5	5.6
X_{10} ความกว้างทรงพุ่ม (เซนติเมตร)		
น้อยกว่า 500	1	1.1
500 – 599	2	2.2
600 – 699	33	36.7
700 – 800	44	48.9
มากกว่า 800	10	11.1
X_{11} ดัชนีความเข้มของสีใบ (%)		
น้อยกว่า 41	4	4.4
41 – 51	52	57.8
51 – 61	32	35.6
มากกว่า 61	2	2.2
X_{12} ปริมาณฝน (มิลลิเมตร)		
0 – 19	80	88.9
20 – 39	6	6.7
> 40	4	4.4
X_{13} อุณหภูมิสูงสุด (องศาเซลเซียส)		
น้อยกว่า 32	9	10.0
32 – 33	26	28.9

กรมวิชาการเกษตร

ตัวแปรทำนาย	จำนวน	ร้อยละ
34 - 35	43	47.8
มากกว่า 36	12	13.3
X_{14} อุณหภูมิต่ำสุด (องศาเซลเซียส)		
น้อยกว่า 23	26	28.9
23 – 24	20	22.2
24 – 25	6	6.7
มากกว่า 25	38	42.2

ผลการสำรวจและรวบรวมข้อมูลตัวแปรเกณฑ์ (y) ดังตารางที่ 24

ตารางที่ 24 จำนวนและร้อยละของข้อมูลตัวแปรเกณฑ์ที่รวบรวมได้ (N = 90)

ตัวแปรเกณฑ์	จำนวน	ร้อยละ
ระดับการให้ผลผลิต		
น้อย	55	61.1
ปานกลาง	26	28.9
มาก	9	10.0

2.2 การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสจิค

ผลการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติคระหว่างตัวแปรทำนาย (ข้อมูลจากแปลงเกษตรกรและข้อมูลอุตุนิยมวิทยา) กับตัวแปรเกณฑ์ (ระดับการให้ผลผลิตมะม่วง) ดังตารางที่ 25

ตารางที่ 25 การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติคระหว่างตัวแปรทำนายต่างๆ กับระดับการให้ผลผลิตมะม่วง จังหวัดปราจีนบุรี

ตัวแปรทำนาย		Adjusted Odds Ratio	p-Value	(95% Conf. Interval)	
				lower	upper
X_1	ลักษณะเนื้อดิน	0.76	0.653	0.22	2.56
X_2	การระบายน้ำของดิน	0.81	0.767	0.20	3.34
X_3	ความอุดมสมบูรณ์ของดิน	0.69	0.441	0.26	1.79
X_4	ระดับความเป็นกรดด่างของดิน	2.05	0.221	0.65	6.49
X_5	อุณหภูมิดิน	0.89	0.368	0.68	1.15
X_6	ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ	1.25	0.022*	1.03	1.51
X_7	ความชื้นใต้ทรงพุ่ม	0.95	0.300	0.87	1.04
X_8	อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม	0.98	0.777	0.85	1.13

กรมวิชาการเกษตร

ตัวแปรทำนาย		Adjusted Odds Ratio	p-Value	(95% Conf. Interval)	
				lower	upper
X_9	ความสูงต้น	1.02	0.005*	1.01	1.04
X_{10}	ความกว้างทรงพุ่ม	0.99	0.053*	0.98	1.00
X_{11}	ดัชนีความเข้มของสีใบ	1.17	0.164	0.94	1.46
X_{12}	ปริมาณฝน	1.21	0.430	0.75	1.95
X_{13}	อุณหภูมิสูงสุด	2.76	0.002*	1.45	5.25
X_{14}	อุณหภูมิต่ำสุด	0.34	0.002*	0.17	0.69

* ระดับนัยสำคัญ 0.05

2.3 โมเดลทำนายระดับการให้ผลผลิตมะม่วง จังหวัดปราจีนบุรี

จากตารางที่ 25 ตัวแปรทำนายที่มีผลต่อระดับการให้ผลผลิตมะม่วง จังหวัดปราจีนบุรีอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 อธิบายได้ดังนี้

ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ (X_6) เมื่อเพิ่มขึ้นมีโอกาสทำให้ระดับผลผลิตมะม่วงเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าตัวแปรทำนายอื่นๆ 0.22 เท่า

ความสูงต้น (X_9) เมื่อเพิ่มขึ้นมีโอกาสทำให้ระดับผลผลิตมะม่วงเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าตัวแปรทำนายอื่นๆ 0.02 เท่า

ความกว้างทรงพุ่ม (X_{10}) เมื่อลดลงมีโอกาสทำให้ระดับผลผลิตมะม่วงเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าตัวแปรทำนายอื่นๆ 0.01 เท่า

อุณหภูมิสูงสุด (X_{13}) เมื่อเพิ่มขึ้นมีโอกาสทำให้ระดับผลผลิตมะม่วงเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าตัวแปรทำนายอื่นๆ 1.01 เท่า

อุณหภูมิต่ำสุด (X_{14}) เมื่อลดลงมีโอกาสทำให้ระดับผลผลิตมะม่วงเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าตัวแปรทำนายอื่นๆ 1.07 เท่า

ได้สมการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติค คือ

$$\text{Logit} = 0.22_{\text{ความชื้นสัมพันธ์ในบรรยากาศ}} + 0.02_{\text{ความสูงต้น}} - 0.01_{\text{ความกว้างทรงพุ่ม}} + 1.01_{\text{อุณหภูมิสูงสุด}} - 1.07_{\text{อุณหภูมิต่ำสุด}}$$

โดยที่ ความน่าจะเป็นที่ให้ผลผลิตน้อย = $P(y \leq -30.05)$

ความน่าจะเป็นที่ให้ผลผลิตปานกลาง = $P(-30.05 < y \leq -26.13)$

ความน่าจะเป็นที่ให้ผลผลิตมาก = $P(-26.13 < y)$

2.4 เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของโมเดล

กรมวิชาการเกษตร

นำข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากแปลงมะม่วงของเกษตรกร จังหวัดปราจีนบุรี ปี 2561 รายหนึ่งได้ตัวแปร ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ (73%) ความสูงต้น (396) ความกว้างทรงพุ่ม (776) อุณหภูมิสูงสุด (36.8) และอุณหภูมิต่ำสุด (23.9) นำมาเข้าสมการได้ดังนี้

ดังนั้น Logit = (0.22x0.73)+(0.02x396)-(0.01x776)+(1.01x36.8)+(1.07x23.9)

= 0.1606 + 7.92 - 7.76 + 37.168 + 25.573

= 63.0613

ความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ

$$P(y) = \frac{1}{1+e^{-z}}$$

$$= \frac{1}{1+e^{-63.0613}}$$

$$= \frac{1}{1+4.09934^{-28}} = 1$$

เมื่อเทียบกับโมเดล จะได้ค่า P (-26.13 < y) สรุปว่า แปลงมะม่วงของเกษตรกรจังหวัดปราจีนบุรี มีความน่าจะเป็นที่ให้ผลผลิตในระดับมาก (ผลผลิตมากกว่า 1,800 กิโลกรัม/ไร่)

และจากสถิติการปลูก ปี 2561 (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2563) ผลผลิตเฉลี่ยของมะม่วงในจังหวัดปราจีนบุรี 3,149 กิโลกรัม/ไร่

% ความถูกต้อง = 100 - % ความคลาดเคลื่อน

% ความคลาดเคลื่อน = $\left|\frac{\text{ค่าที่แท้จริง} - \text{ค่าที่ทำนายได้}}{\text{ค่าที่ทำนายได้}}\right| \times 100$

= $\left|\frac{3,149 - 1,800}{1,800}\right| \times 100$ = 74 %

% ความถูกต้อง = 100 – 74 = 26 %

3. การทำนายระดับการให้ผลผลิตมะม่วง จังหวัดสระแก้ว

3.1 ลักษณะข้อตัวแปรที่รวบรวมได้

ผลการสำรวจและรวบรวมข้อมูลตัวแปรทำนาย (X_1 – x_{14}) ดังตารางที่ 26

ตารางที่ 26 จำนวนและร้อยละของข้อมูลตัวแปรทำนายที่รวบรวมได้ (N = 90)

ตัวแปรทำนาย	จำนวน	ร้อยละ
X_1 ลักษณะเนื้อดิน		
ดินทราย	22	24.4
ดินร่วนปนทราย	49	54.4
ดินร่วน	5	5.6
ดินเหนียว	14	15.6
X_2 การระบายน้ำของดิน		

กรมวิชาการเกษตร

ตัวแปรทำนาย	จำนวน	ร้อยละ
ไม่ดี	9	10.0
ปานกลาง	36	40.0
ดี	45	50.0
X_3 ความอุดมสมบูรณ์ของดิน		
ต่ำมาก	36	40.0
ต่ำ	11	12.2
ปานกลาง	12	13.3
สูง	20	22.2
สูงมาก	11	12.2
X_4 ระดับความเป็นกรดด่างของดิน		
น้อยกว่า 6.0	25	27.8
6.1 – 7.0	64	71.1
มากกว่า 7.0	1	1.1
X_5 อุณหภูมิดิน (องศาเซลเซียส)		
น้อยกว่า 25	23	25.6
25 – 20	48	53.3
30 – 35	15	16.7
มากกว่า 35	4	4.4
X_6 ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ (%)		
น้อยกว่า 70	17	18.9
70 – 80	31	34.4
มากกว่า 80	42	46.7
X_7 ความชื้นใต้ทรงพุ่ม (%)		
น้อยกว่า 50	36	40.0
50 – 60	33	36.7
60 – 70	11	12.2
70 - 80	6	6.7
มากกว่า 80	4	4.4
X_8 อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม (องศาเซลเซียส)		
น้อยกว่า 25	13	14.4
25 – 30	13	14.4
30 – 35	58	64.4

กรมวิชาการเกษตร

ตัวแปรทำนาย	จำนวน	ร้อยละ
มากกว่า 35	6	6.8
X_9 ความสูงต้น (เซนติเมตร)		
306 – 405	12	13.4
406 – 505	30	33.3
506 – 605	40	44.4
มากกว่า 606	8	8.9
X_{10} ความกว้างทรงพุ่ม (เซนติเมตร)		
น้อยกว่า 500	8	8.9
500 – 599	19	21.1
600 – 699	25	27.8
700 – 800	27	30.0
มากกว่า 800	11	12.2
X_{11} ดัชนีความเข้มของสีใบ (%)		
น้อยกว่า 41	5	5.6
41 – 51	47	52.2
51 – 61	38	42.2
X_{12} ปริมาณฝน (มิลลิเมตร)		
0 – 19	80	88.9
20 – 39	6	6.7
> 40	4	4.4
X_{13} อุณหภูมิสูงสุด (องศาเซลเซียส)		
น้อยกว่า 32	10	11.1
32 – 33	24	26.7
34 - 35	46	51.1
มากกว่า 36	10	11.1
X_{14} อุณหภูมิต่ำสุด (องศาเซลเซียส)		
น้อยกว่า 23	38	42.2
23 – 24	14	15.5
24 – 25	15	16.7
มากกว่า 25	23	25.6

กรมวิชาการเกษตร

ผลการสำรวจและรวบรวมข้อมูลตัวแปรเกณฑ์ (y) ดังตารางที่ 27

ตารางที่ 27 จำนวนและร้อยละของข้อมูลตัวแปรเกณฑ์ที่รวบรวมได้ (N = 90)

ตัวแปรเกณฑ์	จำนวน	ร้อยละ
ระดับการให้ผลผลิต		
น้อย	42	46.7
ปานกลาง	38	42.2
มาก	10	11.1

3.2 การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติค

ผลการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติคระหว่างตัวแปร (ข้อมูลจากแปลงเกษตรกรและข้อมูลอุตุนิยมวิทยา) กับตัวแปรเกณฑ์ (ระดับการให้ผลผลิตมะม่วง) ดังตารางที่ 28

ตารางที่ 28 การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติคระหว่างตัวแปรทำนายต่างๆ กับระดับการให้ผลผลิตมะม่วง จังหวัดสระแก้ว

ตัวแปรทำนาย		Adjusted Odds Ratio	p-Value	(95% Conf. Interval)	
				lower	upper
X_1	ลักษณะเนื้อดิน	1.37	0.388	0.67	2.78
X_2	การระบายน้ำของดิน	4.97	0.002*	1.78	13.86
X_3	ความอุดมสมบูรณ์ของดิน	2.98	0.000*	1.75	5.08
X_4	ระดับความเป็นกรดด่างของดิน	1.07	0.895	0.37	3.13
X_5	อุณหภูมิดิน	1.06	0.618	0.83	1.36
X_6	ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ	0.89	0.174	0.75	1.05
X_7	ความชื้นใต้ทรงพุ่ม	1.05	0.409	0.93	1.18
X_8	อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม	0.95	0.737	0.72	1.26
X_9	ความสูงต้น	1.00	0.946	0.99	1.01
X_{10}	ความกว้างทรงพุ่ม	1.00	0.531	1.00	1.01
X_{11}	ดัชนีความเข้มของสีใบ	1.02	0.783	0.88	1.19
X_{12}	ปริมาณฝน	1.13	0.174	0.95	1.33
X_{13}	อุณหภูมิสูงสุด	0.70	0.128	0.44	1.11
X_{14}	อุณหภูมิต่ำสุด	1.09	0.646	0.76	1.56

* ระดับนัยสำคัญ 0.05

กรมวิชาการเกษตร

3.3 โมเดลทำนายระดับการให้ผลผลิตมะม่วง จังหวัดสระแก้ว

จากตารางที่ 28 ตัวแปรทำนายที่มีผลต่อระดับการให้ผลผลิตมะม่วง จังหวัดสระแก้ว อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 อธิบายได้ดังนี้

การระบายน้ำของดิน (X_2) เมื่อเพิ่มขึ้นมีโอกาสทำให้ระดับผลผลิตมะม่วงเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าตัวแปรทำนายอื่นๆ 1.60 เท่า

ความอุดมสมบูรณ์ของดิน (X_3) เมื่อเพิ่มขึ้นมีโอกาสทำให้ระดับผลผลิตมะม่วงเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าตัวแปรทำนายอื่นๆ 1.09 เท่า

ได้สมการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติค คือ

$$\text{Logit} = 1.60_{\text{การระบายน้ำของดิน}} + 1.09_{\text{ความอุดมสมบูรณ์ของดิน}}$$

โดยที่	ความน่าจะเป็นที่ให้ผลผลิตน้อย	= $P(y \leq 6.02)$
	ความน่าจะเป็นที่ให้ผลผลิตปานกลาง	= $P(6.02 < y \leq 9.50)$
	ความน่าจะเป็นที่ให้ผลผลิตมาก	= $P(9.50 < y)$

3.4 เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของโมเดล

นำข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากแปลงมะม่วงของเกษตรกร จังหวัดสระแก้ว ปี 2561 รายหนึ่ง ได้ตัวแปรการระบายน้ำของดินปานกลาง (2) และความอุดมสมบูรณ์ของดินปานกลาง (3) นำมาเข้าสมการได้ดังนี้

ดังนั้น Logit = (1.60 x 2) + (1.09 x 3)

= 3.2 + 3.27

= 6.47

ความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ

$$P(y) = \frac{1}{1+e^{-z}} = \frac{1}{1+e^{-6.47}} = \frac{1}{1+0.00155} = 0.9985$$

เมื่อเทียบกับโมเดลจะได้ค่า $P(6.02 < y \leq 9.50)$ สรุปว่า แปลงมะม่วงของเกษตรกร จังหวัดสระแก้ว มีความน่าจะเป็นที่ให้ผลผลิตในระดับปานกลาง (ผลผลิต 1,400 – 1,800 กิโลกรัม/ไร่)

และจากสถิติการปลูก ปี 2561 (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2563) ผลผลิตเฉลี่ยของมะม่วงในจังหวัดสระแก้ว 3,030 กิโลกรัม/ไร่

% ความถูกต้อง = 100 - % ความคลาดเคลื่อน

% ความคลาดเคลื่อน = $\left| \frac{\text{ค่าที่แท้จริง} - \text{ค่าที่ทำนายได้}}{\text{ค่าที่ทำนายได้}} \right| \times 100$

กรมวิชาการเกษตร

$$= \left| \frac{2{,}673 - 1{,}800}{1{,}800} \right| \times 100 = 48.5\ \%$$

% ความถูกต้อง = 100 – 48.5 = 51.5 %

อภิปรายผล (Discussion)

มะม่วงมีความสามารถในการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตได้ดีในสภาพความเป็นกรดด่างของดินค่อนข้างจะกว้าง (กรมวิชาการเกษตร, 2552) เนื้อดินและโครงสร้างดินที่เป็นดินทรายถึงดินร่วนปนทราย ดินมีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ และดูดยึดธาตุอาหารได้น้อย หากฝนทิ้งช่วงพืชจะได้รับผลกระทบจากความแห้งแล้งอย่างรวดเร็วและรุนแรง ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เนื่องจากดินค่อนข้างเป็นทราย การมีน้ำท่วมขังทำให้ดินมีการระบายน้ำเลวถึงค่อนข้างเลว จึงต้องทำการปรับปรุงดิน เพื่อเพิ่มการดูดยึดน้ำและธาตุอาหารไว้ในดิน และทำระบบป้องกันน้ำท่วมขัง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548) การทดลองนี้ได้มีการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการให้ผลผลิตของมะม่วงได้ดังนี้

1) อุณหภูมิมีผลต่อการให้ผลผลิต โดยเฉพาะการงอกของละอองเกสร ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญในการติดผล อุณหภูมิมีผลต่อความมีชีวิต ถ้าอุณหภูมิต่ำลงถึง 16 องศาเซลเซียส หรือสูงถึง 40 องศาเซลเซียส เกสรตัวผู้จะตายหมดไม่สามารถงอกได้เลย (เกษม พวงจิก, 2543)

2) ความชื้นสัมพัทธ์ ถ้าสูงหรือต่ำเกินไปจะมีผลต่อการแตกของอับละอองเกสรได้ หากความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง จะเป็นสาเหตุให้มีการระบาดของโรคที่มีเชื้อราเป็นสาเหตุมากขึ้น

3) ความเครียดของน้ำในดินมีผลต่อการร่วงของดอกและผลเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะในช่วงที่มะม่วงออกดอกและติดผล ในระยะที่เริ่มติดผลและผลอ่อน มะม่วงต้องการน้ำมากจึงจำเป็นต้องให้น้ำอย่างสม่ำเสมอ ทำให้มะม่วงติดผลได้ดี และสามารถป้องกันผลแตกได้เป็นอย่างดี แต่ถ้ารากได้รับน้ำมากเกินไป เนื่องจากสภาพน้ำท่วมขังอาจทำให้รากขาดออกซิเจนได้ รากจะไม่สามารถดูดน้ำอันเป็นสาเหตุให้มะม่วงขาดน้ำได้ (เกษม, 2543)

4) การดูแลรักษาสวนมะม่วง โดยการตัดแต่งกิ่ง ช่วยลดความทึบความทรงพุ่ม ทำให้แสงแดดส่องเข้าถึงในทรงพุ่ม กิ่งที่อยู่ในทรงพุ่มหรือกิ่งที่ไม่ได้รับแสงแดด มักจะติดผลน้อยกว่ากิ่งที่ได้รับแสง และยังเป็นที่หลบซ่อนของเพลี้ยจักจั่นมะม่วงด้วย สวนที่มีการตัดแต่งทรงพุ่มจะมีผลผลิตสูงกว่าสวนที่ไม่มีการตัดแต่ง

กรมวิชาการเกษตร

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

การทดลองนี้ทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรทำนายที่มีผลต่อระดับการให้ผลผลิตของมะม่วงในแต่ละจังหวัด ดังนี้

โมเดลทำนายระดับการให้ผลผลิตมะม่วง จังหวัดฉะเชิงเทราอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 มีค่าความถูกต้อง 62% และปัจจัยที่มีผลต่อระดับการให้ผลผลิตของมะม่วงจังหวัดฉะเชิงเทรา คือ ลักษณะเนื้อดิน การระบายน้ำของดิน ระดับความเป็นกรดด่างของดิน และความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ

โมเดลทำนายระดับการให้ผลผลิตมะม่วง จังหวัดปราจีนบุรีอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 มีค่าความถูกต้อง 26% และปัจจัยที่มีผลต่อระดับการให้ผลผลิตของมะม่วงจังหวัดปราจีนบุรี คือ ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ ความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุด

โมเดลทำนายระดับการให้ผลผลิตมะม่วง จังหวัดสระแก้ว อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 มีค่าความถูกต้อง 51.5% และปัจจัยที่มีผลต่อระดับการให้ผลผลิตของมะม่วงจังหวัดสระแก้ว คือ การระบายน้ำของดินและความอุดมสมบูรณ์ของดิน

กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 4

ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการให้ผลผลิตสับปะรด

The Study of Factors of Pineapple Production for Yield Prediction Model

นครินทร์ทิพย์ พุทธสิทธิ์ สุรพงษ์ ประสิทธิ์วัฒนเสรี กฤษณา แสงดี นวลมณี พรหมนิล สุวิชา อ่อนเฉียบ
วีรศักดิ์ ขุนชำนาญ ธีรภัทร ธรรมไชยางกูร ยรรยง พันธ์พฤกษ์ วลัยภรณ์ ชัยฤทธิไชย นรีรัตน์ ชูช่วย

คำสำคัญ

สับปะรด จักรกลการเรียนรู้ โมเดลการทำนาย สมการถดถอยโลจิสติค

Key words

Pineapple, Machine Learning, Model, Logistic Regression

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา วิเคราะห์ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับผลผลิตสับปะรด เพื่อจัดทำโมเดลทำนายระดับการให้ผลผลิตสับปะรด ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในพื้นที่จังหวัดเพชรบุรี และประจวบคีรีขันธ์ ระหว่างปี 2559 – 2561 เลือกใช้โมเดลการเรียนรู้ของเครื่อง แบบมีการฝึก (Supervised Learning) ดำเนินการประเมินปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับการให้ผลผลิต 3 ระดับ (น้อย ปานกลาง และมาก) โดยวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติคแบบลำดับ เพื่อทำนายโอกาสที่จะให้ผลผลิตในระดับใด ชุดข้อมูลที่ใช้รวม 120 ข้อมูล พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อระดับการให้ผลผลิตสับปะรดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 คือ ลักษณะดิน การระบายน้ำของดิน และดัชนีความเข้มของสีใบ โมเดลทำนายระดับการให้ผลผลิตสับปะรด จังหวัดเพชรบุรี คือ $\text{Logit} = 2.60_{\text{ระบายน้ำดิน}} + 0.26_{\text{ดัชนีสีใบ}}$ และโมเดลทำนายระดับการให้ผลผลิตสับปะรด จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ คือ $\text{Logit} = 2.76_{\text{เนื้อดิน}} + 3.63_{\text{ระบายน้ำดิน}} - 0.29_{\text{ดัชนีสีใบ}}$ มีค่าความถูกต้องของการทำนาย 59% และ 72% ตามลำดับ

Abstract

The study on analyzing factors of pineapple production aims to create model of pineapple production level prediction. Data were collected in Phetcahburi and Prachuap Khiri Khan province between 2016 - 2018. Pineapple production were labelled as 3 levels (low, moderate, and high), then used logistic regression model to predict production level. Factors found to affect pineapple production level were soil texture, drainage and Dark Green Color Index :DGCI ($P < 0.05$). Predictive analytic model is Logit (Phetchaburi Province) = $2.60_{\text{soil texture}} + 0.26_{\text{DGCI}}$ and has 59 % accuracy. Predictive analytic model is Logit (Prachuap Khiri Khan Province) = $2.76_{\text{soil texture}} + 3.63_{\text{drainage}} - 0.29_{\text{DGCI}}$ and has 72 % accuracy.

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ (Introduction)

สับปะรดที่นิยมปลูกในไทย ได้แก่ พันธุ์ปัตตาเวีย (สับปะรดศรีราชา) พันธุ์นางแล (เชียงราย) พันธุ์สวี (ชุมพร) พันธุ์ภูเก็ต พันธุ์ปัตตานี พันธุ์อินทรชิตขาว-แดง (ฉะเชิงเทรา) พันธุ์ตราดสีทอง (สิงคโปร์) พันธุ์ลักกะตา พันธุ์สิงคโปร์ปัตตาเวีย (คล้ายพันธุ์สวีและภูเก็ต) โดยสับปะรดสายพันธุ์หลักในเมืองไทย คือ ปัตตาเวีย ภูเก็ต และอินทรชิต พันธุ์ที่เป็นพันธุ์ทางการค้าและพันธุ์เศรษฐกิจ คือ พันธุ์ปัตตาเวีย ใช้ทั้งบริโภคสดและการแปรรูป สำหรับพันธุ์สับปะรดโรงงานจะหมายถึงพันธุ์ปัตตาเวียเป็นหลัก ผลผลิตประมาณร้อยละ 20-25 ของผลผลิตทั้งหมดจะบริโภคในประเทศในรูปผลสด ส่วนผลิตภัณฑ์สับปะรดแปรรูปจะส่งออกเกือบทั้งหมด แหล่งผลิต 5 อันดับแรก ได้แก่ ประจวบคีรีขันธ์ ระยอง พิษณุโลก ราชบุรี และเพชรบุรี ช่วงเก็บเกี่ยวสับปะรดในฤดูกาล คือ ตั้งแต่พฤศจิกายนถึงมกราคม และกลางเดือนเมษายนถึงกรกฎาคม ซึ่งช่วงนี้จะเป็นช่วงที่สับปะรดให้ผลผลิตมาก ราคาในตลาดจะค่อนข้างมีราคาถูก ส่วนช่วงการเก็บเกี่ยวสับปะรดนอกฤดูกาล คือ ตั้งแต่กุมภาพันธ์ถึงต้นเดือนเมษายน และช่วงสิงหาคมถึงตุลาคม ซึ่งในฤดูกาลนี้จะมีสับปะรดน้อย จึงมีราคาค่อนข้างสูง ผลผลิตปี 2556 พื้นที่ 532,947 ไร่ ผลิตได้ 2,067,908 ตัน หรือ 3,880 กก./ไร่ ผลผลิตปี 2557 พื้นที่ 511,846 ไร่ ผลิตได้ 1,987,833 ตัน หรือ 3,884 กก./ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556)

ปัญหาการผลิตไม้ผลของประเทศไทยตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา ส่วนใหญ่มาจากการขยายพื้นที่เพาะปลูกโดยไม่คำนึงว่าที่ดินเหล่านั้นจะเหมาะสมกับการผลิตหรือไม่ ทำให้ประสบปัญหาและส่งผลกระทบต่อการตลาดและราคา รวมถึงสภาพดินฟ้าอากาศที่แปรปรวนในช่วงเดือนที่ไม้ผลกำลังติดดอกออกผล ทำให้ผลผลิตร่วงหล่นเสียหาย ดังนั้นการวางแผนและนโยบายภาครัฐจึงได้เน้นเรื่องคุณภาพ ปริมาณ และการสร้างมูลค่าเพิ่ม เช่น การส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพผลผลิตสู่มาตรฐานการผลิตพืช (GAP) และมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ ส่งเสริมเกษตรกรให้รวมกลุ่มเพื่อผลิตไม้ผลในลักษณะแปลงใหญ่ อบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยี ทั้งนี้ การวางแผนดังกล่าวย่อมต้องการข้อมูลสารสนเทศประกอบการตัดสินใจ ข้อมูลสารสนเทศควรถูกต้อง ครบถ้วน ปรับปรุงข้อมูลให้ตรงกับสถานการณ์และสถานภาพที่เป็นปัจจุบัน รวมทั้งต้องวิเคราะห์ นำไปใช้ และจัดทำโมเดลสำหรับการผลิตพืชที่เหมาะสมและสอดคล้องกับความต้องการของตลาด แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้ทันกับเหตุการณ์และวางแผนล่วงหน้าได้ เพื่อให้เกษตรกรได้มีแนวทางเลือกเพาะปลูกพืช และเลือกใช้เทคโนโลยีและการบริหารจัดการการผลิตพืชที่เหมาะสมกับเศรษฐกิจและสภาพแวดล้อม

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา และวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับผลผลิตสับปะรด สร้างโมเดลทำนายระดับการให้ผลผลิตสับปะรดในพื้นที่จังหวัดเพชรบุรี และประจวบคีรีขันธ์ เพื่อนำไปใช้ประกอบการตัดสินใจวางแผนการผลิตได้เป็นอย่างดีและมีความเข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตสับปะรด ทั้งปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ เช่น ธาตุอาหารพืช ปุ๋ยน้ำ และปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุม เช่น สภาพพื้นที่ สภาพอากาศ เป็นการใช้ประโยชน์จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทำนายการให้ผลผลิต วางแผนพัฒนาและส่งเสริม แนะนำการใช้องค์ความรู้และเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสับปะรดต่อไป

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ผลผลิตของพืชขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆ อย่างที่เกี่ยวข้องกับดิน สภาพพื้นที่ สภาพอากาศ การดูแลรักษาแปลง เมื่อนำข้อมูลปัจจัยเหล่านั้นมาวิเคราะห์ทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ที่ส่งผลต่อระดับการให้ผลผลิต รวมถึง

กรมวิชาการเกษตร

สามารถจัดทำโมเดลทำนายผลผลิตโดยการใช้แนวทางการเรียนรู้ของเครื่อง ขั้นตอนการสร้างโมเดลการเรียนรู้ของเครื่อง (ไพรสันต์, 2563)

1. ทำความเข้าใจข้อมูล (Data Understanding) อธิบายชุดข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับสร้างโมเดล ประเภทของข้อมูล และแสดงผลข้อมูลในรูปแบบของกราฟ

2. การเตรียมข้อมูล (Data Preprocessing) เตรียมข้อมูลให้พร้อมสำหรับสร้างโมเดล โดยการทำความสะอาดข้อมูล (data cleaning) การจัดการกับข้อมูลที่ขาดหายไปและการจัดการกับข้อมูลที่ผิดปกติ

2.1 การแปลงข้อมูลแบบนามบัญญัติ

2.2 การแปลงข้อมูลตัวเลขต่อเนื่องให้เป็นแบบลำดับ

2.3 การปรับระดับของข้อมูลให้อยู่ในช่วงที่ต้องการ เช่น [0,1] หรือ [-1,+1]

3. การสร้างโมเดลและการประเมินผล (Model Training and Model Evaluation)

3.1 การสร้างโมเดลการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีการฝึก จะต้องมีข้อมูลจริงและระบุสิ่งที่ต้องการทำนาย (target) ไว้ก่อนล่วงหน้า และสร้างโมเดลขึ้นมาจากข้อมูลเหล่านั้น หลังจากนั้นนำข้อมูลใหม่เข้ามาเพื่อให้โมเดลทำนาย

3.2 การสร้างโมเดลการเรียนรู้ของเครื่องแบบไม่มีการฝึก ข้อมูลที่มีอยู่ไม่สามารถระบุผลลัพธ์ (target) ได้

การถดถอยโลจิสติค เป็นโมเดลการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีการฝึกที่นิยมใช้สำหรับปัญหาการจำแนกประเภท (classification problem) ซึ่งเป็นปัญหาที่มีตัวแปรเกณฑ์ (target variable) เป็นตัวแปรแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete variable) เช่น การจำแนกผลผลิตน้อย/มาก การทำนายสภาพอากาศในวันพรุ่งนี้โดยคำทำนายที่เป็นไปได้ คือ ฝนตก แดดแรง มีเมฆมาก เป็นต้น

การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติคแบบลำดับใช้กับตัวแปรเกณฑ์ที่แบ่งเป็นกลุ่มมากกว่า 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ปรากฏเหตุการณ์ที่สนใจมีค่าเป็น 1, 2, 3,..., k โดยวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติค (กัลยา, 2550) มีดังนี้

1) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรทำนายที่มีต่อความน่าจะเป็นที่เกิดเหตุการณ์ (ตัวแปรเกณฑ์) พร้อมทั้งศึกษาระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรทำนายแต่ละตัว

2) เพื่อทำนายความน่าจะเป็นที่เกิดเหตุการณ์ที่สนใจจากสมการที่เหมาะสม หรือใช้สมการโดยการเลือกตัวแปรทำนายที่เหมาะสม เพื่อทำให้เปอร์เซ็นต์ของความถูกต้องในการทำนายมีค่าสูงสุด

โมเดลการวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติค

ความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์	=	$\frac{e^z}{1+e^z}$
ความน่าจะเป็นของการไม่เกิดเหตุการณ์	=	$\frac{1}{1+e^z}$

โดยสมการเชิงเส้น

กรมวิชาการเกษตร

$Z = b_0 + b_1x$ กรณีตัวแปรทำนาย 1 ตัว

$Z = b_0 + b_1x_1 + b_1x_1 + ... + b_px_p$ กรณีตัวแปรทำนาย p ตัว

เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์ของโมเดลการวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติคไม่อยู่ในรูปเชิงเส้น จึงมีการปรับโดยกำหนดค่า odds ratio

$$\text{odds ratio} = \frac{\text{โอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ}}{\text{โอกาสที่จะไม่เกิดเหตุการณ์ที่สนใจ}}$$

odds $= e^{b_0 + b_1x}$ กรณีตัวแปรทำนาย 1 ตัว

odds $= e^{b_0+b_1x_1+b_2x_2+\cdots+b_px_p}$ กรณีตัวแปรทำนาย p ตัว

จะได้โมเดลในรูป natural logarithm ของ odds หรือเรียกว่า logit ดังสมการ

$\ln(odds) = logit = b_0 + b_1x_1$ กรณีตัวแปรทำนาย 1 ตัว

$\ln(odds) = logit = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \cdots + b_px_p$ กรณีตัวแปรทำนาย p ตัว

กรมวิชาการเกษตร

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

อุปกรณ์และวิธีการ

1. เครื่องเจาะดิน
2. อุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นในดิน
3. อุปกรณ์ตรวจวัดความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารในดิน
4. อุปกรณ์ตรวจวัดความเป็นกรดเป็นด่างของดิน
5. อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิแบบอินฟาเรด
6. อุปกรณ์วัดระยะทางแบบอัลตราโซนิก
7. วัสดุสำรวจ (ตลับเมตร, กล้องถ่ายรูป, กล้องส่องทางไกล)
8. วัสดุสำนักงานและคอมพิวเตอร์ (กระดาษ หมึกพิมพ์ Handy Drive ฯลฯ)

วิธีการ

1. กำหนดตัวแปรทำนาย

1.1 เก็บรวบรวมข้อมูลจากแปลงสับปะรดของเกษตรกรในจังหวัดเพชรบุรีจำนวน 10 แปลง และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จำนวน 10 แปลง ใช้วิธีคัดเลือกแปลงโดยการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple Random Sampling) เดินทางไปเก็บข้อมูล 2 ช่วง คือ ช่วงก่อนการให้ผลผลิตประมาณเดือนกุมภาพันธ์ และช่วงการให้ผลผลิต ประมาณเดือนมิถุนายน เป็นเวลา 3 ปี รวมจังหวัดละ 60 ข้อมูล ได้ข้อมูลตัวแปรทำนาย (X_1 – X_{14}) รวม 660 ข้อมูล (ตารางที่ 29)

1.2 เก็บรวบรวมข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยา เพชรบุรี และสถานีอุตุนิยมวิทยา ประจวบคีรีขันธ์ ตรงกับวันที่เดินทางไปเก็บข้อมูลแปลงสับปะรดของเกษตรกร ได้ข้อมูลตัวแปรทำนาย (X_{12} – X_{14}) รวม 180 ข้อมูล (ตารางที่ 29) รวมจำนวนข้อมูลตัวแปรทำนายทั้งหมด 840 ข้อมูล

1.3 กำหนดระดับการวัดของตัวแปรทำนาย (X_1 – X_{14}) และความหมาย

ตารางที่ 29 ข้อมูลตัวแปรทำนาย และแหล่งข้อมูล

ชื่อตัวแปร	ตัวแปร	แหล่งของข้อมูล
X1	ลักษณะเนื้อดิน	วิเคราะห์ทางกายภาพ โดยใช้วิธีพิจารณาเนื้อสัมผัส
X2	การระบายน้ำของดิน	ลักษณะรูปแบบของการยึดและการเรียงตัวของอนุภาคเดี่ยวของดิน
X3	ความอุดมสมบูรณ์ของดิน	เจาะดินบริเวณรอบต้น 10 ต้นๆ ละ 3 จุด ที่ระดับความลึก 0-15 ซม. และ 15–30 ซม. เก็บตัวอย่างดินไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ RapidTest

กรมวิชาการเกษตร

X4	ระดับความเป็นกรดด่างของดิน	เจาะดินบริเวณรอบต้น 10 ต้นๆ ละ 3 จุด ที่ระดับความลึก 0-15 ซม. และ 15–30 ซม. เก็บตัวอย่างดินไปวิเคราะห์ ด้วยเครื่องมือ RapidTest
X5	อุณหภูมิดิน	ใช้อุปกรณ์เจาะลงในดินบริเวณรอบต้น 10 ต้นๆ ละ 3 จุด แล้ววัดอุณหภูมิด้วยเครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบอินฟาเรด
X6	ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ	ใช้อุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์จากบริเวณรอบต้น 10 ต้นๆ ละ 3 จุด
X7	ความชื้นใต้ทรงพุ่ม	ใช้อุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นจากบริเวณรอบต้น 10 ต้นๆ ละ 3 จุด
X8	อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม	ใช้อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิจากบริเวณรอบต้น 10 ต้นๆ ละ 3 จุด
X9	ความสูงต้น	วัดระยะความสูง 10 ต้นๆ ละ 3 จุด
X10	ความกว้างทรงพุ่ม	วัดระยะความกว้างของทรงพุ่ม 10 ต้นๆ ละ 3 จุด
X11	ดัชนีความเข้มของสีใบ	ถ่ายภาพใบแล้ววัดค่า H (Hue), S (Saturation) และ B (Brightness) โดยใช้โปรแกรม Color Picker แล้วคำนวณ DGCI โดยใช้สูตร $DGCI = [(H - 60/60) + (1 - S) + (1 - B)]/3$
X12	ปริมาณฝน	สถานีอุตุนิยมวิทยา จ.เพชรบุรี จ.ประจวบคีรีขันธ์
X13	อุณหภูมิสูงสุด	สถานีอุตุนิยมวิทยา จ.เพชรบุรี จ.ประจวบคีรีขันธ์
X14	อุณหภูมิต่ำสุด	สถานีอุตุนิยมวิทยา จ.เพชรบุรี จ.ประจวบคีรีขันธ์

ตารางที่ 30 การกำหนดตัวแปรทำนาย

ชื่อตัวแปรทำนาย	ความหมาย	ระดับการวัด
X_1	ลักษณะเนื้อดิน	1 = ดินทราย 2 = ดินร่วนปนทราย 3 = ดินร่วน 4 = ดินเหนียว
X_2	การระบายน้ำของดิน	1 = ไม่ดี 2 = ปานกลาง 3 = ดี
X_3	ความอุดมสมบูรณ์ของดิน	1 = ต่ำมาก 2 = ต่ำ

กรมวิชาการเกษตร

		3 = ปานกลาง 4 = สูง 5 = สูงมาก
X_4	ระดับความเป็นกรดด่างของดิน	1 = น้อยกว่า 6.0 2 = 6.1 – 7.0 3 = มากกว่า 7.0
X_5	อุณหภูมิดิน	ค่าจริง (องศาเซลเซียส)
X_6	ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ	ค่าจริง (เปอร์เซ็นต์)
X_7	ความชื้นใต้ทรงพุ่ม	ค่าจริง (เปอร์เซ็นต์)
X_8	อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม	ค่าจริง (องศาเซลเซียส)
X_9	ความสูงต้น	ค่าจริง (เซนติเมตร)
X_{10}	ความกว้างทรงพุ่ม	ค่าจริง (เซนติเมตร)
X_{11}	ดัชนีความเข้มของสีใบ	คำนวณจากสูตร (เปอร์เซ็นต์)
X_{12}	ปริมาณฝน	ค่าจริง (มิลลิเมตร)
X_{13}	อุณหภูมิสูงสุด	ค่าจริง (องศาเซลเซียส)
X_{14}	อุณหภูมิต่ำสุด	ค่าจริง (องศาเซลเซียส)

2. กำหนดตัวแปรเกณฑ์

2.1 เก็บรวบรวมข้อมูลสถิติผลผลิตสับปะรดของจังหวัดเพชรบุรี และประจวบคีรีขันธ์ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) ระหว่างปี 2554 – 2558

ตารางที่ 31 ข้อมูลสถิติผลผลิตสับปะรด ปี 2554 – 2558 (กิโลกรัม/ไร่)

จังหวัด	ปี 2554	ปี 2555	ปี 2556	ปี 2557	ปี 2558	ค่าเฉลี่ย
เพชรบุรี	3,419	3,167	3,283	3,481	3,394	**3,348.80**
ประจวบคีรีขันธ์	3,683	3,229	3,290	4,169	4,079	**3,690.00**
ค่าเฉลี่ย	**3,551.00**	**3,198.00**	**3,286.50**	**3,825.00**	**3,736.50**	**3,519.40**

2.2 กำหนดระดับการวัดของตัวแปรเกณฑ์

กำหนดระดับการให้ผลผลิตสับปะรด ซึ่งเป็นตัวแปรเกณฑ์ เป็น 3 ระดับ (1 - 3) คือ ให้ผลผลิตน้อย ปานกลาง และมาก (ตารางที่ 32)

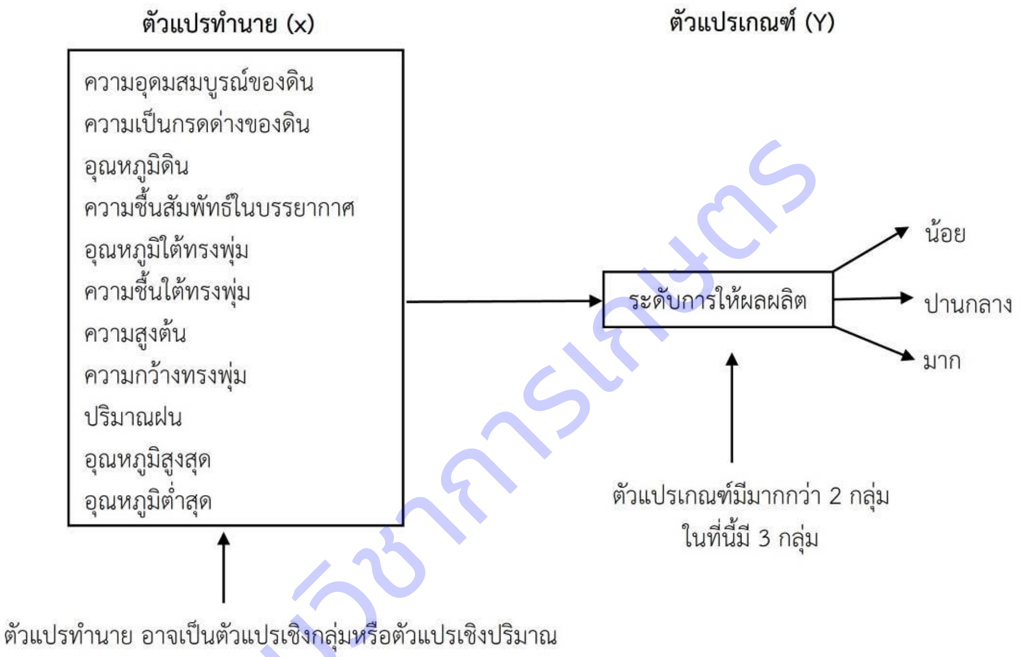
กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 32 การกำหนดตัวแปรเกณฑ์

ระดับการให้ผลผลิต (y)	**ความหมาย**	**ช่วงผลผลิต (กก./ไร่)**
1	ให้ผลผลิตน้อย	$\leq$ 3,500
2	ให้ผลผลิตปานกลาง	3,501 – 4,600
3	ให้ผลผลิตมาก	>4,600

3. การวิเคราะห์โมเดล

วิเคราะห์การถดถอยโลจิสติค ระหว่างตัวแปรเกณฑ์ (ระดับการให้ผลผลิตสับปะรด) กับตัวแปรทำนาย (ข้อมูลจากแปลงเกษตรกรและข้อมูลอุตุนิยมวิทยา) ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 วิเคราะห์การถดถอยโลจิสติค ระหว่างตัวแปรเกณฑ์ (ระดับการให้ผลผลิตสับปะรด) กับตัวแปรทำนาย

กรมวิชาการเกษตร

4. การคำนวณเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการทำนาย

ค่าความถูกต้อง (Accuracy) หมายถึง ค่าที่ได้จากการทำนายในแต่ละครั้ง มีค่าเข้าใกล้ค่าที่แท้จริงมากน้อยเพียงใด

% ความถูกต้อง = 100 - % ความคลาดเคลื่อน

โดยที่ % ความคลาดเคลื่อน = $\left| \frac{\text{ค่าที่แท้จริง} - \text{ค่าที่ทำนายได้}}{\text{ค่าที่ทำนายได้}} \right| \times 100$

เวลาและสถานที่

ระยะเวลาดำเนินการ ตุลาคม 2559 – กันยายน 2561

สถานที่ดำเนินการ แปลงเกษตรกรจังหวัดเพชรบุรี และประจวบคีรีขันธ์

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมวิชาการเกษตร

ผลการวิจัย (Results)

1. การทำนายระดับการให้ผลผลิตสับปะรด จังหวัดเพชรบุรี

1.1 ลักษณะข้อมูลตัวแปรที่รวบรวมได้

ผลการสำรวจและรวบรวมข้อมูลตัวแปรทำนาย (X_1 – x_{14}) ดังตารางที่ 33

ตารางที่ 33 จำนวนและร้อยละของข้อมูลตัวแปรทำนายที่รวบรวมได้ (N = 60)

ตัวแปรทำนาย	จำนวน	ร้อยละ
X_1 ลักษณะเนื้อดิน		
ดินทราย	12	20.0
ดินร่วนปนทราย	48	80.0
ดินร่วน	-	-
ดินเหนียว	-	-
X_2 การระบายน้ำของดิน		
ไม่ดี	-	-
ปานกลาง	54	90.0
ดี	6	10.0
X_3 ความอุดมสมบูรณ์ของดิน		
ต่ำมาก	12	20.0
ต่ำ	20	33.3
ปานกลาง	17	28.3
สูง	10	16.7
สูงมาก	1	1.7
X_4 ระดับความเป็นกรดด่างของดิน		
น้อยกว่า 6.0	12	20.0
6.1 – 7.0	44	73.3
มากกว่า 7.0	4	6.7
X_5 อุณหภูมิดิน (องศาเซลเซียส)		
น้อยกว่า 20	11	18.3
20 – 25	30	50.0
25 – 30	14	23.4
มากกว่า 30	5	8.3
X_6 ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ (%)		
น้อยกว่า 70	10	16.7

กรมวิชาการเกษตร

ตัวแปรทำนาย	จำนวน	ร้อยละ
70 – 80	20	33.3
มากกว่า 80	30	50.0
X_7 ความชื้นใต้ทรงพุ่ม (%)		
น้อยกว่า 35	4	6.7
35 – 55	39	65.0
55 – 75	14	23.3
มากกว่า 75	3	5.0
X_8 อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม (องศาเซลเซียส)		
น้อยกว่า 25	1	1.7
25 – 30	8	13.3
30 – 35	40	66.7
มากกว่า 35	11	18.3
X_9 ความสูงต้น (เซนติเมตร)		
น้อยกว่า 50	2	3.3
50 – 70	24	40.0
70 – 90	32	53.4
มากกว่า 90	2	3.3
X_{10} ความกว้างทรงพุ่ม (เซนติเมตร)		
น้อยกว่า 50	2	3.3
60 – 70	1	1.7
70 – 80	17	28.3
80 – 90	14	23.3
มากกว่า 90	26	43.4
X_{11} ดัชนีความเข้มของสีใบ (%)		
น้อยกว่า 30	2	3.3
30 – 40	21	35.0
40 – 50	28	46.7
มากกว่า 50	9	15.0
X_{12} ปริมาณฝน (มิลลิเมตร)		
0 – 1	30	50.0
1 – 2	10	16.7
2 – 3	10	16.7

กรมวิชาการเกษตร

ตัวแปรทำนาย	จำนวน	ร้อยละ
> 5	10	16.6
X_{13} อุณหภูมิสูงสุด (องศาเซลเซียส)		
31 – 32	20	33.3
32 – 33	17	28.4
34 - 35	23	38.3
X_{14} อุณหภูมิต่ำสุด (องศาเซลเซียส)		
น้อยกว่า 23	3	5.0
23 – 25	17	28.3
25 – 27	30	50.0
มากกว่า 27	10	16.7

ผลการสำรวจและรวบรวมข้อมูลตัวแปรเกณฑ์ (y) ดังตารางที่ 34

ตารางที่ 34 จำนวนและร้อยละของข้อมูลตัวแปรเกณฑ์ที่รวบรวมได้ (N = 60)

ตัวแปรเกณฑ์	จำนวน	ร้อยละ
ระดับการให้ผลผลิต		
น้อย	12	20.0
ปานกลาง	19	31.7
มาก	29	48.3

1.2 การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติค

ผลการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติคระหว่างตัวแปร (ข้อมูลจากแปลงเกษตรกรและข้อมูลอุตุนิยมวิทยา) กับตัวแปรเกณฑ์ (ระดับการให้ผลผลิตสับปะรด) ดังตารางที่ 35

ตารางที่ 35 การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติคระหว่างตัวแปรทำนายต่างๆ กับระดับการให้ผลผลิตสับปะรด จังหวัดเพชรบุรี

ปัจจัย		Adjusted Odds Ratio	p-Value	(95% Conf. Interval)	
				lower	upper
X_1	ลักษณะเนื้อดิน	1.69	0.518	0.35	8.26
X_2	การระบายน้ำของดิน	13.40	0.036*	1.19	151.09
X_3	ความอุดมสมบูรณ์ของดิน	2.06	0.077	0.92	4.60
X_4	ระดับความเป็นกรดด่างของดิน	0.39	0.125	0.12	1.30
X_5	อุณหภูมิดิน	0.91	0.417	0.73	1.14

กรมวิชาการเกษตร

ปัจจัย		Adjusted Odds Ratio	p-Value	(95% Conf. Interval)	
				lower	upper
X_6	ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ	1.01	0.922	0.76	1.34
X_7	ความชื้นใต้ทรงพุ่ม	0.97	0.542	0.87	1.07
X_8	อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม	0.95	0.793	0.67	1.37
X_9	ความสูงต้น	0.94	0.102	0.88	1.01
X_{10}	ความกว้างทรงพุ่ม	1.00	0.909	0.93	1.08
X_{11}	ดัชนีความเข้มของสีใบ	1.30	0.001*	1.11	1.52
X_{12}	ปริมาณฝน	0.97	0.702	0.85	1.11
X_{13}	อุณหภูมิสูงสุด	0.99	0.991	0.38	2.57
X_{14}	อุณหภูมิต่ำสุด	1.17	0.688	0.54	2.52

* ระดับนัยสำคัญ 0.05

1.3 โมเดลทำนายระดับการให้ผลผลิตสับปะรด จังหวัดเพชรบุรี

จากตารางที่ 35 ตัวแปรทำนายที่มีผลต่อระดับการให้ผลผลิตสับปะรดจังหวัดเพชรบุรีอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 อธิบายได้ดังนี้

การระบายน้ำของดิน (x_2) เมื่อเพิ่มขึ้นมีโอกาสทำให้ระดับการให้ผลผลิตสับปะรดเพิ่มสูงขึ้นกว่าตัวแปรทำนายอื่นๆ 2.60 เท่า

ดัชนีความเข้มของสีใบ (x_{11}) เมื่อเพิ่มขึ้นมีโอกาสทำให้ระดับการให้ผลผลิตสับปะรดเพิ่มสูงขึ้น กว่าตัวแปรทำนายอื่นๆ 0.26 เท่า

ได้สมการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติค คือ

$$\text{Logit} = 2.60_{\text{ระบายน้ำดิน}} + 0.26_{\text{ดัชนีสีใบ}}$$

โดยที่ ความน่าจะเป็นที่ให้ผลผลิตน้อย $= P(y \leq -17.39)$

ความน่าจะเป็นที่ให้ผลผลิตปานกลาง $= P(-17.38 < y \leq -15.18)$

ความน่าจะเป็นที่ให้ผลผลิตมาก $= P(-15.18 < y)$

1.4 เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของโมเดล

นำข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากแปลงสับปะรดของเกษตรกร จังหวัดเพชรบุรี ปี 2562 รายหนึ่ง ได้ตัวแปรการระบายน้ำของดินปานกลาง (2) และค่าดัชนีความเข้มของสีใบ (64%) นำมาเข้าสมการได้ดังนี้

ดังนั้น Logit $= (2.60 \times 2) + (0.26 \times 0.64)$

$= 5.37$

ความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ

กรมวิชาการเกษตร

$$P(y) = \frac{1}{1+e^{-z}}$$

$$= \frac{1}{1+e^{-5.37}}$$

$$= \frac{1}{1+2.71828^{-5.37}}$$

$$= \frac{1}{1+0.0046}$$

$$= \frac{1}{1.0046} = 0.9954$$

เมื่อเทียบกับโมเดล จะได้ค่า P (-15.18 < y) สรุปว่า แปลงสับปะรดของเกษตรกรจังหวัดเพชรบุรีรายนี้ มีความน่าจะเป็นที่ให้ผลผลิตในระดับมาก (มากกว่า 4,600 กิโลกรัม/ไร่)

และจากสถิติการปลูก ปี 2562 (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2563) ผลผลิตเฉลี่ยของสับปะรดในจังหวัดเพชรบุรี 2,681 กิโลกรัม/ไร่

% ความถูกต้อง = 100 - % ความคลาดเคลื่อน

$$\text{\% ความคลาดเคลื่อน} = \left|\frac{\text{ค่าที่แท้จริง} - \text{ค่าที่ทำนายได้}}{\text{ค่าที่ทำนายได้}}\right| \text{X } 100$$

$$= \left|\frac{2{,}681 - 4{,}600}{4{,}600}\right| \text{X } 100 = 41\ \%$$

% ความถูกต้อง = 100 – 41 = 59 %

2. การทำนายระดับการให้ผลผลิตสับปะรด จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

2.1 ลักษณะข้อตัวแปรที่รวบรวมได้

ผลการสำรวจและรวบรวมข้อมูลตัวแปรทำนาย (X_1 – x_{14}) ดังตารางที่ 36

ตารางที่ 36 จำนวนและร้อยละของข้อมูลตัวแปรทำนายที่รวบรวมได้ (N = 60)

ตัวแปรทำนาย	จำนวน	ร้อยละ
X_1 ลักษณะเนื้อดิน		
ดินทราย	12	20.0
ดินร่วนปนทราย	48	80.0
ดินร่วน	-	-
ดินเหนียว	-	-
X_2 การระบายน้ำของดิน		
ไม่ดี	-	-
ปานกลาง	54	90.0
ดี	6	10.0

กรมวิชาการเกษตร

ตัวแปรทำนาย	จำนวน	ร้อยละ
X_3 ความอุดมสมบูรณ์ของดิน		
ต่ำมาก	12	20.0
ต่ำ	20	33.3
ปานกลาง	17	28.3
สูง	10	16.7
สูงมาก	1	1.7
X_4 ระดับความเป็นกรดด่างของดิน		
น้อยกว่า 6.0	12	20.0
6.1 – 7.0	44	73.3
มากกว่า 7.0	4	6.7
X_5 อุณหภูมิดิน (องศาเซลเซียส)		
น้อยกว่า 25	11	18.3
25 – 30	30	50.0
30 – 35	14	23.4
มากกว่า 35	5	8.3
X_6 ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ (%)		
น้อยกว่า 70	10	16.7
70 – 80	30	50.0
มากกว่า 80	20	33.3
X_7 ความชื้นใต้ทรงพุ่ม (%)		
น้อยกว่า 35	4	6.7
35 – 55	39	65.0
55 – 75	14	23.3
มากกว่า 75	3	5.0
X_8 อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม (องศาเซลเซียส)		
น้อยกว่า 25	1	1.7
25 – 30	8	13.3
30 – 35	40	66.7
มากกว่า 35	11	18.3
X_9 ความสูงต้น (เซนติเมตร)		
น้อยกว่า 50	2	3.3
50 – 70	24	40.0

กรมวิชาการเกษตร

ตัวแปรทำนาย	จำนวน	ร้อยละ
70 – 90	32	53.4
มากกว่า 90	2	3.3
X_{10} ความกว้างทรงพุ่ม (เซนติเมตร)		
น้อยกว่า 50	2	3.3
60 – 70	1	1.7
70 – 80	17	28.3
80 – 90	14	23.4
มากกว่า 90	26	43.3
X_{11} ดัชนีความเข้มของสีใบ (%)		
น้อยกว่า 30	2	3.3
30 – 40	21	35.0
40 – 50	28	46.7
มากกว่า 50	9	15.0
X_{12} ปริมาณฝน (มิลลิเมตร)		
0 – 1	30	50.0
1 – 2	10	16.7
2 – 3	10	16.7
> 5	10	16.7
X_{13} อุณหภูมิสูงสุด (องศาเซลเซียส)		
31 – 32	20	33.3
32 – 33	17	28.4
34 - 35	23	38.3
X_{14} อุณหภูมิต่ำสุด (องศาเซลเซียส)		
น้อยกว่า 23	3	5.0
23 – 25	17	28.4
25 – 27	30	50.0
มากกว่า 27	10	16.7

กรมวิชาการเกษตร

ผลการสำรวจและรวบรวมข้อมูลตัวแปรเกณฑ์ (y) ดังตารางที่ 37

ตารางที่ 37 จำนวนและร้อยละของข้อมูลตัวแปรเกณฑ์ที่รวบรวมได้ (N = 60)

ตัวแปรเกณฑ์	จำนวน	ร้อยละ
ระดับการให้ผลผลิต		
น้อย	12	20.0
ปานกลาง	19	31.7
มาก	29	48.3

2.2 การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติค

ผลการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติคระหว่างตัวแปร (ข้อมูลจากแปลงเกษตรกรและข้อมูลอุตุนิยมวิทยา) กับตัวแปรเกณฑ์ (ระดับการให้ผลผลิตสับปะรด) ดังตารางที่ 38

ตารางที่ 38 การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติคระหว่างตัวแปรทำนายต่างๆ กับระดับการให้ผลผลิตสับปะรด

ตัวแปรทำนาย		Adjusted Odds Ratio	p-Value	(95% Conf. Interval)	
				lower	upper
X_1	ลักษณะเนื้อดิน	15.73	0.003*	2.62	94.49
X_2	การระบายน้ำของดิน	37.84	0.037*	1.25	1142.60
X_3	ความอุดมสมบูรณ์ของดิน	2.66	0.105	0.82	8.67
X_4	ระดับความเป็นกรดด่างของดิน	3.61	0.097	0.79	16.44
X_5	อุณหภูมิดิน	0.96	0.727	0.77	1.20
X_6	ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ	0.73	0.204	0.45	1.19
X_7	ความชื้นใต้ทรงพุ่ม	1.05	0.518	0.90	1.23
X_8	อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม	1.26	0.354	0.77	2.04
X_9	ความสูงต้น	0.96	0.415	0.87	1.06
X_{10}	ความกว้างทรงพุ่ม	0.98	0.586	0.92	1.05
X_{11}	ดัชนีความเข้มของสีใบ	0.75	0.029*	0.58	0.97
X_{12}	ปริมาณฝน	1.03	0.562	0.93	1.15
X_{13}	อุณหภูมิสูงสุด	0.62	0.531	0.14	2.78
X_{14}	อุณหภูมิต่ำสุด	0.45	0.475	0.05	4.01

* ระดับนัยสำคัญ 0.05

กรมวิชาการเกษตร

2.3 โมเดลทำนายระดับการให้ผลผลิตสับปะรด จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

จากตารางที่ 38 ตัวแปรทำนายที่มีผลต่อระดับการให้ผลผลิตสับปะรดจังหวัดประจวบคีรีขันธ์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 อธิบายได้ดังนี้

ลักษณะเนื้อดิน (X_1) เมื่อเพิ่มขึ้นมีโอกาสทำให้ระดับการให้ผลผลิตสับปะรดเพิ่มสูงขึ้นกว่าตัวแปรทำนายอื่นๆ 2.76 เท่า

การระบายน้ำของดิน (X_2) เมื่อเพิ่มขึ้นมีโอกาสทำให้ระดับการให้ผลผลิตสับปะรดเพิ่มสูงขึ้นกว่าตัวแปรทำนายอื่นๆ 3.63 เท่า

ดัชนีความเข้มของสีใบ (X_{11}) เมื่อลดลงมีโอกาสทำให้ระดับการให้ผลผลิตเพิ่มสูงขึ้นกว่าตัวแปรทำนายอื่นๆ 0.29 เท่า

ได้สมการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติค คือ

$$\text{Logit} = 2.76_{\text{เนื้อดิน}} + 3.63_{\text{ระบายน้ำดิน}} - 0.29_{\text{ดัชนีสีใบ}}$$

โดยที่	ความน่าจะเป็นที่ให้ผลผลิตน้อย	= P ($y \leq 41.20$)
	ความน่าจะเป็นที่ให้ผลผลิตปานกลาง	= P ($41.21 < y \leq 44.19$)
	ความน่าจะเป็นที่ให้ผลผลิตมาก	= P ($44.19 < y$)

2.4 เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของโมเดล

นำข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากแปลงสับปะรดของเกษตรกร จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ปี 2562 รายหนึ่ง ได้ตัวแปรลักษณะของเนื้อดินเป็นดินเหนียว (4) การระบายน้ำของดินไม่ดี (1) และดัชนีความเข้มของสีใบ (41%) นำมาเข้าสมการได้ดังนี้

ดังนั้น Logit = (2.76 x 4) + (3.63 x 1) + (0.29 x 0.41)

= 11.04 + 3.63 + 0.119 = 14.6819

ความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ

$$P(y) = \frac{1}{1+e^{-z}}$$

$$= \frac{1}{1+e^{-14.6819}}$$

$$= \frac{1}{1+4.204^{-7}} = 1$$

เมื่อเทียบกับโมเดล จะได้ค่า P ($y \leq 41.20$) สรุปว่า แปลงสับปะรดของเกษตรกร จังหวัดประจวบคีรีขันธ์รายนี้มีความน่าจะเป็นที่ให้ผลผลิตในระดับน้อย (น้อยกว่า 3,500 กิโลกรัม/ไร่)

และจากสถิติการปลูก ปี 2562 (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2563) ผลผลิตเฉลี่ยของสับปะรดในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ 4,503 กิโลกรัม/ไร่

% ความถูกต้อง = 100 - % ความคลาดเคลื่อน

$$\text{\% ความคลาดเคลื่อน} = \left| \frac{\text{ค่าที่แท้จริง} - \text{ค่าที่ทำนายได้}}{\text{ค่าที่ทำนายได้}} \right| \text{X } 100$$

กรมวิชาการเกษตร

$$= \left| \frac{4,503 - 3,500}{3,500} \right| \times 100 = 28\ \%$$

% ความถูกต้อง = 100 – 28 = 72 %

อภิปรายผล (Discussion)

ตัวแปรทำนายที่มีผลต่อระดับการให้ผลผลิตสับปะรดในจังหวัดเพชรบุรีและจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ พบว่า ลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนถึงดินร่วนปนทราย ระบายน้ำได้ดีเหมาะกับการปลูกสับปะรด การระบายน้ำเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการปลูกสับปะรด รวมถึงการปรับปรุงบำรุงดิน การใช้ปุ๋ยเคมีที่ดีและมีประสิทธิภาพ ช่วยลดการเกิดโรคและแมลงได้ (กรมวิชาการเกษตร. 2558)

ดัชนีความเข้มของสีใบ (Dark Green Color Index : DGCI) ที่คำนวณจากภาพถ่ายของใบมีความสัมพันธ์อย่างยิ่งกับปริมาณธาตุไนโตรเจนในใบ และสามารถบ่งบอกความสุกของผลสับปะรด โดยจะมีสีเขียวเหลือง (yellowish) เพิ่มขึ้น เมื่อผลสับปะรดสุก และมีความฉ่ำเพิ่มขึ้น (Shuhairie, *et al.,* 2011)

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

การทดลองนี้ทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรทำนายที่มีผลต่อระดับการให้ผลผลิตของสับปะรดในแต่ละจังหวัด ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อระดับการให้ผลผลิตของสับปะรดในจังหวัดเพชรบุรี คือ คือ การระบายน้ำของดิน และดัชนีความเข้มของสีใบ ส่วนจังหวัดระจวบคีรีขันธ์ คือ ลักษณะเนื้อดิน การระบายน้ำของดิน และดัชนีความเข้มของสีใบ และมีค่าความถูกต้องของการทำนายระดับการให้ผลผลิตของสับปะรด 59% และ 72% ตามลำดับ

กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 5

ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการให้ผลผลิตลำไย

The Study of Factors of Longan Production for Yield Prediction Model

นวลมณี พรหมนิล สุรพงษ์ ประสิทธิ์วัฒนเสรี นครินทร์ทิพย์ พุทธสิทธิ กฤษณา แสงดี
สุวิชา อ่อนเฉียบ วีรศักดิ์ ขุนชำนาญ ธีรภัทร ธรรมไชยางกูร สุมิตร วิลัยพร ยรรยง พันธ์พฤกษ์

คำสำคัญ

ลำไย จักรกลการเรียนรู้ โมเดลการทำนาย สมการถดถอยโลจิสติค

Key words

Longan, Machine Learning, Model, Logistic Regression

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับผลผลิตลำไยเพื่อจัดทำโมเดลทำนายระดับการให้ผลผลิตลำไย ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน และสุราษฎร์ธานีระหว่างปี 2562 – 2564 เลือกใช้โมเดลการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีการฝึก (Supervised Machine Learning) ดำเนินการประเมินปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับการให้ผลผลิต 3 ระดับ(น้อย ปานกลาง และมาก) โดยวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติคเพื่อทำนายความน่าจะเป็นในการให้ผลผลิตระดับใด ชุดข้อมูลที่ใช้รวม 405 ชุดข้อมูล พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อระดับการให้ผลผลิตลำไยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.01 คือ อุณหภูมิดิน และ DGCI โมเดลการทำนายระดับการให้ผลผลิตลำไย คือ $\text{Logit} = 0.03_{\text{อุณหภูมิดิน}} + 0.03_{\text{ดัชนีความเข้มของสีใบ}}$ มีค่าความถูกต้องของการทำนายร้อยละ 79.58

Abstract

The study on analyzing factors of Longan production aims to create model of Longan production level prediction. Data were collected from the famers in Chiang Mai, Chiang Rai, and Lamphun province between 2019 - 2021. Longan production were labelled as 3 levels (low, moderate, and high), then used logistic regression model to predict production level. There were 405 data set. Factors found to affect Longan production level were soil temperature and DGCI ($P < 0.01$). Predictive analytic model is $\text{Logit} = 0.03._{s_temp} + 0.03_{DGCI}$ and has 79.58 % accuracy.

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ (Introduction)

ลำไย เป็นไม้ผลที่มีความสำคัญ เนื่องจากมีมูลค่าการส่งออกหลายพันล้าน มีพื้นที่ให้ผลประมาณ 1.1 ล้านไร่ ผลผลิตประมาณ 8.7 แสนตัน ผลผลิตต่อไร่ 822 กิโลกรัม โดยมีแหล่งเพาะปลูก 5 อันดับแรก คือ เชียงใหม่ ลำพูน จันทบุรี เชียงราย และพะเยา โดยเนื้อที่ให้ผลเพิ่มขึ้น ยกเว้นภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากมีการปรับเปลี่ยนไปปลูกพืชชนิดอื่นทดแทน ส่วนผลผลิตต่อไร่และผลผลิตรวมลดลง เนื่องจากสภาพอากาศไม่เอื้ออำนวย ทำให้ติดดอกน้อย (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) โดยช่วงครึ่งปีแรก ปี 2564 พบว่าการส่งออกลำไยแบบสดมีการส่งออกไปยังประเทศจีน เวียดนาม ฮ่องกง อินโดนีเซีย และมาเลเซีย แล้ว 198,079 ตัน และการส่งออกลำไยแบบอบแห้ง มีการส่งไปยังประเทศจีน เวียดนาม ฮ่องกง สิงคโปร์ และเกาหลี ไปแล้ว 14,069 ตัน โดยขณะนี้ราคายังอยู่ในราคาที่ทรงตัว (กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ, 2564)

ปัญหาการผลิตไม้ผลของประเทศไทยตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา ส่วนใหญ่มาจากการขยายพื้นที่เพาะปลูกโดยไม่คำนึงว่าที่ดินเหล่านั้นจะเหมาะสมกับการผลิตหรือไม่ ทำให้ประสบปัญหาและส่งผลกระทบต่อการตลาดและราคา รวมถึงสภาพดินฟ้าอากาศที่แปรปรวนในช่วงเดือนที่ไม้ผลกำลังติดดอกออกผล ทำให้ผลผลิตร่วงหล่นเสียหายดังนั้น การวางแผนและนโยบายภาครัฐจึงได้เน้นเรื่องคุณภาพ ปริมาณ สามารถใช้ในการวิเคราะห์และวางแผนระบบการผลิตพืชได้ทันกับเหตุการณ์และวางแผนล่วงหน้าได้ โดยใชความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการให้ผลผลิต ทั้งปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ เช่น ธาตุอาหารพืช ปุ๋ย น้ำ และปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุม เช่น สภาพภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศ จักรกลการเรียนรู้ (Machine Learning) โดยการเรียนรู้แบบมีผู้สอน(Supervised) และวิธีทางสถิติ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้ผลผลิตลำใย เพื่อสร้างโมเดลทำนายระดับการให้ผลผลิตลำใยในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และลำพูน สามารถนำโมเดลไปใช้ประกอบการตัดสินใจวางแผนการผลิตได้

กรมวิชาการเกษตร

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

อุปกรณ์และวิธีการ

1.เครื่องเจาะดิน

2.อุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นในดิน

3.อุปกรณ์ตรวจวัดความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารในดิน

4.อุปกรณ์ตรวจวัดความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

5.อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิแบบอินฟาเรด

6.อุปกรณ์วัดระยะทางแบบอัลตราโซนิก

7.วัสดุสำรวจ (ตลับเมตร, กล้องถ่ายรูป, กล้องส่องทางไกล)

8.วัสดุสำนักงานและคอมพิวเตอร์ (กระดาษ หมึกพิมพ์ Handy Drive ฯลฯ)

วิธีการ

1. กำหนดตัวแปรทำนาย

เก็บรวบรวมข้อมูลจากแปลงลำไยของเกษตรกรในจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และลำพูน จำนวน จังหวัดละ 15 แปลง ใช้วิธีคัดเลือกแปลงโดยการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple Random Sampling) เดินทางไปเก็บข้อมูล 3 ช่วง คือ ระยะก่อนการให้ผลผลิต ระยะการให้ผลผลิต และระยะหลังการให้ผลผลิต เป็นเวลา 3 ปี รวมจังหวัดละ 90 ข้อมูล โดยใช้ข้อมูลตัวแปรทำนาย (X_1- X_8) จังหวัดละ 8 ตัวแปร รวม 405 ข้อมูล

2. กำหนดตัวแปรเกณฑ์

2.1 เก็บรวบรวมข้อมูลสถิติผลผลิตลำไยของจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และลำพูน ระหว่างปี 2557 – 2561 (ตารางที่ 39)

ตารางที่ 39 เก็บรวบรวมข้อมูลสถิติผลผลิตลำไยของจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน ระหว่างปี 2557 – 2561 (กิโลกรัม/ไร่)

จังหวัด	**ปี 2557**	**ปี 2558**	**ปี 2559**	**ปี 2560**	**ปี 2561**	**ค่าเฉลี่ย**
เชียงใหม่	993	883	696	855	876	**861**
เชียงราย	608	499	330	482	497	**483**
ลำพูน	838	552	454	848	932	**725**
ค่าเฉลี่ย	**813**	**645**	**493**	**728**	**768**	**690**

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

กรมวิชาการเกษตร

2.2 กำหนดระดับการวัดของตัวแปรเกณฑ์

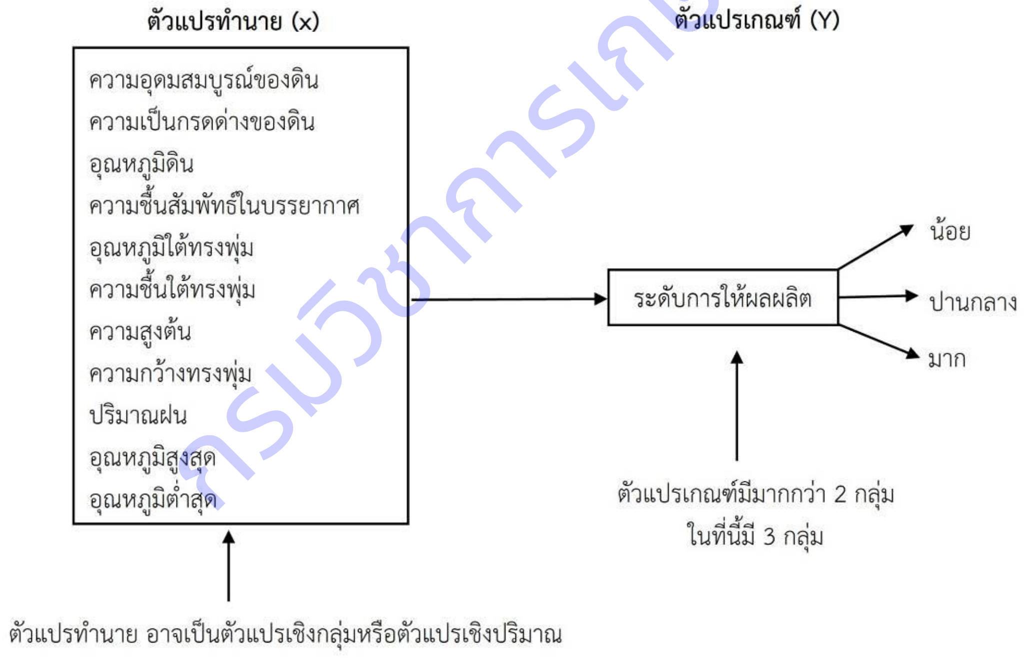
กำหนดระดับการให้ผลผลิตลำไย ซึ่งเป็นตัวแปรเกณฑ์ เป็น 3 ระดับ (1 - 3) คือ ให้ผลผลิตน้อย ปานกลาง และมาก (ตารางที่ 40)

ตารางที่ 40 การกำหนดระดับการให้ผลผลิตลำไย ซึ่งเป็นตัวแปรเกณฑ์ เป็น 3 ระดับ คือ ให้ผลผลิตน้อย ปานกลาง และมาก

ระดับการให้ผลผลิต	ช่วงผลผลิต (กก./ไร่)
1 = น้อย	≤ 700
2 = ปานกลาง	701 – 900
3 = มาก	>900

3. การวิเคราะห์โมเดล

วิเคราะห์การถดถอยโลจิสติค ระหว่างตัวแปรเกณฑ์ (ระดับการให้ผลผลิตลำไย) กับตัวแปรทำนาย (ข้อมูลจากแปลงเกษตรกรและข้อมูลอุตุนิยมวิทยา)



ภาพที่ 7 วิเคราะห์การถดถอยโลจิสติค ระหว่างตัวแปรเกณฑ์ (ระดับการให้ผลผลิตลำไย) กับตัวแปรทำนาย

4. การคำนวณเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการทำนาย

ค่าความถูกต้อง (Accuracy) หมายถึง ค่าที่ได้จากการทำนายในแต่ละครั้ง มีค่าเข้าใกล้ค่าที่แท้จริงมากน้อยเพียงใด

$$\text{\% ความถูกต้อง} = 100 - \text{\% ความคลาดเคลื่อน}$$

โดยที่

$$\text{\% ความคลาดเคลื่อน} = \left| \frac{\text{ค่าที่แท้จริง} - \text{ค่าที่ทำนายได้}}{\text{ค่าที่ทำนายได้}} \right| \times 100$$

กรมวิชาการเกษตร

เวลาและสถานที่

ระยะเวลาดำเนินการ	ตุลาคม 2561 – กันยายน 2564
สถานที่ดำเนินการ	แปลงเกษตรกรจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และลำพูน ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารกรมวิชาการเกษตร

กรมวิชาการเกษตร

ผลการวิจัย (Results)

1. ลักษณะข้อมูลตัวแปรที่รวบรวมได้

ตัวแปรเกณฑ์ที่รวบรวมจากแปลงลำไยเกษตรกรในจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และลำพูนเป็นเวลา 3 ปี จำนวน 405 ข้อมูล แบ่งระดับการให้ผลผลิต เป็น น้อย ปานกลาง มาก โดยระดับน้อยมี 260 ชุด คิดเป็นร้อยละ 33.3 ระดับปานกลางมี 57 ชุด คิดเป็นร้อยละ 38.8 และระดับมากมี 88 ชุด คิดเป็นร้อยละ 32.03 (ตารางที่ 41)

ตารางที่ 41 จำนวนและร้อยละของข้อมูลตัวแปรเกณฑ์ที่รวบรวมได้ของลำไย (N = 405)

ตัวแปรทำนาย	เชียงใหม่		เชียงราย		ลำพูน		รวม	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
ระดับการให้ผลผลิต								
น้อย	90	34.6	80	30.8	90	34.6	260	33.3
ปานกลาง	19	33.3	26	45.6	12	37.5	57	38.8
มาก	26	29.5	29	33.3	33	33.3	88	32.03

2. การวิเคราะห์สมการถดถอยโลจิสติค

ผลการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติคระหว่างตัวแปรทำนาย (ข้อมูลจากแปลงเกษตรกรและข้อมูลอุตุนิยมวิทยา) กับตัวแปรเกณฑ์ (ระดับการให้ผลผลิตลำไย) ดังตารางที่ 42

ตารางที่ 42 การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติคระหว่างตัวแปรทำนายต่างๆ กับตัวแปรเกณฑ์

	ตัวแปร	สัมประสิทธิ์	อัตราส่วน Odds	Z	นัยสำคัญของ Z	ช่วงความเชื่อมั่น 95%
	ค่าคงที่ (1)	-5.08	3.63	-1.40	0.161	
	ค่าคงที่ (2)	-4.28	3.62	-1.18	0.238	
X_1	ความอุดมสมบูรณ์ของดิน	-0.20	0.11	-1.74	0.082	0.64-1.03
X_2	ความเป็นกรดด่างของดิน	-0.46	0.33	-1.38	0.166	0.32-1.21
X_3	อุณหภูมิดิน	0.11	0.02	3.91	0.000*	1.06-1.18
X_4	อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม	-0.00	0.04	-0.23	0.817	0.91-1.08
X_5	ความชื้นใต้ทรงพุ่ม	0.01	0.00	2.04	0.042	1.24-1.62
X_6	ความสูงต้น	-0.00	0.00	-1.32	0.186	0.90-1.00
X_7	ความกว้างทรงพุ่ม	0.00	0.00	0.35	0.728	1.00-1.00
X_8	DGCI	0.01	0.02	6.33	0.000*	1.12-1.25

* นัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.01

กรมวิชาการเกษตร

3. โมเดลทำนายระดับการให้ผลผลิตลำไย

จากตารางที่ 42 ตัวแปรทำนายที่มีผลต่อระดับการให้ผลผลิตลำไยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.01อธิบายได้ดังนี้

อุณหภูมิดิน (X_3) เมื่อเพิ่มขึ้นมีความน่าจะเป็นที่ให้ระดับการให้ผลผลิตลำไยเพิ่มขึ้นกว่าตัวแปรทำนายอื่นๆ 0.03 เท่า

ดัชนีความเข้มของสีใบ (X_8) เมื่อเพิ่มขึ้นมีความน่าจะเป็นที่ระดับการให้ผลผลิตลำไยเพิ่มขึ้นกว่าตัวแปรทำนายอื่นๆ 0.03 เท่า

ส่วนตัวแปร ความอุดมสมบูรณ์ดิน ความเป็นกรดด่างของดิน อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม ความสูงต้น และความกว้างทรงพุ่ม ไม่มีผลต่อระดับการให้ผลผลิตลำไยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ได้สมการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติค คือ

$$\text{Logit} = 0.03_{\text{อุณหภูมิดิน}} + 0.03_{\text{ดัชนีความเข้มของสีใบ}}$$

โดยที่ ความน่าจะเป็นที่ให้ผลผลิตน้อย = P (Y $\leq$ 4.28)

ความน่าจะเป็นที่ให้ผลผลิตปานกลาง = P (4.28 < Y $\leq$ 5.08)

ความน่าจะเป็นที่ให้ผลผลิตมาก = P (5.08 < Y)

4. การทดสอบความถูกต้องของโมเดล

ข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากแปลงลำไยของเกษตรกร จังหวัดเชียงใหม่ ปี 2564 รายหนึ่ง จำนวน 30 ต้น ได้ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิดิน 24.96 องศาเซลเซียส และค่าดัชนีความเข้มของสีใบ 0.21

นำข้อมูลตัวแปรมาเข้าสมการถดถอยโลจิสติค ดังนี้

$$\text{Logit} = (0.03 \times 24.96) + (0.03 \times 0.21)$$

$$= 0.74 + 0.01 = 0.75$$

ความน่าจะเป็นของระดับการให้ผลผลิตลำไย

$$P(y) = \frac{1}{1+e^{-z}}$$

$$= \frac{1}{1+e^{0.75}}$$

$$= \frac{1}{1+2.71828^{0.75}}$$

$$= \frac{1}{1+2.1169} = \frac{1}{3.1169} = 0.32$$

กรมวิชาการเกษตร

เมื่อเทียบกับโมเดลได้ค่า P (4.28 < Y) สรุปได้ว่า แปลงลำไยของเกษตรกรจังหวัดเชียงใหม่รายนี้มีความน่าจะเป็นที่จะให้ผลผลิตในระดับมาก (ผลผลิตน้อยกว่าหรือเท่ากับ 700 กิโลกรัม/ไร่) และจากสถิติการปลูกพืช ปี 2563 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2563) ผลผลิตเฉลี่ยของลำไยจังหวัดเชียงใหม่ 843 กิโลกรัม/ไร่

% ความถูกต้อง = 100 - % ความคลาดเคลื่อน

$$\text{\% ความคลาดเคลื่อน} = \left| \frac{\text{ค่าที่แท้จริง} - \text{ค่าที่ทำนายได้}}{\text{ค่าที่ทำนายได้}} \right| \times 100$$

$$= \left| \frac{843-700}{700} \right| \times 100 = 20.42\%$$

% ความถูกต้อง = 100 - 20.42 = 79.58 %

อภิปรายผล (Discussion)

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับลำไย

ดิน ลำไยสามารถขึ้นได้ดีในดินแทบทุกชนิด เจริญเติบโตได้ดี ในดินร่วนปนทราย และดินตะกอน และควรมีหน้าดินลึก การระบายน้ำดี ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 6 อุณหภูมิ โดยทั่วไปลำไยต้องการอากาศค่อนข้างเย็น อุณหภูมิที่สามารถเจริญเติบโตได้อยู่ระหว่าง 4 - 30 องศาเซลเซียส และต้องการอุณหภูมิต่ำ10 - 20 องสาเซลเซียส ในฤดูหนาวประมาณเดือนพฤศจิกายนถึงมกราคมเพื่อการออกดอก น้ำและความชื้น น้ำเป็นสิ่งจำเป็นในการเจริญเติบโต ควรมีปริมาณเฉลี่ย 1,250 มิลลิเมตรต่อปี แต่ในบางช่วงต้องการฝ้าน้อย คือในช่วงก่อนออกดอก และต้องการน้ำมากในช่วงออกดอก ติดผล แสงแหล่งปลูกลำไยต้องโล่งแจ้ง มีแสงแดดส่องตลอดเวลา (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2564)

ในการวิจัยนี้ มีปัจจัยที่มีผลต่อการให้ผลผลิตลำไย ดังนี้

อุณหภูมิดิน 21 – 25 องศาเซลเซียส

ดัชนีความเข้มของสีใบ อยู่ระหว่าง 0.40-0.50

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

การทดลองนี้ทำให้ทราบถึงปัจจัยที่มีผลต่อระดับการให้ผลผลิตของลำไยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ คือ อุณหภูมิดิน และดัชนีความเข้มของสีใบ และมีความถูกต้องของการทำนายระดับการให้ผลผลิตลำไยร้อยละ 79.58

กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 6

ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการให้ผลผลิตเงาะ

The Study of Factors of Rambutan Production for Yield Prediction Model

สุวิชา อ่อนเฉียบ สุรพงษ์ ประสิทธิ์วัฒนเสรี ยรรยง พันธ์พฤกษ์ กฤษณา แสงดี
นครินทร์ทิพย์ พุทธสิทธิ์ นวลมณี พรหมนิล วีรศักดิ์ ขุนชำนาญ ธีรภัทร์ ธรรมไชยางกูร

คำสำคัญ (Key words)

เงาะ โมเดลทำนายผลผลิต จักรกลการเรียนรู้ สมการถดถอยโลจิสติค

Key words

Rambutan, Machine Learning, Model, Logistic Regression

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับผลผลิตเงาะ เพื่อจัดทำโมเดลทำนายระดับการให้ผลผลิตเงาะ ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี ระหว่างปี 2562 – 2564 เลือกใช้โมเดลการเรียนรู้ของเครื่องแบบมีการฝึก (Supervised Machine Learning) ดำเนินการประเมินปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับการให้ผลผลิต 3 ระดับ(น้อย ปานกลาง และมาก) โดยวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติคเพื่อทำนายความน่าจะเป็นในการให้ผลผลิตระดับใด ชุดข้อมูลที่ใช้รวม 135 ชุดข้อมูล พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อระดับการให้ผลผลิตเงาะอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.01 คือ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน อุณหภูมิดิน และดัชนีความเข้มของสีใบ โมเดลการทำนายระดับการให้ผลผลิตเงาะ คือ $\text{Logit} = 2.29_{\text{ความอุดมสมบูรณ์ของดิน}} - 0.07_{\text{อุณหภูมิดิน}} + 0.30_{\text{ดัชนีความเข้มของสีใบ}}$ และมีค่าความถูกต้องของการทำนายร้อยละ 76

Abstract

The study on analyzing factors of Rambutan production aims to create model of Rambutan production level prediction. Data were collected from the famers in Surat Thani province between 2019 - 2021. Rambutan production were labelled as 3 levels (low, moderate, and high), then used logistic regression model to predict production level. There were 135 data set. Factors found to affect Rambutan production level were soil fertility, soil temperature, and Dark Green Color Index :DGCI (P <0.01). Predictive analytic model is $\text{Logit} = 2.29_{\text{soil fertility}} - 0.07_{\text{soil temperature}} + 0.30_{\text{DGCI}}$ and has 76 % accuracy.

บทนำ (Introduction)

เงาะ มีพื้นที่ให้ผล 2.11 แสนไร่ จำนวนผลผลิต 2.7 แสนตัน ผลผลิตต่อไร่ 1.28 ตัน โดยมีแหล่งเพาะปลูก 5 อันดับแรก คือ จันทบุรี ตราด สุราษฎร์ธานี นราธิวาส และนครศรีธรรมราช เนื้อที่ให้ผลผลิตรวมทั้งประเทศลดลง เนื่องจากการโค่นต้นที่มีอายุมากทิ้ง ขาดแคลนแรงงานและค่าแรงในการเก็บผลผลิตมีราคาสูงขึ้น ทำให้ปรับเปลี่ยนไปปลูกพืชอื่นทดแทน ในภาคใต้ แต่ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่มีพื้นที่เพิ่มมากขึ้นตามลำดับ ส่วนผลผลิตต่อไร่ลดลง ยกเว้นภาคกลาง (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2563) พันธุ์ที่นิยมปลูกเป็นการค้า คือ พันธุ์โรงเรียน พันธุ์สีชมพู และพันธุ์สีทอง โดยเงาะพันธุ์ โรงเรียน เป็นที่นิยมในการบริโภคมากที่สุด เนื่องจากมีลักษณะเด่น คือ ผลใหญ่ สีสด เนื้อล่อน กรอบ รสชาติหวาน หอมอร่อย โดยเฉพาะพื้นที่ปลูกในจังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งมีความเหมาะสมในด้านสภาพพื้นที่ มีศักยภาพในการผลิต จากการรวมกลุ่มทำเกษตรรูปแบบแปลงใหญ่ และการได้รับการตรวจรับรองมาตรฐานการผลิตพืช จึงทำให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ เป็นที่ต้องการของตลาด (วสันต์ สุขสุวรรณ, สิงหาคม 2558) ผลผลิตของพืชขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆ อย่างที่เกี่ยวข้องกับดิน สภาพพื้นที่ สภาพอากาศ การดูแลรักษาแปลง เมื่อนำข้อมูลปัจจัยเหล่านั้นมาวิเคราะห์ทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ที่ส่งผลต่อระดับการให้ผลผลิต รวมถึงสามารถจัดทำโมเดลทำนายผลผลิตโดยการใช้แนวทางการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine learning) ขั้นตอนการสร้างโมเดลการเรียนรู้ของเครื่อง (ไพรสันต์, 2563) การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้ผลผลิตเงาะ เพื่อสร้างโมเดลทำนายระดับการให้ผลผลิตเงาะในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี สามารถนำโมเดลไปใช้ประกอบการตัดสินใจวางแผนการผลิตได้ และมีความเข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเงาะ ทั้งปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ เช่นธาตุอาหารพืช ปุ๋ย น้ำ และปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุม เช่นสภาพพื้นที่ สภาพอากาศ เป็นการใช้ประโยชน์จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทำนายการให้ผลผลิต วางแผนพัฒนา และส่งเสริม แนะนำการใช้องค์ความรู้และเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเงาะต่อไป

กรมวิชาการเกษตร

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

อุปกรณ์และวิธีการ

1. เครื่องเจาะดิน
2. อุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นในดิน
3. อุปกรณ์ตรวจวัดความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารในดิน
4. อุปกรณ์ตรวจวัดความเป็นกรดเป็นด่างของดิน
5. อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิแบบอินฟาเรด
6. อุปกรณ์วัดระยะทางแบบอัลตราโซนิก
7. วัสดุสำรวจ (ตลับเมตร, กล้องถ่ายรูป, กล้องส่องทางไกล)
8. วัสดุสำนักงานและคอมพิวเตอร์ (กระดาษ หมึกพิมพ์ Handy Drive ฯลฯ)

1. กำหนดตัวแปรทำนาย

1.1 เก็บรวบรวมข้อมูลจากแปลงเงาะของเกษตรกรในจังหวัดสุราษฎร์ธานี จำนวน 15 แปลง ใช้วิธีคัดเลือกแปลงโดยการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple Random Sampling) เดินทางไปเก็บข้อมูล 3 ช่วง คือ ระยะก่อนการให้ผลผลิต ระยะการให้ผลผลิต และระยะหลังการให้ผลผลิต เป็นเวลา 3 ปี รวม 135 ข้อมูล โดยใช้ข้อมูลตัวแปรทำนาย (X_1- X_8 และ X_{12}) จำนวน 9 ตัวแปร รวม 1,215 ข้อมูล

1.2 เก็บรวบรวมข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยาสุราษฎร์ธานี ตรงกับวันที่เดินทางไปเก็บข้อมูลแปลงเงาะของเกษตรกร โดยได้ข้อมูลตัวแปรทำนาย (X_9 - X_{11}) จำนวน 3 ตัวแปร รวม 405 ข้อมูล

รวมจำนวนข้อมูลตัวแปรทำนายทั้งหมด 1,620 ข้อมูล

2. กำหนดตัวแปรเกณฑ์

2.1 เก็บรวบรวมข้อมูลสถิติผลผลิตเงาะของจังหวัดสุราษฎร์ธานี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) ระหว่างปี 2557 – 2561

ตารางที่ 43 สถิติผลผลิตเงาะ ปี 2557 – 2561 (กิโลกรัม/ไร่)

จังหวัด	ปี 2557	ปี 2558	ปี 2559	ปี 2560	ปี 2561	ค่าเฉลี่ย
สุราษฎร์ธานี	711	1142	950	760	1328	978

2.2 กำหนดระดับการวัดของตัวแปรเกณฑ์

กำหนดระดับการให้ผลผลิตเงาะ ซึ่งเป็นตัวแปรเกณฑ์เป็น 3 ระดับ (1 - 3) คือ ให้ผลผลิตน้อย ปานกลาง และมาก (ตารางที่ 44)

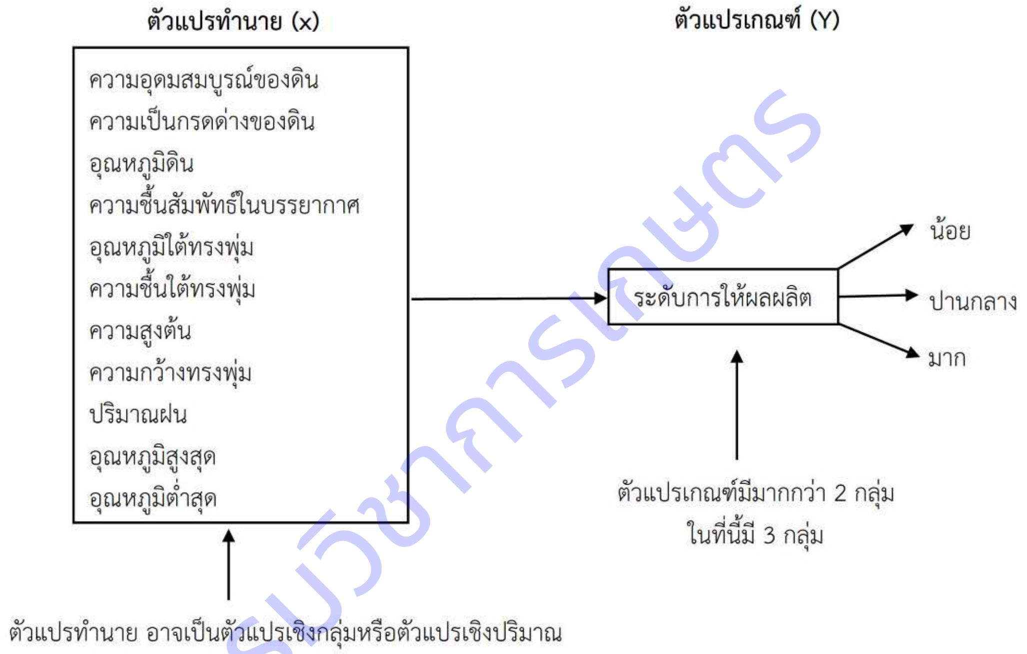
กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 44 การกำหนดตัวแปรเกณฑ์

ระดับการให้ผลผลิต (Y)	ความหมาย	ช่วงผลผลิต (กก./ไร่)
1	ให้ผลผลิตน้อย	$\leq$ 900
2	ให้ผลผลิตปานกลาง	901 – 1,200
3	ให้ผลผลิตมาก	>1,200

3. การวิเคราะห์โมเดล

วิเคราะห์การถดถอยโลจิสติค ระหว่างตัวแปรเกณฑ์ (ระดับการให้ผลผลิตเงาะ) กับตัวแปรทำนาย (ข้อมูลจากแปลงเกษตรกรและข้อมูลอุตุนิยมวิทยา



กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 8 วิเคราะห์การถดถอยโลจิสติค ระหว่างตัวแปรเกณฑ์ (ระดับการให้ผลผลิตเงาะ) กับตัวแปรทำนาย

4. การคำนวณเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการทำนาย

ค่าความถูกต้อง (Accuracy) หมายถึง ค่าที่ได้จากการทำนายในแต่ละครั้ง มีค่าเข้าใกล้ค่าที่แท้จริงมากน้อยเพียงใด

% ความถูกต้อง = 100 - % ความคลาดเคลื่อน

โดยที่ % ความคลาดเคลื่อน = $\left|\frac{\text{ค่าที่แท้จริง} - \text{ค่าที่ทำนายได้}}{\text{ค่าที่ทำนายได้}}\right| \times 100$

ระยะเวลาดำเนินการ ตุลาคม 2561 – กันยายน 2564

สถานที่ดำเนินการ แปลงเกษตรกรจังหวัดสุราษฎร์ธานี

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมวิชาการเกษตร

ผลการวิจัย (Results)

1. ลักษณะข้อมูลตัวแปรที่รวบรวมได้

ผลการสำรวจและรวบรวมข้อมูลตัวแปรทำนาย (X_1 – X_{12}) พบว่าตัวแปรทำนายหรือปัจจัยต่างๆ ที่คาดว่าจะมีผลต่อระดับการให้ผลผลิตเงาะ

ตัวแปรทำนายที่รวบรวมจากแปลงเงาะเกษตรกรในจังหวัดสุราษฎร์ธานี เป็นเวลา 3 ปี จำนวน 135 ข้อมูล แบ่งระดับการให้ผลผลิต เป็น น้อย ปานกลาง มาก โดยระดับน้อยมี 91 ชุด คิดเป็นร้อยละ 67.4 ระดับปานกลางมี 16 ชุด คิดเป็นร้อยละ 11.9 และระดับมากมี 28 ชุด คิดเป็นร้อยละ 20.7 (ตารางที่ 45)

ตารางที่ 45 จำนวนและร้อยละของข้อมูลตัวแปรเกณฑ์ที่รวบรวมได้ (N = 135)

ตัวแปรทำนาย	จำนวน	ร้อยละ
ระดับการให้ผลผลิต		
น้อย	91	67.4
ปานกลาง	16	11.9
มาก	28	20.7

2. การวิเคราะห์สมการถดถอยโลจิสติค ผลการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติคระหว่างตัวแปรทำนาย (ข้อมูลจากแปลงเกษตรกรและข้อมูลอุตุนิยมวิทยา) กับตัวแปรเกณฑ์ (ระดับการให้ผลผลิตเงาะ)

ตารางที่ 46 การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติคระหว่างตัวแปรทำนายต่างๆ กับตัวแปรเกณฑ์

	ตัวแปร	**สัมประสิทธิ์**	**อัตราส่วน Odds**	**Z**	**นัยสำคัญของ Z**	**ช่วงความเชื่อมั่น 95%**
	ค่าคงที่ (1)	-20.34		-2.20	0.028	
	ค่าคงที่ (2)	-18.36		-2.00	0.045	
X_1	ความอุดมสมบูรณ์ของดิน	2.29	9.89	4.83	0.000*	3.90-25.05
X_2	ความเป็นกรดด่างของดิน	0.73	2.07	0.92	0.359	0.44-9.77
X_3	อุณหภูมิดิน	-0.07	0.93	-2.93	0.003*	0.89-0.98
X_5	อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม	0.14	1.16	0.78	0.435	0.80-1.66
X_6	ความชื้นใต้ทรงพุ่ม	0.05	1.05	1.55	0.121	0.99-1.12
X_7	ความสูงต้น	0.00	1.00	0.19	0.846	1.00-1.01
X_8	ความกว้างทรงพุ่ม	-0.01	0.99	-2.23	0.026	0.99-1.00
X_{12}	ดัชนีความเข้มของสีใบ	0.30	1.34	4.13	0.000*	1.17-1.55

* นัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.01

กรมวิชาการเกษตร

3. โมเดลทำนายระดับการให้ผลผลิตเงาะ

จากตารางที่ 46 ตัวแปรทำนายที่มีผลต่อระดับการให้ผลผลิตเงาะอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.01 อธิบายได้ดังนี้

ความอุดมสมบูรณ์ของดิน (X_1) เมื่อเพิ่มขึ้นมีความน่าจะเป็นที่ให้ระดับการให้ผลผลิตเงาะเพิ่มขึ้นกว่าตัวแปรทำนายอื่นๆ 2.29 เท่า

อุณหภูมิดิน (X_3) เมื่อเพิ่มขึ้นมีความน่าจะเป็นที่ระดับการให้ผลผลิตเงาะลดลงกว่าตัวแปรทำนายอื่นๆ 0.07 เท่า

ดัชนีความเข้มของสีใบ (X_{12}) เมื่อเพิ่มขึ้นมีความน่าจะเป็นที่ระดับการให้ผลผลิตเงาะเพิ่มขึ้นกว่าตัวแปรทำนายอื่นๆ 0.30 เท่า

ส่วนตัวแปร ความเป็นกรดด่างของดิน อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม ความชื้นใต้ทรงพุ่ม ความสูงต้น และความกว้างทรงพุ่ม ไม่มีผลต่อระดับการให้ผลผลิตลำไยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ได้สมการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติค คือ

Logit = 2.29$_{\text{ความอุดมสมบูรณ์ของดิน}}$ - 0.07$_{\text{อุณหภูมิดิน}}$ + 0.30$_{\text{ดัชนีความเข้มของสีใบ}}$

โดยที่	ความน่าจะเป็นที่ให้ผลผลิตน้อย	=	P ($Y \leq 18.36$)
	ความน่าจะเป็นที่ให้ผลผลิตปานกลาง	=	P ($18.36 < Y < 20.33$)
	ความน่าจะเป็นที่ให้ผลผลิตมาก	=	P ($20.33 < Y$)

4. การทดสอบความถูกต้องของโมเดล

ข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากแปลงเงาะของเกษตรกร จังหวัดสุราษฎร์ธานี ปี 2564 รายหนึ่ง จำนวน 30 ต้น ได้ค่าเฉลี่ยความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ระดับ 2 ค่าอุณหภูมิดิน 24.3 องสาเซลเซียส และค่าดัชนีความเข้มของสีใบ 0.43 นำข้อมูลตัวแปรมาเข้าสมการถดถอยโลจิสติค ดังนี้

Logit = (2.29 x 2) - (0.07 x 24.3) + (0.30 x 0.43)

= 4.58 - 1.70 + 0.13

= 3.01

ความน่าจะเป็นของระดับการให้เงาะ

$$P(y) = \frac{1}{1+e^{-z}}$$

$$= \frac{1}{1+e^{-3.01}}$$

$$= \frac{1}{1+2.71828^{-3.01}}$$

กรมวิชาการเกษตร

$$= \frac{1}{1 + 0.04929}$$

$$= \frac{1}{1.04929} \quad = \quad 0.953$$

ทำให้ได้ค่า Q(y) จากสูตร $\frac{1}{1+ e^{z}}$ = 0.047

ซึ่งเมื่อนำไปหาค่า $odds\ ratio = \frac{\text{ความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ}}{\text{ความน่าจะเป็นของการไม่เกิดเหตุการณ์ที่สนใจ}}$ = 20.28

เมื่อเทียบกับโมเดลได้ค่า P (18.36< Y < 20.33) สรุปได้ว่า แปลงเงาะของเกษตรกรจังหวัดสุราษฎร์ธานีรายนี้มีความน่าจะเป็นที่จะให้ผลผลิตในระดับปานกลาง (ผลผลิต 901 – 1,200 กิโลกรัม/ไร่) และจากสถิติการปลูกพืช ปี 2563 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) ผลผลิตเฉลี่ยของเงาะจังหวัดสุราษฎร์ธานี 795 กิโลกรัม/ไร่

% ความถูกต้อง = 100 - % ความคลาดเคลื่อน

% ความคลาดเคลื่อน = $\left| \frac{\text{ค่าที่แท้จริง} - \text{ค่าที่ทำนายได้}}{\text{ค่าที่ทำนายได้}} \right|$ X 100

= $\left| \frac{795 - 1050}{1050} \right|$ X 100 = 21%

% ความถูกต้อง = 76 %

กรมวิชาการเกษตร

อภิปรายผล (Discussion)

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมเงาะ การเจริญเติบโตอุณหภูมิที่เหมาะสมประมาณ 25-33 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิต่ำหรือสูงเกินไป ทำให้ใบร่วง มีผลต่อประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสง ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศมากกว่า 80% ถ้าความชื้นต่ำ ทำให้ใบไหม้ เป็นอุปสรรคต่อการเจริญเติบโตของต้นและผลของเงาะ ความต้องการน้ำแตกต่างกันในแต่ละช่วงของการพัฒนา ควรปรับให้เหมาะสม ควรปลูกพืชบังลม เพื่อลดความเสี่ยงที่จะทำให้กิ่งฉีกหรือหัก ลำต้นโค่นล้ม โดยเฉพาะในช่วงกำลังติดผลสามารถเจริญเติบโตดีในดินทุกชนิด ที่มีการระบายน้ำดี เพราะเงาะอ่อนแอต่อสภาพน้ำท่วมขัง ความเป็นกรดด่างของดินอยู่ระหว่าง 5.5-7.0 (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2556) ในการวิจัยนี้มี

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการให้ผลผลิตของเงาะ ดังนี้

ความอุดมสมบูรณ์ของดิน อยู่ระหว่างระดับ 1-4 (ระดับต่ำมาก ถึง สูง)

อุณหภูมิดิน อยู่ระหว่าง 21–30 องศาเซลเซียส

ดัชนีความเข้มของสีใบ อยู่ระหว่าง 0.40-0.50

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

การทดลองนี้ทำให้ทราบถึงปัจจัยที่มีผลต่อระดับการให้ผลผลิตของเงาะอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ คือความอุดมสมบูรณ์ของดิน อุณหภูมิดิน และดัชนีความเข้มของสีใบ และได้โมเดลวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติคที่มีความถูกต้องของการทำนายระดับการให้ผลผลิตเงาะร้อยละ 79

กรมวิชาการเกษตร

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การดำเนินงานโครงการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการให้ผลผลิตไม้ผลเศรษฐกิจ ดำเนินการตั้งแต่ตุลาคม 2558 - กันยายน 2564 สามารถสรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะได้ดังนี้

1.ปัจจัยที่มีผลต่อระดับการให้ผลผลิตของทุเรียนอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ คือ อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม ปริมาณฝน และอุณหภูมิสูงสุด และโมเดลมีความถูกต้องของการทำนายระดับการให้ผลผลิตทุเรียนร้อยละ 71

2.ปัจจัยที่มีผลต่อระดับการให้ผลผลิตของมังคุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ คือ อุณหภูมิใต้ทรงพุ่ม ความชื้นใต้ทรงพุ่ม ความสูงต้น และปริมาณฝน และโมเดลมีความถูกต้องของการทำนายระดับการให้ผลผลิตมังคุด ร้อยละ 77.11

3.ปัจจัยที่มีผลต่อระดับการให้ผลผลิตของมะม่วงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ของจังหวัดฉะเชิงเทรา คือ ลักษณะเนื้อดิน การระบายน้ำของดิน ระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ จังหวัดปราจีนบุรี คือ ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ ความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และจังหวัดสระแก้ว คือ การระบายน้ำของดิน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน และโมเดลมีความถูกต้องของการทำนายระดับการให้ผลผลิตมะม่วงร้อยละ 62, 26 และ 51.50 ตามลำดับ

4.ปัจจัยที่มีผลต่อระดับการให้ผลผลิตของสับปะรดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ของจังหวัดเพชรบุรี คือ การระบายน้ำของดิน ดัชนีความเข้มของสีใบ และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ คือ ลักษณะเนื้อดิน การระบายน้ำของดิน ดัชนีความเข้มของสีใบ และโมเดลมีความถูกต้องของการทำนายระดับการให้ผลผลิตสับปะรดร้อยละ 59 และ 72 ตามลำดับ

5.ปัจจัยที่มีผลต่อระดับการให้ผลผลิตของลำไยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ คือ อุณหภูมิดิน และดัชนีความเข้มของสีใบ และโมเดลมีความถูกต้องของการทำนายระดับการให้ผลผลิตลำไยร้อยละ 79.58

6.ปัจจัยที่มีผลต่อระดับการให้ผลผลิตของเงาะอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ คือ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน อุณหภูมิดิน และดัชนีความเข้มของสีใบ และโมเดลมีความถูกต้องของการทำนายระดับการให้ผลผลิตเงาะร้อยละ 79

บรรณานุกรม

กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ. 2564. FTA กู้วิกฤตดันส่งออกสินค้าเกษตร 7 เดือนปี 64 ทะลุ 1 หมื่นล้าน ที่มา : https://www.ryt9.com/s/beco/3255381

กรมพัฒนาที่ดิน. 2548. รายงานการจัดการทรัพยากรดินเพื่อการปลูกพืชเศรษฐกิจหลักตามกลุ่มชุดดินเล่มที่ 1 ดินบนพื้นที่ราบต่ำ. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 579 หน้า.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2548. รายงานการจัดการทรัพยากรดินเพื่อการปลูกพืชเศรษฐกิจหลักตามกลุ่มชุดดิน เล่มที่ 2 ดินบนพื้นที่ดอน. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 1939 หน้า.

กรมวิชาการเกษตร. 2558. รายงานชุดโครงการวิจัย: วิจัยและพัฒนาสับปะรด. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 44 หน้า.

กรมวิชาการเกษตร. 2547. เอกสารวิชาการทุเรียน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 125 หน้า.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2556. องค์ความรู้เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสู่การเป็น smart officer ไม้ผลไม้ยืนต้น กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 165 หน้า

กัลยา วานิชย์บัญชา. 2550. การวิเคราะห์ข้อมูลหลายตัวแปร. สำนักพิมพ์ธรรมสาร, กรุงเทพฯ

กัลยา วานิชย์บัญชา. 2549. การวิเคราะห์สถิติชั้นสูงด้วย SPSS for windows. ภาควิชาสถิติคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ

เกษม พวงจิก. 2543. การติดผลของมะม่วง. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ภาษาไทย) ปีที่ 8 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2543.

ชมพู จันที. 2561. การตัดแต่งกิ่งทุเรียน : กรณีทำสาวต้นทุเรียนที่อายุมากกว่า 40 ปี. วารสารเคหะการเกษตร ปีที่ 42 ฉบับที่ 9 เดือนกันยายน 2561.

ปรัชญา พละพันธุ์. 2560. คู่มือวิเคราะห์และจัดการข้อมูลสถิติด้วย Minitab ฉบับมืออาชีพ. นนทบุรี: ไอดีซี พรีเมียร์

ไพรสันต์ ผดุงเรียง. 2553. ขั้นตอนการสร้างโมเดลสำหรับนักวิทยาศาสตร์ข้อมูล. ที่มา : http://rdbi.co.th/2020/01/data-scientist-3/

วสันต์ สุขสุวรรณ. 2558. หนังสือเทคโนโลยีชาวบ้าน. ปีที่ 27 ฉบับที่ 605 (สิงหาคม 2558) ที่มา : https://webdinpui.wordpress.com/2016

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. 2547. พื้นที่การปลูกรวม และ ผลผลิตมะม่วงพันธุ์ต่างๆ ในปี พ.ศ. 2547. กรมส่งเสริมการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สำเนาโรเนียว.

สุนทรี ยิ่งชัชวาล และ พรรณี ชื่นนคร. 2550. ข้อมูลพื้นฐานทางสรีรวิทยาของทุเรียนของจันทบุรี. ศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน. 67 หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2563. ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร ปี 2563 ที่มา : https://www.oae.go.th

กรมวิชาการเกษตร

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2563. ลำไย : เนื้อที่ยืนต้น เนื้อที่ให้ผล ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ รายอำเภอ ปี 2563 ที่มา: https://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/longan%2063%20update.pdf

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2559. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2560. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 215 หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2557. วารสารการพยากรณ์ผลผลิตการเกษตร. ปีที่ 29 ฉบับที่ 2 (มิถุนายน 2557). ที่มา : http://www2.oae.go.th/forecast/page2_th.html

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2556. ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2556. เอกสารสถิติการเกษตรเลขที่ 402. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 04 หน้า.

สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2564. เอกสารส่งเสริมเผยแพร่ "การปลูกลำไย" ที่มา https://eto.ku.ac.th/neweto/ebook/plant/tree_fruit/puklamyai.pdf

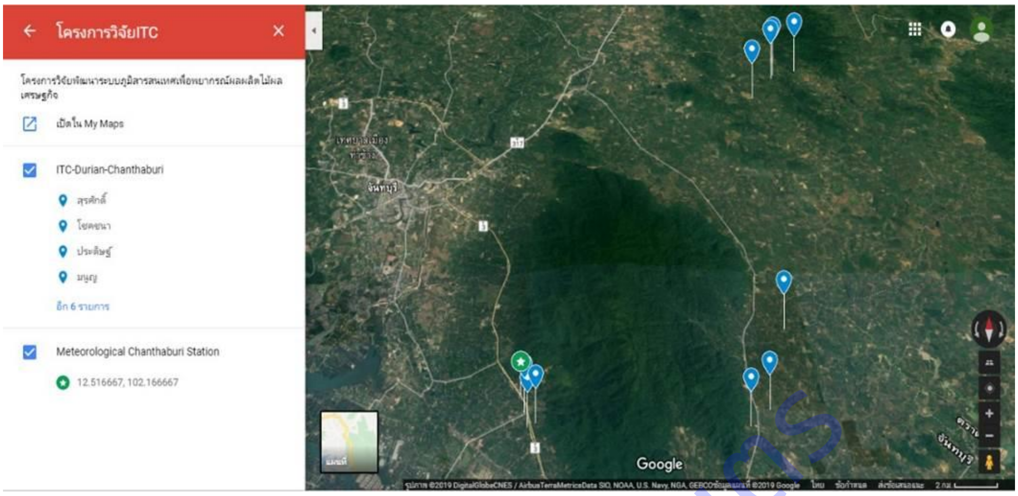
อรวินทินี ชูศรี และคณะ. 2558. การตัดแต่งกิ่งและการจัดการทรงพุ่มของเงาะพันธุ์โรงเรียน. ผลงานวิจัยและพัฒนา ปี 2558 คลังผลงานวิจัย กรมวิชาการเกษตร ที่มา : https://www.doa.go.th/th/

กรมวิชาการเกษตร

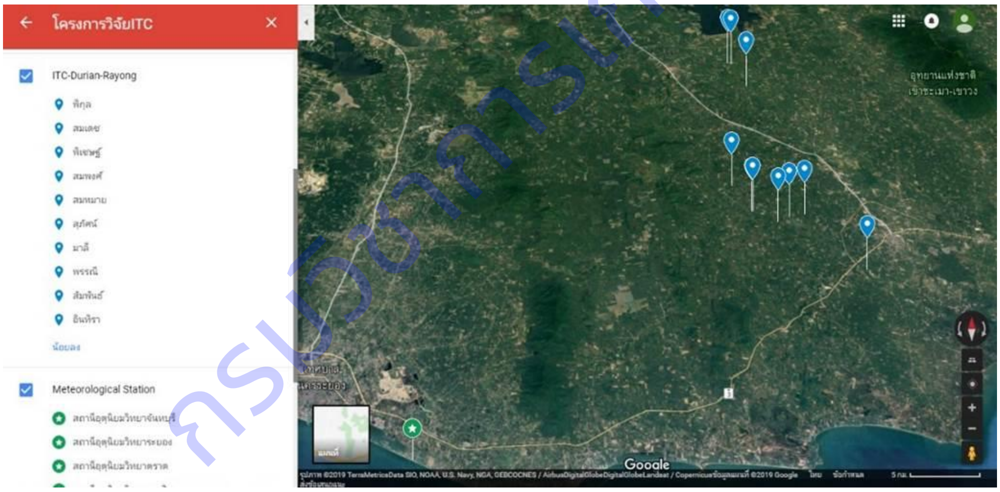
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก สภาพแปลงทุเรียนของเกษตรกร

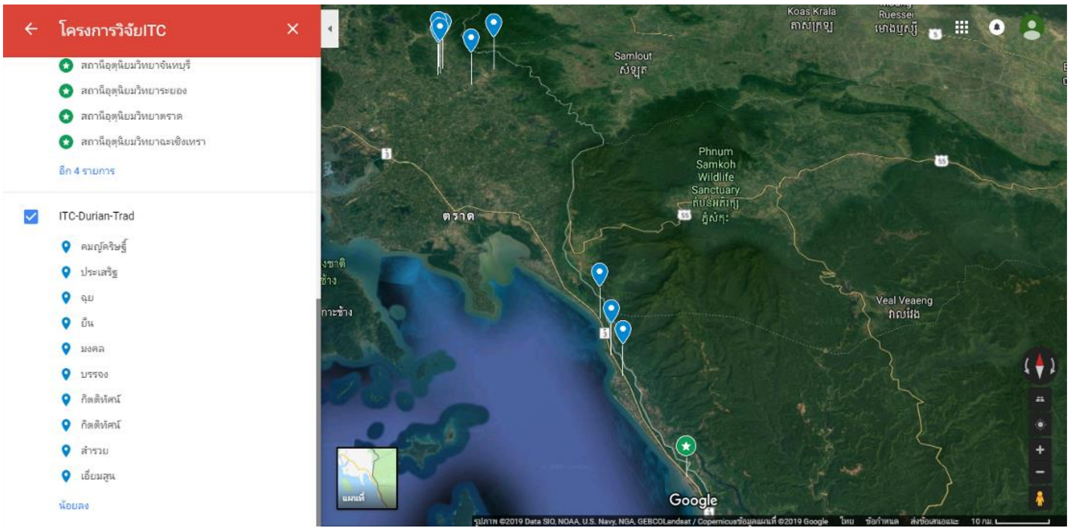
1. สภาพแปลงทุเรียนของเกษตรกรจังหวัดจันทบุรี



2. สภาพแปลงทุเรียนของเกษตรกรจังหวัดระยอง



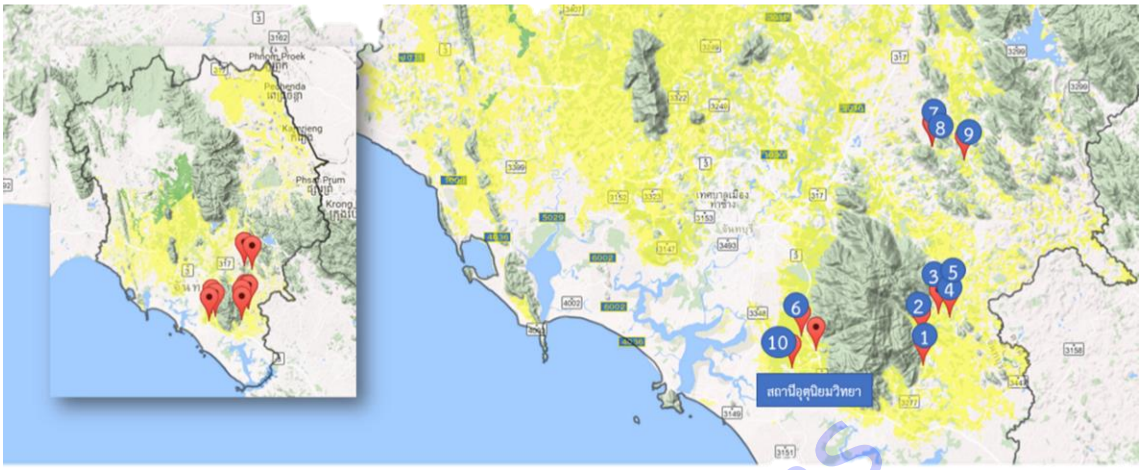
3. สภาพแปลงทุเรียนของเกษตรกรจังหวัดตราด



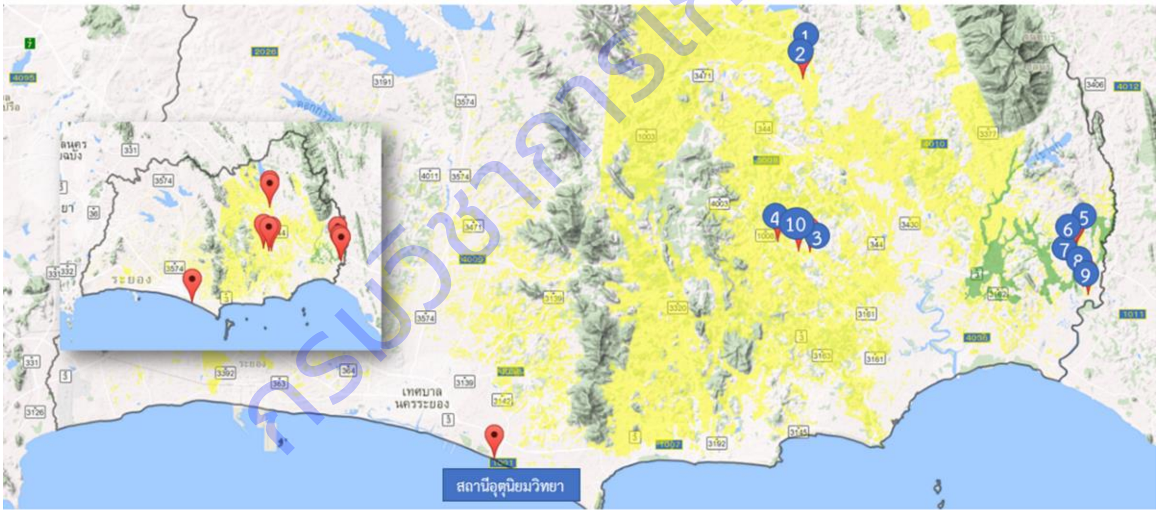
กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก ข แผนที่แปลงทุเรียนของเกษตรกรและสถานีอุตุนิยมวิทยา

1. แผนที่แปลงทุเรียนของเกษตรกรจังหวัดจันทบุรี และสถานีอุตุนิยมวิทยาจันทบุรี กลุ่มงานเกษตรพลิ้ว ตำบลตะปอน อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี

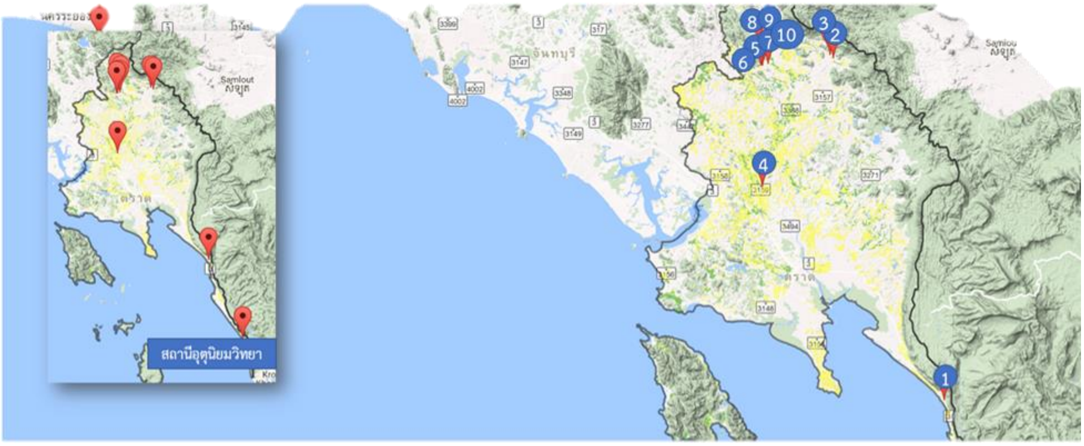


2. แผนที่แปลงทุเรียนของเกษตรกรจังหวัดระยอง และสถานีอุตุนิยมวิทยาระยอง ตำบลพะพง อำเภอเมือง จังหวัดระยอง



กรมวิชาการเกษตร

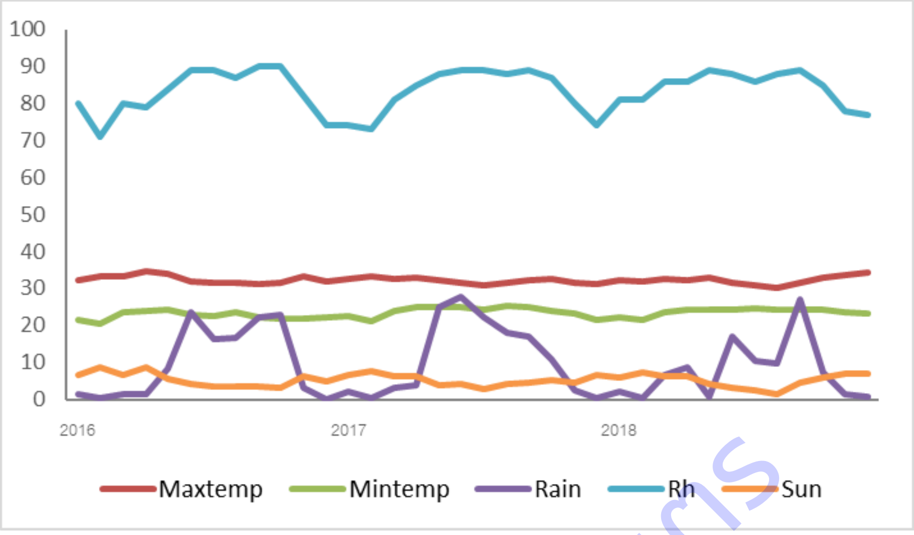
3. แผนที่แปลงทุเรียนของเกษตรกรจังหวัดตราด และสถานีอุตุนิยมวิทยาตราด ตำบลคลองใหญ่ อำเภอคลองใหญ่ จังหวัดตราด



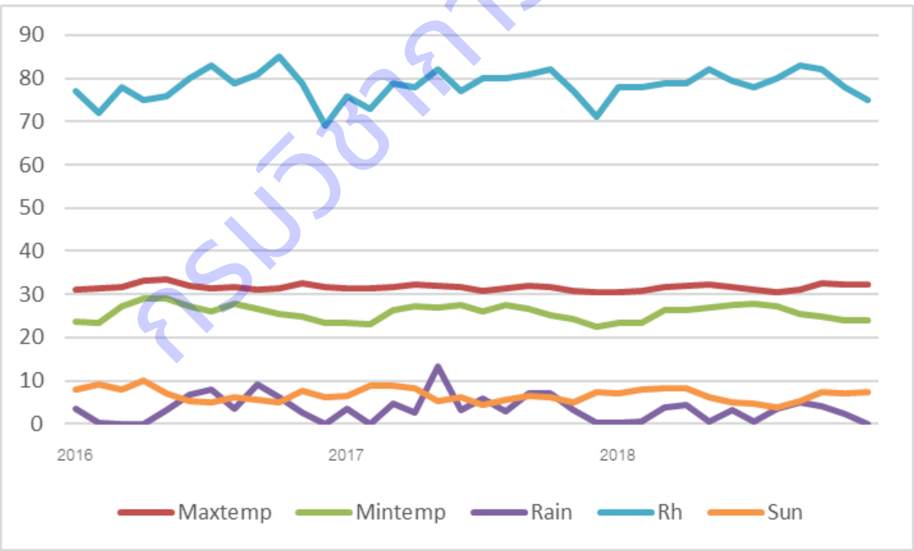
กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก ค ข้อมูลอุตุนิยมวิทยารายวัน เก็บรวบรวมจากสถานีอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา

1. จังหวัดจันทบุรี : สถานีอุตุนิยมวิทยาจันทบุรี กลุ่มงานเกษตรพลิ้ว ตำบลตะปอน อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี ตั้งแต่มกราคม 2559 – ธันวาคม 2561

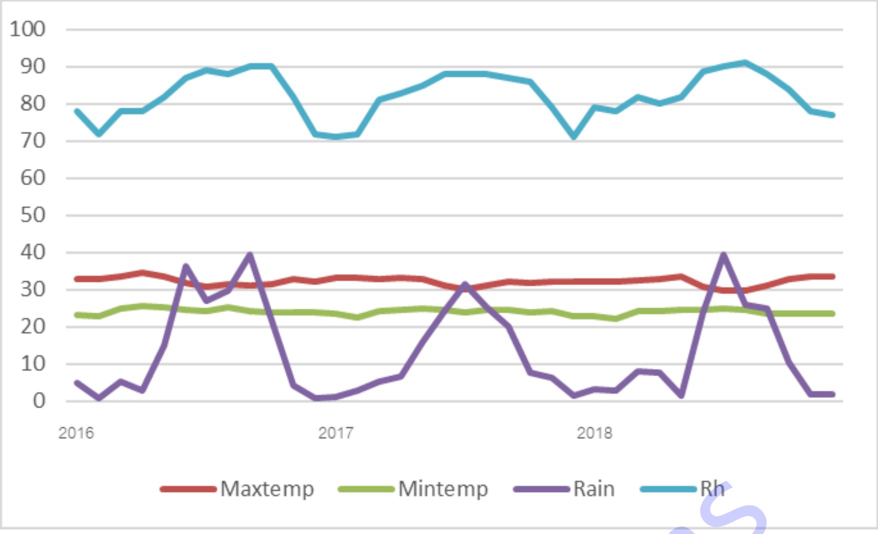


2. จังหวัดระยอง : สถานีอุตุนิยมวิทยาระยอง ตำบลพะพง อำเภอเมือง จังหวัดระยอง ตั้งแต่มกราคม 2559 –ธันวาคม 2561



กรมวิชาการเกษตร

3. จังหวัดตราด : สถานีอุตุนิยมวิทยาตราด ตำบลคลองใหญ่ อำเภอคลองใหญ่ จังหวัดตราด ตั้งแต่ มกราคม 2559 – ธันวาคม 2561



กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก ง สภาพแปลงมังคุดของเกษตรกร

1. สภาพแปลงมังคุดของเกษตรกรจังหวัดจันทบุรี

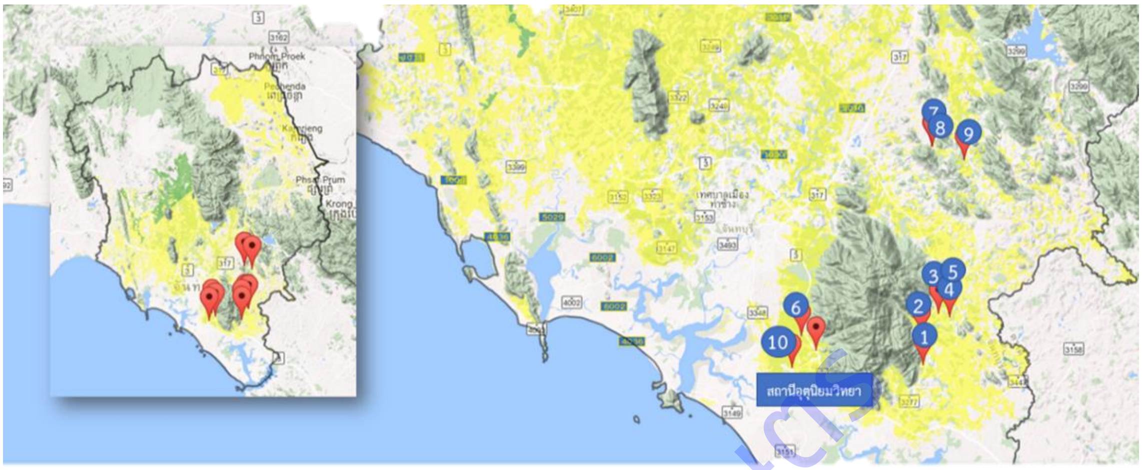
2. สภาพแปลงมังคุดของเกษตรกรจังหวัดระยอง

3. สภาพแปลงมังคุดของเกษตรกรจังหวัดตราด

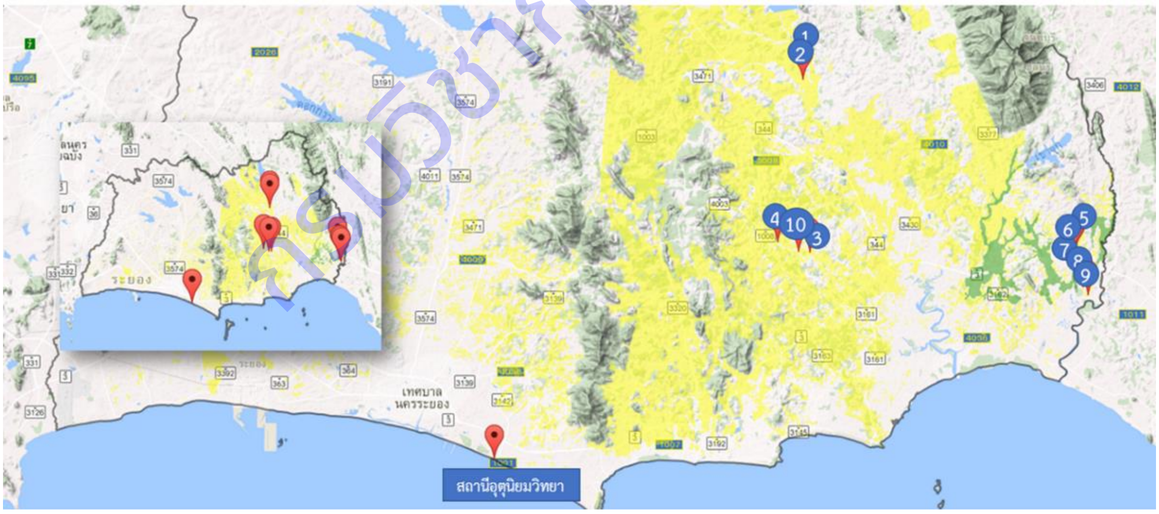
กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก จ แผนที่แปลงมังคุดของเกษตรกรและสถานีอุตุนิยมวิทยา

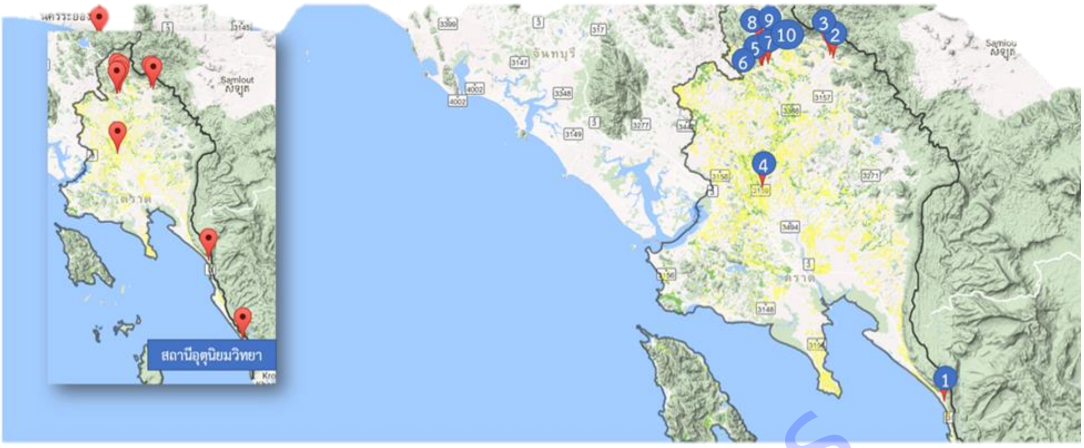
1 แผนที่แปลงมังคุดของเกษตรกรจังหวัดจันทบุรี และสถานีอุตุนิยมวิทยาจันทบุรี กลุ่มงานเกษตรพลิ้ว ตำบลตะปอน อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี



2. แผนที่แปลงมังคุดของเกษตรกรจังหวัดระยอง และสถานีอุตุนิยมวิทยาระยอง ตำบลพะพง อำเภอเมือง จังหวัดระยอง



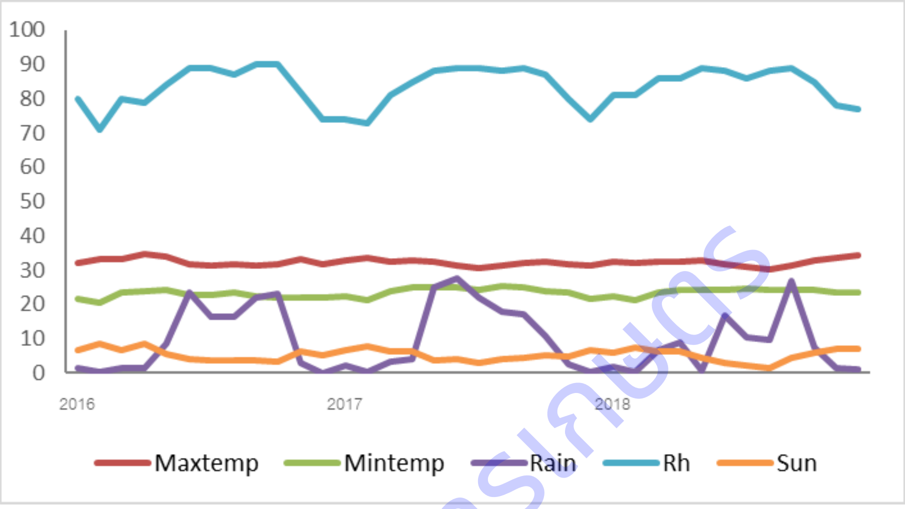
3. แผนที่แปลงมังคุดของเกษตรกรจังหวัดตราด และสถานีอุตุนิยมวิทยาตราด ตำบลคลองใหญ่ อำเภอคลองใหญ่ จังหวัดตราด



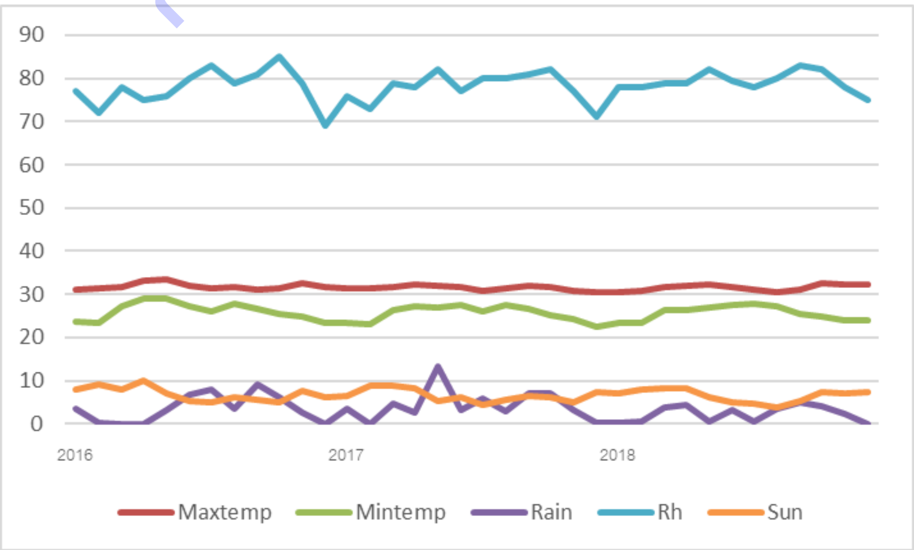
กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก ฉ ข้อมูลอุตุนิยมวิทยารายวัน เก็บรวบรวมจากสถานีอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา

1 จังหวัดจันทบุรี : สถานีอุตุนิยมวิทยาจันทบุรี กลุ่มงานเกษตรพลิ้ว ตำบลตะปอน อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี ตั้งแต่มกราคม 2559 – ธันวาคม 2561 โดยปี2559 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 2.32 มม. อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 31.89 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 20.33 องศาเซลเซียส ปี2560 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 3.67 มม. อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 31.00 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 23.299 องศาเซลเซียส ปี2561 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 12.25 มม. อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 32.40 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 23.53 องศาเซลเซียส

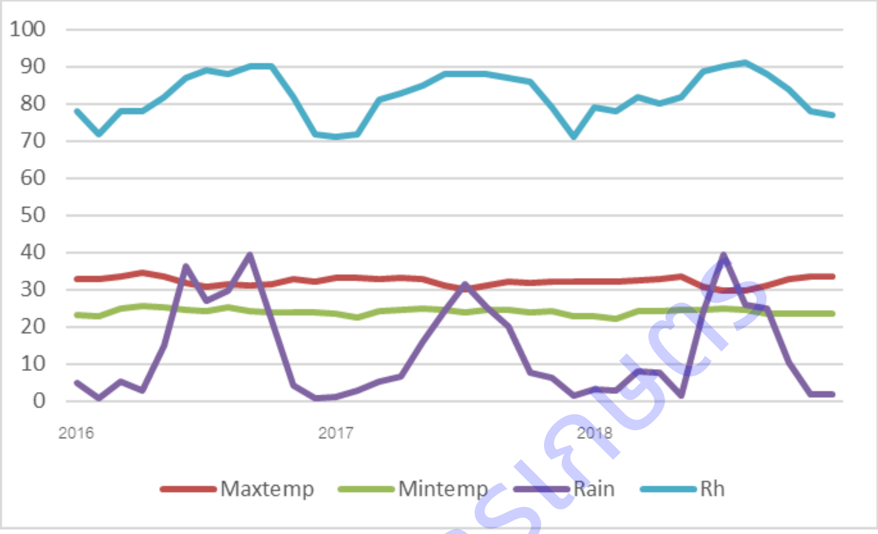


2. จังหวัดระยอง : สถานีอุตุนิยมวิทยาระยอง ตำบลพะพง อำเภอเมือง จังหวัดระยอง ตั้งแต่มกราคม 2559 –ธันวาคม 2561โดยปี2559 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1.50 มม. อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 33.25 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 28.16 องศาเซลเซียส ปี2560 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 0.41 มม. อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 31.45 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 28.16 องศาเซลเซียส ปี2561 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 3.43 มม. อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 31.40 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 25.20 องศาเซลเซียส



กรมวิชาการเกษตร

3. จังหวัดตราด : สถานีอุตุนิยมวิทยาตราด ตำบลคลองใหญ่ อำเภอคลองใหญ่ จังหวัดตราด ตั้งแต่ มกราคม 2559 – ธันวาคม 2561โดยปี2559 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 5.76 มม. อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 31.11 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 22.45 องศาเซลเซียส ปี2560 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 0.47 มม. อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 32.75 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 23.84 องศาเซลเซียส ปี2561 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 12.22 มม. อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 32.30 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 23.70 องศาเซลเซียส



กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวกที่ ช สภาพแปลงมะม่วงของเกษตรกร

1. สภาพแปลงเกษตรกรมะม่วง จังหวัดฉะเชิงเทรา

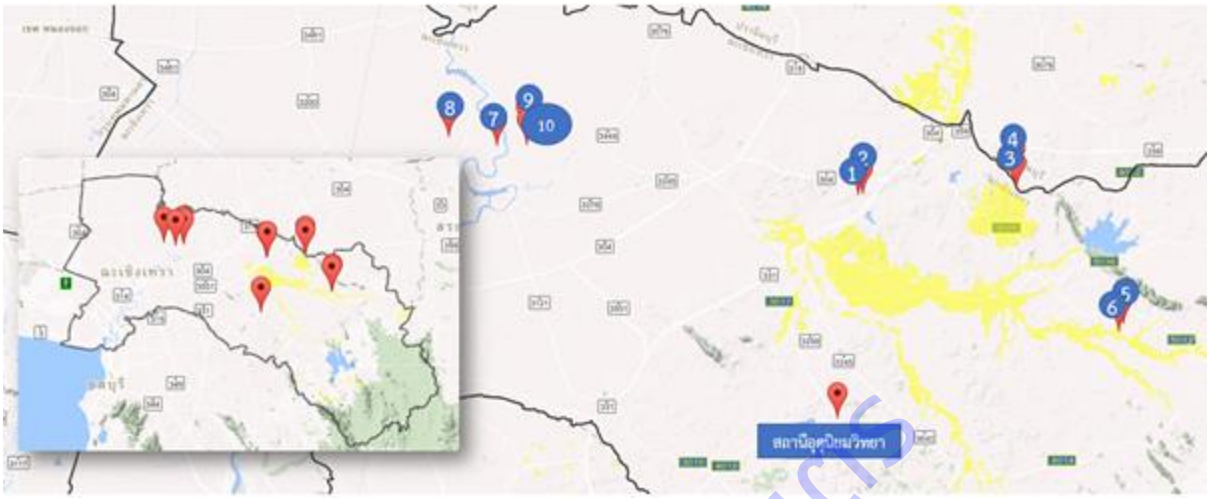
2. สภาพแปลงเกษตรกรมะม่วง จังหวัดปราจีนบุรี

3. สภาพแปลงเกษตรกรมะม่วง จังหวัดสระแก้ว

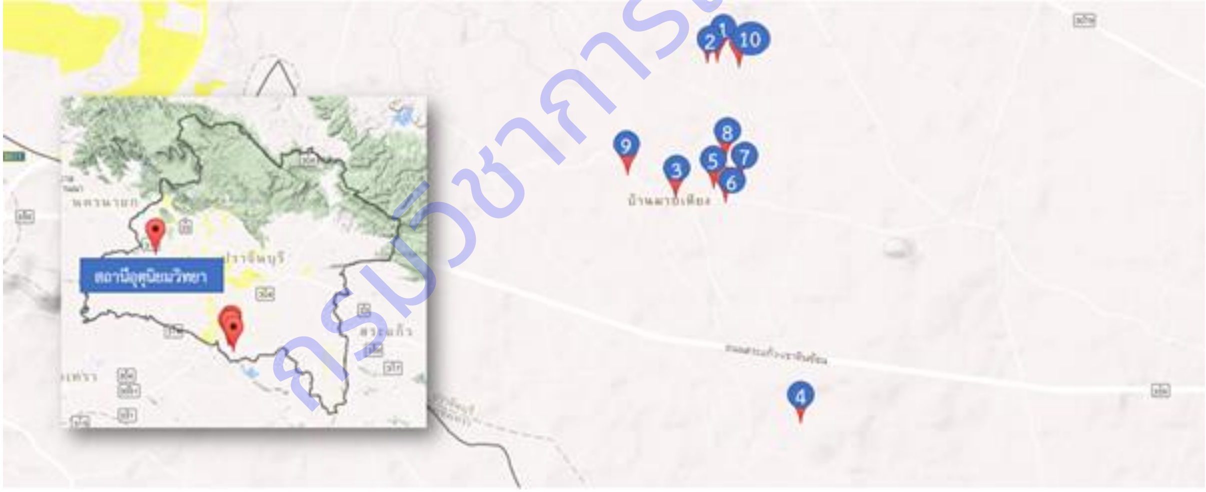
กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวกที่ ซ แผนที่แปลงมะม่วงของเกษตรกร

1.แผนที่แปลงมะม่วงของเกษตรกรจังหวัดฉะเชิงเทรา และสถานีอุตุนิยมวิทยาฉะเชิงเทรา ตำบลลาดกระทิง อำเภอสนามชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา

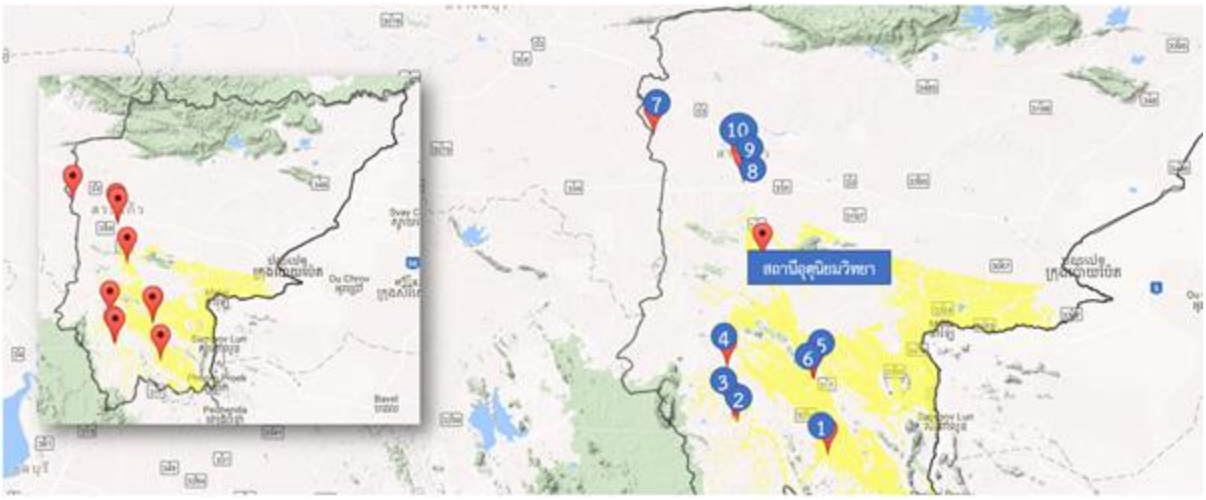


2.แผนที่แปลงมะม่วงของเกษตรกรจังหวัดปราจีนบุรี และสถานีอุตุนิยมวิทยาปราจีนบุรี ตำบลหน้าเมือง อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี



กรมวิชาการเกษตร

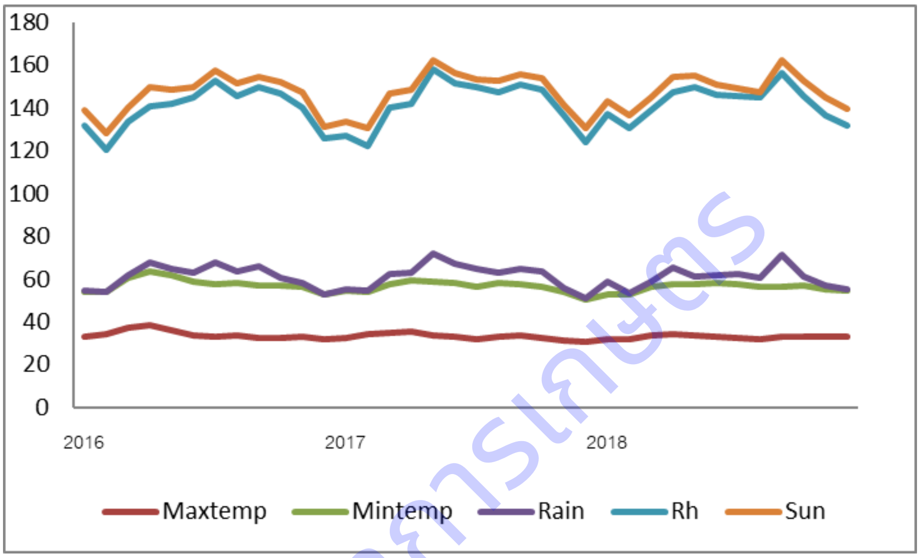
3.แผนที่แปลงมะม่วงของเกษตรกรจังหวัดสระแก้ว และสถานีอุตุนิยมวิทยาสระแก้ว กลุ่มงานอุตุนิยมวิทยาอุทกสระแก้ว ตำบลสระขวัญ อำเภอเมือง จังหวัดสระแก้ว



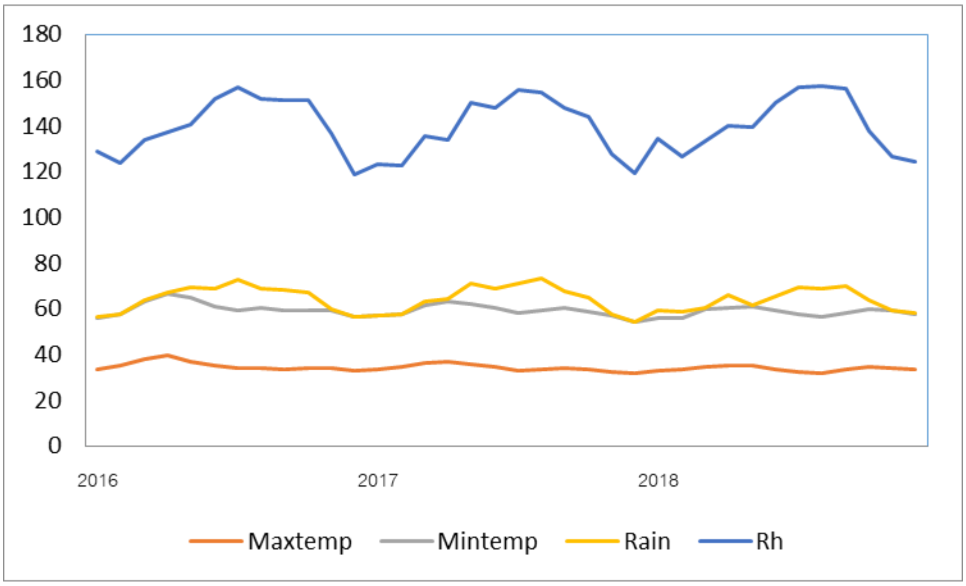
กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวกที่ ณ ข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากสถานีอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา

1. จังหวัดฉะเชิงเทรา: สถานีอุตุนิยมวิทยาฉะเชิงเทรา ตำบลลาดกระทิง อำเภอสนามชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา ตั้งแต่มกราคม 2559 – ธันวาคม 2561 โดยปี 2559 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 3.60 มม. อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 34.1 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 23.5 องศาเซลเซียส ปี 2560 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 5.07 มม. อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 33.1 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 23.15 องศาเซลเซียส ปี 2561 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 4.64 มม. อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 32.90 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 23.00 องศาเซลเซียส

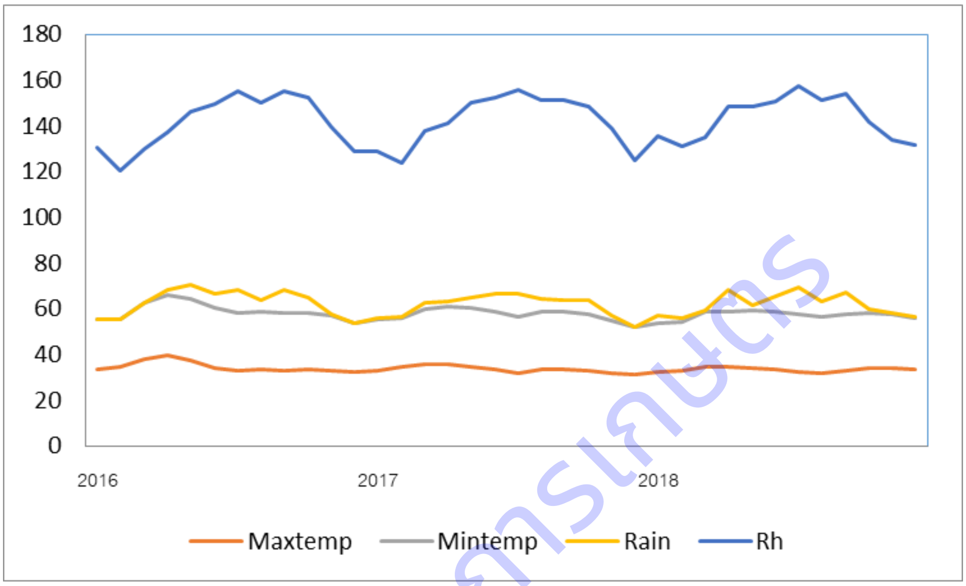


2. จังหวัดปราจีนบุรี: สถานีอุตุนิยมวิทยาปราจีนบุรี ตำบลหน้าเมือง อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี ตั้งแต่มกราคม 2559 – ธันวาคม 2561 โดยปี 2559 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 4.52 มม. อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 35.04 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 22.19 องศาเซลเซียส ปี 2560 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 5.14 มม. อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 34.14 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 24.93 องศาเซลเซียส ปี 2561 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 4.96 มม. อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 33.71 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 24.68 องศาเซลเซียส



กรมวิชาการเกษตร

3. จังหวัดสระแก้ว: สถานีอุตุนิยมวิทยาสระแก้ว กลุ่มงานอุตุนิยมวิทยาอุทกสระแก้ว ตำบลสระขวัญ อำเภอเมือง จังหวัดสระแก้ว มกราคม 2559 – ธันวาคม 2561 โดยปี 2559 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 3.95 มม. อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 34.58 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 24.37 องศาเซลเซียส ปี 2560 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 4.02 มม. อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 33.44 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 23.95 องศาเซลเซียส ปี 2561 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 4.58 มม. อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 33.38 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 23.88 องศาเซลเซียส



กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวกที่ ญ ข้อมูลที่รวบรวมจากแปลงเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วง

1 จังหวัดฉะเชิงเทรา

peroid	production	s_texture	s_drainage	s_fertility	s_pH	s_temp (°C)	relative H (%)	tree H (%)	tree_temp (°C)	T_Height (cm.)	T_Width (cm.)	DGCI	rain	max_temp (°C)	min_temp (°C)
1	1	1	3	0	7.0	26.1	81.0	52.3	30.9	551.0	581.0	0.57	0.0	34.5	23.7
1	1	1	4	0	7.0	24.8	81.0	58.6	28.1	503.0	742.0	0.55	0.0	34.5	23.7
1	2	2	3	1	7.0	28.4	81.0	59.9	28.0	387.0	387.0	0.58	0.0	35.2	23.2
1	1	2	3	1	7.0	28.4	81.0	59.0	28.7	350.0	385.0	0.55	0.0	35.2	23.2
1	1	3	3	2	7.0	28.6	81.0	57.0	31.0	481.0	598.0	0.54	0.0	35.2	23.2
1	1	3	3	2	7.1	29.6	81.0	56.9	33.0	511.0	536.0	0.58	0.0	35.2	23.2
1	1	2	3	1	7.2	29.9	81.0	55.7	31.6	536.0	633.0	0.54	0.0	35.2	23.2
1	1	1	3	0	7.1	26.4	81.0	66.5	27.0	613.0	765.0	0.53	0.0	35.2	23.2
1	1	4	1	1	7.4	24.6	72.0	64.9	24.0	534.0	663.0	0.53	0.0	34.0	21.8
1	1	4	1	1	7.2	28.4	72.0	47.3	27.3	246.0	258.0	0.52	0.0	34.0	21.8
2	1	1	3	2	6.8	32.1	72.0	47.8	34.7	439.0	723.0	0.61	0.0	39.5	24.7
2	1	1	4	1	7.3	32.8	72.0	43.4	37.6	381.0	626.0	0.56	0.0	39.5	24.7
2	2	2	3	4	6.7	33.3	72.0	46.8	36.3	427.0	636.0	0.59	0.0	39.5	24.7
2	1	2	3	4	6.8	38.1	72.0	43.5	36.6	206.0	269.0	0.53	0.0	39.5	24.7
2	1	3	3	3	7.0	30.7	70.0	66.2	29.6	457.0	605.0	0.59	0.0	38.4	26.2
2	1	3	3	4	6.3	25.4	70.0	59.5	27.4	510.0	792.0	0.58	0.0	38.4	26.2
2	1	2	3	2	7.4	36.7	70.0	53.4	36.6	346.0	380.0	0.56	0.0	38.4	26.2
2	1	1	3	1	7.0	37.6	70.0	40.4	35.6	393.0	424.0	0.53	0.0	38.4	26.2
2	1	4	1	3	7.0	37.9	70.0	42.4	37.5	429.0	620.0	0.57	0.0	38.4	26.2
2	1	4	1	2	7.0	36.5	70.0	42.0	37.2	439.0	518.0	0.59	0.0	38.4	26.2
3	1	1	3	1	7.0	23.9	97.0	84.6	23.4	488.0	682.0	0.50	21.6	30.6	23.3
3	1	1	4	1	7.0	24.7	97.0	89.7	24.2	221.0	277.0	0.51	21.6	30.6	23.3
3	2	2	3	2	7.0	23.9	97.0	91.0	23.1	548.0	833.0	0.47	21.6	30.6	23.3

กรมวิชาการเกษตร

peroid	production	s_texture	s_drainage	s_fertility	s_pH	s_temp (°C)	relative H (%)	tree H (%)	tree_temp (°C)	T_Height (cm.)	T_Width (cm.)	DGCI	rain	max_temp (°C)	min_temp (°C)
3	1	2	3	0	7.0	23.8	97.0	91.0	22.8	413.0	651.0	0.45	21.6	30.6	23.3
3	1	3	3	1	7.0	24.6	97.0	91.0	23.7	424.0	622.0	0.46	21.6	30.6	23.3
3	1	3	3	1	7.0	24.8	97.0	88.0	23.7	516.0	764.0	0.46	21.6	30.6	23.3
3	1	2	3	0	7.0	23.2	92.0	68.7	22.7	376.0	376.0	0.47	18.3	32.1	24.3
3	1	1	3	1	7.0	24.1	92.0	61.9	24.1	382.0	417.0	0.50	18.3	32.1	24.3
3	1	4	1	0	7.0	24.9	92.0	62.5	23.6	409.0	586.0	0.47	18.3	32.1	24.3
3	1	4	1	0	7.0	25.9	92.0	58.4	26.0	482.0	552.0	0.46	18.3	32.1	24.3
1	3	3	2	3	6.0	24.7	67.0	44.3	32.4	450.0	450.0	0.53	0.0	33.9	21.0
1	2	3	2	4	5.9	22.0	67.0	41.3	33.9	510.0	510.0	0.53	0.0	33.9	21.0
1	2	3	2	5	6.5	28.6	67.0	43.3	32.8	370.0	370.0	0.54	0.0	33.9	21.0
1	3	4	1	3	6.4	26.1	67.0	42.0	33.5	440.0	440.0	0.55	0.0	33.9	21.0
1	3	1	3	5	6.0	25.7	67.0	44.9	30.3	495.0	495.0	0.51	0.0	33.9	21.0
1	2	1	3	3	6.2	25.8	67.0	46.9	30.6	595.0	595.0	0.54	0.0	33.9	21.0
1	3	2	2	4	6.6	22.4	63.0	55.5	26.3	625.0	625.0	0.52	0.0	31.8	21.0
1	2	2	2	3	6.6	22.8	63.0	47.2	29.1	515.0	515.0	0.53	0.0	31.8	21.0
1	2	2	2	4	6.4	27.3	63.0	38.2	33.2	253.0	253.0	0.55	0.0	31.8	21.0
1	3	2	2	5	5.3	24.3	63.0	43.9	31.2	585.0	585.0	0.50	0.0	31.8	21.0
2	3	3	2	3	6.0	27.6	87.0	57.0	33.7	344.0	536.0	0.41	0.0	33.0	23.2
2	2	3	2	4	5.9	28.0	87.0	65.2	30.2	348.0	670.0	0.47	16.1	33.0	23.2
2	2	3	2	5	6.5	29.1	87.0	64.7	31.1	305.0	318.0	0.40	16.1	33.0	23.2
2	3	4	1	2	6.4	28.8	87.0	54.8	33.3	337.0	445.0	0.47	16.1	33.0	23.2
2	3	1	3	4	6.0	24.0	87.0	54.9	33.4	398.0	626.0	0.48	16.1	33.0	23.2
2	2	1	3	3	6.2	27.6	81.0	49.8	35.0	490.0	796.0	0.43	16.1	34.8	23.2
2	3	2	2	4	6.6	26.2	81.0	53.0	33.4	552.0	903.0	0.48	0.0	34.8	23.2

กรมวิชาการเกษตร

peroid	production	s_texture	s_drainage	s_fertility	s_pH	s_temp (°C)	relative H (%)	tree H (%)	tree_temp (°C)	T_Height (cm.)	T_Width (cm.)	DGCI	rain	max_temp (°C)	min_temp (°C)
2	2	2	2	3	6.6	27.3	81.0	49.9	35.0	438.0	646.0	0.43	0.0	34.8	23.2
2	2	2	2	4	6.4	34.7	81.0	41.3	37.4	232.0	314.0	0.50	0.0	34.8	23.2
2	3	2	2	5	5.3	28.3	81.0	45.7	36.8	431.0	814.0	0.44	0.0	34.8	23.2
3	3	3	2	3	6.0	27.0	77.0	61.3	33.0	495.0	538.0	0.41	29.0	35.0	25.2
3	2	3	2	4	5.7	27.4	77.0	66.0	31.6	495.0	654.0	0.45	29.0	35.0	25.2
3	2	3	2	5	6.4	28.6	77.0	67.2	31.9	395.0	397.0	0.46	29.0	35.0	25.2
3	3	4	1	5	6.0	29.0	77.0	59.3	33.4	450.0	484.4	0.50	29.0	35.0	25.2
3	3	1	3	5	6.0	29.1	79.0	66.6	30.7	485.0	584.5	0.36	0.0	34.2	25.2
3	2	1	3	3	6.1	26.8	79.0	66.3	32.0	625.0	769.0	0.43	0.0	34.2	25.2
3	3	2	2	4	6.5	27.9	79.0	64.0	32.5	665.0	795.0	0.41	0.0	34.2	25.2
3	2	2	2	3	6.7	29.4	79.0	55.0	34.4	540.0	634.0	0.42	0.0	34.2	25.2
3	2	2	2	4	6.5	28.7	79.0	56.3	34.7	273.0	314.0	0.44	0.0	34.2	25.2
3	3	2	2	5	5.4	34.8	79.0	61.3	32.2	565.0	759.0	0.43	0.0	34.2	25.2
1	1	3	3	4	6.5	25.2	81.0	54.4	29.9	575.0	809.0	0.52	2.0	34.5	17.8
1	1	4	3	3	6.5	23.6	81.0	53.0	31.1	302.0	368.0	0.51	2.0	34.5	17.8
1	3	5	3	2	6.8	21.0	81.0	55.8	30.0	509.0	641.0	0.50	2.0	34.5	17.8
1	1	3	4	2	6.8	24.6	81.0	53.3	32.2	597.0	828.0	0.49	2.0	34.5	17.8
1	2	5	1	3	6.6	27.9	81.0	58.1	30.1	539.0	662.0	0.50	2.0	34.5	17.8
1	1	3	1	3	6.3	25.0	81.0	54.8	31.5	620.0	823.0	0.50	2.0	34.5	17.8
1	1	4	2	5	6.2	28.1	81.0	61.9	28.8	467.0	479.0	0.49	2.0	34.5	17.8
1	1	3	2	4	6.4	27.2	81.0	57.8	30.5	560.0	644.0	0.50	2.0	34.5	17.8
1	1	4	2	5	4.9	27.3	81.0	57.8	30.0	474.0	442.0	0.54	2.0	34.5	17.8
1	1	5	2	5	5.4	26.9	81.0	59.5	30.1	419.0	385.0	0.50	2.0	34.5	17.8
2	1	3	3	4	6.6	29.9	80.0	63.2	31.9	553.0	789.0	0.43	2.5	33.7	22.8

กรมวิชาการเกษตร

peroid	production	s_texture	s_drainage	s_fertility	s_pH	s_temp (°C)	relative H (%)	tree H (%)	tree_temp (°C)	T_Height (cm.)	T_Width (cm.)	DGCI	rain	max_temp (°C)	min_temp (°C)
2	2	4	3	3	6.6	28.8	80.0	52.5	34.7	357.0	406.0	0.45	2.5	33.7	22.8
2	3	5	3	5	5.1	30.1	80.0	58.9	32.3	533.0	665.0	0.44	2.5	33.7	22.8
2	2	2	4	5	5.4	29.1	80.0	51.8	34.2	602.0	836.0	0.42	2.5	33.7	22.8
2	2	4	1	4	6.6	31.5	80.0	48.9	35.1	545.0	673.0	0.42	2.5	33.7	22.8
2	1	3	1	4	6.6	27.0	80.0	46.3	35.8	670.0	794.0	0.40	2.5	33.7	22.8
2	1	4	2	4	6.8	28.0	80.0	64.7	31.8	475.0	545.0	0.39	2.5	33.7	22.8
2	2	3	2	3	6.8	28.2	80.0	66.7	31.5	520.0	709.0	0.44	2.5	33.7	22.8
2	1	4	2	4	5.0	28.5	80.0	65.9	31.7	490.0	471.0	0.44	2.5	33.7	22.8
2	1	5	2	3	6.5	27.9	80.0	65.2	31.2	413.0	413.0	0.39	2.5	33.7	22.8
3	1	3	3	4	6.6	26.8	83.0	70.2	30.4	645.0	848.0	0.46	5.0	32.2	24.7
3	1	4	3	3	7.0	29.4	83.0	55.0	34.1	280.0	427.0	0.40	5.0	32.2	24.7
3	1	5	3	4	6.3	26.9	83.0	56.0	33.3	563.0	718.0	0.43	5.0	32.2	24.7
3	1	5	4	4	6.8	25.5	83.0	54.4	34.4	715.0	908.0	0.43	5.0	32.2	24.7
3	1	5	1	5	6.3	27.2	83.0	63.3	31.8	670.0	733.0	0.42	5.0	32.2	24.7
3	1	3	1	4	6.3	26.7	83.0	54.0	33.7	800.0	949.0	0.46	5.0	32.2	24.7
3	1	4	2	5	6.2	28.2	83.0	57.0	33.6	480.0	631.0	0.43	5.0	32.2	24.7
3	1	3	2	4	6.8	27.0	83.0	57.7	33.5	542.0	686.0	0.42	5.0	32.2	24.7
3	1	4	2	5	6.4	25.7	83.0	61.7	32.9	506.0	497.0	0.43	5.0	32.2	24.7
3	2	5	2	5	5.7	28.3	83.0	59.9	33.4	429.0	477.0	0.44	5.0	32.2	24.7

กรมวิชาการเกษตร

2 จังหวัดปราจีนบุรี

peroid	production	s_texture	s_drainage	s_fertility	s_pH	s_temp (°C)	relative H (%)	tree H (%)	tree_temp (°C)	T_Height (cm.)	T_Width (cm.)	DGCI	rain	max_temp (°C)	min_temp (°C)
1	1	2	3	1	7.1	25.1	75.0	48.7	28.1	443.0	594.0	0.55	0.0	35.0	22.2
1	1	2	3	1	7.1	24.2	75.0	43.8	25.9	461.0	689.0	0.54	0.0	35.0	22.2
1	1	3	3	2	7.2	32.3	75.0	45.3	30.0	458.0	675.0	0.58	0.0	35.0	22.2
1	1	2	3	1	7.2	31.1	75.0	41.7	29.0	517.0	597.0	0.54	0.0	35.0	22.2
1	1	2	3	1	7.1	31.2	75.0	44.6	31.7	539.0	680.0	0.53	0.0	35.0	22.2
1	1	1	4	0	7.2	22.9	66.0	45.8	22.0	509.0	754.0	0.53	0.0	30.7	21.3
1	1	1	4	0	7.0	24.1	66.0	44.2	23.3	537.0	774.0	0.52	0.0	30.7	21.3
1	1	1	3	0	7.1	21.2	66.0	41.6	22.0	555.0	824.0	0.54	0.0	30.7	21.3
1	1	1	3	0	7.1	23.8	66.0	41.4	25.5	489.0	698.0	0.55	0.0	30.7	21.3
1	1	1	4	0	7.2	24.0	66.0	43.4	25.7	450.0	610.0	0.54	0.0	30.7	21.3
2	1	2	3	2	7.0	29.9	62.0	51.4	30.5	421.0	726.0	0.57	0.0	40.3	26.0
2	1	2	3	1	7.0	29.5	62.0	44.6	29.5	413.0	602.0	0.58	0.0	40.3	26.0
2	1	3	3	2	7.0	31.6	62.0	40.7	32.4	444.0	733.0	0.55	0.0	40.3	26.0
2	1	2	3	2	7.0	35.0	62.0	39.9	34.7	475.0	697.0	0.58	0.0	40.3	26.0
2	1	2	3	2	7.0	32.8	62.0	37.3	34.4	459.0	757.0	0.58	0.0	40.3	26.0
2	1	1	4	2	7.0	33.1	62.0	33.8	34.6	442.0	766.0	0.58	0.0	40.3	26.0
2	1	1	4	3	7.0	30.3	62.0	35.1	32.6	469.0	784.0	0.60	0.0	40.3	26.0
2	1	1	3	0	7.0	31.0	62.0	34.1	33.4	421.0	696.0	0.56	0.0	40.3	26.0
2	1	1	3	1	7.0	32.0	62.0	48.2	35.3	445.0	670.0	0.61	0.0	40.3	26.0
2	1	1	4	3	7.0	32.8	62.0	48.8	34.8	445.0	615.0	0.62	0.0	40.3	26.0
3	1	2	3	1	7.0	26.7	93.0	80.0	26.2	535.0	711.0	0.49	32.8	32.8	24.0
3	1	2	3	1	7.0	25.6	93.0	83.4	25.2	454.0	724.0	0.52	32.8	32.8	24.0
3	1	3	3	1	7.0	24.6	93.0	78.8	24.0	412.0	654.0	0.50	32.8	32.8	24.0

กรมวิชาการเกษตร

peroid	production	s_texture	s_drainage	s_fertility	s_pH	s_temp (°C)	relative H (%)	tree H (%)	tree_temp (°C)	T_Height (cm.)	T_Width (cm.)	DGCI	rain	max_temp (°C)	min_temp (°C)
3	1	2	3	1	7.0	21.8	93.0	69.9	21.9	405.0	707.0	0.53	32.8	32.8	24.0
3	1	2	3	0	7.0	23.2	93.0	70.3	23.2	411.0	710.0	0.52	32.8	32.8	24.0
3	1	1	4	1	7.0	26.1	93.0	81.7	25.5	412.0	648.0	0.51	32.8	32.8	24.0
3	1	1	4	1	7.0	25.3	91.0	76.2	23.9	458.0	729.0	0.55	46.5	30.7	23.9
3	1	1	3	1	7.0	23.5	91.0	73.9	22.8	518.0	781.0	0.51	46.5	30.7	23.9
3	1	1	3	1	7.0	23.7	91.0	71.2	22.4	481.0	749.0	0.52	46.5	30.7	23.9
3	1	1	4	1	7.0	24.2	91.0	67.6	23.6	512.0	799.0	0.48	46.5	30.7	23.9
1	3	1	3	2	6.3	26.7	57.0	37.9	33.2	455.0	688.0	0.54	0.0	31.8	23.0
1	2	1	3	2	7.0	26.9	57.0	39.7	33.0	510.0	725.0	0.48	0.0	31.8	23.0
1	2	1	3	2	6.4	24.9	57.0	40.7	32.2	440.0	603.0	0.50	0.0	31.8	23.0
1	3	1	3	2	6.4	26.6	57.0	44.1	29.9	545.0	680.0	0.54	0.0	31.8	23.0
1	2	2	2	3	6.6	22.3	56.0	53.7	25.3	585.0	772.0	0.45	0.0	33.0	22.3
1	2	1	2	3	6.6	23.6	56.0	44.0	29.4	515.0	736.0	0.55	0.0	33.0	22.3
1	2	2	2	3	6.5	25.0	56.0	41.8	30.6	580.0	785.0	0.52	0.0	33.0	22.3
1	2	2	2	2	6.0	25.3	56.0	38.9	31.7	490.0	766.0	0.56	0.0	33.0	22.3
1	3	2	2	4	6.4	22.8	56.0	38.0	32.0	455.0	759.0	0.55	0.0	33.0	22.3
1	2	2	2	3	5.4	26.8	56.0	36.1	32.6	485.0	633.0	0.57	0.0	33.0	22.3
2	3	1	3	1	6.6	19.6	77.0	70.3	28.7	346.0	731.0	0.44	2.6	34.8	25.2
2	2	1	3	1	6.4	21.4	77.0	69.3	30.3	397.0	794.0	0.46	2.6	34.8	25.2
2	2	1	3	1	7.0	21.8	77.0	67.1	30.4	339.0	629.0	0.45	2.6	34.8	25.2
2	3	1	3	2	6.4	31.1	77.0	63.5	30.1	385.0	632.0	0.48	2.6	34.8	25.2
2	2	2	2	2	6.3	25.0	77.0	73.6	27.8	415.0	751.0	0.46	2.6	34.8	25.2
2	2	1	2	1	6.4	19.5	77.0	91.0	26.3	420.0	734.0	0.43	2.6	34.8	25.2
2	2	2	2	1	6.0	25.2	77.0	67.8	30.4	494.0	841.0	0.42	2.6	34.8	25.2

peroid	production	s_texture	s_drainage	s_fertility	s_pH	s_temp (°C)	relative H (%)	tree H (%)	tree_temp (°C)	T_Height (cm.)	T_Width (cm.)	DGCI	rain	max_temp (°C)	min_temp (°C)
2	2	2	2	2	6.6	23.2	77.0	90.8	27.4	386.0	761.0	0.43	2.6	34.8	25.2
2	3	2	2	2	5.4	25.0	73.0	65.0	30.9	396.0	776.0	0.43	0.0	36.8	23.9
2	2	2	2	1	6.5	27.9	73.0	63.9	31.7	399.0	623.0	0.44	0.0	36.8	23.9
3	3	1	3	2	6.2	25.6	74.0	59.2	34.0	497.0	661.0	0.45	0.0	34.6	27.2
3	2	1	3	2	5.3	23.9	74.0	55.3	35.9	530.0	691.0	0.44	0.0	34.6	27.2
3	2	1	3	2	6.3	21.4	74.0	50.9	37.4	435.0	614.0	0.44	0.0	34.6	27.2
3	3	1	3	2	6.3	27.2	74.0	58.2	34.2	555.0	683.0	0.44	0.0	34.6	27.2
3	2	2	2	3	5.4	19.0	74.0	53.8	35.5	595.0	759.0	0.45	0.0	34.6	27.2
3	2	1	2	3	6.0	26.0	74.0	58.5	34.0	520.0	701.0	0.37	0.0	34.6	27.2
3	2	2	2	3	6.4	25.2	74.0	60.3	34.1	575.0	779.0	0.42	0.0	34.6	27.2
3	2	2	2	2	6.0	24.9	74.0	73.2	30.5	540.0	766.0	0.45	0.0	34.6	27.2
3	3	2	2	3	5.4	26.2	74.0	63.8	33.1	510.0	766.0	0.46	0.0	34.6	27.2
3	2	2	2	3	6.4	28.6	75.0	63.3	31.7	530.0	607.0	0.46	0.0	35.0	26.9
1	1	2	1	4	6.7	27.3	70.0	52.9	28.6	525.0	662.0	0.48	0.5	35.2	22.1
1	1	2	1	4	6.8	27.7	70.0	53.3	30.3	150.0	204.0	0.46	0.5	35.2	22.1
1	1	2	1	4	6.6	27.5	70.0	49.1	32.6	485.0	639.0	0.45	0.5	35.2	22.1
1	1	2	1	4	6.7	26.0	70.0	51.2	32.2	485.0	649.0	0.47	0.5	35.2	22.1
1	2	3	2	3	6.6	24.6	70.0	54.8	31.1	555.0	817.0	0.52	0.5	35.2	22.1
1	1	3	1	4	6.5	26.1	70.0	55.4	30.9	550.0	848.0	0.44	0.5	35.2	22.1
1	1	3	2	3	6.4	25.4	70.0	57.4	30.2	510.0	796.0	0.43	0.5	35.2	22.1
1	1	2	2	4	6.4	23.5	70.0	61.0	28.4	545.0	698.0	0.49	0.5	35.2	22.1
1	1	4	2	4	6.3	23.4	70.0	53.0	30.7	535.0	747.0	0.48	0.5	35.2	22.1
1	1	3	2	3	6.5	23.1	70.0	54.0	30.4	568.0	757.0	0.46	0.5	35.2	22.1
2	1	1	1	4	6.6	30.9	77.0	58.8	32.3	541.0	650.0	0.40	4.0	33.9	23.9

peroid	production	s_texture	s_drainage	s_fertility	s_pH	s_temp (°C)	relative H (%)	tree H (%)	tree_temp (°C)	T_Height (cm.)	T_Width (cm.)	DGCI	rain	max_temp (°C)	min_temp (°C)
2	1	1	1	3	6.5	27.4	77.0	60.9	31.0	533.0	835.0	0.41	4.0	33.9	23.9
2	1	1	1	3	6.8	32.9	77.0	50.6	34.3	580.0	826.0	0.41	4.0	33.9	23.9
2	2	2	1	3	6.6	28.1	77.0	48.6	34.5	485.0	664.0	0.38	4.0	33.9	23.9
2	2	2	2	3	6.7	29.5	77.0	50.5	33.7	503.0	697.0	0.40	4.0	33.9	23.9
2	2	1	1	3	6.8	28.3	77.0	49.7	33.8	524.0	716.0	0.41	4.0	33.9	23.9
2	1	1	2	4	6.8	28.3	77.0	55.6	33.9	582.0	892.0	0.43	4.0	33.9	23.9
2	1	2	2	3	6.8	29.7	77.0	61.4	32.2	549.0	729.0	0.46	4.0	33.9	23.9
2	2	2	2	3	6.6	27.5	77.0	57.4	32.9	580.0	779.0	0.42	4.0	33.9	23.9
2	1	1	2	4	6.8	28.6	77.0	55.1	62.2	538.0	724.0	0.43	4.0	33.9	23.9
3	1	2	1	3	7.0	28.0	87.0	47.2	37.0	595.0	710.0	0.45	12.3	32.2	25.1
3	1	2	1	4	7.0	28.6	87.0	53.8	34.0	570.0	731.0	0.45	12.3	32.2	25.1
3	1	2	1	4	7.0	27.1	87.0	55.4	33.9	665.0	862.0	0.45	12.3	32.2	25.1
3	1	2	1	4	6.8	27.4	87.0	43.1	36.7	523.0	688.0	0.45	12.3	32.2	25.1
3	1	3	2	4	6.8	27.0	87.0	49.0	35.3	530.0	674.0	0.43	12.3	32.2	25.1
3	1	3	1	4	6.6	23.2	87.0	48.8	36.1	640.0	740.0	0.45	12.3	32.2	25.1
3	1	3	2	4	6.8	24.8	87.0	45.7	35.5	635.0	842.0	0.44	12.3	32.2	25.1
3	1	2	2	5	6.8	27.0	87.0	44.6	36.1	592.0	734.0	0.44	12.3	32.2	25.1
3	1	3	2	4	6.6	23.3	87.0	50.6	35.4	675.0	838.0	0.50	12.3	32.2	25.1
3	1	3	2	4	7.0	24.8	87.0	49.0	35.9	650.0	729.0	0.45	12.3	32.2	25.1

3 จังหวัดสระแก้ว

peroid	production	s_texture	s_drainage	s_fertility	s_pH	s_temp (°C)	relative H (%)	tree H (%)	tree_temp (°C)	T_Height (cm.)	T_Width (cm.)	DGCI	rain	max_temp (°C)	min_temp (°C)
1	1	2	3	1	7.2	23.1	69.0	42.8	22.6	450.0	561.0	0.51	0.0	30.0	18.5
1	2	2	3	1	7.2	22.2	69.0	40.4	22.7	525.0	642.0	0.52	0.0	30.0	18.5
1	1	2	3	1	7.3	22.5	69.0	36.2	23.2	493.0	586.0	0.51	0.0	30.0	18.5
1	1	2	3	1	7.2	25.4	69.0	41.2	23.9	565.0	825.0	0.53	0.0	30.0	18.5
1	1	2	3	1	7.0	26.4	69.0	40.5	28.1	533.0	678.0	0.53	0.0	30.0	18.5
1	1	1	3	0	7.0	26.3	76.0	37.5	24.7	505.0	564.0	0.53	0.0	30.1	19.2
1	2	2	3	2	7.3	27.8	76.0	44.1	19.5	386.0	320.0	0.53	0.0	30.1	19.2
1	1	2	3	2	7.3	22.4	76.0	44.3	22.4	577.0	748.0	0.56	0.0	30.1	19.2
1	2	2	3	2	7.3	24.0	76.0	43.6	24.0	560.0	681.0	0.53	0.0	30.1	19.2
1	2	4	1	1	7.3	21.7	76.0	43.6	23.1	605.0	727.0	0.52	0.0	30.1	19.2
2	1	2	3	3	7.0	41.2	66.0	42.2	41.0	372.0	377.0	0.59	0.0	40.5	26.9
2	2	2	3	3	7.0	28.3	65.0	53.2	29.0	531.0	721.0	0.60	0.0	39.2	27.4
2	1	2	3	2	7.3	29.6	65.0	54.6	29.3	489.0	653.0	0.56	0.0	39.2	27.4
2	1	2	3	3	7.0	26.2	65.0	57.9	27.7	533.0	775.0	0.56	0.0	39.2	27.4
2	1	2	3	3	7.0	37.8	65.0	39.2	37.3	383.0	535.0	0.57	0.0	39.2	27.4
2	1	1	3	3	7.4	37.4	65.0	37.1	37.2	452.0	614.0	0.54	0.0	39.2	27.4
2	2	2	3	2	7.0	37.2	65.0	40.0	35.9	441.0	576.0	0.53	0.0	39.2	27.4
2	1	2	3	2	7.0	34.2	65.0	49.3	34.3	499.0	812.0	0.57	0.0	39.2	27.4
2	2	2	3	2	7.0	33.7	65.0	47.6	34.6	454.0	662.0	0.57	0.0	39.2	27.4
2	2	4	1	3	7.0	33.3	65.0	55.2	34.4	425.0	627.0	0.59	0.0	39.2	27.4
3	1	2	3	1	7.0	28.3	89.0	66.9	29.2	374.0	543.0	0.57	14.4	32.2	25.7
3	2	2	3	1	7.0	27.6	89.0	66.8	27.8	565.0	679.0	0.55	14.4	32.2	25.7
3	1	2	3	1	7.0	28.6	89.0	70.5	29.0	460.0	633.0	0.57	14.4	32.2	25.7

ครบวิชาการเกษตร

peroid	production	s_texture	s_drainage	s_fertility	s_pH	s_temp (°C)	relative H (%)	tree H (%)	tree_temp (°C)	T_Height (cm.)	T_Width (cm.)	DGCI	rain	max_temp (°C)	min_temp (°C)
3	1	2	3	1	7.0	26.9	89.0	74.8	28.1	513.0	794.0	0.52	14.4	32.2	25.7
3	1	2	3	1	7.0	26.0	89.0	82.4	26.1	512.0	652.0	0.54	14.4	32.2	25.7
3	1	1	3	1	7.0	25.6	89.0	83.5	25.6	440.0	584.0	0.54	14.4	32.2	25.7
3	2	2	3	0	7.0	24.9	92.0	84.7	23.6	498.0	582.0	0.53	17.9	31.6	23.4
3	1	2	3	1	7.0	24.7	92.0	80.5	24.0	506.0	688.0	0.50	17.9	31.6	23.4
3	2	2	3	1	7.0	24.1	92.0	77.8	23.3	513.0	689.0	0.43	17.9	31.6	23.4
3	2	4	1	1	7.0	26.0	92.0	73.1	24.3	417.0	392.0	0.53	17.9	31.6	23.4
1	2	2	3	1	6.5	28.6	67.0	35.4	33.2	350.0	326.7	0.53	0.0	32.7	19.9
1	3	2	2	1	6.8	29.0	67.0	39.0	32.2	545.0	711.5	0.56	0.0	32.7	19.9
1	1	2	3	4	6.7	25.7	70.0	55.1	27.8	490.0	712.9	0.53	0.0	34.2	20.4
1	2	2	2	1	6.8	23.8	70.0	50.4	30.0	503.0	690.4	0.52	0.0	34.2	20.4
1	2	2	2	3	6.9	24.4	70.0	39.8	30.1	400.0	519.7	0.51	0.0	34.2	20.4
1	3	2	2	2	6.4	24.7	70.0	35.3	34.2	472.0	587.4	0.53	0.0	34.2	20.4
1	2	2	3	1	6.5	27.7	70.0	35.3	34.2	515.0	611.6	0.52	0.0	34.2	20.4
1	3	3	2	1	6.8	29.2	70.0	37.9	33.7	510.0	791.3	0.54	0.0	34.2	20.4
1	2	4	1	4	6.7	29.3	70.0	40.3	32.4	490.0	630.3	0.50	0.0	34.2	20.4
1	2	4	1	4	6.8	27.8	70.0	42.9	32.2	500.0	539.1	0.52	0.0	34.2	20.4
2	2	2	3	1	6.7	27.7	85.0	66.0	30.5	306.0	360.0	0.44	0.0	32.2	24.5
2	3	2	2	1	6.8	27.1	74.0	48.1	32.1	320.0	731.0	0.47	0.0	34.3	22.5
2	1	2	3	1	7.0	30.5	74.0	46.0	32.9	369.0	753.0	0.45	0.0	34.3	22.5
2	2	2	2	2	7.0	25.4	85.0	71.5	28.9	392.0	728.0	0.47	0.0	32.2	24.5
2	2	2	2	1	6.9	23.3	74.0	54.1	32.1	326.0	570.0	0.43	0.0	34.3	22.5
2	3	2	2	1	6.4	22.9	74.0	50.3	32.2	444.0	660.0	0.46	0.0	34.3	22.5
2	2	2	3	1	6.5	27.2	74.0	49.3	32.7	439.0	714.0	0.44	0.0	34.3	22.5

กรมวิชาการเกษตร

peroid	production	s_texture	s_drainage	s_fertility	s_pH	s_temp (°C)	relative H (%)	tree H (%)	tree_temp (°C)	T_Height (cm.)	T_Width (cm.)	DGCI	rain	max_temp (°C)	min_temp (°C)
2	3	3	2	1	6.8	25.6	74.0	45.6	33.1	542.0	803.0	0.46	0.0	34.3	22.5
2	2	4	1	1	6.5	26.5	74.0	49.1	33.0	505.0	734.0	0.49	0.0	34.3	22.5
2	2	4	1	1	6.8	24.7	74.0	46.2	33.4	542.0	669.0	0.46	0.0	34.3	22.5
3	2	2	3	1	6.5	29.6	81.0	62.4	31.9	434.0	430.0	0.45	0.0	34.5	26.0
3	3	2	2	1	6.8	25.3	87.0	57.0	33.7	590.0	704.4	0.39	0.0	33.5	24.6
3	1	2	3	2	6.7	27.3	87.0	59.4	33.3	550.0	667.6	0.43	0.0	33.5	24.6
3	2	2	2	1	6.8	26.2	87.0	60.6	33.3	570.0	715.0	0.45	0.0	33.5	24.6
3	2	2	2	3	6.8	29.4	81.0	61.2	32.3	480.0	525.0	0.39	0.0	34.5	26.0
3	3	2	2	2	6.8	26.5	81.0	58.2	33.0	500.0	607.0	0.45	0.0	34.5	26.0
3	2	2	3	1	6.7	26.8	81.0	54.0	34.2	550.0	644.0	0.46	0.0	34.5	26.0
3	3	3	2	1	6.5	28.9	81.0	51.7	34.7	560.0	735.0	0.48	0.0	34.5	26.0
3	2	4	1	4	6.9	26.5	81.0	51.7	34.2	545.0	655.0	0.47	0.0	34.5	26.0
3	2	4	1	4	6.4	27.0	81.0	50.7	34.5	510.0	594.0	0.43	0.0	34.5	26.0
1	1	1	2	5	6.7	25.0	82.0	53.5	30.3	435.0	475.0	0.47	2.1	35.3	20.0
1	1	1	2	4	6.2	23.5	82.0	55.5	30.2	605.0	772.0	0.44	2.1	35.3	20.0
1	1	4	2	4	6.4	25.0	82.0	55.3	30.8	575.0	737.0	0.51	2.1	35.3	20.0
1	2	1	2	4	6.4	25.1	82.0	55.2	30.6	605.0	779.0	0.50	2.1	35.3	20.0
1	2	3	2	5	6.2	20.7	82.0	51.7	30.5	500.0	563.0	0.47	2.1	35.3	20.0
1	1	2	2	4	6.1	21.6	82.0	48.0	32.4	520.0	628.0	0.47	2.1	35.3	20.0
1	3	1	2	4	6.6	24.0	82.0	50.8	31.0	565.0	720.0	0.45	2.1	35.3	20.0
1	2	1	3	4	7.2	24.1	82.0	48.1	32.3	570.0	834.0	0.50	2.1	35.3	20.0
1	1	4	4	5	6.0	25.8	82.0	51.7	31.5	500.0	587.0	0.50	2.1	35.3	20.0
1	1	4	4	4	6.7	23.2	82.0	47.5	33.1	540.0	686.0	0.49	2.1	35.3	20.0
2	1	1	2	5	6.1	28.1	76.0	57.2	31.9	497.0	536.0	0.40	0.4	34.8	23.8

peroid	production	s_texture	s_drainage	s_fertility	s_pH	s_temp (°C)	relative H (%)	tree H (%)	tree_temp (°C)	T_Height (cm.)	T_Width (cm.)	DGCI	rain	max_temp (°C)	min_temp (°C)
2	2	1	2	3	6.5	30.4	76.0	58.2	31.3	520.0	640.0	0.50	0.4	34.8	23.8
2	1	1	2	4	6.6	30.7	76.0	53.3	32.9	565.0	705.0	0.45	0.4	34.8	23.8
2	2	2	2	4	6.6	29.9	76.0	54.3	32.9	566.0	838.0	0.44	0.4	34.8	23.8
2	1	1	2	5	6.0	31.4	76.0	51.8	32.9	545.0	713.0	0.42	0.4	34.8	23.8
2	2	1	2	5	7.0	32.7	76.0	44.5	35.7	517.0	581.0	0.44	0.4	34.8	23.8
2	1	1	2	4	6.8	30.4	76.0	52.8	33.0	593.0	742.0	0.45	0.4	34.8	23.8
2	2	1	3	3	6.6	33.1	76.0	47.4	34.3	553.0	759.0	0.47	0.4	34.8	23.8
2	1	1	4	3	6.6	30.5	76.0	46.7	34.8	571.0	792.0	0.46	0.4	34.8	23.8
2	2	1	4	4	6.3	32.6	76.0	51.9	32.8	425.0	484.0	0.45	0.4	34.8	23.8
3	1	1	2	5	6.5	26.6	88.0	58.8	32.5	344.0	742.0	0.50	12.3	32.3	25.0
3	1	1	2	5	6.4	28.9	88.0	58.3	33.1	502.0	810.0	0.46	12.3	32.3	25.0
3	1	2	2	5	6.3	26.5	88.0	53.9	35.1	593.0	802.0	0.39	12.3	32.3	25.0
3	1	1	2	5	6.6	29.9	88.0	55.5	34.0	625.0	919.0	0.45	12.3	32.3	25.0
3	1	3	2	4	6.7	28.9	88.0	62.7	31.6	627.0	774.0	0.41	12.3	32.3	25.0
3	1	2	2	4	6.6	24.4	88.0	63.5	30.5	585.0	682.0	0.38	12.3	32.3	25.0
3	1	1	2	5	6.1	30.4	88.0	64.0	32.0	658.0	831.0	0.44	12.3	32.3	25.0
3	1	1	3	3	6.1	28.4	88.0	66.0	32.3	650.0	843.0	0.43	12.3	32.3	25.0
3	1	4	4	4	6.6	31.0	88.0	75.3	30.1	675.0	841.0	0.46	12.3	32.3	25.0
3	1	4	4	4	6.4	30.8	88.0	68.7	30.7	508.0	541.0	0.45	12.3	32.3	25.0

กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวกที่ ฎ ข้อมูลที่ตั้งแปลงเกษตรที่สำรวจข้อมูล

1.จังหวัดเชียงใหม่

	ชื่อ	นามสกุล	บ้านเลขที่	หมู่ที่	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	พื้นที่ (ไร่)	LAT	LONG
1	อรรณพ	คำนวล	191	3	ป่าไหน่	พร้าว	เชียงใหม่	10	19.42384	99.21700
2	ณรงค์	วงศ์ริน	51	6	ป่าไหน่	พร้าว	เชียงใหม่	4.5	19.41854	99.21552
3	คณิต	คำนวล	58	3	ป่าไหน่	พร้าว	เชียงใหม่	10	19.42676	99.22418
4	พจน์	คำปัน	5	3	บ้านเป้า	แม่แตง	เชียงใหม่	12	19.20210	99.01492
5	สุแก้ว	สิทธิ์วงค์	59	3	บ้านเป้า	แม่แตง	เชียงใหม่	5	19.21255	98.98657
6	เกตุ	ทองก้อน	6/1	3	บ้านเป้า	แม่แตง	เชียงใหม่	20	19.20193	98.98858
7	เสน่ห์	ทะพิงค์แก	90/1	7	ขัวมุง	สารภี	เชียงใหม่	12	18.66306	98.97956
8	พรชัย	ชัยสิทธ์	69	9	ขัวมุง	สารภี	เชียงใหม่	4	18.66087	98.98072
9	อารีย์	ศรีตาลดา	89	9	ขัวมุง	สารภี	เชียงใหม่	5	18.66720	98.98174
10	ปรีชา	ศรีวิชัย	1	10	บ้านกลาง	สันป่าตอง	เชียงใหม่	10	18.54595	98.90885
11	บุญเลิศ	แก้ววงศ์	126/1	7	บ้านกลาง	สันป่าตอง	เชียงใหม่	4	18.54769	98.90670
12	เฉลิม	มูลดง	131/1	7	มะขุนหวาน	สันป่าตอง	เชียงใหม่	11	18.55129	98.90552
13	สม	ใจเพง	157	2	ดอยแก้ว	จอมทอง	เชียงใหม่	10	18.40294	98.66723
14	นเรศ	ใจเหิม	157	10	ข่วงเปา	จอมทอง	เชียงใหม่	11	18.46532	98.72430
15	กรกต	แก้วศรียะ	39	10	ข่วงเปา	จอมทอง	เชียงใหม่	7	18.46273	98.73302

2.จังหวัดเชียงราย

	ชื่อ	นามสกุล	บ้านเลขที่	หมู่ที่	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	พื้นที่ (ไร่)	LAT	LONG
1	อภินันท์	ประเสริฐสันติ	129	6	พาน	พาน	เชียงราย	15	19.52306	99.70393
2	รัตน์	บุญปั่น	63	6	พาน	พาน	เชียงราย	7	19.52403	99.69584
3	สมพร	ทาแก้ว			พาน	พาน	เชียงราย		19.52399	99.69578
4	จงรักษ์	วิมูล	1	8	ป่าแงะ	ป่าแดด	เชียงราย	6	19.56226	99.98367
5	ธันวรัตน์กมล	เหมืองหม้อ	103	17	ป่าแงะ	ป่าแดด	เชียงราย	13	19.57893	99.99274
6	สุนีย์	สิงหะเสนีย์	125	1	ป่าแงะ	ป่าแดด	เชียงราย	15	19.58119	99.99214
7	สมเดช	กาซุ่ม	45/1	1	ปล้อง	เทิง	เชียงราย	8	19.62381	100.07390
8	คำพูน	ปัตจัตตัง	190	12	เวียง	เทิง	เชียงราย	4	19.71125	100.19640
9	คำพูน	ปัตจัตตัง	190	12	เวียง	เทิง	เชียงราย		19.71523	100.19919
10	ฐานุวัฒน์	ทองคง	113	4	แม่ต๋ำ	พญาเม็งราย	เชียงราย	17	19.93075	100.21177
11	จันทร์	ทะนันชัย	28	2	แม่ต๋ำ	พญาเม็งราย	เชียงราย	4	19.93467	100.22073
12	พิพัฒน์ชัย	แสนมิ่งมงคลกุล	146	2	แม่ต๋ำ	พญาเม็งราย	เชียงราย	10	19.94206	100.21138
13	ส่น	ใจเปง	42	2	แม่ต๋ำ	พญาเม็งราย	เชียงราย	10	19.94335	100.21169
14	ผัด	สอนใจ	140	9	แม่ต๋ำ	พญาเม็งราย	เชียงราย	26	19.95392	100.22327
15	ทัศนี	ถาหมี	116	9	แม่ต๋ำ	พญาเม็งราย	เชียงราย	8	19.55158	100.15178

กรมวิชาการเกษตร

3.จังหวัดลำพูน

	ชื่อ	นามสกุล	บ้านเลขที่	หมู่ที่	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	พื้นที่ (ไร่)	LAT	LONG
1	สุนันท์	ฝ่ายกลาง	94/1	9	น้ำดิบ	ป่าซาง	ลำพูน	10	18.43980	98.81765
2	มงคล	หมื่นภัย	46/1	7	น้ำดิบ	ป่าซาง	ลำพูน	32	18.43668	98.85175
3	วิลาภพ	ทันสม	352	7	น้ำดิบ	ป่าซาง	ลำพูน	5	18.47747	98.84943
4	วิเชียร	ทะทอง	352	16	น้ำดิบ	ป่าซาง	ลำพูน	10	18.47344	98.88132
5	ชูชาติ	รวมไทย	9/1	7	ริมปิง	เมือง	ลำพูน	8	18.59234	98.95982
6	บัณฑิต	แสนสมบัติ	168/5	6	ริมปิง	เมือง	ลำพูน	6	18.59219	98.95972
7	ประเสริฐ	จันทะมา	11/1	9	ริมปิง	เมือง	ลำพูน	3	18.58745	98.96024
8	เสวต	ศิริพันธุ์	101/2	10	ริมปิง	เมือง	ลำพูน	7	18.57452	98.94911
9	อภิชัยสิทธิ์	ถายาพิงค์	9	7	ริมปิง	เมือง	ลำพูน	3	18.59709	98.97813
10	สุรชัย	หินอ่อน	132	4	ศรีเตี้ย	บ้านโฮ่ง	ลำพูน	5	18.39137	98.77602
11	อำไพ	สามเมือง	122/1	2	ศรีเตี้ย	บ้านโฮ่ง	ลำพูน	25	18.39106	98.76788
12	ประวิน	ปาตีคำ	99	1	ศรีเตี้ย	บ้านโฮ่ง	ลำพูน	38	18.39161	98.77644
13	นิโรจน์	แสนไชย	189	8	วังผาง	เวียงหนองร่อง	ลำพูน	86	18.44152	98.73031
14	แม	ชอยบุตร	37	8	วังผาง	เวียงหนองร่อง	ลำพูน	5	18.43532	98.72182
15	พูลธิวา	อินตะวงค์	54/3	9	วังผาง	เวียงหนองร่อง	ลำพูน	5	18.44288	98.72612

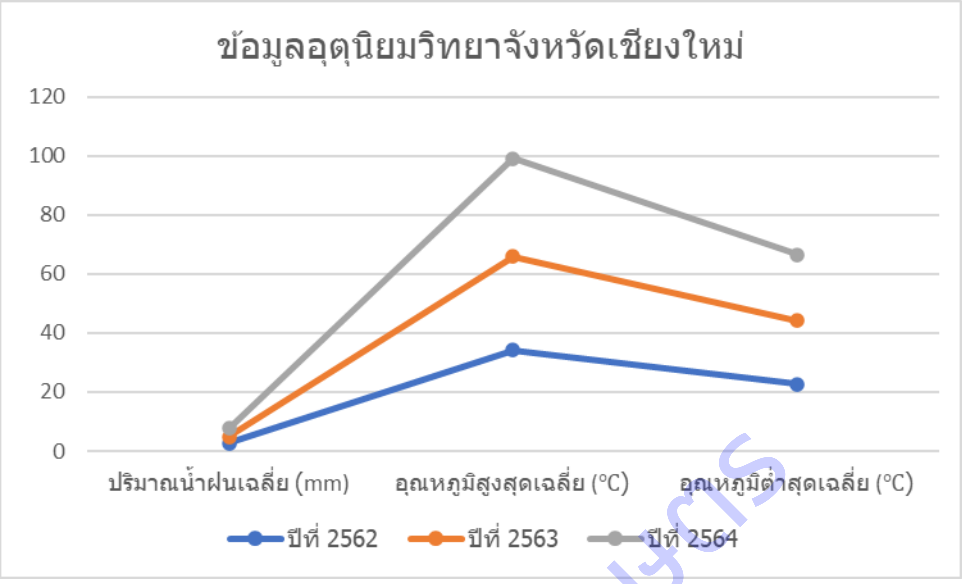
4.จังหวัดสุราษฎร์ธานี

	ชื่อ	นามสกุล	บ้านเลขที่	หมู่ที่	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	พื้นที่ (ไร่)	LAT	LONG
1	ประไพ	แสงขาว	57	4	เพิ่มพูนทรัพย์	บ้านนาสาร	สุราษฎร์ธานี	7	8.77831	99.44354
2	ธีรพล	นามนวล	-	3	เพิ่มพูนทรัพย์	บ้านนาสาร	สุราษฎร์ธานี	6	8.78470	99.43799
3	จำรูญ	ชูจิต	170/26	4	เพิ่มพูนทรัพย์	บ้านนาสาร	สุราษฎร์ธานี	15	8.78443	99.43862
4	เริงศักดิ์	ดำพัฒน์	58/4	4	เพิ่มพูนทรัพย์	บ้านนาสาร	สุราษฎร์ธานี	4.5	8.77801	99.44496
5	กรุณา	อักษรเพียร	62/2	4	เพิ่มพูนทรัพย์	บ้านนาสาร	สุราษฎร์ธานี	12	8.77780	99.45150
6	จำรัส	หนูนุ่ม	67/2	4	เพิ่มพูนทรัพย์	บ้านนาสาร	สุราษฎร์ธานี	5	8.77872	99.44680
7	วิกรม	พัฒน์ดำ	170/24	4	เพิ่มพูนทรัพย์	บ้านนาสาร	สุราษฎร์ธานี	4	8.78157	99.45061
8	ณิชกุล	พัฒน์ดำ	170/28	4	เพิ่มพูนทรัพย์	บ้านนาสาร	สุราษฎร์ธานี	5	8.78133	99.45085
9	สมยศ	ทองท่าซี	170/53	4	เพิ่มพูนทรัพย์	บ้านนาสาร	สุราษฎร์ธานี	18	8.78121	99.44799
10	วารินทร์	เพชรโกษาชาติ	59	4	เพิ่มพูนทรัพย์	บ้านนาสาร	สุราษฎร์ธานี	10	8.77791	99.44035
11	ประพฤติ	เสียงสุวรรณ	20/1	1	เพิ่มพูนทรัพย์	บ้านนาสาร	สุราษฎร์ธานี	18	8.74960	99.40875
12	ยินดี	กลับฟ้าผ่า	157	1	เพิ่มพูนทรัพย์	บ้านนาสาร	สุราษฎร์ธานี	6	8.76014	99.41960
13	โสภณ	เรืองศรี	72/3	4	เพิ่มพูนทรัพย์	บ้านนาสาร	สุราษฎร์ธานี	3	8.77749	99.45362
14	สุรพงษ์	เกษาศัย	170/60	4	เพิ่มพูนทรัพย์	บ้านนาสาร	สุราษฎร์ธานี	11.75	8.78130	99.44661
15	เยาว์	ทองท่าซี	112	4	เพิ่มพูนทรัพย์	บ้านนาสาร	สุราษฎร์ธานี	5	8.77937	99.43787

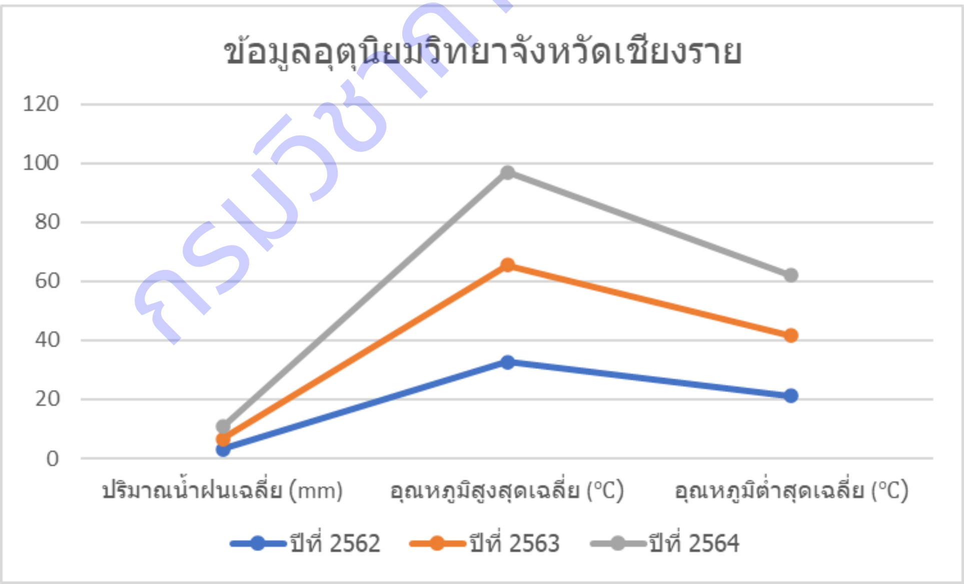
กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวกที่ ฎ แสดงข้อมูลอุตุนิยมวิทยาของจังหวัดที่สำรวจข้อมูล (เฉลี่ยรายปี)

1.จังหวัดเชียงใหม่

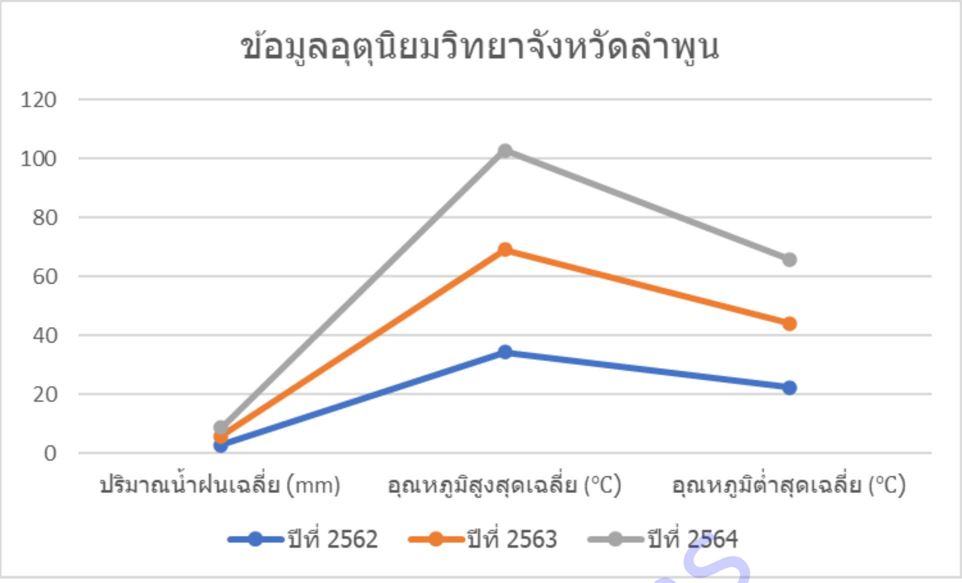


2.จังหวัดเชียงเชียงราย

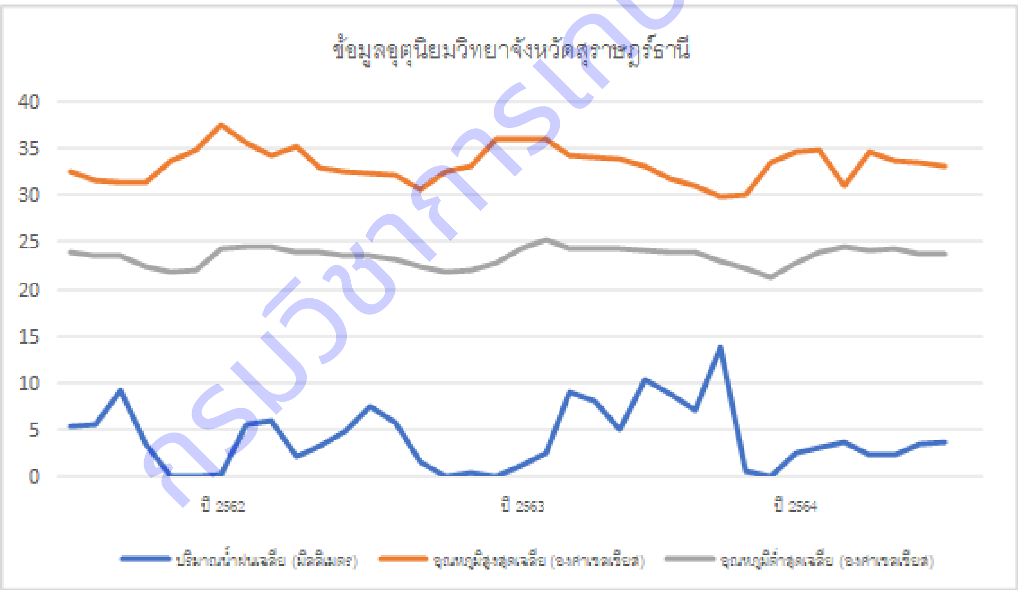


กรมวิชาการเกษตร

3.จังหวัดลำพูน



4.จังหวัดสุราษฎร์ธานี



กรมวิชาการเกษตร