

แบบจำลองทางสถิติเพื่อค้นหาอิทธิพลของปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศที่มีต่อการออกดอก ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองในจังหวัดพิษณุโลก

A Statistical Model for Finding the Influence of Climate on Flowering of 'Namdokmai Sithong' Mango in Phitsanulok Province

ศรัญญา ทองสุข¹ และโสภณา สำราญ²
Saranya Thongsook¹ and Sophana Somran²

บทคัดย่อ

จากการศึกษาหาแบบจำลองการถดถอยพหุคูณโดยใช้การวิเคราะห์ปัจจัยสำหรับการทำนายการออกดอกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองในจังหวัดพิษณุโลก โดยนำข้อมูลจำนวนการออกดอกของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองจากสวนของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างจำนวน 11 สวน ใน 2 ตำบลของอำเภวังทอง และใน 3 ตำบลของอำเภเนินมะปราง โดยแบ่งการเก็บรวบรวมข้อมูลออกเป็น 2 ช่วง คือ ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ - มีนาคม 2560 และระหว่างเดือนกันยายน - ธันวาคม 2561 และนำข้อมูลด้านสภาพภูมิอากาศ ซึ่งได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ย ความกดอากาศเฉลี่ย ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย มาวิเคราะห์เพื่อสร้างสมการถดถอยพหุคูณด้วยวิธี Principal Component Analysis (PCA) พบว่า $\hat{y} = 21.623913 - 10.542305FS_1 - 8.285513FS_2$ คือสมการพยากรณ์หรือสมการถดถอยของจำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อต้น จากสมการแสดงให้เห็นว่าจำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อต้นจะเพิ่มขึ้นเมื่อปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศตัวที่ 1 และปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศตัวที่ 2 ลดลง ซึ่งกล่าวว่าปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศตัวที่ 1 และปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศตัวที่ 2 สามารถอธิบายความผันแปรของจำนวนช่อดอกเฉลี่ย/ต้นได้ร้อยละ 48.5 และเพื่อการตรวจสอบความแม่นยำของสมการในอนาคต คณะผู้วิจัยจึงสร้างเว็บไซต์ <http://www.mangoforecast.com/> เพื่อทำนายจำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อต้น และเพื่อใช้เก็บรวบรวมข้อมูลด้านสภาพภูมิอากาศจากเกษตรกรผู้สนใจ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะถูกนำมาใช้ปรับปรุงสมการพยากรณ์จำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อต้น เพื่อให้มีความถูกต้องแม่นยำยิ่ง ๆ ขึ้นไปอีกทั้งจะถูกใช้เพื่อหาปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมที่สุดตามจำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อต้นที่ต้องการสำหรับจังหวัดพิษณุโลกในปัจจุบันและในอนาคต

คำสำคัญ: ภูมิอากาศ ดอกมะม่วง การวิเคราะห์ปัจจัย การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ

Abstract

A multiple regression model using factor analysis was used to predict the flowering of 'Namdokmai Sithong' mangoes in Phitsanulok province. Data concerned with the average number of flowerings per tree in eleven sample gardens in two sub-districts of Wang Thong district and three sub-districts of Noen Maprang district, and climate data for the same area including average temperature, average air pressure, average relative humidity, and average rainfall were collected over two periods: February to March 2017 and September to December 2018. The data were applied to determine a multiple regression model based on Principal Component Analysis (PCA). The results showed that $\hat{y} = 21.623913 - 10.542305FS_1 - 8.285513FS_2$ was the predictive equation or regression equation for the average number of flowerings/tree. From the equation, the average number of flowerings/tree increased when the first weather factor and the second weather factor decreased. This implied that climate was an important factor influencing the average number of flowerings/tree. It also suggested climate factors 1 and 2 could account for the 48.5 percent variation in the mean number of flowerings/plant. Furthermore, the researchers created a website, <http://www.mangoforecast.com/> which can be used to predict the average number of flowerings/tree and to collect climate data from interested farmers. The data will be used to improve

¹ สาขาวิชาวิทยาการข้อมูลและการจัดการสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิษณุโลก 65000

¹ Department of Data Science and Information Management, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Muang, Phitsanulok 65000

² สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา อ. เมือง จ. พิษณุโลก 65000

² Department of Science, Faculty of Sciences and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna, Muang, Phitsanulok 65000

*Corresponding author, Email: saranya.tho@psru.ac.th

the forecasting equation for the average number of flowerings/tree and to achieve greater accuracy. In addition, the data will be used to determine the optimal climate factors influencing flowering in present and future Phitsanulok province.

Keywords: weather, mango flower, factor analysis, multiple regression

คำนำ

มะม่วงเป็นผลไม้ที่สำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ทั้งการบริโภคภายในประเทศและการส่งออกไปยังต่างประเทศ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2554) อีกทั้งมะม่วงยังเป็นผลไม้ที่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยได้ดี เกษตรกรไทยจึงนิยมปลูกมะม่วงเพื่อจำหน่ายกันกว้างขวางมากขึ้น โดยมีพื้นที่ปลูกมะม่วงเชิงพาณิชย์รวมประมาณกว่า 2 ล้านไร่ ให้ผลผลิตมะม่วงกว่า 3 ล้านตัน โดยในปี พ.ศ. 2558 สามารถส่งออกมะม่วงได้ราว 65,000 ตัน มีมูลค่าการส่งออกกว่า 3,000 ล้านบาท ซึ่งตลาดส่งออกมะม่วงที่สำคัญ ได้แก่ ญี่ปุ่น จีน เวียดนาม สหรัฐอเมริกา และเกาหลี โดยประเทศไทยมีการส่งออกผลผลิตมะม่วงให้ประเทศเกาหลีมากที่สุด คิดเป็นมูลค่ากว่า 720 ล้านบาท รองลงมา คือ ญี่ปุ่น 440 ล้านบาท เวียดนาม 180 ล้านบาท และจีน 110 ล้านบาท ซึ่งเมื่อพิจารณาการส่งออกในรอบ 5 ปี ที่ผ่านมา ถือว่ามีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กรมวิชาการเกษตร, 2558)

ประเทศไทยมีการปลูกมะม่วงกระจายอยู่ในเขตภาคเหนือมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 42 ของพื้นที่เพาะปลูก ซึ่งจังหวัดพิษณุโลกเป็นจังหวัดที่ปลูกมะม่วงเป็นธุรกิจเพื่อส่งออกที่เป็นแหล่งผลิตมะม่วงที่ใหญ่ที่สุดของภาคเหนือ โดยมีพื้นที่ปลูกมะม่วงกว่า 103,280 ไร่ (กรมวิชาการเกษตร, 2552) สร้างรายได้เข้าสู่ประเทศไม่ต่ำกว่าปีละ 1,000 ล้านบาท ปัจจุบันแหล่งปลูกมะม่วงที่สำคัญของจังหวัดพิษณุโลกกระจายตัวอยู่ในพื้นที่อำเภอเนินมะปราง อำเภอวังทอง และอำเภอบึงสามพัน ซึ่งมีเนื้อที่ไม่ต่ำกว่า 62,030 ไร่ สามารถผลิตมะม่วงได้มากกว่าปีละ 44,000 ตัน ซึ่งมะม่วงที่ส่งออกมากที่สุดคือ มะม่วงกิ้นสุก เช่น น้ำดอกไม้สีทอง และน้ำดอกไม้เบอร์ 4 (จิรวรรณ โรจนพรทิพย์, 2558) จากการที่กลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงของจังหวัดพิษณุโลกได้สร้างกลุ่มชุมชนสวนมะม่วงที่มีการเชื่อมโยงเครือข่ายทางธุรกิจกับบริษัทผู้รับซื้อโดยตรง ทำให้สามารถกำหนดราคาซื้อขายได้อย่างยุติธรรมเป็นที่พึงพอใจของทุกฝ่าย และส่งผลให้จังหวัดพิษณุโลกเป็นแหล่งผลิตมะม่วงที่ใหญ่ที่สุดในเขตภาคเหนือ

อย่างไรก็ตามโดยส่วนมากแล้วร้อยละ 75 ของการทำเกษตรในประเทศไทยเป็นแบบพึ่งพาน้ำฝนและฤดูกาลตามธรรมชาติ จึงอาจกล่าวได้ว่าสภาพภูมิอากาศเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อผลผลิตทางการเกษตรสำหรับเกษตรกรไทยเป็นอย่างมาก ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อผลผลิตทางการเกษตร เช่น การเปลี่ยนแปลงปริมาณและรูปแบบของฝน อุณหภูมิที่สูงขึ้น รวมถึงการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ ดังนั้นการผลิตที่ขึ้นอยู่กับการพึ่งพาธรรมชาติมากเกินไป ความเสี่ยงที่จะได้รับผลกระทบจากสภาพภูมิอากาศก็ยังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเท่านั้น (อานนท์ สนิทวงศ์ ณ อยุธยา, 2554) และผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศก็เป็นปัญหาและอุปสรรคที่สำคัญสำหรับการปลูกมะม่วงไม่แตกต่างจากผลผลิตทางการเกษตรอื่น ๆ เช่นกัน จากการศึกษาการจัดการการผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้ของเกษตรกรในอำเภอบึงสามพัน จังหวัดพิษณุโลก พบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นจากสภาพภูมิอากาศแปรปรวนนั้น ส่งผลกระทบต่อการผลิตมะม่วงเป็นอย่างมาก ทำให้กระบวนการผลิตยากขึ้น ผลกระทบมาจากภาวะโลกร้อนทำให้สภาพอากาศตอนกลางวันร้อนมาก เมื่อเจอสภาพอากาศเย็นในช่วงกลางคืน ทำให้ต้นมะม่วงให้ผลผลิตน้อยลง ขนาดผลเล็กลงไม่เป็นที่ต้องการของตลาด (ธัญลักษณ์ ตาสุข และคณะ, 2556) แต่อย่างไรก็ตามส่วนใหญ่แล้ววิธีการสำหรับการแก้ไขปัญหาก็เกิดจากผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศเป็นคำแนะนำเพียงแค่เบื้องต้นเท่านั้น เช่น เกษตรกรจะต้องพยายามดูแลป้องกันผลผลิตของตนโดยติดตามสถานการณ์จากกรมอุตุนิยมวิทยา เพื่อวางแผนจัดการผลผลิตอย่างเหมาะสมเพื่อลดความสูญเสียให้น้อยที่สุด เป็นต้น นอกจากนี้แล้วงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับการผลิตมะม่วงในประเทศไทยยังมีไม่มากนัก ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาหาความสัมพันธ์ของปัจจัยด้านต่าง ๆ ของสภาพภูมิอากาศกับการออกดอกของมะม่วง โดยพัฒนาแบบจำลองของปริมาณการออกดอกสำหรับมะม่วงน้ำดอกไม้ และจัดทำข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ของปริมาณการออกดอกสำหรับมะม่วงน้ำดอกไม้ ซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแบบต่าง ๆ ในเขตจังหวัดพิษณุโลก เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการลดผลกระทบของปริมาณผลผลิตและคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้ที่เกิดจากสภาพอากาศเปลี่ยนแปลง ซึ่งมีผลต่อการสร้างความเข้มแข็ง โอกาสทางการตลาด และการสร้างรายได้ให้กับจังหวัดพิษณุโลกและประเทศไทยทั้งในปัจจุบันและในอนาคต

วิธีการศึกษา

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ทำการรวบรวมข้อมูลจำนวนการออกดอกของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองใน 2 ตำบลของอำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก ได้แก่ ตำบลวังพิรุณ และตำบลพันชาลี และใน 3 ตำบลของอำเภอนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี ได้แก่ ตำบลเนินมะปราง ตำบลบ้านมุง และตำบลบ้านน้อยชุมชี่เหล็ก โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลดังกล่าว 2 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ - มีนาคม 2560 และช่วงที่ 2 คือ ระหว่างเดือนกันยายน - ธันวาคม 2561 โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจำนวนการออกดอกของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองจากสวนของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างจำนวน 11 สวน โดยในแต่ละสวนจะถูกสุ่มเลือกต้นมะม่วงโดยการสุ่มอย่างง่ายจำนวน 7-18 ต้น จากนั้นเก็บรวบรวมข้อมูลช่อดอกที่ออกดอกในแต่ต้นที่ถูกสุ่ม แล้วนำมาหาจำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อต้นในแต่ละสวนตัวอย่าง (Table 1) และสำหรับข้อมูลสภาพภูมิอากาศใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศของสถานีตรวจอากาศที่เทศบาลตำบลเนินมะปราง ต. เนินมะปราง อ. เนินมะปราง จ. พิษณุโลก และจากสถานีตรวจอากาศที่ทำการผู้ใหญ่บ้าน หมู่ 13 ต. วังทอง อ. วังทอง จ. พิษณุโลก จากสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน) ซึ่งประกอบด้วย อุณหภูมิ ความชื้น ความกดอากาศ และปริมาณน้ำฝน ซึ่งเก็บข้อมูลเป็นแบบรายวัน โดยคณะผู้วิจัยใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากสถานีตรวจอากาศดังกล่าว โดยใช้ข้อมูลนับจากช่วงดึ่งดอกจนถึงวันที่เก็บข้อมูล ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้กำหนดช่วงดึ่งดอกโดยเฉลี่ยไว้ที่ประมาณปลายเดือนสิงหาคมจนถึงต้นเดือนกันยายน ทั้งนี้เนื่องจากสวนที่ใช้เก็บข้อมูลตัวอย่างมีช่วงระยะเวลาการดึ่งดอกไม่พร้อมกัน ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2559 ถึง มีนาคม 2560 สำหรับช่วงที่ 1 และใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2560 ถึง มีนาคม 2561 สำหรับช่วงที่ 2 จากนั้นนำข้อมูลในแต่ละช่วงมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป โดยข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลค่าเฉลี่ยสำหรับอุณหภูมิ ความชื้น ความกดอากาศ และปริมาณน้ำฝน (Table 2)

Table 1 The average number of inflorescences/tree of mango in each orchard.

District	Sub-district	Orchard	The number of trees				
			Period 1		Period 2		
			1	1	2	3	4
Wang Thong	Phan Chali	1	15	-	-	-	-
		2	18	-	-	-	-
		3	15	-	-	-	-
		4	12	-	12	12	12
	Wang Phikun	1	4	-	-	-	-
Noen Maprang	Noen Maprang	1	10	12	12	12	12
		2	10	12	12	12	12
	Ban Mung	1	10	-	-	-	-
		2	10	-	-	7	8
	Ban Noi Sum Khilek	1	10	12	12	12	12
		2	10	-	-	-	-
Total			124	36	48	55	56

Note: In period 1, the data were collected only once due to the absence of inflorescences and the gardens without data. In period 2, some data were not collected due to the absence of inflorescences during this period.

Table 2 Average in weather conditions.

District	Period	Temperature (°C)	Air pressure (mBar)	Relative humidity (%)	Rainfall (mm)
Wang Thong	1	27.46	1006.73	74.73	2.90
		29.69	1002.73	77.40	3.85
	2	29.89	1006.07	74.42	1.70
		29.60	1006.23	71.64	2.25
		29.22	1006.70	70.14	1.74
Noen Maprang	1	28.24	1005.76	72.62	2.66
		30.43	1001.73	77.30	2.60
	2	30.41	1003.12	77.11	2.83
		29.71	1003.96	76.95	2.73
		29.44	1004.80	74.48	2.53

การวิเคราะห์เพื่อสร้างแบบจำลองทางสถิติสำหรับปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศต่อการออกดอกของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง โดยขั้นตอนแรกคือใช้การวิเคราะห์การหาค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's correlation) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง จำนวนช่อดอกเฉลี่ย/ต้นกับข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ขั้นตอนที่สองคือใช้วิธีการจำแนกกลุ่มตัวแปรด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย (factor analysis) (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2559; Baayen, 2016) โดยการใช้วิธี principal component analysis สำหรับแก้ปัญหาพหุสัมพันธ์เชิงเส้น (multicollinearity) เนื่องจากเป็นที่ทราบกันดีว่าปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศส่วนใหญ่จะมีความสัมพันธ์กันอยู่แล้วไม่ทางตรงก็ทางอ้อม ทั้งนี้เพื่อให้ได้ปัจจัยทางด้านสภาพภูมิอากาศที่ถูกต้องและเหมาะสมที่สุดสำหรับสร้างแบบจำลองทางสถิติของปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศต่อการออกดอกของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง และขั้นตอนสุดท้ายคือใช้การวิเคราะห์การถดถอยแบบเชิงพหุ (multiple regression) โดยใช้โปรแกรมอาร์ เวอร์ชัน 3.2.3 เพื่อสร้างแบบจำลองทางสถิติสำหรับปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศต่อการออกดอกของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ดังแผนภาพข้างล่าง (Figure 1) และเนื่องจากระยะเวลาและงบประมาณในงานวิจัยครั้งนี้มีจำกัด ดังนั้นแบบจำลองทางสถิติที่ได้จึงขาดในส่วนของการตรวจสอบ (validation) ซึ่งทางคณะผู้วิจัยจะดำเนินการต่อไป โดยจะนำข้อมูลปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรผู้สนใจใช้แบบจำลองดังกล่าวแสดงผ่านทางเว็บไซต์ที่สร้างขึ้นมาใช้ในการตรวจสอบแบบจำลองต่อไป

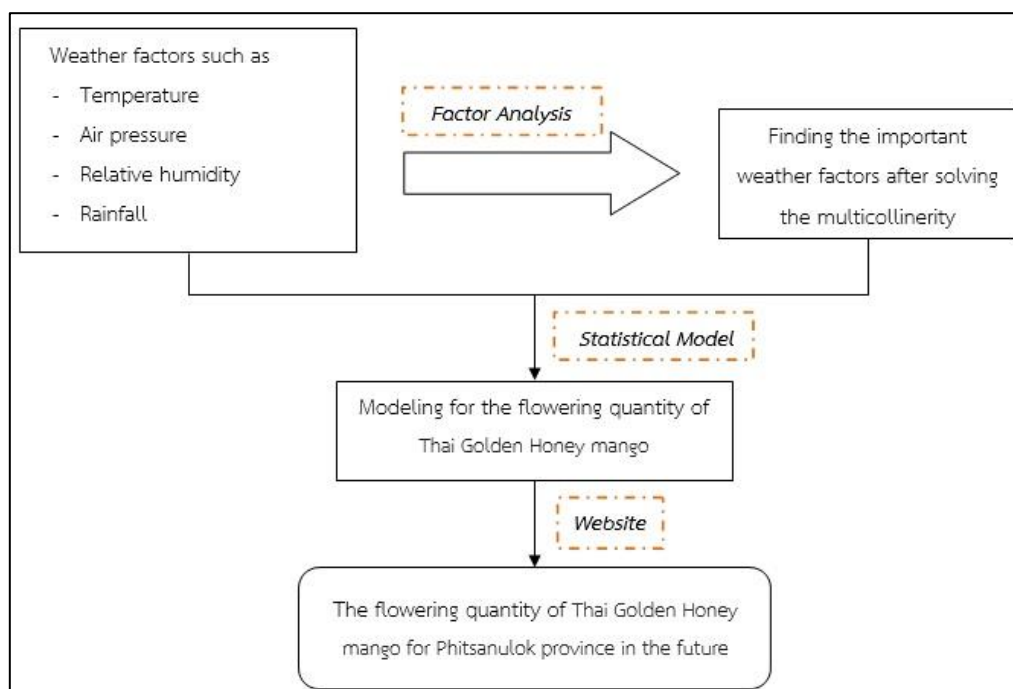


Figure 1 Research framework.

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากข้อมูลจำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อต้น และข้อมูลสภาพภูมิอากาศของอำเภอวังทองและอำเภอนนทบุรี นำมาหาความสัมพันธ์โดยใช้การคำนวณค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's correlation) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อต้นกับข้อมูลสภาพภูมิอากาศ (Table 3)

Table 3 Pearson's correlation between the average number of inflorescences/tree of mango and weather information.

Parameter	Number of inflorescences/tree (inflorescences)	Temperature (°C)	Air pressure (mBar)	Relative humidity (%)	Rainfall (mm)
Number of inflorescences/tree (inflorescences)					
Temperature (°C)	-0.43*				
Air pressure (mBar)	0.69**	-0.80**			
Relative humidity (%)	-0.70**	0.61**	-0.84**		
Rainfall (mm)	-0.46*	-0.10	-0.37	0.51*	

*Significant level of 0.05, ** significant level of 0.01.

จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าจำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อต้นมีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญกับอุณหภูมิเฉลี่ย (X_1 , $r = -0.43$), มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญกับความกดอากาศเฉลี่ย (X_2 , $r = 0.69$), มีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญกับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (X_3 , $r = -0.7$) และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (X_4 , $r = -0.46$) นอกจากนี้เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของตัวแปรด้านสภาพภูมิอากาศทีละตัวที่มีความสัมพันธ์กับจำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อต้น พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยมีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญกับความกดอากาศเฉลี่ย ($r = -0.8$) แต่มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญกับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย ($r = 0.61$) ความกดอากาศเฉลี่ยมีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญกับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย ($r = -0.84$) และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ($r = 0.51$) นอกจากความสัมพันธ์ของจำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อต้นกับตัวแปรด้านสภาพภูมิอากาศแล้ว จากข้อมูลยังแสดงให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์กันของตัวแปรด้านสภาพภูมิอากาศแต่ละตัวอีกด้วย ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถแสดงได้ดัง Figure 2

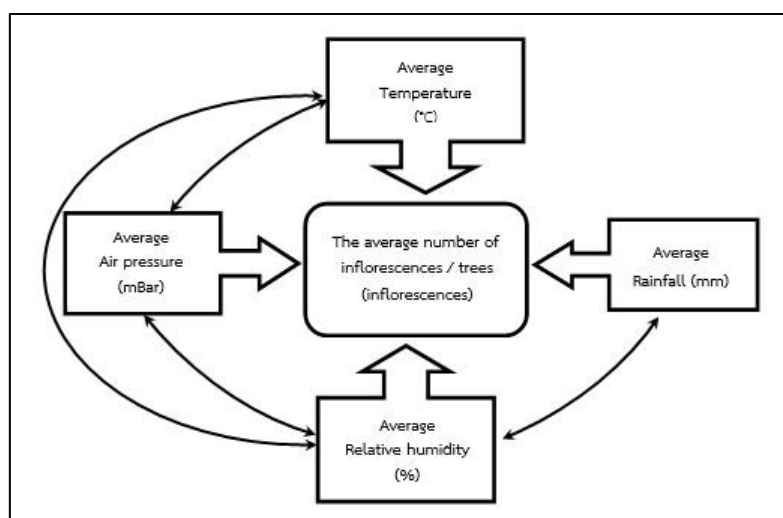


Figure 2 The relationship between the four weather factors and the average number of inflorescences/trees.

จากภาพแสดงให้เห็นว่าปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศทั้ง 4 ปัจจัย มีผลทางตรงต่อจำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อต้น และจากภาพนี้แสดงให้เห็นว่าปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศแต่ละตัวมีความสัมพันธ์กันเองอีกด้วย จากความสัมพันธ์กันของปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศดังกล่าว จึงทำให้มีโอกาสเกิดปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้น (multicollinearity) เกิดขึ้นได้ เมื่อนำปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศทั้ง 4 ปัจจัยไปใช้สร้างสมการพยากรณ์หรือสมการถดถอย ซึ่งอาจจะเป็นการยากต่อการอธิบายค่าหรือความหมายของปัจจัยเหล่านี้แยกจากกัน และอาจส่งผลให้เกิดการคลาดเคลื่อนเมื่อนำไปใช้ทำนายจริง ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงทำการทดสอบปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นสำหรับปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศทั้ง 4 ปัจจัย ก่อนนำไปสร้างสมการพยากรณ์จำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อต้นต่อไป สำหรับการตรวจสอบปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นของปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศแต่ละตัวทำได้โดยการตรวจสอบจากค่าปัจจัยการขยายตัวความแปรปรวน (variance inflation factor, VIF) และค่า tolerance ของปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศแต่ละตัว

Table 4 แสดงให้เห็นว่าค่า tolerance สำหรับปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศแต่ละตัวมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ และค่า VIF สำหรับปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศแต่ละตัวมีค่าค่อนข้างสูง โดยเฉพาะอุณหภูมิเฉลี่ยและความกดอากาศเฉลี่ยมีค่ามากกว่า 5 แสดงให้เห็นว่าปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศแต่ละตัวมีความสัมพันธ์กันในระดับสูง ซึ่งจะก่อให้เกิดปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นได้ ดังนั้นก่อนจะดำเนินการสร้างสมการพยากรณ์จำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อต้น จึงจำเป็นต้องแก้ปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นที่เกิดจากปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศแต่ละตัวก่อน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้วิธีการจำแนกกลุ่มตัวแปรด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย (factor analysis) (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2559; Baayen, 2016) โดยการใช้วิธี principal component analysis ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมมากที่สุดสำหรับขั้นตอนในการสกัดปัจจัยสำหรับเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย นำมาใช้ในการเลือกปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศสำหรับการสร้างสมการพยากรณ์หรือสมการถดถอยของจำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อต้นต่อไป

Table 4 The tolerance and VIF values of each weather factor.

Weather factors	Tolerance	VIF
Average temperature (°C)	0.178	5.619
Average air pressure (mBar)	0.136	7.379
Average relative humidity (%)	0.246	4.058
Average rainfall (mm)	0.361	2.771

สำหรับขั้นตอนแรกในการจำแนกกลุ่มตัวแปรด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยนั้น จะทำการตรวจสอบความเหมาะสมของข้อมูลและปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศว่ามีความเหมาะสมสำหรับการใช้เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยหรือไม่ โดยใช้การทดสอบของ KMO และ Bartlett จากการทดสอบพบว่า ค่า KMO มีค่าเท่ากับ 0.565 ซึ่งมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลตัวอย่างมีความเหมาะสมที่จะใช้การวิเคราะห์ปัจจัยในการวิเคราะห์ต่อไป และค่า Bartlett's test มีค่าเท่ากับ 64.247 (Sig. = 0.00) ระดับนัยสำคัญที่ได้มีค่าน้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศทั้ง 4 ปัจจัยมีความสัมพันธ์กัน จากค่าการทดสอบข้างต้นแสดงให้เห็นว่าเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยเหมาะสมที่จะใช้กับข้อมูลที่ทำการศึกษา

ขั้นตอนต่อมาคือทำการสกัดปัจจัย (factor extraction) เพื่อลดจำนวนของตัวแปรหรือปัจจัยที่จะอธิบายและตีความผลลัพธ์แต่ยังคงให้ข้อมูลที่ครบถ้วน สำหรับงานวิจัยนี้กำหนดเลือกเกณฑ์ที่ค่าความแปรปรวนทั้งหมดที่อธิบายได้ (eigenvalues) มีค่ามากกว่า 1 มาใช้สำหรับการหาจำนวนส่วนประกอบ (principal component) ที่เหมาะสมสำหรับตัวแปรหรือปัจจัยที่ทำการศึกษา ขั้นตอนต่อมาคือทำการหมุนแกนแบบ orthogonal rotation ด้วยวิธี Varimax เพื่อทำให้ค่าความสัมพันธ์โดยพิจารณาจากค่า factor loading สำหรับแต่ละปัจจัยในแต่ละส่วนประกอบมีค่าสูงสุดหรือต่ำสุดชัดเจนยิ่งขึ้นมากกว่าตอนยังไม่หมุนแกน จากขั้นตอนการสกัดปัจจัยและการหมุนแกนแล้วพบว่า ค่าความแปรปรวนทั้งหมดที่อธิบายได้ (eigenvalues) เมื่อเริ่มต้นและหลังจากการสกัดปัจจัยแล้ว ซึ่งแสดงให้เห็นว่าส่วนประกอบที่ 1 และ 2 (component 1 and 2) มีค่าความแปรปรวนทั้งหมดที่อธิบายได้มากกว่า 1 แต่ส่วนประกอบที่ 3 และ 4 (component 3 and 4) ค่าความแปรปรวนทั้งหมดที่อธิบายได้น้อยกว่า 1 ดังนั้นหลังจากการสกัดปัจจัยแล้วจึงไม่นำส่วนประกอบที่ 3 และ 4 มาพิจารณาว่าเป็นส่วนประกอบที่เหมาะสมสำหรับตัวแปรหรือปัจจัยที่ใช้สร้างสมการเทียบมาตรฐานหรือสมการพยากรณ์ จากตารางนี้แสดงให้เห็นว่าส่วนประกอบที่ 1 หลังจากการสกัดปัจจัยแล้วสามารถอธิบายค่าความแปรปรวนรวมทั้งหมดที่อธิบายได้เท่ากับ 65.894% และส่วนประกอบที่ 2 หลังจากการสกัดปัจจัยแล้วสามารถอธิบายค่าความแปรปรวนรวมทั้งหมดที่อธิบายได้เท่ากับ 27.934% ดังนั้นจากส่วนประกอบ

ที่ 1 และ 2 หลังจากการสกัดปัจจัยแล้วสามารถอธิบายค่าความแปรปรวนรวมทั้งหมดที่อธิบายได้เท่ากับ 93.828% นั่นคือค่าความแปรปรวนรวมทั้งหมดที่อธิบายได้จากส่วนประกอบที่ 1 และ 2 สำหรับปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศทั้ง 4 ปัจจัย มีค่าเท่ากับ 93.828% นอกจากนี้ยังพบว่าค่าความแปรปรวนทั้งหมดที่อธิบายได้ของทั้ง 2 ส่วนประกอบ ทั้งแบบที่ทำการหมุนแกนแล้วและแบบที่ยังไม่ได้หมุนแกนมีค่าเท่ากันคือ 93.828% แต่อย่างไรก็ตามเมื่อทำการหมุนแกนแล้วจะเห็นได้ว่าส่วนประกอบที่ 1 ลดความสำคัญลง โดยที่จากเดิมมีค่าความแปรปรวนทั้งหมดที่อธิบายได้เป็น 65.894% ค่าความแปรปรวนทั้งหมดที่อธิบายได้ลดลงเหลือ 59.511% แต่ในส่วนประกอบที่ 2 ค่าความแปรปรวนทั้งหมดที่อธิบายได้มีค่าเพิ่มขึ้นจากเดิมคือ 27.934% เป็น 34.317% (Table 5)

Table 5 Eigenvalues for initial, extraction and rotation.

Component	Initial eigenvalues			Extraction sums of squared loading			Rotation sums of squared loading		
	Total	% of variance	Cumulative %	Total	% of variance	Cumulative %	Total	% of variance	Cumulative %
1	2.636	65.894	65.894	2.636	65.894	65.894	2.380	59.511	59.511
2	1.117	27.934	93.828	1.117	27.934	93.828	1.373	34.317	93.828
3	0.167	4.184	98.012						
4	0.080	1.988	100.00						

ในส่วนของขั้นตอนสุดท้ายคือการหาค่า factor score เพื่อใช้เป็นปัจจัยใหม่สำหรับใช้ในสมการพยากรณ์จำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อต้น สำหรับงานวิจัยครั้งนี้หาค่า factor score ใช้วิธีการถดถอย (regression method) ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ของ factor score สำหรับปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศทั้ง 4 ปัจจัย ดังแสดงใน Table 6

Table 6 Component score coefficient matrix.

Factor	Component	
	1	2
Average temperature (X_1)	0.484578	-0.347688
Average air pressure (X_2)	-0.366282	-0.077800
Average relative humidity (X_3)	0.267943	0.266697
Average rainfall (X_4)	-0.159128	0.781157

จากค่าสัมประสิทธิ์ของ factor score นำมาเขียนให้อยู่ในรูปของ linear combination ของปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้ง 4 ปัจจัย ซึ่งแสดงในสมการที่ 1 และ 2 ซึ่งทำให้ได้ค่าปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศใหม่ที่จะถูกใช้เป็นปัจจัยสำหรับสมการพยากรณ์จำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อต้นต่อไป

$$FS_{1j} = 0.484578X_{1j} - 0.366282X_{2j} + 0.267943X_{3j} - 0.159128X_{4j} \quad (1)$$

$$FS_{2j} = -0.347688X_{1j} - 0.0778X_{2j} + 0.266697X_{3j} + 0.781157X_{4j} \quad (2)$$

เมื่อ FS_{1j} คือ ค่า factor score สำหรับปัจจัยตัวที่ 1 ของข้อมูลค่าที่ j
 FS_{2j} คือ ค่า factor score สำหรับปัจจัยตัวที่ 2 ของข้อมูลค่าที่ j
 X_{1j}, X_{2j}, X_{3j} และ X_{4j} คือ ค่าของปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ย ความกดอากาศเฉลี่ย ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ที่ทำการ standardized ของข้อมูลตัวที่ j ตามลำดับ

การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (multiple regression) บนพื้นฐานของการวิเคราะห์ปัจจัย (factor analysis) ทำโดยนำค่าอุณหภูมิเฉลี่ย (X_1) ความกดอากาศเฉลี่ย (X_2) ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (X_3) และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (X_4) ของข้อมูล ที่เก็บรวบรวมได้ นำไปแทนในสมการที่ 1 และ 2 จะได้ FS_{1j} และ FS_{2j} ซึ่งจะเป็นปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศใหม่ตัวที่ 1 และ 2 ตามลำดับ จากการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแสดงการตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์ทุกตัวพร้อมกันของตัวแปรอิสระหรือตัวแปร ทำนาย ซึ่งประกอบด้วย ค่าคงที่ ปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศตัวที่ 1 และปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศตัวที่ 2 กับจำนวนช่อดอก เฉลี่ยต่อต้น ซึ่งเป็นตัวแปรตามในสมการพยากรณ์หรือสมการทำนาย เมื่อพิจารณาจากค่าระดับนัยสำคัญมีค่าเท่ากับ 0.001 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงให้เห็นว่ามีตัวแปรอิสระหรือตัวแปรทำนายอย่างน้อย 1 ตัวแปรที่มีอิทธิพลหรือผลต่อจำนวนช่อดอก เฉลี่ยต่อต้น (Table 7) และตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์รายตัวของตัวแปรอิสระหรือตัวแปรทำนายในสมการพยากรณ์หรือสมการ ถดถอย โดยพิจารณาค่าระดับนัยสำคัญพบว่า ค่าคงที่ ปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศตัวที่ 1 และปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศ ตัวที่ 2 มีค่าระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.000, 0.001 และ 0.008 ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 ค่า มีค่าน้อยกว่า 0.05 นั่นก็แสดงว่าค่าคงที่ ปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศตัวที่ 1 และปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศตัวที่ 2 มีอิทธิพลหรือผลต่อจำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อต้น (Table 8)

Table 7 ANOVA.

Model	SS	df	MS	F	Sig.
Regression	3955.378	2	1977.689	11.370	0.001
Residual	3478.915	20	173.946		
Total	7434.294	22			

Table 8 Coefficients.

Model	Unstandardized coefficients		t	Sig.	Collinearity statistics	
	B	Std. error			Tolerance	VIF
Constant	21.624	2.750	7.863	0.000		
FS1	-10.542	2.812	-3.749	0.001	1.000	1.000
FS2	-8.286	2.812	-2.947	0.008	1.000	1.000

นอกจากนี้แล้วเมื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อต้นกับตัวแปรอิสระหรือตัวแปรทำนาย และ เงื่อนไขของการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ ซึ่งมีเงื่อนไขในการตรวจสอบ 3 ข้อ คือ 1) ค่าความคลาดเคลื่อน (error or residual) ต้องมีการแจกแจงแบบปกติ 2) ค่าความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนต้องคงที่ และ 3) ค่าความคลาดเคลื่อนต้องเป็น อิสระกัน พบว่า ตัวแปรอิสระหรือตัวแปรทำนาย ซึ่งประกอบด้วย ค่าคงที่ ปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศตัวที่ 1 และปัจจัยด้าน สภาพภูมิอากาศตัวที่ 2 สามารถอธิบายความแตกต่างของจำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อต้นได้เท่ากับ 48.5% (Table 9) และสำหรับการ ตรวจสอบเงื่อนไขการแจกแจงแบบปกติของค่าความคลาดเคลื่อนจะใช้วิธี Kolmogorov-Smirnov ซึ่งผลการวิเคราะห์พบว่า ให้ระดับนัยสำคัญที่มีค่าเท่ากับ 0.2 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ สำหรับการ ทดสอบความเป็นอิสระกันของค่าความคลาดเคลื่อนจะใช้วิธีของ Durbin-Watson จากตารางเห็นว่าค่า Durbin-Watson มีค่าเท่ากับ 2.342 ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 1.5-2.5 จึงสรุปได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน (Table 10) สำหรับการตรวจสอบ ค่าความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนในข้อที่ 2 ทำการตรวจสอบโดยการพล็อตกราฟระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนกับ ค่าพยากรณ์ จากภาพแสดงให้เห็นว่าการกระจายของค่าเป็นไปแบบสุ่มไม่มีรูปแบบที่แน่นอนตายตัว จึงสรุปได้ว่าค่าความ แปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนคงที่ (Figure 3)

Table 9 Model summary.

R	R Square	Adjusted R Square
0.729	0.532	0.485

Table 10 Condition checking.

	Kolmogorov-Smirnov			Durbin-Watson
	Statistic	df	Sig.	
Unstandardized residual	0.125	23	0.200	2.342

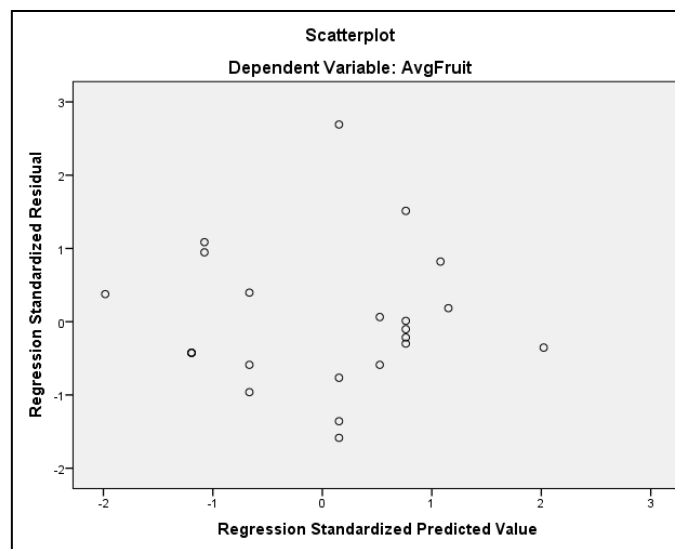


Figure 3 The scatterplot of residual variance.

จากการตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระหรือตัวแปรทำนายกับจำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อต้น และจากการตรวจสอบเงื่อนไขของการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ จึงสรุปได้ว่าสมการพยากรณ์จำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อต้น สามารถเขียนได้ดังสมการที่ 3

$$\hat{y} = 21.623913 - 10.542305FS_1 - 8.285513FS_2 \quad (3)$$

เมื่อ $\hat{y}$ คือ ค่าพยากรณ์จำนวนช่อดอกเฉลี่ย/ต้น
 FS_1 คือ ค่าปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศตัวที่ 1
 FS_2 คือ ค่าปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศตัวที่ 2

จากสมการที่ได้แสดงให้เห็นว่าจำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อต้นเพิ่มขึ้นเมื่อปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศตัวที่ 1 และปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศตัวที่ 2 ลดลงตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับคำแนะนำของศูนย์สนธิ ช้างคะนาศ เกษตรกรผู้เชี่ยวชาญและประสบความสำเร็จในการปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้มาหลายปี กล่าวไว้ว่าช่วงของการติดดอกซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญที่จะทำให้เกิดช่อดอกและเกิดเป็นผลผลิตต่อไปนั้นควรพิจารณาถึงสภาพภูมิอากาศ กล่าวคือไม่ควรติดดอกในช่วงที่ฝนตกชุกเพราะจะทำให้มีโอกาสดกใบอ่อนได้มากกว่าการเกิดตาดอก สภาพอากาศที่เหมาะสมควรเป็นช่วงที่มีฝนทิ้งช่วงเล็กน้อยและดินไม่ชุ่มน้ำมากเกินไป เช่น สวนมะม่วงน้ำดอกไม้ของศูนย์สนธิ ช้างคะนาศ จะทำการติดดอกหรือเปิดตาดอกในช่วงปลายเดือนกันยายน หรือ

ช่วงต้นจนถึงกลางเดือนตุลาคมของทุกปี ให้ทำการดึ่งดอกจำนวน 3-4 ครั้ง สำหรับจังหวัดพิษณุโลกมักจะดึ่งดอกหลังวันที่ 20 เดือนกันยายน ของทุกปี (ปิยะดา วชิระวงศกร และคณะ, 2562)

นอกจากนี้แล้วในงานวิจัยนี้ได้สร้างเว็บไซต์ <http://www.mangoforecast.com/> ที่ถูกออกแบบขึ้นเพื่อทำนายจำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อต้น และเพื่อใช้เก็บรวบรวมข้อมูลด้านสภาพภูมิอากาศจากเกษตรกรผู้สนใจ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะถูกนำมาใช้ปรับปรุงสมการพยากรณ์จำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อต้น เพื่อให้มีความถูกต้องแม่นยำยิ่ง ๆ ขึ้นไป อีกทั้งจะถูกใช้เพื่อหาปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมที่สุดตามจำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อต้นที่ต้องการสำหรับจังหวัดพิษณุโลกในปัจจุบันและในอนาคต สำหรับสมการพยากรณ์จำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อต้น ใช้สมการที่ 3 ข้างต้นเป็นสมการพยากรณ์ เว็บไซต์ดังกล่าวถูกออกแบบให้มีความเรียบง่ายและง่ายสำหรับการใช้งานอีกด้วย ผู้ใช้เพียงแค่ต้องป้อนค่าเฉลี่ยของปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศที่บันทึกไว้โดยนับจากวันที่เริ่มดึ่งดอกจนถึงวันที่ป้อนข้อมูลในพื้นที่ที่ต้องการพยากรณ์ ได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ย ความกดอากาศเฉลี่ย ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย สำหรับขั้นตอนในการใช้งานได้แสดงไว้ดังนี้

เข้าเว็บไซต์ <http://www.mangoforecast.com/>

เลือกคลิก "MANGO FLOWER FORECAST" ดังแสดงในภาพข้างล่าง (Figure 4)

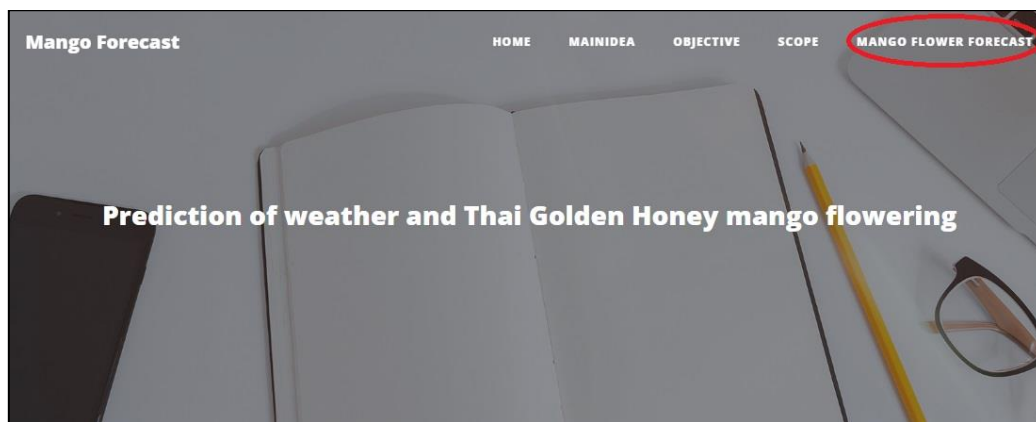


Figure 4 Website screen <http://www.mangoforecast.com>.

หลังจากเลือกคลิก "MANGO FLOWER FORECAST" จะปรากฏหน้าจอแสดงในภาพข้างล่าง (Figure 5) จากนั้นผู้ใช้กรอกค่าเฉลี่ยของปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศที่บันทึกไว้ โดยนับจากวันที่เริ่มดึ่งดอกจนถึงในขณะนั้นในพื้นที่ที่ต้องการพยากรณ์ และกดตกลงก็จะปรากฏค่าพยากรณ์ปริมาณดอกมะม่วงที่ต้องการทราบ

Mango Forecast		HOME	MANGO FLOWER FORECAST
Prophecy			
Average temperature	Average temperature		
Average air pressure	Average air pressure		
Average relative humidity	Average relative humidity		
Average rainfall	Average rainfall		
Mango flowers			
AGREED			

Figure 5 Website screen <http://www.mangoforecast.com> after selecting "MANGO FLOWER FORECAST".

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อต้นกับข้อมูลด้านสภาพภูมิอากาศ ด้วยวิธี principal component analysis สามารถสร้างสมการพยากรณ์จำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อต้นได้ดังสมการ $\hat{y} = 21.623913 - 10.542305FS_1 - 8.285513FS_2$ จากสมการแสดงให้เห็นว่าจำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อต้น เพิ่มขึ้นเมื่อปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศตัวที่ 1 และปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศตัวที่ 2 ลดลงตามลำดับ สำหรับปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศตัวที่ 1 และปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศตัวที่ 2 ประกอบด้วย อุณหภูมิเฉลี่ย ความกดอากาศเฉลี่ย ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย จากการตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสมของปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศตัวที่ 1 และตัวที่ 2 ซึ่งเป็นตัวแปรอิสระกับจำนวนช่อดอกเฉลี่ย/ต้น ซึ่งเป็นตัวแปรตาม และจากการตรวจสอบเงื่อนไขของทฤษฎีการถดถอยพหุคูณ จึงสรุปได้ว่าสมการพยากรณ์จำนวนช่อดอกเฉลี่ย/ต้น มีความเหมาะสมเป็นไปตามเงื่อนไขสำหรับการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ โดยกล่าวว่าปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศตัวที่ 1 และปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศตัวที่ 2 สามารถอธิบายความผันแปรของจำนวนช่อดอกเฉลี่ย/ต้นได้ร้อยละ 48.5 และเพื่อการตรวจสอบความแม่นยำของสมการในอนาคตคณะผู้วิจัยจึงสร้างเว็บไซต์ <http://www.mangoforecast.com/> เพื่อทำนายจำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อต้น และเพื่อใช้เก็บรวบรวมข้อมูลด้านสภาพภูมิอากาศจากเกษตรกรผู้สนใจ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะถูกนำมาใช้ปรับปรุงสมการพยากรณ์จำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อต้น เพื่อให้มีความถูกต้องแม่นยำยิ่ง ๆ ขึ้นไป อีกทั้งจะถูกใช้เพื่อหาปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมที่สุดตามจำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อต้นที่ต้องการสำหรับจังหวัดพิษณุโลกในปัจจุบันและในอนาคต แต่อย่างไรก็ตามการหาช่วงหรือค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศสำหรับการติดดอกอาจจำเป็นต้องใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์หรือสถิติขั้นสูงสำหรับทำการศึกษาในอนาคตต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงโดยได้รับความอนุเคราะห์และเงินสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) สำหรับทุนอุดหนุนโครงการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนฐานราก ประจำปีงบประมาณ 2561 ขอขอบคุณสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน) สำหรับข้อมูลทุติยภูมิเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศของสถานีตรวจอากาศที่เทศบาลตำบลเนินมะปราง ต. เนินมะปราง อ. เนินมะปราง จ. พิษณุโลก และจากสถานีตรวจอากาศที่ทำกาผู้ใหญ่บ้าน หมู่ 13 ต. วังทอง อ. วังทอง จ. พิษณุโลก ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม สำหรับสถานที่ปฏิบัติงาน และขอขอบคุณเกษตรกรชาวสวนมะม่วงในอำเภอวังทองและอำเภอนเนินมะปรางสำหรับการเก็บข้อมูลจำนวนช่อดอกมะม่วงของงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กัลยา วานิชย์บัญชา. 2559. การวิเคราะห์สถิติขั้นสูงด้วย SPSS for Windows. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สามลดา.
- จิรวรรณ โรจนพรทิพย์. 2558. เทคนิคการปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้แบบมืออาชีพที่พิษณุโลก. <https://www.facebook.com/smartfarmthailand/posts/231205270387951/>. (9 เมษายน 2562).
- ธัญลักษณ์ ตาสู, พงศ์พันธุ์ เขียวหิรัญ และสัจจา บรรจงศิริ. 2556. การจัดการการผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้ของเกษตรกรในอำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก. ใน รายงานการประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 4. น. 1-9. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, กรุงเทพฯ.
- ประวิทย์ จันทรแห่ง. 2553. การวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อความแห้งแล้งในพื้นที่อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม โดยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, การจัดการสิ่งแวดล้อม คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.
- ปิยะดา วชิระวงศกร, สุภาวดี น้อยน้ำใส และทองใส จันทอง. 2562. คัมภีร์การปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โอ.เอส. พรีนติ้ง เฮาส์.
- วรจกณา กิรติวิบูลย์. 2558. การพยากรณ์ปริมาณน้ำฝน อำเภอเมือง จังหวัดน่าน. วารสารวิจัยและพัฒนา มจร 38(3): 211-223.
- ศุทธิณี คุ่มครองทรัพย์. 2555. การสร้างตัวแบบการถดถอยเพื่อพยากรณ์ค่าความเข้มข้นของ NO_2 ในจังหวัดชลบุรี. ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต, สาขาวิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. 2558. <https://www.facebook.com/supergreen999capsule/posts/998446123596051/>. (9 เมษายน 2562).
- สุจิตตรา สารคนธ์, จรัสศรี รุ่งรัตนอุบล และอนามัย นาอุดม. 2558. การปรับปรุงตัวแบบพยากรณ์ผลผลิตข้าวในเขตภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย. ใน รายงานการประชุมทางวิชาการระดับชาติด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่ 11. น. 31-36. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.
- อรอนงค์ บุญฤดี และพฤษดี ศรีแสงตระกูล. 2556. แบบจำลองการพยากรณ์ปริมาณฮอยของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยการใช้โครงข่ายประสาทเทียม. วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 41(1): 213-225.

- อานนท์ สนิทวงศ์ ณ อยุธยา. 2554. รายงานการสังเคราะห์และประมาณสถานภาพองค์ความรู้ ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย พ.ศ. 2554 คณะทำงานกลุ่มที่ 2 องค์ความรู้ ด้านผลกระทบความล่าช้าและผลและการปรับตัว. บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- Baayen, R. H. 2016. Analyzing linguistic data: A practical introduction to statistics. https://www.researchgate.net/publication/311509723_Analyzing_Linguistic_Data_A_practical_introduction_to_statistics_using_R. (8 April 2019).
- Mehmet, M. 2011. Multivariate multiple regression analysis based on principal component score to study relationships between some pre- and post-slaughter traits of broilers. *Journal of Agricultural Science* 17: 77-83.
- Mendes, M. 2009. Multiple linear regression models based on principal component scores to predict slaughter weight of broiler. *Archiv fur Geflugelkunde* 73(2): 139-144.
- Rakshitha, M., Shivananda, T. N., and Shivananda, A. 2016. Weather based forecasting models for prediction of leafhopper population *Idioscopus nitidulus* Walker; (Hemiptera: Cicadellidae) in mango orchard. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 5(1): 163-168.
- Kaundal, R., Kapoor, A. S., and Raghava, G. P. S. 2006. Machine learning techniques in disease forecasting: A case study on rice blast prediction. *BMC Bioinformatics* 7(485): 1-16.
- Rathod, S., and Mishra, G. C. 2017. Weather based modeling for forecasting area and production of mango in Karnataka. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology* 10(1): 149-162.
- Statistical Consulting Staff. 2019. Practical introduction to factor analysis: Exploratory factor analysis. University of California (Los Angeles) Institute for Digital Research & Education. <https://stats.idre.ucla.edu/spss/seminars/introduction-to-factor-analysis/a-practical-introduction-to-factor-analysis/> (9 April 2019).
- Venugopalan, R., Rawal, R. D., and Saxena, A. K. 2006. A statistical model for ascertaining the influence and reliability of weather parameters on incidence of blossom blight in mango (*Mangifera indica* L.). *Journal of Horticultural Science* 1(1): 64-67.

วันรับบทความ (Received date) : 18 ก.ค. 62

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 15 ก.ค. 63

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 4 พ.ค. 64