



การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย
ระดับชาติ ครั้งที่ 20 วันที่ 13-15 มีนาคม 2562
ณ โรงแรมฮาร์ตโรด พัทยา จังหวัดชลบุรี
Available online at www.tsae.asia

การคัดเลือกตัวแปรภูมิอากาศโลกที่มีความสัมพันธ์กับข้อมูลสภาพภูมิอากาศท้องถิ่นที่มีอิทธิพลต่อความต้องการน้ำของพืชในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง

Selection of global climate variable correlated to local climate data influencing crop water requirement in the Song Phi Nong Operations and Maintenance Project

พัลลภ สุวรรณมาลัย^{1,2}, จุติเทพ วงษ์เพชร², เกศวรา สิทธิโชค²

Phunlop Suwanmalai^{1,2}, Jutithev Vongphet², Ketvara Sittichok²

¹โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง สำนักงานชลประทานที่ 13 กรมชลประทาน สุพรรณบุรี 72190

¹Song Phi Nong Operations and Maintenance Project, Regional Irrigation Office 13, Royal Irrigation Department, Suphan Buri 72190

²ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

²Department of Irrigation Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaengsaen, Kasetsart University, Kamphaengsaen Campus, Nakhon Pathom 73140

*Corresponding author: Tel: +66-9-5340-8167, E-mail: fengjtv@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกตัวแปรสภาพภูมิอากาศโลกที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรสภาพภูมิอากาศท้องถิ่นในสมการ Penman-Montieth ณ สถานีอุตุนิยมวิทยาเกษตรอุทอง ซึ่งตั้งอยู่ในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง ตัวแปรสภาพภูมิอากาศท้องถิ่นประกอบด้วย 1) อุณหภูมิสูงสุด 2) อุณหภูมิต่ำสุด 3) ความยาวนานแสงแดด 4) ความเร็วลมเฉลี่ย และ 5) ความชื้นสัมพัทธ์ โดยตัวแปรดังกล่าวนำมาใช้ในการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญในการคำนวณปริมาณความต้องการน้ำของพืช โดยสมการการถดถอยเชิงเส้นแบบหลายตัวแปรระหว่างตัวแปรสภาพภูมิอากาศท้องถิ่นกับสภาพภูมิอากาศตัวแปรสภาพภูมิอากาศโลกสร้างขึ้นโดยวิธีสมการถดถอยแบบขั้นตอน (Stepwise Regression Procedure) ซึ่งช่วงเวลาการสอบเทียบกำหนดขึ้นในระหว่างปี ค.ศ. 1987-1997 ในขณะที่ช่วงเวลาการทวนสอบกำหนดขึ้นระหว่างปี ค.ศ. 1998-2005 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าภูมิอากาศที่ได้จากการคำนวณโดยสมการถดถอยเชิงเส้นแบบหลายตัวแปรและค่าที่ได้จากการตรวจวัดอยู่ในช่วง 0.798 ถึง 0.978 สำหรับการสอบเทียบ และ 0.441 ถึง 0.941 สำหรับการทวนสอบ โดยมีค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการสอบเทียบอยู่ในช่วง 0.23 ถึง 4.101 และ 0.457 ถึง 4.060 สำหรับการทวนสอบ สมการการถดถอยเชิงเส้นแบบหลายตัวแปรซึ่งได้จากการศึกษานี้จะนำมาใช้ในการพยากรณ์สภาพภูมิอากาศในอนาคตเพื่อพัฒนาแนวทางในการบริหารจัดการความต้องการน้ำชลประทานและเสนอมาตรการเตรียมพร้อมรับมือสำหรับการบริหารจัดการน้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

คำสำคัญ: การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ, การลดมาตราส่วนทางสถิติ, ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง

Abstract

The purpose of this study is to select global climate variables which were correlated to the local climate variables data use in the Penman-Montieth Equation at the Uthong Agro Meteorological Station located in the Song Phi Nong Operations and Maintenance Project. The local climate variables consist of; 1) maximum temperature, 2) minimum temperature, 3) sunshine duration, 4) averaged wind speed and 5) relative humidity. These variables are used to calculate the reference crop evapotranspiration, which is the main factor to determine the crop water requirement. The multiple linear regression equation between climate factor and global climate variables were individually generated using the Stepwise regression procedure. The calibration and validation periods were specified during 1987-1997 and 1998-2005, respectively. As the result, the correlation coefficients between calculated and observed climate factor of

calibration and validation periods ranged from 0.798 to 0.978 and 0.441 to 0.941, respectively. Moreover, the root mean square error of the calibration and validation periods ranged from 0.23 to 4.101 and 0.457 to 4.060, respectively. In the future works, the results of this study will be used to predict the climate condition under climate change, for mitigating the impacts of extreme events, managing the use of irrigation water, and proposing adaptive countermeasures

Keyword: Climate Change, Statistical Downscaling, Reference Crop Evapotranspiration

1 บทนำ

การบริหารจัดการน้ำชลประทานได้รับผลกระทบโดยตรงจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนพร้อมด้วยความรุนแรงของเหตุการณ์สภาพอากาศสุดขีด อาทิเช่น ภัยแล้ง อุทกภัย ซึ่งพบว่าเขตร้อนและกึ่งเขตร้อนจะได้รับผลกระทบจากการลดลงของผลผลิตทางการเกษตรถึง 30 % เนื่องจากมีปริมาณน้ำฝนที่ลดลง การเปลี่ยนแปลงของแมลงศัตรูพืช และการทนอุณหภูมิสูงสุดของพืช ซึ่งก่อให้เกิดผลระยะยาวจากปริมาณน้ำฝนที่ลดน้อยลงและความต้องการน้ำชลประทานที่มากขึ้น ภัยแล้งอาจเกิดขึ้นและทวีความรุนแรงมากขึ้น (Houghton, J.T.; Ding, Y.; Griggs, D.J.; Noguer, M.; van der Linden, P.J.; Dai, X.; Maskell, K.; Johnson, C.A., eds.)

แบบจำลองลดมาตราส่วนทางสถิติ ที่ได้รับความนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ แบบจำลอง Statistical DownScaling Model, SDSM (Wilby et al., 2002a) โดยมีตัวอย่างการประยุกต์เช่น ผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการใช้น้ำของพืชอ้างอิงในเทือกเขาควีนของประเทศจีน (Lin P, He Z, Du J, Chen L, Zhu X, Li J., 2018) เป็นต้น วิธีการลดมาตราส่วนทางสถิติ (SDSM) ของผลลัพธ์แบบจำลองภูมิอากาศโลก (General Circulation Model, GCM) โดยพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรภูมิอากาศระดับโลกกับตัวแปรภูมิอากาศท้องถิ่น ในระดับสถานีตรวจวัดในพื้นที่ ซึ่งสามารถดำเนินการลดมาตราส่วนในแบบจำลองภูมิอากาศโลกลงมาในระดับลุ่มน้ำและระดับสถานีได้โดยตรง เหตุการณ์สภาพภูมิอากาศสุดขีด (ภัยแล้ง) ได้ส่งผลกระทบต่อการเพาะปลูกในพื้นที่ภาคตะวันตกของประเทศไทย ซึ่งพื้นที่การเพาะปลูกสำคัญของบริเวณดังกล่าวคือ พื้นที่ชลประทานในโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ จากประกาศเขตให้ความช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติกรณีฉุกเฉิน(ภัยแล้ง)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกตัวแปรสภาพภูมิอากาศโลกที่มีความสัมพันธ์ต่อตัวแปรสภาพภูมิอากาศท้องถิ่นในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้องซึ่งงานวิจัยนี้เป็นขั้นตอนแรกในการลดมาตราส่วนทางสถิติของตัวแปรภูมิอากาศ ตามสมการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง Penman-Montieth ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญในการคำนวณปริมาณความต้องการน้ำของพืช

2 อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 พื้นที่การศึกษา

โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง เป็นส่วนหนึ่งของโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ มีแหล่งน้ำที่สำคัญคือ เขื่อนวิชรालงกรณ์ และ เขื่อนศรีนครินทร์ จากเขื่อนแม่กลอง โดยรับน้ำชลประทานจากเขื่อนทดน้ำแม่กลอง มีพื้นที่ในความรับผิดชอบจำนวน 370,688 ไร่ เป็นพื้นที่ชลประทานจำนวน 310,125 ไร่ หรือคิดเป็น 83.66 % ครอบคลุมพื้นที่ 3 อำเภอ ได้แก่ อำเภอสองพี่น้อง อำเภออู่ทอง จังหวัดสุพรรณบุรี และอำเภอพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรีดังแสดง Figure 1

สถานีอุตุนิยมวิทยาอู่ทอง พิกัด ละติจูด 14° 18' 13.0" N ลองจิจูด 100° 8' 20.0" E ระดับความสูง 6 m จากระดับน้ำทะเลปานกลาง ณ อำเภออู่ทอง จังหวัดสุพรรณบุรี ซึ่งอยู่ในเขตพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง เริ่มทำการตรวจวัดข้อมูลอุตุนิยมวิทยาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2504 ถึง พ.ศ. 2561 จำนวน 57 ปี โดยข้อมูลที่ดำเนินการตรวจวัดได้แก่ 1) อุณหภูมิสูงสุด 2) อุณหภูมิต่ำสุด 3) ความยาวนาน

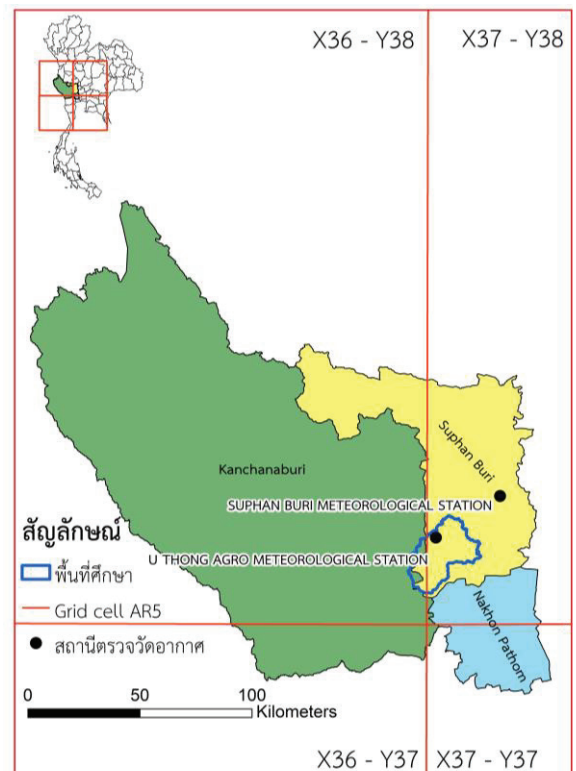


Figure 1 The study area and Grid cell of CMIP5

ชั่วโมงแสงแดด 4) ความเร็วลมเฉลี่ยและทิศทางลม 5) ความชื้นสัมพัทธ์ 6) ความกดอากาศ 7) ฝนราย 3 ชั่วโมง และ 8) อุณหภูมิยอดหญ้าและอุณหภูมิดิน

2.2 สภาพภูมิอากาศ

ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาและค่าเฉลี่ย ณ สถานีอุตุนิยมวิทยาเกษตรอุทงซึ่งบันทึกโดยกรมอุตุนิยมวิทยาตั้งแต่ปีค.ศ. 1987 ถึง 2017 จำนวน 30 ปี โดยมีรายละเอียดดังนี้

- อุณหภูมิสูงสุด อยู่ระหว่าง 27.24 °C ถึง 34.84 °C เฉลี่ย 33.61 °C สูงสุดในเดือน เมษายน ค.ศ.2016 และต่ำสุด ในเดือน ธันวาคม ค.ศ.1999
- อุณหภูมิต่ำสุด อยู่ระหว่าง 15.60 °C ถึง 26.78 °C เฉลี่ย 22.93 °C สูงสุดในเดือน พฤษภาคม ค.ศ.2016 และต่ำสุด ในเดือน มกราคม ค.ศ.2009
- ความชื้นสัมพัทธ์ อยู่ระหว่าง 53.46 % ถึง 84.81 % เฉลี่ย 71.22 % สูงสุดในเดือน ตุลาคม ค.ศ.2014 ต่ำสุด ในเดือนกุมภาพันธ์ ค.ศ.1991
- ความยาวนานแสงแดด อยู่ระหว่าง 1.82 hr ถึง 10 hr เฉลี่ย 6.63 hr สูงสุดในเดือนเมษายน ค.ศ.2003 ต่ำสุดในเดือน กรกฎาคม ค.ศ.1997
- ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี 953.64 mm ค่าเฉลี่ยรายเดือน 16.97 mm โดยมีการกระจายตัวตามช่วงเวลา ตั้งแต่เดือน พฤษภาคม ถึง เดือน ตุลาคม
- ความเร็วลมเฉลี่ย เนื่องจากสถานีอุตุนิยมวิทยาเกษตรอุทงไม่มีข้อมูลเพียงพอสำหรับนำมาเข้าแบบจำลองลดมาตราส่วนทางสถิติจึงใช้ข้อมูลของสถานีอุตุนิยมวิทยาสุพรรณบุรีซึ่งเป็นสถานีที่มีความครบถ้วนของข้อมูล และตั้งอยู่ใกล้ที่สุด โดยมีระยะทางห่างจากสถานีอุตุนิยมวิทยาเกษตรอุทงเป็นระยะทาง 30 km โดยมีข้อมูลดังนี้ ความเร็วลมเฉลี่ย อยู่ระหว่าง 0.18 m s⁻¹ ถึง 2.54 m s⁻¹ เฉลี่ย 0.99 m s⁻¹ สูงสุดในเดือน มิถุนายน ค.ศ.1987 ต่ำสุดในเดือน ตุลาคม ค.ศ.2009

2.3 แบบจำลองลดมาตราส่วนทางสถิติ Statistical Downscaling (SDSM)

แบบจำลองลดมาตราส่วนทางสถิติ (Statistical Downscaling, SDSM) คือแบบจำลองลดมาตราส่วนผลลัพธ์แบบจำลองภูมิอากาศ โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรภูมิอากาศระดับโลกกับตัวแปรภูมิอากาศระดับท้องถิ่น สามารถลดมาตราส่วนลงมาระดับสถานีได้โดยตรง ทำให้มีความละเอียดสูงและผลลัพธ์ที่ได้สามารถนำไปวิเคราะห์และประยุกต์ใช้ต่อไปได้วิธีการลดมาตราส่วนแบบถดถอย โดยหลักการแล้วจะขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างตัวแปรภูมิอากาศระดับโลกและระดับท้องถิ่น (Yarnal et al., 2001, Wilby et al., 2002a)

2.4 การคัดเลือกตัวแปรภูมิอากาศโลก

ขั้นตอนการคัดเลือกตัวแปรภูมิอากาศโลกที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรภูมิอากาศท้องถิ่น โดยตัวแปรภูมิอากาศท้องถิ่นที่พิจารณาได้แก่ อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ความเร็วลมเฉลี่ย ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย และความยาวนานแสงแดด ซึ่งตัวแปรเหล่านี้มีความจำเป็นต่อการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงตามสมการของ Penman-Monteith (Allen, 1998)

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \quad (1)$$

- โดยที่ ET_o คือปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง(mm·d⁻¹)
 R_n คือปริมาณรังสีของดวงอาทิตย์ทั้งหมดที่พืชได้รับ (MJ·m⁻²·d⁻¹)
 G คือ fluxค่าความร้อนของพื้นดิน (MJ·m⁻²·d⁻¹)
 T คืออุณหภูมิของอากาศเฉลี่ย (°C)
 Δ คือค่าความลาดเทของเส้น curve แรงดันไอ (kPa·°C⁻¹)
 γ คือค่าคงที่ของ psychrometric (kPa·°C⁻¹)
 U₂ คือค่าความเร็วลมที่ระดับความสูงจากพื้นดิน 2 ม. (m·s⁻¹)
 (e_s-e_a) คือค่าความต่างของแรงดันไอ (kPa)
 900 คือ factor ปรับแก้

โดยมีรายละเอียดของกระบวนการคัดเลือกตัวแปรดังนี้

2.4.1 การรวบรวมข้อมูล

รวบรวมข้อมูลอุตุนิยมวิทยาซึ่งเป็นตัวแปรภูมิอากาศท้องถิ่น จากสถานีอุตุนิยมวิทยาเกษตรอุทง ซึ่งประกอบด้วยอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย และความยาวนานแสงแดด ในขณะที่ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยรวบรวมจากสถานีอุตุนิยมวิทยาสุพรรณบุรี เนื่องจากมีความครบถ้วนของข้อมูลที่สมบูรณ์มากกว่า โดยข้อมูลที่ใช้ในการคัดเลือกตัวแปรมีจำนวนข้อมูลทั้งสิ้น 19 ปี ตั้งแต่ปีค.ศ.1987 ถึง 2005 และข้อมูล NECP จาก National Centers for Environmental Prediction (NCEP) และ the National Center for Atmospheric Research (NCAR). เป็นชุดข้อมูล Reanalysis แบบ gridded ทั่วโลกที่แสดงสถานะของชั้นบรรยากาศของโลกตั้งแต่ปี ค.ศ.1961-2005 ซึ่งข้อมูล NECP จากค่าพิกัดของสถานีตรวจวัดอากาศในพื้นที่ศึกษา ตามการแบ่ง gridded ของแบบจำลองภูมิอากาศโลก ในช่วง grid box X37 - Y38 ตามที่แสดงใน Figure 1

2.4.2 การคัดเลือกตัวแปรภูมิอากาศโลก

วิธีการคัดเลือกแบบขั้นตอน (Stepwise regression procedure.) เป็นการคัดเลือกตัวแปรภูมิอากาศโลกทั้งแบบก้าวหน้าและถอยหลัง โดยที่ขั้นแรกจะเลือกตัวแปรภูมิอากาศโลกที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตัวแปรภูมิอากาศท้องถิ่นสูงสุดที่เข้าสมการก่อนจากนั้นจะทดสอบตัวแปรที่ไม่ได้อยู่ในสมการว่าตัวแปรภูมิอากาศโลกใดบ้างสามารถเข้ามาอยู่ในสมการด้วยวิธีการแบบก้าวหน้าโดยข้อกำหนด Probability of F ที่มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.50 หลังจากนั้นจะถูกทดสอบตัวแปรภูมิอากาศโลกที่เข้าอยู่ในสมการแล้วถูกขจัดออกจากสมการโดยข้อกำหนด Probability of F ที่มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.10 จนกระทั่งไม่มีตัวแปรภูมิอากาศโลกถูกนำเข้ามาและคัดออกกระบวนการจึงยุติ (สุรสิทธิ์, 2013)

2.4.3 การพัฒนาสมการถดถอยเชิงเส้นแบบหลายตัวแปร (Multiple linear regression)

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) เป็นวิธีการทางสถิติในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปโดยมีวัตถุประสงค์เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรหนึ่ง เรียกว่าตัวแปรตาม (Dependent variable) กับตัวแปรอื่นๆอีกหลายตัวแปร เรียกว่าตัวแปรอิสระ การวิเคราะห์การถดถอยเป็นที่ยอมรับในการนำไปประยุกต์ใช้ในศาสตร์สาขาต่างๆ โดยตัวแบบของวิเคราะห์วิเคราะห์ถดถอยเชิงพหุคูณสามารถแสดงดังนี้

$$Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + \dots + X_q + \epsilon$$

เมื่อ Y คือ ตัวแปรตาม
 X_1, X_2, \dots, X_q คือ ตัวแปรอิสระ
 B_0 คือ ค่าของ Y เมื่อ X ทุกค่าเท่ากับศูนย์ หรือจุดตัดแกน Y
 B_1, B_2, \dots, B_q คือ สัมประสิทธิ์การถดถอยบางส่วน (Partial Regression Coefficient)

ϵ คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม
 จุดประสงค์หลักของการวิเคราะห์การถดถอยเพื่อพยากรณ์ตัวแปรตาม (Y) ที่มีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลตรวจวัด

Table 1 Meaning correlation

Correlation	Relationship level
0.81	High relationships.
0.61 ถึง 0.80	Relationship with a relatively high.
0.41 ถึง 0.60	Medium relationship.
0.20 ถึง 0.41	Relationship with a relatively low.
0.20	Low relationship

(พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 1997:144)

ภูมิอากาศของสถานีตรวจวัดอุทกโดยใช้ตัวแปรภูมิอากาศโลกของแบบจำลองภูมิอากาศโลกในการพยากรณ์

2.4.4 การสอบเทียบและการทวนสอบ

การสอบเทียบ ณ ช่วงเวลาตั้งแต่ปี ค.ศ.1987-1997 และช่วงเวลาทวนสอบตั้งแต่ปี ค.ศ.1998-2005 เพื่อปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์ของการถดถอยให้เข้ากับสมการการถดถอย โดยได้ดำเนินการเลือกค่าสหสัมพันธ์ (r) กับค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (RMSE) ทั้งการสอบเทียบและการทวนสอบเทียบ โดยการพิจารณาเกณฑ์การแปลผลความสัมพันธ์ของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พิจารณาระดับทิศทางความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรภูมิอากาศโลกกับตัวแปรภูมิอากาศท้องถิ่น ดังแสดงTable 1

3 ผลและวิจารณ์

ผลการคัดเลือกตัวแปรด้วยวิธี Stepwise regression ได้ตัวแปรภูมิอากาศโลกที่มีค่าสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ กับ ความชื้นสัมพัทธ์จำนวน 13 ตัวแปร ความยาวนานชั่วโมงแสงแดดจำนวน 18 ตัวแปร อุณหภูมิสูงสุดจำนวน 20 ตัวแปร อุณหภูมิต่ำสุด จำนวน 18 ตัวแปร ความเร็วลมเฉลี่ย จำนวน 15 ตัวแปรดังแสดงใน Table 2 ซึ่งตัวแปรที่ได้จากการคัดเลือกดังกล่าวจะได้ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยซึ่งจะถูกนำมาพัฒนาเป็นสมการถดถอยเชิงเส้นแบบหลายตัวแปร (Multiple linear regression)

การสอบเทียบเพื่อปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์ ณ ช่วงเวลาสอบเทียบตั้งแต่ปี ค.ศ.1987-1997 และช่วงเวลาทวนสอบตั้งแต่ปี ค.ศ.1998-2005 ได้ค่าสหสัมพันธ์ตามแสดง Table 3 ดังนี้ ความชื้นสัมพัทธ์สำหรับช่วงเวลาสอบเทียบ 0.798 มีความสัมพันธ์กันในระดับค่อนข้างสูง สำหรับช่วงเวลาทวนสอบ 0.587 มีความสัมพันธ์กันในระดับกลาง ความยาวนานชั่วโมงแสงแดดสำหรับช่วงเวลาสอบเทียบ 0.909 มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง สำหรับช่วงเวลาทวนสอบ 0.786 มีความสัมพันธ์กันในระดับค่อนข้างสูง อุณหภูมิสูงสุดสำหรับช่วงเวลาสอบเทียบ 0.950 มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง สำหรับช่วงเวลาทวนสอบ 0.856 มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง อุณหภูมิต่ำสุดสำหรับช่วงเวลาสอบเทียบ 0.987 มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง สำหรับช่วงเวลาทวนสอบ 0.921 มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง ความเร็วลมเฉลี่ยสำหรับช่วงเวลาสอบเทียบ 0.819 มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง สำหรับช่วงเวลาทวนสอบ 0.441 มีความสัมพันธ์กันในระดับค่อนข้างต่ำ และรากที่สองค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (RMSE) ได้ค่าดังนี้ ความชื้นสัมพัทธ์สำหรับช่วงเวลาสอบเทียบ 4.101 สำหรับช่วงเวลาทวนสอบ 4.060 ความยาวนานชั่วโมงแสงแดดสำหรับช่วงเวลาสอบเทียบ 0.795 สำหรับช่วงเวลาทวนสอบ 1.214 อุณหภูมิสูงสุดสำหรับช่วงเวลาสอบเทียบ 0.742 สำหรับช่วงเวลาทวนสอบ 1.193 อุณหภูมิต่ำสุดสำหรับช่วงเวลาสอบเทียบ 0.543

Table 2 Selected variable to downscale

PREDICTORS	Relative Humidity	Sunshine Hours	Maximum temperature	Minimum temperature	Average Wind Speed
ncepmslpgl		●	●	●	
ncepp1_fgl	●	●	●	●	●
ncepp1_ugl	●			●	
ncepp1_vgl		●	●	●	●
ncepp1_zgl				●	
ncepp1thgl					
ncepp1zhgl		●		●	●
ncepp5_fgl	●		●	●	●
ncepp5_ugl	●		●		●
ncepp5_vgl					●
ncepp5_zgl	●		●	●	
ncepp500gl	●	●	●	●	●
ncepp5thgl		●	●		
ncepp5zhgl		●			
ncepp8_fgl	●	●	●	●	●
ncepp8_ugl		●	●	●	●
ncepp8_vgl	●	●	●	●	●
ncepp8_zgl		●	●	●	●
ncepp850gl			●		
ncepp8thgl	●		●	●	
ncepp8zhgl		●	●		●
ncepprcpgl		●	●	●	
nceps500gl	●	●	●	●	●
nceps850gl	●	●	●		
ncepshumgl		●	●	●	●
nceptempgl	●		●	●	●

สำหรับช่วงเวลาทดสอบ 1.019 ความเร็วลมเฉลี่ยสำหรับช่วงเวลาสอบเทียบ 0.238 สำหรับช่วงเวลาทดสอบ 0.457 ดังแสดงใน Table 3 ทั้งนี้ผลจากตัวแปรที่ถูกคัดเลือกด้วยวิธี Stepwise regression แสดงให้เห็นว่าตัวแปรภูมิอากาศโลกที่ถูกคัดเลือกนั้น มีค่าสหสัมพันธ์ (r) ที่ค่อนข้างดี โดยเปรียบเทียบเป็นกราฟตาม Figure 2 แสดงถึงการเปรียบเทียบผลภาพฉายสภาพภูมิอากาศกับข้อมูลตรวจภูมิอากาศหากพิคตบนกราฟใกล้เส้นแนวโน้ม 45 องศาจะมีความสัมพันธ์ของข้อมูลที่สมดุล หากพิคตของข้อมูลอยู่ด้านบนของกราฟเส้นแนวโน้ม 45 แสดงว่าค่าของผลภาพ

ฉายสภาพภูมิอากาศมีค่าที่มากกว่าข้อมูลตรวจภูมิอากาศ และพิคตของข้อมูลอยู่ด้านล่างของกราฟเส้นแนวโน้ม 45 แสดงว่าค่าของผลภาพฉายสภาพภูมิอากาศมีค่าน้อยกว่าข้อมูลตรวจภูมิอากาศ ซึ่งความชันสัมพันธ์ช่วงเวลาสอบเทียบกระจายตัวด้านบนด้านล่างกราฟใกล้เส้นแนวโน้ม ในช่วง 65 % ถึง 75 % ช่วงเวลาทดสอบกระจายตัวด้านบนด้านล่างกราฟใกล้เส้นแนวโน้มในช่วง 70 % ความยาวนานชั่วโมงแสงแดดช่วงเวลาสอบเทียบกระจายตัวด้านบนด้านล่างกราฟใกล้เส้นใน ช่วง 8 hr ช่วงเวลาทดสอบกระจายตัวด้านบนด้านล่างกราฟใกล้เส้นในช่วง 8 hr อุณหภูมิสูงสุดช่วงเวลาสอบเทียบใกล้เส้นในช่วง 30 °C ถึง

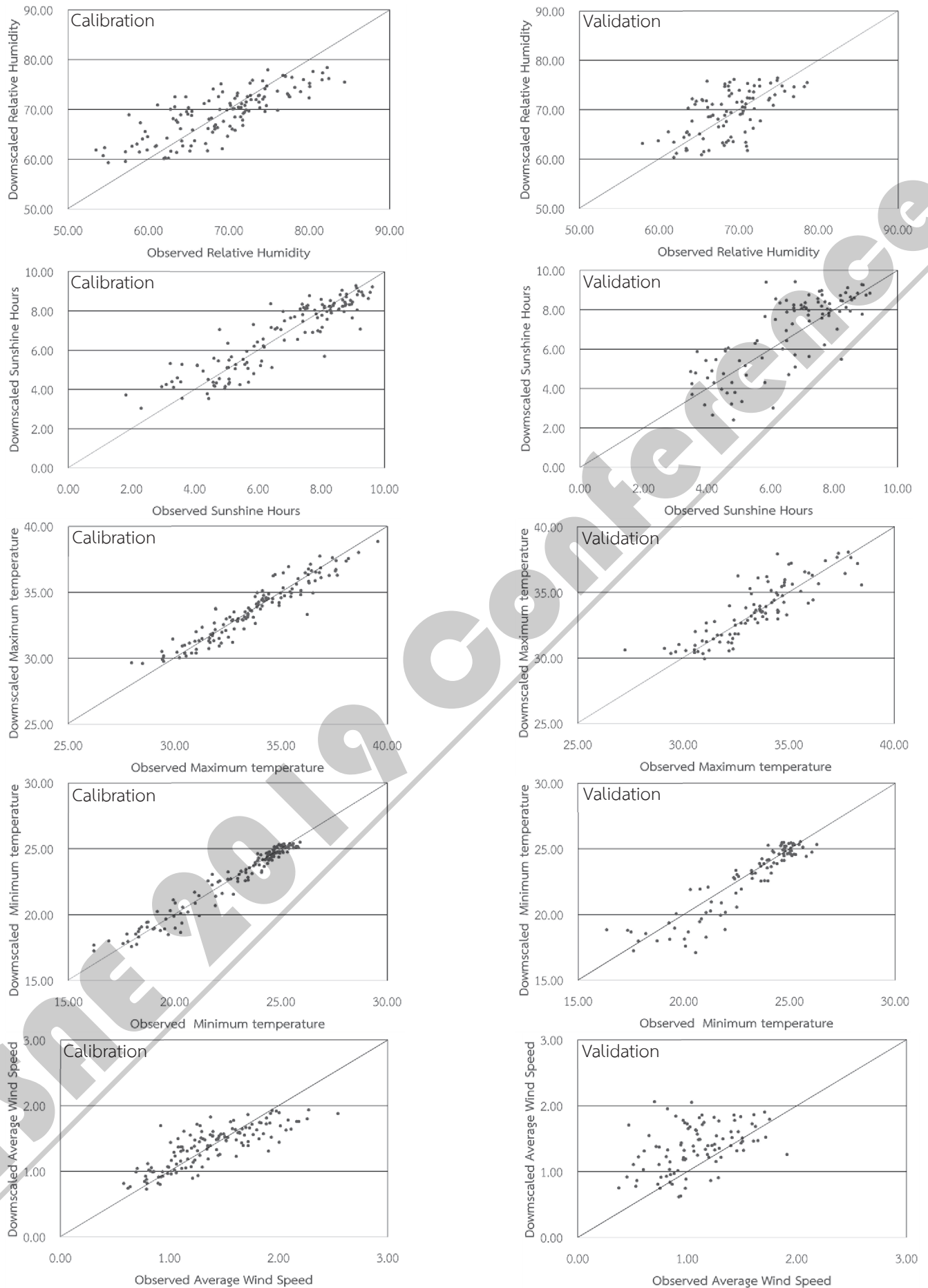


Figure 2 Scatter plot of observed and simulated monthly on 45 degree line

Table 3 Statistical parameters of SDSM model Calibration and Validation

Data available	Calibration			Validation		
	Correlation	MSE	RMSE	Correlation	MSE	RMSE
Relative Humidity	0.798	16.815	4.101	0.587	16.487	4.060
Sunshine Hours	0.909	0.632	0.795	0.786	1.474	1.214
Maximum temperature	0.950	0.551	0.742	0.856	1.424	1.193
Minimum temperature	0.978	0.294	0.543	0.921	1.037	1.019
Average Wind Speed	0.819	0.057	0.238	0.441	0.208	0.457

(Calibration period 1987-1997 , Validation period 1998-2005)

ใกล้เส้นในช่วง 34 °C อุณหภูมิต่ำสุดช่วงเวลาสอบเทียบใกล้เส้นในช่วง 22 °C ถึง 25 °C ช่วงเวลาทวนสอบกระจายตัวด้านบนด้านล่างใกล้เส้นในช่วง 24 °C ถึง 25 °C ความเร็วลมเฉลี่ยช่วงเวลาสอบเทียบกระจายตัวด้านบนด้านล่างใกล้เส้นแนวโน้ม 1.00 m s⁻¹ ถึง 1.80 m s⁻¹ ช่วงเวลาทวนสอบกระจายตัวด้านบนใกล้เส้นแนวโน้ม 1.50 m s⁻¹

4 สรุป

การคัดเลือกตัวแปรภูมิอากาศโลกที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรภูมิอากาศท้องถิ่นที่มีผลต่อการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงตามสมการของ Penman-Montieth ดำเนินการด้วยวิธีการคัดเลือกแบบขั้นตอน (Stepwise regression procedure) โดยตัวแปรภูมิอากาศโลกถูกนำมาใช้เป็นตัวแปรทำนาย และตัวแปรภูมิอากาศท้องถิ่นกำหนดเป็นตัวแปรตามในสมการถดถอยเชิงเส้นแบบหลายตัวแปร การตรวจสอบความแม่นยำของสมการโดยการตรวจสอบค่าสหสัมพันธ์ และค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยระหว่างค่าภูมิอากาศท้องถิ่นที่ได้จากการตรวจวัดและการคำนวณโดยสมการถดถอยเชิงเส้น จากการพิจารณาค่าดังกล่าวพบว่าตัวแปรภูมิอากาศท้องถิ่นที่มีค่าสหสัมพันธ์อยู่ในเกณฑ์ที่มีความสัมพันธ์ที่สูงได้แก่ อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ในเกณฑ์ค่อนข้างสูงได้แก่ ความยาวนานชั่วโมงแสงแดด ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ในเกณฑ์กลาง ได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำ ได้แก่ ความเร็วลมเฉลี่ย ซึ่งสมการถดถอยเชิงเส้นที่พัฒนาจากตัวแปรภูมิอากาศโลกดังกล่าวสามารถที่จะยอมรับในการสร้างภาพในอนาคตต่อไป

ผลวิจัยครั้งนี้นำมาใช้ในการพยากรณ์สภาพภูมิอากาศในอนาคตเพื่อการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญในการคำนวณปริมาณความต้องการน้ำของพืชเนื่องด้วยความต้องการน้ำชลประทานในอนาคตจำเป็นต้องคำนวณปริมาณฝนในการในอนาคตเป็นปริมาณน้ำฝนส่วนหนึ่งจากน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นที่เพาะปลูกและเป็น

ประโยชน์ต่อการเพาะปลูกนั้นต้องคำนวณจากปริมาณน้ำฝน ซึ่งจะดำเนินการในการวิจัยถัดไป

5 กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับสำเร็จจุล่งไปได้ด้วยดีขอขอบคุณเจ้าหน้าที่กรมชลประทาน และเจ้าหน้าที่กรมอุตุนิยมวิทยา ที่ช่วยเหลือรวบรวมข้อมูลต่างๆ ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

6 เอกสารอ้างอิง

- Allen RG. et al. 1998. Crop evapotranspiration. Irrigation and Drainage Paper. No. 56. FAO. United Nations, Rome, Italy
- Lin P et al. 2018. Impacts of climate change on reference evapotranspiration in the Qilian Mountains of China: Historical trends and projected changes. Int.J. Climatol. 2018;1-14.
- P. Thawarat. 1997. Methods of behavioral and social science research. Srinakharinwirot Prasanmit University, Bangkok (in thai)
- Pengfei L. et al. 2017. Recent changes in daily climate extremes in an arid mountain region, a case study in northwestern China's Qilian Mountains
- S. Pananyasiri. 2013. Climate change impacts on evaporation potential In the northeast of Thailand. Faculty of Engineering Thammasat University, Pathum Thani (in thai)
- Wilby et al. 2002a. SDSM a decision support tool the assessment of regional climate change impacts. Hydrological Processes, 16
- Yarnal, B et al., 2001. Developments and prospects in synoptic climatology. International Journal of Climatology, 21: 1923-1950.