กรมอุตุนิยมวิทยา

4353 ถนนสุขุมวิท กรุงเทพฯ 10260

METEOROLOGICAL DEPARTMENT

4353 Sukhumvit Road, Bangkok 10260, THAILAND

เอกสารวิชาการ

การพยากรณ์ศักย์การคายระเหยน้ำของพืชโดยใช้ข้อมูลจาก
แบบจำลองการพยากรณ์อากาศเชิงตัวเลข “Unified”

อภันตรี ยุทธพันธ์

The Forecasting of Potential Evapotranspiration by Using
Product of Numerical Weather Prediction “Unified”

Aphantree Yuttaphan

เอกสารวิชาการ เลขที่ 551.586.03.2551

Technical Document No. 551.586.03.2551

ดรรชนีความชื้นที่เป็นประโยชน์สำหรับพืชในประเทศไทย

Moisture Available Index in Thailand

นางสาวอภันตรี ยุทธพันธ์
กลุ่มวิชาการอุตุนิยมวิทยาเกษตร
สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา

MRS. APHANTREE YUTTAPHAN
AGROMETEOROLOGICAL ACADEMIC GROUP
METEOROLOGICAL DEVELOPMENT BUREAU

กุมภาพันธ์ 2551

FEBRUARY 2008

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการคาดหมายศักย์การคายระเหยน้ำรายวันของประเทศไทย ด้วยวิธี Penman-Monteith โดยใช้ข้อมูลผลการพยากรณ์อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม จากแบบจำลองการพยากรณ์อากาศเชิงตัวเลข "Unified" สำหรับการพยากรณ์อากาศบริเวณประเทศไทย ซึ่งมีรายละเอียดเชิงพื้นที่ของการพยากรณ์ 17 กิโลเมตร คาบเวลาชนิด 3 วัน ราย 3 ชั่วโมง โดยใช้ข้อมูลนำเข้าที่เป็นค่าเริ่มต้นระหว่างวันที่ 1 สิงหาคม – 29 กันยายน 2550 ผลลัพธ์ที่ได้เป็นการพยากรณ์ศักย์การคายระเหยน้ำรายวัน และนำไปใช้คำนวณร่วมกับผลการพยากรณ์ปริมาณฝนจากแบบจำลองเดียวกัน เพื่อพยากรณ์สมดุลน้ำอย่างง่ายต่อไป

การตรวจสอบความถูกต้องดำเนินการโดยใช้ผลลัพธ์การพยากรณ์ศักย์การคายระเหยรายวันกับค่าศักย์การคายระเหยน้ำรายวันที่ได้จากการประมาณโดยใช้ข้อมูลผลการตรวจวัดจากสถานีอุตุนิยมวิทยาเกษตรเชียงราย นครพนม ตากฟ้า พลิ้ว และสุราษฎร์ธานีในช่วงเวลาเดียวกัน ด้วยวิธี Root mean square error พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.87 – 1.55 มม/วัน

ผลการศึกษานำเสนอในรูปของตารางและแผนที่เชิงตัวเลขแสดงค่าศักย์การคายระเหยน้ำ ปริมาณฝน และสมดุลน้ำอย่างง่ายรายวันบนแผนที่ประเทศไทยมาตราส่วน 1: 250,000 ซึ่งสามารถนำไปใช้ประกอบในการให้คำแนะนำต่อเกษตรกร และเป็นข้อมูลพื้นฐานในการดำเนินกิจกรรมทางการเกษตรต่างๆ เมื่อได้เพาะปลูกพืชไปแล้ว โดยเฉพาะการวางแผนให้น้ำแก่พืช

Abstract

This study is estimation of daily potential evapotranspiration throughout Thailand using Penman-Monteith method with the forcasting products of Numerical Weather Prediction "Unified" type Thailand model with spatial resolution 17 km such as temperature, relative humidity and wind speed. This study will use the initial data during 1 August – 29 September 2007. The forecast period will be every 3 hours and 3 days. The output of daily potential evapotranspiration will be combined with rainfall forecasting from the model to estimate simple water balance.

The verification of this study will be done by using the comparison between output of daily potential evapotranspiration forecasting and daily potential evapotranspiration that estimate from measurement data of agrometeorological station such as Chiang Rai, Nakhon Phanom,Tak Fa, Phriu and Surat Thani at the same time. It is found that root mean square error is between 0.87 – 1.55 mm/day.

The final results of this study have been shown in the form of table and digital map which perform the daily potential evapotranspiration, rainfall and simple water balance on the base map of Thailand in map scale 1:250,000. These can be used for agricultural advisory to farmers and basic data for any agricultural activities, especially crop water supply.

1. บทนำ

1.1 บทนำ

การใช้น้ำของพืช (Consumptive use) หรือ การคายระเหยน้ำ (Evapotranspiration) หมายถึง ปริมาณน้ำที่สูญเสียไปโดยการคายน้ำของพืช รวมกับปริมาณน้ำที่สูญเสียไปโดยการระเหยจากพื้นผิวดินที่พืชขึ้นอยู่ (Allen et al., 1998)

การคายน้ำ (Transpiration) เป็นการระเหยของน้ำในช่องอากาศระหว่างเซลของใบ และแพร่กระจายออกจากรูใบสู่บรรยากาศ การคายน้ำของพืชจะขึ้นอยู่กับความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของไอน้ำในใบกับบรรยากาศรอบๆ ใบ พืชจะมีการคายน้ำได้ก็ต่อเมื่อมีน้ำในดินเพียงพอที่พืชจะนำไปใช้ได้ ถ้าหากความชื้นในดินลดลง หรืออัตราการคายน้ำสูงกว่าอัตราที่พืชดูดได้จากดินจะทำให้พืชเหี่ยว รูใบจะปิด การคายน้ำจะลดลงหรือหยุดคายน้ำ และมีผลกระทบกับการเจริญเติบโตของพืช ส่วนการระเหย (Evaporation) เป็นการสูญเสียน้ำจากผิวหน้าน้ำหรือผิวดิน และจากน้ำซึ่งเกาะอยู่ตามใบและลำต้นของพืช ไปสู่บรรยากาศในรูปของไอน้ำ (วิบูลย์ บุญยธโนกุล. 2526)

องค์ประกอบที่สำคัญในการใช้น้ำของพืช

การใช้น้ำของพืช หรือการคายระเหยน้ำ ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญ คือ

-สภาพภูมิอากาศรอบๆ ต้นพืช ซึ่งได้แก่

- รังสีดวงอาทิตย์ โดยพลังงานรังสีดวงอาทิตย์ที่พืชได้รับจะใช้เพื่อการคายน้ำเป็นส่วนใหญ่
- อุณหภูมิของอากาศ เมื่ออุณหภูมิอากาศสูงจะทำให้อัตราการคายระเหยเพิ่มขึ้น
- ความชื้นของอากาศ ถ้าอากาศแห้งหรือมีความชื้นน้อยจะทำให้การคายระเหยมาก
- ลม โดยลมจะพัดเอาไอน้ำซึ่งระเหยออกจากดินและใบพืชไป ทำให้ไอน้ำบริเวณต้นพืชมีน้อย เป็นผลให้การคายระเหยดำเนินต่อไป นอกจากนี้ลมจะเป็นตัวการนำสิ่งแวดล้อมใหม่ๆ เข้ามาแทนที่ คือ ถ้าลมพัดพาเอาความร้อนมาสู่พื้นผิวระเหยจะทำให้การคายระเหยน้ำมีมากขึ้น แต่ถ้าลมพัดพาเอาความชุ่มชื้นเข้ามาก็ทำให้การคายระเหยน้ำลดลง

-พืช

- ชนิดพืช พืชต่างชนิดกันจะมีความต้องการน้ำแตกต่างกัน
- อายุพืช สำหรับพืชชนิดเดียวกัน การใช้น้ำจะน้อยเมื่อเริ่มปลูก และจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อพืชเจริญเติบโตขึ้น จนมากที่สุดเมื่อถึงวัยขยายพันธุ์ซึ่งพืชโตเต็มที่ จากนั้นจะค่อยๆ ลดลง

- สภาพการคลุมดินของพืช พื้นดินที่ว่างเปล่า (Bare soil) จะมีการระเหยของน้ำจากดินได้มากกว่าดินที่มีพืชขึ้นปกคลุม และอัตราการคายระเหยน้ำของพืชจะเพิ่มขึ้นเมื่อพืชคลุมดินมีมากขึ้น

-ดิน

การระเหยน้ำจากผิวดินจะขึ้นกับจำนวนความชื้นในดิน เนื้อดิน และความสามารถในการอุ้มน้ำไว้ เป็นต้น ดินที่มีการไหลซึมของความชื้นสูงจะระเหยได้มาก ในทางตรงข้ามดินที่มีเนื้อหยาบซึ่งมีการไหลซึมของความชื้นได้ช้ากว่าจะมีการระเหยจากผิวดินได้น้อย

นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบอื่นๆ เช่น วิธีการให้น้ำแก่พืช ฤดูกาลเพาะปลูก การไถพรวนดิน และการคลุมดิน เป็นต้น (วิบูลย์ บุญยธโนกุล. 2526, วิศิษฏ์ รัศมิทัต. 2521)

ปริมาณการใช้น้ำของพืชขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญดังได้กล่าวมา การที่จะวัดการใช้น้ำของพืชแต่ละชนิดทุกสภาพภูมิอากาศ ดิน ฯลฯ นั้น เป็นสิ่งที่ทำได้ยาก และจะต้องทำการวัดมากมายไม่มีที่สิ้นสุด นักวิทยาศาสตร์จึงได้พยายามหาวิธีที่ง่ายกว่าการวัดโดยตรง ทางออกที่เลือกใช้ก็คือ

1. เลือกกำหนดพืชขึ้นมาชนิดหนึ่งที่เจริญงอกงามได้ตลอดปี และมีอัตราการใช้น้ำไม่ขึ้นกับอายุพืช

2. กำหนดให้ดินมีความชื้นสูงตลอดเวลา เพื่อทำให้คุณสมบัติของดินอย่างอื่น เช่น เนื้อดิน ความสามารถในการอุ้มน้ำไว้ให้พืช ฯลฯ หมดความสำคัญไป

พืชที่มีคุณสมบัติตามความต้องการข้อแรก คือ หญ้าและอัลฟัลฟ่า สำหรับองค์ประกอบอื่นๆ ที่มีผลต่อการใช้น้ำของพืช เช่น วิธีการให้น้ำและการไถพรวนดินก็มิใช่องค์ประกอบที่มีความสำคัญเหมือนสภาพภูมิอากาศรอบๆ ต้นพืช พืช และดิน ดังนั้นการใช้น้ำของพืชที่เลือกไว้เมื่อดินมีความชื้นสูงพอตลอดเวลาก็จะขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศเพียงอย่างเดียว (วิบูลย์ บุญยธโนกุล.2526)

ศักย์การคายระเหยน้ำ (Potential evapotranspiration, PET) คือ การใช้น้ำของพืชหรือการคายระเหยน้ำในสภาพที่ดินมีความชื้นอย่างเพียงพอที่พืชจะนำไปใช้ได้ตลอดเวลา ซึ่ง PET สามารถหาได้โดยตรงจากการทดลอง โดยวัดการใช้น้ำของพืชได้จากเครื่อง Lysimeter ในแปลงทดลองภายใต้สภาวะที่กำหนดและในทางอ้อมโดยการคำนวณ

เมื่อต้องการทราบการใช้น้ำของพืชไร่ชนิดอื่นๆ ก็คำนวณได้โดยใช้สูตร

$$ETcrop = Kc \times PET$$

โดย

ETcrop คือ การใช้น้ำของพืชที่ต้องการทราบ [mm]

Kc คือ สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชดังกล่าว

1.2 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม และพื้นที่ส่วนใหญ่จะทำการเพาะปลูกโดยอาศัยน้ำฝน ในบางเวลาปริมาณฝนที่ตกลงมาไม่เพียงพอที่พืชจะนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต จึงต้องให้น้ำเพิ่มเติมแก่พืช ซึ่งปริมาณน้ำที่จะนำมาใช้เพื่อให้แก่พืชนั้นส่วนมากจะมีอยู่จำกัด และถ้าให้น้ำแก่พืชแล้วหลังจากนั้นมีฝนตกตามมาเป็นปริมาณที่มากพอสำหรับพืช ทำให้พลังงานหรือแรงงานที่ใช้ในการให้น้ำแก่พืชครั้งแรกนั้นสูญเปล่า ดังนั้นถ้าทราบปริมาณการใช้น้ำของพืช และปริมาณน้ำในดินว่าจะมีพอเพียงแก่พืชต่อไปอีกเป็นเวลานานเท่าใด รวมทั้งปริมาณฝนที่จะตกล่วงหน้าจะทำให้สามารถวางแผนการให้น้ำแก่พืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ปริมาณการใช้น้ำของพืชแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน เพื่อที่จะหาปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยรวมจะทำการหาการใช้น้ำของพืชสูงสุดหรือศักย์การคายระเหยน้ำ สำหรับการประมาณค่าศักย์การคายระเหยน้ำและสมดุลน้ำในดินของประเทศไทยที่ผ่านมาจะประมาณค่าจากข้อมูลการตรวจวัดสารประกอบอุตุนิยมวิทยา เพื่อศึกษาว่าในเวลานั้นดินมีน้ำอยู่เท่าใด เพียงพอกับพืชหรือไม่ และใช้เป็นแนวทางในการวางแผนเลือกช่วงเวลาในการเพาะปลูกพืช

ถ้าสามารถพยากรณ์ศักย์การคายระเหยน้ำและสมดุลน้ำในดิน จะทำให้ทราบว่าในอนาคตน้ำในดินจะขาดแคลน เพียงพอ หรือเกินความต้องการของพืชอย่างไร สามารถใช้ประกอบในการให้คำแนะนำต่อเกษตรกร และเป็นแนวทางวางแผนการใช้น้ำแก่พืชที่ได้ปลูกไปแล้ว ซึ่งจะทำให้ประหยัดน้ำ ลดต้นทุนหรือแรงงานในการให้น้ำแก่พืช

1.3 วัตถุประสงค์

1.2.1 ประมาณค่าศักย์การคายระเหยน้ำโดยใช้ข้อมูลจากแบบจำลองการพยากรณ์อากาศเชิงตัวเลข “Unified” สำหรับการพยากรณ์อากาศบริเวณประเทศไทย(Thailand model)

1.2.2 จัดทำแผนที่เชิงตัวเลขแสดงผลการพยากรณ์ปริมาณฝน ศักย์การคายระเหยน้ำ และสมดุลน้ำรายวัน บนแผนที่ประเทศไทย มาตราส่วน 1: 250,000

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

ทำการศึกษาพยากรณ์ค่า PET โดยใช้ข้อมูลจากแบบจำลองการพยากรณ์อากาศเชิงตัวเลข “Unified” สำหรับการพยากรณ์อากาศบริเวณประเทศไทย (Thailand model) ซึ่งใช้ข้อมูลนำเข้าที่เป็นค่าเริ่มต้น (Initial Data) ของการพยากรณ์ในแบบจำลองเวลา 12 UTC (Coordinated Universal

Time) ระหว่างวันที่ 1 สิงหาคม – 29 กันยายน 2550 มาคำนวณค่า PET จากสมการของ Penman-Monteith

เนื่องจากการคำนวณด้วยสมการของ Penman-Monteith จะใช้ข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และความนานแสงแดด แต่ข้อมูลจากแบบจำลองการพยากรณ์อากาศเชิงตัวเลข “Unified” ที่ได้ไม่มีข้อมูลความนานแสงแดดซึ่งจะต้องใช้ในการประมาณค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์คลื่นสั้น ดังนั้นในการศึกษานี้จึงใช้ข้อมูลผลการพยากรณ์อุณหภูมิในการประมาณค่ารังสีดวงอาทิตย์คลื่นสั้นแทน

นอกจากนี้ยังทำการคำนวณค่าการพยากรณ์สมดุลน้ำรายวัน จากผลการพยากรณ์ค่า PET และการพยากรณ์ปริมาณฝนรายวันจากแบบจำลองการพยากรณ์อากาศเชิงตัวเลข “Unified” รวมทั้งจัดทำแผนที่เชิงตัวเลขแสดงผลการพยากรณ์ปริมาณฝน PET และสมดุลน้ำรายวันบนแผนที่ประเทศไทย มาตราส่วน 1: 250,000 ด้วย

สำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของการพยากรณ์ค่า PET ที่ได้นั้น เนื่องจากไม่มีข้อมูลจริงจากการตรวจวัดค่า PET ในแปลงทดลองโดยใช้เครื่อง Lysimeter มาดำเนินการ ดังนั้นจึงได้นำข้อมูลผลการตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และความนานแสงแดดรายวันของสถานีอุตุนิยมวิทยาเกษตรในแต่ละภาคของประเทศไทยซึ่งมีที่ตั้งใกล้เคียงกับจุดพิกัด (Grid point) ของข้อมูลผลการพยากรณ์อากาศจากแบบจำลองฯ “Unified” ได้แก่ สถานีอุตุนิยมวิทยาเกษตรเชียงราย นครพนม ตากฟ้า พลิ้ว และสุราษฎร์ธานี ระหว่างวันที่ 2 สิงหาคม – 30 กันยายน 2550 มาดำเนินการแทน โดยคำนวณค่า PET จากสมการของ Penman-Monteith เพื่อใช้เปรียบเทียบกับข้อมูลการพยากรณ์ค่า PET ที่ได้จากการประมาณค่าโดยใช้ข้อมูลจากแบบจำลองฯ

1.5 เนื้อหาของเรื่องที่เคยมีผู้ทำการวิจัยมาก่อน

Meyer, Hubbard และ Wilhite (1988) ได้ทำการศึกษาพัฒนาการประมาณค่า PET โดยใช้ข้อมูลการพยากรณ์ตัวแปรอุตุนิยมวิทยาใน 24 ชั่วโมงของ 2 ช่วงเวลา (0700–0700 และ 1900–1900) ในช่วงฤดูร้อนปี 1985 ใน 4 เขต บริเวณมลรัฐ Nebraska ประเทศสหรัฐอเมริกา จากกรมอุตุนิยมวิทยา (National Weather Service) เป็นข้อมูลนำเข้าเพื่อคำนวณค่า PET รายวัน จากสมการของ Blaney-Criddle และ Penman และเปรียบเทียบกับผลการประมาณค่า PET ที่เชื่อถือได้จากสมการ Penman โดยใช้ข้อมูลการตรวจวัดจากสถานีตรวจอากาศอัตโนมัติที่ติดตั้งอยู่ใน 4 เขตพื้นที่ศึกษา จากผลการศึกษาเปรียบเทียบโดยตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และค่าเบี่ยงเบน

มาตราฐาน พบว่าการประมาณค่า PET ด้วยสมการ Blaney-Criddle โดยใช้ข้อมูลการพยากรณ์อุณหภูมิจะมีการแม่นยำกว่าใช้ข้อมูลค่าเฉลี่ย (Normal temperature) ส่วนการประมาณค่า PET ด้วยสมการ Penman โดยใช้ข้อมูลการพยากรณ์ตัวแปรอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และความนานแสงแดด จะมีความถูกต้องกว่าประมาณค่าด้วยสมการ Blaney-Criddle นอกจากนี้ยังพบว่าการประมาณค่า PET ด้วยสมการ Penman จะให้ผลลัพธ์สูงกว่าความเป็นจริง เนื่องจากข้อมูลการพยากรณ์เกือบทุกตัวแปรซึ่งเป็นข้อมูลนำเข้ามีค่าสูงกว่าความเป็นจริง และเมื่อทำการศึกษาผลกระทบของข้อมูลการพยากรณ์ที่มีต่อการประมาณค่า PET โดยแทนที่ตัวแปรอุตุนิยมวิทยาหนึ่งตัวในสมการด้วยค่าการตรวจวัดจริงและใช้อีก 3 ตัวแปรด้วยค่าการพยากรณ์ พบว่าค่าการพยากรณ์ความชื้นสัมพัทธ์และรังสีดวงอาทิตย์มีผลอย่างมากในการประมาณค่า PET และสรุปว่าในการที่จะพัฒนาการประมาณค่า PET ในพื้นที่ศึกษาให้มีความถูกต้องมากขึ้น จะต้องใส่ใจพัฒนาผลการพยากรณ์ตัวแปรอุตุนิยมวิทยา โดยเฉพาะความชื้นสัมพัทธ์และรังสีดวงอาทิตย์

Bois และคณะ (2005) ได้ศึกษาประมาณค่า PET จากสมการที่ใช้ข้อมูลนำเข้าเฉพาะอุณหภูมิและรังสีดวงอาทิตย์ เพื่อใช้ในแบบจำลองสมดุลน้ำในดิน เนื่องจากข้อจำกัดของจำนวนสถานีตรวจวัดข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่จะนำเข้าสมการ Penman-Monteith ซึ่งเป็นสมการที่ใช้อย่างกว้างขวางและมีความแม่นยำสูงในการประมาณค่า PET ส่วนข้อมูลอุณหภูมินั้นมีการตรวจวัดทั่วไป โดยการศึกษาได้ใช้ข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และรังสีดวงอาทิตย์รายวัน คาบ 10 ปี (พ.ศ. 1995-2004) จากสถานีตรวจอากาศเกษตร 3 สถานีของประเทศฝรั่งเศส ซึ่งตั้งอยู่ในลักษณะภูมิอากาศต่างกันคือ แบบมหาสมุทร กึ่งภาคพื้นทวีป และเมดิเตอร์เรเนียน มาประมาณค่า PET จากสมการ Penman-Monteith เพื่อใช้เปรียบเทียบกับสมการอื่นๆ ซึ่งประมาณค่า PET จากข้อมูลอุณหภูมิและรังสีดวงอาทิตย์ ได้แก่ สมการ Hargreaves temperature method, Priestley-Taylor radiation method, Turc radiation method และ Hargreaves radiation method โดยใช้ข้อมูลนำเข้าจากผลการตรวจวัดอุณหภูมิของสถานีฯ ส่วนข้อมูลรังสีดวงอาทิตย์ได้ประมาณค่าจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม METEOSAT ผลการศึกษาเปรียบเทียบค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Root mean square error) และ ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน (Mean error) พบว่าบริเวณทางตะวันตกเฉียงใต้และตะวันออกเฉียงใต้ซึ่งมีลักษณะภูมิอากาศแบบเมดิเตอร์เรเนียนและมหาสมุทร การประมาณค่า PET ด้วยสมการ Turc radiation method จะถูกต้องกว่าสมการอื่นๆ ส่วนบริเวณตะวันออกเฉียงเหนือของฝรั่งเศสซึ่งมีลักษณะภูมิอากาศแบบกึ่งภาคพื้นทวีป สมการ Hargreaves temperature method จะถูกต้องกว่าสมการที่ใช้ข้อมูลรังสีดวงอาทิตย์ เนื่องจากเป็นบริเวณที่อยู่ในละติจูดสูง ทำให้การประมาณค่ารังสีดวงอาทิตย์จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมมีความถูกต้องน้อย

สมาน ปราการรัตน์ (2537) ศึกษาความต้องการน้ำของข้าวโพด ถั่วเหลือง และถั่วลิสงราย 10 วัน โดยใช้ข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และความนานแสงแดดเฉลี่ยราย 10 วัน ในคาบ 24 ปี (พ.ศ. 2512-2535) ของสถานีอากาศเกษตรของประเทศไทย 17 สถานี มาประมาณค่า PET โดยใช้สูตรของ Penman และนำไปคูณกับค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าวโพด ถั่วเหลือง และถั่วลิสง ซึ่งได้จากการศึกษาของ Doorenbos และ Pruitt (1977) เพื่อที่จะได้ความต้องการน้ำของพืชดังกล่าวในช่วง 10 วันของระยะการเจริญเติบโต ผลการศึกษานำเสนอในรูปของตารางแสดงค่า PET และปริมาณน้ำที่ข้าวโพด ถั่วเหลือง และถั่วลิสงต้องการในช่วง 10 วันตลอดทั้งปีของแต่ละสถานีอากาศเกษตร

1.6 ทฤษฎีและแนวคิดที่นำมาใช้ในการศึกษา

การประมาณค่า PET โดยอาศัยข้อมูลอุตุนิยมวิทยามีหลายวิธี ทั้งสูตรที่ต้องการข้อมูลเพียงอย่างเดียว หรือสูตรที่ต้องการข้อมูลหลายอย่างในการคำนวณ อาทิ เช่น สูตรของ Thornwaite, Hargreaves, Priestley-Taylor, Turc, Penman และ Penman-Monteith

สำหรับการศึกษานี้ได้ประมาณค่า PET โดยวิธีของ Penman-Monteith เพราะว่าเป็นวิธีการที่ได้รวบรวมองค์ประกอบที่มีผลต่อการใช้น้ำของพืชมาอยู่ในสูตรทุกอย่าง ได้แก่ รังสีดวงอาทิตย์ ความเร็วลม อุณหภูมิ และความชื้นของอากาศ และจากการศึกษาของ Jenen, Burman และ Allen (1990) ได้ทำการเปรียบวิธีการประมาณค่า PET ที่แตกต่างกัน 20 วิธีในพื้นที่ชุ่มชื้นและแห้งแล้ง สรุปว่าวิธีของ Penman-Monteith ให้ผลใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด ประกอบกับในที่ประชุมปรึกษาขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO expert consultaion) ในปี 1990 ได้ลงความเห็นว่าวิธีของ Penman-Monteith เป็นวิธีที่ดีที่สุด (Kassam and Smith, 2001)

ค่า PET นอกจากจะนำไปใช้ประมาณค่าการใช้น้ำของพืชไร่ชนิดต่างๆ ที่ต้องการทราบแล้ว ยังสามารถนำมาใช้ในการคำนวณค่าสมดุลน้ำอย่างง่าย (Simple Water Balance) ซึ่งประยุกต์ใช้ในพื้นที่ซึ่งอาศัยน้ำฝนในการเพาะปลูกพืช ดังสมการ

$$\text{Simple Water Balance} = R - PET$$

เมื่อ

R คือ ปริมาณฝน [mm]

ถ้า Simple Water Balance มีค่าเป็นลบ หรือ R มีค่าน้อยกว่า PET แสดงว่า ความชื้นในดินขาดแคลน แต่ถ้า Simple Water Balance มีค่าเป็นบวก หรือ R มีค่ามากกว่า PET แสดงว่า ดินมีความชุ่มชื้นเพียงพอ

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- ได้แผนที่เชิงตัวเลขของประเทศไทย มาตราส่วน 1: 250,000 แสดงผลการพยากรณ์ปริมาณฝน ศักย์การคายระเหยน้ำ และสมดุลน้ำรายวันสำหรับเวลาในอนาคต
- สามารถใช้เป็นแนวทางการวางแผนให้น้ำแก่พืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะว่าค่าสมดุลน้ำรายวันที่ได้จะแสดงว่าบริเวณนั้นมีปริมาณน้ำในดินพอเพียงกับความต้องการของพืชหรือไม่

2. วิธีดำเนินการ

2.1 ข้อมูล

การศึกษานี้ได้ใช้ข้อมูล ดังต่อไปนี้

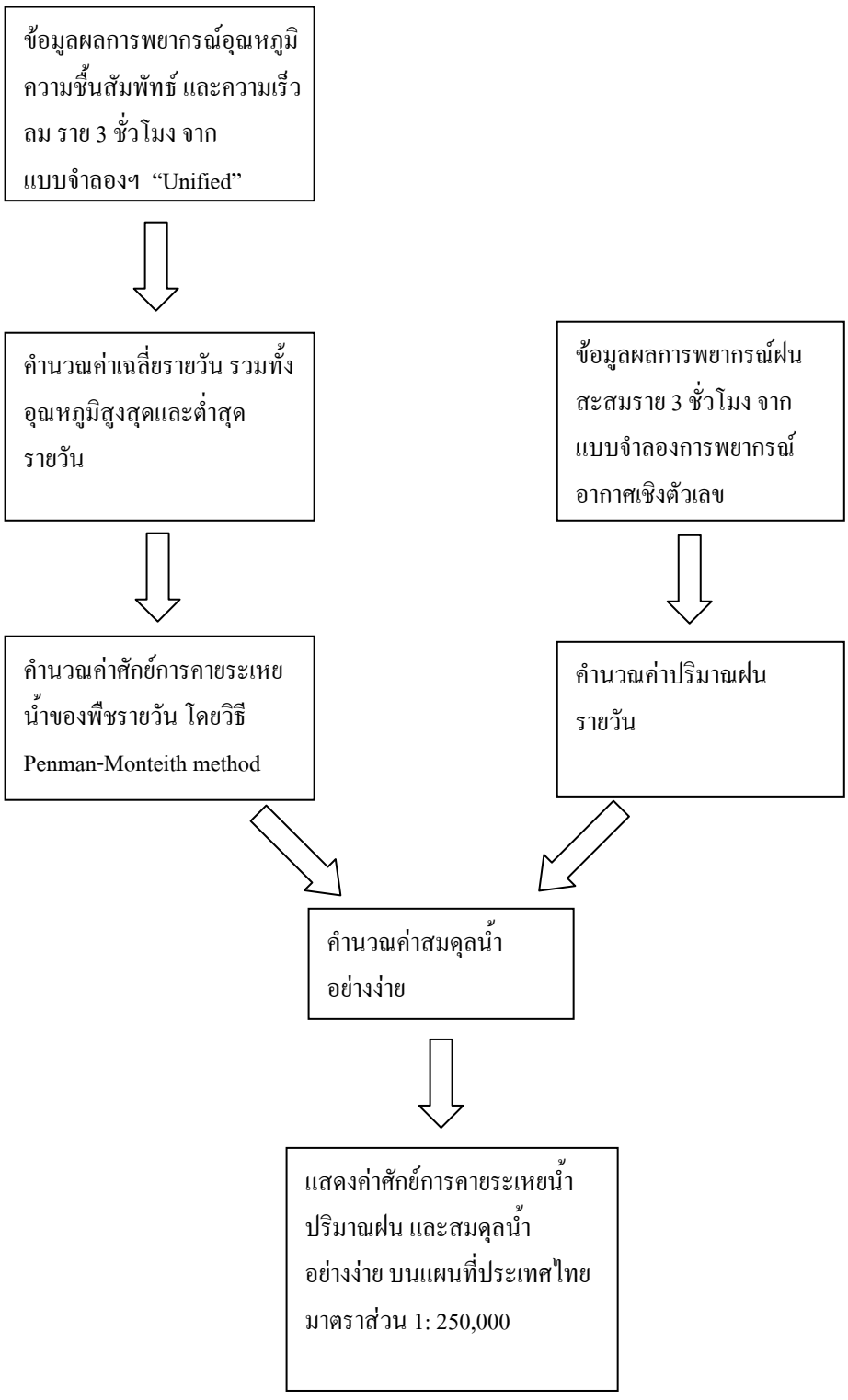
2.1.1 ข้อมูลผลการพยากรณ์อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และปริมาณฝนจากแบบจำลองการพยากรณ์อากาศเชิงตัวเลข “Unified” สำหรับการพยากรณ์อากาศบริเวณประเทศไทย (Thailand model) ซึ่งมีรายละเอียดของการพยากรณ์ 17 กิโลเมตร ชนิด 3 วัน ราย 3 ชั่วโมง โดยใช้ข้อมูลนำเข้าที่เป็นค่าเริ่มต้น (Initial Data) ของการพยากรณ์ในแบบจำลองเวลา 12 UTC ระหว่างวันที่ 1 สิงหาคม – 29 กันยายน 2550 ใช้เป็นข้อมูลสำหรับคำนวณหาการพยากรณ์ค่า PET

2.1.2 ข้อมูลการตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และความนานแสงแดดรายวันของสถานีอุตุนิยมวิทยาในแต่ละภาคซึ่งมีที่ตั้งใกล้เคียงกับจุดพิกัด (Grid point) ของข้อมูลผลการพยากรณ์อากาศจากแบบจำลองฯ “Unified” ได้แก่ สถานีอุตุนิยมวิทยาเกษตรเชียงราย นครพนม ตากฟ้า พลิ้ว และสุราษฎร์ธานี ระหว่างวันที่ 2 สิงหาคม – 30 กันยายน 2550 รวมทั้งข้อมูลความสูงเหนือระดับน้ำทะเล และความสูงของเสาวัดลมเหนือพื้นดินของสถานีอุตุนิยมวิทยาเกษตรข้างต้น นำมาคำนวณหาค่า PET เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับตรวจสอบความถูกต้องในข้อ 2.1.1

2.1.3 ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข (Digital elevation model) รายละเอียด 90 เมตร ซึ่งจัดทำโดยศูนย์นานาชาติเพื่อการเกษตรเขตร้อน (International Center for Tropical Agriculture) และสามารถ download ได้จาก http://gisweb.ciat.cgiar.org/sig/ 90m_data_tropics.htm เป็นข้อมูลสำหรับใช้หาความสูงเหนือระดับน้ำทะเลบริเวณจุดพิกัดของข้อมูลผลการพยากรณ์จากแบบจำลองฯ เพื่อใช้ในสมการคำนวณหาการพยากรณ์ค่า PET

2.2 วิธีดำเนินการ

วิธีดำเนินการศึกษาการพยากรณ์ศักย์การคายระเหยน้ำของพืช และสมดุลน้ำอย่างง่ายโดยใช้ข้อมูลจากแบบจำลองการพยากรณ์อากาศเชิงตัวเลข “Unified” แสดงในรูปแผนภูมิดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนภูมิแสดงวิธีดำเนินการศึกษาการพยากรณ์ศักย์การคายระเหยน้ำของพืช และสมดุลน้ำอย่างง่าย โดยใช้ข้อมูลจากแบบจำลองการพยากรณ์อากาศเชิงตัวเลข "Unified"

สำหรับรายละเอียดของวิธีดำเนินการ มีดังนี้

2.2.1 นำข้อมูลผลการพยากรณ์อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม ชนิดข้อมูลจุด (point data) จากแบบจำลองการพยากรณ์อากาศเชิงตัวเลข “Unified” ชนิด 3 วัน ราย 3 ชั่วโมง ในรูปแบบข้อมูลตัวเลข (digital data) ที่ใช้ข้อมูลนำเข้าที่เป็นค่าเริ่มต้นของการพยากรณ์ระหว่างวันที่ 1 สิงหาคม – 29 กันยายน 2550 จากกลุ่มวิชาการพยากรณ์อากาศ สำนักพยากรณ์อากาศ มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยรายวัน รวมทั้งอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดรายวัน โดยเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวน

ตัวอย่างข้อมูลผลการพยากรณ์อุณหภูมิที่ได้จากแบบจำลองฯ “Unified” ดังนี้

2007081512 003 99.030 19.830 22.17
2007081512 003 99.180 19.830 22.59
2007081512 003 99.330 19.830 22.57
2007081512 003 99.480 19.830 22.37
2007081512 003 99.630 19.830 22.91
2007081512 003 99.780 19.830 24.22
2007081512 003 99.930 19.830 24.20
⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮

โดยแต่ละแถวประกอบด้วยข้อมูล ปี เดือน วัน และเวลา(UTC) ของข้อมูลนำเข้าที่เป็นค่าเริ่มต้น, เวลาที่พยากรณ์ล่วงหน้า (ชั่วโมง), ลองจิจูด, ละติจูด, อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

2.2.2 กำหนดจุดพิกัดเพื่อหาค่าความสูงเหนือระดับน้ำทะเลบริเวณจุดพิกัดของข้อมูลผลการพยากรณ์จากแบบจำลองฯ จากข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข รายละเอียด 90 เมตร โดยใช้โปรแกรม Envi ตัวอย่างของข้อมูลค่าความสูงเหนือระดับน้ำทะเลที่หาได้ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างข้อมูลค่าความสูงเหนือระดับน้ำทะเลที่ได้จากข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข

ลองจิจูด	ละติจูด	ความสูงเหนือระดับน้ำทะเล (m)
99.03	19.83	1595
99.18	19.83	478
99.33	19.83	767
99.48	19.83	815
99.63	19.83	593
99.78	19.83	406
99.93	19.83	390
⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮

2.2.3 นำข้อมูลจาก 2.2.1 และ 2.2.2 มาคำนวณค่า PET รายวัน ด้วยวิธี Reference Evapotranspiration ของ Penman-Monteith method (Allen et. Al., 1998) ซึ่งมีสมการ ดังนี้

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \qquad (1)$$

เมื่อ

ET_o = Reference Evapotranspiration หรือ PET [mm/day]

R_n = ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์สุทธิ [MJ/m^2,day]

G = soil heat flux [MJ/m^2,day]

T = อุณหภูมิ [$^\circ$C]

U_2 = ความเร็วลมที่ความสูง 2 เมตร [m/sec]

e_s = ความดันไอน้ำอิ่มตัวเฉลี่ยของบรรยากาศ [kPa]

e_a = ความดันไอน้ำเฉลี่ยของบรรยากาศ [kPa]

Δ = ความชันของกราฟความดันไอน้ำอิ่มตัวกับอุณหภูมิที่อุณหภูมิ T [kPa/$^\circ$C]

γ = psychometric constant [kPa/$^\circ$C]

สำหรับค่าตัวแปรในสมการที่ (1) ได้มาจากสมการดังต่อไปนี้

2.2.3.1. Psychometric constant (γ)

$$\gamma = \frac{c_p P}{\varepsilon \lambda} = 0.665 \times 10^{-3} P$$

$$P = 101.3\left(\frac{293 - 0.0065z}{293}\right)^{5.26}$$

เมื่อ

P = ความดันบรรยากาศมาตรฐานที่ 20 °C ที่ระดับน้ำทะเล [kPa]

c_p = ความร้อนจำเพาะของอากาศชื้น มีค่า 1.013×10^{-3} MJ/Kg,°C

λ = ความร้อนแฝงของการระเหย มีค่า 2.45 MJ/Kg

ε = อัตราส่วนน้ำหนักโมเลกุลของไอน้ำต่ออากาศแห้ง = 0.622

z = ความสูงเหนือระดับน้ำทะเล [m]

2.2.3.2. ความชันของกราฟความดันไอน้ำอิ่มตัวกับอุณหภูมิที่อุณหภูมิ T (Slope vapor pressure curve, Δ)

$$\Delta = \frac{4098\left[0.6108\exp\left(\frac{17.27T}{T+237.3}\right)\right]}{(T+237.3)^2}$$

2.2.3.3. ความดันไอน้ำเฉลี่ยของบรรยากาศ (e_a)

$$e_a = e_s \frac{RH_{mean}}{100}$$

เมื่อ

RH_{mean} = ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย [%]

2.2.3.4. ความดันไอน้ำอิ่มตัวเฉลี่ยของบรรยากาศ (e_s)

$$e_s = \frac{\left[0.6108\exp\left(\frac{17.27T_{\max}}{T_{\min}+237.3}\right)\right] + \left[0.6108\exp\left(\frac{17.27T_{\min}}{T_{\min}+237.3}\right)\right]}{2}$$

เมื่อ

T_{max} = อุณหภูมิสูงสุด [°C]

T_{min} = อุณหภูมิต่ำสุด [°C]

2.2.3.5. ความเร็วลมที่ความสูง 2 เมตร (U_2)

$$U_2 = U_Z \frac{4.87}{\ln(67.8Z - 5.42)}$$

เมื่อ

U_z = ความเร็วลมวัดที่ระดับความสูง Z เหนือพื้นดิน [m/s]

Z = ระดับความสูงของการพยากรณ์ความเร็วลมเหนือพื้นดิน = 10 m

2.2.3.6. Soil heat flux (G)

ในการคำนวณ Soil heat flux สำหรับช่วงเวลายาวนาน

$$G = c_s \frac{T_i + T_{i-1}}{\Delta t}$$

เมื่อ

c_s = ความจุความร้อนในดิน [MJ/ m^2,°C]

T_i = อุณหภูมิอากาศที่เวลา i [°C]

T_{i-1} = อุณหภูมิอากาศที่เวลา i-1 [°C]

Δt = ความยาวของช่วงเวลา [day]

Δz = effective soil depth [m] มีค่า 0.10-0.20 m สำหรับช่วงเวลาสั้น แต่จะมีค่า 2 m หรือมากกว่าสำหรับช่วงรายเดือน

สำหรับขนาดของ Soil heat flux สำหรับวันหรือ 10 วัน จะมีค่าน้อยมากจะละเลยได้ ดังนั้น

$$G = 0$$

2.2.3.7. ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์สุทธิ (R_n)

$$R_n = R_{ns} - R_{nl}$$

เมื่อ

R_{ns} = ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์คลื่นสั้นสุทธิ [MJ/m^2,day]

R_{nl} = ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์คลื่นยาวสุทธิ [MJ/m^2,day]

- ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์คลื่นสั้นสุทธิ (R_{ns}) ในการศึกษานี้ได้ประมาณค่าโดยใช้ข้อมูลอุณหภูมิ เนื่องจากไม่มีข้อมูลผลการพยากรณ์ความยาวนานแสงแดด โดยใช้สมการดังนี้

$$R_{ns} = (1 - \alpha) R_s$$

$$R_s = 0.19\sqrt{(T_{\max} - T_{\min}}R_a$$

เมื่อ

α = สัมประสิทธิ์การสะท้อน มีค่า 0.23 สำหรับพืชที่ใช้อ้างอิงในสมการ

R_s = ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์คลื่นสั้น [MJ/m^2,day]

R_a = ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ขอบบนของบรรยากาศโลก [MJ/m^2,day]

โดย

$$R_a = \frac{24(60)}{\pi} G_{sc} d_r \left[\omega_s \sin\phi \sin\delta + \cos\phi \cos\delta \sin\omega_s\right]$$

$$d_r = 1 + 0.033\cos\left(\frac{2\pi}{365} J\right)$$

$$\delta = 0.409\sin\left(\frac{2\pi}{365} J - 1.39\right)$$

$$\omega_s = \arccos[-\tan\phi \tan\delta]$$

เมื่อ

G_{sc} = ค่าคงที่สุริยะ มีค่า 0.0820 [MJ/m^2,min]

d_r = ระยะทางสัมพัทธ์ระหว่างโลกและดวงอาทิตย์

ω_s = sunset hour angle [rad]

ϕ = ละติจูด [rad]

δ = solar declination [rad]

J = วันของปี (Julian day)

- ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์คลื่นยาวสุทธิ (R_{nl}) คำนวณจาก

$$R_{nl} = \sigma\left[\frac{T_{\max,K}^4 + T_{\min,K}^4}{2}\right](0.34 - 0.14\sqrt{e_a})\left(1.35\frac{R_s}{R_{so}} - 0.35\right)$$

$$R_{so} = (0.75 + 2\times10^{-5} z)R_a$$

เมื่อ

σ = ค่าคงที่ของ Stefan-Boltzmann มีค่า 4.903×10^{-9} MJ/K^4, m^2,day

$T_{\max,K}$ = อุณหภูมิสูงสุด [K]

$T_{\min,K}$ = อุณหภูมิต่ำสุด [K]

R_{so} = ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์คลื่นสั้นเมื่อท้องฟ้าโปร่ง [MJ/m^2,day]

2.2.4 นำข้อมูลผลการพยากรณ์ฝนสะสมราย 3 ชั่วโมง จากแบบจำลองการพยากรณ์อากาศเชิงตัวเลข มาหาปริมาณฝนสะสมรายวัน (R)

2.2.5 จาก 2.2.3 และ 2.2.4 ในวันเดียวกัน คำนวณค่าสมดุลน้ำอย่างง่าย ด้วยสมการ

Simple Water Balance = R - PET

2.2.6 นำผลลัพธ์ที่ได้จาก 2.2.3, 2.2.4, 2.2.5 ซึ่งได้แก่ ผลการพยากรณ์รายวันของ PET, ปริมาณฝนสะสม และสมดุลน้ำอย่างง่าย ซึ่งเป็นข้อมูลชนิดจุดมาแปลงเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial data) โดยใช้เทคนิคของวิธี Interpolation แบบ Kriging ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และนำเสนอในรูปแผนที่เชิงตัวเลข (Digital map) บนแผนที่ประเทศไทยมาตราส่วน 1:250,000 ด้วยโปรแกรม Arcview

2.2.7 ทำการตรวจสอบความถูกต้องของการพยากรณ์ค่า PET ในข้อ 2.2.3 โดยใช้ข้อมูลจากการตรวจวัดจริงของสถานีอุตุนิยมวิทยาในแต่ละภาคซึ่งมีที่ตั้งใกล้เคียงกับจุดพิกัด (Grid point) ของข้อมูลผลการพยากรณ์อากาศจากแบบจำลองฯ “Unified” โดยมีวิธีดำเนินการดังนี้

2.2.7.1 จัดเตรียมข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และความนานแสงแดดรายวัน ระหว่างวันที่ 2 สิงหาคม – 30 กันยายน 2550 รวมทั้งข้อมูลความสูงเหนือระดับน้ำทะเล และความสูงของเสาวัดลมเหนือพื้นดินของสถานีอุตุนิยมวิทยาเกษตรเชียงราย นครพนม ตากฟ้า พลิ้ว และสุราษฎร์ธานี

2.2.7.2 คำนวณค่า PET รายวัน โดยใช้ข้อมูลจาก 2.2.7.1 ด้วยวิธีเดียวกับข้อ 2.2.3 เว้นแต่การคำนวณ

- ความเร็วลมที่ความสูง 2 เมตร (U_2) ในข้อ 2.2.3.5 ค่า Z เปลี่ยนจากระดับความสูง 10 เมตร ซึ่งเป็นระดับความสูงของการพยากรณ์ความเร็วลม เป็นค่าระดับความสูงของเสาวัดลมเหนือพื้นดินของแต่ละสถานีอุตุนิยมวิทยาเกษตร

- ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์คลื่นสั้น (R_s) ในข้อ 2.2.3.7 ได้คำนวณจากข้อมูลความนานแสงแดด ซึ่งมีสมการดังนี้

$$R_s = \left(0.25 + 0.50_s \frac{n}{N} \right) R_a$$

$$N = \frac{24}{\pi} \omega_s$$

เมื่อ

n = ความนานแสงแดด [hour]

N = ความนานแสงแดดสูงสุด [hour]

2.2.7.3 นำค่า PET รายวันซึ่งได้จากคำนวณโดยใช้ข้อมูลผลการพยากรณ์จากแบบจำลองฯ “unified” ในข้อ 2.2.3 และข้อมูลดังกล่าวที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ข้อมูลการตรวจวัดในข้อ 2.2.7.2 มาตรวจสอบความถูกต้องโดยหาค่าผิดพลาด หรือความแตกต่างระหว่างค่า PET ที่ได้จากการคำนวณของข้อมูลผลการพยากรณ์และข้อมูลการตรวจวัด โดยใช้วิธีรากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Root mean square error, RMSE)

$$RMSE = \left(\frac{\sum_{i=1}^{n} (Y_i - Ym_i)^2}{M} \right)^{1/2}$$

เมื่อ Ym_i = ค่า PET ที่ได้จากข้อมูลการตรวจวัด

Y_i = ค่า PET ที่ได้จากข้อมูลผลการพยากรณ์

M = จำนวนค่า PET

โดย RMSE จะเปรียบเทียบข้อมูลในแต่ละค่าถึงการเบี่ยงเบนของค่าที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ข้อมูลผลการพยากรณ์

3. ผลการศึกษา

ผลลัพธ์ของการศึกษาแบ่งเป็น 3 ส่วน ดังนี้

3.1 การพยากรณ์ PET โดยใช้ข้อมูลจากแบบจำลองการพยากรณ์อากาศเชิงตัวเลข

การประมาณค่า PET จากข้อมูลผลการพยากรณ์อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม จากแบบจำลองการพยากรณ์อากาศเชิงตัวเลข “Unified” ชนิด 3 วัน ราย 3 ชั่วโมง ซึ่งใช้ข้อมูลนำเข้าที่เป็นค่าเริ่มต้น (Initial Data) ของการพยากรณ์ในแบบจำลองเวลา 12 UTC จะได้ผลการพยากรณ์ค่า PET รายวันล่วงหน้า 2 วัน กล่าวคือการพยากรณ์โดยใช้ข้อมูลนำเข้าวันที่ 15 สิงหาคม 2550 จะได้ผลการพยากรณ์ค่า PET รายวันของวันที่ 16 และ 17 สิงหาคม 2550 มีรายละเอียด ดังนี้

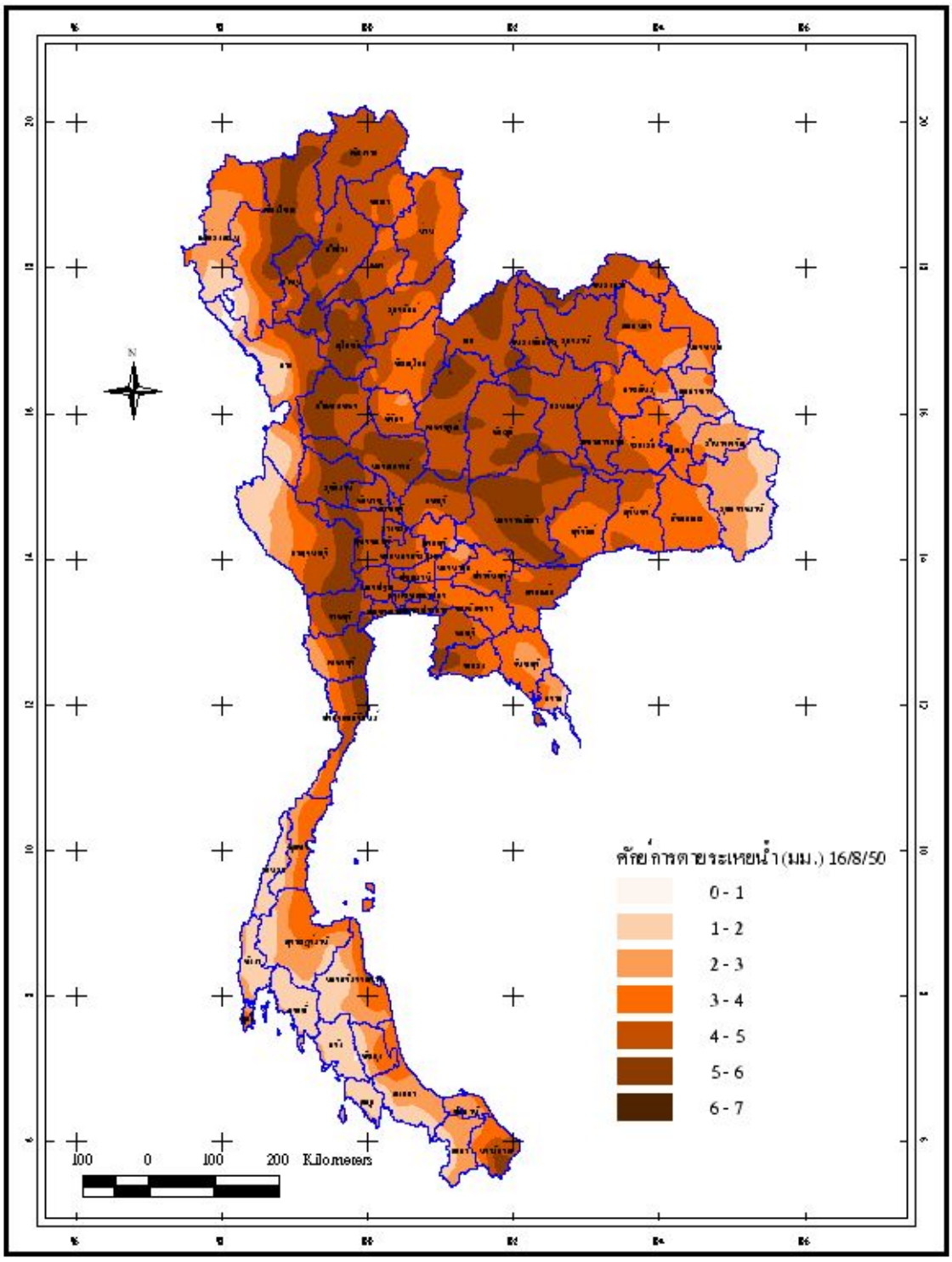
ตัวอย่างผลการพยากรณ์ PET ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตัวอย่างผลการพยากรณ์ PET ของวันที่ 16 สิงหาคม 2550

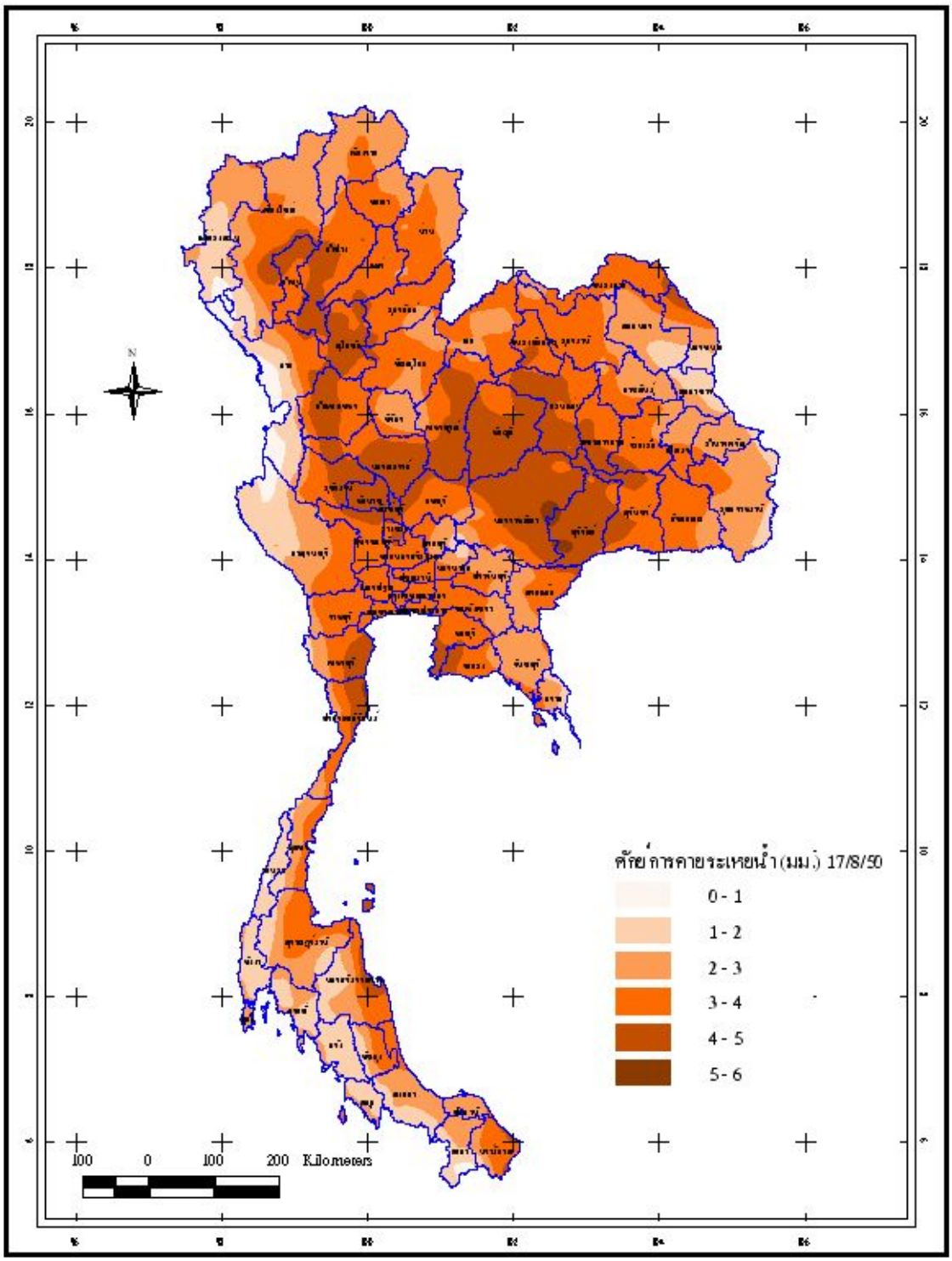
ลองจิจูด	ละติจูด	วันที่	PET (มม.)
99.78	19.08	16/8/2550	4.17
99.78	19.23	16/8/2550	4.57
99.78	19.38	16/8/2550	5.03
99.78	19.53	16/8/2550	4.77
99.78	19.68	16/8/2550	5.12
99.78	19.83	16/8/2550	5.12
99.78	19.98	16/8/2550	4.59
⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮

ค่า PET มีความแตกต่างกันตามค่าลองจิจูดและละติจูด

นำผลการพยากรณ์ค่า PET ในวันที่ 16 และ 17 สิงหาคม 2550 ที่ได้ซึ่งเป็นข้อมูลจุดแปลงเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่บนแผนที่ประเทศไทยมาตราส่วน 1:250,000 ดังในรูปที่ 2 – 3



รูปที่ 2 แผนที่แสดงผลการพยากรณ์ศักย์การคายระเหยน้ำรายวันของวันที่ 16 สิงหาคม 2550



รูปที่ 3 แผนที่แสดงผลการพยากรณ์ศักย์การคายระเหยน้ำรายวันของวันที่ 17 สิงหาคม 2550

จากรูปที่ 2 เป็นแผนที่แสดงผลการพยากรณ์ PET ของประเทศไทยในวันที่ 16 สิงหาคม 2550 พบว่า PET จะมีค่าสูงสุดประมาณ 6-7 มม. ในบริเวณด้านตะวันตกของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แนวตอนกลางของภาคเหนือและภาคกลาง รวมทั้งภาคใต้ตอนบน สำหรับบริเวณที่มีค่า PET น้อยกว่า 2 มม. คือบริเวณด้านตะวันตกของภาคเหนือและภาคใต้ รวมทั้งบริเวณจังหวัดอำนาจเจริญ อุบลราชธานี และตราด

ส่วนรูปที่ 3 เป็นผลการพยากรณ์ PET ในวันที่ 17 สิงหาคม 2550 จะมีค่าสูงสุดประมาณ 5-6 มม. ที่บริเวณจังหวัดนครราชสีมา และสุรินทร์ สำหรับบริเวณที่มีค่า PET ประมาณ 4-5 มม. คือด้านตะวันตกของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แนวตอนกลางของภาคเหนือ ภาคกลางตอนบน และบางพื้นที่ของจังหวัดหนองคาย นครพนม ชลบุรี ระยอง เพชรบุรี และประจวบคีรีขันธ์ ส่วนบริเวณที่มีค่า PET น้อยกว่า 1 มม. อยู่ในพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน ตาก และกาญจนบุรี

3.2 การพยากรณ์ปริมาณฝนรายวัน

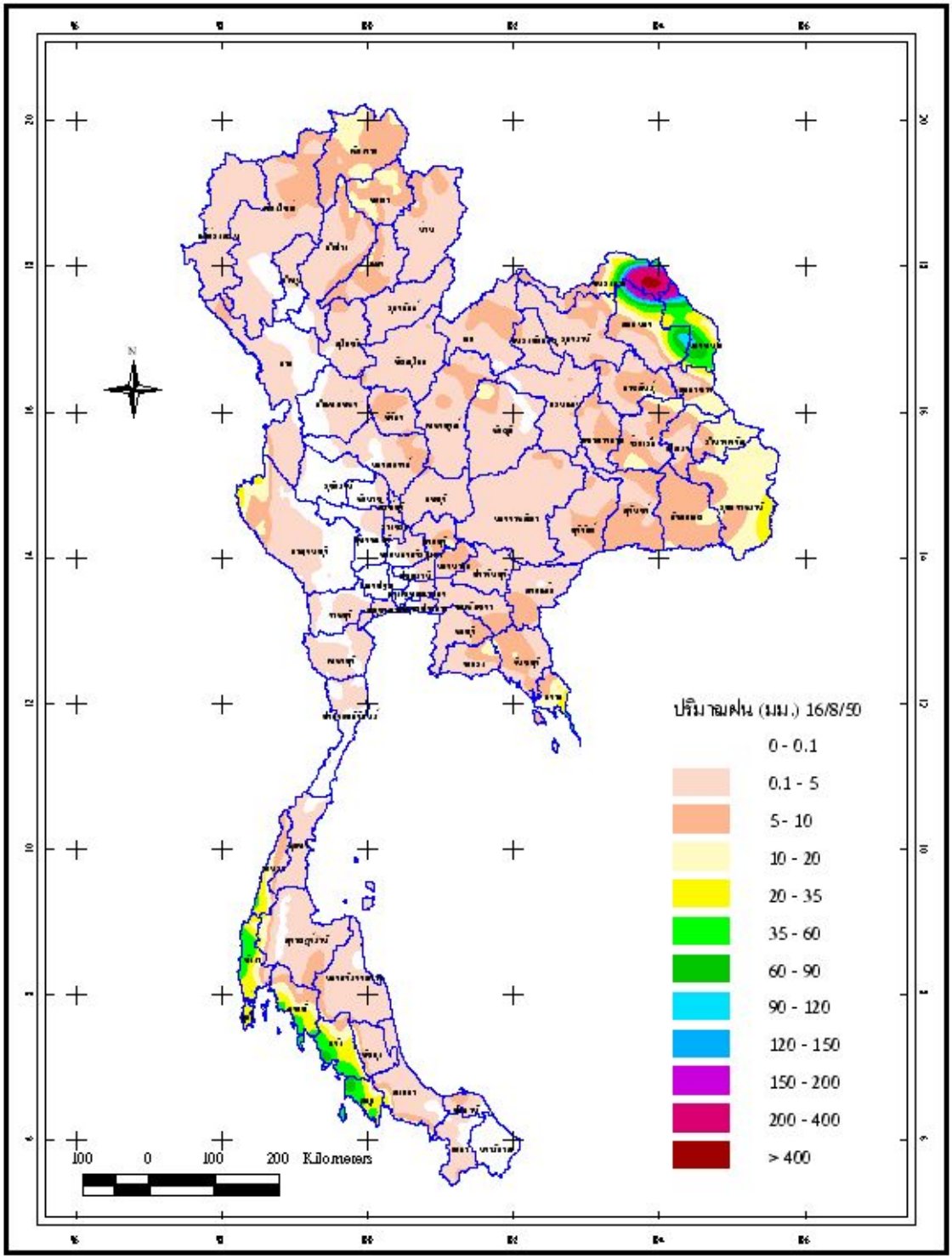
ปริมาณฝนสะสมรายวันได้จากผลรวมของข้อมูลการพยากรณ์ฝนสะสมราย 3 ชั่วโมง จากแบบจำลองการพยากรณ์อากาศเชิงตัวเลข เมื่อใช้ข้อมูลนำเข้าวันที่ 15 สิงหาคม 2550 จะได้ผลการพยากรณ์ปริมาณฝนรายวันของวันที่ 16 และ 17 สิงหาคม 2550 มีรายละเอียด ดังนี้

ตัวอย่างผลการพยากรณ์ปริมาณฝนดังตารางที่ 3

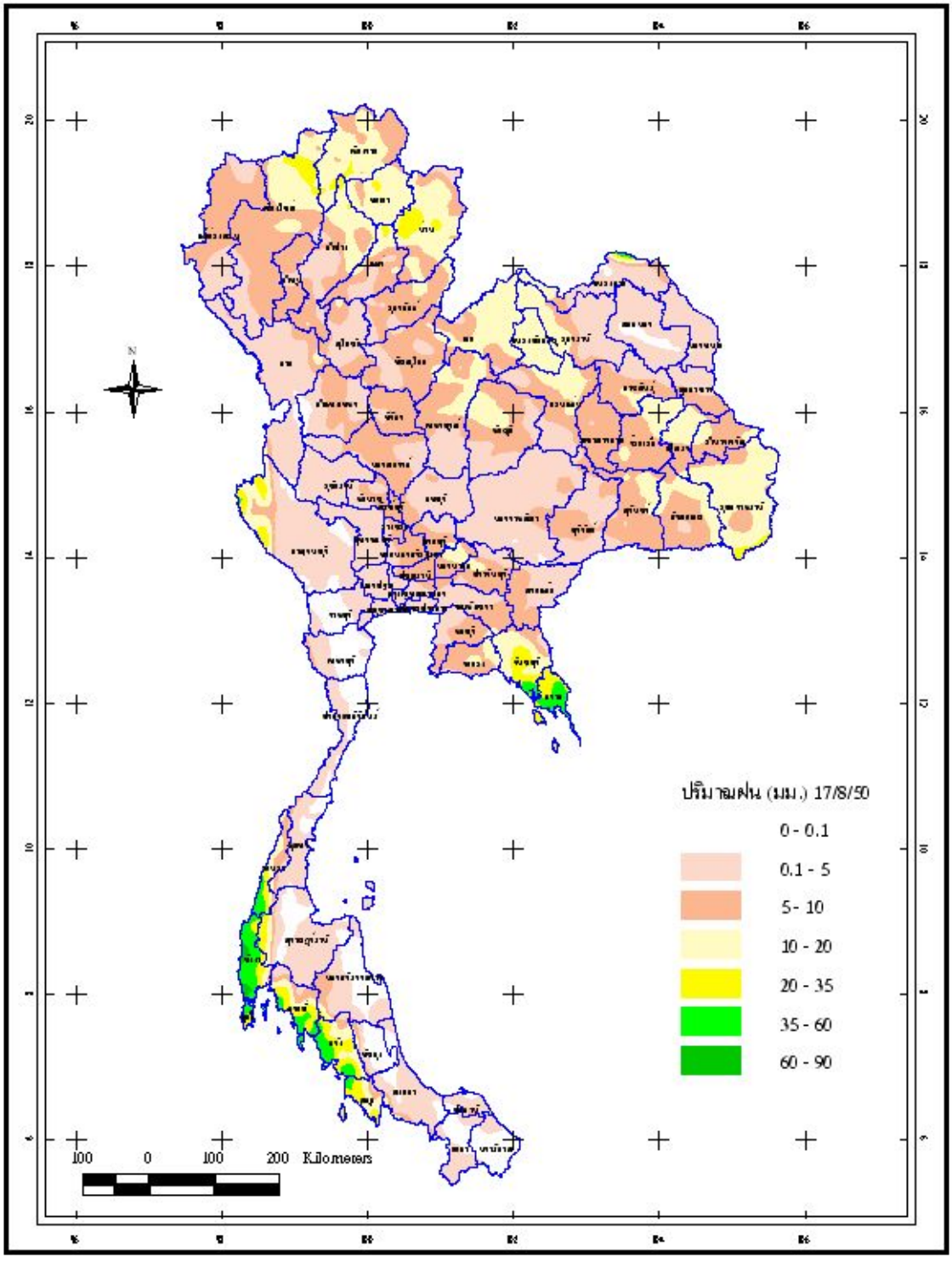
ตารางที่ 3 ตัวอย่างผลการพยากรณ์ปริมาณฝนของวันที่ 16 สิงหาคม 2550

ลองจิจูด	ละติจูด	วันที่	ปริมาณฝน (มม.)
99.78	19.08	16/8/2550	11.17
99.78	19.23	16/8/2550	11.01
99.78	19.38	16/8/2550	5.76
99.78	19.53	16/8/2550	11.49
99.78	19.68	16/8/2550	8.02
99.78	19.83	16/8/2550	12.07
99.78	19.98	16/8/2550	16.56
⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮

นำผลการพยากรณ์ปริมาณฝนในวันที่ 16 และ 17 สิงหาคม 2550 ที่ได้ซึ่งเป็นข้อมูลจุดแปลงเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่บนแผนที่ประเทศไทยมาตราส่วน 1:250,000 ดังในรูปที่ 4 – 5



รูปที่ 4 แผนที่แสดงผลการพยากรณ์ปริมาณฝนรายวันของวันที่ 16 สิงหาคม 2550



รูปที่ 5 แผนที่แสดงผลการพยากรณ์ปริมาณฝนรายวันของวันที่ 17 สิงหาคม 2550

จากรูปที่ 4 เป็นแผนที่แสดงผลการพยากรณ์ปริมาณฝนของประเทศไทยวันที่ 16 สิงหาคม 2550 พบว่าประเทศไทยจะมีฝนเกือบทั่วไป โดยฝนตกหนักถึงหนักมากบริเวณจังหวัดหนองคาย สกลนคร และนครพนม และมีฝนตกหนักบริเวณจังหวัดตราด ระนอง พังงา กระบี่ ตรัง และสตูล

ส่วนรูปที่ 5 เป็นผลการพยากรณ์ปริมาณฝนในวันที่ 17 สิงหาคม 2550 พบว่าประเทศไทยจะมีฝนทั่วไป และมีฝนตกหนักบริเวณจังหวัดหนองคาย กาญจนบุรี จันทบุรี ตราด ระนอง พังงา ภูเก็ต กระบี่ ตรัง และ สตูล

3.3 การพยากรณ์สมดุลน้ำอย่างง่าย

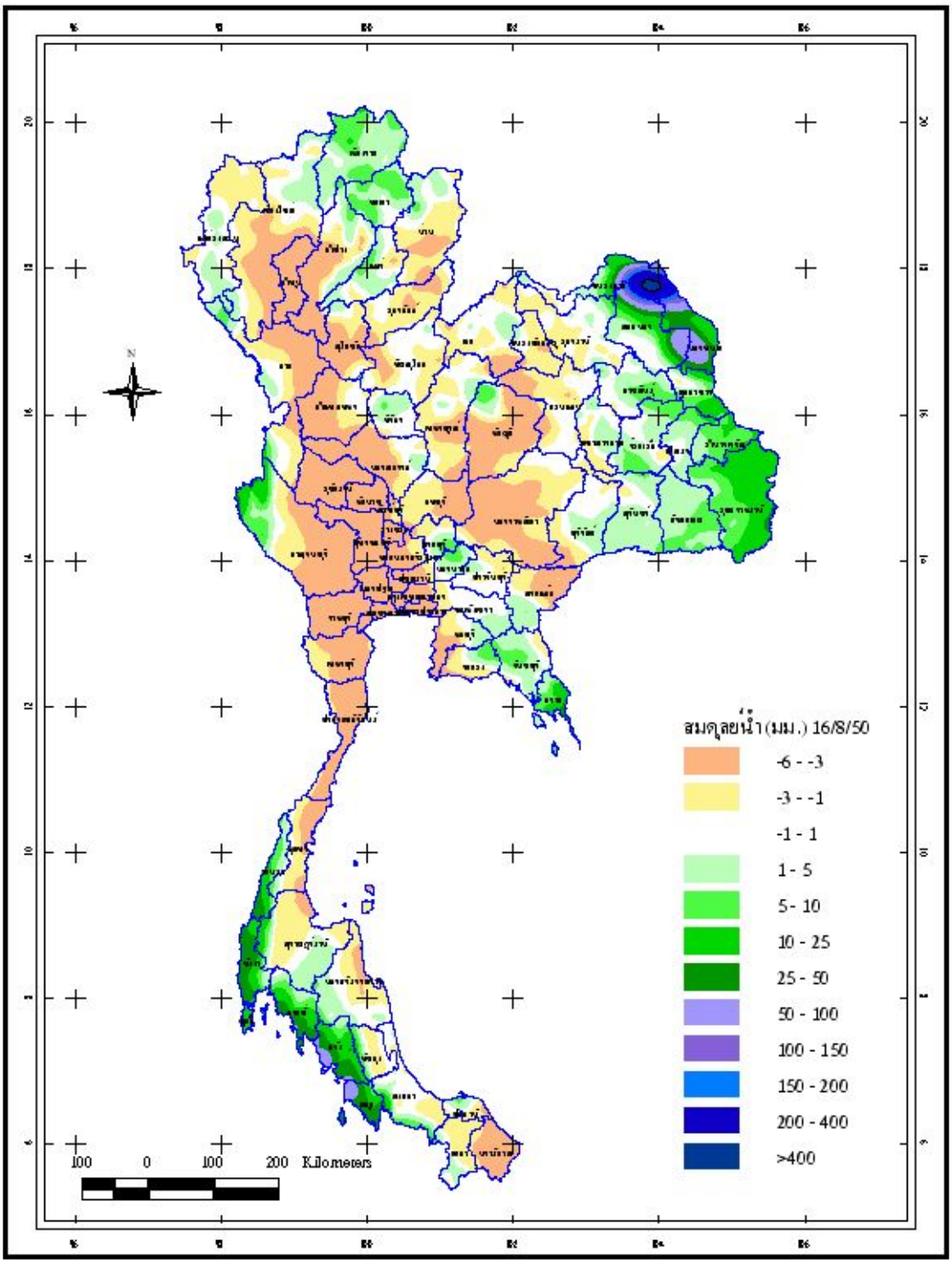
การประมาณค่าสมดุลน้ำอย่างง่ายได้ดำเนินการโดยใช้ข้อมูลผลการพยากรณ์ปริมาณฝน และ PET รายวันจากข้อ 3.1 และ 3.2 ในวันเดียวกัน จะได้ผลการพยากรณ์สมดุลน้ำอย่างง่ายของวันที่ 16 และ 17 สิงหาคม 2550 มีรายละเอียด ดังนี้

ตัวอย่างผลการพยากรณ์สมดุลน้ำอย่างง่ายดังตารางที่ 4

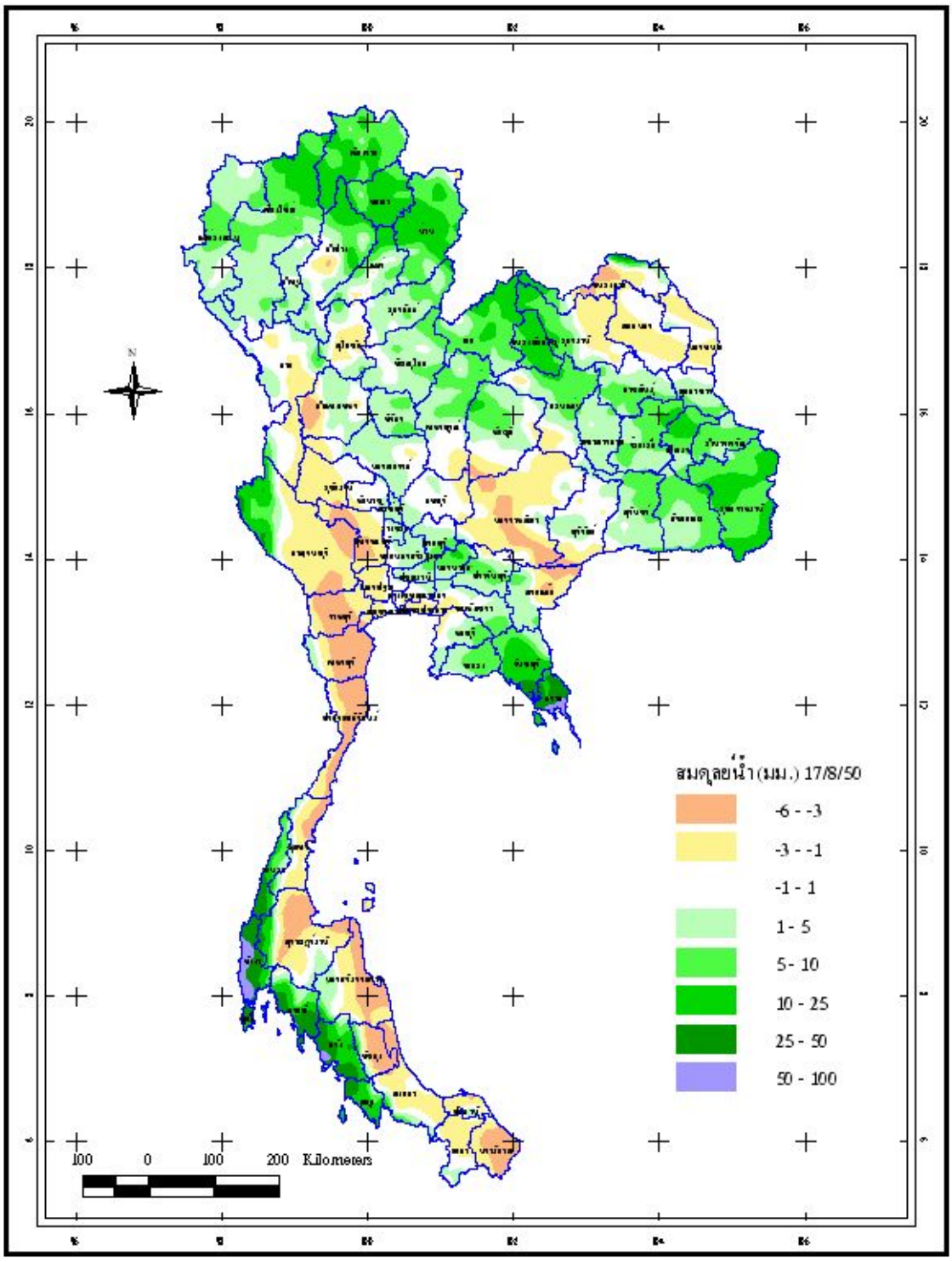
ตารางที่ 4 ตัวอย่างผลการพยากรณ์สมดุลน้ำอย่างง่ายของวันที่ 16 สิงหาคม 2550

ลองจิจูด	ละติจูด	วันที่	สมดุลน้ำอย่างง่าย
99.78	19.08	16/8/2550	7.00
99.78	19.23	16/8/2550	6.44
99.78	19.38	16/8/2550	0.73
99.78	19.53	16/8/2550	6.72
99.78	19.68	16/8/2550	2.90
99.78	19.83	16/8/2550	6.95
99.78	19.98	16/8/2550	11.97
⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮

นำผลการพยากรณ์สมดุลน้ำอย่างง่ายในวันที่ 16 และ 17 สิงหาคม 2550 ที่ได้ซึ่งเป็นข้อมูลจุดแปลงเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่บนแผนที่ประเทศไทยมาตราส่วน 1:250,000 ดังในรูปที่ 6 – 7



รูปที่ 6 แผนที่แสดงผลการพยากรณ์สมดุลน้ำอย่างง่ายของวันที่ 16 สิงหาคม 2550



รูปที่ 7 แผนที่แสดงผลการพยากรณ์สมดุลน้ำอย่างง่ายของวันที่ 17 สิงหาคม 2550

จากรูปที่ 6 เป็นแผนที่แสดงผลการพยากรณ์สมดุลน้ำอย่างง่ายของประเทศไทยวันที่ 16 สิงหาคม 2550 พบว่าทางด้านตะวันตกของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พื้นที่ส่วนใหญ่ของภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้ฝั่งตะวันออกมีค่าสมดุลน้ำอย่างง่ายเป็นลบหรือมีปริมาณฝนตกไม่เพียงพอกับความต้องการของพืช ส่วนบริเวณที่มีค่าสมดุลน้ำอย่างง่ายเป็นบวกหรือมีฝนตกมากกว่าความต้องการของพืชส่วนมากจะอยู่บริเวณทางด้านตะวันออกของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ฝั่งตะวันตก

ส่วนรูปที่ 7 เป็นผลการพยากรณ์สมดุลน้ำอย่างง่ายวันที่ 17 สิงหาคม 2550 พบว่าบริเวณที่มีปริมาณฝนตกไม่เพียงพอกับความต้องการของพืช คือบริเวณด้านตะวันออกของภาคตะวันออก เฉียงเหนือตอนบน ด้านตะวันตกของภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง พื้นที่ส่วนใหญ่ของภาคเหนือ และภาคใต้ฝั่งตะวันออก ส่วนบริเวณอื่นๆ ปริมาณฝนที่ตกจะทำให้ดินมีความชุ่มชื้นเพียงพอกับความต้องการของพืช

แผนที่เชิงตัวเลขแสดงค่าการพยากรณ์ PET, ปริมาณฝน และสมดุลน้ำอย่างง่าย ซึ่งได้จากข้อมูลผลการพยากรณ์จากแบบจำลองการพยากรณ์อากาศเชิงตัวเลข “Unified” สำหรับการพยากรณ์อากาศบริเวณประเทศไทยนั้น สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลในการให้คำแนะนำต่อเกษตรกร และการวางแผนการให้น้ำแก่พืชได้ สำหรับการแปลความหมายของผลลัพธ์แผนที่ฯ วันอื่นๆ จะมีลักษณะเช่นเดียวกัน

4. วิจารณ์ผล

การทดสอบความถูกต้องของการพยากรณ์ค่า PET ได้ดำเนินการ ดังนี้

4.1 เลือกสถานีอุตุนิยมวิทยาที่มีการตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และความนานแสงแดด ในแต่ละภาคซึ่งมีที่ตั้งใกล้เคียงกับจุดพิกัด (Grid point) ของข้อมูลผลการพยากรณ์อากาศจากแบบจำลองฯ “Unified” ผลการคัดเลือกได้แก่ สถานีอุตุนิยมวิทยาเกษตรเชียงราย นครพนม ตากฟ้า พลิ้ว และสุราษฎร์ธานี

4.2 นำข้อมูลจากการตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และความนานแสงแดดรายวันของสถานีอุตุนิยมวิทยาเกษตรในข้อ 4.1 ระหว่างวันที่ 2 สิงหาคม – 30 กันยายน 2550 มาคำนวณค่า PET รายวัน โดยวิธี Penman-Monteith method ตัวอย่างข้อมูลผลการคำนวณค่า PET รายวันดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ตัวอย่างผลการคำนวณค่า PET รายวันของสถานีอุตุนิยมวิทยาเกษตรเชียงราย

วันที่	PET (มม.)
2/8/2550	2.33
3/8/2550	2.30
4/8/2550	4.07
5/8/2550	4.69
6/8/2550	4.61
7/8/2550	4.80
8/8/2550	3.94
9/8/2550	5.13
10/8/2550	3.63
⋮	⋮
⋮	⋮

4.3 นำข้อมูลผลการพยากรณ์ PET 1 และ 2 วันล่วงหน้า ระหว่างวันที่ 2 สิงหาคม – 30 กันยายน 2550 มาตรวจสอบความถูกต้องกับค่า PET ที่ได้จากข้อ 4.2 โดยใช้ Root mean square error (RMSE) ผลลัพธ์แสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 Root mean square error จากการเปรียบเทียบ PET ที่ประมาณค่าจากข้อมูลผลการพยากรณ์กับข้อมูลการตรวจวัด

สถานีอุตุนิยมวิทยาเกษตร	ตำแหน่งสถานี		ตำแหน่ง Grid point		RMSE (มม.)	
	ลองจิจูด	ละติจูด	ลองจิจูด	ละติจูด	1 วันล่วงหน้า	2 วันล่วงหน้า
เชียงราย	99.78	19.87	99.78	19.83	1.54	1.20
นครพนม	104.78	17.43	104.73	17.28	1.17	1.17
ตากฟ้า	100.5	15.35	100.53	15.33	1.55	1.55
พลิ้ว	102.17	12.52	102.18	12.48	1.04	1.11
สุราษฎร์ธานี	99.63	9.13	99.63	9.18	0.87	0.94

ผลการตรวจสอบความถูกต้องได้ค่า RMSE ของการพยากรณ์ 1 วันล่วงหน้าอยู่ระหว่าง 0.87 – 1.55 มม. และการพยากรณ์ล่วงหน้า 2 วันอยู่ระหว่าง 0.94 – 1.55 มม. ซึ่งจะมีความเหมือนกัน โดยจะเห็นได้ว่าผลการพยากรณ์ในสถานีอุตุนิยมวิทยาเกษตรนครพนม พลิ้ว และสุราษฎร์ธานี ซึ่งเป็นตัวแทนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก และภาคใต้จะมีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าบริเวณสถานีอุตุนิยมวิทยาเกษตรเชียงรายและตากฟ้าซึ่งเป็นตัวแทนของภาคเหนือและภาคกลาง ดังนั้นในการนำผลลัพธ์ของการพยากรณ์ค่า PET โดยใช้ข้อมูลจากผลการพยากรณ์อากาศจากแบบจำลองฯ “Unified” ไปใช้นั้นจะต้องระมัดระวังในการนำไปใช้ โดยเฉพาะบริเวณภาคเหนือและภาคกลาง ซึ่ง RMSE มีค่า 1.54 – 15.55 มม/วัน

ผลการพยากรณ์ PET และสมดุลน้ำอย่างง่ายที่ได้จากการศึกษานี้ เป็นการพยากรณ์ล่วงหน้า 2 วันจะสามารถนำมาใช้ประกอบในการให้คำแนะนำต่อเกษตรกร หรือวางแผนการให้น้ำแก่พืชในระยะสั้น แต่การนำเสนอในรูปของแผนที่จะทำให้ผู้ใช้มีความเข้าใจและแปลความหมายได้ง่าย

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

การพยากรณ์ PET โดยใช้ข้อมูลผลการพยากรณ์ตัวแปรอุตุนิยมวิทยาจากแบบจำลองการพยากรณ์อากาศเชิงตัวเลข “Unified” สำหรับการพยากรณ์อากาศบริเวณประเทศไทย ผลลัพธ์ที่ได้เป็นการพยากรณ์ PET และสมดุลน้ำอย่างง่ายล่วงหน้า 2 วัน ซึ่งนับว่าเป็นการพัฒนาและนำผลผลิตของระบบการพยากรณ์อากาศเชิงตัวเลขมาประยุกต์ใช้ในการพยากรณ์อากาศเพื่อการเกษตร

ผลลัพธ์ของการพยากรณ์ PET และสมดุลน้ำอย่างง่ายสามารถนำไปใช้ประกอบในการให้คำแนะนำต่อเกษตรกร หรือเป็นข้อมูลพื้นฐานในการตัดสินใจดำเนินกิจกรรมทางการเกษตรต่างๆ เมื่อทำการเพาะปลูกพืชไปแล้วได้ในระดับหนึ่ง โดยเฉพาะการวางแผนการให้น้ำแก่พืช หรือเตรียมการระบายน้ำจากพื้นที่เพาะปลูกเมื่อผลการพยากรณ์พบว่าพืชจะได้รับน้ำมากเกินไป

สำหรับความถูกต้องของการพยากรณ์ PET ที่ได้จะขึ้นอยู่กับความแม่นยำของการพยากรณ์ของแบบจำลองการพยากรณ์อากาศเชิงตัวเลข “Unified” ที่ได้นำข้อมูลจากแบบจำลองดังกล่าวมาใช้เป็นข้อมูลนำเข้า โดยจากการตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้ประมาณค่าจาก 2 แหล่งข้อมูล ได้แก่ ข้อมูลผลการพยากรณ์จากแบบจำลองและข้อมูลผลการตรวจวัด ระหว่างวันที่ 2 สิงหาคม – 30 กันยายน 2550 สรุปได้ว่า การพยากรณ์ PET ยังมีความคลาดเคลื่อนอยู่ โดยมีค่า RMSE สูงสุดถึง 1.55 มม./วัน เนื่องจากข้อมูลการพยากรณ์ที่นำมาใช้มีรายละเอียดของการพยากรณ์ 17 กิโลเมตร และพยากรณ์ล่วงหน้าได้ 2 วัน หากในอนาคตกรมอุตุนิยมวิทยามีแบบจำลองการพยากรณ์อากาศเชิงตัวเลขซึ่งเหมาะกับภูมิอากาศของประเทศไทยที่มีรายละเอียดทางพื้นที่ (Spatial resolution) ของการพยากรณ์สูงขึ้น และมีระยะเวลาในการพยากรณ์นานขึ้น จะส่งผลให้การพยากรณ์ PET มีความถูกต้องมากขึ้น ทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเกษตรได้ดียิ่งขึ้น ทั้งในเรื่องการวางแผนการปลูกพืชหรือพยากรณ์ผลผลิตได้

การประมาณค่า PET โดยวิธีของ Penman-Monteith จะต้องใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และความนานแสงแดด แต่การศึกษานี้ได้ประมาณค่าผลการพยากรณ์ PET จากข้อมูลผลการพยากรณ์อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลมเท่านั้น เนื่องจากไม่มีข้อมูลผลการพยากรณ์ความนานแสงแดด ซึ่งต้องนำมาใช้ในการประมาณค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ หากในอนาคตมีข้อมูลผลการพยากรณ์ความนานแสงแดด หรือปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ มาใช้

ประกอบในการประมาณค่า PET จะทำให้ผลลัพธ์ถูกต้องมากขึ้น สำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของผลการพยากรณ์ PET ในการศึกษานี้ได้ใช้ข้อมูลในการตรวจสอบประมาณ 2 เดือนในช่วงฤดูฝน ถ้ามีการศึกษาในอนาคตและใช้ข้อมูลเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ได้ผลลัพธ์ดีขึ้น

บรรณานุกรม

วิบูลย์ บุญยธโนกุล. 2526. หลักการชลประทาน. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์เอเชีย

วิศิษฏ์ รัศมิทัต รท. 2521. อุตุนิยมวิทยาเกษตร. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย

สมาน ปราการรัตน์. 2537. ความต้องการน้ำของข้าวโพด ถั่วเหลือง และถั่วลิสง. กรมอุตุนิยมวิทยา. กระทรวงคมนาคม.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop Evapotranspiration. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56 : p.300

Bois, B., Pieri, P., Leeuwen, C.V. and Gaudillere, J. 2005. Sensitivity Analysis of the Penman-Monteith Evapotranspiration Formula and Comparison of Empirical Methods Used in Viticulture Soil water Balance. Institut National de la Recherche a Agronomique: p.6

Jensen, M.E., Burman, R.D. and Allen, R.G. 1990. Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 70. New York: American Society of Civil Engineers: p.332

Kassam, A. and Smith, M. 2001. FAO Methodologies on Crop Water Use and Crop Water Productivity. Expert Meeting on Crop Water Productivity, Rome 3-5 December 2007. FAO Paper No CWP-M07: p.18

Meyer, S.J., Hubbard K.G. and Wilhite D.A. 1988. Improving Projected Potential Evapotranspiration Estimates Using National Weather Service Forecasts. Journal of Applied Meteorology. Vol. 27 No. 10 pp. 1183-1188