



ผลิตภาพของน้ำเชิงพื้นที่สำหรับการปลูกข้าวในจังหวัดชัยนาท

Spatial Water Productivity for Rice Production in Chainat Province

เอกพันธ์ มาเลิศ^{1,2}, เอกสิทธิ์ โสสิตสกุลชัย^{1*}Aekaphan Marled^{1,2}, Ekasit Kositsakulchai^{1*}¹ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม, 73140¹Department of Irrigation Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaengsaen, Kasetsart University, Nakhon Pathom, 73140²โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลเทพ สำนักงานชลประทานที่ 12 กรมชลประทาน, ชัยนาท, 17000²Pollathep Operation and Maintenance Project, Regional Irrigation Office 12, Chainat, 17000*Corresponding author: Tel: +66-34-351-897, E-mail: ekasit.k@ku.th

บทคัดย่อ

การประเมินผลิตภาพของน้ำเชิงพื้นที่สำหรับการปลูกข้าวในจังหวัดชัยนาทใช้แบบจำลอง DSSAT-CERES โดยจำลองระบบการปลูกข้าว 2 กรณี ประกอบด้วย (1) การปลูกข้าวในระบบเกษตรชลประทาน [IRR] และ (2) การปลูกข้าวในระบบเกษตรน้ำฝน [RAIN] โดยจำลองสถานการณ์เป็นรายวันจำนวน 48 ฤดูเพาะปลูก (พ.ศ.2513-2560) ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณการใช้น้ำของข้าว [ET+P] กรณีระบบเกษตรชลประทานมีค่าประมาณ 700 mm. กรณีระบบเกษตรน้ำฝนมีค่าประมาณ 500 mm. การให้น้ำชลประทานเพิ่มผลผลิตเฉลี่ยข้าว 12% (714 kg-rai^{-1} [RAIN] เป็น 803 kg-rai^{-1} [IRR]) ส่วนผลิตภาพของน้ำเทียบกับปริมาณการคายน้ำ (WP_T) มีค่าระหว่าง $2.5\text{-}2.6 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ และผลิตภาพของน้ำเทียบกับปริมาณการคายระเหย (WP_{ET}) มีค่า $1.0 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ การให้น้ำชลประทานและสมบัติของดินที่น้ำซึมผ่านยากและอินทรีย์วัตถุสูงมีส่วนเพิ่มปริมาณและเสถียรภาพของผลผลิตข้าว

คำสำคัญ: ข้าว, การใช้น้ำ, ผลผลิต, ผลิตภาพของน้ำ, แบบจำลองพืช, ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

Abstract

The spatial water productivity for rice production in Chainat province was assessed using the DSSAT-CERES model. Two rice production systems—irrigated system [IRR] and rain-fed system [RAIN]—were considered. Forty-eight cropping seasons (1970-2017) were simulated using daily time step. The results revealed that the rice water use [ET+P] attained 700 mm in the irrigated system, while it used approximately 500 mm in the rain-fed system. Irrigation increased the dry grain yield of 12% (from 714 kg-rai^{-1} [RAIN] to 803 kg-rai^{-1} [IRR]). Water productivity with respect to transpiration (WP_T) [yield/transpiration] ranged from 2.5 to $2.6 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ and water productivity with respect to total evapotranspiration (WP_{ET}) [yield/evapotranspiration] was of $1.0 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Irrigation practice and the soil properties, low hydraulic conductivity and high organic matter, can contribute the rice yield and its stability.

Keywords: Rice, Water use, Yield, Water productivity, Crop model, GIS

1 บทนำ

“การปลูกข้าว 1 ไร่ ต้องใช้น้ำเท่าไร” และ “ถ้าปริมาณน้ำชลประทานที่ให้เพิ่มขึ้นหรือลดลงจะมีผลต่อผลผลิตอย่างไร” แนวทางหนึ่งที่จะช่วยให้คำตอบเหล่านี้ได้ คือ การหาผลิตภาพของน้ำ (water productivity) เป็นหนึ่งแนวทางในการจัดสรรน้ำ ซึ่งจำเป็นต้องทราบ ปริมาณน้ำที่พืชใช้ และปริมาณผลผลิตที่ได้รับ โดยการใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์เพื่อจำลองการเติบโตของพืช

นั้น นับได้ว่าเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถช่วยให้การประมาณการใช้น้ำของพืชและประเมินผลผลิต ทำได้อย่างถูกต้องและน่าเชื่อถือ

Molden (1997) ได้ใช้ค่าผลิตภาพของน้ำเป็นตัวชี้วัดสถานะภาพของทรัพยากรน้ำ สำหรับจัดทำบัญชีน้ำในประเทศอียิปต์ ในปีพ.ศ. 2540 แบบจำลองการเติบโตข้าว CERES-Rice และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ถูกนำมาศึกษาในประเทศไทย (เมธี และคณะ, 2543) โดยมีการศึกษาเพื่อประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวสำหรับแบบจำลอง CERES-

Received: March 12, 2019

Revised: April 29, 2020

Accepted: April 29, 2020

Available online: January 20, 2021

Rice (จิรวัดน์ และคณะ, 2543) และมีการทดสอบจำลองสถานการณ์ ภายใต้เงื่อนไขของการจัดการน้ำและระดับปุ๋ยไนโตรเจนที่ต่างกัน (ศักดิ์ และคณะ, 2543) มีการใช้แบบจำลอง SWAP ร่วมกับระบบภูมิสารสนเทศและการสำรวจระยะไกลในการประเมินผลผลิตและการใช้น้ำของข้าว สำหรับวิเคราะห์ผลผลิตภาพของน้ำตั้งแต่ระดับแปลงไปจนถึงระดับลุ่มน้ำ (van Dam and Malik, 2003; ชาญณรงค์, 2551)

บทความนี้นำเสนอเพื่อวิเคราะห์ผลผลิตภาพของน้ำเชิงพื้นที่สำหรับการปลูกข้าวในจังหวัดชัยนาทด้วยแบบจำลอง DSSAT โดยประยุกต์แบบจำลองพืช สำหรับหาผลผลิตภาพของน้ำในระบบเกษตรชลประทานและระบบเกษตรน้ำฝนตามปัจจัยต่าง ๆ เพื่อวางแผนและกำหนดมาตรการในการเพาะปลูกและส่งน้ำให้เหมาะสมกับพื้นที่ต่อไป

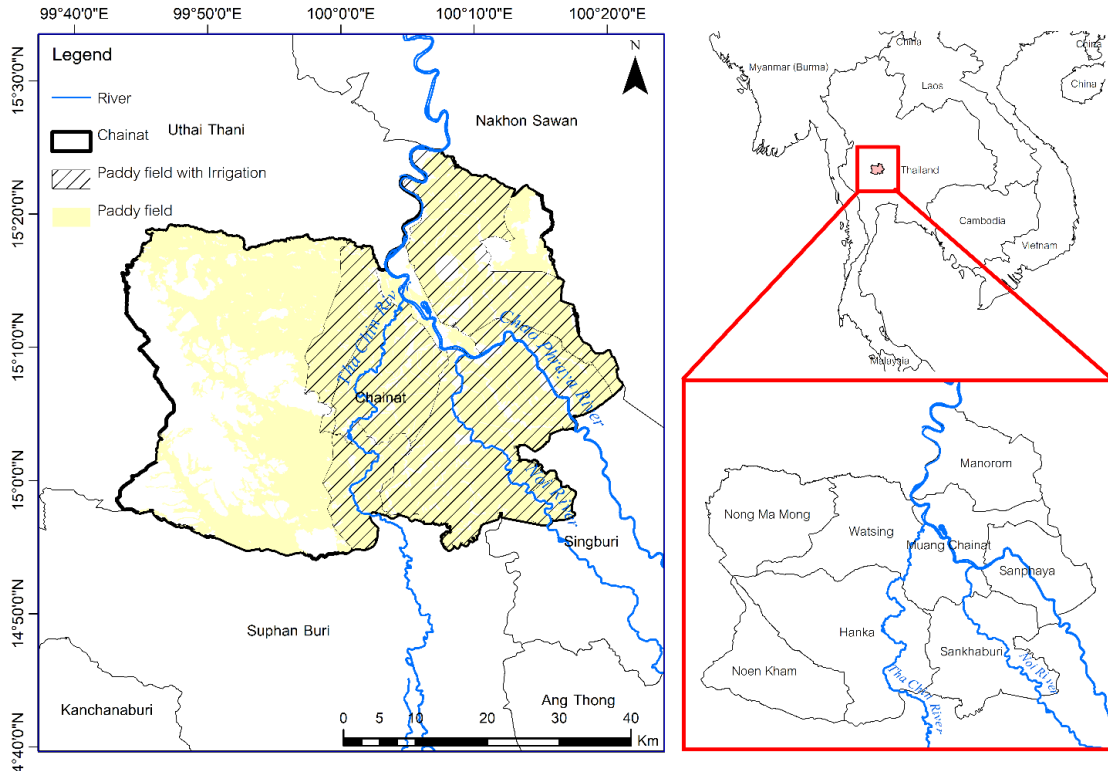


Figure 1 Boundary of Chainat province and the locations of paddy field.

2 อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 พื้นที่ศึกษา

จังหวัดชัยนาท เป็นจังหวัดหนึ่งในภาคกลาง ตั้งอยู่ระหว่างละติจูด 14.9-15.4°N และลองจิจูด 99.7-100.4°E มีพื้นที่ประมาณ 2,469 km² (1,543,125 rai) จังหวัดชัยนาทมีลักษณะภูมิประเทศเป็นพื้นที่ราบลุ่มเป็นส่วนใหญ่ ยกเว้นพื้นที่ฝั่งตะวันตกของจังหวัดเป็นที่ราบถึงพื้นที่ลูกคลื่นสลับภูเขา มีแม่น้ำสำคัญไหลผ่าน ได้แก่ แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำท่าจีน และแม่น้ำน้อย (สำนักงานเกษตรจังหวัดชัยนาท, 2559) (Figure 1) สภาพภูมิอากาศ ได้รับอิทธิพลของมรสุม ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี 1,021-1,477 mm. ฝนเริ่มระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม อุณหภูมิเฉลี่ยรายปี 28.1°C สูงสุดช่วงเดือนเมษายน 39°C และต่ำสุด 20°C ช่วงเดือนธันวาคม ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 73% (Figure 2)

จังหวัดชัยนาท มีพื้นที่ชลประทาน 826,936 rai ปลูกข้าวเป็นพืชหลัก ประมาณ 86% (1,283,124 rai) เป็นนาในเขต

ชลประทาน 74% (826,936 rai) และนอกเขตชลประทาน 26% (283,478 rai)

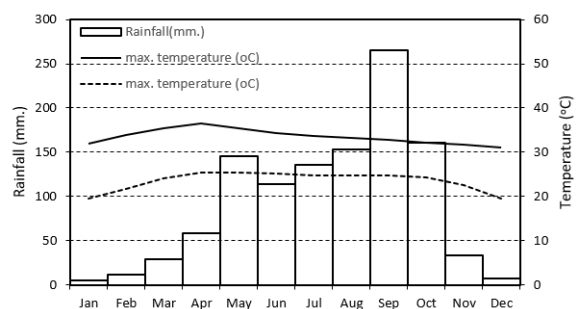


Figure 2 Average monthly temperature and rainfall in Chainat, Thailand (1970-2017).

2.2 การจำลองระบบการผลิตพืช

ระบบการผลิตพืชสำหรับแบบจำลองการเติบโตของพืชแบ่งเป็น 4 ระดับ (Penning de Vries and Laar, 1982), (เอกสิทธิ์ และคณะ, 2550) ได้แก่ (1) ระบบการผลิตพืชเต็มศักยภาพ

(potential crop production system) เป็นแบบจำลองระบบที่กระบวนการเติบโตและพัฒนาการของพืชได้รับปัจจัยการผลิตอย่างเต็มที่ กล่าวคือ มีปริมาณน้ำและธาตุอาหารตามความต้องการ แต่ไม่ถึงระดับที่เป็นพืชต่อพืชและสภาพแวดล้อม (2) ระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัด (water-limited crop production system) อัตราการเติบโตของพืชอาจถูกจำกัดด้วยน้ำในบางช่วงเวลา อย่างไรก็ตาม พืชสามารถมีอัตราการเติบโตเต็มศักยภาพได้เหมือนในระบบแรก ถ้าหากมีปริมาณน้ำเพียงพอต่อความต้องการ กระบวนการที่เพิ่มขึ้นในแบบจำลองระบบนี้ได้แก่ พลวัตของน้ำในดินและพืช น้ำผิวดินและน้ำระบายออกจากระบบ และกระบวนการถ่ายเทความร้อนระหว่าง บรรยากาศ-พืช-ดิน (3) ระบบการผลิตพืชที่ไนโตรเจนเป็นข้อจำกัด (nitrogen-limited crop production system) มีกระบวนการที่เพิ่มขึ้นในแบบจำลองระบบนี้ได้แก่ พลวัตของธาตุไนโตรเจนในดินและพืช (4) ระบบการผลิตพืชที่ธาตุอาหารอื่น ศัตรูพืช และปัจจัยทางสังคมเป็นข้อจำกัด (other plant nutrients, pest, and social factors -limited crop production system) เป็นระบบการผลิตพืชที่มีธาตุอาหารอื่นนอกจากไนโตรเจน มีศัตรูพืช และมีปัจจัยทางสังคมเป็นข้อจำกัดการเติบโตของพืชในระบบการผลิตนี้

2.3 แบบจำลองระบบการปลูกพืช DSSAT

แบบจำลอง DSSAT (Decision Support System for Agro-technology Transfer) (Hoogenboom et al., 2015) พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการจำลองระบบการเพาะปลูก แบบจำลองพืชที่ถูกบรรจุไว้ใน DSSAT ได้แก่ CROPGRO-Soybean, CERES-Rice, CSCRIP-Cassava เป็นต้น โดยข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับแบบจำลองนี้ ได้แก่ ข้อมูลภูมิอากาศ ข้อมูลดิน ข้อมูลการจัดการแปลงปลูกพืช และข้อมูลพืช (Guilpart et al., 2017)

2.4 ผลผลิตภาพของน้ำ

ผลผลิตภาพของน้ำ (water productivity, WP) ซึ่งหมายถึงผลประโยชน์จากการใช้น้ำ เป็นตัวชี้วัดหนึ่งในการประเมินการบริหารจัดการน้ำด้วยวิธีจัดทำบัญชีน้ำ (water accounting) (เอกสิทธิ์และบัญชา, 2545) และแสดงเป็นอัตราส่วน (Kijne et al., 2003) โดยที่ตัวตั้งเป็นผลประโยชน์ที่อยู่ในเทอมทางกายภาพหรือทางเศรษฐศาสตร์ส่วนตัวหารเป็นปริมาณน้ำ โดยมีหน่วยเป็นน้ำหนักหรือมูลค่าของผลผลิตต่อน้ำหนึ่งหน่วย

การประเมินผลผลิตภาพของน้ำ สามารถแยกตามการใช้น้ำออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย ผลผลิตภาพของน้ำเทียบกับปริมาณการคายน้ำ (WP_T) ซึ่งเป็นอัตราส่วนกันระหว่างผลผลิต (yield) หน่วยเป็น $kg\text{-rai}^{-1}$ ต่อปริมาณการคายน้ำ (transpiration) หน่วยเป็น mm. และผลผลิตภาพของน้ำเทียบกับปริมาณการคายระเหยน้ำ (WP_{ET}) ซึ่งเป็นอัตราส่วนกันระหว่างผลผลิต (yield) หน่วยเป็น $kg\text{-rai}^{-1}$ ต่อปริมาณการคายระเหยน้ำ (evapotranspiration) หน่วยเป็น mm. ดังสมการตามลำดับ

$$WP_T = \frac{Yield}{Transpiration} \quad (1)$$

$$WP_{ET} = \frac{Yield}{Evapotranspiration} \quad (2)$$

2.5 ข้อมูลที่ใช้

1) ข้อมูลภูมิอากาศ (climate data) ใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจอากาศเกษตรชยันนาทเป็นตัวแทนของพื้นที่ศึกษา เป็นข้อมูลรายวัน 48 ปี (พ.ศ.2513-2560) ประกอบด้วย อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด ความยาวนานชั่วโมงแสงแดด ปริมาณน้ำฝน และคำนวณปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ด้วยโปรแกรม Weatherman ซึ่งเป็นโมดูลเตรียมข้อมูลภูมิอากาศของแบบจำลอง DSSAT โดยใช้ข้อมูลความยาวนานชั่วโมงแสงแดด (Hargreaves and Samani, 1985)

2) ข้อมูลดิน (soil data) จากกรมพัฒนาที่ดิน โดยเลือกข้อมูลดินของกลุ่มชุดดินทั้ง 26 ชุดในจังหวัดชยันนาท (สลิระ และคณะ, 2547) เป็นข้อมูลคุณสมบัติทางกายภาพและทางศาสตร์ของดิน จัดเตรียมข้อมูลด้วยโมดูล SBuild ใน DSSAT (Ritchie, 1998)

3) การจัดการแปลงเพาะปลูก (management data) เป็นข้อมูลในการกำหนดพารามิเตอร์ต่างๆ สำหรับรันโปรแกรม โดยกำหนดรูปแบบการปลูกเป็นนาหว่าน กำหนดวันที่ 13 ก.ค.เป็นวันเริ่มปลูก จำนวนเมล็ดต่อพื้นที่ 280 $grain\text{-m}^{-2}$ ระยะปลูกห่างกัน 1 cm. ความลึกในการหยอดเมล็ดกำหนดไว้ 1 cm. กำหนดให้ปุ๋ย 2 ครั้ง ในอัตราส่วนครั้งละ 25 $kg\text{-rai}^{-1}$ ให้ครั้งแรก 20 วันและครั้งที่สอง 60 วันหลังจากเพาะปลูก เมื่อเริ่มปลูกกำหนดความสูงคันนาไว้ 15 cm. ในระบบให้น้ำชลประทาน และ 30 cm. ในระบบไม่ให้น้ำชลประทาน

4) ข้อมูลพืช (genetic coefficients, GC) เป็นข้อมูลพารามิเตอร์ข้าวที่มีการปรับเทียบแล้วในฐานข้อมูล DSSAT ในการศึกษาโดยเลือกใช้พันธุ์ข้าวชยันนาท 1 (ศูนย์วิจัยข้าวชยันนาท, 2554) เป็นตัวแทนของพื้นที่ศึกษา ข้าวพันธุ์ชยันนาท 1 เป็นข้าวเจ้า ไม้ไวต่อช่วงแสง ปลูกได้ทั้งนาปีและนาปรัง อายุข้าวประมาณ 121-130 วัน มีลักษณะทรงกอตั้ง รวงยาวแน่น คอรวงสั้น เมล็ดยาวเรียวยาว ระยะพักตัวของเมล็ดประมาณ 8 สัปดาห์

5) ข้อมูลแผนที่ชุดดิน จากกรมพัฒนาที่ดิน เป็นข้อมูลหลักในการกำหนดคุณสมบัติทางกายภาพของดิน โดยข้อมูลกลุ่มชุดดินในพื้นที่ศึกษามีทั้ง 26 กลุ่มชุดดิน โดยแสดงเฉพาะ 9 กลุ่มชุดดินหลักในจังหวัดชยันนาท ดังแสดงใน Figure 3

6) ข้อมูลแผนที่การใช้ที่ดิน และแผนที่ขอบเขตจังหวัด เป็นข้อมูล shp. ไฟล์ ประกอบด้วย การใช้ประโยชน์ที่ดิน แม่น้ำ ขอบเขตจังหวัด เป็นต้น สำหรับทำข้อมูลเชิงพื้นที่



Figure 3 Major soil groups in Chainat province.

2.6 วิธีการ

การจัดทำแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว ได้เลือกแบบจำลอง DSSAT-CERES การสร้างแบบจำลองใช้ข้อมูลภูมิอากาศ ข้อมูลดิน ข้อมูลการจัดการแปลงปลูกพืช และข้อมูลพืช การจำลองสถานการณ์เป็นจำลองการปลูกข้าวในปีเป็นรายวัน จากวันที่เริ่มปลูก (13 กรกฎาคม) ถึงวันที่เก็บเกี่ยวจำนวน 48 ฤดูเพาะปลูก (พ.ศ.2513-2560)

การกำหนดสถานการณ์ในการศึกษาเป็นการกำหนดเงื่อนไขในการรันแบบจำลอง โดยกำหนด 2 ระบบการปลูกข้าว (Table 1) ประกอบด้วย (1) การปลูกข้าวในระบบเกษตรชลประทาน (irrigated rice-production system [IRR]) และ (2) การปลูกข้าวในระบบเกษตรน้ำฝน (rain-fed rice-production system [RAIN]) ระบบนี้ข้าวใช้น้ำฝนอย่างเดียวไม่มีการให้น้ำชลประทาน

การสร้างแบบจำลองเชิงพื้นที่ใช้โปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ ประกอบด้วย ข้อมูลการใช้ที่ดิน ขอบเขตจังหวัด และข้อมูลแผนที่จุดดิน สำหรับนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial data) ชั้นแรกเป็นการกำหนดขอบเขตการศึกษาโดยใช้ ข้อมูลการใช้ที่ดินเฉพาะปลูกข้าว และข้อมูลแผนที่ดิน ถัดมา เป็นการเชื่อมโยงข้อมูลพารามิเตอร์ของข้อมูลแผนที่ดินกับฐานข้อมูลดินของ DSSAT

3 ผลและวิจารณ์

3.1 ผลผลิตข้าวนาปีของจังหวัดชัยนาท

ผลการจำลองระบบการปลูกข้าว 2 ระบบ ดังแสดงใน Figure 4 ซึ่งแสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณผลผลิตแห้งตลอดช่วงเพาะปลูก

(dry grain yield [Y]) ตามชุดดินหลัก (major soil group) ภายใต้ระบบการปลูกข้าว 2 ระบบ ประกอบด้วย การปลูกข้าวในระบบเกษตรชลประทาน (กรณี 1 [IRR]) (Figure 4-A) และการปลูกข้าวในระบบเกษตรน้ำฝน (กรณี 2 [RAIN]) (Figure 4-B)

ผลผลิตของข้าวจากแบบจำลอง (Table 1) กรณี 1 [IRR] มีค่าเฉลี่ยผลผลิตข้าว $803 \text{ kg}\cdot\text{rai}^{-1}$ สูงกว่ากรณี 2 [RAIN] อยู่ $89 \text{ kg}\cdot\text{rai}^{-1}$ ($714 \text{ kg}\cdot\text{rai}^{-1}$) เมื่อเปรียบเทียบกับกรณี 1 [IRR] กับกรณี 2 [RAIN] ความแปรปรวนของผลผลิตจากค่าพิสัย (range) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation [SD]) พบว่า กรณีไม่ให้น้ำชลประทาน (กรณี 2) มีความแปรปรวนสูงกว่า (พิสัย $811 \text{ kg}\cdot\text{rai}^{-1}$, SD $220 \text{ kg}\cdot\text{rai}^{-1}$) เมื่อเทียบกับกรณีให้น้ำชลประทาน (กรณี 1) (พิสัย $211 \text{ kg}\cdot\text{rai}^{-1}$, SD $49 \text{ kg}\cdot\text{rai}^{-1}$)

Figure 4 กรณี 1 [IRR] (Figure 4-A) พื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดให้ผลผลิตที่สูงกว่า กรณี 2 [RAIN] (Figure 4-B) พื้นที่ที่ให้ผลผลิตสูงเหมือนกันบริเวณชุดดินหลักที่ 6 ส่วนบริเวณที่ให้ผลผลิตน้อยบริเวณชุดดินหลักที่ 7 เมื่อพิจารณาชุดดินหลักที่ 7 กรณีไม่ให้น้ำชลประทาน เมื่อมีการให้น้ำเพียงพอสามารถที่จะเพิ่มผลผลิตได้เทียบเท่ากับกรณีให้น้ำชลประทาน ส่วนชุดดินหลักที่ 6 มีอินทรีย์วัตถุ (organic carbon) บริเวณเขตรากพืชสูงทำให้ผลผลิตสูงทั้ง 2 กรณี

การให้น้ำชลประทานเพิ่มค่าเฉลี่ยผลผลิตของกรณี 1 [IRR] เป็น $803 \text{ kg}\cdot\text{rai}^{-1}$ เมื่อเทียบกับกรณี 2 [RAIN] ($714 \text{ kg}\cdot\text{rai}^{-1}$) เพิ่มขึ้น (12.4%) และลด SD จาก $220 \text{ kg}\cdot\text{rai}^{-1}$ เหลือ $49 \text{ kg}\cdot\text{rai}^{-1}$ พบว่า ปริมาณการคายระเหย [ET] เป็นผลรวมของการระเหยจากผิวดิน [Es] การระเหยจากผิวน้ำ [Ew] และการคายน้ำของพืช [T] ซึ่งปริมาณการคายน้ำของพืชเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับผลผลิตที่เพิ่มขึ้นและ

Table 1 Water balance components and crop components under 2 rice production systems.

Water balance components (mm)	(1) IRR	(2) RAIN
Rainfall [R]	617.7	632.9
Irrigation [I]	385.3	0.0
Total evapotranspiration [ET]	492.5	437.2
Soil evaporation [Es]	7.0	166.1
Water evaporation [Ew]	291.8	91.0
Crop transpiration [T]	193.6	180.1
Vertical percolation [P]	214.4	108.6
Runoff over bund [RO]	146.1	4.3
Flood depth (initial)	0.0	0.0
Flood depth (final)	104.6	59.6
Crop components		
Total growing period (day)	98	104
Grain yield (kg-rai ⁻¹)		
Max	893	1,034
Mean	803	714
Min	682	223
Range	211	811
Standard deviation	49	220
Water productivity (kg-m ⁻³)		
WP _T	2.6	2.5
WP _{ET}	1.0	1.0

Remark: (1) IRR = irrigated system, (2) RAIN = rain-fed system

3.2 ปริมาณการใช้น้ำของข้าว

องค์ประกอบการใช้น้ำของข้าวจากผลการจำลองระบบการปลูกข้าว 2 ระบบตามชุดดินหลัก (major soil group) ดังแสดงใน Figure 5 ซึ่งแสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณการคายระเหย (total evapotranspiration [ET]) ในกรณีให้น้ำชลประทาน (กรณี 1 [IRR]) (Figure 5-A) และไม่ให้น้ำชลประทาน (กรณี 2 [RAIN]) (Figure 5-B) ส่วนค่าเฉลี่ยการคายน้ำของพืช (crop transpiration [T]) ใน Figure 6 กรณีให้น้ำชลประทาน (กรณี 1 [IRR]) (Figure 6-A) และไม่ให้น้ำชลประทาน (กรณี 2 [RAIN]) (Figure 6-B)

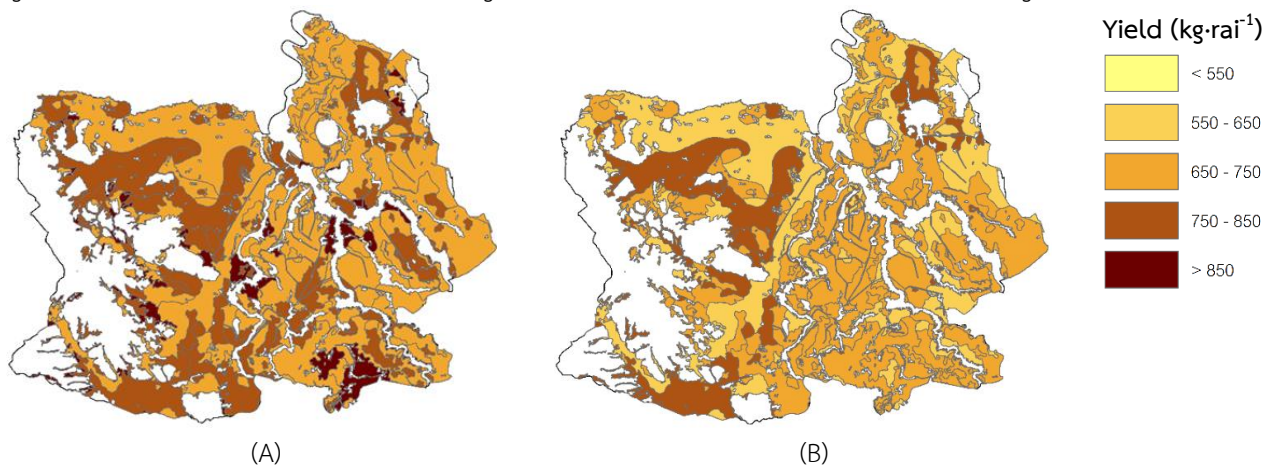


Figure 4 Simulated dry grain yield of Chainat province under (A) irrigated rice-production system [IRR] and (B) rainfed rice-production system [RAIN].

ปริมาณการใช้น้ำของข้าวเป็นผลรวมระหว่างการคายระเหย [ET] และน้ำซึมผ่านดิน [P] กรณีให้น้ำชลประทาน การใช้น้ำของข้าว 706.9 mm (ET=492.5 mm + P=214.4 mm). (Table 1) ส่วนกรณีไม่ให้น้ำชลประทานมีค่า 545.8 mm (ET=437.2 mm + P=108.6 mm)

ปริมาณการคายระเหย เป็นผลรวมจากการระเหยจากผิวดิน [Es] การระเหยจากผิวน้ำ [Ew] และการคายน้ำของพืช [T] (Table 1) กรณีให้น้ำชลประทาน กรณี 1 [IRR] ปริมาณระเหยคายน้ำรวมมีค่า 492.5 mm สูงกว่ากรณีไม่ให้น้ำชลประทาน กรณี 2 (RAIN) ประมาณ 55.3 mm (437.2 mm) ส่วนการคายน้ำของพืช [T] (193.6 mm) และการระเหยจากผิวน้ำ [Ew] (291.8 mm) ในกรณี 1 [IRR] มีค่าสูงกว่ากรณี 2 (RAIN) (T=180.1 mm, Ew=91.0 mm) ยกเว้นการระเหยจากผิวดิน [Es] ซึ่งกรณี 2 (RAIN) (Es=166.1 mm) มีค่าสูงกว่ากรณี 1 [IRR] (Es=7.0 mm)

Figure 5 แสดงปริมาณการคายระเหย [ET] พบว่า กรณี 1 [IRR] (Figure 5-C) และกรณี 2 [RAIN] (Figure 5-D) มีพื้นที่ที่ปริมาณระเหยคายน้ำรวมสูงอยู่บริเวณชุดดินหลักที่ 6 ส่วนปริมาณการคายน้ำของพืช [T] (Figure 6) กรณี 1 [IRR] (Figure

6-A) และกรณี 2 [RAIN] (Figure 6-B) มีปริมาณการคายน้ำของพืชสูงบริเวณชุดดินหลักที่ 3 และ 6 ยกเว้นบริเวณชุดดินหลักที่ 7 ปริมาณคายน้ำของพืชน้อย ซึ่งเป็นผลจากการขาดน้ำในกรณีขาดน้ำชลประทาน สัมพันธ์กับปริมาณของผลผลิตที่ลดลงตามปริมาณการคายน้ำของพืช

การใช้น้ำของข้าว กรณีให้น้ำชลประทานมีค่าประมาณ 700 mm ส่วนกรณีไม่ให้น้ำชลประทาน มีค่าประมาณ 500 mm ซึ่งปริมาณการคายระเหย [ET] เป็นผลรวมจากการระเหยจากผิวดิน [Es] การระเหยจากผิวน้ำ [Ew] และการคายน้ำของพืช [T] พบว่ากรณีให้น้ำชลประทาน การระเหยจากผิวน้ำ [Ew] เป็นการระเหยจากน้ำท่วมขังในแปลงนา การจะลดการระเหยจากผิวน้ำ อาจทำได้โดยการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง และการคายน้ำของพืช [T] เพิ่มขึ้นสอดคล้องกับปริมาณผลผลิตที่เพิ่มขึ้น ส่วนกรณีไม่ให้น้ำชลประทาน การระเหยจากผิวดิน [Es] ขึ้นกับการระเหยจากน้ำท่วมขังในแปลงนาในช่วงเวลาเพาะปลูก การจะลดการระเหยจากผิวน้ำอาจทำได้โดยการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งผลผลิตภาพของน้ำสำหรับปลูกข้าวในจังหวัดชัยนาท

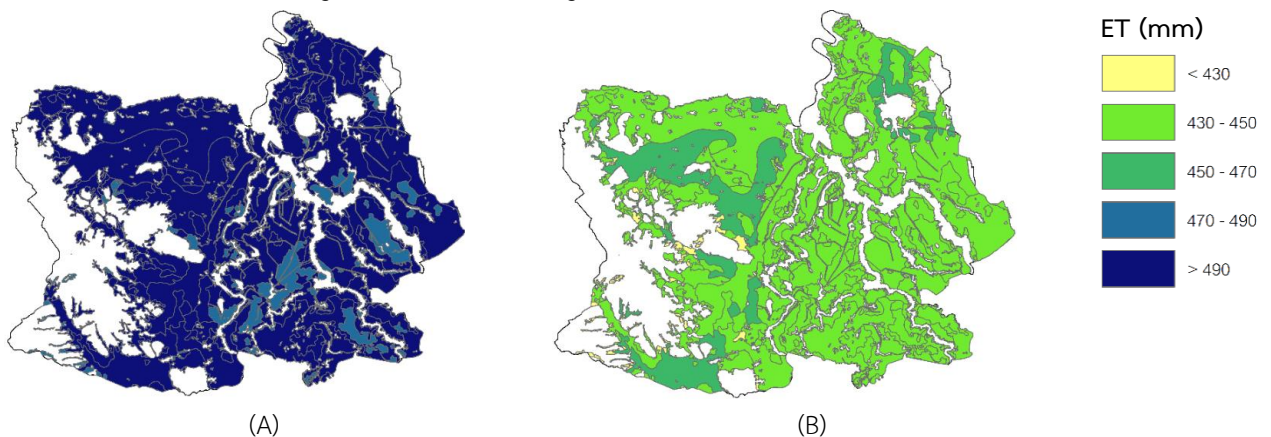


Figure 5 Simulated total evapotranspiration of Chainat province under (A) irrigated rice-production system [IRR] and (B) rainfed rice-production system [RAIN].

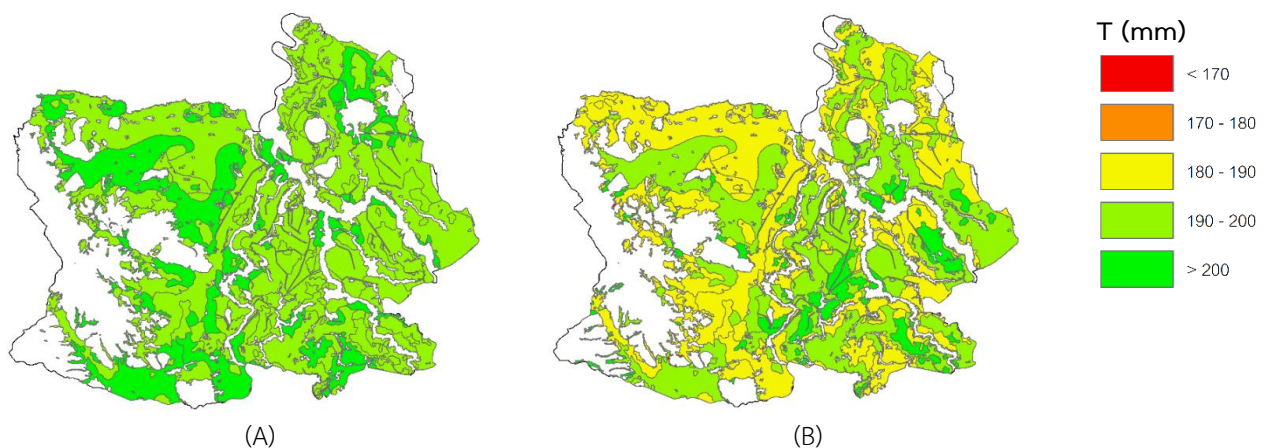


Figure 6 Simulated crop transpiration of Chainat province under (A) irrigated rice-production system [IRR] and (B) rainfed rice-production system [RAIN].

3.3 ผลผลิตภาพของน้ำสำหรับปลูกข้าวในจังหวัดชัยนาท

ผลผลิตภาพของน้ำ [WP] จำลองภายใต้ระบบการปลูกข้าว 2 ระบบตามชุดดินหลัก (major soil group) ดังแสดงใน Figure 7 ซึ่งแสดงผลผลิตภาพของน้ำเทียบกับปริมาณการคายน้ำ (WP_T) ประกอบด้วย กรณีให้น้ำชลประทาน (Figure 7-A) และกรณีไม่ให้น้ำชลประทาน (Figure 7-B) ส่วนผลผลิตภาพของน้ำเทียบกับปริมาณการระเหยคายน้ำ (WP_{ET}) แสดงใน Figure 8 ประกอบด้วย กรณีให้น้ำชลประทาน (Figure 8-A) และกรณีไม่ให้น้ำชลประทาน (Figure 8-B)

ผลผลิตภาพของน้ำเทียบกับปริมาณการคายน้ำ (WP_T) เป็นปริมาณผลผลิตแห้ง [Y] ต่อปริมาณใช้น้ำของพืช [T] (Table 1) ในกรณีให้น้ำชลประทาน กรณี 1 [IRR] มีค่า $2.6 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ สูงกว่ากรณีไม่ให้น้ำชลประทาน กรณี 2 [RAIN] ($2.5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$) ส่วนผลผลิตภาพของน้ำเทียบกับปริมาณการระเหยคายน้ำ (WP_{ET}) เป็น

ปริมาณผลผลิตแห้ง [Y] ต่อปริมาณการคายระเหย [ET] ทั้งกรณี 2 กรณีมีค่าเท่ากับ $1.0 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

เมื่อเปรียบเทียบกรณีให้น้ำชลประทาน กรณี 1 [IRR] เทียบกับกรณีไม่ให้น้ำชลประทาน กรณี 2 [RAIN] พบว่า ผลผลิตภาพของน้ำเทียบกับปริมาณการคายน้ำ (WP_T) (Figure 7) มีค่าใกล้เคียงกันทั้ง 2 กรณี บริเวณที่ให้ผลผลิตสูงเป็นชุดดินหลักที่ 6 ซึ่งสัมพันธ์กับพื้นที่ผลผลิตภาพของน้ำเทียบกับปริมาณการระเหยคายน้ำ (WP_{ET}) (Figure 8) ซึ่ง Bouman et al. (2007) ได้เสนอค่า $WP_T = 2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, ผลผลิตภาพของน้ำเทียบกับปริมาณการระเหยคายน้ำ (WP_{ET}) ค่าเฉลี่ย $1.1 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ (Range $0.6\text{-}1.6 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$) การที่ผลผลิตภาพของน้ำเทียบกับปริมาณการคายน้ำ (WP_T) เพิ่มขึ้นนั้นสอดคล้องกับปริมาณการคายน้ำของพืช [T] แปรผันกับผลผลิตภาพของน้ำเทียบกับปริมาณการระเหยคายน้ำ (WP_{ET}) ซึ่งเป็นผลรวม [$ET=Es+Ew+T$] ปัจจัยทั้ง 3 ตัวเกิดจากการให้น้ำชลประทาน การจัดการแปลงและชุดดินที่ต่างกัน

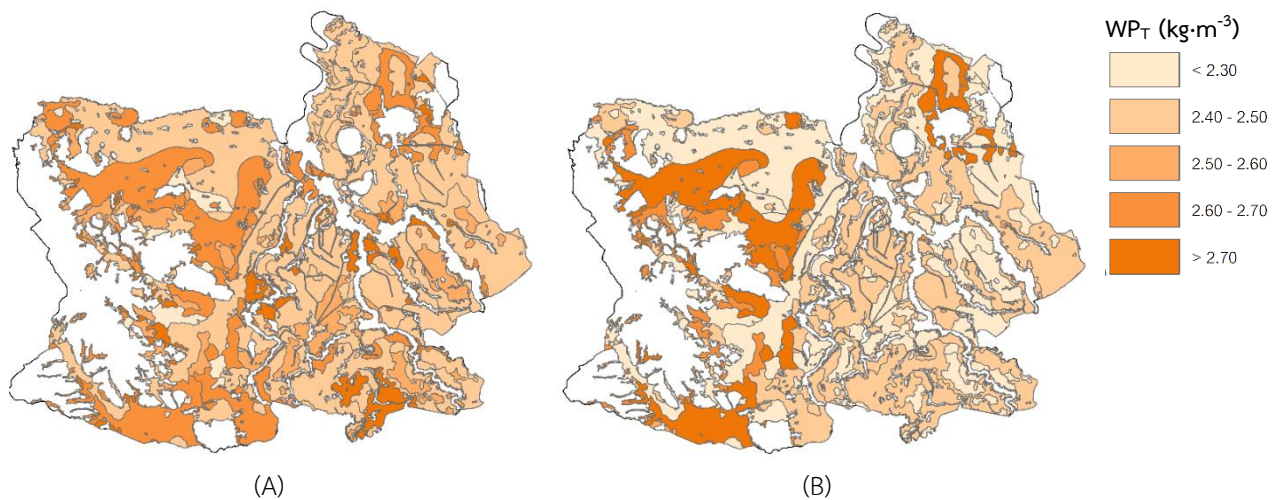


Figure 7 Water productivity with respect to transpiration (WP_T) of Chainat province under (A) irrigated rice-production system [IRR] and (B) rainfed rice-production system [RAIN].

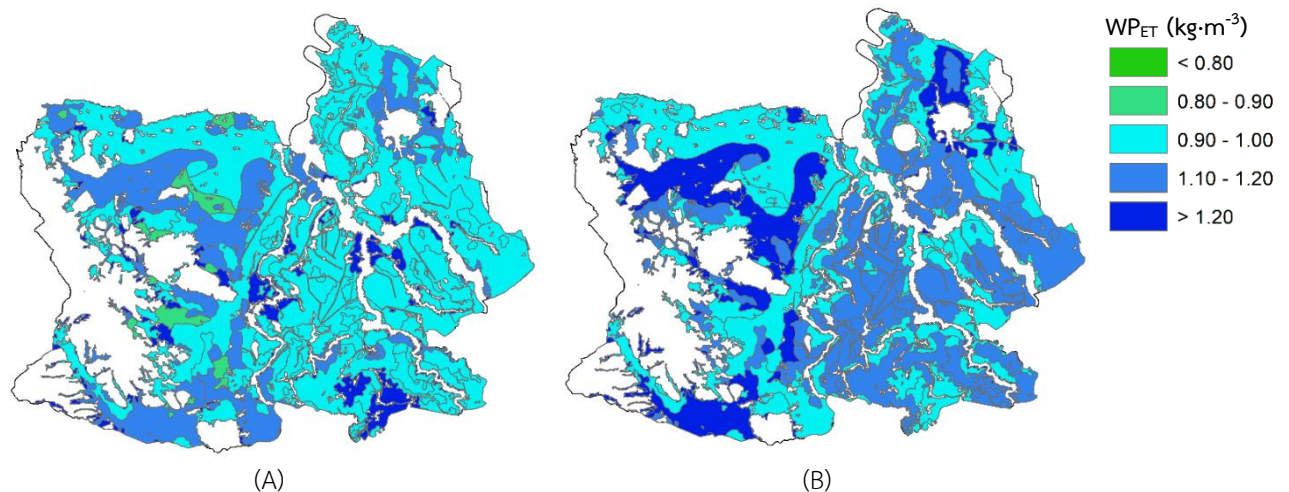


Figure 8 Water productivity with respect to Total evapotranspiration (WP_{ET}) of Chainat province under (A) irrigated rice-production system [IRR] and (B) rainfed rice-production system [RAIN].

4 สรุป

งานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์แบบจำลองระบบการปลูกพืช DSSAT ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับประเมินค่าผลผลิตภาพของน้ำเชิงพื้นที่สำหรับการปลูกข้าวในจังหวัดชัยนาท โดยจำลองระบบการเพาะปลูกข้าว 2 กรณี พบว่า ปริมาณการใช้น้ำของข้าว [ET+P] กรณีปลูกข้าวในระบบเกษตรชลประทานมีค่าประมาณ 700 mm. ส่วนกรณีปลูกข้าวในระบบเกษตรน้ำฝนมีค่าประมาณ 500 mm. ผลผลิตภาพของน้ำเทียบกับปริมาณการคายน้ำ (WP+) กรณีปลูกในระบบชลประทานมีค่า $2.6 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ และกรณีปลูกข้าวในระบบน้ำฝนมีค่า $2.5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ส่วนผลผลิตภาพของน้ำเทียบกับปริมาณการระเหยคายน้ำ (WP_{ET}) ทั้ง 2 กรณีมีค่า $1.0 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ เท่ากัน

ผลผลิตข้าวในระบบชลประทาน [IRR] มีผลผลิตเฉลี่ย $803 \text{ kg}\cdot\text{rai}^{-1}$ และผลผลิตลดลงในกรณีขาดน้ำ ผลผลิตข้าวในระบบน้ำฝน [RAIN] มีความแปรปรวนสูง (Range $811 \text{ kg}\cdot\text{rai}^{-1}$, SD $220 \text{ kg}\cdot\text{rai}^{-1}$) การให้น้ำชลประทานเพิ่มค่าเฉลี่ยผลผลิต 12.4% ($714 \text{ kg}\cdot\text{rai}^{-1}$ [RAIN] เป็น $803 \text{ kg}\cdot\text{rai}^{-1}$ [IRR]) และลดความแปรปรวนลง (SD ลดจาก $220 \text{ kg}\cdot\text{rai}^{-1}$ เหลือ $49 \text{ kg}\cdot\text{rai}^{-1}$)

การปลูกข้าวในระบบชลประทานสามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตและช่วยรักษาเสถียรภาพผลผลิตในกรณีที่ฝนแปรปรวน ส่วนกลุ่มชุดดินที่มีผลผลิตภาพของน้ำสูง มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวมีคุณสมบัติน้ำไหลผ่านช้าและมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูง ทำให้ผลผลิตที่สูง การบริหารจัดการน้ำ การใส่ปุ๋ยและการปรับปรุงบำรุงดิน เป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มผลผลิตภาพของน้ำให้เกิดความคุ้มค่าสูงสุด

5 กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และคณะผู้วิจัยขอขอบคุณหน่วยงานที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลสำหรับงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย กรมอุตุนิยมวิทยา กรมชลประทาน กรมพัฒนาที่ดิน กรมการข้าว และขอขอบคุณกลุ่มผู้พัฒนาโปรแกรม DSSAT ที่มีอภิสิทธิ์ซอฟต์แวร์สำหรับการศึกษานี้

6 เอกสารอ้างอิง

จิรวัดน์ เวชแพศน์ และคณะ. 2543. การประเมินค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของข้าวสำหรับแบบจำลอง CERES-Rice. ใน: เมธี เอกะสิงห์ และคณะ (บรรณาธิการ). โครงการระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช: ข้าวในภาคเหนือ (น 141-165). กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).

ชาญณรงค์ ตั้งคณาทรัพย์. 2551. การวิเคราะห์ผลผลิตภาพของน้ำสำหรับการปลูกข้าว ในพื้นที่โครงการเจ้าพระยาตอนบน โดยใช้แบบจำลองพยากรณ์ผลผลิตพืชและเทคนิคการสำรวจ

ระยะไกล. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เมธี เอกะสิงห์ และคณะ (บรรณาธิการ). 2543. ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช: ข้าวในภาคเหนือ. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).

ศักดิ์ จงแก้ววัฒนา และคณะ. 2543. การทดสอบแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว CERES-Rice ภายใต้การจัดการน้ำและระดับปุ๋ยไนโตรเจนที่ต่างกัน. ใน: เมธี เอกะสิงห์ และคณะ (บรรณาธิการ). โครงการระบบสนับสนุนการตัดสินใจการผลิตพืช: ข้าวในภาคเหนือ (น. 167-189). กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).

ศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท. 2554. ชัยนาท 1 (Chai Nat 1). กรุงเทพฯ: กรมการข้าว.

สฤทธ อดุมศรี และคณะ. 2547. การกำหนดลักษณะของชุดดินที่จัดตั้งในภาคกลางของประเทศไทยจำแนกใหม่ตามระบบอนุกรมวิธานดิน 2546. เอกสารวิชาการฉบับที่ 520. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน.

สำนักงานเกษตรจังหวัดชัยนาท. 2559. ข้อมูลพื้นฐานการเกษตร ปี 2558. ชัยนาท: กรมส่งเสริมการเกษตร

เอกสิทธิ์ ไชยสิทธิ์ และคณะ. 2550. แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชสำหรับการประเมินผลผลิตและการใช้น้ำของพืชในพื้นที่ชลประทาน. โครงการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำในการเพาะปลูก. รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์. นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกสิทธิ์ ไชยสิทธิ์, บัญชา ขวัญยืน. 2545. การจัดทำบัญชีน้ำในลุ่มน้ำแม่ น้ำแม่กลอง. วิศวกรรมสาร มก., 47(16), 122-133.

Bouman, B.A.M., Humphreys, E., Tuong, T.P., Barker, R. 2007. Rice and water. *Advances in agronomy* 92, 187-237

Guilpart, N., Grassini, P., Sadras, V.O., Timsina, J., Cassman, K.G. 2017. Estimating yield gaps at the cropping system level. *Field Crops Research* 206, 21-32.

Hargreaves, G.H., Samani, Z. 1985. Reference crop evapotranspiration from temperature. *Applied Engineering in Agriculture* 1(2), 96-99.

Hoogenboom, G., Jones, J.W., Wilkens, P.W., Porter, C. H., Boote, K. J., Hunt, L.A., Ogoshi, R. 2015. Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) Version 4.6. DSSAT Foundation, Prosser, Washington.

Kijne, J.W., Barker, R., Molden, D.J. 2003. *Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunities for Improvement*. Oxfordshire, UK: CABI Publishing.

- Molden, D. 1997. Accounting for water use and productivity. Colombo: International Irrigation Management Institute (IWMI).
- Penning de Vries, F.W.T., Van Laar, H.H. 1982. Simulation of plant growth and crop production. Wageningen: Centre for Agricultural Publishing and Documentation (Pudoc).
- Ritchie, J.T. 1998. Soil water balance and plant water stress. In Tsuji, G.Y., Hoogenboom, G., Thornton, P.K. (Eds.), Understanding Options for Agricultural Production (pp. 41-54). Dordrecht, Netherlands: Springer.
- Van Dam, J.C., Malik, R.S. 2003. Water productivity of irrigated crops in Sirsa district, India: Integration of remote sensing, crop and soil models and geographical information systems. Wageningen: WATPRO Project, Wageningen University & Research.