การประเมินผลของความแปรปรวนภูมิอากาศต่อศักยภาพผลผลิตของข้าวนาสวนในจังหวัดชัยนาทด้วยแบบจำลอง DSSAT-CERES

Assessment of the Effectof Climate Variability on Yield Potential of Lowland Rice in Chainat Province using DSSAT-CERES

เอกพันธ์ มาเลิศ[1,2] และ เอกสิทธิ์ โฆสิตสกุลชัย[1]

Aekaphan Marled[1,2] and EkasitKositsakulchai[1]

[1] ห้องปฏิบัติการวิจัยการติดตามและการจัดการทางอุทกวิทยาเกษตรด้วยระบบอัจฉริยะ (INAMM)

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

[2] โครงการส่งน้ำและและบำรุงรักษาพลเทพ สำนักงานชลประทานที่ 12

กรมชลประทาน ชัยนาท 17000

e-mail: aekaphan.ma@ku.th, ekasit.k@ku.th

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการศึกษาความแปรปรวนของปัจจัยทางภูมิอากาศที่มีผลกระทบต่อศักยภาพผลผลิตข้าวในพื้นที่จังหวัดชัยนาทโดยใช้แบบจำลอง DSSAT การดำเนินงานวิจัยประกอบด้วย การประเมินผลผลิตข้าวด้วยโมดูลแบบจำลองพืช CERES-RICE ใน DSSAT โดยการจำลองสถานการณ์ภายใต้เงื่อนไขระบบการผลิตพืชสูงสุดและเงื่อนไขระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นปัจจัยจำกัด ข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลภูมิอากาศและปริมาณฝนรายวันจากสถานีอุตุนิยมวิทยาชัยนาท ระหว่างปี พ.ศ.2513 ถึง พ.ศ. 2560 รวม 48 ปี ผลการศึกษาพบว่า แบบจำลองการเติบโตพืชประเมินศักยภาพผลผลิตข้าวของจังหวัดชัยนาทมีความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 1,000 ถึง 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ โดยความแปรปรวนของพลังงานแสงอาทิตย์เป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อศักยภาพผลผลิตข้าวและอุณหภูมิมีผลต่อจำนวนวันที่เพาะปลูก ส่วนในการจำลองสถานการณ์ด้วยเงื่อนไขระบบการผลิตที่มีน้ำจำกัด ปริมาณผลผลิตข้าวอยู่ระหว่าง 350 ถึง 1,200 กิโลกรัมต่อไร่ แปรผันตามปริมาณฝนระหว่างช่วงเพาะปลูกการศึกษาปัจจัยภูมิอากาศที่มีผลต่อความแปรปรวนต่อผลผลิตข้าวสามารถนำไปประยุกต์สำหรับการประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ หรืออาจใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการปรับตัวในอนาคต

คำสำคัญ: *แบบจำลองพืช, ข้าว, ภูมิอากาศ*

Abstract

The effects of climate variability on yield potential of lowland rice in Chainat province were studied usingthe Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) software. The CERES-RICE crop moduleof DSSAT was selected for simulating rice yields under potential production and water-limited production systems using climate and rainfall from 1970-2015. The effects of temperature, solar radiation and rainfall on rice grain yield were investigated. In the potential production system the rice yield varied from 6,875-7,500 kg-ha^{-1} depending on the total energy of solar radiation during the growing season; warmer temperatures led to shorter growing seasons. In the water-limited production system the rice yield varied directly with the amount of rainfall from 2,200-7500 kg-ha^{-1}. The results enabled stakeholders to evaluate the impact of climate variabilityand to identify adaptation strategies under future changing climate.

Keywords: Crop model, Rice, Climate

คำนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่อสังคมไทย ไม่เพียงแต่เป็นแหล่งอาหารที่ให้คาร์โบไฮเดรตประจำวัน ในแต่ละปีข้าวที่เหลือจากการบริโภคถูกส่งไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศ (อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น และนพพร คล้ายพงษ์พันธุ์, 2547) สภาพภูมิอากาศเป็นปัจจัยธรรมชาติที่มีผลต่อการปลูกข้าวอย่างมาก โดยเฉพาะในประเทศไทยซึ่งพื้นที่ทำการเกษตรส่วนใหญ่อาศัยน้ำฝน ความแปรปรวนภูมิอากาศ (climate variability) เป็นสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาที่มากกว่าช่วงฤดูกาลหรือช่วงปี (Aggarwal & Penning de Vries, 1989) เช่น ฤดูฝนที่บางปีมีปริมาณฝนตกน้อยกว่าปีอื่น ๆ ซึ่งต่างจากค่าเฉลี่ย แต่ไม่ส่งผลแตกต่างทางสถิติในระดับยาวนานปัจจัยเหล่านี้ล้วนส่งผลโดยตรงต่อการปลูกข้าว การศึกษาที่ผ่านมามีการใช้เทคนิคต่างๆ และใช้ข้อมูลทางภูมิอากาศสำหรับการวิเคราะห์ผลกระทบของความแปรปรวนภูมิอากาศต่อผลผลิตข้าว โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การใช้แบบจำลองพืชสำหรับประเมินผลผลิต

จังหวัดชัยนาท เป็นจังหวัดหนึ่งในภาคกลางมีพื้นที่ทั้งหมด 1.62 ล้านไร่ เป็นพื้นที่ปลูกข้าว 0.88 ล้านไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรที่ 7, 2560) ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 เป็นพันธุ์ข้าวที่ได้รับความนิยมจากเกษตรในพื้นที่ เนื่องจากให้ผลผลิตสูงคุณภาพเมล็ดดี และมีความต้านทานต่อโรคแมลงสูง โดยปลูกในฤดูนาปี ช่วงเดือนกรกฎาคม-ตุลาคม และเก็บเกี่ยวช่วงเดือนพฤศจิกายน ผลผลิตข้าวนาปีของจังหวัดชัยนาทย้อนหลัง 3 ปีเพาะปลูก ตั้งแต่ปี พ.ศ.2558-2560 มีผลผลิตต่อไร่ประมาณ 658-678 kg-Rai^{-1} และข้าวนาปรังมีผลผลิตต่อไร่ประมาณ 608-703 kg-Rai^{-1}(สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561)

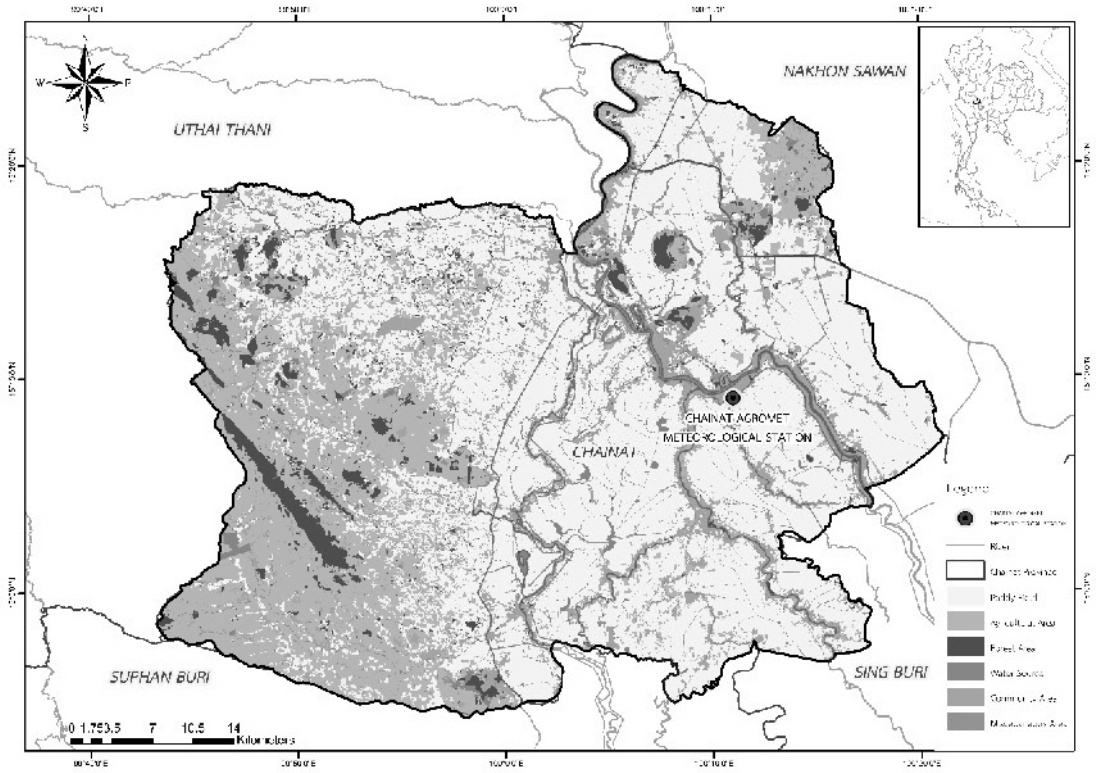
การประเมินผลของความแปรปรวนภูมิอากาศต่อศักยภาพผลผลิตข้าวมีจุดมุ่งหมายเพื่อประเมินผลผลิตข้าวในพื้นที่จังหวัดชัยนาท แม้บางปีจะประสบปัญหาภัยธรรมชาติ และราคาข้าวตกต่ำ จึงทำให้การแก้ปัญหาไม่ทันเวลา จึงจำเป็นต้องมีการคาดคะเนผลผลิตข้าว ที่มีความถูกต้อง แม่นยำ และทันเวลา เพื่อที่จะประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ หรือเป็นแนวทางในวางแผนปรับตัวในอนาคต

บทความนี้มีเป้าหมายเพื่อประเมินอิทธิพลของภูมิอากาศต่อการผลิตข้าวในระดับศักยภาพผลผลิตและอายุการเก็บเกี่ยวในพื้นที่จังหวัดชัยนาท โดยประยุกต์แบบจำลอง DSSAT-CERES สำหรับจำลองสถานการณ์การเจริญเติบโตของข้าวภายใต้สภาพความแปรปรวนของภูมิอากาศ

อุปกรณ์และวิธีการ

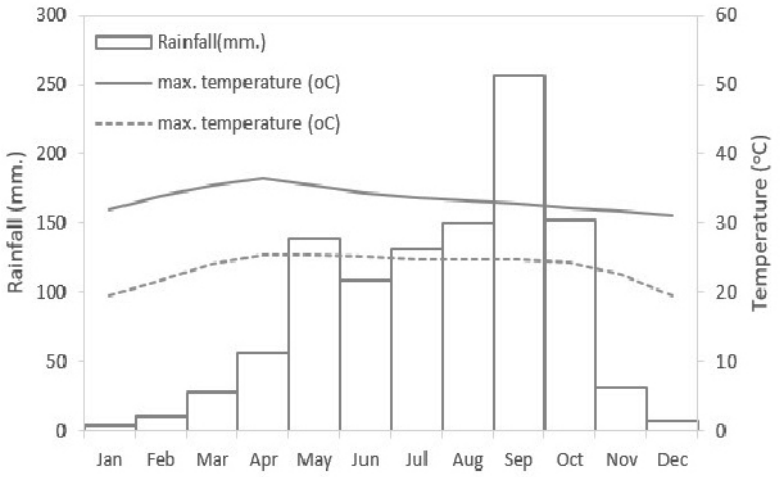
พื้นที่ศึกษา

จังหวัดชัยนาท เป็นจังหวัดหนึ่งที่ตั้งอยู่ในภาคกลาง อยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 14.9-15.4 องศาเหนือและเส้นแวงที่ 99.7-100.4 องศาตะวันออก มีพื้นที่ประมาณ 2,469 km^2(ภาพที่ 1) กรมพัฒนาที่ดินรายงานว่าพื้นที่นาข้าวในปี พ.ศ.2560 คิดเป็น 67.6% ของพื้นที่ทั้งจังหวัด และปลูกข้าวเป็นพืชหลัก โดยปลูกข้าว 2 แบบ คือ ข้าวนาปี ปลูกเดือนกรกฎาคม-พฤศจิกายน และข้าวนาปรัง ปลูกเดือนมกราคม-เมษายน สำนักงานเศรษฐกิจทางการเกษตรรายงานค่าเฉลี่ยผลผลิตข้าวในจังหวัดชัยนาทที่ 664 กิโลกรัมต่อไร่ ช่วงปี พ.ศ.2559-2560



ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษาจังหวัดชัยนาท

จังหวัดชัยนาท ได้รับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกตกเฉียงใต้ฤดู กรมอุตุนิยมวิทยาได้รายงานว่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี 1,021.4 mm. ถึง 1,477 mm. ช่วงปี พ.ศ. 2513-2560 (ภาพที่ 2) ฝนเริ่มระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึงเดือนตุลาคม มีอุณหภูมิเฉลี่ยรายปี 28.1°C สูงสุดช่วงเดือนเมษายน 39°C และต่ำสุด 20°C ช่วงเดือนธันวาคม ความชื้นสัมพันธ์เฉลี่ยตลอดทั้งปีประมาณ 73% ลักษณะภูมิประเทศมีพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่ม พื้นที่ตอนกลาง ตอนใต้และตะวันออกของจังหวัดมีลักษณะเป็นที่ราบจนถึงพื้นที่ลูกคลื่นลอนตื้นมีภูเขาสลับเป็นบางช่วง มีแม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำท่าจีน และแม่น้ำน้อยไหลผ่าน



ภาพที่ 2 ปริมาณฝนรายเดือนและอุณหภูมิต่ำสุด-สูงสุดประจำวันเฉลี่ยที่สถานีอุตุนิยมวิทยาชัยนาท จังหวัดชัยนาท (พ.ศ.2513-2560)

การจำลองระบบการผลิตพืช

ระบบการผลิตพืชสำหรับแบบจำลองการเติบโตของพืชแบ่งเป็น 4 ระดับ (Penning de Vries & van Laar, 1982;เอกสิทธิ์ โฆสิตสกุลชัย และคณะ, 2550) ได้แก่ (1) ระบบการผลิตพืชเต็มศักยภาพ (potential crop production system) เป็นแบบจำลองระบบที่กระบวนการเติบโตและพัฒนาการของพืชได้รับปัจจัยการผลิตอย่างเต็มที่ กล่าวคือ มีปริมาณน้ำและธาตุอาหารตามความต้องการ แต่ไม่ถึงระดับที่เป็นพิษต่อพืชและสภาพแวดล้อม (2) ระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัด (water limited crop production system) อัตราการเติบโตของพืชอาจถูกจำกัดด้วยน้ำในบางช่วงเวลา อย่างไรก็ตาม พืชสามารถมีอัตราการเติบโตเต็มศักยภาพได้เหมือนในระบบแรก ถ้าหากมีปริมาณน้ำเพียงพอต่อความต้องการ กระบวนการที่เพิ่มขึ้นในแบบจำลองระบบนี้ ได้แก่ พลวัติของน้ำในดินและพืช น้ำผิวดินและน้ำระบายออกจากระบบและกระบวนการถ่ายเทความร้อนระหว่าง บรรยากาศ-พืช-ดิน (3) ระบบการผลิตพืชที่ไนโตรเจนเป็นข้อจำกัด (nitrogen limited crop production system) มีกระบวนการที่เพิ่มขึ้นในแบบจำลองระบบนี้ ได้แก่ พลวัติของธาตุไนโตรเจนในดินและพืช (4) ระบบการผลิตพืชที่ธาตุอาหารอื่น ศัตรูพืช และปัจจัยทางสังคมเป็นข้อจำกัด (other plant nutrients, pest, and social factors limited crop production system)

เป็นระบบการผลิตพืชที่มีธาตุอาหารอื่นนอกจากไนโตรเจน มีศัตรูพืช และมีปัจจัยทางสังคมเป็นข้อจำกัดการเติบโตของพืชในระบบการผลิตนี้

แบบจำลองการเจริญเติบโตพืช DSSAT-CERES

แบบจำลอง DSSAT (Decision Support System for Agro-technology Transfer) ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการคาดการณ์การเจริญเติบโตของพืชต่างๆ แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชที่ถูกบรรจุไว้ในโปรแกรม DSSAT ได้แก่ CROPGRO-Soybean, CERES-Rice, CSCRP-Cassava เป็นต้น โดยข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับแบบจำลองนี้ ได้แก่ ข้อมูลภูมิอากาศ (weather data) ข้อมูลดิน (soil data) ข้อมูลการจัดการแปลงปลูกพืช (management data) และข้อมูลพืช (genetic coefficients, GC) (Guilpart, Grassini, Sadras, Timsina, & Cassman, 2017)

แบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว (CERES-Rice) เป็นแบบจำลองหนึ่งในตระกูล CERES (Crop-Environment Resource System) บรรจุในโปรแกรม DSSAT แบบจำลองนี้ยึดกระบวนการทางสรีวิทยาและการสะสมน้ำหนักของส่วนต่างๆ ของข้าวในแต่ละช่วงเวลาเป็นหลัก (Mishra, Singh, Raghuwanshi, Chatterjee, & Froebrich, 2013)และออกแบบขึ้นเพื่อที่จะประยุกต์ใช้ได้ทุกสภาพแวดล้อมไม่ขึ้นกับสถานที่ ฤดูกาล หรือระบบการจัดการ

ข้าวนาสวน

ข้าวอาจจำแนกตามสภาพพื้นที่เพาะปลูกได้เป็น ข้าวไร่ (upland rice) ข้าวนาสวน (lowland rice) และ ข้าวขึ้นน้ำหรือข้าวนาเมือง (floating rice)(อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น และนพพร คล้ายพงษ์พันธุ์, 2547) ข้าวไร่เป็นข้าวที่ปลูกได้ทั้งบนที่ราบและพื้นที่ลาด ไม่ต้องทำคันนากักเก็บน้ำ ปลูกโดยการหว่าน ข้าวนาสวนเป็นข้าวที่ปลูกในที่ราบลุ่มทั่วไปในสภาพขังน้ำไม่เกิน 1 เมตร ข้าวขึ้นน้ำปลูกในแหล่งที่ไม่สามารถควบคุมระดับในนาได้ ข้าวกลุ่มนี้มีลักษณะพิเศษในการยืดตัวหนีน้ำได้

ข้าวอาจจำแนกตามอายุการเก็บเกี่ยวเป็น 3 ประเภทโดยอายุการเก็บเกี่ยวจะนับตั้งแต่วันเพาะกล้าหรือหว่านข้าวในนาจนถึงเก็บเกี่ยว (Guilpart et al., 2017)คือ ข้าวเบา (early variety) อายุเก็บเกี่ยว 90-100 วัน ข้าวกลาง (medium variety) อายุเก็บเกี่ยว 100-120 วัน และข้าวหนัก (late variety) อายุเก็บเกี่ยว 120 วันขึ้นไป

ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 เป็นข้าวเจ้า ไม่ไวต่อช่วงแสง ปลูกได้ทั้งนาปีและนาปรัง อายุข้าวประมาณ 119 วันเมื่อปลูกฤดูฝน และ 130 วันในฤดูแล้ง มีลักษณะทรงก่อตั้ง รวงยาวแน่น คอรวงสั้น เมล็ดยาวเรียว ระยะพักตัวของเมล็ดประมาณ 8 สัปดาห์ ให้ผลผลิตเฉลี่ยฤดูฝน 725 กิโลกรัมต่อไร่ และฤดูแล้ง 754 กิโลกรัมต่อไร่ (ศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท, 2554)

ข้อมูลที่ใช้

1. ข้อมูลภูมิอากาศ ใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจอากาศเกษตรชัยนาทเป็นตัวแทนของพื้นที่ศึกษา ซึ่งข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลรายวันเริ่มจาก ปี พ.ศ.2513 ถึงปี พ.ศ.2560 ได้แก่ อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด ความยาวนานชั่วโมงแสงแดด ปริมาณน้ำฝน ปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหยและความชื้นสัมพันธ์

2. ข้อมูลดิน เป็นข้อมูลคุณสมบัติทางกายภาพและทางชลศาสตร์ของดิน จากกรมพัฒนาที่ดิน โดยเลือกข้อมูลดินของกลุ่มชุดดินมโนรมย์เป็นข้อมูลตัวแทนของพื้นที่ศึกษา (สถิระ อุดมศรี และคณะ, 2547)

3. การจัดการแปลงปลูกพืช เป็นข้อมูลในการกำหนดพารามิเตอร์ต่างๆ สำหรับรันโปรแกรม อาทิ วันเริ่มปลูก อัตราต้นต่อพื้นที่ ระยะปลูก ความลึกในการหยอดเมล็ด วันใส่ปุ๋ย วันให้น้ำ เป็นต้น

4. ข้อมูลพืชเป็นข้อมูลพารามิเตอร์ข้าวที่มีการปรับเทียบแล้วในฐานข้อมูล DSSAT ในการศึกษา โดยเลือกใช้พันธุ์ข้าวชัยนาท 1

วิธีการ

วิธีการดำเนินงานวิจัยประกอบด้วย (1) การรวบรวมข้อมูล(2) การจัดทำแบบจำลองการเจริญเติบโตของพืช (3) การวิเคราะห์ความแปรปรวนภูมิอากาศต่อผลผลิตด้วยการจำลองสถานการณ์

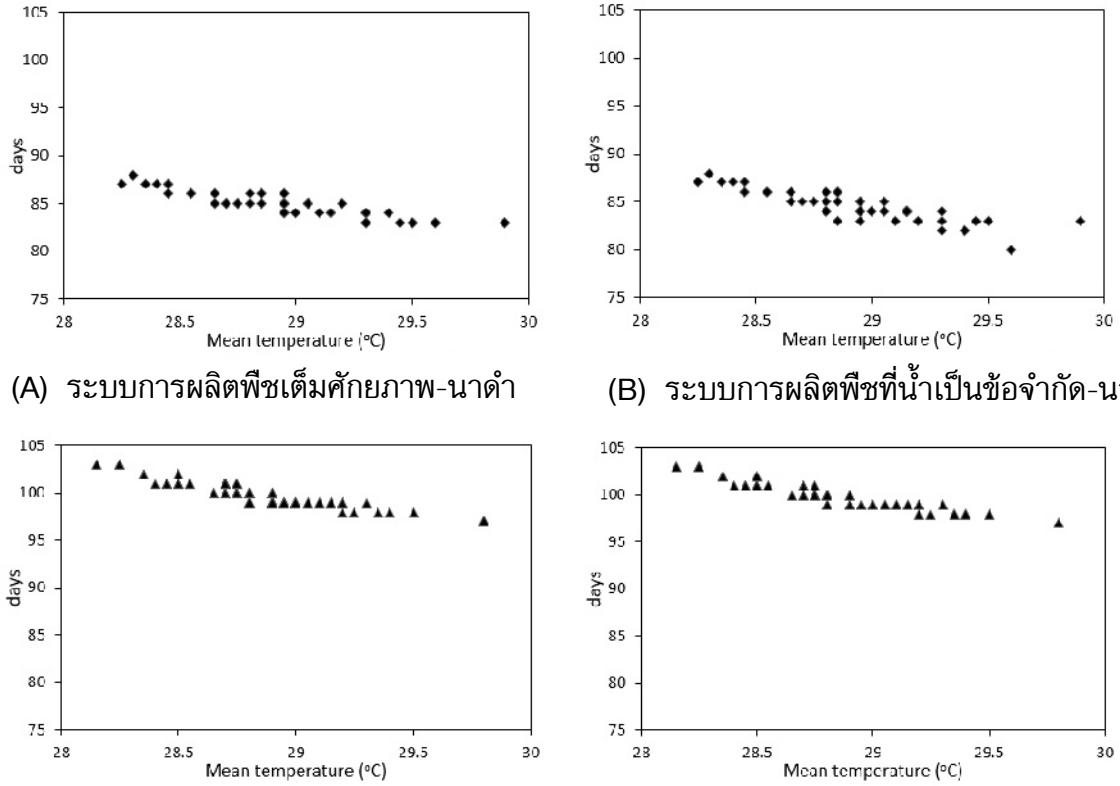
การรวบรวมข้อมูลได้ทำการตรวจสอบและคัดเลือกข้อมูลสถานีเพื่อใช้ในการศึกษา ข้อมูลภูมิอากาศรายวันใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจอากาศเกษตรชัยนาท กรมอุตุนิยมวิทยา เป็นตัวแทนของพื้นที่ศึกษา โดยมีข้อมูลระหว่าง ปี พ.ศ.2513 ถึง พ.ศ.2560 ประกอบด้วย ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด จำนวนชั่วโมงแสงอาทิตย์และความชื้นสัมพันธ์ โดยปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ (solar radiation) แบบจำลองคำนวณจากผลต่างอุณหภูมิสูงสุดกับต่ำสุดประจำวัน (Hargreaves & Samani, 1985)

การจัดทำแบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชเพื่อประเมินผลของปัจจัยภูมิอากาศที่มีผลต่อศักยภาพผลผลิตข้าว ได้เลือกแบบจำลอง CERES-Rice ซึ่งเป็นโมดูลพืชในแบบจำลอง DSSAT เป็นเครื่องมือ การสร้างแบบจำลองในขั้นแรกเป็นการกำหนดชุดดินจัดตั้ง (soil series) ที่เป็นตัวแทนในพื้นที่ศึกษา โดยใช้ข้อมูลสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินจากกรมพัฒนาที่ดิน ถัดมา เป็นการกำหนดข้อมูลพันธุ์ข้าวที่เป็นตัวแทนในการศึกษา คือ พันธุ์ชัยนาท 1 ซึ่งเป็นหนึ่งในพันธุ์ข้าวของประเทศไทยที่มีการศึกษาปรับเทียบค่าพารามิเตอร์พืชและถูกรวบรวมในฐานข้อมูลในแบบจำลอง DSSAT-CERES

ถัดมา เป็นการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองโดยทำการเชื่อมโยงข้อมูลภูมิอากาศและข้อมูลดินเข้ากับฐานข้อมูลพืชของ DSSAT ในขั้นตอนนี้ กำหนดเงื่อนไขการจำลอง โดยกำหนดวันเพาะปลูกเป็นวันที่ 13 กรกฎาคม และทำการปลูกทั้งนาดำและนาหว่าน โดยทำการจำลองสถานการณ์ในกรณีระบบการผลิตพืชเต็มศักยภาพ (potential production system) และระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัด (water-limitedproduction system)

ผลและวิจารณ์

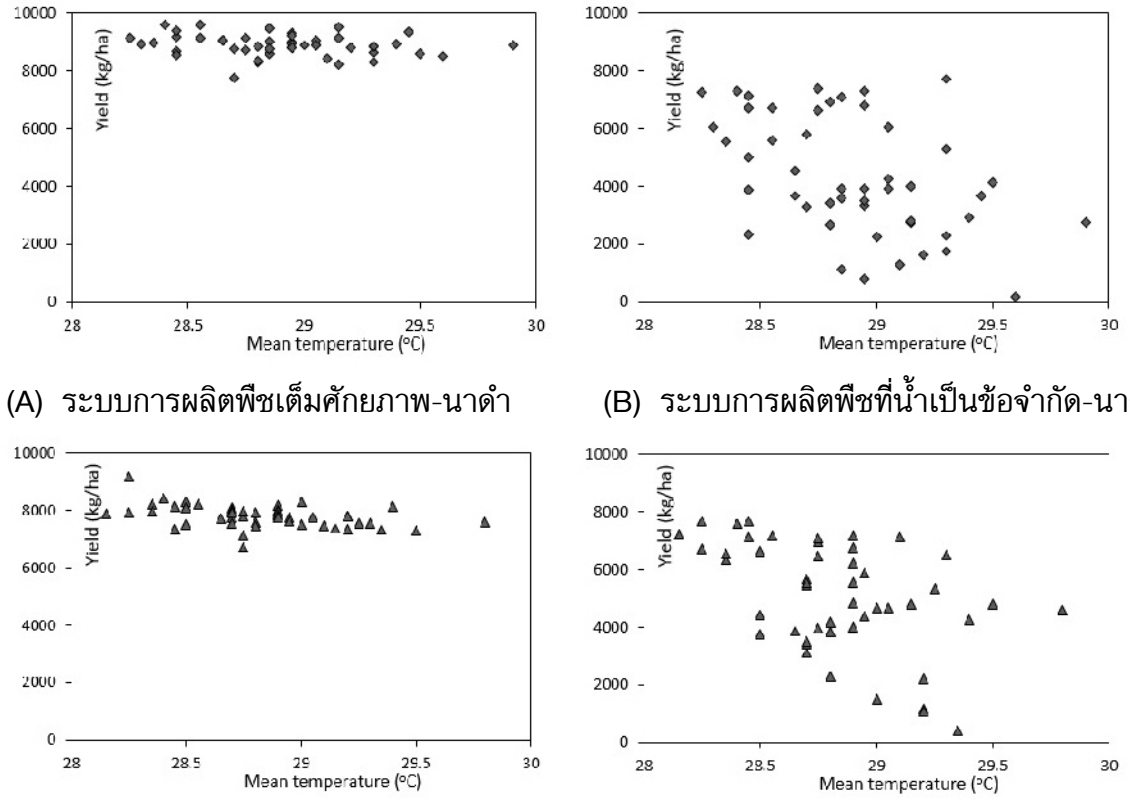
ผลการจำลองศักยภาพผลผลิตข้าวนาดำและนาหว่านภายใต้ระบบการผลิตพืชเต็มศักยภาพและระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัดระยะเวลา 48 ฤดูเพาะปลูก แสดงใน ภาพที่ 3 ถึงภาพที่ 8 โดยภาพที่ 3 และ ภาพที่ 4 เป็นผลของอุณหภูมิต่ออายุการเก็บเกี่ยว (total growing period) และปริมาณผลผลิต (dry grain yield) ตามลำดับใน ภาพที่ 5 และ ภาพที่ 6 เป็นผลของปริมาณพลังงานรังสีแสงอาทิตย์ (solar radiation) และใน ภาพที่ 7 ภาพที่ 8 เป็นผลของปริมาณน้ำฝน โดยในภาพย่อย (A) และ (B) เป็นกรณีข้าวนาดำ (transplanting) ภายใต้ระบบการผลิตพืชเต็มศักยภาพ (potential production) และระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัด (water-limited production) ตามลำดับ ส่วนในภาพ (C) และ (D) เป็นกรณีข้าวนาหว่าน (sowing)



(A) ระบบการผลิตพืชเต็มศักยภาพ-นาดำ (B) ระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัด-นาดำ

(C) ระบบการผลิตพืชเต็มศักยภาพ-นาหว่าน (D) ระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัด-นาหว่าน

ภาพที่ 3 ผลของอุณหภูมิต่ออายุการเก็บเกี่ยวข้าวภายใต้ 4 ระบบการผลิต



(A) ระบบการผลิตพืชเต็มศักยภาพ-นาดำ (B) ระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัด-นาดำ

(C) ระบบการผลิตพืชเต็มศักยภาพ-นาหว่าน (D) ระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัด-นาหว่าน

ภาพที่ 4 ผลของอุณหภูมิต่อปริมาณผลผลิตข้าวภายใต้ 4 ระบบการผลิต

ผลของอุณหภูมิ

อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดช่วงเวลาเพาะปลูกของ 48 ฤดูเพาะปลูก มีค่าระหว่าง 23.8-34.5 °C ในระบบการผลิตพืชเต็มศักยภาพและระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัดข้าวนาดำ (transplanting) มีอายุเก็บเกี่ยวใกล้เคียงกันระหว่าง 80-88 วัน (ภาพที่ 3-A และ 3-B) ส่วนนาหว่านมีอายุเก็บเกี่ยวระหว่าง 97-103 วัน (ภาพที่ 3-A และ 3-D)

เมื่อพิจารณาถึงปริมาณผลผลิตข้าวเป็นน้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือกแห้งต่อหน่วยพื้นที่ ในระบบการผลิตพืชเต็มศักยภาพ (ภาพที่ 4-A และ 4-C) ผลผลิตของข้าวนาดำมีค่าระหว่าง 7,779-10,065 kg-ha^{-1}(1,244-1,610 kg-Rai^{-1}) (ภาพที่ 4-A)มีค่าต่ำสุดในปี 2554 และสูงสุดในปี2514 ส่วนผลผลิตข้าวนาหว่านมีค่าระหว่าง 6,726-9,195kg-ha^{-1}(1,076-1,471 kg-Rai^{-1}) (ภาพที่ 4-C) มีค่าต่ำสุดในปี 2554 และสูงสุดในปี 2514

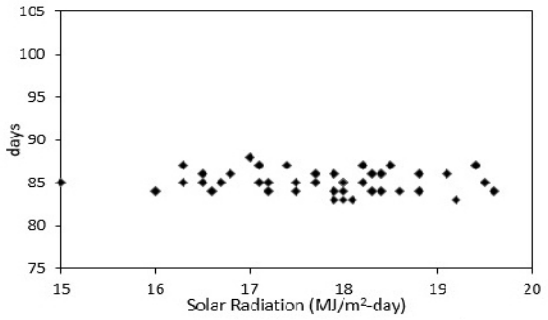
ในระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัด (ภาพที่ 4-B และ 4-D) ผลผลิตข้าวนาดำมีค่าระหว่าง 164-7,718 kg-ha^{-1}(26-1,234 kg-Rai^{-1}) (ภาพที่ 4-B) มีค่าต่ำสุดในปี 2550 และสูงสุดในปี 2553 ผลผลิตข้าวนาหว่านมีพิสัยระหว่าง 403-7,681kg-ha^{-1}(64-1,228 kg-Rai^{-1}) (ภาพที่ 4-D) มีค่าต่ำสุดในปี 2550 และสูงสุดในปี 2514

ผลของปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์

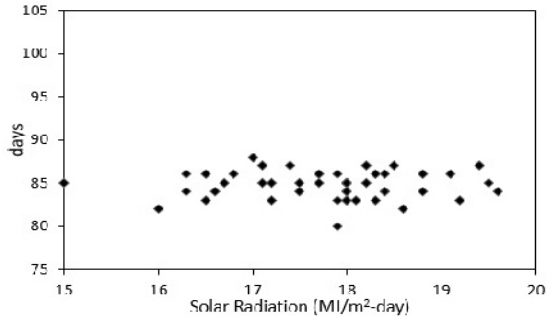
ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดช่วงเวลาเพาะปลูกของ 48 ฤดูเพาะปลูก มีค่าระหว่าง 15-20.2 MJ-m^{-2}1day^{-1}ผลปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ต่ออายุการเก็บเกี่ยวข้าวมีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลงทั้งในระบบการผลิตพืชเต็มศักยภาพ (ภาพที่ 5-A และ 5-C) และระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัด (ภาพที่ 5-B และ 5-D)

ผลการจำลองในระบบการผลิตพืชเต็มศักยภาพ (ภาพที่ 6-A และ 6-C) ผลผลิตข้าวนาดำ มีค่าระหว่าง 7,779-10,065 kg-ha^{-1}(1,244-1,610 kg-Rai^{-1})มีค่าต่ำสุดในปี 2560 ปริมาณพลังงานรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดช่วงเวลาเพาะปลูก 15 MJ-m^{-2}-day^{-1} และมีค่าสูงสุดในปี 2514 พลังงานรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ย 19.4 MJ-m^{-2}-day^{-1}(Figure 6-A) สำหรับผลผลิตข้าวนาหว่าน (ภาพที่6-C) มีค่าระหว่าง 6,726-9,195 kg-ha^{-1}(1,076-1,471 kg-Rai^{-1}) มีค่าต่ำสุดในปี 2560 พลังงานรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ย 15 MJ-m^{-2}-day^{-1} และมีค่าสูงสุดในปี 2514 พลังงานรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ย 19.6 MJ-m^{-2}-day^{-1}

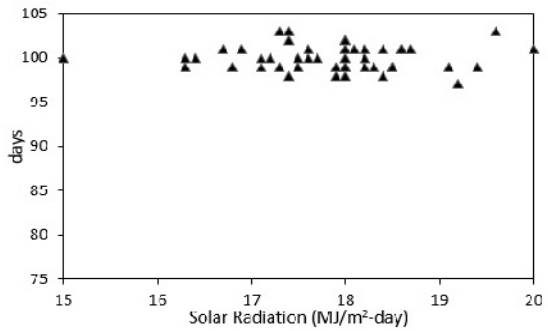
ส่วนระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัด (ภาพที่ 6-B และ 6-D) ผลผลิตข้าวนาดำ มีค่าระหว่าง 164-7,718 kg-ha^{-1}(26-1,234kg-Rai^{-1}) (ภาพที่ 6-B) มีค่าต่ำสุดในปี 2550 พลังงานรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ย 17.9 MJ-m^{-2}-day^{-1} และค่าสูงสุดในปี 2553 พลังงานรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ย 18.1 MJ-m^{-2}-day^{-1} ผลผลิตข้าวนาหว่าน (ภาพที่ 6-D)มีค่าระหว่าง 403-7,681kg-ha^{-1}(64-1,228 kg-Rai^{-1}) (ภาพที่ 6) มีค่าต่ำสุดในปี 2550 พลังงานรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ย 17.4 MJ-m^{-2}-day^{-1} และมีค่าสูงสุดในปี 2514 พลังงานรังสีแสงอาทิตย์เฉลี่ย 19.6 MJ-m^{-2}-day^{-1}



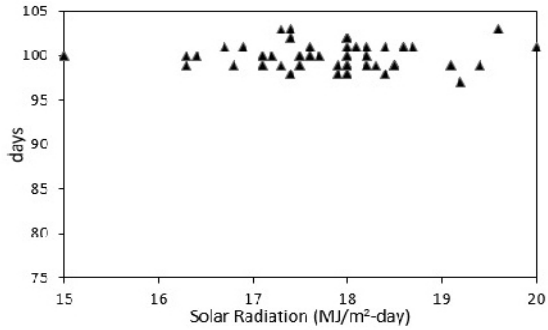
(A) ระบบการผลิตพืชเต็มศักยภาพ-นาดำ



(B) ระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัด-นาดำ

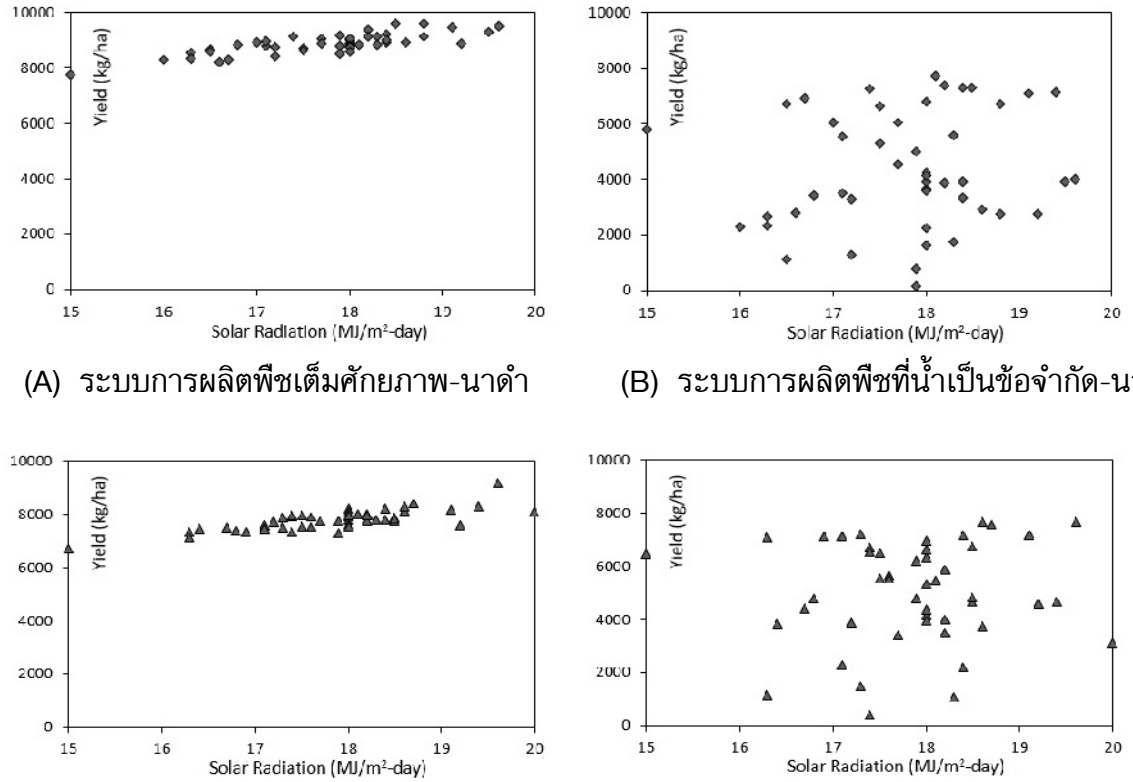


(C) ระบบการผลิตพืชเต็มศักยภาพ-นาหว่าน



(D) ระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัด-นาหว่าน

ภาพที่ 5 ผลของรังสีแสงอาทิตย์ต่ออายุการเก็บเกี่ยวข้าวภายใต้ 4 ระบบการผลิต



(A) ระบบการผลิตพืชเต็มศักยภาพ-นาดำ (B) ระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัด-นาดำ

(C) ระบบการผลิตพืชเต็มศักยภาพ-นาหว่าน (D) ระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัด-นาหว่าน

ภาพที่ 6 ผลของรังสีแสงอาทิตย์ต่อปริมาณผลผลิตข้าวภายใต้ 4 ระบบการผลิต

ผลของปริมาณฝน

ปริมาณฝนรวมตลอดช่วงเวลาเพาะปลูกของ 48 ฤดูเพาะปลูกสำหรับข้าวนาหว่านมีค่าระหว่าง 296-1,075.6 mm สำหรับข้าวนาดำมีค่าระหว่าง 240.2-821.4 mm โดยปริมาณน้ำฝนรวมกรณีข้าวนาดำมีค่าต่ำกว่าเล็กน้อยเนื่องจากมีการจำลองช่วงเวลาเพาะปลูกที่สั้นกว่าข้าวนาหว่าน ผลปริมาณน้ำฝนต่ออายุการเก็บเกี่ยวข้าวมีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลงทั้งในระบบการผลิตพืชเต็มศักยภาพ (ภาพที่ 7-A และ 7-C) และระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัด(ภาพที่ 7-B และ 7-D)

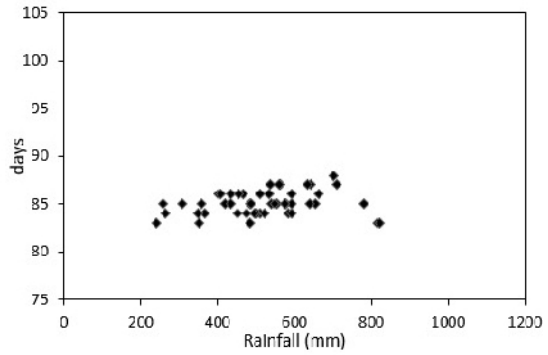
กรณีระบบการผลิตพืชเต็มศักยภาพ (ภาพที่ 8-A และ 8-C) ผลผลิตข้าวนาดำมีค่าอยู่ระหว่าง 7,779-10,065kg-ha^{-1}(1,244-1,610 kg-Rai^{-1}) (ภาพที่8) ซึ่งค่าผลผลิตต่ำสุดในปี 2554 ปริมาณฝนในช่วงปลูก 575.3 mm และผลผลิตสูงสุดในปี2514 ปริมาณฝนในช่วงปลูก 710.4 mm ผลผลิตข้าวนาหว่านมีค่าระหว่าง 6,726-9,195kg-ha^{-1}(1,076-1,471 kg-Rai^{-1}) (ภาพที่8) ซึ่งค่าผลผลิตต่ำสุดในปี 2554 ปริมาณฝนที่ตกช่วงปลูก 620.8 mm และผลผลิตสูงสุดในปี2514 ปริมาณฝนที่ตกช่วงปลูก 726.6 mm

กรณีระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัด(ภาพที่ 8-B และ 8-D) ผลผลิตข้าวนาดำมีค่าอยู่ระหว่าง 164-7,718kg-ha^{-1}(26-1,234kg-Rai^{-1}) (ภาพที่8-B) ซึ่งค่าผลผลิตต่ำสุดในปี 2550 ปริมาณฝนที่ตกช่วงปลูก 240.2 mm และผลผลิตสูงสุดในปี 2553 ปริมาณฝนที่ตกช่วงปลูก 816.6 mm ผลผลิตข้าวนาหว่าน (ภาพที่ 8-D) มีค่าอยู่ระหว่าง 403-7,681kg-ha^{-1}(64-1,228 kg-Rai^{-1}) (ภาพที่ 8) ซึ่งค่าผลผลิตต่ำสุดในปี 2550 ปริมาณฝนที่ตกช่วงปลูก 425.8 mm และผลผลิตสูงสุดในปี 2514 ปริมาณฝนที่ตกช่วงปลูก 726.6 mm

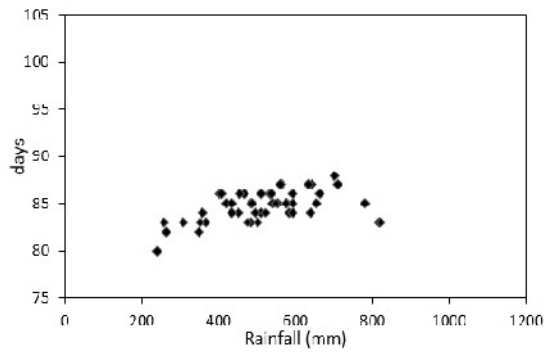
วิจารณ์ผล

เมื่อเปรียบเทียบผลอายุการเก็บเกี่ยวของข้าวจากการจำลองพบว่า อายุการเก็บเกี่ยวของข้าวนาดำสั้นกว่าของข้าวนาหว่านเนื่องจากแบบจำลองเริ่มนับอายุเก็บเกี่ยวจากวันที่ดำนา ระยะเวลาเพาะปลูกรวมสำหรับข้าวนาดำต้องรวมระยะเวลาสำหรับการเตรียมต้นกล้าซึ่งใช้เวลา 15-20 วันโดยประมาณ อีกประการหนึ่ง พบว่าอายุการเก็บเกี่ยวของข้าวจากแบบจำลองน้อยกว่าอายุเก็บเกี่ยวจริงราว 5-10 วัน ทั้งนี้เนื่องจากแบบจำลองนับอายุการเก็บเกี่ยวจากวันที่เริ่มปลูกข้าวจนถึงวันที่สุกแก่ในขณะที่ในสภาพความเป็นจริงเมื่อข้าวเริ่มสุกแก่ ชาวนาจะระบายน้ำออกจากแปลง ต้องใช้เวลาอีกระยะหนึ่งเพื่อรอให้ดินในนาแห้งและสามารถใช้รถเก็บเกี่ยวข้าวลงในแปลงนาได้ ในส่วนของปัจจัยภูมิอากาศที่มีผลต่ออายุการเก็บเกี่ยวมากที่สุด จากผลการจำลองพบว่าเป็นอุณหภูมิในช่วงเวลาเพาะปลูก โดยอายุการเก็บเกี่ยวมีแนวโน้มสั้นลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (ภาพที่ 3) ในขณะที่ความแปรปรวนของปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์กับปริมาณน้ำฝน ผลการจำลองไม่ชี้ให้เห็นถึงความสัมพันธ์กับอายุการเก็บเกี่ยวข้าว (ภาพที่ 5 และ 7)

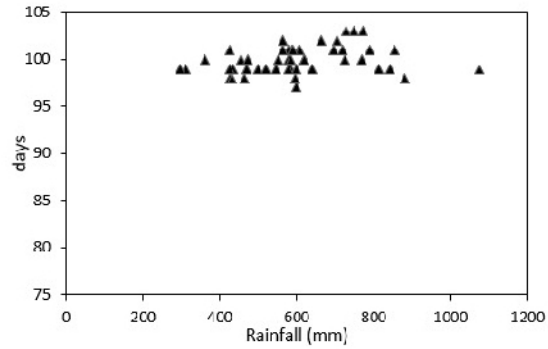
ส่วนผลการจำลองศักยภาพของผลผลิต พบว่า ในการจำลองระบบการผลิตเต็มศักยภาพ ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์มีผลต่อศักยภาพผลผลิตข้าวมากที่สุด โดยผลผลิตข้าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ (ภาพที่ 6-A และ 6-C) รองลงมาเป็นอุณหภูมิ โดยศักยภาพผลผลิตมีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ส่วนหนึ่งเป็นผลจากอายุการเก็บเกี่ยวของข้าวที่มีแนวโน้มสั้นลงตามอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้ข้าวมีระยะเวลาในการสะสมอาหารน้อยลง (ภาพที่ 4-A และ 4-C) ในขณะที่ การจำลองระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัด ปริมาณผลผลิตข้าวขึ้นอยู่กับปริมาณฝนรวมตลอดช่วงเวลาเพาะปลูก (ภาพที่ 8-A และ 8-D) และมีความแปรปรวนสูงมาก ซึ่งชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการชลประทานที่สามารถช่วยลดความแปรปรวนของผลผลิตข้าว หรือกล่าวอีกแง่หนึ่ง การชลประทานสามารถช่วยเพิ่มเสถียรภาพของผลผลิตข้าว



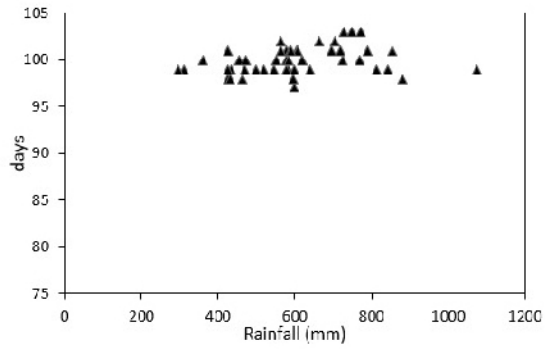
(A) ระบบการผลิตพืชเต็มศักยภาพ-นาดำ



(B) ระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัด-นาดำ

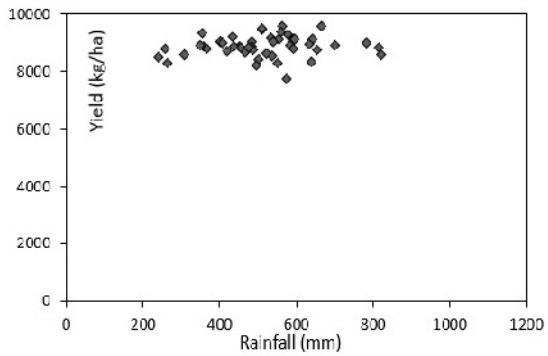


(C) ระบบการผลิตพืชเต็มศักยภาพ-นาหว่าน

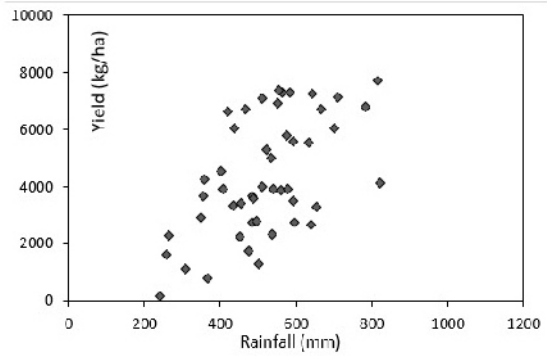


(D) ระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัด-นาหว่าน

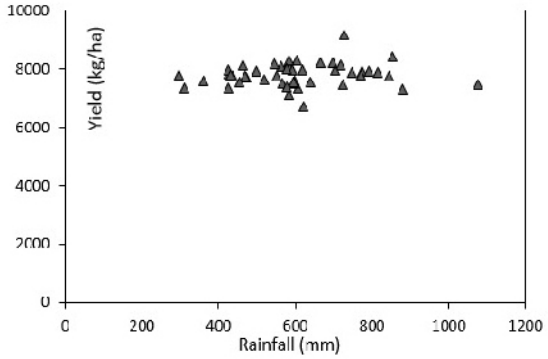
ภาพที่ 7 ผลของปริมาณฝนต่ออายุการเก็บเกี่ยวภายใต้ 4 ระบบการผลิต



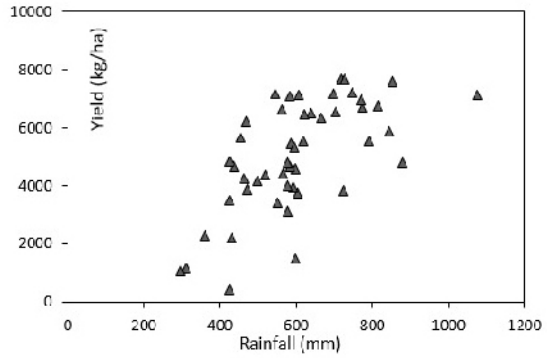
(A) ระบบการผลิตพืชเต็มศักยภาพ-นาดำ



(B) ระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัด-นาดำ



(C) ระบบการผลิตพืชเต็มศักยภาพ-นาหว่าน



(D) ระบบการผลิตพืชที่น้ำเป็นข้อจำกัด-นาหว่าน

ภาพที่ 8 ผลของปริมาณฝนต่อปริมาณผลผลิตข้าวภายใต้ 4 ระบบการผลิต

สรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความแปรปรวนภูมิอากาศต่อศักยภาพผลผลิตของข้าวนาสวนในจังหวัดชัยนาท การดำเนินการ ประกอบด้วย การรวบรวมข้อมูลภูมิอากาศ ข้อมูลดิน ข้อมูลจัดการแปลงปลูกพืช และข้อมูลพืช การจำลองระบบการผลิตผลิตข้าวด้วยแบบจำลอง CERES-Rice ใช้ข้อมูลจากปี พ.ศ. 2513 ถึง พ.ศ. 2560 รวม 48 ฤดูเพาะปลูกโดยทำการจำลองการปลูกข้าวนาดำและนาหว่านภายใต้ระบบการผลิตพืชขั้นสูงสุดเต็มศักยภาพและระบบการผลิตที่มีน้ำจำกัดผลการจำลองแสดงให้เห็นว่าปัจจัยภูมิอากาศที่มีผลต่ออายุการเก็บเกี่ยวมากที่สุดเป็นอุณหภูมิในช่วงเวลาเพาะปลูกโดยอายุการเก็บเกี่ยวมีแนวโน้มสั้นลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์มีผลต่อศักยภาพผลผลิตข้าวมากที่สุด โดยผลผลิตข้าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ จากการจำลองระบบการผลิตเต็มศักยภาพมีผลผลิตข้าวระหว่าง 1,000 ถึง 1,600 kg-Rai^{-1}ส่วนในการจำลองระบบการผลิตที่มีน้ำจำกัดปริมาณผลผลิตข้าวสูงสุด1,200 kg-Rai^{-1}และลดลงตามปริมาณฝนระหว่างช่วงเพาะปลูก

เอกสารอ้างอิง

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

สถิระ อุดมศรี, และคณะ. (2547). การกำหนดลักษณะของชุดดินที่จัดตั้งในภาคกลางของประเทศไทยจำแนกใหม่ตามระบบอนุกรมวิธานดิน 2546. เอกสารวิชาการฉบับที่ 520. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2561). สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2560. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรที่ 7. (2560). ชัยนาท แหล่งปลูกข้าวสำคัญ บนพื้นที่ปลูกข้าวกว่า 8 แสน 8 หมื่นไร่. ชัยนาท: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.

อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น, และนพพร คล้ายพงษ์พันธุ์. (2547). ข้าว (rice). ในคณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา (บก.), พืชเศรษฐกิจ (pp. 25-53). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกสิทธิ์ โฆสิตสกุลชัย, และคณะ. (2550). แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชสำหรับการประเมินผลผลิตและการใช้น้ำของพืชในพื้นที่ชลประทาน. โครงการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำในการเพาะปลูก. รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์. นครปฐม: กรมชลประทาน และมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Aggarwal, P. K., & Penning de Vries, F. W. T. (1989). Potential and water-limited wheat yields in rice based cropping systems in Southeast Asia. Agricultural Systems, 30(1), 49-69.

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

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

Mishra, A., Singh, R., Raghuwanshi, N. S., Chatterjee, C., and Froebrich, J. (2013). Spatial variability of climate change impacts on yield of rice and wheat in the Indian Ganga Basin. Science of The Total Environment, 468-469, S132-S138.

Penning de Vries, F. W. T., and van Laar, H. H. (1982). Simulation of plant growth and crop production. Wageningen: Pudoc.