การจำลองผลิตภาพการใช้น้ำในการผลิตข้าวนาปีเพื่อการปรับตัวภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศแบบ A1B ในพื้นที่ราบเชียงใหม่-ลำพูน

Simulating Water-Use Productivity in Main Rice Production for The Adaptation Under A1B Climate Change Scenario in Chiang Mai-Lumphun Valley

อรรถชัย จินตะเวช[1*] ถาวร อ่อนประไพ[1] เทวินทร์ แก้วเมืองมูล[2] ชิษณุชา บุดดาบุญ[3] เฉลิมรัฐ แสงมณี[4] และ ศุภกร ชินวรรณโณ[4]

Attachai Jintrawet[1*] Thaworn Onpraphai[1] Tewin Kaewmuangmoon[2] Chitnucha Buddhaboon[3] Chalermpol Saengmanee[4] and Suppakorn Chinvanno[4]

[1] ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ และศูนย์วิจัยระบบทรัพยากรเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

[2] ศูนย์วิจัยระบบทรัพยากรเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

[3] ศูนย์วิจัยข้าวปราจีนบุรี กรมการข้าว อ.บ้านสร้าง จ.ปราจีนบุรี 25150

[4] ศูนย์เครือข่ายวิเคราะห์วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 10330

บทคัดย่อ

การใช้น้ำในการผลิตข้าวและไม้ผลเป็นประเด็นสำคัญสำหรับการขยายตัวด้านเศรษฐกิจและสังคมของพื้นที่ราบลุ่มเชียงใหม่-ลำพูนโดยเฉพาะภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่อาจจะเกิดตามภาพฉายอนาคต เอกสารนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรายงานผลการจำลองผลิตภาพการใช้น้ำเพื่อผลิตข้าวนาปีในพื้นที่ราบลุ่มเชียงใหม่-ลำพูนภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ A1B ใช้โปรแกรม CropDSS เชื่อมโยงข้อมูลจากแบบจำลองภูมิอากาศ ECHAM5 ในช่วงปี ค.ศ. 1980-2029 และ 2040-2069 เข้ากับแบบจำลองข้าว CSM-CERES-rice ผลผลิตข้าวสารจากแบบจำลองลดลงจาก 3,044-2,725 kg/ha (487-436 กิโลกรัมต่อไร่) เริ่มในปี ค.ศ. 2020 การปรับตัวโดยจัดการน้ำและปุ๋ยไนโตรเจนอย่างเต็มที่จะให้ผลผลิตลดลงจาก 6,463 เป็น 3,831 kg/ha (1,034 เป็น 613 กิโลกรัมต่อไร่) และเมื่อมีการปรับตัวเป็นระบบการผลิตที่มีการใช้น้ำให้ปุ๋ยยูเรีย 62.5 กิโลกรัมต่อไร่จะให้ผลผลิตลดลง 4,956 เป็น 3,738 kg/ha (793 เป็น 598 กิโลกรัมต่อไร่) ตามลำดับ อัตราการคายระเหยน้ำของข้าวนาปีตามเส้นโอกาสสะสมร้อยละ 50 อยู่ในช่วง 454-465 มม. น้ำต่อฤดูปลูก สรุปว่าการปรับตัวโดยการผลิตข้าวที่มีการจัดการน้ำและปุ๋ยไนโตรเจนอย่างเต็มที่ทำให้น้ำหนักเมล็ดข้าวสารต่อปริมาณน้ำคายระเหยดีที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีการอื่นที่ใช้ในการจำลอง และแนวทางนี้สามารถนำใช้ในการศึกษาการใช้น้ำในการผลิตข้าวนาปีและนาปรังทั้งประเทศได้หากมีข้อมูลและบุคลากร

คำสำคัญ : CropDSS / CSM-CERES-Rice model / DSSATv4.5 / ผลิตภาพการใช้น้ำทางกายภาพ

ABSTRACT

Water use in the production of rice and fruit trees plantation is an important aspect for the expanding economic and social of Chiang Mai-Lamphun Valley, especially under the climate change scenarios. This paper aims to report our findings about physical water productivity for main season rice crop in the valley under A1B CO_2 scenario. We used the CropDSS shell to link climate data from the ECHAM5 climate model during 1980-2029 and 2040-2069 with the CSM-CERES-rice model. Simulated milled rice yield decreased from 3,044 to 2,725 kg/ha during the simulated period. Beginning in 2020, with an adaptation of fully managed water and nitrogen chemical fertilizer

main rice production practice, simulated milled rice yield decreased from 6,463 to 3,831 kg/ha. Using 10 kg/ha of urea adaptation practice simulated milled rice yield will be decreased from 4,956 to 3,738, respectively. Evapotranspiration at 50 percent cumulative probability ranged between 454-465 mm per season. We concluded that an adaptation of fully managed water and nitrogen chemical fertilizer main rice production practice in Chiang Mai-Lumphun valley is the best practice under A1B CO_2 emission scenario and the approach may be used to study the physical water productivity for main and off-season rice crops of the whole country providing that the data set and trained staff is available.

Keywords : CropDSS / CSM-CERES-Rice model / DSSATv4.5 / Physical Water Productivity

บทนำ

ข้าวเป็นพืชอาหารที่มีอัตราการใช้น้ำสูงที่สุดเป็นอันดับสองเมื่อเทียบกับพืชอาหารอื่นๆ ตลอดระยะเวลาการผลิตในแปลงผลิต การศึกษาพบว่าต้องใช้น้ำ 1,480; 1,432; 1,150; 1,000 ลิตร ในการผลิตข้าวสาลี ข้าวนาปี ข้าวโพด และข้าวบาร์เลย์ 1 กิโลกรัม ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาการขังน้ำในแปลงนาตลอดฤดูปลูกพบว่าต้องใช้น้ำ 2,500 ลิตรในการผลิตข้าว 1 กิโลกรัม (Bouman. 2009) ประกอบการความเสี่ยงต่อการขาดน้ำและความต้องการใช้น้ำในภาวะที่ภูมิอากาศโลกมีการเปลี่ยนแปลงจากอดีตจึงต้องมีการเตรียมการเพื่อการปรับตัวของระบบการผลิตเน้นการจัดการน้ำ การจัดการน้ำในแปลงนาน้ำขังภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศมีผู้ศึกษาเป็นจำนวนมาก (Ali and Talukder. 2008) ในต่างประเทศ แต่ยังไม่มีศึกษาในประเทศไทย

วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ของบทความนี้เพื่อรายงานผลการศึกษาการจำลองการใช้น้ำของการผลิตข้าวนาปีโดยแบบจำลองข้าวเพื่อการปรับตัวภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกตามภาพฉายอนาคตการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ A1B ของแบบจำลองภูมิอากาศ ECHAM5 ในระหว่างปี ค.ศ. 1980-2010 และช่วงอนาคตระหว่างปี ค.ศ. 2011-2020 และ 2040-2069

วิธีการศึกษา

ผลิตภาพการใช้น้ำของข้าว

ผลิตภาพการใช้น้ำของข้าว (Rice Water Productivity) สามารถแสดงได้อย่างน้อย 3 รูปแบบ ได้แก่

1. ผลิตภาพการใช้น้ำทางกายภาพ (Physical Water Productivity) มีหน่วยวัดเป็น kg/m^3 หรือ kg/mm แสดงกิโลกรัมของผลผลิตต่อหน่วยของน้ำที่ใช้ในการผลิตหนึ่งหน่วยอาจจะมีหน่วยวัดเป็นลูกบาศก์เมตรหรือมิลลิเมตรของน้ำฝนหรือน้ำชลประทานหรือปริมาณน้ำผ่านกระบวนการคายระเหยที่ใช้ในการผลิต
2. ผลิตภาพการใช้น้ำทางเศรษฐกิจ (Economic Water Productivity) มีหน่วยวัดเป็น Baht/m^3 แสดงผลตอบแทนที่ได้รับจากผลผลิตต่อหน่วยของน้ำที่ใช้ในการผลิตหนึ่งหน่วย
3. ผลิตภาพการใช้น้ำทางสังคมและสภาพแวดล้อม (Social and Environmental Water Productivity) มีหน่วยวัดเป็น Baht/m^3 แสดงผลตอบแทนทางสังคมและสภาพแวดล้อมที่ได้รับจากผลผลิตต่อหน่วยของน้ำที่ใช้ในการผลิตหนึ่งหน่วย ในหลายกรณีเป็นการวัดที่ซับซ้อน

การศึกษาครั้งนี้ ใช้ผลิตภาพการใช้น้ำทางกายภาพเป็นดัชนีเพื่อเปรียบเทียบผลการจำลองผลิตภาพการใช้น้ำในการผลิตข้าวนาปีเพื่อการปรับตัวภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศแบบ A1B ในพื้นที่ราบเชียงใหม่-ลำพูน โดยใช้แบบจำลองข้าว CSM-CERES-Rice model ระหว่างปี ค.ศ. 1980-2010; 2011-2029; และ 2040-2069 ตามข้อมูลภูมิอากาศจากแบบจำลองภูมิอากาศ ECHAM5

แบบจำลองข้าว

แบบจำลองข้าว CSM-CERES-rice (Crop System Model-Crop-Environment Resource Synthesis-Rice model) ในโปรแกรมระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีทางเกษตร (Decision Support System for Agrotechnology Transfer version 4.5: DSSATv4.5) ซึ่งมีการทดสอบในประเทศไทยในระบบนิเวศน์การผลิตข้าว

ที่หลากหลาย เป็นโปรแกรมที่ออกแบบให้จำลองพลวัตของคาร์บอนในพืช พลวัตของน้ำและไนโตรเจนในดินและในพืช พลวัตของการย่อยสะลายของเศษซากพืช แต่ไม่มีพลวัตของธาตุอาหารอื่นๆ และไม่มีพลวัตของโรคแมลงในระบบการผลิตข้าว แบบจำลองข้าวต้องการข้อมูลกาลอากาศรายวันประกอบด้วยรังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด และปริมาณน้ำฝน ข้อมูลดินตามชั้นความลึก ข้อมูลพันธุกรรมของข้าวในด้านพัฒนาการและการเติบโต และข้อมูลการจัดการผลิตข้าวประกอบด้วยพันธุ์ข้าว วันปลูกและการปลูกข้าว การให้ปุ๋ยเคมี การให้น้ำชลประทาน การจัดการเศษซากพืชก่อนปลูกข้าว และเก็บเกี่ยว แบบจำลองคำนวณผลิตภาพการใช้น้ำทางกายภาพ (Physical Water Productivity; kg Rice per mm of Rainfall) คำนวณค่าการคายระเหยตามสมการของ FAO-56 (Allen et al. 1997)

การศึกษาครั้งนี้ ทำการเปรียบเทียบการผลิตข้าวตามปกติ (A3) ซึ่งเป็นการผลิตข้าวนาปีแบบอาศัยน้ำฝนและไม่มีการใช้ปัจจัยการผลิตด้านปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ (No input) และการปรับตัว 2 แนวทางเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ. 2020-2069 เพื่อรักษาระดับผลผลิตข้าวที่มีการจำลองโดยแบบจำลอง ได้แก่ 1) การยกระดับสภาพการผลิตข้าวนาปีด้วยวิธีการจัดการน้ำโดยระบบชลประทานรูปแบบต่างๆ และมีการจัดการธาตุไนโตรเจนอย่างดีเหมาะสมต่อระยะพัฒนาการของข้าวหลากหลายพันธุ์ (A2) และ 2) การยกระดับสภาพการผลิตข้าวนาปีด้วยวิธีการจัดการน้ำโดยระบบชลประทานรูปแบบต่างๆ และมีการจัดการธาตุไนโตรเจนโดยใช้ปุ๋ยยูเรียในอัตรา 10 กก Urea ต่อไร่ (A4)

แบบจำลองภูมิอากาศ ECHAM5 ภาพฉายอนาคตการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ A1B

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกตามภาพฉายอนาคตการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ A1B หมายถึงภาวะที่ประชากรโลกเป็น 7.5, 8.7, 7.1 พันล้านคนในปี ค.ศ. 2020, 2050, 2100 ตามลำดับ (ตารางที่ 1) เมื่อเทียบกับช่วงปี ค.ศ. 1990 การเพิ่มขึ้นของประชากรตามการคาดการณ์จะทำให้ผลิตภัณฑ์มวลรวมโลกเพิ่มขึ้นอย่างมากมายและลดสัดส่วนของรายได้ต่อหัวประชากรระหว่างประเทศที่พัฒนาและประเทศที่กำลังพัฒนา ตลอดจนการเพิ่มขึ้นของระดับก๊าซเรือนกระจกทุกชนิด ประเด็นสำคัญได้แก่การเพิ่มขึ้นของระดับอุณหภูมิอากาศในปี ค.ศ. 2100 ใช้ฐานข้อมูลภูมิอากาศที่ได้ร่วมกับแบบจำลองข้าวโดยโปรแกรมเชื่อมโยง CropDSS

ตารางที่ 1 ภาพฉายอนาคตการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ A1B

ลักษณะสำคัญ	1990	2020	2050	2100
ประชากรโลก	5.3	7.5 (7.2-7.6)	8.7 (8.3-8.7)	7.1 (7.0-7.7)
ผลิตภัณฑ์มวลรวมโลก	21	56 (48-61)	181 (120-181)	529 (340-536)
สัดส่วนของรายได้ต่อหัวประชากร ประเทศพัฒนาแล้ว:ประเทศกำลังพัฒนา	16.1	6.4 (5.2-9.2)	2.8 (2.4-4.0)	1.6 (1.5-1.7)
การปลดปล่อย CO_2 จากพลังงานฟอสซิล (Gt C ต่อปี)	6.0	12.1 (8.7-14.7)	16.0 (12.7-25.7)	13.1 (12.9-18.4)
การปลดปล่อย CO_2 จากการใช้ที่ดิน (Gt C ต่อปี)	1.1	0.5 (0.3-1.6)	0.4 (0.0-1.0)	0.4 (-2.4-2.2)
การปลดปล่อย CH_4 (Mt CH_4 ต่อปี)	310	421 (400-444)	452 (452-636)	289 (289-640)
การปลดปล่อย N_2O (Mt N_2O ต่อปี)	6.7	7.2 (6.1-9.6)	7.4 (6.3-14.3)	7.0 (5.8-17.2)
Temperature change (^{o}C at 2090-2099 relative to 1980-1999)				2.8 (1.7-4.4)

แหล่ง: IPCC (2000).

ผลการศึกษา

การใช้ที่ดินช่วงปี พ.ศ. 2523-2552 (ค.ศ. 1980-2009) ในที่ราบลุ่มเชียงใหม่-ลำพูน

พื้นที่จังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูนครอบคลุมพื้นที่รวม 15.3 ล้านไร่ คิดเป็นร้อยละ 14.5 และ 4.8 ของพื้นที่ภาคเหนือและพื้นที่ประเทศไทย ตามลำดับ พื้นที่รวมของจังหวัดเชียงใหม่และลำพูนดังกล่าวร้อยละ 70.6 เป็นพื้นที่ป่าไม้ ที่เหลือร้อยละ 12.6 และ 9.4 เป็นพื้นที่การเกษตรและพื้นที่ไม่สามารถจำแนกประเภทได้ หรือมีพื้นที่รวมเป็น 1.94 และ 1.45 ล้านไร่ ตามลำดับ พื้นที่การเกษตรในช่วงปี พ.ศ. 2523-2552 เพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากร้อยละ 10.7 เป็นร้อยละ 12.6 ของพื้นที่รวมของจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน (ตารางที่ 2) อย่างไรก็ตามตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 พื้นที่นามีแนวโน้มลดลงโดยคาดว่ามีการเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่ไม้ผลไม้ยืนต้นซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในปี พ.ศ. 2552 จังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูนมีพื้นที่นาและพื้นที่ไม้ผลไม้ยืนต้นรวม 744,044 และ 790,450 ไร่ ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 80 ของพื้นที่การเกษตรทั้งหมด การจัดสรรน้ำให้เหมาะสมต่อระบบการผลิตข้าวและไม้ผลไม้ยืนต้นจึงมีความสำคัญและสนับสนุนการเติบโตด้านเศรษฐกิจและสังคมของทั้งสองจังหวัด

ระดับอุณหภูมิในฤดูการผลิตข้าวนาปี

ในช่วงฤดูการปลูกข้าวนาปีที่ใช้ในแบบ จำลองข้าวในพื้นที่เชียงใหม่-ลำพูนค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศสูงสุดและต่ำสุดรายวันที่โอกาสร้อยละ 50 ของพื้นที่ในแต่ละช่วงการจำลอง 10 ปีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (ตารางที่ 3) อุณหภูมิสูงสุดรายวันเพิ่มจาก 29.20 °C ในปี ค.ศ. 1980-89 เป็น 32.72 °C ในปี ค.ศ. 2060-69 และอุณหภูมิต่ำสุดรายวันเพิ่มจาก 19.98 °C ในปี ค.ศ. 1980-89 เป็น 22.18 °C ในปี ค.ศ. 2060-69 การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศดังกล่าวส่งผลโดยตรงต่อผลผลิตข้าว (Yoshida. 1981; Islam and Morison. 1992) การทดลองของ Baker *et al* (1992) พบว่าผลผลิตข้าวสารลดลงร้อยละ 7-8 ทุกๆ 1 °C ในงานทดลองที่มีการเพิ่มอุณหภูมิช่วง 28/21/25 เป็น 34/27/31 °C (อุณหภูมิกลางวันตุ้มแห้ง/อุณหภูมิกลางคืนตุ้มแห้ง/อุณหภูมิน้ำในนา)

ระดับอุณหภูมิอากาศที่คาดว่าจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องระหว่างปี ค.ศ. 1980-2069 ดังกล่าวส่งผลให้แบบจำลองข้าวคำนวณอายุข้าวสั้นลงในทุกสภาพการผลิตข้าวด้วยวิธีการจัดการทั้งสามวิธีการ ได้แก่ สภาพการผลิตข้าวนาปีวิธีการอาศัยน้ำฝนและไม่ใช้ input สภาพการผลิตข้าวนาปีวิธีการจัดการน้ำและธาตุไนโตรเจนอย่างดี และสภาพการผลิตข้าวนาปีวิธีการใช้น้ำและ 10 กก Urea ต่อไร่ (ตารางที่ 4) จุดที่น่าสนใจได้แก่การลดลงของช่วงอายุข้าวระหว่างออกดอกถึงระยะสุกแก่ทางสรีระวิทยามีจำนวนวันลดลงเฉลี่ย 9-10 วันจากการจัดการผลิตข้าวนาปีทั้งสามวิธีการในพื้นที่เชียงใหม่-ลำพูน

ตารางที่ 2 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่ราบลุ่มเชียงใหม่-ลำพูน

เนื้อที่ (ไร่)	2523	2533	2543	2552	แนวโน้ม
ทั้งหมด = ป่าไม้+การเกษตร	15,383,087	15,383,087	15,383,087	15,383,087	
ป่าไม้	12,284,919	10,866,898	11,983,500	11,991,204	
ทางการเกษตร	1,653,115	1,909,517	1,886,043	1,944,400	
- ที่อยู่อาศัย	77,954	118,592	73,801	97,687	
- ที่นา	1,162,932	1,127,454	775,438	744,044	
- พืชไร่	228,830	244,678	196,939	211,265	
- ไม้ผลไม้ยืนต้น	140,809	314,286	703,024	790,450	
- ไม้ดอกไม้ประดับ	19,954	84,508	86,211	76,570	
- ที่เลี้ยงสัตว์	2,590	4,436	5,009	7,284	
- ที่รกร้าง	14,627	12,406	22,365	13,063	
- อื่นๆ	5,419	3,157	3,292	4,037	
นอกการเกษตร	1,455,053	2,606,672	1,513,544	1,447,483	

แหล่ง: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2526, 2536, 2545, 2553)

ตารางที่ 3 อุณหภูมิในพื้นที่เชียงใหม่-ลำพูนที่โอกาสร้อยละ 50 และ (ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด) ในแต่ละช่วงการจำลอง 10 ปี

ช่วงปี ค.ศ.	อุณหภูมิสูงสุด	อุณหภูมิต่ำสุด
	---------- องศาเซลเซียล ----------	
1980-89	29.20 (27.65-30.63)	19.98 (18.34-21.48)
2020-29	30.26 (28.76-31.77)	19.35 (20.98-22.59)
2060-69	32.72 (30.98-34.28)	22.18 (23.93-25.54)

การจำลองการผลิตข้าวนาปี

สำหรับสภาพการผลิตข้าวนาปีวิธีการอาศัยน้ำฝนและไม่ใช้ input ผลผลิตข้าวสารซึ่งมีน้ำหนักประมาณร้อยละ 68-70 ของน้ำหนักข้าวเปลือกทั้งเมล็ดคำนวณโดยแบบจำลองข้าวมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยระหว่างปี ค.ศ. 1980-2069 กล่าวคือลดลงจาก 487 เป็น 436 กิโลกรัมข้าวสารต่อไร่ การผลิตในสภาพนี้ข้าวมีอายุสั้นกว่าการผลิตสภาพ A2 และ A4 เล็กน้อย

การปรับตัวเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ. 2020-2069 เพื่อรักษาระดับผลผลิตข้าวที่มีการจำลองโดยแบบจำลองในการศึกษาครั้งนี้ตามผลิตการสภาพข้าวแบบ A2 และ A4 นั้นทำให้สามารถยกระดับผลผลิตข้าวนาปีได้เป็น 1,034 และ 793 กิโลกรัมข้าวสารต่อไร่ ตามลำดับ แต่มีแนวโน้มลดลงเป็น 613 และ 598 กิโลกรัมข้าวสารต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 4 จำนวนวันปักดำ-ออกดอก และปักดำ-สุกแก่ของข้าวในพื้นที่เชียงใหม่-ลำพูนที่โอกาสร้อยละ 50 และ (ค่าต่ำสุด–ค่าสูงสุด) ในแต่ละช่วงการจำลอง 10 ปี ในสภาพการผลิตข้าวสามวิธีการ

ช่วงปี ค.ศ.	ปักดำ-ออกดอก	ปักดำ-สุกแก่	ออกดอก-สุกแก่
	---------- จำนวนวัน ----------		
	สภาพการผลิตข้าวนาปีวิธีการอาศัยน้ำฝนและไม่ใช้ input (A3)		
1980-89	75 (68-81)	112 (103-126)	37 (35-45)
2020-29	72 (68-79)	104 (97-118)	32 (29-39)
2040-49	68 (63-74)	98 (91-108)	30 (28-34)
2060-69	64 (59-70)	91 (84-101)	27 (25-31)
	สภาพการผลิตข้าวนาปีวิธีการจัดการน้ำและธาตุไนโตรเจนไม่ขาดอย่างดี (A2)		
1980-89	75 (68-81)	112 (103-126)	37 (35-45)
2020-29	72 (68-79)	108 (100-118)	36 (32-39)
2040-49	64 (59-70)	100 (91-108)	36 (32-38)
2060-69	64 (59-70)	92 (86-101)	28 (27-31)
	สภาพการผลิตข้าวนาปีวิธีการจัดการน้ำและธาตุไนโตรเจนไม่ขาดอย่างดี (A2)		
1980-89	75 (68-81)	112 (103-126)	37 (35-45)
2020-29	72 (68-79)	108 (100-118)	33 (30-39)
2040-49	64 (59-74)	100 (91-108)	31 (28-34)
2060-69	64 (59-70)	92 (86-101)	28 (27-31)

ตารางที่ 5 ผลผลิตเมล็ดข้าวสาร 0% ความชื้นที่โอกาสร้อยละ 50 และ (ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด) ในแต่ละช่วงการจำลอง 10 ปี

ช่วงปี ค.ศ.	การจัดการน้ำและธาตุไนโตรเจน		
	ไม่ใช้ input	ให้น้ำและ N ไม่ขาด	ใช้น้ำและ 10 กก Urea ต่อไร่
	---------- กิโลกรัมเมล็ดข้าวสารต่อไร่ ----------		
1980-89	487 (294-942)	-	-
1990-99	486 (295-942)	-	-
2000-09	490 (297-960)	-	-
2010-19	486 (296-961)	-	-
2020-29	491 (296-959)	1,034 (742-1,240)	793 (516-91,184)
2040-49	490 (291-947)	876 (551-1,114)	757 (499-1,105)
2060-69	436 (257-846)	613 (317-878)	598 (306-872)

การปรับตัวและการใช้น้ำในการผลิตข้าวช่วงปี ค.ศ. 2020-2069

การปรับตัวเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ. 2020-2069 เพื่อรักษาระดับผลผลิตข้าวที่มีการจำลองโดยแบบจำลองตามสภาพผลิตการข้าวนาปีแบบ A2 และ A4 นั้นทำอัตราการคายระเหยน้ำตามวิธีการของ Allen et al (1998) ของข้าวนาปีที่โอกาสร้อยละ 50 ในแต่ละช่วงการจำลอง 10 ปีมีค่าใกล้เคียงกันกล่าวคืออยู่ในช่วง 454-474 มิลลิเมตรของน้ำต่อฤดูการผลิต (ตารางที่ 6) อัตรานี้ต่ำกว่าค่าที่แนะนำโดยไสว (n.d.) แต่ใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณโดยปัญญา (2548) แสดงว่าการผลิตข้าวนาปีตามการปรับตัวแบบ A2 และ A4 มีการใช้น้ำในอัตราเดียวกับการผลิตแบบอาศัยน้ำฝนและไม่มีการจัดการธาตุอาหารข้าวหรือแบบ A3

อย่างไรก็ตาม การปรับตัวเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศตามสภาพผลิตการข้าวนาปีแบบ A2 และ A4 ดังกล่าวมีน้ำหนักเมล็ดข้าวสารต่อปริมาณน้ำคายระเหยที่โอกาสร้อยละ 50 มากกว่าการผลิตข้าวในสภาพ A3 แต่มีแนวโน้มลดลงระหว่างปี ค.ศ. 2020-2069 (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 6 อัตราการคายระเหยน้ำของข้าวนาปีที่โอกาสร้อยละ 50 และ(ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด) ในแต่ละช่วงการจำลอง 10 ปี

ช่วงปี ค.ศ.	การจัดการน้ำและธาตุไนโตรเจน		
	ไม่ใช้ input	ใช้น้ำและ N ไม่ขาด (A2)	ใช้น้ำและ 10 กก N ต่อไร่ (A4)
	---------- มม. ต่อฤดู ----------		
1980-89	474 (378-535)	-	-
1990-99	458 (360-510)	-	-
2000-09	458 (361-508)	-	-
2010-19	458 (366-516)	-	-
2020-29	463 (368-516)	465 (371-505)	460 (368-507)
2040-49	457 (351-511)	457 (351-505)	457 (351-508)
2060-69	454 (338-513)	455 (338-510)	455 (339-510)

ตารางที่ 7 น้ำหนักเมล็ดข้าวสาร/[1] ต่อปริมาณน้ำคายระเหยที่โอกาสร้อยละ 50 และ (ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด) ในแต่ละช่วงการจำลอง 10 ปี

ช่วงปี ค.ศ.	การจัดการน้ำและธาตุไนโตรเจน		
	ไม่ใช้ input	ใช้น้ำและ N ไม่ขาด (A2)	ใช้น้ำและ 10 กก N ต่อไร่ (A4)
	--------- กิโลกรัมเมล็ดข้าวสารต่อไร่ ต่อ มม. อัตราการคายระเหยน้ำ ---------		
1980-89	2.41 (1.27-4.58)	-	-
1990-99	2.47 (1.32-4.63)	-	-
2000-09	2.42 (1.30-4.49)	-	-
2010-19	2.48 (1.32-4.50)	-	-
2020-29	2.45 (1.32-4.46)	4.56 (3.75-5.18)	3.56 (2.57-4.93)
2040-49	2.42 (1.33-4.18)	3.94 (3.00-4.64)	3.39 (2.62-4.57)
2060-69	2.17 (1.34-3.72)	2.94 (1.80-3.96)	2.81 (1.74-3.94)

/1 ข้าวสารมีน้ำหนักประมาณ 68-70% ของข้าวเปลือก

ที่มา : http://www.brrd.in.th/rkb2/postharvest/index.php-file=content.php&id=6.htm)

วิจารณ์และสรุปผล

การจำลองการใช้น้ำของการผลิตข้าวนาปีในพื้นที่เชียงใหม่-ลำพูนโดยแบบจำลองข้าวเพื่อการปรับตัวภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกตามภาพฉายอนาคตการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ A1B ของแบบจำลองภูมิอากาศ ECHAM5 ในระหว่างปี ค.ศ. 1980-2019 และช่วงอนาคตระหว่างปี ค.ศ. 2020-2069 พบว่าอายุข้าวนาปีมีแนวโน้มสั้นลงประมาณ 9-10 วัน เนื่องจากค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศสูงสุดและต่ำสุดรายวันของพื้นที่ศึกษาในแต่ละช่วงการจำลอง 10 ปีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในระหว่างปี ค.ศ. 1980-2069 ในกรณีที่ไม่มีการปรับตัวน้ำหนักข้าวสารคำนวณโดยแบบจำลองข้าวมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย การปรับตัวในการผลิตข้าวนาปีเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ. 2020-2069 ตามผลิตการสภาพข้าวแบบ A2 และ A4 นั้นทำให้สามารถยกระดับผลผลิตข้าวนาปีแต่มีแนวโน้มลดลงเช่นกัน และสัดส่วนของน้ำหนักเมล็ดข้าวสารต่อปริมาณน้ำคายระเหยที่โอกาสร้อยละ 50 มากกว่าการผลิตข้าวในกรณีที่ไม่มีการปรับตัว การปรับปรุงและการทดสอบแบบจำลองข้าวและการสร้างฐานข้อมูลภูมิอากาศ ฐานข้อมูลดินมีความสำคัญต่อการศึกษาตามแนวทางนี้และมีศักยภาพในการนำใช้เพื่อการศึกษาการปรับตัวของการผลิตข้าวนาปีและการใช้น้ำเพื่อการผลิตข้าวในระดับประเทศได้

เอกสารอ้างอิง

ปัญญา พลแสน. (2548). **การหาค่าการคายระเหยของข้าวนาน้ำฝนและข้าวในเขตชลประทานโดยใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาน้อยที่สุด.** วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิศวกรรมทรัพยากรแหล่งน้ำ. ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ไสว วงศ์วุฒิสาโรช. (n.d.). ปริมาณการใช้น้ำของข้าว [ออนไลน์], เข้าถึงได้จาก : http:// www.rid.go.th/attatch_branch/qrice.html [11 เมษายน, 2555].

Allen, R. G., L. S. Pereira, D. Raes, M. Smith. (1998). **Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements.** FAO Irrigation and drainage paper 56. Rome, Italy, Food and Agriculture Organization.

Ali, M.H., and M.S.U. Talukder. (2008). "Increasing water productivity in crop production-A synthesis," **Agricultural Water Management.** 95: 1201-1213.

Baker, J. T., L. H. Allen Jr, and K.J. Boote. (1992). "Response of rice to carbon dioxide and temperature," **Agricultural and forest meteorology.** 60 : 153-166.

Bouman, B. (2009). "How much water does rice use?," **Rice Today.** 8(1) : 28-29.

IPCC. (2000). **SPECIAL REPORT EMISSIONS SCENARIOS Summary for Policymakers.** A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 27 pp.

Islam, M. S., and J. I. L. Morison. (1992). "Influence of solar radiation and temperature on irrigated rice grain yield in Bangladesh," **Field Crops Research.** 30 : 13-28.

Yoshida, S. (1981). **Fundamentals of rice crop science.** IRRI, Los Baños, Laguna, Philippines. 269 pp.