

ผลผลิตและประสิทธิภาพการใช้น้ำของข้าวไรซ์เบอร์รี่จากเทคนิคการชลประทาน
แบบประหยัดน้ำ

Grain Yield and Water Use Efficiency of Riceberry Rice in Response to
Water-Saving Irrigation Techniques

สุรสิทธิ์ ปัญญาวรรณศิริ^{1/,*} วรเดช ชินพงษ์จิตติวัฒน์^{2/} และ บัญชา ขวัญยืน^{1/}
Surasit Punyawansiri^{1/,*} Voradej Chinapongthitiwa^{2/} and Bancha Kwanyuen^{1/}

Received 6 Sep 2019/Revised 7 Apr 2020/Accepted 5 May 2020

ABSTRACT

Reducing irrigation water in rice fields while maintaining high grain yield is important for the sustainable rice production. However, water-saving techniques has not been widely adopted by Thai farmers because of constrains in effectiveness and reliability. About 10-20 years ago, the alternate wetting and drying (AWD) technology has been developed and recommended to irrigated rice farmers in Asian countries. But the performance of the AWD technology has not yet been evaluated for water use efficiency for Riceberry rice. The objective of this study was to determine the effects of two AWD treatments (AWD1, AWD2) had on growth grain yield and yield components of Riceberry rice as compared to the conventional farmer's practice by continuous flooding method (CF). In AWD1, water level was let to drop to -5 cm below ground level, the field was then reflooded until the water level reached 5 cm above ground; in AWD2, water level was maintained at 5 cm above ground from the first day of transplanting until 25 and 45 days after transplanting when water level was let to drop to -15 cm below the ground level and then reflooded the field until the water level reached 5 cm above ground. While in continuous flooding method (CF) the water level was kept at 5 cm above ground for the entire season. The experiments were carried out in the irrigated paddy fields in Chiang Mai provinces in dry seasons of 2016 and 2017. Results revealed that both AWD1 and AWD2 consumed less water than the continuous water supply method, (CF) at approximately 31.75 – 34.06 % in 2016 and about 33.38 – 40.59 % in 2017 with no different in grain yield and yield components. Moreover, both the irrigation water productivity and water use efficiency of AWD method were higher than those of the CF method. In conclusion, the AWD water-saving irrigation techniques are the appropriate water management techniques for cultivation of Riceberry rice and it is an effective way to reduce the amount of water used in the agricultural sector in Thailand.

Keywords: Riceberry rice, water management, water use efficiency, water productivity, yield

^{1/} ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม

^{1/} Department of Irrigation Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakhon Pathom.

^{2/} สถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 1 (แม่แตง) กรมชลประทาน เชียงใหม่

^{2/} Mae Tang Irrigation Water Management Research Station, Royal Irrigation Department, Chiang Mai.

* Corresponding author: Surasit.pu@ku.th

บทคัดย่อ

การลดการใช้น้ำชลประทานในนาข้าว ขณะที่ยังรักษาผลผลิตข้าวเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการผลิตข้าวแบบยั่งยืน อย่างไรก็ตาม เทคนิคการประหยัดน้ำชลประทานยังไม่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางจากเกษตรกรไทย เนื่องจากข้อจำกัดด้านประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือ ระยะเวลา 10 - 20 ปี ที่ผ่านมา วิธีการทำนาแบบเปียกสลับแห้ง (Alternated wetting and drying method; AWD) ได้รับการพัฒนาและแนะนำสำหรับเกษตรกรในประเทศแถบทวีปเอเชีย แต่วิธี AWD ยังไม่ได้รับการประเมินประสิทธิภาพการใช้น้ำโดยเฉพาะอย่างยิ่ง สำหรับข้าวพันธุ์โรซ์เบอร์รี่ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบการใช้น้ำของข้าวพันธุ์โรซ์เบอร์รี่ในระบบการทำนาแบบแห้งสลับเปียก ต่อการตอบสนองของการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของข้าว โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 4 ซ้ำ 3 วิธีการส่งน้ำ ได้แก่ 1. การส่งน้ำเมื่อระดับน้ำต่ำกว่าผิวดิน 5 ซม. มาที่ระดับ 5 ซม. (AWD1) 2. การส่งน้ำเหนือผิวดิน 5 ซม. หยุดส่งน้ำหลังปักดำที่อายุข้าว 25 และ 45 วัน จนน้ำลดต่ำกว่าผิวดิน 15 ซม. กลับมาส่งน้ำที่ 5 ซม. (AWD2) และ 3. การทำนาแบบดั้งเดิมของเกษตรกรที่ใช้น้ำท่วมขัง การส่งน้ำระดับ 5 ซม. ตลอดฤดูเพาะปลูกต่อ (CF) ทำการทดสอบในแปลงนาชลประทาน อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่ ระหว่างปี พ.ศ. 2558 - 2560 ผลศึกษาพบว่า การส่งน้ำด้วยเทคนิคการชลประทานแบบ AWD ทั้ง 2 วิธี สามารถประหยัดน้ำกว่าการให้น้ำขังตลอดฤดูการเพาะปลูกได้ประมาณ 31.75 - 34.06% ในปี พ.ศ. 2559 และประมาณ 33.38 - 40.59% ใน พ.ศ. 2560 โดยปริมาณผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโรซ์เบอร์รี่ในฤดูนาปรังไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้

ค่าผลิตภาพของน้ำชลประทาน (Irrigation Water Productivity) และค่าประสิทธิผลการใช้น้ำ (Water Use Efficiency) มีค่าเฉลี่ยที่สูงกว่า การใช้น้ำของแปลงเกษตรกรแบบดั้งเดิม ดังนั้น เทคนิคการชลประทานแบบประหยัดน้ำด้วยวิธีเปียกสลับแห้งสำหรับนาข้าวโรซ์เบอร์รี่ จึงเป็นการจัดการน้ำที่เหมาะสม และเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณน้ำใช้ในภาคการเกษตรสำหรับประเทศไทยได้

คำสำคัญ: ข้าวโรซ์เบอร์รี่, การจัดการน้ำ, ประสิทธิภาพการใช้น้ำ, ค่าผลิตภาพของน้ำ, ผลผลิต

บทนำ

การปลูกข้าวของประเทศไทยในเขตชลประทานจะมีการทำนากันอย่างต่อเนื่อง เกษตรกรมีความคุ้นเคยที่จะรักษาระดับน้ำในนาประมาณ 10 - 15 ซม. ตลอดฤดูปลูก จึงมักเกิดปัญหาการจัดการน้ำในนาข้าว เนื่องจากมีความต้องการใช้น้ำมาก ประมาณ 1,500 - 2,000 ลบ.ม./ไร่ สำหรับหนึ่งฤดูการเพาะปลูก โดยทั่วไป ปริมาณน้ำที่สูญเสียจะเกิดจากการที่ข้าวนำไปใช้ในการเจริญเติบโตของลำต้นและขบวนการสร้างเมล็ดข้าว และอาจสูญหายไปเนื่องจากการระเหยจากผิวดิน ผิวน้ำ การซึมลงลึก และการรั่วซึมด้านข้าง (Kumar *et al.*, 2018) ธวัชชัย (2526) ได้ประเมินว่า การสูญเสียน้ำไปในทางที่ไม่เกิดประโยชน์จะเกิดขึ้นประมาณ 50% ของปริมาณการใช้น้ำของข้าวทั้งหมดต่อฤดูปลูก

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) ในปัจจุบันมีความแปรปรวนเป็นอย่างมากโดยเฉพาะสภาวะสภาพภูมิอากาศแห้งแล้ง ดังเช่นในปี พ.ศ. 2558 ประเทศไทยเกิดวิกฤตฝนแล้ง ทำให้ต้นข้าวแห้งตายในหลาย ๆ พื้นที่

รวมทั้งในเขตชลประทาน ปริมาณน้ำต้นทุนภาคเกษตรไม่เพียงพอต่อความต้องการเพาะปลูกพืช เนื่องจากการปลูกข้าวในเขตชลประทานจะมีการทำนากันอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งการคาดการณ์ว่าภายในปี พ.ศ. 2568 การเพาะปลูกข้าวในพื้นที่ชลประทานประมาณ 812.5 ล้านไร่ ในทวีปเอเชีย อาจจะประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำขั้นวิกฤต โดยเฉพาะการเพาะปลูกข้าวในเขตชลประทาน ช่วงฤดูแล้ง ประมาณ 137.5 ล้านไร่ (Tuong *et al.*, 2003; Barker *et al.*, 2004) จากปัญหาดังกล่าว จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาการจัดการน้ำชลประทานแบบต่าง ๆ เพื่อการใช้ทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ พร้อมปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่อาจจะเกิดการขาดแคลนน้ำสำหรับภาคการเกษตรในประเทศจีน Wu (1998) ได้ทดลองการใช้น้ำแบบ Shallowness, Wetness and Drying ในปี พ.ศ. 2535 – 2536 ในนาข้าว โดยให้น้ำท่วมขังที่ระดับต่างกันในแต่ละช่วงการเจริญของพืช สามารถประหยัดน้ำได้ 21.1% และมีผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น 11.4% ขณะที่ Barker *et al.* (2004) รายงานว่า ในปี พ.ศ. 2542 ประเทศจีนได้เริ่มพัฒนาเทคนิคการประหยัดน้ำชลประทาน (Water-Saving Irrigation Techniques, WSI) ในนาข้าว เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ รวมทั้งได้ประยุกต์การให้น้ำท่วมขังในนาข้าวแบบมีระดับน้ำตื้น (Shallow Water Depth, SWD) และการให้นาข้าวมีสภาวะเปียกสลับแห้ง (Alternate Wetting and Drying, AWD) สามารถประหยัดน้ำและได้ผลผลิตดี (Zhi, 1998) ดังนั้น การใช้น้ำชลประทานสำหรับการปลูกข้าวในแปลงนาแบบวิธีประหยัดน้ำ หรือวิธีให้น้ำแบบเปียกสลับแห้ง (AWD) จึงเป็นหนึ่งในเทคนิคการประหยัดน้ำที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาเพื่อการปลูกข้าวในทวีปเอเชีย

เป็นทางเลือกที่เหมาะสมต่อการจัดสรรน้ำชลประทาน (Bhuiyan, 1992) และเป็นวิธีการจัดการน้ำชลประทานที่มีอยู่อย่างจำกัดให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นสำหรับการปลูกข้าวในพื้นที่นาชลประทาน สามารถลดการใช้น้ำได้ถึง 30% (IRRI, 2009) และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมด้วย โดยลดการเกิดก๊าซมีเทนซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกในนาข้าวได้ 20 - 81% เมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกข้าวแบบให้น้ำท่วมขังตลอดฤดูการเพาะปลูก (อัจนราและบัญญัติ, 2551; ดวงนภาและบัญญัติ, 2557) โดยไม่มีผลกระทบต่อผลผลิตข้าว รวมทั้งเพิ่มศักยภาพการผลิตข้าวได้ด้วย ปัจจุบันเทคนิคการชลประทานแบบประหยัดน้ำเป็นที่ยอมรับและเผยแพร่ในกลุ่มเกษตรกรหลายประเทศ เช่น กลุ่มเกษตรกรชาวจีนกว่า 53.10% ในกรุงปักกิ่ง ประเทศจีน ได้ใช้เทคนิคการชลประทานแบบประหยัดน้ำเพื่อรับมือกับปัญหาการขาดแคลนน้ำในพื้นที่ (Biao Zhang *et al.*, 2019)

เทคนิคการชลประทานแบบประหยัดน้ำ โดยการจัดสรรน้ำแก่นาข้าวด้วยสภาวะเปียกสลับแห้ง (AWD) หมายถึง การให้น้ำท่วมขังในนาข้าวตามระดับที่กำหนด แล้วปล่อยให้ให้น้ำแห้งจนดินมีความชื้นไม่ต่ำกว่าที่กำหนด จึงให้น้ำใหม่จนถึงระดับที่ต้องการ (Zhi, 1998) สำหรับวัฒนธรรมการปลูกข้าวของเกษตรกรไทย ส่วนใหญ่ใช้การขังน้ำในนาข้าว ทำให้ต้องใช้น้ำปริมาณมาก รวมทั้งพันธุ์ข้าวที่เกษตรกรปลูกจะเป็นพันธุ์ข้าวที่ได้รับการพัฒนาและคัดเลือกพันธุ์มาจากสภาพแปลงนาที่มีการให้น้ำแบบน้ำท่วมขังตลอดฤดูการเพาะปลูก ซึ่งข้าวแต่ละพันธุ์อาจจะมีผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตที่ตอบสนองต่อการใช้น้ำชลประทานแบบวิธีการประหยัดน้ำไม่เหมือนกัน ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของดิน สภาพภูมิอากาศ และสภาพภูมิประเทศของพื้นที่เพาะปลูก (Guerra *et al.*, 1998, Wu *et al.*, 2010)

ข้าวพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ที่ทำการศึกษาค้างนี้ เกิดจากการผสมพันธุ์ระหว่างข้าวเจ้าพันธุ์หอมนิล กับข้าวเจ้าพันธุ์ดอกมะลิ 105 จากการพัฒนาพันธุ์ข้าวพิเศษโดยศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าวฯ (วช.) และมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ข้าวกล้องมีลักษณะเมล็ดสีม่วงเข้ม รูปร่างเมล็ดเรียวยาว มีความนุ่มนวล และปลูกได้ตลอดทั้งปี คุณสมบัติเด่นทางด้านโภชนาการของข้าวไรซ์เบอร์รี่ คือ มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง (รัชณีและคณะ, 2553) เป็นพันธุ์ข้าวเศรษฐกิจที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภค ปัจจุบันงานศึกษาวิจัยเรื่องการจัดการน้ำของข้าวพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ยังมีไม่มาก และไม่ครอบคลุมถึงการจัดการน้ำชลประทานที่แตกต่างกัน ดังนั้น การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบการตอบสนองด้านการเจริญเติบโต ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และประสิทธิภาพการใช้น้ำของข้าวไรซ์เบอร์รี่ ที่ปลูกด้วยเทคนิคการจัดการน้ำที่แตกต่างกันสำหรับนาข้าวชลประทาน เพื่อใช้เป็นแนวทางการจัดการน้ำชลประทานอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาเป็นแปลงนาทดลองของสถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 1 (แม่แตง) กรมชลประทาน ต.สันมหาพน อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่ ตั้งอยู่ที่เส้นรุ้งที่ 19° 17' 10" เหนือ เส้นแวงที่ 98° 56' 47" ตะวันออก อยู่สูงกว่าระดับน้ำทะเลปานกลาง 355 ม. ทำการทดลอง 2 ปี คือ พ.ศ. 2559 และ พ.ศ. 2560 เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0 - 30 ซม. เพื่อนำมาศึกษา ลักษณะดิน และคุณสมบัติของดิน โดยส่งตัวอย่างดินไปวิเคราะห์ที่ ฝ่ายดินดานวิทยาศาสตร์ สำนักวิจัยและพัฒนา กรมชลประทาน

วิธีการให้น้ำ

วางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) จำนวน 4 ซ้ำ (Replications) 3 วิธีการส่งน้ำ มีขนาดแปลงย่อย 5 x 10 ม. แต่ละแปลงทำการปูแผ่นพลาสติกทึบน้ำระหว่างคันนาแปลงทดลอง เพื่อป้องกันการรั่วซึมด้านข้าง (Seepage) พร้อมติดตั้งท่อ PVC เปิดหัว-ท้าย เจาะรู เส้นผ่าศูนย์กลาง 12.5 ซม. ยาว 25 ซม. บักลิก 20 ซม. เพื่อวัดระดับการส่งน้ำ ดำเนินการเพาะเมล็ดพันธุ์ 22 ธันวาคม 2558 ปักดำกล้าข้าว วันที่ 3 กุมภาพันธ์ 2559 ระยะ 20 x 25 ซม. ให้น้ำสูง 5 ซม. จากระดับผิวดิน เปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้น้ำแบบประหยัดน้ำ กับวิธีเกษตรกร จนถึงก่อนการเก็บเกี่ยว 15 วัน เก็บเกี่ยววันที่ 27 พฤษภาคม 2559 รวมอายุ 154 วัน ค่าปริมาณน้ำฝนในช่วงปักดำถึงเก็บเกี่ยวผลผลิตรวม 150.50 ม.ม. และ ในฤดูปลูก ปี พ.ศ. 2560 ดำเนินการเพาะเมล็ดพันธุ์ 11 ธันวาคม 2559 ปักดำกล้าข้าว วันที่ 6 มกราคม 2560 จนถึงการเก็บเกี่ยว วันที่ 15 พฤษภาคม 2560 รวมอายุ 150 วัน ค่าปริมาณน้ำฝนในช่วงปักดำถึงเก็บเกี่ยวผลผลิตรวม 97.60 ม.ม. วิธีการส่งน้ำ 3 วิธี ดังนี้

1. เปียกสลับแห้งแบบที่ 1 (Alternate Wetting and Drying; AWD1) ส่งน้ำให้อยู่ระดับ 5 ซม. เมื่อน้ำแห้งต่ำกว่าผิวดิน 5 ซม. (ดูระดับน้ำจากท่อ PVC) ตลอดฤดูปลูกจนถึง 15 วัน ก่อนเก็บเกี่ยว
2. เปียกสลับแห้งแบบที่ 2 (AWD2) หยุดส่งน้ำหลังปักดำ ในช่วงระยะข้าวแตกกอ (หลังปักดำประมาณ 25 วัน) และระยะข้าวตั้งท้อง (หลังปักดำประมาณ 45 วัน) เมื่อน้ำแห้งต่ำกว่าผิวดิน 15 ซม. จึงส่งน้ำกลับมาสูงกว่าผิวดินระดับ 5 ซม. ตลอดฤดูปลูกจนถึง 15 วัน ก่อนเก็บเกี่ยว

3. แบบเกษตรกร (Continuous Flooding; CF) ส่งน้ำชลประทานหลังปักดำ สูงกว่าผิวดิน ระดับ 5 ซม. ตลอดฤดูปลูกจนถึง 15 วัน ก่อนเก็บเกี่ยว

การบันทึกข้อมูล

1. บันทึกข้อมูลปริมาณการใช้น้ำด้วย เครื่องมือวัดปริมาณน้ำ Cutthroat - Flume ในแต่ละครั้ง (รายแปลง) คำนวณเป็นปริมาณน้ำ ที่ส่งต่อพื้นที่ (ลบ.ม./ไร่) คำนวณค่าผลิตภาพของ น้ำชลประทาน (Irrigation Water Productivity; IWP) และค่าผลิตภาพของน้ำ (Water Productivity; WP) จากสมการ (1) และ (2) ตามวิธีการของ Bouman *et al.* (2007) ดังนี้

$$\text{Irrigation Water Productivity (กิโลกรัม/ลบ.ม.)} = \frac{\text{น้ำหนักผลผลิต (กิโลกรัม)}}{\text{ปริมาณน้ำชลประทาน (ลบ.ม.)}} \quad (1)$$

$$\text{Water Productivity (กิโลกรัม/ลบ.ม.)} = \frac{\text{น้ำหนักผลผลิต (กิโลกรัม)}}{\text{ปริมาณน้ำชลประทาน (ลบ.ม.)} + \text{ปริมาณน้ำฝน (ลบ.ม.)}} \quad (2)$$

ผลการทดลองและวิจารณ์

คุณสมบัติของดินในพื้นที่ศึกษา

ลักษณะดินเป็นประเภทดินเหนียว เนื้อละเอียด ประกอบด้วยดินทราย 22.6 - 23.4% ดินตะกอนทราย 34.7 - 36.0% และ ดินเหนียว 41.4 - 41.9% อัตราการรั่วซึมน้ำของดินช้ามาก มีค่าความชื้นชลประทาน (Field capacity) 35.0 - 37.8% โดยน้ำหนักดินแห้ง และมีค่า จุดเหี่ยวถาวร (Permanent wilting Point) 19.1 - 19.7% โดยน้ำหนักดินแห้ง, ดินมีปฏิกิริยา เป็นกรดปานกลางมีค่า pH 5.5 - 5.8 ไม่มีปัญหา เรื่องความเค็มของดิน เปอร์เซ็นต์ของอินทรีย์วัตถุ อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง มีค่า Organic Matter 2.1 - 2.3 (Table 1)

หลังปักดำ 30 วัน วัดความสูง และ องค์ประกอบผลผลิตที่ระยะเก็บเกี่ยว โดยสุ่มเก็บตัวอย่าง กอข้าวแบบเส้นทแยงมุมจำนวน 10 กอ/แปลงย่อย นับจำนวน รวง/กอ จำนวนเมล็ดดี/รวง %เมล็ดลีบ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม) และผลผลิตเฉลี่ย/ไร่ ที่ความชื้น 14%

นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทาง สถิติและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ ระดับความเชื่อมั่น 95%

Table 1 Physical and chemical soil properties of the studied paddy fields (Depth 0-30 cm)

Soil Properties*	2016	2017
Sand (%)	22.6	23.4
Silt (%)	36.0	34.7
Clay (%)	41.4	41.9
Texture Class	Clay	Clay
pH	5.8	5.5
Organic matter (%)	2.1	2.3
Field Capacity	35.0	36.8
Permanent Wilting point	19.1	19.7

*Qualification test by Office of Research and Development, Royal Irrigation Department

การเจริญเติบโตของต้นข้าว

การเจริญเติบโตของข้าวภายใต้วิธีการส่งน้ำชลประทานแบบต่าง ๆ ในปีการศึกษา พ.ศ. 2559 และ พ.ศ. 2560 พบว่า ข้าวพันธุ์โรซเบอรี่ที่ปลูกในแปลงนาของ 3 วิธีการส่งน้ำ (AWD1, AWD2 และ CF) มีความสูงของต้นข้าว 98.8, 98.8 และ 97.6 ซม. ในปี 2559 และ 101.3, 98.8 และ 97.6 ซม. ในปี 2560 ตามลำดับ (Table 2) และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เนื่องจาก ต้นข้าวในช่วงระยะเจริญเติบโตของทุกวิธีการส่งน้ำ ได้รับน้ำชลประทานที่เพียงพอต่อความต้องการ มีการแตกกอและให้จำนวนต้นตอกอและจำนวนรวงตอกอไม่แตกต่างกัน (Figure 1) การปล่อยให้พื้นนาแห้งจนดินแตกระยะที่ต้นข้าวเจริญเติบโตในช่วงการหยุดส่งน้ำของวิธี AWD ช่วยให้ข้าวได้รับแสงแดดอย่างเพียงพอ รากข้าวได้รับออกซิเจนเพิ่มขึ้น มีการเกิดรากใหม่ได้รับสารอาหารจากปุ๋ยได้มากขึ้น ข้าวมีการแตกกอดี และ

ปริมาณการใช้น้ำชลประทานที่น้อยกว่า สามารถลดต้นทุนการผลิตเกี่ยวกับค่าแรงงานและน้ำมัน ในกรณีสูบน้ำชลประทานสำหรับเกษตรกร รวมทั้งสามารถเพิ่มศักยภาพการให้ปุ๋ยแก่ข้าวในช่วงการหยุดส่งน้ำ อัตราส่วนที่ข้าวสามารถดูดซึมน้ำไปใช้ประโยชน์ได้มากกว่าช่วงน้ำขัง

ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

จากผลการศึกษาวิธีการจัดการน้ำแบบประหยัดน้ำเทียบกับวิธีการจัดการน้ำแบบท่วมขังพบว่า ผลผลิตข้าวเฉลี่ยในแต่ละฤดูการเพาะปลูกไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ยกเว้น น้ำหนัก 1,000 เมล็ด โดยในฤดูปี 2559 และ 2560 ผลผลิตข้าวของวิธีการ AWD1 มีผลผลิต 826.8 และ 835.8 กก./ไร่, แบบ AWD2 มีผลผลิต 820.7 และ 829.4 กก./ไร่ และแบบ CF มีผลผลิต 822.1 และ 830.3 กก./ไร่ ตามลำดับ (Table 3 and Table 4)

Table 2 Average plant height and tiller/hill of Riceberry rice in responses to different irrigated techniques compared to continuous flooding at Chiang Mai Province, during 2016 and 2017

Treatments	2016		2017	
	Plant height (cm)	Tiller/ hill (No.)	Plant height (cm)	Tiller/ hill (No.)
Alternated Wetting and Drying (AWD1)	98.84*	23.14	101.3	24.5
Alternated Wetting and Drying (AWD2)	98.78	22.30	98.8	23.7
Continuous Flooding (CF)	97.63	22.80	97.6	23.7
CV (%)	2.99	6.95	3.4	8.8

* Average of 4 replications



Figure 1 Growth of Riceberry rice at 30 days after transplanting in the different irrigation technique paddy field AWD1, AWD2 and CF in 2017

ทั้งนี้ วิธีการส่งน้ำแบบต่าง ๆ มีผลทำให้ องค์ประกอบผลผลิต มีความแตกต่างกัน ได้แก่ จำนวนรวงต่อกอ จำนวนเมล็ดต่อรวง จำนวนเมล็ด ตีต่อรวง และเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวง โดยจำนวน เมล็ดตีต่อรวง และเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวงของ วิธีการส่งน้ำ AWD1 และ CF มีผลเฉลี่ยที่ดีกว่า วิธี AWD2 เนื่องจาก วิธี AWD2 มีการหยุดส่งน้ำ คาบเกี่ยวกับระยะข้าวออกรวง ทำให้ข้าวขาดน้ำ ได้รับปริมาณน้ำไม่เพียงพอต่อกระบวนการสร้าง ผลผลิต อาจส่งผลกระทบต่อความสมบูรณ์ของ เมล็ดข้าวได้

ปริมาณผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่จากวิธีการ ส่งน้ำแบบประหยัสน้ำ ทั้ง 2 วิธี (AWD1 และ AWD2) พบว่า มีค่า 823.7 กก./ไร่ ใกล้เคียงกับ ผลผลิตจากวิธี CF (822.1 กก./ไร่) ในฤดูนาปรัง ปีพ.ศ. 2559 (Table 3) และ ในฤดูนาปรังปีพ.ศ. 2560 (Table 4) มีผลผลิตเฉลี่ยจากวิธี AWD1 และ AWD2 เท่ากับ 832.56 กก./ไร่ มากกว่าผลผลิตจากวิธี CF

(826.2 กก./ไร่) หากพิจารณาผลการทดลอง ทั้ง 2 ปีการเพาะปลูก แม้ว่าวิธีการส่งน้ำแตกต่างกัน แต่พบว่า ค่าเฉลี่ยผลผลิตต่อไร่ของแต่ละวิธีการ ส่งน้ำมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน โดยที่วิธีแบบ AWD1 และ AWD2 ได้ผลผลิตเฉลี่ย 831.3 และ 825.0 กก./ไร่ เทียบกับวิธี CF เท่ากับ 822.1, 830.3 กก./ไร่ แตกต่างเพียง 1.11, -0.64% ตามลำดับ ผลผลิตที่แตกต่างในแต่ละปีการทดลอง อาจสืบ เนื่องจากสภาวะสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกัน จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า วิธีการส่งน้ำ AWD1 และ AWD2 มีการกำหนดระดับน้ำและ ช่วงเวลาที่เหมาะสม ตรงต่อความต้องการใช้น้ำ และช่วงการเจริญเติบโตของข้าว โดยไม่กระทบ ต่อผลผลิต นอกจากนี้ คุณสมบัติของชั้นดิน ที่เหมือนกัน มีการให้ปุ๋ยตลอดช่วงการเพาะปลูก ส่งผลให้ปริมาณธาตุไนโตรเจน ซึ่งเป็นธาตุอาหาร สำคัญของข้าวในแต่ละแปลงทดลองที่ได้รับ ไม่แตกต่างกัน (Peng *et al.*, 2017)

Table 3 Yield and yield components of Riceburry rice in responses to different irrigated techniques compared to continuous flooding at Chiang Mai Province, year 2016

Treatments	Yield (kg/rai)	Panicle/hill (No.)	Grain/panicle (No)	Filled grain/panicle (No.)	%Unfilled grain	1,000 grain weight (g)
Alternated Wetting and Drying (AWD1)	826.8	22.4a	116.8a	105.0a	11.8ab	25.8
Alternated Wetting and Drying (AWD2)	820.7	20.5b	102.9b	89.2b	13.7a	25.5
Continuous Flooding (CF)	822.1	22.7a	114.8a	105.1a	9.7b	25.6
CV (%)	15.4	4.0	8.5	6.9	7.5	9.4

Means in the same column, follow by a common letters are not significantly different at the 5% level by DMRT

Table 4 Yield and yield components of Riceburry rice in responses to different irrigated techniques compared to continuous flooding at Chiang Mai Province, year 2017

Treatments	Yield (kg/rai)	Panicle/hill (No.)	Grain/panicle (No)	Filled grain/panicle (No.)	%Unfilled grain	1,000 grain weight (g)
Alternated Wetting and Drying (AWD1)	835.8	24.4	117.4a	105.0a	12.4a	26.1
Alternated Wetting and Drying (AWD2)	829.4	23.7	99.3b	86.4b	12.8a	25.9
Continuous Flooding (CF)	830.3	23.8	115.6a	105.7a	9.9b	26.0
CV (%)	28.5	3.4	8.3	5.9	4.8	13.7

Means in the same column, follow by a common letters are not significantly different at the 5% level by DMRT

ปริมาณการใช้น้ำ

จากการเก็บข้อมูลการใช้น้ำของแปลงนาทดลองในแต่ละวิธีการส่งน้ำชลประทานในปีการศึกษา พ.ศ. 2559 พบว่า ปริมาณการใช้น้ำชลประทานไม่รวมค่าปริมาณน้ำฝนที่ตกในช่วงการเพาะปลูกข้าวของวิธีการ CF ซึ่งเป็นวิธีการขังน้ำในนาข้าวตลอดอายุการเพาะปลูกข้าว (แบบวิธีเกษตรกร) มีปริมาณการใช้น้ำชลประทานสูงที่สุด 1,530.24 ลบ.ม./ไร่ ส่วนวิธีการให้น้ำแบบประหยัดน้ำ AWD1 และ AWD2 ทั้ง 2 วิธีการ มีอัตราการใช้น้ำชลประทาน 926.96, 968.00 ลบ.ม./ไร่ ตามลำดับ และผลการศึกษาปี พ.ศ. 2560 พบว่า ปริมาณการใช้น้ำชลประทานไม่รวมค่าปริมาณน้ำฝนของวิธีการ CF มีปริมาณการใช้น้ำชลประทานสูง

ที่สุด 1,380.73 ลบ.ม./ไร่ ส่วนวิธีแบบ AWD1 และ AWD2 มีอัตราการใช้น้ำชลประทาน 756.87–867.64 ลบ.ม./ไร่ ตามลำดับ จากผลการทดลองทั้ง 2 ปีการศึกษา พบว่า การให้น้ำชลประทานแบบวิธี AWD1 ใช้ปริมาณน้ำชลประทานน้อยที่สุดเฉลี่ย 841.92 ลบ.ม./ไร่ วิธี AWD2 ใช้ปริมาณน้ำชลประทานเฉลี่ย 917.82 ลบ.ม./ไร่ และวิธีการ CF ใช้น้ำชลประทานมากที่สุดเฉลี่ย 1,455.49 ลบ.ม./ไร่ ตามลำดับ (Table 5) ทั้งนี้ ผลการทดลองของวิธีการ AWD1 และ AWD2 มีการใช้ปริมาณน้ำชลประทานรวมปริมาณน้ำฝนที่ตกช่วงเพาะปลูกน้อยกว่าวิธีแบบ CF ประมาณ 34.06 – 40.59% และ 31.75 – 33.38% ตามลำดับ (Table 5)

Table 5 Summary of water consumption, water saving, irrigation and water productivity

Treatments	Water consumption (m ³ /rai)			Water Saving (%)	Irrigation Water Productivity (kg/m ³)	Water Productivity (kg/m ³)
	Irrigation water	Precipitation	Total			
AWD1-2016	927	241	1,168	34.06	0.89	0.71
AWD2-2016	968	241	1,209	31.75	0.85	0.80
CF-2016	1,530	241	1,771	-	0.54	0.46
AWD1-2017	757	156	913	40.59	1.10	0.92
AWD2-2017	868	156	1,024	33.38	0.96	0.81
CF-2017	1,381	156	1,537	-	0.60	0.54

จากผลการทดลอง พบว่า ค่าผลิตภาพของน้ำชลประทาน (IWP) หรือ ปริมาณผลผลิตต่อปริมาณการใช้น้ำชลประทานของวิธีการ AWD1 และ AWD2 มีค่าเฉลี่ย 0.91, 1.00 กก./ลบ.ม. ตามลำดับ รองลงมา คือวิธีการ CF มีค่า IWP เฉลี่ย 0.57 กก./ลบ.ม. และผลการวิเคราะห์ค่า WP หรือปริมาณผลผลิตทั้งหมดต่อปริมาณการใช้น้ำ (น้ำชลประทานรวมน้ำฝน) ของวิธีการ AWD1 และ AWD2 มีค่าสูงเช่นเดียวกัน เฉลี่ย 0.81, 0.82 กก./ลบ.ม. ตามลำดับ รองลงมา คือวิธีการ CF มีค่า WP เฉลี่ย 0.50 กก./ลบ.ม. จากค่า IWP และ WP ของการปลูกข้าวแบบประหยัดน้ำ AWD1 และ AWD2 มีค่ามากกว่าวิธีการ CF แสดงถึงอัตราส่วนผลผลิตต่อปริมาณการใช้น้ำชลประทานที่ได้จากวิธีการส่งน้ำแบบประหยัดน้ำ ทั้งสองวิธีมีประสิทธิภาพการใช้น้ำที่ดีกว่าแบบวิธีการขังน้ำในนาข้าวตลอดอายุการเพาะปลูกข้าว (แบบวิธีเกษตรกร) โดยเฉพาะการทำนาปรัง เป็นการทำนาในช่วงฤดูแล้ง ถ้ามีปริมาณฝนตกน้อย ปริมาณน้ำชลประทานจะเป็นแหล่งน้ำต้นทุนหลักแก่การเพาะปลูกข้าว จึงเป็นปัจจัยให้ค่า IWP มีค่าผลิตภาพ (Productivity) เพิ่มมากขึ้น ดังนั้น เทคนิคการประหยัดน้ำชลประทานโดยวิธีการส่งน้ำทั้ง AWD1 และ AWD2 โดยรวมมีการตอบสนองต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และประสิทธิภาพการใช้น้ำของข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ดีกว่าปลูกด้วยวิธีการของเกษตรกร ผลการทดลองนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลส่งเสริมและเป็นแนวทางการจัดการน้ำชลประทานต่อนาข้าวชลประทานต่อไป ได้ ซึ่งวิธีการส่งน้ำทั้ง AWD1 และ AWD2 จะมีความแตกต่างเกี่ยวกับระดับน้ำและช่วงการหยุดส่งน้ำ ดังนั้น วิธีการส่งน้ำชลประทานแบบประหยัดน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูกในแต่ละพื้นที่เพาะปลูก จำเป็นต้องพิจารณาถึงปัจจัย

สิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ประกอบด้วยกัน ได้แก่ คุณสมบัติของชั้นดิน สภาพภูมิอากาศ ตลอดจนวิธีปฏิบัติสำหรับการเพาะปลูกข้าว การดูแลป้องกันวัชพืช ศัตรูพืช และอัตราปุ๋ย

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการปลูกข้าวไรซ์เบอร์รี่ฤดูนาปรัง ปี พ.ศ. 2559 และปี พ.ศ. 2560 ในนาชลประทาน จ.เชียงใหม่ พบว่า การส่งน้ำชลประทานแบบประหยัดน้ำ วิธีแห้งสลับเปียกแบบที่ 1 (AWD1) คือ ส่งน้ำให้อยู่ระดับ 5 ซม. เมื่อน้ำแห้งต่ำกว่าผิวดิน 5 ซม. ตลอดฤดูปลูกจนถึง 15 วัน ก่อนเก็บเกี่ยว และวิธีแห้งสลับเปียกแบบที่ 2 (AWD2) โดยหยุดส่งน้ำหลังปักดำในช่วงระยะข้าวแตกกอ (หลังปักดำประมาณ 25 วัน) และระยะข้าวตั้งท้อง (หลังปักดำประมาณ 45 วัน) เมื่อน้ำแห้งต่ำกว่าผิวดิน 15 ซม. จึงส่งน้ำกลับมาสูงกว่าผิวดินระดับ 5 ซม. ตลอดฤดูปลูกจนถึง 15 วัน ก่อนเก็บเกี่ยว เป็นเทคนิคการส่งน้ำชลประทานในนาข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่มีประสิทธิภาพการใช้น้ำที่ดีกว่าวิธีการให้น้ำของเกษตรกรแบบต่อเนื่อง (CF) ซึ่งเป็นวิธีการขังน้ำในนาข้าวตลอดอายุการเพาะปลูกข้าว เนื่องจาก ค่าผลิตภาพของน้ำชลประทาน (IWP) และผลิตภาพของน้ำ (WP) มีค่าเฉลี่ยที่สูงกว่า แต่ปริมาณผลผลิตและค่าองค์ประกอบผลผลิตที่ได้จากการทดลองไม่แตกต่างกับวิธีการให้น้ำแบบต่อเนื่อง และค่า IWP และ WP ที่ได้จากการทดลองการส่งน้ำชลประทานแบบประหยัดน้ำนี้ สามารถใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับแผนและนโยบายยกระดับผลิตภาพการใช้น้ำของหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ กรมชลประทาน สำนักทรัพยากรน้ำแห่งชาติ ที่กำลังส่งเสริมเทคโนโลยีการปลูกข้าวแบบใช้น้ำน้อยแก่เกษตรกรรวมทั้งส่งเสริมงานวิจัยเทคโนโลยีชลประทาน

ที่ช่วยลดการสูญเสียน้ำ และนำน้ำมาใช้ในระบบ เพื่อเพิ่มความสามารถของน้ำในการผลิต รวมทั้ง เพิ่มศักยภาพความมั่นคงด้านน้ำ (Water security) ของประเทศไทยต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ กรมชลประทาน, สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สนับสนุนอุปกรณ์พร้อมทุนการศึกษาสำหรับการทดลองในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมชลประทาน. 2558. คู่มือการทำนาเปียกสลับแห้งแก้งน้ำ. กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ. 18 หน้า.

ดวงนภา วานิชสรรพ และ บัญชา ขวัญยืน. 2557. การพัฒนาการบริหารจัดการน้ำในนาข้าวเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซมีเทน. *วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา*. 25(1): 59-70.

ธวัชชัย ณ นคร. 2526. ความสัมพันธ์ดิน น้ำ และพืช. *วารสารวิชาการเกษตร*. 1(3): 185-195.

พัชรี แสนจันทร์. 2540. *เกษตรชลประทาน*. ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น. 335 หน้า

รัชนี้ คงคาอุยฉาย และคณะ. 2553. รายงานการวิจัย โครงการบูรณาการเทคโนโลยีชีวภาพในการสร้างพันธุ์ข้าวเพื่อเพิ่มมูลค่าและคุณค่าสูง: โครงการวิจัยย่อยที่ 4: การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการเบื้องต้น

และการประเมินความเป็นประโยชน์ของธาตุเหล็กจากข้าวในระดับเซลล์. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

ลัดดาวัลย์ กรรณนุช, กิ่งแก้ว คุณเขต, นิตยา รื่นสุข, กษิน ขำเลชะสิงห์, สุรพล จัตุพร, อมรรัตน์ อินทร์มัน, อัญชลี คร้ามศรี, นิวัตติ เจริญศิลป์, วิชัย หิรัญยูปกรณ์, นิกุล รังลิชช และ สุเทพ ลิ้มทองกุล. 2544. การปลูกข้าวนาปรังโดยระบบการใช้น้ำอย่างประหยัด. หน้า 107-119. ใน: เอกสารการประชุมวิชาการ ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี 2544. วันที่ 3-4 กรกฎาคม 2544 ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

วิบูลย์ บุญยธโรกุล. 2526. *หลักการชลประทาน*. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 274 หน้า.

อัจฉรา ชุมวงศ์ และ บัญชา ขวัญยืน. 2551. การจัดการน้ำในนาข้าวเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมเกี่ยวกับน้ำและบรรยากาศ. *วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา*. 19(2) : 52-59.

Barker, R., T.P. Tuong, Y. Li, E.G. Castillo and B.A.M. Bouman. 2004. Growing More Rice with Less Water Research Findings from a Study in China, *Paddy Water Environ*. 2:185-192.

Bhuiyan, S.I. 1992. Water Management in Relation to Crop Productivity: Case Study on Rice. *Outlook Agr*. 21 (4): 293-299.

Biao, Z., Z. Fu, J. Wang and L. Zhang. 2019. Farmers' Adoption of Water-saving Irrigation Technology Alleviates Water Scarcity in Metropolis Suburbs: A Case Study of Beijing, China. *Agri Water Manage*. (212), 349-357.

- Bouman, B.A.M., L.M. Lampayan and T.P. Tuong. 2007. *Water Management in Irrigated Rice*. Los Banos. 54 pages.
- Guerr, L.C., S.I. Bhuiyan, T.P. Tuong and R. Barker. 1998. Producing More Rice with Less Water from Irrigated Systems. IRRI Discussion Paper Series. International Rice Research Institute, Philippines. NO. 29. 24 pages.
- International Rice Research Institute (IRRI). 2009. Saving Water Alternate Wetting and Drying (AWD). Los Banos, Philippines. IRRI Rice Fact Sheet Online, Available at :<http://www.knowledgebank.irri.org/training/fact-sheets/water-management/saving-water-alternate-wetting-drying-awd>. Accessed: October 1 2019.
- Kumar, J., S. Rani, R. K. Sohane, W. Hasan and A. K. Paswan. 2018. Irrigation Management in Paddy based on Depleting Water Level below Soil Surface, *Int. J. Pure App. Biosci. SPI*: 6(1): 56-62.
- Peng, Z., O. Deschenes, K.C. Meng and J. Zhang. 2017. Temperature Effects on Productivity and Factor Reallocation: Evidence from a Half Million Chinese Manufacturing Plants. DISCUSSION PAPER SERIES. IZA – Institute of Labor Economics, Germany. IZA DP No. 11132. 44 pages.
- Tuong, T.P., and B.A.M. Bouman. 2003. Rice Production in Water-Scarce Environments. *Agri Water Manage.* (2): 13-42.
- Wu, P.T., J.M. Jin and X.N. Zhao. 2010. Impact of Climate Change and Irrigation Technology Advancement on Agricultural Water Use in China. *Climatic Change*. 100(3-4):797-805.
- Wu, X. 1998. *Development of Water Saving Irrigation Technique on Large Paddy Rice Area in Guangxi Region of China*, China. 7 pages.
- Zhi, M., and X. Zhifang. 1998. *Water Saving Irrigation Techniques for Rice*, CCTV Press, China. 19 pages.