การประเมินค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 แบบเปียกสลับแห้งและแบบท่วมขัง

Evaluation of Water Footprint (WF) of PathumThani 1 Rice cultivation alternate wet & dry and basin irrigation

รพีพงศ์ ลภัสภัคคณุตม์[1,4]*,พิทวัส วิชัยดิษฐ[2], พีรยุทธ จันทร์เพ็ญงาม[3],ชัยศรี สุขสาโรจน์[4]

Rapeepong laphatphakkhanut[1]*,Bittawat Wichaidist[2], Perayut Janpenngam[3],Chaisri Suksaroj[4]

[1]ส่วนวิศวกรรม สำนักงานชลประทานที่ 2 ลำปาง กรมชลประทาน

[2]สถาบันวิทยาศาสตร์ข้าวแห่งชาติ สุพรรณบุรี กรมการข้าว

[3]งานเทคโนโลยีสารสนเทศ สำนักงานงานวิทยาเขตกำแพงแสน

[4]ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสนมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

Rapeepongb67@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการประเมินและเปรียบเทียบค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (WF) ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกแบบเปียกสลับแห้งและแบบน้ำท่วมขังในแปลงทดลอง เขตพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่ลาว อำเภอแม่ลาว จังหวัดเชียงราย โดยการปลูกข้าวในช่วงฤดูนาปรังปี พ.ศ. 2562 (มกราคม - พฤษภาคม) ซึ่งใช้โปรแกรม CROPWAT 8.0 ในการหาค่าใช้น้ำจริง (Water Consumption) ของข้าว และการรวบรวมข้อมูลในพื้นที่จริง จากผลการวิจัยนี้พบว่า ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (WF) ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกแบบเปียกสลับแห้ง มีค่าเท่ากับ 2,287.10 ลบ.ม./ตันข้าวเปลือก โดยแยกเป็นวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเขียว (WF_{green}) เท่ากับ 29.9 ลบ.ม./ตันข้าวเปลือก วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีน้ำเงิน (WF_{blue}) เท่ากับ 1,255.46 ลบ.ม./ตันข้าวเปลือก และ วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเทา (WF_{gray}) เท่ากับ 1,001.65 ลบ.ม./ตันข้าวเปลือก ส่วนค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (WF) ที่ปลูกแบบท่วมขัง มีค่าเท่ากับ 3,176.88 ลบ.ม./ตันข้าวเปลือก โดยแยกเป็นวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเขียว (WF_{green}) เท่ากับ 26.07 ลบ.ม./ตันข้าวเปลือก วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีน้ำเงิน (WF_{blue}) เท่ากับ 1,212.68 ลบ.ม./ตันข้าวเปลือก และ วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเทา (WF_{gray}) เท่ากับ 1,938.13 ลบ.ม./ตันข้าวเปลือก ในขณะที่ผลผลิต ข้าวเปลือกที่ได้ของวิธีการให้น้ำแบบเปียกสลับแห้งจะน้อยกว่าแบบท่วมขังโดยมีค่าเท่ากับ 0.409 และ 0.382 ตัน/ไร่ ตามลำดับ สภาพภูมิอากาศที่ร้อนจัดส่งผลต่อการลดลงของผลผลิตข้าวเปลือกอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: *วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ ข้าวปทุมธานี 1 ให้น้ำแบบเปียกสลับแห้ง ให้น้ำแบบน้ำท่วมขัง*

Abstract

The present research aims to evaluate and compare water footprint (WF) of rice cultivation (PathumThani 1) using an alternate wetting and drying and basin irrigation at Mae Lao Water Transmission and Maintenance Project, Mae Lao District, Chiang Rai in the dry season of 2019 (January - May). CROPWAT 8.0 was used to calculate water consumption value. After water consumption data were collected and calculated from an actual area. Here, the results revealed that WF in an alternate wetting and drying irrigation was 2,287.10 m^3/tons of paddy.WF_{green}, WF_{blue} and WF_{gray}in this technique were 29.9, 1,255.46 and 1,001.65 m^3/tons of paddy, respectively. Moreover, WF of a basin irrigation method was equal to 3,176.88 m^3/tons of paddy. WF_{green}, WF_{blue} and WF_{gray} were 26.01, 1,212.68 and 1,938.13 m3/tons of paddy, respectively. While the production of paddy rice from the alternate wetting and drying irrigation was less than the conventional method as shown as 0.409 and 0.382 tons/Rai, respectively. The hot climate results in a significant decrease in the yield of paddy.

Key words: water footprint;PathumThani1 rice;using an alternate wetting and drying irrigation; basin irrigation

บทนำ

ในปี พ.ศ. 2560 ความต้องการใช้น้ำรวมของทั้งประเทศไทย อยู่ที่ประมาณปีละ 151,750 ล้านลูกบาศก์เมตร เป็นความต้องการน้ำเพื่อการเกษตร สูงถึง 113,960 ล้านลูกบาศก์เมตร หรือร้อยละ 75 ของความต้องการน้ำทั้งหมด ในจำนวนนี้อยู่ในเขตที่มีแหล่งกักเก็บน้ำและระบบชลประทานรวมทั้งปีเฉลี่ย 65,000 ล้านลูกบาศก์เมตร ส่วนที่เหลืออีก 48,960 ล้านลูกบาศก์เมตร เป็นความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรที่อยู่นอกเขตชลประทานโดยอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก จากรายงานของกองนโยบายและแผนพัฒนาการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2561) พบว่า ในปี พ.ศ. 2557 ประเทศไทยมีเนื้อที่เพาะปลูกข้าวรวมมากกว่า 70 ล้านไร่ มีปริมาณผลผลิตส่งออกกว่า 10 ล้านตันข้าวสาร มีมูลค่ากว่า 1.7 แสนล้านบาท คิดเป็นอันดับ 2 ของผลผลิตทางการเกษตรรองจากยางพารา และมีชาวนากว่า 3.8 ล้านครัวเรือน คิดเป็นร้อยละ 65 ของเกษตรกรทั่วประเทศซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วเป็นการผลิตข้าวนาสวน (Paddy rice filed) เนื่องจากให้ผลผลิตมากกว่าข้าวไร่ (Upland rice) และโดยที่วไปแล้วใช้น้ำมากกว่าการปลูกธัญพืชชนิดอื่นอย่างน้อย 2 เท่าตัว (Maclean et al., 2002; Oladele et al., 2019) แต่ในบางปีที่เกษตรกรประสบปัญหาสภาพการแปรปรวนของฝน เช่นฝนตกน้อยเกินไป หรือมีการกระจายตัวของฝน

ไม่สม่ำเสมอก็อาจส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของข้าวและมีผลทำให้ได้รับผลผลิตต่ำ จึงมีการปลูกข้าวแบบใช้น้ำแบบประหยัดหรือแบบเปียกสลับแห้ง เพื่อกระตุ้นให้ข้าวแตกรากแตกกอให้มากที่สุด ข้อจำกัดของการปลูกแบบเปียกสลับแห้ง คือ การแกล้งข้าวทำได้ในพื้นที่ควบคุมน้ำได้ไม่เหมาะสำหรับพื้นที่ดินเค็ม การปล่อยน้ำให้แห้ง "ช่วงข้าวตั้งท้อง" ปล่อยให้หน้าดินแห้งต่อก่อนการเก็บเกี่ยว 15 วัน ดินที่เหมาะคือดินที่ ไม่เผาตอฟางข้าว (มีอินทรียวัตถุในดินให้ข้าว เลี้ยงตัว, ระหว่างหน้าดินแห้ง) (กรมการข้าว,2562)

วอเตอร์ฟุตพริ้นท์เป็นเครื่องมือชี้วัดการใช้น้ำในการอุปโภคและบริโภค ทั้งภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม ในด้านเกษตรกรรมมีการนำมาใช้สำหรับชี้วัดการใช้น้ำในการเพาะปลูกพืช เช่น ข้าว ข้าวโพด และพืชเศรษฐกิจชนิดอื่นๆ ซึ่งเป็นพืชที่ใช้น้ำสำหรับการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน วอเตอร์ฟุตพริ้นต์เป็นเครื่องชี้วัดการใช้น้ำที่ชัดเจน เพราะไม่ได้แสดงให้เห็นถึงปริมาณน้ำที่ใช้และปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยออกมาเท่านั้นแต่แสดงให้เห็นถึงสถานที่ และระยะเวลาที่เกิดการใช้น้ำ อีกทั้งเป็นดัชนีที่สามารถชี้วัดประสิทธิภาพการใช้น้ำและความยั่งยืนของการใช้ทรัพยากรน้ำ(Hoekstra, A.Y. et al.,2011 and Water footprint network, 2019)

ดังนั้นการวิจัยนี้ได้นำหลักการวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Water Footprint, WF) มาใช้ในการคำนวณหาปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ของวิธีการปลูกข้าวโดยการให้น้ำแบบเปียกสลับแห้ง และแบบท่วมขัง เพื่อประเมินและเปรียบเทียบค่า วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (WF) ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ในแต่ละวิธีการการให้น้ำ ข้อมูลที่ได้สามารถนำมาเป็นแนวทางๆหนึ่งในการสนับสนุนการตัดสินใจวางแผนการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ เพื่อให้เกิดการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำทั้งระบบอย่างมีประสิทธิภาพและนำไปสู่ความยั่งยืนในอนาคต ตามแผนยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำขึ้นเพื่อเป็นกรอบนโยบายและแผนการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศให้มีประสิทธิภาพอย่างยั่งยืน (คณะกรรมการกำหนดนโยบายและการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ, 2558)

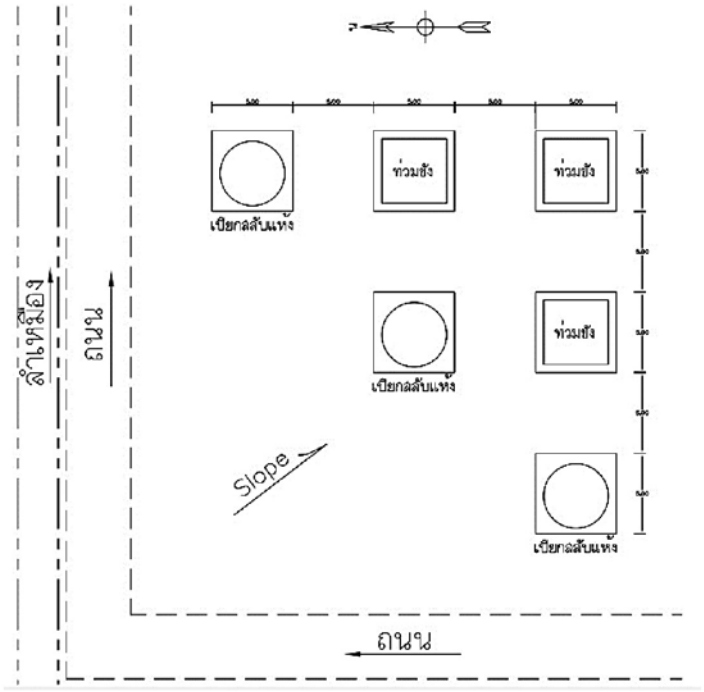
วัตถุประสงค์

เพื่อประเมินและเปรียบเทียบค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (WF) ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ของวิธีการให้น้ำแบบเปียกสลับแห้ง และแบบท่วมขัง

วิธีการศึกษา

1. ศึกษาปริมาณน้ำที่ให้ในการปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ในเขตพื้นที่ชลประทานโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่ลาวอำเภอแม่ลาว จังหวัดเชียงราย ของวิธีการปลูกข้าวโดยการให้น้ำแบบเปียกสลับแห้งและแบบท่วมขัง โดยปลูกในฤดูนาปรัง (มกราคม - พฤษภาคม พ.ศ.2562)

2. วางแผนการทดลองแบบสุ่ม (Completely Randomized Design; CRD) และประเด็นของการทดลอง (Treatment) คือ วิธีการให้น้ำแบบเปียกสลับแห้ง และวิธีให้น้ำแบบท่วมขัง ทดลองละ 3 ซ้ำ (Replications) ซ้ำละ 1 แปลงทดลองขนาด 5 x 5 เมตร แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนผังแสดงแปลงทดลอง

2.1 วิธีให้น้ำแบบเปียกสลับแห้ง เป็นการให้น้ำที่มีการปล่อยให้ข้าวขาดน้ำในช่วงเวลาที่เหมาะสม เพื่อกระตุ้นให้รากและลำต้นข้าวแข็งแรง โดยขังน้ำในแปลงนาเช่นเดียวกับการให้น้ำแบบท่วมขัง แต่มีการแกล้งข้าว (ปล่อยให้ข้าวขาดน้ำ) 2 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 ในระยะแตกกอ (ข้าวอายุ 30 วัน) เป็นเวลา 15 วัน ครั้งที่ 2 เมื่อข้าวแตกกอสูงสุด (ข้าวอายุ 60 วัน) เป็นเวลา 15 แสดงดังภาพที่ 2

(a) (b) (c)

ภาพที่ 2 (a) แปลงแบบเปียกสลับแห้ง 1, (b) แปลงแบบเปียกสลับแห้ง 2, (c) แปลงแบบเปียกสลับแห้ง 3

2.2 วิธีให้น้ำแบบท่วมขัง เป็นการให้น้ำข้าวโดยขังน้ำในแปลงนาที่ระดับความลึก 10 เซนติเมตร ตลอดฤดูปลูก (ตั้งแต่ระยะปักดำจนถึงระยะ 10 วันก่อนการเก็บเกี่ยว) แสดงดังภาพที่ 3

(a) (b) (c)

ภาพที่ 3 (a) แปลงแบบท่วมขัง 1, (b) แปลงแบบท่วมขัง 2, (c) แปลงแบบท่วมขัง 3

3. การรวบรวมข้อมูล

3.1 ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) คือ ข้อมูลที่ได้บันทึกไว้ในซอฟท์แวร์ ได้แก่ ข้อมูลทางภูมิอากาศ (Climate) ค่าการคายระเหยของพืชอ้างอิง (Reference crop evapotranspiration, Eto) ข้อมูลฝน (Rain) และข้อมูลดิน (Soil)

3.2 ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) เป็นข้อมูลได้ใช้ข้อมูลจากการสำรวจจริงในแปลงทดลอง คือ ข้อมูลการเพาะปลูก (Crop) ค่าการใช้น้ำของวิธีการให้น้ำแบบเปียกสลับแห้งและ แบบท่วมขัง และผลผลิตข้าวที่เป็นข้าวเปลือก (Yield)

3.3 บันทึกข้อมูลผลผลิต (ข้าวเปลือก) ที่ระดับความชื้น 15%

การเก็บข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้เริ่มเก็บบันทึกตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2562

การคำนวณ

1. การคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชโดย CROPWAT 8.0

โปรแกรม CROPWAT 8.0 เป็นเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจที่พัฒนาโดยหน่วยพัฒนาน้ำและดินขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and AgricultureOrganization of the United Nations, FAO) (FAO, 2015A)ใช้สำหรับประมาณค่าการใช้น้ำของพืชและจัดการตารางการให้น้ำในการเพาะปลูก โดยใช้วิธีการคำนวณค่าการระเหยน้ำของพืชด้วยสมการ Penman-Monteith ซึ่งในการคำนวณหาการใช้น้ำของพืช (crop -water requirement) ต้องมีการนำเข้าข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากฐานข้อมูล CLIMWAT (FAO, 2015B) ได้แก่ ค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) ปริมาณฝนรวม ปริมาณฝนใช้การ อุณหภูมิ พลังงานแสงอาทิตย์ ค่าความชื้นสัมพัทธ์ แรงลม รูปแบบการปลูกพืช โดยในการคำนวณต้องเพิ่มเติมข้อมูลนำเข้า ได้แก่ ชนิดของดิน ซึ่งประกอบด้วยค่าปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ทั้งหมด ความลึกของรากพืช อัตราการซึมลงในดินของน้ำฝน รวมถึง ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์พืชที่ได้จากการศึกษาของ Allen (Allen et al., 1988)

ผลการคำนวณของโปรแกรม CROPWAT 8.0 จะแสดงถึงการใช้น้ำของพืชเป็นช่วงระยะตามที่ต้องการหรือตลอดฤดูการปลูกพืช และสามารถกำหนดรอบการให้น้ำที่ไม่กระทบต่อผลผลิตและกำหนดตารางการให้น้ำเป็นอัตรามิลลิเมตร ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ หรือ ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกแตร์ต่อวัน ในแต่ละรอบการให้น้ำ ซึ่งเกษตรกรจะนำไปกำหนดการจัดการน้ำในพื้นที่เพาะปลูก(FAO, 2015B) การคำนวณหาการใช้น้ำของพืช CROPWAT 8.0 ต้องการข้อมูลพื้นฐานในการประมวลผล คือสภาพภูมิอากาศและลักษณะของพืช โดยข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับพืชจะเป็นข้อมูลที่ถูกกำหนดไว้ในโปรแกรม และจากโปรแกรม CLIMWAT ซึ่งเป็นโปรแกรมที่พัฒนาโดยองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติที่รวบรวมข้อมูลสภาพภูมิอากาศจาก 5,000 สถานีทั่วโลก ตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1971-2000

CROPWAT 8.0 กำหนดให้มีการคำนวณ 4 วิธี โดยสามารถปรับเปลี่ยนได้ คือ

(1) Fixed percentage

(2) Dependable rainfall (FAO/AGLW formula)

(3) Empirical formula

(4) USDA Soil Conservation Service

โดยโปรแกรมจะกำหนดให้ใช้วิธี USDA Soil Conservation Service โดยวิธีนี้จะคำนวณปริมาณฝนใช้การจากปริมาณฝนใน 2 กรณี (FAO, 2009) คือ

(1) กรณีที่คำนวณฝนใช้การเป็นรายเดือนกรณีที่ข้อมูลปริมาณฝนเป็นรายเดือน (Pmonth) มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 250 มิลลิเมตรต่อเดือน ดังสมการที่ (1.1)

$$P_{eff} = P_{month} * (125 - 0.2 * P_{month}) / 125 \quad (1.1)$$

กรณีที่ข้อมูลปริมาณฝน (Pmonth) มากกว่า 250 มิลลิเมตรต่อเดือนดังสมการที่ (1.2)

$$P_{eff} = 125 + 0.1 * P_{month} \quad (1.2)$$

เมื่อ P_{eff} = ปริมาณฝนใช้การรายเดือน (มิลลิเมตรต่อเดือน)

P_{month} = ปริมาณฝนรายเดือน (มิลลิเมตรต่อเดือน)

(2) กรณีที่คำนวณข้อมูลปริมาณฝนใช้การเป็นระยะ (decade) กรณีข้อมูลปริมาณฝนเป็นระยะ(P_{dec}) มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 250/3 มิลลิเมตรต่อเดือน ดังสมการที่ (1.3)

$$P_{eff(dec)} = P_{dec} * (125 - 0.6 * P_{dec})) / 125 \quad (1.3)$$

กรณีข้อมูลปริมาณฝนเป็นระยะ (P_{dec}) มากกว่า 250/3 มิลลิเมตรต่อเดือน ดังสมการที่ (1.4)

$$P_{eff(dec)} = (125 / 3) + 0.1 * P_{dec} \quad (1.4)$$

เมื่อ $P_{eff(dec)}$ = ปริมาณฝนใช้การเป็นระยะ (มิลลิเมตรต่อเดือน)

P_{dec} = ปริมาณฝนเป็นระยะ (มิลลิเมตรเดือน)

2. การคำนวณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (WaterFootprint, WF)

การวิเคราะห์ข้อมูลได้นำหลักการวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (WF) มาใช้ในการคำนวณปริมาณน้ำที่ใช้ดังกล่าวประกอบด้วย ฟุตพริ้นท์ ของน้ำทั้ง 3 ประเภท ทั้งนี้ วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเขียว (WF_{green}) และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีน้ำเงิน (WF_{blue}) คือปริมาณน้ำที่ใช้ (Water Consumption) ส่วนวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเทา (WF_{gray}) เป็น ปริมาณน้ำเสีย หรือ Water Pollution สำหรับหน่วยวัดของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (WF) มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร/ตันข้าวเปลือกดังสมการที่ (2.1)(Mekonnen and Hoekstr, 2011)

$$WF = WFblue+WFgreen+WFgray \quad (2.1)$$

เมื่อ WF = วอเตอร์ฟุตพริ้นท์รวมในพืช (ลูกบาศก์เมตรต่อตัน)

WF_{green} = วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเขียว (ลูกบาศก์เมตรต่อตัน)

WF_{blue} = วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีน้ำเงิน (ลูกบาศก์เมตรต่อตัน)

WF_{gray} = วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเทา (ลูกบาศก์เมตรต่อตัน)

วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเขียวและวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีน้ำเงินนั้น คำนวณจากปริมาณน้ำที่พืชใช้ (Crop water use, CWU) หารด้วยผลผลิตของพืช (Yield, Y) ดังสมการที่ (2.2) และ (2.3) (Mekonnen and Hoekstr, 2011)

$$WF_{blue} = CWU_{blue} / Y \quad (2.2)$$

$$WF_{green} = CWU_{green} / Y \quad (2.3)$$

เมื่อ CWU = ปริมาณน้ำที่พืชใช้ (ลูกบาศก์เมตรต่อไร่)

Y = ผลผลิต (yield) ของการปลูกข้าว (ตันต่อไร่)

ส่วนวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเทาเป็นการหาปริมาณการใช้น้ำที่จะใช้ในการเจือจางสารที่เกิดขึ้นของธาตุอาหารจากการใช้ปุ๋ยในการปลูกข้าว และปริมาณน้ำที่ซึมลงดิน จากการเก็บข้อมูลของงานวิจัยในครั้งนี้พบว่าไม่มีการระบายน้ำเสียออกจากแปลงนาจึงไม่มีใช้น้ำในการเจือจางธาตุอาหารจากการใช้ปุ๋ยในการปลูกข้าว แต่จะมีน้ำส่วนเกินที่ให้มากกว่าปริมาณการใช้น้ำของพืช (ET_c) ที่ซึมลงดินดังนั้น

ผลการศึกษา

1. ปริมาณการใช้น้ำของข้าว

ผลการศึกษาพบว่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ET0) ตลอดระยะการเจริญเติบโต 12 สัปดาห์ จากโปรแกรม CROPWAT 8.0 เท่ากับ 450.7 มิลลิเมตร ปริมาณการใช้น้ำของพืช (ET_c) ตลอดระยะการเจริญเติบโตรวมเท่ากับ 522.7 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณฝนใช้การ(P_{eff}) ตลอดระยะการเจริญเติบโตรวมเท่ากับ 11.0 มิลลิเมตร ดังนั้นปริมาณน้ำที่พืชต้องการ (Irrigation Requirement) รวมตลอดระยะการเจริญเติบโตเท่ากับ 511.6 มิลลิเมตร ซึ่งจะเห็นได้ว่า ปริมาณน้ำที่พืชต้องการ (Irrigation Requirement) ขึ้นอยู่กับปริมาณการใช้น้ำของพืช (ET_c) และปริมาณฝนใช้การ (P_{eff}) ในสัปดาห์ที่ 1 ถึง สัปดาห์ที่ 12 ของการปลูกข้าว ปริมาณการใช้น้ำของพืช (ET_c) ในการปลูกข้าวมีอัตราการใช้น้ำที่มากกว่าปริมาณฝนใช้การ (P_{eff}) ดังนั้นในช่วงเวลาดังกล่าวจึงประสบปัญหาการขาดน้ำเนื่องจากเป็นการปลูกข้าวในฤดูนาปรัง ซึ่งมีฝนตกในพื้นที่น้อยมาก และส่งผลโดยตรงกับวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเขียว (WF_{green}) และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีน้ำเงิน (WF_{blue})

ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณน้ำที่พืชต้องการ (IrrigationRequirement) ต่อการเพาะปลูก ปริมาณฝนใช้การ (P_{eff}) และปริมาณการใช้น้ำของพืช (ET_c) ที่ใช้ในการปลูกข้าวสำหรับฤดูแล้ง(นาปรัง) ดังกล่าวในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่ลาว อำเภอแม่ลาว จังหวัดเชียงราย (ตารางที่ 1) โดยข้าวจะมีความต้องการน้ำสูงมากในระหว่างสัปดาห์ที่ 5-11 ในระหว่างการปลูกครั้งนี้เป็นฤดูแล้งที่มีอุณหภูมิของอากาศค่อนข้างสูง ปริมาณน้ำส่วนใหญ่ตลอดการเพาะปลูกมาจากระบบการให้น้ำชลประทาน

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์พืช, ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง, ปริมาณการใช้น้ำของพืช, ปริมาณฝนใช้การ, ปริมาณน้ำที่พืชใช้จริง ของข้าวรายสัปดาห์ จากโปรแกรม CROPWAT 8.0

CROP WATER REQUIREMENTS

Eto station : Mae-Lao Crop : Rice

Rain station : Chiang-Rai Planting date : 25/01

สัปดาห์	ค่าสมประสทธิ์พืช, Kc	ปริมาณการใช้น้ำของพืชอางอิง, ET_0 (mm)	ปริมาณการใช้น้ำของพืช, ET_c (mm)	ปริมาณฝนใช้การ, P_{eff} (mm)	ปริมาณน้ำที่พืชต้องการ, Irr.Req.(mm)
1	1.09	16.01	17.45	1.65	15.80
2	1.10	31.64	34.80	3.20	31.70
3	1.11	34.23	38.00	2.80	35.20
4	1.14	28.86	32.90	1.90	31.00
5	1.18	37.63	44.40	0.40	44.00
6	1.21	39.42	47.70	0.00	47.70
7	1.22	46.39	56.60	0.10	56.50
8	1.22	45.16	55.10	0.00	55.00
9	1.20	48.42	58.10	0.00	58.10
10	1.16	49.57	57.50	0.80	56.60
11	1.10	52.00	57.20	0.10	57.10
12	1.07	21.40	22.90	0.00	22.90
รวม		450.7	522.7	11.0	511.6

2. ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์(Water Footprint, WF)

การคำนวณหาปริมาณน้ำที่ใช้จริง โดยอาศัยค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ET_0) และค่าสัมประสิทธิ์พืช (Kc) ในการคำนวณปริมาณการใช้น้ำพืช (ET_c) ในแต่ละสัปดาห์ด้วยโปรแกรม CROPWAT 8.0 ซึ่งจะนำมาเป็นผลรวมแล้วนำมาเปรียบเทียบต่อหน่วยผลผลิตในพื้นที่ จากการศึกษาพบว่าปริมาณผลผลิตข้าวเปลือกของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 จากแปลงทดลองในเขตพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่ลาว อำเภอแม่ลาว จังหวัดเชียงรายที่ใช้วิธีการให้น้ำแบบเปียกสลับแห้งมีผลผลิตข้าวเปลือกน้อยกว่าแปลงที่ปลูกด้วยวิธีการให้น้ำแบบท่วมขังโดยมีค่า เท่ากับ 0.409 และ 0.382 ตัน/ไร่ ตามลำดับผลการศึกษาการให้น้ำทั้ง 2 วิธี ต่อปริมาณผลผลิตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 พบว่าผลผลิตของข้าว มีค่าค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้เกิดขึ้นเนื่องจากรอบฤดูปลูกที่ล้าช้าทำให้ข้าวออกดอกในช่วงกระทบร้อน ทำให้ดอกข้าวบางส่วนเป็นหมันเนื่องจากสภาวะเครียดจากสภาพอากาศที่มีอุณหภูมิสูงในช่วงนั้น

แต่จากการคำนวณค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์(WF)จะพบว่าค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของวิธีการให้น้ำแบบเปียกสลับแห้งมีค่าน้อยกว่าวิธีการให้น้ำแบบท่วมขังสะท้อนการใช้ทรัพยากรน้ำที่ใช้ในการปลูกข้าวแบบเปียกสลับแห้งได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าแบบท่วมขังโดยมีค่าเท่ากับ 2,287.10 ลบ.ม./ตันข้าวเปลือก และ 3,176.88 ลบ.ม./ตันข้าวเปลือก ตามลำดับ โดยความแตกต่างสำคัญนี้มาจากค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเทา (WFgray) ซึ่งเกิดจากการขังน้ำไว้ในนาตลอดช่วงการเติบโตของต้นข้าว ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าวเปลือกพันธุ์ปทุมธานี 1 (ลบ.ม./ตันข้าวเปลือก) ของวิธีการให้แบบเปียกสลับแห้งและแบบท่วมขัง

วิธีที่การให้น้ำ	Yield	วอเตอร์ฟุตพริ้นท์			
	(ตัน/ไร่)	สีเขียว (WF_{green})	สีน้ำเงิน (WF_{blue})	สีเทา (WF_{gray})	WF_{total}
แบบเปียกสลับแห้ง	0.409	29.99	1255.46	1,001.65	2,287.10
แบบท่วมขัง	0.382	26.07	1212.68	1,938.13	3,176.88

จากผลการศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นท์(WF) ที่คำนวณได้เมื่อมาเปรียบเทียบกับผลการศึกษาในเขตพื้นที่อื่นในประเทศไทยดังแสดงในตารางที่ 4 เป็นการปลูกข้าวพันธุ์กข.31 (ปทุมธานี 80) ซึ่งอยู่ในกลุ่มพันธุ์ข้าวที่ไม่ไวต่อแสง และให้ผลผลิตต่อไร่ใกล้เคียงกันกับพันธุ์ปทุมธานี 1 แต่พบว่าการปลูกข้าวในการทดลองครั้งนี้ได้รับผลกระทบจากภาวะอุณหภูมิสูงขณะข้าวออกดอกทำให้ผลผลิตต่อไร่ลดลงอย่างมาก ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์(WF)อย่างมาก โดยวิธีการให้น้ำแบบเปียกสลับแห้งของการศึกษาครั้งนี้มีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์(WF)ที่ค่อนข้างสูงกว่าในเขตพื้นที่อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี และ อำเภอนางลือ จังหวัดชัยนาท ทั้งนี้นอกจากสภาพอากาศที่ร้อนส่งผลต่อผลผลิตแล้วยังอากาศที่ร้อนส่งผลต่อการระเหยของน้ำปริมาณมาก และอาจมีสาเหตุมาจากการรั่วซึมของน้ำในแปลงนาด้วยเช่นกัน

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบค่าวอเตอร์ฟุตพริ้น (WF) (ลบ.ม./ตันข้าวเปลือก) แบบวิธีการให้น้ำแบบเปียกสลับแห้งกับเขตพื้นที่อื่นๆที่เป็นพันธุ์ข้าวไม่ไวแสง (กข.31 (ปทุมธานี 80)

พื้นที่	Yield	วอเตอร์ฟุตพริ้นท์				อ้างอิง
	(ตัน/ไร่)	สีเขียว (WF_{green})	สีน้ำเงิน (WF_{blue})	สีเทา (WF_{gray})	WF_{total}	
การศึกษาครั้งนี้	0.409	29.99	1,255.46	1,001.65	2,287.10	
สถาบันพัฒนาการชลประทาน	0.772	24.40	1,193.90	198.90	1,417.10	(ณรงค์ศักดิ์และคณะ, 2557)
อำเภอนางลือ จังหวัดชัยนาท	1.100	54.50	711.30	200.00	965.80	(ณรงค์ศักดิ์และคณะ, 2557)

ส่วนการปลูกข้าวโดยวิธีการให้แบบท่วมขังของการศึกษานี้มีค่ามากกว่าการศึกษาอื่นๆที่ปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ในฤดูแล้ง (นาปรัง) แบบน้ำท่วมขัง จะสังเกตเห็นได้ว่าผลผลิตต่อไร่ของการศึกษาครั้งนี้น้อยกว่าการศึกษาโดย ธีระวัฒน์และคณะ, 2555 สูงถึงกว่า 100 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 5) ส่งผลให้ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สูงกว่าถึง 2 เท่า การใช้น้ำของข้าวมีค่าใกล้เคียงกันทำให้ค่า WF_{green} + WF_{blue}มีค่าใกล้เคียงกัน แต่WF_{gray}สูงกว่ามาก แสดงให้เห็นว่าน้ำใช้ในการปลูกข้าวในส่วนที่ข้าวต้องการนั้นมีค่าใกล้เคียงกันแต่การบริหารจัดการในส่วนอื่นๆของการใช้น้ำเพื่อการปลูกข้าว ความประณีตในการเตรียมแปลงนา และการเพิ่มผลผลิตต่อไร่ในการปลูกข้าวมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบค่าวอเตอร์ฟุตพริ้น (WF) (ลบ.ม./ตันข้าวเปลือก) แบบวิธีการให้น้ำแบบท่วมขัง พันธุ์ข้าวปทุมธานี 1 ในการศึกษาก่อนหน้าในเขตตพื้นที่อื่น

พื้นที่	Yield	วอเตอร์ฟุตพริ้นท์				อ้างอิง
	(ตัน/ไร่)	สีเขียว (WF_{green})	สีน้ำเงิน (WF_{blue})	สีเทา (WF_{gray})	WF_{total}	
การศึกษาครั้งนี้	0.382	26.07	1,212.68	1,938.13	3,1776.88	
พื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาโคกกระเทียม	0.464	11.00	1,283.00	397.00	1,691.00	(ธีระวัฒน์, 2555)
พื้นที่คลองฝั่งซ้ายคลองชัยนาท-ป่าสัก จ.ลพบุรี	0.458	413.00	813.00	427.00	1,653.00	(ธีระวัฒน์, 2555)

สรุปผลการทดลอง

ผลผลิตข้าวเปลือกของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 จากแปลงทดลองในเขตพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาแม่ลาว อำเภอแม่ลาว จังหวัดเชียงรายที่ใช้วิธีการให้น้ำแบบเปียกสลับแห้งมีผลผลิตข้าวเปลือกน้อยกว่าแปลงที่ปลูกด้วยวิธีการให้น้ำแบบท่วมขังโดยมีค่า เท่ากับ 0.409 และ 0.382ตัน/ไร่ ตามลำดับสภาพภูมิอากาศที่ร้อนจัดส่งผลต่อปริมาณผลผลิตและปริมาณน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูกอย่างมีนัยสำคัญ ปริมาณน้ำที่ใช้ในการปลูกข้าวในแปลงทดลองส่วนใหญ่มาจากระบบชลประทานเนื่องจากเป็นการเพาะปลูกในฤดูแล้ง (นาปรัง) ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์(WF)ของวิธีการให้น้ำแบบเปียกสลับแห้งมีค่าน้อยกว่าวิธีการให้น้ำแบบท่วมขังโดยมีค่าเท่ากับ 2,287.10 ลบ.ม./ตันข้าวเปลือก และ 3,176.88 ลบ.ม./ตันข้าวเปลือก ตามลำดับ โดยความแตกต่างสำคัญนี้มาจากค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเทา (WF_{gray})

เอกสาร และสิ่งอ้างอิง

[1] Available : https://sustainabledevelopment.un.org. 2019, March 23.

[2] กรมการข้าว (Available : http://www.ricethailand.go.th/rkb3/title-index.php-file=content. php&id=119-2.htm. 2019, January 3.)

[3] Available : http://waterfootprint.org/en/resources/interactivetools/product- gallery/. 2019, January 20.

[4]Available : http://www.ricethailand.go.th/rkb3/title-index.phpfile=content. php&id=119-2.htm. 2019, January 3.

[5] Available : https://www.ricethailand.go.th/rkb3/title-index.phpfile=content. php&id=67.htm. 2019, January2.

[6] Water footprint network (Available : http://waterfootprint.org/en/resources/interactivetools/ product-gallery/. 2019, January 20.)

[7] Allen RG., Pereira LS., Raes D., Smith M. Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO, Rome, Italy; 1988.

[8] FAO. 2015A :FAO water: Software CROPWAT 8.0 [internet]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2015 [cited 2017 Dec 1]. Available from:http://www.fao.org/nr/water/infores__databases__cropwat.html

[9] FAO. 2015B :FAO water: Climate 2.0 for CROPWAT [internet]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2015 [cited 2017 Dec 1]. Available from: http://www.fao.org/nr/water/infores__databases__climwat.html122

[10] FAO. 2009 :CROPWAT 8.0. Electronic Publishing Policy and Support Branch, Information Division, FAO; 2009.

[11] Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M. and Mekonnen, M.M. 2011. Water footprint assessment manual. water footprint network 2011. University of Twente, Enschede, The Netherlands.

[12] Maclean, J.L., D. C. Dawe, B. Hardy and G. P. Hettel. 2002. Rice Almanac. International Rice Research Institute (IRRI), Los Banos(Philippines).

[13]Mekonnen M. M. and Hoekstra A. Y., 2011 "The green, blue and grey waterfootprint of crops and derived crop products", Hydrology and Earth System Sciences. 15: 1577-1600.

[14] Oladele, O. I., A. N. Chimewah and O. D. Olorunfemi. 2019. Determinants of farmers' adoption of alternate wet and dry techniques in lowland rice production in Ghana, Uganda and Cameroon for climate smart agriculture. The Journal of Developing Areas 53: 169-182.

[15] กมลพร อยู่สบาย ส่วนน้ำเสียเกษตรกรรม, (2554). "Water Footprint" รอยเท้าน้ำ. สำนักจัดการคุณภาพน้ำกรมควบคุมมลพิษ. กรุงเทพฯ

[16] คณะกรรมการกำหนดนโยบายและการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ, (2558). แผนยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ. สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ. กรุงเทพฯ

[17] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 25561. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปี 2560. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

[18] ณรงค์ศักดิ์ ชัยคงสถิตย์, อดิชัย พรหมินทร์ และ สุรชัย ลิปิวัฒนาการ. 2557. วอเตอร์ฟุตปริ้นท์ของการปลูกข้าวแบบนาเปียกสลับแห้ง. การประชุมวิชาการด้านชลประทานและการระบายน้ำแห่งชาติ. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

[19] ธีระวัฒน์ ธรรมนิยม. 2555. วอเตอร์ฟุตปริ้นท์ของข้าวในพื้นที่ส่งน้ำและบำรุงรักษาโคกกระเทียม วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.