วอเตอร์ฟุตปริ้นของการปลูกข้าวแบบนาเปียกสลับแห้ง

Water Footprint of Rice Cultivation Using Alternate Wet & Dry Irrigation

ณรงค์ศักดิ์ ชัยคงสถิตย์[1], อดิชัย พรพรหมินทร์[2] และ สุรชัย ลิปิวัฒนาการ[3]

Narongsak Chaikongsatit[1], Adichai Pornprommin[2] and Surachai Lipiwattanakarn[3]

[1]นิสิตปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[2,3]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

E-mail: [1] n_chaikongsatit@hotmail.com, [2] fengacp@ku.ac.th and [3]fengsuli@ku.ac.th

บทคัดย่อ

ข้าวมีบทบาทสำคัญหลายอย่างต่อสังคมไทย เป็นอาหารหลักของคนไทยและข้าวยังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในการส่งออกของไทยด้วย นอกจากนั้นพื้นที่ปลูกข้าวคิดเป็นมากกว่าครึ่งหนึ่งของพื้นที่เพาะปลูกทั้งประเทศ การปลูกข้าวมีหลายวิธีซึ่งแต่ละวิธีพบว่ามีการใช้น้ำต่างกันไป ปัจจุบัน ประเทศไทย เริ่มมีการนำวิธีการปลูกข้าวแบบนาเปียกสลับแห้งมาใช้มากขึ้น ซึ่งเป็นวิธีที่ทำการควบคุมระดับน้ำในแปลงนาด้วยท่อแกล้งข้าว การปล่อยแหนแดงช่วยเพิ่มธาตุอาหารให้แก่ต้นข้าวและคลุมดินป้องกันวัชพืช การกำจัดวัชพืชโดยการใช้เครื่องพรวนหญ้า ลดการใช้ยาฆ่าแมลง โดยพบว่าวิธีดังกล่าว สามารถลดการใช้น้ำและยังเพิ่มผลผลิตมากขึ้นด้วย น้ำเป็นปัจจัยสำคัญต่อการดำรงชีวิตและเป็นทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด ทำให้การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพจึงเป็นเรื่องจำเป็นและเร่งด่วน วอเตอร์ฟุตปริ้นเป็นดัชนีหนึ่งที่ช่วยสะท้อนถึงประสิทธิภาพของการใช้น้ำในการเพาะปลูกในมุมมองเชิงอนุรักษ์น้ำ ดังนั้นการศึกษานี้จึงได้ทำการศึกษาวิเคราะห์การหาค่าวอเตอร์ฟุตปริ้นของการปลูกข้าวแบบนาดำ และแบบนาเปียกสลับแห้ง โดยการนำข้อมูลผลการศึกษาที่ได้ทดลองในแปลงนาจริง ของสถานีทดลองการบริหารจัดการน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่ (วรวุฒิ และ หนึ่งฤทัย, 2556) มาใช้ในการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลที่ได้จากการปลูกข้าว 2 วิธีดังกล่าว โดยใช้ค่า maximum rain infiltration rate ที่ดีที่สุด จากการวิเคราะห์ ผลปรากฏว่าค่าวอเตอร์ฟุตปริ้นของนาดำเท่ากับ 2,075.7 ลบ.ม./ตัน และของนาเปียกสลับแห้งเท่ากับ 1,358.2 ลบ.ม./ตัน ซึ่งสามารถนำไปวิเคราะห์

คำสำคัญ: ข้าว, นาเปียกสลับแห้ง, นาดำ, วอเตอร์ฟุตปริ้น

ABSTRACT

Rice has several important roles to the Thai society as main food and an important exported economic crop of Thailand. Besides, paddy field area is more than half of the cultivated area in the country. There are many methods to grow rice which cause different water consumption. Currently, the introduction of the alternate wet &

dry irrigation is widespread in Thailand. Its method is to control water level in paddy field by measuring water level in the designed pipe, to grow Azolla in the field to increase nutrient for rice and prevent unwanted weed by letting Azolla to cover the soil, to remove unwanted weed by rotary weeder and to reduce the use of insecticide. As a result, this method is found to reduce water use and increase production. Water is essential for life and a limited resource. Thus, the study of efficient water consumption is necessary and urgent. Water footprint is an indicator that can reflect on the efficiency of water use in cultivation with water conservation aspect. Therefore, this study is conducted for analyzing water footprints of rice cultivation of both transplanting irrigation and alternate wet & dry irrigation. Using the results from the field experimental study data at the test station of the water management with new technology institute (Vorawut and Nuengruethai, 2013) this study analyzes and compares the results from two methods as mentioned above. Using the best maximum rain infiltration rate from analyst, the result shows that the Water footprint rate of transplanting irrigation equals 2,075.7 m3/ton and the rate from using Alternate Wet & Dry Irrigation equals 1,358.2 m3/ton. These rates can be analyzed for the results for efficiency of way of water use and methods for rice cultivation with limited water and capital budget.

Keywords: rice, alternate wet & dry irrigation, transplanting rice, water footprint

บทนำ

สภาวะในปัจจุบัน น้ำเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตบนโลก ซึ่งจากการคาดการณ์สภาวะโลกร้อนและจำนวนประชากรของโลกที่เพิ่มขึ้น จะส่งผลทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำและอาหารรุนแรงเพิ่มมากขึ้น หากเราไม่มีการจัดการบริหารน้ำที่เหมาะสม อาจส่งผลทำให้ผลผลิตทางการเกษตรตกต่ำ และสิ่งมีชีวิตก็จะดำรงชีวิตต่อไปได้อย่างยากลำบากมากยิ่งขึ้น น้ำถือเป็นทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด แต่ความต้องการใช้น้ำกำลังเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามจำนวนประชากรและความเติบโตทางเศรษฐกิจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความต้องการใช้น้ำสะอาดสำหรับผลิตอาหารและพลังงาน ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 90 เมื่อเทียบกับการบริโภคน้ำสะอาดทั้งหมดของโลก แต่ปัจจุบันแหล่งน้ำสะอาดที่มีอยู่ต้องเผชิญกับปัญหามลภาวะทางน้ำที่เกิดจากมนุษย์ รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ทำให้ปัญหาขาดแคลนน้ำทวีรุนแรงมากขึ้นในหลายส่วนของโลก ดังนั้นการใช้น้ำอย่างประหยัดทั้งทางตรงและทางอ้อมและการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพจึงเป็นเรื่องเร่งด่วน ที่ต้องรีบปฏิบัติ โดยต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกฝ่าย ทั้งผู้ผลิต ผู้บริโภค ภาครัฐ รวมถึงความร่วมมือระหว่างประเทศ

“Water footprint” วอเตอร์ฟุตปริ้น ถือว่าเป็นเรื่องใหม่ที่อาจจะกลายเป็นความท้าทายสำหรับอุตสาหกรรมอาหารรวมไปถึงภาคเกษตรกรรมที่ต้องใช้น้ำเป็นตัวแปรสำคัญในการผลิตในอนาคตเป็นค่าชี้วัดการใช้น้ำของผู้ผลิตหรือผู้บริโภค ซึ่งหมายถึงปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตสินค้าและบริการทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยคำนวณ

ปริมาณน้ำจากผลรวมของทุกขั้นตอนตลอดห่วงโซ่ของการผลิตสินค้าและบริการมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อตัน หรือลูกบาศก์เมตรต่อคนต่อปี ทั้งนี้ วอเตอร์ฟุตปริ้น เป็นค่าชี้วัดที่ชัดเจน เพราะนอกจากจะแสดงปริมาณน้ำใช้และปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยออกมาแล้ว ยังแสดงสถานที่และระยะเวลาที่เกิดการใช้น้ำอีกด้วย

ข้าวเป็นพืชประเภทหญ้าที่มีความสำคัญต่อชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์มาก ทุกวันนี้คนเอเชียประมาณ 3,000 ล้านคน บริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก ข้าวจึงนับว่ามีความสำคัญและมีคุณประโยชน์ต่อชีวิตและความเป็นอยู่ของมนุษย์นับแต่อดีตถึงปัจจุบัน พื้นที่ปลูกข้าวมีมากกว่าครึ่งหนึ่งของพื้นที่เพาะปลูก ทั้งประเทศและใช้แรงงานมากกว่าครึ่งของแรงงานทั้งประเทศ ข้าวจึงเป็นหนึ่งในอาหารหลักสำหรับประเทศไทยและของโลก ข้าวยังเป็นสินค้าสำคัญในการส่งออกของไทยอีกด้วย และค่าวอเตอร์ฟุตปริ้นของข้าวเปลือกเฉลี่ยทั้งโลกมีค่าเท่ากับ 1,325 ลบ.ม./ตัน และเฉลี่ยของประเทศไทยมีค่าเท่ากับ 1,617 ลบ.ม./ตัน จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นทำให้เกิดความสนใจในการเลือกข้าวมาเป็นหัวข้อในการศึกษาวิจัยในเรื่องของ Water footprint ได้ทำการศึกษาถึงรายละเอียดของการปลูกข้าว ซึ่งการเลือกใช้พื้นที่ศึกษาระดับเล็กๆ นั้นทำให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องชัดเจน มีการศึกษาประเมินปริมาณน้ำที่สูญเสียไปจากขั้นตอนต่างๆ ทั้งระบบ การมีข้อมูล Water footprint ที่ถูกต้องยังช่วยให้เกษตรกรและผู้วางนโยบายสามารถตัดสินใจได้ว่าควรเพาะปลูกพืชที่ต้องการใช้น้ำมากในวิธีใดให้เหมาะสมกับต้นทุนที่มี ซึ่งจะทำให้การผลิตสินค้าเกษตรมีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อจะได้ทราบว่าในการเพาะปลูกข้าวนั้น มีการใช้น้ำหรือ Water Footprint แตกต่างกันมากน้อยเพียงใด เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ต่อไป

ระเบียบวิธีศึกษา

วอเตอร์ฟุตปริ้นท์สามารถแยกได้เป็น 3 ส่วนคือ บลูวอเตอร์ฟุตปริ้น (Blue water footprint) กรีนวอเตอร์ฟุตปริ้น (Green water footprint) เกรย์วอเตอร์ฟุตปริ้น (Gray water footprint) แต่ละส่วนมีความหมายดังต่อไปนี้

- บลูวอเตอร์ฟุตปริ้น หมายถึง การคายระเหยของปริมาณน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินที่ได้รับน้ำจากการชลประทานตลอดห่วงโซ่ของการผลิตสินค้า เมื่อเกิดการคายระเหยแล้วจะตกกลับลงมาสู่พื้นที่รับน้ำอื่นหรือลงสู่ทะเลหรือการรวมเข้าไปอยู่ในรูปของสินค้า
- กรีนวอเตอร์ฟุตปริ้น หมายถึง น้ำฝนที่ตกลงมาแล้วซึมลงดิน ถูกพืชนำไปใช้เพื่อการผลิตสินค้าหรือบริการ
- เกรย์วอเตอร์ฟุตปริ้น หมายถึง ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตสินค้าและบริการ ซึ่งคำนวณจากปริมาณน้ำที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียให้เป็นน้ำดีตามค่ามาตรฐาน

วิธีการคำนวณวอเตอร์ฟุตปริ้น

วอเตอร์ฟุตปริ้นทั้งหมดในพืช (total water footprint, WFtotal) คำนวณจากผลรวมของบลูวอเตอร์ฟุตปริ้น (WFblue) กรีนวอเตอร์ฟุตปริ้น (WFgreen) และเกรย์วอเตอร์ฟุตปริ้น (WFgrey) ดังสมการ

$$WF_{total} = WF_{blue} + WF_{green} + WF_{grey} \quad (1)$$

โดยวอเตอร์ฟุตปริ้นสามารถคำนวณได้จากปริมาณน้ำที่พืชใช้ (crop water use, CWU) (หน่วย m^3/rai) หารด้วยปริมาณผลผลิตของพืชนั้น (yield, Y) (หน่วย ton/rai) ดังนี้

$$\left(WF_{total}, WF_{blue}, WF_{green}\right) = \frac{\left(CWU_{total}, CWU_{blue}, CWU_{green}\right)}{Y} \quad (2)$$

จากสมการ (2) จะพบว่า ปริมาณน้ำที่พืชใช้ (CWU) เป็นส่วนหนึ่งในการคำนวณหาวอเตอร์ฟุตปริ้น (WF) โดยทั่วไปนักวิจัยจะสนใจปริมาณน้ำที่พืชใช้ เพื่อพิจารณาการให้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงสุด แต่วอเตอร์ฟุตปริ้นมีความหมายที่มากกว่านั้นโดยมองในแง่ของการใช้น้ำในการผลิตสินค้าต่อหน่วยสินค้า ซึ่งทำให้สามารถเปรียบเทียบการผลิตสินค้าชนิดเดียวกันที่พื้นที่ต่างกันหรือเปรียบเทียบการผลิตสินค้าต่างชนิดกัน ซึ่งสามารถใช้เป็นดัชนีในการวางแผนและบริหารการเลือกผลิตสินค้าและช่วงเวลาในการผลิตสินค้าที่ทำให้การใช้น้ำเกิดประสิทธิภาพสูงสุด (ทิพย์ปภาและคณะ, 2554)

วิธีการคำนวณปริมาณน้ำที่พืชใช้และการคายระเหยของพืช

$$CWU_{total} = factor \times \sum_{d=1}^{lgp} ET_c \quad (3)$$

$$CWU_{blue} = factor \times \sum_{d=1}^{lgp} ET_{blue} = factor \times \sum_{d=1}^{lgp} I \quad (4)$$

$$CWU_{green} = factor \times \sum_{d=1}^{lgp} ET_{green} = CWU_{total} - CWU_{blue} \quad (5)$$

โดย d คือ ลำดับวันที่เพาะปลูก lgp คือ จำนวนวันที่เพาะปลูกทั้งหมด factor เป็นพารามิเตอร์ใช้แปลงหน่วยในกรณีที่การคายระเหยของพืช (ET) มีหน่วยเป็น มม. และปริมาณน้ำที่พืชใช้ (CWU) มีหน่วยเป็น ลบ.ม./ไร่ factor จะมีค่าเท่ากับ 1.6 และ I คือ ปริมาณน้ำชลประทาน ส่วนค่าเกรย์วอเตอร์ฟุตปริ้นคำนวณได้ จากปริมาณน้ำที่ใช้ในการเจือจางน้ำเสียให้ความเข้มข้นลดลงให้อยู่ในระดับมาตรฐานที่ยอมรับได้ โดยได้พิจารณาใช้มาตรฐานของแม่น้ำลำคลองและคุณภาพของน้ำในแหล่งน้ำประเภท 2 โดยกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กำหนดให้มีปริมาณไนเทรต (NO_3) ในน้ำในหน่วยไนโตรเจนซึ่ง ต้องมีค่าไม่เกิน 5.0 มิลลิกรัม/ลิตร ดังสมการ

$$WFgrey = \frac{(\alpha * AR)/(C_{max} - C_{nat})}{Y} \quad (6)$$

เมื่อ α คือ การรั่วซึมออกของปุ๋ย เนื่องจากไม่มีค่าจากภาคสนามในที่นี้จึงสมมติให้เท่ากับ 10% ของ AR (Mekonnen and Hoekstra, 2010) ค่า AR คืออัตราการใช้ปุ๋ยในพื้นที่ต่อไร่ มีหน่วยเป็น กก./ไร่ ซึ่งใช้ข้อมูลจากการสำรวจ

Cmax คือ ความเข้มข้นมากที่สุดที่ยอมรับได้ของไนโตรเจน มีหน่วยเป็น กก./ลบ.ม. Cnat คือ ความเข้มข้นของไนโตรเจนในธรรมชาติที่พิจารณามีหน่วยเป็น กก./ลบ.ม. เนื่องจากไม่มีข้อมูลในที่นี้จึงสมมติให้เท่ากับศูนย์ (Mekonnen and Hoekstra, 2010)

วิธีการคำนวณค่าการระเหยของพืช

ค่าการคายระเหยของพืช (Evapotranspiration, ETc มีหน่วย mm/day) คำนวณจาก

$$ET_c = K_s K_c ET_o \quad (7)$$

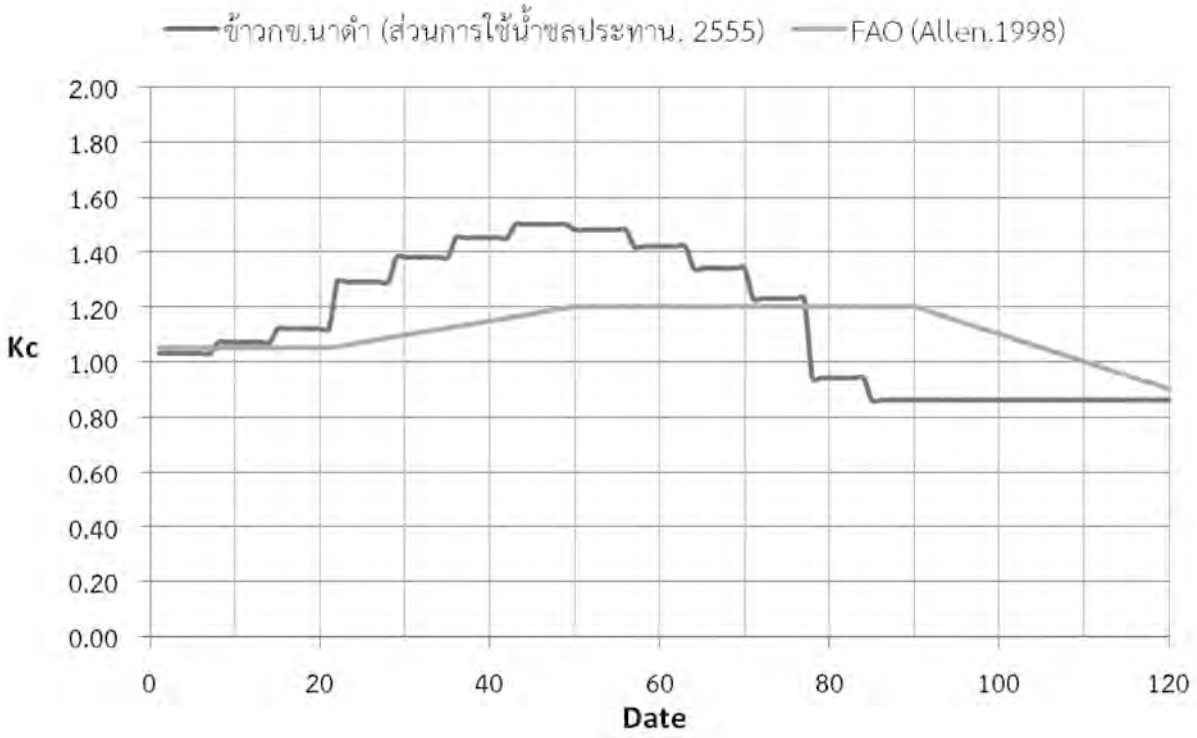
โดยที่ ETo คือ ค่าการคายระเหยอ้างอิงของพช (Reference Crop Evapotranspiration, ETo มีหน่วย mm/day) Kc คือ ค่าสัมประสิทธิ์พืช (Crop Coefficient) และ Ks คือ สัมประสิทธิ์ความเครียดน้ำ (Water Stress) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ในกรณีที่น้ำในดินในเขตรากพืชมีค่าการพร่อง (Depletion, Dr มีหน่วย mm) น้อยกว่าปริมาณน้ำที่มีอยู่ที่ใช้การได้ (readily available soil water in the root zone, RAW มีหน่วย mm) จะได้ว่า Ks = 1 ในกรณีที่ Dr > RAW จะได้ว่า Ks ลดลงเชิงเส้นตรง และถ้า Dr มีค่าเท่ากับน้ำที่อยู่ในดินทั้งหมดในเขตรากพืชที่ใช้การได้ (total available soil water in the root zone, TAW มีหน่วย mm) จะได้ว่า Ks = 0 ดังสมการ

$$K_s = 1 \qquad \text{กรณี } Dr < RAW \quad (7a)$$

$$K_s = \frac{TAW - D_r}{TAW - RAW} \qquad \text{กรณี } TAW < Dr < RAW \quad (7b)$$

$$K_s = 0 \qquad \text{กรณี } Dr = TAW \quad (7c)$$

ในการศึกษานี้ได้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์พืช (Kc) ของกรมชลประทาน(ส่วนการใช้น้ำชลประทาน, 2555) เนื่องจากเป็นค่ามาตรฐานที่ได้มีการศึกษาและใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย หากเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์พืช (Kc) ของข้าวของ FAO โดย (Allen ,1998) และของกรมชลประทาน พบว่า Kc ของ FAO มีค่าสูงสุดเท่ากับ 1.20 ต่ำกว่าของกรมชลประทานที่เท่ากับ 1.50 จากผลการวินิจฉัยเบื้องต้นทำให้ทราบว่า หากใช้ค่า Kc ของ FAO จะส่งผลต่อการคำนวณวอเตอร์ฟุตปริ้นหรับข้าวในประเทศไทยไม่สอดคล้องกับความเป็นจริง เนื่องจากค่า Kc ที่ต่ำกว่าดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 สัมประสิทธิ์พืช (Kc) ของข้าวเปรียบเทียบระหว่าง FAO (Allen.1998) และกรมชลประทาน (ส่วนการใช้น้ำชลประทาน, 2555)

วิธีการคำนวณสมดุลน้ำบนแปลงนา

สำหรับการหาค่าการใช้น้ำสำหรับนาข้าวหาได้จากหลักการสมดุลของน้ำในแปลงนา ซึ่งมีตัวแปรต่าง ๆ ดังแสดงในภาพที่ 2 และสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้ (วราวุธ, 2545)

$$Wi + Re = ET + P + S \quad (8)$$

โดย Wi = ปริมาณน้ำชลประทาน (irrigation water)

Re = ปริมาณฝนใช้การ (effective rainfall)

ET = ปริมาณการใช้น้ำของพืช (evapotranspiration)

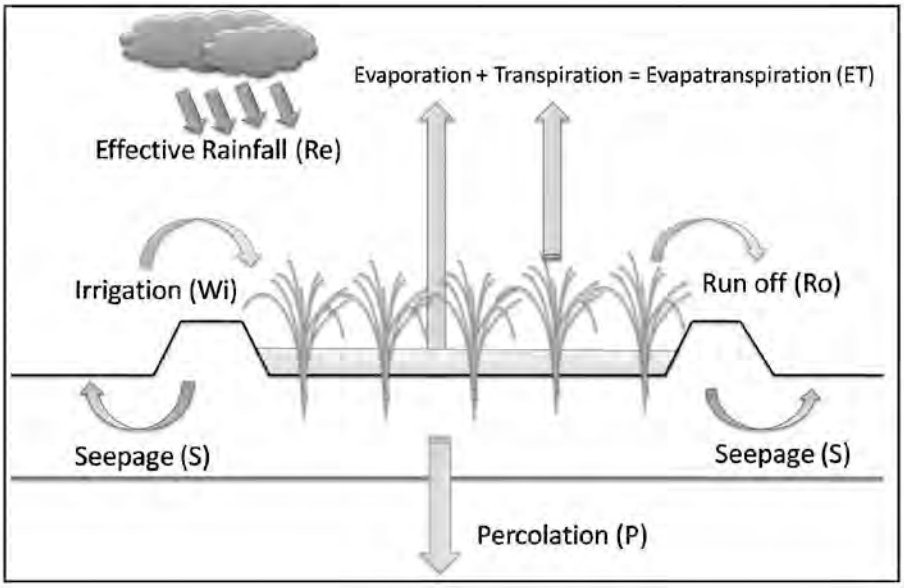
P = ปริมาณน้ำที่ไหลซึมเลยเขตรากพืช (percolation)

S = ปริมาณรั่วซึมทางด้านข้าง (seepage)

ในกรณีที่แปลงนาที่อยู่ข้าง ๆ มีน้ำขังเหมือนกัน ปริมาณรั่วซึมทางด้านข้างจะมีค่าไม่มากและโดยทั่ว ๆ ไปจะรวมค่า P และ S เข้าด้วยกัน เรียกว่า ปริมาณรั่วซึมในแปลงนา (PS) ดังนั้นสมการที่ 8 สามารถเขียนได้ใหม่เป็น

$$Wi = ET + PS - Re - Ro \quad (9)$$

กรณีที่มีการใช้น้ำชลประทานเพื่อการอื่น เช่น การเตรียมดิน หรือการตกกล้า จะต้องนำปริมาณน้ำส่วนนั้นมารวมอยู่ในค่า Wi ด้วย



ภาพที่ 2 สมดุลของน้ำในแปลงนา **ที่มา:** ดัดแปลงจาก ชูพันธุ์ (2547)

วิธีการคำนวณสมดุลน้ำในเขตรากพืช

ภาพที่ 3 แสดงแนวคิดของสมดุลน้ำในเขตรากพืช โดยที่สมมติให้ดินในเขตรากพืชได้รับน้ำจากฝน (Rain) หรือชลประทาน (Irrigation) ในปริมาณมากเกินความสามารถการซึมลงดิน จะมีส่วนเกินที่เป็นน้ำท่าผิวดิน (runoff) ไหลบนผิวดิน น้ำในส่วนที่ซึมลงดินจะทำให้น้ำในเขตรากพืชอยู่ในระดับความชื้นอิ่มตัว (Saturation) ชั่วขณะ และส่วนหนึ่งของน้ำจะซึมลึกลง (Deep percolation) ทำให้เหลือน้ำในดินเท่ากับระดับความจุความชื้นสนาม (Field Capacity) ซึ่งสามารถแปลงอยู่ในรูปของระดับน้ำ เรียกว่า น้ำที่อยู่ในดินทั้งหมดในเขตรากพืชที่ใช้การได้ (Total available soil water in the root zone, TAW) ในบางครั้งหากระดับน้ำใต้ดินอยู่สูงอาจมีผลกระทบของ Capillary rise ต่อระดับน้ำในเขตรากพืช น้ำในเขตรากพืชสามารถลดลงเนื่องจากการคายระเหย หากน้ำพร่องลงต่ำกว่าระดับน้ำที่มีอยู่ที่ใช้การได้ (RAW) จะทำให้เกิดปรากฏการณ์ความเครียดน้ำ ดังกล่าวในหัวข้อที่ผ่านมาในสมการ (7)

การคำนวณค่าการพร่องของน้ำในเขตรากพืช ณ วันที่ i (Dr,i) ซึ่งมีหน่วยเป็น มิลลิเมตร สามารถคำนวณได้จากสมดุลน้ำในเขตรากพืช ดังสมการนี้

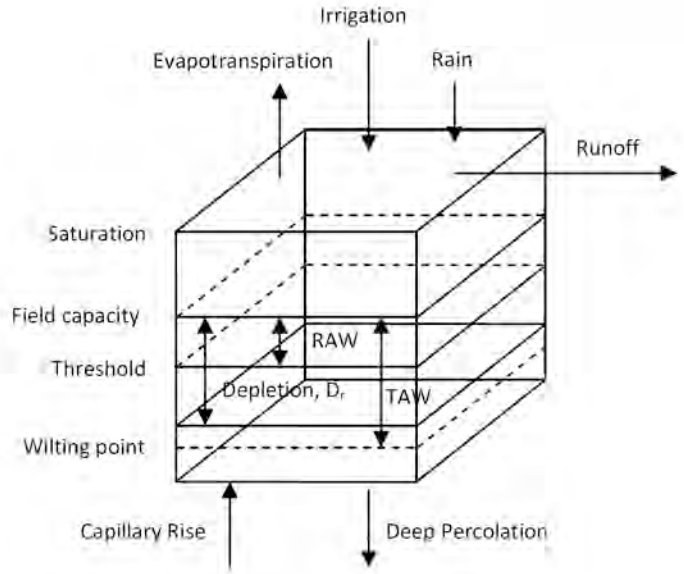
$$D_{r,i} = D_{r,i-1} - (P_i - RO_i) - I_i - CR_i + ET_{c,i} + DP_i \qquad (10)$$

โดยที่ Pi คือ น้ำฝนในวันที่ i ROi คือ น้ำท่าผิวดินในวันที่ i CRi คือ capillary rise จากน้ำใต้ดินในวันที่ i

I คือ ความลึกน้ำชลประทานที่ซึมลงดินในวันที่ i ETc,i คือ การคายระเหยของพืชในวันที่ i

DPi คือ น้ำที่สูญเสียออกจากเขตรากพืชโดยการซึมลึกในวันที่ i

ในการศึกษานี้ยังไม่ได้พิจารณาการสูญเสียน้ำชลประทานจากการส่งน้ำ หากพิจารณาในส่วนนี้ บลูวอเตอร์ฟุตปริ้นจะมีค่าเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 3 สมดุลน้ำในเขตรากพืช **ที่มา:** ดัดแปลงมาจาก FAO โดย (Allen, 1998)

สภาวะการเกิด water stress

water stress เป็นสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยเฉพาะสภาวะขาดน้ำ (water deficit) ซึ่งเป็นสภาวะที่พืชมีอัตราการคายน้ำมากกว่าอัตราการดูดน้ำ เป็นผลให้ปริมาณน้ำในพืชลดลงจนมีผลต่อสรีรวิทยาของพืช โดยพืชจะมีกระบวนการของการตอบสนองต่อสภาวะขาดน้ำหลายกระบวนการทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระดับความรุนแรงของการขาดน้ำและช่วงเวลาของการขาดน้ำ ซึ่งทำให้พืชมีการปรับตัวเพื่อการอยู่รอด ซึ่งมีผลทำให้พืชมีการใช้น้ำอย่างประหยัด ขณะเดียวกันสามารถรักษาระดับการสร้างอาหารเอาไว้ด้วย หรือมีการให้ผลผลิตอย่างเหมาะสม ซึ่งหมายถึงการที่พืชสามารถนำน้ำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อการสังเคราะห์ด้วยแสงและมีการเคลื่อนย้ายอาหารที่สร้าง ไปสร้างผลผลิตได้

การผลิตข้าวระบบ “เปียกสลับแห้ง แกล้งข้าว”

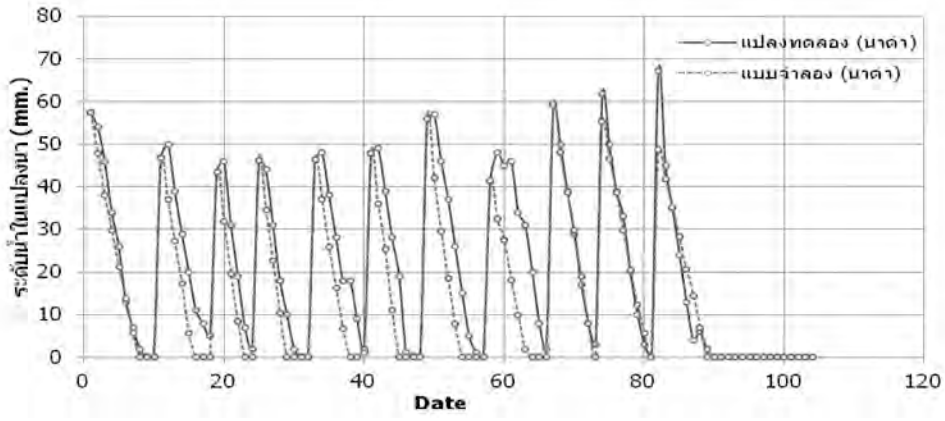
การผลิตข้าวระบบ “เปียกสลับแห้ง แกล้งข้าว” หมายถึง การทำนาที่ใช้วิธีแกล้งข้าวให้อดน้ำ 2 ครั้ง ในระยะแตกกอ ครั้งแรกตอนอายุข้าวประมาณ 45-50 วัน วัตถุประสงค์เพื่อกระตุ้นให้ข้าวแตกรากแตกกอใหม่ให้มากที่สุด เนื่องจากข้าวจะรู้สึกอดอยาก จึงพยายามสร้างรากใหม่เพิ่มพื้นที่ในการหาอาหารให้มากขึ้น เกิดการแตกกอมากขึ้น ครั้งที่ 2 ข้าวอายุประมาณ 50-60 วัน กระตุ้นให้หน่อต้นข้าวที่เกิดใหม่ กระชับผนังเซลล์แข็งแรง ต้านทานโรคแมลง และสร้างผลผลิตได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ เป็นการลดต้นทุนที่ดีที่สุด (สุภชัย, 2555)

ข้อมูลการศึกษา นำข้อมูลผลการศึกษาที่ได้ทดลองในแปลงนาจริง ของสถานีทดลองการบริหารจัดการน้ำด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่ (วรวุฒิ และ หนึ่งฤทัย, 2556) ซึ่งได้แบ่งแปลงทดลองเป็น 2 แปลง คือ แปลงปลูกข้าวแบบนาดำ และแปลงปลูกข้าวแบบนาเปียกสลับแห้ง ซึ่งมีวิธีการดำเนินการ ดังนี้

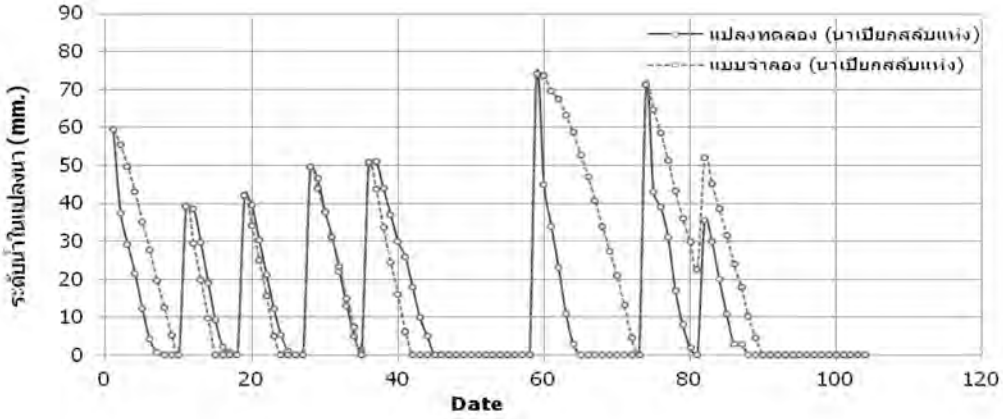
- พื้นที่การทดลองแบ่งเป็น 2 แปลง โดยแปลงนาดำมีพื้นที่ 0.625 ไร่ นาเปียกสลับแห้งมีพื้นที่ 1 ไร่
- การเตรียมแปลงใช้ระยะเวลา 5 วัน โดยใช้น้ำในการเตรียมแปลง 156.25 มม.ทั้ง 2 แปลง
- สำหรับนาดำ ในระยะตั้งตัวให้น้ำสูง 3 เซนติเมตร ในระยะตั้งตัว – แตกกอสูงสุด (อายุ 25 – 60 วัน) ให้น้ำสูง 5 เซนติเมตรในระยะสืบพันธุ์ตั้งท้อง – สุกเหลือง
- ให้น้ำสูง 7 เซนติเมตร สำหรับนาเปียกสลับแห้ง ดำเนินการในลักษณะคล้ายกับการปลูกแบบนาดำ แต่จะมีการปรับลด – เพิ่มระดับน้ำตามความต้องการน้ำของต้นข้าวในแต่ละช่วงการเจริญเติบโต โดยใช้ท่อแกล้งข้าวในการดูระดับน้ำในช่วงที่น้ำลดลงต่ำกว่าพื้นดิน
- การใส่ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์ ใส่ปริมาณ 15 – 16 กก./ไร่ จำนวน 3 ครั้ง ทั้ง 2 แปลง ตามคำแนะนำของศูนย์ทดลองข้าวสุพรรณบุรีและสถานีพัฒนาที่ดินจังหวัดนครปฐม และผู้เชี่ยวชาญทางด้านข้าว
- ได้มีการบันทึกปริมาณการส่งน้ำ ระบายน้ำ ปริมาณฝน การใช้ปุ๋ยเคมี ผลผลิต และการเจริญเติบโตของข้าว (ยกเว้นข้อมูลการเพาะกล้า เพราะไม่มีการบันทึกข้อมูลไว้)

ผลการวิเคราะห์และอภิปราย

จากการวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้น้ำในการเพาะปลูกข้าวนาดำนั้นมีการเติมน้ำ 11 ครั้ง ดังในภาพที่ 3 ตามช่วงเวลาการเจริญเติบโตของพืช โดยการให้น้ำแต่ละครั้งก็จะต่างกันเพราะเนื่องจากมีน้ำต้นทุนเดิมอยู่ในแปลงนาและเพื่อรักษาระดับน้ำให้พอเหมาะแก่การเจริญเติบโตของต้นข้าว ส่วนในการเพาะปลูกข้าวนาเปียกสลับแห้งนั้นมีการเติมน้ำ 8 ครั้ง ดังในภาพที่ 4 เนื่องจากมีการปล่อยแปลงเพาะปลูกให้แห้งเพื่อแกล้งข้าว กระตุ้นให้ต้นข้าวแข็งแรง โดยการคิดคำนวณปริมาณน้ำชลประทาน , Runoff และ ค่า Percolation เป็นค่าทางทฤษฎี ตามเงื่อนไขความลึกของน้ำในแปลงนาที่ได้กำหนด โดยทั้งหมดได้คำนวณปริมาณน้ำเป็นรายวันตามหลักการสมดุลน้ำในแปลงนาและสมดุลน้ำในเขตรากพืชดังได้กล่าวข้างต้น ส่วนการใช้น้ำในช่วงเตรียมแปลงตกกล้าตลอดอายุ 20 – 30 วัน ใช้น้ำประมาณ 210 ลบ.ม./ไร่ (ไสว, 2540)

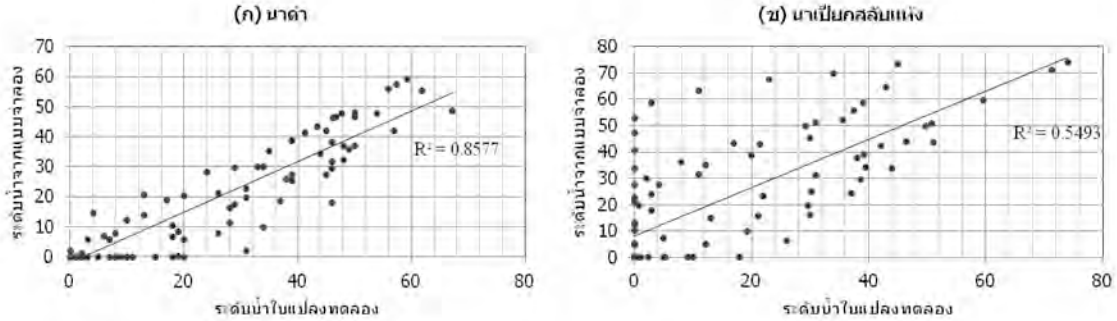


ภาพที่ 3 เปรียบเทียบระดับน้ำรายวันกรณีนาดำ โดยวันเริ่มจากการปักดำและ สมมติใช้ค่าการซึมลงดินเท่ากับ 3.5 มม./วัน



ภาพที่ 4 เปรียบเทียบระดับน้ำรายวันกรณีนาเปียกสลับแห้ง โดยวันเริ่มจากการปักดำ และสมมติใช้ค่าการซึมลงดินเท่ากับ 3.5 มม./วัน

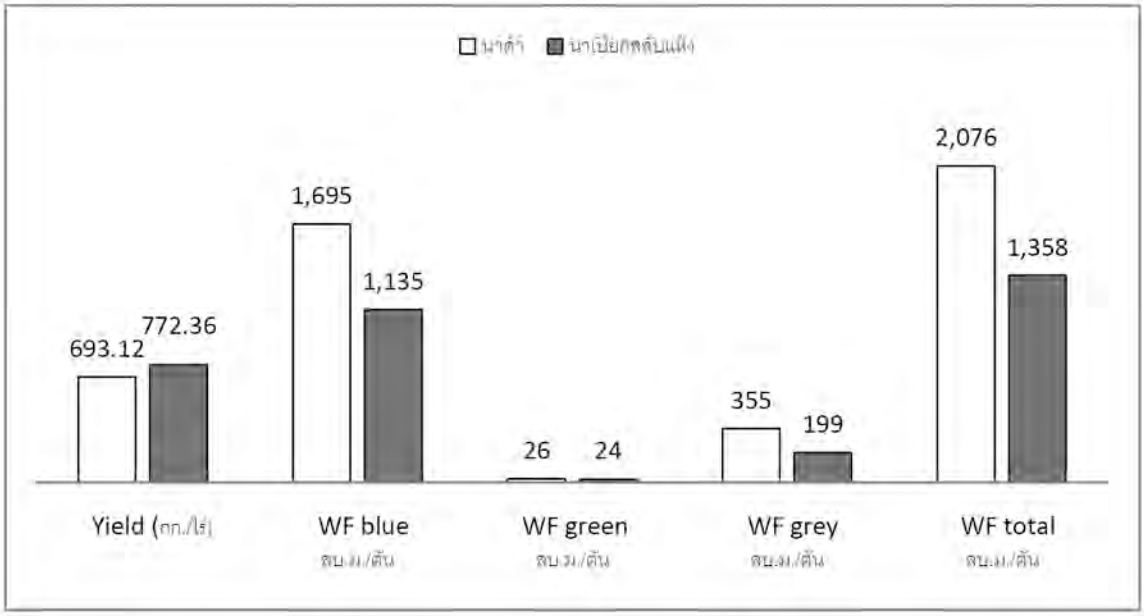
จากการศึกษานี้ ได้ใช้แบบจำลองที่สร้างด้วย Excel ในการหาค่าวอเตอร์ฟุตปริ้น จึงได้ทำการปรับค่า maximum rain infiltration rate โดยการทดลองเลือกใช้ค่าตั้งแต่ 1 – 5 มาใช้ แล้วนำผลทั้ง 2 กรณี มาเปรียบเทียบเลือกค่าที่ดีที่สุด เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่น่าเชื่อถือ โดยค่าที่เลือกใช้คือ maximum rain infiltration rate = 3.5 ซึ่งทำให้นาดำ และนาเปียกสลับแห้งมีค่า Efficiency Index (ประสิทธิภาพโดยรวมของแบบจำลอง) เท่ากับ 0.78 และ 0.16 ตามลำดับ และค่า R-square เท่ากับ 0.8577 และ 0.5493 ดังภาพที่ 5 และจะเห็นได้ว่ากรณีนาดำให้ผลแบบจำลองที่ดีกว่ากรณีนาเปียกสลับแห้งอย่างมาก และคิดว่าต่อไปจะทำการปรับแก้แบบจำลองในเรื่องความลึกของรากพืช แบบจำลองกรณีเปียกสลับแห้งถึงจะให้ผลดีขึ้น



ภาพที่ 5 เปรียบเทียบค่าระดับน้ำในแปลงนารายวันระหว่างค่าตรวจวัดจริงในสนาม กับผลจากแบบจำลองโดย (ก) กรณีนาดำ และ (ข) กรณีนาเปียกสลับแห้ง

ผลการคำนวณหาค่าวอเตอร์ฟรุตปริ้นการปลูกข้าวทั้ง 2 วิธีนั้น พบว่าค่าวอเตอร์ฟุตปริ้นของนาดำและนาเปียกสลับแห้ง มีค่าเท่ากับ 2,075.7 และ 1,358.2 ลบ.ม./ตัน ตามลำดับ เนื่องจากนาดำมีการให้น้ำบ่อยครั้งกว่าและไม่ปล่อยให้แปลงนาแห้ง ส่วนนาเปียกสลับแห้งมีการแกล้งข้าวโดยการปล่อยแปลงให้แห้งถึง 2 ครั้ง โดยค่ากรีนวอเตอร์ฟุตปริ้นจะมาค่าใกล้เคียงกัน คือ 26 และ 24 ลบ.ม./ตัน ตามลำดับ เนื่องจากอยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงกันค่าจึง

ไม่ต่างกันมาก ส่วนเกรย์วอเตอร์ฟุต ปริ้นมีค่าเท่ากับ 355 และ 199 ลบ.ม./ตัน ตามลำดับ เนื่องจากการใส่ปุ๋ยในแปลงนาเปียกสลับแห้งส่วนใหญ่จะใส่ช่วงที่แปลงนาแห้ง แตกระแหง ปุ๋ยจึงสามารถซึมลงดินได้มากกว่าเมื่อเทียบกับแปลงนาดำซึ่งมีน้ำขังอยู่ ทำให้การเจือจางของปุ๋ยแตกต่างกัน ส่งผลให้ค่าเกรย์วอเตอร์ฟุตปริ้นต่างกันด้วย ส่วนค่าที่ต่างกันมากคือค่าบลูวอเตอร์ฟุตปริ้น เท่ากับ 1,695 และ 1,135 ลบ.ม./ตันตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 6 เนื่องจากมีการเติมน้ำในแปลงนาให้ได้ค่าระดับที่เหมาะสมของการปลูกข้าวทั้ง 2 วิธี และผลผลิตสุทธิต่อไร่มีค่าเท่ากับ 693.12 และ 772.36 กก./ไร่



ภาพที่ 6 ผลการคำนวณเปรียบเทียบค่าวอเตอร์ฟุตปริ้นนาดำ และนาเปียกสลับแห้ง

สรุปผลการวิจัย

ผลจากการศึกษาสามารถหาค่าวอเตอร์ฟุตปริ้นรวม บลูวอเตอร์ฟุตปริ้น กรีนวอเตอร์ฟุตปริ้น และเกรย์วอเตอร์ฟุตปริ้น ของการปลูกข้าวทั้ง 2 วิธีได้ และจะเห็นได้ค่าค่าวอเตอร์ฟุตปริ้นของนาดำมีค่ามากกว่านาเปียกสลับแห้ง แสดงให้เห็นว่าค่าการใช้น้ำในการปลูกข้าวตั้งแต่เริ่มเพาะกล้าตลอดจนการเก็บเกี่ยวผลผลิตวิธีการปลูกข้าวแบบนาดำใช้น้ำมากกว่านาเปียกสลับแห้ง ถ้าคิดเป็นเปอร์เซ็นต์แล้วนาเปียกสลับแห้งจะประหยัดน้ำกว่าการปลูกข้าวแบบนาดำ เท่ากับ 34.57% และผลผลิตก็ยังมากกว่าอีกด้วย ซึ่งจากรายงานผลการศึกษาการทดลองในแปลงนาจริง (วรวุฒิ และ หนึ่งฤทัย, 2556) ได้สรุปผลเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของการปลูกข้าวนาดำตลอดการเพาะปลูก ใช้น้ำคิดเป็น 100% ต่อพื้นที่ เทียบกับการปลูกข้าวแบบนาเปียกสลับแห้ง ซึ่งการปลูกข้าวด้วยวิธีแบบนาเปียกสลับแห้งประหยัดน้ำกว่า การปลูกข้าวนาดำ คิดเป็น 17.28 % ซึ่งสอดคล้องกันกับค่าวอเตอร์ฟุตปริ้นที่คำนวณได้ แต่ค่าที่ต่างกันอาจเกิดจากขั้นตอนการคำนวณ ตลอดจนความละเอียดของข้อมูล และแบบจำลองที่นำมาใช้ จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการปลูกข้าว

ให้ได้ผลผลิตที่ดี ไม่จำเป็นที่จะต้องใช้น้ำในปริมาณที่เยอะเกินไป แต่ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาที่พืชต้องการน้ำ และปริมาณน้ำที่พอเหมาะก็สามารถทำให้ได้ผลผลิตที่ดีกว่าและยังช่วยเรื่องการประหยัดน้ำอีกด้วย เราจึงสามารถเลือกวิธีการปลูกข้าวที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ ลดต้นทุนการผลิต และผลผลิตต่อไร่สูงอีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณกรมอุตุนิยมวิทยา, วิทยาลัยการชลประทาน, สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา กรมชลประทาน ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลใช้ในการวิเคราะห์

บรรณานุกรม

ทิพย์ปภา สุขุมาลชาติ อดิชัย พรพรหมินทร์ และสุรชัย ลิปิวัฒนาการ, 2554. วอเตอร์ฟุตปริ้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จังหวัดนครสวรรค์, การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 16 (WRE0062)

วรวุฒิ แหยมยินดี และ หนึ่งฤทัย กรองทอง, 2556. การศึกษาปริมาณการใช้น้ำในการปลูกข้าวแบบเปียกสลับแห้ง, โครงงานวิศวกรรมวิทยาลัยการชลประทาน วิทยาลัยการชลประทาน: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วราวุธ วุฒิวณิชย์. 2545. การออกแบบระบบชลประทานในไร่นา. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ส่วนการใช้น้ำชลประทาน สำนักอุทกวิทยาและการบริหารน้ำ กรมชลประทาน, 2555 . ค่าสัมประสิทธิ์พืช 43 ชนิด (Cropcoefficient : Kc of Penman Monteith). กรุงเทพฯ : กรมชลประทาน.

สุภชัย ปิติวุฒิ : ชาวนาวันหยุด ร่วมกับ เครือข่ายชาวนามืออาชีพ, 2555. “ระบบผลิต เปียกสลับแห้ง แกล้งข้าว” , จำนวน 42 หน้า

ไสว วงศ์วุฒิสาโรช. ม.ป.ป., ปริมาณการใช้น้ำของข้าว,สรุปการใช้น้ำชลประทาน: http://www.rid.go.th/attatch_branch/qrice.html. 2014, April 16.

Mekonnen, M.M. and A. Y. Hoekstra, 2010. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products, ‘Value of Water Research Report Series’ of UNESCO-IHE, Report no.47 (Main report and Appendices).

Richard G. ALLEN, Luis S. PEREIRA, Dirk RAES and Martin SMITH, 1998. FAO Irrigation and Drainage. Paper No.56 Crop Evapotranspiration . Rome Italy : FAO.