

ประสิทธิภาพการจัดการน้ำด้วยวิธีแบบเปียกสลับแห้งต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตข้าว

EFFICIENCY OF WATER MANAGEMENT BY ALTERNATIVE WETTING AND DRYING ON RICE GROWTH AND PRODUCTION

จิตติวรรณ บำรุงบุตร¹ พงษ์เทพ หาญพัฒนานากิจ^{1*} อำนาจ ชิดไธสง² สุขุมภรณ์ แสงงาม³ ศุภิกา วานิชชัง¹

Jittiwat Bumrungruod¹, Phongthep Hanpattanakit^{1}, Amnat Chidthaisong², Sukhumaporn Saeng-Ngam³,
Supika Vanitchung¹*

¹สาขาวิชาสิ่งแวดล้อม คณะวัฒนธรรมสิ่งแวดล้อมและการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

¹*Department of Environment, Faculty of Environmental Culture and Ecotourism, Srinakharinwirot
University.*

²บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

²*Joint Graduate School of Energy and Environment, King Mongkut's University of Technology Thonburi.*

³ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

³*Department of Biology, Faculty of Science, Srinakharinwirot University.*

*Corresponding author, e-mail: phongthep@g.swu.ac.th

Received: 25 March 2019; **Revised:** 11 June 2019; **Accepted:** 19 June 2019

บทคัดย่อ

การจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง คือการจัดการน้ำในนาข้าวด้วยการควบคุมระดับน้ำในนาข้าวให้มีสภาพน้ำท่วมขังสลับกับการปล่อยให้แห้ง เพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโตและปริมาณผลผลิตข้าว งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการใช้น้ำและการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ กข 41 ทั้งส่วนเหนือพื้นดินและส่วนใต้ดิน ภายใต้การปลูกข้าวด้วยวิธีเปียกสลับแห้ง 2 เงื่อนไข คือ T3 ขังน้ำในนาข้าวที่ระดับ 10 ซม. และปล่อยให้ น้ำลดลง 15 ซม. T2 ขังน้ำในนาข้าวที่ระดับ 5 ซม. และปล่อยให้ น้ำลดลง 15 ซม. เปรียบเทียบกับการจัดการน้ำแบบปกติที่มีน้ำท่วมขังที่ระดับ 10 ซม. ตลอดฤดูกาลเพาะปลูก (T1) ณ แปลงวิจัยข้าวจังหวัดปราจีนบุรี จำนวน 2 ฤดูกาล ประกอบด้วยฤดูแล้ง (DS) และฤดูฝน (WS) ผลการศึกษาพบว่า การจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งในเงื่อนไข T2 และ T3 ลดการใช้น้ำเฉลี่ยทุกฤดูกาลเพาะปลูกเมื่อเปรียบเทียบกับการจัดการน้ำแบบปกติ ร้อยละ 52 และ 32 ตามลำดับ การเจริญเติบโตและน้ำหนักของต้นข้าวในการจัดการน้ำเงื่อนไข T1 และ T2 แตกต่างกับ T3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตาม ผลผลิตของข้าวทั้ง 3 เงื่อนไข ทุกฤดูกาลเพาะปลูก ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่การเจริญเติบโตของรากในฤดูฝนของ T2 และ T3 มีการเจริญเติบโตสูงกว่า T1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p -value < 0.05) ค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตของราก

ในเงื่อนไข T1, T2 และ T3 เท่ากับ 8,847, 11,217 และ 11,896 กิโลเมตร/เฮกตาร์ ตามลำดับ การทดลองนี้สรุปว่าการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการยืดขยายของรากข้าวแต่การย่อยสลายของรากข้าวทุกเงื่อนไขไม่แตกต่างกันทางสถิติ นอกจากนี้การเจริญเติบโตด้านความสูงของต้นข้าวและความยาวของรากใต้ดินมีความสัมพันธ์กันโดยรากมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงระยะข้าวมีการแตกกอ

คำสำคัญ: การทำนาแบบเปียกสลับแห้ง การเจริญเติบโตและปริมาณผลผลิตข้าว ข้าวพันธุ์ กข.41

Abstract

Alternative wetting and drying (AWD) is an irrigation technique in which water is used to achieve intermittent flooded and non-flooded soil conditions for stimulating rice growth and production. The objective of the current study was to evaluate the potential of water use efficiency on aboveground and belowground growth of rice (*Oryza sativa* L. cv. RD41) under two AWD conditions. T3, water was allowed to decrease to fifteen centimeters below the soil surface and then water was added to ten centimeters above soil surface and T2, the water level was fifteen centimeters below the surface and then water was added to five centimeters above the surface of the soil. These were compared to the control where water was maintained at ten centimeters throughout the cultivation period (T1). The experiments were conducted at Prachin Buri Rice Research Center, Prachin Buri province during dry season (DS) and wet season (WS). The results showed that the amount of total water use was significantly reduced by 52% in T2 and 32% in T3 compared to the T1. The plant growth and biomass of T1 and T2 were significant different with T3 (p -value<0.05). However, root growth in WS between both AWD treatments and T1 were also significantly different (p -value<0.05). The accumulated root growth for the wet season of T1, T2 and T3 were 8,847, 11,217 and 11,896 km/ha, respectively. The results indicated that both AWD only stimulated belowground growth as root growth and expansion, while root death was similar in all treatments. In addition, the aboveground growth of plant height was correlated with root growth in soil by rapid growth until the tillering stage.

Keywords: Alternative wetting and drying, Rice growth and production, *Oryza sativa* L. cv. RD41

บทนำ

ปัญหาเรื่องน้ำเป็นประเด็นหนึ่งที่ทำนายด้านสิ่งแวดล้อมในศตวรรษที่ 21 สถาบันจัดการน้ำระหว่างประเทศ (International Water Management Institute ; IWMI) คาดการณ์ว่าในราวปี ค.ศ. 2025 ประชากรโลก 2 ใน 3 จะเผชิญกับปัญหาความขาดแคลนน้ำ สอดคล้องกับการรายงานของ Abdullah, K. [1] พบว่า 8% ของประชาชนในโลกที่อาศัยในประเทศที่ขาดแคลนน้ำมาก และ 25% ขาดแคลนน้ำปานกลางถึงมาก ซึ่งแนวโน้มประชากรที่ 2 ใน 3 ของโลกจะเผชิญการขาดแคลนน้ำสูงในอนาคต สำหรับปัญหาการขาดแคลนน้ำ (Water Scarcity) ข้างต้น สามารถมองในแง่ของความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการใช้น้ำของประชากรในการดำรงชีวิตกับปริมาณน้ำ เนื่องจากในปัจจุบันประชากรโลกที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณการใช้น้ำเพิ่มขึ้นด้วย โดยเฉพาะการใช้น้ำทางด้านการเกษตรเพื่อผลิตอาหารตามความต้องการของประชากรที่จะเพิ่มขึ้นเป็น

8.9 พันล้านคนในปี ค.ศ. 2050 จาก 6 พันล้านคนในปัจจุบัน ดังนั้น หากเกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำขึ้นในอนาคตแน่นอนว่าจะส่งผลกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตรโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ด้านการเพาะปลูก

ข้าวจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของโลก ประชากรกว่าครึ่งโลกบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก เนื่องจากเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญ นอกจากนี้ ความต้องการบริโภคข้าวมีแนวโน้มสูงขึ้นเนื่องจากประชากรโลกมีอัตราเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังนั้น เกษตรกรจึงจำเป็นต้องปลูกข้าวให้มีประสิทธิภาพและผลผลิตเพิ่มมากขึ้น เพื่อสร้างความมั่นคงทางอาหารของโลก จากจำนวนพื้นที่ทั้งหมดของประเทศไทย 321 ล้านไร่ เป็นพื้นที่ภายใต้การทำเกษตรกรรมมากถึง 180 ล้านไร่ โดยมีพื้นที่ปลูกข้าวถึง 60 ล้านไร่ หรือประมาณหนึ่งในสามของพื้นที่การเกษตรของประเทศ [2] วิธีการเพาะปลูกข้าวในอดีตจนถึงปัจจุบัน เกษตรกรใช้น้ำปลูกข้าวในปริมาณที่ค่อนข้างสูง เพราะเชื่อว่าสามารถให้ผลผลิตสูงและข้าวเจริญเติบโตช้าถ้าไม่มีน้ำท่วมขังในนา จากงานวิจัยเกี่ยวกับปริมาณการใช้น้ำในการเพาะปลูก พบว่าการสูญเสียน้ำตลอดระยะเวลาในการเพาะปลูกข้าวประมาณ 50 – 80% ของปริมาณน้ำที่ใช้ [3] ดังนั้นจึงมีการสูญเสียน้ำจากการเพาะปลูกภายในประเทศอย่างมหาศาล นอกจากนี้ การที่มีน้ำท่วมขังในนาข้าวยังก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกแพร่ขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ก๊าซมีเทนและก๊าซไนตรัสออกไซด์ ดังนั้น การทำนาข้าวจึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศ ด้วยเหตุนี้ นักวิทยาศาสตร์จึงหาวิธีการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพและช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านคุณภาพอากาศ ด้วยวิธีการปลูกข้าวแบบเปียกสลับแห้ง (Alternate Wetting and Drying หรือ AWD) เป็นการจัดการน้ำที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในปัจจุบันและถูกนำมาใช้ในการจัดการน้ำเพื่อการเกษตรทั้งในและต่างประเทศ โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีข้อจำกัดเรื่องน้ำ การจัดการน้ำแบบ AWD เป็นการลดการใช้น้ำสำหรับปลูกข้าวโดยปล่อยให้แห้งแต่ยังรักษาดินให้อยู่ในสภาพอิ่มตัว หรือเป็นการลดการใช้น้ำโดยให้ดินอยู่ในสภาพขังน้ำแล้วมีการให้น้ำอีกครั้งเมื่อถึงระดับที่ต้องการ [4] ศึกษาผลจากการปลูกข้าวภายใต้วิธีเปียกสลับแห้งในพื้นที่เขตชลประทาน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ Yangliangyou 6 (YLY6) และ Hanyou 3 (HY3) ในจังหวัด Hubei ประเทศจีน ระหว่างปี ค.ศ. 2009 และ 2010 โดยควบคุมระดับน้ำขณะเปียกให้ท่วมขังอยู่ที่ระดับ 5 ซม. สลับกับแห้งที่ระดับ 15 ซม. ผลการทดลองพบว่า ผลผลิตข้าวจากการทำนาแบบปกติและ AWD ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทั้ง 2 สายพันธุ์ และการทำนา AWD ในปี ค.ศ. 2009 และ 2010 สามารถประหยัดน้ำได้ถึง ร้อยละ 24 และ 38 เมื่อเปรียบเทียบกับการทำนาแบบปกติ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Achara Chumvong [5] ได้ศึกษาการจัดการน้ำในนาข้าวเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการลดปริมาณก๊าซมีเทนและคุณภาพน้ำ ผลการทดลองพบว่าการทำนาแบบเปียกสลับแห้งเกิดก๊าซมีเทนในนาข้าวน้อย และยังช่วยลดการละลายของจากปุ๋ยเคมีในคลองระบายน้ำสาธารณะ รวมทั้งประหยัดน้ำได้ ร้อยละ 40–63 โดยผลผลิตข้าวไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาด้านการตอบสนองของการเจริญเติบโตด้านความสูงและชีวมวลของต้นข้าวที่ปลูกภายใต้การจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งและการปลูกแบบดั้งเดิมที่มีน้ำท่วมขังตลอดระยะเวลาการปลูกมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยความสูงของต้นข้าวภายใต้การปลูกข้าวแบบเปียกสลับแห้งและการปลูกข้าวแบบดั้งเดิม มีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 105.78 และ 103.45 ซม. ตามลำดับ ทั้งนี้ การปล่อยน้ำท่วมขังในนาข้าวตลอดการเพาะปลูกไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าว [6] ขณะที่การเจริญเติบโตของรากข้าวนั้นมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าว เนื่องจากรากเป็นส่วนที่อยู่ใต้ผิวดิน มีหน้าที่สำคัญคือ ดูดน้ำและแร่ธาตุที่ละลายน้ำจากดินเข้าไปในลำต้น ลำเลียงน้ำและแร่ธาตุที่พืชสะสมไว้ในรากขึ้นสู่ส่วนต่าง ๆ ของลำต้นเพื่อส่งขึ้นไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ และอีกหน้าที่สำคัญคือยึดลำต้นให้ติดกับพื้นดินเพื่อไม่ให้ต้นล้ม รากยังเป็นแหล่งสร้างฮอร์โมนหลายชนิดและจะถูกลำเลียงไปใช้เพื่อการเจริญพัฒนาของส่วนต่าง ๆ เช่น ลำต้นและส่วนยอด เป็นต้น ข้าวเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ต้นข้าวจึงไม่มีรากแก้ว มีเพียงรากฝอยเส้นเล็ก ๆ แยกแขนงกระจายอยู่ใต้ผิวดิน การเจริญเติบโตและกิจกรรมของรากส่งผลเกี่ยวข้องโดยตรงต่อการเจริญเติบโตและปริมาณผลผลิตข้าว [7] พบว่าการเจริญเติบโต

ของรากและยอดมีความสัมพันธ์กันในสภาพแวดล้อมคงที่ แต่เมื่อมีความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมจะมีผลทำให้เกิดความแปรปรวนในการกระจายน้ำหนักแห้งในส่วนของรากและต้น ดังนั้น การศึกษาการเจริญเติบโตของรากจึงมีความจำเป็นต่อการอธิบายกลไกการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช ดังนั้น จึงเป็นเรื่องสำคัญอย่างยิ่งที่ต้องศึกษาอิทธิพลของการจัดการน้ำด้วยวิธีเปียกสลับแห้งต่อการเจริญเติบโต ปริมาณชีวมวลทั้งบนดินและใต้ดิน ตลอดจนปริมาณและองค์ประกอบผลผลิตข้าวพันธุ์ กข. 41 เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการผลิตข้าว และกำหนดนโยบายด้านการเกษตรที่ถูกต้องและเหมาะสมในบริบทของประเทศไทย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. การเพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ กข. 41 ทั้งส่วนเหนือพื้นดินและส่วนใต้ดินภายใต้การจัดการจัดการน้ำด้วยวิธีเปียกสลับแห้งและการทำนาแบบปกติ
2. เพื่อเปรียบเทียบการตอบสนองของชีวมวลและองค์ประกอบผลผลิตจากการปลูกข้าวภายใต้การจัดการน้ำด้วยวิธีเปียกสลับแห้งและการทำนาแบบปกติ

วิธีดำเนินการวิจัย

พื้นที่ศึกษา

ศึกษาวิจัยในแปลงวิจัย ณ ศูนย์วิจัยข้าวปราจีนบุรี ตำบลบ้านสร้าง อำเภอบ้านสร้าง จังหวัดปราจีนบุรี ตั้งอยู่หมู่ที่ 6 ตำบลบ้านสร้าง อำเภอบ้านสร้าง จังหวัดปราจีนบุรี (14.01° N, 101.22° E) พื้นที่ตั้งอยู่สูงเหนือระดับน้ำทะเลประมาณ 3 เมตร มีฝนตกเฉลี่ยต่อปี 1,700 มิลลิเมตร และอุณหภูมิเฉลี่ยต่อปี 28 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ในพื้นที่ต่ำได้รับน้ำมาจากพื้นที่เขาใหญ่ด้านทิศเหนือจึงมีน้ำท่วมทุกปี มีความลึกของน้ำมากกว่า 1 เมตรในช่วงปลายฤดูฝน [8] ลักษณะดินในพื้นที่เป็นดินที่เกิดจากการสะสมตัวของตะกอนในทะเล ระบายน้ำไม่ดี จัดอยู่ในกลุ่มชุดดินรังสิตมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ระหว่าง 4.4-4.8 ปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนสะสมในดิน มีค่าร้อยละ 2 และ 0.2 ตามลำดับ ปริมาณธาตุเหล็กและแมงกานีสสะสมในดิน มีค่าร้อยละ 1.57 และ 0.007 ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chidthaisong, A. et al. [9] ศึกษาคุณสมบัติของดินในพื้นที่แปลงวิจัย กรมการข้าว จังหวัดปราจีนบุรี พบว่าเนื้อดินที่ระดับความลึก 0-150 ซม. มีลักษณะเป็นดินเหนียว มีค่าเฉลี่ยร้อยละของดินเหนียว: ดินทรายแบ่ง: ดินทราย เท่ากับ 60:20:20 ตามลำดับ มีความหนาแน่นของดินอยู่ระหว่าง 1.0-1.4 mg m⁻³ และพบค่าอินทรีย์วัตถุในดินและฟอสฟอรัสรูปที่เป็นประโยชน์สูงสุดที่ระดับความลึก 0-20 ซม. มีค่าเท่ากับ 30 g kg⁻¹ และ 11 mg kg⁻¹ ตามลำดับ

การออกแบบการทดลอง

การศึกษาอิทธิพลของการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าว ทำการทดลอง 2 ฤดูกาลเพาะปลูก คือ ช่วงฤดูแล้ง (Dry Season: DS) เริ่มเพาะปลูกวันที่ 11 ธันวาคม พ.ศ. 2556 - 4 เมษายน พ.ศ. 2557 ระยะเวลาการเพาะปลูก 98 วัน และช่วงฤดูฝน (Wet Season: WS) เริ่มเพาะปลูกวันที่ 19 มิถุนายน - 15 กันยายน 2557 ระยะเวลาการเพาะปลูก 88 วัน ที่แปลงทดลองมีขนาดกว้าง 5 เมตร และยาว 7 เมตร ระยะห่างระหว่างแปลงทดลองกว้าง 1.5 เมตร โดยวางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 3 ซ้ำ ภายใต้การจัดการน้ำ 3 เงื่อนไข ประกอบด้วย

T1 การจัดการน้ำแบบขังน้ำไว้ในนาตลอดฤดูกาลเพาะปลูก (Continuously Flooded: T1) คือปล่อยให้มีความน้ำขังที่ระดับ 10 ซม. ตลอดฤดูกาลเพาะปลูกข้าว

T2 การจัดการน้ำในนาข้าวด้วยวิธีเปียกสลับแห้ง (Alternate Wetting and Drying: T2) คือปล่อยให้มีความน้ำขังในนาถึงระดับ 5 ซม. เหนือผิวดินและปล่อยให้ให้น้ำลดลงถึงระดับ 15 ซม. ใต้ผิวดิน ก่อนเติมน้ำเข้าในแปลงนา

T3 การจัดการน้ำในนาข้าวด้วยวิธีเปียกสลับแห้ง (Alternate Wetting and Drying: T3) คือปล่อยให้น้ำขังในนาถึงระดับ 10 ซม. เหนือผิวดินและปล่อยให้น้ำลดลงถึงระดับ 15 ซม. ใต้ผิวดิน ก่อนเติมน้ำเข้าในแปลงนา

ตรวจวัดระดับน้ำใต้ดิน โดยการฝังท่อพีวีซี มีความยาว 25 ซม. เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ซม. เจาะรูพรุนโดยรอบและติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำใต้ดิน (รุ่น TruTrack SE-TR/WT500, Senecom Inc., Tokyo, Japan) เพื่อเก็บข้อมูลระดับน้ำใต้ดิน แสดงข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยทุกวันตลอดระยะเวลาการเพาะปลูก

การบันทึกผลการทดลอง

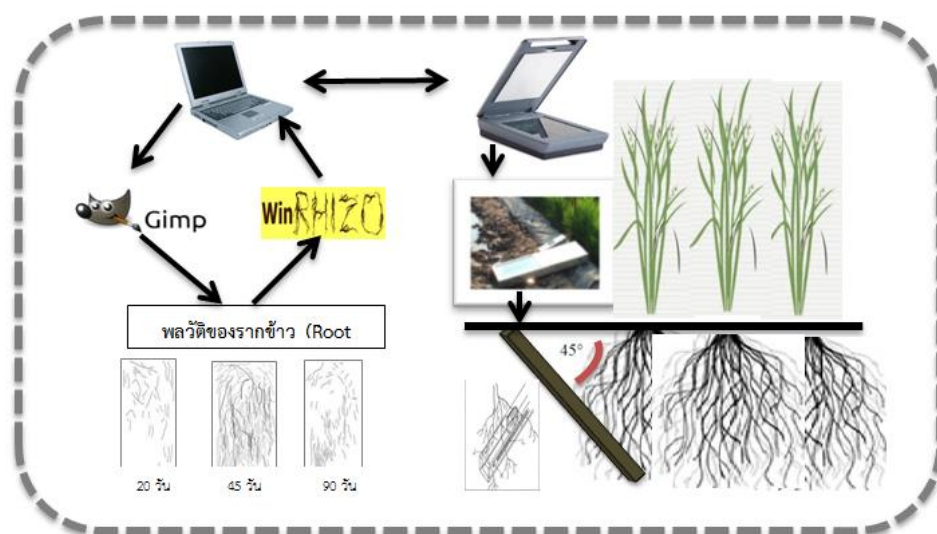
การเจริญเติบโตส่วนเหนือพื้นดิน

บันทึกข้อมูลด้านการเจริญเติบโตของข้าวในช่วงการเจริญเติบโตในแปลงการทดลองหลังจากหว่านข้าวในแปลงนา โดยบันทึกความสูงและลักษณะการแตกกอของข้าวทุกสัปดาห์ สุ่มเก็บข้อมูล 10 กอ ในแต่ละแปลงทดลองพื้นที่ 0.25 m² นอกจากนี้ หลังการเก็บเกี่ยวนำเมล็ดข้าวที่ได้จากการเก็บตัวอย่างมานับเมล็ดและชั่งน้ำหนักหาปริมาณน้ำหนักแห้งทั้งหมดเพื่อทราบผลผลิต (Grain Yield) และคำนวณปริมาณผลผลิตต่อพื้นที่ 1 เฮกตาร์ จากนั้นการศึกษาองค์ประกอบของผลผลิต (Yield Components) โดยคัดแยกจำนวนรวงต่อต้น จำนวนเมล็ดข้าวต่อรวง น้ำหนักต่อเมล็ด และคัดแยกเมล็ดที่สมบูรณ์และไม่สมบูรณ์

การเจริญเติบโตในส่วนการสะสมน้ำหนักแห้ง (Total Dry Weight) โดยชั่งน้ำหนักหาปริมาณน้ำหนักแห้งในแต่ละส่วน ได้แก่ เมล็ดข้าว ต้น และราก โดยก่อนและหลังการซึ่งมีการอบแห้งด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมงหรือจนกว่าจะมีน้ำหนักคงที่ คัดแยกส่วนต่าง ๆ ของข้าวเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลในแต่ละส่วน หลังจากทราบการเจริญเติบโตของข้าวในแต่ละส่วนแล้ว วิเคราะห์หาค่าดัชนีเก็บเกี่ยว (Harvest Index)

การเจริญเติบโตส่วนใต้พื้นดิน

ศึกษาการเจริญเติบโตในส่วนใต้ดิน รากพืชด้วยวิธีการ Minirhizotron Technique [10] โดยเทคนิคนี้เป็นวิธีหนึ่งหนึ่งที่นิยมใช้เพราะสามารถศึกษารากได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่ทำลายส่วนของระบบรากพืช สามารถศึกษาการเจริญเติบโตของราก การแผ่กระจาย น้ำหนัก และความหนาแน่นของรากต่อพื้นที่ โดยใช้วัตถุที่มีความโปร่งใสเห็นได้ชัดเจนที่มีขนาดกว้าง 40 ซม. สูง 100 ซม. กระจกหนา 1 ซม. ฝังในดินบริเวณที่ทำการเก็บตัวอย่างในทุกการทดลองให้แนวตั้งทำมุมกับลำต้นข้าว 45 องศา และมีการออกแบบให้มีฝาปิดเพื่อป้องกันน้ำและสิ่งสกปรกและใช้เครื่องสแกนเนอร์บันทึกภาพรากในทุกสัปดาห์ ดังภาพที่ 1 ประกอบด้วย กล้องสแตนด์เลสเพื่อป้องกันสนิมออกแบบให้มีฝาปิดป้องกันน้ำและสิ่งสกปรก คอมพิวเตอร์แบบพกพาและต่อกับตัวสแกนเนอร์ที่ใส่เข้าไปภายในกล่องที่ฝังไว้ในดิน จากนั้นทำการเก็บภาพโดยการนำภาพถ่ายที่ได้มาวิเคราะห์ความยาวและขนาดรากในแต่ละสัปดาห์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Gimp 2.6 ในการวาดเส้นรากที่มีการเจริญเติบโตและรากที่ตายจากภาพที่ทำการบันทึกในแต่ละสัปดาห์ ปรับขนาดสีให้ชัดเจนเพื่อนำมาวิเคราะห์ความยาวและน้ำหนักด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป WinRHIZO (Regent Instruments INC, Canada) [11]



ภาพที่ 1 รูปแบบการติดตั้งอุปกรณ์และการวิเคราะห์การศึกษาการเจริญเติบโตของรากข้าวด้วยวิธี Minirhizotron

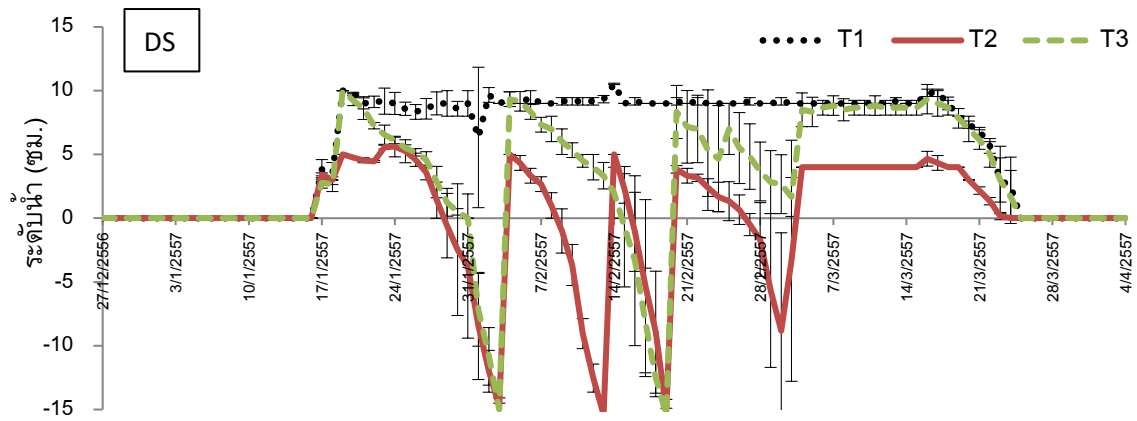
การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของปริมาณผลผลิตและการเจริญเติบโตทั้งบนดินและใต้ดินของข้าว ภายใต้การทำนาแบบปกติและการจัดการน้ำด้วยวิธีเปียกสลับแห้งทั้ง 2 รูปแบบ ทำการวิเคราะห์ One-Way ANOVA ด้วยวิธี Tukey's Honest Significant Difference (HSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistical for Windows, Version 23 (IBM Corp., Armonk, N.Y. USA)

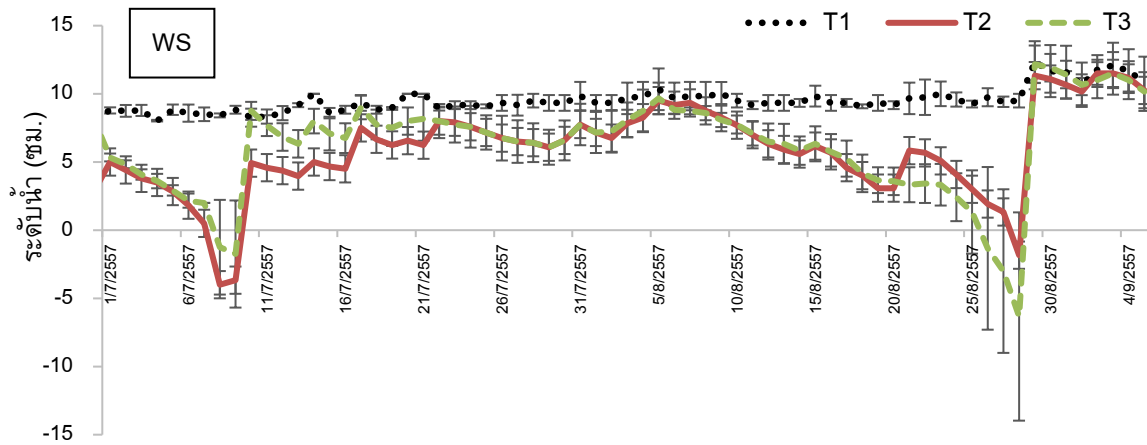
ผลการวิจัย

ประสิทธิภาพการใช้น้ำในนาข้าวภายใต้การจัดการน้ำด้วยวิธีเปียกสลับแห้งและแบบปกติ

การจัดการน้ำในนาข้าวด้วยวิธีเปียกสลับแห้ง (AWD) มีการลดการใช้น้ำในการปลูกข้าวโดยการปล่อยน้ำให้แห้งสลับกับการเติมน้ำในระดับที่เหมาะสมตลอดระยะเวลาการเพาะปลูก จำนวน 2 ฤดูกาลผลิต ได้แก่ ปลูกข้าวในฤดูแล้ง (DS) (ภาพที่ 2) และปลูกข้าวในฤดูฝน (WS) (ภาพที่ 3) สำหรับในช่วงฤดูฝน WS มีปริมาณฝนตกมาอย่างต่อเนื่องทำให้ปริมาณน้ำในแปลงนาวิจัยลดลงไม่ถึงระดับ -15 ซม. ตามกำหนด (ภาพที่ 3) แต่สังเกตได้ว่าระดับน้ำในแปลงข้าว T2 และ T3 มีปริมาณน้ำน้อยกว่า T1 ตลอดระยะเวลาการเพาะปลูกทั้ง 2 ฤดูกาลเพาะปลูก



ภาพที่ 2 การจัดการน้ำในนาข้าวแบบปกติ (T1) และการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง 2 รูปแบบ (T2-T3) ในฤดูแล้ง (DS) ระหว่างวันที่ 11 ธันวาคม พ.ศ. 2556 – 4 เมษายน พ.ศ. 2557



ภาพที่ 3 การจัดการน้ำในนาข้าวแบบปกติ (T1) และการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง 2 รูปแบบ (T2-T3) ในฤดูฝน (WS) ระหว่างวันที่ 19 มิถุนายน - 15 กันยายน พ.ศ. 2557

ปริมาณการใช้น้ำในฤดูแล้ง (DS) พบว่า T1 มีค่าสูงสุด 57,399 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ รองลงมา T3 มีปริมาณการใช้น้ำ 35,082 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ และ T2 มีปริมาณการใช้น้ำน้อยที่สุดอยู่ที่ 15,109 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ (ตารางที่ 1) ซึ่งแน่นอนว่าการจัดการน้ำแบบ AWD มีการลดการใช้น้ำลงเมื่อเปรียบเทียบกับ การใช้น้ำแบบปกติ โดย T2 และ T3 ลดการใช้น้ำชลประทานลงประมาณ ร้อยละ 74 และ 39 ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูล มาหาประสิทธิภาพการใช้น้ำจากผลผลิตต่อปริมาณน้ำที่ใช้ พบว่า T2 มีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงสุด 0.49 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ T3 มีประสิทธิภาพการใช้น้ำ 0.20 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ขณะที่ T1 มีประสิทธิภาพการใช้น้ำต่ำที่สุด 0.12 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการใช้น้ำลดลงเมื่อมีการใช้น้ำมากขึ้น สำหรับปริมาณการใช้น้ำในฤดูฝน (WS) พบว่าปริมาณการใช้น้ำของ T1, T2 และ T3 เท่ากับ 85,415, 60,525 และ 64,339 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ให้ผลไปในทางเดียวกันกับ DS โดย T1 มีปริมาณการใช้น้ำสูงสุด แต่ T2 และ T3 สามารถลดการใช้น้ำ ร้อยละ 29 และ 25 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับการใช้

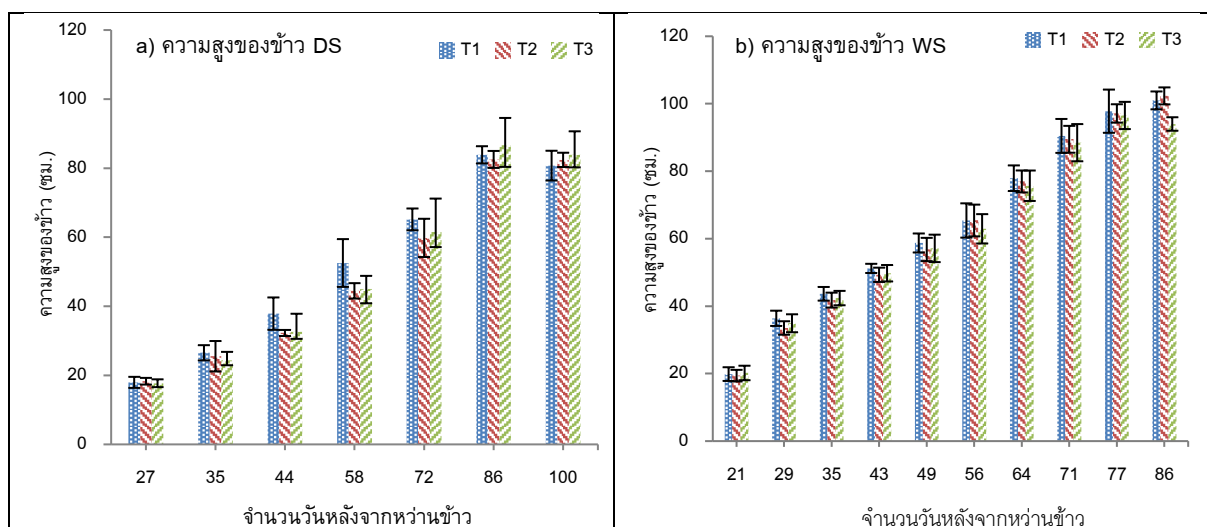
น้ำแบบปกติ (T1) จะเห็นได้ว่าใน DS สามารถลดการใช้น้ำได้มากกว่าใน WS เนื่องจากคำนวณการใช้น้ำจากปริมาณน้ำทั้งหมดที่รวมปริมาณน้ำฝนตามธรรมชาติที่ตกลงมาซึ่งในนาข้าว สำหรับประสิทธิภาพการใช้น้ำ (Water Productivity) ใน T1, T2 และ T3 เท่ากับ 0.07, 0.10 และ 0.09 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ โดยใน T2 ประสิทธิภาพการใช้น้ำมากที่สุดเช่นเดียวกับการปลูกข้าวในฤดูแล้ง (ตารางที่ 1) ทั้งนี้ การทำนาแบบเปียกสลับแห้งในเงื่อนไข T2 และ T3 ลดการใช้น้ำเฉลี่ยทั้ง 2 ฤดูกาลเพาะปลูกเมื่อเปรียบเทียบกับการทำนาแบบปกติ (T1) ถึงร้อยละ 52 และ 32 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ผลผลิตข้าว ปริมาณและประสิทธิภาพการใช้น้ำในการผลิตข้าว

รูปแบบการจัดการน้ำ	ปริมาณการใช้น้ำ (ลูกบาศก์เมตร/เฮกตาร์)	ผลผลิต (ตัน/เฮกตาร์)	ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)
Dry Season; DS			
T1	57,399 ^a	6.78	0.12 ^c
T2	15,108 ^c	7.33	0.49 ^a
T3	35,082 ^b	6.97	0.20 ^b
Wet Season; WS			
T1	85,415 ^a	6.27	0.07 ^b
T2	60,525 ^b	5.90	0.10 ^a
T3	64,339 ^b	5.55	0.09 ^a

การเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิต

การเจริญเติบโตด้านความสูงของต้นข้าว T1 และ T2 แตกต่างกับ T3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p -value<0.05) โดยการจัดการน้ำในนาข้าวด้วยวิธีเปียกสลับแห้งที่ขังน้ำในนาข้าวในระดับ 10 ซม. (T3) มีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงน้อยที่สุด (ภาพที่ 4) ส่งผลให้น้ำหนักชีวมวลของฟางข้าว T3 น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ T1 และ T2 แต่ไม่ส่งผลกระทบต่อน้ำหนักผลผลิตข้าวทั้ง 2 ฤดูกาลเพาะปลูก โดยผลผลิตข้าวเฉลี่ยใน T1, T2 และ T3 เท่ากับ 6.5, 6.6 และ 6.2 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (ตารางที่ 2) เนื่องมาจากการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งและการจัดการน้ำแบบปกติมีน้ำหนักเมล็ดข้าวไม่แตกต่างทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบกับ การเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและส่วนอื่น ๆ ด้วยดัชนีเก็บเกี่ยว สามารถบ่งบอกถึงประสิทธิภาพของต้นข้าว ในการกระจายน้ำหนักแห้งไปสะสมไว้ในส่วนเมล็ดในแปลงการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งใน T3 มากที่สุด รองลงมา T2 และ T1 ตามลำดับ เนื่องจากใน T3 มีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงและน้ำหนักชีวมวลน้อยที่สุดแต่น้ำหนักเมล็ดข้าวที่ใกล้เคียงกับ T1 และ T2 ส่งผลให้ T3 มีการกระจายน้ำหนักแห้งไปสะสมไว้ในส่วนเมล็ดมากที่สุด



ภาพที่ 4 การเจริญเติบโตทางด้านความสูงของข้าวในแต่ละสัปดาห์ทั้ง 2 ฤดูกาลเพาะปลูก

ตารางที่ 2 การเจริญเติบโต องค์ประกอบและปริมาณผลผลิตของข้าวภายใต้การจัดการน้ำและฤดูกาลเพาะปลูกที่แตกต่างกัน

การจัดการน้ำ (T)	ความสูงต้น (ซม.)	น้ำหนักต้น (ต้นต่อเฮกตาร์)	จำนวนเมล็ด (ต่อรวง)	น้ำหนักเมล็ด (ต้นต่อเฮกตาร์)	ดัชนี เก็บเกี่ยว (%)
Dry Season; DS					
T1	84.1±9.0 ^a	8.1±1.0	79.3±36.4 ^a	6.8±1.0	45.6
T2	81.3±7.3 ^a	8.3±0.5	76.7±57.4 ^a	7.3±0.6	47.0
T3	72.7±10.5 ^b	7.9±1.5	47.5±16.7 ^b	7.0±1.2	47.0
Wet Season; WS					
T1	88.8±3.4 ^a	8.1±0.6 ^a	55.2±8.6	6.3±0.4	43.8
T2	88.4±2.3 ^a	7.3±0.5 ^b	55.8±7.7	5.9±0.8	44.7
T3	85.9±2.1 ^b	6.6±0.4 ^c	50.4±3.1	5.6±0.4	45.6
One-Way ANOVA: Tukey's honest significant difference (HSD)					
T (Treatment)	*	*	0.459	0.886	
S (Season)	*	0.084	0.294	*	

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ p-value <0.05 ตามลำดับ

การเจริญเติบโตของรากข้าว

การเจริญเติบโตของรากข้าว WS ใน T1, T2 และ T3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8,847, 11,217 และ 11,896 กิโลเมตรต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า T2 และ T3 แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับ T1 (p-value<0.05) (ตารางที่ 3) จะเห็นได้จากการเจริญเติบโตของรากข้าว (ความยาว) ในฤดู WS โดยใช้เทคนิค Minirhizotron ที่มีการศึกษารากข้าวจากการถ่ายภาพด้วยเครื่องสแกนเนอร์อย่างต่อเนื่องทุกสัปดาห์ โดยการเจริญเติบโตของรากข้าวพบว่า ในช่วงวันที่ 1 – 38 วันหลังจากการหว่านเมล็ดข้าวในแปลงนา

การเจริญเติบโตของรากมีความคล้ายคลึงกันทุกเงื่อนไข โดย T1-T3 มีการเจริญเติบโตและความยาวรากเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ แต่หลังจากวันที่ 46 หลังการหว่านเมล็ดข้าว การเจริญเติบโตของรากค่อนข้างคงที่และลดลง แต่รูปแบบการเจริญเติบโตของรากในเงื่อนไข T2 และ T3 มีการเจริญเติบโตดีกว่า T1 จึงเป็นเหตุผลให้การเจริญเติบโตของรากใน T2 และ T3 มีการเจริญเติบโตของรากที่สูงกว่าใน T1 แต่อย่างไรก็ตาม การย่อยสลายของราก WS ในเงื่อนไข T1, T2 และ T3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 398, 402 และ 358 กิโลเมตรต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ซึ่งจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าการย่อยสลายของรากในทุกเงื่อนไขการจัดการน้ำ ไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

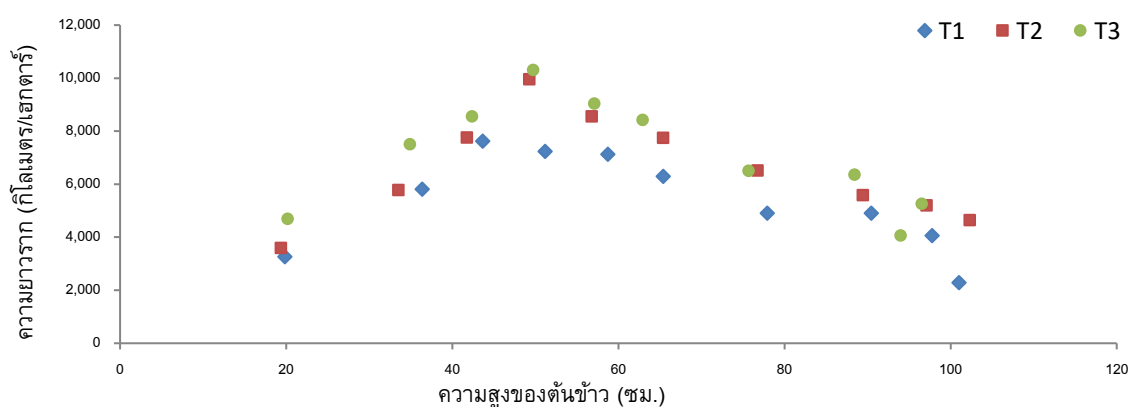
ตารางที่ 3 การเจริญเติบโตและย่อยสลายของรากข้าวภายใต้การจัดการน้ำแบบปกติและเปียกสลับแห้งในฤดูฝน

การจัดการน้ำ	การเจริญเติบโตของราก	การย่อยสลายของราก
	(กิโลเมตร/เฮกตาร์)	(กิโลเมตร/เฮกตาร์)
	mean±s.d.	mean±s.d.
T1	8,847.8±886.2 ^b	398.1±57.1
T2	11,217.8±1,623.3 ^a	402.1±115.3
T3	11,896.5±2,493.3 ^a	358.9±106.7
Level of sig.	*	NS

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ p -value < 0.05 ตามลำดับและ NS=ไม่มีนัยสำคัญ

ความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของข้าวในสวนเหนือดินและใต้ดิน

ความสัมพันธ์ของการเจริญเติบโตของข้าวส่วนเหนือพื้นดินและส่วนใต้พื้นดิน พบว่า การเจริญเติบโตด้านความสูงของต้นข้าวและความยาวของรากใต้ดินมีความสัมพันธ์กันโดยรากมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงระยะการแตกกอและหลังจากนั้นการยืดขยายของรากข้าวจะลดลง ส่งผลให้ความสูงของต้นข้าวมีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของราก มีความสัมพันธ์แบบทิศทางตรงกันข้ามหรือแปรผกผัน (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของต้นข้าวและความยาวรากข้าว

สรุปและอภิปรายผล

การศึกษาประสิทธิภาพการจัดการน้ำด้วยวิธีแบบเปียกสลับแห้งต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตข้าวพันธุ์ กข. 41 ผลการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพการใช้น้ำในการปลูกข้าวแบบเปียกสลับแห้งเป็นเทคนิคหนึ่งที่สามารถประหยัดน้ำโดยไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณผลผลิตข้าวและยังสามารถลดปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ยในการปลูกข้าวในเงื่อนไข T2 และ T3 ถึงร้อยละ 52 และ 32 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับการทำนาข้าวแบบปกติ แต่การจัดการน้ำในนาข้าวแบบเปียกสลับแห้งในฤดูฝน มีข้อจำกัดในการควบคุมปริมาณน้ำขังในนา เนื่องจากได้รับอิทธิพลของน้ำฝนตามธรรมชาติ โดยการศึกษาทำการจำลองรูปแบบสถานการณ์จริงจากการทำนาของเกษตรกรในช่วงฤดูฝน จึงไม่มีการสูบน้ำออกในระดับที่กำหนดแต่ปล่อยให้ น้ำลดลงตามธรรมชาติ จะเห็นได้ว่าแปลงข้าว T2 และ T3 มีปริมาณน้ำน้อยกว่า T1 ตลอดระยะเวลาการเพาะปลูกและไม่เพิ่มภาระค่าใช้จ่ายของเกษตรกรจากการใช้เชื้อเพลิงสูบน้ำออกจากนาข้าวในฤดูฝน อีกทั้งการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำในการเพาะปลูกข้าว (Water Productivity) มีค่าระหว่าง 0.09-0.49 กิโลกรัมผลผลิตข้าวต่อลูกบาศก์เมตร ขณะที่ประสิทธิภาพการใช้น้ำจากการทำนาแบบปกติ มีค่าเท่ากับ 0.07-0.12 กิโลกรัมผลผลิตข้าวต่อลูกบาศก์เมตรสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chapagain และ Riseman (2011) พบว่าการจัดการน้ำด้วยวิธีเปียกสลับแห้งเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำเป็น 1.70 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ น้ำแบบปกติที่มีประสิทธิภาพการใช้น้ำเพียง 1.30 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยผลผลิตข้าวเฉลี่ยใน T1, T2 และ T3 เท่ากับ 6.5, 6.6 และ 6.2 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ จากการทดลองสามารถอธิบายได้ว่าการจัดการน้ำแบบปกติและการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งทั้ง 2 รูปแบบ ไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณผลผลิตข้าว สอดคล้องกับงานวิจัยในเมืองฮูไบ กังซี และ ฮูเป่ย์ ประเทศจีน และอีกหลายประเทศในแถบทวีปเอเชีย พบว่า ผลผลิตของข้าวจากการจัดการน้ำด้วยวิธีเปียกสลับแห้งไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับการจัดการน้ำแบบปกติที่มีน้ำท่วมขังในนาข้าวตลอดระยะเวลาการเพาะปลูก [12-13] ประเทศฟิลิปปินส์ [14] ประเทศบังกลาเทศ [15] เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตาม อิทธิพลของสภาพแวดล้อมและฤดูกาลเพาะปลูกมีผลกระทบต่อผลผลิตข้าว โดยปริมาณผลผลิตแต่ละฤดูกาลเพาะปลูกมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยในช่วงฤดูแล้งมีน้ำหนักรากผลผลิตสูงกว่าช่วงฤดูฝนเนื่องจากในช่วงฤดูแล้งสามารถควบคุมปริมาณน้ำให้อยู่ในระดับที่กำหนด จึงกล่าวได้ว่าการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งที่มีการปล่อยให้ น้ำลดลงในระดับที่เหมาะสมไม่ส่งผลกระทบต่อองค์ประกอบและปริมาณผลผลิตข้าว นอกจากนี้ การจัดการน้ำในนาข้าวด้วยวิธีเปียกสลับแห้ง T2 และ T3 มีการเจริญเติบโตของรากได้ดีกว่าจัดการน้ำแบบปกติที่ขังน้ำไว้ในนาข้าวตลอดฤดูกาลเพาะปลูก จึงกล่าวได้ว่าการจัดการน้ำในนาข้าวด้วยวิธีเปียกสลับแห้งสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของรากข้าวอย่างชัดเจน แต่การย่อยสลายหรือการตายของรากไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้ง 3 เงื่อนไข ซึ่งการตายของรากเป็นการหมุนเวียนธาตุอาหารในดิน โดยข้าวจะมีการสร้างรากใหม่ขึ้นมาเพื่อใช้การตรึงหาอาหาร น้ำ และแร่ธาตุเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต โดยพลวัตของรากใน T1 ที่เป็นการจัดการน้ำแบบปกติโดยขังน้ำไว้ในนาตลอดฤดูกาลเพาะปลูก มีการย่อยสลายที่สูงกว่าใน T2 และ T3 ขณะที่มีการเกิดใหม่ของรากน้อยกว่าแปลงนาที่มีการจัดการน้ำด้วยวิธีเปียกสลับแห้งจากการศึกษาการตอบสนองของรากข้าวต่อการจัดการน้ำในแปลงนา แสดงให้เห็นว่าการเจริญเติบโตและการยึดขยายของรากข้าวภายใต้การจัดการน้ำทั้ง 3 เงื่อนไข มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p\text{-value} < 0.05$) โดยการจัดการน้ำในนาข้าวด้วยวิธีเปียกสลับแห้ง ข้าวสามารถปรับตัวโดยมีการเจริญเติบโตทางด้านความยาวรากข้าวมากกว่าการจัดการน้ำแบบปกติที่ปล่อยให้ มีน้ำท่วมในนาข้าวตลอดระยะเวลาการเพาะปลูก เนื่องจากการจัดการน้ำในนาข้าวด้วยวิธีเปียกสลับแห้งมีการปล่อยให้ น้ำแห้ง แต่ยังคงรักษาความชื้นในดินให้พอเหมาะส่งผลให้ข้าวอยู่สภาวะเครียด (Plant Stress) จากสิ่งแวดล้อมภายนอก ส่งผลต่อข้าวทำให้มีการแสดงออกเพื่อตอบสนองต่อความเครียดแต่ข้าวกลับมีกลไกในการปรับตัวให้เข้ากับการขาดน้ำส่งผลให้รากของข้าวมีการเจริญเติบโตที่ดี

มีความสามารถในการดูดซึมน้ำและธาตุอาหารจากดินมาเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของข้าวได้เป็นอย่างดีเช่นเดียวกัน [16] สอดคล้องกับงานวิจัยในต่างประเทศ พบว่าเมื่อปริมาณน้ำในดินแห้ง รากข้าวจะมีการปรับตัวโดยการเพิ่มปริมาณและขนาดเพื่อนำน้ำและแร่ธาตุมาเลี้ยงในส่วนต่าง ๆ ของต้นข้าว ซึ่งขนาดและความยาวของรากข้าวมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความต้านทานต่อความแห้งแล้งของดิน [17-19] นอกจากนี้ ความสูงของต้นข้าวมีความสัมพันธ์กับส่วนใต้ดิน โดยข้าวมีการเจริญเติบโตเพิ่มมากขึ้น ทั้งขนาดและลำต้นจะสูงและโตขึ้น ซึ่งเกิดจากการแบ่งเซลล์ของเนื้อเยื่อที่เจริญทำให้จำนวนเซลล์เพิ่มมากขึ้นที่ปลายราก เมื่อเซลล์แบ่งตัวแล้วบริเวณที่อยู่ถัดขึ้นไปจะเป็นบริเวณที่เซลล์มีการยึดตัวเป็นผลให้รากยาวขึ้นเช่นเดียวกับบริเวณอื่น ๆ จากการศึกษากลไกการเจริญเติบโตของรากข้าวเมื่อถึงระยะหนึ่งรากข้าวจะมีการเจริญเติบโตที่น้อยลงและจะตายหรือการย่อยสลายไปเนื่องจากข้าวเริ่มมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงแรกข้าว จึงจำเป็นต้องหาอาหารเพื่อหล่อเลี้ยงส่วนต่าง ๆ เช่น ลำต้น ใบ การแตกกอ การออกดอกและเมล็ดข้าว เป็นต้น รากจึงทำหน้าที่หาแร่ธาตุ น้ำ และอาหารเพื่อมาเลี้ยงส่วนต่าง ๆ หลักจากเมื่อต้นข้าวแตกกอเรียบร้อยแล้ว การเจริญเติบโตของรากจะเริ่มลดลงแต่การย่อยสลายของรากจะเพิ่มขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่มอบทุนอุดหนุนในการทำวิจัยประเภทบัณฑิตศึกษา ประจำปี 2559 และทุนสนับสนุนการวิจัยของคณะวัฒนธรรมสิ่งแวดล้อมและการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (เลขที่ 233/2557) และศูนย์วิจัยข้าวปราชญ์บุรี ที่อำนวยความสะดวกและเอื้อเฟื้อสถานที่ดำเนินการสำหรับการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] Abdullah, K. (2005). *Integrated water management for food and environmental sustainability*. In PAWEES 2005 International Conference. Japan.
- [2] Office of Agricultural Economics. (2015). *Comparison of greenhouse gas emission in paddy field between organic and traditional systems*. Retrieved June 9, 2015, from <http://www.oae.go.th>
- [3] Sharma, P.K. (1989). Effect of period moisture stress on water-use efficiency in wetland rice. *Oryza*, 26, 252-257.
- [4] Yao, F., Huang, J., Cui, K., Nie, L., Xiang, J., Liu, X., Wu, W., Chen, M., Peng, S. (2012). Agronomic performance of high-yielding rice variety grown under alternate wetting and drying irrigation. *Journal of Field Crops Research*, 126, 16-22.
- [5] Achara Chumvong. (2008). *Water management in paddy field for reduction of environmental impacts on methane and water quality*. Doctor of Engineering (Irrigation Engineering). Bangkok: Graduate school Kasetsart University.
- [6] Redwanur, R., & Bulbul, S.H. (2014). Effect of alternate wetting and drying (AWD) irrigation for boro rice cultivation in Bangladesh. *Agriculture, Forestry and Fisheries*, 2, 86-92.
- [7] Russell, R.S. (1977). *Plant root system: their function and interaction with the soil*. McGraw-Hill, London.
- [8] Charoensilp, N., Buddhaboo, C., Promnart, P., Wassmann, R., & Lantin, R.S. (2000). Methane emission from deepwater rice fields in Thailand. *Nutrient Cycling Agroecosystems*, 58, 121-130.

- [9] Chidthaisong, A., Cha-un, N., Rossopa, B., Buddaboon, C., Kunuthai, C., Sripirom, P., Towprayoon, S., Takida, T., Padre, A.T., & Minamikawa, K. (2017). Evaluating the effects of alternate wetting and drying (AWD) on methane and nitrous oxide emission from a paddy field in Thailand. *Soil Science and Plant Nutrition*, 64, 1-8.
- [10] Maeght, J.L., Rewald, B., & Pierret, A. (2013). How to study deep roots - and why it matters. *Frontiers in Plant Science*, 4, 1-14.
- [11] Bumrungbut, J., Hanpattanakit, P., Buddhaboon, C., Rossopa, B., & Chidthaisong, A. (2015). *Dynamics of rice (ORYZA SATIVA L.) root and its growth in a heavy clay soil under Alternate wetting and drying conditions*. In ISC2015 International soil conference: Sustainable uses of soil in Harmony with food security. Phetchaburi, Thailand: Department Land Development.
- [12] Li, Y.H., Dong, B., & Yu, F. (1999). *Improving irrigation management of paddy fields for sustainable increases in water productivity*. In 2nd Inter-Regional Conference on Environment-Water. Lausanne, Switzerland: Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.
- [13] Yao, F., Huang, J., Cui, K., Nie, L., Xiang, J., Liu, X., Wu, W., Chen, M., & Peng, S. (2012). Agronomic performance of high-yielding rice variety grown under alternate wetting and drying irrigation. *Journal of Field Crops Research*, 126, 16-22.
- [14] Belder, P., Bouman, B.A.M., Cabangon, R., Guoan, L., Quilang, E.J.P., Yuanhua, L., Spiertz, J.H.J., & Tuong, T.P. (2004). Effect of water-saving irrigation on rice yield and water use in typical lowland conditions in Asia. *Agricultural Water Management*, 65, 193-210.
- [15] Chapagain, J., & Riseman, A. (2011). Achieving more with less water: alternate wet and dry irrigation (AWDI) as an alternative to the conventional water management practices in rice farming. *Journal of Agricultural Science*, 3, 1-13.
- [16] O'Toole J.C. (1989). *Breeding for drought resistance in cereals: emerging new technologies*. In: Baker FWG, ed. Drought resistance in cereals. Wallingford, UK: CAB International.
- [17] Ekanayake, I., Garrity, J., & Masajo, D. (1985). Inheritance of root characters and their relations to drought resistance in rice. *Crop Science*, 25, 927-933.
- [18] Loresto, G.C., Zhang, W., Chaudry, D., & Chang, T.T. (1983). Aeroponic technique for screening the drought avoidance mechanism of rice genotypes by the root characters. *Lisboa*, 10, 77-82.
- [19] Yang, P., Fu, H., Walker, J., Papa, C.M., Smalle, J., Ju, Y.M., & Vierstra, R.D. (2004). Purification of the *Arabidopsis* 26S proteasome: Biochemical and Molecular analyses revealed the presence of multiple isoforms. *Journal Biology Chemistry*, 279, 6401-6413.