

ประสิทธิภาพการจัดการน้ำด้วยวิธีเปียกสลับแห้ง ในชนิดดินที่ต่างกัน ต่อการ
เจริญเติบโตและผลผลิตข้าว^{1/}

Efficiency of alternate wetting and drying (AWD) in different soil types on
growth and rice production^{1/}

ผู้ทำสัมมนา
อาจารย์ที่ปรึกษา

นายเปรมประชา คำอ่อนศรี^{2/}
อาจารย์ธนาริพ ทาปลัด^{3/}

บทคัดย่อ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่ใช้น้ำในการเพาะปลูกมากในระบบการเกษตร ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องหาวิธีการลดปริมาณการใช้น้ำในการปลูกข้าวโดยไม่มีผลกระทบต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดข้าว โดยวิธีการปลูกข้าวแบบเปียกสลับแห้ง (Alternate Wetting and Drying หรือ AWD) เป็นการลดการให้น้ำโดยให้ดินอยู่ในสภาพขังน้ำแล้วมีการให้น้ำอีกครั้งเมื่อถึงระดับน้ำที่ต้องการ จากการศึกษาพบว่าการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งช่วยลดปริมาณการใช้น้ำได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตข้าว และพบว่าการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งโดยให้น้ำขังในนา 5 ซม. เหนือผิวดิน และปล่อยให้น้ำลดลง 15 ซม. ใต้ผิวดิน ส่งผลให้ความสูงต้นและจำนวนเมล็ดต่อรวงไม่แตกต่างกับการทำนาแบบดั้งเดิม นอกจากนี้การจัดการน้ำด้วยวิธีเปียกสลับแห้งในชนิดดินที่ต่างกัน ส่งผลต่อการให้ผลผลิตข้าวแตกต่างกันด้วย โดยข้าวปลูกในดินร่วนกับดินเหนียวมีศักยภาพในการให้ผลผลิตและจำนวนรวงสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับปลูกในดินร่วนปนทราย และพบปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างการจัดการน้ำกับชนิดดินต่อน้ำหนัก 1,000 เมล็ด โดยหากปลูกข้าวในดินเหนียวร่วมกับการทำนาแบบเปียกสลับแห้งส่งผลต่อน้ำหนัก 1,000 เมล็ดสูงกว่าการทำนาแบบดั้งเดิม

คำสำคัญ: การทำนาแบบเปียกสลับแห้ง; เนื้อดิน; ข้าว

^{1/}เอกสารประกอบรายวิชา 1201 480 สัมมนา

^{2/}นักศึกษาชั้นปีที่ 4 ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

^{3/}อาจารย์ประจำภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทนำ

ประเทศไทยถือได้ว่าเป็นประเทศที่ทำเกษตรกรรมตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นนาข้าวประมาณร้อยละ 46 (ศศิวิมล และคณะ, 2562) ข้าวเป็นสินค้าทางการเกษตรที่สำคัญสามารถสร้างรายได้ให้กับประเทศปีละหลายแสนล้านบาท และยังมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยปี 2565 ปริมาณการส่งออกข้าวไทยเท่ากับ 7.69 ล้านตัน มูลค่า 138,451.8 ล้านบาท (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565) ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยทั้งในแง่การส่งออกและการบริโภคภายในครัวเรือน ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกข้าวประมาณ 74.13 ล้านไร่ (รวมทั้งนาปีและนาปรัง) และสามารถผลิตข้าวได้สูงถึง 33.9 ล้านตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565)

สำหรับในประเทศไทย สภาพการขาดแคลนน้ำมีผลกระทบโดยตรงกับการเพาะปลูกข้าว เนื่องจากข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่ใช้น้ำในการเพาะปลูกมากที่สุดในระบบการเกษตรดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องหาวิธีการลดปริมาณการใช้น้ำในการปลูกข้าวโดยไม่มีผลกระทบต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดข้าวเพื่อให้สามารถนำมาใช้เป็นทางเลือกให้กับเกษตรกรจากสาเหตุดังกล่าว กรมการข้าวได้พัฒนาเทคโนโลยีการจัดการน้ำอย่างประหยัดโดยวิธีเปียกสลับแห้งเพื่อเป็นทางเลือกให้แก่เกษตรกรสามารถผลิตข้าวได้อย่างมีประสิทธิภาพแม้ในสภาวะที่มีน้ำชลประทานอย่างจำกัดทำให้สามารถประหยัดน้ำใช้เพื่อการผลิตข้าวได้ (กองวิจัยและพัฒนาข้าว, 2558) เพราะหากต้นข้าวอยู่ในสภาวะการขาดน้ำในระยะที่มีการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบจะทำให้ ผลผลิตลดลงประมาณ 17% (อรประภา, 2559) และเมื่อต้นข้าวได้รับสภาวะการขาดน้ำที่ระยะการสร้างรวงอ่อนจนถึงรวงแก่เต็มที่ จะส่งผลให้ผลผลิตลดลงถึง 30% ส่งผลกระทบที่รุนแรงต่อระยะการสร้างรวงที่ลดลง และอัตราการเกิดเมล็ดลีบเพิ่มขึ้น (ธวัชชัย, 2526) อีกทั้งวิธีการทำนาแบบเปียกสลับแห้งในชนิดของดินที่มีความแตกต่างกัน ยังส่งผลต่อการอุ้มน้ำและปริมาณการใช้น้ำ (สุจิรา และคณะ, 2564)

จากปัญหาดังกล่าว จึงหาวิธีการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพด้วยวิธีการปลูกข้าวแบบเปียกสลับแห้ง (Alternate Wetting and Drying หรือ AWD) เป็นการจัดการน้ำที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในปัจจุบันและถูกนำมาใช้ในการจัดการน้ำเพื่อการเกษตรทั้งใน และต่างประเทศ โดยเฉพาะพื้นที่ที่เป็นนาชลประทาน การจัดการน้ำแบบ AWD เป็นการลดการใช้น้ำสำหรับการปลูกข้าวโดยปล่อยให้แห้งแต่ยังรักษาดินให้อยู่สภาพอึดตัว หรือเป็นการลดการใช้น้ำโดยให้ดินอยู่ในสภาพขังน้ำแล้วมีการให้น้ำอีกครั้งเมื่อถึงระดับน้ำที่ต้องการ ดังนั้นการทำสมมนานี้มีวัตถุประสงค์เพื่ออธิบายการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งกับวิธีปกติ โดยมีการขังน้ำตลอดฤดูปลูกในชนิดดินที่แตกต่างกัน ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าว

1. ข้าว และความสำคัญทางเศรษฐกิจ

ข้าว (*Oryza sativa* L.) เป็นพืชวงศ์หญ้า (Family Gramineae) ซึ่งจัดอยู่ในสกุลออไรซา (genus *Oryza*) เป็นพืชล้มลุกปีเดียว (annual plant) ไม่มีเนื้อไม้ เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว (monocotyledon) (บุญหงส์, 2547) ข้าวจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของโลก ประชากรกว่าครึ่งโลกบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก เนื่องจากเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญ นอกจากนี้ ความต้องการบริโภคข้าวมีแนวโน้มสูงขึ้นเนื่องจากประชากรโลกมีอัตราเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นเกษตรกรจึงจำเป็นต้องปลูกข้าวให้มีประสิทธิภาพและผลผลิตเพิ่มมากขึ้น เพื่อสร้างความมั่นคงทางอาหารของโลก จากจำนวนพื้นที่ทั้งหมดของประเทศไทย 321 ล้านไร่ เป็นพื้นที่ภายใต้การทำเกษตรกรรมมากถึง 180 ล้านไร่ โดยมีพื้นที่ปลูกข้าวถึง 60 ล้านไร่ หรือประมาณหนึ่งในสามของพื้นที่การเกษตรของประเทศ (Office of Agricultural Economics, 2015) ข้าวเป็นหนึ่งในพืชอาหารหลักที่ประชากรโลกนิยมบริโภค โดยเฉพาะประเทศไทย ข้าวถือเป็นอาหารหลักและเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญ แต่ผลผลิตข้าวต่อพื้นที่ปลูกของไทย ยังคงต่ำกว่าของประเทศเพื่อนบ้าน เช่น อินโดนีเซีย เวียดนาม มาเลเซีย ลาว และฟิลิปปินส์ (USDA, 2016)

2. การจัดการน้ำในแปลงข้าว

การปลูกข้าวในประเทศไทยมีวิธีการเขตกรรมปลูกข้าวแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้ น้ำซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 นิเวศน์ คือใช้น้ำฝน และน้ำจากแหล่งน้ำผิวดินหรือชลประทาน การปลูกข้าวในพื้นที่อาศัยน้ำฝน การควบคุมปริมาณน้ำ หรือจัดการน้ำในแปลงนาให้มีความสัมพันธ์กับช่วงอายุ การเจริญเติบโตของข้าวผู้ปลูกข้าวในเขตใช้น้ำฝนจะต้องทราบและศึกษาสภาพภูมิอากาศ ในพื้นที่แต่ละแหล่งปลูกเป็นอย่างดีเพื่อจัดการปลูกภายใต้ความสัมพันธ์ของดิน น้ำ พืช เป็นไปอย่างใกล้ชิดมาก เพื่อให้การผลิตข้าวประสบความสำเร็จ ได้รับผลผลิตตามวัตถุประสงค์ต่อไป แต่ในบางปีที่เกษตรกรประสบปัญหาสภาพการแปรปรวนของฝน เช่นฝนตกน้อยหรือมากเกินไป หรือมีการกระจายตัวของฝนไม่สม่ำเสมออาจส่งผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตของข้าวและมีผลทำให้ได้รับผลผลิตต่ำ แม้แต่ในเขตชลประทานในบางปีที่มีปริมาณน้ำต้นทุนน้อย การผลิตข้าวนาปรังที่อยู่ในเขตชลประทานย่อมได้รับผลกระทบ ลัตดาวัลย์ และคณะ (2544) รายงานว่าปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวนาชลประทานประมาณ 15 ล้านไร่ แต่มีเพียง 1.5 ล้านไร่ เท่านั้นที่มีศักยภาพได้รับน้ำชลประทานอย่างสมบูรณ์และไม่มีปัญหาการขาดแคลนน้ำในระหว่างฤดูปลูก ดังนั้นน้ำจึงเป็นปัจจัยการผลิตข้าวขั้นพื้นฐานสำคัญที่เกษตรกรจะต้องมีการจัดการน้ำสำหรับการปลูกข้าวในระดับเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ โดยรายละเอียดของระบบการจัดการน้ำชลประทานในนาข้าวดังนี้

2.1 แบบดั้งเดิม

การขังน้ำในนาตลอดฤดูปลูกระดับความลึก 2.5-7.5 เซนติเมตร (Shallow continuous flooding) การขังน้ำแบบนี้ใช้ได้ดีกับพันธุ์ข้าวที่ได้รับการปรับปรุงใหม่ ผลการทดลองที่ IRRI พบว่า การขังน้ำระดับตื้นไม่ทำให้ผลผลิตข้าวแตกต่างกับการขังน้ำในระดับสูง ในช่วงระยะเวลาให้น้ำเท่า ๆ กัน (85-90 วัน) และมีประสิทธิภาพการใช้น้ำ 1.02 กรัม/น้ำ 1 ลิตร

การขังน้ำในนาตลอดฤดูปลูกระดับความลึก 15 เซนติเมตร (deep continuous flooding) การขังน้ำในระดับลึกให้ผลผลิตไม่แตกต่างกับการขังน้ำระดับตื้น บางครั้งผลผลิตข้าวจะลดลงหากมี

ระดับน้ำสูงมากเกินไปสำหรับข้าวบางพันธุ์ และเห็นได้ชัดเจนในพันธุ์ H-4 แต่ไม่แตกต่างกันในพันธุ์ IR8 การเพิ่มระดับน้ำจะมีผลทำให้ข้าวมีลำต้นสูงขึ้นแตกกอลดลง ประสิทธิภาพการใช้น้ำมีค่าประมาณ 0.95 กรัม/น้ำ 1 ลิตร และมีปริมาณการใช้น้ำมากกว่าเนื่องจากการซึมลึก ซึ่มีด้านข้างมากกว่าการซึ่ที่ระดับต้น

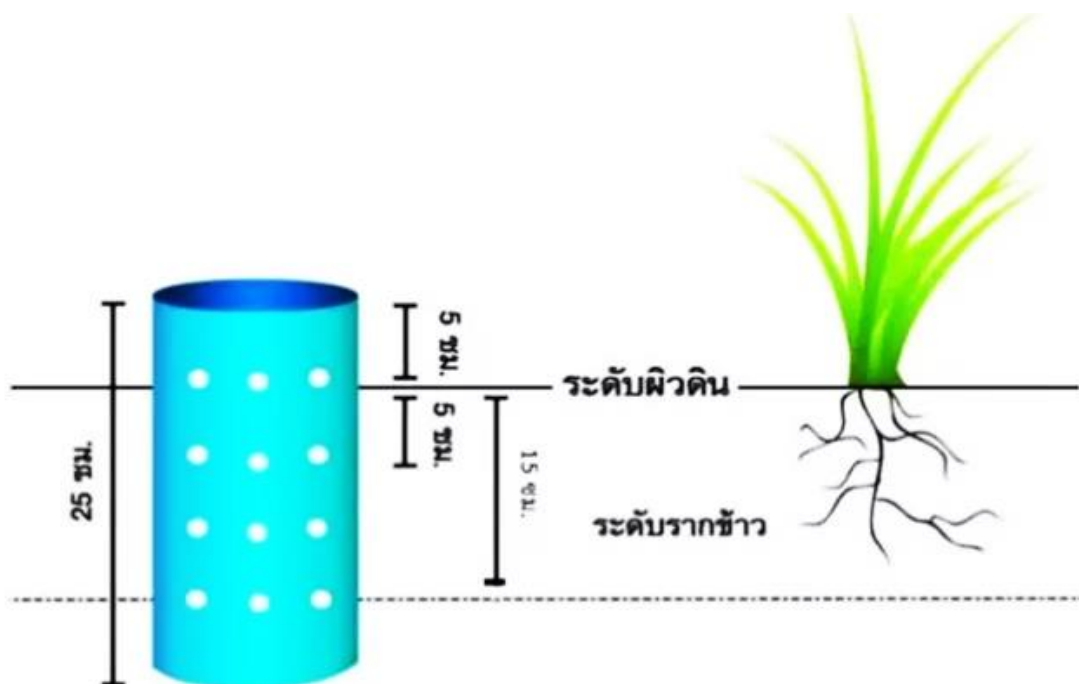
การส่งน้ำในนาแบบไหลผ่าน (continuous flowing irrigation) การให้น้ำแบบนี้มีประโยชน์มากในเขตร้อนอุณหภูมิสูงการให้น้ำผ่านแปลงตลอดเวลาช่วยลดอุณหภูมิและดินได้ขณะเดียวกันสามารถนำวิธีการนี้ไปใช้ในเขตหนาว แต่การปล่อยให้ดินอยู่ในสภาพ oxidized จะช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้แก่ดิน และให้ผลผลิตข้าวไม่แตกต่างกับการจัดการน้ำแบบขังตลอดฤดูปลูก แต่พบว่าการจัดการน้ำแบบนี้ใช้ปริมาณน้ำต่อฤดูปลูกมาก 458 เซนติเมตร และมีประสิทธิภาพการใช้น้ำต่ำ 0.18 กรัม/น้ำ 1 ลิตร และจากการที่มีการปล่อยน้ำผ่านแปลงตลอดเวลาทำให้เกิดการสูญเสียธาตุอาหารไปจากแปลงปลูกโดยการชะล้าง โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนสูญเสียไปถึง 0.8-1.6 กิโลกรัม/ไร่/ฤดูปลูก นอกจากนั้นสภาพเปียกสลับแห้งยังส่งเสริมการสูญหายของไนโตรเจนโดยกระบวนการ Denitrification (กรมการข้าว, 2566)

2.2 แบบเปียกสลับแห้ง

การทำนาแบบ “เปียกสลับแห้ง แกล้งข้าว” (Alternate Wetting and Drying : AWD) หรือเรียกอีกอย่างว่าการทำนาแบบใช้น้ำน้อย คือการปล่อยให้ข้าวขาดน้ำในช่วงเวลาที่เหมาะสม เพื่อเป็นการกระตุ้นให้รากและลำต้นข้าวแข็งแรง โดยทั่วไปจะขังน้ำในแปลงนาที่ระดับความลึก 5 เซนติเมตร ในช่วงหลังปักดำ จนกระทั่งข้าวอยู่ในช่วงตั้งท้องออกดอกจึงจะเพิ่มระดับน้ำในแปลงอยู่ที่ 7-10 เซนติเมตร ช่วงที่ปล่อยให้ข้าว ขาดน้ำหรือแกล้งข้าวมี 2 ช่วงคือ

ครั้งที่ 1 ในช่วงเจริญเติบโตทางลำต้น (อายุข้าว 35-45 วัน) เป็นเวลา 14 วัน หรือจนกว่าระดับน้ำ ในแปลงนาจะลดลงต่ำกว่าผิวแปลง 10-15 เซนติเมตร หรือดินในแปลงนาแตกกระแหง แล้ว จึงปล่อยน้ำเข้านา

ครั้งที่ 2 ในช่วงข้าวแตกกอสูงสุด (อายุข้าว 60-65 วัน) เป็นเวลาอีก 14 วัน เช่นเดียวกัน หรือจนกว่าระดับน้ำในแปลงนาจะลดลงต่ำกว่าผิวแปลง 10-15 เซนติเมตร หรือดินในแปลงนาแตกกระแหง แล้ว จึงปล่อยน้ำเข้านา (กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2558)



ที่มา: <https://thaifarmer.lib.ku.ac.th/news/61f208bb31201252fe51803a> (2566)

ภาพที่ 1 เทคนิคการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งในนาข้าว

3. ชนิดดิน

ดินสามารถแบ่งออกอย่างง่าย ๆ ได้เป็น 3 ชนิด คือ ดินทราย ดินร่วน และดินเหนียว ชนิดของดินแต่ละชนิดนั้นมีลักษณะแตกต่างกัน ไม่ว่าจะเป็นอนุภาค องค์ประกอบ เนื้อดิน ช่องว่างระหว่างดิน หรือความอุดมสมบูรณ์ เหล่านี้ส่งผลต่อความเหมาะสมในการอุ้มน้ำและการเพาะปลูกพืชที่แตกต่างกัน

3.1 ดินทราย

ประกอบด้วยอนุภาคขนาดเม็ดทรายร้อยละ 85-100 โดยน้ำหนัก อนุภาคขนาดเม็ดทรายแบ่งร้อยละ 0-15 โดยน้ำหนัก และอนุภาคขนาดดินเหนียว ร้อยละ 0-10 โดยน้ำหนัก เป็นดินเนื้อหยาบ ดินมีสีน้ำตาลปนแดง ไม่ค่อยพบสิ่งมีชีวิตในดิน อนุภาคดินทรายไม่ยึดติดกับอนุภาคอื่น จึงมีช่องว่างให้น้ำซึมผ่านอย่างรวดเร็ว และไม่คอยกักเก็บน้ำ เป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ พืชตั้งฤดูธาตุอาหารได้น้อย พืชที่ขึ้นบนดินทรายจึงมักขาดทั้งอาหารและน้ำ เนื้อดินที่อยู่ในกลุ่มนี้ ได้แก่ ดินทราย และดินทรายปนดินร่วน

3.2 ดินร่วน

ประกอบด้วยอนุภาคขนาดเม็ดทรายร้อยละ 20-52 โดยน้ำหนัก อนุภาคขนาดเม็ดทรายแบ่งร้อยละ 28-50 โดยน้ำหนัก และอนุภาคขนาดดินเหนียวร้อยละ 17-30 โดยน้ำหนัก เป็นดินเนื้อผสม เนื้อดินค่อนข้างละเอียด นุ่มมือ ร่วนซุย ยึดหยุ่นเล็กน้อย มีการระบายน้ำได้ดีปานกลาง น้ำไม่ผ่านรวดเร็วจนเกินไป จึงกักเก็บความชื้นไว้ได้ เป็นดินที่เหมาะสมกับการเพาะปลูก เนื้อดินที่อยู่ในกลุ่มนี้ ได้แก่ ดินร่วน ดินร่วนปนทราย ดินร่วนปนทรายแบ่ง ดินร่วนปนดินเหนียว ดินร่วนเหนียวปนทราย ดินร่วนเหนียวปนทรายแบ่ง ดินทรายแบ่ง

3.3 ดินเหนียว

ประกอบด้วยอนุภาคขนาดเม็ดทรายร้อยละ 0-45 โดยน้ำหนัก อนุภาคขนาดเม็ดทรายแป้งร้อยละ 0-40 โดยน้ำหนัก และอนุภาคขนาดดินเหนียวร้อยละ 40-100 โดยน้ำหนัก มีเนื้อละเอียดมาก ดินมีสีดำหรือดำปนน้ำตาล เนื้อดินแน่นมาก แหบไม่มีช่องว่างให้น้ำซึมผ่าน มีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดี เมื่อเปียกน้ำจะยึดหยุ่นและเหนียวมาก ทำให้ไถพรวนได้ยาก เมื่อแห้งจะเป็นก้อนแข็งมาก แต่ปั้นเป็นก้อนหรือคลึงเป็นเส้นยาวได้ เป็นดินที่มีการระบายน้ำและอากาศไม่ดี เหมาะที่จะใช้ทำนาปลูกข้าวเพราะเก็บน้ำได้นาน เนื้อดินที่อยู่ในกลุ่มนี้ ได้แก่ ดินเหนียว ดินเหนียวปนทราย ดินเหนียวปนทรายแป้ง (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ประเภทเนื้อดิน และปริมาณของอนุภาคหลักของดิน

ประเภทเนื้อดิน	ปริมาณของอนุภาคหลัก (ร้อยละโดยน้ำหนัก)		
	เม็ดทราย	เม็ดทรายแป้ง	ดินเหนียว
เหนียว	0-45	0-40	40-100
เหนียวปนทรายแป้ง	0-20	40-60	40-60
เหนียวปนทราย	45-65	0-20	35-55
ร่วนเหนียวปนทรายแป้ง	0-20	40-70	30-40
ร่วนเหนียว	20-45	15-50	30-40
ร่วนเหนียวปนทราย	45-80	0-28	20-35
ทรายแป้ง	0-20	80-100	0-12
ร่วนปนทรายแป้ง	0-50	50-88	0-30
ร่วน	20-52	28-50	7-30
ร่วนปนทราย	45-85	0-50	0-20
ทรายร่วน	70-90	0-15	0-15
ทราย	85-100	0-15	0-10

ที่มา: <https://www.truelookpanya.com/learning/detail/33830> (2566)

4. ผลของการจัดการน้ำด้วยวิธีแบบเปียกสลับแห้งในชนิดดินที่แตกต่างกัน

4.1 ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตข้าว

สุจิรา และคณะ (2564) ได้ศึกษาอิทธิพลของการทำนาแบบเปียกสลับแห้งต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดข้าวที่ปลูกในเนื้อดินแตกต่างกัน โดยวางแผนการศึกษาแบบ Factorial experiment กำหนดปัจจัย A เป็นชนิดดิน 3 ประเภท ได้แก่ (1.) ดินเหนียว (2.) ดินร่วน และ (3.) ดินร่วนปนทราย ปัจจัย B เป็นการจัดการน้ำ 2 รูปแบบ ได้แก่ (1.) การทำนาแบบเปียกสลับแห้ง (AWD) และ (2.) การทำนาแบบดั้งเดิมที่มีการขังน้ำตลอดฤดูปลูก จากการศึกษาพบว่าการทำนาแบบเปียกสลับแห้งและแบบดั้งเดิมให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนประเภทของชนิดดินมีผลทำให้ผลผลิตข้าวมีความ

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดินร่วนมีผลผลิตมากที่สุด ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับดินเหนียว แต่ในดินร่วนปนทรายมีผลผลิตต่ำที่สุด เมื่อพิจารณาจำนวนหน่อต่อตารางเมตร พบว่าการจัดการน้ำและชนิดดินไม่มีผลทำให้จำนวนหน่อมีความแตกต่างกันทางสถิติ สำหรับจำนวนรวงต่อตารางเมตรพบว่าการจัดการน้ำไม่มีผลทำให้จำนวนรวงมีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนชนิดดินมีผลทำให้จำนวนรวงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดินเหนียวมีจำนวนรวงมากที่สุด ซึ่งไม่ต่างกันทางสถิติกับดินร่วน ส่วนดินร่วนปนทรายมีจำนวนรวงต่ำกว่าดินเหนียวอย่างมีนัยสำคัญ ในส่วนของจำนวนเมล็ดดีต่อรวงพบว่าการจัดการน้ำและชนิดดินไม่มีผลทำให้จำนวนเมล็ดดีต่อรวงมีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 2)

พบปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างการจัดการน้ำกับชนิดดิน ของน้ำหนัก 1,000 เมล็ด โดยหากปลูกข้าวในดินเหนียวการทำนาแบบเปียกสลับแห้งมีน้ำหนัก 1000 เมล็ดสูงกว่าการทำนาแบบดั้งเดิม แต่ในดินร่วนและดินร่วนปนทรายการจัดการน้ำไม่มีผลต่อน้ำหนัก 1,000 เมล็ด (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 2 ผลของการจัดการน้ำและชนิดดินต่อจำนวนหน่อ (ต่อตารางเมตร) จำนวนรวง (ต่อตารางเมตร) จำนวนเมล็ดดีต่อรวง และผลผลิตข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 (กิโลกรัมต่อไร่)

	Number of tiller/m ²	Number of panicle/m ²	Number of filled seed/panicle	Yield (kg/rai)
AWD	520.7	268.0	65.3	458.3
Control	661.6	302.3	59.2	463.8
Soil texture				
Clay	664.2	308.4a	60.1	495.0a
Loam	528.9	294.4ab	65.7	495.5a
Loamy sand	580.4	252.7b	60.9	400.2b
Water management (W)	ns	ns	ns	ns
Soil texture (S)	ns	*	ns	*
W x S	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ: ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ * = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

AWD = การทำนาแบบเปียกสลับแห้ง

ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวสดมภ์ แสดงถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยวิธี LSD

ที่มา: สุจิรา และคณะ (2563)

ตารางที่ 3 ผลของชนิดดินและการจัดการน้ำต่อน้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม)

Soil texture	Water management	1,000 seed Weight (g)
Clay	AWD	39.1a
	Control	30.0b
Loam	AWD	31.7b
	Control	33.2b
Loamy sand	AWD	32.1b
	Control	31.8b
F-test		
Water management (W)		*
Soil texture (S)		ns
W x S		**

หมายเหตุ: ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ * = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

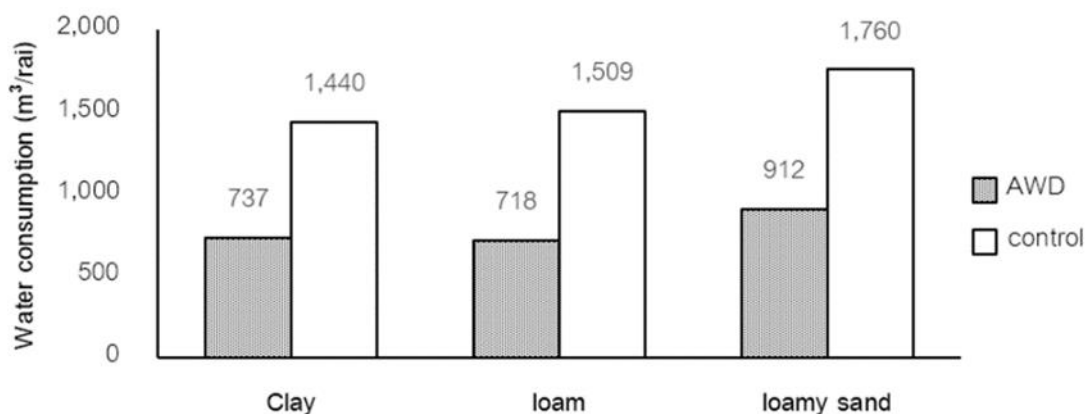
AWD = การทำนาแบบเปียกสลับแห้ง

ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวสดมภ์ แสดงถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยวิธี LSD

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก สุจิรา และคณะ (2563)

4.3 ปริมาณการใช้น้ำ

จากการศึกษาพบว่าการทำนาแบบเปียกสลับแห้งในดินเหนียว โดยการทำนาแบบดั้งเดิมที่มีการขังน้ำตลอดฤดูปลูกจะใช้น้ำ (1,440 ลบ.ม./ไร่) ในขณะที่การทำนาแบบเปียกสลับแห้งใช้น้ำเพียง (736.5 ลบ.ม./ไร่) ส่วนในดินร่วนการทำนาแบบดั้งเดิมต้องใช้น้ำทั้งสิ้น (1508.6 ลบ.ม./ไร่) การทำนาแบบเปียกสลับแห้งจะใช้น้ำเพียง (718.0 ลบ.ม./ไร่) และสำหรับในดินร่วนปนทรายมีการใช้น้ำมากที่สุด โดยการทำนาแบบดั้งเดิมจะต้องใช้น้ำถึง (1,760.0 ลบ.ม./ไร่) การทำนาแบบเปียกสลับแห้งใช้น้ำเพียง (912.1 ลบ.ม./ไร่) ซึ่งนับว่าการทำนาแบบเปียกสลับแห้งในชนิดดินที่ต่างกันสามารถลดการใช้น้ำได้ โดยดินเหนียวมีการใช้น้ำน้อยที่สุด รองลงมาคือดินร่วน และดินร่วนปนทรายมีการใช้น้ำมากที่สุด (ภาพที่ 2)



ที่มา: สุจิรา และคณะ (2564)

ภาพที่ 2 ปริมาณการใช้น้ำ (ลูกบาศก์เมตรต่อไร่) ของการทำนาแบบเปียกสลับแห้ง (AWD) เปรียบเทียบกับการทำนาแบบปกติ (Control)

จากการศึกษาของ Chanate et al. (2021) ที่ได้ศึกษาการใช้น้ำในการทำนาแบบดั้งเดิมและ การทำนาแบบเปียกสลับแห้งในฤดูแล้งปี 2015 ในนาทดลองที่สถานีวิจัย 7 แห่ง ในภาคเหนือตอนล่าง ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ได้แก่ สถานีวิจัยข้าวพิษณุโลก (PSL-RS), สถานีวิจัยข้าวปทุมธานี (PTT-RS), สถานีวิจัยข้าวชัยนาท (CN-RS), สถานีวิจัยข้าวลพบุรี (LBR-RS), สถานีวิจัยข้าวปราจีนบุรี (PCB-RS), สถานีวิจัยข้าวอุบลราชธานี (UBR-RS) และ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสนนครปฐม (KU-KPS) โดยวางแผนการทดลองแบบ (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ ภายใต้การจัดการน้ำ 4 เงื่อนไขประกอบด้วย (1.) การทำนาแบบดั้งเดิม (CF) (2.) การปล่อยให้น้ำลดลง 10 ซม. ได้ผิวดิน (AWD-10) (3.) การปล่อยให้น้ำลดลง 15 ซม. ได้ผิวดิน (AWD-15) (4.) การปล่อยให้น้ำลดลง 20 ซม. ได้ผิวดิน (AWD-20) พบว่าการจัดการน้ำแบบเปียก สลับแห้งและแบบดั้งเดิมในดินเหนียว ไม่แตกต่างกันทางสถิติในสถานี PSL-RC และ PTT-RC ทั้ง 2 ปี แต่ในสถานี PCR-RC มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการจัดการน้ำแบบดั้งเดิม (CF) ให้ผลผลิตมากที่สุดทั้ง 2 ปี แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง (AWD-10) ในปี 2014 สำหรับการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง (AWD-15) ในปี 2014 และการจัดการน้ำแบบ เปียกสลับแห้ง (AWD-20) ในปี 2015 ให้ผลผลิตน้อยที่สุด ในส่วนของดินร่วนพบว่ามีผลผลิตต่าง กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในสถานี CNT-RC ทั้ง 2 ปี และสถานี KU-KPS ในปี 2015 โดยการ จัดการน้ำแบบดั้งเดิม (CF) การจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง (AWD-10) และการจัดการน้ำแบบเปียก สลับแห้ง (AWD-15) ของสถานี CNT-RC ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้ง 2 ปี และการจัดการน้ำ แบบเปียกสลับแห้ง (AWD-20) ให้ผลผลิตน้อยที่สุดทั้ง 2 ปี สำหรับสถานี KU-KPS ในปี 2014 การจก การน้ำแบบดั้งเดิม (CF) ให้ผลผลิตมากที่สุด แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการจัดการน้ำแบบเปียก สลับแห้ง (AWD-20) และการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง (AWD-15) ให้ผลผลิตน้อยที่สุด และในดิน ร่วนปนทรายพบว่ามีผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติในปี 2014 แต่ในสถานี UBN-RC ปี 2015 สถานี LBR-RC ทั้ง 2 ปี และ KU-KPS ในปี 2015 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการจัดการน้ำแบบดั้งเดิม (CF) ให้ผลผลิตมากที่สุด แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับการจัดการน้ำแบบ

เปียกสลับแห้ง (AWD-10) การจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง (AWD-15) ของสถานี LBR-RC ในปี 2014 การจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง (AWD-20) ของสถานี KU-KPS ปี 2015 การจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง (AWD-15) และการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง (AWD-20) ของสถานี UBN-RC ปี 2015 (ตารางที่ 4) สำหรับจำนวนรวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร พบว่าจำนวนรวงในแต่ละสถานีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นสถานี LBR-RC ในปี 2015 (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 4 ผลของชนิดดินและการจัดการน้ำต่อผลผลิตข้าว (กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) ในพื้นที่ 7 แห่ง ได้แก่ สถานีวิจัยข้าวพิษณุโลก (PSL-RS), สถานีวิจัยข้าวปทุมธานี (PTT-RS), สถานีวิจัยข้าวชัยนาท (CN-RS), สถานีวิจัยข้าวลพบุรี (LBR-RS), สถานีวิจัยข้าวปราจีนบุรี (PCB-RS), สถานีวิจัยข้าวอุบลราชธานี (UBR-RS) และมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสนนครปฐม (KU-KPS) ในช่วงฤดูแล้งปี 2014 และ 2015

Treatment	PSL-RC (kg/ha)	PTT-RC (kg/ha)	PCR-RC (kg/ha)	CNT-RC (kg/ha)	KU-KPS (kg/ha)	LBR-RC (kg/ha)	UBN-RC (kg/ha)	Mean (kg/ha)
<i>Dry season of 2014</i>								
CF	4,600	2,981	3,975a	4,200a	3,650a	2,656a	2,269	3,476
AWD-10	4,800	3,156	3,475ab	4,206a	3,125b	2,556ab	2,175	3,356
AWD-15	4,581	3,106	3,393b	3,431ab	2,650c	2,588ab	2,413	3,166
AWD-20	4,550	3,225	3,425b	3,375b	3,425ab	2,538b	2,103	3,234
F-test	ns	ns	*	*	*	*	ns	
CV (%)	4.5	11	5.8	22.2	13.5	11.4	15.1	
<i>Dry season of 2015</i>								
CF	5,344	3,894	3,450a	3,706a	2,075a	3,450a	3,944a	3,695
AWD-10	5,250	3,556	2,744b	3,450ab	1,631b	2,744b	2,356b	3,104
AWD-15	5,281	3,750	2,700b	3,481ab	1,706b	2,700b	2,513ab	3,162
AWD-20	5,244	3,388	2,575b	2,719b	2,037a	2,575b	3,163ab	3,100
F-test	ns	ns	*	*	*	*	*	
CV (%)	3.9	8	26.7	18.8	5.7	26.7	14.9	

หมายเหตุ: ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ * = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

CF = การจัดการน้ำแบบดั้งเดิม, AWD-10 = การปล่อยให้น้ำลดลง 10 ซม. ได้ผิวดิน, AWD-15 = การปล่อยให้น้ำลดลง 15 ซม. ได้ผิวดิน, AWD-20 = การปล่อยให้น้ำลดลง 20 ซม. ได้ผิวดิน

ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวสแนร์ แสดงถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยวิธี DMRT

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก Chanate et al. (2021)

ตารางที่ 5 ผลของชนิดดินและการจัดการน้ำต่อจำนวนรวง (จำนวนรวงต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร) ในพื้นที่ 7 แห่ง ได้แก่ สถานีวิจัยข้าวพิษณุโลก (PSL-RS), สถานีวิจัยข้าวปทุมธานี (PTT-RS), สถานีวิจัยข้าวชัยนาท (CN-RS), สถานีวิจัยข้าวลพบุรี (LBR-RS), สถานีวิจัยข้าวปทุมธานี (PCB-RS), สถานีวิจัยข้าวอุบลราชธานี (UBR-RS) และมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสนนครปฐม (KU-KPS) ในช่วงฤดูแล้งปี 2014 และ 2015

Treatment	PSL-RC	PTT-RC	CNT-RC	LBR-RC	KU-KPS	PCR-RC	UBN-RC
<i>Dry season of 2014</i>							
CF	620b	700b	620d	620b	565b	720a	720a
AWD-10	600b	700b	910a	720a	585ab	610b	620b
AWD-15	710a	550c	710c	725a	575b	620b	680ab
AWD-20	620b	810a	790b	700a	605a	720a	690a
F-test	*	*	*	*	*	*	*
CV (%)	18.2	17.3	15.6	15.8	16.3	14.3	16.2
<i>Dry season of 2015</i>							
CF	625b	620a	750a	480	620a	430c	600c
AWD-10	600b	610a	600b	490	570ab	500b	600c
AWD-15	650a	600a	760a	480	580ab	430c	650b
AWD-20	450c	580ab	790a	480	590a	580a	700a
F-test	*	*	*	ns	*	*	*
CV (%)	12.3	13.8	11.6	15.4	16.4	13.9	12.5

หมายเหตุ: ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ * = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

CF = การจัดการน้ำแบบดั้งเดิม, AWD-10 = การปล่อยให้น้ำลดลง 10 ซม. ได้ผิวดิน, AWD-15 = การปล่อยให้น้ำลดลง 15 ซม. ได้ผิวดิน, AWD-20 = การปล่อยให้น้ำลดลง 20 ซม. ได้ผิวดิน

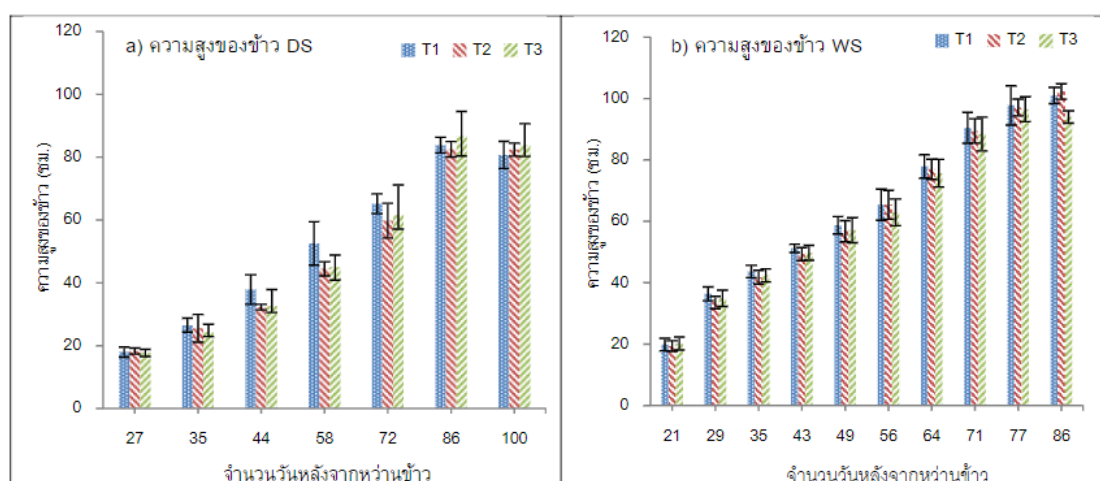
ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวสดมภ์ แสดงถึงไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยวิธี DMRT

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก Chanate et al. (2021)

5. ผลของการจัดการน้ำด้วยวิธีแบบเปียกสลับแห้งต่อการเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตข้าว

จิตติวรณ และคณะ (2563) ได้ศึกษาอิทธิพลของการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าว ทำการทดลอง 2 ฤดูกาลเพาะปลูก คือ ช่วงฤดูแล้ง (Dry Season: DS) เริ่มเพาะปลูกวันที่ 11 ธันวาคม พ.ศ. 2556 ถึง 4 เมษายน พ.ศ. 2557 ระยะเวลาการเพาะปลูก 98 วัน และช่วงฤดูฝน (Wet Season: WS) เริ่มเพาะปลูกวันที่ 19 มิถุนายน 2557 ถึง 15 กันยายน 2557 ระยะเวลาการเพาะปลูก 88 วัน โดยวางแผนการทดลองแบบ (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ ภายใต้การจัดการน้ำ 3 เงื่อนไขประกอบด้วย (T1) การทำนาแบบดั้งเดิม (T2) การจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งโดยให้น้ำขังในนา 5 ซม. เหนือผิวดิน และปล่อยให้น้ำลดลง 15 ซม. ได้ผิวดิน (T3) การจัดการน้ำแบบ

เปียกสลับแห้งโดยปล่อยให้ น้ำขังในนา 10 ซม. เนื้อผิวดิน และปล่อยให้ น้ำลดลง 15 ซม. ได้ผิวดิน จากการศึกษพบว่า การเจริญเติบโตด้านความสูงของต้นข้าวแบบดั้งเดิม T1 มีความสูงของต้นมากที่สุดซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง T2 และการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง T3 มีความสูงต้นน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 3) ส่งผลให้น้ำหนักต้น T3 น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ T1 และ T2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในส่วนของจำนวนเมล็ดต่อรวงในฤดูแล้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยในการทำนาแบบดั้งเดิม T1 มีจำนวนเมล็ดต่อรวงมากที่สุดแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง T2 และการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง T3 มีจำนวนเมล็ดต่อรวงน้อยที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากการทำนาแบบเปียกสลับในช่วงฤดูแล้งสามารถควบคุมระดับน้ำได้ แต่ในการทำนาแบบเปียกสลับแห้งในฤดูฝนไม่สามารถควบคุมระดับน้ำได้จึงส่งผลให้น้ำหนักเมล็ดในทั้ง 2 ฤดูมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 6)



ที่มา: จิตติวรรณ และคณะ (2563)

ภาพที่ 3 การเจริญเติบโตทางด้านความสูงของข้าว (ซม.) ในแต่ละสัปดาห์ทั้ง 2 ฤดูกาลเพาะปลูก คือ ฤดูแล้ง (DS) และ ฤดูฝน (WS) T1 = การทำนาแบบดั้งเดิม, T2 = การจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งโดยให้น้ำขังในนา 5 ซม. เนื้อผิวดิน และปล่อยให้ น้ำลดลง 15 ซม. ได้ผิวดิน, T3 = การจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งโดยปล่อยให้ น้ำขังในนา 10 ซม. เนื้อผิวดิน และปล่อยให้ น้ำลดลง 15 ซม. ได้ผิวดิน

ตารางที่ 6 การเจริญเติบโต องค์ประกอบและปริมาณผลผลิตของข้าวภายใต้การจัดการน้ำ ใน 2 ฤดูกาลเพาะปลูก คือ ฤดูแล้ง (DS) และ ฤดูฝน (WS)

การจัดการน้ำ (T)	ความสูงต้น (ซม.)	น้ำหนักต้น (ตันต่อเฮกตาร์)	จำนวนเมล็ด (ต่อรวง)	น้ำหนักเมล็ด (ตันต่อเฮกตาร์)	ดัชนี เก็บเกี่ยว (%)
Dry Season; DS					
T1	84.1±9.0a	8.1±1.0	79.3±36.4a	6.8±1.0	45.6
T2	81.3±7.3a	8.3±0.5	76.7±57.4a	7.3±0.6	47.0
T3	72.7±10.5b	7.9±1.5	47.5±16.7b	7.0±1.2	47.0
Wet Season; WS					
T1	88.8±3.4a	8.1±0.6	55.2±8.6	6.3±0.4	43.8
T2	88.4±2.3a	7.3±0.5	55.8±7.7	5.9±0.8	44.7
T3	85.9±2.1b	6.6±0.4	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	*	

หมายเหตุ: * = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวสทมภ์ แสดงถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ด้วยวิธี Tukey

ที่มา: จิตติวรณ และคณะ (2563)

6. สรุป

จากรายงานวิจัยยืนยันได้ว่าการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งช่วยลดปริมาณการใช้น้ำได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตข้าว และพบว่าการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งโดยให้น้ำขังในนา 5 ซม. เหนือผิวดิน และปล่อยให้น้ำลดลง 15 ซม. ได้ผิวดิน ส่งผลให้ความสูงต้นและจำนวนเมล็ดต่อรวงไม่แตกต่างกับการทำนาแบบดั้งเดิม นอกจากนั้นการจัดการน้ำด้วยวิธีเปียกสลับแห้งในชนิดดินที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อการให้ผลผลิตข้าวแตกต่างกันด้วย โดยข้าวปลูกในดินร่วนกับดินเหนียวมีศักยภาพในการให้ผลผลิตและจำนวนรวงสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับปลูกในดินร่วนปนทราย และพบปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างการจัดการน้ำกับชนิดดินต่อน้ำหนัก 1,000 เมล็ด โดยหากปลูกข้าวในดินเหนียวร่วมกับการทำนาแบบเปียกสลับแห้งส่งผลต่อน้ำหนัก 1,000 เมล็ดสูงกว่าการทำนาแบบดั้งเดิม

7. เอกสารอ้างอิง

- กรมการข้าว. 2566. องค์ความรู้เรื่องข้าว. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <http://www.ricethailand.go.th/rkb3/title-index.php-file=content.php&id=119-2.htm> (20 สิงหาคม 2566).
- กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2558. คู่มือการทำนาแบบเปียกสลับแห้งแก้งข้าวกว้างภายใต้โครงการจัดทำแปลงสาธิตการทำนาแบบเปียกสลับแห้ง. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <http://water.rid.go.th/waterm/template/manager/FProjectMAC/portfolio/58.pdf> (20 สิงหาคม 2566).
- กองวิจัยและพัฒนาข้าว. 2558. คู่มือการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งในนาข้าว. กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- จิตติวรณ บำรุงบุตร, พงษ์เทพ หาญพัฒนากิจ, อำนาจ ชิดไธสง, สุขุมารมณ์ แสงงาม และศุภิกา วาณิชชัง. 2563. ประสิทธิภาพการจัดการน้ำด้วยวิธีแบบเปียกสลับแห้งต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าว. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 24: 10-22.
- ธวัชชัย ณ นคร. 2526. ความสัมพันธ์ระหว่างดิน น้ำ และพืช. วารสารวิชาการเกษตร, 1(3), 185-195.
- บุญหงส์ จงคิด. 2547. ข้าวและเทคโนโลยีการผลิต. พิมพ์ครั้งที่ 1. ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และคณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 184 หน้า.
- ลัดดาวัลย์ กรรณนุช, กิ่งแก้ว คนเขต, นิตยา รื่นสุข, กษิน ขำละชะสิงห์, สุรพล จัตุพร, อมรรัตน์ อินทร์มันน์ อัญชลี คร้ามศรี, นิวัต เจริญศิลป์, วิชัย หิรัญยูปกรณ์ นิกลู รังสิชล และ สุเทพ ลิ่มทองกุล. 2544. การปลูกข้าวนาปรังโดยระบบการใช้น้ำอย่างประหยัด. ใน: เอกสารการประชุมวิชาการ ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี. 2544. หน้า 107-119. ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี, สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการ เกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ศศิวิมล ภูพวง, โรจน์ สิ้นณรงค์, กฤตวิทย์ อัจฉริยพานิชย์กุล และชนิษฐา เสถียรพะกุล. 2562. ผลกระทบของสภาพภูมิอากาศที่มีผลต่อการผลิตข้าวในเขตภาคเหนือ. บัณฑิตศึกษา มหาลัทธิราชภัฏเชียงใหม่. 9(2): 119-132.
- ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2565. สถิติการค้าสินค้าการเกษตรไทยกับต่างประเทศ.ไทย. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: https://www.oae.go.th/assets/portals/1/ebookcategory/43_tradestatistic2565/ (20 สิงหาคม 2566).
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2565. ข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตร. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: <http://www.thairiceexporters.or.th/production.htm> (20 สิงหาคม 2566).
- สุจิรา สุนทรชัย, คณางค์ รัตนานิคม, ชนาภานต์ พรหมอุทัย และอยุธยา คงปั้น. 2564. อิทธิพลของการทำนาแบบเปียกสลับแห้งต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดข้าวที่ปลูกในเนื้อดินแตกต่างกัน. วารสารแก่นเกษตร 49 (5): 1259-1267.

อรประภา อนุกุลประเสริฐ. 2559. ผลของการขาดน้ำต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวหอม 6 พันธุ์. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 24,443–455.

Chanate Malumpong, Nittaya Ruensuk, Benjamas Rossopa, Chairat Channu, Wannakorn Intarasathit, Waraporn Wongboon, Kriskamol Poathong, Kingkew Kunket. 2021. Alternate Wetting and Drying (AWD) in Broadcast rice (*Oryza sativa* L.) Management to Maintain Yield, Conserve Water, and Reduce Gas Emissions in Thailand. *Agric Res* 10(1): 116-130.

Office of Agricultural Economics. 2015. Comparison of greenhouse gas emission in paddy field between organic and traditional systems. Retrieved. สืบค้น 22 สิงหาคม 2566, from <http://www.oae.go.th>

USDA. 2016. World Agricultural Production. Available at: <http://usda.mannlib.cornell.edu/usda/fas/worldagproduction//2010s/2016/worldag-production-11-09-2016.pdf>. (สืบค้น 7 สิงหาคม 2566).