

ผลของการจัดการน้ำและระยะปลูกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต ของข้าวพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ภายใต้ระบบการผลิตแบบประณีต (SRI) Effects of Water Management and Plant Spacing on the Growth and Yield of Purple Riceberry Rice with the System of Rice Intensification (SRI)

พรชัย หาระโคตร* และอรุณ ทองอ่อน

ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

Bhornchai Harakotr* and Arun Thong-oon

Department of Agricultural Technology, Faculty of Science and Technology,

Thammasat University, Rangsit Centre, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

บทคัดย่อ

การศึกษามูลของวิธีการจัดการน้ำและระยะปลูกที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตของข้าวพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ภายใต้ระบบการผลิตแบบประณีต (SRI) โดยปลูกข้าวฤดูนาปรัง 2558 (พฤศจิกายน 2558 ถึงกุมภาพันธ์ 2559) ณ แปลงทดลอง ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จังหวัดปทุมธานี วางแผนการทดลองแบบ 2×3 factorial in randomized completed block (RCB) จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ (1) วิธีการจัดการน้ำ 2 วิธี ได้แก่ การจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง และการจัดการน้ำแบบท่วมขังตลอดฤดูการปลูก (2) ระยะปลูก 3 ระยะ ได้แก่ 20×20 , 30×30 และ 40×40 เซนติเมตร พบว่าวิธีการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งส่งผลให้มีความสูงต้น จำนวนรวงต่อกอ จำนวนเมล็ดต่อรวง จำนวนเมล็ดดีต่อรวง น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และผลผลิตไม่แตกต่างจากแบบท่วมขังตลอดฤดูการปลูก อย่างไรก็ตาม ข้าวพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ที่ปลูกด้วยการจัดน้ำแบบท่วมขังตลอดฤดูการปลูกให้จำนวนต้นต่อกอสูงกว่าการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง นอกจากนี้ยังพบว่าการปลูกข้าวแบบให้น้ำท่วมขังตลอดยังให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวงที่ต่ำกว่าการปลูกข้าวแบบต้นเดียวด้วยระยะปลูกที่กว้าง (30×30 และ 40×40 เซนติเมตร) ให้ผลผลิตเฉลี่ยที่สูงกว่าระยะชิด (20×20 เซนติเมตร) โดยการปลูกด้วยระยะ 40×40 เซนติเมตร ร่วมกับการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งและแบบท่วมขังตลอดฤดูการปลูก มีแนวโน้มให้ข้าวมีการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตดีที่สุด ด้วยเหตุนี้การปลูกข้าวไรซ์เบอร์รี่ด้วยระยะปลูกที่กว้างจะส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตภายใต้ระบบการผลิตแบบประณีต

คำสำคัญ : การปลูกข้าวแบบต้นเดี่ยว; ผลผลิต; การจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง; ความหนาแน่นของประชากร;
Oryza sativa cv. Riceberry

Abstract

Study on effects of water management and plant spacing on the growth, yield attributes and yield of purple Riceberry rice with System of Rice Intensification (SRI) was conducted in dry-season rice 2015 (November, 2015 to February, 2016) at the experimental field of Department of Agricultural Technology, Thammasat University, Pathum Thani province, Thailand. The trial was a 2x3 factorial arranged in a randomized complete block (RCB) with three replications. Six treatments included two methods of water management; alternate wetting drying (AWD) and conventional and three plant spacing; 20x20, 30x30 and 40x40 cm. The effect of different water management methods on plant height, panicle per hill, number of grain per panicle, number of filled grain per panicle, 1,000 grains weight and yield was not difference. However, the purple Riceberry rice growing under conventional water management method significantly increased number of plant per hill compared with alternate wetting drying water method, while the percent of unfilled grain per panicle was lower under continuously submerged soil. Wider spacing (30x30 and 40x40 cm) gave the higher yield than close spacing (20x20 cm); additionally plant spacing at 40x40 cm trended to give higher yield components. Purple Riceberry rice grown at spacing of 40x40 cm and which received both alternate wetting drying and conventional water manage system had significant higher number of plant per hill and number of panicle per hill above those in other factor combinations. Therefore, growing purple Riceberry rice at wider spacing is recommended to optimum growth and yield of this rice with system of rice intensification.

Keywords: SRI; yield; alternate wetting drying; population density; *Oryza sativa* cv. Riceberry

1. บทนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสภาวะโลกร้อนได้เพิ่มข้อจำกัดในการผลิตข้าวเพิ่มมากขึ้น ทั้งในเรื่องของวิกฤตภัยแล้ง น้ำท่วม ปัญหาโรคและแมลง ความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนและการกระจายตัวที่ไม่สม่ำเสมอ ซึ่งได้ส่งผลกระทบต่อวิถีชีวิตของเกษตรกรและความมั่นคงทางอาหาร ประเทศไทยแหล่งผลิตข้าวที่สำคัญของโลกจึงหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะ

เผชิญปัญหาดังกล่าว เช่น พื้นที่ปลูกข้าวนาปรังในเขต 22 จังหวัด บริเวณแม่น้ำเจ้าพระยา [1] จึงทำให้ภาคการเกษตรถูกบังคับให้บริหารจัดการตัวเองที่ต้องเพาะปลูกภายใต้ปริมาณน้ำที่มีอย่างจำกัดและมีแนวโน้มลดลง ดังนั้นเกษตรกรต้องมีการปรับตัวโดยใช้พันธุ์ข้าวซึ่งผ่านการพัฒนาสายพันธุ์ให้ผลผลิตสูง ควบคู่ไปกับระบบการผลิตข้าวที่เหมาะสม เช่น ระบบการผลิตข้าวแบบประณีต (The system of rice

intensification; SRI) ซึ่งเป็นระบบการผลิตข้าวที่เหมาะสมสำหรับเกษตรกรที่ถือครองพื้นที่ทำกินขนาดเล็ก เนื่องจากเกษตรกรสามารถเพิ่มผลผลิตข้าวต่อหน่วยพื้นที่ได้ แต่ต้นทุนการผลิตลดลงซึ่งเป็นพื้นฐานการเกษตรแบบยั่งยืน [2,3] เนื่องจากการผลิตข้าวด้วยระบบการผลิตแบบประณีตเป็นระบบการผลิตที่สร้างสภาพแวดล้อมให้เอื้ออำนวยต่อการแสดงศักยภาพของต้นข้าวอย่างเต็มที่ ตั้งแต่การเตรียมกล้าที่อายุ 8-12 วัน (ก่อนระยะใบจริง 4 ใบ) การเตรียมดินที่ดี การปลูกแบบต้นเดี่ยว ใช้ระยะปักดำห่างแต่ไม่ควรเกิน 50×50 เซนติเมตร และการจัดการน้ำโดยปล่อยให้หน้าดินแห้งสลับเปียกจนกระทั่งถึงระยะก่อนออกรวง จึงปล่อยน้ำท่วมประมาณ 1-2 เซนติเมตร [4] ทำให้ประหยัดทรัพยากรน้ำ ซึ่งแตกต่างจากการทำนาแบบดั้งเดิมที่เกษตรกรขังน้ำตลอดฤดูการปลูก เพื่อป้องกันวัชพืชและรักษาระดับน้ำไว้ ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำจากการรั่วซึมและระบายน้ำทิ้ง ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองทรัพยากรน้ำ นอกจากนี้วิธีการผลิตข้าวแบบดั้งเดิมยังก่อให้เกิดก๊าซมีเทนแพร่ขึ้นสู่บรรยากาศ ทำให้เกิดภาวะโลกร้อนอีกด้วย [5] แม้ว่าการปลูกข้าวแบบดั้งเดิมให้ผลผลิตเฉลี่ยของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ปทุมธานี 1 พิษณุโลก 2 และข้าวดอกมะลิ 105 สูงกว่าการปลูกข้าวแบบประณีต [3,6] แต่เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการใช้น้ำพบว่าการปลูกข้าวแบบประณีตมีประสิทธิภาพการผลิตต่อปริมาณน้ำใช้ที่สูงกว่า [3] อีกทั้งระยะปลูกและความหนาแน่นเป็นปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว ซึ่งความหนาแน่นต่อพื้นที่ที่เหมาะสมจะช่วยให้ข้าวใช้ปัจจัยสำหรับการเจริญเติบโต เช่น แสง น้ำ ธาตุอาหาร และปัจจัยอื่น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม ข้าวที่ปลูกภายใต้ความหนาแน่นสูงเกินไปอาจจะเพิ่มการแย่งปัจจัยการเจริญเติบโต และทำให้ผลผลิตลดลงเช่นเดียวกัน จากรายงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า การปลูก

ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 สุพรรณบุรี กข 29 และ กข 33 ที่ระยะ 40×40 เซนติเมตร ส่งผลต่อการแตกกอและการสร้างรวงภายใต้การผลิตด้วยระบบประณีตดีที่สุด [7] อย่างไรก็ตาม ข้าวแต่ละพันธุ์มีการตอบสนองต่อระบบการผลิตแบบประณีตที่ระยะปลูกแตกต่างกัน และระยะปลูกยังส่งผลให้ข้าวสร้างองค์ประกอบของผลผลิตสูงสุดของแต่ละพันธุ์แตกต่างกันด้วย เช่น ข้าวพันธุ์ ITA 306 มีการแตกกอและสร้างรวงสูงที่สุดด้วยระยะ 40×40 เซนติเมตร ในขณะที่ข้าวพันธุ์ IET 3137 ควรปลูกที่ระยะ 30×30 เซนติเมตร [8] ซึ่งหลักในการกำหนดระยะปลูกข้าว คือ ถ้าใช้พันธุ์ข้าวที่มีลักษณะต้นสูง และหักล้มง่ายควรใช้ระยะปลูกห่าง สำหรับข้าวต้นเตี้ย ใบตั้ง และลำต้นมีความแข็งแรงทนทานต่อการหักล้มควรใช้ระยะปลูก [9] จากรายงานข้างต้นจะเห็นได้ว่าการผลิตข้าวด้วยระบบประณีตจะมีประสิทธิภาพสูงสุด เมื่อเกษตรกรเลือกวิธีการจัดการน้ำที่เหมาะสม และกำหนดระยะปลูกให้เหมาะสมกับพันธุ์ข้าว อย่างไรก็ตาม รายงานการศึกษาการทดสอบการเพาะปลูกและการจัดการผลิตแบบประณีตในข้าวพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ยังมีอยู่จำกัด [10] ซึ่งข้าวสายพันธุ์ดังกล่าวมีคุณสมบัติเด่นด้านโภชนาการและมูลค่าทางการตลาดสูง [11] การเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ให้มากขึ้นเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการจัดการน้ำและระยะปลูกที่เหมาะสมสำหรับการผลิตข้าวพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ด้วยระบบการผลิตแบบประณีตเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการผลิตข้าวด้วยระบบประณีตให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การวางแผนการทดลอง

การเปรียบเทียบอิทธิพลของวิธีการจัดการน้ำและระยะปลูกที่เหมาะสมต่อผลผลิต วางแผนการ

ทดลองแบบ 2x3 factorial in RCB จำนวน 3 ซ้ำ โดยกำหนดให้มีปัจจัยที่ศึกษา ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 คือ วิธีการจัดการน้ำ 2 วิธี

2.1.1 วิธีการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง หลังปักดำ 1-2 วัน ให้น้ำโดยการปล่อยน้ำเข้าแปลงนาสูงจากพื้นดินนา 5 เซนติเมตร และรักษาระดับน้ำให้สม่ำเสมอ เพื่อควบคุมวัชพืช รักษาระดับน้ำไปจนถึงข้าวมีอายุ 36-45 วัน ปล่อยน้ำออกจากแปลงนาให้แห้ง (ระดับน้ำใต้ดินต่ำกว่า 20 เซนติเมตร) ข้าวอายุ 46-90 วัน หรือช่วงออกดอกและติดรวง ให้น้ำในระดับ 5 เซนติเมตร และปล่อยน้ำออกให้แห้งเมื่อข้าวอายุ 91-120 วันหรือระยะเก็บเกี่ยว เพื่อให้ข้าวสุกแก่พร้อมกัน หลังจากนั้นรอเก็บเกี่ยว

2.1.2 วิธีการจัดการน้ำแบบดั้งเดิมที่เกษตรกรปฏิบัติ คือ การปลูกข้าวนาดำที่มีน้ำท่วมขังตลอดฤดูการเพาะปลูก

และปัจจัยที่ 2 คือ ระยะปลูก 3 ระยะ ได้แก่ 20x20, 30x30 และ 40x40 เซนติเมตร

2.2 การเตรียมแปลง

สำหรับปลูกข้าวฤดูนาปรัง ปี 2558 (เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2558 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559) ในแปลงทดลอง ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จังหวัดปทุมธานี เตรียมแปลงโดยการพลิกหน้าดิน ไถดินให้ร่วนแล้วปล่อยน้ำเข้าแปลงนาเป็นเวลา 10-15 วัน จากนั้นไถและคราดเอาเศษวัชพืชออกจากแปลงนาแล้วปรับระดับดินให้เรียบสม่ำเสมอทั่วแปลง และทำเทือกเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการเตรียมดิน เพื่อให้ดินและง่ายต่อการย้ายปลูกข้าว

2.3 การเพาะกล้าและย้ายปลูก

ใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวไรซ์เบอร์รี่จากหน่วยบ่มเพาะผู้จัดการทำนาแบบประณีตเพื่อนพึ่ง (ภาฯ) โดยแช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นบ่มด้วย

ห่อผ้าเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมล็ดจะงอกตุ่มรากสีขาว จากนั้นนำเมล็ดพันธุ์มาเพาะกล้าแบบเพาะแห้งในถาดหลุมที่มีขนาด 434 หลุมต่อถาด หยอดเมล็ดหลุมละ 1 เมล็ด จนเต็มแล้วโรยดินกลบทับจนเต็มหลุม เมื่อต้นกล้าอายุ 14 วัน (มีใบจริง 2 ใบ) ถอนต้นกล้า ไปย้ายปลูกโดยใช้นิ้วชี้และนิ้วโป้งจับตุ่มดินแล้วค่อย ๆ ปักลงไปประมาณ 1 เซนติเมตร ปักดำ 1 ต้นต่อหลุม ตามระยะปลูกที่กำหนดในแผนการทดลอง [7]

2.4 การดูแลรักษา

การควบคุมระดับน้ำโดยปรับแปลงนาให้เรียบสม่ำเสมอและทำร่องระบายน้ำระหว่างแปลงย่อยจัดการน้ำหลังจากการย้ายปลูกตามแผนการทดลอง การใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 ก่อนย้ายปลูก 1 วัน โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 อัตรา 23 กิโลกรัมต่อไร่ การใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 ระยะข้าวแตกกอหรือ 30 วันก่อนออกรวง โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ปุ๋ยครั้งที่ 3 ระยะข้าวสร้างรวงอ่อนหรืออายุ 60 วัน โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 5 กิโลกรัมต่อไร่ [12] และฉีดพ่นสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชเพื่อกำจัดโรคและแมลงที่เข้าทำลาย หากพบการเข้าทำลาย

2.5 การบันทึกผลการทดลอง

บันทึกข้อมูลด้านการเจริญเติบโตในช่วงข้าวแตกกอ โดยบันทึกลักษณะการแตกกอของข้าว (จำนวนต้นตอก) ซึ่งสุ่มเก็บตัวอย่างแปลงละ 10 กอ หลังจากนั้น ระยะเก็บเกี่ยวสุ่มเก็บตัวอย่างกอข้าวแบบเส้นทแยงมุมจำนวน 10 กอต่อแปลงย่อย (2x2 ตารางเมตร) เพื่อบันทึกข้อมูลด้านการเจริญเติบโต คือ ความสูงต้น (เซนติเมตร) โดยวัดความสูงจากระดับของดินถึงยอดรวงข้าวที่สูงที่สุด และองค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ จำนวนรวงตอก (รวง) จำนวนเมล็ดตอรวง (เมล็ด) เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ (เปอร์เซ็นต์) และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดที่ความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์ (กรัม) หลังจากนั้นเก็บเกี่ยวข้าวที่เหลือในแปลงย่อยเพื่อหาผลผลิตเฉลี่ยต่อ

พื้นที่ (กิโลกรัมต่อไร่) ที่ความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกัน

2.6 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติตามแผนการทดลองแบบ 2×3 factorial in RCB [13] เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรม JMP (version 10.0, USA)

3. ผลการวิจัย

3.1 การเจริญเติบโต

การศึกษาผลของวิธีการจัดการน้ำและระยะปลูกที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ภายใต้ระบบประณีต พบว่าวิธีการจัดการน้ำและระยะปลูกไม่มีผลต่อความสูงของต้นข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) อย่างไรก็ตาม วิธีการจัดการน้ำมีปฏิสัมพันธ์กับระยะปลูกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) (ตารางที่ 1) โดยระยะปลูกที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความสูงของต้นข้าวที่ปลูกด้วยวิธีการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ตรงข้ามกับวิธีการจัดการน้ำแบบท่วมขังตลอดฤดูการปลูกที่ระยะปลูกเพิ่มขึ้นแต่ความสูงของต้นข้าวลดลง (รูปที่ 1) สำหรับลักษณะจำนวนต้นตอก พบว่าวิธีการจัดการน้ำส่งผลให้จำนวนต้นตอกแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการจัดการน้ำแบบท่วมขังตลอดฤดูการปลูกมีจำนวนต้นตอกสูงกว่าวิธีการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง 11.16 เปอร์เซ็นต์ และระยะปลูกส่งผลให้จำนวนต้นตอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) โดยระยะปลูก 40×40 เซนติเมตร มีจำนวนต้นตอกสูงที่สุด คือ 38.22 ต้นตอก รองลงมา คือ ระยะปลูก 30×30 และ 20×20 เซนติเมตร (28.04 และ 18.01 ต้นตอก ตามลำดับ) (ตารางที่ 1)

เมื่อพิจารณาวิธีการจัดการน้ำที่แตกต่างกันต่อจำนวนต้นตอกของแต่ละระยะปลูก พบว่าระยะปลูกที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้จำนวนต้นตอกเพิ่มขึ้นภายใต้การจัดการน้ำทั้ง 2 วิธีการ โดยข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ปลูกด้วยระยะปลูก 40×40 เซนติเมตร ภายใต้วิธีการจัดการน้ำแบบท่วมขังตลอดฤดูการปลูก มีจำนวนต้นตอกสูงที่สุด คือ 40.15 ต้นตอก รองลงมา คือ ระยะปลูก 40×40 เซนติเมตร ภายใต้วิธีการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง ระยะปลูก 30×30 เซนติเมตร ภายใต้วิธีการจัดการน้ำแบบท่วมขังตลอดฤดูการปลูก และระยะปลูก 30×30 เซนติเมตร ภายใต้วิธีการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง (36.30, 31.45 และ 24.63 ต้นตอก ตามลำดับ) นอกจากนี้ การปลูกข้าวด้วยระยะชิด (20×20 เซนติเมตร) ส่งผลให้ข้าวมีจำนวนต้นตอกต่ำที่สุดด้วยวิธีการจัดการน้ำทั้ง 2 วิธี (รูปที่ 2)

3.2 องค์ประกอบผลผลิต

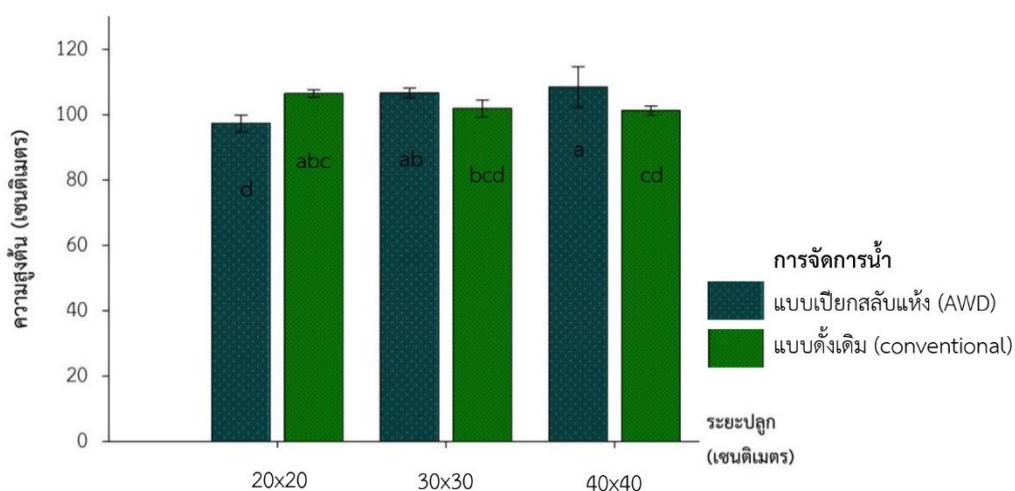
การศึกษาผลของวิธีการจัดการน้ำและระยะปลูกที่เหมาะสมต่อองค์ประกอบผลผลิตของข้าวไรซ์เบอร์รี่ภายใต้ระบบประณีต พบว่าวิธีการจัดการน้ำส่งผลต่อจำนวนรวงตอก จำนวนเมล็ดตอรวง จำนวนเมล็ดดีตอรวง และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่วิธีการจัดการน้ำส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบตอรวงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กล่าวคือ วิธีการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบตอรวงสูงกว่าวิธีการจัดการน้ำแบบท่วมขังตลอดฤดูการปลูก (20.28 และ 14.68 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) สำหรับผลของระยะปลูกต่อองค์ประกอบผลผลิตข้าว พบว่าระยะปลูกส่งผลต่อลักษณะจำนวนรวงตอก จำนวนเมล็ดตอรวง และจำนวนเมล็ดดีตอรวงของข้าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) โดยระยะปลูก 40×40 เซนติเมตร มีจำนวนรวงตอกสูงที่สุด (31.42 รวงตอก) รองลงมา คือ ระยะ 30×30 และ 20×20

เซนติเมตร (24.74 และ 15.32 รวงต่อกอ ตามลำดับ) 124.70 เมล็ดต่อรวง ตามลำดับ) อย่างไรก็ตาม ระยะ
นอกจากนี้ ระยะปลูก 40x40 เซนติเมตร ยังมีจำนวน 30x30 และ 20x20 เซนติเมตร ให้จำนวนเมล็ดทั้งหมด
เมล็ดต่อรวงและจำนวนเมล็ดที่สูงที่สุด (151.30 และ และจำนวนเมล็ดต่อรวงไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 1)

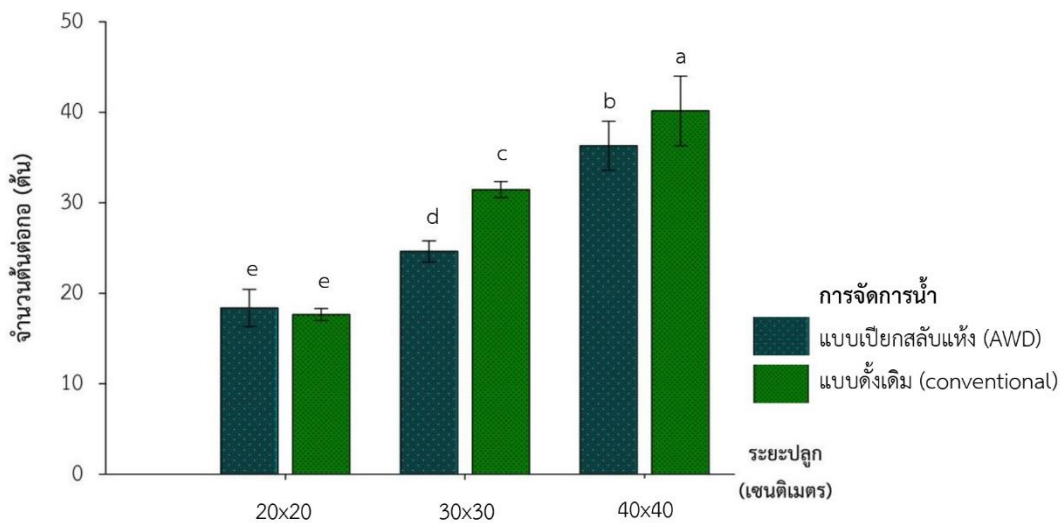
ตารางที่ 1 ผลของระยะปลูกต่อการเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตของข้าวไรซ์เบอร์รี่ภายใต้วิธีการ
จัดการน้ำที่แตกต่างกัน

ปัจจัยที่ศึกษา	ความสูงต้น (ซม.)	จำนวนต้น ต่อกอ	จำนวนรวง ต่อกอ	จำนวนเมล็ด ต่อรวง	จำนวนเมล็ด ดีต่อรวง	เปอร์เซ็นต์เมล็ด ลีบต่อรวง (%)	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (ก.)	ผลผลิต (กก. ต่อไร่)
วิธีการจัดการน้ำ (A)								
แบบเปียกสลับแห้ง	104.16	26.43b ¹	24.633	135.83	106.55	20.28a	24.13	1,007.5
แบบน้ำท่วมขังตลอดฤดูการปลูก	103.21	29.75a	23.024	130.67	111.66	14.68b	25.10	1,186.8
ระยะปลูก (B)								
20x20 ซม.	101.92	18.01c	15.32c	124.23b	99.74b	19.28	24.57	779.0b
30x30 ซม.	104.29	28.04b	24.74b	124.22b	102.87b	18.15	24.97	1,138.9a
40x40 ซม.	104.86	38.22a	31.42a	151.30a	124.70a	15.02	24.32	1,373.5a
F-test								
A	ns	*	ns	ns	ns	*	ns	ns
B	ns	**	**	**	**	ns	ns	**
A*B	**	*	*	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	2.87	6.67	10.24	5.71	8.82	21.16	5.03	17.21

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ; * ** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ; ¹ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



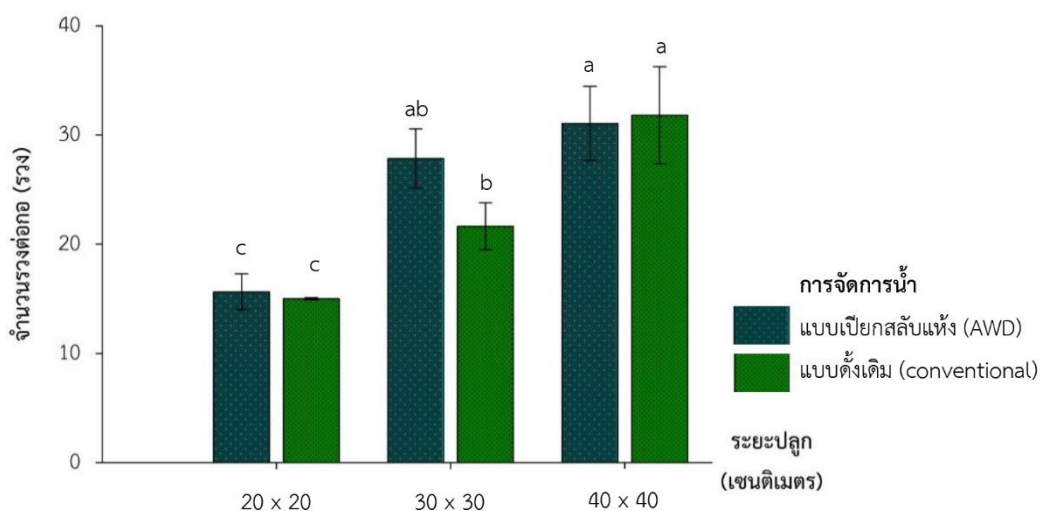
รูปที่ 1 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการจัดการน้ำและระยะปลูกต่อความสูงต้นของข้าวไรซ์เบอร์รี่



รูปที่ 2 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการจัดการน้ำและระยะปลูกต่อจำนวนต้นตอกอของข้าวไรซ์เบอร์รี่

จำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อรวง จำนวนเมล็ดดีต่อรวง เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดที่ระยะปลูกแตกต่างกันไม่ขึ้นอยู่กับวิธีการจัดการน้ำทั้งสองวิธี ($p>0.05$) ยกเว้นลักษณะจำนวนรวงต่อกอพบว่าระยะปลูกที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ข้าวไรซ์เบอร์รี่มีจำนวนเมล็ดทั้งหมดต่อรวงเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ปลูกด้วยระยะปลูก 40x40 เซนติเมตรภายใต้วิธีการจัดการน้ำแบบท่วมขังตลอดฤดูการปลูก

และแบบเปียกสลับแห้งให้จำนวนรวงต่อกอสูงที่สุด (31.80 และ 31.05 รวงต่อกอ ตามลำดับ) รองลงมาคือ ระยะปลูก 30x30 เซนติเมตร ภายใต้วิธีการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง (27.85 รวงต่อกอ) และแบบท่วมขังตลอดฤดูการปลูก (21.64 รวงต่อกอ) ตามลำดับ นอกจากนี้ระยะปักดำและ 20x20 เซนติเมตรให้จำนวนรวงต่อกอดำต่ำที่สุด ภายใต้วิธีการจัดการน้ำทั้งสองวิธี (รูปที่ 3)



รูปที่ 3 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการจัดการน้ำและระยะปลูกต่อจำนวนรวงตอกอของข้าวไรซ์เบอร์รี่

3.3 ผลผลิต

การศึกษาผลของวิธีการจัดการน้ำและระยะปลูกที่เหมาะสมต่อผลผลิตของข้าวพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ภายใต้ระบบการผลิตแบบประณีต พบว่าวิธีการจัดการน้ำและระยะปลูกไม่มีผลต่อผลผลิตของต้นข้าวอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) แต่วิธีการจัดการน้ำแบบท่วมขังตลอดฤดูการปลูกมีแนวโน้มให้ผลผลิตข้าวสูงกว่าวิธีการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งประมาณ 15.11 เปอร์เซ็นต์ สำหรับผลของระยะปลูกต่อผลผลิตข้าว พบว่า ระยะปลูกส่งผลต่อผลผลิตของข้าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) โดยระยะปลูก 40x40 และ 30x30 เซนติเมตร ให้ผลผลิตสูงที่สุด คือ 1,373.5 และ 1,138.9 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ และระยะ 20x20 เซนติเมตร ให้ผลผลิตต่ำที่สุด คือ 779.0 กิโลกรัมต่อไร่ อย่างไรก็ตาม ปริมาณผลผลิตของข้าวที่ระยะปลูกต่าง ๆ ไม่ได้ขึ้นอยู่กับวิธีการจัดการน้ำ ($p>0.05$) (ตารางที่ 1)

4. วิจารณ์

วิธีการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งไม่แตกต่างทางสถิติกับวิธีการจัดการน้ำแบบท่วมขังตลอดฤดูการปลูก อย่างไรก็ตาม วิธีการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งมีแนวโน้มการให้ผลผลิตต่ำกว่าประมาณ 179.3 กิโลกรัมต่อไร่ หรือ 15.11 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากวิธีการจัดการน้ำแบบท่วมขังตลอดฤดูการปลูกส่งผลให้ข้าวมีจำนวนต้นตอกที่มากกว่าหรือการแตกกอที่ดีกว่านั่นเอง (ตารางที่ 1) ซึ่งสอดคล้องกับผลจากการศึกษาวิธีการจัดการน้ำต่อผลผลิตของข้าวในศูนย์วิจัยข้าวฉะเชิงเทรา โดยพบว่าวิธีการจัดการน้ำแบบไม่ท่วมขังจนถึงระยะกำเนิดช่อดอก (panicle initiation, PI) ให้ผลผลิตต่ำกว่าวิธีการจัดการน้ำแบบท่วมขังตลอดฤดูการปลูกเท่ากับ 44 กิโลกรัมต่อไร่ เนื่องจากวิธีการจัดการน้ำแบบท่วมขังตลอดฤดูการปลูกส่งผลให้ข้าวมี

จำนวนรวงตอกที่ดีกว่า [6] นอกจากนี้ ผลจากการทดลองหาปริมาณการใช้น้ำในการปลูกข้าวแบบประณีต พบว่าการปลูกข้าวแบบดั้งเดิมให้ผลผลิตเท่ากับ 25,627 เมล็ดต่อตารางเมตร ซึ่งสูงกว่าการปลูกข้าวแบบประณีตที่ให้ผลผลิตเพียง 7,554 เมล็ดต่อตารางเมตร อย่างไรก็ตาม การปลูกข้าวแบบประณีตมีปริมาณผลผลิตต่อปริมาณน้ำใช้เท่ากับ 0.1036 เมล็ดต่อลิตร สูงกว่าการปลูกข้าวแบบดั้งเดิมที่มีปริมาณผลผลิตต่อปริมาณน้ำใช้เพียง 0.0514 เมล็ดต่อลิตร [3] จะเห็นได้ว่าการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งเป็นวิธีการจัดการทรัพยากรน้ำที่มีประสิทธิภาพ เหมาะสมสำหรับการผลิตข้าวภายใต้สภาวะน้ำธรรมชาติและน้ำชลประทานที่มีอยู่อย่างจำกัด ด้วยเหตุที่การจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งช่วยลดปริมาณน้ำที่ใช้ตลอดฤดูการเพาะปลูกได้มากถึง 40-63 เปอร์เซ็นต์ และยังช่วยลดปริมาณมีเทนซึ่งเป็นก๊าซก่อให้เกิดภาวะเรือนกระจกได้ 20-81 เปอร์เซ็นต์ [14] ในขณะที่ผลผลิตข้าวไม่แตกต่างจากวิธีการจัดการน้ำแบบท่วมขังตลอดฤดูการปลูก นอกจากนี้การจัดการน้ำด้วยวิธีเปียกสลับแห้งยังช่วยลดต้นทุนในการผลิตมากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ [15] และมีรายได้สุทธิเพิ่มขึ้นต่อเฮกตาร์เฉลี่ย 114 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากต้องการแรงงานน้อยกว่า 8.1 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการดั้งเดิม [5]

วิธีการจัดการน้ำแบบท่วมขังตลอดฤดูการปลูกส่งผลให้ข้าวมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่ำเพียง 14.68 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่วิธีการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งส่งผลให้ข้าวมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบสูงถึง 20.28 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1) เนื่องจากการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง เป็นการให้น้ำท่วมขังในนาข้าวตามระดับที่กำหนด (5 เซนติเมตร) แล้วจึงปล่อยให้น้ำแห้งจนดินมีความชื้นไม่ต่ำกว่าที่กำหนด (ระดับน้ำใต้ดินต่ำกว่า 20 เซนติเมตร) จึงให้น้ำใหม่จนถึงระดับที่ต้องการอีกครั้ง ซึ่งสภาพการจัดการเช่นนี้ส่งผลต่อการเปลี่ยน

แปลงของปริมาณออกซิเจนและความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน ดังนั้นข้าวจึงได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ซึ่งข้าวแสดงออกด้วยการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานวิทยาและกระบวนการทางสรีรวิทยา โดยต้นข้าวในน้ำขังสะสมอาหารได้มากกว่าน้ำไม่ขัง สำหรับในสภาพที่มีการจัดการดินแบบเปียกสลับแห้ง รากและต้นของข้าวเจริญเติบโตได้ไม่เท่าในสภาพดินน้ำขัง [16] ซึ่งต้นข้าวที่สมบูรณ์มีอาหารสะสมในลำต้นมากจะสร้างเมล็ดได้ดีที่ต่ำกว่าต้นข้าวที่มีอาหารสะสมในลำต้นน้อย จะเห็นได้ว่าการจัดการน้ำด้วยวิธีการข้างต้นไม่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวไรซ์เบอร์รี่ ซึ่งต้องมีการศึกษาวิธีการจัดการน้ำที่เหมาะสมสำหรับการผลิตข้าวไรซ์เบอร์รี่แบบประณีตต่อไป

จากการทดสอบการย้ายปลูกต้นกล้าข้าวสายพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ 1 ต้นต่อหลุม ด้วยระยะปลูก 20x20 30x30 และ 40x40 เซนติเมตร พบว่าระยะปลูกส่งผลต่อจำนวนต้นตอก จำนวนรวงตอก จำนวนเมล็ดตอรวง จำนวนเมล็ดดีตอรวง และผลผลิต ซึ่งการปลูกข้าวที่ระยะ 40x40 เซนติเมตร ส่งผลให้ข้าวสายพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ที่ปลูกภายใต้ระบบประณีตมีการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ จำนวนต้นตอก จำนวนรวงตอก จำนวนเมล็ดตอรวง และจำนวนเมล็ดดีตอรวงสูงที่สุด รองลงมา คือ ระยะ 30x30 และ 20x20 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ซึ่งการแตกกอของข้าวขึ้นอยู่กับความหนาแน่นต่อพื้นที่ การปลูกข้าวโดยใช้ระยะที่ห่างหรือความหนาแน่นต่อพื้นที่ต่ำจะส่งผลให้ข้าวมีการแตกกอได้ดีกว่าการปลูกโดยใช้ระยะที่ชิดหรือความหนาแน่นต่อพื้นที่สูง [17] ด้วยเหตุที่เกิดหน่อใหม่ของข้าวในช่วงท้าย ๆ ของระยะแตกกอ มักจะเป็นต้นข้าวที่ไม่สมบูรณ์เพียงพอที่จะพัฒนาให้มีรวงได้ เนื่องจากอาหารสะสมในลำต้นไม่เพียงพอ ทำให้จำนวนรวงต่อ

กอแตกต่างกัน [18] นอกจากนี้การปลูกข้าวโดยใช้ระยะที่ห่างยังหลีกเลี่ยงอิทธิพลของการบังแสงระหว่างกอข้าว ทำให้ข้าวได้รับแสงอย่างเต็มที่ [19] ด้วยเหตุนี้ การปลูกข้าวไรซ์เบอร์รี่โดยใช้ระยะ 40x40 เซนติเมตร ทำให้ข้าวมีพื้นที่รับแสงแดดมาสร้างอาหารสะสมที่จะสร้างรวงและเมล็ดที่สมบูรณ์มากกว่าการใช้ระยะปลูก 30x30 และ 20x20 เซนติเมตร เช่นเดียวกับลักษณะการแตกกอ ซึ่งการแตกกอดีและให้จำนวนรวงตอกสูง ทำให้มีจำนวนรวงต่อเนื้อที่ปลูกสูงซึ่งเป็นองค์ประกอบอย่างหนึ่งของการให้ผลผลิตสูง [20] ถึงแม้ว่าการปลูกข้าวที่ระยะ 40x40 เซนติเมตร ให้ผลผลิตไม่แตกต่างทางสถิติกับระยะปลูก 30x30 เซนติเมตร อย่างไรก็ตาม การปลูกข้าวที่ระยะ 40x40 เซนติเมตร มีแนวโน้มให้ผลผลิตที่สูงกว่าถึง 234.6 กิโลกรัมต่อไร่ หรือ 17.08 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่จำนวนเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ในการเพาะกล้าเมื่อปลูกข้าวด้วยระยะ 40x40 เซนติเมตร เท่ากับ 312.5 กรัมต่อพื้นที่ 1 ไร่ (เมื่อเมล็ดพันธุ์มีเปอร์เซ็นต์ความงอกเท่ากับ 80 เปอร์เซ็นต์ และน้ำหนักเฉลี่ย 0.025 กรัมต่อเมล็ด) ซึ่งต่ำกว่าการปลูกข้าวโดยใช้ระยะปลูก 30x30 เซนติเมตร ที่มีอัตราการใช้เมล็ดพันธุ์เท่ากับ 555.4 กรัมต่อพื้นที่ 1 ไร่ หรือคิดเป็น 43.74 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากการปลูกข้าวไรซ์เบอร์รี่ต้องเปลี่ยนเมล็ดพันธุ์ทุกรอบการปลูก เพราะข้าวไรซ์เบอร์รี่ไม่ต้านทานต่อโรคหาลาว [11] ดังนั้นการใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวในอัตราที่ต่ำจึงช่วยให้เกษตรกรสามารถลดต้นทุนการผลิตอันเนื่องมาจากค่าเมล็ดพันธุ์และแรงงานสำหรับการย้ายกล้าได้ สอดคล้องกับการศึกษาความหนาแน่นประชากรที่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวพันธุ์ลูกผสมด้วยระบบประณีต พบว่าการปลูกที่ระยะ 30x22.2 เซนติเมตร (150,000 กอต่อเฮกตาร์) ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงกว่าการปลูกด้วยระยะ 30x15.9 เซนติเมตร (210,000 กอต่อเฮกตาร์) เท่ากับ 2.3 ต้นต่อเฮกตาร์ ในขณะที่มีความหนาแน่นของประชากรต่อ

พื้นที่ต่ำกว่าถึง 30.6 เปอร์เซ็นต์ [21] นอกจากนี้ การปลูกข้าวด้วยระบบประณีตที่ระยะ 33x33 เซนติเมตร ให้จำนวนรวงต่อกอและผลผลิต (45.25 รวงต่อกอ และ 12.15 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ) ซึ่งสูงกว่าการปลูกแบบทั่วไป (16x26 เซนติเมตร) เนื่องจากการปลูกข้าวด้วยระยะที่ห่างส่งผลให้ข้าวมีพื้นที่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโต และรับแสงได้อย่างเต็มที่ [22] อย่างไรก็ตาม การปลูกข้าวพันธุ์ Rampur masuli ด้วยระยะปลูก 20x20 เซนติเมตร ให้ผลผลิตต่อพื้นที่เฉลี่ย 8,821 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ สูงกว่าการปลูกที่ระยะ 30x30 และ 40x40 เซนติเมตร ซึ่งให้ผลผลิตเท่ากับ 7,627 และ 5,747 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ [23] เมื่อพิจารณาต้นทุนรวมและผลกำไรสุทธิพบว่า การปลูกข้าวด้วยระยะที่กว้างมีต้นทุนรวมต่ำและให้ผลกำไรสุทธิที่สูงกว่าการปลูกด้วยระยะที่ชิด เนื่องจากการใช้แรงงานสำหรับการย้ายกล้าน้อย และการปลูกข้าวด้วยความหนาแน่นต่ำมีอัตราการใช้เมล็ดพันธุ์ต่ำกว่านั่นเอง [2] ดังนั้นการตอบสนองของสายพันธุ์ข้าวต่อความหนาแน่นต่อพื้นที่ที่แตกต่างกัน ทำให้ในอนาคตต้องมีการศึกษาระยะปลูกที่เหมาะสมสำหรับข้าวสายพันธุ์อื่น ๆ ที่มีเอกลักษณ์ คุณค่าทางโภชนาการและราคาในท้องตลาดสูง ได้แก่ ข้าวหอมนิล ข้าวหอมธรรมศาสตร์ และข้าวทับทิมชุมแพ เป็นต้น

5. สรุป

ผลการศึกษาพบว่าวิธีการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งให้ผลผลิตไม่ต่างจากวิธีการจัดการน้ำแบบท่วมขังตลอดฤดูการปลูก ระยะปลูกส่งผลต่อจำนวนต้นต่อกอ จำนวนรวงต่อกอ จำนวนเมล็ดต่อรวง จำนวนเมล็ดดีต่อรวง และผลผลิตต่อพื้นที่ โดยการปลูกข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ปลูกภายใต้ระบบประณีตที่ระยะ 40x40 เซนติเมตร มีจำนวนต้นต่อกอ จำนวนรวงต่อกอ จำนวนเมล็ดต่อรวง และจำนวนเมล็ดดีต่อรวงสูง

ที่สุด ในขณะที่การปลูกด้วยระยะดังกล่าวส่งผลให้ข้าวมีผลผลิตไม่แตกต่างทางสถิติจากการปลูกด้วยระยะ 30x30 เซนติเมตร อย่างไรก็ตาม เกษตรกรควรเลือกระยะปลูกข้าวไรซ์เบอร์รี่ด้วยระบบประณีตด้วยระยะ 40x40 เซนติเมตร เนื่องจากระยะปลูกดังกล่าวส่งผลให้ข้าวมีการเจริญเติบโต และให้องค์ประกอบผลผลิตดีภายใต้วิธีการจัดการน้ำทั้งแบบท่วมขังตลอดฤดูการปลูกและแบบเปียกสลับแห้ง

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ หน่วยบ่มเพาะผู้จัดการทำนาแบบประณีตเพื่อนพืช (ภาฯ) ที่อนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์ข้าวสำหรับงานทดลอง ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่สนับสนุนอุปกรณ์และทุนสำหรับการวิจัยในครั้งนี้

7. รายการอ้างอิง

- [1] กรมชลประทาน, กรมชลฯ จัดสัมมนาชี้แจงโครงการจัดระบบการปลูกข้าวแบบใหม่นำร่อง 22 จังหวัด, แหล่งที่มา : http://www.rid.go.th/2009/index.php?option=com_content&view=article&id=362:-22-&catid=23:2009-12-21-08-25-31&Itemid=54, 22 ตุลาคม 2558.
- [2] Khem, R.D. and Khadka, R.B., 2012, Performance of rice with varied age of seedlings and planting geometry under system of rice intensification (SRI) in farmer's field in Western Terai, Nepal, N.J.S.T. 13: 1-6.
- [3] สงบ ภูษัง, ศรธรรม ฝ่ายดี และเพชร เพ็งชัย, 2558, ปริมาณการใช้น้ำและคุณภาพของน้ำในการปลูกข้าวแบบประณีตและแบบดั้งเดิม, น. 1-4, ใน การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 20,

- โรงแรมเดอะชาयน์, ชลบุรี.
- [4] Sheery, J.E., Peng, S., Doberman, A., Mitchell, P.L., Ferrer, A., Yang, J., Zou, Y., Zhong, X. and Huang, J., 2004, Fantastic yields in the system of rice intensification fact or fallacy?, *Field Crop. Res.* 88: 1-8.
- [5] Satyanarayana, A., Thiagarajan, T.M. and Uphov, N., 2007, Opportunities for water saving with higher yield from the system of rice intensification, *Irrig. Sc.* 25: 99-115.
- [6] ไพลิน นิเวินเฮาส์, นุชญา ณ สงขลา, สมคิด โพธิ์พันธุ์, นิวัติ เจริญศิลป์ และชาญพิทยา ฉิมพาลี, 2551, การทดสอบการปลูกข้าวระบบประณีต (SRI) ในจังหวัดฉะเชิงเทรา, น. 31-37, ใน การประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2551, โรงแรมชลจันทร์ รีสอร์ท, ชลบุรี.
- [7] นันทิยา พนมจันทร์, จตุพร ไกรถาวร และสิริน กลิ่นมณี, 2554, การศึกษาวิธีการเพิ่มผลผลิตของข้าวด้วยระบบปลูกแบบ SRI ในจังหวัดพัทลุง, รายงานวิจัย, มหาวิทยาลัยทักษิณ, พัทลุง, 57 น.
- [8] Ceasay, M., Reid, W.S., Fernandes, E.C.M. and Uphoff, N.T., 2007, The effects of repeat soil wetting and drying on lowland rice yield with system of rice intensification (SRI) methods, *Int. J. Agric. Sustain.* 4: 5-14.
- [9] de Datta, S.K., 2009, Principles and practices of rice production, John Wiley and Sons, New York, 642 p.
- [10] ศูนย์นวัตกรรมเพื่อการเกษตรที่ยั่งยืนแห่งเอเชีย, สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย, การอนุรักษ์และพัฒนาศักยภาพทางด้านนวัตกรรมและการเรียนรู้เกี่ยวกับระบบการปลูกข้าวต้นเดียวในเขตพื้นที่
- ลุ่มแม่น้ำโขง (SRI-LMB), แหล่งที่มา : <http://www.sri-lmb.ait.asia>, 2 พฤษภาคม 2559.
- [11] ศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าว, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ข้าวไรซ์เบอร์รี่, แหล่งที่มา : <http://dna.kps.ku.ac.th/index.php/articles-rice-rs-c-rgdu-knowledge/29-2015-03-27-02-04-15/53-riceberry>, 2 พฤษภาคม 2559.
- [12] กรมวิชาการเกษตร, 2545, เกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับข้าวนาชลประทาน, กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 42 น.
- [13] Gomez, A.K. and Gomez, A.A., 1978, Statistical Procedures for Agricultural Research, 2nd Ed., Wiley-Interscience, New York, 633 p.
- [14] อัจฉรา ชุมวงศ์ และบัญชา ขวัญยืน, 2551, การจัดการน้ำในนาข้าวเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านก๊าซมีเทน, สำนักออกแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม, กรมชลประทาน, กรุงเทพฯ.
- [15] Li, X., Xu, X. and Li, H., 2005, A socio-economic assessment of the system of rice intensification (SRI): A case study from Xiushang village, Jianyang county, Sichuan province, Report for the Center for integrated Agricultural Development, China Agricultural University, Beijing.
- [16] เนตรนภา อินสูลุด, 2549, ความแตกต่างระหว่างพันธุ์ข้าวในการตอบสนองต่อสภาพออกซิเจนปกติและปลอดออกซิเจน, วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, 166 น.
- [17] Krishna, A., Biradarpatil, K. and Manjappa, K., 2009, Influence of seedling age and spacing on seed yield and quality of short duration rice under system of rice

- intensively cultivation, Karnataka J. Agri. Sci., 22: 53-55.
- [18] ทวี บุญภิรมย์, 2558, ผลของระยะปลูกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวหอมกระดังงา, ว.มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ 7: 115-120.
- [19] Mishra, A. and Salokhe, V.M., 2011, Rice root growth and physiological responses to SRI water management and implications for crop productivity, Paddy Water Environ. 9: 41-45.
- [20] ประภาส วีระแพทย์, 2531, ความรู้เรื่องข้าว, ไทยวัฒนาพานิช, กรุงเทพฯ, 108 น.
- [21] Lin, X.Q., Zhu, D.F., Chen, H.Z., Cheng, S.H. and Uphoff, N., 2009, Plant density and nitrogen fertilizer rates on grain yield and nitrogen uptake of hybrid rice (*Oryza sativa* L.), J. Agric. Biotech. Sustain. Dev. 1: 44-53.
- [22] Yuan, L.P., 2002, A scientist's perspective on experience with SRI in China for raising the yield of super hybrid rice, Available Source: http://sri.ciifad.cornell.edu/proc1/sri_06.pdf, May 2, 2016.
- [23] Dhital, K., 2011, Study on system of rice intensification in transplanted and direct-seeded versions compared with standard farmer practice in Chitwan, Master's Thesis, Tribhuvan University, Chitwan, Nepal, 152 p.