

ผลของอัตราส่วนประชากรระหว่างข้าวและข้าววัชพืชต่อความสามารถในการแข่งขันเพื่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

Effects of Population Ratios between Rice and Weedy Rice on Competitive Ability for Growth and Yield of Pathum Thani 1 Rice Variety

เจนจิรา หม่องอัน^{1,2*} บุญฤทธิ์ เข้มสัมฤทธิ์¹ และ จัตรสุดา เผือกใจแผ้ว^{1,2}

Jenjira Mongon^{1,2*} Boonyarit Khemsamrit¹ and Chatsuda Phuakjaiphaeo^{1,2}

¹ หลักสูตรอารักขาพืช คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

¹ Program of Plant Protection, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, San Sai, Chiang Mai 50290

² ศูนย์วิจัยความหลากหลายทางชีวภาพและการใช้ประโยชน์แห่งมหาวิทยาลัยแม่โจ้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

² Biodiversity and utilization research center of Maejo University, Maejo University, San Sai, Chiang Mai 50290

* Corresponding author: jenjira_mg@mju.ac.th

(Received: 7 July 2022; Revised: 23 August 2022; Accepted: 5 October 2022)

Abstract

The objective of this study was to evaluate the effect of population ratios of Pathum Thani 1 (PTT1) and weedy rice on plant growth and yield competitive ability. Two pot experiments were laid out in completely randomized design (CRD) with 5 ratios of PTT1:weedy rice (4:0, 3:1, 2:2, 1:3 and 0:4 plants per pot) and 4 replications. Experiment 1 explored the effect of population ratios of PTT1 and weedy rice on seedling growth. Ten-day-old seedlings were transplanted to pots containing 10 L of full-strength nutrient solution. After 14 days the shoot and root growth of PTT1 in treatments 4:0, 3:1, 2:2 and 1:3 were not statistically different. Likewise, the shoot and root growth of weedy rice were not affected by treatment. However, the mean shoot height, leaf number per plant, root length and root number per plant of PTT1 were 35.1, 29.3, 30.0 and 36.3% higher, respectively, than in weedy rice. Experiment 2 explored the effect of population ratios of PTT1 and weedy rice on plant growth and yield. Seven-day-old seedlings were transplanted to pots containing 10 L of paddy soil in the same population ratios as in experiment 1. At harvest (100 days after transplanting), competition from weedy rice decreased the number of tillers and the percentage of filled grain (16.7 and 16.1%, respectively); increased the percentage of unfilled grain (45.8%); and reduced grain yield (15.2%) in PTT1 in the 1:3 treatment. However, growth and yield of PTT1 at treatment of 3:1 and 2:2 were not affected by competition from weedy rice. The results indicate that 1) competition between commercial rice and weedy rice has a greater effect on later vegetative and reproductive growth than on young seedlings,

and 2) competition from weedy rice can have a large negative impact on rice yield when the density of weedy rice is higher than the commercial rice.

Keywords: Competition, adaptation, population size, plant morphology

บทคัดย่อ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของอัตราส่วนประชากรของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 (PTT1) และข้าววัชพืชต่อความสามารถในการแข่งขันด้านการเจริญเติบโตและผลผลิต ดำเนินการทดลอง 2 การทดลองในกระถาง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD) จำนวน 5 กรรมวิธี โดยมีอัตราส่วน PTT1:ข้าววัชพืช 5 ระดับ ได้แก่ 4:0, 3:1, 2:2, 1:3 และ 0:4 ต้นต่อกระถาง จำนวน 4 ซ้ำ การทดลองที่ 1 ประเมินผลของอัตราส่วนประชากร PTT1 และข้าววัชพืชต่อการเจริญเติบโตในระยะกล้า ทำการย้ายปลูกต้นกล้าอายุ 10 วัน ในกระถางที่บรรจุสารละลายธาตุอาหารเต็มสูตรปริมาตร 10 ลิตร เป็นระยะเวลา 14 วัน พบว่าการเจริญเติบโตทางต้นและรากของ PTT1 ในกรรมวิธี 4:0, 3:1, 2:2 และ 1:3 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เช่นเดียวกับการเจริญเติบโตทางต้นและรากของข้าววัชพืชที่ไม่ได้รับผลกระทบจากกรรมวิธีการทดลอง นอกจากนี้ยังพบว่า ค่าเฉลี่ยความสูงต้น จำนวนใบต่อต้น ความยาวราก และจำนวนรากต่อต้นของ PTT1 สูงกว่าข้าววัชพืช 35.1, 29.3, 30.0 และ 36.3 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ การทดลองที่ 2 ประเมินผลของอัตราส่วนประชากร PTT1 และข้าววัชพืชต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต ทำการย้ายปลูกต้นกล้าอายุ 7 วัน ในกระถางที่บรรจุดินนาปริมาตร 10 ลิตร ที่มีอัตราส่วนประชากรเดียวกับการทดลองที่ 1 ที่ระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต (100 วันหลังย้ายปลูก) พบว่า การแข่งขันของข้าววัชพืชส่งผลให้จำนวนหน่อต่อต้นและเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีของ PTT1 ลดลง (16.7 และ 16.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบเพิ่มขึ้น (45.8 เปอร์เซ็นต์) และมีผลผลิตลดลง (15.2 เปอร์เซ็นต์) ในกรรมวิธี 1:3 แต่ไม่พบว่าการเจริญเติบโตและผลผลิตของ PTT1 ลดลงจากการแข่งขันกับข้าววัชพืชในกรรมวิธี 3:1 และ 2:2 จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า 1) การแข่งขันระหว่างข้าวเพื่อการค้าและข้าววัชพืชส่งผลต่อระยะปลายของการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบและระยะการสร้างผลผลิตมากกว่าระยะต้นกล้า และ 2) การแข่งขันของข้าววัชพืชมีผลกระทบอย่างมากต่อการลดลงของผลผลิตข้าวเมื่อความหนาแน่นของข้าววัชพืชสูงกว่าข้าวเพื่อการค้า

คำสำคัญ: การแข่งขัน การปรับตัว ขนาดประชากร สันฐานวิทยาของพืช

คำนำ

ข้าววัชพืช (*Oryza sativa* f. *spontanea*) หรือ weedy rice เป็นวัชพืชสำคัญในนาข้าวที่ยากต่อการกำจัด เนื่องจากมีลักษณะทางพันธุกรรม สันฐานวิทยา และวงจรชีวิตใกล้เคียงกับข้าวปลูกเป็นอย่างมาก (Marambe, 2009) ประเทศไทยมีการแบ่งข้าววัชพืชออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ ข้าวหาง ข้าวติด และข้าวแดง ซึ่งข้าวหางและข้าวติดจัดเป็นข้าววัชพืชชนิดที่พบเป็นปัญหาของชาวนา เนื่องจากเจริญเติบโตได้รวดเร็ว มีความสูงข่มข้าวปลูกในระยะแตกกอ และที่สำคัญคือเมล็ดสุกแก่เร็วกว่าข้าวปลูกและร่วงก่อนเก็บเกี่ยว (จรรยา, 2548; สุพรรณษา และคณะ, 2564) นอกจากนี้ยังพบว่าข้าววัชพืชแต่ละชนิดมีการตอบสนองต่อสารกำจัดวัชพืชที่แตกต่างกัน สารกำจัดวัชพืชบางชนิดควบคุมข้าวหางได้ดีกว่าข้าวติด บางชนิดควบคุมข้าวติดได้ดีกว่าข้าวหาง (จรรยา และคณะ, 2553) ทำให้การป้องกันกำจัดข้าววัชพืช

จำเป็นต้องใช้วิธีการแบบผสมผสานเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด เช่น ก่อนการปลูกข้าวควรไถล่อนข้าววัชพืชให้งอกแล้วไถทิ้ง การใช้สารกำจัดวัชพืชในระยะทำเทือก หรือหากพบข้าววัชพืชหลังการปลูกข้าวจะทำการถอน ตัดรวบ หรือใช้สารกำจัดวัชพืชสูตรพ่นข้าววัชพืชในระยะออกดอก รวมไปถึงระยะเก็บเกี่ยวที่ต้องทำความสะอาดเกี่ยววนวดทุกครั้ง ก่อนเข้าพื้นที่เพื่อลดการแพร่ระบาดของข้าววัชพืช เป็นต้น (กรมการข้าว, 2551; จรรยา, 2548)

แม้จะมีวิธีการป้องกันกำจัดข้าววัชพืชที่หลากหลาย แต่ก็พบว่าข้าววัชพืชสามารถปรับตัวหลีกเลี่ยงจากการกำจัดของมนุษย์ได้ เช่น การปรับความสูงต้นให้ใกล้เคียงกับข้าวปลูก การปรับสีเปลือกเมล็ดเป็นสีฟาง และเมล็ดมีการพักตัวที่ยาวนานขึ้น (จรรยา, 2548; สุพรรณษา และคณะ, 2564; Marambe, 2009) จึงทำให้ยังคงพบการแพร่ระบาดของข้าววัชพืชเป็นวงกว้างครอบคลุมนาข้าวในเขตภาคกลาง

ภาคเหนือตอนล่าง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยพบว่า ในพื้นที่ที่มีการระบาดของข้าววัชพืช มีผลผลิตข้าวลดลงเฉลี่ยไร่ละ 270 กิโลกรัมต่อไร่ คิดเป็นมูลค่าความเสียหายประมาณ 3 พันล้านบาทต่อฤดูปลูก (จรรยา และคณะ, 2553) และยังพบว่า ความหนาแน่นของข้าววัชพืชส่งผลกระทบต่อการลดลงของผลผลิตข้าวอย่างมีนัยสำคัญ เช่น ข้าววัชพืชจำนวน 800 ต้นต่อตารางเมตร สามารถลดผลผลิตข้าวได้ 100 เปอร์เซ็นต์ (จรรยา, 2548) ข้าววัชพืชจำนวน 40 ต้นต่อตารางเมตร ส่งผลให้ผลผลิตข้าวพันธุ์ต่าง ๆ ลดลง 46-58 เปอร์เซ็นต์ (Eleftherohorinos *et al.*, 2002) ในนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์ Newbonne ซึ่งเป็นข้าวที่มีลักษณะต้นสูง เมื่อพบข้าววัชพืชขึ้นในแปลงจำนวน 1 ต้นต่อตารางเมตร ส่งผลให้ผลผลิตข้าวลดลงถึง 35.04 กิโลกรัมต่อไร่ (Burgos *et al.*, 2006) เป็นต้น การพัฒนาองค์ความรู้ในด้านการปรับตัวของข้าวต่อความหนาแน่นของวัชพืชอาจเป็นอีกหนึ่งแนวทางในการจัดการการเพาะปลูกข้าวให้แข่งขันกับวัชพืช และช่วยลดต้นทุนในการป้องกันกำจัดวัชพืชได้ในอีกทางหนึ่ง ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการแข่งขันของข้าวและข้าววัชพืชต่อการปรับตัวของข้าวในด้านการเจริญเติบโตและผลผลิต

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองที่ 1 ผลของอัตราส่วนประชากรข้าวและข้าววัชพืชต่อการเจริญเติบโตในระยะกล้า

นำเมล็ดข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 และเมล็ดข้าววัชพืชชนิดมีหางที่เก็บรวบรวมจากแปลงเกษตรกร ตำบลยางสูง อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดกำแพงเพชร มาล้างด้วยน้ำกรอง 3 ครั้ง จากนั้นแช่เมล็ดในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 30 วินาที แล้วล้างทำความสะอาดด้วยน้ำกรองอีก 3 ครั้ง (เจนจิรา และคณะ, 2560) ชั่งน้ำที่ติดมาให้แห้งด้วยกระดาษทิชชู จากนั้นนำเมล็ดเพาะในจานเพาะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร จำนวน 50 เมล็ดต่อจาน วางจานเพาะที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน หรือมีความยาว radicle ประมาณ 2-3 มิลลิเมตร หลังจากนั้นย้ายต้นกล้าลงบนตาข่ายไนลอนที่ลอยอยู่ในกระถางพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 28 เซนติเมตร สูง 24 เซนติเมตร บรรจุสารละลายธาตุอาหารเข้มข้น 25 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 10 ลิตร เป็นเวลา 7 วัน จากนั้น

ย้ายต้นกล้าปลูกลงในโพนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 24 เซนติเมตร ที่ลอยอยู่ในกระถางพลาสติกขนาดเดิมที่บรรจุสารละลายธาตุอาหารเต็มสูตร ปริมาตร 10 ลิตร วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD) จำนวน 4 ซ้ำ ที่มีอัตราส่วนข้าว:ข้าววัชพืช 5 ระดับ คือ 4:0, 3:1, 2:2, 1:3 และ 0:4 ต้นต่อกระถาง เป็นเวลา 14 วัน เปลี่ยนสารละลายธาตุอาหารทุก 7 วัน และปรับ pH สารละลายธาตุอาหารเป็น 6.5 ทุกวันตลอดทั้งการทดลอง โดยใช้ NaOH และ HCl 1 N สารละลายธาตุอาหารเต็มสูตรประกอบด้วย KNO_3 , 3750 μM ; KH_2PO_4 , 100 μM ; NH_4NO_3 , 625 μM ; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 400 μM ; $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 1000 μM ; NaCl, 50 μM ; SiO_2 , 100 μM ; $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 2 μM ; $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 2 μM ; $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 1 μM ; $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 0.5 μM ; H_3BO_3 , 25 μM และ $\text{NaMoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 0.5 μM และใส่ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ความเข้มข้น 5 μM ทุก 2 วัน เพื่อหลีกเลี่ยงอาการขาดธาตุเหล็ก (ดัดแปลงจาก Mongkon *et al.*, 2014) หลังย้ายปลูกในสารละลายธาตุอาหารเต็มสูตรเป็นเวลา 14 วัน จึงบันทึกภาพต้นกล้าด้วยเครื่อง color image scanner (Epson รุ่น Perfection V370 Photo) บันทึกข้อมูลความสูงต้น จำนวนใบต่อต้น จำนวนรากต่อต้น และค่าเฉลี่ยความยาวราก ด้วยโปรแกรม ImageJ (version 1.52v, USA)

การทดลองที่ 2 ผลของอัตราส่วนประชากรข้าวและข้าววัชพืชต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต

นำดินนา (ชุดดินสันทราย) จากแปลงวิจัย สาขาวิชาอารักขาพืช คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ถูกไถพรวนแล้วมาร่อนกำจัดเศษหินและเศษซากพืชด้วยตะแกรงโลหะขนาดช่อง 5 มิลลิเมตร เพาะเมล็ดข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 และข้าววัชพืชในถาดเพาะที่บรรจุดินนา เป็นเวลา 7 วัน จากนั้นย้ายต้นกล้าปลูกลงในกระถางพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 28 เซนติเมตร สูง 24 เซนติเมตร บรรจุดินนาปริมาตร 10 ลิตร ที่ขังน้ำให้สูงเหนือผิวดินประมาณ 1-2 เซนติเมตร วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 4 ซ้ำ โดยปลูกข้าว:ข้าววัชพืช 5 อัตราส่วนคือ 4:0, 3:1, 2:2, 1:3 และ 0:4 จำนวน 4 ต้นต่อกระถาง วางกระถางแบบสุ่มในโรงเรือนหลังคาพลาสติก รดน้ำทุกวันโดยรักษาระดับน้ำในกระถางสูงเหนือผิวดิน 1-2 เซนติเมตร เมื่อมีวัชพืชขึ้นกำจัดด้วยวิธีการถอน จากนั้นใส่ปุ๋ยสูตร 16-20-0

อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่ ที่ระยะ 30 วันหลังปลูก และปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 6 กิโลกรัม/ไร่ ที่ 70 วันหลังปลูก เก็บเกี่ยว ผลผลิตที่ระยะสุกแก่ (100 วันหลังย้ายปลูก) บันทึกข้อมูล ของข้าวและข้าววัชพืช ประกอบด้วย ความสูงต้น จำนวน หน่อต่อต้น น้ำหนักแห้งต้น และน้ำหนักผลผลิตที่ความชื้น ไม่เกิน 14 เปอร์เซ็นต์ (เครื่องวัดความชื้นข้าวแบบเกลียวบิด รุ่น RICETER F-521) สุ่มรวงข้าวและข้าววัชพืชจำนวนกอละ 4 รวง และนำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีและเมล็ดลีบ

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ของข้อมูล และเปรียบเทียบความแตกต่างทาง สถิติของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรม Statistix8 (Analysis Software, SXW, Tallahassee, FL, USA)

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ผลของอัตราส่วนประชากรข้าวและข้าววัชพืชต่อการ เจริญเติบโตในระยะกล้า

การประเมินการปรับตัวของข้าวและข้าววัชพืช ในระยะกล้าที่เจริญเติบโตร่วมกันในอัตราส่วนของข้าวต่อ ข้าววัชพืชเป็น 4:0, 3:1, 2:2, 1:3 และ 0:4 ต้นต่อกระถาง ในสารละลายธาตุอาหารเป็นเวลา 14 วัน พบว่าลักษณะ ของต้นและรากของข้าวพันธุ์พุมธานี 1 ที่เจริญเติบโต ในอัตราส่วน 4:0, 3:1, 2:2 และ 1:3 ไม่มีความแตกต่าง ทางสถิติ โดยมีความสูงต้นเฉลี่ย 29.1 เซนติเมตร จำนวนใบ เฉลี่ย 4.1 ใบต่อต้น ความยาวรากเฉลี่ย 12.0 เซนติเมตร และ จำนวนรากเฉลี่ย 15.7 รากต่อต้น (Table 1) เช่นเดียวกับ ข้าววัชพืชที่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของลักษณะของต้น และรากเมื่อเจริญเติบโตร่วมกับข้าวในอัตราส่วน 3:1, 2:2, 1:3 และ 0:4 โดยมีความสูงต้นเฉลี่ย 18.9 เซนติเมตร จำนวน ใบเฉลี่ย 2.9 ใบต่อต้น ความยาวรากเฉลี่ย 8.4 เซนติเมตร และจำนวนรากเฉลี่ย 10.0 รากต่อต้น (Table 1)

Table 1 Growth parameters of rice and weedy rice seedlings grown in various rice:weedy rice ratios in nutrient solution for 14 days

Rice:Weedy rice ratio	Shoot height (cm)		Leave numbers per plant		Root length (cm)		Root numbers per plant	
	Rice	Weedy rice	Rice	Weedy rice	Rice	Weedy rice	Rice	Weedy rice
4:0	27.2	-	4.0	-	11.8	-	12.0	-
3:1	27.8	20.9	4.3	2.4	12.9	8.1	14.0	8.0
2:2	29.6	19.2	4.0	3.0	11.7	8.1	19.0	8.0
1:3	31.8	18.3	4.0	2.7	11.8	9.8	18.0	12.0
0:4	-	17.2	-	3.5	-	7.6	-	12.0
Mean	29.1	18.9	4.1	2.9	12.0	8.4	15.7	10.0
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	10.4	11.2	5.7	5.5	15.1	17.3	7.1	9.6

Remarks: ns = non-significantly difference among the ratios in the same column by LSD test at $p < 0.05$

เมื่อพิจารณาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของต้นข้าวและข้าววัชพืช พบว่าข้าวมีความสามารถในการเจริญเติบโตในระยะกล้าได้ดีกว่าข้าววัชพืช โดยข้าวมีค่าเฉลี่ยความสูงต้นและจำนวนใบมากกว่าข้าววัชพืช 35.1 และ 29.3 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (Table 1; Figure 1) ความสามารถในการเจริญเติบโตในระยะกล้าของข้าวแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนในส่วนของสัณฐานวิทยาของราก โดยพบว่าข้าวมีค่าเฉลี่ยความยาวรากและจำนวนรากมากกว่าข้าววัชพืชในทุกอัตราส่วน ซึ่งคิดเป็น 30.0 และ 36.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 1; Figure 2) โดยทั่วไปพืชใช้ทั้งส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดินในการแข่งขันเพื่อเข้าถึงทรัพยากรสำหรับการเจริญเติบโต ได้แก่ พื้นที่ แสง ธาตุอาหาร และน้ำ พืชที่มีความแข็งแรงกว่าพืชข้างเคียง เช่น ต้นสูงกว่า พื้นที่รากมากกว่า และรากยาวกว่า จึงมีประสิทธิภาพในการแข่งขันมากกว่า (Gloria and Osborne, 2014) จากผลการทดลองพบว่าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 มีความแข็งแรงของต้นกล้า ได้แก่ ความสูงต้น จำนวนใบ ความยาวราก และจำนวนราก มากกว่าข้าววัชพืชจึงทำให้มีโอกาสในการเข้าถึงทรัพยากรได้มากกว่า เช่นเดียวกับ Marambe (2009) ที่พบว่าข้าวปลูกพันธุ์ Bg 300 มีเปอร์เซ็นต์ความงอกและเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตสูงกว่าข้าววัชพืชถึง 2.4 เท่า ซึ่งแสดงว่าข้าวปลูกมีประสิทธิภาพในการงอกและการเจริญเติบโตที่สม่ำเสมอกว่าข้าววัชพืช อย่างไรก็ตาม ผลการทดลองนี้มีความแตกต่างจาก สุพรรณษา และคณะ (2564) ที่พบว่า

ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าววัชพืช มีอัตราการงอกและการเจริญเติบโตในระยะกล้าไม่แตกต่างกัน การตอบสนองดังกล่าวอาจเกิดจากลักษณะทางพันธุกรรมที่แตกต่างกัน โดยข้าวปลูกมักเป็นพันธุ์ที่ถูกปรับปรุงพันธุ์หรือคัดเลือกสายพันธุ์มาเพื่อให้มีการงอกและการเจริญเติบโตที่สม่ำเสมอและมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมบางประการ ซึ่งแตกต่างจากข้าววัชพืชที่ค่อนข้างมีความแปรปรวนของลักษณะทางรูปร่างและพันธุกรรมซึ่งขึ้นอยู่กับนิเวศวิทยาและการจัดการของเกษตรกรในแต่ละพื้นที่ที่เพาะปลูกจึงทำให้เมล็ดที่ได้มีการงอกและการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน (Marambe, 2009; Wongtamee *et al.*, 2017) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าข้าววัชพืชทั้ง 3 ชนิด คือ ข้าวหาง ข้าวตืด และข้าวแดง มีการพักตัวที่แตกต่างกัน เมื่อไม่มีการทำลายการพักตัวของเมล็ดก่อนการเพาะปลูกจึงอาจทำให้เมล็ดข้าววัชพืชมีความงอกที่ไม่สม่ำเสมอและมีการเจริญเติบโตในระยะแรกไม่เท่าที่ควร (ศานิต และคณะ, 2554; สุพรรณษา และคณะ, 2564) ดังนั้นการเจริญเติบโตในระยะกล้าของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 จึงไม่ได้รับผลกระทบจากการแข่งขันกับข้าววัชพืชในทุกอัตราส่วนความหนาแน่นของข้าวต่อข้าววัชพืช การแสดงออกของลักษณะทางสัณฐานวิทยาในระยะต้นกล้าที่แตกต่างกันของพืชทั้ง 2 ชนิด จึงขึ้นอยู่กับลักษณะทางพันธุกรรมของพืชเอง

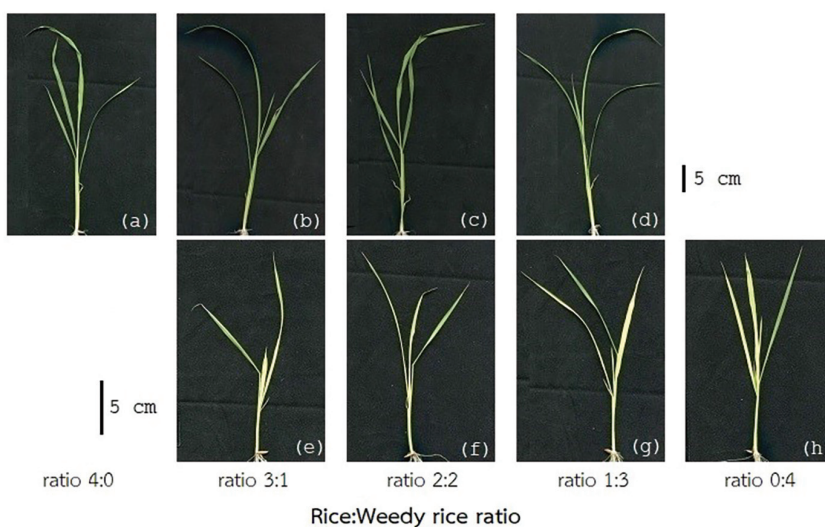


Figure 1 Shoot morphology of rice and weedy rice seedlings grown in nutrient solution for 14 days. a-d were shoots of rice growing in the rice:weedy rice ratio of 4:0, 3:1, 2:2 and 1:3, respectively. e-h were shoots of weedy rice growing in the rice:weedy rice ratio of 3:1, 2:2, 1:3 and 0:4, respectively.

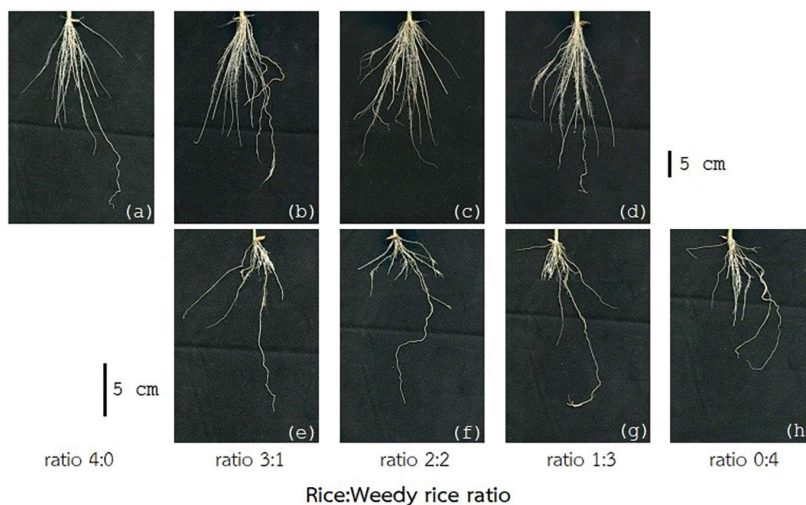


Figure 2 Root morphology of rice and weedy rice seedlings grown in nutrient solution for 14 days. a-d were roots of rice growing in the rice:weedy rice ratio of 4:0, 3:1, 2:2 and 1:3, respectively. e-h were roots of weedy rice growing in the rice:weedy rice ratio of 3:1, 2:2, 1:3 and 0:4, respectively

ผลของอัตราส่วนประชากรข้าวและข้าววัชพืชต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต

การเจริญเติบโตของข้าวและข้าววัชพืชที่ปลูกร่วมกันจนถึงระยะเก็บเกี่ยวในอัตราส่วนของข้าวต่อข้าววัชพืช 4:0, 3:1, 2:2, 1:3 และ 0:4 ต้นต่อกระถาง พบว่า การเจริญเติบโตของข้าวที่ปลูกในอัตราส่วนต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยมีความสูงเฉลี่ย 108.5 เซนติเมตร มีจำนวนหน่อเฉลี่ย 9.6 หน่อต่อต้น และมีน้ำหนักแห้งต้นเฉลี่ย 18.4 กรัมต่อต้น (Table 2) เช่นเดียวกับข้าววัชพืชที่ไม่พบ

ความแตกต่างระหว่างอัตราส่วนต่าง ๆ จึงมีความสูงเฉลี่ย 112.4 เซนติเมตร มีจำนวนหน่อเฉลี่ย 10.4 หน่อต่อต้น และมีน้ำหนักแห้งต้นเฉลี่ย 15.6 กรัมต่อต้น (Table 2) เมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตระหว่างข้าวและข้าววัชพืชที่ระยะเก็บเกี่ยว พบว่า ข้าวมีความสูงต้นและจำนวนหน่อต่อต้นเฉลี่ยต่ำกว่าข้าววัชพืชเล็กน้อยที่ 3.6 และ 8.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ข้าวมีน้ำหนักแห้งต้นเฉลี่ยสูงกว่าข้าววัชพืช 15.2 เปอร์เซ็นต์ (Table 2)

Table 2 Effect of various rice:weedy rice ratios on their growth parameters at harvesting date

Rice:Weedy rice ratio	Height (cm)		Tiller numbers per plant		Shoot dry weight (g/plant)	
	Rice	Weedy rice	Rice	Weedy rice	Rice	Weedy rice
4:0	103.8±4.9	-	9.6±0.5	-	19.2±0.8	-
3:1	110.7±5.0	104.0±18.6	10.8±2.0	9.0±3.9	20.1±1.1	13.1±6.0
2:2	110.1±8.9	110.8±3.6	10.0±3.7	10.0±1.4	17.7±6.5	16.6±1.0
1:3	109.5±6.6	117.3±11.0	8.0±0.8	11.4±2.8	16.4±2.2	18.3±8.4
0:4	-	117.4±7.0	-	11.0±1.5	-	14.2±1.2
Mean	108.5	112.4	9.6	10.4	18.4	15.6
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	6.3	11.0	14.6	18.5	20.7	22.4

Remarks: Values are means of four replicates ±sd. ns = non-significantly difference among the ratios in the same column by LSD test at $p < 0.05$

ผลผลิตของข้าวที่เจริญเติบโตในอัตราส่วนของข้าวต่อข้าววัชพืช 4:0, 3:1, 2:2 และ 1:3 นั้นไม่มีความแตกต่างกัน เช่นเดียวกับผลผลิตของข้าววัชพืชในอัตราส่วน 3:1, 2:2, 1:3 และ 0:4 ที่ไม่แตกต่างกัน แต่ผลผลิตของข้าวนั้นสูงกว่าข้าววัชพืชถึง 5.0 3.6 และ 4.0 เท่า ในอัตราส่วน 3:1 2:2 และ 1:3 ตามลำดับ (Figure 3a) เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีและเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ พบว่าข้าวได้รับผลกระทบจากการเจริญเติบโตร่วมกับข้าววัชพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 3b, c) โดยข้าวที่ปลูกในอัตราส่วนข้าว:ข้าววัชพืชเป็น 3:1 มีเมล็ดดี (filled grain) ไม่แตกต่างจากการปลูกข้าวเพียงอย่างเดียว (4:0) คือมีเมล็ดดีเฉลี่ย 73.2 เปอร์เซ็นต์ สำหรับอัตราส่วน 2:2 ข้าวมีเมล็ดดีเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเป็น 80.6 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อการแข่งขันเพิ่มเป็นอัตราส่วน 1:3 ข้าวมีเมล็ดดีลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเหลือเพียง 62.1 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่พบความแตกต่างของเมล็ดดีของข้าววัชพืชที่อัตราส่วนการแข่งขันต่าง ๆ โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 47.2 เปอร์เซ็นต์ (Figure 3b) นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราส่วนข้าวต่อข้าววัชพืชที่แตกต่างกันส่งผลกระทบต่อเมล็ดลีบ (unfilled grain) ของข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ ที่อัตราส่วนการแข่งขันสูงสุดที่ 1:3 ข้าวมีเมล็ดลีบมากที่สุดที่ 37.9 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อการแข่งขันลดเป็นอัตราส่วน 2:2 พบว่าเมล็ดลีบของข้าวลดลงเหลือเพียง 19.4 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อการแข่งขันลดลงเป็นอัตราส่วน 3:1 และไม่มีการแข่งขัน (4:0) ข้าวกลับมีเมล็ดลีบเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เฉลี่ยที่ 26.8 เปอร์เซ็นต์ (Figure 3c) แสดงว่าหากข้าวมีจำนวนประชากรต่อพื้นที่มากกว่าหรือเท่ากับข้าววัชพืชจะมีการเจริญเติบโตได้ตามปกติ แต่เมื่อข้าวมีจำนวนประชากรน้อยกว่าข้าววัชพืชจะได้รับผลกระทบทำให้มีการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิต เช่น จำนวนหน่อและเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีลดลง

จากผลการทดลองอัตราส่วนประชากรข้าวและข้าววัชพืชต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต พบว่าข้าวมีการตอบสนองต่อประชากรข้าววัชพืชที่ต่างกัน 2 ลักษณะ ลักษณะแรกเมื่อข้าวมีจำนวนประชากรมากกว่าหรือเท่ากับข้าววัชพืช การเจริญเติบโตและการสร้างองค์ประกอบผลผลิต (yield component) ของข้าวจะไม่ได้รับผลกระทบ ตัวอย่างเช่น ข้าวมีเมล็ดดีระหว่าง 74.0-80.6 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ข้าววัชพืชมีเมล็ดดีค่อนข้างต่ำอยู่ระหว่าง 37.1-59.5 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับรายงานของ Marambe (2009) ที่เปรียบเทียบการให้ผลผลิตของข้าวพันธุ์ Bg 300 และข้าววัชพืชในประเทศศรีลังกา พบว่าข้าวมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี

80.0 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ข้าววัชพืชมีเมล็ดดีเพียง 25.0 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น ซึ่งแสดงว่ามีหากการแข่งขันไม่รุนแรง ข้าวสามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ตามปกติ และยังพบว่าข้าววัชพืชอีกหลายสายพันธุ์ที่ไม่ได้ปรับตัวให้มีผลผลิตสูงเหมือนข้าว ส่วนการตอบสนองของข้าวต่อจำนวนประชากรข้าววัชพืชอีกลักษณะหนึ่ง คือ เมื่อข้าวมีจำนวนประชากรน้อยกว่าข้าววัชพืช ข้าวมีการเจริญเติบโตและการสร้างองค์ประกอบผลผลิตลดลง สอดคล้องกับ Eleftherohorinos *et al.* (2002) ที่พบว่าข้าวปลูกหลายพันธุ์มีผลผลิตลดลง 46-58 เปอร์เซ็นต์เมื่อแข่งขันกับข้าววัชพืชจำนวน 40 ต้นต่อตารางเมตร แสดงว่าหากมีการแข่งขันที่รุนแรงจะมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตของข้าว

อย่างไรก็ดี การตอบสนองของข้าวต่อจำนวนประชากรข้าววัชพืชในการทดลองนี้มีความแตกต่างจากรายงานของ Jindalouang *et al.* (2018) ที่พบว่า จำนวนหน่อต่อน้ำหนักแห้งต้น และน้ำหนักผลผลิตของข้าววัชพืชสูงกว่าข้าวปลูกพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และปทุมธานี 1 ในทุกอัตราการแข่งขันข้าว:ข้าววัชพืชที่ 75:25 50:50 และ 25:75 ผลการทดลองที่ต่างกันนี้อาจเกิดจากปัจจัยความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้าววัชพืชจึงมีอิทธิพลต่อข้าวปลูกแตกต่างกัน โดย Jindalouang *et al.* (2018) ได้เก็บรวบรวมข้าววัชพืชจากแปลงเกษตรกรในภาคกลางของประเทศไทย เป็นข้าววัชพืชชนิดไม่มีหาง (awnless biotype) ขณะที่การทดลองนี้เก็บรวบรวมมาจากแปลงเกษตรกรในจังหวัดกำแพงเพชร เป็นข้าววัชพืชชนิดมีหาง ซึ่งสอดคล้องกับ Wongtamee *et al.* (2017) ที่รายงานว่านิเวศวิทยาและการจัดการของเกษตรกรในแต่ละพื้นที่เพาะปลูกส่งผลให้ข้าววัชพืชมีความแปรปรวนของลักษณะทางรูปร่างและพันธุกรรม จึงอาจทำให้ข้าววัชพืชจากแต่ละแหล่งที่มาที่มีการตอบสนองต่อการแข่งขันที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ ปัจจัยด้านความหนาแน่นของประชากรก็อาจมีอิทธิพลต่อความสามารถในการแข่งขันของพืช โดยการทดลองของ Jindalouang *et al.* (2018) มีจำนวนต้นพืชต่อพื้นที่มากกว่าการทดลองนี้ถึง 2 เท่า จึงทำให้การแก่งแย่งแข่งขันปัจจัยการเจริญเติบโตมีความรุนแรงกว่า โดยทั่วไปการตอบสนองของพืชทั้งส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดินขึ้นอยู่กับระดับของการแข่งขันของพืช หากเป็นการแข่งขันที่รุนแรงจะก่อให้เกิดผลยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชอีกชนิดหนึ่ง ขณะที่การแข่งขันที่ไม่รุนแรงพืชจะมีการรับรู้ (kin recognition)

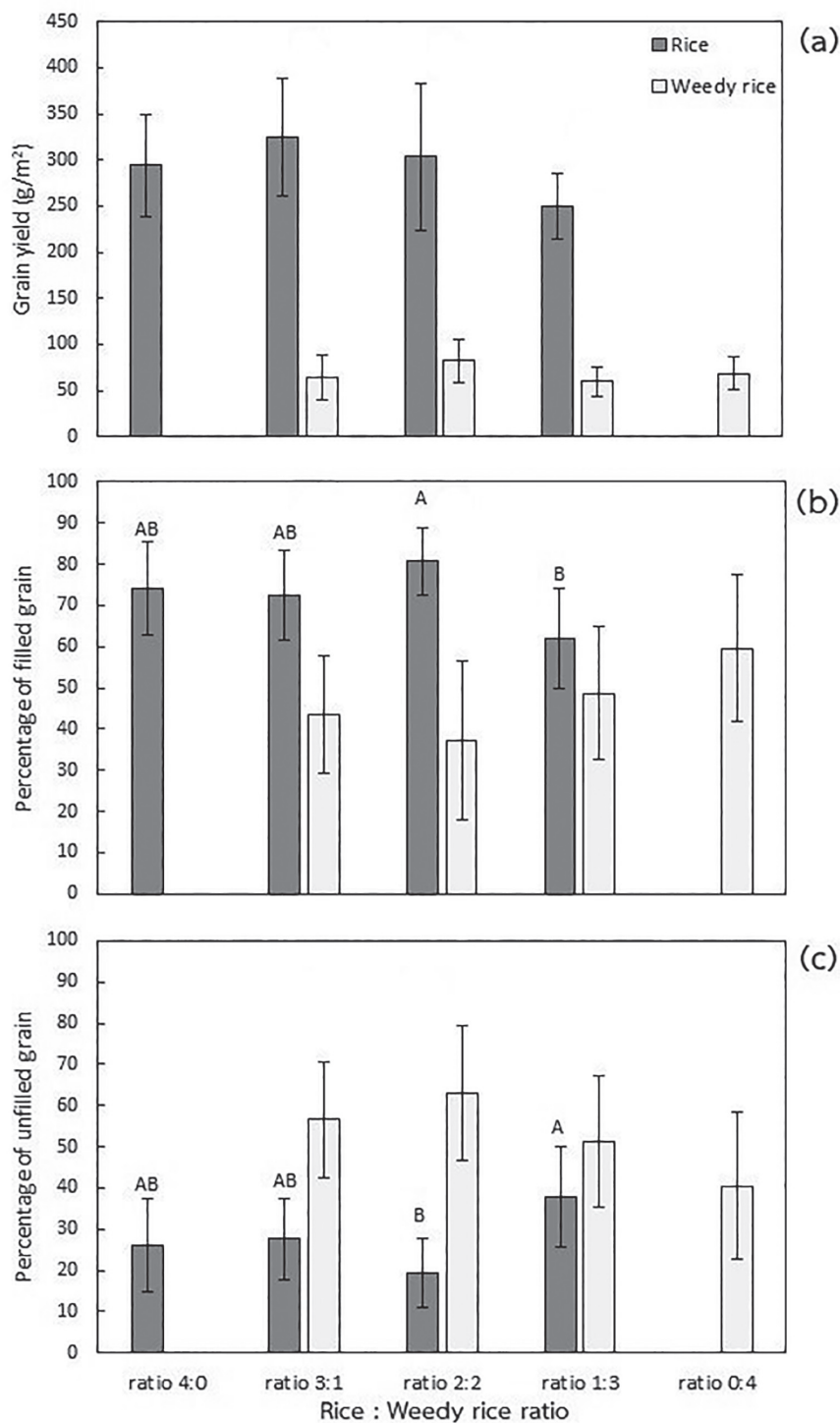


Figure 3 Effect of various rice:weedy rice ratios on their grain yield (a), percentage of filled grain (b) and percentage of unfilled grain (c). The same uppercase letters are not significantly difference among the grey bars by LSD test at $p < 0.05$

ถึงการมีพืชอื่นอยู่บริเวณเดียวกันแต่จะมีการแสดงออกในด้านลดความรุนแรงของการแข่งขันหรือส่งเสริมการเจริญเติบโตได้ ซึ่งปัจจัยความหนาแน่นและการตอบสนองของพืชสามารถพัฒนาเป็นส่วนหนึ่งของเครื่องมือวิเคราะห์ระยะวิกฤตของการกำจัดวัชพืชได้ (Chen *et al.*, 2012; Maxwell and O'Donovan, 2007)

ความสามารถในการแข่งขันยังขึ้นอยู่กับลักษณะทางสัณฐานของต้นและใบที่เอื้อต่อการรับแสงและรากที่เอื้อต่อการแสวงหาน้ำและธาตุอาหาร (Arrieta-Espinoza *et al.*, 2005; Burgos *et al.*, 2006) ทั้งนี้ความสามารถในการแข่งขันอาจเปลี่ยนแปลงตามระยะการเจริญเติบโตของพืช ยกตัวอย่างเช่น การเจริญเติบโตระยะกล้าของข้าวพันธุ์ M-206 มีอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ที่ 0.47 หน่วยต่อเซนติเมตรต่อสัปดาห์ แต่เมื่อมีการแข่งขันกับข้าววัชพืช ข้าวกลับมีอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นเป็น 0.53 หน่วยต่อเซนติเมตรต่อสัปดาห์ อย่างไรก็ตาม การเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ M-206 พบว่าเริ่มลดลงอย่างชัดเจนเมื่อการแข่งขันดำเนินต่อเนื่องถึงระยะสุกแก่ และเป็นสาเหตุให้น้ำหนักแห้งต้น น้ำหนักผลผลิตต่อรวง และน้ำหนักผลผลิตต่อกอของข้าวลดลง (Karn *et al.*, 2020) แสดงให้เห็นว่าข้าวมีระยะวิกฤตในการแข่งขันกับข้าววัชพืชเช่นเดียวกับการแข่งขันของข้าวกับวัชพืชในนาข้าว โดยมีรายงานว่าข้าวพันธุ์สันป่าตอง 1 ที่ปลูกแบบนาดำมีความอ่อนแอต่อวัชพืชในระยะก่อนแตกกอสูงสุดมากที่สุด เป็นสาเหตุให้มีจำนวนหน่อและน้ำหนักผลผลิตข้าวลดลงต่ำกว่าการแข่งขันกับวัชพืชในระยะหลังแตกกออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (นริศและเจนจิรา, 2564) จึงอาจเป็นไปได้ว่าความสามารถในการแข่งขันของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ต่อข้าววัชพืชเริ่มลดลงตั้งแต่ระยะสร้างผลผลิตและยังลดลงมากขึ้นเมื่อมีขนาดจำนวนประชากรข้าวน้อยกว่าข้าววัชพืช จึงเป็นสาเหตุให้ข้าวที่แข่งขันกับข้าววัชพืชในอัตราส่วน 1:3 มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดตึกลง มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบเพิ่มขึ้น และมีแนวโน้มในการให้ผลผลิตลดลง ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปจึงควรพิจารณาถึงขนาดจำนวนประชากรและระยะวิกฤตที่เฉพาะเจาะจงของการแข่งขันของข้าวต่อข้าววัชพืชเพื่อเพิ่มความเข้าใจต่อกลไกการแข่งขันของพืชทั้ง 2 ชนิดนี้ให้ลึกซึ้งมากขึ้น

สรุปผลการวิจัย

การประเมินการแข่งขันของข้าวและข้าววัชพืชต่อการปรับตัวของข้าวในด้านการเจริญเติบโตและผลผลิตที่ปลูกร่วมกันในอัตราส่วน ข้าว:ข้าววัชพืชเป็น 4:0, 3:1, 2:2, 1:3 และ 0:4 พบว่าที่ระยะกล้า ข้าวไม่ได้รับผลกระทบจากการแข่งขันในทุกอัตราส่วน โดยข้าวมีความสูงต้น จำนวนใบ ความยาวราก และจำนวนรากมากกว่าข้าววัชพืช ซึ่งเกิดจากลักษณะทางพันธุกรรมของข้าวเพื่อการค้า สำหรับระยะสุกแก่ พบว่าที่อัตราส่วน 3:1 และ 2:2 ข้าวไม่ถูกยับยั้งการเจริญเติบโตและผลผลิต แต่ที่อัตราส่วน 1:3 ข้าวถูกยับยั้งการเจริญเติบโตและกระทบต่อองค์ประกอบผลผลิต โดยมีจำนวนหน่อและเปอร์เซ็นต์เมล็ดตึกลง มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบเพิ่มขึ้น และมีแนวโน้มในการให้ผลผลิตลดลง แสดงว่าข้าวมีการปรับตัวต่อการแข่งขันกับข้าววัชพืชได้ดีเมื่อมีจำนวนประชากรข้าววัชพืชน้อยกว่าหรือเท่ากัน แต่ความสามารถในการแข่งขันของข้าวลดลงเมื่อมีจำนวนประชากรน้อยกว่าข้าววัชพืช และผลกระทบจากการแข่งขันแสดงออกอย่างชัดเจนที่ระยะปลายการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบและระยะการสร้างผลผลิต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ผู้สนับสนุนเงินทุนวิจัย รหัสโครงการ มจ.2-64-068

เอกสารอ้างอิง

- กรมการข้าว. 2551. การจัดการข้าววัชพืชแบบผสมผสานในระบบการผลิตแบบเกษตรที่ดีที่เหมาะสม. กรมการข้าว สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว. นครนายก.
- จรรยา มณีโชติ. 2548. ข้าววัชพืช ปัญหาและการจัดการ. อ้วนน้ำ พรินต์ จักัด. กรุงเทพฯ.
- จรรยา มณีโชติ อริยา เผ่าเครื่อง และคันศนี จักัด. 2553. การใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อสำรวจการระบาดของข้าววัชพืชในนาข้าวเขตภาคกลาง ภาคเหนือตอนล่าง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ฐานข้อมูลโครงสร้างพื้นฐานภาครัฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ.
- เจนจิรา หม่องอัน สุนธมาส เปรมปฐวิทย์ สยมพร นากลาง วาสนา เสนาพล และอารมณ จันทะสอน. 2560. การเพิ่มความแข็งแรงของต้นกล้าข้าว ข้าวโพด

- และมันสำปะหลัง โดยวิธีการแช่เมล็ดและท่อนพันธุ์
ในสารละลายแคลเซียม โบรอน และสังกะสี. วารสาร
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยี) 9(18): 49-62.
- นริศ เนตรถาวร และเจนจิรา หม่องอ้น. 2564. ผลของ
ช่วงเวลาการกำจัดวัชพืชต่อชนิดวัชพืชเด่นและการ
เจริญเติบโตของข้าวพันธุ์สันป่าตอง 1 ภายใต้การ
เพาะปลูกแบบนาดำ. วารสารผลิตกรรมการเกษตร
3(2): 1-10.
- ศานิต สวัสดิ์กาญจน์ สุวิทย์ เทียรทอง เนาวรัตน์ ประดับเพ็ชร
และวิริสรา ปลื้มฤดี. 2554. การศึกษาการเจริญเติบโต
ของข้าวปลูกและข้าววัชพืช. วารสารวิทยาศาสตร์
เกษตร 42(2): 141-144.
- สุพรรณษา ชินวรรณ สลิลทิพย์ นุรักษ์ทวีพร และอนุพงศ์
วงศ์ดามี. 2564. การงอกของเมล็ดและการพัฒนา
ของต้นข้าววัชพืชที่เก็บรวบรวมจากแปลงเกษตรกร
ในอำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก. วารสารเกษตร
นเรศวร 18(1): 1-8.
- Arrieta-Espinoza, G., E. Sanchez, S. Vargas, S. Lobo,
T. Quesada and A.M. Espinoza. 2005. The
weedy rice complex in Costa Rica. I.
Morphological study of relationships
between commercial rice varieties, wild
Oryza relatives and weedy types. Genetic
Resources and Crop Evolution 52: 575-587.
- Burgos, N.R., R.J. Norman, D.R. Gealy and H. Black.
2006. Competitive N uptake between rice
and weedy rice. Field Crops Research 99:
96-105.
- Chen, B.J.W., H.J. During and N.P.R. Anten. 2012.
Detect thy neighbor: identity recognition at
the root level in plants. Scientific Research
195(1): 157-167.
- Eleftherohorinos, I.G., K.V. Dhima and I.B.
Vasilakoglou. 2002. Interference of red rice
in rice grown in Greece. Weed Science
Journal 50(2): 167-172.
- Gioria, M. and B.A. Osborne. 2014. Resource
competition in plant invasions: emerging
patterns and research needs. Frontiers in
Plant Science Journal 5(1): 501.
- Jindalouang, R., C. Maneechote, C. Prom-u-thai, B.
Rerkasem and S. Jamjod. 2018. Growth and
nutrients competition between weedy rice
and crop rice in a replacement series study.
International Journal of Agriculture and
Biology 20(4): 784-790.
- Karn, E., T. De Leon, L. Espino, K. Al-Khatib and W.
Brim-DeForest. 2020. Effects of competition
from California weedy rice (*Oryza sativa* f.
spontanea) biotypes on a cultivated rice
variety. Weed Technology 34(5): 666-674.
- Marambe, B. 2009. Weedy rice: evolution, threats,
and management. Tropical Agriculturist 157:
43-64.
- Maxwell, B.D. and J.T. O'Donovan. 2007.
Understanding Weed-crop interactions to
manage weed problems. pp. 17-33. In: M.K.
Upadhyaya and R.E. Blackshaw (eds.). Non-
chemical Weed Management: Principles,
Concepts and Technology. CAB International:
Cambridge, MA, USA.
- Mongon, J., D. Konnerup, T.D. Colmer and B.
Rerkasem. 2014. Responses of rice to Fe²⁺ in
aerated and stagnant condition: growth, root
porosity and radial oxygen loss barrier.
Functional Plant Biology 41: 922-929.
- Wongtamee, A., C. Maneechote, T. Pusadee, B.
Rerkasem and S. Jamjod. 2017. The dynamics
of spatial and temporal population genetic
structure of weedy rice (*Oryza sativa* f.
spontanea Baker). Genet. Resour. Genetic
Resources and Crop Evolution 64: 23-39.