



อิทธิพลของปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อผลผลิตและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในเมล็ดข้าวพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่และทับทิมชุมแพ (กข 69)

เมษนฤทธิ โยธสิงห์^{1*} คณางค์ รัตนานิคม² ชนาگانต์ เทโบลต์ พรหมอุทัย³ และ อยุธย์ คงปิ่น¹

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ อำเภอเมืองกาฬสินธุ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ ประเทศไทย 46000

²สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสุขภาพ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ อำเภอเมืองกาฬสินธุ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ ประเทศไทย 46230

³ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ประเทศไทย 50200

ข้อมูลบทความ	บทคัดย่อ
Article history รับ: 25 กันยายน 2567 แก้ไข: 30 ตุลาคม 2567 ตอบรับการตีพิมพ์: 7 ธันวาคม 2567 ตีพิมพ์ออนไลน์: 26 ธันวาคม 2567	การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อผลผลิตและปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ในเมล็ดข้าวสองพันธุ์คือพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่และพันธุ์ทับทิมชุมแพ (กข 69) ปุ๋ยข้าวทั้งสองพันธุ์ในกระถางบรรจุหน้าดินจากกลุ่มชุดดินที่ 22 ให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในรูปซูเปอร์ฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกัน 5 ระดับคือ 0, 0.50, 1, 1.50 และ 2 กรัม/กระถาง ประเมินผลผลิตและปริมาณฟีนอลรวมและฤทธิ์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในเมล็ดข้าวกลึงด้วยการวัดค่า DPPH activity เปรียบเทียบในข้าวแต่ละพันธุ์และอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัส พบว่าการเพิ่มอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสจาก 0 ถึง 2 กรัม/กระถาง ทำให้ผลผลิตข้าวทั้งสองพันธุ์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามอัตราปุ๋ยที่เพิ่มขึ้น แต่พบว่ามีอัตราการเพิ่มขึ้นที่แตกต่างกันระหว่างข้าวทั้งสองพันธุ์ ขณะที่ปริมาณสารฟีนอลรวมและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระในเมล็ดข้าวกลึงทั้งสองพันธุ์มีค่าสูงที่สุดเมื่อใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตรา 0.50 กรัม/กระถาง การเพิ่มอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสให้สูงขึ้นส่งผลให้ปริมาณฟีนอลรวม และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระในเมล็ดลดลงตามลำดับ การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสในการปลูกข้าวเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อปริมาณสารฟีนอลรวมและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระในเมล็ดข้าว โดยการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตรา 0.50 กรัม/กระถาง หรือเทียบเท่ากับอัตราการใส่ปุ๋ยที่ 9.75 กิโลกรัมต่อไร่ ในกลุ่มชุดดินที่ 22 ทำให้เมล็ดข้าวพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่และพันธุ์ทับทิมชุมแพ (กข 69) มีปริมาณสารฟีนอลรวมและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด

บทนำ

ข้าวเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญ ประกอบด้วยคุณค่าทางโภชนาการที่สำคัญหลายชนิด นอกจากนี้ ยังประกอบด้วยสารฟลักซ์เคมี (phytochemicals) ซึ่งมีการรายงานที่สามารถลดความเสี่ยงในการเกิดโรคต่างๆ เช่น โรคหลอดเลือดหัวใจ และมะเร็ง พร้อมช่วยส่งเสริม สุขภาพ (Li et al., 2005) ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสำคัญกับการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพกันมากขึ้นแทนการบริโภคเพื่อเป็นพลังงานเพียงอย่างเดียว โดยพบว่าตลาดข้าวโภชนาการสูงมีการขยายตัวขึ้นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าวที่มีสี พบว่าเป็นข้าวที่มีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าข้าวที่นิยมบริโภคกันอยู่ทั่วไปมีสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น สารประกอบฟีนอลิก ทั้งแอนโทไซยานิน และฟลาโวนอยด์ ช่วยชะลอการเสื่อมของเซลล์ ลดความเสี่ยงของการเกิดมะเร็ง ข้าวโภชนาการสูง ส่วนใหญ่เป็นกลุ่มข้าวสีประเภท

ข้าวกล้องที่มีสีแดง ม่วงเข้มและสีดำ (Daengchot et al., 2019) เช่น ข้าวพันธุ์ทับทิมชุมแพ (กข 69) พัฒนาพันธุ์โดยกรมการข้าว เป็นข้าวเจ้าเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดง มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง (Division of Rice Research and Development, 2016) ในขณะที่ข้าวพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่เป็นข้าวเจ้าสีม่วงเข้มเมล็ดมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น แอนโทไซยานินสูง พัฒนาพันธุ์โดยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Special Market Rice Information Center, 2022) อย่างไรก็ตามปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในเมล็ดข้าวไม่ได้ขึ้นอยู่กับพันธุ์กรรมของข้าวเพียงอย่างเดียว แต่สภาพแวดล้อมโดยเฉพาะอย่างยิ่งปัจจัยด้านความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ส่งผลต่อสารสำคัญในการต้านอนุมูลอิสระเป็นอย่างมาก (Sulandjari & Yunindanova, 2018; Fongfon et al., 2021; Prajuntasan et al., 2022) สารต้านอนุมูลอิสระที่พบในพืชเหล่านี้

*Corresponding author

E-mail address: mesnarid@gmail.com (M. Yotasing)

Online print: 26 December 2024 Copyright © 2024. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2024.57>

จัดเป็นสารกลุ่มสารทุติยภูมิ (secondary metabolite) พืชสร้างขึ้นเมื่อประสบภาวะเครียดไม่ที่เกิดจากปัจจัยทางดิน เช่น ขาดธาตุอาหารภาวะแห้งแล้ง หรือเกิดจากการเข้าทำลายของศัตรูพืช โดย secondary metabolite ที่พืชสร้างขึ้นสามารถช่วยให้พืชปรับตัวและอยู่รอดในภาวะเครียดได้ (Tiwari & Rana, 2015) ภาวะเครียดจากการขาดธาตุอาหารเป็นอีกภาวะหนึ่งที่พืชสร้างสารดังกล่าวออกมา เช่น การที่พืชประสบภาวะเครียดเนื่องจากปริมาณธาตุฟอสฟอรัสในดินต่ำจะส่งผลให้พืชแสดงอาการใบสีแดงจนถึงม่วงอันเป็นผลมาจากที่พืชสร้างสาร secondary metabolite กลุ่มเบต้าไซยานิน และแอนโทไซยานิน ขึ้นมาเพื่อปรับตัวให้อยู่รอด ซึ่งสารเบต้าไซยานิน และแอนโทไซยานินที่พืชสร้างขึ้นมาเพื่อปกป้องจากภาวะเครียดเหล่านี้กลับเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีคุณค่าทางโภชนาการต่อมนุษย์ (Henry et al., 2019) และหากมีการจัดการปริมาณธาตุฟอสฟอรัสในดินให้เหมาะสมไม่เพียงแต่สามารถลดการสูญเสียผลผลิตของข้าวได้เท่านั้น แต่ยังสามารถช่วยเพิ่มปริมาณสารต้านอนุมูลในเมล็ดข้าวได้อีกด้วย ดังนั้น การวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นเพื่อหาอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสที่เหมาะสมในการปลูกข้าวแต่ละสายพันธุ์ เพื่อให้ได้ปริมาณผลผลิตและสารต้านอนุมูลอิสระสูง ช่วยให้เกษตรกรสามารถจัดการปุ๋ยได้อย่างเหมาะสมกับความต้องการของข้าว ในการสร้างผลผลิตและสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งเป็นที่สามารถเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคข้าวได้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

1. การเตรียมวัสดุปลูก และเตรียมกล้าข้าว

ตักหน้าดินของกลุ่มชุดดินที่ 22 ลึก 15 เซนติเมตร นำมาคลุกเคล้าให้เข้ากัน ผึ่งให้แห้งในที่ร่ม บรรจุลงในกระถางพลาสติกไม่เจาะรูขนาด 15 ลิตร กระถางละ 16 กิโลกรัม สุ่มตัวอย่างดินไปวิเคราะห์ก่อนทำการทดลอง เพาะกล้าข้าวในถาดหลุม ขนาด กว้าง 36.50 เซนติเมตร ยาว 58.70 เซนติเมตร แต่ละหลุม 3 เซนติเมตร ฐานหลุม 2.50 เซนติเมตร สูง 4 เซนติเมตร บรรจุดินที่ใช้ในการทดลองเป็นวัสดุในการเพาะกล้า จนกล้าข้าวอายุได้ 7 วันหลังออก โดยต้นกล้ามีความสูงประมาณ 10-15 เซนติเมตร จึงย้ายลงปลูกในกระถางบรรจุดินที่เตรียมไว้โดยปลูกกระถางละ 4 ต้น จนเมื่อข้าวมีอายุได้ 14 วันหลังย้ายปลูก ถอนแยกกล้าให้เหลือ 2 ต้นต่อกระถาง โดยเลือกต้นที่มีการเจริญเติบโตสม่ำเสมอทั้งหมด ชั่งน้ำในกระถางและรักษาระดับน้ำให้ไม่ต่ำกว่า 2 เซนติเมตร เหนือผิวดินตลอดฤดูปลูก

2. การวางแผนการทดลอง

ทดลองในสภาพกระถางในโรงเรือน วางแผนการทดลองแบบ Split-plot มีปัจจัยการศึกษา 2 ปัจจัย คือ พันธุ์ข้าวและอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัส ให้ main-plot เป็นพันธุ์ข้าว ที่จัดแบบ completely randomized design 2 พันธุ์ได้แก่ ไรซ์เบอร์รี่ และทับทิมชุมแพ (กข 69) และ sub-plot คือระดับการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในรูปซูเปอร์

ฟอสเฟต 5 ระดับ ได้แก่ 0, 0.50, 1, 1.50 และ 2 กรัม/กระถาง เทียบเท่ากับการใส่ปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟตในอัตรา 0, 9.75, 19.50, 29.25, 39 กิโลกรัม/ไร่ โดยทำการทดลอง 4 ซ้ำ มีจำนวนทั้งหมด 40 หน่วยการทดลอง กำหนดให้ 1 กระถางเป็นหนึ่งหน่วยการทดลอง

3. การใส่ปุ๋ยและดูแลรักษา

ทุกกระถางใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปยูเรีย (46-0-0) ในอัตรา 4 กรัม/กระถาง (78 กิโลกรัม/ไร่) และ โพแทสเซียมในรูปโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl, 0-0-60) ในอัตรา 3 กรัม/กระถาง (58.50 กิโลกรัม/ไร่) โดยแบ่งใส่ 4 ครั้งในปริมาณที่เท่าๆ กันเมื่อข้าวอายุได้ 16, 48, 77 และ 104 วันหลังย้ายปลูก สำหรับปุ๋ยฟอสฟอรัสในรูปซูเปอร์ฟอสเฟต (0-46-0) ในอัตราที่แตกต่างกัน 5 ระดับคือ 0, 0.50, 1, 1.50 และ 2 กรัม/กระถาง (0, 9.75, 19.50, 29.25, 39 กิโลกรัม/ไร่) โดยแบ่งใส่ 4 ครั้งในปริมาณที่เท่าๆ กันเมื่อข้าวอายุได้ 16, 48, 77 และ 104 วันหลังย้ายปลูก การแปลงหน่วยอัตราปุ๋ยจาก กรัมต่อกระถาง เป็นกิโลกรัมต่อไร่ คิดจากน้ำหนักดิน หนึ่งกระถางบรรจุหน้าดิน 16 กิโลกรัม ส่วนหน้าดินลึก 15 เซนติเมตร ในพื้นที่ 1 ไร่ มีน้ำหนัก 312 ตัน คำนวณจากหน้าดินมีความหนาแน่น 1.30 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ถ้าจัดวัชพืชโดยใช้แรงงานคน ไม่พบแมลงศัตรูพืชและโรคพืช เข้าทำลายในการทดลองนี้

4. การบันทึกข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล

บันทึกผลการทดลองเมื่อ ข้าวอยู่ในระยะที่สุกแก่และพร้อมในการเก็บเกี่ยว โดยบันทึกผลผลิตเมล็ดต่อกระถาง(ความชื้นร้อยละ 14) และองค์ประกอบผลผลิตประกอบด้วย ความสูงต้น จำนวนหน่อต่อต้น จำนวนรวงต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อรวง และ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด การวัดปริมาณฟีนอลรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในเมล็ดข้าว นำข้าวเปลือกมาสีเป็นข้าวกล้องโดยไม่มีการขัดขาว จากนั้นจึงนำข้าวกล้องมาวิเคราะห์ดังนี้

4.1 วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม

4.1.1 สกัดสารสกัดข้าวโดยการชั่งตัวอย่าง มาตัวอย่างละ 0.25 กรัม ลงในหลอดทดลอง เติมน้ำทำละลายเอทานอลร้อยละ 50 ลงในตัวอย่าง 5 มิลลิลิตร นำไปสกัดด้วยวิธีการแช่เปื่อยยุ่ย (maceration) ที่อุณหภูมิห้อง นาน 1 คืน

4.1.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกโดยวิธี Folin-Ciocalteu ดัดแปลงจากวิธีของ Singleton et al. (1999) ด้วยวิธี colorimetric method โดยการ ผสมตัวอย่างสารสกัดและสารละลาย Folin-Ciocalteu ความเข้มข้นร้อยละ 10 ในหลอดทดลอง และบ่มเพื่อให้เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ 10 นาที จากนั้น เติมน้ำละลาย sodium carbonate ความเข้มข้นร้อยละ 7.50 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง บ่มที่อุณหภูมิห้องนาน 1 ชั่วโมง ทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร คำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกโดยการเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของปฏิกิริยาโดยมีกรดแกลลิกเป็นตัวแทนเปรียบเทียบ

4.2 ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH activity

การวิเคราะห์คุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ดัดแปลงจากวิธีของ Brand-Williams et al. (1995) ด้วยวิธี colorimetric method ซึ่งสามารถติดตามการเกิดปฏิกิริยาดำเนินการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ผสมตัวอย่างสารสกัดและสารละลาย 2,2 diphenyl-1-picrylhydrazyl radical ความเข้มข้น 0.10 มิลลิโมลาร์ ในหลอดทดลองและบ่มเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาการต้านอนุมูลอิสระที่อุณหภูมิห้องนาน 30 นาทีในที่มีด จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร คำนวณหาร้อยละการต้านอนุมูลอิสระ

4.3 นำข้อมูลพื้นฐานที่เก็บไว้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกรรมวิธีการทดลองด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป Statistix 8

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

ความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ดินที่ใช้ในการทดลองมีคุณสมบัติดังแสดงใน Table 1 ซึ่งมีปริมาณไนโตรเจน 0.64 กรัมต่อ 100 กรัม จัดว่ามีไนโตรเจนสูง เพราะอยู่ในช่วง 0.50-1 กรัมต่อ 100 กรัม (Landon, 1991) มีปริมาณ

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 3.16 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดว่ามีฟอสฟอรัสต่ำ เพราะอยู่ในช่วง 3-6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Duangpattra, 1995) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินนี้ มีค่าเท่ากับ 55.54 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดว่ามีโพแทสเซียมต่ำ เพราะอยู่ในช่วง 30 - 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Imeab, 1999) มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ 0.10 กรัมต่อ 100 กรัม จัดอยู่ในเกณฑ์ต่ำมาก เพราะมีค่าต่ำกว่า 0.5 กรัมต่อ 100 กรัม (Duangpattra, 1995) มีค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดิน 0.02 เดซิซีเมนต่อเมตร แสดงว่าดินที่ใช้ในการทดลองนี้ไม่ใช่ดินเค็ม เพราะมีค่าต่ำกว่า 0.25 เดซิซีเมนต่อเมตร (Wolf, 1999) มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 6.20 จัดว่าเป็นกรดอ่อน เพราะมีค่าอยู่ในช่วง 6.10 – 6.90 (Hall, 2008) ประเภทเนื้อดินคือดินร่วนทรายจัดว่าเป็นดินเนื้อหยาบ (Faculty Members of the Department of Soil Science, 2005)

ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

การวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อประเมินอิทธิพลของ พันธุ์ข้าวและอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อ ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิตและสารออกฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ พบอิทธิพลร่วมระหว่างพันธุ์ข้าวและอัตราการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัส ต่อผลผลิต น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ปริมาณสารฟีนอลรวมและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ จากการวิเคราะห์ค่า DPPH activity และพันธุ์ข้าวมีอิทธิพลต่อความสูง น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ปริมาณฟีนอลรวมและสารต้านอนุมูลอิสระ ในขณะที่อัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสมีอิทธิพลต่อทุกลักษณะ (Table 2)

Table 1 The initial properties of soil used in the experiment

Soil property	Value
Total N	0.64 g/100g
Available P	3.16 mg/kg
Exchangeable K	55.54 mg/kg
Organic Matter	0.10 g/100g
Electrical Conductivity	0.02 ds/m
pH	6.20
Soil Texture	Loamy sand
Sand	82.42 g/100g
Silt	13.85 g/100g
Clay	3.73 g/100g

Table 2 Analysis of variance (ANOVA) pertaining to the effects of rice varieties, phosphorus application rates, and their interaction on grain yield, plant height, number of tillers per plant, number of panicles per plant, number of filled grains per panicle, 1,000 seed weight, total phenolic compound and antioxidant activity (DPPH)

	Grain yield	Plant height	Number of tillers per plant	Number of panicles per plant	Number of filled grains per panicle	1,000-grain weight	Total phenolic compound	DPPH activity
Variety (V)	NS	**	NS	NS	NS	**	**	**
Fertilizer (F)	**	**	**	**	**	**	**	**
Interaction (VxF)	*	NS	NS	NS	NS	**	*	*

NS= Not significantly different; *, ** significantly different at $p < 0.05$ and $p < 0.01$, respectively.

การเพิ่มอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสมีผลทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นทั้งสองพันธุ์ (Figure 1) แต่พบว่าเมื่ออัตราการเพิ่มขึ้นที่แตกต่างกันในข้าวแต่ละพันธุ์ โดยในข้าวพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ที่อัตราปุ๋ยฟอสฟอรัส 0 กรัม/กระถาง ได้ผลผลิต 38 กรัม/กระถาง ซึ่งไม่แตกต่างจากการเพิ่มอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ 0.50 และ 1 กรัม/กระถาง ได้ผลผลิต 40.25 และ 40.77 กรัม/กระถาง ตามลำดับ ในขณะที่การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มที่อัตรา 1.50 กรัม/กระถาง ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 47.11 กรัม/กระถาง และผลผลิตมากที่สุดที่การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 2 กรัม/กระถาง ให้ผลผลิต 50.43 กรัม/กระถาง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนในข้าวพันธุ์ทับทิมชุมแพ (กข 69) พบว่าการไม่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสให้ผลผลิต 37.75 กรัม/กระถาง และผลผลิตเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ 0.50, 1, 1.50 และ 2 กรัม/กระถาง โดยมีผลผลิตที่ 40.71, 43.70, 45.83, และ 47.12 กรัม/กระถาง ตามลำดับ และที่อัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสสูงสุด 2 กรัม/กระถาง ซึ่งอัตรานี้ข้าวพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ทับทิมชุมแพ (กข 69) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าฟอสฟอรัสเป็นปัจจัยจำกัดของการสร้างผลผลิตข้าวในการทดลองนี้ เพราะผลผลิตข้าวทั้งสองพันธุ์ตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสฟอรัสอย่างชัดเจนเมื่อเพิ่มอัตราการใส่ปุ๋ย ซึ่งฟอสฟอรัสมีหน้าที่ช่วยเร่งการเจริญเติบโตและการแพร่กระจายของราก ควบคุมการออก

ดอก ออกผล และการสร้างเมล็ด เมื่อพืชได้รับฟอสฟอรัสในปริมาณที่เพียงพอ ก็ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น (Department of Land Development, 2024) และข้าวพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสฟอรัสสูงกว่าข้าวพันธุ์ทับทิมชุมแพ (กข 69)

พันธุ์ข้าวและอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสมีผลต่อความสูงต้นข้าวอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่พบปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างพันธุ์ข้าวและอัตราปุ๋ยในลักษณะความสูง (Table 2) โดยข้าวพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ มีความสูงเฉลี่ย 99.20 เซนติเมตร ซึ่งสูงกว่าข้าวพันธุ์ ทับทิมชุมแพ (กข 69) ที่มีความสูงเฉลี่ย 96.25 เซนติเมตร การเพิ่มอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสทำให้ข้าวมีความสูงเพิ่มขึ้น โดยในสภาพที่ไม่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสข้าวมีต้นเตี้ยที่สุดที่ 93.38 เซนติเมตร และมีความสูงเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัส โดยอัตราปุ๋ยที่มีความสูงที่สุดคือ 2 กรัม/กระถาง (102.31 เซนติเมตร)

พบอิทธิพลของอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อการแตกกอของพันธุ์ข้าวทั้งสองพันธุ์ โดยพบว่าเมื่อเพิ่มอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสข้าวทั้งสองพันธุ์มีการแตกกอเพิ่มมากขึ้น โดยพบว่าการแตกกอสูงสุดที่ 13.10 หน่อ/ต้น (Figure 3) ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของข้าว เมื่อขาดฟอสฟอรัสจะมีการพัฒนาของระบบรากช้า มีการแตกกอน้อย ลำต้นแคระแกร็น (Faculty of the Department of Soil Science, 2005)

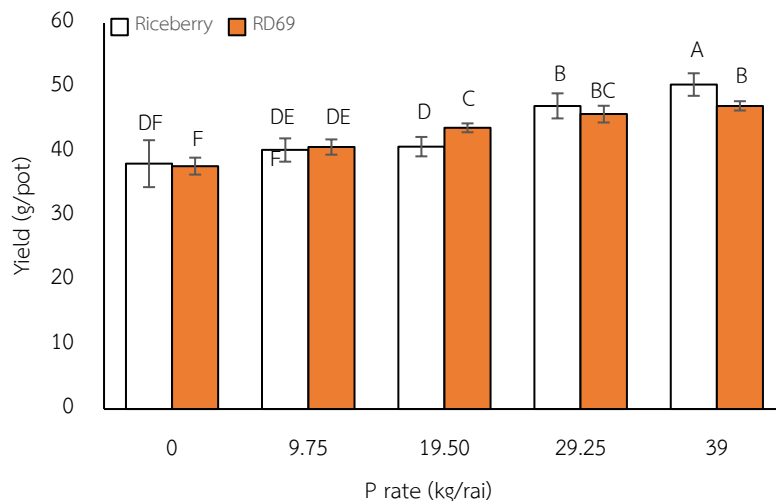


Figure 1 Effects of phosphorus application rate on grain yield of two rice varieties, riceberry and RD 69.

The different lowercase letters indicate significant differences by LSD_{0.05}.

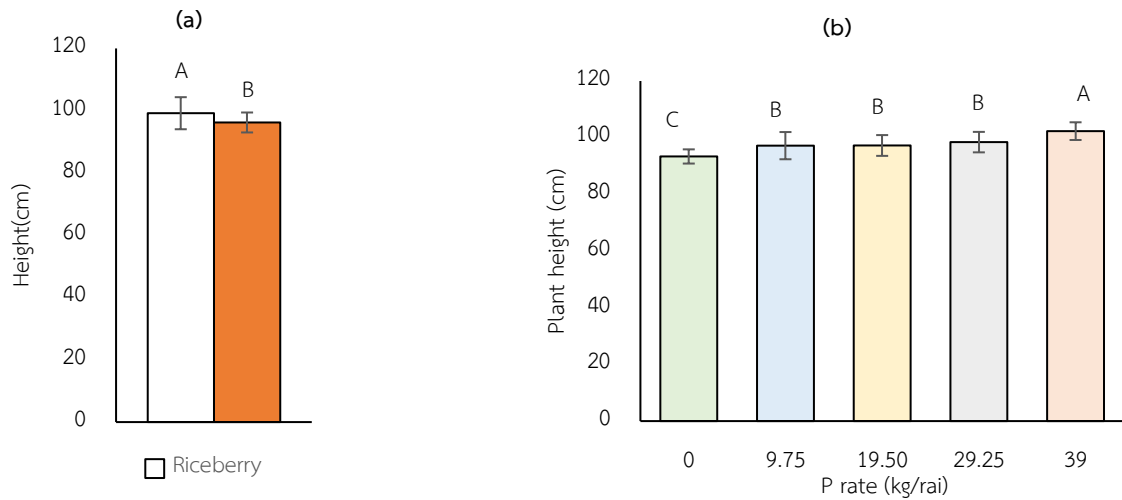


Figure 2 Effects of rice variety (a) and phosphorus application rates (b) on plant height of riceberry and RD69 rice varieties.

The different lowercase letters indicate a significant difference by $LSD_{0.05}$.

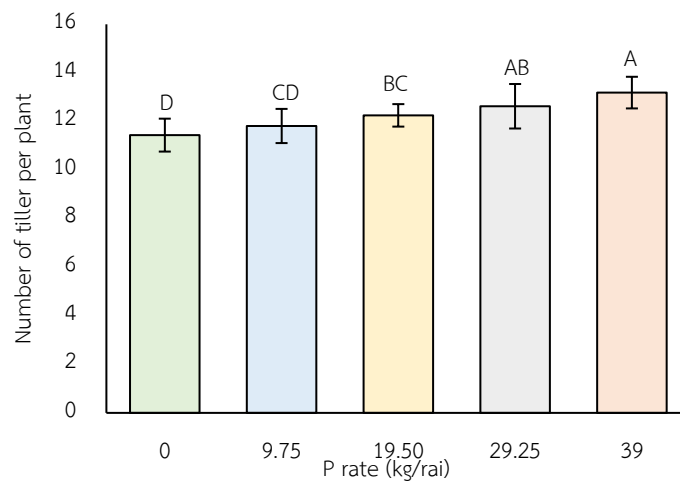


Figure 3 Effects of phosphorus application on number of tillers per plant.

The different lowercase letters indicate significant differences by $LSD_{0.05}$.

พันธุ์ข้าวไม่มีผลต่อจำนวนรวงต่อต้นและจำนวนเมล็ดดีต่อรวง และไม่พบปฏิสัมพันธ์ร่วมของพันธุ์ข้าวและอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อจำนวนรวงต่อต้นและจำนวนเมล็ดดีต่อรวง ทั้งจำนวนรวงต่อต้นและจำนวนเมล็ดดีต่อรวงขึ้นอยู่กับอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัส โดยการไม่ใส่ปุ๋ย มีจำนวนรวงต่อต้นน้อยที่สุดที่คือ 9.60 รวง/ต้น และมีจำนวนเมล็ดดีต่อรวงที่ 109.31 เมล็ด/รวง เมื่อเพิ่มปริมาณปุ๋ยต่อกระถาง จำนวนรวงต่อต้นและจำนวนเมล็ดดีต่อรวงเพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยอัตราปุ๋ยที่ 2 กรัม/กระถาง มีจำนวนรวงต่อต้นสูงสุดที่ 12.25 รวง/ต้น และจำนวนเมล็ดดีต่อรวงที่ 128.31 เมล็ด/รวง (Figure 4 and Figure 5)

สอดคล้องกับ Division of Rice Research and Development (2016) ที่รายงานไว้ว่าฟอสฟอรัส เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของ Adenosine triphosphate (ATP) ข้าวที่ขาดฟอสฟอรัสจะชะงักการเจริญเติบโต จำนวนใบ จำนวนรวง และจำนวนเมล็ดต่อรวงลดลง ฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบสำคัญของสารประกอบหลายชนิดที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แป้ง เช่น Adenosine triphosphate (ATP) และสารอินทรีย์ฟอสเฟตต่างๆ ซึ่งมีบทบาทในการถ่ายโอนพลังงานและควบคุมกระบวนการทางชีวเคมีที่จำเป็นต่อการสร้างและสะสมแป้งในเมล็ด (Malhotra et al., 2018)

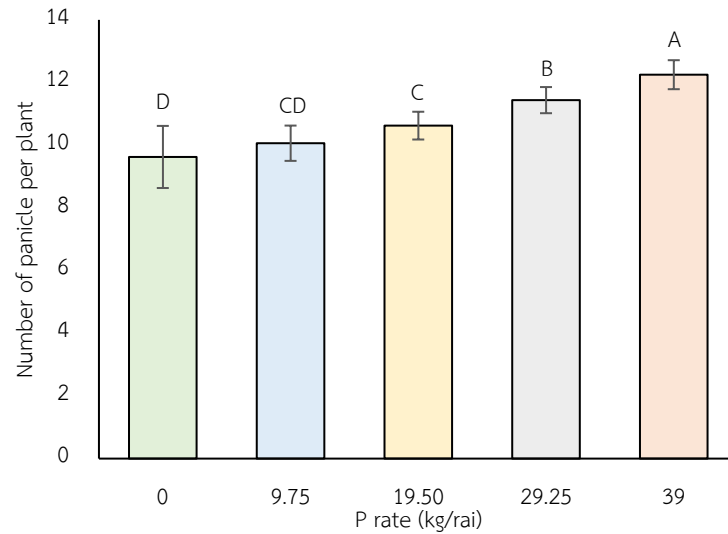


Figure 5 Effects of phosphorus application on number of panicles per plant. The values are means of two varieties and four replications. The different lowercase letters indicate significant differences by $LSD_{0.05}$.

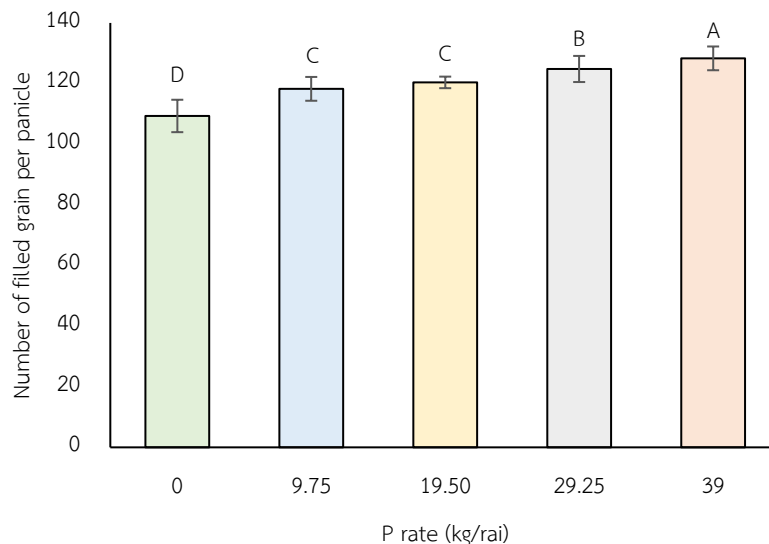


Figure 6 Effects of phosphorus application on number of filled grain. The values are means of two varieties and four replications. The different lowercase letters indicate significant differences by $LSD_{0.05}$.

พบอิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างพันธุ์ข้าวและอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสมีอิทธิพลต่อ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ในข้าวพันธุ์ไรสเบอร์รี่ การเพิ่มอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสจาก 0 เป็น 0.50 กรัม/กระถาง ไม่ทำให้น้ำหนักเมล็ดเพิ่มขึ้น แต่น้ำหนัก 1,000 เมล็ดเพิ่มขึ้นเมื่อให้ปุ๋ยในอัตรา 1 กรัม/กระถางขึ้นไปและมีน้ำหนักเมล็ดสูงสุดเมื่อใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส 2 กรัมต่อกระถาง แต่ในข้าวพันธุ์ทับทิมชุมแพ (กข 69) การเพิ่มอัตราปุ๋ยจาก 0 เป็น 0.50, 1 และ 1.50 กรัมต่อกระถางไม่มีผลต่อน้ำหนัก 1,000 เมล็ด แต่หากเพิ่มอัตราปุ๋ยเป็น 2 กรัมต่อกระถาง พบว่าน้ำหนักเมล็ดลดลง (Figure 7) สอดคล้องกับรายงานของ Saengruen & Insalud (2019) การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณที่เหมาะสมสำหรับความต้องการของข้าวสามารถช่วยส่งเสริมให้ข้าวมีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและรากที่ดีส่งผลให้ผลผลิตของข้าวสูงตามไปด้วย

ฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบของ ATP ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานสำคัญที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงในเมล็ดข้าว การขาดฟอสฟอรัสทำให้การสังเคราะห์แสงลดลง ส่งผลให้น้ำหนักเมล็ดลดลง (Raghothama, 1999) การจัดการในระดับที่แตกต่างกัน เช่น สายพันธุ์ข้าวที่มีประสิทธิภาพสูงในการดูดใช้ฟอสฟอรัสจะมีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้นและมีน้ำหนักเมล็ดมากขึ้น (Fageria et al., 2010) จะเห็นได้ว่าการขาดฟอสฟอรัสส่งผลต่อกระบวนการสร้างผลผลิตแตกต่างกันในข้าวสองพันธุ์ โดยในข้าวพันธุ์ไรสเบอร์รี่ระดับฟอสฟอรัสที่ต่ำในการทดลองนี้ไปจำกัดการสร้างรวง การติดเมล็ด และการสะสมน้ำหนักเมล็ด แต่ในข้าวพันธุ์ทับทิมชุมแพ (กข69) ระดับฟอสฟอรัสที่ต่ำไปจำกัดการสร้างรวง การติดเมล็ด แต่ไม่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการสะสมน้ำหนักเมล็ด (Figure 5, Figure 6 and Figure 7)

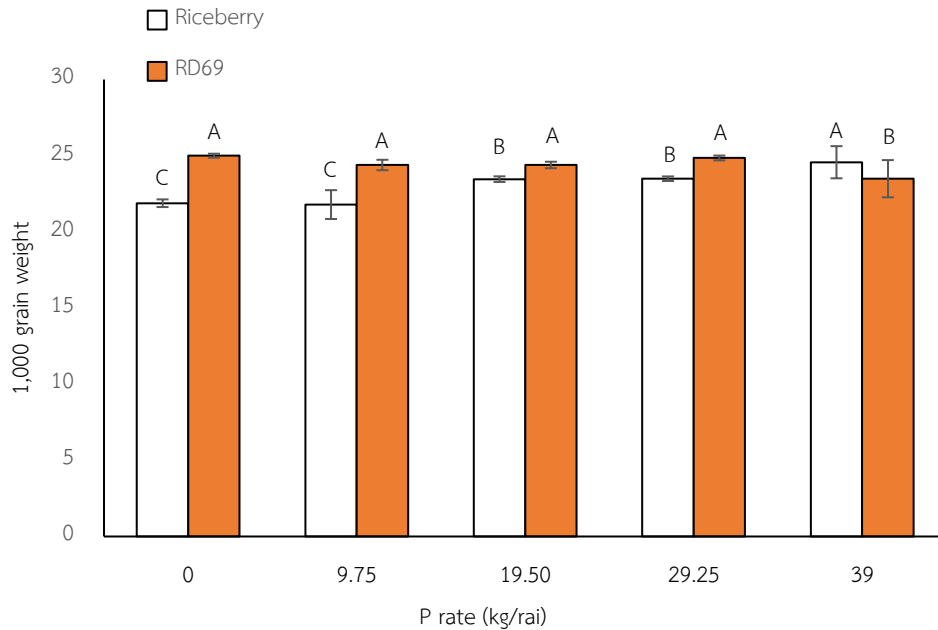


Figure 7 Effects of phosphorus application rate on 1,000 seed weight of Riceberry and RD69 rice varieties. The values are means of four replications. The different lowercase letters indicate significant differences by $LSD_{0.05}$.

เมื่อพิจารณาปริมาณสารฟอสฟอรัสที่เพิ่มหรือลดลง พบปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างพันธุ์ข้าวกับอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสที่มีอิทธิพลต่อปริมาณสารฟอสฟอรัสในเมล็ด โดยปริมาณสารฟอสฟอรัสในเมล็ดของข้าวทั้งสองพันธุ์ต่ำสุดเมื่อให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราสูงสุดคือ 2.0 กรัมต่อกระถาง เมื่อลดอัตราการให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสลง จาก 2 กรัมต่อกระถาง เป็น 1.50, 1 และ 0.50 กรัมต่อกระถาง พบว่า ปริมาณสารฟอสฟอรัสในเมล็ดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องผกผันกับอัตราปุ๋ยที่ลดลง และมีปริมาณสารฟอสฟอรัสสูงที่สุดที่อัตราปุ๋ย 0.50 กรัมต่อกระถาง แต่การที่ปลูกในสภาพฟอสฟอรัสต่ำมากโดยไม่ให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสเลย ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสต่ำลง (Figure 8) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารฟอสฟอรัสในเมล็ดข้าวทั้งสองพันธุ์พบว่า ในอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสที่สูงตั้งแต่ 1 กรัมต่อกระถางขึ้นไป ปริมาณสารฟอสฟอรัสในเมล็ดข้าวทั้งสองพันธุ์ไม่แตกต่างกัน แต่ในอัตราปุ๋ยที่ต่ำตั้งแต่ 0.50 และ 0 กรัมต่อกระถาง ปริมาณสารฟอสฟอรัสในเมล็ดข้าวพันธุ์หับทิมชุมแพ (กข 69) สูงกว่าพันธุ์ไรส์เบอร์รี่ (Figure 8)

พบปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างพันธุ์ข้าวกับอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสที่มีอิทธิพลต่อฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ เมล็ดข้าวพันธุ์หับทิมชุมแพ (กข 69) มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าเมล็ดข้าวพันธุ์ไรส์เบอร์รี่ในทุกอัตราปุ๋ย ข้าวทั้งสองพันธุ์ตอบสนองต่ออัตราปุ๋ยคล้ายกันคือที่อัตราปุ๋ยสูงสุดคือ 2 กรัมต่อกระถางมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระต่ำที่สุดเมื่อลดอัตราปุ๋ยลงเป็น 1.50, 1 และ 0.50 กรัมต่อกระถางทำให้เมล็ดมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้นผกผันกับอัตราปุ๋ยที่ลดลง แต่การไม่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเลยได้ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระต่ำกว่าที่อัตราปุ๋ย 0.50 กรัมต่อกระถาง

แสดงให้เห็นว่าในสภาพที่ขาดฟอสฟอรัสทำให้ผลผลิตเมล็ดลดลง แต่กลับส่งผลให้ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระในเมล็ดเพิ่มขึ้น เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะเป็นการปรับตัวต่อภาวะเครียดของพืช เมื่อพืชประสบปัญหาภาวะเครียดเช่น การขาดฟอสฟอรัสเกิดการชักนำให้สร้างสารอนุมูลอิสระเช่น hydrogen peroxide (H_2O_2) และ hydroxyl radicals (OH) อนุมูลอิสระเหล่านี้จะไปทำลายส่วนต่างๆ ของเซลล์พืช พืชจึงปรับตัวด้วยการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระเช่นสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกขึ้นมาเพื่อจะเปลี่ยนอนุมูลอิสระเหล่านี้ให้อยู่ในรูปที่ไม่เป็นอันตรายต่อพืช (Karuppanapandian et al., 2011) แต่สารต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้ กลับเป็นที่ต้องการในเชิงสุขภาพของผู้บริโภคข้าว (Lichanpom et al., 2019) การผลิตข้าวให้ได้สารต้านอนุมูลอิสระที่สูงต้องแลกมากับผลผลิตที่ลดลงจึงควรมีการศึกษาความคุ้มค่าอย่างละเอียดรอบคอบ ว่าการทำให้ข้าวขาดฟอสฟอรัสเพื่อให้มีสารต้านอนุมูลอิสระในเมล็ดสูงเพื่อเพิ่มมูลค่าเป็นข้าวเพื่อสุขภาพคุ้มค่างบมูลค่าของผลผลิตเมล็ดที่ลดลงจากการขาดฟอสฟอรัสหรือไม่ และในการทดลองนี้พบว่าที่ระดับฟอสฟอรัสในดินต่ำมาก (ไม่ใส่ปุ๋ย) ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระกลับลดลง (Figure 8 and (Figure 9) เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะในกระบวนการสังเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระจำเป็นต้องใช้พลังงาน (Kasote et al., 2015) และสารตัวกลางพลังงานที่สำคัญในสิ่งมีชีวิตคือ ATP (Adenosine triphosphate) ซึ่งฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบหลักของ ATP (Learning Innovation Institute Mahidol University, 2018) การขาดฟอสฟอรัสที่รุนแรงจนเกินไปทำให้ขาดสารตัวกลางพลังงานย่อมส่งผลไปจำกัดการสังเคราะห์สารอินทรีย์ในพืชเช่นสารต้านอนุมูลอิสระในที่สุด

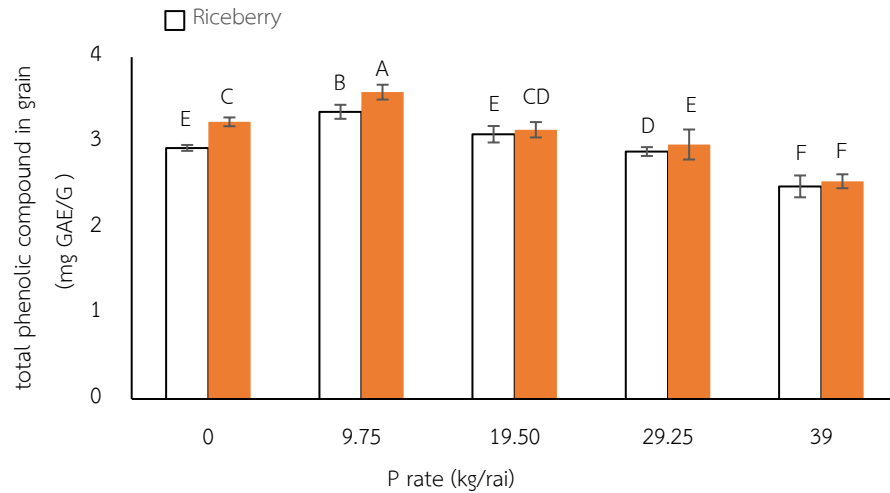


Figure 8 Effects of phosphorus application on grain total phenolic compound of Riceberry and RD69 rice varieties. The values are means of four replications. The different lowercase letters indicate significant differences by $LSD_{0.05}$.

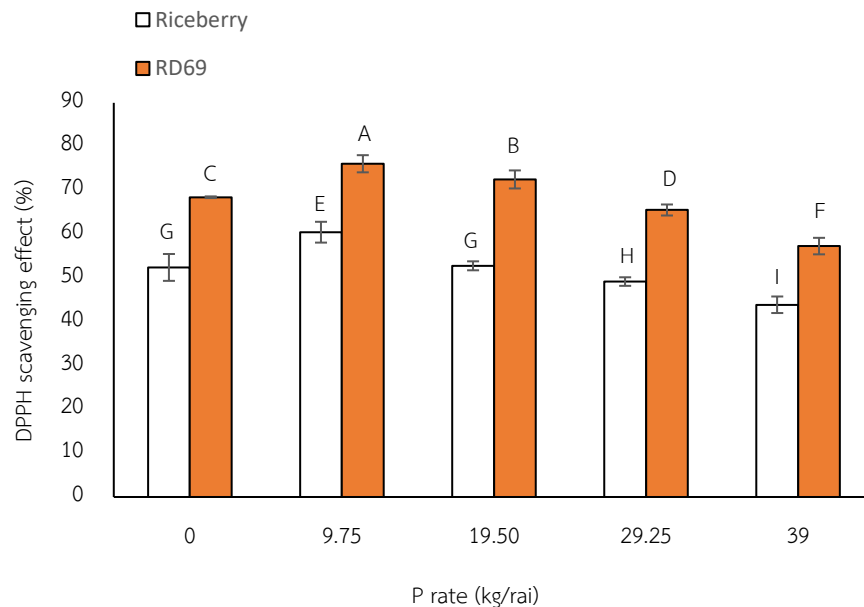


Figure 9 Effect of phosphorus application on grain antioxidant activity of Riceberry and RD69 rice varieties. The values are means of four replications. The different lowercase letters indicate significant differences by $LSD_{0.05}$.

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาอัตราของปุ๋ยฟอสฟอรัสที่มีต่อการเจริญเติบโตและสารต้านอนุมูลอิสระของในเมล็ดข้าวพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่และพันธุ์ทับทิมชุมแพ (กข 69) แสดงให้เห็นว่าอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อปริมาณสารฟีนอลิกและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระในเมล็ดข้าว โดยการใส่ปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟตในอัตรา 0.50 กรัม/กระถาง หรือ 9.75 กิโลกรัมต่อไร่ ในกลุ่มชุดดินที่ 22 ทำให้เมล็ดข้าวพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่และพันธุ์ทับทิมชุมแพ (กข 69) มีปริมาณสารฟีนอลิกและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด แต่ทั้งนี้ผลที่ตามมาคือการสูญเสียผลผลิตจากการขาดฟอสฟอรัสโดยที่ระดับฟอสฟอรัสทำให้ผลผลิตข้าว พันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ และ พันธุ์ทับทิมชุมแพ (กข 69) ลดลงร้อยละ 20.18 และ

15.72 ตามลำดับ จึงจำเป็นต้องอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาความคุ้มค่าให้รอบคอบ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยข้าวชุมแพ กรมการข้าว และ ศูนย์วิจัยข้าวล้านนา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์ข้าวในการทำวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณ คณะเทคโนโลยีการเกษตร และ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสุขภาพ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์ เครื่องมือ และสถานที่ในการทำวิจัย

References

- Brand-Williams, W., Cuvelier, M., & Berset, C. (1995). *Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity*. *LWT-Food Science and Technology*, 28(1), 25-30. doi: 10.1016/S0023-6438(95)80008-5.
- Daengchot, S., Seesang, S., & Seubsman, S. A. (2019). High nutritious consumption by different age consumers in Bangkok Metropolis. *Proceeding of the 9th STOU National research conference* (pp. 1633-1651). Nonthaburi, Thailand: Sukhothai Thammathirat Open University. (in Thai)
- Department of Land Development. (2024). *Nutrients necessary for plant growth*. Accessed March 15, 2024. Retrieved from http://oss101.ldd.go.th/web_soils_for_youth/s_prop_nutri02.htm. (in Thai)
- Division of Rice Research and Development. (2016). *Rice knowledge bank*. Accessed October 8, 2023. Retrieved from <https://newwebs2.ricethailand.go.th/webmain/rkb3> (in Thai)
- Duangpattra, P. (1995). *Principles and methods of using chemical fertilizers*. Bangkok, Thailand: Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University. (in Thai)
- Faculty Members of the Department of Soil Science. (2005). *Introduction to soil science*. Bangkok, Thailand: Kasetsart University Press. (in Thai)
- Fageria, N. K., Baligar, V. C., & Jones, C. A. (2010). *Growth and mineral nutrition of field crops* (3rd ed.). Boca Raton, Florida, United States: CRC Press. doi: 10.1201/b10160
- Fongfon S., Prom-u-thai C., Pusadee T., & Jamjod, S. (2021). Responses of purple rice genotypes to nitrogen and zinc fertilizer application on grain yield, nitrogen, zinc, and anthocyanin concentration. *Plants*, 10(8), 1717. doi: 10.3390/plants10081717
- Hall, R. (2008). *Soil essentials: Managing your farm's primary asset*. Braeside, Victoria Australia: CSIRO Publishing.
- Henry, J. B., Perkins-Veazie, P., McCall, I., & Whipker, B. E. (2019). Restricted phosphorus fertilization increases the betacyanin concentration and red foliage coloration of alternanthera. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 144(4), 264-273. doi: 10.21273/JASHS04702-19
- Imeab, A. (1999). Guidelines for improving the chemical quality of soil in Thailand. *Journal of Land Development*, 36(372), 24-36. (in Thai)
- Karuppanapandian, T., Moon, J. C., Kim, C., Manoharan, K., & Kim, W. (2011). Reactive oxygen species in plants: their generation, signal transduction, and scavenging mechanisms. *Australian Journal of Crop Science*, 5(6), 709-725.
- Kasote, D. M., Katyare, S. S., Hegde, M. V., & Bae, H. (2015). Significance of antioxidant potential of plants and its relevance to therapeutic applications. *International Journal of Bioogical Sciences*. 11(8), 982-991. doi: 10.7150/ijbs.12096
- Landon, J R. (1991). *Booker tropical soil manual: a handbook for soil survey and agricultural land evaluation in the tropics and sub tropics*. (1st ed.). Oxfordshire, England: Routledge. doi: 10.4324/9781315846842
- Learning Innovation Institute Mahidol University. (2018). *Metabolic processes*. Accessed August 5, 2024. Retrieved from https://il.mahidol.ac.th/e-media/electrochemistry/web/redox_metabolism2.htm. (in Thai)
- Li, W., Shan, F., Sun, S., Corke, H., & Beta, T. (2005). Free radical scavenging properties and phenolic content of Chinese black- grained wheat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(22), 8533- 8536. doi: 10.1021/jf051634y
- Lichanporn, I., Nanthachai, N., Tanganurat, P., & Akrakunthorn, P. (2019). The study of phenolic compound and antioxidant of native varieties of rice in Pathum Thani Province. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 47 (Suppl. 1), 637-642. (in Thai)
- Malhotra, H., Vandana., Sharma, S., & Pandey, R. (2018). *Phosphorus nutrition: plant growth in response to deficiency and excess*. Accessed September 29, 2024. https://www.researchgate.net/publication/325488444_Phosphorus_Nutrition_Plant_Growth_in_Response_to_Deficiency_and_Excess
- Prajuntasana R., Ratananikon K., & Payoungkiattikun W. (2022). Anthocyanin content, phenolic content, antioxidant activity and yield in indigenous rice as affected by

- different fertilizers, *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 23(8), 4195-4201. doi: 10.13057/biodiv/d230842
- Raghothama, K. G. (1999). Phosphate acquisition. *Annual Review of Physiology and Plant Molecular Biology*, 50, 665-693. doi: 10.1007/s11104-004-2005-6
- Saengruen, P., & Insalud, N. (2019). Different levels of phosphorus fertilizer on the growth of *Oryza sativa* var. Sew Mae Jun. *Burapha Science Journal*, 24(2), 725-730. (in Thai)
- Singleton V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventos, R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152-178. doi: 10.1016/S0076-6879(99)99017-1
- Special Market Rice Information Center. (2022). *High nutritional rice*. Accessed September 24, 2023. Retrieved from <https://www.thairicedb.com/rice.php?cid=6>
- Sulandjari, & Yunindanova. M. B. (2018). *Application of Azolla and intermittent irrigation to improve the productivity and nutrient contents of local black rice variety*. Accessed August 5, 2024. Retrieved from <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/142/1/012032/pdf>
- Tiwari, R., & Rana, C. S. (2015). Plant secondary metabolites: a review. *International Journal of Engineering Research and General Science*, 3(5), 661–670.
- Wolf, B. (1999). *The fertile triangle: the interrelationship of air, water, and nutrients in maximizing soil productivity*. New York, United States: The Haworth Press.

Research article

Effects of phosphorus fertilizer on yield and grain antioxidant in rice cv. Riceberry and Tubtim Chumphae (RD69)

Mesnarid Yotasing^{1*} Khakhanang Ratananikom² Chanakan Prom-u-thai³ and Ayut Kongpun¹

¹*Department of Plants Production Technology, Faculty of Agricultural Technology, Kalasin University, Mueang Kalasin District, Kalasin Province, Thailand 46000*

²*Department of Public Health, Faculty of Science and Health Technology, Kalasin University, Mueang Kalasin District, Kalasin Province, Thailand 46230*

³*Department of Plant and Soil Science, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Mueang Chiang Mai District, Chiang Mai Province, Thailand 50200*

ARTICLE INFO**Article history**

Received: 25 September 2024

Revised: 30 October 2024

Accepted: 7 December 2024

Online published: 26 December 2024

Keyword

Fertilizer management

Rice crop cultivation

Grain nutritional in rice

Rice grain quality compound

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the appropriate rate of phosphorus fertilizer application on the yield and grain antioxidant capacity of two rice varieties, Riceberry and Tubtim Chum Phae (RD69). These rice varieties were grown in pots containing topsoil from the 22nd soil series in Thailand. Phosphorus fertilizer, in the form of superphosphate, was applied to each rice variety at five different rates: 0, 0.50, 1, 1.50, and 2 g/pot. Increasing the phosphorus application rate from 0 to 2 g/pot consistently increased the seed yield of both rice varieties, though the degree of increase varied between the two. The highest total phenolic compound content and antioxidant activity in both rice varieties were observed when phosphorus was applied at 0.50 g/pot. However, further increases in phosphorus application resulted in a decline in total phenolic compound content and antioxidant activity. These results indicate that phosphorus application is a key factor affecting the total phenolic compound content and antioxidant activity in rice grains. Applying phosphorus fertilizer at 0.5 g/pot, equivalent to 9.75 kg/rai, produced the highest antioxidant capacity in both Riceberry and Tubtim Chum Phae (RD69) rice varieties.

*Corresponding author

E-mail address: mesnarid@gmail.com (M. Yotasing)

Online print: 26 December 2024 Copyright © 2024. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2024.57>