อัตราปุ๋ยโพแทสเซียมต่อปริมาณสารต้านออกซิเดชัน และฤทธิ์ในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของข้าวพันธุ์ กข69 (ทับทิมชุมแพ)

Effect of Potassium Fertilizer Rates on Active Ingredients and Antioxidant Activities of RD69 (Tubtim Chumphae)

ธัญวราภรณ์ ปรุงฆ้อง [1*] รณชัย ช่างศรี [1] สุพัฒนา บุรีรัตน์ [1] พิบูลวัฒน์ ยังสุข [2]
มัณฑนา นครเรียบ [3] และ จิราภรณ์ กระแสเทพ [3]

บทคัดย่อ

โพแทสเซียม เป็นธาตุอาหารที่มีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงและการหายใจ ควบคุมการเปิดปิดของปากใบ การเคลื่อนย้ายน้ำตาลในท่อลำเลียงอาหาร และการสะสมน้ำตาล ดังนั้น การให้ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราที่เหมาะสมอาจมีผลต่อการลำเลียงและสะสมปริมาณสารต้านออกซิเดชัน วัตถุประสงค์ในการศึกษาเพื่อทดสอบเบื้องต้น เกี่ยวกับอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมที่เหมาะสมในการปลูกข้าวพันธุ์ กข69 (ทับทิมชุมแพ) เพื่อให้ได้ปริมาณสารต้านออกซิเดชันประเภทฟีโนลิก ฟลาโวนอยด์ และแอนโทไซยานินสูง รวมทั้งฤทธิ์ในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่สูงของข้าวพันธุ์ กข69 (ทับทิมชุมแพ) ดำเนินงานในสภาพแปลงที่ศูนย์วิจัยข้าวชุมแพ ในฤดูนาปี 2557 โดยใช้ปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัส อัตรา 12-6 กิโลกรัม N-P_2O_5 ต่อไร่ทุกกรรมวิธี ปุ๋ยโพแทสเซียม 5 อัตรา คือ 0, 6, 12, 18 และ 24 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ พบว่า อัตราปุ๋ยโพแทสเซียมไม่ทำให้ผลผลิตข้าวทับทิมชุมแพแตกต่างกัน โดยให้ผลผลิตเฉลี่ย 705 กิโลกรัมต่อไร่ อัตราปุ๋ยโพแทสเซียมไม่มีผลต่อจำนวนรวงและความสูง การวิเคราะห์ปริมาณสารต้านออกซิเดชัน ความสามารถในการรีดิวซ์เหล็กและฤทธิ์การต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของข้าวกล้องหลังเก็บเกี่ยว 1 สัปดาห์ พบว่าอัตรา 6 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ ทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินสูงสุด (8.8045 ± 2.33 mg cyanidin-3 glucoside/mL) อัตรา 18 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ มีปริมาณฟีโนลิกรวมสูงสุด และอัตรา 18 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ ให้ผลดีต่อทั้งปริมาณสารต้านออกซิเดชัน ได้แก่ ฟีโนลิกรวม (203.3 mg/GAE/100 g sample) ฟลาโวนอยด์ (281.4476 ± 10.87 mg quercetin /100 g sample) และแอนโทไซยานิน (5.5607 ± 3.03 mg cyanidin-3 glucoside/mL) ความสามารถในการรีดิวซ์เหล็กสูง (1,735.3108 ± 96.55 mM Fe(II)/100 g sample) และมีฤทธิ์ในการต้านออกซิเดชันสูง DPPH (IC_{50} 3.1138 ± 0.03 mg/mL) สรุปได้ว่าปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 18 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ มีความเหมาะสมต่อ

[1] ศูนย์วิจัยข้าวชุมแพ อ.ชุมแพ จ.ขอนแก่น 40130 โทรศัพท์ 0-4331-1155
[2] ศูนย์วิจัยข้าวขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000 โทรศัพท์ 0-4324-1740
[3] ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทรศัพท์ / โทรสาร 0-4375-4322 ต่อ 1124
[*] Corresponding author: tunvaraporn.p@rice.mail.go.th

การปลูกข้าวพันธุ์ กข69 (ทับทิมชุมแพ) เพื่อให้ได้สารต้านออกซิเดชันและฤทธิ์ในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันสูง

Abstract

Potassium (K) is an essential mineral that plays a key role in photosynthesis and respiration , guard cell movement, sugar transport and accumulation. Therefore, the optimum potassium rate may results to increase the translocation and accumulation of antioxidants. This preliminary study aims to find the optimum rate of potassium for growing RD69 (Tubtim Chum Phae) to obtain the highest antioxidants (phenolic, flavonoid, and anthocyanin) including their highest activity. The experiment was conducted in Chum Phae Rice Research Center's field during wet season in 2014. The nitrogen and phosphorus fertilizer rates of 12-6 kg N-P_2O_5 /rai were applied in all treatments, but varied 5 potassium rates, namely 0, 6, 12, 18 and 24 kg K_2O/rai. The results showed that the rates of potassium did not affect the grain yield (average grain yield was 705 kg/rai). The number of panicle and plant high. However, potassium fertilizer rates influenced the antioxidants content and activities (by testing of Fe reducing and the capability of antioxidant). The antioxidant content in RD69 (Tubtim Chum Phae)'s brown rice at 1 week after harvesting was highest in anthocyanin (8.8045 ± 2.33 mg cyanidin-3 glucoside/mL) at the rate of 6 K_2O/rai, the highest in total phenolic content (203.3 mg/GAE /100 g sample) was found at the rate of 18 K_2O/rai. This fertilizer rate also increased the total flavonoid content (281.4476 ± 10.87 mg quercetin/100 g sample) and anthocyanin (5.5607 ± 3.03 mg cyanidin-3 glucoside/mL). Moreover, the capability of Fe reducing (1735.3108 ± 96.55 mM Fe (II)/100 g sample) and the antioxidant activity were also high (DPPH: IC_{50} 3.1138 ± 0.03 mg/mL) in this rate of potassium fertilizer. Consequently, we can conclude that potassium fertilizer at the rate of 18 kg K_2O/rai is suitable for growing RD69 (Tubtim Chum Phae) rice for the high antioxidants content and their better antioxidant activities.

คำนำ

ข้าวเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญ ประกอบด้วยคุณค่าทางโภชนาการที่สำคัญหลายอย่าง นอกจากนี้ ยังประกอบด้วยสารพฤกษเคมี (phytochemicals) ซึ่งมีการรายงานว่าสามารถ

คำสำคัญ : โพแทสเซียม, กข69, ทับทิมชุมแพ, สารต้านออกซิเดชัน, ฤทธิ์การต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน

Key words : Potassium, RD69, Tubtim Chum Phae, antioxidants, antioxidant activity

ลดความเสี่ยงในการเกิดโรคต่างๆ เช่น โรคหลอดเลือดหัวใจ และมะเร็ง พร้อมช่วยส่งเสริมสุขภาพ (Li *et al*., 2005) สารพฤกษเคมีที่พบในข้าวส่วนใหญ่เป็นสารประกอบกลุ่มโพลีฟีนอล ได้แก่ แอนโทไซยานิน (anthocyanin) และกรดเฟอริก (ferric acid) เป็นต้น จะพบได้ในธัญพืชชนิดต่างๆ ที่มีสีแดงถึงสีดำ โดยพบอยู่บริเวณเยื่อหุ้มชั้นนอก (pericarp) และเยื่อหุ้มชั้นใน หรือชั้นแอลิวโรน (aleurone layer) ของเมล็ด (Hu *et al*., 2003) จากการวิเคราะห์หาปริมาณแอนโทไซยานิน โพลีฟีนอล และความสามารถต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของข้าวที่มีสีและไม่มีสี พบว่าสารสกัดจากกลุ่มข้าวที่มีสี มีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด แอนโทไซยานิน และความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงกว่าสารสกัดจากกลุ่มข้าวที่ไม่มีสี (นิพัทธา และวริพัสย์, 2010) สอดคล้องกับการศึกษาข้าวในประเทศไทยของ Muntana and Prasong (2010) โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มข้าวขาว กลุ่มข้าวสีแดง และกลุ่มข้าวสีดำ ปริมาณฟีโนลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของข้าวทั้ง 3 กลุ่ม พบว่าข้าวกลุ่มสีแดงมีปริมาณฟีโนลิกทั้งหมด และมีฤทธิ์การต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงที่สุด รองลงมาคือกลุ่มข้าวสีดำและสีขาว ตามลำดับ

โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่มีบทบาทสำคัญเกี่ยวกับกระบวนการเมแทบอลิซึมของพืช คือ การควบคุมอัตราการสังเคราะห์แสง และการหายใจ หากพืชขาดโพแทสเซียมในระยะแรก การสังเคราะห์แสงจะลดลง ส่วนการหายใจจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากการขาดโพแทสเซียมมีผลต่อการควบคุมการเปิดปิดของปากใบ ทำให้การแพร่กระจายของ CO_2 การสังเคราะห์แสงลดลง การเคลื่อนย้ายน้ำตาลในท่อลำเลียงอาหารมีน้อย และเกิดการสะสมน้ำตาลที่ใบ (สมบุญ, 2536) โดยทั่วไปในกระบวนการสงเคราะห์แสงและการเคลื่อนย้ายอาหารไปยังเมล็ด จะต้องอาศัยโพแทสเซียม หากพืชขาดธาตุนี้ การเคลื่อนย้ายอาหารจะลดลง จนทำให้เมล็ดมีการสะสมอาหารไม่เพียงพอ ดังนั้นคุณภาพเมล็ดจึงต่ำ (Marschner, 1995)

จากการศึกษาถึงความแตกต่างของแหล่งและปริมาณของโพแทสเซียมในช่วงระยะการเจริญเติบโต ระยะออกดอก และผลผลิตของดาวเรือง พบว่าการให้โพแทสเซียมในปริมาณที่เพิ่มสูงขึ้นนั้น ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบเพิ่มมากขึ้น นอกจากนั้นยังพบปริมาณแอนโทไซยานินเพิ่มสูงขึ้นในกลีบดอกด้วย (Pal and Ghosh, 2010) ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้สูงว่าธาตุโพแทสเซียมอาจมีความเกี่ยวข้องกับปริมาณสารต้านออกซิเดชัน (antioxidant) และฤทธิ์ของสารดังกล่าวของข้าวพันธุ์ กข69 (ทับทิมชุมแพ)

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาการจัดการปุ๋ยโพแทสเซียมต่อสารต้านอนุมูลอิสระในข้าวพันธุ์ กข69 (ทับทิมชุมแพ) ซึ่งเป็นการศึกษาอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมที่เหมาะสมต่อการผลิตข้าว เพื่อให้ได้มาซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระสูง มีวิธีการทดลองดังนี้

1. ทดสอบปฏิกิริยาต่อปุ๋ยโพแทสเซียม ใช้ข้าวพันธุ์ กข69 (ทับทิมชุมแพ)

ทำการทดลองในฤดูนา ปี 2557 ณ ศูนย์วิจัยข้าวชุมแพ ด้วยแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) โดยมี 5 กรรมวิธีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม คือ ใช้ปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัส อัตรา 12-6 กิโลกรัม

N-P_2O_5 ต่อไร่ทุกกรรมวิธี ปุ๋ยโพแทสเซียม 5 อัตรา แตกต่างกัน คือ 0, 6, 12, 18 และ 24 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ ในดินชุดพิมาย (Very fine, smectitic, isohyperthermic Ustic Endoaquerts) ซึ่งมีผลวิเคราะห์ดินก่อนปลูกข้าวดังนี้ ค่าพีเอช 6.1 อินทรียวัตถุในดิน 1.39 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไนโตรเจน 0.07 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัส 5.1 ppm และปริมาณโพแทสเซียม 157.76 ppm ปักดำข้าว อายุ 25-30 วัน ระยะห่างระหว่างต้น 25 เซนติเมตร ใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีที่กำหนด หลังปักดำ 7 วัน และปุ๋ยไนโตรเจนอีกครั้งในระยะกำเนิดช่อ (เดือนมิถุนายน-ธันวาคม 2557) บันทึกลักษณะการเจริญเติบโต วันออกรวง ความสูง จำนวนรวงต่อกอ จำนวน และน้ำหนักเมล็ดดี ผลผลิต ความชื้น

2. วิเคราะห์หาปริมาณสารต้านออกซิเดชัน

การเตรียมสารสกัดตัวอย่าง

นำเมล็ดข้าวกล้องทั้งหกตัวอย่างไปบดให้ละเอียดก่อนนำไปสกัด แล้วชั่งน้ำหนักเมล็ดข้าวที่บดแล้ว 10 กรัม ใส่ลงในขวดแก้ว 100 มิลลิลิตร สกัดโดยใช้ตัวทำละลายเอธานอล ปริมาตร 70 มิลลิลิตร นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่า ที่ 155 รอบต่อวินาทีเป็นเวลา 30 นาที กรองสารสกัดที่ได้ผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 จากนั้นนำไประเหยเพื่อเพิ่มความเข้มข้น โดยใช้เครื่องกลั่นระเหยระบบสูญญากาศแบบหมุนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เก็บสารสกัดในรูปของสารละลายที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน ใส่ในขวดสีชาที่มีฝาปิด เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์

1. การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีโนลิกทั้งหมด (Butsat *et al*., 2010)

ปิเปตสารสกัดตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และสารละลายมาตรฐาน gallic acid ความเข้มข้น 0.05, 0.10, 0.30, 0.50, 0.70, 1.00 และ 1.30 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง เติมสารละลาย 10% Folin-Ciocalteu's reagent ปริมาตร 3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที จะได้สารละลายสีเขียว จากนั้นเติมสารละลาย 10% sodium carbonate ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 นาที จะได้สารละลายสีฟ้าใส จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer โดย blank จะใช้เอทานอลแทนสารสกัดตัวอย่าง

นำค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐาน gallic acid ไปสร้างกราฟเส้นตรงมาตรฐาน จากนั้นนำค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่างไปแทนค่าในสมการเส้นตรง จะได้ปริมาณของสารประกอบฟีโนลิกทั้งหมดโดยแสดงในหน่วยของ mg GEA/g of Sample

2. การทดสอบสมบัติต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยวิธีดักจับอนุมูลอิสระ 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) redical หรือ DPPH radical scavenging (Yamaguchi *et al*., 1998)

ปิเปตสารละลายมาตรฐาน ascorbic acid ที่มีความเข้มข้นต่างกันคือ 1, 3, 5, 7, 10, 15 และ 30 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และสารตัวอย่างเข้มข้น 0.3 ไมโครกรัมต่อลิตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร โดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย จากนั้นเติมสารละลายเอทาโนลิก DPPH ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสง

ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer โดยใช้เอทานอลเป็น blank เปรียบเทียบกับสารละลายเอทาโนลิก DPPH ที่ใช้เป็น control นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง % Radical Scavenging จากสมการดังต่อไปนี้

$$\text{Radical scavenging activity (\%)} = (1 - (A_{sample}/A_{control})) \times 100$$

$A_{control}$ คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างว่างเปล่า (DPPH อย่างเดียว)

A_{Sample} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร

3. การทดสอบความสามารถในการรีดิวซ์เหล็กของสารต้านออกซิเดชันโดยวิธี Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) (Benzie and Strain, 1996)

การเตรียมสารละลาย FRAP เตรียมจาก Acetate Buffer ความเข้มข้น 300 มิลลิโมลาร์ pH 3.6 กับ TPTZ ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ ที่ละลายด้วย HCl ความเข้มข้น 40 มิลลิโมลาร์ และ $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ความเข้มข้น 20 มิลลิโมลาร์ ในอัตราส่วน 10:1:1 ปิเปตสารสกัดตัวอย่างที่ความเข้มข้น 1.0 กรัมต่อมิลลิลิตร และสารละลายมาตรฐาน $FeSO_4$ ที่ความเข้มข้น 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 และ 0.7 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 0.05 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลาย FRAP ปริมาตร 3 มิลลิลิตร และเติม DI water ปริมาตร 300 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 นาที นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer โดยใช้สารละลาย FRAP เป็น blank

4. การหาปริมาณรวมของสารประกอบแอนโทไซยานิน ด้วยวิธี pH-differential (Giusti and Wrolstad, 2005)

เตรียม pH 4.5 buffer sodium acetate (ใช้ sodium acetate 0.2 กรัม หรือ 200 มิลลิกรัม ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร ใช้กรด HCl 37 เปอร์เซ็นต์ ปรับ pH ให้ได้ 4.5) เตรียม pH 1.0 buffer KCl (ใช้ potassium chloride 0.0125 กรัม หรือ 12.5 มิลลิกรัม ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร ใช้กรด HCl 37 เปอร์เซ็นต์ ปรับ pH ให้ได้ 1.0) นำสารสกัดข้าว 0.4 มิลลิลิตร ผสมกับ 0.025 M potassium chloride buffer pH 1.0 ปริมาตร 3.6 มิลลิลิตร มา centrifuge ที่ 5000xg นาน 10 นาที นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 515 และ 700 นาโนเมตร โดยใช้ potassium chloride buffer pH 1.0 เป็น blank นำสารสกัดข้าว 0.4 มิลลิลิตร ผสมกับ 0.4 M sodium acetate pH 4.5 ปริมาตร 3.6 มิลลิลิตร มา centrifuge ที่ 5000xg นาน 10 นาที นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 515 และ 700 นาโนเมตร โดยใช้ sodium acetate pH 1.0 เป็น blank คำนวณค่าการดูดกลืนแสงตัวอย่าง A ดังนี้

$$A = \text{pH 1.0 } (A_{515} - A_{700}) - \text{pH 4.5 } (A_{515} - A_{700})$$

5. การหาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม (Jia *et al*., 1999)

สารสกัดจากข้าวตัวอย่าง 0.1 มิลลิกรัม เจือจางด้วยน้ำกลั่น 250 ไมโครลิตร เติม 5% ของสาร $NaNO_2$ ลงไป 75 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่

อุณหภูมิห้อง 5 นาที หลังจากนั้นเติม 10% $AlCl_3$ จำนวน 150 ไมโครลิตร เขย่า 5 นาที เติม 1 M NaOH ลงไป 0.5 มิลลิลิตร นำสารละลายไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร ใช้สาร rutin hydrate เป็นสารมาตรฐานในการคำนวณปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม (กรัม rutin hydrate /กรัม rice extract)

ผลและวิจารณ์

ผลการดำเนินงานในสภาพแปลงที่ศูนย์วิจัยข้าวชุมแพ ในฤดูนาปี 2557 โดยใช้ปุ๋ยโพแทสเซียม 5 อัตราแตกต่างกัน พบว่า อัตราปุ๋ยโพแทสเซียมไม่ทำให้ผลผลิตข้าวพันธุ์ กข69 (ทับทิมชุมแพ) แตกต่างกัน โดยให้ผลผลิตเฉลี่ย 705 กิโลกรัมต่อไร่ อัตราปุ๋ยที่ให้ผลผลิตสูงที่สุด คือกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 24 กิโลกรัมต่อไร่ คือ 777 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนกรรมวิธีที่ให้ผลผลิตต่ำที่สุด คือ กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 12 กิโลกรัมต่อไร่ คือ 639 กิโลกรัมต่อไร่ อัตราปุ๋ยโพแทสเซียมไม่มีผลต่อจำนวนรวงและความสูงเฉลี่ย จำนวนรวง 9 รวง และมีความสูงเฉลี่ย 106 เซนติเมตร (Table 1)

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารต้านออกซิเดชัน ความสามารถในการรีดิวซ์เหล็ก และฤทธิ์การต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของข้าวกล้องหลังเก็บเกี่ยว 1 สัปดาห์ พบว่า อัตรา 6 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ ทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินสูงสุด (8.80 ± 2.33 mg cyanidin-3 glucoside/mL) อัตรา 18 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ มีปริมาณฟีโนลิกรวมสูงสุด และอัตรา 18 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ ให้ผลดีต่อทั้งปริมาณสารต้านออกซิเดชัน ได้แก่ ฟีโนลิกรวม (203.32 mg/GAE/100g sample) ฟลาโวนอยด์ (281.45 ± 10.87 mg quercetin /100 g sample) และแอนโทไซยานิน (5.56 ± 3.03 mg cyanidin-3 glucoside/mL) ความสามารถในการรีดิวซ์เหล็ก (1,735.31 ± 96.55 mM Fe(II)/100 g sample) และมีฤทธิ์ในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (3.11 ± 0.03 mg/mL) สรุปได้ว่า ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 18 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ มีความเหมาะสมต่อการปลูกข้าวทับทิมชุมแพ เพื่อให้ได้สารต้านออกซิเดชันและฤทธิ์ในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Table 2)

Table 1 Yield, height and number of panicle/hill of RD69 (Tubtim Chumphae) on various potassium fertilizer rate

Rate (kg N-P_2O_5-K_2O/rai)	Yield (kg/rai)	Height (cm)	Number of panicle/hill
12-6-0	756	106	8
12-6-6	651	101	10
12-6-12	639	100	10
12-6-18	703	96	9
12-6-24	777	103	10
Mean	705	101	9
Prob.	0.83	0.75	0.93
CV (%)	9.50	0.90	5.90

Table 2 Antioxidants content, capability of Fe reducing and active antioxidant

Rate (kg N-P_2O_5-K_2O/rai)	Total phenolic (mg GAE/100g Sample)	Total flavanoid (mg quercetin/ 100 g Sample)	Total anthocyanin (mg cyanidin-3 -glucoside/mL)	capability of Fe reducing (mM Fe(II)/ 100 g Sample)	Active antioxidant (mg/mL)
12-6-0	189.38 ± 9.50	300.99 ± 32.45	1.85 ± 1.51	1696.67 ± 28.80	3.09 ± 0.04
12-6-6	184.55 ± 3.63	295.10 ± 18.81	8.80 ± 2.33	1562.85 ± 121.21	3.21 ± 0.03
12-6-12	187.68 ± 8.67	291.71 ± 20.68	6.49 ± 3.86	1680.76 ± 118.96	3.30 ± 0.08
12-6-18	203.32 ± 4.95	281.45 ± 10.87	5.56 ± 3.03	1735.31 ± 96.55	3.11 ± 0.03
12-6-24	149.27 ± 6.39	232.09 ± 4.03	4.17 ± 4.11	1193.49 ± 125.70	3.75 ± 0.04

วิจารณ์และสรุปผล

จากการดำเนินงานในสภาพแปลงที่ศูนย์วิจัยข้าวชุมแพ ในฤดูนาปี 2557 นั้นพบว่าอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมไม่ทำให้ผลผลิตข้าวพันธุ์ กข69 (ทับทิมชุมแพ) แตกต่างกัน โดยให้ผลผลิตเฉลี่ย 705 กิโลกรัมต่อไร่ และไม่มีผลต่อจำนวนรวงและความสูง แต่มีผลต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ โดยผลการวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระความสามารถในการรีดิวซ์เหล็ก และฤทธิ์การต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของข้าวกล้องหลังเก็บเกี่ยว 1 สัปดาห์ ในการทดลองครั้งนี้พบว่า อัตรา 6 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ ทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินสูงสุด และอัตรา 18 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ มีปริมาณฟีโนลิกรวมสูงสุด รวมถึงให้ผลดีต่อทั้งปริมาณสารต้านออกซิเดชัน ได้แก่ ฟีโนลิกรวม ฟลาโวนอยด์ และแอนโทไซยานิน ความสามารถในการรีดิวซ์เหล็ก และฤทธิ์ในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันสูง ซึ่งมีแนวโน้มเช่นเดียวกับการศึกษาภายใต้สภาพแล้ง และมีการให้ปุ๋ยโพแทสเซียมในทานตะวัน พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณปุ๋ยโพแทสเซียมขึ้น ทำให้ทานตะวันมีผลผลิตเพิ่มสูงขึ้น และมีปริมาณสารต้านออกซิเดชันและเอนไซม์ที่ควบคุมอนุมูลอิสระเพิ่มสูงขึ้น (Soleimanzadeh *et al*., 2010) จากการทดลองสรุปได้ว่า ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 18 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ มีความเหมาะสมต่อการปลูกข้าวพันธุ์ กข69 (ทับทิมชุมแพ) เพื่อให้ได้สารต้านออกซิเดชันและฤทธิ์ในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันสูง จากการปลูกข้าวทดลองครั้งนี้เป็นการทำการทดลองเพียงฤดูเดียว ผลที่ได้จึงยังไม่ชัดเจน และทราบเพียงการตอบสนองต่อปุ๋ย เนื่องจากข้าวพันธุ์ กข69 (ทับทิมชุมแพ) เป็นข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสง จึงควรต้องเพิ่มฤดูกาลในการทดลอง ดังเช่นการศึกษาฤทธิ์การต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันและปริมาณฟีโนลิกทั้งหมดของ Amit *et al*. (2013) ในผลผลิตข้าวที่ปลูก

ในฤดูปลูกที่แตกต่างกันของประเทศไต้หวัน พบว่า ฤดูแรกเริ่มปลูก เดือนมิถุนายน-กรกฎาคม ข้าวมีปริมาณฟีโนลิกทั้งหมดสูงกว่าฤดูปลูกที่สองซึ่งเริ่มปลูกเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม ดังนั้นฤดูปลูกอาจมีผลต่อปริมาณสารต้านออกซิเดชันในข้าวไทยเช่นกัน จึงควรเพิ่มการทดสอบให้มีทั้งฤดูนาปีและฤดูนาปรัง รวมถึงควรมีการวิเคราะห์ความเป็นประโยชน์ของสารดังกล่าวในข้าวให้ละเอียดเพิ่มมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

นิพัทธา ชาติสุวรรณ และวริพัสย์ อารีกุล. 2010. ความสัมพันธ์ของปริมาณแอนโทไซยานินต่อปริมาณโพลีฟีนอลและความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นในข้าวสี และไม่มีสีในสายพันธุ์ต่างๆ. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 28(1): 77-86.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์ (2536). สรีรวิทยาของพืช. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ

Amit, K., C. Po-Yuan, C. Shih-Shiung and S. Po-Chun. 2013. Antioxidant activity and total phenolic content of organically and conventionally grown rice cultivars under varying seasons. Journal of Food Biochemistry 37: 661-668.

Benzie F.F. and J.J. Strain. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. Anal Biochem. 239(1): 70-76.

Butsat, S., N. Weerapreeyakul and S. Siriamornpun. (2009). Changes in phenolic acids and antioxidant activity in Thai rice husk at five growth stages during grain development. J. Agri. Food Chem. 57: 4566-4571.

Giusti, M.M. and R. E. Wrolstad. 2005. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-Visible spectroscopy, pp. 19-31. In R.E. Wrolstad, T.E. Acree, E.A. Decker, M.H. Penner, D.S. Reid, S.J. Schwartz, C.F. Shoemaker, D. Smith and P. Sporns, eds. Handbook of Food Analytical Chemistry. Wiley-Interscience, Hoboken, New Jersey.

Hu,C., J. Zawistowski, W. Ling and D.D. Kitts. 2003. Black rice (*Oryza sativa* L. indica) pigmented fraction suppresses both reactive oxygen species and nitric oxide in chemical and biological model systems. J. Agric Food Chem. 51(18): 5271-5277.

Jia, Z. T. Mengcheng and W. Jianming. 1999. The determination of flavonoid contents inmulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. Food Chemistry. 64:555-559.

Li, W., F. Shan, S. Sun, H. Cork and T. Beta. 2005. Free radical scavenging properties and ghenolic content of Chinese black-grained wheat. J. Agric Food Chem. 53(22): 8533-8536.

Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants, 2nd Edition, Academic Press: New York.

Muntana, N. and S. Prasong. 2010. Study on total phenolic content and their antioxidant activities of Thai white, red and black rice bran extracts. Pakistan Journal of Biological Sciences 13(4): 170-174.

Pal, P. and P. Ghosh. 2010. Effect of different sources and levels of potassium on growth, flowering and yield of African marigold (*Tagetes erecta* Linn.) cv. 'Siracole'. Indian Journal of Natural Products and Resources 1(3): 371-375.

Soleimanzadeh, H., D. Habibi, M. R. Ardakani, F. Paknejad and F. Rejali. 2010. Effect of potassium levels on antioxidant enzymes and malondialdehyde content underdrought stress in sunflower (*Helianthus annuus* L.). American Journal of Agricultural and Biological Sciences. 5(1): 56-61.

Yamaguchi, T., Takamura, H., Matoba, T. and J. Terao. 1998. HPLC method for evaluation of the free radical-scavenging activity of foods by using 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl. Biosci. Biotechnol. Biochem. 62:1201-1204.