ผลของกากแป้งมันสำปะหลัง และโพแทสเซียมต่อข้าวขาวดอกมะลิ 105

Effect of cassava starch waste and potassium on Khao Dowk Mali 105 rice

ณัฐพร ตักเตือน[1], ศุภิฌา ธนะจิตต์[1*], สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม[1] และ เอิบ เขียวรื่นรมณ์[1]

Nutthapon Taktuan[1], Suphicha Thanachit[1*], Somchai Anusonpornperm[1] and Irb Kheoruenromme[1]

บทคัดย่อ: ทำการศึกษาผลของกากแป้งมันสำปะหลัง และโพแทสเซียมต่อข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในชุดดินโคราช ในจังหวัดอุบลราชธานี วางแผนการทดลองแบบ factorial in RCBD ปัจจัยแรกเป็นการใส่กากแป้งมันสำปะหลังได้แก่ 0, 0.5 และ1 ตัน/ไร่ และปัจจัยที่ 2 เป็นอัตราของปุ๋ยโพแทสเซียมดังนี้ 0, 0.25, 0.5, 0.75, 1 และ1.25 เท่าของอัตราแนะนำจากผลวิเคราะห์ดินมีค่าเท่ากับ 2.4 กก. K_2O/ไร่ ผลการศึกษาพบว่า การใส่กากแป้งมันสำปะหลังเพื่อปรับปรุงดินช่วยลดความเป็นกรดของดินและเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์โดยเฉพาะการใส่ในอัตรา 1 ตัน/ไร่ และส่งผลให้ข้าวมีความสูง จำนวนรวง และน้ำหนักตอซังสูงกว่าการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่ส่งผลชัดเจนต่อน้ำหนักเมล็ดข้าว ส่วนการใส่โพแทสเซียมเพียงอย่างเดียวในอัตราสูงสุดเท่ากับ 3.0 กก. K_2O/ไร่ ทำให้ได้ผลผลิตเมล็ดข้าวที่ความชื้นร้อยละ 14 สูงสุดเท่ากับ 349 กก./ไร่ ซึ่งไม่แตกต่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ในอัตราที่ต่ำกว่า แต่สูงกว่าตำรับควบคุมที่ไม่มีการใส่โพแทสเซียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ให้ค่าเพียง 278 กก./ไร่ โพแทสเซียมจะส่งเสริมคุณภาพเชิงโภชนาการของข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยเฉพาะการใส่ในอัตรา 2.4 กก. K_2O /ไร่ และเมื่อใส่ร่วมกับกากแป้งมันสำปะหลังในอัตรา 1 ตัน/ไร่จะทำให้ความเข้มข้นของเหล็กในเมล็ดสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 13.1 มก./กก. การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมไม่มีผลต่อปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมของข้าวแต่จะมีค่าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในตอซังข้าวเมื่อใส่กากแป้งมันสำปะหลังอัตรา 1 ตัน/ไร่ ผลผลิตเมล็ดข้าวมีสหสัมพันธ์เชิงเส้นกับความเข้มข้นของโพแทสเซียมในเมล็ดข้าว (r=0.51**) มากกว่าธาตุอาหารอื่นๆ

คำสำคัญ: วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร วัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานแป้ง ข้าวหอมมะลิ ดินร่วนเหนียวปนทราย

ABSTRACT: The experiment was conducted to investigate the effect of cassava starch waste (CSW) and potassium (K) on Jasmine rice CV. Khao Dawk Mali 105 (KDML 105) rice grown in Korat soil series was conducted in a farmer field in Ubon Ratchathani province. Experimental design was arranged in Factorial in RCBD. The first factor comprised the application of CSW at rates of 0, 0.5 and 1 t/rai. The second factor consisted of K fertilization at rates of 0, 0.25, 0.5, 0.75, 1 and 1.25 of the recommended rate basing on soil analytical data, which was 2.4 kg/rai of K_2O. Result showed that CSW applied as soil amendment reduced soil acidity, increased organic matter and available K, especially when applied at the rate of 1 t/rai and, as a consequence, significantly resulted in the rice having plant height, number of panicle per hill and straw weight all greater than that of the control but unclear in the case of rice grain weight. The soil fertilized with K at the highest rate of 3.0 K_2O/rai gave the greatest rice grain and straw weight (349 and 307 kg/rai, respectively), however; the differences were not clear when compared to other treatment using

[1] ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพ 10900
Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, 10900
* Corresponding author: agrspc@ku.ac.th

lower rates, but the amounts were significantly higher than those obtained from the control (278 and 209 kg/rai, respectively. The addition of K promoted better nutritional quality of KDML 105 rice grain, especially when applied solely at the rate of 2.4 kg K_2O/rai, and together with CSW at the rate of 1 t/rai that significantly stimulated the highest iron concentration in rice grain of 13.1 mg/kg. Potassium had no impact on K uptake in plant tissues while the highest K uptake in rice straw was found in soil amended with CSW at the rate of 1 t/rai. Rice grain yield had a liner correlation with K concentration in grain (r=0.51**) more significantly than the other plant nutrients.
Keyword: Agricultural waste, starch manufacturing wastes, jasmine rice, sandy clay loam

บทนำ

ข้าวหอมมะลิในประเทศไทยประมาณร้อยละ 62 ปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (สำนักเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) โดยพื้นที่ส่วนใหญ่มักเป็นดินนาดอน จึงพบปัญหาการขาดแคลนน้ำในฤดูปลูก ประกอบกับดินส่วนใหญ่มีเนื้อดินค่อนข้างหยาบถึงปานกลางทำให้ความสามารถในการเก็บรักษาธาตุอาหารและความชื้นไว้ในดินต่ำ ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ทำให้ขาดแคลนธาตุอาหารหลักโดยเฉพาะโพแทสเซียม (Potassium; K) เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ผลผลิตข้าวหอมมะลิในภูมิภาคนี้ต่ำ (Cha-um *et al*., 2009; Cha-um and Kirdmanee, 2011) โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืช มีส่วนสำคัญในการเคลื่อนย้ายสารอาหาร ทำให้ผนังเซลล์แข็งแรง ช่วยเพิ่มพื้นที่ใบและปริมาณคลอโรฟิลล์ อีกทั้งยังช่วยเพิ่มน้ำหนักเมล็ด จำนวนเมล็ด จำนวนเมล็ดดีต่อรวง (กรมการข้าว, 2554) โพแทสเซียมในดินส่วนใหญ่เป็นองค์ประกอบของแร่ เช่น เฟลด์สปาร์ ไมกา ซึ่งเป็นส่วนที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช ขณะที่ในส่วนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชนั้นจะอยู่ในรูปที่แลกเปลี่ยนได้และสารละลายดินโดยเฉพาะในส่วนของสารละลายซึ่งพบน้อยมากในดินเนื้อหยาบ (Brady and Weil, 2008) ดังนั้นข้าวจึงมักตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใส่เพิ่มเติม (อำนาจ และคณะ, 2540, มณีรัตน์ และคณะ, 2551, Fageria, 2015) ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตพืชเกษตรชั้นนำของโลกหลายชนิดโดยเฉพาะข้าวและมันสำปะหลังส่งผลให้มีเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจำนวนมาก โดยเฉพาะกากแป้งมันสำปะหลังซึ่งเป็นของเสียจากโรงงานแปรรูปแป้งมันสำปะหลัง และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี กากแป้งสำปะหลังมีสมบัติที่เหมาะสมสำหรับการใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน เนื่องจากมีปริมาณอินทรียวัตถุและความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูง นอกจากนี้ยังมีธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืชโดยเฉพาะธาตุอาหารหลัก (สุกัญญา และ วราพันธุ์, 2552, Jedrum *et al*., 2014) เมื่อใส่ลงไปในดินจะเป็นแหล่งให้อินทรียวัตถุ ปรับปรุงสภาพทางฟิสิกส์และเคมีของดินให้ดูดซับน้ำและธาตุอาหารได้นานขึ้น (Buakhao *et al*., 2012, Jedrum *et al*., 2014) จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรน่าจะใช้ปรับปรุงดินโดยเฉพาะในดินที่มีปัญหาดังเช่นที่ใช้ปลูกข้าวหอมมะลิในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เพื่อเพิ่มความสามารถในการดูดซับความชื้นและธาตุอาหารโดยเฉพาะโพแทสเซียมได้ การศึกษานี้จึงคาดว่าจะเป็นประโยชน์ในแง่การใช้วัสดุเหลือทิ้งให้เกิดประโยชน์เพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวหอมมะลิ และอาจช่วยลดการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมเมื่อมีการใช้กากแป้งมันสำปะหลังในการปรับปรุงดิน ทำให้ได้เทคโนโลยีที่เหมาะสมต่อการปรับปรุงดินที่ใช้ปลูกข้าวหอมมะลิและเพิ่มผลผลิตในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

วิธีการศึกษา

จัดทำแปลงทดลองปลูกข้าวขาวดอกมะลิ ในแปลงเกษตรกรบ้านขี้เหล็ก ตำบลนาดี อำเภอนาเยีย จังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งเป็นบริเวณของชุดดินโคราช ที่พบบริเวณส่วนต่ำของลานตะพักลำน้ำขั้นกลาง สมบัติดินก่อนทำการทดลอง พบว่า ดินบนที่ระดับความลึก 0-30 ซม. เป็นกรดจัดมาก (pH 4.70) มีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ดินมีปริมาณ

อินทรียวัตถุ (2.73 ก./กก.) และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนอยู่ในระดับต่ำมาก (3.75 เซนติโมล/กก.) จึงส่งผลให้ความสามารถในการดูดยึดธาตุอาหารต่ำ ธาตุอาหารพืชจึงเกิดการสูญหายอย่างรวดเร็วจึงอาจเป็นสาเหตุให้ปริมาณที่คงอยู่ในดินจึงมีอยู่น้อยมาก ความอุดมสมบูรณ์ของดินจึงอยู่ในระดับต่ำมาก โดยดินมีไนโตรเจนรวม (0.07 ก./กก.) ฟอสฟอรัส (1.70 มก./กก.) และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (8.26 มก./กก.) อยู่ในระดับต่ำมาก

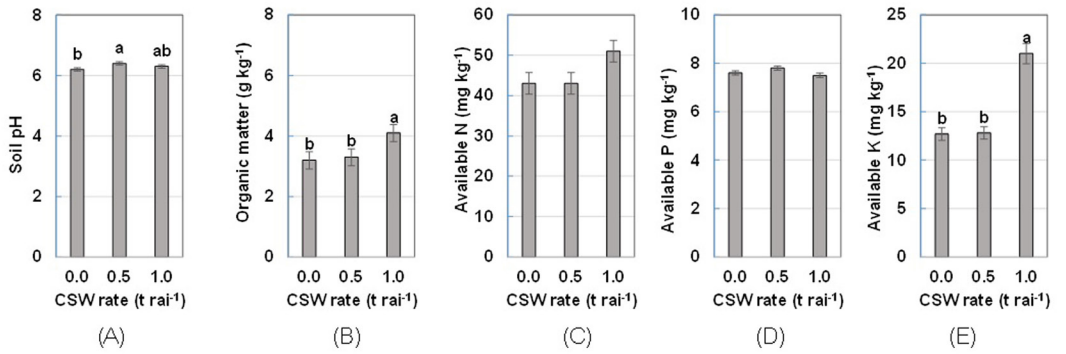
ดำเนินการจัดทำแปลงทดลองโดยวางแผนการทดลองแบบ 3×6 Factorial in Randomized Complete Block Design จำนวน 3 ซ้ำ ปัจจัยแรกเป็นการใส่กากแป้งมันสำปะหลังโดยใช้ในอัตรา 0, 0.5 และ 1 ตัน/ไร่ ส่วนปัจจัยที่ 2 เป็นการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 0, 0.25, 0.5, 0.75, 1 และ 1.25 เท่าของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.4 กก./ไร่ เริ่มต้นโดยทำการปรับพื้นที่ทั้งหมดให้มีความสม่ำเสมอ หลังจากนั้นทำการแบ่งแปลงทดลองย่อยให้มีขนาด 2×2 ม. ยกคันนากว้าง 0.5 ม. สูง 0.3 ม. โดยทำคันดินกั้นแต่ละแปลงย่อย และทำคันดินรอบแปลงใหญ่เพื่อป้องกันน้ำไหลข้ามแปลง เมื่อเตรียมแปลงเรียบร้อยแล้วจึงใส่กากแป้งมันสำปะหลังในแต่ละแปลงย่อย ทำการคลุกเคล้าสับกลบลงในดินคลุกเคล้าในดินโดยใช้จอบปล่อยทิ้งไว้ 14 วัน จากนั้นปล่อยน้ำเข้ากระทงนา 1 วัน ก่อนปักดำ ปักดำกล้าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อายุ 35 วัน จำนวน 3 ต้น/กอ โดยมีระยะปลูกเท่ากับ 25x25 ซม. แบ่งใส่ปุ๋ยเคมีจำนวน 2 ครั้ง ได้แก่ หลังปักดำ 7 วัน โดยทำการใส่ปุ๋ยอัตรา 4.8-4.8 กก. $N\text{-}P_2O_5$/ไร่ และใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมตามตำรับการทดลอง จากนั้นใส่ปุ๋ยแต่งหน้าด้วยไนโตรเจนอีกครั้งในอัตรา 4.6 กก./ไร่ที่ระยะข้าวตั้งท้องในทุกตำรับการทดลอง โดยปุ๋ยที่ใส่ได้มาจากการผสมของปุ๋ยยูเรีย ไดแอมโมเนียม-ฟอสเฟต และโพแทสเซียมคลอไรด์ และกำจัดวัชพืชโดยใช้แรงงานคน

การเก็บข้อมูล ประกอบด้วย 1) การเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0 – 30 ซม. ในทุกแปลงย่อยหลังสับกลบกากแป้งมันสำปะหลัง 14 วัน เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติดิน โดยสมบัติดินที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ พีเอช ปริมาณอินทรียวัตถุ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เป็นปะโยชน์ในดินโดยวิธีวิเคราะห์มาตรฐาน (National Soil Survey Center, 1996) 2) บันทึกข้อมูลองค์ประกอบผลผลิตข้าวที่อายุ 110 วัน โดยมีพื้นที่เก็บเกี่ยวเท่ากับ 1.56 ตร.ม. และ 2) เก็บตัวอย่างพืชที่ระยะเก็บเกี่ยวแบบแยกส่วน ได้แก่ เมล็ดข้าวขาว แกลบและรำ และตอซัง เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนโดยการย่อยสลายด้วยกรด H_2SO_4-Na_2SO_4-Se และวัดปริมาณโดยวิธี Kjeldahal method (Jackson, 1965) สำหรับธาตุอาหารพืชที่เหลือทำการย่อยสลายด้วยกรด HNO_3-H_2SO_4-$HClO_4$ (Jonhson and Ulrich, 1959) โดยวัดปริมาณฟอสฟอรัสโดยวิธี Vanadomolybdate yellow color method (Murphy and Riley, 1962) ส่วนปริมาณโพแทสเซียม เหล็ก สังกะสี และทองแดง ทำการวัดด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (Westerman, 1990) จากนั้นนำไปคำนวนการดูดใช้ธาตุอาหารของข้าวขาวดอกมะลิ 105 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ประกอบด้วย 1) การวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย Duncan multiple rang test (DMRT) และ 2) การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตเมล็ด และตอซังข้าว กับความเข้มข้นของธาตุอาหารในเมล็ด แกลบและรำ และตอซัง โดยใช้ Bivariate correlation analysis

ผลการศึกษา

1. ผลของกากแป้งมันสำปะหลังต่อสมบัติดิน

การไถกลบวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรส่งผลต่อสมบัติดินบนของชุดดินโคราชอย่างชัดเจน โดยการไถกลบกากแป้งมันสำปะหลังในอัตรา 1 ตัน/ไร่ ทิ้งไว้ 2 สัปดาห์ทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุ (4.1 ก./กก.) และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน (21.1 มก./กก.) สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การใส่ในอัตรา 0.5 ตัน/ไร่ให้ผลไม่แตกต่างจากตำรับควบคุม นอกจากนี้การใส่กากแป้งมันสำปะหลังช่วยลดความเป็นกรดโดยทำให้พีเอชดินเพิ่มขึ้นจากตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การใส่ในอัตรา 0.5 และ 1 ตัน/ไร่ให้ผลไม่แตกต่างกัน



† The different lower case letters within a bar are significantly different at P≤0.05 by DMRT test.

Figure 1 Effect of cassava starch waste on property of Kt soil series: soil pH (A), organic matter (B), available N (C), available P (D) and available K (E).

(Figure 1) แสดงให้เห็นว่ากากแป้งมันสำปะหลังช่วยปรับปรุงดินและเพิ่มเติมโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินอย่างชัดเจน

2. ผลของกากแป้งมันสำปะหลังและโพแทสเซียม

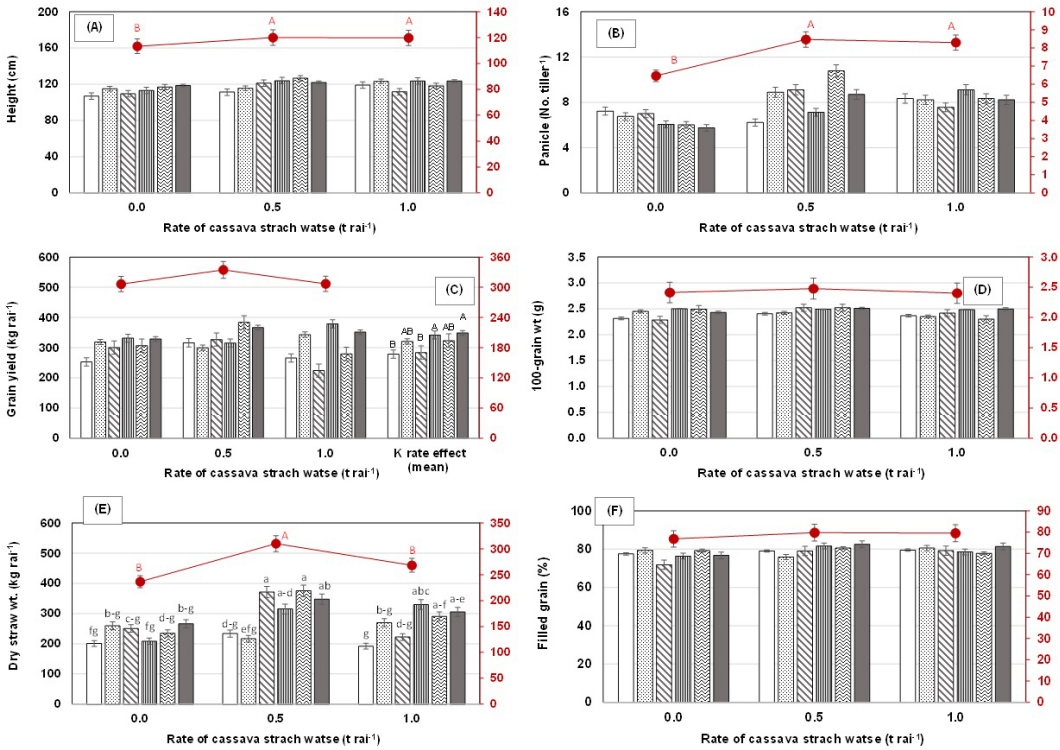
2.1 การเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบของข้าว

การใส่กากแป้งมันสำปะหลังและปุ๋ยโพแทสเซียมมีผลต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกบนชุดดินโคราชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใส่กากแป้งมันสำปะหลังจะส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวขาวดอกมะลิ 105 อย่างชัดเจนซึ่งตำรับควบคุมจะให้ความสูง จำนวนรวงที่อายุเก็บเกี่ยว และน้ำหนักตอซังแห้งต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Figure 2) แต่เมื่อทำการใส่ในอัตรา 0.5 และ 1.0 ตัน/ไร่ จะให้ความสูง (120 ซม.) และจำนวนรวงเฉลี่ย (8.47 และ 8.30 รวง/ต้น) ที่อายุเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเนื่องจากกากแป้งมันสำปะหลังทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น (Figure 1) จึงอาจส่งผลต่อเนื่องให้ดินอุ้มน้ำได้เพิ่มขึ้นจึงส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าว อย่างไรก็ตามการใส่ในทั้งสองอัตราให้ผลไม่แตกต่างทางสถิติยกเว้นน้ำหนักตอซังแห้งที่พบว่าการใส่กากแป้งมันสำปะหลังในอัตรา 0.5 ตัน/ไร่ ให้น้ำหนักตอซังแห้งสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเท่ากับ 310 กก./ไร่ แต่เมื่อใส่ในอัตราที่เพิ่มเป็น 1.0 ตัน/ไร่ ทำให้น้ำหนักตอซังแห้งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (268 กก./ไร่) ซึ่งไม่แตกต่างจากตำรับควบคุมที่ให้ค่าต่ำที่สุด (237 กก./ไร่) ส่วนผลผลิตน้ำหนักเมล็ดที่ความชื้นร้อยละ 14 (306 – 335 กก./ไร่) น้ำหนัก 100 เมล็ด (2.40 – 2.48 ก.) และร้อยละเมล็ดดี (ร้อยละ 76.8 – 79.5) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างตำรับการทดลอง (Figure 2)

การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวขาวดอกมะลิ 105 อย่างชัดเจน ทั้งนี้มีความเป็นไปได้ว่ากากแป้งมันสำปะหลังที่ใส่ย่อยสลายได้ช้าจึงปลดปล่อยให้โพแทสเซียมไม่เพียงพอ ข้าวจึงตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใส่เพิ่มเติม ดังจะเห็นได้จากตำรับควบคุมที่ให้ความสูง น้ำหนักเมล็ดที่ความชื้นร้อยละ 14 และน้ำหนักตอซังแห้งของข้าวต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ซึ่งความสูงของข้าว น้ำหนักเมล็ดที่ความชื้นร้อยละ 14 และน้ำหนักตอซังแห้งจะเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยที่ใส่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 2) แต่อย่างไรก็ตามพบว่าการใส่ปุ๋ยในอัตรา 1.2 กก. K_2O/ไร่ ส่งผลให้ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดที่ความชื้นร้อยละ 14 ลดลงจนไม่แตกต่างจากตำรับควบคุมที่ให้ค่าต่ำสุด (278 กก./ไร่) เช่นเดียวกับการใส่ปุ๋ยในอัตรา 0.6 กก./ไร่ ที่ให้น้ำหนักตอซังแห้งลดลงจนไม่แตกต่างจากตำรับควบคุม ในขณะที่การใส่ปุ๋ยในอัตรา 3.0 กก. K_2O/ไร่ ให้น้ำหนักเมล็ดที่ความชื้นร้อยละ 14 และน้ำหนักตอซังแห้งสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติซึ่งมีค่าเท่ากับ 349 และ 307 กก./ไร่ ตามลำดับ

ซึ่งน้ำหนักตอซังแห้งที่ได้ให้ผลไม่แตกต่างทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยในอัตราแนะนำเท่ากับ 2.4 กก. K_2O/ไร่ (300 กก./ไร่) (Figure 2)

ปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างอัตราของกากแป้งมันสำปะหลังและอัตราของปุ๋ยโพแทสเซียมส่งผลให้น้ำหนักตอซังแห้งของข้าวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใส่กากแป้งมันสำปะหลังในอัตรา 0.5 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยในอัตราแนะนำเท่ากับ 2.4 กก. K_2O/ไร่ ให้น้ำหนักตอซังแห้งสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าเท่ากับ 375 กก./ไร่ ซึ่งให้ผลไม่แตกต่างทางสถิติกับการใส่ร่วมกับปุ๋ยในอัตราที่ลดลงเท่ากับ 1.2 กก. K_2O/ไร่ (372 กก./ไร่) ถึงแม้ว่าการใส่กากแป้งมันสำปะหลังเพียงอย่างเดียวในอัตรา 1 ตัน/ไร่ จะให้น้ำหนักตอซังแห้งต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อมีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมร่วมด้วยในอัตราต่าง ๆ จะทำให้น้ำหนักแห้งตอซังเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยเฉพาะเมื่อใส่ร่วมกับปุ๋ยอัตรา 1.8 กก. K_2O/ไร่ (330 กก./ไร่) แต่การใส่ปุ๋ยในอัตราดังกล่าวเพียงอย่างเดียวกลับให้ผลผลิตตอซังแห้งลดลงจนมีค่าต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งให้ผลไม่แตกต่างจากตำรับควบคุมที่ไม่มีการปรับปรุงดินและไม่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมซึ่งให้ค่า



† Mean as affected by the rate of cassava starch waste are indicated by black circle, the values are shown on secondary Y axis on the right hand side, the different upper case letters are significantly different at P≤0.05 by DMRT test.

‡ Mean as affected by the rate of K fertilizer and interaction between the rate of cassava starch waste and the rate of K fertilizer are indicated by bar, the values are shown on primary Y axis on the left hand side, the different lower case or upper case letters within a bar are significantly different at P≤0.05 by DMRT test.

Figure 2 Response of KDML 105 rice grown on Korat soil series to cassava starch waste and potassium fertilizer: Plant height (A), number of panicle (B), grain yield (C) and 100-grain weight (D) at 14% moisture, dry straw weight (E) and filled grain (F)

เท่ากับ 209 และ 201 กก./ไร่ ตามลำดับ นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราต่าง ๆ เพียงอย่างเดียว ส่วนใหญ่ให้น้ำหนักตอซังแห้งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราเดียวกันที่มีการใส่กากแป้งมันสำปะหลังร่วมด้วย (Figure 2) เนื่องจากการไถกลบกากแป้งมันสำปะหลังจะทำให้ปริมาณของโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นจากตำรับควบคุม (Figure 1) นอกจากนี้กากแป้งมันสำปะหลังที่ใช้มีแคลเซียมสูงถึง 6.73 ก./กก (ข้อมูลไม่แสดง) ซึ่งแคลเซียมมีความสำคัญในการส่งเสริมความแข็งแรงให้กับเซลล์พืช จึงส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะเมื่อได้รับโพแทสเซียมที่เพียงพอ (Allen and Pilbeam, 2015)

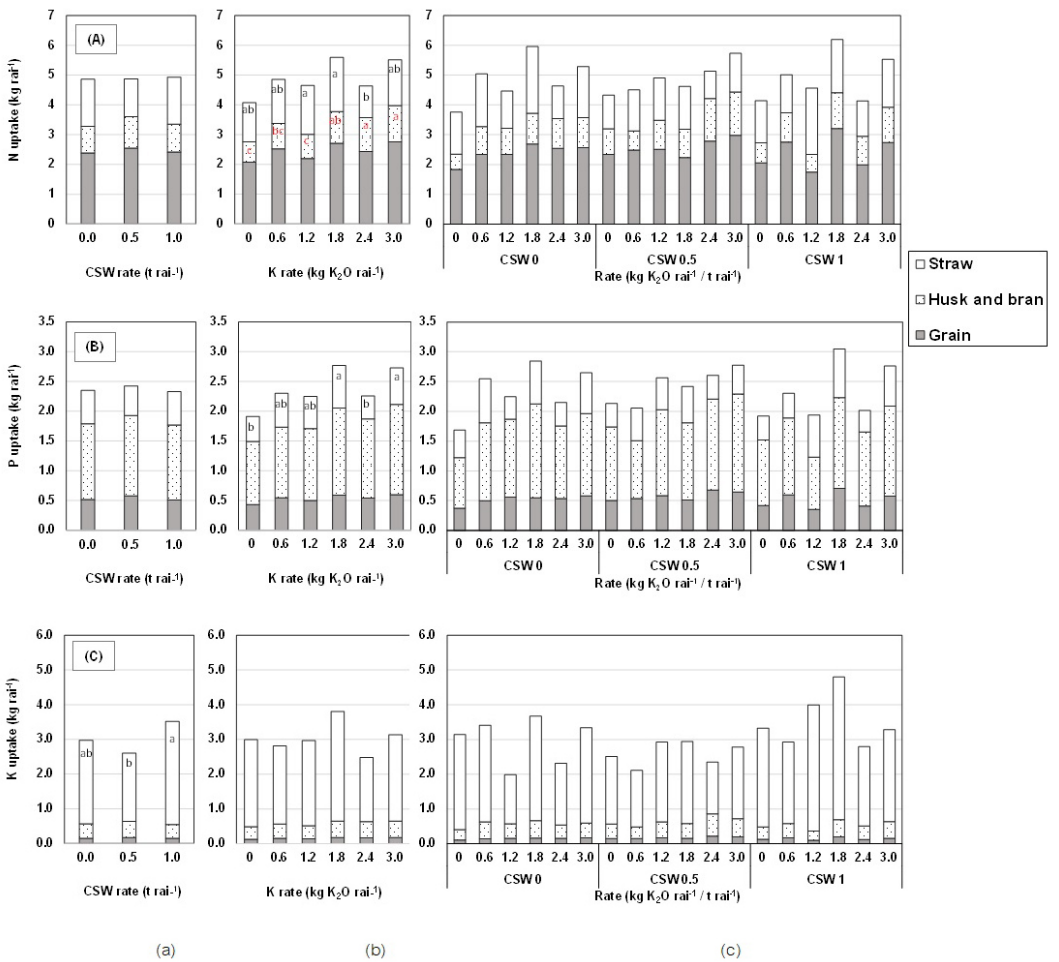
2.2 การดูดใช้ธาตุอาหารหลักของข้าวขาวดอกมะลิ 105

การใส่กากแป้งมันสำปะหลังส่งผลต่อการดูดใช้โพแทสเซียมโดยตอซังข้าวอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยการใส่ในอัตรา 1 ตัน/ไร่ ให้ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 2.98 กก./ไร่ รองลงมาได้แก่ตำรับควบคุม (2.41 กก./ไร่) และการใส่ในอัตรา 0.5 ตัน/ไร่ให้ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมต่ำที่สุดมีค่าเท่ากับ 1.96 กก./ไร่ (Figure 3) การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมส่งผลต่อการดูดใช้ไนโตรเจนของตอซัง แกลบและรำ และการดูดใช้ฟอสฟอรัสของตอซังข้าว อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติและมีค่าค่อนข้างแปรปรวน (Figure 3) โดยการใส่ปุ๋ยในอัตราแนะนำเท่ากับ 2.4 กก. K_2O/ไร่ ให้ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในตอซังต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (1.06 และ 0.39 กก./ไร่ ตามลำดับ) แต่กลับให้ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนของแกลบและรำข้าวสูงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเท่ากับ 1.13 กก./ไร่ ซึ่งให้ผลไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยในอัตรา 3.0 กก. K_2O/ไร่ อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยในอัตรา 1.2 กก K_2O/ไร่ (0.82 กก./ไร่) และตำรับควบคุม (0.68 กก./ไร่) ให้ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนโดยแกลบและรำข้าว ไม่แตกต่างกัน ซึ่งมีค่าต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราดังกล่าวกลับให้ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนในตอซังสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเท่ากับ 1.63 กก./ไร่ ซึ่งให้ผลไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยในอัตรา 1.8 กก. K_2O/ไร่ ที่ให้ค่าเท่ากับ 1.82 กก./ไร่ ส่วนการใส่ปุ๋ยในอัตราอื่น ๆ ให้ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนในตอซังรองลงมาและมีค่าไม่แตกต่างกัน ในขณะที่การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 1.8 และ 3.0 กก. K_2O/ไร่ ให้ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติไม่แตกต่างกันโดยมีค่าเท่ากับ 0.72 และ 0.62 กก./ไร่ ตามลำดับ รองลงมาเป็นการใส่ปุ๋ยในอัตรา 0.6 และ 1.2 กก. K_2O/ไร่ (0.54-0.56 กก./ไร่) แต่อย่างไรก็ตามพบว่า อัตราแนะนำ 2.4 กก. K_2O/ไร่ ให้ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสต่ำที่สุด (0.39 กก./ไร่) ไม่แตกต่างจากตำรับควบคุม (0.42 กก./ไร่) (Figure 3) นอกจากนี้ข้าวมีปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมทั้งหมดอยู่ในพิสัย 1.51-4.97 กก./ไร่ โดยมีปริมาณการดูดใช้มากสุดในตอซังข้าว แสดงให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยในอัตราที่มากกว่า 1.2 กก. K_2O/ไร่ น่าจะให้โพแทสเซียมเพียงพอต่อข้าว ในขณะที่หากมีการปรับปรุงดินด้วยกากแป้งมันสำปะหลังอาจใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมร่วมในอัตราที่ลดลงลงมาได้ ทั้งนี้เนื่องจากกากแป้งมันสำปะหลังที่ใช้มีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบถึง 1.97 ก./กก. (ข้อมูลไม่แสดง) จึงทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้น (Figure 1) จึงส่งเสริมการดูดใช้โพแทสเซียมของข้าวซึ่งให้ผลสอดคล้องกับปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมที่มีค่าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อใส่กากแป้งมันสำปะหลังในอัตรา 1 ตัน/ไร่ (Figure 3)

2.3 คุณภาพเชิงโภชนาการของข้าวขาวดอกมะลิ 105

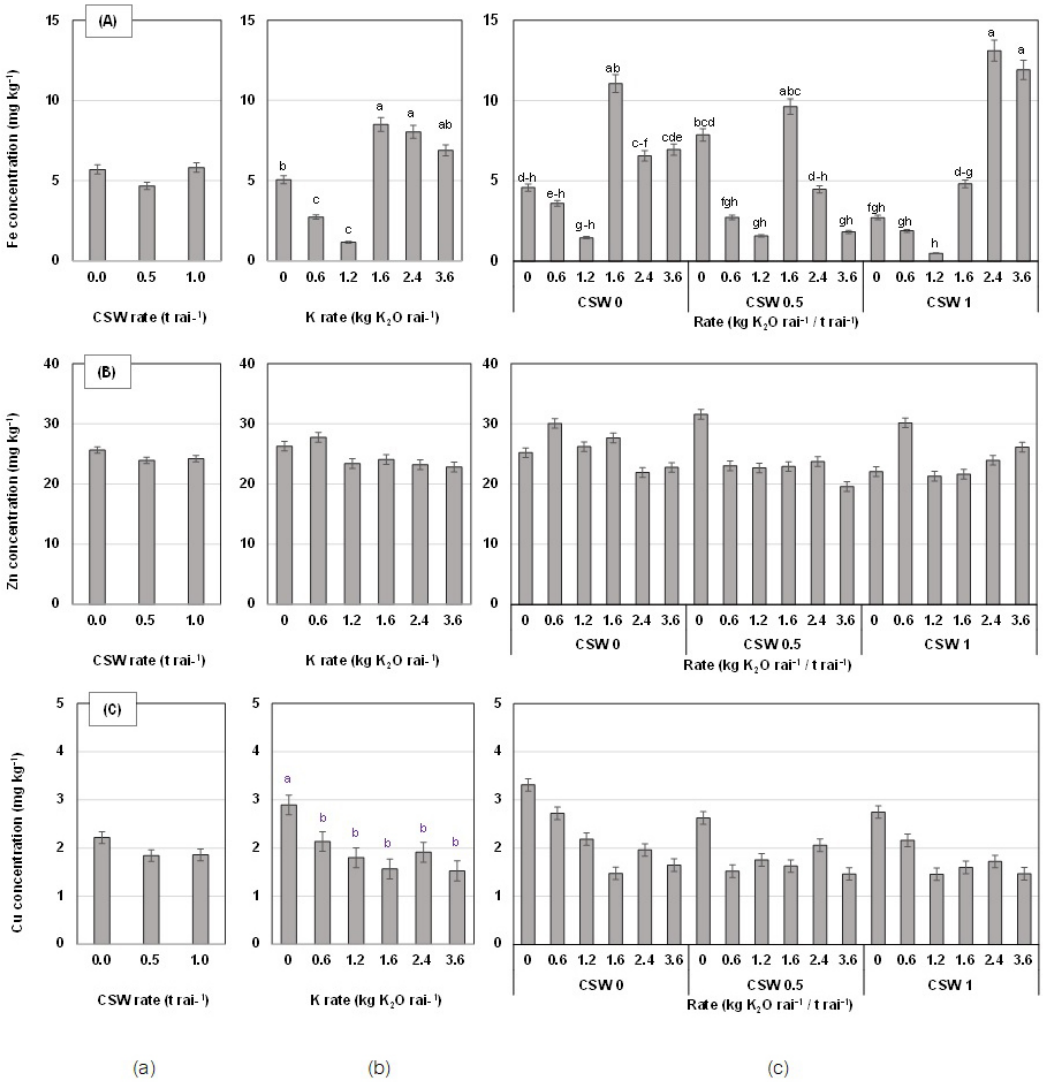
คุณภาพเชิงโภชนาการของข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยพิจารณาจากความเข้มข้นของเหล็ก สังกะสี และทองแดง ในเมล็ดข้าว (Figure 4) พบว่า ความเข้มข้นของสังกะสีในเมล็ดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างตำรับการทดลองโดยให้ค่าอยู่ในพิสัย 19.6-31.2 มก./กก. ส่วนการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในทุกอัตรา

ให้ความเข้มข้นของทองแดงในเมล็ดข้าวไม่แตกต่างกัน มีค่าอยู่ในพิสัย 1.53-2.13 มก./กก. แต่มีค่าต่ำกว่าในตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ขณะที่ความเข้มข้นของเหล็กเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแสดงให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมช่วยส่งเสริมคุณภาพเชิงโภชนาการของข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยพบว่าการใส่ปุ๋ยในอัตรา 1.8 และ 2.4 กก. K_2O /ไร่ จะส่งเสริมคุณภาพของข้าวขาวดอกมะลิได้ดีที่สุดเนื่องจากเป็นอัตราที่ให้ความเข้มข้นของเหล็กในเมล็ดสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติไม่แตกต่างกันโดยมีค่าเท่ากับ 8.03-8.50 มก./กก. แต่เมื่อใส่ปุ๋ยในอัตราที่เพิ่มขึ้นเป็น 3.0 กก. K_2O /ไร่ กลับให้ความเข้มข้นของเหล็กในเมล็ดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



† The different lower case letters within a bar are significantly different at P≤0.05 by DMRT test.

Figure 3 Effect of cassava starch waste (a) potassium fertilizer (b) and interaction between cassava starch waste and potassium fertilizer (c) on nitrogen (A), phosphorus (B) and potassium (C) uptake in grain, straw, husk and bran of KDML 105 rice.



† The different lower case letters within a bar are significantly different at P≤0.05 by DMRT test.

Figure 4 Effect of cassava starch waste (a) potassium fertilizer (b) and interaction between cassava starch waste and potassium fertilizer (c) on iron (A), zinc (B) and cupper (C) concentrations in rice grain

ส่วนการใส่ปุ๋ยในอัตราต่ำให้ผลไม่แตกต่างจากตำรับควบคุมซึ่งให้ค่าต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 4) นอกจากนี้ยังพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างกากแป้งมันสำปะหลังและปุ๋ยโพแทสเซียมต่อความเข้มข้นของเหล็กในเมล็ดข้าวโดยการใส่กากแป้งมันสำปะหลังในอัตรา 1 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราแนะนำ 2.4 กก. K_2O/ไร่ ให้ความเข้มข้นของเหล็กในเมล็ดสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 13.1 มก./กก. ซึ่งให้ผลไม่แตกต่างจากการใส่กากแป้งในอัตราเดียวกันร่วมกับปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 3.0 กก. K_2O /ไร่ อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของเหล็กที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ยังมีค่าต่ำกว่าที่รายงานโดย Welch and Graham (2004) ที่พบว่าความเข้มข้นของเหล็กในข้าวสาลี

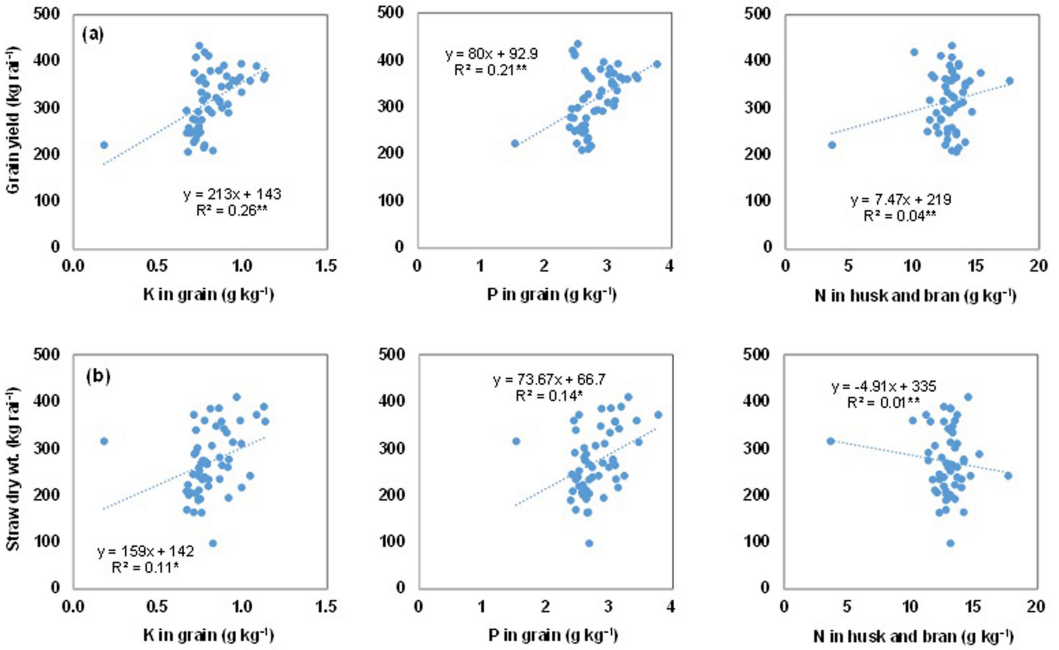


Figure 5 Linear relationship between grain yield (a) and straw dry weight (b) of KDML 105 rice and major plant nutrient concentrations in plant parts

ข้าวบาร์เลย์ ข้าวโพด และข้าวกล้องมีค่าอยู่ในพิสัย 6-24 มก./กก.

3. สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 กับความเข้มข้นของธาตุอาหารพืช

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตเมล็ดและตอซังข้าวในแปลงทดลองกับความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักในเมล็ด แกลบและรำ และตอซังข้าว แสดงใน **Table 1** พบว่า น้ำหนักเมล็ดที่ความชื้นร้อยละ 14 และน้ำหนักแห้งตอซังข้าวมีสหสัมพันธ์เชิงเส้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับความเข้มข้นของไนโตรเจนในแกลบและรำข้าว (r=0.38** และ r = 0.48**) ความเข้มข้นของฟอสฟอรัส (r=0.46**

Table 1 Correlation coefficient (r) for linear relationship between plant nutrient concentration, grain yield, and dry straw weight of jasmine rice, KDML 105

Plant nutrient concentration	Grain yield (at 14% moisture) (---------- kg rai^{-1} ---------)	Dry straw wt.	Grain yield (at 14% moisture) (---------- kg rai^{-1} ---------)	Dry straw wt.	Grain yield (at14% moisture) (---------- kg rai^{-1} ---------)	Dry straw wt.
	In grain		In husk and bran		In straw	
N	0.21	-0.12	0.38**	0.48**	-0.16	-0.35
P	0.46**	0.37**	0.20	0.24	0.18	0.11
K	0.51**	0.34*	0.14	0.19	-0.09	0.08

* = correlations are significant at ≤0.05; ** = correlations are significant at ≤ 0.01; N = 54

และ r=0.37**) และโพแทสเซียม (r=0.51** และ r=0.34**) ในเมล็ด เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่า ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในเมล็ดข้าวมีสหสัมพันธ์เชิงเส้นกับน้ำหนักเมล็ดที่ความชื้นร้อยละ 14 มากกว่าธาตุอาหารอื่น ๆ เนื่องจากให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงที่สุดเท่ากับ 0.51** (Table 2) และให้สหสัมพันธ์กำหนด (R^2) เท่ากับ 0.26 (Figure 5) แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมในเมล็ดส่งเสริมการเพิ่มผลผลิตข้าว เนื่องจากโพแทสเซียมมีบทบาทสำคัญในกระบวนสังเคราะห์แสง ทำให้ผนังเซลล์แข็งแรง เพิ่มพื้นที่ใบและปริมาณคลอโรฟิลล์ ช่วยเพิ่มจำนวนเมล็ดและน้ำหนักเมล็ด ข้าวที่ขาดโพแทสเซียมต้นจะแคระแกรน การแตกกอลดลง ใบสั้น ถ้าการขาดรุนแรงมาก รวงข้าวจะผอมยาว อาจมีจุดด่าง ขนาดและน้ำหนักของเมล็ดลดลง การหักล้มสูง มักจะเกิดในระยะหลังของการเจริญเติบโต (กรมการข้าว, 2554) สอดคล้องกับ Seleque *et al.* (2013) รายงายว่าธาตุโพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่จำกัดผลผลิตข้าว ข้าวต้องการปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราสูงเพื่อให้มีผลผลิตที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้การสูญเสียธาตุอาหารในดินโดยเฉพาะธาตุโพแทสเซียม อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ผลผลิตข้าวลดลง (Bhamdari *et al.*, 2003)

สรุป

การปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในชุดดินโคราช ซึ่งมีเนื้อดินค่อนหยาบและมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ซึ่งดินเหล่านี้มักพบบริเวณที่นาดอนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีความจำเป็นต้องมีการปรับปรุงดินจึงจะทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น กากแป้งมันสำปะหลังเป็นเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีศักยภาพที่ใช้ในการปรับปรุงดินชุดดินโคราชที่ขาดความอุดมสมบูรณ์ได้โดยการไถกลบในอัตรา 1 ตัน/ไร่ ช่วยลดความเป็นกรด เพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ให้แก่ดินนี้ได้ดีที่สุด กากแป้งมันสำปะหลังส่งผลเชิงบวกต่อองค์ประกอบของผลผลิตข้าว โดยเฉพาะเมื่อมีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมร่วมโดยการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 3.0 กก. K_2O/ไร่จะให้ผลผลิตเมล็ดข้าวสูงที่สุดและเมื่อใส่ร่วมกับกากแป้งมันสำปะหลังในอัตรา 0.5 ตัน/ไร่จะให้น้ำหนักตอซังแห้งสูงสุด นอกจากนี้กากแป้งมันสำปะหลังและปุ๋ยโพแทสเซียมจะช่วยเพิ่มความเข้มข้นของเหล็กในเมล็ดข้าวโดยการใส่กากแป้งมันสำปะหลังในอัตรา 1 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยในอัตรา 2.4 กก. K_2O/ไร่ จะส่งเสริมคุณภาพเชิงโภชนาการของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ได้ดีที่สุด ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในเมล็ดข้าวและความเข้มข้นของไนโตรเจนในแกลบและรำจะมีสหสัมพันธ์ทางสถิติกับผลผลิตข้าวและตอซังข้าวมากกว่าธาตุอื่น ๆ ตามลำดับ ควรมีการทดสอบซ้ำในปีต่อไปเพื่อให้ได้ผลการทดลองที่ชัดเจนเพิ่มขึ้น รวมทั้งตรวจสอบถึงผลสะสมของกากแป้งมันสำปะหลังที่มีต่อดินและข้าวขาวดอกมะลิ 105 ต่อไป

คำขอบคุณ

งานวิจัยในครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) (สวก)

เอกสารอ้างอิง

กรมการข้าว. 2554. ข้าวขาวดอกมะลิ 105.สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว, กรมการข้าว, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

มณีรัตน์ ม่วงศรี, จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข และ เอ็จส โรบล. 2551. ผลการใส่ฟางข้าวและแกลบร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมต่อผลผลิตข้าวที่ปลูกในชุดดินพิมาย. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุกัญญา จัตตุพรพงษ์ และ วราพันธุ์ จินตณวิชญ์. 2552. การใช้ประโยชน์เศษเหลือจากมันสำปะหลัง. ศูนย์

ค้นคว้าและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์ สถาบันสุวรรณวาจกสิกิจฯ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปี 2558. กระทรวงเกษตร และสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

อำนาจ สุวรรณฤทธิ์, สมชาย กรีฑาภิรมย์, สุภาพ บูรณากาญจน์, พรรณพิมล สุริยะพรหมชัย, วารุณี วารัญญานนท์, พัชรี โสธนาสมบูรณ์, ทรงศักดิ์ รัฐปัตย์, ทรงชัย วัฒนพายัพกุล, กรรณิกา นาลาง, สว่าง โรจนกุศล และ พิทักษ์ พรอุไรสนิท. 2540. ผลของปุ๋ยโพแทสเซียมต่อคุณภาพเมล็ดข้าวหอมขาวดอกมะลิ 105. ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย์.)31: 175-191.

Allen, V.B. and D.J. Pilbeam. 2015. Handbook of Plant Nutrition, 2nd ed. CRC Press.

Bhamdari, A.L., Amin, R., Yadav, C.R., Bhattarai, E.M., Das, S. and H.P. Aggarwal. 2003. How extensive are yield declines in long-term rice-wheat experiment in Asia. Field Crop Research. 81, 159-180.

Brady N.C. and R.R. Weil. 2008. The Nature and Properties of Soils. 14 ed. Pearson-Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.

Buakhao, B., S. Thanachit and S. Anusontpornperm. 2012. Comparative efficiency of acacia leaf (*Acacia ampliceps* Maslin.) and soil amendments on sodic soil reclamation for growing jasmine rice in northeast Thailand. Proceeding of 38thCongress on Science and Technology of Thailand, 17-19 October 2012, The Empress Convention Centre, Chiang Mai, Thailand.

Cha-um, S., K. Supaibulwattana and C. Kirdmanee. 2009. Comparative effects of salt stress and extreme pH stress combined on Glycinebetaine accumulate, photosysnthetic and growth characters of two rice genotypes. Rice Sci. 16: 274-182.

Cha-um, S. and C. Kirdmanee. 2011. Remediation of salt-affected soil by the addition of organic matter an investigation into improving glutinous rice productivity. Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.) 68: 406-410.

Fageria, N. K., 2015.Potassium Requirements of Lowland Rice, Communications in Soil Science and Plant Analysis, 46:12, 1459-1472, DOI: 10.1080/00103624.2015.1043444

Jackson, M.L. 1965. Soil Chemical Analysis-Advanced Course. Department of Soils, University of Wisconsin, USA.

Jedrum, S., S. Thanachit, S. Anusontpornperm and W. Wiriyakitnateekul. 2014. Soil Amendments Effect on Yield and Quality of Jasmine Rice Grown on Typic Natraqualfs, Northeast Thailand. Inter. J. Soil Sci. 9: 37-54.

Johnson, C.M. and A. Ulrich. 1959. Analytical methods for use in plant analysis. Calif. Agri. Exp. Stat. Bull. 767: 25-78.

Murphy, J. and J.P. Riley. 1962. A modified single solution method for determination of phosphate in natural waters. Anal. Chim. Acta. 27: 31-36.

National Soil Survey Center. 1996. Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigations Report No. 42, Version 3.0. Natural Conservation Service, USDA.

Seleque, M.A., M.K. Uddin, A.K.M. Ferdous, and M.H. Rashid. 2013. Potassium-constrained high yields in irrigated rice. J.

Plant Nutri. 36: 1829-1840.

Westerman, R.L. 1990. Soil Testing and Plant Analysis. 3rd ed. Amer. Soil Sci. Soc. Amer., Madison, WI, USA.

Welch, R.M., and R.D. Graham. 2004. Breeding