

วิชาสัมมนา (1201-480)

การตอบสนองของข้าวต่อการจัดการปุ๋ยโพแทสเซียม
Response of Rice to Potassium Fertilizer management

โดย

นางสาวเมธาวลัย ศรีวาจา

รหัสนักศึกษา 61120041146

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. ภาษิตา พุ่มศิริ

ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ภาคการศึกษาที่ 1/2564

วันที่ 15 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2564

หลักสูตร : วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเอกพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์
 มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
วิชา : 1201-480 สัมมนาพืชไร่
ปีการศึกษา : 2564
เรื่อง : การตอบสนองของข้าวต่อการจัดการปุ๋ยโพแทสเซียม
ชื่อภาษาอังกฤษ: Response of Rice to Potassium Fertilizer management
ผู้สัมมนา : นางสาวเมธาวลัย ศรีวาทา 61120041146
อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.ภาษิตา ทุ่นศิริ

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันพื้นที่ดินส่วนใหญ่ที่เหมาะสมกับการเพาะปลูกข้าวมักพบปัญหาการขาดโพแทสเซียม (K) ปุ๋ยโพแทสเซียมเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเพาะปลูกและเพิ่มผลผลิตของข้าวด้วยเหตุนี้ จึงค้นคว้า รวบรวม และอภิปราย เกี่ยวกับอิทธิพลของปุ๋ยโพแทสเซียมต่อองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตของข้าว ซึ่งพบว่าการทดลองการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราที่ 0, 0.05, 0.10, 0.15, และ 0.20 กรัมK/กระถาง พบว่า ผลผลิตข้าวลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อการให้ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตรา 0.15 กรัมK/กระถาง ทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นถึง 10.9 กรัม/กระถาง เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมซึ่งได้ผลผลิต 6.2 กรัม/กระถาง เมื่อพิจารณาผลผลิตของข้าวที่ปลูกกับองค์ประกอบผลผลิต พบว่ามีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับน้ำหนักฟาง จำนวนเมล็ดดี/กระถาง น้ำหนัก 1,000 เมล็ด การให้ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 0.15 กรัมK/กระถาง ทำให้องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตของข้าวสูงขึ้น และชนิดโพแทสเซียมคลอไรด์ร่วมกับแอมโมเนียมซัลเฟต โพแทสเซียมคลอไรด์ร่วมกับโพสโซไลต์ และ โพสโซไลต์ แต่การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมชนิดโพแทสเซียมคลอไรด์ร่วมกับแอมโมเนียมซัลเฟต ผลผลิตเมล็ดข้าวและน้ำหนักแห้งฟางเพิ่มขึ้น 31% และ 22% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม (กรรมวิธีควบคุม) แต่ไม่พบความแตกต่างในกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยชนิดอื่น และพบว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมทำให้ข้าวมีจำนวนหน่อต่อกอ และจำนวนรวงต่อต้นมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม ยกเว้นการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมชนิดโพแทสเซียมคลอไรด์ เพียงชนิดเดียวเท่านั้น การทดลองพบว่า โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่สำคัญที่สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตของข้าวเจ้าและข้าวเหนียวได้

คำสำคัญ ข้าว; การตอบสนอง; ปุ๋ยโพแทสเซียม; การจัดการปุ๋ยโพแทสเซียม

บทนำ

ประชากรในโลกบริโภคข้าวเป็นอาหารหลักมากกว่า 40 % โดยเฉพาะในเอเชีย แอฟริกา อเมริกาใต้ และออสเตรเลีย ดังนั้นการผลิตข้าวที่เป็นพืชอาหารหลักของประชากรโลกให้เพียงพอต่อจำนวนประชากรที่ยังคงมีอัตราการเติบโตอย่างต่อเนื่องจึงต้องใช้ปัจจัยการผลิต เช่น ปุ๋ยในปริมาณมากขึ้นเพื่อเพิ่มผลผลิตให้เพียงพอกับความต้องการที่เพิ่มขึ้น เกษตรกรส่วนใหญ่ใช้ปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นหลักในการรักษาเสถียรภาพของผลผลิตข้าว ในขณะที่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่เป็นธาตุอาหารหลักที่สำคัญ มีส่วนช่วยให้พืชเจริญเติบโตและพัฒนา รักษาสมดุลของเอนไซม์ และควบคุมแรงดันต่าง ๆ ในเซลล์พืช เช่นเดียวกันกลับไม่ถูกนำมาใช้หรือใช้ในอัตราต่ำเมื่อเทียบกับปุ๋ยสองชนิดแรก และเป็นสาเหตุที่ส่งผลให้โพแทสเซียมในดินขาดความสมดุลกับธาตุอาหารชนิดอื่น โดยการลดลงของโพแทสเซียมในดินส่งผลทำให้โพแทสเซียมเป็นปัจจัยจำกัดการเจริญเติบโตของพืชและมีการใช้ประโยชน์จากธาตุอาหารอื่น ๆ ลดลง มีผลกระทบต่อการให้ผลผลิต และท้ายที่สุดส่งผลให้พื้นที่ทำการเกษตรมีปัญหาการขาดโพแทสเซียมในดินตามไปด้วย รวมถึงประเทศไทย ซึ่งในประเทศไทยมีพื้นที่ในการทำนาข้าวประมาณ 68.7 ล้านไร่ แบ่งออกเป็นภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 41.7 ล้านไร่ ภาคเหนือ 15.8 ล้านไร่ ภาคกลาง 10.2 ล้านไร่ และภาคใต้ 1 ล้าน จากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินทั่วประเทศทั้งหมด 73,306 จุด แสดงให้เห็นว่าดินที่มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูง (>90 มก./กก.) พบกระจายในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง ภาคกลาง ตลอดจนถึงพื้นที่ปากพูนังในภาคใต้ และพื้นที่ลุ่มจังหวัดนครราชสีมา เนื่องจากเป็นดินเหนียวที่เกิดจากการทับถมของตะกอนที่พัดพามากับน้ำ พื้นที่ดังกล่าวจึงเหมาะต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการปลูกข้าวเป็นหลัก โดยทั่วไปคำแนะนำในการใช้ปุ๋ยสำหรับข้าวที่ปลูกในบริเวณที่มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูง มีการแนะนำปุ๋ยสูตรที่ไม่มีโพแทสเซียมหรือมีโพแทสเซียมต่ำ เช่น สูตร 16-20-0 หรือ 16-16-8 (เอกพันธ์ และคณะ, 2564)

โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารหลัก การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมสามารถเพิ่มผลผลิตข้าวได้ 3 - 20 % เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเพียงอย่างเดียว จากการศึกษาของ หรรษา และคณะ (2540) พบว่า การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 16 กก. K_2O /ไร่ ส่งผลให้ผลผลิตข้าวพันธุ์ กข 23 สูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม เนื่องจากการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมมีผลทำให้ต้นข้าวมีจำนวนรวง จำนวนเมล็ดดี และน้ำหนักเมล็ดเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวต้องคำนึงถึงความอุดมสมบูรณ์ของดิน ซึ่งพื้นที่ปลูกข้าวแต่ละแห่งมีความสามารถในการให้ผลผลิตไม่เท่ากัน รวมถึงพันธุ์ข้าวและวิธีการจัดการดูแลของเกษตรกรด้วย

ดังนั้นในการสัมมนาครั้งนี้จึงอภิปรายเกี่ยวกับการตอบสนองของข้าวต่อการจัดการปุ๋ยโพแทสเซียม ซึ่งผลจากการศึกษานี้จะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการปุ๋ยโพแทสเซียมในนาข้าวต่อการเพิ่มผลผลิตข้าวในพื้นที่การทํานา

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าว

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวประกอบด้วย ปัจจัยทางด้านพันธุกรรม และด้านสิ่งแวดล้อม

1) ปัจจัยทางด้านพันธุกรรม ควบคุมลักษณะของต้นพืช ควบคุมการเจริญเติบโตและ พัฒนาการ โดยพันธุกรรมจะกำหนดให้พืชแต่ละพันธุ์ มีอัตราการเจริญเติบโตและ พัฒนาการที่แตกต่างกันโดยพืชแต่ละพันธุ์จะมีความสามารถในการดำเนินขบวนการทางสรีรวิทยาในอัตราที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การสร้างสารที่ควบคุมการเจริญเติบโต ข้าวแต่ละพันธุ์มีลักษณะประจำพันธุ์แตกต่างกัน เช่น การตอบสนองต่อธาตุอาหารแต่ละพันธุ์ การแตกกอของพันธุ์ข้าวที่ได้ ปรับปรุงพันธุ์ ส่วนใหญ่จะแตกกอได้ดีกว่าข้าวพันธุ์พื้นเมือง

2) ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม แสงสว่างพืชต้องการแสงสว่างเพื่อใช้ในขบวนการการสังเคราะห์แสงสร้างอาหาร เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและ พัฒนาการ ที่ยึดเหนี่ยว (ดิน) พืชจะเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ดีต้องมีที่ยึดเหนี่ยวที่แข็งแรง เพื่อให้ลำต้นทรงอยู่ได้ในลักษณะที่เหมาะสมที่สุด อุณหภูมิที่เหมาะสมจะส่งเสริมให้พืชมีการเจริญเติบโตและ พัฒนาการที่ดี อุณหภูมิ 25-33 องศาเซลเซียสเหมาะสมสำหรับข้าวแตกกอ หากอุณหภูมิที่ต่ำเกินไปหรือสูงเกินไป (ต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส สูงกว่า 35 องศาเซลเซียส) จะมีผลต่อการงอกของเมล็ด การยืดของใบ การแตกกอ การสร้างดอกอ่อน การผสมเกสร อากาศในการเจริญเติบโตและ พัฒนาการของพืชต้องการพลังงานที่ได้มาจากการหายใจ พืชยังต้องการก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสงด้วย น้ำทำหน้าที่ในการช่วยดูดแร่ธาตุอาหาร (nutrients) ลำเลียงอาหาร (photosynthates) ไปยังส่วนต่างๆ และช่วยในการลดอุณหภูมิภายในต้นพืช เกี่ยวข้องทั้ง คุณภาพน้ำ ปริมาณน้ำระดับน้ำ ซึ่งจะเกี่ยวข้องต่อเนื่องกับ ดิน ธาตุอาหารความชื้นในดินหรือน้ำ ธาตุอาหารหลักที่ข้าวต้องการเช่น ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) ส่วนโพแทสเซียม (K) มักจะขาดในดินนาที่เป็นดินทราย

หน้าที่และความสำคัญของธาตุอาหาร (หลัก)

ไนโตรเจน (N) ช่วยในการเจริญเติบโตทั่ว ๆ ไป ของต้นข้าว เช่น ต้น ใบ ราก ดอก เมล็ด ต้นข้าวสูงขึ้นแตกมามากขึ้น ทำให้เมล็ดข้าวโตเต็มที่และเต็มเมล็ด จำนวนเมล็ดต่อรวงมากขึ้น โปรตีนในเมล็ดสูงขึ้นหากได้รับไม่พอ การแตกกอลดลง ความสูงต้นข้าวลดลง ถ้าขาดช่วงตั้งท้องเมล็ดต่อรวง

ลดลงหากได้รับมากเกินไป ทำให้ใบและต้นมีสีเขียวจัด ต้นสูง อวบน้ำ เปราะ หักง่าย ความต้านทานโรคและแมลงศัตรูข้าวลดลง ผลผลิตลดลง ข้าวจะสุกแก่ช้ากว่าปกติ

ฟอสฟอรัส (P) เป็นส่วนประกอบของสารที่ให้พลังงานในการเจริญเติบโตของต้นข้าว ต้นข้าวออกดอก ติดเมล็ดตามปกติ หากได้รับไม่พอ ต้นกล้าข้าวแตกกอหน้อย รากจะเจริญเติบโตไม่เต็มที่ รากแผ่กระจายได้น้อย ต้นข้าวล้มง่าย เมล็ดข้าวมีขนาดเล็ก หากได้รับมากเกินไป จะทำให้ต้นข้าวขาดธาตุสังกะสีข้าวแตกกอหน้อย แก่ช้า ผลผลิตลดลง

โพแทสเซียม (K) เกี่ยวข้องในกระบวนการทางสรีระ ทำให้กระบวนการต่าง ๆ ในต้นข้าวสมบูรณ์ เมล็ดมีขนาดและน้ำหนักเพิ่มขึ้น ต้นข้าวแข็งแรง ไม่ล้มง่าย ต้นข้าวต้านทานโรค และแมลงบางอย่างดีขึ้นได้รับไม่เพียงพอ ทำให้ต้นข้าวเจริญเติบโตช้ากว่าปกติ ขนาดและน้ำหนักเมล็ดข้าวลดลงหากได้รับมากเกินไป ข้าวจะแก่ช้า (All Rice Surin, 2560)

การจัดการปุ๋ยในนาข้าว

จากคำแนะนำการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินของสำนักวิจัยและพัฒนาข้าว (2561) พบว่าการใส่ปุ๋ยในนาข้าวโดยทั่วไปจะแบ่งการใส่ออกเป็นปุ๋ยเคมี 2 ครั้ง ปุ๋ยอินทรีย์ 1 ครั้ง และแบ่งใส่ตามลักษณะเนื้อดิน ดังนี้

ดินร่วนทราย ดินทราย

1.การใส่ปุ๋ยเคมี

การใส่ปุ๋ยเคมีครั้งที่ 1

ข้าวไวต่อช่วงแสงใส่ปุ๋ยสูตร 16-16-8 อัตรา 20-25 กิโลกรัมต่อไร่ในประมาณ 20-30 วันหลังข้าวงอก หากไม่มีปุ๋ย 16-16-8 ให้ใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมฟอสเฟตสูตรต่างๆ เช่น 16-20-0, 18-22-0, 20-20-0 และ 18-46-0 แทนได้โดยใส่อัตรา 20-25 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) อัตรา 5-10 กิโลกรัมต่อไร่

ข้าวไม่ไวต่อช่วงแสงใส่ปุ๋ยสูตร 16-16-8 อัตรา 30-35 กิโลกรัมต่อไร่ประมาณ 20-30 วันหลังข้าวงอก หากไม่มีปุ๋ย 16-16-8 ให้ใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมฟอสเฟตสูตรต่างๆ เช่น 16-20-0, 18-22-0, 20-20-0 และ 18-46-0 แทนได้โดยใส่อัตรา 30-35 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) อัตรา 5-10 กิโลกรัมต่อไร่

การใส่ปุ๋ยเคมีครั้งที่ 2

ข้าวไวต่อช่วงแสงใส่ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ หรือปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0) อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ ที่ระยะกำเนิดช่อดอก หรือ 30 วันก่อนข้าวออกดอก

ข้าวไม่ไวต่อช่วงแสงใส่ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ หรือปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0) อัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ ที่ระยะกำเนิดช่อดอก หรือ 30 วันก่อนข้าวออกดอก

2. การใส่ปุ๋ยอินทรีย์

ควรไถกลบตอซังข้าวภายหลังการเก็บเกี่ยว ก่อนการไถตะควรใส่วัสดุอินทรีย์เพื่อบำรุงดิน เช่น มูลสัตว์ ปุ๋ยหมัก เป็นต้น อัตราที่แนะนำคือ 600 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อไร่ หรือใช้เศษใบไม้ในอัตราประมาณ 250 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อไร่ โดยใส่ในแปลงนา เมื่อไถตะควรก็จะเป็นการไถกลบวัสดุอินทรีย์ไปด้วย เกษตรกรควรหว่านเมล็ดพืชตระกูลถั่ว เช่น ถั่วพุ่ม ถั่วเขียว ถั่วพราง เป็นต้น พร้อมกับหว่านข้าวในอัตราประมาณ 5-10 กิโลกรัมต่อไร่ เพื่อเป็นปุ๋ยพืชสด

ดินร่วนเหนียว ดินเหนียว

1. การใส่ปุ๋ยเคมี

การใส่ปุ๋ยเคมีครั้งที่ 1

ข้าวไวต่อช่วงแสงใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมฟอสเฟตสูตรต่างๆ เช่น 16-20-0, 18-22-0, 20-20-0 และ 18-46-0 อัตรา 20-25 กิโลกรัมต่อไร่ ไร่ ประมาณ 20-30 วันหลังข้าวงอก

ข้าวไม่ไวต่อช่วงแสงใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมฟอสเฟตสูตรต่างๆ เช่น 16-20-0, 18-22-0, 20-20-0 และ 18-46-0 อัตรา 30-35 กิโลกรัมต่อไร่ ไร่ ประมาณ 20-30 วันหลังข้าวงอก

การใส่ปุ๋ยเคมีครั้งที่ 2

ข้าวไวต่อช่วงแสงใส่ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ หรือปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0) อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ ที่ระยะกำเนิดช่อดอก หรือ 30 วันก่อนข้าวออกดอก

ข้าวไม่ไวต่อช่วงแสงใส่ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ หรือปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0) อัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ ที่ระยะกำเนิดช่อดอก หรือ 30 วันก่อนข้าวออกดอก

2. การใส่ปุ๋ยอินทรีย์

ควรไถกลบตอซังข้าวภายหลังการเก็บเกี่ยว ก่อนการไถตะควรใส่วัสดุอินทรีย์เพื่อบำรุงดิน เช่น มูลสัตว์ ปุ๋ยหมัก เป็นต้น อัตราที่แนะนำคือ 600 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อไร่ หรือใช้เศษใบไม้ในอัตราประมาณ 250 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อไร่ โดยใส่ในแปลงนา เมื่อไถตะควรก็จะเป็นการไถกลบวัสดุอินทรีย์ไปด้วย เกษตรกรควรหว่านเมล็ดพืชตระกูลถั่ว เช่น ถั่วพุ่ม ถั่วเขียว ถั่วพราง เป็นต้น พร้อมกับหว่านข้าวในอัตราประมาณ 5-10 กิโลกรัมต่อไร่ เพื่อเป็นปุ๋ยพืชสด

ความต้องการธาตุอาหารของข้าว

จากการรวบรวมข้อมูล พบว่า ความต้องการธาตุอาหารที่ข้าวต้องการโดยมีปริมาณไนโตรเจน (N) 15-20 กิโลกรัม/ไร่ ปริมาณฟอสฟอรัส (P) 2-3 กิโลกรัม/ไร่ และปริมาณโพแทสเซียม (K) 15-20 กิโลกรัม/ไร่ จะเห็นได้ว่า ตามความต้องการปริมาณโพแทสเซียมของข้าวกับปริมาณโพแทสเซียมที่ใส่ยังไม่สอดคล้องกัน ดังนั้นการจัดการปุ๋ยโพแทสเซียมในนาข้าวจึงเป็นประเด็นที่น่าสนใจ (จำเริญ, 2543)

ปุ๋ยโพแทสเซียม

โพแทสเซียมเป็นธาตุที่มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาผล และคุณภาพของผลผลิต เนื่องจากเป็นธาตุที่มีหน้าที่ เกี่ยวข้องกับการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์หลายชนิดในการสร้างและเคลื่อนย้ายสาร ทั้งนี้เพื่อช่วยให้เกิดการรวมตัวของสารต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ซึ่งมีความสำคัญต่อการสังเคราะห์โพแทสเซียม โปรตีน การสร้างแป้ง และน้ำตาล นอกจากนี้โพแทสเซียม ยังช่วยในการสร้างสารประกอบฟอสเฟตที่ให้พลังงานสูง ซึ่งจำเป็นต่อการสร้าง และเคลื่อนย้ายแป้ง รวมทั้งน้ำตาลที่เกิด จากการสังเคราะห์แสงบริเวณใบซึ่งแหล่งผลิต ผ่านท่ออาหาร ไปสะสมที่ผลซึ่งเป็นแหล่งสะสมอาหารที่สำคัญ

โพแทสเซียมในดินแบ่งออกได้เป็น 4 รูป ได้แก่ โพแทสเซียมในสารละลายดิน (soil solution K) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K) โพแทสเซียมที่ไม่สามารถแลกเปลี่ยนได้ (non-exchangeable K) และโพแทสเซียมในโครงสร้างของแร่ในดิน (K in soil minerals) แต่ละรูปมีความสามารถในการปลดปล่อยโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชแตกต่างกัน ดังนี้ ส่วนที่เป็นประโยชน์ทันที (readily available) โพแทสเซียมในส่วนนี้ประกอบด้วยโพแทสเซียมในสารละลายดินและโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ซึ่งทั้ง 2 รูปนี้มีอยู่ในดินประมาณร้อยละ 0.1-2.0 ของโพแทสเซียมทั้งหมดในดิน เป็นส่วนที่อยู่ในสารละลายดินและที่ถูกดูดซับอยู่ที่ผิวของคอลลอยด์และอินทรีย์วัตถุ พร้อมทั้งจะแลกเปลี่ยนกับแคตไอออนอื่น ๆ ที่อยู่ในสารละลายดินหรือที่ถูกดูดซับอยู่ที่คอลลอยด์ส่วนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชอย่างช้าๆ (slowly available) โพแทสเซียมในส่วนนี้ประกอบด้วยโพแทสเซียมที่ไม่สามารถแลกเปลี่ยนได้ มีอยู่ในดินประมาณร้อยละ 1-10 ของโพแทสเซียมทั้งหมดในดิน เป็นส่วนที่ถูกตรึงไว้ในหลักระหว่างชั้นของแร่ดินเหนียวประเภท 2:1 โดยสามารถปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาได้เมื่อปัจจัยต่าง ๆ เหมาะสมส่วนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชไม่ได้ทันที (relative unavailable) โพแทสเซียมรูปนี้พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันทีโพแทสเซียมส่วนนี้มีถึงร้อยละ 90-98 ของโพแทสเซียมทั้งหมดในดิน หรือประมาณ 5,000-25,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมส่วนนี้อยู่ในรูปองค์ประกอบของแร่ พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ต้องเกิด

การผูกพันของแร่และจะปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาในรูปต่าง ๆ ได้ ซึ่งกระบวนการนี้ต้องใช้เวลานาน ขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อมและชนิดของแร่ในดิน 3 โพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดินดังกล่าวข้างต้น มักจะมีความสัมพันธ์กัน โดยมีรายงานความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมที่สกัดได้กับโพแทสเซียมในละลายดินและโพแทสเซียมที่สกัดได้กับโพแทสเซียมที่ถูกตรึงในดิน (เอกพันธ์ และคณะ, 2564)

การตอบสนองปุ๋ยโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโตของข้าว

1) ช่วยในการขยายขนาดของเซลล์ ในช่วงที่เซลล์กำลังขยายขนาด จะมีการลดความแข็งแรงของผนังเซลล์ลงชั่วคราว แล้วดูดน้ำเข้าไปมากๆ เพื่อให้เซลล์เต่งและยืดตัว โพแทสเซียมทำหน้าที่ลดศักย์ออสโมซิส (osmotic potential) ภายในเซลล์ ทำให้น้ำเคลื่อนที่เข้าไปในเซลล์มาก จึงช่วยในการขยายปริมาตรเป็นขนาดที่ต้องการ ต่อจากนั้นก็เพิ่มความแข็งแรงของผนังเซลล์ และสังเคราะห์สารต่างๆในเซลล์ให้สมบูรณ์ จึงทำให้เนื้อเยื่อพืชเพิ่มขนาดและมีน้ำหนักมากขึ้น

2) ช่วยในการสังเคราะห์แสง โดยควบคุมให้ปากใบเปิดเมื่อมีแสง ปล่อยให้ CO_2 แพร่เข้าไปในใบเพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสง นอกจากนี้ยังมีบทบาทในการกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสง และเอนไซม์ซึ่งทำหน้าที่ในการสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรตด้วย การเปิดปากใบในเวลากลางวัน ทำให้มีการคายน้ำทางปากใบ จึงช่วยลดความร้อนในใบและต้น ขณะเดียวกันก็ส่งเสริมการลำเลียงธาตุอาหารทางไซเล็ม (ท่อลำเลียงน้ำ) ตามกระแสการคายน้ำของพืช

3) ส่งเสริมการลำเลียงสารอินทรีย์ เช่น ซูโครสและกรดอะมิโน รวมทั้งธาตุอาหารต่างๆ ทางโฟลเอ็ม (ท่อลำเลียงอาหาร) เพื่อไปเลี้ยงอวัยวะที่กำลังพัฒนา เช่น ยอดอ่อน ดอก ผล รวมทั้งรากด้วยเหตุนี้การใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมจึงช่วยในการเจริญเติบโตของผล หรือหัวของพืชหัว เช่น มันฝรั่งและมันสำปะหลัง

4) ช่วยรักษาสมดุลของประจุในเซลล์ เนื่องจาก K^+ มีประจุบวก อยู่ในเซลล์ได้มากโดยไม่เป็นพิษต่อเซลล์ และเคลื่อนย้ายในพืชได้ง่าย จึงทำหน้าที่สร้างสมดุลด้านประจุกับสารอินทรีย์ซึ่งมีประจุลบ โดยดูดซับกับสารอินทรีย์เหล่านั้น

5) ช่วยในการทำงานของเอนไซม์ โดยช่วยรักษาสภาพกรด-ด่างในเซลล์ให้คงที่และพอเหมาะปรับโครงสร้างของเอนไซม์ให้พร้อมสำหรับการทำงาน และช่วยปลุกฤทธิ์ของเอนไซม์ที่มีบทบาทในกระบวนการเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต การสังเคราะห์แสง เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งไอออนที่เยื่อหุ้มเซลล์ และเอนไซม์อื่นรวมกว่า 60 ชนิด

6) ช่วยให้พืชต้านทานต่อโรคพืช โพแทสเซียมช่วยให้พืชมีความต้านทานต่อโรคพืชบางชนิดมากกว่าเดิม นอกจากนี้โพแทสเซียมยังมีส่วนช่วยให้คุณภาพผลผลิตพืชดีขึ้น เช่น ช่วยเพิ่มขนาด และลดความเสียหายของผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว ช่วยเพิ่มปริมาณของผลผลิต ช่วยเพิ่มคุณภาพ

การใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมในนาข้าว

โพแทสเซียม (K) มีส่วนสำคัญในการเคลื่อนย้ายสารอาหารหรือผลผลิตจากการสังเคราะห์แสงในพืช โพแทสเซียมจะช่วยทำให้ผนังเซลล์แข็งแรง เพิ่มพื้นที่ใบและปริมาณคลอโรฟิลล์ ชะลอการร่วงของใบ ช่วยเพิ่มจำนวนเมล็ดและจำนวนเมล็ดดีต่อรวง เพิ่มน้ำหนักเมล็ด แต่ไม่ช่วยในการแตกกอ ข้าวที่ขาดโพแทสเซียมต้นจะแคระแกรน การแตกกอลดลง ใบสั้น เหี่ยวแห้ง ใบโน้มลง (droopy) และมีสีเขียวเข้ม ใบล่างจะมีปลายใบสีน้ำตาลเหลือง มีสีเหลืองระหว่างเส้นใบโดยเริ่มจากปลายใบและขอบใบแล้วค่อยๆ ลูกกลมสู่โคนใบในที่สุด ต่อมาใบจะแห้งและกลายเป็นสีน้ำตาล ถ้าการขาดรุนแรงมากขึ้นบางครั้งจะมีจุดประสีน้ำตาลบนใบที่เป็นสีเขียวเข้มโดยเริ่มที่ปลายใบก่อนจะขยายสู่ส่วนอื่นๆ ของใบ รวงข้าวจะผอมยาว อาจมีจุดดำ ขนาดและน้ำหนักของเมล็ดลดลง การหักล้มสูงมักจะเกิดในระยะหลังของการเจริญเติบโต อาการขาดโพแทสเซียมนี้อาจสังเกตเห็นได้ยากในข้าวทั่วไปสาเหตุของการขาดโพแทสเซียมเกิดจากการปลูกข้าวในดินทรายหรือดินที่มีปริมาณดินเหนียวต่ำมีธาตุโพแทสเซียมในดินต่ำหรือไม่อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ หรือดินที่มีการชะล้างสูง นอกจากนี้ อาจพบอาการขาดโพแทสเซียมในดินอินทรีย์ เช่น ดินพีท (peat) ดินมก (muck)

การตอบสนองของข้าวต่อการจัดการปุ๋ยโพแทสเซียม

การจัดการปุ๋ยโพแทสเซียมในนาข้าวช่วยเพิ่มองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตของข้าวได้

องค์ประกอบผลผลิต

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ พบชนิดของปุ๋ยโพแทสเซียมในข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีอิทธิพลต่อความสูงของต้น จำนวนหน่อต่อกอและจำนวนรวงต่อต้น ($P < 0.05$, 0.01) (ตารางที่ 1) โดยการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมชนิดโพแทสเซียมคลอไรด์ร่วมกับแอมโมเนียมซัลเฟต ทำให้ความสูงของต้นเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 73.1 ซม. ในขณะที่การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมชนิดอื่น ๆ ไม่ทำให้ความสูงต้นแตกต่างจากกรรมวิธีควบคุม และพบว่าทุกกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอื่น ๆ ยกเว้นการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมชนิดโพแทสเซียมคลอไรด์ เพียงอย่างเดียว นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมชนิดโพแทสเซียมคลอไรด์ร่วมกับแอมโมเนียมซัลเฟต และปุ๋ยโพแทสเซียมชนิดโพแทสเซียมคลอไรด์เพียงชนิดเดียวทำให้จำนวนรวงต่อต้นมากที่สุด แต่อย่างไรก็ตามไม่พบอิทธิพลของชนิดปุ๋ยโพแทสเซียมต่อความยาวรวง จำนวนเมล็ดต่อรวง เมล็ดดี และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ พบชนิดของปุ๋ยโพแทสเซียมในข้าวเหนียวมีอิทธิพลต่อจำนวนหน่อ จำนวนรวง จำนวนเมล็ดดี จำนวนเมล็ดลีบ และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ($P < 0.05$, 0.01) โดยการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม พบว่าเมื่อใส่อัตราปุ๋ยโพแทสเซียมที่แตกต่างกันไม่ทำให้มี

จำนวนหน่อต่างกันทางสถิติโดยมีจำนวนหน่อระหว่าง 7.8-9.3 หน่อ/กระถาง และมีจำนวนรวงระหว่าง 3.8-4.8 รวง/กระถาง แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับการทดลองอื่นๆ (ตารางที่ 2) เมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 0.15 กรัมK/กระถาง ทำให้ได้เมล็ดดีมากที่สุดที่ 336.1 เมล็ดดี/กระถาง แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับข้าวที่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 0.10 กรัมK/กระถาง ตามลำดับ แต่เมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นถึงอัตรา 0.20 กรัมK/กระถาง จำนวนเมล็ดดีกลับลดลงจนอยู่ในระดับเดียวกับต้นตำรับควบคุมซึ่งไม่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม (ตารางที่ 2) จำนวนเมล็ดลีบ พบว่า การใส่ที่อัตรา 0.20 กรัมK/กระถาง ทำให้ข้าวเหนียวมีจำนวนเมล็ดลีบสูงที่สุดเท่ากับ 144.2 เมล็ด/กระถาง ในขณะที่ได้รับการทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมมีจำนวนเมล็ดลีบน้อยที่สุด 55.7 เมล็ด/กระถาง นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อได้รับโพแทสเซียมในอัตราที่แตกต่างกันมีจำนวนเมล็ดลีบไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยมีจำนวนเมล็ดลีบระหว่าง 40.9-169.2 เมล็ด/กระถาง (ตารางที่ 2) ปุ๋ยโพแทสเซียมแตกต่างกันไม่มีผลให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ด แตกต่างกัน โดยน้ำหนัก 1,000 เมล็ดอยู่ระหว่าง 22.1-23.9 กรัม

ตารางที่ 1 ต่อผลกระทบของแหล่งปุ๋ยโพแทสเซียมและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

ชุดการทดลอง	ความสูง ต้น(ซม.)	หน่อ/ กอ	จำนวน รวง/ ต้น	ความ ยาวข้อ (ซม.)	จำนวน ดอก/ ข้อ	เมล็ดดี (%)	น้ำหนัก 1,000เมล็ด (กรัม)
ควบคุม	67.9 ^b	9.3 ^b	8.8 ^{cd}	23.6	104	94.3	28.4
โพแทสเซียมคลอไรด์	69.4 ^{ab}	9.4 ^b	8.4 ^d	23.9	99	94.1	28.6
โพสิฮาไลต์	72.1 ^{ab}	11.8 ^a	10.1 ^{ab}	24.4	106	94.7	28.7
โพแทสเซียมคลอไรด์ + แอมโมเนียมซัลเฟต	73.1 ^a	12.4 ^a	11.0 ^a	24.2	105	95.4	28.4
โพแทสเซียมคลอไรด์ + โพสิฮาไลต์	70.1 ^{ab}	11.3 ^a	9.6 ^{bc}	24.5	109	95.5	28.4
F-test	*	**	**	ns	ns	ns	ns

* , ** = Significantly different at $P < 0.05$ and $P < 0.01$, respectively. Means in each column followed by different letters indicate significant differences using least significant difference (LSD) at $P < 0.05$.

ที่มา: เอกพันธ์ และคณะ (2564)

ตารางที่ 2 ผลของอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมต่อประกอบผลผลิตของเหนียว กข6

ชุดการทดลอง	จำนวนหน่อ	จำนวนรวง	จำนวนเมล็ด ดี/กระถาง	จำนวนเมล็ด ลีบ/กระถาง	น้ำหนัก1,000 เมล็ด/กรัม
อัตรา K (กรัม K /กระถาง)					
0	8.5	4.2	222.3 ^{bc}	55.7 ^b	22.2
0.05	8.7	3.8	241.1 ^{bc}	81.4 ^{ab}	22.3
0.10	8.2	4.0	279.8 ^{ab}	83.1 ^{ab}	23.2
0.15	7.8	4.8	336.1 ^a	137.7 ^{ab}	23.9
0.20	9.3	3.8	196.7 ^c	144.2 ^a	22.1
F-test	ns	ns	**	*	ns

ns= not significant; *,** significantly different at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively; means with different superscript lowercase.

ที่มา:ดัดแปลงจาก ศุภสิทธิ์ และคณะ (2561)

ผลผลิต

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ พบชนิดของปุ๋ยโพแทสเซียมมีอิทธิพลต่อผลผลิตของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 3) โดยพบว่าการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมชนิดโพแทสเซียมคลอไรด์ร่วมกับ แอมโมเนียมซัลเฟต ทำให้ข้าวมีผลผลิตเมล็ดสูงสุดเท่ากับ 207.1 กรัม/กระถาง มีผลผลิตเมล็ดเท่ากับ 158.3 กรัม/กระถาง แต่ไม่พบความแตกต่างของผลผลิตในกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมแบบ โพแทสเซียมคลอไรด์ร่วมกับโพสิฮาไลต์ และ โพสิฮาไลต์ อย่างเดียว พบว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมชนิดโพสิฮาไลต์ และชนิดโพแทสเซียมคลอไรด์ร่วมกับ แอมโมเนียมซัลเฟต ทำให้ข้าวมีน้ำหนักแห้งฟางเฉลี่ยมีน้ำหนักแห้งฟางเท่ากับ 167.6 สูงสุดเท่ากับ 204.2 และ 203.4 กรัม/กระถาง ตามลำดับ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 3) นอกจากนี้พบความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างผลผลิตเมล็ดและน้ำหนักแห้งฟางจากการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมทุกกรรมวิธีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($r = 0.84$; $P < 0.01$) (รูปภาพ 1)

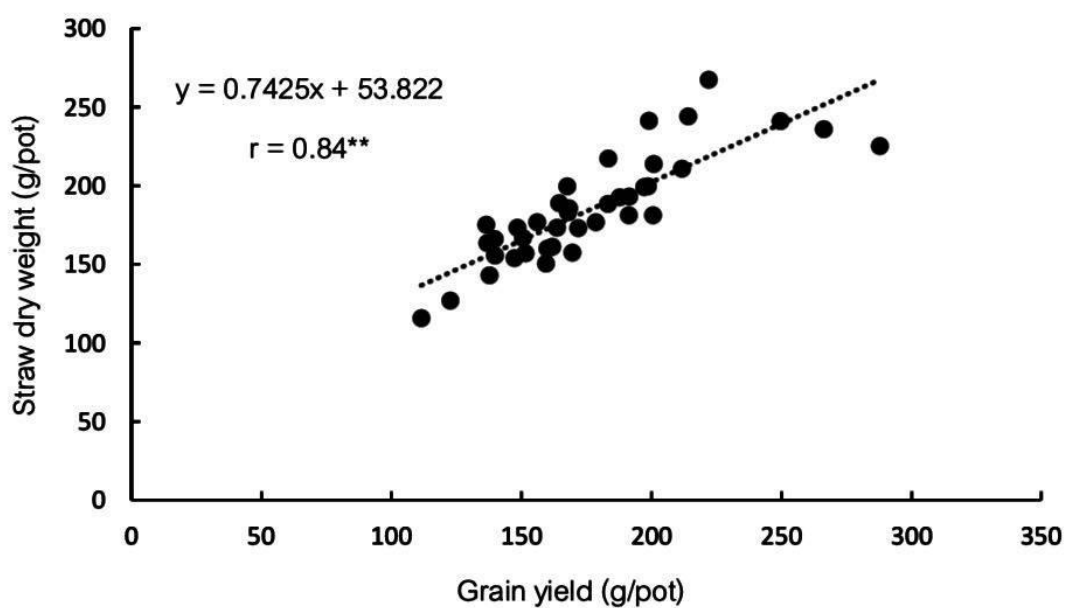
จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ พบชนิดของปุ๋ยโพแทสเซียมมีอิทธิพลต่อผลผลิตของข้าวเหนียวอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมที่แตกต่างกันทำให้ข้าวมีผลผลิตและน้ำหนักฟางแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยดำรับการทดลองที่มีผลผลิตสูงที่สุดคือข้าวที่ได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 0.15 กรัมK/กระถาง ที่ให้ผลผลิต 10.9 กรัม/กระถาง แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับข้าวที่ได้รับปุ๋ย

โพแทสเซียมอัตรา 0.1 กรัมK /กระถาง ที่ให้ผลผลิต 9.4 กรัม/กระถาง (ตารางที่ 4) นอกจากนี้ยังพบว่าข้าวที่ได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 0.05 และ 0.2 กรัมK/กระถาง มีผลผลิตไม่แตกต่างกับตำรับควบคุมซึ่งไม่ได้รับปุ๋ยโพแทสเซียม ส่วนน้ำหนักฟาง พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างตำรับการทดลองที่ได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราที่แตกต่างกันโดยมีน้ำหนักอยู่ระหว่าง 13.2-15.7 กรัม/กระถาง ทำให้น้ำหนักฟางเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ไม่ได้รับปุ๋ยโพแทสเซียม (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 3 อิทธิพลของปุ๋ยโพแทสเซียมต่อผลผลิต (ความชื้น 14 %) และน้ำหนักฟางแห้งของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

ชุดการทดลอง	ผลผลิต(กรัม/กระถาง)	
	ผลผลิตข้าว (กรัม/กระถาง)	น้ำหนักฟาง(กรัม/กระถาง)
ควบคุม	158.3 ^b	167.6 ^b
โพแทสเซียมคลอไรด์	156.4 ^b	165.1 ^b
โพลิฮาไลต์	180.3 ^{ab}	204.2 ^a
โพแทสเซียมคลอไรด์ + แอมโมเนียมซัลเฟต	207.1 ^a	203.4 ^a
โพแทสเซียมคลอไรด์ + โพลิฮาไลต์	181.4 ^{ab}	183.9 ^{ab}
F-test	**	**

** = Significantly different at $P < 0.01$. Means in each column followed by different letters indicate significant differences using least significant difference (LSD) at $P < 0.05$.
ที่มา: เอกพันธ์ และคณะ (2564)



รูปภาพ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตข้าวกับน้ำหนักฟางแห้งของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ปลูกภายใต้แหล่งปุ๋ยโพแทสเซียมและสภาพน้ำต่างๆ
ที่มา:เอกพันธ์ และคณะ (2564)

ตารางที่ 4 ผลของอัตราปุ๋ยเคต่อผลผลิตข้าวและส่วนประกอบผลผลิต

ชุดการทดลอง	ผลผลิต(กรัม/กระถาง)	
	ผลผลิตข้าว (กรัม/กระถาง)	น้ำหนักฟาง(กรัม/กระถาง)
อัตรา K (กรัมK /กระถาง)		
0	6.2 ^c	13.2
0.05	7.0 ^c	13.4
0.10	9.4 ^{ab}	15.1
0.15	10.9 ^a	15.7
0.20	7.2 ^{bc}	14.8
F-test	**	ns

ns= not significant; *,** significantly different at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively; means with different superscript lowercase.

ที่มา:ดัดแปลงจาก ศุภสิทธิ์ และคณะ (2561)

สรุป

โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารสำคัญที่สามารถช่วยเพิ่มองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และข้าวเหนียวสำหรับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในการปลูกข้าวต้องคำนึงชนิดของปุ๋ยโพแทสเซียม และปริมาณปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใช้ด้วย โดยจากการบ่งชี้ให้ว่าการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียม ชนิดโพแทสเซียมคลอไรด์ร่วมกับแอมโมเนียมซัลเฟต ชนิดโพแทสเซียมคลอไรด์ร่วมกับโพลิฮาไลต์ และ โพลิฮาไลต์ และปริมาณของปุ๋ยโพแทสเซียมที่ 0, 0.05, 0.10, 0.15 และ 0.20 กรัมK/กระถาง ทำให้องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตของข้าวเพิ่มขึ้น การศึกษาการดูดใช้และการสะสมธาตุโพแทสเซียมในเนื้อเยื่อส่วนต่าง ๆ อาจสร้างความรู้ความเข้าใจที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองทางสรีรวิทยาของข้าวมากขึ้น ซึ่งจำเป็นต้องมีการศึกษาต่อไปเพื่อประสิทธิภาพสูงสุดของการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมในนาข้าว

All Rice Surin. 2560. ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าว. แหล่งข้อมูล:

<https://www.allricesurin.com/article/58>. 25 สิงหาคม 2560.

Chaiwat Sowcharoensuk. แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรม 2562-2564: อุตสาหกรรมข้าว.

แหล่งข้อมูล: <https://www.krungsri.com/th/research/industry/industry-outlook/Agriculture/Rice/IO/io-rice-20>. 14 สิงหาคม 2562.

Jianglin Zhang Wenfeng Hou Tao Ren Rihuan Cong Zhuqing Zhao Jianwei Lu and Xiaokun Li (2021). Applying potassium fertilizer improves sheath rot disease tolerance and decreases grain yield loss in rice (*Oryza sativa* L.). Crop Protection 139 (2021) 105392.