

ผลของปุ๋ยสังกะสีที่ให้ทางใบต่อผลผลิตและความเข้มข้นของสังกะสีของข้าว Effect of Zinc Foliar Application on Yield and Zinc Concentration of Galangal

อนันต์ ปิริยะภักทรกิจ^{1*} พชรี เดชเลย์¹ พรกมล รูปเลิศ¹ และปัญญพัฒน์ พลพิมพ์¹
Anan Piriayaphattarakit^{1*}, Patcharee Dechlay¹, Ponkamom Ruplert¹ and
Punyaphat Pholphim¹

บทคัดย่อ

การรับประทานอาหารตามหลักโภชนาการเป็นสิ่งสำคัญสำหรับทุกวัย ร่างกายควรได้รับสารอาหารที่จำเป็นในปริมาณที่เพียงพอกับความต้องการ แต่คนส่วนใหญ่รับประทานอาหารที่ไม่มีประโยชน์ เช่น อาหารกึ่งสำเร็จรูป ซึ่งมีความเสี่ยงที่ร่างกายจะมีภาวะขาดแร่ธาตุสังกะสี การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณการสะสมของธาตุสังกะสีในข้าว โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ ประกอบด้วย 5 ทรีตเมนต์ จำนวน 5 ซ้ำ ได้แก่ ไม่ฉีดพ่นธาตุสังกะสี (ชุดควบคุม) และฉีดพ่นธาตุสังกะสีในอัตราความเข้มข้น 2.5 5.0 7.5 และ 10.0 กรัมต่อลิตร โดยเก็บผลผลิตข้าวอ่อนที่ระยะเวลา 6 เดือน และข้าวแก่ที่ระยะเวลา 12 เดือนหลังปลูก จากการทดลองพบว่าอัตราการเสริมธาตุสังกะสีมีผลต่อปริมาณผลผลิตน้ำหนักสดของข้าว โดยข้าวที่ได้รับการเสริมธาตุสังกะสีสูงขึ้น ส่งเสริมให้ปริมาณธาตุสังกะสีเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับการไม่ฉีดพ่นธาตุสังกะสี (ชุดควบคุม) เมื่อศึกษาปริมาณสังกะสี พบว่าข้าวอ่อนและข้าวแก่ที่เสริมธาตุสังกะสีที่อัตราความเข้มข้น 10.0 กรัมต่อลิตร มีการสะสมธาตุสังกะสีสูงที่สุดเท่ากับ 131.87 และ 96.87 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ เมื่อศึกษาผลผลิตน้ำหนักสด พบว่าข้าวอ่อนที่เสริมธาตุสังกะสี 7.5 กรัมต่อลิตร ให้ค่าผลผลิตน้ำหนักสดมากที่สุดเท่ากับ 903.00 กรัม และข้าวแก่ที่ไม่ฉีดพ่นธาตุสังกะสี (ชุดควบคุม) ให้ค่าผลผลิตน้ำหนักสดเท่ากับ 1057.25 กรัม เมื่อศึกษาปริมาณน้ำหนักแห้งในข้าวอ่อนและข้าวแก่ โดยการไม่ฉีดพ่นธาตุสังกะสี (ชุดควบคุม) ให้ค่ามากที่สุดเท่ากับ 80.84 และ 152.33 กรัม ตามลำดับ ดังนั้นอัตราการฉีดพ่นธาตุสังกะสีทางใบที่เหมาะสมทั้งปริมาณผลผลิตน้ำหนักสดและปริมาณการสะสมธาตุสังกะสีในข้าวอ่อน คือ 7.5 กรัมต่อลิตร

คำสำคัญ: ข้าว สังกะสี ผลผลิต

¹ ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมเกษตรสร้างสรรค์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)

* Corresponding author e-mail: anan_p@tistr.or.th

DOI: <https://doi.org/10.65217/wichchajinstru.2023.v42i1.254742>

Received: 30 May 2022, Revised: 11 October 2022, Accepted: 18 October 2022

Abstract

A nutritious eating is important for all ages. The body should get enough nutrients to meet its needs, but most people eat unhealthy foods such as instant foods at risk of zinc deficiency. The objective of this research was to study the accumulation of zinc in galangal. The experiment used randomized complete block design (RCBD) with 5 treatments and 5 replications. The treatments were consisted of non-zinc applied (control) and zinc foliar applied concentration at a rate 2.5, 5.0, 7.5, and 10.0 grams per litre. The young galangal products were collected at 6 months and old galangal at 12 months. The results showed that the rate of zinc supplementation increased galangal growth and yield compared with the control. In the amount of zinc, young and old galangal given zinc supplementation at the concentration of 10 grams per litre had the highest zinc accumulation rate of 131.87 and 96.87 milligram per kilogram. The fresh weight yield showed that young galangal supplemented with zinc 7.5 grams per litre had the highest fresh weight yield of 903.00 grams, and old galangal (control) had the fresh weight yield of 1057.25 grams. The dry weight content of young and old galangal (controls) had the highest zinc accumulation rates of 80.84 and 152.33 grams. Therefore, the optimum foliar spraying rate of zinc in both quantities, fresh weight yield and zinc accumulation in young galangal, was 7.5 grams per litre.

Keywords: Galangal, Zinc, Yield

บทนำ

ข่ามีชื่อวิทยาศาสตร์ *Alpinia galanga* (L.) Willd. จัดอยู่ในวงศ์ Zingiberaceae เป็นพืชสมุนไพรชนิดหนึ่ง เติบโตได้ดีในเขตร้อนชื้น นิยมนำมาใช้ในการประกอบอาหาร ใช้เป็นเครื่องเทศเพื่อช่วยแต่งกลิ่นอาหาร เป็นส่วนผสมในเครื่องแกงหรือน้ำพริก ใช้ปรุงรสในอาหาร เช่น ต้มยำ ต้มข่า ผัดเผ็ด เป็นต้น นอกจากนี้ดอกและลำต้นอ่อนของข่ายังใช้รับประทานเป็นผักสดได้อีกด้วย (เสนาะและคณะ, 2560) ข่ามีสาร 1-acetoxychavicol acetate (ACA) ซึ่งมีฤทธิ์ยับยั้งการเกิดโรคมะเร็งจากการเหนี่ยวนำของสารก่อมะเร็ง จึงช่วยป้องกันการเกิดโรคมะเร็งไปด้วยในตัว ช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็ง ช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด ช่วยรักษาโรคหลอดเลือดอักเสบ ช่วยขับลม แก้อาการไอ เจ็บคอ ขับเสมหะ ช่วยเพิ่มการไหลเวียนของเลือด และเพิ่มการเผาผลาญของร่างกายให้ดีขึ้น (Phitak et al., 2009)

สังกะสีหรือซิงค์ (Zinc) เป็นแร่ธาตุจำเป็นต่อร่างกายมนุษย์เช่นเดียวกับธาตุซีลีเนียมที่ร่างกายต้องการในปริมาณน้อยแต่ไม่สามารถขาดได้ (พัชร และคณะ 2565) ซึ่งสังกะสีมีความสำคัญอย่างมากต่อระบบการทำงานของร่างกายให้ทำงานได้อย่างสมบูรณ์ สำคัญในการควบคุมให้กระบวนการต่าง ๆ ในร่างกายดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีส่วนช่วยในการทำงานของ

เอนไซม์ในร่างกายถึง 300 ชนิด ซึ่งรวมถึงกระบวนการย่อยและเผาผลาญสารอาหาร มีบทบาทหน้าที่เกี่ยวข้องกับการสร้างโปรตีนที่ควบคุมการทำงานของร่างกาย กระบวนการสังเคราะห์สารพันธุกรรม ระบบสืบพันธุ์ ระบบประสาท ฮอร์โมน รวมถึงระบบภูมิคุ้มกัน เช่น การสร้างภูมิคุ้มกัน การเจริญเติบโตของร่างกาย การทำงานของฮอร์โมนอินซูลิน (พลอย, 2561) โดยปกติแล้วร่างกายมนุษย์ไม่สามารถสร้างธาตุสังกะสีเองได้จึงจำเป็นต้องได้รับจากอาหารที่มีธาตุสังกะสีเป็นส่วนประกอบ ซึ่งแหล่งอาหารที่มีปริมาณสังกะสีสูง ได้แก่ อาหารทะเล หอยนางรม เมล็ดทานตะวัน เห็ด เนื้อหมู ไข่ ข้าวกล้อง ถั่วลิสง ปลา จมูกข้าวสาลี แป้งงา เมล็ดฝักทอง ธัญพืช เครื่องเทศ ผักโขม เป็นต้น (เอกชัย, 2560) ในขณะที่พืชสมุนไพรเป็นอาหารหลักของประชากรประมาณครึ่งหนึ่งของโลก แต่พบว่ามีความเข้มข้นของสังกะสีน้อยกว่าอาหารจำพวกเนื้อสัตว์อยู่หลายเท่า อาทิเช่น หอยนางรมและเนื้อแดง มีปริมาณธาตุสังกะสี 74.0-871.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Saito *et al.*, 2017) แต่ในข้าวมียอดสังกะสีเพียง 3.5-60.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Saenchai *et al.*, 2014) ร่างกายมนุษย์ต้องการสังกะสีในปริมาณ 15-22 มิลลิกรัมต่อวัน โดยทั่วไปการบริโภคอาหารในแต่ละวันจะได้รับสังกะสีเข้าสู่ร่างกายเฉลี่ย 5-22 มิลลิกรัม ซึ่งความแปรปรวนของการได้รับสังกะสีในร่างกายแต่ละวันขึ้นอยู่กับชนิดและลักษณะอาหารที่บริโภคในแต่ละพื้นที่ (Noulas *et al.*, 2018) นอกจากนี้ธาตุสังกะสียังมีบทบาทสำคัญในการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิตของพืชอย่างมาก (Shu *et al.*, 2008) การฉีดพ่นสังกะสีทางใบ โดยทั่วไปใช้ในรูป $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ และ $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ ที่ 0.5-1.0 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อปริมาณ) ในอัตรา 500-600 ลิตรต่อเฮกตาร์ (Fu *et al.*, 2016) โดยมีรายงานว่า การฉีดพ่นสังกะสีทางใบสามารถเพิ่มการสะสมของสังกะสีในพืชหลายชนิด เช่น มันฝรั่ง ข้าวสาลี ถั่วเหลือง ข้าวโพด และข้าว เป็นต้น (Dore *et al.*, 2018) หากร่างกายมนุษย์ได้รับธาตุสังกะสีไม่เพียงพอจะส่งผลให้กระบวนการทางสรีรวิทยา และพัฒนาการบกพร่องนำไปสู่ปัญหาทางสุขภาพ เช่น ร่างกายอ่อนแอ ภูมิคุ้มกันลดลง ตลอดจนการทำงานของสมองช้าลง (Maret *et al.*, 2013)

การขาดธาตุสังกะสีนับว่าเป็นปัจจัยที่จะส่งผลกระทบต่อประชากรจำนวนหนึ่งในสามของโลก โดยพบประชากรป่วยเป็นโรคขาดธาตุสังกะสีตั้งแต่ 4-73 เปอร์เซ็นต์ (Hotz and Brown, 2004) โดยเฉพาะอย่างยิ่งประชากรในแถบทวีปเอเชียและแอฟริกาที่พบผู้ป่วยดังกล่าวถึง 10-60 เปอร์เซ็นต์ (McLean *et al.*, 2008) สาเหตุของการขาดธาตุสังกะสีส่วนใหญ่เกิดจากการบริโภคธาตุสังกะสีไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย เนื่องจากพฤติกรรมการทานอาหารของคนในปัจจุบันทั้งการทานอาหารที่ไม่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ทานอาหารไม่ครบ 5 หมู่ และการทานอาหารจำพวกอาหารสำเร็จรูป ทำให้หลายคนมีความเสี่ยงที่ร่างกายจะมีภาวะขาดธาตุสังกะสีได้ นำมาซึ่งปัญหาด้านสุขภาพได้ รวมทั้งมีการใช้ยาเพื่อปรุงอาหารหรือใช้เป็นยาสมุนไพรในชีวิตประจำวัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาอัตราการเสริมธาตุสังกะสีที่เหมาะสมต่อปริมาณการสะสมของสังกะสีในข้าวอ่อนและข้าวแก่เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้เป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคที่ได้รับธาตุอาหารที่จำเป็นต่อร่างกาย

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาการสะสมสังกะสีในข้าวโดยเสริมธาตุสังกะสีในรูป $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (zinc; $\text{Zn} = 15$ เปอร์เซ็นต์ สำหรับพืช) วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design: RCBD) แบ่งการทดลองเป็น 5 สูตร สูตรละ 5 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ต้น ได้แก่ ธาตุสังกะสีความเข้มข้น 0.0 (ชุดควบคุม) 2.5 5.0 7.5 และ 10.0 กรัมต่อลิตร เตรียมแปลงปลูกขนาด 1×2 เมตร จำนวน 25 แปลง ใช้ระยะปลูก 40 เซนติเมตร เก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกมาวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity: EC) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (organic matter: OM) ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม สังกะสีที่เป็นประโยชน์ และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) พบว่าค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม สังกะสี และค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 2.80 เดซิซีเมนต่อเมตร 20.25 เปอร์เซ็นต์ 2.15 8.58 5.75 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 6.92 ตามลำดับ โดยเริ่มปลูกตั้งแต่เดือนมีนาคม พ.ศ. 2564 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2565 ฉีดพ่นสังกะสีทางใบจำนวน 2 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 ฉีดพ่นหลังปลูก 1 เดือน และครั้งที่ 2 ฉีดพ่นหลังปลูก 5 เดือน โดยใช้ น้ำ 25 ลิตรต่อ 1 แปลงปลูก และรดน้ำเข้าเย็นทุกวัน เก็บผลผลิตข้าวอ่อนที่ระยะเวลา 6 เดือน และข้าวแก่ที่ระยะเวลา 12 เดือน บันทึกน้ำหนักผลผลิตน้ำหนักแห้ง นำไปสกัดและวิเคราะห์การสะสมธาตุสังกะสี โดยนำสารละลาย diethylene triamine penta acetic acid (DTPA) และแคลเซียมคลอไรด์ไฮดรอกไซด์มาผสมกันก่อนค่อยเติม TEA buffer เพื่อละลาย DTPA ให้หมด ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง เป็น 3.7 ด้วยกรดอะซิติก (1:1) หรือกรดไฮโดรคลอริก (HCl) เข้มข้น 0.1 นอร์มัล (N) ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 1 ลิตร ชั่งตัวอย่าง 10 กรัม (± 0.01) ใส่ Erlenmeyer flask ขนาด 125 มิลลิลิตร ปิดฝาแน่นยาสกัด (สารละลาย DTPA เข้มข้น 0.005 โมลาร์ ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7.3) ปริมาตร 20 มิลลิลิตร (ใช้ volumetric pipet) ใส่ตัวอย่างลงไป ปิดด้วยจุกยาง เขย่าด้วยเครื่องนาน 2 ชั่วโมง กรองตัวอย่างโดยใช้กระดาษกรองเบอร์ 5 เก็บสารละลายที่กรองได้ไว้ในขวดพลาสติก นำสารละลายที่กรองได้ไปตรวจวัดความเข้มข้นของสังกะสีด้วยเครื่อง atomic absorption spectrometer (AAS) นำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS 15.0 (SPSS, Inc, 2006) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ปริมาณผลผลิตน้ำหนักสดในข้าวอ่อนอายุ 6 เดือนหลังปลูก พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยการฉีดพ่นธาตุสังกะสีในอัตราความเข้มข้น 7.5 กรัมต่อลิตร ส่งผลให้ผลผลิตน้ำหนักสดสูงที่สุดเท่ากับ 903.0 กรัม รองลงมา คือ การฉีดพ่นธาตุสังกะสีในอัตราความเข้มข้น 2.5 0.0 (ชุดควบคุม) และ 10.0 กรัมต่อลิตร ซึ่งให้ค่าผลผลิตน้ำหนักสดเท่ากับ 466.0 420.5 และ 319.0 กรัม ตามลำดับ ในขณะที่การฉีดพ่นธาตุสังกะสีในอัตราความเข้มข้น 5.0 กรัมต่อลิตร ให้ค่าผลผลิตน้ำหนักสดน้อยที่สุดเท่ากับ 273.50 กรัม

เมื่อศึกษาผลผลิตน้ำหนักแห้ง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยการไม่ฉีดพ่นธาตุสังกะสี (ชุดควบคุม) ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงที่สุดเท่ากับ 80.84 กรัม รองลงมา คือ การฉีดพ่นธาตุสังกะสีในอัตราความเข้มข้น 7.5 2.5 และ 10.0 กรัมต่อลิตร ซึ่งให้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง

เท่ากับ 76.33 64.21 และ 52.76 กรัม ตามลำดับ ในขณะที่ฉีดพ่นธาตุสังกะสีในอัตราความเข้มข้น 5.0 กรัมต่อลิตร ให้ค่าผลผลิตน้ำหนักแห้งน้อยที่สุดเท่ากับ 36.43 กรัม

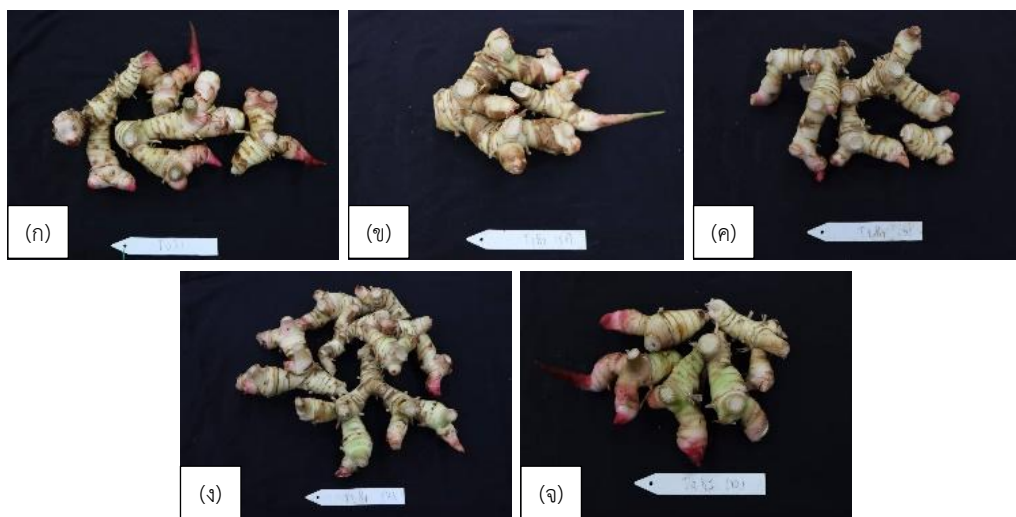
เมื่อศึกษาปริมาณการสะสมของธาตุสังกะสี พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยการฉีดพ่นธาตุสังกะสีทางใบที่อัตราความเข้มข้น 10.0 กรัมต่อลิตร ให้ค่าการสะสมของธาตุสังกะสีสูงที่สุดเท่ากับ 131.87 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมา คือ การฉีดพ่นธาตุสังกะสีที่อัตราความเข้มข้น 7.5 2.5 และ 5.0 กรัมต่อลิตร ซึ่งให้ค่าการสะสมของธาตุสังกะสีเท่ากับ 118.05 111.92 และ 108.09 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ในขณะที่ต้นข้าที่ไม่ฉีดพ่นธาตุสังกะสี (ชุดควบคุม) ให้ค่าการสะสมของธาตุสังกะสีน้อยที่สุดเท่ากับ 75.49 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ปริมาณผลผลิตน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และปริมาณสังกะสี ในข้าวอ่อนอายุ 6 เดือนหลังปลูก

อัตราความเข้มข้นของ ธาตุสังกะสีที่ฉีดพ่น (กรัมต่อลิตร)	ผลผลิต น้ำหนักสด (กรัม)	ผลผลิต น้ำหนักแห้ง (กรัม)	ปริมาณการสะสม ของธาตุสังกะสี (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
0.0	420.50 ^b	80.84 ^a	75.49 ^d
2.5	466.00 ^{ab}	64.21 ^{ab}	111.92 ^c
5.0	273.50 ^b	36.43 ^b	108.09 ^{bc}
7.5	903.00 ^a	76.33 ^{ab}	118.05 ^{ab}
10.0	319.00 ^b	52.76 ^{ab}	131.87 ^a
F-test	*	*	*
CV (%)	22.26	43.39	12.89

หมายเหตุ: - * ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ด้วยวิธี DMRT

เมื่อศึกษาปริมาณการสะสมธาตุสังกะสีในข้าวอ่อน พบว่าอัตราความเข้มข้นการฉีดพ่นธาตุสังกะสี 10.0 กรัมต่อลิตร ส่งผลให้มีการสะสมธาตุสังกะสีสูงที่สุด ซึ่งเป็นปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในการเสริมธาตุสังกะสี นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราความเข้มข้นการฉีดพ่นธาตุสังกะสีทางใบมีผลต่อปริมาณผลผลิตน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ปริมาณผลผลิตน้ำหนัสดินในข้าวอ่อนอายุ 6 เดือนหลังปลูกที่ไม่เสริมธาตุสังกะสี (ควบคุม) (ก) และที่เสริมธาตุสังกะสี 2.5 กรัม (ข) 5.0 กรัม (ค) 7.5 กรัม (ง) และ 10.0 กรัม (จ)

จากการวิเคราะห์ปริมาณผลผลิตน้ำหนัสดินในข้าวแก่อายุ 12 เดือนหลังปลูก พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยการไม่ฉีดพ่นธาตุสังกะสี (ชุดควบคุม) ให้ผลผลิตน้ำหนัสดินสูงที่สุดเท่ากับ 1057.25 กรัม รองลงมา คือ การฉีดพ่นธาตุสังกะสีในอัตราความเข้มข้น 2.5 7.5 และ 5.0 กรัมต่อลิตร ซึ่งให้ค่าผลผลิตน้ำหนัสดินเท่ากับ 935.75 776.00 และ 759.33 กรัม ตามลำดับ ในขณะที่การฉีดพ่นธาตุสังกะสีในอัตราความเข้มข้น 10.0 กรัมต่อลิตร ให้ค่าผลผลิตน้ำหนัสดินน้อยที่สุดเท่ากับ 445.50 กรัม

เมื่อศึกษาปริมาณผลผลิตน้ำหนักราก พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยการไม่ฉีดพ่นธาตุสังกะสี (ชุดควบคุม) ให้น้ำหนักรากสูงที่สุดเท่ากับ 152.33 กรัม รองลงมา คือ การฉีดพ่นธาตุสังกะสีในอัตราความเข้มข้น 7.5 2.5 และ 5.0 กรัมต่อลิตร ซึ่งให้ค่าผลผลิตน้ำหนักรากเท่ากับ 150.22 145.99 และ 86.41 กรัม ตามลำดับ ในขณะที่การฉีดพ่นธาตุสังกะสีในอัตราความเข้มข้น 10.0 กรัมต่อลิตร ให้ค่าผลผลิตน้ำหนักรากน้อยที่สุดเท่ากับ 66.39 กรัม

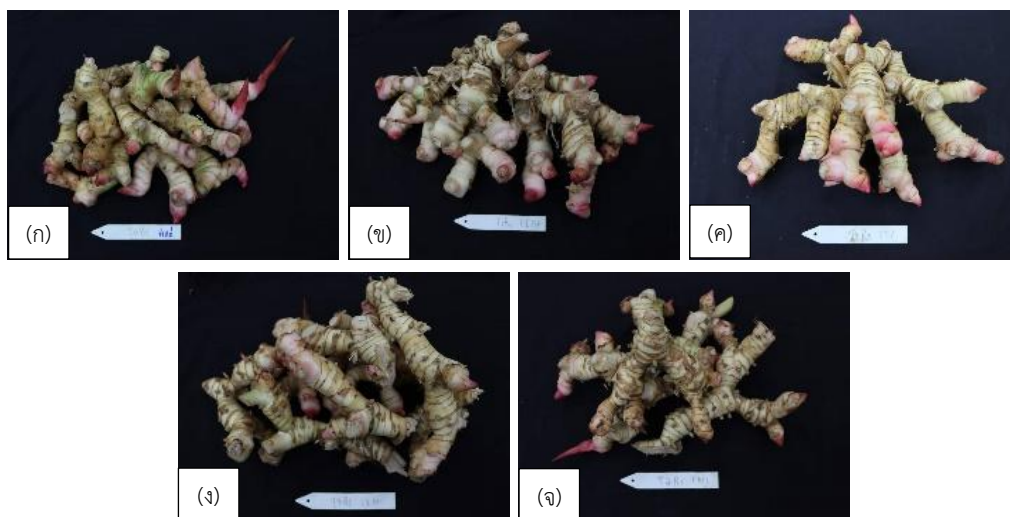
เมื่อศึกษาปริมาณการสะสมของธาตุสังกะสี พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยการฉีดพ่นธาตุสังกะสีทางใบที่อัตราความเข้มข้น 10.0 และ 7.5 กรัมต่อลิตร ให้ค่าการสะสมของสังกะสีสูงที่สุดเท่ากับ 96.87 และ 96.72 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมา คือ การไม่ฉีดพ่นธาตุสังกะสี (ชุดควบคุม) ซึ่งให้ค่าการสะสมสังกะสีเท่ากับ 90.18 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่การฉีดพ่นธาตุสังกะสีในอัตราความเข้มข้น 5.0 และ 2.5 กรัมต่อลิตร ให้ค่าการสะสมของธาตุสังกะสีน้อยที่สุดเท่ากับ 84.80 และ 83.79 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ปริมาณผลผลิตน้ำหนัสด น้ำหนักแห้ง และปริมาณสังกะสี ในข่าแก่อายุ 12 เดือนหลังปลูก

อัตราความเข้มข้นของ ธาตุสังกะสีที่ฉีดพ่น (กรัมต่อลิตร)	ผลผลิต น้ำหนัสด (กรัม)	ผลผลิต น้ำหนักแห้ง (กรัม)	ปริมาณการสะสม ของธาตุสังกะสี (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
0.0	1057.25 ^a	152.33 ^a	90.18 ^b
2.5	935.75 ^b	145.99 ^b	83.79 ^c
5.0	759.33 ^d	86.41 ^c	84.80 ^c
7.5	776.00 ^c	150.22 ^{ab}	96.72 ^a
10.0	445.50 ^e	66.39 ^d	96.87 ^a
F-test	*	*	*
CV (%)	4.19	2.31	3.13

หมายเหตุ: - * ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรต่างกันในสมรภูมเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ด้วยวิธี DMRT

เมื่อศึกษาปริมาณการสะสมธาตุสังกะสีในข่าแก่ พบว่าอัตราความเข้มข้นการฉีดพ่นธาตุสังกะสี 10.0 และ 7.5 กรัมต่อลิตร ให้การสะสมธาตุสังกะสีสูงที่สุด ซึ่งเป็นปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในการเสริมธาตุสังกะสี นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราความเข้มข้นการฉีดพ่นธาตุสังกะสีทางใบมีผลต่อปริมาณผลผลิตน้ำหนัสดและน้ำหนักแห้ง (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 ปริมาณผลผลิตน้ำหนัสดในข่าแก่ที่อายุ 12 เดือนหลังปลูกที่ไม่เสริมธาตุสังกะสี (ควบคุม) (ก) และที่เสริมธาตุสังกะสี 2.5 กรัม (ข) 5.0 กรัม (ค) 7.5 กรัม และ 10.0 กรัม (ง)

การอภิปรายผลการวิจัย

การเสริมธาตุสังกะสีให้กับข้าวส่งผลให้ข้าวอ่อนและข้าวแก่มีการสะสมธาตุสังกะสีเพิ่มมากขึ้น ซึ่งการฉีดพ่นธาตุสังกะสีที่อัตราความเข้มข้น 10.0 กรัม ให้ค่าการสะสมธาตุสังกะสีสูงที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของพัชรินทร์ และคณะ (2558) ศึกษาผลของการพ่นสังกะสีทางใบต่อผลผลิตและการสะสมธาตุสังกะสีในข้าวกล้องของข้าวพันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์ปรับปรุง พบว่าการพ่นสังกะสีทางใบสามารถเพิ่มความเข้มข้นของธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวกล้องได้ในสัดส่วนที่แตกต่างกันระหว่างข้าวพันธุ์พื้นเมืองและข้าวพันธุ์ปรับปรุงและความเข้มข้นของธาตุสังกะสีที่สะสมในข้าวกล้องมีความสัมพันธ์ต่อผลผลิตของข้าวทั้ง 2 ชนิดแตกต่างกัน นอกจากนี้รายงานของ Heinemann *et al.* (2011) พบว่าพืชหลายชนิดมีความแตกต่างทางพันธุกรรมในการแลกเปลี่ยนก๊าซที่ใบเป็นผลจากยีนบางชนิดที่สามารถระงับการคายน้ำในสภาวะที่ดินแห้งสนิท ในขณะที่พืชบางชนิดตอบสนองโดยลดการคายน้ำในสภาพดินอึดด้วยน้ำที่สูง จากเหตุผลดังกล่าวอาจส่งผลให้ข้าวอ่อนและข้าวแก่มีความสามารถในการปรับตัวแตกต่างกัน และมีผลทำให้เกิดความแตกต่างในการสร้างผลผลิต เนื่องจากข้าวอ่อนและข้าวแก่มีการเก็บผลผลิตที่ไม่พร้อมกัน รวมทั้งอาจส่งผลต่อความแตกต่างในการสะสมธาตุสังกะสีในข้าวอ่อนและข้าวแก่อีกด้วย Wissuwa *et al.* (2008) รายงานว่าสภาพที่ดินขาดธาตุสังกะสี (ความเป็นประโยชน์ของธาตุสังกะสีในดิน 0.79-0.97 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) สามารถให้ความเข้มข้นสังกะสีในเมล็ดข้าวเฉลี่ยในช่วง 7.8-27.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของสังกะสีในเมล็ดมาจากเสถียรภาพและการดูดใช้สังกะสีซึ่งคาดว่าจะขึ้นอยู่กับศักยภาพและกลไกทางสรีรวิทยาของข้าว แม้ในดินจะมีการขาดธาตุสังกะสีก็ตาม ขณะที่ยังยุทธ และคณะ (2554) รายงานว่าการฉีดพ่นสารละลาย $ZnSO_4$ อัตราความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ สามารถช่วยแก้ปัญหาการขาดธาตุสังกะสีของพืชได้เป็นอย่างดี แต่การแก้ไขให้ได้ผลระยะยาวควรปรับปรุงดินและใส่ปุ๋ยทางดินในอัตราที่เหมาะสมกับพืชแต่ละชนิด แต่อย่างไรก็ตามค่าวิกฤตสังกะสีในดินอาจจะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับการจัดการสภาพแวดล้อม และการสะสมธาตุสังกะสีในส่วนต่าง ๆ ของพืชแต่ละชนิดอาจจะมีกลไกการดูดซึมของระบบราก และการลำเลียงธาตุอาหารแตกต่างกัน จึงต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไปเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดใช้ธาตุสังกะสี ซึ่งมีผลต่อปริมาณผลผลิตทั้งในข้าวอ่อนและข้าวแก่ และการบริโภคอาหารที่ขาดธาตุสังกะสีส่งผลให้เกิดการขาดธาตุสังกะสีต่อผู้บริโภค ทำให้เกิดความบกพร่องของพัฒนาการทั้งทางด้านร่างกายและสมอง การเพิ่มธาตุสังกะสีในพืชสมุนไพรโดยการฉีดพ่นธาตุสังกะสีทางใบอาจจะสามารถเพิ่มธาตุสังกะสีในพืชสมุนไพรได้ ซึ่งจะทำให้ผู้บริโภคได้รับธาตุสังกะสีมากขึ้นด้วย

สรุปผลการวิจัย

การฉีดพ่นธาตุสังกะสีทางใบในข้าวอ่อนและข้าวแก่ส่งผลให้มีการสะสมธาตุสังกะสีเพิ่มขึ้นตามอัตราความเข้มข้นที่ฉีดพ่นเพิ่มขึ้น โดยข้าวอ่อนและข้าวแก่ที่ได้รับการเสริมธาตุสังกะสีสูงขึ้น ส่งผลให้ปริมาณผลผลิตน้ำหนักรวมลดลง ดังนั้นการฉีดพ่นธาตุสังกะสีทางใบที่เหมาะสมสำหรับการเสริมธาตุสังกะสีในข้าวอ่อน คือ 7.5 กรัมต่อลิตร ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการเสริมธาตุสังกะสีให้กับข้าวได้ในระดับดีกว่าอัตราความเข้มข้นอื่น ๆ และข้าวแก่ที่เสริมธาตุสังกะสีทุกความเข้มข้นไม่มีผลต่อปริมาณผลผลิตน้ำหนักรวม ทำให้การไม่ฉีดพ่นธาตุสังกะสีมีปริมาณผลผลิตมากที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณการสนับสนุนงบประมาณในการวิจัยจากโครงการการพัฒนาพืชผัก สมุนไพร และผลไม้เสริมธาตุสังกะสีเพื่อสุขภาพ ภายใต้การดำเนินงานโครงการของศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมเกษตรสร้างสรรค์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)

เอกสารอ้างอิง

- พลอย วงวิไลย. (2561). Zinc แร่ธาตุสังกะสี สารอาหารสำคัญ ประโยชน์ครบครัน ของสุขภาพ. สืบค้นเมื่อ 9 ตุลาคม 2565, จาก: <https://www.megawecare.co.th/content/5462/zinc-essential-nutrient-for-health->.
- พัชรินทร์ ตัญวงศ์ เพ็ญภา จักรสมศักดิ์ เบญจวรรณ ฤกษ์เกษม และชนากานต์ เทโบลต์ พรหมอุทัยผล. (2558). ผลของการพ่นสังกะสีที่ใบต่อผลผลิตและการสะสมธาตุสังกะสีในข้าวกล้องของข้าวพันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์ปรับปรุง. *วารสารแก่นเกษตร*, 43(4), 605-612.
- พัชรี เดชเลห์ คมกฤษณ์ แสงเงิน ญัฐพงศ์ จันจุฬา และอนันต์ พิริยะภัทรกิจ. (2565). ผลของปุ๋ยหมักจากต้นกล้วยหอมทองเสริมซีลีเนียมต่อการเจริญเติบโตผลผลิต และปริมาณซีลีเนียมของผักกาดหอม. *วารสารวิชา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช*, 41(1), 15-24.
- ยงยุทธ โอสดสภา อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชวลิต ฮงประยูร. (2554). ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เสนาะ ขาวขำ เทวัญ ธาณิรัตน์ และพระปลัดสมชาย ปโยโค (2560). การใช้สมุนไพรตามพทุธชาณุญาตเพื่องานสาธารณสุขมูลฐาน. *วารสารสันติศึกษาปริทรรศน์ มจร*, 5(2), 237-249.
- เอกชัย เรื่องดำ (2560). สังกะสี แร่ธาตุที่ต้องการน้อยแต่สำคัญ. *วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ*, 65(204), 24-25.
- Dore, V., Koti, R.V. and Math, K.K. (2018). Response of zinc application on growth, zinc content and grain yield of rice genotypes and correlation between zinc content and yield attributes of rice genotypes. *Indian Journal of Animals Research*, 52(6), 625-630, doi: <https://doi.org/10.18805/IJAR.A-5096>.
- Fu, X.Z., Xing, F., Cao, L., Chun, C.P, Ling, L.L, Jiang, C.L. and Peng, L.Z. (2016). Effects of foliar application of various zinc fertilizers with organosilicone on correcting citrus zinc deficiency. *HortScience*, 51(4), 422-426, doi: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.51.4.422>.
- Heinemann, A.B., Stone, L.F. and Fageria, N.K. (2011). Transpiration rate response to water deficit during vegetative and reproductive phases of upland rice cultivars. *Agricultural Science Journal*, 68(1), 24-30, doi: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162011000100004>.
- Hotz, C. and Brown, K.H. (2004). Chapter 2: Assessment of the risk of zinc deficiency in populations and options for its control. *Food and Nutrition Bulletin*, 25(1), 99-203, doi: <https://doi.org/10.1177/156482650402515>.

- Maret, W. (2013). Zinc biochemistry: From a single zinc enzyme to a key element of life. *Advance in Nutrition Journal*, 4(1), 82-91, doi: <https://doi.org/10.3945/an.112.003038>.
- McLean, E., Cogswell, M., Egli, I., Wojdyla, D. and De Benoist, B. (2008). Worldwide prevalence of anaemia, WHO vitamin and mineral nutrition information system, 1993-2005. *Public Health Nutrition*, 12(4), 444-454, doi: <https://doi.org/10.1017/S1368980008002401>.
- Noulas, C., Tziouvalekas, M. and Karyotis, T. (2018). Zinc in soils, water and food crops. *Journal of Trace Element in Medicine and Biology*, 49, 252-260, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2018.02.009>.
- Phitak, T., Choocheep, K., Pothacharoen, P., Pompimon, W., Premanode, B. and Kongtawelert, P. (2009). The effects of p-hydroxycinnamaldehyde from *Alpinia galanga* extracts on human chondrocytes. *Phytochemistry*, 70(2), 237-243, doi: <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2008.11.010>.
- Saenchai, C., Prom-u-thai, C., Jamjod, S., Dell, B. and Rerkasem, B. (2014). Iron and zinc partitioning in rice grain. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 43(1), 67-78.
- Saito, H., Cherasse, Y., Suzuki, R., Mitarai, M., Ueda, F. and Urade, Y. (2017). Zinc-rich oysters as well as zinc yeast and astaxanthin enriched food improved sleep efficiency and sleep onset in a randomized controlled trial of healthy individuals. *Molecular Nutrition and Food Research*, 61(5), 16-82, doi: <https://doi.org/10.1002/mnfr.201600882>.
- Shu, N., Zhou, T. and Hovmoller, S. (2008). Prediction of zinc-binding sites in proteins from sequence. *Journal Article*, 24(6), 775-782, doi: <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btm618>.
- Wissuwa, M., Ismail, A.M. and Graham, R.D. (2008). Rice grain zinc concentrations as affected by genotype, native soil-zinc availability and zinc fertilization. *Plant and Soil*, 306(1), 37-48, doi: <https://doi.org/10.1007/s11104-007-9368-4>.