

ผลของการเสริมธาตุสังกะสีต่อการสะสมธาตุสังกะสีในต้นอ่อนทานตะวันงอก The Effects of Zinc Supplementation on Zing Accumulation in Sunflower Sprouts

อนันต์ พิริยะภัทรกิจ^{1*} พรกมล รูปเลิศ¹ ปุณญพัฒน์ พลพิมพ์¹ และพัชรี เดชเลย์¹
Anan Piriya-phattarakit^{1*} Ponkamon Ruploet¹ Punyaphat Pholphim¹ and
Patcharee Dechlay¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของการเสริมธาตุสังกะสีต่อการสะสมธาตุสังกะสีในต้นอ่อนทานตะวันงอก โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) ประกอบด้วย 5 ทริทเมนต์ จำนวน 3 ซ้ำ ได้แก่ อัตราการเสริมธาตุสังกะสี 0.0 กรัม (ชุดควบคุม) และอัตราการเสริมธาตุสังกะสี 2.5 5.0 7.5 และ 10.0 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ตามลำดับ เก็บข้อมูลอัตราการงอกของเมล็ด น้ำหนักสด ปริมาณผลผลิต และการสะสมธาตุสังกะสีในต้นอ่อนทานตะวัน เมื่ออายุ 14 วัน พบว่าการเสริมธาตุสังกะสีอัตราที่สูงขึ้น ส่งผลให้เมล็ดทานตะวันมีอัตราการงอกและปริมาณผลผลิตลดลง ในขณะที่ชุดควบคุมมีอัตราการงอกของเมล็ดทานตะวันและผลผลิตสูงที่สุด การเสริมธาตุสังกะสีในอัตรา 2.5 กรัม มีการสะสมธาตุสังกะสีสูงที่สุดเท่ากับ 465 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม รองลงมา คือ การเสริมธาตุสังกะสีในอัตรา 5.0 7.5 และ 10.0 ตามลำดับ จากการศึกษาสรุปได้ว่าการสะสมธาตุสังกะสีในต้นอ่อนทานตะวันงอก และปริมาณผลผลิตมีแนวโน้มแปรผกผันตามอัตราการเสริมธาตุสังกะสี โดยอัตราที่เพิ่มขึ้นหากมากเกินไปส่งผลทำให้ปริมาณผลผลิตลดลง และการสะสมธาตุสังกะสีลดลงเกินความต้องการของพืช ดังนั้นอัตราที่เหมาะสมสำหรับการเสริมธาตุสังกะสีให้กับต้นอ่อนทานตะวันงอก คือ การเสริมธาตุสังกะสีในอัตรา 2.5 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ซึ่งมีอัตราการงอกของเมล็ด ปริมาณผลผลิต รวมถึงการสะสมธาตุสังกะสีอยู่ในระดับดี สามารถนำต้นอ่อนทานตะวันเสริมธาตุสังกะสีไปบริโภคเพื่อป้องกันการขาดธาตุสังกะสีที่มีความจำเป็นต่อร่างกายมนุษย์ได้

คำสำคัญ: ต้นอ่อนทานตะวัน ธาตุสังกะสี การงอกของเมล็ด

¹ ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมเกษตรสร้างสรรค์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)

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

DOI: <https://doi.org/10.65217/wichchajinstru.2023.v42i2.254881>

Received: 14 June 2022, Revised: 2 November 2022, Accepted: 5 April 2023*

Abstract

The study of zinc supplementation aimed to investigate effects of sunflower seedlings growth and yield. The experiment was in a completely randomized design (CRD) with 3 replications and 5 treatments, The treatments consisted of non-zinc applied (Treatment 1; Control), 2.5 gram (g) (Treatment 2), 5.0 g (Treatment 3), 7.5 g (Treatment 4) and 10.0 g (Treatment 5) in 20-liter water. The data were collected on seed germination rate and yield of 14 days old sunflower seedlings and zinc accumulation. The results showed that the higher rates of zinc supplementation could increase the yield of sunflower seedlings. Non-zinc sunflower seedlings (control) had the highest germination rate and yield fresh weight. From the Zn analysis in sunflower seedlings, the zinc concentration of 2.5 g had the highest zinc accumulation of 465 milligrams per kilogram (mg/kg), followed by zinc concentrations at 5.0 g, 7.5 g and 10.0 g were 393, 387 and 272 mg/kg, respectively. The results showed a positive correlation between yield and zinc accumulation in sunflower seedlings. Then, the zinc concentration of 2.5 g was good at the optimum rate for the growth, improving yield and zinc accumulation in sunflower seedlings, which is an alternative way to increase the amount of zinc in plants for the health benefits of consumers.

Keywords: Sunflower seedlings, Zinc, Seed germination

บทนำ

การขาดธาตุสังกะสีหรือซิงค์ (zinc: Zn) ในมนุษย์ ทำให้มีผู้เสียชีวิตมากกว่า 400,000 ราย ต่อปี (Stanton *et al.*, 2022) สังกะสีเป็นแร่ธาตุที่มีความจำเป็น พบได้ในเซลล์ทั่วไปของร่างกาย ได้แก่ เซลล์ของเม็ดเลือดแดงและเม็ดเลือดขาว โดยเฉพาะในเม็ดเลือดขาว พบธาตุสังกะสีเป็นจำนวนมาก มีบทบาทหน้าที่ต่อการทำงานของร่างกายช่วยในการทำงานของเอ็นไซม์ต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น ช่วยในการเจริญเติบโตของร่างกาย กระบวนการย่อย และเผาผลาญสารอาหาร (Tsuruoka *et al.*, 2022) อีกทั้งยังช่วยเรื่องการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน การพัฒนาและการเจริญเติบโตของเซลล์ รวมไปถึงช่วยเสริมเรื่องการรับรู้รสและกลิ่น รวมทั้งมีส่วนช่วยในกระบวนการต่อต้านอนุมูลอิสระ นอกจากนี้ธาตุสังกะสียังมีบทบาทสำคัญเกี่ยวกับเซลล์ของสิ่งมีชีวิต คือ การกระตุ้นปฏิกิริยาชีวเคมี บทบาทด้านโครงสร้างและการควบคุมการทำงานระดับเซลล์ (Boardman and McGuire, 1990) จึงเห็นได้ว่าธาตุสังกะสีมีความจำเป็นต่อร่างกายหลายด้าน แต่เนื่องจากร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์แร่ธาตุชนิดนี้ขึ้นได้เองตามธรรมชาติ จึงจำเป็นต้องได้รับจากการทานอาหารเข้าไป ซึ่งแหล่งอาหารตามธรรมชาติที่อุดมไปด้วยแร่ธาตุสังกะสี ได้แก่ หอยนางรม เนื้อแดง ปลาทะเลน้ำลึก อาหารทะเล ถั่ว และธัญพืช เป็นต้น ในกลุ่มวัยต่าง ๆ มีข้อกำหนดในการรับธาตุสังกะสีต่อวัน คือ ในเด็กวัย 1-8 ปี ควรบริโภคธาตุสังกะสี 4-6 มิลลิกรัมต่อวัน วัยรุ่นชายควรบริโภควันละ 12-13 มิลลิกรัม ขณะที่วัยรุ่น

หญิงควรได้รับ 9-10 มิลลิกรัมต่อวัน สำหรับผู้ใหญ่ชายและหญิง อายุ 19 ปีขึ้นไป มีความต้องการธาตุสังกะสีเฉลี่ยที่ 11 และ 9 มิลลิกรัมต่อวัน ตามลำดับ ส่วนหญิงตั้งครรภ์และหญิงให้นมบุตรควรบริโภคธาตุสังกะสีเพิ่มขึ้นเป็นวันละ 10.6 และ 11.9 มิลลิกรัมต่อวัน ตามลำดับ (เอมอร์ และคณะ, 2563) แต่พฤติกรรมการทานอาหารของคนในปัจจุบัน มีทั้งการทานอาหารที่ไม่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ทานอาหารไม่ครบ 5 หมู่ และทานอาหารจำพวกอาหารสำเร็จรูป ทำให้หลายคนมีความเสี่ยงที่ร่างกายจะมีภาวะขาดแร่ธาตุสังกะสีได้ (อนันต์ และคณะ, 2566) การขาดธาตุสังกะสีอาจส่งผลกระทบต่อพัฒนาของอวัยวะหลายส่วน รวมทั้งระบบหลอดเลือด (Tsuruoka *et al.*, 2022) ซึ่งนำมาซึ่งปัญหาด้านสุขภาพได้ โดย Khabour and Hassanein (2021) ศึกษาการใช้อาหารที่มีการเสริมธาตุสังกะสีในพืชสมุนไพรเพื่อกระตุ้นภูมิคุ้มกันในช่วงการระบาดของโรคติดเชื้อโควิด-19 ซึ่งเป็นแนวทางในการเสริมธาตุสังกะสีในพืช และมีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มธาตุสังกะสีในพืชหลายชนิด ได้แก่ การพ่นปุ๋ยสังกะสีทางใบข้าวเพื่อเพิ่มปริมาณธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าว (พัชรินทร์ และชนากานต์, 2564) รวมทั้งการให้ปุ๋ยสังกะสีทางใบที่สามารถยกระดับการเพิ่มปริมาณผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นสูง มีการสะสมธาตุสังกะสีในต้นและเมล็ดข้าวสูงต่อการเพิ่มปริมาณธาตุสังกะสีในข้าว และเป็นทางเลือกหนึ่งที่ช่วยเพิ่มปริมาณธาตุสังกะสีในพืช เพื่อเป็นประโยชน์ต่อคุณค่าทางโภชนาการของผู้บริโภคได้ (ชาญชัย และคณะ, 2564) อย่างไรก็ตามหากพืชได้รับธาตุสังกะสีมากเกินไปซึ่งเสี่ยงต่อการเป็นพิษต่อพืช (Stanton *et al.*, 2022) โดยพืชแต่ละชนิดจะแสดงอาการที่เป็นพิษต่อธาตุสังกะสีแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ส่วนพืชที่ไม่ทนต่อธาตุสังกะสีจะแสดงอาการที่ราก ทำให้รากหยุดการยึดตัวและทำให้เนื้อเยื่อระหว่างเส้นใบมีสีเหลืองซีด เนื่องจากภาวะที่มีธาตุสังกะสีมากเกินไปทำให้เกิดอาการเป็นพิษได้ (Boardman and McGuire, 1990) แต่ความเป็นพิษของธาตุสังกะสีมักเกิดน้อยกว่าอาการขาดธาตุสังกะสีในพืช ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษาปริมาณการเสริมธาตุสังกะสีให้ต้นอ่อนทานตะวันงอก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้ปุ๋ยสังกะสีต่อปริมาณผลผลิตและการสะสมธาตุสังกะสีในต้นอ่อนทานตะวันงอก ที่ทำให้ผู้บริโภคสามารถเข้าถึงการได้รับธาตุสังกะสีจากการทานผักที่มีปริมาณธาตุสังกะสีสูงที่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกายได้ง่ายมากยิ่งขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

ศึกษาการสะสมธาตุสังกะสีในต้นอ่อนทานตะวันงอกด้วยการเสริมธาตุสังกะสีสำหรับพืช (EDTA Zn 15% ตราเวสโก้) ณ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ตำบลคลองห้า อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ภาชนะ (ขนาด กว้าง 35 x ยาว 50 x สูง 8 เซนติเมตร) จำนวน 5 ตำรับทดลอง ได้แก่ อัตราการใส่ปุ๋ยเสริมธาตุสังกะสี 0.0 2.5 5.0 7.5 และ 10.0 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร โดยการแช่เมล็ดพันธุ์ทานตะวัน (สายพันธุ์สามเอกินยอต ตรา AAA) ในน้ำ 20 ลิตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำเมล็ดไปเพาะใส่ภาชนะ ภาชนะละ 400 เมล็ด ด้วยวัสดุเพาะ (พีทมอส) ปริมาณ 5 กิโลกรัม (ภาพที่ 1) รดน้ำ 2 เวลา เช้าและเย็น ปริมาณ 100 มิลลิลิตร เก็บข้อมูลอัตราการงอกของเมล็ดด้วยการนับจำนวนต้นที่งอก (นับทุกต้นที่งอกจากภาชนะ) และปริมาณผลผลิตที่อายุ 14 วัน ด้วยการชั่งน้ำหนักสดผลผลิตต่อภาชนะ บันทึกข้อมูล แล้วนำต้นอ่อนทานตะวันงอกไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นปั่นตัวอย่างแห้งด้วยเครื่องปั่น

ละเอียด ชั่งน้ำหนักตัวอย่างแห้ง 0.2 กรัม นำไปย่อยและสกัด แล้วนำไปวิเคราะห์การสะสมธาตุสังกะสี โดยใช้เครื่องอะตอมมิคแอบซอร์พชันสเปกโตรมิเตอร์ (atomic absorption spectrometer: AAS) และนำข้อมูลที่ได้อาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ ด้วยโปรแกรม SPSS 26 เปรียบเทียบด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



ภาพที่ 1 การเตรียมเมล็ดและการเพาะเมล็ดทานตะวัน

ผลการวิจัย

ผลการเสริมธาตุสังกะสีในต้นอ่อนทานตะวันงอก พบว่าเมื่ออัตราการเสริมธาตุสังกะสีที่สูงขึ้น ส่งผลให้อัตราการงอกของเมล็ดทานตะวันลดลง ซึ่งเมล็ดทานตะวันที่ไม่มีการเสริมธาตุสังกะสีมีอัตราการงอกของเมล็ดที่ดีกว่าการเสริมธาตุสังกะสีในทุกระดับ โดยมีอัตราการงอกเท่ากับร้อยละ 85.08 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับต้นอ่อนทานตะวันงอกที่เสริมธาตุสังกะสีในอัตรา 2.5 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร รวมถึงอัตราการเสริมธาตุสังกะสีส่งผลให้ผลผลิตต้นอ่อนทานตะวันลดลงโดยแปรผันตามอัตราการเพิ่มธาตุสังกะสีที่สูงขึ้น (ภาพที่ 2) รวมถึงอัตราการเสริมธาตุสังกะสีส่งผลให้น้ำหนักสดและปริมาณผลผลิตต้นอ่อนทานตะวันลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เป็นเพราะความสามารถในการดูดซึมธาตุสังกะสีของต้นอ่อนทานตะวันงอก อยู่ในระดับความต้องการของพืช เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักแห้งต่อน้ำหนักสดของต้นอ่อนทานตะวันในอัตราการเสริมธาตุสังกะสี 7.5 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร มีน้ำหนักแห้งต่อน้ำหนักสดสูงเท่ากับร้อยละ 17.05 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามอัตราการเสริมธาตุสังกะสี 2.5 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร มีการสะสมธาตุสังกะสีสูง แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับอัตราการเสริมธาตุสังกะสีที่ 5.0 และ 7.5 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ดังตารางที่ 1



ภาพที่ 2 ปริมาณผลผลิตต้นอ่อนทานตะวันในอัตราการใส่เสริมธาตุสังกะสี 0.0 (ก) 2.5 (ข) 5.0 (ค) 7.5 (ง) และ 10.0 (จ) กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร

ตารางที่ 1 ผลการเสริมธาตุสังกะสีในต้นอ่อนทานตะวันงอกต่ออัตราการงอกของเมล็ด ปริมาณผลผลิต และการสะสมธาตุสังกะสี

อัตราการเสริม ธาตุสังกะสี (กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร)	อัตราการงอก ของเมล็ด (ร้อยละ)	น้ำหนักสด (กรัม)	น้ำหนักแห้ง ต่อน้ำหนักสด (ร้อยละ)	การสะสม ธาตุสังกะสี (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
0.0 (ชุดควบคุม)	85.08 ^a	249.33 ^a	5.18 ^c	93 ^c
2.5	77.75 ^{ab}	128.33 ^b	10.70 ^b	465 ^a
5.0	51.33 ^c	103.00 ^c	8.88 ^b	393 ^a
7.5	57.83 ^c	67.33 ^d	17.05 ^a	387 ^a
10.0	63.17 ^{bc}	95.33 ^c	10.99 ^b	272 ^b
F-test	*	**	**	**
CV (%)	13.89	8.39	12.58	28.97

หมายเหตุ: - *,** ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$, $p < 0.01$) ด้วยวิธี DMRT

การอภิปรายผลการวิจัย

การเสริมธาตุสังกะสีในต้นอ่อนทานตะวันงอก แสดงให้เห็นว่าอัตราการเสริมธาตุสังกะสีที่สูงขึ้นส่งผลต่ออัตราการงอกของเมล็ด ซึ่งสอดคล้องกับภณกฤต และคณะ (2561) ที่ศึกษาผลของอัตราธาตุสังกะสีต่อการเจริญเติบโต การดูดใช้ และผลผลิตของข้าวโพดหวาน โดยเปรียบเทียบความเข้มข้นของธาตุสังกะสี พบว่าอัตราความเข้มข้นธาตุสังกะสีทำให้การดูดใช้ธาตุสังกะสี การเจริญเติบโตในข้าวโพดหวานมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นจากการศึกษาอัตราความเข้มข้นของธาตุสังกะสีที่มีผลต่อการยับยั้งการงอกของเมล็ดพืช และปริมาณผลผลิตของต้นอ่อนทานตะวันลดลง เพราะหากพืชได้รับธาตุสังกะสีมากเกินไปซึ่งเสี่ยงต่อการเป็นพิษต่อพืช (Stanton *et al.*, 2022) ดังนั้นจากการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าการแช่เมล็ดทานตะวันด้วยธาตุสังกะสีในอัตรา 2.5 กรัมต่อน้ำ

20 ลิตร ด้วยการแช่เมล็ดนาน 24 ชั่วโมง เพื่อผลิตต้นอ่อนทานตะวันงอก เป็นอัตราที่เหมาะสมสำหรับนำไปบริโภคเป็นพืชผักที่มีธาตุสังกะสีสูง รวมถึงเพื่อเป็นแนวทางในการปรับใช้อัตราส่วนที่มีความเหมาะสมในการผลิตพืชเสริมธาตุสังกะสีอื่น ๆ ได้ต่อไป

สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้บ่งชี้ว่าการแช่เมล็ดพันธุ์ทานตะวันด้วยธาตุสังกะสี สามารถเพิ่มการสะสมธาตุสังกะสีในต้นอ่อนทานตะวันงอกได้ โดยการใช้ธาตุสังกะสีในอัตรา 2.5 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ให้ค่าการสะสมธาตุสังกะสีในต้นอ่อนทานตะวันสูงที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับอัตราการเสริมธาตุสังกะสี 5.0 และ 7.5 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร แสดงให้เห็นว่าในการผลิตต้นอ่อนทานตะวันควรใช้อัตราที่เหมาะสมในการเสริมธาตุสังกะสี คือ 2.5 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร เพื่อเพิ่มปริมาณการสะสมธาตุสังกะสีในต้นอ่อนทานตะวัน การเพิ่มอัตราการใช้อัตราการใช้ธาตุสังกะสีส่งผลให้อัตราการงอกของเมล็ดและผลผลิตต้นอ่อนทานตะวันมีค่าลดลง แสดงให้เห็นว่าในการผลิตต้นอ่อนทานตะวันแม้จะไม่มีผลในการเพิ่มปริมาณผลผลิตต้นอ่อนทานตะวัน แต่จะเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคที่ขาดธาตุสังกะสีได้เป็นอย่างมาก

ข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการทดลองระดับปฏิบัติการ อาจมีขนาดและหน่วยการทดลองที่มีขนาดจำกัด หากคณะผู้วิจัยมีโอกาสดำเนินการส่งเสริมและนำเทคนิครวมถึงองค์ความรู้ไปถ่ายทอดให้กับเกษตรกรหรือผู้ที่สนใจสำหรับผลิตต้นอ่อนทานตะวันเสริมธาตุสังกะสีในระดับเชิงพาณิชย์จะเป็นผลดีแก่ผู้บริโภคเพื่อลดปัญหาการขาดธาตุสังกะสีมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณการสนับสนุนงบประมาณในการวิจัยจากโครงการการพัฒนาพืชผัก สมุนไพร และผลไม้เสริมธาตุสังกะสีเพื่อสุขภาพ ภายใต้การดำเนินงานของศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมเกษตรสร้างสรรค์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)

เอกสารอ้างอิง

- ชาญชัย รุฬากี พรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย และศุภชัย อำคา. (2564). การให้ปุ๋ยสังกะสีทางใบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวที่ปลูกในชุดดินนครปฐม. *แก่นเกษตร*, 49(1), 901-905.
- พัชรินทร์ ตัญวงศ์ และชนากานต์ เทโบลต์ พรหมอุทัย. (2564). การเพิ่มผลผลิตและการสะสมธาตุสังกะสีในเมล็ดข้าวโดยการจัดการปุ๋ยสังกะสีในพันธุ์ข้าวนาสวนและข้าวไร่. *แก่นเกษตร*, 49(4), 799-809.
- ภณกฤต อุ่นพิพัฒน์ ญัฐพล จิตมาตย์ และเสาวนุช ถาวรพฤษ. (2561). การเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุสังกะสีด้วยซิงค์ชีวเมทที่เตรียมจากพืชสำหรับข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเหนียว. *แก่นเกษตร*, 46(1), 301-307.

- อนันต์ พิริยะภัทรกิจ พัทรี เดชเลย์ พรกมล รูปเลิศ และปัญญพัฒน์ พลพิมพ์. (2566). ผลของปุ๋ยสังกะสีที่ให้ทางใบต่อผลผลิตและความเข้มข้นของสังกะสีของข้าว. *วารสารวิชา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช*, 42(1), 14-23, doi: <https://doi.org/10.65217/wichchajinstru.2023.v42i1.254742>.
- เอมอร อุดมเกษมาลี พรนพ นัยเนตร และอรพร ดำรงวงศ์ศิริ. (2563). สังกะสี. ใน สุปราณี แจ่มบำรุง. *ปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย dietary reference intake for thais*, หน้า 319-330. กรุงเทพฯ: เอ.วี. โพรเกรสซีฟ.
- Boardman, R. and McGuire, D.O. (1990). The role of zinc in forestry. I. Zinc in forest environments, ecosystems and tree nutrition. *Forest Ecology and Management*, 37(1-3), 167-205, doi: [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(90\)90054-F](https://doi.org/10.1016/0378-1127(90)90054-F).
- Khabour, O.F. and Hassanein, S.F.M. (2021). Use of vitamin/zinc supplements, medicinal plants, and immune boosting drinks during COVID-19 pandemic: A pilot study from Benha city, Egypt. *Heliyon*, 7(3), 11-17, doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06538>.
- Stanton, C., Sanders, D., Krämer, U., and Podar, D. (2022). Zinc in plants: Integrating homeostasis and biofortification. *Molecular Plant*, 15(1), 65-85, doi: <https://doi.org/10.1016/j.molp.2021.12.008>.
- Tsuruoka, T., Kodama, A., Yamaguchi, S., Masutomi, T., Koyama, A., Murohara, T., Komori, K. and Shibata, R. (2022). Zinc deficiency impairs ischemia-induced angiogenesis. *JVS-Vascular Science*, 3, 30-40, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jvssci.2021.09.023>.