

การเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุสังกะสีด้วยซิงค์ฮิวเมต ที่เตรียมจากพีตสำหรับข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูน

Intensification of Zinc Availability by Zn-Humate Prepared from Peat for Sweet Corn Grown on a Calcareous Soil

ภณกฤต อุ่นพิพัฒน์¹, ณัฐพล จิตมายุ^{1*} และ เสาวนุช อวาร์พฤกษ์¹

Bhonkij Ounpipat¹, Natthapol Chittamart^{1*} and Saowanuch Tawornpruek¹

บทคัดย่อ: การขาดธาตุสังกะสีเป็นปัญหาสำคัญในดินเนื้อปูน การใช้ซิงค์ฮิวเมตเป็นแนวทางเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุสังกะสีได้ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอัตราซิงค์ฮิวเมตที่เตรียมจากสารฮิวมิกที่ได้จากพีตต่อการเจริญเติบโต การดูดใช้ และผลผลิตของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเนื้อปูน โดยเปรียบเทียบความเข้มข้นของธาตุสังกะสีจากซิงค์ฮิวเมต 4 ระดับคือ 0, 2, 4, 8 มก. Zn/ดิน 1 กิโลกรัม และโพแทสเซียมฮิวเมตเตรียมจากพีต และศึกษาประสิทธิภาพของซิงค์ฮิวเมตกับปุ๋ยสังกะสีในรูปแบบอื่น ๆ ได้แก่ Zn-EDTA และ ZnSO₄ ในอัตราที่เท่ากันคือ 4 มก. Zn/ดิน 1 กิโลกรัม พร้อมกับตัวควบคุม 2 ตัว ผลของการศึกษาพบว่า อัตราความเข้มข้นซิงค์ฮิวเมตทำให้ การดูดใช้ธาตุสังกะสี การเจริญเติบโตในข้าวโพดหวานมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยซิงค์ฮิวเมตอัตรา 4 มก. Zn/ดิน 1 กิโลกรัม ทำให้การดูดใช้ธาตุสังกะสีและการเจริญเติบโตและน้ำหนักแห้งทั้งหมดสูงที่สุด ผลการเปรียบเทียบของปุ๋ยสังกะสี 3 รูปแบบ คือ ZnSO₄, Zn-EDTA และ Zn-Humate ที่ระดับความเข้มข้นเท่ากับ 4 มก. Zn/ดิน 1 กิโลกรัม พบว่า ปุ๋ยสังกะสีทั้ง 3 รูปแบบส่งผลให้การเจริญเติบโตและดูดใช้ธาตุสังกะสีของข้าวโพดหวานไม่แตกต่างกันทางสถิติ แสดงให้เห็นว่า ซิงค์ฮิวเมตที่เตรียมได้จากพีตมีประสิทธิภาพในการเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุสังกะสีในดินเนื้อปูนเทียบเท่าปุ๋ยธาตุสังกะสีรูปแบบอื่นๆ

คำสำคัญ: ซิงค์ฮิวเมต, ดินเนื้อปูน, ปุ๋ยธาตุสังกะสี, ข้าวโพดหวาน

ABSTRACT: Zinc (Zn) deficiency is an important problem for crop production in calcareous soils. Application of Zn-humate is an approach for intensifying Zn availability. Therefore, this study focused on effect of Zn humate prepared from peat-derived humic acid on growth, Zn uptake and total dry matter yield of sweet corn grown on a calcareous soil by comparison on four rates of Zn-humate e.g. 0, 2, 4, 8 mg Zn/kg soil and K-humate prepared from peat. Also, to compare efficiency of Zn-humate with ZnSO₄ and Zn-EDTA in the same rate of 4 mg Zn/kg soil was investigated with 2 control treatments. The results revealed that Zn-humate rates had significantly effect on growth, Zn uptake and total dry matter yield of sweet corn, where the rate of Zn-humate of 4 mg Zn/kg soil showed high responses on growth, uptake and dry matter yield. Whereas, Zn-humate had no significant different on growth, uptake and dry matter yield with Zn-EDTA and ZnSO₄ indicating that Zn-humate had a concurrent efficiency with other forms of Zn fertilizers.

Keywords: Zn-Humate, Calcareous soil, Zinc fertilizer, Sweet corn

¹ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, 10900

* Corresponding author: fagmnc@ku.ac.th

บทนำ

ดินเนือปูน (calcareous soils) เป็นดินที่มีชั้นสะสมปูนคาร์บอเนต และมีค่าความเป็นกรดต่ำสูง ส่วนใหญ่เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดเป็นพวกหินปูน หินมาร์ล ปัญหาที่สำคัญของดินเนือปูนคือพืชที่ปลูกมักแสดงอาการขาดจุลธาตุอาหารโดยเฉพาะธาตุสังกะสี เหล็ก แมงกานีส และทองแดง เนื่องจากอยู่ในรูปที่ไม่ละลายในสภาวะที่เป็นด่าง จากการศึกษาของจรรยาลักษณ์ และคณะ (2559) รายงานว่า พบว่าปริมาณ DTPA-Zn มีค่าเท่ากับ 0.06 มก./กก. ซึ่งต่ำกว่าค่าวิกฤตของดิน ซึ่งค่าวิกฤตของดิน มีค่าต่ำกว่า 1.0 มก./กก. นอกจากนี้ธาตุสังกะสีในดินเนือปูนยังอยู่ในรูปที่ไม่ละลาย คือ ZnOH ในสภาวะที่ดินเป็นด่างจัด (Chittamart et al., 2016) และธาตุสังกะสีที่เป็นประโยชน์อยู่ในรูปที่สร้างพันธะกับอินทรีย์วัตถุ ซึ่งจะเป็แนวทางในการเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุสังกะสีได้ ปัจจุบันการจัดการปุ๋ยจุลธาตุส่วนใหญ่จะใส่ปุ๋ยทางใบเมื่อพืชแสดงอาการขาดธาตุชัดเจน ซึ่งอาการขาดธาตุดังกล่าวส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชแล้ว และการใช้ปุ๋ยในรูป คีเลท (Khattak et al., 2015) แต่การใช้ปุ๋ยในรูปฮิวเมทมีรายงานอยู่น้อยมากในประเทศไทย

พีต (Peat) เป็นแหล่งของอินทรีย์วัตถุที่มีสารฮิวมิกเป็นองค์ประกอบอยู่มาก (Klavins et al., 2013) และพบมากในป่าพรุทางภาคใต้ของประเทศไทย ซึ่งสามารถนำมาสกัดเป็นกรดฮิวมิกเพื่อใช้เป็นปุ๋ยในการเกษตร (Pettit, 2004; Saito and Seckler, 2004) และสามารถนำมาผลิตเป็นซิงค์ฮิวเมทเพื่อความเป็นประโยชน์ของธาตุสังกะสี ซึ่งมีรายงานว่าซิงค์ฮิวเมทช่วยเพิ่มการดูดใช้ธาตุสังกะสีในพืชไร่ชนิดต่างๆ (Ozkutlu et al., 2005) ดังนั้น การศึกษานี้วัตถุประสงค์เพื่อทดสอบผลของการใส่ธาตุสังกะสีในรูปฮิวเมทในดินต่อการเติบโต การดูดใช้ และการให้ผลผลิตของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรีย์ 2 ที่ปลูกในดินเนือปูน รวมทั้งศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของซิงค์ฮิวเมทกับปุ๋ยธาตุสังกะสีรูปอื่น เพื่อเป็นแนวทางในการแนะนำการใช้ซิงค์ฮิวเมทที่เหมาะสมและลดอาการขาดธาตุสังกะสี

ในดินเนือปูน

วิธีการศึกษา

เก็บตัวอย่างดินชุดดินตาคลี (Entic Haplustolls) ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร จากแปลงทดลองในศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ อำเภอตากฟ้า จังหวัดนครสวรรค์ และเตรียมกรดฮิวมิกจากดินพีตที่เก็บจากบริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดพัทลุง โดยสกัดด้วย 2 M KOH จากนั้นนำดินพีตที่เขย่ากับสารละลายไปทำการเหวี่ยงแยกส่วนที่ตกตะกอนกับสารละลายออกจากกัน และปรับความเป็นกรดต่างของสารสกัดให้เป็น 1.0 โดยส่วนที่ตกตะกอนคือสารฮิวมิก (Saito and Seckler, 2004) สารฮิวมิกที่สกัดได้มาเตรียมเป็นซิงค์ฮิวเมทโดยทำให้สารละลาย 1M ZnSO_4 นำมาทวนกับโพแทสเซียมฮิวเมทที่เตรียมจากพีตปริมาณ 50 กรัมเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปเหวี่ยงแยกสารที่ตกตะกอนออกมาและนำสารที่ตกตะกอนไปอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสจนแห้งตามวิธีของ Křizenecká et al. (2014) ทำการวิเคราะห์สมบัติพื้นฐานของตัวอย่างดินตามวิธีของ ทศนีย์ และจรงค์ (2542) และสมบัติของซิงค์ฮิวเมท การทดลองทำในเรือนทดลอง โดยแบ่งการทดลองเป็น 2 ชุดการทดลอง คือ 1) การทดสอบผลของระดับความเข้มข้นของซิงค์ฮิวเมท โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (CRD) ซึ่งมี 5 ตำรับการทดลอง คือ ตำรับที่ 1 ไม่ใส่ซิงค์ฮิวเมท (control) ตำรับที่ 2 ใส่สารฮิวมิกที่สกัดด้วย 2 M KOH (K-Humate) ความเข้มข้น 1.7 มก./ดิน 1 กก. ตำรับที่ 3 ใส่ซิงค์ฮิวเมทความเข้มข้น 2 มก./ดิน 1 กก. (ZnHM2) ตำรับที่ 4 ใส่ซิงค์ฮิวเมทความเข้มข้น 4 มก./ดิน 1 กก. (ZnHM4) และตำรับที่ 5 ใส่ซิงค์ฮิวเมทความเข้มข้น 8 มก./ดิน 1 กก. (ZnHM8) ทำ 4 ซ้ำ 2) การทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของปุ๋ยสังกะสี โดยเปรียบเทียบที่ระดับความเข้มข้นเดียวกันคือ 4 มก./ดิน 1 กก. ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมจากการศึกษาของมนัสนันท์ และคณะ (2551) วางแผนแบบ CRD โดยมี 5 ตำรับ คือ ตำรับที่ 1 ไม่ใส่ซิงค์ฮิวเมทและ

ไม่ใส่ปุ๋ยธาตุหลัก (control-NPK) ดำริบที่ 2 ไม่ใส่ซิงค์
 อีวเมทแต่ใส่ปุ๋ยธาตุหลัก (control+NPK) ดำริบที่ 3 ใส่
 Zn-EDTA 4 มก./ดิน 1 กก. (ZnEDTA) ดำริบที่ 4 ใส่
 ZnSO_4 4 มก./ดิน 1 กก. (ZnSO_4) ดำริบที่ 5 ใส่ซิงค์
 อีวเมทที่เตรียมจากฟิต 4 มก./ดิน 1 กก. (ZnHu-
 mate) ทำการใส่ไนโตรเจนในรูปยูเรีย (NH_2CONH_2)
 อัตรา 200 มก./N/ดิน 1 กก. ฟอสฟอรัสในรูป
 โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) อัตรา
 200 มก./ P_2O_5 /ดิน 1 กก. โพแทสเซียมในรูป
 โพแทสเซียมคลอไรด์ และโพแทสเซียมไดไฮโดรเจน
 ฟอสเฟต (KH_2PO_4) อัตรา 150 มก./ K_2O /ดิน 1 กก. ธาตุ
 เหล็กอัตรา 12 มก./Fe/ดิน 1 กก. ธาตุทองแดงอัตรา
 4มก./Cu/ดิน 1 กก. และแมงกานีส อัตรา 2 มก. Mn/
 ดิน 1 กก. เพื่อไม่ให้พืชแสดงอาการขาดธาตุเหล่านี้ ทุก
 ดำริบทดลองยกเว้นดำริบควบคุมซึ่งไม่ใส่ธาตุใดเลยใน
 แต่ละชุดการทดลองใช้ดินเนื้อปนหนัก 7 กิโลกรัมต่อ
 กระถาง โดยทำการคลุกตัวอย่างดิน ปุ๋ย ก่อนปลูก
 แต่ละดำริบการทดลอง จากนั้นทำการปลูกข้าวโพด
 พันธุ์อินทรีย์ 2 จำนวน 1 ต้นต่อกระถาง โดยใส่พร้อม
 กับการใส่ซิงค์อีวเมท โพแทสเซียมอีวเมท ปุ๋ยสังกะสี
 ตามดำริบการทดลอง รดด้วยน้ำกรองตลอดการทดลอง
 เก็บข้อมูลโดยวัดความสูงต้นและเส้นรอบวงต้นเมื่อ
 ข้าวโพดอายุ 20 40 และ 60 วัน หลังหยอดเมล็ด และ
 เก็บเกี่ยวต้นข้าวโพดเมื่อข้าวโพดอายุ 92 วัน ทำการ
 วิเคราะห์ตัวอย่างข้าวโพด โดยนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ
 70 องศาเซลเซียส บันทึกน้ำหนักแห้งทั้งหมดของต้น
 ข้าวโพด แล้วบดและย่อยตัวอย่างข้าวโพดด้วย Tri-
 acid mixture (Conc. HNO_3 : Conc. H_2SO_4 : Conc.
 HClO_4 = 5:1:2) วิเคราะห์ปริมาณสังกะสีในต้นข้าวโพด
 โดย atomic absorption spectrophotometer (AAS)
 (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542) และคำนวณการดูดใช้ธาตุ
 สังกะสี นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ความ
 แปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น
 95% ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ และเปรียบเทียบ
 ความแตกต่างค่าเฉลี่ยโดย Duncan's multiple range
 test (DMRT)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

1. สมบัติของชุดดินตาคลีและสมบัติของซิงค์อีวเมทที่เตรียมจากฟิต

สมบัติของดินที่นำมาศึกษา พบว่า เนื้อดินเป็นดิน
 เหนียว (Clay) มีปฏิกิริยาดินเป็นด่าง (pH 7.9) มีสม
 มูลย์คาร์บอนเนตสูง (984.3 ก./กก.) มีค่าการนำไฟฟ้า
 ต่ำมากมีปริมาณอินทรีย์วัตถุค่อนข้างสูง มีปริมาณ
 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำ มีปริมาณโพแทสเซียม
 และแคลเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูงมาก
 มีปริมาณแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับปาน
 กลาง มีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 0.06
 มก./กก. ซึ่งอยู่ในระดับต่ำมาก มีปริมาณเหล็ก
 แมงกานีสและทองแดงที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 0.25
 15.1 และ 4.9 มก./กก.ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับเพียง
 พอในดินและสำหรับพืช (Martens and Lindsay,
 1990) แสดงให้เห็นว่า ดินเนื้อปนชุดดินตาคลีเป็นดิน
 ที่มีจุลธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินต่ำโดย
 เฉพาะสังกะสี ดังนั้นดินเนื้อปนนี้จึงมีธาตุสังกะสีที่เป็น
 ประโยชน์ไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืชเช่นเดียว
 กับดินเนื้อปนทั่วไปที่ได้มีการศึกษาไว้ (Chittamart et
 al, 2016) ซิงค์อีวเมทที่นำมาศึกษา มีความเป็นกรด
 ความเป็นกรดรุนแรงมาก (pH 1.03) มีค่าการนำไฟฟ้า
 ต่ำมาก มีปริมาณอินทรีย์วัตถุค่อนข้างสูง รวมไปถึงค่า
 ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนเท่ากับ 154.5 เซนติ
 โมล/กิโลกรัม ซึ่งอยู่ในปริมาณที่สูง ชี้ให้เห็นว่า ซิงค์อีว
 เมทที่เตรียมจากฟิต มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคต
 ไอออนสูง และมีปริมาณธาตุสังกะสีที่เพิ่มเติมในรูปที่
 เป็นประโยชน์อยู่ในระดับที่เพียงพอสำหรับการใช้
 ในการปรับปรุงดิน และนอกจากนี้ยังมีปริมาณธาตุเหล็ก
 แมงกานีสและทองแดงที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 214.3,
 65.4 และ 81.3 มก./กก. ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับสูง
 และเหมาะสมในการใช้เพิ่มธาตุเหล่านี้ในดินเนื้อปนที่
 ขาดจุลธาตุอาหาร (Martens and Lindsay, 1990)

2. ผลของอัตราซิงค์อีวเมทต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตน้ำหนักแห้งของข้าวโพดหวาน

การเปรียบเทียบผลของการใส่ซิงค์อีวเมทในอัตรา
 ต่างๆ กัน พบว่า อัตราซิงค์อีวเมททำให้เส้นรอบวงต้น

และความสูงของต้นข้าวโพด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) ทั้งในช่วงข้าวโพดอายุ 20 40 และ 60 วัน โดยที่ข้าวโพดอายุ 20 วัน ดำรับที่ใส่ซิงค์ฮิวเมต 4 และ 8 มก./ดิน 1 กก. ทำให้ข้าวโพดมีขนาดลำต้นและความสูงสูงสุดและไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งสูงกว่าดำรับที่ใส่ซิงค์ฮิวเมตที่ความเข้มข้น 2 มก./ดิน 1 กก. ดำรับโพแทสเซียมฮิวเมตและดำรับควบคุม เมื่อข้าวโพดอายุ 40 วัน ดำรับที่ใส่สังกะสีฮิวเมตในอัตรา 4 มก./ดิน 1 กก. มีขนาดลำต้นและ

ความสูงมากที่สุด รองลงมาคือ ดำรับที่ใส่ซิงค์ฮิวเมตอัตรา 8 และ 2 มก./ดิน 1 กก. ดำรับโพแทสเซียมฮิวเมตและดำรับควบคุม ตามลำดับ เมื่อข้าวโพดอายุ 60 วัน ข้าวโพดหวานดำรับที่ใส่ซิงค์ฮิวเมต 2, 4 และ 8 มก./ดิน 1 กก. มีความสูงและขนาดลำต้นสูงกว่าดำรับควบคุมและดำรับที่ใส่โพแทสเซียมฮิวเมตเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าการใส่สังกะสีในรูปฮิวเมตทำให้การเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

Table 1 Effect of zinc humate rates on girth and height of sweet corn.

Treatment	20 Days (cm)		40 Days (cm)		60 Days (cm)	
	Height ^{1/}	Girth ^{1/}	Height ^{1/}	Girth ^{1/}	Height ^{1/}	Girth ^{1/}
Control	16.79b	3.60c	72.67b	6.34b	107.58a	5.90ab
K-Humate	17.25b	3.72b	90.28a	6.36a	137.00a	6.23a
ZnHM2	16.92b	3.55c	86.91c	6.34a	148.72a	6.61ab
ZnHM4	18.03a	4.06a	97.05bc	6.67b	150.4b	6.74b
ZnHM8	18.14a	4.01a	93.01d	6.36b	140.49c	6.63c
F-test	*	**	**	**	*	**
% CV	2.1	4.37	2.96	4.10	1.65	1.29

* significant at $p \leq 0.05$ ** significant at $p \leq 0.01$ ^{1/}In a column, values followed by a same letter are not significantly different by Duncan's Multiple Range Test

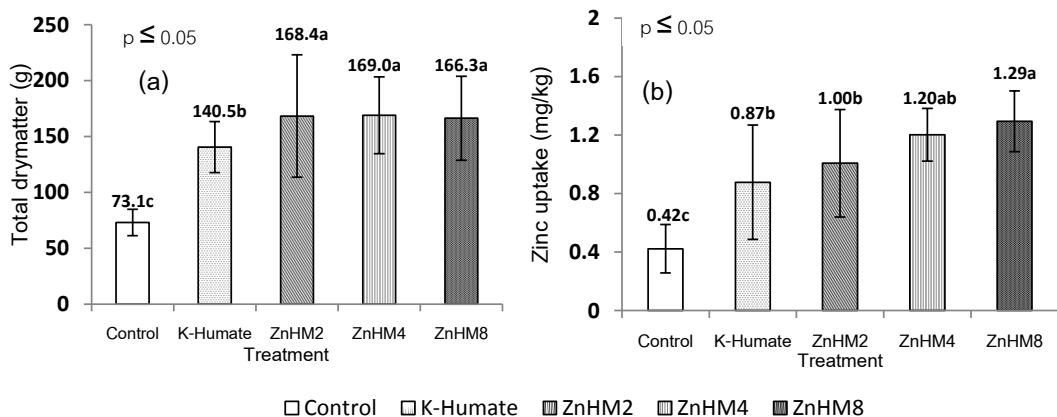


Figure 1 Effect of zinc humate rates on total dry matter yield (a) and zinc uptake of sweet corn (b).

การเปรียบเทียบผลของการใส่ซิงค์ชีวเมทในอัตราต่างๆ กัน พบว่า อัตราซิงค์ชีวเมทอัตราต่างๆ ทำให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมและการดูดใช้ธาตุสังกะสีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับค่าควบคุมและดำรับที่ใส่โพแทสเซียมชีวเมทเพียงอย่างเดียว (Figure 1) โดยดำรับที่ใส่ปุ๋ยซิงค์ชีวเมท อัตรา 4 มก./Zn/ดิน 1 กก. มีน้ำหนักแห้งรวมเท่ากับ 169.0 กรัม/กระถาง สูงที่สุด แต่ไม่แตกต่างกับผลผลิตน้ำหนักแห้งของดำรับที่ใส่ปุ๋ยซิงค์ชีวเมทอัตรา 2 และ 8 มก./Zn/ดิน 1 กก. (Figure 1a) ผลการทดลองดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนที่ขาดธาตุสังกะสีตอบสนองต่ออัตราซิงค์ชีวเมท โดยทำให้มีการเจริญเติบโตและผลผลิตน้ำหนักแห้งต่อชั่งเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ นันทู และคณะ (2553) ที่รายงานว่า การใส่ปุ๋ยสังกะสีที่อัตรา 4 มก. Zn/ดิน 1 กก. ก็เพียงพอสำหรับข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูน เมื่อพิจารณาผลของการใส่ซิงค์ชีวเมท พบว่า อัตราซิงค์ชีวเมทอัตราต่างๆ ทำให้ข้าวโพดดูดใช้สังกะสีที่ประเมินจากปริมาณสังกะสีทั้งหมดในต้นข้าวโพดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 1b) โดยดำรับควบคุมที่ไม่ได้ใส่ธาตุสังกะสีทำให้ข้าวโพดหวานมีการดูดใช้สังกะสีต่ำสุด ส่วนดำรับที่ใส่ซิงค์ชีวเมทในอัตราต่างๆ ทำให้ข้าวโพดดูดใช้ธาตุสังกะสีเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของซิงค์ชีวเมท

โดยปริมาณการดูดใช้สังกะสีของข้าวโพดในดำรับที่ใส่ปุ๋ยซิงค์ชีวเมท อัตรา 4 และ 8 มก./Zn/ดิน 1 กก. มีค่าสูงที่สุดและสูงกว่าดำรับที่ใส่ปุ๋ยสังกะสีอัตรา 2 มก./Zn/ดิน 1 กก. และมีแนวโน้มสูงกว่าโพแทสเซียมชีวเมทและดำรับควบคุม ตามลำดับ

3. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของซิงค์ชีวเมทกับปุ๋ยธาตุสังกะสีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตน้ำหนักแห้งของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2

จากผลการทดลองเมื่อข้าวโพดหวาน อายุ 20 วัน พบว่า รูปของปุ๋ยธาตุสังกะสีที่แตกต่างกันทำให้ข้าวโพดหวานมีการเจริญเติบโตทั้งทางด้านเส้นรอบวงต้น (Table 2) และความสูงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยข้าวโพดที่ใส่ปุ๋ยธาตุสังกะสีรูปต่างๆ มีขนาดลำต้นและความสูงแตกต่างกันกับดำรับควบคุมที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยสังกะสีและดำรับที่ใส่โพแทสเซียมชีวเมท แต่เมื่อพิจารณาหาระหว่างรูปของปุ๋ยธาตุสังกะสีพบว่า เส้นรอบวงต้นและความสูงของข้าวโพดหวานไม่แตกต่างกันทางสถิติ และมีลักษณะการเจริญเติบโตเหมือนกันในช่วงข้าวโพดอายุ 40 และ 60 วัน โดยเมื่อต้นข้าวโพดอายุ 60 วัน พบว่า ดำรับที่ได้ธาตุสังกะสีในรูป $ZnSO_4$ อัตรา 4 มก./Zn/ดิน 1 กก. ความสูงเท่ากับ 151.4 เซนติเมตร รองลงมา Zn-EDTA ความสูงเท่ากับ 151.0 เซนติเมตร และซิงค์ชีวเมทความสูงเท่ากับ 150.4 เซนติเมตร ตามลำดับ

Table 2 Effect of zinc fertilizer forms on girth and height of sweet corn.

Treatment	20 Days (cm)		40 Days(cm)		60 Days(cm)	
	Height ^{1/}	Girth ^{1/}	Height ^{1/}	Girth ^{1/}	Height ^{1/}	Girth ^{1/}
Control-NPK	16.79b	3.60d	72.67b	6.36ab	100.65c	5.90a
Control+NPK	16.15c	3.45e	67.15c	6.09b	107.58b	6.13a
Zn-EDTA	18.29a	4.06b	96.73a	6.34ab	151.00a	6.38a
$ZnSO_4$	18.46a	4.11ab	96.79a	6.70a	151.38a	6.32a
Zn-Humate	18.03a	4.12a	97.05a	6.65a	150.40a	6.25a
F-test	*	**	*	*	*	ns
%CV	2.43	4.1	2.6	5.1	1.61	1.34

ns= not signification * signification at $p \leq 0.05$ ** signification at $p \leq 0.01$ ^{1/} In a column, values followed by a same letter are not significantly different by Duncan's Multiple Range Test

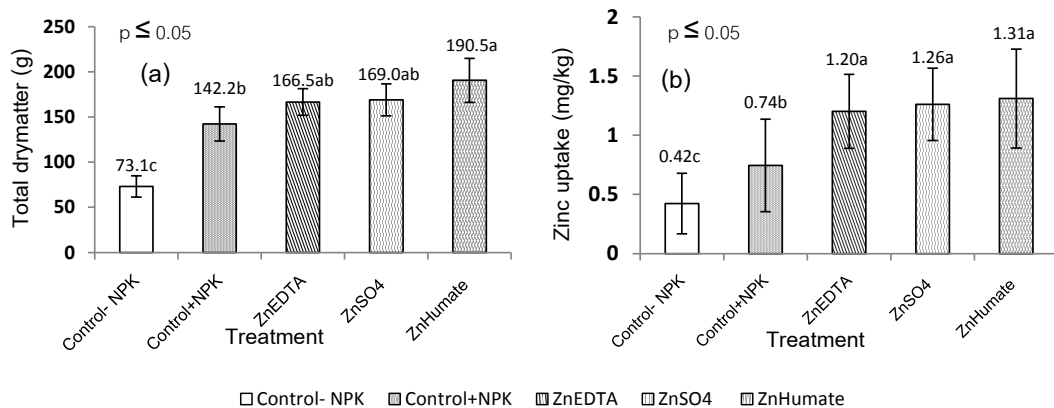


Figure 2 Effect of zinc fertilizer forms on total dry matter yield (a) and zinc uptake of sweet corn (b).

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของปุ๋ยธาตุสังกะสีต่อน้ำหนักแห้งต้นข้าวโพดหวาน พบว่า การใส่สังกะสีในรูปแบบต่างๆ ทำให้น้ำหนักแห้งของข้าวโพดหวานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และมีน้ำหนักแห้งข้าวโพดสูงกว่าค่าควบคุมที่ไม่มีการใส่ธาตุสังกะสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ค่ารับที่ใส่สังกะสีในรูปแบบซิงค์อิวเมท ทำให้ข้าวโพดมีน้ำหนักแห้งสูงที่สุดเท่ากับ 190.5 กรัมต่อกระถาง รองลงมาคือ ZnSO₄ และ Zn-EDTA อย่างไรก็ตามการ ปุ๋ยสังกะสีทั้งสามรูปแบบนี้ให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Figure 2a) ส่วนผลการเปรียบเทียบผลของรูปของปุ๋ยสังกะสีต่อการดูดใช้ธาตุสังกะสีของข้าวโพดหวาน (Figure 2b) พบว่า ปุ๋ยสังกะสีในรูปแบบซิงค์อิวเมท ทำให้ข้าวโพดมีการดูดใช้ธาตุสังกะสีสูงที่สุดเท่ากับ 1.31 มก./กก. รองลงมาคือ ZnSO₄ และ Zn-EDTA แต่อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยทั้งสามรูปแบบส่งผลต่อการดูดใช้ธาตุสังกะสีของข้าวโพดหวานไม่แตกต่างกันทางสถิติ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การใส่ธาตุสังกะสีในรูปแบบซิงค์อิวเมททางดินทำให้เพิ่มปริมาณธาตุสังกะสีเป็นประโยชน์ต่อข้าวโพดหวานได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้เป็นผลจากซิงค์อิวเมทเป็นเกลือของสารอินทรีย์ซึ่งสามารถปลดปล่อยธาตุสังกะสีให้พืช และในขณะเดียวกันยังลดการตกตะกอนกับสารประกอบคาร์บอเนตในดิน ทำให้ธาตุสังกะสีเป็นประโยชน์ต่อพืชมากขึ้น

สรุป

ดินเนื้อปูนชุดดินตาคลีที่ศึกษามีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในสภาพธรรมชาติต่ำ การใส่ซิงค์อิวเมทมีผลทำ ข้าวโพดหวานสามารถดูดใช้สังกะสีได้มากขึ้น ส่งผลให้ข้าวโพดมีการเจริญเติบโตและน้ำหนักแห้งทั้งหมดสูงกว่าการไม่ใส่ธาตุสังกะสีและการใส่สารอิวเมทเพียงอย่างเดียว โดยอัตราซิงค์อิวเมทที่เหมาะสมสำหรับข้าวโพดที่ปลูกในดินเนื้อปูนชุดตาคลี คือ อัตรา 4 มก./ดิน 1 กก. ส่วนประสิทธิภาพของซิงค์อิวเมทที่เตรียมจากสารอิวเมทที่สกัดจากพืชกับปุ๋ยสังกะสีในรูปแบบอื่นๆ คือ Zn-EDTA และ ZnSO₄ ซึ่งเป็นปุ๋ยที่ใช้โดยทั่วไป พบว่า ซิงค์อิวเมทมีประสิทธิภาพด้านการตอบสนองด้านการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันกับปุ๋ยในรูปคีเลตและซัลเฟต แสดงให้เห็นว่าการใช้ซิงค์อิวเมทซึ่งเป็นเกลือของสารอิวเมททางดินสามารถปลดปล่อยธาตุสังกะสีในดิน ทำให้พืชที่ปลูกในดินต่างดูดใช้ธาตุสังกะสีมากขึ้น

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยส่วนหนึ่งจากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (สวพ.มก) ภายใต้โครงการวิจัยปีงบประมาณ 2559 (รหัสโครงการ ก-ช(ด) 2.59)

เอกสารอ้างอิง

- จรรยาลักษณ์ อินคำ, ณัฐพล จิตมายุ และ ดาวจรัส เกตุโรจน์. 2559. รูปแบบธรณีเคมีและความเป็นประโยชน์ของธาตุสังกะสี ทองแดง เหล็ก และแมงกานีสในดินเหนียวที่ใช้ทางการเกษตร. ว.วิทย.เกษตร. 48(1): 60-69.
- ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และ จงรักษ์ จันทรเจริญสุข. 2542. แบบฝึกหัดและคู่มือการปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- นันทฐา ทักษิรัตน์ศรีณย์, จงรักษ์ จันทรเจริญสุข, สุเทพ ทองแพ, เอ็จ สโรบล และ พีจี จอห์นสัน. 2553. ประสิทธิภาพของการแม่เหล็กข้าวโพดในสารละลายซิงค์ซัลเฟตในการแก้ไขการขาดสังกะสีของข้าวโพดที่ปลูกในดินเหนียว. น. 192-199. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- มนัสนันท์ เกื้อหนู, จงรักษ์ จันทรเจริญสุข และ เอ็จ สโรบล. 2551. ผลการใส่สังกะสีต่อการตอบสนองของข้าวโพดที่ปลูกในดินเหนียวชุดดินชัยบาดาล. น. 6-11. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Chittamart, N., J. Inkam, D. Ketrot and T. Darunsontaya. 2016. Geochemical fractionation and adsorption characteristics of Zinc in Thai major calcareous soils. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 47: 2348-2363.
- Klavins, M., O. Purmalis and V. Rodinov. 2013. Peat humic acid properties and factors influencing their variability in a temperate bog ecosystem. Estonian J. Ecol. 62(1): 35-52.
- Kříženecká, S., S. Hejda and V. Machovič. 2014. Preparation of iron, aluminium, calcium, magnesium, and zinc humates for environmental applications. Chem. Pap. 68 (11):1443-1451.
- Martens, D.C. and W.L. Lindsay. 1990. Testing soils for copper, iron, manganese and zinc. pp. 229-264. In R.L. Westerman (ed.). Soil Testing and Plant Analysis, 3rd ed. Soil Sci. Soc. Am., Madison, WI, USA.
- Ozkutlu, F., B. Torun and I. Cakmak. 2005. Effect of Zinc-humate on growth of soybean and wheat in zinc- deficiency. Commun. in Soil Sci. Plant Anal. 37: 2769-2778.
- Pettit, R.E. 2004. Organic matter, humus, humate, humic acid, fulvic acid and humin: Their importance in soil fertility and plant health. CTI Research.
- Khattak, S.G., P.J. Dominy, and W. Ahmad. 2015. Effect of Zn as soil addition and foliar application on yield and protein content of wheat in alkaline soil. J. Natn. Sci. Foundation Sri Lanka. 43(4): 303 – 312.
- Saito; B., and M.M. Seckler. 2004. Alkaline extraction of humic substances from peat applied to organic-mineral fertilizer production. Brazilian Journal of Chemical Engineering. 31(3): 675-682.