

**การใช้ประโยชน์ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมฟอกหนังต่อผลผลิต
องค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และสมบัติของดินบางประการ**

Utilization of By-Product from Tanning Industry on Yield, Yield

Components of Maize and Some Soil Properties

**อัจฉริกา สินธพานินท์,¹ ชัยสิทธิ์ ทองजू,^{1*} ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย,¹ อัญธิชา พรหมเมืองคุก¹
ภูเบศ กุลศิริ² และชญาณี บุตรครุฑ²**

***Achrika Sintapanin,¹ Chaisit Thongjoo,^{1*} Tawatchai Inboonchuay,¹ Aunthicha
Phommuangkuk,¹ Phubes Kulsiri² and Chayanee Butkrut²***

Received 31 March 2025, Revised 20 June 2025, Accepted 20 June 2025

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the utilization of by-product from the tanning industry (BPTI) on the yield and yield components of hybrid maize cv, Seed Tech 188, planted in the Kamphaeng Saen soil series and some soil properties. The experimental design was arranged in a Randomized Complete Block (RCBD) with 3 replications, consisting of 8 treatments. The results revealed that all treatments applied with chemical fertilizer (CF) based on soil chemical analysis or the application of CF based on soil chemical analysis and the spray of BPTI provided the highest ear weight, ear without husk weight, grain weight or yield, 1,000-grain weight, and protein in grain and were significantly different from the control treatment (control, T1), which resulted in the lowest ear weight, ear without husk weight, grain weight, 1,000-grain weight, and protein in grain. After the experiment, all treatments applied with CF based on soil chemical analysis or the application of CF based on soil chemical analysis and the spray of BPTI, as well as the control treatment, affected the electrical conductivity (ECe) of soil that was non-saline. Furthermore, all treatments applied with CF based on soil chemical analysis or the application with CF based on soil chemical analysis and

^{1*} ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ต.กำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

Department of Soil Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Kamphaeng Saen, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140, Thailand.

² ศูนย์วิจัยและบริการวิชาการ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ต.กำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

Research and Academic Service Center, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand.

* Corresponding author: E-mail address: agrcht@ku.ac.th

the spray of BPTI affected the organic matter of soil, moderately low to moderate. While all treatments applied with CF based on soil chemical analysis and the spray of BPTI affected soil pH, slightly alkaline. The extractable Fe of soil was low to high; the extractable Zn of soil was moderate to high, and the extractable B of soil was moderate to very high.

Keywords: Maize, By-product from tanning industry (BPTI), Protein in grain

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของการใช้ประโยชน์ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมฟอกหนังต่อผลผลิต องค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสม พันธุ์ซีดส์เทค 188 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน และสมบัติของดินบางประการ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ 3 ตำรับทดลอง ผลการทดลอง พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินรวมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมฟอกหนังทุกสูตร มีผลให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือก น้ำหนักฝักปอกเปลือก น้ำหนักเมล็ดหรือผลผลิต น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และปริมาณโปรตีนในเมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ใกล้เคียงกัน และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม ซึ่งมีผลให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือก น้ำหนักฝักปอกเปลือก น้ำหนักเมล็ดหรือผลผลิต น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์น้อยที่สุด ภายหลังการทดลอง พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินรวมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมฟอกหนังทุกสูตร รวมทั้งตำรับควบคุม (T_1) มีผลให้ค่า EC_e ของดินเปลี่ยนแปลงอยู่ในระดับที่ไม่เต็ม นอกจากนี้ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินรวมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมฟอกหนังทุกสูตร มีผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเปลี่ยนแปลงอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำถึงระดับปานกลาง ขณะที่ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินรวมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมฟอกหนังทุกสูตร มีผลให้ค่า pH ของดินเปลี่ยนแปลงอยู่ในระดับเป็นด่างเล็กน้อย ปริมาณเหล็กที่สกัดได้ในดินอยู่ในระดับต่ำถึงระดับสูง ปริมาณสังกะสีที่สกัดได้ในดินอยู่ในระดับปานกลางถึงระดับสูง และมีปริมาณโบรอน (Boron) ที่สกัดได้ในดินอยู่ในระดับปานกลางถึงระดับสูงมาก

คำสำคัญ: ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมฟอกหนัง โปรตีนในเมล็ด

บทนำ

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชไร่เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ในปีเพาะปลูก 2565/66 ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 6.40 ล้านไร่ ผลผลิต 4.70 ล้านตัน และผลผลิตเฉลี่ย 735 กก./ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565) ความต้องการ

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น แต่ในบางพื้นที่ให้ปริมาณผลผลิตไม่แน่นอน แนวทางที่ช่วยส่งเสริมผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ให้สูงขึ้น คือ การเพิ่มผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ด้วยการใส่ปุ๋ย ซึ่งการใช้ผลพลอยได้จากภาคเกษตร หรือภาคอุตสาหกรรมเกษตร เพื่อ

ทดแทนปุ๋ยเคมีหรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่ง (รุจิกร และคณะ, 2563; ศิริประภา และคณะ, 2565; Thongjoo *et al.*, 2002) ที่ผ่านมามีรายงานวิจัยเกี่ยวกับการนำผลพลอยได้จากภาคอุตสาหกรรมเกษตรมาช่วยเพิ่มผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เช่น การใช้กากตะกอนยีสต์จากโรงงานเอทานอล (รุจิกร และคณะ, 2563) ผลพลอยได้จากโรงงานผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมขี้เถ้าลอย (ชนสมณห์ และคณะ, 2561) เปลือกปูปด (ตัญญา และคณะ, 2562) กากสบู่ดำ (กัญญ์ฐ์ และคณะ, 2555) น้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตอาหาร (เกียรติศักดิ์ และชัยสิทธิ์, 2561) กากตะกอนเยื่อกระดาษ (เสฏฐวุฒิ และคณะ, 2563) เป็นต้น ซึ่งโรงงานอุตสาหกรรมมักมีผลพลอยได้เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก โดยผลพลอยได้ส่วนใหญ่มีการนำกลับไปใช้ประโยชน์ค่อนข้างน้อย และอาจก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาวได้ (Thongjoo *et al.*, 2005) ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมฟอกหนัง (by-product from tanning industry, BPTI) เกิดจากกระบวนการไฮโดรไลซิส (hydrolysis) เพื่อแยกสารประกอบโปรตีนออกจากเศษของหนังสัตว์ โดยในแต่ละปีจะมีปริมาณไม่น้อยกว่า 20 ล้านลิตร มีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาลเข้ม กลิ่นเหม็นรุนแรง (Cooman *et al.*, 2003; Zhao *et al.*, 2022) มีปริมาณไนโตรเจนในช่วง 5-7 % ปริมาณอินทรีย์วัตถุในช่วง 25-30 % ค่า pH ในช่วง 8-9 ค่าการนำไฟฟ้าในช่วง 8-10 dS/m และมีปริมาณโลหะหนักไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง “กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงาน พ.ศ. 2560” (ชัยสิทธิ์ และคณะ, 2565) จึงเกิดแนวคิดว่าหากมีการนำผลพลอยได้จาก

อุตสาหกรรมฟอกหนังมาผลิตเป็นปุ๋ยชนิดเหลวและหาแนวทางการใช้ประโยชน์โดยการฉีดพ่นทางใบร่วมกับปุ๋ยเคมี โดยพิจารณาจากผลของปุ๋ยชนิดเหลวดังกล่าวที่มีต่อผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และสมบัติของดินบางประการ ซึ่งนอกจากจะเป็นการนำผลพลอยได้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อย่างเหมาะสมแล้ว ยังเป็นทางเลือกสำหรับเกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และช่วยลดมลภาวะที่อาจเกิดจากผลพลอยได้ดังกล่าวในระยะยาวได้อีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาผลของการใช้ประโยชน์ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมฟอกหนังต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ชิดส์เทค 188 และสมบัติของดินบางประการ ณ แปลงทดลองของภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดนครปฐม ซึ่งเป็นชุดดินกำแพงแสน (Kamphaeng Saen soil series, Ks; Typic Haplustalfs; fine-silty, mixed, semiactive, isohyperthermic, Soil Survey Staff, 2003) เก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกจากแปลงทดลองที่ระดับความลึก 0-30 ซม. เพื่อวิเคราะห์สมบัติบางประการของดิน ได้แก่ ค่า pH (1:1) ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของดินในสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำ (EC_e) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ ปริมาณเหล็ก สังกะสี และโบรอนที่สกัดได้ (ทัศนีย์ และจรงค์, 2542) รวมทั้งเนื้อดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2558) สำหรับสมบัติบางประการของดินก่อนการทดลองได้แสดงไว้ใน Table 1 ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่เดิมติดต่อกัน 2 ครั้ง

ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2566 (การปลูกครั้งที่ 1) และช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2566 (การปลูกครั้งที่ 2) จำนวน 24 แปลงย่อย แต่ละแปลงย่อยมีขนาดกว้าง 4.5 เมตร ยาว 6.0 เมตร จำนวน 5 แถว ระยะห่างระหว่างแถว 0.75 เมตร ระยะห่างระหว่างต้น 0.25 เมตร เก็บข้อมูลผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เฉพาะ 3 แถวกลาง เว้นหัวและท้ายแถวประมาณ 1 เมตร คิดเป็นพื้นที่เก็บเกี่ยวในแต่ละแปลงย่อยเท่ากับ 3.0×4.0 ตร.ม. วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block จำนวน 3 ซ้ำ 8 ดำรับทดลอง โดยรายละเอียดของดำรับทดลองได้แสดงไว้ใน Table 2

ปุ๋ยเคมีที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21 %N) ปุ๋ยทรีปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (46 % P_2O_5) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (60 % K_2O) โดยแบ่งใส่ 2 ครั้งๆ ละครึ่งอัตรา ในแต่ละดำรับทดลองที่อายุ 20 และ 40 วันหลังปลูก ยกเว้น ดำรับควบคุม (control) อัตราการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ คือ 20, 5 และ 5 กก. N, P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ (กรมวิชาการเกษตร, 2553) สำหรับปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนัง (BPTI) ที่ใช้ในการทดลองมาจากโครงการพัฒนาวิชาการประเภทงานบริการด้านวิจัย ระหว่างบริษัท อินเตอร์ กรีน จำกัด และภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ภายใต้โปรแกรมสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรม (ITAP) สวทช. ประกอบด้วย 3 สูตร คือ 1) สูตรดั้งเดิม (by-product from tanning industry (original), BPTI (O)) 2) สูตร BPTI (N_1) ประกอบด้วย BPTI (O) จำนวน 1,000 มล. และ

เติม $ZnSO_4$, $FeSO_4$ และ $Na_2[B_4O_5(OH)_4] \cdot 8H_2O$ (sodium borate) อย่างละ 5 กรัม และ 3) สูตร BPTI (N_2) ประกอบด้วย BPTI (O) จำนวน 1,000 มล. และเติม $ZnSO_4$, $FeSO_4$ และ $Na_2[B_4O_5(OH)_4] \cdot 8H_2O$ อย่างละ 10 กรัม โดยสมบัติทางประการของปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังทั้ง 3 สูตร ได้แสดงไว้ใน Table 3 (วิเคราะห์ตามวิธีการของสำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน, 2548) การฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังกระทำ 2 ครั้ง ที่อายุ 20 และ 40 วันหลังปลูก กล่าวคือ ดำรับทดลองที่ 3, 5 และ 7 ตวงปุ๋ยชนิดเหลวสูตร BPTI (O), BPTI (N_1) และ BPTI (N_2) จำนวน 150 มล./น้ำ 20 ลิตร โดยการฉีดพ่นแต่ละครั้งดำเนินการฉีดพ่น 4 ถึง/ไร่ (1.2 ลิตร/ไร่) ส่วนดำรับทดลองที่ 4, 6 และ 8 ตวงปุ๋ยชนิดเหลวสูตร BPTI (O), BPTI (N_1) และ BPTI (N_2) จำนวน 300 มล./น้ำ 20 ลิตร โดยการฉีดพ่นแต่ละครั้งดำเนินการฉีดพ่น 4 ถึง/ไร่ (2.4 ลิตร/ไร่)

การเก็บข้อมูลผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่อายุ 4 เดือนหลังปลูก ได้แก่ น้ำหนักฝักทั้งเปลือก น้ำหนักฝักปอกเปลือก น้ำหนักเมล็ด น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และปริมาณโปรตีนในเมล็ด ซึ่งคำนวณจากปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในเมล็ด (%) $\times$ empirical factor โดยกำหนด empirical factor สำหรับเมล็ดข้าวโพดเท่ากับ 6.25 (National Research Council, 1994) ภายหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ครั้งที่ 2 ดำเนินการเก็บตัวอย่างดินในแต่ละดำรับทดลองเพื่อวิเคราะห์สมบัติทางประการของดิน ได้แก่ ค่า pH (1:1) ค่า EC_e ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ ปริมาณเหล็ก สังกะสี และโบรอนที่สกัดได้ โดยนำข้อมูลผลผลิตองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และ

สมบัติของดินภายหลังการเก็บเกี่ยว (ครั้งที่ 2) ที่
ได้จากการทดลองไปวิเคราะห์ความแปรปรวน
ทางสถิติ (analysis of variance) เพื่อ
เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้
Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับ
ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม Statistical

Package for the Social Science for Windows
(SPSS) version 22 นอกจากนี้ เปรียบเทียบ
ความแตกต่างของข้อมูลด้านผลผลิต และ
องค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูก
ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ด้วยวิธีการ t-test
Independe

Table 1 Chemical and physical properties of soil (0-30 cm) before the experiment

Properties	Results	Rating ^{1/}
pH (1:1)	7.17	neutral
EC _e (dS/m)	1.62	non-saline
Organic matter (%)	0.93	low
Available P (mg/kg)	72.69	very high
Exchangeable K (mg/kg)	115.23	high
Exchangeable Ca (mg/kg)	1,196	high
Exchangeable Mg (mg/kg)	76.58	moderate
Exchangeable Na (mg/kg)	31.85	-
Extractable Fe (mg/kg)	7.63	low
Extractable Zn (mg/kg)	0.59	low
Extractable B (mg/kg)	0.80	moderate
Texture	sandy loam	-

^{1/} = FAO Project Staff and Land Classification Division (1973)

Table 2 Detail of treatments

Treatments	Descriptions	Symbols	Quantity of major elements	
			From chemical fertilizer (kgN-P ₂ O ₅ -K ₂ O per rai)	From by-product of tanning industry (BPTI) (gN-P ₂ O ₅ -K ₂ O per rai)
T ₁	no fertilizer and no spraying with by-product from tanning industry (BPTI) treatment	control	0-0-0	0-0-0
T ₂	the application of chemical fertilizers (CF) based on soil chemical analysis	CF _{DOA}	20-5-5	0-0-0
T ₃	the application of CF based on soil chemical analysis and spray with BPTI (O) of 1.2 l/rai	CF _{DOA} +BPTI (O) _{1.2} l/rai	20-5-5	65.04-0-0
T ₄	the application of CF based on soil chemical analysis and spray with BPTI (O) of 2.4 l/rai	CF _{DOA} +BPTI (O) _{2.4} l/rai	20-5-5	130.08-0-0
T ₅	the application of CF based on soil chemical analysis and spray with BPTI (N ₁) of 1.2 l/rai	CF _{DOA} +BPTI (N ₁) _{1.2} l/rai	20-5-5	80.76-0-0
T ₆	the application of CF based on soil chemical analysis and spray with BPTI (N ₁) of 2.4 l/rai	CF _{DOA} +BPTI (N ₁) _{2.4} l/rai	20-5-5	161.52-0-0
T ₇	the application of CF based on soil chemical analysis and spray with BPTI (N ₂) of 1.2 l/rai	CF _{DOA} +BPTI (N ₂) _{1.2} l/rai	20-5-5	85.68-0-0
T ₈	the application of CF based on soil chemical analysis and spray with BPTI (N ₂) of 2.4 l/rai	CF _{DOA} +BPTI (N ₂) _{2.4} l/rai	20-5-5	171.36-0-0

Note: - BPTI (O) of 1.2 l/rai = 13.74, 4.61 and 1.20 mgFe, Zn and B per rai, respectively.
 - BPTI (O) of 2.4 l/rai = 27.48, 9.22 and 2.40 mgFe, Zn and B per rai, respectively.
 - BPTI (N₁) of 1.2 l/rai = 557.34, 1,291.2 and 332.06 mgFe, Zn and B per rai, respectively.
 - BPTI (N₁) of 2.4 l/rai = 1,114.68, 2,582.4 and 664.12 mgFe, Zn and B per rai, respectively.
 - BPTI (N₂) of 1.2 l/rai = 463.26, 1,867.2 and 584.22 mgFe, Zn and B per rai, respectively.
 - BPTI (N₂) of 2.4 l/rai = 926.52, 3,734.4 and 1,168.44 mgFe, Zn and B per rai, respectively.

Table 3 Properties of by-product from tanning industry (BPTI) before the experiment

Properties	Results		
	BPTI (O)	BPTI (N ₁)	BPTI (N ₂)
pH	8.96	8.76	8.61
EC (dS/m)	10.02	9.92	9.98
Organic matter (%)	27.28	27.46	27.60
Total N (%)	5.42	6.73	7.14
Total P (%)	n.d.	n.d.	n.d.
Total K (%)	0.01	n.d.	0.01
Total Ca (%)	1.76	1.79	1.17
Total Mg (%)	0.01	n.d.	n.d.
Total S (%)	0.12	0.10	0.09
Total Na (%)	1.27	0.34	0.34
Total Cl (%)	0.76	0.78	0.75
Total Mn (mg/l)	0.61	1.08	3.63
Total Cu (mg/l)	4.05	n.d.	n.d.
Total Fe (mg/l)	11.45	264.45	386.05
Total Zn (mg/l)	3.84	1,076	1,556
Total B (mg/l)	1.00	276.72	486.85

Note - n.d. = not detected

- BPTI (O) = by-product from tanning industry (original)

- BPTI (N₁) = BPTI (O) 1,000 ml + ZnSO₄ 5 g + FeSO₄ 5 g + Na₂[B₄O₅(OH)₄].8H₂O 5 g

- BPTI (N₂) = BPTI (O) 1,000 ml + ZnSO₄ 10 g + FeSO₄ 10 g + Na₂[B₄O₅(OH)₄].8H₂O 10 g

ผลและวิจารณ์

จากการศึกษาผลของการใช้ประโยชน์ ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมฟอกหนังต่อ ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และสมบัติของดินบางประการ ปรากฏผลดังนี้

1. ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

1.1 น้ำหนักฝักทั้งเปลือก น้ำหนักฝัก ปอกเปลือก และน้ำหนักเมล็ด

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน อย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอย ได้อุตสาหกรรมฟอกหนังทุกสูตร รวมทั้งดำรับ

ควบคุม (T₁) มีผลให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือกของ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ระยะเก็บเกี่ยวในการปลูก ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 แตกต่างกันอย่างมี นัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 4) กล่าวคือ ทุก ตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ ดินอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผล พลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังทุกสูตร มีผลให้ น้ำหนักฝักทั้งเปลือกของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ใน การปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ใกล้เคียงกัน ในช่วง 2,582.39-2,648.57 และ 2,916.65- 3,020.68 กก./ไร่ ตามลำดับ แตกต่างกันทาง สถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม ซึ่งมีผล

ให้น้ำหนักผักทั้งเปลือกของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในการปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 น้อยที่สุด (1,257.71 และ 1,118.49 กก./ไร่ ตามลำดับ) อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักผักทั้งเปลือกในการปลูกข้าวโพดครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังทุกสูตร มีผลให้น้ำหนักผักทั้งเปลือกของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพิ่มขึ้นในช่วง 12.94-14.05 % โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ตำรับควบคุมมีผลให้น้ำหนักผักทั้งเปลือกของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลดลง (11.07 %) โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 4)

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังทุกสูตร รวมทั้งตำรับควบคุม (T_1) มีผลให้น้ำหนักผักเปลือกของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ระยะเก็บเกี่ยวในการปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 5) กล่าวคือ ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังทุกสูตร มีผลให้น้ำหนักผักเปลือกของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในการปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ใกล้เคียงกัน ในช่วง 2,397.51-2,452.47 และ 2,710.58-2,789.52 กก./ไร่ ตามลำดับ และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม ซึ่งมีผลให้น้ำหนักผักเปลือกของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในการปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 น้อยที่สุด (1,028.57 และ 912.88 กก./ไร่ ตามลำดับ)

อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักผักเปลือกเปลือกในการปลูกข้าวโพดครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังทุกสูตร มีผลให้น้ำหนักผักเปลือกของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพิ่มขึ้นในช่วง 13.05-13.79 % โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ตำรับควบคุมมีผลให้น้ำหนักผักทั้งเปลือกของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลดลง (11.25 %) โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 5)

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังทุกสูตร รวมทั้งตำรับควบคุม (T_1) มีผลให้น้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ระยะเก็บเกี่ยวในการปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 6) กล่าวคือ การปลูกครั้งที่ 1 พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังทุกสูตร มีผลให้น้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ใกล้เคียงกันในช่วง 1,310.24-1,354.71 กก./ไร่ ส่วนการปลูกครั้งที่ 2 พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรใหม่ (2) อัตรา 2.4 ลิตร/ไร่ ($CF_{DOA}+BPTI (N_2)_{2.4 \text{ l/rai}} T_8$) มีผลให้น้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มากที่สุด (1,548.51 กก./ไร่) ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรใหม่ (1) อัตรา 2.4 ลิตร/ไร่

(CF_{DOA}+BPTI (N₁)_{2.4} lrai, T₆) การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรใหม่ (2) อัตรา 1.2 ลิตร/ไร่ (CF_{DOA}+BPTI (N₂)_{1.2} lrai, T₇) และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรใหม่ (1) อัตรา 1.2 ลิตร/ไร่ (CF_{DOA}+BPTI (N₁)_{1.2} lrai, T₅) ขณะที่ดำรับควบคุมมีผลให้น้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในการปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 น้อยที่สุด (639.70 และ 568.66 กก./ไร่ ตามลำดับ) อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักเมล็ดในการปลูกข้าวโพดครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 พบว่า ทุกดำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังทุกสูตร มีผลให้น้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพิ่มขึ้นในช่วง 13.02-14.31 % โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ดำรับควบคุมมีผลให้

น้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลดลง (11.11 %) โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 6)

อย่างไรก็ตาม มีข้อสังเกตว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังทุกสูตร มีแนวโน้มให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือก และน้ำหนักฝักเปลือกดีกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว ทั้งนี้เป็นเพราะปริมาณสังกะสีที่อยู่ในปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนัง (Table 3) มีส่วนช่วยเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์และพื้นที่ใบ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสง และการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (Aribam *et al.*, 2024) อีกทั้งการฉีดพ่นสังกะสีทางใบในช่วงแรกของการเจริญเติบโต มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้น้ำในโตรเจนของข้าวโพดได้มากขึ้น จึงส่งผลต่อการเพิ่มผลผลิตของข้าวโพดในระยะเก็บเกี่ยว (Potarzycki & Grzebisz, 2009)

Table 4 The ear weight of maize at harvesting in two crops

Treatments	Ear weight (kg/rai)		T-test	(+)/(-) (%)
	1 st crop	2 nd crop		
T ₁ = control	1,257.71 ^e ^{1/}	1,118.49 ^c ^{1/}	ns	-11.07
T ₂ = CF _{DOA}	2,582.39 ^d	2,916.65 ^b	*	+12.94
T ₃ = CF _{DOA} +BPTI (O) _{1.2} l/rai	2,596.67 ^{cd}	2,938.78 ^{ab}	*	+13.17
T ₄ = CF _{DOA} +BPTI (O) _{2.4} l/rai	2,612.46 ^{bc}	2,957.75 ^{ab}	*	+13.22
T ₅ = CF _{DOA} +BPTI (N ₁) _{1.2} l/rai	2,633.71 ^{ab}	2,987.38 ^{ab}	*	+13.43
T ₆ = CF _{DOA} +BPTI (N ₁) _{2.4} l/rai	2,642.46 ^a	3,011.56 ^a	**	+13.97
T ₇ = CF _{DOA} +BPTI (N ₂) _{1.2} l/rai	2,637.58 ^{ab}	3,000.52 ^{ab}	**	+13.76
T ₈ = CF _{DOA} +BPTI (N ₂) _{2.4} l/rai	2,648.57 ^a	3,020.68 ^a	**	+14.05
F-test	**	**		
C.V. (%)	15.61	16.73		

^{1/} Means within the same column followed by the same letter indicate no statistical difference by DMRT

ns = not significantly different at 0.05 probability * indicates significant difference at $P < 0.05$

** indicates significant difference at $P < 0.01$ + = increased of ear weight

- = decreased of ear weight

Table 5 The ear without husk weight of maize at harvesting in two crops

Treatments	Ear without husk weight (kg/rai)		T-test	(+)/(-) (%)
	1 st crop	2 nd crop		
T ₁ = control	1,028.57 ^b ^{1/}	912.88 ^d ^{1/}	ns	-11.25
T ₂ = CF _{DOA}	2,397.51 ^a	2,710.58 ^c	*	+13.06
T ₃ = CF _{DOA} +BPTI (O) _{1.2} l/rai	2,410.58 ^a	2,725.68 ^{bc}	*	+13.07
T ₄ = CF _{DOA} +BPTI (O) _{2.4} l/rai	2,426.75 ^a	2,743.53 ^{abc}	*	+13.05
T ₅ = CF _{DOA} +BPTI (N ₁) _{1.2} l/rai	2,433.54 ^a	2,761.51 ^{abc}	*	+13.48
T ₆ = CF _{DOA} +BPTI (N ₁) _{2.4} l/rai	2,450.63 ^a	2,785.54 ^{ab}	**	+13.67
T ₇ = CF _{DOA} +BPTI (N ₂) _{1.2} l/rai	2,438.35 ^a	2,774.61 ^{ab}	**	+13.79
T ₈ = CF _{DOA} +BPTI (N ₂) _{2.4} l/rai	2,452.47 ^a	2,789.52 ^a	**	+13.74
F-test	**	**		
C.V. (%)	13.15	14.29		

^{1/} Means within the same column followed by the same letter indicate no statistical difference by DMRT

ns = not significantly different at 0.05 probability * indicates significant difference at $P < 0.05$

** indicates significant difference at $P < 0.01$ + = increased of ear without husk weight

- = decreased of ear without husk weight

Table 6 The grain weight of maize at harvesting in two crops

Treatments	Grain weight (kg/rai)		T-test	(+)/(-) (%)
	1 st crop	2 nd crop		
T ₁ = control	639.70 ^c ^{1/}	568.66 ^e ^{1/}	ns	-11.11
T ₂ = CF _{DOA}	1,310.24 ^b	1,483.61 ^d	*	+13.23
T ₃ = CF _{DOA} +BPTI (O) _{1.2} l/rai	1,322.52 ^{ab}	1,496.69 ^{cd}	*	+13.17
T ₄ = CF _{DOA} +BPTI (O) _{2.4} l/rai	1,328.62 ^{ab}	1,501.65 ^c	*	+13.02
T ₅ = CF _{DOA} +BPTI (N ₁) _{1.2} l/rai	1,340.42 ^{ab}	1,522.10 ^b	*	+13.55
T ₆ = CF _{DOA} +BPTI (N ₁) _{2.4} l/rai	1,353.60 ^a	1,540.53 ^a	*	+13.81
T ₇ = CF _{DOA} +BPTI (N ₂) _{1.2} l/rai	1,347.65 ^a	1,531.39 ^{ab}	*	+13.63
T ₈ = CF _{DOA} +BPTI (N ₂) _{2.4} l/rai	1,354.71 ^a	1,548.51 ^a	*	+14.31
F-test	**	**		
C.V. (%)	12.45	12.68		

^{1/} Means within the same column followed by the same letter indicate no statistical difference by DMRT

ns = not significantly different at 0.05 probability * indicates significant difference at $P < 0.05$

+ = increased of grain weight

- = decreased of grain weight

1.2 น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และปริมาณโปรตีนในเมล็ด

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังทุกสูตร รวมทั้งดำรับควบคุม (T₁) มีผลให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และปริมาณโปรตีนในเมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ระยะเก็บเกี่ยวในการปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 7 และ 8) กล่าวคือ ทุกดำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังทุกสูตร มีผลให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และปริมาณโปรตีนในเมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในการปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ใกล้เคียงกันในช่วง 317.24-318.45 และ 317.36-318.56 กรัม และ 9.94-10.56 และ 10.13-10.88 % ตามลำดับ ขณะที่ดำรับควบคุมมีผลให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และ

ปริมาณโปรตีนในเมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในการปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 น้อยที่สุด (312.64 และ 311.84 กรัม และ 7.63 และ 7.25 % ตามลำดับ) อย่างไรก็ตาม มีข้อสังเกตว่าทุกดำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังทุกสูตร มีผลให้ปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จัดอยู่ในประเภท “ข้าวโพดเมล็ด เกรด 1” คือ มีปริมาณโปรตีนไม่น้อยกว่า 8 % ตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง “กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานของอาหารสัตว์ที่มีใช้อาหารสัตว์ควบคุมเฉพาะ ประเภทวัตถุดิบ พ.ศ. 2559” (ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2559) อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนัก 1,000 เมล็ด และปริมาณโปรตีนในเมล็ดในการปลูกข้าวโพดครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 พบว่า ทุกดำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับ

การฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้
อุตสาหกรรมฟอกหนังทุกสูตร มีผลให้น้ำหนัก
1,000 เมล็ด และปริมาณโปรตีนในเมล็ดของ
ข้าวโพดเพิ่มขึ้น โดยไม่มีความแตกต่างกันทาง

สถิติ ขณะที่การควบคุมมีผลให้น้ำหนัก 1,000
เมล็ด และปริมาณโปรตีนในเมล็ดของข้าวโพด
ลดลง โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเช่นกัน
(Table 7 and 8)

Table 7 The 1,000 grains weight of maize at harvesting in two crops

Treatments	1,000 grains weight (g)		T-test
	1 st crop	2 nd crop	
T ₁ = control	312.64 ^{b 1/}	311.84 ^{b 1/}	ns
T ₂ = CF _{DOA}	317.24 ^a	317.36 ^a	ns
T ₃ = CF _{DOA} +BPTI (O) _{1.2 l/rai}	317.41 ^a	317.48 ^a	ns
T ₄ = CF _{DOA} +BPTI (O) _{2.4 l/rai}	317.47 ^a	317.53 ^a	ns
T ₅ = CF _{DOA} +BPTI (N ₁) _{1.2 l/rai}	317.56 ^a	317.83 ^a	ns
T ₆ = CF _{DOA} +BPTI (N ₁) _{2.4 l/rai}	318.45 ^a	318.53 ^a	ns
T ₇ = CF _{DOA} +BPTI (N ₂) _{1.2 l/rai}	318.15 ^a	318.26 ^a	ns
T ₈ = CF _{DOA} +BPTI (N ₂) _{2.4 l/rai}	318.45 ^a	318.56 ^a	ns
F-test	**	*	
C.V. (%)	9.36	8.54	

^{1/} Means within the same column followed by the same letter indicate no statistical difference by DMRT

ns = not significantly different at 0.05 probability * indicates significant difference at $P < 0.05$

** indicates significant difference at $P < 0.01$

Table 8 The protein in grain of maize at harvesting in two crops

Treatments	Protein (%)		T-test
	1 st crop	2 nd crop	
T ₁ = control	7.63 ^{c 1/}	7.25 ^{b 1/}	ns
T ₂ = CF _{DOA}	9.94 ^b	10.13 ^a	ns
T ₃ = CF _{DOA} +BPTI (O) _{1.2 l/rai}	10.13 ^{ab}	10.25 ^a	ns
T ₄ = CF _{DOA} +BPTI (O) _{2.4 l/rai}	10.19 ^{ab}	10.31 ^a	ns
T ₅ = CF _{DOA} +BPTI (N ₁) _{1.2 l/rai}	10.31 ^{ab}	10.56 ^a	ns
T ₆ = CF _{DOA} +BPTI (N ₁) _{2.4 l/rai}	10.50 ^{ab}	10.75 ^a	ns
T ₇ = CF _{DOA} +BPTI (N ₂) _{1.2 l/rai}	10.44 ^{ab}	10.63 ^a	ns
T ₈ = CF _{DOA} +BPTI (N ₂) _{2.4 l/rai}	10.56 ^a	10.88 ^a	ns
F-test	**	**	
C.V. (%)	9.38	8.89	

^{1/} Means within the same column followed by the same letter indicate no statistical difference by DMRT

ns = not significantly different at 0.05 probability ** indicates significant difference at $P < 0.01$

2. สมบัติทางเคมีของดินบางประการ ภายหลังการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็น ระยะเวลา 1 ปี

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินรวมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังทุกสูตร รวมทั้งดำรับควบคุม (T_1) มีผลให้สมบัติทางเคมีของดินภายหลังการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 9) กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินรวมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรดั้งเดิมอัตรา 2.4 ลิตร/ไร่ ($CF_{DOA}+BPTI (O)_{2.4 \text{ ไร่}}$, T_4) มีผลให้ค่า pH และปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินมากที่สุด (pH 7.71 และ 43.23 mg/kg ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินรวมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรใหม่ (1) อัตรา 2.4 ลิตร/ไร่ ($CF_{DOA}+BPTI (N_1)_{2.4 \text{ ไร่}}$, T_6) และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินรวมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรใหม่ (2) อัตรา 2.4 ลิตร/ไร่ ($CF_{DOA}+BPTI (N_2)_{2.4 \text{ ไร่}}$, T_8)

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินรวมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรดั้งเดิมอัตรา 2.4 ลิตร/ไร่ ($CF_{DOA}+BPTI (O)_{2.4 \text{ ไร่}}$, T_4) มีผลให้ค่า EC_e ของดินมากที่สุด (2.49 dS/m) ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินรวมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรใหม่ (2) อัตรา 2.4 ลิตร/ไร่ ($CF_{DOA}+BPTI (N_2)_{2.4 \text{ ไร่}}$, T_8) และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินรวมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนัง

สูตรใหม่ (1) อัตรา 2.4 ลิตร/ไร่ ($CF_{DOA}+BPTI (N_1)_{2.4 \text{ ไร่}}$, T_6) ขณะที่ทุกดำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินรวมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังทุกสูตร มีผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินใกล้เคียงกันในช่วง 1.38-1.63 % อย่างไรก็ตาม มีข้อสังเกตว่าการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังทุกสูตรในอัตราสูง (2.4 ลิตร/ไร่) มีแนวโน้มให้ค่า EC_e และปริมาณอินทรีย์วัตถุของดินสูงกว่าการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังทุกสูตรในอัตราที่ต่ำกว่า (1.2 ลิตร/ไร่) หรือการไม่ฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังทุกสูตรเลย ทั้งนี้เป็นเพราะปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังทุกสูตร ที่ใช้ในการทดลองมีค่าการนำไฟฟ้า และปริมาณอินทรีย์วัตถุในช่วง 9.92-10.02 dS/m และ 27.28-27.60 % ตามลำดับ (Table 3) จึงส่งผลให้ค่า EC_e และปริมาณอินทรีย์วัตถุของดินเพิ่มขึ้นได้

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินรวมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรใหม่ (1) อัตรา 2.4 ลิตร/ไร่ ($CF_{DOA}+BPTI (N_1)_{2.4 \text{ ไร่}}$, T_6) มีผลให้ปริมาณเหล็กที่สกัดได้ในดินมากที่สุด (19.50 mg/kg) ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินรวมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรใหม่ (2) อัตรา 2.4 ลิตร/ไร่ ($CF_{DOA}+BPTI (N_2)_{2.4 \text{ ไร่}}$, T_8) นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินรวมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรใหม่ (2) อัตรา 2.4 ลิตร/ไร่ ($CF_{DOA}+BPTI (N_2)_{2.4 \text{ ไร่}}$, T_8) มีผลให้ปริมาณสังกะสีที่สกัดได้ในดินมากที่สุด (3.78 mg/kg) รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่า

วิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรใหม่ (1) อัตรา 2.4 ลิตร/ไร่ ($CF_{DOA} + BPTI (N_1)_{2.4 \text{ ไร่}}$, T_6) และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรใหม่ (2) อัตรา 1.2 ลิตร/ไร่ ($CF_{DOA} + BPTI (N_2)_{1.2 \text{ ไร่}}$, T_7) ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรใหม่ (1) อัตรา 1.2 ลิตร/ไร่ ($CF_{DOA} + BPTI (N_1)_{1.2 \text{ ไร่}}$, T_5) ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรใหม่ (2) อัตรา 2.4 ลิตร/ไร่ ($CF_{DOA} + BPTI (N_2)_{2.4 \text{ ไร่}}$, T_8) มีผลให้ปริมาณโบรอนที่สกัดได้ในดินมากที่สุด (2.88 mg/kg) ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรใหม่ (1) อัตรา 2.4 ลิตร/ไร่ ($CF_{DOA} + BPTI (N_1)_{2.4 \text{ ไร่}}$, T_6) อย่างไรก็ตาม มีข้อสังเกตว่าการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังทุกสูตรในอัตราสูง (2.4 ลิตร/ไร่) มีแนวโน้มให้ปริมาณเหล็ก สังกะสี และโบรอนที่สกัดได้ในดินสูงกว่าการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังทุกสูตร ในอัตราที่ต่ำกว่า (1.2 ลิตร/ไร่) หรือการไม่ฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังทุกสูตรเลย ทั้งนี้เป็นเพราะปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรต่างๆ มีปริมาณเหล็ก สังกะสี และโบรอนทั้งหมดในช่วง 11.45-386.05, 3.84-1,556 และ 1.00-486.85 mg/l ตามลำดับ (Table 3) จึง

ส่งผลให้ปริมาณเหล็ก สังกะสี และโบรอนที่สกัดได้ในดินเพิ่มขึ้นได้

เมื่อใช้เกณฑ์การประเมินจาก FAO Project Staff & Land Classification Division (1973) มาพิจารณาร่วมด้วย พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดี่ยว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังทุกสูตร รวมทั้งตำรับควบคุม (T_1) มีผลให้ค่า EC_e ของดินเปลี่ยนแปลงอยู่ในระดับที่ไม่เค็ม (0-2 dS/m) โดยไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช หรืออยู่ในระดับที่ไม่เค็ม (มากกว่า 2 แต่น้อยกว่า 4 dS/m) โดยพืชที่ไวต่อความเค็มอาจมีการเจริญเติบโตลดลงบ้าง นอกจากนี้ ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดี่ยว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังทุกสูตร มีผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเปลี่ยนแปลงอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ (1.0-1.5 %) ถึงระดับปานกลาง (1.5-2.5 %) ขณะที่ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังทุกสูตร มีผลให้ค่า pH ของดินเปลี่ยนแปลงอยู่ในระดับเป็นด่างเล็กน้อย ($pH = 7.4-7.8$) ปริมาณเหล็กที่สกัดได้ในดินอยู่ในระดับต่ำ (5-10 mg/kg) ถึงระดับสูง (17-25 mg/kg) ปริมาณสังกะสีที่สกัดได้ในดินอยู่ในระดับปานกลาง (1.1-3.0 mg/kg) ถึงระดับสูง (3.1-6.0 mg/kg) และมีปริมาณโบรอนที่สกัดได้ในดินอยู่ในระดับปานกลาง (0.8-1.2 mg/kg) ถึงระดับสูงมาก (>2.0 mg/kg)

Table 9 Properties of soil after 1 year of planting maize

Treatments	pH (1:1 water)	EC _e (dS/m)	OM (g/kg)	Exch. Na (mg/kg)	Extract. Fe (mg/kg)	Extract. Zn (mg/kg)	Extract. B (mg/kg)
before experiment	7.17	1.62	0.93	31.85	7.63	0.59	0.80
T ₁ = control	7.18 ^{c 1/}	1.63 ^{e 1/}	0.96 ^{f 1/}	33.70 ^{c 1/}	7.53 ^{d 1/}	0.61 ^{e 1/}	0.83 ^{d 1/}
T ₂ = CF _{DOA}	7.03 ^d	1.83 ^d	1.28 ^a	34.31 ^c	7.74 ^d	0.64 ^e	0.87 ^d
T ₃ = CF _{DOA} +BPTI (O) _{1.2 l/rai}	7.48 ^b	2.15 ^b	1.38 ^d	39.45 ^b	9.76 ^c	1.28 ^d	1.23 ^c
T ₄ = CF _{DOA} +BPTI (O) _{2.4 l/rai}	7.71 ^a	2.49 ^a	1.53 ^{ab}	43.23 ^a	10.55 ^c	1.38 ^d	1.38 ^c
T ₅ = CF _{DOA} +BPTI (N ₁) _{1.2 l/rai}	7.42 ^b	1.97 ^c	1.42 ^{cd}	38.66 ^b	13.87 ^b	2.36 ^c	1.83 ^b
T ₆ = CF _{DOA} +BPTI (N ₁) _{2.4 l/rai}	7.68 ^a	2.38 ^a	1.58 ^{ab}	42.83 ^a	19.50 ^a	3.56 ^b	2.83 ^a
T ₇ = CF _{DOA} +BPTI (N ₂) _{1.2 l/rai}	7.38 ^b	2.12 ^b	1.49 ^{bc}	38.63 ^b	13.60 ^b	2.48 ^c	1.94 ^b
T ₈ = CF _{DOA} +BPTI (N ₂) _{2.4 l/rai}	7.63 ^a	2.45 ^a	1.63 ^a	42.75 ^a	18.77 ^a	3.78 ^a	2.88 ^a
F-test	*	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	11.11	12.36	12.43	12.41	12.76	10.43	11.39

^{1/} Means within the same column followed by the same letter indicate no statistical difference by DMRT

* indicates significant difference at $P < 0.05$

** indicates significant difference at $P < 0.01$

จากผลการทดลองทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้น ให้ข้อสังเกตว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังทุกสูตร ในช่วงอัตรา 1.2-2.4 ลิตร/ไร่ มีแนวโน้มให้ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินแต่เพียงอย่างเดียว สอดคล้องกับงานวิจัยของชญาณี และคณะ (2567) ที่ทดลองกับมันสำปะหลัง และงานวิจัยของภูเบศ และคณะ (2567) ที่ทดลองกับอ้อย โดยพบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังทุกสูตร ในช่วงอัตรา 1.6-3.2 ลิตร/ไร่ มีแนวโน้มให้ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลัง และอ้อยดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินแต่เพียงอย่างเดียว ทั้งนี้เป็นเพราะปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนัง อาจมีสมบัติเป็นสารกระตุ้นเชิงชีวภาพของพืช (bio-stimulants) เนื่องจากจัดอยู่ในกลุ่มของสารชีวมีก ผลิตภัณฑ์ที่มีฮอร์โมน และ

กรดอะมิโน ซึ่งมีการใช้ในปริมาณน้อยโดยการฉีดพ่นทางใบ (ยงยุทธ, 2560) แต่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารพืช นอกจากนี้ ปุ๋ยชนิดเหลวดังกล่าว มีธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน) และจุลธาตุผสมอยู่ด้วยโดยเฉพาะธาตุหลัก สังกะสี และโบรอน (Table 3) ประกอบกับแปลงทดลองที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีปริมาณเหล็ก และสังกะสีที่สกัดได้อยู่ในระดับต่ำ ส่วนโบรอนที่สกัดได้อยู่ในระดับปานกลาง (Table 1) จึงส่งผลให้การเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยภาพรวมดีขึ้นได้ สอดคล้องกับน้ำผึ้ง และคณะ (2565) ที่รายงานว่าการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับผลพลอยได้อุตสาหกรรมสัตว์ปีก ทั้งการคลุกผสมกับปุ๋ยเคมี หรือการฉีดพ่นส่วนเหนือดินของพืช มีผลให้ผลผลิต อ้อย สด และค่า CCS (Commercial Cane Sugar) มากที่สุด รองลงมา คือการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน อีกทั้งยังสอดคล้องกับผลการวิจัยที่รายงานว่าการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับสังกะสี(วรัญญา และคณะ, 2562) และโบรอน (ยศวดี และคณะ, 2561) มีแนวโน้มให้ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต ความ

เข้มข้นของธาตุสังกะสี และโบรอนที่สะสมใน
ท่อนลำอ้อยมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ การใส่
ปุ๋ยเคมีอย่างเดี่ยว โดยผลการทดลองจะเด่นชัด
เมื่อมีการปลูกทดสอบกับอ้อยในดินที่มีปริมาณ
สังกะสีและโบรอนในระดับต่ำ อย่างไรก็ตาม
แม้ว่าผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมฟอกหนังมี
ปริมาณโลหะหนักไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน ตาม
ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง “กำหนด
มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงาน
พ.ศ. 2560” แต่การนำผลพลอยได้ดังกล่าวมา
ใช้ประโยชน์ด้านการเกษตรในระยะยาว ก็ควร
คำนึงถึงผลตกค้างของโลหะหนักในดินและ
ผลผลิตของพืชด้วยเช่นกัน

สรุป

ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตาม
ค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดี่ยว การใส่ปุ๋ยเคมีตาม
ค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลว
จากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังทุกสูตร
มีผลให้น้ำหนักผักทั้งเปลือก น้ำหนักผักปอก
เปลือก น้ำหนักเมล็ด น้ำหนัก 1,000 เมล็ด
และปริมาณโปรตีนในเมล็ดของข้าวโพดเลี้ยง
สัตว์ใกล้เคียงกัน และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อ
เปรียบเทียบกับตำรับควบคุม ซึ่งมีผลให้
น้ำหนักผักทั้งเปลือก น้ำหนักผักปอกเปลือก
น้ำหนักเมล็ด น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และ
ปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์น้อย
ที่สุด โดยการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน
ร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอย
ได้อุตสาหกรรมฟอกหนังทุกสูตร ในช่วงอัตรา
1.2-2.4 ลิตร/ไร่ มีผลให้ผลผลิต และ
องค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ดี
ที่สุด

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก
โครงการพัฒนาวิชาการ ประเภทงานบริการ
ด้านวิจัย ระหว่าง บริษัท อินเตอร์ กรีน จำกัด
และภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร
กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ภายใต้โปรแกรมสนับสนุนการพัฒนา
เทคโนโลยีและนวัตกรรม (ITAP) สวทช.

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. (2553). *คำแนะนำการใช้
ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ*. กระทรวงเกษตร
และสหกรณ์.
- เกียรติศักดิ์ สนศรี และชัยสิทธิ์ ทองจุ. (2561).
ผลของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวต่อการ
เจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิต
ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. *วารสารดิน
และปุ๋ย*, 40(1), 27-38.
- กัญญ์ฐิ ภรณ์สิริภัสร์, ชัยสิทธิ์ ทองจุ, ศุภชัย
อำคา, จุฑามาศ รมแก้ว, ซาลินี คงสุต
และวิษณุ ชินธรรมมิตร. (2555). ผล
ของปุ๋ยหมักกากสบู่ดำต่อการ
เจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิต
ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. *การประชุม
วิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9 สาขา
พืชและเทคโนโลยีชีวภาพ*. (น. 1235-
1247). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. (2558). *คู่มือ
ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทางดิน ระบบ
ไฮโดรโปนิกส์*. คณะเกษตร
กำแพงแสน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชญาณี บุตรครุฑ, ชัยสิทธิ์ ทองจุ, ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย และอัญริชา พรหมเมืองคุก. (2567). การใช้ประโยชน์ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมฟอกหนังต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของมันสำปะหลัง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ, 7(3), 125-136.

ชัยสิทธิ์ ทองจุ, สิริินภา ช่วงโอภาส, อัญริชา พรหมเมืองคุก, สุชาดา กรุณา, เกวลิน ศรีจันทร์, ธีรยุทธ คล้าชื่น, ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย, ชาลินี คงสุด และธรรมธวัช แสงงาม. (2565). รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง การใช้ประโยชน์ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมฟอกหนังต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของพืชเศรษฐกิจ และสมบัติของดินบางประการ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ดชนียา สิมมา, ชัยสิทธิ์ ทองจุ, เกวลิน ศรีจันทร์, ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย, อัญริชา พรหมเมืองคุก, สิริินภา ช่วงโอภาส, สุชาดา กรุณา, ศิริสุตา บุตรเพชร, ชาลินี คงสุด, ธรรมธวัช แสงงาม, ธีรยุทธ คล้าชื่น และศิโรจน์ สุวรรณโณ. (2562). การใช้ประโยชน์เปลือกปูปดต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ, 2(2), 67-78.

ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และจรงค์ จันท์เจริญสุข. (2542). แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธนสมณท์ กุลการณ์เลิศ, ชัยสิทธิ์ ทองจุ, จุฑามาศ ร่มแก้ว และธวัชชัย อินทร์บุญช่วย. (2561). การใช้ประโยชน์ผลพลอยได้จากโรงงานผงชูรส (อามิ-อามิ) และซีเถ้าลอยต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า, 36(1), 40-49.

น้ำผึ้ง แสงใส, ชัยสิทธิ์ ทองจุ, ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย และจุฑามาศ ร่มแก้ว. (2565). การใช้ประโยชน์ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมสัตว์ปีกต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของอ้อย. วารสารผลิตภัณฑ์การเกษตร, 4(2), 27-39.

ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2559, 20 ตุลาคม). ราชกิจจานุเบกษา. (เล่มที่ 133 ตอนพิเศษ 242 ง, น. 15-16). <http://legal.dld.go.th/web2012/news/P15/133242201025593.PDF>

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม. (2560, 7 มิถุนายน). ราชกิจจานุเบกษา. (เล่มที่ 134 ตอนพิเศษ 153 ง, น. 11-15). https://www.genco.co.th/Document/Inf_14.PDF

ภูเบศ กุลศิริ, ชัยสิทธิ์ ทองจุ, ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย และอัญริชา พรหมเมืองคุก. (2567). การใช้ประโยชน์ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมฟอกหนังต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อย. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ, 7(3), 61-71.

ยงยุทธ โอสดสภา.(2560). การใช้ปุ๋ยและสารเร่ง
ทางใบ . มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยศวดี เม่งเอียด, ชัยสิทธิ์ ทองจุ, ธวัชชัย อินทร์
บุญช่วย, จุฑามาศ ร่มแก้ว, ธรรมธวัช
แสงงาม และธีรยุทธ คล้าชื่น. (2561).
ผลของการจัดการปุ๋ยเคมีร่วมกับ
ไบรอนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต
ของอ้อยตอ (ปีที่ 1) ที่ปลูกในชุดดิน
กำแพงแสน. วารสารวิทยาศาสตร์
เกษตรและการจัดการ, 1(2), 80-94.

รุจิกร ศรีแมนม่วง, ชัยสิทธิ์ ทองจุ, ศุภชัย อำ
คา, ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย, ชาลิณี คง
สุด และธีรยุทธ คล้าชื่น. (2563). การ
ใช้ประโยชน์ผลพลอยได้จาก
โรงงานผลิตเอทานอลเพื่อเพิ่มผลผลิต
ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. วารสารแก่น
เกษตร, 48(2), 293-304.

วรัญญา เอมถมยา, นัฐพร กลิ่นหอม, ชัยสิทธิ์
ทองจุ, ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย,
จุฑามาศ ร่มแก้ว, ชาลิณี คงสุด, ธรรม
ธวัช แสงงาม และธีรยุทธ คล้าชื่น.
(2562). การจัดการปุ๋ยร่วมกับสังกะสี
ต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต
ของอ้อยที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน.
การประชุมวิชาการดินและปุ๋ย
แห่งชาติครั้งที่ 6 “ดิน: กำเนิดของ
อาหารเพื่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม”.
(น.69-82)มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิริประภา แก้วเรือง, ชัยสิทธิ์ ทองจุ, ธวัชชัย
อินทร์บุญช่วย และทศพล พรพรหม.
(2565). การใช้ประโยชน์ผลพลอยได้
จากโรงงานผลิตเอทานอลต่อการ
เจริญเติบโต ผลผลิต และ
องค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยง
สัตว์. วารสารผลิตภัณฑ์เกษตร,
4(3), 1-12.

เสฏฐวุฒิ อภิวัฒน์ตั้งสกุล, ชัยสิทธิ์ ทองจุ,
ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย, จุฑามาศ
ร่มแก้ว, สิริณภา ช่วงโอภาส, เกวลิน
ศรีจันทร์, อัญธิชา พรหมเมืองคุก,
สุชาดา กรุณา, ศิริสุดา บุตรเพชร,
ชาลิณี คงสุด, ธรรมธวัช แสงงาม และ
ธีรยุทธ คล้าชื่น. (2563). ผลของปุ๋ย
อินทรีย์ชนิดผง ชนิดอัดเม็ด และชนิด
ปั้นเม็ดจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อ
กระดาษต่อการเจริญเติบโตและ
ผลผลิตของมันสำปะหลัง. วารสาร
วิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ,
3(2), 34-46.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2565). สถิติ
การเกษตรของประเทศไทย ปี 2563-
2565. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน.
(2548). คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน
น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดิน และการ
วิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐาน
สินค้า เล่มที่ 2. กรมพัฒนาที่ดิน
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

- Aribam, B., Rajeev, D. & Devi, S. (2024). Impact of zinc foliar spray on maize (*Zea mays* L.) growth, yield and nutrient uptake. *International Journal of Research in Agronomy*, 7(6), 477-482 <https://doi.org/10.33545/2618060X.2024.v7.i6g.909>
- Cooman, K., Gajardo, M., Nieto, J., Bornhardt C. & Vidal, G. (2003). Tannery wastewater characterization and toxicity effects on *Daphnia* spp. *Environmental Toxicology*, 18 (1), 45–51. <https://doi.org/10.1002/tox.10094>
- FAO Project Staff & Land Classification Division. (1973). *Soil interpretation handbook for Thailand*. Department of Land Development, Ministry of Agriculture and Cooperation.
- National Research Council. (1994). *Nutrient Requirements of Poultry*. (9th ed.) National Academy press.
- Potarzycki, J. & Grzebisz, W. (2009). Effect of zinc foliar application on grain yield of maize and its yielding components. *Plant, Soil and Environment*, 55(12), 519-527. <https://doi.org/10.17221/95/2009-PSE>
- Soil Survey Staff. (2003). *Key to Soil Taxonomy*. (9th ed.). United States Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service.
- Thongjoo, C., Panichsakpatana, S. & Miyagawa, S. (2002). Efficiency of some selected organic wastes as nitrogen fertilizer for baby corn (*Zea mays* L.). *The 133rd meeting of the Tokai Branch of Crop Science Society, Aichi-Ken Agricultural Research Center, Japan*.
- Thongjoo, C., Miyagawa, S. & Kawakubo, N. (2005). Effect of soil moisture and temperature on decomposition rates of some waste materials from agriculture and agro-industry. *Plant Production Science*, 8(4), 475-481. <https://doi.org/10.1626/pps.8.475>
- Zhao, J., Wu, Q., Tang, Y., Zhou, J., & Guo, H. (2022). Tannery wastewater treatment: conventional and promising processes, an updated 20-year review. *Journal of Leather Science and Engineering*, 4(10), 1-22. <https://doi.org/10.1186/s42825-022-00082-7>