

การตรวจสอบเบื้องต้นลักษณะทางกายภาพของข้าวโพดปลูกในดิน ที่ประกอบด้วยกากกาแฟเหลือทิ้ง

Preliminary Investigation of Morphological Characteristics of Corn Grown in Soil with Spent Coffee Ground

ปัทมา หาญนอก^{1*} ภารดี ธรรมมาภิชัย² และ กฤษณา สารหงส์¹

Pattama Hannok^{1*} Paradee Thammaphichai² and Kritsada Sarahong¹

¹ สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

² ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

¹ Division of Agronomy, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiangmai 50290

² Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiangmai University, Chiangmai 50200

* Corresponding author: pattama_h@mju.ac.th

(Received: 27 October, 2020; Accepted: 4 December, 2020; Published: December, 2020)

Abstract

Spent coffee grounds (SCG) could be volatilized through recycles. SCG has good characteristics to be recycled i.e. high porosity, good water absorption, remaining 2% (w/w) nitrogen etc. Therefore, SCG might has a potential for using as a substance to improve soil porosity or even fertilizer. However, many types of the other residual compounds still remain in SCG and some of them were reported about their toxicity to the plants and some kinds of microbe. The objective of this research was to investigate the effect of SCG on cultivating an economical crop. This experiment was conducted in Randomize Completely Block Design with 2 blocks. Five treatments e.g. soil, soil with bat guano, soil with SCG in 3 different ratios (1:1, 2:1 and 3:1), in which all SCG-mixing soil were left for 45 day-fermentation before tested. Six response variables were recorded e.g. plant height, leave area, leaf color score, field weight, ear weight and ear length. The results showed that growth rate of sweet corns grown in 1:1 soil and SCG was the worst comparing with those grown in the other types of planting materials. Furthermore, ANOVA and *post-hoc* analyses revealed that planting materials statistically affected leave area,

leaf color score and field weight characteristics only, in which these 3 characteristics of sweet corn grown in soil with bat guano were highest among different planting materials ($P < 0.05$). This experiment suggested that although fermentation step of planting material with SCG was carried out, the positive effect on promoting growth development was hard to observe in this experiment. Therefore, finding pre-treatment methods for eliminating toxic residues in SCG might address this issue and gain the benefits to agriculture for SCG recycle.

Keywords: spent coffee ground, toxic residues, caffeine, babycorn, sweet corn

บทคัดย่อ

การนำกากกาแฟเหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่ สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้งได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ด้วยคุณสมบัติของกากกาแฟที่ดี คือ มีลักษณะผงร่วน มีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดี และมีธาตุไนโตรเจนคงเหลืออยู่ประมาณ 2% ของน้ำหนักกากกาแฟ กากกาแฟจึงอาจมีศักยภาพในการปรับปรุงคุณภาพของดินและใช้เป็นปุ๋ยบำรุงพืชปลูกได้ อย่างไรก็ตาม ในกากกาแฟยังมีสารประกอบที่ตกค้างหลายชนิดในสัดส่วนที่แตกต่างกันไป ซึ่งสารบางชนิดมีความเป็นพิษต่อพืชปลูกและจุลินทรีย์บางชนิด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ ในการตรวจสอบผลกระทบเบื้องต้นที่มีต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเมื่อผสมกากกาแฟเหลือทิ้งในดินปลูก การทดลองนี้ใช้แผนการทดสอบแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ จำนวน 2 บล็อก ประกอบด้วย 5 สิ่งทดสอบได้แก่ ดินเปล่า ดินที่ผสมด้วยปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตจากมูลค่างควา ดินที่ผสมด้วยกากกาแฟที่อัตราส่วน 1:1, 2:1 และ 3:1 โดยวัสดุปลูกที่มีกากกาแฟผสมอยู่ได้ผ่านการหมักนาน 45 วันก่อนนำมาทดสอบ ตลอดการทดลองทำการบันทึกข้อมูลทั้งหมด 6 ลักษณะ ได้แก่ ความสูงของต้น พื้นที่ใบ คະแนนความเข้มของสีใบ น้ำหนักฝักสดก่อนปอกเปลือก น้ำหนักฝักสดหลังปอกเปลือก และความยาวฝักอ่อน ผลการทดสอบพบว่า ข้าวโพดที่ปลูกในดินผสมกากกาแฟที่อัตราส่วน 1:1 มีอัตราการเจริญเติบโตที่ต่ำกว่าข้าวโพดในวัสดุปลูกอื่น ๆ นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนและการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยยังพบอีกว่า วัสดุปลูกมีผลต่อลักษณะพื้นที่ใบ คະแนนความเข้มของสีใบ น้ำหนักฝักสดก่อนปอกเปลือกเท่านั้น โดยข้าวโพดที่ปลูกในดินที่ผสมด้วยปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตจากมูลค่างควา ให้ค่าเฉลี่ยของลักษณะดังกล่าวสูงที่สุด ($P < 0.05$) การทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่า กากกาแฟแม้จะผ่านการหมักมาเป็นระยะเวลาหนึ่ง ผลเชิงบวกในแง่ของการส่งเสริมการเจริญเติบโตทางลำต้นของข้าวโพดหวานยังไม่ปรากฏอย่างเด่นชัด ซึ่งอาจเป็นผลจากสารประกอบที่มีความเป็นพิษต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด ดังนั้น การศึกษาการจัดการกากกาแฟเพื่อให้สารพิษที่ตกค้างอยู่เกิดการสลายตัวอาจจะช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวและก่อให้เกิดประโยชน์ต่อภาคเกษตรกรรมในแง่ของการนำกากกาแฟเหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์อีกครั้ง

คำสำคัญ: กากกาแฟ สารตกค้างที่เป็นพิษ คาเฟอีน ข้าวโพดฝักอ่อน ข้าวโพดหวาน

คำนำ

ในต่างประเทศ มีรายงานการใช้ประโยชน์จากกากกาแฟเหลือทิ้ง (spent coffee ground; SCG) ในการใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตพลังงานไฟฟ้า น้ำมันไบโอดีเซล การสกัดน้ำตาล การผลิต activated carbon หรือแม้แต่ใช้ในการกำจัดไอออนของโลหะหนัก (Campos-Vega *et al.*, 2015) ในขณะที่สื่อออนไลน์ของประเทศไทยจำนวนมากแนะนำการใช้ประโยชน์จากกากกาแฟสดในการเป็นปุ๋ยบำรุงต้นไม้ หรือใช้ปรับสภาพดินให้ร่วนซุย และปรับค่าความเป็นกรดต่างให้กับดินได้ ทั้งนี้เนื่องมาจากกากกาแฟเป็นวัสดุอินทรีย์เหลือทิ้ง (มีค่าอัตราส่วนของ C/N ค่อนข้างสูงถึง 14:1 (Janissen and Huynh, 2018)) มีลักษณะกายภาพเป็นผงร่วน และอุ้มน้ำได้ดี ดังนั้น กากกาแฟน่าจะมีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นปุ๋ยบำรุงต้นไม้ และปรับปรุงลักษณะทางกายภาพของดินได้ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยจากต่างประเทศจำนวนมากกล่าวว่า กากกาแฟเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมกาแฟสำเร็จรูปมีคุณสมบัติความเป็นพิษต่อระบบนิเวศเป็นอย่างมากหากนำไปทิ้งโดยไม่ผ่านการบำบัด เนื่องจากกากกาแฟมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้ มีฤทธิ์เป็นกรด มีสารประกอบตกค้างที่มีความเป็นพิษต่อจุลินทรีย์และพืช ได้แก่ สารแทนนิน สารคาเฟอีน และกรดคลอโรจินิก (Janissen and Huynh, 2018; Campos-Vega *et al.*, 2015) Janissen and Huynh (2018) แสดงรายการสารประกอบที่สามารถพบในกากกาแฟที่เหลือทิ้งจำนวน 100 กรัมว่าประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรตสูงถึง 82 กรัม รองลงมาคือ เส้นใยทั้งชนิดละลายและไม่ละลายน้ำ (60.5 กรัม) เฮมิเซลลูโลส (36.7 กรัม) โปรตีน (13.6 กรัม) กรดคลอโรจินิก (11.45 กรัม) เซลลูโลส

(8.6 กรัม) ไขมัน (6 กรัม) ไนโตรเจน (2.3 กรัม) คาเฟอีน (0.4 กรัม) แทนนิน (0.02 กรัม) เป็นต้น อย่างไรก็ตาม บางรายงานแสดงให้เห็นถึงปริมาณของสารคาเฟอีนตกค้างที่สูงกว่าค่าที่บรรยายไว้ก่อนหน้านี้ เช่น Cruz *et al.* (2012) สามารถสกัดสารคาเฟอีนจากกากกาแฟได้สูงถึง 1.8 mg/g SCG นอกจากนี้ มีการศึกษาเกี่ยวกับความเป็นพิษของสารคาเฟอีน แทนนิน และกรดคลอโรจินิกที่มีต่อสิ่งมีชีวิตทั้งบนบกและในน้ำ (Janissen and Huynh, 2018) สำหรับความเป็นพิษของสารคาเฟอีน มีรายงานในต้นยาสูบ โดยพบว่า สารคาเฟอีนมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของต้นกล้ายาสูบ (Mohandpuria and Yadav, 2009) ขณะที่ความเป็นพิษของกรดคลอโรจินิกในกากกาแฟมีการศึกษาในต้น *Arabidopsis thaliana* โดยพบว่า กรดคลอโรจินิกมีผลในการยับยั้งการงอกและเจริญเติบโตของราก ซึ่งมีค่า IC_{50} เท่ากับ $96.3 \mu M$ (Reigosa and Pasoz-Malvido, 2007) นอกจากนี้ มีรายงานเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณการสะสมธาตุอาหารภายในลำต้นของพืช เช่น ในกะหล่ำที่ถูกใส่กากกาแฟลงในวัสดุปลูกโดยตรง ส่งผลให้กะหล่ำมีการสะสมธาตุ Mg, P, Ca, Na, Fe, Mn, Zn และ Cu ในต้นลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับตัวควบคุม แต่เมื่อนำกากกาแฟไปผ่านกระบวนการหมักก่อนนำมาผสมลงในวัสดุปลูก กลับพบว่า ปริมาณธาตุ Mg, Mn, K และ Na ที่สะสมในต้น กลับเพิ่มสูงขึ้น ซึ่ง Cruz *et al.* (2014) อธิบายว่า กระบวนการหมักก่อให้เกิดการสลายตัวของสารคาเฟอีน รวมถึงธาตุอาหารบางชนิดเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์และดูดซึมได้ จึงส่งผลดีต่อพืชปลูก ผลที่คล้ายกันนี้พบได้จากการตรวจสอบในต้นข้าว (Morikawa and Saigusa, 2011) ดังนั้น งานวิจัยนี้

จึงมีวัตถุประสงค์ประสงค์ในการตรวจสอบผลกระทบของกากกาแฟที่ผ่านกระบวนการหมักในการใช้เป็นวัสดุผสมดินปลูก

การผลิตข้าวโพดฝักอ่อน สามารถผลิตได้จากทั้งข้าวโพดหวานและข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เนื่องจากฝักอ่อนที่เก็บเกี่ยว มักเก็บก่อนการผสมเกสรจะเกิดขึ้น และยังไม่มีการผสมน้ำตาลภายในเอนโดสเปิร์มของเมล็ด (Kaiser and Ernst, 2017) อย่างไรก็ตาม สายพันธุ์ข้าวโพดหวานมักถูกนำมาใช้ในการผลิตข้าวโพดฝักอ่อนเนื่องจากเก็บเกี่ยวได้ง่ายกว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ สำหรับในประเทศไทยนั้น ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ เริ่มมีการแนะนำให้เกษตรกรผลิตข้าวโพดฝักอ่อนจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สุวรรณ 5 ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2561 ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงเลือกปลูกข้าวโพดหวาน เพื่อเก็บข้อมูลลักษณะทางกายภาพ และเก็บเกี่ยวผลผลิตเป็นฝักอ่อน พร้อมเก็บลักษณะบางประการของผลผลิต

อุปกรณ์และวิธีการ

แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) จำนวน 2 บล็อก โดยหนึ่งบล็อกประกอบด้วย 5 ซ้ำ ดินปลูกที่นำมาใช้เป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam) มีอนุภาคทราย ดินทรายแป้ง และดินเหนียว คิดเป็น 57, 24 และ 19% ตามลำดับ ดินชนิดนี้มีค่า pH เท่ากับ 4.96 และมีอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 1.2% นำดินดังกล่าวมาเตรียมส่วนผสมของวัสดุปลูกที่แตกต่างกัน 5 ชนิด ได้แก่ ดินที่ไม่ผ่านการผสมวัสดุใด ๆ (S), ดินที่ผสมด้วยปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตจากมูลค่างาวที่อัตราส่วน 1:1 (SO), ดินที่ผสมด้วย

กากกาแฟที่อัตราส่วน 1:1 (1SC), 2:1 (2SC) และ 3:1 (3SC) ซึ่งวัสดุปลูก 1SC จัดเป็นวัสดุปลูกที่มีกากกาแฟอยู่ในสัดส่วนที่มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุปลูก 2SC และ 3SC การทดลองนี้มีทั้งหมด 50 หน่วยทดลอง (50 ต้น)

การเตรียมวัสดุปลูกและการปลูกพืชเพื่อทดสอบ

สำหรับวัสดุปลูกที่ต้องผสมดินเข้ากับกากกาแฟนั้น นำกากกาแฟที่รวบรวมมาจากโรงกาแฟสดทั่วไปมาผสมเข้ากับดินปลูกตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ โดยคลุกเคล้าผสมให้เข้ากันเป็นอย่างดีรดด้วยน้ำหมักเชื้อจุลินทรีย์ ป๋อ้อยทิ้งไว้นาน 45 วัน โดยมีการให้น้ำและรักษาความชื้น จากนั้นเก็บตัวอย่างดินผสมไปส่งตรวจค่าเปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุที่ห้องปฏิบัติการหลักสูตรปริญญาโท สาขาเกษตรศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และพบว่าสิ่งทดสอบ S, SO, 1SC, 2SC, 3SC มีค่าเปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุเท่ากับ 1.2, 9.85, 10.24, 7.69 และ 3.47% ตามลำดับ วัสดุผสมทั้ง 5 ชนิดถูกบรรจุลงในถุงปลูกขนาด 30x50 ซม. (กว้างxสูง) จากนั้นทำการปลูกข้าวโพดหวานลูกผสม เพื่อเก็บเกี่ยวเป็นข้าวโพดฝักอ่อน ทำการหยอดเมล็ดจำนวน 3 เมล็ดต่อถุงดูแลข้าวโพดตามมาตรฐานการผลิตข้าวโพดฝักอ่อนที่ดี (กรมวิชาการเกษตร, 2550) เมื่อต้นกล้าอายุได้ 7 วันจึงทำการกำจัดให้เหลือเพียง 1 ต้นต่อถุง และให้ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 50 กก./ไร่ เมื่อข้าวโพดอายุได้ 25 วัน

การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ทางสถิติ

ตลอดการทดลองทำการบันทึกข้อมูลทั้งหมด 5 ลักษณะ ได้แก่ ความสูงของต้น (PH), พื้นที่ใบ (LA), คะแนนความเข้มของสีใบ (LC), น้ำหนัก

ฝักสดก่อนปอกเปลือก (FW) และหลังปอกเปลือก (EW), และความยาวฝักอ่อน (EL) สำหรับระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น ทำการวัดความสูงต้นข้าวโพดหวานลูกผสมทุกระยะ โดยวัดตั้งแต่ระยะ V1 (7 วันหลังปลูก) จนถึงระยะ V10 (45 วันหลังปลูก) รวมถึงทำการประเมินพื้นที่ใบที่อยู่ติดกับฝักแรก (LA) ในหน่วย ตารางเซนติเมตร โดยทำการวัดขนาดความยาวและความกว้างของใบ (ซม.) และนำค่าที่ได้มาคำนวณพื้นที่ใบของข้าวโพดด้วยสมการของ Montgomery, 1911 (สมการที่ 1) นอกจากนี้ ความเข้มของสีใบ (LC) ถูกบันทึกบนใบที่ติดกับฝักแรก (ear leaf) โดยใช้แผ่นเทียบสีใบ (Nitrogen parameters-LCC) ที่มีช่วงคะแนนในช่วง 1-6 โดยคะแนน เท่ากับ 6 แสดงระดับความเข้มของสีเขียวสูงที่สุด

$$\text{พื้นที่ใบข้าวโพด} = \text{ความยาวใบ} \times \text{ความกว้างใบ} \times 0.75 \dots \dots \dots \text{สมการที่ 1}$$

จากนั้นเมื่อข้าวโพดฝักอ่อนเริ่มเกิดใหม่บนฝักแรก โดยสังเกตให้ใหม่มีขนาดยาวประมาณ 1-2 เซนติเมตร จึงทำการเก็บฝัก (50-55 วัน) จากนั้นทำการชั่งน้ำหนักฝักสดก่อนปอกเปลือก (FW) และหลังปอกเปลือก (EW) ในหน่วย กรัม รวมถึงวัดความยาวฝักอ่อน (EL) ในหน่วย เซนติเมตร

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ข้อมูลจะถูกนำมาประเมินค่าสถิติพรรณนา และวิเคราะห์

ค่าความแปรปรวนชนิด One-way ANOVA พร้อมเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรตามระหว่างสิ่งทดสอบด้วยโปรแกรม R version 4.0.2

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลกระทบของกากกาแฟที่มีต่ออัตราการเจริญเติบโตทางลำต้นของข้าวโพดหวาน

เมื่อนำข้อมูลลักษณะความสูง (PH) ของต้นข้าวโพดที่ปลูกในวัสดุปลูกที่มีสัดส่วนของกากกาแฟที่แตกต่างกันไป มาสร้างกราฟความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างความสูงในแต่ละระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นของข้าวโพด (V1-V10) ซึ่งชี้ให้เห็นถึงอัตราการเจริญเติบโตของต้นข้าวโพดหวานที่ปลูกในวัสดุปลูกที่แตกต่างกัน (S, SO, 1SC, 2SC และ 3SC) ดังแสดงใน Figure 1 จากกราฟจะเห็นได้ว่าวัสดุปลูก 1SC ซึ่งมีอัตราส่วนระหว่างดินและกากกาแฟสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุปลูกผสมชนิดอื่น มีผลทำให้ต้นข้าวโพดมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำที่สุด ($Y = 7.84X + 4.40$) เส้นกราฟแยกออกจากเส้นกราฟของวัสดุปลูกอื่นอีก 4 ชนิด สำหรับวัสดุปลูกผสมระหว่างดินและปุ๋ยมูลคั่วควา (SO) จะเห็นได้ว่า วัสดุปลูก SO ส่งเสริมอัตราการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานสูงที่สุด สังเกตได้จากค่าลาดชัน (slope) ของสมการรีเกรสชันเชิงเส้นตรง $Y = 12.68X - 4.09$ อย่างไรก็ตาม วัสดุปลูก SO, 2SC, S และ 3SC ให้อัตราการเจริญเติบโตของต้นข้าวโพดใกล้เคียงกัน

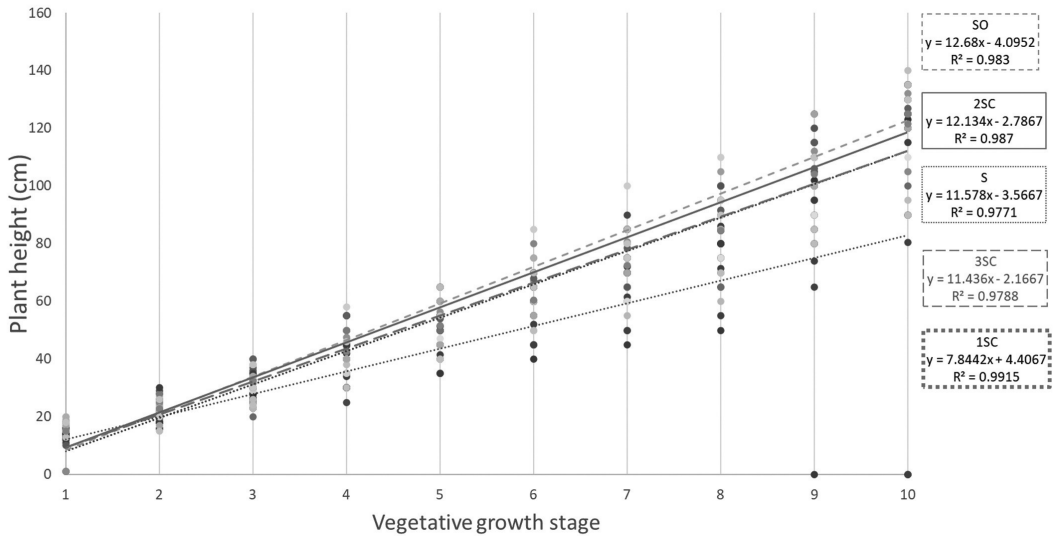


Figure 1 Linear regression lines of plant height against 10 vegetative growth stages show for 5 types of planting materials (S, SO, 1SC, 2SC and 3SC).

การทดสอบอิทธิพลและการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของชนิดวัสดุปลูกที่มีต่อลักษณะพีโนไทป์ 6 ชนิด

จากข้อมูลพีโนไทป์ทั้งหมด พบ 6 สิ่งสังเกตที่หายไป (missing data) ดังนั้น เพียง 44 จาก 50 สิ่งสังเกตของแต่ละตัวแปรตามถูกนำมาประเมินค่า skewness เพื่อตรวจสอบการกระจายตัวของข้อมูล ผลการตรวจสอบพบว่า ความสูงต้นที่ระยะ V10 (PH_{10}) และน้ำหนักฝักอ่อน (EW) มีการกระจายตัวแบบเบ้ซ้าย (ค่า skewness ติดลบ) ดังนั้น ข้อมูลดังกล่าวถูกนำมาแปลงค่า (transformation) เพื่อให้ข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติก่อนวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนโดยข้อมูล PH_{10} และ EW ถูกนำมาแปลงโดยใช้ฟังก์ชันยกกำลังสาม และ \log_{10} ตามลำดับ กำหนดให้ tPH_{v10} และ tEW แทนลักษณะของ PH_{10} และ EW ที่ผ่านการแปลงค่า (transformed data)

จากการทดสอบข้อมูล 6 ชนิด ได้แก่ tPH_{v10} , LA, LC, FW, tEW และ EL ด้วย ANOVA F-test

พบว่า อิทธิพลของชนิดวัสดุปลูกมีผลต่อลักษณะ LA, LC และ FW ($P < 0.01$) อย่างมีนัยสำคัญและไม่มีผลในทางสถิติต่อลักษณะ tPH_{v10} , tEW และ EL ($P > 0.05$) (Table 1) ประเด็นที่น่าสังเกตคือ แม้ความสูงที่ระยะ V10 จากทุกวัสดุจะไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) ในทางสถิติ แต่ผลที่แสดงก่อนหน้านี้เห็นได้ชัดว่า วัสดุปลูกที่มีกากกาแพอยู่ในสัดส่วนที่มากมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตทางด้านความสูงของข้าวโพด (Figure 1) เมื่อพิจารณาความถี่เด่นของวัสดุปลูกแต่ละชนิดที่มีผลต่อลักษณะ LA, LC และ FW ด้วยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least significant difference (LSD) ที่อัลฟา 0.05 พบว่า วัสดุปลูก SO ให้ค่า LA (457.39 ซม²) LC (5.43 คะแนน) และ FW (81.99 กรัม) สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุปลูกอีก 4 ชนิด (Figure 2A-2C) ค่าเฉลี่ยทั้งหมด (grand mean) ของข้อมูล LA, LC และ FW ถูกแสดงด้วยเส้นประบน Figure 2 ซึ่งเป็นที่น่าสังเกตว่า ดินที่ไม่ได้ผ่านการผสมวัสดุใด

(S) และดินที่ผสมด้วยสัดส่วนของกากกาแฟที่แตกต่างกัน (1SC-3SC) ส่งผลให้ต้นข้าวโพดหวานมีลักษณะ LA, LC และ FW ไม่แตกต่างกันมาก และให้ค่าที่ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยทั้งหมด นอกจากนี้ จาก Figure 2B ยังพบอีกว่า แม้ SO และ 3SC จะมีค่าเฉลี่ยของลักษณะ LC (5.43^a และ $4.5a^b$ ตามลำดับ) ที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่เมื่อพิจารณาความสูงของแท่งกราฟ จะพบความแตกต่างอย่างชัดเจน (Figure 2B) ข้อสังเกตนี้พบคล้ายกันในลักษณะ FW (Figure 2C) ในทางสถิติ หากเพิ่มหน่วยทดลองให้มากขึ้น วิธี LSD น่าจะสามารถแยกความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างวัสดุปลูกสองชนิดได้อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของ LA, LC และ FW ระหว่างวัสดุผสมของกากกาแฟ 1SC, 2SC และ 3SC กับวัสดุดินเพียงอย่างเดียว (S) จะพบว่า ทั้ง 4 วัสดุให้ค่าเฉลี่ยของทั้ง 3 ลักษณะ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) (Figure 2A-2C)

ประเด็นที่น่าสนใจ คือ แม้ว่าลักษณะข้าวโพดฝักอ่อนก่อนปอกเปลือก (FW) จะมีความแตกต่างระหว่างวัสดุ SO และวัสดุ 1SC, 2SC, 3SC และ S ก็ตาม แต่เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยหลังปอกเปลือก (tEW) กลับพบว่า วัสดุปลูกที่แตกต่างกันทั้ง 5 ชนิด ไม่ได้มีอิทธิพลใดต่อน้ำหนักข้าวโพดฝักอ่อนหลังปอกเปลือก ซึ่งจัดเป็นผลผลิตที่ทำเงิน (economical yield) อย่างไรก็ตาม ข้าวโพดฝักอ่อนคือ ส่วนของดอกตัวเมียที่ยังไม่ได้รับการผสมเกสร จึงยังไม่มีกรติดเมล็ดแต่อย่างใด และถูกเก็บเกี่ยวในระยะ R1 (ระยะออกไหม) เพียงเท่านั้น ดังนั้น ผลกระทบของกากกาแฟที่มีต่อการปลูกข้าวโพดชนิดอื่น เช่น ข้าวโพดหวาน ข้าวโพดข้าวเหนียว ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เป็นต้น ที่ปริมาณผลผลิตจะขึ้นกับความสามารถในการสะสมน้ำหนัเมล็ดในแต่ละระยะ (R2-R5)

ยังมีความจำเป็นต้องผ่านการทดสอบอีกครั้ง งานวิจัยชิ้นนี้ชี้ให้เห็นว่า กากกาแฟแม้จะผ่านการหมักมาเป็นระยะเวลาหนึ่ง (เพื่อหวังให้เกิดการสลายตัวของสารประกอบ เช่น สารคาเฟอีน กรดคลอโรจีนิก สารแทนนิน เป็นต้น ที่มีรายงานเกี่ยวกับความเป็นพิษต่อพืชปลูกและเชื้อราบางชนิด) ยังไม่ได้มีผลในเชิงบวกในการส่งเสริมการเจริญเติบโตทางลำต้นของข้าวโพดได้ งานทดสอบก่อนหน้านี ได้ทดลองปลูกข้าวโพดหวานพันธุ์เดียวกันในดินที่ผสมกากกาแฟเหลือทิ้งที่โดยตรง (ไม่ผ่านการหมัก) ผลการทดสอบพบว่า ส่วนใหญ่เมล็ดไม่งอก ขณะที่ต้นกล้าบางต้นมีอาการแคระแกร็น เหลือง และตายในที่สุด Carrasco-Cabrera *et al.* (2019) ศึกษาการเพาะเห็ดนางรม (*Pleurotus ostreatus*) ด้วยกากกาแฟเหลือทิ้ง มีการพบว่าเชื้อราของเห็ดชนิดนี้สามารถสลายสารคาเฟอีนที่ตกค้างอยู่ในกากกาแฟได้ จึงส่งผลให้สามารถใช้กากกาแฟในการเพาะเลี้ยงเห็ดชนิดนี้ได้เป็นอย่างดี และเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือใช้ นอกจากนี้ Ronga *et al.* (2020) ได้ทดลองนำกากกาแฟเหลือทิ้งมาผสมกับ Biochar และดินเหนียวสีแดง เพื่อขึ้นรูปเป็นกระถางเพาะชำกิ่งองุ่น การทดลองนี้ชี้ให้เห็นถึงผลในเชิงบวกของกากกาแฟที่มีต่อรากเกิดใหม่ขององุ่น อย่างไรก็ตาม ในขั้นตอนการเตรียมกากกาแฟและ Biochar นั้น มีการอบให้ความร้อนที่ $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ นาน 24 ชั่วโมง ซึ่งอาจมีผลต่อการสลายตัวของสารตกค้างที่มีความเป็นพิษ จากข้อมูลที่ให้ไว้ก่อนหน้านี จะเห็นได้ว่าการศึกษาวิธีการจัดการกากกาแฟเพื่อให้สารพิษที่ตกค้างเกิดการสลายตัวอย่างสมบูรณ์ จนสามารถนำกากกาแฟกลับมาใช้ใหม่ได้ในภาคเกษตรกรรม คาดว่าจะเกิดประโยชน์อย่างมากต่อเกษตรกรผู้ปลูกพืช

Table 1 One-way ANOVA with $N=44$ observations for 6 maize characteristics

Source of variation	DF	Mean square					
		tPHv10	LA	LC	FW	tEW	EL
Block	1	2.1×10^{11}	4353	2.94*	18.4	0.03	0.04
Planting materials	4	5.24×10^{11}	14223**	3.64**	1138.8**	0.03	5.74
Error	38	2.73×10^{11}	2511	0.58	201.6	0.01	4.61

*, ** indicate statistical significance at $P < 0.05$, $P < 0.01$ levels, respectively

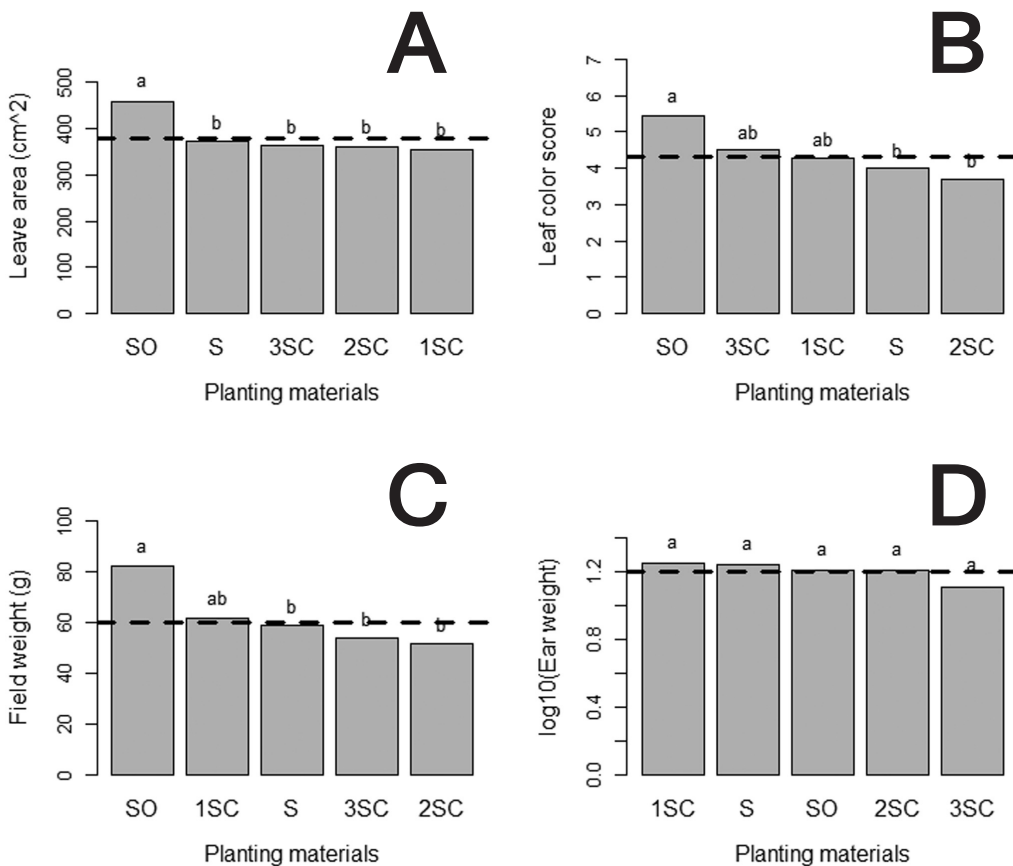


Figure 2 Mean comparisons among 5 different planting materials for A) Leaf area B) Leaf color score C) Field weight and D) \log_{10} (EW). Horizontal dashed line in each plots represents grand mean across all treatments.

สรุปผลการศึกษา

กากกาแฟจัดเป็นวัสดุเหลือทิ้ง มีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีสำหรับใช้ในการปรับปรุงสภาพดิน และประกอบด้วยธาตุอาหารบางชนิดจึงอาจเหมาะสมในการใช้เป็นปุ๋ยบำรุงพืชปลูก อย่างไรก็ตาม นอกจากคุณสมบัติที่ดีเหล่านั้น กากกาแฟยังประกอบด้วย สารประกอบอื่นที่มีความเป็นพิษต่อพืชปลูก เช่น สารคาเฟอีน สารแทนนิน กรดคลอโรจีนิก เป็นต้น กากกาแฟที่ผ่านการหมักนาน 45 วัน อาจยังไม่เพียงพอ หรือไม่สามารสลลาย สารพิษดังกล่าวได้หมด ดินที่ผสมกากกาแฟภายใต้การทดลองนี้ แม้ไม่ได้ส่งผลในเชิงลบต่อการผลิตข้าวโพดฝักอ่อนแต่อย่างใด แต่ส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตของข้าวโพดซ้าลง และยังพบอีกว่า ดินปลูกที่มีกากกาแฟผสมอยู่ไม่ได้ช่วยบำรุงให้ใบมีขนาดใหญ่และไม่ได้ส่งเสริมความสมบูรณ์ของใบเพิ่มมากขึ้นแต่อย่างใด งานวิจัยนี้ให้ผลการทดสอบเบื้องต้น และทีมนักวิจัยมีแนวคิด ว่า แนวทางการศึกษาการจัดการกากกาแฟเพื่อให้สลายสารพิษที่ตกค้างอยู่ น่าจะมีประโยชน์ต่อภาคเกษตรกรรมเป็นอย่างมาก ทั้งในแง่ของการนำวัสดุเหลือใช้กลับมาใช้ประโยชน์ และช่วยในการปรับปรุงปริมาณอินทรีย์วัตถุให้แกดินปลูกได้

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2550. การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับข้าวโพดฝักอ่อน. สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ.

Campos-Vega, R., G. Loarca-Pina, H.A. Vergara-Castaneda and B.D. Oomah. 2015. Spent coffee grounds: A Review

on current research and future prospects. Trends in Food Science & Technology. 45: 24-36.

- Carrasco-Cabrera, C.P., T.L. Bell and M.A. Kertesz. 2019. Caffeine metabolism during cultivation of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) with spent coffee grounds. Applied Microbial and Cell Physiology. 103: 5831-5841.
- Cruz, M.V., A. Paiva, P. Lisboa, F. Freitas, V.D. Alves, P. Simoes, et al. 2014. Production of polyhydroxyalkanoates from spent coffee grounds oil obtained by supercritical fluid extraction technology. Bioresource Technology. 157: 360-363.
- Cruz, R., M.M. Cardoso, L. Fernandez, M. Oliveira, E. Mendes, P. Baptista, et al. 2012. Espresso coffee residues: A valuable source of unextracted compounds. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 60(32): 7777-7784.
- Janissen, B. and T. Huynh. 2018. Chemical composition and value-adding applications of coffee industry by-products: A review. Resources, Conservation & Recycling. 128: 110-117.
- Kaiser, C. and M. Ernst. 2017. Baby Corn. CCD-CP-85. Lexington, KY: Center for Crop Diversification, University of Kentucky College of Agriculture, Food

- and Environment. Available: <http://www.uky.edu/ccd/sites/www.uky.edu/ccd/files/babycorn.pdf>
- Mohanpuria, P. and S.K. Yadav. 2009. Retardation in seedling growth and induction of early senescence in plants upon caffeine exposure is related to its negative effect on Rubisco. *Photosynthetica*. 47(2): 293-297.
- Montgomery, E. G. 1911. Correlation studies in corn. *Nebraska Agr. Exp. Sta. Annu. Rep.* 24:108-159.
- Morikawa, C.A. and M. Saigusa. 2011. Recycling coffee grounds and tea leaf wastes to improve the yield and mineral content of grains of paddy rice. *J Sci food Agric.* 91: 2108-2111.
- Reigosa, M.J. and E. Pasoz-malvido. 2007. Phytotoxic effects of 21 plant secondary metabolites on *Arabidopsis thaliana* germination and root growth. *J. Chem. Ecol.* 33(7): 1456-1466.
- Ronga, D., M. Parisi, L. Barbieri, I. Lancellotti, F. Andreola and C. Bignami. 2020. Valorization of spent coffee grounds, biochar and other residues to produce lightweight clay ceramic aggregates suitable for nursery grapevine production. *Horticulturae*. 6(4): 1-13.