

การใช้ประโยชน์จากกากชี้แบ่งจากโรงงานน้ำยางชั้นเพื่อผลิตปุ๋ย สำหรับการปลูกหญ้าฉนวนน้อย

Utilization of Latex Waste Sludge from Concentrated Latex Factories to Produce Fertilizers for Growing Manila Grass

นภารัตน์ ไวยเจริญ^{1,*}, สมทิพย์ ด่านธีรวณิช²

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90110

²คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90110

Naprarath Waijarean^{1,*}, Somtip Danteravanich²

¹Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University, Soukhla 90110

²Faculty of Science and Industrial Technology, Prince of Songkla University, Soukhla 90110

Received 21 September 2022; Received in revised 20 October 2022; Accepted 30 March 2023

บทคัดย่อ

กากชี้แบ่งเป็นของเสียจากโรงงานผลิตน้ำยางชั้น ที่ก่อให้เกิดปัญหากลิ่นและพื้นที่จัดเก็บ อีกทั้งมีการกำจัดด้วยการเผาซึ่งก่อให้เกิดมลพิษสิ่งแวดล้อม งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการนำกากชี้แบ่งมาใช้เป็นปุ๋ยสำหรับการปลูกหญ้าฉนวนน้อย โดยศึกษาในแปลงปลูกทั้งขนาดเล็กและใหญ่รวม 20 ชุดการทดลอง ศึกษาเปรียบเทียบโดยใช้กากชี้แบ่งแห้งที่เป็นผงและเป็นแผ่น และใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-0-0 ศึกษาการเติบโตของหญ้าและลักษณะดินที่ใช้ปลูกในแต่ละชุดการทดลอง เมื่อสิ้นสุดการทดลองในแปลงปลูกขนาดเล็ก นำผลการศึกษาที่ดีที่สุดไปทดลองซ้ำในแปลงปลูกขนาดใหญ่ขึ้น ผลการทดลองพบว่า การปลูกหญ้าฉนวนน้อยที่ใช้กากชี้แบ่งที่ทำเป็นแผ่นแห้งให้ผลผลิตหญ้าสูงสุด โดยพบว่า ค่าการเพิ่มขึ้นของทั้งน้ำหนักหญ้าแห้งและปริมาณสารของแข็งระเหยของหญ้าคิดเป็น 1,427% และ 1,777% ตามลำดับในเวลาปลูก 50 วัน และพบว่าให้ผลดีกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี โดยให้ผลในทำนองเดียวกันเมื่อปลูกในแปลงใหญ่ขึ้น ต้นทุนการเตรียมกากชี้แบ่งที่เป็นแผ่นแห้งมีมูลค่าเพียง 1.3 บาท/กิโลกรัมแห้ง สรุปได้ว่า มีศักยภาพสูงในการใช้ประโยชน์ของเสียในรูปกากชี้แบ่ง ซึ่งสามารถใช้เป็นปุ๋ยทดแทนปุ๋ยเคมีในการปลูกหญ้าฉนวนน้อยได้โดยไม่ต้องผ่านการหมักปุ๋ยก่อน

คำสำคัญ: กากชี้แบ่ง; โรงงานน้ำยางชั้น; หญ้าฉนวนน้อย; น้ำหนักหญ้าแห้ง; การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก; ต้นทุนปุ๋ยกากชี้แบ่ง

*ผู้รับผิดชอบบทความ: naparat.w@psu.ac.th

doi: 10.14456/tstj.2023.15

Abstract

Latex waste sludge is a solid waste produced from concentrated latex factories. This waste causes odor problems and storage space, as well as its disposal via burning generates environmental pollution. This research aims to investigate the effectiveness of utilizing this latex waste sludge as a fertilizer to grow Manila grass. The study consisted of 20 experimental sets of grass planting plots, both small and large, in which dried powder and dried sheet forms of latex waste sludge were compared to chemical fertilizers with a 15-0-0 formula. The growth of grass and soil characteristics of each experimental set were analyzed. The best results obtained from the small planting plots were then tested on larger grass planting plots. The results showed that growing Manila grass with dried sheet latex waste sludge resulted in the highest grass yield. The dry weight and volatile solids content of grass increased by 1,427% and 1,777% during the 50-day planting period. Additionally, the results obtained were superior to those of chemical fertilizers. Similar results were observed when experimenting with larger plots of grass. The cost of preparing dried sheet latex waste sludge was found to be only 1.3 Baht/kg (dry weight). In conclusion, latex waste sludge has the potential to replace chemical fertilizers for growing Manila grass without the need for composting.

Keywords: Latex waste sludge; Concentrated latex factory; Manila grass; Dry weight of grass; Green house gases emission reduction; Cost of latex waste sludge fertilizer

1. บทนำ

กระบวนการผลิตน้ำยางข้นจะมีการเติมสารไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (Diammonium phosphate, DAP) เพื่อช่วยให้แมกนีเซียม (Magnesium, Mg) ในน้ำยางสดอยู่ในรูปไม่ละลายก่อนนำไปปั่น โดยกระบวนการปั่นน้ำยางเพื่อให้ได้น้ำยางข้นจะได้ของเสียในรูปของแข็งออกมา ของเสียนี้เรียกว่า “กากขี้แป้ง (Latex waste sludge)” กากขี้แป้งนี้จะประกอบด้วยสิ่งเจือปนต่างๆ ส่วนใหญ่จะเป็นพวกฝุ่น หวาย เปลือกไม้ เนื้อยาง และ แมกนีเซียมแอมโมเนียมฟอสเฟต กากขี้แป้งเป็นตะกอนที่ส่วนใหญ่ได้จากการปั่นน้ำยางสดและถึงพักน้ำยางสด มีรายงานว่าการผลิตน้ำยางข้นแต่ละครั้งจะเกิดของเสียในรูปกากขี้แป้งรวมเฉลี่ยเท่ากับ 1% โดยน้ำหนักของน้ำยางสดที่ใช้ผลิต [1] หรือประมาณ 2% โดยน้ำหนักของผลิตภัณฑ์น้ำยางข้นที่ผลิตได้ [2] ส่วนใหญ่โรงงานน้ำยางข้นมีการจัดการกับกากขี้แป้งโดยนำ

ไปกำจัดทั้งทั้งภายในและภายนอกโรงงานโดยวิธีการเผาหรือถมพื้นที่ดิน ซึ่งปัญหาและอุปสรรคในการจัดการกากขี้แป้ง ทางโรงงานได้สะท้อนในประเด็นดังต่อไปนี้ 1) กลิ่นแอมโมเนียที่อยู่ในกากขี้แป้ง ซึ่งมีกลิ่นที่ฉุนรุนแรง เมื่อสูดดมแล้วทำให้แสบจมูกแก่ผู้ที่มีหน้าที่ในการนำกากขี้แป้งไปกำจัด 2) ไม่มีพื้นที่รองรับที่เพียงพอสำหรับการกักเก็บกากขี้แป้ง เพื่อรอการจัดการ 3) ปริมาณกากขี้แป้งที่เพิ่มมากขึ้นในแต่ละวัน ส่งผลให้ยากต่อการจัดการกากขี้แป้ง 4) น้ำหนักกากขี้แป้งซึ่งมีมาก จำเป็นต้องใช้รถขนาดใหญ่สำหรับบรรทุกเพื่อนำกากขี้แป้งไปกำจัด ทำให้มีค่าใช้จ่ายสูงทั้งค่ารถและแรงงานคน [3]

กากขี้แป้งเป็นของเสียที่มี Mg เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ โดยเกิดจากการเติมสารเคมีในกระบวนการผลิต โดยเฉพาะแอมโมเนีย (Ammonia, NH_3) ซิงค์ออกไซด์ (ZnO) เตตราเมทิลไดรยูเรมไดซัลไฟด์ (Tetramethyl triuram disulfide, TMTD) และ DAP ส่งผลให้กาก

ซีแบ่งประกอบด้วยธาตุไนโตรเจน (Nitrogen, N) และ ฟอสฟอรัส (Phosphorus, P) และสารอื่น ๆ ที่ผ่านมา มีการ รายงานว่ากากซีแบ่งมี N, P, โพแทสเซียม (Potassium, K), Mg และ สังกะสี (Zinc, Zn) โดยคิดเป็นค่าเฉลี่ยใน ช่วง 2.06-2.31, 19.4-19.6 (as P_2O_5), 1.5-1.8 (as K_2O), 5.24-5.31, และ 1.01-1.05 % น้ำหนักแห้งตามลำดับ [4], [5] จากข้อมูลนี้ จะเห็นว่ากากซีแบ่งมีธาตุอาหารพืช เทียบเท่าปุ๋ยเคมีผสมของสูตร 4:40:3 นอกจากนี้ ได้มี รายงานว่ากากซีแบ่งประกอบไปด้วยธาตุ อะลูมิเนียม ซิลิคอน กำมะถัน แคลเซียม และ รูบิเดียม ด้วยค่าเฉลี่ย ร้อยละ 0.35, 0.61, 0.85, 1.88, และ 0.26 ตามลำดับ โดยธาตุที่พบดังกล่าว อยู่ในรูปของสารประกอบออกไซด์ [5] ดังนั้น กากซีแบ่งจึงเป็นของเสียจากโรงงานน้ำยางข้น ที่มีศักยภาพสูงที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่นมีการรายงานที่สามารถนำไปทำเป็นอิฐประสาน กระถางต้นไม้ และแผ่นสำเร็จรูปสำหรับงานตกแต่งสวน [3], [6] รวมถึงการศึกษาวิจัยเพื่อนำกากซีแบ่งไปใช้ ประโยชน์ในรูปสารบำรุงดิน [7] และการใช้กากซีแบ่งรวม กับกากตะกอนน้ำเสียเพื่อทดแทนปุ๋ยสำหรับการเพาะชำ ดินยางชำถุง [8] อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาจากธาตุ อาหารพืชที่มีในกากซีแบ่งซึ่งเทียบเท่ากับปุ๋ยเคมีผสม ดังกล่าวข้างต้น ก็น่าจะสามารถใช้กากซีแบ่งเพื่อเป็นปุ๋ย ที่ทดแทนปุ๋ยเคมีได้ และภายใต้แนวคิดของการหมุนเวียน ของการนำธาตุอาหารพืชจากกากซีแบ่งมาใช้ในการใช้ เป็นปุ๋ยเพื่อทดแทนปุ๋ยเคมี โดยผ่านกระบวนการแปรรูป กากซีแบ่งเบื้องต้นที่ปรับกากซีแบ่งให้ใช้งานได้สะดวก และไม่ต้องนำกากซีแบ่งไปผ่านกระบวนการหมักปุ๋ยก่อน จึงได้ทำการศึกษาถึงผลการใช้กากซีแบ่งที่แปรรูปเบื้องต้นที่เตรียมในรูปผงแห้งและรูปแผ่นแห้งขนาดเล็ก เพื่อ ใช้เป็นปุ๋ยสำหรับการทดลองปลูกหญ้าสนามประเภทหญ้านวลน้อย ในการเลือกทดลองใช้กากซีแบ่งเป็นปุ๋ยสำหรับ ปลูกหญ้า ก็ด้วยเหตุผลที่กากซีแบ่งมีธาตุสังกะสีซึ่งเป็น สารโลหะปนเปื้อน จึงอาจเป็นอันตรายหากใช้กากซีแบ่ง เป็นปุ๋ยสำหรับปลูกพืชที่รับประทานได้ เพราะอาจมีการ ดูดซึมแล้วสะสมในพืชที่ใช้รับประทาน (ค่ามาตรฐาน

อาหารที่มีสารปนเปื้อนของโลหะหนักประเภทสังกะสีใน อาหาร กำหนดไม่เกิน 100 มิลลิกรัม/กิโลกรัม [9]) ดังนั้นจึงเลือกทดลองกับหญ้านาสนามซึ่งเป็นพืชที่ต้องการ ในงานตกแต่งสวน เป็นพืชที่มีการปลูกเป็นธุรกิจสำหรับ ใช้ในการปลูกหญ้านาสนาม และการศึกษาได้เลือกทดลอง ปลูกหญ้านวลน้อย แทนที่จะเป็นหญ้านาสนามประเภทอื่น ๆ ก็ด้วยเหตุผลคือ หญ้านวลน้อยมีลักษณะเหมือนหญ้านวลน้อย เหมาะที่จะปลูกในเขตร้อน นิยมใช้ปลูกทำสนาม สวนหย่อมต่าง ๆ ด้วยทนแล้งทนร้อน ทนต่อการเหยียบย่ำ ดูแลง่ายกว่าหญ้านวลน้อย เป็นที่ต้องการของตลาดและมี ราคาดี และต้องการปุ๋ยไนโตรเจนต่ำ [4] ในศึกษานี้จึงได้ เลือกใช้หญ้านวลน้อยในการทดลอง ทั้งนี้หากได้ผลดีก็ สามารถนำไปใช้งานในระดับเชิงพาณิชย์ได้ต่อไป การ ศึกษาครั้งนี้นอกจากการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ และภาคสนามแล้ว ผลการศึกษาที่ได้สามารถนำมา วิเคราะห์เพื่อประเมินศักยภาพของการผลิตปุ๋ยในเชิง พาณิชย์โดยการคำนวณต้นทุนที่ใช้กากซีแบ่งเป็นวัตถุดิบ อีกด้วย

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การเก็บตัวอย่างและแปรรูปกากซีแบ่ง

การศึกษานี้ได้สุ่มเก็บตัวอย่างกากซีแบ่งสด ที่ได้จากโรงงานน้ำยางข้นในจังหวัดสุราษฎร์ธานีแบบ ผสม (Composite sample) (Figure 1) จากนั้นนำ ตัวอย่างกากซีแบ่งมาผสมรวมกันให้เป็นเนื้อเดียวจำนวน 1.5 ลูกบาศก์เมตร (น้ำหนักโดยประมาณ 1,500 กิโลกรัม) และแบ่งตัวอย่างกากซีแบ่งสดออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรก นำไปตากแดดให้แห้งซึ่งใช้เวลา 3-4 วัน จากนั้นนำ ตัวอย่างแห้งที่ได้มาย่อยด้วยเครื่องบดย่อยให้เป็นผง ส่วน ที่สองนำไปทำเป็นแผ่นโดยใช้ลูกกลิ้งมือให้มีความหนา ประมาณ 0.5 เซนติเมตร จากนั้นทำการตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ มีขนาดประมาณ 1 X 1 ตารางเซนติเมตร แล้วจึงนำไป ตากแดดให้แห้ง ซึ่งใช้เวลาประมาณ 1-2 วัน ตัวอย่างกาก ซีแบ่งที่เตรียมได้ทั้งสองวิธี และตัวอย่างกากซีแบ่งสด ได้ นำไปตรวจวิเคราะห์ลักษณะทางเคมี ได้แก่ ค่าความเป็น

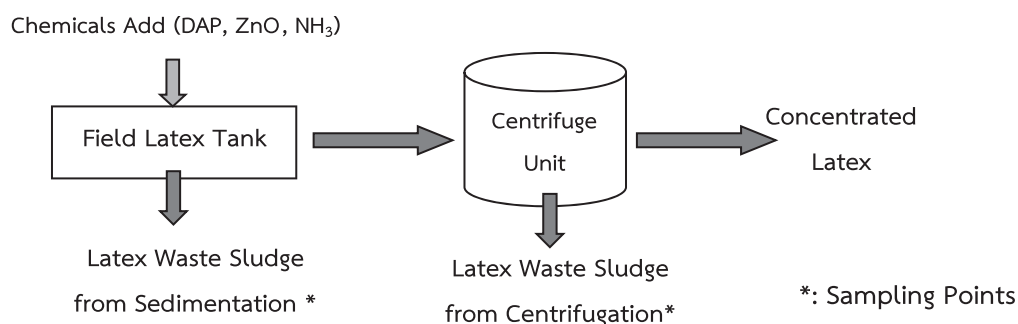


Figure 1 Generation sources of latex waste sludge and sampling points of this study.

กรดต่าง (pH) ค่าของแข็งระเหยได้ (Volatile solids, VS) N, P, K, Mg, และ Zn เพื่อเตรียมนำไปใช้เป็นปุ๋ยโดยการทดลองปลูกหญ้าสนามในลำดับต่อไป

2.2 การทดลองใช้กากขี้แ่งเพื่อเป็นปุ๋ยโดยการปลูกหญ้านวลน้อย

เริ่มต้นการทดลองในแปลงปลูกหญ้าขนาดเล็ก และนำผลการศึกษาที่ได้ไปทดลองในภาคสนามที่เป็นแปลงปลูกหญ้าขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อเป็นการยืนยันผลการทดลอง การศึกษามีขั้นตอน ดังนี้

2.2.1 การทดลองในระดับแปลงปลูกหญ้าขนาดเล็ก

การทดลองแบ่งออกเป็น 14 ชุดการทดลอง ซึ่งแต่ละชุดการทดลองได้ทดลองภายใต้ตัวแปรต่าง ๆ กัน เช่น การใช้ปริมาณของกากขี้แ่งที่ต่างกัน การใช้กากขี้แ่งที่ได้จากการแปรรูปที่เป็นแผ่นและเป็นผงแห้ง รวมทั้งกากขี้แ่งสด และการใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-0-0 เป็นชุดควบคุม (สาเหตุที่เลือกใช้ปุ๋ยเคมีนี้เป็นตัวควบคุมเนื่องจากหญ้านวลน้อย แม้เป็นหญ้าที่ต้องการธาตุอาหารไนโตรเจนต่ำ แต่ด้วยมีการระบุว่าเป็นพืชที่ต้องการธาตุไนโตรเจนที่สูงมากที่สุด รองลงมาคือโพแทสเซียมและฟอสฟอรัส ตามลำดับ ด้วยเป็นพืชที่เติบโตทางใบ จึงใช้ปุ๋ยเคมีที่เน้นให้ธาตุไนโตรเจนเป็นหลัก [4]) แต่ละชุดทดลองดำเนินการ 3 ซ้ำ โดยปลูกหญ้าในกระเบบไม้ขนาดกว้าง X ยาว เท่ากับ 150 X 150 ตารางเซนติเมตร ภายในกระเบบรองด้วยแผ่นพลาสติกที่มีการเจาะรูเพื่อระบายน้ำ

และแบ่งเป็นแปลงย่อย 9 แปลง มีขนาดแปลงละ 50 X 50 ตารางเซนติเมตร ชุดการทดลองทั้งหมดวางในพื้นที่โรงเรือนที่กันฝนและคลุมด้วยพลาสติกใส เงื่อนไขของแต่ละชุดการทดลองที่แตกต่างกันของการใช้ประเภทและลักษณะของกากขี้แ่งแสดงดังตารางที่ 1 การทดลองครั้งนี้มีการควบคุมปัจจัยการเจริญเติบโตให้มีลักษณะเหมือนกัน เช่น ดิน แสง อุณหภูมิ การรดน้ำ การดำเนินการทดลองเริ่มจากการเตรียมดิน ดินที่ใช้ในการทดลองได้ใช้ดินประเภทเดียวกัน โดยเป็นดินประเภทเหนียวปนทราย (Sandy clay loam) ที่มีขนาดขององค์ประกอบของทราย ดินแ่ง และดินเหนียว ร้อยละ 69.08, 7.43 และ 23.49% ตามลำดับ มีการนำดินมาศึกษาถึงสมบัติทางเคมีก่อนปลูกหญ้าโดยวิเคราะห์หาค่า N, P, K, Mg, Zn, pH, ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity, Ec) และปริมาณแคลเซียม (Calcium, Ca) และโซเดียม (Sodium, Na) ผสมปุ๋ยหรือกากขี้แ่งโดยหว่านให้กระจายทั่วกระเบบและใช้พลั่วคลุกเคล้าเพื่อให้ปุ๋ยเคมีและกากขี้แ่งที่ทดลองผสมเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นจึงเริ่มการปลูกหญ้า

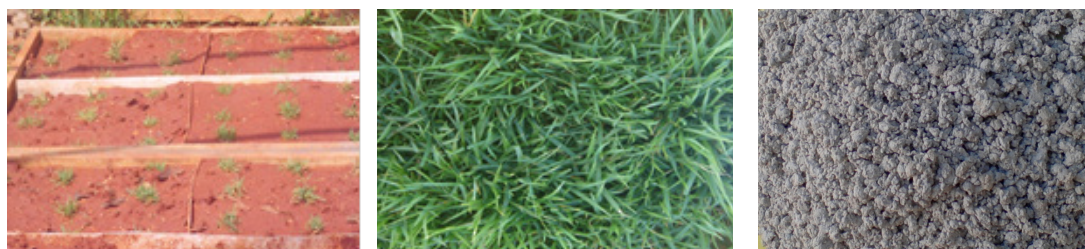
การใส่กากขี้แ่งหรือปุ๋ยเคมี มีหลักการเดิมโดยใส่ในปริมาณที่ให้ธาตุอาหารพืชที่เพียงพอต่อความต้องการแก่หญ้า โดยปริมาณที่ใช้ได้คำนวณให้มีปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนเท่ากัน โดยใช้ค่าอัตราการใส่คิดเป็น 40 กรัม N/ตารางเมตร ซึ่งเป็นค่าแนะนำที่รายงานว่าเป็นอัตราการใส่ปุ๋ยให้กับหญ้านวลน้อยในเนื้อที่ 100 ตารางเมตร

Table 1 Experimental conditions for growing Manila grass in small-scale planting plots.

Experimental set codes	Mixture ingredients	Test with grass
T1	Soil	Yes
T2	Soil and dried powder latex waste sludge (full dose)	Yes
T3	Soil and dried sheet latex waste sludge (full dose)	Yes
T4	Soil and dried powder latex waste sludge (half dose)	Yes
T5	Soil and dried sheet latex waste sludge (half dose)	Yes
T6	Soil and fresh latex waste sludge (full dose)	Yes
T7	Soil and chemical fertilizer of 15-0-0 formula	Yes
C1	Soil	No
C2	Soil and dried powder latex waste sludge (full dose)	No
C3	Soil and dried sheet latex waste sludge (full dose)	No
C4	Soil and dried powder latex waste sludge (half dose)	No
C5	Soil and dried sheet latex waste sludge (half dose)	No
C6	Soil and fresh latex waste sludge (full dose)	No
C7	Soil and chemical fertilizer of 15-0-0 formula	No

ควรมีค่าเท่ากับ 2-8 กิโลกรัมต่อปี [4] ในการทดลองปลูกหญ้าใช้หญ้านวลน้อย (*Zoysia matrella* L. Merr) หรือที่มีชื่อเรียกว่า Manila grass โดยใช้หญ้าสดน้ำหนักเท่ากันต่อหน่วยพื้นที่ที่ใช้ปลูก ทำการปลูกหญ้าโดยฉีกหญ้าให้กระจายแล้วปลูกให้ได้ระยะห่างประมาณ 5-7 เซนติเมตร ทำการรดน้ำวันละ 2 ครั้งในตอนเช้าและตอนเย็น โดยมีอัตราการให้น้ำเท่ากับ 4 ลิตรต่อตารางเมตร และทำการทดลองในช่วงเดือนเมษายน-พฤษภาคม ทั้งนี้มีการศึกษาลักษณะทางเคมีของดินที่ใช้ก่อนปลูก และหลังการเก็บเกี่ยวหญ้า ซึ่งตัวแปรที่ศึกษาได้แก่ VS, pH, Ec, N, P, K, Mg, Na, Ca, และ Zn วิธีการวิเคราะห์ตัวแปรต่างๆ ใช้ตามวิธีของ Official Methods of the

Association of Official Analytical Chemists [10] สำหรับการศึกษาการเติบโตของหญ้า นำหญังก่อนปลูกและหลังจากการเก็บเกี่ยวที่ระยะเวลาการปลูก 20 และ 50 วัน ของแต่ละชุดการทดลองไปหาน้ำหนักสด และวิเคราะห์หาไนโตรเจนด้วยวิธีการอบที่อุณหภูมิ 75-80 องศาเซลเซียส และวิเคราะห์หา VS นอกจากนี้มีการสังเกตลักษณะใบและสีใบด้วย มีการนำหญ้าที่เติบโตในแต่ละชุดทดลองไปศึกษาปริมาณของ Zn ด้วย เพื่อเปรียบเทียบการสะสมของธาตุดังกล่าวในต้นหญ้า โดยรูปที่ 2 แสดงแปลงปลูกหญ้า ลักษณะหญ้านวลน้อย และกากขี้แบ่งที่ใช้ในการทดลอง



a. Grass growing plots

b. Manila grass

c. Latex waste sludge

Figure 2 Manila grass, Latex waste sludge and grass growing plots used in this study.

2.2.2 การทดลองในระดับแปลงปลูกหญ้าขนาดใหญ่ในภาคสนาม

ได้เลือกนำผลการศึกษาที่ได้จากการทดลองในระดับแปลงปลูกหญ้าขนาดเล็กที่ดีที่สุดจากข้อ 2.2.1 ของการใช้กากขี้แ่งไปทดลองซ้ำในระดับแปลงปลูกหญ้าขนาดใหญ่ในภาคสนาม ซึ่งมีขนาดของแปลงทดลองขนาดใหญ่ขึ้น มีขนาดแปลงละ 2.0 X 2.0 ตารางเมตร ทำการทดลองเหมือนกับการทดลองในระดับแปลงปลูกหญ้าขนาดเล็กทุกประการ ยกเว้น ไม่ควบคุมปัจจัยทางธรรมชาติได้แก่ ฝน ทำการทดลองในภาคสนามประมาณ 2 เดือนในช่วงฤดูร้อนเข้าฤดูฝน (เดือนมิถุนายน-กรกฎาคม) ทำการศึกษาเปรียบเทียบกับชุดควบคุมคือ ไม่มีการเติมธาตุอาหารใด ๆ ในดินชุดการทดลองที่ใส่กากขี้แ่ง และและชุดการทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-0-0 โดยเป็นชุดการทดลองทั้งปลูกและไม่ปลูกหญารวมทั้งสิ้น 6 ชุดทดลอง การศึกษาครอบคลุมทั้งลักษณะดินที่เปลี่ยนแปลง และการเจริญเติบโตของหญ้าที่เกิดขึ้น ดังวิธีการและวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่ศึกษาเหมือนกับการทดลองในระดับแปลงปลูกหญ้าขนาดเล็ก

2.3 การประเมินศักยภาพของการผลิตปุ๋ยในเชิงการค้า โดยการใช้กากขี้แ่งเป็นวัตถุดิบ และการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการใช้ประโยชน์กากขี้แ่งเพื่อเป็นปุ๋ย

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาทั้งหมด นำมาวิเคราะห์ถึงเงื่อนไขการแปรรูปกากขี้แ่ง และลักษณะกากขี้แ่ง

ที่แปรรูปได้สำหรับการใช้ปลูกหญ้านวลน้อย พร้อมประเมินถึงต้นทุนในการแปรรูปกากขี้แ่ง (การประเมินต้นทุนใช้ฐานคิดจากค่าแรงงานที่ใช้เป็นหลัก และใช้ฐานคิดจากการแปรรูปกากขี้แ่งที่เป็นแผ่นแห้ง) และการระบุตลาดที่คาดว่าจะเป็กลุ่มผู้ใช้กากขี้แ่งในการปลูกหญ้านวมเพื่อใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ต่อไป นอกจากนี้ยังได้มีการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ลดลงจากการใช้ประโยชน์จากกากขี้แ่งเพื่อเป็นปุ๋ยโดยไม่ต้องผ่านการหมัก ที่ทดแทนการกำจัดทิ้งด้วยวิธีการเผา ซึ่งเป็นการประเมินเบื้องต้นจากการคำนวณในด้านการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเผากากขี้แ่ง โดยใช้ปฏิกิริยาพื้นฐานของการสันดาปที่คำนวณจากค่าคาร์บอนที่คาดว่าจะอยู่ในกากขี้แ่ง

3. ผลการวิจัย

3.1 ลักษณะทางเคมีของกากขี้แ่งที่ศึกษา

Table 2 แสดงลักษณะทางเคมีของกากขี้แ่งสด และกากขี้แ่งที่ผ่านการแปรรูปโดยทำให้แห้งด้วยการตากแดดแล้วบดให้เป็นผง และที่ทำเป็นแผ่นขนาด 1 X 1 X 0.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วทำแห้งโดยการตากแดดพบว่า ตัวอย่างกากขี้แ่งทั้งสามประเภทมีค่าเฉลี่ย pH, VS, P, N, K, Mg และ Zn ในช่วง 9.13-9.15, 56-58%, 10.98-11.13%, 2.18-2.45%, 1.29-1.31%, 4.88-4.92% และ 0.92-0.98% น้ำหนักแห้งตามลำดับ โดยพบว่าค่าสารต่าง ๆ ที่คงอยู่ในกากขี้แ่งที่ผ่านการแปรรูป

จะมีค่าที่ใกล้เคียงกับกากซีแ่งสด เมื่อเปรียบเทียบกับผลจากการศึกษากากซีแ่งจากการวิจัยที่ผ่านมา [1], [4], [11], [12] พบว่า มีค่าอยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกัน และพบว่าตัวอย่างกากซีแ่งสดมีปริมาณไนโตรเจนสูงกว่าเมื่อนำกากซีแ่งไปตากแห้งแล้ว

3.2 ลักษณะดินที่ใช้ทดลอง

ดินที่ใช้ทดลองปลูกหญ้าในระดับแปลงปลูกหญ้าขนาดเล็ก มีขนาดขององค์ประกอบของทราย ดินแ่ง และดินเหนียว ร้อยละ 69.08, 7.43 และ 23.49% ตามลำดับ มีค่า N, P, K, Ca, Mg เท่ากับ 0.02%, 0.16%, 1.89%, 7.32%, และ 0.54% น้ำหนักแห้งตามลำดับ และมีค่า pH, Ec, Na และ Zn เท่ากับ 7.64, 0.06 mS/cm, 10.4 mg/kg และ 1.72 mg/kg ตามลำดับ สำหรับดินที่ใช้ทดลองปลูกหญ้าในแปลงขนาดใหญ่ มีสัดส่วนร้อยละของทราย ดินแ่ง และดินเหนียว เท่ากับ 73.33, 18.45, และ 8.22% ตามลำดับ มีค่า N, P, K, Ca, และ Mg เท่ากับ 0.03%, 0.03%, 0.86%, 6.32%, และ 0.64% น้ำหนักแห้งตามลำดับ และมีค่า pH, Ec, Na และ Zn เท่ากับ 7.76, 0.04 mS/cm, 11.4 mg/kg และ 1.67 mg/kg ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน

3.3 การเติบโตของหญ้า

การทดลองปลูกหญ้าในระดับแปลงทดลองขนาดเล็ก โดยใช้กากซีแ่งที่แปรรูปโดยการทำแห้งด้วยวิธีการตากแดดแล้วบดเป็นผง กากซีแ่งที่ทำเป็นแผ่นแล้วตากแห้งด้วยการตากแดด และกากซีแ่งสด เปรียบเทียบกับดินอย่างเดียว และเปรียบเทียบกับดินที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-0-0 ผลการสังเกตการเจริญเติบโตของหญ้านวลน้อยที่ปลูกภายใน 20 และ 50 วัน (Table 3) พบว่า หญ้าที่ปลูกโดยใช้กากซีแ่งที่ทำเป็นแผ่นแห้งด้วยการตากแดด มีการเติบโตสูงสุด โดยพิจารณาในทอมของน้ำหนักแห้งและค่า VS ของหญ้าที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้พบว่า หญ้าในชุดการทดลองนี้จะมีการแพร่กระจายและมีความสูงมากกว่าหญ้าในชุดการทดลองอื่น ๆ รวมทั้งใบจะหนาและมีสีเขียวเข้มกว่า หญ้าในชุดการทดลองนี้มีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักแห้งและ VS ของหญ้าเมื่อปลูกได้ 50 วัน คิดเป็น 1,427% และ 1,777% ตามลำดับ หญ้าที่มีการเติบโตสูงสุดรองลงมาได้แก่ หญ้าในชุดทดลอง T6 และ T2 ซึ่งปลูกโดยใช้กากซีแ่งสด และกากซีแ่งที่ตากแดดแล้วบดเป็นผงตามลำดับ และเมื่อมีการใช้ปริมาณกากซีแ่งน้อยลง ก็พบว่า การเติบโตของหญ้าจะลดลง

Table 2 Chemical characteristics of latex waste sludge (% dry weight).

Samples	pH	VS (%)	P (%)	N (%)	K (%)	Mg (%)	Zn (%)
Fresh latex sludge	9.15	58	11.13	2.45	1.31	4.92	0.98
Dried powder latex waste sludge	9.15±0.01	57±0.67	11.00±0.02	2.18±0.34	1.29±0.03	4.88±0.03	0.97±0.03
Dried sheet latex waste sludge	9.13±0.01	56±1.23	10.98±0.07	2.23±0.23	1.30±0.04	4.92±0.04	0.92±0.07

ประมาณเกือบกึ่งหนึ่ง ทั้งนี้หญ้าที่ปลูกในดินอย่างเดียว จะมีการเติบโตของหญ้าต่ำที่สุด และกรณีมีการเติมปุ๋ยเคมีสูตร 15-0-0 ซึ่งเป็นการเติมเพื่อให้ธาตุ N ที่เป็นสารอาหารหลักของการเติบโตของหญ้า พบว่าการเพิ่มขึ้นในเทอมของน้ำหนักแห้งและ VS ของหญ้าเมื่อปลูกครบ 50 วัน คิดเป็น 458% และ 583% ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นเพียง 1 ใน 3 ของการเติบโตของหญ้าที่ปลูกโดยการเติมกากขี้แบ่งที่ทำเป็นแผ่นตากแห้ง

เมื่อทำการทดสอบซ้ำ โดยเลือกชุดการทดลองที่ให้ผลดีที่สุดจากการทดลองในแปลงปลูกขนาดเล็ก คือ การใช้กากขี้แบ่งที่เป็นแผ่นแห้งไปทดลองในแปลงปลูกที่ใหญ่ขึ้น โดยทดลองเปรียบเทียบกับดินอย่างเดียวกับการเติมปุ๋ยเคมีสูตร 15-0-0 ในดิน พบว่า ผลการทดลองเป็น

ไปในทางเดียวกันกับการทดลองในระดับแปลงปลูกขนาดเล็ก (Table 4) ทั้งนี้ พบข้อน่าสังเกตในส่วนของการเพิ่มขึ้นของหญ้าที่คิดเป็นร้อยละของน้ำหนักแห้ง และ VS มีค่าที่น้อยกว่าการทดลองในขั้นการทดลองในระดับแปลงปลูกขนาดเล็กของทุกชุดการทดลอง โดยมีค่าที่ต่ำกว่าเกือบกึ่งหนึ่ง

3.4 การเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารในดินของแต่ละชุดทดลอง

ลักษณะของดินที่ใช้ทดลองทั้งที่เป็นชุดควบคุมและชุดทดลองของการทดลองปลูกหญ้าในระดับแปลงปลูกขนาดเล็ก ทั้งก่อนและหลังการปลูกหญ้าเป็นระยะเวลา 50 วัน (Table 5) พบว่า หลังปลูกหญ้าได้ 50 วัน ค่า pH ของดินในแต่ละชุดการทดลองมีค่าลดลง โดยดิน

Table 3 Results of Manila grass growth using latex waste sludge in small planting plots.

Experimental sets		Growth rate of grass (%)			
		Dry weight		Volatile solids	
		20 days	50 days	20 days	50 days
T1	Soil	110±9	151±10	103±10	272±25
T2	Soil and dried powder latex waste sludge (full dose)	357±25	765±1	262±11	1,052±30
T3	Soil and dried sheet latex waste sludge (full dose)	423±3	1,427±10	420±7	1,777±22
T4	Soil and dried powder latex waste sludge (half dose)	137±1	584±14	137±19	769±13
T5	Soil and dried sheet latex waste sludge (half dose)	278±10	626±25	276±4	859±9
T6	Soil and fresh latex waste sludge (full dose)	409±5	816±7	329±10	1,096±15
T7	Soil and chemical fertilizer of 15-0-0 formula	144±17	458±20	145±17	583±27

Note: Values shown as values of average ±SD

Table 4 Results of Manila grass growth using latex waste sludge in large planting plots.

Experimental sets	Mixture ingredients	Growth rate of grass (%)			
		Dry weight		Volatile solids	
		20 days	50 days	20 days	50 days
TT1	Soil	91±3	147±10	89±23	201±12
TT2	Soil and dried sheet latex waste sludge (full dose)	212±16	639±20	202±8	898±27
TT3	Soil and chemical fertilizer of 15-0-0 formula	104±15	220±13	89±19	283±18

Note: Values shown as values of average ±SD

ที่ปลูกหญ้ามีแนวโน้มในการลดลงของค่า pH มากกว่าดินชุดควบคุมที่ไม่ได้ปลูกหญ้า และข้อมูลดังกล่าวยังแสดงให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยเคมีจะทำให้ดินมีค่า pH เป็นกรดมากขึ้นกว่าการใช้กากชี้แป้ง ซึ่งทำให้เกิดเป็นดินกรดได้สำหรับค่า Ec ของดินพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงไปในลักษณะเดียวกันกับค่า pH คือ หลังปลูกหญ้า 50 วัน ค่า Ec ของดินในแต่ละชุดการทดลองมีค่าลดลง และดินที่ใช้ปลูกหญ้ามีแนวโน้มในการลดลงของค่า Ec มากกว่าดินชุดควบคุมที่ไม่ได้ปลูกหญ้า นอกจากนี้ การใช้กากชี้แป้งเติมลงในดินจะทำให้ดินมีสภาพที่ร่วนซุยขึ้น

ผลการวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของ Mg ในดิน ที่ใช้ปลูกหญ้าทั้งก่อนและหลังจากการปลูกหญ้าพบว่า ยังคงมี Mg ตกค้างอยู่ในดินโดยเฉพาะในดินที่มีการเติมกากชี้แป้ง พบว่ามีปริมาณ Mg ในดินค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับชุดควบคุม นอกจากนี้ จะเห็นได้ว่าชุดการทดลองที่เติมกากชี้แป้งยังคงมี Zn ตกค้างอยู่ในดินค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับชุดการทดลองที่เป็นชุดควบคุมสำหรับ Ca ในดิน พบว่าชุดการทดลองที่มีการเติมปุ๋ยเคมีจะมีค่า Ca สูงสุด และหลังปลูกหญ้าได้ 50 วัน ค่า Ca ในทุกชุดการทดลองจะมีค่าลดลง โดยชุดการทดลองที่ปลูกหญ้ามียค่า Ca ลดลงมากกว่าชุดการทดลองที่ไม่ปลูกหญ้า และสำหรับค่า Na นั้นกลับมียค่าที่กลับกันกับค่า Ca

โดยหลังการปลูกหญ้า 50 วัน พบว่า ดินส่วนใหญ่มีค่า Na สูงมากขึ้นกว่าก่อนปลูกหญ้า และจากผลการศึกษาทางเคมีของดินก่อนปลูกและหลังการปลูกหญ้า โดยการวิเคราะห์ความเข้มข้นของ N, P, K, จะเห็นได้ว่าในดินชุดควบคุมที่เป็นดินที่ใส่สารที่ให้ธาตุอาหารพืชเหมือนกันแต่ไม่ได้ปลูกหญ้า จะมีการลดลงของธาตุอาหารในดินเช่นเดียวกันทั้งธาตุ N, P, K แต่ลดลงน้อยกว่าในดินชุดที่ใช้ปลูกหญ้า ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า หลังจากการปลูกหญ้า 50 วัน ทุกชุดการทดลองจะมีธาตุอาหารทั้งสามในดินลดลง แต่ชุดการทดลองที่ปลูกหญ้ามียร้อยละการลดลงของธาตุทั้งสามมากกว่าชุดการทดลองที่เป็นชุดควบคุมซึ่งไม่ปลูกหญ้า และในชุดการทดลองที่ปลูกหญ้า พบว่ามีร้อยละการลดลงของธาตุฟอสฟอรัสสูงสุด และเมื่อพิจารณาถึงธาตุอาหารที่หญ้านำไปใช้มากที่สุด (พิจารณาจากผลที่เกิดขึ้นของแต่ชุดควบคุมและชุดทดลองที่มีเงื่อนไขทดลองเหมือนกัน แต่ต่างกันที่มีการปลูกหญ้ากับที่ไม่มีการปลูกหญ้า) พบว่า ชุดการทดลองที่เติมกากชี้แป้งที่ทำเป็นแผ่นจะมีร้อยละการใช้ N, P, K ต่อวันสูงมากที่สุด (Table 6) ส่วนชุดการทดลองอื่นที่ใส่กากชี้แป้งจะมีร้อยละการใช้ธาตุอาหารในแต่ละชนิดที่ใกล้เคียงกัน และสำหรับดินเพียงอย่างเดียว จะมีร้อยละการใช้ธาตุอาหารทั้งสามน้อยที่สุด และดินที่เติมปุ๋ยเคมีจะมีร้อยละ

Table 5 Chemicals characteristics of soils before and after Manila grass planting in small planting plots.

Experimental sets*	Chemical characteristics								
	pH	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Ec (mS/cm)
Before planting									
T1	7.64	0.02	0.16	1.90	7.32	0.54	10.40	1.72	0.06
T2	7.96	1.41	11.23	5.98	12.45	5.19	11.19	38.23	0.72
T3	7.99	1.31	11.14	5.83	12.76	5.15	11.57	38.01	0.74
T4	7.91	0.68	6.13	2.52	7.26	2.63	4.47	25.63	0.66
T5	7.95	0.70	6.01	2.59	7.94	2.66	4.62	25.46	0.70
T6	7.91	1.38	11.24	5.94	12.10	5.18	11.35	38.45	0.71
T7	6.33	1.41	0.17	2.01	17.71	0.99	17.96	2.20	3.27
C1	7.64	0.02	0.16	1.90	7.32	0.54	10.40	1.72	0.06
C2	7.96	1.41	11.23	5.98	12.45	5.19	11.19	38.23	0.72
C3	7.99	1.31	11.14	5.83	12.76	5.15	11.57	38.01	0.74
C4	7.91	0.68	6.13	2.52	7.26	2.63	4.47	25.63	0.66
C5	7.95	0.70	6.01	2.59	7.94	2.66	4.62	25.46	0.70
C6	7.91	1.37	11.24	5.94	12.10	5.18	11.35	38.45	0.71
C7	6.33	1.41	0.17	2.01	17.71	0.99	17.96	2.20	3.27
50 days after planting									
T1	6.14	0.01	0.09	1.39	5.92	0.07	14.05	0.83	0.02
T2	6.72	0.41	1.58	2.02	7.77	0.28	16.58	21.59	0.32
T3	6.74	0.37	1.52	1.28	7.53	0.30	16.88	23.10	0.35
T4	6.70	0.24	1.10	0.89	4.27	0.17	7.20	10.41	0.31
T5	6.70	0.23	0.60	0.75	4.46	0.17	7.59	16.15	0.32
T6	6.71	0.38	1.44	1.74	7.12	0.29	16.76	21.39	0.33
T7	4.89	0.30	0.09	1.26	8.71	0.09	15.45	1.61	0.13
C1	6.31	0.02	0.13	1.68	6.84	0.11	12.46	1.25	0.03
C2	7.13	0.79	6.63	4.42	8.81	2.27	15.24	25.93	0.37
C3	7.29	0.75	6.83	4.02	8.88	2.50	15.58	27.96	0.39
C4	7.09	0.41	3.67	1.90	5.51	1.07	6.66	13.27	0.37
C5	7.24	0.41	3.37	1.92	5.70	1.00	6.93	18.04	0.38
C6	7.19	0.77	6.51	4.30	8.51	2.32	15.56	26.79	0.38
C7	5.23	0.56	0.13	1.61	15.77	0.21	15.94	1.74	0.26

Note *Experimental conditions as shown in Table 1 and the units based on dry weight

การใช้ธาตุอาหารทั้งสามสูงกว่าดินอย่างเดียว แต่จะมีค่าที่น้อยกว่าดินที่มีการเติมกากขี้เถ้า สำหรับในชุดการทดลองที่ไม่มีการปลูกหญ้าพบว่าหลังการปลูก 50 วัน ธาตุ N, P, K ในดินจะลดลง แต่น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่มีการปลูกหญ้า

สำหรับผลการทดลองปลูกหญ้าในแปลงปลูกขนาดใหญ่ขึ้น ผลการศึกษาลักษณะของดินที่ทดลอง (Table 7) พบว่าลักษณะการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารต่างๆ ในดินทั้งในชุดทดลอง (ปลูกหญ้า) และชุดควบคุม (ไม่ได้ปลูกหญ้า) มีลักษณะคล้ายกับผลการทดลองปลูกหญ้าด้วยกากขี้เถ้าในระดับแปลงปลูกขนาดเล็ก เมื่อพิจารณาถึงสมดุลของธาตุต่างๆ ในแต่ละชุดการทดลอง

หลังจากที่ได้ปลูกหญ้า 50 วันของการทดลองในระดับแปลงปลูกขนาดเล็ก พบว่า มีสัดส่วนร้อยละของธาตุต่างๆ ในระบบแปลงปลูกดังแสดงในตารางที่ 8 โดยพบว่า ชุดการทดลองที่เติมกากขี้เถ้าทั้งนั้น Zn จะเป็นธาตุที่พบว่ามีร้อยละของสัดส่วนที่สะสมในดินมากที่สุด รองลงมาได้แก่ธาตุ N, P และ K และพบ Mg มีสัดส่วนร้อยละของธาตุที่สะสมในดินน้อยที่สุด ส่วนร้อยละของธาตุที่หญ้านำไปใช้ได้สูงสุดได้แก่ ธาตุ P และร้อยละของธาตุที่มีการชะออกหรือสูญเสียออกจากระบบสูงสุดได้แก่ Mg นอกจากนี้ได้มีการเก็บตัวอย่างหญ้าที่ปลูกในดินที่มีการเติมกากขี้เถ้าไปวิเคราะห์หาค่า Zn พบค่าเฉลี่ยในหญ้าง่อนปลูกมีค่า Zn ในช่วง 0.02-0.06 กรัม/กิโลกรัม

Table 6 Reduction of macro-nutrients in soils of the experimental sets in small planting plots.

Experimental sets	Nitrogen		Phosphorus		Potassium	
	%	%	%	%	%	%
	Reduction	Uptake/day	Reduction	Uptake/day	Reduction	Uptake/day
T1	25.00	0.29	43.21	0.47	26.54	0.29
T2	70.55	0.53	85.96	0.90	66.26	0.53
T3	71.79	0.58	86.31	0.95	78.07	0.58
T4	64.61	0.50	82.09	0.84	64.55	0.50
T5	67.34	0.54	90.02	0.92	71.05	0.54
T6	72.42	0.56	87.19	0.90	70.79	0.56
T7	78.61	0.37	47.93	0.47	37.34	0.37
C1	10.00		19.75		11.19	
C2	44.10		40.99		26.15	
C3	42.59		38.72		31.10	
C4	39.50		40.13		24.40	
C5	40.43		43.94		26.02	
C6	44.48		42.12		27.67	
C7	59.96		24.41		19.59	

น้ำหนักแห้ง และหญ้าหลังปลูกมีค่าเฉลี่ยของ Zn ในช่วง 0.03-0.07 กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งเห็นว่ามีค่าเฉลี่ยสูงขึ้นมากกว่าเริ่มปลูกในช่วง 122-132% แต่สำหรับหญ้าที่ปลูกในชุดการทดลองที่เป็นดินอย่างเดียวและชุดการทดลองที่เติมปุ๋ยเคมีพบมีค่า Zn สะสมน้อยกว่าในชุดการทดลองที่เติมกากขี้เถ้า โดยค่าเฉลี่ยสะสมของ Zn ในชุดการทดลองที่เป็นดินเปล่าและที่เติมปุ๋ยเคมีมีค่าสูงขึ้นเพียง 4% และ 2.8% ตามลำดับ

3.5 การประเมินศักยภาพของการแปรรูปเป็นปุ๋ยในเชิงการค้าโดยการใช้กากขี้เถ้าเป็นวัตถุดิบ โดยไม่ต้องผ่านการหมักปุ๋ย และการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการใช้ประโยชน์กากขี้เถ้าเพื่อเป็นปุ๋ย

3.5.1 ต้นทุนการผลิตกากขี้เถ้า

สำหรับกากขี้เถ้าที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในการทำปุ๋ยนั้น อาจจะนำมาปรับปรุงให้อยู่ในรูปแบบหรือลักษณะที่ใช้งานและขนส่งได้สะดวก เช่น การทำเป็นแผ่น

Table 7 Chemicals characteristics of soils before and after Manila grass planting in larger planting plots.

Tested sets	Chemical characteristics								
	pH	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Ec (mS/cm)
Before planting									
TT1	7.76	0.03	0.03	0.86	6.32	0.64	11.40	1.67	0.04
TT2	7.96	0.13	1.73	1.06	11.65	3.98	11.65	54.21	0.63
TT3	6.63	0.14	0.03	0.95	16.17	0.97	13.98	1.89	3.27
CC1	7.76	0.03	0.03	0.86	6.32	0.64	11.40	1.67	0.04
CC2	7.96	0.13	1.73	1.06	11.65	3.98	11.65	54.21	0.63
CC3	6.63	0.14	0.03	0.95	16.17	0.97	13.98	1.89	3.27
50 days after planting									
TT1	6.10	0.02	0.02	0.68	5.87	0.31	13.98	0.98	0.02
TT2	6.69	0.03	0.34	0.75	6.77	0.57	18.56	25.97	0.31
TT3	4.91	0.03	0.02	0.65	7.94	0.35	13.41	1.29	0.16
CC1	6.43	0.03	0.03	0.79	6.01	0.43	13.32	1.51	0.02
CC2	7.02	0.06	1.32	1.01	7.81	2.23	17.11	33.10	0.39
CC3	5.65	0.05	0.03	0.80	14.56	0.39	14.32	1.24	0.30

Note *Experimental conditions as shown in Table 3 and the units based on dry weight; TT and CC were experimental sets of with and without Manila grass growing, respectively.

Table 8 Results of elements balance analysis in experimental sets of small planting plots after 50 days of Manila grass growing (unit: percentage ratio).

Items	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Nitrogen							
accumulating in soil	75	29	28	35	33	28	21
washed out/lost	10	44	43	40	40	44	60
used by plants	15	27	29	25	27	28	19
Total (%)	100	100	100	100	100	100	100
Phosphorus							
accumulating in soil	57	14	14	18	10	13	52
washed out/lost	20	41	39	40	44	42	25
used by plants	23	45	47	42	46	45	24
Total (%)	100	100	100	100	100	100	100
Potassium							
accumulating in soil	74	34	22	36	29	29	62
washed out/lost	11	26	31	24	26	28	20
used by plants	15	40	47	40	45	43	18
Total (%)	100	100	100	100	100	100	100
Magnesium							
accumulating in soil	13	6	6	6	7	6	9
washed out/lost	79	56	52	60	62	55	79
used by plants	8	38	42	34	31	39	12
Total (%)	100	100	100	100	100	100	100
Zinc							
accumulating in soil	48	57	61	41	63	56	73
washed out/lost	27	32	26	48	29	30	21
used by plants	25	11	13	11	7	14	6
Total (%)	100	100	100	100	100	100	100

ในเบื้องต้นภายใต้ผลการวิจัยที่ศึกษานี้ อาจนำผลที่ได้ไปสู่แนวคิดของการแปรรูปกากชี้แบ่งเบื้องต้นในการใช้เป็นปุ๋ยได้ในระดับอุตสาหกรรมขนาดเล็กที่ใช้แรงงานคนเป็นหลัก และพึ่งพาพลังงานจากธรรมชาติ ด้วยวิธีการดังนี้ คือ นำกากชี้แบ่งที่ได้มาแปรรูป โดยการทำเป็นแผ่นขนาดเล็กด้วยลูกกลิ้งมือหนาขนาด 0.5 เซนติเมตร แล้วตัดเป็นแผ่นชิ้นเล็ก ๆ ที่มีขนาด 1 X 1 ตารางเซนติเมตร ทำให้แห้งด้วยการตากแดด ภายใต้การดำเนินการนี้สามารถคำนวณได้ว่า มีค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการใช้แรงงานคิดเป็นมูลค่าเท่ากับ 1.3 บาทต่อกิโลกรัมกากชี้แบ่งแห้ง (คำนวณภายใต้ แรงงานคน 2 คน ที่มีค่าแรงวันละ 300 บาท ดำเนินงานโดยรับกากชี้แบ่งสดเพื่อแปรรูปวันละ 1 ตันต่อเนื้อทุกวัน ใช้เวลาการทำเป็นแผ่นขนาดเล็กและตากแดดของกากชี้แบ่งแต่ละชุดที่ผลิตชุดละ 6 วัน และคิดว่าได้กากชี้แบ่งเปล่าโดยไม่มีค่าใช้จ่าย นอกจากนี้มีต้นทุนเบื้องต้นคือไม่ทำเป็นลูกกลิ้งมือ มีดที่ใช้ตัดแผ่นชี้แบ่งให้มีขนาดที่ต้องการ และแผ่นพลาสติกขนาด 2 X 3 ตารางเมตร จำนวน 3 ผืนสำหรับรองตากแดด และอุปกรณ์ที่ใช้ตัดกากชี้แบ่ง ซึ่งมีต้นทุนที่ไม่รวมค่าแรงเพียง 410 บาท) ซึ่งเป็นค่าดำเนินการหลักในการแปรรูปกากชี้แบ่ง หรือคิดเป็นต้นทุนในการผลิตหรือแปรรูป และเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยหมักที่มีขายในท้องตลาดซึ่งราคาซื้อขายปุ๋ยเคมีมีราคาในช่วง 40-80 บาทต่อกิโลกรัม (แล้วแต่สูตรและยี่ห้อ) และปุ๋ยหมักมีราคาในช่วง 5-7 บาทต่อกิโลกรัม จึงทำให้ประเมินได้ว่าการดำเนินการผลิตปุ๋ยจากกากชี้แบ่งโดยไม่ต้องหมักสามารถทำได้ หากใช้ฐานการคิดจากราคาขายของปุ๋ยดังกล่าว และน่าจะสามารถดำเนินการเป็นอุตสาหกรรมขนาดเล็กหรือวิสาหกิจชุมชนที่มีกำลังการผลิตวันละไม่น้อยกว่า 1 ตันกากชี้แบ่งสดได้ โดยเป็นโรงงานที่อยู่ใกล้กับโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้น นอกจากนี้อาจขยายกำลังการผลิตให้มากขึ้นได้ แต่ทั้งนี้ต้องพิจารณาภายใต้ค่าใช้จ่ายที่ถูกจำกัดจากค่าขนส่งกากชี้แบ่งที่เป็นวัตถุดิบในการผลิตด้วย อย่างไรก็ตาม หากทำการคำนวณค่าการลงทุนตั้งข้างต้น และใช้ค่าราคาซื้อขายกากชี้แบ่งแผ่นแห้ง

โดยคิดเฉลี่ยที่ 10 บาท/กิโลกรัม และคิดจากกากชี้แบ่งสดที่มีค่าความชื้นเฉลี่ยที่ 70 % [3] สามารถทำการประเมินได้ว่า จะมีค่าระยะเวลาคืนทุน (Pay back period) ที่คิดจากต้นทุนที่เกิดขึ้นจากเฉพาะค่าดำเนินการข้างต้นที่ประมาณ 8 วัน

3.5.2 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ลดลงจากการใช้ประโยชน์กากชี้แบ่งเป็นปุ๋ยเพื่อทดแทนปุ๋ยเคมีเมื่อเปรียบเทียบกับกรจัดการทิ้งด้วยวิธีการเผา

ในที่นี้ได้ประเมินเบื้องต้นจากการคำนวณค่าการปลดปล่อยของก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเผากากชี้แบ่ง โดยฐานคิดใช้ข้อมูลของค่าคาร์บอน (Carbon, C) ที่ประเมินจากค่าของแข็งระเหย (Volatile solids, VS) ในกากชี้แบ่งที่ได้จากการศึกษาที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 57% น้ำหนักแห้ง จากค่านี้ทำให้คำนวณได้ว่ากากชี้แบ่งจะมีปริมาณเถ้าเฉลี่ยเท่ากับ 43% น้ำหนักแห้ง และทำให้สามารถประเมินเบื้องต้นได้ว่ากากชี้แบ่งจะมีปริมาณ C อยู่ที่ประมาณ 31.6% น้ำหนักแห้ง (คำนวณจากสูตรการคิด % C ที่ค่าผลต่างของ 100 ลบด้วย % เถ้า แล้วหารด้วย 1.8, [13]) และเมื่อทำการเผาหรือสันดาปกากชี้แบ่งสดที่มีค่าความชื้นเฉลี่ยที่ 70% [3] ซึ่งจะทำให้ปฏิกิริยากับออกซิเจน (คิดที่ปฏิกิริยาเกิดการสันดาปที่ 100%) จะทำให้ประเมินได้ว่า การเผากากชี้แบ่งสด 1 ตัน จะทำให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 347.6 กิโลกรัม ดังนั้นการใช้กากชี้แบ่งเพื่อนำมาใช้ประโยชน์แทนการเผาทิ้งจะช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโรงงานน้ำยางข้น ซึ่งจะทำให้ลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมได้จากการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ที่ช่วยส่งผลให้เกิดการร่วมสร้างสังคมที่มีของเสียเป็นศูนย์จากมาตรการการนำของเสียกลับมาใช้ใหม่

4. อภิปรายผล

ผลจากการวิเคราะห์ตัวอย่างกากชี้แบ่งที่ศึกษามีข้อสังเกตว่า ในตัวอย่างกากชี้แบ่งที่ทำให้แห้งก่อนแล้วทำเป็นผงจะมีค่า VS, P, N, Mg และ Zn ที่ต่ำกว่าเล็กน้อย

เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างกากซีเมนต์ที่แปรรูปโดยการ
ทำเป็นแผ่นให้มีขนาด $0.5 \times 1 \times 1$ ซม.³ แล้วค่อยทำแห้ง
โดยการตากแดด ทั้งนี้เพราะการตากแดดในตัวอย่างกาก
ซีเมนต์ให้แห้งก่อนทำเป็นผงใช้เวลานานกว่าในการแปรรูป
กากซีเมนต์ที่ผ่านการทำเป็นชิ้นเล็ก ๆ ก่อนนำไปตากแห้ง
ระยะเวลาการตากแดดมีผลต่อการคงอยู่ของสารต่าง ๆ
ในกากซีเมนต์ในขณะแปรรูป โดยเฉพาะสารไนโตรเจน
ตัวอย่างกากซีเมนต์ไนโตรเจนสูงกว่าเมื่อนำกากซีเมนต์
ไปตากแห้ง โดยเฉลี่ยมีค่าสูงกว่าประมาณ 13.48% ทั้งนี้
เพราะในการผลิตน้ำยางข้นมีการเติมสารแอมโมเนีย
ทำให้สารนี้ปนเปื้อนในกากซีเมนต์ได้ ดังที่สามารถได้กลิ่น
แอมโมเนียในตัวอย่างกากซีเมนต์สด สารแอมโมเนียนี้จะ
ถูกระเหยออกได้ง่ายเมื่อกากซีเมนต์ได้รับความร้อน จึง
ทำให้เมื่อวิเคราะห์ตัวอย่างกากซีเมนต์ที่ถูกทำแห้งแล้วจะ
มีค่าไนโตรเจนที่น้อยกว่าตัวอย่างกากซีเมนต์สด และหาก
ผ่านการตากแดดที่ใช้เวลานานขึ้น ปริมาณของ N ในกาก
ซีเมนต์ก็จะลดลงได้ ดังผลการศึกษาที่กล่าวมาข้างต้น

ข้อมูลที่ได้แสดงให้เห็นว่า กากซีเมนต์มีศักยภาพ
เพียงพอที่จะนำมาเป็นปุ๋ยใช้กับการปลูกพืชได้ โดยเฉพาะ
หญ้าซึ่งเป็นพืชที่ใช้สารอาหารประเภทไนโตรเจน
ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเป็นหลัก ผลการศึกษาสรุป
ได้ว่า กากซีเมนต์นอกจากมีส่วนประกอบของธาตุอาหาร
หลักที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืชได้แก่ N, P,
K แล้ว กากซีเมนต์ยังประกอบด้วยธาตุอาหารรอง ซึ่งได้แก่
Mg, Na, และ Ca และยังประกอบด้วยจุลธาตุอาหารหรือ
ธาตุอาหารเสริมบางตัวที่สำคัญสำหรับพืชอีกด้วย ได้แก่
Zn ธาตุอาหารเหล่านี้มีส่วนช่วยให้เกิดการเจริญเติบโต
ของพืชได้เป็นอย่างดี ผลจากการศึกษารังนี้ยังพบว่า
การใช้กากซีเมนต์เป็นปุ๋ยในการปลูกหญ้านวลน้อยโดยผ่าน
การแปรรูปที่ไม่ยุ่งยาก (ไม่ต้องทำการหมักปุ๋ยก่อน) ทั้ง
ในระดับแปลงปลูกหญ้าขนาดเล็กและขนาดใหญ่ในภาค
สนาม กากซีเมนต์ที่แปรรูปด้วยวิธีการทำเป็นแผ่นแล้ว
ทำให้แห้งด้วยการตากแดดที่ใช้ในการปลูกหญ้านวลน้อย
จะให้ผลผลิตหญ้าสูงสุด แต่ผลที่ได้จากแปลงปลูกหญ้า
ขนาดเล็ก พบว่าให้ผลของการปลูกหญ้าที่สูงกว่าเท่าตัว

เมื่อเทียบกับแปลงปลูกหญ้านวลน้อย เมื่อใช้เงื่อนไขการ
ปลูกที่เหมือนกัน สาเหตุที่เป็นเช่นนี้ อาจเนื่องมาจากดิน
ที่ใช้ในการทดลองในภาคสนามมีคุณภาพที่ต่ำกว่าในการ
ทดลองระดับแปลงปลูกหญ้านวลน้อย รวมถึงปัจจัยทาง
สิ่งแวดล้อมในด้านปริมาณน้ำ ที่ระบบแปลงปลูกอาจได้
ไม่สม่ำเสมอเท่ากับในการทดลองในระดับแปลงปลูก
ขนาดเล็ก และอาจเกิดจากช่วงเวลาที่ปลูกที่แตกต่างกัน
ด้วย นอกจากนี้การใช้กากซีเมนต์เติมลงในดินมีผลทำให้
ดินมีสภาพที่ร่วนซุยขึ้น ทั้งนี้เพราะกากซีเมนต์มีอินทรีย์
วัตถุอยู่ด้วย จึงทำให้ดินมีอินทรีย์วัตถุมากขึ้น ช่วยให้มี
การซึมผ่านของน้ำ และการระบายอากาศในดินได้ดีขึ้น

อย่างไรก็ตาม ผลจากการทดลองที่มีการศึกษา
เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของธาตุต่าง ๆ ในดินที่ศึกษา ซึ่ง
พบว่า หลังสิ้นสุดของการทดลองปลูกหญ้าแล้ว พบว่ามี
ปริมาณ Mg ในดินค่อนข้างสูงในชุดทดลองที่มีการใช้กาก
ซีเมนต์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ทั้งนี้เนื่องจากกากซีเมนต์มี
ปริมาณความเข้มข้นของ Mg ค่อนข้างสูง แม้ว่าหญ้าจะ
นำธาตุแมกนีเซียมไปใช้แล้วก็ตาม แต่เนื่องจากธาตุ Mg
เป็นธาตุอาหารรอง หญ้าต้องการในปริมาณที่ไม่มาก จึง
นำไปใช้ไม่หมด ทำให้เกิดการตกค้างในดินได้สูง ซึ่งมีผล
คล้ายกับ Zn ซึ่งพบว่าชุดการทดลองที่เติมกากซีเมนต์ยัง
คงมี Zn ตกค้างอยู่ในดินค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับชุดการ
ทดลองที่เป็นชุดควบคุม ทั้งนี้เพราะในกากซีเมนต์จะมี Zn
อยู่ในปริมาณค่อนข้างสูง แม้ว่า Zn จะเป็นธาตุอาหารที่
หญ้าต้องการก็ตาม แต่หญ้ามีความต้องการธาตุ Zn ใน
ปริมาณน้อยเท่านั้น ทำให้ Zn ยังคงค้างอยู่ในดินค่อนข้าง
สูง จึงเป็นข้อระวังในการที่จะนำกากซีเมนต์ไปใช้ เพราะ
หากมีการเติมกากซีเมนต์ในดินซ้ำๆ ในการปลูกพืช อาจ
ทำให้เกิดการสะสมของ Zn ในดินสูงขึ้น เกิดปัญหาใน
การปนเปื้อนในดิน และอาจทำให้เกิดผลกระทบต่อ
สิ่งแวดล้อมตามมา อย่างไรก็ตามข้อจำกัดนี้ก็มีข้อเป็นข้อ
ที่จะกำจัดการใช้ประโยชน์จากกากซีเมนต์ในด้านเป็นปุ๋ย
เสมอไป หากมีการใช้ในกลุ่มพืชที่ต้องการ Zn หรือที่ดูด
ซับ Zn ในพืชยืนต้นต่าง ๆ รวมถึงการใช้ในพืชประเภทที่
ไม่นำมาบริโภค เช่นในกลุ่มพืชประเภทไม้ประดับต่าง ๆ

ที่เป็นที่ต้องการของตลาด เช่น ต้นดาวเรือง ก็สามารถใช้กากขี้แ่งได้ ดังเช่นที่มีการรายงานการศึกษาใช้วัสดุหมักจากกากขี้แ่งเพื่อปลูกดาวเรือง [14]

จากผลการศึกษาทางเคมีของดินก่อนปลูกและหลังการปลูกหญ้าเนวม้อยในด้านธาตุอาหารพืชหลัก คือ N, P, K ซึ่งพบว่า ในชุดการทดลองที่ไม่มีการปลูกหญ้าหลัง 50 วัน มีธาตุ N, P, K ในดินลดลง แต่น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่มีการปลูกหญ้า แสดงให้เห็นถึงการสูญเสียของธาตุอาหารพืชในดิน ซึ่งอาจเกิดจากการชะล้างออกจากดิน อย่างไรก็ตามชุดทดลองที่ปลูกหญ้า ได้แสดงให้เห็นว่าธาตุอาหารทั้งสามในดินที่ใช้ปลูกหญ้ามียังคงเหลือมากกว่าชุดที่ไม่ได้ปลูกหญ้า แสดงให้เห็นว่าเกิดการใช้ธาตุอาหารดังกล่าวโดยหญ้า โดยปกติธาตุอาหารหลักทั้งสาม หญ้าจะต้องการธาตุ N มากที่สุด รองลงมาคือ K และ P ตามลำดับ [4] ซึ่งการทดลองนำกากขี้แ่งมาใช้ประโยชน์เพื่อการทำปุ๋ยในการศึกษาครั้งนี้ ไม่ได้มุ่งเน้นจะศึกษาถึงธาตุอาหารที่เป็นปัจจัยจำกัด (Limiting factor) ต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่มุ่งเน้นที่จะทดสอบศักยภาพของกากขี้แ่งในการใช้ประโยชน์เพื่อการทำปุ๋ยและดูผลถึงปริมาณการให้สารอาหารที่เกิดขึ้นในระบบที่ศึกษาเท่านั้น ในการทดลองครั้งนี้ จึงไม่ได้เติมสารที่ให้อาหารหลักทั้งสามแก่พืชในอัตราที่เท่ากันในทุกชุดการทดลอง ยกเว้นธาตุ N และดินที่นำมาทดลอง ก็มีข้อสังเกตว่ามีปริมาณธาตุ K สูงกว่าธาตุ P และ N อย่างไรก็ตามผลการศึกษาที่ได้พบว่าทุกชุดการทดลองที่ปลูกหญ้ามียังคงเหลือธาตุ P มากกว่าธาตุ N ซึ่งขัดแย้งกับที่มีการรายงานก่อนหน้านี้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการที่นอกจากหญ้าจะใช้ธาตุ N ที่มาจากดินแล้ว ยังสามารถใช้ N ที่ตรึงมาจากอากาศด้วย แต่ตรงกันข้ามหญ้าจะใช้ P จากดินได้เท่านั้น จึงทำให้ผลที่ได้เสมือนใช้ P มากกว่า N นอกจากนี้พบว่า ร้อยละของธาตุที่มีการชะออกหรือสูญเสียออกจากระบบการปลูกหญ้าสูงสุด ได้แก่ Mg การชะออกหรือการสูญเสียออกจากแต่ละระบบของชุดการทดลองนั้น เกิดจากการชะละลายของธาตุต่าง ๆ จากดินสู่พื้นที่รดผ่าน หรือการชะออกของดิน

หรืออนุภาคของดินหรือกากขี้แ่งขนาดเล็กที่ถูกน้ำที่รดผ่านชะออกไปกับน้ำ ตลอดจนการสูญเสียออกไปจากระบบโดยปฏิกิริยาทางชีวเคมีภายในระบบ เช่น N ในดินอาจจะสูญเสียไปจากดินได้เนื่องจากจุลินทรีย์ในดินก่อให้เกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชัน (Nitrification) และดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification)

อนึ่ง ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่า Zn และ Mg สามารถดูดซึมในหญ้าที่ปลูกได้ ดังนั้น การนำกากขี้แ่งมาใช้ประโยชน์โดยเติมในดินเพื่อให้เป็นแหล่งให้อาหารพืช อาจจะต้องคำนึงถึง Zn และ Mg ด้วย ซึ่งเป็นโลหะหนักและพืชต้องการในปริมาณน้อย ถ้าหากมีการนำไปใช้ซ้ำในพื้นที่เดียวกันหลาย ๆ ครั้งเป็นเวลาดิตกกันนาน ๆ หากมีการตกค้างในดินและสะสมมากขึ้น ก็จะเป็นปัญหาโดยตรงกับดินและอาจเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมพิษทางน้ำ แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ชนิดของพืช เพราะพืชแต่ละชนิดต้องการธาตุอาหารในปริมาณที่ไม่เท่ากัน และขึ้นกับชนิดของดิน เพราะดินต่างชนิดกัน การที่จะมีโครงสร้างและคุณสมบัติที่ต่างกัน ซึ่งจะมีผลต่อการสะสมโลหะหนักในดินด้วย

ผลจากการศึกษาในครั้งนี้ได้แสดงให้เห็นว่า กากขี้แ่งช่วยให้หญ้ามียังคงเหลือมีการเจริญเติบโตได้ดี โดยหญ้าที่ได้รับธาตุอาหารจากกากขี้แ่งมีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าหญ้าที่ได้รับสารที่ให้อาหารจากปุ๋ยเคมีสูตร 15-0-0 รวมถึงพบว่า ประโยชน์อีกประการหนึ่งในการนำกากขี้แ่งมาใช้ประโยชน์เพื่อการทำปุ๋ย คือมีผลต่อระดับ pH ของดิน ช่วยทำให้ดินมีสภาพเป็นกลาง แตกต่างจากพวกปุ๋ยเคมี ซึ่งเมื่อใช้ไปแล้ว มักจะมีผลกระทบต่อระดับ pH ของดิน โดยมักจะทำให้ดินมีค่า pH ลดลง หรืออาจจะทำให้ดินเป็นกรด แต่ภายใต้แนวคิดของการป้องกันไว้ก่อน (Precautionary principle) ก็ควรมีการนำกากขี้แ่งไปใช้เป็นปุ๋ยในกลุ่มพืชพวกสนามหญ้า เช่น การใช้กากขี้แ่งเป็นปุ๋ยรองพื้น หรือใช้กับพวกไม้ดอกไม้ประดับ แต่ถ้านำไปใช้กับพืชที่เป็นอาหารสัตว์ เช่น หญ้าขนหรือพวกข้าว ข้าวโพด หรือพืชที่เป็นอาหารของมนุษย์ พวกพืชผักต่าง ๆ จำเป็นจะต้องพิจารณาถึงการ

ตกค้างของสารเคมีในพืชด้วย และต้องคำนึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยพิจารณาการชะล้างและตกค้างของโลหะหนักในดินเพิ่มเติมด้วย

จากลักษณะเด่นของกากขี้แ่ง คือมีธาตุอาหารพืชอยู่ทั้งในรูปของ N, P และ K และมีธาตุ P ในปริมาณที่ค่อนข้างสูง ข้อมูลนี้แสดงให้เห็นถึงอีกทางเลือกหนึ่งที่จะนำกากขี้แ่งไปใช้ประโยชน์ในการเป็นปุ๋ย โดยเฉพาะมุ่งเน้นการเป็นปุ๋ยที่มีธาตุเด่นในรูปของ P หรืออาจจะมีการนำไปพัฒนาคุณสมบัติต่อเพิ่มเติมเพื่อใช้ทดแทนปุ๋ย ดังเช่น ปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต แอมโมเนียฟอสเฟต ฯลฯ สำหรับกากขี้แ่งที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในการทำปุ๋ยนั้น อาจจะนำมาปรับปรุงให้อยู่ในรูปแบบหรือลักษณะที่ใช้ งานและขนส่งได้สะดวก เช่น การทำเป็นแผ่นขนาดเล็ก แล้วค่อยนำไปตากแห้ง ทั้งนี้ผลการศึกษานี้สะท้อนให้เห็นว่าสามารถนำกากขี้แ่งไปใช้เป็นปุ๋ยโดยใช้ทดแทนปุ๋ยเคมีได้ และสามารถใช้ประโยชน์ของกากของเสียประเภทนี้ ในการสร้างอาชีพได้ โดยเป็นทางเลือกหนึ่งของการจัดการของเสียให้เป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งดีกว่าการนำไปกำจัดทิ้งโดยการเผาที่จะส่งผลกระทบต่อการศึกษาพิษ หรือเกิดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากขึ้น

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

ผลจากการศึกษานี้ สามารถสรุปสาระสำคัญได้ดังนี้คือ กากขี้แ่งสามารถช่วยให้ฐานวลน้อยมีการเจริญเติบโตได้มากกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-0-0 โดยพิจารณาจากการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักแห้ง และค่า VS ของหญ้า ภายใต้ผลการศึกษาที่ได้ ทำให้มีข้อเสนอแนะว่าการนำกากขี้แ่งไปใช้ประโยชน์ในการเป็นปุ๋ยน่าจะเป็นทางเลือกหนึ่งในการดำเนินการระดับเชิงพาณิชย์ได้ โดยรูปแบบที่ทำได้ง่ายคือ การนำกากขี้แ่งที่ได้มาแปรรูปโดยการทำเป็นแผ่นขนาดเล็กด้วยลูกกลิ้งมือ แล้วตัดเป็นแผ่นชิ้นเล็ก ๆ ที่มีขนาด 0.5 X 1 X1 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วทำให้แห้งด้วยการตากแดด การแปรรูปกากขี้แ่งนี้ใช้แรงงานคนเป็นหลัก และพึ่งพาพลังงานจากธรรมชาติ ภายใต้การดำเนินการนี้สามารถคำนวณได้ว่าจะมี

ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นที่คิดเป็นมูลค่าเท่ากับ 1.3 บาทต่อกิโลกรัมกากขี้แ่งแห้ง และกลุ่มเป้าหมายของผู้ใช้กากขี้แ่งที่แปรรูปเป็นปุ๋ยในลักษณะนี้น่าจะเป็นกลุ่มที่นำไปใช้งานในการปลูกไม้ประดับ ตกแต่งสวน หรือปลูกหญ้าสนาม โดยสามารถใช้เป็นปุ๋ยรองพื้นสนามหญ้าได้เป็นอย่างดี กากขี้แ่งมีแนวโน้มที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในทางเกษตร โดยการใช้เป็นปุ๋ยได้ ซึ่งในการที่จะนำกากขี้แ่งไปใช้ประโยชน์ในการทำเป็นปุ๋ยอย่างแพร่หลายนั้น จะต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นในหลาย ๆ ด้านด้วย ไม่ว่าจะเป็นผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับพืช สัตว์ มนุษย์ หรือสิ่งแวดล้อมของดิน ซึ่งควรทำการศึกษาวิจัยให้มากขึ้น เช่นการสะสมของโลหะหนักในดินในระยะเวลายาวนานเมื่อมีการใช้กากขี้แ่งเป็นปุ๋ย เพื่อให้สามารถนำกากขี้แ่งซึ่งเป็นของเสียจากอุตสาหกรรมมาสู่การแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้อย่างเป็นรูปธรรมได้ต่อไป

6. References

- [1] Chevakidakarn, P., Sridang, P., Danteravanich, S. Siriwong, C., Klaythong, S., and Thingsa, S., 2010, Use of solid waste from 3 types of rubber industries for composting, Proceeding of the 3rd International Conference on Engineering for Waste and Biomass Valorisation (WasteEng 10), Beijing, China, 17-19 May, 2010.; 1-6
- [2] Wanseng, W., Danteravanich, S., and Chevakidagarn, P., 2017, Investigation of excess sludge generated from activated sludge treatment plant of concentrated latex factories: An investigative case study in Southern Thailand, Environment and Natural Resources J.,15(2);51-61

- [3] Siriwong, C., Makdum, K., Danteravanich, S., Sridang, P., Srivichian, U., Kongsong, T. and Petjumrus, P., 1999, Utilization of centrifuged residue from concentrated latex factories and ash from smoked rubber sheet factories as a binder in solidification of decorated materials, Completed research report, Prince of Songkla University, Songkhla. pp. 1-29 (in Thai)
- [4] Tekprasit, V., 2000, The Utilization of the Centrifuged Residue from Concentrated Latex Industry as a Soil Conditioner, Master Thesis, Prince of Songkla University, Songkhla, 164 p. (in Thai)
- [5] Danteravanich, S., 2008, Waste Recycling of Concentrated Latex Industry for Industrial Development Scale: A Case Study of Centrifuged Residues. Completed research report. Prince of Songkla University, Songkhla. pp.1-23 (in Thai)
- [6] Siripant, P., Jindarojana, J., Jarusombuti, S., 2014, Latex waste sludge factory waste toward environmentally friendly products by community participation, Forest Management J. 8(16): 64-79 (in Thai)
- [7] Phonphan, W., 2004, Utilization of the Lutoid of Rubber Latex Industry in Term of Soil Conditioner, Master Thesis, Chulalongkorn University, Bangkok, 135 p. (in Thai)
- [8] Siriratpiriya, O., Chuaygud, S., and Chobkatanyoo, S., 2009, Replacement of Fertilizers with Sludge and Rubber Latex Lutoid for Nursering Poly-bag Rubber, Proceedings of 47th Kasetsart University Annual Conference: Natural Resources and Environment, Bangkok, Thailand, 17-20 March, pp. 93-100 (in Thai)
- [9] Ministry of Public Health Notification No. 98, 1986, Standard of Food Containing Contaminants (in Thai)
- [10] A.O.A.C., 1990, Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 15th Ed., AOAC, Inc. USA.
- [11] Waijarean, N., 2001, Composting of Solid Waste from Fresh Food Market in Hat Yai City Municipality, Changwat Songkhla, Master Thesis, Prince of Songkla University, Songkhla, 200 p. (in Thai)
- [12] Danteravanich, S., 2009, Investigation of sludge from concentrated latex industry for preparing a new product as fertilizer, Proceeding of R'09 Twin World Congress, Resource Management and Technology for Material and Energy Efficiency, Nagoya, Japan, 14-16 September, 1-7.
- [13] Polpasert, C., 1989, Organic Waste Recycling, Environmental Engineering Division, Asian Institute of Technology, Thailand, 648 p.
- [14] Klaythong, P. and Tingsa, S., 2008. Utilization of Composted Product from STR 20 Industry Sludge, Wastewater and Centrifuged Residues from Concentrated Latex and Ash from Smoked Rubber Sheet Factories for Marigold Culture, Student Project, Prince of Songkla University, Surat Thani, 129 p. (in Thai)