

การใช้ประโยชน์ผลพลอยได้จากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง^{1/}

Utilization of by-products from cassava starch factories for cassava growth^{1/}

ผู้ทำสัมมนา

นายพงษ์พันธ์ อุดำ^{2/}

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ณัฏฐพล สามารถ^{3/}

บทคัดย่อ

ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง 10.92 ล้านไร่ ได้ผลผลิตมันสด 35.09 ล้านตัน คิดเป็นผลผลิตเฉลี่ยต่อพื้นที่ 3.21 ตัน/ไร่ จึงส่งผลให้มีความต้องการผลิตหัวมันสดมันสำปะหลังเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังมีผลพลอยได้ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลผลิตเป็นจำนวนมากโดยผลพลอยได้ดังกล่าวมักมีการนำไปใช้ประโยชน์ค่อนข้างน้อย และก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมได้ในระยะยาว ดังนั้นการทำสัมมนาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมรายงานใช้ประโยชน์ผลพลอยได้จากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังต่อการเจริญเติบโตมันสำปะหลัง โดยใช้กากส่ามันสำปะหลังมาเพิ่มธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม พบว่าจากการทดลองนำกากส่ามันสำปะหลังเพื่อเพิ่มธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมสูงสุดที่ 0.338 0.283 1.489 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้กากส่ามันสำปะหลังในการเพิ่มธาตุอาหารของมันสำปะหลังเป็นแนวทางที่ยั่งยืนและทางเลือกที่ดี ให้กับเกษตรกรผู้สนใจลดการใช้ปุ๋ยเคมี และส่งผลให้มีผลผลิตที่ยั่งยืน

คำสำคัญ: ผงกากส่า, มันสำปะหลัง, ผลพลอยได้

^{1/}เอกสารประกอบรายวิชา 1201 480 สัมมนา

^{2/}นักศึกษาชั้นปีที่ 4 ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

^{3/}อาจารย์ประจำภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทนำ

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2564) รายงานว่าประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง 10.92 ล้านไร่ ได้ผลผลิตหัวมันสด 35.09 ล้านตัน คิดเป็นผลผลิตเฉลี่ยต่อพื้นที่ 3.21 ตัน/ไร่ มีการขยายการส่งออกและเปิดตลาดในกลุ่มประเทศสหภาพยุโรป และสาธารณรัฐประชาชนจีน ทำให้มีโอกาสดำเนินการส่งออกมันสำปะหลังได้มากขึ้น ประกอบกับรัฐบาลไทยได้สนับสนุนการสร้างโรงงานเชื้อเพลิง ส่งผลให้มีความต้องการผลผลิตหัวมันสดมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) โรงงานอุตสาหกรรมมักมีผลพลอยได้ที่เกิดจากกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก เช่น กากตะกอนยีสต์ น้ำวีแนสจากโรงงานผลิตเอทานอล กากมันสำปะหลังจากโรงงานผลิตแป้งมัน เป็นต้น โดยผลพลอยได้ดังกล่าวมีการนำกลับมาใช้ประโยชน์ค่อนข้างน้อย และมักเกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาวได้ (Thongjoo et al., 2005) ที่ผ่านมามีรายงานเกี่ยวกับการนำผลพลอยได้มาใช้ประโยชน์ในแง่ปุ๋ยกับมันสำปะหลังค่อนข้างน้อย เช่น การใช้วัสดุอินทรีย์ผสมระหว่างผลพลอยได้จากโรงงานผงชูรสและซีเมนต์ (ธีรยุทธ และคณะ, 2560) กากตะกอนจากบ่อบำบัดน้ำเสีย (นิชากร และคณะ, 2562) ปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตเอทานอลมีการขยายตัวเพิ่มขึ้น ทำให้มีผลพลอยได้จากการผลิตเพิ่มมากขึ้น โดยผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมผลิตเอทานอลที่สำคัญ ได้แก่ น้ำกากส่า (spent wash liquor, SWL) ซึ่งมีปริมาณมากถึง 839,500 ลูกบาศก์เมตร/ปี (ปริศนะ และคณะ, 2561) และกากส่า (venasses powder, VP) จากโรงงานผลิตน้ำตาลซึ่งมีลักษณะเป็นผงสีน้ำตาลดำ เกิดจากกระบวนการกำจัดน้ำกากส่าที่มีค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์ และปริมาณโพแทสเซียมสูง โดยการนำไปเผาด้วยเครื่อง incinerator ซึ่งผลพลอยได้จากกระบวนการดังกล่าว สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการทดแทนปุ๋ยได้ (ThaiBev, 2557) จึงเกิดแนวคิดในการศึกษาผลพลอยได้จากโรงงาน นอกจากจะเป็นการนำผลพลอยได้มาใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสมแล้ว ยังเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับเกษตรกรที่ปลูกมันสำปะหลังในบริเวณใกล้เคียงกับแหล่งของผลผลิตของผลพลอยได้ และเกษตรกรที่อยากลดต้นทุนของการใช้ปุ๋ยเคมีในระยะยาวอีกด้วย

1.1 สถานการณ์การใช้ประโยชน์ผลพลอยได้จากโรงงานผลิตแป้ง

การใช้ประโยชน์ผลพลอยได้จากโรงงานผลิตแป้งในจังหวัดมุกดาหาร ได้แก่ ใช้เป็นเชื้อเพลิง ใช้วัสดุปรับปรุงดิน ใช้วัสดุปรับปรุงดินมีข้อบ่งชี้ว่าเสียผ่านการบำบัด มีการแยกกาก รีดกาก กากนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ ส่งกำจัดเฉพาะกากของเสียอันตราย หากทั้งรวมกับกากของเสียทั่วไป ซึ่งเป็นภาระขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการกำจัดกากของเสียจากอุตสาหกรรม ส่วนกากตะกอนน้ำเสียมีนำไปทำอาหารสัตว์ ทำปุ๋ยปรับปรุงดิน การจัดการกากของเสียจะกระจายไปแต่ละแผนก เช่น ฝ่ายทรัพยากรบุคคล ฝ่ายวิศวกรรมทำให้การบำบัดและการกำจัดไม่เป็นไปตามหลักวิชาการเท่าที่ควร สอดคล้องกับงานวิจัยของ (ดาวฤกษ์, 2561) ศึกษาแนวทางการลดของเสียจากกระบวนการผลิต โดยการประยุกต์ใช้ระบบบริหารงานแบบญี่ปุ่น เพื่อวิเคราะห์ปัญหา ค้นหาแนวทางในการปรับปรุงพัฒนาและจัดทำระบบให้มีประสิทธิภาพ โดยพบว่า ปัญหาที่เกิดขึ้นเนื่องจากบริษัทไม่มีการกำหนดผู้รับผิดชอบที่ชัดเจนไม่มีคู่มือในการปฏิบัติงาน การขาดความรู้ความเข้าใจของผู้ปฏิบัติงาน ดังนั้นโรงงานควรกำหนดแผนกที่รับผิดชอบโดยตรง ศึกษาข้อมูลกากของเสียภายในโรงงานรวมทั้งกฎหมายที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้มีการบำบัดและกำจัดกากของเสียได้อย่างถูกต้องและเป็นไปตามที่กฎหมายกำหนด แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สถานการณ์การใช้ประโยชน์ผลพลอยได้จากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังใน
จังหวัดมุกดาหาร

ลำดับ	รายการกากของเสีย	วิธีบำบัด/การใช้ประโยชน์
1	เหง้ามัน	เชื้อเพลิง
2	เปลือกดิน	วัสดุปรับปรุงดิน
3	เปลือกล่าง	วัสดุปรับปรุงดิน
4	น้ำล้างหัวมันน้ำเสีย	ผ่านการบำบัด, วัสดุปรับปรุงดิน
5	กากสด	รีดกาก, วัสดุปรับปรุงดิน
6	กากส่า*	วัสดุปรับปรุงดิน

*คือผลพลอยได้จากโรงงานมีลักษณะเป็นผงสีน้ำตาลดำ เกิดจากระบวนการนำน้ำกากส่าเผาด้วยการระเหยแห้ง

ที่มา: ดาวฤกษ์ และคณะ (2561)

1.2 กากดิบ

กรมวิชาการเกษตร (2553) กากดิบมันสำปะหลังเป็นผลพลอยได้จากการผลิตแป้งมันสำปะหลัง และจัดได้ว่าเป็นวัสดุเหลือทิ้งที่เป็นของแข็งที่มีปริมาณมากที่สุดจากกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง โดยลักษณะทั่วไปของกากมันสำปะหลังมีลักษณะที่ละเอียด สีขาว และมีความชื้นสูงประมาณร้อยละ 75 กากดิบมันสำปะหลังที่ได้จากกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็น คาร์โบไฮเดรตอยู่ร้อยละ 55-56% ที่มีปริมาณแป้งอยู่ประมาณร้อยละ 50-60% ของน้ำหนักแห้งซึ่งแบ่ง ในส่วนนี้จะอยู่ในลิกโนเซลลูโลส และเพคตินของเซลล์พืชเซลลูโลสและเส้นใยอยู่ร้อยละ 10-15% โปรตีนร้อยละ 1.5-5% และไขมันร้อยละ 0.1-4% โดยน้ำหนักนอกจากนี้ยังมีแร่ธาตุในปริมาณที่ต่ำากาก มันสำปะหลังมีแร่ธาตุ Fe^{2+} , Mn^{2+} , Mg^{2+} , Cu^{2+} และ Zn^{2+} อยู่ในปริมาณ 155, 40, 1,100, 4 และ 21 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมกากมันสำปะหลังแห้ง ตามลำดับ (จิราภรณ์ โลหังศ์วัฒน์, 2556) สำหรับกาก ดิบมันสำปะหลังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายวิธี ได้แก่ การผลิตวัสดุปรับปรุงดิน การผลิตก๊าซ ชีวภาพ และการผลิตเอทานอล

1.3 กากมันสำปะหลัง

กากมันสำปะหลัง (tapioca residue/ tapioca by product) หมายถึง ผลผลิตที่เกิดขึ้นเป็นผลพลอยได้จากการผลิต แป้งมันสำปะหลังซึ่งอาจอยู่ในสภาพเปียกหรือแห้ง (ผงและอัดเม็ด) การสำรวจ กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังของอุตสาหกรรมแป้งในประเทศไทย พบว่า กากมันสำปะหลังจะเกิดขึ้นในกระบวนการการบดหัวมันสำปะหลัง ในส่วนเครื่องสกัดแป้งเพื่อสกัดแยกแป้งออกจากกากมัน สำปะหลัง โดยทั่วไปจะเป็นการสกัดแบบมากกว่าหนึ่งครั้ง ในขั้นตอนนี้น้ำกากมันสำปะหลังจากขั้นตอนการ สกัดแป้งจะมีน้ำอยู่ในปริมาณมาก กากมันสำปะหลังจะถูกแยกออกจากน้ำแป้ง และอีกขั้นตอนหนึ่งของ กระบวนการผลิตแป้งคือ การเพิ่มความเข้มข้นของน้ำแป้งเพื่อแยกกากมันสำปะหลังออกให้หมด จาก งานวิจัยของ (ยงยุทธ โอสดสภ, 2552) ได้กล่าวว่าปริมาณกากมันสำปะหลังจากกระบวนการผลิตแป้ง มันสำปะหลังจะมีปริมาณร้อยละ 1.11% ของผลผลิตมันสำปะหลัง ดังนั้นในปี 2554 จะมีกากมัน สำปะหลังเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมแป้งประมาณ 2.36 ล้านตันต่อปี สามารถนำไปผลิตเป็นอาหารสัตว์ สารปรับปรุงดิน ประเภตน้ำตาลเพื่อนำไปใช้ในอุตสาหกรรม อาหาร เครื่องดื่ม สารให้ความหวาน หรือ สามารถนำไปผลิตเป็นพลังงานทดแทนได้ (ลัดดาวัลย์ และคณะ, 2557) องค์ประกอบทางเคมีของกาก มันสำปะหลังจากแหล่งต่างๆ มีความผันแปรค่อนข้างมากในแหล่งข้อมูล โดยภาพรวมแล้วกากมัน สำปะหลังมีโปรตีนอยู่ในช่วง 1.55-3.42% ไขมัน 0.12-0.53% เถ้า 1.70-5.73% เยื่อใย 10.38-15.26% และแป้ง 47.97-68.89% ซึ่งองค์ประกอบทางโภชนาการมีความแปรผันมากขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น คุณภาพของมันสำปะหลังที่นำมาใช้ในกรรมวิธีการสกัดแป้ง สายพันธุ์มันสำปะหลัง อายุการเก็บเกี่ยว

ความสมบูรณ์ของดิน และสภาวะการเพาะปลูกรวมทั้งกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันของแต่ละโรงงาน จึงทำให้โรงงานผลิตแบริ่งน้ำมันสำหรับในแต่ละภูมิภาคของประเทศมีวัตถุดิบป้อนเข้าสู่โรงงานที่มีความแตกต่างกัน ส่งผลให้กากมันสำหรับที่แปรรูปเป็นเศษเหลือจากกระบวนการผลิตแบริ่งน้ำมันสำหรับเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของไทย

1.4 กากน้ำมันสำหรับ

เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมผลิตแบริ่งน้ำมันสำหรับใช้แบริ่งน้ำมันเป็นวัตถุดิบ ผ่านระบบการหมัก โดยไม่ใช้สารพิษ เมื่อนำกากผ่านระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ มีสารประกอบ N, P และ K ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์โดยตรงทางการเกษตรได้เป็นอย่างดี กากส่ามีลักษณะเป็นสีน้ำตาลเข้ม อุณหภูมิสูง ความเป็นกรดต่ำสูง ค่าซีโอดีและค่าบีโอดีสูงซึ่งมีสารอินทรีย์วัตถุประกอบ คือ ยีสต์ แอมโมเนีย ฟอสเฟต และกากน้ำตาลที่คงเหลืออยู่ แนวทางในการจัดการกากส่าได้หลายวิธี เช่น การระเหยและ การเผา เป็นวิธีการเคี่ยวน้ำกากส่าให้มีความเข้มข้นสูงขึ้น สามารถนำมาทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในระบบการผลิตไอน้ำ และกากส่ายังสามารถนำไปใช้ในการเกษตรได้โดยตรง โดยการปล่อยน้ำกากส่าเข้านาข้าวไร่อ้อย โดยตรง ซึ่งจะใช้ใส่ในฤดูแล้งหรือขณะที่นาข้าวอยู่หลังการเก็บเกี่ยว เป็นต้น (ไพจิตร กระจ่างหิน, 2552) เพื่อเพิ่มคุณค่าสารอาหารโดยเฉพาะไนโตรเจนและโพแทสเซียม เหมาะที่จะใช้กับพืชล้มลุกหรือไม้ยืนต้น เช่น ข้าว ข้าวโพด อ้อย มันสำหรับ ปาล์มน้ำมัน พืชผัก (ทัศนีย์ และคณะ, 2557)

1.4.1 สถานการณ์การผลิตกากส่า

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตเอทานอลมีการขยายตัวเพิ่มขึ้น ทำให้มีผลพลอยได้จากการผลิตเพิ่มมากขึ้น โดยผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมผลิตเอทานอลที่สำคัญ ได้แก่ น้ำกากส่า (spent wash liquor, SWL) ซึ่งมีปริมาณมากถึง 839,500 ลูกบาศก์เมตร/ปี (ปริศนะ และคณะ, 2561) และกากส่า (venasses powder, VP) จากโรงงานผลิตน้ำตาลซึ่งมีลักษณะเป็นผงสีน้ำตาลดำ เกิดจากกระบวนการกำจัดน้ำกากส่าที่มีค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์ และปริมาณโพแทสเซียมสูง โดยการนำไปเผาด้วยเครื่อง incinerator ซึ่งผลพลอยได้จากกระบวนการดังกล่าว สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในแง่การทดแทนปุ๋ยได้ (ThaiBev, 2557) กากส่าจากกระบวนการผลิตเอทานอล น้ำเสียกากส่าเป็นน้ำเสียหลักจากอุตสาหกรรมผลิตเอทานอล เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิต โดยน้ำเสียกากส่ามีสัดส่วนร้อยละ 44.3-93.0% ของน้ำเสียทั้งหมดที่เกิดขึ้นในโรงงานประเภทนี้ โดยน้ำเสียกากส่าเป็นน้ำเสียที่มีความสกปรกสูง ประกอบด้วย อินทรีย์วัตถุ ยีสต์ แอมโมเนีย ฟอสเฟต และกากน้ำตาลคงเหลือซึ่งแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับความนิยมของท้องถิ่นนั้นๆ โดยกากมันสำปะหลังนิยมใช้ในโรงงานซึ่งวัตถุดิบที่คือนึ่งในผลิตผลทางการเกษตรสำคัญที่ช่วยขับเคลื่อนเศรษฐกิจไทย เมื่อในปี 2564 ประเทศไทยผลิตมันสำปะหลังได้ถึง 30 ล้านตัน นับเป็นประเทศที่มีผลผลิตมันสำปะหลังเป็นอันดับสามของโลก แต่เมื่อมีผลผลิตมาก แน่นนอนว่าวัสดุเหลือหรือกากมันสำปะหลังจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลังก็ย่อมมีปริมาณมากเช่นกัน ในแต่ละปีมีกากมันสำปะหลังราว 12 ล้านตัน ที่ต้องบริหารจัดการให้เหมาะสม อีกทั้งกากตะกอนจากการบำบัดน้ำเสียของโรงงานแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งหากไม่มีการจัดการให้ถูกวิธีก็จะก่อให้เกิดมลพิษและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางด้าน (วรวิฑู, 2561) มีแนวคิดเพิ่มมูลค่าของเหลือทางการเกษตรเหล่านี้ให้เกิดประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมและห่วงโซ่อาหาร โดยได้ดำเนินการวิจัย "การผลิตปุ๋ยชีวภาพจากวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมการผลิตแป้งมันสำปะหลังด้วยหัวเชื้อจุลินทรีย์สูตรผสม"ขณะที่กากส่ามันสำปะหลัง สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยได้ ส่วนกากส่ามันสำปะหลังที่เหลือจากความต้องการในประเทศก็ส่งออกต่างประเทศ แต่เนื่องจากปริมาณกากส่ามันสำปะหลังมีเกินความต้องการของตลาด ทำให้ราคากากส่ามันสำปะหลังตกต่ำ ส่วนตะกอนดินที่เกิดจากระบบบำบัดน้ำเสียในการผลิตแป้งมันสำปะหลัง เมื่อนำไปกำจัดทิ้งด้วยการเผา การฝังกลบ และการทำปุ๋ยซากกากตะกอนเหล่านั้นอาจมีจุลินทรีย์ก่อโรคพืชได้

2. การประยุกต์ใช้ผลพลอยได้จากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง

ที่ผ่านมา มีรายงานเกี่ยวกับการนำผลพลอยได้มาใช้ประโยชน์ในแง่ปุ๋ยกับมันสำปะหลังค่อนข้างน้อย เช่น การใช้วัสดุอินทรีย์ผสมระหว่างผลพลอยได้จากโรงงานผงชูรสและซีเถ้าลอย (ธีรยุทธ และคณะ, 2560) กากตะกอนจากบ่อบำบัดน้ำเสีย (ณิชากร และคณะ, 2562) ปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตเอทานอลมีการขยายตัวเพิ่มขึ้น ทำให้มีผลพลอยได้จากการผลิตเพิ่มมากขึ้น โดยผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการผลิตเอทานอลที่สำคัญ ได้แก่ น้ำกากสำ (spent wash liquor, SWL) ซึ่งมีปริมาณมากถึง 839,500 ลูกบาศก์เมตร/ปี (ปรีศนะ และคณะ, 2561) และกากสำ (venasses powder, VP) จากโรงงานผลิตน้ำตาลซึ่งมีลักษณะเป็นผงสีน้ำตาลดำ เกิดจากกระบวนการกำจัดน้ำกากสำที่มีค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์ และปริมาณโพแทสเซียมสูง โดยการนำไปเผาด้วยเครื่อง incinerator ซึ่งผลพลอยได้จากกระบวนการดังกล่าว สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการทดแทนปุ๋ยได้ น้ำกากสำจากโรงงานแป้งมันสำปะหลังในจังหวัดขอนแก่น ชลบุรี ชัยภูมิ สระบุรี สุรินทร์ และอยุธยา ในปี 2529 พบว่าน้ำกากสำมีธาตุที่เป็นสารอาหารพืชหลายตัวแต่มีสมบัติที่น่าสังเกตคือความเป็นกรดและไนโตรเจนที่มีอยู่ในปริมาณสูง (ทิพวรรณ และคณะ, 2557) นอกจากนี้ ผลการศึกษาคุณภาพของน้ำกากสำสำหรับการปลูกมันสำปะหลัง ของนักวิชาการอีกหลายคนต่างแสดงให้เห็นว่าน้ำกากสำมีปริมาณเกลือคลอไรด์ และซัลเฟตของแร่ธาตุต่างๆ เช่น ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม ทองแดง สังกะสี เหล็ก มังกานีส และอินทรีย์วัตถุที่อ้อยต้องการเป็นจำนวนมากในปี 2552 มีรายงานผลการศึกษาคุณภาพและปริมาณของน้ำกากสำจากโรงงานแป้งมันสำปะหลังที่ยังไม่ผ่านการบำบัด พบว่ามีค่า pH 4.1-4.5 ค่า BOD 35,000-40,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่า COD (Chemical Oxygen Demand) 100,000-120,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนโตรเจน (N) = 1,500-2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ฟอสฟอรัส (P) = 150-200 มิลลิกรัมต่อลิตร โพแทสเซียม (K) = 3,500-8,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ทองแดง (Cu) = 2.3 มิลลิกรัมต่อลิตรของแข็งทั้งหมด (Total Solid, TS) = 80,000-120,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งผลพลอยได้จากกระบวนการดังกล่าว สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการทดแทนปุ๋ยได้

2.1 การประยุกต์ใช้กากสำมะยมสำหรับเป็นแหล่งธาตุอาหารโพแทสเซียมในมันสำปะหลัง

รุ่งนภา และคณะ (2566) ศึกษาการใช้ผลพลอยได้จากโรงงานน้ำตาลเป็นแหล่งโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 7 ตำรับทดลอง ผลการศึกษา พบว่า การใส่ผงกากสำมะยมอัตรา 64.15 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 21-0-0 และ 0-46-0 อัตรา 69.33 และ 8.52 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ($VP_{8\% K_2O}$, T_7) มีผลให้ความสูงต้นและค่าความเขียวของใบมันสำปะหลังมากที่สุด ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน และการเพิ่มปุ๋ยโพแทสเซียมอีก 100 เปอร์เซ็นต์จากอัตราเดิม ($CF_{DOA+K_{100\%}}$, T_4) การใส่ผงกากจากอัตรา 48.12 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 21-0-0 และ 0-46-0 อัตรา 71.05 และ 8.57 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ($VP_{6\% K_2O}$, T_6) และการใส่ปุ๋ยเคมีค่าวิเคราะห์ และการเพิ่มปุ๋ยโพแทสเซียมอีก 50 เปอร์เซ็นต์จากอัตราเดิม ($CF_{DOA+K_{50\%}}$, T_3) ขณะที่ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน หรือการใส่ผงกากสำมะยมร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี มีผลให้ผลผลิตหัวสด น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว ความกว้างและความยาวหัวสดเปอร์เซ็นต์แบ่งส่วนหัวสด ผลผลิตแบ่งต่อพื้นที่ ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่สะสมในส่วนหัวสดของมันสำปะหลังใกล้เคียงกัน และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม ($control_1$, T_1) ซึ่งมีผลให้ผลผลิตหัวสด น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว ความกว้างและความยาวหัวสดเปอร์เซ็นต์แบ่งส่วนหัวสด ผลผลิตแบ่งต่อพื้นที่ความเข้มข้นของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่สะสมในส่วนหัวสดของมันสำปะหลังน้อยที่สุด

ตารางที่ 2 ความเข้มข้นของ N, P และ K ทั้งหมดในรากมันสำปะหลังปลูก 12 เดือน

ทรีตเมนต์	ปริมาณไนโตรเจน ทั้งหมด (%)	ปริมาณฟอสฟอรัส ทั้งหมด (%)	ปริมาณโพแทสเซียม ทั้งหมด (%)
T ₁ = control	0.128 ^{b1/}	0.095 ^{b1/}	0.765 ^{d1/}
T ₂ = CF _{DOA}	0.326 ^a	0.271 ^a	1.328 ^c
T ₃ = CF _{DOA} +K _{50%}	0.330 ^a	0.276 ^a	1.395 ^b
T ₄ = CF _{DOA} +K _{100%}	0.336 ^a	0.281 ^a	1.483 ^a
T ₅ = VP _{4%} K _{2O}	0.328 ^a	0.274 ^a	1.331 ^c
T ₆ = VP _{6%} K _{2O}	0.333 ^a	0.278 ^a	1.396 ^b
T ₇ = VP _{8%} K _{2O}	0.338 ^a	0.283 ^a	1.489 ^a
F-test	**	**	**
C.V. (%)	11.23	10.36	11.12

^{1/}หมายถึง ภายในคอลัมน์เดียวกันตามด้วยตัวอักษรเดียวกันระบุว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติโดยใช้ DMRT
 *ระบุความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ (P<0.05) **ระบุความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ (P<0.01)

ที่มา: รุ่งนภา และคณะ (2566)

จากผลการทดลองข้างต้นให้ข้อสังเกตว่าดำรับการทดลองที่มีปริมาณธาตุอาหารหลัก (กิโกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่) เท่ากัน พบว่า ดำรับทดลองที่มีการใส่ผงกากสาคู่กับการใส่ปุ๋ยเคมีมีแนวโน้มให้การเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลังโดยภาพรวมดีกว่าต้นดำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้เป็นเพราะผงกากสามมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ กรดฮิวมิก ธาตุรอง และจุลธาตุเป็นส่วนประกอบจึงมีส่วนในการส่งเสริมให้มาสับหลังมีการเจริญเติบโตและผลผลิตที่ดีกว่าดำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว แสดงให้เห็นว่าผงกากสาคู่จากโรงงานสามารถใช้เป็นแหล่งของปุ๋ยโพแทสเซียม สำหรับมันสำปะหลังได้ แต่ต้องมีการใส่ธาตุอาหารไนโตรเจน และฟอสฟอรัสเพิ่มเติมเนื่องจากธาตุดังกล่าวมีปริมาณน้อยในผงกากสาคู่สำหรับข้อจำกัดผงกากสาคู่ที่มีสมบัติเป็นด่างจัดมากและค่าการนำไฟฟ้าที่สูงมาก แต่ในการทดลองนี้กลับพบว่า การใช้ผงกากสาคู่ไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลังทั้งนี้เป็นเพราะปริมาณผงกากสาคู่อาจจะไม่มากพอ (ช่วงอัตรา 30-65 กิโลกรัม/ไร่) ที่ส่งผลกระทบเชิงลบต่อการปลูกมันสำปะหลังในปีแรกได้

2.2 การประยุกต์ใช้กากส่ามันสำปะหลังเพื่อเป็นแหล่งธาตุอาหารไนโตรเจนในมันสำปะหลัง

Mutchima *et; al*, (2022) ศึกษาการตอบสนองผลผลิตมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ที่ปลูกใน Oxyaquic Paleustult ต่อเศษแป้งมันสำปะหลังและปุ๋ยไนโตรเจน โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วยอัตรา CSW 5 อัตรา (0 ตัน/เฮกตาร์, 6.25 ตัน/เฮกตาร์, 12.5 ตัน/เฮกตาร์, 25 ตัน/เฮกตาร์ หรือ 50 ตัน/เฮกตาร์) 6 อัตราของ N (0 กก./เฮกตาร์, 25กก./เฮกตาร์, 50 กก./เฮกตาร์, 75 กก./เฮกตาร์, 100 กก./เฮกตาร์ หรือ 125 กก./เฮกตาร์) ถูกนำไปใช้กับแผนย่อย การเติม CSW ในอัตรา 12.5 ตัน/เฮกตาร์ 25 ตัน/เฮกตาร์ หรือ 50 ตัน/เฮกตาร์ ส่งผลให้หัวสุดและผลผลิตแป้ง และปริมาณแป้งสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ CSW ที่ใช้ในอัตรา 50 ตัน/เฮกตาร์ ทำให้เกิดชีวมวลเหนือพื้นดิน ที่สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีดัชนีการเก็บเกี่ยวต่ำสุด การใช้ไนโตรเจน 75 กก./เฮกตาร์ หรือ 100 ตัน/เฮกตาร์ จะทำให้ผลผลิตหัวสุดและแป้งสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ผลผลิตหัวสุดและแป้งที่สูงที่สุด ตามลำดับได้มาจากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน 75 กก./เฮกตาร์และ CSW 12.5 ตัน/เฮกตาร์ ในการปรับปรุง ดินความเข้มข้นของใน P, Ca, Mg, S และ Zn ในหัวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยยะสำคัญ เมื่อเพิ่ม CSW นอกจากนี้ CSW ยังช่วยเพิ่มสารอาหารที่เก็บเกี่ยวไว้ในดินชั้นบนอย่างมีนัยสำคัญหลังจากปลูกมันสำปะหลัง

ตารางที่ 3 ผลของกากแป้งมันสำปะหลังแรมปุ๋ยไนโตรเจนต่อผลผลิตมันสำปะหลังและส่วนประกอบของพืช

Teratment	FTY (t/ha)	STC (%)	STY (t/ha)	LW (t/ha)	SW (t/ha)	BW (t/ha)	ABG (t/ha)	HI	SURV (%)
Main plot: rate of cassava starch waste ^{1/}									
CSW0	26.70 ^b	21.03 ^b	5.71 ^b	5.74 ^c	3.67 ^c	3.14 ^c	12.55 ^c	0.68 ^{bc}	93.7 ^{ab}
CSW1	28.25 ^b	21.92 ^b	6.26 ^b	6.63 ^{bc}	4.72 ^b	3.67 ^{bc}	15.01 ^b	0.66 ^c	96.5 ^a
CSW2	38.01 ^a	24.29 ^b	9.24 ^a	6.55 ^{bc}	5.07 ^{ab}	4.16 ^{ab}	15.78 ^b	0.71 ^a	93.0 ^{ab}
CSW3	37.65 ^a	23.59 ^b	8.85 ^a	7.36 ^{ab}	5.48 ^{ab}	3.96 ^{ab}	16.81 ^{ab}	0.69 ^{ab}	94.4 ^a
CSW4	38.65 ^a	24.33 ^b	9.41 ^a	7.98 ^a	5.66 ^a	4.44 ^a	18.08 ^a	0.68 ^{bc}	88.9 ^b
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	*
Subplot: rate of nitrogen fertilizer ^{1/}									
N0	27.16 ^c	22.7	6.28 ^c	5.25 ^c	3.53 ^c	2.95 ^c	11.73 ^d	0.70 ^{ab}	94.2
N1	34.39 ^b	22.4	7.82 ^b	6.23 ^b	4.50 ^b	3.57 ^{bc}	14.30 ^c	0.71 ^a	94.2
N2	32.01 ^b	22.4	7.35 ^{bc}	6.33 ^b	4.59 ^b	3.94 ^b	14.86 ^{bc}	0.68 ^{abc}	92.5
N3	39.81 ^a	23.6	9.51 ^a	7.82 ^a	5.05 ^b	4.05 ^b	16.93 ^b	0.69 ^{ab}	95.8
N4	38.43 ^a	23.7	9.08 ^a	8.10 ^a	6.47 ^a	4.88 ^a	19.45 ^a	0.67 ^{ab}	94.2
N5	31.34 ^b	23.4	7.32 ^{bc}	7.38 ^a	5.39 ^b	3.85 ^b	16.62 ^b	0.66 ^c	89.1
Interaction: rate of cassava starch waste x rate of nitrogen fertilizer ^{2/}									
F-test	**	**	**	ns	ns	ns	ns	**	ns
C.V. (%)	18.3	9.5	20.6	22.2	29.7	30.6	21.7	6.4	8.8

^{1/ 2/} ns = ไม่มีนัยสำคัญ *ระบุความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ (P<0.05), **ระบุความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ (P<0.01) ^{a,b,c}ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในกลุ่มนี้บ่งบอกถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญตามการทดสอบหลายช่วงของ Duncan ที่ (P<0.05) SW = เศษแป้งมันสำปะหลัง, CSW0 = 0 ตัน/เฮกตาร์, CSW1 = 6.25 ตัน/เฮกตาร์, CSW2 = 1.25 ตัน/เฮกตาร์, CSW3 = 25 ตัน/เฮกตาร์, CSW4 = 50 ตัน/เฮกตาร์, N = ปุ๋ยไนโตรเจน, N0 = 25 กก./เฮกตาร์N, N2 = 50 กก./เฮกตาร์N, N3 = 75 กก./เฮกตาร์N, N4 = 100 กก./เฮกตาร์N, N5 =125 กก./เฮกตาร์N, FTY = ผลผลิตหัวสด, STC = ปริมาณแป้ง, STY = ผลผลิตแป้ง, LW = น้ำหนักใบ, SW = น้ำหนักลำต้น, BW = น้ำหนักมาตรฐานลำต้น, ABG = ชีวมวลเหนือพื้นดิน, HI = การเก็บเกี่ยวดัชนี, SURV = อัตราการรอดชีวิต

ที่มา: Mutchima *et al*, (2022)

จากผลการทดลองข้างต้นให้ข้อสังเกตว่า การใช้กากแป้งมันสำปะหลังในอัตรา 50 ตัน/เฮกตาร์ สูงอัตราการผลิตต่ำที่สุด 88.9% อาจเป็นเพราะการใช้ขยะอินทรีย์อย่างหนักทำให้เกิดการติ่งไนโตรเจน และการสลายตัวของขยะนี้ ทำให้อุณหภูมิดินเร็วเกินไปในระยะแรกของการเจริญเติบโต อย่างไรก็ตาม จำนวนของมันสำปะหลัง/ตันและจำนวน ตันมันสำปะหลัง/เฮกตาร์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การใช้กากแป้งมันสำปะหลังและปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณสูงส่งผลให้ดัชนีการเก็บเกี่ยวต่ำที่สุด ที่มีการเจริญเติบโตทางพืชเข้มข้นมากขึ้นแต่การเจริญเติบโตของหัวเล็ก เห็นได้ชัดว่าการแก้ไขดินด้วยกากมันสำปะหลังในอัตรา 25 ตัน/เฮกตาร์ และ 50 ตัน/เฮกตาร์ ส่งผลให้ดัชนีการเก็บเกี่ยวเศษส่วนของน้ำหนักหัวและมวลรวมมวลลดลงอย่างมีนัยยะสำคัญอย่างมาก เมื่อใช้ในโตรเจนในอัตรา 100 กิโลกรัม/เฮกตาร์ และ 125 กิโลกรัม/เฮกตาร์ อาจเกิดจากการปล่อยไนโตรเจนมากเกินไปจากของเสียพร้อมกับไนโตรเจนจากปุ๋ยเคมีโดยทั่วไปประสิทธิภาพของผลผลิตของมันเป็นไปตามรูปแบบเดียวกันกับมวลชีวภาพเนื้อดิน ข้อมูลที่ได้จากแปลงย่อยที่มีอัตราไนโตรเจนต่างกันอย่างสูงกว่าการที่ไม่ได้รับปุ๋ยอย่างมีนัยสำคัญอีกด้วยการใช้ไนโตรเจนในอัตรา 75 กิโลกรัม/เฮกตาร์ มีนัยสำคัญอย่างมากส่งผลให้หัวมันสำปะหลังสดและแป้งได้ผลผลิตสูงสุดที่ 39.81 ตัน/เฮกตาร์ และ 9.51 ตัน/เฮกตาร์ ตามลำดับ แม้ว่าทางสถิติปริมาณนี้จะไม่แตกต่างจากที่ใช้อัตราที่แนะนำ 100 กิโลกรัม/เฮกตาร์ ของไนโตรเจนซึ่งให้ผลผลิต 38.43 ตัน/เฮกตาร์ แต่อัตราหลังกลับสร้างมวลชีวมวลเนื้อ สูงสุดที่ 19.45 ตัน/เฮกตาร์ แทนยิ่งไปกว่านั้นผลผลิตที่ได้ต่ำกว่าเมื่ออัตราไนโตรเจนที่ใช้คือ 125 กิโลกรัม/เฮกตาร์ หรือ 1.25 เท่าของอัตราที่แนะนำ

2.3 การประยุกต์ใช้กากน้ำมันสำปะหลังเพื่อเป็นแหล่งธาตุอาหารฟอสฟอรัสในมันสำปะหลัง

ณัฐวดี และคณะ (2565) ศึกษาผลของการใช้ประโยชน์ผลพลอยได้จากโรงงานผลิตเอทานอล 2 ชนิด คือ น้ำกากล่า (spent wash liquor, SWL) และน้ำบำบัด (treated waste water, TWW) ต่อ การเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในชุดดิน กำแพงแสน โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 11 ดำรับทดลอง ผล การศึกษา พบว่า การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินรวมกับการใช้น้ำกากล่าอัตรา 20 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ และ น้ำบำบัดอัตรา 20 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ($CF_{DOA} + SWL_{20\ m3} + TWW_{20\ m3}$, T_{10}) มีผลให้ความสูงต้น น้ำหนัก เฉลี่ยต่อหัว และความกว้างหัวสดของมันสำปะหลังมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน รวมกับการใช้น้ำกากล่าอัตรา 10 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ และน้ำบำบัดอัตรา 10 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ($CF_{DOA} + SWL_{10\ m3} + TWW_{10\ m3}$, T_9) และการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินรวมกับการใช้น้ำกากล่าอัตรา 20 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ($CF_{DOA} + SWL_{20\ m3}$, T_3) นอกจากนี้ $CF_{DOA} + SWL_{20\ m3} + TWW_{20\ m3}$ (T_{10}) มีผลให้ ผลผลิตหัวสด และเปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสดของมันสำปะหลังมากที่สุด ไม่แตกต่างกับ $CF_{DOA} + SWL_{10\ m3} + TWW_{10\ m3}$ (T_9), $CF_{DOA} + SWL_{20\ m3}$ (T_3) การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินรวมกับการใช้น้ำกากล่า อัตรา 40 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ และน้ำบำบัดอัตรา 40 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ($CF_{DOA} + SWL_{40\ m3} + TWW_{40\ m3}$, T_{11}) การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินรวมกับการใช้น้ำกากล่าอัตรา 40 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ($CF_{DOA} + SWL_{40\ m3}$, T_4) การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินรวมกับการใช้น้ำบำบัดอัตรา 80 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ($CF_{DOA} + SWL_{80\ m3}$, T_8) และการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินรวมกับการใช้น้ำบำบัดอัตรา 40 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ($CF_{DOA} + SWL_{40\ m3}$, T_7) $CF_{DOA} + SWL_{20\ m3} + TWW_{20\ m3}$ (T_{10}) มีผลให้ผลผลิตแป้งต่อพื้นที่ ความเข้มข้น ของธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่สะสมในส่วนหัวสดของมันสำปะหลังมากที่สุด ไม่แตกต่างกับ $CF_{DOA} + SWL_{10\ m3} + TWW_{10\ m3}$ (T_9)

ตารางที่ 5 ความเข้มข้นของ N, P และ K ทั้งหมดในรากมันสดมันสำปะหลังหลังปลูก 12 เดือน

ทรีตเมนต์	ปริมาณไนโตรเจน ทั้งหมด (%)	ปริมาณ ฟอสฟอรัส ทั้งหมด (%)	ปริมาณ โพแทสเซียม ทั้งหมด (%)
T ₁ = control	0.123 ^{h1/}	0.074 ^{f1/}	0.678 ^{h1/}
T ₂ = CF _{DOA}	0.208 ^{fg}	0.098 ^e	1.312 ^f
T ₃ = CF _{DOA} +SWL _{20 m3}	0.231 ^{abc}	0.163 ^b	1.480 ^b
T ₄ = CF _{DOA} +SWL _{40 m3}	0.223 ^{bcde}	0.132 ^c	1.463 ^{bc}
T ₅ = CF _{DOA} +SWL _{80 m3}	0.200 ^g	0.093 ^e	1.284 ^g
T ₆ = CF _{DOA} +TWW _{20 m3}	0.216 ^{ef}	0.118 ^d	1.428 ^e
T ₇ = CF _{DOA} +TWW _{40 m3}	0.217 ^{def}	0.122 ^{cd}	1.432 ^{de}
T ₈ = CF _{DOA} +TWW _{80 m3}	0.220 ^{cde}	0.128 ^{cd}	1.451 ^{cd}
T ₉ = CF _{DOA} +SWL _{10 m3} +TWW _{10 m3}	0.233 ^{ab}	0.176 ^a	1.483 ^{ab}
T ₁₀ = CF _{DOA} +SWL _{20 m3} +TWW _{20 m3}	0.235 ^a	0.180 ^a	1.502 ^a
T ₁₁ = CF _{DOA} +SWL _{40 m3} +TWW _{40 m3}	0.228 ^{abcd}	0.154 ^b	1.472 ^{bc}
F-test	**	**	**
C.V. (%)	12.95	11.79	12.49

^{1/}หมายถึง ภายในคอลัมน์เดียวกันตามด้วยตัวอักษรเดียวกันระบุว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติโดยใช้ DMRT

**ระบุความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ (P<0.01)

ที่มา: ญัฐวุฒิ และคณะ (2565)

จากผลการทดลองทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้น ให้ข้อสังเกตว่า การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ร่วมกับการใส่น้ำกากส่าและน้ำที่ผ่านการบำบัด ($CF_{DOA} + SWL_{20\ m3} + TWW_{20\ m3}$ และ $(CF_{DOA} + SWL_{10\ m3} + TWW_{10\ m3}, T_{10})$) มีแนวโน้มการเจริญเติบโตผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลัง ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใส่น้ำกากส่า การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใส่น้ำที่ผ่านการบำบัด และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว ตามลำดับทั้งนี้เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์สมบัติบางประการของน้ำกากส่า และน้ำที่ผ่านการบำบัด พบว่า มีปริมาณธาตุอาหารฟอสฟอรัสต่ำ แสดงให้เห็นว่าระบบการบำบัดของเสียของโรงงานผลิตเอทานอลมีประสิทธิภาพสูง จึงมีปริมาณธาตุอาหารออกมาน้อยมากจนถึงระดับที่ไม่สามารถตรวจวัดได้ โดยเฉพาะในกรณีของน้ำที่ผ่านการบำบัด นอกจากนี้ ดำรับทดลองที่มีการใส่น้ำกากส่าอย่างเดียวใน อัตราสูง (80 ลูกบาศก์เมตร/ไร่) จะมีผลให้การเจริญเติบโตผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของ มันสำปะหลังน้อยกว่าการใส่น้ำกากส่าอย่างเดียวในอัตราที่ต่ำกว่า (40 และ 20 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ตามลำดับ) ทั้งนี้เป็นเพราะน้ำกากส่ามีค่า pH ที่เป็นกรดรุนแรงมาก (extremely acid) และค่าการนำไฟฟ้าที่อยู่ในระดับเค็มมากที่สุด (- 16 aS/m) ดังนั้น การนำน้ำที่ผ่านการบำบัดผสมร่วมกับน้ำกากส่าจะ ช่วยลดข้อจำกัดในด้านค่า pH และค่าการนำไฟฟ้าของน้ำกากส่าได้ อีกทั้งยังสามารถใช้เพื่อทดแทนน้ำชลประทานได้อีกด้วย

สรุป

การศึกษาการใช้กากส่ามันสำปะหลังที่เกี่ยวข้องกับการเติมธาตุอาหารให้มันสำปะหลังส่งผลให้หัวมันสำปะหลังสดและผลผลิตแป้ง ส่วนประกอบของพืช การสะสมสารอาหารที่อยู่ในดินสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับการควบคุมโดยไม่ใช้กากส่ามันสำปะหลังนี้ มีผลให้ผลผลิตของหัวสด น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว ความกว้างและความยาวหัวสด เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสด ผลผลิตแป้งต่อพื้นที่ความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่สะสมในหัวมันสดของมันสำปะหลังใกล้เคียงกันที่ 8.52 กิโลกรัม/ไร่ เมื่อเปรียบเทียบกับต้นตำรับควบคุม (Control, T) ที่ 8.57 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งมีผลให้ผลผลิตส่วนน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว ความกว้างและความยาวของหัวสด เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสด และผลผลิตต่อพื้นที่ความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่สะสมในหัวสดของมันสำปะหลังน้อยที่สุด สำหรับการใช้กากส่ามันสำปะหลังเติมธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่สูงที่สุด คือ 0.338, 0.283, 1.489 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับต้นตำรับควบคุม (Control, T) คือ 0.128, 0.095, 0.765 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้กากส่ามันสำปะหลัง ในการเพิ่มธาตุอาหารของมันสำปะหลัง เป็นแนวทางที่ยั่งยืนและทางเลือกที่ดี ให้กับเกษตรกรผู้สนใจลดการใช้ปุ๋ยเคมี และส่งผลให้มีผลผลิตที่ยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2553. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 100 น.
- จิราภรณ์ โล่ห์วงศ์วัฒน. 2525. การผลิตกรดซิตริกจากกากมันสำปะหลังโดยใช้เชื้อ *Aspergillus niger*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, 120 น.
- นิชากร ทองมี, ชัยสิทธิ์ ทองจู, ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย, สิริินภา ช่วงโอภาส, เกวลิน ศรีจันทร์, อัญธิชา พรหมเมืองคุก, สุชาดา กรุณา, ศิริสุดา บุตรพรหม, ชาลินี คงสุด, ธรรมธวัช แสงงามและธีรยุทธ คล้าชื่น. 2562. ผลของปุ๋ยอินทรีย์จากศูนย์ปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียของสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลังวารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ 2 (2): 91-105.
- ณัฐวุฒิ อ่อนเฉียบ, ชัยสิทธิ์ ทองจู, ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย, อัญธิชา พรหมเมืองคุก, และธีรยุทธคล้าชื่น. 2565. ใช้ประโยชน์ผลพลอยได้จากโรงงานผลิตเอทานอลต่อการเจริญเติบโตผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน 5 (2): 1-27
- ดาวฤกษ์บุญศิริ. 2561. แนวทางการลดของเสียจากผลผลิตโดยการประยุกต์ใช้ระบบการบริหารงานแบบญี่ปุ่นกรณีศึกษาบริษัทดาราเม็ด (ประเทศไทย) จำกัด. วิทยานิพนธ์ปริญญาอุตสาหกรรมมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2551
- ทิพวรรณ แก้วหนู, ชัยสิทธิ์ ทองจู, ธงชัย มาลา, ศุภชัย อำคา, วิภาวรรณ ท้ายเมือง, ชาลินี คงสุด, ธีรยุทธ คล้าชื่น, ปิยพงศ์ เขตปิยะรัตน์ และศิริสุดา บุตรพรหม. 2557. ผลของวัสดุอินทรีย์ผสมจากกากตะกอนยีสต์และน้ำวีเนส ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลัง, หน้า 53-56 ในการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์เกษตร ครั้งที่ 11 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ, นครปฐม.
- ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และจงรักษ์ จันทรเจริญสุข. 2557. แบบฝึกหัด และคู่มือปฏิบัติการและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 108 น.
- ธีรยุทธ คล้าชื่น, ชัยสิทธิ์ ทองจู, ทศพล พรพรหม และธวัชชัย อินทร์บุญช่วย, 2560. ผลของวัสดุอินทรีย์ผสมจากคอกโรงงานผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยต่อผลผลิตของมันสำปะหลัง และสมบัติของดิน. วารสารแก่นเกษตร 45 (4): 711-720.

ปรีศนะ จันทรลา, ประดิพัทธ์ บำรุงศรี และอภิสิทธิ์ คล้ายนิล. 2561. สรุปการศึกษาดูงาน ณ โรงงานเอทานอลมิตรมิตรผล ไบโอฟูเอ (ด้านข้าง), ปราจีนบุรี.

ไพจิตร กระจ่างหิน. 2552. การใช้ประโยชน์จากน้ำกากส่าเพื่อผลิตแก๊สไฮโดรเจน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ยงยุทธ โอสถสสา. 2552. หลักการผลิตและการใช้ปุ๋ย. สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิชย์, กรุงเทพฯ. 274 น.

รุ่งนภา จำปาทอง, ชัยสิทธิ์ ทองจุ, ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย, อัญธิชา พรหมเมืองคุก, จุฑามาศ ร่มแก้ว, พงษ์เพชร พงษ์ศิริวาทย์, ณัฏชา ศรทริญ และธีรยุทธ คล้าสิน. 2566. การใช้ผลพลอยได้จากโรงงานน้ำตาลเป็นแหล่งโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลัง 2 (2): 112-123

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2564. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2562-2564. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 242 น.

Mutchima Phum-iam, Somchai Anusontpornperm, Suphicha Thanachit,

Irb Kheorueneomne. 2018. Yield response of cassava Huay Bong 80 variety grown in an Oxyaquic Paleustult to cassava starch waste and nitrogen fertilizer. Agriculture and Natural Resources, 573-580

ThaiBev. 2557. การบริหารจัดการน้ำเสีย (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล :

<http://www.ThaiBev.com/th08/aboutus.aspx?sublv1glD=39>, (19 พฤศจิกายน 2565).

Thongjoo, C., S. Miyagawa and N. Kawakubo. 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.