ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการจัดการทางดิน)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการจัดการทางดิน ปฐพีวิทยา

สาขา **ภาควิชา**

เรื่อง การใช้ประโยชน์ของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานผลิตเอทานอลเพื่อเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลัง

Utilization of Waste Materials from Ethanol Factory for Increasing Yield of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz)

นามผู้วิจัย นายพงษ์นรินทร์ นิ่มนวล

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัยสิทธิ์ ทองจู, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(อาจารย์ศุภชัย อำคา, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปิยะ กิตติภาดากุล, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์, วท.ม.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การใช้ประโยชน์ของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานผลิตเอทานอลเพื่อเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลัง

Utilization of Waste Materials from Ethanol Factory for Increasing Yield of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz)

โดย

นายพงษ์นรินทร์ นิ่มนวล

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการจัดการทางดิน)

พ.ศ. 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พงษ์นรินทร์ นิ่มนวล 2557: การใช้ประโยชน์ของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานผลิตเอทานอลเพื่อเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลัง ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการจัดการทางดิน) สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการจัดการทางดิน ภาควิชาปฐพีวิทยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัยสิทธิ์ ทองจู, Ph.D. 65 หน้า

ศึกษาการใช้ประโยชน์ของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานผลิตเอทานอลเพื่อเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ผลการทดลอง พบว่า การใส่วัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ มีผลให้ความสูงต้น จำนวนกิ่งต่อต้น ผลผลิตหัวสด และเปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลังโดยภาพรวมมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 2,400 กก./ไร่ ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ความสูงต้น จำนวนกิ่งต่อต้น ผลผลิตหัวสด และเปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลังน้อยที่สุด นอกจากนี้ การใส่วัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ธาตุฟอสฟอรัส และธาตุโพแทสเซียมสะสมในผลผลิตหัวสดมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 2,400 กก./ไร่ และการใส่วัสดุผสมอัตรา 2,400 กก./ไร่ ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ธาตุฟอสฟอรัส และธาตุโพแทสเซียมสะสมในผลผลิตหัวสดน้อยที่สุด

ภายหลังการทดลอง พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่วัสดุผสมอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว รวมทั้งตำรับควบคุม (control) มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินดังนี้ คือ ค่า pH อยู่ในระดับเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกลาง ค่า EC_e ของดินอยู่ในระดับที่ไม่เค็ม ปริมาณอินทรียวัตถุในดินอยู่ในระดับต่ำถึงระดับค่อนข้างต่ำ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับสูงมาก ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินอยู่ในระดับปานกลาง ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินอยู่ในระดับสูง และปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Pongnarin Nimnual 2014: Utilization of Waste Materials from Ethanol Factory for Increasing Yield of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Master of Science (Soil Science and Management Technology), Major Field: Soil Science and Management Technology, Department of Soil Science. Thesis Advisor: Assistant Professor Chaisit Thongjoo, Ph.D. 65 pages.

The aim of this study was to investigate the utilization of waste materials from ethanol factory for increasing yield of cassava *var.* Huay Bong 80. The experimental design was a randomized complete block (RCBD). The study revealed that the application of yeast cake and vinasses effluent mixture of 1,200 kg/rai in combination with chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 1,200 kg/rai of the mixture has resulted in the highest plant height, branch/plant, fresh root yields and starch contents comparable to the applications of chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 2,400 kg/rai of the mixture. While the control treatment has resulted in the lowest plant height, branch/plant, fresh root yields and starch contents. Further, the application of yeast cake and vinasses effluent mixture of 1,200 kg/rai in combination with chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 1,200 kg/rai of the mixture has resulted in the highest concentrations of N, P and K in cassava root, which were not different from the applications of chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 2,400 kg/rai of the mixture and of the mixture of 2,400 kg/rai. While the control treatment gave the lowest concentrations of N, P and K in cassava root.

After experiment, it was found that all treatments that applied chemical fertilizers or yeast cake and vinasses mixture both single use or in combination with chemical fertilizers as well as the control treatment effected on chemical properties of soil: a) soil pH was moderately acid to neutral; b) the electrical conductivity (EC_e) of soil was non-saline; c) the organic matter of soil was low to moderately low; d) the available P of soil was very high; e) the exchangeable K of soil was moderate; f) the exchangeable Ca of soil was high; and g) the exchangeable Mg of soil was low to moderate.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัยสิทธิ์ ทองจู อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก อาจารย์ ดร. ศุภชัย อำคา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปิยะ กิตติภาดากุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ช่วยให้คำแนะนำ และให้ความช่วยเหลือในทุกๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นเรื่องการเรียน การทำวิทยานิพนธ์ และเรื่องทักษะการแก้ไขปัญหาที่พบในงานวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้กับข้าพเจ้าเป็นอย่างดี ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. กนกกร สินมา ประธานการสอบ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ขวัญชัย คูเจริญไพศาล ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ให้คำแนะนำ และตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ โครงการพัฒนาวิชาการระหว่างห้างหุ้นส่วนจำกัดโรงงานผลิตปุ๋ยเยื่อแม้นพงศ์ และภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านเงินทุนวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณบริษัท น้ำตาลไทยเอทานอล จำกัด และบริษัท ริช แอนด์ กรีน จำกัด ที่เอื้อเฟื้อวัสดุเหลือใช้จากโรงงานผลิตเอทานอลสำหรับการวิจัยประกอบวิทยานิพนธ์ รวมทั้งบริษัท วาย.วี.พี เฟอร์ติไลเซอร์ จำกัด ที่สนับสนุนปุ๋ยเคมีตลอดระยะการวิจัย

ท้ายสุดนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อสมศักดิ์ และคุณแม่สุคนธ์ นิ่มนวล รวมทั้งอีกหลายท่านที่ไม่ได้กล่าวนามมา ณ ที่นี้ ซึ่งเป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัยประกอบวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

พงษ์นรินทร์ นิ่มนวล

กุมภาพันธ์ 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	18
อุปกรณ์	18
วิธีการ	21
ผลและวิจารณ์	29
สรุปและข้อเสนอแนะ	55
สรุป	55
ข้อเสนอแนะ	57
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	58
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	65

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	พื้นที่เพาะปลูก ผลผลิต และปริมาณเศษเหลือของพืชบางชนิด ในปีการเพาะปลูก 2555	8
2	จำนวนสัตว์ และปริมาณมูลสัตว์บางชนิด ในปีการเพาะเลี้ยง 2555	9
3	ปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่ได้จากโรงงานอุตสาหกรรมแต่ละชนิดในประเทศไทย	10
4	สมบัติทางเคมีและฟิสิกส์บางประการของดินก่อนการทดลอง	18
5	สมบัติทางเคมีบางประการของวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัส (อัตราส่วน 2 : 3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) ก่อนการทดลอง	19
6	รายละเอียดการใส่ปุ๋ยเคมีและวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัส	23
7	ความสูงต้นของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ที่อายุต่างๆ	30
8	จำนวนกิ่งต่อต้นของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ที่อายุต่างๆ	31
9	น้ำหนักสดส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ที่อายุ 12 เดือน	32
10	ผลผลิตหัวสด จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้น และน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ที่อายุ 12 เดือน	35
11	ความกว้างของหัวและความยาวของหัวมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ที่อายุ 12 เดือน	36
12	เปอร์เซ็นต์แป้งและปริมาณแป้งต่อพื้นที่ของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ที่อายุ 12 เดือน	37
13	ค่าดัชนีเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ที่อายุ 12 เดือน	38
14	ปริมาณความเข้มข้นธาตุอาหารในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ที่อายุ 12 เดือน	41
15	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC_e) และปริมาณอินทรียวัตถุ (organic matter) ของดิน ภายหลังการปลูกมันสำปะหลังเป็นระยะเวลา 1 ปี	44

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
16	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (avail. P) และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exch. K) ของดิน ภายหลังการปลูกมันสำปะหลังเป็นระยะเวลา 1 ปี	46
17	ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exch. Ca) และปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exch. Mg) ของดิน ภายหลังการปลูกมันสำปะหลังเป็นระยะเวลา 1 ปี	48
18	ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับวัสดุผสมและปุ๋ยเคมี (A_1) สำหรับการปลูกมันสำปะหลัง	50
19	ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการจัดการอื่นๆ รวมทั้งการเก็บเกี่ยวผลผลิต (A_2) สำหรับการปลูกมันสำปะหลัง	51
20	ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด ($A = A_1+A_2$) สำหรับการปลูกมันสำปะหลัง	52
21	รายได้ทั้งหมด (B) จากการการปลูกมันสำปะหลังในแต่ละตำรับทดลอง	53
22	กำไรสุทธิ (C) จากการการปลูกมันสำปะหลังในแต่ละตำรับทดลอง	54

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กระบวนการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล	12

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การใช้ประโยชน์ของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานผลิตเอทานอล เพื่อเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลัง

Utilization of Waste Materials from Ethanol Factory for Increasing Yield of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz)

คำนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญอย่างมากชนิดหนึ่งของประเทศไทย มีความสำคัญรองจากข้าว ยางพารา และอ้อย สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2556) รายงานว่าในปี พ.ศ. 2555 ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังเป็นอันดับที่ 4 ของโลก โดยมีพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 9.25 ล้านไร่ มีพื้นที่เก็บเกี่ยวประมาณ 8.60 ล้านไร่ ได้ผลผลิตหัวมันสดประมาณ 29.41 ล้านตัน คิดเป็นผลผลิตเฉลี่ยต่อพื้นที่ประมาณ 3.41 ตัน/ไร่ ปัจจุบันมันสำปะหลังได้กระจายการปลูกเกือบทุกภูมิภาคของประเทศไทย เนื่องจากการขยายตัวของการส่งออกเพื่อเป็นอาหารสัตว์ในกลุ่มประเทศสหภาพยุโรป และการเปิดตลาดกับประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน ซึ่งเป็นสมาชิกองค์การการค้าโลก ทำให้มีโอกาสขยายการส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังไปยังประเทศจีนได้มากขึ้น นอกจากนี้ รัฐบาลไทยได้อนุมัติและสนับสนุนการสร้างโรงงานผลิตเอทานอลเพื่อใช้ทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 ส่งผลให้ความต้องการผลผลิตหัวสดมันสำปะหลังในปัจจุบันและอนาคตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (ธีรยุทธ และคณะ, 2555)

โรงงานอุตสาหกรรม โดยมากมักมีวัสดุเหลือใช้ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปทางการเกษตร เช่น กากตะกอนเยื่อกระดาษ ขี้เถ้าลอย และเปลือกไม้ จากโรงงานเยื่อกระดาษ กากตะกอนน้ำเสียจากโรงงานผลิตสุรา กากตะกอนยีสต์ (yeast cake) และน้ำวีนัส (vinasses effluent) จากโรงงานผลิตเอทานอล กากมะพร้าวจากโรงงานผลิตน้ำมันมะพร้าว เป็นต้น โดยวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวมีการนำกลับไปใช้ประโยชน์ค่อนข้างน้อย จึงมักถูกทิ้งไว้ในแหล่งผลิตหรือบริเวณข้างเคียง ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหากระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางดิน น้ำ และอากาศในระยะยาวได้ (Thongjoo *et al*., 2005) จึงเกิดแนวคิดว่าหากมีการนำกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัส ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากโรงงานผลิตเอทานอล มาทำการศึกษาสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์บางประการและหาแนวทางการใช้ประโยชน์ในแง่การทดแทนปุ๋ย หรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี โดยพิจารณาจากผลของวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวที่มีต่อการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เจริญเติบโตและการเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลัง รวมถึงผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์บางประการของดินในระยะยาว ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพิจารณานำวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวมาใช้ให้เกิดประโยชน์ หรือเพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือใช้ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม อีกทั้งยังเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับเกษตรกรที่ปลูกมันสำปะหลังในบริเวณใกล้เคียงกับแหล่งของวัสดุเหลือใช้ซึ่งเป็นการช่วยลดมลภาวะที่อาจเกิดจากวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวในระยะยาวได้อีกด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอัตราการใส่ที่เหมาะสมของวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัสที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80

2. เพื่อศึกษาผลของการใช้วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัสที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีบางประการของดินภายหลังการทดลอง

3. เพื่อเปรียบเทียบผลกำไรสุทธิสำหรับการผลิตมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ในแต่ละตำรับทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

1. ลักษณะทั่วไปของมันสำปะหลัง

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* Crantz) จัดอยู่ในวงศ์ Euphobiaceae เป็นไม้พุ่มที่มีอายุอยู่ได้หลายปี (shrubby perennial crop) ความสูงของต้นมันสำปะหลังจะแตกต่างกันตามชนิดของพันธุ์ และสภาพแวดล้อม ใบมันสำปะหลังเป็นแบบ simple leaf แผ่นใบ (lamina) ประกอบด้วยแฉกใบ (lobe) ลึกแบบรูปมือ (palmate) ตามปกติมีใบ 3-9 ใบ แฉกใบที่อยู่ใกล้ช่อดอกมีขนาดเล็กและมีจำนวนน้อย มีเพียง 1-3 แฉก รูปร่างของแฉกใบจะแตกต่างกันในแต่ละพันธุ์ มันสำปะหลังเป็นพืชที่มีทั้งดอกตัวผู้ (staminate flower) และดอกตัวเมีย (pistillate flower) เรียกว่า monoecious plant อยู่กันคนละดอก แต่อยู่ในช่อดอกเดียวกัน ช่อดอกเป็นแบบ panicle ช่อดอกเกิดที่จุดที่แตกกิ่งที่ยอดของต้น (apical branch) ดังนั้น พันธุ์ที่ไม่แตกกิ่งจึงไม่มีช่อดอก ส่วนผลของมันสำปะหลังเป็นแบบ capsule มันสำปะหลังมีระบบรากแบบ adventitious root คือ มีรากจริง (true หรือ wiry roots) และรากสะสม (modified หรือ storage roots) รากจริงจะเจริญเติบโตไปทางด้านลึกมากกว่าด้านข้าง ทำหน้าที่เป็นรากยึดเหนี่ยวและหาอาหารให้แก่ต้น ส่วนรากสะสมจะเจริญเติบโตไปในทางด้านข้างรอบๆ ต้น (โสภณ , 2526; Alfredo Augusto Cunha Alves, 2002) มันสำปะหลังเป็นพืชที่เก็บสะสมอาหารในรูปของคาร์โบไฮเดรตหรือแป้งไว้ในราก โดยทั่วไปหัวมันสำปะหลังที่มีอายุ 12 เดือนที่ได้รับปริมาณน้ำฝนเพียงพอและไม่มีฝนตกชุกขณะเก็บเกี่ยว จะมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแป้งถึงร้อยละ 70-80 ดังนั้น อาจกล่าวได้ว่ามันสำปะหลังเป็นพืชที่สำคัญชนิดหนึ่งที่เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ให้พลังงานแก่คนและสัตว์ได้ดีที่สุด

มันสำปะหลังเป็นพืชหัวที่มีแหล่งกำเนิดอยู่ในเขตประเทศละตินอเมริกา เป็นพืชชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพในการผลิตคาร์โบไฮเดรตสำหรับประชากรโลกในเขตร้อน (Kawano, 1980) บริเวณที่ปลูกมันสำปะหลังจะอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 30 องศาเหนือ ถึง 30 องศาใต้ แต่บริเวณที่ปลูกมันสำปะหลังส่วนมากมักอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 15 องศาเหนือ ถึง 15 องศาใต้ (Cock and Rosas, 1975) มันสำปะหลังสามารถขึ้นได้ดีในดินทั่วไป แม้ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำที่ไม่สามารถปลูกพืชอื่นได้ มีความทนทานต่อสภาพดินที่เป็นกรดและด่างได้ดี (Rogers and Appan, 1971; Putthacharoen *et al.*, 1998) อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของมันสำปะหลังอยู่ระหว่าง 25-29 องศาเซลเซียส (Onwueme, 1978; Alves, 2002) แต่สามารถเจริญเติบโตได้ดีระหว่างอุณหภูมิ 16-38 องศาเซลเซียส (Cock, 1984) ปริมาณน้ำฝนที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 1,000-1,500 มิลลิเมตรต่อปี มีการกระจายตัวของปริมาณฝนดี นอกจากนี้ มันสำปะหลังยังสามารถเจริญเติบโตได้ดีตั้งแต่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระดับน้ำทะเลถึงระดับความสูง 2,300 เมตร (Onwueme, 1978; Alves, 2002) สำหรับประเทศไทยมันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญมากในลำดับต้นๆ และถือเป็นประเทศที่สามารถส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังรายใหญ่ที่สุดของโลก ซึ่งตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศในปี 2550/2551 ได้ส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกมันสำปะหลังเป็นพืชทดแทนพลังงานเพื่อผลิตเอทานอล โดยไม่มีนโยบายเพิ่มพื้นที่การผลิต แต่ส่งเสริมการเพิ่มผลผลิตหัวสดต่อพื้นที่ให้สูงขึ้น (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551)

มันสำปะหลังเป็นพืชที่สามารถปลูกและเจริญเติบโตได้ดีในดินแทบทุกชนิด และในทุกภาคของประเทศ ตั้งแต่ดินเนื้อหยาบจนถึงเนื้อดินเหนียว ค่า pH ของดินตั้งแต่กรดจัดถึงด่างปานกลาง (pH 4.5-8.0) สามารถปลูกได้ทั้งในดินที่มีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำจนถึงระดับสูง แต่ดินที่เหมาะสมสำหรับมันสำปะหลัง คือ ดินที่มีเนื้อหยาบ ตั้งแต่ดินร่วนปนทรายจนถึงดินเหนียวร่วนปนทราย เพราะสามารถระบายน้ำได้ดี มีค่า pH ของดินเป็นกรดถึงเป็นกลาง (pH 5.0-7.0) หน้าดินมีความลึกตั้งแต่ 50 เซนติเมตรขึ้นไป (ชาญ และโชติ, 2537) พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังที่สำคัญในประเทศไทย ได้แก่ บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันออก คิดเป็นพื้นที่ปลูกถึงร้อยละ 88 ของพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังทั้งประเทศ ลักษณะดินที่ปลูกส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย ดินร่วนเหนียวปนทราย

2. ธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับมันสำปะหลัง

จากการวิเคราะห์ส่วนต่างๆ ของมันสำปะหลัง เช่น ต้น ใบ และหัว พบว่า มันสำปะหลังดูดใช้ธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมมากกว่าฟอสฟอรัส ซึ่งผลการวิเคราะห์ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่ามันสำปะหลังดูดใช้ไนโตรเจนเพื่อการเจริญเติบโตในส่วนเหนือดิน และดูดใช้โพแทสเซียมเพื่อการสะสมแป้งในหัวใต้ผิวดิน (Hagens and Sittibusaya, 1990) นอกจากนี้ ปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของมันสำปะหลังขณะเก็บเกี่ยวที่อายุ 12 เดือน พบว่า มันสำปะหลังใช้ธาตุอาหารไนโตรเจน และโพแทสเซียมสูงถึง 15.2 และ 12.4 กิโลกรัมไนโตรเจนและโพแทสเซียมต่อไร่ ตามลำดับ ขณะที่ใช้ธาตุฟอสฟอรัสเพียง 3.6 กิโลกรัมฟอสฟอรัสต่อไร่ (โชติ และคณะ, 2529) กอบเกียรติ และคณะ (2549) รายงานว่า มันสำปะหลังมีการดูดใช้โพแทสเซียมในส่วนของต้น ใบ และหัวสูงสุดรวมเฉลี่ย 11.7 กิโลกรัมโพแทสเซียมต่อไร่ มีการดูดใช้ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสรองลงมาเฉลี่ยเท่ากับ 9.6 และ 3.9 กิโลกรัมไนโตรเจนและฟอสฟอรัสต่อไร่ ตามลำดับ โดยปริมาณไนโตรเจนจะสะสมในส่วนต้นและใบ 5.7 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ มากกว่าในส่วนของหัวซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.9 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ สำหรับฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมจะสะสมอยู่ใน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส่วนหัวของมันสำปะหลังเฉลี่ย 2.3 และ 8.6 กิโลกรัมฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมต่อไร่ ตามลำดับ โดยการสะสมจะมากกว่าในส่วนของต้นและใบซึ่งเฉลี่ยเท่ากับ 1.6 และ 3.1 กิโลกรัมฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมต่อไร่ ตามลำดับ

ไนโตรเจน เป็นธาตุที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ในพืช ดังนั้น เมื่อมันสำปะหลังแสดงอาการขาดธาตุนี้ ไนโตรเจนจากส่วนของใบล่างจะถูกเคลื่อนย้ายไปเลี้ยงส่วนยอดหรือส่วนอ่อนของต้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548; ชาญ และโชติ, 2537) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจะให้ผลตอบสนองอย่างเด่นชัด ทั้งในด้านการเจริญเติบโตและผลผลิตของหัวสด โดยจะเพิ่มขึ้นในดินแทบทุกชนิด โชติ และคณะ (2519) พบว่า อัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมในการเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลังโดยทั่วไปจะอยู่ในช่วง 8 ถึง 16 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ แต่ผลผลิตตอบสนองที่ได้รับจะมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน และการกระจายตัวของฝนอย่างสม่ำเสมอ อย่างไรก็ตาม เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในดินชุดสัตหีบในอัตราสูงเกินไป (32 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่) จะมีผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันลดลงจาก 26.4 เป็น 20.9 เปอร์เซ็นต์ (โชติ และคณะ, 2522)

ฟอสฟอรัส แม้ว่ามันสำปะหลังจะมีการดูดใช้ธาตุฟอสฟอรัสในปริมาณที่น้อยกว่าธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียม แต่ธาตุฟอสฟอรัสก็มีบทบาทเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและผลผลิตที่สำคัญอย่างยิ่ง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมักขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) กล่าวคือ ถ้าดินมี pH ต่ำกว่า 5.5 ฟอสเฟตจะถูกตรึงโดยธาตุเหล็ก (Fe-P) และอะลูมินัม (Al-P) ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินลดลง ขณะเดียวกัน ถ้า pH ของดินมากกว่า 7 ฟอสเฟตจะถูกตรึงโดยธาตุแคลเซียม (Ca-P) ซึ่งมีผลให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสลดลงเช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตาม ฟอสฟอรัสจะเป็นประโยชน์ต่อพืชมากที่สุดในช่วง pH 6-7 (ชาญ และโชติ, 2537; Howeler, 2002) นอกจากนี้ โชติ และคณะ (2522) รายงานว่า การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 8-16 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ก็เพียงพอสำหรับการยกระดับผลผลิตของมันสำปะหลังที่ปลูกในดินร่วนทรายได้

โพแทสเซียม มีความสำคัญต่อการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตจากส่วนใบและต้นไปยังราก พบว่า ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ของธาตุโพแทสเซียมที่ดูดจากดินจะสะสมอยู่ในหัว หากดินที่ใช้เพาะปลูกเป็นดินที่มีปริมาณโพแทสเซียมต่ำ เมื่อปลูกมันสำปะหลังติดต่อกัน อาจมีผลให้ธาตุโพแทสเซียมในดินไม่เพียงพอ (ชาญ และโชติ, 2537) โชติ และคณะ (2529) ทดลองการใช้ปุ๋ยเคมีกับมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินยโสธรติดต่อกัน 9 ปี พบว่า การใส่ปุ๋ย N-P-K อย่างครบถ้วน มีผลให้มันสำปะหลังได้ผลผลิต 3.42 ตันต่อไร่ แต่เมื่อใส่ปุ๋ย N-K และ N-P จะได้ผลผลิต 2.97 และ 1.95

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตันต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งชี้ให้เห็นถึงความรุนแรงของการขาดธาตุโพแทสเซียม ที่ส่งผลให้ผลผลิตของหัวมันสำปะหลังลดต่ำลงอย่างชัดเจน

3. ที่มาและปริมาณของวัสดุเหลือใช้ในประเทศไทย

วัสดุเหลือใช้ในประเทศไทยสามารถแบ่งตามแหล่งที่มาได้ 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ ก) วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร (agricultural wastes) ซึ่งประกอบด้วยเศษซากพืชจากไร่นา และสิ่งขับถ่ายจากสัตว์ชนิดต่างๆ และ ข) วัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม (industrial wastes) ซึ่งประกอบด้วยเศษพืชซึ่งไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ หรือเศษพืชที่เหลือภายหลังกระบวนการผลิต เช่น กากตะกอนอ้อย กากตะกอนหม้อกรอง กากละหุ่ง กากตะกอนน้ำเสีย ฮิวมัส ขี้เถ้าลอย กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) น้ำวีนัส กากตะกอนยีสต์ เป็นต้น จากการประมาณและการสำรวจพบว่า ปริมาณของวัสดุเหลือใช้แต่ละประเภทมีดังนี้

3.1 ปริมาณเศษพืชจากไร่นา

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2556) รายงานว่าในปีเพาะปลูก 2555/56 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวนาปีและนาปรังทั้งหมดประมาณ 79.80 ล้านไร่ ให้ผลผลิตประมาณ 37.45 ล้านตันต่อปี มีปริมาณเศษพืชเหลือทั้งหมดประมาณ 64.78 ล้านตันต่อปี อ้อยมีพื้นที่ปลูกทั้งหมดประมาณ 8.09 ล้านไร่ ให้ผลผลิตประมาณ 99.60 ล้านตันต่อปี มีเศษเหลือทั้งหมดประมาณ 3.99 ล้านตันต่อปี ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีพื้นที่ปลูกทั้งสิ้น 7.37 ล้านไร่ ให้ผลผลิตประมาณ 4.98 ล้านตันต่อปี มีเศษเหลือทั้งหมดประมาณ 1.74 ล้านตันต่อปี มันสำปะหลังมีพื้นที่ปลูกทั้งสิ้น 9.25 ล้านไร่ ให้ผลผลิตประมาณ 27.55 ล้านตันต่อปี มีเศษเหลือทั้งหมดประมาณ 11.02 ล้านตันต่อปี และปาล์มน้ำมันมีพื้นที่ปลูกทั้งหมด 4.32 ล้านไร่ ให้ผลผลิตประมาณ 12.02 ล้านตันต่อปี มีปริมาณเศษเหลือทั้งหมดประมาณ 5.53 ล้านตันต่อปี (ตารางที่ 1) ซึ่งรวมกันแล้วมีเศษพืชจากไร่นาประมาณ 87.05 ล้านตัน โดยปริมาณเศษพืชเหล่านี้ มีส่วนน้อยเท่านั้นที่จะถูกนำกลับไปใช้ประโยชน์ในการทำปุ๋ยหมัก เลี้ยงสัตว์ หรือนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ โดยมากยังคงถูกปล่อยทิ้งไว้หรือไม่ก็ถูกเผาทิ้งในไร่นา (Ongprasert, 1991)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2 ปริมาณสิ่งขับถ่ายจากสัตว์

จากรายงานของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2556) ประมาณการว่ามีสิ่งขับถ่ายของกระบือ โค สุกร และสัตว์ปีก ในปีการเพาะเลี้ยง 2556 รวมกันเป็นจำนวนมากกว่า 56.19 ล้านตันต่อปี ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 พื้นที่เพาะปลูก ผลผลิต และปริมาณเศษเหลือของพืชบางชนิดในปีการเพาะปลูก 2555

ชนิดพืช	พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	ผลผลิต (ตัน/ปี)	ปริมาณเศษพืช (ตัน/ปี)[1/]
ข้าวนาปีและนาปรัง	79,804,230	37,453,995	64,782,694
อ้อย	8,092,969	99,596,691	3,990,050
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	7,369,520	4,984,663	1,735,315
มันสำปะหลัง	9,254,130	27,547,242	11,018,897
ปาล์มน้ำมัน	4,315,725	12,023,606	5,525,799
		รวม	87,052,755

หมายเหตุ [1/] คำนวณจากผลผลิตของพืชแต่ละชนิดโดยใช้สัดส่วนของผลผลิตต่อตอซัง

ที่มา: ดัดแปลงจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2556)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 จำนวนสัตว์ และปริมาณมูลสัตว์บางชนิด ในปีการเพาะเลี้ยง 2555

ชนิดสัตว์	จำนวน (ตัว)	ปริมาณมูลสัตว์ (ตัน/ปี) [1/]
กระบือ	1,542,167	9,254,600
โค	5,736,541	34,419,545
สุกร	7,923,654	11,885,425
สัตว์ปีก	251,352,938	628,383
	รวม	56,187,953

หมายเหตุ [1/] คำนวณจากจำนวนตัวสัตว์โดยใช้ค่าประมาณมูลสัตว์ที่ขับถ่ายออกมาต่อตัวต่อปี

ที่มา: ดัดแปลงจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2556)

3.3 ปริมาณวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม

ปัจจุบันการขยายตัวทางภาคอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมแปรรูปทางการการเกษตรมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจากการสำรวจในปี พ.ศ. 2555 พบว่า ปริมาณวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมดังกล่าวจะมีปริมาณมากน้อยแตกต่างกันตามชนิดของโรงงานอุตสาหกรรม ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 ปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่ได้จากโรงงานอุตสาหกรรมแต่ละชนิดในประเทศไทย

ชนิดโรงงานอุตสาหกรรม	วัสดุเหลือใช้		
	จำนวนโรงงาน	ประเภท	ปริมาณ (ตัน/ปี)[1/]
สุรา	38	activated sludge	1,453
เบียร์	22	activated sludge	118,800
น้ำอัดลม	17	activated sludge	1,662
ผงชูรส	5	glutamic mother liquid[2/]	58,330
		humus	21,667
		activated sludge	1,667
น้ำตาล	52	bagasse	7,354,457
		filter cake	683,526
เยื่อกระดาษ	153	activated sludge	56,332
น้ำมันละหุ่ง	1	กากเมล็ดละหุ่ง	197,100
เอทานอล	24	กากตะกอนยีสต์	93,951
		น้ำวีนัส (vinasses effluent)[2/]	14,614,600,000
		รวม	14,623,188,945

หมายเหตุ [1/] คำนวณจากจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมโดยใช้ค่าประมาณวัสดุเหลือใช้ที่ได้ออกมาต่อโรงงานต่อปี

[2/] ปริมาณเป็นลูกบาศก์เมตร (1,000 ลิตร)

ที่มา : การสำรวจจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศไทยประจำปี พ.ศ. 2555 แหล่งที่มา: www.thaidbs.com สืบค้นเมื่อ 2 ธันวาคม 2556

: ดัดแปลงจากสุริยา (2531)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. สมบัติบางประการของวัสดุเหลือใช้ที่ทำการศึกษา

วัสดุเหลือใช้แต่ละชนิดมีสมบัติและองค์ประกอบที่แตกต่างกันตามประเภท และขั้นตอนการผลิตของแต่ละโรงงาน ดังนั้น สิ่งสำคัญในการพิจารณานำวัสดุเหลือใช้มาใช้ประโยชน์ในทางการเกษตร คือ สมบัติทางเคมี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของคุณค่าทางธาตุอาหารพืช และปริมาณโลหะหนักที่มีอยู่ในวัสดุเหลือใช้ชนิดนั้นๆ ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ได้เลือกวัสดุเหลือใช้ของโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล (molasses) จำนวน 2 ชนิดมาทำการศึกษา คือ กากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัส โดยกระบวนการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลได้แสดงไว้ในภาพที่ 1 ส่วนรายละเอียดของวัสดุเหลือใช้ที่นำมาศึกษาจะกล่าวแยกดังนี้ คือ

4.1 กากตะกอนยีสต์ (yeast cake)

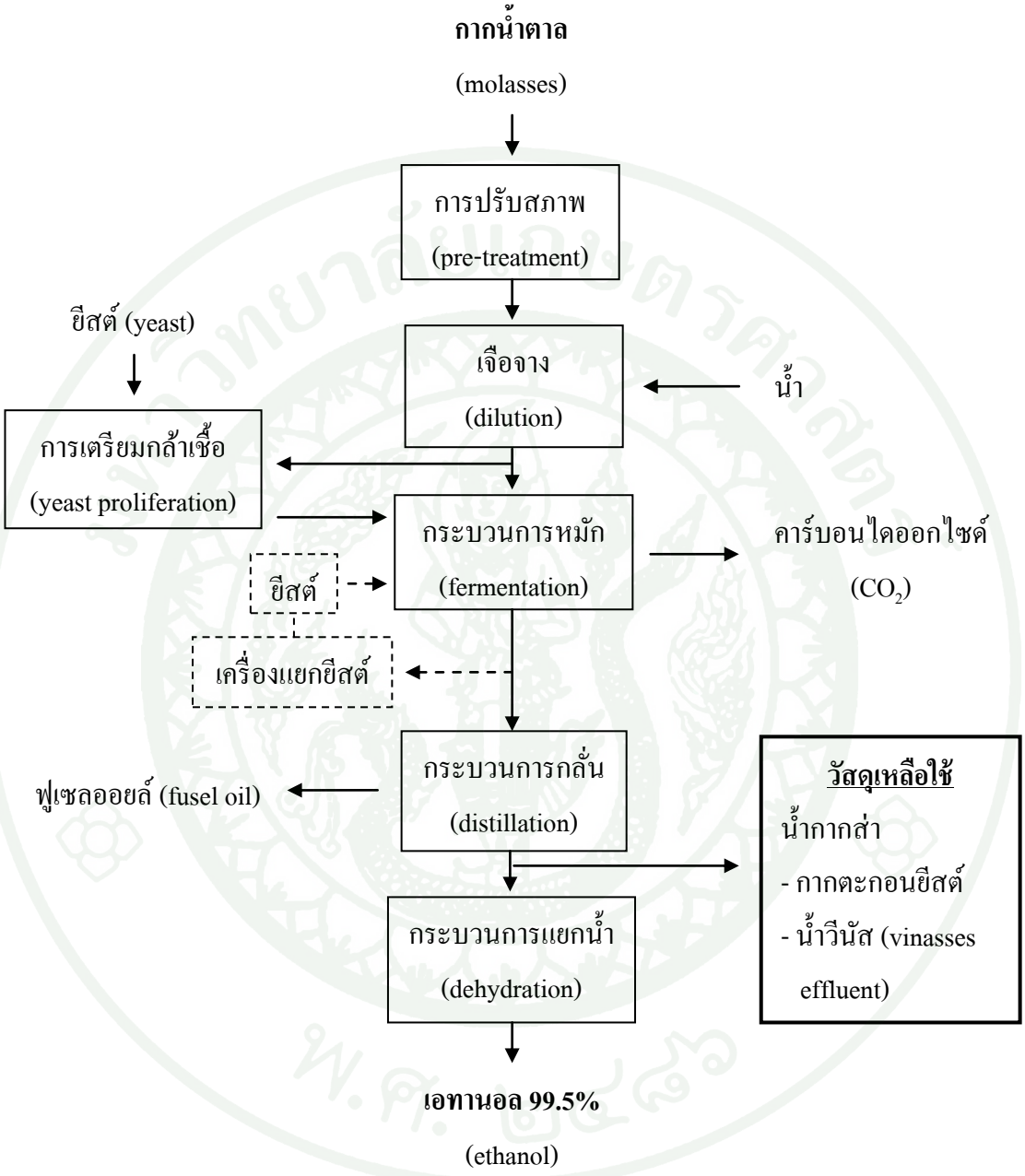
กากตะกอนยีสต์ เป็นกากตะกอนที่เกิดจากการตกตะกอนของเซลล์ยีสต์ ผนังเซลล์ยีสต์ และตะกอนต่างๆ ที่หลงเหลืออยู่ในน้ำกากส่าที่ได้จากกระบวนการกลั่นเอทานอล โดยมีลักษณะเป็นอนุภาคขนาดเล็ก เมื่อทิ้งไว้เป็นเวลานานจะเกิดการตกตะกอนแยกชั้นออกจากส่วนที่ยังเป็นน้ำ หรือเรียกว่าน้ำวีนัส (vinasses) เมื่อนำกากตะกอนยีสต์ไปผึ่งให้แห้งพบว่าตะกอนมีน้ำหนักเบา พรุน และมีธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชค่อนข้างสูง (สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร, 2549)

4.2 น้ำวีนัส (vinasses effluent)

น้ำวีนัส คือ น้ำกากส่าที่ผ่านการตกตะกอนของเซลล์ยีสต์ ผนังเซลล์ยีสต์ และตะกอนต่างๆ เมื่อทิ้งน้ำกากส่าให้อยู่ในสภาพที่ไร้การรบกวนเป็นเวลานาน จะทำให้เกิดการตกตะกอนแยกชั้นระหว่างเซลล์ยีสต์ ผนังเซลล์ยีสต์และตะกอนต่างๆ ที่มีอนุภาคหนักกว่า ส่วนอนุภาคที่เบากว่าและแขวนลอยอยู่ในน้ำเรียกว่าน้ำวีนัส (สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร, 2549) โดยทั่วไปน้ำวีนัสที่ได้จากการใช้น้ำหวานจากอ้อยเป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิตเอทานอลจะมีลักษณะเป็นสีน้ำตาลอ่อนและมีปริมาณของแข็งที่ละลายอยู่ต่ำ (2-4 เปอร์เซ็นต์) หากเป็นน้ำวีนัสที่ได้จากกระบวนการผลิตเอทานอลโดยใช้กากน้ำตาลเป็นวัตถุดิบจะมีลักษณะเป็นสีดำปนแดงและมีปริมาณของแข็งที่ละลายอยู่ในระดับที่สูงกว่า (5-10 เปอร์เซ็นต์)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นอกจากนี้ น้ำวีนัสยังมีค่าความหนืดและค่า BOD (biological oxygen demand) ที่สูง และมีสภาพเป็นกรด (Pant and Adholeya, 2007)



ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล

ที่มา : สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร (2549)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นอกจากนี้ สุจินต์ (2542) รายงานว่าน้ำวีนัสมีคุณสมบัติโดยทั่วไปดังนี้ คือ ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ในช่วง 4.1-4.5 ค่า BOD ในช่วง 35-40 กรัมต่อลิตร ค่า COD (chemical oxygen demand) ในช่วง 100-120 กรัมต่อลิตร ไนโตรเจนทั้งหมดในช่วง 1.5-2.0 กรัมต่อลิตร ฟอสฟอรัสในช่วง 0.1-0.2 กรัมต่อลิตร โพแทสเซียมในช่วง 0.8-1.5 กรัมต่อลิตร ทองแดงเท่ากับ 2.3 กรัมต่อลิตร ของแข็งทั้งหมด (total solid, TS) ในช่วง 80-120 กรัมต่อลิตร และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ที่อุณหภูมิ 37-40 องศาเซลเซียส เท่ากับ 20 mS/cm ซึ่งน้อยกว่าน้ำทะเลประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์

5. ผลของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานผลิตเอทานอลที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช

การนำวัสดุเหลือใช้จากโรงงานผลิตเอทานอลมาใช้ประโยชน์ในแง่ของปุ๋ย ได้มีรายงานการทดลองที่ยืนยันความเป็นประโยชน์ของวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช ดังต่อไปนี้

ก่อเกียรติ (2544) ศึกษาประสิทธิภาพของการใช้น้ำต้มเยื่อกระดาษสาและน้ำกากส่าเป็นแหล่งปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับข้าวโพดหวานพันธุ์สุวรรณ 5 ที่ปลูกในชุดดินสันทราย พบว่า การใช้น้ำต้มเยื่อกระดาษสาและน้ำกากส่ามีประสิทธิภาพเป็นแหล่งโพแทสเซียมไม่แตกต่างกับปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ โดยสามารถเพิ่มการเจริญเติบโต ผลผลิต และการดูดดึงโพแทสเซียม ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสของข้าวโพดไม่แตกต่างกับการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์

ศิวพร (2545) ศึกษาประสิทธิภาพของการใช้น้ำต้มเยื่อกระดาษสาและน้ำกากส่าเป็นแหล่งปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับข้าวโพดหวานฝักอ่อนที่ปลูกในชุดดินอุบล พบว่า ข้าวโพดที่ได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมจะมีการดูดใช้โพแทสเซียมได้มากกว่าข้าวโพดที่ไม่ได้รับปุ๋ยโพแทสเซียม โดยข้าวโพดสามารถดูดใช้โพแทสเซียมจากน้ำต้มเยื่อกระดาษสาและน้ำกากส่าได้ไม่แตกต่างจากการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ และการดูดใช้โพแทสเซียมจะเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม

ประวิทย์ และคณะ (2550) ศึกษาการใช้น้ำกากส่าจากโรงงานผลิตเอทานอลเพื่อประโยชน์ทางการเกษตร โดยใช้น้ำกากส่าทดสอบกับอ้อยในสภาพแปลง ซึ่งประกอบด้วยตำรับควบคุม ตำรับทดลองที่ใส่น้ำกากส่าอัตรา 25 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ โดยใส่แบบเดี่ยว ใส่ร่วมกับปุ๋ยหมักกากหม้อกรอง และใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีในอัตราต่างๆ พบว่า การใช้น้ำกากส่าโดยตรงมีผลทำให้เส้นผ่านศูนย์กลางลำและความสูงของอ้อยเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังสามารถยกระดับปริมาณธาตุอาหารในดินให้เพิ่มขึ้นอีกด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตจเมธ (2551) ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำกากส่าและเถ้ากากส่าในแง่ปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินปากช่องและชุดดินท่าใหม่ พบว่า การใช้น้ำกากส่าและเถ้ากากส่าเป็นแหล่งของธาตุอาหารโพแทสเซียมสำหรับข้าวโพดหวานทั้ง 2 ชุดดิน มีผลในการเพิ่มการเจริญเติบโต ผลผลิต และการดูดใช้ธาตุอาหารโพแทสเซียมของข้าวโพดหวานอย่างเด่นชัด โดยประสิทธิภาพในการเพิ่มการเจริญเติบโต ผลผลิต และการดูดใช้โพแทสเซียมของข้าวโพดหวานของน้ำกากส่าและเถ้ากากส่าไม่แตกต่างกับการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์

ทัศนีย์ (2551) ศึกษาการใช้ประโยชน์ของน้ำกากส่าสำหรับการผลิตอ้อยเพื่อลดมลพิษสิ่งแวดล้อมจากโรงงานสุรา (กรณีอ้อยปลูกปีแรก) พบว่า การใส่น้ำกากส่าในอัตรา 60 และ 30 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ มีผลต่อการเพิ่มจำนวนต้นและความสูงของอ้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่น้ำกากส่าโดยเฉพาะในระยะที่อ้อยมีอายุ 10 เดือนขึ้นไป นอกจากนี้ การใช้น้ำกากส่าสามารถทำให้ผลผลิตอ้อยสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่น้ำกากส่า และการใส่น้ำกากส่าในอัตราที่แตกต่างกันไม่มีผลทำให้ผลผลิตอ้อยแตกต่างกันทางสถิติ อีกทั้งการใส่น้ำกากส่าไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพความหวานของอ้อยแต่อย่างใด

พิสิทธินี และคณะ (2551) ศึกษาผลกระทบจากน้ำวีนัสที่มีต่อการงอกของอ้อยปลูก พบว่า การใส่น้ำวีนัสในอัตรา 20 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ มีผลทำให้อัตราการงอกของอ้อยต่ำที่สุด โดยทำให้เปอร์เซ็นต์ความงอกลดลงมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่การใส่น้ำวีนัสที่ผ่านการเติมธาตุอาหารแล้วอัตรา 1 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ มีผลทำให้อัตราการงอกของอ้อยสูงที่สุด คือ 73-83 เปอร์เซ็นต์

ทัศนา (2553) ศึกษาอัตราการใช้น้ำกากส่าที่เหมาะสมสำหรับอ้อยปลูก พบว่า การใส่น้ำกากส่าอัตรา 15 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ (อัตราสูงสุดในการศึกษา) มีแนวโน้มทำให้ความงอกของอ้อย ความสูง จำนวนใบอ้อยต่อลำ จำนวนหน่ออ้อยต่อไร่ และน้ำหนักแห้งของอ้อยต่อกอ ในส่วนของราก ใบ ลำต้น มีค่าลดลงแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองอื่นๆ นอกจากนี้ การใส่น้ำกากส่าอัตรา 10 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-8 และสูตร 21-7-18 อัตราละ 25 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลให้ผลผลิตอ้อยสูงใกล้เคียงกับตำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-8 และสูตร 21-7-18 อัตราละ 50 กิโลกรัมต่อไร่

ทัศนีย์ (2553) ศึกษาการใช้ประโยชน์ของน้ำกากส่าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังทดแทนพลังงาน พบว่า ภายใต้การใส่ปุ๋ยเคมี และการใส่น้ำกากส่าทุกอัตรามีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังทั้งในด้านจำนวนใบและความยาวของต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลผลิตของมันสำปะหลัง แต่การใส่น้ำกากส่าในอัตราที่ต่างกันไม่ทำให้ผลผลิตมันสำปะหลังแตกต่างกันในทางสถิติแต่อย่างใด โดยผลผลิตเฉลี่ยของมันสำปะหลังเท่ากับ 9.6, 9.4 และ 9.9 ตันต่อไร่ สำหรับการใส่น้ำกากส่าในอัตรา 20, 40 และ 60 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ ตามลำดับ ขณะที่ผลผลิตเฉลี่ยเมื่อไม่ใส่น้ำกากส่ามีค่าเท่ากับ 8.0 ตันต่อไร่ อย่างไรก็ตาม การใส่น้ำกากส่ามีผลทำให้เปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสดลดลงประมาณ 4-7 เปอร์เซ็นต์

นฤพน และคณะ (2556) ศึกษาผลของวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัส (อัตราส่วน 2 : 3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) เพื่อเพิ่มผลผลิตของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ผลการทดลองพบว่า การใส่วัสดุผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ มีผลให้ความสูงต้น จำนวนแขนงต่อกอ และค่าความเขียวของใบข้าวมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ และการใส่วัสดุผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ความสูงต้น จำนวนแขนงต่อกอ และค่าความเขียวของใบข้าวต่ำที่สุดทุกระยะการเจริญเติบโต นอกจากนี้ การใส่วัสดุผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ มีผลให้จำนวนรวงต่อกอ น้ำหนักรวมทั้งหมด น้ำหนักฟาง น้ำหนักเมล็ดทั้งหมด น้ำหนักเมล็ดดี และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ และการใส่วัสดุผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้จำนวนรวงต่อกอ น้ำหนักรวมทั้งหมด น้ำหนักฟาง น้ำหนักเมล็ดทั้งหมด น้ำหนักเมล็ดดี และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวน้อยที่สุด

วิษณุ และคณะ (2556) ศึกษาผลของวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัส (อัตราส่วน 2 : 3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) เพื่อเพิ่มผลผลิตของอ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 80 ผลการทดลอง พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่วัสดุผสมอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ความสูงของต้น จำนวนลำใน 1 แถวเมตร และค่าความเขียวของใบอ้อยโดยภาพรวมใกล้เคียงกัน และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม (control) ซึ่งมีผลให้ความสูงของต้น จำนวนลำใน 1 แถวเมตร และค่าความเขียวของใบอ้อยน้อยที่สุดทุกระยะการเจริญเติบโต นอกจากนี้ การใส่วัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ มีผลให้จำนวนลำ ผลผลิต และผลผลิตน้ำตาลของอ้อยมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 2,400 กก./ไร่ การใส่วัสดุผสมอัตรา 2,400 กก./ไร่ และการใส่วัสดุผสมอัตรา 600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในวัสดุผสมอัตรา 600 กก./ไร่ ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้จำนวนลำ ผลผลิต และผลผลิตน้ำตาลของอ้อยต่ำที่สุด

Meesook *et al*. (1998) ศึกษาการใช้เถ้าส่าเหล้าเป็นปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินวารินทร์ พบว่า การใช้เถ้าส่าเหล้าคุณภาพสูงมีผลให้น้ำหนักแห้งของข้าวโพดสูงกว่าการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ กรณีที่มีการใช้เถ้าส่าเหล้าคุณภาพสูงร่วมกับปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ พบว่า หากมีการใช้เถ้าส่าเหล้าคุณภาพสูงในอัตราที่สูงขึ้นจะมีผลทำให้น้ำหนักแห้งของข้าวโพดสูงมากยิ่งขึ้น

6. ผลของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานผลิตเอทานอลที่มีต่อสมบัติบางประการของดิน

การใส่วัสดุเหลือใช้ลงไปในดินนอกจากจะมีผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของพืชแล้ว วัสดุเหลือใช้ดังกล่าวยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี และทางฟิสิกส์ของดินอีกด้วย ดังรายงานการศึกษาต่อไปนี้

ก่อเกียรติ (2544) ศึกษาประสิทธิภาพของการใช้น้ำต้มเยื่อกระดาษสาและน้ำกากส่าเป็นแหล่งปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินสันทราย พบว่า ภายหลังการทดลองการใส่น้ำทิ้งทั้ง 2 ชนิด ไม่มีผลต่อค่า pH และค่าการนำไฟฟ้าของดินแต่อย่างใด

ทัศนีย์ และสมบูรณ์ (2547) ศึกษาการใช้ประโยชน์ของน้ำกากส่าสำหรับการผลิตข้าว พบว่า การใช้น้ำกากส่าในอัตราที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่า pH ค่าการนำไฟฟ้า ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน และคลอไรด์ในดินเพิ่มมากขึ้น

ประวิทย์ และคณะ (2550) ศึกษาการใช้น้ำกากส่าจากโรงงานเอทานอลเพื่อประโยชน์ทางการเกษตร พบว่า การใช้น้ำกากส่ามีส่วนช่วยเพิ่มปริมาณธาตุอาหารในดิน โดยเฉพาะธาตุฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม อีกทั้งยังช่วยเพิ่มค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) ของดินอีกด้วย

กิตจเมธ (2551) ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำกากส่าและเถ้ากากส่าในแง่ปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินปากช่องและชุดดินท่าใหม่ พบว่า ภายหลังการทดลองการใส่น้ำทิ้งทั้ง 2 ชนิด ไม่มีผลต่อค่า pH และค่าการนำไฟฟ้าของดินแต่อย่างใด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทัศนีย์ (2551) ศึกษาการใช้ประโยชน์ของน้ำกากส่าสำหรับการผลิตอ้อยเพื่อลดมลพิษสิ่งแวดล้อมจากโรงงานสุรา (กรณีอ้อยปลูกปีแรก) พบว่า การใส่น้ำกากส่าในอัตราตั้งแต่ 60 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าการนำไฟฟ้าของดิน ปริมาณอินทรียวัตถุ โพแทสเซียม แมกนีเซียม แมงกานีส เหล็ก ทองแดง กำมะถัน และคลอไรด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ทัศนา (2553) ศึกษาอัตราการใช้น้ำกากส่าสำหรับอ้อยปลูก พบว่า ดินภายหลังใส่น้ำกากส่ามีผลทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่น้ำกากส่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

นฤพน (2557) ศึกษาผลของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานผลิตเอทานอลเพื่อเพิ่มผลผลิตของข้าวนาดำพันธุ์สุพรรณบุรี 1 โดยภายหลังการทดลอง พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่วัสดุผสมอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว รวมทั้งตำรับควบคุม (control) มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินดังนี้ คือ ค่า pH อยู่ในระดับเป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นกลาง ค่า EC_e ของดินอยู่ในระดับที่ไม่เค็ม ปริมาณอินทรียวัตถุในดินอยู่ในระดับค่อนข้างสูง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินอยู่ในระดับสูงมาก ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินอยู่ในระดับสูง

วิษณุ (2557) ศึกษาผลของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานผลิตเอทานอลเพื่อเพิ่มผลผลิตของอ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 80 โดยภายหลังการทดลอง พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่วัสดุผสมอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว รวมทั้งตำรับควบคุม (control) มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินดังนี้ คือ ค่า pH อยู่ในระดับเป็นกรดเล็กน้อยถึงด่างเล็กน้อย ค่า EC_e ของดินอยู่ในระดับที่ไม่เค็ม ปริมาณอินทรียวัตถุในดินอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก ปริมาณโพแทสเซียมและปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินอยู่ในระดับปานกลาง และปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินอยู่ในระดับสูง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. แปลงทดลองของภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม โดยสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์บางประการของดินก่อนการทดลอง ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สมบัติทางเคมีและฟิสิกส์บางประการของดินก่อนการทดลอง

รายการที่วิเคราะห์	ค่าที่วิเคราะห์ได้	ความหมาย
pH (1:1)	6.49	กรดเล็กน้อย
EC_e (dS/m)	0.41	ไม่เค็ม
Organic Matter (%)[1/]	0.64	ต่ำ
Available P (mg/kg)[2/]	36.65	สูง
Exchangeable K (mg/kg)[3/]	56.92	ต่ำ
Exchangeable Ca (mg/kg)[3/]	788.66	สูง
Exchangeable Mg (mg/kg)[3/]	55.86	ต่ำ
Exchangeable Na (mg/kg)	2.32	-
Sand (%)[4/]	82.48	-
Silt (%)[4/]	8.35	-
Clay (%)[4/]	9.17	-
Texture[4/]	loamy sand	ทรายปนร่วน

หมายเหตุ [1/] = Walkley and Black method (Walkley and Black, 1934)

[2/] = Bray II method (Bray and Kurtz, 1945)

[3/] = Extracted with NH_4OAc pH 7.0 (Pratt, 1965)

[4/] = Pipette method (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2554)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. วัสดุเหลือใช้จากโรงงานผลิตเอทานอล ได้แก่ กากตะกอนยีสต์ (yeast cake) และน้ำวีนัส (vinasses effluent) โดยขั้นตอนแรกต้องเตรียมวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัส (อัตราส่วน 2 : 3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) โดยชั่งกากตะกอนยีสต์ 2,000 กก. และตวงน้ำวีนัส 3,000 ลิตร ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน และหมักทิ้งไว้ประมาณ 1 เดือน กระทั่งวัสดุผสมมีลักษณะเป็นโคลน จากนั้น ผึ่งให้แห้ง (air dry) บด และร่อนโดยผ่านตะแกรงร่อนขนาด 5 มม. แล้วนำไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมีในห้องปฏิบัติการ ซึ่งผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการของวัสดุผสมดังกล่าว ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สมบัติทางเคมีบางประการของวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัส (อัตราส่วน 2 : 3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) ก่อนการทดลอง

รายการที่วิเคราะห์	ค่าที่วิเคราะห์ได้
pH (3:50)	4.98
EC (1:10, dS/m)	8.64
Organic matter (%)	17.19
C/N ratio	14.44
Total N (%)	0.60
Total P_2O_5 (%)	0.35
Total K_2O (%)	3.02
Total Ca (%)	0.39
Total Mg (%)	0.51
Total S (%)	0.315
Total Fe (%)	0.153
Total Mn (%)	0.006
Total Cu (%)	0.002
Total Zn (%)	0.001
Total Na (%)	0.057

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ปุ๋ยเคมี (inorganic fertilizer, IF) ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่

3.1 ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21 %N)

3.2 ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (46 %P_2O_5)

3.3 ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (60 %K_2O)

4. ท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* Crantz) ใช้พันธุ์ห้วยบง 80 จากสถานีวิจัยกาญจนบุรี สถาบันค้นคว้าและพัฒนาระบบนิเวศเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. อุปกรณ์ในการเตรียมแปลง ได้แก่ เทปวัดระยะ ไม้ปักหลัก เครื่องมือเตรียมดิน (รถแทรกเตอร์ คราด และจอบ)

6. อุปกรณ์สำหรับเก็บเกี่ยวผลผลิต ได้แก่ เหล็กง่ามสำหรับงัดหัวมันสำปะหลัง มีด เครื่องชั่งน้ำหนักพืชในสนาม ถุงพลาสติก และถุงสำหรับเก็บตัวอย่างหัวมันสำปะหลัง

7. เครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แป้งโดยใช้เครื่องชั่งแบบ Remain Scale

8. อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างดิน ได้แก่ พลั่วตักดินหรือขุดดิน (spades) ถุงเก็บตัวอย่างดิน (sample bags) และพลั่วตักดินขนาดเล็ก (minispades)

9. เครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ทางเคมีและฟิสิกส์ของดิน

9.1 pH meter (Orion: 420A model)

9.2 Electrical conductivity meter (Jenway: 4010 model)

9.3 Micro-Kjeldahl distillation apparatus (Gerhard: VAP20 model)

9.4 Digestion apparatus (Gerhard: Ger 704000 model)

9.5 Atomic absorption spectrophotometer (SpectrAA 229FS)

9.6 เครื่องชั่งไฟฟ้าความละเอียด +0.001 กรัม

9.7 ตู้อบ (WTB Binder: EED 240 model)

10. อุปกรณ์และสารเคมีที่จำเป็นในการวิเคราะห์ดินทางเคมีและกายภาพในห้องปฏิบัติการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการ

ศึกษาผลของวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัส (อัตราส่วน 2 : 3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ณ แปลงทดลองของภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อำเภอ กำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ในช่วงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2555 - เดือนเมษายน พ.ศ. 2556

1. แผนการทดลอง

ดำเนินการทดลองโดยใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ 8 ตำรับทดลอง โดยมีตำรับทดลองดังนี้

ตำรับทดลองที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัส (control)

ตำรับทดลองที่ 2 ใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัสอัตรา 1,200 กก./ไร่ [$(mixture)_{1200}$]

ตำรับทดลองที่ 3 ใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) ในวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัสอัตรา 1,200 กก./ไร่ [$IF_{(mixture)1200}$]

ตำรับทดลองที่ 4 ใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัสอัตรา 600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) ในวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัสอัตรา 600 กก./ไร่ [$(mixture)_{600}+IF_{(mixture)600}$]

ตำรับทดลองที่ 5 ใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัสอัตรา 2,400 กก./ไร่ [$(mixture)_{2400}$]

ตำรับทดลองที่ 6 ใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) ในวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัสอัตรา 2,400 กก./ไร่ [$IF_{(mixture)2400}$]

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตำรับทดลองที่ 7 ใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัสอัตรา 1,200 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) ในวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัสอัตรา 1,200 กก./ไร่ $[(mixture)_{1200}+IF_{(mixture)1200}]$

ตำรับทดลองที่ 8 ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (IF_{DOA}) สำหรับมันสำปะหลัง (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

2. ขนาดของแปลงทดลอง

พื้นที่ปลูกทั้งหมดประมาณ 800 ตารางเมตร แบ่งเป็นแปลงย่อยจำนวน 24 แปลงย่อย แต่ละแปลงย่อยมีขนาดกว้าง 6 เมตร และยาว 5 เมตร จำนวน 5 แถว ใช้ท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง ซึ่งมีความยาวของท่อนพันธุ์ประมาณ 20 เซนติเมตร ปักลงไปในดินให้มีระยะห่างระหว่างแถว 1 เมตร และระยะระหว่างต้น 1 เมตร ทำการเก็บเกี่ยวเฉพาะ 3 แถวกลาง เว้นหัวและท้ายแถวประมาณ 1 เมตร โดยมีพื้นที่เก็บเกี่ยวในแต่ละแปลงย่อยเท่ากับ 4 x 3 ตารางเมตร

3. การปลูก

เตรียมดินโดยใช้รถแทรกเตอร์ปรับพื้นที่ปลูกให้มีความสม่ำเสมอ จากนั้น ใช้ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ซึ่งมีความยาวของท่อนพันธุ์ประมาณ 20 เซนติเมตร ปักลงไปในดินให้มีระยะห่างระหว่างแถว 1 เมตร และระยะระหว่างต้น 1 เมตร โดยในแต่ละแปลงย่อยจะใช้ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังจำนวน 30 ท่อน

4. การใส่ปุ๋ยเคมี

4.1 ตำรับทดลองที่ 3 และ 7 ใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต และโพแทสเซียมคลอไรด์ในอัตรา 7.20, 4.20 และ 36.24 กิโลกรัม N, P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ โดยทำการแบ่งใส่ 2 ครั้งๆ ละครึ่งอัตราในแต่ละตำรับทดลองที่อายุ 2 และ 4 เดือนหลังปลูก รายละเอียดได้แสดงไว้ในตารางที่ 6

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.2 ตำรับทดลองที่ 4 ใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต และโพแทสเซียมคลอไรด์ในอัตรา 3.60, 2.10 และ 18.12 กิโลกรัม N, P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ ขณะที่ตำรับทดลองที่ 6 ใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต และโพแทสเซียมคลอไรด์ในอัตรา 14.40, 8.40 และ 72.48 กิโลกรัม N, P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ โดยทำการแบ่งใส่ 2 ครั้งๆ ละครึ่งอัตราในแต่ละตำรับทดลองที่อายุ 2 และ 2 เดือนหลังปลูก รายละเอียดได้แสดงไว้ในตารางที่ 6

4.3 ตำรับทดลองที่ 8 ใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และโพแทสเซียมคลอไรด์ในอัตรา 16 และ 8 กิโลกรัม N และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ โดยทำการแบ่งใส่ 2 ครั้งๆ ละครึ่งอัตราในแต่ละตำรับทดลองที่อายุ 2 และ 4 เดือนหลังปลูก รายละเอียดได้แสดงไว้ในตารางที่ 6

5. การใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัส

การใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัส ใส่เพียงครั้งเดียว ที่อายุ 2 เดือนหลังปลูก จากนั้น ใช้จอบสับและคลุกเคล้าวัสดุผสมดังกล่าวให้เข้ากับดิน โดยตำรับทดลองที่ 2 และ 5 ใส่วัสดุผสมในอัตรา 1,200 และ 2,400 กก./ไร่ ตามลำดับ ส่วนตำรับทดลองที่ 4 และ 7 ใส่วัสดุผสมในอัตรา 600 และ 1,200 กก./ไร่ ตามลำดับ รายละเอียดได้แสดงไว้ในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 รายละเอียดการใส่ปุ๋ยเคมีและวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัส

ตำรับทดลอง	วัสดุผสม (กก./แปลงย่อย)	21-0-0 (กรัม/แปลงย่อย)	0-46-0 (กรัม/แปลงย่อย)	0-0-60 (กรัม/แปลงย่อย)
T_1 = Control	-	-	-	-
$T_2 = (mixture)_{1200}$	22.50	-	-	-
$T_3 = IF_{(mixture)1200}$	-	642.86	171.20	1,132.50
$T_4 = (mixture)_{600}+IF_{(mixture)600}$	11.25	321.43	85.60	566.25
$T_5 = (mixture)_{2400}$	45.00	-	-	-
$T_6 = IF_{(mixture)2400}$	-	1,285.72	342.39	2,265.00
$T_7 = (mixture)_{1200}+IF_{(mixture)1200}$	22.50	642.86	171.20	1,132.50
$T_8 = IF_{DOA}$	-	1,428.57	-	250

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. การเก็บข้อมูล

6.1 ข้อมูลของดิน

6.1.1 การศึกษาสมบัติของดินในแปลงทดลองก่อนปลูก

6.1.1.1 การเตรียมตัวอย่างดิน

นำดินที่เก็บจากแปลงทดลอง ที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร ไปผึ่งให้แห้งในที่ร่ม จากนั้น บดให้ละเอียดและผสมคลุกเคล้าดินให้มีความสม่ำเสมอ นำดินส่วนหนึ่งมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2.0 และ 0.5 มิลลิเมตร เพื่อใช้ในการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ในห้องปฏิบัติการต่อไป

6.1.1.2 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน

6.1.1.2.1 ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดิน วัดโดยใช้ pH meter อัตราส่วนระหว่างดินต่อน้ำเท่ากับ 1:1 (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542)

6.1.1.2.2 ค่าการนำไฟฟ้า (EC_e) โดยวัดค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดินที่สกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (saturated extract) ด้วยเครื่อง Electrical conductivity meter (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542)

6.1.1.2.3 Organic matter โดยวิธี Walkley and Black Titration (Walkley and Black, 1934)

6.1.1.2.4 Available P โดยวิธี Bray II (0.1 N HCl+0.03N NH_4F) แล้วนำไปวัดค่า absorbance ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 882 นาโนเมตร (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.1.1.2.5 Exchangeable K, Ca และ Mg สกัดดินด้วยสารละลาย 1N. NH_4CH_3COO pH 7 แล้วนำไปวัดปริมาณด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (ทัศนีย์และจงรักษ์, 2542)

6.1.1.3 การวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์ของดิน โดยเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกจากแปลงทดลองที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร เพื่อวิเคราะห์ลักษณะเนื้อดิน (% sand, % silt, % clay) ซึ่งวิเคราะห์โดย pipette method (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2554)

6.1.2 การศึกษาสมบัติของดินในแปลงทดลองหลังการเก็บเกี่ยว

ทำการเก็บตัวอย่างดินในแต่ละแปลงย่อยและวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ตามที่ได้อธิบายไว้ในข้อ 6.1.1 (ยกเว้น การวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์ของดิน)

6.2 การเก็บข้อมูลของวัสดุเหลือใช้สำหรับการทดลอง

วิเคราะห์สมบัติทางเคมีของวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัส (อัตราส่วน 2 : 3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) ก่อนการทดลอง ดังนี้

6.2.1 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) วัดโดยใช้ pH meter อัตราส่วนระหว่างวัสดุผสมต่อน้ำ เท่ากับ 3:50

6.2.2 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) โดยวัดค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่สกัดจากวัสดุผสม โดยใช้อัตราส่วนระหว่างวัสดุผสมต่อน้ำ เท่ากับ 1:10 จากนั้น วัดด้วยเครื่อง Electrical conductivity meter (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542)

6.2.3 ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมทั้งหมด โดยการย่อยตัวอย่างด้วยสารละลาย digestion mixture (H_2SO_4 – Na_2SO_4 – Se mixture) แล้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนโดยการกลั่นด้วยอุปกรณ์ (N–determination apparatus) ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด โดยวิธีการเทียบสี (colorimetric method) และวัดปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมทั้งหมด ด้วยเครื่อง Atomic Absorption spectrophotometer (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.3 ข้อมูลพืช

6.3.1 ข้อมูลการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง

6.3.1.1 ความสูงต้นของมันสำปะหลัง วัดความสูงเมื่อมันสำปะหลังมีอายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือน โดยวัดจากโคนลำต้นเหนือผิวดินประมาณ 5 เซนติเมตร จนถึงปลายยอดของต้นมันสำปะหลัง

6.3.1.2 จำนวนกิ่งของมันสำปะหลัง นับจำนวนกิ่งของมันสำปะหลังเฉพาะกิ่งที่มีการเจริญเติบโตเต็มที่แล้วเท่านั้น ซึ่งกระทำในช่วงเวลาเดียวกับการวัดความสูงต้นของมันสำปะหลังในข้อ 6.3.1.1

6.3.2 ข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน โดยทำการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังในแต่ละแปลงย่อย แล้วนำมาบันทึกค่า ดังต่อไปนี้

6.3.2.1 น้ำหนักสดส่วนเหนือดิน โดยชั่งน้ำหนักสดส่วนของใบ ลำต้น และส่วนของเหง้ามันสำปะหลังในแต่ละแปลงย่อย แล้วคำนวณเป็นน้ำหนักสดส่วนเหนือดินเป็นหน่วยตันต่อไร่

6.3.2.2 ผลผลิตหัวสด โดยชั่งน้ำหนักหัวสดในแต่ละแปลงย่อยที่ทำการเก็บเกี่ยว แล้วคำนวณเป็นผลผลิตหัวสดในหน่วยตันต่อไร่

6.3.2.3 จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้น โดยการนับจำนวนหัวสดของมันสำปะหลังทั้งหมดที่ทำการเก็บเกี่ยวในแต่ละแปลงย่อย แล้วนำมาหารด้วยจำนวนต้นที่ทำการเก็บเกี่ยวของแต่ละแปลงย่อย จะได้ค่าของจำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้น

6.3.2.4 น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว โดยการชั่งน้ำหนักหัวสดของมันสำปะหลังทั้งหมดที่ทำการเก็บเกี่ยวในแต่ละแปลงย่อย แล้วนำมาหารด้วยจำนวนหัวมันสำปะหลังที่ได้จากการเก็บเกี่ยวของแต่ละแปลงย่อย จะได้ค่าของน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.3.2.5 ความกว้างและความยาวของหัว โดยการวัดความกว้างและความยาวของหัวมันสำปะหลังที่ได้จากการเก็บเกี่ยวในแต่ละแปลงย่อย แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

6.3.2.6 เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสดของสำปะหลัง โดยการสุ่มตัวอย่างหัวมันสดที่ได้จากการเก็บเกี่ยวในแต่ละแปลงย่อยจำนวน 5 กิโลกรัม แล้วนำไปหาค่า เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสดของสำปะหลัง โดยใช้เครื่องชั่งแบบ Remain Scale

6.3.2.7 ปริมาณแป้งต่อพื้นที่ของสำปะหลัง โดยคำนวณได้จากสูตร

ปริมาณแป้งต่อพื้นที่ (ตัน/ไร่) = ผลผลิตหัวสด x เปอร์เซ็นต์แป้ง

6.3.3 ค่าดัชนีเก็บเกี่ยว (harvest index) ของมันสำปะหลัง โดยคำนวณได้จากสูตร

$$\text{ค่าดัชนีเก็บเกี่ยว} = \frac{\text{นน. ผลผลิตหัวสด}}{\text{นน. ผลผลิตหัวสด + นน. เหนือดิน (ได้แก่ นน. ส่วนใบ ลำต้น และเหง้า)}}$$

6.3.4 การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในหัวมันสำปะหลัง โดยการสุ่มตัวอย่างหัวมันมันสำปะหลังที่ได้จากการเก็บเกี่ยวในแต่ละแปลงย่อยจำนวน 10 หัว แล้วนำมาผ่าตามแนวขวางของหัวมันสำปะหลัง ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นหนาประมาณ 1 เซนติเมตร เก็บเฉพาะชิ้นส่วนบริเวณกึ่งกลางของหัวมันสำปะหลัง นำมาสับเป็นชิ้นเล็กๆ ผึ่งแห้ง และอบด้วยตู้อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้น นำไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมตามที่ได้อธิบายไว้โดยทัศนีย์ และจงรักษ์ (2542) ดังนี้

ก. การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด โดยวิธีของ Micro Kjeldahl

ข. การวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด โดยวิธี Vanado-molybdate yellow color โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer วัดที่ความยาวคลื่น 440 นาโนเมตร

ค. การวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด โดยใช้เครื่อง Atomic Absorption /Flame Emission Spectrophotometer วัดที่ความยาวคลื่น 767 นาโนเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หมายเหตุ การเก็บข้อมูลมันสำปะหลังในแต่ละแปลงย่อย กระทำโดยการสุ่มต้นมันสำปะหลังจำนวน 10 ต้นต่อแปลงย่อย

7. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลการเจริญเติบโต และผลผลิตที่ได้จากการทดลองนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) เพื่อหาค่า F-test พร้อมทั้งเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ DMRT (Duncan's multiple range test)

8. สถานที่ทำการทดลอง

1. แปลงทดลองและวิจัยของภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

2. ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืชทางเคมี ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

3. ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินทางฟิสิกส์ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

9. ระยะเวลาทำการทดลอง

ดำเนินการปลูกทดลองในช่วงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2555 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2556

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

จากการศึกษาผลของวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัสต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ณ แปลงทดลองของภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ในช่วงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2555-เดือนเมษายน พ.ศ. 2556 ปรากฏผลดังนี้

1. การเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง

1.1 ความสูงต้น

การใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัสอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ความสูงต้นของมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 7) กล่าวคือ การใส่วัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ [$(mixture)_{1200}$+$IF_{(mixture)1200}$] มีผลให้ความสูงต้นของมันสำปะหลังโดยภาพรวมมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 2,400 กก./ไร่ [$IF_{(mixture)2400}$] การใส่วัสดุผสมอัตรา 2,400 กก./ไร่ [$(mixture)_{2400}$] และการใส่วัสดุผสมอัตรา 600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 600 กก./ไร่ [$(mixture)_{600}$+$IF_{(mixture)600}$] ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ความสูงต้นของมันสำปะหลังน้อยที่สุดทุกระยะการเจริญเติบโต

1.2 จำนวนกิ่งต่อต้น

การใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัสอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้จำนวนกิ่งต่อต้นของมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 8) กล่าวคือ การใส่วัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ [$(mixture)_{1200}$+$IF_{(mixture)1200}$] มีผลให้จำนวนกิ่งต่อต้นของมันสำปะหลังโดยภาพรวมมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 2,400 กก./ไร่ [$IF_{(mixture)2400}$] ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้จำนวนกิ่งต่อต้นของมันสำปะหลังน้อยที่สุดทุกระยะการเจริญเติบโต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 ความสูงต้นของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ที่อายุต่างๆ

ตำรับทดลอง	ความสูงต้น (ซม.)			
	3 เดือน	6 เดือน	9 เดือน	12 เดือน
T_1 = Control	104.90^{d}	154.67^{c}	203.00^{d}	240.67^{c}
T_2 = $(mixture)_{1200}$	123.90^{bc}	230.27^{ab}	273.00^{bc}	289.50^{b}
T_3 = $IF_{(mixture)1200}$	125.03^{abc}	233.33^{ab}	275.43^{bc}	299.83^{b}
T_4 = $(mixture)_{600}$+$IF_{(mixture)600}$	128.27^{ab}	250.57^{ab}	309.73^{ab}	325.90^{a}
T_5 = $(mixture)_{2400}$	131.70^{ab}	264.17^{a}	310.20^{ab}	326.13^{a}
T_6 = $IF_{(mixture)2400}$	133.33^{ab}	269.00^{a}	317.40^{a}	331.43^{a}
T_7 = $(mixture)_{1200}$+$IF_{(mixture)1200}$	134.70^{a}	274.27^{a}	321.93^{a}	336.07^{a}
T_8 = IF_{DOA}	117.33^{c}	206.00^{b}	270.57^{c}	283.67^{b}
F-test	*	**	**	**
CV (%)	13.10	16.81	17.19	14.20

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยการใช้ DMRT

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 จำนวนกิ่งต่อต้นของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ที่อายุต่างๆ

ตำรับทดลอง	จำนวนกิ่งต่อต้น			
	3 เดือน	6 เดือน	9 เดือน	12 เดือน
T_1 = Control	2.00^{c}	2.23^{e}	2.33^{e}	2.62^{e}
T_2 = $(mixture)_{1200}$	3.33^{ab}	3.42^{d}	3.53^{cd}	3.74^{d}
T_3 = $IF_{(mixture)1200}$	3.63^{ab}	3.78^{c}	3.85^{c}	4.22^{c}
T_4 = $(mixture)_{600}$+$IF_{(mixture)600}$	3.90^{ab}	4.12^{b}	4.23^{b}	4.46^{c}
T_5 = $(mixture)_{2400}$	4.07^{ab}	4.21^{b}	4.35^{b}	4.52^{bc}
T_6 = $IF_{(mixture)2400}$	4.30^{ab}	4.42^{ab}	4.52^{ab}	4.85^{b}
T_7 = $(mixture)_{1200}$+$IF_{(mixture)1200}$	4.40^{a}	4.60^{a}	4.81^{a}	5.65^{a}
T_8 = IF_{DOA}	3.03^{bc}	3.22^{d}	3.41^{d}	3.52^{d}
F-test	**	**	**	**
CV (%)	18.94	14.51	15.03	14.99

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยการใช้ DMRT

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

1.3 น้ำหนักสดส่วนเหนือดิน

การใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวินัสอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้น้ำหนักสดส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 9) กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 2,400 กก./ไร่ [$IF_{(mixture)2400}$] มีผลให้น้ำหนักสดส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังมากที่สุด (6.05 ตัน/ไร่) ไม่แตกต่างกับตำรับควบคุม (control) ขณะที่การใส่วัสดุผสมอัตรา 600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 600 กก./ไร่ [$(mixture)_{600}$+$IF_{(mixture)600}$] มีผลให้น้ำหนักสดส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังน้อยที่สุด คือ 4.42 ตัน/ไร่ ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ [$IF_{(mixture)1200}$]

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 น้ำหนักสดส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ที่อายุ 12 เดือน

ตำรับทดลอง	น้ำหนักสดส่วนเหนือดิน (ตัน/ไร่)
T_1 = Control	5.79^{a}
T_2 = $(mixture)_{1200}$	5.06^{bc}
T_3 = $IF_{(mixture)1200}$	4.61^{cd}
T_4 = $(mixture)_{600}$+$IF_{(mixture)600}$	4.42^{d}
T_5 = $(mixture)_{2400}$	5.23^{b}
T_6 = $IF_{(mixture)2400}$	6.05^{a}
T_7 = $(mixture)_{1200}$+$IF_{(mixture)1200}$	5.08^{bc}
T_8 = IF_{DOA}	4.76^{bcd}
F-test	**
CV (%)	15.60

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใช้ DMRT

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลัง

2.1 ผลผลิตหัวสด

การใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัสอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 10) กล่าวคือ การใส่วัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ [$(mixture)_{1200}$+$IF_{(mixture)1200}$] มีผลให้ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังมากที่สุด (11.08 ตัน/ไร่) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 2,400 กก./ไร่ [$IF_{(mixture)2400}$] ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังน้อยที่สุด (6.05 ตัน/ไร่) อย่างไรก็ตาม มีข้อสังเกตว่าตำรับควบคุมให้ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังสูงกว่าค่าเฉลี่ยของมันสำปะหลังทั้งประเทศนั้น (3.41 ตัน/ไร่; สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปริมาณฝนที่ตกสม่ำเสมอตลอดการทดลอง อีกทั้งพื้นที่แปลงก่อนการทดลองมีสภาพเป็นทุ่งหญ้าและมีการไถกลบในขั้นตอนการเตรียมแปลง ทำให้เกิดการย่อยสลายของเศษซากพืชและมีการปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชในภายหลัง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Howeler (1981) เกี่ยวกับการหมุนเวียนของสารประกอบอินทรีย์จากเศษพืชที่เหลือตกค้างในดิน

2.2 จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้น

การใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัสอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้นของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 10) กล่าวคือ ทุกตำรับทดลองมีผลทำให้จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้นของมันสำปะหลังใกล้เคียงกันในช่วง 9.53-12.93 หัว

2.3 น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว

การใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัสอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 10) กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 2,400 กก./ไร่ [$IF_{(mixture)2400}$] มีผลให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำปะหลังมากที่สุด (0.61 กก./หัว) ไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ [$(mixture)_{1200}$+$IF_{(mixture)1200}$] การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (IF_{DOA}) และการใส่วัสดุผสมอัตรา 2,400 กก./ไร่ [$(mixture)_{2400}$] ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังน้อยที่สุด (0.37 กก./หัว)

2.4 ความกว้างของหัว

การใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัสอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ความกว้างของหัวมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 11) กล่าวคือ ทุกตำรับทดลองมีผลให้ความกว้างของหัวมันสำปะหลังใกล้เคียงกันในช่วง 5.98-6.66 เซนติเมตร

2.5 ความยาวของหัว

การใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัสอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ความยาวของหัวมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 11) กล่าวคือ ทุกตำรับทดลองมีผลให้ความยาวของหัวมันสำปะหลังใกล้เคียงกันในช่วง 21.06-22.89 เซนติเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 ผลผลิตหัวสด จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้น และน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ที่อายุ 12 เดือน

ตำรับทดลอง	ผลผลิตหัวสด (ตัน/ไร่)	จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้น	น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว (กก./หัว)
T_1 = Control	6.05^{d}	10.30	0.37^{c}
T_2 = $(mixture)_{1200}$	9.37^{b}	11.60	0.50^{b}
T_3 = $IF_{(mixture)1200}$	9.55^{b}	12.10	0.49^{b}
T_4 = $(mixture)_{600}$+$IF_{(mixture)600}$	9.84^{b}	12.93	0.48^{b}
T_5 = $(mixture)_{2400}$	9.88^{b}	11.80	0.52^{ab}
T_6 = $IF_{(mixture)2400}$	10.35^{ab}	10.63	0.61^{a}
T_7 = $(mixture)_{1200}$+$IF_{(mixture)1200}$	11.08^{a}	12.20	0.57^{ab}
T_8 = IF_{DOA}	8.20^{c}	9.53	0.54^{ab}
F-test	**	ns	**
CV (%)	16.54	11.90	10.33

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยการใช้ DMRT

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 ความกว้างของหัวและความยาวของหัวของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ที่อายุ 12 เดือน

ตำรับทดลอง	ความกว้างของหัว (ซม.)	ความยาวของหัว (ซม.)
T_1 = Control	5.98	21.06
T_2 = $(mixture)_{1200}$	6.08	21.85
T_3 = $IF_{(mixture)1200}$	6.22	21.93
T_4 = $(mixture)_{600}$+$IF_{(mixture)600}$	6.22	21.96
T_5 = $(mixture)_{2400}$	6.42	22.00
T_6 = $IF_{(mixture)2400}$	6.42	22.33
T_7 = $(mixture)_{1200}$+$IF_{(mixture)1200}$	6.66	22.89
T_8 = IF_{DOA}	6.03	21.24
F-test	ns	ns
CV (%)	10.35	14.55

หมายเหตุ ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

2.6 เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสด

การใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัสอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 12) กล่าวคือ การใส่วัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ [$(mixture)_{1200}$+$IF_{(mixture)1200}$] มีผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสดของมันสำปะหลังมากที่สุด (29.07 เปอร์เซ็นต์) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 2,400 กก./ไร่ [$IF_{(mixture)2400}$] การใส่วัสดุผสมอัตรา 2,400 กก./ไร่ [$(mixture)_{2400}$] และการใส่วัสดุผสมอัตรา 600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 600 กก./ไร่ [$(mixture)_{600}$+$IF_{(mixture)600}$] ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสดของมันสำปะหลังน้อยที่สุดเพียง 23.97 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.7 ปริมาณแป้งต่อพื้นที่

การใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัสอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ปริมาณแป้งต่อพื้นที่ของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 12) กล่าวคือ การใส่วัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ [$(mixture)_{1200}$+$IF_{(mixture)1200}$] มีผลให้ปริมาณแป้งต่อพื้นที่ของมันสำปะหลังมากที่สุด (3.22 ตัน/ไร่) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 2,400 กก./ไร่ [$IF_{(mixture)2400}$] ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณแป้งต่อพื้นที่ของมันสำปะหลังน้อยที่สุดเพียง 1.45 ตัน/ไร่

ตารางที่ 12 เปอร์เซ็นต์แป้งและปริมาณแป้งต่อพื้นที่ของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ที่อายุ 12 เดือน

ตำรับทดลอง	เปอร์เซ็นต์แป้ง (%)	ปริมาณแป้งต่อพื้นที่ (ตัน/ไร่)
T_1 = Control	23.97^{c}	1.45^{d}
T_2 = $(mixture)_{1200}$	27.20^{b}	2.55^{bc}
T_3 = $IF_{(mixture)1200}$	27.23^{b}	2.60^{b}
T_4 = $(mixture)_{600}$+$IF_{(mixture)600}$	27.47^{ab}	2.70^{b}
T_5 = $(mixture)_{2400}$	27.97^{ab}	2.76^{b}
T_6 = $IF_{(mixture)2400}$	28.43^{ab}	2.94^{ab}
T_7 = $(mixture)_{1200}$+$IF_{(mixture)1200}$	29.07^{a}	3.22^{a}
T_8 = IF_{DOA}	27.13^{b}	2.22^{c}
F-test	**	**
CV (%)	13.34	8.04

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยการใช้ DMRT

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.8 ค่าดัชนีเก็บเกี่ยว

การใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัสอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ค่าดัชนีเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 13) กล่าวคือ ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่วัสดุผสมอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ค่าดัชนีเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลังใกล้เคียงกันในช่วง 0.63-0.69 และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม (control) ซึ่งมีผลให้ค่าดัชนีเก็บเกี่ยวน้อยที่สุดเพียง 0.51

ตารางที่ 13 ค่าดัชนีเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ที่อายุ 12 เดือน

ตำรับทดลอง	ค่าดัชนีเก็บเกี่ยว (harvest index)
T_1 = Control	0.51^b
$T_2 = (mixture)_{1200}$	0.65^a
$T_3 = IF_{(mixture)1200}$	0.67^a
$T_4 = (mixture)_{600}+IF_{(mixture)600}$	0.69^a
$T_5 = (mixture)_{2400}$	0.65^a
$T_6 = IF_{(mixture)2400}$	0.63^a
$T_7 = (mixture)_{1200}+IF_{(mixture)1200}$	0.69^a
$T_8 = IF_{DOA}$	0.63^a
F-test	*
CV (%)	9.41

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยการใช้ DMRT

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ปริมาณความเข้มข้นของธาตุอาหารในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลัง

3.1 ปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน

การใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัสอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนที่สะสมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 14) กล่าวคือ การใส่วัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ [$(mixture)_{1200}$+$IF_{(mixture)1200}$] มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนที่สะสมในผลผลิตหัวสดมากที่สุด (0.259 เปอร์เซ็นต์) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 2,400 กก./ไร่ [$IF_{(mixture)2400}$] และการใส่วัสดุผสมอัตรา 2,400 กก./ไร่ [$(mixture)_{2400}$] ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนที่สะสมในผลผลิตหัวสดน้อยที่สุด (0.149 เปอร์เซ็นต์)

3.2 ปริมาณความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัส

การใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัสอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสที่สะสมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 14) กล่าวคือ การใส่วัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ [$(mixture)_{1200}$+$IF_{(mixture)1200}$] มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสที่สะสมในผลผลิตหัวสดมากที่สุด (0.153 เปอร์เซ็นต์) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 2,400 กก./ไร่ [$IF_{(mixture)2400}$] การใส่วัสดุผสมอัตรา 2,400 กก./ไร่ [$(mixture)_{2400}$] การใส่วัสดุผสมอัตรา 600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 600 กก./ไร่ [$(mixture)_{600}$+$IF_{(mixture)600}$] การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ [$IF_{(mixture)1200}$] และการใส่วัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ [$(mixture)_{1200}$] ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสที่สะสมในผลผลิตหัวสดน้อยที่สุด (0.105 เปอร์เซ็นต์)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.3 ปริมาณความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียม

การใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัสอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมที่สะสมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 14) กล่าวคือ การใส่วัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ [$(mixture)_{1200}$+$IF_{(mixture)1200}$] มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมที่สะสมในผลผลิตหัวสดมากที่สุด (1.624 เปอร์เซ็นต์) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 2,400 กก./ไร่ [$IF_{(mixture)2400}$] และการใส่วัสดุผสมอัตรา 2,400 กก./ไร่ [$(mixture)_{2400}$] ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมที่สะสมในผลผลิตหัวสดน้อยที่สุด (0.756 เปอร์เซ็นต์)

จากผลการทดลองข้างต้น ให้ข้อสังเกตว่าการใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัสร่วมกับปุ๋ยเคมี มีแนวโน้มให้การเจริญเติบโต ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังดีกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว หรือการใส่วัสดุผสมแต่เพียงอย่างเดียว ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับงานวิจัยของธีรยุทธ และคณะ (2555) ทั้งนี้เป็นไปได้ว่าปุ๋ยเคมีสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารให้กับมันสำปะหลังได้อย่างรวดเร็วในระยะแรกของการเจริญเติบโต ขณะที่วัสดุผสมจะค่อยๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตเมื่อระยะเวลานานขึ้น ในทางตรงกันข้ามพบว่าการไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและวัสดุผสม (control) มีผลต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังต่ำที่สุด ทั้งนี้เป็นเพราะการปลูกพืชที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยในระยะยาว จะมีผลให้ปริมาณธาตุอาหารในดินลดน้อยลง และไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตของพืช (ชาลินี และคณะ, 2553; ธนากร และคณะ, 2553; วราภรณ์ และคณะ, 2553; สุรีรัตน์ และคณะ, 2553; ธีรยุทธ และคณะ, 2555) นอกจากนี้ มีข้อสังเกตว่าตำรับทดลองที่มีการใส่วัสดุผสมอย่างเดียว หรือใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวในอัตราที่สูงขึ้น (ตำรับทดลองที่ 5-7) มีผลให้การเจริญเติบโต ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังโดยภาพรวมสูงกว่าตำรับทดลองที่มีการใส่วัสดุผสมอย่างเดียว หรือใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวในอัตราที่ต่ำกว่า (ตำรับทดลองที่ 2-4) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของชาลินี และคณะ (2553) ธนากร และคณะ (2553) วราภรณ์ และคณะ (2553) สุรีรัตน์ และคณะ (2553) และธีรยุทธ และคณะ (2555)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 14 ปริมาณความเข้มข้นธาตุอาหารในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ที่อายุ 12 เดือน

ตำรับทดลอง	Total N (%)	Total P (%)	Total K (%)
T_1 = Control	0.149^{c}	0.105^{c}	0.756^{d}
T_2 = $(mixture)_{1200}$	0.205^{abc}	0.131^{ab}	1.325^{bc}
T_3 = $IF_{(mixture)1200}$	0.205^{abc}	0.139^{ab}	1.365^{bc}
T_4 = $(mixture)_{600}$+$IF_{(mixture)600}$	0.223^{ab}	0.140^{ab}	1.412^{b}
T_5 = $(mixture)_{2400}$	0.238^{ab}	0.141^{ab}	1.556^{a}
T_6 = $IF_{(mixture)2400}$	0.248^{a}	0.144^{ab}	1.568^{a}
T_7 = $(mixture)_{1200}$+$IF_{(mixture)1200}$	0.259^{a}	0.153^{a}	1.624^{a}
T_8 = IF_{DOA}	0.185^{bc}	0.129^{b}	1.235^{c}
F-test	*	**	**
CV (%)	14.85	14.89	12.58

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยการใช้ DMRT

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. สมบัติทางเคมีของดินบางประการ ภายหลังการใช้วัสดุผสมระหว่างกากตะกอน ยีสต์และน้ำวีนัส สำหรับการปลูกมันสำปะหลังเป็นระยะเวลา 1 ปี

4.1 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดิน

การใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัสอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 15) กล่าวคือ ทุกตำรับทดลองมีผลให้ค่า pH ของดินใกล้เคียงกันในช่วง 6.03-6.79 โดยเป็นที่สังเกตว่าการใส่วัสดุผสมอย่างเดียว มีแนวโน้มให้ค่า pH ของดินต่ำกว่าการใส่วัสดุผสมร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นเพราะวัสดุผสมมีค่า pH อยู่ในระดับกรดจัดมาก (ตารางที่ 5) จึงอาจส่งผลให้ค่า pH ของดินต่ำลงได้ (ธนศมณท์, 2555; ชัยสิทธิ์และคณะ, 2555) อย่างไรก็ตาม เมื่อใช้เกณฑ์การประเมินจาก FAO Project Staff and Land Classification Division (1973) มาพิจารณาร่วมด้วย พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่วัสดุผสมอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว รวมทั้งตำรับควบคุม (control) มีผลให้ค่า pH เปลี่ยนแปลงอยู่ในระดับเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกลาง

4.2 ค่าการนำไฟฟ้า (EC_e) ของดิน

การใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัสอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ค่าการนำไฟฟ้า (EC_e) ของดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 15) กล่าวคือ การใส่วัสดุผสมอัตรา 2,400 กก./ไร่ [$(mixture)_{2400}$] มีผลให้ค่า EC_e ของดินมากที่สุด (1.58 dS/m) รองลงมา คือ การใส่วัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ [$(mixture)_{1200}+IF_{(mixture)1200}$] ซึ่งไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ [$(mixture)_{1200}$] และการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 2,400 กก./ไร่ [$IF_{(mixture)2400}$] ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ค่า EC_e ของดินน้อยที่สุด (0.56 dS/m) โดยเป็นที่สังเกตว่าการใส่วัสดุผสมอย่างเดียว มีแนวโน้มให้ค่า EC_e ของดินสูงกว่าการใส่วัสดุผสมร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นเพราะวัสดุผสมมีค่า EC หรือค่าความเค็มในระดับเค็มมาก (ตารางที่ 5) จึงอาจส่งผลให้ค่า EC_e ของดินเพิ่มขึ้นได้ (ธนศมณท์, 2555; ชัยสิทธิ์และคณะ, 2555) อย่างไรก็ตาม เมื่อใช้เกณฑ์การประเมินจาก FAO Project Staff and Land Classification Division (1973) มาพิจารณาร่วมด้วย พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่วัสดุผสมอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รวมทั้งตำรับควบคุม (control) มีผลให้ค่า EC_e ของดินอยู่ในระดับที่ไม่เค็ม (0-4 dS/m) หรือไม่มีผลกระทบกระเทือนต่อการเจริญเติบโตของพืช

4.3 ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

การใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัสอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 15) กล่าวคือ การใส่วัสดุผสมอัตรา 2,400 กก./ไร่ [$(mixture)_{2400}$] มีผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินมากที่สุด (1.48 เปอร์เซ็นต์) ไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ [$(mixture)_{1200}$+$IF_{(mixture)1200}$] การใส่วัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ [$(mixture)_{1200}$] และการใส่วัสดุผสมอัตรา 600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 600 กก./ไร่ [$(mixture)_{600}$+$IF_{(mixture)600}$] ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินน้อยที่สุดเพียง 0.67 เปอร์เซ็นต์ โดยเป็นที่สังเกตว่าการใส่วัสดุผสมอย่างเดียว มีแนวโน้มให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินสูงกว่าการใส่วัสดุผสมร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นเพราะวัสดุผสมมีปริมาณอินทรียวัตถุในระดับสูงมาก (ตารางที่ 5) จึงอาจส่งผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุของดินเพิ่มขึ้นได้ (ธนศมณท์, 2555; ชัยสิทธิ์ และคณะ, 2555) อย่างไรก็ตาม เมื่อใช้เกณฑ์การประเมินจาก FAO Project Staff and Land Classification Division (1973) มาพิจารณาร่วมด้วย พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่วัสดุผสมอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว รวมทั้งตำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินอยู่ในระดับต่ำ (0.5-1.0 เปอร์เซ็นต์) ถึงค่อนข้างต่ำ (1.0-1.5 เปอร์เซ็นต์)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 15 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC_e) และปริมาณอินทรียวัตถุ (organic matter) ของดิน ภายหลังการปลูกมันสำปะหลังเป็นระยะเวลา 1 ปี

ตำรับทดลอง	pH (1:1)	EC_e (dS/m)	Organic matter (%)
ค่าที่วิเคราะห์ได้ก่อนการทดลอง	6.49	0.41	0.64
T_1 = Control	6.79	0.56^{e}	0.67^{e}
T_2 = $(mixture)_{1200}$	6.39	1.09^{b}	1.33^{ab}
T_3 = $IF_{(mixture)1200}$	6.56	0.82^{cd}	1.02^{cd}
T_4 = $(mixture)_{600}$+$IF_{(mixture)600}$	6.44	0.98^{bc}	1.25^{abc}
T_5 = $(mixture)_{2400}$	6.03	1.58^{a}	1.48^{a}
T_6 = $IF_{(mixture)2400}$	6.46	1.03^{b}	1.12^{bcd}
T_7 = $(mixture)_{1200}$+$IF_{(mixture)1200}$	6.11	1.11^{b}	1.38^{ab}
T_8 = IF_{DOA}	6.68	0.77^{d}	0.86^{de}
F-test	ns	**	**
CV (%)	9.25	10.53	13.44

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยการใช้ DMRT

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. ปริมาณธาตุอาหารพืชในดิน ภายหลังการใช้วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัส สำหรับการปลูกมันสำปะหลังเป็นระยะเวลา 1 ปี

5.1 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

การใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัสอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 16) กล่าวคือ การใส่วัสดุผสมอัตรา 2,400 กก./ไร่ [$(mixture)_{2400}$] มีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มากที่สุด (64.47 mg/kg) ซึ่งไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ [$(mixture)_{1200}$+$IF_{(mixture)1200}$] ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์น้อยที่สุด (41.35 mg/kg) ซึ่งไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (IF_{DOA}) อย่างไรก็ตาม เมื่อใช้เกณฑ์การประเมินจาก FAO Project Staff and Land Classification Division (1973) มาพิจารณาร่วมด้วย พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่วัสดุผสมอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว รวมทั้งตำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับสูงมาก (> 45 mg/kg)

5.2 ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

การใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัสอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 16) กล่าวคือ การใส่วัสดุผสมอัตรา 2,400 กก./ไร่ [$(mixture)_{2400}$] มีผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมากที่สุด (86.54 mg/kg) ไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ [$(mixture)_{1200}$+$IF_{(mixture)1200}$] การใส่วัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ [$(mixture)_{1200}$] การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 2,400 กก./ไร่ [$IF_{(mixture)2400}$] และการใส่วัสดุผสมอัตรา 600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 600 กก./ไร่ [$(mixture)_{600}$+$IF_{(mixture)600}$] ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินน้อยที่สุด (60.41 mg/kg) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (IF_{DOA}) อย่างไรก็ตาม เมื่อใช้เกณฑ์การประเมินจาก FAO Project Staff and Land Classification Division (1973) มาพิจารณาร่วมด้วย พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่วัสดุผสมอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว รวมทั้งตำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินอยู่ในระดับปานกลาง (60-90 mg/kg)

ตารางที่ 16 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (avail. P) และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exch. K) ของดิน ภายหลังการปลูกมันสำปะหลังเป็นระยะเวลา 1 ปี

ตำรับทดลอง	Avail. P (mg/kg)	Exch. K (mg/kg)
ค่าที่วิเคราะห์ได้ก่อนการทดลอง	36.65	56.92
T_1 = Control	41.35^{e}	60.41^{d}
$T_2 = (mixture)_{1200}$	56.60^{bc}	82.40^{ab}
$T_3 = IF_{(mixture)1200}$	48.53^{de}	72.47^{bc}
$T_4 = (mixture)_{600}+IF_{(mixture)600}$	50.44^{cd}	76.37^{abc}
$T_5 = (mixture)_{2400}$	64.47^{a}	86.54^{a}
$T_6 = IF_{(mixture)2400}$	53.60^{cd}	78.39^{abc}
$T_7 = (mixture)_{1200}+IF_{(mixture)1200}$	62.25^{ab}	83.47^{ab}
$T_8 = IF_{DOA}$	46.36^{de}	68.73^{cd}
F-test	**	**
CV (%)	8.01	8.14

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยการใช้ DMRT

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.3 ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

การใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัสอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 17) กล่าวคือ การใส่วัสดุผสมอัตรา 2,400 กก./ไร่ [$(mixture)_{2400}$] มีผลให้ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมากที่สุด (1,203 mg/kg) ไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ [$(mixture)_{1200}$+$IF_{(mixture)1200}$] และการใส่วัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ [$(mixture)_{1200}$] ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้น้อยที่สุด (852 mg/kg) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (IF_{DOA}) อย่างไรก็ตาม เมื่อใช้เกณฑ์การประเมินจาก FAO Project Staff and Land Classification Division (1973) มาพิจารณาร่วมด้วย พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่วัสดุผสมอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว รวมทั้งตำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินอยู่ในระดับสูง (> 400 mg/kg)

5.4 ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

การใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัสอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 17) กล่าวคือ การใส่วัสดุผสมอัตรา 2,400 กก./ไร่ [$(mixture)_{2400}$] มีผลให้ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมากที่สุด (84.38 mg/kg) ไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ [$(mixture)_{1200}$+$IF_{(mixture)1200}$] การใส่วัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ [$(mixture)_{1200}$] และการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 2,400 กก./ไร่ [$IF_{(mixture)2400}$] ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินน้อยที่สุด (59.38 mg/kg) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 2,400 กก./ไร่ [$IF_{(mixture)2400}$] การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ [$IF_{(mixture)1200}$] และการใส่วัสดุผสมอัตรา 600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 600 กก./ไร่ [$(mixture)_{600}$+$IF_{(mixture)600}$] อย่างไรก็ตาม เมื่อใช้เกณฑ์การประเมินจาก FAO Project Staff and Land Classification Division (1973) มาพิจารณาร่วมด้วย พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่วัสดุผสมอย่าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว รวมทั้งตำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินอยู่ในระดับต่ำ (<60 mg/kg) ถึงปานกลาง (60-120 mg/kg)

ตารางที่ 17 ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exch. Ca) และปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exch. Mg) ของดิน ภายหลังการปลูกมันสำปะหลังเป็นระยะเวลา 1 ปี

ตำรับทดลอง	Exch. Ca (mg/kg)	Exch. Mg (mg/kg)
ค่าที่วิเคราะห์ได้ก่อนการทดลอง	789	55.86
T_1 = Control	852^{d}	59.38^{d}
T_2 = $(mixture)_{1200}$	1,105^{ab}	78.44^{ab}
T_3 = $IF_{(mixture)1200}$	957^{cd}	68.42^{bcd}
T_4 = $(mixture)_{600}$+$IF_{(mixture)600}$	963^{cd}	70.43^{bcd}
T_5 = $(mixture)_{2400}$	1,203^{a}	84.38^{a}
T_6 = $IF_{(mixture)2400}$	1,005^{bc}	75.22^{abc}
T_7 = $(mixture)_{1200}$+$IF_{(mixture)1200}$	1,158^{a}	82.60^{a}
T_8 = IF_{DOA}	863^{d}	65.52^{cd}
F-test	**	**
CV (%)	7.30	8.12

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยการใช้ DMRT

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. เปรียบเทียบผลกำไรสุทธิสำหรับการปลูกมันสำปะหลัง

การทดลองนี้มีค่าใช้จ่ายหลัก 2 ส่วน คือ 1) ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับวัสดุผสมและปุ๋ยเคมี [A_1] (ตารางที่ 18) และ 2) ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการจัดการอื่นๆ เช่น ค่าท่อนพันธุ์ ค่าจ้างเหมาเตรียมดินสำหรับปลูก ค่าจ้างเหมาปลูกมันสำปะหลัง ค่าจ้างเหมาให้น้ำในช่วงแรกของการปลูก ค่าจ้างเหมาใส่ปุ๋ยเคมี ค่าจ้างเหมาใส่วัสดุผสม ค่าจ้างเหมาฉีดสารเคมีกำจัดวัชพืช รวมทั้งค่าใช้จ่ายในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวผลผลิต [A_2] (ตารางที่ 19) โดยผลรวมของค่าใช้จ่ายดังกล่าว (A) ได้แสดงไว้ในตารางที่ 20

สำหรับรายได้ทั้งหมด (B) ของการจำหน่ายผลผลิตหัวมันสำปะหลังในแต่ละตำรับทดลองได้แสดงไว้ในตารางที่ 21 โดยผลต่างของรายได้ทั้งหมด (B) และค่าใช้จ่ายทั้งหมด (A) สามารถสรุปเป็นผลกำไรสุทธิ (C) ของการทดลองได้ดังนี้ (ตารางที่ 22) กล่าวคือ การใส่วัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ [$(mixture)_{1200}+IF_{(mixture)1200}$] มีผลให้กำไรสุทธิจากการปลูกมันสำปะหลังมากที่สุด (10,734 บาท/ไร่) ไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุผสมอัตรา 2,400 กก./ไร่ [$(mixture)_{2400}$] การใส่วัสดุผสมอัตรา 600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 600 กก./ไร่ [$(mixture)_{600}+IF_{(mixture)600}$] และการใส่วัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ [$(mixture)_{1200}$] ส่วนตำรับควบคุม (control) มีผลให้กำไรสุทธิจากการปลูกมันสำปะหลังน้อยที่สุดเพียง 4,562 บาท/ไร่

นอกจากนี้ ยังพบว่าการใส่วัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ [$(mixture)_{1200}+IF_{(mixture)1200}$] มีผลให้กำไรสุทธิเหนือตำรับควบคุม (control) มากที่สุด คือ 6,172 บาท/ไร่ รองลงมา คือ การใส่วัสดุผสมอัตรา 2,400 กก./ไร่ [$(mixture)_{2400}$] การใส่วัสดุผสมอัตรา 600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 600 กก./ไร่ [$(mixture)_{600}+IF_{(mixture)600}$] และการใส่วัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ [$(mixture)_{1200}$] ขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (IF_{DOA}) มีผลให้กำไรสุทธิเหนือตำรับควบคุม (control) น้อยที่สุด คือ 2,726 บาท/ไร่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 18 ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับวัสดุผสมและปุ๋ยเคมี (A_1) สำหรับการปลูกมันสำปะหลัง

ตำรับทดลอง	วัสดุผสม		ปุ๋ยเคมี		ค่าใช้จ่ายรวม (A_1) (บาท/ไร่)
	อัตราการใช้ (กก./ไร่)	ค่าใช้จ่าย[1/] (บาท/ไร่)	อัตราการใช้ (กก./ไร่)	ค่าใช้จ่าย[2/] (บาท/ไร่)	
T_1 = Control	-	-	-	-	-
$T_2 = (mixture)_{1200}$	1,200	720	-	-	720
$T_3 = IF_{(mixture)1200}$	-	-	AS = 34.28, TSP = 9.13, KCl = 60.40	1,610	1,610
$T_4 = (mixture)_{600}+IF_{(mixture)600}$	600	360	AS = 17.14, TSP = 4.56, KCl = 30.20	805	1,165
$T_5 = (mixture)_{2400}$	2,400	1,440	-	-	1,440
$T_6 = IF_{(mixture)2400}$	-	-	AS = 68.56, TSP = 18.26, KCl = 120.80	3,219	3,219
$T_7 = (mixture)_{1200}+IF_{(mixture)1200}$	1,200	720	AS = 34.28, TSP = 9.13, KCl = 60.40	1,610	2,330
$T_8 = IF_{DOA}$	-	-	AS = 76.19, KCl = 13.33	938	938

หมายเหตุ [1/] คำนวณจากราคาวัสดุเหลือใช้จากโรงงานผลิตเอทานอลอัตรา 500 บาท/ตัน รวมค่าจัดการอื่นๆ อีก 100 บาท/ตัน รวมเป็นค่าใช้จ่ายประมาณ 600 บาท/ตัน (ราคา ณ เดือนเมษายน พ.ศ. 2555

[2/] คำนวณจากราคาปุ๋ยเคมีที่จัดซื้อจากร้านเคมีเกษตร ในอำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ณ เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2555 โดยที่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (AS) ราคา 460 บาท/กระสอบ (9.20 บาท/กก.) ปุ๋ยทริปเปิลซูปเปอร์ฟอสเฟต (TSP) ราคา 1,200 บาท/กระสอบ (24.00 บาท/กก.) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ราคา 890 บาท/กระสอบ (17.80 บาท/กก.)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 19 ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการจัดการอื่นๆ รวมทั้งการเก็บเกี่ยวผลผลิต (A_2) สำหรับการปลูกมันสำปะหลัง

รายการ (บาท/ไร่)	ค่าใช้จ่ายแต่ละรายการตามตำรับทดลอง (บาท/ไร่)							
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8
1. ค่าท่อนพันธุ์	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600
2. ค่าจ้างเหมาเตรียมดินสำหรับปลูก	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
3. ค่าจ้างเหมาปลูกมันสำปะหลัง	800	800	800	800	800	800	800	800
4. ค่าจ้างเหมาให้น้ำในช่วงแรกของการปลูก	300	300	300	300	300	300	300	300
5. ค่าจ้างเหมาใส่ปุ๋ยเคมี	-	-	250	250	-	250	250	250
6. ค่าจ้างเหมาใส่วัสดุผสม	-	250	-	250	250	-	250	-
7. ค่าจ้างเหมาฉีดสารเคมีกำจัดวัชพืช	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
8. ค่าจ้างเหมาเก็บเกี่ยวผลผลิต[1/]	5,561	8,283	8,431	8,669	8,702	9,087	9,686	7,324
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด (บาท/ไร่, A_2)	10,261	13,233	13,381	13,869	13,652	14,037	14,636	12,274

หมายเหตุ [1/] ประกอบด้วยค่าตัดต้นมันสำปะหลัง 600 บาท/ไร่ ค่าขุดหัวมันสำปะหลัง 500 บาท/ตัน ค่าสับหัวออกจากเหง้ามันสำปะหลัง 250 บาท/ตัน และค่าขนส่งมันสำปะหลัง 70 บาท/ตัน ทั้งนี้ การคำนวณต้องอ้างอิงจากผลผลิตที่เกิดขึ้นจริงในแต่ละตำรับทดลองด้วย (ตารางที่ 10)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 20 ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด ($A = A_1+A_2$) สำหรับการปลูกมันสำปะหลัง

ตำรับทดลอง	ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับวัสดุผสมและปุ๋ยเคมี (A_1, บาท/ไร่)	ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการจัดการอื่นๆ รวมทั้งการเก็บเกี่ยวผลผลิต (A_2, บาท/ไร่)	ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด ($A = A_1+A_2$, บาท/ไร่)
T_1 = Control	-	10,261	10,261
$T_2 = (mixture)_{1200}$	720	13,233	13,953
$T_3 = IF_{(mixture)1200}$	1,610	13,381	14,991
$T_4 = (mixture)_{600}+IF_{(mixture)600}$	1,165	13,869	15,034
$T_5 = (mixture)_{2400}$	1,440	13,652	15,092
$T_6 = IF_{(mixture)2400}$	3,219	14,037	17,256
$T_7 = (mixture)_{1200}+IF_{(mixture)1200}$	2,330	14,636	16,966
$T_8 = IF_{DOA}$	938	12,274	13,212

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 21 รายได้ทั้งหมด (B) จากการการปลูกมันสำปะหลังในแต่ละตำรับทดลอง

ตำรับทดลอง	ผลผลิตหัวสด (ตัน/ไร่)	เปอร์เซ็นต์แป้ง (%)	ราคาหัวมันสด[1/] (บาท/ตัน)	รายได้ทั้งหมด (B, บาท/ไร่)
T_1 = Control	6.05	23.97	2,450	14,823
$T_2 = (mixture)_{1200}$	9.37	27.20	2,500	23,425
$T_3 = IF_{(mixture)1200}$	9.55	27.23	2,500	23,875
$T_4 = (mixture)_{600}+IF_{(mixture)600}$	9.84	27.47	2,500	24,600
$T_5 = (mixture)_{2400}$	9.88	27.97	2,500	24,700
$T_6 = IF_{(mixture)2400}$	10.35	28.43	2,500	25,875
$T_7 = (mixture)_{1200}+IF_{(mixture)1200}$	11.08	29.07	2,500	27,700
$T_8 = IF_{DOA}$	8.20	27.13	2,500	20,500

หมายเหตุ [1/] หัวมันสำปะหลังสดที่มีเปอร์เซ็นต์แป้งในช่วง 25-30 เปอร์เซ็นต์ จะจำหน่ายได้ในราคา 2,500 บาท/ตัน ส่วนหัวมันสำปะหลังสดที่มีเปอร์เซ็นต์แป้งต่ำกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ จะจำหน่ายได้ในราคา 2,450 บาท/ตัน (ราคา ณ เดือนเมษายน พ.ศ. 2556)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 22 กำไรสุทธิ (C) จากการการปลูกมันสำปะหลังในแต่ละตำรับทดลอง

ตำรับทดลอง	ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด (A, บาท/ไร่)	รายได้ทั้งหมด (B, บาท/ไร่)	กำไรสุทธิ (C = B-A, บาท/ไร่)	กำไรสุทธิเหนือตำรับควบคุม (บาท/ไร่)
T_1 = Control	10,261	14,823	4,562^{d}	-
$T_2 = (mixture)_{1200}$	13,953	23,425	9,472^{ab}	4,910
$T_3 = IF_{(mixture)1200}$	14,991	23,875	8,884^{b}	4,322
$T_4 = (mixture)_{600}+IF_{(mixture)600}$	15,034	24,600	9,566^{ab}	5,004
$T_5 = (mixture)_{2400}$	15,092	24,700	9,608^{ab}	5,046
$T_6 = IF_{(mixture)2400}$	17,256	25,875	8,619^{b}	4,057
$T_7 = (mixture)_{1200}+IF_{(mixture)1200}$	16,966	27,700	10,734^{a}	6,172
$T_8 = IF_{DOA}$	13,212	20,500	7,288^{c}	2,726
F-test	-	-	**	-
CV (%)	-	-	7.91	-

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยการใช้ DMRT

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการศึกษาผลของวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัสต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลัง สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. การใส่วัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ มีผลให้ความสูงต้น จำนวนกิ่งต่อต้น ผลผลิตหัวสด และเปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลังโดยภาพรวมมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 2,400 กก./ไร่ ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ความสูงต้น จำนวนกิ่งต่อต้น ผลผลิตหัวสด และเปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลังน้อยที่สุด

2. การใส่วัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ธาตุฟอสฟอรัส และธาตุโพแทสเซียมสะสมในผลผลิตหัวสดมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 2,400 กก./ไร่ และการใส่วัสดุผสมอัตรา 2,400 กก./ไร่ ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ธาตุฟอสฟอรัส และธาตุโพแทสเซียมสะสมในผลผลิตหัวสดน้อยที่สุด

3. การใส่วัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ มีผลให้กำไรสุทธิจากการปลูกมันสำปะหลังมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุผสมอัตรา 2,400 กก./ไร่ การใส่วัสดุผสมอัตรา 600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 600 กก./ไร่ และการใส่วัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ ส่วนตำรับควบคุม (control) มีผลให้กำไรสุทธิจากการปลูกมันสำปะหลังน้อยที่สุด นอกจากนี้ ยังพบว่าการใส่วัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมอัตรา 1,200 กก./ไร่ มีผลให้กำไรสุทธิเหนือตำรับควบคุม (control) มากที่สุด

4. ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่วัสดุผสมอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว รวมทั้งตำรับควบคุม (control) มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คือ ค่า pH อยู่ในระดับเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกลาง ค่า EC_e ของดินอยู่ในระดับที่ไม่เค็ม ปริมาณอินทรียวัตถุในดินอยู่ในระดับต่ำถึงระดับค่อนข้างต่ำ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับสูงมาก ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินอยู่ในระดับปานกลาง ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินอยู่ในระดับสูง และปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า มีความเป็นไปได้ที่จะนำวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีนัสมาใช้เพื่อทดแทนปุ๋ยหรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีสำหรับการปลูกมันสำปะหลัง อย่างไรก็ตาม ระยะเวลาในการวิจัยเพียง 1 ปี อาจไม่สามารถสรุปผลได้อย่างชัดเจนนัก ดังนั้น จึงควรทำการศึกษาต่ออีกในปีที่ 2-3 ในสภาพพื้นที่เดิม ทั้งนี้เพื่อยืนยันผลของการใช้วัสดุผสมในแง่การทดแทนปุ๋ยหรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีที่มีต่อการเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลัง ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ รวมทั้งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของดินในระยะยาวต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2548. **คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ**. 21-24 น. *ใน* เอกสารวิชาการ ลำดับที่ 8/2548, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ, ชุมพล นาควิโรจน์ และไพโรจน์ พันธุ์พฤกษ์. 2549. การจัดการดินและปุ๋ยในระบบปลูกพืชมันสำปะหลังในดินชุดแม่ริมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. **วารสารดินและปุ๋ย** 28 (1): 30-41.

ก่อเกียรติ ฉายรัศมีกุล. 2544. **ประสิทธิภาพการใช้น้ำต้มเยื่อกระดาษสาและน้ำกากส่าเป็นแหล่งโพแทสเซียมสำหรับข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินสันทราย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

กิตจเมธ แจ้งศิริกุล. 2551. **ประสิทธิภาพของน้ำกากส่าและเถ้ากากส่าในการใช้เป็นปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับข้าวโพดหวาน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. **เอกสารประกอบการฝึกอบรม** เรื่องระบบข้อมูลและธาตุอาหารพืชเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2554. **คู่มือปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทางดิน ระบบโสตทัศนูปกรณ์. คณะเกษตร กำแพงแสน,** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

ชาลินี คงสุด, ชัยสิทธิ์ ทองจู และจุฑามาศ ร่มแก้ว. 2553. ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับยิปซัมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน, น. 9-20. *ใน* **การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 7 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ.** ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชาญ ถิรพร และโชติ สิทธิบุศย์. 2537. ดินและการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพกับมันสำปะหลัง, น. 128-141. *ใน* **เอกสารวิชาการ มันสำปะหลัง**. ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง, สถาบันวิจัยพืชไร่, กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, ระยอง.

ชัยสิทธิ์ ทองจู, ปิยพงศ์ เขตปิยรัตน์, ธนศมณท์ กุลการัณย์เลิศ, ระวิวรรณ โชติพันธ์, ธีรยุทธ คล้ำชื่น และรุจิกร ศรีแม้นม่วง. 2555. ผลของกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2. **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า** 30 (1) : 99-107.

โชติ สิทธิบุศย์, ชุมพล นาควิโรจน์ และ กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ. 2519. อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อผลผลิตและการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง, น. 404-416. *ใน* **รายงานผลการทดลองและวิจัยประจำปี 2519**. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

โชติ สิทธิบุศย์, ชุมพล นาควิโรจน์, กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ และ ชัยโรจน์ วงศ์วิวัฒน์ชัย. 2529. การปลูกพืชหมุนเวียนและการใช้ปุ๋ยเพื่อการผลิตมันสำปะหลังระยะยาว, น. 63-74. *ใน* **เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 4 เรื่อง "เราจะพัฒนาดินอีสานกันอย่างไร"** จัดโดยสมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย ณ ห้องประชุมกรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

โชติ สิทธิบุศย์, วิชัย นพอมรบดี, สนั่น รัตนานุกูล และ ชุมพล นาควิโรจน์. 2522. อิทธิพลของการใส่ไนโตรเจนและโพแทสเซียมที่มีต่อปริมาณแป้งและผลผลิตมันสำปะหลัง. **รายงานผลการทดลองและวิจัยประจำปี 2522 กรมวิชาการเกษตร,** กรุงเทพฯ. 57-60 น.

ทัศนา บุญประจำ. 2553. **การศึกษาอัตราการใช้น้ำกากส่าสำหรับอ้อยปลูก**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท , มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ทัศนีย์ ดิฐกมล. 2551. การใช้ประโยชน์ของน้ำกากส่าเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยและลดมลพิษสิ่งแวดล้อม, น. 11-19. *ใน* **วารสารวิจัยรามคำแหง ปีที่ 11 ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน 2551**, กรุงเทพฯ.

ทัศนีย์ ดิฐกมล และสมบูรณ์ แก้วปิ่นทอง. 2547. ประโยชน์ของน้ำกากส่าสำหรับการผลิตข้าวจังหวัดขอนแก่น. **วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยรามคำแหง**. 7 (ฉบับพิเศษ): 132-151.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทัศนีย์ ดิฐกมล. 2553. การใช้ประโยชน์ของน้ำกากส่าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังทดแทนพลังงาน, *ใน* **รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยรามคำแหง**, กรุงเทพฯ.

ทัศนีย์ อัตตะนันท์ และจงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2542. **แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธนศมณฑ์ กุลการัณย์เลิศ. 2555. **การใช้ประโยชน์ของกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมขี้เถ้าลอยต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธนากร คุ้มตรีทอง, ชัยสิทธิ์ ทองจู และศุภชัย อำคา. 2553. การจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อยกระดับผลผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกต้นฤดูฝนในชุดดินยางตลาด, น. 65-75. *ใน* **การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 7 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ.** ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม.

ธีรยุทธ คล้ำชื่น, ชัยสิทธิ์ ทองจู, ศุภชัย อำคา, ชาลินี คงสุด และวิชญ์ ชินธรรมมิตร. 2555. ผลของกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมขี้เถ้าลอยต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลัง, น. 1222-1234. *ใน* **การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ.** ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม.

นฤพน รักขยัน. 2557. **การใช้ประโยชน์ของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานผลิตเอทานอลเพื่อเพิ่มผลผลิตของข้าว.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นฤพน รักขยัน, ชัยสิทธิ์ ทองจู, ศุภชัย อำคา, จุฑามาศ ร่มแก้ว และศิริสุดา บุตรเพชร. 2556. การใช้ประโยชน์ของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานผลิตเอทานอลเพื่อเพิ่มผลผลิตของข้าว, น. 100-110. *ใน* **การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 10 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ.** ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวิทย์ สูงสุด, นิวัต เหลืองชัยศรี, จักรกฤษณ์ หอมจันทร์ และชุลีมาศ บุญไทย อิวาย. 2550. การใช้น้ำกากส่าจากโรงงานเอทานอลเพื่อประโยชน์ทางการเกษตร. **KKU Res. J.** 7 (4): 13-19.

พิสิทธินี ชาปัญญา, จำนาญ โคตรภูเวียง, ปรีชา พราหมณีย์ และพิพัฒน์ วีระถาวร. 2551. การศึกษาผลกระทบจาก Vinasses ที่มีต่อการงอกของอ้อยปลูก. **KKU Agricultural Science Seminar**.

วราภรณ์ นิติกูล, ชัยสิทธิ์ ทองจู และศุภชัย อำคา. 2553. การจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อยกระดับผลผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินปากช่องต้นฤดูฝน, น. 54-64. *ใน* **การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 7 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ.** ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม.

วิษณุ จีนยิ้ว. 2557. **การใช้ประโยชน์ของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานผลิตเอทานอลเพื่อเพิ่มผลผลิตของอ้อย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิษณุ จีนยิ้ว, ชัยสิทธิ์ ทองจู, ศุภชัย อำคา, ทศพล พรพรหม และศิริสุดา บุตรเพชร. 2556. การใช้ประโยชน์ของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานผลิตเอทานอลเพื่อเพิ่มผลผลิตของอ้อย, น. 86-99. *ใน* **การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 10 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ.** ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม.

ศิวพร ศีลเตโช. 2545. **ประสิทธิภาพของน้ำต้มเยื่อกระดาษสาและน้ำกากส่าที่ใช้เป็นปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับข้าวโพดฝักอ่อนที่ปลูกในชุดดินอุบล.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร. 2549. **รายงานบทสรุปผู้บริหาร** เรื่องการนำของเสียจากการผลิตเอทานอลมาใช้ประโยชน์เพื่อเพิ่มมูลค่า. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุจินต์ พนาปวุฒิกุล. 2542. น้ำกากส่าเหล้าเพื่อการเกษตร. **วารสารมติชนบท เทคโนโลยีชาวบ้าน.** 11 (220): 12-13.

สุริยา สาสนรักกิจ. 2531. **การประเมินประสิทธิภาพของอินทรียวัสดุเหลือใช้บางอย่างในการใช้เป็นปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าว**. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุรีรัตน์ แสงนิล, ชัยสิทธิ์ ทองจู และศุภชัย อำคา. 2553. การจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อยกระดับผลผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนต้นฤดูฝน, น. 76-86. *ใน* **การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 7 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ.** ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม.

โสภณ สินธุประมา. 2526. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์, น. 9-15. *ใน* **เอกสารวิชาการ เล่ม 7 มันสำปะหลัง.** กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2551. **สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2549-2551.** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2556. **สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2554-2556.** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

Alfredo Augusto Cunha Alves. 2002. Cassava botany and physiology. pp. 67-85. *In* Hillocks,R.J., Thresh J.M., and Bellotii, A.C. **Cassava: Biology, Production and Utilization.** CAB International.

Alves, A.A.C. 2002. Cassava botany and physiology, *In* Hillocks, R.J., Thresh J.M. and Bellotii, A.C. **Cassava: Biology, Production and Utilization.** CAB International.

Bray, R.H. and N. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soil. **Soil Sci.** 59 : 39-45.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Cock, J.H. 1984. Cassava, pp. 529-549. *In* Goldsworthy, P.R. and Fisher, N.M. (eds) **The physiology of Tropical Field Crops**. John Wiley & Sons, Chichester.

Cock, J.H. and S. Rosas. 1975. Ecophysiology of cassava, *In* **Symposium on Ecophysiology of tropical Crops**. Communications Division of CEPLAC, Ilheus, Bahia Brazil.

FAO Project Staff and Land Classification Division. 1973. **Soil interpretation handbook for Thailand.** Dept. of Land Development, Min. of Agri. and Coop., Bangkok.

Hagens, P. and C. Sittibusaya. 1990. Short and long term aspect of fertilizer applications on cassava in Thailand. *In* **Howeler,R.H. (ed) Proceedings 8th Symposium International Society of Tropical Root Crops**, Bangkok, Thailand.

Howeler, R.H. 1981. **Mineral nutrition and fertilization of cassava.** Series 09EC-4. CIAT, Cali, Colombia.

Howeler, R.H. 2002. Cassava Mineral Nutrition and Fertilization, *In* Hillocks, R.J., Thresh J.M., and Bellotii, A.C. **Cassava: Biology, Production and Utilization.** CAB International.

Kawano, K. 1980. Cassava in Hybridization of crop plants. **American Society of Agronomy-Crop Science Society of America**.

Meesook., L., Y. Soravisutra, N., Choovoravech, S., Prapapangpong, C., Arriyathaj and R. Deemark. 1998. Evaluation of the quality of fertilizer, N P K production process in small scale plant and slop ash as fertilizer raw material in Thailand, pp. 50-60. *In* **Agro-Chemical News in Brief, Special Issue,** December 1998.

Ongprasert, S. 1991. Utilization of waste material from soybean and peanut for soil improvement. *In* **Dynamics and its control of soils in tropical monsoon regions.** Report of survey and research in Thailand.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Onwueme, I.C. 1978. Botany of Cassava, *In* **The Tropical Tuber Crops Yams, Cassava Sweet Potato, and Cocoyams.** John Wiley and Sons Chichester. New York. Brisbane. Toronto.

Pant, D. and A. Adholeya. 2007. Biological approaches for treatment of distillery wastewater: A review. **Bioresour. Technol**. 98: 2321-2334.

Pratt, P.F. 1965. Potassium. *In* C.A. Black, ed. Methods of Soil Analysis. Part II. **Amer. Soc. of Agron**, Inc. Madison, Wisconsin.

Putthachareon, S., R.H. Howeler, S. Jantawat and V. Vichukit. 1998. Nutrient uptake and soil erosion losses in cassava and six other crops in a Psamment in eastern Thailand. **Field Crops Research** 57(1) : 113-126.

Rogers, D.J. and S.G. Appan. 1971. What's so great about cassava? **World Farming** 3(6) : 13-32.

Thaidbs. 2555. **การสำรวจจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศไทยประจำปี พ.ศ. 2555.** แหล่งที่มา www.thaidbs.com, 2 ธันวาคม 2556.

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 Prod. Sci.** 8 (4) : 475-481.

Walkley, A and I.A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science** 37 : 29-38.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ	นายพงษ์นรินทร์ นิ่มนวล
เกิดวันที่	29 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2532
สถานที่เกิด	จังหวัดนครปฐม
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (เครื่องจักรกลและเมคคาทรอนิกส์เกษตร) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม
ผลงานทางวิชาการ	การใช้ประโยชน์ของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานผลิตเอทานอลเพื่อเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลัง, น. 73-85. *ใน* การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 10 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ
ตำแหน่งปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์