

รายงานผลงานเรื่องเติมการทดลองที่สิ้นสุด ปีงบประมาณ 2563

1. แผนงานวิจัย: พัฒนาและขยายผลเทคโนโลยีการจัดการปุ๋ยอ้อยแบบเกษตรกรรมมีส่วนร่วมในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง

2. โครงการวิจัย: พัฒนาและขยายผลเทคโนโลยีการจัดการปุ๋ยอ้อยแบบเกษตรกรรมมีส่วนร่วมในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง

3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย): ทดสอบและพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการปุ๋ยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตอ้อยในเขตอาศัยน้ำฝนจังหวัดมหาสารคาม

ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ): Testing and development of fertilizer management technology to increase sugarcane production efficiency under rainfed condition in Mahasarakham province

4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง	ว่าที่ ร.ต.อนุชา เหลาเคน	ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรมหาสารคาม
ผู้ร่วมงาน	นายนิพนธ์ ภาชนะวรรณ	ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรมหาสารคาม
	นางสาวศรีนวล สุราษฎร์	ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรโนนสูง
	ว่าที่ ร.ต.กิตติศักดิ์ สมสา	ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรมหาสารคาม
	นางสาวพนิดาอ่อนสา	ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรมหาสารคาม
	นายธนากร ขามฤทธิ์	ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรมหาสารคาม
	นายจิระ อະสุรินทร์	ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรมหาสารคาม

5. บทคัดย่อ

ทดสอบและพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการปุ๋ยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตอ้อยในเขตอาศัยน้ำฝนจังหวัดมหาสารคาม มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการเพิ่มประสิทธิภาพ ลดต้นทุนการผลิต และเป็นทางเลือกให้กับกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกอ้อย สามารถขยายผลให้กับเกษตรกรในพื้นที่เป้าหมายได้ ดำเนินการทดสอบในแปลงเกษตรกรอำเภอเมือง อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม ระหว่างเดือนตุลาคม 2562 – กันยายน 2563 ประกอบด้วย 2 กรรมวิธี คือ วิธีทดสอบ 1 : DOA (ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน อัตรา 75% ร่วมกับการใส่ปุ๋ยชีวภาพ PGPR 3) และวิธีทดสอบ 2 : FARM (ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน อัตรา 100%) โดยใช้ปุ๋ยพันธุ์ขอนแก่น 3 เป็นพันธุ์ทดสอบ ผลการทดลอง พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 100% ตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้ผลผลิตเฉลี่ยของอ้อยสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมี

อัตรา 75% ตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ PGPR 3 คิดเป็นร้อยละ 7.39 แต่ในด้านผลตอบแทนและรายได้ พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 75% ตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ PGPR 3 มีความคุ้มค่าต่อการลงทุน เนื่องจากลดค่าปุ๋ยเคมีลงไป 25 % แต่ให้รายได้และผลตอบแทนสุทธิไม่แตกต่างกันเมื่อเทียบกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 100% ตามค่าวิเคราะห์ดิน ซึ่งในปี 2564 มีแผนขยายผลเทคโนโลยีไปยังพื้นที่เป้าหมายกลุ่มแปลงใหญ่อ้อยในพื้นที่ จังหวัดมหาสารคามต่อไป

Abstract

Test and develop fertilizer management technology to increase the efficiency of sugarcane production in rainwater habitat areas, Maha Sarakham Province. It is aimed at developing the technology of optimization. Reduce production costs and as an alternative for sugarcane farmers able to expand the results to farmers in the target areas conducted a test in farmer plots, Muang District, Borabue District, Maha Sarakham Province. Between October 2019 - September 2020, it consists of 2 methods, which are test method 1 : DOA (chemical fertilizer application according to soil analysis rate 75 percentage combine bio fertilizer PGPR 3) and test method 2 : FARM (chemical fertilizer application according to soil analysis rate 100 percentage.) by using Khon Kaen 3 species of sugarcane as the test variety, the results showed that the chemical fertilizer application rate 100 percentage according to the soil analysis value. The average yield of sugarcane was 75 percentage higher than that of chemical fertilizers based on soil analysis with PGPR 3 bio-fertilizers, accounting for 7.39 percentage. But in the return and income It was found that applying 75 percentage of chemical fertilizers based on soil analysis cost with PGPR 3 bio-fertilizers was worth the investment. This is because the cost of chemical fertilizers is reduced by 25%, but the income and net return are not different compared to the 100% chemical fertilizing according to the soil analysis cost, which in 2021 plans to expand the technology to the target areas of large sugarcane plots in the area of Maha Sarakham Province.

6. คำนำ

อ้อย (*Saccharum officinarum* Linn.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ เนื่องจากทำให้เกิดการสร้างงานและสร้างรายได้ให้แก่ประชากรประมาณ 1 ล้านคนที่กระจายอยู่ในภาคเกษตรกรรม ภาคบริการ และภาคอุตสาหกรรม คิดเป็นมูลค่ากว่าปีละประมาณ 70,000 ล้านบาท จังหวัดมหาสารคาม มีพื้นที่ทางการเกษตร 2.7 ล้านไร่ คิดเป็นร้อยละ 83 ของพื้นที่ทั้งจังหวัด นอกจากนี้ในปี 2549 มีการก่อตั้งโรงงานน้ำตาลในพื้นที่จังหวัดมหาสารคามซึ่งมีกำลังผลิตสูงสุด 15,554 ตัน/วัน สามารถรองรับวัตถุดิบอ้อยสดได้ปีละ

ประมาณ 1,866,480 ตัน สูงกว่าปริมาณที่ผลิตได้ในปัจจุบันกว่า 730,000 ตันต่อปี ทำให้มีความจำเป็นที่จะพัฒนาการผลิตอ้อยในระดับไร่นาให้มีผลผลิตเพิ่มขึ้น ซึ่งจังหวัดมหาสารคามพื้นที่ปลูกอ้อยโรงงาน 171,360 ไร่ (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2562) คิดเป็นร้อยละ 8 ของพื้นที่ทำการเกษตรทั้งหมด มีผลผลิตเฉลี่ย 8.94 ตันต่อไร่ และมีความหวาน 13-15 CCS ส่วนใหญ่เป็นอ้อยปลูกข้ามแล้ง ระหว่างเดือนตุลาคม-พฤศจิกายน ในพื้นที่เป็นดินร่วนปนทราย ที่ไม่มีชั้นดินเหนียวหรือดินลูกรังซึ่งยังต้องได้รับการส่งเสริมวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มปริมาณคุณภาพและผลผลิต การปรับปรุงดิน แหล่งน้ำ ซึ่งควรให้ความสำคัญในการวิจัยและพัฒนาการเพิ่มผลผลิตอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากอ้อยเป็นวัตถุดิบของอุตสาหกรรมน้ำตาล และเป็นพืชพลังงานทดแทนชนิดหนึ่งที่จังหวัดมหาสารคามมีศักยภาพในการผลิต

ในปัจจุบันนี้เกษตรกรผู้ปลูกอ้อยยังประสบปัญหาในการปลูกอ้อย เช่น พื้นที่ส่วนใหญ่มีความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ ส่งผลให้ผลผลิตอ้อยอยู่ในระดับต่ำ ดังนั้น การศึกษาชนิดของปุ๋ยและอัตราที่เหมาะสมจึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งเสริมให้อ้อยมีผลผลิตที่สูงขึ้น ดังนั้นควรมีการทำการทดสอบ วิจัย และพัฒนาหาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยทั้งระบบ ตั้งแต่การปลูก การเขตกรรม ระบบการให้น้ำ การจัดการดิน การใช้ปุ๋ย และการดูแลรักษาอ้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการปลูกอ้อยเกษตรกรมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องใช้ปุ๋ยและเป็นต้นทุนการผลิตที่สำคัญอย่างหนึ่ง จากการสำรวจการใช้ปุ๋ยของเกษตรกรของปรีชาและคณะ (2544) พบว่า เกษตรกรยังขาดความเข้าใจในการใช้ปุ๋ย ส่วนใหญ่จะใช้ปุ๋ยตามแต่จะหาซื้อได้โดยไม่คำนึงถึงการตอบสนองของพืชต่อชนิดและอัตราปุ๋ยที่คุ้มค่าต่อการลงทุน จากงานวิจัยที่ผ่านมาสามารถจัดทำคำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามคุณสมบัติดิน จึงควรจัดทำแปลงทดสอบเพื่อขยายผล การใช้ปุ๋ยที่ถูกต้องให้กับเกษตรกรในแต่ละเขตปลูก เพื่อให้มีการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มค่าต่อการลงทุน รวมทั้งส่วนใหญ่เป็นดินที่ต้องได้รับการปรับปรุงในด้านต่างๆ เช่น ต้องมีการจัดการในแง่ความอุดมสมบูรณ์ของดินเพื่อให้มีความเหมาะสมกับแหล่งปลูกในจังหวัดมหาสารคาม ในปี 2559-2561 สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 4 ได้ทำงานวิจัยทดสอบพันธุ์อ้อยที่เหมาะสมในสภาพนา การจัดการปุ๋ยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต และการจัดการแปลงพันธุ์ พบว่าอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 สามารถปรับตัวได้ดีในสภาพนา และให้ผลผลิตสูงที่สุด การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินช่วยให้ผลผลิตอ้อยสูงสุด และการจัดการแปลงพันธุ์อ้อยสามารถผลิตก่อนพันธุ์สะอาด และลดปัญหาการเกิดโรคใบขาวลงได้ นอกจากนี้จากผลงานวิจัยที่ผ่านมาของกรมวิชาการเกษตรพบว่า การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินช่วยเพิ่มผลผลิตอ้อยได้มากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 4 และศูนย์เครือข่ายที่มีพื้นที่ปลูกอ้อยในพื้นที่ พบว่าปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยมูลสัตว์ และปุ๋ยชีวภาพที่มีใช้ผสมผสานร่วมกับปุ๋ยเคมี สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตอ้อยได้ โดยการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทรีในการปลูกอ้อยช่วยลดต้นทุนเพิ่มปริมาณ และคุณภาพผลผลิตอ้อยได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนจากอัตราคำแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินได้ ดังนั้นศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรมหาสารคามจึงนำเทคโนโลยีจากงานวิจัยในเรื่องการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-ทรี เข้าทดสอบและ

ถ่ายทอดสู่เกษตรกรซึ่งเป็นเทคโนโลยีทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยพัฒนาศักยภาพการผลิตอ้อยของเกษตรกรในพื้นที่ให้เพิ่มขึ้น ทั้งในด้านการเพิ่มผลผลิต และการลดต้นทุนการผลิตอ้อย และสามารถขยายผลให้กับเกษตรกรในพื้นที่เป้าหมายได้

7. วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

พันธุ์พืช:	อ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3
ปุ๋ยเคมี:	ปุ๋ยเคมีเกรด 16-16-8 46-0-0 และ 0-0-60
ปุ๋ยชีวภาพ:	พีจีพีอาร์-ทรี (PGPR 3)
สารปรับปรุงดิน:	ปูนโดโลไมท์
ชีวภัณฑ์กำจัดแมลง:	แมลงหางหนีบ
สารเคมีกำจัดแมลง:	ฟีโพรนิล

วิธีการ

ทำการคัดเลือกเกษตรกรจากกลุ่มแปลงใหญ่อ้อยในพื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์ จำนวน 5 ราย พื้นที่ปลูกไร่ละ 2 ไร่ ก่อนการทดลองทำการเก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพดินบางประการ ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) อินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โปแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และเนื้อดิน วางแผนการทดลองโดยใช้ T-test จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 กรรมวิธี

1. วิธีทดสอบ 1 (DOA) : ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน อัตรา 75 % + ปุ๋ยชีวภาพ PGPR 3 (DOA): ผสมปุ๋ยชีวภาพ PGPR 3 อัตรา 1 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเกรด 16-16-8 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ รองพื้นพร้อมปลูกอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ครั้งที่สองใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน (กปผ, 2561) เมื่ออ้อยอายุ 3-4 เดือน โดยหักลบจากปุ๋ยในรอบแรก

2. วิธีทดสอบ 2 (FARM) : ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน อัตรา 100 % (Farmer) : ใส่ปุ๋ยเคมี เกรด 16-16-8 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ รองพื้นพร้อมปลูกอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ครั้งที่สองใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน (กปผ, 2561) เมื่ออ้อยอายุ 3-4 เดือน โดยหักลบจากปุ๋ยในรอบแรก

การปฏิบัติดูแลรักษา: ปฏิบัติดูแลรักษาตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร

1. การปลูก : ปลูกอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ข้ามแล้ง ระหว่างเดือน พฤศจิกายน – ธันวาคม โดยใช้รถปลูก ใช้อัตราท่อนพันธุ์ 1.5 ต้นต่อไร่

2. การเตรียมดิน : ไถเตรียมดิน 3 ครั้ง ครั้งที่ 1 ไถตะด้วยพาล 3 ครั้งที่ 2 ไถแปรด้วยพาล 7 และครั้งที่ 3 ไถพรวนพร้อมยกร่องปลูกระยะ 1.40-1.60 เมตร
3. การใส่ปุ๋ย : ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน จะแบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยเกรด 16-16-8 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ เป็นปุ๋ยรองพื้น ครั้งที่สอง ใส่ปุ๋ยเกรด 46-0-0 และ 0-0-60 โดยหักลบจากการใส่ปุ๋ยครั้งแรก เมื่ออ้อยอายุ 3-4 เดือนหลังปลูก หรือเมื่อดินมีความชื้นเหมาะสม (ตารางที่ 1)
4. การดูแลรักษาอื่น ๆ
 - แนะนำให้ใช้แรงงานคนในการกำจัดช่วงต้นเล็ก อายุ 1-4 เดือน แล้วจึงใช้สารเคมีฉีดพ่นเมื่ออายุมากขึ้น
 - การใช้สารกำจัดวัชพืชในไร่อ้อยสำหรับวัชพืชฤดูเดียวและวัชพืชข้ามปี (ตารางที่ 2)
 - ป้องกันกำจัดโรคแมลงตามความจำเป็นและตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 1 ระดับธาตุอาหารที่จะต้องใส่เพิ่มเติมให้แก่ดินที่ปลูกอ้อยโดยพิจารณาจากผลวิเคราะห์ดิน

รายการวิเคราะห์	ผลวิเคราะห์ดิน	ปริมาณธาตุอาหารที่แนะนำ		
		อ้อยปลูก	อ้อยต่อ	
อินทรีย์วัตถุ (%)	น้อยกว่า 0.75	27 (21*)	27 (18*)	กิโลกรัม N/ไร่
	0.75 - 1.50	15	18	กิโลกรัม N/ไร่
	1.50 - 2.25	12	15	กิโลกรัม N/ไร่
	มากกว่า 2.25	6	9	กิโลกรัม N/ไร่
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	น้อยกว่า 7	9	9	กิโลกรัม P ₂ O ₅ /ไร่
	7 - 30	6	6	กิโลกรัม P ₂ O ₅ /ไร่
	มากกว่า 30	3	3	กิโลกรัม P ₂ O ₅ /ไร่
โพแทสเซียม (มก./กก.)	น้อยกว่า 60	18	18	กิโลกรัม K ₂ O/ไร่
	60 - 90	12	12	กิโลกรัม K ₂ O/ไร่
	มากกว่า 90	6	6	กิโลกรัม K ₂ O/ไร่

* อัตราปุ๋ยภายในวงเล็บ () หมายถึง กรณีที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์หรือวัสดุอินทรีย์ อัตรา 1 ตันต่อไร่

ที่มา : กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร (2561)

ตารางที่ 2 การใช้สารกำจัดวัชพืชในไร่อ้อย

ประเภทวัชพืช	สารกำจัดวัชพืช	อัตราการใช้น้ำ 20 ลิตร	วิธีการใช้/ข้อควรระวัง
วัชพืชฤดูเดียว	อะลาคลอร์ (48 %)	160-240 มล.	ใช้สำหรับแปลงที่ปลูกแซมด้วยพืชตระกูลถั่ว

	อะทราซีน (80 % ดับบลิวพี)	120-180 กรัม	พ่นคลุมดินหลังปลูก ก่อนอ้อยและวัชพืชงอก ขณะพ่นดินต้องมีความชื้น
	ไดยูรอน (80 % ดับบลิวพี)	75-150 กรัม	
	เมทริบูซีน (70 % ดับบลิวพี)	25-50 กรัม	
	ออกซิฟลูออร์เฟน (23.5 % ซีอี)	80 มล.	
	อามีทริน (80 % ดับบลิวพี)	100-125 กรัม	พ่นคลุมดินหลังปลูกหรือหลังแต่งตอ ก่อน อ้อยและวัชพืชงอก หรือพ่นหลังปลูกเมื่อวัชพืชมี 4-5 ใบ ระวังละอองสารสัมผัสใบอ้อย
	เฮกซาซิโนน/ไดยูรอน (60 % ดับบลิวจี)	90-120 กรัม	
วัชพืชข้ามปี	ไกลโฟเสท (48 % เอสแอล)	120-160 มล.	พ่นก่อนเตรียมดิน หรือก่อนปลูกอ้อย 7-15 วัน หรือพ่นเฉพาะจุดหลังแต่งตออ้อย ระวังละอองสารสัมผัสต้น ใบ และตาอ้อย

ที่มา : กรมวิชาการเกษตร (2557)

การบันทึกและเก็บข้อมูล:

- สมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน ได้แก่ เนื้อดิน pH OM (%) Avail.P และ Exch.K
- บันทึกข้อมูลการดูแลรักษา วันปลูก ปริมาณน้ำฝน การเจริญเติบโต วันเก็บเกี่ยว
- พิกัด GPS ของแปลงทดลอง
- การเจริญเติบโตของอ้อยปลูกและอ้อยตอ (จำนวนหน่อต่อไร่ จำนวนกอต่อไร่ที่อายุ 3 เดือน จำนวนลำต่อไร่ จำนวนกอต่อไร่ที่อายุ 6 เดือน) สุ่มเก็บข้อมูลจำนวน 2 จุดต่อซ้ำ พื้นที่ไม่น้อยกว่า 15 ตารางเมตรต่อจุด
- ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยปลูกและอ้อยตอ ได้แก่ จำนวนลำต่อไร่ ความยาวลำ เส้นผ่านศูนย์กลางลำ และค่าความหวาน (CCS)
- ผลตอบแทนด้านเศรษฐศาสตร์ ได้แก่ ต้นทุนการผลิต รายได้ รายได้สุทธิ อัตราผลตอบแทนค่าใช้จ่ายต่อการลงทุน (Benefit Cost Ratio: BCR)

การวิเคราะห์ข้อมูล:

- เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ 2 กรรมวิธี แบบ Paired T-test

ระยะเวลาดำเนินการ เริ่มต้น ตุลาคม 2562 – สิ้นสุด กันยายน 2563

สถานที่ดำเนินการ แปลงเกษตรกรผู้ปลูกอ้อย อ.เมือง และ อ.บรบือ จ.มหาสารคาม

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

ดำเนินการทดสอบในพื้นที่ปลูกอ้อยแปลงเกษตรกร อำเภอเมือง และอำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 5 แปลง (ตารางที่ 3) พื้นที่ดำเนินการแปลงละ 2 ไร่ โดยใช้อ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ระยะปลูก 1.0 – 1.4 เมตร (ตารางที่ 3) ปลูกอ้อยระหว่างปลายเดือนพฤศจิกายนถึงต้นเดือนธันวาคม ปี 2562 และเก็บเกี่ยวช่วงเดือน ธันวาคม ปี 2563 ถึงเดือนมกราคม ปี 2564 (อายุเก็บเกี่ยวอ้อย 372-402 วัน) ซึ่งพื้นที่แปลงทดสอบทั้งหมดมี ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปี 1,337 มิลลิเมตรต่อปี (ภาพภาคผนวกที่ 1)

ตารางที่ 3 ชื่อ-ที่อยู่ และระยะปลูกอ้อยของเกษตรกรร่วมทดสอบจำนวน 5 ราย ในพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม

เกษตรกร	ที่อยู่	ระยะปลูก (เมตร)
พานทอง เวลาโสภากา	บ้านหนองทุ่มศรีโพธิ์ทอง ต.โนนแดง อ.บรบือ จ.มหาสารคาม	1.0 ม.
ภูลิบุด ผาลุน	บ้านโนนแต่ ต.ท่าสองคอน อ.เมือง จ.มหาสารคาม	1.4 ม.
กมล บุดผาลุน	บ้านโนนแต่ ต.ท่าสองคอน อ.เมือง จ.มหาสารคาม	1.4 ม.
รุ่งลา วันสีขุม	บ้านศาลา ต.โนนแดง อ.บรบือ จ.มหาสารคาม	1.4 ม.
เรืองโรจน์ แก้วมี	บ้านศาลา ต.โนนแดง อ.บรบือ จ.มหาสารคาม	1.4 ม.

จากข้อมูลตารางที่ 4 วิเคราะห์ลักษณะเนื้อดิน พบว่า ดินในแปลงทดสอบมีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย และดินร่วนปนทราย เป็นดินกลุ่มชุดดินที่ 18/24 และ 35 เนื้อดินค่อนข้างเป็นทราย ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548)

ตารางที่ 4 กลุ่มชุดดิน ลักษณะเนื้อดิน พิกัดแปลง และปริมาณน้ำฝน แปลงทดสอบจังหวัดมหาสารคาม

เกษตรกร	เนื้อดิน	กลุ่มชุดดิน	พิกัดแปลง		ปริมาณน้ำฝน ต.ค.2562-ธ.ค.2563 (มม./ปี)
			x	y	
พานทอง	ร่วนเหนียวปนทราย	18/24	294614	1759481	
ภูลิ	ร่วนปนทราย	35	309163	1789732	
กมล	ร่วนปนทราย	35	309180	1789725	1,337
รุ่งลาวัน	ร่วนปนทราย	18/24	298463	1757547	
เรืองโรจน์	ร่วนปนทราย	18/24	298430	1757522	

ที่มาข้อมูลปริมาณน้ำฝน: กรมอุตุนิยมวิทยา สถานีท่าพระ จังหวัดขอนแก่น (2563)

จากข้อมูลตารางที่ 5 วิเคราะห์สมบัติดินพบว่า ดินแปลงทดสอบมีค่าความเป็นกรดต่าง (pH) อยู่ระหว่าง 4.47 ถึง 5.03 ซึ่งมีค่าเป็นกรดจัดถึงปานกลางอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่เหมาะสมสำหรับอ้อย มีปริมาณอินทรีย์วัตถุมีค่าระหว่าง 0.19 ถึง 0.67 เปอร์เซ็นต์ (%) อยู่ในเกณฑ์ต่ำ มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีค่าระหว่าง 19.04 ถึง 33.85 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (mg/kg) อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมในการผลิตอ้อย มีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าระหว่าง 17.18 ถึง 52.90 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (mg/kg) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ต่ำ และมีค่าการนำไฟฟ้า (Electric Conductivity : EC) มีค่าระหว่าง 0.250 ถึง 0.953 เดซิซีเมนต่อเมตร (dS/m) ซึ่งมีค่าการนำไฟฟ้าในดินอยู่ในเกณฑ์ต่ำ (อรรวรรณ

ฉัตรสีรุ่ง, 2551) เมื่อนำผลวิเคราะห์ดินที่ได้ไปคำนวณปริมาณธาตุอาหารตามค่าวิเคราะห์ดิน ตามเอกสารกลุ่มวิจัย ปฐพีวิทยา (กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร, 2561) จะต้องใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 27-3-12 และ 27-6-18 กก.N-P₂O₅-K₂O/ไร่ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 5 ผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดิน และอัตราปุ๋ยที่ใช้ในแปลงทดสอบจังหวัดมหาสารคาม ปี 2563

เกษตรกร	ผลวิเคราะห์ดิน						อัตราปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์		
	pH	OM (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	EC (dS/m)	N	P	K
พานทอง เวล้าโสภา	4.95	0.52	0.026	19.04	35.00	0.250	27	6	18
ภูลี บุปผาลุน	4.47	0.67	0.034	33.85	30.55	0.532	27	3	18
กมล บุปผาลุน	4.67	0.19	0.010	25.35	52.90	0.542	27	6	18
รุ่งลาวัน สีชุม	5.03	0.47	0.024	25.45	17.80	0.953	27	6	18
เรืองโรจน์ แก้วมี	5.03	0.45	0.023	25.60	20.40	0.883	27	6	18
เฉลี่ย	4.83	0.46	0.02	25.86	31.33	0.63	27	5.4	18

ตารางที่ 6 การเจริญเติบโต จำนวนหน่อ และจำนวนกอต่อไร่ของอ้อย ที่อายุ 3 เดือน ในสภาพแปลงของเกษตรกรจังหวัดมหาสารคาม

เกษตรกร	วิธีทดสอบ 1 : DOA			วิธีทดสอบ 2 : FARM		
	ปุ๋ยเคมีอัตรา 75% ตามค่าวิเคราะห์ดิน + ปุ๋ยชีวภาพ PGPR 3			ปุ๋ยเคมีอัตรา 100% ตามค่าวิเคราะห์ดิน		
	อัตราปุ๋ยเคมี (กก. N P ₂ O ₅ K ₂ O / ไร่)	จำนวนกอ/ไร่	จำนวนหน่อ/ไร่	อัตราปุ๋ยเคมี (กก. N P ₂ O ₅ K ₂ O /ไร่)	จำนวนกอ/ไร่	จำนวนหน่อ/ไร่
พานทอง	20.25-4.5-13.5	2,600	14,280	27-6-18	2,634	16,640
ภูลี	20.25-2.25-13.5	1,221	5,654	27-3-18	1,300	6,480
กมล	20.25-4.5-13.5	1,291	6,107	27-6-18	1,222	6,373
รุ่งลาวัน	20.25-4.5-13.5	2,680	12,800	27-6-18	2,736	13,572
เรืองโรจน์	20.25-4.5-13.5	2,565	14,372	27-6-18	2,760	13,343
เฉลี่ย	-	2,071	10,643	-	2,130	11,282

ด้านการเจริญเติบโตของอ้อยเมื่ออ้อยอายุ 3 เดือน (ตารางที่ 6) พบว่า วิธีเกษตรกร (ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน อัตรา 100%) มีจำนวนหน่อเฉลี่ย 11,282 หน่อต่อไร่ มีจำนวนกอเฉลี่ย 2,130 กอต่อไร่ และวิธี

ทดสอบ (ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน อัตรา 75% + ปุ๋ยชีวภาพ PGPR 3) มีจำนวนหน่อเฉลี่ย 10,643 หน่อต่อไร่ มีจำนวนกอเฉลี่ย 2,071 กอต่อไร่ จากข้อมูลจะเห็นว่า อ้อยมีการแตกหน่อเป็นจำนวนมาก ทั้งนี้เนื่องจากอ้อยพันธุ์ ขอนแก่น 3 เป็นพันธุ์ที่เหมาะสมในพื้นที่และได้รับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 3.10 มิลลิเมตรต่อวัน ซึ่งเพียงพอในระยะตั้ง ต้นของอ้อย (0-30 วัน) เพราะระยะนี้อ้อยมีความต้องการน้ำโดยเฉลี่ย 22 มิลลิเมตร หรือ 0.7 มิลลิเมตรต่อวัน (กอบเกียรติ, 2556) นอกจากนี้เป็นไปได้ว่าเมื่อดินมีความชื้นที่เหมาะสม อาจส่งผลทำให้จุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเจริญเติบโตให้กับอ้อย อ้อยจึงมีการแตกหน่อเป็นจำนวนมาก

ตารางที่ 7 การเจริญเติบโต จำนวนกอ และจำนวนลำต่อไร่ของอ้อย ที่อายุ 6 เดือน ในสภาพแปลงของเกษตรกร จังหวัดมหาสารคาม

เกษตรกร	วิธีทดสอบ 1 : DOA			วิธีทดสอบ 2 : FARM		
	ปุ๋ยเคมีอัตรา 75% ตามค่าวิเคราะห์ดิน + PGPR 3			ปุ๋ยเคมีอัตรา 100% ตามค่าวิเคราะห์ดิน		
	จำนวนกอ/ไร่	จำนวนลำ/ไร่	ความสูง (ซม.)	จำนวนกอ/ไร่	จำนวนลำ/ไร่	ความสูง (ซม.)
พานทอง	1,714	7,286	148	1,771	8,514	138
ภูลิ	1,227	5,280	92	1,360	7,920	123
กมล	1,387	8,320	109	1,253	9,387	125
รุ่งลาวัน	1,657	9,800	110	1,743	10,714	138
เรืองโรจน์	1,743	8,514	93	1,714	9,257	124
เฉลี่ย	1,546	7,840	110	1,568	9,158	129

ด้านการเจริญเติบโตของอ้อยที่อายุ 6 เดือน พบว่าวิธีเกษตรกรจำนวนกอเฉลี่ย 1,568 กอต่อไร่ มีจำนวนลำเฉลี่ย 9,158 ลำต่อไร่ มีความสูงเฉลี่ย 129 เซนติเมตร ส่วนวิธีทดสอบมีจำนวนกอเฉลี่ย 1,546 กอต่อไร่ มีจำนวนลำเฉลี่ย 7,840 ลำต่อไร่ มีความสูงเฉลี่ย 110 เซนติเมตร (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 8 องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตอ้อยแปลงทดสอบที่ปลูกในสภาพแปลงเกษตรกรจังหวัดมหาสารคาม ปี 2563

เกษตรกร	ความยาวลำเฉลี่ย (ซม.)		เส้นผ่านศูนย์กลางลำเฉลี่ย (ซม.)		จำนวนลำ/ไร่		ความหวาน (CCS)		ผลผลิต (ตัน/ไร่)	
	FARM	DOA	FARM	DOA	FARM	DOA	FARM	DOA	FARM	DOA
	พานทอง	262	256	2.84	2.82	13,400	11,840	14.87	15.47	20.68
ภูลิ	238	242	2.50	2.53	12,171	11,971	16.25	15.11	14.97	14.00
กมล	230	209	2.68	2.77	11,286	9,800	15.08	15.00	14.92	13.46
รุ่งลาวัน	233	218	2.97	2.77	10,429	10,571	16.07	15.35	13.25	12.07
เรืองโรจน์	270	261	2.72	2.74	12,171	11,857	16.48	15.47	17.27	16.92
เฉลี่ย	247	237	2.74	2.73	11,891	11,208	15.75	15.28	16.22	15.02
S.D.	18.16	22.95	0.17	0.11	1.14	0.89	0.72	0.21	2.87	2.69
T-test	NS		NS		0.03*		NS		0.01*	

หมายเหตุ : DOA = วิธีทดสอบ 1 ; FARM = วิธีทดสอบ 2

S.D. = Standard Deviation (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานกลุ่มข้อมูล) ; NS = Non significant ; * = แตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ด้านผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตอ้อยที่มีอายุเก็บเกี่ยว 372 ถึง 402 วัน พบว่าทั้งสองวิธีทดสอบ (FARM และ DOA) ให้ค่าความยาวลำ เส้นผ่านศูนย์กลางลำ และค่าความหวานไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าวิธีทดสอบ (FARM) : การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 100% ตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้ค่าจำนวนลำต่อไร่ และผลผลิต สูงกว่าวิธีทดสอบ 1 (DOA) แตกต่างกันในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยให้ค่าความจำนวนลำเฉลี่ยอยู่ที่ 11,891 ลำต่อไร่ และผลผลิตเฉลี่ย 16.22 ตันต่อไร่ คิดเป็นร้อยละ 5.74 และ 7.39 (ตารางที่ 9) ตามลำดับ

ตารางที่ 9 รายการต้นทุนการปลูกอ้อยโรงงานของเกษตรกรร่วมโครงการทดสอบในพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม ปี 2563

รายการ	ต้นทุน (บาท/ไร่)									
	พานทอง		ภูติ		กมล		รุ่งลาวัน		เรืองโรจน์	
	DOA	FARM	DOA	FARM	DOA	FARM	DOA	FARM	DOA	FARM
เตรียมดิน/แปลง	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750
ค่าท่อนพันธุ์	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500
การจ้างปลูก	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
ค่าปุ๋ยและใส่ปุ๋ย	1,155	1,380	1,088	1,290	1,155	1,380	1,155	1,380	1,155	1,380
การดูแลรักษา/กำจัดวัชพืช	1,000	1,000	1,200	1,200	1,200	600	600	600	600	600
ค่าตัด มัด	2,239	2,482	1,680	1,796	1,615	1,590	1,448	1,590	2,030	2,072
ค่าลำเลียงขึ้นรถ	1,493	1,654	1,120	1,198	1,077	1,060	966	1,060	1,354	1,382
ค่าขนส่ง	6,532	7,239	3,500	3,741	3,364	3,312	3,018	3,312	5,921	6,044
ต้นทุน	15,469	16,805	11,638	12,275	11,461	10,992	10,237	10,992	14,110	14,528
รายได้	18,664	20,684	14,000	14,966	13,457	13,249	12,071	13,249	16,917	17,269
รายได้สุทธิ	3,195	3,879	2,362	2,690	1,996	2,256	1,835	2,256	2,807	2,741
BCR	1.21	1.23	1.20	1.22	1.17	1.21	1.18	1.21	1.20	1.19

หมายเหตุ : DOA = วิธีทดสอบ 1 ; FARM = วิธีทดสอบ 2

ลานรับซื้ออ้อยโรงงาน ราคา ปี 2563 : 1,000 บาทต่อตัน ที่ 10 ccs

BCR : Benefit Cost Ratio (อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน)

จากตารางที่ 9 จะเห็นได้ว่าต้นทุนการปลูกอ้อยโรงงานของเกษตรกรจังหวัดมหาสารคาม ส่วนใหญ่จะเป็นค่าตัดมัดลำเลียงและขนส่ง คิดเป็นร้อยละ 32.31 ของต้นทุนทั้งหมด รองลงมาคือค่าท่อนพันธุ์อ้อย ค่าจัดการปุ๋ย ค่ากำจัดวัชพืช ค่าจ้างปลูก และค่าเตรียมดิน คิดเป็นร้อยละ 8.92 8.21 5.95 4.76 และ 4.46 ตามลำดับ

ตารางที่ 10 ต้นทุนการผลิต และผลตอบแทนของอ้อยปลูกของเกษตรกรร่วมทดสอบในพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม
ปี 2563

เกษตรกร	ผลผลิต (ตัน/ไร่)		ต้นทุนการผลิต (บาท/ไร่)		รายได้ (บาท/ไร่)		รายได้สุทธิ (บาท/ไร่)		BCR	
	DOA	FARM	DOA	FARM	DOA	FARM	DOA	FARM	DOA	FARM
พานทอง	18.66	20.68	15,469	16,805	18,664	20,684	3,195	3,879	1.21	1.23
ภูลี	14.00	14.97	11,638	12,275	14,000	14,966	2,362	2,690	1.20	1.22
กมล	13.46	14.92	11,461	12,344	13,457	14,920	1,996	2,576	1.17	1.21
รุ่งลาวัน	12.07	13.25	10,237	10,992	12,071	13,249	1,835	2,256	1.18	1.21
เรืองโรจน์	16.92	17.27	14,110	14,528	16,917	17,269	2,807	2,741	1.20	1.19
เฉลี่ย	15.02	16.22	12,583	13,389	15,022	16,218	2,439	2,828	1.19	1.21

หมายเหตุ : DOA = วิธีทดสอบ 1 : การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 75% ตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ PGPR 3

FARM = วิธีทดสอบ 2 : การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 100% ตามค่าวิเคราะห์ดิน

ลานรับซื้ออ้อยโรงงาน ราคา ปี 2563 : 1,000 บาทต่อตัน ที่ 10 ccs

BCR : Benefit Cost Ratio (อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน)

ด้านต้นทุนการผลิต และผลตอบแทนจากการผลิตอ้อยในแปลงทดสอบ พบว่าวิธีทดสอบ 1 (DOA) : การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 75% ตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ PGPR 3 ใช้ต้นทุนการผลิตอ้อยเฉลี่ย 12,583 บาทต่อไร่ น้อยกว่าวิธีทดสอบ 2 (FARM) คือการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 100% ตามค่าวิเคราะห์ดิน แต่ในด้านรายได้ รายได้สุทธิ และค่าอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit Cost Ratio : BCR) พบว่าทั้งสองกรรมวิธีทดสอบ ให้รายได้สุทธิ และค่าอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit Cost Ratio : BCR) ไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 10)

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

1. การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 100% ตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้จำนวนลำและผลผลิตเฉลี่ยของอ้อยสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 75% ตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ PGPR 3 คิดเป็นร้อยละ 5.74 และ 7.39 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ การจัดการศัตรูอ้อยและปัจจัยด้านปริมาณน้ำฝนที่มีการกระจายตัวอย่างเหมาะสมในแต่ละช่วงระยะเวลาที่อ้อยต้องการร่วมด้วย

2. การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 75% ตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ PGPR 3 มีความคุ้มค่าต่อการลงทุน เนื่องจากลดค่าปุ๋ยเคมีลง 25 % แต่ให้รายได้และผลตอบแทนสุทธิไม่แตกต่างกันเมื่อเทียบกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 100% ตามค่าวิเคราะห์ดิน

3. การใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์โดยผสมกับปุ๋ยเคมี อาจส่งผลให้ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพลดลง เนื่องจากองค์ประกอบของจุลินทรีย์มีความอ่อนแอต่อปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม (Damodaran *et al*, 2016) จึงควรปรับวิธีใช้ที่เหมาะสมที่จะทำให้โอกาสการสูญเสียจุลินทรีย์ลดลง

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ได้ข้อมูลการใช้ปุ๋ยที่เหมาะสมสำหรับการปลูกอ้อยในพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม
2. เกษตรกรที่ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี สามารถยกระดับผลผลิตอ้อย ลดต้นทุนการผลิต รวมถึงสามารถนำเทคโนโลยีไปปรับใช้ให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ได้
3. เกษตรกรได้เทคโนโลยีไปขยายผลต่อให้กับเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยรายอื่นที่มีพื้นที่ใกล้เคียงกันได้

11. คำขอบคุณ

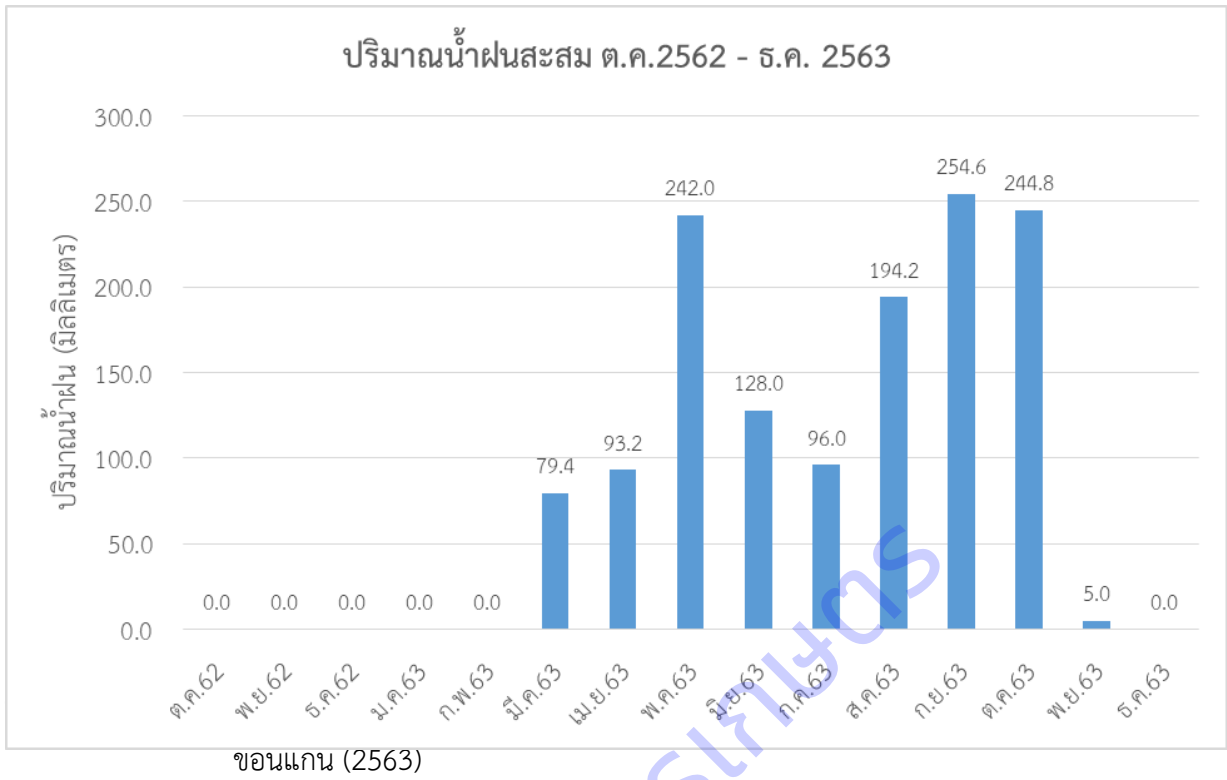
การวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ กรมวิชาการเกษตร ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัย เกษตรกรที่ให้ความร่วมมือเข้าร่วมทดสอบ บุคลากรทุกท่านของศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรมหาสารคาม หน่วยงานเครือข่ายต่างๆของกรมวิชาการเกษตร และกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 4 จังหวัดอุบลราชธานี ในการช่วยบริการวิเคราะห์คุณสมบัติดิน และศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ในการบริการช่วยวิเคราะห์ค่า CCS อ้อย รวมทั้งนักวิจัยอาวุโส ที่ได้ให้คำปรึกษา ความรู้ และความอนุเคราะห์ต่างๆ ในงานทดสอบนี้เป็นอย่างดียิ่ง

12. เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2545. เอกสารวิชาการ ปุ๋ยชีวภาพ. กลุ่มงานวิจัยดิน กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 378 หน้า.
- กรมวิชาการเกษตร. 2561. การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินในการผลิตอ้อย. กลุ่มปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. แผ่นพับ.
- กรมวิชาการเกษตร. 2561. การเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการวัชพืชในอ้อยเพื่อลดต้นทุนการผลิต. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2557 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร. 384 หน้า.
- กรมอุตุนิยมวิทยา สถานีท่าพระ จังหวัดขอนแก่น. 2563. ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนระหว่างปี 2562-2563. สถานีอุตุนิยมวิทยาท่าพระ อ.ท่าพระ จ.ขอนแก่น กรมอุตุนิยมวิทยา.
- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2563. พื้นที่เพาะปลูกและผลผลิตอ้อยปี การผลิต 2562/63. กลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กองยุทธศาสตร์และแผนงาน สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. หน้า 12.

- กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ. 2556. การเพิ่มผลผลิตอ้อยโรงงานเชิงบูรณาการเพื่อรองรับประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน. สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ.
- ปรีชา พราหมณีย์ อรรถสิทธิ์ บุญธรรม จักรินทร์ ศรัทธาพร ประชา ถ้ำทอง และเจริญ บัวคงดี. 2544. การปรับปรุงดินเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใส่ปุ๋ยในไร่อ้อย. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2541 อ้อย ข้าวฟ่าง ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรีสถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร. หน้า 423-430.
- สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน. 2548. มหัตศวรรษพันธุที่ดิน. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ.
- อรรธรณ ฉัตรสีรุ่ง. 2551. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษ์ศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- อำนาจ สุวรรณฤทธิ์. 2550. ใช้ปุ๋ยเคมี อินทรีย์และชีวภาพร่วมกันดีที่สุด. ความจริงเกี่ยวกับปุ๋ยในการเกษตรและสิ่งแวดล้อม. สมาคมการค้าปุ๋ยและธุรกิจการเกษตรไทย. 21 หน้า.
- Damodaran, T., Bagyaraj, D.J. and Revana Ashwin. (2016). Effect of chemical fertilizers on the beneficial soil microorganisms. Fertilizers and environment news, 2: 10-11.

13. ภาคผนวก





กลุ่มภาพภาคผนวกที่ 2 สภาพแปลงเกษตรกรที่ร่วมโครงการทดสอบในพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม