

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากแบคทีเรีย *A. veronii* strain NK 67 โดยใช้ส่วนผสมต่างๆ ได้แก่ แกลบดิบ แกลบเผา ปุ๋ยคอก รำละเอียดกากน้ำตาลและน้ำหมักชีวภาพ นำมาผสมกับแบคทีเรีย *A. veronii* strain NK 67 ในอัตราส่วนระหว่างเนื้อปุ๋ยต่ออัตราส่วนของแบคทีเรียเท่ากับ 100: 0.5, 100:1, 100:1.5 ตามลำดับ แล้วนำมาผสมน้ำในอัตราส่วนต่างๆ ได้แก่ 1:0.3 1:0.4 1:0.5 และ 1:0.6 ตามลำดับ อัดด้วยเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยที่แรงกด 18 นิวตัน และร่อนในตะแกรงร่อน แล้วนำไปตากในที่ร่มจนแห้ง จะได้เม็ดปุ๋ยชีวภาพในแต่ละอัตราส่วนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.0-1.5 เซนติเมตร เมื่อนำปุ๋ยชีวภาพที่ผลิตขึ้นไปวิเคราะห์ปริมาณเฉลี่ยของธาตุอาหาร N P และ K พบว่ามีปริมาณ N เฉลี่ยร้อยละ 14.26 ปริมาณ P เฉลี่ยร้อยละ 0.0003 และปริมาณ K เฉลี่ย ร้อยละ 3.61

การศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินในแปลงปลูกพบว่า เนื้อดินเป็นดินเหนียว มีค่าความเป็นกรดต่างปานกลาง มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำ ธาตุอาหารในดินที่มีอยู่ในปริมาณสูง ได้แก่ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณสังกะสีที่สกัดได้ ธาตุอาหารที่มีอยู่ในปริมาณต่ำ ได้แก่ เหล็ก แมงกานีสที่สกัดได้ ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ซัลเฟต-ซัลเฟอร์ และปริมาณทองแดงที่สกัดได้ ส่วนอินทรีย์วัตถุมีปริมาณต่ำมาก ผลการวิเคราะห์สมบัติดินในภาพรวมสรุปได้ว่า ดินในแปลงทดลองเป็นดินเนื้อหยาบที่มีความจุในการกักเก็บธาตุอาหารพืชน้อยและมีความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารพืชในดินหลายชนิดต่ำ ได้แก่ ไนโตรเจน (พิจารณาจากปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน) โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน และทองแดง

การศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยชีวภาพในการลดความเข้มข้นของพาราควอตในพื้นที่แปลงทดลอง โดยการออกแบบการทดลองแปลงปลูกมันสำปะหลังแบบ Split Plots Design ที่ประกอบไปด้วยแปลงใหญ่ (main plots) 4 ตำรับ คือ แปลงที่ปลูกพืชโดยไม่มีการใส่ปุ๋ย (F_0) แปลงที่ให้ปุ๋ยเม็ดสูตรที่มีอัตราส่วนระหว่างเนื้อปุ๋ยกับอัตราส่วนของแบคทีเรีย เท่ากับ 100 : 0.5 ($F_{0.5}$) 100 : 1.0 ($F_{1.0}$) และ 100 : 1.5 ($F_{1.5}$) แต่ละตำรับในแปลงใหญ่ ประกอบด้วย 4 แปลงย่อย (sub-plots)) คือ แปลงที่มีอัตราการใส่ปุ๋ยตามอัตราเนื้อปุ๋ยต่อน้ำ 1 : 0.3 ($W_{0.3}$) 1 : 0.4 ($W_{0.4}$) 1 : 0.5 ($W_{0.5}$) และ 1 : 0.6 ($W_{0.6}$) รวมทั้งสิ้น 16 ตำรับการทดลองและมีการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบจับฉลากในแต่ละตำรับ ตลอดฤดูปลูกนั้น มันสำปะหลังมีการใส่ปุ๋ย 2 ครั้ง ครั้งแรกใส่หลังปลูก 45 วัน ครั้งที่สองใส่หลังปลูก 90 วัน แล้วเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่แปลงทดลองไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของพาราควอตตกค้างด้วยเทคนิค Gas Chromatography โดยมีช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่างดินในแปลงทดลองไปวิเคราะห์ คือ เก็บก่อนปลูกมันสำปะหลัง 1 สัปดาห์ เก็บหลังปลูกมันสำปะหลังระยะ 3, 6 และ 9 เดือน และเก็บหลังจากเก็บเกี่ยวแล้วเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ตามลำดับ ซึ่งผลการศึกษาความเข้มข้นของพาราควอตในพื้นที่แปลงปลูก พบว่า ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นพาราควอตตกค้างในดินแปลงทดลองก่อนปลูกมันสำปะหลัง 1 สัปดาห์ ในทุกตำรับการทดลองวิเคราะห์ได้เฉลี่ยเท่ากับ 2.17 ppm จากนั้นเก็บตัวอย่างดินในแปลงทดลองที่ระยะ 3 6 และ 9 เดือน รวมถึงหลังเก็บเกี่ยวไปแล้วเป็นเวลา 1 สัปดาห์พบว่า ผลการตอบสนองต่อความเข้มข้นของพาราควอตตกค้างในดินแปลงทดลองทุกตำรับการทดลอง มี

ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของพาราควอตตกค้างลดลงและมีความเป็นอิสระต่อกัน หรือหมายถึงทุกตำรับการทดลองมีความเข้มข้นของพาราควอต

ตกค้างในดินลดลงในและตำรับการทดลอง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยแปลงที่ให้ปุ๋ยเม็ดที่มีอัตราส่วนระหว่างเนื้อปุ๋ยต่ออัตราส่วนของแบคทีเรียเท่ากับ 100 : 1.5 ($F_{1.5}$) ในแปลงใหญ่และมีอัตราการใส่ปุ๋ยตามอัตราเนื้อปุ๋ยต่อน้ำ 1 : 0.4 ($W_{0.4}$) 1 : 0.5 ($W_{0.5}$) และ 1 : 0.6 ($W_{0.6}$) ในแปลงเล็กสามารถลดความเข้มข้นพาราควอตในดินได้ดีที่สุด โดยสามารถลดความเข้มข้นของพาราควอตได้หมดภายในระยะเวลา 3 เดือนหลังปลูก ส่วนแปลงที่ปลูกมันสำปะหลังโดยไม่มีการใส่ปุ๋ย (F_0) มีความเข้มข้นของพาราควอตในดินที่ลดลงน้อยที่สุด โดยตรวจพบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของพาราควอตในดินทุกแปลงย่อยหลังปลูกมันสำปะหลังไปแล้วเป็นเวลา 3 เดือน อยู่ระหว่าง 1.96-2.10 ppm ส่วนค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของพาราควอตในดินทุกแปลงย่อยหลังปลูกมันสำปะหลังไปแล้วเป็นเวลา 6 เดือน อยู่ระหว่าง 1.58-1.70 ppm ขณะที่หลังปลูกมันสำปะหลังเป็นเวลา 9 เดือนและหลังเก็บเกี่ยว 1 สัปดาห์ ไม่พบความเข้มข้นพาราควอตในดินทุกแปลงย่อย

การศึกษาปัจจัยทางด้านกายภาพ ซึ่งมีผลต่อคุณสมบัติของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดในการกำจัดสารพาราควอตตกค้างในดินและการเติบโตของมันสำปะหลังพบว่า ปริมาณและการกระจายของฝน อุณหภูมิของอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศอยู่ในสภาวะปกติ เหมาะสมแก่การปลูกพืชไร่ ผลการศึกษาเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลังพบว่า ความสูงของมันสำปะหลังโดยเฉลี่ยในพื้นที่แปลงทดลองจำนวน 16 ตำรับการทดลอง ในช่วงอายุ 3, 6, และ 9 เดือนหลังปลูก ไม่มีความแตกต่างกันมากนัก โดยช่วงอายุ 3 เดือนหลังปลูก มีค่าความสูงโดยเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 41.5 – 42.5 เซนติเมตร ส่วนอายุ 6 เดือนหลังปลูก มีความสูงโดยเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 149 – 151.7 เซนติเมตร ส่วนที่ระยะ 9 เดือนหลังปลูก มันสำปะหลังมีความสูงเฉลี่ยแตกต่างกันมากขึ้น โดยอยู่ระหว่าง 172.5 – 174.5 เซนติเมตร ส่วนการตรวจวัดน้ำหนักสดของต้น ซึ่งเป็นผลมาจากการให้ปุ๋ยตามอัตราส่วนแบบต่างๆ ในแปลงทดลองทั้ง 4 แปลงใหญ่ คือ แปลงที่ปลูกโดยไม่มีการใส่ปุ๋ย (F_0) แปลงที่ให้ปุ๋ยเม็ดที่มีอัตราส่วนระหว่างเนื้อปุ๋ยกับอัตราส่วนของแบคทีเรียเท่ากับ 100 : 0.5 ($F_{0.5}$) 100 : 1.0 ($F_{1.0}$) และ 100 : 1.5 ($F_{1.5}$) พบว่า การให้ปุ๋ยตามอัตราส่วนแบบต่างๆ ไม่มีผลต่อน้ำหนักสดของต้นมันสำปะหลัง หรืออาจกล่าวได้ว่าน้ำหนักสดของต้นมันสำปะหลังในทุกแปลงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) อย่างไรก็ตาม ขณะที่การศึกษาการให้ปุ๋ยตามอัตราส่วนแบบต่างๆ ในแปลงทดลอง พบว่า การให้ปุ๋ยเม็ดที่มีอัตราส่วนระหว่างเนื้อปุ๋ยกับอัตราส่วนของแบคทีเรีย เท่ากับ 100 : 1.5 ($F_{1.5}$) มีผลทำให้ค่าน้ำหนักสดของต้นเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 3,950 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนแปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย (F_0) ให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของต้นเพียง 2,590 กิโลกรัมต่อไร่ และผลการตอบสนองต่ออัตราการใส่ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด 4 อัตราในแปลงย่อยพบว่า อัตราการใส่ปุ๋ยตามอัตราเนื้อปุ๋ยต่อน้ำ 1 : 0.5 ($W_{0.5}$) 1 : 0.4 ($W_{0.4}$) และ 1 : 0.3 ($W_{0.3}$) มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของต้นเท่ากับ 3,230 3,120 และ 2,800 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน นอกจากนี้ ในทุกอัตราปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด ก็ทำให้มันสำปะหลังมีการตอบสนองในรูปร่างต้นสดสูงกว่ามันสำปะหลังที่ไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด ส่วนน้ำหนักสดของหัว มันสำปะหลังที่ปลูกในแปลงทดลองแปลงใหญ่ ทั้ง 4 แปลงคือ แปลงที่ปลูกโดยไม่มีการใส่ปุ๋ย (F_0) แปลงที่ให้ปุ๋ยเม็ดที่มีอัตราส่วนระหว่างเนื้อปุ๋ยกับอัตราส่วนของแบคทีเรียเท่ากับ 100 : 0.5 ($F_{0.5}$) 100 : 1.0 ($F_{1.0}$) และ 100 : 1.5 ($F_{1.5}$) พบว่า มีผลทำให้น้ำหนัก

สดของหัวเฉลี่ยของมันสำปะหลังที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมันสำปะหลังมีการตอบสนองในรูปน้ำหนักหัวสดเฉลี่ยสูงสุดที่ 9,760 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อใช้ปุ๋ยเม็ดที่มีอัตราส่วนระหว่างเนื้อปุ๋ยกับอัตราส่วนของแบคทีเรีย เท่ากับ 100 : 1.5 ($F_{1.5}$) ส่วนแปลงที่ปลูกโดยไม่มีการใส่ปุ๋ย (F_0) ให้น้ำหนักสดของหัวเฉลี่ยต่ำสุดที่ 8,060 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อพิจารณาอิทธิพลเฉพาะปัจจัยของการใช้ปุ๋ยเคมี ทั้ง 4 อัตรา ได้แก่ อัตราการใส่ปุ๋ย ตามอัตราเนื้อปุ๋ยต่อน้ำ 1 : 0.3 ($W_{0.3}$) 1 : 0.4 ($W_{0.4}$) 1 : 0.5 ($W_{0.5}$) และ 1 : 0.6 ($W_{0.6}$) มีการใช้อัตราเนื้อปุ๋ยต่อน้ำอัตราต่างๆ กับมันสำปะหลัง ทำให้น้ำหนักสดของหัวมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และการใช้เนื้อปุ๋ยต่อน้ำที่ทำให้มันสำปะหลังมีการตอบสนองในรูปน้ำหนักสดของหัวเฉลี่ยสูงสุด คือ แปลงที่ให้ปุ๋ยเม็ดที่มีอัตราส่วนระหว่างเนื้อปุ๋ยกับอัตราส่วนของแบคทีเรียเท่ากับ 100 : 1.5 ($F_{1.5}$) และอัตราการใส่ปุ๋ยตามอัตราเนื้อปุ๋ยต่อน้ำ 1 : 0.6 ($W_{0.6}$) ส่วนผลการวิเคราะห์ปริมาณแป้งในหัวสดในทุกๆ อัตราเนื้อปุ๋ยต่อน้ำ รวมถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างแปลงทดลองตามอัตราปุ๋ยทั้ง 4 อัตราและอัตราใส่ปุ๋ยชีวภาพทุกอัตรา ไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณแป้งในหัวสด ซึ่งค่าเฉลี่ยของปริมาณแป้งในหัวสดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การศึกษาในด้านองค์ประกอบของผลผลิต ซึ่งประกอบด้วย ดัชนีเก็บเกี่ยว จำนวนหัวสดเฉลี่ยต่อต้น และน้ำหนักสดเฉลี่ยต่อหัว พบว่า ทุกๆ องค์ประกอบได้รับอิทธิพลของแปลงทดลองทั้ง 4 แปลง คือ แปลงที่ปลูกโดยไม่มีการใส่ปุ๋ย (F_0) แปลงที่ให้ปุ๋ยเม็ดที่มีอัตราส่วนระหว่างเนื้อปุ๋ยกับอัตราส่วนของแบคทีเรีย เท่ากับ 100 : 0.5 ($F_{0.5}$) 100 : 1.0 ($F_{1.0}$) และ 100 : 1.5 ($F_{1.5}$) และการใช้ปุ๋ยชีวภาพ ทั้ง 4 อัตรา อัตราการใส่ปุ๋ยตามอัตราเนื้อปุ๋ยต่อน้ำ 1 : 0.3 ($W_{0.3}$) 1 : 0.4 ($W_{0.4}$) 1 : 0.5 ($W_{0.5}$) และ 1 : 0.6 ($W_{0.6}$) มีค่าไม่แตกต่างกัน โดยที่ค่าเฉลี่ยของดัชนีเก็บเกี่ยวมีค่าระหว่าง 0.71– 0.79 และมีค่าเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 0.75 ส่วนจำนวนหัวสดต่อต้นมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 13.92-17.76 หัวต่อต้น และมีค่าเฉลี่ยทั้งหมด 15.67 หัวต่อต้น ในขณะที่ผลในส่วนขนานน้ำหนักสดเฉลี่ยต่อหัว มีทิศทางสอดคล้องกับผลน้ำหนักสดของหัว โดยที่ค่าเฉลี่ยในแปลงที่มีการให้เนื้อปุ๋ยต่อแบคทีเรียและในแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเม็ดอยู่ในระดับสูงเฉลี่ยระหว่าง 328 – 436 กรัมต่อหัว ขณะที่แปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ยและให้อัตราเนื้อปุ๋ยต่อน้ำ 1 : 0.3 มีค่าเฉลี่ยต่อหัวต่ำสุดเมื่อเทียบกับทุกแปลงทดลอง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 241 กรัมต่อหัว

สรุปผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการดูแลใช้ธาตุอาหารมันสำปะหลัง พบว่า มันสำปะหลังมีการตอบสนองต่อปริมาณธาตุอาหารหลัก คือ N P K ของแต่ละแปลงทดลองและอัตราการใส่ปุ๋ยในปริมาณที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะในมันสำปะหลังที่ปลูกในแปลงทดลอง ส่วนในแปลงที่มีอัตราเนื้อปุ๋ยต่อน้ำ 1 : 0.3 ($W_{0.3}$) มีการตอบสนองต่อปริมาณธาตุอาหารหลัก N P K เฉลี่ยต่ำที่สุด ในขณะที่เดียวกันเมื่อมีการเพิ่มอัตราปุ๋ยแก่มันสำปะหลังในแปลงก็จะมีผลการตอบสนองต่อการดูแลใช้ธาตุอาหารหลักทั้ง 3 ชนิด (N P K) สูงขึ้นในลักษณะเชิงบวก (มีการใส่อัตราปุ๋ยมาก การตอบสนองต่อปุ๋ยก็สูงตามไปด้วย)

อภิปรายผล

การผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากแบคทีเรีย *A. veronii* strain NK 67

การผลิตปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดจากแบคทีเรีย *A. veronii* strain NK 67 โดยนำแกลบดิบ แกลบเผา ปุ๋ยคอก รำละเอียดกากน้ำตาลและน้ำหมักชีวภาพ นำมาผสมกับแบคทีเรีย *A. veronii* strain NK 67 ในอัตราส่วนระหว่างเนื้อปุ๋ยต่ออัตราส่วนของแบคทีเรียเท่ากับ 100: 0.5, 100:1, 100:1.5 ตามลำดับ และอัตราส่วนน้ำได้แก่ 1:0.3 1:0.4 1:0.5 และ 1:0.6 ตามลำดับ เมื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณเฉลี่ยของธาตุอาหาร N P และ K พบว่ามีปริมาณ N เฉลี่ยร้อยละ 14.26 ปริมาณ P เฉลี่ยร้อยละ 0.0003 และ ปริมาณ K เฉลี่ยร้อยละ 3.61 ซึ่งในเป็นสัดส่วนที่เหมาะสมในการผลิตปุ๋ยสำหรับมันสำปะหลัง เนื่องจาก การศึกษาของ Lowrer ในปี ค.ศ. 2002 พบว่า ปริมาณธาตุไนโตรเจนมีการสูญเสียจากการชะล้างพังทลายของหน้าดิน (run off) ทำให้ปริมาณธาตุไนโตรเจนในดินสูญเสียไป ซึ่งเมื่อเพิ่มปริมาณให้มากขึ้น ในเนื้อปุ๋ยก็จะทำให้มีปริมาณไนโตรเจนมากพอที่จะทำให้มันสำปะหลังดูดใช้ธาตุไนโตรเจนได้ดี สอดคล้องกับการศึกษาของโอภาส บุญเรือง ในปี พ.ศ. 2553 ที่พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสในดินมีปริมาณสูงในดินสำหรับปลูกพืชไร่ การลดสัดส่วนธาตุฟอสฟอรัสในปุ๋ยที่ให้กับมันสำปะหลังลง จึงไม่มีผลต่อการดูดใช้ธาตุอาหาร (NPK uptake) เพื่อการเติบโตแต่อย่างใด

การวิเคราะห์ความเข้มข้นพาราควอทในดิน

การศึกษาการใช้ปุ๋ยชีวภาพในการลดความเข้มข้นพาราควอทในพื้นที่แปลงทดลองมันสำปะหลัง ซึ่งประกอบไปด้วยแปลงใหญ่ 4 ตำบล แต่ละตำบลในแปลงใหญ่ประกอบด้วย 4 แปลงย่อย รวมทั้งสิ้น 16 ตำบลการทดลอง ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นพาราควอทในดินแปลงทดลองทุกตำบล การทดลองพบว่า ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของพาราควอทตกค้างในดินแปลงทดลองทุกตำบลการทดลอง มีความเป็นอิสระต่อกัน หรือหมายถึงทุกตำบลการทดลองมีความเข้มข้นของพาราควอทตกค้างในดินลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แสดงว่า มันสำปะหลังมีการตอบสนองต่ออัตราปุ๋ยชีวภาพแต่ละสูตรแตกต่างกันและอาจทำให้ระดับความเข้มข้นของพาราควอทในดินของทุกตำบลลดลงมีความแตกต่างกัน โดยพิจารณาจากการตรวจวัดค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของพาราควอทในดินก่อนปลูกพืช 1 สัปดาห์พบว่า ความเข้มข้นของพาราควอทเท่ากับ 2.17 ppm เมื่อตรวจวัดความเข้มข้นของพาราควอทในดินภายหลังการใส่ปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ด 3 เดือนหลังปลูก พบว่า แปลงที่ให้ปุ๋ยเม็ดที่มีอัตราส่วนระหว่างเนื้อปุ๋ยกับอัตราส่วนของแบคทีเรีย 100: 1.5 ($F_{1.5}$) และมีอัตราเนื้อปุ๋ยต่อน้ำ 1 : 0.3 ($W_{0.3}$) 1 : 0.5 ($W_{0.5}$) และ 1 : 0.6 ($W_{0.6}$) สามารถลดความเข้มข้นพาราควอทในดินได้ดีที่สุด เนื่องจากตรวจไม่พบความเข้มข้นพาราควอทตกค้างในดิน ส่วนแปลงที่ให้ปุ๋ยเม็ดที่มีอัตราส่วนระหว่างเนื้อปุ๋ยกับอัตราส่วนของแบคทีเรีย 100 : 1.5 ($F_{1.5}$) ซึ่งมีอัตราการใช้ปุ๋ยตามอัตราเนื้อปุ๋ยต่อน้ำ 1 : 0.4 ($W_{0.4}$) สามารถลดความเข้มข้นของพาราควอทในดินได้มีประสิทธิภาพรองลงมา โดยตรวจพบความเข้มข้นของพาราควอทในดินหลังปลูก 3 เดือนเท่ากับ 0.16 ppm ส่วนแปลงที่ให้ปุ๋ยเม็ดที่มีอัตราส่วนระหว่างเนื้อปุ๋ยกับอัตราส่วนของแบคทีเรีย 100 : 1.0 ($F_{1.0}$) 100 : 0.5 ($F_{0.5}$) และ 100 : 0 (F_0) ทุกอัตราการใช้ปุ๋ยตามอัตราเนื้อปุ๋ยต่อน้ำ 1 : 0.3 ($W_{0.3}$) 1 : 0.4 ($W_{0.4}$) 1 : 0.5 ($W_{0.5}$) และ 1 :

0.6 ($W_{0.6}$) สามารถลดความเข้มข้นพาราควอตตกค้างในดินได้หมดภายในระยะเวลา 9 เดือน โดยจะเห็นว่าในระยะ 3 เดือนหลังปลูก อัตราส่วนระหว่างเนื้อปุ๋ยกับอัตราส่วนของแบคทีเรีย 100 : 1.5 ($F_{1.5}$) สามารถลดได้ดีที่สุด รองลงมาได้แก่ 100 : 1.0 ($F_{1.0}$) 100 : 0.5 ($F_{0.5}$) และ F_0 ตามลำดับ ส่วนระยะ 6 เดือนหลังปลูกก็ให้ผลเช่นเดียวกันกับที่ระยะ 3 เดือนหลังปลูก ส่วนแปลงที่ปลูกโดยไม่มีการใส่ปุ๋ย (F_0) ลดความเข้มข้นของพาราควอตตกค้างในดินได้ต่ำที่สุด โดยตรวจพบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของพาราควอตในดินทุกแปลงย่อยหลังปลูกพืช 3 เดือนหลังปลูก อยู่ระหว่าง 1.96-2.10 ppm ส่วนค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของพาราควอตในดินทุกแปลงย่อยหลังปลูกมันสำปะหลัง 6 เดือน อยู่ระหว่าง 1.58-1.70 ppm และไม่พบความเข้มข้นพาราควอตในดินทุกแปลงย่อยหลังปลูกมันสำปะหลัง 9 เดือน และหลังเก็บเกี่ยว 1 สัปดาห์ ซึ่งผลการทดลองข้างต้นจะเห็นว่าอัตราส่วนของแบคทีเรียกับอัตราส่วนระหว่างเนื้อปุ๋ยมีผลต่อการกำจัดพาราควอตในดิน โดยปุ๋ยชีวภาพที่มีอัตราส่วนของแบคทีเรียในเนื้อปุ๋ยมาก จะสามารถลดความเข้มข้นพาราควอตตกค้างในดินได้ดียิ่งขึ้น

ปัจจัยทางด้านกายภาพที่มีผลต่อคุณสมบัติของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดในการกำจัดสารพาราควอตตกค้างในดินและการเติบโตของมันสำปะหลัง

ผลการศึกษาปัจจัยทางด้านกายภาพ ซึ่งมีผลต่อคุณสมบัติของปุ๋ยชีวภาพอัดเม็ดในการกำจัดความเข้มข้นพาราควอตตกค้างในดินและการเติบโตของมันสำปะหลังบริเวณพื้นที่อำเภอดอนเจดีย์ จังหวัดสุพรรณบุรี ในฤดูฝน 2555/56 ซึ่งค่าเฉลี่ยของปริมาณและการกระจายของฝน อุณหภูมิของอากาศ และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศอยู่ในเกณฑ์ปกติ โดยส่งอิทธิพลต่อแปลงทดลองทั้งหมดเท่ากัน จึงสามารถสรุปได้ว่าปัจจัยของปริมาณและการกระจายของฝน อุณหภูมิของอากาศ และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศมีผลต่อแปลงทดลองเท่าๆ กัน

การเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลัง

การศึกษากการเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลังในส่วน of น้ำหนักสดของต้น จากการให้ปุ๋ยตามอัตราส่วนแบบต่างๆ ในแปลงทดลอง พบว่า การให้ปุ๋ยเม็ดที่มีอัตราส่วนระหว่างเนื้อปุ๋ยกับอัตราส่วนของแบคทีเรีย เท่ากับ 100 : 1.5 ($F_{1.5}$) มีผลทำให้ค่าน้ำหนักสดของต้นเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 3,950 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือให้ปุ๋ยเม็ดที่มีอัตราส่วนระหว่างเนื้อปุ๋ยกับอัตราส่วนของแบคทีเรีย เท่ากับ 100 : 1.0 ($F_{1.0}$) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3,120 กิโลกรัมต่อไร่ และสุดท้ายการให้ปุ๋ยเม็ดที่มีอัตราส่วนระหว่างเนื้อปุ๋ยกับอัตราส่วนของแบคทีเรีย เท่ากับ 100 : 0.5 ($F_{0.5}$) ให้ค่าเฉลี่ย 2,830 กิโลกรัมต่อไร่ แต่อย่างไรก็ตามผลในภาพรวมยังมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าเมื่อเทียบกับน้ำหนักสดของมันสำปะหลังในแปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย (F_0) ที่ให้ค่าเฉลี่ยเพียง 2,590 กิโลกรัมต่อไร่เท่านั้น เหตุที่เป็นเช่นนี้ เนื่องมาจากในแปลงที่ให้ปุ๋ยเม็ดที่มีอัตราส่วนระหว่างเนื้อปุ๋ยกับอัตราส่วนของแบคทีเรีย เท่ากับ 100 : 1.5 ($F_{1.5}$) มีเนื้อปุ๋ยมาก จึงทำให้มันสำปะหลังสามารถดูดใช้ธาตุอาหารจากปุ๋ยได้อย่างเต็มที่ ทำให้สามารถเพิ่มน้ำหนักต้นสดได้ชัดเจนกว่าแปลงอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของนพศุล สมุทรและคณะ ในปี 2550 ที่พบว่า

ปริมาณเนื้อปุ๋ยที่ให้กับพืชมีผลโดยตรงต่อการเติบโตของพืช นอกจากนี้การศึกษาน้ำหนักสดของหัวพบว่า แปลงทดลองทั้ง 4 แปลง มีผลทำให้น้ำหนักสดของหัวมันสำปะหลังเฉลี่ย มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมันสำปะหลังมีการตอบสนองในรูปน้ำหนักสดของหัวเฉลี่ยสูงสุดที่ 9,760 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อใช้ปุ๋ยเม็ดที่มีอัตราส่วนระหว่างเนื้อปุ๋ยกับอัตราส่วนของแบคทีเรีย เท่ากับ $100 : 1.5$ ($F_{1.5}$) รองลงไป คือ แปลงที่ให้ปุ๋ยเม็ดที่มีอัตราส่วนระหว่างเนื้อปุ๋ยกับอัตราส่วนของแบคทีเรีย เท่ากับ $100 : 1.0$ ($F_{1.0}$) น้ำหนักสดของหัวเฉลี่ย 9,390 กิโลกรัมต่อไร่ แปลงที่ให้ปุ๋ยเม็ดที่มีอัตราส่วนระหว่างเนื้อปุ๋ยกับอัตราส่วนของแบคทีเรีย เท่ากับ $100 : 0.5$ ($F_{0.5}$) ให้น้ำหนักหัวสดเฉลี่ย 8,950 กิโลกรัมต่อไร่ และแปลงที่ปลูกโดยไม่มีการใส่ปุ๋ย (F_0) ที่ให้น้ำหนักสดของหัวเฉลี่ย 8,060 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนอิทธิพลเฉพาะปัจจัย (individual effects) ของการใช้ปุ๋ยทั้ง 4 อัตราในแปลงย่อยคือ อัตราการใส่ปุ๋ยตามอัตราเนื้อปุ๋ยต่อน้ำ $1 : 0.3$ ($W_{0.3}$) $1 : 0.4$ ($W_{0.4}$) $1 : 0.5$ ($W_{0.5}$) และ $1 : 0.6$ ($W_{0.6}$) แสดงให้เห็นว่า เมื่อมีการใช้อัตราเนื้อปุ๋ยต่อน้ำในอัตราต่างๆ ต่อมันสำปะหลัง จะทำให้น้ำหนักสดของหัวเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งการตอบสนองในรูปน้ำหนักสดของหัวจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณอัตราปุ๋ยที่ใส่ลงไปแปลง จากอัตรา $1:0.6, 1:0.5, 1:0.4$ และ $1:0.3$ ตามลำดับ ผลการทดลองที่ได้ทั้งทางด้านผลเฉพาะปัจจัยทั้งแปลงทดลองตามอัตราปุ๋ยทั้ง 4 อัตรา และการใช้เนื้อปุ๋ยต่อน้ำทั้ง 4 อัตรา ปรากฏให้เห็นว่า แปลงทดลองที่ทำให้มันสำปะหลังมีการตอบสนองในรูปน้ำหนักสดของหัวเฉลี่ยสูงสุดคือ แปลงที่ให้ปุ๋ยเม็ดที่มีอัตราส่วนระหว่างเนื้อปุ๋ยกับอัตราส่วนของแบคทีเรีย เท่ากับ $100 : 1.5$ ($F_{1.5}$) ซึ่งมีอัตราการใส่ปุ๋ยตามอัตราเนื้อปุ๋ย 1 ต่อน้ำ 0.6 ($W_{0.6}$) ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการศึกษาของสุดเขตต์ นาคเสถียรและคณะในปี 2554 และสุรชาติ สีนวรรณและปิยะ ดวงพัตราในปี 2555 ที่พบว่ามันสำปะหลังจะมีการตอบสนองต่อน้ำหนักหัวสดสูงเมื่อมีการใช้สูตรปุ๋ยที่เหมาะสม

การวิเคราะห์ปริมาณแบ่งในหัวสดในทุกๆ อัตราเนื้อปุ๋ยต่อน้ำ รวมถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างแปลงทดลองตามอัตราปุ๋ยทั้ง 4 อัตรา ไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณแบ่งในหัวสด ค่าเฉลี่ยของปริมาณแบ่งในหัวสดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงให้เห็นได้ว่าปริมาณแบ่งในหัวสดอาจจะมีอิทธิพลอื่นๆ นอกเหนือจากแปลงทดลองตามอัตราปุ๋ยทั้ง 4 อัตราและเนื้อปุ๋ย ซึ่งทำให้ปริมาณแบ่งในหัวสดไม่มีความแตกต่างกัน โดยเฉพาะปัจจัยที่เกิดจากสภาพแวดล้อมต่างๆ ซึ่งอาจมีผลต่อการสร้างและสะสมแบ่งในหัวมันสำปะหลังมากกว่า โดยมาริสา ยूरสิทธิ์ ได้ศึกษาความแปรปรวนของปริมาณแบ่ง ในปี พ.ศ. 2550 พบว่า พันธุ์กรรมของมันสำปะหลังมีผลโดยตรงต่อปริมาณแบ่งในหัวมันสำปะหลัง

การศึกษาในด้านองค์ประกอบของผลผลิตซึ่งประกอบด้วย ดัชนีเก็บเกี่ยว จำนวนหัวสดเฉลี่ยต่อต้น และน้ำหนักสดเฉลี่ยต่อหัว พบว่าทั้ง 16 ตำรับการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกัน ซึ่งค่าเฉลี่ยของดัชนีเก็บเกี่ยวมีค่าระหว่าง $0.71 - 0.79$ และมีค่าเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 0.75 ส่วนจำนวนหัวสดต่อต้นมีค่าเฉลี่ยระหว่าง $13.92-17.76$ หัวต่อต้น และมีค่าเฉลี่ยทั้งหมด 15.67 หัวต่อต้น ในขณะที่ผลในส่วน of น้ำหนักสดเฉลี่ยต่อหัว มีทิศทางสอดคล้องกับผลน้ำหนักหัวสด โดยมีค่าเฉลี่ยในแปลงที่มีการให้เนื้อปุ๋ยต่อแบคทีเรียอยู่ในระดับสูงเฉลี่ยระหว่าง $328 - 436$ กรัมต่อหัว ขณะที่แปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ยและแปลงที่ให้อัตราเนื้อปุ๋ย 1 ต่อน้ำ 0.3 มีค่าเฉลี่ยต่อหัวต่ำสุด เมื่อเทียบกับทุกแปลงทดลอง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 241 กรัมต่อหัวเท่านั้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอัตราปุ๋ยชีวภาพและการให้เนื้อปุ๋ยต่อ

แบบที่เรีย้อัตราต่างๆ มีอิทธิพลต่อองค์ประกอบผลผลิตอย่างชัดเจน ซึ่งเป็นเหตุผลหนึ่งที่สนับสนุนว่าเหตุใดในแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยและเนื้อปุ๋ยต่อแบบที่เรีย่มาก จึงมีการตอบสนองต่อน้ำหนักหัวสดเฉลี่ยสูง (สุรชาติ สินวรรณและปิยะ ดวงพัตรา, 2555)

ประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของการดัดใช้ธาตุอาหารมันสำปะหลัง

ผลของปริมาณการดัดใช้ธาตุอาหารหลักของมันสำปะหลังที่ระยะ 7 เดือนหลังปลูก ซึ่งมีแปลงทดลองทั้ง 4 แปลง คือ แปลงที่ปลูกโดยไม่มีการใส่ปุ๋ย (F_0) แปลงที่ให้ปุ๋ยเม็ดที่มีอัตราส่วนระหว่างเนื้อปุ๋ยกับอัตราส่วนของแบบที่เรีย เท่ากับ 100 : 0.5 ($F_{0.5}$) แปลงที่ให้ปุ๋ยเม็ดที่มีอัตราส่วนระหว่างเนื้อปุ๋ยกับอัตราส่วนของแบบที่เรีย เท่ากับ 100 : 1.0 ($F_{1.0}$) และแปลงที่ให้ปุ๋ยเม็ดที่มีอัตราส่วนระหว่างเนื้อปุ๋ยกับอัตราส่วนของแบบที่เรีย เท่ากับ 100 : 1.5 ($F_{1.5}$) ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีทั้ง 4 อัตรา (อัตราการใส่ปุ๋ย ตามอัตราเนื้อปุ๋ย 1 ต่อ น้ำ 0.3 ($W_{0.3}$) อัตราการใส่ปุ๋ย ตามอัตราเนื้อปุ๋ย 1 ต่อ น้ำ 0.4 ($W_{0.4}$) อัตราการใส่ปุ๋ย ตามอัตราเนื้อปุ๋ย 1 ต่อ น้ำ 0.5 ($W_{0.5}$) และ อัตราการใส่ปุ๋ย ตามอัตราเนื้อปุ๋ย 1 ต่อ น้ำ 0.6 ($W_{0.6}$) ดังตารางที่ 4 ซึ่งผลแสดงให้เห็นว่า มันสำปะหลังมีการตอบสนองต่อปริมาณธาตุอาหารหลักคือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ของแต่ละแปลงทดลองและอัตราการใส่ปุ๋ยในปริมาณที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะในมันสำปะหลังที่ปลูกในแปลงทดลอง ตามอัตราเนื้อปุ๋ย 1 ต่อ น้ำ 0.3 ($W_{0.3}$) มีการตอบสนองต่อปริมาณธาตุอาหารหลัก (N P K) เฉลี่ยต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับแปลงทดลองอื่นๆ ในขณะเดียวกันเมื่อมีการเพิ่มอัตราปุ๋ยแก่มันสำปะหลังในแปลงก็จะมีผลการตอบสนองต่อการดัดใช้ธาตุอาหารหลักทั้ง 3 ชนิด (N P K) สูงขึ้นตามอัตราปุ๋ยเคมี คือ 100:0 100:0.5 100:1.0 และ 100:1.5 เรียงตามลำดับ ซึ่งการอัตราส่วนของปุ๋ยเท่ากันจะไม่มีผลต่อการดัดใช้ปุ๋ยของพืชแต่อย่างใด (Incroci, et, al., 2006, Selim, et, al., 2009) ขณะที่การให้อัตราแบบที่เรียที่แตกต่างกันกลับมีผลต่อความเข้มข้นพาราควทในดินอย่างชัดเจนมากกว่า

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. การประยุกต์ใช้ปุ๋ยชีวภาพจากแบบที่เรีย ตามอัตราส่วนต่างๆ นี้สามารถลดปัญหาการตกค้างของพาราควทในดินได้ดีพอสมควร อีกทั้งเป็นการใช้วิธีธรรมชาติบำบัดธรรมชาติ จึงเหมาะสมสำหรับพื้นที่การเกษตรที่มีการใช้สารพาราควทในการกำจัดวัชพืชเช่น พื้นที่การปลูกพืชไร่ เป็นต้น
2. การใช้ปุ๋ยชีวภาพจากแบบที่เรียดังกล่าว มีประสิทธิภาพในพื้นที่จำกัดเท่านั้น จึงไม่ส่งผลต่อบริเวณพื้นที่อื่นๆ ที่อยู่บริเวณใกล้เคียง
3. ผลของการบำบัดพาราควทในดินจะมีประสิทธิภาพดีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ เช่น ความเค็ม ความกรดต่างของดิน เป็นต้น

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดสารกำจัดวัชพืชอื่นๆ ทั้งแบบสารที่กำจัดพืชใบกว้างและพืชใบแคบ
2. ศึกษาความสามารถในการบำบัดของแบคทีเรียในสภาพดินต่างๆ ทั้งแบบดินเค็ม ดินเป็นกรด เป็นด่าง เป็นต้น
3. ศึกษาสายพันธุ์ของแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดสารกำจัดวัชพืชอื่นๆ เพิ่มเติม