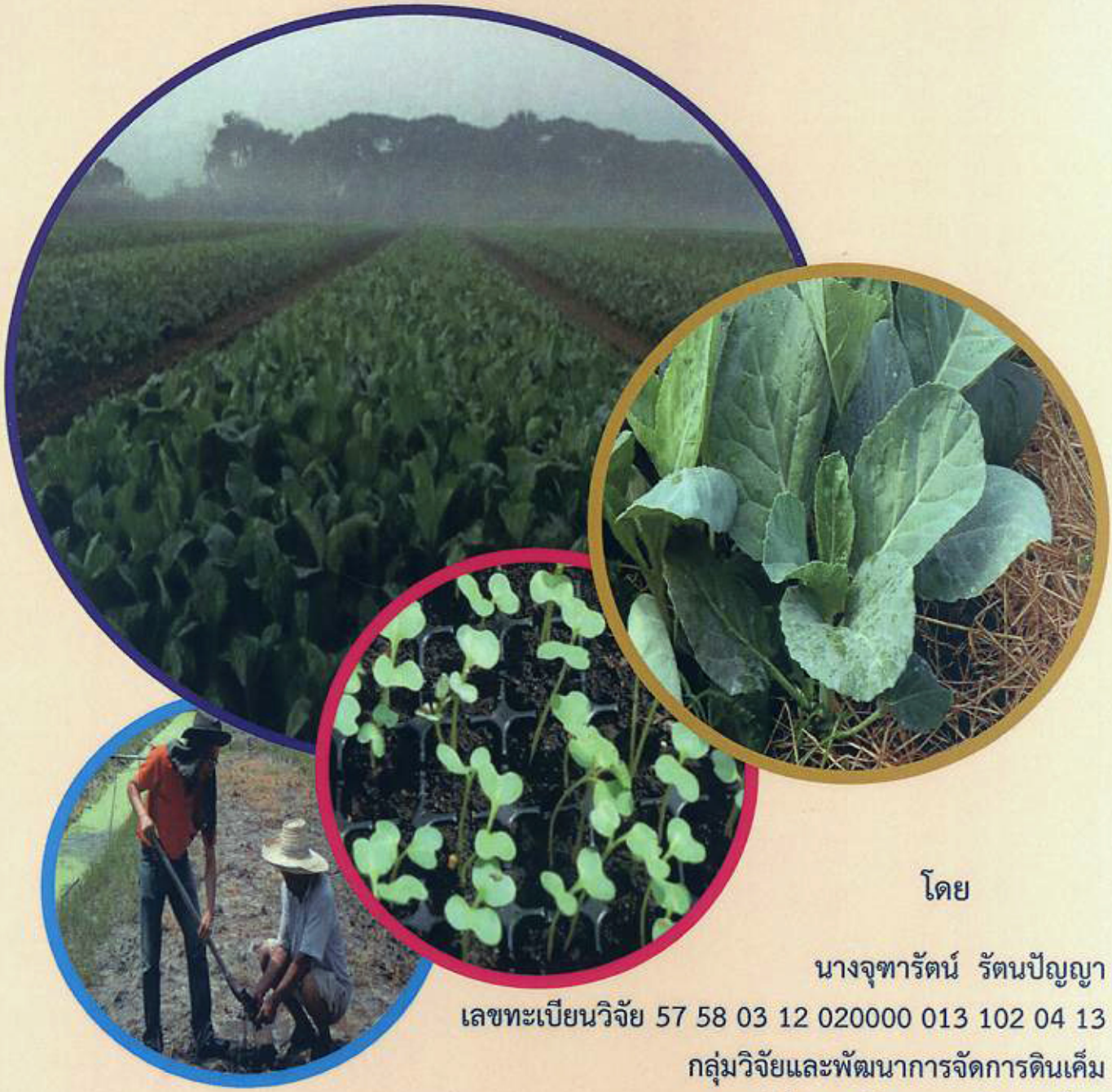
ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

รายงานผลการวิจัย

ผลของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ ต่อการปลูกคะน้าในชุดดินบางกอก

Effects of High Quality Organic Fertilizers and Chemical Fertilizers on Chinese Kale Production in Bangkok Soil series



โดย

นางจุฑารัตน์ รัตนปัญญา

เลขทะเบียนวิจัย 57 58 03 12 020000 013 102 04 13

กลุ่มวิจัยและพัฒนาการจัดการดินเค็ม

กองวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน

กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

กรกฎาคม 2561

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

รายงานผลการวิจัย

เรื่อง

ผลของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ ต่อการปลูกคะน้าในชุดดินบางกอก

Effects of High Quality Organic Fertilizers and Chemical Fertilizers on Chinese Kale Production in Bangkok Soil series

โดย

นางจุฑารัตน์ รัตนปัญญา

เลขทะเบียนวิจัย 57 58 03 12 020000 013 102 04 13

กลุ่มวิจัยและพัฒนาการจัดการดินเค็ม

กองวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน

กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

กรกฎาคม 2561

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญตารางผนวก	(3)
บทคัดย่อ	
Abstract	
หลักการและเหตุผล	3
วัตถุประสงค์	4
การตรวจเอกสาร	4
ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ	18
อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ	19
ผลการทดลองและวิจารณ์	23
สรุป	45
ข้อเสนอแนะ	47
ประโยชน์ที่ได้รับ	47
เอกสารอ้างอิง	48
ภาคผนวก	53

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลองปี 2557	23
2	ผลของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ ต่อสมบัติทางเคมีบางประการในดินหลังการทดลองปี 2557	27
3	ผลของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ ต่อความสูงคะน้า การทดลองปี 2557	28
4	ผลของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ ต่อความกว้างของใบคะน้า การทดลองปี 2557	29
5	ผลของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ ต่อความยาวของใบคะน้า การทดลองปี 2557	30
6	ผลของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ ต่อจำนวนใบคะน้า การทดลองปี 2557	31
7	ผลของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ ต่อน้ำหนักสดต่อต้น และผลผลิตของคะน้า การทดลอง ปี 2557	33
8	ต้นทุนและผลตอบแทนของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ การทดลองปี 2557	35
9	สมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลองปี 2558	36
10	ผลของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ ต่อสมบัติทางเคมีบางประการในดินหลังการทดลองปี 2558	38
11	ผลของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ ต่อความสูงคะน้า การทดลองปี 2558	39
12	ผลของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ ต่อความกว้างใบคะน้า การทดลองปี 2558	40
13	ผลของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ ต่อความยาวของใบคะน้า การทดลองปี 2558	41
14	ผลของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ ต่อจำนวนใบคะน้า การทดลองปี 2558	42
15	ผลของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ ต่อน้ำหนักสดต่อต้น และผลผลิตคะน้า การทดลองปี 2558	43
16	ต้นทุนและผลตอบแทนของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ การทดลองปี 2558	44

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางผนวกที่		หน้า
1	เนื้อที่ของกลุ่มชุดดินและพื้นที่เบ็ดเตล็ดในจังหวัดนนทบุรี	54
2	ปริมาณธาตุอาหารที่วิเคราะห์ได้จากปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง (ไนโตรเจน)	54
3	เปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารในใบพืชโดยทั่วไปและพืชตระกูล Brassica	55
4	ระดับความรุนแรงของความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (Soil reaction), pH (ดิน: น้ำ = 1: 1)	56
5	ค่าการนำไฟฟ้าในดิน (EC) ของสารละลายดินที่ได้จากการวัด อัตรา 1:5 ในดินเหนียว ณ อุณหภูมิอ้างอิง 25 องศาเซลเซียส	56
6	ค่ามาตรฐานที่ใช้เปรียบเทียบสมบัติทางเคมีของดิน	57
7	ชนิดของวัตถุดิบที่ใช้เป็นแหล่งปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน หรือฟอสฟอรัสสูง	57
8	ตารางเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารที่ได้จากการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิด	58
9	ปริมาณน้ำฝน และจำนวนวันที่ฝนตก ปี 2557 และ 2558	58
10	ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ จากการทดลองปี 2557	59
11	ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ จากการทดลองปี 2558	60
12	การวิเคราะห์ความแปรปรวนความเป็นกรดเป็นด่างในดิน การทดลองปี 2557	61
13	การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าการนำไฟฟ้า การทดลอง ปี 2557	61
14	การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณอินทรียวัตถุในดิน การทดลองปี 2557	61
15	การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน การทดลองปี 2557	62
16	การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน การทดลอง ปี 2557	62
17	การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงคะน้าอายุ 7 วัน การทดลองปี 2557	62
18	การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงคะน้าอายุ 14 วัน การทดลองปี 2557	63

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางผนวกที่		หน้า
19	การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงของคะน้าอายุ 21 วัน การทดลองปี 2557	63
20	การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงของคะน้าอายุ 28 วัน การทดลองปี 2557	63
21	การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงของคะน้าอายุ 35 วัน การทดลองปี 2557	64
22	การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงของคะน้าอายุ 42 วัน การทดลองปี 2557	64
23	การวิเคราะห์ความแปรปรวนความกว้างใบคะน้าอายุ 7 วัน การทดลองปี 2557	64
24	การวิเคราะห์ความแปรปรวนความกว้างใบคะน้าอายุ 14 วัน การทดลองปี 2557	65
25	การวิเคราะห์ความแปรปรวนความกว้างใบคะน้าอายุ 21 วัน การทดลองปี 2557	65
26	การวิเคราะห์ความแปรปรวนความกว้างใบคะน้าอายุ 28 วัน การทดลองปี 2557	65
27	การวิเคราะห์ความแปรปรวนความกว้างใบคะน้าอายุ 35 วัน การทดลองปี 2557	66
28	การวิเคราะห์ความแปรปรวนความกว้างใบคะน้าอายุ 42 วัน การทดลองปี 2557	66
29	การวิเคราะห์ความแปรปรวนความยาวใบคะน้าอายุ 7 วัน การทดลองปี 2557	66
30	การวิเคราะห์ความแปรปรวนความยาวใบคะน้าอายุ 14 วัน การทดลองปี 2557	67
31	การวิเคราะห์ความแปรปรวนความยาวใบคะน้าอายุ 21 วัน การทดลองปี 2557	67
32	การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณความยาวใบคะน้าอายุ 28 วัน การทดลองปี 2557	67
33	การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณความยาวใบคะน้าอายุ 35 วัน การทดลองปี 2557	68

ตารางผนวกที่		หน้า
34	การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณความยาวใบคะน้าอายุ 42 วัน การทดลองปี 2557	68
35	การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนใบคะน้าอายุ 7 วัน การทดลองปี 2557	68
36	การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนใบคะน้าอายุ 14 วัน การทดลองปี 2557	69
37	การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนใบคะน้าอายุ 21 วัน การทดลองปี 2557	69
38	การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนใบคะน้าอายุ 28 วัน การทดลองปี 2557	69
39	การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนใบคะน้าอายุ 35 วัน การทดลองปี 2557	70
40	การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนใบคะน้าอายุ 42 วัน การทดลองปี 2557	70
41	การวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักสดต่อต้น การทดลองปี 2557	70
42	การวิเคราะห์ความแปรปรวนผลผลิต การทดลองปี 2557	71
43	การวิเคราะห์ความแปรปรวนความเป็นกรดเป็นด่างในดิน การทดลองปี 2558	71
44	การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าการนำไฟฟ้าของดิน การทดลองปี 2558	71
45	การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณอินทรียวัตถุในดิน การทดลองปี 2558	72
46	การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน การทดลองปี 2558	72
47	การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน การทดลองปี 2558	72
48	การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงคะน้าอายุ 7 วัน การทดลองปี 2558	73

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางผนวกที่		หน้า
49	การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงคะน้าอายุ 14 วัน การทดลองปี 2558	73
50	การวิเคราะห์ความแปรปรวน ความสูงคะน้าอายุ 21 วัน การทดลองปี 2558	73
51	การวิเคราะห์ความแปรปรวน ความสูงคะน้าอายุ 28 วัน การทดลองปี 2558	74
52	การวิเคราะห์ความแปรปรวน ความสูงคะน้าอายุ 35 วัน การทดลองปี 2558	74
53	การวิเคราะห์ความแปรปรวน ความสูงคะน้าอายุ 42 วัน การทดลองปี 2558	74
54	การวิเคราะห์ความแปรปรวน ความกว้างใบคะน้าอายุ 7 วัน การทดลองปี 2558	75
56	การวิเคราะห์ความแปรปรวน ความกว้างใบคะน้าอายุ 14 วัน การทดลองปี 2558	75
57	การวิเคราะห์ความแปรปรวน ความกว้างใบคะน้าอายุ 21 วัน การทดลองปี 2558	76
58	การวิเคราะห์ความแปรปรวน ความกว้างใบคะน้าอายุ 35 วัน การทดลองปี 2558	76
59	การวิเคราะห์ความแปรปรวนความกว้างใบคะน้าอายุ 42 วัน การทดลองปี 2558	76
60	การวิเคราะห์ความแปรปรวนความยาวใบคะน้าอายุ 7 วัน การทดลองปี 2558	77
61	การวิเคราะห์ความแปรปรวนความยาวใบคะน้าอายุ 14 วัน การทดลองปี 2558	77
62	การวิเคราะห์ความแปรปรวนความยาวใบคะน้าอายุ 21 วัน การทดลองปี 2558	77
63	การวิเคราะห์ความแปรปรวนความยาวใบคะน้าอายุ 28 วัน การทดลองปี 2558	78
64	การวิเคราะห์ความแปรปรวนความยาวใบคะน้าอายุ 35 วัน การทดลองปี 2558	78

ตารางผนวกที่ **หน้า**

65 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความยาวใบคะน้าอายุ 42 วัน การทดลองปี 2558 78
66 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนใบเฉลี่ยคะน้าอายุ 7 วัน การทดลองปี 2558 79
67 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนใบเฉลี่ยคะน้าอายุ 14 วัน การทดลองปี 2558 79
68 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนใบเฉลี่ยคะน้าอายุ 21 วัน การทดลองปี 2558 79
69 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนใบเฉลี่ยคะน้าอายุ 28 วัน การทดลองปี 2558 80
70 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนใบเฉลี่ยคะน้าอายุ 35 วัน การทดลองปี 2558 80
71 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนใบเฉลี่ยคะน้าอายุ 42 วัน การทดลองปี 2558 80
72 การวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักสดต่อต้น การทดลองปี 2558 81
73 การวิเคราะห์ความแปรปรวนผลผลิต การทดลองปี 2558 81

ชื่อโครงการวิจัย ผลของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง และปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ ต่อการปลูกคะน้าในชุดดินบางกอก

Effect of High Quality Organic Fertilizers and Chemical Fertilizers on Chinese Kale Production in Bangkok Soil Series

ทะเบียนวิจัยเลขที่ 57 58 03 12 020000 013 108 01 13

กลุ่มชุดดินที่ 3 ชุดดินบางกอก (Bk)

ผู้ดำเนินการ นางจุฑารัตน์ รัตนปัญญา Mrs. Jutharat Rattanapunya

ผู้ร่วมดำเนินการ นางสาวกัญจน์รัชต์ ลชิตาวงศ์ Ms. Kanjarat Lachitavong

นายสุเมธ หงส์สาชุม Mr. Sumet Hongsachum

บทคัดย่อ

งานวิจัยในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษา ผลของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง และปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ ต่อการปลูกคะน้าในชุดดินบางกอก ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินและการเจริญเติบโต ผลผลิต และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของคะน้าที่ปลูกในชุดดินบางกอก โดยทำการทดลองที่บ้านสามบาท ตำบล หนองเพรางาย อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี ระหว่างเดือน มิถุนายน พ.ศ. 2557 ถึง เดือน มีนาคม พ.ศ. 2559 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ประกอบด้วย 5 วิธีการทดลอง จำนวน 4 ซ้ำ คือ 1. ไม่ใส่ปุ๋ย 2. ใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำกรมวิชาการเกษตร สูตร 15-15-15 อัตรา 34 กิโลกรัมต่อไร่ 3. ใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง สูตรไนโตรเจน อัตรา 100 กิโลกรัม ต่อไร่ 4. ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน สูตร 46-0-0 อัตรา 44 กิโลกรัมต่อไร่ 5. ใส่ปุ๋ยเคมี ตามวิธีของเกษตรกร สูตร 25-7-7 อัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่

ผลการทดลองปีที่ 1 ดินหลังการทดลอง ทุกวิธีการ มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน เพิ่มขึ้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.58 ยกเว้นการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินมีค่าลดลง และทำให้ดินมีความเป็นกรดมากขึ้น ปริมาณอินทรียวัตถุลดลง ยกเว้นการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง มีปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 2.28 เปอร์เซ็นต์ เป็น 2.47 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัส และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน มีค่าเฉลี่ยลดลงเล็กน้อยเท่ากับ 75 และ 252 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ การเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตของคะน้า พบว่าการใส่ปุ๋ยตามวิธีของเกษตรกร ให้ผลผลิตสูงสุด 2,633 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงสุดเท่ากับ 33,244 บาทต่อไร่ รองลงมาคือการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้ผลผลิตเท่ากับ 2,380 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง ให้ผลผลิตเท่ากับ 1,273 กิโลกรัมต่อไร่ และให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจเท่ากับ 31,039 และ 10,804 บาทต่อไร่ ตามลำดับ

ผลการทดลองปีที่ 2 ดินหลังการทดลอง พบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินลดลงทุกวิธีการ ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีค่าเฉลี่ยลดลง ส่วนปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มสูงขึ้น การเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตของคะน้า พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร ให้ผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 2,410 กิโลกรัมต่อไร่ และมีผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงสุดเท่ากับ 29,230 บาทต่อไร่ รองลงมาคือการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้ผลผลิต 2,157 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง ให้ผลผลิตเท่ากับ 2,004 กิโลกรัมต่อไร่ และให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจเท่ากับ 27,025 และ 23,962 บาทต่อไร่

จากผลการทดลองทั้ง 2 ปี เมื่อเปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร ให้ผลตอบแทนเหนือต้นทุนสูงกว่าวิธีการทดลองอื่นๆ แต่มีค่าอัตราส่วนต่อรายได้ต่อต้นทุน (B/C Ratio) น้อยกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน แสดงว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน มีความคุ้มทุนมากกว่าทุกวิธีการ

Abstract

This study aimed to investigate the effect of using high quality organic fertilizers and different rates of chemical fertilizer on chemical properties of soil, growth and yield, as well as economic return, of Chinese kale. The experiment was conducted under field conditions at Ban Sambath, Nong Prao Ngai sub-district, Sai Noi district, Nonthaburi province during June 2014 to March 2016. The field experimental design was Randomized Complete Block Design (RCBD) with 5 treatments and 4 replicates. The treatments consisted of 1) no application of fertilizer, 2) chemical fertilizer (15-15-15) at the rate of 34 kg/rai, 3) high quality of N organic fertilizer at a rate of 100 kg/rai, 4) chemical fertilizer (urea; 46-0-0) at the rate of 44 kg/rai (laboratory test) and 5) chemical fertilizer (25-7-7) at the rate of 160 kg/rai (conventional practice).

For the first year, the results showed that pH values of soil treated with urea fertilizer was significantly reduced, while other treatments showed a slight increase in soil pH. Comparing between prior and after study, organic matter in treatment received high-quality organic fertilizer was significantly increased from 2.28% to 2.47%, while it was largely reduced in the rest of treatments. Available P and K were slightly reduced. Yield of Chinese kale received conventional management of fertilizer rate of 160 kg/rai was 2,633 kg/rai, with the economic return of 33,244 baht/rai, followed by plant received urea fertilizer rate of 44 kg/rai, produced 2,380 kg/rai, with the economic return of 31,039 baht/rai. While the yield of plant received high quality of N organic fertilizer was lowest, with account for 1,273 kg/rai, with the economic return of 10,804 baht/rai.

For the second year, soil pH, organic matter and available P were significant reduced in all treatments, while available K in soil was significantly increased, comparing between prior and after study. Yield of Chinese kale showed similar trend to the previous year. Plants received conventional management of fertilizer yielded 2,410 kg/rai, with the economic return of 29,230 baht/rai while yield of plants received urea treatment was 2,157 kg/rai, with the economic return of 27,025 baht/rai, and plants received high quality of N organic fertilizer yielded 2,004 kg/rai, with the economic return of 23,962 baht/rai.

From the results, although the use of conventional management of fertilizer produced greater yield and economic return, compared to the rest of treatments, Benefit and Cost Ratio (B/C ratio) was lower than the use of urea. This indicates that the use of urea provided better cost effectiveness than the rest of treatments.

หลักการและเหตุผล

จังหวัดนนทบุรี มีอาณาเขตติดต่อกับกรุงเทพมหานคร มีการคมนาคมสะดวก จึงทำให้มีประชากรมาอาศัยอยู่เป็นจำนวนมาก ความต้องการอาหารจึงมากขึ้นตามลำดับ โดยเฉพาะพืชผัก ทำให้เกษตรกรส่วนใหญ่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินในการปลูกผักโดยเฉพาะในชุดดินบางกอก เนื่องจากการปลูกผักให้ผลตอบแทนที่รวดเร็ว คุ้มค่า และใช้พื้นที่ปลูกน้อย ผักที่เกษตรกรนิยมปลูกคือ คะน้า ซึ่งเป็นผักที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และเป็นผักที่ต้องการของผู้บริโภคในปริมาณมาก จึงเป็นผักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ประเทศไทยมีการบริโภคผักคะน้าเฉลี่ยในประชากรอายุ 3 ปีขึ้นไปเท่ากับ 9.31 กรัมต่อคนต่อวัน ซึ่งสูงเป็นอันดับ 6 ของการบริโภคผักทุกชนิด ผักคะน้าเป็นพืชล้มลุกที่มีอายุสั้น ให้ผลตอบแทนที่รวดเร็ว แต่มีการใช้ปุ๋ยเคมีในรูปแบบต่างๆ เพื่อเร่งรีบให้ได้รับผลผลิตได้ทันตามความต้องการของตลาด และมีการใช้ปุ๋ยในอัตราที่สูงมาก ทำให้เกิดปัญหาดินเสื่อม ธาตุอาหารในดินเสียสมดุล ส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตคะน้าสูงตามไปด้วย คะน้าเป็นพืชผักที่ต้องการธาตุไนโตรเจนเป็นปริมาณมาก ปุ๋ยที่เกษตรกรนิยมใช้ คือปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยเคมีที่เกิดการสูญเสียได้ง่ายได้แก่ ยูเรีย (46-0-0) แอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0) และไนเตรท (15-0-0) โดยปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ลงดิน พืชสามารถนำไปใช้ได้เพียงร้อยละ 50–60 เท่านั้น ที่เหลือจะถูกยึดไว้ในดินหรือเปลี่ยนเป็นรูปที่พืชใช้ประโยชน์ไม่ได้ หรือสูญหายไปในอากาศ

ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงมีสมบัติเด่น คือ มีธาตุอาหารสูงกว่าปุ๋ยอินทรีย์ทั่วไป เมื่อใส่ปุ๋ยอินทรีย์ลงดิน ดินจะได้รับธาตุอาหารอย่างครบถ้วน ทั้งธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและจุลธาตุ โดยจะปลดปล่อยธาตุอาหารในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชอย่างช้าๆ อีกทั้งยังช่วยปรับปรุงสมบัติดินทางด้านกายภาพ เช่น ทำให้ดินมีความร่วนซุย การระบายน้ำและอากาศดี เพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน ทางด้านเคมี เช่น เพิ่มความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารให้กับดิน และทางด้านชีวภาพ เช่น เพิ่มอินทรียวัตถุและความหลากหลายของจุลินทรีย์ดิน

จากความสำคัญและปัญหาที่เกิดขึ้นจากการใช้ปุ๋ยเคมีเพื่อการผลิตคะน้าในชุดดินบางกอก จึงต้องการ ศึกษาผลของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ ต่อการปลูกคะน้าในชุดดินบางกอก เพื่อเป็นแนวทางให้เกษตรกรในการเลือกชนิดและอัตราการใช้ปุ๋ยให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่และลดต้นทุนการผลิตคะน้า ส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้นและช่วยรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรได้อย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดิน

2. เพื่อศึกษาผลของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ ต่อการเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตของคะน้า

3. เพื่อศึกษาผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

การตรวจเอกสาร

1. จังหวัดนนทบุรี

1.1 ลักษณะภูมิประเทศและสภาพพื้นที่ พื้นที่โดยทั่วไปเป็นพื้นที่ ค่อนข้างราบเรียบ ถึงราบเรียบ มีความสูงจากระดับน้ำทะเล 1 – 2 เมตร ทิศตะวันตกและทิศตะวันตกเฉียงเหนือเป็นพื้นที่ราบเรียบ เขตอำเภอบางใหญ่และอำเภอไทรน้อย ครอบคลุมครึ่งหนึ่งของพื้นที่จังหวัด และค่อยๆ ลาดเทมาทางทิศตะวันออก มีแม่น้ำเจ้าพระยาและแม่น้ำสาขาไหลผ่าน สภาพพื้นที่สามารถแบ่งออกได้ 2 ลักษณะ คือ

1.1.1 พื้นที่ราบเรียบถึงค่อนข้างราบเรียบ ส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่มริมน้ำ เช่น ที่ราบลุ่มริมแม่น้ำเจ้าพระยา ในอำเภอปากเกร็ด อำเภอเมืองนนทบุรี

1.1.2 พื้นที่ค่อนข้างราบเรียบ ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือเป็นแนวยาวไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของจังหวัด ได้แก่ อำเภอบางใหญ่ อำเภอบางบัวทองและอำเภอไทรน้อยพื้นที่จะสูงกว่าบริเวณที่ราบลุ่มแม่น้ำเล็กน้อย (กรมพัฒนาที่ดิน, 2551ก)

1.2 การใช้ประโยชน์ที่ดิน จังหวัดนนทบุรีมีเนื้อที่ทั้งหมด 388,939 ไร่ มีเนื้อที่ใช้ประโยชน์ทางการเกษตร 219,915 ไร่ พืชเศรษฐกิจที่ปลูกมากเป็นอันดับ 1 คือ ข้าว มีเนื้อที่ปลูก 150,363 ไร่ รองลงมา คือ สวนผัก ไม้ดอก/ไม้ประดับ มีเนื้อที่ปลูก 26,384 ไร่ เนื้อที่ใช้ประโยชน์ทางการเกษตรอื่นๆ 22,449 ไร่ และ สวนไม้ผล มีเนื้อที่ปลูก 20,719 ไร่ ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561)

1.3 ลักษณะและสมบัติของดิน กลุ่มชุดดินที่พบในจังหวัดนนทบุรี ประกอบด้วยกลุ่มชุดดินที่ 2 มีพื้นที่ 165,500.12 ไร่ กลุ่มชุดดินที่ 3 ซึ่งใช้ในการทดลอง มีพื้นที่ 12,005.43 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 3.09 ของพื้นที่ทั้งหมด กลุ่มชุดดินที่ 8 มีพื้นที่ 64,995.59 ไร่ และกลุ่มชุดดินที่ 11 มีพื้นที่ 23,581.05 ไร่ (กรมพัฒนาที่ดิน , 2551ก)

1.3.1 กลุ่มชุดดินที่ 3 กรมพัฒนาที่ดิน (2548ก) ระบุว่าวัตถุต้นกำเนิดดินเป็นพวกตะกอนผสมระหว่างตะกอนลำน้ำและตะกอนลำน้ำทะเลพัดพาในสภาพน้ำกร่อย พบชั้นดินเลนของตะกอนน้ำทะเลภายในความลึก 100 เซนติเมตรจากผิวดินในบริเวณที่ราบลุ่มหรือที่ราบเรียบบริเวณชายฝั่งทะเลหรือห่างจากทะเลไม่มากนัก มีน้ำแช่ขังในช่วงฤดูฝนเป็นกลุ่มดินลึกที่มีการระบายน้ำเลว

มีเนื้อดินเป็นพวกดินเหนียว หน้าดินอาจแตกระแหงเป็นร่องในฤดูแล้งและมีรอยถูไถลในดิน ดินบนมีสีดำ ดินล่างมีสีเทาหรือน้ำตาลอ่อน มีจุดประสีเหลืองและสีน้ำตาล บางบริเวณอาจพบจุดประสีแดงปะปน หรือพบผลึกยิปซัม ดินชั้นล่างจะพบชั้นตะกอนทะเลสีเขียวมะกอกที่ความลึกประมาณ 1-1.5 เมตร โดยปกติดินกลุ่มนี้จะมีความอุดมสมบูรณ์ในระดับปานกลางถึงสูง ปฏิกิริยาดินเป็นกลางถึงด่างปานกลาง ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ประมาณ 7.0-8.0 ได้แก่ ชุดดินบางกอก (Bangkok series : Bk) ชุดดินบางแพ (Bang Phae series: Bph) ชุดดินฉะเชิงเทรา (Chachoengsao series: Cc) ชุดดินสมุทรปราการ (Samut Prakan series: Sm)

1.3.2 ชุดดินบางกอก (Bangkok series: Bk) จัดอยู่ใน very fine, smectite, isohypertermic Ustic Endoaquerts เกิดจากที่ราบน้ำทะเลเคยท่วมถึง เป็นดินที่เกิดจากตะกอนของน้ำทะเลและน้ำกร่อยที่มีอายุน้อยที่ถูกพัดมาทับถมทุกปี พบตามบริเวณพื้นที่ราบ ที่ราบลุ่มห่างจากชายฝั่ง มีความลาดชันประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ มีการระบายน้ำเลว น้ำซึมผ่านได้ช้า การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินช้า เนื้อดินเป็นดินเหนียวตลอด หน้าดินเป็นสีดำมักพบจุดประสีน้ำตาล ดินบนลึกไม่เกิน 30 เซนติเมตร มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว หรือดินเหนียวปนทรายแป้ง สีพื้นเป็นสีเทาเข้มถึงเข้มมากของน้ำตาลปนเทา มีจุดประสีน้ำตาลแก่ มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ประมาณ 6.0-7.0 ดินล่างเป็นดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายแป้ง สีพื้นเป็นสีเทาถึงสีเทาปนเขียวมะกอก มีจุดประสีน้ำตาลปนเหลือง หรือสีอ่อนของน้ำตาลปนเขียวมะกอก มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) ประมาณ 7.0-7.5 ดินชั้นนี้จะพบสารพวกแมงกานีสและเหล็กจับตัวกันเป็นก้อนสีดำ ชุดดินนี้เหมาะสมสำหรับปลูกข้าวในฤดูฝน หากอยู่ในเขตชลประทานหรือใกล้แหล่งน้ำธรรมชาติ สามารถปลูกพืชไร่และพืชผักบางชนิดได้ แต่ไม่เหมาะสมที่จะปลูกไม้ผลและไม้ยืนต้น เนื่องจากน้ำท่วมในฤดูฝนและหากมีการเปลี่ยนสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินจากการทำนามาเป็นพื้นที่ปลูกพืชไร่ ไม้ผล หรือพืชผัก เพื่อให้พื้นที่เหมาะสมกับพืชดังกล่าว จึงควรมีการขุดยกร่องและมีระบบป้องกันน้ำท่วม (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548ข)

2. ธาตุอาหารพืช

ธาตุอาหารพืช หมายถึง ธาตุที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของพืช ถ้าหากขาดอย่างรุนแรงพืชจะตายก่อนครบวงจรของชีวิต ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงต่อกระบวนการ เมทาบอลิซึมของพืช หากขาดแคลนระดับหนึ่งพืชจะแสดงอาการผิดปกติ ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยให้ธาตุนั้นในรูปปุ๋ย (ยงยุทธ, 2552)

2.1 ธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช (plant essential elements) หลักในการพิจารณาธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช มี 2 ประการ ได้แก่

ประการแรก ธาตุหนึ่งเป็นธาตุที่จำเป็นต่อพืช เมื่อพืชไม่อาจดำรงชีพจนครบชีพจักรหากปราศจากธาตุนั้นโดยสิ้นเชิง

ประการที่สอง ธาตุหนึ่งเป็นธาตุที่จำเป็นต่อพืชเมื่อพิสูจน์ได้ว่าธาตุนั้นเป็นองค์ประกอบสำคัญของสารที่จำเป็นต่อการดำรงชีพของพืช และธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืชชั้นสูง

ปัจจุบันธาตุอาหารพืช ที่ยอมรับอย่างกว้างขวางมี 17 ธาตุ ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มหลักดังนี้ (กรมพัฒนาที่ดิน และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555)

2.1.1 ธาตุอาหารมหัพภาคหรือมหธาตุ (macro nutrient หรือ major elements) หมายถึง ธาตุอาหารที่พืชต้องการปริมาณมาก ธาตุอาหารพืชกลุ่มนี้มีทั้งหมด 9 ธาตุ ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) กำมะถัน (S) คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) และออกซิเจน (O) ทั้งนี้ธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน พืชจะได้รับจากน้ำและอากาศ แล้วนำไปใช้ในการสร้างอาหารด้วยกระบวนการสังเคราะห์แสง แบ่งเป็น 2 กลุ่มย่อย ดังนี้

1) ธาตุอาหารหลัก (primary element) หรือธาตุปุ๋ย (fertilizer elements) ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม พืชจะต้องการธาตุเหล่านี้ในปริมาณมาก แต่มักได้รับจากดินไม่เพียงพอ จึงต้องมีการใช้ปุ๋ยที่ประกอบด้วยธาตุทั้ง 3 ชนิดนี้เป็นหลักอยู่เสมอ

2) ธาตุอาหารรอง (secondary nutrient elements) ได้แก่แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน ซึ่งพืชจะต้องการในปริมาณที่น้อยกว่าธาตุอาหารหลัก

2.1.2 ธาตุอาหารจุลภาค หรือจุลธาตุ หรือ ธาตุอาหารเสริม (micronutrients หรือ trace elements หรือ minor elements) หมายถึง ธาตุอาหารที่พืชต้องการน้อย ธาตุอาหารพืชกลุ่มนี้มีทั้งหมด 8 ธาตุ ได้แก่ เหล็ก (Fe) ทองแดง (Cu) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) โมลิบดินัม (Mo) โบรอน (B) คลอรีน (Cl) และ นิกเกิล (Ni)

2.2 รูปของธาตุอาหารในดิน ประกอบด้วย ธาตุอาหารมหัพภาคและจุลภาคที่พืชได้รับจากดินมี 14 ธาตุ (กรมพัฒนาที่ดิน และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555) ดังนี้คือ ธาตุอาหารมหัพภาคจำนวน 6 ธาตุได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน และธาตุอาหารจุลภาคหรือจุลธาตุ จำนวน 8 ธาตุ ได้แก่ เหล็ก ทองแดง แมงกานีส สังกะสี โมลิบดินัม โบรอน คลอรีน และ นิเกิล ธาตุอาหารพืชที่เป็นประโยชน์และพืชดูดนำไปใช้ได้ง่ายมี 3 อย่าง คือ 1) ไอออนของธาตุอาหารซึ่งอยู่ในสารละลายดิน 2) ไอออนของธาตุอาหารที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable ion) ซึ่งถูกดูดซับอยู่กับผิวของแร่ดินเหนียวและฮิวมัสในดิน และ 3) สารประกอบของดินที่สามารถละลายน้ำได้ง่าย และแตกตัวปลดปล่อยไอออน (ยงยุทธ และคณะ, 2556)

2.3 การสูญเสียธาตุอาหารจากดิน ธาตุอาหารพืชสูญเสียไปจากดินได้เนื่องจากสาเหตุ 2 ประการได้แก่ จากการที่พืชดูดไปใช้ในการเจริญเติบโต และติดไปกับผลผลิตที่เก็บเกี่ยวออกไปจากแปลง และจากการสูญเสียไปจากดินโดยการชะล้าง (Leaching) การกร่อน การระเหย หรือถูกเปลี่ยนรูปเป็นก๊าซ (ธาตุไนโตรเจน) การดูดตรึง (ธาตุโพแทสเซียมในแร่ดินเหนียว)

ธาตุไนโตรเจน จัดเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณมาก พืชได้รับจากดินซึ่งมักมีไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช เป็นธาตุที่มีอยู่ในอากาศในรูปของก๊าซไนโตรเจนเป็นจำนวนมาก แต่พืชนำไปใช้ประโยชน์ไม่ได้ รูปของไนโตรเจนที่พืชดูดไปใช้ได้คือ แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) และไนเตรทไอออน (NO_3^-) ซึ่งได้จากการสลายตัวของอินทรียวัตถุโดยจุลินทรีย์ในดิน และจากการใส่ปุ๋ยเคมี เป็นธาตุสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช ที่เมื่อได้รับอย่างเพียงพอ ใบจะมีสีเขียวสด ลำต้นแข็งแรง โตเร็ว ออกดอกและติดผลสมบูรณ์ หากพืชได้รับมากเกินความจำเป็นจะเกิดผลเสีย คือ พืชอวบน้ำมาก ต้นอ่อน ล้มง่าย อ่อนแอต่อโรคและแมลง ทำให้ผลิตผลเสียหาย แต่ส่งผลดีต่อพืชผักรับประทานใบ ทำให้ต้นอ่อน อวบน้ำ และกรอบ มีเส้นใยน้อย และมีน้ำหนักดี แต่เน่าเสียได้ง่าย แมลงชอบเข้าทำลาย การขาดธาตุไนโตรเจนจะทำให้ต้นพืช แคระแกร็น โตช้า ใบเหลือง โดยใบล่างจะแห้ง ร่วงหล่นเร็วผิดปรกติ ออกดอกติดผลช้า ซึ่งการใส่ปุ๋ยเคมีที่มีปริมาณไนโตรเจนสูง มีอัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตสูงกว่าการใช้ปุ๋ยที่มีปริมาณไนโตรเจนต่ำ (ยงยุทธ และคณะ,2556)

นอกจากนี้ ธาตุไนโตรเจนเป็นธาตุที่มีบทบาทสำคัญในการเจริญเติบโตของพืชโดยเฉพาะผักคะน้าซึ่งเป็นผักที่กินใบ และลำต้น เป็นพืชอายุสั้น จึงต้องการธาตุไนโตรเจนสูงกว่าพืชทั่วไปซึ่ง บุญชัย (2554) รายงานว่า คะน้าเป็นผักกินใบและลำต้น จึงต้องการธาตุไนโตรเจนในปริมาณสูง อีกทั้งธาตุไนโตรเจนยังเป็นองค์ประกอบของสารชีวโมเลกุลที่สำคัญในพืชหลายชนิด ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโต และคุณภาพของผลผลิต คะน้าเป็นพืชผักที่ให้ผลตอบแทนเร็ว และเป็นผักที่นิยมบริโภคกันแพร่หลาย ตลาดมีความต้องการในปริมาณมาก ดังนั้นคะน้าจึงเป็นผักที่เกษตรกรเลือกปลูกมาก จึงทำให้เกษตรกรที่ผลิตผักคะน้ามีการใช้ปุ๋ยเคมีในอัตราที่สูงและใช้ในปริมาณมาก โดยเฉพาะปุ๋ยที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบในรูปของ ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ หรือปุ๋ยชีวภาพ เนื่องจากคะน้าที่ได้รับปริมาณไนโตรเจนสูง ส่งผลให้ใบพืชอวบน้ำ มีปริมาณเส้นใยน้อยและมีน้ำหนักสูง จากรายงานของวรรณิศาและพรไพรินทร์ (2557) ได้ศึกษาปริมาณผลผลิตรวม ค่าประสิทธิภาพการผลิตพืชและปริมาณเส้นใย พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีที่มีธาตุไนโตรเจนสูงมีอัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตสูงกว่าการใช้ปุ๋ยที่มีธาตุไนโตรเจนต่ำ

3. ปุ๋ย (Fertilizer)

ปุ๋ย หมายถึงสารอินทรีย์ อินทรีย์สังเคราะห์ อนินทรีย์หรือจุลินทรีย์ ซึ่งเกิดขึ้นตามธรรมชาติหรือทำขึ้นก็ตาม สำหรับใช้เป็นธาตุอาหารพืชได้ไม่ว่าวิธีใด หรือทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี กายภาพหรือชีวภาพในดินเพื่อบำรุงการเจริญเติบโตแก่พืช (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558ก) สามารถจำแนกปุ๋ยตามชนิดของสารประกอบได้ 3 ประเภทตามพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ดังนี้

3.1 ปุ๋ยเคมี (Chemical fertilizers) หมายถึง ปุ๋ยที่เป็นสารอนินทรีย์หรือสารอินทรีย์สังเคราะห์ รามถึงปุ๋ยเชิงเดี่ยว ปุ๋ยเชิงผสม ปุ๋ยเชิงประกอบ และปุ๋ยอินทรีย์เคมี แต่ไม่รวมปูนขาว ดินมาร์ล ปูนปลาสเตอร์ ยิปซัม และโดโลไมท์ หรือสารอื่นที่มีการประกาศในราชกิจจานุเบกษา ซึ่งยงยุทธ และคณะ (2556) ได้แบ่งประเภทของปุ๋ยเคมีออกตามส่วนประกอบของธาตุอาหารหลักได้ 3 ประเภท คือ

3.1.1 ปุ๋ยเชิงเดี่ยว (Single fertilizer) หมายถึง ปุ๋ยเคมีที่มีธาตุอาหารหลักธาตุเดียว เช่น ปุ๋ยไนโตรเจน, ปุ๋ยฟอสเฟต, ปุ๋ยโพแทสเซียม

1) ปุ๋ยไนโตรเจน ได้แก่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0) ปุ๋ยแอมโมเนียมคลอไรด์ (25-0-0) และปุ๋ยยูเรีย (46-0-0)

2) ปุ๋ยฟอสเฟต ได้แก่ ปุ๋ยหินฟอสเฟต (0-3-0) ปุ๋ยซุปเปอร์ฟอสเฟต (0-20-0) และ ปุ๋ยดับเบิ้ลซุปเปอร์ฟอสเฟต (0-40-0)

3) ปุ๋ยโพแทสเซียม ได้แก่ ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) และปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต (0-0-50)

3.1.2 ปุ๋ยเชิงประกอบ (Compound fertilizer) หมายถึง ปุ๋ยที่ผลิตขึ้นโดยกรรมวิธีทางเคมี และมีธาตุอาหารหลักอย่างน้อย 2 ธาตุขึ้นไป เช่น ปุ๋ยแอมโมเนียมฟอสเฟต (10-50-0) และปุ๋ยโพแทสเซียมไนเตรท (13-0-45)

3.1.3 ปุ๋ยเชิงผสม (Mixed) หรือ (Blended fertilizer) หมายถึง ปุ๋ยเคมีที่ได้จากการผสมปุ๋ยเคมีประเภทต่างๆ เข้าด้วยกันเพื่อให้ได้ธาตุอาหารหลักตามต้องการ ได้แก่การนำปุ๋ยเชิงเดี่ยวและปุ๋ยเชิงประกอบมาเป็นวัตถุดิบหรือเป็นแม่ปุ๋ยในการผลิตปุ๋ยเชิงผสม เช่น ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15, 16-16-8 และ 18-12-6

ปุ๋ยไนโตรเจน สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ ปุ๋ยไนโตรเจนประเภทอินทรีย์ และปุ๋ยไนโตรเจนประเภทอนินทรีย์หรือปุ๋ยเคมี

(1) ปุ๋ยไนโตรเจนประเภทอินทรีย์ หมายถึง ปุ๋ยที่ได้จากสิ่งที่มีชีวิตเกิดการเน่าเปื่อยผุพัง ได้แก่ ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก ปุ๋ยเทศบาล เป็นต้น มีปริมาณธาตุไนโตรเจนต่ำ ต้องใช้ในปริมาณมาก แต่มีประโยชน์ในการปรับปรุงดินให้โปร่ง ร่วนซุย

(2) ปุ๋ยไนโตรเจนประเภท อนินทรีย์หรือปุ๋ยเคมี ได้จากการสังเคราะห์ทางเคมี ปัจจุบันนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายได้ดังนี้

- ปุ๋ยแอมโมเนีย (NH_3) หรือ anhydrous ammonia หรือ liquid ammonia (แอมโมเนียมเหลว) มีไนโตรเจนทั้งหมด 82 เปอร์เซ็นต์ เป็นปุ๋ยที่มีปริมาณไนโตรเจนสูงที่สุด

- ปุ๋ยยูเรีย $CO(NH_2)_2$ เป็นเม็ดกลมสีขาว มีไนโตรเจนสูงรองจากปุ๋ยแอมโมเนีย คือมีไนโตรเจนทั้งหมด 46 เปอร์เซ็นต์ มีสมบัติดูดความชื้นได้ง่าย

- ปุ๋ยแอมโมเนียม (NH_4NO_3) มีไนโตรเจนทั้งหมด 35 เปอร์เซ็นต์

- ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต $(NH_4)_2SO_4$ มีไนโตรเจนทั้งหมด 21 เปอร์เซ็นต์

- ปุ๋ยแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) มีไนโตรเจนทั้งหมด 24-26 เปอร์เซ็นต์

- ปุ๋ยโซเดียมไนเตรท ($NaNO_3$) มีไนโตรเจนทั้งหมด 16 เปอร์เซ็นต์

- ปุ๋ยแคลเซียมไซยาไนด์ ($CaCN_2$) มีไนโตรเจนทั้งหมด 21-22 เปอร์เซ็นต์ เป็นอันตรายต่อคนและสัตว์ เวลาใช้ต้องใช้อย่างระมัดระวัง อาจใช้เป็นยาฆ่าหญ้า และฉีดพ่นให้ใบฝ้ายร่วงก่อนการเก็บเกี่ยวได้ด้วย

- ปุ๋ยแคลเซียมไนเตรท $Ca(NO_3)_2$ มีไนโตรเจนทั้งหมด 15.5 เปอร์เซ็นต์

- ปุ๋ยแอมโมเนียมไนเตรทซัลเฟต ($NH_4NO_3 . (NH_4)_2SO_4$ มีไนโตรเจนทั้งหมด 30 เปอร์เซ็นต์

- ปุ๋ยไนโตรเจนอื่น ๆ เช่น ปุ๋ยแอมโมเนียมฟอสเฟต ปุ๋ยแอมโมเนียมฟอสเฟต-ซัลเฟต ปุ๋ยยูเรีย-ซัลเฟอร์ ปุ๋ยยูเรีย-ฟอสเฟต เป็นต้น

3.2 ปุ๋ยอินทรีย์ (Organic fertilizers) หมายถึง ปุ๋ยที่มีส่วนประกอบเป็นสารอินทรีย์ซึ่งได้มาจากสิ่งมีชีวิต เช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด ซากพืชหรือสัตว์ที่ไถกลบลงดิน รวมถึงอินทรียวัตถุที่เป็นของเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมเกษตร เช่น กากตะกอนอ้อย (Filter cake) และทะลายปาล์ม เป็นต้น ปุ๋ยอินทรีย์มีข้อดีคือ ช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและปรับปรุงสมบัติดิน ทั้งทางด้านกายภาพ ชีวภาพ และเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ได้จากวัสดุอินทรีย์ที่มีการย่อยสลายสมบูรณ์แล้วเปลี่ยนเป็นสารอินทรีย์ที่คงตัว เรียกว่า ฮิวมัส ซึ่งจะปลดปล่อยอนินทรีย์สาร เช่น ธาตุไนโตรเจน (N) ในรูปของไนเตรท (NO_3^-) ธาตุฟอสฟอรัส (P) ในรูปของฟอสเฟต (PO_4^-) เป็นต้น ที่พืชสามารถดูดไปใช้ได้โดยตรง มีธาตุอาหารพืชแต่ละชนิดเป็นองค์ประกอบค่อนข้างต่ำ และถูกปลดปล่อยออกมาอย่างช้าๆ โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ จึงจำเป็นต้องใช้ในปริมาณมากเพื่อให้เพียงพอกับความต้องการของพืชต้นทุนการผลิตสูงและการควบคุมอัตราส่วนของธาตุอาหารทำได้ยากดังนั้นการใช้ปุ๋ยให้มีประสิทธิภาพจึงควรมีข้อมูลประกอบการพิจารณาได้แก่ ข้อมูลดิน ข้อมูลพืชที่ปลูก เพื่อใช้ปุ๋ยให้ถูกต้อง ให้เกิดความสมดุลของธาตุอาหารในการสร้างผลผลิตพืช ปุ๋ยอินทรีย์สามารถจำแนกตามแหล่งที่มา และการใช้ประโยชน์ได้ 3 ชนิด (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

3.2.1 ชนิดของปุ๋ยอินทรีย์

1) ปุ๋ยคอก (Farmyard manure) หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากสิ่งขับถ่ายของสัตว์ ซึ่งได้แก่ มูลไก่ มูลสุกร มูลโค มูลกระบือ มูลแพะ มูลแกะ มูลกระต่าย เป็นต้น ปุ๋ยอินทรีย์เป็นแหล่งของอินทรียวัตถุ มีธาตุอาหารหลักและรอง ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ช่วยในการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินให้ดีขึ้น หากนำไปใช้ในการเพาะปลูกทางการเกษตร (ปราโมทย์, 2554) คุณสมบัติของมูลสัตว์เหล่านี้จะประกอบไปด้วยธาตุอาหารมากหรือน้อยขึ้น อยู่กับชนิดของอาหารที่สัตว์กินเข้าไป มูลสัตว์ที่รวบรวมมาได้ถ้ามีความชื้นสูง จะมีการย่อยสลายของอินทรียวัตถุทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดลดน้อยลง ดังนั้น ก่อนนำมาใช้ควรนำมาทำให้แห้งสนิทแล้วกองรวบรวมกันไว้ตามเวลาที่ต้องการ

2) ปุ๋ยหมัก (Compost manure) หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากการนำวัสดุอินทรีย์ชนิดต่างๆ มาผ่านกระบวนการหมักจนย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์ แต่การย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์ของปุ๋ยหมักขึ้นอยู่กับระยะเวลา ชนิดของวัสดุที่ใช้ และกรรมวิธีในการหมักตลอดจนความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งการผลิตปุ๋ยหมักสามารถทำได้โดยการนำวัสดุและมูลสัตว์ผสมกันอัตรา 1:1 ให้ความชื้นเริ่มต้นประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ ทำกองสูงประมาณ 1 เมตร คลุมกองด้วยพลาสติก ทำการกลับกองทุกๆ 7 วัน ระหว่างหมักในช่วง 7-20 วัน อุณหภูมิภายในกองต้องสูงถึง 60-70 องศาเซลเซียส เพื่อฆ่าจุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อโรคของคนและสัตว์ เมล็ดวัชพืชต่างๆ กระบวนการหมักจะสิ้นสุดลงภายใน 4-5 สัปดาห์ คือ มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ประมาณ 20:1 และอุณหภูมิจะลดลงเหลือประมาณ 35-45 องศาเซลเซียส (นันทกร และคณะ, 2553) วัสดุที่นำมาทำปุ๋ยอินทรีย์ที่มีการย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์แล้วจะมีลักษณะเปื่อยยุ่ย สีน้ำตาล-ดำ มีกลิ่นคล้ายดิน (อภิรักษ์, 2549)

3) ปุ๋ยพืชสด (Green manure) หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากการไถกลบพืชสดๆ ที่โตได้ขนาดที่เหมาะสมลงในดิน มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มอินทรียวัตถุหรือฮิวมัสให้แก่ดิน ในขณะเดียวกันเป็นการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารให้แก่ดิน ธาตุอาหารในพืชปุ๋ยสดจะถูกย่อยสลายและปลดปล่อยให้พืชหลังจากผ่านการย่อยสลายในดิน ระยะเวลาที่เหมาะสมในการไถกลบพืชเป็นปุ๋ยพืชสด คือระยะเวลาออกดอกเต็มที่ ส่วนใหญ่แล้วนิยมใช้พืชตระกูลถั่วเพราะพืชประเภทนี้สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศมาใช้ประโยชน์ได้ พืชที่นิยมปลูกเป็นปุ๋ยพืชสดในประเทศไทย ได้แก่ ปอเทือง ถั่วลาย ถั่วเขียวเมล็ดเล็ก โสนชนิดต่างๆ ถั่วกระด้าง หรือพืชอื่นๆ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นพืชโตเร็วที่มีลักษณะง่ายต่อการไถกลบ

4) ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง (High quality organic fertilizers) หมายถึง ปุ๋ยที่ได้จากการนำวัสดุอินทรีย์หรือ อินทรียวัตถุธรรมชาติทางการเกษตรที่มีธาตุอาหารสูง ผ่านการหมักจนสลายตัวสมบูรณ์ หรือ นำปุ๋ยหมักที่สลายตัวสมบูรณ์แล้วผสมกับวัสดุอินทรีย์ หรือ อินทรีย์ธรรมชาติทางการเกษตรที่มีธาตุอาหารสูงได้แก่ กระดูกป่น มูลค้างคาว หรือ หินฟอสเฟต เป็นต้น นอกจากนี้ยัง

ประกอบด้วยธาตุรอง โดยเฉพาะธาตุแคลเซียม (Ca) ทำให้ต้นพืชแข็งแรง ต้านทานต่อการเข้าทำลายของโรคพืช และมีจุลินทรีย์ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเปลี่ยนธาตุอาหารให้อยู่ในรูปที่พืชใช้ประโยชน์ได้ ประกอบด้วย จุลินทรีย์เพิ่มประสิทธิภาพการย่อยสลายเซลลูโลสของพืช จุลินทรีย์ช่วยย่อยสลายโปรตีน ไขมัน และฟอสเฟต ลดการสูญเสียไนโตรเจนและลดกลิ่นแอมโมเนีย และจุลินทรีย์ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจากวัตถุดิบที่ใช้ทำปุ๋ยหมัก เช่น หินฟอสเฟต และกระดูกป่น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2551ข)

ประโยชน์ของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงมีธาตุอาหารสูง เป็นแหล่งธาตุอาหารรองและจุลธาตุแก่พืช มีจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อดินและพืชมีการปลดปล่อยธาตุอาหารให้แก่พืชอย่างช้าๆ ทำให้ลดการสูญเสียธาตุอาหารจึงเป็นทางเลือกให้กับเกษตรกรในการลดหรือทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีและเกษตรกรสามารถผลิตใช้เองได้ จึงทำให้ลดต้นทุนในการผลิต การผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง สูตรกรมพัฒนาที่ดินมีปริมาณธาตุอาหารหลักแต่ละชนิด ได้แก่สูตรไนโตรเจนสูง และสูตรฟอสฟอรัสสูง จะทำให้มีการใส่ปุ๋ยได้ตรงตามความต้องการของพืช ซึ่งจะทำให้เกษตรกรประหยัดการใช้ปุ๋ย ลดต้นทุน และเพิ่มผลผลิตพืช

กรมพัฒนาที่ดินได้สรุปชนิดและอัตราส่วนของวัตถุดิบที่เหมาะสมเพื่อนำมาผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง ดังนี้ กากถั่วเหลือง รำข้าว มูลสัตว์ หินฟอสเฟต กระดูกป่น และมูลค้างคาว โดยใช้อัตราส่วนของวัตถุดิบในแต่ละชนิดสามารถกำหนดสูตรปุ๋ยได้ 5 สูตร โดยมีปริมาณไนโตรเจน 3 - 4 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 5 - 9 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียม 1-2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเกษตรกรหรือผู้ผลิตสามารถเลือกผลิตได้ตามปริมาณและชนิดของวัตถุดิบที่มีในพื้นที่ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558ข)

3.2.2 ข้อดีของปุ๋ยอินทรีย์ การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ช่วยปรับปรุงสมบัติดิน ดังนี้

1) สมบัติทางกายภาพ อินทรียวัตถุในปุ๋ยอินทรีย์ ช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ และมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคที่พอเหมาะ ซึ่ง Gosling *et al*. (2005) รายงานว่าการเพิ่มอินทรียวัตถุลงในดินในรูป ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยชีวภาพ และปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ ทำให้สมบัติทางด้านกายภาพของดินดีขึ้น เนื่องจากอินทรียวัตถุช่วยยึดจับอนุภาคดินให้จับตัวกันเป็นก้อน (aggregation) ทำให้สมบัติทางกายภาพของดิน เช่น โครงสร้างของดิน (soil structure) ความหนาแน่น (bulk density) ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) การระบายน้ำ และความพรุน (porosity) และการซึมผ่านของน้ำลงไปในดิน (permeability) ของดินดีขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของ ปิโยรส (2547) ศึกษาผลของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีต่อผลผลิตคะน้า (*Brassisa oleracea* L.) พันธุ์อาร์เอส 1 และสมบัติบางประการของดิน พบว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์มีผลทำให้ความหนาแน่นรวมของดินลดลง และความพรุนรวมของดินเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ค่าการนำไฟฟ้าของดิน ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินและการใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 250 และ 1,000 กรัม ต่อตารางเมตร ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

ในดินเพิ่มขึ้น มากกว่าการไม่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี และขึ้นอยู่กับปริมาณและชนิดของปุ๋ยที่ใช้ ความถี่ในการใส่และอัตราการสลายตัวขององค์ประกอบของปุ๋ย ดินร่วนซุยขึ้น รากของพืชผักเจริญเติบโตได้เร็ว แตกแขนงกระจายไปได้มาก มีระบบรากที่สมบูรณ์ทำให้สามารถดูดซับแร่ธาตุอาหารได้รวดเร็ว (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2549)

2) สมบัติทางเคมี อินทรียวัตถุในดินเป็นสารที่มีความสามารถในการดูดซับไอออนบวกได้สูงมาก จึงมีผลทำให้ดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงมีความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินได้ดี (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) นอกจากนี้ อินทรียวัตถุหรือสารอินทรีย์ ยังสามารถเจือจางความเข้มข้นของไอออนในบริเวณรอบๆ จึงช่วยควบคุมปฏิกิริยาทางเคมีในดินไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน ช่วยให้พืชเจริญเติบโตสม่ำเสมอดีขึ้น การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน จะเกิดผลดีทั้งต่อสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของดิน ทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตพืชดีขึ้นธาตุอาหารค่อยๆ ถูกปลดปล่อยให้พืชอย่างช้าๆ จึงลดการสูญเสียธาตุอาหาร และบางส่วนของโมเลกุลที่มีลักษณะซับซ้อน อาจรวมตัวกับไอออนต่างๆ เกิดเป็นฮิวมัส ซึ่งเป็นองค์ประกอบของอินทรียวัตถุในดิน และส่งผลต่อความอุดมสมบูรณ์และระบบนิเวศน์ของดิน (ปราณี และคณะ, 2558)

3) สมบัติทางชีวภาพ จุลินทรีย์ในดินมีหลากหลายชนิด ได้แก่แบคทีเรีย แอคติโนมัยซีส รา ไมคอไรซา เป็นต้น หากมีจุลินทรีย์ดินในปริมาณที่เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้กิจกรรมทางชีวเคมีในดินเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง เกิดการหมุนเวียนธาตุอาหารในรูปต่างๆ ไว้ไม่ให้สูญหายไปในเวลาอันสั้น การใส่ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยอินทรีย์ในดิน เป็นการเพิ่มแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ ทำให้จุลินทรีย์มีปริมาณมากขึ้น และทำให้มีกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในดิน เช่นการย่อยสลายอินทรีย์สาร การแปรสภาพของอนินทรียสารจากรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ ให้เป็นประโยชน์ต่อพืชและพืชสามารถดูดไปใช้ประโยชน์ได้ง่าย การใส่ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยอินทรีย์ยังทำให้ปริมาณแบคทีเรียเพิ่มขึ้น ซึ่งการเพิ่มจำนวนแบคทีเรียมากขึ้น มีผลช่วยยับยั้งการเจริญและความสามารถในการก่อให้เกิดโรคพืชของเชื้อโรค โดยเฉพาะบริเวณรากพืช มีผลให้พืชเกิดโรคน้อยลง นอกจากนี้ พบว่าการใส่ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยอินทรีย์จะช่วยควบคุมปริมาณไส้เดือนฝอยให้ลดน้อยลง ขณะเดียวกันการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูง จะมีผลให้ปริมาณไส้เดือนฝอยในดินเพิ่มขึ้น ดังนั้นการใส่ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีจะช่วยทำให้ปริมาณของไส้เดือนฝอยลดน้อยลง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2551ข)

3.3 ปุ๋ยชีวภาพ หมายถึง ปุ๋ยซึ่งประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่คัดเลือกแล้วว่าเป็นสายพันธุ์ดี (Active strains) และมีจำนวนประชากรที่มากพอ เมื่อนำไปคลุกเมล็ด ท่อนพันธุ์ หรือใส่ลงดิน จุลินทรีย์ดังกล่าวจะเพิ่มประชากร และสร้างกลุ่มหรือโคโลนี (colony) ในดินรอบผิวราก

(rhizosphere) ที่ผิวรากและหรือในราก แล้วส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ช่วยให้รากพืชได้รับธาตุอาหารมากขึ้น ซึ่งยงยุทธ (2552) แบ่งปุ๋ยชีวภาพเป็น 2 ประเภท

3.3.1 ปุ๋ยชีวภาพชนิดเพิ่มธาตุอาหารในดิน ประกอบด้วยจุลินทรีย์ ที่ตรึงก๊าซไนโตรเจน (nitrogen fixing microorganisms) เป็นหลัก และจุลินทรีย์ใช้เอนไซม์ไนโตรจีเนส (Nitrogenase) เร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนก๊าซไนโตรเจนจากอากาศเป็นแอมโมเนีย (NH_3) ซึ่งเป็นรูปที่จุลินทรีย์และพืชใช้ประโยชน์ แบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มดำรงชีวิตแบบพึ่งพาอาศัยกับอีกสิ่งมีชีวิตหนึ่ง (symbiosis) และกลุ่มดำรงชีวิตแบบอิสระ

3.3.2 ปุ๋ยชีวภาพชนิดส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช มี 2 ประเภท

1) ไรโซแบคทีเรีย ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช จุลินทรีย์ประเภทนี้มีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของพืชหลากหลาย และแตกต่างกันไป

2) ปุ๋ยชีวภาพ ส่งเสริมประสิทธิภาพการหาอาหารของรากพืช เช่น เชื้อราไมคอร์ไรซา (Micorrhiza fungi) และจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต (phosphate soluble microorganism)

4. คะน้า (Chinese Kale)

คะน้า มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica oleracea* var. alboglabra เป็นพืชในตระกูล Cruciferae เป็นผักที่ปลูกเพื่อบริโภคใบและลำต้น สูงประมาณ 35-50 เซนติเมตร มีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชีย ปลูกมากในประเทศจีน ฮ่องกง ไต้หวัน มาเลเซีย และประเทศไทย คะน้าเป็นผักที่สำคัญทางเศรษฐกิจเป็นผักอายุ 2 ปี นิยมปลูกเป็นผักฤดูเดียว มีอายุตั้งแต่หว่านจนถึงอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 45-55 วัน สามารถปลูกได้ตลอดปี เวลาที่ปลูกได้ผลดีที่สุดคือช่วงเดือน ตุลาคม-เมษายน (เมืองทองและสุรีย์รัตน์, 2532)

4.1 พันธุ์คะน้า พันธุ์คะน้าที่นิยมปลูกในประเทศไทย ได้แก่ พันธุ์ใบกลม และพันธุ์ใบแหลม

คะน้าพันธุ์บางบัวทอง 35 เป็นพันธุ์ที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้ จัดเป็นคะน้าพันธุ์ใบกลม ซึ่งมีลักษณะสำคัญดังนี้

ลำต้น ขนาดใหญ่ ข้อถี่ปานกลาง ก้านใบชูขึ้นไม่หักง่าย สะดวกในการขนส่ง ปลูกได้ตลอดปี ลำต้นมีลักษณะตั้งตรง สูง 20-30 เซนติเมตร และมีลักษณะแข็งแรง อวบใหญ่ มีสีเขียวนวล นิยมนำมาบริโภคมาก รองลงมาจากการบริโภคยอดอ่อน

ใบ มีใบหนา ลักษณะใบของคะน้ามีหลายลักษณะตามสายพันธุ์ที่ปลูก เช่นคะน้าใบกลม คะน้าใบแหลม บางพันธุ์มีลักษณะก้านใบยาวหรือสั้น การแตกของใบจะแตกออกจาก ลำต้นเรียงสลับกัน 4-6 ใบต่อต้น ผิวใบมีลักษณะเป็นคลื่น ผิวเป็นมัน สีเขียวอ่อนถึงเขียวแก่ ถือเป็นส่วนของต้นที่นิยมนำมาบริโภครองลงมาจากส่วนยอด

ยอด และดอก บริเวณที่ถัดจากใบสุดท้ายที่เติบโตแยกออกมาอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งจะเป็นส่วนของยอดที่มีลักษณะเป็นใบอ่อนขนาดเล็ก 2-3 ใบ มีลักษณะคล้ายบัวตูมขนาดเล็ก สีเขียวอ่อน รอที่จะเติบโตเป็นใบแก่ ถือเป็นส่วนที่นิยมนำมาบริโภคมากที่สุด

ราก รากของคะน้า ประกอบด้วยรากแก้วขนาดใหญ่ต่อจากลำต้นมีสีขาวออกน้ำตาลเล็กน้อย หยั่งลึกประมาณ 10-30 เซนติเมตร ตามสภาพลักษณะหน้าดินและรากฝอยสีน้ำตาลอ่อนซึ่งพบไม่มาก

4.2 การปลูก และดูแลรักษา

4.2.1 การเตรียมดิน ด้วยคะน้าเป็นผักที่มีระบบรากตื้น การเตรียมดินปลูกควรขุดดินให้ลึกประมาณ 15-20 เซนติเมตร ตากดินทิ้งไว้ 7-10 วัน แล้วนำปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมัก คลุกเคล้าให้เข้ากับดิน พรวนดินและย่อยหน้าดินให้ร่วนซุยและมีขนาดเล็ก ถ้าดินเป็นกรดควรใส่ปูนขาวเพื่อปรับปรุงดินให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมกับการปลูกผัก การปลูกคะน้าสามารถปฏิบัติได้ 2 ลักษณะ คือ

1) ปลูกลงแปลง โดยไถดินลึกประมาณ 15-20 เซนติเมตร พรวนและย่อยดินให้ละเอียด ผสมปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักคลุกเคล้าให้เข้ากัน หยอดเมล็ดลงบนแปลงระยะห่างระหว่างหลุม 25 เซนติเมตร ระหว่างแถว 50 เซนติเมตร จำนวน 3-5 เมล็ด กลบดินหนา 0.5 เซนติเมตร ถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อหลุมที่อายุ 15-20 วัน

2) ปลูกด้วยการย้ายกล้า โดยเพาะกล้าในถาดหลุมและย้ายกล้าเมื่อ มีอายุ 25 วัน ถ้าปลูกฤดูฝนควรยกแปลงให้สูง 30-50 เซนติเมตร เพื่อการระบายน้ำ และฤดูร้อน ควรให้น้ำอย่างสม่ำเสมอหากคะน้าขาดน้ำจะทำให้คะน้าแคระแกร็นได้

4.2.2 การให้น้ำ คะน้าต้องการน้ำอย่างเพียงพอและสม่ำเสมอ สามารถให้น้ำ โดยใช้บัวรดน้ำหรือเครื่องฉีดฝอย 2 ครั้งในช่วงเช้าและเย็น และมีการพรวนดินกำจัดวัชพืชอย่างสม่ำเสมอ

4.2.3 การใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 หลังย้ายกล้าปลูก 7-10 วัน ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 หลังจากใส่ครั้งแรก 10-15 วัน และการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 3 หลังการใส่ครั้งที่ 2 จำนวน 10 วันในช่วงการเจริญเติบโตของคะน้า

4.2.4 การเก็บเกี่ยวคะน้า จะเก็บเกี่ยวที่อายุ 45-55 วันหลังย้ายปลูก จะได้ต้นคะน้าอ่อน หรือที่เรียกว่า ยอดคะน้า จากการถอนแยก ที่อายุประมาณ 30 วัน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551)

4.3 ความต้องการธาตุอาหารของคะน้า

พืชผักจัดเป็นพืชฤดูเดียว อายุสั้นสามารถปลูกติดต่อกันได้ตลอดทั้งปี หรือปลูกหมุนเวียนกับพืชชนิดอื่น มีสภาพการใช้ปุ๋ยในแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน เนื่องจากพืชผักมีความต้องการธาตุอาหารในปริมาณสูง เช่น การปลูกผักตระกูลคะน้า 1 ฤดู ต้องการธาตุอาหารประกอบด้วย ไนโตรเจน 9-16 กิโลกรัมต่อไร่ ฟอสฟอรัส 1.5-2 กิโลกรัมต่อไร่ และโพแทสเซียม 15-25 กิโลกรัมต่อไร่ การปลูกผักชนิดเดียวติดต่อกันเวลานาน ไม่มีการปลูกพืชอื่นหมุนเวียน จึงทำให้มีการใช้ปุ๋ยในอัตราสูงอย่างต่อเนื่องและติดต่อกันเป็นเวลานานหลายปี เกิดการสะสมธาตุอาหาร ในดินมากขึ้น พบว่า การปลูกผักติดต่อนานกว่า 5 ปี อาจเกิดภาวะดินมีการสะสมธาตุฟอสฟอรัสมากเกินไป ทำให้มีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสสะสมในดินเพิ่มขึ้นถึง 539 ส่วนในล้าน ทำให้เกิดผลกระทบต่อธาตุอาหารเสริมบางธาตุ เช่น ดินขาดธาตุเหล็ก ที่มีผลทำให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุทองแดง และธาตุสังกะสีในดินลดลง และอาจทำให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุแมงกานีส (Mn) เพิ่มขึ้น และมีผลต่อปริมาณของธาตุโบรอน (B) และโมลิบดินัม (Mo) ในพืชอีกด้วย (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

คะน้าเป็นผักที่กินใบและลำต้น จึงต้องการธาตุอาหารสูงกว่าพืชโดยทั่วไปโดยเฉพาะธาตุไนโตรเจน การใส่ปุ๋ยคะน้าจึงควรใส่ปุ๋ยที่มีไนโตรเจนสูง คำแนะนำการใส่ปุ๋ยเคมีของคะน้าคือ ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ ในกรณีที่ต้องการแนะนำให้ใช้ปุ๋ยอินทรีย์แทนปุ๋ยเคมี ถ้าปุ๋ยอินทรีย์มีปริมาณธาตุไนโตรเจน เท่ากับ 1 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นเพื่อให้ได้ธาตุไนโตรเจนที่เพียงพอกับความต้องการของผักคะน้า จึงต้องใส่ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 4,000 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อใส่ปุ๋ยคอกควรคลุกเคล้าดินให้ทั่วแปลงในช่วงการเตรียมดิน เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์มีการย่อยสลายเกิดขึ้นอย่างช้าๆ จึงไม่สามารถปลดปล่อยธาตุอาหารได้ทันเวลากับที่ผักคะน้าต้องการ จึงต้องใส่ปุ๋ยอินทรีย์มากกว่าอัตรา 4,000 กิโลกรัมต่อไร่ ธาตุไนโตรเจนเป็นธาตุที่ผักต้องการมาก หลังการถอนแยกหรือการย้ายปลูกแล้วจึงควรใส่ปุ๋ยที่มีไนโตรเจนสูง โดยมีสัดส่วน N:P:K คิดเป็น 2:1:1 เช่น สูตร 12-8-8 หรือ 20-11-11 ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดินและปริมาณปุ๋ยคอก แบ่งใส่ 2 ครั้งๆ ละเท่าๆ กัน โดยใส่หลังจากถอนแยกครั้งแรก และหลังการถอนแยกครั้งที่ 2 (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551)

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอิทธิพลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีต่อผลผลิตของคะน้าและพืชอื่น

วัชรินทร์ (2544) ได้ทำการศึกษาผลของปุ๋ยชีวภาพต่อการสร้างผลผลิตของคะน้า โดยเปรียบเทียบผลของปุ๋ยชีวภาพ 3 สูตร ได้แก่ ปุ๋ยชีวภาพชนิดน้ำ ปุ๋ยชีวภาพชนิดน้ำสำหรับปรับสภาพดิน และปุ๋ยชีวภาพชนิดสำหรับป้องกันและกำจัดโรคพืช ที่มีผลต่อการสร้างผลผลิตของคะน้า โดยเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ และการไม่ใส่ปุ๋ย พบว่า ผลผลิตของคะน้าที่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดย

การใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย ทำให้ได้ผลผลิตของคะน้ามากที่สุด คะน้าที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพ 3 สูตร และที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพร่วมกันทั้ง 3 สูตรให้ผลผลิตไม่มีความแตกต่างกับคะน้าที่ไม่ใส่ปุ๋ย

ทิพย์วรรณ และคณะ (2556) ศึกษาผลของชนิดปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตของคะน้าการชะละลายไนเตรท และปริมาณไนตริฟายอิงแบคทีเรียในดิน พบว่าชนิดของปุ๋ยไนโตรเจนมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้าฮ่องกงที่แตกต่างกัน โดยการใส่ยูเรียร่วมกับสารยับยั้งขบวนการไนตริฟิเคชั่น ส่งผลให้พืชมีความสูง น้ำหนักสด และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในพืชมากที่สุด ส่วนการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนละลายช้า UBER-7 ส่งผลให้มีการชะละลายไนเตรทน้อยที่สุด

สัญญา และอรประภา (2559) ศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของผักคะน้า ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ได้แก่ชนิดของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง สูตร 1 กรมพัฒนาที่ดินและมูลไก่หมักคุณภาพสูง และอัตราการใช้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง 3 ระดับคือ 1 2.5 และ 5 กรัมไนโตรเจนต่อดิน 5 กิโลกรัม พบว่า ชนิดของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงทำให้ต้นคะน้ามีปริมาณน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่ผลดังกล่าว มีค่าแปรผันตามระดับไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการให้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง 2 ชนิดที่ระดับ 2.5 และ 5 กรัมไนโตรเจน ทำให้ต้นคะน้ามีน้ำหนักสดต่อต้น จำนวนใบและพื้นที่ใบมากกว่าสิ่งทดลองควบคุมที่ให้ปุ๋ยเคมีร่วมกับมูลโค ระดับ 1 กรัม ไนโตรเจนต่อดิน 5 กิโลกรัม

สายชล และคณะ (2555) ได้ศึกษา ผลการใช้ปุ๋ยมูลวัว ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยเคมีต่อการผลิตผักบุ้งจีน พบว่าวิธีการที่ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี มีการเจริญเติบโตต่ำกว่าวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีและการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ โดยที่การใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยมูลวัว 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีการเจริญเติบโตสูงสุด วิธีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินให้ผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 2,564 กิโลกรัมต่อไร่ มีต้นทุนเฉลี่ยเท่ากับ 4.71 บาทต่อกิโลกรัม ขณะที่วิธีการไม่ใส่ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์ (แปลงควบคุม) ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 494 กิโลกรัมต่อไร่ แต่มีต้นทุนเฉลี่ยเท่ากับ 17.78 บาทต่อกิโลกรัม และเมื่อขายผลผลิตราคา 20 บาทต่อกิโลกรัม การไม่ใส่ปุ๋ยเคมี ได้กำไรเฉลี่ยเท่ากับ 1,370 บาทต่อไร่ ขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีได้กำไรเฉลี่ยเท่ากับ 39,269 บาทต่อไร่

ปานชีวัน และคณะ (2557) ศึกษาการใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อปรับปรุงบำรุงดินลูกรังและเพิ่มผลผลิตข้าวโพดหวาน พบว่าดินหลังจากใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ในทุกตำรับทำให้ปริมาณธาตุอาหารหลักที่เป็นประโยชน์และปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม โดยที่การใช้ปุ๋ยอินทรีย์มูลขี้ไก่อัดเม็ดสูตร 2 อัตรา 1,200 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นมากที่สุด การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน และค่าการนำไฟฟ้าของดิน แต่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุหลัก ตลอดจนอินทรียวัตถุและช่วยปรับปรุงสมบัติกายภาพของดิน การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทุกอัตราส่งผลให้ผลผลิตข้าวโพดหวานเพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์

อริสสรา และคณะ (2557) ได้ทำการศึกษาผลการใช้วัสดุอินทรีย์และระบบการไม่ไถพรวนต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติดินบางประการในดินนาเค็มน้อย พบว่า การใช้วัสดุอินทรีย์ร่วมกับระบบการไม่ไถพรวนทำให้ความเค็มของดินลดลง ปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีค่าเพิ่มขึ้น 45-46 เปอร์เซ็นต์ และมีวัสดุอินทรีย์สะสมในดินเพิ่มขึ้น ดังนั้นการใส่วัสดุอินทรีย์ร่วมกับการไม่ไถพรวนทำให้ดินเค็มมีสมบัติดีขึ้นเหมาะสมต่อการปลูกข้าว

อโนชา และ กมลาภา (2553) ได้ศึกษาผลของการปรับปรุงบำรุงดินต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้า แตงกวา และ ถั่วฟักยาว ที่ปลูกบนดินถมที่เกิดจากตะกอนดินชั้นล่าง พบว่า การใส่ปุ๋ยหมัก 4 ตันต่อไร่ ร่วมกับน้ำหมักชีวภาพและปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ ทำให้พืชผักที่ปลูกมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตรวมของพืชผักเฉลี่ย 2 ปี สูงสุด จำนวน 2,935.16 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำให้ผลผลิตรวมของพืชผักเฉลี่ย 2,181.06 กิโลกรัมต่อไร่ ใกล้เคียงกับการใส่ปุ๋ยพืชสดร่วมกับน้ำหมักชีวภาพละปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำ ที่ให้ผลผลิตพืชผักรวมเฉลี่ยต่ำสุด 2,164.87 กิโลกรัมต่อไร่ ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ พบว่า การใส่ปุ๋ยหมัก 4 ตันต่อไร่ ร่วมกับน้ำหมักชีวภาพและปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งตามคำแนะนำให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจเฉลี่ย 2 ปี สูงสุดให้ผลตอบแทนจำนวน 14,278.69 บาทต่อไร่

ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ

ระยะเวลาดำเนินการ เริ่มต้นเดือน มิถุนายน 2557
สิ้นสุดเดือน มีนาคม 2559

สถานที่ดำเนินการ การทดลองปี 1 ศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดินประจำตำบล ตำบลหนองเพรางาย อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

การทดลองปี 2 ย้ายพื้นที่ดำเนินการทดลองห่างจากพื้นที่เดิม ประมาณ 100 เมตร เนื่องจากเจ้าของพื้นที่มีความจำเป็นในการสร้างที่อยู่อาศัยแต่ยังคงอยู่ในบริเวณ ศูนย์ฯ

พิกัด 643270 E 1536597 N

รายละเอียดสภาพพื้นที่ Site characterization ชุดดินบางกอก (Bangkok series: Bk) จัดอยู่ใน very fine, smectite, isohypertermic Ustic Endoaquerts เกิดจากที่ราบน้ำทะเลเคยท่วมถึง เป็นดินที่เกิดจากตะกอนของน้ำทะเลและน้ำกร่อยที่มีอายุน้อยที่ถูกพัดมาทับถมทุกปี พบตามบริเวณพื้นที่ราบ ที่ราบลุ่มห่างจากชายฝั่ง มีความลาดชันประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ มีการระบายน้ำเลว น้ำซึมผ่านได้ช้า การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินช้า เนื้อดินเป็นดินเหนียวตลอด หน้าดินเป็นสีดำมักพบจุดประสีน้ำตาล ดินบนลึกไม่เกิน 30 เซนติเมตร มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว หรือดินเหนียวปนทรายแป้ง สีพื้นเป็นสีเทาเข้มถึงเข้มมากของน้ำตาลปนเทา มีจุดประสีน้ำตาลแก่ มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 6.0-7.0 ดินล่างเป็นดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายแป้ง สีพื้นเป็นสีเทาถึงสีเทาปนเขียวมะกอก มีจุดประสีน้ำตาลปนเหลือง หรือสีอ่อนของน้ำตาลปนเขียวมะกอก มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ประมาณ 7.0-7.5 ดินชั้นนี้จะพบสารพวกแมงกานีส และเหล็กจับตัวกันเป็นก้อนสีดำ ชุดดินนี้เหมาะสมสำหรับปลูกข้าวในฤดูฝน หากอยู่ในเขตชลประทานหรือใกล้แหล่งน้ำธรรมชาติ สามารถปลูกพืชไร่และพืชผักบางชนิดได้ แต่ไม่เหมาะสมที่จะปลูกไม้ผลและไม้ยืนต้น เนื่องจากน้ำท่วมในฤดูฝนและหากมีการเปลี่ยนสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินจากการทำนามาเป็นพื้นที่ปลูกพืชไร่ ไม้ผล หรือพืชผัก เพื่อให้พื้นที่เหมาะสมกับพืชดังกล่าว จึงควรมีการขุดยกร่องและมีระบบป้องกันน้ำท่วม (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548ข)

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

อุปกรณ์การทดลอง

1. เมล็ดพันธุ์คะน้า (พันธุ์บางบัวทอง 35)
2. ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15, สูตร 46-0-0 และ สูตร 25-7-7
3. ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง (สูตรไนโตรเจน)
4. อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน
5. วัสดุอื่นๆ ที่จำเป็น

วิธีการ

1. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) โดยใช้สูตรปุ๋ยเคมีที่มีปริมาณธาตุไนโตรเจนต่างกัน และปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง (สูตรไนโตรเจน) ที่มีปริมาณธาตุไนโตรเจนในปุ๋ยแต่ละสูตรต่างกัน ประกอบด้วย 5 วิธีการทดลอง จำนวน 4 ซ้ำ ดังนี้

วิธีการที่ 1 แปลงควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ย)

วิธีการที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมี ตามคำแนะนำกรมวิชาการเกษตร สูตร 15-15-15 อัตรา 34 กิโลกรัมต่อไร่

วิธีการที่ 3 ใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง (สูตรไนโตรเจน) อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่

วิธีการที่ 4 ใส่ปุ๋ยเคมี ตามค่าวิเคราะห์ดิน สูตร 46-0-0 อัตรา 44 กิโลกรัมต่อไร่

วิธีการที่ 5 ใส่ปุ๋ยเคมี ตามวิธีเกษตรกร สูตร 25-7-7 อัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่

หมายเหตุ การทดลองปีที่ 1 มีการใส่ปูนโดโลไมท์ช่วงการเตรียมดินก่อนปลูกตามความต้องการปูน (Lime requirement) ตามค่าวิเคราะห์ดิน ในอัตรา 2,000 กิโลกรัม ต่อไร่ หลังจากใส่ปูนและบ่มดินนาน 2 สัปดาห์ จึงเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกเพื่อส่งวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ครั้งที่ 2

2. ขั้นตอนการดำเนินงาน

2.1 คัดเลือกพื้นที่ดำเนินงาน โดยคัดเลือกแปลงของหมอดินอาสาประจำตำบลของศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านการพัฒนาที่ดิน ดินที่ใช้ในการทดลองเป็นดินที่อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 3 ชุดดินบางกอก (Bangkok series: Bk) มีพื้นที่ดำเนินการดังนี้

2.1.1 การทดลองปีที่ 1 (มิถุนายน 2557) ดำเนินการในศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านการพัฒนาที่ดินประจำตำบลหนองเพรางาย อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

2.1.2 การทดลองปีที่ 2 (มิถุนายน 2558) ได้ย้ายพื้นที่ดำเนินการซึ่งห่างจากพื้นที่เดิมประมาณ 100 เมตร แต่ยังอยู่ภายในศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านการพัฒนาที่ดินประจำตำบลหนองเพรางาย อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี เช่นเดียวกับการทดลองปีที่ 1

2.2 การเตรียมพื้นที่และเตรียมดิน ไถแล้วตากดินทิ้งไว้นาน 7-10 วันปรับพื้นที่ให้

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

สม่ำเสมอ แล้วยกร่องแปลงปลูกขนาด กว้าง 2 เมตร ยาว 4 เมตร จำนวน 20 แปลงย่อย ขุดและย่อยดินพร้อมพรวนดิน

2.3 เตรียมเมล็ดพันธุ์ โดยใช้พันธุ์ บางบัวทอง 35 ในการทดลองทั้ง 2 ปีการทดลอง และเพาะกล้าในถาดหลุม อายุกล้า 20 วัน จึงย้ายปลูกในแปลงที่เตรียมไว้ โดยมีระยะระหว่างต้น 15 เซนติเมตร ระหว่างแถว 20 เซนติเมตร จำนวน 260 ต้นต่อแปลงย่อย

2.4 การผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง (สูตรไนโตรเจน)

2.4.1 การจัดเตรียมวัตถุดิบและขั้นตอนการผลิต

1) วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง (สูตรไนโตรเจน) จำนวน 100 กิโลกรัม ประกอบด้วย กากถั่วเหลืองจำนวน 60 กิโลกรัม มูลไก่จำนวน 40 กิโลกรัม กากน้ำตาล จำนวน 5 กิโลกรัมสำหรับขยายเชื้อด้วยสารเร่งซุปเปอร์ พด.2 และสารเร่งซุปเปอร์ พด.1 จำนวน 1 ซอง (50 กรัม)

2) วิธีการขยายเชื้อด้วยสารเร่งซุปเปอร์ พด.2 จำนวน 50 ลิตร มีวิธีการดังนี้

- นำกากน้ำตาล จำนวน 5 กิโลกรัมเจือจางด้วยน้ำเปล่า จำนวน 50 ลิตร คนให้ทั่วถัง
- ปิดฝาถัง เก็บไว้ในที่ร่ม นาน 5 วัน (เตรียมไว้สำหรับผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง)

2.4.2 ขั้นตอนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง ดังนี้

1) นำกากถั่วเหลือง จำนวน 60 กิโลกรัม และมูลไก่จำนวน 40 กิโลกรัม ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันทั่วกองปุ๋ย

2) นำสารเร่งซุปเปอร์ พด.1 ที่เตรียมไว้ เทลงในสารเร่งซุปเปอร์ พด.2 ที่ขยายเชื้อแล้ว จำนวน 30 ลิตร คนให้เข้ากันนาน 10 นาที แล้วนำไปรดลงบนกองวัสดุที่ผสมเรียบร้อยแล้วปรับความชื้นในกองปุ๋ยเท่ากับ 60 เปอร์เซ็นต์ โดยคลุกเคล้าให้ทั่วเพื่อให้มีความชื้นสม่ำเสมอทั่วกองปุ๋ย

3) ตั้งกองปุ๋ยหมักเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า สูง 30 เซนติเมตร และใช้วัสดุคลุมกองปุ๋ยเพื่อรักษาความชื้นกองปุ๋ยหมัก ควบคุมความชื้นในกองปุ๋ยให้เท่ากับ 60 เปอร์เซ็นต์

4) หลังหมักปุ๋ยนาน 2 สัปดาห์ หรือจนกว่าอุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักลดลงเท่ากับอุณหภูมิภายนอกกองปุ๋ย จึงนำไปใช้ได้

5) ส่งตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงที่ผ่านการย่อยสลายที่สมบูรณ์แล้ว เพื่อวิเคราะห์ธาตุอาหาร ปุ๋ยที่ผลิตได้เก็บในกระสอบมัดปากถุงให้แน่น วางไว้ในที่ร่มมีหลังคาไม่ให้ถูกแดดและฝนเพื่อเก็บปุ๋ยไว้ใช้ในการทดลองปีที่ 2

ผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงครั้งเดียว เนื่องจากปุ๋ยที่ใช้ในการทดลองวิธีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณน้อยเท่ากับ 0.06 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และได้ผลิตไว้ใช้ทั้ง 2 ปีการทดลอง เนื่องจากการผลิตปุ๋ยในแต่ละครั้งจะมีปริมาณธาตุอาหารที่ต่างกัน

หากใช้วัตถุดิบในการผลิตไม่ได้มาจากแหล่งเดียวกัน ปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยที่ผลิตได้จึงต่างกัน นอกจากนี้ได้มีการเก็บรักษาปุ๋ยอินทรีย์ให้มีประสิทธิภาพและให้มีการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี รวมถึงปริมาณจุลินทรีย์ให้คงที่มากที่สุด ปุ๋ยหมักโดยไส้เดือนดินที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกที่อุณหภูมิห้องนาน 3 เดือน ยังคงมีสภาพดี สมบัติทางเคมีและปริมาณจุลินทรีย์ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (ชุลีมาศ และณัฏฐิรา, 2559)

การเก็บรักษาปุ๋ยอินทรีย์ให้มีประสิทธิภาพ มีวิธีการดังนี้

1) ปรับความชื้นของปุ๋ยที่ย่อยสลายสมบูรณ์แล้วเท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากสภาพความชื้นค่อนข้างเปียกจะทำให้เกิดการย่อยสลายได้ดีกว่าสภาพที่แห้ง

2) เก็บปุ๋ยที่ปรับความชื้นแล้ว ไว้ในถุงพลาสติก แล้วมัดปากถุงให้แน่น เพื่อทำให้มีสภาพขาดออกซิเจนเพื่อให้กิจกรรมของจุลินทรีย์เกิดขึ้นน้อยลง

3) เก็บถุงปุ๋ยไว้ในที่ร่ม เนื่องจากสภาพอุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดการย่อยสลายของอินทรียวัตถุได้ดีกว่าสภาพอุณหภูมิที่ต่ำ

2.5 การดูแลรักษา

2.5.1 การใส่ปุ๋ย แบ่งใส่ปุ๋ยเป็น 3 ครั้ง ที่อายุคะน้า 7 วัน 14 วัน และ 21 วันหลังการย้ายปลูก ตามวิธีการทดลอง

2.5.2 การให้น้ำ คะน้าเป็นพืชผักที่มีความต้องการปริมาณน้ำสูง จึงมีการรดน้ำสม่ำเสมอเช้า-เย็น จนถึงเก็บเกี่ยวผลผลิต

2.5.3 การป้องกัน กำจัดโรคและแมลงศัตรูพืช ฉีดพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืชที่รบกวนตามความเหมาะสม และกำจัดวัชพืช รวม 5 ครั้ง

3. การเก็บข้อมูล

3.1 ข้อมูลดิน เก็บตัวอย่างดินก่อนการทดลองแบบ Composite sampling และหลังการทดลองเก็บตัวอย่างดินทุกวิธีการ เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมีดิน ได้แก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) โดยวิธีของ Peech (1965) ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (OM) โดยวิธีของ Walkley and Black (1947) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (available P) โดยวิธีของ Bray and Kurtz (1945) และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน (available K) โดยวิธีของ Jackson (1958)

3.2 ข้อมูลปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง (สูตรไนโตรเจน) เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณอินทรียวัตถุ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม

3.3 ข้อมูลพืช โดยสุ่มเก็บข้อมูลจากตัวอย่างต้นคะน้าจำนวน 10 ต้น ต่อแปลงย่อย เพื่อบันทึกข้อมูลผลผลิตคะน้า และข้อมูลการเจริญเติบโต ดังนี้

3.3.1 วัดการเจริญเติบโตของคะน้า โดยการสุ่มต้นคะน้า จำนวน 10 ต้นต่อแปลงย่อย ทุกวิธีการทดลอง บันทึกข้อมูลทุก 7 วัน ตั้งแต่ 7 14 21 28 35 และ 42 วัน หลังย้ายปลูกจนถึงระยะเก็บเกี่ยว ดังนี้

1) ความสูงต้นคะน้า โดยวัดจากโคนต้น ตั้งแต่ข้อใบเลี้ยง ถึงปลายใบที่ยาวที่สุด

2) ความกว้างใบคะน้า โดยวัดส่วนที่กว้างที่สุดของใบจากใบที่มีขนาดใหญ่สุด

3) ความยาวใบคะน้า โดยวัดส่วนที่ยาวที่สุดของใบจากใบที่มีความยาวที่สุด

3.3.2 จำนวนใบคะน้า สุ่มนับจำนวนใบคะน้าจำนวน 10 ต้นและหาค่าเฉลี่ย โดยนับจำนวนใบจริงที่แผ่เต็มที่แล้วบนต้นคะน้า โดยทำเครื่องหมายต้นที่ทำการบันทึกข้อมูล ตลอดการทดลองในพื้นที่ 1 ตารางเมตร

3.3.3 น้ำหนักสดต่อต้น (กรัม) สุ่มเก็บชั่งน้ำหนักต้นสด จำนวน 10 ต้นเฉพาะส่วนของลำต้นที่อยู่เหนือดิน และหาค่าเฉลี่ยเป็นน้ำหนักต่อต้น (กรัม) ที่อายุการเก็บเกี่ยว 42 วัน

3.3.4 ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่) สุ่มเก็บชั่งน้ำหนักผลผลิตคะน้าในพื้นที่ 1 ตารางเมตร ที่อายุการเก็บเกี่ยว 42 วัน และคำนวณเป็นผลผลิตต่อไร่

3.3.5 ข้อมูลผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ เก็บบันทึกข้อมูลรายละเอียด ค่าใช้จ่ายและรายได้ เพื่อคำนวณผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance: ANOVA) ของสมบัติทางเคมีของดินหลังการทดลอง การเจริญเติบโต และผลผลิตของคะน้า ได้แก่ ความสูง ความกว้างของใบ ความยาวใบ จำนวนใบ น้ำหนักสดต่อต้น และผลผลิตต่อไร่ ตามแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การทดลองปี 2557

1.1 การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดิน

1.1.1 สมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลอง จากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลอง พบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน เฉลี่ยเท่ากับ 5.48 เป็นดินมีสภาพเป็นกรดจัด ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน เฉลี่ยเท่ากับ 2.28 เปอร์เซ็นต์ จัดว่ามีปริมาณอินทรียวัตถุในดินระดับปานกลาง ค่าการนำไฟฟ้าของดิน เฉลี่ยเท่ากับ 1.99 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร จัดอยู่ในระดับเค็มจัด (ตารางภาคผนวกที่ 5) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน เฉลี่ยเท่ากับ 77 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในระดับสูง ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 280 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดอยู่ในระดับสูงเช่นเดียวกัน (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 สมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลองปี 2557

สมบัติทางเคมีของดิน	ค่าที่วิเคราะห์ได้ (เฉลี่ย)
ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง	5.48
ค่าการนำไฟฟ้า 1: 5 (dS/m)	1.99
ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (%)	2.28
ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (mg/kg)	77
ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน (mg/kg)	280

1.1.2 สมบัติทางเคมีของดินหลังการทดลอง

1) ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

จากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินหลังการเก็บผลผลิตคะน้า พบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ กล่าวคือ การไม่ใส่ปุ๋ย การใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร สูตร 15-15-15 อัตรา 34 กิโลกรัมต่อไร่ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยตามวิธีเกษตรกร สูตร 25-7-7 อัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินเพิ่มขึ้น และไม่แตกต่างกันทางสถิติระหว่างวิธีการดังกล่าว แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน สูตร 46-0-0 (ปุ๋ยยูเรีย) อัตรา 44 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินลดลง ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินหลังการทดลองเท่ากับ 4.75 เมื่อเปรียบเทียบกับดินก่อนการทดลองที่มีค่าเท่ากับ 5.48 (ตารางที่ 2) ทั้งนี้ เนื่องจากการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน สูตร 46-0-0 (ปุ๋ยยูเรีย) อัตรา 44 กิโลกรัมต่อไร่ เป็นปุ๋ยไนโตรเจนชนิดหนึ่งเมื่อใส่ปุ๋ยลงไปในดินทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจากขบวนการไนตริฟิเคชั่น (Nitrification) เป็นขบวนการที่

แปรสภาพของปุ๋ยยูเรีย ผลที่ได้รับ คือแอมโมเนียมไอออน เมื่อแอมโมเนียมไอออนถูกแบคทีเรียออกซิไดส์ ให้กลายเป็นไนไทรต์และไนเตรท ดังนั้นปุ๋ยยูเรียจึงมีผลตกค้างเป็นกรด หรือเป็นปุ๋ยที่ก่อให้เกิดกรด ยงยุทธ และคณะ (2556) จึงส่งผลให้ดินมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของพรพนา และคณะ (2551) ศึกษาปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงที่เหมาะสมต่อการปลูกพืชผักในชุดดินชุมพวง จังหวัดขอนแก่น กรณีศึกษาผักคะน้า พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมี ทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินลดลง

2) ค่าการนำไฟฟ้าของดิน

จากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินหลังการเก็บผลผลิตคะน้า พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าของดิน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ มีผลให้ค่าการนำไฟฟ้าของดินลดลงจาก 1.99 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ซึ่งอยู่ในระดับเค็มจัดเป็น 0.87 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ดินมีค่าระดับความเค็มปานกลาง จะเห็นได้ว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าการนำไฟฟ้าสูงสุด เท่ากับ 1.00 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร จัดว่าดินมีค่าการนำไฟฟ้าในระดับความเค็มปานกลางที่ไม่เป็นอันตรายกับคะน้าเนื่องจากคะน้าเป็นพืชทนเค็ม (ตารางภาคผนวกที่ 5)

3) ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

จากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินหลังการเก็บผลผลิตคะน้า พบว่า ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินโดยเฉลี่ยลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลอง คือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.24 เปอร์เซ็นต์ จัดอยู่ในระดับปานกลาง แต่พบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินมากกว่าก่อนการทดลอง มีค่าเท่ากับ 2.47 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำกรมวิชาการเกษตร สูตร 15-15-15 อัตรา 34 กิโลกรัมต่อไร่ การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน สูตร 46-0-0 อัตรา 44 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยตามวิธีเกษตรกร สูตร 25-7-7 อัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินลดลง มีค่าเท่ากับ 2.21, 2.17 และ 2.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และการไม่ใส่ปุ๋ย มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินน้อยสุด เท่ากับ 2.10 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2)

จากการทดลอง พบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง มีผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น เนื่องจากในปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงมีปริมาณอินทรียวัตถุเป็นส่วนประกอบของปุ๋ยเท่ากับ 51.16 เปอร์เซ็นต์ (ตารางผนวกที่ 3) ในขณะเดียวกัน วิธีการทดลองอื่นมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินลดลง เนื่องจากการย่อยสลายอินทรียวัตถุ โดยจุลินทรีย์ที่อยู่ภายในดิน ทำให้ธาตุอาหารพืชที่เป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์เหล่านี้ถูกปลดปล่อยออกมาให้พืชสามารถนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) ดินที่มีอินทรียวัตถุปริมาณมาก มักมีสมบัติที่เหมาะต่อการเจริญเติบโตของพืช เพราะอินทรียวัตถุจะช่วยปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน ปรับปรุงสมบัติทางเคมีของดิน เช่น ปรับปรุงโครงสร้างของดิน ปรับปรุงการดูดซับธาตุอาหารพืชในดิน นอกจากนี้อินทรียวัตถุยังเป็นแหล่งสำคัญของ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และกำมะถัน (กรมพัฒนาที่ดิน และสถาบันการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555)

4) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน

จากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินหลังการเก็บผลผลิตคะน้า พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ กล่าวคือการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเฉลี่ยเท่ากับ 75 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าเฉลี่ยลดลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับก่อนการทดลองแต่ยังจัดว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสอยู่ในระดับสูงมาก แม้มีค่าเฉลี่ยที่ลดลงแต่พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกรคือใส่ปุ๋ย สูตร 25-7-7 อัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร สูตร 15-15-15 อัตรา 34 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สะสมในดินเพิ่มขึ้นจากก่อนการทดลอง มีค่าเท่ากับ 95 และ 82 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน สูตร 46-0-0 อัตรา 44 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินน้อยสุดเท่ากับ 59 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 2)

จากการทดลอง พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ยเคมีที่มีธาตุอาหารพืชครบทั้ง 3 ธาตุ คือไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ซึ่งเห็นได้จากการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกรคือใส่ปุ๋ย สูตร 25-7-7 อัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่ มีฟอสฟอรัสในปุ๋ยในปริมาณมากสุดเท่ากับ 11.2 กิโลกรัมต่อไร่ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณฟอสฟอรัสในปุ๋ยเท่ากับ 5.41 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร สูตร 15-15-15 อัตรา 34 กิโลกรัมต่อไรมีปริมาณฟอสฟอรัสในปุ๋ยเท่ากับ 5.1 กิโลกรัมต่อไร่ ที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมากกว่าก่อนการทดลอง สำหรับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน สูตร 46-0-0 อัตรา 44 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำสุด เนื่องจากเป็นวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีที่ไม่มีธาตุฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบของปุ๋ย และพืชดูดไปใช้ในกระบวนการเพื่อการดำรงชีพและการเติบโตของพืช (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงก็เช่นเดียวกันเป็นสูตรที่เน้นธาตุไนโตรเจน ทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่น้อย โดยทั่วไปธาตุฟอสฟอรัสจะอยู่ในรูปของสารละลายที่พืชดูดไปใช้ได้ได้ง่ายเมื่อดินมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินอยู่ในระหว่าง 6.0-7.0 ถ้าดินมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูงหรือต่ำกว่าช่วงนี้ ความเป็นประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัสในดินก็ลดน้อยลง เพราะไปทำปฏิกิริยากับแร่ธาตุบางชนิดในดินและแปรสภาพเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำยาก (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558ข) นอกจากนี้การตรึงของธาตุฟอสฟอรัสในดินจะเกิดขึ้นได้ง่ายในดินลักษณะเนื้อดินเหนียว และค่าความเป็นกรดเป็นด่างหรือค่าปฏิริยาดิน มีความสำคัญต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน เนื่องจากเป็นตัวควบคุมความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน (นวลศรี และคณะ, 2543)

5) ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน

จากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินหลังการเก็บผลผลิตคะน้า พบว่า ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ มีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินเฉลี่ยเท่ากับ 252 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ลดลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง โดยการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร สูตร 25-7-7 อัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินสูงสุด 285 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งเป็นวิธีการเดียวที่มีปริมาณโพแทสเซียมในดินหลังการทดลองเพิ่มขึ้น และไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงที่มีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน 272 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับวิธีการไม่ใส่ปุ๋ย การใส่ปุ๋ยเคมีตามคำของแนะนำกรมวิชาการสูตร 15-15-15 อัตรา 34 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน สูตร 46-0-0 อัตรา 44 กิโลกรัมต่อไร่ ที่มีปริมาณโพแทสเซียมลดลงในดินเท่ากับ 242 245 และ 218 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

การเพิ่มขึ้นของปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินหลังการทดลองในวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร สูตร 25-7-7 อัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่ เนื่องจากการใส่ปุ๋ยเคมีที่มีธาตุโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบและมีการใส่ในอัตราสูง การใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ แม้จะมีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลอง แต่พบว่ามีปริมาณโพแทสเซียมตกค้างในดินในระดับสูงเช่นเดียวกัน และเกิดจากการผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง ซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยมีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบ และปุ๋ยที่ผลิตได้มีผลวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมเท่ากับ 2.87เปอร์เซ็นต์ ปริมาณอินทรียวัตถุเท่ากับ 51.16 เปอร์เซ็นต์ (ตารางผนวกที่ 3) จึงมีการดูดซับธาตุอาหารประจุบวกที่เป็นด่าง ไม่ให้เกิดการชะล้างออกจากดินสู่ระดับน้ำใต้ดิน นอกจากนี้อินทรียวัตถุมีผิวหน้าสัมผัสมากและมีประจุไฟฟ้าลบเป็นส่วนใหญ่ ทำให้ลดการสูญเสียธาตุอาหารต่างจากปุ๋ยเคมีที่ละลายน้ำได้เร็วและง่าย เช่น ไนโตรเจน และโพแทสเซียม (ฉวีวรรณ และคณะ, 2543) การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน สูตร 46-0-0 มี ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำสุดเพราะไม่มีธาตุโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบในปุ๋ย และธาตุอาหารดังกล่าวสูญเสียไปจากดิน เนื่องจากพืชดูดธาตุนี้ไปใช้ประโยชน์และติดไปกับผลผลิตที่เก็บเกี่ยว (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) ประกอบกับเป็นวิธีการทดลองที่ให้ผลผลิตสูง ดังนั้นพืชจึงมีการดูดใช้โพแทสเซียมในปริมาณมาก จึงทำให้ดินหลังการทดลองมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำสุด

ตารางที่ 2 ผลของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ ต่อสมบัติทางเคมีบางประการในดินหลังการทดลองปี 2557

วิธีการทดลอง	pH 1:1	EC 1: 5 (dS/m)	OM (%)	Avai . P (mg/kg)	Avai . K (mg/kg)
ดินก่อนการทดลอง	5.48	1.99	2.28	77	280
หลังการทดลอง					
ไม่ใส่ปุ๋ย	5.98[a]	0.88	2.10	66	242[c]
ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 34 กิโลกรัมต่อไร่	5.68[a]	0.69	2.21	82	245[bc]
ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่	5.90[a]	1.00	2.47	72	272[ab]
ปุ๋ยเคมี 46-0-0 อัตรา 44 กิโลกรัมต่อไร่	4.75[b]	0.89	2.17	59	218[c]
ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร 25-7-7 อัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่	5.58[a]	0.87	2.23	95	285[a]
เฉลี่ย	**5.58**	**0.87**	**2.24**	**75**	**252**
F-test	**	ns	ns	ns	**
C.V. (%)	5.58	27.30	17.29	26.62	7.27

หมายเหตุ : ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ
** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์
ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยการใช้ DMRT

1.2 การเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตคะน้า

1.2.1 ความสูงของคะน้า จากการทดลองพบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ มีผลให้ความสูงคะน้าที่อายุ 7 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีผลให้ความสูงต้นคะน้าที่อายุ 21 และ 35 วัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และความสูงต้นคะน้าที่อายุ 14, 28 และ 42 วัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร สูตร 25-7-7 อัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลให้ความสูงต้นคะน้าที่อายุ 42 วันหลังปลูกมีค่าความสูงต้นคะน้าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 12.18 เซนติเมตร ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน สูตร 46-0-0 อัตรา 44 กิโลกรัมต่อไร่ ที่มีความสูงรองลงมาคือ 11.16 เซนติเมตร และแตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร สูตร 15-15-15 อัตรา 34 กิโลกรัมต่อไร่ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง (ไนโตรเจน) อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลให้คะน้ามีความสูงเฉลี่ย 10.44 และ 9.94 เซนติเมตร ตามลำดับ และการไม่ใส่ปุ๋ย มีความสูงต้นคะน้าเฉลี่ยต่ำสุด 9.10 เซนติเมตร (ตารางที่ 3)

ทั้งนี้เนื่องจากการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร และตามค่าวิเคราะห์ดินนั้นมีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 40 กิโลกรัมต่อไร่ และ 20 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งทั้งสองวิธีการมีปริมาณไนโตรเจนสูงกว่าการใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำ และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง คือมีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 5.1 กิโลกรัมต่อไร่ และ 4.1 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งบทบาทของไนโตรเจนมีผลส่งเสริมการเจริญเติบโตของยอดอ่อนและกิ่งก้านของพืช (ตารางภาคผนวกที่ 8)

ตารางที่ 3 ผลของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ ต่อความสูงคะน้า การทดลองปี 2557

วิธีการทดลอง	ความสูงต้นคะน้า (ซม.)					
	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน	35 วัน	42 วัน
ไม่ใส่ปุ๋ย	0.81	1.9^{d}	2.88^{b}	4.02^{c}	5.54^{b}	9.10^{d}
ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 34 กิโลกรัมต่อไร่	0.96	2.24^{bc}	3.44^{b}	4.95^{bc}	7.02^{ab}	10.44^{bc}
ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงอัตรา100 กิโลกรัมต่อไร่	1.08	2.14^{cd}	3.06^{b}	4.90^{bc}	6.89^{ab}	9.94^{cd}
ปุ๋ยเคมี 46-0-0 อัตรา 44 กิโลกรัมต่อไร่	0.93	2.34^{ab}	3.65^{ab}	5.57^{b}	7.64^{a}	11.16^{ab}
ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร 25-7-7 อัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่	0.94	2.61^{a}	4.99^{a}	6.57^{a}	8.44^{a}	12.18^{a}
เฉลี่ย	**0.94**	**2.25**	**3.60**	**5.20**	**7.11**	**10.56**
F-test	ns	**	*	**	*	**
C.V. (%)	**21.19**	**9.69**	**24.39**	**11.32**	**16.28**	**7.02**

หมายเหตุ : ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ
* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์
ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใช้ DMRT

1.2.2 ความกว้างของใบคะน้า จากการทดลองพบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ มีผลให้ความกว้างของใบคะน้าที่อายุ 7, 14 และ 35 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีผลให้ความกว้างของใบคะน้าที่อายุ 21 และ 28 วัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีผลให้ความกว้างของใบคะน้าที่อายุ 42 วัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยตามวิธีเกษตรกร สูตร 25-7-7 อัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลให้ความกว้างของใบคะน้าที่อายุ 42 วัน มีความกว้างของใบสูงสุด เท่ากับ 11.34 เซนติเมตร และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับทุกวิธีการ ในขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร สูตร 15-15-15 อัตรา 34 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน สูตร 46-0-0 อัตรา 44 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าความกว้างของใบคะน้าไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.46 และ 10.63 เซนติเมตร ตามลำดับ แต่มีผลให้ค่าความกว้างของใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และไม่แตกต่างการไม่ใส่ปุ๋ยที่มีค่าเฉลี่ยความกว้างของใบคะน้า เท่ากับ 9.72 และ 9.19 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ผลของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ ต่อความกว้างของใบคะน้า การทดลองปี 2557

วิธีการทดลอง	ความกว้างของใบคะน้า (เซนติเมตร)					
	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน	35 วัน	42 วัน
ไม่ใส่ปุ๋ย	1.84	4.15	5.78[b]	6.35[b]	6.92	9.19[c]
ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 34 กิโลกรัมต่อไร่	2.11	4.75	5.57[b]	6.28[b]	6.99	10.46[b]
ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่	1.91	4.32	5.61[b]	6.26[b]	6.92	9.72[c]
ปุ๋ยเคมี 46-0-0 อัตรา 44 กิโลกรัมต่อไร่	1.89	4.63	6.27[ab]	7.29[ab]	8.29	10.63[b]
ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร 25-7-7 อัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่	1.96	4.97	7.21[a]	8.12[a]	9.03	11.34[a]
เฉลี่ย	**1.94**	**4.56**	**6.09**	**6.86**	**7.63**	**10.27**
F-test	ns	ns	*	*	ns	**
C.V. (%)	9.45	10.83	11.05	12.07	14.54	3.75

หมายเหตุ : ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์
ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใช้ DMRT

1.2.3 ความยาวของใบคะน้า จากการทดลองพบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ มีผลให้ความยาวใบคะน้าที่อายุ 7 และ 14 วัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีผลให้ความยาวของใบคะน้าที่อายุ 28 วัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีผลให้ความยาวของใบคะน้าที่อายุ 21, 35 และ 42 วัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ กล่าวคือ ความยาวของใบคะน้าที่อายุ 42 วันของวิธีการใส่ปุ๋ยตามวิธีเกษตรกร สูตร 25-7-7 อัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่ ความยาวของใบคะน้าที่อายุ 42 วัน มีผลให้ความยาวใบเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 13.39 เซนติเมตร รองลงมาเป็นการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน สูตร 46-0-0 อัตรา 44 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าความยาวของใบเฉลี่ยเท่ากับ 12.94 เซนติเมตร และไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร สูตร 15-15-15 อัตรา 34 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าความยาวของใบเฉลี่ยเท่ากับ 11.87 เซนติเมตร แต่มีผลให้ค่าความยาวของใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ กับ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และการไม่ใส่ปุ๋ย มีค่าความยาวของใบเฉลี่ย เท่ากับ 10.68 และ 9.54 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ผลของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ ต่อความยาวของใบคะน้า การทดลองปี 2557

วิธีการทดลอง	ความยาวใบคะน้า (ซม.)					
	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน	35 วัน	42 วัน
ไม่ใส่ปุ๋ย	2.81	5.83	8.30^{b}	8.94^{b}	9.08^{c}	9.54^{d}
ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 34 กิโลกรัมต่อไร่	3.09	6.32	8.03^{b}	9.28^{b}	10.52^{b}	11.87^{b}
ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา100 กิโลกรัมต่อไร่	2.97	6.16	7.97^{b}	9.04^{b}	9.87^{bc}	10.68^{c}
ปุ๋ยเคมี 46-0-0 อัตรา 44 กิโลกรัมต่อไร่	2.81	6.48	8.98^{b}	10.22^{ab}	11.96^{a}	12.94^{b}
ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร 25-7-7 อัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่	3.02	6.81	10.13^{a}	11.52^{a}	12.91^{a}	13.39^{a}
เฉลี่ย	**2.94**	**6.32**	**8.68**	**9.80**	**10.87**	**11.68**
F-test	ns	ns	**	*	**	**
C.V. (%)	**8.29**	**11.57**	**8.01**	**11.21**	**6.99**	**6.39**

หมายเหตุ : ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์
ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใช้ DMRT

1.2.4 จำนวนใบคะน้า จาการทดลองพบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ มีผลให้จำนวนใบคะน้าที่อายุ 7, 14, 21 และ 42 วัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ กล่าวคือ มีจำนวนใบคะน้าเฉลี่ยเท่ากับ 2.20, 4.20 และ 5.12 ใบ และ 6.83 ใบ ตามลำดับ (ตารางที่ 6) โดยจำนวนใบคะน้าที่อายุ 42 วัน เป็นระยะที่เริ่มเก็บผลผลิต พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกรคือสูตร 25-7-27 อัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่ มีจำนวนใบคะน้าเฉลี่ยมากสุด 7.07 ใบต่อต้น รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน สูตร 46-0-0 อัตรา 44 กิโลกรัมต่อไร่ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตรสูตร 15-15-15 อัตรา 34 กิโลกรัมต่อไร่ มีจำนวนใบเฉลี่ย 6.93, 6.90 และ 6.78 ใบต่อต้น ตามลำดับ และการไม่ใส่ปุ๋ยมีจำนวนใบน้อยสุด 6.48 ใบ

อย่างไรก็ตาม พบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ มีผลให้จำนวนใบคะน้าที่อายุ 28 และ 35 วัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกรคือสูตร 25-7-27 อัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลให้จำนวนใบคะน้าที่อายุ 28 วัน และ 35 วัน มีจำนวนใบมากสุดเท่ากับ 6.00 และ 6.65 ใบ และไม่แตกต่างกับการไม่ใส่ปุ๋ย และแตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตรสูตร15-15-15 อัตรา 34 กิโลกรัมต่อไร่ การใส่ปุ๋ย

อินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน สูตร 46-0-0 อัตรา 44 กิโลกรัมต่อ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 ผลของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ ต่อจำนวนใบคะน้า การทดลองปี 2557

วิธีการทดลอง	จำนวนใบคะน้าเฉลี่ย (ใบ)					
	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน	35 วัน	42 วัน
ไม่ใส่ปุ๋ย	2.20	4.13	5.05	5.74[ab]	6.43[ab]	6.48
ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 34 กิโลกรัมต่อไร่	2.20	4.83	4.93	5.53[b]	6.13[b]	6.78
ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่	2.11	3.75	5.07	5.59[b]	6.10[b]	6.90
ปุ๋ยเคมี 46-0-0 อัตรา 44 กิโลกรัมต่อไร่	2.15	4.05	5.20	5.63[b]	6.05[b]	6.93
ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร 25-7-7 อัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่	2.33	4.25	5.35	6.00[a]	6.65[a]	7.07
เฉลี่ย	**2.20**	**4.20**	**5.12**	**5.70**	**6.27**	**6.83**
F-test	**ns**	**ns**	**ns**	*	*	**ns**
C.V. (%)	**5.30**	**16.24**	**5.21**	**3.20**	**4.41**	**10.06**

หมายเหตุ : ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใช้ DMRT

1.2.5 น้ำหนักสดต่อต้น จากการทดลองพบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ มีผลให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดต่อต้นของคะน้า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง การใส่ปุ๋ยตามวิธีเกษตรกร สูตร 25-7-7 อัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดต่อต้นสูงสุดเท่ากับ 50 กรัมต่อต้น และไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 44 กิโลกรัมต่อไร่ ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 45 กรัมต่อต้น และวิธีการดังกล่าวข้างต้นมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดต่อต้นสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 34 กิโลกรัมต่อไร่ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และการไม่ใส่ปุ๋ย มีค่าเฉลี่ย 24 24 และ 20 กรัมต่อต้นตามลำดับ (ตารางที่ 7) Olaniyi *et al*. (2008) รายงานว่า การให้ธาตุไนโตรเจนในระดับที่เพิ่มขึ้นแก่พืชจะทำให้พืชมีการดูดซับไนโตรเจนได้มากขึ้น ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้เกิดการขยายขนาดของเซลล์ และเพิ่มจำนวนเซลล์มีผลให้พืชมีการยืดตัวของลำต้นและจำนวนใบที่เพิ่มขึ้น Amkha *et al*. (2006) พบว่าเมื่อให้ปุ๋ยไนโตรเจนในระดับที่เพิ่มขึ้น (62.5 กิโลกรัมต่อไร่) ทำให้การเจริญเติบโตของต้นคะน้าด้านความสูง พื้นที่ใบ น้ำหนักสดและแห้ง มีค่าเพิ่มขึ้นในทุกระยะการเจริญเติบโตของพืชที่แปรผันตามระดับไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้การใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกรมีความสูงมากสุดและการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินมีความสูงรองลงมา เนื่องจากมีปริมาณไนโตรเจนมากกว่า เท่ากับ 40 กิโลกรัมต่อไร่ และ 20 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

1.2.6 ผลผลิตคะน้า จากการทดลองพบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง และปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ มีผลให้ผลผลิตคะน้า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยตามวิธีเกษตรกร สูตร 25-7-7 อัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลให้ผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 2,633 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 44 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตเท่ากับ 2,380 กิโลกรัมต่อไร่รองลงมา และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง การใส่ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 34 กิโลกรัมต่อไร่ และการไม่ใส่ปุ๋ย ให้ผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 1,273 1,267 และ 1,069 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

จากการทดลอง จะเห็นได้ว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร สูตร 25-7-7 อัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่ เป็นวิธีการที่ทำให้ คะน้ามีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยได้ดีกว่าทุกวิธีการ เนื่องจากคะน้าได้รับธาตุอาหารหลักจากการใส่ปุ๋ยได้ครบทั้ง 3 ธาตุ (N-P-K) โดยมีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 40 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณฟอสฟอรัสเท่ากับ 11.2 กิโลกรัมต่อไร่ และปริมาณโพแทสเซียมเท่ากับ 11.2 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางภาคผนวกที่ 8) และได้รับธาตุอาหารจากดินอีกส่วนหนึ่ง ซึ่งมีปริมาณ P และ K ที่สะสมตกค้างในดินอยู่ในปริมาณมาก ขณะที่คะน้าเป็นพืชกินใบและลำต้นที่มีความต้องการธาตุอาหารหลักที่เหมาะสมโดยที่มีสัดส่วน 2:1:1 และผักคะน้าเป็นพืชที่ต้องการธาตุอาหารไนโตรเจนมากกว่าฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมถึง 2 เท่า การปลูกผักตระกูล Brassica เช่น คะน้าในหนึ่งฤดูปลูกมีความต้องการธาตุอาหารประกอบด้วย ไนโตรเจน 9-16 กิโลกรัมต่อไร่ ฟอสฟอรัส 1.5-2 กิโลกรัมต่อไร่ และโพแทสเซียม 15-25 กิโลกรัมต่อไร่

ดังนั้น การใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกรทำให้คะน้าได้รับธาตุอาหารจากการใส่ปุ๋ยเคมีและจากดินในปริมาณมากเกินความต้องการของพืช ทำให้วิธีการดังกล่าวได้รับผลผลิตของคะน้าสูงสุดเท่ากับ 2,633 กิโลกรัมต่อไร่ การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์สูตร 46-0-0 คะน้าได้รับธาตุอาหารหลักจากการใส่ปุ๋ย คือ ไนโตรเจนเพียงธาตุเดียวในปริมาณ 20 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ในดินนั้นมีธาตุ P และ K สะสมในดินมีปริมาณมาก และดินก่อนการทดลองสภาพดินมีความเป็นกรดเป็นด่างที่เหมาะสม จึงมีการปลดปล่อยธาตุ P และ K ได้มากยิ่งขึ้น ปริมาณธาตุอาหารที่พืชได้รับปริมาณมากเพียงพอกับความต้องการของคะน้า ทำให้คะน้ามีผลผลิตสูงรองลงมาเป็นอันดับ 2 ส่วนการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง (สูตรไนโตรเจน) อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ พืชได้รับธาตุอาหาร 3 ธาตุจากการใส่ปุ๋ย ซึ่งปริมาณไนโตรเจน เท่ากับ 4.13 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณฟอสฟอรัส เท่ากับ 5.41 กิโลกรัมต่อไร่ และปริมาณโพแทสเซียม เท่ากับ 2.87 กิโลกรัมต่อไร่ และได้รับจากดินอีกส่วนหนึ่ง แต่มีปริมาณไม่เพียงพอกับความต้องการของคะน้า ทำให้คะน้าได้รับผลผลิตมีผลผลิตรองลงมาเป็นอันดับ 3 เท่ากับ 1,273 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลผลิตใกล้เคียง และไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำสูตร 15-15-15 ที่ได้รับธาตุอาหารจากการใส่ปุ๋ยทั้ง N, P และ K ในแต่ละธาตุเท่ากับ 5.1 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางภาคผนวกที่ 8) มีผลผลิตเท่ากับ 1,267 กิโลกรัมต่อไร่ จะเห็นได้ว่าเมื่อพิจารณาปริมาณธาตุอาหาร และผลผลิตที่ได้รับ ระหว่างการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง และการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำ นั้นมีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงสามารถใช้ทดแทนการใส่ปุ๋ยเคมีได้ ส่วนการไม่ใส่ปุ๋ยเป็นวิธีการที่คะน้าได้รับธาตุอาหารจากดินเพียงเท่านั้น ทำ

ให้คะน้าได้รับผลผลิตน้อยสุดเท่ากับ 1,069 กิโลกรัมต่อไร่ หากพืชได้รับธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชครบทุกชนิด ในปริมาณที่เหมาะสม และได้สัดส่วนที่พอเหมาะ จากดินเพียงพอ จะทำให้พืช มีการเจริญเติบโตได้ตามปรกติ หากพืชขาดธาตุใดธาตุหนึ่งก็จะแสดงอาการผิดปรกติ หรือมีผลทำให้ยับยั้งการเจริญเติบโต (มุกดา, 2544) จึงส่งผลให้พืชได้รับผลผลิตในปริมาณที่น้อยลง

ตารางที่ 7 ผลของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ ต่อน้ำหนักสดต่อต้น และผลผลิตของคะน้า การทดลองปี 2557

วิธีการทดลอง	น้ำหนักสดต่อต้น (กรัม)	ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่)
ไม่ใส่ปุ๋ย	20[b]	1,069[b]
ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 34 กิโลกรัมต่อไร่	24[b]	1,267[b]
ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง (ไนโตรเจน) อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่	24[b]	1,273[b]
ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 44 กิโลกรัมต่อไร่	45[a]	2,380[a]
ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร 25-7-7 อัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่	50[a]	2,633[a]
เฉลี่ย	**33**	**1,724**
F-test	**	**
C.V. (%)	**30.92**	**30.74**

หมายเหตุ : ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใช้ DMRT

1.3 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ การทดลองปี 2557

จากการทดลอง พบว่าการใส่ปุ๋ยตามวิธีเกษตรกร สูตร 25-7-7 อัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่ มีต้นทุนการผลิตสูงสุด 14,150.00 บาทต่อไร่ รองลงมาเป็นการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน สูตร 46-0-0 อัตรา 44 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำสูตร 15-15-15 อัตรา 34 กิโลกรัมต่อไร่ มีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 12,110.00 11,801.00 และ 11,708.00 บาทต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนการไม่ใส่ปุ๋ย มีต้นทุนการผลิตต่ำสุด เท่ากับ 10,860.00 บาทต่อไร่

ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ พบว่า การใส่ปุ๋ยตามวิธีเกษตรกร สูตร 25-7-7 ให้ผลตอบแทนสูงสุด เท่ากับ 33,244 บาทต่อไร่ รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน สูตร 46-0-0 การใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง มีผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ เท่ากับ 31,039 11,098 และ 10,804 บาทต่อไร่ ตามลำดับ และการไม่ใส่ปุ๋ยต่ำสุดเท่ากับ 8,382 บาทต่อไร่

จากการทดลองพบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร และวิธีการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน มีผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่ใกล้เคียงกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลแล้ว พบว่าการใส่ปุ๋ยตามวิธีเกษตรกรให้ผลผลิต และต้นทุนสูงสุด แต่มีอัตราส่วนรายได้ต่อต้น (B/C Ratio) ทุนเท่ากับ 3.34 ในขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ได้รับผลผลิตรองลงมา ซึ่งมีปริมาณที่ใกล้เคียงกัน และมีต้นทุนผลผลิตน้อยกว่า แต่มีอัตราส่วนรายได้ต่อต้นทุนที่มากกว่าเท่ากับ 3.63 จึงเป็นวิธีการที่คุ้มค่ากับกับการลงทุนมากกว่าทุกวิธีการ (ตารางที่ 8)

จะเห็นได้ว่า การใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร สูตร 25-7-7 มีผลผลิต ต้นทุนการผลิต รายได้ผลตอบแทน และอัตราส่วนรายได้ต่อต้นทุนมีค่าสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นๆ ยกเว้นอัตราส่วนรายได้ต่อต้นทุนของการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินที่มีค่าสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร สูตร 25-7-7 อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในแง่ของพฤติกรรมการใช้ปุ๋ยเคมีของเกษตรกรที่ใช้ในปริมาณมากเกินความต้องการของพืช และมีการใช้อย่างต่อเนื่องเพื่อเร่งการเจริญเติบโตให้เพียงพอต่อความต้องการของตลาด และทำให้เกษตรกรมีต้นทุนการผลิตที่สูง (ไฉน, 2542) หากให้ปุ๋ยน้อยเกินไปอาจจะทำให้เกิดอาการขาดธาตุอาหาร หรือธาตุอาหารไม่เพียงพอที่จะให้พืชนำไปใช้ในการเจริญเติบโต (ชวนพิศ, 2544) ในขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเป็นการใส่ปุ๋ยที่มีธาตุไนโตรเจนเพียงธาตุเดียว มีปริมาณไนโตรเจน 20 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียม มีการสะสม ตกค้างในดินปริมาณมากเพียงพอ จึงไม่จำเป็นต้องเติมธาตุทั้ง 2 จากการใส่ปุ๋ย ส่งผลให้ลดต้นทุนในการซื้อปุ๋ยเคมีได้อีกทางหนึ่ง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ พรนภา และคณะ (2560) เรื่อง การประเมินอัตราปุ๋ยที่เหมาะสมในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในชุดดินตาคลี พบว่าหากในดินมีปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมสะสมในดินในระดับสู จึงควรงดการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมเพื่อลดปริมาณการสะสมของธาตุอาหารทั้งสองในดิน เพราะนอกจากเป็นการสิ้นเปลืองปุ๋ยแล้วยังทำให้มีการสะสมของธาตุทั้งสองในปริมาณสูงอาจส่งผลกระทบต่อสมดุลของธาตุอาหารอื่นๆ ในดิน

ตารางที่ 8 ต้นทุนและผลตอบแทนของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ การทดลองปี 2557

วิธีการ	ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่) (1)	ต้นทุนการผลิต (บาทต่อไร่) (2)	รายได้ (บาทต่อไร่) (3)	ผลตอบแทน (บาทต่อไร่) (4)=(3)-(2)	อัตราส่วนรายได้ต่อต้นทุน (B/C Ratio)
ไม่ใส่ปุ๋ย	1,069	10,860	19,242	8,382	1.77
ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 34 กิโลกรัมต่อไร่	1,267	11,708	22,806	11,098	1.95
ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่	1,273	12,110	22,914	10,804	1.89
ปุ๋ยเคมี 46-0-0 อัตรา 44 กิโลกรัมต่อไร่	2,380	11,801	42,840	31,039	3.63
ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร 25-7-7 อัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่	2,633	14,150	47,394	33,244	3.34

2. การทดลองปี 2558

เนื่องจากได้เลือกพื้นที่ดำเนินการใหม่แต่ยังอยู่ในบริเวณใกล้เคียงพื้นที่เดิมและอยู่ภายในศูนย์ฯ เช่นเดียวกัน เป็นพื้นที่ที่เคยมีการปรับปรุงเพิ่มอินทรียวัตถุด้วยการปลูกปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสดและปรับสภาพดินกรดด้วยปูนโดโลไมท์ เป็นพื้นที่ปลูกผักในระบบเกษตรเคมีที่มีอัตราการใช้ปุ๋ยที่สูงอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้ดินเกิดการสะสมตกค้างของธาตุฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมจากการใส่ปุ๋ยเคมีอยู่ในระดับที่สูงมากเช่นเดียวกับพื้นที่การทดลองปีที่ 1 (ตารางที่ 9)

2.1 การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดิน

2.1.1 สมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลอง จากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน พบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินเฉลี่ยเท่ากับ 7.38 เป็นดินมีสภาพเป็นกลาง มีปริมาณอินทรียวัตถุในดิน เฉลี่ยเท่ากับ 2.35 เปอร์เซ็นต์ จัดว่ามีปริมาณอินทรียวัตถุในดินระดับปานกลาง ค่าการนำไฟฟ้าของดิน เฉลี่ยเท่ากับ 0.81 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร จัดอยู่ในระดับเค็มปานกลาง มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน เฉลี่ยเท่ากับ 480 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งอยู่ในระดับสูง ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 275 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมจัดอยู่ในระดับสูงเช่นเดียวกัน เนื่องจากพื้นที่ที่ใช้ในการทดลองเคยผ่านการปลูกผักในระบบเกษตรเคมีที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 25-7-7 ในอัตราที่สูงอย่างต่อเนื่อง จึงส่งผลให้ดินมีการสะสมของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินมีปริมาณมาก (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 สมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลองปี 2558

สมบัติทางเคมีของดิน	ค่าที่วิเคราะห์ได้
ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง	7.38
ค่าการนำไฟฟ้า 1: 5 (dS/m)	0.81
ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (%)	2.35
ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (mg/kg)	480
ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน (mg/kg)	275

หมายเหตุ: ย้ายพื้นที่ดำเนินการทดลอง แต่อยู่ภายในศูนย์ฯ

2.1.2 สมบัติทางเคมีของดินหลังการทดลอง

1) ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

ผลของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ มีผลทำให้ดินหลังการทดลองมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยตามวิธีเกษตรกร สูตร 25-7-7 อัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินลดลงเท่ากับ 6.85 แต่ไม่แตกต่างกับวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 44 กิโลกรัมต่อไร่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินลดลงเท่ากับ 6.83 และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ การใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำกรมวิชาการเกษตร สูตร 15-15-15 อัตรา 34 กิโลกรัมต่อไร่ และการไม่ใส่ปุ๋ย โดยมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 6.75, 6.52 และ 6.30 ตามลำดับ (ตารางที่ 10)

2) ค่าการนำไฟฟ้าของดิน

จากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินหลังการเก็บผลผลิตคะน้า พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าของดิน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่าง ๆ มีผลให้ค่าการนำไฟฟ้าของดินเฉลี่ยเท่ากับ 0.50 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ค่าเฉลี่ยลดลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง จัดว่ามีค่าการนำไฟฟ้าในระดับเค็มน้อย โดยการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำสูตร 15-15-15 อัตรา 34 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลให้ค่าการนำไฟฟ้าสูงสุด เท่ากับ 0.59 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร (ตารางภาคผนวกที่ 5)

3) ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

ผลของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ ของดินหลังการทดลองมีผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินไม่แตกต่างกันทางสถิติ และปริมาณอินทรียวัตถุในดินลดลงทุกวิธีการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบกับดินก่อนการทดลอง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.08 เปอร์เซ็นต์ จัดอยู่ในระดับปานกลาง โดยที่การใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินสูงสุดเท่ากับ 2.22 เปอร์เซ็นต์ และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าการวิเคราะห์ดิน สูตร 46-0-0 อัตรา 44 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินน้อยสุดเท่ากับ 1.91 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 10)

จากการทดลอง พบว่าปริมาณอินทรียวัตถุในดินลดลงทุกวิธีการทดลอง เนื่องจากการย่อยสลายอินทรียวัตถุโดยจุลินทรีย์ที่อยู่ภายในดิน ทำให้ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์เหล่านี้ถูกปลดปล่อยออกมาให้พืชสามารถนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตพืช (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) การใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีมากสุด เนื่องจากการใส่ปุ๋ยที่มีอินทรียวัตถุเป็นส่วนประกอบของปุ๋ยในปริมาณมาก ส่งผลให้มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีปริมาณมากกว่าทุกวิธีการทดลอง

4) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน

ผลของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ มีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเฉลี่ยเท่ากับ 469 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จัดว่ามีปริมาณอยู่ในระดับที่สูงมาก ในขณะเดียวกัน การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน สูตร 46-0-0 อัตรา 44 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำสุดเท่ากับ 379 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 10)

วิธีการไม่ใส่ปุ๋ย ทำให้ผักคะน้าเจริญเติบโตได้น้อย จึงมีการดูดใช้ฟอสฟอรัสน้อยซึ่งสอดคล้องกับผลผลิตที่ได้รับน้อยกว่าทุกวิธีการ ส่งผลให้ดินหลังการทดลองมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เหลือในดินปริมาณมาก สอดคล้องกับการทดลองของ พงษ์สันต์ (2553) ได้ศึกษา สภาวะธาตุอาหารพืชในพื้นที่เกษตรกรรมโครงการหลวง พบว่าในแปลงปลูกผักมีปริมาณฟอสฟอรัสสูงถึงสูงมากเกินพอ ซึ่งเป็นผลจากการที่เกษตรกรมีการใช้ปุ๋ยเคมีอัตราสูงและปุ๋ยคอกมูลไก่ในปริมาณมาก และติดต่อกันเป็นเวลานาน จึงมีการสะสมปริมาณฟอสฟอรัสในดินสูง และเนื่องจากดินในแปลงทดลองที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นชุดดินบางกอก ซึ่งเป็นดินเหนียวที่มีเนื้อดินเป็นดินเนื้อละเอียด จึงมีการสะสมฟอสฟอรัสได้มากกว่าดินที่มีเนื้อดินหยาบ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพี, 2544)

5) ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน

ผลของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ มีผลให้ดินหลังการทดลองมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 401 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม การใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำสูตร 15-15-15 อัตรา 34 กิโลกรัมต่อไร่ มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงสุดเท่ากับ 424 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน สูตร 46-0-0 อัตรา 44 กิโลกรัมต่อไร่ นั้นมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำสุดเท่ากับ 377 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 10)

จากผลวิเคราะห์ดิน พบว่าดินหลังการทดลองมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้น เนื่องจากจากการเติมธาตุอาหารโดยการใส่ปุ๋ยเคมีที่มีธาตุโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบของปุ๋ย และอีกส่วนหนึ่งเกิดจากการสะสมของธาตุดังกล่าวที่มีในดิน ซึ่งโพแทสเซียมรูปต่างๆ ในดินอยู่ในสภาวะสมดุลกัน เมื่อโพแทสเซียมรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชลดลง เนื่องจากการดูด

กินของรากพืชหรือถูกชะละลาย และไม่มีการใส่ปุ๋ยชดเชยส่วนที่สูญเสียไปจะทำให้มีการปลดปล่อยโพแทสเซียมจากรูปอื่นๆ ออกมาในสารละลายดิน หรือโพแทสเซียมที่เป็นองค์ประกอบของแร่ที่มีการปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเพื่อรักษาสมดุล (Havlin *et al*., 2005; Brady and Weil, 2008) ทั้งนี้ดินที่ใช้ในการทดลองเป็นชุดดินบางกอก (Bk) ซึ่งมีลักษณะเนื้อดินเป็นดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายแป้ง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548ข) ปรกติการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมลงไปในดิน จะเคลื่อนย้ายได้ง่ายกว่าปุ๋ยฟอสเฟตแต่ช้ากว่าปุ๋ยไนโตรเจนเนื่องจากโพแทสเซียมไอออน (K^+) ที่มีประจุบวกซึ่งสามารถดูดซับอยู่ที่ผิวของอนุภาคดินเหนียวที่มีประจุลบได้ จึงทำให้ถูกชะล้างได้ยาก (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) นอกจากนี้ ดินที่มีเนื้อละเอียดและมีแร่ดินเหนียวที่มีกิจกรรมสูงเป็นองค์ประกอบ สามารถดูดซับโพแทสเซียมได้สูงกว่าดินที่มีเนื้อหยาบและมีแร่ดินเหนียวกิจกรรมต่ำเป็นองค์ประกอบ (Pal *et al.,* 1999; Hannan *et al.,* 2007) และ Wang and Huang (2001) ยังพบว่าอินทรียวัตถุในดินมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมการดูดซับโพแทสเซียมได้ดียิ่งขึ้น

ตารางที่ 10 ผลของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ ต่อสมบัติทางเคมีบางประการในดินหลังการทดลองปี 2558

วิธีการ	pH 1:1	EC 1: 5 (dS/m)	OM (%)	Avai . P (mg/kg)	Avai . K (mg/kg)
ก่อนการทดลอง	7.38	0.81	2.35	480	275
หลังการทดลอง					
ไม่ใส่ปุ๋ย	6.30^{d}	0.47	2.02	441	385
ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 34 กิโลกรัมต่อไร่	6.52^{c}	0.59	2.10	531	424
ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่	6.75^{b}	0.47	2.22	487	410
ปุ๋ยเคมี 46-0-0 อัตรา 44 กิโลกรัมต่อไร่	6.83^{ab}	0.45	1.91	379	377
ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร 25-7-7 อัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่	6.85^{a}	0.51	2.16	505	407
เฉลี่ย	**6.65**	**0.50**	**2.08**	**469**	**401**
F-test	**	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	**0.88**	**18.85**	**38.04**	**18.24**	**6.97**

หมายเหตุ : ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์
ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใช้ DMRT

2.2. การเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตคะน้า

2.2.1 ความสูงต้นคะน้า จากการทดลองพบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ มีผลให้ความสูงต้นคะน้าที่อายุ 7 และ 14 วัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และมีผลให้ความสูงต้นคะน้าที่อายุ 21 วัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีผลให้ความสูงต้นคะน้าที่อายุ 28, 35 และ 42 วัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ กล่าวคือ การใช้ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร สูตร 25-7-7 อัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลให้ความสูงต้นคะน้าที่อายุ 42 วัน มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 11.29 เซนติเมตร และแตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 44 กิโลกรัมต่อไร่ ที่มีความสูงต้นคะน้าเฉลี่ยเท่ากับ 10.66 เซนติเมตร เช่นเดียวกับการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 34 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.41 เซนติเมตร โดยวิธีการดังกล่าวข้างต้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และการไม่ใส่ปุ๋ย ที่มีค่าเฉลี่ยความสูงต้นคะน้าไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่าเท่ากับ 9.38 และ 8.85 เซนติเมตร ตามลำดับ การทดลองเป็นไปในทิศทางเดียวกับการทดลองปี 2557 (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 ผลของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ ต่อความสูงคะน้า การทดลองปี 2558

วิธีการทดลอง	ความสูงต้นคะน้า (ซม.)					
	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน	35 วัน	42 วัน
ไม่ใส่ปุ๋ย	1.37	2.62	4.00^{b}	5.21^{c}	7.07^{c}	8.85^{c}
ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 34 กิโลกรัมต่อไร่	1.37	2.67	4.80^{ab}	6.48^{ab}	8.80^{b}	10.41^{b}
ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่	1.60	2.80	4.50^{ab}	6.13^{bc}	8.63^{b}	9.38^{c}
ปุ๋ยเคมี 46-0-0 อัตรา 44 กิโลกรัมต่อไร่	1.54	2.75	5.13^{a}	7.20^{ab}	9.54^{ab}	10.66^{b}
ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร 25-7-7อัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่	1.68	2.86	5.21^{a}	7.53^{a}	9.90^{a}	11.29^{a}
เฉลี่ย	**1.51**	**2.74**	**4.73**	**6.51**	**8.79**	**10.12**
F-test	**ns**	**ns**	*****	******	******	******
C.V. (%)	**18.5**	**9.28**	**11.17**	**10.71**	**7.21**	**3.81**

หมายเหตุ : ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์
ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใช้ DMRT

2.2.2 ความกว้างของใบคะน้า จากการทดลองพบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ มีผลให้ความกว้างของใบคะน้าทุกช่วงการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันทางสถิติ กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร สูตร 25-7-7 อัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลให้ความกว้างของใบคะน้าที่อายุ 42 วัน มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 10.41 เซนติเมตร รองลงมาคือการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน สูตร 46-0-0 อัตรา 44 กิโลกรัมต่อไร่ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ การใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำกรมวิชาการเกษตร สูตร 15-15-15 อัตรา 34 กิโลกรัมต่อไร่ และวิธีการไม่ใส่ปุ๋ย มีค่าเท่ากับ 9.58 9.31 9.27 และ 7.97 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 12 ผลของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ ต่อความกว้างใบคะน้า การทดลองปี 2558

วิธีการทดลอง	ความกว้างของใบคะน้า (เซนติเมตร)					
	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน	35 วัน	42 วัน
ไม่ใส่ปุ๋ย	4.32	4.45	4.90	5.72	6.87	7.97
ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 34 กิโลกรัมต่อไร่	3.96	4.71	5.14	6.89	8.51	9.27
ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่	3.88	4.50	4.87	6.32	7.43	9.31
ปุ๋ยเคมี 46-0-0 อัตรา 44 กิโลกรัมต่อไร่	3.96	4.72	5.34	7.69	8.24	9.58
ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร 25-7-7 อัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่	4.67	4.90	5.11	7.71	9.03	10.41
เฉลี่ย	**4.16**	**4.66**	**5.07**	**6.87**	**8.02**	**9.31**
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	14.03	9.39	12.90	16.52	12.87	10.75

หมายเหตุ : ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

2.2.3 ความยาวของใบคะน้า จากการทดลองพบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ มีผลให้ความยาวเฉลี่ยของใบคะน้าที่อายุ 7 - 35 วัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่า ความยาวของใบคะน้าที่อายุ 42 วัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยตามวิธีเกษตรกร สูตร 25-7-7 อัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่ มีความยาวของใบคะน้าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 14.14 เซนติเมตร แต่ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 อัตรา 44 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.95 เซนติเมตร และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวิธีการอื่นๆ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง (ไนโตรเจน) อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และการไม่ใส่ปุ๋ย มีผลให้ความยาวของใบคะน้าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยความยาวของใบคะน้าเท่ากับ 11.14 และ 10.55 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 13 ผลของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ ต่อความยาวของใบคะน้า การทดลองปี 2558

วิธีการทดลอง	ความยาวของใบคะน้า (เซนติเมตร)					
	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน	35 วัน	42 วัน
ไม่ใส่ปุ๋ย	5.76	5.82	6.35	7.88	9.92	10.55[c]
ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 34 กิโลกรัมต่อไร่	5.20	6.32	6.91	9.17	11.39	12.45[b]
ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่	5.35	6.28	6.77	8.82	10.19	11.14[c]
ปุ๋ยเคมี 46-0-0 อัตรา 44 กิโลกรัมต่อไร่	5.21	6.34	7.11	10.68	11.70	12.95[ab]
ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร 25-7-7 อัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่	6.49	6.42	6.54	9.74	12.78	14.14[a]
เฉลี่ย	**5.60**	**6.24**	**6.74**	**9.26**	**11.20**	**12.25**
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	**
C.V. (%)	14.04	8.85	12.93	15.04	12.07	6.71

หมายเหตุ : ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์
ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใช้ DMRT

2.2.4 จำนวนใบคะน้า จากการทดลองพบว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ มีผลทำให้จำนวนใบคะน้าที่อายุ 7, 14, 21, 28 และ 42 วัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 14) กล่าวคือ มีจำนวนใบคะน้าเฉลี่ยเท่ากับ 4.15 4.57 4.89 6.51 และ 8.09 ใบ ตามลำดับ และพบว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ มีผลให้จำนวนใบคะน้าที่อายุ 35 วันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยตามวิธีเกษตรกร สูตร 25-7-7 อัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่ มีจำนวนใบสูงสุดเท่ากับ 8.20 ใบ รองลงมาคือการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำ สูตร 15-15-15 อัตรา 34 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน สูตร 46-0-0 อัตรา 44 กิโลกรัมต่อไร่ มีจำนวนใบเท่ากับ 7.50 ใบ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ กับการไม่ใส่ปุ๋ย มีค่าเท่ากับ 7.45 7.10 ใบ ตามลำดับ (ตารางที่ 14)

ตารางที่ 14 ผลของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ ต่อจำนวนใบคะน้า การทดลองปี 2558

วิธีการทดลอง	จำนวนใบคะน้า (ใบ)					
	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน	35 วัน	42 วัน
ไม่ใส่ปุ๋ย	3.96	4.34	4.68	5.85	7.10[b]	7.68
ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 34 กิโลกรัมต่อไร่	3.98	4.53	5.00	6.45	7.50[b]	7.99
ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่	4.17	4.57	4.89	6.40	7.45[b]	7.80
ปุ๋ยเคมี 46-0-0 อัตรา 44 กิโลกรัมต่อไร่	4.19	4.68	5.00	7.10	7.50[b]	8.33
ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร 25-7-7 อัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่	4.44	4.75	4.95	6.74	8.20[a]	8.64
เฉลี่ย	**4.15**	**4.57**	**4.90**	**6.51**	**7.55**	**8.09**
F-test	ns	ns	ns	ns	*	ns
C.V. (%)	10.64	9.14	9.85	9.14	4.98	6.18

หมายเหตุ : ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใช้ DMRT

2.2.5 น้ำหนักสดต่อต้น จากการทดลองพบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ มีผลให้น้ำหนักสดต่อต้น ไม่แตกต่างกันทางสถิติ กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร สูตร 25-7-7 อัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่ มีน้ำหนักสดต่อต้นมากสุดเท่ากับ 45 กรัม รองลงมาคือการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน สูตร 46-0-0 อัตรา 44 กิโลกรัมต่อไร่ น้ำหนักสดต่อต้นเท่ากับ 40 กรัม (ตารางที่ 15) การไม่ใส่ปุ๋ยมีน้ำหนักสดต่อต้นต่ำสุด เท่ากับ 30 กรัม

2. 2 .6 ผลผลิตของคะน้า พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ มีผลให้ผลผลิตผักคะน้าไม่แตกต่างกันทางสถิติ การใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกรได้รับผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 2,410 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาเป็นการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินได้รับผลผลิตเท่ากับ 2,157 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง การใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำให้ผลผลิตเท่ากับ 2,004 และ 1,964 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ และการไม่ใส่ปุ๋ย ให้ผลผลิตต่ำสุดเท่ากับ 1,574 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 15)

คะน้าเป็นผักที่กินใบและลำต้น เป็นพืชล้มลุกที่มีอายุสั้น จึงจำเป็นต้องใช้ธาตุไนโตรเจนซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักที่เหมาะสมและใช้ในปริมาณมาก ที่มีสัดส่วน 2:1:1 และผักคะน้าเป็นพืชที่ต้องการธาตุอาหารไนโตรเจนมากกว่าฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมถึง 2 เท่า เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและส่งผลต่อคุณภาพผลผลิต หากได้รับไนโตรเจนอย่างเพียงพอในช่วงการเติบโตเริ่มต้น (vegetative growth) และช่วงพัฒนาด้านการเจริญพันธุ์ (reproductive stage) ทำให้คะน้าเจริญเติบโตได้อย่างสมบูรณ์ (ยงยุทธ, 2552) สอดคล้องกับฆ้องชัย และยรรยงค์ (2553) พบว่า ปุ๋ยเคมีสูตร 25-7-7 ทำให้คะน้า มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งมากกว่าการใช้

น้ำหมักชีวภาพ เนื่องจากปุ๋ยชนิดดังกล่าวมีปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมสูงกว่าน้ำหมักชีวภาพ และพืชสามารถนำธาตุอาหารเหล่านี้ไปใช้ในการแบ่งเซลล์ ขยายขนาดของเซลล์และเนื้อเยื่อส่วนของกิ่ง ก้านและลำต้นได้ทันที

คะน้าในหนึ่งฤดูปลูกมีความต้องการธาตุอาหารประกอบด้วย ไนโตรเจน 9-16 กิโลกรัมต่อไร่ ฟอสฟอรัส 1.5-2 กิโลกรัมต่อไร่ และโพแทสเซียม 15-25 กิโลกรัมต่อไร่ ดังนั้นการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร สูตร 25-7-7 อัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่ จึงเป็นการใส่ปุ๋ยที่พืชได้รับธาตุอาหารครบทั้ง 3 ธาตุ (N-P-K) โดยมีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 40 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณฟอสฟอรัสเท่ากับ 11.2 กิโลกรัมต่อไร่ และปริมาณโพแทสเซียมเท่ากับ 11.2 กิโลกรัมต่อไร่ และได้รับธาตุอาหารจากดินอีกส่วนหนึ่ง ซึ่งมีปริมาณ P และ K ที่สะสมตกค้างในดินอยู่ในปริมาณมาก ทำให้ได้รับธาตุอาหารหลักเพียงกับความต้องการพืช ส่งผลให้ได้รับผลผลิตสูงกว่าทุกวิธีการ (ตารางภาคผนวกที่ 8)

ตารางที่ 15 ผลของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ ต่อน้ำหนักสดต่อต้น และผลผลิตคะน้า การทดลองปี 2558

วิธีการทดลอง	น้ำหนักสดต่อต้น (กรัม)	ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่)
ไม่ใส่ปุ๋ย	30	1,574
ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 34 กิโลกรัมต่อไร่	37	1,964
ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่	38	2,004
ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 44 กิโลกรัมต่อไร่	40	2,157
ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร 25-7-7 อัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่	45	2,410
เฉลี่ย	**38**	**2,022**
F-test	**ns**	**ns**
C.V. (%)	**36.07**	**36.06**

2.3 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ การทดลองปี 2558

จากการทดลอง พบว่าเมื่อพิจารณารายจ่ายและราคาขายผลผลิตเท่ากับ 18 บาทต่อกิโลกรัม มีผลผลิต ต้นทุนการผลิต รายได้ และผลตอบแทนของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ มีดังนี้

จากการทดลอง พบว่าการใส่ปุ๋ยตามวิธีเกษตรกร สูตร 25-7-7 อัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่ มีต้นทุนการผลิตสูงสุด 14,150.00 บาทต่อไร่ รองลงมาเป็นการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน สูตร 46-0-0 อัตรา 44 กิโลกรัมต่อไร่และการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำสูตร 15-15-15 อัตรา 34 กิโลกรัมต่อไร่ มีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 12,110.00

11,801.00 และ 11,708.00 บาทต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนการไม่ใส่ปุ๋ย มีต้นทุนการผลิตต่ำสุด เท่ากับ 10,860.00 บาทต่อไร่

ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ พบว่า การใส่ปุ๋ยตามวิธีเกษตรกร สูตร 25-7-7 ให้ผลตอบแทนสูงสุด เท่ากับ 29,230 บาทต่อไร่ รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน สูตร 46-0-0 การใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง และใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 โดยมีผลตอบแทนเศรษฐกิจ เท่ากับ 27,025 23,962 และ 23,644 บาทต่อไร่ ตามลำดับ การไม่ใส่ปุ๋ยต่ำสุดให้ผลตอบแทนต่ำสุด เท่ากับ 17,472 บาทต่อไร่ หากเปรียบเทียบ ผลผลิต ต้นทุนการผลิต และผลตอบแทน ระหว่างการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร และวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน พบว่า มีค่าใกล้เคียงกัน โดยที่การใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร ให้ผลผลิต ต้นทุนการผลิต และผลตอบแทนสูงกว่าทุกวิธีการ แต่มีอัตราส่วนรายได้ต่อต้นทุน เท่ากับ 3.07 ในขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้ผลผลิต ต้นทุนการผลิต และผลตอบแทนน้อยกว่า แต่มีอัตราส่วนรายได้ต่อต้นทุนที่สูงกว่าเท่ากับ 3.29 จึงเป็นวิธีการที่คุ้มค่ากับกับการลงทุนมากกว่าทุกวิธีการ (ตารางที่ 16)

เมื่อพิจารณาต้นทุนการใส่ปุ๋ย พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกรสูตร 25-7-7 อัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่ มีอัตราการใส่ปุ๋ยที่สูงมากจึงทำให้ต้นทุนการใส่ปุ๋ยสูงกว่าวิธีการอื่นๆ ในขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน มีอัตราการใส่ปุ๋ย และต้นทุนการใส่ปุ๋ยที่น้อยกว่า แต่ให้ผลผลิตสูงรองลงมา เนื่องจากก่อนการใส่ปุ๋ยได้นำผลวิเคราะห์ดินมาประกอบกับการเลือกชนิดปุ๋ยและอัตราการใส่ปุ๋ยให้ถูกต้อง ตรงตามความต้องการของพืชจึงทำให้มีการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพ และลดต้นทุนการใส่ปุ๋ยได้มากกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร ซึ่งการทดลองปี 2558 เป็นไปในแนวทางเดียวกับการทดลองปี 2557

ตารางที่ 16 ต้นทุนและผลตอบแทนของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ การทดลองปี 2558

วิธีการ	ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่) (1)	ต้นทุนการผลิต (บาทต่อไร่) (2)	รายได้ (บาทต่อไร่) (3)	ผลตอบแทน (บาทต่อไร่) (4)=(3)-(2)	อัตราส่วนรายได้ต่อต้นทุน (B/C Ratio)
ไม่ใส่ปุ๋ย	1,574	10,860	28,332	17,472	2.61
ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 34 กิโลกรัมต่อไร่	1,964	11,708	35,352	23,644	3.02
ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่	2,004	12,110	36,072	23,962	2.98
ปุ๋ยเคมี 46-0-0 อัตรา 44 กิโลกรัมต่อไร่	2,157	11,801	38,826	27,025	3.29
ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร 25-7-7 อัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่	2,410	14,150	43,380	29,230	3.07

สรุป

จากการทดลอง ผลของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงและปุ๋ยเคมีต่างๆ ต่อการปลูกคะน้าในชุดดินบางกอกดำเนินการในปี 2557 และ 2558 มีผลการทดลองพอสรุปได้ดังนี้

1. การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดิน

จากการทดลอง พบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงทำให้มีปริมาณอินทรียวัตถุเหลือสะสมในดินมีปริมาณสูงสุด การใส่ปุ๋ยวิธีเกษตรกร สูตร 25-7-7 อัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินทั้ง 2 ปีการทดลองเพิ่มขึ้น เนื่องจากการใส่ปุ๋ยเคมีสูตรดังกล่าวมีธาตุโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบของปุ๋ย และมีการใส่ในอัตราที่สูง การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน สูตร 46-0-0 อัตรา 44 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เหลือสะสมในดินมีปริมาณน้อยกว่าทุกวิธีการ เนื่องจากไม่มีการเติมธาตุอาหารทั้ง 2 จากการใส่ปุ๋ยเคมี และพืชมีการดูดใช้ไปในการสร้างผลผลิต การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน สูตร 46-0-0 (ปุ๋ยยูเรีย) อัตรา 44 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลทำให้ดินหลังการทดลองมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างลดลง เนื่องจากปุ๋ยยูเรียเป็นปุ๋ยก่อกรด หากใส่ปุ๋ยดังกล่าวลงไปในดินจะเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียมไอออน เมื่อแอมโมเนียมไอออนผ่านกระบวนการไนตริฟิเคชั่นจะปลดปล่อยไฮโดรเจนไอออนออกมา

2. การเจริญเติบโต องค์ประกอบของผลผลิต และผลผลิตของคะน้า

2.1 การเจริญเติบโตของคะน้า พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกรสูตร 25-7-7 อัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลให้ผักคะน้าเจริญเติบโต ด้านความสูงของต้น ความกว้าง ความยาว และจำนวนใบของคะน้ามีค่าเฉลี่ยสูงสุด การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน สูตร 46-0-0 อัตรา 44 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าเฉลี่ยรองลงมา ขณะที่การไม่ใส่ปุ๋ยมีค่าต่ำสุด

2.2 ผลผลิตของคะน้า สืบเนื่องจาก การใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกรสูตร 25-7-7 อัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลทำให้ผักคะน้ามีการเจริญเติบโตดีกว่าทุกวิธีการ และส่งผลให้องค์ประกอบของผลผลิตและผลผลิตของคะน้ามีค่าสูงตาม และสูงกว่าทุกวิธีการ โดยมีค่าเฉลี่ยผลผลิตทั้ง 2 ปี เท่ากับ 2,633 และ 2,410 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน สูตร 46-0-0 อัตรา 44 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่ามีค่าสูงรองลงมา เท่ากับ 2,380 และ 2,157 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง (สูตรไนโตรเจน) อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่มีองค์ประกอบของผลผลิตและมีผลผลิตสูงเป็นลำดับที่3 ซึ่งใกล้เคียงกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำกรมวิชาการเกษตร สูตร 15-15-15 อัตรา 34 กิโลกรัมต่อไร่ แสดงว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงสามารถใช้ทดแทนการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร สูตร 15-15-15 ได้ และการไม่ใส่ปุ๋ยให้ผลผลิตต่อไร่ต่ำสุด เนื่องจากได้รับธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชที่สะสม ตกค้างอยู่ในดินเท่านั้น ซึ่งมีปริมาณน้อยไม่เพียงพอสำหรับใช้ในการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิตของคะน้า

3. ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

จากการทดลอง พบว่าวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร สูตร 25-7-7 อัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่ และวิธีการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสูตร 46-0-0 อัตรา 44 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลตอบแทนทางเศรษฐกิจใกล้เคียงกัน โดยที่การใส่ปุ๋ยตามวิธีเกษตรกรให้ผลผลิต และมีต้นทุนสูงสุด มีอัตราส่วนรายได้ต่อต้นทุนน้อยกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ที่มีผลผลิตรองลงมา และมีต้นทุนการผลิตน้อยกว่าแต่มีอัตราส่วนรายได้ต่อต้นทุนมากกว่าทุกวิธีการ ส่วนวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยนั้นได้รับผลผลิตและต้นทุนการผลิตต่ำสุด รวมถึงมีอัตราส่วนรายได้ต่อต้นทุนการผลิตต่ำสุด ดังนั้นจึงควรมีการถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้ปุ๋ยเคมี และควรมีการส่งเสริมให้เกษตรกรมีการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินให้มากยิ่งขึ้น เพื่อให้มีการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้มีความคุ้มค่ากับการลงทุน

ข้อเสนอแนะ

1. จากการเปลี่ยนแปลงพื้นที่การทดลอง ทำให้ไม่สามารถเห็นผลตกค้างของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงได้อย่างชัดเจน หากเกษตรกรมีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงอย่างถูกต้องและต่อเนื่อง จะช่วยให้เกษตรกรลดต้นทุนในการซื้อปุ๋ยเคมี เมื่อมีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์มากขึ้นจะส่งผลให้เกษตรกรมีการปรับเปลี่ยนระบบการผลิตพืชจากระบบเกษตรเคมีเข้าสู่ระบบเกษตรอินทรีย์ได้มากยิ่งขึ้น

2. ควรมีการศึกษา ระดับการยอมรับของเกษตรกรในการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน โดยการนำผลวิเคราะห์ดิน มาประกอบการพิจารณาเลือกใช้ปุ๋ยตามความต้องการของพืช ส่วนการใช้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงถึงแม้ให้ผลผลิตที่น้อยกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี หากมีการใช้ต่อเนื่องเป็นระยะเวลาหลายฤดูปลูกจึงจะเห็นผลได้ชัดเจน เนื่องจากปุ๋ยทั้ง 2 ชนิด มีข้อดีแตกต่างกันไป จึงควรมีการเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ผลงานวิจัยที่ดี หรือมีแปลงสาธิตให้เห็นเป็นแปลงตัวอย่างชัดเจน ทำให้เกษตรกรมีความมั่นใจและสามารถที่จะปฏิบัติตามได้

3. การให้คำแนะนำเกี่ยวกับการใช้ปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตพืชให้กับเกษตรกรนั้น นอกจากพิจารณาผลผลิต และผลตอบแทนแล้ว ควรคำนึงถึงอัตราส่วนรายได้ต่อต้นทุนด้วย เพื่อช่วยให้เกษตรกรตัดสินใจในการผลิตพืชให้ได้รับผลประโยชน์ได้อย่างคุ้มค่าต่อการลงทุน

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. เกษตรกรมีแนวทางในการจัดการดินได้ถูกต้อง สามารถเลือกใช้ปุ๋ยได้เหมาะสมกับดินและพืชปลูก การใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน จะช่วยให้เกษตรกรลดต้นทุนในการซื้อปุ๋ยเคมี เนื่องจากมีผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงทำให้มีการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังทำให้เกษตรกร มีทางเลือกในการปลูกพืชได้มากขึ้น เช่น ปลูกพืชกินหัว (หัวไชเท้า แครอท ฯ) แทนการปลูกพืชผักกินใบ เป็นการปลูกพืชหมุนเวียนบนพื้นที่เดียวกัน ในกรณีที่มีการสะสมของธาตุฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ตกค้างในดินปริมาณมาก ส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น

2. สามารถนำข้อมูลจากงานวิจัยไปถ่ายทอดเผยแพร่ให้เกษตรกรปลูกผักคะน้า หรือพืชผักกินใบอื่นๆ ได้ และสามารถนำข้อมูลไปใช้ต่อยอดงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3. สามารถนำข้อมูลการใช้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง (สูตรไนโตรเจน) อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ที่มีผลตอบแทนทางเศรษฐกิจใกล้เคียงกับการใช้ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 อัตรา 34 กิโลกรัมต่อไร่ ไปถ่ายทอดความรู้ให้เกษตรกรได้เข้าใจ และเกษตรกรสามารถปฏิบัติตามได้ ซึ่งทำให้ได้ประโยชน์ดังนี้

3.1 ทำให้ เกษตรกรลดการใช้ปุ๋ยเคมีโดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงแทน ทำให้เกษตรกรได้รับผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ และอัตราส่วนรายได้ต่อต้นทุนไม่แตกต่างกับการใช้ปุ๋ยเคมี นอกจากนี้การใช้ปุ๋ยอินทรีย์มีข้อดีคือ ช่วยปรับปรุงดินทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพได้ดีกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี ส่งผลให้มีการทำการเกษตรได้อย่างยั่งยืน

3.2 ทำให้เกษตรกรมีรายได้ที่เพิ่มขึ้นจากการปลูกพืชที่ปลอดภัย และเมื่อใช้อย่างต่อเนื่อง ทำให้มีการผลิตพืชเข้าสู่ระบบเกษตรอินทรีย์ได้มากขึ้น เนื่องจากพืชผักอินทรีย์มีมูลค่าสูงกว่าพืชผักที่ปลูกในระบบเกษตรเคมีทั่วไป

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2548ก. **รายงานการจัดการทรัพยากรดิน เพื่อการปลูกพืชเศรษฐกิจหลักตามกลุ่มชุดดิน เล่มที่ 1 ดินบนพื้นที่ราบต่ำ.** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2548ข. **ลักษณะและสมบัติของชุดดินในภาคกลางของประเทศไทย.** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2550. **ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง สูตรกรมพัฒนาที่ดิน โดยใช้สารเร่ง พด. เอกสารเพื่อการถ่ายทอดเทคโนโลยี ชุดความรู้และเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดิน.** สำนักนิเทศและถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2551ก. **รายงานสำรวจดินเพื่อการเกษตร จังหวัดนนทบุรี**. สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2551ข. **คู่มือการจัดการอินทรียวัตถุเพื่อปรับปรุงบำรุงดินและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน.** กรมพัฒนาที่ดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2558ก. **คู่มือการพัฒนาที่ดินสำหรับหมอดินอาสาและเกษตรกร.** กรมพัฒนาที่ดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2558ข. **สถานภาพทรัพยากรดินและที่ดินของประเทศไทย**. กรมพัฒนาที่ดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมพัฒนาที่ดิน และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2555. **คู่มือการจัดการดินและการอนุรักษ์ดิน.**

กรมวิชาการเกษตร. 2548. **คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ.** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2549. **สถิติปริมาณการเพาะปลูกพืชผัก ปีการผลิต 2548/2549.** ระบบสารสนเทศการผลิตทางด้านการเกษตร. แหล่งที่มา: http://production.doae.go.th/estimate/report P2_display.php, 28 ธันวาคม 2559.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2551. **คู่มือนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร พืชตระกูลกะหล่ำ (คะน้า ผักกาดกวางตุ้ง)** ฝ่ายโรงพิมพ์สำนักงานพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี กรมส่งเสริมการเกษตร, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2544. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น.** พิมพ์ครั้งที่ 9. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ฆ้องชัย คงดี และ ยรรยง อินทร์ม่วง. 2553. **การเจริญเติบโตของคะน้า คุณสมบัติทางเคมีของดินและแบคทีเรียชอบเค็มในดินเค็มที่ได้รับน้ำหมักชีวภาพต่างชนิดกัน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ไฉน ยอดเพชร. 2542. **พืชผักในตระกูลครูซิเฟอร์**, สำนักพิมพ์รั้วเขียว, กรุงเทพฯ.

ฉวีวรรณ เหลืองวุฒิวิโรจน์, เสียงแจ่ว พิริยพฤนต์ และ วรรณลดา สุนันทพงศ์ศักดิ์. 2543. **ผลของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ ต่อการปรับปรุงบำรุงดินชุดสตึก การเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวโพด,** *ใน* เอกสารวิชาการกองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

ชวนพิศ แดงสวัสดิ์. 2544. **สรีรวิทยาของพืช.** พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์ ธนธัชการพิมพ์ จำกัด, กรุงเทพฯ.

ชุลีมาศ บุญไทย อิวาย และ ณัฐฐิชา แกล้วกล้าหาญ. 2559. **การศึกษาปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพปุ๋ยหมัก โดยไส้เดือนดินระหว่างการเก็บรักษา.** วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์. 3 (2): 2-3.

ทิพย์วรรณ สะอาดเงิน, ชัยสิทธิ์ ทองจู, พรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง และ ศุภชัย อำคา. 2556. **ผลของชนิดปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตของคะน้าการชะละลายไนโตรเจน และปริมาณไนตริฟายอิงแบคทีเรียในดิน.** วารสารดินและปุ๋ย. 35 (1-4): 8-14.

นวลศรี กาญจนกูล, สุวรรณีย์ ภูธรย์ราช และ ขนิษฐศรี ฮุ่นตระกูล. 2543. **ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินประเทศไทย.** กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

นันทกร บุญเกิด, อำพรรณ พรหมศิริ, สงัด ปัญญาพฤกษ์, อารักษ์ ธีรอำพน, สมพร ชุนห์ลือชานนท์ และ สมศักดิ์ มณีพงศ์. 2553. **การวิเคราะห์ดินและพืช.** ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

บุญชัย ไหลชลธารา. 2554. **ผลการใช้กากชูรสที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้า.** น. 311-326. *ใน* การประชุมทางวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัย มสธ. วิจัยประจำปี 2554. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช, นนทบุรี.

ปราณี สีหบัณฑ์, โสพส แซ่ลิ้ม, พรพนา โพธินาม และ สุดสงวน เทียมไธสงค์. 2558. **ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงที่เหมาะสมต่อการปลูกพืชผักในชุดดินชุมพวง จังหวัดขอนแก่น: ผักคะน้า.** แหล่งที่มา: http://www.r05.ldd.go.th/technical/ re_bio_2551_01.html, 28 มีนาคม 2558.

ปราโมทย์ สฤษดิ์นิรันดร์. 2554. **ผลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อผลผลิตและ**คุณภาพ**ของหน่อไม้ฝรั่ง**. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กาแพงแสน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

ปานชีวัน ปอนพังงา, ปริญญาพร เผ่ามงคล และ สุวิมล ทุมวารี. 2557. **การใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อปรับปรุงดินลูกรัง และเพิ่มผลผลิตข้าวโพดหวาน.** แก่นเกษตร 42 (ฉบับพิเศษ 1): 700-707.

ปิโยรส เมธาลักษณ์. 2547. **ผลของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีที่มีต่อผลผลิตของผักคะน้า (*Brassica oleracea* L.) พันธุ์อาร์เอส 1 และสมบัติบางประการของดิน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พงษ์สันต์ สีจันทร์. 2553. **ดินดอยโครงการหลวงความท้าทายและภัยคุกคาม**, น. 41-44. *ใน* รายงานการประชุมวิชาการผลงานวิจัยของมูลนิธิโครงการหลวง ประจำปีงบประมาณ 2553 วันที่ 29-30 พฤศจิกายน 2553 ณ ศูนย์ประชุมนานาชาติเอ็มเพรส โรงแรมดิเอ็มเพรส อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่.

พรนภา ขาวมาก, สุกัญญา เจริญเซ็ง, สุภาพร สุภีโส และ อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์. 2560. **การประเมินอัตราปุ๋ยที่เหมาะสมในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในชุดดินตาคลี**, น. 75-82 *ใน* การประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติ ครั้งที่ 5. สมาคมดินและปุ๋ยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

พรพนา โพธินาม, ปราณี สีหบัณฑ์, โสพล แซ่ลิ้ม และ สุดสงวน เทียมไธสงค์. 2551. **ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงที่สะสมต่อการปลูกพืชผักในชุดดินชุมพวง จังหวัดขอนแก่น กรณีศึกษาผักคะน้า.** สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 5 กรมพัฒนาที่ดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2544. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน.** สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

เมืองทอง ทวนทวี และ สุรีรัตน์ ปัญญาโตนะ. 2532. **ผักบ้านเรา: สวนผัก.** โรงพิมพ์ทั่งฮั่วซิน, กรุงเทพฯ.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2552. **ธาตุอาหารพืช.** พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ยงยุทธ โอสถสภา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และ ชวลิต ฮงประยูร. 2556. **ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วัชรินทร์ วิภาสวัชรโยธิน. 2544. **ผลของปุ๋ยชีวภาพต่อการสร้างผลผลิตของคะน้า.** ปัญหาพิเศษปริญญาตรีภาควิชาพืชสวน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรรณิศา ปัทมะภูษิต และ พรไพรินทร์ รุ่งเรืองทอง. 2557. **ประสิทธิภาพปุ๋ยเคมีต่ออัตราการเจริญเติบโตของผลผลิตคะน้า.** แก่นเกษตร, 42(3), 941-946. แหล่งที่มา: http://ag2.kku.ac.th/kaj/PDF.cfm?filename=v_046.pdf&id=1702&keeptrack=9., 23 เมษายน 2560.

สมศักดิ์ มณีพงศ์. 2537. **การวิเคราะห์ดินและพืช.** ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สัญญา เลห์สิงห์ และ อรประภา อนุกูลประเสริฐ. 2559. **ประสิทธิภาพของปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของคะน้า.** วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 24 (2): 320-322.

สายชล พรมีอยู่, อัจฉรา จิตตลดากร และ หฤษฎี ภัทรดิลก. 2555. **ผลการใช้ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยมูลวัวหมัก และปุ๋ยเคมีต่อการผลิตผักบุ้งจีน**, 1-12. *ใน* การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. 2548. **แผนที่และข้อมูลพื้นฐานของจังหวัด ปี 2548.** กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2561. **สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2560.** สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. 2547. **คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดินและ การวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองคุณภาพสินค้า เล่มที่ 1.** กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

อภิรักษ์ วิภาวิน. 2549. **อิทธิพลของปุ๋ยหมักและปุ๋ยอินทรีย์น้ำต่อผลผลิตของคะน้า.** วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (สาขาวิชาพืชสวน), มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

อริสสรา แก้วพิลารมย์, วิมลนันทน์ กันเกตุ, ศุภสิทธิ์ สิทธาพานิช และ พรทิพย์ ศรีมงคล. 2557. **ผลการใช้วัสดุอินทรีย์และระบบการไม่ไถพรวนต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติดินบางประการในดินเค็มนาเล็กน้อย.** แก่นเกษตร 42(ฉบับพิเศษ 1): 199-203.

อโนชา เทพสุภรณ์กุล และกมลาภา วัฒนประพัฒน์. 2551. **ผลของการปรับปรุงบำรุงดินต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชผัก.** กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเพทพฯ.

Amkha, S., T. Michiko., C. Sagwansupyakorn., S. Sukprakan., and I. Kazuyuki. 2006, **Effect of amount of nitrogen fertilizer on early growth of leaf vegetables in Thailand**. Jpn.J.Trop.Agr. 50(3):127-132.

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

Brady, N. C., and R. R. Weil. 2008. **The Nature and Properties of Soils**. 14 th Edition. PrenticeHall, New Jersey.

Gosling, P. and M. Shepherd. 2005. **Long-term changes in soil fertility in organic arable farming system in England, with particular reference to phosphorus and potassium.** Agric. Ecosystems and Environment. 105: 425-432.

Hannan, A., A. M. Ranjha, M. Waqas, and A. Niaz. 2007. **Potassium adsorption characteristics of four different textured alkaline calcareous soils**. Pak. J. Agri. Sci. 44: 242-247.

Havlin, J. L., J. D. Beaton, S. L. Tisdale, and W. L. Nelson. 2005. **Soil Fertility and Fertilizers : An Introduction to nutrient management.** 7 th Edition. Courier company, Hicksville.

Olaniyi, J.O., K.A. Adelasoye, and CO. Jeged, 2008. **Influence of nitrogen fertilizer on the growth yield and quality of grain on amaranth varieties**, WJAS 4(4): 506-513.

Pal, Y., R. J. Gilkes, and M. T. F. Wong. 1999. **The forms of potassium and potassium adsorption in some virgin soils from south-western Australia**. Soil Res. 37: 695-710.

Peech, M. 1965**. Hydrogen-Ion Activity.** pp. 914-926. In Methods of Soil Analysis Part 2. C.A. Black (ed.) American society of Agronomy, Inc., Publisher. USA.

Walkley, A. and L.A. Black. 1947. **Chromic and titration method for determination of soil organic memneratter**, Soil Sci. Proc. 63: 257.

Wang, F. L., and P. M. Huang. 2001. **Effects of organic matter on the rate of potassium adsorption by soils**. Can. J. Soil Sci. 81: 325-330.

ภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1 เนื้อที่ของกลุ่มชุดดินและพื้นที่เบ็ดเตล็ดในจังหวัดนนทบุรี

ลำดับ	กลุ่มชุดดิน/พื้นที่เบ็ดเตล็ด	เนื้อที่	
		ไร่	เปอร์เซ็นต์
1	กลุ่มชุดดินที่ 2	165,500.12	42.54
2	กลุ่มชุดดินที่ 8	64,995.59	16.71
3	กลุ่มชุดดินที่ 11	23,581.05	6.06
4	กลุ่มชุดดินที่ 3	12,005.43	3.09
5	พื้นที่เลี้ยงสัตว์น้ำ (AQ) และบ่อน้ำ (W)	12,910.57	3.32
6	สนามกอล์ฟ (GC)	194.32	0.05
7	พื้นที่เบ็ดเตล็ด (ML)	2,562.71	0.66
8	พื้นที่ชุมชน ที่อยู่อาศัย (U)	107,237.71	27.57
รวม		388,987.50	100.00

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2551ก)

ตารางภาคผนวกที่ 2 ปริมาณธาตุอาหารที่วิเคราะห์ได้จากปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง (ไนโตรเจน)

รายการ	ผลวิเคราะห์	หน่วย
ปริมาณอินทรียวัตถุ	51.16	%
ค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน	7.18	
ค่าการนำไฟฟ้า	5.60	dS/m
ปริมาณธาตุอาหารหลัก		
1) ไนโตรเจน :(Total N)	4.13	%
2) ฟอสฟอรัส : (Total P_2O_5)	5.41	
3) โพแทสเซียม : (Total K_2O)	2.87	
ปริมาณธาตุอาหารรอง		
1) แคลเซียม : (Total CaO)	4.95	%
2) แมกนีเซียม : (Total MgO)	3.90	
3) กำมะถัน : (Total S)	0.399	
ปริมาณเหล็ก : (Total Fe)	0.167	mg kg^{-1}
ปริมาณสังกะสี : (Total Zn)	0.025	mg kg^{-1}
ปริมาณทองแดง : (Total Cu)	nd	mg kg^{-1}

ที่มา: กลุ่มวิเคราะห์ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 1 กรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวกที่ 3 เปรียบเทียบปริมาณความต้องการธาตุอาหารพืชโดยทั่วไป และพืชตระกูล Brassica

ชนิดธาตุอาหาร	ปริมาณความต้องการธาตุอาหาร	
	พืชโดยทั่วไป	พืชตระกูล Brassica
N (%)	2.5-4.5	4.5-4.8
P (%)	0.3-0.5	0.8-0.9
K (%)	1.5-3.5	3.5-4.2
Ca (%)	0.3-2.5	2.9-3.1
Mg (%)	0.2-0.6	0.4-0.5
S (%)	0.2-0.3	-
Fe (mg kg^{-1})	50-250	-
Mn (mg kg^{-1})	25-150	25-150
Cu (mg kg^{-1})	5-20	1-5
Zn (mg kg^{-1})	20-50	45-95
B (mg kg^{-1})	20-200	30-200
Mo (mg kg^{-1})	0.5	-

ที่มา : สมศักดิ์ (2537)

ตารางภาคผนวกที่ 4 ระดับความรุนแรงของความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (Soil reaction), pH (ดิน: น้ำ = 1: 1)

ระดับ (rating)	ค่าที่วัดได้
เป็นกรดรุนแรงมากที่สุด (ultra acid)	< 3.5
เป็นกรดรุนแรงมาก (extremely acid)	3.5-4.5
เป็นกรดจัดมาก (very strongly acid)	4.6-5.0
เป็นกรดจัด (strongly acid)	5.1-5.5
เป็นกรดปานกลาง (moderately acid)	5.6-6.0
เป็นกรดเล็กน้อย (slightly alkaline)	6.1-6.5
เป็นกลาง (neutral)	6.6-7.3
เป็นด่างเล็กน้อย (slightly alkaline)	7.4-7.8
เป็นด่างปานกลาง (moderately alkaline)	7.9-8.4
เป็นด่างจัด (strongly alkaline)	8.5-9.0
เป็นด่างจัดมาก (very strongly alkaline)	> 9.0

ที่มา: สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2547)

ตารางภาคผนวกที่ 5 ค่าการนำไฟฟ้าในดิน (EC) ของสารละลายดินที่ได้จากการวัดด้วยอัตรา 1: 5 ในดินเหนียว ณ อุณหภูมิอ้างอิง 25 องศาเซลเซียส

ระดับความเค็ม	ค่า EC 1:5 (dS/m)
ไม่เค็ม	□0.40
เค็มน้อยมาก	0.41-0.80
เค็มปานกลาง	0.81-1.60
เค็มจัด	1.61-3.20
เค็มจัดมาก	□3.20

ที่มา: Patterson, 2001

ตารางภาคผนวกที่ 6 ค่ามาตรฐานที่ใช้เปรียบเทียบสมบัติทางเคมีของดิน

ระดับ	OM	N	P	K	Ca	Mg	S	Na
	%	%	(mg/Kg)	(mg/Kg)	(mg/Kg)	(mg/Kg)	(mg/Kg)	(mg/Kg)
ต่ำมาก	<0.5	<0.025	<3	<30	<400	>36	<5	<25
ต่ำ	0.5-1.5	0.025-0.075	3-10	30-60	401-1000	36-120	5-10	25-70
ปานกลาง	1.6-2.5	0.08-0.125	11-15	61-90	1001-2000	121-365	11-20	70-150
สูง	2.6-3.5	0.13-0.175	16-45	91-120	2001-4000	366-975	21-30	160-450
สูงมาก	>3.5	>0.175	>45	>120	>4000	>975	>30	>450

หมายเหตุ: ที่มา Standard rating of USDA

ตารางภาคผนวกที่ 7 ชนิดของวัตถุดิบที่ใช้เป็นแหล่งปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน หรือฟอสฟอรัสสูง

ชนิด	ปริมาณธาตุอาหาร (เปอร์เซ็นต์)		
	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม
กากถั่วเหลือง	7.0-10.0	2.13	1.12-2.70
กากเมล็ดถั่วลิสง	7.0-10.0	2.0-3.0	1.0-2.0
กากเมล็ดละหุ่ง	4.0-7.0	1.0-1.5	1.0-1.5
กากเมล็ดฝ้าย	6.0-9.0	2.0-3.0	1.0-2.0
ปลาป่น	9.0-10.0	5.0-6.0	3.8
เลือดแห้ง	8.0-13.0	0.3-1.5	0.5-0.8
กระดูกป่น	3.0-4.0	15.0-23.0	0.68
หินฟอสเฟต	0.15	15.0-17.0	0.1
มูลค้างคาว	1.0-3.0	12.0-15.0	1.84

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2551ข)

ตารางผนวกที่ 8 เปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารในเนื้อปุ๋ยแต่ละชนิดที่ได้จากการคำนวณ

ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง และปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ	ไนโตรเจน (N) (กิโลกรัมต่อไร่)	ฟอสฟอรัส (P_2O_5) (กิโลกรัมต่อไร่)	โพแทสเซียม (K_2O) (กิโลกรัมต่อไร่)
ไม่ใส่ปุ๋ย	-	-	-
ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 34 กิโลกรัมต่อไร่	5. 10	5. 10	5. 10
ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่	4. 13	5. 41	2. 87
ปุ๋ยเคมี 46-0-0 อัตรา 44 กิโลกรัมต่อไร่	20. 24	-	-
ปุ๋ยเคมีตามวิธีเกษตรกร 25-7-7 อัตรา 160 กิโลกรัมต่อไร่	40. 00	11. 20	11. 20

ที่มา: คำนวณจากการใช้ปุ๋ยในแต่ละวิธีการทดลอง

ตารางผนวกที่ 9 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย และจำนวนวันที่ฝนตก ปี 2557 และ 2558

เดือน	ปีการทดลอง			
	2557		2558	
	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)	จำนวนวัน	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)	จำนวนวัน
มกราคม	0	0	T	1
กุมภาพันธ์	0	0	0	0
มีนาคม	0	0	0	3
เมษายน	0	2	0	0
พฤษภาคม	44.3	6	0	0
มิถุนายน	40.1	9	11.2	5
กรกฎาคม	21.6	9	216.4	12
สิงหาคม	143.3	11	42.1	7
กันยายน	152.4	19	229.1	12
ตุลาคม	14.2	11	203	9
พฤศจิกายน	0	3	8.4	3
ธันวาคม	T	1	T	1
เฉลี่ย	34.66	5.92	59.18	4.42
รวม	415.9	71	710.2	53

ที่มา : ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน กรมอุตุนิยมวิทยา รหัสสถานี 422006 อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

หมายเหตุ ปริมาณน้ำฝนในกระบอกวัดปริมาณน้อยกว่า 0.5 มิลลิเมตร บันทึกเป็น “T” (หรือ Trace = น้อยมาก)

ตารางภาคผนวกที่ 10 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ จากการทดลองปี 2557

รายละเอียดการจัดการ	ค่าใช้จ่ายผันแปร (บาทต่อไร่)				
	วิธีการที่ 1	วิธีการที่ 2	วิธีการที่ 3	วิธีการที่ 4	วิธีการที่ 5
1. จัดเตรียมพื้นที่แปลงทดลอง					
1.1 ค่าจ้างเตรียมดิน พร้อมย่อยดินและปรับพื้นที่ให้ราบเรียบ สม่ำเสมอ	900	900	900	900	900
1.2 ค่าจ้างยกร่อง	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2. จัดเตรียมกล้าและปลูกคะน้า	600	600	600	600	600
3. ค่าจ้างดูแลรักษาแปลงทดลอง (ให้น้ำ /กำจัดวัชพืชและแมลงศัตรูพืช)	7,400	7,400	7,400	7,400	7,400
4. ค่าจ้างใส่ปุ๋ยเคมี	-	250	250	250	250
5. ค่าจ้างเก็บเกี่ยวผลผลิตและจัดเตรียมผลผลิตเพื่อเก็บบันทึกข้อมูล	600	600	600	600	600
6. ค่าวัสดุการเกษตร					
6.1 เมล็ดพันธุ์คะน้า	360	360	360	360	360
6.2 ค่าปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15	-	598.40	-	-	-
6.3 ค่าปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0	-	-	-	690.80	-
6.4 ค่าปุ๋ยเคมีสูตร 25-7-7	-	-	-	-	3,040
6.5 ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง	-	-	1,000	-	-
- กากถั่วเหลือง กิโลกรัมละ 14 บาท จำนวน 60 กิโลกรัม					
- มูลไก่ กิโลกรัมละ 3 บาท จำนวน 40 กิโลกรัม					
- กากน้ำตาล กิโลกรัมละ 8 บาท จำนวน 5 กิโลกรัม					
รวมต้นทุนผันแปร	10,860.00	11,708.40	12,110.00	11,800.80	14,150.00
ปริมาณผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่)	1,069.00	1,267.00	1,273.00	2,380.00	2,633.00
ราคาผลผลิต (บาทต่อกิโลกรัม)	18	18	18	18	18
มูลค่าผลผลิต (บาทต่อไร่)	19,242.00	22,806.00	22,914.00	42,840.00	47,394.00
ผลตอบแทนสุทธิ	8,382.00	11,098.00	10,804.00	31,039.00	33,244.00

ที่มา: คำนวณผลผลิตการทดลองปี 2557

หมายเหตุ:

- ค่าไถดะ-ไถแปร 900 บาทต่อไร่ จำนวน 2 ครั้ง
- จ้างเหมาดูแลรักษาแปลงทดลอง วันละ 185 บาทต่อวัน จำนวน 40 วัน
- จ้างเหมาใส่ปุ๋ยเคมี 250 บาทต่อไร่
- ค่าจ้างเก็บเกี่ยวและจัดเตรียมผลผลิตเพื่อเก็บบันทึกข้อมูล 300 บาทต่อวัน จำนวน 2 คน
- ค่าเมล็ดพันธุ์คะน้าราคา 180 บาทต่อกระป๋อง จำนวน 2 กระป๋อง
- ค่าปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ราคา 17.60 บาทต่อกิโลกรัม
- ค่าปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ราคา 15.70 บาทต่อกิโลกรัม
- ค่าปุ๋ยเคมีสูตร 25-7-7 ราคา 19.00 บาทต่อกิโลกรัม
- ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง ราคา 10.00 บาทต่อกิโลกรัม

ตารางภาคผนวกที่ 11 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ จากการทดลองปี 2558

รายละเอียดการจัดการ	ค่าใช้จ่ายผันแปร (บาทต่อไร่)				
	วิธีการที่ 1	วิธีการที่ 2	วิธีการที่ 3	วิธีการที่ 4	วิธีการที่ 5
1. จัดเตรียมพื้นที่แปลงทดลอง					
1.1 ค่าจ้างเตรียมดิน พร้อมย่อยดินและปรับพื้นที่ให้ราบเรียบ สม่ำเสมอ	900	900	900	900	900
1.2 ค่าจ้างยกร่อง	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2. จัดเตรียมกล้าและปลูกคะน้า	600	600	600	600	600
3. ค่าจ้างดูแลรักษาแปลงทดลอง (ให้น้ำ /กำจัดวัชพืชและแมลงศัตรูพืช)	7,400	7,400	7,400	7,400	7,400
4. ค่าจ้างใส่ปุ๋ยเคมี	-	250	250	250	250
5. ค่าจ้างเก็บเกี่ยวผลผลิตและจัดเตรียมผลผลิตเพื่อเก็บบันทึกข้อมูล	600	600	600	600	600
6. ค่าวัสดุการเกษตร					
6.1 เมล็ดพันธุ์คะน้า	360	360	360	360	360
6.2 ค่าปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15	-	598.40	-	-	-
6.3 ค่าปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0	-	-	-	690.80	-
6.4 ค่าปุ๋ยเคมีสูตร 25-7-7	-	-	-	-	3,040
6.5 ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง	-	-	1,000	-	-
- กากถั่วเหลือง กิโลกรัมละ 14 บาท จำนวน 60 กิโลกรัม					
- มูลไก่ กิโลกรัมละ 3 บาท จำนวน 40 กิโลกรัม					
- กากน้ำตาล กิโลกรัมละ 8 บาท จำนวน 5 กิโลกรัม					
รวมต้นทุนผันแปร	10,860.00	11,708.40	12,110.00	11,800.80	14,150.00
ปริมาณผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่)	1,069.00	1,267.00	1,273.00	2,380.00	2,633.00
ราคาผลผลิต (บาทต่อกิโลกรัม)	18	18	18	18	18
มูลค่าผลผลิต (บาทต่อไร่)	19,242.00	22,806.00	22,914.00	42,840.00	47,394.00
ผลตอบแทนสุทธิ	8,382.00	11,098.00	10,804.00	31,039.00	33,244.00

ที่มา: คำนวณผลผลิตการทดลองปี 2558

หมายเหตุ:

- ค่าไถดะ-ไถแปร 900 บาทต่อไร่ จำนวน 2 ครั้ง
- จ้างเหมาดูแลรักษาแปลงทดลอง วันละ 185 บาทต่อวัน จำนวน 40 วัน
- จ้างเหมาใส่ปุ๋ยเคมี 250 บาทต่อไร่
- ค่าจ้างเก็บเกี่ยวและจัดเตรียมผลผลิตเพื่อเก็บบันทึกข้อมูล 300 บาทต่อวัน จำนวน 2 คน
- ค่าเมล็ดพันธุ์คะน้าราคา 180 บาทต่อกระป๋อง จำนวน 2 กระป๋อง
- ค่าปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ราคา 17.60 บาทต่อกิโลกรัม
- ค่าปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ราคา 15.70 บาทต่อกิโลกรัม
- ค่าปุ๋ยเคมีสูตร 25-7-7 ราคา 19.00 บาทต่อกิโลกรัม
- ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง ราคา 10.00 บาทต่อกิโลกรัม

ตารางภาคผนวกที่ 12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความเป็นกรดเป็นด่างในดิน การทดลองปี 2557

SV	df	SS	MS	F
BLOCK	3	0.70950	0.23650	
TREATMENT	4	3.82500	0.95625	9.87**
ERROR	12	1.16300	0.09692	
TOTAL	19	5.69750		

CV (%) = 5.58
** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าการนำไฟฟ้า การทดลอง ปี 2557

SV	Df	SS	MS	F
BLOCK	3	4.56518	1.52173	
TREATMENT	4	0.20467	0.05117	0.92ns
ERROR	12	0.67005	0.05584	
TOTAL	19	5.43990		

CV (%) = 27.30
ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณอินทรียวัตถุในดิน การทดลอง ปี 2557

SV	Df	SS	MS	F
BLOCK	3	5.02342	1.67447	
TREATMENT	4	0.32587	0.08147	0.55ns
ERROR	12	1.79121	0.14927	
TOTAL	19	7.14049		

CV (%) = 17.29
ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน การทดลองปี 2557

SV	Df	SS	MS	F
BLOCK	3	9554.5	3184.85	
TREATMENT	4	3237.8	809.45	2.05^{ns}
ERROR	12	4738.2	394.85	
TOTAL	19	17530.5		

CV (%) = 26.62
ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคนวกที่ 16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน การทดลอง ปี 2557

SV	Df	SS	MS	F
BLOCK	3	648.0	216.00	
TREATMENT	4	11304.0	2826.00	8.41**
ERROR	12	4032.0	336.00	
TOTAL	19	15984.0		

CV (%) = 7.27
** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงของคะน้าอายุ 7 วัน การทดลองปี 2557

SV	Df	SS	MS	F
BLOCK	3	0.53954	0.17985	
TREATMENT	4	0.14768	0.03692	0.93^{ns}
ERROR	12	0.47764	0.03980	
TOTAL	19	1.16485		

CV (%) = 21.19
ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงของคะน้าอายุ 14 วัน การทดลองปี 2557

SV	Df	SS	MS	F
BLOCK	3	0.89328	0.29776	
TREATMENT	4	1.110077	0.27769	5.89**
ERROR	12	0.56587	0.04716	
TOTAL	19	2.56992		

CV (%) = 9.69

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงของคะน้าอายุ 21 วัน การทดลองปี 2557

SV	Df	SS	MS	F
BLOCK	3	3.1332	1.04439	
TREATMENT	4	11.0547	2.76368	3.58*
ERROR	12	9.2654	0.77212	
TOTAL	19	23.4533		

CV (%) = 24.39

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงของคะน้าอายุ 28 วัน การทดลองปี 2557

SV	Df	SS	MS	F
BLOCK	3	1.4764	0.49215	
TREATMENT	4	14.1915	3.54787	10.24**
ERROR	12	4.1588	0.34657	
TOTAL	19	19.8267		

CV (%) = 11.32

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงของคะน้าอายุ 35 วัน การทดลองปี 2557

SV	Df	SS	MS	F
BLOCK	3	3.3133	1.10443	
TREATMENT	4	18.2729	4.56822	3.42*
ERROR	12	16.0452	1.33710	
TOTAL	19	37.6314		

CV (%) = 16.28
* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงของคะน้าอายุ 42 วัน การทดลองปี 2557

SV	Df	SS	MS	F
BLOCK	3	5.6571	1.88570	
TREATMENT	4	22.1132	5.52830	10.05**
ERROR	12	6.6023	0.55019	
TOTAL	19	34.3726		

CV (%) = 7.02
** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความกว้างใบคะน้าอายุ 7 วัน การทดลองปี 2557

SV	df	SS	MS	F
BLOCK	3	0.91693	0.30564	
TREATMENT	4	0.16603	0.04151	1.23ns
ERROR	12	0.40429	0.03369	
TOTAL	19	1.48725		

CV (%) = 9.45
ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความกว้างใบคะน้าอายุ 14 วัน การทดลองปี 2557

SV	Df	SS	MS	F
BLOCK	3	1.75746	0.58582	
TREATMENT	4	1.73337	0.43334	1.77^{ns}
ERROR	12	2.93207	0.24434	
TOTAL	19	6.42290		

CV (%) = 10.83

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความกว้างใบคะน้าอายุ 21 วัน การทดลองปี 2557

SV	Df	SS	MS	F
BLOCK	3	3.2363	1.07877	
TREATMENT	4	7.5037	1.87593	4.15*
ERROR	12	5.4254	0.45212	
TOTAL	19	16.1655		

CV (%) = 11.05

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 26 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความกว้างใบคะน้าอายุ 28 วัน การทดลองปี 2557

SV	Df	SS	MS	F
BLOCK	3	2.7123	0.90408	
TREATMENT	4	10.8652	2.71629	3.96*
ERROR	12	8.2227	0.68522	
TOTAL	19	21.8001		

CV (%) = 12.07

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความกว้างใบคะน้าอายุ 35 วัน การทดลองปี 2557

SV	Df	SS	MS	F
BLOCK	3	2.9311	0.97702	
TREATMENT	4	15.2811	3.82026	3.11^{ns}
ERROR	12	14.7511	1.22926	
TOTAL	19	32.9632		

CV (%) = 14.54
ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความกว้างใบคะน้าอายุ 42 วัน การทดลองปี 2557

SV	df	SS	MS	F
BLOCK	3	1.7051	0.56838	
TREATMENT	4	11.1534	2.78834	18.84**
ERROR	12	1.7759	0.14799	
TOTAL	19	14.6344		

CV (%) = 3.75
** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 29 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความยาวใบคะน้าอายุ 7 วัน การทดลองปี 2557

SV	Df	SS	MS	F
BLOCK	3	1.51537	0.50512	
TREATMENT	4	0.24917	0.06229	1.05^{ns}
ERROR	12	0.71295	0.05941	
TOTAL	19	2.47749		

CV (%) = 8.29
ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 30 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความยาวใบคะน้าอายุ 14 วัน การทดลองปี 2557

SV	df	SS	MS	F
BLOCK	3	3.3134	1.10446	
TREATMENT	4	2.1259	0.53148	0.99^{ns}
ERROR	12	6.4245	0.53538	
TOTAL	19	11.8639		

CV (%) = 11.57
ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 31 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความยาวใบคะน้าอายุ 21 วัน การทดลองปี 2557

SV	df	SS	MS	F
BLOCK	3	7.4027	2.46755	
TREATMENT	4	13.0622	3.26556	6.76**
ERROR	12	5.7963	0.48302	
TOTAL	19	26.2612		

CV (%) = 8.01
** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 32 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความยาวใบคะน้าอายุ 28 วัน การทดลองปี 2557

SV	Df	SS	MS	F
BLOCK	3	6.0983	2.03275	
TREATMENT	4	18.8765	4.71912	3.91*
ERROR	12	14.4826	1.20688	
TOTAL	19	39.4573		

CV (%) = 11.21
* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 33 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความยาวใบคะน้าอายุ 35 วัน การทดลองปี 2557

SV	Df	SS	MS	F
BLOCK	3	2.8325	0.94417	
TREATMENT	4	38.6487	9.66216	16.74**
ERROR	12	6.9276	0.57730	
TOTAL	19	48.4087		

CV (%) = 6.99
** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 34 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความยาวใบคะน้าอายุ 42 วัน การทดลองปี 2557

SV	Df	SS	MS	F
BLOCK	3	11.4435	3.81450	
TREATMENT	4	33.6509	8.41272	15.63**
ERROR	12	6.4607	0.53839	
TOTAL	19	51.5551		

CV (%) = 6.39
** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 35 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนใบคะน้าอายุ 7 วัน การทดลองปี 2557

SV	Df	SS	MS	F
BLOCK	3	0.11637	0.03879	
TREATMENT	4	0.10300	0.02575	1.90ns
ERROR	12	0.16300	0.01358	
TOTAL	19	0.38238		

CV (%) = 5.30
ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 36 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนใบคะน้าอายุ 14 วัน การทดลองปี 2557

SV	Df	SS	MS	F
BLOCK	3	1.90000	0.63333	
TREATMENT	4	2.49500	0.62375	1.34^{ns}
ERROR	12	5.58500	0.46542	
TOTAL	19	9.98000		

CV (%) = 16.24
ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 37 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนใบคะน้าอายุ 21 วัน การทดลองปี 2557

SV	Df	SS	MS	F
BLOCK	3	0.82000	0.27333	
TREATMENT	4	0.417000	0.10425	1.46^{ns}
ERROR	12	0.85500	0.07125	
TOTAL	19	2.09200		

CV (%) = 5.21
ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 38 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนใบคะน้าอายุ 28 วัน การทดลองปี 2557

SV	Df	SS	MS	F
BLOCK	3	0.76450	0.25483	
TREATMENT	4	0.56075	0.14019	4.21*
ERROR	12	0.39925	0.03327	
TOTAL	19	1.72450		

CV (%) = 3.20
* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 39 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนใบคะน้าอายุ 35 วัน การทดลองปี 2557

SV	Df	SS	MS	F
BLOCK	3	0.73800	0.24600	
TREATMENT	4	1.06700	0.26675	3.49*
ERROR	12	0.91700	0.07642	
TOTAL	19	2.72200		

CV (%) = 4.41
* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 40 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนใบคะน้าอายุ 42 วัน การทดลองปี 2557

SV	Df	SS	MS	F
BLOCK	3	0.98550	0.32850	
TREATMENT	4	0.52700	0.13175	0.29ns
ERROR	12	5.43700	0.4530	
TOTAL	19	6.94950		

CV (%) = 10.06
ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 41 การวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักสดต่อต้น การทดลอง ปี 2557

SV	Df	SS	MS	F
BLOCK	3	206.00	68.667	
TREATMENT	4	2976.30	744.075	7.41**
ERROR	12	1204.50	100.375	
TOTAL	19	4386.80		

CV (%) = 30.92
** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 42 การวิเคราะห์ความแปรปรวนผลผลิต การทดลอง ปี 2557

SV	Df	SS	MS	F
BLOCK	3	558915	186305	
TREATMENT	4	8388944	2097236	7.46**
ERROR	12	3372313	281026	
TOTAL	19	1.232E+07		

CV (%) = 30.74

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 43 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความเป็นกรดเป็นด่างในดิน การทดลองปี 2558

SV	Df	SS	MS	F
BLOCK	3	0.07400	0.02467	
TREATMENT	4	0.87500	0.21467	64.02**
ERROR	12	0.04100	0.00342	
TOTAL	19	0.99000		

CV (%) = 0.88

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 44 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าการนำไฟฟ้าของดิน การทดลอง ปี 2558

SV	Df	SS	MS	F
BLOCK	3	0.04490	0.01497	
TREATMENT	4	0.04810	0.01203	1.37ns
ERROR	12	0.10558	0.00880	
TOTAL	19	0.19858		

CV (%) = 18.85

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 45 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณอินทรียวัตถุในดิน การทดลอง ปี 2558

SV	Df	SS	MS	F
BLOCK	3	0.67450	0.22453	
TREATMENT	4	0.23867	0.05967	0.10^{ns}
ERROR	12	7.51733	0.62644	
TOTAL	19	8.43050		

CV (%) = 38.04
ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 46 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน การทดลองปี 2558

SV	Df	SS	MS	F
BLOCK	3	531741	177247	
TREATMENT	4	67032	16758	2.11^{ns}
ERROR	12	95222	7935	
TOTAL	19	693995		

CV (%) = 18.24
ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 47 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน การทดลองปี 2558

SV	Df	SS	MS	F
BLOCK	3	8615.2	2871.73	
TREATMENT	4	5844.3	1461.07	1.87^{ns}
ERROR	12	9353.3	799.44	
TOTAL	19	23812.8		

CV (%) = 6.97
ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 48 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงคะน้าอายุ 7 วัน การทดลองปี 2558

SV	Df	SS	MS	F
BLOCK	3	0.54702	0.18234	
TREATMENT	4	0.29542	0.07385	0.95^{ns}
ERROR	12	0.93746	0.07812	
TOTAL	19	1.77990		

CV (%) = 18.50
ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 49 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงคะน้าอายุ 14 วัน การทดลองปี 2558

SV	Df	SS	MS	F
BLOCK	3	2.07282	0.69094	
TREATMENT	4	0.14333	0.03583	0.56^{ns}
ERROR	12	0.77311	0.06443	
TOTAL	19	2.98926		

CV (%) = 9.28
ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 50 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงคะน้าอายุ 21 วัน การทดลองปี 2558

SV	Df	SS	MS	F
BLOCK	3	1.87254	0.62418	
TREATMENT	4	3.95352	0.98838	3.55*
ERROR	12	3.34376	0.27865	
TOTAL	19	9.16982		

CV (%) = 11.17
* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 51 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงคะน้าอายุ 28 วัน การทดลองปี 2558

SV	df	SS	MS	F
BLOCK	3	0.6565	0.21884	
TREATMENT	4	13.4089	3.35222	6.91**
ERROR	12	5.8230	0.48525	
TOTAL	19	19.8885		

CV (%) = 10.71
** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 52 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงคะน้าอายุ 35 วัน การทดลองปี 2558

SV	Df	SS	MS	F
BLOCK	3	0.5386	0.17952	
TREATMENT	4	19.0943	4.77357	11.89**
ERROR	12	4.8196	0.40164	
TOTAL	19	24.4525		

CV (%) = 7.21
** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 53 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสูงคะน้าอายุ 42 วัน การทดลองปี 2558

SV	df	SS	MS	F
BLOCK	3	0.2243	0.07478	
TREATMENT	4	15.6664	3.91659	26.41**
ERROR	12	1.7795	0.14829	
TOTAL	19	17.6702		

CV (%) = 3.81
** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 54 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความกว้างใบคะน้าอายุ 7 วัน การทดลองปี 2558

SV	Df	SS	MS	F
BLOCK	3	10.5725	3.52417	
TREATMENT	4	1.7763	0.44408	1.31^{ns}
ERROR	12	4.0808	0.34007	
TOTAL	19	16.4297		

CV (%) = 14.03
ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 55 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ความกว้างใบคะน้าอายุ 14 วัน การทดลองปี 2558

SV	Df	SS	MS	F
BLOCK	3	16.4466	5.48219	
TREATMENT	4	0.5288	0.13219	0.69^{ns}
ERROR	12	2.2922	0.19101	
TOTAL	19	19.2675		

CV (%) = 9.39
ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 56 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความกว้างใบคะน้าอายุ 21 วัน การทดลองปี 2558

SV	Df	SS	MS	F
BLOCK	3	17.3738	5.79127	
TREATMENT	4	0.5891	0.14727	0.34^{ns}
ERROR	12	5.1287	0.42739	
TOTAL	19	23.0916		

CV (%) = 12.90
ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 57 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความกว้างใบคะน้าอายุ 28 วัน การทดลองปี 2558

SV	Df	SS	MS	F
BLOCK	3	12.4161	4.13869	
TREATMENT	4	12.0133	3.00332	2.34^{ns}
ERROR	12	15.4299	1.28583	
TOTAL	19	39.8593		

CV (%) = 16.52
ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 58 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความกว้างใบคะน้าอายุ 35 วัน การทดลองปี 2558

SV	Df	SS	MS	F
BLOCK	3	2.3439	0.78130	
TREATMENT	4	11.9113	2.97783	2.80^{ns}
ERROR	12	12.7538	1.06282	
TOTAL	19	27.0090		

CV (%) = 12.87
ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 59 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความกว้างใบคะน้าอายุ 42 วัน การทดลองปี 2558

SV	Df	SS	MS	F
BLOCK	3	2.8955	0.96517	
TREATMENT	4	12.3203	3.08008	3.08^{ns}
ERROR	12	12.0165	1.00137	
TOTAL	19	12.0165		

CV (%) = 10.75
ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 60 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความยาวใบคะน้าอายุ 7 วัน การทดลองปี 2558

SV	Df	SS	MS	F
BLOCK	3	24.5809	8.19365	
TREATMENT	4	4.7823	1.19558	1.93^{ns}
ERROR	12	7.4202	0.61835	
TOTAL	19	36.7835		

CV (%) = 14.04
ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 61 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความยาวใบคะน้าอายุ 14 วัน การทดลองปี 2558

SV	df	SS	MS	F
BLOCK	3	32.1714	10.7238	
TREATMENT	4	0.9198	0.2300	0.76^{ns}
ERROR	12	3.6501	0.3042	
TOTAL	19	36.7413		

CV (%) = 8.85
ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 62 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความยาวใบคะน้าอายุ 21 วัน การทดลองปี 2558

SV	Df	SS	MS	F
BLOCK	3	26.6073	8.86909	
TREATMENT	4	1.4504	0.36260	0.48^{ns}
ERROR	12	9.1038	0.75865	
TOTAL	19	37.1615		

CV (%) = 12.93
ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 63 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความยาวใบคะน้าอายุ 28 วัน การทดลองปี 2558

SV	Df	SS	MS	F
BLOCK	3	9.3261	3.10871	
TREATMENT	4	17.4291	4.35728	2.25^{ns}
ERROR	12	23.2610	1.93841	
TOTAL	19	50.0162		

CV (%) = 15.04
ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 64 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความยาวใบคะน้าอายุ 35 วัน การทดลองปี 2558

SV	df	SS	MS	F
BLOCK	3	6.5406	2.18021	
TREATMENT	4	21.8271	5.45678	2.99^{ns}
ERROR	12	21.9054	1.82545	
TOTAL	19	50.2731		

CV (%) = 12.07
ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 65 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความยาวใบคะน้าอายุ 42 วัน การทดลองปี 2558

SV	df	SS	MS	F
BLOCK	3	0.4436	0.14786	
TREATMENT	4	32.9805	8.24513	12.22**
ERROR	12	8.0985	0.67488	
TOTAL	19	41.5226		

CV (%) = 6.71
** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 66 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนใบเฉลี่ยคะน้าอายุ 7 วัน การทดลองปี 2558

SV	df	SS	MS	F
BLOCK	3	0.64996	0.21665	
TREATMENT	4	0.60098	0.15024	0.77^{ns}
ERROR	12	2.33694	0.19474	
TOTAL	19	3.58788		

CV (%) = 10.64
ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 67 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนใบเฉลี่ยคะน้าอายุ 14 วัน การทดลองปี 2558

SV	df	SS	MS	F
BLOCK	3	0.94706	0.31569	
TREATMENT	4	0.39338	0.09834	0.56^{ns}
ERROR	12	2.09582	0.17465	
TOTAL	19	3.43626		

CV (%) = 9.14
ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 68 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนใบเฉลี่ยคะน้าอายุ 21 วัน การทดลองปี 2558

SV	df	SS	MS	F
BLOCK	3	1.65222	0.55074	
TREATMENT	4	0.28432	0.07108	0.30^{ns}
ERROR	12	2.79728	0.23311	
TOTAL	19	4.73382		

CV (%) = 9.85
ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 69 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนใบเฉลี่ยคะน้าอายุ 28 วัน การทดลองปี 2558

SV	df	SS	MS	F
BLOCK	3	3.3957	1.13191	
TREATMENT	4	3.3999	0.84998	2.40^{ns}
ERROR	12	4.2430	0.35358	
TOTAL	19	11.0386		

CV (%) = 9.14
ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 70 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนใบเฉลี่ยคะน้าอายุ 35 วัน การทดลองปี 2558

SV	df	SS	MS	F
BLOCK	3	0.69400	0.23133	
TREATMENT	4	2.56000	0.64000	4.53*
ERROR	12	1.69600	0.14133	
TOTAL	19	4.95000		

CV (%) = 4.98
* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 71 การวิเคราะห์ความแปรปรวนจำนวนใบเฉลี่ยคะน้าอายุ 42 วัน การทดลองปี 2558

SV	df	SS	MS	F
BLOCK	3	0.41172	0.13724	
TREATMENT	4	2.49173	0.62293	2.50^{ns}
ERROR	12	2.99323	0.24944	
TOTAL	19	5.89668		

CV (%) = 6.18
ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 72 การวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักสดต่อต้น การทดลองปี 2558

SV	Df	SS	MS	F
BLOCK	3	1068.15	356.050	
TREATMENT	4	526.30	131.575	0.71^{ns}
ERROR	12	2236.10	186.342	
TOTAL	19	3830.15		

CV (%) = 36.07
ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 73 การวิเคราะห์ความแปรปรวนผลผลิต การทดลองปี 2558

SV	Df	SS	MS	F
BLOCK	3	3151102	1050367	
TREATMENT	4	1492560	373140	0.70^{ns}
ERROR	12	6375387	531282	
TOTAL	19	1.101E+07		

CV (%) = 36.06
ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน