บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. อิทธิพลของปุ๋ยเคมีและปุ๋ยคอกต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน

1.1 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินบางประการในแปลงทดลองก่อนปลูกมะละกอ

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของดินชุดยโสธรก่อนปลูกมะละกอ (ตารางที่ 4) พบว่า คุณสมบัติของดินในแปลงทดลองมีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ดินมีความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (available water capacity : AWC) ต่ำ เท่ากับ 4.88 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ดินมีความเป็นกรดสูง (pH 4.90) อินทรียวัตถุในดินมีค่าต่ำมาก เท่ากับ 0.49 เปอร์เซ็นต์ เพราะว่าเป็นดินเก่าที่มีการสลายตัวสูง มีการชะล้างสูง ค่าวิเคราะห์ดังกล่าวใกล้เคียงกับค่าวิเคราะห์ดินเดียวกันนี้ที่กระทำโดย กฤษฎิ์ (2537) ซึ่งพบว่าดินชุดยโสธรก่อนปลูกข้าวโพดมีค่า pH และอินทรียวัตถุ เท่ากับ 4.7 และ 0.47 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ วิทยา (2533) วิเคราะห์ดินชุดเดียวกันนี้ พบว่า ค่า pH และอินทรียวัตถุ เท่ากับ 4.8 และ 0.53 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และมีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน เท่ากับ 3.20 meq/100g ส่วนค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินชุดยโสธรที่ใช้ในการทดลองนี้ที่มีค่าเท่ากับ 4.91 meq/100 g ใกล้เคียงกับผลการวิเคราะห์โดยปัทมา (2534) ที่พบว่า ดินชุดยโสธรในโครงการเกษตรแบบประณีตภายในเขตมหาวิทยาลัยขอนแก่นที่ระดับความลึก 0-20 ซม.ซึ่งมีการปลูกข้าวโพดทุกปีมีความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (cation exchange capacity : CEC) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.26 meq/100 g จัดอยู่ในเกณฑ์ต่ำ (มานพ, 2532 ; Pushparajah and Bachik, 1985) สำหรับระดับของธาตุอาหารในดินนี้พบว่ามีปริมาณธาตุอาหารหลักที่ประกอบด้วยปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total N), ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (available P) และโปตัสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K) เท่ากับ 0.03 เปอร์เซ็นต์, 2.46 ppm และ 0.02 meq/100 g ตามลำดับ จัดอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำมากสำหรับมาตรฐานทางเคมีของดินในประเทศไทย (มานพ, 2532 ; สำเนา, 2536) เช่นเดียวกับปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.61 และ 0.28 meq/100 g

ตารางที่ 4 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของดินชุดยโสธรก่อนทำการทดลอง

คุณสมบัติของดิน	ค่าวิเคราะห์
1. คุณสมบัติทางกายภาพของดิน	
ทราย (sand) (%)	72.90
ซิลท์ (silt) (%)	19.70
ดินเหนียว (clay) (%)	7.40
เนื้อดิน (textural class)	sandy loam
ความชื้นของดินที่ 1/3 บรรยากาศ (moisture at 1/3 bar) (%)	7.68
ความชื้นที่ 15 บรรยากาศ (moisture at 15 bar) (%)	2.80
ความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (available moisture) (%)	4.88
2. คุณสมบัติทางเคมีของดิน	
ความเป็นกรด-ด่าง (pH) (1:1,ดิน : น้ำ)	4.90
อินทรียวัตถุ (organic matter) (%)	0.49
ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (cation exchange capacity) (meq/100 g)	4.91
ไนโตรเจนทั้งหมดของดิน (total N) (%)	0.03
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) (ppm)	2.46
โปตัสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K) (meq/100 g)	0.02
แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable Ca) (meq/100 g)	0.61
แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable Mg) (meq/100 g)	0.28
อะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable Al) (meq/100 g)	0.40
โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable Na) (meq/100 g)	0.24

1.2 คุณสมบัติของดินภายหลังการใส่ปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมี

ผลของการวิเคราะห์คุณสมบัติของตัวอย่างดินในแปลงทดลองขณะเมื่อมะละกอมีอายุ 275 วันนับจากปลูกลงดิน ซึ่งเป็นระยะที่เริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งแรก มีค่าดังต่อไปนี้

1.2.1. คุณสมบัติทางกายภาพบางประการของดิน

1) ความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (AWC) ของดิน

อิทธิพลของปุ๋ยเคมีและปุ๋ยคอกต่อค่าความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดิน แสดงไว้ในตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ (ANOV) พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของอิทธิพลของปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆและอัตราปุ๋ยคอกต่อค่าความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดิน นอกจากนี้ยังพบว่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติของปฏิกิริยาสัมพันธ์ (interaction) ระหว่างเกรดปุ๋ยเคมีกับอัตราปุ๋ยคอกที่ใส่ร่วมกัน (ดังตารางผนวกที่ 7)

โดยที่ดินซึ่งไม่ได้รับการใส่ปุ๋ย (control) มีความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.56 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆโดยลำพัง ซึ่งมีความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชที่มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.13-4.73 เปอร์เซ็นต์ อิทธิพลดังกล่าวทำให้ดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆ มีค่าความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชที่เฉลี่ยจากทุกอัตราปุ๋ยคอก มีค่าระหว่าง 4.38-4.66 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยเคมีแต่ใส่ปุ๋ยคอก (0-0-0) ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.57 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับ ดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยคอกอัตราต่างๆโดยลำพัง ซึ่งมีความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ที่มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.46-4.71 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ย (control) อิทธิพลดังกล่าวทำให้ดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยคอกอัตราต่างๆมีค่าความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชที่เฉลี่ยจากทุกเกรดปุ๋ยเคมี มีค่าระหว่าง 4.40-4.62 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยคอกแต่ใส่ปุ๋ยเคมี (อัตรา 0 กก.ต่อต้น) ที่มีค่าเท่ากับ 4.49 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งส่งผลให้ดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆร่วมกับอัตราปุ๋ยคอก มีความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติด้วย

ผลการทดลองนี้มีความแตกต่างจากงานทดลองในกระถางและในไร่โดยวิทยา (2533) ที่พบว่าการใส่ปุ๋ยคอกในดินชุดยโสธรทำให้ดินมีความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเพิ่มขึ้นมีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับดินที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยคอก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าในการทดลองนี้มีระยะเวลาของการใส่ปุ๋ยคอกลงในดินที่ค่อนข้างยาวนานกว่า ประกอบกับมีการสลายตัวของปุ๋ยคอกในสภาพของแปลงทดลองที่รวดเร็วทำให้อิทธิพลของปุ๋ยคอกดังกล่าวลดลง ซึ่งผลการใส่ปุ๋ยคอกในปีแรกมักมีอิทธิพลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดินที่ไม่เด่นชัดเท่ากับการใส่อย่างต่อเนื่อง ดังที่ Tiarks และคณะ (1974) กับ Mazurak และคณะ (1977) ที่

พบว่า ภายหลังการใส่ปุ๋ยคอกอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 2 และ 3 ปีตามลำดับ ทำให้ดินมีปริมาณความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเพิ่มขึ้น โดยที่ Sommerfeldt และ Chang (1987) ได้ให้เหตุผลว่า การใส่ปุ๋ยคอกลงในดินอาจไม่ทำให้มีความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเพิ่มขึ้น (ยกเว้นในดินทราย) แม้ว่าดินจะมีระดับอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นภายหลังการใส่ปุ๋ยคอกก็ตาม เป็นเพราะว่าส่วนใหญ่ของน้ำในดินจะถูกกักเก็บไว้ในสารประกอบอินทรีย์และถูกยึดไว้ด้วยค่าของแรงดึงน้ำ (tension) ที่สูงกว่าจุดเหี่ยวเฉาของพืช ทำให้ดินมีปริมาตรของความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชซึ่งดินกักเก็บไว้ด้วยแรงดึงน้ำ ที่มีค่าระหว่าง 20 kPa-1500 kPa (หรือ 0.2-15 bar) ลดลงด้วย อย่างไรก็ตามผลการทดลองนี้ก็มีแนวโน้มที่การใส่ปุ๋ยคอกระดับสูง อัตรา 10 กก.ต่อต้น (หรือประมาณ 4 ตันต่อไร่) จะมีอิทธิพลทำให้ดินชุดยโสธรที่ใช้ในการทดลองนี้มีปริมาณความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเพิ่มขึ้นสูงกว่าการใส่ปุ๋ยคอกในอัตราต่ำกว่า (ดังตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 อิทธิพลของปุ๋ยเคมีและปุ๋ยคอกต่อค่าเฉลี่ยความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (AWC) และค่าความหนาแน่นรวม (BD) ของดินชุดยโสธรในแปลงทดลองที่ระยะเริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งแรกของมะละกอ เมื่อมีอายุ 275 วัน

เกรดปุ๋ยเคมี	ระดับปุ๋ยคอก (กก.ต่อต้น)				เฉลี่ย
(1 กก.ต่อต้น)	0	2.5	5	10	
ความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (% โดยน้ำหนัก)					
0-0-0	4.56^{a}	4.46^{a}	4.56^{a}	4.71^{a}	4.57^{A}
16-8-8	4.58^{a}	4.52^{a}	4.30^{a}	4.42^{a}	4.45^{A}
12-24-12	4.73^{a}	4.57^{a}	4.61^{a}	4.72^{a}	4.66^{A}
13-13-21	4.13^{a}	4.52^{a}	4.30^{a}	4.73^{a}	4.42^{A}
15-15-15	4.43^{a}	4.31^{a}	4.25^{a}	4.54^{a}	4.38^{A}
เฉลี่ย	4.49^{A}	4.47^{A}	4.40^{A}	4.62^{A}	
cv(a) = 9.26 %, cv(b) = 6.55 %					
----------ความหนาแน่นรวม (กรัมต่อซม.^{3})----------					
0-0-0	1.59^{a}	1.57^{abc}	1.56^{abc}	1.51^{bcdef}	1.56^{A}
16-8-8	1.54^{abcd}	1.52^{abcde}	1.44^{gh}	1.47^{defg}	1.49^{C}
12-24-12	1.51^{bcdef}	1.45^{fg}	1.46^{fg}	1.38^{h}	1.45^{D}
13-13-21	1.58^{ab}	1.54^{abcd}	1.53^{abcde}	1.48^{def}	1.53^{AB}
15-15-15	1.57^{abc}	1.52^{abcdef}	1.53^{abcde}	1.45^{fg}	1.52^{BC}
เฉลี่ย	1.56^{A}	1.52^{B}	1.50^{B}	1.46^{C}	
cv(a) = 2.95 %, cv(b) = 2.95 %					

หมายเหตุ ข้อมูลที่กำกับด้วยอักษรตัวพิมพ์เล็กและค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี DMRT

2) ความหนาแน่นรวม (bulk density : BD) ของดิน

อิทธิพลของปุ๋ยเคมีและปุ๋ยคอกต่อค่าความหนาแน่นรวมเฉลี่ยของดิน แสดงไว้ในตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติของอิทธิพลของปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆและอัตราปุ๋ยคอกต่อค่าความหนาแน่นรวมเฉลี่ยของดิน โดยไม่มีนัยสำคัญทางสถิติของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างเกรดปุ๋ยเคมีกับอัตราปุ๋ยคอกที่ใส่ร่วมกัน (ดังตารางผนวกที่ 7)

โดยจะเห็นว่า ดินที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ย (control) มีค่าความหนาแน่นรวมเฉลี่ย เท่ากับ 1.59 กรัมต่อซม.^{3} ผลของการใส่ปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆโดยลำพัง ทำให้ดินมีค่าความหนาแน่นรวมลดลง โดยดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 12-24-12 มีค่าความหนาแน่นรวมเฉลี่ยต่ำที่สุด เท่ากับ 1.51 กรัมต่อซม.^{3} มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับดินที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ย (control) อิทธิพลดังกล่าวทำให้ดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 16-8-8, 12-24-12, 13-13-21 และ 15-15-15 มีค่าเฉลี่ยความหนาแน่นรวมที่เฉลี่ยจากทุกอัตราปุ๋ยคอก เท่ากับ 1.49, 1.45, 1.53, และ 1.51 กรัมต่อซม.^{3} ตามลำดับ มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างปุ๋ยเคมีเกรด 16-8-8, 12-24-12 และ 15-15-15 เมื่อเปรียบเทียบกับดินที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีแต่ใส่ปุ๋ยคอก (0-0-0) ซึ่งมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 1.56 กรัมต่อซม.^{3} การลดลงของค่าความหนาแน่นรวมของดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีนี้ อาจสันนิษฐานว่าเป็นเพราะปุ๋ยเคมีทำให้พืชมีการเจริญเติบโตทั้งส่วนที่อยู่เหนือดินและระบบรากที่อยู่ในดิน ทำให้ดินมีช่องว่างภายในดินและความพรุน (porosity) เพิ่มขึ้น ดังที่อธิบายโดย Tattao (1987 อ้างถึงใน อำนาจ, 2536) ซึ่งทำการศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยเคมีที่มีไนโตรเจนและฟอสฟอรัส กับข้าวโพดที่ปลูกในดินชุดปากช่อง ก็พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีทำให้ดินมีความแน่นทึบต่ำกว่าดินที่ไม่เคยใส่ปุ๋ยเคมี และเมื่อดินได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีระยะยาว จะมีการจับตัวกันของเม็ดดินเกิดขึ้น เป็นเพราะว่าการใส่ปุ๋ยเคมีทำให้ข้าวโพดที่ปลูกทดลองมีปริมาณซากพืชทั้งส่วนเหนือดินและรากมากกว่าดินที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยเคมี และทำให้ดินมีอินทรียสารมากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับที่ Rusell (1973) กล่าวว่า รากพืชเป็นตัวกระทำที่สำคัญที่สุดในการทำให้เกิดช่องว่างขึ้นในดินเมื่อมีการไชชอนของส่วนที่เป็นปลายรากเข้าไปในช่องว่างของดิน ในขณะที่รากอ่อนเจริญเติบโตจะเบ่งตัวขึ้นทำให้ช่องว่างในดินขยายกว้างขึ้น รวมทั้งการที่รากดูดน้ำจากดินก็จะมีผลทำให้ดินสูญเสียน้ำ มีการหดตัวแตกร้าวขณะดินแห้งทำให้เกิดช่องว่างในดินมากขึ้นทำให้มีผลกระทบต่อค่าความหนาแน่นรวมของดินได้ ทั้งนี้เป็นที่สังเกตว่าปุ๋ยเคมีเกรด 12-24-12 ซึ่งมีสัดส่วนของธาตุฟอสฟอรัสสูง มีอิทธิพลต่อการเจริญของระบบรากดีกว่าปุ๋ยเคมีเกรดอื่นๆ โดยมีปริมาณความหนาแน่นของรากสูงกว่า (ดังตารางผนวกที่ 1) ทำให้ดินมีค่าความหนาแน่นรวมลดลงมากกว่าปุ๋ยเคมีเกรดอื่นๆ

ผลของการใส่ปุ๋ยคอกโดยลำพังทำให้ดินมีค่าความหนาแน่นรวมลดลง โดยที่การใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 10 กก.ต่อต้นโดยลำพังทำให้ดินมีค่าความหนาแน่นรวมลดลงมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.51 กรัมต่อซม.^{3} มีความแตกต่างทางสถิติจากการไม่ใส่ปุ๋ย (control) อิทธิพลดังกล่าวทำให้ดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 2.5, 5 และ 10 กก.ต่อต้น มีค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นรวมที่เฉลี่ยจากทุกเกรดปุ๋ยเคมี เท่ากับ 1.50, 1.52 และ 1.46 กรัม/ซม.^{3} มีความแตกต่างทางสถิติจากการไม่ใส่ปุ๋ยคอกแต่ใส่ปุ๋ยเคมี (อัตรา 0 กก.ต่อต้น) ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.56 กรัม/ซม.^{3} สอดคล้องกับที่รายงานโดย Tester (1990); Shiralipour และคณะ (1992); Schjonning และคณะ (1994) ที่พบว่า การใส่ปุ๋ยคอกและอินทรียวัตถุอื่นๆ เ ช่น ปุ๋ยหมักและปุ๋ยหมักจากตะกอนน้ำทิ้ง (sewage sludge) ทำให้ดินมีความหนาแน่นรวมลดลง เป็นเพราะว่าการย่อยสลายของปุ๋ยคอกที่ใส่ลงในดินโดยจุลินทรีย์ดินจะมีสารเชื่อมเกิดขึ้นช่วยยึดอนุภาคดินให้เกาะตัวกันเข้าเป็นเม็ดดิน ทำให้ดินมีความร่วนซุยเพิ่มขึ้นและมีความหนาแน่นรวมลดลง โดยมีสหสัมพันธ์ในทางกลับกันกับอัตราปุ๋ยคอกที่ใส่ ($r = - 0.76$) (Mazurak *et al.*, 1977; Sommerfeldt and Chang, 1985)

ผลของการใส่ปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆร่วมกับอัตราปุ๋ยคอก พบว่า มีอิทธิพลสนับสนุนกันดังจะเห็นว่าดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีแต่ละเกรดมีค่าความหนาแน่นรวมเฉลี่ยลดลงตามอัตราปุ๋ยคอก ขณะเดียวกันดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยคอกแต่ละอัตรามีค่าความหนาแน่นรวมเฉลี่ยลดลงแตกต่างกันไปตามเกรดของปุ๋ยเคมีที่ใช้ มีทิศทางของการตอบสนองไปในแนวเดียวกัน ในการทดลองนี้ พบว่า ผลการใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 12-24-12 ร่วมกับปุ๋ยคอกอัตรา 10 กก.ต่อต้น ทำให้ดินมีค่าความหนาแน่นรวมเฉลี่ยต่ำที่สุด เท่ากับ 1.38 กรัมต่อซม.^{3} ซึ่งสอดคล้องกับที่ Pesant และคณะ (1992) พบว่า การใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยเคมีให้กับดินชั้นล่างที่มีการเคลื่อนย้ายเอาหน้าดินออกไป สามารถทำให้ดินชั้นล่างมีความหนาแน่นรวมลดลงตามระยะเวลาการใส่ปุ๋ย ดีกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีหรืออินทรียวัตถุอย่างใดอย่างหนึ่ง เช่นเดียวกับ Bhatnagar และคณะ (1992) ก็พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมี (N-P-K) ร่วมกับปุ๋ยคอกก็มีผลทำให้ความหนาแน่นรวมของดินชั้นบนลดลงได้มากกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยคอกเพียงอย่างเดียว เป็นเพราะว่าทั้งปุ๋ยเคมีและปุ๋ยคอกต่างมีอิทธิพลช่วยให้ดินมีความพรุนเพิ่มขึ้น ดินมีความแน่นทึบน้อยลง

3) ความแข็ง (penetrometer resistance : PR) ของดิน

อิทธิพลของปุ๋ยเคมีและปุ๋ยคอกต่อค่าความแข็ง (PR) ของดิน แสดงไว้ในตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติของอิทธิพลของปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆและอัตราปุ๋ย

คอกต่อค่าความแข็ง (PR) ของดิน โดยไม่มีนัยสำคัญทางสถิติของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างเกรดปุ๋ยเคมีกับอัตราปุ๋ยคอกที่ใส่ร่วมกัน (ดังตารางผนวกที่ 7)

โดยจะเห็นว่าดินที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ย (control) มีค่าความแข็ง (PR) ของดินเฉลี่ยเท่ากับ2.15 กก.ต่อซม.^{2} ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเคมี เกรดต่างๆโดยลำพัง ทั้งนี้มีแนวโน้มว่าดินซึ่งได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 13-13-21 มีค่าความแข็ง (PR) เฉลี่ยเท่ากับ 1.83 กก.ต่อซม.^{2} ต่ำกว่าปุ๋ยเคมีเกรดอื่นๆ ขณะที่ดินซึ่งได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 15-15-15 จะมีค่าความแข็ง (PR) ของดินเฉลี่ย เท่ากับ 2.21 กก.ต่อซม.^{2} มีแนวโน้มมากกว่าดินที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ย (control) อิทธิพลดังกล่าวทำให้ดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 16-8-8, 12-24-12, 13-13-21 และ 15-15-15 มีค่าความแข็ง (PR) ที่เฉลี่ยจากทุกอัตราปุ๋ยคอก เท่ากับ 1.76, 1.62, 1.57 และ 1.87 กก./ซม.^{2} ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับดินที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีแต่ใส่ปุ๋ยคอก (0-0-0) ที่มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 1.68 กก.ต่อซม.^{2} สอดคล้องกับที่ Tester (1990) พบว่า ดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีมีค่าความแข็ง (PR) ไม่แตกต่างทางสถิติจากดินที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ย

ผลของการใส่ปุ๋ยคอกโดยลำพังทำให้ดินมีความแข็ง (PR) ลดลง การใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 10 กก.ต่อต้นโดยลำพังทำให้ดินมีค่าความแข็ง (PR) ลดลงมากที่สุดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.20 กก.ต่อซม.^{2} อิทธิพลดังกล่าวทำให้ดินที่ได้รับอัตราปุ๋ยคอก 2.5, 5 และ 10 กก.ต่อต้น มีค่าความแข็ง (PR) ที่เฉลี่ยจากทุกเกรดปุ๋ยเคมี เท่ากับ 1.80, 1.59 และ 1.39 กก.ต่อซม.^{2} ตามลำดับ มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยคอกแต่ใส่ปุ๋ยเคมี (อัตรา 0 กก.ต่อต้น) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.03 กก.ต่อซม.^{2} สอดคล้องกับที่ Gupta และคณะ (1977) พบว่า การใส่ปุ๋ยหมักจากตะกอนน้ำทิ้ง (sewage sludge) ทำให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุและการดูดยึดน้ำเพิ่มขึ้น ดินจึงมีค่าความแข็ง (PR) ลดลงตามอัตราการใส่

ผลการใส่ปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆร่วมกับอัตราปุ๋ยคอก พบว่า ดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆมีค่าความแข็ง (PR) ลดลงตอบสนองต่ออัตราปุ๋ยคอกที่ใส่ร่วมกัน แต่จะมีค่าความแข็ง (PR) เพิ่มขึ้นตอบสนองต่อปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆเมื่อพิจารณาในแต่ละอัตราปุ๋ยคอก มีความแตกต่างกันไปตามเกรดของปุ๋ยเคมีที่ใช้ โดยจะเห็นว่าที่ระดับปุ๋ยคอกอัตรา 10 กก.ต่อต้น ดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเคมี เกรด 16-8-8, 12-24-12, 13-13-21 และ 15-15-15 มีค่าความแข็ง (PR) เฉลี่ยเท่ากับ 1.48, 1.33, 1.37 และ 1.58 กก.ต่อซม.^{2} ตามลำดับ เปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 10 กก.ต่อต้นเพียงอย่างเดียวโดยไม่ใส่ปุ๋ยเคมี (0-0-0) ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.20 กก.ต่อซม.^{2} แสดงว่ามีการลดอิทธิพลของปุ๋ยคอกโดยปุ๋ยเคมีที่ใส่ร่วม ทั้งนี้ปุ๋ยเคมีเกรด 15-15-15 ลดอิทธิพลของปุ๋ยคอกที่ใส่ร่วมกันมากที่สุด รองลงมาคือ

ตารางที่ 6 อิทธิพลของปุ๋ยเคมี และปุ๋ยคอกต่อค่าเฉลี่ยความแข็ง (penetrometer resistance : PR.) ของดินชุดยโสธรในแปลงทดลอง ที่ระยะเริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งแรกของมะละกอ เมื่อมีอายุ 275 วัน

เกรดปุ๋ยเคมี	ระดับปุ๋ยคอก (กก.ต่อต้น)				เฉลี่ย
(1.0 กก.ต่อต้น)	0	2.5	5.0	10	
	----------กก.ต่อซม.^{2}----------				
0-0-0	2.15^{ab}	1.80^{cde}	1.58^{cdefg}	1.20^{h}	1.68^{AB}
16-8-8	2.03^{abc}	1.88^{bcd}	1.65^{cdefg}	1.48^{efgh}	1.76^{AB}
12-24-12	1.92^{abcd}	1.77^{cde}	1.48^{efgh}	1.33^{gh}	1.62^{B}
13-13-21	1.83^{bcd}	1.69^{cdef}	1.39^{fgh}	1.37^{fgh}	1.57^{B}
15-15-15	2.21^{a}	1.84^{bcd}	1.83^{bcd}	1.58^{cdefg}	1.87^{A}
เฉลี่ย	2.03^{A}	1.80^{B}	1.59^{C}	1.39^{D}	

cv(a) = 13.9 %, cv(b) = 11.3 %

หมายเหตุ ข้อมูลที่กำกับด้วยอักษรตัวพิมพ์เล็กและค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างตามวิธี DMRT

เกรด 16-8-8 ส่วนปุ๋ยเคมีเกรด 12-24-12 ลดอิทธิพลของปุ๋ยคอกน้อยที่สุด รองลงมาคือเกรด 13-13-21

1.2.2. คุณสมบัติทางเคมีบางประการของดิน

1) pH ของดิน

อิทธิพลของปุ๋ยเคมีและปุ๋ยคอกต่อระดับ pH ของดิน แสดงไว้ในตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า อิทธิพลการใส่ปุ๋ยเคมีทำให้ pH ของดินลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่การใส่ปุ๋ยคอกอัตราต่างๆมีแนวโน้มทำให้ดินมีค่า pH เพิ่มขึ้น โดยที่อิทธิพลของปุ๋ยเคมีทำให้อิทธิพลของปุ๋ยคอกลดลงเมื่อมีการใส่ร่วมกัน แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างเกรดปุ๋ยเคมีกับอัตราปุ๋ยคอกที่ใส่ร่วมกัน (ดังตารางผนวกที่ 7)

โดยจะเห็นว่า ดินที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ย (control) มีค่า pH ของดินเฉลี่ยเท่ากับ 6.12 ผลของการใส่ปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆโดยลำพังทำให้ดินมีค่า pH เฉลี่ยลดลง โดยปุ๋ยเคมีเกรด 16-8-8 ทำให้ pH ของดินลดลงมากที่สุดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.31 อิทธิพลดังกล่าวทำให้ดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 16-8-8, 12-24-12, 13-13-21 และ 15-15-15 มีค่า pH ที่เฉลี่ยจากทุกอัตราปุ๋ยคอก เท่ากับ 5.27, 5.36, 5.81 และ 5.46 ตามลำดับ เปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยเคมีแต่ใส่ปุ๋ยคอก (0-0-0) ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.25 อิทธิพลของปุ๋ยเคมีต่อการลดลงของระดับ pH ของดินภายหลังการใส่ปุ๋ยเคมีนี้สอดคล้องกับผลการทดลองที่กระทำโดย Stumpe และ Vlek (1991) พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปของยูเรีย, แอมโมเนียม ซัลเฟต และ แคลเซียมแอมโมเนียม ไนเตรท กับดินเขตร้อนที่อยู่ในอันดับ Oxisol , Ultisol และ Alfisol มีผลทำให้ pH ของดินลดลง โดยที่ปุ๋ยยูเรีย และ แอมโมเนียม ซัลเฟต ทำให้ pH ของดินลดลงมากที่สุด เป็นเพราะว่าไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม (NH_4^+) ที่ดินได้รับจากการใส่ปุ๋ยเป็นตัวชักนำให้เกิดกรดในดินเพิ่มขึ้น จากปฏิกิริยาของกระบวนการไนตริฟิเคชั่น ที่มีการปลดปล่อยประจุบวกของไฮโดรเจน (H^+) ออกมาอยู่ในสารละลายดินเพิ่มขึ้น รวมทั้งการดูดใช้ (uptake) แอมโมเนีย (NH_4^+) โดยรากพืชจะมีการปลดปล่อยประจุบวกของไฮโดรเจน (H^+) เพื่อรักษาสมดุลย์ทางประจุไฟฟ้าของธาตุอาหารในดินก็จะมีผลทำให้ดินมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น (Ragland and Boonpuckdee, 1988) ส่วน Xie และ Mackenzie (1990) ก็พบว่า การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสลงในดินทำให้ pH ของดินลดลงและมีการปลดปล่อยประจุบวกของไฮโดรเจน (H^+) ออกมาอยู่ในสารละลายของดิน ในขณะที่ดินมีการดูดยึดฟอสฟอรัส (P sorption) โดยมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างปริมาณของประจุบวกของไฮโดรเจน (H^+) กับปริมาณฟอสฟอรัสที่ถูกดินดูดยึด นอกจากนี้ปฏิกิริยาของการตกตะกอนของฟอสฟอรัสและแคลเซียมเกิดเป็นสารประกอบฟอสเฟตของแคลเซียม (P-Ca) ในดินก็จะมีประจุบวกของไฮโดรเจน (H^+) เกิดขึ้นด้วย เป็นผลทำให้

ตารางที่ 7 อิทธิพลของปุ๋ยเคมีและปุ๋ยคอกต่อค่าเฉลี่ยระดับ pH และปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ของดินชุดยโสธรในแปลงทดลอง ที่ระยะเริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งแรกของมะละกอ เมื่อมีอายุ 275 วัน

เกรดปุ๋ยเคมี	ระดับปุ๋ยคอก (กก.ต่อต้น)				เฉลี่ย
(1 กก.ต่อต้น)	0	2.5	5	10	
	----------pH (1 : 1)----------				
0-0-0	6.12 ^{abcd}	6.27 ^{ab}	6.18 ^{abc}	6.41 ^{a}	6.25 ^{A}
16-8-8	5.31 ^{fg}	5.21 ^{fg}	5.21 ^{fg}	5.33 ^{fg}	5.27 ^{C}
12-24-12	5.50 ^{cdefg}	5.40 ^{efg}	5.04 ^{g}	5.50 ^{cdefg}	5.36 ^{BC}
13-13-21	5.75 ^{abcdefg}	5.58 ^{bcdefg}	5.81 ^{abcde}	6.08 ^{abcde}	5.81 ^{AB}
15-15-15	5.42 ^{defg}	5.41 ^{efg}	5.45 ^{defg}	5.56 ^{cdefg}	5.46 ^{BC}
เฉลี่ย	5.62 ^{A}	5.57 ^{A}	5.54 ^{A}	5.78 ^{A}	
cv(a) = 10.54 %, cv(b) = 5.86 %					
	----------อินทรียวัตถุของดิน (% โดยน้ำหนัก)----------				
0-0-0	0.66 ^{cdefg}	0.69 ^{cdefg}	0.80 ^{abcdef}	0.95 ^{abc}	0.77 ^{AB}
16-8-8	0.52 ^{fg}	0.61 ^{defg}	0.72 ^{abcdefg}	0.85 ^{abcde}	0.68 ^{B}
12-24-12	0.72 ^{bcdefg}	0.75 ^{abcdefg}	0.89 ^{abcde}	1.02 ^{a}	0.85 ^{A}
13-13-21	0.50 ^{g}	0.71 ^{bcdefg}	1.00 ^{ab}	0.90 ^{abcd}	0.78 ^{AB}
15-15-15	0.59 ^{efg}	0.68 ^{cdefg}	0.76 ^{abcdefg}	0.85 ^{abcde}	0.72 ^{AB}
เฉลี่ย	0.60 ^{B}	0.69 ^{B}	0.83 ^{A}	0.92 ^{A}	
cv(a) = 23.53 %, cv(b) = 23.16 %					

หมายเหตุ ข้อมูลที่กำกับด้วยอักษรตัวพิมพ์เล็กและค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี DMRT

ดินมี pH ลดลง

ผลการใส่ปุ๋ยคอกโดยลำพังมีแนวโน้มทำให้ pH ของดินเพิ่มขึ้น แม้ว่าจะไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างอัตราปุ๋ยคอกที่ใส่กับดินที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ย (control) โดยจะเห็นว่าดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 2.5, 5 และ10 กก.ต่อต้น มีค่า pH เท่ากับ 6.27, 6.18 และ 6.41 ตามลำดับ เพิ่มขึ้นจากดินที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ย (control) ที่มีค่า pH ของดินเฉลี่ยเท่ากับ 6.12 สอดคล้องกับที่ กฤษฎิ์ (2537) พบว่าดินชุดยโสธรที่ได้รับการใส่ปุ๋ยคอกมีระดับ pH เพิ่มขึ้น ตามอัตราปุ๋ยคอก ในทำนองเดียวกับที่ Saghin และคณะ (1992) รายงานว่า ดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยคอกจะมี pH เพิ่มขึ้น 0.1 หน่วย ต่อปริมาณการใส่ปุ๋ยคอกจำนวน 1 ตัน การที่ปุ๋ยคอกทำให้ pH ของดินสูงขึ้นเป็นเพราะว่าตัวปุ๋ยคอกเอง มี pH สูง เท่ากับ 9.4 (ดังค่าวิเคราะห์ในตารางที่ 3) เนื่องจากมีธาตุประจุบวกที่เป็นด่างได้แก่ K^+, Ca^{2+} และ Mg^{2+} ในองค์ประกอบของปุ๋ยคอกทั่วไป (สุรศักดิ์ และ ปัทมา, 2532; Pavan, 1993)

ดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆร่วมกับอัตราปุ๋ยคอก มีการลดลงของ pH ที่แตกต่างกันไปตามเกรดของปุ๋ยเคมีที่ใส่ โดยจะเห็นว่า ปุ๋ยเคมีเกรด 16-8-8 ทำให้ดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยคอกมี pH ลดลงมากที่สุด ส่วนปุ๋ยเคมีเกรด 13-13-21 ทำให้ดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยคอกมี pH ลดลงน้อยที่สุด ทั้งนี้เพราะปุ๋ยเคมีที่ใช้มีผลตกค้างที่เป็นกรดซึ่งจะไปลดอิทธิพลของปุ๋ยคอกที่ใส่ร่วมได้แตกต่างกัน สอดคล้องกับที่ กฤษฎิ์ (2537) ; Magdoff และ Amadon (1980) ที่พบว่า การเพิ่มอัตราปุ๋ยไนโตรเจนให้กับดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยคอก ทำให้ดินมี pH ลดลง อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้มีแนวโน้มที่ดินซึ่งได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีแต่ละเกรด มี pH เพิ่มขึ้นเมื่อใส่ร่วมกับปุ๋ยคอกอัตรา 10 กก.ต่อต้น การใส่ปุ๋ยเกรด 13-13-21 ร่วมกับปุ๋ยคอกอัตรา 10 กก.ต่อต้น ทำให้ดินมีค่า pH เฉลี่ยเท่ากับ 6.08 สูงกว่าการใส่ปุ๋ยเกรด 13-13-21 โดยลำพังที่มีค่า pH เฉลี่ยเท่ากับ 5.75

2) อินทรียวัตถุ(organic matter : OM)ของดิน

อิทธิพลของการใส่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยคอกต่อปริมาณอินทรียวัตถุของดิน แสดงไว้ในตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของอิทธิพลของปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆต่อปริมาณอินทรียวัตถุของดิน ขณะที่การใส่ปุ๋ยคอกทำให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นตามอัตราที่ใส่โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างเกรดปุ๋ยเคมีกับอัตราปุ๋ยคอกที่ใส่ร่วมกัน (ดังตารางผนวกที่ 7)

โดยจะเห็นว่าดินที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ย (control) มีปริมาณอินทรียวัตถุเท่ากับ 0.66 เปอร์เซ็นต์ ผลการใส่ปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆ โดยลำพังทำให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับดินที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ย(control) อิทธิพลดังกล่าวทำให้ดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเคมี

เกรด 16-8-8, 12-24-12, 13-13-21 และ 15-15-15 มีปริมาณอินทรียวัตถุที่เฉลี่ยจากทุกอัตราปุ๋ยคอก มีค่าเท่ากับ 0.68, 0.85, 0.78 และ 0.72 เปอร์เซนต์ เปรียบเทียบกับดินที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีแต่ใส่ปุ๋ยคอก (0-0-0) ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.77 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ก็มีแนวโน้มที่การใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 12-24-12 ทำให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีเกรดอื่นๆและการไม่ใส่ปุ๋ยเคมีแต่ใส่ปุ๋ยคอก (0-0-0) อาจเป็นเพราะว่าปุ๋ยเคมีเกรด 12-24-12 มีธาตุฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบในสัดส่วนที่สูงกว่าธาตุอื่น ทำให้มะละกอมีการเจริญเติบโตของรากที่หนาแน่นกว่า (ดังตารางผนวกที่ 2) และเมื่อรากเหล่านี้ตายลงจะสลายตัวช่วยเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุของดิน ดังที่นิมิตร (2530) และ Brady (1984) กล่าวว่าธาตุฟอสฟอรัสมีอิทธิพลต่อการแบ่งเซลและการเจริญพัฒนาของรากโดยเฉพาะการเจริญของรากแขนงและรากฝอยของพืช เมื่อรากของพืชตายลงจะสลายตัวเพิ่มอินทรียวัตถุให้กับดิน

ผลการใส่ปุ๋ยคอกโดยลำพังมีผลทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น จะเห็นว่าปุ๋ยคอกอัตรา 10 กก.ต่อต้น ทำให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.95 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มขึ้นจากดินที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ย (control) ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.66 เปอร์เซ็นต์ อิทธิพลดังกล่าวทำให้ดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 2.5, 5 และ 10 กก.ต่อต้น มีปริมาณอินทรียวัตถุที่เฉลี่ยจากทุกเกรดปุ๋ยเคมี มีค่าเท่ากับ 0.69, 0.83 และ 0.92 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 5 และ 10 กก.ต่อต้น เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยคอกแต่ใส่ปุ๋ยเคมี (0 กก.ต่อต้น) ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.60 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานผลการทดลองที่กระทำโดย Tiarks และคณะ (1974); Sommerfeldt และคณะ (1988); Tester (1990) เกี่ยวกับผลการใส่ปุ๋ยคอกและอินทรียวัตถุอื่นๆทำให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น

ผลของการใส่ปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆร่วมกับอัตราปุ๋ยคอก พบว่า ดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีแต่ละเกรดมีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นตอบสนองต่ออัตราปุ๋ยคอกที่ใส่ และเมื่อพิจารณาในแต่ละอัตราการใส่ปุ๋ยคอก มีการตอบสนองต่อปุ๋ยเคมีแต่ละเกรดแตกต่างกันเล็กน้อยโดยไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 12-24-12 ร่วมกับปุ๋ยคอกอัตรา 10 กก.ต่อต้น ทำให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นสูงสุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.02 เปอร์เซ็นต์ มีการตอบสนองทั้งต่อปุ๋ยเคมีและอัตราปุ๋ยคอกที่ใส่

3) ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (cation exchange capacity : CEC) ของดิน

อิทธิพลของปุ๋ยเคมีและปุ๋ยคอกต่อค่าเฉลี่ยความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (CEC) แสดงไว้ในตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติของค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) ของดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีเกรดและอัตราปุ๋ยคอกที่แตกต่าง

ตารางที่ 8 อิทธิพลของปุ๋ยเคมีและปุ๋ยคอกต่อค่าเฉลี่ยความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) ของดินชุดยโสธรในแปลงทดลองที่ระยะเริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งแรกของมะละกอ เมื่อมีอายุ 275 วัน

เกรดปุ๋ยเคมี	ระดับปุ๋ยคอก (กก.ต่อต้น)				เฉลี่ย
(1 กก.ต่อต้น)	0	2.5	5	10	
	-----ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (meq/100 g) ---				
0-0-0	4.12^{cdefg}	3.90^{defg}	4.41^{cdef}	4.55^{bcde}	4.24^{B}
16-8-8	3.56^{g}	4.06^{defg}	4.24^{cdefg}	4.66^{abcd}	4.13^{B}
12-24-12	4.17^{cdefg}	4.27^{cdefg}	5.38^{a}	5.21^{ab}	4.76^{A}
13-13-21	3.73^{fg}	3.82^{efg}	4.87^{abc}	5.24^{ab}	4.41^{AB}
15-15-15	3.85^{efg}	4.07^{defg}	4.08^{defg}	4.52^{bcde}	4.13^{B}
เฉลี่ย	3.88^{B}	4.27^{B}	4.59^{A}	4.84^{A}	
cv(a) = 13.35 %, cv(b) = 9.16 %					

หมายเหตุ ข้อมูลที่กำกับด้วยอักษรตัวพิมพ์เล็กและค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี DMRT

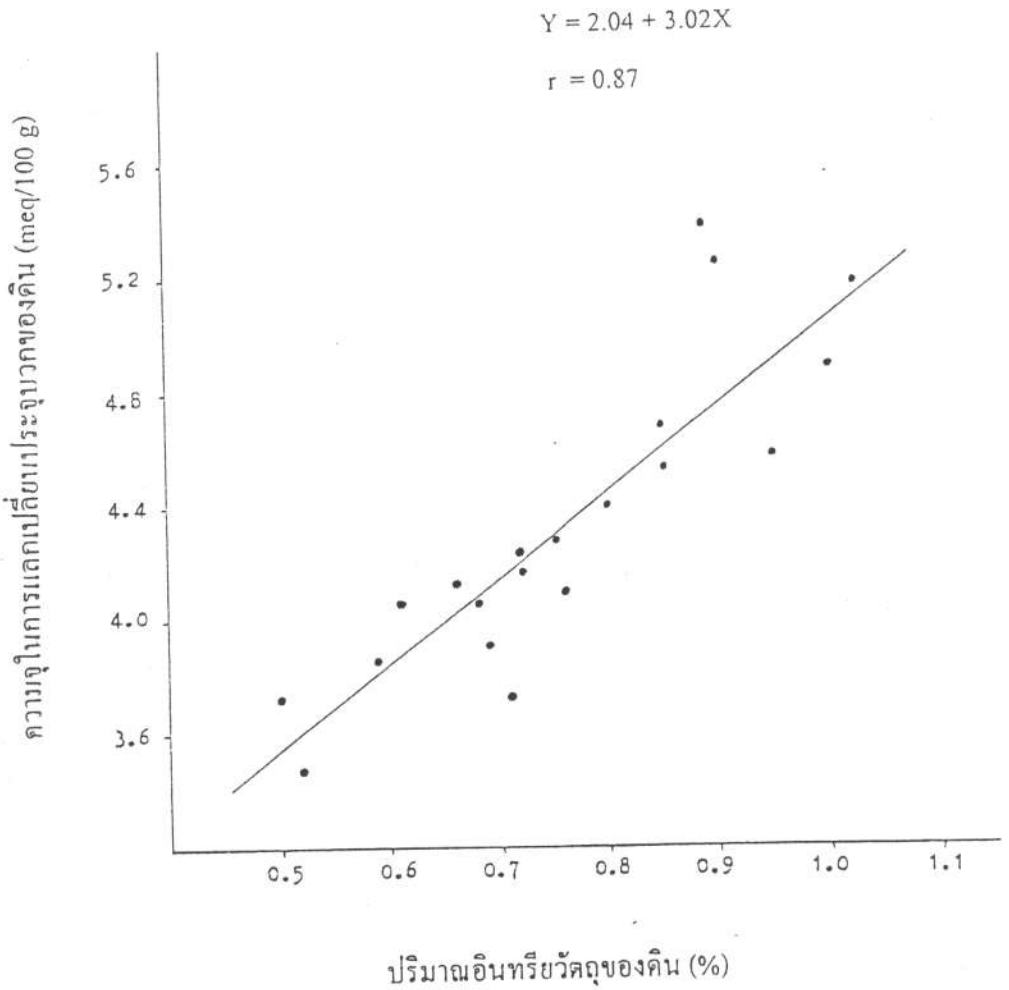
กัน โดยมีนัยสำคัญทางสถิติของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างเกรดปุ๋ยเคมีกับอัตราปุ๋ยคอกที่ใส่ร่วมกัน (ดังตารางผนวกที่ 7)

โดยจะเห็นว่าดินที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ย (control) มีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) เฉลี่ยเท่ากับ 4.12 meq/100 g ผลการใส่ปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆโดยลำพัง มีแนวโน้มทำให้ดินมีความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) ลดลง (ยกเว้นปุ๋ยเคมีเกรด 12-24-12) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับดินที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ย (control) โดยปุ๋ยเคมีเกรด 16-8-8 ทำให้ดินมีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.56 meq/100 g ต่ำกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีเกรดอื่นๆ สอดคล้องกับที่ Maxdoff และ Amadon (1980) พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบทำให้ดินมีความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) ลดลง โดยมีผลมาจากการลดลงของ pH ของดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ทั้งนี้อิทธิพลของ pH ต่อส่วนของดินที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนประจุบวกซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตามค่า pH ของดิน(pH dependent exchange site) เมื่อ pH ของดินเพิ่มขึ้นทำให้ดินมีความจุในการแลกปลี่ยนประจุบวก (CEC) เพิ่มขึ้นด้วย (Helling *et al.*, 1964) อิทธิพลดังกล่าวทำให้ดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-8-8, 12-24-12, 13-13-21 และ 15-15-15 มีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) ที่เฉลี่ยจากทุกอัตราปุ๋ยคอก เท่ากับ 4.13, 4.76, 4.41 และ 4.13 meq/100 g ตามลำดับ มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างปุ๋ยเคมีเกรด 12-24-12 เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยเคมีแต่ใส่ปุ๋ยคอก (0-0-0) ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.24 meq/100 g และการใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 12-24-12 มีอิทธิพลทำให้ดินมีความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) สูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีเกรดอื่นๆ อาจเป็นเพราะว่ามีอิทธิพลของฟอสเฟตที่เป็นองค์ประกอบในปุ๋ยผสมซึ่งมีปริมาณมากกว่าปุ๋ยเคมีสูตรอื่นๆ เป็นปัจจัยเพิ่มประจุลบให้แก่ดินชุดยโสธรซึ่งเป็นดินที่มีประจุผันแปร (variable charge soil) ทำให้ดินมีความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) สูงขึ้น โดยที่เพิ่มพูน (2528) ; Mott (1981) ได้กล่าวไว้ว่า แร่พวก hydrous oxides ในดินและอินทรียวัตถุจัดเป็นพวกที่มีประจุผันแปร (variable charges) เมื่อ pH ลดต่ำลง พื้นผิวของ hydrous oxides ส่วนใหญ่จะมีประจุบวกที่เกิดจากอะตอมของธาตุโลหะเช่น Fe, Al ในโครงสร้างเกาะยึดกับโมเลกุลของน้ำ (H_2O) และอนุมูลไฮดร็อกซิล (OH^-) โดยมีการดูดยึดประจุบวกของไฮโดาเจน (H^+) ไว้บนพื้นผิวเพิ่มขึ้น และเมื่อ hydrous oxides ของ Fe และ Al ในดินมีการดูดยึดไอออนลบของอนุมูลฟอสเฟต ($H_2PO_4^-$) โดยมีการเข้าแทนที่ ณ ตำแหน่งของโมเลกุลของน้ำ (H_2O) และ อนุมูลไฮดร็อกซิล (OH^-) ภายในโครงสร้างของแร่จะทำให้พื้นผิวอนุภาคของ hydrous oxides มีประจุเปลี่ยนแปลงไปโดยมีประจุลบเพิ่มขึ้น มีผลทำให้เกิดการดูดยึดประจุบวกของธาตุอื่นๆในดินเพิ่มขึ้นดินจึงมีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) เพิ่มขึ้น (Gillman and Fox, 1980)

ผลของการใส่ปุ๋ยคอกโดยลำพัง มีแนวโน้มทำให้ดินมีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) เพิ่มขึ้น โดยจะเห็นว่าอัตราปุ๋ยคอก 10 กก.ต่อต้น ทำให้ดินมีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) เฉลี่ยเท่ากับ 4.55 meq/100 g เปรียบเทียบกับดินที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ย (control)ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.12 meq/100 g อิทธิพลดังกล่าวทำให้ดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 2.5, 5 และ 10 กก.ต่อต้น มีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) ที่เฉลี่ยจากทุกเกรดปุ๋ยเคมีมีค่าเท่ากับ 4.27, 4.59 และ 4.84 meq/100 g ตามลำดับ เพิ่มขึ้นจากดินที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยคอกแต่ใส่ปุ๋ยเคมี (อัตรา 0 กก.ต่อต้น) ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.88 meq/100 g โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติ สอดคล้องกับที่รายงานโดย วงศ์วีระ (2533) และกฤษฎิ์ (2537) ที่พบว่า ดินชุดโคราชและดินชุดยโสธรที่ได้รับการใส่ปุ๋ยคอก อัตรา 2 และ 3 ตันต่อไร่ตามลำดับ มีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยคอก ทั้งนี้สันติภาพและคณะ (2532) ; Stevenson (1982) รายงานว่า ปุ๋ยคอกช่วยเพิ่มฮิวมัส ซึ่งเป็นสารคอลลอยด์ที่มีประจุลบให้กับดิน ทำให้ดินมีความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ Thompson และคณะ (1989) ก็พบว่า ส่วนที่เป็นอินทรีย์คาร์บอน (organic C) ของดินทำหน้าที่เป็นส่วนที่สนับสนุนค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) ของดินประมาณ 49 เปอร์เซ็นต์ของค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกทั้งหมด (CEC) ของดิน โดยเพิ่มพื้นที่ผิวจำเพาะ (specific surface area) ให้กับผิวคอลลอยด์ดินประมาณ 19 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวจำเพาะทั้งหมดของดิน

ผลการใส่ปุ๋ยเคมีแต่ละเกรดร่วมกับอัตราปุ๋ยคอก พบว่า ดินมีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (CEC) เพิ่มขึ้นตอบสนองทั้งปุ๋ยเคมีและอัตราปุ๋ยคอกที่ใส่ การตอบสนองต่อปุ๋ยคอกมีความแตกต่างกันไปตามชนิดของเกรดปุ๋ยเคมี (ดังภาพผนวกที่ 1) โดยที่การใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 12-24-12 ร่วมกับปุ๋ยคอกอัตรา 5 กก.ต่อต้น ทำให้ดินมีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) ตอบสนองต่อปุ๋ยเคมีมากที่สุด ทำให้ดินมีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) สูงสุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.38 meq/100 g ขณะที่ปุ๋ยเคมีเกรด 13-13-21 มีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (CEC) เพิ่มขึ้นมากที่สุดเมื่อใส่ร่วมกับอัตราปุ๋ยคอก 10 กก.ต่อต้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.24 meq/100 g ที่เป็นเช่นนี้อาจสันนิษฐานได้ว่าเกิดจากอิทธิพลของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่เป็นองค์ประกอบในเกรดปุ๋ยเคมีที่มีปริมาณแตกต่างกัน ซึ่งมีอิทธิพลต่อการลดลงหรือเพิ่มขึ้นของค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) ของดินและรบกวนอิทธิพลของปุ๋ยคอกที่ใส่ร่วมกัน

ผลของการทดลองนี้ พบว่า ดินมีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) ที่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับปริมาณอินทรียวัตถุของดินดังภาพที่ 2 จะเห็นว่าค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) ของดินมีสหสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (linear correlation) กับปริมาณอินทรียวัตถุของดิน ($r = 0.87$) โดยปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น 1 หน่วย ทำให้ดินมีความจุในการแลก



ภาพที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอินทรียวัตถุของดินกับค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (CEC)

เปลี่ยนประจุบวก (CEC) เพิ่มขึ้น 3.02 หน่วย สอดคล้องกับผลการศึกษาที่กระทำโดยปัทมา (2534) ; Kapland และ Ester (1985) ที่พบว่ามีสหสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างปริมาณอินทรียวัตถุในดินกับค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) ของดิน (r = 0.728 และ 0.934 ตามลำดับ) ทั้งนี้ความสัมพันธ์ดังกล่าวได้รับการยืนยันโดย Gao และ Chang (1996) ซึ่งรายงานว่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) ของดินมีความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญทางสถิติกับปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (r = 0.836) และไนโตรเจนทั้งหมด (r = 0.866) แต่จะมีความสัมพันธ์ระดับต่ำกับปริมาณดินเหนียวของดิน ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) ของดินจึงมีผลมาจากการเพิ่มขึ้นของอินทรียวัตถุในดินซึ่งได้มาจากการใส่ปุ๋ยคอกที่ทำให้ดินมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดเพิ่มขึ้น 1 % จะมีผลทำให้ดินมีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) เพิ่มขึ้นเท่ากับ 2.83 meq/100 g

1.2.3 ปริมาณธาตุอาหารหลักในดิน

1) ไนโตรเจนทั้งหมด (total N)

อิทธิพลของการใส่ปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมีต่อปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของดินในระยะเริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตมะละกอครั้งแรก แสดงไว้ในตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของอิทธิพลของปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆ แต่จะมีความแตกต่างทางสถิติของอิทธิพลของอัตราปุ๋ยคอกต่อปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของดิน โดยไม่มีนัยสำคัญทางสถิติของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างเกรดปุ๋ยเคมีกับอัตราปุ๋ยคอกที่ใส่ร่วมกัน (ดังตารางผนวกที่ 8)

โดยจะเห็นว่าดินที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ย (control) มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.029 เปอร์เซ็นต์ ผลการใส่ปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆ โดยลำพัง ไม่มีผลต่อปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของดินที่มีความแตกต่างทางสถิติจากการไม่ใส่ปุ๋ย (control) อิทธิพลดังกล่าวทำให้ดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 16-8-8, 12-24-12, 13-13-21 และ 15-15-15 มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่เฉลี่ยจากทุกอัตราปุ๋ยคอกมีค่าเท่ากับ 0.036, 0.045, 0.039 และ 0.036 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยเคมีแต่ใส่ปุ๋ยคอก(0-0-0) ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.038 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ค่าเฉลี่ยของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของดินดังกล่าวจัดอยู่ในเกณฑ์ต่ำสำหรับการปลูกพืชทั่วไป (กรมพัฒนาที่ดิน, 2532; สำเนา, 2536) เป็นเพราะว่าดินได้ผ่านระยะเวลาที่มีการดูดใช้ของพืชมาแล้ว จึงทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของดินลดลงและส่วนหนึ่งของปุ๋ยไนโตรเจนจะมีการแปรสภาพและถูกชะล้างสูญเสียไปจากระบบของดินโดยกระบวนการต่างๆดังที่รายงานโดย Powlson (1988) ซึ่งพบว่าการใส่ปุ๋ย ^{15}N ให้กับพืชไร่ที่ปลูกในดินร่วนเหนียวปนตะกอน, ดินร่วนเหนียว และดินร่วนปนทราย จะมีปริมาณไนโตรเจนจากปุ๋ยอยู่ในส่วนของพืชที่อยู่เหนือดิน

ตารางที่ 9 อิทธิพลของปุ๋ยเคมีและปุ๋ยคอกต่อค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total N) และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (available P) ของดินชุดยโสธรในแปลงทดลอง ที่ระยะเริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งแรกของมะละกอ เมื่อมีอายุ 275 วัน

เกรดปุ๋ยเคมี	ระดับปุ๋ยคอก (กก.ต่อต้น)				เฉลี่ย
(1 กก.ต่อต้น)	0	2.5	5	10	
	----------ไนโตรเจนทั้งหมด(% โดยน้ำหนัก)----------				
0-0-0	0.029^{fgh}	0.031^{efgh}	0.040^{cdefg}	0.054^{abc}	0.038^{A}
16-8-8	0.030^{fgh}	0.031^{efgh}	0.034^{efgh}	0.050^{abcd}	0.036^{A}
12-24-12	0.032^{efgh}	0.044^{bcdef}	0.043^{bcdef}	0.061^{a}	0.045^{A}
13-13-21	0.024^{h}	0.037^{defgh}	0.041^{bcdef}	0.056^{ab}	0.039^{A}
15-15-15	0.025^{gh}	0.036^{defgh}	0.037^{defgh}	0.046^{bcde}	0.036^{A}
เฉลี่ย	0.028^{C}	0.035^{B}	0.039^{B}	0.053^{A}	
cv(a) = 25.64 %, cv(b) = 19.86 %					
	----------ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (ppm)----------				
0-0-0	3.44^{e}	4.44^{e}	7.29^{e}	14.91^{d}	7.52^{C}
16-8-8	16.70^{d}	21.93^{cd}	24.20^{bc}	29.94^{ab}	23.19^{B}
12-24-12	25.10^{bc}	30.33^{ab}	34.87^{a}	36.39^{a}	31.67^{A}
13-13-21	18.83^{cd}	25.11^{bc}	29.58^{ab}	36.15^{a}	27.41^{AB}
15-15-15	18.61^{cd}	21.24^{cd}	24.62^{bc}	33.16^{a}	24.40^{AB}
เฉลี่ย	16.53^{D}	20.61^{C}	24.11^{B}	30.11^{A}	
cv(a) = 27.99 %, cv(b) = 14.30 %					

หมายเหตุ ข้อมูลที่กำกับด้วยอักษรตัวพิมพ์เล็กและค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี DMRT

ระหว่าง 46-83 เปอร์เซ็นต์ และมีส่วนที่ถูกกักเก็บไว้ในดินที่ระดับความลึก 0-70 ซม. ในปริมาณระหว่าง 16-20 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมดจากปุ๋ยที่ใส่ นอกนั้นมีการสูญเสียไปจากระบบของดินและพืชโดยผ่านกระบวนการชะล้าง (leaching) และกระบวนการดิไนตริฟิเคชั่น (denitrification) รวมทั้งกระบวนการระเหิดในรูปของก๊าซ (volatilization) เช่นเดียวกับที่ Muriwa และ Kirchmann (1993) ก็พบว่า มีการชะล้างของปุ๋ยไนโตรเจน ระหว่าง 3-42 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ใส่ให้กับพืชโดยที่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนก่อนปลูกทำให้มีปริมาณการชะล้างสูงสุด โดยเฉพาะในแถบที่มีภูมิอากาศแบบมรสุมซึ่งมีฝนตกหนักจะมีการชะล้างสูญเสียไนโตรเจนในดินทรายเร็วกว่าในดินเหนียวถึง 3 เท่าตัว (นงลักษณ์ และคณะ,2531; Faungfupong, 1984) ดังนั้นในสภาพของดินร่วนปนทรายสำหรับการทดลองนี้มีแนวโน้มของการสูญเสียปุ๋ยไนโตรเจนไปจากดินด้วยทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของดินในระยะเก็บเกี่ยวผลผลิตอยู่ในเกณฑ์ต่ำ

ผลของการใส่ปุ๋ยคอกโดยลำพังทำให้ดินมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่ โดยจะเห็นว่า อัตราปุ๋ยคอก 10 กก.ต่อต้น ทำให้ดินมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.054 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มขึ้นจากดินที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ย (control) ที่มีค่าเฉลี่ย 0.029 เปอร์เซ็นต์ โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติ อิทธิพลดังกล่าวทำให้ดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 2.5, 5 และ 10 กก./ต้น มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่เฉลี่ยจากทุกเกรดปุ๋ยเคมีมีค่าเท่ากับ 0.035, 0.039 และ 0.053 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยคอกแต่ใส่ปุ๋ยเคมี (อัตรา 0 กก.ต่อต้น) ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.028 เปอร์เซ็นต์ โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติ เป็นเพราะว่าปุ๋ยคอกที่ใส่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ เท่ากับ 0.15 เปอร์เซ็นต์ (ดังตารางที่ 3) ดังนั้นการสลายตัวของปุ๋ยคอกในดินจึงทำให้ดินมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเพิ่มขึ้นด้วย สอดคล้องกับที่รายงานโดย Vityakon และคณะ(1988) ซึ่งพบว่าการใส่ปุ๋ยคอก (มูลวัว) กับดินชุดราชบุรีและดินชุดร้อยเอ็ดที่มีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนตะกอน และดินร่วนปนทรายตามลำดับ ทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของดินเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยคอกที่ใส่ เช่นเดียวกับที่ Sommerfeldt และคณะ (1988) ทำการทดลองพบว่าการใส่ปุ๋ยคอกอัตราต่างๆกับดินร่วนเหนียว ทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งในสภาวะที่ไม่มีการให้น้ำชลประทานและมีการให้น้ำชลประทานแก่ดินซึ่งการสลายตัวของปุ๋ยคอกจะมีผลทำให้ไนโตรเจนที่เป็นองค์ประกอบของปุ๋ยคอกถูกปลดปล่อยออกมาสู่ดินทำให้ดินมีระดับไนโตรเจนเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ปุ๋ยคอกยังทำให้ดินมีการสะสมของสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน(organic N) ดังที่ Lund และ Doss(1980) พบว่า ดินทรายร่วนและร่วนปนทรายที่ได้รับการใส่ปุ๋ยคอกจากวัวนม อัตรา 14.4, 28.8 และ 43.2 ตันต่อไร่ ดินมีการสะสมสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนเพิ่มขึ้น โดยมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับช่วงเวลาที่ใส่ (r = 0.93 ถึง 0.96)

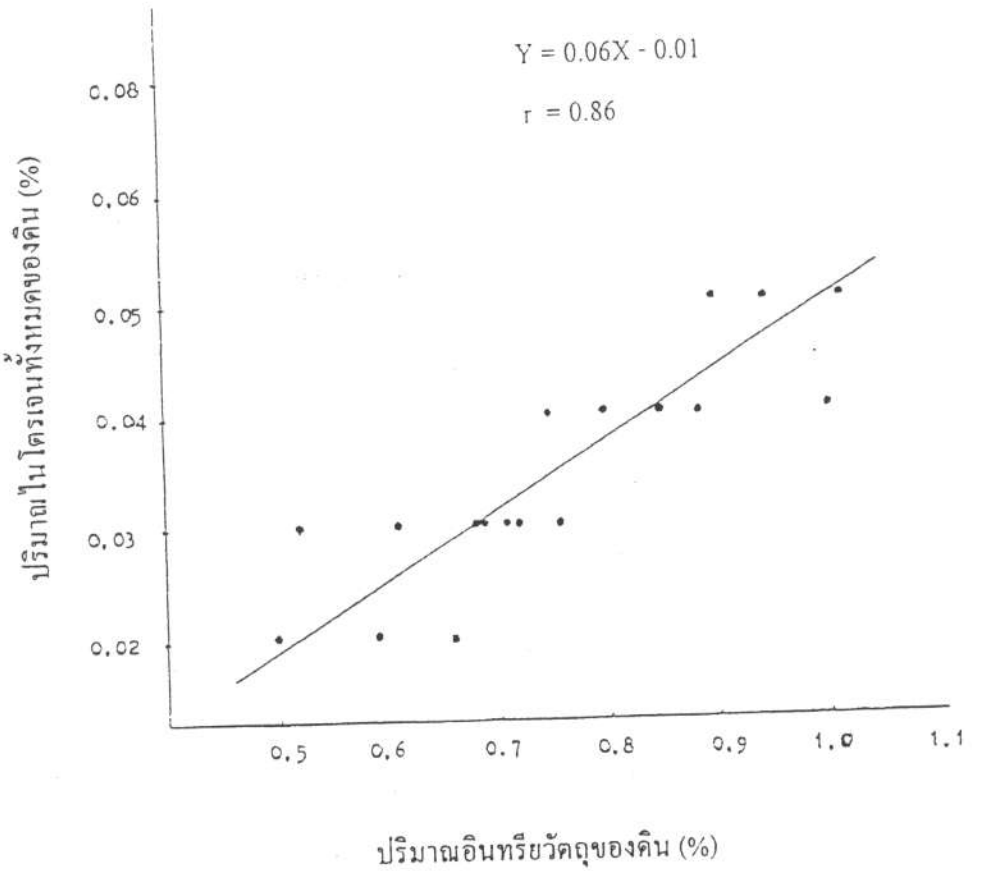
ผลการใส่ปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆร่วมกับอัตราปุ๋ยคอก พบว่า ดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีแต่ละเกรดมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเพิ่มขึ้น ตอบสนองต่ออัตราปุ๋ยคอกที่ใส่ร่วมกันโดยที่การใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 10 กก.ต่อต้นร่วมกับปุ๋ยเคมีเกรด 12-24-12 ทำให้ดินมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงสุดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.061 เปอร์เซ็นต์ อาจเป็นเพราะว่าดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 12-24-12 มีอิทธิพลร่วมกันทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น (ดังตารางที่ 7) จึงมีผลทำให้ดินมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตรอื่นๆ โดยจะเห็นว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของดินมีสหสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ($r=0.864$) ดังภาพที่ 3

2) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (available P)

อิทธิพลของการใส่ปุ๋ยเคมีและอัตราปุ๋ยคอกต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดิน แสดงไว้ในตารางที่ 9 ผลของการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติของอิทธิพลของปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆและอัตราปุ๋ยคอกที่ใส่ต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดิน โดยไม่มีนัยสำคัญทางสถิติของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างเกรดปุ๋ยเคมีกับอัตราปุ๋ยคอกที่ใส่ร่วมกัน (ดังตารางผนวกที่ 8)

โดยจะเห็นว่าดินที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ย (control) มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเฉลี่ยเท่ากับ 3.44 ppm ผลของการใส่ปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆ โดยลำพังทำให้ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะปุ๋ยเคมีเกรด 12-24-12 ซึ่งมีสัดส่วนของฟอสฟอรัสในองค์ประกอบสูงกว่าปุ๋ยเคมีเกรดอื่นๆ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.10 ppm อิทธิพลดังกล่าวทำให้ดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 16-8-8, 12-24-12, 13-13-21 และ 15-15-15 มีค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชที่เฉลี่ยจากทุกอัตราปุ๋ยคอกเท่ากับ 23.19, 31.67, 27.41 และ 24.40 ppm ตามลำดับ เพิ่มขึ้นจากการไม่ใส่ปุ๋ยเคมีแต่ใส่ปุ๋ยคอก (0-0-0) ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.52 ppm จะเห็นว่าการใส่ปุ๋ยเคมีมีอิทธิพลช่วยเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดินให้อยู่ในเกณฑ์สูง (มานพ, 2532)

ผลของการใส่ปุ๋ยคอกโดยลำพังทำให้ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยคอกที่ใส่ จะเห็นว่าการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 10 กก.ต่อต้นโดยลำพัง ทำให้ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.91 ppm มีความแตกต่างทางสถิติจากดินที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ย (control) อิทธิพลดังกล่าวทำให้ดินที่ได้รับอัตราปุ๋ยคอก 2.5, 5 และ 10 กก.ต่อต้นร่วมกับปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆ มีค่าเฉลี่ยของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชที่เฉลี่ยจากทุกเกรดปุ๋ยเคมีเท่ากับ 20.61, 24.11 และ 30.11 ppm ตามลำดับ เพิ่มขึ้นจากดินที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยคอกแต่ใส่ปุ๋ย



ภาพที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอินทรียวัตถุของดินกับปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของดิน

เคมี (อัตรา 0 กก.ต่อต้น) ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.53 ppm เป็นเพราะว่าปุ๋ยคอกมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (total P) เป็นองค์ประกอบเท่ากับ 0.51 เปอร์เซ็นต์ (ดังตารางที่ 3) ดังนั้นการใส่ปุ๋ยคอกจะทำให้ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่ สอดคล้องกับที่ Vityakon และคณะ (1988) พบว่า การใส่ปุ๋ยคอกทำให้ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเพิ่มขึ้นตามระดับของปุ๋ยคอกที่ใส่เพิ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการใส่ปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆร่วมกับอัตราปุ๋ยคอก พบว่า ทั้งปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมี มีอิทธิพลร่วมกันทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดินเพิ่มขึ้น โดยดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีจะมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเพิ่มขึ้นตอบสนองต่ออัตราปุ๋ยคอกที่ใส่ร่วม เช่นเดียวกับการมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยเคมีเมื่อพิจารณาในแต่ละอัตราของปุ๋ยคอก ทั้งนี้การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 12-24-12 ร่วมกับปุ๋ยคอกอัตรา 10 กก./ต้น ทำให้ดิน มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 36.39 ppm อาจเป็นเพราะว่าการใส่ปุ๋ยคอกช่วยให้มีการละลายของสารประกอบอนินทรีย์ฟอสเฟตในดินเพิ่มขึ้นและมีแบคทีเรียจากปุ๋ยคอกที่ช่วยย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ฟอสเฟตอีกด้วย ทำให้ดินมีความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น (Luo and Sun, 1994; Yang *et al.*, 1994) นอกจากนี้ปุ๋ยคอกยังช่วยลดการตรึงฟอสฟอรัสของดิน เกิดจากมีการแข่งขันกันระหว่างอนุมูลฟอสเฟต และ organic anions ในการเข้าจับยึดกับผิวอนุภาคดินรวมทั้งมีการรวมตัวกันระหว่าง organic anions กับ Al^{3+}, Fe^{3+} หรือ Ca^{2+} มีผลทำให้อนุมูลฟอสเฟตถูกดูดยึดน้อยลงและมีปริมาณในสารละลายดินเพิ่มขึ้น (Hue, 1990) ซึ่ง Zhang และคณะ (1994) ได้สรุปว่า การใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยอนินทรีย์ฟอสฟอรัสจัดเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันการดูดยึดอนินทรีย์ฟอสฟอรัสของดิน

3) ปริมาณโปตัสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K)

อิทธิพลของปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆและอัตราปุ๋ยคอกต่อปริมาณโปตัสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน แสดงไว้ในตารางที่ 10 ผลของการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของอิทธิพลของปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆ แต่จะมีความแตกต่างกันทางสถิติของอิทธิพลของอัตราปุ๋ยคอกต่อปริมาณโปตัสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน โดยไม่มีนัยสำคัญทางสถิติของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างเกรดปุ๋ยเคมีกับปุ๋ยคอกที่ใส่ร่วมกัน (ดังตารางผนวกที่ 8)

โดยจะเห็นว่าดินที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ย (control) มีปริมาณโปตัสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าเท่ากับ 0.048 meq/100 g ผลของการใส่ปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆ โดยลำพังทำให้ดินมีปริมาณโปตัสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อิทธิพลดังกล่าวทำให้ดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 16-8-8, 12-24-12, 13-13-21 และ 15-15-15 มีปริมาณโปตัสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่เฉลี่ยจากทุกอัตราปุ๋ย

ตารางที่ 10 อิทธิพลของปุ๋ยเคมีและปุ๋ยคอกต่อค่าเฉลี่ยปริมาณโปตัสเซียมและแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K and Ca) ของดินชุดยโสธร ที่ระยะเริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งแรกของมะละกอ เมื่อมีอายุ 275 วัน

เกรดปุ๋ยเคมี	ระดับปุ๋ยคอก (กก.ต่อต้น)				เฉลี่ย
(1 กก.ต่อต้น)	0	2.5	5	10	
	----โปตัสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (meq/100 g)-------				
0-0-0	0.048^{f}	0.058^{cdef}	0.060^{bcdef}	0.083^{a}	0.062^{A}
16-8-8	0.049^{ef}	0.054^{cdef}	0.051^{def}	0.073^{abcd}	0.056^{A}
12-24-12	0.055^{cdef}	0.059^{cdef}	0.064^{abcdef}	0.076^{abc}	0.063^{A}
13-13-21	0.057^{cdef}	0.056^{cdef}	0.069^{abcdef}	0.079^{ab}	0.065^{A}
15-15-15	0.058^{cdef}	0.062^{abcdef}	0.058^{cdef}	0.071^{abcde}	0.062^{A}
เฉลี่ย	0.053^{B}	0.057^{B}	0.060^{B}	0.076^{A}	
cv(a) = 3.65 %, cv(b) = 5.67 %					
	-------แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (meq/100 g)--------				
0-0-0	1.45^{bc}	1.57^{bc}	1.67^{bc}	2.24^{a}	1.73^{A}
16-8-8	1.22^{c}	1.27^{bc}	1.31^{bc}	1.44^{bc}	1.31^{B}
12-24-12	1.22^{c}	1.22^{c}	1.38^{bc}	1.51^{bc}	1.33^{B}
13-13-21	1.20^{c}	1.41^{bc}	1.69^{bc}	1.80^{ab}	1.53^{AB}
15-15-15	1.21^{c}	1.32^{bc}	1.37^{bc}	1.53^{bc}	1.36^{B}
เฉลี่ย	1.26^{C}	1.35^{BC}	1.48^{B}	1.70^{A}	
cv(a) = 24.80 %, cv(b) = 20.80 %					

หมายเหตุ ข้อมูลที่กำกับด้วยอักษรตัวพิมพ์เล็กและค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างตามวิธี DMRT

คอก เท่ากับ 0.056, 0.063, 0.065, และ 0.062 meq/100 g ตามลำดับ เปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยเคมี แต่ใส่ปุ๋ยคอก (0-0-0) ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.062 meq/100 g โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อาจเป็นเพราะว่าดินได้ผ่านระยะเวลาของการคูดใช้โดยพืชมาแล้ว และบางส่วนของโปตัสเซียมในดินได้ถูกชะล้างไปจากชั้นผิวดินบน ทำให้มีปริมาณโปตัสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินในระยะเก็บเกี่ยวผลผลิตมีปริมาณลดลง โดยที่ระดับของโปตัสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ดังกล่าวอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำสำหรับพืชทั่วไปซึ่งมีระดับวิกฤตในดินทั่วไป เท่ากับ 0.15 meq/100 g (ปัทมา, 2532)

ผลของการใส่ปุ๋ยคอกโดยลำพัง พบว่าทำให้ดินมีปริมาณโปตัสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่ อัตราปุ๋ยคอก 10 กก.ต่อต้น ทำให้ดินมีปริมาณโปตัสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าเท่ากับ 0.083 meq/100 g มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับดินที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ย(control) อิทธิพลดังกล่าวทำให้ดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 2.5, 5 และ 10 กก.ต่อต้นมีปริมาณโปตัสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่เฉลี่ยจากทุกเกรดปุ๋ยเคมี เท่ากับ 0.057, 0.060 และ 0.076 meq/100 g เพิ่มขึ้นจากการไม่ใส่ปุ๋ยคอกแต่ใส่ปุ๋ยเคมี (อัตรา 0 กก.ต่อต้น) ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.053 meq/100 g โดยมีความแตกต่างทางสถิติระหว่างอัตราปุ๋ยคอก 10 กก.ต่อต้น กับอัตราปุ๋ยคอกที่ต่ำกว่า เป็นเพราะว่าปุ๋ยคอกที่ใส่มีโปตัสเซียมเป็นองค์ประกอบ เท่ากับ 1.72 เปอร์เซ็นต์ (ดังตารางที่ 3) ดังนั้นการใส่ปุ๋ยคอกจะทำให้ดินได้รับโปตัสเซียมเพิ่มขึ้นจากการสลายตัวของปุ๋ยคอกในดินสอดคล้องกับผลการทดลองของ Olsen และคณะ (1970) ที่พบว่า การใส่ปุ๋ยคอก (มูลวัว) เพิ่มค่า pH, อินทรีย์ไนโตรเจน, ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ , ปริมาณโปตัสเซียม , แคลเซียม และปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใส่ในอัตราที่สูงขึ้น

ผลการใส่ปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆร่วมกับอัตราปุ๋ยคอก พบว่า ดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีแต่ละเกรดมีปริมาณโปตัสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นตอบสนองต่ออัตราปุ๋ยคอกที่ใส่ร่วมโดยเฉพาะที่อัตราปุ๋ยคอก 10 กก.ต่อต้น การใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 13-13-21 ร่วมกับปุ๋ยคอกอัตรา 10 กก.ต่อต้น ทำให้ดินมีปริมาณโปตัสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.079 meq/100 g สูงกว่าปุ๋ยเคมีเกรดอื่นๆ แต่ยังต่ำกว่าการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 10 กก.ต่อต้นเพียงอย่างเดียวโดยไม่ใส่ปุ๋ยเคมี ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.083 meq/100 g จากผลการทดลองนี้จะเห็นว่าดินมีปริมาณโปตัสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ตอบสนองต่อปุ๋ยเคมีน้อยกว่าผลตอบสนองที่มีต่อปุ๋ยคอก ซึ่งสอดคล้องกับที่ Spiess และ Besson (1992) ได้ศึกษาประสิทธิภาพและการสูญเสียโปตัสเซียมที่มีในปุ๋ยคอกและเศษพืชเปรียบเทียบกับที่มีในปุ๋ยเคมี พบว่า ผลการใส่ปุ๋ยระยะสั้นโปตัสเซียมจากปุ๋ยเคมีมีประสิทธิภาพดีกว่า แต่ในระยะยาวจะมีประสิทธิภาพของโปตัสเซียมจากผลตกค้าง (residual effect) ของปุ๋ยคอกและเศษพืชในดินที่ให้ผลดีกว่า เป็นเพราะว่า โปตัสเซียมจากปุ๋ยเคมีมีการสูญเสียจากดินผ่านกระบวนการชะล้างได้ง่ายและในปริมาณที่มากกว่าโดยเฉพาะการใส่ปุ๋ยในดินทราย การใส่ปุ๋ยคอกและเศษพืชลงในดินจะช่วยเพิ่ม

ประสิทธิภาพของปุ๋ยโปตัสเซียม ลดการชะล้างของโปตัสเซียม ทำให้ดินที่มีการใส่ปุ๋ยคอกมีปริมาณโปตัสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงกว่าดินที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยคอก

1.2.4 ปริมาณธาตุอาหารรองในดิน

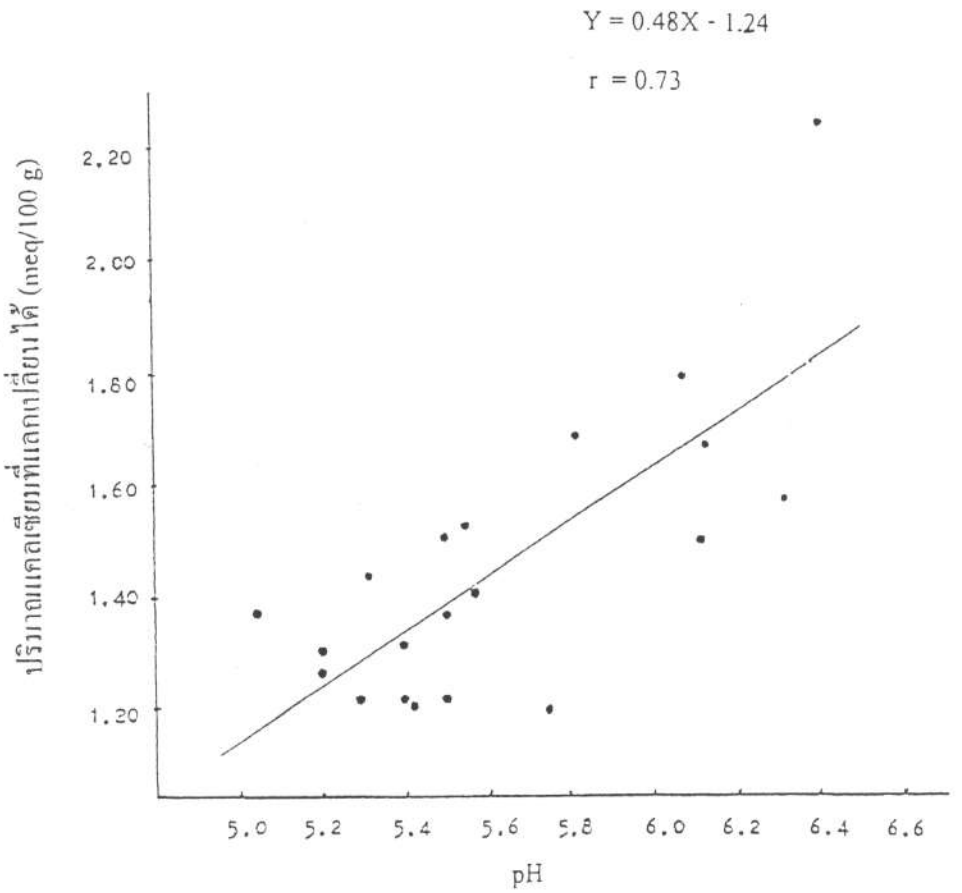
1) ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable Ca)

อิทธิพลของปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆและอัตราปุ๋ยคอกต่อปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน แสดงไว้ในตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติของอิทธิพลของปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆและอัตราปุ๋ยคอกต่อปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน โดยไม่มีนัยสำคัญทางสถิติของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างเกรดปุ๋ยเคมีกับอัตราปุ๋ยคอกที่ใส่ร่วมกัน (ดังตารางผนวกที่ 8)

จะเห็นว่าดินที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ย (control) มีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ มีค่าเท่ากับ 1.45 meq/100 g ผลของการใส่ปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆ โดยลำพังทำให้ดินมีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ลดลงจากการไม่ใส่ปุ๋ย (control) อิทธิพลดังกล่าวทำให้ดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-8-8, 12-24-12, 13-13-21 และ 15-15-15 มีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่เฉลี่ยจากทุกอัตราปุ๋ยคอก เท่ากับ 1.31, 1.33, 1.53 และ 1.36 meq/100 g ตามลำดับ เปรียบเทียบกับดินที่ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี แต่ใส่ปุ๋ยคอก (0-0-0) ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.73 meq/100 g โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติ เป็นเพราะว่าดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆมีผลตกค้างที่เป็นกรดทำให้ดินมี pH ลดลง (ดังตารางที่ 7) ทำให้มีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินลดลง สอดคล้องกับที่ Kanwar (1976) ; Magdoff และ Amadon (1980) พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีโดยลำพังติดต่อกันเป็นเวลานานๆ โดยเฉพาะปุ๋ยไนโตรเจนจะทำให้ดินมีฟอสฟอรัส, โปตัสเซียม, แคลเซียมและแมกนีเซียมลดลง

ผลของการใส่ปุ๋ยคอกโดยลำพัง พบว่า ดินมีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยคอกที่ใส่ ปุ๋ยคอกอัตรา 10 กก.ต่อต้นทำให้ดินมีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าเท่ากับ 2.24 meq/100 g มีความแตกต่างกันทางสถิติจากดินที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ย (control) อิทธิพลดังกล่าวทำให้ดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 2.5, 5 และ 10 กก.ต่อต้น มีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่เฉลี่ยจากทุกเกรดปุ๋ยเคมี เท่ากับ 1.35, 1.48 และ 1.70 meq/100 g เปรียบเทียบกับดินที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยคอกแต่ใส่ปุ๋ยเคมี (อัตรา 0 กก.ต่อต้น) ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.26 meq/100 g โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติ เป็นเพราะว่า ปุ๋ยคอกมีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบ เท่ากับ 0.34 เปอร์เซ็นต์ (ดังตารางที่ 3) ดังนั้นการใส่ปุ๋ยคอกจะทำให้ดินมีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นเมื่อมีการสลายตัวของปุ๋ยคอกที่ใส่ โดยเฉพาะการใส่ปุ๋ยคอกในอัตราสูง (Olsen *et al.*, 1970 ; Vitosh *et al.*, 1973)

ผลของการใส่ปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆร่วมกับอัตราปุ๋ยคอก พบว่า ดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีแต่ละเกรดมีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นตอบสนองต่ออัตราปุ๋ยคอกที่ใส่ร่วม โดยเฉพาะการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 10 กก.ต่อต้นร่วมกับปุ๋ยเคมีเกรด 13-13-21 จะทำให้ดินมีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงกว่าการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีเกรดอื่นๆ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.80 meq/100 g ส่วนผลตอบสนองต่อปุ๋ยเคมีแต่ละเกรด ดินจะมีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ลดลงเมื่อพิจารณาในแต่ละอัตราของปุ๋ยคอก เป็นเพราะว่าปุ๋ยเคมีมีผลตกค้างที่เป็นกรดทำให้ลดอิทธิพลของปุ๋ยคอกที่ใส่ร่วมกัน (Magdoff and Amadon, 1980) ผลของการทดลองนี้พบว่าปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับระดับ pH ของดิน โดยมีสหสัมพันธ์ในทางบวก ($r = 0.737$) ดังภาพที่ 4 ซึ่งสอดคล้องกับที่วิทยา (2533) ก็พบว่ามีสหสัมพันธ์ในทางบวก ($r = 0.61$) ระหว่าง pH กับปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินชุดยโสธร



ภาพที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง pH ของดินกับปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน

2) ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้(exchangeable Mg)

อิทธิพลของการใส่ปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆและอัตราปุ๋ยคอกต่อปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน แสดงไว้ในตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติของอิทธิพลของปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆและอัตราปุ๋ยคอกต่อปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน โดยไม่มีนัยสำคัญทางสถิติของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างเกรดปุ๋ยเคมีกับอัตราปุ๋ยคอกที่ใส่ร่วมกัน (ดังตารางผนวกที่ 8)

จะเห็นว่าดินที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ย(control) มีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.42 meq/100 g ผลของการใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 16-8-8 โดยลำพังทำให้ดินมีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำที่สุดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.38 meq/100 g โดยไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับดินที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ย (control) และการใส่ปุ๋ยเคมีเกรดอื่นๆ อิทธิพลของปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆ พบว่า ดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 16-8-8, 12-24-12, 13-13-21 และ 15-15-15 ทำให้ดินมีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่เฉลี่ยจากทุกอัตราปุ๋ยคอก เท่ากับ 0.51, 0.71, 0.67 และ 0.65 meq/100 g ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างปุ๋ยเคมีเกรด 16-8-8 กับการไม่ใส่ปุ๋ยเคมีแต่ใส่ปุ๋ยคอก (0-0-0) ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.82 meq/100 g เป็นเพราะว่าปุ๋ยเคมีสูตร 16-8-8 มีไนโตรเจนในสัดส่วนที่สูงกว่าธาตุอื่นมีอิทธิพลทำให้ pH ของดินลดต่ำกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีสูตรอื่นๆ ซึ่งมีผลทำให้ดินมีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ลดลง มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยเคมีแต่ใส่ปุ๋ยคอก (0-0-0) และการใส่ปุ๋ยเคมีเกรดอื่นๆ ซึ่งมีความสอดคล้องกับที่ Magdoff และ Amadon (1980) พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจะทำให้ดินมี pH ลดลงและดินมีปริมาณฟอสฟอรัส, โปตัสเซียม, แคลเซียมและแมกนีเซียมลดลง ดังนั้นการใส่ปุ๋ยเคมีเกรดซึ่งมีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบในสัดส่วนที่สูงกว่า จะมีอิทธิพลทำให้ดินมีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ลดลง

ผลของการใส่ปุ๋ยคอกโดยลำพัง พบว่า ทำให้ดินมีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยคอก การใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 10 กก.ต่อต้นเพียงอย่างเดียวจะทำให้ดินมีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.20 meq/100 g มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับดินที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ย (control) อิทธิพลดังกล่าวทำให้ดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 2.5, 5 และ 10 กก./ต้น มีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ซึ่งเฉลี่ยจากทุกเกรดปุ๋ยเคมี มีค่าเท่ากับ 0.59, 0.73 และ 0.97 meq/100 g ตามลำดับ เปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยคอกแต่ใส่ปุ๋ยเคมี (อัตรา 0 กก.ต่อต้น) ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.43 meq/100 g โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติ เป็นเพราะว่าปุ๋ยคอกมีธาตุแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบ 0.43 เปอร์เซ็นต์ (ดังตารางที่ 3) ดังนั้นการใส่ปุ๋ยคอกให้กับดินจะทำให้มีการสลายตัวปลดปล่อยธาตุแมกนีเซียมให้กับดินโดยตรง ทำให้ดินมีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้น (Olsen *et al.*, 1970 ; Vitosh *et al.*, 1974) สอดคล้องกับที่ Pavan (1993) พบว่า

ตารางที่ 11 อิทธิพลของปุ๋ยเคมีและปุ๋ยคอกต่อค่าเฉลี่ยปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable Mg) และความอิ่มตัวด้วยอะลูมินั่ม (% Al saturation) ของดินชุดยโสธร ที่ระยะเริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งแรกของมะละกอ เมื่อมีอายุ 275 วัน

เกรดปุ๋ยเคมี	ระดับปุ๋ยคอก (กก.ต่อต้น)				เฉลี่ย
(1 กก.ต่อต้น)	0	2.5	5	10	
	-----แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้(meq/100 g)-------				
0-0-0	0.42^{ef}	0.69^{cdef}	0.98^{abc}	1.20^{a}	0.82^{A}
16-8-8	0.38^{f}	0.39^{f}	0.49^{def}	0.80^{bcde}	0.51^{B}
12-24-12	0.48^{def}	0.57^{def}	0.73^{bcdef}	1.07^{ab}	0.71^{A}
13-13-21	0.42^{ef}	0.66^{cdef}	0.72^{bcdef}	0.97^{abc}	0.67^{A}
15-15-15	0.43^{def}	0.66^{cdef}	0.72^{bcdef}	0.81^{bcd}	0.65^{AB}
เฉลี่ย	0.43^{C}	0.59^{BC}	0.73^{B}	0.97^{A}	
cv(a) = 22.7 %, cv(b) = 22.7 %					
	----------ความอิ่มตัวด้วยอะลูมินั่ม (%)----------				
0-0-0	12.77^{abcd}	10.16^{bcde}	10.19^{bcde}	8.86^{e}	10.45^{B}
16-8-8	14.31^{a}	13.02^{abcd}	13.47^{ab}	10.32^{bcde}	12.78^{A}
12-24-12	12.53^{abcd}	13.42^{ab}	11.49^{abcde}	9.72^{de}	11.79^{AB}
13-13-21	13.26^{abc}	11.85^{abcde}	10.28^{bcde}	9.69^{de}	11.27^{AB}
15-15-15	13.36^{abc}	11.26^{abcde}	11.43^{abcde}	10.07^{cde}	11.53^{AB}
เฉลี่ย	13.24^{A}	11.94^{B}	11.37^{C}	9.96^{D}	
cv(a) = 19.59 %, cv(b) = 15.86 %					

หมายเหตุ ข้อมูลที่กำกับด้วยอักษรตัวพิมพ์เล็กและค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างตามวิธี DMRT

การใส่ปุ๋ยคอกช่วยเพิ่ม pH, ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้และช่วยลดปริมาณอะลูมินั่มของดินที่ใช้ปลูกกาแฟในประเทศบราซิล

ผลการใส่ปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆร่วมกับอัตราปุ๋ยคอก พบว่า มีอิทธิพลร่วมกันโดยดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีแต่ละเกรดมีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นตอบสนองต่ออัตราปุ๋ยคอกที่ใส่ โดยมีผลตอบสนองสูงสุดที่อัตราปุ๋ยคอก 10 กก.ต่อต้น การใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 12-24-12 ร่วมกับอัตราปุ๋ยคอก 10 กก./ต้น จะทำให้ดินมีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.07 meq/100 g สูงกว่าปุ๋ยเคมีเกรดอื่นๆ แต่ไม่สูงกว่าการใส่อัตราปุ๋ยคอก 10 กก.ต่อต้นเพียงอย่างเดียวที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.20 me/ 100 g ทั้งนี้ดินจะมีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ลดลงตอบสนองต่อปุ๋ยเคมีเมื่อพิจารณาในแต่ละอัตราของปุ๋ยคอกที่ใส่ร่วม ซึ่งเกิดจากอิทธิพลของผลตกค้างที่เป็นกรดของปุ๋ยเคมี โดยมีความสัมพันธ์กันดังภาพผนวกที่ 2 คล้ายคลึงกับกรณีของการมีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินลดลงเมื่อ pH ลดลง

1.2.5 ความอิ่มตัวด้วยธาตุอะลูมินั่ม (% Al saturation) ของดิน

อิทธิพลของปุ๋ยเคมีและปุ๋ยคอกต่อความอิ่มตัวด้วยธาตุอะลูมินั่มของดิน แสดงไว้ในตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติของอิทธิพลของปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆและอัตราปุ๋ยคอกต่อความอิ่มตัวด้วยธาตุอะลูมินั่มของดิน โดยไม่มีนัยสำคัญทางสถิติของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างเกรดปุ๋ยเคมีกับอัตราปุ๋ยคอกที่ใส่ร่วมกัน (ดังตารางผนวกที่ 7)

โดยจะเห็นว่าดินที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ย (control) มีความอิ่มตัวด้วยธาตุอะลูมินั่มเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 12.77 เปอร์เซ็นต์ ผลของการใส่ปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆโดยลำพัง พบว่า ทำให้ดินมีความอิ่มตัวด้วยธาตุอะลูมินั่มที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีแนวโน้มที่ปุ๋ยเคมีเกรด 16-8-8 ทำให้ดินมีความอิ่มตัวด้วยธาตุอะลูมินั่มสูงกว่าปุ๋ยเคมีเกรดอื่นๆ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.31 เปอร์เซ็นต์ อิทธิพลดังกล่าวทำให้ดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 16-8-8, 12-24-12, 13-13-21 และ 15-15-15 มีความอิ่มตัวด้วยธาตุอะลูมินั่มที่เฉลี่ยจากทุกอัตราปุ๋ยคอก มีค่าเท่ากับ 12.78, 11.79, 11.27 และ 11.53 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างทางสถิติระหว่างปุ๋ยเคมีเกรด 16-8-8 เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยเคมีแต่ใส่ปุ๋ยคอก (0-0-0) ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.45 เปอร์เซ็นต์ เป็นเพราะว่าการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-8-8 มีผลตกค้างที่ทำให้ดินมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้นมีค่า pH ลดลงโดยมีความแตกต่างกันทางสถิติจากการไม่ใส่ปุ๋ยเคมีแต่ใส่ปุ๋ยคอก (0-0-0) (ตารางที่ 7) ดังนั้นดินจึงมี Al^{3+} ในสารละลายของดินเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับที่ Hetric และ Schwab (1992) พบว่าการใส่ปุ๋ยแอมโมเนียม (NH_4^+) ในอัตราสูงกับดินร่วนปนตะกอน ทำให้ดินมี pH ลดลงจาก 6.9 เป็น 4.1 ทำให้ดินมี activity ของ Al^{3+} เพิ่มขึ้น

เช่นเดียวกับ Helyar และ Anderson (1974) พบว่า ดินที่เป็นกรดเพิ่มขึ้น มีค่า pH ลดลง จะมีปริมาณของอะลูมินั่มที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้น ในขณะที่มีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ลดลง

ผลของการใส่ปุ๋ยคอกโดยลำพัง พบว่า ทำให้ดินมีความอิ่มตัวด้วยธาตุอะลูมิ นั่มลดลง โดยจะเห็นว่าอัตราปุ๋ยคอก 10 กก.ต่อต้น ทำให้ดินมีความอิ่มตัวด้วยธาตุอะลูมินั่ม มีค่าเท่ากับ 8.86 เปอร์เซ็นต์ ลดต่ำกว่าดินที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ย (control) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อิทธิพลดังกล่าวทำให้ดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 2.5, 5 และ 10 กก.ต่อต้น มีความอิ่มตัวด้วยธาตุอะลูมินั่มที่เฉลี่ยจากทุกเกรดปุ๋ยเคมี มีค่าเท่ากับ 11.94, 11.37 และ 9.96 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับดินที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยคอกแต่ใส่ปุ๋ยเคมี (อัตรา 0 กก.ต่อต้น) ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.24 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับที่ Seripong (1991) พบว่า การใส่ปุ๋ยคอกในดินชุดยโสธรทำให้ดินมีธาตุอะลูมินั่มที่แลกเปลี่ยนได้และความอิ่มตัวด้วยธาตุอะลูมินั่มลดลงตามอัตราปุ๋ยคอกที่ใส่ การสลายตัวของปุ๋ยคอกที่ใส่ลงในดินทำให้มีกรดอินทรีย์ชนิดต่างๆเพิ่มขึ้นในดิน ซึ่งจะรวมตัวกับอะลูมินั่มเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนทำให้ดินมีปริมาณอะลูมินั่มที่แลกเปลี่ยนได้ลดลง ดินจึงมีความอิ่มตัวด้วยธาตุอะลูมินั่มลดลง (Hue *et al.*, 1986)

ผลการใส่ปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆร่วมกับอัตราปุ๋ยคอก พบว่า ดินที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีแต่ละเกรดมีความอิ่มตัวด้วยธาตุอะลูมินั่มลดลงตอบสนองต่ออัตราปุ๋ยคอกที่ใส่ ขณะเดียวกันดินจะมีความอิ่มตัวด้วยธาตุอะลูมินั่มเพิ่มขึ้นตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยเคมี ทั้งนี้การใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 10 กก.ต่อต้น ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 จะทำให้ดินมีความอิ่มตัวด้วยธาตุอะลูมินั่มลดต่ำกว่าการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีเกรดอื่นๆ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.69 เปอร์เซ็นต์ แต่ยังสูงกว่าการใส่อัตราปุ๋ยคอก 10 กก.ต่อต้นเพียงอย่างเดียว โดยมีความสัมพันธ์ระหว่างความอิ่มตัวด้วยธาตุอะลูมินั่มกับปริมาณอินทรียวัตถุของดิน ดังภาพผนวกที่ 3

2. อิทธิพลของปุ๋ยเคมีและปุ๋ยคอกต่อปริมาณธาตุอาหารหลักในก้านใบของมะละกอ

2.1 ปริมาณไนโตรเจนในก้านใบ (petiole N)

อิทธิพลของปุ๋ยเคมีและปุ๋ยคอกต่อค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจนในก้านใบ แสดงไว้ในตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า อิทธิพลของปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆทำให้มีปริมาณไนโตรเจนในก้านใบมะละกอเพิ่มขึ้นมีความแตกต่างทางสถิติจากการไม่ใส่ปุ๋ยเคมี แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติของอัตราปุ๋ยคอกและปฏิกิริยาสัมพันธ์ที่เกิดจากการใส่ปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆร่วมกับอัตราปุ๋ยคอก (ดังตารางผนวกที่ 9)

โดยจะเห็นว่ามะละกอที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ย (control) มีปริมาณไนโตรเจนในก้านใบ มีค่าเท่ากับ 0.86 เปอร์เซ็นต์ ผลของการใส่ปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆ โดยลำพัง ทำให้มีปริมาณไนโตรเจนในก้านใบ

ตารางที่ 12 อิทธิพลของปุ๋ยเคมีและปุ๋ยคอกต่อค่าเฉลี่ยของปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในก้านใบของมะละกอ ที่ระยะเริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งแรก เมื่อมีอายุ 275 วัน

เกรดปุ๋ยเคมี	ระดับปุ๋ยคอก (กก.ต่อต้น)				เฉลี่ย
(1 กก.ต่อต้น)	0	2.5	5	10	
	----------ไนโตรเจนในก้านใบ (%)----------				
0-0-0	0.86^{c}	0.94^{bc}	1.01^{abc}	0.96^{abc}	0.94^{B}
16-8-8	1.07^{abc}	1.10^{abc}	1.20^{ab}	1.13^{abc}	1.12^{AB}
12-24-12	1.14^{abc}	1.03^{abc}	1.17^{ab}	1.20^{ab}	1.13^{AB}
13-13-21	1.01^{abc}	1.06^{abc}	1.05^{abc}	1.00^{abc}	1.03^{AB}
15-15-15	1.18^{ab}	1.24^{a}	1.10^{abc}	1.22^{ab}	1.18^{A}
เฉลี่ย	1.05^{A}	1.07^{A}	1.10^{A}	1.10^{A}	
cv(a) = 21.37 %, cv(b) = 12.62 %					
	----------ฟอสฟอรัสในก้านใบ (%)----------				
0-0-0	0.122^{f}	0.147^{def}	0.163^{abcde}	0.162^{abcde}	0.147^{C}
16-8-8	0.141^{ef}	0.153^{cde}	0.156^{bcde}	0.181^{abc}	0.158^{BC}
12-24-12	0.154^{bcde}	0.175^{abcd}	0.173^{abcd}	0.188^{a}	0.172^{AB}
13-13-21	0.185^{ab}	0.174^{abcd}	0.176^{abcd}	0.177^{abcd}	0.178^{A}
15-15-15	0.151^{cdef}	0.177^{abcd}	0.180^{abc}	0.177^{abcd}	0.171^{AB}
เฉลี่ย	0.150^{B}	0.165^{A}	0.169^{A}	0.177^{A}	
cv(a) = 12.19 %, cv(b) = 11.27 %					

หมายเหตุ ข้อมูลที่กำกับด้วยอักษรตัวพิมพ์เล็กและค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี DMRT

เพิ่มขึ้นจากการไม่ใส่ปุ๋ย (control) โดยที่มะละกอซึ่งได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 15-15-15 มีปริมาณไนโตรเจนในก้านใบสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีเกรดอื่นๆเล็กน้อย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.18 เปอร์เซ็นต์ โดยมีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ย (control) อิทธิพลดังกล่าวทำให้มะละกอที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 16-8-8, 12-24-12, 13-13-21 และ 15-15-15 มีปริมาณไนโตรเจนในก้านใบที่เฉลี่ยจากทุกอัตราปุ๋ยคอก มีค่าเท่ากับ 1.12, 1.13, 1.03 และ 1.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างปุ๋ยเคมีเกรด 15-15-15 กับการไม่ใส่ปุ๋ยเคมีแต่ใส่ปุ๋ยคอก (0-0-0) ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.94 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นผลมาจากปุ๋ยไนโตรเจนที่เป็นองค์ประกอบในเกรดปุ๋ยชนิดต่างๆ สอดคล้องกับที่ Awada และ Long (1971); Awada (1977); Awada และ Long (1978) รายงานว่ามะละกอที่ได้รับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทั้งในรูปปุ๋ยแอมโมเนียม ซัลเฟต และยูเรีย มีปริมาณไนโตรเจนในก้านใบเพิ่มขึ้นจากการไม่ใส่ปุ๋ย และพบว่าอัตราของปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่มีความสัมพันธ์ต่อความผันผวนของปริมาณไนโตรเจนในก้านใบสูงถึง 91.5 เปอร์เซ็นต์ ของความผันผวนทั้งหมด (total variation) โดยมีระดับค่าความเข้มข้นวิกฤตของปริมาณไนโตรเจนในก้านใบ ที่จะทำให้มะละกอมีผลผลิตสูงสุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.45 เปอร์เซ็นต์ ในการทดลองนี้ปริมาณไนโตรเจนในก้านใบมะละกอมีระดับค่อนข้างต่ำกว่าเกณฑ์ความเข้มข้นวิกฤตดังกล่าว อาจเป็นเพราะว่ามะละกออยู่ในช่วงอายุที่เริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตซึ่งผ่านช่วงอายุของการเลี้ยงผล (bearing stage) มาแล้ว จึงทำให้มีปริมาณการดึงดูดไนโตรเจนจากดินน้อยลง และไนโตรเจนภายในต้นบางส่วนได้มีการเคลื่อนย้ายจากก้านใบไปสู่ผล ดังที่ Rao และ Rao (1978 อ้างถึงในสัมฤทธิ์ 2538) รายงานว่า มะละกอมีการดึงดูดไนโตรเจนจากดินในช่วงออกดอกสูงสุดและปริมาณการดึงดูดจะลดลงในระยะเวลาต่อมา

ผลของการใส่ปุ๋ยคอกโดยลำพังมีแนวโน้มทำให้มะละกอมีปริมาณไนโตรเจนในก้านใบเพิ่มขึ้น มีค่าเฉลี่ยสูงกว่ามะละกอที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ย (control) อัตราปุ๋ยคอก 5 กก.ต่อต้น ทำให้มีปริมาณไนโตรเจนในก้านใบเฉลี่ยเท่ากับ 1.01 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าอัตราปุ๋ยคอกอื่นๆ เล็กน้อย โดยไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ อิทธิพลดังกล่าวทำให้มะละกอที่ได้รับการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 2.5, 5 และ 10 กก.ต่อต้น มีปริมาณไนโตรเจนในก้านใบเฉลี่ยจากทุกเกรดปุ๋ยเคมี มีค่าเท่ากับ 1.07, 1.10 และ 1.10 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยคอกแต่ใส่ปุ๋ยเคมี (อัตรา 0 กก./ต้น) ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.05 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับที่ Basso-Figuera และคณะ (1995) ได้ทดลองใส่ปุ๋ยหมักเทศบาล (municipal solid waste, MSW) กับมะละกอที่ปลูกบนร่องปลูกที่มีความลึกของคูร่องปลูกแตกต่างกัน พบว่า มะละกอที่ได้รับการใส่ปุ๋ยหมักเทศบาลอัตราต่างๆ มีปริมาณธาตุอาหารหลักที่วิเคราะห์จากก้านใบที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตามมีแนวโน้มที่การใส่ปุ๋ยคอกอัตราต่างๆ ในการทดลองนี้ มีอิทธิพลทำให้มะละกอมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในก้านใบมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น เนื่องจากปุ๋ยคอกช่วยเพิ่มปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

(total N) ให้กับดิน (ดังตารางที่ 9) ประกอบกับเป็นช่วงอายุที่มะละกอมีการดูดใช้ไนโตรเจนจากดินน้อยลง และไนโตรเจนบางส่วนภายในต้นมีการเคลื่อนย้ายไปสู่ผล จึงทำให้มีปริมาณไนโตรเจนในก้านใบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ผลการใส่ปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆ ร่วมกับอัตราปุ๋ยคอก พบว่ามีอิทธิพลร่วมกัน โดยจะเห็นว่ามะละกอที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีแต่ละเกรดมีปริมาณไนโตรเจนในก้านใบเพิ่มขึ้นตอบสนองต่ออัตราปุ๋ยคอกที่ใส่ร่วมกัน เช่นเดียวกับการมีปริมาณไนโตรเจนในก้านใบเพิ่มขึ้นตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยเคมีแต่ละเกรดเมื่อพิจารณาในแต่ละอัตราปุ๋ยคอกที่ใส่ร่วม แม้ว่าจะไม่มีความแตกต่างทางสถิติ การใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 2.5 กก.ต่อต้นร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ทำให้มีปริมาณไนโตรเจนในก้านใบโดยเฉลี่ยสูงสุดมีค่าเท่ากับ 1.24 เปอร์เซ็นต์

2.2 ปริมาณฟอสฟอรัสในก้านใบ (petiole P)

อิทธิพลของปุ๋ยเคมีและปุ๋ยคอกต่อปริมาณฟอสฟอรัสในก้านใบของมะละกอ แสดงไว้ในตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติของอิทธิพลของปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆและอัตราปุ๋ยคอกต่อปริมาณฟอสฟอรัสในก้านใบ โดยไม่มีนัยสำคัญทางสถิติของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างเกรดปุ๋ยเคมีกับอัตราปุ๋ยคอกที่ใส่ร่วมกัน (ดังตารางผนวกที่ 9)

โดยจะเห็นว่ามะละกอที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ย (control) มีปริมาณฟอสฟอรัสในก้านใบเฉลี่ยเท่ากับ 0.122 เปอร์เซ็นต์ ผลของการใส่ปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆ โดยลำพังทำให้มะละกอมีปริมาณฟอสฟอรัสในก้านใบเพิ่มขึ้นแตกต่างกันไปตามชนิดของเกรดปุ๋ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 13-13-21 ทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสในก้านใบสูงกว่าปุ๋ยเคมีเกรดอื่นๆ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.185 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างทางสถิติจากการไม่ใส่ปุ๋ย (control) ส่วนปุ๋ยเคมีเกรด 16-8-8 ทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสในก้านใบต่ำกว่าปุ๋ยเคมีเกรดอื่นๆ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.141 เปอร์เซ็นต์ การมีปริมาณฟอสฟอรัสในก้านใบที่แตกต่างกันไปตามเกรดของปุ๋ยเคมีนี้ สันนิษฐานว่าอาจเกิดจากมะละกอได้รับธาตุฟอสฟอรัสในปริมาณไม่เท่ากัน (ดังตารางผนวกที่ 6) และมีผลตกค้างที่เป็นกรดของปุ๋ยเคมี (pH) ที่แตกต่างกัน (ดังตารางที่ 7) ซึ่งมีอิทธิพลในการลดความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดิน (Magdoff and Amadon, 1980) อิทธิพลดังกล่าวทำให้มะละกอที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 16-8-8, 12-24-12, 13-13-21 และ 15-15-15 มีปริมาณฟอสฟอรัสในก้านใบที่เฉลี่ยจากทุกอัตราปุ๋ยคอก มีค่าเท่ากับ 0.158, 0.172, 0.178 และ 0.171 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เพิ่มขึ้นจากการไม่ใส่ปุ๋ยเคมีแต่ใส่ปุ๋ยคอก (0-0-0) ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.147 เปอร์เซ็นต์ โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติสอดคล้องกับที่ Awada (1976) ทำการทดลองพบว่าการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราต่างๆกับมะละกอในช่วงอายุที่มีการเจริญเติบโตของลำต้นจนถึงระยะออกดอก ทำให้มะละกอมีปริมาณฟอสฟอรัสใน

ก้านใบเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่ปุ๋ย มะละกอที่ได้รับการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราสูง มีปริมาณฟอสฟอรัสในก้านใบสูงกว่ามะละกอที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยถึง 3 เท่าตัว ทั้งนี้การเพิ่มขึ้นของปริมาณฟอสฟอรัสในก้านใบจะมีระดับสูงสุดภายหลังการใส่ปุ๋ยแล้วเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ส่วน Das และ Sahu (1981 อ้างถึงในสัมฤทธิ์ 2538) รายงานว่า ปริมาณฟอสฟอรัสในก้านใบจะลดลงเมื่อมะละกอมีอายุเข้าสู่ระยะเลี้ยงผล เช่นเดียวกับที่รายงานโดย Awada และ Long (1978) ซึ่งพบว่า มะละกอที่ได้รับการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสทั้งอัตราปานกลางและอัตราสูง จะมีการลดลงของปริมาณฟอสฟอรัสในก้านใบในช่วงอายุติดผลมากกว่าในช่วงอายุที่มีการเจริญเติบโตของลำต้น โดยมีปริมาณฟอสฟอรัสในก้านใบที่ระดับพอเพียงมีค่าระหว่าง 0.17 ถึง 0.20 เปอร์เซ็นต์

ผลของการใส่ปุ๋ยคอกอัตราต่างๆโดยลำพัง ทำให้มะละกอมีปริมาณฟอสฟอรัสในก้านใบเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยคอก อัตราปุ๋ยคอก 10 กก.ต่อต้น ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในก้านใบของมะละกอ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.162 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างทางสถิติจากการไม่ใส่ปุ๋ย (control) ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.122 เปอร์เซ็นต์ อิทธิพลดังกล่าวทำให้มะละกอที่ได้รับการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 2.5, 5 และ 10 กก.ต่อต้น มีปริมาณฟอสฟอรัสในก้านใบที่เฉลี่ยจากทุกเกรดปุ๋ยเคมี มีค่าเท่ากับ 0.165, 0.169 และ 0.177 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ มีความแตกต่างทางสถิติจากการไม่ใส่ปุ๋ยคอกแต่ใส่ปุ๋ยเคมี (อัตรา 0 กก.ต่อต้น) ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.150 เปอร์เซ็นต์ เป็นเพราะว่าการใส่ปุ๋ยคอกทำให้ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น (ดังตารางที่ 9) ทำให้มะละกอมีการดึงดูดฟอสฟอรัสจากดินได้เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในก้านใบมะละกอเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะการใส่ปุ๋ยคอกในอัตราสูง (10 กก.ต่อต้น) ทำให้มะละกอมีปริมาณของฟอสฟอรัสในก้านใบอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับช่วงที่พอเพียง (0.17 - 0.20 เปอร์เซ็นต์) (Awada and Long, 1978)

ผลของการใส่ปุ๋ยเคมีเกรดต่างๆร่วมกับอัตราปุ๋ยคอก พบว่า มีอิทธิพลร่วมกันโดยมะละกอที่ได้รับการใส่ปุ๋ยเคมีแต่ละเกรด มีปริมาณฟอสฟอรัสในก้านใบเพิ่มขึ้นตอบสนองต่ออัตราปุ๋ยคอกที่ใส่ร่วมกัน เช่นเดียวกับการมีปริมาณฟอสฟอรัสในก้านใบเพิ่มขึ้นเมื่อพิจาณาในแต่ละอัตราปุ๋ยคอกที่ใส่ การใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 12-24-12 ร่วมกับอัตราปุ๋ยคอก 10 กก.ต่อต้น จะทำให้มะละกอมีปริมาณฟอสฟอรัสในก้านใบสูงสุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.188 เปอร์เซ็นต์ ผลดังกล่าวมีความสอดคล้องกับที่ Chand และ Tomar (1992) ซึ่งพบว่า การใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยฟอสฟอรัสทำให้ข้าวสาลีมีปริมาณฟอสฟอรัสในต้นและมีผลผลิตที่เป็นน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีขนาดของผลตอบสนองแตกต่างกันตามชนิดของดิน ซึ่งเป็นผลจากการมีอิทธิพลร่วมกันระหว่างปุ๋ยคอกกับปุ๋ยเคมี ทั้งนี้ Yang และคณะ (1994) พบว่า การใส่ปุ๋ยคอกช่วยทำให้ปุ๋ยฟอสเฟตในดินมีการละลายและเคลื่อนย้ายเป็นประโยชน์กับพืชเพิ่มขึ้น

2.3 ปริมาณโปตัสเซียมทั้งหมดในก้านใบ(petiole K)

อิทธิพลของปุ๋ยเคมีและปุ๋ยคอกต่อปริมาณโปตัสเซียมในก้านใบของมะละกอ แสดงไว้ในตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติของอิทธิพลของปุ๋ยเคมีเกรด

ตารางที่ 13 อิทธิพลของปุ๋ยเคมีและปุ๋ยคอกต่อปริมาณโปตัสเซียมในก้านใบของมะละกอ ที่ระยะเริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งแรก เมื่อมีอายุ 275 วัน

เกรดปุ๋ยเคมี	ระดับปุ๋ยคอก (กก.ต่อต้น)				เฉลี่ย
(1 กก.ต่อต้น)	0	2.5	5	10	
	----------โปตัสเซียมในก้านใบ (%)----------				
0-0-0	1.91^{g}	2.22^{efg}	2.31^{defg}	3.11^{a}	2.38^{C}
16-8-8	2.11^{fg}	2.20^{efg}	2.44^{def}	3.03^{abc}	2.44^{BC}
12-24-12	2.34^{defg}	2.49^{def}	2.64^{abcde}	3.09^{ab}	2.64^{AB}
13-13-21	2.76^{cdef}	2.65^{abcde}	2.58^{cdef}	3.07^{ab}	2.76^{A}
15-15-15	2.25^{efg}	2.58^{cdef}	2.63^{bcde}	3.05^{ab}	2.62^{AB}
เฉลี่ย	2.27^{C}	2.42^{BC}	2.55^{B}	3.07^{A}	
cv(a) = 10.33 %, cv(b) = 11.17 %					

หมายเหตุ ข้อมูลที่กำกับด้วยอักษรตัวพิมพ์เล็กและค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($P< 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี DMRT