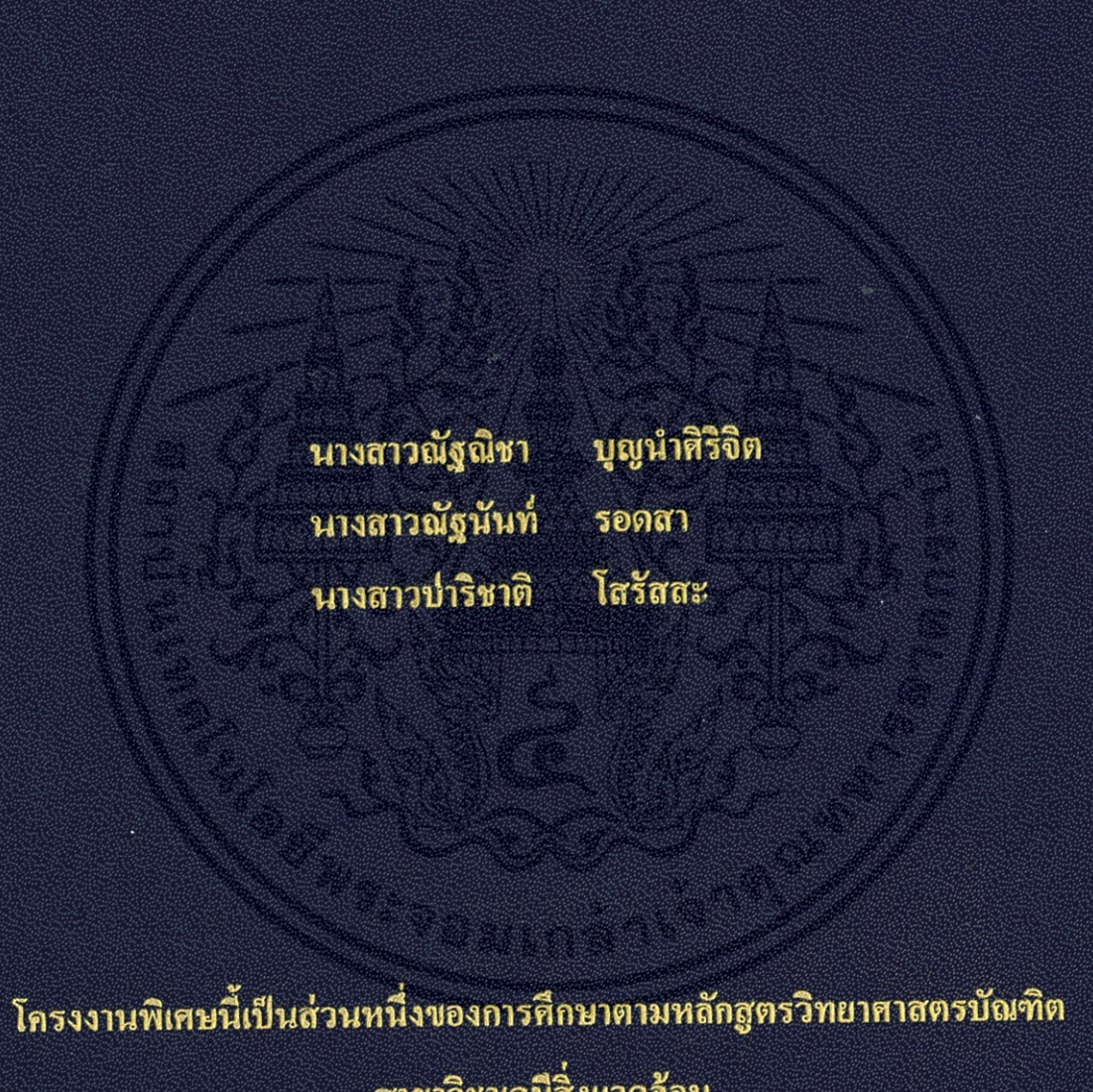


ผลของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีต่ออัตราการหายใจของดิน
บริเวณพื้นที่ปลูกพืชสวน

**EFFECT OF DIFFERENCE FERTILIZER ON SOIL RESPIRATION
FROM HORTICULTURE PLOTS**



นางสาวณัฐนิชา บุนยนาศิริจิต
นางสาวณัฐนันท์ รอดสา
นางสาวปาริชาติ โสรัสสะ

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเคมีสิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

ผลของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีต่ออัตราการหายใจของดิน
บริเวณพื้นที่ปลูกพืชสวน

**EFFECT OF DIFERENCE FERTILIZER ON SOIL RESPIRATION
FROM HORTICULTURE PLOTS**



นางสาวณัฐนิชา บุญนำศิริจิต
นางสาวณัฐนันท์ รอดสา
นางสาวปาริชาติ โสรัสสะ

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต


สาขาวิชาเคมีสิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างถึงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ปีการศึกษา 2556

**EFFECT OF DIFFERENCE FERTILIZER ON SOIL RESPIRATION
FROM HORTICULTURE PLOTS**



**MISS NATNICHA BOONNUMSIRIJIT
MISS NUTTANUN RODSA
MISS PARICHAT SORUSSA**

**A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIRMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE
IN ENVIRONMENTAL CHEMISTRY**

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเทคนิคแบบลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษ ผลของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีต่ออัตราการหายใจของดินบริเวณพื้นที่ปลูกพืชสวน

EFFECT OF DIFFERENT FERTILIZER ON SOIL RESPIRATION FROM HORTICULTURE PLOTS

ชื่อนักศึกษา นางสาวณัฐนิชา บุญนำศิริจิต รหัส 53051181
นางสาวณัฐนันท์ รอดสา รหัส 53051182
นางสาวปาริชาติ โสรัสสะ รหัส 53051215




ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา เกษีตังแวงลือม

ปีการศึกษา 2556

อาจารย์ที่ปรึกษา อ.กลินสุคนธ์ สุวรรณรัตน์

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเกษีตังแวงลือม ประจำปีการศึกษา 2556

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ. พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย	
อ.ปัทมา ลีพหาวงศ์	
อ. กลินสุคนธ์ สุวรรณรัตน์	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษ ผลของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีต่ออัตราการหายใจของดินบริเวณพื้นที่ปลูกพืชสวน

EFFECT OF DIFFERENT FERTILIZER ON SOIL RESPIRATION FROM HORTICULTURE PLOTS

ชื่อนักศึกษา นางสาวณัฐนิชา บุญนำศิริจิต รหัส 53051181
นางสาวณัฐนันท์ รอดสา รหัส 53051182
นางสาวปาริชาติ โสรัสสะ รหัส 53051215

ปริญญา วิทยาศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชา เกษตรศาสตร์

ปีการศึกษา 2556

อาจารย์ที่ปรึกษา อ.กมลีนสุคนธ์ สุวรรณรัตน์

บทคัดย่อ

การเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นดินอาจส่งผลกระทบต่ออัตราการหายใจของดิน สำหรับการเกษตรกรรมแล้วการใช้ปุ๋ยถือว่าเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงทั้งคุณสมบัติดินและอัตราการหายใจของดิน ซึ่งจากการตรวจวัดอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากแปลงเพาะปลูกผักคะน้าที่ไม่มีการใช้ปุ๋ย (SK) ใช้ปุ๋ยคอก (SMK) และปุ๋ยเคมี (SCK) พบว่าอัตราการหายใจของดินมีค่ามากที่สุดในการแปลงเพาะปลูกที่ใช้ปุ๋ยคอก โดยมีอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ $13.81 \text{ gCO}_2\text{m}^{-2}\text{d}^{-1}$ รองลงมาคือ แปลงเพาะปลูกที่ใช้ปุ๋ยเคมี (SCK) ไม่ใช้ปุ๋ย (SK) และแปลงดินที่ไม่มีการเพาะปลูก (S) อัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 12.18, 11.25 และ $11.12 \text{ gCO}_2\text{m}^{-2}\text{d}^{-1}$ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และแปลงเพาะปลูกพบว่า แปลงที่มีการเพาะปลูกมีการปลดปล่อยก๊าซดังกล่าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ยกเว้นแปลงดินที่ไม่มีการเพาะปลูก และจากการพิจารณาแบบเป็นคู่โดยใช้สถิติ T-Test พบว่ามีเพียงแปลงเพาะปลูกที่ไม่ใช้ปุ๋ยกับใช้ปุ๋ยคอกที่มีอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่างกันเท่านั้น ($p < 0.05$) นอกจากนี้เมื่อทำการศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยต่ออัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์พบว่า เปอร์เซ็นต์ความชื้น ค่าพีเอช และเปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอน มีผลต่ออัตราการปลดปล่อย ส่วนอุณหภูมิไม่มีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
คำสำคัญ : ปุ๋ยคอก ปุ๋ยเคมี อัตราการหายใจของดิน อัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

Title	Effect of organic and chemical fertilizer on soil respiration from horticulture plots
Students	Miss Natnicha Boonnumsirijit Miss Nuttanun Rodsa Miss Parichat Sorussa
Degree	Bachelor of Science
Major Program	Environmental Chemistry
Academic Year	2013
Advisor	Glinsukol Suwannarat

ABSTRACT

Fertilizer is an important factor that related to soil respiration in agricultural. The effect of different fertilizer on soil respiration had been studied in kale plots. The study involved four treatments: soil control (S), unfertilized (SK), organic manure (SMK) and chemical fertilizer (SCK). The result showed that soil CO₂ emission was increased in SMK, SCK, SK and S, there are 13.81, 12.18, 11.25 and 11.12 gCO₂m⁻²d⁻¹, respectively. SMK is a highest CO₂ Emission rate. Analysis of variance to test the difference of plot at the significance level 0.05 found that the rate of CO₂ emission compare the mean difference of SK, SMK and SCK were difference significance except S. Then analyze the data by statistical T-test to compare the mean differences between the pair found that only SK and SMK were significance. Moreover, the studied of factors that affected on the soil CO₂ emissions rate by using the Pearson correlation found that moisture, pH and organic carbon had affect to the CO₂ emission. While, temperature were not affect to CO₂ emission.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
Keywords : Organic manure, Chemical fertilizer, Soil respiration, CO₂ emission
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษเรื่องการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินในพื้นที่เพาะปลูกพืชสวนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องมาจากความอนุเคราะห์อย่างสูงจาก อ.กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่คอยให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทางต่างๆ เพื่อแก้ไขข้อบกพร่องและปัญหาต่างๆ จนโครงการพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงมาได้

ขอขอบพระคุณ ผศ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย และ อ.ปัทมา ลิพหาวงศ์ ที่ได้เข้าร่วมเป็นคณะกรรมการสอบโครงการพิเศษ และยังให้ข้อเสนอแนะเพื่อนำไปปรับปรุงให้งานวิจัยและรูปเล่มโครงการพิเศษนี้สมบูรณ์มากขึ้น

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ธีรวัฒน์ ศรุตโยภาส ที่ให้ความอนุเคราะห์พื้นที่แปลงปฏิบัติการสำหรับทดลอง และให้คำแนะนำสำหรับการปลูกผักคะน้า

ขอขอบคุณพี่สาคร พี่ชัชชัย พี่ณัฐพล และพี่ปราณี เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาเคมี ที่ให้ความอนุเคราะห์สอนการใช้เครื่องมือวิเคราะห์ทางเคมีสิ่งแวดลอม ให้คำปรึกษา และอำนวยความสะดวกในการทำการทดลอง

ขอขอบคุณ คุณลุงสมร เป้าประจำเมือง คุณลุงขับแท็กซี่ที่อำนวยความสะดวกและแนะนำแหล่งค้าขายปุ๋ยและดิน พร้อมทั้งลดค่ารถให้

ขอขอบคุณร้านจิว ร้านขายพืชพันธุ์และวัสดุทางการเกษตร บริเวณถนนคุ้มเกล้า ที่มีส่วนลดในการซื้อปุ๋ยอินทรีย์และดินเพื่อการทดลอง

ขอขอบคุณ คุณลุงสำราญ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการยกแปลงปลูกคะน้า

ขอขอบคุณน้องกรธิดา ทুমเพ็ญ และเพื่อนๆ คณะเทคโนโลยีการเกษตร ที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำในการทำการทดลองและวิธีการเพาะปลูกคะน้า

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ ในสาขาเคมีสิ่งแวดลอมที่คอยเป็นกำลังใจ ให้คำแนะนำ และให้ความช่วยเหลือทั้งทำการทดลองและรูปเล่มโครงการพิเศษ

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวของเราทั้งสามคนที่ให้กำลังใจ ให้ข้อคิดและสติเพื่อดำเนินชีวิตและแก้ปัญหา ให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนทางการศึกษามาโดยตลอด จนโครงการนี้ประสบความสำเร็จและผ่านลุล่วงไปได้ด้วยดี

นางสาวณัฐนิชา บุญนำศิริจิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของนางสาวปาริชาติ โสรัสสะ ไปด้วย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	
คำย่อและสัญลักษณ์	
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 สภาวะโลกร้อน	3
2.1.1 ก๊าซเรือนกระจก	3
2.1.2 วัฏจักรคาร์บอน	7
2.1.3 การเกษตรกรรมกับสภาวะโลกร้อน	8
2.2 การหายใจของดิน	9
2.5 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการหายใจของดิน	10
2.4 ปุ๋ย	12
2.4.1 ปุ๋ยเคมี	13
2.4.2 ปุ๋ยอินทรีย์	14
2.4.3 ปุ๋ยชีวภาพ	15
2.5 ค่าน้ำ	16
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	22
3.1 อุปกรณ์และสารเคมี	22
3.2 พื้นที่ศึกษา	24
3.3 การเตรียมพื้นที่เพื่อใช้ทดลอง	24
3.4 ลักษณะทางกายภาพและเคมีของดินและปุ๋ยที่ใช้ทดลอง	25
3.4.1 ลักษณะทางกายภาพและเคมีของดิน	25
3.4.2 ลักษณะทางกายภาพและเคมีของปุ๋ย	26
3.5 การเก็บตัวอย่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแปลงเพาะปลูก	27
3.5.1 ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	27
3.5.2 การวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์	29
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล	30
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	31
4.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติของดิน	31
4.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติของปุ๋ย	33
4.3 ผลการเปรียบเทียบอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของดิน	34
4.3.1 อัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของดินในแปลงเพาะปลูก	34
4.3.2 เปรียบเทียบอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของดินระหว่างแปลงเพาะปลูก	36
4.4 ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	37
4.4.1 เปอร์เซ็นต์ความชื้น	37
4.4.2 อุณหภูมิ	38
4.4.3 ค่าพีเอช	39
4.4.4 เปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอน	39
บทที่ 5 สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ	42
5.1 สรุปผลการวิจัย	42
5.2 ข้อเสนอแนะ	42

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	43
ภาคผนวก ก วิธีการคำนวณ	47
ภาคผนวก ข ตารางผลการทดลอง	56
ภาคผนวก ค การใช้โปรแกรมทางสถิติ	64
ภาคผนวก ง ประมวลภาพ	80



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์	4
ตารางที่ 2.2 ธาตุอาหารหลักของพืช	12
ตารางที่ 2.3 ช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมในการปลูกผักแต่ละชนิด	17
ตารางที่ 3.1 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและเคมีของดิน	26
ตารางที่ 3.2 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและเคมีของปุ๋ย	27
ตารางที่ 4.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติของดินก่อนและหลังการเพาะปลูก	31
ตารางที่ 4.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีที่ใช้ปลูกคะน้า	34
ตารางที่ 4.3 วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance table; ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของแต่ละแปลงเพาะปลูก	36
ตารางที่ 4.4 วิเคราะห์ Independent-Samples T-Test เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของดิน แบบเป็นคู่	36
ตารางที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของดินกับอุณหภูมิ (°C) ความชื้น (%) ค่าพีเอช และอินทรีย์คาร์บอน (%)	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 อัตราการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลก ระหว่างปี 1990-2005	5
รูปที่ 2.2 อัตราการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆ ในโลก ระหว่างปี 1990-2005	5
รูปที่ 2.3 การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆ ของแต่ละสาขา	6
รูปที่ 2.4 วัฏจักรและเส้นทางการไหลเวียนของคาร์บอนในโลก โดยมีอัตราการปลดปล่อย และกักเก็บในหน่วย Gt C	8
รูปที่ 3.1 บริเวณพื้นที่ที่ใช้สำหรับการทดลอง	24
รูปที่ 3.2 การเตรียมพื้นที่สำหรับการทดลอง	25
รูปที่ 3.3 การกำหนดจุดเก็บตัวอย่างดิน	25
รูปที่ 3.4 จุดเก็บตัวอย่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแปลงเพาะปลูก	27
รูปที่ 3.5 Plastic chamber ที่ใช้สำหรับเก็บตัวอย่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	27
รูปที่ 3.6 การเก็บตัวอย่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	29
รูปที่ 4.1 อัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของดินเฉลี่ยในแปลงเพาะปลูก	34
รูปที่ 4.2 อัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยของแปลงเพาะปลูกในแต่ละ ครั้ง	35
รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของแปลงเพาะปลูกกับ อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นที่เพาะปลูก	38
รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของแปลงเพาะปลูกกับ ค่าพีเอชเฉลี่ยของพื้นที่เพาะปลูก	38
รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของแปลงเพาะปลูกกับ ค่าพีเอชเฉลี่ยของพื้นที่เพาะปลูก	39
รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของแปลงเพาะปลูกกับ เปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอนเฉลี่ยของพื้นที่เพาะปลูก	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อและสัญลักษณ์

cm	เซนติเมตร
cm ³	ลูกบาศก์เซนติเมตร
EC	ค่าการนำไฟฟ้า
gCO ₂ m ⁻² d ⁻¹	กรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตรต่อวัน
g.eq/mol	กรัมสมมูลต่อโมล
hr	ชั่วโมง
M	โมลาร์
mesh	เมช
mL	มิลลิลิตร
mS/cm	มิลลิวซีเมนต์ต่อเซนติเมตร
m ²	ตารางเมตร
m ³	ลูกบาศก์เมตร
N	นอร์มัล
pH	ค่าความเป็นกรด-ด่าง
SD	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
\bar{X}	ค่าเฉลี่ย
α	ระดับนัยสำคัญ
%K	เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียม
%N	เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน
%OC	เปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอน
%P	เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัส
°C	องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

การเกษตรกรรมนั้นมีความสำคัญต่อประเทศไทยเป็นอย่างมาก ผลผลิตต่างๆ ที่ได้จากการเกษตรล้วนแล้วแต่มีความสำคัญต่อทั้งการบริโภคของประชาชนภายในประเทศและการส่งออก ซึ่งเป็นการสร้างรายได้ให้กับประชาชนและประเทศไทย ในการทำการเกษตรนั้นเกษตรกรต้องมีการใช้ปุ๋ยเพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิตให้ตอบสนองต่อความต้องการของตลาด ปุ๋ยเคมีจึงเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายเนื่องจากปัจจัยต่างๆ ที่เอื้ออำนวย เช่น พื้นที่เพาะปลูกและราคาผลผลิต เป็นต้น แนวโน้มในการใช้ปุ๋ยเคมีจึงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (พรรณพิมล, 2557) แต่ปัจจุบันปุ๋ยอินทรีย์เริ่มได้รับความสนใจและเข้ามามีบทบาทมากขึ้น เนื่องจากปุ๋ยเคมีมีราคาสูงและหากใช้เป็นระยะเวลานานแล้วอาจจะก่อให้เกิดปัญหาเรื่องความเสื่อมโทรมของดินได้ เกษตรกรจึงเล็งเห็นความสำคัญของการจัดการดิน การดูแลและปรับปรุงให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์อยู่เสมอซึ่งเป็นเรื่องสำคัญที่จะทำให้การเกษตรได้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพ

การไถ การพรวน หรือการใส่ปุ๋ยต่างเป็นกิจกรรมของมนุษย์ที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นดินโดยตรง ซึ่งกว่า 35% ของกิจกรรมเหล่านี้จะก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญก็คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) (Foley *et al.*, 2005) สำหรับระบบนิเวศบนพื้นดินก๊าซนี้จะถูกปลดปล่อยจากการหายใจของดิน รากพืช และเหล่าจุลินทรีย์ที่มีการใช้สารอินทรีย์คาร์บอนในดินเพื่อการหายใจ (Andrew *et al.*, 1999; Savage *et al.*, 2009) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปลดปล่อยจากแหล่งต่างๆ นี้จะถูกดักจับด้วยพืช แล้วกลับคืนสู่ชั้นบรรยากาศ เกิดเป็นวัฏจักรคาร์บอนในระบบนิเวศพื้นดินวนเวียนอย่างนี้เรื่อยๆ และโดยทั่วไปแล้วก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปลดปล่อยออกมามะเกิดการแลกเปลี่ยนคาร์บอน 25% ของปริมาณคาร์บอนทั้งหมดระหว่างระบบนิเวศพื้นดินกับชั้นบรรยากาศ (Schlesinger and Andrews, 2000) โดยดินบริเวณพื้นที่เพาะปลูกทางการเกษตรจัดเป็นแหล่งปลดปล่อยก๊าซดังกล่าวที่สำคัญ (Meng *et al.*, 2005; Ding *et al.*, 2006) อัตราการปลดปล่อยจะถูกควบคุมด้วยปัจจัยต่างๆ เช่น อุณหภูมิของดินและความชื้น ปริมาณและคุณภาพของสารต่างๆ ในดิน ชนิดของพืชพันธุ์ ปริมาณจุลินทรีย์และกิจกรรมของเหล่าจุลินทรีย์ในดิน และการจัดการพื้นที่ (Curtin *et al.*, 2000; Ding *et al.*, 2007; Li *et al.*, 2008)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างของอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ในพื้นที่ที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ในการเพาะปลูกพืชสวน และศึกษาปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อการหายใจของดิน

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1.2.1 เพื่อศึกษาอัตราการหายใจของดินของบริเวณพื้นที่ปลูกพืชสวน
- 1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบผลของปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ทางการเกษตรต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน
- 1.2.3 เพื่อศึกษาปัจจัยอื่นๆ ที่อาจจะส่งผลต่ออัตราการหายใจของดิน

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1.3.1 ทำการศึกษาการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินเมื่อใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ในการเพาะปลูกผักคะน้า ในบริเวณแปลงเกษตรคณะเทคโนโลยีการเกษตร สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช หลักสูตรพืชไร่ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- 1.3.2 ทำการศึกษาคุณสมบัติต่างๆ ของดินและปุ๋ย โดยทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ทั้งทางกายภาพและเคมี ได้แก่ ความชื้น ความเป็นกรดด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ขนาดอนุภาคดิน ความหนาแน่นรวมของดิน ค่าซีอีซี อินทรีย์คาร์บอน ปริมาณธาตุอาหารหลัก คือ ไนโตรเจน โปแทสเซียม และฟอสฟอรัส
- 1.3.3 เมล็ดคะน้าที่ใช้ทดลองเป็นของบริษัท เกียไต่ จำกัด มีเปอร์เซ็นต์การงอก 98%
- 1.3.4 กำหนดระยะเวลาในการเพาะปลูก 30 วัน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 สามารถประเมินอัตราการปลดปล่อยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ของดินที่ใช้เพาะปลูกผักคะน้าเมื่อใช้ปุ๋ยต่างชนิดกัน
- 1.4.2 สามารถประเมินปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂)
- 1.4.3 สามารถประเมินการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติต่างๆ ของดินอันเป็นผลมาจากการใช้ปุ๋ยต่างชนิดกันได้จากพารามิเตอร์ต่างๆ
- 1.4.4 สามารถทราบถึงแนวทางในการเลือกใช้ปุ๋ยที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สภาวะโลกร้อน

2.1.1 ก๊าซเรือนกระจก

กิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ถือว่าเป็นแหล่งกำเนิดหลักของก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases) ไม่ว่าจะเป็นการเผาไหม้เชื้อเพลิง การตัดไม้ทำลายป่า การใช้สารเคมี และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ต่างก่อให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งสิ้น พิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) ซึ่งมีขึ้นเพื่อกำหนดให้ประเทศที่จัดอยู่ในกลุ่มพัฒนาแล้วต้องมีการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้มีการควบคุมก๊าซเรือนกระจก 6 ชนิดที่เกิดจากกิจกรรมมนุษย์ (Anthropogenic) ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ก๊าซมีเทน (CH₄) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N₂O) ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFC) ก๊าซเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFC) และก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF₆) โดยในกลุ่มของก๊าซเรือนกระจกเหล่านี้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถือว่าเป็นก๊าซที่สำคัญที่สุดที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect) (Forster *et al.*, 2007)

โดยทั่วไปแล้วเมื่อดวงอาทิตย์แผ่รังสีมาโลกจะดูดซับพลังงานความร้อนนี้ผ่านชั้นบรรยากาศไว้ร้อยละ 70 เพื่อให้เกิดความอบอุ่นกับพื้นผิวโลก แล้วสะท้อนกลับไปสู่ชั้นอวกาศอีก ร้อยละ 30 ในรูปรังสีความร้อนหรืออินฟราเรดเพื่อไม่ให้โลกร้อนจนเกินไป พลังงานความร้อนนี้จะเป็นตัวขับเคลื่อนที่สำคัญที่ทำให้เกิดภูมิอากาศในโลก (คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2553) และเนื่องด้วยคุณสมบัติที่ดูดกลืนรังสีความร้อนหรือรังสีอินฟราเรดได้ดีของก๊าซเรือนกระจก เมื่อดวงอาทิตย์แผ่รังสีมายังโลกและเกิดการสะท้อนกลับก๊าซเหล่านี้ซึ่งมีทั่วไปในชั้นบรรยากาศก็จะช่วยดูดซับและทำให้โลกอบอุ่นหากมีอยู่อย่างพอดี แต่เมื่อก๊าซเรือนกระจกถูกปลดปล่อยขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศของโลกมากขึ้นเรื่อยๆ ก๊าซเหล่านี้จะเริ่มทำหน้าที่เปรียบเสมือนกระจกที่ห่อหุ้มโลกเอาไว้ เมื่อโลกสะท้อนรังสีอินฟราเรดกลับสู่ชั้นอวกาศ กระจกของกลุ่มก๊าซจะกลายเป็นตัวกั้นการสะท้อนรังสีอินฟราเรดที่จะสะท้อนจากโลกกลับไป เกิดเป็นสภาวะเรือนกระจก (Greenhouse Effect) ในโลกขึ้น เปรียบเสมือนห้องกระจกที่ตั้งอยู่กลางแจ้งที่แสงสามารถผ่านกระจกเข้ามาได้ แต่ความร้อนไม่สามารถระบายออกไปสู่ข้างนอกได้ ทำให้อุณหภูมิภายในนั้นเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ (มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2557) โลกก็เช่นเดียวกันรังสีอินฟราเรดที่ไม่สามารถทะลุผ่านกระจกของกลุ่มก๊าซที่ห่อหุ้มโลกได้ จะยิ่งทำให้อุณหภูมิภายในโลกเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ส่งผลให้เกิดสภาวะโลกร้อน (Global warming) ที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ไม่ว่ากรณี (Climate change) ซึ่งส่งผลกระทบต่อทั่วทั้งโลกดังเช่นในปัจจุบันทุกครั้งที่มีการนำใบใช้

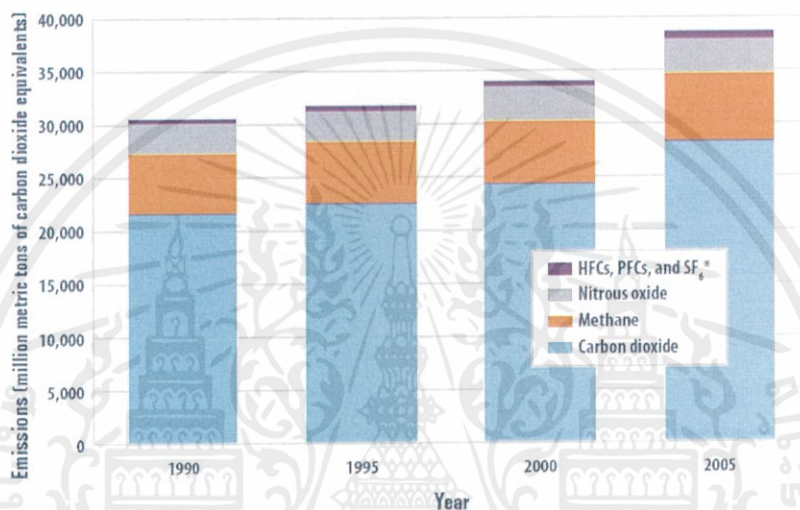
ตารางที่ 2.1 ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์

ก๊าซเรือนกระจก	แหล่งกำเนิด	ช่วงชีวิตเฉลี่ย ในชั้น บรรยากาศ (ปี)	ศักยภาพที่ทำให้เกิด ภาวะโลกร้อน ในช่วง 100 ปี (เท่า)
คาร์บอนไดออกไซด์	- การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล (น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และถ่าน หิน) ขยะมูลฝอย และป่าไม้ - การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน - การตัดไม้ทำลายป่า และความ เสื่อมโทรมของดิน	ไม่สามารถ กำหนดได้	1
มีเทน	- เกิดขึ้นระหว่างการผลิตและการ ขนส่งถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ และน้ำมัน - จากการปศุสัตว์ การเกษตร กรรม และการเน่าเปื่อยของขยะ มูลฝอยในสถานะไม่มี O ₂	12	21
ไนตรัสออกไซด์	- เกิดในระหว่างกิจกรรมของภาค การเกษตรและอุตสาหกรรม - เกิดขึ้นระหว่างการสันดาปของ เชื้อเพลิงฟอสซิลและขยะมูล ฝอย	114	310
ฟลูออรีน	- การปลดปล่อยเกิดขึ้นใน กระบวนการทางอุตสาหกรรม ต่างๆ การใช้งานทางการค้าและ ในครัวเรือน - เป็นสารที่ใช้ทดแทนสารที่ ทำลายชั้น โอโซน เช่น CFCs	2 อาทิตย์ – 1,000 ปี	แตกต่างกัน (ซัลเฟอร์ เฮกซะ ฟลูออไรด์สูงสุด 23,900)

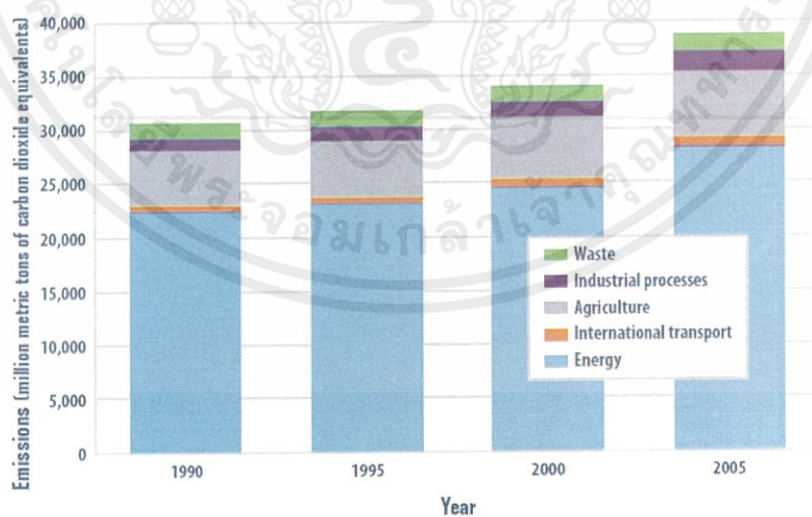
ที่มา : Environmental Protection Agency, 2012

เอกสารนี้เป็นเอกสารเป็นที่น่ากังวลอย่างมากเมื่อสถานการณ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในโลกมีแนวโน้มการกำ
ไม่ว่ากรณีใดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องนับตั้งแต่เกิดการปฏิวัติด้านอุตสาหกรรมในช่วงศตวรรษที่ 17 เป็นต้นมา อัตรา

การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้นมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล การตัดไม้เพื่อสร้างโรงงานอุตสาหกรรม และกิจกรรมที่เกี่ยวข้องอื่นๆ ในปี ค.ศ.2005 มีอัตราการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเทียบเท่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของทั่วโลกทั้งหมด 39 พันล้านเมตริกตัน เพิ่มขึ้นจากปี ค.ศ.1990 26% ซึ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ยังคงเป็นก๊าซที่ถูกปลดปล่อยออกมามากที่สุดถึง 31% ในช่วงระหว่างปี 1990-2005 คิดเป็นอัตราการปลดปล่อยมากกว่าก๊าซเรือนกระจกอื่นๆ 3-4 เท่า โดยภาคพลังงานมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดถึงร้อยละ 73 รองลงมาคือภาคเกษตรกรรม ร้อยละ 16-17 (Environmental Protection Agency, 2012)

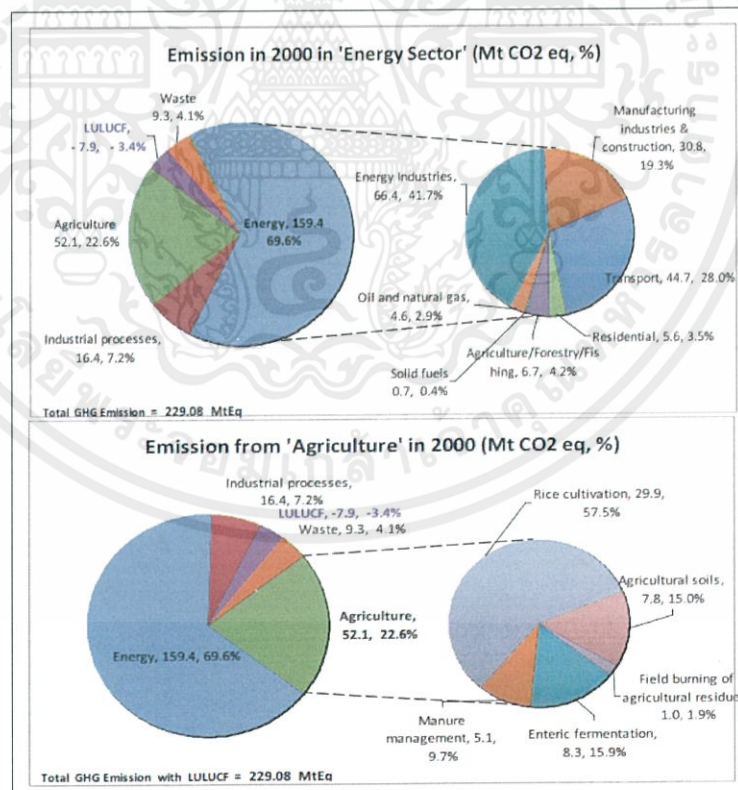


รูปที่ 2.1 อัตราการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลก ระหว่างปี 1990-2005 (Environmental Protection Agency, 2012)



เอกสารนี้เป็นรูปที่ 2.2 อัตราการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆ ในโลก ระหว่างปี 1990-2005 เป็นการคำนวณที่รวมกันการคำนวณภาคพลังงานและการคำนวณภาคการขนส่ง (Environmental Protection Agency, 2012) จึงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่นเดียวกันกับการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในประเทศไทย จากรายงานแห่งชาติครั้งที่สอง ซึ่งจัดทำโดยสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ในปี พ.ศ.2543 ประเทศไทยปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นค่าศักยภาพการทำให้โลกร้อน (Global Warming Potential; GWP) เทียบเท่ากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ประมาณ 281 ล้านตัน และมีปริมาณการดูดซับก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 52 ล้านตัน จึงมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเทียบเท่ากับคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 229 ล้านตัน และเมื่อพิจารณาตามแหล่งการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก เทียบเท่ากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แล้วจะพบว่า ภาคพลังงานจะมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุดถึงร้อยละ 70 รองลงมาคือ ภาคเกษตรกรรม ประมาณร้อยละ 23 และเป็นอุตสาหกรรมป่าไม้ และการจัดการของเสีย ตามลำดับ โดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกปลดปล่อยจากภาคพลังงานเป็นสำคัญ กว่าร้อยละ 43 ถูกปลดปล่อยมาจากอุตสาหกรรมผลิตพลังงาน ร้อยละ 30 มาจากการขนส่ง และร้อยละ 20 มาจากการก่อสร้าง ส่วนภาคเกษตรกรรมนั้น จะปลดปล่อยก๊าซมีเทนและก๊าซไนตรัสออกไซด์มากที่สุด โดยอัตราการปลดปล่อยสูงถึงร้อยละ 70 และ 83 ของปริมาณทั้งหมด 2.8 ล้านตันและ 4 หมื่นตันตามลำดับ การปลูกข้าวในพื้นที่น้ำขังและการปศุสัตว์เป็นแหล่งปล่อยก๊าซมีเทน และการใช้ที่ดินในการทำเกษตรกรรมจะเป็นแหล่งปลดปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ (ศูนย์วิจัยเศรษฐศาสตร์ประยุกต์, 2553)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 2.3 การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆ ของแต่ละสาขา

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างถึงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ศูนย์วิจัยเศรษฐศาสตร์ประยุกต์, 2553)

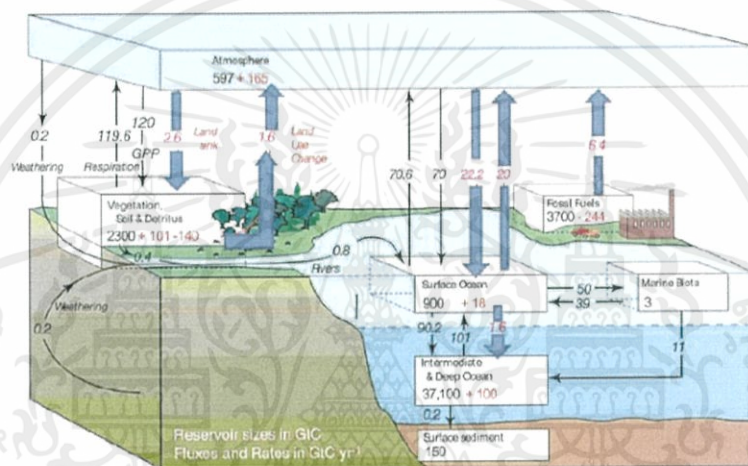
การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างไม่หยุดยั้งจะยิ่งส่งผลให้เกิดการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นผลทำให้อุณหภูมิของพื้นผิวโลกยิ่งเพิ่มสูงขึ้น เกิดสภาวะโลกร้อน (Global warming) อุณหภูมิของโลกที่ยิ่งร้อนก็จะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) เป็นลูกโซ่ผลกระทบต่อไปอย่างไม่มีที่สิ้นสุดและทวีความรุนแรงขึ้นเรื่อยๆ ผลกระทบที่สำคัญประการหนึ่ง คือ การละลายของน้ำแข็งขั้วโลกที่เพิ่มขึ้นในทุกๆ ปี ส่งผลให้โอกาสในการสูญพันธุ์ของหมีขั้วโลกเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่เดียวกันอุณหภูมิที่สูงนี้ทำให้เชื้อสาเหตุโรคบางชนิด เช่น ไวรัส และแบคทีเรีย สามารถเจริญเติบโตและแพร่กระจายพันธุ์ได้ดีขึ้น เป็นผลให้เกิดการระบาดของโรคร้ายแรงหลายชนิด ดังเช่นในปัจจุบันพบการระบาดของโรคไข้หวัดนก และโรคซาร์ เป็นต้น นอกจากนี้ความถี่ของการเกิดพายุที่มีขนาดความรุนแรงและเกิดขึ้น บ่อยครั้งมากในปัจจุบัน เช่น แครีนา ที่ถล่มเมืองนิวยอร์กของสหรัฐอเมริกา จากหลักฐานทางอุณหภูมิตาม พยากรณ์อากาศ พายุฮอร์นาโด พายุเฮอริเคน และพายุไต้ฝุ่นที่เกิดขึ้นในปีพ.ศ. 2547-2548 มีจำนวนเพิ่มขึ้นเป็นสามเท่าเมื่อเทียบกับคริสต์ศตวรรษที่ 20 (ขวัญชัย, 2549) การเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลที่ผิดปกติ อันเนื่องมาจากผลของปรากฏการณ์เอลนีโญ ทำให้เกิดภัยแล้งฝนตกหนัก น้ำท่วม และการเกิดการแพร่กระจายของคลื่นความร้อน (heat wave) ในยุโรปและประเทศต่างๆ ทั่วทุกพื้นที่ในโลก (นิพนธ์, 2549) ทั้งหมดนี้อาจเป็นเพียงส่วนหนึ่งของผลกระทบจากสภาวะโลกร้อนที่มีสาเหตุจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างขาดการยับยั้ง หากไม่มีการควบคุมและช่วยกันลดสาเหตุของปัญหานี้ (สิริกานดา, 2551)

2.1.2 วัฏจักรคาร์บอน

คาร์บอนเป็นธาตุที่พบได้มากที่สุดในโลก ทั้งในชั้นบรรยากาศของโลก ดิน มหาสมุทร และองค์ประกอบของเปลือกและผิว โลกจึงเป็นคลังคาร์บอนเพราะเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนขนาดใหญ่ที่มีปริมาณคาร์บอนมาก เส้นทางการไหลของการแพร่กระจายหรือแลกเปลี่ยนคาร์บอนกับชั้นบรรยากาศมาจากหลายแหล่งด้วยกัน ได้แก่ มหาสมุทร กระบวนการสังเคราะห์แสง การหายใจ และการเผาไหม้เชื้อเพลิงและมวลชีวภาพ โดยมหาสมุทรเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่ใหญ่ที่สุด รองลงมาคือเชื้อเพลิง และในพืชผักและดิน ซึ่งคิดเป็นปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บเป็น 38,000, 3,700, 2,300 และ 750 Pg C ตามลำดับ (IPCC, 2007)

ส่วนระบบนิเวศบนพื้นดิน (Terrestrial Ecosystem) พืชและจุลินทรีย์ในดินถือว่าเป็นผู้ที่ มีบทบาทและมีความสำคัญที่จะทำให้เกิดการเวียนของคาร์บอนระหว่างโลกกับชั้นบรรยากาศมากที่สุด โดยพืชจะทำหน้าที่ดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศที่มาจากแหล่งกำเนิดต่างๆ แล้วทำหน้าที่เปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากคาร์บอนอนินทรีย์ (CO_2) เป็นคาร์บอนอินทรีย์กักเก็บสะสมไว้ในเนื้อเยื่อส่วนต่างๆ ของพืช ทั้งในส่วนที่อยู่เหนือดิน ได้แก่ ลำต้น กิ่ง และใบ และส่วนที่อยู่ใต้ดิน คือ ราก โดยผ่านกระบวนการที่เรียกว่า การสังเคราะห์ด้วยแสง

(photosynthesis) (พจนีย์ และ ทวีศักดิ์, 2541) และเมื่อมีการร่วงหล่นของเศษพืชหรือซากสัตว์ที่ตายลง จุลินทรีย์ในดินจะทำหน้าที่ย่อยสลายเพื่อเปลี่ยนรูปคาร์บอนอินทรีย์ ให้กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ปล่อยกลับคืนสู่ชั้นบรรยากาศ ทำให้คาร์บอนเข้าสู่วัฏจักรคาร์บอน (carbon cycle) อีกครั้ง นอกจากนี้คาร์บอนบางส่วนที่ไม่ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในดิน สามารถเก็บสะสมไว้ในดินในรูปสารประกอบอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ยาก เช่น ฮิวมัส (humus) สารประกอบคาร์บอนेत รวมถึงในรูปของแหล่งพลังงานฟอสซิล (น้ำมัน ถ่านหิน) อีกด้วย อัตราการไหลเวียนของคาร์บอนในระบบนิเวศบนพื้นดินกับชั้นบรรยากาศจึงมีค่ามากกว่าอัตราการไหลเวียนในมหาสมุทรกับชั้นบรรยากาศ (IPCC, 2007)



รูปที่ 2.4 วัฏจักรและเส้นทางการไหลเวียนของคาร์บอนในโลก โดยมีอัตราการปลดปล่อยและกักเก็บในหน่วย GtC (IPCC, 2007)

2.1.3 การเกษตรกรรมกับสภาวะโลกร้อน

การเกษตรเป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญแหล่งหนึ่ง เนื่องจากพื้นที่เกษตรทั่วโลกมีอาณาบริเวณที่ใหญ่ คิดเป็น 5,023 ล้านเฮกตาร์ โดยคิดเป็นร้อยละ 40-50 ของพื้นที่ผิวโลกทั้งหมด ก๊าซเรือนกระจกหลักที่ปล่อยจากพื้นที่เกษตร ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) และไนตรัสออกไซด์ (N_2O) โดยค่าประมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเหล่านี้ในปี ค.ศ. 2005 คิดเป็น 5.1-6.1 $\text{GtCO}_2^{-\text{eq}}$ ต่อปี หรือ ร้อยละ 10-12 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมของมนุษย์ทั่วโลก ซึ่งเป็นก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์ในปริมาณกว่า 3.3 และ 2.8 $\text{GtCO}_2^{-\text{eq}}$ ต่อปี ตามลำดับ หรือ คิดเป็นร้อยละ 50 และ 60 ของก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์ที่

เอกสารนี้เป็ ปล่อยทั่วทั้งโลก ในขณะที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีการปล่อยสุทธิเพียง 0.04 $\text{GtCO}_2^{-\text{eq}}$ ต่อปี ทั้งนี้การคำนวณว่ากรณีใ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีแหล่งกำเนิดจากการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุของจุลินทรีย์หรือเกิดจากการรั่ว

เผาเศษซากพืชและอินทรีย์วัตถุในดิน มีเทนเกิดจากการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในสภาวะที่มีออกซิเจนจำกัดจากการย่อยอาหารของสัตว์ จากการหมักมูลสัตว์หรือเศษซากพืช และจากนาข้าว และไนตรัสออกไซด์เกิดจากการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนในดินและมูลสัตว์ ซึ่งโดยมากจะเกิดจากการใส่ไนโตรเจนในปริมาณที่มากเกินความต้องการของพืช แม้ว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเกษตรจะมีความซับซ้อน แต่การจัดการระบบเกษตรที่เหมาะสมยังมีความเป็นไปได้ในการลดก๊าซเรือนกระจก และแนวทางลดก๊าซเรือนกระจกหลายทางสามารถใช้เทคโนโลยีที่มีอยู่แล้วในปัจจุบันและสามารถนำไปปฏิบัติได้ทันทีอีกด้วย

ภาคเกษตรกรรมมีบทบาทที่เพิ่มขึ้นต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยข้อมูลการปล่อยก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์จากการเกษตรระบุว่ามีการเพิ่มขึ้นของการปล่อยก๊าซทั้งสองชนิดคิดเป็น ร้อยละ 17 ระหว่างปี ค.ศ. 1990-2005 ทั้งนี้เป็นเพราะการเพิ่มขึ้นของประชากรโลกที่ทำให้มีความต้องการอาหารที่สูงขึ้น จึงเร่งให้เกิดการบุกรุกพื้นที่อื่นๆ โดยเฉพาะพื้นที่ป่า และเปลี่ยนพื้นที่เหล่านั้นให้เป็นพื้นที่เพาะปลูกและเลี้ยงสัตว์มากยิ่งขึ้น เพื่อให้มีผลผลิตที่เพียงพอต่อความต้องการและตอบรับกับรูปแบบการบริโภคที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น การทำปศุสัตว์ที่มากขึ้นและการเพิ่มการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน เมื่อพิจารณาการเพิ่มพื้นที่เกษตรในระยะหลัง ผลที่ได้แสดงอย่างชัดเจนถึงการเพิ่มพื้นที่เกษตรในประเทศกำลังพัฒนาที่เพิ่มขึ้นกว่า 502 ล้านเฮกแตร์ ในขณะที่ประเทศที่พัฒนาแล้วมีพื้นที่เกษตรลดลง ประมาณ 41 ล้านเฮกแตร์ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานที่กล่าวว่าภูมิภาค 5 แห่ง ในกลุ่มประเทศนอกผนวกที่ 1 (Non-Annex 1) มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (มีเทนและไนตรัสออกไซด์) ที่เพิ่มขึ้นกว่าร้อยละ 32 คิดเป็นสามในสี่ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเกษตรทั้งหมด และอีก 5 ภูมิภาค ซึ่งโดยมากอยู่ในกลุ่มประเทศในภาคผนวกที่ 1 (Annex 1) มีผลรวมการปล่อยก๊าซที่ลดลงประมาณร้อยละ 12 ผลการประเมินนี้แสดงให้เห็นว่าการเกษตรในประเทศกำลังพัฒนา เช่น ประเทศไทยจำเป็นต้องตระหนักถึงการลดก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตรกรรม และเร่งหาแนวทางบรรเทาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพื่อรับรองข้อกำหนดที่อาจมีในอนาคตในการจำกัดหรือลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศในกลุ่มนี้ (ภัทรา, 2552)

2.2 การหายใจของดิน

การหายใจของดิน (Soil respiration) โดยทั่วไปดินที่มีปริมาณจุลินทรีย์สูงมักจะเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง ทั้งนี้เนื่องจากจุลินทรีย์ดินมีผลช่วยส่งเสริมกระบวนการต่างๆที่เป็นประโยชน์ภายในดิน เช่น กระบวนการย่อยสลายอินทรีย์สาร กระบวนการตรึงไนโตรเจน เป็นต้น ซึ่งกิจกรรมของเชื้อจุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์ ได้แก่ การย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ โดยมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณและกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินอันเนื่องมาจากปริมาณและชนิดของอินทรีย์วัตถุในดิน นอกจากนี้สภาพแวดล้อมก็มีบทบาทสำคัญมากต่อชนิด ปริมาณ และกิจกรรมของเชื้อจุลินทรีย์ดิน สภาพแวดล้อมที่สำคัญได้แก่ ความชื้น การถ่ายเทอากาศ อุณหภูมิ pH ของดิน

ปริมาณและชนิดอินทรีย์สาร(organic substance) ในดิน ปริมาณ และชนิดอนินทรีย์สาร (inorganic substance)ในดิน เป็นต้น

กิจกรรมของจุลินทรีย์ดินสามารถวัดได้ โดยการวัดปริมาณของ CO_2 ซึ่งเกิดในกระบวนการหายใจของจุลินทรีย์ การย่อยสลายอินทรีย์วัตถุโดยจุลินทรีย์ดิน ส่วนใหญ่คาร์บอนในอินทรีย์วัตถุจะถูกปล่อยออกมาในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์ บางส่วนจะรวมอยู่ในเซลล์ของจุลินทรีย์ และส่วนที่ย่อยสลายยากจะคงเหลืออยู่ในดิน มีการสลายตัวไปอย่างช้า ๆ ซึ่งจะเป็นสิ่งที่ทำให้กำเนิดชีวมวลต่อไป

ดังนั้นในการใช้วัสดุอินทรีย์จะต้องคำนึงคุณสมบัติต่างๆ ของวัสดุอินทรีย์ เช่น C/N ratio ไม่ควรสูงเกินไป มิฉะนั้นอาจเป็นโทษต่อพืชมากกว่าเป็นคุณ ทำให้การเสื่อมสลายซึ่งเป็นกระบวนการทางจุลชีววิทยาเป็นไปได้ช้า และจุลินทรีย์ต้องใช้ไนโตรเจนจากดิน ทำให้พืชขาดไนโตรเจนได้ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าวัสดุอินทรีย์มีคุณสมบัติที่ทำให้ถูกย่อยสลายได้ช้าเร็วต่างกัน โดยดูจาก C/N ratio ดังนั้นควรเลือกใช้วัสดุอินทรีย์ที่เหมาะสมในการปฏิบัติ

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการหายใจของดิน

2.4.1 ความดันบรรยากาศ

ความดันบรรยากาศมีความสัมพันธ์ต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ถ้าความดันบรรยากาศต่ำ การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าความดันบรรยากาศมีความสัมพันธ์ผกผันกับการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศ

2.4.2 การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ธรรมชาติ

การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในดินสามารถเพิ่มปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อินทรีย์คาร์บอนที่ละลายน้ำได้ในดินเป็นแหล่งที่มาโดยตรงของคาร์บอนสำหรับจุลินทรีย์ในดิน ซึ่งจะปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาตามปริมาณที่เติมลงในดิน การทำเกษตรกรรมมีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อเป็นสารอาหารให้แก่พืช ซึ่งอาจทำให้การใช้ปุ๋ยอินทรีย์มีส่วนสำคัญในการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินสู่บรรยากาศ

2.4.3 การไถพรวนดิน

การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สามารถเกิดขึ้นได้จากการไถพรวนมากกว่าดินที่ไม่ได้ไถพรวน การไถพรวนทำให้มวลดินแตก จะช่วยในการผสมดินและอนุภาคอินทรีย์ ช่วยเพิ่มการแทรกซึมและความชุ่มน้ำและจึงทำให้การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศเพิ่มขึ้น

2.4.4 เนื้อดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ลักษณะเนื้อดินที่แตกต่างกันจะมีลักษณะ เช่น ความพรุนของดิน ความชื้น และคุณสมบัติ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น, อีกทั้งห้ามนำชุดแปลงนี้ไป และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ของดินที่แตกต่างกัน ซึ่งลักษณะเหล่านี้ต่างมีผลต่อการหายใจของดินและระบบรากพืช โดยทั่วไป

รากพืชจะเจริญเติบโตได้ช้าในดินที่มีเนื้อหยาบ (เป็นทรายมาก) มากกว่าดินเนื้อละเอียด (เป็นทรายน้อย) ซึ่งดินที่มีเนื้อทรายมากจะมีแร่ธาตุที่จะให้กับพืชน้อย สภาพการนำน้ำขณะดินอิ่มตัว (Unsaturated hydraulic conductivity) และความสามารถในการกักเก็บน้ำ (Water storage capacity) ต่ำ

2.4.5 อุณหภูมิของดิน

อุณหภูมิมีความสำคัญต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน เนื่องจากจุลินทรีย์ในดินและเอนไซม์หลายชนิดจะดำเนินกิจกรรมในช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม และยังมีส่วนสำคัญต่อการหายใจของราก อุณหภูมิที่สูงกว่า 35 องศาเซลเซียส จะทำลายระบบโพรโทพลาสซึมของราก ทำให้รากที่ยังอ่อนซึ่งมีความอ่อนไหวต่ออุณหภูมิไม่สามารถทนต่ออุณหภูมิที่สูงเกินไปได้ เท่ากับรากแก่ ดังนั้นอุณหภูมิจึงมีส่วนช่วยในการเจริญเติบโตของรากและมีอิทธิพลทางอ้อมต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจของราก

2.4.6 ความชื้นในดิน

ในสภาวะที่ความชื้นในดินต่ำการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะลดลงเนื่องจากกิจกรรมของรากและจุลินทรีย์จะลดลง และจะเพิ่มขึ้นเมื่อความชื้นในดินเพิ่มสูงขึ้น แต่ในสภาวะที่ดินมีความชื้นสูงเกินไปจะส่งผลให้การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง เพราะมีข้อจำกัดในการแพร่ของออกซิเจน ซึ่งจะทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจน (Obligatory aerobes) ลดลง

2.4.7 ออกซิเจน

ออกซิเจนเป็นตัวกำหนดอัตราการหายใจของดินในบริเวณที่มีน้ำท่วมขังและป่าฝน เนื่องจากปริมาณออกซิเจนในดินจะส่งผลต่อการหายใจของรากและจุลินทรีย์ เช่น ถ้าดินบริเวณนั้นมีปริมาณออกซิเจนอยู่เพียง $0.01-0.02 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ เมื่อแบ่งจุลินทรีย์ตามความต้องการออกซิเจนออกเป็น 3 กลุ่ม ซึ่งได้แก่ กลุ่มที่ต้องการออกซิเจน (Obligatory aerobes) กลุ่มที่มีหรือไม่มีออกซิเจนก็ได้ (Facultative aerobes) และกลุ่มที่ไม่ต้องการออกซิเจน (Obligatory anaerobes) จะพบว่าอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกลุ่มจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนจะลดลงอย่างฉับพลันเนื่องจากไม่มีออกซิเจนให้ดำเนินกิจกรรมได้ ต่างจากอีกสองกลุ่มที่เหลือที่ยังคงดำรงชีวิตอยู่ได้

2.4.8 ไนโตรเจน

ไนโตรเจนมีผลโดยตรงต่อการหายใจของดินผ่านการย่อยสลายขยะ ในสภาพที่มีไนโตรเจนสูงจุลินทรีย์จะสามารถย่อยสลายได้ง่ายกว่าในสภาพที่ไนโตรเจนต่ำ และโดยทางอ้อมไนโตรเจนจะมีอิทธิพลต่อค่าพีเอชของดิน ซึ่งมีอิทธิพลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์

2.4.9 ค่าพีเอช

พีเอชของดินมีความสำคัญต่อกิจกรรมของเหล่าจุลินทรีย์ในดิน เพราะในดินมีจุลินทรีย์ไม่ว่าชนิดใดทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้คิดเป็นค่า และต้องอ้างอิงถึงค่าพีเอชของสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ หลากหลายชนิด ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้มีเอนไซม์มากมายที่ทำหน้าที่ย่อยสลายหรือกิจกรรมอื่นๆ ที่

สำคัญต่อการหมุนเวียนของธาตุอาหาร สำหรับแบคทีเรียค่าพีเอชที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตคือ 4-9 ส่วนพวกฟังไจจะสามารถเจริญเติบโตได้ในสภาวะที่เป็นกรดปานกลางซึ่งมีค่าพีเอชประมาณ 4-6 พีเอชของดินจึงมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตและความหลากหลายของจุลินทรีย์ และการหายใจของดิน

2.4 ปุ๋ย

ปุ๋ยมีความหมายตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 ว่า สารอินทรีย์ หรือสารอนินทรีย์ที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติหรือการสังเคราะห์ สำหรับใช้เป็นธาตุอาหารแก่พืชได้ไม่ว่าโดยวิธีใด หรือทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในดิน เพื่อบำรุงความเติบโตแก่พืช ปุ๋ยมีความจำเป็นอย่างมากในการเพิ่มผลผลิตให้มีปริมาณสูง

ธาตุอาหารที่พืชต้องการมี 16 ชนิด ได้แก่ ออกซิเจน ไฮโดรเจน คาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม กำมะถัน แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก สังกะสี แมงกานีส ทองแดง โบรอน โมลิบดีนัม และคลอรีน ในจำนวนนี้ออกซิเจน ไฮโดรเจน และคาร์บอน พืชจะได้รับจากน้ำและอากาศ ส่วนไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เป็นธาตุอาหารหลัก (Primary macronutrient) ที่สำคัญและพืชต้องการในปริมาณมากเมื่อเทียบกับธาตุอื่นๆ ซึ่งในดินมักมีไม่เพียงพอต่อการเพาะปลูก จึงมีความจำเป็นต้องเพิ่มธาตุเหล่านี้โดยการให้ปุ๋ย ในหลักวิชาการโดยทั่วไปปุ๋ยสามารถจำแนกได้เป็น 3 ชนิด คือ ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยชีวภาพ

ตารางที่ 2.2 ธาตุอาหารหลักของพืช

สารอาหาร	หน้าที่	ขาด/เกิน	อาการที่สังเกตได้
ไนโตรเจน (N)	ส่วนประกอบของโปรตีน และกรดอะมิโน	ขาด	ใบเหลือง โดยเฉพาะใบแก่ การเติบโตของพืชชะงักงัน ผลเติบโตไม่ดี
		เกิน	ใบมีสีเขียวเข้ม ร่วง ต้นเริ่มแห้ง เป็นโรคพืชและแมลงมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ธาตุอาหารหลักของพืช (ต่อ)

สารอาหาร	หน้าที่	ขาด/เกิน	อาการที่สังเกตได้
ฟอสฟอรัส (P)	ส่วนประกอบของกรดนิวคลีอิกและATP	ขาด เกิน	ใบอาจเป็นสีม่วง การเติบโตของพืชชะงักงันหรือช้า พืชที่ได้รับฟอสฟอรัสในปริมาณมากเกินไป อาจเกิดอาการขาดจุดสารอาหาร เช่น เหล็ก หรือ สังกะสี
โพแทสเซียม (K)	ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งในปฏิกิริยา Ion transport	ขาด เกิน	ใบแก่จะเหลืองโดยเริ่มจากขอบใบก่อนแล้วค่อยๆ ตาย ผลเติบโตไม่ปกติ พืชที่ได้รับโพแทสเซียมในปริมาณมากเกินไป อาจเกิดอาการขาดแมกนีเซียม หรือ อาจขาดแคลเซียมด้วย

ที่มา : Bennett, 1993

2.4.1 ปุ๋ยเคมี

ปุ๋ยเคมีมีความหมายตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 ว่าเป็นปุ๋ยที่ได้จากสารอนินทรีย์หรืออินทรีย์สังเคราะห์ รวมถึงปุ๋ยเชิงเดี่ยว ปุ๋ยเชิงผสมและปุ๋ยเชิงประกอบ และหมายความตลอดถึงปุ๋ยอินทรีย์ที่มีปุ๋ยเคมีผสมอยู่ด้วย แต่ไม่รวมถึงปุ๋ยขาว ดินมาร์ล หรือยิปซัม

ประเภทของปุ๋ยเคมี

ปุ๋ยเคมีถูกแบ่งเป็น 2 ประเภทหลัก คือ

- 1) แม่ปุ๋ยหรือปุ๋ยเดี่ยว คือ ปุ๋ยที่มีธาตุอาหารหลักพืช คือ N, P, K เป็นส่วนประกอบของปริมาณธาตุอาหาร โดยมีอัตราส่วนคงที่ เช่น ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0
- 2) ปุ๋ยผสม คือ ปุ๋ยที่ได้จากการเอาแม่ปุ๋ยหลายๆ ชนิดมารวมกันเพื่อให้ได้ปริมาณธาตุอาหารหลัก (N, P, K) ของปุ๋ยตามต้องการเพื่อให้เหมาะสมตามสภาพดิน ในแต่ละพื้นที่ ปุ๋ยประเภทนี้จึงเป็นที่นิยมและใช้กันอย่างแพร่หลายมาก

ข้อดีของปุ๋ยเคมี

1. มีปริมาณธาตุอาหารพืชค่อนข้างสูง ใช้ปริมาณเล็กน้อยก็เพียงพอ
 2. ปลดปล่อยธาตุอาหารให้แก่พืชได้เร็ว
- แม้ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น การใช้ปุ๋ยเคมีมากเกินไปและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ราคาต่อน้ำหนักของธาตุอาหารพืชมีราคาต่ำ สะดวกต่อการขนส่งและเก็บรักษา
4. หาซื้อง่ายเพราะเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้จากโรงงาน สามารถผลิตได้จำนวนมาก

ข้อเสียของปุ๋ยเคมี

1. ไม่มีคุณสมบัติในการปรับปรุงคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน คือ ไม่ช่วยทำให้ดินโปร่ง
2. ปุ๋ยเคมีบางชนิด เช่น ปุ๋ยแอมโมเนีย ถ้าใช้ในปริมาณมากและติดต่อกันเป็นเวลานานจะทำให้ดินเป็นกรดมากขึ้น ต้องแก้ไขโดยการใส่ปูนขาว
3. การใช้ปุ๋ยเคมีต้องระมัดระวัง เพราะปุ๋ยเคมีทุกชนิดมีความเค็ม ถ้าใส่มากหรือใส่ติดโคนต้นพืชจะเป็นอันตรายต่อต้นพืชและการงอกของเมล็ด
4. ผู้ใช้ปุ๋ยเคมีจะต้องมีความรู้ความเข้าใจเรื่องปุ๋ยพอสมควร จึงจะใช้อย่างได้ผลตอบแทนคุ้มค่า

2.4.2 ปุ๋ยอินทรีย์

ปุ๋ยอินทรีย์ คือสารประกอบที่ได้จากสิ่งที่มีชีวิต ได้แก่ พืช สัตว์ และจุลินทรีย์ ผ่านกระบวนการผลิตทางธรรมชาติ ปุ๋ยอินทรีย์ส่วนใหญ่ใช้ในการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน ทำให้ดินโปร่ง ร่วนซุย ระบายน้ำและถ่ายเทอากาศได้ดี รากพืชจึงงอกไช้ไปหาธาตุอาหารได้ง่ายขึ้น ปุ๋ยอินทรีย์มีปริมาณธาตุอาหารอยู่น้อยเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมีและธาตุอาหารพืชส่วนใหญ่อยู่ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ เช่น ไนโตรเจนอยู่ในสารประกอบจำพวกโปรตีน เมื่อใส่ลงไปดินพืชจะไม่สามารถดูดไปใช้ประโยชน์ได้ทันที แต่ต้องผ่านกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในดินแล้วปลดปล่อยธาตุอาหารเหล่านั้นออกมา ในรูปสารประกอบอินทรีย์เช่นเดียวกับปุ๋ยเคมีจากนั้นพืชจึงดูดไปใช้ประโยชน์ได้

ประเภทของปุ๋ยอินทรีย์

ปุ๋ยอินทรีย์แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

- 1) ปุ๋ยคอก เป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้มาจากสิ่งขับถ่ายของสัตว์เลี้ยง เช่น โค กระบือ สุกร เป็ด ไก่ และห่าน ฯลฯ โดยอาจจะใช้ในรูปปุ๋ยคอกแบบสด แบบแห้ง หรือนำไปหมักให้เกิดการย่อยสลายก่อนแล้วค่อยนำไปใช้ได้ ซึ่งต้องคำนึงถึงชนิดของดินและพืชที่ปลูกด้วย โดยเฉพาะการใช้แบบสดอาจทำให้เกิดความร้อน และมีการดึงธาตุอาหารบางตัวไปใช้ในการย่อยสลายมูลสัตว์ซึ่งอาจทำให้พืชเหี่ยวตายได้ การใช้ปุ๋ยคอกนั้นนอกจากจะมีประโยชน์ในการช่วยเพิ่มธาตุอาหารพืชในดินแล้ว ยังช่วยทำให้ดินโปร่งและร่วนซุย ทำให้การเตรียมดินง่าย การตั้งตัวของต้นกล้าเร็วทำให้มีโอกาสรอดได้มากด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง หากมีการนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ผ่านการขออนุญาตจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถือว่าผิดกฎหมาย

2) ปุ๋ยหมัก เป็นปุ๋ยที่ได้มาจากการนำชิ้นส่วนของพืช วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร หรือ วัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น หญ้าแห้ง ใบไม้ ฟางข้าว ชังข้าว โปด กากอ้อยจาก โรงงานน้ำตาล และแกลบจากโรงสีข้าว ซึ่งเหลือจากโรงงานแปรรูปไม้ เป็นต้น มาหมักในรูปของการ กองซ้อนกันบนพื้นดิน หรืออยู่ในหลุมเพื่อให้ผ่านกระบวนการย่อยสลายให้เน่าเปื่อยเสียก่อน โดย อาศัยกิจกรรมของจุลินทรีย์จนกระทั่งได้สารอินทรีย์วัตถุที่มีความคงทน ไม่มีกลิ่น มีสีน้ำตาลปนดำ

3) ปุ๋ยพืชสด เป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากการปลูกพืชบำรุงดินซึ่งได้แก่พืชตระกูลถั่วต่าง ๆ แล้วทำการไถกลบเมื่อพืชเจริญเติบโตมากที่สุดซึ่งเป็นช่วงที่กำลังออกดอก พืชตระกูลถั่วที่ควรใช้ เป็นปุ๋ยพืชสดควรมีอายุสั้น มีระบบรากลึก ทนแล้ง ทนโรคและแมลงได้ดีเป็นพืชที่ปลูกง่ายและมี เมล็ดมาก ตัวอย่างพืชเหล่านี้ก็ได้แก่ ถั่วพุ่ม ถั่วเขียว ถั่วลาย ปอเทือง ถั่วขอ ถั่วแปบ และ โสน เป็นต้น

ข้อดีของปุ๋ยอินทรีย์

1. ช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดินให้ดีขึ้น ทำให้ดินมีคุณสมบัติทางฟิสิกส์ดี เช่น มีความ โปร่งร่วนซุย มีความสามารถในการอุ้มน้ำและธาตุอาหารพืชได้ดี
2. สามารถอยู่ในดินได้นานและค่อยๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารอย่างช้าๆ
3. ส่งเสริมให้จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อการบำรุงดิน สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น
4. เมื่อใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีจะส่งเสริมให้ปุ๋ยเคมีเป็นประโยชน์แก่พืชมากขึ้น

ข้อเสียของปุ๋ยอินทรีย์

1. มีปริมาณธาตุอาหารพืชต่อน้ำหนักปุ๋ยต่ำ ต้องใช้ปริมาณมาก
2. ใช้เวลานานในการปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ให้แก่พืช
3. ราคาต่อน้ำหนักของธาตุอาหารพืชมีราคาสูง
4. มีจำนวนจำกัด ไม่สามารถหาซื้อในปริมาณมากๆ ได้

2.4.3 ปุ๋ยชีวภาพ

ปุ๋ยชีวภาพ คือปุ๋ยที่ประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่ยังมีชีวิตอยู่และมีคุณสมบัติพิเศษสามารถ สังเคราะห์สารประกอบธาตุอาหารพืชได้เอง หรือสามารถเปลี่ยนธาตุอาหารพืชที่อยู่ในรูปที่ไม่เป็น ประโยชน์ต่อพืชให้มาอยู่ในรูปที่พืชสามารถดูดไปใช้ประโยชน์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 กระน้ำ

ผักกระน้ำ เป็นผักรับประทานใบอยู่ในตระกูลกะหล่ำ มีชื่อสามัญว่า KAILAAN, CHINESE KALE และชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica alboglabra* Bailey ในวงศ์ Cruciferae มีลักษณะคล้ายกับผักกาด (วรรณ, 2547)

ลักษณะของกระน้ำ

1. ลำต้น ค่อนข้างแข็งแรง ระหว่างลำต้นกับรากของผักกระน้ำจะมีระยะห่างจากกันประมาณ 4-5 นิ้ว
2. ใบ เนื่องจากกระน้ำมีอยู่หลายสายพันธุ์ ใบจึงมีลักษณะแตกต่างกัน เช่น กระน้ำใบกลม ใบจะกว้างใหญ่ ปลายใบมน ส่วนกระน้ำใบแหลมใบจะมีขนาดแคบกว่าและปลายใบจะแหลม เป็นต้น ใบของกระน้ำจะมีสีเขียวหม่นหรือสีเขียววอลคล้ายแป้งทา ในลำต้นหนึ่งๆ ของกระน้ำจะมีก้านใบและใบที่ติดกับลำต้นเรียงสลับกันขึ้นไปสู่ยอดอ่อน 5-6 ใบ
3. ยอดและดอก ผักกระน้ำจะมียอดอ่อนที่ขึ้นต่อจากก้านใบสุดท้าย และขนาดของใบจะเล็กลงเรื่อยๆ ตรงปลายยอดจะมีลักษณะเป็นรูปบัวตูมเล็กๆ สีเขียวซึ่งจะเจริญโตเป็นก้านและใบต่อไป
4. ราก รากผักกระน้ำจะอยู่ใต้ดินต่อจากโคนต้น เป็นรากฝอยสีน้ำตาลอ่อนทำหน้าที่ยึดเกาะดิน ดูดซับน้ำและอาหารจากดินไปเลี้ยงลำต้น ดอก และใบตลอดระยะเวลาที่เจริญเติบโต

พันธุ์ของกระน้ำในประเทศไทย

พันธุ์กระน้ำที่นิยมปลูกในประเทศไทยมีอยู่ 3 สายพันธุ์ คือ

1. พันธุ์ใบกลม มีลักษณะใบกว้าง ปล้องสั้น ปลายใบมน และผิวใบเป็นคลื่นเล็กน้อย ได้แก่ พันธุ์ฝางเบอร์ 1
2. พันธุ์ใบแหลม เป็นพันธุ์ที่มีลักษณะใบแคบกว่าพันธุ์ใบกลม ปลายใบแหลม ขั้วห่าง ผิวใบเรียบ ได้แก่ พันธุ์ P.L. 20
3. พันธุ์ยอดหรือก้าน ลักษณะใบเหมือนกับกระน้ำใบแหลม แต่จำนวนใบต่อต้นจะน้อยกว่า และปล้องยาวกว่า ได้แก่ พันธุ์แม่โจ้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเหมาะสมในการปลูกคะน้ำ

ผักคะน้ำเป็นผักที่ปลูกง่าย มีช่วงระยะเวลาในการเพาะปลูกที่เหมาะสมคือ เดือนมกราคม-เมษายน ดินที่ใช้ปลูกคะน้ำควรมีค่า pH อยู่ระหว่าง 6.0-6.5 มีการระบายน้ำและถ่ายเทอากาศได้ดี มีความอุดมสมบูรณ์ และอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 20-25 °C

ตารางที่ 2.3 ช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมในการปลูกผักแต่ละชนิด

ชนิดผัก	เดือน											
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
ผักกาดขาวปลี	←————→											
ผักกาดขวางตั้ง	←											→
คะน้ำ	←											→
ตั้งโถ้	←											→
กะหล่ำปลี	←							←				→
กะหล่ำดอก	←							←				→
ถั่วแขก	←											→
ถั่วฝักยาว	←→		←									→

ที่มา: ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้ อันเนื่องมาจากพระราชดำริ, 2552

การเพาะปลูกและการเก็บเกี่ยว

การปลูกคะน้ำต้องมีการเตรียมแปลงเพาะปลูกโดยทำการไถพรวนดินและตากดินให้แห้งเป็นระยะเวลา 1-2 อาทิตย์ แล้วทำการปรับพื้นที่ให้ราบเสมอกัน หลังจากนั้นทำการเตรียมแปลงปลูกให้มีความเหมาะสมของพื้นที่และขนาดแปลง โดยความกว้างของแปลงขนาดมาตรฐาน 1.20 , 1.50 เมตร ความกว้างของร่องแปลง 40 เซนติเมตร ส่วนความยาวของแปลงแล้วแต่พื้นที่

ผักคะน้ำมีอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 45-50 วัน หรือเมื่อใบคะน้ำมีสีเขียวนวล

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาอัตราการหายใจของดินเมื่อใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ในทางเกษตรมีผู้วิจัยและมีเอกสารนี้เป็นผลงานการวิจัยอยู่มากมาย ซึ่งจากการรวบรวมผลการศึกษามิงานวิจัยที่มีความเกี่ยวข้องกัน เช่น ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภักนิจ ฉายดำรงค์และคณะ (พ.ศ. 2554) ทำการศึกษาเรื่องการเปรียบเทียบอัตราการหายใจของดินระหว่างพื้นที่ปลูกพืชสวนและพืชไร่ มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบอัตราการหายใจของดินระหว่างพื้นที่ที่ปลูกพืชสวน คือ มะม่วง ยางพารา และยูคาลิปตัส กับพื้นที่ที่ปลูกไร่ คือ อ้อย ข้าว โปด และมันสำปะหลัง และศึกษาปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการหายใจของดิน คือ เปอร์เซ็นต์ความชื้น อุณหภูมิ เปอร์เซ็นต์สารอินทรีย์คาร์บอน ค่าพีเอช เปอร์เซ็นต์ความพรุน และเนื้อดิน โดยเก็บตัวอย่างทั้งหมดสามครั้ง คือ เดือนมกราคม เดือนกุมภาพันธ์ และเดือนมีนาคม พ.ศ. 2555 ผลการศึกษาพบว่าอัตราการหายใจของดินระหว่างพื้นที่ที่ปลูกพืชสวนและพืชไร่ พบว่า แปลงปลูก อ้อย มันสำปะหลัง ข้าว โปด ยางพารา มะม่วง และยูคาลิปตัส มีค่าเฉลี่ยของอัตราการหายใจของดินเท่ากับ 1.906, 1.822, 2.428, 1.652, 2.346, 1.953 และ 1.966 $\text{gCO}_2\text{m}^{-2}\text{d}^{-1}$ ตามลำดับ วิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบความแตกต่างระดับปัจจัย ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($\alpha=0.05$) พบว่าทุกแปลงที่ใช้ปลูกพืชมีอัตราการหายใจของดินที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนแปลงพื้นที่ว่างอัตราการหายใจของดินไม่มีความแตกต่างกับแปลงอื่นๆ ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการหายใจของดิน พบว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นและอุณหภูมิส่งผลต่ออัตราการหายใจของดินในแปลงปลูกพืชแต่ละชนิด โดยการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในดินมีความสัมพันธ์เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับอัตราการหายใจของดิน ($p<0.01$) ส่วนการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในดินมีความสัมพันธ์เป็นไปในทิศทางตรงกันข้ามกับอัตราการหายใจของดิน ($p<0.05$) ส่วนค่าพีเอช สารอินทรีย์คาร์บอน (%) และความพรุน (%) ไม่มีผลต่ออัตราการหายใจของดิน

Chen Yi และคณะ (ค.ศ. 2006) ได้ทำการศึกษาการปลดปล่อยและการตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของดินในนาข้าว ในมณฑลเจ้อเจียง ประเทศจีน โดยใช้ระยะเวลาในการศึกษาทั้งสิ้น 25 ปีและกำหนดให้พื้นที่ทดลองมี 5 ชุด คือ 1) M45 (ใช้อัตราส่วนของปุ๋ยคอกสูงร่วมกับปุ๋ยเคมี; 49,000:345 $\text{kg ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$) 2) M40 (ใช้อัตราส่วนของปุ๋ยคอกต่ำร่วมกับปุ๋ยเคมี; 22,500:345 $\text{kg ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$) 3) F80 (ใช้อัตราส่วนปุ๋ยคอกต่อปุ๋ยเคมีต่ำ; 16,500:330 $\text{kg ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$) 4) F60 (ใช้อัตราส่วนปุ๋ยคอกต่อปุ๋ยเคมีปานกลาง; 33,000:247.5 $\text{kg ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$) และ 5) F40 (ใช้อัตราส่วนปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมีสูง; 49,500:165 $\text{kg ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$) ผลการศึกษาพบว่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อมีการใช้ปุ๋ยคอกอย่างต่อเนื่อง อัตราปริมาณอินทรีย์คาร์บอนนั้นแปรผันตามอัตราการใช้ปุ๋ยคอก ซึ่งปริมาณอินทรีย์คาร์บอนจะเพิ่มขึ้น 22 กิโลกรัม เมื่อมีการใช้ปุ๋ยคอกสด 1 ตัน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากกระบวนการเปลี่ยนเป็นแร่ธาตุของพวกอินทรีย์คาร์บอนในดินจะมีการปลดปล่อยมากตามไปด้วย ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะปลดปล่อยออกมา 10.04-21.61 t ha^{-1} เมื่อมีการใช้ปุ๋ย 16.5-49.5 $\text{t ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$ ในขณะที่การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในดินจะมีปริมาณ 1.885-3.463 $\text{t ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนจากกระบวนการเปลี่ยนเป็นแร่ธาตุและจากการเติมอินทรีย์คาร์บอน (ปุ๋ยคอก) ลงไปในดินนั้นจะมีผลต่อปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ และการใช้ปุ๋ยคอกในอัตราที่สูงจะเป็นการเพิ่มอัตราตรึงสารอินทรีย์คาร์บอนในดิน

Karma Dorji (ค.ศ. 2010) ทำการศึกษาเรื่อง ผลกระทบของความชื้นในดินและอุณหภูมิ ต่อการหายใจของดินในเขตร้อน โดยศึกษาการหายใจของดินในระบบนิเวศที่แตกต่างกัน ได้แก่ พื้นที่การเกษตร สวนป่า และพื้นที่ป่าธรรมชาติ โดยทำการศึกษาทั้งในภาคสนามและห้องปฏิบัติการ โดยทดลองบ่มดินในห้องปฏิบัติการ เพื่อดูผลกระทบของสภาวะโลกร้อนต่ออัตราการหายใจของดิน ในการศึกษาในภาคสนามกระทำโดยการวางแนวเส้นสำรวจในระบบนิเวศต่างๆ ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช และสถานีวัฒนวิจัยสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา โดยนำกล้องพลาสติกที่มีฝาปิดสนิทวางในแนวเส้นสำรวจทุกๆ ระยะ 20 เมตร แล้ววัดอัตราการหายใจของดินในระยะเวลา 24 ชั่วโมงโดยวิธี Soda lime พบว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราการหายใจของดินในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีมีค่าสูงสุดในแปลงปลูกข้าวโพด รองลงมา คือแปลงปลูกทานตะวัน และมีค่าต่ำสุดในสวนป่ายูคาลิปตัส ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.2 3.7 และ 1.9 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ตามลำดับ สำหรับค่าเฉลี่ยของอัตราการหายใจของดินในพื้นที่สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช และสถานีวัฒนวิจัยสะแกราช พบว่า มีค่าสูงสุดพื้นที่ป่าดิบแล้ง ตามด้วยสวนป่ากระถินณรงค์ แต่มีค่าต่ำสุดในพื้นที่ป่าดิบแล้ง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.5 และ 2.8 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ตามลำดับ โดยความชื้นของดินมีความสัมพันธ์กับการหายใจของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $p < 0.01$ ส่วนการวัดในห้องปฏิบัติการพบว่า การหายใจสูงสุดของดินพบในแปลงปลูกทานตะวัน รองลงมาคือแปลงปลูกข้าวโพด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.823 และ 0.4013 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ในขณะที่การหายใจของดินในพื้นที่อื่นๆ มีค่าต่ำมาก อย่างไรก็ตามการหายใจของดินที่อยู่ในความลึก 5 และ 15 เซนติเมตรมีค่าไม่แตกต่างกัน หลังจากปรับความชื้นของดิน (50 และ 75% water holding capacity) และอุณหภูมิของดิน (25 30 และ 35 °C) พบว่าดินในป่าเต็งรังมีอัตราการหายใจเท่าๆ กับดินในแปลงปลูกข้าวโพด แต่อย่างไรก็ตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นไม่ได้ส่งผลต่อค่าเฉลี่ยของอัตราการหายใจของดินมากนัก ในขณะที่ความชื้นของดินที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการเพิ่มการหายใจของดินจากบางพื้นที่ ในระหว่างการบ่มดิน อัตราการหายใจจะมีค่าสูงสุดในวันที่สอง แล้วมีค่าลดลง หลังจากนั้น นอกจากนี้ดินในป่าเต็งรังบริเวณที่มีการเผาระวังไฟป่ามีอัตราการหายใจมากกว่าในพื้นที่ๆ พังเกิดไฟป่า 2.3 และ 1.8 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) แต่เมื่อนำดินมาบ่มในห้องปฏิบัติการ กลับพบว่า ดินบริเวณที่เกิดไฟป่ามีอัตราการหายใจมากกว่าดินที่ไม่มีไฟป่าเกิดขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความชื้นของดินมีผลต่อการหายใจมากกว่าคุณสมบัติด้านอื่นๆ ของดิน

Ding Weixin และคณะ (ค.ศ. 2006) ศึกษาแนวโน้มน้ำของปุ๋ยเคมีและปุ๋ยคอกต่อการเปลี่ยนแปลงสมดุลคาร์บอนบริเวณพื้นดินลุ่มน้ำที่มีการเพาะปลูกอย่างหนาแน่นในสถานีวิจัยระบบนิเวศเกษตรกรรม เขตเฟิงชิว มณฑลเหอหนาน ประเทศจีน โดยตรวจวัดการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในระหว่างฤดูกาลเพาะปลูกข้าวโพดและข้าวสาลีปี ค.ศ. 2002-2003 และ 2004 เพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงเมื่อมีการใส่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยคอกต่อการหายใจของดิน และปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ผลการทดลองจาก 7 ชุดการทดลอง ซึ่งได้แก่ 1) ดินควบคุม (CK) 2) ดิน

ที่ใส่ปุ๋ยคอกเท่านั้น (OM) 3) ดินที่ใส่ปุ๋ยคอกและปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราส่วนผสม 1:1 (NOM) 4) ดินที่ใส่ปุ๋ยที่มีไนโตรเจน โปแทสเซียม และฟอสฟอรัส (NPK) 5) ดินที่ใส่ปุ๋ยที่มีไนโตรเจนและฟอสฟอรัส (NP) 6) ดินที่ใส่ปุ๋ยที่มีไนโตรเจนและโปแทสเซียม (NK) และ 7) ดินที่ใส่ปุ๋ยที่มีฟอสฟอรัสและโปแทสเซียม (PK) พบว่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและสัดส่วนน้ำหนักของดิน (สารอินทรีย์-แร่ธาตุ) มีค่าเพิ่มสูงขึ้นจาก 4.47 เป็น 6.81 mg C g⁻¹ และจาก 3.32 เป็น 5.68 mg C g⁻¹ ตามลำดับ หลังจากมีการใช้ปุ๋ยคอกอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 13 ปี ซึ่งแตกต่างกับแปลง NPK ที่มีการเพิ่มขึ้นเป็น 5.41 และ 4.38 mg C g⁻¹ เท่านั้น ส่วนในแปลง CK พารามิเตอร์นี้จะลดลงจากอินทรีย์คาร์บอนเริ่มต้น (4.47 และ 3.32 mg C g⁻¹) เหลือ 3.77 และ 3.11 mg C g⁻¹ ตามลำดับ ดังนั้นปุ๋ยคอกจึงเป็นปุ๋ยที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มปริมาณอินทรีย์คาร์บอนให้ดิน แต่อย่างไรก็ตามสารอินทรีย์คาร์บอนในดินที่ได้เพิ่มขึ้นนี้จะมีการผสมกับแร่ดินเหนียวถึง 66% สังกัดได้จากแปลง OM ส่วนปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสมในช่วงตั้งแต่ฤดูกาลเพาะปลูกในปี ค.ศ. 2002 จากแปลง OM และ NPK มีค่าเท่ากับ 228 และ 188 g C m⁻² สำหรับพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพด ปริมาณการปลดปล่อยสะสม 132 และ 123 g C m⁻² สำหรับพื้นที่เพาะปลูกข้าวสาลี และปริมาณการปลดปล่อยสะสม 401 และ 346 g C m⁻² ในช่วงปี ค.ศ. 2002-2003 ตามลำดับ แต่ในช่วงปี ค.ศ. 2004 ช่วงฤดูกาลเพาะปลูกข้าวโพดอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสมสูงถึง 617 และ 556 g C m⁻² เนื่องจากเป็นผลมาจากการหายใจของไรโซสเฟียร์ (Rhizosphere respiration) ในช่วงค.ศ. 2002-2003 การใช้ปุ๋ยคอกทำให้เปอร์เซ็นต์การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยรวมสูงถึง 16% เมื่อเปรียบเทียบกับแปลง NPK นอกจากนี้อุณหภูมิและความชื้นยังมีผลต่อการไหลเวียนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อีกด้วย

Xueli Ding และคณะ (ค.ศ. 2012) ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของแหล่งอินทรีย์คาร์บอนในดินหลังจากใช้ปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยเคมีกับดินมอลลิซอลล์ (Mollisol) เป็นระยะเวลา 10 ปี ในประเทศจีน พบว่าการใช้ปุ๋ยคอกในอัตราส่วนต่างกันร่วมกับปุ๋ยเคมีที่มีอัตราส่วนเท่ากันมีส่วนเพิ่มปริมาณอินทรีย์คาร์บอน แหล่งคาร์บอนที่ย่อยสลายง่ายและยากอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับชุดดินควบคุม (CK) และดินที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (OM0) โดยคาร์บอนที่สะสมอยู่ในดินชั้นบน (0-20 cm) ของดินชนิดนี้มีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อมีการเติมปุ๋ยคอก 7.5 (OM1), 12.5 (OM2) และ 22.5 (OM3) Mg ha⁻¹ ร่วมกับปุ๋ยเคมีที่ใช้ในอัตราส่วนเท่ากันในแต่ละปี โดยคาร์บอนจะมีการสะสมอยู่ในดินทั้งหมดเพิ่มขึ้นเป็น 12.5%, 14.5% และ 18.2% ตามลำดับ ในขณะที่ดินที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวมีคาร์บอนสะสมอยู่เพียง 3.19% จึงอาจกล่าวได้ว่าการเติมปุ๋ยเคมีแทบไม่มีผลต่อการกักเก็บคาร์บอนในดินชั้นบนได้เทียบเท่ากับปุ๋ยคอก แต่ถึงอย่างไรก็ตามดินที่มีการใช้ปุ๋ยต่างๆ ก็ยังมีการสะสมของคาร์บอนมากกว่าชุดดินควบคุม นอกจากนี้การกักเก็บคาร์บอนในดินที่ใช้ปุ๋ยคอกก็มีค่าเพิ่มขึ้นแปรผันตามอัตราการใส่ปุ๋ยคอก โดยในปุ๋ยคอกชุด OM3 จะมีค่าการกักเก็บคาร์บอนสูงกว่า OM2 และ OM1 เป็น 10.5, 8.4 และ 7.2 Mg ha⁻¹ ตามลำดับ และการใช้ปุ๋ยคอกใน

อัตราที่สูงขึ้นจะทำให้ปริมาณคาร์บอนที่ปล่อยสลายน้อย (10.5-29.5%) เพิ่มมากขึ้นกว่าคาร์บอนที่ปล่อยสลายน้อย (5.6-10.2%) อย่างมีนัยสำคัญอีกด้วยเมื่อเปรียบเทียบกับแปลงดินที่ไม่มีการใช้ปุ๋ยคอก

Wiriyatangsakul (ค.ศ. 2004) ได้ทำการบ่มดินเขตร้อนซึ่งเป็นดินที่ได้จากที่นาและป่าดิบแล้งในอำเภอนมสารคาม ประเทศไทย เพื่อศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้นต่ออัตราการหายใจของดิน เมื่อทำในสภาวะที่ต่างกันของทั้งความชื้น (กำหนดให้มีความสามารถในการอุ้มน้ำเป็น 0, 25, 50, 75 และ 100%) และอุณหภูมิ (10, 20, 30 และ 45 °C) ทำการตรวจวัดอัตราการหายใจของดินในแต่ละสัปดาห์เป็นระยะเวลาหนึ่งเดือน พบว่าอัตราการหายใจของดินจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ และเพิ่มสูงที่สุดเมื่อมีความชื้น 25-75% เช่นเดียวกันกับอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นในช่วง 10-30 °C จะส่งผลให้อัตราการหายใจของดินสูงมากขึ้นเช่นกัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 อุปกรณ์และสารเคมี

3.1.1 อุปกรณ์

1. เครื่องวัดพีเอช (pH meter) ยี่ห้อ Consort รุ่น C860
2. เครื่องวัดการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity meter) ยี่ห้อ Consort รุ่น C860
3. เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ SHIMADZU รุ่น AUX220
4. เครื่องดูดความชื้น (Desiccator) พร้อมสารดูดความชื้น
5. Atomic absorption spectrophotometer (AAS) ยี่ห้อ Perkin Elmer
6. ตู้อบ (Drying Oven) ยี่ห้อ Fisher Scientific รุ่น ISOTEMP
7. เครื่องให้ความร้อน (Hot plate) ยี่ห้อ Fisher Scientific
8. ไฮโดรมิเตอร์
9. ตะแกรงร่อนขนาด 10 เมช
10. ถังพลาสติกชนิดซีปล็อก
11. Plastic chamber ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร สูง 6 เซนติเมตร
12. Plastic chamber ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร สูง 10 เซนติเมตร
13. เครื่องแก้วสำหรับห้องปฏิบัติการเคมี
14. ขวดพลาสติกใส่สารตัวอย่าง

3.1.2 สารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นสารเคมีเกรดวิเคราะห์ (AR grade)

1. โซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต (Sodiumhexametaphosphate) บริษัท Carlo Erba
2. โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) บริษัท Carlo Erba
3. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) บริษัท Carlo Erba
4. โพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) บริษัท Fisher Scientific
5. แคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) บริษัท Fisher Scientific
6. โพแทสเซียมไดโครเมต ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) บริษัท Carlo Erba
7. เฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต [$\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$] บริษัท Carlo Erba
8. สารละลายแบเรียม ไดฟีนิลามีน ซัลโฟเนต อินดิเคเตอร์ (BDS indicator)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ใช้เฉพาะการวิจัยเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามทำซ้ำหรือดัดแปลงในลักษณะใดๆที่มิใช่การนำไปใช้

9. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (Concentrate H_2SO_4) บริษัท Carlo Erba
10. กรดอะซิติก 99.5% บริษัท Carlo Erba
11. แอมโนเนียมออกซาลेट $[(NH_4)_2C_2O_4 \cdot H_2O]$ บริษัท Carlo Erba
12. แอมโนเนียมไฮดรอกไซด์ (NH_4OH) บริษัท Carlo Erba
13. แอมโนเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) บริษัท Carlo Erba
14. ซิลเวอร์ไนเตรต ($AgNO_3$) บริษัท Carlo Erba
15. เอริทแอลกอฮอล์ 95% องค์การสุรา กรมสรรพสามิต จังหวัดฉะเชิงเทรา
16. โซเดียมคลอไรด์ ($NaCl$) บริษัท Fisher Scientific
17. โซเดียมไฮดรอกไซด์ ($NaOH$) บริษัท Fisher Scientific
18. กรดบอริก (H_3BO_3) บริษัท Fisher Scientific
19. กรดไฮโดรคลอริก 37% (HCl) บริษัท Carlo Erba
20. โซเดียมไทโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$) บริษัท Ajax Finechem
21. โพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) บริษัท Carlo Erba
22. เซเลเนียม (Se) บริษัท MERCK
23. แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) บริษัท Sigma-Aldrich
24. เดวาดา แอลลอย (Devarda alloy) บริษัท Carlo Erba
25. คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) บริษัท Carlo Erba
26. ฟีนอล์ฟทาลีน (Phenolphthalein) บริษัท Laboratory Rasayan
27. เมทิลเรด (Methyl red) บริษัท Fisher Scientific
28. โบรโมกลีซอลกรีน (Bromocresol green) บริษัท Acros Organic
29. โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) บริษัท Carlo Erba
30. โพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต (KHP) บริษัท Fisher Scientific
31. กรดไนตริกเข้มข้น (Concentrate HNO_3) บริษัท Carlo Erba
32. แอมโมเนียมฟลูออไรด์ (NH_4F) บริษัท Fisher Scientific
33. แอมโมเนียมโมลิบเดต ($(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$) บริษัท Carlo Erba
34. แอนติโมนีโพแทสเซียมดาร์เทรต ($KSbO \cdot C_4H_4O_6$) บริษัท Carlo Erba
35. กรดแอสคอบิก (Ascorbic acid) บริษัท Carlo Erba
36. เมล็ดค่น้ำ ยี่ห้อ เครื่องบิน จากบริษัท เจียไต๋ จำกัด เปอร์เซ็นต์การงอก 98%
37. ปุ๋ยอินทรีย์ (มูลวัว) ยี่ห้อ เค.เอส.เอ จากบริษัท ศ.เอ็มช่นุตร จำกัด
38. ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 จากกรมวิชาการเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ทดลองเป็นแปลงปฏิบัติการสำหรับการศึกษาวิจัยของนักศึกษาคณะเทคโนโลยีการเกษตร สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช หลักสูตรพืชไร่ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีขนาดพื้นที่ทั้งหมด 500 ตารางเมตร ใช้เป็นพื้นที่ทดลองสำหรับเพาะปลูกคะน้า 72 ตารางเมตร โดยพื้นที่บริเวณดังกล่าวเคยเป็นพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดมาก่อน



รูปที่ 3.1 บริเวณพื้นที่ที่ใช้สำหรับการทดลอง

3.3 การเตรียมพื้นที่เพื่อใช้ทดลอง

ทำการปรับพื้นที่เพาะปลูกให้มีความราบเสมอกัน แล้วไถพรวนให้ดินมีความร่วนซุยมากขึ้น จากนั้นตากดินทิ้งไว้ให้แห้งเป็นเวลา 3-10 วัน แล้วจึงทำการยกแปลงเพาะปลูกให้มีขนาดความกว้าง 1.2 เมตร ยาว 5 เมตร และสูง 0.15 เมตร ทั้งหมด 12 แปลง โดยแบ่งออกเป็น

- แปลงที่ 1-3 เป็นดินที่ไม่ได้เพาะปลูก
- แปลงที่ 4-6 เป็นดินที่ใช้สำหรับเพาะปลูกโดยไม่ใส่ปุ๋ย
- แปลงที่ 7-9 เป็นดินที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สำหรับการเพาะปลูก
- แปลงที่ 10-12 เป็นดินที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีสำหรับการเพาะปลูก

ซึ่งก่อนทำการเพาะปลูกต้องมีการพรวนดินและรดน้ำอยู่เป็นประจำเพื่อให้ดินมีลักษณะร่วนซุยเหมาะสมต่อการปลูก เมื่อได้ดินที่มีความเหมาะสมจึงทำการใส่ปุ๋ยในแปลงทดลองโดยกำหนดให้ค่าไนโตรเจนทั้งหมดที่ได้จากการทดลองของปุ๋ยอินทรีย์เท่ากับปุ๋ยเคมี แล้วทำการหยอดเมล็ดคะน้าตามแนวแถวดินที่ขุดให้ลึกประมาณ 0.5 เซนติเมตร กลบดินพร้อมทั้งรดน้ำให้ชุ่ม



(ก)

(ข)

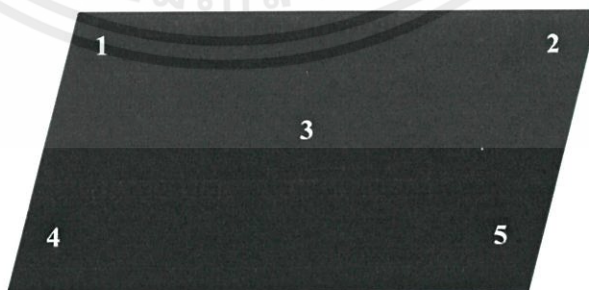
รูปที่ 3.2 การเตรียมพื้นที่สำหรับการทดลอง (ก) การปรับพื้นที่ (ข) การยกแปลงเพาะปลูก

3.4 ลักษณะทางกายภาพและเคมีของดินและปุ๋ยที่ใช้ทดลอง

3.4.1 ลักษณะทางกายภาพและเคมีของดิน

3.4.1.1 การเก็บและเตรียมตัวอย่างดิน

ตัวอย่างดินจะถูกสุ่มเก็บจากพื้นที่ทดลองก่อนทำการยกแปลง โดยกำหนดจุดเก็บตัวอย่างเป็น 5 จุด ทำการเก็บตัวอย่างโดยใช้จอบขุดหลุมเป็นรูปตัววีลึกประมาณ 15 เซนติเมตร จากผิวดิน แชะด้านข้างของหลุมให้หนาประมาณ 1.3-2.5 เซนติเมตร จากปากหลุมขนานลงไปตามหน้าดินที่ขุดไว้ลึกถึงก้นหลุมแล้วจัดขึ้น จากนั้นนำตัวอย่างดินที่ได้มาผสมรวมกัน แล้วผึ่งให้แห้ง เลือกเศษหินกรวดและเศษพืชออกจนหมด ทำการบดดินแล้วร่อนด้วยตะแกรงขนาด 10 เมช นำตัวอย่างดินไปอบที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมงเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 3.3 การกำหนดจุดเก็บตัวอย่างดิน
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาสาระของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1.2 การวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ในตัวอย่างดิน

ตัวอย่างดินที่ใช้ทำการศึกษาต้องมีการประเมินคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี ก่อนและหลังเพาะปลูกเพื่อเป็นการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยมีพารามิเตอร์ต่างๆ ที่จำเป็นในการประเมิน ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและเคมีของดิน

พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์	วิธีการ/เครื่องมือวิเคราะห์
1. ความชื้น	Gravimetric method อบที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
2. ค่าพีเอช	pH-meter
3. ค่าการนำไฟฟ้า	Conductivity meter
4. ขนาดอนุภาคดิน	Hydrometer method
5. ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน	Walkley and Black method
6. ความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน	วิธีแอมโมเนียมอะซิเตด 1 นอร์มอล pH 7
7. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด	Kjeldahl method
8. ไนโตรเจนรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช	Steam Distillation method
9. ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช	Bray II method
10. โปแตสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช	Flame photometric method

3.4.2 ลักษณะทางกายภาพและเคมีของปุ๋ย

3.4.2.1 การเก็บและเตรียมตัวอย่างปุ๋ย

ตัวอย่างปุ๋ยทั้งปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีจะถูกสุ่มเก็บจากถุงที่บรรจุในแต่ละจุด นำมาคลุกเคล้าให้รวมกัน แล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 10 เมช หลังจากนั้นนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 65-70 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2.2 การวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ในตัวอย่างปุ๋ย

ปุ๋ยทั้งสองประเภทที่ใช้สำหรับการทดลองจำเป็นต้องวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องเพื่อประเมินผลกระทบที่มีต่อดินเมื่อนำมาใช้เพาะปลูกผักคะน้า โดยมีพารามิเตอร์ที่จำเป็น ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและเคมีของปุ๋ย

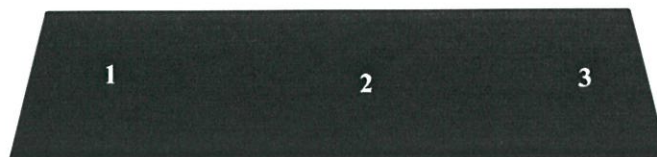
ปุ๋ยอินทรีย์ (มูลวัว)		ปุ๋ยเคมี (สูตร 46-0-0)	
พารามิเตอร์	วิธีการ/เครื่องมือ	พารามิเตอร์	วิธีการ/เครื่องมือ
1. ความชื้น	อบแห้งที่อุณหภูมิ 65-70 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง	1. ความชื้น	อบแห้งที่อุณหภูมิ 65-70 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
2. ค่าพีเอช	pH-meter		
3. ค่าการนำไฟฟ้า	Conductivity meter		
4. ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน	Walkley and Black method	2. ค่าพีเอช	pH-meter
5. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด	Kjeldahl method		
6. ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด	Bray II method	3. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด	Improved kjeldahl method for nitrate free samples
7. ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด	Flame spectrophotometric method		

3.5 การเก็บตัวอย่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแปลงเพาะปลูก

3.5.1 ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ตัวอย่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกเก็บจากแปลงเพาะปลูกคะน้า แปลงละ 3 จุด คือ หัว กลาง และท้ายแปลง รวมทั้งสิ้น 12 แปลง โดยมีขั้นตอนการเก็บดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 จุดเก็บตัวอย่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแปลงเพาะปลูก

1) เขียนลำดับหมายเลขของแปลงเพาะปลูกแต่ละแปลงลงบน Plastic chamber ขนาดเล็กและขนาดใหญ่ให้สัมพันธ์กัน โดยใช้จำนวน Plastic chamber แต่ละขนาด 4 ใบ/แปลง



(ก)

(ข)

รูปที่ 3.5 Plastic chamber ที่ใช้สำหรับเก็บตัวอย่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

(ก) ขนาดเล็ก (ข) ขนาดใหญ่

2) ตวงสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ความเข้มข้น 0.1 N ปริมาตร 25 mL ลงใน Plastic chamber ขนาดเล็กทั้ง 4 ใบ โดย 3 ใบแรกให้เปิดฝา ส่วนอีกใบให้ปิดฝา แล้วนำไปวางที่จุดเก็บทั้ง 3 จุดของแต่ละแปลง

3) จุดเก็บทั้ง 3 จุดของแปลง จะถูกจุดให้ลึกประมาณ 7 cm เพื่อวาง Plastic chamber ขนาดเล็กลงไป แล้วครอบด้วย Plastic chamber ขนาดใหญ่ ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พร้อมวัดอุณหภูมิของดินโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์

4) ไทเทรตตัวอย่างที่เก็บได้ทันทีหลังจากครบเวลา 24 ชั่วโมงแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 การเก็บตัวอย่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ก) การวาง Plastic chamber
(ข) การไทเทรตตัวอย่าง

3.5.2 การวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (ประยุกต์ใช้ Alkali-absorption method)

การวิเคราะห์อัตราการหายใจของดินสามารถวิเคราะห์หาในรูปปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ ($\text{g.CO}_2.\text{m}^{-2}.\text{d}^{-1}$) โดยประยุกต์ใช้ Alkali-absorption method ที่พัฒนาโดย Kirita (1971) ของสถาบันวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อม ประเทศญี่ปุ่น ซึ่งใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ในการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ มีวิธีการทดลองดังนี้

- 1) เทสารละลายตัวอย่างที่เก็บได้จากภาคสนาม (ข้อ 3.5.1) ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
- 2) เติมฟีนอล์ฟทาไลน์อินดิเคเตอร์ลงไป 2-3 หยด
- 3) ไทเทรตสารละลายด้วยกรดไฮโดรคลอริก 1 M
- 4) บันทึกปริมาตรกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้
- 5) ทำแบลนด์ โดยทำการทดลองเช่นเดียวกันแต่เปลี่ยนจากตัวอย่างที่เก็บได้เป็นสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N ที่เก็บได้จากภาคสนาม
- 6) กำหนดหาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ ($\text{g.CO}_2.\text{m}^{-2}.\text{d}^{-1}$) ดังสมการที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$X(\text{gCO}_2\text{m}^{-2}\text{d}^{-1}) = \frac{C-T*M*E*24}{A*h*1000} \quad \text{---- (3.1)}$$

เมื่อ	X	คือ	อัตราการหายใจของดิน ($\text{g.CO}_2.\text{m}^{-2}.\text{d}^{-1}$)
	C	คือ	ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้กับเบลงค์ (mL)
	T	คือ	ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้กับตัวอย่าง (mL)
	M	คือ	ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก (M)
	E	คือ	จำนวนสมมูลของกรดไฮโดรคลอริก (g.eq/mol)
	A	คือ	ปริมาตรของ plastic chamber (m^3)
	h	คือ	เวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง (hr)

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติแบบ ANOVA เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระดับปัจจัยของพื้นที่ ทดสอบข้อมูลโดยใช้สถิติ T-test แบบ Independent-Samples เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างอัตราการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ของแปลงเพาะปลูกที่ใช้ปุ๋ยต่างชนิดกัน และหาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยใช้ความสัมพันธ์ของ Pearson และโปรแกรมทางสถิติที่ใช้คือ SPSS v.20.0

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การใช้ปุ๋ยคอกมูลวัวซึ่งเป็นปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีในการปลูกพืชสวนทางการเกษตรอาจส่งผลต่อการหายใจของดินซึ่งเกี่ยวข้องกับกิจกรรมของจุลินทรีย์และคุณสมบัติของดิน ดังนั้นเพื่อเปรียบเทียบผลของปุ๋ยต่ออัตราการหายใจของดินระหว่าง ดิน (S) ดินที่ใช้เพาะปลูกผักคะน้า (SK) ดินที่ใช้เพาะปลูกผักคะน้าและใส่ปุ๋ยคอกมูลวัว (SMK) และดินที่ใช้เพาะปลูกผักคะน้าและใส่ปุ๋ยเคมี (SCK) จึงได้มีการศึกษาและประเมินจากปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน และวิเคราะห์ปัจจัยอื่นๆ ที่ส่งผลต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยทำการเก็บตัวอย่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมด 5 ครั้ง คือ ก่อนเพาะปลูก เพาะปลูกไปแล้ว 1, 2 และ 3 สัปดาห์ ตามลำดับ และหลังเพาะปลูก นอกจากนี้ยังทำการประเมินคุณสมบัติของดินที่เปลี่ยนแปลงไปหลังจากมีการใช้ทำการเพาะปลูกแล้วอีกด้วย ซึ่งผลการศึกษาวิจัยสรุปได้ ดังนี้

4.1 คุณสมบัติของดิน

คุณสมบัติของดินมีการเปลี่ยนแปลงไปในทุกๆ พารามิเตอร์ที่ทำการศึกษาเมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของดินก่อนและหลังการเพาะปลูก โดยดินหลังการเพาะปลูกจะมีการเปลี่ยนแปลงต่างกันไปตามลักษณะการใช้ที่ดิน ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติของดินก่อนและหลังการเพาะปลูก

พารามิเตอร์	ก่อนปลูก		หลังปลูก		
	S	S	SK	SMK	SCK
ความชื้น (%)	5.79	11.25	15.65	22.97	19.30
ค่าพีเอช	6.52	6.90	6.95	7.31	7.00
ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm)	0.43	5.38	4.04	5.79	5.25
ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (%)	1.19	0.82	0.76	1.49	0.81
ความสามารถในการแลกเปลี่ยน แคตไอออน (%)	26.34	24.07	26.19	27.39	25.11
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (%)	0.19	0.18	0.18	0.25	0.20

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี การนำเอกสารนี้ไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตให้ถือว่าผิดกฎหมาย
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติของดินก่อนและหลังการเพาะปลูก (ต่อ)

พารามิเตอร์	ก่อนปลูก		หลังปลูก		
	S	S	SK	SMK	SCK
ปริมาณไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (mg/kg)	32.21	28.63	27.87	50.79	42.28
ปริมาณฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (%)	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03
ปริมาณโพแทสเซียมในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (%)	NA	272.77	210.44	NA	274.42
ขนาดอนุภาคดิน	Clay				

หมายเหตุ : S = ดิน

SK = ดินที่ใช้เพาะปลูกคะน้ำแต่ไม่ได้ใส่ปุ๋ย

SMK = ดินที่ใช้เพาะปลูกคะน้ำและใส่ปุ๋ยคอกมูลวัว

SCK = ดินที่ใช้เพาะปลูกคะน้ำและใส่ปุ๋ยเคมี

จากผลการศึกษาคุณสมบัติของดิน (ตารางที่ 4.1) พบว่า เบอร์เซ็นต์ความชื้น ค่าพีเอช และค่าการนำไฟฟ้าของดินหลังการเพาะปลูกมีค่าเพิ่มสูงกว่าดินก่อนการเพาะปลูก ความชื้นที่เพิ่มสูงขึ้นนั้นเป็นผลมาจากการรดน้ำในช่วงระยะเวลาที่ทดลอง อีกทั้งในระยะเวลาดังกล่าวยังมีฝนตกอีกด้วย ค่าพีเอชที่ตรวจวัดได้จากสารละลายดินมีค่าระหว่าง 6.52-7.31 ซึ่งถือว่าเป็นกลาง แต่ดินค่อนข้างเค็มปานกลางหลังทำการเพาะปลูกเนื่องจากมีการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วงระหว่าง 4-8 mS/cm สำหรับปริมาณอินทรีย์คาร์บอน ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนในดินเพาะปลูกที่มีการใส่ปุ๋ยคอก (SMK) จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นและมีค่าสูงที่สุด ทั้งนี้เป็นเพราะปุ๋ยคอกเป็นปุ๋ยที่มีอินทรีย์วัตถุซึ่งมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบสูง การเติมปุ๋ยคอกลงไปดินจะทำให้ดินมีอินทรีย์คาร์บอนหลงเหลืออยู่ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่วิเคราะห์ได้จึงมีค่าสูง และด้วยขนาดที่เล็ก ทำให้มีพื้นที่ผิวมาก เมื่อมีการแตกตัวของหมู่ฟังก์ชันในอินทรีย์วัตถุ เช่น หมู่คาร์บอกซิลิก จะทำให้เกิดประจุลบมากมายบนพื้นผิว ส่งผลให้ความสามารถในการแลกเปลี่ยนกับธาตุอาหารซึ่งเป็นประจุบวกได้ดี ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนจึงสูง ส่วนปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและปริมาณไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมีค่าสูงเพราะปุ๋ยอินทรีย์จะปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาช้าๆ หลังถูกย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์แล้ว ธาตุอาหารที่ถูกปลดปล่อยออกมาจะมีน้อยแต่ปลดปล่อยในระยะยาว (สุรนัย, 2549) ทำให้เมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ซึ่งปุ๋ยเคมีที่พืชสามารถดูดซึมไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์เข้าไปใช้งานได้ง่าย

ปริมาณไนโตรเจนที่หลงเหลือจึงมีอยู่น้อยกว่า พิจารณาได้จากปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้ในปุ๋ยเคมี (ตารางที่ 4.2) และปริมาณไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในแปลงดินเพาะปลูกที่มีการใช้ปุ๋ยเคมี พบว่า ไนโตรเจนในปุ๋ยเคมีมีปริมาณลดลงจาก 47.26 เป็น 42.28 mg/kg ซึ่งเป็นผลมาจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินที่ทำหน้าที่เปลี่ยนธาตุไนโตรเจนจากรูปอินทรีย์ให้อยู่ในรูปอนินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ (แอมโมเนียมและไนเตรทไอออน) ต่อการนำไปใช้ของพืชโดยเป็นไปตามวัฏจักรไนโตรเจน และสำหรับปริมาณโพแทสเซียมในดิน ดินที่ใช้เพาะปลูกแต่ไม่ใช้ปุ๋ย และดินที่ใช้เพาะปลูกและมีการใช้ปุ๋ยเคมีมีค่าเพิ่มสูงมากขึ้นกว่าปริมาณที่วิเคราะห์ได้ในดินก่อนการเพาะปลูกซึ่งมีอยู่น้อยมากนั้นเป็นเพราะน้ำที่นำมาใช้รดแปลงเพาะปลูกเป็นน้ำในหนองบริเวณรอบแปลงทดลองซึ่งเป็นแหล่งรองรับน้ำที่เกิดการชะจากแปลงเพาะปลูกที่มีการใช้ปุ๋ยโดยรอบ ปริมาณโพแทสเซียมจึงเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด แต่ในแปลงเพาะปลูกที่มีการใช้ปุ๋ยคอกกลับมีปริมาณที่น้อยมากนั้นอาจเป็นเพราะโพแทสเซียมไอออนเกิดการยึดติดกับอินทรีย์วัตถุซึ่งเมื่อเกิดการแตกตัวจะมีประจุลบอย่างเหนียวแน่น และด้วยวิธีการสกัดที่ไม่มีการใช้ความร้อนจึงทำให้สกัดไอออนดังกล่าวออกมาได้ปริมาณน้อยมาก

สำหรับลักษณะของผักคะน้าในแต่ละแปลงที่ทำการเพาะปลูก พบว่า ในแปลงเพาะปลูกที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีมีจำนวนต้นของผักคะน้าขึ้นมากที่สุด รองลงมาคือแปลงเพาะปลูกที่มีการใช้ปุ๋ยคอก และแปลงเพาะปลูกที่ไม่มีการใช้ปุ๋ย ตามลำดับ โดยในแปลงที่ใช้ปุ๋ยเคมีผักคะน้าจะมีการเจริญเติบโตไวที่สุด และถึงแม้ต้นและใบจะมีความอุดมสมบูรณ์เช่นเดียวกันกับในแปลงที่ใช้ปุ๋ยคอกและแปลงที่ไม่มีการใช้ปุ๋ย แต่ความหนาแน่นของปริมาณต้นคะน้าต่างกันมาก นั้นเป็นเพราะผักคะน้าเป็นผักที่ต้องการปริมาณไนโตรเจนเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตมาก เมื่อปุ๋ยเคมีสามารถถูกดูดซึมเข้าไปใช้ประโยชน์ได้ง่ายดังที่กล่าวไว้ข้างต้น ผักคะน้าในแปลงเพาะปลูกที่ใช้ปุ๋ยเคมีจึงมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ในขณะที่การนำไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์ในปุ๋ยคอกไปใช้ต้องรอการย่อยสลายจากกิจกรรมจุลินทรีย์ในดินเป็นระยะเวลาานกว่า ผักคะน้าจึงมีการเจริญเติบโตช้ากว่านั่นเอง

4.2 คุณสมบัติของปุ๋ย

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ได้ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ซึ่งเป็นปุ๋ยคอกมูลวัว และปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ทำการเพาะปลูกผักคะน้า การศึกษาคุณสมบัติต่างๆ ของปุ๋ยจึงมีความจำเป็นที่สามารถช่วยประเมินการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินหลังจากมีการใช้เพาะปลูกแล้วได้ โดยคุณสมบัติของปุ๋ยทั้งสองประเภทเป็นไป ดังตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

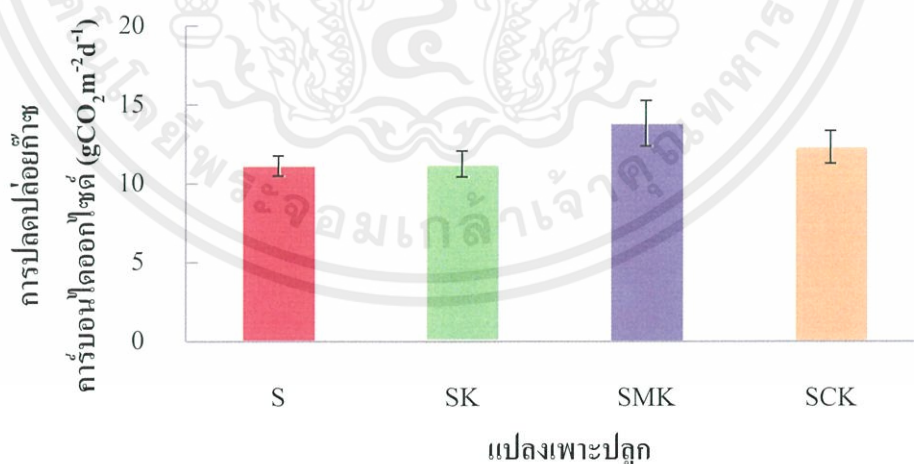
ตารางที่ 4.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีที่ใช้ปลูกคะน้า

พารามิเตอร์	ปุ๋ยคอกขี้วัว	ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0
ความชื้น (%)	19.70	3.46
ค่าพีเอช	7.36	7.26
ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm)	1.63	-
ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (%)	15.16	-
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (%)	1.54	47.26
ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (%)	1.00	-
ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (%)	0.0022	-

4.3 เปรียบเทียบอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของดิน

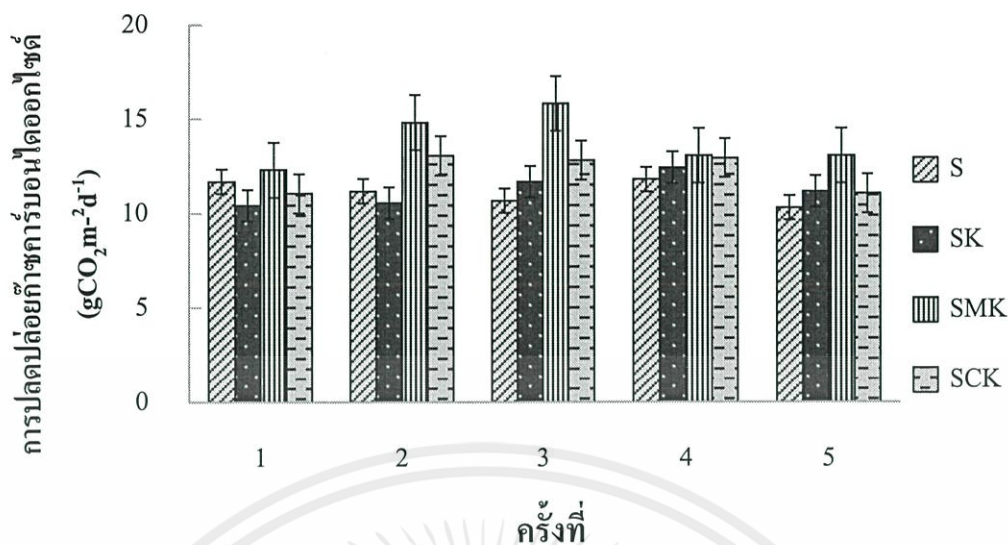
4.3.1 อัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของดินในแปลงเพาะปลูก

อัตราการหายใจของดินมีค่าสูงที่สุดในแปลงเพาะปลูกผักคะน้าที่มีการใช้ปุ๋ยคอกมูลวัว (SMK) โดยมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ $13.81 \text{ gCO}_2\text{m}^{-2}\text{d}^{-1}$ รองลงมาคือ แปลงเพาะปลูกผักคะน้าที่มีการใช้ปุ๋ยเคมี (SCK) แปลงเพาะปลูกผักคะน้าที่ไม่มีการใช้ปุ๋ย (S) และแปลงดินที่ไม่มีการเพาะปลูก ซึ่งมีอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 12.18 , 11.25 และ $11.12 \text{ gCO}_2\text{m}^{-2}\text{d}^{-1}$ ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 อัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของดินเฉลี่ยในแปลงเพาะปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 อัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยของแปลงเพาะปลูกในแต่ละครั้ง

จากรูปที่ 4.1 แสดงอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของแปลงเพาะปลูก ผักคะน้าเฉลี่ย 5 ครั้ง ในพื้นที่ศึกษา พบว่า แปลงเพาะปลูกที่มีการใช้ปุ๋ยคอกมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงมากกว่าทุกๆ แปลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Weixin และคณะ (2006), Xueli และคณะ (2012) และ Chen และคณะ (2006) ที่พบว่าการใช้ปุ๋ยคอกจะส่งผลให้อัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนมากขึ้น ซึ่งเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.2 แสดงอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยของแปลงเพาะปลูก ในแต่ละครั้งที่ทำการเก็บตัวอย่าง จะเห็นได้ว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแปลงเพาะปลูกที่มีการใช้ปุ๋ยคอกมีการปลดปล่อยเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ และมากกว่าแปลงอื่นๆ แต่ในครั้งที่ 4 และ 5 เป็นช่วงเวลาที่มิฝนตกในระยะการเก็บตัวอย่าง อาจทำให้ดินมีความชื้นสูงเกินไปทำให้อัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลงจากเดิม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wiriyatangsakul (2004) ที่ได้ทำการศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้นต่อการหายใจของดินซึ่งพบว่า ดินที่แห้งและดินที่มีความชื้นสูงเกินไปต่างส่งผลให้อัตราการหายใจของดินต่ำลง

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้สถิติ ANOVA (Analysis of variance table) แบบ One-way ANOVA เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของดินและแปลงเพาะปลูก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($\alpha=0.05$) พบว่า แปลงเพาะปลูกที่ใช้ปุ๋ยคอกแต่ไม่มีการใช้ปุ๋ย (SK) ใช้ปุ๋ยคอก (SMK) และปุ๋ยเคมี (SCK) มีอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากค่านัยสำคัญ (Significant) ที่ได้จากการวิเคราะห์มีค่าน้อยกว่า $\alpha=0.05$ จึงสรุปว่าข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนแปลงดินที่ไม่มีกิจกรรมการเพาะปลูก (S) มีอัตราการปลดปล่อยก๊าซ

คาร์บอนไดออกไซด์ที่ไม่แตกต่างกัน เนื่องจากค่านัยสำคัญ (Significant) ที่ได้จากการวิเคราะห์มีค่ามากกว่า $\alpha=0.05$ จึงสรุปว่าข้อมูลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance table; ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของแต่ละแปลงเพาะปลูก

	F	Sig.	p-value
S	2.008	.112	0.05
SK	5.064	.002	0.05
SMK	8.730	.000	0.05
SCK	5.251	.002	0.05

1.4.2 เปรียบเทียบอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของดินระหว่างแปลงเพาะปลูก

เมื่อทำการเปรียบเทียบอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของดินระหว่างแปลงเพาะปลูก โดยใช้การวิเคราะห์สถิติแบบ Independent-Samples T-Test เพื่อเปรียบเทียบเป็นคู่ พบว่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($\alpha=0.05$) อัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแปลงเพาะปลูกผักคะน้าที่ไม่ใช้ปุ๋ยกับใช้ปุ๋ยคอกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเปรียบเทียบคู่อื่นๆ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากมีค่านัยสำคัญมากกว่า 0.05 ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 วิเคราะห์ Independent-Samples T-Test เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของดิน แบบเป็นคู่

แปลง	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
S-SK	-.267	8	.796	-.12555	.47011
SK-SMK	-3.421	8	.009	-2.56127	.74870
SK-SCK	-1.565	8	.156	-.92909	.59369
SMK-SCK	2.045	8	.075	1.63218	.79802

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการเรียนการสอนเท่านั้น การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย
 หมายเหตุ: ระดับนัยสำคัญ = 0.05 เนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

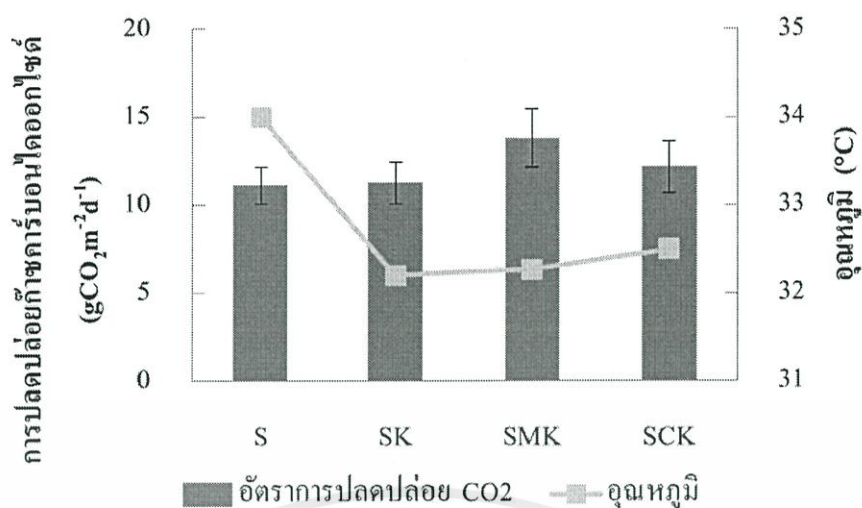
จากผลการวิเคราะห์แบบเป็นคู่โดยใช้สถิติ T-Test (ตารางที่ 4.4) พบว่าอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในดินที่ไม่มีการเพาะปลูกกับดินที่เพาะปลูกค่น้ำแต่ไม่ใช้ปุ๋ยมีค่าไม่แตกต่างกัน นั่นเป็นเพราะดินเกิดการรบกวนโดยการไถพรวนเช่นเดียวกัน ลักษณะความพรุนของดินจึงใกล้เคียงกันและชนิดของพืชไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการปลดปล่อยก๊าซดังกล่าวมากนักเนื่องจากค่น้ำเป็นพืชล้มลุก มีระบบรากที่สั้น จึงไม่มีการร่อนโซดินจนส่งผลกระทบต่อการทำงานของดิน เมื่อเปรียบเทียบดินที่เพาะปลูกค่น้ำแต่ไม่ใช้ปุ๋ยกับใช้ปุ๋ยคอก จะพบว่าอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าแตกต่างกัน เนื่องจากการใส่ปุ๋ยคอกเป็นการเติมอินทรีย์คาร์บอนให้กับดินซึ่งปริมาณอินทรีย์คาร์บอนมีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนในดินที่เพาะปลูกค่น้ำแต่ไม่ใช้ปุ๋ยกับใช้ปุ๋ยเคมีนั้นค่าไม่แตกต่างกันเพราะปุ๋ยเคมีที่ใช้เป็นปุ๋ยยูเรีย การดูดซึมน้ำไนโตรเจนในรูปที่ใช้ประโยชน์ได้อาจเกิดขึ้นเร็วจนเหมือนไม่เกิดการรบกวนดิน และเมื่อเปรียบเทียบดินที่เพาะปลูกโดยใช้ปุ๋ยคอกกับปุ๋ยเคมี อัตราการปลดปล่อยก๊าซดังกล่าวกลับไม่แตกต่างกัน ซึ่งไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chen และคณะ และ Weixin และคณะ (2006) ที่พบว่าดินที่มีการใส่ปุ๋ยคอกมีอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าดินที่ใส่ปุ๋ยเคมี ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองนี้น้อยเกินไปทำให้การย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในดินและปุ๋ยที่เติมลงไปเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ จึงยังไม่เห็นความแตกต่างของอัตราการปลดปล่อยที่ชัดเจน

4.4 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

4.4.1 อุณหภูมิ

จากการตรวจวัดระดับอุณหภูมิเฉลี่ยทั้ง 5 ครั้งของแต่ละแปลงนั้น แปลงดินที่ไม่มีการทำการเพาะปลูก (S) มีระดับอุณหภูมิสูงที่สุด ตามด้วยแปลงเพาะปลูกค่น้ำที่ใช้ปุ๋ยเคมี (SCK) ใช้ปุ๋ยคอก (SMK) และไม่มีการใช้ปุ๋ย (S) ระดับอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 34, 32.5, 32.27 และ 32.27 ตามลำดับ ส่วนอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในแปลงเพาะปลูกค่น้ำที่มีการใส่ปุ๋ยคอกมีปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือ แปลงเพาะปลูกค่น้ำที่ใช้ปุ๋ยเคมี ไม่ใช้ปุ๋ย และดินที่ไม่มีการทำการเพาะปลูก ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.3

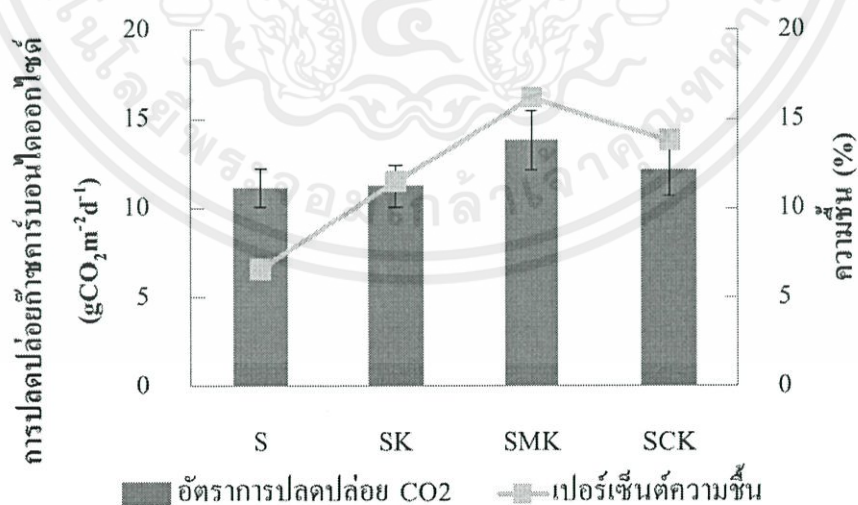
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของแปลงเพาะปลูก กับอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นที่เพาะปลูก

4.4.2 เปรอร์เซ็นต์ความชื้น

จากการศึกษาเปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ยในแต่ละแปลงเพาะปลูกผักคะน้า พบว่าแปลงเพาะปลูกผักคะน้าที่มีการใช้ปุ๋ยคอก (SMK) มีปริมาณความชื้นสูงที่สุด ตามด้วยแปลงเพาะปลูกผักคะน้าที่มีการใช้ปุ๋ยเคมี (SCK) แปลงเพาะปลูกผักคะน้าที่ไม่มีการใช้ปุ๋ยเคมี (SK) และแปลงดินที่ไม่มีการเพาะปลูก (S) เปรอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ยที่วัดได้เท่ากับ 16.21, 13.78, 11.20 และ 6.59 ตามลำดับ เปรอร์เซ็นต์ความชื้นที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้อัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย ดังรูปที่ 4.4

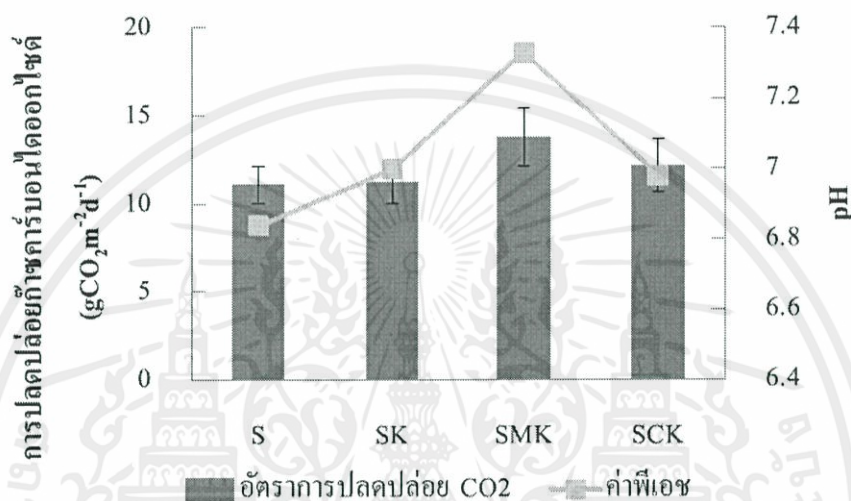


รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของแปลงเพาะปลูก กับเปอร์เซ็นต์ความชื้นเฉลี่ยของพื้นที่เพาะปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามนำข้อความไปลงสื่อออนไลน์และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3 ค่าพีเอช

ค่าพีเอชเฉลี่ยที่วัดได้ในแปลงดินที่ไม่มีการเพาะปลูก (S) แปลงเพาะปลูกที่ไม่มีการใช้ปุ๋ย (SK) ใช้ปุ๋ยคอก (SMK) และปุ๋ยเคมี (SCK) เท่ากับ 6.84, 7.00, 7.33 และ 7.07 ตามลำดับ โดยแปลงเพาะปลูกผักคะน้าที่มีการใช้ปุ๋ยคอก (SMK) มีค่าพีเอชและมีอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุด อัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แปรผันไปตามค่าพีเอชที่เพิ่มสูงขึ้น ดังรูปที่ 4.5

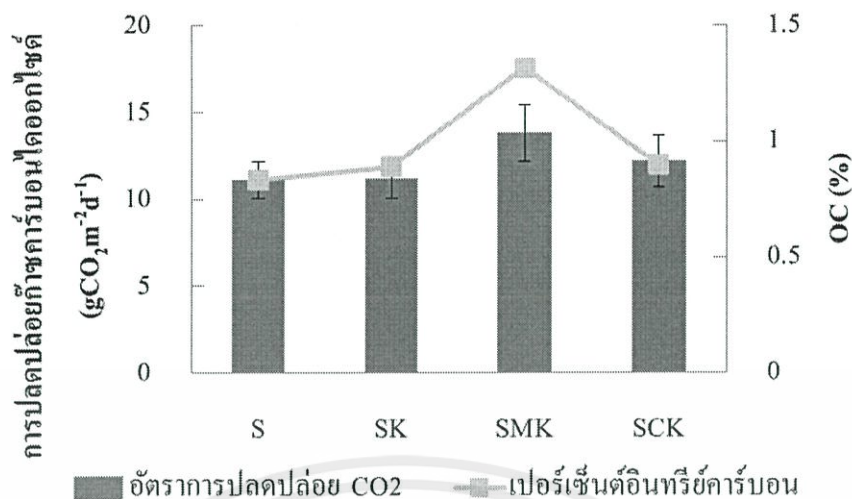


รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของแปลงเพาะปลูกกับค่าพีเอชเฉลี่ยของพื้นที่เพาะปลูก

4.4.4 เปอร์เซนต์อินทรีย์คาร์บอน

อินทรีย์คาร์บอนเฉลี่ยในดินที่ศึกษามีค่ามากที่สุดในการใช้ปุ๋ยคอก (SMK) เปอร์เซนต์อินทรีย์คาร์บอนที่วัดได้มีค่า 1.32% และมีอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุด รองลงมาคือ แปลงเพาะปลูกที่มีการใช้ปุ๋ยเคมี (SCK) ไม่ใช้ปุ๋ย (SK) และไม่มีมีการเพาะปลูก (S) ซึ่งเปอร์เซนต์อินทรีย์คาร์บอนมีค่าเท่ากับ 0.90, 0.89 และ 0.84 % ตามลำดับ อัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีการแปรผันตามเปอร์เซนต์อินทรีย์คาร์บอนในดิน ดังรูปที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของแปลงเพาะปลูกกับเปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอนเฉลี่ยของพื้นที่เพาะปลูก

จากการศึกษาผลของปัจจัยซึ่งได้แก่ อุณหภูมิ เปอร์เซ็นต์ความชื้น ค่าพีเอช และเปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอน (รูปที่ 4.3, 4.4, 4.5 และ 4.6) ต่ออัตราการหายใจของดินที่ใช้เพาะปลูก ผักคะน้าและมีการใช้ปุ๋ยคอก ปุ๋ยเคมี ไม่ใช้ปุ๋ย และดินที่ไม่มีมีการเพาะปลูก พบว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น ค่าพีเอช และเปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอนมีผลต่ออัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยอัตราการปลดปล่อยมีการแปรผันตามเปอร์เซ็นต์ความชื้น ค่าพีเอช และเปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chen และคณะ (2006) ที่กล่าวไว้ว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะมีการปลดปล่อยจากดินเพิ่มสูงขึ้นเมื่อมีการใช้ปุ๋ยคอกซึ่งมีอินทรีย์คาร์บอนในปริมาณมากขึ้น และ Wiriyatangsulul (2004) ที่พบว่าเมื่อดินมีความชื้นที่เหมาะสมไม่แห้งหรืออึดตัวด้วยน้ำจนเกินไปอัตราการปลดปล่อยก็จะเพิ่มสูงขึ้น แปลงเพาะปลูกที่ใช้ปุ๋ยคอก (SMK) จึงเป็นแปลงที่มีอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุด รองลงมาคือ แปลงเพาะปลูกที่ใช้ปุ๋ยเคมี (SCK) ไม่ใช้ปุ๋ย (SK) และแปลงดินที่ไม่มีมีการเพาะปลูก (S) ตามลำดับ ส่วนอุณหภูมิไม่ได้มีผลต่อการปลดปล่อย เมื่อทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ศึกษากับอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยใช้ความสัมพันธ์ของ Pearson ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 พบว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น ค่าพีเอช และเปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอน มีความสัมพันธ์เชิงบวกหรือมีทิศทางเดียวกับอัตราการปลดปล่อย ส่วนอุณหภูมิมีทิศทางตรงกันข้ามกับอัตราการปลดปล่อย สอดคล้องกับงานวิจัยของภักนิช และคณะ (2554) ซึ่งอาจเป็นผลมาจากปัจจัยร่วมอื่นๆ ที่ส่งผลให้ผลของอุณหภูมิไม่ได้เป็นไปตามทฤษฎี ดังตารางที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของดินกับ อุณหภูมิ(°C) ความชื้น (%) ค่าพีเอช และอินทรีย์คาร์บอน (%)

	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น (%)	ค่าพีเอช	อินทรีย์คาร์บอน (%)
อัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของดิน ($\text{gCO}_2\text{m}^{-2}\text{d}^{-1}$)	-.338**	.355**	.337**	.589**
Sig.	.008	.005	.008	.000

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาอัตราการหายใจของดินเมื่อมีการเพาะปลูกผักคะน้าโดยใช้ปุ๋ยคอก (SMK) ปุ๋ยเคมี (SCK) ไม่ใช้ปุ๋ย (SK) และดินที่ไม่มีการเพาะปลูก (S) พบว่า แปลงเพาะปลูกผักคะน้าที่มีการใช้ปุ๋ยคอกมีอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุด รองลงมาคือ แปลงเพาะปลูกผักคะน้าที่ใช้ปุ๋ยเคมี ไม่ใช้ปุ๋ย และดินที่ไม่มีการเพาะปลูก ซึ่งอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ตรวจวัดได้เท่ากับ 13.81, 12.18, 11.25 และ 11.12 $\text{gCO}_2\text{m}^{-2}\text{d}^{-1}$ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างกันของอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และแปลงเพาะปลูกโดยใช้สถิติ One-way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่าแปลงเพาะปลูกที่ใช้ปุ๋ยคอก ปุ๋ยเคมี และไม่ใช้ปุ๋ย มีอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งแตกต่างจากดินที่ไม่มีการเพาะปลูก และเมื่อทำการวิเคราะห์แบบเป็นคู่โดยใช้สถิติ T-Test พบว่ามีเพียงดินที่มีการใช้ปุ๋ยคอกกับดินที่ไม่มีการใช้ปุ๋ยเพาะปลูกมีอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 นอกจากนี้ปัจจัยอื่นๆ ที่ตรวจวัด ได้แก่ อุณหภูมิ เปอร์เซ็นต์ความชื้น ค่าพีเอช และเปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอนยังมีผลต่อการหายใจของดินอีกด้วย จากการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปัจจัยต่ออัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์พบว่า การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในดินมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้ามกับอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กล่าวคือถ้าอุณหภูมิลดลง อัตราการปลดปล่อยจะมากขึ้น ในขณะที่ปัจจัยที่เหลือมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกับอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากคะน้าในแปลงที่ใช้ปุ๋ยคอกมีอัตราการเจริญเติบโตที่ช้าทั้งนี้เนื่องเพราะการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในปุ๋ยเกิดไม่สมบูรณ์ จึงควรเพิ่มระยะเวลาในการใช้ปุ๋ยคอกให้มากกว่านี้เพื่อให้ปุ๋ยคอกเกิดการย่อยสลายอย่างสมบูรณ์
2. ควรมีการทดลองโดยใช้ปุ๋ยทั้ง 2 ชนิดในการปลูกร่วมด้วย ซึ่งในระยะแรกให้มีการใส่ปุ๋ยคอกแล้วทิ้งไว้ระยะหนึ่งเพื่อให้เกิดการย่อยสลายก่อนแล้วจึงใส่ปุ๋ยเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2547. คู่มือวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดินและการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า. เล่มที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. 184 หน้า.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2553. คู่มือการปฏิบัติงานกระบวนการวิเคราะห์ตรวจสอบดินทางเคมี. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ. 51 หน้า.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2553. คู่มือการปฏิบัติงานกระบวนการวิเคราะห์พืช ปุ๋ย และสิ่งปรับปรุงดิน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ. 52 หน้า.
- กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์, กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ และสุวรรณี จรรยาพูน. 2553. ปฏิบัติการเคมีสิ่งแวดล้อม 2. กรุงเทพฯ: โครงการตำรา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 120 หน้า.
- กลุ่มงานศึกษาและพัฒนาการปลูกพืช. การปลูกผักปลอดภัยจากสารพิษ. ปีที่ 1, ฉบับที่ 1, 2552. หน้า 1-31.
- กลุ่มป้องกันภัยธรรมชาติและความเสี่ยงทางการเกษตร. 2557. “ความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดิน”. [Online]. Available: <http://irw101.idd.go.th/irw101.idd/warning/proten53/Soil%20Degradation.pdf> (วันที่สืบค้นข้อมูล 1 กุมภาพันธ์ 2557).
- คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. 2553. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 78 หน้า.
- บุญชุม เปี้ยแดง, วรรณ จันทรวง, นารี สุทธปริดา และเกษมศรี ชับซ้อน. 2526. ปฐพีวิทยา. กรุงเทพฯ: ศูนย์ฝึกอบรมวิศวกรรมเกษตรปทุมธานี. 132 หน้า.
- พจนีย์ มอญเจริญ และ ทวีศักดิ์ เวียรศิลป์. 2541. คาร์บอนในดินของประเทศไทย. กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ. 144 หน้า.
- ภัทรา เฟงธรรมกิติ. 2552. โครงการ “การศึกษาติดตามการเจรจาในเวทีการเจรจาเรื่องโลกร้อนที่เกี่ยวข้องกับภาคการเกษตรและนัยสำคัญต่อประเทศไทย”. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 39 หน้า.
- ภัทรา เฟงธรรมกิติ. 2553. การประเมินการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และการกักเก็บคาร์บอนในดินของนาข้าวที่ปลูกตามแนวทางเกษตรเคมีและอินทรีย์ร่วมกับการจัดการน้ำ. วิทยานิพนธ์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 190 หน้า.

- มหาวิทยาลัยรามคำแหง. 2557. “บทที่ 11 การบอนไดออกไซด์กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ”. [Online]. Available: <http://e-book.ram.edu/ebook/g/GE410/chapter11.pdf> (วันที่สืบค้นข้อมูล 28 กุมภาพันธ์ 2557).
- วรรณ สุริวรรณ. 2547. การศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักคะน้า โดยใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับน้ำสกัดชีวภาพ. งานวิจัยคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม. 23 หน้า.
- วาสนา ยูวดี และนันทพันธุ์ รัตนธรรม. 2535. เปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน 3 รูปโดยใช้ Salicylic acid หรือ Cr เป็นคะตะลิสต์. เอกสารงานวิจัยเรื่องเต็ม ส่งกรมวิชาการ จำนวน 9 หน้า (เอกสาร โรเนียว).
- ศูนย์วิจัยเศรษฐศาสตร์ประยุกต์. 2553. รายงานแห่งชาติฉบับที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 150 หน้า.
- สิริกานดา วัชราไทย. 2551. การศึกษาสมดุลคาร์บอนและการกักเก็บคาร์บอนในดินของสบู่ดำที่ปลูกในดินเหนียวและดินร่วนปนทราย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 73 หน้า.
- สุพรชัย มั่งมีสิทธิ์. 2554. ปุ๋ยอินทรีย์เคมีที่ชุมชนควรรู้. สถาบันวิจัยและพัฒนา. มหาวิทยาลัยศิลปากร. 31 หน้า
- สุรชัย รัมมะฉัตร. 2548. ปุ๋ยอินทรีย์กับการปรับปรุงบำรุงดินในจังหวัดมหาสารคาม. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร. 68 หน้า.
- ศุภธิดา อ่ำทอง. 2552. “บทที่ 4 ความอุดมสมบูรณ์ของดินและการเกษตรที่ยั่งยืน”. [Online]. Available: <http://www.sluse.mju.ac.th/database/silo/lesson/ความอุดมสมบูรณ์ของดิน.pdf> (วันที่สืบค้นข้อมูล 26 กุมภาพันธ์ 2557).
- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. 2557. “ก๊าซเรือนกระจก คือ”. [Online]. Available: http://www.tgo.or.th/index.php?option=com_content&view=article&id=46:what-is-ghg&catid=35:greenhouse-effect&Itemid=55 (วันที่สืบค้น 28 กุมภาพันธ์ 2557).
- Andrews, J.A., Harrison, K.G., Matamala, R., Schlesinger, W.H., 1999. Separation of root respiration from total soil respiration using carbon-13 labeling during free-air carbon dioxide enrichment (FACE). Soil Science Society of America Journal. 63 : 1429–1435.
- Chen, Y., Wu, C.Y., Shui, J.G., Wang, J.Y., 2006. Emission and fixation of CO₂ from soil system as influenced by long-term application of organic manure in paddy soils. การค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น Burlington, USA: Elsevier. 5 : 456-461 อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Curtin, D., Wang, H., Selles, F., McConkey, B.G., Campbell, C.A., 2000. **Tillage effects on carbon fluxes in continuous wheat and fallow-wheat rotations.** *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64 : 2080–2086.
- Ding, W., Meng, L., Yin, Y., Cai, Z., Zheng, X., 2007. **CO₂ emission in an intensively cultivated loam as affected by long-term application of organic manure and nitrogen fertilizer.** *Soil Biol. Biochem.* 39 : 669–679.
- Ding, X., Han, X., Liang, Y., Qiao, Y., Li, L., Li, N., 2012. **Changes in soil organic carbon pools after 10 years of continuous manuring combined with chemical fertilizer in a Mollisol in China.** *Soil and Tillage.* 122 : 36-41.
- Foley, J.A., Defries, R., Asner, G.P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S.R., Chapin, F.S., Coe, M.T., Daily, G.C., Gibbs, H.K., Helkowski, J.H., Holloway, T., Howard, E.A., Kucharik, C.J., Monfreda, C., Patz, J.A., Prentice, I.C., Ramankutty, N., Snyder, P.K., 2005. **Global consequences of land use.** *Science* 309 : 570–574.
- Forster, P., Ramaswamy, V., Artaxo, P., Berntsen, T., Betts, R., Fahey, D.W., Haywood, J., Lean, J., Lowe, D.C., Myhre, G., Nganga, J., Prinn, R., Raga, G., Schulz, M., Van Dorland, R., 2007. **Changes in atmospheric constituents and in radiative forcing.** In: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M., Miller, H.L. (Eds.), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, New York, NY, USA.
- IPCC: Intergovernmental Panel on Climate change. 2007. **“Radiative Forcing of Climate Change”.** The 1994 Report of the Scientific Assessment Working Group of IPCC. [Online]. Available: <http://www.tmd.go.th> (วันที่สืบค้น 10 มีนาคม 2557).
- Karma Dorji. 2010. **The effect of soil water content and temperature on tropical soil respiration.** Thailand, Thesis, Suranaree University of Technology, Nakorn Ratchasima, 101 p.
- Li, H.J., Yan, J.X., Yue, X.F., Wang, M.B., 2008. **Significance of soil temperature and moisture for soil respiration in a Chinese mountain area.** *Agric. Forest Meteorol.* 148 : 490–503.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Luo, Y. and Zhou, X. 2006. **Soil Respiration and the Environment**. Burlington, USA: Elsevier.
- Miller, R.W., Donahue, R.L., 1990. P.316.
- Meng L, Ding W.X., Cai, Z.C., 2005. **Long-term application of organic manure and nitrogen fertilizer on N₂O emission, soil quality and crop production in a sandy loam soil**. *Soil Biology & Biochemistry*. 37 : 2037-2045.
- Rayment, M.B. and P.G. Jarvis. 2000. **Temporal and spatial variation of soil CO₂ efflux in a Canadian boreal forest**. *Soil Biol. Biochem.* 32 : 35-45.
- Savage, K., Davidson, E.A., Richardson, A.D., Hollinger, D.Y., 2009. **Three scales of temporal resolution from automated soil respiration measurements**. *Agricultural and Forest Meteorology*. 149 : 2012–2021.
- Schlesinger, W.H., Andrews, J.A., 2000. **Soil respiration and the global carbon cycle**. *Biogeochemistry*. 48 : 7–20.
- United State Environmental Protection Agency. 2012. **Climate Change Indicators in the United States, 2012**. 2nd ed. Miami: Eastern Research Group. 81 : 10-19.
- Wiriyatangsakul, S. 2004. **Soil respiration in tropical uplands responded to temperature and moisture changes**. Master Thesis, School of Energy and Environment. King Mongkut's University of Technology, Thonburi, Bangkok. 110 p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก

วิธีการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

วิธีการคำนวณ

1. วิธีการคำนวณหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสาร

1.1 สารละลายโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต (KHP) 0.1 M

$$\text{น้ำหนัก KHP ที่ชั่งมา} = 0.4008 \text{ g}$$

$$\begin{aligned} \text{ความเข้มข้นของ KHP} &= \frac{\text{น้ำหนัก KHP ที่ชั่งได้ (g)} \times 1000 \text{ ml}}{\text{มวลโมเลกุล KHP} \times 20 \text{ ml} \times 11} \\ &= \frac{0.4008 \text{ g} \times 1000 \text{ mL}}{204.23 \text{ g} \times 20 \text{ mL}} \end{aligned}$$

$$\text{ความเข้มข้นของ KHP} = 0.0981 \text{ mol/L}$$

1.2 สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 0.1 N

Titrant : KOH ปริมาตร : 20 mL

Titrand : KHP ความเข้มข้น : 0.0981 mol/L ปริมาตร : 20 mL

Indicator : ฟีนอล์ฟทาลีน

ครั้งที่	ปริมาตร KOH ที่ใช้ไทเทรต (mL)		ปริมาตร KOH (mL)
	ก่อนไทเทรต	หลังไทเทรต	
1	0.00	21.10	21.10
2	22.00	43.00	21.00
3	0.00	21.10	21.10
ปริมาตรเฉลี่ย			21.0667

หาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH)

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ} \quad M_{\text{KOH}} V_{\text{KOH}} &= M_{\text{KHP}} V_{\text{KHP}} \\ &= \frac{(0.0981 \text{ mol/L})(20.00 \text{ mL})}{21.0667 \text{ mL}} \end{aligned}$$

$$M_{\text{KOH}} (\text{ml}) = 0.0931 \text{ mol/L}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) 1 M

Titrant :HCl ปริมาตร : 20 mL

Titrand :NaOH ความเข้มข้น : 0.1028 mol/L ปริมาตร : 20 mL

Indicator :ฟีนอล์ฟทาเลอิน

ครั้งที่	ปริมาตร HClที่ใช้ไทเทรต (mL)		ปริมาตร HCl (mL)
	ก่อนไทเทรต	หลังไทเทรต	
1	0.00	2.10	2.10
2	2.10	4.20	2.10
3	4.20	6.30	2.10
ปริมาตรเฉลี่ย			2.10

หาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl)

$$\begin{aligned}
 \text{จากสมการ } M_{\text{NaOH}} V_{\text{NaOH}} &= M_{\text{HCl}} V_{\text{HCl}} \\
 M_{\text{HCl}}(\text{ml}) &= \frac{(0.1028 \text{ mol/L})(20.00 \text{ mL})}{2.10 \text{ mL}} \\
 &= 0.9790 \text{ mol/L}
 \end{aligned}$$

1.4 สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) 0.1 M

Titrant :HCl ปริมาตร : 20 mL

Titrand :NaOH ความเข้มข้น : 0.1028 mol/L ปริมาตร : 20 mL

Indicator :ฟีนอล์ฟทาเลอิน

ครั้งที่	ปริมาตร HClที่ใช้ไทเทรต (mL)		ปริมาตร HCl (mL)
	ก่อนไทเทรต	หลังไทเทรต	
1	0.00	9.75	9.75
2	9.75	19.48	9.73
3	19.48	29.22	9.74
ปริมาตรเฉลี่ย			9.74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกวดำเนินงานการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl)

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ } M_{\text{NaOH}} V_{\text{NaOH}} &= M_{\text{HCl}} V_{\text{HCl}} \\ M_{\text{HCl}}(\text{ml}) &= \frac{(0.1028 \text{ mol/L})(10.00 \text{ mL})}{9.74 \text{ mL}} \\ &= 0.1055 \text{ mol/L} \end{aligned}$$

1.5 สารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (FAS) 0.5 N

Titrant : FAS ปริมาตร : 10 mL
 Titrand : $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ความเข้มข้น : 1 mol/L ปริมาตร : 10 mL
 Indicator : BDS

ครั้งที่	ปริมาตร FAS ที่ใช้ไทเทรต (mL)		ปริมาตร FAS (mL)
	ก่อนไทเทรต	หลังไทเทรต	
1	0.00	22.00	22.00
2	22.00	44.00	22.00
3	0.00	22.00	22.00
	เฉลี่ย		22.00

หาความเข้มข้นที่แน่นอนของเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (FAS)

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ } M_{\text{FAS}} V_{\text{FAS}} &= M_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} V_{\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} \\ M_{\text{FAS}} &= \frac{(1.0000 \text{ N})(10.00 \text{ mL})}{22.00 \text{ mL}} \\ M_{\text{FAS}} &= 0.4545 \text{ N} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วิธีการคำนวณค่าคุณสมบัติต่างๆ ของดิน

2.1 ขนาดอนุภาคดิน

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร} \quad \%(\text{Silt} + \text{Clay}) &= \left(\frac{R_{40s}}{w} \right) \times 100 \\ \% \text{Sand} &= 100 - \%(\text{Silt} + \text{Clay}) \\ \% \text{Clay} &= \left(\frac{R_{2hr}}{w} \right) \times 100 \\ \% \text{Silt} &= \%(\text{Silt} + \text{Clay}) - \% \text{Clay} \end{aligned}$$

กำหนดให้ w = น้ำหนักของดิน (g)

R_{40s} = ค่าที่อ่านได้จากไฮโดรมิเตอร์เมื่อเวลาผ่านไป 40 วินาที (g/L)

R_{2hr} = ค่าที่อ่านได้จากไฮโดรมิเตอร์เมื่อเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมง (g/L)

ตัวอย่างการคำนวณ

- ดินบริเวณที่ใช้เพาะปลูก

$$\text{ค่าที่อ่านได้จาก Hydrometer } R_c = A - 0.5(T - B)$$

$$R_s = R's + 0.36(T - L)$$

เมื่อ R_c = ค่าที่อ่านได้จาก Hydrometer ของสารละลายคอลลอยนเท่ากับ $T^{\circ}\text{C}$ (g/L)

R_s = จำนวนกรัมที่ถูกต้องของอนุภาคดิน/ลิตร

$R's$ = จำนวนกรัมของอนุภาคดิน/ลิตรที่วัดโดยตรงจาก Hydrometer

A = ค่าที่อ่านได้จาก Hydrometer ของสารละลายคอลลอยน

T = อุณหภูมิของสารแขวนลอยดิน (วัดเป็น $^{\circ}\text{C}$)

B = อุณหภูมิของสารละลายคอลลอยน (วัดเป็น $^{\circ}\text{C}$)

L = อุณหภูมิบนก้าน Hydrometer (20°C)

ดังนั้น R_c ที่ 40 s ของดินบริเวณที่ใช้เพาะปลูก = $2.9 - 0.5(27.5 - 28.8) = 3.55$ g/L

$R's$ ที่ 40 s ของดินบริเวณที่ใช้เพาะปลูก = $32 - 3.55 = 28.45$ g/L

R_s ที่ 40 s ของดินบริเวณที่ใช้เพาะปลูก = $28.45 + 0.36(27.5 - 20)$

หาเปอร์เซ็นต์อนุภาคต่างๆของดินบริเวณที่ใช้เพาะปลูก

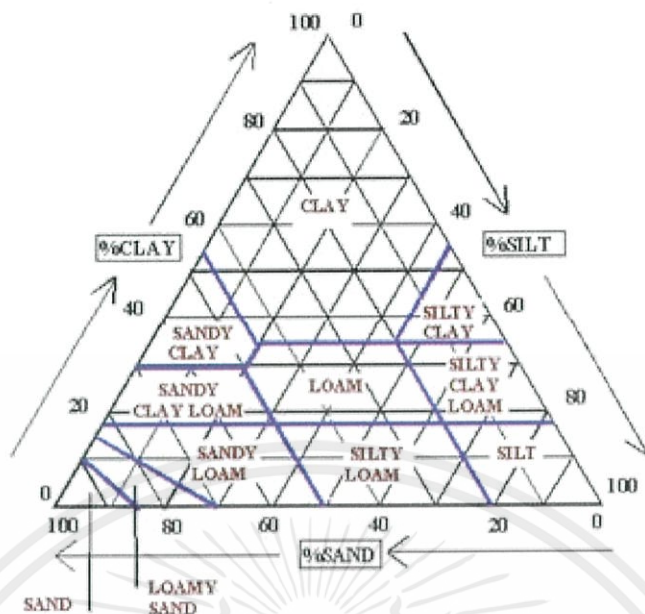
$$\%(\text{Silt} + \text{Clay}) = \left(\frac{31.15}{48.69} \right) \times 100 = 63.98$$

$$\% \text{Clay} = \left(\frac{24.16}{48.69} \right) \times 100 = 49.61$$

$$\% \text{Silt} = 63.98 - 49.61 = 14.37$$

$$\% \text{Sand} = 100 - (14.37 + 49.61) = 36.02$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น จากนั้น นำค่าที่ได้ไปพล็อตในไดอะแกรมสามเหลี่ยมเนื้อสัมผัสดิน พบว่าเป็นดิน Clay ใช้



รูปที่ 1 สามเหลี่ยมจำแนกเนื้อสัมผัสของดิน

2.2 กำหนดหาเปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอน

$$\text{จากสูตร \% Organic carbon} = \left[\frac{(B-T)N}{B} \right] \left[\frac{100}{77} \right] [3] \left[\frac{10}{w} \right] \left[\frac{10}{10^3} \right]$$

กำหนดให้ B = จำนวนมิลลิลิตรของ FAS ที่ใช้ไทเทรตกับแบลงค์ (mL)

T = จำนวนมิลลิลิตรของ FAS ที่ใช้ไทเทรตกับตัวอย่าง (mL)

N = Normality ของ $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} = 1.0000 \text{ N}$

w = น้ำหนักดินแห้ง (g)

ตัวอย่างการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอนของดินหลังเก็บเกี่ยว

$$B = 14.4 \text{ mL} \quad T = 8.63 \text{ mL} \quad w = 1.0000 \text{ g}$$

$$\% \text{ OC} = \left[\frac{(14.40 - 8.63) \cdot 1.0000}{14.40} \right] \left[\frac{100}{77} \right] [3] \left[\frac{10}{1.0000} \right] \left[\frac{10}{10^3} \right]$$

$$= 0.82 \%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 กำหนดปริมาณไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

จากสูตร
$$\%N = \frac{(a-b) \times c \times 1.401}{g}$$

a = ปริมาตรของกรดที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่าง (mL)
 b = ปริมาตรของกรดที่ใช้ในการไทเทรต blank (mL)
 c = ความเข้มข้นของกรดที่ใช้ (mol/L)
 g = น้ำหนักแห้งของตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ (g)

ตัวอย่างการคำนวณปริมาณไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

$$\%N = \frac{(2.47-0.05) \times 0.1055 \times 1.401}{2.0004}$$

$$\%N = 0.18\%$$

2.4 กำหนดปริมาณฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

จากสูตร
$$\%P = \frac{r \times 100 \times d.f \times 100}{10^6 S}$$

r = ค่าที่อ่านได้จากเครื่องหน่วยเป็น ppm
 d.f = dilution factor
 s = น้ำหนักตัวอย่างที่ชั่ง (g)

ตัวอย่างการคำนวณปริมาณฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

$$\%P = \frac{31.3316 \times 100 \times 1 \times 100}{10^6 (10)}$$

$$\%P = 0.0313\%$$

2.5 กำหนดปริมาณโพแทสเซียมในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

จากสูตร
$$\%K = \frac{r \times 100 \times d.f \times 100}{10^6 S}$$

r = ค่าที่อ่านได้จากเครื่องหน่วยเป็น ppm
 d.f = dilution factor
 s = น้ำหนักตัวอย่างที่ชั่ง (g)

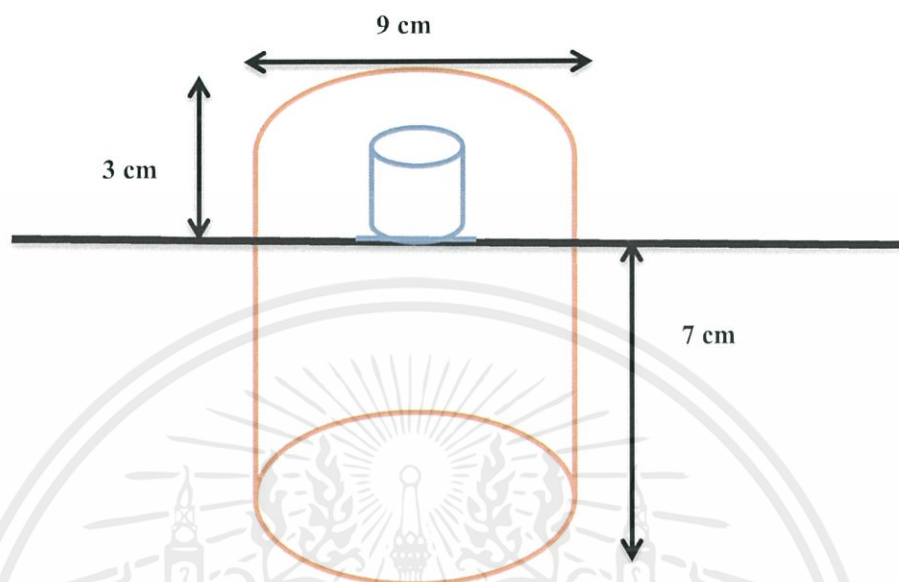
ตัวอย่างการคำนวณปริมาณโพแทสเซียมในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

$$\%K = \frac{6865.16 \times 100 \times 1 \times 100}{10^6 (2.5)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้บนเพื่อ... เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. วิธีการคำนวณอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

3.1 การคำนวณปริมาตร (A) ของ Plastic chamber



$$\text{พื้นที่ทรงกระบอก} = \pi r^2 h$$

$$\text{จากรูป } r = 3 \text{ cm}, h = 3 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น แทนค่าสูตร พื้นที่ทรงกระบอก} &= \frac{22}{7} \times 3^2 \times 3 \\ &= 84.82 \text{ cm}^3 \\ &= 8.482 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

3.2 การคำนวณหาอัตราการหายใจของดิน

$$\text{จากสมการ } X(\text{gCO}_2\text{m}^{-2}\text{d}^{-1}) = \frac{C-T*M*E*24}{A*h*1000}$$

กำหนดให้ X = อัตราการหายใจของดิน ($\text{gCO}_2\text{m}^{-2}\text{d}^{-1}$)

C = ปริมาตรกรดไฮโดรคลอริกที่ไทเทรตกับเบส (mL)

T = ปริมาตรกรดไฮโดรคลอริกที่ไทเทรตกับตัวอย่าง (mL)

M = ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกเป็นโมลาร์ (mol/L)

E = จำนวนสมมูลของกรดไฮโดรคลอริก (g.eq/mol)

A = ปริมาตรของ plastic chamber (m^3)

h = เวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง (hr)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและองค์่างถึงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการคำนวณ

อัตราการปลดปล่อย CO₂ ของดินในแปลงเพาะปลูกผักคะน้าที่ใช้ปุ๋ยคอกหลังเก็บเกี่ยว

$$X \text{ (gCO}_2\text{m}^{-2}\text{d}^{-1}) = \frac{C-T*M*E*24}{A*h*1000}$$

โดยที่ C = 0.54 mL , T = 1.70 ml

M = 0.9790 mol/L, E = 0.9790 g.eq/mol , A = 8×10⁻⁵ cm³, h = 24 hr

แทนค่าสูตร

$$X = \frac{(1.70-0.84)*0.9790*0.9790*24}{8.482*10^{-5}*24*1000}$$

$$X = 9.72 \text{ gCO}_2\text{m}^{-2}\text{d}^{-1}$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ตารางผลการทดลอง

1. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติดิน

1.1 ตารางวิเคราะห์ขนาดอนุภาคดินบริเวณพื้นที่ที่ใช้ทดลอง

ตัวอย่าง	Hy	Temp	Hy	Temp	น้ำหนัก ดินหลัง อบแห้ง(g)	ทราย (%)	เคลย์ (%)	ซิลต์ (%)	เนื้อดิน
	(g/L)		(g/L)						
	40 s		2 hr						
คลักอน	2.9	28.8	2.9	28.3	-	-	-	-	Clay
ตัวอย่างดิน 1	32	27.5	25.1	27.1	48.54	36.02	49.10	14.37	
ตัวอย่างดิน 2	32	27	23.8	27	48.69	36.91	46.77	16.33	
ตัวอย่างดิน 3	32	27	24.2	27	48.84	36.91	47.59	15.50	

1.2 ตารางการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความชื้นของดิน

ระยะทดลอง	แปลงเพาะปลูก	ครั้งที่ / %ความชื้น			\bar{X}	SD
		1	2	3		
ก่อนเพาะปลูก	S	5.65	5.81	5.91	5.79	0.13
หลังเพาะปลูก	S	11.05	11.24	11.47	11.25	0.21
	SK	16.05	14.98	15.92	15.65	0.58
	SMK	22.51	2.01	23.40	22.97	0.44
	SCK	18.61	19.78	19.52	19.30	0.62

1.3 ตารางวิเคราะห์ค่าพีเอช

ระยะทดลอง	แปลงเพาะปลูก	ครั้งที่ / ค่า pH			\bar{X}	SD
		1	2	3		
ก่อนเพาะปลูก	S	6.73	6.27	6.56	6.52	0.04
หลังเพาะปลูก	S	6.89	6.91	6.89	6.90	0.01
	SK	6.96	6.95	6.95	6.95	0.01
	SMK	7.32	7.31	7.30	7.31	0.01
	SCK	7.01	7.00	7.00	7.00	0.01

1.4 ตารางวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้า

ระยะทดลอง	แปลงเพาะปลูก	ครั้งที่ / ค่า EC (mS/cm)			\bar{X}	SD
		1	2	3		
ก่อนเพาะปลูก	S	0.41	0.48	0.41	0.43	0.04
หลังเพาะปลูก	S	5.42	5.38	5.26	5.35	0.08
	SK	4.10	4.44	3.58	4.04	0.43
	SMK	5.57	5.89	5.91	5.79	0.19
	SCK	5.40	5.28	5.08	5.25	0.16

1.4 ตารางวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน

ระยะทดลอง	แปลงเพาะปลูก	ครั้งที่ / %OC			\bar{X}	SD
		1	2	3		
ก่อนเพาะปลูก	S	1.20	1.18	1.20	1.1967	0.01
หลังเพาะปลูก	S	0.83	0.81	0.83	0.82	0.01
	SK	0.76	0.77	0.76	0.76	0.01
	SMK	1.49	1.48	1.50	1.49	0.01
	SCK	0.80	0.81	0.81	0.81	0.01

1.5 ตารางวิเคราะห์ความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน

ระยะทดลอง	แปลงเพาะปลูก	ครั้งที่ / CEC (cmol/kg)			\bar{X}	SD
		1	2	3		
ก่อนเพาะปลูก	S	26.69	26.06	26.27	26.34	0.32
หลังเพาะปลูก	S	27.40	27.39	27.39	27.39	0.01
	SK	26.36	26.36	25.83	26.19	0.31
	SMK	24.24	23.73	24.25	24.07	0.30
	SCK	25.30	24.75	25.29	25.11	0.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ตารางวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

ระยะทดลอง	แปลงเพาะปลูก	ครั้งที่ / %N			\bar{X}	SD
		1	2	3		
ก่อนเพาะปลูก	S	0.19	0.20	0.19	0.19	0.01
หลังเพาะปลูก	S	0.18	0.18	0.17	0.18	0.00
	SK	0.19	0.17	0.18	0.18	0.01
	SMK	0.25	0.25	0.25	0.25	0.00
	SCK	0.20	0.20	0.20	0.20	0.00

1.7 ตารางวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

ระยะทดลอง	แปลงเพาะปลูก	ครั้งที่ / Available N (mg/kg)			\bar{X}	SD
		1	2	3		
ก่อนเพาะปลูก	S	31.98	32.43	32.21	32.21	0.23
หลังเพาะปลูก	S	28.57	28.67	28.66	28.63	0.06
	SK	27.91	27.83	27.87	27.87	0.04
	SMK	50.82	50.66	50.90	50.79	0.12
	SCK	42.30	42.27	42.28	42.28	0.02

1.8 ตารางวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

ระยะทดลอง	แปลงเพาะปลูก	ครั้งที่ / %P			\bar{X}	SD
		1	2	3		
ก่อนเพาะปลูก	S	0.03	0.02	0.03	0.03	0.01
หลังเพาะปลูก	S	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01
	SK	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01
	SMK	0.03	0.03	0.03	0.03	0
	SCK	0.03	0.03	0.02	0.03	0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.9 ตารางวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

ระยะทดลอง	แปลงเพาะปลูก	ครั้งที่ / %K			\bar{X}	SD
		1	2	3		
ก่อนเพาะปลูก	S	-186.52	-186.518	-186.550	-186.53	0.02
หลังเพาะปลูก	S	272.74	272.77	272.81	272.77	0.04
	SK	210.42	210.38	210.53	210.44	0.08
	SMK	-31.70	-31.65	-31.81	-31.72	0.08
	SCK	274.42	274.43	274.41	274.42	0.01

2. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติปุ๋ย

2.1 ปุ๋ยคอกมูลวัว

พารามิเตอร์	ครั้งที่			\bar{X}	SD
	1	2	3		
% ความชื้น	3.41	3.78	3.21	3.46	0.29
ค่า pH	7.28	7.47	7.34	7.36	0.10
ค่า EC	1.64	1.62	1.63	1.63	0.01
%OC	15.20	15.22	15.06	15.16	0.09
%N	1.55	1.54	1.54	1.54	0.01
%P	0.97	0.98	1.05	1.00	0.05
%K	0.0022	0.0022	0.0021	0.0022	0.00

2.2 ปุ๋ยเคมี

พารามิเตอร์	ครั้งที่			\bar{X}	SD
	1	2	3		
%ความชื้น	20.87	20.40	17.82	19.70	1.64
ค่า pH	7.25	7.26	7.27	7.26	0.01
%N	45.43	50.19	46.17	47.26	2.57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ผลการวิเคราะห์อัตราการหายใจของดิน

3.1 ตารางอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของดิน

- แปลงดินที่ไม่มีการเพาะปลูกผักคะน้า

แปลงที่	ครั้งที่ / อัตราการปลดปล่อย CO ₂ (gCO ₂ m ⁻² d ⁻¹)					N	\bar{X}	SD
	1	2	3	4	5			
1	12.81	12.43	11.3	11.3	9.79	5	11.53	1.18
2	10.92	11.68	9.79	12.43	11.3	5	11.22	0.98
3	11.3	9.42	10.92	11.68	9.79	5	10.62	0.98

- แปลงดินที่มีการเพาะปลูกผักคะน้าแต่ไม่มีการใช้ปุ๋ย

แปลงที่	ครั้งที่ / อัตราการปลดปล่อย CO ₂ (gCO ₂ m ⁻² d ⁻¹)					N	\bar{X}	SD
	1	2	3	4	5			
1	11.3	10.55	11.3	13.94	12.43	5	11.90	1.32
2	9.79	11.68	12.43	11.3	10.92	5	11.22	0.98
3	10.17	9.42	11.3	12.05	10.17	5	10.62	1.04

- แปลงดินที่มีการใช้ปุ๋ยคอกมูลวัวและเพาะปลูกผักคะน้า

แปลงที่	ครั้งที่ / อัตราการปลดปล่อย CO ₂ (gCO ₂ m ⁻² d ⁻¹)					N	\bar{X}	SD
	1	2	3	4	5			
1	10.55	14.31	14.31	12.05	12.43	5	12.73	1.60
2	12.43	14.69	16.95	13.56	13.18	5	14.16	1.76
3	13.94	15.44	16.2	13.56	13.56	5	14.54	1.21

- แปลงดินที่มีใช้ปุ๋ยเคมีและเพาะปลูกผักคะน้า

แปลงที่	ครั้งที่ / อัตราการปลดปล่อย CO ₂ (gCO ₂ m ⁻² d ⁻¹)					N	\bar{X}	SD
	1	2	3	4	5			
1	10.55	11.3	12.05	11.68	9.79	5	11.07	0.91
2	11.3	12.81	13.56	12.05	11.68	5	12.28	0.91
3	11.3	15.07	12.81	15.07	11.68	5	13.19	1.81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ตารางอุณหภูมิ

แปลง	ครั้งที่ / อุณหภูมิ (°C)					N	\bar{X}	SD
	1	2	3	4	5			
S	34.33	34.00	35.00	35.00	31.67	5	34.00	1.37
SK	34	31	32	33	31	5	32.20	1.30
SMK	34.33	31	31.67	33	31.33	5	32.27	1.38
SCK	34	31.33	32.17	32.33	32.67	5	32.50	0.97

3.3 ตารางเปอร์เซ็นต์ความชื้นความชื้น

แปลง	ครั้งที่ / ความชื้น (%)					N	\bar{X}	SD
	1	2	3	4	5			
S	5.11	5.34	5.54	5.70	11.25	5	6.59	2.62
SK	9.99	9.05	10.50	12.33	15.65	5	11.50	2.61
SMK	11.78	13.94	14.16	18.18	22.97	5	16.21	4.43
SCK	10.42	11.65	13.00	14.52	19.30	5	13.78	3.44

3.4 ตารางความเป็นกรด-ด่างของดิน

แปลง	ครั้งที่ / ค่า pH					N	\bar{X}	SD
	1	2	3	4	5			
S	6.98	6.93	6.89	6.50	6.90	5	6.84	0.19
SK	7.21	7.18	6.99	6.68	6.95	5	7.00	0.21
SMK	7.47	7.55	7.38	6.96	7.31	5	7.33	0.23
SCK	7.07	7.07	7.12	7.10	7.00	5	7.07	0.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ตารางเปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอน

แปลง	ครั้งที่ / อินทรีย์คาร์บอน (%)					N	\bar{X}	SD
	1	2	3	4	5			
S	0.91	0.86	0.67	0.91	0.82	5	0.83	0.10
SK	0.90	1.114	0.87	0.78	0.76	5	0.88	0.14
SMK	0.91	1.24	1.54	1.42	1.49	5	1.32	0.26
SCK	0.89	1.03	0.91	0.84	0.81	5	0.90	0.08



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การใช้โปรแกรมทางสถิติ

1. การวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้สถิติ ANOVA (Analysis of variance table) แบบ One-way ANOVA

		Descriptives							
		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
S	อัตราการปลดปล่อย CO ₂ ก่อน เพาะปลูก	9	11.6764	1.87384	.62461	10.2360	13.1167	9.04	15.82
	อัตราการปลดปล่อย CO ₂ ครั้งที่ 1	9	11.1742	1.54153	.51384	9.9892	12.3591	9.04	13.56
	อัตราการปลดปล่อย CO ₂ ครั้งที่ 2	9	10.6719	1.27731	.42577	9.6901	11.6538	9.04	13.56
	อัตราการปลดปล่อย CO ₂ ครั้งที่ 3	9	11.8019	.82090	.27363	11.1709	12.4329	10.17	12.43
	อัตราการปลดปล่อย CO ₂ หลัง เพาะปลูก	9	10.2953	1.04857	.34952	9.4893	11.1013	9.04	12.43
	Total	45	11.1239	1.42434	.21233	10.6960	11.5519	9.04	15.82
SK	อัตราการปลดปล่อย CO ₂ ก่อน เพาะปลูก	9	10.4208	.94164	.31388	9.6970	11.1446	9.04	12.43
	อัตราการปลดปล่อย CO ₂ ครั้งที่ 1	9	10.5464	1.12997	.37666	9.6778	11.4150	9.04	12.43
	อัตราการปลดปล่อย CO ₂ ครั้งที่ 2	9	11.6764	.97858	.32619	10.9242	12.4286	10.17	13.56
	อัตราการปลดปล่อย CO ₂ ครั้งที่ 3	9	12.4297	1.26335	.42112	11.4586	13.4008	11.30	14.69

	อัตราการปลดปล่อย CO ₂ หลัง เพาะปลูก	9	11.1742	1.19109	.39703	10.2586	12.0897	9.04	12.43
	Total	45	11.2495	1.29635	.19325	10.8600	11.6390	9.04	14.69
	อัตราการปลดปล่อย CO ₂ ก่อน เพาะปลูก	9	12.3041	1.82591	.60864	10.9006	13.7076	10.17	15.82
	อัตราการปลดปล่อย CO ₂ ครั้งที่ 1	9	14.8152	1.82591	.60864	13.4116	16.2187	12.43	18.08
	อัตราการปลดปล่อย CO ₂ ครั้งที่ 2	9	15.8196	1.59802	.53267	14.5912	17.0479	13.56	18.08
SMK	อัตราการปลดปล่อย CO ₂ ครั้งที่ 3	9	13.0574	.99654	.33218	12.2914	13.8234	11.30	14.69
	อัตราการปลดปล่อย CO ₂ หลัง เพาะปลูก	9	13.0574	.82090	.27363	12.4264	13.6884	12.43	14.69
	Total	45	13.8108	1.92561	.28705	13.2322	14.3893	10.17	18.08
	อัตราการปลดปล่อย CO ₂ ก่อน เพาะปลูก	9	11.0486	.49827	.16609	10.6656	11.4316	10.17	11.30
	อัตราการปลดปล่อย CO ₂ ครั้งที่ 1	9	13.0574	1.88328	.62776	11.6098	14.5051	11.30	16.95
	อัตราการปลดปล่อย CO ₂ ครั้งที่ 2	9	12.8063	1.12997	.37666	11.9378	13.6749	10.17	13.56
SCK	อัตราการปลดปล่อย CO ₂ ครั้งที่ 3	9	12.9319	1.70539	.56846	11.6210	14.2428	11.30	15.82
	อัตราการปลดปล่อย CO ₂ หลัง เพาะปลูก	9	11.0486	1.09813	.36604	10.2045	11.8927	9.04	12.43
	Total	45	12.1786	1.59600	.23792	11.6991	12.6581	9.04	16.95

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
S	Between Groups	14.925	4	3.731	2.008	.112
	Within Groups	74.340	40	1.859		
	Total	89.265	44			
SK	Between Groups	24.856	4	6.214	5.064	.002
	Within Groups	49.087	40	1.227		
	Total	73.943	44			
SMK	Between Groups	76.043	4	19.011	8.730	.000
	Within Groups	87.108	40	2.178		
	Total	163.151	44			
SCK	Between Groups	38.589	4	9.647	5.251	.002
	Within Groups	73.489	40	1.837		
	Total	112.078	44			

Multiple Comparisons

Dependent Variable	(I) อัตราการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกไอซ์	(J) อัตราการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกไอซ์	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
S	อัตราการปลดปล่อย CO2 ก่อนเพาะปลูก	อัตราการปลดปล่อย CO2 ครั้งที่ 1	.50221	.64265	.961	-1.5727	2.5771
		อัตราการปลดปล่อย CO2 ครั้งที่ 2	1.00442	.64265	.657	-1.0704	3.0793
		อัตราการปลดปล่อย CO2 ครั้งที่ 3	-.12555	.64265	1.000	-2.2004	1.9493
		อัตราการปลดปล่อย CO2 หลังเพาะปลูก	1.38108	.64265	.345	-.6938	3.4559
	อัตราการปลดปล่อย CO2 ครั้งที่ 1	อัตราการปลดปล่อย CO2 ก่อนเพาะปลูก	-.50221	.64265	.961	-2.5771	1.5727
		อัตราการปลดปล่อย CO2 ครั้งที่ 2	.50221	.64265	.961	-1.5727	2.5771
		อัตราการปลดปล่อย CO2 ครั้งที่ 3	-.62776	.64265	.915	-2.7026	1.4471
		อัตราการปลดปล่อย CO2 หลังเพาะปลูก	.87887	.64265	.759	-1.1960	2.9537
	อัตราการปลดปล่อย CO2 ครั้งที่ 2	อัตราการปลดปล่อย CO2 ก่อนเพาะปลูก	-1.00442	.64265	.657	-3.0793	1.0704
		อัตราการปลดปล่อย CO2 ครั้งที่ 1	-.50221	.64265	.961	-2.5771	1.5727
		อัตราการปลดปล่อย CO2 ครั้งที่ 3	-1.12997	.64265	.549	-3.2048	.9449
		อัตราการปลดปล่อย CO2 หลังเพาะปลูก	.37666	.64265	.986	-1.6982	2.4515
อัตราการปลดปล่อย CO2 ครั้งที่ 3	อัตราการปลดปล่อย CO2 ก่อนเพาะปลูก	.12555	.64265	1.000	-1.9493	2.2004	
	อัตราการปลดปล่อย CO2 ครั้งที่ 1	.62776	.64265	.915	-1.4471	2.7026	
	อัตราการปลดปล่อย CO2 ครั้งที่ 2	1.12997	.64265	.549	-.9449	3.2048	
	อัตราการปลดปล่อย CO2 หลังเพาะปลูก	1.50663	.64265	.260	-.5682	3.5815	
อัตราการปลดปล่อย CO2 หลังเพาะปลูก	อัตราการปลดปล่อย CO2 ก่อนเพาะปลูก	-1.38108	.64265	.345	-3.4559	.6938	
	อัตราการปลดปล่อย CO2 ครั้งที่ 1	-.87887	.64265	.759	-2.9537	1.1960	
	อัตราการปลดปล่อย CO2 ครั้งที่ 2	-.37666	.64265	.986	-2.4515	1.6982	
	อัตราการปลดปล่อย CO2 ครั้งที่ 3	-1.50663	.64265	.260	-3.5815	.5682	

		อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 1	.50221	.64265	.439	-.7966	1.8011
		อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 2	1.00442	.64265	.126	-.2944	2.3033
		อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 3	-1.2555	.64265	.846	-1.4244	1.1733
		อัตราการปล่อย CO2 หลังเพาะปลูก	1.38108	.64265	.038	.0822	2.6799
		อัตราการปล่อย CO2 ก่อนเพาะปลูก	-50221	.64265	.439	-1.8011	.7966
		อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 2	.50221	.64265	.439	-.7966	1.8011
		อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 3	-62776	.64265	.335	-1.9266	.6711
		อัตราการปล่อย CO2 หลังเพาะปลูก	.87887	.64265	.179	-.4200	2.1777
		อัตราการปล่อย CO2 ก่อนเพาะปลูก	-1.00442	.64265	.126	-2.3033	.2944
		อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 1	-50221	.64265	.439	-1.8011	.7966
		อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 3	-1.12997	.64265	.086	-2.4288	.1689
		อัตราการปล่อย CO2 หลังเพาะปลูก	.37666	.64265	.561	-.9222	1.6755
		อัตราการปล่อย CO2 ก่อนเพาะปลูก	.12555	.64265	.846	-1.1733	1.4244
		อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 1	.62776	.64265	.335	-.6711	1.9266
		อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 2	1.12997	.64265	.086	-.1689	2.4288
		อัตราการปล่อย CO2 หลังเพาะปลูก	1.50663	.64265	.024	.2078	2.8055
		อัตราการปล่อย CO2 ก่อนเพาะปลูก	-1.38108	.64265	.038	-2.6799	-.0822
		อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 1	-87887	.64265	.179	-2.1777	.4200
		อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 2	-37666	.64265	.561	-1.6755	.9222
		อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 3	-1.50663	.64265	.024	-2.8055	-.2078
		อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 1	-12555	.52221	1.000	-1.8116	1.5605
		อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 2	-1.25552	.52221	.237	-2.9415	.4305
		อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 3	-2.00884	.52221	.012	-3.6949	-.3228
LSD		อัตราการปล่อย CO2 ก่อนเพาะปลูก					
		อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 1					
		อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 2					
		อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 3					
		อัตราการปล่อย CO2 หลังเพาะปลูก					
		อัตราการปล่อย CO2 ก่อนเพาะปลูก					
		อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 1					
		อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 2					
		อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 3					
		อัตราการปล่อย CO2 หลังเพาะปลูก					
		อัตราการปล่อย CO2 ก่อนเพาะปลูก					
		อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 1					
		อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 2					
		อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 3					
		อัตราการปล่อย CO2 หลังเพาะปลูก					
SK	Scheffe	อัตราการปล่อย CO2 ก่อนเพาะปลูก					
		อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 1					
		อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 2					
		อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 3					
		อัตราการปล่อย CO2 หลังเพาะปลูก					

	อัตราการปล่อย CO2 หลังเพาะปลูก	-7.5331	.52221	.721	-2.4393	.9327
	อัตราการปล่อย CO2 ก่อนเพาะปลูก	.12555	.52221	1.000	-1.5605	1.8116
อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 1	อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 2	-1.12997	.52221	.338	-2.8160	.5560
	อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 3	-1.88328	.52221	.021	-3.5693	-.1973
	อัตราการปล่อย CO2 หลังเพาะปลูก	-6.2776	.52221	.835	-2.3138	1.0583
	อัตราการปล่อย CO2 ก่อนเพาะปลูก	1.25552	.52221	.237	-.4305	2.9415
	อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 1	1.12997	.52221	.338	-.5560	2.8160
อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 2	อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 3	-7.5331	.52221	.721	-2.4393	.9327
	อัตราการปล่อย CO2 หลังเพาะปลูก	.50221	.52221	.919	-1.1838	2.1882
	อัตราการปล่อย CO2 ก่อนเพาะปลูก	2.00884	.52221	.012	.3228	3.6949
	อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 1	1.88328	.52221	.021	.1973	3.5693
	อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 2	.75331	.52221	.721	-.9327	2.4393
อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 3	อัตราการปล่อย CO2 หลังเพาะปลูก	1.25552	.52221	.237	-.4305	2.9415
	อัตราการปล่อย CO2 ก่อนเพาะปลูก	.75331	.52221	.721	-.9327	2.4393
	อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 1	.62776	.52221	.835	-1.0583	2.3138
	อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 2	-5.0221	.52221	.919	-2.1882	1.1838
	อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 3	-1.25552	.52221	.237	-2.9415	.4305
อัตราการปล่อย CO2 หลังเพาะปลูก	อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 1	-1.2555	.52221	.811	-1.1810	.9299
	อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 2	-1.25552	.52221	.021	-2.3110	-.2001
	อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 3	-2.00884	.52221	.000	-3.0643	-.9534
	อัตราการปล่อย CO2 หลังเพาะปลูก	-7.5331	.52221	.157	-1.8087	.3021
	อัตราการปล่อย CO2 ก่อนเพาะปลูก	.12555	.52221	.811	-.9299	1.1810
อัตราการปล่อย CO2 ก่อนเพาะปลูก	อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 2	-1.12997	.52221	.037	-2.1854	-.0745
	อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 3	-1.88328	.52221	.001	-2.9387	-.8279
	อัตราการปล่อย CO2 หลังเพาะปลูก	-6.2776	.52221	.236	-1.6832	.4277

LSD

		อัตราการปล่อย CO2 ก่อนเพาะปลูก	1.25552 ¹	.52221	.021	.2001	2.3110
อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 2		อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 1	1.12997 ¹	.52221	.037	.0745	2.1854
		อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 3	-7.5331	.52221	.157	-1.8087	.3021
		อัตราการปล่อย CO2 หลังเพาะปลูก	.50221	.52221	.342	-.5532	1.5576
อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 3		อัตราการปล่อย CO2 ก่อนเพาะปลูก	2.00884 ¹	.52221	.000	.9534	3.0643
		อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 1	1.88328 ¹	.52221	.001	.8279	2.9387
		อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 2	.75331	.52221	.157	-.3021	1.8087
อัตราการปล่อย CO2 หลังเพาะปลูก		อัตราการปล่อย CO2 หลังเพาะปลูก	1.25552 ¹	.52221	.021	.2001	2.3110
		อัตราการปล่อย CO2 ก่อนเพาะปลูก	.75331	.52221	.157	-.3021	1.8087
		อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 1	.62776	.52221	.236	-.4277	1.6832
อัตราการปล่อย CO2 ก่อนเพาะปลูก		อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 2	-.50221	.52221	.342	-1.5576	.5532
		อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 3	-1.25552 ¹	.52221	.021	-2.3110	-.2001
		อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 1	-2.51105 ¹	.69565	.021	-4.7570	-.2650
อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 1		อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 2	-3.51546 ¹	.69565	.000	-5.7615	-1.2695
		อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 3	-.75331	.69565	.881	-2.9993	1.4927
		อัตราการปล่อย CO2 หลังเพาะปลูก	-.75331	.69565	.881	-2.9993	1.4927
อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 2		อัตราการปล่อย CO2 ก่อนเพาะปลูก	2.51105 ¹	.69565	.021	.2650	4.7570
		อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 2	-1.00442	.69565	.721	-3.2504	1.2416
		อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 3	1.75773	.69565	.194	-.4883	4.0037
อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 3		อัตราการปล่อย CO2 หลังเพาะปลูก	1.75773	.69565	.194	-.4883	4.0037
		อัตราการปล่อย CO2 ก่อนเพาะปลูก	3.51546 ¹	.69565	.000	1.2695	5.7615
		อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 1	1.00442	.69565	.721	-1.2416	3.2504
อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 1		อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 3	2.76215 ¹	.69565	.009	.5162	5.0081
		อัตราการปล่อย CO2 หลังเพาะปลูก	2.76215 ¹	.69565	.009	.5162	5.0081
		อัตราการปล่อย CO2 ก่อนเพาะปลูก	.75331	.69565	.881	-1.4927	2.9993

SMK

Scheffe

LSD

	อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 1	-1.75773	.69565	.194	-4.0037	.4883
	อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 2	-2.76215	.69565	.009	-5.0081	-.5162
	อัตราการปล่อย CO2 หลังเพาะปลูก	.00000	.69565	1.000	-2.2460	2.2460
	อัตราการปล่อย CO2 ก่อนเพาะปลูก	.75331	.69565	.881	-1.4927	2.9993
อัตราการปล่อย CO2 หลังเพาะปลูก	อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 1	-1.75773	.69565	.194	-4.0037	.4883
	อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 2	-2.76215	.69565	.009	-5.0081	-.5162
	อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 3	.00000	.69565	1.000	-2.2460	2.2460
อัตราการปล่อย CO2 ก่อนเพาะปลูก	อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 1	-2.51105	.69565	.001	-3.9170	-1.1051
	อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 2	-3.51546	.69565	.000	-4.9214	-2.1095
	อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 3	-.75331	.69565	.285	-2.1593	.6527
	อัตราการปล่อย CO2 หลังเพาะปลูก	-.75331	.69565	.285	-2.1593	.6527
	อัตราการปล่อย CO2 ก่อนเพาะปลูก	2.51105	.69565	.001	1.1051	3.9170
อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 1	อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 2	-1.00442	.69565	.157	-2.4104	.4016
	อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 3	1.75773	.69565	.016	.3518	3.1637
	อัตราการปล่อย CO2 หลังเพาะปลูก	1.75773	.69565	.016	.3518	3.1637
	อัตราการปล่อย CO2 ก่อนเพาะปลูก	3.51546	.69565	.000	2.1095	4.9214
อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 2	อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 1	1.00442	.69565	.157	-.4016	2.4104
	อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 3	2.76215	.69565	.000	1.3562	4.1681
	อัตราการปล่อย CO2 หลังเพาะปลูก	2.76215	.69565	.000	1.3562	4.1681
	อัตราการปล่อย CO2 ก่อนเพาะปลูก	.75331	.69565	.285	-.6527	2.1593
อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 3	อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 1	-1.75773	.69565	.016	-3.1637	-.3518
	อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 2	-2.76215	.69565	.000	-4.1681	-1.3562
	อัตราการปล่อย CO2 หลังเพาะปลูก	.00000	.69565	1.000	-1.4060	1.4060
	อัตราการปล่อย CO2 ก่อนเพาะปลูก	.75331	.69565	.285	-.6527	2.1593
อัตราการปล่อย CO2 หลังเพาะปลูก	อัตราการปล่อย CO2 ครั้งที่ 1	-1.75773	.69565	.016	-3.1637	-.3518

SCK	Scheffe	อัตราการผลิต CO2 ครั้งที่ 2	-2.76215	.69565	.000	-4.1681	-1.3562		
		อัตราการผลิต CO2 ครั้งที่ 3	.00000	.69565	1.000	-1.4060	1.4060		
		อัตราการผลิต CO2 ครั้งที่ 1	-2.00884	.63896	.060	-4.0718	.0541		
		อัตราการผลิต CO2 ก่อนเพาะปลูก	อัตราการผลิต CO2 ครั้งที่ 2	-1.75773	.63896	.131	-3.8207	.3052	
			อัตราการผลิต CO2 ครั้งที่ 3	-1.88328	.63896	.090	-3.9462	.1797	
			อัตราการผลิต CO2 หลังเพาะปลูก	.00000	.63896	1.000	-2.0630	2.0630	
		อัตราการผลิต CO2 ครั้งที่ 1	อัตราการผลิต CO2 ก่อนเพาะปลูก	2.00884	.63896	.060	-.0541	4.0718	
			อัตราการผลิต CO2 ครั้งที่ 2	.25110	.63896	.997	-1.8118	2.3141	
			อัตราการผลิต CO2 ครั้งที่ 3	.12555	.63896	1.000	-1.9374	2.1885	
		อัตราการผลิต CO2 ครั้งที่ 2	อัตราการผลิต CO2 หลังเพาะปลูก	2.00884	.63896	.060	-.0541	4.0718	
			อัตราการผลิต CO2 ก่อนเพาะปลูก	1.75773	.63896	.131	-.3052	3.8207	
			อัตราการผลิต CO2 ครั้งที่ 1	-2.5110	.63896	.997	-2.3141	1.8118	
		อัตราการผลิต CO2 ครั้งที่ 3	อัตราการผลิต CO2 ครั้งที่ 3	-1.2555	.63896	1.000	-2.1885	1.9374	
			อัตราการผลิต CO2 หลังเพาะปลูก	1.75773	.63896	.131	-.3052	3.8207	
			อัตราการผลิต CO2 ก่อนเพาะปลูก	1.88328	.63896	.090	-.1797	3.9462	
		อัตราการผลิต CO2 ครั้งที่ 1	อัตราการผลิต CO2 ครั้งที่ 1	-1.2555	.63896	1.000	-2.1885	1.9374	
			อัตราการผลิต CO2 ครั้งที่ 2	.12555	.63896	1.000	-1.9374	2.1885	
			อัตราการผลิต CO2 หลังเพาะปลูก	1.88328	.63896	.090	-.1797	3.9462	
		อัตราการผลิต CO2 ครั้งที่ 2	อัตราการผลิต CO2 ก่อนเพาะปลูก	.00000	.63896	1.000	-2.0630	2.0630	
			อัตราการผลิต CO2 ครั้งที่ 1	-2.00884	.63896	.060	-4.0718	.0541	
			อัตราการผลิต CO2 ครั้งที่ 2	-1.75773	.63896	.131	-3.8207	.3052	
		LSD	อัตราการผลิต CO2 ก่อนเพาะปลูก	อัตราการผลิต CO2 ครั้งที่ 3	-1.88328	.63896	.090	-3.9462	.1797
				อัตราการผลิต CO2 ครั้งที่ 1	-2.00884	.63896	.003	-3.3002	-.7174

	อัตราการปลดปล่อย CO2 ครั้งที่ 2	-1.75773*	.63896	.009	-3.0491	-4.663
	อัตราการปลดปล่อย CO2 ครั้งที่ 3	-1.88328*	.63896	.005	-3.1747	-5.919
	อัตราการปลดปล่อย CO2 หลังเพาะปลูก	.00000	.63896	1.000	-1.2914	1.2914
	อัตราการปลดปล่อย CO2 ก่อนเพาะปลูก	2.00884*	.63896	.003	.7174	3.3002
อัตราการปลดปล่อย CO2 ครั้งที่ 1	อัตราการปลดปล่อย CO2 ครั้งที่ 2	.25110	.63896	.696	-1.0403	1.5425
	อัตราการปลดปล่อย CO2 ครั้งที่ 3	.12555	.63896	.845	-1.1658	1.4169
	อัตราการปลดปล่อย CO2 หลังเพาะปลูก	2.00884*	.63896	.003	.7174	3.3002
	อัตราการปลดปล่อย CO2 ก่อนเพาะปลูก	1.75773*	.63896	.009	.4663	3.0491
อัตราการปลดปล่อย CO2 ครั้งที่ 2	อัตราการปลดปล่อย CO2 ครั้งที่ 1	-2.25110	.63896	.696	-1.5425	1.0403
	อัตราการปลดปล่อย CO2 ครั้งที่ 3	-.12555	.63896	.845	-1.4169	1.1658
	อัตราการปลดปล่อย CO2 หลังเพาะปลูก	1.75773*	.63896	.009	.4663	3.0491
	อัตราการปลดปล่อย CO2 ก่อนเพาะปลูก	1.88328*	.63896	.005	.5919	3.1747
อัตราการปลดปล่อย CO2 ครั้งที่ 3	อัตราการปลดปล่อย CO2 ครั้งที่ 1	-.12555	.63896	.845	-1.4169	1.1658
	อัตราการปลดปล่อย CO2 ครั้งที่ 2	.12555	.63896	.845	-1.1658	1.4169
	อัตราการปลดปล่อย CO2 หลังเพาะปลูก	1.88328*	.63896	.005	.5919	3.1747
	อัตราการปลดปล่อย CO2 ก่อนเพาะปลูก	.00000	.63896	1.000	-1.2914	1.2914
อัตราการปลดปล่อย CO2 หลังเพาะปลูก	อัตราการปลดปล่อย CO2 ครั้งที่ 1	-2.00884*	.63896	.003	-3.3002	-7.174
	อัตราการปลดปล่อย CO2 ครั้งที่ 2	-1.75773*	.63896	.009	-3.0491	-4.663
	อัตราการปลดปล่อย CO2 ครั้งที่ 3	-1.88328*	.63896	.005	-3.1747	-5.919

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

2. การวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของดิน แบบเป็นคู่ โดยใช้สถิติ Independent-Samples T-Test

Group Statistics

	Treatment	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
CO2	S	5	11.1239	.64387	.28795
	SK	5	11.2495	.83093	.37160

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means							
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference		
								Lower	Upper	
CO2	Equal variances assumed	.327	.583	-.267	8	.796	-.12555	.47011	-1.20963	.95852
	Equal variances not assumed			-.267	7.531	.797	-.12555	.47011	-1.22150	.97039

Group Statistics

	Treatment	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
CO2	SK	5	11.2495	.83093	.37160
	SMK	5	13.8108	1.45337	.64997

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
CO2 Equal variances assumed	3.364	.104	-3.421	8	.009	-2.56127	.74870	-4.28777	-.83477
Equal variances not assumed			-3.421	6.363	.013	-2.56127	.74870	-4.36826	-.75428

Group Statistics

	Treatment	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
CO2	SK	5	11.2495	.83093	.37160
	SCK	5	12.1786	1.03533	.46301

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
CO2 Equal variances assumed	1.520	.253	-1.565	8	.156	-.92909	.59369	-2.29814	.43997
Equal variances not assumed			-1.565	7.642	.158	-.92909	.59369	-2.30939	.45121

Group Statistics

	Treatment	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
CO2	SMK	5	13.8108	1.45337	.64997
	SCK	5	12.1786	1.03533	.46301

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means							
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference		
								Lower	Upper	
CO2	Equal variances assumed	1.309	.286	2.045	8	.075	1.63218	.79802	-20806	3.47243
	Equal variances not assumed			2.045	7.228	.079	1.63218	.79802	-24283	3.50719

3. ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับ อุณหภูมิ (°C) ความชื้น (%) ค่าพีเอช และอินทรีย์คาร์บอน (%) โดยใช้ความสัมพันธ์ของ Pearson (Pearson correlation)

Correlations			
		อุณหภูมิ	ปริมาณ CO2 ที่ปลดปล่อย
อุณหภูมิ	Pearson Correlation	1	-.338**
	Sig. (2-tailed)		.008
	N	60	60
ปริมาณ CO2 ที่ปลดปล่อย	Pearson Correlation	-.338**	1
	Sig. (2-tailed)	.008	
	N	60	60

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Correlations			
		ปริมาณ CO2 ที่ปลดปล่อย	เปอร์เซ็นต์ความชื้น
ปริมาณ CO2 ที่ปลดปล่อย	Pearson Correlation	1	.355**
	Sig. (2-tailed)		.005
	N	60	60
เปอร์เซ็นต์ความชื้น	Pearson Correlation	.355**	1
	Sig. (2-tailed)	.005	
	N	60	60

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Correlations			
		ปริมาณ CO2 ที่ปลดปล่อย	ค่าพีเอช
ปริมาณ CO2 ที่ปลดปล่อย	Pearson Correlation	1	.337**
	Sig. (2-tailed)		.008
	N	60	60
ค่าพีเอช	Pearson Correlation	.337**	1
	Sig. (2-tailed)	.008	
	N	60	60

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Correlations		ปริมาณ CO2 ที่ปลดปล่อย	ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน
ปริมาณ CO2 ที่ปลดปล่อย	Pearson Correlation	1	.589**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	60	60
ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน	Pearson Correlation	.589**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	60	60

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The seal of the National Library of Thailand is a circular emblem. It features a central five-tiered umbrella (parasol) with a sunburst above it. On either side of the umbrella are two smaller three-tiered umbrellas. The entire emblem is surrounded by a decorative border. The Thai text around the border reads "สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง" (King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang).

ภาคผนวก ง
ประมวลรูปภาพ

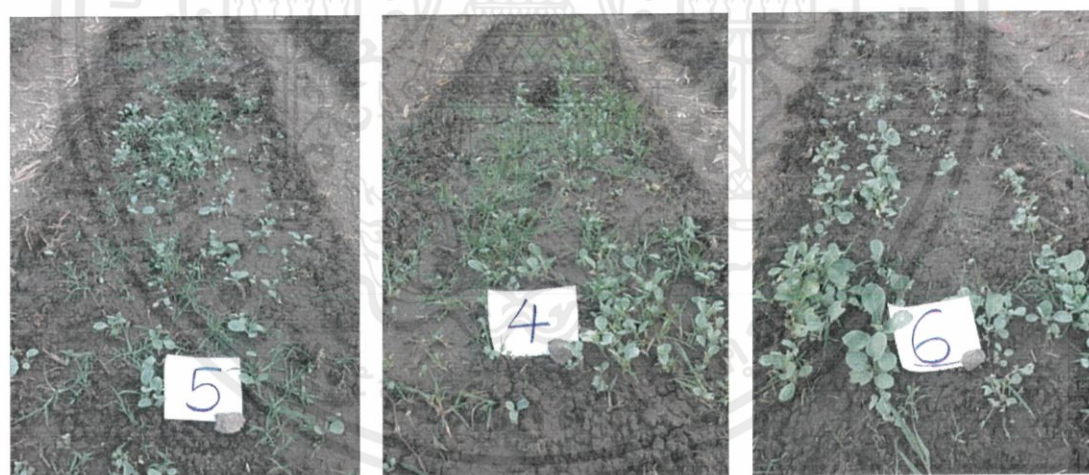
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ประมวลรูปภาพ



รูปที่ 1 แปลงดินที่ไม่มีการเพาะปลูก



รูปที่ 2 แปลงดินที่มีการเพาะปลูกแต่ไม่มีการใช้ปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 แปลงดินที่มีการเพาะปลูกและใช้ปุ๋ยคอก



รูปที่ 4 แปลงดินที่มีการเพาะปลูกและใช้ปุ๋ยเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 การเก็บตัวอย่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และแบล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้