บทที่ 5
วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 การปนเปื้อนของสังกะสีและแคดเมียมในระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนห้วยขวาง

โดยปกติการปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำเสียจะอยู่ในรูปที่ละลายน้ำ (Dissolved Solids) และในรูปสารแขวนลอย (Suspended Solids) ดังนั้นส่วนที่ปนเปื้อนในกากตะกอนน่าจะเป็นโลหะหนักที่อยู่ในรูปสารแขวนลอยเป็นส่วนใหญ่ อย่างไรก็ตามน้ำเสียที่จะเข้าสู่ระบบบำบัดนั้น มักจะมีปริมาณสารปนเปื้อนที่ไม่คงที่ การปนเปื้อนของโลหะหนักโดยเฉพาะสังกะสีและแคดเมียมก็ไม่มีความคงที่เช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่มีใช้ในชีวิตประจำวันจะมีสังกะสีและแคดเมียมเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ เครื่องสำอาง สีทาบ้าน อุปกรณ์อิเลคโทรนิค ฯลฯ จึงมีโอกาสที่จะถูกชะล้างและปนเปื้อนลงไปในน้ำเสียได้ในที่สุด และในบรรยากาศเองก็มีการปนเปื้อนของโลหะหนักดังกล่าวนี้เช่นกัน

เมื่อพิจารณาจากคุณภาพน้ำเข้า-ออกของระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนห้วยขวาง ดังปรากฏในตารางที่ 4.1 ค่าการปนเปื้อนของโลหะหนักทั้งสองชนิดเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน (ตารางที่ 5.1) จะเห็นว่าคุณภาพน้ำภายหลังการบำบัดมีปริมาณการปนเปื้อนของสังกะสีและแคดเมียมเหลืออยู่น้อยมาก ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่าระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนห้วยขวางมีบทบาทในการลดปริมาณสังกะสีและแคดเมียมในน้ำเสียโดยมีการเคลื่อนย้ายการปนเปื้อนจากน้ำไปสู่กากตะกอนซึ่งขึ้นอยู่กับระยะเวลาตั้งแต่น้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัดจนกระทั่งผ่านการบำบัดแล้ว (Retention Time) ทั้งนี้ปริมาณสังกะสีและแคดเมียมที่อยู่ในน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีค่าเท่ากับ 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตรและ 0.00115 มิลลิกรัมต่อลิตร (1.15 ไมโครกรัมต่อลิตร) ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินที่มิใช่ทะเล จะเห็นว่าปริมาณสังกะสีและแคดเมียมได้ลดลงไปในระหว่างการบำบัดเป็นจำนวนกว่า 85 เปอร์เซนต์

ตารางที่ 5.1 มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน* (กรมควบคุมมลพิษ, 2538)

พารามิเตอร์	ความเข้มข้น มิลลิกรัมต่อลิตร (ppm)
BOD	ไม่มากกว่า 4
COD	-
NO_3^-	มีค่าไม่เกินกว่า 5
TKN	-
SS	-
TP	-
Zn	1.0
Cd	0.005

* หมายถึง มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน ประเภท 4 ได้แก่แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำ ทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ การอุปโภคบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน และเพื่อการอุตสาหกรรม

5.2 ลักษณะสมบัติของดินทดลองและกากตะกอน

5.2.1 ลักษณะสมบัติทางกายภาพของดินก่อนการทดลอง ดังปรากฏในตารางที่ 4.2 เมื่อนำไปเปรียบเทียบตามแผนภูมิแสดงการจำแนกเนื้อดินตามเกณฑ์ที่กรมการเกษตรแห่งสหรัฐอเมริกาจัดทำไว้ ดังแสดงอยู่ในตารางที่ ผ 1.1 ปรากฏว่าดินในพื้นที่ทดลองจัดอยู่ในประเภทดินร่วนเหนียว (Clay Laom)

สำหรับความหนาแน่นของดินจัดว่าดินทดลองเป็นดินที่มีอินทรีย์วัตถุมาก เพราะดินที่มีความหนาแน่นอนุภาคน้อยกว่า 2 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบความหนาแน่นรวม ความพรุนทั้งหมดและสัดส่วนของที่ว่างในดินพบว่าดินทดลองจะมีช่องว่างที่เป็นที่อยู่ของน้ำและอากาศมากจึงดูดยึดความชื้นในดินได้มาก (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2536)

5.2.2 ลักษณะสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของดินทดลองและกากตะกอน

ปริมาณสังกะสีและแคดเมียมในกากตะกอนน้ำเสียชุมชนห้วยขวางและในดินทดลองการเพาะปลูก ดังปรากฏในตารางที่ 4.3 เมื่อเปรียบเทียบจากค่าปริมาณโลหะหนัก (ppm) สูงสุดที่ยอมรับให้มีการปนเปื้อนจากโลหะหนักได้ในกากตะกอนที่จะใช้เพื่อการเกษตร ดังปรากฏในตารางที่ 2.3 ซึ่งยอมให้มีสังกะสีได้ 1,000 – 10,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และยอมให้มีแคดเมียมได้ 8 – 40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบว่าการปนเปื้อนของสังกะสีและแคดเมียมในกากตะกอนน้ำเสียชุมชนห้วยขวางมีน้อยมาก จึงค่อนข้างจะมีความมั่นใจในการนำกากตะกอนดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ในทางการเกษตรว่ามีความปลอดภัยในระดับสูง ส่วนปริมาณโลหะหนักในดินทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ยอมรับให้มีในดินเพื่อการเกษตร (ตารางที่ 2.2) ยอมให้มีสังกะสีได้ 280 – 300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมและยอมให้มีแคดเมียมได้ 2.0 – 3.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมย่อมชี้ให้เห็นว่าโลหะหนักทั้งสองมีการปนเปื้อนในดินน้อยมาก ดังนั้นการเพาะปลูกในพื้นที่ดังกล่าวจึงมีความปลอดภัยจากการปนเปื้อนของโลหะหนักค่อนข้างสูง

เมื่อพิจารณาถึงความเหมาะสมต่อการเป็นแหล่งอาหารของพืช พบว่ากากตะกอนน้ำเสียชุมชนห้วยขวางมีอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio) ประมาณ 1.2:1 ซึ่งคณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตร (2530) กล่าวว่า ปริมาณไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการสร้างเซลล์ใหม่ของจุลินทรีย์เมื่อเทียบกับปริมาณคาร์บอน(C/N Ratio) ควรมีค่าประมาณ 10:1 หากสูงกว่านี้การสลายตัวของอินทรีย์วัตถุจะเป็นไปได้ช้าหรือจะมีการดึงไนโตรเจนจากดินมาใช้ (Nitrogen Immobilization) ดังนั้นในกากตะกอนน้ำเสียชุมชนห้วยขวางจึงอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุ ประกอบกับเปอร์เซนต์อินทรีย์วัตถุในดินทดลองมีค่าเท่ากับ 1.89 ซึ่งตามเกณฑ์ของกรมพัฒนาที่ดิน (2524) เสนอว่าดินที่มีเปอร์เซนต์อินทรีย์วัตถุอยู่ในช่วง 1.0-2.5 จัดว่าเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์อยู่ในเกณฑ์ ต่ำ-ปานกลาง การเติมกากตะกอนที่มี C/N Ratio ประมาณ 1.2:1 ดังกล่าวและมีเปอร์เซนต์อินทรีย์วัตถุ 38.75 (ตารางที่ 4.3) จึงน่าจะมีส่วนในการเพิ่มไนโตรเจนแก่ดินและช่วยเพิ่มไนโตรเจนที่มีความจำเป็นต่อพืชทดลองและลดการดึงไนโตรเจนจากดิน (Nitrogen Immobilization)

สำหรับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดินทดลองมีค่าเท่ากับ 6.97 และของกากตะกอนมีค่าเท่ากับ 7.11 (ตารางที่ 4.3) จัดอยู่ในช่วงเป็นกลางที่พืชส่วนใหญ่เจริญเติบโตได้ดี ซึ่ง

สมภพ ฐิตะวสันต์ (2527) กล่าวไว้ว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ประมาณ 6.5-7.5 เป็นช่วงที่ธาตุอาหารต่างๆจะเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืชจำพวกผักมากที่สุด

5.3 การเปรียบเทียบความสามารถของดินในการดูดซับสังกะสีและแคดเมียม

5.3.1 ปริมาณสังกะสีและแคดเมียมในดินทั้งก่อนและหลังการปลูกพืชในฤดูกาลที่ 1

เมื่อพิจารณาปริมาณสังกะสีและแคดเมียมในดินทั้งก่อนและหลังการปลูกผักคะน้า (ตารางที่ 4.4) และในดินปลูกผักกวางตุ้ง (ตารางที่ 4.5) พบว่าการใส่กากตะกอนลงดินในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ (SLP-20) และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ (SLP-80) ทำให้ปริมาณสังกะสีและแคดเมียมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญตามอัตราการใส่ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ sheaffer และคณะ (1979)

เมื่อพิจารณาปริมาณสังกะสีในดินก่อนการปลูกผักคะน้า ดังปรากฏในตารางที่ 4.4 พบว่าปริมาณสังกะสีมากที่สุดในตำรับทดลองที่ใส่กากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ รองลงมาคือในตำรับทดลองที่ใส่กากตะกอนในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณสังกะสีที่พบในตำรับทดลองที่ใส่สารละลายเกลือโลหะคลอไรด์ในอัตราที่มีความเข้มข้นของสังกะสีเทียบเท่ากับการใส่กากตะกอนทั้งในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ พบว่ามีค่าสูงกว่าทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการที่ดินทดลองมีลักษณะเป็นดินร่วนเหนียว (Clay Loam) มีความพรุนมากจึงมีการระบายน้ำได้ดี (สมศักดิ์ วังใน, 2524) ประกอบกับสังกะสีในรูปสารละลายเกลือโลหะคลอไรด์น่าจะมีการแพร่ในดินได้ดีกว่าสังกะสีที่มีอยู่ในกากตะกอนที่เป็นของแข็งและมีการกระจายตัวดินอย่างไม่สม่ำเสมอ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Elgawhary และคณะ (1970) ที่กล่าวว่า 95 % ของสังกะสีทั้งหมดเคลื่อนที่โดยการแพร่

ส่วนปริมาณแคดเมียมในดินก่อนการปลูกผักคะน้าดังปรากฏในตารางที่ 4.4 พบมากที่สุดในตำรับทดลองที่ใส่สารละลายเกลือโลหะคลอไรด์ในอัตราที่มีความเข้มข้นของแคดเมียมเทียบเท่ากับการใส่กากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ รองลงมาคือในตำรับทดลองที่ใส่กากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ซึ่งสอดคล้องกันเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณแคดเมียมที่ยอมรับให้มีได้ในดินเพื่อการเกษตร (Webber และคณะ, 1984) ดังปรากฏในตารางที่ 2.2 พบว่าปริมาณแคดเมียมที่ตรวจพบในตำรับทดลองที่ใส่สารละลายเกลือโลหะคลอไรด์ในอัตราที่มีความเข้มข้นของ

แคดเมียมเทียบเท่ากับการใส่กากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ และในตำรับทดลองที่ใส่กากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์มีค่าน้อยกว่าค่าต่ำสุดของปริมาณแคดเมียมที่ยอมรับให้มีได้ในดินเพื่อการเกษตร 6 เท่าและ 3 เท่าตามลำดับจึงน่าจะกล่าวได้ว่าปริมาณแคดเมียมในดินก่อนการปลูกผักคะน้าอยู่ในระดับที่ปลอดภัยโดยไม่มีความจำเป็นต้องพิจารณาปริมาณแคดเมียมในตำรับทดลองอื่น ๆ ที่มีปริมาณแคดเมียมต่ำกว่านี้

เมื่อพิจารณาปริมาณสังกะสีในดินหลังการปลูกผักคะน้า ดังปรากฏในตารางที่ 4.4 พบว่าในตำรับทดลองที่กากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ดินดูดซับไว้มากที่สุด รองลงมาคือในตำรับทดลองที่ใส่สารละลายเกลือโลหะคลอไรด์ในอัตราที่มีความเข้มข้นของสังกะสีเทียบเท่ากับการใส่กากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ สำหรับในตำรับทดลองที่ใส่กากตะกอนในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ดินดูดซับสังกะสีไว้มากกว่าในตำรับทดลองที่ใส่สารละลายเกลือโลหะคลอไรด์ในอัตราที่มีความเข้มข้นของสังกะสีเทียบเท่ากับการใส่กากตะกอนในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ ที่เป็นเช่นนี้อาจมีสาเหตุมาจากการที่กากตะกอนยังย่อยสลายไม่หมดทำให้สังกะสีบางส่วนยังไม่ถูกปลดปล่อยออกมาสู่สารละลายดิน (Soil Solution) ประกอบกับสังกะสีในรูปสารละลายเกลือโลหะคลอไรด์น่าจะมีการแพร่ในดินได้ดีกว่าสังกะสีที่มีอยู่ในกากตะกอนที่เป็นของแข็งและมีองค์ประกอบที่ซับซ้อนกว่า และเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณสังกะสีที่ยอมรับให้มีได้ในดินเพื่อการเกษตร (Webber และคณะ, 1984) ดังปรากฏในตารางที่ 2.2 พบว่าปริมาณสังกะสีดินดูดซับไว้ ทุกตำรับทดลองมีค่าน้อยกว่าค่าสังกะสีที่ยอมรับให้มีได้ในดินเพื่อการเกษตร

ส่วนปริมาณแคดเมียมในดินหลังการปลูกผักคะน้า (ตารางที่ 4.4) พบว่ามีค่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณแคดเมียมที่ยอมรับให้มีได้ในดินเพื่อการเกษตร (Webber และคณะ, 1984) ดังปรากฏในตารางที่ 2.2 จึงน่าจะกล่าวได้ว่าปริมาณแคดเมียมในดินหลังการปลูกผักคะน้าอยู่ในระดับที่ปลอดภัย

เมื่อพิจารณาปริมาณสังกะสีในดินก่อนการปลูกผักกวางตุ้ง ดังปรากฏในตารางที่ 4.5 พบมากที่สุดในตำรับทดลองที่ใส่กากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ รองลงมาคือในตำรับทดลองที่ใส่สารละลายเกลือโลหะคลอไรด์ที่มีปริมาณสังกะสีเทียบเท่ากับที่มีในกากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ ส่วนในตำรับทดลองที่ใส่กากตะกอนในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์มีปริมาณสังกะสีมากกว่าในตำรับทดลองที่ใส่สารละลายเกลือโลหะคลอไรด์ที่มีปริมาณสังกะสีเทียบเท่ากับการใส่กากตะกอนในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการที่ดิน

ทดลองมีลักษณะเป็นดินร่วนเหนียว (Clay Loam) และมีความพรุนมากจึงมีการระบายน้ำได้ดี (สมศักดิ์ วังใน, 2524) ประกอบกับสังกะสีในรูปสารละลายเกลือโลหะคลอไรด์น่าจะมีการแพร่ในดินได้ดีกว่าสังกะสีที่มีอยู่ในกากตะกอนที่เป็นของแข็งและมีการกระจายตัวดินอย่างไม่สม่ำเสมอซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Elgawhary และคณะ (1970) ที่กล่าวว่า 95 % ของสังกะสีทั้งหมดเคลื่อนที่โดยการแพร่

เมื่อพิจารณาปริมาณแคดเมียมในดินก่อนการปลูกผักกวางตุ้งดังปรากฏในตารางที่ 4.5 พบมากที่สุดในตำรับทดลองที่ใส่สารละลายเกลือโลหะคลอไรด์ในอัตราที่มีความเข้มข้นของแคดเมียมเทียบเท่ากับการใส่กากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ รองลงมาคือในตำรับทดลองที่ใส่กากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ ซึ่งมีปริมาณแคดเมียมน้อยกว่าเล็กน้อยอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95% และเมื่อเทียบกับปริมาณแคดเมียมที่ยอมรับให้มีได้ในดินเพื่อการเกษตร (Webber และคณะ, 1984) ดังปรากฏในตารางที่ 2.2 พบว่าปริมาณแคดเมียมที่ตรวจพบในตำรับทดลองที่ใส่สารละลายเกลือโลหะคลอไรด์ในอัตราที่มีความเข้มข้นของแคดเมียมเทียบเท่ากับการใส่กากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ และในตำรับทดลองที่ใส่กากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ มีค่าน้อยกว่าค่าต่ำสุดของแคดเมียมที่ยอมรับให้มีได้ในดินเพื่อการเกษตรประมาณ 10 เท่าจึงน่าจะกล่าวได้ว่าปริมาณแคดเมียมในดินก่อนการปลูกผักกวางตุ้งอยู่ในระดับที่ปลอดภัย โดยไม่มีความจำเป็นต้องพิจารณาปริมาณแคดเมียมในตำรับทดลองอื่น ๆ ที่มีปริมาณแคดเมียมต่ำกว่านี้

เมื่อพิจารณาปริมาณสังกะสีในดินหลังการปลูกผักกวางตุ้งดังปรากฏในตารางที่ 4.5 พบว่าในตำรับทดลองที่ใส่กากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์มีปริมาณสังกะสีที่ดินดูดซับไว้มากที่สุด รองลงมาคือในตำรับทดลองที่ใส่สารละลายเกลือโลหะคลอไรด์ในอัตราที่มีความเข้มข้นของสังกะสีเทียบเท่ากับการใส่กากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95% เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณสังกะสีที่ยอมรับให้มีได้ในดินเพื่อการเกษตร (Webber และคณะ, 1984) ดังปรากฏในตารางที่ 2.2 พบว่าปริมาณสังกะสีดินดูดซับไว้ทุกตำรับทดลองมีค่าน้อยกว่าค่าสังกะสีที่ยอมรับให้มีได้ในดินเพื่อการเกษตร

ปริมาณแคดเมียมในดินหลังการปลูกผักคะน้าดังปรากฏใน ตารางที่ 4.4 ปริมาณแคดเมียมทุกตำรับทดลองมีค่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณแคดเมียมที่ยอมรับให้มีได้

ในดินเพื่อการเกษตร (Webber และคณะ, 1984) ดังปรากฏในตารางที่ 2.2 จึงน่าจะกล่าวได้ว่าปริมาณแคดเมียมที่ดินดูดซับไว้ทุกตำรับทดลองอยู่ในระดับที่ปลอดภัย

5.3.2 ปริมาณสังกะสีและแคดเมียมในพืชภายหลังการเก็บเกี่ยวในฤดูกาลที่ 1

เมื่อพิจารณาปริมาณสังกะสีที่มีในผักคะน้า (ตารางที่4.6) พบสังกะสีมากที่สุดในตำรับทดลองที่ใส่กากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ รองลงมาคือในตำรับทดลองที่ใส่สารละลายเกลือโลหะคลอไรด์ในอัตราที่มีความเข้มข้นของสังกะสีเทียบเท่ากับกากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกากตะกอนมีการปลดปล่อยสังกะสีออกมาอย่างต่อเนื่องและการแพร่ของสังกะสีที่อยู่ในกากตะกอนเป็นไปได้น้อยกว่าการแพร่ของสังกะสีที่อยู่ในสารละลายเกลือโลหะคลอไรด์รวมทั้งการที่ดินทดลองมีลักษณะเป็นดินร่วนเหนียว (Clay Loam) และมีความพรุนมากจึงมีการระบายน้ำได้ดี (สมศักดิ์ วังใน, 2524) ผักคะน้าในตำรับทดลองที่ใส่กากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์จึงมีการดูดดึงสังกะสีได้มากกว่าในการใส่สารละลายเกลือโลหะคลอไรด์ในอัตราที่มีความเข้มข้นของสังกะสีเทียบเท่ากับการใส่กากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ ส่วนในตำรับทดลองที่ใส่กากตะกอนในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์มีปริมาณสังกะสีมากกว่าที่มีในตำรับทดลองที่ใส่สารละลายเกลือโลหะคลอไรด์ในอัตราที่มีความเข้มข้นของสังกะสีเทียบเท่ากับการใส่กากตะกอนในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์เล็กน้อยอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95% ทั้งนี้เมื่อกับเปรียบเทียบกับปริมาณสังกะสีในพืช ณ ระดับปกติและระดับที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อพืช (Chaney, 1982) ดังตารางที่ 2.4 ปรากฏว่าปริมาณสังกะสีที่พบในผักคะน้าในตำรับทดลองที่ใส่กากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์และในตำรับทดลองที่ใส่สารละลายเกลือโลหะคลอไรด์ในอัตราที่มีความเข้มข้นของสังกะสีเทียบเท่ากับการใส่กากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์มีค่าสูงกว่าปริมาณสังกะสีในพืช ณ ระดับปกติ (Chaney, 1982) ดังตารางที่ 2.4 แต่มีค่าต่ำกว่าระดับที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อพืช (Chaney,1982) ดังตารางที่ 2.4 ซึ่งสังกะสีนับว่ามีความเป็นพิษต่อพืชมากกว่าต่อสัตว์หรือมนุษย์ Chapman และ Pratt (1961) ได้รายงานไว้ว่าสังกะสี 400-500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมเป็นระดับที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อพืชชนิดกินใบและจากการทดลองให้อาหารที่มีการปนเปื้อนของสังกะสีในระดับความเข้มข้นดังกล่าวแก่สัตว์ทดลองปรากฏว่าสัตว์แสดงอาการเจ็บป่วยเพียงเล็กน้อย Chaney (1973) ได้สรุปว่าการแสดงความเป็นพิษจากสังกะสีในพืชเป็นเครื่องบ่งชี้ว่าจะมีความเป็นพิษต่อสัตว์หรือมนุษย์

ส่วนปริมาณแคดเมียมในผักคะน้า (ตารางที่ 4.6) พบว่าทุกตำรับทดลองมีค่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณแคดเมียมในพืช ณ ระดับปกติและระดับที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อพืช (Chaney, 1982) ดังตารางที่ 2.4 โดยในตำรับทดลองที่พบแคดเมียมมากที่สุดมีค่าต่ำกว่าปริมาณแคดเมียมในพืช ระดับปกติ (Chaney, 1982) ดังปรากฏในตารางที่ 2.4 ประมาณ 3-30 เท่าจึงน่าจะกล่าวได้ว่าปริมาณแคดเมียมที่พบในผักคะน้าอยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อการบริโภค

เมื่อพิจารณาปริมาณสังกะสีที่มีในผักกวางตุ้ง (ตารางที่ 4.6) พบมากที่สุดเมื่อใส่สารละลายเกลือโลหะคลอไรด์ในอัตราที่มีความเข้มข้นของสังกะสีเทียบเท่ากับการใส่กากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ รองลงมาคือในตำรับทดลองที่ใส่กากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95% เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณสังกะสีในพืช ณ ระดับปกติและระดับที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อพืช (Chaney, 1982) ดังปรากฏในตารางที่ 2.4 พบว่าปริมาณสังกะสีที่มีในผักกวางตุ้ง ทุกตำรับทดลองมีค่าน้อยกว่าค่าสังกะสีระดับที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อพืช (Chaney, 1982)

ส่วนปริมาณแคดเมียมในผักกวางตุ้งพบว่าทุกตำรับทดลองมีค่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณแคดเมียมในพืช ณ ระดับปกติและระดับที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อพืช (Chaney, 1982) ดังปรากฏในตารางที่ 2.4) โดยในตำรับทดลองที่พบแคดเมียมมากที่สุดมีค่าต่ำกว่าปริมาณแคดเมียมในพืชระดับปกติ (Chaney, 1982) ดังปรากฏในตารางที่ 2.4 ประมาณ 4 เท่าจึงน่าจะกล่าวได้ว่าปริมาณแคดเมียมที่พบในผักคะน้าอยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อการบริโภค

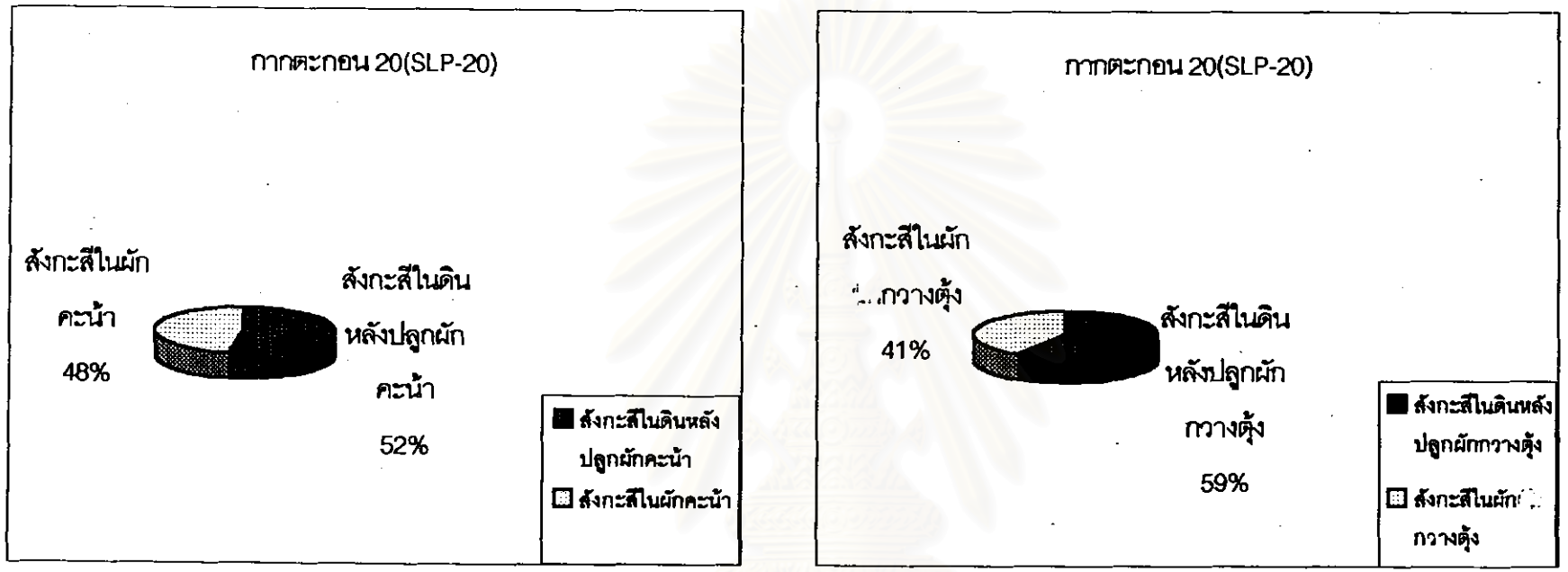
และแม้ว่าการใส่กากตะกอนลงดิน ทั้งในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์จะทำให้ปริมาณสังกะสีและแคดเมียมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญตามอัตราที่ใส่ก็ตามแต่เมื่อพิจารณาปริมาณสังกะสีที่ใส่ลงในดินก็มิได้เป็นสัดส่วนโดยตรงกับในพืชแต่อย่างใดสอดคล้องกับรายงานของ Morivedt และ Giordaw (1975)

เมื่อเปรียบเทียบความสามารถของดินในการดูดซับสังกะสีและแคดเมียมภายหลังการใส่กากตะกอนในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์แล้วปลูกผักคะน้าและกวางตุ้ง หากใช้ปริมาณสังกะสีและแคดเมียมที่พบในดินและในพืชดังปรากฏในตารางที่ 4.4 ตารางที่ 4.5 และตารางที่ 4.6 นั้นไม่น่าจะถูกต้อง เนื่องจากปริมาณที่พบในดินปลูกผักคะน้า และในผักคะน้ามีค่าค่อนข้างสูง ดังนั้นเพื่อให้การเปรียบเทียบได้ชัดเจนจึงพิจารณาจากสัดส่วนสัมพัทธ์ของปริมาณสังกะสีและแคดเมียมที่มีอยู่ในดินหลังปลูกพืชและที่มีในพืช พบว่า เมื่อใส่กากตะกอนลงดินใน

อัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์สัดส่วนสัมพัทธ์ของปริมาณสังกะสีระหว่างในดินหลังปลูกผักคะน้ากับในผักคะน้าเท่ากับ 52 : 48 ในดินหลังปลูกผักกวางตุ้งกับในผักกวางตุ้งเท่ากับ 59 : 41 ดังปรากฏในรูปที่ 5.1 สำหรับสัดส่วนสัมพัทธ์ของปริมาณแคดเมียมในดินหลังปลูกผักคะน้ากับในผักคะน้าเท่ากับ 61 : 39 และในดินหลังปลูกผักกวางตุ้งกับในผักกวางตุ้งเท่ากับ 49 : 51 ดังปรากฏในรูปที่ 5.2 เมื่อใส่กากตะกอนลงดินในอัตราเท่ากับ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์สัดส่วนสัมพัทธ์ของปริมาณสังกะสีระหว่างในดินหลังปลูกผักคะน้ากับในผักคะน้าเท่ากับ 38 : 62 ในดินหลังปลูกผักกวางตุ้งกับผักกวางตุ้งเท่ากับ 44 : 56 ดังปรากฏในรูปที่ 5.3 สำหรับสัดส่วนสัมพัทธ์ของปริมาณแคดเมียมในดินหลังปลูกผักคะน้ากับในผักคะน้าเท่ากับ 55 : 45 และในดินหลังปลูกผักกวางตุ้งกับในผักกวางตุ้งเท่ากับ 70 : 30 ดังปรากฏในรูปที่ 5.4

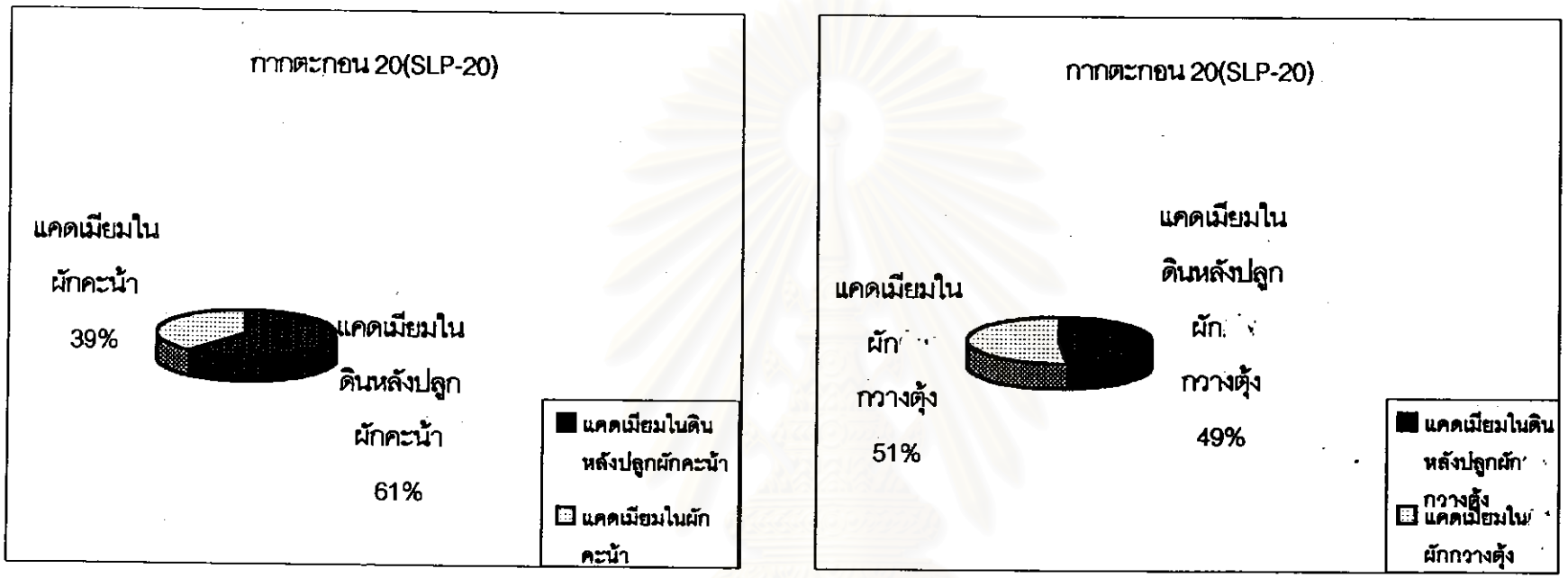
จากสัดส่วนดังกล่าวน่าจะพอสรุปได้ว่าการใส่กากตะกอนลงดินในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ดินจะสามารถดูดซับสังกะสีได้ดีกว่าการใส่กากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ ทั้งจากการปลูกผักคะน้าและผักกวางตุ้งโดยดินที่ปลูกผักกวางตุ้งดูดซับสังกะสีได้ดีกว่าผักคะน้า ส่วนการดูดซับแคดเมียมของดินเมื่อใส่กากตะกอนลงดินในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ดินปลูกผักคะน้าดูดซับแคดเมียมได้ดีกว่าดินปลูกผักกวางตุ้งแต่เมื่อใส่กากตะกอนลงดินในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ดินปลูกผักกวางตุ้งดูดซับแคดเมียมได้ดีกว่าดินปลูกผักคะน้า แต่เมื่อพิจารณาจากปริมาณแคดเมียมที่พบทั้งในดินและในพืชแล้วจะเห็นว่ามีปริมาณน้อยมาก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



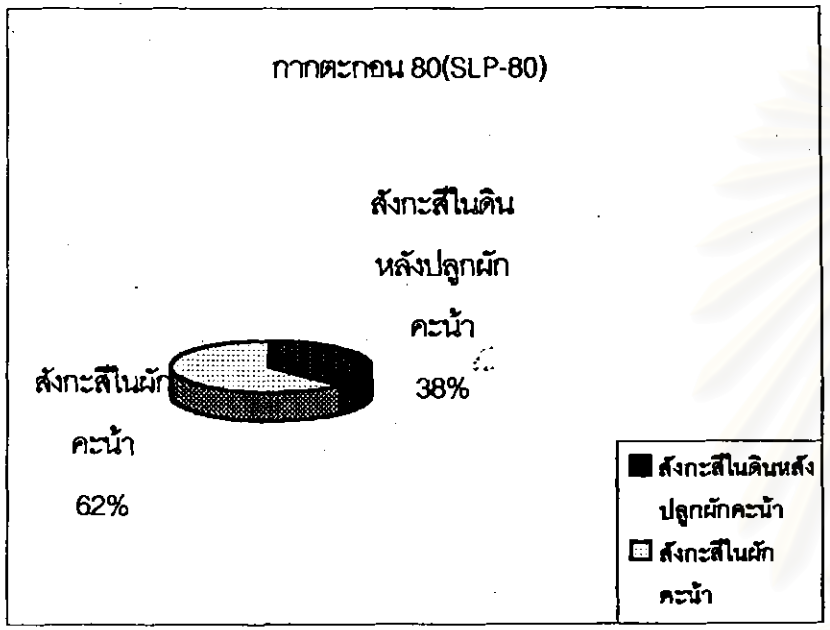
รูปที่ 5.1 สัดส่วนสัมพัทธ์ (%) ของปริมาณสังกะสีในดินหลังการปลูกพืชกับในพืช ภายหลังการเติมกากตะกอนลงดินในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ เมื่อกำหนดให้ปริมาณที่ตรวจพบในพืชและในดินรวมกันมีค่าเท่ากับ 100 %

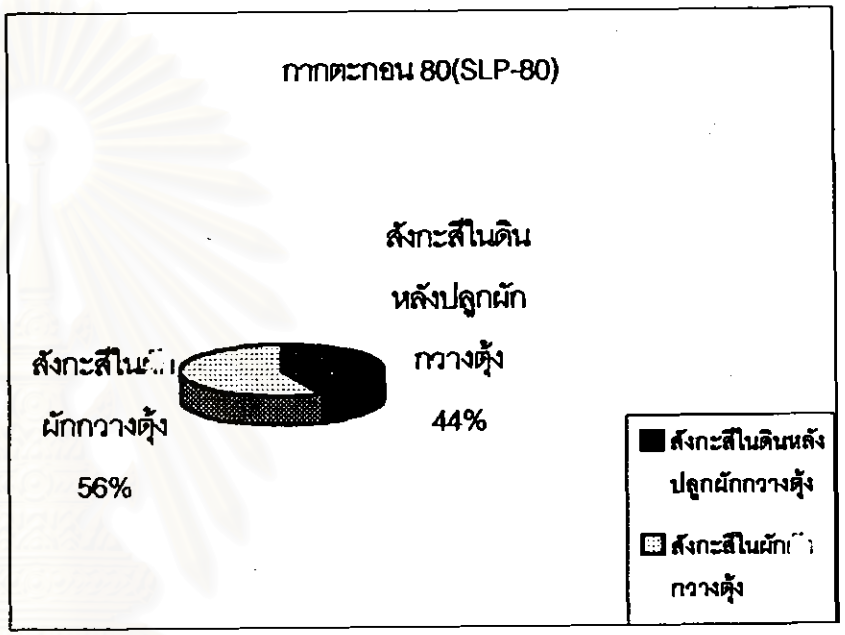
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.2 สัดส่วนสัมพัทธ์ (%) ของปริมาณแคดเมียมในดินหลังการปลูกพืชกับในพืช ภายหลังการเติมกากตะกอนลงดินในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ เมื่อกำหนดให้ปริมาณที่ตรวจพบในพืชและในดินรวมกันมีค่าเท่ากับ 100 %

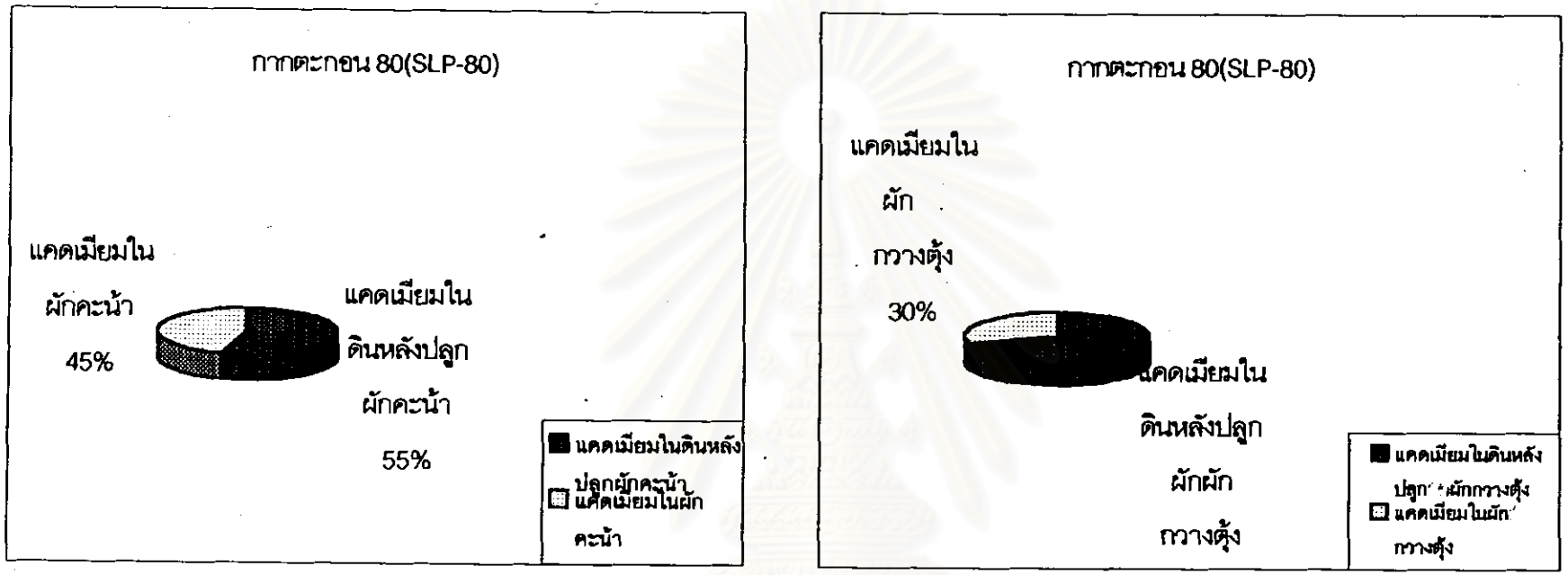
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





รูปที่ 5.3 สัดส่วนสัมพัทธ์ (%) ของปริมาณสังกะสีในดินหลังการปลูกพืชกับในพืช ภายหลังการเติมกากตะกอนลงดินในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ เมื่อกำหนดให้ปริมาณที่ตรวจพบในพืชและในดินรวมกันมีค่าเท่ากับ 100 %

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.4 สัดส่วนสัมพัทธ์ (%) ของปริมาณแคดเมียมในดินหลังการปลูกพืชกับในพืช ภายหลังการเติมกากตะกอนลงดินในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ เมื่อกำหนดให้ปริมาณที่ตรวจพบในพืชและในดินรวมกันมีค่าเท่ากับ 100 %

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.4 อิทธิพลของการทิ้งช่วงเวลา

5.4.1 อิทธิพลของการทิ้งช่วงเวลาต่อการสะสมสังกะสีและแคดเมียมในดิน

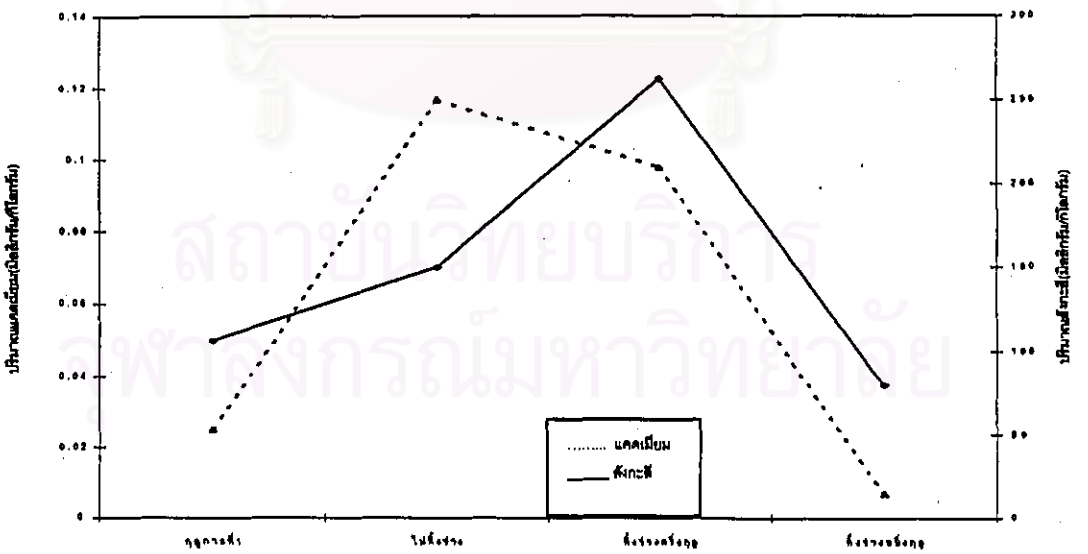
เมื่อพิจารณาปริมาณสังกะสีในดินภายหลังการเติมกากตะกอนแล้วปลูกผักคะน้าซ้ำโดยไม่มีการทิ้งช่วงเวลาให้ดินพักตัวพบว่าการเติมกากตะกอนในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์มีปริมาณสังกะสีน้อยกว่าในดินหลังการเพาะปลูกในฤดูกาลที่ 1 แสดงให้เห็นว่าการเติมกากตะกอนในอัตราดังกล่าวเป็นอัตราที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายโดยกิจกรรมจุลินทรีย์ในดินทำให้การดูดซับประจุบวกของอนุภาคในดินได้มาก (ไพบูลย์ ประพฤติธรรม, 2528) ส่วนในตำรับทดลองที่เติมกากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์มีปริมาณมากกว่าที่พบในฤดูกาลที่ 1 ซึ่งการเติมกากตะกอนลงดินเปรียบเสมือนการเพิ่มสารอินทรีย์แก่ดิน (อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ, 2532) แต่การเติมกากตะกอนในอัตราที่มากขึ้นโดยไม่มีการทิ้งช่วงเวลาให้ดินพักตัวก็เป็นการเพิ่มสารอินทรีย์แก่ดินเป็นจำนวนมากจนอาจเกิดการชงักของกิจกรรมจุลินทรีย์ในดิน มีผลต่อการย่อยสลายและทำให้การดูดซับประจุบวกของอนุภาคในดินลดลงจึงอาจเป็นภาระในการดูดซับสังกะสีและแคดเมียมของดินซึ่งส่วนหนึ่งจะถูกดูดดึงไปใช้ประโยชน์โดยพืชและส่วนหนึ่งดินดูดซับไว้โดยขึ้นอยู่กับอัตราการเติมกากตะกอน

เมื่อพิจารณาปริมาณสังกะสีในดินภายหลังการปลูกผักคะน้าโดยมีการทิ้งช่วงเวลาครึ่งฤดูพบว่ามีปริมาณสังกะสีเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทั้งในการใส่กากตะกอนในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์แต่ที่พบในปริมาณที่ค่อนข้างสูงนั้นส่วนหนึ่งน่าจะมาจากความคลาดเคลื่อนอันอาจเกิดขึ้นได้จากสภาพแวดล้อมทั่วไปเนื่องจากเป็นการทดลองในภาคสนาม อย่างไรก็ตามเมื่อมีการเติมกากตะกอนเพิ่มลงในดินอันดับแรกที่สุดจะเกิดการย่อยสลายโดยกิจกรรมจุลินทรีย์ในดินทำให้มีการดูดซับประจุบวกของอนุภาคในดิน (ไพบูลย์ ประพฤติธรรม; 2528) ประจุบวกที่ดินสามารถดูดซับไว้ได้ในที่นี้หมายถึงสังกะสีและแคดเมียมที่สนใจอยู่นั่นเอง ซึ่งบางส่วนจะถูกดูดดึงไปใช้ประโยชน์โดยพืช

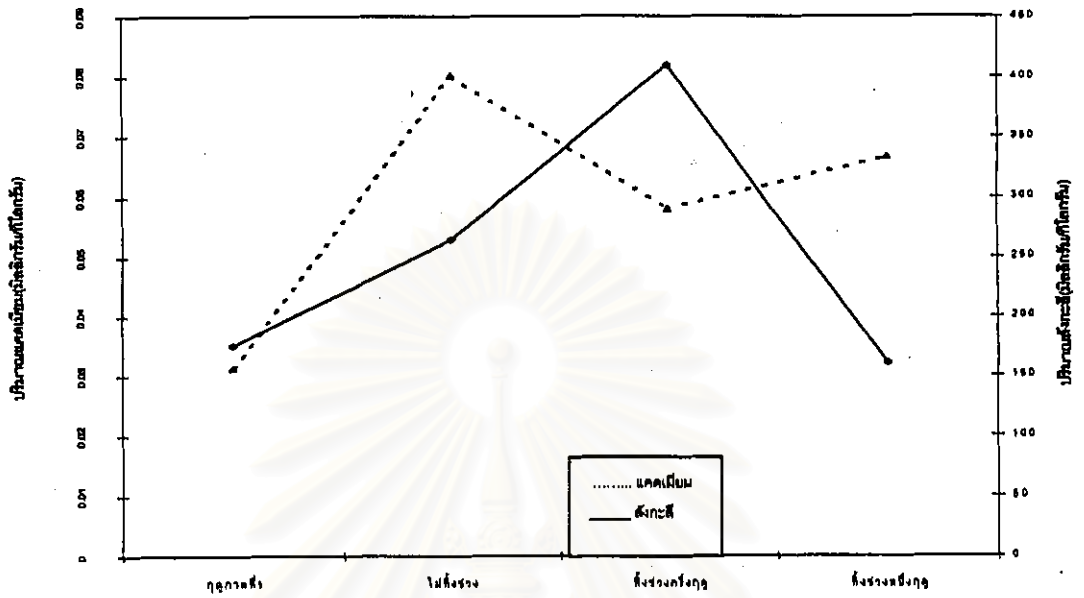
เมื่อพิจารณาปริมาณสังกะสีในดินภายหลังการปลูกผักคะน้าโดยมีการทิ้งช่วงหนึ่งฤดูพบว่ามีปริมาณน้อยลงจนอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับที่พบภายหลังการเพาะปลูกในฤดูกาลที่ 1 ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการที่ดินมีระยะพักตัวนานพอที่จะฟื้นตัวและปรับสภาพในการรองรับและในช่วงเวลาดังกล่าวการย่อยสลายโดยกิจกรรมจุลินทรีย์ในดินยังคงดำเนินไปอย่างต่อเนื่องรวมทั้งการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดิน สังกะสีที่ในรูปไอออนส่วนหนึ่งถูกดูดดึงไปใช้ประโยชน์โดยพืชส่วนหนึ่งดิน

ดูดซับไว้ประกอบกับดินทดลองเป็นดินร่วนเหนียว (Clay Laom) และมีลักษณะสมบัติเป็นคอลลอยด์ ซึ่งมีประจุลบการเติมกากตะกอนเปรียบเสมือนการเพิ่มสารอินทรีย์แก่ดินเมื่อเกิดการย่อยสลายทำให้การดูดซับประจุบวกของอนุภาคดินได้มากขึ้น (ไพบูลย์ ประพฤติธรรม, 2528)

สำหรับปริมาณแคดเมียมในดินภายหลังการปลูกผักคะน้าจากการศึกษาวิจัยและทดลองในครั้งนี้พบว่ามีปริมาณแคดเมียมปนเปื้อนอยู่น้อยมากในทุกตำรับทดลอง ซึ่งเป็นสิ่งยืนยันในความปลอดภัยต่อความเสี่ยงจากความเป็นพิษของแคดเมียมและพบว่าปริมาณแคดเมียมทั้งที่มีอยู่ในดินและที่มีอยู่ในผักคะน้ามีปริมาณที่ต่ำมาก โดยในปริมาณที่พบมากที่สุดจะอยู่ในตำรับทดลองที่ใส่สารละลายเกลือโลหะคลอไรด์ที่มีปริมาณแคดเมียมเทียบเท่ากับที่มีในกากตะกอนอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ (2529) พฤติกรรมของแคดเมียมกับสังกะสีจะเป็นไปในแนวทางเดียวกัน กล่าวคือเมื่อปริมาณสังกะสีลดลงปริมาณแคดเมียมก็จะลดลงแสดงให้เห็นว่าโลหะทั้งสองมีลักษณะทางเคมีที่คล้ายคลึงกันมาก (Mengel และ Kirkby, 1982) แต่เนื่องจากผลการศึกษาวิจัยแบบทดลองในครั้งนี้พบว่ามีปริมาณแคดเมียมน้อยมากจึงทำให้มองเห็นพฤติกรรมดังเช่นว่านี้ไม่ชัดเจนเท่าที่ควร การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของสังกะสีและแคดเมียมในดินภายหลังการปลูกผักคะน้าปรากฏอยู่ในรูปที่ 5.5 และ 5.6



รูปที่ 5.5 ความสัมพันธ์ของปริมาณสังกะสีและแคดเมียมในดินภายหลังการปลูกผักคะน้าที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกันเมื่อเติมกากตะกอนในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์



รูปที่ 5.6 ความสัมพันธ์ของปริมาณสังกะสีและแคดเมียมในดินภายหลังการปลูกผักคะน้าที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกันเมื่อเติมกากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์

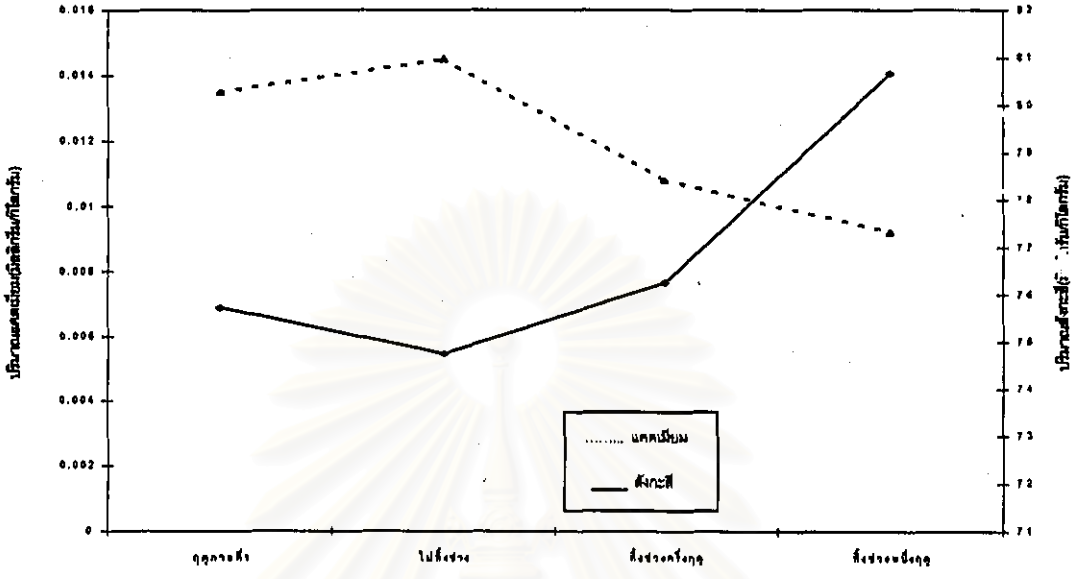
เมื่อพิจารณาปริมาณสังกะสีในดินภายหลังการปลูกผักกวางตุ้งซ้ำโดยไม่ทิ้งช่วงเวลาพบว่าการเติมกากตะกอนในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ไม่เป็นภาระต่อการดูดซับสังกะสีของดินมากนักทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความสมดุลย์ที่ดินดูดซับไว้ได้ส่วนหนึ่งและพืชดูดดึงไปใช้ประโยชน์ส่วนหนึ่ง สำหรับการเติมกากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์พบสังกะสีในดินในปริมาณที่มากกว่าที่เหลือภายหลังการเพาะปลูกฤดูกาลที่ 1 อาจเนื่องมาจากการใส่กากตะกอนในอัตราที่มากลงดินเป็นการเพิ่มสารอินทรีย์ในปริมาณที่มากทำให้เกิดการชงักของกิจกรรมจุลินทรีย์ในดินซึ่งส่งผลต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์และความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกรวมทั้งกระบวนการปลดปล่อยสังกะสีในรูปไอออนที่พืชอาจจะดูดดึงไปใช้ประโยชน์ได้ส่วนหนึ่งและส่วนหนึ่งดินดูดซับไว้

เมื่อพิจารณาปริมาณสังกะสีในดินภายหลังการปลูกผักกวางตุ้งซ้ำโดยมีการทิ้งช่วงครึ่งฤดูกาลเพาะปลูกพบว่าการเติมกากตะกอนในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ไม่เป็นภาระต่อการดูดซับสังกะสีของดินและสำหรับการเติมกากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ก็พบว่า

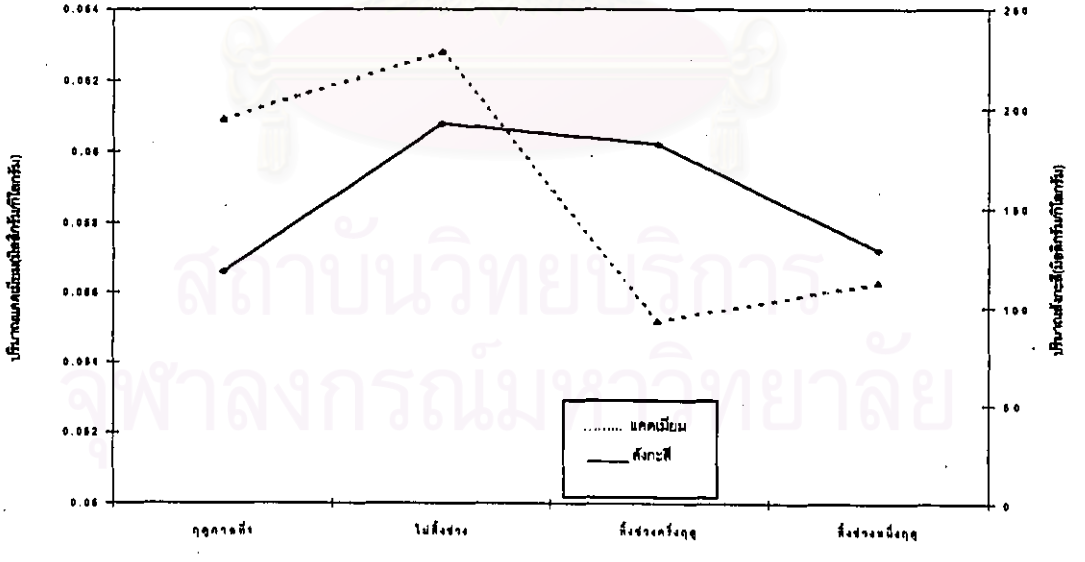
ปริมาณสังกะสีในดินลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากดินได้มีเวลาพักตัวจึงสามารถปรับสภาพในการรองรับหรือการดูดซับสังกะสีได้ดีกว่าการใส่กากตะกอนซ้ำในทันทีทั้งนี้ในช่วงเวลาดังกล่าวการย่อยสลายโดยกิจกรรมจุลินทรีย์ในดินยังคงดำเนินไปอย่างต่อเนื่องการย่อยสลายเป็นการเพิ่มสารคอลลอยด์แก่ดินประกอบกับดินทดลองเป็นดินร่วนเหนียวซึ่งมีประจุลบการเติมกากตะกอนเปรียบเสมือนการเพิ่มสารอินทรีย์แก่ดินเมื่อเกิดการย่อยสลายทำให้การดูดซับประจุบวกของอนุภาคดินได้มากขึ้น (ไพบูลย์ ประพฤติธรรม, 2528)

เมื่อพิจารณาปริมาณสังกะสีในดินภายหลังการปลูกผักกวางตุ้งซ้ำโดยมีการทิ้งช่วงหนึ่งฤดูพบว่าการเติมกากตะกอนในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์มีปริมาณสังกะสีมากกว่าการทิ้งช่วงครึ่งฤดูเล็กน้อย ในขณะที่การเติมกากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์มีปริมาณน้อยลงกว่าที่พบในการทิ้งช่วงครึ่งฤดู ทั้งนี้เป็นไปได้ว่าการทิ้งช่วงเวลาให้ดินพักตัวในช่วงเวลาดังกล่าวกิจกรรมการย่อยสลายจุลินทรีย์ในดินยังดำเนินไปอย่างต่อเนื่องจึงส่งผลให้สังกะสีส่วนหนึ่งถูกปลดปล่อยออกมาสู่สารละลายดินและอาจมีการแพร่ไปสู่ดินส่วนอื่น ๆ และบางส่วนอาจถูกดูดซับโดยสารประกอบที่มีประจุลบในดินหรือเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ

เมื่อพิจารณาปริมาณแคดเมียมในดินภายหลังการปลูกผักกวางตุ้งซ้ำโดยจะมีการทิ้งช่วงเวลาหรือไม่ก็ตามพบว่าไม่มีความเปลี่ยนแปลงมากนักเมื่อเทียบกับดินภายหลังการเพาะปลูกในฤดูกาลที่ 1 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณที่พบน้อยมาก แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าในตำรับทดลองที่ใส่สารละลายเกลือโลหะคลอไรด์ที่มีปริมาณแคดเมียมเทียบเท่ากับที่มีในกากตะกอนอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์จะมีปริมาณแคดเมียมมากกว่าในตำรับทดลองอื่น ๆ นั่นย่อมแสดงว่าแคดเมียมในรูปสารละลายเกลือโลหะคลอไรด์จะถูกปลดปล่อยออกสู่สารละลายดินได้ดีกว่าในรูปกากตะกอน (อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ, 2529) อย่างไรก็ตามพฤติกรรมของแคดเมียมกับสังกะสีจะคล้ายคลึงกันกล่าวคือเมื่อปริมาณสังกะสีลดลงปริมาณแคดเมียมก็จะลดลง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Mengel และ Kirkby (1982) ที่กล่าวว่าแคดเมียมมีพฤติกรรมคล้ายกับจุลธาตุอาหารพืชในที่นี้ก็คือสังกะสีนั่นเอง การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของสังกะสีและแคดเมียมในดินหลังปลูกผักกวางตุ้งปรากฏอยู่ในรูปที่ 5.7 และ 5.8



รูปที่ 5.7 ความสัมพันธ์ของปริมาณสังกะสีและแคดเมียมในดินภายหลังการปลูกผักกวางตุ้งที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกันเมื่อเติมกากตะกอนในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์



รูปที่ 5.8 ความสัมพันธ์ของปริมาณสังกะสีและแคดเมียมในดินภายหลังการปลูกผักกวางตุ้งที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกันเมื่อเติมกากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์

5.4.2 อิทธิพลของการทิ้งช่วงเวลาต่อการสะสมสังกะสีและแคดเมียมในพืช

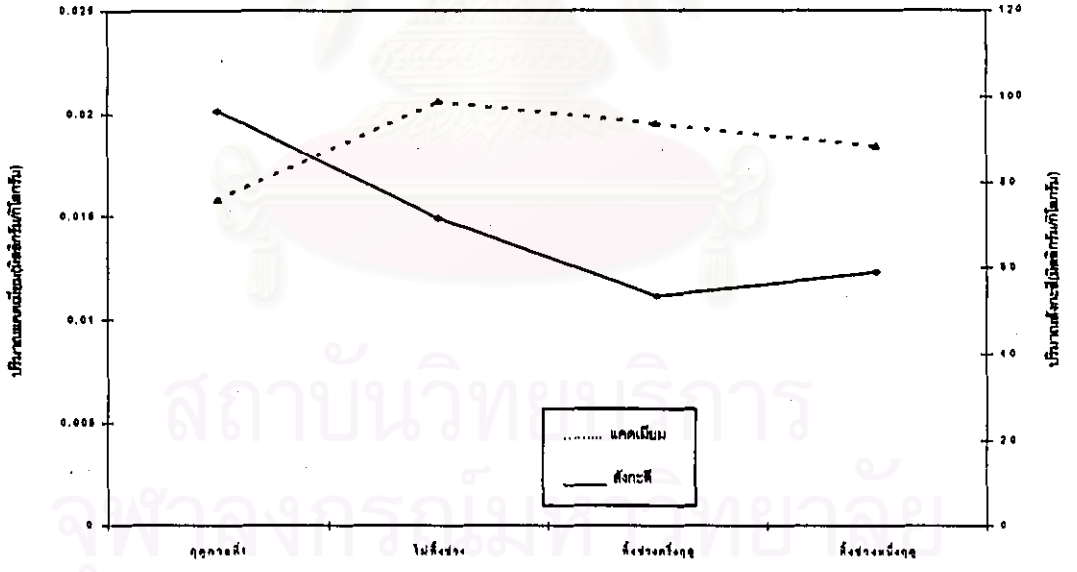
เมื่อพิจารณาปริมาณสังกะสีในผักคะน้าภายหลังการเก็บเกี่ยวในฤดูกาลที่ 2 โดยไม่ทิ้งช่วงเวลาพบปริมาณสังกะสีน้อยกว่าที่พบในฤดูกาลเพาะปลูกที่ 1 ซึ่งเป็นไปได้ว่าดินดูดซับไว้ได้มากขึ้นอันเนื่องมาจากการดูดยึดประจุบวกในดินจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในดิน และเมื่อมีการทิ้งช่วงเวลาครึ่งฤดู ผลยิ่งชัดเจนขึ้นเมื่อปริมาณที่พบในผักคะน้าลดลงในขณะที่พบในดินมากขึ้น จึงเป็นไปได้ว่าดินมีการย่อยสลายของสารอินทรีย์ที่ต่อเนื่องทำให้เกิดการดูดยึดประจุบวกได้ดี จึงมีผลต่อการดูดยึดสังกะสีในเวลาเดียวกัน สำหรับการทิ้งช่วงหนึ่งฤดูพบว่าปริมาณสังกะสีในผักคะน้าเพิ่มมากขึ้นในขณะที่ในดินมีปริมาณลดลงจึงเป็นไปได้ว่าทั้งดินทั้งพืชมีความสามารถในการดึงดูดประจุบวก โดยพืชดูดดึงเพื่อใช้ประโยชน์ในการเป็นสารอาหาร สำหรับส่วนที่เหลือถูกดูดซับไว้โดยดิน

เมื่อพิจารณาปริมาณแคดเมียมในผักคะน้าภายหลังการเก็บเกี่ยวในฤดูกาลที่ 2 โดยไม่ทิ้งช่วงเวลา พบว่ามีปริมาณน้อยมาก (ต่ำกว่า 0.06 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ทั้งนี้เนื่องจากในดินเดิมและในกากตะกอนมีการปนเปื้อนของแคดเมียมที่น้อยอยู่แล้วจึงค่อนข้างแน่ใจว่าไม่มีความเสี่ยงจากความเป็นพิษของแคดเมียม แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าในตำรับทดลองที่ใส่สารละลายเกลือโลหะคลอไรด์ โดยเฉพาะในอัตราที่มีปริมาณแคดเมียมเทียบเท่ากับที่มีในกากตะกอน 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ จะพบแคดเมียมมากที่สุดแต่ก็มีปริมาณที่น้อยมาก เมื่อเทียบกับเกณฑ์การยอมรับให้มีแคดเมียมในพืชในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดพิษ (Chaney, 1982)

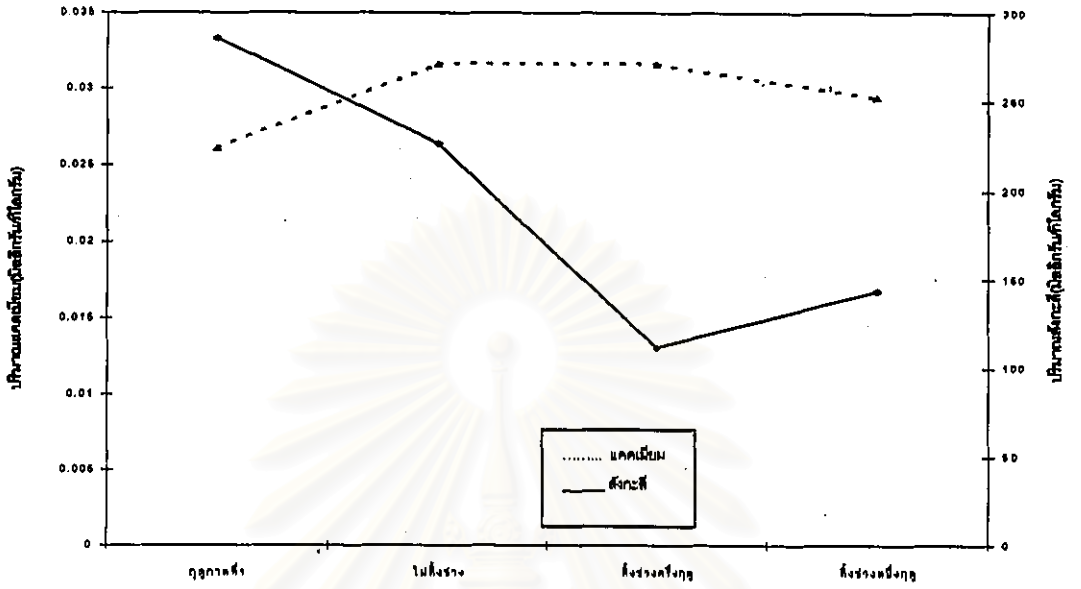
เมื่อพิจารณาปริมาณสังกะสีในผักกวางตุ้งภายหลังการเก็บเกี่ยวในฤดูกาลที่ 2 โดยไม่ทิ้งช่วงเวลาพบว่าการเติมกากตะกอนในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ไม่มีความแตกต่างกันมากนักอาจเนื่องมาจากเป็นอัตราที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชในแง่สารอาหาร และจากการที่ดินดูดซับไว้ส่วนหนึ่งและพืชดูดดึงไปใช้ประโยชน์ส่วนหนึ่ง ส่วนตำรับทดลองที่ใส่กากตะกอนลงดินในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์พบว่ามีปริมาณสังกะสีน้อยกว่าที่พบในฤดูกาลเพาะปลูกที่ 1 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเติมกากตะกอนซ้ำโดยไม่ทิ้งช่วงเวลาให้ดินพักตัวเป็นการเพิ่มสารอินทรีย์จำนวนมากแก่ดินจึงทำให้เกิดการชงักของกิจกรรมการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในดินส่งผลต่อการปลดปล่อยไอออนของสังกะสีซึ่งดินสามารถดูดซับไว้ได้ส่วนหนึ่ง และพืชดูดดึงไปส่วนหนึ่ง ปริมาณสังกะสีในผักกวางตุ้งเมื่อมีการทิ้งช่วงครึ่งฤดูและหนึ่งฤดูตามลำดับพบว่ามีปริมาณที่ไม่แตกต่างกันทั้งในแต่ละอัตราการใส่กากตะกอน แต่มีปริมาณน้อยกว่าที่พบในฤดูกาลที่ 2 โดยไม่ทิ้งช่วงเวลาทั้งนี้อาจเป็นเพราะการทิ้งช่วงเวลาทำให้สังกะสีที่ดินดูดซับไว้ถูกย่อยสลายไปบางส่วนโดยปฏิกิริยาการย่อยสลาย

ของจุลินทรีย์ในดินที่อาจมีอย่างต่อเนื่อง เมื่อใส่กากตะกอนลงไปอีกการย่อยสลายก็ยังคงดำเนินอยู่ สังกะสีที่ถูกปลดปล่อยออกมาสู่สารละลายดินก็จะมีบางส่วนที่พืชดูดดึงไปใช้ประโยชน์และบางส่วนอาจแพร่ไปยังส่วนต่าง ๆ ในดินรวมทั้งที่ดินดูดซับและอาจมีบางส่วนเกิดปฏิกิริยาเป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำ

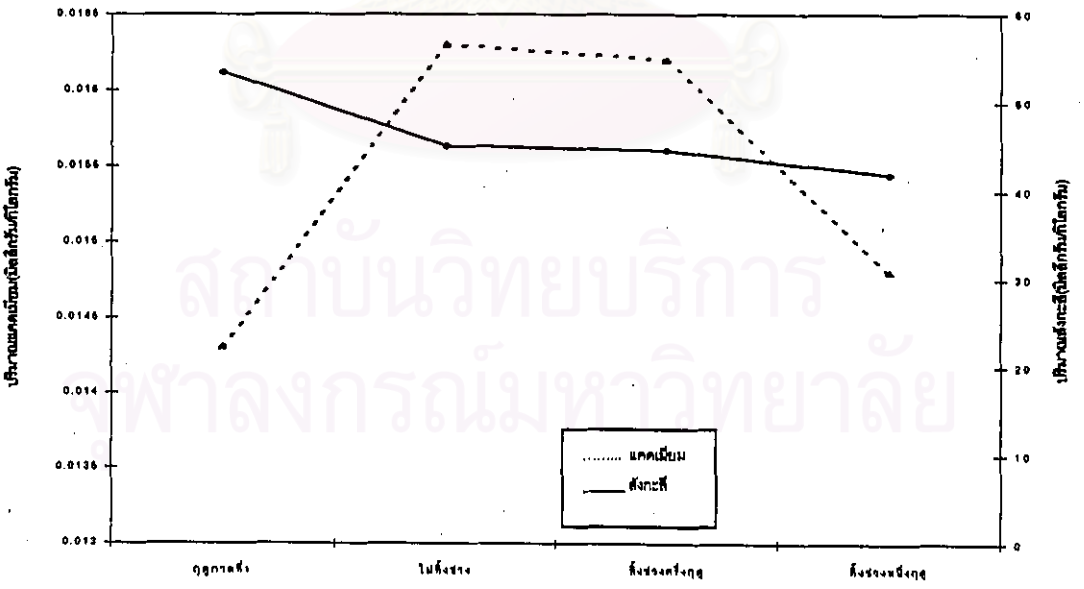
เมื่อพิจารณาปริมาณแคดเมียมในผักกวางตุ้งภายหลังการเพาะปลูกในฤดูกาลที่ 2 ไม่ว่าจะทิ้งช่วงเวลาหรือไม่ทิ้งช่วงเวลาก็ตามพบว่าปริมาณแคดเมียมน้อยมาก (น้อยกว่า0.03 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) จึงเป็นสิ่งยืนยันแน่นอนแล้วว่าไม่มีความเสี่ยงจากความเป็นพิษของแคดเมียม และเมื่อพิจารณาจากการใส่สารละลายเกลือโลหะคลอไรด์ที่มีปริมาณแคดเมียมเทียบเท่ากับที่มีในกากตะกอนอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์พบว่ามีปริมาณแคดเมียมมากกว่าในตำรับทดลองอื่น ๆ แสดงว่าพืชสามารถดูดดึงแคดเมียมในรูปสารละลายเกลือโลหะคลอไรด์ได้ดีกว่าในรูปของกากตะกอน (อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ, 2532)



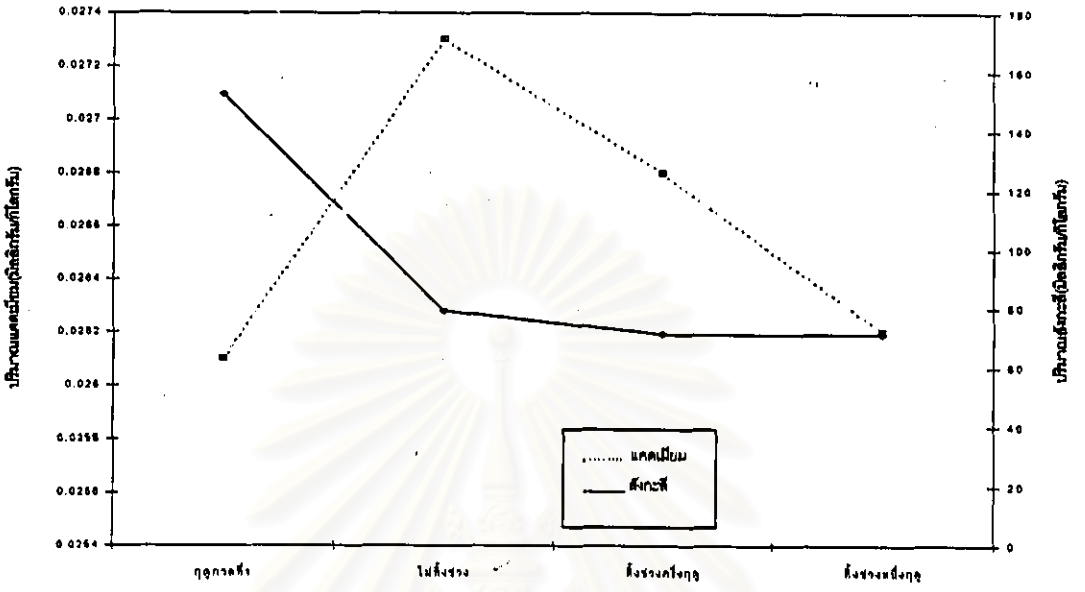
รูปที่ 5.9 ความสัมพันธ์ของปริมาณสังกะสีและแคดเมียมในผักคะน้าที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกัน เมื่อเติมกากตะกอนในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์



รูปที่ 5.10 ความสัมพันธ์ของปริมาณสังกะสีและแคดเมียมในผักคะน้าที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกันเมื่อเติมกากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์



รูปที่ 5.11 ความสัมพันธ์ของปริมาณสังกะสีและแคดเมียมในผักกวางตุ้งที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกันเมื่อเติมกากตะกอนในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์



รูปที่ 5.12 ความสัมพันธ์ของปริมาณสังกะสีและแคดเมียมในผักกวางตุ้งที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกันเมื่อเติมกากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

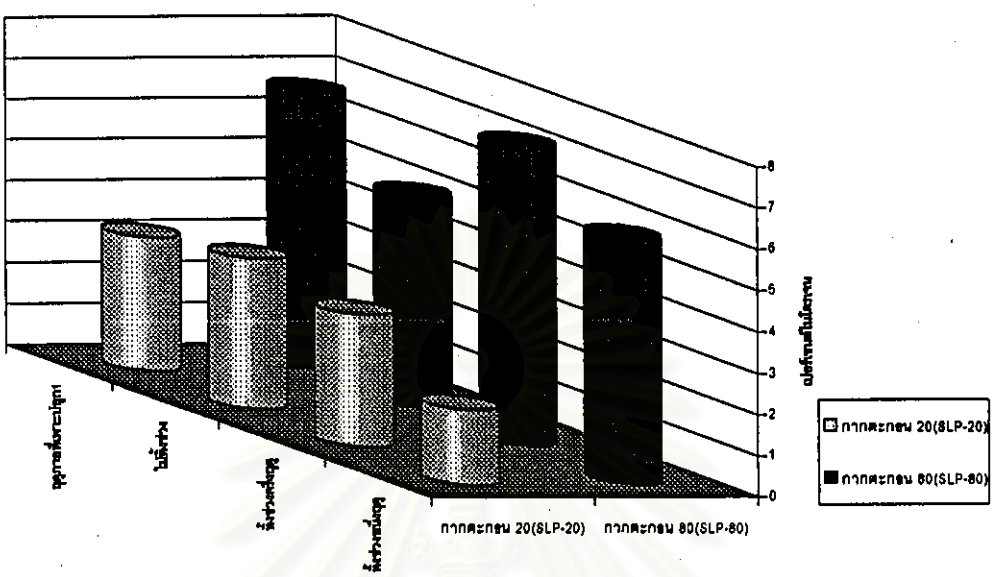
5.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับโลหะหนัก

5.5.1 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในดิน

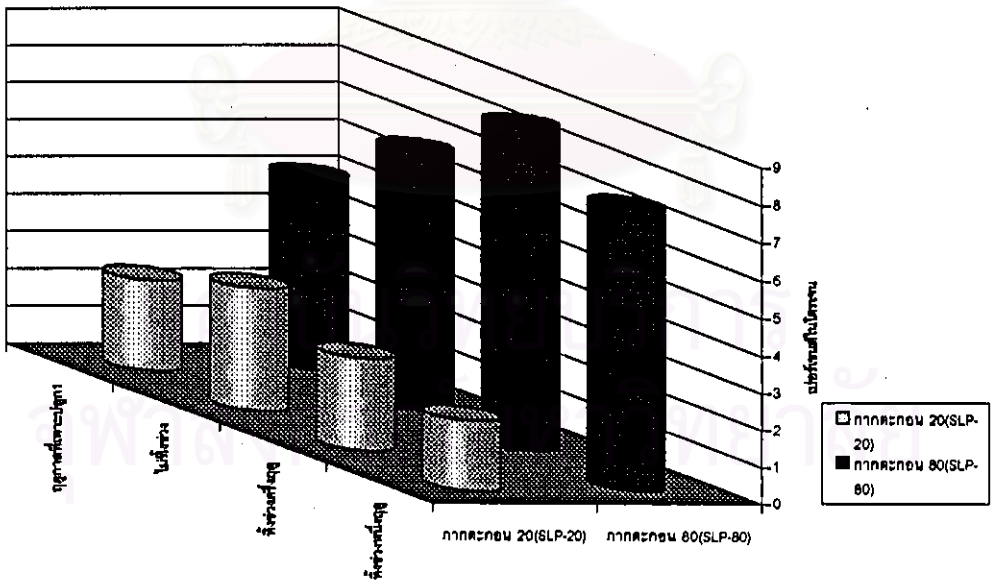
การที่ปริมาณไนโตรเจนในดินที่เติมกากตะกอนทั้งในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์มีปริมาณสูงอย่างมีนัยสำคัญ และสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีย่อมเป็นเครื่องยืนยันได้เป็นอย่างดีว่ากากตะกอนเป็นแหล่งธาตุอาหารพืช การนำกากตะกอนมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรจะไม่มีผลต่อการขาดแคลนไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน (Follell และคณะ, 1981) และจากอัตราส่วนของไนโตรเจนทั้งหมดต่ออินทรีย์คาร์บอน (C/N Ratio) ที่พบในดินก่อนปลูกผักคะน้าและผักกวางตุ้งมีค่าประมาณ 4:1 แสดงว่าน่าจะมีการสลายตัวได้ดี ตามข้อเสนอของคณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2535) C/N Ratio ที่เหมาะสมกับกิจกรรมจุลินทรีย์ดินในการย่อยสลายสารอินทรีย์จะต้องมีค่าประมาณ 10:1 หรือต่ำกว่า และไม่มีผลทำให้เกิดการขาดแคลนไนโตรเจนในดิน การย่อยสลายที่เป็นไปได้ดีมีผลต่อความสมบูรณ์ในดินทำให้ดินมีค่า CEC สูงและจะสามารถดูดซับแร่ธาตุไว้ได้มากนั่นก็หมายถึงการดูดซับสังกะสี และแคดเมียมซึ่งเป็นแร่ธาตุที่มีประจุบวกเมื่ออยู่ในรูปที่พืชอาจใช้ประโยชน์ได้ (Available Form)

สำหรับค่า C/N Ratio ของดิน ภายหลังการปลูกผักคะน้าและผักกวางตุ้งมีค่าอยู่ในช่วง 2:1 – 4:1 ซึ่งก็ยังอยู่ในอัตราส่วนที่เหมาะสมกับการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในดิน นั่นก็เป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่ชี้ให้เห็นว่ากากตะกอนมีประสิทธิภาพที่เป็นแหล่งอาหารของพืชได้อย่างต่อเนื่องและยาวนาน (อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ, 2532)

เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในดินภายหลังการปลูกผักคะน้าและผักกวางตุ้ง โดยมีการทิ้งช่วงเวลา พบว่าการใส่กากตะกอนลงดินในอัตรา 20 และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ มีส่วนในการเพิ่มไนโตรเจนแก่ดินและไม่ทำให้เกิดการดึงไนโตรเจนจากดินโดยพิจารณาได้จาก ค่า C/N Ratio ที่มีค่าต่ำกว่า 10:1 จึงค่อนข้างแน่ใจว่าจะไม่ทำให้เกิดการขาดแคลนไนโตรเจนในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Follett และคณะ, 1981)



รูปที่ 5.13 เปอร์เซนต์ไนโตรเจนในดินหลังการปลูกผักคะน้า ที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกัน เมื่อเติมกากตะกอน ลงดินในอัตรา 20 และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์



รูปที่ 5.14 เปอร์เซนต์ไนโตรเจนในดินหลังการปลูกผักกวางตุ้ง ที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกัน เมื่อเติมกากตะกอน ลงดินในอัตรา 20 และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์

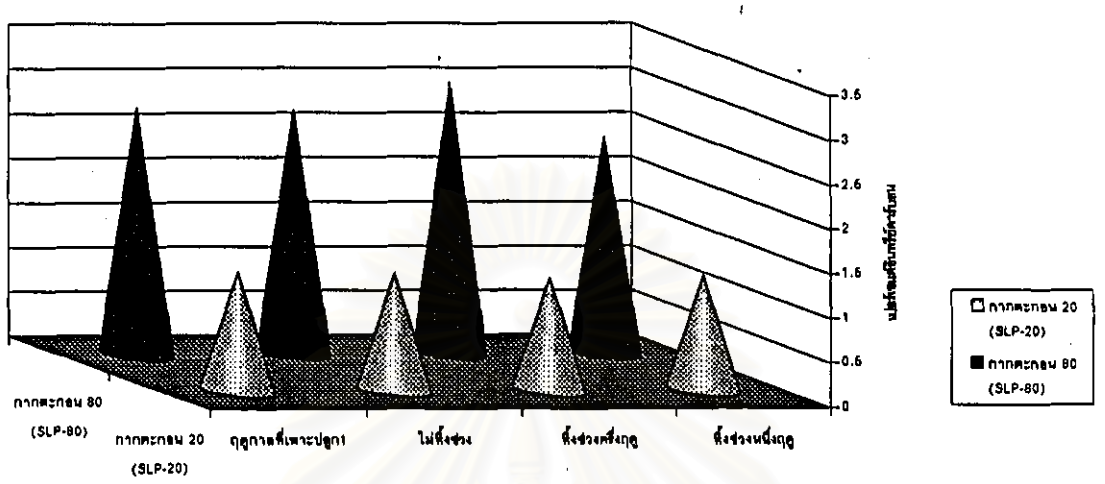
5.5.2 เปอร์เซนต์อินทรีย์คาร์บอนในดิน

เนื่องจากในการย่อยสลายจุลินทรีย์ในดิน จะต้องมีอัตราส่วนระหว่างไนโตรเจนและคาร์บอนที่เหมาะสมต่อการย่อยสลาย โดยที่คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2535) เสนอว่า C/N Ratio 10 : 1 เป็นค่าที่เหมาะสม และจากค่า C/N Ratio ในดินที่มีกากตะกอนในอัตรา 20 และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ พบว่า มีค่า C/N Ratio ดังนี้

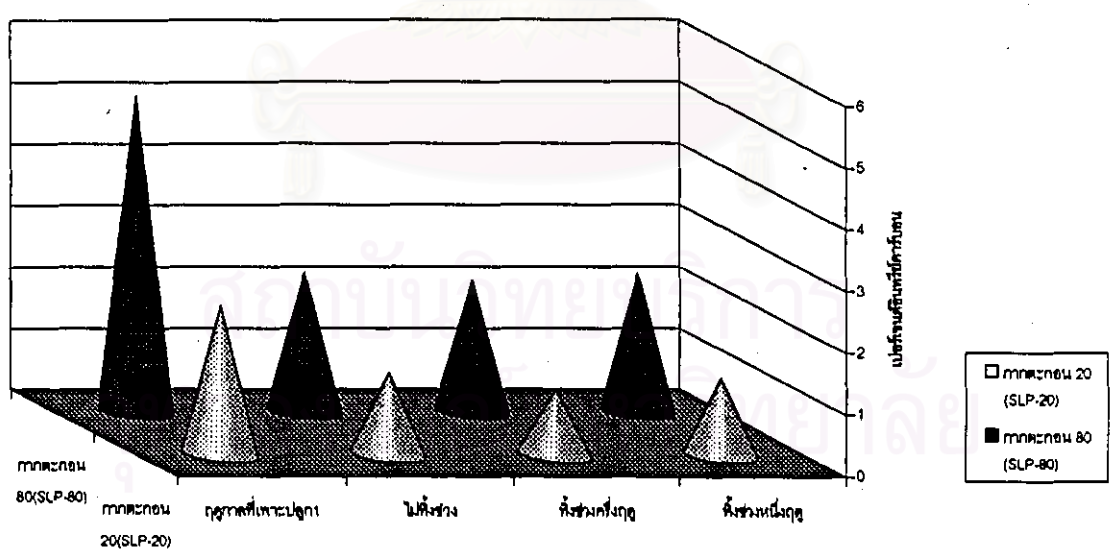
เมื่อใส่กากตะกอนลงดินในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ ในดินก่อนปลูกผักคะน้าและผักกวางตุ้งมีค่า เท่ากับ 4 :1 และ 5 : 1 ย่อมเป็นเครื่องยืนยันได้ว่า การใส่กากตะกอนในอัตราดังกล่าวข้างต้น ทำให้มี C/N Ratio ที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในดิน และเป็นผลให้ดินมีค่า CEC สูงขึ้นก็จะดูดซับแร่ธาตุได้ดี (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2535) แร่ธาตุอาหารพืชจะอยู่ในรูปที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ซึ่งจะละลายน้ำและมีประจุบวก นั่นหมายถึง สังกะสีและแคดเมียม โดยที่สังกะสีเป็นจุลธาตุที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ส่วนแคดเมียมเป็นธาตุที่มีพิษ แต่เนื่องจากแคดเมียมและสังกะสีมีคุณสมบัติที่คล้ายคลึงกันมาก (Mengel และ Kerby, 1982) จึงมักจะพบโลหะทั้งสองชนิดนี้อยู่ด้วยกันเสมอ

เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์คาร์บอนในดินภายหลังการปลูกผักคะน้าในฤดูกาลที่ 2 โดยมีการทิ้งช่วงเวลาพบว่า ผลจากการใส่กากตะกอนในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ ทั้งการปลูกผักคะน้าซ้ำโดยไม่ทิ้งช่วงเวลาและการทิ้งช่วงเวลาครึ่งฤดูหรือหนึ่งฤดู ไม่ทำให้เปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอนเปลี่ยนแปลงไปมากนักแต่ในการใส่กากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ เมื่อมีการทิ้งช่วงครึ่งฤดูพบว่ามีเปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอนเพิ่มขึ้น แต่ในการทิ้งช่วงหนึ่งฤดูกลับมีค่าลดลง ซึ่งเปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอนนี้เป็นสิ่งที่จะบอกให้ทราบถึงค่า C/N Ratio ว่ามีความเหมาะสมต่อการย่อยสลายของสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ดินและไม่ทำให้เกิดการดูดดึงไนโตรเจนในดินมาใช้ ซึ่งพบว่า C/N Ratio ของดินปลูกผักคะน้าทุกช่วงมีค่าต่ำกว่า 10:1 ซึ่งเป็นอัตราที่ Hall และ Coker (1983) เสนอไว้

เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอนในดินภายหลังการปลูกผักกวางตุ้ง พบว่า การใส่กากตะกอนในอัตรา 20 หรือ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ ทำให้เปอร์เซ็นต์คาร์บอนในดินลดลงทั้งในการปลูกแบบไม่ทิ้งช่วง และการปลูกโดยทิ้งช่วงครึ่งฤดูหรือหนึ่งฤดู และเมื่อดูจากค่า C/N Ratio แล้วพบว่า มีค่าน้อยกว่า 10:1 ทั้งสิ้น แสดงว่าเปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอนที่พบในดินเป็นค่าที่ค่อนข้างเหมาะสมต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ในดินและจะไม่ทำให้เกิดภาวะการขาดแคลนไนโตรเจนในดินอย่างแน่นอน



รูปที่ 5.15 เปอร์เซนต์อินทรีย์คาร์บอนในดินหลังการปลูกผักคะน้า ที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดิน ต่างกัน เมื่อเติมกากตะกอน ลงดินในอัตรา 20 และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์



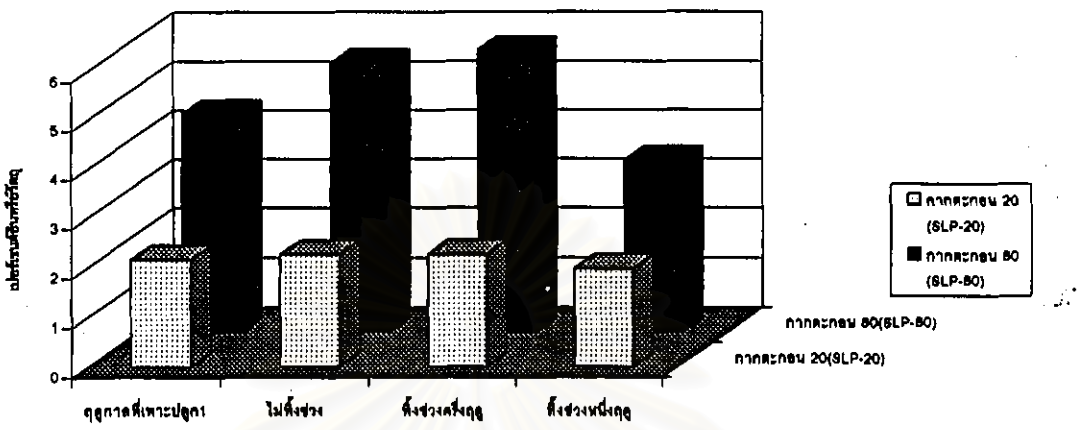
รูปที่ 5.16 เปอร์เซนต์อินทรีย์คาร์บอนในดินหลังการปลูกผักกวางตุ้ง ที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดิน ต่างกัน เมื่อเติมกากตะกอน ลงดินในอัตรา 20 และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์

5.5.3 เปอร์เซนต์อินทรีย์วัตถุในดิน

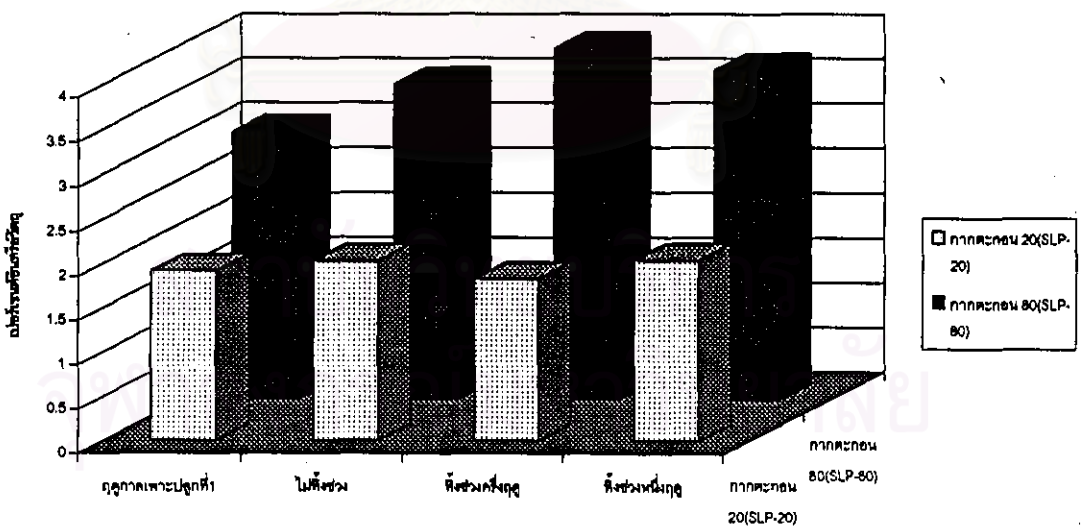
การใส่กากตะกอนลงดินทั้งในอัตรา 20 และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ทำให้เปอร์เซนต์อินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ มีส่วนช่วยทำให้โครงสร้างของดินดีขึ้น (อรวรรณ ศิริพิริยะ, 2532) กล่าวคืออนุภาคของดินจะจับกันเป็นก้อน ดินมีลักษณะร่วนซุยขึ้น และมีความชุ่มชื้นโดยสังเกตุได้จากการถอนหญ้าพรวนดิน และแม้แต่การถอนแยกต้นอ่อนก็กระทำได้โดนง่าย โดยไม่ต้องใช้ช้อนพรวนช่วยแต่อย่างใด ในส่วนของความเหมาะสมต่อการเป็นแหล่งอาหารของพืชนั้น อินทรีย์วัตถุช่วยเสริมการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในขณะแปรสภาพของธาตุอาหารพืชและตรึงไนโตรเจน นอกจากนี้ อินทรีย์คาร์บอนยังมีส่วนช่วยให้ดินมีความสามารถในการดูดซับประจุบวกเพิ่มขึ้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2535) จึงมีส่วนช่วยในการดูดซับสังกะสีและแคดเมียมที่มีอยู่ในกากตะกอนไว้ได้

เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุในดินภายหลังการปลูกผักคะน้า ในฤดูกาลที่ 2 โดยมีการทิ้งช่วงเวลาพบว่าการใส่กากตะกอนในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ลงดินมีเปอร์เซนต์ที่ไม่แตกต่างกันเท่าใดนักในทุกช่วงของการเพาะปลูก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะมีปริมาณสารอินทรีย์ที่เหมาะสมสำหรับการย่อยสลายโดยกิจกรรมจุลินทรีย์ดิน สำหรับการใส่กากตะกอนลงในดินอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ ทำให้มีเปอร์เซ็นต์ของอินทรีย์วัตถุสูงขึ้น อันเป็นผลมาจากการเพิ่มของอินทรีย์วัตถุจากกากตะกอนที่เติมลงสู่ดิน (อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ, 2529) ซึ่งจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ ทำให้ดินมีความสามารถในการดูดยึดประจุบวกเพิ่มขึ้น ซึ่งรวมไปถึงการดูดยึดสังกะสีและแคดเมียมในรูปไอออนบวกเมื่อถูกปลดปล่อยมาอยู่ในสารละลายดิน

เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุในดินภายหลังการปลูกผักกวางตุ้ง พบว่า เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุที่ได้จากการใส่กากตะกอนในอัตราในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ มีปริมาณที่มาก เช่นเดียวกับในดินภายหลังการปลูกผักคะน้า แต่เมื่อพิจารณาจากการทิ้งช่วงหนึ่งฤดู พบว่าเปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุมีปริมาณลดลง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการทิ้งระยะให้ดินพักตัวนั้นในช่วงเวลาดังกล่าวในดินเองก็ยังคงมีกิจกรรมย่อยสลายสารอินทรีย์อย่างต่อเนื่องทำให้สารอินทรีย์บางส่วนถูกย่อยสลายไป เมื่อมีการใส่กากตะกอนลงไปอีก ก็เท่ากับไปเพิ่มสารอินทรีย์จากส่วนที่ลดไปบ้างแล้วบางส่วนนั่นเอง



รูปที่ 5.17 เปอร์เซนต์อินทรีย์วัตถุในดินหลังการปลูกผักคะน้า ที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดิน ต่างกัน เมื่อเติมกากตะกอน ลงดินในอัตรา 20 และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์



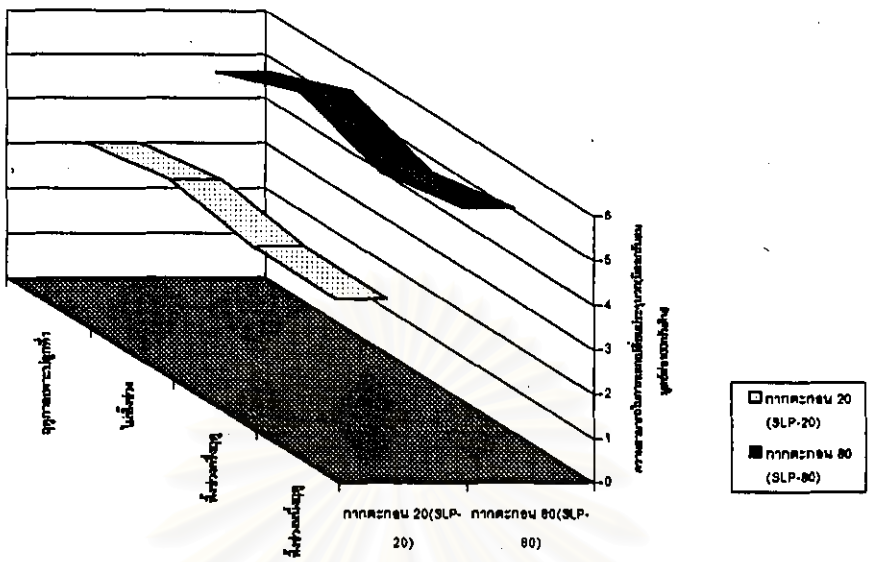
รูปที่ 5.18 เปอร์เซนต์อินทรีย์วัตถุในดินหลังการปลูกผักกวางตุ้ง ที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดิน ต่างกัน เมื่อเติมกากตะกอน ลงดินในอัตรา 20 และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์

5.5.4 ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC)

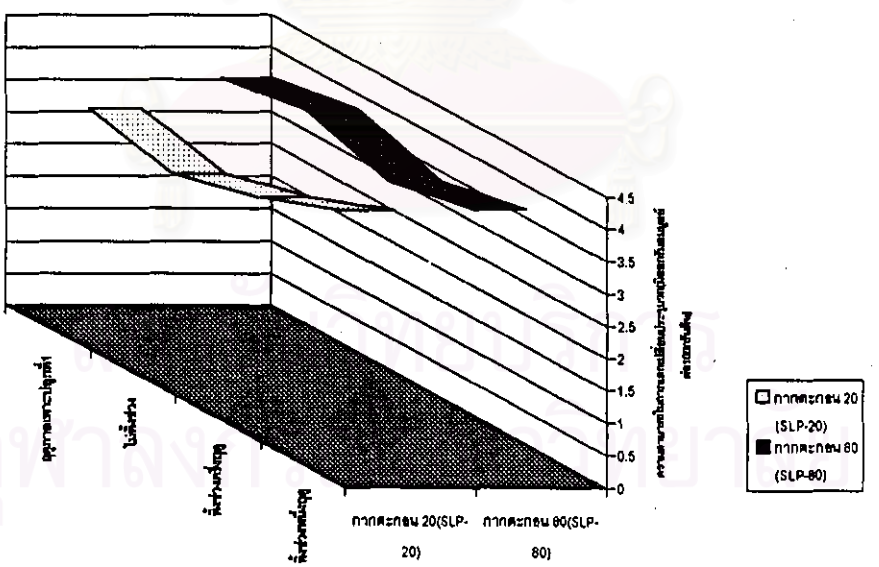
การที่ค่า CEC สูงขึ้นในดินที่มีการใส่กากตะกอน เป็นเพราะกากตะกอนทำให้เปอร์เซนต์อินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มขึ้น และจากการที่อนุภาคของดินจับกันเป็นก้อนก็ทำให้ดินมีเนื้อที่สำหรับการดูดยึดประจุบวกได้เพิ่มมากขึ้น จึงมีส่วนช่วยเสริมให้ดินดูดซับสังกะสีและแคดเมียมที่ถูกปลดปล่อยจากกากตะกอนในรูปที่ละลายน้ำได้ดังดังกล่าว สังกะสีและแคดเมียมจะมีประจุเป็นบวกจึงถูกดูดซับโดยประจุลบในดิน

เมื่อพิจารณาค่า CEC ของดินภายหลังการปลูกพืชในฤดูกาลที่ 2 พบว่าการใส่กากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ทำให้ค่า CEC ในดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ไม่ว่าจะทิ้งช่วงเวลาหรือไม่ทิ้งช่วงเวลาก็ตามทั้งนี้อาจเป็นเพราะในกากตะกอนอุดมไปด้วยสารอาหารพืชโดยเฉพาะสารอินทรีย์ ซึ่งเมื่อใส่ลงดินก็พร้อมที่จะย่อยสลายต่อไปได้ และสารอินทรีย์นี่เองที่มีส่วนในการเพิ่มค่า CEC ในดินทำให้อนุภาคดินมีความสามารถในการดูดยึดประจุบวก และสารอาหารพืชส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปสารละลายและมีประจุบวกทั้งนี้อาจรวมทั้งสังกะสีและแคดเมียมด้วย สำหรับการใส่กากตะกอนในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์นั้นพบว่าค่า CEC ไม่มีความแตกต่างจากตำรับทดลองอื่น ๆ มากนักแต่ข้อได้เปรียบของกากตะกอนอยู่ที่การมีสารอินทรีย์ที่เป็นสารอาหารพืชจึงอาจมีปัจจัยอื่นที่มีผลต่อการดูดซับประจุบวก ได้แก่ C/N Ration เปอร์เซนต์ไนโตรเจน เปอร์เซนต์อินทรีย์วัตถุ เป็นต้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.19 ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก(มิลลกรัมสมมูลย์ต่อ100กรัมดิน)ของดิน ภายหลังการปลูกผักคะน้า ที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดิน ต่างกัน เมื่อเติมกากตะกอน ลงดิน ในอัตรา 20 และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์



รูปที่ 5.20 ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก(มิลลกรัมสมมูลย์ต่อ100กรัมดิน)ของดิน ภายหลังการปลูกผักกวางตุ้ง ที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดิน ต่างกัน เมื่อเติมกากตะกอน ลงดินในอัตรา 20 และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์

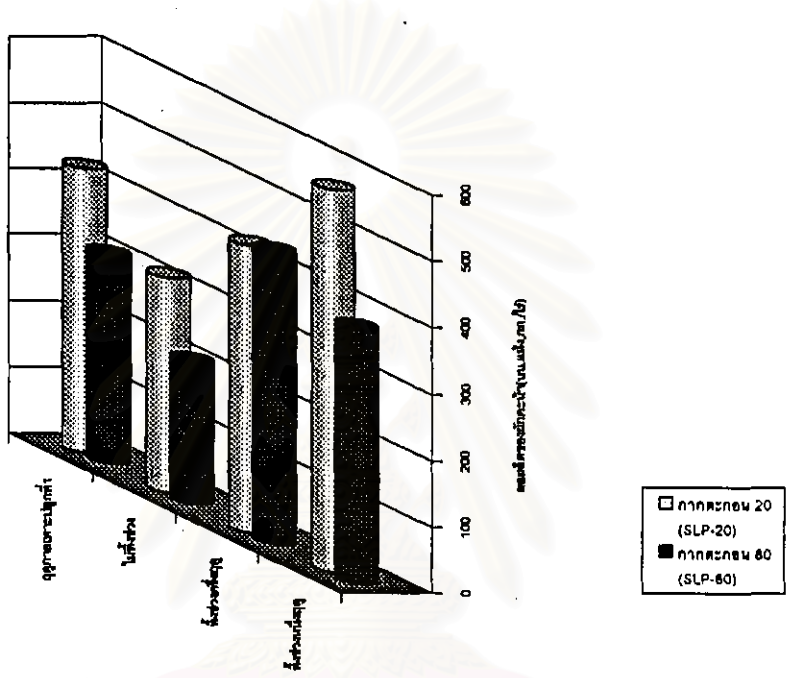
5.5.5 ผลิตผลภายหลังการเก็บเกี่ยวในฤดูกาลที่ 1

ผลการใส่กากตะกอนในอัตรา 20 และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ นอกจากจะทำให้ได้ผลผลิตในรูปน้ำหนักของพืชเป็นที่น่าพอใจแล้ว ลักษณะภายนอกเห็นได้แก่ลำต้นที่อวบอิ่ม ใบผักที่เขียวสดและผักมีลักษณะกรอบแสดงถึงการมีเยื่อใยที่น้อย (อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ, 2529) นั่นย่อมแสดงให้เห็นถึงความพอใจของเกษตรกรในรูปรายได้จากการจำหน่ายพืชผัก ซึ่งเป็นผลมาจากการใส่กากตะกอน หากพิจารณาผลผลิตเทียบกับอัตรากากตะกอนที่ใส่จะเห็นว่า การใส่กากตะกอนในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ จะให้ผลผลิตที่สูงกว่า ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะเป็นอัตราที่มีความสมดุลย์ของธาตุอาหารพืชทำให้พืชสามารถดูดดึงไปใช้ประโยชน์ได้อย่างไม่เต็มที่เมื่อพิจารณาผลผลิตของผักคะน้าภายหลังการเก็บเกี่ยวในฤดูกาลที่ 2 ในรูปน้ำหนักแห้งเป็นกิโลกรัมต่อไร่ เมื่อไม่ทิ้งช่วงเวลา พบว่าผลผลิตลดลง ทั้งนี้ อาจเป็นผลมาจากการที่ ดินไม่มีระยะเวลาในการพักตัวเพื่อฟื้นคืนสภาพที่เหมาะสมต่อการปลูกพืชชนิดเดิมซ้ำ และการใส่กากตะกอนในอัตรา 20 และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ลงดินก็เป็นการเพิ่มสารอาหารอินทรีย์ให้แก่ดิน อาจเป็นผลทำให้องค์ประกอบเคมีบางอย่างในดินมีปริมาณสูงจนมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช (Dolar,Boyle, และKeeney, 1972) รวมทั้งปริมาณไนโตรเจนที่มีมากในกากตะกอนทำให้เกิดการหยุดชงักของจุลินทรีย์ในดินเนื่องจากความเป็นพิษของสารบางอย่าง (Premi และ Cornfield , 1971)

สำหรับผลผลิตของผักคะน้าเมื่อมีการทิ้งช่วงเวลาครึ่งฤดูและหนึ่งฤดูตามลำดับ พบว่ามีแนวโน้มสูงขึ้น อาจเนื่องมาจากเป็นช่วงที่พ้นจากการหยุดชงักของจุลินทรีย์ จึงทำให้การย่อยสลายของสารอินทรีย์เป็นไปได้เร็วขึ้น และมีอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนที่อาจเป็น ประโยชน์สูงขึ้น (Premi และ Cornfield, 1971) โดยเฉพาะการทิ้งช่วงหนึ่งฤดูพบว่าผลผลิตผักคะน้าในตำรับทดลองที่ใส่กากตะกอนในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ให้ผลผลิตสูงที่สุด ในขณะที่ ตำรับทดลองที่ใส่การตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์กลับให้ผลผลิตลดลง

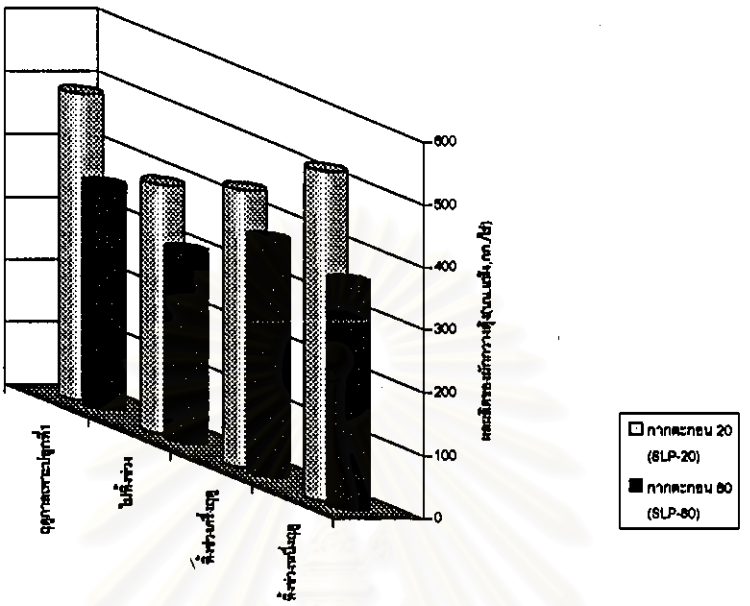
เมื่อพิจารณาผลผลิตของผักกวางตุ้งภายหลังการเก็บเกี่ยวในฤดูกาลที่ 2 เมื่อไม่ทิ้งช่วงเวลาพบว่า การเติมกากตะกอนในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ ยังให้ผลผลิตที่เทียบเท่ากับการใส่ปุ๋ยเคมี ส่วนการเติมกากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ให้ผลผลิตที่ต่ำกว่า ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะการเติมกากตะกอนในอัตราที่มากขึ้นไม่มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตของพืช ดังที่ อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ (2529) ได้รายงานว่า การเพิ่มผลผลิตไม่เพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนกับอัตราการเติมการตะกอน และที่อัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ เป็นอัตราที่เหมาะสมทั้งการทดลองในกระถาง

และภาคสนาม ซึ่งเมื่อพิจารณาผลผลิตของผักกวางตุ้งในการทิ้งช่วงครึ่งฤดูและหนึ่งฤดูตามลำดับพบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยในการทิ้งช่วงหนึ่งฤดูได้ผลผลิตผักกวางตุ้งสูงสุด จากการใส่กากตะกอนในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์



รูปที่ 15.21 ผลผลิตของผักคะน้า(นน.แห้ง,กก./ไร่) ภายหลังการเก็บเกี่ยว ที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดินต่างกัน เมื่อเติมกากตะกอน ลงดินในอัตรา 20 และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์

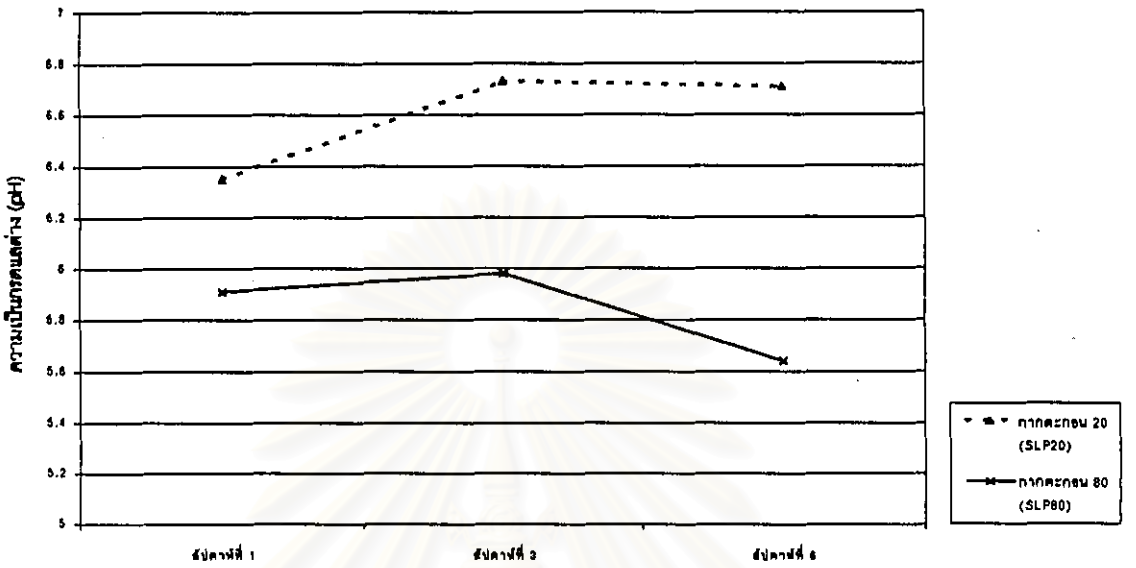
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 15.22 ผลผลิตของผักกวางตุ้ง(นน.แห้ง,กก./ไร่) ภายหลังการเก็บเกี่ยว ที่มีการทิ้งช่วงเวลาพักดิน ต่างกัน เมื่อเติมกากตะกอน ลงดินในอัตรา 20 และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์

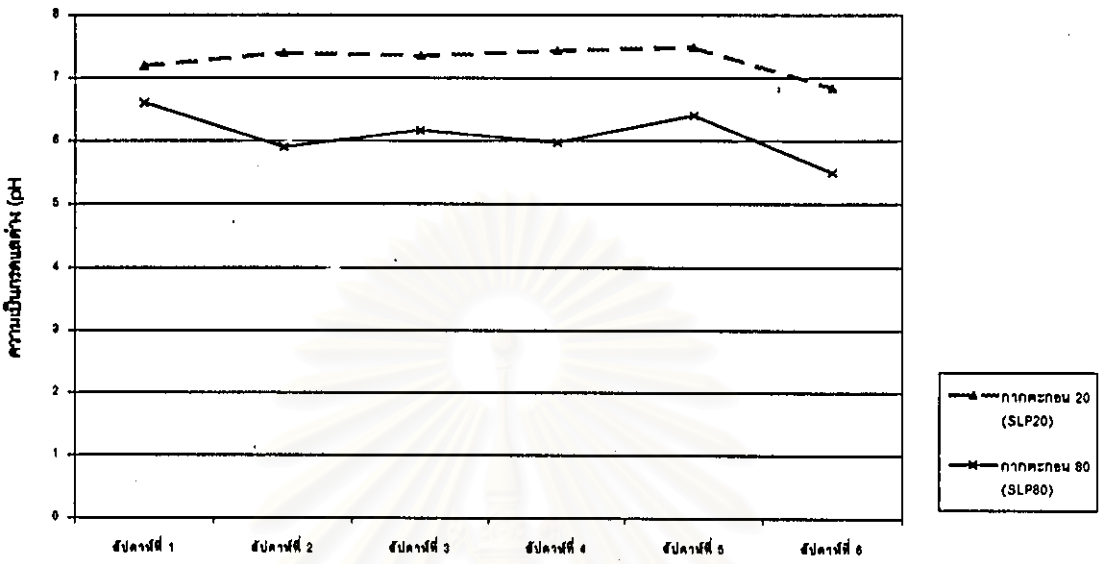
5.5.6 ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของดิน

การที่ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ในดินที่มีการใส่กากตะกอนทั้งในอัตรา 20 และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์มีสภาพเป็นกรดเล็กน้อย ตลอดช่วงการปลูกอาจเนื่องมาจากปฏิกิริยาในดินและกิจกรรมของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในกากตะกอนเป็นไปได้ดี อันเนื่องมาจาก C/N Ratio ที่เหมาะสมและจากการที่ดินมีสภาพเป็นกรดนี้เอง จึงทำให้การปลดปล่อยสังกะสีและแคดเมียมเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่เนื่องจากแคดเมียมที่มีอยู่ในกากตะกอนหรือแม้แต่ในดินเดิมเองก็มีปริมาณน้อยมาก จึงตรวจวัดได้ในปริมาณที่น้อยมากเมื่อเทียบกับสังกะสี



รูปที่ 5.23 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) ของดินในระหว่างการปลูกผักคะน้าฤดูกาลเพาะปลูกที่ 1

เมื่อพิจารณา pH ในดินระหว่างการปลูกผักคะน้าฤดูกาลที่ 2 โดยไม่ทิ้งช่วงเวลา จะเห็นว่าการใส่กากตะกอนในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ไม่ทำให้ pH เปลี่ยนแปลงไปมากนักเมื่อเทียบกับ pH ของดินเดิมซึ่งมีค่าประมาณ 7.1 และ pH ของกากตะกอนมีค่าประมาณ 7.0 ซึ่งแสดงว่าการเติมกากตะกอนในอัตรานี้มีความเหมาะสมต่อกิจกรรมจุลินทรีย์ในดินซึ่งจะทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพเมื่อปฏิกิริยาดินค่อนข้างเป็นกลาง(คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2530) ส่วนในช่วงสัปดาห์สุดท้ายก่อนการเก็บเกี่ยวพบว่าดินมีความเป็นกรดเล็กน้อยอาจเป็นผลมาจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในดินและมีการปลดปล่อยสังกะสีออกมาในช่วงนี้มากกว่าในช่วงสัปดาห์ต้น ๆ ของการเพาะปลูก ส่วนในตำรับทดลองที่ใส่กากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์พบว่าดินมีสภาพค่อนข้างเป็นกรดตลอดช่วงการเพาะปลูก อาจเป็นผลมาจากการเพิ่มปริมาณสารอินทรีย์ในปริมาณที่สูงอันเนื่องมาจากการใส่กากตะกอนทำให้ปฏิกิริยาของจุลินทรีย์เกิดเป็นกรดอินทรีย์

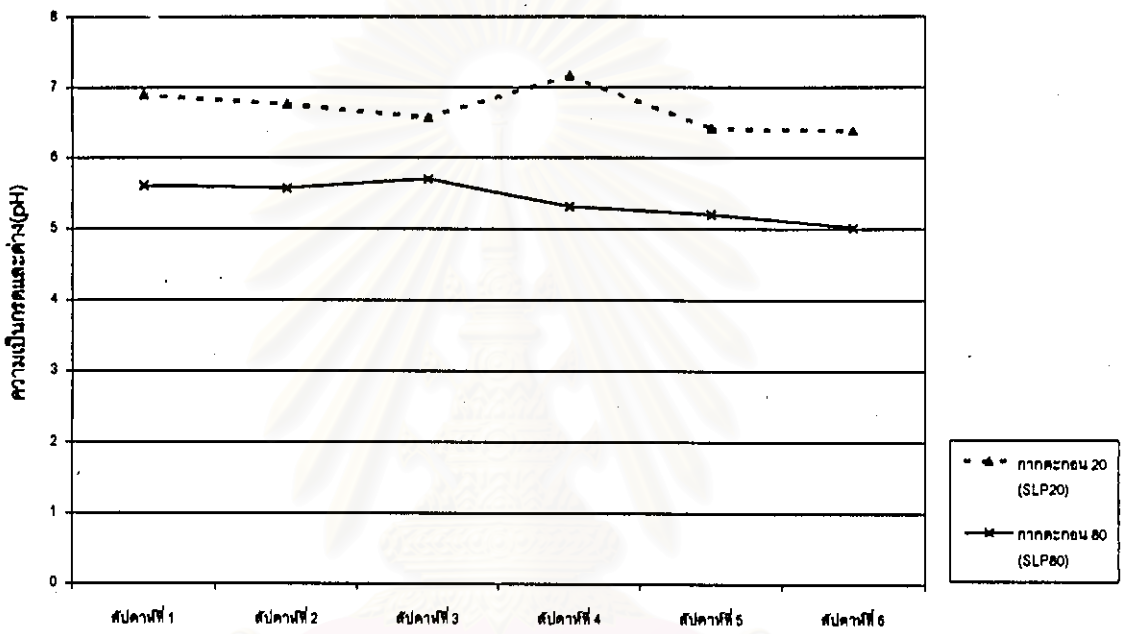


รูปที่ 5.24 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) ของดินในระหว่างการปลูกผักคะน้าฤดูกาลเพาะปลูกที่ 2 เมื่อไม่มีการทิ้งช่วงให้ดินพักตัว

เมื่อพิจารณาpHในดินระหว่างการปลูกผักคะน้าฤดูกาลที่ 2 โดยมีการทิ้งช่วงครึ่งฤดู พบว่าการเติมกากตะกอนในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ ทำให้ดินมีสภาพเป็นกรดเล็กน้อยตลอดช่วงเวลาฤดูกาลเพาะปลูกอาจเป็นเพราะมีการย่อยสลายของสารอินทรีย์ได้ดีโดยเฉพาะในตำรับทดลองที่ใส่กากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ซึ่งมีค่า pH ต่ำกว่าย่อมหมายถึงดินมีสภาพเป็นกรดและมีผลต่อการปลดปล่อยสังกะสีและแคดเมียมได้มากกว่า

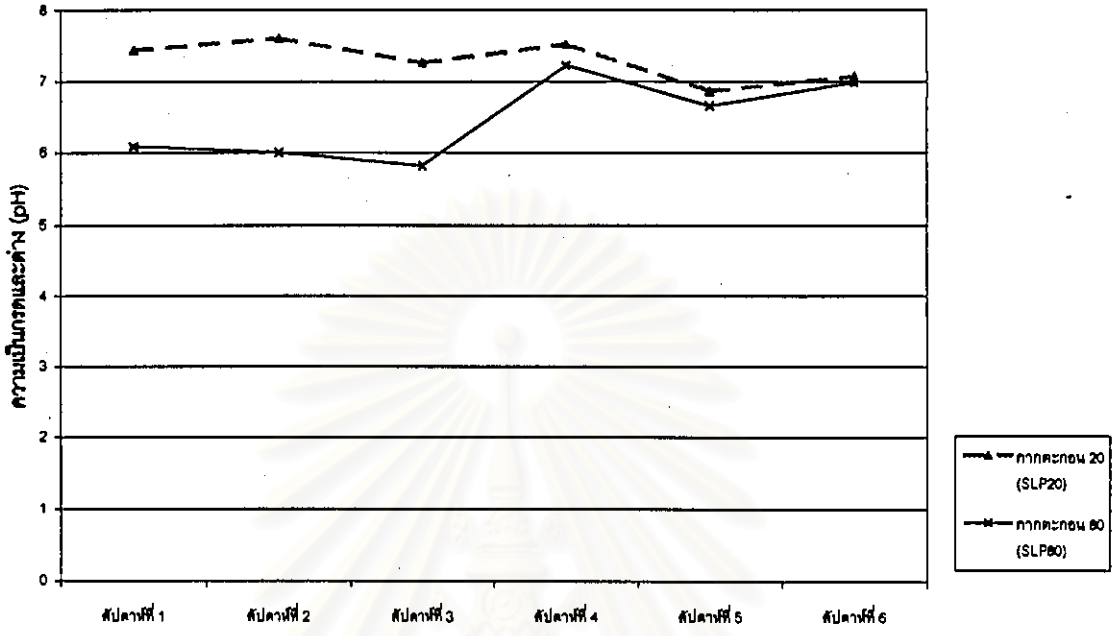
pH ในดินระหว่างการปลูกผักคะน้าฤดูกาลที่ 2 โดยมีการทิ้งช่วงหนึ่งฤดู พบว่า ในช่วงสัปดาห์แรกของการเพาะปลูกการเติมกากตะกอนในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์มีสภาพเป็นกลางถึงด่างเล็กน้อยทั้งนี้คงสภาพไปจนถึงช่วงสัปดาห์สุดท้ายของการเพาะปลูกนั้นย่อมแสดงว่าในช่วงแรกการปลดปล่อยสังกะสีและแคดเมียมยังอยู่ในอัตราที่ค่อนข้างต่ำแต่เมื่อเวลาผ่านไปการย่อยสลายของสารอินทรีย์ที่มีผลทำให้ pH ของดินลดลงซึ่งจะมีผลต่อการปลดปล่อยสังกะสีและแคดเมียมออกมาสู่สารละลายดิน สำหรับตำรับทดลองที่ใส่กากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์พบว่าดินมีสภาพเป็นกรดเล็กน้อยตลอดช่วงการเพาะปลูกโดยจะมีสภาพความเป็นกรดในช่วงสัปดาห์ที่ 4-5 แล้วเริ่มมีสภาพกรดเล็กน้อยไปจนถึงก่อนการเก็บเกี่ยวแสดงว่าการย่อยสลายกากตะกอนในระยะแรก

ทำให้ดินมีสภาพค่อนข้างเป็นกรดเมื่อเวลาผ่านไปประสิทธิภาพของการทำงานของจุลินทรีย์เริ่มดีขึ้น ดินจึงมีสภาพเป็นกลาง และเมื่อความสมดุลย์ลดลงอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาการย่อยสลายทำให้ pH ของดินลดลงดังกล่าว



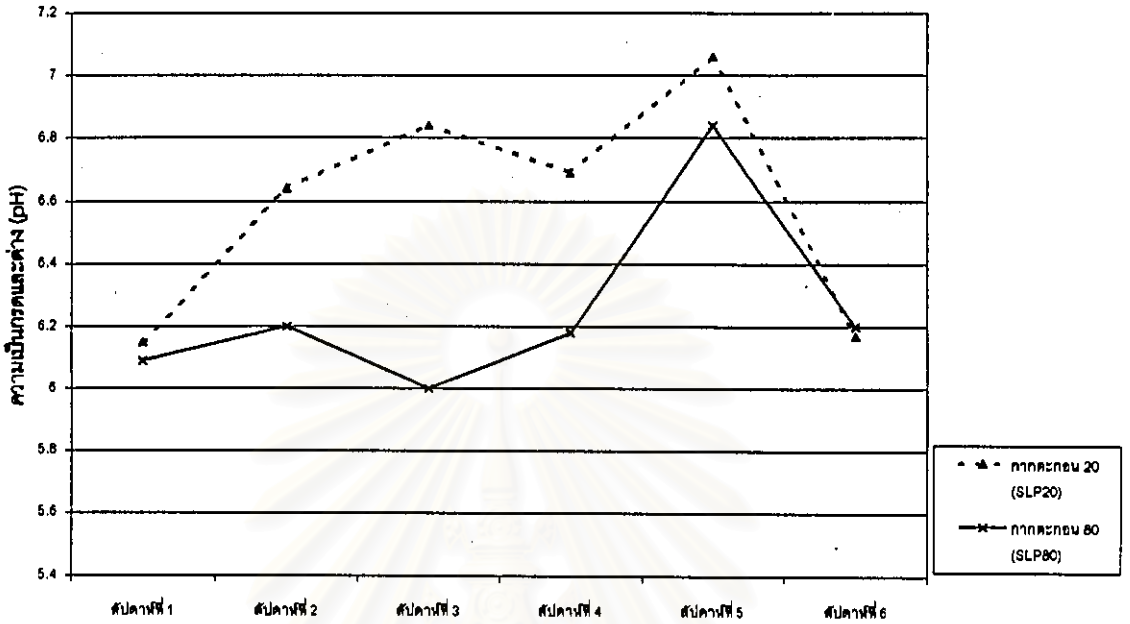
รูปที่ 5.25 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) ของดินในระหว่างการปลูกผักคะน้าฤดูกาลเพาะปลูกที่ 2 เมื่อมีการทิ้งช่วงครึ่งฤดูกาลเพาะปลูก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



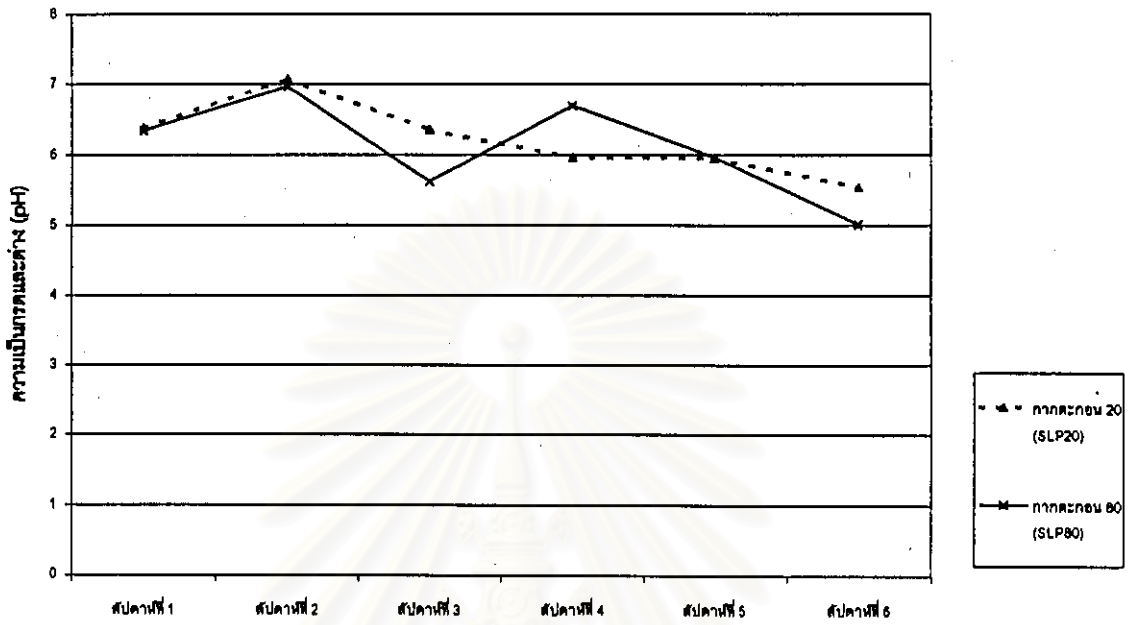
รูปที่ 5.26 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) ของดินในระหว่างการปลูกผักคะน้า ฤดูกาลเพาะปลูกที่ 2 เมื่อมีการทิ้งช่วงหนึ่งฤดูกาลเพาะปลูก

จากรูปที่ 5.27 ระหว่างการเติมกากตะกอนในอัตรา 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ลงสู่ดินแล้วปลูกผักกวางตุ้งในฤดูกาลเพาะปลูกที่ 1 ดินจะมีสภาพความเป็นกรดมากกว่าการเติมกากตะกอนในอัตรา 20 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ แสดงว่าการเติมกากตะกอนลงสู่ดินที่มีสภาพเป็นกลางจะส่งผลทำให้ pH ในดินลดลง เนื่องจากการแทนที่ไฮโดรเจนไอออนที่ยึดเกาะในดินของเกลืออนินทรีย์ (Kuntz และคณะ, 1984) และการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุก็จะได้กรดอินทรีย์ และในสภาวะความเป็นกรดในดินนี้เองก็จะมีส่วนทำให้เกิดการปลดปล่อยโลหะหนักออกมาจากกากตะกอนสู่สารละลายดิน ซึ่งในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ให้ความสนใจโดยเฉพาะสังกะสี และแคดเมียม สังกะสีในรูปที่พืชอาจใช้ประโยชน์ได้ก็จะถูกดูดดึงขึ้นไปอยู่ในพืชรวมทั้งแคดเมียมซึ่งมีสมบัติที่คล้ายคลึงกับสังกะสี แต่ในขณะเดียวกันภายในดินก็จะเกิดการแลกเปลี่ยนประจุบวกอันเป็นผลจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ ดังนั้นดินจึงมีบทบาทในการดูดซับสังกะสี และแคดเมียมไปพร้อม ๆ กัน



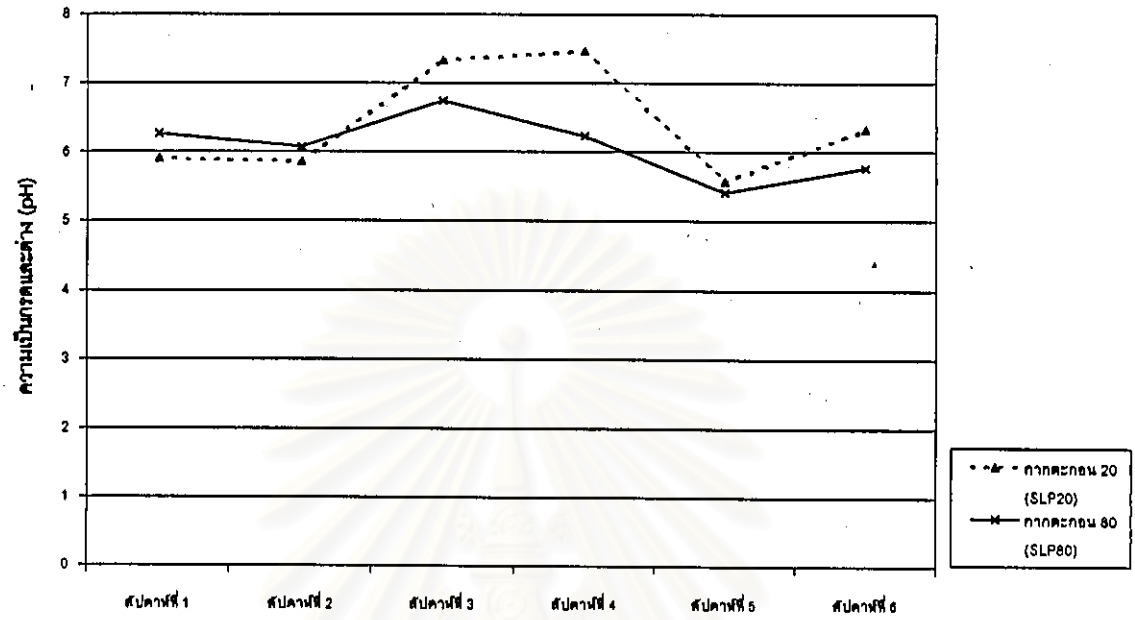
รูปที่ 5.27 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) ของดินในระหว่างการปลูกผักกวางตุ้งฤดูกาลเพาะปลูกที่ 1

เมื่อพิจารณาpHในดินระหว่างการปลูกผักกวางตุ้งในฤดูกาลที่ 2 โดยไม่ทิ้งช่วงเวลา พบว่าการใส่กากตะกอนในอัตรา 20 และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ ทำให้ pH ของดินไม่ค่อยมีความแตกต่างกันมากนักกล่าวคือในช่วงสัปดาห์ต้น ๆ ของการเพาะปลูกดินมีสภาพเป็นกรดเล็กน้อย จากนั้นจึงเริ่มเข้าสู่สภาพใกล้ความเป็นกลางแล้วกลับเข้าสู่สภาพความเป็นกรดอีกครั้งหนึ่งไปจนสิ้นฤดูกาลเพาะปลูกแสดงว่าในช่วงแรกที่มีการย่อยสลายสารอินทรีย์เกิดขึ้นทำให้ดินมีสภาพเป็นกรด และเมื่อกิจกรรมย่อยสลายของสารอินทรีย์เริ่มดีขึ้นจึงมีสภาพใกล้ความเป็นกลาง แต่การย่อยสลายก็ยังคงดำเนินการต่อไปเรื่อย ๆ จึงทำให้ดินกลับมีสภาพเป็นกรดซึ่งก็ส่งผลต่อการปลดปล่อยสังกะสีและแคดเมียมจากกากตะกอนสู่สารละลายดินด้วยเช่นกัน



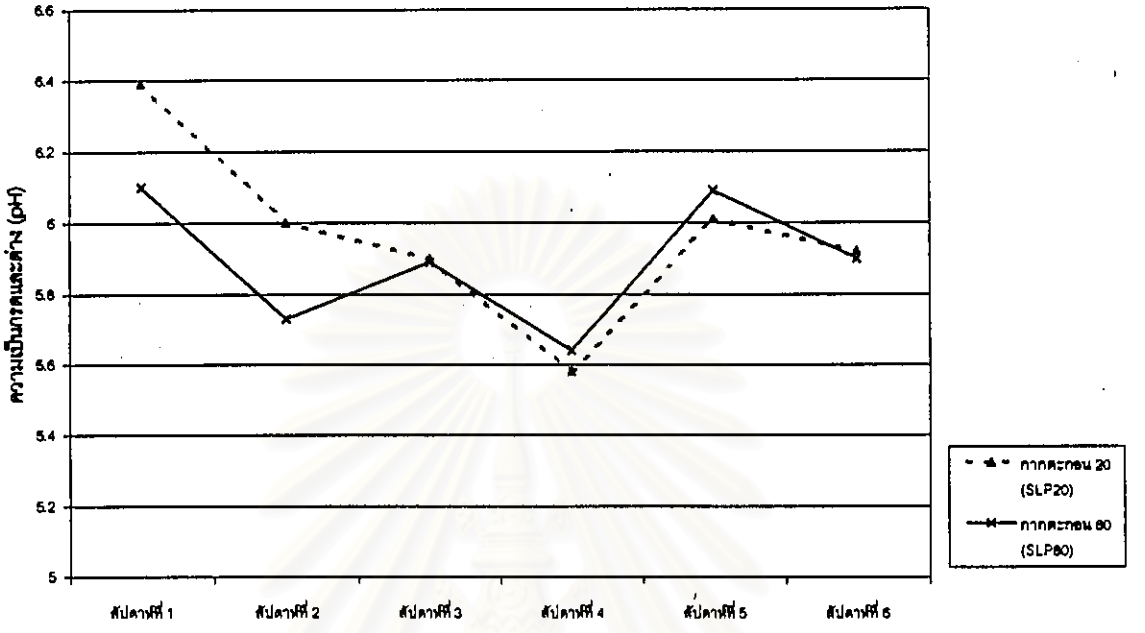
รูปที่ 5.28 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) ของดินในระหว่างการปลูกผักกวางตุ้งฤดูกาลเพาะปลูกที่ 2 เมื่อไม่มีการทิ้งช่วงให้ดินพักตัว

เมื่อพิจารณา pH ในดินระหว่างการปลูกผักกวางตุ้งในฤดูกาลที่ 2 โดยทิ้งช่วงครึ่งฤดู พบว่าการเปลี่ยนแปลงpHเป็นแบบเส้นโค้งกล่าวคือ ดินมีสภาพเป็นกรดในช่วงแรกแล้วเริ่มมีสภาพความเป็นกลางในช่วงท้ายสัปดาห์ที่ 3 ถึงต้นสัปดาห์ที่ 5 หลังจากนั้นก็กลับมีสภาพเป็นกรดจนถึงช่วงการเก็บเกี่ยวสังเกตุได้ว่ามีรูปแบบการเปลี่ยนแปลง pH คล้ายกันทั้งในการใส่กากตะกอนอัตรา 20 และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ แสดงว่าในช่วงต้นฤดูมีการย่อยสลายเกิดขึ้นและเมื่อมีการย่อยสลายอย่างต่อเนื่องจึงทำให้ดินกลับมีสภาพเป็นกรดอีกครั้งหนึ่งจนถึงช่วงการเก็บเกี่ยวซึ่งแสดงถึงการปลดปล่อยสังกะสีและแคดเมียมจากกากตะกอนสู่สารละลายดินอย่างต่อเนื่องเกิดขึ้นพร้อม ๆ กัน การปลดปล่อยสังกะสีและแคดเมียมจากกากตะกอนเมื่อเข้าสู่ช่วงกลางฤดูปฏิกิริยาของการย่อยสลายเริ่มมีความสมดุลย์ขึ้น ดินจึงมีสภาพเป็นกลางถึงด่างเล็กน้อย



รูปที่ 5.29 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) ของดินในระหว่างการปลูกผักกวางตุ้งฤดูกาลเพาะปลูกที่ 2 เมื่อมีการทิ้งช่วงครึ่งฤดูกาลเพาะปลูก

เมื่อพิจารณา pH ในดินระหว่างการปลูกผักกวางตุ้งฤดูกาลที่ 2 โดยมีการทิ้งช่วงหนึ่งฤดู พบว่าผลจากการเติมกากตะกอนทั้งในอัตรา 20 และ 80 เมตริกตันต่อเฮกแตร์ทำให้ดินมีสภาพความเป็นกรดเล็กน้อยตลอดช่วงการเพาะปลูก โดยมีการเปลี่ยนแปลงของ pH น้อยมาก อาจเนื่องมาจากอิทธิพลของสารคอลลอยด์ในดินที่มีประสิทธิภาพในการต้านการเปลี่ยนแปลง pH และมีการย่อยสลายของสารอินทรีย์อย่างต่อเนื่องไปจนสิ้นฤดูกาลเพาะปลูก ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการที่ดินได้มีระยะพักตัวนานจึงส่งผลให้การย่อยสลายที่เกิดขึ้นเกิดอย่างต่อเนื่องและค่อยเป็นค่อยไป



รูปที่ 5.30 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) ของดินในระหว่างการปลูกผักกวางตุ้งฤดูกาลเพาะปลูกที่ 2 เมื่อมีการทิ้งช่วงการหนึ่งฤดูกาลเพาะปลูก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย