บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 สมบัติของตะกอน ตะกอนผสมทราย และดินสีดาก่อนการทดลอง

5.1.1 ตะกอน โดยทั่วไป ตะกอนมีลักษณะเป็นวัสดุเนื้อละเอียด (Fine texture) ที่มีปริมาณธาตุอาหารสูง แต่มีคุณสมบัติทางกายภาพเลว มีช่องว่างขนาดเล็ก (micro pore) ต่ำ และเหนียวเมื่อเปียก ซึ่งไม่เหมาะต่อการเจริญเติบโตของราก ซึ่งลักษณะดังกล่าวเหมาะสมต่อการผลิตพืชผักชนิดกินใบแต่ไม่เหมาะสมต่อพืชไม้ดอก

ลักษณะของตะกอนบึงมักกะสัน ลักษณะทางกายภาพเป็นลักษณะโคลนเหลวมีน้ำปะปนอยู่เป็นปริมาณมาก ในบางจุดเก็บตัวอย่างโดยเฉพาะแนวที่ 2 มีคราบน้ำมันปะปนอยู่เป็นปริมาณมาก สีของน้ำในแนวที่ 1 เป็นสีเขียวทั้งนี้เนื่องมาจากมีสาหร่ายอยู่ในปริมาณมาก ส่วนแนวที่ 2,3 และ4 มีสีดำมีกลิ่นไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) เมื่อตากตะกอนจนแห้ง ลักษณะจะเป็นแผ่นแข็ง ต้องทำการบดก่อนจึงจะทำการปลูกพืชได้

ปริมาณของธาตุอาหารได้มีผู้ทำการวิเคราะห์ไว้ตามตารางที่ 5.1 จากตารางที่ 5.1 จะเห็นได้ว่า ตะกอนมีค่า pH เป็นกลาง และมีปริมาณของสารอินทรีย์สูงถึง 6.6% ปริมาณธาตุอาหารต่างๆ มีปริมาณมาก ส่วนโลหะจะพบว่ามีปริมาณของแคลเซียม แมกนีเซียม เป็นปริมาณมากถึง 4,800 และ1,400 พีพีเอ็ม ตามลำดับ และมีค่าของแมงกานีส สังกะสี ซึ่งจัดได้ว่าเป็นปริมาณมากเช่นกันถึง 94 และ100 พีพีเอ็มตามลำดับ (ตารางที่ 5.2) จากตารางที่ 5.3 จะพบว่าเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์มาก ส่วนปริมาณโลหะหนักในดินเมื่อเทียบกับน้ำจะพบว่า โลหะทุกชนิดปริมาณการสะสมในดินจะมีมากกว่าในน้ำเป็นปริมาณมาก และจะสังเกตได้ว่าจะมีปริมาณ แมงกานีส สังกะสี และทองแดงเป็นปริมาณมาก ทั้งนี้เนื่องมาจากในการทำรางรถไฟนั้น รางรถไฟที่ดีจะต้องมีการขยายตัวได้ดี เมื่อได้รับความร้อนสูง ซึ่งเหล็กประเภทนี้ต้องมีปริมาณของแมงกานิสสูง

จากการทดลอง (ตารางที่ 5.4) พบว่าค่า pH ของตะกอนอยู่ในช่วง 6.95-7.08 ซึ่งอยู่ในช่วงเป็นกลางเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช เมื่อพิจารณาความอุดมสมบูรณ์ของตะกอนซึ่งดูได้จากปริมาณของ N P K ที่มีอยู่ในตะกอน พบว่าปริมาณของ แอมโมเนียม-ไนโตรเจน ไนเตรต-ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปตัสเซียม จัดได้ว่ามีปริมาณมากโดยที่มีค่าตั้งแต่ 727.88-991.25, 50-600, 3.05-6.08, 1450-4150 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ การที่ผลการทดลองมีช่วงกว้างทั้งนี้ก็เพราะเนื่องมาจาก ตะกอนในแต่ละส่วนมีปริมาณของธาตุอาหารในปริมาณที่ไม่เท่ากัน แต่เมื่อเฉลี่ยแล้วจะได้ปริมาณของแอมโมเนียม-ไนโตรเจน ไนเตรต-ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปตัสเซียมเท่ากับ 882.44, 290, 4.92, 3387.5 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ ปริมาณโลหะในตะกอนพบว่าปริมาณของเหล็ก แมกนีเซียม แมงกานีส ตะกั่ว และแคดเมียมจะมีค่าเท่ากับ 33.13-

245.88, 74.12-116.74, 8.13-13.58, 22.03-32.3, 0.12-0.14 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณของเหล็ก และแมกนีเซียมเป็นโลหะที่มีปริมาณสูงมาก ทั้งนี้เนื่องมาจากโรงงานรถไฟของการรถไฟฯ มีการใช้เหล็กเป็นองค์ประกอบหลักในการซ่อมสร้างตู้รถไฟ ดังนั้นจึงเป็นแหล่งใหญ่ในการที่ปล่อยเหล็กลงสู่แหล่งน้ำ

โดยเฉลี่ยแล้วมีปริมาณเหล็ก แมกนีเซียม แมงกานิส ตะกั่ว และแคดเมียม อยู่เท่ากับ 102.75, 96.71,12.06,28.43, 0.13 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ

5.1.2 <u>ตะกอนผสมทราย</u> จากการที่นำเอาตะกอนจากบึงมักกะสัน มาผสมกับทรายละเอียดในอัตราส่วน 1:1 นั้นทำให้ลักษณะของตะกอนจะอยู่ในสภาพที่ร่วนมากขึ้น ทำให้มีโพรงอากาศมากขึ้น รากพืชสามารถชอนไชหาอาหารได้มากขึ้น เมื่อนำเอาทรายมาผสมกับตะกอนทำให้ปริมาณธาตุอาหารในกระบะทดลองโดยทั่วไปจะลดลง สังเกตได้จากผลการทดลอง ปริมาณของแอมโมเนียม-ไนโตรเจน ไนเตรต-ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปตัสเซียม จะมีค่าเท่ากับ 145.38-1049.13, 420-5840, 2.93-15.95 และ550-800 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ โดยเฉลี่ยแล้วจะมีค่าเท่ากับ 760, 2450, 8.60, 662.125 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ และมีค่าพีเอชเท่ากับ 6.98

ส่วนโลหะในตะกอนผสมทรายนั้นก็เช่นเดียวกัน โดยพบว่าปริมาณของเหล็ก แมกนีเซียม แมงกานิส ตะกั่ว และแคดเมียม นั้นมีค่าเท่ากับ 10.75-420.75, 36.87-118.74, 7.68-10.18, 9.24-45.01 และ0.1-0.14 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ ซึ่งโดยเฉลี่ยจะเท่ากับ 134.62, 79.93, 8.80, 20.88 และ0.125 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ

ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับตะกอนจะพบว่า โดยส่วนใหญ่แล้วตะกอนผสมทราย จะมีปริมาณธาตุอาหารต่างๆ น้อยกว่าในตะกอน ทั้งนี้เพราะสัดส่วนของตะกอนน้อยกว่าจึงทำให้มีปริมาณน้อยกว่าในตะกอน ทั้งนี้ในส่วนของธาตุอาหารที่มีค่ามากกว่าคือ ไนเตรต-ไนโตรเจน ที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากในตะกอนผสมทรายมีปริมาณของก๊าซออกซิเจนมากกว่า ทั้งนี้เพราะมีความพรุนมากกว่า จุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่ออกซิไดซ์แอมโมเนียม-ไนโตรเจน ไปเป็นไนเตรต-ไนโตรเจนจึงทำงานได้ดีกว่า

5.1.3 <u>ดินสีดา(ดินควบคุม)</u> ในการทดลองครั้งนี้ ได้ใช้ดินสีดาเป็นดินชุดควบคุม ทั้งนี้เพราะดินสีดาเป็นดินที่มีธาตุอาหารในปริมาณมาก เหมาะกับการใช้ปลูกผัก พืชไม้ดอก จึงควรมีธาตุอาหารอยู่เป็นปริมาณมาก ซึ่งผลการทดลองยืนยันได้ว่าดินสีดาที่ใช้มีปริมาณธาตุอาหารอยู่มาก โดยที่ปริมาณของแอมโมเนียม-ไนโตรเจน ไนเตรต-ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปตัสเซียม มีค่าอยู่ในช่วง 128.75-1351.63, 40-780, 52.83-261.03 และ1525-2725 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ ซึ่งเฉลี่ยแล้วมีปริมาณเท่ากับ 738.06, 420, 163.18 และ2067.5 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ จัดได้ว่าเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์มาก

โลหะในดินสีดานั้นมีปริมาณใกล้เคียงกับตะกอน และตะกอนผสมทราย ยกเว้นตะกั่ว ซึ่งจะมีปริมาณน้อยกว่าในตะกอน และตะกอนผสมทรายเป็นปริมาณมาก ปริมาณโลหะในดินสีดานั้นพบว่ามีปริมาณของเหล็ก แมกนีเซียม แมงกานิส ตะกั่ว และแคดเมียม อยู่ในช่วง 25-29.50, 35.74-116.87,

6.23-12.15 และ 0.13-0.27 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าโลหะแคดเมียม ซึ่งเป็นธาตุที่พืชไม่ได้ใช้มีปริมาณน้อย ส่วนตะกั่วนั้นมีปริมาณมากทั้งนี้เพราะโรงงานรถไฟมักกะสันได้มีการปล่อยตะกั่วที่มาจากแบตเตอรีในโรงงานรถไฟเข้าสู่บึง

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างตะกอนกับดินสีดาพบว่า ตะกอนมีปริมาณของฟอสฟอรัสน้อยกว่าในดินสีดา ส่วนปริมาณของแอมโมเนียม-ไนโตรเจน ไนเตรต-ไนโตรเจน และโปตัสเซียม มีปริมาณเพียงพอในการใช้ปลูกพืช โลหะในตะกอน และดินสีดาจะพบว่าในตะกอนจะมีปริมาณของโลหะมากกว่าดินสีดาเป็นปริมาณมาก ดังนั้นตะกอนน่าจะเหมาะในการปลูกพืช ถ้าได้มีการปรับปรุงสภาพทางกายภาพให้ดีขึ้น

5.2 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชในวัสดุปลูกระหว่างการทดลอง

การเติมปุ๋ยลงในวัสดุปลูกที่ทำการทดลองนั้น ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าทั้งชนิดของวัสดุปลูก อัตราการให้ปุ๋ย และระยะเวลาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช การที่ค่าพีเอชไม่มีการเปลี่ยนแปลงทั้งนี้อาจเป็นเพราะ การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารต่างๆ มีอยู่อย่างต่อเนื่องตลอดเวลา อีกทั้งยังอาจมีผลเนื่องมาจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่างๆ ภายในวัสดุปลูก

5.3 การเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารในวัสดุปลูกระหว่างดำเนินการทดลอง

5.3.1 ค่าแอมโมเนียม-ไนโตรเจน และไนเตรต-ไนโตรเจน

5.3.1.1 การเปลี่ยนแปลงค่าแอมโมเนียม-ไนโตรเจน ของวัสดุปลูกในระหว่างดำเนินการทดลองนั้น ข้อมูลที่ได้มีความผันแปรทั้งนี้ช่วงเวลาของการเก็บ ชนิดของวัสดุปลูก และอัตราการให้ปุ๋ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าไนเตรต-ไนโตรเจน ของวัสดุปลูกพบว่า ช่วงเวลา และอัตราการให้ปุ๋ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนชนิดของวัสดุปลูกนั้นไม่มีความแตกต่างเกิดขึ้น

ปริมาณของแอมโมเนียม-ไนโตรเจน พบว่าเมื่อพิจารณาตะกอนที่นำมาใช้เป็นวัสดุปลูก พบว่า มีอัตราการเปลี่ยนแปลงไม่แน่นอน ปริมาณของแอมโมเนียม-ไนโตรเจน ในช่วงสัปดาห์แรกมีค่าสูง และมีค่าใกล้เคียงกันในอัตราการให้ปุ๋ยต่างๆ ในสัปดาห์ต่อมามีการเปลี่ยนแปลงในปริมาณที่ไม่แน่นอน ส่วนตะกอนผสมทราย และดินสีดาก็มีลักษณะเช่นเดียวกัน

ปริมาณของแอมโมเนียม-ไนโตรเจน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างชนิดของวัสดุปลูกชนิดต่างๆ พบว่าดินสีดากับตะกอนผสมทราย มีปริมาณใกล้เคียงกันส่วนตะกอนมีปริมาณน้อย เมื่อเปรียบเทียบระหว่าง อัตราการให้ปุ๋ยพบว่า อัตราการให้ปุ๋ย 0 และ 150 กิโลกรัม/ไร่ กับอัตราการให้ปุ๋ย 50 และ 100 กิโลกรัม/ไร่ มีความแตกต่างกัน และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างเวลาในการปลูกพบว่า

ในสัปดาห์ที่ 2 จะมีค่ามากกว่า ส่วนในสัปดาห์ที่ ๐, 4, 6 จะมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนในสัปดาห์ที่ 8 จะมีปริมาณน้อย เนื่องจากผลที่ได้มีค่าผันแปร จึงเป็นการยากที่จะบอกได้ว่า ปัจจัยใดเป็นปัจจัยสำคัญในการเปลี่ยนแปลงของแอมโมเนียม-ไนโตรเจน

5.3.1.2 ปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจน พบว่าปริมาณของไนเตรต-ไนโตรเจนจะมีค่าสูงมาก ในสัปดาห์ที่ 4 ของอัตราการให้ปุ๋ย 150 กิโลกรัม/ไร่ ทุกชนิดของวัสดุปลูก เมื่อพิจารณาตะกอนพบว่าในสัปดาห์แรก จะมีปริมาณไนเตรตน้อยมาก และค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนกระทั่งสูงสุดในสัปดาห์ที่ 4 แล้วค่อยลดลง เมื่อพิจารณาดินสีดาที่ใช้เป็นดินควบคุม พบว่าในสัปดาห์แรกมีปริมาณไนเตรตน้อย แล้วค่อยๆ เพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 2-6 และลดลงในสัปดาห์ที่ 8 ส่วนตะกอนผสมทรายนั้นมีการเปลี่ยนแปลงไม่แน่นอน

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบวัสดุปลูกชนิดต่างๆ พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญแต่เมื่อพิจารณาถึง อัตราการให้ปุ๋ยแล้วพบว่า อัตราการให้ปุ๋ย 150 กิโลกรัม/ไร่ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนอัตราการให้ปุ๋ย ๐, 50,100 กิโลกรัม/ไร่ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อพิจารณาถึงระยะเวลาแล้วพบว่าในสัปดาห์ที่ 4 มีความแตกต่าง ส่วนสัปดาห์ที่ ๐, 2, 6 และ 8 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ปริมาณของแอมโมเนียม-ไนโตรเจน และไนเตรต-ไนโตรเจน พบว่ามีการแปรผันมาก ทั้งนี้เนื่องมาจากปริมาณไนโตรเจนทั้ง 2 รูปนี้แล้ว ยังมีสารประกอบไนโตรเจนรูปอื่นๆ ที่สามารถเปลี่ยนรูปได้ จากปุ๋ยเคมีที่ให้ และทั้งยังมาจากสารอินทรีย์ไนโตรเจนที่มีอยู่ในวัสดุปลูกเอง และนอกจากนี้ยังเนื่องมาจากอัตราการเจริญเติบโตของผักคะน้าด้วย

5.3.2 ฟอสฟอรัส การเปลี่ยนแปลงฟอสฟอรัสในวัสดุปลูกระหว่างการทดลอง จากผลการทดลอง พบว่าตะกอน และตะกอนผสมทรายมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากในระยะเวลาต่างๆ ส่วนดินสีดาพบว่าการเปลี่ยนแปลงมีความแปรผันมาก

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างวัสดุปลูก พบว่าดินสีดามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับตะกอน และตะกอนผสมทราย ส่วนตะกอนและตะกอนผสมทรายไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างอัตราการให้ปุ๋ยพบว่า อัตราการให้ปุ๋ย ๐ และ 50 กิโลกรัม/ไร่ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกัน ส่วนอัตราการให้ปุ๋ย 100 และ 150 กิโลกรัม/ไร่ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อพิจารณาระยะเวลาพบว่า ในสัปดาห์ที่ ๐,6,8 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับสัปดาห์ที่ 2 และ 8

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ปริมาณฟอสฟอรัสในตะกอน และตะกอนผสมทรายมีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับดินสีดา และอัตราการให้ปุ๋ยมีผลต่อการตกค้างของฟอสฟอรัส โดยที่การให้ปุ๋ยในอัตราสูงจะมีปริมาณการตกค้างมากกว่าการให้ปุ๋ยในอัตราต่ำ

ตารางที่ 5.1 คุณสมบัติของตะกอนดินระยะ 3-5 ม.และตะกอนดินพื้นผิวระยะ 0-5 ซม.

คุณสมบัติ	ตะกอนดิน	ตะกอนดินพื้นผิว
pH	7.2	7.0
Sand/silt/clay (%)	35/30/35	41/26/33
Texture	Clay loam	Clay loam
Organic matter (%)	1.0	6.6
Organic C (%)	0.57	3.81
Total N (%)	0.077	0.303
C/N	7.4	12.6
CEC (meq/100 gds)	19.25	22.50
Avail. P (ppm)	58	98
K (ppm)	330	380
Ca (ppm)	3,600	4,800
Mg (ppm)	1,400	1,400
Zn (ppm)	14	100
Mn (ppm)	116	94
Fe (ppm)	50	54
Cu (ppm)	68	14

(โครงการปรับปรุงบึงมักกะสัน ตามพระราชดำริ ,2532)

ตารางที่ 5.2 การประเมินระดับธาตุอาหารพืชและค่าวิเคราะห์ต่างๆ ในดินทั่วไป(ppm)

ระดับ	ฟอสฟอรัส(P)	โปตัสเซียม(K)	แคลเซียม(Ca)	แมกนีเซียม(Mg)
ต่ำมาก	< 6	< 31	.....	.....
ต่ำ	6-10	31-60	< 101	< 26
ปานกลาง	11-25	61-90	101-200	26-50
สูง	26-45	91-120	201-400	51-100
สูงมาก	46-100	121-240	301-400	101-200
สูงมากเกิน	101+	241+	401(?)+	201(?)+

ระดับ	อินทรีย์วัตถุ (OM) %	ความสามารถแลกเปลี่ยนประจุบวก(CEC) me/100g	ความอิ่มตัวธาตุประจุจำพวกด่าง me/ ดิน 100 กรัม
ต่ำมาก	<0.5	< 5	.....
ต่ำ	0.5-1.4	5-9	< 35
ปานกลาง	1.5-2.9	10-19	35-74
สูง	3.0-4.4	20-29	75 +
สูงมาก	4.5 +	30 +	.....

ปฏิกิริยาของดิน

pH	ความเป็นกรดด่าง	ผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช
> 7.0	ด่าง	ความเป็นประโยชน์ของจุลธาตุอาหารพืชลดน้อยลง
7.0	กลาง	ความเป็นประโยชน์ของจุลธาตุอาหารพืชบางชนิดน้อย
6.9-6.0	กรดเล็กน้อย	เหมาะสำหรับการเจริญเติบโตของพืชทั่วไป (pH 6.5)
5.9-5.5	กรดปานกลาง	ปลูกพืชบางชนิดต้องใส่ปูน เช่นพริก มะเขือเทศ
5.4-4.5	กรดจัด	ปลูกพืชเศรษฐกิจเกือบทุกชนิดต้องใส่ปูนปรับสภาพความเป็นกรด

ตารางที่ 5.3 เปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักในตะกอนดินกับในน้ำ

โลหะหนัก	ความเข้มข้น(ppm)	
	น้ำ	ตะกอนดิน
สังกะสี (Zn)	65.8	240
แมงกานิส (Mn)	206	637
ทองแดง (Cu)	9.3	31.9
โครเมียม (Cr)	9.6	4.9
ตะกั่ว (Pb)	4.8	1.9
แคดเมียม (Cd)	0.6	0.2
ปรอท (Hg)	0.2	4.5
นิเกิล (Ni)	28.3	12.7

(โครงการปรับปรุงบึงมักกะสัน ตามพระราชดำริ ,2532)

ตารางที่ 5.4 ปริมาณธาตุอาหารในวัสดุปลูกก่อนการทดลอง

ตำรับการทดลอง	ปริมาณธาตุอาหารในวัสดุปลูกก่อนการทดลอง								
	NH_4^+-N µg/g	NO_3^--N mg/g	P µg/g	K µg/g	Fe µg/g	Mg µg/g	Mn µg/g	Cd µg/g	Pb µg/g
CN0	128.75	0.78	261.03	1525	25.0	116.87	10.03	0.13	4.38
MN0	148.38	2.86	15.95	625	23.88	100.49	9.03	0.14	9.14
SN0	991.25	0.05	6.68	1450	33.13	116.74	13.00	0.14	30.56
CN1	1351.63	0.32	52.83	1850	29.13	99.12	12.15	0.27	8.77
MN1	1049.13	0.42	2.93	550	83.13	118.74	10.18	0.13	45.01
SN1	980.75	0.27	3.05	4150	71.00	84.74	13.58	0.12	22.03
CN2	897.38	0.04	108.55	2725	29.50	35.74	11.78	0.21	6.4
MN2	1001.00	0.68	9.30	800	10.75	63.62	8.30	0.1	13.03
SN2	727.88	0.24	3.30	3825	61.00	111.24	8.13	0.12	28.78
CN3	574.50	0.54	230.30	2170	29.50	53.49	6.23	0.17	8.65
MN3	844.38	5.84	6.23	673	420.75	36.87	7.68	0.13	16.23
SN3	829.88	0.60	6.65	41.25	245.88	74.12	13.58	0.13	32.34

ปัจจัยที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งที่ควบคุมความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสคือ เมื่อพิจารณาปริมาณของเหล็กที่มีอยู่ในตะกอน ตะกอนผสมทราย และดินสีดา พบว่าในดินสีดามีปริมาณของเหล็กน้อยกว่าในตะกอน และตะกอนผสมทราย นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณของเหล็กเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาอีกด้วย ปริมาณเหล็กที่กล่าวถึงนี้จะไปจับกับฟอสเฟตกลายไปเป็นสารประกอบเหล็กฟอสเฟตที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช

5.3.3 โปตัสเซียม การเปลี่ยนแปลงของโปตัสเซียมในวัสดุปลูกระหว่างการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่การเปลี่ยนแปลงของโปตัสเซียมในวัสดุปลูกนั้น จะพบว่าในส่วนใหญ่แล้วปริมาณโปตัสเซียมในตะกอน จะมีปริมาณมากกว่าดินสีดา และดินสีดามีปริมาณมากกว่าตะกอนผสมทราย และมีอัตราการลดลงในระหว่างการดำเนินการทดลอง เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างวัสดุปลูกชนิดต่างๆ แล้ว จะพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในทุกๆ วัสดุปลูก และเมื่อพิจารณาถึงอัตราการให้ปุ๋ยแล้วพบว่า อัตราการให้ปุ๋ย 100 และ 150 กิโลกรัม/ไร่ เท่านั้นที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ถ้าพิจารณาระยะเวลาการทดลองจะพบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างสัปดาห์ที่ 0 กับสัปดาห์ที่ 2 กับ 4 และสัปดาห์ที่ 6 กับ 8

จากผลการทดลองพบว่าในดินสีดาจะมีปริมาณของโปตัสเซียมมากกว่าในตะกอน และตะกอนผสมทรายมาก และยังพบว่ามีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลา การที่ดินสีดามีปริมาณของโปตัสเซียมมากกว่าทั้งนี้เนื่องมาจาก โปตัสเซียมเมื่อรวมกับอินทรีย์สารจะถูกพืชดูดนำมาใช้ได้ง่ายกว่า ในสภาพที่ถูกดูดยึดในดินทั่วไป (ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา,2529) และนอกจากนี้ถ้าดินมีอนุภาคดินเหนียวมากจะตรึงโปตัสเซียมได้มาก ทำให้ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา,2526)

5.3.4 เหล็ก การเปลี่ยนแปลงของเหล็กในวัสดุปลูกชนิดต่างๆ ในระหว่างการทดลองนั้น จะเห็นได้ว่าในสัปดาห์แรกมีปริมาณของเหล็กน้อย และค่อยๆ เพิ่มขึ้นตามระยะเวลา ในทุกวัสดุปลูกโดยที่ในตะกอนจะมีปริมาณมากที่สุด รองลงมาได้แก่ตะกอนผสมทราย และดินสีดา

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบพบว่า การเปลี่ยนแปลงของเหล็กในวัสดุปลูกมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อนำมาเปรียบเทียบข้อแตกต่างจะพบว่าชนิดของวัสดุปลูกแต่ละชนิดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญซึ่งกันและกัน เมื่อพิจารณาถึงอัตราการให้ปุ๋ยจะพบว่า อัตราการให้ปุ๋ยที่ 0 กิโลกรัม/ไร่ จะมีความแตกต่างเกิดขึ้น นอกนั้นไม่มีความแตกต่าง

ส่วนเมื่อพิจารณาระยะเวลาในการปลูกจะพบว่าในสัปดาห์ที่ 0, 2 และ 4 ไม่มีความแตกต่างซึ่งกันและกัน ส่วนในสัปดาห์ที่ 6 และ 8 พบว่ามีความแตกต่างเกิดขึ้น

การที่พบเหล็กในตะกอน และตะกอนผสมทรายมากทั้งนี้เพราะ โรงงานรถไฟเป็นแหล่งที่ปล่อยเหล็กลงสู่บึงที่สำคัญ โดยการปล่อยเหล็กลงสู่บึงนั้นมาตามท่อน้ำทิ้งของโรงงาน ซึ่งนอกจากจะมีเหล็กปะปนอยู่ด้วยแล้วยังมีคราบน้ำมัน และโลหะหนักต่างๆ อย่างอื่นปะปนลงมาด้วย

จากผลการทดลอง ปริมาณของเหล็กจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาทั้งนี้เกิดเป็นเพราะปริมาณของเหล็กในสัปดาห์แรก เหล็กอยู่ในรูปออกไซด์ของเหล็ก (สนิมเหล็ก) ต่อมาเมื่อออกไซด์ของเหล็กได้รับความชื้นอีกทั้งการเปลี่ยนรูปของเหล็กไปเป็นเหล็กที่สามารถละลายน้ำได้จึงทำให้ปริมาณ

ของเหล็กในวัสดุปลูกเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในตะกอนจะพบว่าเพิ่มขึ้นในอัตราที่สูงมาก

5.3.5 แมงกานีส การเปลี่ยนแปลงแมงกานีสนั้น จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของแมงกานีสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกตำรับการทดลอง แต่จะลดลงในสัปดาห์ที่ 8 แต่เมื่อพิจารณาในแต่ละตำรับการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ความแตกต่างที่เกิดขึ้นเมื่อพิจารณาแยกในแต่ละส่วนพบว่าเกิดความแตกต่างในระหว่างวัสดุปลูกแต่ละชนิด โดยพบว่าแมงกานีสจะมีค่าสูงสุดในตะกอน อัตราการให้ปุ๋ยก็เช่นเดียวกันพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ระหว่างอัตราการให้ปุ๋ย 0, 50 กับ 100, 150 กิโลกรัม/ไร่

ปริมาณแมงกานีสที่ตกค้างอยู่ในวัสดุปลูกเมื่อพิจารณาค่าที่ได้จากการทดลองจะพบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน แหล่งที่มาของแมงกานีสในตะกอน นอกจากจะมีอยู่ตามปกติในธรรมชาติแล้ว แหล่งใหญ่อีกแหล่งหนึ่งคือ น้ำทิ้งจากโรงงานมักกะสัน

5.3.6 แมกนีเซียม ปริมาณแมกนีเซียมที่ได้จากการทดลอง ปริมาณแมกนีเซียมมีความผันแปร แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแมกนีเซียมในเวลาต่างๆ แล้วไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อพิจารณาถึงความแตกต่างระหว่าง ชนิดของวัสดุปลูกแต่ละชนิด พบว่า ตะกอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ กับวัสดุปลูกคือ ตะกอนผสมทราย และดินสีดา ส่วนอัตราการให้ปุ๋ยนั้นที่อัตราต่ำคือ 0,50 กิโลกรัม/ไร่ จะมีปริมาณตกค้างมากกว่า อัตราการให้ปุ๋ยที่มีปริมาณมากคือ 100 และ 150 กิโลกรัม/ไร่

เมื่อพิจารณาผลที่ได้จะเห็นว่า แมกนีเซียมเป็นธาตุอาหารที่มีปริมาณมาก ในวัสดุปลูกซึ่งปริมาณที่มากนี้ เป็นปริมาณที่พอเพียงต่อการเจริญเติบโตของพืช นอกจากนี้ยังมีปัจจัยที่ควบคุมความเป็นประโยชน์ของแมกนีเซียมในดินอีกหลายประการ เช่น ชนิดของคอลลอยด์ดิน ปริมาณของสารต่างๆ ที่อยู่ร่วมกับแมกนีเซียม ปริมาณการตกค้างก็ยังขึ้นกับอัตราการเจริญเติบโตของพืช

5.3.7 แคดเมียม จากผลการทดลองปริมาณของแคดเมียม เมื่อพิจารณาค่าของแคดเมียมจะเห็นได้ว่า มีค่าแตกต่างกันไม่มากนัก แต่เมื่อพิจารณาจากผลการวิเคราะห์ทางสถิติจะพบว่า มีความแตกต่างกันในแต่ละตำรับการทดลอง ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงความแตกต่างในแต่ละชนิดของวัสดุปลูกจะพบว่า ตะกอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับตะกอนผสมทราย และดินสีดา โดยเฉลี่ยแล้วตะกอนมีค่ามากกว่า แต่เมื่อพิจารณาถึงอัตราการให้ปุ๋ยจะพบว่า อัตราการให้ปุ๋ย 100 กิโลกรัม/ไร่ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากอัตราการให้ปุ๋ยที่เหลือคือ 0, 50 และ150 กิโลกรัม/ไร่

แต่เมื่อพิจารณาถึงระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองจะพบว่ามีความแปรผันโดยไม่สามารถสรุปได้ว่าระยะเวลาใดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญซึ่งกันและกัน

การที่ค่าที่ได้มีค่าไม่แตกต่างนัก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากภายในปุ๋ยอาจมีปริมาณของแคดเมียมอยู่บ้าง จึงมีการทดแทนปริมาณที่พืชดูดขึ้นไปอยู่ตลอดเวลา

5.4 สมบัติของดินเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

5.4.1 ตะกอน ระหว่างดำเนินการทดลองปลูกผักคะน้า ได้ทำการเก็บตัวอย่างตะกอนจากแต่ละตำรับการทดลอง เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหาร โลหะ และค่าพีเอชทุก 2 สัปดาห์ ส่วนสมบัติของดินเมื่อสิ้นสุดการทดลองนั้น ปริมาณธาตุอาหารและโลหะ ซึ่งมีอยู่ในตะกอน แต่ละตำรับการทดลอง แสดงไว้ดังตารางที่ 5.5

จากตารางพบว่า ปริมาณธาตุอาหารต่างๆ คือ ธาตุอาหารหลักซึ่งได้แก่ แอมโมเนียม-ไนโตรเจน ไนเตรต-ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปตัสเซียม จะพบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 662.77, 436.25, 3.29 และ225 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ ส่วนโลหะในตะกอนซึ่งได้แก่ เหล็ก แมงกานีส แมกนีเซียม แคดเมียม และตะกั่ว มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3416.68, 7.025, 90.055, 0.105 และ 5.42 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ และมีค่าพีเอชเท่ากับ 6.97

ตารางที่ 5.5 ปริมาณธาตุอาหารที่ตกค้างในวัสดุปลูกหลังการทดลอง

ตำรับการทดลอง	ปริมาณธาตุอาหารในวัสดุปลูกหลังการทดลอง								
	NH_4^+-N µg/g	NO_3^--N mg/g	P µg/g	K µg/g	Fe µg/g	Mg µg/g	Mn µg/g	Cd µg/g	Pb µg/g
CN0	733.37	1.08	37.75	625	86.60	12.75	99.37	0.10	5.39
MN0	746.29	2.63	3.05	50	163.80	9.93	52.74	0.09	5.92
SN0	744.58	0.56	3.45	150	1930.80	9.80	143.87	0.12	3.91
CN1	726.60	0.96	73.20	1425	80.10	0.42	144.62	0.09	5.92
MN1	701.55	0.55	3.30	150	2202.30	8.33	85.62	0.08	6.99
SN1	682.75	0.69	2.80	175	3421.20	5.25	58.37	0.11	5.69
CN2	664.95	0.46	65.00	1500	82.80	0.36	23.24	0.08	3.91
MN2	648.90	2.07	3.18	275	298.00	4.43	19.74	0.08	6.16
SN2	630.94	0.38	3.15	50	4365.50	5.70	120.24	0.10	5.09
CN3	618.08	0.36	125.58	1675	56.70	0.47	32.74	0.08	6.04
MN3	607.97	2.57	3.30	325	1280.60	1.85	30.87	0.08	6.28
SN3	592.82	1.15	3.75	525	3949.20	7.35	37.74	0.09	6.99

ลักษณะของตะกอนเมื่อเสร็จสิ้นการทดลองพบว่า ตะกอนมีลักษณะคล้ายกับดินทั่วไปไม่เป็นแผ่นทั้งนี้เนื่องมาจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ทำการย่อยสลายเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารอยู่ตลอดเวลา จึงทำให้ตะกอนมีความพรุนมากยิ่งขึ้น ซึ่งจัดได้ว่าเมื่อนำตะกอนมาปลูกพืช จะทำให้สภาพทางกายภาพของตะกอนดีขึ้น

5.4.2 <u>ตะกอนผสมทราย</u> ลักษณะทั่วไปของตะกอนผสมทรายจะมีลักษณะร่วนมากขึ้น มีความพรุนมากขึ้นซึ่งเนื่องมาจากการนำทรายมาผสม แต่ปริมาณของธาตุอาหารต่างๆ มีปริมาณน้อยกว่าหรือใกล้เคียงกับตะกอน

จากตารางจะเห็นได้ว่าธาตุอาหารหลักซึ่งได้แก่ แอมโมเนียม-ไนโตรเจน ไนเตรต-ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปตัสเซียม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 673.35, 1955, 3.24 และ 200 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ ส่วนโลหะซึ่งได้แก่เหล็ก แมงกานีส แมกนีเซียม แคดเมียม และตะกั่ว พบว่ามีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 986.175, 47.24, 0.082 และ6.34 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ

5.4.3 <u>ดินสีดา</u> เมื่อสิ้นสุดการทดลองดินสีดาที่ใช้เป็นดินควบคุม เมื่อสังเกตดูจะไม่พบความเปลี่ยนแปลงในด้านกายภาพ เมื่อพิจารณาทางด้านเคมีพบว่า ปริมาณธาตุอาหารต่างๆ ที่มีอยู่ในดินสีดาจะมีปริมาณของ แอมโมเนียม-ไนโตรเจน ไนเตรต-ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปตัสเซียม ซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักมีค่าเท่ากับ 685.75, 715, 75.38 และ1306.25 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ ปริมาณโลหะต่างๆ ซึ่งได้แก่เหล็ก แมงกานีส แมกนีเซียม แคดเมียม และตะกั่ว จะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 76.55, 3.5, 74.99, 0.0875 และ 21.2 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ

5.5 <u>ผลผลิตของผักคะน้า</u>

การเจริญเติบโตของผักคะน้า ในวัสดุปลูกทั้ง 3 ชนิดนั้นพบว่าผักคะน้าที่ปลูกในดินสีดาที่ใช้เป็นดินควบคุมจะมีการเจริญเติบโตมากกว่า ผักคะน้าที่ปลูกในตะกอน และตะกอนผสมทราย ส่วนการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกในตะกอนและตะกอนผสมทรายพบว่ามีอัตราการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน

เมื่อพิจารณาอัตราการให้ปุ๋ยพบว่า ผักคะน้าที่ได้รับอัตราการให้ปุ๋ยต่ำจะมีการเจริญเติบโตน้อยกว่า ผักคะน้าที่ได้รับอัตราการให้ปุ๋ยสูงกว่าตามลำดับ

ผลผลิตของผักคะน้าที่ปลูกในวัสดุปลูกชนิดต่างๆ จากการเปรียบเทียบระหว่างอัตราการการให้ปุ๋ย ทั้งน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง มีค่าเพิ่มขึ้น ตามอัตราการให้ปุ๋ยที่เพิ่มขึ้น ส่วนจำนวนใบและความสูงมีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาน้ำหนักแห้งของทั้งรากและลำต้น พบว่าน้ำหนักแห้งของรากและลำต้นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยเมื่อพิจารณาวัสดุปลูกจะพบความแตกต่าง ดินสีดากับตะกอน และตะกอนผสมทราย ทั้งนี้ผลผลิตที่ปลูกในดินสีดาจะให้น้ำหนักแห้งของรากมากกว่าที่ปลูกในตะกอน และในตะกอนผสมทราย ส่วนเมื่อพิจารณาจากอัตราการให้ปุ๋ยพบว่า จะไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างอัตราการให้ปุ๋ยที่มีปริมาณมากคืออัตราการให้ปุ๋ย 100 และ 150 กิโลกรัม/ไร่ ส่วนอัตราการให้ปุ๋ยต่ำคือ 0 และ 50 กิโลกรัม/ไร่ จะไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่จะมี

ความแตกต่างกันในระหว่างอัตราการให้ปุ๋ยทั้งสองกลุ่ม

เมื่อพิจารณาผลผลิตของผักคะน้าที่ปลูกในตะกอนและในน้ำบึงมักกะสันจะเห็นได้ว่าผลผลิตของผักคะน้า (น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง) ที่ปลูกในน้ำบึงมักกะสันให้ผลผลิตมากกว่าทั้งนี้อาจเป็นเพราะในน้ำ พืชสามารถดูดธาตุอาหารไปใช้ได้ทันที แต่ในตะกอนจะดูดไปใช้ได้ก็เฉพาะธาตุอาหารที่ละลายอยู่ในสารละลายดินเท่านั้น (ตารางที่ 5.6) และจากการทดลองครั้งนี้ ผักคะน้ามีการเจริญเติบโตไม่ดีเท่าที่ควร ทั้งนี้เนื่องมาจากสภาพการปลูกที่ไม่เป็นไปตามธรรมชาติคือ ใช้กระบะที่มีความสูงเพียง 12 เซนติเมตร เป็นภาชนะปลูก และบรรจุวัสดุปลูกเพียง 10 เซนติเมตร ซึ่งอาจจะเป็นตัวกำจัดการเจริญเติบโตของรากพืชการปูพลาสติกและเจาะรูเพียง 4 รู ก็อาจเป็นปัจจัยอีกอย่างหนึ่ง เพราะทำให้น้ำซึมผ่านได้ช้า เกิดการขังของน้ำ การแพร่กระจายของปุ๋ยที่ให้อาจไม่ทั่วถึง บริเวณใดที่มีน้ำขังก็จะได้รับปุ๋ยมาก นอกจากนี้การวางกระบะชิดกัน ทำให้ผักบริเวณริมกระบะเบียดชิดกัน เกิดการบังแสง และมีความหนาแน่นของพืชมากเกินไป ทำให้พืชแคระแกร็นไม่เจริญเติบโตเท่าที่ควร

5.6 ผลของวัสดุปลูกชนิดต่างๆ ต่อปริมาณของธาตุอาหารในผักคะน้า

พืชสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ โดยการใช้ธาตุอาหารต่างๆ รวมทั้งสารอาหารที่มีอยู่ในดินในรูปของสารละลายอาหารในดิน พืชจะดูดธาตุอาหารต่างๆ ที่มีอยู่ในสารละลายดินโดยไม่เลือกว่าธาตุอาหารเหล่านั้นว่าเป็นชนิดใด ดังนั้นจึงมีปริมาณของโลหะหนักปะปนอยู่ด้วย ซึ่งเมื่อพิจารณาแยกระหว่าง ลำต้นและราก เพื่อดูปริมาณการสะสมของโลหะหนักพบว่า ปริมาณโลหะชนิดต่างๆ มีปริมาณการสะสมในรากมากกว่าลำต้น ซึ่งเมื่อมีผู้บริโภคผักเป็นปริมาณมากและติดต่อกันเป็นเวลานานจะได้รับปริมาณโลหะเกินกว่าระดับที่ร่างกายรับได้ ก็จะมีผลต่อสุขภาพของมนุษย์ได้ตามตารางที่ 5.7

5.6.1 <u>เหล็ก</u> เหล็กเป็นจุลธาตุอาหารชนิดหนึ่งของพืช นอกจากจะมีประโยชน์ต่อพืชแล้วเหล็กยังมีประโยชน์ต่อมนุษย์ ปริมาณที่ตรวจพบในลำต้นพืชพบว่ามีปริมาณสูง แต่เมื่อพิจารณาถึงความแตกต่างจะไม่พบความแตกต่างในแต่ละตำรับการทดลอง และเมื่อพิจารณาถึงชนิดของวัสดุปลูกจะไม่พบความแตกต่างในชนิดของวัสดุปลูก ส่วนอัตราการให้ปุ๋ยก็เช่นเดียวกันคือไม่พบว่ามีความแตกต่างเกิดขึ้น

เหล็กในรากพืชจะพบว่ามีปริมาณการสะสมมากกว่าในลำต้นพืช ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเหล็กส่วนใหญ่จะมีการสะสมในบริเวณรากพืช เมื่อพิจารณาความแตกต่างในตำรับการทดลองแล้วจะพบความแตกต่างเกิดขึ้น ทั้งนี้เมื่อพิจารณาความแตกต่างพบว่าชนิดของวัสดุปลูกไม่มีผลต่อความแตกต่างของปริมาณเหล็กในรากผักคะน้า แต่เมื่อพิจารณาอัตราการให้ปุ๋ย แต่ละอัตราพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่ความแตกต่างนี้ไม่สามารถสรุปได้ว่าเกิดความแตกต่างระหว่างอัตราการให้ปุ๋ยคู่ใด เพราะปริมาณเหล็กในแต่ละวัสดุปลูกมีความผันแปรมาก

ตารางที่ 5.6 เปรียบเทียบผลผลิตและปริมาณแร่ธาตุที่มีอยู่ในเนื้อเยื่อผักคะน้าที่ปลูกในวัสดุชนิดต่างๆ

ผลผลิตและธาตุอาหารในผักคะน้า	วัสดุปลูก			
	น้ำบึงมักกะสัน*	ตะกอนบึงมักกะสัน	ตะกอนจากการบำบัดน้ำเสีย	
			สภาพเรือนทดลอง@	พื้นที่เกษตรกรรม$
น้ำหนักสด(g/ต้น)	33.33	27.5	–	–
น้ำหนักแห้ง(g/ต้น)	3.17	0.59	1.01	1.75
NH_4 (ppm)	79.87	0.99	–	–
NO_3 (ppm)	29.40	138.00	–	–
P (ppm)	126.32	22.25	–	–
K (ppm)	412.00	21.50	–	–
Mg (ppm)	74.19	64.43	–	–
Fe ราก (ppm)	3.52	513.00	9.73	1.389
ลำต้น (ppm)	5.93	345.00	10.42	0.291
Mn ราก (ppm)	1.28	0.25	0.11	0.1486
ลำต้น (ppm)	0.47	0.26	27.28	0.2287
Pb ราก (ppm)	0.38	0.52	0.23	0.0108
ลำต้น (ppm)	0.56	0.40	4.86	0.0106
Cd ราก (ppm)	–	–	–	–
ลำต้น (ppm)	–	–	0.10	0.0015

หมายเหตุ (–) = ไม่มีรายงาน

ที่มา : (*) = รื่นฤดี , 2532

(@) = พัชราวดี , 2529

($) = ดุลยนัย , 2529

ตารางที่ 5.7 การเปรียบเทียบปริมาณของโลหะหนักบางชนิดในพืช ระหว่างค่าปกติกับค่าที่สามารถก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อพืชได้

ธาตุ	ปริมาณในพืช (มก./กก. น้ำหนักแห้ง)	
	ระดับปกติ (normal)	ระดับที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษ(phytotoxic)
Cd	0.1-1	5-700
Cu	3-20	25-40
Fe	30-300	.....
Mn	15-150	400-2000
Ni	0.1-5	50-100
Pb	2-5	.....
Zn	15-150	500-1500

สำหรับพืชโดยทั่วไปแล้ว ปริมาณเหล็กที่สะสมจะอยู่ในช่วงกว้าง อ้างถึงรายงานของ Winton and Winton (1935)(อ้างตามพัชราวดี สุวรรณชาดา,2526) พบว่าปริมาณเหล็กในส่วนที่กินได้ (edible part) ของกระหล่ำปลีว่ามีค่าอยู่ในช่วง 74-304 พีพีเอ็ม และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 132 พีพีเอ็ม ซึ่งค่าที่ได้สูงกว่าอีกรายงานหนึ่งที่กล่าวว่าพืชใบเขียวทั่วไปมีค่าประมาณ 100 พีพีเอ็ม (Mengal and Kirkey(1982)อ้างตามพัชราวดี สุวรรณชาดา,2526) แต่ในการทดลองนี้พบอยู่ในช่วง345.0-865.0 พีพีเอ็ม

5.6.2 <u>แมงกานีส</u> แมงกานีสก็เป็นจุลธาตุอาหารชนิดหนึ่งเช่นเดียวกับเหล็ก แต่ถ้าแมงกานีสมีปริมาณมากเกินความต้องการของพืช ก็สามารถทำให้เกิดพิษได้ ดังนั้นเมื่อพิจารณาผลการทดลองจะพบว่า ส่วนใหญ่ปริมาณของแมงกานีสในรากมีปริมาณน้อยกว่าในลำต้น ทั้งนี้ความแตกต่างในตำรับการทดลองพบว่า ในรากมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ลำต้นก็เช่นกัน

โดยที่รากเมื่อพิจารณาความแตกต่างในอัตราการใช้ปุ๋ยพบว่า ไม่มีความแตกต่างในอัตราการใช้ปุ๋ย แต่เมื่อพิจารณาถึงความแตกต่างระหว่างชนิดของวัสดุปลูก แต่ละชนิดพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ดินลิดาที่ใช้เป็นดินควบคุมมีปริมาณแมงกานีสน้อยกว่าในตะกอน และตะกอนผสมทราย ส่วนตะกอนและตะกอนผสมทรายไม่พบว่ามีความแตกต่างเกิดขึ้น

ส่วนในลำต้นจะพบว่ามีปริมาณแมงกานีสมากกว่ารากนั้น เมื่อพิจารณาความแตกต่างระหว่างวัสดุปลูกพบว่าเกิดความแตกต่างเช่นเดียวกับราก คือปริมาณของแมงกานีสในดินลิดามีปริมาณน้อยกว่าในตะกอนและตะกอนผสมทราย และตะกอนกับตะกอนผสมทรายไม่มีความแตกต่างเกิดขึ้น และเมื่อ

พิจารณาความแตกต่างระหว่างอัตราการให้ปุ๋ยพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเกิดขึ้น

ปริมาณของแมงกานีสที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อพืชคือมากกว่า 500 พีพีเอ็ม ค่าที่พืชสามารถทนได้มีค่าประมาณ 300 พีพีเอ็ม แต่เมื่อพิจารณาผลการทดลองที่ได้พบว่ามีค่าสูงสุดเพียง 6.36 พีพีเอ็ม ซึ่งมีค่าไม่สูงถึงระดับความเป็นพิษ (พัชราวดี สุวรรณชาดา,2529)

การเกิดพิษของแมงกานีสที่เกิดกับร่างกาย มักเกิดจากการได้รับทางการหายใจมากกว่าการได้รับทางการรับประทาน ดังนั้นปริมาณที่วิเคราะห์ได้ในผักคะน้าจึงไม่ควรมีผลต่อสุขภาพของมนุษย์

5.6.3 <u>ตะกั่ว</u> ตะกั่วเป็นโลหะหนักชนิดหนึ่งที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษทั้งในคน สัตว์ และพืชถ้ามีปริมาณมากเกินความทนได้ของสิ่งมีชีวิต ตะกั่วเป็นธาตุที่พืชไม่สามารถใช้เป็นประโยชน์ได้ แต่ทั้งนี้เนื่องมาจาก โดยทั่วไปตะกั่วจะมีปริมาณที่อยู่ในดินเป็นปริมาณน้อย ยกเว้นดินบริเวณนั้นได้มีการปนเปื้อนโลหะหนัก เมื่อพิจารณาบึงมักกะสันซึ่งเป็นบึงที่รองรับน้ำเสียจากแหล่งต่างๆ จึงเป็นที่น่าสนใจว่าจะมีปริมาณตะกั่วในบึงมักกะสัน และเมื่อนำตะกอนจากบึงมักกะสันมาใช้ประโยชน์จะมีปริมาณของตะกั่วในพืชเป็นปริมาณมากน้อยเพียงไร เป็นอันตรายหรือไม่

จากผลการศึกษา ตะกั่วในพืชจัดได้ว่ามีปริมาณน้อย แนวโน้มส่วนใหญ่ในราก และลำต้นพืชมีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาความแตกต่างในตำรับการทดลองของทั้งรากและลำต้นของพืชพบว่าทั้งในรากและลำต้นของพืชไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเกิดขึ้นเลย ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่าไม่ว่าจะปลูกด้วยวัสดุปลูกชนิดใด ก็มีปริมาณของตะกั่วใกล้เคียงกัน

ผักคะน้าสามารถทนความเป็นพิษของตะกั่วในรูปละลายน้ำได้ดี โดยไม่กระทบกระเทือนความสามารถในการเจริญเติบโตได้ถึง 100 พีพีเอ็ม เมื่อพิจารณาผลการทดลองจะพบว่า ปริมาณตะกั่วในต้นมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.47 พีพีเอ็ม ซึ่งปริมาณนี้ไม่มีผลต่อความเป็นพิษในพืช ทั้งนี้ WHO กำหนดว่าปริมาณการได้รับตะกั่ว/สัปดาห์ของมนุษย์คือประมาณ 50 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ของน้ำหนักตัว (พัช ราวดี สุวรรณชาดา,2529)

5.6.4 <u>แมกนีเซียม</u> แมกนีเซียมจัดเป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญต่อพืชมาก ทั้งนี้เพราะพืชใช้แมกนีเซียมในการสร้างคลอโรฟิลล์ เพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสง ดังนั้นโอกาสของการพบแมกนีเซียมจึงมีโอกาสมาก

จากผลการทดลองซึ่งได้ทำการตรวจสอบปริมาณแมกนีเซียมในลำต้นเท่านั้นพบว่า แนวโน้มของปริมาณแมกนีเซียมมีปริมาณใกล้เคียงกันทุกๆ ตำรับการทดลอง ดังนั้นจึงไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเกิดขึ้น

5.6.5 <u>โปตัสเซียม</u> โปตัสเซียมเป็นธาตุอาหารที่จัดได้ว่า เป็นธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการเป็นอย่างมาก จากผลการทดลองจะพบว่า ปริมาณของโปตัสเซียมมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นตามอัตราการให้ปุ๋ย ซึ่งผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติพบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเกิดขึ้นในแต่ละอัตราการให้ปุ๋ย แต่ทั้งนี้ไม่สามารถสรุปลงไปได้ว่า อัตราการให้ปุ๋ยเท่าใดมีความแตกต่างกัน และเมื่อพิจารณาชนิดของวัสดุปลูก จะพบว่าไม่มีความแตกต่างเกิดขึ้น

5.6.6 ฟอสฟอรัส ปริมาณฟอสฟอรัสในพืชพบว่า ความเปลี่ยนแปลงฟอสฟอรัสในพืชมีผลมาจากชนิดของวัสดุปลูกทั้งนี้ วัสดุปลูกแต่ละชนิดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่อัตราการให้ปุ๋ยไม่มีความแตกต่างเกิดขึ้นในแต่ละอัตรา

5.6.7 แอมโมเนียม-ไนโตรเจน เมื่อพิจารณาปริมาณของแอมโมเนียม-ไนโตรเจน พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละตำรับการทดลอง แต่เมื่อพิจารณาความแตกต่างในวัสดุปลูกไม่พบว่ามีความแตกต่างเกิดขึ้น แต่เมื่อพิจารณาถึงอัตราการให้ปุ๋ยที่มีปริมาณมากคือ 100 และ 150 กิโลกรัม/ไร่ มีความแตกต่างจากอัตราการให้ปุ๋ยที่มีค่าต่ำคือ 0 และ 50 กิโลกรัม/ไร่

5.6.8 ไนเตรต-ไนโตรเจน ปริมาณไนเตรตในลำต้นพืชพบว่ามีความแตกต่างของปริมาณไนเตรต ในแต่ละตำรับการทดลองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อพิจารณาในแต่ละวัสดุปลูกพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยดินสีดาจะมีปริมาณของไนเตรตมากกว่าในตะกอนและตะกอนผสมทราย ส่วนเมื่อพิจารณาอัตราการให้ปุ๋ยไม่พบว่ามีความแตกต่างเกิดขึ้น

จากรายงานพบว่าในบรรดาผักด้วยกัน ผักประเภทที่ใช้ใบและลำต้นเป็นอาหารจะมีปริมาณไนเตรตสะสมมากกว่าผักที่ใช้รากเป็นอาหาร (Brown and Smith, 1966 อ้างตามกุลชลี งามจิ้, 2525) นอกจากนี้จะพบว่ามีปริมาณไนเตรตมากที่สุดที่ก้านใบรองลงมาเป็นแผ่นใบและรากตามลำดับ (Wright and Davidson, 1964 อ้างตามกุลชลี งามจิ้, 2525)

จากตารางที่ 5.6 เมื่อเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และโลหะหนักในเนื่อเยื่อผักคะน้าแล้ว จะเห็นได้ว่า เมื่อเปรียบเทียบระหว่างตะกอนกับน้ำบึงมักกะสันปริมาณของฟอสฟอรัส โปตัสเซียม แมกนีเซียม และแมงกานีสทั้งในรากและลำต้น ในเนื้อเยื่อพืชที่ปลูกในน้ำบึงมักกะสันมีปริมาณมากกว่าที่ปลูกในตะกอน ส่วนปริมาณของไนโตรเจน เหล็ก และตะกั่วในเนื้อเยื่อพืชที่ปลูกในตะกอนจะมีมากกว่า แต่เมื่อเปรียบเทียบกับโลหะหนักที่สะสมในเนื้อเยื่อพืชที่ปลูกในตะกอนจากการบำบัดน้ำเสียในสภาพเรือนทดลองและในพื้นที่เกษตรกรรม ปริมาณของแมงกานีสจากวัสดุปลูกทั้งสองชนิด มีปริมาณใกล้เคียงกันกับที่ปลูกในตะกอน ในขณะที่เหล็ก และตะกั่วมีค่ามากกว่า

สังเกตได้ว่า ปริมาณธาตุอาหารต่างๆ ในผักคะน้าที่ปลูกในตะกอน มีปริมาณโลหะหนักสูงกว่าผักคะน้าที่ปลูกในน้ำบึงมักกะสันและที่ปลูกในตะกอน จากการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการปลูกทั้งสองวิธี ดังนั้นการปลูกผักคะน้าหรือพืชบริโภคในตะกอนจึงควรมีการระมัดระวัง ปริมาณโลหะที่สะสมในเนื้อเยื่อพืช เพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงจึงควรปลูกพืชประเภทไม้ดอกจึงจะเหมาะสม

5.7 อัตราการให้ปุ๋ยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

5.7.1 ไนโตรเจน เนื่องจากการทดลองครั้งนี้มีการเติมปุ๋ยเพิ่มเพื่อที่จะพิจารณาการใช้ปุ๋ยที่เหมาะสม ดังนั้นการใช้ปริมาณธาตุอาหารหลักจึงเป็นที่น่าสนใจว่าในแต่ละตำรับการทดลองมีความแตกต่างเกิดขึ้นหรือไม่

เมื่อพิจารณาปริมาณของไนโตรเจนที่ใช้โดยทั้งที่พืชอาจดูดปริมาณของแอมโมเนียม-ไนโตรเจน หรือไนเตรต-ไนโตรเจน ในแต่ละตำรับการทดลองพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อพิจารณาถึงอัตราการให้ปุ๋ยพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่แต่ละอัตราการให้ปุ๋ยมีความแตกต่างกัน และเมื่อพิจารณาถึงชนิดของวัสดุปลูกไม่พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเกิดขึ้น และเมื่อพิจารณาระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าเวลาใดที่มีความแตกต่างกัน

จากผลการทดลองจะแสดงให้เห็นว่าไม่ว่าจะใช้วัสดุปลูกชนิดใดในการปลูกพืชก็ตามปริมาณไนโตรเจนที่พืชดูดไปใช้จะมีปริมาณใกล้เคียงกันไม่มีความแตกต่างกัน แต่อัตราการเจริญเติบโตของพืชนั้นจะขึ้นอยู่กับปริมาณของไนโตรเจนที่มีอยู่ในดินในรูปต่างๆ ถ้ามีปริมาณของไนโตรเจนในดินมาก พืชจะสามารถดูดไปใช้ได้เป็นจำนวนมาก ทำให้อัตราการเจริญเติบโตดี

5.7.2 <u>โปตัสเซียม</u> โปตัสเซียมก็เช่นเดียวกันกับปริมาณของไนโตรเจน พบว่ามีความแตกต่างในแต่ละตำรับการทดลอง โดยมีความแตกต่างกันระหว่างอัตราการให้ปุ๋ยแต่ละอัตราโดยอัตราการให้ปุ๋ยมากก็มีปริมาณการดูดไปใช้มาก และเมื่อพิจารณาถึงวัสดุปลูกไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนเมื่อพิจารณาระยะเวลาการทดลองพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่สามารถบอกได้ว่า ระยะเวลาใดที่แตกต่างกัน

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ปริมาณการใช้โปตัสเซียมของพืชมีปัจจัยที่คล้ายคลึงกันกับไนโตรเจน โดยที่วัสดุปลูกไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช จะมีผลก็เฉพาะอัตราการให้ปุ๋ย คือถ้าให้ปุ๋ยมากทำให้โปตัสเซียมในดินมีค่ามาก อัตราการดูดไปใช้ก็จะมีมากตามการเจริญเติบโตไปด้วย

5.7.3 <u>ฟอสฟอรัส</u> ฟอสฟอรัสเมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติแล้ว พบความแตกต่างเฉพาะอัตราการให้ปุ๋ยเมื่อมีการให้ปุ๋ยมากก็มีการดูดมาก ฟอสฟอรัสก็เช่นเดียวกับไนโตรเจน และโปตัสเซียมคือ พืชจะดูดไปใช้มากถ้ามีปริมาณฟอสฟอรัสในดินมาก ทำให้พืชมีอัตราการเจริญเติบโตดีมาก

เมื่อพิจารณาอัตราการให้ปุ๋ยกับการเจริญเติบโตของผักคะน้า จะเห็นว่าอัตราการให้ปุ๋ยมีผลต่อการเจริญเติบโตของผักคะน้าอย่างมาก โดยที่อัตราการเจริญเติบโตจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอัตราการให้ปุ๋ย