บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

การศึกษาผลของความเข้มข้นของน้ำเสียชุมชนสังเคราะห์ต่อระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมโกงกางใบใหญ่ แบ่งเป็น 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 ศึกษาความสามารถในการบำบัดน้ำเสียของชุดทดลองและการสะสมธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทั้งในดินและกล้าไม้ โดยให้น้ำเสียความเข้มข้นแตกต่างกัน คือ ความเข้มข้นปกติ (NW) ความเข้มข้น 5 เท่า (5 NW) และความเข้มข้น 25 เท่าของความเข้มข้นปกติ (25 NW) ส่วนชุด control ให้น้ำจืด ทำการทดลองทั้งหมด 9 ครั้ง (90 วัน) ส่วนระยะที่ 2 ศึกษาผลของการชะระบบของชุดทดลองที่ผ่านการใช้บำบัดน้ำเสียความเข้มข้นต่าง ๆ ในระยะที่ 1 ด้วยน้ำจืดเปรียบเทียบกับน้ำทะเล ทำการทดลองทั้งหมด 9 ครั้ง (90 วัน) โดยการศึกษาทั้ง 2 ระยะใช้ระยะเวลาในการศึกษาตั้งแต่เดือนมีนาคม ถึง กันยายน พ.ศ. 2546 สรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

5.1.1 คุณภาพน้ำ

ผลสรุปการศึกษาคุณภาพน้ำ ในระยะที่ 1 และ ระยะที่ 2 มีดังนี้

1) ชุดทดลองสามารถบำบัดบีโอดีและทีเคเอ็นให้มีค่าต่ำลงได้ โดยพบว่าเปอร์เซ็นต์การบำบัดของแต่ละชุดทดลองมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งชุดทดลองที่สามารถบำบัดบีโอดีและทีเคเอ็นให้มีค่าไม่เกินมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ก (ควบคุมมลพิษ, กรม, 2537) และมีเปอร์เซ็นต์การบำบัดสูงที่สุด คือ ชุดทดลอง 5 NW ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การบำบัดเท่ากับ 97.35 และ 88.97 ตามลำดับ

2) ชุดทดลองไม่สามารถบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำเสียได้ โดยเปอร์เซ็นต์การบำบัดมีค่าเฉลี่ยระหว่าง -32.98 ถึง 0.13 %

3) ชุดทดลองสามารถบำบัดบีโอดีและทีเคเอ็นได้สูงขึ้น เมื่อได้รับน้ำเสียความเข้มข้นสูงขึ้น โดยชุดทดลอง 25 NW สามารถบำบัดบีโอดีและทีเคเอ็นได้สูงที่สุด คือ 159.50 และ 73.126 กิโลกรัม $ไร่^{-1}$ $ปี^{-1}$ ตามลำดับ

4) ชุดทดลองสามารถบำบัดฟอสฟอรัสได้ไม่ดี โดยที่ชุดทดลอง 25 NW บำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดได้ 0.063 กิโลกรัม $ไร่^{-1}$ $ปี^{-1}$ ส่วนชุด NW และ 5 NW บำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดไม่ได้ ทั้งยังปลดปล่อยฟอสฟอรัสทั้งหมดออกมาปริมาณสูงขึ้นด้วย

5) การชะระบบด้วยน้ำจืดและน้ำทะเล (15 psu) มีผลทำให้มลสาร ซึ่งได้แก่ บีโอดี ทีเคเอ็น และฟอสฟอรัสทั้งหมด ปลดปล่อยออกมา โดยพบว่าน้ำออกของชุด 25 NW มีมลสารดังกล่าวสูงที่สุด ซึ่งการชะระบบครั้งแรกจะมีมลสารปลดปล่อยออกมาสูงกว่าการชะระบบครั้งต่อมา

6) การชะระบบด้วยน้ำจืดทำให้บีโอดีและฟอสฟอรัสทั้งหมดปลดปล่อยออกจากชุดทดลองสูงกว่าการชะด้วยน้ำทะเล ในขณะที่การชะด้วยน้ำทะเลทำให้ทีเคเอ็นปลดปล่อยออกมาสูงกว่าการชะด้วยน้ำจืด โดยการชะด้วยน้ำจืดทำให้ บีโอดี ทีเคเอ็น และฟอสฟอรัสทั้งหมด ปลดปล่อยออกมา 2.13, 4.739 และ 48.959 mg l^{-1} ตามลำดับ ส่วนการชะด้วยน้ำทะเลทำให้มลสารดังกล่าวปลดปล่อยออกมา 1.27, 5.170 และ 42.425 mg l^{-1} ตามลำดับ ซึ่งถ้านำระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่ชายฝั่งทะเลแล้ว อิทธิพลของน้ำจืดที่เข้ามาในระบบมีแนวโน้มที่จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงกว่าอิทธิพลจากน้ำทะเล

5.1.2 สมบัติดิน

ผลสรุปการศึกษาสมบัติดิน ในระยะที่ 1 และ ระยะที่ 2 มีดังนี้

1) การให้น้ำเสียแก่ชุดทดลองในระยะที่ 1 มีผลทำให้ดินเลนมีปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสะสมสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งปริมาณการสะสมของธาตุอาหารดังกล่าวจะมีค่าสูงขึ้นตามระดับความเข้มข้นของน้ำเสียที่ได้รับ คือ NW, 5 NW และ 25 NW ตามลำดับ โดยไนโตรเจนจะสะสมในรูปของทีเคเอ็น แอมโมเนียมไอออน และไนเตรท ซึ่งมีค่าระหว่าง 1.688-2.204, 0.033-0.225 และ 0.024-0.062 mg g^{-1} ตามลำดับ ส่วนฟอสฟอรัสจะสะสมในรูปของฟอสฟอรัสทั้งหมด และออร์โธฟอสเฟต มีค่าระหว่าง 0.290-2.102 และ 0.220-2.039 mg g^{-1} ตามลำดับ

2) การให้น้ำชะระบบต่างประเภทกัน ไม่มีผลทำให้ทีเคเอ็น แอมโมเนียมไอออน ไนเตรท ฟอสฟอรัสทั้งหมด และออร์โธฟอสเฟต ที่สะสมในดินภายหลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3) ธาตุอาหารไนโตรเจนที่สะสมในดินจากการทดลองระยะที่ 1 จะถูกน้ำจืดและน้ำทะเลชะละลายออกจากชุดทดลอง เป็นผลให้ค่าเฉลี่ยทีเคเอ็น แอมโมเนียมไอออน และไนเตรทภายหลังการทดลองมีค่าไม่แตกต่างจากชุด control อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.527-1.766, 0.007-0.012 และ 0.005-0.009 mg g^{-1} ตามลำดับ

4) การชะระบบมีผลทำให้ฟอสฟอรัสทั้งหมดมีแนวโน้มสูงขึ้นโดยมีค่าในช่วง 0.265-2.171 mg g^{-1} ในขณะที่ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมีแนวโน้มไม่แน่นอน คือ มีค่าสูงขึ้นในช่วงแรกและเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่าลดลง โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.239-1.776 mg g^{-1}

5.1.3 การเจริญเติบโตและองค์ประกอบธาตุอาหารของพืช

5.1.3.1 การเจริญเติบโตของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่

ผลสรุปการศึกษาการเจริญเติบโตของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่ ในระยะที่ 1 และ ระยะที่ 2 มีดังนี้

1) อัตราการเจริญเติบโตของกล้าไม้ในชุดทดลองต่าง ๆ ในระยะที่ 1 ไม่ได้แปรผันสูงขึ้นตามระดับความเข้มข้นของน้ำเสียที่ได้รับ ซึ่งกล้าไม้จะเจริญเติบโตได้ดี และมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเพิ่มพูนความสูงต่อเดือนสูงที่สุดในชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสีย 5 NW (5.61 %) รองลงมา คือ ชุด 25 NW (4.49 %) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยแตกต่างจากชุดทดลอง NW (4.00 %) และ control (3.62 %) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

2) ในระยะที่ 1 การเจริญเติบโตทางด้านเส้นผ่าศูนย์กลางและจำนวนใบมีแนวโน้มสูงขึ้น แต่ไม่พบว่าการให้น้ำเสียความเข้มข้นต่างกันมีผลต่อการเจริญเติบโตทางด้านเส้นผ่าศูนย์กลางและการเพิ่มของจำนวนใบแตกต่างกัน โดยภายหลังการทดลองกล้าไม้มีค่าเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับ 0 เซนติเมตรจากผิวดิน และจำนวนใบ อยู่ในช่วง 1.96-2.11 เซนติเมตร และ 18.08-22.53 ใบ ตามลำดับ

3) การให้น้ำจืดและน้ำทะเลในระยะที่ 2 มีผลทำให้กล้าไม้มีการเจริญเติบโตแตกต่างกัน โดยพบว่ากลุ่มทดลองที่ได้รับน้ำจืด กล้าไม้มีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มพูนความสูง และจำนวนใบสูงกว่ากลุ่มทดลองที่ได้รับน้ำทะเล (15 psu) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในขณะที่การให้น้ำชะระบบทั้ง 2 ประเภท ไม่มีผลทำให้การเจริญเติบโตทางด้านเส้นผ่าศูนย์กลางแตกต่างกัน โดยค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเพิ่มพูนความสูง จำนวนใบ และเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้หลังสิ้นสุดการทดลองชะระบบด้วยน้ำจืดมีค่าอยู่ในช่วง 10.78-16.92, 24.97-33.92 ใบ และ 2.17-2.27 เซนติเมตร ตามลำดับ ขณะที่กลุ่มที่ชะด้วยน้ำทะเลมีค่าอยู่ในช่วง 6.22-9.91, 18.64-27.92 ใบ และ 2.08-2.24 เซนติเมตร ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.1.3.2 องค์ประกอบธาตุอาหารในใบ

ผลสรุปการศึกษาองค์ประกอบธาตุอาหารในใบของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่ ในระยะที่ 1 และ ระยะที่ 2 มีดังนี้

1) ทีเคเอ็นและฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบของกล้าไม้ในชุดทดลองที่ได้รับน้ำเสียในระยะที่ 1 มีปริมาณสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยปริมาณทีเคเอ็นในใบจะแปรผันตามความเข้มข้นของน้ำเสียที่ได้รับ แต่ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดจะมีค่าเฉลี่ยไม่แปรผันตามความเข้มข้นของน้ำเสีย และมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดทดลอง โดยปริมาณทีเคเอ็นในใบของชุดทดลอง NW, 5 NW, 25 NW และ control มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.222, 18.562, 21.945 และ 10.852 mg g^{-1} ตามลำดับ ส่วนฟอสฟอรัสทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 0.232, 0.244, 0.240 และ 0.211 mg g^{-1} ตามลำดับ

2) เมื่อทำการทดลองให้น้ำชะระบบในระยะที่ 2 พบว่า ปริมาณทีเคเอ็นในใบมีแนวโน้มลดลงตามครั้งที่ทำการให้น้ำชะระบบ และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ทีเคเอ็นในใบของชุดทดลองที่ผ่านการใช้บำบัดน้ำเสีย 25 NW เท่านั้นที่ยังมีค่าสูง และแตกต่างจากชุด control อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และพบว่า ทีเคเอ็นในใบของชุดทดลองที่ชะระบบด้วยน้ำทะเลมีค่าสูงกว่าชุดที่ชะระบบด้วยน้ำจืด

3) ฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบของกล้าไม้ในแต่ละชุดทดลอง มีปริมาณเพิ่มขึ้นและลดลงไม่แน่นอน โดยชุดทดลองที่ผ่านการใช้บำบัดน้ำเสีย 25 NW กล้าไม้จะมีฟอสฟอรัสสะสมในใบสูงกว่าชุดทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และ พบว่า กล้าไม้ในชุดทดลองที่ผ่านการชะระบบด้วยน้ำจืดมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชุดทดลองที่ชะระบบด้วยน้ำทะเล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2 ข้อเสนอแนะ

การศึกษาผลของความเข้มข้นของน้ำเสียชุมชนสังเคราะห์ต่อระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมโกงกางใบใหญ่ในครั้งนี้เป็นเพียงการศึกษาเบื้องต้น เพื่อนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้ในการสร้างระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมสำหรับบำบัดน้ำเสียชุมชนชายฝั่งทะเลและบริเวณใกล้เคียง ซึ่งผลการศึกษา พบว่า การใช้ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมโกงกางใบใหญ่สามารถบำบัดบีโอดีและทีเคเอ็นที่มีความเข้มข้น NW และ 5 NW ได้ดี แต่ไม่สามารถบำบัดทีเคเอ็นในน้ำเสียความเข้มข้น 25 NW ให้มีค่าไม่เกินมาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ก ได้ รวมทั้งไม่สามารถบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำเสียให้ลดลงได้ ดังนั้น จึงควรนำข้อด้อยที่เกิดขึ้นในการทดลองมาแก้ไข และควรมีการศึกษารายละเอียดเพิ่มเติม ดังนี้

1) ขยายขนาดพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมให้มีขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างดินและน้ำซึ่งจะมีแนวโน้มทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัสโดยดินสูงขึ้น เพราะดินเป็นปัจจัยสำคัญในการบำบัดฟอสฟอรัสจากน้ำเสียโดยการดูดซับและการก่อตะกอนผลึก (Gray, 2000)

2) เพิ่มระยะเวลากักเก็บน้ำเสียให้นานขึ้น เพื่อปฏิกิริยาต่าง ๆ จะได้เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ อาทิ การบำบัดฟอสฟอรัสจากน้ำเสียโดยการดูดซับและการก่อตะกอนผลึก การบำบัดมลสารที่ต้องอาศัยกิจกรรมของจุลชีพ เช่น การบำบัดบีโอดีด้วยกระบวนการย่อยสลายแบบใช้/ไม่ใช้ออกซิเจน การบำบัดไนโตรเจนด้วยกระบวนการแอมโมนิฟิเคชัน ไนตริฟิเคชัน และดีไนตริฟิเคชัน และการดูดดึงธาตุอาหารโดยพืช เป็นต้น (Kadlec, 1995; Mitsch and Gosselink, 2000; U.S. EPA, 2000)

3) ควรทำศึกษาการใช้ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมโกงกางใบใหญ่ในระยะยาว เพื่อจะได้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลง การสะสมธาตุอาหารในดินของระบบ และผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

4) ควรศึกษาเพิ่มเติมถึงปัจจัยที่มีบทบาทสำคัญในการบำบัดน้ำเสีย อาทิ ชนิด และปริมาณ ของจุลชีพ และสาหร่าย ที่พบในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม เป็นต้น

5) ควรศึกษาเพิ่มเติมว่าอายุของพืชในช่วงใดมีอัตราการเจริญเติบโต และสร้างมวลชีวภาพสูงสุด ทั้งนี้เพราะพืชจะสามารถดูดดึงธาตุอาหารในน้ำเสียได้สูง ถ้ามีอัตราการเจริญเติบโตและสร้างมวลชีวภาพสูง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การนำพื้นที่ป่าชายเลนมาใช้ประโยชน์เพื่อการบำบัดน้ำเสียชุมชนเป็นแนวทางการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางธรรมชาติที่เหมาะสมกับพื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเลและบริเวณใกล้เคียง เพราะเป็นวิธีที่ใช้ธรรมชาติบำบัดธรรมชาติ ซึ่งไม่ต้องพึ่งพาเทคโนโลยี พลังงาน และบุคลากรที่มีความรู้สูง แต่ในปัจจุบันพื้นที่ป่าชายเลนในประเทศไทยลดจำนวนลงอย่างมาก รัฐบาลจึงมีนโยบายในการสงวน ปลูกฟื้นฟู และอนุรักษ์ป่าชายเลนเพื่อก่อให้เกิดความสมดุลของธรรมชาติชายฝั่ง ดังนั้นจึงไม่ควรนำพื้นที่ป่าชายเลนที่สมบูรณ์มาใช้ในการบำบัดน้ำเสีย แต่ควรฟื้นฟูพื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเลที่สามารถปลูกพืชในป่าชายเลนได้มาประยุกต์ใช้เป็นระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมเพื่อการบำบัดน้ำเสีย โดยการดำเนินการต่าง ๆ จะต้องคำนึงถึงสภาพแวดล้อมบริเวณใกล้เคียงมิให้เกิดผลกระทบขึ้นได้ นอกจากประโยชน์ด้านการบำบัดน้ำเสียแล้ว ป่าชายเลนยังมีประโยชน์ในการสร้างสมดุลให้แก่ระบบนิเวศ เช่น เป็นแหล่งที่อยู่ของนกน้ำและสัตว์หน้าดินนานาชนิด ช่วยลดก๊าซเรือนกระจกได้ ทั้งนี้เพราะพืชในป่าชายเลนมีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงจึงสามารถเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้เป็นออกซิเจนได้สูง อีกทั้งยังสามารถสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพสูง สามารถนำเนื้อไม้ไปใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย