## วิจารณ์ผล

การบำบัดน้ำทิ้ง จากการเลี้ยงปลาน้ำจืดโดยวิธีทางกายภาพ โดยการตกตะกอนตามธรรมชาติ การให้อากาศ การตกตะกอนในช่วงระยะเวลาหนึ่งแล้วให้อากาศนั้นมีผลทำให้ นั้นพบว่าการตกตะกอนตามะรรมชาติสามารถลดปริมาณความสกปรกของน้ำ และปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำได้ แต่ยังมีการสะสมของสารอินทรีย์ภายในที่ยังไม่สารถกำจัดออกได้ เช่นสารประกอบพวกไนโตรเจนที่ละลายในน้ำ ทิ้งนี้ค่าปริมาณความสกปรกของน้ำและปริมาณฟอสฟอรัสรวมนั้นมาจากปริมาณตะกอนสารแขวนลอยดังนั้นการตกตะกอนไว้จึงช่วยลดค่าทั้งสองได้ ซึ่งสอดคล้องกับ Teichert-Coddington, et al (1999) พบว่าการปล่อยให้น้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งตกตะกอนสามารถกำ จัดสารแขวนลอยได้ 88% บีโอดี 63% ไนโตรเจนรวม 31% และฟอสฟอรัสรวม 55% ภายในระยะเวลา 6 ชั่วโมง

ส่วนชุดการให้อากาศอย่างต่อเนื่องนั้น สามารถลดปริมาณความสกปรกและฟอสฟอรัสรวมได้ช้าชุดกตกตะกอนตามะรรมชาติ เนื่องจากการให้อากาศนั้นทำให้เกิดการแขวนลอยตะกอนอยู่ตลอดเวลาตะกอนที่แขวนลอยเหล่านั้นเป็นที่มาของปริมาณความสกปรกและฟอสฟอรัสรวม ดังได้กล่าวแล้วข้างต้น จากการให้อากาศอย่างต่อเนื่อส่งผลต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ และส่งผลต่อการเปลี่ยนรูปแบบของสารประกอบไนโตรเจน โดยเฉพาะแอมโมเนียให้เปลี่ยนไนไตรท์ โดยปริมาณแอมโมเนียมีปริมาณลดลง และมีปริมาณไนไตรท์ค่อยเพิ่มขึ้น เนื่องจากเป็นผลของการทำงานโดยจุลินทรีย์ในสภาวะมีออกซิเจน ในการเปลี่ยนรูปแอมโมเนียเป็นไนไตรท์ ในกระบวนการไนตริฟิเคชั่นของจุลินทรีย์กลุ่มไนตริไฟอิงแบคทีเรีย ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของสิริ และคณะ, 2542 ที่ทำการศึกษาบำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำโดยวิธีการให้อากาศ และไม่ให้อากาศ พบว่า ระบบที่มีการให้อากาศอย่างต่อเนื่อง มีปริมาณแอมโมเนียลดลง และมีปริมาณไนไตรท์มากขึ้นเช่นเดียวกัน

ส่วนในชุดการทดลองตกตะกอนแล้วนำส่วนบนมาให้อากาศนั้น พบว่าในช่วงเวลาการตกตะกอนนั้นปริมาณความสกปรก และปริมาณฟอสฟอรัสรวมของน้ำลดลงเช่นเดียวกับการตกตะกอนตามธรรมชาติ และเมื่อนำน้ำส่วนบนที่ผ่านการตกตะกอนมาให้อากาศนั้นทำให้ปริมาณสารประกอบไนโตรเจน นั้นมีการเปลี่ยนแปลง โดยปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำจะลดลงและปริมาณไนไตรท์มีปริมาณเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับการให้อากาสอย่างต่อเนื่อง

ถึงอย่างไรในระบบการบำบัดน้ำทิ้งด้วยวิธีทางกายภาพก็ไม่สามารถกำจัดสารประกอบไนโตรเจน อันได้แก่ แอมโมเนีย ไนไตรท์ รวมทั้งไนเตรทออกจากน้ำทิ้งได้ ดังนั้นควรหาตัวดูดซับเอาสารประกอบเหล่านี้ออกจากระบบต่อไป

การบำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลาน้ำจืดด้วยพืชน้ำนั้น พบว่าปริมาณออกซิเจนมีการเปลี่ยนแปลงตามสภาพอากาศในแต่ละวัน โดยจะเห็นได้ว่าการใช้พืชน้ำจำพวกลอยน้ำนั้นมีผลทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำมีค่าลดลงตามอัตราที่ใช้เมื่อเทียบเปรียบกับชุดควบคุมที่ไม่มีการใส่พืชน้ำในการบำบัดอันเป็นผลมาจาก การใช้พืชลอยน้ำจะบังแสงไม่ให้แพลงก์ตอนพืชสังเคราะห์แสง ทำให้แพลงก์ตอนเหล่านั้นตายลง ดึงเอาออกซิเจนที่ละลายไปใช้ในการย่อยสลาย ส่วนการใช้สาหร่ายซึ่งเป็นพืชจมน้ำจะเห็นได้ว่าปริมาณออกซิเจนในน้ำไปในทิศทางเดียวกับชุดควบคุม เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชสามารถสังเคราะห์แสงเองได้ จากการบำบัดดังกล่าวมีผลกระทบต่อการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนจึงส่งผลต่าการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำทิ้งจากการบำบัดเช่นกัน โดยจะมีทิศทางไปในทางเดียวกับปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของปริมาณออกซิเจนและปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ

ผลการวิเคราะห์แอมโมเนียในน้ำทิ้งภายหลังผ่านการบำบัด ผักบุ้ง จอก สาหร่ายพุงชะโด และผักตบชวาพบว่ามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ลดลง นั้นแสดงว่า พืชที่นำมาบำบัดสามารถดูดซึมแอมโมเนียไปใช้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ไมตรี และคณะ (2531) ที่ศึกษาการบำบัดน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์ น้ำโดยใช้พืช 4 ชนิด คือ ผักตบชวา ผักบุ้ง ผักกระเฉด และจอก เปรียบเทียบกับการใช้ปลากินพืช คือ ปลานิล พบว่า ผักตบชวา และจอก เป็นตัวดูดซึมสารอินทรีย์ได้ดีกว่าผักบุ้ง และผักกระเฉด โดยพบว่าสามารถลดปริมาณแอมโมเนียจาก 1.98 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร เหลือเพียง 0.07 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร และ 0.23 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ตามลำดับภายใน 5 วัน สุชาติ และคณะ(2530) อธิบายเหตุผลว่าพืชน้ำไม่ว่าจะเป็นพวกที่ลอยน้ำหรือพวกที่มีรากยึดติดที่ท้องน้ำนั้นมีความสามารถในการดูดซึมธาตุอาหารโดยเฉพาะอย่างยิ่งไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ตลอดจนโลหะหนักได้เป็นอย่างดี จึงได้ทดลองใช้ผักบุ้ง ผักกระเฉด และผักตบชวาเป็นตัวดูดซึมธาตุอาหารจากน้ำเสียในบึงมักกะสัน และพบว่าผักตบชวาดูดซึมธาตุอาหารได้ดีมาก รองลงมาเป็นผักกระเฉด และผักบุ้งเช่นเดียวกัน

จากการสังเกตการเปลี่ยนแปลงลักษณะของพืชที่ใช้ในการทดลอง เช่น สีของใบ การเจริญเติบโต เป็นต้น ในช่วงเวลาการทดลอง 10 วัน พบว่ามีพืชบางส่วนตายลง มีสีเหลือง ส่วนยอดไม่เจริญเติบโต ส่วนผักบุ้ง พบว่า มีการแตกยอดอ่อนเล็กน้อยฟื้นตัวช้า และใบมีสีเหลืองเช่นเดียวกับที่พบ

ในผักตบชวา นั่นอาจเป็นเพราะว่าธาตุอาหารที่สำคัญบางส่วนถูกใช้ไปจนมีปริมาณไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืชน้ำทั้งสามชนิด เช่นเดียวกับที่มุกดา (2532) สังเกตพบในงานทดลองเบื้องต้นของการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานทอผ้าย่านรังสิต โดยใช้ผักตบชวา ธูปฤาษี และสาหร่าย ที่พบว่าพืชน้ำทั้งสามชนิดที่ใช้มีความสามารถในการบำบัดน้ำเสียแตกต่างกันออกไป โดยผักตบชวา และสาหร่ายจะมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงในช่วงสัปดาห์แรกๆ จากนั้นจะเริ่มตายลงในสัปดาห์ 10 และ 5 ตามลำดับ สาเหตุสำคัญ อีกประการหนึ่งที่ที่ทำให้แอมโมเนียลดลงนอกเหนือจากการดูดไปใช้โดยพืชน้ำ คาดว่าน่าจะเกิดจากแอมโมเนียบางส่วนถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นรูปอื่น Boyd (1995) กล่าวว่าในสภาพที่มีโมเลกุลของออกซิเจนเพียงพอ แอมโมเนียสามารถถูกเปลี่ยนรูปจากแอมโมเนียไปเป็นไนไตรท์ ($NO_2^-$-N) และไนเตรท ($NO_3^-$-N) ร่วมกับการทำงานของแบคทีเรียกลุ่มไนตริฟายอิ้งแบคทีเรีย (nitrifying bacteria) ที่มีอยู่ในน้ำ เรียกว่ากระบวนการไนตริฟิเคชั่น (nitrification) ดังแสดงในสมการดังนี้

$$NH_4^+ + 1.5\ O_2 \longrightarrow NO_2^- + 2H^+ + N_2O$$

ไนไตรท์ที่เกิดขึ้นจากแบคทีเรียสกุล Nitrosomonas จะไม่สะสมอยู่ในน้ำ ถ้ามากกว่าในน้ำมีโมเลกุลออกซิเจนเพียงพอ ไนไตรท์จะถูก oxidized ต่อไปเป็นไนเตรทด้วยแบคทีเรียสกุล Nitrobacter

$$NO_2^- + 1.5\ O_2 \longrightarrow NO_3^-$$

เมื่อพิจารณาในภาพรวม พบว่าไนไตรท์ของน้ำทิ้งจากการบำบัดด้วยผักบุ้ง สาหร่ายพุงชะโด และ จอก มีแนวโน้มลดลง ส่วนผักตบชวามีปริมาณเพิ่มขึ้น และลดลงในช่วงหลังของการทดลอง ทั้งนี้เนื่องจากผักตบชวามีระบบรากฝอยค่อนข้างมากกว่าพืชชนิดอื่น เป็นที่อยู่ของแบคทีเรียกลุ่ม ไนตริฟายอิ้งแบคทีเรีย (nitrifying bacteria) นั้นเอง

ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำทิ้งที่บำบัดด้วยพืชนั้นแนวโน้มลดลง เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ทั้งนี้เพราะพืชมีความสามารถในการดูดซึมฟอสฟอรัสไปใช้ประโยชน์ โดยเฉพาะในรูปของAvailable phosporus (สรสิทธิ์, 2511) หรือในรูปของสารประกอบออร์โธฟอสเฟต (orthophosphate) ได้แก่สารประกอบกลุ่ม $PO_4^{3-}$, $HPO_4^{2-}$ และ $H_2PO_4^-$ ซึ่งละลายน้ำได้ดี จากการทดลอง พบว่าทุกชุดทดลองไม่ว่าจะเป็นการบำบัดด้วยผักบุ้ง และผักตบชวา มีการลดลงของปริมาณฟอสฟอรัสรวมอย่างต่อเนื่อง ปริมาณของฟอสฟอรัสรวมก็ลดลงเกือบหมดทำให้พอสรุปได้ว่าปริมาณของฟอสฟอรัสรวม เนื่องจากน้ำทิ้งมีปริมาณสารแขวนลอย มีอนุภาคของตะกอนดินที่ดูดซึมสารประกอบฟอสฟอรัสไว้เป็นจำนวนมาก แต่หลังจากนั้นเพียง 1 วัน ปริมาณของฟอสฟอรัสรวมกับลดลงอย่าง

รวดเร็วเนื่องจากตะกอนดินที่ดูดซึมสารประกอบฟอสฟอรัสไว้ได้ตกลงสู่พื้นถังทดลอง ทำให้เหลือเพียงส่วนที่ละลายอยู่ในน้ำซึ่งเป็นส่วนน้อยเท่านั้น โดย Masuda and Boyd (1994) รายงานว่าฟอสฟอรัสในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำส่วนใหญ่ ถูกยึดจับโดยอนุภาคดินในรูปของสารที่ไม่ละลายน้ำ มีส่วนน้อยที่จับกับอนุภาคดินแบบหลวมๆ และมีปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้นที่ละลายอยู่ในน้ำทั้งนี้เนื่องจากดินก้นบ่อสามารถดูดซึมฟอสฟอรัสได้อย่างเหนียวแน่น จากการทดลองพบว่า ระหว่างพืชจำพวกลอยน้ำมีประสิทธิภาพในการกำจับฟอสฟอรัสได้

ส่วนปริมาณความสกปรกของน้ำนั้นจะเป็นลักษนะเดี่ยวกับปริมาณฟอสฟอรัมรวมในน้ำ เนื่องจากค่าความสกปรกหรือค่าบีโอดีส่วนใหญ่นั้นมาจากอนุภาคของสารแขวนลอยอันได้แก่แพลงก์ตอนพืช เศาอาหารที่ลอยอยู่ในน้ำ จากการทดลองจะเห็นว่าปริมาณความสกปรกจะลดลงอย่างต่อเนื่องในทุกการทดลอง เนื่องจากตะกอนสารแขวนลอยดดยเฉพาะอนุภาคขนากใหญ่จะตกลงสู่ก้นบ่อทดลองนั่นเอง