# บทที่ 5

# สรุปผลการวิจัย

## สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการบำบัดน้ำทิ้งจากนากุ้งกุลาดำด้วยพืชน้ำ ได้แก่ จอก ผักตบชวา กกสามเหลี่ยม แห้วทรงกระเทียมและธูปฤาษี โดยมีบ่อทดลองที่ไม่ได้ปลูกพืชน้ำเป็นบ่อควบคุม ทำการวิเคราะห์ตัวแปรคุณภาพน้ำตลอดระยะเวลาทำการทดลอง 34 วัน พืชน้ำและบ่อควบคุมมีค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดน้ำทิ้งจากนากุ้งกุลาดำ ดังตาราง 19

ตารางที่ 19 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำทิ้งจากนากุ้งกุลาดำของบ่อควบคุมและพืชน้ำแต่ละชนิดในการทดลองวันที่ 34

| บ่อทดลอง | ประสิทธิภาพ(%) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | บีโอดี | ไนไตรท์ | ไนเตรท | ออร์โธฟอสเฟต | ซิลิเกต |
| ควบคุม | 5.71 | -50.00 | 45.04 | 15.07 | -46.90 |
| จอก | 86.84 | 26.08 | 87.61 | 87.32 | -20.24 |
| ผักตบชวา | 88.47 | 46.15 | 83.58 | 87.13 | -31.87 |
| กกสามเหลี่ยม | 81.00 | -70.58 | 55.55 | 18.72 | -29.13 |
| แห้วทรงกระเทียม | 74.40 | -33.33 | 65.11 | 25.12 | -37.29 |
| ธูปฤาษี | 67.93 | -47.36 | 66.66 | 63.30 | -17.12 |

การเปลี่ยนแปลงมวลชีวภาพของพืชน้ำพบว่า พืชน้ำทุกชนิดมีมวลชีวภาพเพิ่มขึ้นเทียบกับเวลาเริ่มต้น มวลชีวภาพของพืชน้ำในวันที่ 34 ผักตบชวามีมวลชีวภาพเพิ่มขึ้นเป็น 7.53 เท่า แห้วทรงกระเทียม 6.77 เท่า กกสามเหลี่ยม 4.48 เท่า ธูปฤาษี 2.56 เท่า และจอก1.85 เท่า

**สรุปผลการทดลองได้ดังนี้**

1. การบำบัดน้ำทิ้งจากนากุ้งกุลาดำโดยใช้พืชน้ำสามารถบำบัดได้ดีกว่าการใช้ดินเปล่าเพียงอย่างเดียว โดยจอกและผักตบชวามีประสิทธิภาพการบำบัดน้ำทิ้งจากนากุ้งกุลาดำได้ดีกว่าพืชน้ำชนิดอื่น

2. พืชน้ำแต่ละชนิดเจริญเติบโตได้ในน้ำทิ้งจากนากุ้งกุลาดำและผักตบชวาเจริญเติบโตได้ดีที่สุด

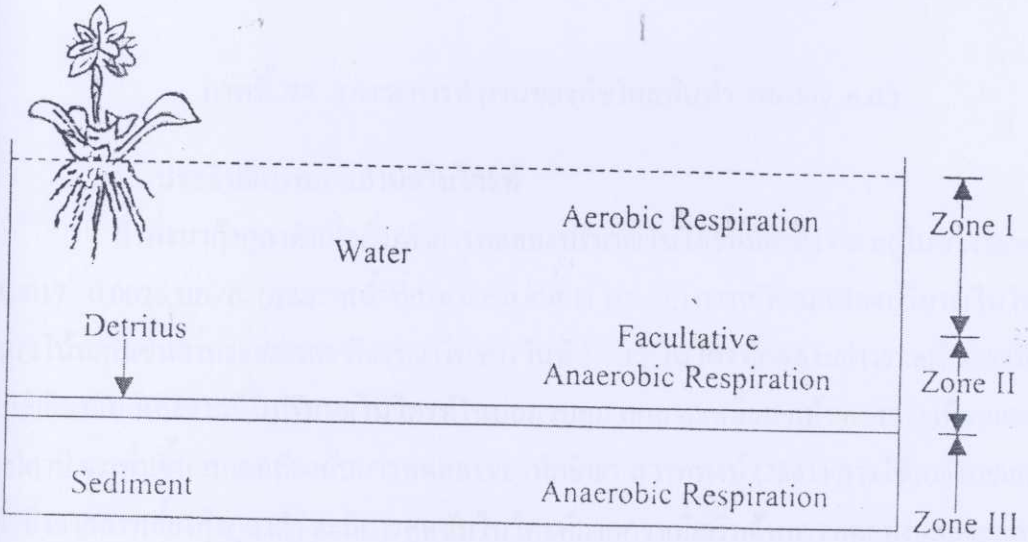
## อภิปรายผล

จากการรายงานการวิจัยประสิทธิภาพของพืชน้ำของสถาบันต่าง ๆ พบว่าวิธีการทดลองที่ต่างกันจะให้ค่าประสิทธิภาพการบำบัดของพืชน้ำต่างกัน ดังนั้นจึงควรทำความเข้าใจในกลไกที่เกิดขึ้น ดังนี้

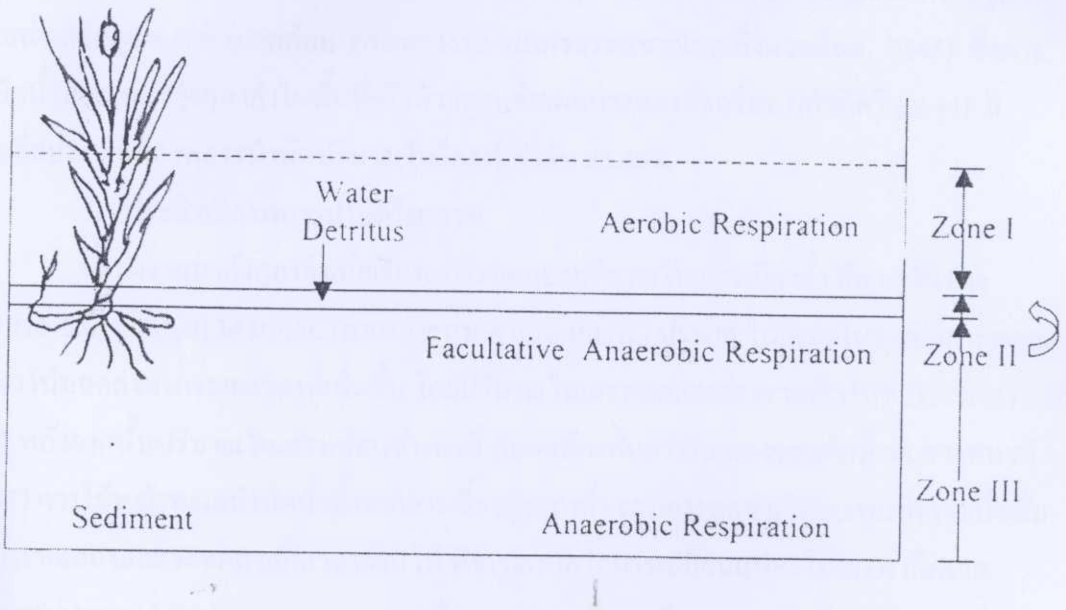
**1. ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี**

น้ำทิ้งจากนากุ้งกุลาดำเมื่อเริ่มทำการทดลองมีค่าบีโอดีสูงกว่าคุณภาพน้ำที่เหมาะสมพร้อมที่จะปล่อยโดยไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศ คือ อยู่ในช่วงระหว่าง 6.33-7.67 มก./ล. (คุณภาพน้ำที่เหมาะสม < 4.0 มก./ล.) เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นค่าบีโอดีจะลดลง นั่นคือแบคทีเรียมีระยะเวลาในการย่อยสลายสารอินทรีย์มากขึ้น โดยบ่อทดลองที่ทำการปลูกพืชน้ำเห็นแนวโน้มการลดลงอย่างชัดเจน สำหรับบ่อควบคุมมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างช้า ๆ และยังคงมีค่าสูงกว่าบ่อทดลองอื่น ๆ ผลการทดลองที่ได้ตรงกับข้อสรุปของไพบูลย์ ประพฤติธรรม และสิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์ (2542) ว่า การบำบัดบีโอดีโดยระบบดินร่วมกับพืชน้ำ สามารถบำบัดได้ดีกว่าดินเปล่าเพียงอย่างเดียว พิจารณากลไกการบำบัดบีโอดีพบว่ากระบวนการทางชีวภาพและกายภาพสามารถลดค่าบีโอดีในน้ำทิ้งได้ โดยกระบวนการทางชีวภาพ การลดลงของค่าบีโอดี คือการลดลงของสารอินทรีย์ซึ่งเกิดจากกระบวนการย่อยสลายอินทรียสารของแบคทีเรียในสภาวะที่มีออกซิเจน โดยตัวที่เติมออกซิเจนให้แก่แหล่งน้ำคือพืชน้ำนั่นเอง (ศรปราชญ์ ธไนศวรรยางกูร, พูนพิภพ เกษมทรัพย์ และทรงคุณ สิงหราชวัลลภ, 2542) ซึ่งกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชจะส่งออกซิเจนไปยังราก เกิดสภาพไรโซสเฟียร์และเติมออกซิเจนให้แก่น้ำ เร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบใช้ออกซิเจน ดังภาพที่ 23 และภาพที่ 24 ลักษณะของพืชน้ำอีกประการหนึ่งคือ การที่ราก ใบหรือลำต้นบางส่วนอยู่ในชั้นน้ำ จะเกิด bioflim ซึ่งเป็นชั้นของแบคทีเรียเกาะอยู่บนผิว ลักษณะที่สังเกตได้คือ เมื่อสัมผัสจะรู้สึกลื่น biofilmจะย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยเช่นกัน ดังนั้นชนิด ปริมาณแบคทีเรียและพื้นที่ผิวของพืชน้ำมีผลต่อ

ประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี (บัญญัติ สุขศรีงาม, 2534; Armstrong & Armstrong, 1990; Brix, 1993; Gopal, 1999 อ้างอิงจาก Allen, 1997) ในกระบวนการทางกายภาพ คือ การตกตะกอนจะทำให้ค่าบีโอดีลดลงได้เช่นกัน (Gopal, 1999) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ประสิทธิภาพการบำบัดค่าบีโอดีในวันที่ 34 ผักตบชวามีประสิทธิภาพการบำบัดสูงที่สุด เท่ากับ 88.47% ซึ่งสิริ ทุกข์วินาศ และชนินทร์ แสงรุ่งเรือง (2541) ได้ศึกษาการบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาด้วยระบบ Bio-Filter โดยใช้แบคทีเรียระบบใช้อากาศ สามารถลดค่าบีโอดีได้ 43.48% และการบำบัดน้ำทิ้งจากนากุ้งกุลาดำแบบตะกอนเร่งและบ่อเลี้ยงสาหร่ายผมนางของรตีวรรณ อ่อนรัศมี, ถิรพงษ์ ถิรมนัส, ดนัย บวรเกียรติกุล และรจฤดี โชติการินทร์ (2542) สามารถบำบัดค่าบีโอดีได้ 58.10% การบำบัดน้ำทิ้งจากนากุ้งกุลาดำในพื้นที่จริงด้วยสาหร่ายผมนางของอัจฉริยา แก้วมีศรี (2544) มีค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดค่าบีโอดี 24.27%




ภาพที่ 23 สภาวะการทำงานของพืชลอยน้ำ (Reddy, n.d.)




ภาพที่ 24 สภาวะการทำงานของพืชโผล่พ้นน้ำ (Reddy, n.d.)

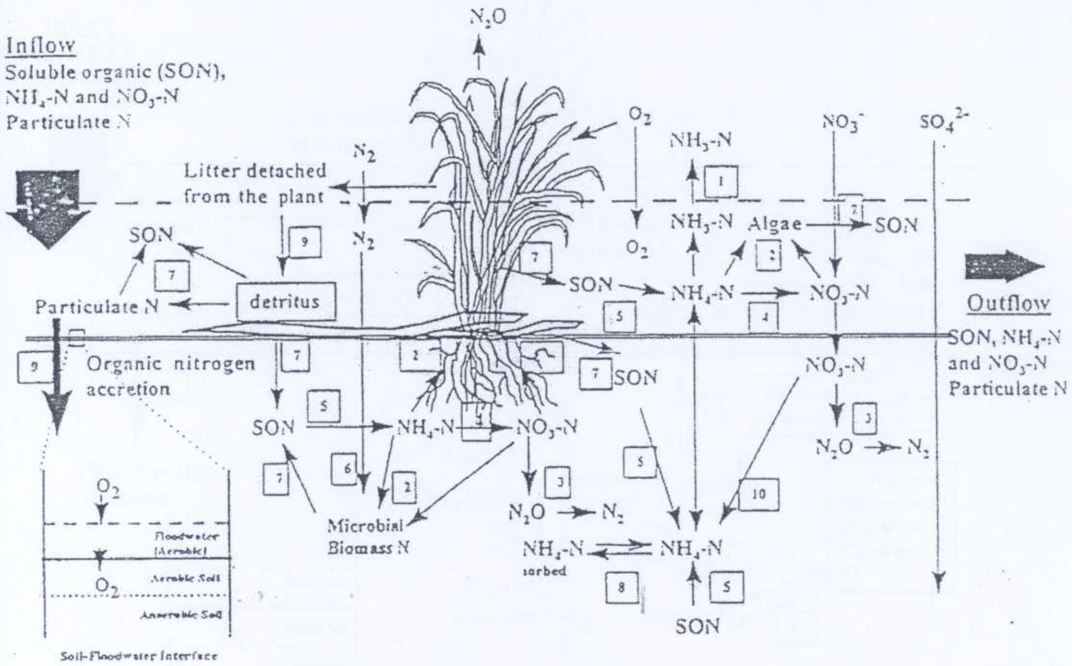
**2. ประสิทธิภาพการบำบัดไนไตรท์**

น้ำทิ้งนากุ้งกุลาดำเมื่อเริ่มทำการทดลองปริมาณไนไตรท์มีค่าต่ำ คือ อยู่ในช่วงระหว่าง 0.0017 –0.0026 มก./ล. (คุณภาพน้ำที่เหมาะสม < 0.11 มก./ล.) การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนไตรท์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา พิจารณาในช่วงวันที่ 1 – 13 ไนไตรท์ลดลงอย่างรวดเร็วและมีค่าใกล้เคียงกัน หลังจากนั้นปริมาณไนไตรท์ในบ่อควบคุม กกสามเหลี่ยม แห้วทรงกระเทียมและธูปฤาษี จะเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของทักษิณา สวาทพงษ์ (2541) การใช้หญ้าทะเลบำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ จะมีการดูดซับไนไตรท์มากกว่าเมื่อเริ่มต้นการทดลองและจะลดลงเมื่อผ่านไป กลไกการเปลี่ยนแปลงไนไตรท์เกิดจากระบวนการทางชีวภาพ โดยในช่วงวันที่ 1 – 13 การลดลงของปริมาณไนไตรท์เกิดจากกระบวนการไนไตริฟิเคชั่น ออกซิไดซ์ไนไตรท์ให้เป็นไนเตรทเข้าสู่พืช จึงทำให้บ่อควบคุมมีการแนวโน้มการเพิ่มปริมาณไนไตรท์สูงกว่าทุก ๆ บ่อ เนื่องจากไม่มีพืชดูดซับสารอาหารออกจากน้ำ หลังจากวันที่ 13 ปริมาณไนไตรท์เพิ่มขึ้น เกิดจากกระบวนการดีไนตริฟิเคชั่น เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในสภาวะไร้ออกซิเจน ซึ่งออกซิเจนในน้ำได้ถูกใช้ไปในการบำบัดค่าบีโอดีส่วนหนึ่งและใช้ในการเปลี่ยนรูปธาตุอาหาร (บัญญัติ สุขศรีงาม, 2534 ; Sun, Gray, Biddlestone & Cooper , 1999) อีกทั้งการเน่าของส่วนต่าง ๆ ของพืช จะทำให้ธาตุอาหารกลับเข้าสู่น้ำอีกครั้ง (จิรากรณ์ คชเสนี, 2540; Brix, 1997 อ้างอิงจาก Kadlec & Knight, 1995; Gopal, 1999) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ประสิทธิภาพการบำบัดค่าบีโอดีในวันที่ 34 ผักตบชวามีประสิทธิภาพการบำบัดสูงที่สุด เท่ากับ 46.15% ทั้งนี้ส่วนหนึ่งขึ้นกับความสามารถในการดูดซับ

สารอาหารของพืช โดยผักตบชวาเป็นพืชน้ำที่สามารถดูดซับธาตุอาหารไนโตรเจนได้หลายรูป (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2545) ซึ่งการบำบัดน้ำทิ้งจากนากุ้งกุลาดำในพื้นที่จริงด้วยสาหร่ายผมนางของอัจฉรียา แก้วมีศรี (2544) มีค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดปริมาณไนไตรท์เท่ากับ 23.40%

**3. ประสิทธิภาพการบำบัดไนเตรท**

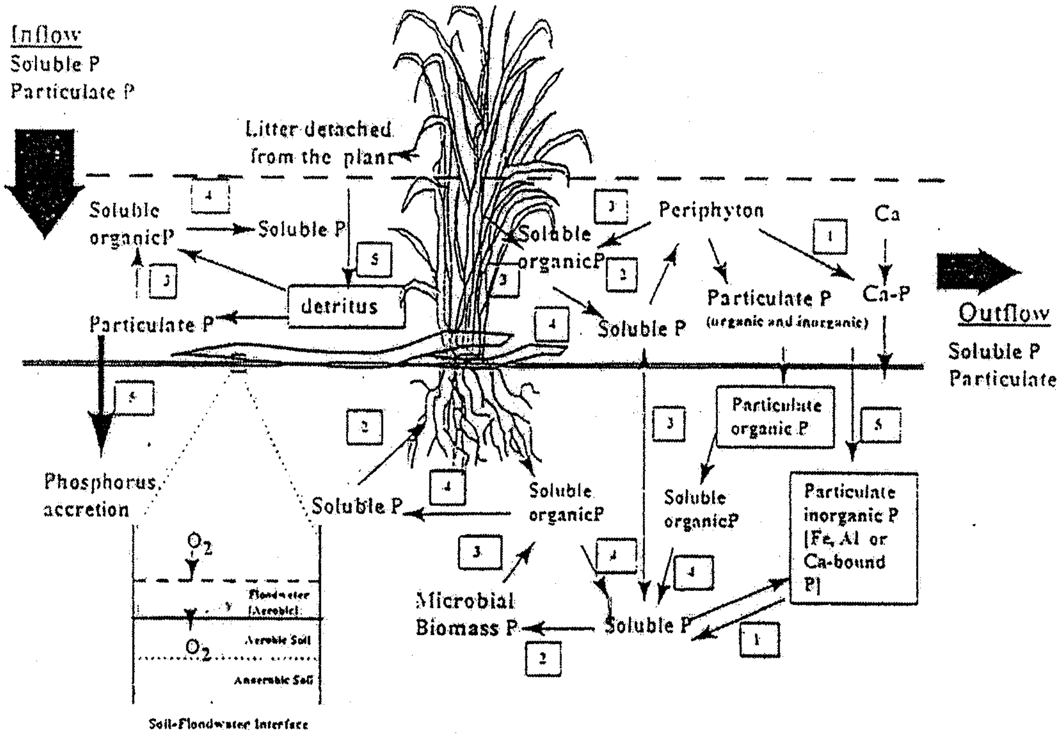
น้ำทิ้งจากนากุ้งกุลาดำเมื่อเริ่มทำการทดลองปริมาณไนเตรทมีค่าต่ำ คือ อยู่ในช่วงระหว่าง 0.0111 –0.0134 มก./ล. (ค่าเหมาะสม < 0.10 มก./ล.) ปริมาณไนเตรทในทุกบ่อการทดลองมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น โดยปริมาณไนเตรทลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงระหว่างวันที่ 1 – 7 หลังจากนั้นปริมาณไนเตรทค่อนข้างคงที่ สอดคล้องกับการทดลองของทักษิณา สวาทพงษ์ (2541) การใช้หญ้าทะเลบำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ จะมีการดูดซับไนเตรทมากกว่าเมื่อเริ่มต้นการทดลองและจะลดลงเมื่อเวลาผ่านไป พิจารณากลไกการเปลี่ยนแปลงไนเตรท เกิดจากกระบวนการทางกายภาพและกระบวนการชีวภาพ (ภาพที่ 25) คือ การดูดซับกับอนุภาคตะกอนและการตกตะกอน กระบวนการไนตริฟิเคชั่น-ดีไนตริฟิเคชั่น การนำไปใช้ของพืช ซึ่งพืชน้ำจะดูดไนเตรทเข้าสู่ทางรากโดยตรง และเกิดขึ้นได้ดีเมื่ออยู่ในสภาวะค่าพีเอชต่ำกว่า 8 (Koottatep & Polprasert, 1997; Brix, 1997; Sun, Gray, Biddlestone & Cooper, 1999) ในพืชโผล่พ้นน้ำ ได้แก่ กกสามเหลี่ยม แห้วทรงกระเทียมและธูปฤาษี จะเกิดกระบวนการชีวธรณีเคมี ส่งออกซิเจนจากกระบวนการสังเคราะห์แสงไปสู่รากเกิดสภาพบริเวณไรโซสเฟียร์ เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบใช้ออกซิเจนต่อไป (Gopal, 1999 อ้างอิงจาก Sather & Smith, 1984 ; Reddy & D'Angelo, 1996; Green, Friedler, Ruskol & Frai, 1997; Comin, Romero, Astorga & Garcia, 1997) ซึ่งพืชลอยน้ำ ได้แก่ จอกและผักตบชวา จะให้ออกซิเจนได้มากกว่าพืชโผล่พ้นน้ำ ทำให้เกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบใช้ออกซิเจนได้ดี (Brix, 1997) ซึ่งในผลการทดลองในวันที่ 34 พบว่าจอกและผักตบชวาสามารถบำบัดไนเตรทได้ดี มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 87.61% และ 83.58% ตามลำดับ และบ่อควบคุมมีค่าประสิทธิภาพต่ำกว่า เท่ากับ 45.04% ดังนั้นการบำบัดไนเตรทโดยระบบดินร่วมกับพืชน้ำสามารถบำบัดได้ดีกว่าดินเปล่าเพียงอย่างเดียว (Drizo,Frost, Smith and Grace, 1997 ) ชนิดพืช ดิน จึงมีผลต่อค่าประสิทธิภาพการบำบัด ซึ่งการบำบัดน้ำทิ้งจากนากุ้งกุลาดำแบบตะกอนเร่งและบ่อเลี้ยงสาหร่ายผมนางของรตีวรรณ อ่อนรัศมี, ถิรพงษ์ ถิรมนัส, ดนัย บวรเกียรติกุล และรจฤดี โชติการินทร์ (2542) สามารถบำบัดปริมาณไนเตรทได้ 42.24% และการบำบัดน้ำทิ้งจากนากุ้งกุลาดำในพื้นที่จริงด้วยสาหร่ายผมนางของอัจฉรียา แก้วมีศรี (2544) มีค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดค่าไนเตรทเท่ากับ 11.10%




ภาพที่ 25 การเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนในดินและน้ำในพื้นที่ชุ่มน้ำ (Reddy & D'Angelo, 1996)

**4. ประสิทธิภาพการบำบัดออร์โธฟอสเฟต**

น้ำทิ้งนากุ้งกุลาดำเมื่อเริ่มทำการทดลองปริมาณออร์โธฟอสเฟตมีค่าสูง คือ อยู่ในช่วงระหว่าง 0.03 –0.014 มก./ล. (ค่าเหมาะสม < 0.01 มก./ล.) ปริมาณออร์โธฟอสเฟตในบ่อควบคุมมีค่าสูงกว่าบ่อทดลองอื่น ๆ ตลอดระยะเวลาการทดลอง สำหรับปริมาณออร์โธฟอสเฟตในบ่อพืชน้ำมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องจนสิ้นสุดการทดลอง พิจารณากลไกการเปลี่ยนแปลงปริมาณออร์โธฟอสเฟต เกิดจากการกระบวนการทางชีวภาพ การย่อยสารอินทรีย์โดยแบคทีเรียและทางกายภาพ (ภาพที่ 26) แต่ส่วนใหญ่จะเกิดจากการดูดซับทางเคมีและการตกตะกอนมากกว่าที่พืชดูดไปใช้

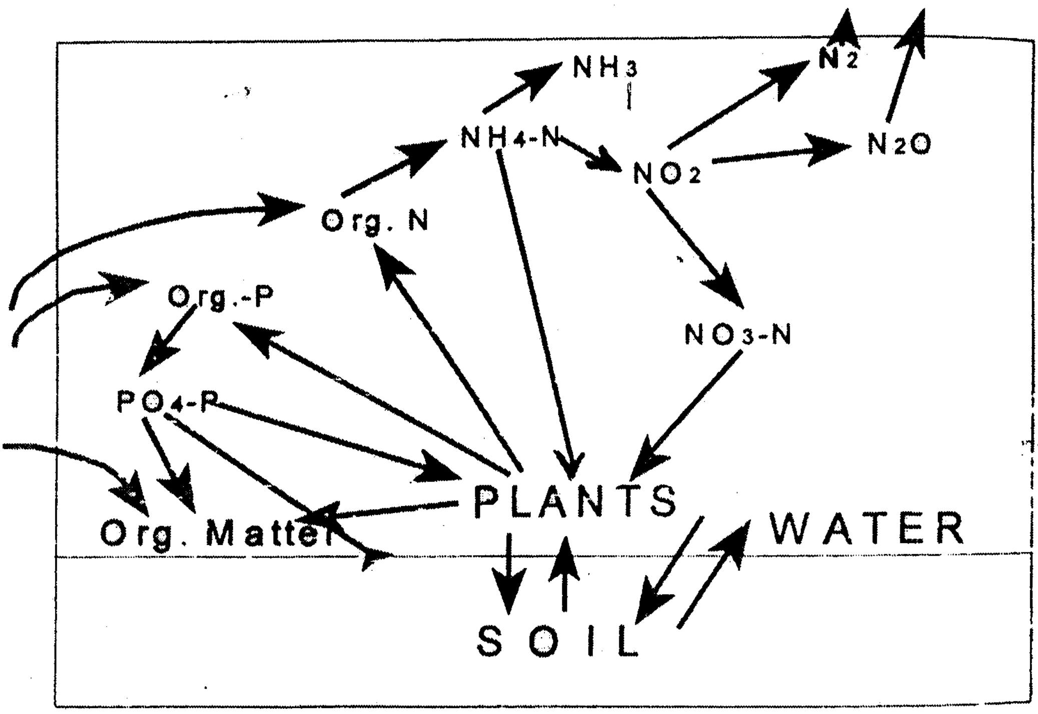



ภาพที่ 26 การเปลี่ยนรูปของฟอสฟอรัสในดินและน้ำในพื้นที่ชุ่มน้ำ (Reddy & D'Angelo, 1996)

โดยอนุภาคของดินที่มีเหล็ก อลูมินั่มและแมงกานีสจะจับกับประจุลบคือ $PO_4^{3-}$ เป็นเช่นเดียวกับการลดลงในเตรทเช่นกัน (ธัญลักษณ์ แต่บรรพกุล, 2539 อ้างอิงจาก Whighan et al., 1980; จิราภรณ์ คชเสนี, 2540) ในช่วงการทดลองวันที่ 1 – 10 ปริมาณออร์โธฟอสเฟตในบ่อควบคุมและพืชน้ำลดลงเช่นเดียวกัน ซึ่งการลดลงที่เกิดขึ้นเกิดจากการดูดซับและการตกตะกอน แต่หลังจากวันที่ 10 ปริมาณออร์โธฟอสเฟตในบ่อควบคุมเพิ่มขึ้น ซึ่งในสภาพที่มีค่าบีโอดีสูงฟอสฟอรัสที่ถูกสะสมในตะกอนจะถูกปลดปล่อยออกมาอย่างรวดเร็ว (Gopal, 1999 อ้างอิงจาก Richardson et al, 1978) ในบ่อพืชน้ำปริมาณออร์โธฟอสเฟตยังคงลดลงอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากพืชน้ำเป็นตัวช่วยเกิดการตกตะกอนได้ดีขึ้น (Armstrong & Armstrong, 1990; Brix, 1993; Gopal, 1999 อ้างอิงจาก Allen, 1997) และการนำไปใช้ของพืชจะอยู่ในช่วงที่มีการสร้างรากและดอก ดังนั้นดินและอายุของพืชมีผลต่อค่าประสิทธิภาพด้วย (Gopal, 1999) ในวันสุดท้ายของการทดลองปริมาณออร์โธฟอสเฟตสูงขึ้น ทั้งนี้เกิดจากการเน่าของส่วนต่าง ๆ ของพืช จะทำให้ออร์โธฟอสเฟตกลับเข้าสู่น้ำได้อีกครั้ง (Gopal, 1999 อ้างอิงจาก Richardson & Nichols, 1985; จิราภรณ์ คชเสนี, 2540) จากผลการทดลองในวันที่ 34 พบว่า จอกและผักตบชวาสามารถบำบัดออร์โธฟอสเฟตได้ดีที่สุดมีค่าประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับ 87.32% และ 87.13% ตามลำดับ ซึ่งบ่อควบคุมมีค่า

ประสิทธิภาพการบำบัดเพียง 15.07% และจากการศึกษาการบำบัดน้ำทิ้งจากนากุ้งกุลาดำด้วยสาหร่ายผมนางของอัจฉริยา แก้วมีศรี (2544) มีค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพ เท่ากับ 17.55% ดังนั้นสถานที่และวิธีการบำบัด จะมีผลต่อค่าประสิทธิภาพการบำบัดด้วย แต่อย่างไรก็ตาม การบำบัดออร์โฟอสเฟตโดยระบบดินร่วมกับพืชน้ำสามารถบำบัดได้ดีกว่าดินเปล่าเพียงอย่างเดียว (Drizo, Frost, Smith & Grace, 1997)

จากการทดลองจะเห็นว่าปริมาณออร์โธฟอสเฟตมีค่าสูงกว่าไนไตรท์ ไนเตรท พิจารณาจากวัฏจักรของสาร พบว่า สารประกอบฟอสฟอรัสแตกต่างไปจากไนโตรเจน นั่นคือ ไม่มีรูปที่จะระเหยสู่บรรยากาศได้ (ภาพที่ 27) สารประกอบฟอสฟอรัสมักจะอยู่ในตะกอนและพืชน้ำสะสมฟอสฟอรัสน้อยกว่าการสะสมไนโตรเจน (Greenway, 1996)




ภาพที่ 27 เปรียบเทียบวัฏจักรสารประกอบไนโตรเจนและสารประกอบฟอสฟอรัส (Gopal, 1999)

5. ประสิทธิภาพการบำบัดซิลิเกต

น้ำทิ้งนากุ้งกุลาดำเมื่อเริ่มทำการทดลองปริมาณซิลิเกตมีค่าต่ำ คือ อยู่ในช่วงระหว่าง 5.4356–6.1484 มก./ล. แหล่งน้ำธรรมชาติทั่วไปจะอยู่ในช่วง 1 – 30 มก./ล. แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณซิลิเกตมีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาในทุก ๆ บ่อทดลอง เมื่อสิ้นสุดการทดลองค่าประสิทธิภาพการบำบัดมีค่าเป็นลบ แสดงว่าพืชน้ำไม่สามารถบำบัดซิลิเกตได้ หรือในอีก

ทางหนึ่ง ซิลิเกตเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการน้อย ประกอบกับซิลิกาเป็นองค์ประกอบสำคัญของผนังเซลล์ของไดอะตอม ซึ่งเป็นสาหร่ายเซลล์เดียว ซิลิกาจะเคลื่อนที่ออกจากน้ำขณะที่มีการสังเคราะห์ผนังเซลล์และกลับเข้าสู่น้ำอย่างช้า ๆ โดยการละลายกลับคืนสู่น้ำของพวกสิ่งมีชีวิตที่ตายแล้ว (นันทนา คชเสณี, 2539; สมถวิล จริตควร, 2542) ดังนั้นปริมาณซิลิเกตที่เพิ่มขึ้น มาจากการตายของสาหร่ายเซลล์เดียว ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องจากการลดลงของสารอินทรีย์ ทำให้มีอาหารไม่เพียงพอต่อการดำรงชีวิต ดังนั้นการบำบัดซิลิเกตไม่สามารถบำบัดได้ด้วยดินหรือดินร่วมกับพืชน้ำ แต่ก็เป็นการเตรียมน้ำให้เหมาะกับการเลี้ยงสัตว์น้ำที่มีการสร้างเปลือกหุ้มลำตัว

**6. การเจริญเติบโต**

การเจริญเติบโตของพืชน้ำได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของมวลชีวภาพ พบว่ามวลชีวภาพของพืชน้ำเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา โดยผักตบชวาเจริญเติบโตได้ดี มีการเพิ่มมวลชีวภาพสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับ Brix (1997, อ้างอิงจาก Geller, 1996) จากผลการทดลองในวันที่ 34 ผักตบชวาสามารถเจริญเติบโตได้ถึง 7.53 เท่าของมวลชีวภาพเริ่มต้น สำหรับธูปฤาษีที่มีขนาดใหญ่กว่าพืชน้ำชนิดอื่น ๆ กลับมีการเพิ่มมวลชีวภาพเพียง 2.56 เท่า ซึ่งธัญลักษณ์ แต่บรรพกุล (2542) ได้กล่าวว่ารูปร่างเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่เอื้ออำนวยต่อการขยายตัวและแพร่พันธุ์ การเพิ่มขึ้นของมวลชีวภาพแสดงให้เห็นว่าสิ่งแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลง นั่นคือปริมาณธาตุอาหารพืชในน้ำทิ้งจากนากุ้งกุลาดำเปลี่ยนแปลง โดยลดปริมาณลงจากการนำไปใช้ของพืช และการที่พืชน้ำมีการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันนี้ ขึ้นกับความสามารถของพืชในการส่งเสริมการเปลี่ยนรูปของสารอาหาร เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตโดยทางกายภาพ เคมีและชีวภาพ การดูดซับอาหารของพืชขึ้นกับชนิดของพืชน้ำและสภาพที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน(Brix, 1997 อ้างอิงจาก Geller, 1996; Gropal, 1999 อ้างอิงจาก Dykyjova, 1978) เช่น ผักตบชวาเติบโตได้ดีในที่กลางแจ้งเมื่อเทียบกับจอก (Aoi & Hayashi, 1996) จากการศึกษาของ สุมน มาสุธน, สุชาดา ศรีเพ็ญ, จันทนา สุขปรีดี, สมบัติ ชิณะวงศ์และสมศักดิ์ เจริญวัย (2542) พบว่าเมื่อมีปริมาณอาหารสูง การดูดซับธาตุอาหารของพืชจะมีค่ามากกว่าที่ต้องการใช้ในการเจริญเติบโต ซึ่งปรากฏอยู่ในพืชหลาย ๆ ชนิด ที่สามารถใช้ดูดอาหารที่เข้มข้นจากดินตะกอน และ/หรือ น้ำโดยมีปัจจัยหลายอย่าง (Gopal, 1999 อ้างอิงจาก Gopal, 1990) ดังแสดงในภาพแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณของตัวแปรคุณภาพน้ำต่าง ๆ จะเห็นว่าในระยะเวลาช่วงต้น การลดลงของตัวแปรคุณภาพน้ำหลาย ๆ ตัวจะลดลงอย่างรวดเร็ว จากนั้นจึงจะมีการเปลี่ยนแปลงอีกเพียงเล็กน้อย

## ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาวิจัยประสิทธิภาพของพืชน้ำในการบำบัดน้ำทิ้งจากนากุ้งกุลาดำนี้ ผู้วิจัยได้มีข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการใช้พืชน้ำ เพื่อการบำบัดคุณภาพน้ำทิ้ง ดังต่อไปนี้

1. ควรเลือกชนิดพืชให้เหมาะสมกับสภาพบ่อรับน้ำ เช่น ผักตบชวาไม่เหมาะกับสภาพกระแสน้ำแรง จอกไม่เหมาะที่จะปลูกในที่กลางแจ้ง พืชโผล่พ้นน้ำไม่ควรปลูกในที่น้ำลึกมาก เนื่องจากจะยากต่อการเก็บเกี่ยว

2. ควรมีระยะเวลาขังน้ำไม่ต่ำกว่า 13 วัน เพื่อให้พืชน้ำมีระยะเวลาการบำบัดเพียงพอที่จะทำให้น้ำทิ้งมีคุณภาพเหมาะสมที่จะระบายลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ โดยไม่กระทบต่อระบบนิเวศ

3. ควรเก็บเกี่ยวพืชน้ำบางส่วนออกจากบ่อบำบัดทุก ๆ 2 เดือน เพื่อไม่ให้หนาแน่นเกินไปและป้องกันสารอาหารที่เกิดจากการเน่าของพืชกลับคืนสู่น้ำอีกครั้ง