

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

มลพิษทางน้ำนับได้ว่าเป็นปัญหาใหญ่ของมนุษยชาติที่เพิ่มมากขึ้นตามประชากรของโลกและการพัฒนาทางอุตสาหกรรมแขนงต่าง ๆ ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบโดยตรงต่อแหล่งน้ำธรรมชาติและปริมาณน้ำสะอาดที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทั่วไป

สารที่ทำให้น้ำสะอาดแปดเปื้อนจนเกิดเป็นน้ำเสียเรียกว่า มลสาร (pollutants) เช่น สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ โลหะหนัก เป็นต้น มาตรฐานน้ำทั้งกำหนดค่าความสกปรกของน้ำเสียในรูปของสารอินทรีย์ด้วยค่าบีโอดี (BOD) และค่าซีโอดี (COD) สารแขวนลอย และตะกอนด้วยค่าของแข็งแขวนลอย (suspended solids) ส่วนโลหะหนัก แร่ธาตุและสารประกอบอื่น ๆ วัดโดยตรงเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสแม้ไม่ได้ทำให้น้ำเสียโดยตรง แต่หากปล่อยน้ำทิ้งที่มีแร่ธาตุเหล่านี้ซึ่งเป็นอาหาร (nutrient) ของพืชลงไปในแหล่งน้ำจะทำให้สาหร่าย (algae) และวัชพืชน้ำต่าง ๆ เจริญเติบโตเป็นผลให้น้ำขุ่นมีค่าออกซิเจนละลายน้ำต่ำ เกิดสีและกลิ่น เมื่อวัชพืชน้ำเหล่านี้ตายลงจะเป็นสารอินทรีย์ที่ทำให้น้ำเน่าได้ ดังนั้นจึงถือว่าไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นมลสารรูปแบบหนึ่งซึ่งต้องกำจัดออกจากน้ำเสีย

มลสารต่าง ๆ ที่มีอยู่ในน้ำเสียไม่สามารถกำจัดหรือทำลายให้สูญหายไปได้เพียงแต่สามารถที่จะลดปริมาณหรือเปลี่ยนรูปให้อยู่ในรูปที่ไม่เกิดโทษหรือนำไปใช้เป็นประโยชน์ใหม่ด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ เท่านั้น แนวความคิดในการนำเอาพืชน้ำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียเป็นเรื่องที่ได้รับความสนใจกันอย่างจริงจังไม่นานมานี้ ได้มีผู้วิจัยหลายท่านทำการศึกษาคูณสมบัติของพืชน้ำในการบำบัดน้ำเสียจากแหล่งชุมชน น้ำเสียที่มีของเสียเป็นพวกสารเคมี และหาทางนำเอาชีวมวลของพืชน้ำที่เกิดขึ้นหลังจากการใช้น้ำบำบัดน้ำเสียมาใช้ประโยชน์ พืชน้ำที่ได้มีการศึกษาความสามารถในการบำบัดน้ำเสีย ตัวอย่างเช่น ผักตบชวา (Eichhornia crassipes) ผักเบ็ดน้ำ (Alternanthera philoxeroides) แหน

(*Lemna* sp.) สาหร่ายไฟ (*Nejas flexilis*) ทุบถาซี (*Typha latifolia*) อ้อ (*Phragmites communis*) และกก (*Scirpous lacustris*) ฯลฯ (กิตติ เอกอำพล และสำออง หอมชื่น, 2530) ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้พืชน้ำเพื่อแยกแอมโมเนียมออกจากน้ำเป็นวิธีที่มีความเหมาะสมในเชิงเศรษฐกิจเพราะค่าใช้จ่ายต่ำ เป็นระบบที่สามารถใช้เสริมประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบธรรมดาที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน และสามารถจัดเป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบใหม่ที่สามารถกำจัดสารอินทรีย์และสารเคมีออกจากน้ำเสีย (Dinges, 1978)

การบำบัดน้ำเสียด้วยผักตบชวา

ผักตบชวาเป็นพืชที่ได้รับความนิยมนำมาศึกษากันอย่างกว้างขวางขวางที่สุดในบรรดาพืชที่ได้มีการศึกษาความสามารถในการบำบัดน้ำเสีย ผักตบชวาจะเป็นตัวที่ดูดสารอินทรีย์และสารอินทรีย์ต่าง ๆ ที่เป็นสารมลพิษเข้าไปภายในต้น โดยส่วนหนึ่งนำมาใช้ในการเจริญเติบโต ส่วนที่เหลือเก็บสะสมไว้ ข้อดีเหมาะสมสำหรับนำมาใช้บำบัดน้ำเสีย คือ เป็นพืชซึ่งลอยและเจริญพันธุ์ในน้ำ รากจมอยู่ใต้น้ำและไหลลอยอยู่บนผิวน้ำ ทำให้สามารถนำขึ้นจากน้ำได้ง่าย เจริญเติบโตเร็วในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม สามารถดูดสารอินทรีย์ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส โลหะและสารพิษออกจากน้ำเสียได้เป็นปริมาณมาก ทำให้ความเข้มข้นของสารมลพิษในน้ำเสียลดลง (สรพล สายพานิช, 2529)

1. ลักษณะทั่วไปของผักตบชวา

ผักตบชวามีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. เป็นพืชน้ำที่สามารถขึ้นในน้ำนิ่งหรือน้ำไหลถ่ายเทกลับไปกลับมาอย่างช้า ๆ ได้ ผักตบชวามีทั้งลักษณะที่ลอยตัวอยู่ตลอดเวลาและที่ยังรากเป็นฝอยลงไปโคลน รูปร่างโดยทั่วไปมีลำตัวเป็นเหง้าเล็ก ๆ ไม่มีเนื้อไม้ ไม่มีขน การสืบพันธุ์มี 2 วิธี การอาศัยเพศโดยการออกดอก และแบบไม่อาศัยเพศโดยการแตกหน่อและไหล (Stolon)



- | | |
|---------------|------------------------------|
| 1. ต้นผักกบ | 6. เกสรตัวผู้ |
| 2. กอก | 7. เกสรตัวเมีย |
| 3. กลีบดอก | 8. รังไข่ที่ก้ามยาว |
| 4. ก้านดอก | 9. รังไข่ที่ก้ามขวาง |
| 5. เกสรตัวผู้ | 10-15. ขั้นตอนการงอกของเมล็ด |

รูปที่ 3.1 แสดงส่วนต่าง ๆ ของต้นผักกบชวา

Center และ Spencer (1981) พบว่าผักตบชวาที่ North Central Florida มีอัตราการเพิ่มมวลชีวภาพสูงสุด 20 กรัม (น้ำหนักแห้ง) ต่อตารางเมตรต่อวัน

ทวีศักดิ์ ตักต์นิมิต (2519) ทำการศึกษาวิจัย พบว่าผักตบชวามีความสามารถในการดูดพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการสร้าง Organic matter จาก Inorganic matter ได้สูงถึง 19.9 กรัม (น้ำหนักแห้ง) ต่อตารางเมตรต่อวัน ซึ่งผักตบชวามีกำลังผลิตสูงมาก จะใช้เวลาในการเจริญเติบโตจากต้นเล็กจนโตเต็มที่ประมาณ 105 วัน และจากต้นเล็ก ๆ 1 ต้น ในเวลา 42 วัน จะเจริญเพิ่มจำนวนได้ถึง 76.8 ต้น โดยเฉลี่ย

อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของผักตบชวาอยู่ในช่วง 27 - 30 องศาเซลเซียส และจะหยุดการเจริญเติบโตเมื่อมีอุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่า 40 องศาเซลเซียส (สรุพล สายพานิช, 2529)

สารอาหาร (Nutrient) ที่จำเป็นได้แก่ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส เช่นเดียวกับพืชทั่ว ๆ ไป (Reddy & Sutton, 1984) และจะมีมวลชีวภาพสูงสุดเมื่ออัตราส่วนระหว่างไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็น 3.6 ต่อ 1 (Sato & Kondo, 1981) ผักตบชวาสามารถเจริญเติบโตได้ในน้ำที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ระหว่าง 3 - 8 (John, 1984)

จากผลการทดลองในห้องปฏิบัติการและจากสภาวะจริงในสนามแสดงให้เห็นว่าผักตบชวาสามารถลดมลสารต่าง ๆ แบ่งออกได้เป็น 3 พวกใหญ่ ๆ คือ

- สารอินทรีย์และของแข็งแขวนลอย
- ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส
- โลหะหนักและสารพิษ

1.1 การลดค่าสารอินทรีย์และของแข็งแขวนลอย

จากการศึกษาในห้องทดลอง พบว่าผักตบชวาสามารถลดค่าบีโอดีได้ 1.5 กรัมต่อน้ำหนักเปียกของผักตบชวา 1 กิโลกรัม ในช่วงระยะเวลาบำบัด 6 - 7 วัน ถ้ามีผักตบชวาและจุลินทรีย์ทำงานร่วมกันจะสามารถลดค่าบีโอดีได้ 4 กรัมต่อน้ำหนักเปียกของผักตบชวา 1 กิโลกรัม และมีอัตราการเจริญเติบโตร้อยละ 3 - 4 ต่อวัน (ศานิต ชีชาวัลย์, 2520)

Wolverton และ McDonald (1979) ศึกษาการใช้ผักตบชวา บำบัดน้ำเสียในบ่อบำบัดน้ำเสียจริง พบว่าผักตบชวาสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดีได้ และมีอัตราการเจริญเติบโตร้อยละ 6 ต่อวัน

Jonh (1984) ได้ใช้ผักตบชวาในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตยางธรรมชาติ เมื่อเวลาในการบำบัดน้ำทิ้ง 15 วัน มีประสิทธิภาพในการลดบีโอดี 94.4%, ซีโอดี 88.7%, ของแข็งแขวนลอยรวม 88.9% และน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม เมื่อระยะเวลาในการเก็บกักน้ำทิ้ง 25 วัน ประสิทธิภาพในการลดบีโอดี 96.4%, ซีโอดี 87.3% และ ของแข็งแขวนลอยรวม 96.1%

ผักตบชวาลดค่าบีโอดีและของแข็งแขวนลอยในน้ำโดยรากที่ยังลงไปใต้น้ำทำหน้าที่เป็นตัวกรองชีวภาพ (Biological filtration agent) อัตราการลดค่าบีโอดีส่วนหนึ่งขึ้นกับความสามารถของรากในการดูดซึมสารต่าง ๆ และกระบวนการทางชีวเคมีภายในต้น อีกส่วนหนึ่งขึ้นกับจุลินทรีย์ชนิดที่ลอยอยู่ในน้ำและชนิดที่เกาะอยู่กับรากซึ่งหยั่งลงไปใต้น้ำ ซึ่งจะย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่ไหลผ่าน สำหรับการลดค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำซึ่งส่วนใหญ่เป็นสาหร่าย (algae) เกิดโดยผักตบชวาเจริญเติบโตครอบคลุมผิวน้ำทำให้แสงแดดไม่สามารถส่องผ่านลงไปใต้น้ำ เป็นผลให้สาหร่ายไม่สามารถดำรงชีพได้ รวมทั้งถูกรากดูดจับและกรองทำให้น้ำใสและมีของแข็งแขวนลอยต่ำ (Wolverton & McDonald, 1982)

1.2 การลดค่าไนโตรเจนและฟอสฟอรัส

Sato และ Kondo (1981) พบว่าผักตบชวาลดไนโตรเจนได้

1.16 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ฟอสฟอรัส 0.2 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน

Reddy และ Tucker (1983) พบว่าผักตบชวาลดไนโตรเจนได้

0.533 - 2.161 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และฟอสฟอรัส 0.059 - 0.542 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน

Wolverton (1976, 1982) (อ้างตาม สุรพล สายพานิช, 2529)

ได้รายงานว่าบ่อผักตบชวาขนาดพื้นที่ 10,000 ตารางเมตร สามารถกำจัดไนโตรเจนที่มีในน้ำเสียจากชุมชนขนาด 2,000 คน และสามารถกำจัดฟอสฟอรัสที่มีในน้ำเสียจากชุมชนขนาด 800 คน หรือคิดเป็นน้ำหนักได้มากกว่า 1.1 กรัมไนโตรเจนต่อตารางเมตรต่อวัน และมากกว่า 0.25 กรัมฟอสฟอรัสต่อตารางเมตรต่อวัน และได้ชีวมวลของผักตบชวา 43.56 กรัม (น้ำหนักแห้ง) ต่อตารางเมตรต่อวัน ซึ่งจากข้อมูลที่ได้แสดงให้เห็นว่าผักตบชวาสามารถกำจัดไนโตรเจนในน้ำเสียจากชุมชนได้ในปริมาณที่มากกว่าฟอสฟอรัสไนโตรเจนจึงเป็นตัวจำกัด (limiting factor) การเจริญเติบโต โดยขณะที่กำจัดไนโตรเจนหมดแล้วยังมีฟอสฟอรัสเหลืออยู่ที่จะต้องกำจัดต่อไปอีก (Wolverton, 1979)

ผักตบชวากำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสออกจากน้ำเสียได้โดยการดูดธาตุทั้งสองชนิดไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโต อัตราการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัส จึงเป็นอัตราส่วนโดยตรงกับอัตราการเจริญเติบโตของผักตบชวา จึงควรเก็บผักตบชวาส่วนที่เจริญเติบโตเพิ่มขึ้นมาใช้ประโยชน์หรือทำลายต่อไปเพราะถ้าทิ้งผักตบชวาที่ดูดธาตุอาหารเข้าไว้ภายในต้นตายลงในน้ำจะเป็นการปล่อยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสกลับเข้าไปในแหล่งน้ำอีก (Bagnal, Furman, Hentges, Nolan & Shirley, 1974)

1.3 การกำจัดโลหะและสารพิษ

สนธิ คชวัฒน์ (2530) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของผักตบชวา ในการกำจัดโลหะหนัก พบว่าลดแคดเมียมได้ 95.0% ทองแดง 93.0% และตะกั่ว 93.6%

Suttipong (1980) พบว่าผักตบชวามีประสิทธิภาพในการลด โครเมียม 71.25% ทองแดง 99.65% และนิเกิล 94.65% ในเวลา 3 สัปดาห์

Tridech, Englande, Hebert & Wilkinson (1981) พบว่าผักตบชวามีประสิทธิภาพในการลดโลหะในน้ำทิ้งได้ เช่น สารหนู 40.80% โบรอน 35.59% ปรอก 91.54% และยังสามารถลด Phenol ได้ 97.32%

การใช้ผักตบชวาในการบำบัดน้ำเสียที่มีโลหะหนักและสารพิษ เนื่องจาก เป็นพืชที่ทนต่อสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ ได้ดี ต้นผักตบชวาที่เจริญเติบโตขึ้นจากบ่อที่ใช้บำบัด น้ำเสียซึ่งมีโลหะหนักหรือสารพิษผสมอยู่จะมีการสะสมเอาสารพิษและโลหะหนัก เข้าไว้ภายใน ต้นจึงไม่สามารถนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์หรือใช้ทำปุ๋ยได้ นอกจากนี้จะนำไปผลิตก๊าซชีวภาพ และ/หรือสกัดเอาโลหะออกมาใช้อีกเท่านั้น

การศึกษาคคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ

ผลการศึกษาคุณภาพน้ำในแม่น้ำลำคลองของกรุงเทพมหานคร (ธรรมชญู โรจนะบุรานนท์, เพลินจิต ทมทิศรงค์, เปรมจิตต์ แทนสถิตย์, จริญญา สุจารีกุล และ ประธาน อารีพล, 2526) รวมทั้งคลองสามเสนในช่วงเวลาดังแต่ปี พ.ศ. 2521 - 2526 สรุปได้ว่าอุณหภูมิในคลองทุกฤดูกาลอยู่ในช่วง 28.7 - 31.6 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) อยู่ในช่วง 5.8 - 7.8 ปริมาณออกซิเจนละลายมีค่า 0.9 - 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าบีโอดี 4.94 - 29.58 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าโคลิฟอร์ม แบคทีเรียของน้ำคลองมีค่า $10^4 - 10^{14}$ MPN/100 มิลลิลิตร ปริมาณไนเตรตมีค่า ระหว่าง 1.58 - 4.34 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณแอมโมเนียอยู่ระหว่าง 0.1 - 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณคลอไรด์มีค่าระหว่าง 20.58 - 57.64 มิลลิกรัมต่อลิตร

แต่สูงขึ้นไปถึง 80.98 มิลลิกรัมต่อลิตรในฤดูน้ำน้อย

Karnchanawong (1982) ได้ทำการศึกษาด้านการวางแผนแบบผสมผสานในการใช้น้ำหนองหานเพื่ออุปโภคบริโภค การสุขภาพและการอนามัย รายงานว่าการใช้น้ำจากหนองหานเป็นน้ำดิบในการผลิตน้ำประปาสำหรับชุมชนโดยรอบ และปล่อยน้ำทิ้งกลับคืนสู่แหล่งน้ำทำให้น้ำบริเวณชายฝั่งใกล้ชุมชนมีคุณภาพต่ำกว่าน้ำที่อยู่ห่างฝั่งออกไป จึงเสนอแนะให้วางท่อสูบน้ำดิบจากบริเวณห่างฝั่ง และบำบัดน้ำทิ้งก่อนปล่อยคืนสู่แหล่งน้ำ

วรรณช ฤกษ์แก้ว (2526) ได้รายงานผลการศึกษาคคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำบางพระโดยวิเคราะห์ศักยภาพในการเจริญเติบโตของสาหร่ายควบคุมการวิเคราะห์ทางเคมีปรากฏว่าการวิเคราะห์ทั้งสองวิธีให้ผลสอดคล้องกัน คือ ถ้าสารอาหาร (nutrient) ในอ่างเก็บน้ำมีปริมาณสูงจะทำให้สาหร่ายเจริญเติบโตเพิ่มปริมาณมากขึ้นจนถึงระดับที่ทำให้เกิดมลพิษทางน้ำในแง่ Eutrophication

คุณภาพน้ำและดัชนีคุณภาพน้ำ

คุณภาพน้ำมีความสำคัญต่อการใช้ประโยชน์ จึงจำเป็นต้องมีการทดสอบคุณสมบัติของน้ำ ได้แก่ คุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติทางชีวภาพ เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาการใช้ประโยชน์ของแหล่งน้ำ น้ำที่ใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคต้องมีคุณภาพดีที่สุด ส่วนน้ำที่ใช้เพื่อการประมง การเกษตร และการอุตสาหกรรมจะมีคุณภาพต่ำรองลงมา คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำจะดีเพียงใดขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณมลสารที่เจือปนในน้ำเป็นสิ่งสำคัญ การกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำจืดของประเทศไทยโดยคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ได้ถือหลักการใช้ประโยชน์ของแหล่งน้ำเป็นแนวทางตั้งรายละเอียดแสดงในภาคผนวกท้ายเล่ม ในการศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีภายหลังการปรับปรุงบึงมักกะสัน ดัชนีคุณภาพน้ำที่นำมาใช้ในการศึกษามีดังนี้ คือ

ก. คุณสมบัติทางกายภาพ

คุณสมบัติทางกายภาพสามารถทราบได้จากประสาทสัมผัสทั้ง 5 ของมนุษย์ และสามารถกำจัดออกได้โดยวิธีง่าย ๆ มากกว่าคุณสมบัติทางด้านอื่น ๆ ได้แก่

1. อุณหภูมิของน้ำ (Temperature)

อุณหภูมิในแหล่งน้ำธรรมชาติจะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิของอากาศแต่ละฤดูกาลและแตกต่างกันไปตามสภาพภูมิประเทศ (Ruttner, 1973) อุณหภูมิน้ำตามธรรมชาติไม่มีปัญหา แต่จะเกิดปัญหาเมื่อมนุษย์ได้เป็นผู้กระทำโดยการปล่อยน้ำจากระบบหล่อเย็นซึ่งมีอุณหภูมิต่ำลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้แหล่งน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นกว่าปกติ ถ้าในแหล่งน้ำมีอุณหภูมิสูงเกินไป ย่อมทำให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำและยังมีผลให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำลดลงด้วย (Churchill, Elmore & Buckingham, 1962) ดังแสดงในตารางที่ 3.1 จากการศึกษาของ Fair, Geyer & Okun (1971) พบว่าอุณหภูมิมีผลต่อค่าบีโอดี คือ อัตราความเร็วของปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้น 4.7% เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศาเซลเซียส เนื่องจากจุลินทรีย์สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ในปฏิกิริยาได้เร็วขึ้น มีผลให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำลดลง ดังนั้นอุณหภูมิของน้ำจึงเป็นดัชนีคุณภาพน้ำที่มีความสำคัญอย่างหนึ่ง

ตารางที่ 3.1 แสดงผลของอุณหภูมิที่มีต่อการละลายของออกซิเจนในน้ำ (Churchill, Elmore & Buckingham, 1962)

อุณหภูมิ (°C)	ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
30	7.44
25	8.18
20	9.02
15	10.03
10	11.27
5	12.79

2. การนำไฟฟ้าของน้ำ (Conductivity)

การนำไฟฟ้าของน้ำเป็นความสามารถของน้ำที่จะให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ค่าการนำไฟฟ้าขึ้นกับความเข้มข้น ความเป็นกรดเป็นด่าง ชนิด และอุณหภูมิของสารละลาย (กรรณิการ์ สิริสิงห์ และกฤษณ์ เทียรพระสิทธิ์, 2519) แหล่งน้ำธรรมชาติทั่วไปมีค่าการนำไฟฟ้าระหว่าง 100 - 5,000 ไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร (Gorham, 1976) แหล่งน้ำเกือบทั่วไปในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยมีค่าการนำไฟฟ้าสูง (สุรีย์ สอนสมบูรณ์, 2521) ซึ่งเกิดจากอิทธิพลของหินเกลือ (Rock salt) ใต้ผิวดิน ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำเป็นลักษณะทางกายภาพของน้ำในแหล่งน้ำที่มีความสำคัญต่อการใช้ประโยชน์มากโดยเฉพาะในการเกษตรและการเลี้ยงสัตว์ โดย Ayers และ Bronson (1977) พบว่าค่าการนำไฟฟ้าของน้ำชลประทานที่ต่ำกว่า 750 ไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร จะไม่มีผลเสียหายต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่ถ้ามีค่ามากกว่า 3,000 ไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร จะมีปัญหา สำหรับน้ำประปาในสหรัฐอเมริกาโดยทั่วไปมีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 50 - 1,500 ไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร

3. สีและความขุ่นของน้ำ (Color and Turbidity)

สีของน้ำตามธรรมชาติเกิดเช่นเดียวกับความขุ่น คือ เกิดจากสารต่าง ๆ หลายชนิด ได้แก่ สารแขวนลอย (Suspended matter) สารละลาย (Dissolved matter) และสารอินทรีย์ (Organic matter) ที่ละลายอยู่ในน้ำ (กรรณิการ์ สิริสิงห์, 2522) น้ำบริสุทธิ์จะมองเห็นเป็นสีดำเนื่องจากดูดซับรังสีแสงทั้งหมด แต่จะไม่พบลักษณะเช่นนี้ในธรรมชาติเพราะมีสารแขวนลอยต่าง ๆ ทำให้น้ำดูดซับรังสีไม่หมดมีการสะท้อนกลับ พืชบางอย่างในน้ำทำให้เกิดสีได้ เช่น สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวทำให้น้ำมีสีเขียว สีและความขุ่นเป็นตัวชี้บอกการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำได้ เช่น บอกรำผลผลิต (Productivity) ของแหล่งน้ำ ถ้าแหล่งน้ำมีสีเหลือง สีเทาอมฟ้า หรือสีน้ำตาลจะมีกำลังผลผลิตสูงกว่า แหล่งน้ำที่มีสีน้ำเงินหรือเขียว (Ried, 1961) นอกจากนี้สีและความขุ่นยังทำให้ทราบปริมาณของสิ่งเจือปนในน้ำและพิจารณาเลือกแบบและควบคุมระบบการกรองในกระบวนการผลิตน้ำประปา

4. ตะกอนแขวนลอย (Suspended Solid)

ตะกอนแขวนลอยคือ ส่วนที่ไม่ละลายน้ำแต่มีขนาดเล็กพอที่จะแขวนลอยอยู่ในน้ำได้ ได้แก่ โคลนตม silt และแพลงค์ตอน ซึ่งให้ผลเสียต่อแหล่งน้ำเพราะทำให้น้ำขุ่นลดปริมาณแสงอาทิตย์ที่ส่องผ่านลงไปใต้น้ำยังผลให้การสังเคราะห์แสงใต้น้ำลดลงเป็นการลดการเติมออกซิเจนใต้น้ำ ส่วนที่ตกตะกอนจะไปทับถมกันทำให้น้ำตื้นเขินและน้ำขุ่นมากขึ้น

ข. คุณสมบัติทางเคมี

คุณสมบัติทางเคมีของน้ำเกิดเนื่องจากมีแร่ธาตุต่าง ๆ ละลายมากับน้ำ ทั้งนี้เพราะน้ำเป็นตัวทำละลายที่ดี สารเหล่านี้สามารถทำให้คุณภาพของน้ำเปลี่ยนแปลงได้ดังต่อไปนี้

1. ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH)

ความเป็นกรดเป็นด่างเป็นค่าที่บอกถึงปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออนในน้ำ หรือเป็นการวัดถึงความสามารถของกรดหรือของด่างที่มีปฏิกริยากับน้ำแล้วแตกตัวให้ไฮโดรเจนอิออนได้มากน้อยเท่าไร

ค่า pH = 1-7 แสดงว่ามีความเป็นกรดมากกว่าด่าง

pH = 7 แสดงว่ามีความเป็นกลาง

pH = 7-14 แสดงว่ามีความเป็นด่างมากกว่ากรด

น้ำธรรมชาติส่วนมากจะมีค่า pH อยู่ระหว่าง 6.0 - 8.5 น้ำที่ pH ต่ำมากจะกัดท่อน้ำทำให้เกิดการสึกกร่อนได้ง่าย การสังเคราะห์แสงและการหายใจของพืชสีเขียวใต้น้ำทำให้ระดับคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำของแหล่งน้ำเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา มีผลทำให้ pH ของน้ำสูงขึ้นในตอนกลางวันและลดลงในตอนกลางคืน (ไมตรี ดวงสวัสดิ์, 2523) กิจกรรมของจุลินทรีย์ใต้น้ำอาจทำให้ pH ของน้ำเปลี่ยนแปลงได้ จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของระดับ pH ของน้ำขึ้นอยู่กับสิ่งมีชีวิตใต้น้ำและขณะเดียวกันกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตก็ขึ้นอยู่กับระดับ pH ของน้ำด้วย Pinkayan (1978) พบว่า pH ของน้ำในช่วง 7.0 - 8.3 ทำให้สิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำเจริญเติบโตได้เป็นอย่างดี และผลการศึกษาของ Verry (1975) พบว่าพืชน้ำจะสามารถใช้ธาตุอาหารใต้น้ำได้ดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับระดับ pH ของน้ำเช่นกัน

2. ความเป็นด่าง (Alkalinity)

ความเป็นด่างเป็นความสามารถของน้ำที่จะรับโปรตอน ความเป็นด่างของน้ำมีสาเหตุใหญ่มาจากองค์ประกอบของสารละลาย 3 ชนิดด้วยกัน คือ ไฮดรอกไซด์คาร์บอเนต และไบคาร์บอเนต ในน้ำธรรมชาติความเป็นด่างส่วนมากอยู่ในรูปของไบคาร์บอเนต ความเป็นด่างแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

- Phenolphthalein alkalinity หมายถึง ค่าความเป็นด่างที่หาได้จากการไทเทรตน้ำกับกรดจนถึง pH 8.3 ซึ่งเป็นจุดเปลี่ยนสีของฟีนอล์ฟทาลีน ได้แก่ ความเป็นด่างเนื่องจากไฮดรอกไซด์และครึ่งหนึ่งของคาร์บอเนตที่มีในน้ำ

- Methyl Orange alkalinity หมายถึง ค่าความเป็นด่างที่หาได้จากการไทเทรตน้ำกับกรดจนถึง pH 4.5 ซึ่งเป็นจุดเปลี่ยนสีของเมทิลออเรนจ์ จะเป็นค่าความเป็นด่างเนื่องจากครึ่งหนึ่งของคาร์บอเนตที่เหลือหรือเป็นการเปลี่ยนไบคาร์บอเนตให้เป็นกรดคาร์บอนิก

หาค่าความเป็นด่างรวมได้จากการนำปริมาณกรดที่ใช้ทั้งสองระยะมารวมกัน

ความเป็นด่างมีความสำคัญในการใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำธรรมชาติและน้ำเสียต่าง ๆ ค่าความเป็นด่างที่วัดได้นอกจากจะบอกถึงความเข้มข้นของไฮดรอกไซด์คาร์บอเนต และไบคาร์บอเนตแล้ว อาจรวมทั้งส่วนที่มาจากบอเรต ซิลิเกต หรือฟอสเฟต ด้วย

3. ออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen)

ปริมาณออกซิเจนในน้ำเป็นคุณสมบัติทางเคมีที่สำคัญของน้ำและเป็นตัวบ่งบอกให้ทราบว่าน้ำนั้นมีความเหมาะสมเพียงใดต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำเพราะออกซิเจนเป็นก๊าซที่มีความสำคัญในการดำรงชีวิตของคน สัตว์ และพืช เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการต่าง ๆ ก่อให้เกิดพลังงาน นอกจากนี้ค่าออกซิเจนละลายยังบอกให้ทราบถึงแนวการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในน้ำว่าจะมีแบบ aerobic หรือ anaerobic ก๊าซออกซิเจนเป็นก๊าซที่ละลายน้ำได้น้อยมาก ความสามารถในการละลายน้ำ (Solubility) ของออกซิเจนอยู่ในช่วง 14.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ 0 องศาเซลเซียส และ 7.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ 35 องศาเซลเซียสที่ความดันบรรยากาศ ค่าความเข้มข้นอิ่มตัวของออกซิเจนละลาย

จะเป็นปฏิกิริยาโดยตรงกับความดันของออกซิเจนในบรรยากาศ และเป็นปฏิกิริยากลับกับอุณหภูมิของน้ำและความเข้มข้นของเกลือแร่ในน้ำ

ถ้าระดับออกซิเจนละลายในน้ำต่ำจะก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นมีปัญหาด้านสุนทรียภาพของแหล่งน้ำและการใช้น้ำ พบว่าถ้าแหล่งน้ำมีค่าออกซิเจนละลายต่ำกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตรจะเกิดสภาวะไร้ออกซิเจนได้ง่าย ซึ่งปริมาณออกซิเจนละลายนั้นแปรผันไปตามฤดูกาล อุณหภูมิ และปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ (Dissolved solid) ด้วย (Canter & Hill, 1979)

สำหรับแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีการใช้ออกซิเจนและการเติมออกซิเจนเกิดขึ้นพร้อม ๆ กัน เมื่ออัตราการใช้ออกซิเจนสูงกว่าอัตราการเติมออกซิเจน ความเข้มข้นของออกซิเจนในน้ำจะลดลง และหากเป็นไปในทางตรงกันข้ามความเข้มข้นของออกซิเจนในน้ำจะเพิ่มขึ้น ในน้ำที่กระแสน้ำไหลในทิศทางเดียวที่จุดต้นน้ำความเข้มข้นของออกซิเจนละลายซึ่งอิมตัวจะลดลงได้จุดที่ระบายสิ่งปฏิกูลหรือน้ำเสียลงไป เนื่องจากออกซิเจนถูกใช้ไปโดยจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสิ่งปฏิกูลและน้ำเสีย ค่าออกซิเจนละลายจึงเป็นพื้นฐานของค่าบีโอดีเพื่อหากำลังความสกปรกของน้ำเสียและอัตราการออกซิไดซ์ทางชีวะ ซึ่งวัดได้โดยการหาค่าออกซิเจนละลายที่เหลือ ณ เวลาต่าง ๆ

4. บีโอดี (Biological Oxygen Demand)

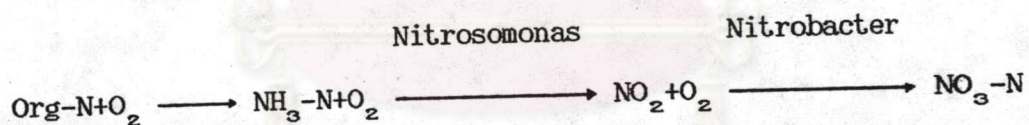
ค่าบีโอดี หมายถึง ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจนในช่วงระยะเวลาและอุณหภูมิที่กำหนดให้ โดยทั่วไปแล้ว คือ เวลา 5 วัน และอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมินี้จะใกล้เคียงกับอุณหภูมิของแหล่งน้ำทั่วไปตามธรรมชาติและจุลินทรีย์ชนิด nitrifying bacteria สามารถเจริญเติบโตได้ช้าในช่วงอุณหภูมินี้ ระยะเวลา 5 วันจะเป็นเวลาที่จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ได้อย่างสมบูรณ์ ค่าบีโอดีสามารถบอกให้ทราบถึงความสกปรกของแหล่งน้ำได้ ดังนั้นค่าบีโอดีจึงเป็นค่าที่มีความสำคัญในการประเมินสถานภาพของแหล่งน้ำว่าได้รับการปนเปื้อนมากน้อยเพียงใด ในแหล่งน้ำทั่วไปมีค่าบีโอดีอยู่ระหว่าง 1 - 8 มิลลิกรัมต่อลิตร

5. ซีไอดี (Chemical Oxygen Demand)

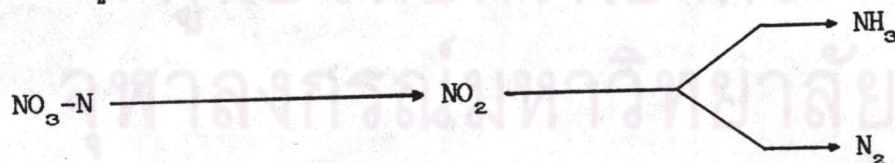
ค่าซีไอดี หมายถึง ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการเพื่อใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ในน้ำให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ โดยอาศัยหลักที่ว่าสารอินทรีย์เกือบทั้งหมดสามารถที่จะถูกออกซิไดซ์โดยตัวเติมออกซิเจนอย่างแรงภายใต้สภาวะที่เป็นกรด ซีไอดีเป็นค่าที่บ่งชี้ถึงความสกปรกของแหล่งน้ำเช่นเดียวกับค่าบีไอดี โดยปกติในแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีค่าซีไอดีสูงกว่าค่าบีไอดีเพราะค่าซีไอดีบอกถึงความสกปรกทั้งที่อยู่ในรูปสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์

6. ไนโตรเจน (Nitrogen)

ไนโตรเจนเป็นอาหารสำหรับการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต ไนโตรเจนในแหล่งน้ำมีทั้งที่อยู่ในรูปของสารอินทรีย์ (Organic Nitrogen) ไนไตรต์ (NO_2) ไนเตรต (NO_3) และแอมโมเนีย (NH_3) โดยพวกอินทรีย์ไนโตรเจน ได้แก่ สารประกอบพวกโปรตีน ยูเรีย ฯลฯ ในน้ำจะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของแอมโมเนียโดยจุลินทรีย์บางชนิด จากนั้นแอมโมเนียจะถูกเปลี่ยนเป็นไนไตรต์ และไนเตรต โดย Nitrosomonas และ Nitrobacter bacteria ตามลำดับดังแผนผังข้างล่าง ซึ่งเรียกว่ากระบวนการ nitrification



และในรูปของ denitrification อาจเกิดขึ้นดังแผนผัง



น้ำที่มีปริมาณของอินทรีย์ไนโตรเจน และแอมโมเนียไนโตรเจนสูง แต่มีปริมาณไนไตรต์และไนเตรตต่ำแสดงว่าเป็นน้ำที่เพิ่งจะได้รับการแปดเปลี่ยนจากสารมลพิษในทางตรงกันข้ามน้ำที่ไม่มีอินทรีย์ไนโตรเจน และแอมโมเนียไนโตรเจนแต่มีไนเตรตอยู่บ้างแสดงว่าได้เกิด nitrification แล้ว ปกติแล้วในแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีปริมาณแอมโมเนียและไนเตรตน้อยกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร และประมาณ 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตามลำดับ และถ้าในแหล่งน้ำใดมีปริมาณไนเตรตสูงก็อาจกระตุ้นให้เกิดการเจริญเติบโตของพืชน้ำอย่างรวดเร็ว อันก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำตามมาได้

7. ฟอสเฟต (Phosphate)

ฟอสเฟตฟอสฟอรัส เป็นธาตุที่จำเป็นในการเจริญเติบโตของพืชและสัตว์ ฟอสฟอรัสในน้ำพบได้ในรูปของออร์โทฟอสเฟต โพลีฟอสเฟตและอินทรีย์ฟอสเฟต ฟอสเฟตเหล่านี้อาจอยู่ในรูปที่ละลายน้ำหรือในรูปของซากพืชซากสัตว์ก็ได้ ในแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีฟอสฟอรัสอยู่เป็นจำนวนน้อยและมักจะน้อยกว่าปริมาณไนเตรตโดยมีค่าเฉลี่ย 0.01 - 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร นอกจากนี้การแปดเปื้อนของฟอสเฟตในรูปต่าง ๆ อันเนื่องมาจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น จากการใช้ผงซักฟอก หรือจากปุ๋ยในการเกษตร ซึ่งถูกระบายหรือถูกชะล้างลงในแหล่งน้ำ ถ้ามีปริมาณสูงก็อาจกระตุ้นให้เกิดการเจริญเติบโตของพืชน้ำอย่างรวดเร็ว อันก่อให้เกิดปัญหาของมลพิษทางน้ำได้ ที่เรียกว่า Eutrophication ซึ่งจะมีปัญหาต่อการใช้น้ำจากแหล่งน้ำนั้น อาจทำให้น้ำเน่าเสียจากการตายลงของสาหร่าย พืชน้ำ และสัตว์น้ำที่เจริญเติบโตอย่างไม่สมคณย์

8. ซัลเฟต (Sulfate)

ในสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติซัลเฟตเป็นแอนไอออนที่สำคัญตัวหนึ่งในน้ำผิวดิน โดยปกติจะแสดงออกในรูปของออร์กาโนซัลเฟต น้ำธรรมชาติทั่วไปจะพบซัลเฟตอยู่ระหว่าง 2 - 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนละลายและไนเตรตพวก anaerobic bacteria สามารถใช้ซัลเฟตเป็นแหล่งออกซิเจนสำหรับการออกซิเดชันทางชีวเคมี คือ ซัลเฟตจะถูกรีดิวซ์ไปเป็นซัลไฟด์ และจะรวมกับไฮโดรเจนไอออนเกิดเป็น H_2S ซึ่งการจะเกิดเป็น H_2S หรือ HS^- หรือ S^{2-} ขึ้นอยู่กับ pH ของน้ำ ที่ pH สูงกว่าหรือเท่ากับ 8 ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูป HS^- และ S^{2-} จะมี H_2S อยู่เล็กน้อย ดังนั้นจะไม่เกิดปัญหาเกี่ยวกับกลิ่น ที่ pH ต่ำกว่า 8 จะอยู่ในรูป H_2S และจะเกิดสมบูร์กประมาณ 80% ถ้า pH 7 ภายใต้อุณหภูมิเหล่านี้ H_2S จะมีมากพอที่จะทำให้เกิดปัญหาเรื่องกลิ่น นอกจากนี้ซัลเฟตยังเป็นตัวที่ก่อให้เกิดปัญหาการกัดกร่อนในท่อระบายน้ำด้วย

9. ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Hydrogen Sulfide)

ไฮโดรเจนซัลไฟด์เกิดจากกระบวนการรีดิวซ์ซึ่งเกิดขึ้นบริเวณใต้ผิวน้ำ และในบริเวณที่มีสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่ในสภาพที่ไร้ออกซิเจน กระบวนการนี้เกิดขึ้นเมื่อจุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์โดยปฏิกิริยา Biochemical Oxidation อย่างรวดเร็ว ในแหล่งน้ำที่มี Biological activity สูง เช่นในฤดูร้อน Phytoplankton ที่มีการเจริญเติบโตและตายเป็นจำนวนมากจะทำให้เกิดซัลไฟด์เร็วขึ้น โดยเฉพาะในเวลาที่ลมสงบไม่มีการเติมออกซิเจนลงไปในน้ำ ในกรณีที่มีการเพิ่มสารอินทรีย์ลงไปแหล่งน้ำมากและสารอินทรีย์ถูกย่อยสลายจนแหล่งน้ำอยู่ในสภาวะขาดแคลนออกซิเจน จะพบซัลไฟด์อยู่ในแหล่งน้ำนั้น ปริมาณซัลไฟด์ในน้ำสะอาดจะอยู่ระหว่าง 0.025 - 0.25 ไมโครกรัมต่อลิตร

ไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เกิดขึ้นในน้ำจะอยู่ในรูป H_2S , HS^- และ S^{2-} ปะปนกันอยู่ สัดส่วนของซัลไฟด์แบบต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับค่า pH ถ้า pH ต่ำกว่า 10 จะไม่พบ S^{2-} สัดส่วนของซัลไฟด์รูปแบบต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงความสัมพันธ์ของซัลไฟด์รูปแบบต่าง ๆ ที่ pH ต่างกัน (อ้างตาม อินจิรา พรทวิวัฒน์, 2530)

Forms of Hydrogen Sulfide	% Hydrogen Sulfide at pH						
	4	5	6	7	8	9	10
H_2S	99.8	98.8	78.3	43.9	7.3	0.8	0.09
HS^-	0.2	1.2	21.7	56.1	92.7	92.2	99.01

10. คลอไรด์ (Chloride)

คลอไรด์พบอยู่ในน้ำตามธรรมชาติทั่วไปด้วยความเข้มข้นต่าง ๆ กัน น้ำตามธรรมชาติอาจได้รับคลอไรด์เพิ่มขึ้นหลายทางเนื่องจากความสามารถในการละลายของน้ำทำให้สามารถละลายคลอไรด์จากชั้นดินต่าง ๆ สิ่งขับถ่ายของมนุษย์โดยเฉพาะปัสสาวะจะมีคลอไรด์อยู่ในปริมาณเท่ากับคลอไรด์ที่บริโภคเข้าไปกับอาหารและน้ำ ซึ่งจะมีปริมาณเฉลี่ยประมาณ 6 กรัมของคลอไรด์ต่อคนต่อวัน และทำให้ปริมาณคลอไรด์ใน Sewage เพิ่มขึ้นจากเดิมอีกประมาณ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่ง Sewage Effluent นี้จะทำให้น้ำในแม่น้ำลำธารมีปริมาณคลอไรด์สูงขึ้นด้วย (กรรณิการ์ ลีวีสิงห, 2522)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย