บทที่ 2
ทบทวนเอกสาร

ความเป็นมาของศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้

ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้ อันเนื่องมากจากพระราชดำริ ตั้งอยู่บริเวณลุ่มน้ำห้วยฮ่องไคร้ อยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 18° 50′ - 18° 54′ 6″ เหนือ และเส้นแวงที่ 99° 12′ - 99° 14′ 24″ ตะวันออก ลุ่มน้ำห้วยฮ่องไคร้อยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติป่าขุนแม่กวง อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ มีพื้นที่ประมาณ 13.60 ตารางกิโลเมตรหรือประมาณ 8,500 ไร่ อยู่ห่างจากจังหวัดเชียงใหม่ประมาณ 27 กิโลเมตร ไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือบนเส้นทางหลวงระหว่างจังหวัดเชียงใหม่-เชียงราย ลักษณะพื้นที่ส่วนใหญ่ค่อนข้างเรียบหรือขรุขระแบบลอนลูกคลื่น ลุ่มน้ำห้วยฮ่องไคร้มีรูปร่างแบบ rectangular คือมีความยาวมากกว่าความกว้างและมีลำธารแบบ dentritic pattern คือลำธารมีลักษณะโค้งสม่ำเสมอถึงค่อนข้างตรง ทำให้การระบายน้ำของลุ่มน้ำห้วยฮ่องไคร้จัดอยู่ในลักษณะปานกลางถึงค่อนข้างต่ำ มีโอกาสที่จะเกิดน้ำท่วมได้บ้างในฤดูฝน แต่จะเป็นช่วงระยะสั้น ๆ และเนื่องจากลำธารมีความลาดเอียงน้อย ทำให้น้ำไหลช้า จึงมีน้ำไหลตลอดปี (perennial stream) (ผกาวรรณ, 2534)

การใช้ประโยชน์ที่ดิน

การใช้ประโยชน์จากที่ดินในบริเวณพื้นที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้ ได้พิจารณาตามความเหมาะสมของดินเป็นสำคัญ โดยจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็น 5 ประเภท

1. พื้นที่พัฒนาป่าไม้ด้วยน้ำชลประทาน มีพื้นที่ประมาณ 800 ไร่
2. พื้นที่พัฒนาป่าไม้ด้วยน้ำฝน มีพื้นที่ประมาณ 6,000 ไร่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. พื้นที่พัฒนาการเกษตร มีพื้นที่ประมาณ 600 ไร่
(มะม่วง 30 ไร่ ลิ้นจี่ 25 ไร่ มะขามหวาน 7 ไร่ ลำไย 5 ไร่
มะคาเดเมีย ถั่วและข้าว)
4. พื้นที่พัฒนาทุ่งหญ้าเลี้ยสัตว์ มีพื้นที่ประมาณ 700 ไร่
(โคนม ไก่ เป็ด หญ้ารูซี่ และถั่วอามาต้า)
5. พื้นที่อ่างเก็บน้ำ มีทั้งหมด 5 อ่าง เป็นอ่างขนาดใหญ่ 3 อ่าง และอ่าง
ขนาดเล็ก 2 อ่าง มีพื้นที่รวมทั้งหมดประมาณ 400 ไร่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 1. ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้ อันเนื่องมากจากพระราชดำริ มาตราส่วน 1:5000

------ อาณาเขตศูนย์ฯ

สีเทาภายในอาณาเขตศูนย์ฯ พื้นที่พัฒนาป่าไม้ด้วยน้ำฝน

สีแดง พื้นที่พัฒนาป่าไม้ด้วยน้ำชลประทาน, สีเหลือง พื้นที่พัฒนาการเกษตร

สีเขียว พื้นที่ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์, จุดสีฟ้า พื้นที่เลี้ยงโคนม, เป็ด, ไก่และห่าน

สีน้ำเงิน อ่างเก็บน้ำในศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้ฯ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับพื้นที่อ่างเก็บน้ำที่มีความสำคัญต่อการเก็บน้ำมีอยู่ 3 อ่างคือ (ภาพที่ 1)

อ่างเก็บน้ำ A มีความจุประมาณ 0.25 ล้านลูกบาศก์เมตร อยู่ทางตอนบนสุดของพื้นที่ การใช้ประโยชน์ที่ดินรอบอ่างเก็บน้ำเป็นพื้นที่ป่าไม้ที่มีการพัฒนาให้เป็นพื้นที่ต้นน้ำลำธาร โดยอาศัยน้ำฝนตามธรรมชาติและผ่านมาทางท่อระบายส่งมาจากห้วยแม่ลาย ซึ่งอยู่ห่างจากห้วยฮ่องไคร้ประมาณ 17 กิโลเมตร เมื่อน้ำในอ่างเก็บน้ำ A มีปริมาณสูงกว่าระดับเก็บกักก็ระบายลงสู่อ่างเก็บน้ำ B น้ำในอ่างเก็บน้ำ A นำไปใช้ประโยชน์ในการทำน้ำประปา

อ่างเก็บน้ำ B มีความจุประมาณ 0.30 ล้านลูกบาศก์เมตร อยู่บริเวณตอนกลางของพื้นที่ การใช้ประโยชน์ที่ดินรอบ ๆ อ่างเก็บน้ำมี 2 ประเภทคือ เป็นพื้นที่ที่มีการพัฒนาป่าไม้ตามธรรมชาติ และพื้นที่ซึ่งมีระบบการควบคุมไฟป่าด้วยแนวป้องกันไฟป่าเปียกโดยอาศัยน้ำชลประทานและน้ำฝน น้ำในอ่างเก็บน้ำ B ใช้ในการเพาะพันธุ์ปลาและบางส่วนนำไปใช้หล่อเลี้ยงพื้นที่ป่าไม้เหนืออ่างเก็บน้ำ B เพื่อป้องกันไฟป่า และหล่อเลี้ยงพื้นที่เกษตรกรรม และปศุสัตว์ในบริเวณตอนกลางและตอนล่างของศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้ฯ

อ่างเก็บน้ำ C มีความจุประมาณ 2.0 ล้านลูกบาศก์เมตร อยู่ตอนล่างสุดของพื้นที่ การใช้ประโยชน์ที่ดินรอบ ๆ อ่าง มีพื้นที่การเกษตร ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์และปศุสัตว์ พื้นที่พัฒนาป่าไม้ด้วยน้ำฝน ดังนั้นปริมาณน้ำที่ไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำ จึงเป็นน้ำฝนส่วนหนึ่งและเป็นน้ำผิวดินและน้ำซึมใต้ดินที่มาจากอ่างเก็บน้ำ A และ B ปริมาณน้ำจากอ่างเก็บน้ำระบายสู่ประตูระบายน้ำบ้านปางเรียบเรือ เพื่อให้ราษฎรที่อาศัยอยู่นอกพื้นที่โครงการได้ใช้ประโยชน์ได้ต่อไป

ความรู้เกี่ยวกับสาหร่าย

สาหร่ายเป็นสิ่งมีชีวิตชั้นต่ำ ที่มีขนาดเล็กมากจนไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า จนถึงขนาดใหญ่ที่มีส่วนต่าง ๆ ทำหน้าที่คล้ายราก ลำต้นและใบในพืชชั้นสูง รวมเรียกว่าทัลลัส (thallus) (ยุวดี, 2532) ส่วนมากอาศัยอยู่ในน้ำ สามารถเคลื่อนที่ได้โดยกระแสลมซึ่งเรียกว่า ไฟโตแพลงตอน (phytophankton) (Strickland, 1960) สาหร่ายมีรูปร่างได้หลาย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แบบ มีเซลล์เดียวเดี่ยว ๆ จนอยู่เป็นกลุ่มก้อนหรือเป็นเส้นสาย สาหร่ายแตกต่างจากสิ่งมีชีวตชั้นต่ำอื่น ๆ คือมีคลอโรฟิลล์ สามารถสังเคราะห์แสงได้ (กาญจนภาชน์, 2527) สาหร่ายเป็นสิ่งมีชีวิตที่พบทุกหนทุกแห่งที่มีความชื้น แต่เจริญได้ดีที่สุดในน้ำ มีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่เหมาะสม

ความสำคัญของสาหร่าย

ยุวดี (2532) อ้างถึง Round (1973) สาหร่ายมีความสำคัญต่อระบบนิเวศน์ โดยสาหร่ายดำรงชีวิตแบบ autotrophic organism เป็นสิ่งมีชีวิตที่ผลิตออกซิเจนให้แก่สิ่งแวดล้อมประมาณ 50% ของกระบวนการสังเคราะห์แสงเกิดขึ้นโดยสาหร่าย นอกจากนี้สาหร่ายยังเป็นผู้ผลิต (producer) และเป็นส่วนหนึ่งของห่วงโซ่อาหารขั้นต้นของสิ่งมีชีวิตในน้ำ โดยเป็นอาหารของตัวอ่อนแมลง ลูกกุ้ง ลูกปลาหรือแม้แต่ปลาที่โตเต็มที่ นอกจากนี้สาหร่ายยังมีความสำคัญในการกำจัดน้ำเสียโดยกระบวนการกำจัดน้ำเสียนั้นต้องการออกซิเจนปริมาณมาก ถ้าบริเวณที่ใช้เป็นที่กำจัดน้ำเสียมีสาหร่ายอยู่มากเป็นการเพิ่มออกซิเจน โรงงานอุตสาหกรรมซึ่งต้องการกำจัดน้ำเสียจึงระบายน้ำลงในสระ สาหร่ายที่อยู่ในสระจะใช้ฟอสเฟต ไนเตรท อินทรียสารและอนินทรียสารขณะเดียวกันก็ได้ออกซิเจนจากกระบวนการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายมากขึ้น ทำให้น้ำสะอาดขึ้น

จากที่ได้กล่าวมาแล้วจะเห็นได้ว่าสาหร่ายมีความสำคัญและสัมพันธ์กับสิ่งมีชีวตชนิดอื่นโดยเฉพาะพวกแพลงตอนพืช ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่สาหร่ายพวกสีเขียวแกมน้ำเงิน สีเขียว ไดอะตอม และไดโนแฟลคเจลเลต (Davis, 1956) แพลงตอนพืชเหล่านี้มีความสำคัญในห่วงโซ่อาหารในแหล่งน้ำ สาหร่ายที่มีขนาดเล็กเหล่านี้จะเพิ่มปริมาณในน้ำได้มากถ้าสภาพแวดล้อมและอาหารเหมาะสม (กาญจนภาชน์, 2527) บางครั้งเมื่อเกิดการแบ่งเซลล์เพิ่มจำนวนขึ้นอย่างมากมายลอยเป็นแพตามผิวน้ำมีลักษณะเป็นเมือกเรียกว่า pond scum หรือ water blooms ซึ่งอาจจะทำให้คุณภาพน้ำนั้นเสียได้ ไม่เหมาะที่จะใช้อุปโภค บริโภค และอาจมีการถ่ายทอดสารพิษอันตรายผ่านระบบห่วงโซ่อาหารและอาจทำให้เกิดการขยายพิษทางชีวภาพขึ้น (bio-magnification)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(ธีรพล, 2530) ดังนั้นจึงนับได้ว่าแพลงตอนพืชเหล่านี้มีประโยชน์ ถ้ามีในปริมาณที่พอเหมาะและไม่มากจนเกินไป การเพิ่มขึ้นของสารอาหารในแหล่งน้ำทำให้มีการเพิ่มปริมาณของแพลงตอนพืชอย่างรวดเร็วมีผลกระทบโดยตรงต่อผลผลิตเบื้องต้นของระบบนิเวศแหล่งน้ำ การทำลายหรือรบกวนต่อระบบห่วงโซ่อาหารไม่ว่าในขั้นตอนใด ย่อมส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศของแหล่งน้ำได้ทั้งระบบในทางใดทางหนึ่งและอาจรุนแรงมากหรือน้อยก็ได้ แต่ในที่สุดที่ส่งผลรบกวนการใช้ประโยชน์ต่อทรัพยากรแหล่งน้ำของมนุษย์ (ธีรพล, 2530)

องค์ประกอบในการเจริญของสาหร่าย

อุณหภูมิน้ำ (water temperature)

ผกาวรรณ (2534) อ้างถึง Reid (1961) และ EPA (1973) ว่าอุณหภูมิน้ำตามธรรมชาติจะผันแปรไปตามอากาศ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับตำแหน่งเส้นรุ้ง ระดับความสูง ฤดูกาลตลอดจนสภาพภูมิประเทศ นอกจากนี้ยังมีปัจจัยที่ทำให้อุณหภูมิของน้ำเปลี่ยนแปลงได้อีกคือต้นกำเนิดของแหล่งน้ำ การระบายน้ำ ความเข้มของแสง ความขุ่นของน้ำและสภาพแวดล้อมบริเวณแหล่งน้ำ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำมีผลกระทบต่อพืชและสัตว์ในน้ำทั้งโดยตรงและทางอ้อม โดยเฉพาะแพลงตอนพืชซึ่งเป็นผู้ผลิตเบื้องต้นในแหล่งน้ำ ผลโดยตรงก็คือความสามารถในการดำรงชีวิตอยู่ได้เมื่ออุณหภูมิแตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของแพลงตอนพืช และเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงส่งผลให้สิ่งแวดล้อมในน้ำเปลี่ยนแปลงไปด้วย ซึ่งมีผลกระทบต่อแพลงตอนพืชอีกทอดหนึ่ง เช่น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นการละลายของออกซิเจนลดลง (ลัดดา, 2530) ในแหล่งน้ำจืดบริเวณอบอุ่นจะมีอุณหภูมิ อยู่ระหว่าง 0-30 องศาเซลเซียส โดยมีอุณหภูมิสูงสุดในฤดูร้อนและต่ำสุดในฤดูหนาว (Alablaster, 1980) บางครั้งสิ่งมีชีวิตสามารถที่ดำรงชีพอยู่ได้ในช่วงของอุณหภูมิที่กว้างคือ ช่วงอุณหภูมิ -200 ถึง 100 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของสิ่งมีชีวิต (นิตยา, 2528 และ สมสุข, 2528) ได้มีการศึกษาพบว่าเมื่อนำแพลงตอนพืชที่อาศัยอยู่ในอุณหภูมิต่ำมาเลี้ยงที่อุณหภูมิสูงประมาณ 28-30 องศาเซลเซียส แพลงตอนพืชยังสามารถสังเคราะห์แสง เจริญเติบโตได้ตามปกติ แสดงว่าแพลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตอนพืชสามารถดำรงชีวิตและสังเคราะห์แสงได้ไม่ว่าอุณหภูมิสูงหรือต่ำ (Alablaster, 1980) ในน้ำที่มีอุณหภูมิสูงกว่าปกติจะทำให้สารเคมีต่าง ๆ ในน้ำทำปฏิกิริยากันได้รวดเร็วยิ่งขึ้น เช่น ปุ๋ยละลายน้ำได้เร็วยิ่งขึ้น ความต้องการออกซิเจนในการย่อยสลายอินทรียวัตถุของแบคทีเรียในน้ำมีมากขึ้น ส่วนในเขตหนาวเกิดการแบ่งชั้นของอุณหภูมิในแหล่งน้ำ(thermal stratification) ขึ้นในระดับความลึกต่าง ๆ ทำให้ชั้นน้ำเกิดความคลาดแคลนออกซิเจน แต่ในเขตร้อนการแบ่งชั้นของอุณหภูมิจะไม่ชัดเจน แต่ถ้าเป็นแหล่งน้ำที่มีความขุ่นสูง และอยู่ในที่กระแสลมไม่พัดผ่านก็อาจเกิดการแบ่งชั้นของอุณหภูมิได้ (ธีรพันธ์, 2520; ไมตรี, 2526 และ สวง, 2528)

การศึกษาการแบ่งชั้นอุณหภูมิของน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิตต์ พบว่าการแบ่งชั้นอุณหภูมิของน้ำเกิดขึ้นในฤดูร้อนโดยแบ่งออกเป็น 3 ชั้น ได้แก่ชั้น epilimnion เป็นชั้นบนสุด มีความลึกตั้งแต่ผิวน้ำจนถึงความลึก 18 เมตร ชั้นรองลงมาเป็นชั้น thermocline เกิดขึ้นที่ชั้นความลึกตั้งแต่ 18-21 เมตร และจะเป็น transition zone ระหว่างชั้น epilimnion กับชั้น hypolimnion (สถาบันวิจัยสังคม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2530) นอกจากนี้ในแหล่งน้ำจืดธรรมชาติในเขตร้อนมักเกิดการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว (bloom) ของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในฤดูร้อน เนื่องมาจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นนั้นเอง (ลัดดา, 2530) ในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำอย่างรวดเร็ว (temperature shock) สามารถทำให้เกิดอันตรายต่อสัตว์น้ำ นอกจากนั้นอุณหภูมิที่สูงกว่าระดับปกติเพียง 2-3 องศาเซลเซียส อาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำและสามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อห่วงโซ่อาหารในระดับสูงขึ้นไป นอกจากนี้ชนิด ปริมาณ สัดส่วนของประชากรสัตว์น้ำ ตลอดจนการอพยพย้ายถิ่น การวางไข่ การฟักตัวของสัตว์น้ำล้วนแต่ถูกควบคุมด้วยอุณหภูมิของน้ำ (ไมตรี และ จารุวรรณ, 2528)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความโปร่งใส (transparency)

ความโปร่งใสหมายถึง ระยะทางที่แสงสามารถส่องผ่านและสะท้อนกลับในน้ำซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณสารที่ดูดซับและขัดขวางการสะท้อนแสง ปริมาณที่อยู่ในน้ำมีทั้งสิ่งที่ไม่มีชีวิต ได้แก่ ตะกอนแขวนลอยที่เป็นอินทรียสารและอนินทรียสารและสิ่งมีชีวิต ได้แก่ แพลงตอนพืชและแพลงตอนสัตว์ เมื่อปริมาณแพลงตอนในน้ำมีมากจะทำให้ความโปร่งใสลดลง ความโปร่งใสของน้ำจะมีความสัมพันธ์อย่างมากกับปริมาณแพลงตอน ความโปร่งใสของน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลาจะอยู่ในระยะ 30-60 เซนติเมตร ถ้าความโปร่งใสมีค่าต่ำกว่า 30 เซนติเมตร ลงมาอาจทำให้เกิดการขาดแคลนออกซิเจนได้ เนื่องจากปริมาณแพลงตอนมากเกินไป แต่ถ้ามีค่าสูงเกิน 60 เซนติเมตร แล้วทำให้แสงสว่างส่องลงไปได้ลำบาก พืชน้ำเจริญเติบโตได้ดีแพลงตอนพืชมีน้อย ทำให้แหล่งน้ำนั้นไม่ค่อยอุดมสมบูรณ์ (ไมตรี, 2526) จากการศึกษาความโปร่งใสของน้ำในบึงบอระเพ็ดของ วราภรณ์ (2526) พบว่าในช่วงฤดูฝนความโปร่งใสจะมีค่าต่ำและจะมีค่าสูงสุดในฤดูหนาว แสดงให้เห็นว่าในบึงบอระเพ็ด ความอุดมสมบูรณ์ของแพลงตอนมีไม่มากนัก แต่จากการศึกษาของ Bricker et al, (1975) พบว่าในบึงบอระเพ็ดเป็นแหล่งน้ำที่มีความโปร่งใสของน้ำประมาณ 15-60 เซนติเมตร จึงมีชนิดของแพลงตอนมากทำให้เป็นแหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์ ความโปร่งใสของน้ำนอกจากมาจากแพลงตอนแล้ว การใช้ประโยชน์จากที่ดินยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความโปร่งใสของน้ำอีกด้วย EPA (1973) รายงานว่าเหตุที่แหล่งน้ำจะมีความขุ่นหรือความโปร่งใสมากน้อยเพียงใดนั้น ก็เนื่องมาจากการใช้ประโยชน์จากที่ดินและกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์นั่นเอง ซึ่งการใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรกรรมและกิจกรรมของประชากรที่อาศัยอยู่ในลุ่มน้ำมีส่วนทำให้ความขุ่นเพิ่มขึ้น ความโปร่งใสจึงลดลง ซึ่งสอดคล้องกับ Sawyer et al, (1967) ที่กล่าวว่าสารแขวนลอยและตะกอนต่าง ๆ ที่ทำให้น้ำในลำธารเกิดความขุ่นนั้น เนื่องมาจากการใช้ประโยชน์ที่ดินบนภูเขาสูงนั่นเอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ออกซิเจนที่ละลายน้ำ (dissolved oxygen)

ออกซิเจนที่ละลายน้ำมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์น้ำ เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการหายใจ และการย่อยสลายอินทรียวัตถุ นอกจากนี้ปริมาณการละลายของออกซิเจนยังเป็นเครื่องชี้บอกคุณภาพของน้ำในแหล่งน้ำนั้นได้อีกด้วย ปริมาณการละลายของออกซิเจนในระยะเวลาใดเวลาหนึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำ ความกดอากาศและปริมาณเกลือแร่ที่มีอยู่ในน้ำนั้น และอีกทางหนึ่งคือออกซิเจนที่มาจากการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำ (สมพร, 2520) การละลายของออกซิเจนเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิของน้ำลดลง และจะเพิ่มขึ้นเมื่อความกดอากาศเพิ่มขึ้นส่วนปริมาณเกลือแร่ที่เพิ่มขึ้นทำให้ความสามารถในการละลายของออกซิเจนลดลง นอกจากนี้การใช้ประโยชน์จากที่ดินเหนือแหล่งน้ำยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจน อีกด้วย (ผกาวรรณ, 2534) ธีระพันธ์ (2520) กล่าวว่าในเวลากลางวันปริมาณออกซิเจนจะมีมากกว่าในเวลากลางคืนเพราะได้รับออกซิเจนเพิ่มเติมจากกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำ โดยจะตรวจพบออกซิเจนละลายสูงสุดในตอนบ่ายแล้วจะลดต่ำลงในเวลากลางคืน จนมีปริมาณต่ำสุดในตอนใกล้รุ่ง เนื่องจากออกซิเจนที่ละลายน้ำจะถูกใช้ไปในกระบวนการหายใจของพืชและสัตว์ตลอดจนการเน่าเปื่อยสลายตัวของอินทรียวัตถุ

ในทะเลสาบปริมาณของออกซิเจนที่ละลายน้ำจะขึ้นอยู่กับความลึกและฤดูกาล โดยบริเวณก้นทะเลสาบอาจไม่พบออกซิเจนละลายอยู่เลย ถ้าปริมาณสาหร่ายมีมากเกินไปอาจทำให้เกิดออกซิเจนที่ผิวน้ำในปริมาณสูง และเป็นผลให้เกิดการบังแสงจากปริมาณสาหร่ายที่มากเกินไปทำให้มีการสังเคราะห์แสงในระดับลึกลดลง จึงอาจจะเกิดการเน่าสลายของสาหร่ายในระดับลึก (Trainor, 1978)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

Boyd (1982) กล่าวว่า การวัดค่า pH ของน้ำนั้นเป็นการวัดค่า negative logarithm ของความเข้มข้นของ H^+ โดย pH = -log H^+ ในแหล่งน้ำธรรมชาตปกติจะมีค่า pH ระหว่าง 6.5-9.0 EPA (1973) รายงานว่าในแหล่งน้ำธรรมชาติปกติจะมีค่า pH อยู่ระหว่าง 5.0-9.0 อย่างไรก็ตามในแหล่งน้ำธรรมชาติทั่วไปจะมีค่า pH แตกต่างกันออกไปซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมหลายประการ เช่น ลักษณะดิน หิน Reid (1961) กล่าวว่าน้ำที่ไหลผ่านบริเวณที่มีหินปูนนั้น pH ของน้ำจะสูงมากกว่า 9 ยิ่งถ้าเป็นแหล่งน้ำปิดมีแต่การระเหยอย่างเดียวค่า pH อาจสูงถึง 12 แต่ถ้าแหล่งน้ำอยู่ใกล้หรือเกิดจากภูเขาไฟ ค่า pH จะต่ำ นอกจากนี้ถ้าสภาพแวดล้อมเปลี่ยนไปเนื่องจากมีการใช้ประโยชน์จากที่ดินใกล้แหล่งนี้แล้วจะทำให้ระดับ pH ในน้ำเปลี่ยนแปลงได้ จำเนียร (2523) ได้ทำการศึกษาค่า pH ในพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินแตกต่างกันพบว่า ค่า pH แตกต่างกันคือในพื้นที่ป่าดิบแล้งธรรมชาติมีค่า pH 6.84 พื้นที่ป่าผสมมีค่า pH 6.69 และพื้นที่ไร่ร้างมีค่า pH 6.10 ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่ป่าเปลี่ยนไปจะทำให้มีน้ำไหลบ่าหน้าดินมากขึ้น อินทรียสารไหลลงสู่ลำธารมากขึ้น การย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ในน้ำทำให้ pH ของน้ำลดลง สุคนธ์ (2534) อ้างถึงอิสระ (2522) และนารี (2529) กล่าวว่า FWPCA กำหนดสภาพน้ำธรรมชาติที่พืชน้ำต้องการความเป็นกรด-ด่าง ในการเจริญเติบโตได้ดี อยู่ในช่วง 7.0-9.2 ส่วน WPCF ได้กำหนดความเป็นกรด-ด่างของน้ำธรรมชาติให้อยู่ใน ช่วง 6.5-8.5 (อรัสสา, 2524) สาหร่ายส่วนใหญ่จะสามารถทนต่อความเป็นกรด-ด่างระหว่าง 6.8-9.6 (จงจินต์, 2524) ในแต่ละวัน สภาพความเป็นกรด-ด่าง จะไม่เท่ากัน บางวันอาจเพิ่มถึง 10 ในตอนกลางวัน ถ้าหากความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 4.5 จะทำให้สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำตายได้ (นพรัตน์, 2528) ค่า pH นอกจากจะควบคุมการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำโดยตรงแล้วยังเป็นตัวควบคุมสภาวะเคมีของธาตุอาหาร (nutrients) ในแหล่งน้ำจืดอีกด้วย (ผกาวรรณ, 2534) การเปลี่ยนแปลงของ pH ในแหล่งน้ำจะทำให้ธาตุอาหารที่สำคัญเปลี่ยนแปลงได้แก่ ฟอสเฟต แอมโมเนีย เหล็ก และธาตุอาหารที่จำเป็น (trace elements) (สวง, 2528)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความเป็นด่าง (alkalinity)

ความเป็นด่างของน้ำหมายถึง ความสามารถหรือคุณสมบัติของน้ำที่ทำให้กรดเป็นกลาง ความเป็นด่างของน้ำประกอบด้วยคาร์บอเนต($CO_3^{=}$) ไบคาร์บอเนต(HCO_3^{-}) และไฮดรอกไซด์(OH^{-}) เป็นส่วนใหญ่ ค่าความเป็นด่างมีผลเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของน้ำด้านต่าง ๆ เช่นความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความเป็นกรด (acidity) และความกระด้าง (hardness) ความเป็นด่างมีความสำคัญต่อแหล่งน้ำคือ ช่วยควบคุมไม่ให้แหล่งน้ำมีการเปลี่ยนแปลงของ pH รวดเร็วเกินไป ความเป็นด่างเปรียบเสมือน buffering capacity ของแหล่งน้ำนั้นเอง(ไมตรีและจารุวรรณ, 2528) ในแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีค่าความเป็นด่างอยู่ระหว่าง 25-400 มิลลิกรัมต่อลิตร กรรณิการ์ (2525) กล่าวว่าในบางสภาวะน้ำธรรมชาติอาจมีพวกคาร์บอเนตและไฮดรอกไซด์อยู่ในปริมาณสูง เช่น น้ำผิวดินซึ่งมีสาหร่ายมาก สาหร่ายจะนำเอา CO_2 จากน้ำไปใช้ในกระบวนการ photo-synthesis ทำให้ pH ของน้ำสูงขึ้นประมาณ 9-10 น้ำที่มีความเป็นด่างสูงรสจะไม่น่าดื่ม ค่าความเป็นด่างสูงกว่า 500 มิลลิกรัมต่อลิตรไม่เหมาะที่ทำน้ำประปาน้ำที่เหมาะจะทำน้ำประปาควรมีค่าคามเป็นด่างระหว่าง 30-500 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเป็นด่างมีความสำคัญในการปรับปรุงคุณภาพของน้ำธรรมชาติและน้ำเสียต่าง ๆ ใช้ในการชี้บอกถึงความเข้มข้นของ $CO_3^{=}$, HCO_3^{-} และ OH^{-} และอาจรวมถึงบอเรต ซิลิเกต หรือฟอสเฟตถ้ามีอยู่ด้วย

การนำไฟฟ้า (conductivity)

การนำไฟฟ้าเป็นการวัดความสามารถของน้ำที่จะให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ซึ่งขึ้นอยู่กับความเข้มข้น ชนิดของอิออนที่มีอยู่ในน้ำและอุณหภูมิที่ทำการวัด น้ำที่มีอิออนของสารต่าง ๆ อยู่สามารถนำไฟฟ้าได้ทั้งนั้น การนำไฟฟ้าไม่ได้เป็นค่าเฉพาะอิออนตัวใดตัวหนึ่งแต่เป็นอิออนทั้งหมดในน้ำ ซึ่งสามารถจะบอกถึงการลดหรือเพิ่มของอิออนที่ละลายในน้ำเท่านั้น ถ้าค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นแสดงว่าสารที่แตกตัวได้ในน้ำเพิ่มขึ้นหรือถ้าค่า การนำไฟฟ้าลดลงแสดงว่าสารที่แตกตัวได้ลดลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

น้ำที่กลั่นใหม่ ๆ จะมีค่า การนำไฟฟ้าประมาณ 0.5-2 μmhos/cm. และจะเพิ่มเป็น 2-4 μmhos/cm. หลังจากเก็บไว้ 2-3 อาทิตย์ ค่าที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการดูดซึม CO_2 จากบรรยากาศ รวมทั้ง NH_3 จำนวนเล็กน้อยด้วย โดยทั่วไปน้ำดื่มน้ำใช้ในสหรัฐอเมริกาจะมีค่าการนำไฟฟ้าในช่วง 50-1,000 μmhos/cm. น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมบางแห่งอาจมีค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่า 10,000 μmhos/cm. (กรรณิการ์, 2525)

BOD (Biochemical Oxygen Demand)

บีโอดีคือ ปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้ โดยจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนในการดำรงชีวิต จากกระบวนการนี้แบคทีเรียจะได้รับพลังงานเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต ผลิตภัณฑ์สุดท้ายของการออกซิไดส์สารอาหารเหล่านี้อาจเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ หรือแอมโมเนีย ขึ้นอยู่กับชนิดของสารอาหาร (กรรณิการ์, 2525) ค่า BOD แสดงให้เห็นความรุนแรงของการปนเปื้อน หรือการเน่าเสียของน้ำโดยสารอินทรีย์ ถ้าน้ำมีค่า BOD สูง หมายถึงน้ำนั้นมีสารอินทรีย์ปนอยู่ในปริมาณมาก ค่าบีโอดีจะบอกให้ทราบถึงปริมาณของก๊าซออกซิเจนที่ละลายน้ำที่จะต้องถูกใช้ในในการย่อยสลายสารอินทรีย์ เมื่อน้ำในแหล่งน้ำถูกปนเปื้อน บอกให้ทราบถึงภาวะของเสีย (waste loading) ของกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพและยังบอกให้ทราบถึงประสิทธิภาพของกระบวนการดังกล่าวด้วย (วิไลลักษณ์, 2533)

คลอโรฟิลล์-เอ (chlorophyll-a)

คลอโรฟิลล์-เอ มีสีเขียวแกมน้ำเงิน สาหร่ายทุกชนิดมีคลอโรฟิลล์-เอ เป็นรงควัตถุหลัก ส่วนคลอโรฟิลล์ชนิดอื่นก็กระจายอยู่ในสาหร่ายแต่ละชนิด คลอโรฟิลล์เหล่านี้จะรวมอยู่กับโปรตีนและยังอยู่ระหว่างโปรตีนกับไขมันของเยื่อคลอโรพลาสต์ คลอโรฟิลล์-เอ เป็นรงควัตถุที่ใช้ในการสังเคราะห์แสงขั้นต้น สามารถดูดพลังงานแสงด้วยตัวเอง คลอโรฟิลล์ไม่ละลายน้ำแต่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นสารอินทรีย์ เช่น แอลกอฮอล์ร้อนหรือเย็น อาซีโตนปิโตรเลียมสปิริต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หรือส่วนผสมของเมธานอลและปิโตรเลียมอีเธอร์ (ผกาวรรณ, 2534 อ้างถึง Round, 1973) คลอโรฟิลล์มีโมเลกุล เป็นแบบ tetrapyrolic ตรงกลางจะมีแมกนีเซียม ซึ่งมี ester group จับอยู่ 2 กลุ่ม คลอโรฟิลล์-เอ มีบทบาทมากที่สุดในกระบวนการสังเคราะห์แสง กล่าวคือ เป็นแหล่งเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานเคมี รงควัตถุชนิดอื่น ๆ ทำหน้าที่รองลงไป โดยอาจดูดพลังงานแสงไว้แล้วส่งต่อไปให้คลอโรฟิลล์-เอ อีกทอดหนึ่ง ในทางธรรมชาติรงควัตถุยังมีประโยชน์ในการวัดค่าชีวมวล (biomass) และจัดอันดับของอนุกรมวิธานของแพลงตอนพืช (ลัดดา, 2530) สาหร่ายสีเขียวประกอบด้วยคลอโรฟิลล์ เอ และ บี โดยคลอโรฟิลล์-เอ จัดเป็นเม็ดสีสังเคราะห์แสงปฐมภูมิ (primary photosynthetic pigment) ส่วนคลอโรฟิลล์ บี และตัวอื่น ๆจัดเป็นเม็ดสีสังเคราะห์แสงทุติยภูมิ (sccondary photosynthetic pigment หรือ accessory pigment) ปริมาณคลอโรฟิลล์-เอ ที่พบในสาหร่ายมีปริมาณ 0.5-1.5 ของน้ำหนักแห้ง คลอโรฟิลล์-เอ เป็นรงควัตถุที่พบมากที่สุดในเซลล์แพลงตอนพืช ดังนั้น จึงนิยมใช้คลอโรฟิลล์-เอ เป็นตัววัดมาตรฐานที่จะชี้ให้เห็นถึงกำลังผลิตของแหล่งน้ำ (ลัดดา, 2530)

ผลผลิตเบื้องต้นของแหล่งน้ำ (primary production)

ผกาวรรณ (2534) อ้างถึง เวียง (2525) ว่าผลผลิตเบื้องต้นหรือกำลังผลผลิตเบื้องต้นของแหล่งน้ำนั้น เกิดจากสาหร่ายจำพวกแพลงตอนพืช (phytoplankton algae) สาหร่ายตามพื้นท้องน้ำ(bottle algae)สาหร่ายที่เกาะกับวัตถุอื่น (attached algae) และจากพืชชั้นสูง เมื่อเปรียบเทียบกำลังผลิตที่เกิดจากแหล่งน้ำเหล่านี้ส่วนที่เกิดจากแพลงตอนพืชจะมีปริมาณสูงกว่าส่วนที่เกิดจากแหล่งอื่น ๆ มาก จนถือได้ว่าผลผลิตเบื้องต้นของแหล่งน้ำได้มาจากแพลงตอนพืชแต่เพียงอย่างเดียว ผลผลิตอาหารจากธรรมชาติหรือห่วงโซ่อาหาร (food chain) ในแหล่งน้ำนั้น สัตว์น้ำจะเป็นผลผลิตขั้นสุดท้ายที่ได้ ปริมาณสัตว์น้ำที่แหล่งน้ำผลิตได้ขึ้นอยู่กับพืชน้ำที่สัตว์น้ำใช้เป็นอาหาร และปริมาณพืชน้ำที่แหล่งน้ำผลิตได้ขึ้นอยู่กับแร่ธาตุ แสงแดด อุณหภูมิ คาร์บอนไดออกไซด์ และออกซิเจนที่ละลายในน้ำ Pomeroy (1980) กล่าวว่าในทะเลสาบหรือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อ่างเก็บน้ำเกือบทั้งหมดจะได้พลังงานขั้นต้นจากสาหร่าย พืชขนาดใหญ่ และ periphyton ซึ่งพืชเหล่านี้ต้องการเพียงแสงสว่าง แหล่งคาร์บอนและธาตุอาหารสมทบเท่านั้น ในขณะเดียวกันการเพิ่มขึ้นของกำลังผลิตปฐมภูมิจะเพิ่มจากละติจูดที่สูงกว่าไปสู่ที่ต่ำกว่า โดยที่ละติจูดสูง ๆ จะมีรังสีจากดวงอาทิตย์มากกว่าและมีอุณหภูมิสูงกว่าที่ละติจูดต่ำ ๆ ดังนั้นสิ่งมีชีวิตจึงนำแสงและอุณหภูมิไปใช้สร้างพลังงานเพื่อการเจริญเติบโต (Brylinsky และ Mann, 1973) ส่วนธาตุอาหารที่มีความจำเป็นต่อผู้ผลิตเบื้องต้นนั้น FAO (1984) รายงานว่าคาร์บอนเป็นธาตุที่มีความต้องการมากสำหรับผลผลิตเบื้องต้นและธาตุทั้งหมดจะอยู่ในบรรยากาศ Shapiro (1957) สรุปว่าแหล่งใหญ่ของออกซิเจนและ c-compound จะอยู่ในแหล่งน้ำที่มีความต้านทานต่อกระบวนการ chemical oxidation สูง จากการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของแพลงตอนพืชและสัตว์ McCauley และ Kalff (1981) พบว่ามวลชีวภาพของแพลงตอนพืชและแพลงตอนสัตว์ถึงแม้จะมีความสัมพันธ์ในทางบวก Gannon และ Stemberger (1978) กับ Bay และ Crisman (1983) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับแพลงตอนสัตว์ในทะเลสาบบริเวณเขตอบอุ่นและกึ่งร้อน พบว่าในขณะที่กำลังผลิตของแหล่งน้ำเพิ่มขึ้น องค์ประกอบของสังคมแพลงตอนจะเปลี่ยนไปเป็นสังคมของแพลงตอนขนาดเล็ก (microplankton) เด่นชัดขึ้น ซึ่งจะกินอาหารพวกแบคทีเรีย

โดยเหตุที่ผลผลิตเบื้องต้นของแหล่งน้ำมาจากแพลงตอนพืชเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นจึงสามารถที่จะหาผลผลิตเบื้องต้นของแหล่งน้ำจากแพลงตอนพืชได้ แต่เนื่องจากแพลงตอนพืชมีวงจรชีวิตสั้น ดังนั้นแพลงตอนพืชที่พบในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง จึงมิใช่ปริมาณของแพลงตอนพืชที่ผลิตได้ทั้งหมด จึงไม่สามารถใช้ปริมาณแพลงตอนพืชในการหาผลผลิตเบื้องต้นได้โดยตรง วิธีการที่จะหาผลผลิตเบื้องต้นจึงต้องใช้วิธีทางอ้อมโดยการหาจากปริมาณออกซิเจนละลาย ซึ่ง ลัดดา (2530) กล่าวว่าในกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช ปริมาณออกซิเจนที่พืชสร้างขึ้นมีปริมาณเกือบเท่ากับคาร์บอนไดออกไซด์ที่พืชนำไปใช้ เวียง (2525) สรุปว่าพืชใช้คาร์บอนไดออกไซด์ 1 อะตอม จะให้ออกซิเจน 1 อะตอม ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่คงที่ จึงได้นำหลักการดังกล่าวมาใช้หาผลผลิตเบื้องต้นของแหล่งน้ำ และโดยเหตุที่แสงและแร่ธาตุเป็นปัจจัยสำคัญที่ควบคุมอัตราการสังเคราะห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

แสงของแพลงตอนพืชในแหล่งน้ำนั้น ดังนั้นผลผลิตเบื้องต้นของแหล่งน้ำแต่ละแห่งจึงมีความแตกต่างกัน

สภาวะสารอาหารในแหล่งน้ำ

สารอาหารในที่นี้หมายถึงสารอาหารของพืช (plant nutrient) ทั้งหมดทั้งที่อยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ได้ทันที (available form) และอยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถนำไปใช้ทันที (non-available form) อาจแบ่งสารอาหารออกเป็น 2 จำพวกใหญ่ ๆ ตามปริมาณที่พืชต้องการใช้และจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์คือ สารอาหารต้องการปริมาณมาก (macronutrient) ได้แก่คาร์บอน ออกซิเจน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม โปแตสเซียม ซัลเฟอร์ สารอาหารที่ต้องการปริมาณน้อย (micronutrient) ได้แก่ เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และคลอไรด์ (ธีรพล, 2530 อ้างถึง Bachman, 1978 Darley, 1982 และ Hansen, 1969) สารอาหารในแหล่งน้ำมีบทบาทโดยตรงต่อการกำหนดผลผลิตและรวมถึงโครงสร้างของระบบนิเวศของแหล่งน้ำด้วยสารอาหารที่จัดได้ว่าเป็นสารมลพิษ(pollutant) ในแหล่งน้ำได้แก่ สารอินทรีย์ สารพิษ (โลหะหนัก ยาปราบศัตรูพืช) ความร้อนและสารรังสี (Moss, 1980)

โดยธรรมชาติแล้วสารอาหารมีความเกี่ยวข้องกับระบบนิเวศของแหล่งน้ำโดยตรงและเกี่ยวข้องอย่างมากกับกระบวนการทางนิเวศวิทยา สารอาหารในแหล่งน้ำต่าง ๆ มีปริมาณมาก-น้อยแตกต่างกันไปและจะมีการสะสมปริมาณมากขึ้นเรื่อย ๆ ตามระยะเวลาที่ผ่านไป Rodhe (1969) อ้างถึง Naumann (1932) ว่าแพลงตอนพืชมีความสัมพันธ์โดยตรงกับสภาพของสารอาหาร โดยฟอสฟอรัสและไนโตรเจนเป็นปัจจัยที่สำคัญในการกำหนดสัดส่วนและปริมาณของแพลงตอนพืช ธีรพล (2530) อ้างถึง Naumann (1932) ว่าเป็นผู้นำคำว่า oligotrophic และ eutrophic มาใช้ในการแบ่งประเภทของน้ำในทะเลสาบ โดยเขาสังเกตจากปริมาณแพลงตอนพืชในทะเลสาบ ถ้ามีแพลงตอนพืชแพร่กระจายอยู่มาก สังเกตว่าน้ำจะมีสีเขียวชุ่นแสดงว่ามีสาร

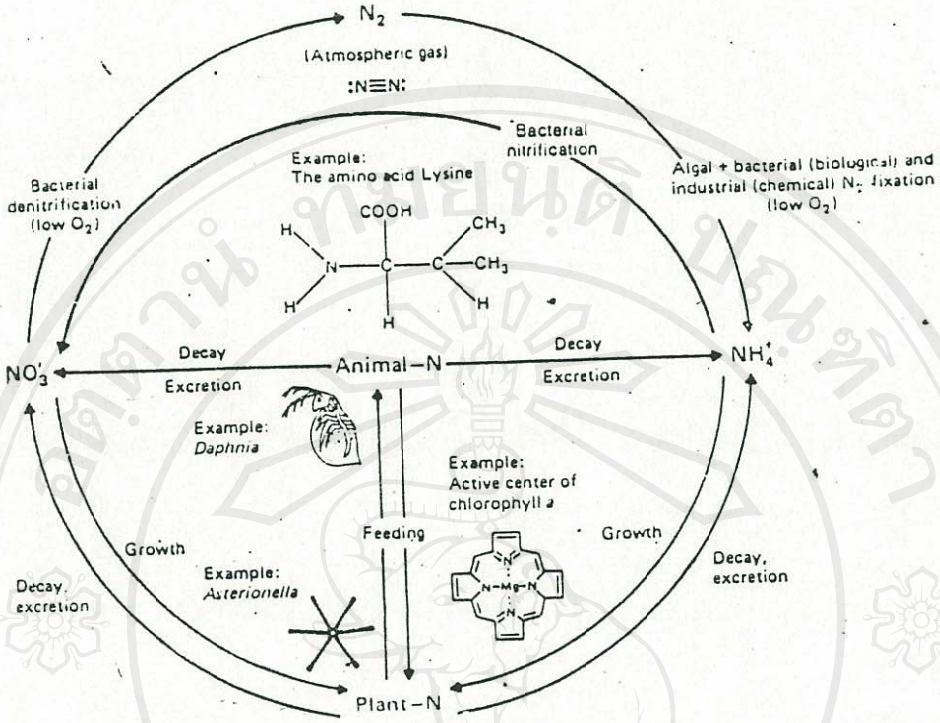
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อาหารสูงจัดเป็น eutrophic ถ้ามีแพลงตอนพืชอยู่น้อยมากน้ำจะใสและไม่มีสีเขียว แสดงว่าสารอาหารมีอยู่น้อยหรือเกือบไม่มี ซึ่งจัดได้ว่าเป็น oligotrophic Wood (1972) อ้างถึง Nauman (1932) ว่าได้กำหนดสภาพสารอาหารว่าถ้าข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณของสารอาหารและผลผลิตของแพลงตอนมีความขัดแย้งกัน ทำให้ไม่สามารถนำมาใช้ร่วมกันในการกำหนดสภาวะ eutrophic และ oligotrophic ของแหล่งน้ำได้ ถ้าให้ใช้ผลผลิตของแพลงตอนพืชเป็นหลักในการกำหนดสถานภาพอาหาร

ไนโตรเจน (Nitrogen)

ไนโตรเจนเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อระบบนิเวศของแหล่งน้ำ เพราะเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของอินทรียสารที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์ (Fogg, 1971) สารประกอบไนโตรเจนอาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือสารประกอบอนินทรีย์ไนโตรเจน เช่น NH_4^+ ,NO_2^- ,NO_3^- สารพวกนี้อยู่ในรูปปุ๋ยหรือเกลือในปัสสาวะ ส่วนอีกชนิดหนึ่งคือสารประกอบอินทรีย์ ไนโตรเจน เช่น โปรตีน กรดอะมิโน กรดนิวคลีอิค สาเหตุที่สารเหล่านี้เข้ามามีบทบาทในน้ำก็เพราะการที่สามารถเปลี่ยนจากรูปสารอินทรีย์ไปเป็นสารอนินทรีย์โดยกระบวนการที่เรียกว่า mineralization (ภาพที่ 2) ซึ่งมีแบคทีเรียเป็นตัวการสำคัญในการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความสำคัญของกระบวนการ mineralization คือการเปลี่ยนสารอินทรีย์ในรูปที่ไม่ละลายน้ำให้เป็นรูปที่ละลายน้ำซึ่งแบคทีเรียสามารถนำไปใช้ได้ นอกจากนี้สารอนินทรีย์ในรูปต่าง ๆ ก็อาจเปลี่ยนกลับไปมาได้โดยแบคทีเรียเช่นกันซึ่งเรียกว่า ammonification nitrification หรือ denitrification จะเห็นได้ว่าพืชสีเขียวสามารถนำ NO_3 และ NH_3 มาใช้ในการสร้างโปรตีน นอกจากนี้แบคทีเรียและสาหร่ายบางชนิดนำไนโตรเจนในบรรยากาศมาสร้างโปรตีนได้ (กรรณิการ์, 2525) สารประกอบเหล่านี้อาจใช้เป็นเครื่องชี้ความสมบูรณ์ของแหล่งน้ำได้ (ปรีดาและ ไพเชษฐ์, 2534)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 2. วัฏจักรไนโตรเจน

(สวง, 2528)

พวกสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและสาหร่ายกลุ่มอื่น ๆ สามารถใช้ประโยชน์ได้จากสารประกอบอนินทรีย์ที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบได้แก่ไนเตรท เกลือแอมโมเนีย และไนไตรท์ ในน้ำธรรมชาติแหล่งไนโตรเจนหลักคือ ไนเตรท และเกลือแอมโมเนีย (สุคนธ์, 2534 อ้างถึง Round, 1975)

สาหร่ายส่วนมากสามารถใช้ประโยชน์จากไนเตรท ไนไตรท์ และเกลือแอมโมเนียเป็นแหล่งไนโตรเจน แต่พวกยูกลีนอยด์ไม่สามารถเติบโตในแหล่งน้ำที่มีไนเตรทหรือ ไนไตรท์ในปริมาณมากได้ (Darley, 1982) ในน้ำที่มีมลพิษสูง แหล่งไนโตรเจนอาจเป็นสารประกอบอินทรีย์ซึ่งได้จากสิ่งขับถ่ายของสัตว์ เช่น แอมโมเนีย ยูเรีย กรดยูริก กรดอะมิโน ซึ่งทำให้เกิดการเจริญของพวกสาหร่ายที่มีแส้ (flagellum) สาหร่ายพวกมีแส้และมีรงควัตถุสีเขียวน้อยจะใช้เกลือแอมโมเนีย พวกมีแส้และมีรงควัตถุสีเขียวมาก เช่น Euglena spp. Trachelomonas spp. และ Phacus spp. ไม่สามารถใช้ไนเตรทได้ (Round, 1975)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ไนโตรเจนสามารถเข้าสู่แหล่งน้ำได้หลายทางด้วยกันกล่าวคือ สามารถเข้าสู่แหล่งน้ำในรูปของก๊าซไนโตรเจน แล้วจะเปลี่ยนไปเป็นสารประกอบไนโตรเจนในรูปอื่น ๆ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะมีความสัมพันธ์กับพืชและสัตว์ที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนั้น อีกทางหนึ่งมากับน้ำไหลบ่าหน้าดิน (surface runoff) หรือน้ำใต้ดิน (groundwater) (เปี่ยมศักดิ์, 2525) นอกจากนี้ยังมาจากปุ๋ยที่ใช้ในการเพาะปลูกหรือการที่พืชใช้ไนเตรทจากดินได้ไม่สมบูรณ์ การใช้ปุ๋ยดังกล่าวจะทำให้สารประกอบไนโตรเจนระบายลงสู่แหล่งน้ำได้มากขึ้น จึงพบว่าปริมาณไนโตรเจนในพื้นที่มีการใช้ปุ๋ยจะมากกว่าพื้นที่ไม่ใช้ปุ๋ยประมาณ 3-10 เท่า (ผกาวรรณ, 2534 อ้างถึง จุฑามาศ, 2528) นอกจากนี้ยังมาจากของเสียของมนุษย์มีประมาณ 5 กิโลกรัมต่อคนต่อปี (Singer, 1968) ส่วนของเสียที่มาจากโรงงานอุตสาหกรรมนั้นมีค่าสัดส่วนไนโตรเจนต่อบีโอดีเท่ากับ 0.05 (Committee on Nitrate Accumulation, 1972)

โดยทั่วไปแล้วในแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีไนโตรเจนต่ำคือปริมาณ 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยแบ่งเป็นไนเตรทประมาณ 0.01-0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร แอมโมเนียจะมีสภาพเป็นก๊าซแอมโมเนียในน้ำที่เป็นด่างเท่านั้น ส่วนในน้ำที่เป็นกรดจะมีสภาพเป็นแอมโมเนียไอออน (เวียง, 2525)

ไนไตรท์ เป็นสารประกอบที่เกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนของปฏิกิริยาการสลายตัวของไนเตรท โดยกระบวนการเมตาบอลิซึมของแบคทีเรีย (นันทนา, 2520) ในแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีไนไตรท์อยู่ประมาณ 0.5-5.0 ไมโครกรัมต่อลิตร เมื่อไนไตรท์ในแหล่งน้ำมีความเข้มข้นสูงจะเป็นอันตรายต่อปลาในแหล่งน้ำได้

ความสามารถในการใช้สารอินทรีย์ไนโตรเจนในรูปแบบต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งยูเรียจะเกิดขึ้นได้มากในแพลงตอนพืชหลายประเภท แพลงตอนพืชต้องการแอมโมเนียมากกว่าไนไตรท์ในสภาพปกติ แต่ถ้าปริมาณไนเตรทเกิน 0.5-1.0 μmol^{-1} จะยับยั้งการใช้ไนเตรท

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เพราะสาหร่ายนำไนเตรทเข้ามาในเซลล์จะสูญเสียพลังงานส่วนหนึ่งเปลี่ยนไนเตรทให้เป็นแอมโมเนีย ก่อนที่จะเกิดการรวมตัวกันเป็นกรดอะมิโน (Darley, 1982) ในน้ำที่มีสารอาหารน้อยมีไนเตรทจำนวนมากเนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจน (nitrification) อย่างรวดเร็ว ส่วนในน้ำที่มีสภาพเป็นยูโทรฟิค การสลายตัวของตะกอนจะทำให้มีไนเตรทและ แอมโมเนียสมบูรณ์ ซึ่งเกิดจากการย่อยสลาย (decomposition) ของตะกอนในบริเวณน้ำลึกซึ่งมีออกซิเจนน้อยเกิดการปลดปล่อย reduce form ของไนโตรเจนจากสารอินทรีย์ (Harris, 1986)

ฟอสฟอรัส (Phosphorus)

ฟอสฟอรัสที่พบในแหล่งน้ำธรรมชาติทั้งที่เป็นสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ สารประกอบฟอสฟอรัสที่สำคัญทั้งในน้ำจืดและน้ำเค็มคือ อยู่ในรูปของสารอนินทรีย์ออโธฟอสเฟตที่เป็นอิออน (HPO_4^{2-}, HPO_4^{-}) หรืออยู่ในรูปของสารอินทรีย์จำพวกสารประกอบ biogenic ที่มีขนาดใหญ่ (Reynolds, 1986) ฟอสฟอรัสเป็นสารที่ต้องการในปริมาณน้อย แต่ถ้าขาดก็จะเจริญไม่ได้ซึ่งเป็นปัจจัยจำกัดอันดับแรก (primary limiting factor) เซลล์ของแพลงตอนพืชสามารถสะสมฟอสเฟตไว้ได้มาก เมื่อระดับของสารอินทรีย์ในน้ำสูงแต่เมื่อฟอสเฟตในแหล่งน้ำขาดแคลนลง พืชสามารถนำฟอสเฟตที่สะสมไว้ออกมาใช้ได้ (ลัดดา, 2530) สาหร่ายส่วนมากจะเก็บส่วนเกินของออโธฟอสเฟต (orthophosphate) ไว้ในรูปของโพลีฟอสเฟต (polyphosphate) (Darley, 1982) ฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำมีได้ 2 แบบคือ เป็นฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำทั่วไป ซึ่งประกอบด้วยฟอสฟอรัสในรูปอนินทรียสารที่ละลายน้ำ (dissolved inorganic phosphorus) และฟอสฟอรัสในรูปสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำ (dissolved organic phosphorus) อีกรูปแบบหนึ่งเป็นฟอสฟอรัสที่เกาะกับสิ่งอื่น ๆ (particulate phosphorus) ในรูปแบบต่าง ๆ (Harris, 1986) การเพิ่มปุ๋ยฟอสฟอรัสลงไปในน้ำเพียงเล็กน้อยสามารถกระตุ้นให้เกิดกำลังผลิตฟอสเฟตจำนวนมาก (FAO, 1984)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในแหล่งน้ำผิวดินธรรมชาติจะพบฟอสฟอรัสในปริมาณต่ำ แต่จะพบมากในน้ำผิวดินและน้ำป่าหน้าดิน ในแหล่งน้ำที่ไม่อุดมสมบูรณ์ (oligotrophic) จะพบฟอสฟอรัสประมาณ 0.002-0.010 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนในแหล่งน้ำที่อุดมสมบูรณ์ (eutrophic) อาจพบฟอสฟอรัสสูงถึง 0.02-0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร (ผกาวรรณ, 2534) โดยปกติในแหล่งน้ำผิวดินฟอสฟอรัสจะตกตะกอนกับเหล็ก แคลเซียม อลูมิเนียม และโซเดียมได้และบางส่วนจะถูกดูดซับ โดยดินเหนียวใต้ท้องน้ำ (Stumm และ Morgan, 1970) ในน้ำที่มี pH อยู่ในช่วง 6.3-6.9 จะเป็นช่วงที่มีอินทรียฟอสเฟตอยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้มากที่สุด แต่ถ้า pH ของน้ำสูงหรือต่ำกว่านี้ ปริมาณอนินทรียฟอสเฟตในน้ำลดลง (เวียง, 2535) ฟอสเฟตเป็นปัจจัยจำกัดที่สำคัญปัจจัยหนึ่งต่อการเจริญเติบโตของพืชน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกระบวนการสังเคราะห์แสง โดยที่สาหร่ายสีเขียวหรือแพลงตอนพืชสามารถดูดซึมเอาสารอนินทรียฟอสเฟตไว้ได้อย่างรวดเร็วและเปลี่ยนเป็นอิออนฟอสเฟต ถ้าในแหล่งน้ำธรรมชาติมีฟอสเฟตที่สามารถละลายน้ำได้ในความเข้มข้นสูงจะก่อให้เกิดมลพิษขึ้นได้ โดยจะเกิด eutrophication ขึ้นในแหล่งน้ำ ทำให้แหล่งน้ำขาดออกซิเจนเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำได้ (ผกาวรรณ, 2534) ถ้าเป็นฟอสเฟตที่ไม่ละลายน้ำได้แก่ ปุ๋ย ฟอสเฟตพวกนี้ตกตะกอนที่ก้นแหล่งน้ำ แต่สามารถจะก่อให้เกิดมลพิษทางอ้อมแก่แหล่งน้ำได้เมื่อฟอสเฟตเปลี่ยนรูปไปเป็นฟอสเฟตที่ละลายน้ำ และพืชสามารถนำไปใช้ได้ (Clark et al., 1977) ถ้าในแหล่งน้ำธรรมชาติมีปริมาณฟอสฟอรัสสูงกว่า 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร จัดว่าแหล่งน้ำนั้นมีอาหารธรรมชาติมากเกินไป ถ้าแหล่งน้ำนั้นมีปริมาณฟอสเฟตสูงกว่า 0.6 มิลลิกรัมต่อลิตร แล้วแหล่งน้ำจะเป็นแหล่งน้ำที่มีปัญหามลภาวะ ปริมาณฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำไม่ได้เป็นสารมลพิษทำอันตรายต่อสัตว์น้ำ เพียงแต่เป็นตัวการที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของแหล่งน้ำ เนื่องจากการเจริญเติบโตของพืชน้ำ และแสดงให้เห็นถึงความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารในแหล่งน้ำด้วย ในการควบคุมและป้องกันปัญหาการเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำมีค่ามาตรฐานกำหนดไว้ว่าปริมาณฟอสฟอรัสไม่ควรเกิน 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร (ไมตรี และ จารุวรรณ, 2528)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในแหล่งน้ำที่มีปริมาณฟอสฟอรัสพอเหมาะนั้นจะช่วยให้พืชน้ำเจริญเติบโตได้ดี ซึ่งพืชเหล่านี้จะทำหน้าที่เป็นผู้ผลิตเบื้องต้นผลิตอินทรียสารต่าง ๆ ของห่วงโซ่อาหาร แต่ถ้าฟอสฟอรัสมีปริมาณเพิ่มขึ้นจะทำให้พืชน้ำและแพลงตอนพืชเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและวัชพืชน้ำ (aquatic weeds) ซึ่งจะทำให้แพลงตอนพืชหลักที่มีอยู่ในแหล่งน้ำหายไป พืชน้ำหลักจะลดลง ส่งผลกระทบต่อสัตว์น้ำที่ใช้พืชน้ำเหล่านั้นเป็นอาหาร (Jenkins, 1973)

ซิลิกอน (Silicon)

ซิลิกอนเป็นธาตุอาหารสำหรับพืชและสัตว์ ไดอะตอมต้องการซิลิกอนมากเพื่อสร้างผนังเซลล์พิเศษที่เรียกว่า frustule ซิลิกอนเป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโต ธาตุพวกนี้มาจากดิน ซิลิกอนถูกนำไปใช้โดยพวกไดอะตอมในสภาพไม่ละลายและสามารถเกิดวัฏจักรขึ้นใหม่พวก chrysophyceae flagellates มีผนังเซลล์แบบซิลิกอน นอกจากนั้นฟองน้ำจืงยังมี spicules เป็นพวกซิลิกอน แหล่งที่มาของซิลิกอนในทะเลสาบมี 2 แห่งคือ จากน้ำที่ไหลเข้าสู่ทะเลสาบและจากน้ำในทะเลสาบในชั้น photic zones ความเข้มข้นเฉลี่ยของสารละลายซิลิกอนในแม่น้ำขนาดใหญ่ประมาณ 13 มิลลิกรัมต่อลิตร ในทะเลสาบ 0.5-60 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งจะทำให้ไดอะตอมเพิ่มจำนวนมากขึ้น ในเซลล์ของไดอะตอมนั้นพบว่า 25-60% ของน้ำหนักแห้งของเซลล์ประกอบด้วยซิลิกอน ในแหล่งน้ำที่มีซิลิกอนปริมาณน้อยจะเป็นปัจจัยจำกัดในการเจริญเติบโตและการแบ่งเซลล์ของไดอะตอม (สวง, 2528)

มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติที่นำมาใช้ในการอุปโภค บริโภค มีผู้วิจัยเกี่ยวกับมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติที่นำมาใช้ในการอุปโภค บริโภค ทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศที่น่าสนใจดังตารางต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 1. มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำจืดของประเทศไทย

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	การแบ่งระดับคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์				
		ระดับ				
		1	2	3	4	5
อุณหภูมิ	องศาเซลเซียส	ธ/	ธ/	ธ/	ธ/	-
พีเอ็ช (pH)	มิลลิกรัม/ลิตร	6-8	6-8	6-8	6-8	6-8
ออกซิเจนละลาย (DO)	มิลลิลิกรัม/ลิตร	ธ	6	4	2	-
บีโอดี (BOD)	มิลลิกรัม/ลิตร	-	1.5	2.0	4.0	-
โคลีฟอร์ม แบคทีเรีย	NPN/1000					
- Total Coliform	มิลลิกรัม	-	5,000	20,000	-	-
- Faecal Coliform	มิลลิกรัม/ลิตร		1,000	4,000	-	-
ไนเตรตไนโตรเจน (NO_3)	มิลลิกรัม/ลิตร	5.0			-	-
แอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3)	มิลลิกรัม/ลิตร	0.5			-	-
ฟีนอล (Phenols)	มิลลิกรัม/ลิตร	0.005			-	-
ทองแดง (Cu)	มิลลิกรัม/ลิตร	0.1			-	-
นิคเกิล (Ni)	มิลลิกรัม/ลิตร	0.1			-	-
แมงกานีส (Mn)	มิลลิกรัม/ลิตร	1.0			-	-
สังกะสี (Zn)	มิลลิกรัม/ลิตร	1.0			-	-
สารกัมมันตภาพรังสี	คูรี	ไม่มี			-	-

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 1. (ต่อ)

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	การแบ่งระดับคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์				
		ระดับ				
		1	2	3	4	5
สารเป็นพิษ	องศาเซลเซียส				-	-
ปรอททั้งหมด (Total Hg)	มิลลิกรัม/ลิตร			0.002	-	-
แคดเมียม (Cd)	มิลลิกรัม/ลิตร			0.005*	-	-
	มิลลิกรัม/ลิตร			0.05**	-	-
โครเมียม (Cr)	มิลลิกรัม/ลิตร			0.05	-	-
ตะกั่ว (Pb)	มิลลิกรัม/ลิตร			0.05	-	-
สารหนู (As)	มิลลิกรัม/ลิตร			0.05	-	-
ไซยาไนด์ (CN)	มิลลิกรัม/ลิตร			0.005	-	-
ยากำจัดศัตรูพืช	มิลลิกรัม/ลิตร			0.05	-	-

ธ = เป็นไปตามธรรมชาติ

ธ′ = เป็นไปตามธรรมชาติ แต่เปลี่ยนแปลงได้ไม่เกิน 3 องศาเซลเซียส

* = ในน้ำที่มีความกระด้างต่ำกว่า 100 มิลลิกรัม/ลิตร ในรูป $CaCO_3$

** = ในน้ำที่มีความกระด้างสูงกว่า 100 มิลลิกรัม/ลิตร ในรูป $CaCO_3$

- = ไม่พิจารณา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หมายเหตุ ระดับ 1 แหล่งน้ำสะอาดดีมาก ใช้ประโยชน์เพื่อ

- การอุปโภคและบริโภค โดยอาจไม่จำเป็นต้องผ่านกระบวนการบำบัดน้ำ นอกจากการฆ่าเชื้อโรคอย่างปกติ (Chlorination)
- การอนุรักษ์ระบบนิเวศวิทยาของแหล่งน้ำ โดยให้สิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐานแพร่ขยายพันธุ์ตามธรรมชาติ

ระดับ 2 แหล่งน้ำสะอาดดี ใช้ประโยชน์เพื่อ

- การอุปโภคและบริโภคโดยผ่านกระบวนการบำบัดโดยทั่วไปก่อนใช้
- การอนุรักษ์สัตว์น้ำทั่วไปให้มีชีวิตอยู่รอดและเอื้ออำนวยต่อการประมง
- การประมง
- การพักผ่อนหย่อนใจ

ระดับ 3 แหล่งน้ำสะอาดปานกลาง ใช้ประโยชน์เพื่อ

- การอุปโภคบริโภคโดยต้องผ่านกระบวนการบำบัดน้ำโดยทั่วไป
- การเกษตรกรรม

ระดับ 4 แหล่งน้ำสะอาดพอใช้ ใช้ประโยชน์สำหรับ

- การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านกระบวนการบำบัดน้ำเป็นพิเศษ
- การอุตสาหกรรม
- กิจกรรมอื่น ๆ

ระดับ 5 แหล่งน้ำที่ไม่อยู่ในระดับ 1-4 ใช้ประโยชน์เพื่อ

- การคมนาคม

(กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2524)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2. มาตรฐานของน้ำดื่มของการประปานครหลวง

ลำดับที่	ชนิด	ที่ยอมให้มีได้ในน้ำดื่ม P.P.M.
1	สารที่เป็นพิษ ถ้ามีเกินกำหนดทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพคือ	
	ตะกั่ว (Lead)	0.05
	เซเลเนียม (Selenium)	0.01
	โครเมียม (Chromium)	0.05
	ไซยาไนด์ (Cyanide)	0.01-0.2
	อาซีนิค (Arsenic)	0.01-0.05
2	สารบางจำพวกที่เกี่ยวกับสุขภาพ ถ้ามีมากเกินจำนวนที่กำหนดอาจทำให้เกิดโรคได้คือ	
	ฟลูออไรด์ (Fluoride)	1.2 (acceptable)
	ไนไตรต (Nitrate)	1.5
3	สารบางจำพวกที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของน้ำดื่ม สารพวกนี้ถ้ามีมากเกินกำหนดทำให้น้ำไม่น่าดื่ม	
	กลิ่นและสี (Odour and Taste)	ไม่เป็นที่รังเกียจ
	สี (Colour)	20 unit
	ความขุ่น (Turbidity)	5 unit

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2. (ต่อ)

ลำดับที่	ชนิด	ที่ยอมให้มีได้ในน้ำดื่ม P.P.M.
	ความเป็นกรดหรือด่าง (pH Value)	6.8-8.2
	สารทั้งหมด (Total Solids)	1000
	ความกระด้าง (Total Hardness)	300
	เหล็ก (Iron)	0.5
	แมงกานีส (Manganese)	0.30
	ทองแดง (Copper)	1.0-3.0
	สังกะสี (Zinc)	15
	แมกนีเซียม (Magnesium)	125
	ซัลเฟต (Sulphate as Na_2SO_4)	250
	คลอไรด์ (Chloride)	250
	ฟีนอล (Phenol)	0.002-0.001
4	สารบางจำพวกก็มีอยู่ในน้ำมากเกินไป แสดงว่าน้ำนั้นไม่สะอาดพอ มีสิ่งสกปรกปะปนอยู่ด้วย	
	ออกซิเจนคอนซูมด์ (Oxygen Consumed)	2
	แอมโมเนียอิสระ (Free Ammonia)	0.2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2. (ต่อ)

ลำดับที่	ชนิด	ที่ยอมให้มีได้ในน้ำดื่ม P.P.M.
	อัลบูมินอยด์ แอมโมเนีย (Albuminoid Ammonia)	0.1
	ไนไตรต์ (Nitrite) (ในรูป Nitrogen)	ต้องไม่มีอยู่เลยหรือน้อยกว่า 0.001
5	แบคทีเรียที่อาจทำให้เกิดโรคต่อมนุษย์ได้ ยอมให้มีดังนี้	
	ค่า MPN	น้อยกว่า 2.2 ต่อน้ำ 100 มล.

(วิไลลักษณ์, 2531)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3. มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่ม

คุณสมบัติ / เกณฑ์ / ชนิด	การประปานครหลวง	กองประปาภูมิภาค กรมโยธาธิการ กระทรวงมหาดไทย (WHO, 1963)			U.S. Water Quality criteria, 1972	Japan Drinking Waster Quality 1974	WHO (1971) International Standard for Drinking Water		ร่างมาตรฐานเพื่อนำเสนอพิจารณา ปี 2520	
		Recommended Limit	Acceptable Limit	Tolerance Limit			Highest Desirable	Maximum Permissible	มาตรฐานกลาง	มาตรฐานอนุโล
ค่าพีเอ็ช	6.5-8.2	7.0-8.5	6.5-9.2	-	5.0-9.0	5.8-8.6	7.0-8.5	6.5-9.2	6.5-8.5	
ฟอสเฟตอินทรีย	-	-	-	none	-	-	-	-	-	
คลอไรด์	250	600	600	-	250	200 as Cl	200	600	250	
ซัลเฟต	250	400	400	-	250	500	200	400	200	
แอมโมเนียไนโตรเจน	0.05	-	-	-	0.5	none	-	-	0.05	
ไนเตรตไนโตรเจน	1.5	-	45	-	10	10	-	45	45	
ไนไตรต์ไนโตรเจน	0.001	-	-	-	1.0	-	-	-	0.001	
เหล็ก	0.5	0.3	1.0	-	0.3	0.3	0.1	1.0	0.5	
แมงกานีส	0.3	0.1	0.5	-	0.05	0.3	0.05	0.5	0.1	
ทองแดง	1.0-3.0	1.5	1.5	-	1.0	1.0	0.05	1.0	1.0	
แคดเมียม	-	-	-	0.01	0.01	-	-	0.01	0.01	

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4. คุณลักษณะที่ใช้ในการกำหนดสถานภาพสารอาหารของแหล่งน้ำ

รายการ	oligotrophic	eutrophic
ผลผลิตพืช	ต่ำ	สูง
ผลผลิตสัตว์	ต่ำ	สูง
ปริมาณออกซิเจนในชั้นน้ำชั้นล่าง	มี	ไม่มี
ความลึก	ลึก	ตื้น
ค่าความนำไฟฟ้า	โดยทั่วไปต่ำ	บางแห่งสูง
จำนวนสายพันธุ์ของพืชและสัตว์	มาก	น้อย

(Wood, 1972)

ตารางที่ 5. แพลงตอนในทะเลสาบที่เป็น oligotrophic และ eutrophic

รายการ	oligotrophic	eutrophic
ปริมาณ	น้อย	มาก
ความหลากพันธุ์	มาก	น้อย
การแพร่พันธุ์อย่างรวดเร็ว (bloom)	เกิดขึ้นน้อยมาก	เกิดบ่อย ๆ
ชนิด	Chlorophyceae	Cyanophyceae

(Wood, 1972)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 6. คุณลักษณะบางประการของการแบ่งสถานภาพสารอาหารของทะเลสาบ

รายการ	oligotrophic	mesotrophic	eutrophic
ผลผลิตแพลงตอนพืช µg/ml	0.001-0.005	0.005-0.010	0.010-0.030
คลอโรฟิลล์-เอ µg/l	0.3-3	2-15	10-500
ฟอสฟอรัสทั้งหมด mg/l	<0.001-0.005	0.005-0.010	0.010-0.030
อนินทรียไนโตรเจน mg/l	<0.001-0.200	0.200-0.400	0.300-0.650

(Whittaker, 1975)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 7. ความแตกต่างของสภาพแห่งน้ำ oligotrophic และ eutrophic

Factor	Oligotrophic (unproductive)	Eutrophic	
		Productive	Less productive
Nutrients	Low levels and low supply rates of at least one major nutrient (e.g., nitrogen, phosphorus, silica)	High supply rates and often high winter levels of all major and minor nutrients	Often high levels of nutrients year-round
O_2	Does not vary much from saturation in epilimnion or hypolimnion (100 ± 10%)	Great variation from saturation. Depression in hypolimnion (0–100%) and mostly supersaturation in epilimnion (80–250%)	Similar to oligotrophic.
Biota	Low densities and yields of phytoplankton and zooplankton, zoobenthos and fish	High densities and yields of phytoplankton and zooplankton, zoobenthos and fish	Similar to oligotrophic.
Light	Transparent water, deep light penetration, often to below thermocline. Secchi depth 8–40 m	Water not very transparent, light penetration relatively low, often not reaching thermocline or lake bed. Secchi depth 0.1–2 m	*a.* Water often cloudy; low light penetration due to peat fragments or humic acids (*dystrophic* lake) or to suspended sediments. *b.* Water clear but acid, pH < 4 (*acidotrophic* lake).
Basin shape and watershed	Lakes deep and steep-sided. Undisturbed, rocky, or unproductive watershed. WL ratio low (e.g., 1:1).	Lakes shallow with gently sloping sides. Often unstratified. Cultivated, disturbed, or naturally fertile watershed. WL ratio high (e.g., 100:1).	Lakes usually small and shallow. Watershed with peat wetlands, coniferous forest or easily eroded soils. Acid volcanic springs, acid rain or muddy inflows. WL ratio variable.

(Goldman, 1983)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 7. (ต่อ)

GENERAL LAKE TROPHY	WATER CHARACTERISTICS	DOMINANT ALGAE	OTHER COMMONLY OCCURRING ALGAE
Oligotrophic	Slightly acidic; very low salinity	Desmids *Staurodesmus*, *Staurastrum*	*Sphaerocystis*, *Gloeocystis*, *Rhizosolenia*, *Tabellaria*
Oligotrophic	Neutral to slightly alkaline; nutrient-poor lakes	Diatoms, especially *Cyclotella* and *Tabellaria*	Some *Asterionella* spp., some *Melosira* spp., *Dinobryon*
Oligotrophic	Neutral to slightly alkaline; nutrient-poor lakes or more productive lakes at seasons of nutrient reduction	Chrysophycean algae, especially *Dinobryon*, some *Mallomonas*	Other chrysophyceans, e.g., *Synura*, *Uroglena*; diatom *Tabellaria*
Oligotrophic	Neutral to slightly alkaline; nutrient-poor lakes	Chlorococcal *Oocystis* or chrysophycean *Botryococcus*	Oligotrophic diatoms
Oligotrophic	Neutral to slightly alkaline; generally nutrient poor; common in shallow Arctic lakes	Dinoflagellates, especially some *Peridinium* and *Ceratium* spp.	Small chrysophytes, cryptophytes, and diatoms
Mesotrophic or Eutrophic	Neutral to slightly alkaline; annual dominants or in eutrophic lakes at certain seasons	Dinoflagellates, some *Peridinium* and *Ceratium* spp.	*Glenodinium* and many other algae
Eutrophic	Usually alkaline lakes with nutrient enrichment	Diatoms much of year, especially *Asterionella* spp., *Fragilaria crotonensis*, *Synedra*, *Stephanodiscus*, and *Melosira granulata*.	Many other algae, especially greens and blue-greens during warmer periods of year; desmids if dissolved organic matter is fairly high
Eutrophic	Usually alkaline; nutrient enriched; common in warmer periods of temperate lakes or perennially in enriched tropical lakes	Blue-green algae, especially *Anacystis* (= *Microcystis*), *Aphanizomenon*, *Anabaena*	Other blue-green algae; euglenophytes if organically enriched or polluted

(Wetzel, 1975)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 7. (ต่อ)

TROPHIC TYPE	MEAN PRIMARY PRODUCTIVITY (mg C m^{-2} DAY^{-1})*	PHYTOPLANKTON DENSITY (cm^3 m^{-3})	PHYTOPLANKTON BIOMASS (mg C m^{-3})	CHLOROPHYLL a (mg m^{-3})	DOMINANT PHYTOPLANKTON	LIGHT EXTINCTION COEFFICIENTS (η m^{-1})	TOTAL ORGANIC CARBON (mg l^{-1})	TOTAL P (μg l^{-1})	TOTAL N (μg l^{-1})	TOTAL INORGANIC SOLIDS (mg l^{-1})
Ultraoligotrophic	<50	<1	<50	0.01-0.5		0.03-0.8		<1-5	<1-250	2-15
Oligotrophic	50-300		20-100	0.3-3	Chrysophyceae, Cryptophyceae, Dinophyceae, Bacillariophyceae	0.05-1.0	<1-3			
Oligomesotrophic		1-3						5-10	250-600	10-200
Mesotrophic	250-1000		100-300	2-15		0.1-2.0	<1-5			
Mesoeutrophic		3-5						10-30	500-1100	100-500
Eutrophic	>1000		>300	10-500	Bacillariophyceae, Cyanophyceae, Chlorophyceae, Euglenophyceae	0.5-4.0	5-30			
Hypereutrophic		>10						30->5000	500->15000	400-60000
Dystrophic	<50-500		<50-200	0.1-10		1.0-4.0	3-30	<1-10	<1-500	5-200

(Wetzel, 1975)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับการจัดระดับความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ ธีรพล (2530) อ้างถึง Weber (1907) สามารถจัดเป็น 3 ระดับคือ (ตารางที่ 4, 5, 6 และ 7)

1. แหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (oligotrophic) คือสภาพที่ขาดแคลนหรือมีสารอาหารน้อย

2. แหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง (mesotrophic) คือสภาพที่มีสารอาหารอยู่ระหว่าง oligotrophic และ eutrophic

3. แหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง (eutrophic) คือสภาพที่มีสารอาหารอยู่มาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved