บทที่ 5

วิจารณ์ผลการวิจัย

5.1 ลักษณะสมบัติทางเคมีของน้ำในอ่างเก็บน้ำภูมิพล

ด้วยเหตุที่อ่างเก็บน้ำภูมิพลเป็นที่รองรับน้ำจากลำน้ำแม่ปิงซึ่งมีต้นกำเนิดจากภูเขาทางตอนเหนือของประเทศ บริเวณส่วนใหญ่เป็นเขาหินปูนและประกอบกับพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ปิงตอนบนเป็นภูเขาและที่ราบสูงถึง 70 เปอร์เซนต์ของพื้นที่ (1) ดังนั้น จึงพบว่าองค์ประกอบทางเคมีที่น่าสังเกตกล่าวคือมีปริมาณแคลเซียมสูงมากกว่าปริมาณอิออนอื่น ๆ และมีปริมาณคลอไรด์อยู่ในระดับที่ต่ำมาก (น้อยกว่า 1 mg/L) ตลอดปี ซึ่งองค์ประกอบเช่นนี้จะมีอิทธิพลต่อระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่าอัลคาไลนิตีทั้งหมดของน้ำในอ่างเก็บน้ำภูมิพล ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำในอ่างเก็บน้ำภูมิพลมีค่าค่อนข้างเป็นด่างเล็กน้อยตลอดปี (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.5) ทั้งนี้เป็นผลมาจากความไม่สมดุลย์ของปริมาณของอิออนบวกและอิออนลบซึ่งเป็นเกลือของด่างแก่และกรดแก่ ซึ่งสามารถเห็นได้ชัดโดยการเปรียบเทียบปริมาณในรูปของสมมูลเคมี (chemical equivalent) (ดูตารางที่ 5.1) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้น้ำในอ่างเก็บน้ำภูมิพลมีค่าอัลคาไลนิตีทั้งหมดค่อนข้างสูง เนื่องจากอัลคาไลนิตีทั้งหมดนี้มีความสัมพันธ์กับค่าความเป็นกรด-ด่างมาก (14, 27) ค่าอัลคาไลนิตีทั้งหมดนี้นอกจากทำหน้าที่สำคัญในการควบคุมการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ด่าง (buffering capacity) แล้ว ยังทำหน้าที่เป็นแหล่งของธาตุคาร์บอนที่สำคัญของพืชน้ำอีกด้วย ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงของค่าอัลคาไลนิตีของน้ำย่อมส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรด-ด่างและความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำด้วย (6, 14, 20, 27) EPA (20) ได้กำหนดไว้ว่าแหล่งน้ำที่มีผลผลิตสมบูรณ์โดยมากจะมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 6.5-8.5 และมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากกว่า 0.5 หน่วย นอกจากนี้ค่าอัลคาไลนิตีทั้งหมดไม่ควรลดลงมากกว่าร้อยละ 25 จากระดับธรรมชาติ (ของแต่ละแหล่งน้ำ) แต่อาจมีแหล่งน้ำธรรมชาติบางแห่งที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่างไปจากค่าที่กำหนดไว้นี้ ซึ่งเป็นอิทธิพลที่เกิดจากสภาพทางธรณีวิทยา ภูมิประเทศและภูมิอากาศที่แตกต่างกัน สำหรับอ่างเก็บน้ำภูมิพลถึงแม้จะพบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างและค่าอัลคาไลนิตีทั้งหมดจะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในรอบปี แต่ก็มีการเปลี่ยนแปลงไม่มากไปกว่าเกณฑ์ซึ่ง EPA ได้กำหนดไว้ สำหรับอิออนสำคัญ (major ion) อื่น ๆ ซึ่งได้แก่ แมกนีเซียม โซเดียม โปแตสเซียม และซัลเฟต

ตารางที่ 5.1 แสดงค่าสมมูลของอิออนบวกและลบของน้ำในอ่างเก็บน้ำภูมิพลช่วงเดือนกรกฎาคม 2528 ถึงเดือนมิถุนายน 2529

อิออน (meq/L)	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.
<u>อิออนบวก</u>												
แคลเซียม	1.12	1.13	1.13	1.10	1.08	1.02	0.99	0.99	0.98	1.07	1.03	1.09
แมกนีเซียม	0.31	0.31	0.32	0.31	0.29	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.29	0.30
โซเดียม	0.21	0.22	0.23	0.22	0.21	0.21	0.20	0.20	0.21	0.20	0.20	0.21
โปแตสเซียม	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
<u>รวม</u>	1.72	1.75	1.77	1.73	1.69	1.60	1.55	1.55	1.55	1.63	1.65	1.68
<u>อิออนลบ</u>												
คลอไรด์	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
ซัลเฟต	0.10	0.10	0.12	0.11	0.12	0.12	0.11	0.12	0.12	0.11	0.10	0.09
<u>รวม</u>	0.12	0.12	0.14	0.13	0.14	0.13	0.12	0.13	0.13	0.12	0.12	0.11

<u>หมายเหตุ</u> $meq. = \frac{mg}{E} \times \frac{mg \times x}{M.W.}$

นั้นยังไม่มี เกณฑ์กำหนดว่าควรมีอยู่ในปริมาณ เท่าใด ทั้งนี้ เพราะว่าแหล่งน้ำแต่ละแห่งก็จะมีปริมาณ อิออน เหล่านี้ผันแปรไปตามลักษณะของภูมิประ เทศและธรณีวิทยาของแหล่งที่ตั้งของแหล่งน้ำนั้น ๆ เป็นสำคัญ ซึ่งสามารถพบอิออน เหล่านี้ได้ตั้งแต่ระดับ เล็กน้อยจนถึงระดับหลายร้อยมิลลิกรัมต่อลิตร แต่สำหรับโปแตส เซียมส่วนใหญ่พบว่ามีไม่ เกิน 20 mg/L (31) สำหรับอ่าง เก็บน้ำภูมิพลพบว่าในน้ำมีปริมาณของอิออนสำคัญ เหล่านี้อยู่ในระดับค่อนข้างต่ำซึ่งคาดว่า เป็นผลมาจากลักษณะทางธรรมชาติ แต่อย่างไรก็ตามไม่ เคยพบว่าอิออน เหล่านี้ เป็นปัจจัยจำกัด (limiting factor) ต่อการ เจริญ เติบโตของพืช เนื่องจากมีปริมาณอยู่มาก เกินพอโดยธรรมชาติ เมื่อ เปรียบ เทียบกับความต้องการ ของพืช แต่จะมีบทบาทสำคัญต่อการกำหนดชนิดของแพลงค์ตอนพืชที่พบได้ในแหล่งน้ำ (10)

สำหรับไนโตร เจนและฟอสฟอรัสในรูปของ NH_3-N NO_2^--N NO_3^--N และ PO_4^{-3}-P พบว่ามีอยู่ในปริมาณค่อนข้างต่ำมาก รวมทั้งธาตุอาหารปริมาณน้อยซึ่งได้แก่ เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง ก็พบว่ามีปริมาณค่อนข้างน้อย เช่นกัน ดังนั้น ธาตุ เหล่านี้อาจไม่มีอิทธิพล โดยตรงต่อลักษณะสมบัติทาง เคมีของน้ำในอ่าง เก็บน้ำภูมิพล แต่อาจมีอิทธิพลโดยทางอ้อม เนื่อง จากธาตุ เหล่านี้ เป็นสารอาหารที่จำ เป็นต่อการ เจริญ เติบโตของพืชและมีบทบาทต่อการแพร่ขยาย พันธุ์ของพืชน้ำ ซึ่งก็มีผลทำให้ลักษณะสมบัติทาง เคมีของน้ำ เปลี่ยนไปได้

5.2 <u>การ เปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำในรอบปี</u>

จากผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่าอิออนที่สำคัญ ได้แก่ แคล เซียม แมกนี เซียม โซ เดียม และโปแตส เซียม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในรอบปี เมื่อทำการทดสอบความสัมพันธ์ ระหว่างการ เปลี่ยนแปลงในรอบปีของอิออนทั้งสี่ข้างต้นกับการ เปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในอ่าง เก็บน้ำ ภูมิพลในช่วง เวลา เดียวกันโดยใช้สหสัมพันธ์ เส้นตรง พบว่าค่าตรรชนีสหสัมพันธ์ (r) ของแคล เซียม แมกนี เซียม โซ เดียม และโปแตส เซียม กับปริมาณน้ำมีค่า เท่ากับ -0.76, -0.41, -0.46 และ -0.45 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้ เห็นว่าปริมาณของอิออนทั้งสี่มีความสัมพันธ์แบบผกผันกับ ปริมาณน้ำในอ่าง เก็บน้ำ แต่จะ เห็นได้ว่ามีแคล เซียม เพียงตัว เดียวที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำ ค่อนข้างสูง สำหรับคลอไรด์และซัล เฟตไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในรอบปี จึงไม่คาดว่า จะมีความสัมพันธ์กับการ เปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำ สำหรับสารอาหารพบว่า NH_3-N มีความ สัมพันธ์แบบผกผันกับการ เปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำมาก (r = -0.94) ส่วนสารอาหารอื่น ๆ ไม่สามารถหาความสัมพันธ์ได้ เนื่องจากมีปริมาณอยู่ในระดับที่ตรวจไม่พบ นอกจากนี้ยังพบว่า เหล็ก

ก็มีความสัมพันธ์แบบผกผันกับการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรน้ำเช่นกัน ($r = -0.52$) แต่สำหรับสังกะสีมีความสัมพันธ์กับปริมาตรน้ำน้อยมาก ($r = -0.29$) จากการศึกษาข้างต้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำของอ่างเก็บน้ำภูมิพลในรอบปีได้รับอิทธิพลจากการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำภูมิพลมากพอสมควร

5.3 สารอาหารที่มีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายในอ่างเก็บน้ำภูมิพล

การประเมินว่าสารอาหารชนิดใดเป็นสารอาหารที่มีบทบาทสำคัญและเป็นปัจจัยจำกัดต่อการเจริญเติบโตของพืชน้ำสามารถทำได้ 2 วิธีร่วมกันดังนี้คือ

5.3.1 การประเมินจากข้อมูลทางเคมีวิเคราะห์

โดยทั่วไปไนโตรเจนและ/หรือฟอสฟอรัสได้ถูกพิจารณาว่าเป็นสารอาหารที่เป็นปัจจัยจำกัดของแหล่งน้ำต่าง ๆ เป็นส่วนใหญ่ ทั้งนี้เพราะว่าสารอาหารชนิดอื่น ๆ ส่วนใหญ่มีมากพออยู่แล้วในธรรมชาติ (60) จากการศึกษาของ Miller และคณะ (16) Ram และ Plotkin (39) De Vries และ Hotting (40) Chiaudani และ Vighi (41) ได้ใช้ค่า N:P ซึ่งเป็นค่าอัตราส่วนระหว่างอนินทรีย์ไนโตรเจนทั้งหมด (total inorganic nitrogen-TIN) ซึ่งประกอบด้วย NH_3-N, NO_2^--N และ NO_3^--N กับค่าออโธฟอสเฟตฟอสฟอรัส (PO_4^{-3}-P) ในการประเมินว่าไนโตรเจนและ/หรือฟอสฟอรัสเป็นสารอาหารที่เป็นปัจจัยจำกัด โดยสรุปว่า ถ้าค่า N:P < 10 แสดงว่าไนโตรเจนเป็นปัจจัยจำกัด ถ้าค่า N:P > 12 แสดงว่าฟอสฟอรัสเป็นปัจจัยจำกัด และถ้าค่า N:P อยู่ระหว่าง 10-12 แสดงว่าไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นปัจจัยจำกัดรวมกัน (co-limiting factor) จากการหาค่า N:P ของน้ำในอ่างเก็บน้ำภูมิพลพบว่ามีค่า N:P อยู่ระหว่าง 37-160 (ในการคำนวณถือว่าค่า PO_4^{-3}-P มีค่าเท่ากับ 0.003 mg/L) ซึ่งแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าน้ำในอ่างเก็บน้ำภูมิพลมีฟอสฟอรัสเป็นปัจจัยจำกัดตลอดปีที่ทำการศึกษา (ตารางที่ 5.2) อย่างไรก็ดีการใช้ค่า N:P มีข้อจำกัดอยู่ที่ว่าได้ถือเอาไนโตรเจนและ/หรือฟอสฟอรัสเท่านั้นที่เป็นปัจจัยจำกัด จากข้อมูลทางเคมีวิเคราะห์พบว่าน้ำในอ่างเก็บน้ำภูมิพลมีธาตุอาหารปริมาณน้อยอยู่ค่อนข้างต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแมงกานีสและทองแดงมีอยู่ในระดับที่ตรวจไม่พบ ดังนั้น จึงอาจพิจารณาว่านอกจากฟอสฟอรัสแล้ว ธาตุอาหารปริมาณน้อยก็อาจเป็นสารอาหารที่เป็นปัจจัยจำกัดร่วมอยู่ก็ได้

ตารางที่ 5.2 แสดงค่าอินทรีย์ไนโตรเจนทั้งหมด (TIN) ฟอสเฟตฟอสฟอรัส (PO_4^{-3}-P) ค่า N:P และสารอาหารที่เป็นปัจจัยจำกัดของน้ำในอ่างเก็บน้ำภูมิพล ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2528 จนถึงเดือนมิถุนายน 2529

เดือน	TIN (mg/L)	PO_4^{-3}-P (mg/L)	N:P	limiting nutrient
กรกฎาคม	0.43	< 0.003	> 143	P
สิงหาคม	0.48	< 0.003	> 160	P
กันยายน	0.25	< 0.003	> 83	P
ตุลาคม	0.17	< 0.003	> 57	P
พฤศจิกายน	0.11	< 0.003	> 37	P
ธันวาคม	0.12	< 0.003	> 40	P
มกราคม	0.13	< 0.003	> 43	P
กุมภาพันธ์	0.12	< 0.003	> 40	P
มีนาคม	0.19	< 0.003	> 63	P
เมษายน	0.22	< 0.003	> 73	P
พฤษภาคม	0.36	< 0.003	> 120	P
มิถุนายน	0.34	< 0.003	> 113	P

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.3.2 การประเมินจากข้อมูลสาหร่ายวิเคราะห์

จากผลการทดลองของชุดทดลองแบบเติมสารอาหารซึ่งพบว่า ตัวอย่างน้ำในแต่ละเดือนมีการตอบสนองต่อการเติมสารอาหารในลักษณะเดียวกันตลอดปี และสามารถแบ่งระดับค่า AGP ที่เกิดจากการเติมสารอาหารลงไปออกได้เป็น 3 กลุ่ม (รูปที่ 4.7) คือ กลุ่ม 1 มีค่า AGP ต่ำสุดประกอบด้วยชุด C ชุด CN ชุด CM และชุด CMN จากการทดสอบค่า AGP ภายในกลุ่มทางสถิติพบว่าทั้ง 4 ชุดไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าในโตรเจนและธาตุอาหารปริมาณน้อยไม่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย กลุ่ม 2 มีค่า AGP ปานกลาง ประกอบด้วยชุด CP ชุด CPM และชุด CPN เมื่อได้ทำการทดสอบค่า AGP ทางสถิติระหว่างกลุ่ม 1 และกลุ่ม 2 โดยทดสอบความแตกต่างระหว่างชุด C และชุด CP พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง แสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจนว่าฟอสฟอรัสเป็นสารอาหารที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย แต่จากการทดสอบค่า AGP ทางสถิติภายในกลุ่มพบว่าชุด CP มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับชุด CPN และชุด CPM และยังพบชุด CPN และชุด CPM ก็มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งเช่นเดียวกัน ทำให้สามารถสรุปได้ว่าในโตรเจนและธาตุอาหารปริมาณน้อยก็มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายด้วยเช่นกัน แต่จะมีอิทธิพลต่อเมื่อตัวอย่างน้ำไม่ขาดแคลนฟอสฟอรัสแล้วเท่านั้น และสามารถสรุปได้ว่าเมื่อไม่ขาดแคลนฟอสฟอรัสแล้วไนโตรเจนมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายมากกว่าธาตุอาหารปริมาณน้อย เมื่อทำการทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม 2 และกลุ่ม 3 ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีค่า AGP สูงสุด ซึ่งประกอบด้วยชุด CPNE และชุด CPNM โดยทำการทดสอบระหว่างชุด CPN ซึ่งเป็นชุดที่มีค่า AGP สูงที่สุดในกลุ่ม 2 กับชุด CPNM พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ทำให้สามารถสรุปได้อย่างแน่ชัดว่าฟอสฟอรัส ไนโตรเจน และธาตุอาหารปริมาณน้อยเป็นปัจจัยจำกัดต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายของน้ำในอ่างเก็บน้ำภูมิพล แต่ไม่ใช่ในลักษณะที่เป็นปัจจัยจำกัดร่วมกัน แต่เป็นไปในลักษณะที่ฟอสฟอรัสเป็นปัจจัยจำกัดที่สำคัญอันดับหนึ่ง (primary limiting factor) ไนโตรเจนเป็นปัจจัยจำกัดที่สำคัญอันดับสอง (secondary limiting factor) และธาตุอาหารปริมาณน้อยเป็นปัจจัยจำกัดที่สำคัญอันดับสาม (tertiary limiting factor) โดยธรรมชาติไลทะซึ่งเป็นธาตุอาหารปริมาณน้อยมีอยู่ในธรรมชาติหลายรูปแบบและบางรูปแบบพืชก็ไม่สามารถนำมาใช้ได้โดยตรง จำเป็นต้องอาศัยสารบางอย่างเพื่อช่วยให้พืชสามารถดูดซึมและนำไปใช้ได้ สารเหล่านี้ได้แก่ สารพวก chelating agent เช่น EDTA NTA (nitrilotriacetic acid)

เป็นต้น (14, 15, 16) จากการทดสอบทางสถิติของค่า AGP ระหว่างชุด CPNM และชุด CPNE พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำในอ่างเก็บน้ำภูมิพลไม่ได้ขาดแคลนธาตุอาหารปริมาณน้อย แต่ว่ามีอยู่ในรูปแบบที่พืชไม่สามารถนำมาใช้ได้

5.4 สถานภาพสารอาหารของน้ำในอ่างเก็บน้ำภูมิพล

แต่เดิมการประเมินสถานภาพสารอาหารของแหล่งน้ำได้โดยอาศัยข้อมูลทางด้านรูปร่างลักษณะของแหล่งน้ำ (lake morphometry) และความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่รับน้ำ (catchment area) เป็นต้น อย่างไรก็ดี ในปัจจุบันการศึกษาถึงสถานภาพสารอาหารของแหล่งน้ำจะเน้นลงไปในปัญหาที่เกี่ยวกับ unnatural entrophication ทั้งในแง่ของการควบคุม ป้องกัน และการแก้ไขปัญหาจากสภาวะดังกล่าว ซึ่งมีสาเหตุสำคัญที่มาจาก "มนุษย์" อันเป็นผลมาจากการขยายตัวของประชากรอย่างรวดเร็ว และก่อให้เกิดการขยายตัวทางอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี การขยายพื้นที่เกษตรกรรมและการทำเกษตรกรรมแผนใหม่ซึ่งมีการใช้ปุ๋ยอย่างมาก เพื่อเพิ่มผลผลิตและความเจริญทางด้านอื่น ๆ ขึ้น เพื่อรองรับกับความต้องการของจำนวนประชากรที่มากขึ้น ทำให้มีการปล่อยทิ้งสารอาหารลงสู่แหล่งน้ำทั้งทางตรงและทางอ้อมมากขึ้น ดังนั้น ปัจจัยสำคัญที่ใช้ในการประเมินสถานภาพสารอาหารจึงเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมของมนุษย์ (13, 20, 28, 42, 43) ปริมาณและการเปลี่ยนแปลงของอิออนสำคัญและสารอาหาร (โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารอาหารที่เป็นปัจจัยจำกัด) ได้ถูกใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินสถานภาพสารอาหาร นอกจากนี้ค่า AGP ของแหล่งน้ำก็ถูกใช้ร่วมในการประเมิน เพื่อช่วยให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น (13, 15) เพื่อความเข้าใจที่ชัดเจนยิ่งขึ้น จึงขอแยกส่วนอธิบายดังนี้

5.4.1 รูปร่างลักษณะและความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่รับน้ำของอ่างเก็บน้ำภูมิพล

การสะสมสารอาหารภายในทะเลสาบมีแหล่งที่มาอยู่ 2 แหล่งด้วยกัน กล่าวคือ แหล่งภายในโดยผ่านกลไกการหมุนเวียนของสารอาหารภายในแหล่งน้ำและจากแหล่งภายนอกจากลำน้ำสาขา (tributary) ต่าง ๆ ที่ทำหน้าที่ชะและพาสารอาหารจากบริเวณพื้นที่รับน้ำไหลลงสู่แหล่งน้ำ แหล่งน้ำที่มีขนาดใหญ่และลึกรวมทั้งมีความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่รับน้ำต่ำจัดได้ว่ามีสภาวะเป็น oligotrophic โดยธรรมชาติ เนื่องจากได้รับสารอาหารจากแหล่งภายนอกน้อย และไม่มีการหมุนเวียนของสารอาหารจากแหล่งภายในอย่างสมบูรณ์ (18, 19, 36, 44, 45) อ่างเก็บน้ำภูมิพลเป็นอ่างเก็บน้ำที่มีขนาดใหญ่และลึก รวมทั้ง

ตั้งอยู่บนลำน้ำแม่ปิงซึ่งมีพื้นที่ริมน้ำส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ราบสูง มีลักษณะดิน เป็นดินกรวดและทราย ซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีพื้นที่ราบต่ำอุดมสมบูรณ์เพียงประมาณ 10 เปอร์เซนต์ของพื้นที่ทั้งหมด (1) ดังนั้น เมื่อพิจารณาจากขนาดและความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่รับน้ำแล้ว สามารถกล่าวได้ว่าอ่าง เก็บน้ำภูมิพลมีสภาวะ เป็น oligotrophic โดยธรรมชาติ

5.4.2 ผลกระทบของกิจกรรมของมนุษย์ต่ออ่าง เก็บน้ำภูมิพล

แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม โปแตสเซียม คลอไรด์ และซัลเฟต จัดว่า เป็นอิออนสำคัญของแหล่งน้ำ อิออน เหล่านี้มีลักษณะคงตัวและได้รับมาพร้อมกับน้ำทิ้งจากบ้าน เรือนและชุมชน น้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมและน้ำทิ้งจาก เกษตรกรรม ดังนั้น จึงถูกใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงการได้รับผลกระทบของแหล่งน้ำจากกิจกรรมของมนุษย์ แม้ว่าจะมีจุดอ่อนอยู่ที่ไม่มีความไวเพียงพอก็ตาม (13, 46, 47) Beaton (24) ได้ทำการศึกษาสถานะภาพสารอาหารของทะเลสาบใหญ่ทั้ง 5 ของอเมริกา (The Great Lakes) พบว่าทะเลสาบ Superior และทะเลสาบ Huron ซึ่งยังคงสภาพ เป็น oligotrophic มีปริมาณของอิออนสำคัญคงที่ (ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1886-1960) แต่ทะเลสาบ Michigan ทะเลสาบ Ontario และทะเลสาบ Erie ซึ่งได้เปลี่ยนสภาพจาก oligotrophic ไป เป็น eutrophic แล้ว จะเห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงของอิออนสำคัญอย่างเห็นได้ชัดเจน (ตารางที่ 5.3) ในการศึกษาครั้งนี้ถึงแม้ว่าจะขาดข้อมูลคุณภาพน้ำในอดีตของอ่าง เก็บน้ำภูมิพล ซึ่งทำให้ไม่สามารถเปรียบเทียบให้เห็นว่ามีการ เปลี่ยนแปลงของปริมาณอิออนสำคัญหรือไม่ แต่จากปริมาณคลอไรด์ซึ่งพบว่ามีอยู่น้อยกว่า 1 mg/L ตลอดปีก็สามารถบอกได้ว่าปัจจุบันอ่าง เก็บน้ำภูมิพลไม่ได้รับผลกระทบที่รุนแรงจากกิจกรรมของมนุษย์ เนื่องจากปริมาณคลอไรด์ซึ่งตรวจพบได้ในระดับนี้อยู่ในระดับที่น้อยมาก และถือได้ว่าเป็นปริมาณตามธรรมชาติที่มีอยู่ของน้ำในอ่าง เก็บน้ำภูมิพล ในสมัยก่อนที่วิธีการทางจุลชีววิทยายังไม่ได้รับการพัฒนาขึ้นมานั้น คลอไรด์ได้ถูกใช้เป็นตัวบ่งชี้ว่าแหล่งน้ำนั้นได้รับการปน เปื้อนจากสิ่งขับถ่ายของมนุษย์ (human excreta) หรือไม่ ทั้งนี้เพราะว่าเกลือ (NaCl) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของอาหารและถูกปล่อยออกจากร่างกายโดยไม่มีการ เปลี่ยนแปลงรูปแบบ แต่อย่างไรก็ตามการที่จะใช้คลอไรด์ เป็นตัวบ่งชี้ที่ดีต้องใช้กับแหล่งน้ำที่มีปริมาณคลอไรด์ค่อนข้างต่ำ (14, 27) ดังนั้น คลอไรด์จึงสามารถถูกใช้ เป็นตัวบ่งชี้ที่ดีได้สำหรับน้ำในอ่าง เก็บน้ำภูมิพลในแง่ของการได้รับผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์

ตารางที่ 5.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณอิออนสำคัญ (mg/L) ของทะเลสาบ Michigan ทะเลสาบ Ontario และทะเลสาบ Erie จากการศึกษาของ Beaton (24)

ทะเลสาบ	ระยะเวลา (ค.ศ.)	Ca	Na + K	SO_4^{-2}	Cl^-
Michigan	1860-1965	34-35	-	6-9	3-9
Ontario	1910-1965	31-40	6-12	15-30	7-25
Erie	1910-1965	31-39	6-11	13-25	7-24

ตารางที่ 5.4 แสดงการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำโดยเฉลี่ยตลอดปีของอ่างเก็บน้ำภูมิพลในการศึกษาครั้งนี้ กับทะเลสาบ Superior (2506) จากการศึกษาของ Beaton (24)

พารามิเตอร์ (mg/L)	อ่างเก็บน้ำภูมิพล	ทะเลสาบ Superior
Ca	21.3	12.4
Mg	3.6	2.8
Na	4.8	0.6
K	3.3	1.1
Cl^-	0.5	1.9
SO_4^{-2}	5.3	3.2
NO_3^--N	<0.02-0.04	0.06-0.12
PO_4^{-3}-P	< 0.003	0.002

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.4.3 ปริมาณสารอาหารที่เป็นปัจจัยจำกัดของน้ำในอ่างเก็บน้ำภูมิพล

นอกจากสารอาหารแล้วปัจจัยทางกายภาพอื่น ๆ เช่น แสงแดดและอุณหภูมิก็มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของแพลงค์ตอนพืชเป็นอย่างมาก อย่างไรก็ดี Petts (4) ได้รายงานไว้ว่าผลผลิตของแหล่งน้ำในเขตโซนร้อนขึ้นอยู่กับสารอาหารเท่านั้น เนื่องจากมีแสงและอุณหภูมิพอเพียงตลอดปีซึ่งต่างไปจากแหล่งน้ำในเขตอบอุ่นซึ่งแสงและอุณหภูมิเป็นปัจจัยจำกัดที่สำคัญปัจจัยหนึ่ง อ่างเก็บน้ำภูมิพลตั้งอยู่ในเขตโซนร้อนซึ่งมีแสง และอุณหภูมิพอเพียงตลอดปี ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่าสารอาหารเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลมากต่อผลผลิตของแพลงค์ตอนพืชของอ่างเก็บน้ำภูมิพล ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าฟอสฟอรัสเป็นปัจจัยจำกัดสำคัญอันดับหนึ่งของน้ำในอ่างเก็บน้ำภูมิพล โดยธรรมชาติฟอสฟอรัสเป็นธาตุมีอยู่อย่างจำกัดในแหล่งน้ำส่วนใหญ่ และเป็นธาตุที่จำเป็นมากต่อการเจริญเติบโตของพืช (48) นอกจากนี้ในธรรมชาติฟอสฟอรัสมีอยู่หลายรูปแบบแต่ PO_4^{-3}-P เป็นรูปแบบเดียวที่พืชสามารถนำไปใช้ได้โดยตรง (14, 16) ดังนั้น ในการประเมินสถานภาพสารอาหารจึงใช้ปริมาณ PO_4^{-3}-P เป็นเกณฑ์ Thomas (19) ได้รายงานว่าแหล่งน้ำที่มีสภาวะเป็น oligotrophic มีลักษณะสำคัญคือมี PO_4^{-3}-P อยู่ในระดับเล็กน้อย (trace) โดยธรรมชาติ Claesson และ Ryding (49) ได้รายงานว่าแหล่งน้ำที่มีสภาวะเป็น eutrophic มีปริมาณ PO_4^{-3}-P อยู่ในปริมาณมากเกินพอ และมีค่า N:P ต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาสถานภาพสารอาหารของทะเลสาบหลาย ๆ แห่ง ซึ่งพบว่าทะเลสาบที่มีสภาวะเป็น oligotrophic จะมีฟอสฟอรัสเป็นปัจจัยจำกัดและมี PO_4^{3-}-P ในปริมาณค่อนข้างต่ำมาก ดังเช่นการศึกษาของ Beaton (24) ซึ่งพบว่าทะเลสาบ Superior ซึ่งมีสภาวะเป็น Oligotrophic จากการศึกษาคุณภาพน้ำ สภาพและการเปลี่ยนแปลงทางชีววิทยาและทางนิเวศน์ และลักษณะที่เห็นชัดคือมี PO_4^{-3}-P อยู่ในระดับที่ต่ำมาก (0.002 mg/L) (ตารางที่ 5.4) Schelske และคณะ (50) ได้ศึกษาสถานภาพสารอาหารของทะเลสาบ Michigan ทะเลสาบ Huron และทะเลสาบ Ontario โดยการวัดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสรวมทั้งการใช้สาหร่ายวิเคราะห์ด้วย ซึ่งใช้สาหร่ายธรรมชาติและ Selenastrum capricornutum Printz เป็นสาหร่ายทดลอง และทำการทดลองทั้งในภาคสนามและในห้องปฏิบัติการ เขาได้สรุปไว้ว่าทะเลสาบ Michigan และทะเลสาบ Huron อยู่ในสภาวะ oligotrophic และมีฟอสฟอรัสเป็นปัจจัยจำกัด แต่ทะเลสาบ Erie อยู่ในสภาวะ eutrophic ในกรณีทะเลสาบ Michigan Beaton (24) ได้รายงานไว้ว่าครั้งหนึ่งเคยอยู่ในสภาวะ eutrophic มาก่อน จึงได้ห้ามระบายน้ำทิ้งลงสู่ทะเลสาบ Michigan ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ทะเลสาบ Michigan กลับคืนสู่สภาวะ oligotrophic อีกครั้งหนึ่ง ในตารางที่ 5.5 แสดงให้เห็นว่า

ตารางที่ 5.5 แสดงปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนทั้งหมด (TIN) ฟอสเฟตฟอสฟอรัส (PO_4^{-3}-P) ค่า N:P และสถานะภาพสารอาหารของทะเลสาบ Michigan ทะเลสาบ Huron และทะเลสาบ Erie จากการศึกษาของ Schelske และคณะ (50)

ทะเลสาบ	TIN (mg/L)	PO_4^{-3}-P (mg/L)	N:P	trophic state
Michigan	0.20	< 0.003	>93	oligotrophic
Huron	0.28	< 0.003	>67	oligotrophic
Erie	0.12	0.025	4.8	eutrophic

ตารางที่ 5.6 แสดงปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ค่า N:P และสถานะภาพสารอาหารของทะเลสาบ 27 แห่งในอิตาลี จากการศึกษาของ Chiaudani (41)

ทะเลสาบ	ลึก (เมตร)	TIN (mg/L)	PO_4^{-3}-P (mg/L)	N:P	trophic state
Comabbia	8	0.27	0.004	68	oligotrophic
Candia	8	0.08	0.005	17	oligotrophic
Maggiou	370	0.72	0.008	90	oligotrophic
Cardia	346	0.32	0.006	54	oligotrophic
Piano	12	1.04	0.010	104	oligotrophic
Endine	10	0.10	0.005	20	oligotrophic
Ghirla	14	0.58	0.005	116	oligotrophic
Mersola	69	0.47	0.003	156	oligotrophic
Carda	346	0.32	0.005	63	oligotrophic
Idro	122	0.39	0.006	65	oligotrophic
Ganna	3	0.49	0.002	247	oligotrophic

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.6 แสดงปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ค่า N:P และสถานะภาพสารอาหารของทะเลสาบ 27 แห่งในอิตาลี จากการศึกษาของ Chiaudani (41) (ต่อ)

ทะเลสาบ	ลึก (เมตร)	TIN (mg/L)	PO_4^{-3}-P (mg/L)	N:P	trophic state
Segrino	9	1.45	0.005	291	oligotrophic
Moutorfana	7	0.52	0.009	58	oligotrophic
Mergozz	74	0.42	0.004	109	oligotrophic
Annone	10	0.47	0.002	236	oligotrophic
Monate	34	0.18	0.001	177	oligotrophic
Como	410	0.67	0.035	19	mesotrophic
Avigliana	26	0.30	0.035	9	mesotrophic
Garlate	34	0.75	0.027	26	mesotrophic
Oliginate	17	0.71	0.029	24	mesotrophic
Isco	251	0.67	0.019	35	mesotrophic
Varese	26	1.49	0.363	4	eutrophic
Lugano	288	0.62	0.122	5	eutrophic
Oggiono	11	0.91	0.161	6	eutrophic
Viverone	50	0.65	0.171	6	eutrophic
Rusiano	24	1.12	0.680	16	eutrophic
Algoria	8	1.16	0.061	19	eutrophic

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปริมาณ PO_4^{-3}-P ของทะเลสาบ Michigan และทะเลสาบ Huron มีปริมาณน้อยมาก (น้อยกว่า 0.003 mg/L) ในขณะที่ปริมาณ PO_4^{-3}-P ของทะเลสาบ Erie มีสูงถึง 0.025 mg/L Vighi และ Chiaudani (41) ได้ศึกษาสถานภาพสารอาหารของทะเลสาบในอิตาลี 27 แห่ง ซึ่งมีลักษณะสมบัติทางเคมี กายภาพและรูปร่างแตกต่างกันออกไป พบว่าทะเลสาบ 16 แห่ง มีสภาวะเป็น oligotrophic เพราะมีฟอสฟอรัสเป็นปัจจัยกำหนด คือมีปริมาณ PO_4^{-3}-P ต่ำ (อยู่ในช่วง 0.001-0.010 mg/L) สำหรับทะเลสาบที่เหลือมีสภาวะเป็น mesotrophic และ eutrophic ซึ่งมี PO_4^{-3}-P อยู่ในช่วง 0.019-0.035 และ 0.061-0.363 mg/L ตามลำดับ (ดูรายละเอียดในตารางที่ 5.6) ทะเลสาบ Washington ในขณะที่ยังมีสภาวะเป็น oligotrophic ก็พบว่ามีปริมาณ PO_4^{-3}-P ต่ำมากเช่นกัน (0.003 mg/L) (22, 23) ดังนั้น ในการประเมินสถานภาพสารอาหารของอ่างเก็บน้ำภูมิพลโดยพิจารณาจากปริมาณ PO_4^{-3}-P ซึ่งเป็นสารอาหารที่ เป็นปัจจัยจำกัดเป็นเกณฑ์ซึ่งมีอยู่ต่ำมาก (น้อยกว่า 0.003 mg/L) ตลอดปี ทำให้สามารถสรุปได้ว่าอ่างเก็บน้ำภูมิพลอยู่ในสภาวะ oligotrophic

5.4.4 ค่า AGP ของน้ำในอ่างเก็บน้ำภูมิพล

จากการศึกษาของ Chiaudani และ Vighi (41) Schelske และคณะ (50) ได้รายงานไว้ว่า แหล่งน้ำที่อยู่ในสภาวะ oligotrophic จะมีค่า AGP ต่ำมาก และไม่สามารถสังเกตเห็นการเจริญเติบโตของ Selenastrum capricornutum Printz ได้ และมีการตอบสนองต่อการเติมฟอสฟอรัสลงไปอย่างเห็นได้ชัด ส่วนแหล่งน้ำที่มีสภาวะเป็น eutrophic จะมีค่า AGP สูง และสามารถสังเกตเห็นการเจริญเติบโตของ Selenastrum capricornutum Printz ได้อย่างเห็นได้ชัด และไม่ตอบสนองต่อการเติมไนโตรเจนหรือฟอสฟอรัสลงไป Green และคณะ (51) ได้ทำการศึกษาสถานภาพสารอาหารของแหล่งน้ำในลุ่มน้ำ Snake พบว่าแหล่งน้ำที่เป็น oligotrophic มีค่า AGP ของ Selenastrum capricornutum น้อยกว่า 0.10 µg/mL มีปริมาณ PO_4^{-3}-P ต่ำมากคืออยู่ในช่วง < 0.001-0.005 mg/L และมีฟอสฟอรัสเป็นปัจจัยจำกัด สำหรับแหล่งน้ำที่เป็น mesotrophic มีค่า AGP อยู่ในช่วง 0.8-6.1 µg/mL และแหล่งน้ำที่เป็น eutrophic มีค่า AGP มากกว่า 6.1 µg/mL ขึ้นไป และไม่ตอบสนองต่อการเติมฟอสฟอรัสลงไป Miller และคณะ (16) ได้กำหนดไว้ว่าแหล่งน้ำที่มีค่า AGP ของ Selenastrum capricornutum Printz มากกว่า 6

µg/mL ขึ้นไปถือว่ามีสภาวะเป็น eutrophic จากการทดลองโดยใช้สาหร่ายวิเคราะห์ในการศึกษาครั้งนี้ไม่สามารถสังเกตเห็นการเจริญเติบโตของ Selenastrum capricornutum Printz ได้จากตัวอย่างน้ำชุด C ของทุกเดือน และพบว่าค่า AGP ตลอดปีที่ทำการศึกษามีค่าต่ำมากอยู่ในช่วง 0.03-0.07 µg/mL นอกจากนี้ยังสังเกตได้ว่าค่า AGP ได้เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเติมฟอสฟอรัสลงไป และยังมีการตอบสนองต่อการเติมไนโตรเจนและธาตุอาหารปริมาณน้อยหลังจากเติมฟอสฟอรัสลงไปแล้ว ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการขาดแคลนสารอาหารของน้ำในอ่างเก็บน้ำภูมิพล ดังนั้น จากค่า AGP จึงสรุปได้ว่าน้ำในอ่างเก็บน้ำภูมิพลมีสภาวะเป็น oligotrophic

5.4.5 จำนวนและอัตราการเพิ่มของประชากรในบริเวณพื้นที่รับน้ำ

ปัจจัยสำคัญที่ทำให้สถานภาพสารอาหารของแหล่งน้ำเปลี่ยนไปก็คือการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรและกิจกรรมต่าง ๆ ในบริเวณพื้นที่รับน้ำของแหล่งน้ำ และทำให้สารอาหารในแหล่งน้ำเพิ่มขึ้นจากการปล่อยน้ำทิ้งประเภทต่าง ๆ ได้แก่ น้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมทั้งที่ผ่านการบำบัดและไม่ได้ผ่านการบำบัด น้ำทิ้งจากการเกษตร และที่สร้างปัญหามากได้แก่ น้ำทิ้งจากชุมชนบ้านเรือนซึ่งมีฟอสฟอรัสในปริมาณสูง เนื่องจากมีการใช้ผงซักฟอกในชีวิตประจำวันมากขึ้นเรื่อย ๆ ดังนั้น จึงพบว่าฟอสฟอรัสมักก่อให้เกิดปัญหา eutrophication ขึ้นกับแหล่งน้ำทั่ว ๆ ไปที่อยู่ใกล้เคียงกับชุมชนหรือมีโอกาสได้รับผลกระทบจากชุมชนและกิจกรรมของมนุษย์ (13, 28, 42, 43) ดังกรณีตัวอย่างได้แก่ ทะเลสาบ Washington ซึ่งติดอยู่กับเมือง Seattle พบว่าได้เปลี่ยนสภาวะเป็น eutrophic อย่างรวดเร็วจากการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของประชากรในเมือง Seattle (22, 23) (ตารางที่ 5.7) ทะเลสาบใหญ่ทั้ง 5 ซึ่งตั้งอยู่ในทวีปอเมริกาเหนือมีสภาวะเป็น oligotrophic โดยธรรมชาติ ต่อมาจึงพบว่าทะเลสาบ Michigan ทะเลสาบ Ontario และทะเลสาบ Erie ได้เปลี่ยนสภาวะเป็น eutrophic ซึ่งจากการศึกษาของ Beaton (24) พบว่าจำนวนประชากรที่อาศัยอยู่บริเวณรอบทะเลสาบแห่งนี้มีจำนวนมากและเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนประชากรและอัตราการเพิ่มของประชากรที่อาศัยอยู่บริเวณรอบทะเลสาบ Superior และทะเลสาบ Huron (ตารางที่ 5.8) จังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูนตั้งอยู่บนพื้นที่รับน้ำของอ่างเก็บน้ำภูมิพล ดังนั้น จำนวนและอัตราการเพิ่มของประชากรของจังหวัดทั้งสองย่อมเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อสถานะภาพสารอาหารของน้ำในอ่างเก็บน้ำภูมิพล จากตารางที่ 5.9 จะเห็นได้ว่าจำนวนประชากรในจังหวัดทั้งสองมี

ตารางที่ 5.7 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนประชากร ปริมาณฟอสฟอรัส คลอโรฟิลเอ และสถานะภาพสารอาหารของทะเลสาบ Washington ในปี ค.ศ. 1941 และ 1954 จากการศึกษาของ Edmonson (22)

รายการ	ค.ศ. 1941	ค.ศ. 1954
จำนวนประชากร (คน)	10,000	64,300
PO_4^{-3}-P (mg/L)	0.003	0.015
chlorophyll a (µg/L)	1	30
nutrient status	oligotrophic	eutrophic

ตารางที่ 5.8 แสดงขนาดพื้นที่ผิว ความลึก และการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรที่อาศัยอยู่รอบ ๆ ทะเลสาบใหญ่ทั้ง 5 ของอเมริกา จากการศึกษาของ Beaton (24)

ทะเลสาบ	พื้นที่ผิว (ตร.กม.)	ความลึก (ม.)	การเปลี่ยนแปลงประชากร (ล้านคน)	ปี ค.ศ.
Superior	80,000	146	0.4-0.8	1900-1960
Michigan	57,000	99	2.7-5.7	1910-1960
Huron	59,000	76	0.4-0.7	1900-1960
Ontario	19,000	91	2.6-3.8	1940-1960
Erie	25,000	21	3.0-10.1	1900-1960

จำนวนและอัตราการเพิ่มขึ้นค่อนข้างน้อยในรอบสิบปีที่ผ่านมา (พ.ศ. 2516-2526) ประกอบกับในช่วงเวลาดังกล่าวการประกอบการและการขยายตัวทางอุตสาหกรรมของจังหวัดทั้งสองมีค่อนข้างน้อย จึงกล่าวได้ว่าในช่วงเวลาดังกล่าวอ่างเก็บน้ำภูมิพลไม่ได้รับผลกระทบ (หรือน้อยมาก) จากกิจกรรมต่าง ๆ ของจังหวัดทั้งสอง

5.5 สถานภาพสารอาหารในอนาคตและการป้องกัน

ถึงแม้ว่าจากผลการศึกษาในครั้งนี้ได้แสดงให้เห็นว่าอ่างเก็บน้ำภูมิพลยังไม่ได้รับผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์และอยู่ในสภาวะ oligotrophic ก็ตาม แต่ในอนาคตอ่างเก็บน้ำภูมิพลอาจเกิดปัญหา eutrophication ขึ้นได้ถ้าขาดการควบคุมและป้องกันที่ดีพอ จากตารางที่ 5.9 จะเห็นได้ว่าตั้งแต่ปี พ.ศ. 2525 เป็นต้นมา อัตราการเพิ่มของประชากรได้เริ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ในปัจจุบันรัฐบาลยังมีนโยบายที่จะส่งเสริมอุตสาหกรรมขึ้นในภาคเหนือโดยมีจังหวัดเชียงใหม่เป็นศูนย์กลาง นอกจากนี้ปัจจุบันจังหวัดลำพูนก็ได้มีการตั้งนิคมอุตสาหกรรมขึ้นเพื่อส่งเสริมอุตสาหกรรมขึ้นด้วยเช่นกัน การขยายตัวและพัฒนาทางอุตสาหกรรมนอกจากจะเป็นสาเหตุโดยตรงของการเพิ่มขึ้นของสารอาหารในแหล่งน้ำแล้ว ยังมีผลทำให้มีการขยายตัวของประชากรและชุมชนเพิ่มขึ้นด้วยซึ่งมีส่วนส่งเสริมต่อการเพิ่มขึ้นของสารอาหารในแหล่งน้ำอีกทางหนึ่งด้วย ปัจจุบันการควบคุมปริมาณสารอาหารในน้ำทิ้งยังไม่ได้รับการเอาใจใส่ แม้ว่าสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (38) เองก็ได้ยอมรับว่าการปล่อยสารอาหารลงสู่แหล่งน้ำทำให้เกิดปัญหามลภาวะทางน้ำได้ประการหนึ่ง แต่มาตรฐานลำน้ำที่สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติกำหนดขึ้นมาใช้ก็ยังไม่ได้มีการกำหนดปริมาณของสารอาหารในแหล่งน้ำไว้อย่างชัดเจน นอกจากนี้มาตรฐานน้ำทิ้งของกระทรวงอุตสาหกรรมก็ไม่ได้ควบคุมปริมาณของสารอาหารในน้ำทิ้งด้วยเช่นกัน ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าฟอสฟอรัส ไนโตรเจน และธาตุอาหารปริมาณน้อยเป็นปัจจัยจำกัดต่อการเจริญเติบโตของแพลงค์ตอนพืช ดังนั้น การเพิ่มขึ้นของสารอาหารดังกล่าวทั้ง 3 ชนิดย่อมก่อให้เกิดปัญหาการแพร่พันธุ์อย่างรวดเร็วของแพลงค์ตอนพืชขึ้นในอ่างเก็บน้ำภูมิพลได้ น้ำทิ้งจากชุมชนและอุตสาหกรรมทั้งที่ผ่านการบำบัดและไม่ได้ผ่านการบำบัดส่วนใหญ่มีปริมาณฟอสฟอรัสและอินทรีย์ไนโตรเจนสูง อินทรีย์ไนโตรเจนจะทำหน้าที่เป็น chelating agent โดยธรรมชาติซึ่งจะช่วยให้พืชสามารถใช้ธาตุอาหารปริมาณน้อยที่มีอยู่ในน้ำได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้สารพวก peptide ที่ถูกสร้างและปล่อยออกมาโดยสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินก็ทำหน้าที่เป็นสาร chelating agent โดยธรรมชาติเช่นเดียวกัน (10) ดังนั้น การ

ตารางที่ 5.9 แสดงจำนวนประชากรและอัตราการเพิ่มของประชากรในเขตจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2518-2526

ปี พ.ศ.	จังหวัดเชียงใหม่		จังหวัดลำพูน	
	จำนวนประชากร	อัตราเพิ่ม (%)	จำนวนประชากร	อัตราเพิ่ม (%)
2516	1,072,833	-	334,296	-
2517	1,086,203	1.2	336,802	0.7
2518	1,096,243	0.9	338,521	0.5
2519	1,100,325	0.4	339,689	0.3
2520	1,118,271	1.6	341,194	0.4
2521	1,135,537	1.9	342,947	0.5
2522	1,150,043	0.9	343,608	0.8
2523	1,166,123	1.4	353,607	2.2
2524	1,180,398	1.2	356,388	0.8
2525	1,204,441	2.0	368,964	3.4
2526	1,232,967	2.3	382,632	3.4

ที่มา : รายงานจำนวนประชากรจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน พ.ศ. 2526, สำนักงานสถิติแห่งชาติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปล่อยน้ำทิ้งลงสู่ลำน้ำแม่ปิงโดยไม่มีการควบคุมปริมาณสารอาหารจึงเท่ากับเป็นการเพิ่มสารอาหารที่เป็นปัจจัยจำกัดทั้ง 3 ชนิดลงสู่อ่าง เก็บน้ำภูมิพล ในทางปฏิบัติการควบคุมปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งสามารถทำได้อย่างไม่ยุ่งยากและเสียค่าใช้จ่ายมากนักเมื่อเปรียบเทียบกับไนโตรเจน (19, 29) นอกจากนี้ยังพบว่าการควบคุมปริมาณฟอสฟอรัสสามารถป้องกันและแก้ไขปัญหา eutrophication อย่างได้ผล เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นสารอาหารที่มีอยู่อย่างจำกัดในแหล่งน้ำธรรมชาติส่วนใหญ่ (48) ในหลาย ๆ ประเทศได้มีการควบคุมการใช้ฟอสฟอรัส ได้แก่ ประเทศแคนาดาและประเทศสวีเดนได้ออกกฎหมายห้ามไม่ให้เติมสารประกอบฟอสเฟตลงในผงซักฟอกแต่ให้ใช้ NTA แทน และในประเทศสหรัฐอเมริกาได้ออกกฎหมายห้ามเติมสารประกอบฟอสเฟตลงในผงซักฟอกเกิน 0.5 เปอร์เซนต์สำหรับรัฐที่อยู่รอบ ๆ ทะเลสาบใหญ่ทั้ง 5 (10) นอกจากนี้ในหลาย ๆ รัฐของประเทศสหรัฐอเมริกาก็ได้ออกกฎหมายควบคุมปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งโดยให้มีได้ไม่เกิน 1.0 mg/L (29) สำหรับการป้องกันการเกิด eutrophication ในอ่างเก็บน้ำภูมิพลนั้นสามารถทำได้โดยการควบคุมปริมาณของฟอสฟอรัสเพียงอย่างเดียว เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นปัจจัยจำกัดอันดับแรก การเพิ่มขึ้นของไนโตรเจนและธาตุอาหารปริมาณน้อยจะไม่สามารถก่อให้เกิดปัญหา eutrophication ขึ้นได้ถ้าปราศจากฟอสฟอรัส อย่างไรก็ดีการควบคุมและป้องกันการเกิดสภาวะ eutrophication ยังต้องคำนึงถึงปัจจัยทางชีววิทยาซึ่งได้แก่ ชนิดและปริมาณของแพลงค์ตอนพืชและสัตว์ รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงในรอบปีอย่างละเอียด ทั้งนี้เพราะว่าการเพิ่มขึ้นของสารอาหารในแหล่งน้ำในแง่ของการเพาะเลี้ยง (aquatic culture) ถือว่าเป็นการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับแหล่งน้ำและทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มมากขึ้น (23) ทะเลสาบ (prairie lake) หลาย ๆ แห่งที่อยู่บริเวณเชิงเขา Rocky มีสภาวะเป็น eutrophic มีแพลงค์ตอนพืชมาก แต่ไม่ถือว่ามีผลเสียใด ๆ เนื่องจากพบว่ามีผลผลิตปลาสูง จึงไม่มีความจำเป็นในการวางแผนเพื่อลดความอุดมสมบูรณ์ลง (20) ซึ่งคล้ายกับการศึกษาของ Claesson และ Ryding (49) Forsberg และคณะ (52) ซึ่งพบว่าทะเลสาบ Glaningen มีปริมาณ PO_4^{-3}-P สูง (อยู่ในช่วง 0.100-0.350 mg/L) แต่ว่ามีแพลงค์ตอนพืชต่ำและจากการใช้สาหร่ายวิเคราะห์ก็ยืนยันว่าทะเลสาบ Glaningen มีค่า AGP สูง ในภายหลังจึงพบเกิดจาก grazing effect เนื่องจากมีผลผลิตของแพลงค์ตอนสัตว์และปลาสูง ในกรณีทั้งสองนี้เกิดขึ้นได้ต่อเมื่อแพลงค์ตอนพืชที่เพิ่มจำนวนมากนั้นเป็นสายพันธุ์ที่แพลงค์ตอนสัตว์และปลาใช้เป็นอาหารได้ (desirable species) สำหรับอ่างเก็บน้ำภูมิพลพบว่ามีการศึกษาทางด้านนี้น้อยมาก ตารางที่ 5.10 ถึง 5.12 แสดงให้เห็นถึงชนิดของแพลงค์ตอนพืชและสัตว์จากการศึกษาของการไฟฟ้าฝ่าย

ตารางที่ 5.10 แสดงชนิดของแพลงค์ตอนที่พบในอ่าง เก็บน้ำภูมิพลซึ่งสำรวจ เมื่อ เดือน เมษายน 2522

แพลงค์ตอนพืช	แพลงค์ตอนสัตว์
Cosmarium sp.	Cyclops sp.
Coelastrum sp.	Pseudosida sp.
Chlorogonium sp.	Daphnia sp.
Spirogyra sp.	
Mougeotia sp.	
Scenedesmus sp.	
Nitzschia sp.	
Synedra sp.	
Fragilaria sp.	
Cymbella sp.	
Melosira sp.	
Oscillatoria sp.	
Aphanocapsa sp.	
Anabaena sp.	
Microcystis sp.	
Nostoc sp.	
Volvox sp.	

ที่มา : การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.11 แสดงชนิดของแพลงค์ตอนที่พบในอ่างเก็บน้ำภูมิพลซึ่งสำรวจเมื่อปี 2523

แพลงค์ตอนพืช	แพลงค์ตอนสัตว์
Spirogyra sp.	Cyclops sp.
Aphanocapsa sp.	Pseudosida sp.
Anabaena sp.	Daphnia sp.
Nostoc sp.	Ceratium sp.
Staurastrum sp.	Branchionus sp.
Volvox sp.	Keratella sp.

ที่มา : การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

ตารางที่ 5.12 แสดงชนิดของแพลงค์ตอนที่พบในอ่างเก็บน้ำภูมิพลซึ่งสำรวจเมื่อเดือนสิงหาคม 2524

แพลงค์ตอนพืช	แพลงค์ตอนสัตว์
Mongeotia sp.	Cyclops sp.
Nitzschia sp.	Ceriodaphnia sp.
Synedra sp.	Brauchonus sp.
Cymbella sp.	Bosmina sp.
Melosira sp.	Filinia sp.
Anabaena sp.	
Sphaerocystis sp.	
Cyclotella sp.	
Polycystis sp.	

ที่มา: การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

ผลิต ซึ่งการศึกษาดังกล่าวยังขาดรายละเอียดถึงชนิด ปริมาณ และการเปลี่ยนแปลงในรอบปี ดังนั้น การศึกษาชนิดและปริมาณของแพลงค์ตอนจะมีประโยชน์มากต่อการประเมินสถานภาพสารอาหารและต่อการเข้าใจถึงบทบาทของสารอาหารในอ่างเก็บน้ำภูมิพลได้ชัดเจนยิ่งขึ้นว่ามีแนวโน้มที่จะทำให้เกิดผลดีหรือผลเสีย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย