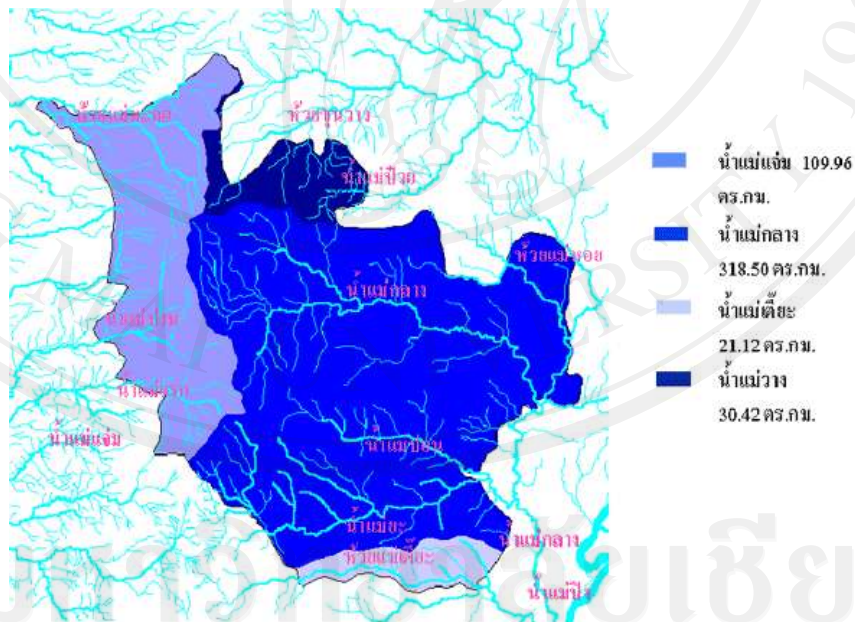


อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ได้รับการประกาศเป็นอุทยานแห่งชาติลำดับที่ 6 ของประเทศไทย เมื่อปี พ.ศ.2515 สภาพภูมิประเทศประกอบด้วยภูเขาสูงสลับซับซ้อน เป็นส่วนหนึ่งของแนวเขตเทือกเขาถนนธงชัยที่ทอดตัวตามแนวเหนือ-ใต้ ซึ่งทอดตัวมาจากเทือกเขาหิมาลัยในประเทศเนปาล มีระดับความสูงของพื้นที่อยู่ระหว่าง 400-2,565 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (อภิชาติ, 2540) โดยจุดสูงสุดอยู่ที่ยอดดอยอินทนนท์ ซึ่งเป็นจุดที่สูงที่สุดของประเทศไทย อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์เป็นพื้นที่ป่าไม้ที่กว้างใหญ่ มีความหลากหลายทางสภาพทางชีวภาพทั้งทางด้านระบบนิเวศ และชนิดพืชสูงมาก มีองค์ประกอบของพรรณพืชและสัตว์ป่าที่หายากและพบเฉพาะถิ่นหลายชนิด ซึ่งมีความสำคัญต่อการอนุรักษ์ นอกจากนี้พื้นที่ในเขตอุทยานยังมีทัศนียภาพที่สวยงามจึงมีศักยภาพต่อการท่องเที่ยวและสันตนาการ รวมทั้งมีความหลากหลายทางวัฒนธรรมเนื่องจากพื้นที่บางส่วนของอุทยาน มีชาวเขาหลายชนเผ่าอาศัยอยู่ ทั้งยังเป็นแหล่งต้นน้ำลำธารที่สำคัญของอำเภอจอมทอง อำเภอแม่แจ่ม อำเภอฮอด อำเภอแม่วาง และอำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ ไหลลงสู่แม่น้ำปิง โดยมีพื้นที่ลุ่มน้ำหลักที่สำคัญ 4 ลุ่มน้ำ ได้แก่ ลุ่มน้ำแม่กลาง ลุ่มน้ำแม่เตี๊ยะ ลุ่มน้ำแม่แจ่ม แม่น้ำแม่วาง (ภาพ 2.2) ซึ่งไหลผ่านอำเภอแม่แจ่ม อำเภอฮอด อำเภอแม่วาง และอำเภอสันป่าตอง (อภิชาติ, 2540)



ภาพ 2.2 พื้นที่ลุ่มน้ำอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์
(ที่มา: <http://www.doiinthanon.com/blog/?id=inthanon9>)

สภาพภูมิอากาศโดยทั่วไปของพื้นที่ได้รับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่พัดเอาความชื้นเข้ามา ฝนตก และลมตะวันออกเฉียงเหนือที่พัดมาจากประเทศจีน จะนำเอาความหนาวเย็นและความแห้งแล้งเข้ามา ทำให้เกิดฤดูกาลต่าง ๆ โดยจะมีฤดูร้อนในช่วงระหว่างเดือนมีนาคม - พฤษภาคม ฤดูฝนในช่วงระหว่างเดือนมิถุนายน - พฤศจิกายน และฤดูหนาวในช่วงระหว่างเดือนธันวาคม - กุมภาพันธ์ ซึ่งสภาพอากาศโดยทั่วไปจะมีลักษณะค่อนข้างเย็นและชื้น (อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์, 2551) อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี (annual mean temperature) ประมาณ 18 องศาเซลเซียส (โกมุทและคณะ, 2544) จึงเหมาะสมต่อการเพาะปลูกพืชเมืองหนาวเพื่อสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ เช่น ชาวเขาเผ่าม้ง ชาวเขาเผ่ากระเหรี่ยงหรือปกาเกอะญอ ส่งผลต่อคุณภาพสังคม เศรษฐกิจ วัฒนธรรม และความเป็นอยู่ของชุมชน อีกทั้งสภาพอากาศที่หนาวเย็นยังดึงดูดนักท่องเที่ยวให้เข้ามาเที่ยวในพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์อีกด้วย

2.2 สถานีวิจัยเกษตรหลวงอินทนนท์

สถานีวิจัยเกษตรหลวงอินทนนท์ (ภาพ 2.3) เป็นสถานีวิจัยของมูลนิธิโครงการหลวง เริ่มดำเนินการเมื่อเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2522 บนพื้นที่ 150 ไร่ ในเขตตำบลบ้านหลวง อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ ตามพระราชประสงค์ของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวที่จะช่วยเหลือชาวไทยภูเขาให้มีชีวิตความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น สามารถปลูกพืชที่เป็นประโยชน์และเป็นรายได้ ทำให้ชาวเขาอยู่เป็นหลักแหล่ง เลิกปลูกฝิ่น เลิกตัดไม้ทำลายป่า เลิกทำไร่เลื่อนลอย หันมาปลูกพืชเมืองหนาวและเลี้ยงสัตว์ด้วยระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (สถานีวิจัยเกษตรหลวงอินทนนท์, 2554) เนื่องจากพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์มีชุมชนอาศัยอยู่ในและรอบแนวเขตอุทยานฯ ประกอบด้วยหลายชาติพันธุ์ ได้แก่ ชาวเขาเผ่าม้ง ชาวเขาเผ่ากระเหรี่ยงหรือปกาเกอะญอ ชาวไทยพื้นราบหรือคนเมือง ทั้งที่อาศัยอยู่มาดั้งเดิมหรืออพยพเข้ามาประมาณ 20 - 30 ปีที่ผ่านมา ซึ่งในอดีตชุมชนชาวเขาที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ส่วนใหญ่ได้ทำการบุกรุกป่าเพื่อทำไร่เลื่อนลอย ทำลายพื้นที่ต้นน้ำดังนั้นสถานีวิจัยเกษตรหลวงอินทนนท์จึงได้ถ่ายทอดวิชาความรู้ด้านการเกษตรแผนใหม่ ที่ช่วยเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรให้สูงขึ้น ในขณะที่เดียวกันรายได้ที่เพิ่มขึ้นจากภาคการเกษตรยังช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตของชาวไทยภูเขาให้ดีขึ้น ตลอดจนป้องกันการบุกรุกป่าไม้ ต้นน้ำ ลำธาร โดยให้เกษตรกรปรับเปลี่ยนวิธีการทำไร่เลื่อนลอย มาทำการเกษตรในพื้นที่ถาวร

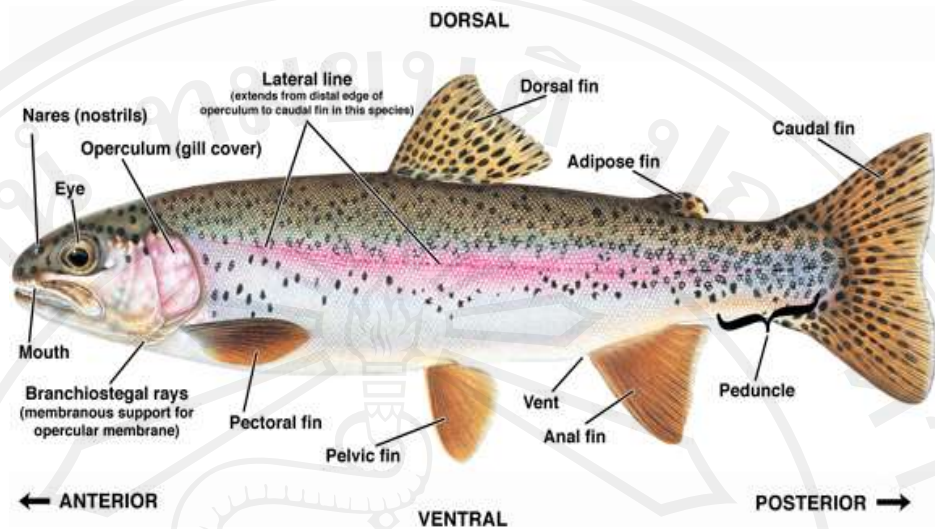
ปัจจุบันงานหลักของ สถานีวิจัยเกษตรหลวงอินทนนท์ คือ ดำเนินงานด้านวิจัย ค้นคว้าหาข้อมูลเกี่ยวกับพันธุ์พืช-ปศุสัตว์ วิธีการปลูก-การเลี้ยง เพื่อให้ตรงตามวัตถุประสงค์เพื่อ จัดตั้งถิ่นฐานชาวเขาให้เหมาะสม ส่งเสริมการปลูกพืชทดแทนฝิ่นของชาวเขา เพิ่มรายได้และปรับปรุงคุณภาพเป็นอยู่ของชาวเขา รักษาเอกลักษณ์ของชาวเขาให้คงอยู่ไว้ และ เพื่อบูรณาการทรัพยากรธรรมชาติ

และดัดแปลงให้เป็นแหล่งท่องเที่ยวของประเทศ (โครงการหลวง, 2538) นอกจากนี้สถานีวิจัย
หลวงอินทนนท์ยังเป็น ‘ศูนย์การเรียนรู้การเกษตรอย่างยั่งยืนบนพื้นที่สูง’ ทั้งนี้เพื่อเป็นการขยาย
ผลสำเร็จของโครงการหลวงให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้แก่ประชาชน หน่วยงาน และผู้สนใจทั้ง
ภายในและต่างประเทศ รวมทั้งมีงานวิจัยและเพาะเลี้ยงปลาเรนโบว์เทราต์ (*Oncorhynchus mykiss*)
ที่เป็นอีกหนึ่งโครงการที่สำคัญของสถานีวิจัยเกษตรหลวงอินทนนท์ ซึ่งเป็นโครงการร่วมมือ
ระหว่าง หน่วยทดลองเลี้ยงปลา ของศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดเชียงใหม่ กรมประมง
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์กับ มูลนิธิโครงการหลวง เพื่อนำผลการวิจัยไปใช้เป็นแนวทางการ
ส่งเสริมการเลี้ยงปลาบนพื้นที่สูง และศึกษาความเป็นไปได้ของการเลี้ยงปลาเรนโบว์เทราต์ สำหรับ
พัฒนาเป็นอาชีพของเกษตรกร (โกมุทและคณะ, 2549) โดยการนำเข้าไข่ปลาจากประเทศ
สหรัฐอเมริกามาทดลองฟักที่ดอยอินทนนท์ เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2541 พบว่าสามารถฟักไข่
ได้ผลดีมากกว่า 90% ต่อมาได้รับความร่วมมือจากมหาวิทยาลัย Göttingen ประเทศเยอรมนี
กระทรวงเกษตรของประเทศเนปาล และสถานทูตฟินแลนด์ ได้มอบไข่ปลาเรนโบว์เทราต์มาใช้ในการ
ทดลอง จากการทดลองทั้ง 4 สายพันธุ์พบว่าสามารถเจริญเติบโตได้ดี และลูกปลาที่ได้
เจริญเติบโตอย่างรวดเร็วได้ขนาดตลาด (300 กรัม) (สถานีวิจัยเกษตรหลวงอินทนนท์, 2554) โดยใช้
ระยะเวลาเลี้ยงประมาณ 7-8 เดือนด้วยหัวอาหาร ขณะที่ต่างประเทศต้องใช้เวลาเลี้ยงนานถึง 1 ปีครึ่ง
(ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดเชียงใหม่, 2553) รวมทั้งยังพบว่าปลาเรนโบว์เทราต์ที่เพาะเลี้ยง
บนยอดดอยอินทนนท์สามารถเพาะเลี้ยงให้ผลผลิตตลอดทั้งปี ลดการนำเข้าปลาเรนโบว์เทราต์จาก
ต่างประเทศ ซึ่งปัจจุบันสถานีวิจัยโครงการหลวงดอยอินทนนท์สามารถเพาะพันธุ์ปลาเรนโบว์เท
ราต์ได้ถึงปีละ 8 หมื่นถึง 1 แสนตัว หรือ 18-20 ตัน (สุเจน , 2553)



ภาพ 2.3 สถานีวิจัยโครงการหลวงอินทนนท์

(ที่มา: http://www.rakmuangthaitour.com/webboard/post_photo/a_555.jpg)



ภาพ 2.4 ปลาเรนโบว์เทราต์ (rainbow trout)
(ที่มา: <http://aquaticpath.php.ufl.edu/lesionguide/>)

ปลาเรนโบว์เทราต์ (rainbow trout) เป็นปลาน้ำจืดที่อาศัยอยู่ในลำธารตามธรรมชาติของทวีปอเมริกาเหนือ ปลาชนิดนี้อาศัยอยู่ในน้ำที่ใสสะอาด และอุณหภูมิที่เหมาะสมระหว่าง 10-20 องศาเซลเซียส จัดอยู่ในวงศ์ Salmonidae มีชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ *Oncorhynchus mykiss* (Boaventura *et al.*, 1997) มีพฤติกรรมชอบว่ายน้ำตลอดเวลา ลำตัวมีเกล็ดขนาดเล็ก มีสีแดงคาดตามความยาวของลำตัวคล้ายสายรุ้ง ชอบอาศัยอยู่ในน้ำเย็นที่สะอาด กินอาหารตามธรรมชาติ ได้แก่ สัตว์เล็ก ๆ เช่น ปลา กุ้ง ปูตัวเล็ก และตัวอ่อนของแมลง ในปัจจุบันมีการนำไปเลี้ยงในหลาย ๆ ประเทศทั่วโลก ปลาเรนโบว์เทราต์ มีรสชาติดี และเป็นที่นิยมบริโภค เนื่องจากมีกรดไขมันไม่อิ่มตัว โอเมกา 3 สูง คิด 10 อันดับแรกของปลาทั้งหมด (ปลาเรนโบว์เทราต์ 100 กรัม มีโอเมกา 3 1.0 มิลลิกรัม) กรดไขมันโอเมกา 3 ช่วยลดคอเลสเตอรอลในร่างกายและอนุมูลอิสระในกระแสเลือด (ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ, 2554)

ปลาเรนโบว์เทราต์สามารถเพาะเลี้ยงได้ในระบบน้ำไหล (flow-through system) โดยในปี พ.ศ. 2540 หน่วยทดลองเลี้ยงปลา ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดเชียงใหม่ กรมประมง ได้ทดลองเลี้ยงและเพาะพันธุ์ปลาเรนโบว์เทราต์ในระบบบ่อแบบน้ำไหล ภายใต้โครงการหลวง ที่คอยอินทนนท์ ซึ่งได้นำน้ำจากลำธารที่ไหลมาจากน้ำตกสิริภูมิเข้ามาใช้ในการเกษตรกรรมและการเพาะเลี้ยงปลาเรนโบว์เทราต์ โดยน้ำตกสิริภูมิเป็นน้ำตกซึ่งไหลมาจากหน้าผาสูงชันและยังเป็นแหล่งกำเนิดของลำธารสองพี่น้อง ซึ่งเป็นแหล่งน้ำที่ไหลผ่านเขตชุมชนชาวเขา และ เขตเกษตรกรรมจึงเป็นแหล่งน้ำที่มีความสำคัญในการประกอบอาชีพและการดำเนินชีวิตของชุมชน

ชาวเขาซึ่งอยู่บริเวณที่ลำธารสองพี่น้องไหลผ่าน การเพาะเลี้ยงปลาเรนโบว์เทราต์ในระบบบ่อแบบน้ำไหลต้องใช้น้ำปริมาณมาก โดยใช้น้ำประมาณ 250 ลิตรต่อนาถี (Honthong, 2004) จึงก่อให้เกิดปัญหาขาดแคลนน้ำในฤดูแล้ง ต่อมาทางศูนย์พันธุ์วิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ (ไบโอเทค) สนับสนุน ดร.วรินทร์ สงคศิริ จากหน่วยปฏิบัติการชีวเคมีและโรงงานต้นแบบ ไบโอเทค ดร.โกมุท อุ่นศิริส่ง กรมประมง ดร.อรรณพ นพรัตน์ และนายมานิช อมรมงคล จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พัฒนาและออกแบบระบบบำบัดน้ำในฟาร์มปลาเรนโบว์เทราต์ ให้เป็น ระบบกึ่งปิด (semi-closed system) เพื่อลดการใช้น้ำและพื้นที่ รวมทั้งปรับปรุงฟาร์มให้เป็นระบบแบบยั่งยืน โดยไหลเวียนน้ำกลับมาใช้ ช่วยลดปัญหาการขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้ง รักษาทรัพยากรน้ำและสิ่งแวดล้อมของแหล่งต้นน้ำ และเพิ่มความสามารถในการผลิตปลาเรนโบว์เทราต์ ในการออกแบบระบบบำบัดน้ำแบบน้ำหมุนเวียนกลับมาใช้ให้มีประสิทธิภาพ ต้องควบคุมอุณหภูมิของน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ตะกอน ปริมาณแอมโมเนีย และก๊าซต่างๆ รวมทั้งความเป็นเกลือ ความกระด้าง และค่าความเป็นด่างของน้ำ ที่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของปลาเรนโบว์เทราต์ นอกจากนี้ คณะผู้วิจัยได้ศึกษาและพัฒนา ระบบบำบัดแบบชีวภาพ (ไบโอฟิลเตอร์) ที่ทำงานได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ (อุณหภูมิเฉลี่ย ณ ดอยอินทนนท์ คือ 15-18 องศาเซลเซียส) โดยใช้กระบวนการไนตริฟิเคชัน ซึ่งเปลี่ยนแอมโมเนียที่เป็นพิษต่อปลาเทราต์เป็นไนเตรต องค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยนี้ เป็นพื้นฐานในการจัดการทรัพยากรน้ำ และการจัดการฟาร์มปลาเรนโบว์เทราต์ในพื้นที่สูงของประเทศไทย อีกทั้งเป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นเองในประเทศ เกษตรกรสามารถนำไปใช้เป็นอาชีพหลัก ช่วยยกระดับคุณภาพชีวิตให้เกษตรกรไทยในพื้นที่สูงต่อไป (ศูนย์พันธุ์วิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ, 2554)

2.3 ปัจจัยทางกายภาพและเคมี

ปัจจัยทางกายภาพและเคมีของน้ำมีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ เช่น แสงสว่าง สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดเล็ก สัตว์มีกระดูกสันหลัง จำพวกปลา เป็นต้น ซึ่งสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ล้วนอยู่ในลำดับห่วงโซ่อาหาร จึงส่งผลกระทบต่อมนุษย์ซึ่งเป็นผู้บริโภคขั้นสูงสุดอีกด้วย รวมทั้งปัจจัยทางกายภาพและเคมีของน้ำยังสามารถบ่งชี้คุณภาพน้ำของแหล่งน้ำนั้นๆ ได้ การศึกษาวิเคราะห์ของแหล่งน้ำ จึงควรเลือกศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมีบางประการ ที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ (ศิริเพ็ญ, 2543)

2.3.1 ปัจจัยด้านกายภาพ

อุณหภูมิอากาศ (air temperature)

อุณหภูมิหมายถึงระดับความร้อนที่บอกค่าได้เป็นตัวเลขที่แน่นอน โดยอุณหภูมิอากาศจะมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลา เช่น ปี เดือน วัน หรือแม้แต่ว่าชั่วโมง อุณหภูมิอากาศขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ฤดูกาล ระดับความสูงจากน้ำทะเล ปริมาณเมฆ และ การทำองศาที่ดวงอาทิตย์ เป็นต้น

อุณหภูมิน้ำ (water temperature)

อุณหภูมิน้ำมีความสำคัญมากต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำทั้งในทางตรงและทางอ้อม เนื่องจากอุณหภูมิน้ำมีผลต่อกระบวนการต่างๆ ในแหล่งน้ำเช่น เป็นปัจจัยที่ควบคุมปฏิกิริยาเคมีในน้ำ รวมทั้งควบคุมอัตราการสังเคราะห์แสง อัตราการหายใจ อัตราการย่อยสลาย ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ อุณหภูมิของแหล่งน้ำธรรมชาติในประเทศไทยมีค่าผันแปร 23-32 องศาเซลเซียส ขึ้นกับช่วงเวลาของวันและฤดูกาล (ศิริเพ็ญ, 2543) ประการแล้วอุณหภูมิน้ำจะมีความสัมพันธ์กับแสงและความลึกที่แสงส่องถึง โดยเมื่อแสงส่องผ่านลงไปใต้น้ำพลังงานแสงจะเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในแหล่งน้ำจะผันแปรตามความเข้มแสงถ้าปริมาณความเข้มแสงมากมีผลทำให้อุณหภูมิน้ำเพิ่มขึ้น และแปรผกผันกับระดับความลึก นอกจากนี้อุณหภูมิน้ำตามธรรมชาติจะผันแปรตามอุณหภูมิอากาศโดยขึ้นกับฤดูกาล ระดับความสูง สภาพภูมิประเทศ กระแสลม ปริมาณความชื้น ความเร็วของกระแสน้ำและสภาพแวดล้อมทั่วไปของแหล่งน้ำ

ความเร็วกระแสน้ำ (velocity)

ความเร็วกระแสน้ำขึ้นอยู่กับความลาดชันและลักษณะของลำน้ำ โดยกระแสน้ำจะไหลจากต้นน้ำ ซึ่งมีความลาดชันสูง ลงสู่ปลายน้ำซึ่งมีความลาดชันน้อยกว่า ความเร็วกระแสน้ำเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ โดยบริเวณที่น้ำไหลเร็วและแรงจะทำให้น้ำสัมผัสกับออกซิเจนได้มากขึ้น ในขณะที่บริเวณที่น้ำไหลช้าจะสัมผัสกับออกซิเจนได้น้อยกว่า ดังนั้นถ้าความเร็วของกระแสน้ำมากทำให้ออกซิเจนในอากาศละลายเข้ากับน้ำได้ง่าย ปริมาณออกซิเจนในน้ำก็จะสูงขึ้น (Goldman and Horne, 1983) รวมทั้งการไหลของน้ำยังทำให้เกิดสารแขวนลอยซึ่งส่งผลต่อปริมาณที่แสงที่ส่องกระทบแหล่งน้ำซึ่งเป็นอีกปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณออกซิเจนในแหล่งน้ำจากการสังเคราะห์แสงอีกด้วย

ความขุ่น (turbidity)

ความขุ่นของน้ำเกิดจากปริมาณสารแขวนลอย ซึ่งได้แก่ ดิน แพลงก์ตอน สารอินทรีย์ขนาดเล็ก หรือพวกจุลินทรีย์ ถ้าในน้ำมีปริมาณสารแขวนลอยอยู่ในปริมาณมากเมื่อแสงส่องมากระทบสารแขวนลอยนี้จะทำให้เกิดการหักเหของแสงกระจัดกระจายอย่างไม่เป็นระเบียบหรือแสงนั้น

อาจจะถูกกั้นไม่ให้ทะลุผ่านไปได้ จึงทำให้มองเห็นน้ำนั้นขุ่น (ณรงค์, 2525) แสงน้ำทั่วไปจะมีความขุ่นสูงสุดในช่วงฤดูฝนเนื่องจากปริมาณน้ำที่สูงขึ้นทำให้น้ำไหลเร็วและแรงส่งผลต่อปริมาณตะกอนแขวนลอยในน้ำและต่ำสุดในช่วงฤดูร้อนและหนาวซึ่งมีปริมาณน้ำน้อยและน้ำไหลช้า ในแหล่งน้ำที่มีความขุ่นสูงมักจะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำโดยมีผลไปบดบังแสงไม่ให้ส่องลงไปในน้ำได้ลึก ซึ่งจะทำให้ขบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชน้ำลดลง

ของแข็งที่แขวนลอยในน้ำ (suspended Solid)

ปริมาณของแข็งที่แขวนลอยในน้ำ ขึ้นอยู่กับสภาพลำน้ำ และความเร็วกระแสน้ำ การชะล้างหน้าดินในช่วงฤดูฝน และกิจกรรมริมฝั่งน้ำ เช่นการเพาะปลูก เป็นต้น ปริมาณของแข็งละลายน้ำมีผลกระทบกับสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำในลักษณะเดียวกันกับความขุ่น โดยจะมีผลแปรผกผันกับปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ซึ่งปริมาณของแข็งที่แขวนลอยอยู่ในน้ำไม่เกิน 25 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นน้ำที่เหมาะสมแก่การดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ (ไมตรี, 2530)

ของแข็งรวมที่ละลายน้ำ (total dissolved solid)

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำอาจเป็นได้ทั้งสารอินทรีย์ เช่น สารฆ่าแมลงศัตรูพืชและสัตว์ และสารอนินทรีย์ เช่น คาร์บอเนต ไบคาร์บอเนต คลอไรด์ ซัลเฟต โซเดียม แมกนีเซียม เป็นต้น ได้อินทรีย์สารที่ละลายอยู่ในน้ำมักจะแตกตัวเป็นไอออนที่มีประจุไฟฟ้า ทำให้เกิดการนำไฟฟ้าขึ้น ซึ่งก่อให้เกิดปฏิกิริยาเคมีต่างๆในแหล่งน้ำ ดังนั้นถ้าของแข็งรวมที่ละลายในน้ำมีค่าสูงค่าการนำไฟฟ้าก็จะสูงด้วย อย่างไรก็ตามสารประกอบบางชนิดที่ละลายอยู่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำได้ ซึ่งปริมาณของของแข็งที่ละลายน้ำโดยทั่วไปไม่ควรเกิน 500 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (มิ่งขวัญ, 2543)

ความเข้มแสง (light intensity)

ความเข้มแสงมีผลต่ออุณหภูมิของน้ำ เนื่องจากเมื่อแสงส่องผ่านลงไปในน้ำจะมีการเปลี่ยนแปลงพลังงาน แสงเป็นพลังงานความร้อนมีผลทำให้อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น (ชนิสรา, 2549) และยังมีผลต่อปริมาณออกซิเจนในน้ำเนื่องจากแสงมีผลต่อการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืชและพืชน้ำ

2.3.2 ปัจจัยทางเคมี

ความเป็นกรดด่าง (pH)

ความเป็นกรดด่างเป็นปัจจัยทางเคมีที่สำคัญมากของน้ำ เนื่องจากมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการต่างๆในแหล่งน้ำ เกิดจากสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ที่อยู่ในแหล่งน้ำแตกตัวให้ไอออน ซึ่งมีความสามารถในการนำกระแสไฟฟ้า ความเป็นกรดด่างของน้ำมีค่าอยู่ใน ช่วง 0 ถึง

14 น้ำที่เป็นกลางถือว่ามีความเป็นกรดต่างเท่ากับ 7 น้ำที่เป็นกรดและด่างถือว่ามีความเป็นกรดต่างน้อยกว่าหรือมากกว่า 7 ตามลำดับ ในแหล่งน้ำตามธรรมชาติมักมีความเป็นกรดต่างอยู่ใกล้ 7 (มันลินและมันรักษ์, 2547) แต่อย่างไรก็ตามค่าความเป็นกรดต่างขึ้นกับอัตราการสังเคราะห์แสงและการแลกเปลี่ยนก๊าซของสิ่งมีชีวิตในน้ำอีกด้วย โดยในช่วงที่มีอัตราการสังเคราะห์แสงสูง ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายในน้ำจะลดลง แต่ปริมาณออกซิเจนในน้ำจะเพิ่มขึ้นทำให้ความเป็นกรดต่างของน้ำสูงขึ้น ตรงกันข้ามถ้าอัตราการสังเคราะห์แสงต่ำจะทำให้มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำมากและมีค่าความเป็นกรดต่างต่ำลง โดยทั่วไปน้ำธรรมชาติมีความเป็นกรดต่างระหว่าง 6-9 ค่าความเป็นกรดต่างในช่วงกลางวัน-กลางคืน จะมีค่าเปลี่ยนแปลงเกือบตลอดเวลาโดยความเป็นกรดต่างต่ำสุดในตอนเช้ามืดก่อนดวงอาทิตย์ขึ้น เพราะสิ่งมีชีวิตหายใจแล้วปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาในเวลากลางคืน ซึ่งทำให้น้ำมีกรดคาร์บอนิกมากจึงมีค่าความเป็นกรดต่างต่ำ ส่วนในเวลากลางวันพืชใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในการสังเคราะห์แสง ทำให้ความเป็นกรดต่างมีค่าสูงขึ้นเรื่อยๆ จนสูงสุดในเวลาบ่าย กล่าวโดยสรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดต่างในช่วงกลางวัน-กลางคืนนั้น เนื่องมาจากอัตราการหายใจ (ศิริเพ็ญ, 2543) ค่าความเป็นกรดต่างไม่ได้บอกความเป็นพิษแต่บอกถึงสิ่งปนเปื้อนที่อยู่ในน้ำนั้นมีความเป็นกรดหรือด่าง

ค่าการนำไฟฟ้า (conductivity)

ค่าการนำไฟฟ้าหมายถึงมีสารละลายที่แตกตัวในน้ำแล้วให้อิออนได้มากน้อยเพียงใด โดยความสามารถในการนำไฟฟ้าจะแปรผันตรงกับจำนวนชนิดของอิออนที่อยู่ในแหล่งน้ำ ถ้าค่าการนำไฟฟ้าสูง แสดงว่า มีปริมาณสารที่แตกตัวละลายอยู่ในน้ำมาก เช่น สารเคมีต่างๆ สารละลายกรด-ด่าง และเกลืออนินทรีย์จะแตกตัวละลายน้ำได้ดี ถ้าสารพวกนี้ละลายอยู่ในน้ำมากจะวัดค่าการนำกระแสไฟฟ้าได้สูง ดังนั้นค่าสภาพนำไฟฟ้าจึงมีความสัมพันธ์กับค่าปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solid: TDS) ของน้ำ แต่ความสัมพันธ์นี้ไม่มีค่าตายตัวหรือคงที่ อัตราส่วนระหว่างค่าการนำไฟฟ้าต่อ TDS จะมีค่าสูงสำหรับน้ำที่มีความเป็นด่างสูง หรือความเป็นกรดสูง และมีค่าลดลงสำหรับน้ำที่มีความเป็นกรดต่างอยู่ในช่วงเป็นกลาง (มันลิน, 2545) กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรฯกำหนดให้น้ำเสียที่ระบายลงแหล่งน้ำลำคลองเพื่อการเกษตรจะต้องมีค่าความนำไฟฟ้าไม่เกิน 2,000 ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร (ศูนย์อนามัยสิ่งแวดล้อมเขต 6, 2545)

ความเป็นด่าง (alkalinity)

ค่าความเป็นด่างเป็นการวัดความสามารถของน้ำในการสะเทินกรด ถ้าน้ำ มีสภาพความเป็นด่างสูงแสดงว่ามีอำนาจในการทำให้กรดเป็นกลาง แต่ถ้าน้ำมีสภาพความเป็นด่างที่ต่ำแสดงว่ามีอำนาจน้อยในการทำให้กรดเป็นกลาง แต่อย่างไรก็ตามระดับค่าความเป็นด่างสูงหรือต่ำเกินไปล้วนไม่มีผลดีทั้งคู่ความเป็นด่างเกิดได้จากอิออน 3 ชนิดคือไบคาร์บอเนต (HCO_3^-), คาร์บอเนต (CO_3^{2-})

และไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-) (ศิริเพ็ญ, 2543) ซึ่งเกิดจากการละลายของ CO_2 ในน้ำ โดยปฏิกิริยาขึ้นอยู่กับ pH ด้วย ถ้าค่า pH สูง การแตกตัวให้สารต่างก็จะสูงตามไปด้วย โดยในแหล่งน้ำในธรรมชาติทั่วไปจะมีความเป็นด่างน้อยกว่า 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร (ศิริเพ็ญ, 2543)

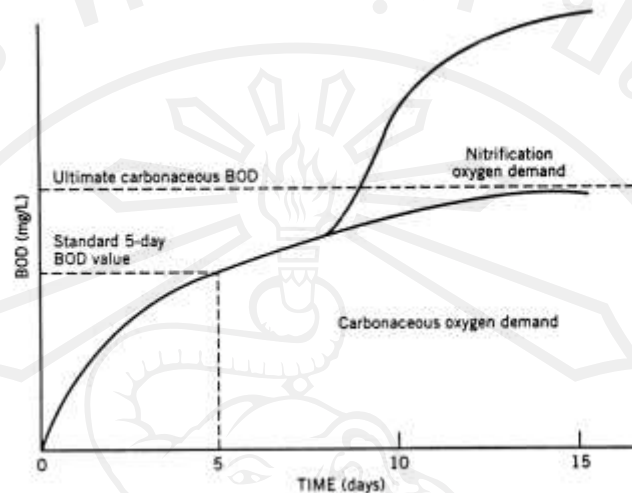
ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (dissolved oxygen: DO)

ก๊าซออกซิเจนเป็นปัจจัยที่จำเป็นต่อกระบวนการทางชีวเคมีในร่างกายของสิ่งมีชีวิต เช่น กระบวนการหายใจ กระบวนการสร้างพลังงาน เป็นต้น สิ่งมีชีวิตทุกชนิดจึงจำเป็นต้องใช้ก๊าซออกซิเจนเพื่อการดำรงชีวิต ออกซิเจนเป็นปัจจัยจำกัดสำหรับสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ โดยสิ่งมีชีวิตในน้ำได้รับออกซิเจนจากการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำและแพลงก์ตอนพืช ซึ่งหนึ่งในผลผลิตจากกระบวนการสังเคราะห์แสง คือก๊าซออกซิเจนอิสระที่ถูกปล่อยออกมา และจากการแพร่ของออกซิเจนจากบรรยากาศลงสู่พื้นน้ำ ออกซิเจนเป็นก๊าซที่ละลายอยู่ในน้ำได้น้อยมากและไม่ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับน้ำ การละลายของออกซิเจนขึ้นอยู่กับความดัน อุณหภูมิและปริมาณของแข็งละลาย รวมทั้ง ลักษณะกายภาพ ทางเคมี และกระบวนการชีวเคมีในสิ่งมีชีวิต (รุ่งนภา, 2549) ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสามารถบ่งชี้ได้ว่าน้ำนั้นมีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำหรือไม่ และเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมการบำบัดน้ำเสียและมลภาวะทางน้ำ (มันสินและมันรักษ์, 2547) ซึ่งโดยทั่วไปความเข้มข้นของค่าออกซิเจนละลายในน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำคือ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร (วัลลิกา, 2542)

ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (biochemical oxygen demand: BOD₅)

เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่สำคัญในการศึกษาระบบนิเวศทางน้ำ โดยบ่งบอกถึงความสกปรกของน้ำว่ามีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำมากน้อยเพียงใด หากน้ำมีค่า BOD₅ สูง ย่อมแสดงว่าน้ำนั้นมีสารอินทรีย์ปนเปื้อนอยู่มาก (รุ่งนภา, 2549) ซึ่งสามารถวัดปริมาณสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำได้โดยการวัดปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์จำพวกที่ใช้ออกซิเจนในการดำรงชีวิตใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์แทนการวัดปริมาณสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำโดยตรง เนื่องจากการวัดปริมาณสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำมีขั้นตอนที่ยุ่งยากกว่า การวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยทั่วไปเป็นการวัดปริมาณออกซิเจนที่ถูกใช้หมดไปในเวลา 5 วัน ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 20 องศาเซลเซียส (ศิริเพ็ญ, 2543) ปัญหาใหญ่ของน้ำเสียมักเกิดจากสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเสีย ทำให้ต้องมีการบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพเกิดขึ้น เนื่องจากสารอินทรีย์มักย่อยสลายได้ทางชีวภาพ จึงมีความต้องการออกซิเจนเพื่อให้จุลินทรีย์ใช้ในการดำรงชีวิต นั่นคือ จุลินทรีย์สลายสารอินทรีย์โดยใช้ออกซิเจนในการหายใจเหมือนกับมนุษย์หรือสัตว์อื่นๆ ปริมาณสารอินทรีย์ที่มีมากเกินไปทำให้ออกซิเจนที่ละลายน้ำในธรรมชาติมีไม่พอเพียง สภาวะขาดอากาศจึงเกิดขึ้น

และมีผลทำให้เกิดการเน่าเหม็นของแหล่งน้ำและการเสียชีวิตของสัตว์น้ำต่างๆ ที่ขาดออกซิเจน (มันสินและมันรักษ์, 2547)



ภาพ 2.5 ปฏิกริยาชีวเคมีที่เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยจุลินทรีย์
(ที่มา: <http://web.deu.edu.tr/atiksu/toprak/bod06.gif>)

ปริมาณสารอาหาร (nutrients)

สารอาหารเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่บ่งบอกถึงการปนเปื้อนของแหล่งน้ำ โดยสารอาหารที่นิยมทำการวิเคราะห์ ได้แก่ ไนเตรต-ไนโตรเจน, แอมโมเนีย-ไนโตรเจน และออร์โธฟอสเฟต ซึ่งเป็นปัจจัยเบื้องต้นที่มีความจำเป็นต่อผู้ผลิตในแหล่งน้ำ

ไนเตรต-ไนโตรเจน (nitrate-nitrogen: NO_3^- -N)

สารประกอบไนโตรเจนที่สำคัญในแหล่งน้ำอย่างหนึ่งก็คือ ไนเตรต (NO_3^-) ซึ่งจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้เป็นแหล่งไนโตรเจนสำหรับการเจริญเติบโตและพืชสามารถนำไปใช้ในการสร้างโปรตีน ไนเตรตเกิดจากการที่สิ่งมีชีวิตปล่อยของเสียซึ่งมีสารประกอบไนโตรเจนออกมาและเมื่อสิ่งมีชีวิตตายลง โปรตีนในสิ่งมีชีวิตจะถูกย่อยสลายเป็นเป็นแอมโมเนียซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ในการสร้างโปรตีนได้ ถ้ามีปริมาณมากเกินไปเกินความต้องการ แอมโมเนียจะถูกออกซิไดซ์โดยแบคทีเรียไปเป็นไนไตรต์และไนเตรตต่อไป นอกจากไนเตรตเข้าสู่แหล่งน้ำจากการเน่าเปื่อยของสิ่งมีชีวิตแล้ว ยังมาจากปุ๋ยที่ใช้เพื่อการเกษตรกรรมและน้ำเสียอีกด้วย ในน้ำผิวดินจะพบไนเตรตในปริมาณน้อย ทั้งนี้อาจขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ (มันสินและมันรักษ์, 2547)

แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (ammonia-nitrogen: NH_3 -N)

เป็นสารที่เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ไนโตรเจนด้วยแบคทีเรียจนกลายเป็นแอมโมเนีย แอมโมเนียไนโตรเจนเป็นสารอาหารที่เป็นตัวควบคุมผลผลิตเบื้องต้นของแหล่งน้ำและเป็นธาตุที่จัดเป็นปัจจัยจำกัด (limiting factor) ในระบบนิเวศแหล่งน้ำสาหร่ายใช้ไนโตรเจนในรูป

สารประกอบของแอมโมเนียม และไนเตรท (ศิริเพ็ญ, 2543) แอมโมเนียในน้ำอาจอยู่ในรูปของแอมโมเนียอิสระ (NH_3) หรือแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) โดยปกติเมื่อน้ำมีความเป็นกรดต่ำเป็นกลางแอมโมเนียจึงอยู่ในรูป NH_4^+ มากกว่า NH_3 แต่ถ้าความเป็นกรดต่ำสูงขึ้น ก๊าซแอมโมเนียจะพบมากขึ้นและ ไอออนจะมีน้อยลง (มันสินและมันรัช, 2547)

ออร์โธฟอสเฟต (ortho-phosphate: O-PO_4^{3-})

ปริมาณฟอสฟอรัสรวม หมายถึงปริมาณของอินทรีย์ฟอสฟอรัส (organic P) รวมกับอนินทรีย์ฟอสฟอรัส (inorganic P) (ศิริเพ็ญ, 2543) ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่พบได้ในสิ่งมีชีวิตทุกชนิด และมักพบในรูปของฟอสเฟต สารประกอบฟอสเฟตเป็นสารอาหารที่จำเป็นของมนุษย์ สัตว์ พืชและจุลินทรีย์ นอกจากนี้ สารฟอสเฟตยังเป็นส่วนประกอบสำคัญในปุ๋ย ผงซักฟอก ยาสีฟัน นมข้นอาหาร เครื่องดื่ม และสารลดความกระด้างของน้ำ ปริมาณฟอสฟอรัสส่วนใหญ่ในน้ำเสียชุมชนเกิดขึ้นจากการใช้ผงซักฟอกในครัวเรือน ความเข้มข้นของฟอสเฟตที่พบในน้ำเสียชุมชนไทยมีค่าอยู่ในช่วง 2-10 มิลลิกรัมต่อลิตร (มันสิน, 2540) ฟอสเฟตพบได้ทั้งในน้ำธรรมชาติและน้ำเสียในรูปแบบต่างๆ เช่น ออร์โธฟอสเฟต คอนเดนซ์ฟอสเฟต (พอลิฟอสเฟตต่างๆ) และสารอินทรีย์ฟอสเฟต ทั้งในรูปสารละลาย สารแขวนลอยในน้ำ ตะกอนดินก้นบ่อ ตลอดจนในตัวสิ่งมีชีวิตต่างๆ การหาปริมาณของฟอสฟอรัส ส่วนมากจะวิเคราะห์ในรูปของออร์โธฟอสเฟต เนื่องจากเป็นสารอาหารที่ผู้ผลิตเบื้องต้นสามารถนำไปใช้ในการดำรงชีวิตได้ เช่น สาหร่าย พืชน้ำ และแพลงก์ตอนพืช (วิไลลักษณ์, 2533) แม้ว่าปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำในน้ำธรรมชาติอาจไม่มากนัก แต่ฟอสฟอรัสก็มีความสำคัญมากเนื่องจากเป็นสารอาหารที่กำหนดปริมาณผลผลิตของสัตว์น้ำ การขาดแคลนฟอสฟอรัสทำให้ผลผลิตต่ำ อีกทั้งฟอสฟอรัสยังทำให้เกิดยูโทรฟิเคชัน (eutrophication) ปรากฏการณ์ที่น้ำในบ่อเกิดสาหร่ายสีเขียวหนาแน่น หากเกิดรุนแรงสาหร่ายสีเขียวจะตายและน้ำจะเกิดเน่าเหม็น ฟอสฟอรัสจะเป็นปัจจัยหลักโดยมีไนโตรเจนเป็นปัจจัยรองที่ก่อให้เกิด แหล่งน้ำที่มีออร์โธฟอสเฟต 0.05-0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือมากกว่าถือว่าเป็นแหล่งน้ำที่มีโอกาสเกิดยูโทรฟิเคชันได้ (eutrophic water) (มันสินและมันรัช, 2547)

2.4 ปัจจัยทางชีวภาพ

การศึกษาระบบนิเวศในแหล่งน้ำควรศึกษาปัจจัยทางชีวภาพร่วมกับปัจจัยทางกายภาพและเคมี เนื่องจากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเพียงทางด้านกายภาพและเคมี มีแนวโน้มว่าจะสะท้อนคุณภาพน้ำเฉพาะขณะที่เก็บน้ำ (Abel, 1989; MaCafferty, 1981; Hellawell, 1986; นฤมลและคณะ, 2542) ขณะที่การศึกษาปัจจัยทางชีวภาพสามารถบ่งบอกถึงผลกระทบในระยะยาวได้ โดยสิ่งมีชีวิตที่นิยมนำมาใช้ประเมินคุณภาพน้ำ ได้แก่ แพลงก์ตอน สาหร่าย พืชน้ำ สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำ

ดิน ปลา เป็นต้น ส่วนในงานวิจัยนี้สนใจใช้แมลงน้ำเป็นดัชนี (indices) ในการประเมินคุณภาพน้ำ เนื่องจากแมลงน้ำเป็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่เคลื่อนที่ได้น้อย มีแนวโน้มอาศัยอยู่ในสถานที่เดียว จึงได้รับผลกระทบโดยตรงจากสภาวะมลพิษของแหล่งน้ำบริเวณนั้นๆ (Abel, 1989; Hellawell, 1986) และยังพบว่ามีควมไวต่อการถูกรบกวนและต้องใช้ระยะเวลาในการฟื้นตัวค่อนข้างนานทำให้สามารถตรวจสอบผลกระทบที่เกิดขึ้นได้แม้เวลาจะผ่านไประยะหนึ่ง (รุ่งนภา, 2549)

แมลงน้ำ (aquatic insect)

จากการศึกษาของนักชีววิทยาและนักนิเวศวิทยาหลายท่านพบว่า ประชากรของสัตว์หน้าดินในแหล่งน้ำจืดส่วนใหญ่ประกอบด้วยแมลงน้ำถึงร้อยละ 70 ส่วนที่เหลืออีกประมาณร้อยละ 30 เป็นพวกหอยฝาเดียว หอยสองฝา และครัสเตเชียนอื่นๆ แมลงน้ำเป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่มีความหลากหลายและจำนวนประชากรมากที่สุดในบรรดาสัตว์ที่มีทั้งหมดบนโลก และพบได้ในทุกสถานที่ (habitat) ที่สิ่งมีชีวิตสามารถอยู่ได้ โดยทั่วไปลำตัวของแมลงน้ำจะมีโครงสร้างภายนอกแข็ง มีรูปร่างที่ยื่นออกมาจากลำตัวเป็นปล้อง เจริญเติบโตด้วยการลอกคราบ สืบพันธุ์โดยการมีเพศแยก ลำตัวของแมลงจะแบนและแบ่งออกเป็นปล้องชัดเจน ลักษณะของแมลงน้ำ แบ่งตามลักษณะภายนอกได้ 3 ส่วน คือ ส่วนหัว (head) เป็นปล้องที่อยู่ด้านหน้าสุด มีตาเดี่ยวทำหน้าที่ในการรับแสง แต่บางชนิดมีตาประกอบที่สามารถรับภาพได้ มีส่วนของปากทำหน้าที่ในการกินอาหาร ส่วนอก (thorax) เป็นส่วนที่อยู่กลางลำตัว ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางการเคลื่อนไหว แบ่งเป็น 3 ปล้อง แต่ละปล้องจะมีขายื่นออกมาด้านข้าง 1 คู่ และส่วนท้อง (abdomen) เป็นส่วนที่อยู่ท้ายสุดของลำตัวแมลง แบ่งเป็น 8-11 ปล้อง ท้องเป็นศูนย์กลางในการย่อยอาหาร การขับถ่าย การหายใจ และการสืบพันธุ์ (พิทักษ์, 2553 อ้างถึง ชิตชล, 2549)

แมลงน้ำ (aquatic insect) เป็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่มีอยู่ในปริมาณมาก และเป็นส่วนสำคัญในห่วงโซ่อาหารทำหน้าที่เป็นผู้บริโภคอันดับแรก (primary consumer) ของระบบนิเวศแหล่งน้ำเช่น ตัวอ่อนของแมลงหนอนปลอกน้ำ (caddisfly) และตัวอ่อนของริ้น (chironomid) กินแพลงก์ตอนพืชเป็นอาหาร หรืออาจเป็นผู้บริโภคอันดับที่สอง (secondary consumer) เช่น ตัวอ่อนของแมลงปอ (dragonfly nymph) กินตัวอ่อนของแมลงหนอนปลอกน้ำ หรือเป็นผู้บริโภคอันดับสาม (tertiary consumer) เช่น ค้างคาวจะกินตัวอ่อนของแมลงปอ เป็นต้น นอกจากนี้แมลงน้ำยังเป็นอาหารของปลาและสัตว์เลื้อยคลานต่างๆ และยังสามารถใช้เป็นดัชนีบอกคุณสมบัติทางนิเวศวิทยาของแหล่งน้ำได้ด้วย (ภูษณี, 2523 อ้างถึง Ross, 1959) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแหล่งน้ำไหล ซึ่งนิยมนำมาเป็นข้อมูลร่วมในการประเมินคุณภาพแหล่งน้ำ โดยอาศัยหลักการที่ว่ากลุ่มสิ่งมีชีวิตเหล่านี้จะเปลี่ยนแปลงไปเมื่อคุณภาพของสิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไป แมลงน้ำเป็นสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำหรือมีช่วงหนึ่งของชีวิตอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ ส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในระยะตัวอ่อนและดักแด้ โดยปกติสามารถ

เคลื่อนที่ได้น้อยและหลายชนิดมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมมาก ดังนั้นชนิดและจำนวนของแมลงน้ำ สามารถสะท้อนการเปลี่ยนแปลงก่อนหน้าหรือระยะยาวของคุณภาพน้ำได้ ซึ่งแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตกับคุณภาพน้ำบริเวณนั้น ๆ

การใช้แมลงน้ำในการประเมินสิ่งแวดล้อมทางน้ำได้มีการพัฒนาในช่วงต้นของศตวรรษที่ 20 ในประเทศกลุ่มยุโรป ปัจจุบันมีการพัฒนาดัชนี (indices) โดยใช้กลุ่มสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ หรือแมลงน้ำเป็นตัวประเมินคุณภาพแหล่งน้ำ ซึ่งเป็นดัชนีทางชีวภาพใช้นับความไวหรือความทนทานของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด หรือแต่ละกลุ่มที่มีต่อมลภาวะ และให้คะแนนสิ่งมีชีวิตเหล่านั้น ซึ่งได้ผลรวมเป็นเครื่องบ่งชี้มลภาวะของแต่ละจุดศึกษาข้อมูลที่ใช้อาจเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพหรือเชิงปริมาณ ในการประเมินคุณภาพแหล่งน้ำ (Mason, 1996) เช่น Biological Monitoring Working Party (BMWP) Score, Average Score Per Taxon (ASPT)

BMWP เป็นดัชนีที่เริ่มใช้ในประเทศอังกฤษ โดย National Water Council ในปี ค.ศ. 1981 โดยการจำแนกตัวอย่างในระดับวงศ์แล้วให้คะแนนตั้งแต่ 1 ถึง 10 คะแนน แล้วหาคะแนนรวมของแต่ละจุดที่ศึกษาได้เป็นค่า BMWP Score และนำมาหาค่า ASPT โดยการนำค่า BMWP Score ของแต่ละจุดที่ศึกษาหารด้วยจำนวนวงศ์ทั้งหมดที่พบในจุดศึกษานั้นๆ ที่ใช้เป็นอินดิเคเตอร์ ซึ่งค่า ASPT จะมีค่าไม่เกิน 10 โดยค่า ASPT ที่ได้จาก BMWP Score เป็นวิธีการทางชีววิทยาที่ค่อนข้างเหมาะสมในการตรวจสอบสิ่งแวดล้อม เป็นดัชนีที่มีประโยชน์ใช้ได้ง่าย สามารถประยุกต์ใช้ได้กับแหล่งน้ำและสภาพภูมิศาสตร์ได้ดีกว่าดัชนีอื่นๆ (Abel, 1989)

หลังจากนั้นได้มีการปรับปรุงค่า BMWP Score ขึ้นมาใหม่เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมทางภูมิศาสตร์ของแต่ละแห่ง เช่น เขตร้อน มีดัชนีของอินเดียที่ได้รับการปรับปรุงโดย Zwart *et al.* (1995) การให้คะแนนสิ่งมีชีวิตแต่ละวงศ์ขึ้นอยู่กับการปรับตัวของสัตว์ในการรับออกซิเจนที่แตกต่างกัน สัตว์ที่อยู่ได้ในที่ปริมาณออกซิเจนต่ำ มีความทนทานต่อมลพิษได้สูงจะมีคะแนนต่ำ เช่น Chironomidae และ Oligochaeta (Mustow, 2002) อีกดัชนีที่นิยมใช้ในการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพคือ EPT taxa richness ซึ่งเป็นการใช้กลุ่มแมลงใน 3 อันดับ ได้แก่ อันดับแมลงชีปะขาว (Ephemeroptera) อันดับแมลงเกาะหิน (Plecoptera) และอันดับแมลงหนอนปลอกน้ำ (Trichoptera) โดยอาศัยหลักการที่ว่าแมลงน้ำทั้ง 3 อันดับนี้มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมมากกว่ากลุ่มอื่นๆ (รุ่งนภา, 2549) แต่ในประเทศไทยแมลงน้ำในอันดับแมลงเกาะหิน นั้นค่อนข้างมีน้อย ดังนั้นการศึกษาในบางพื้นที่จึงได้มีการปรับเป็น ET (Sangpradub *et al.*, 1996) เพื่อสะดวกในการประเมินคุณภาพน้ำมากยิ่งขึ้น ส่วนการประเมินคุณภาพน้ำด้วยการใช้ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพของ Shannon-Wiener Index นั้นเพิ่งได้มีการประยุกต์ในปี 2002 โดย

Department of Environmental Service (2002) ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระดับ หากค่าคะแนนต่ำกว่า 1 คุณภาพน้ำจัดอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างเสีย หากมากกว่า 3 คุณภาพน้ำจัดอยู่ในเกณฑ์ดี

มีการใช้สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่เพื่อเป็นดัชนีในการประเมินคุณภาพน้ำนั้นมีหลายงานวิจัย เช่น ยูพิน (2537) ได้ศึกษาการใช้สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในการแบ่งชั้นคุณภาพน้ำ และลำธารบนดอยอินทนนท์ และแม่น้ำปิงโดย Biotic index และ Saprobic Index เป็นระยะเวลา 1 ปี พบว่าน้ำที่วัดได้ทั้ง 3 ฤดูกาล มีคุณภาพที่ใกล้เคียงกัน คุณภาพบริเวณต้นลำธารดีกว่าน้ำในช่วงล่าง และค่า Biotic index ในฤดูฝนต่ำกว่าฤดูร้อนและฤดูหนาว ส่วนค่า Saprobic Index ในฤดูฝนสูงกว่าฤดูร้อนและฤดูหนาว ตามลำดับ การกระจายของกลุ่มสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่โดยเฉลี่ยในฤดูร้อนมากกว่าในฤดูหนาวและฤดูฝนตามลำดับ ส่วนในงานวิจัยของรุ่งนภา (2549) ได้ศึกษาการใช้สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ประเภทพื้นท้องน้ำเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำทางชีวภาพของแม่น้ำปิง เพื่อประเมินคุณภาพน้ำในแม่น้ำปิง ระหว่างปี 2547-2548 โดยเปรียบเทียบดัชนีทางชีวภาพ 4 แบบ คือ ASPTth, HBI, EPT ratio และดัชนีความหลากหลาย Shannon-Wiener พบว่า ASPTth เหมาะสมในการประเมินคุณภาพน้ำในแม่น้ำปิงมากที่สุด เนื่องจากมีความสัมพันธ์กับ ฟอสเฟตฟอสฟอรัส ไนเตรตไนโตรเจน ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการสลายสารอินทรีย์ ฟีคอลลีโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และค่าการนำไฟฟ้า ซึ่งตัวแปรเหล่านี้สามารถบ่งบอกถึงการปนเปื้อนในแหล่งน้ำได้ ขณะที่ Chiangthong (2005) ได้ศึกษาการใช้แมลงน้ำเป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำทางชีวภาพในกลุ่มน้ำแม่คำ ในอำเภอแม่จันท์ และอำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย ได้เปรียบเทียบดัชนีแบบต่างๆ คือ ASPT index, HBI index, EPT ratio และ Diversity Index พบว่าดัชนีที่เหมาะสมกับการใช้ประเมินคุณภาพน้ำในกลุ่มแม่น้ำแม่คำคือ BMWP score ร่วมกับ ASPT index นอกจากนี้ในต่างประเทศยังมีการใช้ดัชนีทางชีวภาพเพื่อประเมินผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมต่อคุณภาพน้ำ ดังเช่นในงานวิจัยของ Loch และคณะ (1996) ได้ทำการศึกษาการศึกษาผลกระทบของฟาร์มปลาเทราต์ที่มีอิทธิพลต่อความหลากหลายของชนิดของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่พื้นท้องน้ำเพื่อประเมินคุณภาพน้ำในลำธาร และแม่น้ำบริเวณทางตะวันออกของ North Carolina โดยใช้ดัชนี Ephemeroptera, Plecoptera และ Trichoptera (EPT) taxa richness วัดระหว่างปี ค.ศ. 1990-1991 พบว่าค่าความหลากหลายชนิดในบริเวณจุดท้ายฟาร์มปลาเทราต์มีค่าต่ำกว่าจุดเหนือฟาร์มปลาเทราต์ ซึ่งบ่งบอกได้ว่าคุณภาพของน้ำลดลง ซึ่งความแตกต่างของความหลากหลายชนิดมีค่ามากสุดในเดือน มิ.ย., ส.ค., และ ต.ค. ซึ่งเป็นช่วงที่มีน้ำน้อยและอุณหภูมิสูง และพบสัตว์ที่มีความทนทานต่อมลภาวะสูงเช่น วงศ์ Chironomidae, วงศ์ Simuliidae, วงศ์ Oligochaeta และ สกุล *Pisidium* โดยพบทุกครั้งที่การเก็บตัวอย่างในบริเวณจุดปล่อยน้ำซึ่งค่าความหลากหลายชนิดจะมีค่าสูงขึ้นในบริเวณ 1.5 กม. จากจุดปล่อยน้ำ อย่างไรก็ตาม

ค่าความหลากหลายจะมีค่าต่ำกว่าจุดที่อยู่เหนือฟาร์มปลาเทราต์ ซึ่งสามารถชี้วัดได้ว่าคุณภาพน้ำจะฟื้นฟูขึ้นแต่ยังไม่ฟื้นฟูสภาพเต็มที่ โดยพวก แมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae เป็นสัตว์พวกเก็บกิน (collectors) จะพบทั้งสอง บริเวณท้ายน้ำ ซึ่งจุดที่มีการปล่อยน้ำจากฟาร์มปลาเทราต์จะมีของแข็งอินทรีย์ โดยพบราน้ำ (sewage fungus) บริเวณจุดปล่อยน้ำจากฟาร์มปลาเทราต์ซึ่งเป็นการเพิ่มสารอินทรีย์ในสภาพไร้ออกซิเจน ในบริเวณที่อยู่ของสัตว์หน้าดินโดยสิ่งที่แสดงให้เห็นอย่างแรกคือ การลดลงของดัชนีความหลากหลายชนิด EPT ผลการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปประเมินลุ่มน้ำที่จะรองรับประชากรปลาต่อไป และงานวิจัยของ Camargo และ Gonzalo (2007) ซึ่งศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพเคมี และชีวภาพ ของท้ายน้ำจากทางระบายน้ำของฟาร์มปลาเทราต์ โดยทำการสำรวจแบบลุ่มเปรียบเทียบในปี ค.ศ. 1986 กับ 2006 โดยการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นมีสาเหตุจากฟาร์มปลาเทราต์ซึ่งมีอิทธิพลต่อแม่น้ำ Tajuna ในประเทศสเปน ในการสำรวจทั้งสองครั้ง พบว่าปริมาณความเข้มข้นของสารอาหาร เช่น แอมโมเนีย ไนโตรเจน ฟอสเฟต ในบริเวณท้ายน้ำจากฟาร์มปลาเทราต์มีค่าสูงขึ้น ในขณะที่ความเข้มข้นของออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ลดลง และยังพบสัตว์ไม่กระดูกสันหลังหน้าดินชนิด Gammaridae, Heptageniidae, Elmidae, Perlidae, Ancyliidae, Hydrobiidae, Glossosomatidae และ Sericostomatidae มีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญในบริเวณท้ายน้ำที่มีการระบายน้ำออกจากฟาร์มปลาเทราต์และในทางตรงกันข้ามพบชนิด Tubificidae, Erpobdellidae, Glossiphoniidae, Planorbidae, Sphaeriidae และ Chironomidae เพิ่มขึ้น และคุณภาพน้ำในเชิงนิเวศถูกประเมินโดยดัชนีชีวภาพ เช่น ASPT, ASPT', a-BMWQ โดยสัตว์ในกลุ่ม shredders และ scrapers จะได้รับผลกระทบอย่างมาก ขณะที่สัตว์ในกลุ่ม collectors ยังสามารถพบได้ตามปกติ หลังจากที่มีการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำของฟาร์มปลาเทราต์เป็นระยะเวลากว่า 20 ปีนั้นยังไม่มี ความเพียงพอต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับลำน้ำได้ และจากการศึกษาผลกระทบของฟาร์มเลี้ยงปลาเรนโบว์เทราต์ในงานวิจัยของ Alabaster (1982) และ Jones (1990) พบว่า ของเสียที่ออกจากฟาร์มเลี้ยงปลาประกอบด้วย สารปนเปื้อน 3 ชนิดหลักๆ คือ 1) กลุ่มของแบคทีเรีย ไวรัส และพยาธิ ต่างๆ 2) ยาที่ใช้ในการรักษาโรคในสัตว์น้ำ และ ยาที่ใช้ในการควบคุมปริมาณของพยาธิ และ 3) สิ่งตกค้างที่มาจากเศษอาหาร รวมทั้งของเสียที่ปลาขับถ่าย ซึ่งสิ่งปนเปื้อนเหล่านี้ก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพน้ำทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ ซึ่งการเพิ่มขึ้นของสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำอันเนื่องมาจากสิ่งตกค้างที่เกิดจากการเพาะเลี้ยงปลาทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างบทบาทการกินอาหารของแมลงน้ำ โดยมีการเพิ่มจำนวนของแมลงน้ำในกลุ่ม collector เช่น tubificids baetids simuliids และ chironomids ขณะที่ไม่พบแมลงน้ำในกลุ่มของ shredders ในบริเวณท้ายน้ำซึ่งห่างจากฟาร์มปลา 1000 เมตร (Camargo, 1992) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Loch และคณะ (1996) ที่พบว่าในจุดท้ายฟาร์มเพาะเลี้ยงปลา 20 ถึง 50 เมตร มีการลด

จำนวนลงของแมลงในกลุ่ม scrapers ขณะที่แมลงในกลุ่มของ collector มีจำนวนเพิ่มขึ้น ในบริเวณ
ท้ายฟาร์มเพาะเลี้ยงปลา เนื่องจากแมลงในกลุ่ม collector สามารถใช้ประโยชน์จากสารอินทรีย์
ละเอียดที่เกิดจากการเพาะเลี้ยงปลาได้ ส่วนกลุ่มของ shredders และ scrapers ซึ่งมีความทนทานต่อ
ตัวรบกวนต่ำ ถูกคาดว่าจะมีปริมาณลดลงเมื่อมีตัวรบกวนเพิ่มขึ้น