บทที่ 5
อภิปรายผลการศึกษา

5.1 คุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมี

จากลักษณะภูมิประเทศของดอยอินทนนท์ซึ่งเป็นยอดเขาที่สูงที่สุดในประเทศไทย ได้ส่งผลโดยตรงต่อลักษณะภูมิอากาศทำให้บริเวณฟาร์มสาธิตการเลี้ยงสัตว์น้ำเศรษฐกิจ (ปลาเรน-โบว์เทราต์) บนพื้นที่สูงบ้านแม่กลางหลวงมีอุณหภูมิของอากาศต่ำตลอดทั้งปี โดยในการศึกษาครั้งนี้พบอุณหภูมิอากาศระหว่าง 20.5-26.8 °C โดยอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยต่ำสุดที่พบคือ 21.1 °C ในช่วงฤดูร้อนของจุดศึกษา S7 เนื่องจากในเดือนมีนาคม 2554 เกิดฝนตกก่อนวันที่ทำการเก็บตัวอย่างจึงทำให้อุณหภูมิอากาศลดต่ำลง ส่วนอุณหภูมิน้ำต่ำสุด 16.2 °C ในฤดูหนาวของจุดศึกษา S1 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากอุณหภูมิของน้ำมีการเปลี่ยนแปลงช้ากว่าอุณหภูมิอากาศ โดยอุณหภูมิของน้ำเป็นคุณลักษณะทางกายภาพที่มีความสำคัญ เนื่องจากอุณหภูมิน้ำจะส่งผลกระทบโดยตรงต่ออัตราการเจริญเติบโตของพืชน้ำและจุลินทรีย์รวมทั้งสัตว์น้ำชนิดต่างๆ (ไพฑูรย์, 2539) ในส่วนของความเร็วกระแสน้ำพบว่าในฤดูฝนมีค่าความเร็วกระแสน้ำสูงกว่าฤดูกาลอื่นๆ เนื่องจากฝนตกที่ตกลงมาส่งผลให้น้ำมีปริมาณมากขึ้นทำให้กระแสน้ำไหลแรงและเร็ว อีกทั้งพื้นที่ที่ทำการศึกษาเป็นเขตภูเขามีความลาดชันค่อนข้างมาก เมื่อเกิดฝนตกจึงทำให้ความเร็วของกระแสน้ำที่วัดได้ค่อนข้างสูง ซึ่งค่าสูงที่สุดที่วัดได้คือ 0.89 m/s ในจุดศึกษา S4 ส่วนการวัดค่าความเข้มแสงในการศึกษาครั้งนี้เพื่อเป็นการเปรียบเทียบปริมาณของแสงในแต่ละจุดศึกษาซึ่งค่าความเข้มแสงนี้สามารถบอกได้ถึงสภาพของการปกคลุมของเมฆบนฟ้ารวมถึงลักษณะจุดเก็บที่มีการบดบังร่มเงาจากเรือนยอดของทรงพุ่มต้นไม้ได้อีกด้วย เช่นในจุดศึกษา S2 และ S3 มักพบค่าความเข้มแสงสูงกว่าในจุดอื่นๆ เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่เปิดโล่งไม่มีไม้ใหญ่ขึ้นปกคลุมซึ่งตรงข้ามกับจุดศึกษา S5 ที่พบค่าความเข้มแสงต่ำที่สุด เนื่องจากว่าบริเวณดังกล่าวมีการขึ้นปกคลุมของเรือนยอดต้นไม้ใหญ่อย่างหนาทึบ

สำหรับค่าความเป็นกรด-ด่างในการศึกษาครั้งนี้มีค่าอยู่ระหว่าง 6.48-7.44 หากเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดซึ่งกำหนดไว้ที่ 6.5-8.5 (กรมควบคุมมลพิษ, 2551) ซึ่งค่าที่ได้นี้มีค่าต่ำกว่าค่าที่กำหนดเพียงเล็กน้อยเท่านั้นโดยจุดศึกษา S2 วัดค่าเฉลี่ยได้ 7.34 ส่วนจุดศึกษา S3 วัดค่าเฉลี่ยได้ 7.25 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Tekinay และคณะ (2009) พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างนั้นมีค่าลดลงโดยค่าที่วัดได้ก่อนเข้าฟาร์มมีค่า 8.33

และเมื่อน้ำระบายออกจากฟาร์มมีค่า 7.91 แต่ผลที่ได้แตกต่างจากการศึกษาของ Pulatsu และคณะ (2004) ที่พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำที่ระบายจากฟาร์มเลี้ยงปลามีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 7.76 เป็น 7.89 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ส่วนค่าการนำไฟฟ้าเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถของน้ำในการนำกระแสไฟฟ้า โดยมักขึ้นอยู่กับชนิดของสารที่มีประจุและความเข้มข้นของสารมีประจุแต่ละชนิดซึ่งส่วนมากจะเกิดจากสารประกอบอนินทรีย์มากกว่าสารประกอบอินทรีย์ (ไพฑูรย์, 2539) จากการศึกษานี้พบค่าการนำไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 21-84 µS/cm โดยเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดซึ่งกำหนดไว้ที่ 750 µS/cm (0.75 dS/m) (กรมควบคุมมลพิษ, 2551) ซึ่งถือว่าค่าที่ได้มีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนด โดยจุดศึกษา S1 พบค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 23 µS/cm และเนื่องจากจุดนี้เป็นจุดอ้างอิงได้รับการรบกวนจากมนุษย์น้อยกว่าจุดอื่นๆ มาก นอกจากนี้ค่าการนำไฟฟ้ายังมีความสัมพันธ์กับค่าปริมาณของแข็งรวมที่ละลายน้ำ (TDS) (มั่นสินและมั่นรักษ์, 2547) ซึ่งมีความสอดคล้องกับผลการศึกษาที่พบว่าค่าทั้ง 2 มีการผันแปรตามกันอย่างชัดเจน และในส่วนของค่าความขุ่นและค่าของแข็งแขวนลอย (SS) ทั้ง 2 ปัจจัยนี้มีการผันแปรตามกันด้วยเช่นกัน ซึ่งค่าความขุ่นเกิดจากการที่ในน้ำมีสารที่ไม่ละลายน้ำขนาดเล็กแขวนลอยซึ่งเป็นไปได้ทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ เช่น ดิน ทรายละเอียด แพลงค์ตอน สารอินทรีย์ขนาดเล็กหรือจุลินทรีย์ เป็นต้น (ไพฑูรย์, 2539) โดยพบว่าในฤดูหนาวค่าทั้ง 2 มีค่าต่ำกว่าฤดูกาลอื่นๆ เนื่องจากในฤดูหนาวของช่วงระยะเวลาที่เก็บตัวอย่างไม่มีฝนตก แต่ในฤดูฝนและฤดูร้อนก่อนการเก็บตัวอย่างเกิดฝนตกในพื้นที่จึงทำให้ทั้ง 2 ฤดูมีค่าความขุ่นและค่าของแข็งแขวนลอยสูงเนื่องจากการชะล้างของหน้าดินทำให้ดินตะกอน ทราย และโคลนไหลมาพร้อมกระแสน้ำทำให้น้ำมีค่าของปัจจัยทั้ง 2 เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน นอกจากนี้ในส่วนของจุดศึกษา S3 ในฤดูร้อนที่พบว่าค่าปัจจัยทั้ง 2 มีค่าสูงสุดนั้นอาจเป็นไปได้ว่าเป็นช่วงเวลาของการทำความสะอาดและเก็บเกี่ยวผลผลิตของฟาร์ม ซึ่งสอดคล้องกับ Pulatsu และคณะ (2004) พบปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดมีค่าสูงที่สุดในเดือนกรกฎาคม คือ 2.46 mg/L ซึ่งเป็นปริมาณที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยอาจมีสาเหตุมาจากการทำความสะอาดหรือเก็บเกี่ยวผลผลิตจากฟาร์มปลา ซึ่งกิจกรรมทั้งสองนี้มักจะนำไปสู่การเพิ่มปริมาณมลสารต่อลำน้ำได้ (Midlen และ Redding,1998; Dumas และ Bregheim, 2001) ส่วนค่าความเป็นด่างของน้ำพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาลโดยในฤดูฝนพบว่ามีค่าต่ำกว่าฤดูกาลอื่นๆ โดยค่าความเป็นด่างเป็นปัจจัยที่บอกให้ทราบถึงปริมาณเกลือแคลเซียมซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปของเกลือคาร์บอเนต ไบคาร์บอเนต และฟอสเฟต (ศิริเพ็ญ, 2543) ซึ่งค่าความเป็นด่างนี้จะเป็นตัวควบคุมไม่ให้น้ำมีการเปลี่ยนแปลงค่าของค่าความเป็นกรด-ด่างอย่างรวดเร็ว โดยในบ่อเลี้ยงปลาไม่ควรมีสภาพด่างน้อย

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

กว่า 20 mg/L as $CaCO_3$ (มั่นสินและมั่นรักษ์, 2547) นอกจากนี้การศึกษาของ Boaventura และคณะ (1997) พบว่าค่าความเป็นด่างมีค่าเพิ่มขึ้นในบริเวณจุดที่มีการระบายน้ำออกจากฟาร์มเลี้ยงปลา

ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำในการศึกษาครั้งนี้มีค่าระหว่าง 6.6-9.8 mg/L ซึ่งปริมาณของออกซิเจนในน้ำนับได้ว่ามีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำอย่างมาก โดยระดับออกซิเจนสำหรับลำน้ำทั่วไปนั้นพบว่า ปลาจะเริ่มตายเมื่อค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำต่ำกว่า 3 mg/L ดังนั้นค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำควรมีอย่างน้อย 5 mg/L ปลาจึงจะมีชีวิตอยู่ได้อย่างปกติ (มั่นสินและมั่นรักษ์, 2547) และจากการศึกษาของ Kirkagac และคณะ (2009) พบว่าในจุดที่มีการระบายน้ำจากฟาร์มปลามีค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำลดลงซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Tekinay และคณะ 2009 พบว่าการลดลงของค่าออกซิเจนละลายน้ำของน้ำที่ระบายจากฟาร์มปลาเป็นผลมาจากการเลี้ยงปลา ซึ่งมีความสอดคล้องกับกับการศึกษาที่ผ่านมาของ Boaventura และคณะ (1997) Pulatsu และคณะ (2004) Camargo และ Gonzalo (2007) และ Camargo และคณะ ปี 2011 แต่จากการศึกษาของ Kazancý และ Dügel (2000) พบว่าค่าออกซิเจนละลายน้ำของลำน้ำ Yuvarlakçay ก่อนน้ำเข้าฟาร์มปลามีค่า 8.77 ส่วนหลังจากการเลี้ยงปลามีค่า 9.50 mg/L ซึ่งความแตกต่างจากการศึกษาของ Tekinay และคณะ (2009) อาจเป็นผลมาจากจำนวนผลผลิตของปลาที่เพิ่มสูงขึ้น ในส่วนของค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD_5) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.3-2.6 mg/L หากเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดซึ่งกำหนดไว้ที่ 20 mg/L (กรมควบคุมมลพิษ, 2551) พบว่าค่าที่ตรวจพบนี้มีค่าน้อยกว่าค่ามาตรฐานอย่างมากซึ่งแหล่งน้ำผิวดินที่สะอาดต้องมี BOD ได้ไม่เกิน 1-2 mg/L หรือต้องไม่ตรวจพบ BOD เลย ถ้าพบว่ามี BOD สูงถึง 3-5 mg/L ในแหล่งน้ำผิวดินก็ถือว่าแหล่งน้ำมีความสกปรกมาก (มั่นสินและมั่นรักษ์, 2547) แต่จากการศึกษาของ Pulatsu และคณะ (2004) พบว่าค่า BOD ที่เพิ่มสูงขึ้นในลำน้ำที่รับน้ำที่ระบายจากฟาร์มปลานั้นเป็นผลมาจากการเพิ่มอัตราการให้อาหารที่สูงขึ้นซึ่งส่งผลโดยตรงต่อปริมาณสารอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีอาหารที่ปลากินเหลือหรือที่สิ่งปลาขับถ่ายออกมาอีกด้วย (Miller และ Semmens, 2002) และจากการศึกษาของ Boaventura และคณะ (1997) พบว่าค่า BOD จะสามารถกลับเข้าสู่ปกติเมื่อระยะทางผ่านจากจุดที่มีการระบายน้ำประมาณ 2-3 กิโลเมตร

ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนมีค่าอยู่ระหว่าง 0.7-1.9 mg/L โดยในจุดศึกษา S1 พบว่ามีค่าเฉลี่ย 0.9 mg/L ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำกว่าจุดศึกษาอื่นๆ ซึ่งค่าไนเตรท-ไนโตรเจนนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล โดยค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินกำหนดไว้ไม่เกิน 5 mg/L (กรมควบคุมมลพิษ, 2551) จากการศึกษาของ Tarkulvichean และคณะ (2010) พบว่าค่าเฉลี่ยของน้ำทิ้งจากฟาร์มเลี้ยงปลาเทราต์ บ้านแม่กลางหลวงมีปริมาณไนโตรเจนรวมมีค่า 0.24 mg-N/L โดยค่าที่ได้นี้มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดคือ 4.0 mg-N/L

(กรมควบคุมมลพิษ, 2551) โดยน้ำเสียนี้สามารถปล่อยสู่ลำน้ำธรรมชาติได้โดยตรง (Tarkulvichean และคณะ, 2010) ส่วนปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนมีค่าอยู่ระหว่าง 0.04-0.35 mg/L ซึ่งพบว่าในจุดศึกษา S3 มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 0.27 mg/L โดยค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดได้กำหนดไว้ไม่เกิน 1.1 mg-N/L แต่ในส่วนค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินกำหนดไว้ไม่เกิน 0.5 mg/L (กรมควบคุมมลพิษ, 2551) โดยการเปลี่ยนแปลงของค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนอาจมีสาเหตุมาจากการปล่อยของสารอาหารผ่านระบบการย่อยอาหารของปลาเทราต์ (Martin, 1976 อ้างโดย Tarkulvichean และคณะ, 2010) และจากการศึกษาของ Bergero พบว่าปลาเรนโบว์เทราต์สามารถปล่อยแอมโมเนีย-ไนโตรเจนได้ 4.3 μg/g/hr เมื่อกินอาหารเข้าไป 1.2% ของน้ำหนักตัว (Tarkulvichean และคณะ, 2010) นอกจากนี้การใช้น้ำทิ้งจากฟาร์มเลี้ยงปลาสำหรับการเพาะปลูกข้าวยังเป็นการเพิ่มประโยชน์เนื่องจากมีการเพิ่มการดูดซึมของสารอาหารให้กับข้าวเพราะแอมโมเนียมไอออน เป็นรูปแบบที่เหมาะสมของไนโตรเจนที่พืชสามารถนำไปใช้ได้อย่างรวดเร็ว (Martin และคณะ, 1976 อ้างโดย Tarkulvichean และคณะ, 2010) นอกจากนี้ปริมาณออร์โธ-ฟอสเฟตที่ตรวจวัดได้ในการศึกษาครั้งนี้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.21-0.65 mg/L โดยจุดศึกษา S3 พบว่ามีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ 0.50 mg/L แต่ค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดได้กำหนดไว้ในรูปของฟอสฟอรัสรวมไม่เกิน 0.5 mg-P/L (กรมควบคุมมลพิษ, 2551)

จากการผลการศึกษาปัจจัยทางกายภาพ-เคมีในครั้งนี้ พบว่าปัจจัยต่างๆ ที่ได้ทำการตรวจวัดมีการเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล ซึ่งมีความสอดคล้องกับการศึกษาของ วีระและคณะ (2537) ที่พบว่าคุณภาพน้ำในแต่ละบริเวณของลำน้ำแม่กลางมีความแตกต่างกันบ้างขึ้นอยู่กับปัจจัยบางประการ ได้แก่ ฤดูกาล การใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำ และระดับความสูงของพื้นที่ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการถ่ายเทปริมาณน้ำในลำน้ำแต่ละช่วง นอกจากนี้แล้วในการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าน้ำที่ผ่านกระบวนการเลี้ยงปลามักมีค่าความเป็นด่าง ค่าความกระด้าง ค่า BOD_5 ค่าแอมโมเนียม-ไนโตรเจน ค่าฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ค่าของแข็งแขวนลอย และแบคทีเรียในน้ำมีปริมาณเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าออกซิเจนละลายน้ำมีค่าลดลง ส่วนค่าไนเตรทไม่มีการเปลี่ยนแปลง (Boaventura และคณะ, 1997) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Camargo และ Gonzalo (2007) พบว่าจุดที่ได้รับน้ำที่ระบายจากฟาร์มเลี้ยงปลาเทราต์มีค่าออกซิเจนละลายน้ำ ค่าไนเตรท ค่าแอมโมเนีย และค่าฟอสเฟตแตกต่างจากจุดอ้างอิง โดยที่ความเข้มข้นของออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าลดลง ส่วนค่าปริมาณสารอาหารอนินทรีย์มีค่าเพิ่มขึ้น และยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Kirkagac และคณะ (2009) พบว่าในจุดที่มีการระบายน้ำจากฟาร์มปลามีค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำลดลงทั้งๆ ที่พบสารอินทรีย์ในปริมาณสูงจากของเสียที่ปลาขับออกมากและอาหารที่ให้ปลา ซึ่งทำให้เกิดการสะสมในตะกอนทำให้คุณสมบัติทางเคมีของตะกอนมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ซึ่งการเพิ่มขึ้น

ของปริมาณสารอาหารอนินทรีย์และปริมาณของแข็งแขวนลอยในรูปของค่าความขุ่น และการลดลงของระดับออกซิเจนละลายน้ำ รวมถึงการเกิดของแข็งแขวนลอยบริเวณพื้นท้องน้ำโดย ทั้งหมดนี้เป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ-เคมีที่มักเกิดในลำน้ำและแม่น้ำที่รับน้ำที่ระบายออกมาจากฟาร์มเลี้ยงปลาเทราต์ (Jones, 1990; Camargo, 1992, 1994; Boaventura และคณะ, 1997; Selong และ Helfrich, 1998; Bartoli และคณะ, 2007; Simoes และคณะ, 2008; Ruiz-Zarzuela และคณะ, 2009) แต่จากการศึกษาพบว่าการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ-เคมีมักเกิดขึ้นอย่างชัดเจนในบริเวณที่ใกล้กับจุดที่มีการระบายจากฟาร์มปลา และน้ำจะมีแนวโน้มไปในทางที่ดีขึ้นเมื่อระยะทางห่างจากฟาร์มเพิ่มมากยิ่งขึ้นซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Boaventura และคณะ (1997) ด้วยเช่นกันโดยพบว่าน้ำในลำน้ำมีความสามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมได้โดยการลดระดับของค่า BOD_5 ซึ่งค่า BOD_5 ของน้ำในแม่น้ำที่ระยะ 2 และ 3 กิโลเมตรจากจุดที่มีการระบายน้ำออกจากฟาร์มนั้นสามารถกลับคืนสู่ระดับที่ใกล้เคียงกับคุณภาพน้ำก่อนเข้าสู่ฟาร์มได้ และการศึกษาของ Camargo และคณะ (2011) ยังพบอีกว่าค่าออกซิเจนละลายน้ำ และปริมาณไนเตรทกับไนไตรท์มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะทางห่างจากฟาร์มมากขึ้น ในขณะที่ค่าความขุ่น และปริมาณแอมโมเนียมและฟอสเฟตมีแนวโน้มลดลง แต่อย่างไรก็ตามจากการศึกษาของ Tarkulvichean และคณะ (2010) พบอีกว่าผลผลิตของข้าวระหว่างแปลงที่ใช้น้ำจากฟาร์มเลี้ยงปลากับแปลงที่ใช้น้ำจากแหล่งอื่นให้ผลแตกต่างกันเล็กน้อย โดยน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงปลาให้สารอาหารที่เป็นประโยชน์สำหรับข้าว ซึ่งนำไปสู่การเพิ่มผลผลิตและลดค่าใช้จ่ายค่าปุ๋ยอีกด้วย ซึ่งการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของผลผลิตยังต้องคำนึงถึง ปริมาณสารอาหารในดิน วัชพืชในนาข้าว ปริมาณปุ๋ยธรรมชาติจากวัว โรคพืชและแมลงศัตรูพืช ปัญหาดินแข็งจากการใช้ปุ๋ยเคมีที่มากเกินไป การสูญเสียเมล็ดข้าวระหว่างการเก็บเกี่ยว ฯลฯ

5.2 คุณภาพน้ำทางชีวภาพ

จากการเก็บตัวอย่างแมลงน้ำในแม่น้ำแม่กลางใน 5 จุดศึกษา พบแมลงน้ำทั้งหมด จำนวน 10 อันดับ 79 วงศ์ 174 ชนิด (morphotaxa) รวมทั้งสิ้นจำนวน 20,131 ตัว อันดับที่พบจำนวนตัวมากที่สุดคือ อันดับแมลงชีปะขาว (Ephemeroptera) รองลงมาได้แก่ อันดับแมลงสองปีก (Diptera) โดยทั้ง 2 อันดับนี้พบได้ทุกจุดศึกษาและทุกครั้งของการเก็บตัวอย่าง ส่วนอันดับที่พบจำนวนชนิดมากที่สุด คือ อันดับแมลงหนอนปลอกน้ำ (Trichoptera) รองลงมาได้แก่ อันดับแมลงปีกแข็ง (Coleoptera) โดยฤดูฝนมักพบแมลงน้ำน้อยกว่าฤดูกาลอื่นอย่างชัดเจนอาจเป็นเหตุมาจากเมื่อเกิดฝนตกมีการเพิ่มมวลของน้ำและความเร็วกระแสน้ำจึงทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของลักษณะพื้นท้องน้ำ เช่น การพัดพาของตะกอนดิน ทำให้สิ่งมีชีวิตอาจถูกพัดพาไปตามกระแสน้ำได้ นอกจากนี้จุดศึกษา S7 เป็นจุดที่พบจำนวนตัวของแมลงน้ำสูงที่สุด โดยจุดนี้เป็นจุดที่มีความ

หลากหลายของลักษณะพื้นท้องน้ำมากกว่าจุดอื่นๆ จึงพบแมลงในอันดับแมลงหนอนปลอกน้ำ (Trichoptera) แมลงชีปะขาว (Ephemeroptera) และแมลงสองปีก (Diptera) เป็นจำนวนมาก ซึ่งมีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Zivic และคณะ (2009) พบว่าการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างชุมชีพสัตว์สัตว์พื้นท้องน้ำในบริเวณที่ห่างจากจุดมีการระบายน้ำจากฟาร์มปลา 20 เมตร มีการเพิ่มขึ้นของจำนวนตัวของสิ่งมีชีวิตในวงศ์ Baetidae และ Chironomidae และมีการลดลงของจำนวนตัวในอันดับ Plecoptera และจุดศึกษาอื่นที่ตั้งอยู่บริเวณท้ายฟาร์มยังพบอันดับตัวอ่อนแมลงชีปะขาวเป็นชนิดเด่นอีกเช่นกันจึงทำให้ทราบได้ว่าตัวอ่อนแมลงน้ำในวงศ์ Baetidae อันดับ Ephemeroptera มีความทนทานต่อมลพิษในระดับปานกลางและทนทานต่อความขุ่นของน้ำ (Hilsenhoff, 1988) และการเพิ่มขึ้นของจำนวนวงศ์ Baetidae มักถูกพบได้ในบริเวณท้ายน้ำของฟาร์มปลาอื่นๆ ด้วยเช่นกัน (Adamek และ Sukop, 1996; Camargo, 1992; Loch และคณะ, 1996) ซึ่งผลการศึกษาที่ได้ยังเป็นไปในทิศทางเดียวกับ Camargo และ Gonzalo (2007) พบว่าแมลงน้ำในวงศ์ Chironomidae มีการเพิ่มจำนวนขึ้นในบริเวณที่มีการระบายน้ำจากฟาร์มปลา ส่วนแมลงน้ำในวงศ์ Baetidae Hydropsychidae Hydroptilidae และ Simuliidae มีจำนวนเพิ่มขึ้นในบริเวณที่ห่างจากจุดที่มีการระบายน้ำจากฟาร์มปลาประมาณ 1000 เมตร แต่ไม่พบในจุดที่มีการระบายน้ำจากฟาร์มปลาเลย ส่วนแมลงน้ำในวงศ์ Sialidae Empididae และ Ceratopogonidae พบเฉพาะบริเวณที่มีการระบายน้ำจากฟาร์มเท่านั้น

จากค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพของ Shannon-Weaver (H') ในจุดศึกษา S1 พบว่ามีความหลากหลายทางชีวภาพสูงที่สุดและสูงกว่าจุดอื่นๆ อย่างชัดเจน เนื่องจากจุดๆ นี้เป็นจุดที่ถูกรบกวนจากมนุษย์น้อยมาก และลักษณะถิ่นที่อยู่อาศัยมีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของแมลงน้ำประกอบกับคุณสมบัติของน้ำทางเคมี-กายภาพที่แสดงให้เห็นว่าน้ำบริเวณดังกล่าวมีคุณภาพน้ำดีกว่าจุดศึกษาอื่นๆ ส่วนค่าดัชนีการกระจายตัวในจุดศึกษา S1 พบว่าเป็นค่าที่สูงกว่าจุดศึกษาอื่นๆ เช่นกัน ดังนั้นในจุดศึกษา S1 นอกจากพบความหลากหลายของแมลงน้ำสูงแล้วยังพบอีกว่ามีการกระจายอย่างสม่ำเสมออีกด้วย ส่วนจุดศึกษา S5 ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพต่ำกว่าจุดอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Camargo และ Gonzalo (2007) โดยค่าดัชนีชีวภาพแสดงให้เห็นว่าคุณภาพน้ำในเชิงนิเวศได้ลดต่ำลงในจุดที่มีการระบายน้ำจากฟาร์มปลา ส่วนการศึกษาของ Kirkagac และคณะ (2009) พบว่าค่าดัชนีความหลากลายทางชีวภาพของ Shanon-Wiener ในบริเวณที่ห่างจากจุดที่มีการระบายน้ำประมาณ 200 เมตรมีค่าสูงที่สุด ซึ่งเป็นไปได้ว่าผลกระทบจากน้ำที่ระบายจากฟาร์มปลาเทราต์นั้นจะลดลงเมื่อระยะทางเพื่อมากยิ่งขึ้น

จากค่า $BMWP^{Thai}$ Score และ ASPT Score พบว่าจุดศึกษา S5 ซึ่งเป็นจุดที่ใกล้กับจุดที่มีการระบายน้ำจากฟาร์มปลามากที่สุดบ่งชี้ถึงค่าระดับคุณภาพน้ำต่ำกว่าจุดศึกษาอื่นๆ อย่างชัดเจนซึ่งสอดคล้องกับค่า EPT ratio และ ค่า Hilsenhoff Biotic Index (HBI) โดยค่า EPT ratio ใน

จุดศึกษา S5 มีค่าต่ำกว่าจุดอื่นๆอย่างชัดเจน ส่วนจุดศึกษา S4 มีค่าสูงกว่าจุดอื่นๆ เนื่องจากในจุดศึกษานี้พบแมลงน้ำในอันดับแมลงชีปะขาว แมลงหนอนปลอกน้ำ และแมลงสองปีกเป็นจำนวนมากโดยเฉพาะแมลงชีปะขาวในวงศ์ Baetidae และผลการศึกษาที่พบนี้ยังเป็นไปในทิศทางเดียวกับ Loch และคณะ (1996) ซึ่งพบว่าค่าของดัชนี EPT ในจุดที่มีการระบายน้ำจากฟาร์มปลามีค่าต่ำกว่าจุดอ้างอิง โดยดัชนีชีวภาพ BMWP^{Thai} Score และ ASPT Score มีความเหมาะสมมากที่สุด ต่อการนำมาประยุกต์ใช้ในบริเวณแม่น้ำแม่กลาง เพราะเมื่อพิจารณาจากคุณภาพน้ำทั้งทางกายภาพ-เคมี และทางชีวภาพนั้นให้ผลไปทิศทางเดียวกันมากที่สุด และเมื่อพิจารณาจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ Pearson correlation พบว่าดัชนีชีวภาพ BMWP^{Thai} Score และ ASPT Score มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับดัชนีค่า Hilsenhoff Biotic Index (HBI) (P<0.05) และค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพของ Shannon-Weaver (H') และค่า EPT ratio (P<0.01) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ รุ่งนภา (2549) ที่พบว่าดัชนี BMWP^{Thai} Score และ ASPT Score มีความเหมาะสมในการประเมินคุณภาพน้ำในแม่น้ำปิงมากที่สุด นอกจากนี้การศึกษาของ Hering และคณะ (2006) พบว่าการประเมินการตอบสนองของดัชนีโดยใช้สิ่งมีชีวิตต่างกลุ่มกันในลำธารที่มีความต่างระดับกันในโซนยุโรป บ่งชี้ว่าดัชนีที่อาศัยพืชน้ำมีการตอบสนองที่ดีกว่าในเขตพื้นที่ราบมากกว่าเขตภูเขา แต่ในขณะที่ดัชนีที่อาศัยกลุ่มสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่พื้นท้องน้ำมีการตอบสนองที่ดีกว่าในเขตภูเขา

ส่วนการศึกษาบทบาทการกินอาหารของแมลงน้ำ (Functional Feeding Groups: FFG) พบว่าแมลงน้ำในกลุ่ม collector-gatherers มีจำนวนเพิ่มสูงขึ้นในบริเวณที่มีการระบายน้ำจากฟาร์มปลาโดยส่วนใหญ่เป็นแมลงน้ำในอันดับแมลงสองปีก ในวงศ์ Chironomidae Simuliidae และ Tipulidae ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Camargo และ Gonzalo (2007) โดยสิ่งมีชีวิตในกลุ่ม collector-gatherers เป็นกลุ่มที่พบมากที่สุดในบริเวณที่มีการระบายน้ำจากฟาร์มปลา โดยในจุดที่มีการระบายน้ำจากฟาร์มปลามักพบสัตว์ที่มีความทนทานต่อมลพิษสูง เช่น Chironomids Simuliids Oligochaetes และ Bivalves และจากการศึกษาของ Sutton และ Perlmutter (1991) พบว่าหนอนแดงเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดเด่นที่พบในจุดที่มีการระบายจากฟาร์มเลี้ยงปลาเทราต์ โดยสิ่งมีชีวิตชนิดนี้มักถูกใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงระดับออกซิเจนที่ลดลง (Hellawell, 1986) และนอกจากนี้ยังสามารถเจริญเติบโตได้ในน้ำที่มีสารอินทรีย์สูงอีกด้วย

5.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

จากการวิเคราะห์แบบจัดกลุ่ม (Cluster analysis) ของคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี พบว่าสามารถแบ่งออกได้ทั้งหมด 5 กลุ่ม โดยจุดศึกษา S1 ของทั้ง 3 ฤดูกาลมีคุณภาพน้ำในระดับที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด ส่วนในจุดศึกษาอื่นๆ คุณภาพน้ำมีการเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

โดยพบว่าฤดูกาลเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพน้ำ ทั้งนี้เพราะฤดูกาลมีความหมายรวมถึงปริมาณน้ำและอุณหภูมิซึ่งมีผลต่อสภาพความเหมาะสมในชีวิตความเป็นอยู่และการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำด้วย (วีระและคณะ, 2537) จากค่าคุณภาพน้ำทั้งทางกายภาพ-เคมีในจุดศึกษา S3 และ S5 มีค่าไม่แตกต่างกันมาก ยกเว้นค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และค่าออร์โธ-ฟอสเฟต ในจุดศึกษา S3 มีที่ค่าสูงกว่าจุดศึกษาอื่นๆ อาจเนื่องมาจากผลกระทบจากฟาร์มเลี้ยงปลาที่ส่งผลให้ค่าแอมโมเนียเพิ่มสูงจากกระบวนการขับถ่ายของเสียจากปลา ส่วนการวิเคราะห์แบบจัดกลุ่มของคุณภาพน้ำทางชีวภาพนั้นมีความสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกันด้วยเช่นกัน ส่วนการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ (PCA) พบว่าคุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมีและชีวภาพของจุดศึกษาทั้งหมดในฤดูกาลต่างๆ เป็นไปในทิศทางเดียวกับการวิเคราะห์แบบจัดกลุ่มเช่นกัน และจากค่าคุณภาพน้ำทั้งทางกายภาพ-เคมี และชีวภาพ พบว่าในจุดศึกษา S4 และ S7 พบว่าค่าปัจจัยทางกายภาพ-เคมีมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนผลการศึกษาทางด้านชีวภาพพบว่าดัชนีทางชีวภาพที่ใช้ชี้วัดนั้นให้ค่าที่ใกล้เคียงกัน นอกจากนี้จากการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson correlation) โดยเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำทางกายภาพ-เคมีและชีวภาพ พบว่าค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพของ Shannon-Weaver มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับค่าอุณหภูมิอากาศ ค่า BOD_5 ($P< 0.05$) และค่าอุณหภูมิน้ำ ค่าดัชนี ASPT score และค่าดัชนี HBI ($P< 0.01$) ส่วนค่าดัชนี HBI มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับค่าอุณหภูมิน้ำ ค่า BOD_5 และค่าดัชนี ASPT score ($P< 0.05$) ส่วนค่าดัชนี ASPT score มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับค่าอุณหภูมิน้ำและค่าดัชนี EPT ratio ($P< 0.01$) นอกจากนี้การศึกษาของ Zivic และคณะ (2009) พบว่าการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ Pearson correlation ชี้ให้เห็นว่ามวลของปลาในฟาร์มแสดงผลเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับจำนวนสิ่งมีชีวิตในวงศ์ Baetidae Chironomidae และอันดับ Plecoptera รวมถึงมวลรวมของสัตว์พื้นท้องน้ำขนาดใหญ่อีกด้วย