

การสะสมกลิ่นไม่พึงประสงค์ในน้ำและดินพื้นท้องน้ำของกว๊านพะเยา จังหวัดพะเยา กรทิพย์ กันนิการ^{a*} นิวุฒิ หวังชัย^b วิพรพรรณ เนื่องเม็ก^a และ สันธิวัฒน์ พัททะกุล^a

Accumulation of off-flavor in water and bottom soil of Kwan Phayao, Phayao province

Korntip Kannika^{a*}, Niwooti Whangchai^b, Wipornpan Nuangmek^a and Santiwat Pitukpol^a

^aคณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา 56000

^bคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

^aFisheries, School of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, Muang Phayao, Thailand 56000

^bFaculty of Fisheries Technology and Aquatic Resources, Maejo University, Sansai, Chiang Mai, Thailand, 50290

*Corresponding Author. E-mail address: klontip@hotmail.com

Received 30 May 2011; accepted 31 August 2011

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบการสะสมกลิ่นไม่พึงประสงค์ในน้ำและดินพื้นท้องน้ำของกว๊านพะเยา จังหวัดพะเยา โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำและดินจากกว๊านพะเยา จำนวน 1 ครั้ง/เดือน เป็นระยะเวลา 8 เดือน (มกราคม-สิงหาคม 2553) จำนวน 7 จุดสำรวจ เพื่อตรวจสอบปริมาณสารที่ก่อให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ เช่น สารประกอบจีโอสมิน (GSM) และเอ็มไอบี (MIB) ในน้ำและดินพื้นท้องน้ำ โดยใช้อุปกรณ์ Solid Phase Microextraction (SPME) ร่วมกับเครื่อง Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC/MS) จากการศึกษาพบว่า คุณภาพน้ำในกว๊านพะเยาอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของแหล่งน้ำผิวดินประเภท 2 ส่วนการสะสมกลิ่นไม่พึงประสงค์ในน้ำและดินพื้นท้องน้ำ พบว่า สารประกอบจีโอสมินและเอ็มไอบีมีค่าสูงที่สุดในบริเวณจุดสำรวจ KP1 แม่น้ำอิง (ทางน้ำเข้า) โดยมีค่าเฉลี่ยของสารประกอบจีโอสมินในน้ำและดินพื้นท้องน้ำเท่ากับ 11.8 ± 13.8 ไมโครกรัม/ลิตร และ 6.0 ± 6.8 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยของสารประกอบเอ็มไอบีในน้ำและดินพื้นท้องน้ำเท่ากับ 8.0 ± 6.3 ไมโครกรัม/ลิตร และ 7.0 ± 5.2 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ โดยพบว่าปริมาณแอคติโนมัยซีสในดินพื้นท้องน้ำมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณสารประกอบจีโอสมินและเอ็มไอบีในดินและน้ำจากกว๊านพะเยา แสดงให้เห็นว่า การสะสมปริมาณสารประกอบจีโอสมินและเอ็มไอบีในน้ำและดินมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณแอคติโนมัยซีสในดินพื้นท้องน้ำ

คำสำคัญ: กลิ่นโคลน จีโอสมิน เอ็มไอบี แอคติโนมัยซีส กว๊านพะเยา

Abstract

The aim of this study was detected of accumulation of off-flavor in water and bottom soil of Kwan Phayao, Phayao Province. Water and bottom soils sampling 7 stations were collected 1 time/month. Field survey was 8 months between January–August 2010. Off-flavor compound; geosmin (GSM) and MIB (2-methylisoborneol: MIB) in water and bottom soil was examined using Solid Phase Microextraction (SPME) and Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC/MS). The result showed that water quality in Kwan Phayao indicated that the standard for surface water quality Class 2. Accumulation of off-flavor in water and soid bottom showed geosmin and MIB in Station KP1 Ing River (inside) gave the highest content. Geosmin content in water and bottom soil was 11.8 ± 13.8 ug/L. and 6.0 ± 6.8 ug/kg., respectively. MIB content in water and bottom soil were 8.0 ± 6.3 ug/L. and 7.0 ± 5.2 ug/kg., respectively. The accumulation of off-flavor in water and soid bottom in Kwan Phayao showed a positive correlation of actinomycetes and geosmin and MIB in water and soid bottom in Kwan Phayao. This study implied that the accumulation of off-flavor compound; geosmin and MIB in water and bottom soil correlated strongly with increasing amount of actinomycetes in bottom soil.

Keywords: Off-Flavor, Geosmin, MIB, actinomycetes, Kwan Phayao

บทนำ

ปัญหามลพิษแหล่งน้ำของประเทศไทย นับว่าเป็นปัญหาที่ได้รับความสนใจ เนื่องจากส่งผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำในด้านต่างๆ เช่น การเกษตร, สาธารณูปโภค และการพักผ่อน สถานการณ์ปัญหามลพิษแหล่งน้ำของประเทศไทย จากแม่น้ำ 48 สาย และแหล่งน้ำนิ่ง 4 แห่ง ได้แก่ กว๊านพะเยา บึงบอระเพ็ด หนองหาน และทะเลสาบสงขลา พบว่า แหล่งน้ำที่อยู่ในเกณฑ์ดีมีอยู่จำนวน 13 แห่ง (25%) แหล่งน้ำที่อยู่ในเกณฑ์พอใช้มี

อยู่จำนวน 12 แห่ง (23%) แหล่งน้ำที่อยู่ในเกณฑ์ด่ำมีอยู่จำนวน 15 แห่ง (29%) และแหล่งน้ำที่อยู่ในเกณฑ์ด่ำมากมีอยู่จำนวน 12 แห่ง (23%) (กรมควบคุมมลพิษ, 2543) กว๊านพะเยาจัดเป็นแหล่งน้ำขนาดใหญ่ที่สุดของจังหวัดพะเยา มีเนื้อที่ 20,5296 ตารางกิโลเมตร (12,831 ไร่) ลักษณะเป็นที่ราบกั้นกระแทกเกิดจากการทรุดตัวตามแนวเลื่อนในบริเวณแนวแม่น้ำอิงตำแหน่งของกว๊านพะเยา อยู่ปลายด้านใต้ของแนวภูเขาตอยห้วยน้ำขาวและแนวภูเขาตอยสันกลาง เป็นแหล่งรับน้ำจากแม่น้ำลำห้วย และพื้นที่โดยรอบ ด้านตะวันออกของกว๊านพะเยา

เป็นที่ตั้งของชุมชน ด้านตะวันตกเป็นที่ราบกว้างลาดจากแนวภูเขาสูงชัน จัดเป็นแหล่งอนุรักษ์แพลงก์ตอนน้ำ แหล่งทำการประมงและมีความสำคัญต่อชาวจังหวัดพะเยา ในการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ เช่น การใช้ประโยชน์ในการเกษตร การอุปโภคบริโภคของเทศบาลเมืองพะเยาและพื้นที่โดยรอบ เป็นแหล่งน้ำดิบสำหรับผลิตน้ำประปาของจังหวัดพะเยา

ปัจจุบันกว๊านพะเยาเป็นแหล่งรองรับน้ำเสียจากตัวเมืองและชุมชนโดยรอบ ทำให้เกิดปัญหาคูณภาพน้ำในกว๊านพะเยาที่มีคุณภาพต่ำลง อันเนื่องมาจากที่ตั้งของกว๊านพะเยายู่ติดตัวเมือง และมีแหล่งชุมชนอยู่โดยรอบ ซึ่งอาจเป็นปัจจัยที่เอื้อต่อการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของสาหร่าย (Eutrophication) โดยแพลงก์ตอนพืชที่เจริญเติบโตมีทั้งชนิดที่เป็นประโยชน์และชนิดที่ก่อโทษ ซึ่งปัญหากลิ่นไม่พึงประสงค์หรือกลิ่นโคลน (Off-flavor) นับว่าเป็นปัญหาหลักของการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำธรรมชาติ เพื่อการอุปโภคและบริโภค โดยกลิ่นไม่พึงประสงค์ เกิดจากแบคทีเรียกลุ่ม Actinomycetes และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินบางชนิด (Klapper, 1991; Yamada et al. 1994) โดยสารประกอบจีโอสมิน ($1\alpha, 10\beta$ -dimethyl-9 α -decalol : geosmin; GSM) และเอ็มไอบี (2-methylisoborneol : MIB) เป็นสารประกอบแอลกอฮอล์อิ่มตัว (saturated cyclic tertiary alcohol) ที่สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและแบคทีเรียบางชนิดสังเคราะห์ขึ้นในวิถี เทอร์ปีน (terpene pathway) สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่ก่อให้เกิดกลิ่นโคลน ได้แก่ สกุล *Anabena* sp., *Oscillatoria* sp., *Lyngbya* sp., *Symploca* sp., *Microcystis* sp., *Phormidium* sp. (Tabachek & Yurkowski, 1974; Lovell & Broce, 1985) ส่วนแบคทีเรียที่สร้างสารจีโอสมินและเอ็มไอบี

ได้แก่ สกุล *Streptomyces* sp., *Nocardia* sp., *Actinomadura* sp. และ *Actinomycete* sp. (Sivonen, 1982; Martin et al., 1988) โดยเฉพาะ สกุล *Streptomyces* sp. จะทำให้เกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์มากที่สุด (Van Der Ploeg & Boyd, 1991) Grimm et al. (2004) กล่าวว่า จมูกมนุษย์สามารถรับกลิ่นของสารประกอบจีโอสมินและเอ็มไอบีได้อย่างรวดเร็ว โดยระดับที่จมูกมนุษย์สามารถรับกลิ่นของสารประกอบทั้ง 2 ตัวนี้ได้ จะมีค่าต่ำกว่า 1 ไมโครกรัม/กิโลกรัม และ Persson (1980) รายงานว่า ค่า threshold ของสารประกอบจีโอสมินและเอ็มไอบีในน้ำมีค่า 35 and 40 นาโนกรัม/ลิตร

ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นการประเมินผลกระทบของการสะสมกลิ่นไม่พึงประสงค์ในน้ำและดินพื้นท้องน้ำจากกว๊านพะเยา จังหวัดพะเยา โดยศึกษาการสะสมกลิ่นไม่พึงประสงค์ในน้ำและดินพื้นท้องน้ำจากกว๊านพะเยาและศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ในกว๊านพะเยา เพื่อนำองค์ความรู้ที่ได้มาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการหาแนวทางแก้ไขและจัดการปัญหา กลิ่นไม่พึงประสงค์ในกว๊านพะเยาต่อไป

วิธีการศึกษา

1. กำหนดพื้นที่ในการประเมินผลกระทบของการสะสมกลิ่นไม่พึงประสงค์ (GSM และ MIB) ในน้ำและดินพื้นท้องน้ำ, ปริมาณ Actinomycetes ในดินจากกว๊านพะเยา, คุณภาพน้ำบางประการ (กายภาพ, เคมี และชีวภาพ), ชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนพืชที่ก่อให้เกิดกลิ่นโคลน โดยกำหนดพื้นที่ของการสำรวจในกว๊านพะเยา จำนวน 7 จุดสำรวจ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ชื่อสถานที่สำรวจและพิกัดแสดงตำแหน่งสถานที่สำรวจบริเวณกว๊านพะเยา จังหวัดพะเยา

ชื่อสถานที่สำรวจ	พิกัดของสถานที่		ตำแหน่ง/พื้นที่
	E	N	
KP 1	591215	2123266	แม่น้ำอิง (ทางน้ำเข้า)/สะพานขุนเดช
KP 6	592128	2121439	โรงพยาบาลพะเยา
KP 7	590644	2120288	บ้านสันเวียงใหม่
KP 10	593246	2120544	ประปา/วัดศรีโคมคำ
KP 12	591872	2119213	กลางน้ำ
KP 14/2	594075	2119260	ตอนล่างเมืองพะเยา
KP 20	596077	2118756	แม่น้ำอิง (ทางน้ำออก)/สะพานหน้าสถานี

2. การตรวจสอบสารประกอบกลิ่นโคลน (GSM และ MIB) ในน้ำและตะกอนดิน

- การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบกลิ่นโคลนคือสารประกอบจีโอสมิน (GSM; Geosmin, trans-1, 10-Dimethyl-trans-decalin-ol) และเอ็มไอบี (MIB : 2-methylisoborneol) ด้วยวิธีการประเมินคุณภาพทางเคมีโดยใช้อุปกรณ์ SPME (Solid phase microextraction) ร่วมกับเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี

ทุก ๆ 1 เดือน/ครั้ง เป็นระยะเวลา 8 เดือน ตามวิธีการของ Casey et al. (2004) โดยเตรียมกราฟมาตรฐานของสารละลายจีโอสมินและเอ็มไอบีความเข้มข้น 20, 40, 60, 80 และ 100 ไมโครกรัม/ลิตร

- การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบกลิ่นโคลน (GSM และ MIB) ในน้ำและดินจากกว๊านพะเยา โดยใช้ปริมาตรน้ำประมาณ 10 มิลลิลิตร ส่วนดินตะกอนของกว๊านพะเยาจะใช้ดินตะกอนประมาณ 5 กรัม ผสมกับ

น้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร ในขวดไวอัล (vial) ขนาด 20 มิลลิลิตร เติมน้ำเตียมคลอไรด์ 1.9 กรัมพร้อมใส่ magnetic bar จากนั้นทำการปิดฝาด้วยจุกยางทนความร้อนสูง และฝาลูมิเนียม (aluminium carp)

- สกัดสารประกอบทั้ง 2 ตัว โดยให้ความร้อนกับขวดบรรจุตัวอย่าง โดยใช้เครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้าและภาชนะให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65–70°C เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเสียบอุปกรณ์ SPME fiber (divinylbenzene/carboxen/poly-dimethylsiloxane SPME fiber, Supelco) เข้าไปในขวดตัวอย่าง เป็นเวลา 12 นาที เพื่อให้ fiber จับกับสารประกอบกลิ่นโคลน (GSM และ MIB) ในตัวอย่างน้ำและตะกอนดิน
- นำชุดเข็มอุปกรณ์ SPME ไปเสียบเข้ากับเครื่อง GC/MS (ยี่ห้อ Agilent Technologies 6890 N Network GC System) โดยใช้ Splitless mode ผ่านคอลัมน์ (DB-DURABOND) HP-5 (30 m. x 0.32 mm. x 0.25 μ m. film thickness) ตั้งโปรแกรมอุณหภูมิของเตาอบ (oven temperature) ที่ 60°C เป็นเวลา 1 นาที และเพิ่มเป็น 220°C ด้วยอัตราเร็ว 15°C/นาที และคงอุณหภูมิไว้ที่ 220°C เป็นเวลา 8 นาที

3. ทำการศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีวภาพบางประการของกัววันพะเยา ตามวิธีของ A.O.A.C. (1990) ทุกๆ 1 เดือน/ครั้ง เป็นระยะเวลา 8 เดือน โดยวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO), อุณหภูมิ, ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH), ความลึก, ความเค็ม, ความกระด้าง, ปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส, แอมโมเนีย, ไนโตรเจน, ไนเตรต และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ

4. ตรวจสอบชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนพืชที่ก่อให้เกิดกลิ่นโคลน ทุกๆ 1 เดือน/ครั้ง เป็นระยะเวลา 8 เดือน โดยทำการเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช โดยใช้ถุงกรองแพลงก์ตอนขนาดตา 10 ไมโครเมตร โดยเก็บน้ำที่กรองได้ใส่ขวดเก็บตัวอย่าง รักษาสภาพตัวอย่างด้วย Lugol's solution ประมาณ 3–5 หยด นำไปเก็บที่อุณหภูมิ 10–15 °C นำตัวอย่างแพลงก์ตอนในแต่จุดเก็บ ตัวอย่างไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ เพื่อจำแนกชนิดและนับจำนวนแพลงก์ตอนพืช นำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณแพลงก์ตอนพืชและทำการถ่ายรูปแพลงก์ตอนพืชที่พบ เพื่อเก็บเป็นเอกสารอ้างอิงต่อไป

5. ตรวจสอบปริมาณเชื้อ Actinomycetes ในดินพื้นท้องน้ำจากกัววันพะเยา

ตรวจสอบปริมาณเชื้อ Actinomycetes ในดินโดยใช้อาหาร IMA-2 ตามวิธีการของ Arawan (2005) โดยแบ่งตัวอย่างดินใส่ในจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ฆ่าเชื้อแล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 สัปดาห์ เพื่อให้ตัวอย่างแห้งขึ้นดิน 10 กรัม เจือจางในน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ 90 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน (ระดับเจือจางที่ 10^{-1}) จากนั้นดูดน้ำตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร เจือจางในน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ 9 มิลลิลิตร เขย่าให้

เข้ากัน (ระดับเจือจางที่ 10^{-2}) ทำจนถึงระดับความเจือจางที่ 10^{-6} ดูดน้ำตัวอย่าง 0.1 มิลลิลิตร จากระดับความเจือจางที่ 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} และ 10^{-6} เกลี่ยบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ IMA-2 ที่เตรียมไว้ บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 7 วัน ตรวจสอบการเจริญเติบโตของเชื้อแอคตินอมัยซิส นับจำนวนโคโลนีและคำนวณปริมาณเชื้อแอคตินอมัยซิสตั้งสูตรสูตร เซลล์/กรัมดินชั้น = จำนวนเซลล์ / $0.1 \times 10^{\text{dilution factor}}$
เซลล์/กรัมดินแห้ง = จำนวนเซลล์ / $0.1 \times 10^{\text{dilution factor}}$ / น้ำหนักของดินแห้ง

6. นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ข้อมูล โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variance และค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's multiple range test ของข้อมูลคุณภาพน้ำ, ปริมาณสารประกอบกลิ่นโคลน (GSM และ MIB) ในน้ำและดิน และปริมาณเชื้อ Actinomycetes ในดินที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ผลการศึกษา

3.1 คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีวภาพบางประการของกัววันพะเยา

จากการศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีวภาพบางประการของกัววันพะเยา ตั้งแต่เดือนมกราคม-สิงหาคม 2553 จำนวน 7 จุดสำรวจ ได้แก่ KP1 แม่น้ำอิง (ทางน้ำเข้า)/สะพานขุนเดช, KP 6 โรงพยาบาลพะเยา, KP 7 บ้านสันเวียงใหม่, KP 10 ประปา/วัดศรีโคมคำ, KP 12 กลางน้ำ, KP 14/2 ตอนล่างเมืองพะเยา และ KP 20 แม่น้ำอิง (ทางน้ำออก)/สะพานหน้าสถานี ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำ พบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) อยู่ในช่วง 2.6–10.3 มิลลิกรัม/ลิตร, อุณหภูมิของน้ำอยู่ในช่วง 22.3–36.8 องศาเซลเซียส, ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH) อยู่ระหว่าง 6.07–8.88, ค่าความขุ่น (Turbidity) 4–155 NTU, ความลึกของน้ำในกัววันพะเยาอยู่ในช่วง 0.3–3.3 เมตร, ค่าการนำไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 9.2–18 μ S/cm., ค่าความเป็นด่างอยู่ในช่วง 40–100 มิลลิกรัม/ลิตร, ความกระด้างระหว่าง 43.1–92.1 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนปริมาณสารอาหารในน้ำ ได้แก่ ปริมาณแอมโมเนีย - ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.09–1.70 มิลลิกรัม/ลิตร, ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน 0–0.39 มิลลิกรัม/ลิตร, ปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจนมีค่าอยู่ระหว่าง 0–0.08 มิลลิกรัม/ลิตร และปริมาณออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสมีค่าอยู่ในช่วง 0.17–3.2 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนคุณภาพน้ำทางชีวภาพได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอในน้ำโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 4.0–77.2 มิลลิกรัม/ลิตร (ตารางที่ 2) จะเห็นว่าคุณภาพน้ำในกัววันพะเยาในช่วงเดือนมกราคม-สิงหาคม 2553 จัดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของแหล่งน้ำผิวดินประเภท 2 (6 มิลลิกรัม/ลิตร) ซึ่งเป็นแหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทั้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถใช้ประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน, เพื่อการอนุรักษ์สัตว์น้ำ, การประมง, การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของน้ำในกว๊านพะเยา (มกราคม-สิงหาคม 2553)

Parameter	Station						
	KP 1	KP 6	KP 7	KP 10	KP 12	KP 14/2	KP 20
Depth (cm)	0.60±0.35	0.81±0.54	1.26±0.50	1.44±0.49	2.15±0.64	1.62±0.40	1.90±0.54
DO (mg/L)	6.01±1.04	6.96±1.06	6.99±0.69	7.26±0.63	7.09±0.84	6.90±1.72	5.66±2.38
pH	7.08±0.78	7.94±0.39	8.25±0.68	8.37±0.34	8.23±0.45	8.12±0.69	7.28±0.24
Temperature (°C)	29.99±5.44	29.41±4.33	29.51±4.77	28.91±4.70	27.85±4.20	28.83±3.82	27.44±3.23
Turbidity (NTU)	54.43±42.47	51.50±41.40	20.00±11.35	19.13±11.46	19.25±7.70	42.25±38.67	43.50±46.75
Conductivity (µs/cm.)	12.14±2.19	13.88±1.81	13.88±1.73	13.40±2.51	13.75±1.75	13.43±2.12	14.48±2.65
Chlorophyll a (mg/L)	30.28±16.15	27.71±9.51	20.76±14.39	29.57±8.30	23.45±10.09	41.15±14.47	58.61±15.47
NH ₄ -N (mg/L)	0.29±0.08	0.38±0.35	0.27±0.12	0.46±0.51	0.23±0.14	0.29±0.10	0.27±0.07
NO ₂ -N (mg/L)	0.05±0.13	0.04±0.11	0.05±0.13	0.04±0.10	0.05±0.14	0.03±0.07	0.04±0.10
NO ₃ -N (mg/L)	0.02±0.03	0.02±0.01	0.02±0.01	0.02±0.01	0.01±0.01	0.02±0.01	0.02±0.01
PO ₄ ³⁻ -P (mg/L)	0.52±0.34	0.71±1.02	0.42±0.31	0.39±0.14	0.39±0.14	0.46±0.20	0.77±0.86
Alkalinity (mg/L)	57.27±12.70	63.51±21.44	65.90±18.08	73.86±17.51	64.04±18.70	69.99±17.77	62.84±15.66
Hardness (mg/L)	61.73±13.39	62.24±12.64	65.00±13.69	70.05±19.53	68.55±17.99	64.37±18.44	64.01±15.93

3.2 ปริมาณแอกติโนมัยซีส์ในดินตะกอน และสารประกอบจือออสมินและเอ็มไอบีในน้ำและดินตะกอน

1. ปริมาณแอกติโนมัยซีส์ในดินตะกอนพื้นท้องน้ำ

ปริมาณแอกติโนมัยซีส์ในดิน (มกราคม-สิงหาคม 53) จำนวน 7 จุดสำรวจ ได้แก่ KP 1 แม่น้ำอิง (ทางน้ำเข้า)/สะพานขุนเดช, KP 6 โรงพยาบาลพะเยา, KP 7 บ้านสันเวียงใหม่, KP 10 ประปา/วัดศรีโคมคำ, KP 12 กลางน้ำ, KP 14/2 ตอนล่างเมืองพะเยา และ KP 20 แม่น้ำอิง (ทางน้ำออก)/สะพานหน้าสถานี จากการศึกษพบว่า ปริมาณแอกติโนมัยซีส์ในดินตะกอนจากกว๊านพะเยามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง $0.59 - 0.54 \times 10^4 - 4.82 - 7.0 \times 10^4$ CFU/น้ำหนัก

ดินแห้ง 1 กรัม โดยพบปริมาณสูงสุดในจุดสำรวจ KP1 แม่น้ำอิง (ทางน้ำเข้า)/สะพานขุนเดช มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $4.82 \pm 7.09 \times 10^4$ CFU/น้ำหนักดินแห้ง 1 กรัม ส่วนจุดสำรวจ KP 10 ประปา/วัดศรีโคมคำ และ KP 12 กลางน้ำ มีค่าเฉลี่ยของปริมาณแอกติโนมัยซีส์ในดินตะกอนในปริมาณน้อย โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $0.82 \pm 0.67 \times 10^4$ และ $0.59 \pm 0.54 \times 10^4$ CFU/น้ำหนักดินแห้ง 1 กรัม ซึ่งพบว่าปริมาณแอกติโนมัยซีส์ในดินตะกอนของจุดสำรวจทั้งหมดในกว๊านพะเยามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ปริมาณเชื้อแอกติโนมัยซีส์ในดินจากกว๊านพะเยา (มกราคม-สิงหาคม 2553)

สถานี	ปริมาณเชื้อแอกติโนมัยซีส์ (cell x 10 ⁴ CFU/กรัมดินแห้ง)								ค่าเฉลี่ย
	ม.ค.53	ก.พ.53	มี.ค.53	เม.ย.53	พ.ค.53	มิ.ย.53	ก.ค.53	ส.ค.53	
KP 1	22.00	0.36	3.30	0.00	3.20	3.40	2.60	3.70	4.82 ± 7.09 a
KP 6	0.65	1.50	2.20	0.67	1.50	3.70	0.26	1.30	1.47 ± 1.09 ab
KP 7	0.66	0.25	0.05	0.31	0.20	0.32	0.97	8.40	1.39 ± 2.85 ab
KP 10	0.85	0.40	0.69	0.44	0.79	0.73	0.22	2.40	0.82 ± 0.67 b
KP 12	0.20	0.58	0.08	0.64	0.22	0.53	0.74	1.80	0.59 ± 0.54 b
KP 14/2	0.33	0.81	0.41	0.64	0.16	2.70	2.10	2.70	1.36 ± 1.31 ab
KP 20	0.59	0.73	11.00	0.87	1.80	3.00	1.80	5.30	3.14 ± 3.54 ab

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันหมายความว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

2. ปริมาณสารประกอบจือออสมินและเอ็มไอบีในน้ำและดินตะกอน

จากการศึกษาปริมาณสารประกอบจือออสมินและเอ็มไอบีในน้ำและดินตะกอนจากกว๊านพะเยา (มกราคม-สิงหาคม 53) จำนวน 7 จุดสำรวจ พบว่า ปริมาณสารประกอบจือออสมินในน้ำและดินตะกอนมีปริมาณสูงสุดในจุดสำรวจ KP1 แม่น้ำอิง (ทางน้ำเข้า)/สะพานขุนเดช มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $11.8 - 13.8$ ไมโครกรัม/ลิตร และ 6.0 ± 6.8

ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ โดยพบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับจุดสำรวจอื่น ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4) ส่วนปริมาณสารประกอบเอ็มไอบีในน้ำและดินตะกอนมีปริมาณสูงสุดในจุดสำรวจ KP1 แม่น้ำอิง (ทางน้ำเข้า)/สะพานขุนเดช มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.0 ± 6.3 ไมโครกรัม/ลิตร และ 7.0 ± 5.2 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับจุดสำรวจอื่น ($p \geq 0.05$) (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ปริมาณสารประกอบจืออสมีนและเอ็มไอบีในน้ำและดินตะกอนจากกวันพะเยา

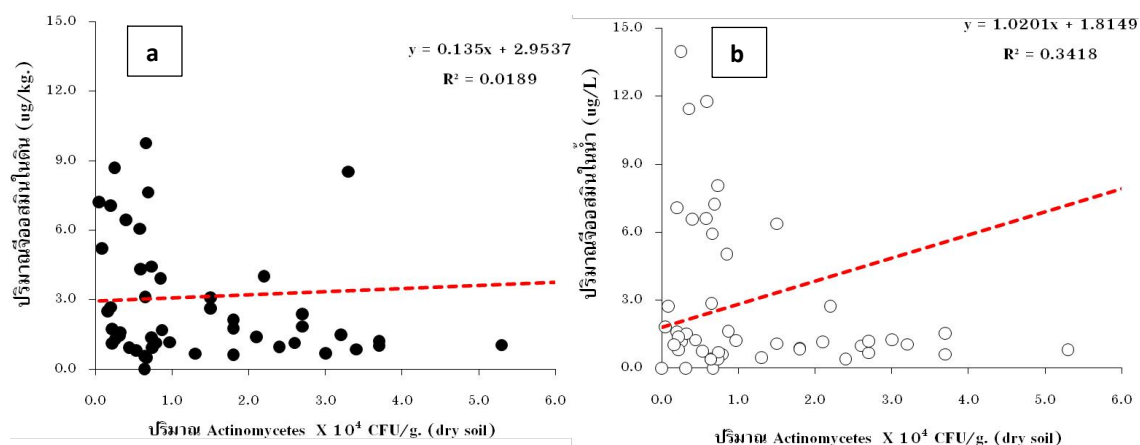
สถานี	ค่าเฉลี่ยของปริมาณสารประกอบอินทรีย์ประสม (GSM และ MIB) ในน้ำและตะกอนดิน			
	สารประกอบ GSM ในน้ำ (ug/L)	สารประกอบ MIB ในน้ำ (ug/L)	สารประกอบ GSM ในดินตะกอน (ug/kg)	สารประกอบ MIB ในดินตะกอน (ug/kg)
KP 1	11.8±13.8 a	8.0±6.3 a	6.0±6.8 a	7.0±5.2 a
KP 6	2.0±2.0 b	6.5±6.5 a	2.0±1.3 ab	5.4±3.4 a
KP 7	3.3±4.6 b	3.5±2.2 a	4.4±3.6 ab	6.1±2.1 a
KP 10	2.8±3.0 b	4.8±2.4 a	2.9±2.7 ab	7.3±3.8 a
KP 12	2.6±2.7 b	4.8±3.1 a	2.9±2.7 ab	5.8±2.6 a
KP 14/2	0.9±0.3 b	4.5±3.8 a	1.7±0.8 b	5.3±2.5 a
KP 20	4.9±4.8 b	4.7±3.1 a	2.4±1.7 ab	5.6±2.2 a

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันหมายความว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

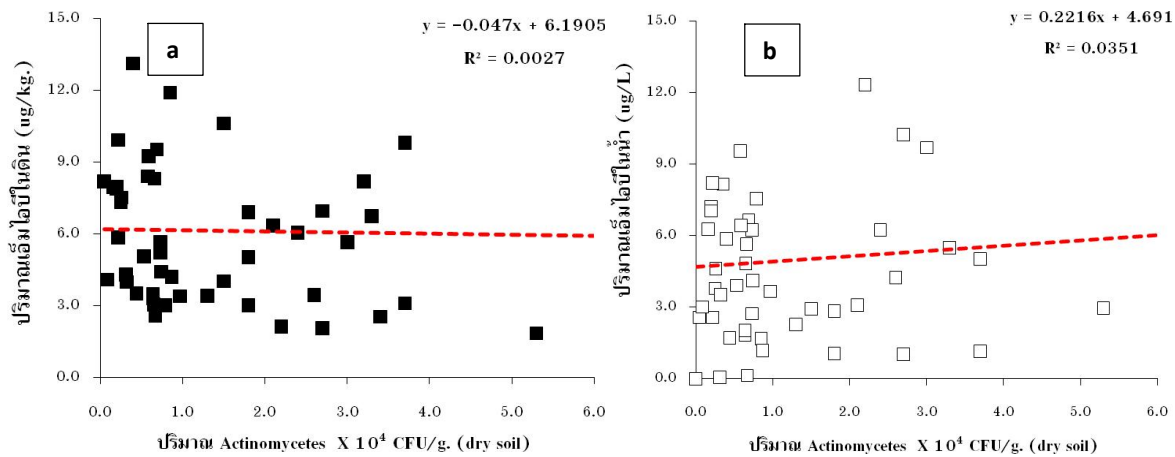
3. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอกติโนมัยซิสในดินตะกอน และสารประกอบจืออสมีนและเอ็มไอบีในน้ำและดินตะกอน

เมื่อนำข้อมูลหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอกติโนมัยซิสในดินพื้นท้องน้ำกับปริมาณสารประกอบจืออสมีน (GSM) ในดินจากกวันพะเยา เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้ง 2 โดยใช้สมการเชิงเส้น พบว่า ตัวแปรทั้ง 2 แปรผันตรงในเชิงบวกต่อกัน โดยมีค่า $R^2 = 0.0189$ ได้สมการ คือ $y = 0.135x + 2.9537$ (รูปที่ 1 a) ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอกติโนมัยซิสในดินพื้นท้องน้ำกับปริมาณสารประกอบจืออสมีน (GSM) ในน้ำจากกวันพะเยา เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้ง 2 โดยใช้สมการเชิงเส้น พบว่า ตัวแปรทั้ง 2 แปรผันตรงในเชิงบวกต่อกัน โดยมีค่า $R^2 = 0.3418$ ได้สมการ คือ $y = 1.0201x + 1.8149$ (รูปที่ 1 b) จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอกติโนมัยซิสในดินพื้นท้องน้ำกับปริมาณสารประกอบจืออสมีนในดินและในน้ำจากกวันพะเยา แสดงให้เห็นว่า ปริมาณสารประกอบจืออสมีนในดินและในน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณแอกติโนมัยซิสในดินพื้นท้องน้ำ

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอกติโนมัยซิสในดินพื้นท้องน้ำกับปริมาณสารประกอบเอ็มไอบี (MIB) ในดินจากกวันพะเยา เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้ง 2 โดยใช้สมการเชิงเส้น พบว่า ตัวแปรทั้ง 2 แปรผันตรงในเชิงบวกต่อกัน โดยมีค่า $R^2 = 0.0027$ ได้สมการ คือ $y = -0.047x + 6.1905$ (รูปที่ 2 a) ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอกติโนมัยซิสในดินพื้นท้องน้ำกับปริมาณสารประกอบเอ็มไอบี (MIB) ในน้ำจากกวันพะเยา เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้ง 2 โดยใช้สมการเชิงเส้น พบว่า ตัวแปรทั้ง 2 แปรผันตรงในเชิงบวกต่อกัน โดยมีค่า $R^2 = 0.0351$ ได้สมการ คือ $y = 0.2216x + 4.691$ (รูปที่ 2 b) จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอกติโนมัยซิสในดินพื้นท้องน้ำกับปริมาณสารประกอบเอ็มไอบีในดินและในน้ำจากกวันพะเยา แสดงให้เห็นว่า ปริมาณสารประกอบเอ็มไอบีในดินและในน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณแอกติโนมัยซิสในดินพื้นท้องน้ำ



รูปที่ 1 (a และ b) ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอกติโนมัยซิส (Actinomycetes) ในดินพื้นท้องน้ำกับปริมาณสารประกอบจืออสมีนในดินและน้ำจากกวันพะเยา



รูปที่ 2 (a และ b) ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอกติโนมัยซิส (Actinomycetes) ในดินพื้นที่ต้งน้ำกับปริมาณสารประกอบเอ็มไอบีในดินและน้ำจากกัวนพะเยา

สรุปผลและอภิปรายผลการศึกษา

การศึกษาการสะสมกลิ่นไม่พึงประสงค์ในน้ำและดินพื้นที่ต้งน้ำจากกัวนพะเยา จังหวัดพะเยา เพื่อประเมินผลของการสะสมกลิ่นไม่พึงประสงค์ในน้ำและดินพื้นที่ต้งน้ำจากกัวนพะเยา และศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำและดินจากกัวนพะเยา เป็นระยะเวลา 8 เดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม-สิงหาคม 2553 จำนวน 7 จุดสำรวจ คือ KP 1 แม่น้ำอิง (ทางน้ำเข้า)/สะพานขุนเดช, KP 6 โรงพยาบาลพะเยา, KP 7 บ้านสันเวียงใหม่, KP 10 ประปา/วัดศรีโคมคำ, KP 12 กลางน้ำ, KP 14/2 ตอนล่างเมืองพะเยา และ KP 20 แม่น้ำอิง (ทางน้ำออก)/สะพานหน้าสถานี และทำการตรวจสอบปริมาณกลิ่นไม่พึงประสงค์ เช่น สารประกอบจืออสมิน (GSM) และสารประกอบเอ็มไอบี (MB) ในน้ำและดินพื้นที่ต้งน้ำจากกัวนพะเยา, ตรวจสอบปริมาณปริมาณแอกติโนมัยซิส (Actinomycetes) ในดินพื้นที่ต้งน้ำ, คุณภาพน้ำกายภาพ เคมี และชีวภาพบางประการ

ผลการศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีวภาพบางประการของกัวนพะเยา พบว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) อยู่ในช่วง 2.6-10.3 มิลลิกรัม/ลิตร, อุณหภูมิของน้ำอยู่ในช่วง 22.3-36.8 องศาเซลเซียส, ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH) อยู่ระหว่าง 6.07-8.88, ค่าความขุ่น (Turbidity) 4-155 NTU, ความลึกของน้ำในกัวนพะเยาอยู่ในช่วง 0.3-3.3 เมตร, ค่าการนำไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 9.2-18 $\mu\text{S}/\text{cm.}$, ค่าความเป็นด่างอยู่ในช่วง 40-100 มิลลิกรัม/ลิตร, ความกระด้างระหว่าง 43.1-92.1 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนปริมาณสารอาหารในน้ำ ได้แก่ ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.09-1.70 มิลลิกรัม/ลิตร, ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน 0-0.39 มิลลิกรัม/ลิตร, ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนมีค่าอยู่ระหว่าง 0-0.08 มิลลิกรัม/ลิตร และปริมาณออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสมีค่าอยู่ในช่วง 0.17-3.2 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนคุณภาพน้ำทาง

ชีวภาพได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอในน้ำโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 4.0-77.2 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งจะเห็นได้ว่าคุณภาพน้ำในกัวนพะเยาในช่วงที่ทำการศึกษายู่ในเกณฑ์มาตรฐานของแหล่งน้ำผิวดินประเภท 2 (6 มิลลิกรัม/ลิตร) เป็นแหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทั้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถใช้ประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภคได้ต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน, เพื่อการอนุรักษ์สัตว์น้ำ, การประมง, การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ (กรมควบคุมมลพิษ, 2538) สอดคล้องกับ พงศ์เชษฐ และยนต์ (2548) ได้ทำการศึกษาคูณภาพน้ำในกัวนพะเยา ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม-สิงหาคม 2546 พบว่า ความขุ่นของน้ำ อยู่ในช่วง 5-500 NTU ซึ่งความขุ่นส่วนใหญ่เกิดจากแพลงก์ตอนพืช น้ำในกัวนพะเยาเป็นน้ำอ่อน มีค่าความเป็นด่างและความกระด้างของน้ำที่ค่อนข้างต่ำ โดยมีค่าความเป็นด่าง 39-99 มิลลิกรัม/ลิตร ในรูปแคลเซียมคาร์บอเนต และค่าความกระด้าง 12-65 มิลลิกรัม/ลิตร ในรูปแคลเซียมคาร์บอเนต น้ำมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างและปริมาณออกซิเจนละลายอยู่ในช่วงกว้าง (ระหว่าง 6.3-9.7 และ 1.1-11.5 มิลลิกรัม/ลิตร) โดยพบปริมาณออกซิเจนละลายต่ำกว่าเกณฑ์คุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ (3 มิลลิกรัม/ลิตร) และเกณฑ์มาตรฐานของแหล่งน้ำผิวดินประเภท 2 (6 มก./ล.) ในหลายบริเวณค่าบีโอดีส่วนใหญ่เกินเกณฑ์มาตรฐานของแหล่งน้ำผิวดินประเภท 2 (1.5 มก./ล.) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าน้ำในกัวนพะเยามีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ และพบปริมาณแอมโมเนีย ฟอสเฟต ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ปริมาณฟิโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และแบคทีเรีย *Escherichia coli* สูงในบริเวณที่อยู่ใกล้ชุมชน แต่ค่ายังไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานของแหล่งน้ำผิวดินประเภท 2

ปริมาณแอกติโนมัยซิสในดินพื้นที่ต้งน้ำจากกัวนพะเยา พบว่า ปริมาณแอกติโนมัยซิสในดินมีค่าสูงสุดในบริเวณจุดสำรวจ KP แม่น้ำอิง (ทางน้ำเข้า)/สะพานขุนเดช โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $4.82 \pm 7.09 \times 10^4$ CFU/น้ำหนัก

ดินแห้ง 1 กรัม ส่วนจุดสำรวจ KP 10 ประปา/วัดศรีโคมคำ และ KP 12 กลางน้ำ มีค่าเฉลี่ยของปริมาณแอกติโนมัยซิสในดินเท่ากับ $0.82 \pm 0.67 \times 10^4$ และ $0.59 \pm 0.54 \times 10^4$ CFU/น้ำหนักดินแห้ง 1 กรัม โดยค่าเฉลี่ยของปริมาณแอกติโนมัยซิสในดินของทั้ง 3 จุดสำรวจมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อนำข้อมูลหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอกติโนมัยซิสในดินพื้นที่ท้องน้ำกับปริมาณสารประกอบจืออสมีนในน้ำและในดิน พบว่า ปริมาณแอกติโนมัยซิสในดินพื้นที่ท้องน้ำมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณสารประกอบจืออสมีนในน้ำและในดิน โดยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอกติโนมัยซิสในดินพื้นที่ท้องน้ำกับปริมาณสารประกอบจืออสมีนในดินจากกัวนพะเยา มีค่า $R^2 = 0.0189$ ได้สมการ คือ $y = 0.135x + 2.9537$ ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอกติโนมัยซิสในดินพื้นที่ท้องน้ำกับปริมาณสารประกอบจืออสมีนในน้ำจากกัวนพะเยา มีค่า $R^2 = 0.3418$ ได้สมการ คือ $y = 1.0201x + 1.8149$ และความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอกติโนมัยซิสในดินพื้นที่ท้องน้ำกับปริมาณสารประกอบเอมไอบีในน้ำและในดิน พบว่า มีความสัมพันธ์เชิงบวกกัน คือ มีแนวโน้มความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน โดยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอกติโนมัยซิสในดินพื้นที่ท้องน้ำกับปริมาณสารประกอบเอมไอบีในดินจากกัวนพะเยา มีค่า $R^2 = 0.0027$ ได้สมการ คือ $y = -0.047x + 6.1905$ และความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอกติโนมัยซิสในดินพื้นที่ท้องน้ำกับปริมาณสารประกอบเอมไอบีในน้ำจากกัวนพะเยา มีค่า $R^2 = 0.0351$ ได้สมการ คือ $y = 0.2216x + 4.691$

จากผลการศึกษาพบว่า ปริมาณแอกติโนมัยซิสในดินพื้นที่ท้องน้ำกับปริมาณสารประกอบจืออสมีนและเอมไอบีในดินและน้ำจากกัวนพะเยา มีแนวโน้มความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับ Sugira et al., 2000 กล่าวว่า สาเหตุอีกประการของการเกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์มาจากแอกติโนมัยซิส ซึ่งเป็นกลุ่มของแบคทีเรียแกรมลบ มีเส้นใยคล้ายเชื้อราสามารถสร้างได้ทั้งสารจืออสมีนและเอมไอบี และ Van Der Ploeg (1989) กล่าวว่า สารประกอบเอมไอบีถูกสังเคราะห์โดยไฮโฟรียนอยด์ พาทเวย์ในสิ่งมีชีวิตกลุ่ม *Actinomycetes spp.* ส่วนวิทยา (2551) ได้ทำการศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยมูลไก่ในการเลี้ยงปลานิลแดงต่อการสะสมสารจืออสมีน และเอมไอบีในน้ำและดินพื้นบ่อ พบว่า การใส่ปุ๋ยเพิ่มมากขึ้นมีผลทำให้ปริมาณของแอกติโนมัยซิสในดินและสร้างสารจืออสมีนและเอมไอบีในดินมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น จึงสรุปได้ว่า การสะสมปริมาณสารประกอบจืออสมีนและเอมไอบีในน้ำและดินพื้นที่ท้องน้ำจากกัวนพะเยามีปริมาณเพิ่มขึ้นตามปริมาณแอกติโนมัยซิสในดินพื้นที่ท้องน้ำ

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgments)

ขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย และขอขอบคุณ

คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ, กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. (2538). *เกณฑ์ระดับคุณภาพน้ำและมาตรฐานคุณภาพน้ำประเทศไทย*.

กรมควบคุมมลพิษ, กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. (2543). สถานการณ์ด้านมลพิษของประเทศไทย ในปี 2543. *ข่าวสารสิ่งแวดล้อม*, 20.

พงศ์เชษฐ พิชิตกุล และยนต์ มุลิก. (2548). คุณภาพน้ำในกัวนพะเยา. ใน *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43: สาขาประมง สาขาการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม* (หน้า 140-146). กรุงเทพฯ.

วิทยา ทาวงค์, นิวุฒิ หวังชัย, กรทิพย์ กันนิการ์, สุปราณี วิกรัยบุรณ์ และสมคิด ดีจิง. (2551). ผลของการใช้ปุ๋ยมูลไก่ในการเลี้ยงปลานิลแดงต่อการสะสมสารจืออสมีนและเอมไอบีในน้ำและดินพื้นบ่อ. *วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง*, 2(2), 68-78.

Grimm, C.C. S.W. Lloyd and P.V. Zimba. (2004). Instrumental versus sensory detection of off-flavors in farm-raised channel catfish. *Aquaculture*, 236, 309-319.

Persson, P.E. (1980). On the odor of 2-methylisoborneol. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 28, 1344-1345.

Klapper, H. (1991). *Control of Eutrophication in Inland Waters*. New York: Ellis Horwood.

Lovell, R.T., & D., Broce. (1985). Cause of musty flavor in pond culture penaeid shrimp. *Aquaculture*, 50, 169-174.

Martin, J.T., L.W., Bennett, & W.H., Graham. (1988). Off-flavor in the channel catfish (*Ictalurus punctatus*) due to 2-methylisoborneol and its Dehydration Products. *Water Science and Technology*, 29(8/9): 59-65.

Sivonen, K. (1982). Factor influencing odor production by actinomycetes. *Hydrobiologia*. 86, 165-170.

Sugiura, N., & Nakano, K. (2000). Causative microorganisms for musty odor occurrence in the eutrophic Lake Kasumigaura. *Hydrobiologia*, 434, 145–150.

Tabachek, J.L., & M., Yurkowski. (1976). Isolation and identification of blue–green algae producing muddy odor metabolites and 2–methylisoborneol in saline lake in Monitoba. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 33, 25–35.

Van Der Ploeg, M. (1989). Seasonal trends in flavor quality of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) from commercial pond in Mississippi. *Journal of Applied Aquaculture*. 2(3), 22–31.

Van Der Ploeg, M. & C.E., Boyd. (1991). Geosmin production in cyanobacteria (blue green algae) in fish pond at Auburn, Alabama: *Journal of the World Aquaculture Society*, 22(4), 207–216.

Yamada, N., N., Marakami, N., Kawamura, & J., Sakakibara. (1994). Mechanism of an early lysis by fatty acid from Axenic Phormidium tenue (Musty odor–producing cyanobacterium) and its growth prolongation by bacteria. *Biological & Pharmaceutical Bulletin*, 17(9), 1277–1281.

Yurkowski, M. and Tabachek, J.L. 1974. Identification analysis and removal of geosmin from Muddy flavored trout. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 31, 1851–1858.

A.O.A.C. (Association of Official Analytical Chemists). (1990). *Official Methods of Analysis*. Washington DC.

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (1980). 15th edn, American Public Health Association/American Water Works Association /Water Environment Federation, Washington DC, USA. 1134 p.