บทที่ 4

ผลการศึกษาและอภิปรายผลการศึกษา

งานวิจัยนี้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ศึกษาคุณภาพน้ำทั้งทางกายภาพและเคมี ได้แก่ อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิน้ำ pH ค่าการนำไฟฟ้า ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ค่าไนเตรท-ไนโตรเจน ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และค่าออร์โธ-ฟอสเฟต เพื่อประเมินคุณภาพน้ำของลำห้วยแม่ตาว อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก รวมถึงการตรวจสอบการปนเปื้อนของแคดเมียมที่มีปัญหาอยู่ในพื้นที่ เพื่อดูการปนเปื้อนตลอดทั้งลำน้ำว่ามีการปนเปื้อนเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยกำหนดจุดศึกษา 4 จุด ตรวจสอบการปนเปื้อนทั้งในน้ำ ดินตะกอน และพืชริมน้ำกินได้ 3 ชนิด ได้แก่ ผักหนาม ผักกูด และบอน โดยทำการเก็บตัวอย่างในเดือนสิงหาคม 2558 และเดือนธันวาคม 2558 ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งตามลำดับ และส่วนที่สองเป็นการศึกษาการดูดซับแคดเมียมของผักหนาม ผักกูด และบอน จากน้ำในบ่อเลี้ยงปลา ระหว่างเดือนสิงหาคม-ธันวาคม 2558 ทำการเก็บตัวอย่างทุกๆ สองเดือนเก็บ 1 ครั้ง โดยได้ผลการศึกษาดังนี้

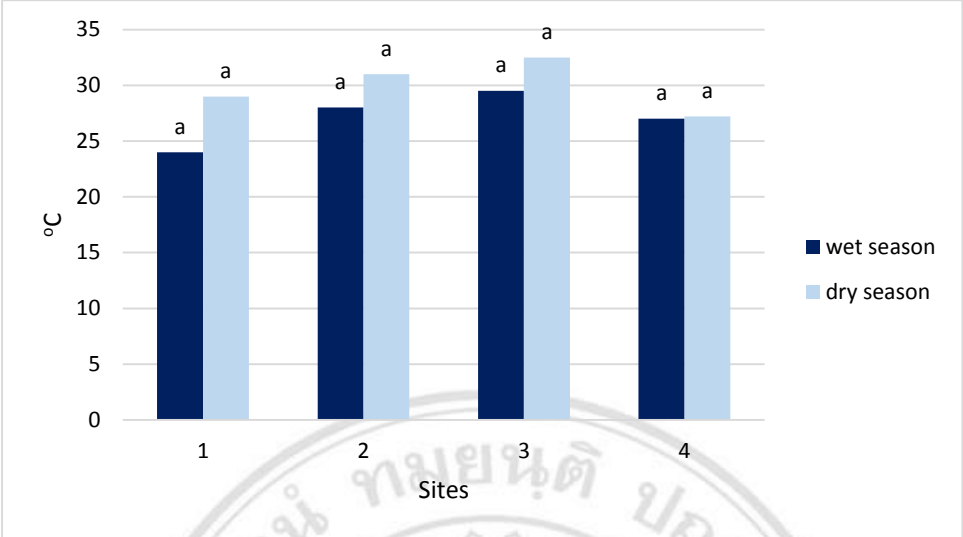
4.1 การศึกษาคุณภาพน้ำและการปนเปื้อนของแคดเมียมในลำน้ำแม่ตาว

4.1.1 คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีในลำห้วยแม่ตาว

1) อุณหภูมิอากาศ

อุณหภูมิอากาศในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง มีค่าอยู่ระหว่าง 24-32.5 องศาเซลเซียส (ภาคผนวก ก)ในฤดูฝนมีค่าอุณหภูมิอากาศต่ำกว่าฤดูแล้ง โดยจุดการศึกษาที่ 3 ทั้งฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่าอุณหภูมิอากาศสูงที่สุด โดยในฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย 27.13 และ 29.93 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แต่ค่าอุณหภูมิอากาศในแต่ละจุดศึกษาในฤดูกาลเดียวกันไม่มีความแตกต่างกัน (ภาพที่ 4.1)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

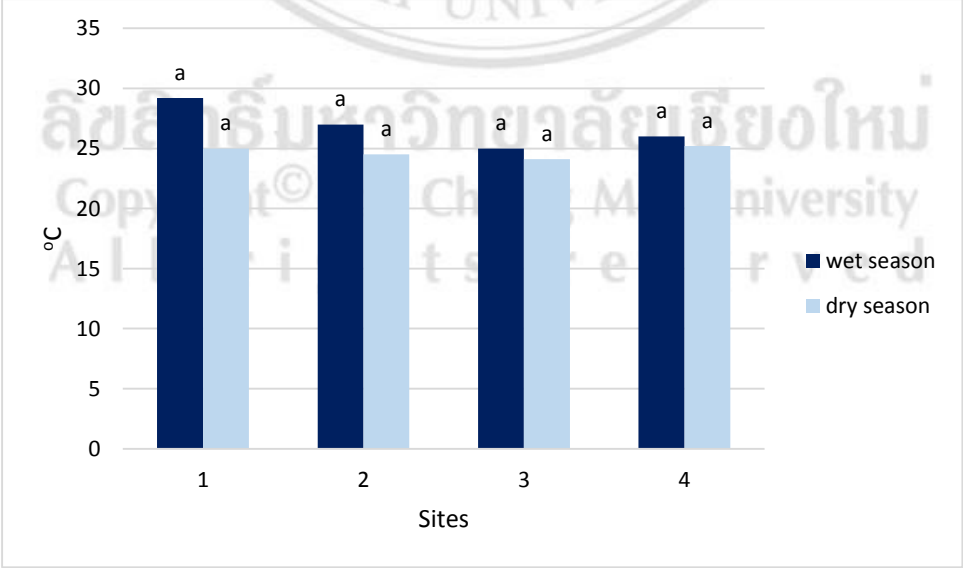


ภาพที่ 4.1 ค่าอุณหภูมิอากาศของลำห้วยแม่ตาวทั้ง 4 จุดการศึกษา ในเดือนสิงหาคมและธันวาคม 2558

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P<0.05

2) อุณหภูมิน้ำ

อุณหภูมิน้ำในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 24-27 องศาเซลเซียส (ภาคผนวก ก) ในฤดูฝนมีค่าอุณหภูมิน้ำสูงกว่าฤดูแล้ง โดยจุดการศึกษาที่ 3 ทั้งฤดูฝนและฤดูแล้งก็มีค่าอุณหภูมิน้ำต่ำสุด โดยฤดูฝนและฤดูแล้ง มีค่าอุณหภูมิน้ำเฉลี่ย 26.8 และ 29.93 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แต่ค่าอุณหภูมิน้ำในแต่ละจุดศึกษาในฤดูกาลเดียวกันไม่มีความแตกต่างกัน (ภาพที่ 4.2)



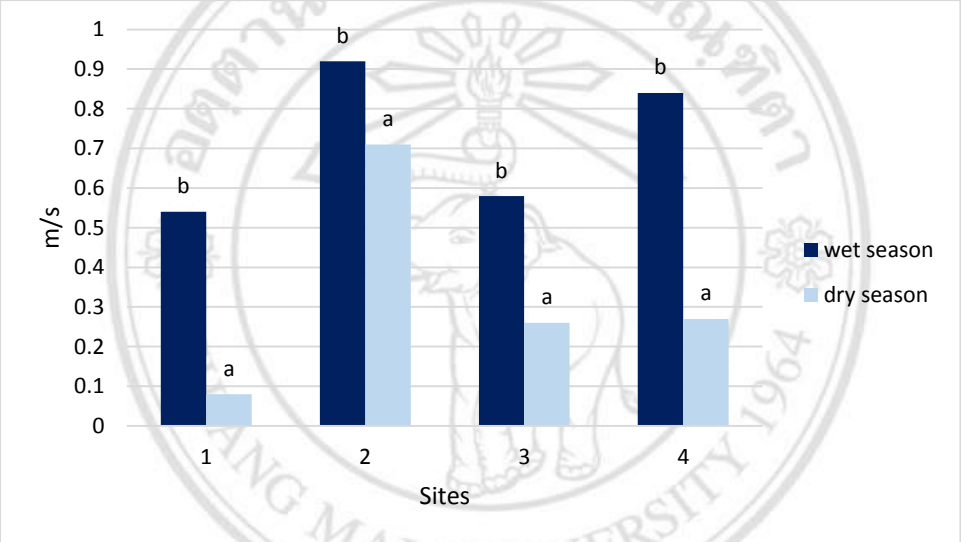
ภาพที่ 4.2 ค่าอุณหภูมิน้ำของลำห้วยแม่ตาวทั้ง 4 จุดการศึกษา ในเดือนสิงหาคมและธันวาคม 2558

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P<0.05

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3) ความเร็วกระแสน้ำ

ความเร็วกระแสน้ำในจุดการศึกษาที่ 1-4 ในช่วงฤดูแล้งมีค่าความเร็วกระแสน้ำต่ำที่สุด (ภาคผนวก ก) ส่วนจุดการศึกษาที่ 2 ในฤดูฝนมีค่าความเร็วกระแสน้ำสูงที่สุด ในจุดนี้ยังพบว่ามีค่าความเร็วกระแสน้ำสูงกว่าจุดการศึกษาจุดอื่นโดยในฤดูฝนและฤดูแล้ง มีค่าความเร็วกระแสน้ำเฉลี่ย 0.72 และ 0.33 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ค่าความเร็วกระแสน้ำในแต่ละจุดศึกษาไม่มีความแตกต่างกัน แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในฤดูกาล โดยพบว่าในฤดูฝนมีค่าความเร็วกระแสน้ำที่มากกว่าในฤดูแล้ง ด้วยฝนที่ตกลงมาทำให้เกิดมวลน้ำที่มากขึ้นกระแสน้ำจึงไหลเร็วกว่า (ภาพที่ 4.3)



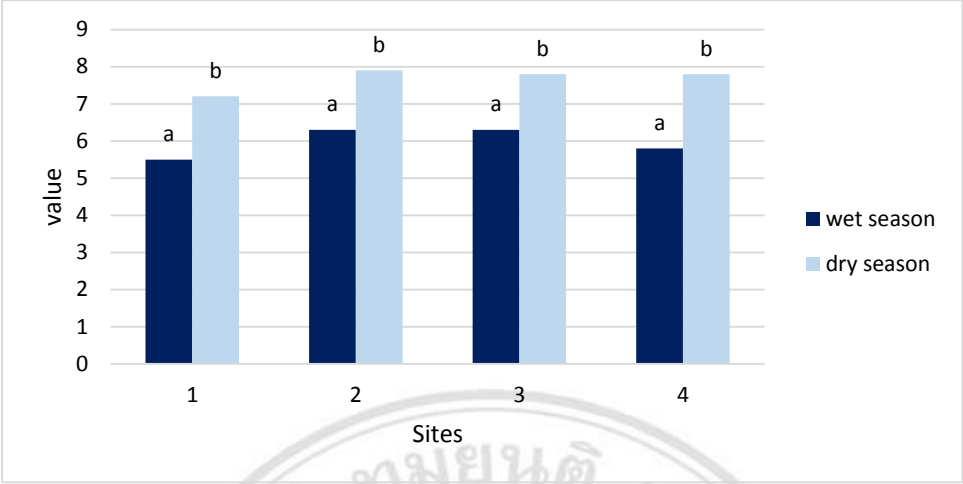
ภาพที่ 4.3 ค่าความเร็วกระแสน้ำของลำห้วยแม่ตาวทั้ง 4 จุดการศึกษา ในเดือนสิงหาคมและธันวาคม 2558

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ $P<0.05$

4) ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ความเป็นกรด-ด่างในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่าอยู่ระหว่าง 5.8-8 (ภาคผนวก ก)พบว่าในช่วงฤดูฝนมีค่า pH ต่ำกว่าฤดูแล้ง โดยค่า pH ในช่วงฤดูฝนมีค่า pH ต่ำกว่า 7 ในทุกจุดการศึกษา โดยในฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่าความเป็นกรด-ด่าง เฉลี่ย 5.98 และ 7.68 ตามลำดับ ค่าความเป็นกรด-ด่างในระหว่างจุดศึกษาในฤดูกาลเดียวกันไม่มีความแตกต่าง แต่ระหว่างฤดูกาลมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (ภาพที่ 4.4)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

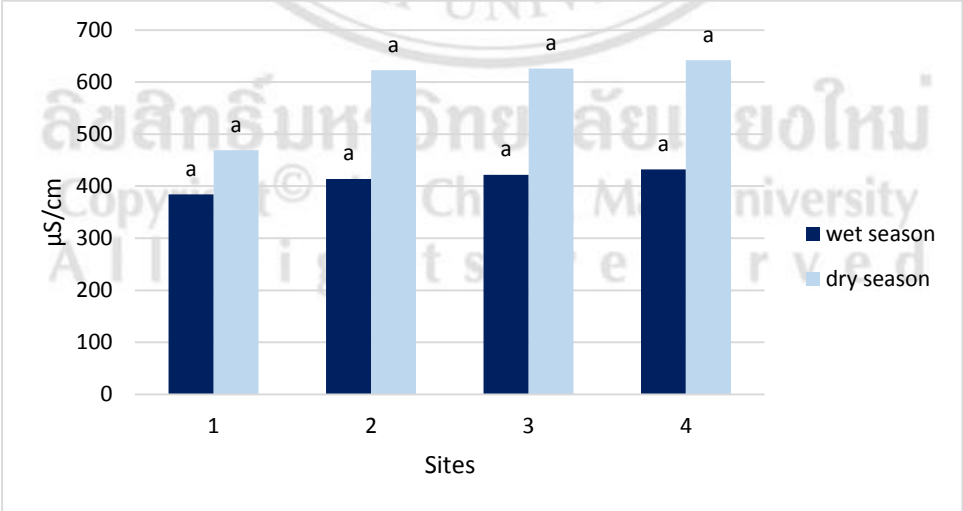


ภาพที่ 4.4 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของลำห้วยแม่ตาวทั้ง 4 จุดการศึกษา ในเดือนสิงหาคมและธันวาคม 2558

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P<0.05

5) ค่าการนำไฟฟ้า (Electric conductivity)

ค่าการนำไฟฟ้าในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่าอยู่ระหว่าง 348-633 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร (ภาคผนวก ก) ค่าการนำไฟฟ้าในช่วงฤดูแล้งมีค่าสูงกว่าฤดูฝน โดยในฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ย 413 และ 590 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ ค่าการนำไฟฟ้าระหว่างจุดศึกษาในฤดูกาลเดียวกันไม่มีความแตกต่างกัน แต่ในระหว่างฤดูกาลมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (ภาพที่ 4.5)

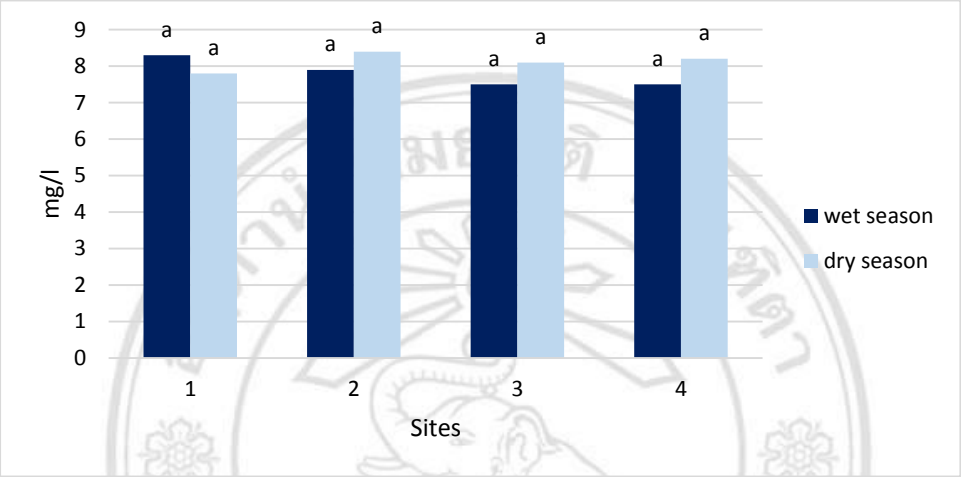


ภาพที่ 4.5 ค่าการนำไฟฟ้าของลำห้วยแม่ตาวทั้ง 4 จุดการศึกษา ในเดือนสิงหาคมและธันวาคม 2558

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P<0.05

6) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen : DO)

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่าอยู่ระหว่าง 7.3-8.2 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาคผนวก ก) โดยในฤดูฝนและฤดูแล้งปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำเฉลี่ย 7.8 และ 8.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในแต่ละจุดศึกษาและระหว่างฤดูกาลไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (ภาพที่ 4.6)



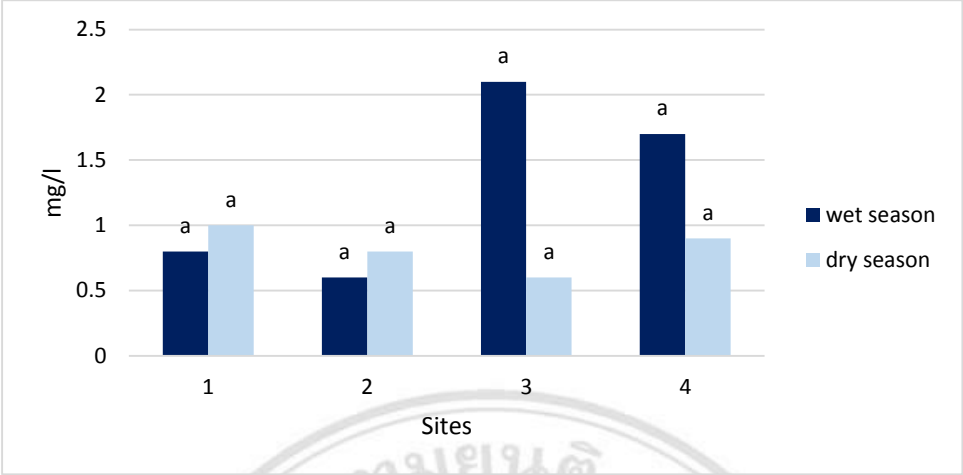
ภาพที่ 4.6 ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำของลำห้วยแม่ตาวทั้ง 4 จุดการศึกษา ในเดือนสิงหาคมและธันวาคม 2558

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ $P<0.05$

7) ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (Biochemical Oxygen Demand : BOD)

ค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง มีค่าอยู่ระหว่าง 0.6-2.1 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาคผนวก ก) โดยในฤดูฝนค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในจุดศึกษาที่ 3 และ 4 สูงกว่าจุดศึกษาที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญ โดยในฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่า BOD เฉลี่ย 1.3 และ 0.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ระหว่างจุดศึกษาในฤดูกาลเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (ภาพที่ 4.7)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

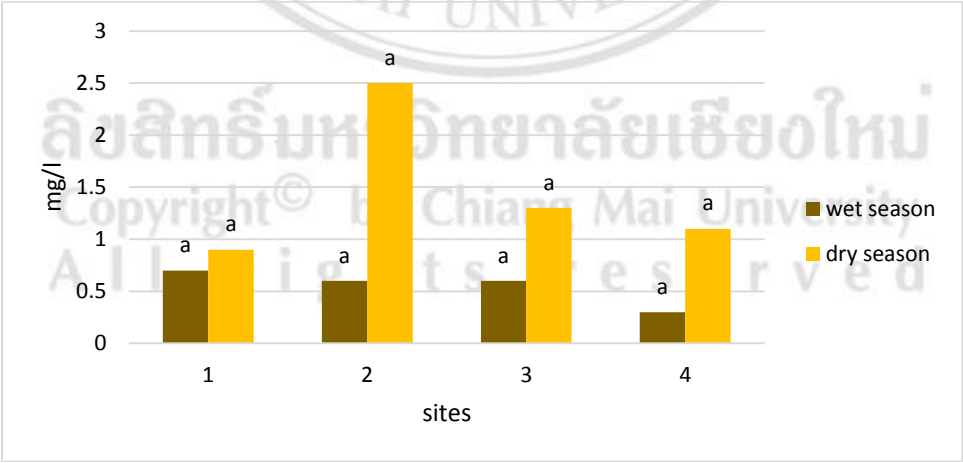


ภาพที่ 4.7 ค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ของลำห้วยแม่ตาวทั้ง 4 จุด การศึกษาในเดือนสิงหาคมและธันวาคม 2558

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P<0.05

8) ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate-nitrogen : NO_3-N)

ค่าไนเตรท-ไนโตรเจนในทุกจุดศึกษาทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่าต่ำ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.3-2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาคผนวก ก) ในฤดูฝนมีแนวโน้มค่าไนเตรท-ไนโตรเจนต่ำกว่าในฤดูแล้ง โดยในฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่าไนเตรท-ไนโตรเจนเฉลี่ย 0.6 และ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ แต่ค่าไนเตรท-ไนโตรเจนในระหว่างจุดศึกษาในฤดูกาลเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (ภาพที่ 4.8)



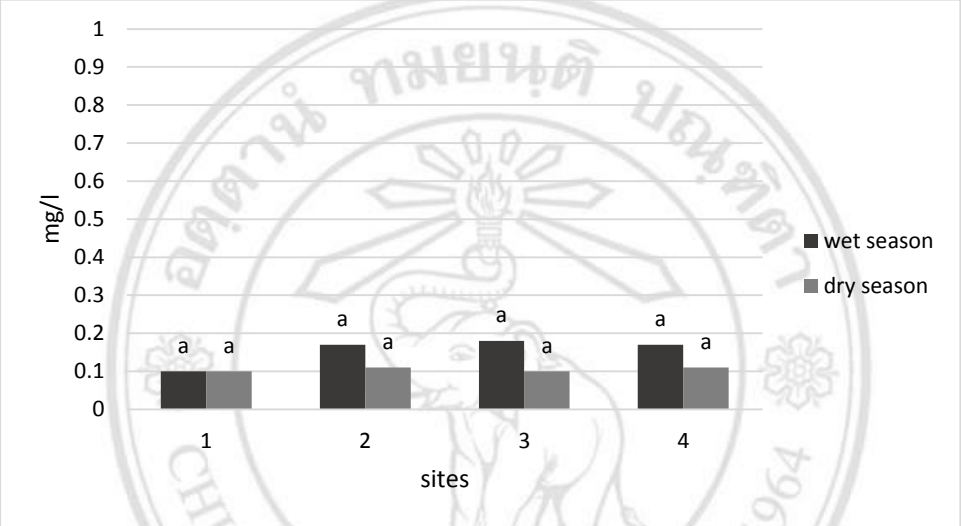
ภาพที่ 4.8 ค่าไนเตรท-ไนโตรเจนของลำห้วยแม่ตาวทั้ง 4 จุดการศึกษา ในเดือนสิงหาคมและธันวาคม 2558

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P<0.05

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

9) แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia-nitrogen : NH_3-N)

ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนทั้งในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่าต่ำ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.10-0.18 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาคผนวก ก) โดยในฤดูฝนค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในจุดศึกษาที่ 2, 3 และ 4 มีค่าสูงกว่าจุดศึกษาที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญ ในฤดูแล้งมีค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเฉลี่ย 0.16 และ 0.11 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ แต่ระหว่างจุดศึกษาในฤดูฝนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (ภาพที่ 4.9)



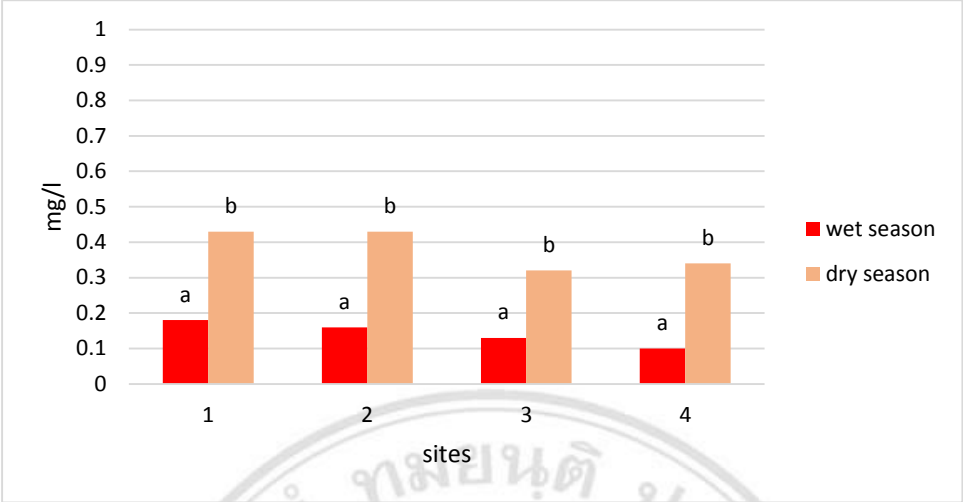
ภาพที่ 4.9 ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของลำห้วยแม่ตาวทั้ง 4 จุดการศึกษา ในเดือนสิงหาคมและธันวาคม 2558

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ $P<0.05$

10) ออร์โธ-ฟอสเฟต (Ortho-phosphate : O-PO_4^{3-})

ค่าออร์โธ-ฟอสเฟตในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.10-0.43 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาคผนวก ก) ในฤดูฝนมีค่าออร์โธ-ฟอสเฟตต่ำกว่าในฤดูแล้ง แต่ระหว่างจุดศึกษาในฤดูกาลเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่ระหว่างฤดูกาลมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยในฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่าออร์โธ-ฟอสเฟต เฉลี่ย 0.14 และ 0.38 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ภาพที่ 4.10)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.10 ค่าออร์โธ-ฟอสเฟตของลำห้วยแม่ตาวทั้ง 4 จุดการศึกษา ในเดือนสิงหาคมและธันวาคม 2558

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ $P<0.05$

ค่า Chemical Index

จากพารามิเตอร์ที่กล่าวมาข้างต้นทั้ง 8 พารามิเตอร์ ได้แก่ อุณหภูมิน้ำ pH การนำไฟฟ้า ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ค่าไนเตรท-ไนโตรเจน ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และค่าออร์โธ-ฟอสเฟต นำมาคำนวณโดยใช้ Chemical Index (CI) เพื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำของลำห้วยแม่ตาว จากค่าการคำนวณจากสูตรของ CI พบว่าจุดการศึกษาที่ 1 ถึง จุดการศึกษาที่ 4 ในช่วงฤดูฝนมีค่า CI = 57, 67, 72 และ 69 ตามลำดับ (ภาคผนวก ก) ซึ่งมีค่าอยู่ใน Class II แสดงว่าทุกจุดการศึกษามีคุณภาพน้ำอยู่ในระดับค่อนข้างสะอาด (Fairy clean) และจุดการศึกษาที่ 1 ถึงจุดการศึกษาที่ 4 ในช่วงฤดูแล้งมีค่า CI = 64, 60, 67 และ 64 ตามลำดับ (ภาคผนวก ก) ซึ่งมีค่าอยู่ใน Class II แสดงว่าทุกจุดการศึกษามีคุณภาพน้ำอยู่ในระดับค่อนข้างสะอาด (Fairy clean) เมื่อพิจารณาค่า Chemical Index ของแต่ละพารามิเตอร์พบว่าค่า DO และ BOD มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า CI มากที่สุด เนื่องจากค่า weight (w_i) ที่ใช้ในการคำนวณมีค่าอยู่ที่ 0.20 จึงถือได้ว่าสองพารามิเตอร์นี้มีความสำคัญเปลี่ยนแปลงค่า CI โดยในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งน้ำแต่ละจุดการศึกษานำมาเทียบกับคุณภาพน้ำผิวดินของประเทศไทย (กรมควบคุมมลพิษ) ในช่วงฤดูฝน จุดการศึกษาที่ 1 และ 2 มีคุณภาพน้ำผิวดินอยู่ในประเภทที่ 2 คือ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน ใช้ในการอนุรักษ์สัตว์น้ำ การประมง การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ ส่วนในจุดการศึกษาที่ 3 และ 4 มีคุณภาพน้ำผิวดินอยู่ในประเภทที่ 3 คือ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน ใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตร ส่วนในช่วงฤดูแล้งจุดการศึกษาที่ 1-4 มีคุณภาพน้ำผิวดินอยู่ในประเภทที่ 3 (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 ค่า Classification ของคุณภาพน้ำในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งในลำห้วยแม่ตาว

site	Wet season			Dry season		
	CI	class	site classification	CI	class	site classification
1	57	II	Fairly clean	64	II	Fairly clean
2	67	II	Fairly clean	60	II	Fairly clean
3	72	II	Fairly clean	67	II	Fairly clean
4	69	II	Fairly clean	64	II	Fairly clean

ในการทดลองนี้ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการวิเคราะห์ในแต่ละจุดการศึกษาในเดือนสิงหาคมคือ ช่วงฤดูฝน และเดือนธันวาคมคือ ช่วงฤดูแล้ง ซึ่งพบว่าค่าอุณหภูมิอากาศอยู่ระหว่าง 24-32.5 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิน้ำอยู่ระหว่าง 24.1-29.2 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยต่ำสุดที่พบคือ 24 องศาเซลเซียส ในช่วงฤดูฝนของจุดการศึกษาที่ 1 เนื่องจากในเดือนสิงหาคม 2558 เกิดฝนตกก่อนเก็บตัวอย่างและในขณะเก็บตัวอย่าง จึงทำให้อุณหภูมิลดต่ำลง ส่วนอุณหภูมิน้ำในจุดการศึกษาที่ 1 คือ 29.2 องศาเซลเซียส เนื่องจากอุณหภูมิน้ำมีการเปลี่ยนแปลงช้ากว่าอุณหภูมิอากาศโดยมีการคายความร้อนออกมาได้ช้ากว่า อุณหภูมิน้ำต่ำสุดที่พบคือ 24.1 องศาเซลเซียส ในช่วงฤดูแล้ง สอดคล้องกับกรณีศึกษาของนัสรียาและคณะ (2555) ซึ่งศึกษาในพื้นที่เดียวกัน พบว่าอุณหภูมิอากาศมีค่าระหว่าง 25.55-31.28 องศาเซลเซียส อุณหภูมิน้ำมีค่าระหว่าง 25.12-27.25 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างมีความแตกต่างกัน ซึ่งเกิดมาจากช่วงเวลาของการวัดที่แตกต่าง โดยอุณหภูมิในช่วงเช้ามีค่าต่ำกว่าช่วงกลางวัน นอกจากนี้ ลักษณะของจุดเก็บตัวอย่างยังเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้อุณหภูมิแตกต่างกัน โดยบางพื้นที่เป็นพื้นที่โล่งร่มเงาต้นไม้บดบังน้อย ทำให้ปริมาณแสงแดดมีผลโดยตรงกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศ ทำให้การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้ำมีค่าแปรผันตรงกับอุณหภูมิอากาศโดยเมื่ออุณหภูมิของอากาศสูงจึงเกิดการถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำทำให้อุณหภูมิน้ำสูงขึ้นตามไปด้วย ในส่วนของความเร็วกระแสน้ำพบว่าในฤดูฝนมีค่าความเร็วกระแสน้ำสูงกว่าในฤดูแล้ง เนื่องจากฝนที่ตกลงมาส่งผลให้น้ำมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นรวมถึงพื้นที่เป็นพื้นที่ราบลุ่มเชิงเขา (อนุรักษ์, 2541) ทำให้กระแสน้ำไหลแรงและเร็ว เมื่อเกิดฝนตกจึงมีผลทำให้ความเร็วของกระแสน้ำที่วัดได้มีค่าสูงสุดคือ 0.92 เมตรต่อวินาที ในจุดการศึกษาที่ 2 ที่ลำห้วยมีความกว้างมากและเป็นจุดที่อยู่ถัดจากจุดการศึกษาที่ 1 ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลที่ 441 เมตร ความชันจึงมีผลกับความเร็วกระแสน้ำในจุดการศึกษาที่ 2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ในการศึกษาครั้งนี้มีค่าอยู่ระหว่าง 5.5-7.9 มีความเป็นกรดถึงกลาง หากเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ซึ่งกำหนดไว้ที่ 5-9 (กรมควบคุมมลพิษ, 2537) โดยค่าที่วัดได้มีค่าอยู่ในช่วงค่าที่กำหนดทำให้โลหะหนักส่วนใหญ่ตกตะกอนไม่ละลายน้ำและไม่สามารถเคลื่อนที่หรือแพร่กระจายไปไกลจากแหล่งกำเนิด (กลุ่มวิชาการและมาตรฐาน สำนักบริหารและฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, 2547) ถือว่าเหมาะแก่การใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคและการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ

ส่วนค่าการนำไฟฟ้า (EC) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถของน้ำในการนำกระแสไฟฟ้า โดยมักจะขึ้นอยู่กับชนิดของสารที่มีประจุและความเข้มข้นของสารมีประจุแต่ละชนิด ซึ่งส่วนมากจะเกิดจากสารประกอบอนินทรีย์มากกว่าสารประกอบอินทรีย์ (ไพฑูรย์, 2539) จากการศึกษานี้พบว่าค่าการนำไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 384-642 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร โดยจุดการศึกษาที่ 1 พบค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 384 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร เนื่องจากจุดการศึกษานี้เป็นจุดอ้างอิงได้รับการรบกวนจากมนุษย์น้อยกว่าจุดอื่นๆ มาก นอกจากนี้ค่าการนำไฟฟ้ายังมีความสัมพันธ์กับค่าปริมาณของแข็งรวมที่ละลายน้ำ (TDS) (มั่นสินและมั่นรักษ์, 2547) ซึ่งมีความสอดคล้องกับผลการศึกษาที่พบว่าค่าทั้งสองค่ามีการผันแปรตามกันอย่างชัดเจน โดยพบวาจุดการศึกษาที่ 1 ของทั้งฤดูฝนและฤดูแล้งจะมีค่าการนำไฟฟ้าและค่าของแข็งรวมที่ละลายน้ำน้อยกว่าทุกจุดการศึกษา โดยที่จุดการศึกษาที่ 2-4 จะมีค่าการนำไฟฟ้าและค่าของแข็งรวมละลายน้ำมากกว่าจุดการศึกษาที่ 1 เนื่องจากจุดศึกษาที่ 2-4 อยู่ถัดลงมาจากพื้นที่ทำเหมืองและอาจได้รับผลกระทบจากการทำเหมือง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอุไรวรรณ (2551) พบว่าเมื่อใดที่พื้นที่ถูกรบกวนด้วยกิจกรรมการทำลายหน้าดิน เช่น การทำเหมือง หรือการเปิดหน้าดินให้โล่ง ไม่มีพืชปกคลุมก็จะเกิดการกัดเซาะชะล้างหน้าดินขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ดินตะกอนรวมถึงแร่ต่างๆ ที่มีอยู่ในดินไหลมาพร้อมกับกระแสน้ำทำให้น้ำมีค่าของปัจจัยทั้งสองเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน

ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำในการศึกษาครั้งนี้มีค่าระหว่าง 7.5-8.4 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากลำห้วยแม่ตาวเป็นลำห้วยที่เป็นน้ำไหลโดยแต่ละจุดการศึกษาสามารถวัดค่าการไหลของน้ำได้ทุกจุด (0.08-0.92 เมตรต่อวินาที) จึงทำให้ออกซิเจนในอากาศสามารถเข้ามาเติมลงในลำน้ำได้ ซึ่งปริมาณออกซิเจนในน้ำนับได้ว่ามีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำอย่างมาก โดยระดับออกซิเจนสำหรับลำน้ำทั่วไปค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำควรมีอย่างน้อย 5 มิลลิกรัมต่อลิตร สิ่งมีชีวิตในน้ำจึงจะอยู่ได้อย่างปกติ (มั่นสินและมั่นรักษ์, 2547) ส่วนค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.7-2.1 มิลลิกรัมต่อลิตร หากเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน 1.5-4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2551) พบว่าค่าที่ตรวจพบนี้มีค่าน้อยกว่าหรืออยู่ในช่วงค่ามาตรฐานอย่างมาก ซึ่งแหล่งน้ำผิวดินที่สะอาดต้องมีค่า BOD ได้ไม่เกิน 1-2 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือต้องไม่ตรวจพบค่า BOD เลย ถ้าพบว่ามีค่า BOD สูงถึง 3-5 มิลลิกรัมต่อลิตร ในแหล่งน้ำผิวดินก็ถือว่า

แหล่งน้ำมีความสกปรกมาก (มั่นสินและมั่นรักษ์, 2547) จากค่าที่ได้ทำให้เห็นว่าลำน้ำไม่ได้ถูกปนเปื้อนจากการระบายน้ำทิ้งหรือถูกรบกวนทางกิจกรรมที่เป็นตัวเพิ่มอัตราการให้ค่า BODสูง

ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนมีค่าอยู่ระหว่าง 0.3-2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่าไนเตรท-ไนโตรเจนนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล โดยค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินกำหนดไว้ไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2551) ซึ่งในค่าที่วิเคราะห์มาได้ทั้งสองฤดูกาลมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดสอดคล้องกับกรณีศึกษาของนัสรียาและคณะ (2555) ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 1.83-3.04 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งก็ไม่ได้เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด ส่วนปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนมีค่าอยู่ระหว่าง 0.1-0.18 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินกำหนดไว้ไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2551) ซึ่งค่าที่วิเคราะห์มาได้ทั้งสองฤดูกาลมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดซึ่งสอดคล้องกับกรณีศึกษาของนัสรียาและคณะ (2555) ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0.23-0.29 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งไม่ได้เกินค่ามาตรฐาน นอกจากนี้ปริมาณออร์โธฟอสเฟตที่ตรวจวัดได้ในการศึกษานี้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.1-0.43 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่าที่ได้สอดคล้องกับกรณีศึกษาของนัสรียาและคณะ (2555) ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0.22-0.80 มิลลิกรัมต่อลิตร ถือได้ว่าค่าสารอาหารทั้งสามมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้

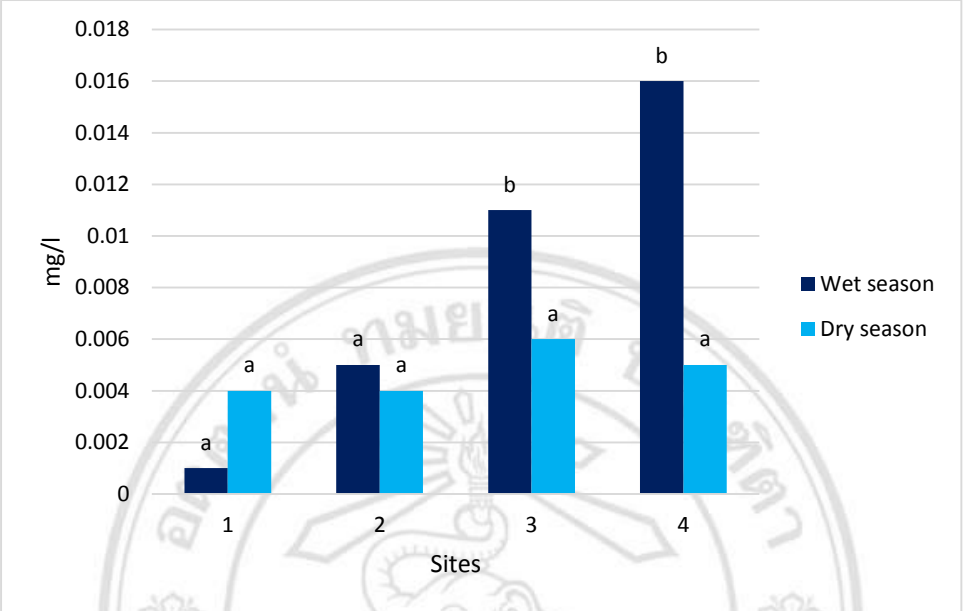
4.1.2 การปนเปื้อนของแคดเมียมในลำห้วยแม่ตาว

1) การปนเปื้อนของแคดเมียมในน้ำ

ความเข้มข้นของแคดเมียมในน้ำช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง มีค่าอยู่ระหว่าง 0.001-0.016 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาคผนวก ข) ความเข้มข้นของแคดเมียมในจุดศึกษาท้ายเหมืองมีค่าสูงกว่าจุดควบคุม (จุดศึกษาที่ 1) อย่างมีนัยสำคัญ ในช่วงฤดูฝน มีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมต่ำสุดที่จุดศึกษาที่ 1 คือ 0.001±0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมสูงสุดที่จุดศึกษาที่ 4 คือ 0.016±0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งในช่วงฤดูแล้งมีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมต่ำสุดที่จุดการศึกษาที่ 1 คือ 0.004±0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมสูงสุดที่จุดการศึกษาที่ 3 คือ 0.006±0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยเทียบความเข้มข้นแคดเมียมในน้ำของลำห้วยแม่ตาวกับค่ามาตรฐานของประเทศไทยที่มีการกำหนดค่ามาตรฐานโลหะหนักในแหล่งน้ำผิวดินตามคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) มีวิธีการการตรวจสอบเป็นไปตามวิธีการมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย (Standard Methods for Examination of Water and Wastewater) มีการกำหนดร่วมของ American Public Health Association (APHA), American Water works Association (AWWA) และ Water Pollution Control Federation (WPCF) ของสหรัฐอเมริกา กำหนดค่าแคดเมียมไม่เกิน 0.05

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อนำมาเทียบกับค่าแคดเมียมที่วิเคราะห์ได้ในทุกจุดการศึกษาในฤดูฝนและฤดูแล้ง มีค่าแคดเมียมในน้ำไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ (ภาพที่ 4.11)



ภาพที่ 4.11 ค่าความเข้มข้นของแคดเมียมที่ปนเปื้อนในน้ำของลำห้วยแม่ตาวทั้ง 4 จุดศึกษา ในเดือนสิงหาคมและธันวาคม 2558

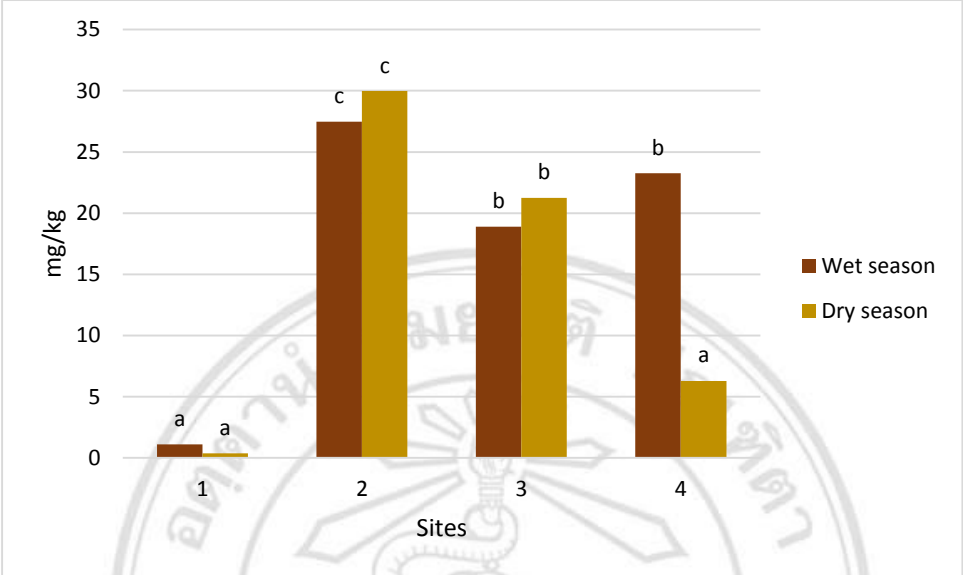
หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ $P<0.05$

2) การปนเปื้อนของแคดเมียมในดินตะกอน

ความเข้มข้นของแคดเมียมในดินตะกอนช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.370-29.970 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ภาคผนวก ข) ความเข้มข้นของแคดเมียมในจุดศึกษาท้ายเหมืองมีค่าสูงกว่าจุดควบคุม (จุดศึกษาที่ 1) อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งในทั้งสองฤดูกาลจุดศึกษาที่ 1 มีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมในดินตะกอนต่ำที่สุด โดยมีค่าอยู่ที่ 1.116±0.321 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ0.370±0.104 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในฤดูฝนและฤดูแล้ง ตามลำดับ ส่วนจุดศึกษาที่ 2 ซึ่งเป็นจุดที่อยู่ใกล้พื้นที่ทำเหมืองมากที่สุด มีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมในดินตะกอนสูงที่สุด โดยมีค่า 27.467±4.580 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 29.970±12.766 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในฤดูฝนและฤดูแล้ง ตามลำดับ โดยเทียบความเข้มข้นแคดเมียมในดินตะกอนของลำห้วยแม่ตาวกับค่ามาตรฐานแคดเมียมที่ปนเปื้อนอยู่ในดินของสหภาพยุโรป (European Union: EU) กำหนดให้ไม่เกิน 3.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และค่ามาตรฐานโลหะหนักในดินตะกอนในแหล่งน้ำผิวดินของคณะมนตรีด้านสิ่งแวดล้อม ประเทศแคนาดา (Canadian Council of Ministers of the Environment ; CCME, 1999) กำหนดให้ปริมาณแคดเมียมไม่ควรเกิน 3.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อนำมาเทียบกับค่าแคดเมียมที่วิเคราะห์ได้พบว่า จุดการศึกษาที่ 1 ในฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่าแคดเมียมในดินตะกอนไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ส่วนจุดการศึกษาที่ 2-4 ในฤดูฝนและฤดู

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แล้ง มีค่าแคดเมียมในดินตะกอนไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ส่วนจุดการศึกษาที่ 2-4 ในฤดูฝน และฤดูแล้งมีค่าแคดเมียมในดินตะกอนเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ (ภาพที่ 4.12)



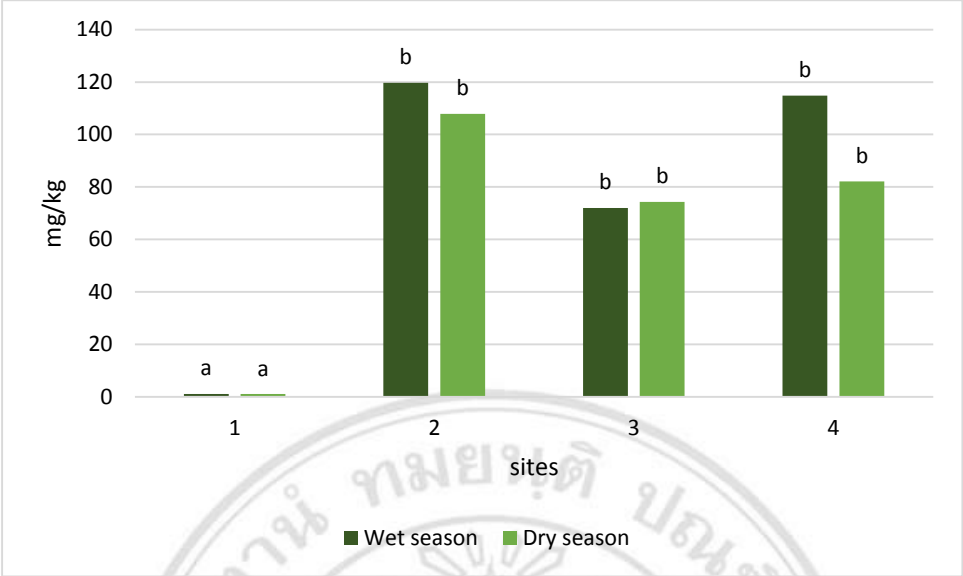
ภาพที่ 4.12 ค่าแคดเมียมที่ปนเปื้อนในดินตะกอนของลำห้วยแม่ตาวทั้ง 4 จุดศึกษา ในเดือนสิงหาคม และธันวาคม 2558

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ $P<0.05$

3) การปนเปื้อนของแคดเมียมในพืชตามลำห้วยแม่ตาว

จากการศึกษาการปนเปื้อนของแคดเมียมในพืชริมน้ำที่สามารถรับประทานได้ 3 ชนิด คือ ผักหนาม ผักกูด และบอนที่ขึ้นอยู่ริมน้ำแม่ตาว พบว่าความเข้มข้นของแคดเมียมในพืชทั้ง 3 ชนิด ทั้งในฤดูฝน และฤดูแล้ง มีค่าเกินกว่าค่ามาตรฐานในพืชกินใบ ผักหนามมีความเข้มข้นของแคดเมียมอยู่ระหว่าง 1.10-119.75 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ภาคผนวก ข) ในช่วงฤดูฝนมีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมต่ำสุดที่จุดการศึกษาที่ 1 คือ 1.19±0.41 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมสูงสุดที่จุดการศึกษาที่ 2 คือ 119.75±13.08 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในช่วงฤดูแล้งมีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมต่ำสุดที่จุดการศึกษาที่ 1 คือ 1.10±0.62 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมสูงสุดที่จุดการศึกษาที่ 2 คือ 107.91±11.40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 4.13)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

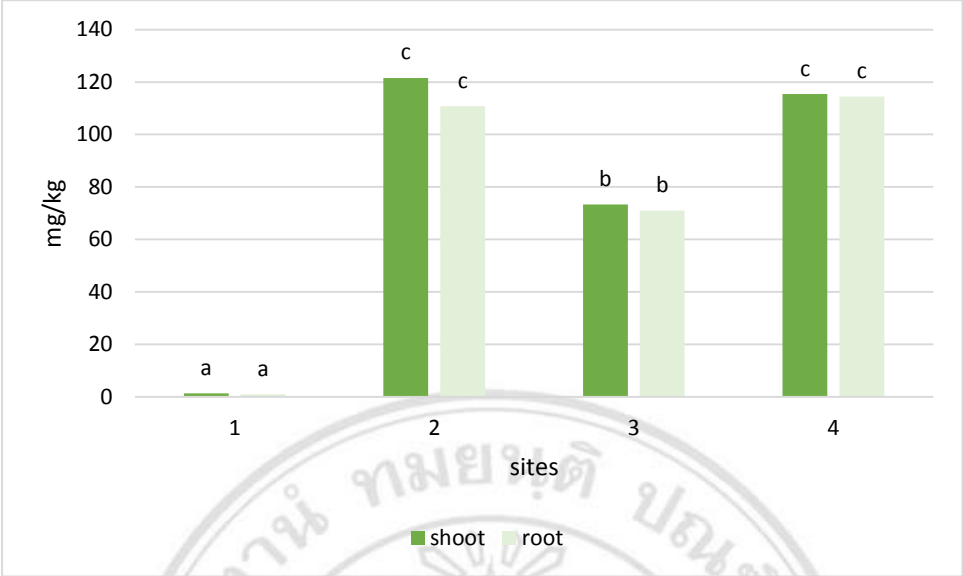


ภาพที่ 4.13 ค่าแคดเมียมที่ปนเปื้อนในทั้งต้นของผักหนาม (*L.spinosa*) ของลำห้วยแม่ตาวทั้ง 4 จุด ศึกษาระหว่างเดือนสิงหาคมและธันวาคม 2558

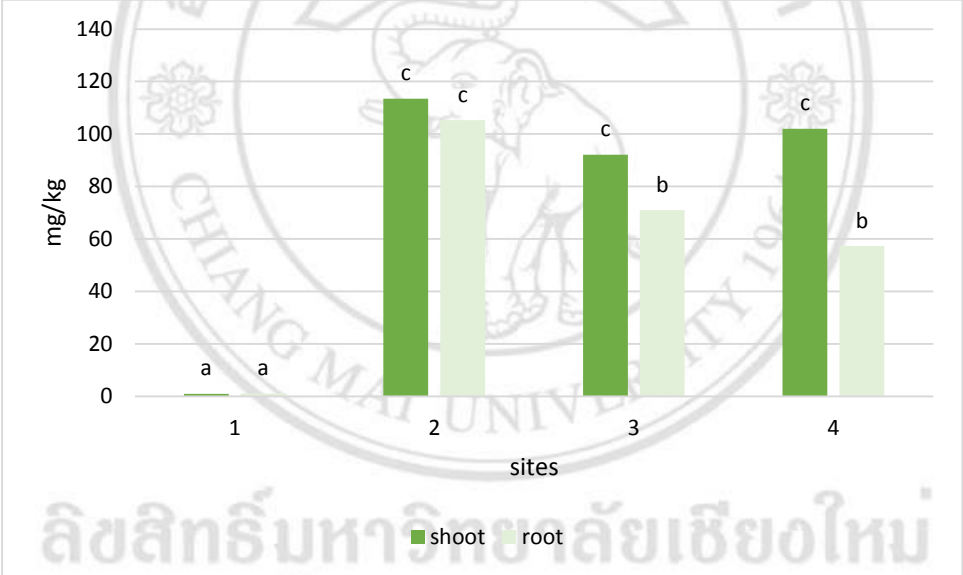
หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ $P<0.05$

เมื่อวิเคราะห์แยกเฉพาะส่วนลำต้นและใบ ซึ่งเป็นส่วนที่นิยมรับประทาน โดยในฤดูฝนผักหนามมีความเข้มข้นของแคดเมียมสูงกว่าฤดูแล้ง มีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมอยู่ระหว่าง 1.02-121.57 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ภาคผนวก ข) จุดศึกษาที่ 2 พบว่ามีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมสูงที่สุด โดยมีค่า 121.57±22.11 และ 113.52±22.79 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในฤดูฝนและฤดูแล้ง ตามลำดับ (ภาพที่ 4.14)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



(A)



(B)

ภาพที่ 4.14 ค่าแคดเมียมที่ปนเปื้อนในส่วนต้นและรากของผักหนาม (*L.spinosa*) ของลำห้วยแม่ตาวทั้ง 4 จุดศึกษา

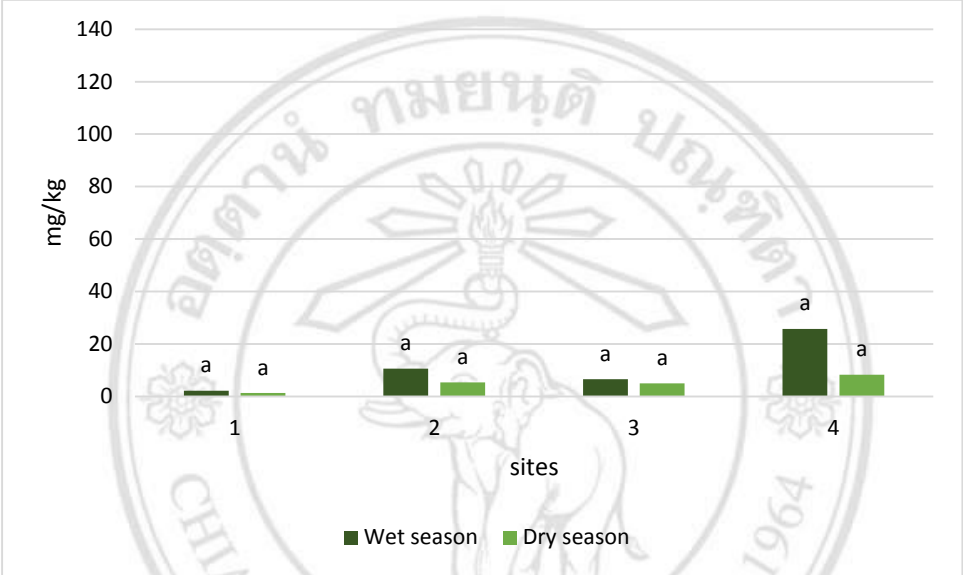
(A) เปรียบเทียบระหว่างจุดศึกษาในส่วนต้นและรากในเดือนสิงหาคม

(B) เปรียบเทียบระหว่างจุดศึกษาในส่วนต้นและรากในเดือนธันวาคม

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P<0.05

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผักกูดมีความเข้มข้นของแคดเมียมอยู่ระหว่าง 1.34-25.79 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ภาคผนวก ข) ในช่วงฤดูฝนมีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมต่ำสุดที่จุดการศึกษาที่ 1 คือ 2.22±0.13 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมสูงสุดที่จุดการศึกษาที่ 4 คือ 25.79±2.24 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในช่วงฤดูแล้งมีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมต่ำสุดที่จุดการศึกษาที่ 1 คือ 1.34±0.22 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมสูงสุดที่จุดการศึกษาที่ 4 คือ 8.31±4.22 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 4.15)

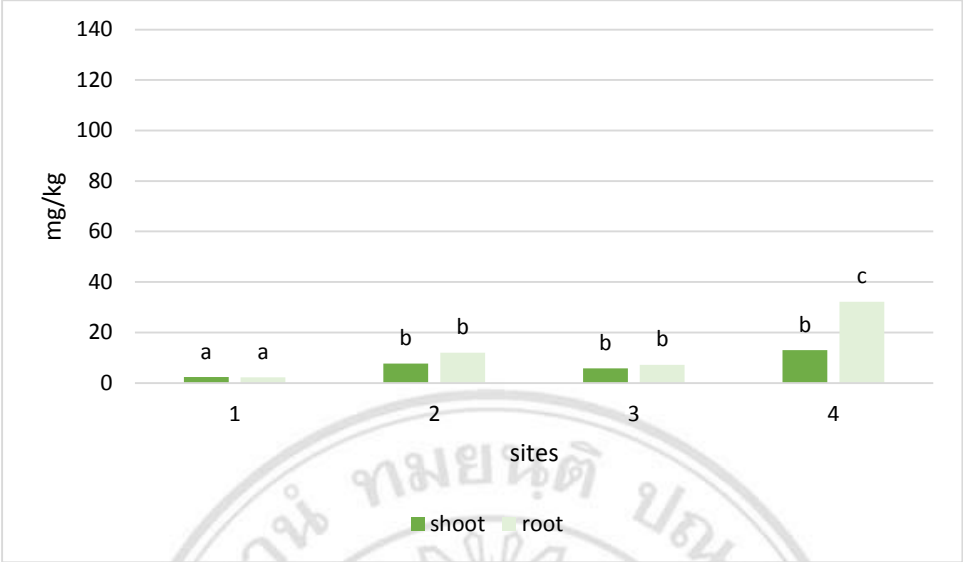


ภาพที่ 4.15 ค่าแคดเมียมที่ปนเปื้อนในทั้งต้นของผักกูด (*D.esculentum*) ของลำห้วยแม่ตาวทั้ง 4 จุดศึกษาระหว่างเดือนสิงหาคมและธันวาคม 2558

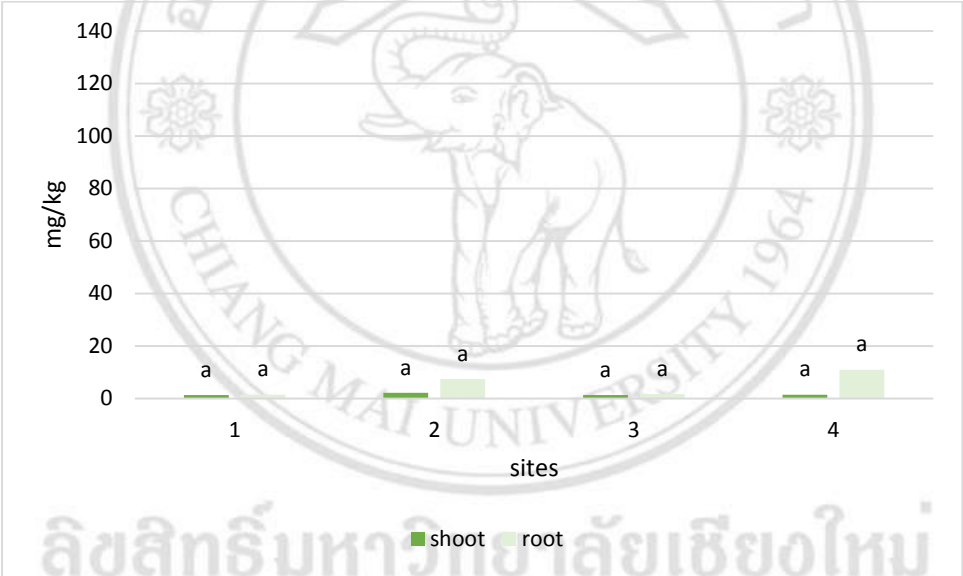
หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ $P<0.05$

เมื่อวิเคราะห์แยกเฉพาะส่วนลำต้นและใบ ซึ่งเป็นส่วนที่นิยมรับประทานโดยในฤดูฝนผักกูดมีความเข้มข้นของแคดเมียมสูงกว่าฤดูแล้ง มีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมอยู่ระหว่าง 1.32-12.95 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ภาคผนวก ข) จุดศึกษาที่ 4 พบมีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมสูงที่สุดในช่วงฤดูฝน โดยมีค่า 12.95±0.48 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และจุดศึกษาที่ 2 พบมีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมสูงที่สุดในช่วงฤดูแล้ง โดยมีค่า 2.10±0.10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในฤดูฝนและฤดูแล้งตามลำดับ (ภาพที่ 4.16)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



(A)



(B)

ภาพที่ 4.16 ค่าแคดเมียมที่ปนเปื้อนในส่วนต้นและรากของผักกูด (*D.esculentum*) ของลำห้วยแม่ตาว ทั้ง 4 จุดศึกษา

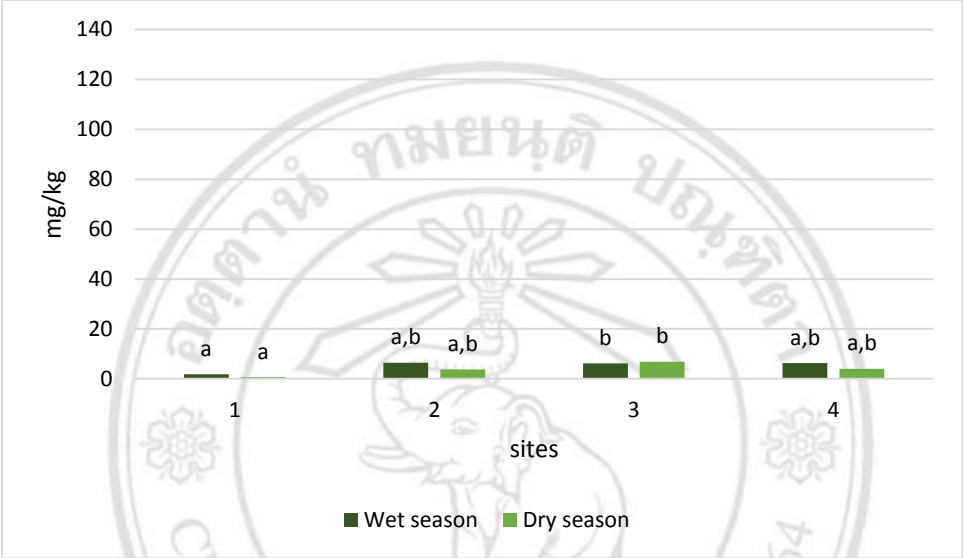
(A) เปรียบเทียบระหว่างจุดศึกษาในส่วนต้นและรากในเดือนสิงหาคม

(B) เปรียบเทียบระหว่างจุดศึกษาในส่วนต้นและรากในเดือนธันวาคม

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P<0.05

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บอนมีความเข้มข้นของแคดเมียมอยู่ระหว่าง 0.72-6.90 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ภาคผนวก ข) ในช่วงฤดูฝนมีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมต่ำสุดที่จุดการศึกษาที่ 1 คือ 1.81±0.12 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมสูงสุดที่จุดการศึกษาที่ 2 คือ 6.47±0.52 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในช่วงฤดูแล้งมีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมต่ำสุดที่จุดการศึกษาที่ 1 คือ 0.72±0.18 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมสูงสุดที่จุดการศึกษาที่ 3 คือ 6.90±0.46 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (รูปที่ 4.17)

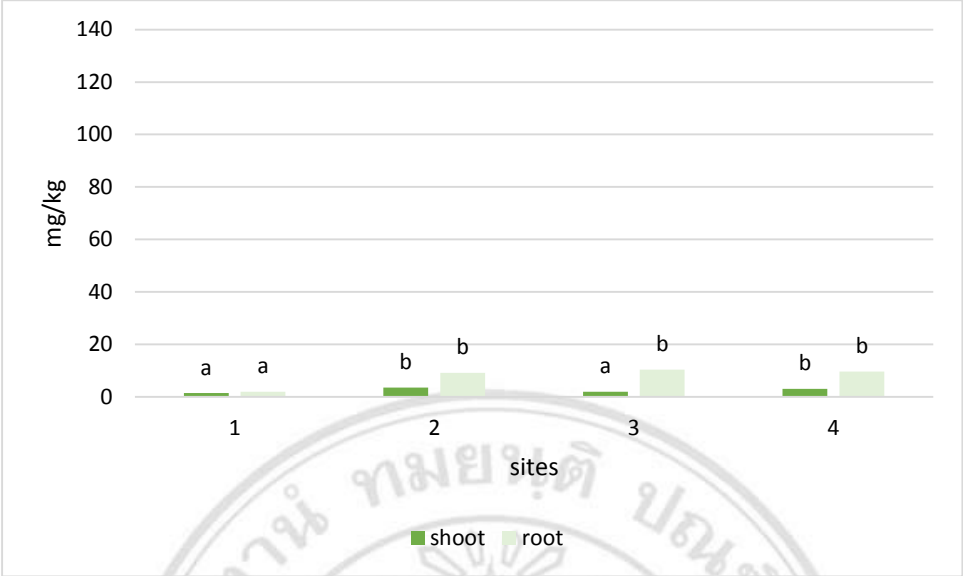


ภาพที่ 4.17 ค่าแคดเมียมที่ปนเปื้อนในทั้งต้นของบอน (*C.esculenta*) ของลำห้วยแม่ตาวทั้ง 4 จุดศึกษาระหว่างเดือนสิงหาคมและธันวาคม 2558

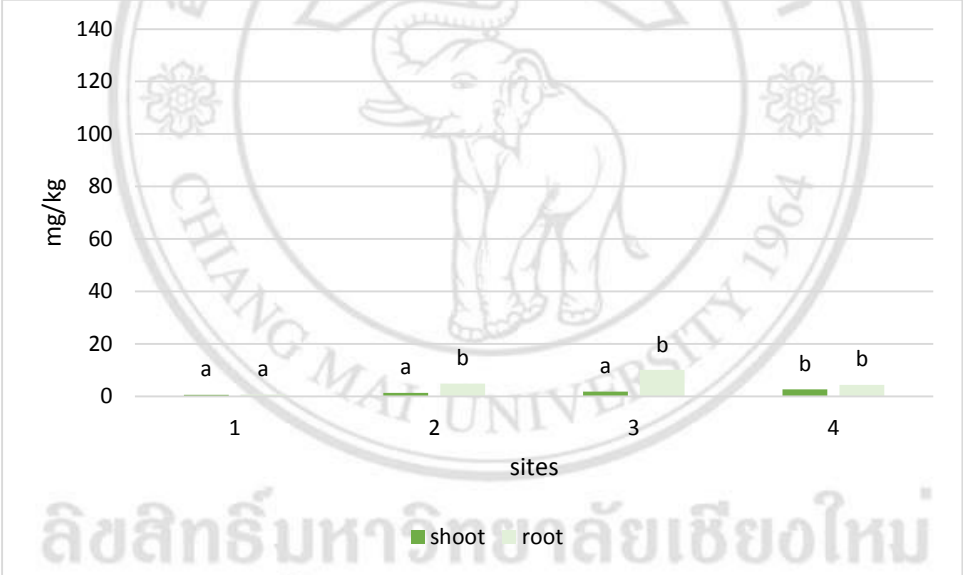
หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ $P<0.05$

เมื่อวิเคราะห์แยกเฉพาะส่วนลำต้นและใบ ซึ่งเป็นส่วนที่นิยมนำรับประทาน โดยในฤดูฝนบอนมีความเข้มข้นของแคดเมียมสูงกว่าในฤดูแล้ง มีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมอยู่ระหว่าง 0.68-3.57 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ภาคผนวก ข) จุดศึกษาที่ 2 พบว่ามีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมสูงที่สุดในช่วงฤดูฝน โดยมีค่า 3.57±0.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และจุดศึกษาที่ 4 พบว่ามีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมสูงที่สุดในช่วงฤดูแล้ง โดยมีค่า 2.68±0.19 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 4.18)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



(A)



(B)

ภาพที่ 4.18 ค่าแคดเมียมที่ปนเปื้อนในส่วนต้นและรากของบอน (*C.esculenta*) ของลำห้วยแม่ตาวทั้ง 4 จุดศึกษา

(A) เปรียบเทียบระหว่างจุดศึกษาในส่วนต้นและรากในเดือนสิงหาคม

(B) เปรียบเทียบระหว่างจุดศึกษาในส่วนต้นและรากในเดือนธันวาคม

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ $P<0.05$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากผลการศึกษาการวิเคราะห์ความเข้มข้นของแคดเมียมในพืชกินได้ 3 ชนิด เมื่อนำค่าที่วิเคราะห์ได้มาเทียบกับค่ามาตรฐานการบริโภคของคณะกรรมาธิการ พิจารณาร่างมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ สาขาวัตถุเจือปนอาหารและสารปนเปื้อน (Codex Committee on Food Additives and contaminants; CCFAC, 1972) ได้กำหนดให้พืชทานใบ ผล และเมล็ด มีแคดเมียมไม่เกิน 0.2 mg/kg พบว่าพืชทั้งสามชนิดในทุกจุดการศึกษามีค่าเกินค่ามาตรฐานทั้งหมดจึงไม่เหมาะที่จะนำพืชที่อยู่ในพื้นที่มารับประทานเพราะเสี่ยงกับการได้รับแคดเมียมเข้าไปสะสมในร่างกายจากการรับประทานผักเหล่านี้ ซึ่งพืชที่มีการสะสมมากที่สุด คือ ผักหนาม ที่มีค่าของแคดเมียมเกินจากค่ามาตรฐานมากอย่างเห็นได้ชัดทั้งต้น หรือจะแยกส่วนแค่ลำต้นและใบ จะเห็นได้ว่าพืชทั้ง 3 ชนิด ที่อยู่ในจุดการศึกษาที่ 1 จะมีค่าที่เกินมาตรฐานไม่มาก ซึ่งเป็นตัวบ่งบอกได้ว่าในพื้นที่เองก็มีแคดเมียมอยู่พอสมควร เป็นจุดการศึกษาที่อยู่เหนือเหมือง ส่วนจุดการศึกษาที่ 2-4 จะมีค่าแคดเมียมที่มากกว่าจุดการศึกษาที่ 1 ซึ่งจุดการศึกษาเหล่านั้นอยู่ถัดจากเหมืองหรือติดกับเหมือง โดยเมื่อได้วิเคราะห์ทางสถิติใช้ ANOVA บอกได้ว่าพื้นที่การศึกษามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญรวมถึงพืชก็มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ $P < 0.05$ แต่เมื่อเทียบเป็นฤดูกาลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงบอกได้ว่าฤดูไม่ค่อยมีผลต่อแคดเมียมที่อยู่ในพื้นที่แต่ที่มีผลคือการทำกิจกรรมต่างๆของมนุษย์ที่ใช้ประโยชน์ในพื้นที่เช่น การทำการเกษตร หรือการเหมือง ที่มีการไปรบกวนในพื้นที่ทำให้แคดเมียมในพื้นที่มีการปลดปล่อยออกมาเพิ่มขึ้น

ค่า Bioaccumulation factor (BF) ของพืชทั้งสามชนิดมีความแตกต่างกัน โดยดูค่า BF มากกว่า 1 คือ มีการสะสมในตัวพืช เมื่อดูความสามารถในการสะสมจากน้ำ โดยพืชที่มีค่า BF มากที่สุดคือ ผักหนาม (L.spinosa) มีค่า BF = 11865.93 รองลงมาคือ ผักกูด (D.esculentum) มีค่า BF = 1343.93 และสุดท้าย คือ บอน (C.esculenta) มีค่า BF = 892.38 และเมื่อดูความสามารถในการสะสมจากดินตะกอน โดยพืชที่มีค่า BF มากที่สุดคือ ผักหนาม (L.spinosa) มีค่า BF = 4.66 รองลงมาคือ ผักกูด (D.esculentum) มีค่า BF = 1.15 สุดท้ายคือ บอน (C.esculenta) มีค่า BF = 0.69 ซึ่งน้อยกว่า 1 มีความสามารถในการสะสมจะดินตะกอนน้อย (ภาคผนวก ข)

ค่า Transfer factor (TF) เป็นค่าที่บอกการส่งผ่านจากรากขึ้นไปบนยอดพืช โดยจะต้องมีค่ามากกว่า 1 ซึ่งในพืชทั้งสามชนิด มีแค่ผักหนามชนิดเดียวที่มีค่า TF มากกว่า 1 โดยมีค่า TF = 1.14 ซึ่งพืชอีกสองชนิด คือ ผักกูด และบอน มีค่า TF น้อยกว่า 1 คือ 0.64, 0.46 ตามลำดับ (ภาคผนวก ข)

จากการเก็บตัวอย่างน้ำ, ดินตะกอน และพืชริมฝั่งตามลำห้วยแม่ตาวใน 4 จุดการศึกษา พบว่าความเข้มข้นของแคดเมียมในน้ำระดับการปนเปื้อนแคดเมียมในน้ำของจุดเก็บตัวอย่างทุกจุดต่ำกว่าระดับการปนเปื้อนสูงสุด (MCL) สำหรับแคดเมียมที่ 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ควบคุมโดย APHA : American

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Public Health Association ,AWWA : American Water Works Association และ WPCF : Water Pollution Control Federation โดยสอดคล้องกับกรณีของศูนย์วิจัยแห่งชาติด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย (2547) พบว่าสังกะสีและแคดเมียมจะกระจายตัวในพื้นที่ในรูปแบบของตะกอนซึ่งถูกน้ำพัดพามาตามลำห้วยแล้วสะสมในพื้นที่การเกษตร โดยแคดเมียมเป็นโลหะหนักที่เป็นผลพลอยได้จากการผลิตแร่สังกะสี การสะสมแคดเมียมปริมาณสูงในลุ่มน้ำจะส่งเสริมให้แคดเมียมเคลื่อนย้ายไปสู่ลำห้วยและน้ำชลประทานได้ (Takijima และ Katsumi, 1973) ทั้งนี้ไม่พบว่ามีสารแคดเมียมละลายอยู่ในน้ำ ส่วนความเข้มข้นในดินตะกอนของจุดเก็บตัวอย่างที่ 2-4 มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานและระดับการปนเปื้อนสูงสุด (MCL) 3.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ควบคุมโดย European Economic Community; EEC และ Canadian Council of Ministers of the Environment; CCME, 1999 โดยความเข้มข้นสูงสุดในดินตะกอนที่อยู่ในจุดการศึกษาที่ 2 ในฤดูแล้งที่ 29.97 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เพราะมันเป็นพื้นที่ที่อยู่ใกล้กับเหมือง (ธนภัทรและคณะ, 2557) การปนเปื้อนของแคดเมียมโดยทั่วไปมีสาเหตุจากกระบวนการผุพังสลายตัวตามธรรมชาติของแร่ และการที่ฝนตกชะหน้าดินที่อุดมด้วยแร่สังกะสีและแคดเมียม ลงสู่ต้นน้ำของลำน้ำธรรมชาติ ทำให้เกิดการสะสมในตะกอนท้องน้ำ และทำให้เกิดการแพร่กระจายของแคดเมียมได้ โดยปริมาณแคดเมียมที่พบนี้ใกล้เคียงกับผลการวิจัยของอนงค์นาฏ (2549) ที่ศึกษาการปนเปื้อนแคดเมียมในพื้นที่ลุ่ม บ้านพะเด๊ะ อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก ซึ่งพบปริมาณแคดเมียมเฉลี่ย 23.00-27.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แคดเมียมพบค่าต่ำสุดอยู่ในตัวอย่างดินตะกอนจากจุดการศึกษาที่ 1 มีค่า 0.37 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เนื่องจากเป็นพื้นที่อยู่เหนือเหมืองไม่ได้รับผลจากกิจกรรมของเหมือง ส่วนความเข้มข้นของแคดเมียมในตัวอย่างพืชทุกชนิดของจุดศึกษาที่ 1 มีค่าต่ำกว่าในจุดศึกษาที่ 2, 3 และ 4 อย่างไรก็ตามการปนเปื้อนของแคดเมียมในพืชทุกตัวอย่างทั้งจากจุดศึกษาทั้งที่อยู่เหนือพื้นที่เหมืองและต่ำกว่าพื้นที่เหมืองอย่างมีนัยสำคัญ มีค่าสูงกว่าระดับการปนเปื้อนสูงสุดที่อนุญาตให้มีในพืชกินใบที่ 0.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เป็นควบคุม Codex Committee on Food Additives and Contaminants (CODEX Standard 193-1995) พืชที่มีค่าแคดเมียมสะสมในระดับสูงสุดของแคดเมียมคือ ผักหนาม (*Lasia spinosa* (L.) Thw.) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kananke และคณะ (2016) ซึ่งศึกษาปริมาณแคดเมียมในผักใบเขียวหลายชนิดที่พบว่า *Lasia spinosa* มีแนวโน้มที่มีค่าการสะสมแคดเมียมได้สูงจากสภาพแวดล้อม ความเข้มข้นของแคดเมียมใน *Lasia spinosa* มีค่า 121.567 ± 22.112 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในจุดการศึกษาที่ 2 ซึ่งเป็นพื้นที่ที่อยู่ใกล้กับเหมืองแร่สังกะสีมากที่สุด และส่วนเหนือดินของ *Lasia spinosa* มีค่าแคดเมียมสูงกว่าในรากของตัวมันเอง ส่วนผักกูด (*Diplazium esculentum* (Retz) Sw.) และบอน (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) มีระดับการสะสมแคดเมียมในพืชทั้งสองชนิดอยู่ในรากมากกว่าในลำต้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jasim และคณะ (2014) และ Parmar และคณะ (2012) พบว่ารากของพืชบางชนิดทำหน้าที่ในการสะสมแคดเมียมรวมถึงความเข้มข้นของโลหะภายนอก อย่างไรก็ตามการศึกษาทุกความเข้มข้น ความเข้มข้นของโลหะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พบได้เด่นชัดมากขึ้นในรากมากกว่าในลำต้นและใบ ดังนั้นพืชจะมีการสะสมของโลหะหนักทั้งหมดที่เกิดขึ้นในช่วงที่แตกต่างกันในส่วนต่างๆ ของพืชที่แตกต่างกันเมื่อสัมผัสกับโลหะหนักในดินจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของแคดเมียม

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวอย่างน้ำและดินตะกอนเป็น 0.6 ซึ่งแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ในระดับปานกลาง แต่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวอย่างน้ำและพืชและระหว่างตัวอย่างพืชและดินตะกอนอยู่ในระดับสูงมีมูลค่า 0.82 และ 0.80 ตามลำดับ *Lasia spinosa*, *Diplazium esculentum* และ *Colocasia esculenta* มี Bioaccumulation factor (BF) มากกว่าหนึ่งซึ่งชี้ให้เห็นว่าสายพันธุ์เหล่านี้มีความสามารถในการสะสมแคดเมียม Transfer Factor (TF) ของ *Lasia spinosa* เป็น 1.71 ซึ่งหมายความว่าแคดเมียมจะมีการถ่ายโอนจากรากและไปสะสมมากขึ้นในส่วนเหนือพื้นดินของพืชชนิดนี้ แต่ TF ของ *Diplazium esculentum* และ *Colocasia esculenta* น้อยกว่าหนึ่ง ซึ่งชี้ให้เห็นว่า *Diplazium esculentum* และ *Colocasia esculenta* จะมีการสะสมแคดเมียมในส่วนของราก

จากการศึกษาการปนเปื้อนของแคดเมียมในตัวอย่างน้ำ ดินตะกอนและพืชทั้ง 3 ชนิด ในตัวอย่างน้ำมีแคดเมียมปนเปื้อนมาแต่ไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด ส่วนในดินตะกอนมีการปนเปื้อนของแคดเมียมสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด มีแค่ลำน้ำที่อยู่เหนือเหมืองเท่านั้นที่มีค่าแคดเมียมปนเปื้อนในดินตะกอนน้อยที่สุด แต่ลำน้ำส่วนที่อยู่ติดกับเหมืองหรือท้ายเหมืองไป มีการปนเปื้อนของแคดเมียมสูงเกินค่ามาตรฐาน เนื่องจากการทำกิจกรรมของเหมืองที่ทำให้แคดเมียมที่มีอยู่เดิมออกมามากขึ้นเมื่อโดนชะล้างจากฝนที่ตกลงมาชะหรือกัดเซาะรวมถึงพวกน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมเหมืองก็ทำให้ไหลลงสู่ลำน้ำและเกิดการตกตะกอนอยู่ในลำน้ำลงไปสะสมอยู่ในดินตะกอนในท้องน้ำ ส่วนการปนเปื้อนในพืชจะเห็นได้ว่าผักหนาม (*Lasia spinosa* (L.) Thw.) ผักกูด (*Diplazium esculentum* (Retz) Sw.) และบอน (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) มีการสะสมแคดเมียมสูงเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดเป็นอย่างมาก มีแค่จุดที่อยู่เหนือเหมืองที่มีค่าการปนเปื้อนไม่มากเท่าจุดอื่นๆ ที่อยู่ติดกับเหมืองหรืออยู่ท้ายเหมือง จากตัวอย่างพืชทั้ง 3 ชนิดที่ประชาชนในท้องถิ่นนิยมนำมารับประทานนั้นมีการปนเปื้อนของแคดเมียมที่สูงมาก จึงเป็นความเสี่ยงหากบริโภคผักเหล่านั้นเข้าไปเป็นเวลานานจะเกิดความเสี่ยงในการที่ได้รับแคดเมียมเข้าไปในร่างกาย จึงไม่เหมาะที่จะนำผักเหล่านี้ที่อยู่ในพื้นที่มารับประทาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

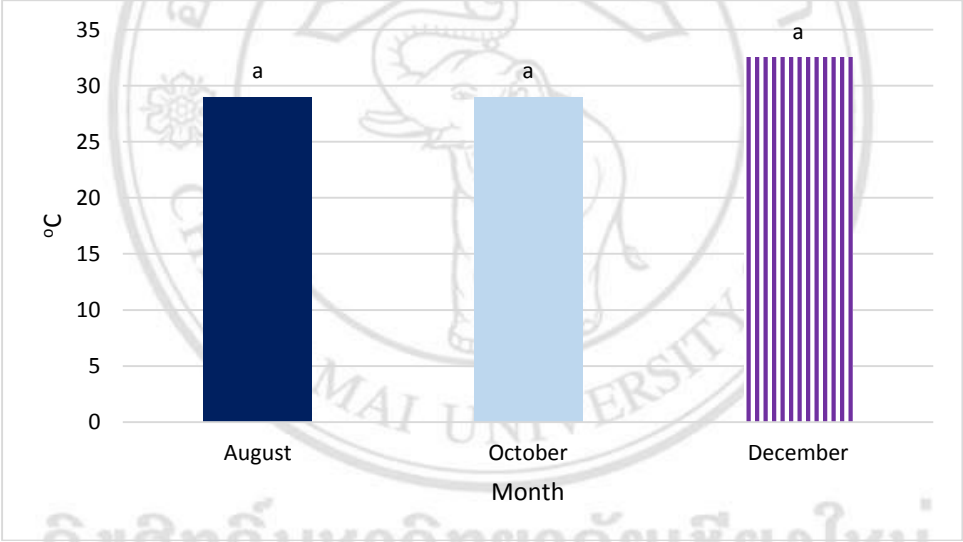
4.2 การศึกษาคุณภาพน้ำและการปนเปื้อนของแคดเมียมในบ่อเลี้ยงปลา

การศึกษาคุณภาพน้ำและการปนเปื้อนของแคดเมียมในบ่อเลี้ยงปลามีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราการสะสมแคดเมียมของพืชทั้ง 3 ชนิด

4.2.1 คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีในบ่อเลี้ยงปลา

1) อุณหภูมิอากาศ

อุณหภูมิอากาศในเดือนสิงหาคม ตุลาคม และธันวาคม มีค่าอยู่ระหว่าง 29-32.5 องศาเซลเซียส (ภาคผนวก ก) ในเดือนธันวาคมมีค่าอุณหภูมิอากาศสูงกว่าเดือนสิงหาคมและตุลาคม โดยในเดือนสิงหาคม ตุลาคม และธันวาคมมีค่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย 29, 29 และ 32.5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ทั้งสามเดือนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (ภาพที่ 4.19)

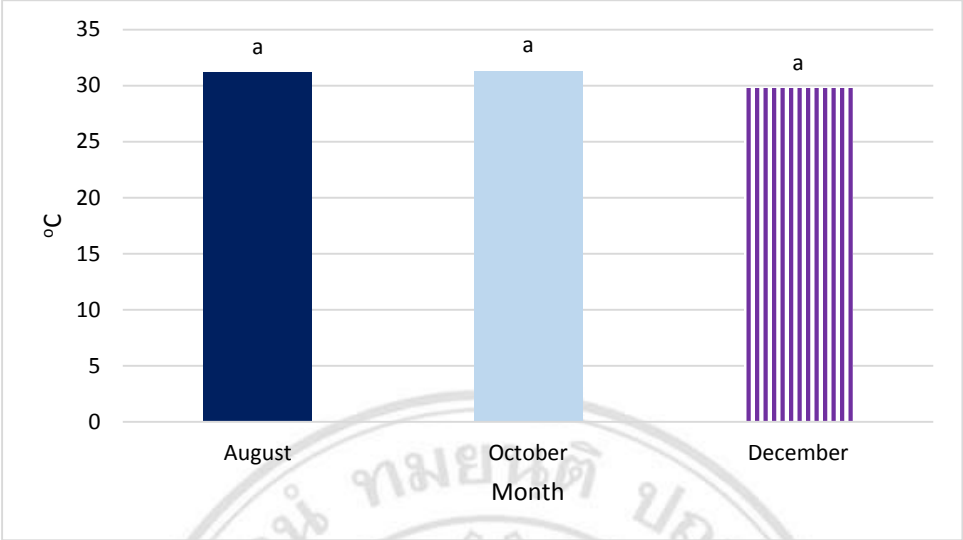


ภาพที่ 4.19 ค่าอุณหภูมิอากาศของบ่อเลี้ยงปลาในเดือนสิงหาคม ตุลาคม และธันวาคม 2558
หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P<0.05

2) อุณหภูมิน้ำ

อุณหภูมิน้ำในเดือนสิงหาคม ตุลาคม และธันวาคม โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 29.7-31.3องศาเซลเซียส (ภาคผนวก ก)ในเดือนสิงหาคมและตุลาคมมีค่าอุณหภูมิน้ำสูงกว่าเดือนธันวาคม โดยในเดือนสิงหาคม ตุลาคม และธันวาคมมีค่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย 31.2, 31.3 และ 29 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ทั้งสามเดือนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (ภาพที่ 4.20)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

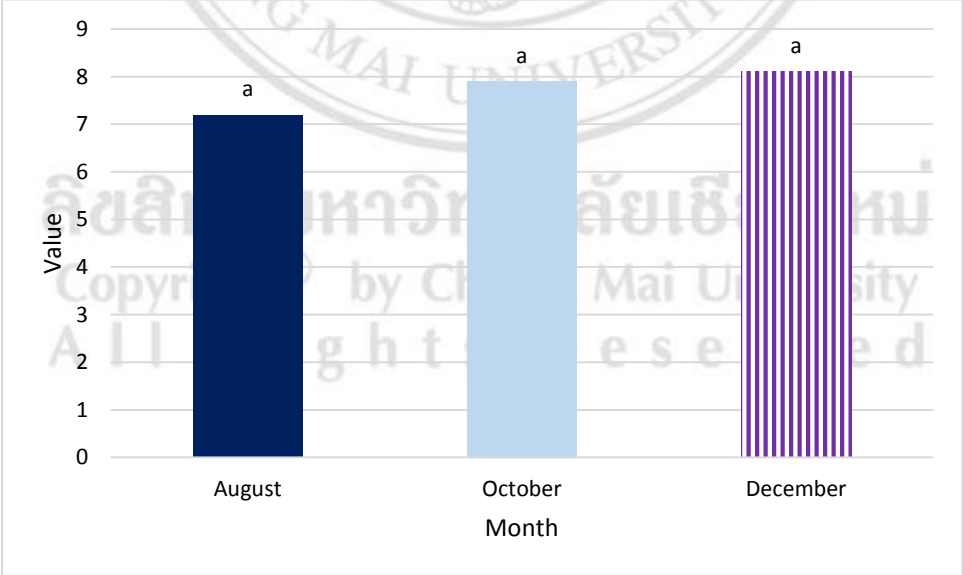


ภาพที่ 4.20 ค่าอุณหภูมิน้ำของบ่อเลี้ยงปลาในเดือนสิงหาคม ตุลาคม และธันวาคม 2558

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P<0.05

3) ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ความเป็นกรด-ด่างในเดือนสิงหาคม ตุลาคม และธันวาคมมีค่าอยู่ระหว่าง 7.15-8.06 (ภาคผนวก ก) พบว่าในเดือนสิงหาคมมีค่า pH ต่ำกว่าเดือนตุลาคมและธันวาคม โดยในเดือนสิงหาคม ตุลาคม และธันวาคมมีค่าความเป็นกรด-ด่าง เฉลี่ย 7.2, 7.9 และ 8.1 ตามลำดับ ทั้งสามเดือนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (ภาพที่ 4.21)



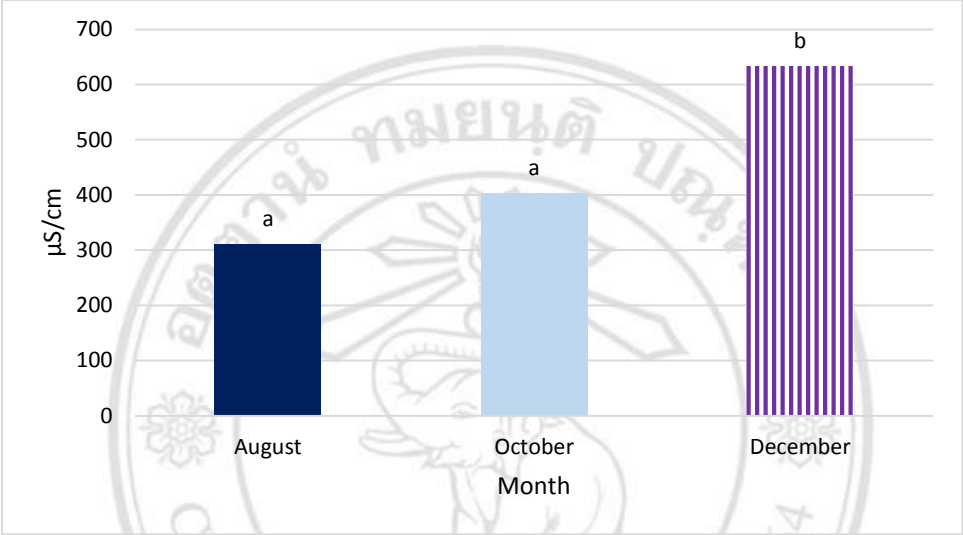
ภาพที่ 4.21 ค่าความเป็นกรด-ด่างของบ่อเลี้ยงปลาในเดือนสิงหาคม ตุลาคม และธันวาคม 2558

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P<0.05

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4) ค่าการนำไฟฟ้า

ค่าการนำไฟฟ้าในเดือนสิงหาคม ตุลาคม และธันวาคมมีค่าอยู่ระหว่าง 311-633 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร (ภาคผนวก ก) พบว่าในเดือนสิงหาคมและตุลาคมมีต่ำกว่าธันวาคมอย่างมีนัยสำคัญ โดยในเดือนสิงหาคม ตุลาคม และธันวาคม มีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ย 311, 402 และ 633 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 4.22)



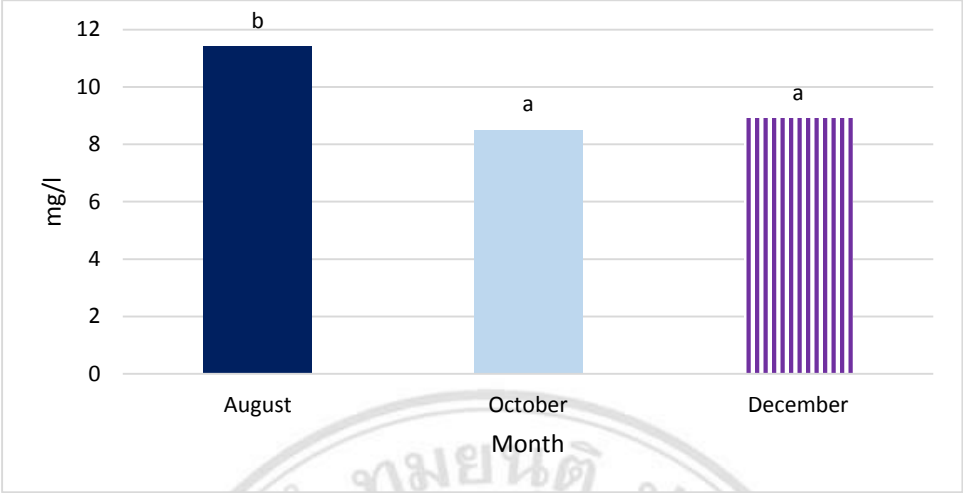
ภาพที่ 4.22 ค่าการนำไฟฟ้าของบ่อเลี้ยงปลาในเดือนสิงหาคม ตุลาคม และธันวาคม 2558

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P<0.05

5) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen : DO)

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ในเดือนสิงหาคม ตุลาคม และธันวาคมมีค่าอยู่ระหว่าง 8.5-11.4 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาคผนวก ก) พบว่าในเดือนสิงหาคมมีค่าสูงกว่าเดือนตุลาคมและธันวาคมอย่างมีนัยสำคัญ โดยในเดือนสิงหาคม ตุลาคม และธันวาคมปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำเฉลี่ย 11.4, 8.5 และ 8.9 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ภาพที่ 4.23)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

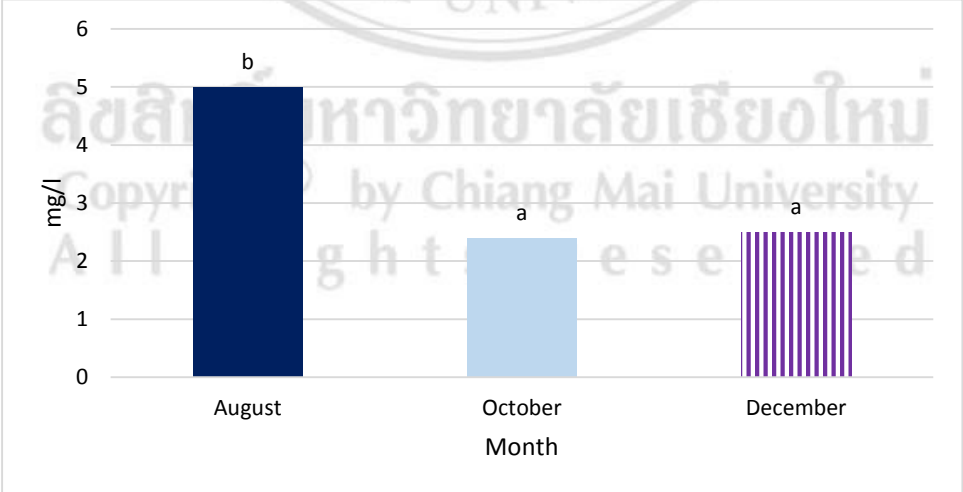


ภาพที่ 4.23 ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำของบ่อเลี้ยงปลาในเดือนสิงหาคม ตุลาคม และธันวาคม 2558

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P<0.05

6) ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (Biochemical Oxygen Demand : BOD)

ค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในเดือนสิงหาคม ตุลาคม และธันวาคม มีค่าอยู่ระหว่าง 2.5-5 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาคผนวก ก) ในเดือนสิงหาคมมีค่า BOD สูงกว่าค่า BOD ในเดือนตุลาคมและธันวาคมอย่างมีนัยสำคัญ โดยในเดือนสิงหาคม ตุลาคม และธันวาคมมีค่า BOD เฉลี่ย 5, 2.4 และ 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ภาพที่ 4.24)



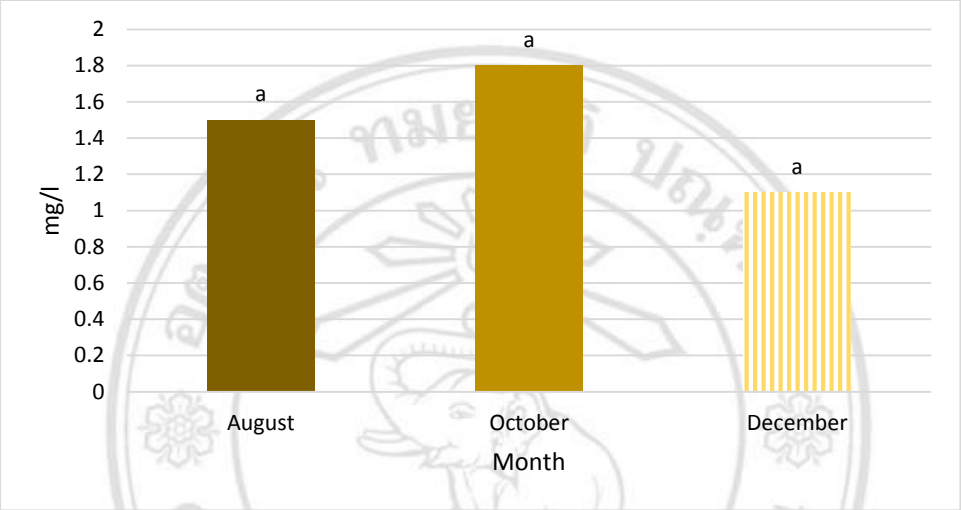
ภาพที่ 4.24 ค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ของบ่อเลี้ยงปลาในเดือนสิงหาคม ตุลาคม และธันวาคม 2558

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P<0.05

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

7) ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate-nitrogen : NO_3-N)

ค่าไนเตรท-ไนโตรเจนในเดือนสิงหาคม ตุลาคม และธันวาคม มีค่าอยู่ระหว่าง 1.1-1.8 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาคผนวก ก) พบว่าในเดือนสิงหาคม ตุลาคม และธันวาคม ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยในเดือนสิงหาคม ตุลาคม และธันวาคม มีค่าไนเตรท-ไนโตรเจนเฉลี่ย 1.5, 1.8 และ 1.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ภาพที่ 4.25)

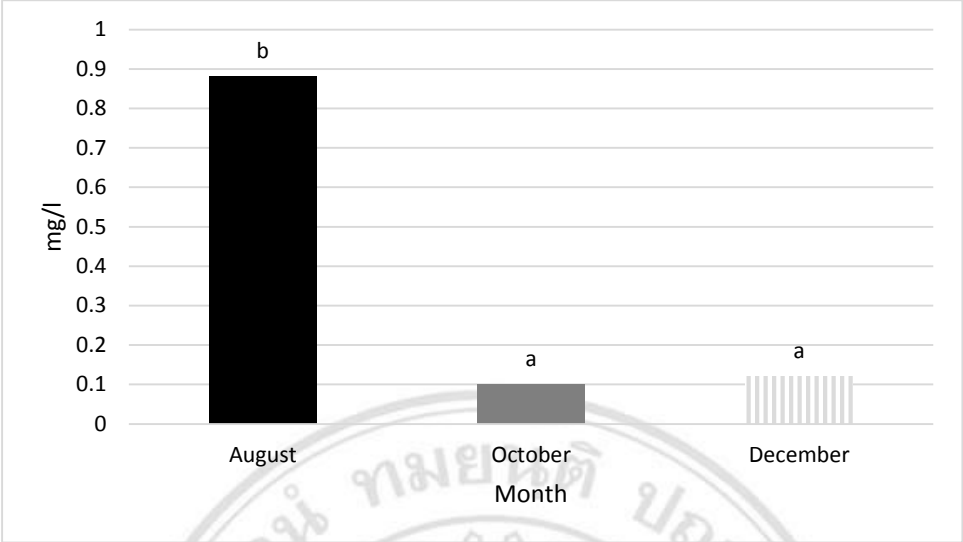


ภาพที่ 4.25 ค่าไนเตรท-ไนโตรเจนของบ่อเลี้ยงปลาในเดือนสิงหาคม ตุลาคม และธันวาคม 2558
หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ $P<0.05$

8) แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia-nitrogen : NH_3-N)

ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในเดือนสิงหาคม ตุลาคม และธันวาคม มีค่าอยู่ระหว่าง 0.10-0.88 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาคผนวก ก) พบว่าในเดือนสิงหาคมมีค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนสูงกว่าเดือนตุลาคมและธันวาคมอย่างมีนัยสำคัญ โดยในเดือนสิงหาคม ตุลาคม และธันวาคม มีค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเฉลี่ย 0.88, 0.1 และ 0.12 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ภาพที่ 4.26)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

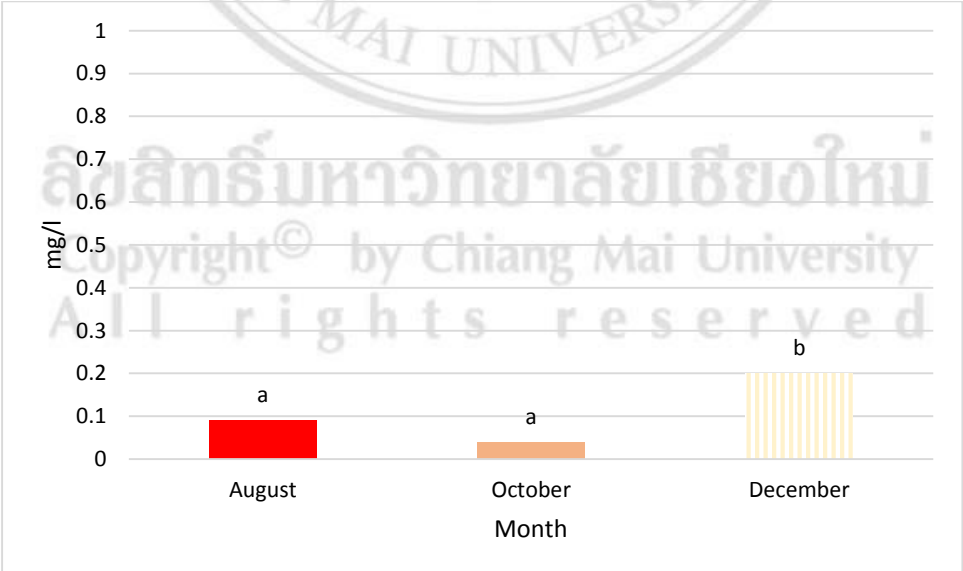


ภาพที่ 4.26 ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของบ่อเลี้ยงปลาในเดือนสิงหาคม ตุลาคม และธันวาคม 2558

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P<0.05

9) ออร์โธ-ฟอสเฟต (Ortho-phosphate : O-PO_4^{3-})

ค่าออร์โธ-ฟอสเฟตในเดือนสิงหาคม ตุลาคม และธันวาคม มีค่าอยู่ระหว่าง 0.09-0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาคผนวก ก) พบว่าในเดือนสิงหาคมและตุลาคมมีค่าต่ำกว่าเดือนธันวาคมอย่างมีนัยสำคัญ มีค่าออร์โธ-ฟอสเฟตเฉลี่ย 0.09, 0.04 และ 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ภาพที่ 4.27)



ภาพที่ 4.27 ค่าออร์โธ-ฟอสเฟตของบ่อเลี้ยงปลาในเดือนสิงหาคม ตุลาคม และธันวาคม 2558

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P<0.05

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากพารามิเตอร์ที่กล่าวมาข้างต้นนำมาคำนวณโดยใช้ Chemical Index (CI) เพื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลา (ภาคผนวก ก) จากค่าการคำนวณจากสูตรของ CI พบว่าคุณภาพน้ำในเดือนสิงหาคมมีค่า CI = 37 มีค่าอยู่ใน Class III มีคุณภาพน้ำอยู่ในระดับที่มีการปนเปื้อน (Polluted) ส่วนคุณภาพน้ำในบ่อปลาในเดือนตุลาคมมีค่า CI = 52 มีค่าอยู่ใน Class II-III มีคุณภาพน้ำอยู่ในระดับปานกลาง (Moderate) ส่วนคุณภาพน้ำในบ่อปลาในเดือนธันวาคมมีค่า CI = 52 มีค่าอยู่ใน Class II-III มีคุณภาพน้ำอยู่ในระดับปานกลาง (Moderate) ในช่วงเดือนสิงหาคม ตุลาคมและธันวาคม น้ำของบ่อเลี้ยงปลาถูกนำมาเทียบกับคุณภาพน้ำผิวดินของประเทศไทย (กรมควบคุมมลพิษ) มีคุณภาพน้ำผิวดินอยู่ในประเภทที่ 3 คือ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน ใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตร (ตารางที่ 4.2)

ตารางที่ 4.2 ค่า Classification ของคุณภาพน้ำในเดือนสิงหาคม ตุลาคม และธันวาคมในบ่อเลี้ยงปลา

month	CI	class	site classification
August	37	III	Polluted
October	52	II-III	Moderate
December	52	II-III	Moderate

ในการทดลองนี้ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการวิเคราะห์ในบ่อเลี้ยงปลาในเดือนสิงหาคมและตุลาคมคือช่วงฤดูฝน และเดือนธันวาคมคือ ช่วงฤดูแล้ง ซึ่งพบว่าค่าอุณหภูมิอากาศอยู่ระหว่าง 29-32.5 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิน้ำอยู่ระหว่าง 29.7-31.3 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยต่ำสุดที่พบคือ 29 องศาเซลเซียส ในช่วงฤดูฝน เนื่องจากในเดือนสิงหาคมและตุลาคม 2558 เกิดฝนตกก่อนเก็บตัวอย่างและในขณะเก็บตัวอย่าง จึงทำให้อุณหภูมิลดต่ำลง ส่วนอุณหภูมิน้ำต่ำสุดที่พบ คือ 29 องศาเซลเซียส ในช่วงฤดูฝน ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศในบ่อเลี้ยงปลามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากเป็นบ่อกลางแจ้งที่โดยบริเวณรอบบ่อไม่ได้มีต้นไม้ขึ้นปกคลุม เป็นพื้นที่โล่งและร่มเงาต้นไม้ไม่ได้บดบังจึงทำให้ปริมาณแสงแดดมีผลโดยตรงกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศ รวมถึงฝนตกที่ตกลงมาในช่วงเดือนสิงหาคมและตุลาคมที่เป็นช่วงฤดูฝน ทำให้การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้ำมีค่าแตกต่างกับอุณหภูมิอากาศโดยเมื่ออุณหภูมิของอากาศต่ำหลังจากฝนตกจึงเกิดการคายความร้อนอย่างรวดเร็วแต่อุณหภูมิน้ำจะยังสูงเนื่องจากน้ำมีการคายความร้อนได้ช้ากว่าอุณหภูมิอากาศ ในส่วนของความเร็วกระแสน้ำในบ่อเลี้ยงปลาพบว่าในฤดูฝนและในฤดูแล้งไม่ได้มีผลต่อความเร็วกระแสน้ำในบ่อ เนื่องจากเป็นน้ำนิ่งไม่ได้มีการผันน้ำหมุนเวียนจึงไม่มีค่าความเร็วกระแสน้ำ

สำหรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ในการศึกษาครั้งนี้มีค่าอยู่ระหว่าง 7.2-8.1 มีความเป็นด่าง หากเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ซึ่งกำหนดไว้ที่ 5-9 (กรมควบคุมมลพิษ, 2537) โดยค่าที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วัดได้มีค่าอยู่ในช่วงค่าที่กำหนดทำให้โลหะหนักส่วนใหญ่ตกตะกอนไม่ละลายน้ำและไม่สามารถเคลื่อนที่หรือแพร่กระจายไปไกลจากแหล่งกำเนิด (กลุ่มวิชาการและมาตรฐาน สำนักบริหารและฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, 2547) จึงทำให้เกิดการตกตะกอนของแคดเมียมภายในบ่อเพิ่มขึ้น เมื่อทำการผันน้ำเข้ามาพักไว้ในบ่อเป็นเวลานาน

ส่วนค่าการนำไฟฟ้า (EC) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถของน้ำในการนำกระแสไฟฟ้า โดยมักจะขึ้นอยู่กับชนิดของสารที่มีประจุและความเข้มข้นของสารมีประจุแต่ละชนิด ซึ่งส่วนมากจะเกิดจากสารประกอบอนินทรีย์มากกว่าสารประกอบอินทรีย์ (ไพฑูรย์, 2539) จากการศึกษานี้พบว่าค่าการนำไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 311-633 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร โดยในบ่อเลี้ยงปลา พบว่าในฤดูฝนมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 311 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร และในฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 633 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละเดือน เนื่องจากน้ำในบ่อเลี้ยงปลาช่วงฤดูฝนไม่ได้มีการผันน้ำจากลำห้วยแม่ตาวที่ไหลผ่านเหมืองที่อาจจะมีแร่ธาตุที่มีผลต่อค่าการนำไฟฟ้าเข้ามาในบ่อจึงทำให้น้ำในบ่อเลี้ยงปลามีค่าการนำไฟฟ้าน้อยกว่าในช่วงฤดูแล้งที่ได้มีการผันน้ำเข้ามาในบ่อจนเต็มเพื่อไม่ให้น้ำในบ่อแห้ง ทำให้แร่ธาตุที่ปนมากับน้ำที่ผันเข้ามาในบ่อมีมากขึ้นไปด้วย นอกจากนี้ค่าการนำไฟฟ้ายังมีความสัมพันธ์กับค่าปริมาณของแข็งรวมที่ละลายน้ำ (TDS) (มั่นสินและมั่นรักษ์, 2547) ซึ่งมีความสอดคล้องกับผลการศึกษาที่พบว่าค่าทั้งสองค่ามีการผันแปรตามกันอย่างชัดเจน โดยพบว่าค่าการนำไฟฟ้าและค่าปริมาณของแข็งรวมที่ละลายน้ำในบ่อเลี้ยงปลาของฤดูฝนมีค่าน้อยกว่าฤดูแล้งซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอุไรวรรณ (2551) พบว่าเมื่อใดที่พื้นที่ถูกรบกวนด้วยกิจกรรมการทำลายหน้าดิน เช่น การทำเหมือง หรือการเปิดหน้าดินให้โล่ง ไม่มีพืชปกคลุมก็จะเกิดการกัดเซาะชะล้างหน้าดินขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ดินตะกอนรวมถึงแร่ต่างๆ ที่มีอยู่ในดินไหลมาพร้อมกับกระแสน้ำทำให้น้ำมีค่าของปัจจัยทั้งสองเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน

ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำในการศึกษาครั้งนี้มีค่าระหว่าง 8.9-11.4 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากบ่อเลี้ยงปลามีสาหร่ายสีเขียวหรือสาหร่ายพิษลอยอยู่บริเวณผิวน้ำ ซึ่งสาหร่ายเกิดการสังเคราะห์แสงจึงทำให้เกิดออกซิเจนเข้ามาเติมในบ่อทำให้ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่าสูง ซึ่งปริมาณออกซิเจนในน้ำนับได้ว่ามีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำอย่างมาก โดยระดับออกซิเจนสำหรับลำน้ำทั่วไปค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำควรมีอย่างน้อย 5 มิลลิกรัมต่อลิตร สิ่งมีชีวิตในน้ำจึงจะอยู่ได้อย่างปกติ (มั่นสินและมั่นรักษ์, 2547) ส่วนค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (BOD) มีค่าอยู่ระหว่าง 2.5-5 มิลลิกรัมต่อลิตร หากเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน 1.5-4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2551) พบว่าค่าที่ตรวจพบนี้มีค่าน้อยกว่าหรืออยู่ในช่วงค่ามาตรฐานอย่างมาก ซึ่งแหล่งน้ำผิวดินที่สะอาดต้องมีค่า BOD ได้ไม่เกิน 1-2 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือต้องไม่ตรวจพบค่า BOD

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เลย ถ้าพบว่ามีค่า BOD สูงถึง 3-5 มิลลิกรัมต่อลิตร ในแหล่งน้ำผิวดินก็ถือว่าแหล่งน้ำมีความสกปรกมาก (มั่นสินและมั่นรักษ์, 2547) จากค่าที่ได้ทำให้เห็นว่าน้ำในบ่อเลี้ยงปลามีความสกปรกพอสมควร เนื่องจากบ่อไม่ได้มีการผันน้ำเข้าบ่อบ่อยนัก จึงทำให้สารอาหารเพิ่มขึ้นจากการให้อาหารปลาที่เลี้ยงอยู่ในบ่อที่เป็นกิจกรรมที่เป็นตัวเพิ่มอัตราการให้ค่า BODสูง

ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนมีค่าอยู่ระหว่าง 1.1-1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่าไนเตรท-ไนโตรเจนนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล โดยค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินกำหนดไว้ไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2551) ซึ่งในค่าที่วิเคราะห์มาได้ทั้งสองฤดูกาลมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด ส่วนปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนมีค่าอยู่ระหว่าง 0.12-0.88 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินกำหนดไว้ไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2551) ซึ่งค่าที่วิเคราะห์มาได้ฤดูฝนมีค่าสูงคือ 0.88 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดอาจเนื่องมาจากสารอาหารที่เพิ่มขึ้นจากการให้อาหารปลารวมไปถึงฝนที่ตกลงมาชะหน้าดินทำให้มีค่าเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ปริมาณออร์โธฟอสเฟตที่ตรวจวัดได้ในการศึกษานี้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.09-0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ถือได้ว่าค่าสารอาหารมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้หรือเกินมาตรฐานมาไม่มากนัก

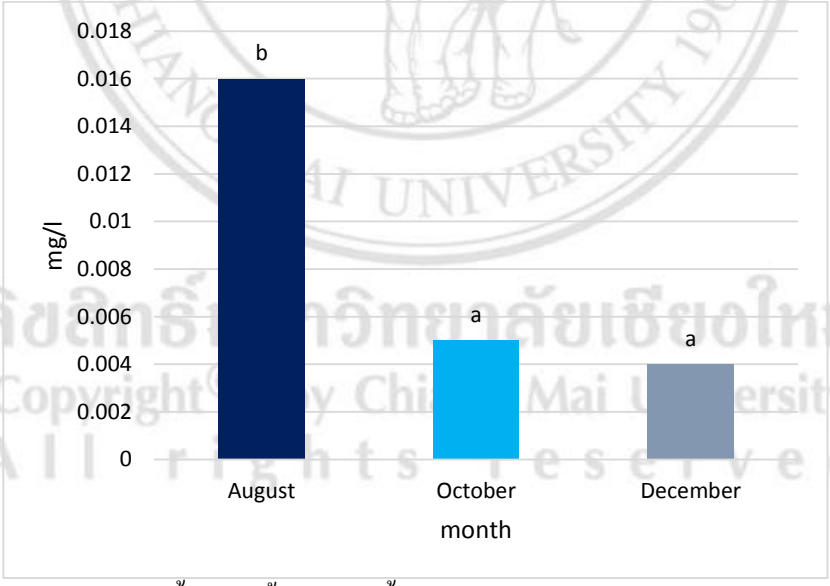
จากผลการศึกษาปัจจัยทางกายภาพ-เคมี พบว่าปัจจัยต่างๆ ที่ได้ทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งน้ำมาเทียบกับคุณภาพน้ำผิวดินของประเทศไทย (กรมควบคุมมลพิษ, 2551) ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งมีคุณภาพน้ำผิวดินอยู่ในประเภทที่ 3 คือ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน ใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตร ซึ่งมีความสอดคล้องกับชุตินธรและจำลอง (2551) ที่พบว่าคุณภาพน้ำในลำห้วยแม่ตาวส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 3 เนื่องจากน้ำในบ่อก็คือน้ำที่ผันมาจากลำห้วยเข้ามายังบ่อเพื่อเลี้ยงปลา และเมื่อทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำด้วยค่าปัจจัยเหล่านี้โดยใช้ ค่า Chemical index (APHA, 1992) ได้ค่าคุณภาพน้ำของบ่อเลี้ยงที่ได้คือน้ำคุณภาพปานกลาง(Moderate)จนถึงปนเปื้อน (Polluted) เนื่องจากน้ำในบ่อเป็นน้ำนิ่งไม่ได้มีการเปลี่ยนถ่ายทำให้มีการสะสมของสารอาหารที่มาจากการให้อาหารปลาทำให้คุณภาพน้ำไม่ค่อยดี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.1 การปนเปื้อนของแคดเมียมในบ่อเลี้ยงปลา

1) การปนเปื้อนของแคดเมียมในน้ำ

ความเข้มข้นของแคดเมียมในน้ำของบ่อเลี้ยงปลาในเดือนสิงหาคม ตุลาคม และธันวาคม มีค่าอยู่ระหว่าง 0.004-0.016 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาคผนวก ข) ในเดือนสิงหาคมและตุลาคมถือเป็นช่วงฤดูฝนมีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมคือ 0.016±0.009 และ0.005±0.004 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนในเดือนธันวาคมถือเป็นช่วงฤดูแล้งมีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมคือ 0.004±0.002 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยเทียบความเข้มข้นแคดเมียมในน้ำของบ่อเลี้ยงปลากับค่ามาตรฐานของประเทศไทยที่มีการกำหนดค่ามาตรฐานโลหะหนักในแหล่งน้ำผิวดินตามคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) มีวิธีการการตรวจสอบเป็นไปตามวิธีการมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย (Standard Methods for Examination of Water and Wastewater) มีการกำหนดร่วมของ American Public Health Association (APHA), American Water works Association (AWWA) และ Water Pollution Control Federation (WPCF) ของสหรัฐอเมริกา กำหนดค่าแคดเมียมไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อนำมาเทียบกับค่าแคดเมียมที่วิเคราะห์ได้ในเดือนสิงหาคม ตุลาคม และธันวาคม มีค่าแคดเมียมในน้ำไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ (ภาพที่ 4.28)



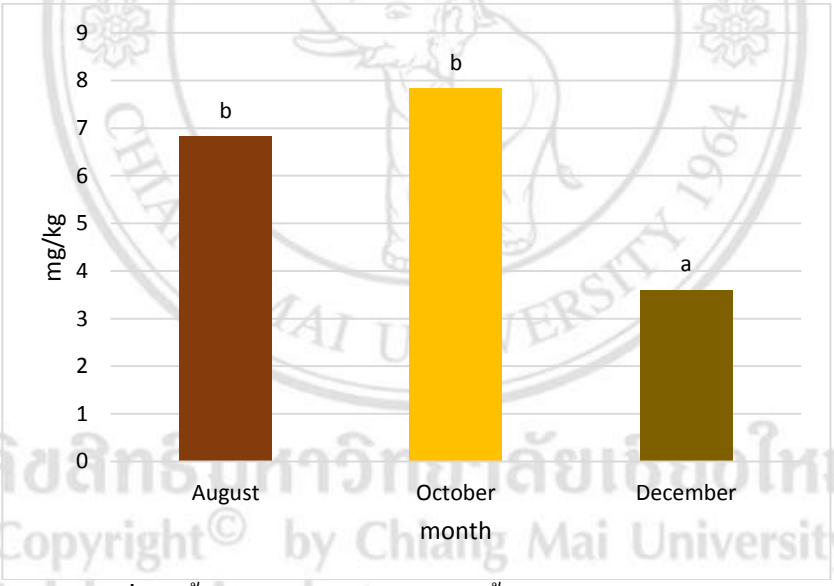
ภาพที่ 4.28 ค่าแคดเมียมปนเปื้อนในน้ำของบ่อเลี้ยงปลา ในเดือนสิงหาคม ตุลาคม และธันวาคม 2558

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P<0.05

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2) การปนเปื้อนของแคดเมียมในดินตะกอน

ความเข้มข้นของแคดเมียมในดินตะกอนของบ่อเลี้ยงปลาในเดือนสิงหาคม ตุลาคม และธันวาคม มีค่าอยู่ระหว่าง 3.611-6.833 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ภาคผนวก ข) ในเดือนสิงหาคมและตุลาคมถือเป็นช่วงฤดูฝน มีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมคือ 6.833±2.851 และ 7.844±1.362 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนในเดือนธันวาคมถือเป็นช่วงฤดูแล้งมีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมคือ 3.611±1.716 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยเทียบความเข้มข้นของแคดเมียมในดินตะกอนของบ่อเลี้ยงปลากับค่ามาตรฐานแคดเมียมที่ปนเปื้อนอยู่ในดินของสหภาพยุโรป (European Union: EU) กำหนดให้ไม่เกิน 3.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และค่ามาตรฐานโลหะหนักในดินตะกอนในแหล่งน้ำผิวดินของคณะมนตรีด้านสิ่งแวดล้อม ประเทศแคนาดา (Canadian Council of Ministers of the Environment ; CCME, 1999) กำหนดให้ปริมาณแคดเมียมไม่ควรเกิน 3.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อนำมาเทียบกับค่าแคดเมียมที่วิเคราะห์ได้พบว่า ในเดือนสิงหาคม ตุลาคม และธันวาคม มีค่าแคดเมียมในดินตะกอนเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ (ภาพที่ 4.29)



ภาพที่ 4.29 ค่าแคดเมียมที่ปนเปื้อนในดินตะกอนของบ่อเลี้ยงปลา ในเดือนสิงหาคม ตุลาคม และธันวาคม 2558

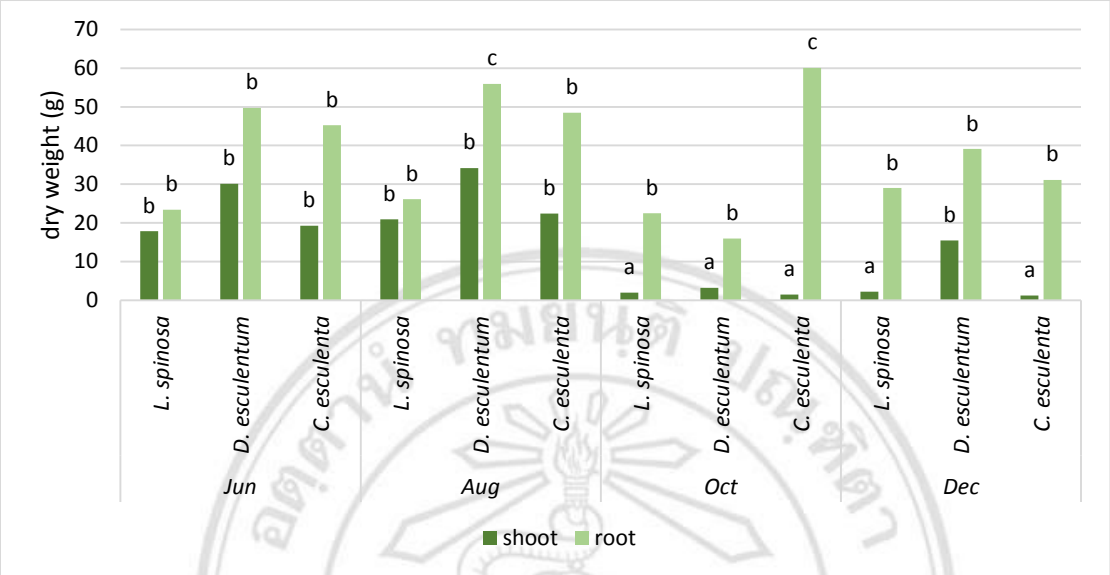
หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P<0.05

3) การปนเปื้อนของแคดเมียมในพืช

จากการศึกษาการปนเปื้อนของแคดเมียมในพืชริมน้ำที่สามารถรับประทานได้ 3 ชนิด คือ ผักหนาม ผักกูด และบอน โดยจะศึกษาการดูดซับแคดเมียมของพืชโดยนำพืชจากพื้นที่ที่ไม่มีปัญหาการปนเปื้อนมาลอยน้ำในบ่อเลี้ยงปลาในเดือนมิถุนายนจำนวน 8 แพ นำพืชแต่ละชนิดมาอย่างละ 10 ต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงเดือนธันวาคมครั้งสุดท้ายที่ทำการเก็บตัวอย่างมาจากบ่อ โดยมาชั่งน้ำหนักเพื่อหาน้ำหนักแห้งของพืช เพื่อดูการเจริญเติบโต (ภาพที่ 4.30)

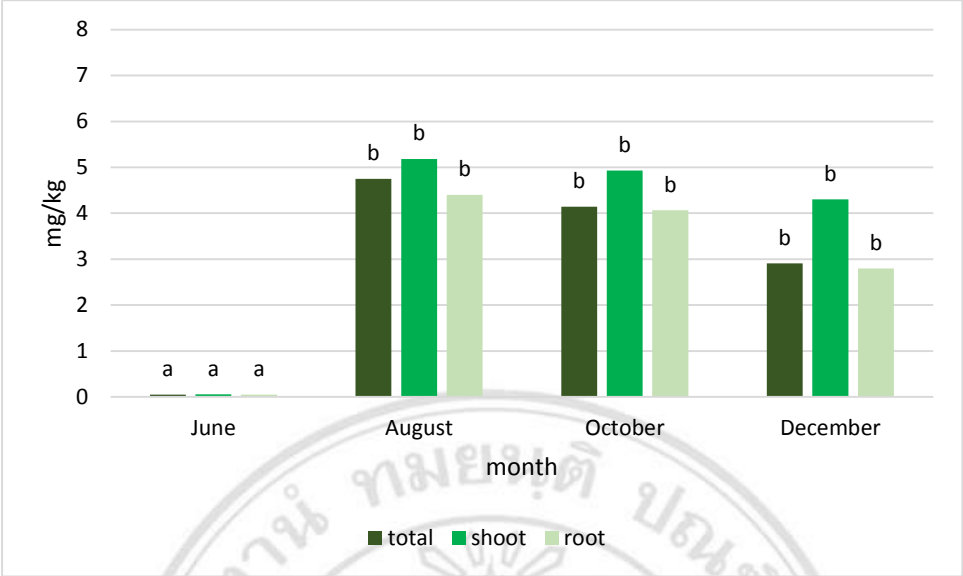


ภาพที่ 4.30 ค่าน้ำหนักแห้งของผักหนาม ผักกูด และบอนของบ่อเลี้ยงปลาในเดือนมิถุนายน สิงหาคม ตุลาคม และธันวาคม 2558

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ $P<0.05$

โดยในเดือนมิถุนายนและสิงหาคมยังคงมีค่าน้ำหนักแห้งที่ใกล้เคียงกัน เนื่องจากเป็นช่วงที่พืชมีการเจริญเติบโตได้ดี คือช่วงฤดูฝน (เต็ม, 2544) แต่ในเดือนตุลาคมและธันวาคม ถือเป็นช่วงฤดูแล้งมีค่าน้ำหนักแห้งที่น้อยกว่า อาจเป็นช่วงที่พืชมีการหมุนเวียนเกิดการงอกขึ้นมาเป็นต้นใหม่ หลังจากนั้นนำพืชมาทำการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมในผักหนาม ผักกูด และบอนก่อนนำไปลอยน้ำมีค่า 0.054, 0.041 และ 0.037 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ภาคผนวก ข) หลังจากนั้นได้ทำการเก็บมาวิเคราะห์ความเข้มข้นของแคดเมียมในพืชแต่ละชนิดในเดือนสิงหาคม ตุลาคม และธันวาคม ผักหนามมีความเข้มข้นของแคดเมียมอยู่ระหว่าง 2.91-4.75 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในเดือนสิงหาคมและตุลาคมถือเป็นช่วงฤดูฝนมีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมคือ 4.75±0.26 และ 4.14±1.31 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนในช่วงฤดูแล้งมีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมคือ 2.91±0.20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อวิเคราะห์แยกเฉพาะส่วนลำต้นและใบซึ่งเป็นส่วนที่นิยมรับประทานโดยในเดือนสิงหาคม ตุลาคม และธันวาคม มีความเข้มข้นของแคดเมียมสูงกว่าเดือนมิถุนายน มีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมอยู่ระหว่าง 4.30-5.18 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในเดือนสิงหาคมและตุลาคมมีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมคือ 5.18±0.24 และ 4.93±1.20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนในเดือนธันวาคมมีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมคือ 4.30±0.10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 4.31)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

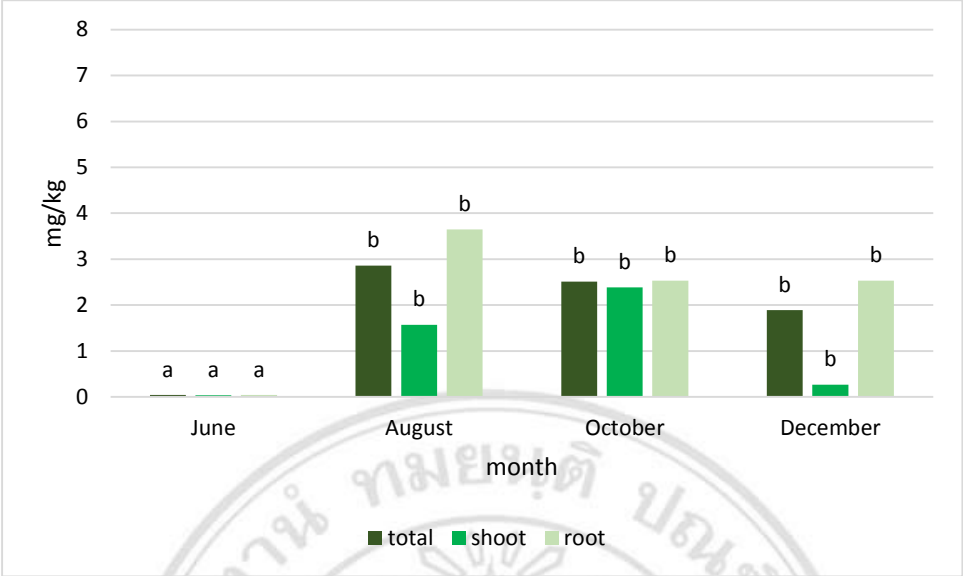


ภาพที่ 4.31 ค่าแคดเมียมที่ปนเปื้อนในผักหนาม (*L.spinosa*) ของบ่อเลี้ยงปลาในเดือนสิงหาคม ตุลาคม และธันวาคม 2558

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ $P<0.05$

ผักกูดมีความเข้มข้นของแคดเมียมอยู่ระหว่าง 1.89-2.86 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ภาคผนวก ข) ในเดือนสิงหาคมและตุลาคมถือเป็นช่วงฤดูฝนมีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมคือ 2.86±0.31 และ 2.51±0.35 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนในเดือนธันวาคมถือเป็นช่วงฤดูแล้งมีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมคือ 1.89±0.49 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อวิเคราะห์แยกเฉพาะส่วนลำต้นและใบซึ่งเป็นส่วนที่นิยมรับประทานโดยในเดือนสิงหาคม ตุลาคม และธันวาคม มีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมอยู่ระหว่าง 0.27-2.38 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในเดือนสิงหาคมและตุลาคมมีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมคือ 1.57±0.33 และ 2.38±0.42 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนในเดือนธันวาคมมีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมคือ 0.27±0.16 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 4.32)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

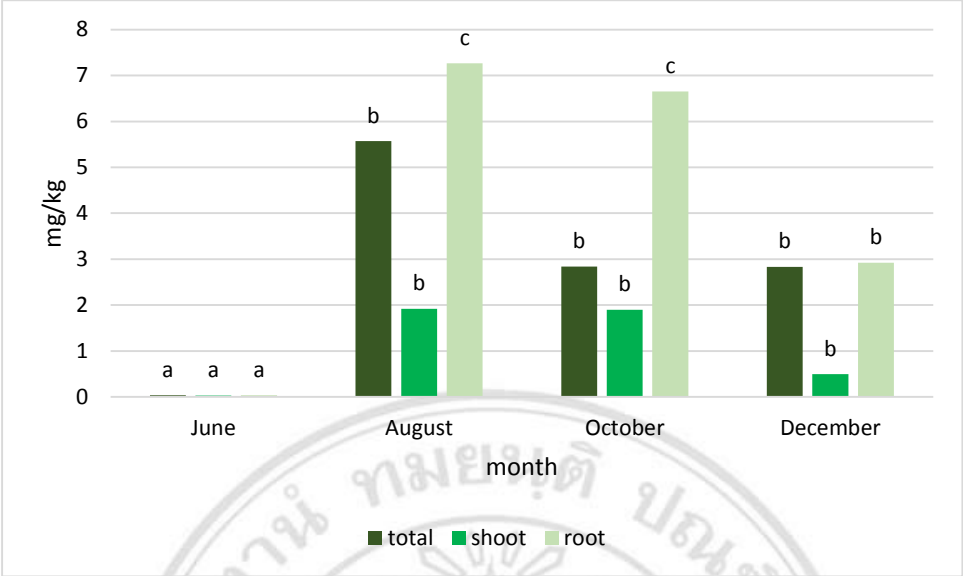


ภาพที่ 4.32 ค่าแคดเมียมที่ปนเปื้อนในผักกูด (*D.esculentum*) ของบ่อเลี้ยงปลาในเดือนสิงหาคม ตุลาคม และธันวาคม 2558

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ $P<0.05$

บอนมีความเข้มข้นของแคดเมียมอยู่ระหว่าง 2.83-5.57 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ภาคผนวก ข) ในเดือนสิงหาคมและตุลาคมถือเป็นช่วงฤดูฝนมีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมคือ 5.57±0.50 และ 2.84±1.37 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนในเดือนธันวาคมถือเป็นช่วงฤดูแล้งมีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมคือ 2.83±0.04 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อวิเคราะห์แยกเฉพาะส่วนลำต้นและใบซึ่งเป็นส่วนที่นิยมรับประทานโดยในเดือนสิงหาคม ตุลาคม และธันวาคม มีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมอยู่ระหว่าง 0.50-1.92 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในเดือนสิงหาคมและตุลาคมมีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมคือ 1.92±0.28 และ 1.90±0.10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนในเดือนธันวาคมมีค่าความเข้มข้นของแคดเมียมคือ 0.50±0.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 4.33)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.33 ค่าแคดเมียมที่ปนเปื้อนในบอน (*C.esculenta*) ของบ่อเลี้ยงปลาในเดือนสิงหาคม ตุลาคม และธันวาคม 2558

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P<0.05

จากผลการศึกษาการวิเคราะห์ความเข้มข้นของแคดเมียมในพืชกินได้ 3 ชนิด เมื่อนำค่าที่วิเคราะห์ได้มาเทียบกับค่ามาตรฐานการบริโภคของคณะกรรมาธิการ พิจารณาร่างมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ สาขาวัตถุเจือปนอาหารและสารปนเปื้อน (Codex Committee on Food Additives and contaminants; CCFAC, 1972) ได้กำหนดให้พืชทานใบ ผล และเมล็ด มีแคดเมียมไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบว่าพืชทั้งสามชนิดในบ่อเลี้ยงปลามีค่าเกินค่ามาตรฐานทั้งหมด ซึ่งพืชที่มีการสะสมมากที่สุด คือ ผักหนาม โดยเมื่อได้วิเคราะห์ทางสถิติใช้ ANOVA บอกได้ว่าพืชทั้ง 3 ชนิดนำไปลอยน้ำในบ่อเลี้ยงปลามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ $P < 0.05$ โดยจะผักหนามและบอนแตกต่างจากผักกูด ซึ่งผักหนามและบอนมีการดูดซับแคดเมียมจากในน้ำได้มากกว่าในผักกูด โดยจะเห็นว่าค่าแคดเมียมจากพืชทั้ง 3 ชนิดในเดือนธันวาคม มีค่าแคดเมียมที่น้อยกว่าในช่วงเดือนสิงหาคมและตุลาคม โดยขึ้นอยู่กับการเจริญเติบโตของพืชเหล่านี้ที่ส่วนใหญ่จะมีช่วงที่เจริญเติบโตในช่วงฤดูฝน อย่างผักหนามจะออกดอกราวเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายน และจะมีผลเดือนมิถุนายนถึงเดือนสิงหาคมซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน รวมถึงผักกูดและบอนจะเจริญเติบโตได้ดีในช่วงฤดูฝน (เต็ม, 2544) จึงทำให้ในเดือนธันวาคมที่เป็นช่วงเข้าสู่ฤดูแล้งพืชเหล่านี้อาจกลายเป็นต้นพืชที่เกิดขึ้นมาใหม่ อย่างที่เห็นได้จากค่าน้ำหนักแห้งของพืชในเดือนตุลาคมและธันวาคมมีน้ำหนักที่น้อยกว่า (ภาพที่ 4.30) อาจเนื่องด้วยข้อจำกัดในช่วงอายุการเจริญเติบโตที่พอถึงจุดที่มีการเจริญเติบโตเต็มที่ก็จะตายและกลายเป็นต้นที่งอกออกมาใหม่ เมื่อเป็นต้นที่งอกขึ้นมาใหม่ก็เกิดการสะสมใหม่ ทำให้มีค่าแคดเมียมที่สะสมน้อยกว่าค่าแคดเมียมในเดือนที่อยู่ในช่วงฤดูฝน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค่า Bioaccumulation factor (BF) ของพืชทั้งสามชนิดจากตัวกลางที่เป็นน้ำมีความแตกต่างกัน โดยดูค่า BF มากกว่า 1 คือ มีการสะสมในตัวพืช โดยพืชที่มีค่า BF มากที่สุดคือ ผักหนาม (L.spinosa) มีค่า BF = 1391.31 รองลงมาคือบอน (C.esculenta) มีค่า BF = 1046.33 และสุดท้ายคือ ผักกูด (D.esculentum) มีค่า BF = 669.75 Bioaccumulation factor (BF) มากกว่าหนึ่งซึ่งชี้ให้เห็นว่าพืชเหล่านี้มีความสามารถในการสะสมแคดเมียมหรือการดูดซับแคดเมียมได้ดี (ภาคผนวก ข)

ค่า Transfer factor (TF) เป็นค่าที่บอกการส่งผ่านจากรากขึ้นไปบนยอดพืช โดยจะต้องมีค่ามากกว่า 1 ซึ่งในพืชทั้งสามชนิด มีแค่ผักหนามชนิดเดียวที่มีค่า TF มากกว่า 1 โดยมีค่า TF = 1.31 ซึ่งพืชอีกสองชนิด คือ ผักกูด และบอน มีค่า TF น้อยกว่า 1 คือ 0.49, 0.24 ตามลำดับ หมายความว่าแคดเมียมจะมีการถ่ายโอนจากรากและไปสะสมมากขึ้นในส่วนเหนือพื้นดินของพืชชนิดนี้ แต่ TF ของ *Diplazium esculentum* และ *Colocasia esculenta* น้อยกว่าหนึ่ง ซึ่งชี้ให้เห็นว่า *Diplazium esculentum* และ *Colocasia esculenta* จะมีการสะสมแคดเมียมในส่วนของราก (ภาคผนวก ข)

จากการเก็บตัวอย่างน้ำ, ดินตะกอน และพืช 3 ชนิดที่นำไปลอยเหนือผิวน้ำ พบว่าความเข้มข้นของแคดเมียมในน้ำระดับการปนเปื้อนแคดเมียมในน้ำของบ่อเลี้ยงปลาต่ำกว่าระดับการปนเปื้อนสูงสุด (MCL) สำหรับแคดเมียมที่ 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ควบคุมโดย APHA : American Public Health Association ,AWWA : American Water Works Association และ WPCF : Water Pollution Control Federation เนื่องจากน้ำในบ่อปลาก็คือน้ำที่มาจากลำห้วยแม่ตาวที่ทำการผันเข้ามายังบ่อเลี้ยงปลา โดยสอดคล้องกับกรณีของศูนย์วิจัยแห่งชาติด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย (2547) พบว่าสังกะสีและแคดเมียมจะกระจายตัวในพื้นที่ในรูปแบบของตะกอน ซึ่งถูกน้ำพัดพามาตามลำห้วยแล้วสะสมในพื้นที่การเกษตร โดยแคดเมียมเป็นโลหะหนักที่เป็นผลพลอยได้จากการผลิตแร่สังกะสี การสะสมแคดเมียมปริมาณสูงในลุ่มน้ำจะส่งเสริมให้แคดเมียมเคลื่อนย้ายไปสู่ลำห้วยและน้ำชลประทานได้ (Takijima และ Katsumi, 1973) ทั้งนี้ไม่พบว่ามีสารแคดเมียมละลายอยู่ในน้ำแต่จะถูกพัดพามาพร้อมกับน้ำที่นำมาใช้ ส่วนความเข้มข้นในดินตะกอนของบ่อเลี้ยงปลามีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานและระดับการปนเปื้อนสูงสุด (MCL) 3.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ควบคุมโดย European Economic Community; EEC และ Canadian Council of Ministers of the Environment; CCME, 1999 โดยพบความเข้มข้นสูงสุดในดินตะกอนของบ่อเลี้ยงปลาในเดือนสิงหาคมถือเป็นช่วงฤดูฝนที่ 6.833±2.851 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เพราะการผันน้ำมาใช้ในบ่อโดยน้ำจากลำห้วยแม่ตาวที่ได้รับผลมาจากการทำเหมืองที่มีแคดเมียมปนมาในน้ำ (ธนภัทรและคณะ, 2557) แคดเมียมโดยทั่วไปมีสาเหตุจากกระบวนการผุพังสลายตัวตามธรรมชาติของแร่ และการที่ฝนตกชะหน้าดินที่อุดมด้วยแร่สังกะสีและแคดเมียม ลงสู่ต้นน้ำของลำน้ำธรรมชาติ ทำให้เกิดการสะสมในตะกอนท้องน้ำ และทำให้เกิดการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แพร่กระจายของแคดเมียมได้ ส่วนพืชที่นำไปลอยน้ำเมื่อนำมาตรวจการปนเปื้อนแคดเมียมก็มีค่าสูงกว่าระดับการปนเปื้อนสูงสุดที่อนุญาตให้มีในพืชกินใบที่ 0.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ควบคุมโดย Codex Committee on Food Additives and Contaminants (CODEX Standard 193-1995) พืชที่มีค่าแคดเมียมสะสมในระดับสูงสุดของแคดเมียมคือ ผักหนาม (*Lasia spinosa* (L.) Thw.) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kananke และคณะ (2016) พบในผักใบเขียววิเคราะห์แล้วพบว่า *Lasia spinosa* มีแนวโน้มที่มีค่าการสะสมแคดเมียมสูงที่สุดจากสภาพแวดล้อม ความเข้มข้นของแคดเมียมใน *Lasia spinosa* มีค่า 9.583±0.257 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนเหนือดินของ *Lasia spinosa* มีค่าแคดเมียมสูงกว่าในรากของตัวมันเอง เนื่องมาจากมันมีการส่งผ่านของแคดเมียมขึ้นไปสะสมในทุกส่วนของตัวพืช ส่วนผักกูด (*Diplazium esculentum* (Retz) Sw.) และบอน (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) มีระดับการสะสมแคดเมียมในทั้งสองชนิดส่วนใหญ่จะสะสมอยู่ในรากซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jasim และคณะ (2014) และ Parmar และคณะ (2012) ที่พบว่าพืชบางชนิดจะสะสมแคดเมียมมากในราก ดังนั้นพืชจะมีการสะสมของโลหะหนักที่เกิดขึ้นในช่วงที่แตกต่างกันในส่วนต่างๆ ของพืชที่แตกต่างกันเมื่อสัมผัสกับโลหะหนักในดินหรือในน้ำจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของแคดเมียม

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวอย่างน้ำและตัวอย่างพืชอยู่ในระดับสูง บอกได้ว่า *Lasia spinosa*, *Diplazium esculentum* และ *Colocasia esculenta* มีการดูดซับแคดเมียมจากน้ำได้ดี

จากการศึกษาการปนเปื้อนของแคดเมียมในตัวอย่างน้ำ ดินตะกอนและพืชทั้ง 3 ชนิดในบ่อเลี้ยงปลา เพื่อดูการดูดซับแคดเมียมของพืชจากน้ำ โดยตัวอย่างน้ำมีแคดเมียมปนเปื้อนแต่ไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด ส่วนในดินตะกอนมีการปนเปื้อนของแคดเมียมสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด เนื่องจากการผันน้ำจากลำห้วยแม่ตาวเข้ามาใช้ภายในบ่อ ซึ่งน้ำจากลำห้วยแม่ตาวที่ได้ทำการวิเคราะห์ทำให้รู้ว่ามีการปนเปื้อนของแคดเมียมจากการทำกิจกรรมของเหมืองที่ทำให้แคดเมียมที่มีอยู่เดิมออกมามากขึ้นเมื่อโดนชะล้างจากฝนที่ตกลงมาชะหรือกัดเซาะรวมถึงพวกน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมเหมืองก็ทำให้ไหลลงสู่ลำน้ำและเกิดการตกตะกอนอยู่ในลำน้ำลงไปสะสมอยู่ในดินตะกอนในท้องน้ำ ส่วนการปนเปื้อนในพืชจะเห็นได้ว่าผักหนาม (*Lasia spinosa* (L.) Thw.) ผักกูด (*Diplazium esculentum* (Retz) Sw.) และบอน (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) มีการสะสมแคดเมียมสูงเกินค่ามาตรฐานที่กำหนด และจากการนำพืชที่มาจากพื้นที่ที่ไม่มีปัญหาการปนเปื้อนมาลอยน้ำ ทำให้รู้ว่าพืชเหล่านี้มีความสามารถในการสะสมแคดเมียมจากแหล่งที่มันเจริญเติบโต มีความสามารถในการดูดซับที่ดี เพื่อเป็นทางเลือกในการนำไปใช้ต่อยอดในการบำบัดน้ำหรือดินที่มีปัญหาการปนเปื้อนของโลหะหนักอื่นๆ ต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากงานวิจัยนี้บ่งบอกได้ว่าแคดเมียมมีการปนเปื้อนในลำห้วยแม่ตาวเมื่อนำน้ำจากลำห้วยแม่ตาวเข้ามาใช้ในพื้นที่ก็ทำให้แคดเมียมที่พัดมากับน้ำก็จะมาตกสะสมอยู่ในพื้นที่ที่มีการใช้น้ำ อย่างในงานวิจัยนี้ที่มีการผันน้ำเข้ามาในบ่อเลี้ยงปลาซึ่งก็ได้มีการวิเคราะห์พบการปนเปื้อนของแคดเมียม เนื่องจากมีงานวิจัยของศูนย์วิจัยแห่งชาติด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย (2547) ได้พบว่าพื้นที่เขาสูงด้านทิศตะวันออกของอำเภอแม่สอดเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพแร่สังกะสีโดยมีแคดเมียมเกิดด้วยเสมอ ดังนั้นปริมาณแคดเมียมจึงมีสูงกว่าในพื้นที่อื่นๆ โดยกรมควบคุมมลพิษ คาดการณ์ว่าการปนเปื้อนของแคดเมียม เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ โดยในบริเวณที่กิจกรรมของมนุษย์ไม่ได้เข้าไปรบกวน พบว่ามีแคดเมียมในปริมาณที่น้อย เช่น บ้านถ้ำเสือที่อยู่เหนือเหมือง และอยู่ทางต้นน้ำ แต่ในบริเวณที่มีกิจกรรมของมนุษย์เข้ามาเกี่ยวข้องเช่น การทำการเกษตรของผู้คนในพื้นที่ที่จะต้องมีการขุดดินเพื่อทำแปลงเกษตร หรือการทำเหมืองเพื่อขุดเอาแร่สังกะสีออกมาจากพื้นที่ จึงทำให้พบว่าพื้นที่ที่อยู่ท้ายเหมืองหรืออยู่ปลายน้ำ พบว่ามีปริมาณแคดเมียมที่สูง จึงกล่าวได้ว่ากิจกรรมของมนุษย์มีส่วนทำให้แคดเมียมที่มีอยู่ในพื้นที่ถูกปลดปล่อยออกมามากขึ้นกว่าเดิม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved