

ความสัมพันธ์ระหว่างสารพาราควอตกับ ecological guilds ของไดอะตอมยึดเกาะ

The Relationship between Paraquat and Attached Diatom Ecological Guilds

สุทธยศ ยิ้มพูลทรัพย์

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

E-mail: s.yimpoolsap@gmail.com

บทคัดย่อ

ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสารพาราควอตกับ ecological guilds ของไดอะตอมยึดเกาะในชุดทดลองขนาดเล็ก โดยนำกระเบื้องเซรามิกขนาด 10*10 ตารางเซนติเมตร ไปวางขวางลำน้ำแม่แคมที่ความลึก 30 เซนติเมตร เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในเดือนพฤษภาคม 2556 ที่สะพานบ้านนาคูหา ตำบลสวนเขื่อน อำเภอเมืองแพร่ จังหวัดแพร่ ซึ่งเป็นแหล่งน้ำไหลบริเวณต้นน้ำ จากนั้นเก็บตัวอย่างน้ำและกระเบื้องเซรามิกที่มีไดอะตอมยึดเกาะมาทดลองในชุดทดลอง จำนวน 6 ชุดทดลอง แต่ละชุดทดลองได้รับสัมผัสสารพาราควอตที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 6 ความเข้มข้น ได้แก่ 0.00, 0.03, 0.28, 2.76, 27.60 และ 276.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งไว้เป็นเวลา 6 วัน วัดความหนาแน่นสัมพัทธ์ (ร้อยละ) ของไดอะตอมยึดเกาะกลุ่ม low – profile, high – profile และ motile ทุกวัน พบว่า ecological guilds ของไดอะตอมยึดเกาะสามารถประเมินการปนเปื้อนของสารพาราควอตในแหล่งน้ำได้ โดยความหนาแน่นสัมพัทธ์ของไดอะตอมยึดเกาะกลุ่ม low – profile จะมีความหนาแน่นสัมพัทธ์สูงขึ้นเมื่อได้รับสัมผัสสารพาราควอตในความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ไดอะตอมยึดเกาะกลุ่ม high – profile มีแนวโน้มความหนาแน่นสัมพัทธ์ต่ำลงเมื่อได้รับสัมผัสสารพาราควอต ส่วนความหนาแน่นสัมพัทธ์ของไดอะตอมยึดเกาะกลุ่ม motile มีแนวโน้มต่ำลงเล็กน้อยเมื่อได้รับสัมผัสสารพาราควอต ซึ่งความหนาแน่นสัมพัทธ์ที่สูงขึ้นและต่ำลงของไดอะตอมยึดเกาะทั้ง 3 กลุ่ม สามารถนำไปประเมินการปนเปื้อนของสารพาราควอตในแหล่งน้ำได้

คำสำคัญ: พาราควอต ecological guild ไดอะตอมยึดเกาะ

Abstract

This research aimed to study the relationship between paraquat and attached diatom ecological guilds in microcosms. To conduct this study, the ceramic tiles of 10*10 cm² were placed perpendicularly in the stream of which the depth was 30 cm for 4 weeks in order that diatoms could attach to the tiles. The experiment was carried out in May 2013 at Ban Nakhuha Bridge in Suan Khuean Subdistrict Mueang Phrae District, Phrae Province which is considered a lotic upstream. After that, the water sample and the tiles attached by diatoms were collected and put in 6 treatments. Each of them was exposed to paraquat of different concentrations: 0.00,

0.03, 0.28, 2.76, 27.60 and 276.00 mg/l respectively. All of them were left for 6 days, but the relative abundance of low – profile, high – profile and motile diatoms were measured every day throughout the period of experiment. It was found that diatoms' ecological guilds could be used to evaluate paraquat contamination in water resources. The relative density of low-profile diatoms increased when exposed to high paraquat concentration while that of the high-profile counterparts dropped when contacted with this herbicide. With regard to motile diatoms' relative density, it slightly decreased when encountering paraquat. All in all, the relative density of these three types of diatoms can be used as a tool to evaluate paraquat concentration in water.

Keywords: Paraquat, ecological guilds, attached diatom

บทนำ

ปัจจุบันเกษตรกรใช้สารกำจัดวัชพืชในการเกษตรอย่างแพร่หลาย ก่อให้เกิดปัญหาสารกำจัดวัชพืชตกค้างในสิ่งแวดล้อม สารกำจัดวัชพืชบางชนิดมีคุณสมบัติที่สามารถละลายน้ำได้ดี มีความคงตัวและสลายตัวได้ยาก ทำให้มีการแพร่กระจายไปสู่แหล่งน้ำต่างๆ ได้โดยทั่วถึงจากการพัดพาไปกับการไหลบ่าหน้าดินและในที่สุดก็ไปสะสมในดินตะกอนพื้นท้องน้ำ ก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศในแหล่งน้ำ (ชุมพล และอุทัย, 2537)

พาราควอตเป็นสารกำจัดวัชพืชที่เกษตรกรนิยมใช้มาหรือกำจัดวัชพืช จัดอยู่ในกลุ่มไบไพริดีเลียม (bipyridiliums) ใช้แบบหลังวัชพืชงอก จัดเป็นประเภทสัมผัสผืนดินและไม่เลือกทำลาย (พรชัย, 2540) จากข้อมูลทางสถิติของฝ่ายวัตถุมีพิษ สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร (2560) รายงานว่าปี พ.ศ. 2559 ประเทศไทยนำเข้าสารพาราควอต 31,526 ตัน คิดเป็นมูลค่า 2,110 ล้านบาท โดยปกติสารพาราควอตยึดกับดินอย่างเหนียวแน่น แต่สามารถปนเปื้อนสู่แหล่งน้ำได้หากมีการชะล้างพังทลายของดิน น้ำไหลบ่าหน้าดิน และน้ำกัดเซาะผิวหน้าดิน จากนั้นอนุภาคดินจะตกตะกอนสู่พื้นท้องน้ำก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำเป็นอย่างมาก (Watts, 2011) โดยสิ่งมีชีวิตกลุ่มแรกที่ได้รับผลกระทบจากสารกำจัดวัชพืช คือ แพลงก์ตอนพืช สาหร่ายต่างๆ รวมทั้งไดอะตอมยัดเกาะ

ไดอะตอมยัดเกาะเป็นสาหร่ายชนิดหนึ่งจัดอยู่ในคลาสบาซิลารีโอไฟซีอี (Bacillariophyceae Class) เป็นสาหร่ายเซลล์เดียวขนาดเล็ก ความยาวประมาณ 5 ถึง 500 ไมโครเมตร ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ บางครั้งอยู่เป็นกลุ่มหรือต่อกันเป็นเส้นสาย (ยุวดี, 2546) มีการแพร่กระจายอย่างกว้างขวางและสามารถพบได้ทั่วไปในแหล่งน้ำ จึงถือได้ว่าไดอะตอมเป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญของสาหร่ายหรือแพลงก์ตอนพืชในแหล่งน้ำ (Pekthong, 2002) และเป็นผู้ผลิตที่สำคัญในระบบนิเวศแหล่งน้ำ อีกทั้งยังมีบทบาทสำคัญต่อห่วงโซ่อาหารอีกด้วย (Debenest et.al, 2009) ไดอะตอมที่อาศัยอยู่ในน้ำแบ่งออกเป็น ไดอะตอมที่ลอยลอยตามกระแสน้ำ (planktonic diatoms) และยัดเกาะกับวัตถุพื้นท้องน้ำ (benthic diatoms) ซึ่งไดอะตอมที่ยัดเกาะกับวัตถุพื้นท้องน้ำสามารถแบ่งกลุ่มตามบทบาททางนิเวศวิทยา หรือ ecological guilds ซึ่งหมายถึง สิ่งมีชีวิตที่ทำหน้าที่หรือมีบทบาททางนิเวศเหมือนกัน (Miller, 2005) ได้ 3 guilds ได้แก่ low-profile, high-profile และ motile (Passy, 2007)

โดยมีรายละเอียดดังนี้ 1) low – profile (LP) ประกอบด้วยไดอะตอมยัดเกาะที่มีขนาดเล็ก (short stature) ที่ ยัดเกาะกับวัตถุพื้นท้องน้ำแบบ prostrate (ยัดเกาะกับวัตถุพื้นท้องน้ำตลอดพื้นผิวของวาล์ว) adnate (ยัดเกาะกับวัตถุพื้นท้องน้ำตรงบริเวณปลายเซลล์แต่แบนราบกับวัตถุพื้นท้องน้ำ) erect (ยัดเกาะกับวัตถุพื้นท้องน้ำตรงบริเวณปลายเซลล์โดยตั้งฉากกับวัตถุพื้นท้องน้ำ) โดยไดอะตอมยัดเกาะใน guild นี้มีการ เคลื่อนไหวช้าหรือไม่เคลื่อนไหวเลย ตัวอย่างของไดอะตอมยัดเกาะใน guild นี้ เช่น สกุล *Achnanthes*, *Amphora*, *Cocconeis* เป็นต้น ไดอะตอมยัดเกาะดังกล่าวจะปรับตัวให้เข้ากับกระแสน้ำที่ไหลแรงและ ปนเปื้อนสารอาหารน้อย 2) high – profile (HP) ประกอบด้วยไดอะตอมยัดเกาะที่มีขนาดใหญ่ (tall stature) ประกอบด้วยไดอะตอมที่ยัดเกาะกับวัตถุพื้นท้องน้ำแบบ erect ยัดเกาะรวมกันเป็นกลุ่มแบบเส้น สาย (filamentous) แบบสายโซ่ (chain-forming) แบบท่อเมือก (tube-forming) สร้างก้านเมือก (stalked) เป็นต้น ยกตัวอย่างไดอะตอมในสกุล *Cymbella*, *Fragilaria*, *Gomphonema* เป็นต้น ไดอะตอมยัดเกาะใน guild นี้จะปรับตัวให้เข้ากับกระแสน้ำที่ไหลช้าและปนเปื้อนสารอาหารสูง และ 3) motile (M) ประกอบด้วย ไดอะตอมยัดเกาะที่สามารถเคลื่อนที่บนวัตถุยัดเกาะได้อย่างรวดเร็ว เช่น สกุล *Navicula*, *Nitzschia*, *Surirella* เป็นต้น ไดอะตอม guild นี้สามารถปรับตัวได้ดีในกระแสน้ำที่ไหลแรงและปนเปื้อนสารอาหารที่ สูง ไดอะตอม guild นี้ยังสามารถหลั่งเอนไซม์ออกมานอกเซลล์เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์บนวัตถุพื้นท้อง น้ำหรือตะกอนพื้นท้องน้ำและดูดเข้าไปยังเซลล์ ซึ่งไดอะตอม guild อื่นจะดูดสารอาหารจากมวลน้ำ นอกจากนี้ไดอะตอม motile guild ส่วนใหญ่มีขนาดใหญ่กว่าพวก low-profile guild จึงสามารถกักเก็บ อาหารและพลังงานได้มากกว่า (Pringle, 1990) Johnson et.al (1997) กล่าวเสริมอีกว่าไดอะตอม guild ดังกล่าว สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างรวดเร็วเมื่อแหล่งน้ำมีสารอาหารต่ำไปหาแหล่งน้ำที่มีสารอาหารสูงกว่า

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสารพาราควอตต่อลักษณะทาง ecological guilds ของไดอะตอมยัดเกาะในชุดทดลองขนาดเล็ก เนื่องจากพาราควอตเป็นสารกำจัดวัชพืชที่เกษตรกร นิยมใช้ในการกำจัดวัชพืชในช่วงก่อนฤดูการเพาะปลูกและระหว่างการเพาะปลูกซึ่งมีแนวโน้มที่จะถูกพัด พาไปกักดินในช่วงฤดูฝน ซึ่งทำให้สารพาราควอตปนเปื้อนสู่แหล่งน้ำและส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่ง น้ำ โดยเฉพาะไดอะตอมยัดเกาะที่เป็นผู้ผลิตเบื้องต้นที่สำคัญในระบบนิเวศแหล่งน้ำ ในหลายๆ ประเทศ นิยมนำไดอะตอมมาใช้เป็นดัชนีชีวภาพสำหรับประเมินคุณภาพน้ำ เพราะไดอะตอมสามารถตอบสนองได้ โดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ เคมี และชีวภาพในแหล่งน้ำ รวมถึงมีความไวต่อสารพิษ เช่น สารกำจัดวัชพืช โดยจะส่งผลต่อความหลากหลายของไดอะตอม (Roubeix, 2011)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสารพาราควอตกับ ecological guilds ของไดอะตอมยัดเกาะใน ชุดทดลองขนาดเล็ก

วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

การเก็บตัวอย่างสาหร่ายยัดเกาะจากแหล่งน้ำธรรมชาติ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ใช้ตัวอย่างไดอะตอมที่ยัดเกาะกับกระเบื้องเซรามิกซึ่งเป็นวัตถุจำลอง โดยนำ กระเบื้องเซรามิกไปวางตั้งฉากกับกระแสน้ำที่ความลึก 30 เซนติเมตร ในแหล่งน้ำธรรมชาติ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ (Debenest et.al, 2009; Roubeix et.al, 2011) เพื่อให้ไดอะตอมในแหล่งน้ำธรรมชาติมายึดเกาะ

กับกระเบื้องเซรามิค โดยแหล่งน้ำธรรมชาติที่นำไปวางคือลำน้ำแม่แคม บริเวณสะพานบ้านนาควหา ตำบลสวนเขื่อน อำเภอเมืองแพร่ จังหวัดแพร่ ตั้งอยู่ที่พิกัด UTM 639000 เหนือ และ 2004500 ตะวันออก ซึ่งบริเวณลำน้ำที่นำกระเบื้องเซรามิคไปวางได้รับอิทธิพลจากการทำข้าวโพด เกษตรกรในพื้นที่นิยมใช้สารกำจัดวัชพืช โดยเฉพาะสารพาราควอตในการทำการเกษตร โดยใช้ในช่วงก่อนมีการเพาะปลูกข้าวโพด การศึกษาครั้งนี้ศึกษาในช่วงพฤษภาคม 2556 ซึ่งเป็นช่วงก่อนการเตรียมแปลงสำหรับปลูกข้าวโพดของเกษตรกร

การสร้างชุดทดลอง

ชุดทดลองสร้างขึ้นโดยใช้ตู้ปลาขนาด 24*12*15 นิ้ว ควบคุมความสว่างโดยหลอดนีออน ความเข้มแสง 8,000 ลักซ์ เปิด/ปิด 12 ชั่วโมงต่อวัน ภายใต้อุณหภูมิห้อง บรรจุน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ จุดเดียวกับที่เก็บตัวอย่างไคอะตอมยัดเกาะประมาณ 40 ลิตร และกระเบื้องเซรามิคที่มีไคอะตอมยัดเกาะอยู่จำนวน 7 แผ่นวางตั้งฉากอยู่ในตะแกรง นอกจากนี้ยังเติมออกซิเจนให้กับชุดทดลอง เจือจางสารกำจัดวัชพืชพาราควอตไดคลอไรด์ความเข้มข้น 276,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ยีห้อกรัมม็อกโซน (สารออกฤทธิ์ร้อยละ 20 น้ำหนักต่อปริมาตร) โดยน้ำตัวอย่างให้ได้ความเข้มข้นเริ่มต้น 6 ความเข้มข้น ได้แก่ 0.00, 0.03, 0.28, 2.76, 27.60 และ 276.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

การเก็บตัวอย่างในชุดทดลอง

เก็บตัวอย่างไคอะตอมยัดเกาะและน้ำจากชุดทดลอง แต่ละชุดทดลองเก็บตัวอย่างภายหลังจากการเติมสารพาราควอตที่ความเข้มข้นเริ่มต้นที่แตกต่างกันไปแล้ว 1 ถึง 6 วัน (เก็บตัวอย่างทุกวัน) เก็บตัวอย่างไคอะตอมที่ยัดเกาะกับกระเบื้องเซรามิคในแต่ละชุดทดลองโดยปัดด้วยแปรงบนกระเบื้องเซรามิคบนพื้นที่ประมาณ 10*10 ตารางเซนติเมตร แล้วทำความสะอาดฟรอสตูล (เซลล์) ของไคอะตอมยัดเกาะโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทำลายออร์กาเนลต่างๆ ในเซลล์ เพื่อให้เหลือแต่ฟรอสตูล ซึ่งใช้ในการวินิจฉัยสกุลและชนิดพันธุ์ของไคอะตอม โดยใช้ลักษณะสัณฐานวิทยา ทั้งลักษณะรูปร่างของฟรอสตูลและองค์ประกอบอื่นๆ โดยศึกษาจากกล้องจุลทรรศน์เลนส์ประกอบกำลังขยาย 1000 เท่า และวินิจฉัยชนิดพันธุ์ของไคอะตอมโดยใช้หนังสือและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาความหนาแน่นสัมพัทธ์ของไคอะตอมยัดเกาะ

คำนวณความหนาแน่นสัมพัทธ์ของไคอะตอมยัดเกาะในแต่ละชุดทดลอง ดังสมการที่ 1

$$RD = (Ni/N) \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ	RD	คือ ความหนาแน่นสัมพัทธ์ของไคอะตอมยัดเกาะ (ร้อยละ)
	Ni	คือ จำนวนฟรอสตูลไคอะตอมชนิดพันธุ์ที่ i
	N	คือ จำนวน 300 ฟรอสตูลในแต่ละชุดทดลอง

การวัดความเข้มข้นของสารพาราควอต

การวัดความเข้มข้นของสารพาราควอต ประยุกต์จากวิธีของ Kuntom *et al.* (1992) โดยใช้น้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรองปริมาณ 10 มิลลิลิตรแล้วเติมโซเดียมไดไทโอไนท์ร้อยละ 2 ในโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.3 โมลาร์ 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 396 นาโนเมตร ภายในเวลา 1 นาที

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารพาราควอตกับความหนาแน่นสัมพัทธ์ของไดอะตอมยัดเกาะในแต่ละ ecological guilds และนำมาสร้างสมการเชิงเส้นโดยการวิเคราะห์การถดถอย (regression analysis) ระหว่างความเข้มข้นของพาราควอตกับตัวแปรดังกล่าว

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

การตกค้างของสารพาราควอตในชุดทดลอง

การศึกษาความเข้มข้นของสารพาราควอตที่ตกค้างในชุดทดลองที่ได้รับสัมผัสสารพาราควอตเริ่มต้น 6 ความเข้มข้น ได้แก่ 0.00, 0.03, 0.28, 2.76, 27.60 และ 276.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งปล่อยให้สารพาราควอตย่อยสลายเองตามธรรมชาติเป็นเวลา 6 วัน ผลการศึกษาพบว่า ทุกชุดทดลองความเข้มข้นของสารพาราควอตมีแนวโน้มลดลงจากวันที่ 1 ถึงวันที่ 6 (ตารางที่ 1) โดยปริมาณที่ตกค้างในวันที่ 1 – 6 มีค่าเฉลี่ยค่าคงที่ของอัตราการย่อยสลายของสารพาราควอต (k) เท่ากับ -0.01 ต่อวัน และมีค่าเฉลี่ยค่าครึ่งชีวิต (half life) ของสารพาราควอตเท่ากับ 2.98 วัน ซึ่งค่าเฉลี่ยดังกล่าวสอดคล้องกับค่าครึ่งชีวิตของน้ำที่อ้างโดย Hazards substances data bank (2000) อ้างถึงใน Watts (2011) ว่าค่าครึ่งชีวิตของสารพาราควอตในน้ำจะมีค่าตั้งแต่ 1.5 วันจนถึง 23 สัปดาห์ ซึ่งสารดังกล่าวจะสลายตัวเองจนไม่สามารถตรวจพบในน้ำที่ปราศจากตะกอนดินหรือพีชน้ำภายใน 35 สัปดาห์

ตารางที่ 1 ความเข้มข้นของสารพาราควอต (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ตกค้างในชุดทดลอง

ชุดทดลอง	ความเข้มข้นเริ่มต้น ของสารพาราควอต (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของสารพาราควอต (มิลลิกรัมต่อลิตร)					
		วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
3	0.28	0.23	0.21	0.19	0.13	0.09	0.06
4	2.76	2.38	2.05	1.84	1.19	0.80	0.47
5	27.60	23.50	20.53	18.00	11.78	7.73	4.49
6	276.00	243.32	214.97	190.63	159.11	104.79	84.84

ปัจจัยที่มีผลต่อการสลายตัวของสารพาราควอตคือแสง (FAO, 2008) ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้แสงเป็นปัจจัยที่ควบคุมได้ สารพาราควอตสามารถสลายตัวได้สารตัวอื่นเมื่อถูกแสง การศึกษาครั้งนี้ในแต่ละชุดทดลองได้รับแสงวันละ 12 ชั่วโมง โดยแสงจะไปเหนี่ยวนำให้สารพาราควอตเกิดปฏิกิริยากับสารตัวอื่นในที่นี้คือออกซิเจน ได้เป็นสารพาราควอตโมโนไพริดอน (paraquat monopyrindione) สารดังกล่าวจะถูกสลายตัวด้วยแสงหรือจุลินทรีย์แล้วเปลี่ยนเป็น 4-Carboxy-1-methyl pyridinium ion, methylamine และแอมโมเนีย ตามลำดับ โดยได้คาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำระหว่างกระบวนการสลายตัวของพาราควอต (Yamada, 2014)

ชนิดพันธุ์ของไคอะตอมยัดเกาะ

ศึกษาชนิดพันธุ์ของไคอะตอมยัดเกาะในชุดทดลองที่ได้รับสัมผัสสารพาราควอตที่ความเข้มข้นเริ่มต้นแตกต่างกัน 6 ความเข้มข้น ได้แก่ 0.00, 0.03, 0.28, 2.76, 27.60 และ 276.00 มิลลิกรัมต่อลิตร พบไคอะตอมยัดเกาะทั้งหมด 52 ชนิดพันธุ์ แบ่งเป็น 3 ชั้น 9 อันดับ 16 วงศ์ และ 24 สกุล สามารถวินิจฉัยได้ 42 ชนิดพันธุ์ โดยไคอะตอมชนิดพันธุ์เด่นที่พบส่วนใหญ่เป็นกลุ่ม LP ได้แก่ *Cocconeis placentula*, *Planothidium lanceolatum* และ *Achnathidium minutissimum* และกลุ่ม M ได้แก่ *Eolimna minima* และ *Mayamae atomus*

ecological guilds ของไคอะตอมยัดเกาะ

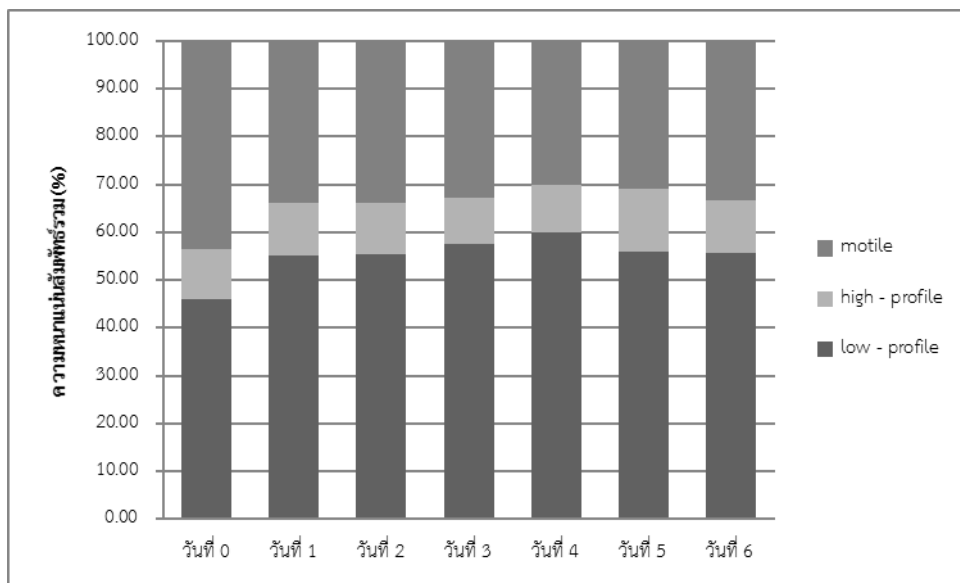
การศึกษาครั้งนี้แบ่งไคอะตอมยัดเกาะออกเป็น 3 กลุ่ม ตามลักษณะทาง ecological guilds ได้แก่ LP, HP และ M โดยวัดความหนาแน่นสัมพัทธ์รวมของแต่ละกลุ่มในแต่ละชุดทดลองและแต่ละช่วงเวลาที่ศึกษา โดยจะพิจารณาเฉพาะชุดทดลองที่ 1 – 4 (0.00 – 2.76 มิลลิกรัมต่อลิตร) เพราะเป็นช่วงความเข้มข้นของสารพาราควอตที่พบไคอะตอมยัดเกาะ ผลการศึกษามีดังต่อไปนี้

ชุดทดลองที่ 1 (0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร)

ชุดทดลองที่ 1 (0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร) ในวันที่ 0 ของการศึกษา พบไคอะตอมยัดเกาะทั้งหมด 32 ชนิดพันธุ์ แบ่งออกเป็นไคอะตอมยัดเกาะกลุ่ม LP, HP และ M จำนวน 12, 8 และ 12 ชนิดพันธุ์ ตามลำดับ มีความหนาแน่นสัมพัทธ์รวมร้อยละ 45.91, 10.51 และ 43.58 ตามลำดับ โดยความหนาแน่นสัมพัทธ์ของ *E. minima* (M) มีค่าสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 15.18 เมื่อเปรียบเทียบกับ *C. placentula* (LP) และ *M. atomus* (M) ที่มีความหนาแน่นสัมพัทธ์เป็นอันดับ 2 และ 3 ตามลำดับ เท่ากับร้อยละ 12.45 และ 12.06 ตามลำดับ ภายหลังจากได้รับสัมผัสสารพาราควอตที่ความเข้มข้น 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร แล้วปล่อยทิ้งไว้เป็นเวลา 1 วัน พบว่าจำนวนชนิดพันธุ์ของไคอะตอมยัดเกาะลดลงเหลือ 24 ชนิดพันธุ์ แบ่งออกเป็นไคอะตอมยัดเกาะกลุ่ม LP, HP และ M จำนวน 12, 5 และ 7 ชนิดพันธุ์ ตามลำดับ มีความหนาแน่นสัมพัทธ์รวมร้อยละ 55.24, 10.95 และ 33.81 ตามลำดับ โดยความหนาแน่นสัมพัทธ์ของ *C. placentula* (LP) มีค่าสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 14.29 เมื่อเทียบกับ *E. minima* (M) และ *P. frequentissimum* (LP) ที่มีความหนาแน่นสัมพัทธ์เป็นอันดับ 2 และ 3 ตามลำดับ เท่ากับร้อยละ 12.38 และ 8.10 ตามลำดับ สาเหตุที่ทำให้ความหนาแน่นสัมพัทธ์รวมของไคอะตอมยัดเกาะกลุ่ม LP วันที่ 1 สูงกว่าวันที่ 0 ในขณะที่ความหนาแน่นสัมพัทธ์รวมของไคอะตอมยัดเกาะกลุ่ม M วันที่ 1 ต่ำกว่าวันที่ 0 ส่วนความหนาแน่นสัมพัทธ์ของไคอะตอมยัดเกาะกลุ่ม HP วันที่ 1 คงที่จากวันที่ 0 อาจเนื่องจากการเคลื่อนย้ายวัตถุยัดเกาะของไคอะตอมจากลำน้ำในธรรมชาติซึ่งมีลักษณะเป็นแหล่งน้ำไหลมาไว้ในชุดทดลองที่มีลักษณะเป็นแหล่งน้ำนิ่ง จะเห็นได้ว่าบางชนิดพันธุ์ของ *Gomphonema* ซึ่งเป็นไคอะตอมยัดเกาะในกลุ่ม HP หายไปจากวันที่ 0 เนื่องจากไคอะตอมยัดเกาะกลุ่มดังกล่าวมีขนาดใหญ่และยัดเกาะแบบตั้งฉากกับวัตถุยัดเกาะโดยการสร้างก้นเมือก จึงอาจหลุดออกจากวัตถุยัดเกาะขณะเคลื่อนย้าย รวมไปถึง *Melosira varians* ซึ่งเป็นชนิดพันธุ์หนึ่งในไคอะตอมยัดเกาะกลุ่ม HP ที่หายไปจากวันที่ 0 ซึ่งในแหล่งน้ำที่ไหลไม่เร็วมากนัก *M. varians* สามารถยัดเกาะกับวัตถุพื้นท้องน้ำได้และสร้างเมือกยัดเกาะกันเองคล้ายโซ่อย่างหลวมๆ แต่พอเจอกับกระแสน้ำที่ไหลเร็วก็หลุดออกจากวัตถุยัดเกาะ ซึ่งการหายไปของ *M. varians* ก็อาจจะมาจากการเคลื่อนย้ายวัตถุยัดเกาะขณะทดลอง เช่นเดียวกับบางชนิดพันธุ์ของ

ไดอะตอมยัดเกาะกลุ่ม M ได้แก่ *Luticola falknerorum*, *Navicula capitatoradiata*, *Nitzschia clausii*, *N. fonticola* และ *N. palea* ซึ่งเป็นไดอะตอมยัดเกาะที่มีขนาดใหญ่กว่าเมื่อเทียบกับกลุ่ม LP และกลุ่มเดียวกันเอง อาจหลุดออกจากวัตถุยัดเกาะขณะเคลื่อนย้าย ในขณะที่ไดอะตอมยัดเกาะในกลุ่ม LP ซึ่งส่วนใหญ่มีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับกลุ่ม HP และ M มีการสร้างเมือกยัดเกาะแบบแบนราบกับวัตถุยัดเกาะ จึงสามารถลดการต้านทานต่อกระแสน้ำและเป็นไดอะตอมยัดเกาะชนิดพันธุ์เด่นในแหล่งน้ำที่ไหลเร็ว จึงทำให้พบไดอะตอมยัดเกาะกลุ่ม LP มีความหนาแน่นสัมพัทธ์รวมสูงกว่าเมื่อเทียบกับไดอะตอมยัดเกาะกลุ่ม HP และ M โดย *C. placentula* ซึ่งเป็นไดอะตอมยัดเกาะกลุ่ม LP เป็นไดอะตอมยัดเกาะที่มีความหนาแน่นสัมพัทธ์สูงกว่าทุกชนิดพันธุ์ที่พบในวันที่ 1 ของชุดทดลองที่ 1 อย่างไรก็ตามมีการพบ *E. minima* และ *M. atomus* ซึ่งเป็นไดอะตอมยัดเกาะในกลุ่ม M ที่มีความหนาแน่นสัมพัทธ์น้อยกว่า *C. placentula* แต่สูงกว่าไดอะตอมยัดเกาะชนิดพันธุ์อื่นที่พบในชุดทดลองที่ 1 ในวันที่ 1 ซึ่งไดอะตอมยัดเกาะชนิดพันธุ์ดังกล่าวมีขนาดเล็กอาจทำให้ลดการต้านทานของกระแสน้ำ ซึ่งการเคลื่อนย้ายอาจไม่มีผลต่อการลดลงหรือสูญหายของไดอะตอมยัดเกาะชนิดพันธุ์ดังกล่าว แต่การเคลื่อนย้ายวัตถุยัดเกาะระหว่างการทดลองไม่ได้เป็นปัจจัยเดียวต่อความหนาแน่นสัมพัทธ์ของไดอะตอมยัดเกาะในแต่ละกลุ่ม ยังมีปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องอีกที่ไม่ได้ศึกษาในครั้งนี้ เช่น สารอาหารที่เปลี่ยนแปลงไปจากแหล่งน้ำธรรมชาติไปสู่ชุดทดลอง เป็นต้น

หลังจากได้รับสัมผัสสารพาราควอตที่ความเข้มข้น 0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร แล้วปล่อยทิ้งไว้เป็นเวลา 2 - 6 วัน พบว่าจำนวนชนิดพันธุ์ของไดอะตอมยัดเกาะเท่ากับ 24, 26, 23, 24 และ 23 ชนิดพันธุ์ตามลำดับ แบ่งออกเป็นไดอะตอมยัดเกาะกลุ่ม LP จำนวน 11, 12, 12, 12 และ 12 ชนิดพันธุ์ตามลำดับ HP จำนวน 5, 5, 4, 5 และ 4 ชนิดพันธุ์ ตามลำดับ และ M จำนวน 8, 9, 7, 7 และ 7 ชนิดพันธุ์ตามลำดับ มีความหนาแน่นสัมพัทธ์รวมร้อยละ 55.36, 57.63, 60.00, 55.88 และ 55.70 ตามลำดับ สำหรับไดอะตอมยัดเกาะกลุ่ม LP ความหนาแน่นสัมพัทธ์รวมร้อยละ 10.71, 9.75, 10.00, 13.24 และ 10.97 ตามลำดับ สำหรับไดอะตอมยัดเกาะกลุ่ม HP และความหนาแน่นสัมพัทธ์รวมร้อยละ 33.93, 32.63, 30.00, 30.88 และ 33.33 ตามลำดับ สำหรับไดอะตอมยัดเกาะกลุ่ม M ซึ่งความหนาแน่นสัมพัทธ์รวมของไดอะตอมยัดเกาะในแต่ละกลุ่มและในแต่ละวันดังกล่าวมีความหนาแน่นสัมพัทธ์รวมใกล้เคียงกับวันที่ 1 คือ ร้อยละ 55.24, 10.95 และ 33.81 ตามลำดับ สำหรับไดอะตอมยัดเกาะกลุ่ม LP, HP และ M ตามลำดับ ซึ่งร้อยละความหนาแน่นสัมพัทธ์ของไดอะตอมยัดเกาะกลุ่ม LP มากกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่ม HP และ M ตลอดในช่วงวันที่ 2 - 6 โดย *C. placentula* (LP) มีความหนาแน่นสัมพัทธ์มากกว่าไดอะตอมยัดเกาะชนิดพันธุ์อื่นๆ ที่พบในวันที่ 3 - 6 เท่ากับร้อยละ 19.49, 20.87, 13.73 และ 16.46 ตามลำดับ ในขณะที่ *E. minima* (M) มีความหนาแน่นสัมพัทธ์มากกว่าไดอะตอมยัดเกาะชนิดพันธุ์อื่นๆ ที่พบในวันที่ 2 เท่ากับร้อยละ 13.39 สาเหตุที่ทำให้ไดอะตอมยัดเกาะในกลุ่มดังกล่าวมีสัดส่วนคงที่ตลอดในช่วงวันที่ 2 - 6 เนื่องจากไดอะตอมยัดเกาะในชุดทดลองมีการปรับตัวให้เข้ากับสภาวะแวดล้อมในชุดทดลอง (ภาพที่ 1)

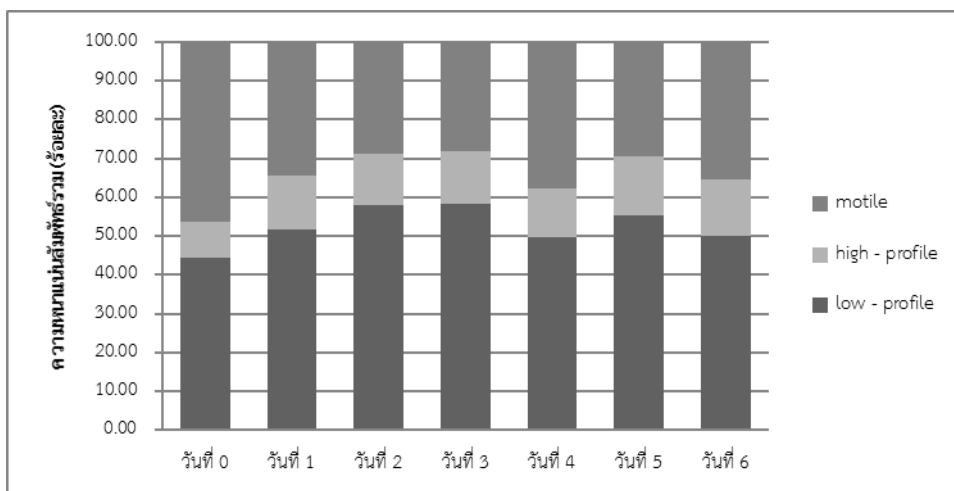


ภาพที่ 1 ความหนาแน่นสัมพัทธ์รวม (ร้อยละ) ของไดอะตอมยัดเกาะกลุ่ม low – profile, high – profile และ motile ในชุดทดลองที่ 1 (0.00 มิลลิกรัมต่อลิตร) ในวันที่ 0 – 6

ชุดทดลองที่ 2 (0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร)

ชุดทดลองที่ 2 ในวันที่ 0 พบไดอะตอมยัดเกาะทั้งหมด 32 ชนิดพันธุ์ แบ่งเป็นไดอะตอมกลุ่ม LP, HP และ M จำนวน 13, 6 และ 13 ชนิดพันธุ์ ตามลำดับ มีความหนาแน่นสัมพัทธ์รวมร้อยละ 44.54, 9.17 และ 46.29 ตามลำดับ โดยความหนาแน่นสัมพัทธ์ของ *E. minima* (M) มีค่าสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 19.65 เมื่อเทียบกับ *M. atomus* (M) และ *C. placentula* (LP) ที่มีความหนาแน่นสัมพัทธ์เป็นอันดับ 2 และ 3 ตามลำดับ เท่ากับ 10.04 และ 9.61 ตามลำดับ ภายหลังจากได้รับสัมผัสสารพาราควอตที่ความเข้มข้น 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร แล้วปล่อยทิ้งไว้เป็นเวลา 1 - 6 วัน พบว่าจำนวนชนิดพันธุ์ของไดอะตอมลดลงอยู่ในช่วง 19 - 24 ชนิดพันธุ์ แบ่งเป็นไดอะตอมกลุ่ม LP, HP และ M ในช่วง 9 - 11, 3 - 5 และ 6 - 9 ชนิดพันธุ์ ตามลำดับ มีความหนาแน่นสัมพัทธ์รวมช่วงร้อยละ 49.62 – 58.21, 12.60 – 15.09 และ 27.99 – 37.79 ตามลำดับ โดยไดอะตอมยัดเกาะกลุ่ม HP มีร้อยละความหนาแน่นสัมพัทธ์รวมมากกว่าวันที่ 0 ตลอดระยะเวลาที่ศึกษา เนื่องจากความเข้มข้นของสารพาราควอตในชุดทดลองที่ 2 มีแนวโน้มลดลงจาก 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็น 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันที่ 1 - 3 และ 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันที่ 4 - 6 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสารพาราควอตมีการย่อยสลายตามธรรมชาติและอาจเปลี่ยนรูปไปเป็นแอมโมเนียซึ่งเป็นสารอาหารของไดอะตอมยัดเกาะ โดยไดอะตอมยัดเกาะกลุ่ม HP ซึ่งมีการยัดเกาะแบบตั้งฉากกับวัตถุยัดเกาะและรับสารอาหารโดยตรงจากมวลน้ำ ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าไดอะตอมยัดเกาะกลุ่ม HP อาจมีปริมาณเพิ่มขึ้น โดยพบว่า *G. destinatum*, *G. pumilum* และ *M. varians* ซึ่งเป็นไดอะตอมยัดเกาะในกลุ่มดังกล่าวมีร้อยละความหนาแน่นสัมพัทธ์มากกว่าวันที่ 0 ตลอดระยะเวลาที่ศึกษา จึงทำให้ร้อยละความหนาแน่นสัมพัทธ์รวมของไดอะตอมยัดเกาะกลุ่ม M น้อยกว่าวันที่ 0 ตลอดระยะเวลาที่ศึกษา แต่ไม่ได้หมายความว่าปริมาณของไดอะตอมยัดเกาะกลุ่ม M มีปริมาณลดลง ซึ่งการศึกษารังนี้จะนับ

จำนวนไดอะตอมยัดเกาะทั้งหมด 300 ฟอสตุล (เซลล์) ในแต่ละการทดลอง จึงอาจเป็นไปได้ว่าในการสุม
นับมีโอกาสเจอไดอะตอมยัดเกาะกลุ่ม HP เพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ไดอะตอมยัดเกาะกลุ่ม LP มีร้อยละความ
หนาแน่นสัมพัทธ์สูงกว่าวันที่ 0 ตลอดระยะเวลาที่ศึกษา เนื่องจากไดอะตอมยัดเกาะกลุ่มดังกล่าวมีร้อยละ
ความหนาแน่นสัมพัทธ์สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่นๆ อยู่แล้วและ *C. placentula* ซึ่งเป็นไดอะตอม
ยัดเกาะในกลุ่ม LP ก็มีความหนาแน่นสัมพัทธ์สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับไดอะตอมยัดเกาะชนิดพันธุ์อื่นๆ
ที่พบในวันที่ 1, 2, 3, 5 และ 6 เท่ากับร้อยละ 14.61, 15.71, 14.55, 15.47 และ 14.83 ตามลำดับ
ในขณะที่ *E. minima* (M) มีความหนาแน่นสัมพัทธ์มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับไดอะตอมยัดเกาะชนิด
พันธุ์อื่นๆ ที่พบในวันที่ 4 เท่ากับ 14.89 % (ภาพที่ 2)

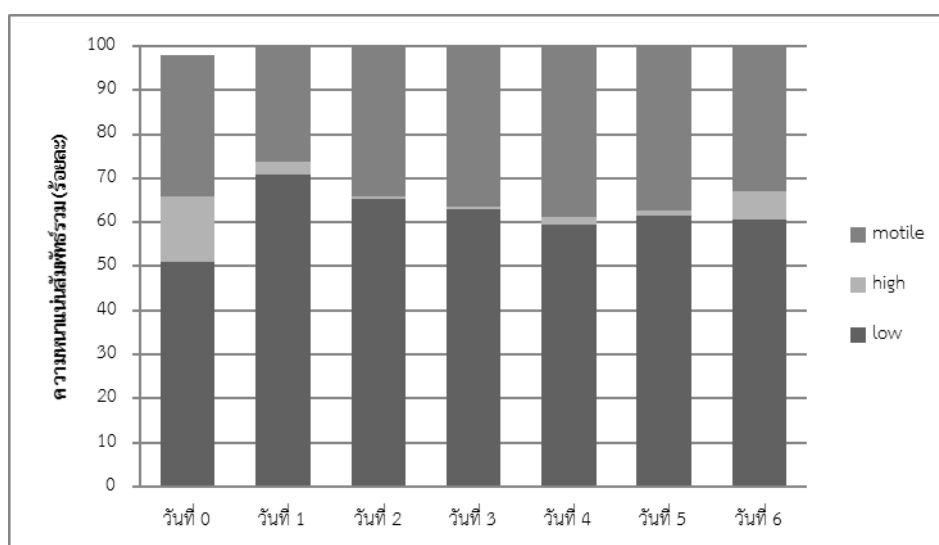


ภาพที่ 2 ความหนาแน่นสัมพัทธ์รวม (ร้อยละ) ของไดอะตอมยัดเกาะกลุ่ม low – profile, high – profile และ motile ในชุดทดลองที่ 2 (0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร) ในวันที่ 0 – 6

ชุดทดลองที่ 3 (0.28 มิลลิกรัมต่อลิตร)

ก่อนได้รับสัมผัสพาราควอตพบไดอะตอมยัดเกาะทั้งหมด 43 ชนิดพันธุ์ แบ่งออกเป็น
ไดอะตอมยัดเกาะกลุ่ม LP, HP และ motile จำนวน 13, 11 และ 19 ชนิดพันธุ์ ตามลำดับ มีความ
หนาแน่นสัมพัทธ์รวมร้อยละ 50.97, 14.79 และ 32.24 ตามลำดับ ภายหลังจากได้รับสัมผัสพาราควอตที่
ความเข้มข้น 0.28 มิลลิกรัมต่อลิตรแล้วปล่อยทิ้งไว้เป็นเวลา 1 - 6 วัน พบว่า จำนวนชนิดพันธุ์ของ
ไดอะตอมยัดเกาะลดลงอยู่ในช่วง 16 - 26 ชนิดพันธุ์ แบ่งออกเป็นไดอะตอมยัดเกาะกลุ่ม LP, HP และ
motile ในช่วง 8 - 11, 2 - 9 และ 5 - 11 ชนิดพันธุ์ ตามลำดับ มีความหนาแน่นสัมพัทธ์รวมช่วงร้อยละ
59.53 – 70.75, 0.66 – 6.51 และ 26.10 – 38.80 ตามลำดับ โดยไดอะตอมยัดเกาะกลุ่ม HP มีร้อยละ
ความหนาแน่นสัมพัทธ์รวมน้อยกว่าก่อนได้รับสัมผัสพาราควอต (วันที่ 0) ตลอดระยะเวลาที่ศึกษา
เนื่องจากความเข้มข้นของพาราควอตในชุดทดลองที่ 3 มีความเข้มข้นเริ่มต้นสูงกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพ
น้ำของสำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมสหรัฐที่กำหนดให้มีพาราควอตปนเปื้อนในแหล่งน้ำได้ไม่เกิน 0.25
มิลลิกรัมต่อลิตร จึงทำให้มีผลต่อไดอะตอมยัดเกาะกลุ่ม HP มีร้อยละความหนาแน่นสัมพัทธ์รวมน้อยกว่า

เมื่อเปรียบเทียบกับวันที่ 0 (ร้อยละ 14.79) โดยมีความหนาแน่นสัมพัทธ์รวมในวันที่ 1 เท่ากับร้อยละ 3.14 สอดคล้องกับ Rimet และ Bouchez (2011) ที่พบว่าไดอะตอมยัดเกาะกลุ่ม HP มีความไวต่อสารกำจัดวัชพืชในชุดทดลองขนาดกลางและร้อยละความหนาแน่นสัมพัทธ์ของไดอะตอมยัดเกาะกลุ่มดังกล่าวน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่นๆ เมื่อได้รับสัมผัสสารกำจัดวัชพืชที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับไดอะตอมยัดเกาะกลุ่ม motile ที่มีร้อยละความหนาแน่นสัมพัทธ์รวมน้อยกว่าวันที่ 0 โดยเฉพาะไดอะตอมยัดเกาะในกลุ่มดังกล่าวที่มีขนาดใหญ่เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่ม low – profile และกลุ่มเดียวกัน จึงเป็นเหตุให้ไดอะตอมยัดเกาะกลุ่ม LP มีความหนาแน่นสัมพัทธ์รวมสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับไดอะตอมยัดเกาะกลุ่ม HP และ motile ตลอดระยะเวลาที่ศึกษา แต่ไม่ได้หมายความว่าความเข้มข้นของสารพาราควอตที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณไดอะตอมยัดเกาะกลุ่ม LP เพิ่มขึ้น แต่เป็นเพราะไดอะตอมยัดเกาะกลุ่ม HP และ motile บางชนิดพันธุ์ถูกทำลายโดยสารพาราควอต จึงทำให้มีโอกาสสัมผัสพบไดอะตอมยัดเกาะกลุ่ม LP เพิ่มมากขึ้น (ภาพที่ 3)

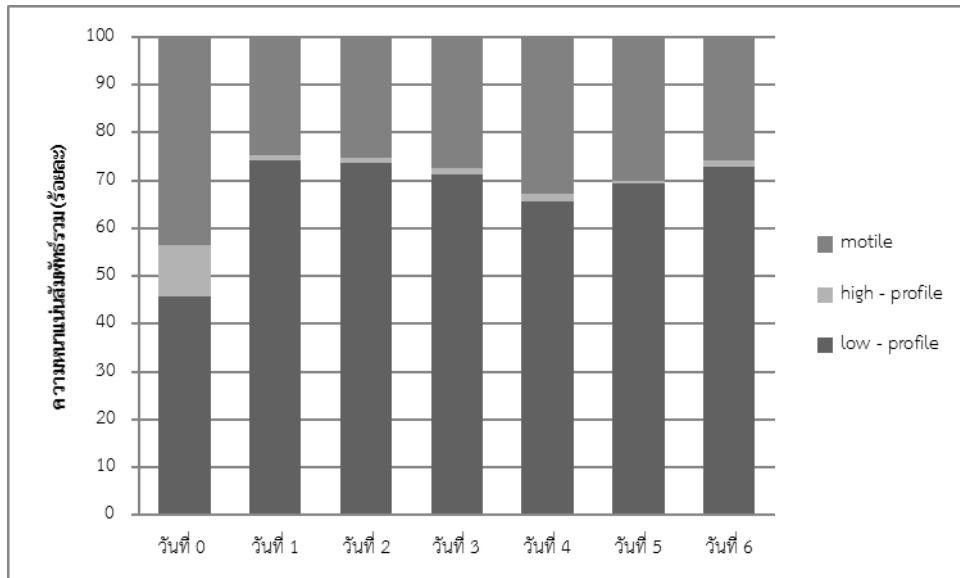


ภาพที่ 3 ความหนาแน่นสัมพัทธ์รวม (ร้อยละ) ของไดอะตอมยัดเกาะกลุ่ม low – profile, high – profile และ motile ในชุดทดลองที่ 3 (0.28 มิลลิกรัมต่อลิตร) ในวันที่ 0 – 6

ชุดทดลองที่ 4 (2.76 มิลลิกรัมต่อลิตร)

ก่อนได้รับสัมผัสพาราควอตพบไดอะตอมยัดเกาะทั้งหมด 41 ชนิดพันธุ์ แบ่งเป็นกลุ่ม LP, HP และ motile จำนวน 12, 8 และ 12 ชนิดพันธุ์ ตามลำดับ มีความหนาแน่นสัมพัทธ์รวมร้อยละ 45.82, 10.55 และ 43.64 ภายหลังจากได้รับสัมผัสพาราควอตแล้วปล่อยทิ้งไว้เป็นเวลา 1 วัน พบว่าจำนวนชนิดพันธุ์ของไดอะตอมยัดเกาะลดลงเหลือ 17 ชนิดพันธุ์ แบ่งออกเป็นไดอะตอมยัดเกาะกลุ่ม LP, HP และ motile จำนวน 7, 4 และ 6 ชนิดพันธุ์ ตามลำดับ มีความหนาแน่นสัมพัทธ์รวมร้อยละ 74.09, 1.33 และ 24.58 ตามลำดับ ภายหลังจากปล่อยทิ้งไว้เป็นเวลา 2 - 6 วัน พบว่า จำนวนชนิดพันธุ์ของไดอะตอมยัดเกาะเท่ากับ 14, 13, 16, 15 และ 15 ชนิดพันธุ์ตามลำดับ แบ่งออกเป็นไดอะตอมยัดเกาะกลุ่ม LP จำนวน 6, 5, 7, 9 และ 8 ชนิดพันธุ์ ตามลำดับ HP จำนวน 3, 2, 2, 2 และ 4 ชนิดพันธุ์

ตามลำดับ และ motile จำนวน 5, 6, 7, 4 และ 3 ชนิดพันธุ์ ตามลำดับ มีความหนาแน่นสัมพัทธ์รวมร้อยละ 73.68, 71.19, 65.69, 69.33 และ 72.96 ตามลำดับ สำหรับไดอะตอมยัดเกาะกลุ่ม LP ความหนาแน่นสัมพัทธ์รวมร้อยละ 1.13, 1.32, 1.63, 0.67 และ 1.30 ตามลำดับ สำหรับไดอะตอมยัดเกาะกลุ่ม HP และ ความหนาแน่นสัมพัทธ์รวมร้อยละ 25.19, 27.48, 32.68, 30.00 และ 25.73 ตามลำดับ สำหรับไดอะตอมยัดเกาะกลุ่ม motile ซึ่งความหนาแน่นสัมพัทธ์รวมของไดอะตอมยัดเกาะ LP มีร้อยละความหนาแน่นสัมพัทธ์รวมมากกว่าวันที่ 0 ตลอดระยะเวลาที่ศึกษา ในขณะที่ไดอะตอมยัดเกาะกลุ่ม HP และ motile มีร้อยละความหนาแน่นสัมพัทธ์รวมน้อยกว่าวันที่ 0 ตลอดระยะเวลาที่ศึกษา (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 ความหนาแน่นสัมพัทธ์รวม (ร้อยละ) ของไดอะตอมยัดเกาะกลุ่ม low – profile, high – profile และ motile ในชุดทดลองที่ 4 (2.76 มิลลิกรัมต่อลิตร) ในวันที่ 0 – 6

ความสัมพันธ์ระหว่างสารพาราควอตกับ ecological guilds ของไดอะตอมยัดเกาะ

ความสัมพันธ์ระหว่างสารพาราควอตที่ความเข้มข้นในช่วง 0.00 – 2.76 มิลลิกรัมต่อลิตร กับ ecological guilds ของไดอะตอมยัดเกาะ ได้แก่ LP, HP และ motile พบว่า ความเข้มข้นของสารพาราควอตมีความสัมพันธ์แปรผันตรงกับความหนาแน่นสัมพัทธ์ของไดอะตอมยัดเกาะกลุ่ม LP มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.83 ในขณะที่ความเข้มข้นของสารพาราควอตมีความสัมพันธ์แปรผกผันกับความหนาแน่นสัมพัทธ์ของไดอะตอมยัดเกาะกลุ่ม HP มีค่า $r = -0.86$ ส่วนความเข้มข้นของสารพาราควอตมีความสัมพันธ์แปรผกผันกับความหนาแน่นสัมพัทธ์ของไดอะตอมยัดเกาะกลุ่ม motile แต่มีค่า $r = -0.11$ ซึ่งต่ำมาก

เมื่อนำความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารพาราควอตกับความหนาแน่นสัมพัทธ์ของไดอะตอมยัดเกาะกลุ่ม LP และ HP มาวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น สามารถสร้างสมการเส้นตรงได้ตั้งสมการที่ 2 และ 3

$$Y_{LP} = 6.834X + 52.74 \quad (R^2 = 0.696) \quad (2)$$

$$Y_{HP} = -6.337X + 13.30 \quad (R^2 = 0.747) \quad (3)$$

เมื่อ Y_{LP} คือ ความหนาแน่นสัมพัทธ์ของไถอะตอมยัดเกาะกลุ่ม low - profile (ร้อยละ)
 Y_{HP} คือ ความหนาแน่นสัมพัทธ์ของไถอะตอมยัดเกาะกลุ่ม high - profile (ร้อยละ)
 X คือ ความเข้มข้นของสารพาราควอต (มิลลิกรัมต่อลิตร)

สมการที่ 2 อธิบายได้ว่าเมื่อความเข้มข้นของสารพาราควอตเพิ่มขึ้น 1.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้ความหนาแน่นสัมพัทธ์ของไถอะตอมยัดเกาะกลุ่ม LP สูงขึ้นร้อยละ 6.83 เมื่อเทียบกับไถอะตอมยัดเกาะกลุ่มอื่นๆ มีค่า $r^2 = 0.696$ (ภาพที่ 5) ในขณะที่สมการที่ 3 อธิบายได้ว่าเมื่อความเข้มข้นของสารพาราควอตเพิ่มขึ้น 1.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้ความหนาแน่นสัมพัทธ์ของไถอะตอมยัดเกาะกลุ่ม HP ต่ำลงร้อยละ 6.34 เมื่อเทียบกับไถอะตอมยัดเกาะกลุ่มอื่นๆ มีค่า $r^2 = 0.747$ (ภาพที่ 6)

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การตกค้างของสารพาราควอตในชุดทดลอง

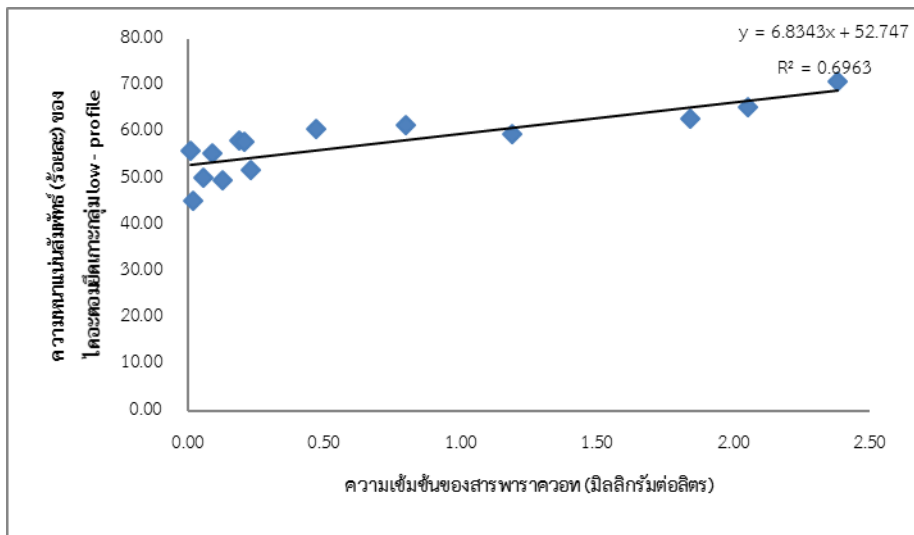
การตกค้างของสารพาราควอตในชุดทดลองที่ได้รับสัมผัสสารพาราควอตที่ความเข้มข้นเริ่มต้นที่ต่างกัน 6 ความเข้มข้น ได้แก่ 0.00, 0.03, 0.28, 2.76, 27.60 และ 276.00 มิลลิกรัมต่อลิตร แล้วทิ้งไว้เป็นเวลา 1 – 6 วัน ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่าสารพาราควอตแต่ละชุดทดลองที่ได้รับสัมผัสมีการสลายตัวตามธรรมชาติ ให้ความเข้มข้นของสารพาราควอตลดลงเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น โดยแต่ละชุดทดลองที่ได้รับสัมผัสสารพาราควอตมีค่าคงที่ของอัตราการสลาย (k) ตัวเท่ากับ -0.01 ต่อวัน และมีครึ่งชีวิตเฉลี่ย 2.9 วัน

ecological guilds ของไถอะตอมยัดเกาะ

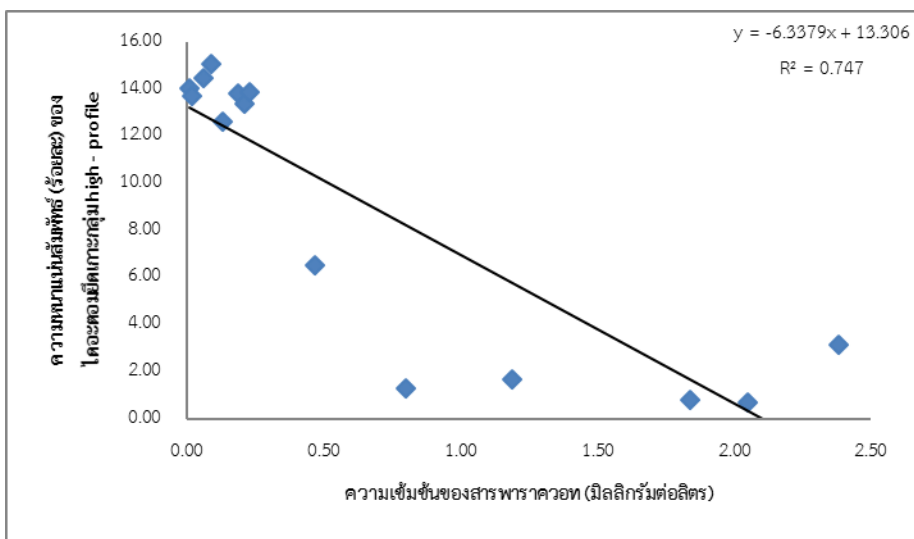
ความหนาแน่นสัมพัทธ์ของไถอะตอมยัดเกาะกลุ่ม LP จะมีร้อยละความหนาแน่นสัมพัทธ์สูงขึ้นเมื่อได้รับสัมผัสสารพาราควอตในความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ไถอะตอมยัดเกาะกลุ่ม HP มีแนวโน้มร้อยละความหนาแน่นสัมพัทธ์ต่ำลงเมื่อได้รับสัมผัสสารพาราควอต ส่วนร้อยละความหนาแน่นสัมพัทธ์ของไถอะตอมยัดเกาะกลุ่ม M มีแนวโน้มต่ำลงเล็กน้อยเมื่อได้รับสัมผัสสารพาราควอต

ความสัมพันธ์ระหว่างสารพาราควอตกับ ecological guilds ของไถอะตอม

เมื่อไถอะตอมยัดเกาะได้รับสัมผัสสารพาราควอตที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ความหนาแน่นสัมพัทธ์ของไถอะตอมยัดเกาะกลุ่ม LP เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับไถอะตอมยัดเกาะกลุ่มอื่น ซึ่งมีความสัมพันธ์แปรผันตรง ดังสมการ ความหนาแน่นสัมพัทธ์ของไถอะตอมยัดเกาะกลุ่ม LP (ร้อยละ) = 6.83ความเข้มข้นของสารพาราควอต (มิลลิกรัมต่อลิตร) + 52.75 มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเท่ากับ 0.70 ในขณะที่ความหนาแน่นสัมพัทธ์ของไถอะตอมยัดเกาะกลุ่ม HP ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับไถอะตอมยัดเกาะกลุ่มอื่น ซึ่งมีความสัมพันธ์แปรผกผัน ดังสมการ ความหนาแน่นสัมพัทธ์ของไถอะตอมยัดเกาะกลุ่ม HP (ร้อยละ) = -6.34ความเข้มข้นของสารพาราควอต (มิลลิกรัมต่อลิตร) + 13.31 มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเท่ากับ 0.75



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารพาราควอตช่วง 0.00 – 2.76 มิลลิกรัมต่อลิตร กับความหนาแน่นสัมพัทธ์ (ร้อยละ) ของไอโอดีนดูดซับได้ของไอโอดีนกลุ่ม low – profile ในชุดทดลอง



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารพาราควอตช่วง 0.00 – 2.76 มิลลิกรัมต่อลิตร กับความหนาแน่นสัมพัทธ์ (ร้อยละ) ของไอโอดีนดูดซับได้ของไอโอดีนกลุ่ม high – profile ในชุดทดลอง

ข้อเสนอแนะ

ค่าร้อยละความหนาแน่นสัมพัทธ์รวมของไอโอดีนดูดซับได้ของไอโอดีนกลุ่ม LP และ HP สามารถที่จะนำไปประเมินการปนเปื้อนของสารพาราควอตเบื้องต้นในแหล่งน้ำไหลบริเวณต้นน้ำได้ เนื่องจากค่าดังกล่าวมีความสัมพันธ์แปรผันตรงและแปรผกผันกับความเข้มข้นของสารพาราควอตที่ปนเปื้อนในน้ำ

เอกสารอ้างอิง

- ชุมพล คนศิลป์, และอุทัย ฤทธิแสง. (2537). การทดสอบการใช้แถบหญ้าและคันดินกั้นน้ำป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน. กรุงเทพฯ: สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 5 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ฝ่ายวัดภูมิพิษ สำนักงานควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. (2560). *วัตถุอันตรายที่มีการนำเข้าสูงสุด 10 อันดับแรก ปี 2559*. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร.
- พรชัย เหลืองอาภาพงษ์. (2540). *วัชพืชศาสตร์*. เชียงใหม่: ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ยุวดี พิรพรพิศาล. (2546). *สำหรับรายวิชา*. เชียงใหม่: ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- Debenest, T., Pinelli, E., Coste, M., Silvestre, J., Mazzella, N., Madigou, C., et al. (2009). Sensitivity of freshwater periphytic diatoms to agricultural herbicides. *Aquatic Toxicology*, 9 (1), 11-7.
- FAO. (2008). *Specifications and evaluations for agricultural pesticides, paraquat dichloride 1,1'-dimethyl-4,4'-bipyridinium dichloride*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Johnson, R.E., Tuchman, N.C. & Peterson, C.G. (1997). Changes in the vertical microdistribution of diatoms within a developing periphyton mat. *Journal of the North American Benthological Society*, 16, 503-519.
- Kuntom, A., Kifli, H. & Tan, Y.A. (1999). Method for the determination of paraquat residue in oil matrix. *Journal of Oil Palm Research*, 2 (2), 57-62.
- Miller, G.T. (2005). *Essential of ecology*. California: Thomson Learning.
- Passy, S.I. (2007). Diatom ecological guilds display distinct and predictable behavior along nutrient and disturbance gradients in running waters. *Aquatic botany*, 86 (2), 171-178.
- Pekthong, T. (2002). *Biodiversity of benthic diatoms and their application in monitoring water quality of Mae Sa Stream, Doi Suthep – Pui National Park Chiang Mai*. (Doctoral Dissertation). Chiang Mai University, Faculty of Science.
- Pringle, C.M. (1990). Nutrient spatial heterogeneity: effects on community structure, physiognomy, and diversity of stream algae. *Ecology*, 71 (3), 905-920.
- Rimet, F. & Bouchez, A. (2011). Use of diatom life-forms and ecological guilds to assess pesticide contamination in rivers: Lotic mesocosm approaches. *Ecological Indicators*, 11 (2), 489-499.
- Roubeix, V., Mazzella, N., Schouler, L., Fauvelle, V., Morin, S., Coste, M., et al. (2011). Variations of periphytic diatom sensitivity to the herbicide diuron and relation to species distribution in contamination gradient: implications for biomonitoring. *Journal of Environmental Monitoring*, 13 (6), 1768-1774.
- Watts, M. (2011). *Paraquat*. Penang: Pesticide Action Network Asia and The Pacific.
- Yamada, Y. (2014). *Paraquat*. Tsukuba: National Food Research Institute. Retrieved from <http://www.fao.org/fileadmin/.../paraquat.pdf>.