



โครงการ  
การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ การพัฒนาฐานข้อมูลแพลงก์ตอนพืชทะเลในเครื่องวิเคราะห์อนุภาค  
สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM)

Development of marine phytoplankton database for FlowCAM

ชื่อนิสิต นางสาวณัฐริกา เพชรคง

เลขประจำตัว 5932810523

ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล

ปีการศึกษา 2562

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การพัฒนาฐานข้อมูลเพลงก่ตอนพีชทะเลในเครื่องวิเคราะห์อนุภาค  
สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM)

ณัฐริกา เพชรคง

โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2562

# Development of marine phytoplankton database for FlowCAM

Natthariga Petchkong

A Senior Project in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Bachelor of Science in Marine Science  
Department of Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University  
Academic Year 2019



**Project Title**                      Development of marine phytoplankton database for FlowCAM  
**By**    Miss Natthariga Petchkong  
**Field of Study**                      Marine Science  
**Advisor**                                      Assistant Professor Itchika Sivaipram, Ph.D.  
**Co-advisor**                              Porntep Punarak, Ph.D.

---

Accepted by the Department of Marine Science, Faculty of Science,  
Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirement for the Bachelor's  
Degree.

..... Head of Marine Science Department  
(Assoc. Prof. Voranop Viyakarn, Ph. D)

PROJECT COMMITTEE

..... Project Advisor  
(Asst. Prof. Itchika Sivaipram, Ph.D.)

..... Project Co-advisor  
(Porntep Punarak, Ph.D.)

..... Member  
(Asst. Prof. Somrudee Jitpraphai, Ph. D)

..... Member  
(Sujaree Bureekul, Ph.D.)

ชื่อโครงการ	การพัฒนาฐานข้อมูลแพลงก์ตอนพืชทะเลในเครื่องวิเคราะห์อนุภาคสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM)
ชื่อนิติ	นางสาวณัฐริกา เพชรคง
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อธิฉนิกา ศิวายพราหมณ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ดร. พรเทพ พรธรรมรักษ์
ปีการศึกษา	2562
ภาควิชา	วิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### บทคัดย่อ

ในปัจจุบันเครื่องวิเคราะห์อนุภาคสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM) ถูกนำมาใช้นับจำนวนและจำแนกแพลงก์ตอนพืชโดยอัตโนมัติมากถึง 500 แห่งทั่วโลก แต่ในประเทศไทยยังไม่สามารถทำได้เนื่องจากขาดฐานข้อมูลที่เหมาะสม การศึกษาครั้งนี้จึงต้องการพัฒนาฐานข้อมูลแพลงก์ตอนพืชในประเทศไทยสำหรับเครื่อง FlowCAM โดยการเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชในบริเวณเกาะสีชังจำนวน 24 สถานี ด้วยการสูบน้ำที่ระดับ 0.5 เมตรจากผิวน้ำ 20 ลิตรมากรองผ่านถุงกรองแพลงก์ตอนขนาดตา 200 ไมโครเมตร และ 20 ไมโครเมตร ตามลำดับ จากนั้นนำตัวอย่างที่ค้างบนถุงกรองแพลงก์ตอน 20 ไมโครเมตร มาผ่านเครื่อง FlowCAM เพื่อสร้างห้องสมุดภาพ (library) โดยอาศัยโปรแกรม VisualSpreadsheet® (ViSp) ห้องสมุดภาพที่ถูกสร้างขึ้นจะเป็นฐานข้อมูลภายในเครื่องเพื่อใช้ในการจำแนกและนับจำนวนแพลงก์ตอนพืชจาก 6 สถานีเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของ FlowCAM เทียบกับวิธีมาตรฐานที่นับและจำแนกแพลงก์ตอนพืชด้วย Sedgewick Rafter slide ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ผลการศึกษาได้ภาพของแพลงก์ตอนพืชเพื่อจัดทำห้องสมุดภาพจำนวน 39 สกุล 7 ชนิด ประสิทธิภาพในการจำแนกสกุลของแพลงก์ตอนพืชด้วย FlowCAM ต่ำกว่าวิธีมาตรฐานโดยจำแนกสกุลและชนิดของแพลงก์ตอนพืชที่จำแนกได้เพียงร้อยละ 54 ถึง 68 ของวิธีมาตรฐาน การหาความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชด้วย FlowCAM ได้ค่าสูงกว่าวิธีมาตรฐานคิดเป็น 39 ถึง 130 เท่า ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (paired t-test,  $p < 0.05$ ) ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นของ FlowCAM อาจเกิดจากข้อจำกัดของเครื่องที่ยังมีฐานข้อมูลแพลงก์ตอนพืชน้อย คุณภาพของ flow cell และภาพในห้องสมุดภาพไม่ดีเท่าที่ควร จึงควรมีการสะสมห้องสมุดภาพเพิ่มขึ้น เปลี่ยน flow cell ใหม่ ปรับอัตราการไหล (flow rate) ให้ช้าลง และเพิ่มอัตราการแสดงภาพเคลื่อนไหวต่อวินาที (frame rate) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของ FlowCAM

คำสำคัญ: FlowCAM ความหลากหลาย ความหนาแน่น แพลงก์ตอนพืช เกาะสีชัง

<b>Project Title</b>	Development of marine phytoplankton database for FlowCAM
<b>Name</b>	Miss Natthariga Petchkong
<b>Advisor</b>	Assistant Professor Itchika Sivaipram, Ph.D.
<b>Co-advisor</b>	Porntep Punnarak, Ph.D.
<b>Academic Year</b>	2019
<b>Department</b>	Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University

---

### Abstract

At present, FlowCAM has been used for counting and identifying phytoplankton at up to 500 locations around the world. However, it cannot be performed the analysis in Thailand due to the lack of appropriate database. Thus, this study aimed to develop a phytoplankton database of Thailand in the FlowCAM. Microphytoplankton were collected from 24 stations around Sichang Island by collecting 20 liters of water at 0.5 meter from surface water and then filtering through plankton nets mesh size 200 and 20  $\mu\text{m}$ , respectively. The samples retained on the 20  $\mu\text{m}$  plankton net were then run through the FlowCAM to created image libraries as phytoplankton database using Visual Spreadsheet® (ViSp) software. Samples from six stations were used to analyzed taxa and density of phytoplankton by using FlowCAM and the results were compared to the standard method which was performed by using a Sedgewick Rafter under compound microscope to estimate the efficiency of the FlowCAM. We created libraries of 39 genus and 7 species of phytoplankton based on the images obtained from the FlowCAM. Numbers of phytoplankton taxa obtained from the FlowCAM were lower, accounted for 54–68% of the standard method, whereas the density of phytoplankton obtained from the FlowCAM were 39 to 130 times higher than those from the standard method, which are significantly different (paired t-test,  $p < 0.05$ ). The discrepancy in FlowCAM are likely due to low number of phytoplankton taxa in the libraries and low quality of the images and the flow cell. In order to increase the efficiency of FlowCAM, we suggest to collect more image libraries from more samples, replace better flow cell, reduce the flow rate and increase the frame rate.

Keywords: FlowCAM, Diversity, Density, Microphytoplankton, Sichang Island

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยดีด้วยความช่วยเหลือจากอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อิชฌมิกา ศิวายพราหมณ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำแนวทางในการเขียนงานวิจัยและเอกสารที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย ติดตามและประสานงานกับหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำวิจัยครั้งนี้ ตลอดจนตรวจสอบและแก้ไขรูปเล่มรายงานฉบับนี้จนสำเร็จ ลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณทางสถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้วิเคราะห์อนุภาคสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM) สถานที่ และวัสดุ-อุปกรณ์ต่างๆ ในการทำโครงการนี้ และขอขอบคุณพี่ ๆ ที่สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ รวมถึงนางสาวคุณิศา โคะคุโบะ ที่คอยช่วยเหลือต่าง ๆ ตลอดการออกภาคสนามเพื่อเก็บตัวอย่าง

ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการร่วม ดร.พรเทพ พรรณรักษ์ ที่คอยช่วยเหลือในการใช้เครื่องวิเคราะห์อนุภาคสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM) รวมถึงให้คำปรึกษา ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในทุกๆ ด้าน

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล สำหรับความรู้และทักษะต่างๆ เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ทางทะเลที่จำเป็นต่อการทำโครงการ และขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ภายในภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเลที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในการทำโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ให้สำเร็จไปได้ อย่างดี

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณครอบครัว พ่อแม่ น้ำ และน้องสาว สำหรับกำลังใจ ความห่วงใย และความช่วยเหลือข้าพเจ้าตลอดการทำโครงการนี้

ณัฐริกา เพชรคง



## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ .....	ก
Abstract.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูป .....	ช
บทที่ 1 บทนำ .....	1
1.1 ความเป็นมาและมูลเหตุจูงใจในการศึกษา .....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา .....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและการศึกษาที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 แพลงก์ตอนพีชและความสำคัญของแพลงก์ตอนพีช.....	3
2.2 การจำแนกตามขนาดและแบ่งหมวดหมู่ของแพลงก์ตอนพีช .....	3
2.3 วิธีศึกษาแพลงก์ตอนพีชเชิงปริมาณ .....	4
2.4 การศึกษาแพลงก์ตอนพีชทะเลบริเวณเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี.....	7
บทที่ 3 วิธีการศึกษา .....	11
3.1 สถานที่เก็บตัวอย่าง .....	11
3.2 วิธีการเก็บตัวอย่าง.....	13
3.3 การสร้างฐานข้อมูลแพลงก์ตอนพีชในเครื่องวิเคราะห์อนุภาคสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่าง ของเหลว (FlowCAM).....	13
3.4 การทดสอบความแม่นยำของเครื่องวิเคราะห์อนุภาคสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM) ในการจำแนกและนับจำนวนแพลงก์ตอนพีช .....	13
3.4.1 การนับตัวอย่างแพลงก์ตอนพีช.....	14
3.4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....	14
บทที่ 4 ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล .....	15
4.1 ห้องสมุดภาพ (library).....	15

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2 ความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืช.....	15
4.3 ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช .....	19
4.4 ความแม่นยำของเครื่องวิเคราะห์อนุภาคสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM) .....	22
บทที่ 5 สรุปผลศึกษาและข้อเสนอแนะ .....	23
5.1 สรุปผลการศึกษา.....	23
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	23
เอกสารอ้างอิง .....	25
ภาคผนวก.....	28

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 1 การศึกษาแพลงก์ตอนพืชบริเวณเกาะสีซัง จังหวัดชลบุรี.....	9
ตารางที่ 2 พิกัดทางภูมิศาสตร์ของสถานีเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชในบริเวณเกาะสีซัง .....	11
ตารางที่ 3 เปรียบเทียบสกุลของแพลงก์ตอนพืชจากการศึกษาด้วยวิธีมาตรฐานและการใช้เครื่องวิเคราะห์- อนุภาคสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM).....	15
ตารางที่ 4 ความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชที่พบในแต่ละสถานี .....	18

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 1 เครื่องวิเคราะห์อนุภาคสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM).....	7
รูปที่ 2 สถานีเก็บตัวอย่างบริเวณเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี .....	12
รูปที่ 3 ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชที่พบบริเวณเกาะสีชังจากวิธีการศึกษามาตรฐานและเครื่อง วิเคราะห์อนุภาคสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM).....	20
รูปที่ 4 สัดส่วนความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชในแต่ละสกุลจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐาน (A) และเครื่องวิเคราะห์อนุภาคสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM) (B) .....	21

## บทที่ 1 บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและมูลเหตุจูงใจในการศึกษา

แพลงก์ตอนพืช (phytoplankton) เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กอาศัยอยู่ตามแหล่งน้ำต่าง ๆ เช่น ทะเลสาบ หรือมหาสมุทร (Fogg and Thake, 1987) เป็นผู้ผลิตเบื้องต้นที่สำคัญโดยมีผลผลิตเบื้องต้นคิดเป็นสัดส่วนถึงร้อยละ 50 ของผลผลิตเบื้องต้นทั้งหมดของโลก (Field et al., 1998) เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชมีรงควัตถุที่ดูดซับพลังงานแสงสามารถเปลี่ยนสารอนินทรีย์เป็นสารประกอบอินทรีย์ ซึ่งเป็นสารอาหารที่สำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในทะเล ผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (Lalli and Parsons, 1997) การสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืชมีบทบาทอย่างมากในวัฏจักรคาร์บอน เพราะแพลงก์ตอนพืชดึงแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศจากพื้นผิวมหาสมุทรลงสู่ทะเลลึก โดยการจมตัวของอินทรีย์คาร์บอนจากกระบวนการขนส่งแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ลงสู่ใต้ทะเลลึก (biological pump) (กฤษฎากร ว่องวุฒิกุล, 2561) ทำให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศลดลง แพลงก์ตอนพืชจึงมีบทบาทเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศของโลก (Valdés and Déniz-González, 2015) นอกจากนี้แพลงก์ตอนพืชยังมีบทบาทที่สำคัญต่อระบบนิเวศ เช่น เป็นจุดเริ่มต้นของห่วงโซ่อาหารที่สำคัญ โดยเป็นอาหารของแพลงก์ตอนสัตว์ที่เป็นอาหารของผู้บริโภคลำดับต่อไปในห่วงโซ่อาหาร พลังงานที่อยู่ในชีวมวลของแพลงก์ตอนพืชจะเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญสำหรับลำดับขั้นการกินอาหาร (trophic level) อื่น ๆ เช่น แพลงก์ตอนสัตว์, แบคทีเรีย, แมงกะพรุน และปลา เป็นต้น และมีความสำคัญต่อการหมุนเวียนสารอาหารเนื่องจากมีวงจรชีวิตสั้นทำให้ใช้ระยะเวลาสั้นในการปล่อยสารอาหารออกสู่สิ่งแวดล้อมโดยการถูกย่อยสลายหรือทำให้เซลล์แตกจากแพลงก์ตอนสัตว์หรือไวรัส (Tyrrell, 2001)

แพลงก์ตอนพืชเป็นสิ่งมีชีวิตที่อาศัยสารอาหารในการเจริญเติบโต โดยเฉพาะไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ถ้าสภาพแวดล้อมทางทะเลมีการเปลี่ยนแปลง เช่น มีสารอาหารมากเกินไป ก็จะส่งผลต่อชนิดและจำนวนแพลงก์ตอนพืช โดยแพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิดจะพบในสภาพแวดล้อมที่ต่างกันจึงสามารถใช้ในการประเมินคุณภาพน้ำได้ (Environmental Protection Agency, 2018) เพื่อนำข้อมูลไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการติดตามสถานภาพของน้ำทะเล และเป็นแนวทางในการวางแผนจัดการพื้นที่ในอนาคต

ในปัจจุบันการศึกษาแพลงก์ตอนพืชเชิงปริมาณมีวิธีการศึกษาหลายวิธี แต่วิธีหลักคือ การเตรียมตัวอย่างบน Sedgewick-Rafter counting slide แล้วนำไปส่องและนับจำนวนภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบเชิงประกอบ (compound light microscope) วิธีนี้เป็นวิธีมาตรฐานที่ผู้ทำการศึกษาปริมาณแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่ใช้กันมานานจนถึงปัจจุบัน ผู้ศึกษาจะต้องมีความรู้ในการจำแนกแพลงก์ตอนพืชและวิธีนี้จะใช้ระยะเวลานาน เมื่อไม่นานมานี้จึงมีการพัฒนาการศึกษาความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืชโดยใช้เครื่องวิเคราะห์อนุภาคสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM) วิธีนี้เป็นเทคนิคการนับอนุภาคอัตโนมัติที่รวม Flow cytometry และกล้องจุลทรรศน์เข้าด้วยกัน มีการเพิ่มเทคนิคการถ่ายภาพ โดยจะจับภาพของตัวอย่างน้ำที่ไหลผ่านหลอดแก้วหรือที่เรียกว่า Flow cell (Álvarez et al., 2014) วิธีนี้เป็นวิธีที่ใช้ระยะเวลาในการทำ

ไม่นาน เหมาะกับการวิเคราะห์ตัวอย่างจำนวนมากในระยะเวลาที่จำกัด มีความแม่นยำในการนับ และยังสามารถจัดจำแนกตัวอย่างถึงสกุลได้อย่างรวดเร็วหากมีฐานข้อมูลที่ดี (Camoying and Yñiguez, 2016) ในประเทศไทยมีเครื่องวิเคราะห์หอนุภาคสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM) ดังกล่าว แต่ยังคงขาดฐานข้อมูลแพลงก์ตอนพืชชนิดที่พบในประเทศไทย ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าจึงต้องการสร้างฐานข้อมูลแพลงก์ตอนพืชทะเลของเครื่องวิเคราะห์หอนุภาคฯ ดังกล่าวซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาปริมาณและความหลากหลายทางชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชในระบบนิเวศทางทะเลของประเทศไทยในอนาคต

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อพัฒนาฐานข้อมูลแพลงก์ตอนพืชทะเลในบริเวณชายฝั่งตะวันออกของประเทศไทยของเครื่องวิเคราะห์หอนุภาคสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM)

## 1.3 ขอบเขตการศึกษา

พัฒนาฐานข้อมูลแพลงก์ตอนพืชทะเลของในบริเวณชายฝั่งตะวันออกของประเทศไทยของเครื่องวิเคราะห์หอนุภาคสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM) โดยเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชในเดือนตุลาคม 2562 จาก 12 สถานี และเดือนมกราคม 2563 จาก 12 สถานี จำแนกแพลงก์ตอนพืชจนถึงระดับสกุล และคำนวณความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชแต่ละสกุล

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

มีฐานข้อมูลองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชบริเวณชายฝั่งเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรีอย่างน้อย 20 สกุล ในเครื่องวิเคราะห์หอนุภาคสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM) เพื่อช่วยลดระยะเวลาในการจำแนกสกุลของตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช ตลอดจนทราบถึงองค์ประกอบสกุลและความหนาแน่นของกลุ่มประชากรแพลงก์ตอนพืชบริเวณบริเวณเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี นอกจากนี้ยังสามารถใช้ข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการติดตามการเปลี่ยนแปลงทรัพยากรชีวภาพได้

## บทที่ 2 ทฤษฎีและการศึกษาที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 แพลงก์ตอนพืชและความสำคัญของแพลงก์ตอนพืช

แพลงก์ตอนพืชเป็นสิ่งมีชีวิตที่ลอยอยู่ในทะเลไม่สามารถว่ายน้ำทวนกระแสน้ำได้ (Sournia, 1978) เป็นสิ่งมีชีวิตที่สามารถสร้างอาหารเองได้ (autotrophs) มีรงควัตถุ เช่น คลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ ที่ช่วยดูดซับพลังงานแสงและใช้ร่วมกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อสร้างสารอินทรีย์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารจำพวกคาร์โบไฮเดรต (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2542) แพลงก์ตอนพืชบางชนิด เช่น ไดโนแฟลกเจลเลต อาจเป็นสิ่งมีชีวิตที่ไม่สามารถสร้างอาหารเองได้ (heterotrophic organisms) ชั่วคราว โดยสามารถสร้างอนุภาคสารอินทรีย์จากสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำ (osmotrophy) หรืออนุภาคสารอินทรีย์ (phagotrophy) แพลงก์ตอนพืชหลักที่พบในทะเลคือ ไดอะตอม ไดโนแฟลกเจลเลต คอคโคลิโทพอลิด (coccolithophorids) และแฟลกเจลเลตอื่น ๆ

แพลงก์ตอนพืชมีความสำคัญต่อระบบนิเวศทางน้ำหลายประการ เช่น เป็นผู้ผลิตเบื้องต้นหลักในทะเล และเป็นอาหารสำหรับผู้บริโภคทุกชนิด เช่น แพลงก์ตอนสัตว์ และปลา (Sournia, 1978) แพลงก์ตอนพืชจึงเป็นจุดเริ่มต้นของห่วงโซ่อาหารที่สำคัญในระบบนิเวศ มีอิทธิพลโดยตรงต่อวัฏจักรชีวธรณีเคมี (biogeochemical cycle) และสภาพภูมิอากาศ เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชเป็นตัวขนส่งแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากชั้นบรรยากาศสู่มหาสมุทรและใต้ทะเลลึกผ่านการละลาย และ biological pump (Basu and Mackey, 2018) นอกจากนี้แพลงก์ตอนพืชยังเป็นตัวบ่งชี้ระดับความอุดมสมบูรณ์และบ่งบอกมลภาวะของแหล่งน้ำ เนื่องจากชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกันตามสถานภาพของแหล่งน้ำ เช่น ไดอะตอมสกุล *Thalassiosira* และ *Chaetoceros* จะพบบริเวณทะเลที่มีความอุดมสมบูรณ์ และแพลงก์ตอนพืชบางชนิด เช่น ไดอะตอม *Nitzschia palea* และ ไฮยาโนแบคทีเรีย *Oscillatoria limosa* พบในแหล่งน้ำที่เกิดมลภาวะจากสารอินทรีย์ นอกจากนี้แพลงก์ตอนพืชบางชนิดสามารถใช้ในอุตสาหกรรม เช่น อาหารของสัตว์น้ำ อาหารมนุษย์ และยา (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2542)

### 2.2 การจำแนกตามขนาดและแบ่งหมวดหมู่ของแพลงก์ตอนพืช

แพลงก์ตอนพืชสามารถจำแนกตามขนาดได้ดังนี้ (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2542; Reynolds, 2006)

1. Femtophytoplankton มีขนาดน้อยกว่า 0.2 ไมโครเมตร เช่น ไฮยาโนแบคทีเรีย (สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน)
2. Picophytoplankton มีขนาดตั้งแต่ 0.2 ถึง 2 ไมโครเมตร เช่น แพลงก์ตอนพืชที่มีขนาดเล็ก
3. Nanophytoplankton มีขนาดตั้งแต่ 2 ถึง 20 ไมโครเมตร เช่น คอคโคลิโทพอลิด ไดอะตอม สาหร่ายสีเขียว ไดโนแฟลกเจลเลต
4. Microphytoplankton มีขนาดตั้งแต่ 20 ถึง 200 ไมโครเมตร เช่น ไดอะตอม สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

5. Mesophytoplankton มีขนาดตั้งแต่ 200 ไมโครเมตร ถึง 2 มิลลิเมตร

การแบ่งหมวดหมู่ของแพลงก์ตอนพืชตามเกณฑ์ของ Tomas (1997) ได้แบ่งแพลงก์ตอนพืชออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มที่จัดอยู่ในอาณาจักรโพรโตแครีโอตา (Protokaryota) มีลักษณะของพืชชั้นต่ำ (Prokaryotic cell) คือ ไม่มีนิวเคลียสที่แท้จริง ดิวิชันที่อยู่ในกลุ่มนี้ได้แก่ Cyanophyta

2. กลุ่มที่จัดอยู่ในอาณาจักรยูแคริโอตา (Eukaryota) มีลักษณะของพืชชั้นสูง (Eukaryotic cell) คือ มีนิวเคลียสที่แท้จริง มี 3 ดิวิชันที่อยู่ในกลุ่มนี้ได้แก่ Division Rhodophyta, Division Chromophyta และ Division Chlorophyta ซึ่งทั้ง 3 ดิวิชันจะมีรงควัตถุหลักในคลอโรพลาสต์แตกต่างกัน Division Rhodophyta มีคลอโรฟิลล์เอและไฟโคอิริโตรบิลินเป็นรงควัตถุหลัก ประกอบด้วย Class Bangiophyceae ส่วน Division Chromophyta มีคลอโรฟิลล์เอและคลอโรฟิลล์ซีเป็นรงควัตถุหลัก และมีสารสีประกอบ (accessory pigment) ได้แก่ แคโรทีนและไฟโคบิลิโพรตีน ดิวิชันนี้ประกอบด้วย 9 คลาส ได้แก่ Class Cryptophyceae, Class Dinophyceae, Class Prymnesiophyceae, Class Chrysophyceae, Class Dictyochophyceae, Class Bacillariophyceae และ Class Raphidophyceae และ Division Chlorophyta มีรงควัตถุหลักคือ คลอโรฟิลล์เอและคลอโรฟิลล์บีประกอบด้วย 3 คลาส ได้แก่ Class Euglenophyceae, Class Prasinophyceae และ Class Chlorophyceae (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2542)

แพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่เป็นนาโนแพลงก์ตอนและไมโครแพลงก์ตอน แพลงก์ตอนพืชกลุ่มเด่นที่พบในทะเลจัดอยู่ใน Class Bacillariophyceae ซึ่งเป็นกลุ่มไดอะตอม โดยมีความหนาแน่นสูงถึงร้อยละ 40 ของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดในทะเลและแหล่งน้ำจืดทั่วโลก (อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์, 2548)

### 2.3 วิธีศึกษาแพลงก์ตอนพืชเชิงปริมาณ (อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์, 2548; Sournia, 1978)

การศึกษาแพลงก์ตอนพืชเชิงปริมาณสามารถทำได้ 2 วิธี คือ การเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชโดยใช้ถุงลากแพลงก์ตอนแล้วนับด้วยสไลด์นับเซลล์ (counting slide) ที่มีปริมาตรแน่นอนด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดเลนส์ประกอบ ซึ่งการเก็บด้วยวิธีนี้จะไม่ถือว่าเป็นตัวแทนเชิงปริมาณของประชากรแพลงก์ตอนพืชในตัวอย่างที่ทำการศึกษา ดังนั้นค่าความหนาแน่นที่ได้จากการนับตัวอย่างจะไม่ใช้ตัวแทนเชิงปริมาณที่แท้จริง ส่วนอีกวิธีจะเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการศึกษาเชิงปริมาณคือ การเก็บตัวอย่างน้ำด้วยด้วยกระบอกเก็บน้ำและแบ่งตัวอย่างน้ำมาทำให้เซลล์แพลงก์ตอนพืชเข้มข้นโดยวิธีการตกตะกอน (Sedimentation) หรือการกรอง (Filtration) ด้วยผ้าที่มีขนาดตาที่แน่นอน หรือการปั่น (Centrifugation) และนับจำนวนเซลล์ของแพลงก์ตอนพืชจากตัวอย่างที่ถูกทำให้เข้มข้นแล้ว ซึ่งวิธีที่ใช้ในการศึกษาต้องมีความเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของการศึกษาและเครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่ใช้ เครื่องมือสำหรับใช้ศึกษาแพลงก์ตอนพืชเชิงปริมาณได้แก่ กล้องจุลทรรศน์ชนิดเลนส์ประกอบ กล้องจุลทรรศน์แบบหัวกลับ Flow cytometer และเครื่องวิเคราะห์อนุภาคสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM)



### 2.3.1 กล้องจุลทรรศน์ชนิดเลนส์ประกอบ

การศึกษาปริมาณของแพลงก์ตอนพืชที่ได้มาจากการนำตัวอย่างน้ำมาผ่านถุงกรองแพลงก์ตอนขนาดตา 20 ไมครอนจะนับจำนวนเซลล์ด้วยสไลด์นับเซลล์ (counting slide) ซึ่งต้องเลือกแบบที่ใช้ให้เหมาะสมกับขนาด (dimension) และความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช จากนั้นนำไปส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิดเลนส์ประกอบ สไลด์นับตัวอย่างเซลล์มีหลายแบบ แต่ที่นิยมใช้สำหรับงานด้านไมโครแพลงก์ตอน คือ Sedgwick-Rafter slide เป็นสไลด์ที่นิยมใช้สำหรับการศึกษาความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชในประเทศไทย มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 50 x 20 มิลลิเมตร ลึก 1 มิลลิเมตร มีพื้นที่ 1,000 ตารางมิลลิเมตร และมีปริมาตร 1 มิลลิตร มีตารางสำหรับใช้นับตัวอย่างบนแผ่นกระจก เวลาที่ใช้นับตัวอย่างจะใช้กระจกปิดสไลด์มาปิดเพื่อป้องกันตัวอย่างแห้ง และกล้องจุลทรรศน์ที่ใช้นับตัวอย่างมีกำลังขยายไม่เกิน 500X วิธีนี้เป็นวิธีที่รวดเร็วในการหาปริมาณตัวอย่างที่มีจำนวนเซลล์สูง สามารถจำแนกแพลงก์ตอนพืชได้ถึงระดับชนิด และผลที่ได้จะมีความแม่นยำเมื่อตัวอย่างมีความหนาแน่นของเซลล์แพลงก์ตอนพืชมาก วิธีนี้จัดว่าเป็นวิธีที่แม่นยำที่สุดสำหรับการนับและจำแนกแพลงก์ตอนพืชแต่จะต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญทางด้านอนุกรมวิธาน ใช้ระยะเวลาในการศึกษานาน และต้องมีการเก็บรักษาสภาพตัวอย่าง วิธีนี้จัดเป็นวิธีมาตรฐานในการศึกษาแพลงก์ตอนพืชเชิงปริมาณโดยทั่วไป (Álvarez et al., 2014)

### 2.3.2 กล้องจุลทรรศน์แบบหัวกลับ

การศึกษาความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชจากตัวอย่างน้ำที่เก็บมาโดยไม่มีการทำให้ตัวอย่างเข้มข้นขณะเก็บตัวอย่าง จะนิยมนำตัวอย่างน้ำมาตกตะกอนแพลงก์ตอนพืชด้วยกระบอกตกตะกอน (Sedimentation chamber) โดยนำตัวอย่างน้ำใส่ลงในส่วนที่เป็นทรงกระบอกสูง (tower) โดยมีแผ่นสไลด์ที่มีลักษณะเป็นหลุม (counting chamber) รองรับอยู่ ส่วนที่เป็นทรงกระบอกสูงมีหลายความจุ โดยความจุมาตรฐานคือ 5, 10, 25, 50 และ 100 มิลลิลิตร การตกตะกอนตัวอย่างจะต้องทิ้งไว้อย่างน้อย 6 ชั่วโมง ส่วนมากจะทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ซึ่งเวลาในการตกตะกอนจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช จากนั้นนำส่วนแผ่นสไลด์ที่มีลักษณะเป็นหลุมไปนับแพลงก์ตอนพืชด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบหัวกลับ ซึ่งเป็นกล้องจุลทรรศน์ที่มีแหล่งแสงและเลนส์รวมแสงอยู่ด้านบนเหนือแท่นวางตัวอย่างในขณะที่เลนส์ใกล้วัตถุอยู่ด้านล่างของแท่นวางตัวอย่าง การนับไมโครแพลงก์ตอนจะนับจำนวนเซลล์โดยใช้กำลังขยายต่ำและนับทั้งแผ่นสไลด์ซึ่งจะนับไม่น้อยกว่า 7 field ข้อดีของวิธีนี้คือ สามารถนับเซลล์ของแพลงก์ตอนพืชที่สามารถเรืองแสงได้ เป็นกล้องจุลทรรศน์ที่สามารถต่อเข้ากับหน้าจอมอนิเตอร์และกล้องถ่ายภาพได้ สามารถปรับรูปแบบของกล้องที่ใช้ได้ เช่น bright-field จะเป็นประโยชน์สำหรับแพลงก์ตอนพืชกลุ่ม coccolithophorid ข้อจำกัดของวิธีนี้คือ ตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชที่ตกตะกอนบน counting chamber ต้องไม่หนาแน่นเกินไปเพราะถ้าหนาแน่นเกินไปจะส่งผลให้แสงที่ผ่านตัวอย่างลดลง (Edler and Elbrächter, 2010)

### 2.3.3 Flow cytometer

Flow cytometer เป็นเครื่องที่ใช้สำหรับการศึกษาแพลงก์ตอนโดยใช้เทคนิค Flow cytometry ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้วัดและวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของเซลล์แพลงก์ตอนพืช เช่น ขนาด และรงควัตถุ โดย

วิธีการนี้มีหลักการทำงานคือ เซลล์แพลงก์ตอนพืชที่อยู่ในลักษณะแขวนลอยในสารละลายจะถูกเครื่องผลักให้เซลล์ไหลผ่านหลอดแก้วขนาดเล็กหรือที่เรียกว่า Flow cell ในลักษณะเรียงเป็นเซลล์เดี่ยว ๆ ซึ่งจะมีลำแสงเลเซอร์ยิงมาตกกระทบที่เซลล์แพลงก์ตอนพืช ทำให้เกิดการกระเจิงและมีการดูดกลืนแสงไว้ และยังมีตัวรับแสงเลเซอร์ที่หักเหหรือผ่านออกมา โดยตัวรับนี้จะสามารถแยกความยาวคลื่นแสง ประมวลผล และแปลผลออกมาได้ อีกทั้งยังมีตัวที่ใช้สำหรับวัดการเรืองแสงของเซลล์ที่เรืองแสงแบบ fluorescence การจำแนกแพลงก์ตอนพืชของวิธีนี้จะอาศัยการกระเจิงของแสงเมื่อตกกระทบกับเซลล์ต่างๆ ที่มีรูปร่าง ขนาด และ reflective index ที่แตกต่างกัน ความเข้มแสงและสีที่เรืองแสงออกมาจากเซลล์จะบ่งบอกถึงปริมาณและประเภทของรงควัตถุภายในเซลล์ ข้อดีของวิธีนี้คือ สามารถวิเคราะห์แพลงก์ตอนพืชจำนวนมากในระยะเวลาสั้น มีความแม่นยำสูง สามารถทำการศึกษารายละเอียดของเซลล์แพลงก์ตอนพืชแต่ละเซลล์ได้ และสามารถวัดการเรืองแสงของเซลล์ที่กล้อง epifluorescence microscope วัดไม่ได้ (Dubelaar and Jonker, 2000)

#### 2.3.4 เครื่องวิเคราะห์อนุภาคสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM)

เครื่องวิเคราะห์อนุภาคสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM) เป็นเทคนิคที่รวมความสามารถของ flow cytometer กล้องถ่ายรูป และกล้องจุลทรรศน์เข้าด้วยกัน โดยมีหลักการทำงานคือ เครื่องวิเคราะห์อนุภาค (FlowCAM) จะทำการจับภาพของอนุภาคอัตโนมัติขณะตัวอย่างของเหลวไหลผ่านหลอดแก้วหรือที่เรียกว่า flow cell โดยใช้การตรวจจับของแสงเลเซอร์และใช้ซอฟต์แวร์ VisualSpreadsheet (ViSp) ในการสั่งการ ซึ่งมีการวัดขนาดและคุณสมบัติอนุภาคอื่น ๆ ของภาพที่ถ่าย และมีการวิเคราะห์ภาพทันที โดยมีพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันกว่า 40 พารามิเตอร์ เช่น ความกว้าง ความยาว เส้นผ่านศูนย์กลางทรงกลม และค่าการเรืองแสงสำหรับแต่ละภาพของอนุภาค นอกจากนี้รูปภาพที่ได้สามารถจัดเป็นกลุ่มอัตโนมัติโดยอาศัยตัวกรองเชิงสถิติ (statistical filter) ตามคุณสมบัติของอนุภาคจากห้องสมุดภาพที่มีอยู่ และภาพที่ได้จากการนำตัวอย่างมาผ่านเครื่องจะถูกบันทึกอยู่ในซอฟต์แวร์ ViSp (Camoying and Yñiguez, 2016; Poulton, 2016)

สำหรับการศึกษาด้านแพลงก์ตอนพืชเครื่องวิเคราะห์อนุภาค (FlowCAM) มีความสามารถในการตรวจจับและจำแนกแพลงก์ตอนพืชต่าง ๆ ในธรรมชาติได้อย่างรวดเร็ว ใช้ได้ทั้งในห้องปฏิบัติการและการออกภาคสนาม และมีความสามารถในการประมวลผลทันทีโดยไม่ต้องทำการเก็บรักษาตัวอย่าง นอกจากนี้ยังมีสามารถกำหนดโครงสร้างขนาดของชุมชนแพลงก์ตอนที่จะทำการศึกษาได้ การจำแนกแพลงก์ตอนพืชอัตโนมัติของเครื่องวิเคราะห์อนุภาค (FlowCAM) โดยซอฟต์แวร์ ViSp ในการศึกษาส่วนใหญ่ให้ข้อมูลที่เชื่อถือได้ วิธีนี้มีประโยชน์สำหรับการวิเคราะห์โครงสร้างแพลงก์ตอนพืช ซึ่งสามารถรับข้อมูลจำนวนมากในช่วงเวลาสั้น ๆ ใช้ระยะเวลาในการวิเคราะห์น้อย ใช้แรงงานสำหรับการจัดการและประมวลผลน้อยลงเมื่อเทียบกับวิธีมาตรฐาน ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ของเครื่องจะไม่มีลำเอียง (bias) จากผู้ทำการศึกษา และภาพที่ได้จากตัวอย่างยังสามารถนำมาวิเคราะห์ซ้ำในภายหลังโดยผู้เชี่ยวชาญเพื่อค้นหาเซลล์แพลงก์ตอนพืชบางกลุ่มได้ ข้อจำกัดของเครื่องวิเคราะห์อนุภาค (FlowCAM) คือ จำนวนสกุลและชนิดที่สามารถจำแนกได้สูงสุดจะขึ้นกับฐานข้อมูลที่มีภายในเครื่อง ขนาดของ flow cell ที่ใช้ต้องเหมาะสมกับกำลังขยายใกล้วัตถุที่ใช้

และเหมาะสมกับขนาดของเซลล์ที่ทำการศึกษามีเช่นนั้นอาจเกิดปัญหาขณะนำตัวอย่างผ่านเครื่อง และอาจเกิดการรบกวนการจับภาพจากตะกอนหรืออนุภาคจากตัวอย่างที่มาจากบริเวณปากแม่น้ำ



รูปที่ 1 เครื่องวิเคราะห์อนุภาคสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM)  
(Poulton and Martin, 2010)

#### 2.4 การศึกษาแพลงก์ตอนพืชทะเลบริเวณเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี

การศึกษาแพลงก์ตอนพืชทะเลบริเวณเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรีส่วนใหญ่ใช้วิธีการมาตรฐานคือ การนำตัวอย่างน้ำที่ผ่านการกรองด้วยถุงกรองแพลงก์ตอนพืชขนาดตา 20 ไมครอน มาส่องด้วย Sedgwick-Rafter slide ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง การศึกษาแพลงก์ตอนพืชบริเวณต่าง ๆ ของเกาะสีชัง (ตารางที่ 1) เช่น การศึกษาของนิทยา สมทรัพย์ ในปี 2554 ที่ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชบริเวณชายฝั่งศรีราชา-สีชัง จังหวัดชลบุรี พบแพลงก์ตอนพืชในช่วงหลังฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จำนวนทั้งสิ้น 50 สกุล มีความหนาแน่นเฉลี่ย  $9.03 \times 10^4$  เซลล์ต่อลิตร มีแพลงก์ตอนพืชสกุลเด่นคือ *Oscillatoria*, *Thalassionema* และ *Bacteriastrium* ช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพบแพลงก์ตอนพืช 46 สกุล มีความหนาแน่นเฉลี่ย  $9.69 \times 10^3$  เซลล์ต่อลิตร มีสกุลเด่นคือ *Oscillatoria*, *Pseudanabaena*, *Thalassionema*, *Pseudo-nitzschia*, *Chaetoceros* และ *Gyrosigma/Pleurosigma* ส่วนในช่วงหลังฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 53 สกุล มีความหนาแน่นเฉลี่ย  $2.64 \times 10^4$  เซลล์ต่อลิตร สกุลเด่นที่พบในช่วงนี้คือ *Oscillatoria*, *Pseudo-nitzschia*, *Pseudanabaena*, *Chaetoceros* และ *Thalassionema* และฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พบแพลงก์ตอนพืช 45 สกุล มีความหนาแน่นเฉลี่ย  $1.4242 \times 10^5$  เซลล์ต่อลิตร มีแพลงก์ตอนพืชสกุลเด่น ได้แก่ *Oscillatoria*, *Thalassionema* และ *Chaetoceros* ในการศึกษาของสมภาพ รุ่งสุภา (2556) พบแพลงก์ตอนพืชสกุลเด่นคือ *Chaetoceros* และมีความหนาแน่นของอยู่ในช่วง  $0.2 \times 10^3 - 1.672 \times 10^6$  เซลล์ต่อลิตร การศึกษาการแพร่กระจายและความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชบริเวณหมู่เกาะสีชังจังหวัดชลบุรี และหมู่เกาะมัน เกาะสะเก็ด จังหวัดระยอง ของสุพัตรา ทะเลบ และคณะ (2559) พบแพลงก์ตอนพืชทั้งสิ้น 78 สกุล ซึ่งมีความหนาแน่นอยู่ในช่วง  $2.94 \times 10^3 - 1.141 \times 10^6$  เซลล์ต่อลิตร มีแพลงก์ตอนพืชกลุ่มเด่นเป็นไดอะตอมในสกุล *Skeletonema*, *Chaetoceros*, *Bacteriastrium*, *Guinardia*, *Pseudonitzschia* และ *Thalassionema* ในรายงานของอนันตยา ดีสุข และคณะ (2560) ที่

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงประชาคมของแพลงก์ตอนพืชตามฤดูกาลบริเวณชายฝั่งเกาะสีชัง พบแพลงก์ตอนพืชในฤดูแล้งทั้งหมด 61 สกุล มีความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชเฉลี่ย  $2.51 \times 10^4$  เซลล์ต่อลิตร แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่นในฤดูนี้คือ *Chaetoceros*, *Pseudonitzschia* และ *Eucampia* ส่วนฤดูฝนพบแพลงก์ตอนพืช 59 สกุล มีความหนาแน่นเฉลี่ย  $2.57 \times 10^4$  เซลล์ต่อลิตร พบกลุ่มไดอะตอมเป็นกลุ่มเด่นได้แก่ *Pseudonitzschia*, *Chaetoceros* และ *Lauderia* และในการศึกษาการแปรผันตามฤดูกาลของประชาคมฟิโคไฟโตแพลงก์ตอนนาโนแพลงก์ตอน และไมโครแพลงก์ตอนบริเวณเกาะสีชังของอณิศา ดิสุข (2560) พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 83 สกุล โดยมีความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชในช่วงหลังฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้  $3.0 \pm 2.66 \times 10^4$  เซลล์ต่อลิตร ฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ  $2.24 \pm 0.91 \times 10^4$  เซลล์ต่อลิตร หลังฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ  $4.89 \pm 1.33 \times 10^4$  เซลล์ต่อลิตร ฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้  $2.53 \pm 1.81 \times 10^4$  เซลล์ต่อลิตร ทุกฤดูกาลจะมีแพลงก์ตอนพืชสกุลเด่นคือ *Chaetoceros*, *Pseudonitzschia* และ *Pseudanabaena* และพบ *Noctiluca scintillans* เป็นชนิดเด่นอีกชนิดที่พบในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เท่านั้น

ตารางที่ 1 การศึกษาแพลงก์ตอนพืชบริเวณเกาะสีซัง จังหวัดชลบุรี

บริเวณที่ศึกษา	วิธีการศึกษา	จำนวนสกุลที่พบ	ความหนาแน่น (เซลล์ต่อลิตร)	แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่นที่พบ	อ้างอิง
ชายฝั่งศรีราชา-สีซัง จังหวัดชลบุรี	วิธีมาตรฐาน	50 (หลังฤดูมรสุม ตะวันตกเฉียงใต้)	$9.03 \times 10^4$	<i>Oscillatoria, Thalassionema, Bacteriastrum</i>	นิตยา สมทรัพย์ (2554)
		46 (ฤดูมรสุม ตะวันออกเฉียงเหนือ)	$9.69 \times 10^3$	<i>Oscillatoria, Pseudanabaena, Thalassionema, Pseudo-nitzschia, Chaetoceros, Gyrosigma/Pleurosigma</i>	
		53 (หลังฤดูมรสุม ตะวันออกเฉียงเหนือ)	$2.64 \times 10^4$	<i>Oscillatoria, Pseudo-nitzschia, Pseudanabaena, Chaetoceros, Thalassionema</i>	
		45 (ฤดูมรสุมตะวันตก เฉียงใต้)	$1.4242 \times 10^5$	<i>Oscillatoria, Thalassionema, Chaetoceros,</i>	
เกาะสีซัง จังหวัดชลบุรี	วิธีมาตรฐาน	-	$0.2 \times 10^3 - 1.672 \times 10^6$	<i>Chaetoceros</i>	สมภาพ รุ่งสุภา (2558)

บริเวณที่ศึกษา	วิธีการศึกษา	จำนวนสกุลที่พบ	ความหนาแน่น (เซลล์ต่อลิตร)	แพลงก์ตอนพืชสกุลเด่นที่พบ	อ้างอิง
หมู่เกาะสี่ซัง จังหวัดชลบุรี และหมู่เกาะมัน เกาะ สะเก็ด จังหวัดระยอง	วิธีมาตรฐาน	78	$2.94 \times 10^3 - 1.141 \times 10^6$	<i>Skeletonema, Chaetoceros,</i> <i>Bacteriastrium, Guinardia,</i> <i>Pseudonitzschia, Thalassionema</i>	สุพัตรา ตะเหลบ และคณะ (2559)
เกาะสี่ซัง จังหวัดชลบุรี	วิธีมาตรฐาน	61 (ฤดูแล้ง เดือนมกราคม)	$2.51 \times 10^4$	<i>Chaetoceros, Pseudonitzschia,</i> <i>Eucampia</i>	อณัศยา ดีสุข และ คณะ (2560)
		59 (ฤดูฝน เดือนกรกฎาคม)	$2.57 \times 10^4$	<i>Pseudonitzschia, Chaetoceros,</i> <i>Lauderia</i>	
เกาะสี่ซัง จังหวัดชลบุรี	วิธีมาตรฐาน	83	$3.0 \pm 2.66 \times 10^4$ (หลังฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้) $2.24 \pm 0.91 \times 10^4$ (ฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ) $4.89 \pm 1.33 \times 10^4$ (หลังฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ) $2.53 \pm 1.81 \times 10^4$ (ฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้)	<i>Chaetoceros, Pseudonitzschia,</i> <i>Pseudanabaena, Noctiluca</i> <i>scintillans</i> (พบในช่วงมรสุมตะวันตก เฉียงใต้)	อณัศยา ดีสุข (2560)

### บทที่ 3 วิธีการศึกษา

#### 3.1 สถานที่เก็บตัวอย่าง

สถานที่เก็บตัวอย่าง ได้แก่ เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี มีสถานีทั้งหมด 24 สถานีโดยแบ่งเป็น 12 สถานีที่ทำการเก็บตัวอย่างในเดือนตุลาคม 2562 และ 12 สถานีที่ทำการเก็บตัวอย่างในเดือนมกราคม 2563 ดังรูปที่ 2 และมีพิกัดของสถานีเก็บตัวอย่างดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 พิกัดทางภูมิศาสตร์ของสถานีเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชในบริเวณเกาะสีชังทั้งหมด 24 สถานี

สถานี	พิกัด		เดือนที่เก็บตัวอย่าง	สร้างฐานข้อมูลเครื่องวิเคราะห์อนุภาค (FlowCAM)	ทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องวิเคราะห์อนุภาค (FlowCAM)
	ละติจูด	ลองจิจูด			
A1	13°11.015"N	100°49.610"E	ตุลาคม 2562	✓	-
A2	13°11.657"N	100°49.146"E		✓	-
B2	13°11.057"N	100°49.713"E		✓	-
C1	13°9.865"N	100°48.905"E		✓	-
D1	13°08.983"N	100°49.469"E		✓	-
D2	13°10.562"N	100°49.612"E		✓	-
N1	13°14'30.47"N	100°50'48.60"E		✓	-
S1	13°13'21.76"N	100°50'30.60"E		✓	-
S2	13°11'16.58"N	100°49'47.60"E		✓	-
SC-F1	13°07.524"N	100°48.944"E		✓	-
SC-W	13°07.524"N	100°48.252"E		✓	-
SC-S	13°7'14.49"N	100°48'30.56"E		✓	-
S1 (TIO)-new	13°10'36.60"N	100°49'16.39"E	มกราคม 2563	✓	✓
S2 (TIO)-new	13°8'53.08"N	100°49'36.43"E		✓	✓
S3 (TIO)-new	13°7'0.36"N	100°49'10.03"E		✓	✓
S4 (TIO)-new	13°10'23.08"N	100°47'38.20"E		✓	✓
S5 (TIO)-new	13°8'50.44"N	100°47'34.40"E		✓	✓
S6 (TIO)-new	13°7'0.86"N	100°47'55.32"E		✓	✓
TL-Near shore	13°9'45.06"N	100°48'47.69"E		✓	-

สถานี	พิกัด		เดือนที่เก็บ ตัวอย่าง	สร้างฐานข้อมูล เครื่องวิเคราะห์ อนุภาคฯ (FlowCAM)	ทดสอบประสิทธิภาพ ของเครื่องวิเคราะห์ อนุภาคฯ (FlowCAM)
	ละติจูด	ลองจิจูด			
TL-Off shore	13°9'52.27"N	100°48'55.62"E	มกราคม 2563	✓	-
SI	13°9'8.27"N	100°48'57.59"E		✓	-
TW	13°8'47.98"N	100°49'11.40"E		✓	-
KK	13°7'14.49"N	100°48'30.56"E		✓	-
TP	13°8'33.79"N	100°48'6.50"E		✓	-



 เก็บตัวอย่างเดือนตุลาคม 2562  เก็บตัวอย่างเดือนมกราคม 2563

รูปที่ 2 สถานีเก็บตัวอย่างบริเวณเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี จำนวน 24 สถานี

ที่มา: google earth



### 3.2 วิธีการเก็บตัวอย่าง

ทำการสุ่มเก็บแพลงก์ตอนพืชในแต่ละสถานี สถานีละ 2 ซ้ำ โดยทำการปั้มน้ำที่ระดับความลึก 0.5 เมตรจากผิวน้ำผ่านถุงกรองแพลงก์ตอนขนาดตา 200 ไมโครเมตร และ 20 ไมโครเมตร ตามลำดับ ใส่งในถังที่มีซีตบอกรปริมาตรจนได้ปริมาตรน้ำ 20 ลิตร นำตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชที่ค้างอยู่บนผ้ากรองขนาดตา 20 ไมโครเมตรใส่งขวด 180 มิลลิลิตร เก็บรักษาตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชด้วยสารละลายฟอร์มาลินที่ทำให้เป็นกลาง (buffered formalin) ความเข้มข้นสุดท้ายร้อยละ 2 พร้อมทั้งบันทึกปริมาตรน้ำในขวดตัวอย่าง และเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชที่มีชีวิตสำหรับสร้างฐานข้อมูลแพลงก์ตอนพืชโดยนำตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชมาผ่านเครื่องวิเคราะห์หอนุภาคสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM) ตามวิธีของ Poulton (2016) ในห้องปฏิบัติการ

วัดปัจจัยสิ่งแวดล้อมในน้ำทะเลบริเวณสถานีที่เก็บตัวอย่างขณะเก็บตัวอย่าง ได้แก่ ความลึก ความโปร่งแสงโดยแผ่น secchi disc อุณหภูมิ น้ำ ความเค็ม และปริมาณออกซิเจนละลายโดยใช้เครื่องมือ multi-parameter probe รุ่น AAQ-RINKO, (JFE Advantech Co., Ltd., Japan) ความเป็นกรดต่างด้วย pH meter

### 3.3 การสร้างฐานข้อมูลแพลงก์ตอนพืชในเครื่องวิเคราะห์หอนุภาคสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM)

นำตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชที่มีชีวิตหรือตัวอย่างที่ผ่านการรักษาสภาพจากบริเวณชายฝั่งเกาะสีชัง จ.ชลบุรีมาผ่านเครื่องวิเคราะห์หอนุภาคสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM) ที่ติดตั้งเลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยาย 4X และ 10X โดยใช้ตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชปริมาตร 5 มิลลิลิตร สำหรับกำลังขยาย 4X และ 1 มิลลิลิตร สำหรับกำลังขยาย 10X ปิดตัวอย่างลงในกรวยที่ต่อไปยัง Flow cell ซึ่งขนาดของ Flow cell ต้องเหมาะสมกับกำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุที่เลือกใช้ และใช้โปรแกรม VisualSpreadsheet® (ViSp) ในการสั่งการเพื่อบันทึกจำนวนเซลล์และถ่ายภาพตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช รูปภาพแพลงก์ตอนพืชจากการผ่าน FlowCAM จะถูกบันทึกและจัดเก็บอยู่ใน ViSp จากนั้นจะสร้างฐานข้อมูลแพลงก์ตอนพืชทะเลโดยจัดจำแนกแพลงก์ตอนพืชจากภาพที่บันทึกได้และสร้างห้องสมุดภาพ (library) ของแพลงก์ตอนพืชแต่ละสกุลหรือชนิดเท่าที่สามารถจำแนกได้ ตามวิธีของ Poulton (2016)

### 3.4 การทดสอบความแม่นยำของเครื่องวิเคราะห์หอนุภาคสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM) ในการจำแนกและนับจำนวนแพลงก์ตอนพืช

นำตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชจำนวน 6 สถานี ได้แก่ S1 (TIO)-new, S2 (TIO)-new, S3 (TIO)-new, S4 (TIO)-new, S5 (TIO)-new, S6 (TIO)-new มาทดสอบความแม่นยำของเครื่องวิเคราะห์หอนุภาคสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM) โดยนำตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชมานับจำนวนและจำแนกสกุลย่อยที่พบด้วยกล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบเชิงประกอบ (compound light microscope) และเครื่องวิเคราะห์

อนุภาคฯ (FlowCAM) แล้วคำนวณหาความหนาแน่นเซลล์ของแพลงก์ตอนพืชแต่ละสกุลเพื่อนำข้อมูลจากทั้งสองวิธีมาเปรียบเทียบกัน

### 3.4.1 การนับตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช

#### 3.4.1.1 กล้องจุลทรรศน์แบบเลนส์ประกอบ (compound light microscope)

สุ่มตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชมานับจำนวนโดยใช้ Sedgewick – Rafter Counting slide ขนาดความจุ 1 มิลลิลิตรส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบเลนส์ประกอบ (compound microscope) ด้วยเลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยาย 10X จำนวน 3 ซ้ำ จัดจำแนกแพลงก์ตอนพืชถึงระดับสกุลโดยใช้เอกสารอ้างอิงของลัตดา วงศ์รัตน์ (2542) และ Tomas (1997) และนับจำนวนเซลล์ทั้งหมดที่พบแล้วคำนวณหาความหนาแน่นเซลล์ของแพลงก์ตอนพืชแต่ละสกุลเป็นจำนวนเซลล์ต่อปริมาตรน้ำ 1 ลิตรจากสูตร สำหรับการนับจำนวนของตัวอย่างกลุ่มที่เป็นสายจะนับเป็นสายแล้วคำนวณเป็นจำนวนเซลล์ด้วยค่าเฉลี่ยที่ได้จากการสุ่มนับจาก 50 สาย

สูตรความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช

$$\text{ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช (เซลล์ต่อลิตร)} = ab/c$$

เมื่อ a คือ จำนวนเซลล์ที่นับได้ในน้ำตัวอย่างปริมาตร 1 มิลลิลิตร (เซลล์)

b คือ ปริมาตรของน้ำตัวอย่างทั้งหมด (มิลลิลิตร)

c คือ ปริมาตรของน้ำตัวอย่างที่กรองผ่านถุง (ลิตร)

#### 3.4.1.2 เครื่องวิเคราะห์อนุภาคสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM) (Poulton, 2016)

นำไฟล์ตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชที่ได้มาจากการผ่านเครื่องวิเคราะห์อนุภาคฯ (FlowCAM) มานับจำนวนเซลล์และจำแนกแพลงก์ตอนพืชถึงระดับสกุลย่อยโดยใช้ซอฟต์แวร์ VisualSpreadsheet® (ViSp) ซึ่งซอฟต์แวร์จะจำแนกแพลงก์ตอนพืชตามฐานข้อมูลที่มีในเครื่องวิเคราะห์อนุภาคฯ (FlowCAM)

สูตรความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช

$$\text{ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช (เซลล์ต่อลิตร)} = \left( \frac{\text{จำนวนเซลล์ของกลุ่มเป้าหมาย (N)}}{\text{ปริมาณตัวอย่างที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ (mL)}} \right) \times \text{Flow Cell Factor} \times 1,000$$

### 3.4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลจำนวนสกุลและความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชจากการวิเคราะห์ทั้งสองวิธีมาทดสอบความแตกต่างของวิธีที่ใช้ศึกษาแพลงก์ตอนพืชระหว่างวิธีมาตรฐานและเครื่องวิเคราะห์อนุภาคฯ (FlowCAM) โดยใช้ Paired t-test ด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistics 22.0 (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2561)

## บทที่ 4 ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

### 4.1 ห้องสมุดภาพ (library)

ภาพถ่ายแพลงก์ตอนพืชบริเวณเกาะสีซังที่ได้จากเครื่องวิเคราะห์อนุภาคสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM) สามารถนำมาสร้างห้องสมุดภาพ (library) ของแพลงก์ตอนพืช จำนวน 39 สกุล และ 7 ชนิด จาก 2 ดิวิชัน ประกอบด้วย Cyanobacteria 1 สกุล ได้แก่ *Oscillatoria* sp. และ Chromophyta 38 สกุล และ 7 ชนิด ซึ่งแบ่งเป็นไดโนแฟลกเจลเลต 6 สกุล และ 4 ชนิด ได้แก่ *Ceratium furca*, *Ceratium fusus*, *Ceratium trichoceros*, *Ceratium* spp., *Dinophysis* spp., *Ornithocercus magnificus*, *Prorocentrum* spp., *Protoperdinium* spp., *Pyrophacus* sp., *Triceratium* sp. ไดอะตอม 32 สกุล และ 1 ชนิด ได้แก่ *Amphora* spp., *Bacillaria* spp., *Bacteriastrum* spp., *Bellerochea* sp., *Cerataulina* sp., *Chaetoceros* spp., *Corethron* sp., *Coscinodiscus* spp., *Cylindrotheca* sp., *Diploneis* spp., *Ditylum* spp., *Entomoneis* sp., *Eucampia* sp., *Grammatophora* sp., *Guinardia* spp., *Hemiaulus* spp., *Lauderia* spp., *Leptocylindrus* sp., *Licmophora* sp., *Meuniera* sp., *Navicula* spp., *Nitzschia* spp., *Odontella* spp., *Palmeria hardmaniana*, *Paralia* sp., *Pleurosigma/Gyrosigma* spp., *Proboscia* spp., *Pseudoguinardia* sp., *Pseudo-nitzschia* spp., *Rhizosolenia* spp., *Surirella* sp., *Thalassionema* spp., *Thalassiosira* spp. และซิลิโคแฟลกเจลเลต 2 ชนิด ได้แก่ *Dictyocha fibula* และ *Dictyocha speculum*

### 4.2 ความหลากหลายสกุลของแพลงก์ตอนพืช

การศึกษาความหลากหลายสกุลของแพลงก์ตอนพืชบริเวณเกาะสีซัง จังหวัดชลบุรี รวม 6 สถานี ได้แก่ S1-TIO S2-TIO S3-TIO S4-TIO S5-TIO และ S6-TIO ในเดือนมกราคม พ.ศ. 2563 ด้วยวิธีมาตรฐานพบจำนวนสกุลของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 52 สกุล และ 9 ชนิด ในขณะที่การใช้เครื่องวิเคราะห์อนุภาคสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM) พบ 29 สกุล และ 6 ชนิด (ตารางที่ 3) โดยจำนวนสกุลของแพลงก์ตอนพืชที่พบในแต่ละสถานีจากแต่ละวิธีการแสดงในตารางที่ 4

**ตารางที่ 3** เปรียบเทียบสกุลของแพลงก์ตอนพืชที่พบในเดือนมกราคม พ.ศ. 2563 บริเวณเกาะสีซัง จากการศึกษาด้วยวิธีมาตรฐานและการใช้เครื่องวิเคราะห์อนุภาคสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM)

สกุลและชนิดของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด	วิธีการที่ใช้ศึกษา	
	วิธีมาตรฐาน	เครื่องวิเคราะห์อนุภาคฯ (FlowCAM)
Division Cyanobacteria		
<i>Oscillatoria</i> spp.	✓	✓

สกุลและชนิดของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด	วิธีการที่ใช้ศึกษา	
	วิธีมาตรฐาน	เครื่องวิเคราะห์อนุภาค (FlowCAM)
<i>Pseudanabaena</i> sp.	✓	
<i>Richelia</i> sp.	✓	
Division Chromophyta		
Class Dinophyceae (dinoflagellates)		
<i>Amphidinium</i> sp.	✓	
<i>Ceratium furca</i>	✓	✓
<i>Ceratium fusus</i>	✓	✓
<i>Ceratium trichoceros</i>	✓	✓
<i>Ceratium</i> spp.	✓	✓
<i>Dinophysis</i> spp.	✓	✓
<i>Diplopelta</i> spp.	✓	
<i>Diplopsalis</i> spp.	✓	
<i>Gonyaulax</i> sp.	✓	
<i>Gymnodinium</i> spp.	✓	
<i>Peridinium</i> spp.	✓	
<i>Prorocentrum</i> spp.	✓	✓
<i>Protoceratium</i> spp.	✓	
<i>Protoperidinium</i> spp.	✓	✓
<i>Pyrocystis</i> sp.	✓	
<i>Pyrophacus</i> sp.	✓	
<i>Scripsiella</i> spp.	✓	
<i>Ornithocercus magnificus</i>	✓	
Class Dictyochophyceae (silicoflagellates)		
<i>Dictyocha fibula</i>	✓	✓
<i>Dictyocha speculum</i>	✓	✓
Class Bacillariophyceae (diatoms)		
<i>Amphora</i> spp.	✓	✓
<i>Asteromphalus</i> sp.	✓	

สกุลและชนิดของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด	วิธีการที่ใช้ศึกษา	
	วิธีมาตรฐาน	เครื่องวิเคราะห์อนุภาค (FlowCAM)
<i>Bacillaria</i> spp.	✓	
<i>Bacteriastrium</i> spp.	✓	✓
<i>Bellerochea</i> sp.	✓	✓
<i>Cerataulina</i> sp.	✓	
<i>Ceratocorys horrida</i>	✓	
<i>Chaetoceros</i> spp.	✓	✓
<i>Cocconeis</i> sp.	✓	
<i>Corethron</i> sp.	✓	✓
<i>Coscinodiscus</i> spp.	✓	✓
<i>Cylindrotheca</i> sp.	✓	
<i>Diploneis</i> spp.	✓	✓
<i>Ditylum</i> spp.	✓	✓
<i>Entomoneis</i> sp.	✓	✓
<i>Eucampia</i> sp.	✓	✓
<i>Guinardia</i> spp.	✓	✓
<i>Helicotheca thamensis</i>	✓	
<i>Hemianlus</i> spp.	✓	✓
<i>Lauderia</i> spp.	✓	✓
<i>Leptocylindrus</i> sp.	✓	
<i>Lyrella</i> sp.	✓	
<i>Meuniera</i> sp.	✓	
<i>Navicula</i> spp.	✓	✓
<i>Nitzschia</i> spp.	✓	✓
<i>Odontella</i> sp.	✓	✓
<i>Palmeria hardmaniana</i>	✓	✓
<i>Paralia</i> sp.	✓	✓
<i>Petrodictyon</i> sp.	✓	
<i>Pleurosigma/Gyrosigma</i> spp.	✓	✓

สกุลและชนิดของแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด	วิธีการที่ใช้ศึกษา	
	วิธีมาตรฐาน	เครื่องวิเคราะห์อนุภาค (FlowCAM)
<i>Proboscia</i> spp.	✓	✓
<i>Pseudoguinaridia</i> sp.	✓	
<i>Pseudo-nitzschia</i> spp.	✓	✓
<i>Rhizosolenia</i> spp.	✓	✓
<i>Surirella</i> sp.	✓	✓
<i>Thalassionema</i> spp.	✓	✓
<i>Thalassiosira</i> spp.	✓	✓
<i>Triceratium</i> sp.	✓	
รวมจำนวนสกุลและชนิด	52 สกุล และ 9 ชนิด	29 สกุล และ 6 ชนิด

ตารางที่ 4 ความหลากหลายสกุลของแพลงก์ตอนพืชที่พบในแต่ละสถานี

สถานี	จำนวนสกุลและชนิดแพลงก์ตอนพืชทั้งหมดที่พบ	
	วิธีมาตรฐาน	เครื่องวิเคราะห์อนุภาค (FlowCAM) (ร้อยละเทียบวิธีมาตรฐาน)
S1-TIO	47 สกุล และ 5 ชนิด	26 สกุล และ 4 ชนิด (58)
S2-TIO	48 สกุล และ 6 ชนิด	26 สกุล และ 3 ชนิด (54)
S3-TIO	46 สกุล และ 6 ชนิด	25 สกุล และ 3 ชนิด (54)
S4-TIO	42 สกุล และ 5 ชนิด	28 สกุล และ 4 ชนิด (68)
S5-TIO	44 สกุล และ 6 ชนิด	27 สกุล และ 4 ชนิด (62)
S6-TIO	46 สกุล และ 5 ชนิด	26 สกุล และ 4 ชนิด (59)
ทุกสถานี	52 สกุล และ 9 ชนิด	29 สกุล และ 6 ชนิด (57)

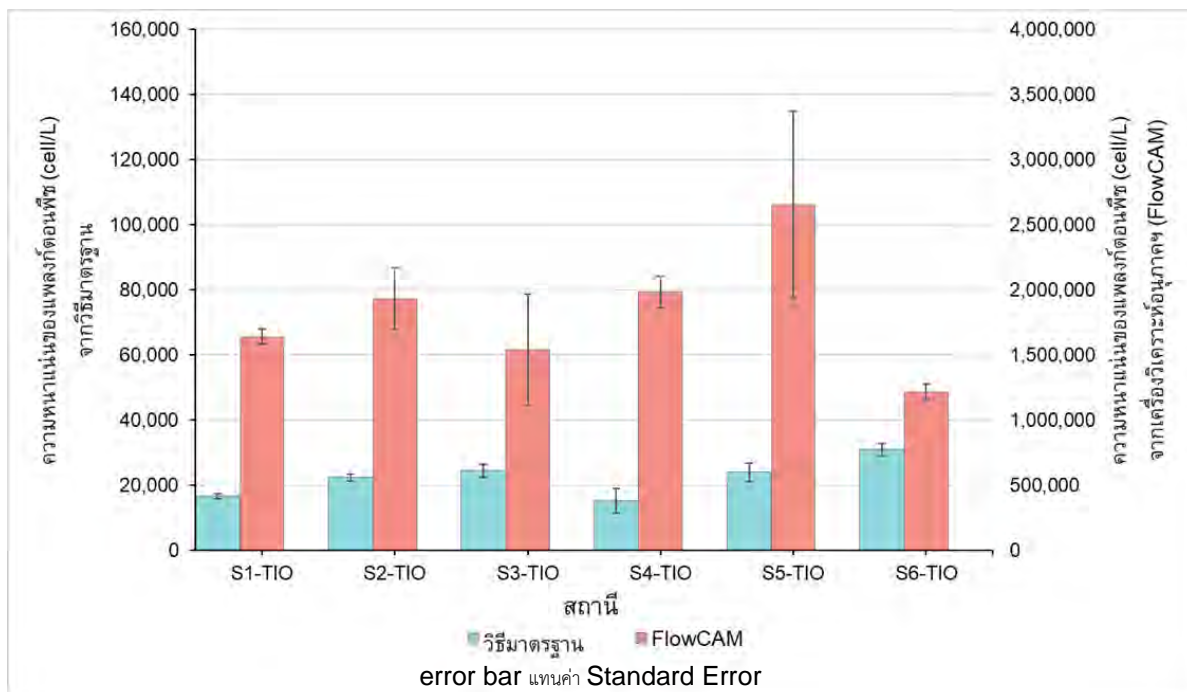
จำนวนสกุลของแพลงก์ตอนพืชจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์อนุภาค (FlowCAM) ต่ำกว่าวิธีมาตรฐานของทุกสถานี โดยจำนวนสกุลและชนิดที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์อนุภาค (FlowCAM) อยู่ในช่วงร้อยละ 54 ถึงร้อยละ 68 ของวิธีมาตรฐาน (ตารางที่ 4) ผลการศึกษาที่ได้ อาจเกิดเนื่องจากวิธีมาตรฐานใช้ผู้ที่มีความรู้ทางอนุกรมวิธานในการจำแนกแพลงก์ตอนพืชขณะที่ทำการส่องตัวอย่าง จึงสามารถระบุสกุลและชนิดของแพลงก์ตอนพืชที่พบน้อย จำแนก rare species หรือจำแนกชนิดใหม่ ๆ ได้ (Álvarez et al., 2014) และยังจำแนกสกุลของแพลงก์ตอนพืชที่มีความคล้ายคลึงออกจากกันได้ดีกว่า ส่วน

เครื่องวิเคราะห์อนุภาค (FlowCAM) จะมีการจำแนกสกุลแพลงก์ตอนพืช โดยรูปภาพจากการผ่านเครื่องวิเคราะห์อนุภาค (FlowCAM) ในแต่ละสถานีจะถูกจำแนกสกุลอัตโนมัติโดยการสร้างตัวกรอง (filter) ตามคุณสมบัติของเซลล์แพลงก์ตอนพืชในห้องสมุดภาพ (library) ที่มีอยู่ จึงจำเป็นต้องมีการสร้างห้องสมุดภาพ (library) เพื่อเป็นฐานข้อมูลของเครื่อง (Camoying and Yñiguez, 2016) ทั้งนี้ห้องสมุดภาพในเครื่องวิเคราะห์อนุภาค (FlowCAM) ที่สร้างขึ้นในครั้งนี้มีเพียงแค่ 39 สกุล และ 7 ชนิด ซึ่งมีจำนวนสกุลน้อยกว่าวิธีมาตรฐาน อีกทั้งห้องสมุดภาพของแพลงก์ตอนพืชบางสกุลมีการสะสมรูปภาพจำนวนน้อย จึงไม่อาจจะครอบคลุมลักษณะของแพลงก์ตอนพืชในทุกมุมที่เกิดจากการถ่ายภาพ ทำให้อาจจะแยกรายละเอียดของสกุลที่มีความคล้ายกันได้ไม่ดี หรืออาจจะไม่ได้จำแนกแพลงก์ตอนพืชบางสกุล จึงเกิดการคลาดเคลื่อนในการจำแนกสกุลของแพลงก์ตอน ส่วนบางสกุลที่ไม่พบในวิธีเครื่องวิเคราะห์อนุภาค (FlowCAM) แต่พบในวิธีมาตรฐาน อาจเป็นเพราะต้องใช้ความละเอียดในการจำแนก ซึ่งมักจะเป็นกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลต (Vlamis and Katikou, 2014) เช่น *Diplopelta* spp., *Diplopsalis* spp. และ *Gonyaulax* sp. เป็นต้น ทำให้จำแนกภาพได้ยากเมื่อต้องนำมาสร้างเป็นฐานข้อมูลเป็นเหตุให้มีฐานข้อมูลของกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลตน้อย และบางชนิดเป็นชนิดที่พบได้น้อยหรือเป็น rare species เช่น *Ornithocercus magnificus* ทำให้มีโอกาสจับภาพแพลงก์ตอนชนิดเหล่านี้เพื่อนำมาสร้างฐานข้อมูลได้น้อย

#### 4.3 ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช

ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชบริเวณเกาะสีชังในบริเวณ 6 สถานี ที่ศึกษาด้วยวิธีมาตรฐานอยู่ในช่วง  $1.52 \times 10^4$  ถึง  $3.10 \times 10^4$  เซลล์ต่อลิตร ส่วนความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชโดยการวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์อนุภาค (FlowCAM) อยู่ในช่วง  $1.22 \times 10^6$  ถึง  $2.66 \times 10^6$  เซลล์ต่อลิตร (รูปที่ 3) ซึ่งสูงกว่าวิธีมาตรฐาน 39 ถึง 130 เท่า ค่าความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชจากวิธีมาตรฐานในการศึกษาครั้งนี้มีความสอดคล้องกับการศึกษาในอดีตบริเวณเกาะสีชังเช่นกัน โดยความหนาแน่นเฉลี่ยของแพลงก์ตอนพืชบริเวณชายฝั่งเกาะสีชังอยู่ในช่วง  $2.24 \pm 0.91 \times 10^4$  เซลล์ต่อลิตร (อณิทยา ดิสุข และคณะ, 2560; อณิทยา ดิสุข, 2560) สาเหตุของความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอาจจะเกิดจากการอุดตันของ flow cell โดยแพลงก์ตอนพืชหรือเศษซากเซลล์ที่จับกลุ่มกันเป็นก้อนขณะตัวอย่างไหลผ่านเครื่องวิเคราะห์อนุภาค (FlowCAM) สังเกตได้จากการให้มีการถ่ายภาพของเซลล์แพลงก์ตอนพืชหรือกลุ่มเศษซากเซลล์ที่ติดอยู่ภายใน Flow cell ซ้ำกันเป็นจำนวนมาก เวลาประมวลผลจึงได้ค่าจำนวนเซลล์ที่นับได้สูงกว่าความเป็นจริงมาก ซึ่งจากการศึกษาของ Camoying and Yñiguez (2016) รายงานว่าการอุดตันของ flow cell เป็นปัญหาที่พบทั่วไปเมื่อใช้อุปกรณ์ถ่ายภาพอัตโนมัติ แต่ในการศึกษานี้พบว่าปัญหาดังกล่าวเป็นปัญหาหลักที่ทำให้ค่าที่ได้เกิดความคลาดเคลื่อน นอกจากนี้รูปภาพในห้องสมุดภาพ (library) ของแพลงก์ตอนพืชบางชนิดมีจำนวนน้อยหรือบางภาพที่นำมาทำห้องสมุดภาพอาจมีคุณภาพไม่ดีเท่าที่ควร จึงอาจทำให้เครื่องประมวลผลผิดพลาดได้โดยมีการนับเศษซากเซลล์เป็นเซลล์

ของแพลงก์ตอนพืชในบางสกุลทำให้ค่าความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชเหล่านี้มีค่าสูงกว่าที่นับได้จริง ซึ่งพบมากในสกุลของแพลงก์ตอนพืชขนาดเล็ก เช่น *Amphora* spp. *Surirella* sp. และ *Dictyocha fibula* เป็นต้น

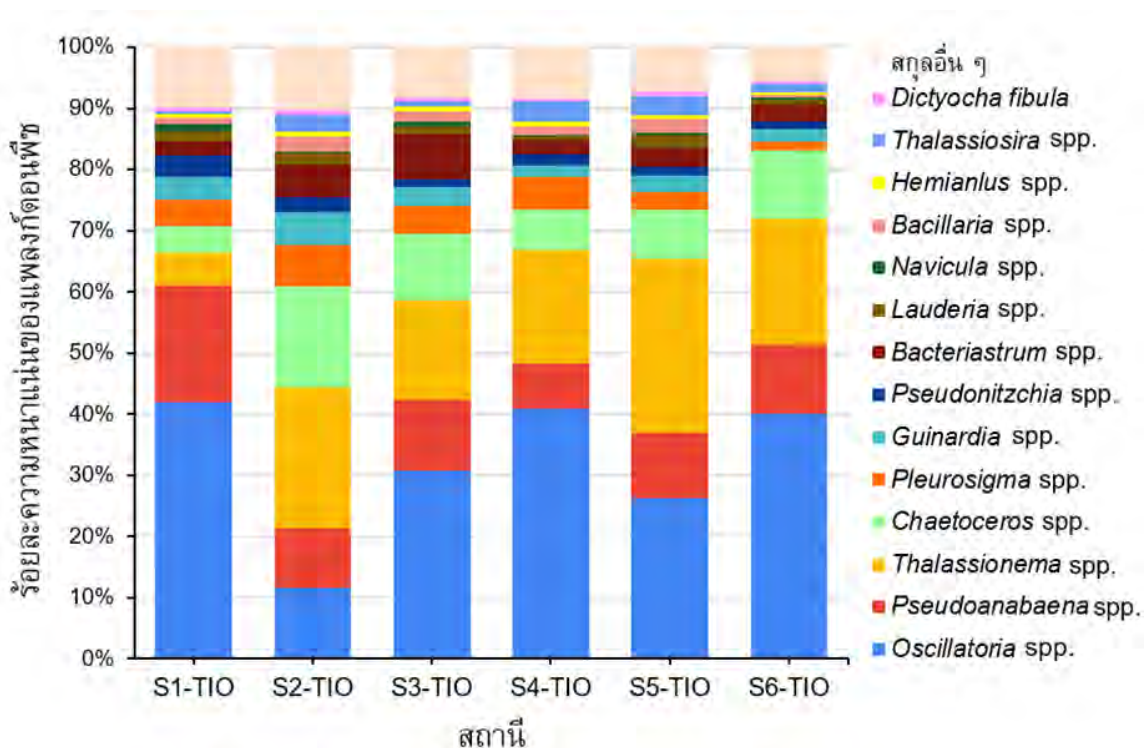


รูปที่ 3 ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชที่พบบริเวณเกาะสีชัง รวม 6 สถานี จากวิธีการศึกษามาตรฐานและเครื่องวิเคราะห์อนุภาคสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM)

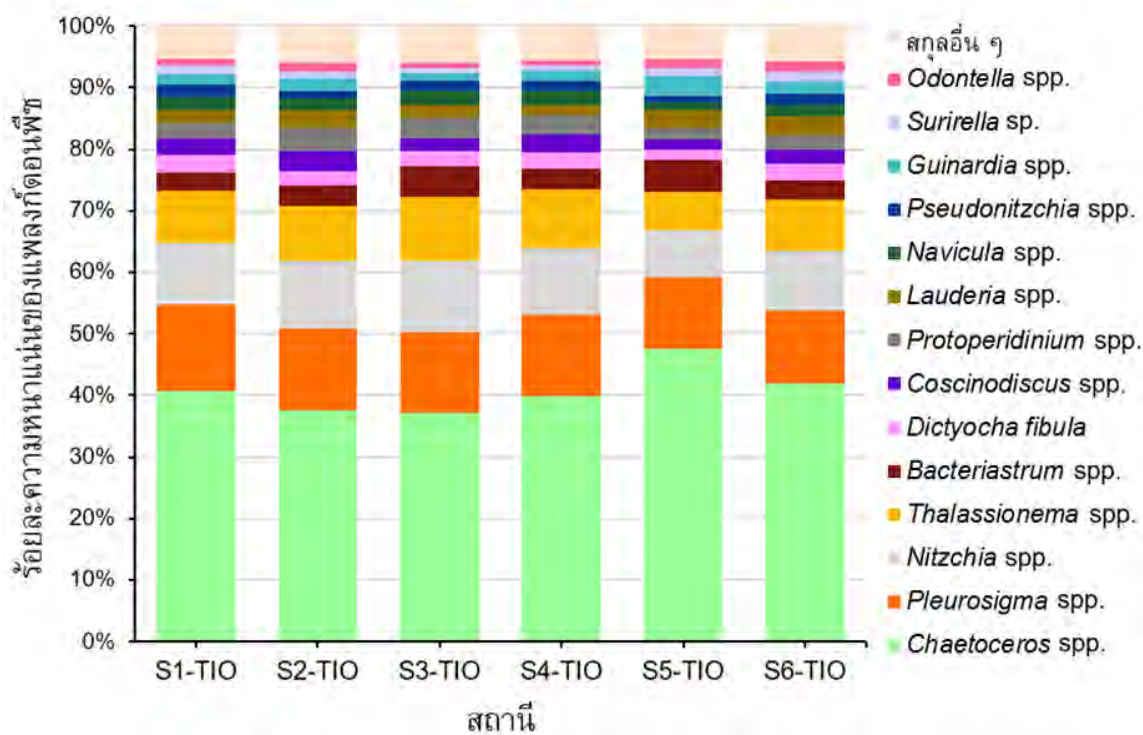
นอกจากนี้สัดส่วนความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชในแต่ละสกุลจากทั้งสองวิธี (รูปที่ 4) มีความแตกต่างกัน อาจเป็นเพราะเกิดความคลาดเคลื่อนในการนับตัวอย่างของเครื่องวิเคราะห์อนุภาคฯ (FlowCAM) โดยเฉพาะกลุ่มของแพลงก์ตอนพืชที่เป็นสาย เช่น *Oscillatoria* sp. และ *Thalassionema* spp. เพราะวิธีมาตรฐานจะนับแพลงก์ตอนพืชที่เป็นสายโดยนับเซลล์ย่อย แต่ในเครื่องวิเคราะห์อนุภาคฯ (FlowCAM) จะนับ 1 สายแทนเป็น 1 เซลล์ ทำให้วิธีมาตรฐานมีจำนวนเซลล์ของแพลงก์ตอนพืชที่เป็นสายมากกว่า ส่วนแพลงก์ตอนพืชบางสกุล เช่น *Pseudoanabaena* พบเฉพาะในวิธีมาตรฐานเนื่องจากไม่มีฐานข้อมูลในเครื่องวิเคราะห์อนุภาคฯ (FlowCAM)



## A. วิธีมาตรฐาน



## B. เครื่องวิเคราะห์อนุภาคสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM)



รูปที่ 4 สัดส่วนความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชในแต่ละสกุลจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐาน (A) และเครื่องวิเคราะห์อนุภาคสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM) (B)

#### 4.4 ความแม่นยำของเครื่องวิเคราะห์อนุภาคสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM)

ผลการทดสอบความแม่นยำของเครื่องวิเคราะห์อนุภาคสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM) จากตัวอย่างของแพลงก์ตอนพืชจำนวน 6 สถานี ได้แก่ S1-TIO S2-TIO S3-TIO S4-TIO S5-TIO และ S6-TIO แสดงให้เห็นว่าเครื่องวิเคราะห์อนุภาค (FlowCAM) มีความสามารถในการอนุกรมวิธานต่ำกว่าวิธีมาตรฐานในทุกสถานีอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) โดยเครื่องวิเคราะห์อนุภาค (FlowCAM) จำแนกได้เพียงร้อยละ 54 ถึง 68 ของวิธีมาตรฐานเท่านั้น เนื่องจากการถ่างรูปเซลล์แพลงก์ตอนพืชขณะที่กำลังเคลื่อนที่ทำให้มีมุมมองของเซลล์แพลงก์ตอนพืชหลายมุมมองในสกุลเดียวกัน ดังนั้นแพลงก์ตอนพืชที่มีรูปร่างเรียบง่าย เช่น *Coscinodiscus* ที่เป็นรูปร่างทรงกลม หรือแพลงก์ตอนพืชที่มีรูปร่างที่แตกต่างอย่างชัดเจน เช่น *Ceratium* sp. จะมีความแม่นยำมากกว่ากลุ่มของแพลงก์ตอนที่รูปร่างเซลล์ที่มีความซับซ้อน เช่น *Chaetoceros* spp. และ *Bacteriastrum* spp. (Camoying and Yñiguez, 2016) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาในครั้งนี้ ส่วนความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชจากเครื่องวิเคราะห์อนุภาค (FlowCAM) มีค่าสูงกว่าวิธีมาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) และการศึกษาครั้งนี้พบปัญหาที่คล้ายกับการศึกษาของ Sieracki et al. (1998) คือการจับกลุ่มของเซลล์แพลงก์ตอนพืชเป็นก้อน ซึ่งพบมากในแพลงก์ตอนพืชสกุล *Chaetoceros* ทำให้เกิดการอุดตันขณะการวิเคราะห์ตัวอย่าง ส่งผลให้ค่าที่นับได้เกิดความคลาดเคลื่อนเช่นเดียวกับในการศึกษานี้ นอกจากนี้ การศึกษาครั้งนี้ใช้ flow cell แบบ FC ซึ่งเป็นแบบเก่ามีประสิทธิภาพด้อยกว่าแบบ FOV ซึ่งเป็นแบบใหม่ที่สามารถลดปัญหาการอุดตันได้ (Camoying and Yñiguez, 2016) จึงทำให้การอุดตันของ flow cell เป็นปัญหาหลักของการศึกษานี้ที่ทำให้ค่าที่ได้มีความสูงกว่าค่าที่นับได้จริง

การศึกษาของ Hrycik et al. (2019) ที่ทำการศึกษาในแพลงก์ตอนน้ำจืดสรุปว่าวิธีมาตรฐานมีความน่าเชื่อถือมากกว่าเมื่อต้องการข้อมูลด้านอนุกรมวิธานที่ดี และเครื่องวิเคราะห์อนุภาค (FlowCAM) เหมาะสำหรับการประมวลผลอย่างรวดเร็วของกลุ่มแพลงก์ตอนพืชที่สำคัญในระบบนิเวศทางน้ำ แต่ในการศึกษาของ Álvarez et al. (2014) ที่ทำการศึกษาในแพลงก์ตอนพืชทะเลแสดงให้เห็นว่าการวิเคราะห์ทั่วไปของเครื่องวิเคราะห์อนุภาค (FlowCAM) มีผลการจำแนกแพลงก์ตอนพืชใกล้เคียงกับวิธีมาตรฐาน ซึ่งมีข้อผิดพลาดในการจำแนกแพลงก์ตอนพืชโดยรวมอยู่ที่ประมาณร้อยละ 10 เมื่อเทียบกับวิธีมาตรฐาน โดยการจำแนกแพลงก์ตอนพืชของเครื่องวิเคราะห์อนุภาค (FlowCAM) จะต่ำกว่าวิธีมาตรฐานเนื่องจากข้อจำกัดของเครื่องวิเคราะห์อนุภาค (FlowCAM) คือจำนวนสูงสุดของกลุ่มของแพลงก์ตอนพืชที่ถูกจำแนกจะขึ้นกับฐานข้อมูลที่มีในเครื่อง ส่วนความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชในการศึกษาของ Álvarez et al. (2014) พบว่าทั้งวิธีมาตรฐานและเครื่องวิเคราะห์อนุภาค (FlowCAM) มีความแตกต่างกันน้อย โดยค่าจากวิเคราะห์อนุภาค (FlowCAM) มีค่าสูงกว่าวิธีมาตรฐาน ซึ่งส่วนที่แตกต่างกันเกิดจากข้อจำกัดของการเก็บรักษาสภาพตัวอย่าง และความไม่แม่นยำในการจำแนกแพลงก์ตอนพืชอัตโนมัติของเครื่องวิเคราะห์อนุภาค (FlowCAM)

## บทที่ 5 สรุปผลศึกษาและข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผลการศึกษา

เครื่องวิเคราะห์อนุภาคสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM) สามารถใช้จำแนกและนับจำนวนของแพลงก์ตอนพืชได้โดยอาศัยฐานข้อมูลภายในเครื่อง ผลการศึกษาครั้งนี้ได้สร้างฐานข้อมูลแพลงก์ตอนพืชจำนวน 39 สกุล และ 7 ชนิด แต่ประสิทธิภาพของเครื่องวิเคราะห์อนุภาค (FlowCAM) ในการจำแนกสกุลของแพลงก์ตอนพืช มีความสามารถต่ำกว่าวิธีมาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) โดยจำนวนสกุลและชนิดของแพลงก์ตอนพืชที่เครื่องจำแนกได้มีค่าต่ำกว่าวิธีมาตรฐานคิดเป็นร้อยละเพียง 54 ถึง 68 ของวิธีมาตรฐาน และการนับจำนวนแพลงก์ตอนพืชด้วยเครื่องวิเคราะห์อนุภาค (FlowCAM) ได้ค่าสูงกว่าวิธีมาตรฐาน 39 ถึง 130 เท่า ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ความคลาดเคลื่อนของเครื่องวิเคราะห์อนุภาค (FlowCAM) ที่เกิดขึ้นอาจจะเนื่องมาจากการที่เครื่องยังมิมีฐานข้อมูลและการสะสมภาพของห้องสมุดภาพในแต่ละสกุลของแพลงก์ตอนพืชน้อย คุณภาพของภาพในห้องสมุดภาพอาจมีคุณภาพไม่ดีเท่าที่ควร และเกิดจากการอุดตันของ flow cell ขณะนำตัวอย่างผ่านเครื่องวิเคราะห์อนุภาค (FlowCAM) จึงควรมีการสะสมห้องสมุดภาพและภาพของแพลงก์ตอนพืชในแต่ละห้องสมุดภาพเพิ่มขึ้น เปลี่ยน flow cell ใหม่ และปรับอัตราการไหล (flow rate) ให้ช้าลง เพิ่มอัตราการแสดงผลภาพเคลื่อนไหวต่อวินาที (frame rate) เพิ่มประสิทธิภาพการจับภาพของเครื่องให้ดีขึ้น

### 5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการสะสมภาพในแต่ละห้องสมุดภาพของเครื่องวิเคราะห์อนุภาค (FlowCAM) เพิ่มขึ้น เพื่อให้มีฐานข้อมูลของเซลล์แพลงก์ตอนพืชหลากหลายมุมมองซึ่งเกิดจากการถ่ายภาพ สะสมห้องสมุดภาพของแพลงก์ตอนพืชเพิ่มขึ้น เพื่อเพิ่มฐานข้อมูลทางด้านอนุกรมวิธานของแพลงก์ตอนพืช อาจจะมีการใช้เซลล์ที่เพาะเลี้ยงมาผ่านเครื่องวิเคราะห์อนุภาค (FlowCAM) เพื่อจัดทำฐานข้อมูลเพิ่มเติม และอาจมีการสร้างห้องสมุดภาพเศษซากเซลล์เพื่อกำจัดเศษซากเซลล์ที่ได้หลังจากนำตัวอย่างผ่านเครื่องวิเคราะห์อนุภาค (FlowCAM) ซึ่งอาจช่วยลดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกแพลงก์ตอนพืช

2. การหาความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชที่เป็นสายอาจจะมีการสุ่มเซลล์ที่เครื่องวิเคราะห์อนุภาค (FlowCAM) ถ่ายภาพได้ แล้วหาค่าเฉลี่ยเซลล์ในแต่ละสายของแพลงก์ตอนพืชชนิดที่เป็นสาย เช่น *Chaetoceros* spp. และ *Oscillatoria* sp. เพื่อนำมาคูณกับค่าที่นับได้จากเครื่อง เพื่อให้ค่าที่เครื่องนับมีค่าใกล้เคียงกับวิธีมาตรฐาน

3. ก่อนการวิเคราะห์อาจจะมีการตั้งค่าเครื่องโดยปรับลดอัตราการไหล (flow rate) และเพิ่มอัตราการแสดงผลภาพเคลื่อนไหวต่อวินาที (frame rate) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจับภาพให้ดีขึ้น และหากตั้งค่าอัตราการไหลและอัตราการแสดงผลภาพเคลื่อนไหวต่อวินาทีไม่เหมาะสมกันมากอาจจะก่อให้เกิดการจับภาพซ้ำในเซลล์เดียวกัน หรือพลาดการจับภาพในบางเซลล์ (Fluid imaging technologies, Inc., 2018)

4. หากต้องการให้มีความแม่นยำมากขึ้นอาจจะเปลี่ยน flow cell จากแบบเก่า (FC) ไปเป็นแบบใหม่ (FOV) เนื่องจาก Flow cell แบบใหม่สามารถถ่ายภาพของเซลล์ตัวอย่างทั้งหมดที่ผ่านเครื่องวิเคราะห์อนุภาค (FlowCAM) และยังช่วยลดการตันของ flow cell ขณะนำตัวอย่างผ่านเครื่องวิเคราะห์อนุภาค (FlowCAM) (Camoying and Yñiguez, 2016)

## เอกสารอ้างอิง

### ภาษาไทย

กัลยา วาณิชย์บัญชา. 2561. สถิติสำหรับงานวิจัย. กรุงเทพฯ : สามลดา.

กฤษฎากร ว่องวุฒิกุล. 2561. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและกฎหมายทะเล: ผลกระทบและทางออกของ  
ปัญหา. วารสารนิติพัฒน นิต้า. 7(1): 53-63.

นิตยา สมทรัพย์. 2554. ปัจจัยที่มีผลต่อความหลากหลายและการเปลี่ยนแปลงแทนที่ในชุมชนแพลงก์ตอนพืช  
บริเวณชายฝั่งศรีราชา-สีซัง จังหวัดชลบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรีบัณฑิต. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทาง  
ทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ลัดดา วงศ์รัตน์. 2542. แพลงก์ตอนพืช. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมภพ รุ่งสุภา. 2558. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำและแพลงก์ตอนพืชรอบเกาะสีซัง พ.ศ.2553-2554  
เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความเค็ม. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง. 7(2): 94-103.

สุพัตรา ตะเหลบ อาวุธ หมั่นหาผล วันชัย วงศ์ดาวรรณ และ สุเมตต์ ปุจฉาการ. 2559. การแพร่กระจายและ  
ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชบริเวณหมู่เกาะสีซังจังหวัดชลบุรีและหมู่เกาะมัน เกาะสะเก็ด  
จังหวัดระยอง. ใน รายงานการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ทางทะเล ครั้งที่ 5. หน้า 544-552. 1-3  
มิถุนายน 2559. ณ โรงแรมรามาคาร์เด็นส์ กรุงเทพมหานคร.

อนัญญา ดีสุข. 2560. การแปรผันตามฤดูกาลของประชาคมพืโคไฟโตแพลงก์ตอน นาโนแพลงก์ตอน และไมโคร  
แพลงก์ตอนบริเวณเกาะสีซัง จังหวัดชลบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทาง  
ทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อนัญญา ดีสุข, พรเทพ พรรณรักษ์ และ อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์. 2560. การเปลี่ยนแปลงประชาคมของ  
แพลงก์ตอนพืชตามฤดูกาล บริเวณชายฝั่งเกาะสีซัง จังหวัดชลบุรี. ใน รายงานการประชุมวิชาการเสนอ  
ผลงานวิจัยบัณฑิตศึกษาระดับชาติและนานาชาติ ปี 2560. หน้า 530-541. 10 มีนาคม 2560 ณ  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์. 2548. เอกสารประกอบการสอนวิชาหลักการศึกษแพลงก์ตอนทะเล 2309416  
Prin Mar Plankton. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

## ภาษาอังกฤษ

- Álvarez, E., Moyano, M., Urrutia, A.L., Nogueira, E. and Schafer, R. 2014. Routine determination of plankton community composition and size structure: a comparison between FlowCAM and light microscopy. Journal of Plankton Research. 36(1): 170–184
- Basu, S. and Mackey, K.R.M. 2018. Phytoplankton as Key Mediators of the Biological Carbon Pump: Their Responses to a Changing Climate. Sustainability. 10(3): 1-18.
- Camoying, M. and Yñiguez, A. 2016. FlowCAM optimization: Attaining good quality images for higher taxonomic classification resolution of natural phytoplankton samples. Limnology and Oceanography: Methods. 14: 305-304.
- Dubelaar, G.B.J. and Jonker, R.R. 2000. Flow cytometry as a tool for the study of phytoplankton. Scientia Marina. 64(2): 135-156.
- Edler, L. and Elbrächter, M. 2010. The Utermöhl method for quantitative phytoplankton analysis. In B. Karlson, C. Cusack and E. Bresnan (eds.), Microscopic and molecular methods for quantitative phytoplankton analysis, pp. 13-20. Paris: UNESCO.
- Environmental Protection Agency. 2018. Marine monitoring phytoplankton. [online]. Available from: <https://www.epa.ie/pubs/reports/water/waterqua/marinephytoplankton-factsheet.html>. [accessed 24 January 2020].
- Field, C.B., Behrenfeld, M.J., Randerson, J.T. and Falkowski, P. 1998. Primary production of the biosphere: integrating terrestrial and oceanic components. Science. 281: 237–240.
- Fluid imaging technologies, Inc. 2018. Count vs. Concentration in Flow Imaging Microscopy. [online]. Available from: [https://info.fluidimaging.com/hs-fs/hub/300163/file-2242795040-pdf/documents/Tech\\_Briefs/FCTB1\\_Count-vs-Concentration.pdf?hsLang=en](https://info.fluidimaging.com/hs-fs/hub/300163/file-2242795040-pdf/documents/Tech_Briefs/FCTB1_Count-vs-Concentration.pdf?hsLang=en) [accessed 15 May 2020].
- Fogg, G.E. and Thake, B., eds. 1987. Algal Cultures and Phytoplankton Ecology. London: The University of Wisconsin Press.
- Google earth. 2563. Koh Si Chang. [online]. Available from: <https://earth.google.com/web/@13.14679952,100.8098375,59.64308913a,15233.85210006d,35y,0.00000435h,0t,0r> [24 January 2563]

- Hrycik, A.R., Shambaugh, A. and Stockwell, J.D. 2019. Comparison of FlowCAM and microscope biovolume measurements for a diverse freshwater phytoplankton community. Journal of Plankton Research. 41(6): 849–864.
- Lalli, C.M. and Parsons, T.R., eds. 1997. Phytoplankton and Primary Production. Biological Oceanography: An Introduction, pp. 39-73. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Poulton, N.J. and Martin, J.L. 2010. Imaging flow cytometry for quantitative phytoplankton analysis —FlowCAM. In B. Karlson, C. Cusack and E. Bresnan (eds.), Microscopic and molecular methods for quantitative phytoplankton analysis, pp. 13-20. Paris: UNESCO.
- Poulton, N.J. 2016. FlowCam: Quantification and Classification of Phytoplankton by Imaging Flow Cytometry. In N.S. Barteneva and I.A. Vorobjev (eds.), Imaging Flow Cytometry, pp. 237-247. New York: Humana Press.
- Reynolds, C. 2006. Phytoplankton. The Ecology of Phytoplankton, pp. 1-37. Cambridge: Cambridge University Press.
- Sieracki, C.K., Sieracki, M.E. and Yentsch, C.S. 1998. An imaging-in-flow system for automated analysis of marine microplankton. Marine Ecology Progress Series. 168: 285-296.
- Sournia, A. 1978. Phytoplankton Manual. Paris: UNESCO.
- Tomas, C.R. 1997. Identifying marine phytoplankton. San Diego: Academic Press.
- Tyrrell, T. 2001. Redfield Ratio\*. In J.H. Steele and S.A. Thorpe (eds.), Encyclopedia of Ocean Sciences (Second Edition), pp. 677-686. London: Academic Press.
- Valdés, L. and Déniz-González, I. 2015. Oceanographic and biological features in the Canary Current Large Marine Ecosystem. Paris: UNESCO.
- Vlamiš, A. and Katikou, P. 2014. Ecobiology and Geographical Distribution of Potentially Toxic Marine Dinoflagellates. In L.M. Botana (ed.), Seafood and Freshwater Toxins: Pharmacology, Physiology, and Detection, pp. 569-574. Boca Raton: CRC Press.

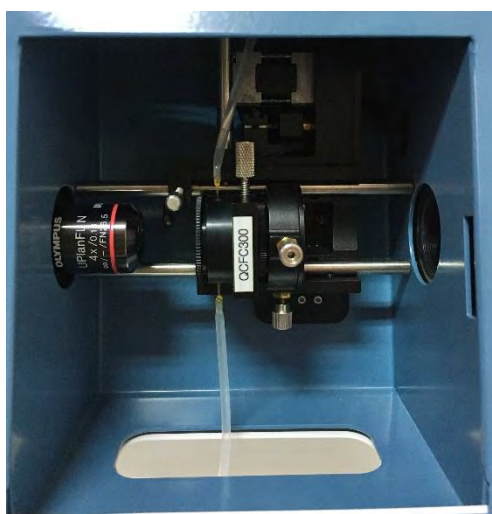
ภาคผนวก



ภาคผนวก ก เครื่องวิเคราะห์อนุภาคสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM)



ก เครื่องวิเคราะห์อนุภาคสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลวที่ใช้ในการศึกษา (FlowCAM)



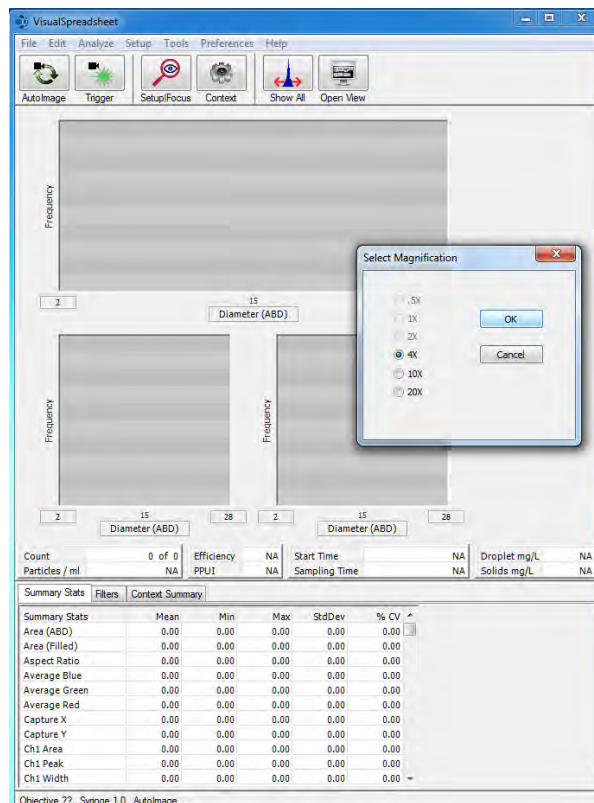
ข เลนส์ใกล้วัตถุ 4X และ Flow cell ในเครื่องวิเคราะห์อนุภาคฯ (FlowCAM)

ค ขนาดของ flow cell ที่เหมาะสมกับกำลังขยายเลนส์ใกล้วัตถุ

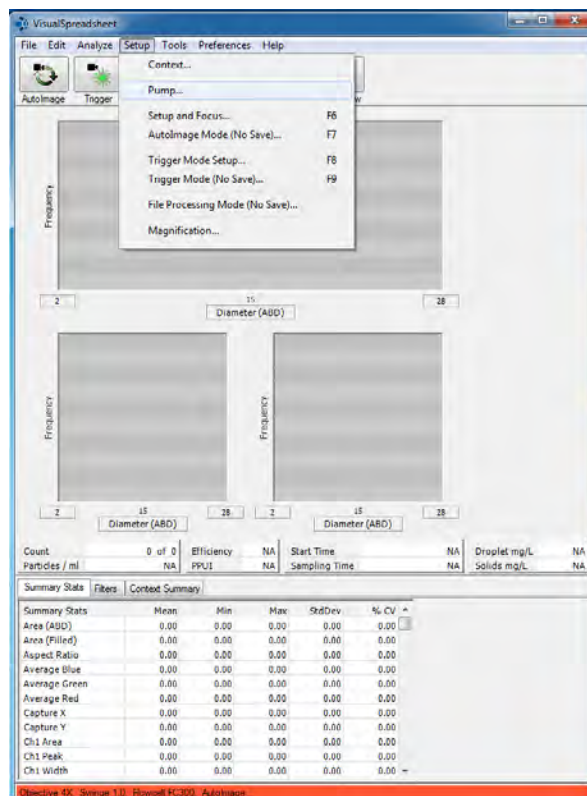
เลนส์ใกล้วัตถุ	2X	4X	10X	20X
Flow cell	600, 800, 1000, 2000	200, 300, 600	50, 80FOV, 100	50

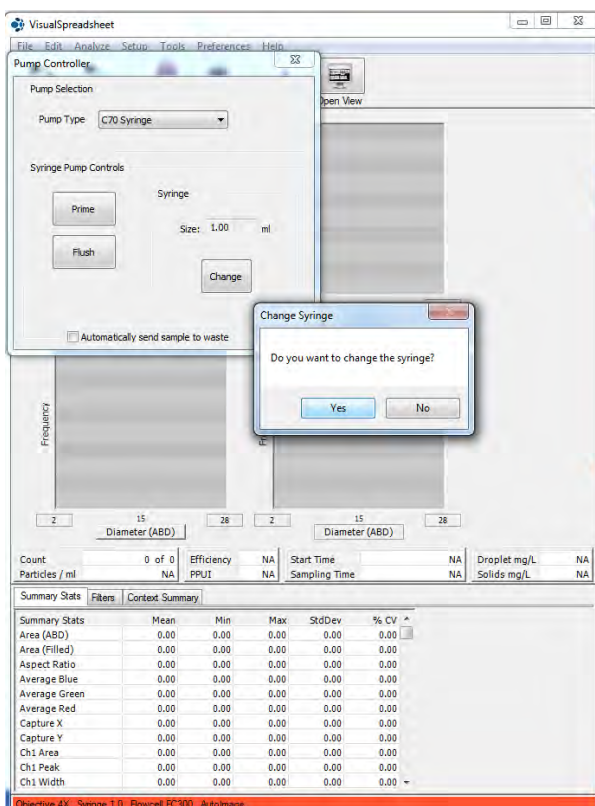
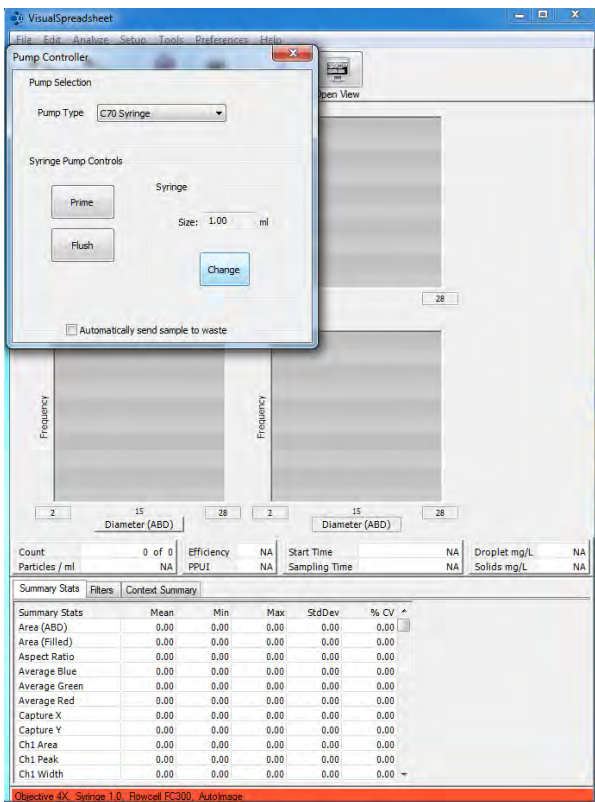
## ภาคผนวก ข วิธีการ Calibrate เครื่องวิเคราะห์อนุภาคที่มีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM)

1. เปิดโปรแกรม VisualSpreadsheet® (ViSp) แล้วเลือกกำลังขยายเลนส์กล้องวัตถุที่ใช้

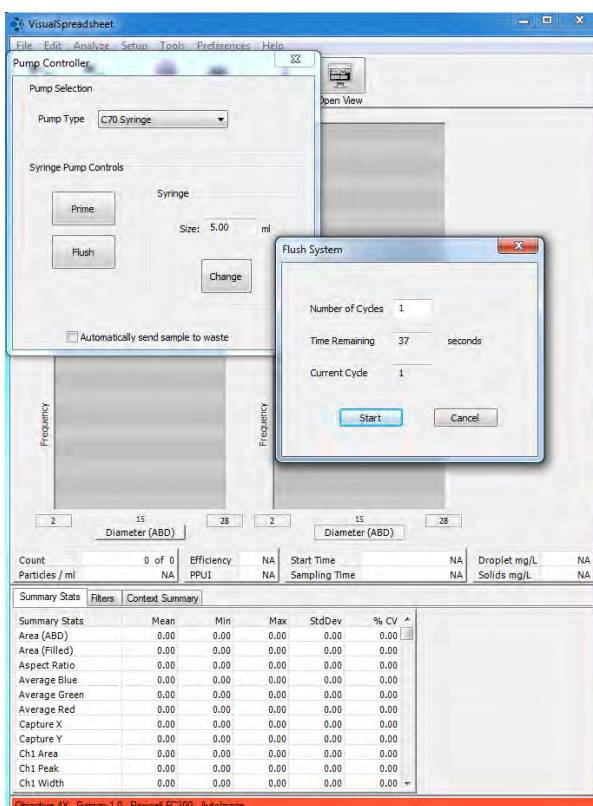
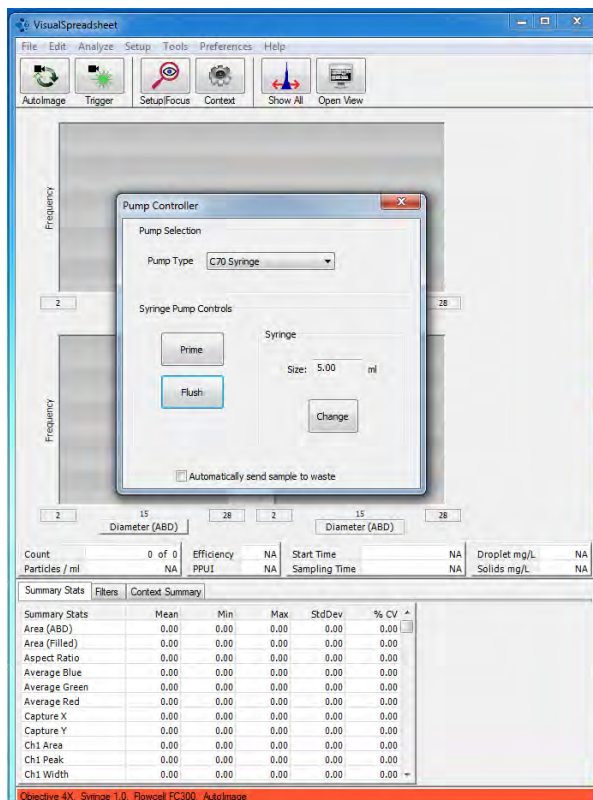


2. ตั้งค่า syringe โดยเลือก Setup > Pump > Change > Yes



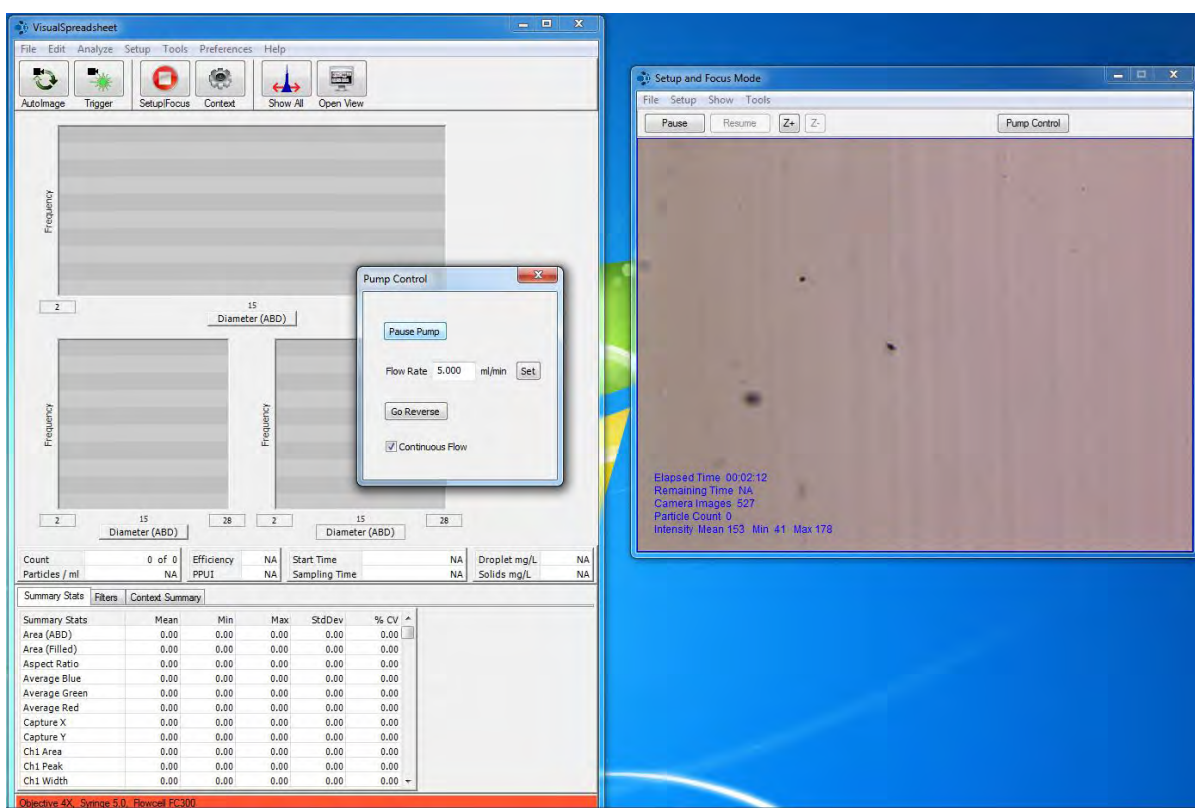
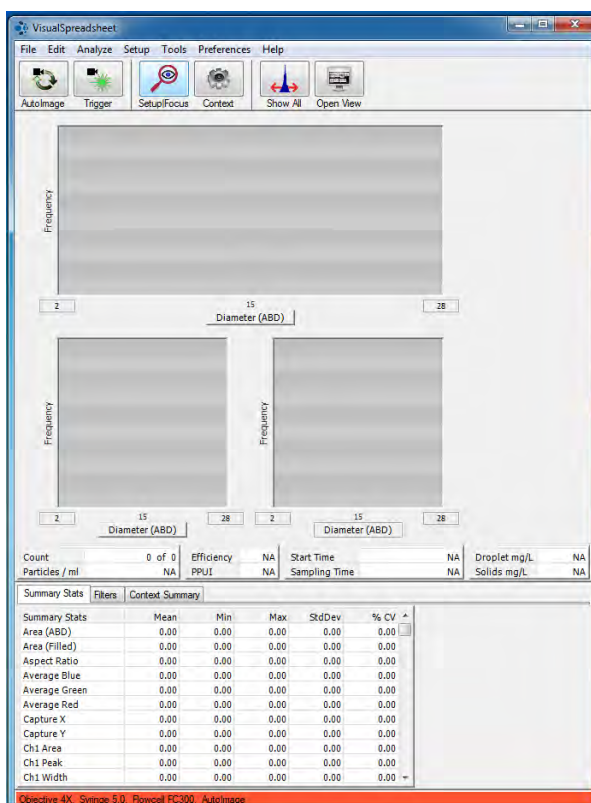


### 3. Flush น้ำ โดยเลือก Setup > Pump > Flush > Start





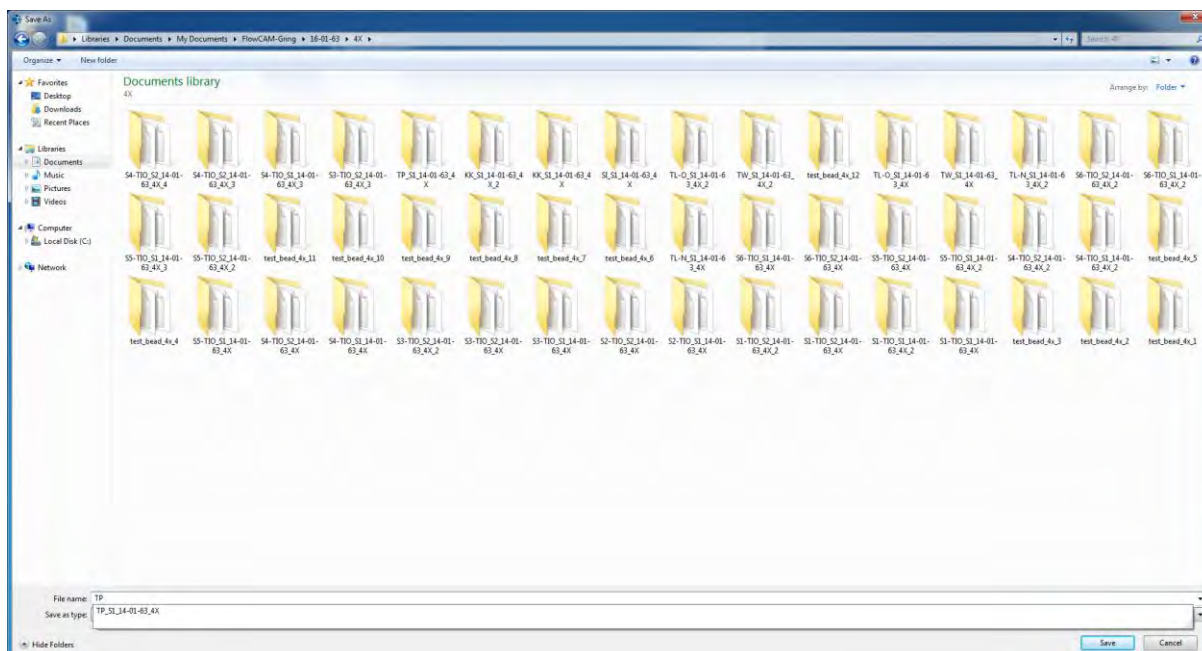
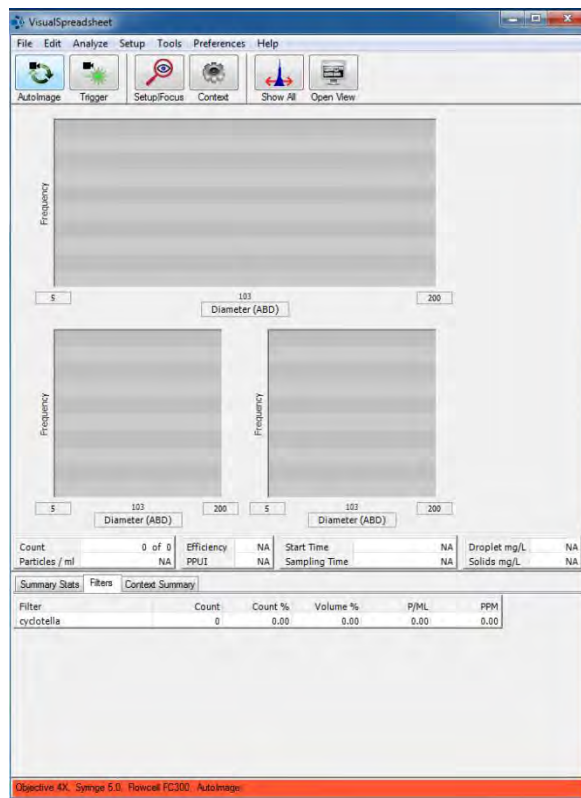
4. ใส่เม็ดบีดเพื่อปรับโฟกัสของกล้องจากนั้นเลือก Setup/Focus > Start pump

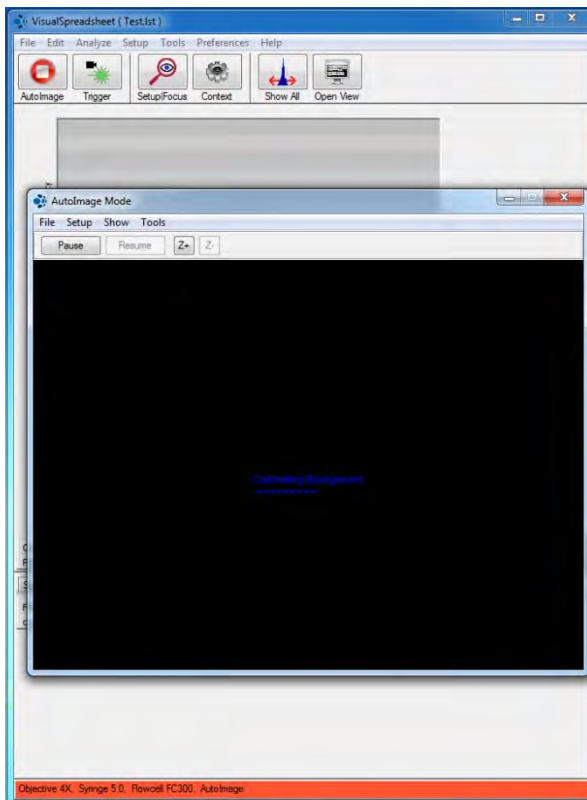


5. Flush น้ำอีกครั้งเพื่อไม่ให้เหลือเม็ดบีด

## ภาคผนวก ค วิธีการนำตัวอย่างผ่านเครื่องวิเคราะห์อนุภาคที่มีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM)

1. เลือก AutoImage > เลือกที่ตั้งไฟล์และตั้งชื่อไฟล์ > Save





ภาคผนวก ง การตั้งค่าของเครื่องวิเคราะห์อนุภาคสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM) ก่อนเริ่มการวิเคราะห์

The image shows a software window titled "Context" with a close button (X) in the top right corner. The window contains several tabs: "Notes", "Run Summary", "Stop", and "Fluorescence / Scatter". Under "Run Summary", there are sub-tabs for "Load", "Capture", "Flow Cell", "Fluidics", "Filter", and "Reports". The "Flow Cell" sub-tab is active, showing the following settings:

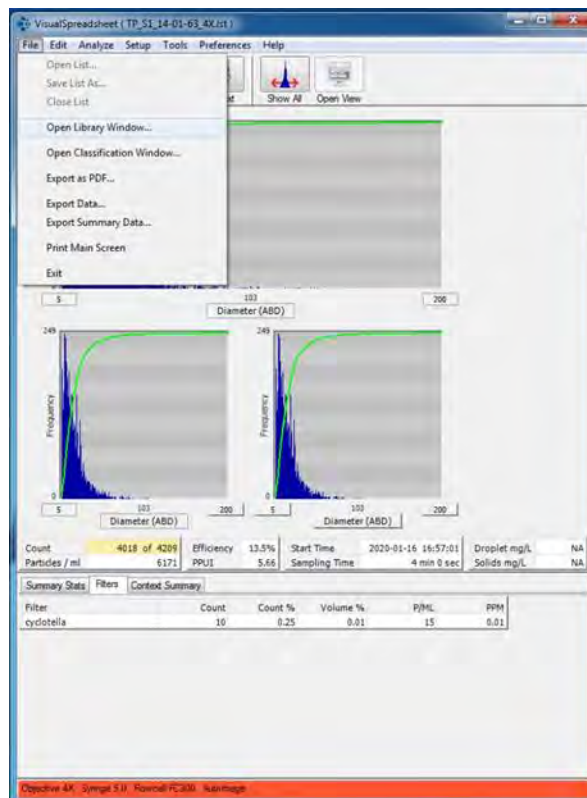
- Settings:**
  - Sample volume: 5.0000 ml
  - Flow rate: 1.200 ml/min
  - Autolmage Rate: 4 frames per second
- Estimated Efficiency and Run Time:**
  - Efficiency: 13.5 percent
  - Run Time: 4.17 minutes
  - Red text warning: "Calculations are for estimation only. The user must control the pump and set the flow rate."
- Priming:**
  - machine prime
  - manual prime with sample
  - manual prime with non-sample
- Sample Dilution:**
  - The sample fluid was diluted or concentrated
  - Ratio: 1.00000000

At the bottom of the window are "OK" and "Cancel" buttons.

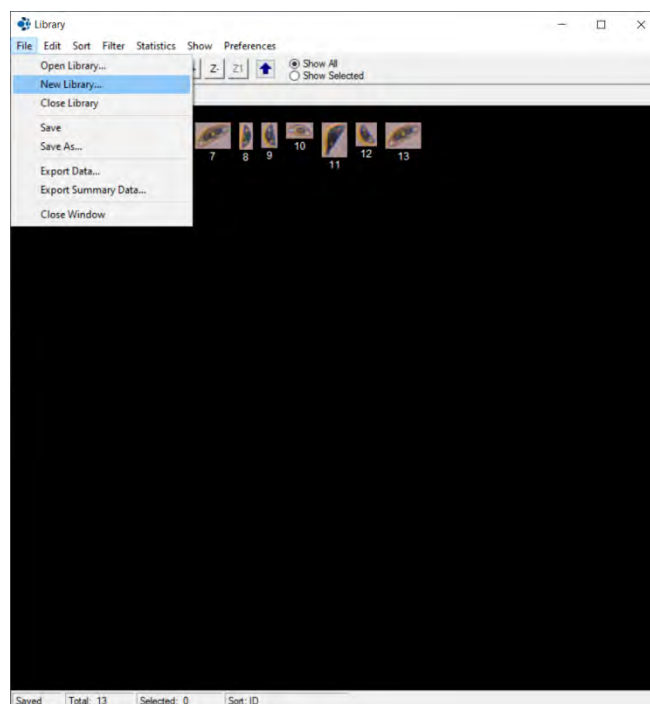


## ภาคผนวก จ วิธีสร้างฐานข้อมูลเครื่องวิเคราะห์อนุภาคที่มีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM)

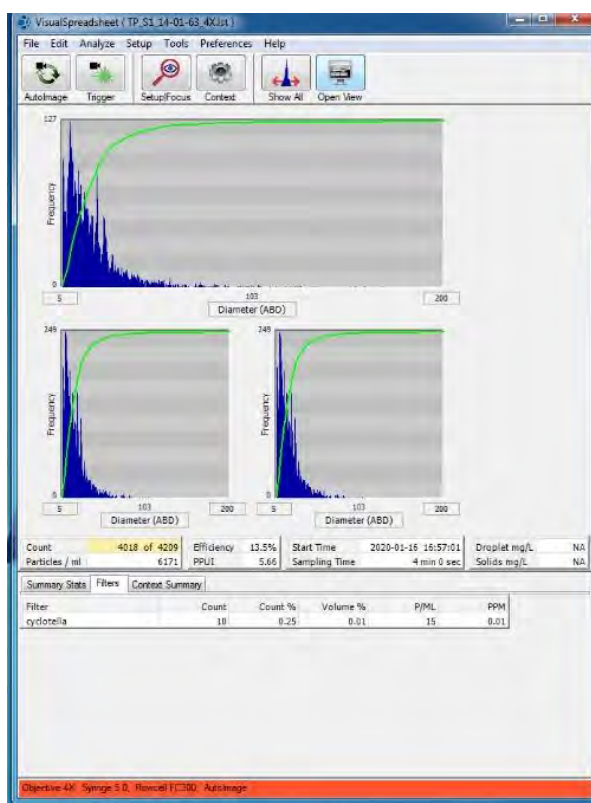
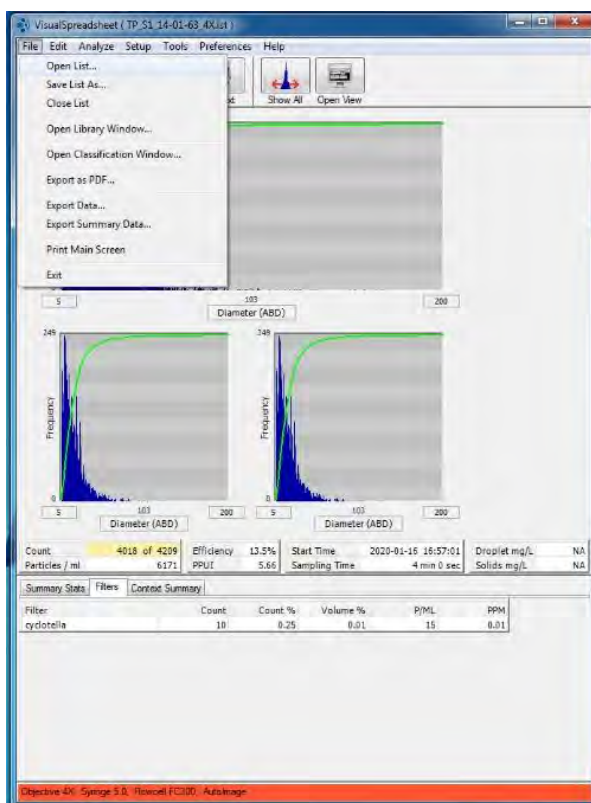
1. เปิดหน้าต่างห้องสมุดภาพโดยเลือก File > Open Library Window

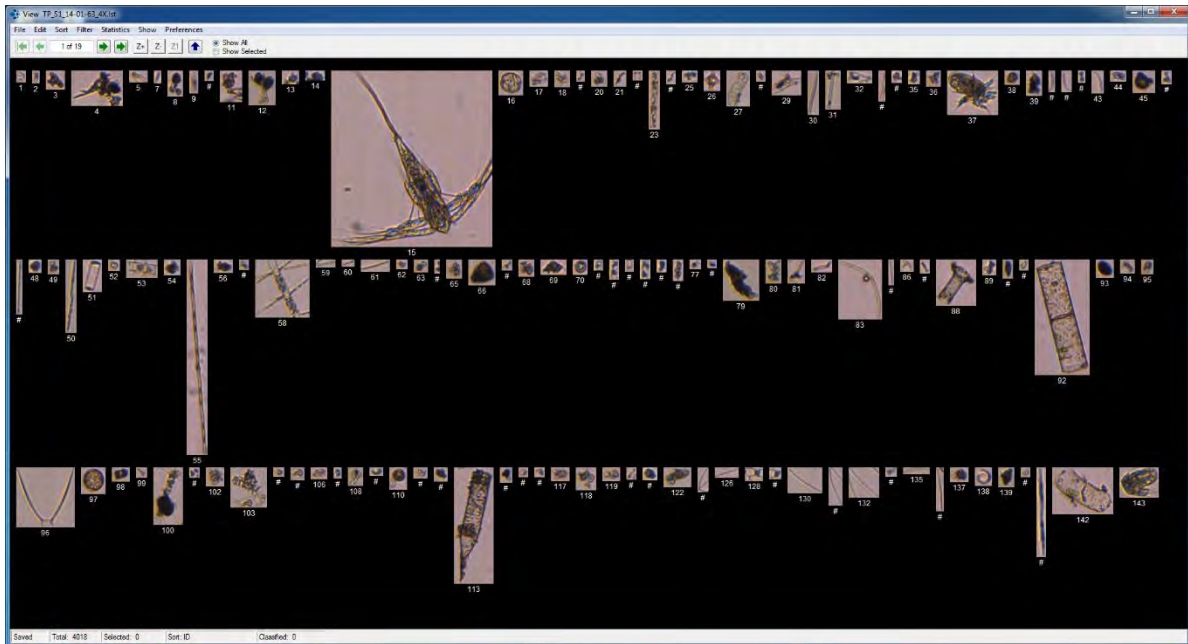


2. สร้างห้องสมุดภาพของสกุลแพลงก์ตอนพืชที่ต้องการโดยเลือก File > New Library > ใส่ชื่อสกุลของแพลงก์ตอนพืช > Ok

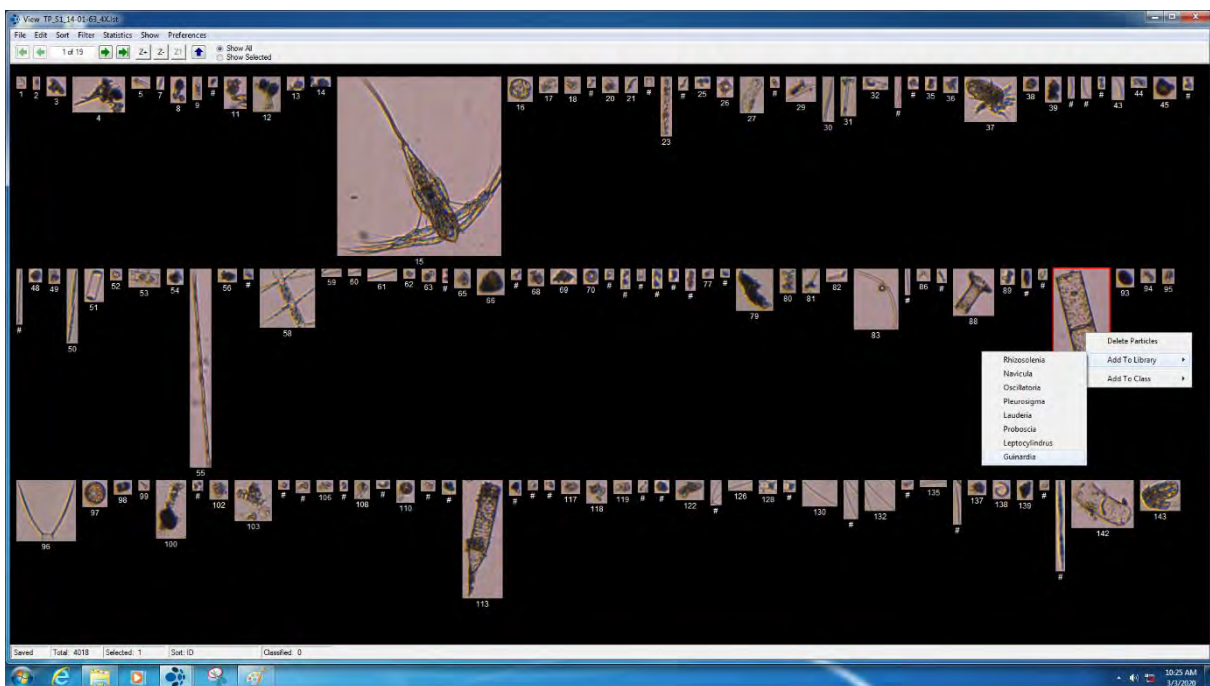


3. File > Open List > เลือกไฟล์ตัวอย่างที่ต้องการจะนำมาสร้างฐานข้อมูล > Open View



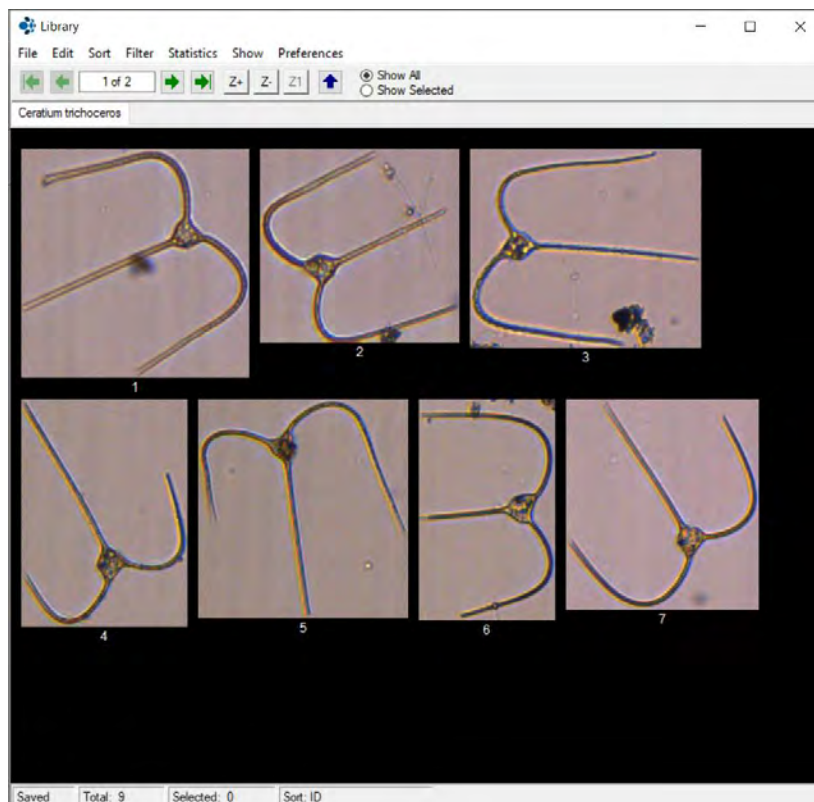
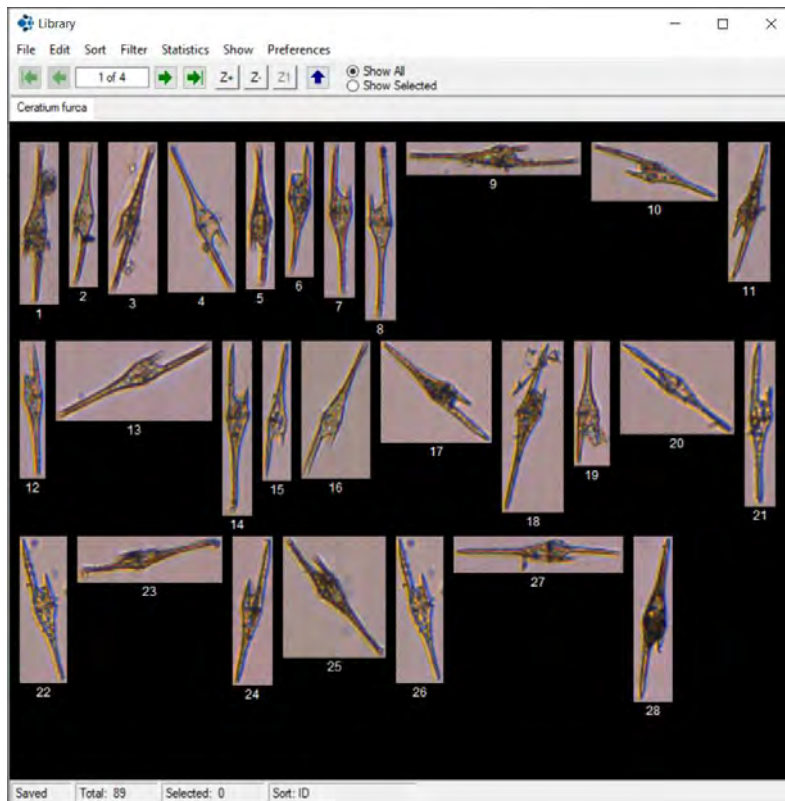


4. กดเลือกภาพแพลงก์ตอนพืชที่ต้องการ > คลิกขวา > Add To Library > เลือกสกุลของแพลงก์ตอนพืช



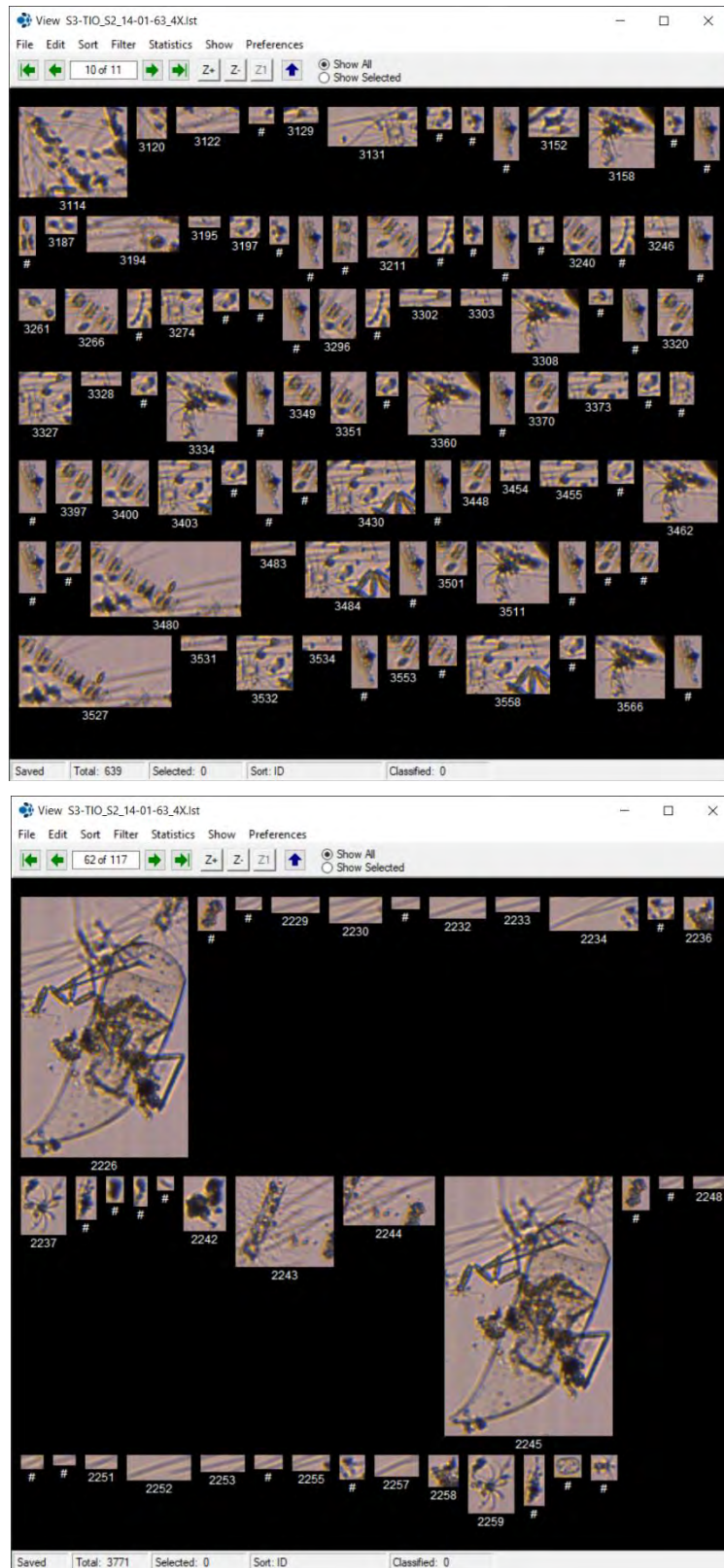
5. เมื่อเพิ่มภาพในแต่ละห้องสมุดภาพเสร็จแล้ว > Save > File > Close Library

ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างห้องสมุดภาพ (library) ของแพลงก์ตอนพีชชนิด *Ceratium furca* และ *Ceratium trichoceros*





ภาคผนวก ข ตัวอย่างการค้นของตัวอย่างขณะผ่านเครื่องวิเคราะห์อนุภาคฯ



ภาคผนวก ข ข้อมูลแพลงก์ตอนพืชสถานีที่ 1 จากวิธีมาตรฐาน

สกุล/ชนิดของ แพลงก์ตอนพืช	S1-TIO_S1				S1-TIO_S2				ค่าเฉลี่ย (cell/L)
	Sample 1		Sample 2		Sample 1		Sample 2		
	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	
<b>ไดอะตอม</b>									
<i>Asteromphalus</i> sp.	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	9.21	2
<i>Amphora</i> spp.	0	0.00	3	27.60	3	27.63	4	36.84	23
<i>Bacillaria</i> sp.	5	46.00	57	524.40	4	36.84	7	64.47	168
<i>Bacteriastrium</i> spp.	31	285.20	66	607.20	20	184.20	50	460.50	384
<i>Bellerochea</i> sp.	0	0.00	18	165.60	0	0.00	11	101.31	67
<i>Cerataulina</i> sp.	5	46.00	1	9.20	3	27.63	5	46.05	32
<i>Ceratocorys horrida</i>	1	9.20	0	0.00	0	0.00	0	0.00	2
<i>Chaetoceros</i> spp.	50	460.00	99	910.80	62	571.02	107	985.47	732
<i>Cocconeis</i> sp.	2	18.40	2	18.40	0	0.00	1	9.21	12
<i>Corethron</i> sp.	1	9.20	1	9.20	0	0.00	1	9.21	7
<i>Coscinodiscus</i> spp.	16	147.20	10	92.00	8	73.68	4	36.84	87
<i>Cylindrotheca</i> sp.	5	46.00	25	230.00	11	101.31	12	110.52	122
<i>Diploneis</i> spp.	1	9.20	3	27.60	4	36.84	3	27.63	25
<i>Entomoneis</i> sp.	8	73.60	14	128.80	8	73.68	5	46.05	81
<i>Eucampia</i> sp.	7	64.40	17	156.40	0	0.00	0	0.00	55
<i>Guinardia</i> spp.	64	588.80	116	1067.20	35	322.35	61	561.81	635
<i>Hemianlus</i> spp.	3	27.60	25	230.00	7	64.47	8	73.68	99
<i>Lauderia</i> spp.	24	220.80	31	285.20	17	156.57	35	322.35	246
<i>Leptocylindrus</i> sp.	0	0.00	2	18.40	0	0.00	0	0.00	5
<i>Meuniera</i> sp.	0	0.00	6	55.20	2	18.42	9	82.89	39
<i>Navicula</i> spp.	25	230.00	33	303.60	15	138.15	23	211.83	221
<i>Nitzschia</i> spp.	5	46.00	11	101.20	5	46.05	5	46.05	60
<i>Odontella</i> spp.	6	55.20	2	18.40	2	18.42	5	46.05	35
<i>Paralia</i> sp.	1	9.20	2	18.40	0	0.00	0	0.00	7
<i>Pleurosigma</i> /Gyrosigma spp.	86	791.20	83	763.60	70	644.70	66	607.86	702
<i>Proboscia</i> spp.	0	0.00	4	36.80	8	73.68	8	73.68	46
<i>Pseudoguinardia</i> sp.	4	36.80	0	0.00	0	0.00	3	27.63	16
<i>Pseudonitzschia</i> spp.	59	542.80	99	910.80	37	340.77	63	580.23	594
<i>Rhizosolenia</i> spp.	13	119.60	8	73.60	7	64.47	7	64.47	81
<i>Surirella</i> sp.	1	9.20	5	46.00	9	82.89	13	119.73	64
<i>Thalassionema</i> spp.	112	1030.40	96	883.20	101	930.21	87	801.27	911
<i>Thalassiosira</i> spp.	14	128.80	6	55.20	13	119.73	7	64.47	92
Unknown*	22	202.40	4	36.80	9	82.89	4	36.84	90
<b>ไดโนแฟลกเจลเลต</b>									
<i>Amphidinium</i> sp.	0	0.00	1	9.20	0	0.00	0	0.00	2

สกุล/ชนิดของ แพลงก์ตอนพืช	S1-TIO_S1				S1-TIO_S2				ค่าเฉลี่ย (cell/L)
	Sample 1		Sample 2		Sample 1		Sample 2		
	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	
<i>Ceratium furca</i>	6	55.20	5	46.00	3	27.63	4	36.84	41
<i>Ceratium fusus</i>	4	36.80	6	55.20	2	18.42	2	18.42	32
<i>Ceratium</i> spp.	4	36.80	4	36.80	1	9.21	2	18.42	25
<i>Dinophysis</i> spp.	3	27.60	7	64.40	4	36.84	3	27.63	39
<i>Diplopelta</i> spp.	6	55.20	0	0.00	1	9.21	1	9.21	18
<i>Diplopsalis</i> spp.	9	82.80	4	36.80	0	0.00	4	36.84	39
<i>Peridinium</i> spp.	2	18.40	2	18.40	0	0.00	2	18.42	14
<i>Prorocentrum</i> spp.	6	55.20	13	119.60	16	147.36	7	64.47	97
<i>Protoperdinium</i> spp.	13	119.60	7	64.40	11	101.31	9	82.89	92
<i>Pyrophacus</i> sp.	1	9.20	0	0.00	3	27.63	0	0.00	9
<i>Scropsiella</i> spp.	3	27.60	1	9.20	2	18.42	3	27.63	21
<i>Gonyaulax</i> sp.	0	0.00	1	9.20	2	18.42	1	9.21	9
<i>Pyrocystis</i> sp.	0	0.00	0	0.00	2	18.42	0	0.00	5
<i>Protoceratium</i> sp.	0	0.00	0	0.00	0	0.00	3	27.63	7
<i>Gymnodinium</i> sp.	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	9.21	2
Unknown**	34	312.80	23	211.60	20	184.20	27	248.67	239
<b>ซิลิโคแพลงก์ตอน</b>									
<i>Dictyocha fibula</i>	9	82.80	12	110.40	8	73.68	10	92.10	90
<i>Dictyocha speculum</i>	0	0.00	0	0.00	1	9.21	0	0.00	2
<b>ไซยาโนแบคทีเรีย</b>									
<i>Oscillatoria</i> sp.	680	6256.00	671	6173.20	794	7312.74	898	8270.58	7003
<i>Pseudanabaena</i> sp.	288	2649.60	426	3919.20	423	3895.83	252	2320.92	3196
<i>Richelia</i> sp.	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	9.21	2
<b>รวม</b>	1639	15078.80	2032	18694.40	1753	16145.13	1845	16992.45	16728

ภาคผนวก ฅ ข้อมูลแพลงก์ตอนพืชสถานีที่ 2 จากวิธีมาตรฐาน

สกุล/ชนิดของ แพลงก์ตอนพืช	S2-TIO_S1				S2-TIO_S2				ค่าเฉลี่ย (cell/L)
	Sample 1		Sample 2		Sample 1		Sample 2		
	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	
<b>ไดอะตอม</b>									
<i>Amphora</i> spp.	3	27.56	4	36.74	2	18.54	9	83.43	42
<i>Asteromphalus</i> spp.	1	9.19	0	0.00	2	18.54	1	9.27	9
<i>Bacillaria</i> spp.	38	349.03	60	551.10	54	500.58	78	723.06	531
<i>Bacteriastrium</i> spp.	107	982.80	165	1515.53	138	1279.26	117	1084.59	1216
<i>Bellerochea</i> sp.	0	0.00	33	303.11	20	185.40	33	305.91	199
<i>Cerataulina</i> sp.	0	0.00	1	9.19	0	0.00	1	9.27	5
<i>Chaetoceros</i> spp.	471	4326.14	408	3747.48	351	3253.77	373	3457.71	3696
<i>Corethron</i> sp.	2	18.37	3	27.56	7	64.89	5	46.35	39
<i>Coscinodiscus</i> spp.	17	156.15	10	91.85	12	111.24	15	139.05	125
<i>Cylindrotheca</i> sp.	11	101.04	15	137.78	11	101.97	14	129.78	118
<i>Diploneis</i> spp.	4	36.74	5	45.93	1	9.27	2	18.54	28
<i>Ditylum</i> spp.	2	18.37	2	18.37	4	37.08	0	0.00	18
<i>Entomoneis</i> sp.	15	137.78	16	146.96	25	231.75	19	176.13	173
<i>Eucampia</i> sp.	12	110.22	16	146.96	10	92.70	4	37.08	97
<i>Guinardia</i> spp.	130	1194.05	154	1414.49	115	1066.05	120	1112.40	1197
<i>Helicotheca thamensis</i>	2	18.37	0	0.00	0	0.00	3	27.81	12
<i>Hemianlus</i> spp.	16	146.96	33	303.11	20	185.40	18	166.86	201
<i>Lauderia</i> spp.	58	532.73	62	569.47	30	278.10	16	148.32	382
<i>Leptocylindrus</i> sp.	3	27.56	0	0.00	0	0.00	0	0.00	7
<i>Meuniera</i> sp.	11	101.04	11	101.04	4	37.08	3	27.81	67
<i>Navicula</i> spp.	3	27.56	18	165.33	5	46.35	9	83.43	81
<i>Nitzschia</i> spp.	21	192.89	34	312.29	14	129.78	13	120.51	189
<i>Odontella</i> spp.	0	0.00	7	64.30	4	37.08	4	37.08	35
<i>Palmeria hardmaniana</i>	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	9.27	2
<i>Paralia</i> sp.	10	91.85	3	27.56	29	268.83	32	296.64	171
<i>Pleurosigma /Gyrosigma</i> spp.	137	1258.35	163	1497.16	208	1928.16	159	1473.93	1539
<i>Proboscia</i> spp.	7	64.30	5	45.93	9	83.43	2	18.54	53
<i>Pseudoguinardia</i> sp.	3	27.56	0	0.00	0	0.00	0	0.00	7
<i>Pseudonitzschia</i> spp.	34	312.29	89	817.47	43	398.61	84	778.68	577
<i>Rhizosolenia</i> spp.	3	27.56	4	36.74	4	37.08	5	46.35	37
<i>Surirella</i> sp.	10	91.85	20	183.70	19	176.13	13	120.51	143
<i>Thalassionema</i> spp.	448	4114.88	712	6539.72	441	4088.07	646	5988.42	5183
<i>Thalassiosira</i> spp.	67	615.40	49	450.07	62	574.74	80	741.60	595
<i>Triceratium</i> sp.	0	0.00	0	0.00	2	18.54	0	0.00	5



สกุล/ชนิดของ แพลงก์ตอนพืช	S2-TIO_S1				S2-TIO_S2				ค่าเฉลี่ย (cell/L)
	Sample 1		Sample 2		Sample 1		Sample 2		
	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	
unknown*	16	146.96	13	119.41	19	176.13	27	250.29	173
<b>ไดโนแฟลกเจลเลต</b>									
<i>Ceratium furca</i>	4	36.74	0	0.00	4	37.08	1	9.27	21
<i>Ceratium fusus</i>	1	9.19	4	36.74	5	46.35	2	18.54	28
<i>Ceratium</i> spp.	5	45.93	6	55.11	6	55.62	0	0.00	39
<i>Dinophysis</i> spp.	1	9.19	1	9.19	3	27.81	0	0.00	12
<i>Diplopelta</i> spp.	6	55.11	0	0.00	4	37.08	0	0.00	23
<i>Diplopsalis</i> spp.	4	36.74	4	36.74	6	55.62	2	18.54	37
<i>Gonyaulax</i> sp.	1	9.19	0	0.00	3	27.81	2	18.54	14
<i>Gymnodinium</i> sp.	2	18.37	2	18.37	0	0.00	1	9.27	12
<i>Ornithocercus magnificus</i>	0	0.00	0	0.00	1	9.27	0	0.00	2
<i>Peridinium</i> sp.	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	9.27	2
<i>Prorocentrum</i> spp.	4	36.74	5	45.93	3	27.81	2	18.54	32
<i>Protoperdinium</i> spp.	9	82.67	6	55.11	3	27.81	6	55.62	55
<i>Pyrophacus</i> sp.	0	0.00	1	9.19	0	0.00	3	27.81	9
<i>Scropsiella</i> spp.	2	18.37	2	18.37	1	9.27	2	18.54	16
unknown**	29	266.37	28	257.18	34	315.18	18	166.86	251
<b>ซิลิโคแพลงเจลเลต</b>									
<i>Dictyocha fibula</i>	13	119.41	29	266.37	23	213.21	20	185.40	196
<b>ไซยาโนแบคทีเรีย</b>									
<i>Oscillatoria</i> sp.	136	1249.16	359	3297.42	353	3272.31	292	2706.84	2631
<i>Pseudanabaena</i> sp.	250	2296.25	94	863.39	375	3476.25	212	1965.24	2150
<b>รวม</b>	2129	19554.87	2656	24395.36	2489	23073.03	2470	22896.90	22480

ภาคผนวก ก ข้อมูลแพลงก์ตอนพืชสถานีที่ 3 จากวิธีมาตรฐาน

สกุล/ชนิดของ แพลงก์ตอนพืช	S3-TIO_S1				S3-TIO_S2				ค่าเฉลี่ย (cell/L)
	Sample 1		Sample 2		Sample 1		Sample 2		
	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	
<b>ไดอะตอม</b>									
<i>Amphora</i> spp.	1	9.36	1	9.36	4	36.68	6	55.02	28
<i>Asteromphalus</i> sp.	0	0.00	1	9.36	1	9.17	1	9.17	7
<i>Bacillaria</i> spp.	61	570.66	60	561.30	11	100.87	33	302.61	384
<i>Bacteriastrium</i> spp.	229	2142.30	170	1590.35	117	1072.89	263	2411.71	1804
<i>Bellerochea</i> sp.	0	0.00	0	0.00	5	45.85	4	36.68	21
<i>Cerataulina</i> sp.	11	102.91	1	9.36	1	9.17	0	0.00	30
<i>Chaetoceros</i> spp.	324	3031.02	189	1768.10	197	1806.49	450	4126.50	2683
<i>Cocconeis</i> sp.	1	9.36	0	0.00	0	0.00	2	18.34	7
<i>Corethron</i> sp.	6	56.13	7	65.49	3	27.51	6	55.02	51
<i>Coscinodiscus</i> spp.	12	112.26	10	93.55	7	64.19	6	55.02	81
<i>Cylindrotheca</i> sp.	20	187.10	11	102.91	9	82.53	32	293.44	166
<i>Diploneis</i> spp.	13	121.62	2	18.71	5	45.85	6	55.02	60
<i>Ditylum</i> spp.	3	28.07	0	0.00	5	45.85	4	36.68	28
<i>Entomoneis</i> sp.	12	112.26	18	168.39	12	110.04	20	183.40	144
<i>Eucampia</i> sp.	0	0.00	6	56.13	0	0.00	0	0.00	14
<i>Guinardia</i> spp.	132	1234.86	59	551.95	49	449.33	85	779.45	754
<i>Helicotheca thamensis</i>	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	9.17	2
<i>Hemianlus</i> spp.	22	205.81	13	121.62	15	137.55	29	265.93	183
<i>Lauderia</i> spp.	31	290.01	35	327.43	27	247.59	44	403.48	317
<i>Leptocylindrus</i> sp.	0	0.00	2	18.71	0	0.00	0	0.00	5
<i>Lyrella</i> sp.	0	0.00	1	9.36	0	0.00	0	0.00	2
<i>Meuniera</i> sp.	6	56.13	11	102.91	10	91.70	14	128.38	95
<i>Navicula</i> spp.	42	392.91	17	159.04	4	36.68	28	256.76	211
<i>Nitzschia</i> sp.	27	252.59	14	130.97	31	284.27	48	440.16	277
<i>Odontella</i> spp.	4	37.42	1	9.36	3	27.51	1	9.17	21
<i>Paralia</i> sp.	14	130.97	0	0.00	17	155.89	4	36.68	81
<i>Pleurosigma</i> / <i>Gyrosigma</i> spp.	123	1150.67	92	860.66	107	981.19	157	1439.69	1108
<i>Proboscia</i> sp.	6	56.13	3	28.07	2	18.34	3	27.51	33
<i>Pseudoguinardia</i> sp.	1	9.36	0	0.00	2	18.34	2	18.34	12
<i>Pseudonitzschia</i> spp.	44	411.62	38	355.49	21	192.57	37	339.29	325
<i>Rhizosolenia</i> spp.	7	65.49	7	65.49	3	27.51	4	36.68	49
<i>Surirella</i> sp.	7	65.49	15	140.33	8	73.36	18	165.06	111
<i>Thalassionema</i> spp.	438	4097.49	336	3143.28	429	3933.93	540	4951.80	4032
<i>Thalassiosira</i> spp.	12	112.26	32	299.36	13	119.21	32	293.44	206
Unknown*	2	18.71	5	46.78	12	110.04	18	165.06	85

สกุล/ชนิดของ แพลงก์ตอนพืช	S3-TIO_S1				S3-TIO_S2				ค่าเฉลี่ย (cell/L)
	Sample 1		Sample 2		Sample 1		Sample 2		
	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	
<b>ไดโนแฟลกเจลเลต</b>									
<i>Ceratium furca</i>	3	28.07	15	140.33	7	64.19	10	91.70	81
<i>Ceratium fusus</i>	5	46.78	5	46.78	2	18.34	6	55.02	42
<i>Ceratium</i> spp.	7	65.49	4	37.42	4	36.68	5	45.85	46
<i>Corythodinium tessellatum</i>	0	0.00	0	0.00	1	9.17	1	9.17	5
<i>Dinophysis</i> sp.	1	9.36	1	9.36	0	0.00	0	0.00	5
<i>Diplopelta</i> spp.	0	0.00	1	9.36	0	0.00	6	55.02	16
<i>Diplopsalis</i> spp.	1	9.36	3	28.07	4	36.68	3	27.51	25
<i>Gonyaulax</i> sp.	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	9.17	2
<i>Gymnodinium</i> sp.	0	0.00	3	28.07	0	0.00	0	0.00	7
<i>Peridinium</i> sp.	0	0.00	0	0.00	1	9.17	0	0.00	2
<i>Prorocentrum</i> spp.	17	159.04	8	74.84	13	119.21	4	36.68	97
<i>Protoperdinium</i> spp.	3	28.07	7	65.49	6	55.02	15	137.55	72
<i>Pyrophacus</i> sp.	1	9.36	1	9.36	0	0.00	0	0.00	5
<i>Scropsiella</i> sp.	0	0.00	0	0.00	0	0.00	2	18.34	5
Unknown**	19	177.75	21	196.46	18	165.06	28	256.76	199
<b>ซิลิโคแฟลกเจลเลต</b>									
<i>Dictyocha fibula</i>	20	187.10	15	140.33	21	192.57	22	201.74	180
<i>Dictyocha speculum</i>	0	0.00	0	0.00	0	0.00	2	18.34	5
<b>ไซยาโนแบคทีเรีย</b>									
<i>Oscillatoria</i> sp.	869	8129.50	639	5977.85	806	7391.02	957	8775.69	7569
<i>Pseudanabaena</i> sp.	198	1852.29	436	4078.78	283	2595.11	317	2906.89	2858
<b>รวม</b>	2755	25773.03	2316	21666.18	2296	21054.32	3277	30050.09	24636

ภาคผนวก ก ข้อมูลแพลงก์ตอนพืชสถานีที่ 4 จากวิธีมาตรฐาน

สกุล/ชนิดของ แพลงก์ตอนพืช	S4-TIO_S1				S4-TIO_S2				ค่าเฉลี่ย (cell/L)
	Sample 1		Sample 2		Sample 1		Sample 2		
	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	
<b>ไดอะตอม</b>									
<i>Asteromphalus</i> sp.	1	9.37	0	0.00	0	0.00	1	8.25	4
<i>Amphora</i> spp.	3	28.10	4	37.46	1	8.25	0	0.00	18
<i>Bacillaria</i> spp.	58	543.17	8	74.92	2	16.50	35	288.75	231
<i>Bacteriastrium</i> spp.	41	383.97	38	355.87	45	371.25	37	305.25	354
<i>Bellerochea</i> sp.	19	177.94	9	84.29	9	74.25	0	0.00	84
<i>Chaetoceros</i> spp.	191	1788.72	137	1283.01	82	676.50	31	255.75	1001
<i>Corethron</i> sp.	5	46.83	3	28.10	3	24.75	1	8.25	27
<i>Coscinodiscus</i> spp.	11	103.02	12	112.38	8	66.00	3	24.75	77
<i>Cylindrotheca</i> sp.	5	46.83	6	56.19	1	8.25	1	8.25	30
<i>Diploneis</i> spp.	4	37.46	6	56.19	3	24.75	1	8.25	32
<i>Ditylum</i> sp.	1	9.37	0	0.00	1	8.25	0	0.00	4
<i>Entomoneis</i> sp.	2	18.73	10	93.65	7	57.75	7	57.75	57
<i>Eucampia</i> sp.	0	0.00	0	0.00	0	0.00	3	24.75	6
<i>Guinardia</i> spp.	34	318.41	37	346.51	32	264.00	23	189.75	280
<i>Helicotheca thamensis</i>	1	9.37	0	0.00	1	8.25	0	0.00	4
<i>Hemianlus</i> spp.	17	159.21	14	131.11	5	41.25	8	66.00	99
<i>Lauderia</i> spp.	19	177.94	10	93.65	7	57.75	6	49.50	95
<i>Leptocylindrus</i> sp.	0	0.00	0	0.00	3	24.75	0	0.00	6
<i>Meuniera</i> sp.	7	65.56	4	37.46	2	16.50	4	33.00	38
<i>Navicula</i> spp.	2	18.73	6	56.19	4	33.00	4	33.00	35
<i>Nitzschia</i> spp.	2	18.73	4	37.46	3	24.75	2	16.50	24
<i>Odontella</i> spp.	2	18.73	5	46.83	3	24.75	0	0.00	23
<i>Paralia</i> sp.	7	65.56	0	0.00	4	33.00	0	0.00	25
<i>Pleurosigma /Gyrosigma</i> spp.	97	908.41	124	1161.26	84	693.00	66	544.50	827
<i>Proboscia</i> spp.	3	28.10	5	46.83	3	24.75	3	24.75	31
<i>Pseudonitzschia</i> spp.	23	215.40	48	449.52	20	165.00	26	214.50	261
<i>Rhizosolenia</i> spp.	4	37.46	8	74.92	2	16.50	2	16.50	36
<i>Surirella</i> sp.	7	65.56	9	84.29	2	16.50	4	33.00	50
<i>Thalassionema</i> spp.	381	3568.07	417	3905.21	220	1815.00	243	2004.75	2823
<i>Thalassiosira</i> spp.	54	505.71	104	973.96	36	297.00	33	272.25	512
unknown*	9	84.29	17	159.21	12	99.00	10	82.50	106
<b>ไดโนแฟลกเจลเลต</b>									
<i>Ceratium furca</i>	3	28.10	5	46.83	3	24.75	6	49.50	37
<i>Ceratium fusus</i>	6	56.19	9	84.29	1	8.25	4	33.00	45

สกุล/ชนิดของ แพลงก์ตอนพืช	S4-TIO_S1				S4-TIO_S2				ค่าเฉลี่ย (cell/L)
	Sample 1		Sample 2		Sample 1		Sample 2		
	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	
<i>Ceratium</i> spp.	1	9.37	7	65.56	7	57.75	2	16.50	37
<i>Dinophysis</i> spp.	0	0.00	6	56.19	5	41.25	6	49.50	37
<i>Diplopelta</i> spp.	5	46.83	1	9.37	3	24.75	0	0.00	20
<i>Diplopsalis</i> spp.	4	37.46	4	37.46	3	24.75	3	24.75	31
<i>Peridinium</i> spp.	1	9.37	3	28.10	2	16.50	0	0.00	13
<i>Prorocentrum</i> spp.	3	28.10	6	56.19	8	66.00	4	33.00	46
<i>Protoperdinium</i> spp.	6	56.19	10	93.65	5	41.25	11	90.75	70
<i>Pyrophacus</i> sp.	3	28.10	3	28.10	2	16.50	1	8.25	20
<i>Gonyaulax</i> sp.	5	46.83	9	84.29	2	16.50	1	8.25	39
<i>Scropsiella</i> spp.	8	74.92	1	9.37	0	0.00	4	33.00	29
<i>Gymnodinium</i> spp.	2	18.73	1	9.37	0	0.00	1	8.25	9
unknown**	17	159.21	22	206.03	20	165.00	21	173.25	176
<b>ซิลิโคแฟลกเจลเลต</b>									
<i>Dictyocha fibula</i>	6	56.19	9	84.29	8	66.00	5	41.25	62
<b>ไซยาโนแบคทีเรีย</b>									
<i>Oscillatoria</i> sp.	992	9290.08	1143	10704.20	335	2763.75	261	2153.25	6228
<i>Pseudanabaena</i> sp.	141	1320.47	160	1498.40	158	1303.50	52	429.00	1138
<b>รวม</b>	2213	20724.75	2444	22888.06	1167	9627.75	936	7722.00	15241

ภาคผนวก ก ข้อมูลแพลงก์ตอนพืชสถานีที่ 5 จากวิธีมาตรฐาน

สกุล/ชนิดของ แพลงก์ตอนพืช	S5-TIO_S1				S5-TIO_S2				ค่าเฉลี่ย (cell/L)
	Sample 1		Sample 2		Sample 1		Sample 2		
	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	
ไดอะตอม									
<i>Asteromphalus</i> sp.	1	9.00	0	0.00	0	0.00	1	8.50	4
<i>Amphora</i> spp.	6	54.00	2	18.00	4	34.00	1	8.50	29
<i>Bacillaria</i> spp.	61	549.00	63	567.00	61	518.50	68	578.00	553
<i>Bacteriastrium</i> spp.	123	1107.00	91	819.00	63	535.50	51	433.50	724
<i>Bellerochea</i> spp.	1	9.00	14	126.00	15	127.50	28	238.00	125
<i>Cerataulina</i> sp.	1	9.00	2	18.00	1	8.50	0	0.00	9
<i>Chaetoceros</i> spp.	256	2304.00	155	1395.00	275	2337.50	182	1547.00	1896
<i>Corethron</i> sp.	3	27.00	2	18.00	3	25.50	2	17.00	22
<i>Coscinodiscus</i> spp.	14	126.00	21	189.00	7	59.50	6	51.00	106
<i>Cylindrotheca</i> sp.	17	153.00	14	126.00	7	59.50	5	42.50	95
<i>Diploneis</i> spp.	0	0.00	7	63.00	1	8.50	2	17.00	22
<i>Ditylum</i> spp.	5	45.00	1	9.00	3	25.50	4	34.00	28
<i>Entomoneis</i> sp.	10	90.00	11	99.00	5	42.50	11	93.50	81
<i>Eucampia</i> sp.	3	27.00	0	0.00	11	93.50	2	17.00	34
<i>Guinardia</i> spp.	80	720.00	95	855.00	58	493.00	60	510.00	645
<i>Helicotheca thamensis</i>	2	18.00	1	9.00	9	76.50	0	0.00	26
<i>Hemianlus</i> spp.	28	252.00	16	144.00	16	136.00	8	68.00	150
<i>Lauderia</i> spp.	117	1053.00	63	567.00	27	229.50	25	212.50	516
<i>Leptocylindrus</i> sp.	2	18.00	3	27.00	0	0.00	0	0.00	11
<i>Meuniera</i> sp.	14	126.00	9	81.00	12	102.00	9	76.50	96
<i>Navicula</i> spp.	24	216.00	8	72.00	5	42.50	8	68.00	100
<i>Nitzschia</i> spp.	27	243.00	14	126.00	8	68.00	5	42.50	120
<i>Odontella</i> spp.	9	81.00	5	45.00	6	51.00	3	25.50	51
<i>Paralia</i> sp.	3	27.00	0	0.00	2	17.00	0	0.00	11
<i>Pleurosigma</i> / <i>Gyrosigma</i> spp.	108	972.00	108	972.00	62	527.00	57	484.50	739
<i>Proboscia</i> spp.	10	90.00	4	36.00	5	42.50	0	0.00	42
<i>Pseudonitzschia</i> spp.	56	504.00	34	306.00	24	204.00	37	314.50	332
<i>Rhizosolenia</i> spp.	6	54.00	6	54.00	4	34.00	4	34.00	44
<i>Surirella</i> sp.	27	243.00	9	81.00	10	85.00	5	42.50	113
<i>Thalassionema</i> spp.	829	7461.00	956	8604.00	661	5618.50	675	5737.50	6855
<i>Thalassiosira</i> spp.	65	585.00	95	855.00	97	824.50	74	629.00	723
<i>Petrodictyon</i> sp.	0	0.00	1	9.00	0	0.00	0	0.00	2
<i>Palmeria</i> <i>hardmaniana</i>	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	8.50	2
unknown*	16	144.00	16	144.00	20	170.00	10	85.00	136

สกุล/ชนิดของ แพลงก์ตอนพืช	S5-TIO_S1				S5-TIO_S2				ค่าเฉลี่ย (cell/L)
	Sample 1		Sample 2		Sample 1		Sample 2		
	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	
<b>ไดโนแฟลกเจลเลต</b>									
<i>Ceratium furca</i>	2	18.00	6	54.00	5	42.50	0	0.00	29
<i>Ceratium fusus</i>	3	27.00	4	36.00	4	34.00	9	76.50	43
<i>Ceratium</i> spp.	3	27.00	3	27.00	0	0.00	4	34.00	22
<i>Dinophysis</i> spp.	6	54.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	14
<i>Diplopelta</i> spp.	2	18.00	0	0.00	2	17.00	3	25.50	15
<i>Diplopsalis</i> spp.	2	18.00	6	54.00	7	59.50	4	34.00	41
<i>Peridinium</i> spp.	0	0.00	1	9.00	3	25.50	1	8.50	11
<i>Prorocentrum</i> spp.	9	81.00	3	27.00	11	93.50	11	93.50	74
<i>Protoperdinium</i> spp.	11	99.00	3	27.00	3	25.50	7	59.50	53
<i>Pyrophacus</i> sp.	3	27.00	1	9.00	2	17.00	0	0.00	13
<i>Gonyaulax</i> sp.	0	0.00	0	0.00	5	42.50	3	25.50	17
<i>Scropsiella</i> spp.	3	27.00	1	9.00	2	17.00	1	8.50	15
<i>Gymnodinium</i> sp.	1	9.00	1	9.00	0	0.00	0	0.00	5
unknown**	28	252.00	21	189.00	17	144.50	19	161.50	187
<b>ซิลิโคแพลงก์ตอน</b>									
<i>Dictyocha fibula</i>	26	234.00	23	207.00	22	187.00	8	68.00	174
<i>Dictyocha speculum</i>	0	0.00	0	0.00	2	17.00	0	0.00	4
<b>ไซยาโนแบคทีเรีย</b>									
<i>Oscillatoria</i> sp.	995	8955.00	482	4338.00	842	7157.00	562	4777.00	6307
<i>Pseudanabaena</i> sp.	434	3906.00	431	3879.00	192	1632.00	90	765.00	2546
<b>รวม</b>	3452	31068.00	2812	25308.00	2601	22108.50	2066	17561.00	24011





สกุล/ชนิดของ แพลงก์ตอนพืช	S6-TIO_S1				S6-TIO_S2				ค่าเฉลี่ย (cell/L)
	Sample 1		Sample 2		Sample 1		Sample 2		
	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	
<i>Ceratium furca</i>	9	84.20	7	65.49	9	85.05	7	66.15	75
<i>Ceratium fusus</i>	3	28.07	2	18.71	1	9.45	0	0.00	14
<i>Ceratium</i> spp.	5	46.78	2	18.71	4	37.80	0	0.00	26
<i>Dinophysis</i> spp.	0	0.00	3	28.07	0	0.00	0	0.00	7
<i>Diplopelta</i> spp.	2	18.71	2	18.71	4	37.80	3	28.35	26
<i>Diplopsalis</i> spp.	8	74.84	16	149.68	6	56.70	0	0.00	70
<i>Peridinium</i> sp.	1	9.36	0	0.00	1	9.45	0	0.00	5
<i>Prorocentrum</i> spp.	13	121.62	18	168.39	4	37.80	5	47.25	94
<i>Protoperdinium</i> spp.	7	65.49	2	18.71	3	28.35	3	28.35	35
<i>Pyrophacus</i> sp.	1	9.36	5	46.78	1	9.45	0	0.00	16
<i>Gonyaulax</i> sp.	0	0.00	3	28.07	2	18.90	0	0.00	12
<i>Scropsiella</i> spp.	6	56.13	9	84.20	6	56.70	2	18.90	54
<i>Gymnodinium</i> sp.	0	0.00	3	28.07	1	9.45	0	0.00	9
unknown**	25	233.88	43	402.27	13	122.85	18	170.10	232
<b>ซิลิโคแฟลกเจลเลต</b>									
<i>Dictyocha fibula</i>	19	177.75	23	215.17	5	47.25	5	47.25	122
<i>Dictyocha speculum</i>	1	9.36	1	9.36	0	0.00	1	9.45	7
<b>ไซยาโนแบคทีเรีย</b>									
<i>Oscillatoria</i> sp.	1101	10299.86	1534	14350.57	1237	11689.65	1405	13277.25	12404
<i>Pseudanabaena</i> sp.	301	2815.86	573	5360.42	310	2929.50	321	3033.45	3535
<i>Richelia</i> sp.	0	0.00	1	9.36	2	18.90	1	9.45	9
<b>รวม</b>	3099	28991.15	3901	36493.86	3042	28746.90	3167	29928.15	31040

ภาคผนวก ๗ ข้อมูลแพลงก์ตอนพืชสถานีที่ 1 จากเครื่องวิเคราะห์หอนุภาคสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM)

สกุล/ชนิดของ แพลงก์ตอนพืช	S1-TIO_S1				S1-TIO_S2				ค่าเฉลี่ย (cell/L)
	Sample 1		Sample 2		Sample 1		Sample 2		
	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	
<b>ไดอะตอม</b>									
<i>Amphora</i> spp.	1.53	1530	3.07	3070	6.14	6140	3.07	3070	3453
<i>Bacteriastrium</i> spp.	51.00	51000	60.00	60000	40.00	40000	40.00	40000	47750
<i>Chaetoceros</i> spp.	608.00	608000	637.00	637000	737.00	737000	696.00	696000	669500
<i>Corethron</i> sp.	1.53	1530	3.07	3070	3.07	3070	3.07	3070	2685
<i>Coscinodiscus</i> spp.	34.00	34000	68.00	68000	37.00	37000	37.00	37000	44000
<i>Diploneis</i> spp.	0.00	0	1.54	1540	4.61	4610	4.61	4610	2690
<i>Ditylum</i> spp.	6.14	6140	9.21	9210	0.00	0	3.07	3070	4605
<i>Entomoneis</i> sp.	0.00	0	0.00	0	1.54	1540	1.54	1540	770
<i>Guinardia</i> spp.	38.00	38000	29.00	29000	23.00	23000	22.00	22000	28000
<i>Hemianlus</i> spp.	7.67	7670	3.07	3070	6.14	6140	11.00	11000	6970
<i>Lauderia</i> spp.	25.00	25000	40.00	40000	40.00	40000	34.00	34000	34750
<i>Navicula</i> spp.	23.00	23000	31.00	31000	41.00	41000	41.00	41000	34000
<i>Nitzschia</i> spp.	152.00	152000	149.00	149000	201.00	201000	151.00	151000	163250
<i>Odontella</i> spp.	17.00	17000	32.00	32000	14.00	14000	9.21	9210	18053
<i>Palmeria hardmaniana</i>	0.00	0	0.00	0	1.54	1540	0.00	0	385
<i>Pleurosigma</i> spp.	204.00	204000	227.00	227000	243.00	243000	252.00	252000	231500
<i>Proboscia</i> spp.	6.14	6140	0	0	14.00	14000	6.14	6140	6570
<i>Pseudonitzschia</i> spp.	49.00	49000	26.00	26000	37.00	37000	22.00	22000	33500
<i>Rhizosolenia</i> sp.	1.53	1530	0.00	0	0.00	0	0.00	0	383
<i>Surirella</i> sp.	11.00	11000	25.00	25000	22.00	22000	32.00	32000	22500
<i>Thalassionema</i> spp.	143.00	143000	118.00	118000	194.00	194000	103.00	103000	139500
<i>Thalassiosira</i> spp.	18.00	18000	14.00	14000	14.00	14000	15.00	15000	15250
<b>ไดโนแฟลกเจลเลต</b>									
<i>Ceratium furca</i>	3.07	3070	6.14	6140	1.54	1540	0.00	0	2688
<i>Ceratium fusus</i>	4.60	4600	0.00	0	1.54	1540	0.00	0	1535
<i>Ceratium</i> spp.	0.00	0	0.00	0	0.00	0	1.54	1540	385
<i>Dinophysis</i> spp.	12.00	12000	15.00	15000	9.21	9210	12.00	12000	12053
<i>Prorocentrum</i> sp.	0.00	0	1.54	1540	0.00	0	0.00	0	385
<i>Protoperdinium</i> spp.	43.00	43000	52.00	52000	37.00	37000	34.00	34000	41500
Unknown**	7.67	7670	25.00	25000	22.00	22000	32.00	32000	21668
<b>ซิลิโคแฟลกเจลเลต</b>									
<i>Dictyocha fibula</i>	43.00	43000	46.00	46000	45.00	45000	57.00	57000	47750
<b>ไซยาโนแบคทีเรีย</b>									
<i>Oscillatoria</i> sp.	3.07	3070	6.14	6140	4.61	4610	7.68	7680	5375
<b>รวม</b>	1513.95	1513950	1627.78	1627780	1800.94	1800940	1630.93	1630930	1643400

ภาคผนวก ๗ ข้อมูลแพลงก์ตอนพืชสถานีที่ 2 จากเครื่องวิเคราะห์หอนุภาคสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM)

สกุล/ชนิดของ แพลงก์ตอนพืช	S2-TIO_S1				S2-TIO_S2				ค่าเฉลี่ย (cell/L)
	Sample 1		Sample 2		Sample 1		Sample 2		
	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	
<b>ไดอะตอม</b>									
<i>Amphora</i> spp.	4.60	4600	3.07	3070	3.07	3070	7.68	7680	4605
<i>Bacteriastrium</i> spp.	37.00	37000	57.00	57000	72.00	72000	91.00	91000	64250
<i>Chaetoceros</i> spp.	443.00	443000	854.00	854000	612.00	612000	989.00	989000	724500
<i>Corethron</i> sp.	1.53	1530	3.07	3070	1.53	1530	7.68	7680	3453
<i>Coscinodiscus</i> spp.	48.00	48000	66.00	66000	74.00	74000	58.00	58000	61500
<i>Diploneis</i> sp.	0.00	0	4.61	4610	4.60	4600	6.14	6140	3838
<i>Ditylum</i> spp.	12.00	12000	6.14	6140	4.60	4600	14.00	14000	9185
<i>Entomoneis</i> sp.	0.00	0	0.00	0	0.00	0	1.54	1540	385
<i>Guinardia</i> spp.	28.00	28000	48.00	48000	29.00	29000	49.00	49000	38500
<i>Hemianlus</i> spp.	7.67	7670	9.21	9210	11.00	11000	20.00	20000	11970
<i>Lauderia</i> spp.	58.00	58000	65.00	65000	44.00	44000	61.00	61000	57000
<i>Navicula</i> spp.	37.00	37000	22.00	22000	29.00	29000	54.00	54000	35500
<i>Nitzschia</i> spp.	153.00	153000	215.00	215000	247.00	247000	247.00	247000	215500
<i>Odontella</i> spp.	23.00	23000	31.00	31000	21.00	21000	35.00	35000	27500
<i>Pleurosigma</i> spp.	189.00	189000	281.00	281000	226.00	226000	330.00	330000	256500
<i>Proboscia</i> spp.	3.07	3070	6.14	6140	1.53	1530	12.00	12000	5685
<i>Pseudonitzschia</i> spp.	18.00	18000	20.00	20000	26.00	26000	31.00	31000	23750
<i>Rhizosolenia</i> sp.	0.00	0	1.54	1540	0.00	0	0.00	0	385
<i>Surirella</i> sp.	17.00	17000	23.00	23000	14.00	14000	34.00	34000	22000
<i>Thalassionema</i> spp.	133.00	133000	146.00	146000	195.00	195000	204.00	204000	169500
<i>Thalassiosira</i> spp.	14.00	14000	18.00	18000	26.00	26000	9.21	9210	16803
<b>ไดโนแฟลกเจลเลต</b>									
<i>Ceratium furca</i>	0.00	0	1.54	1540	0.00	0	3.07	3070	1153
<i>Ceratium fusus</i>	1.53	1530	1.54	1540	4.60	4600	1.54	1540	2303
<i>Ceratium</i> spp.	1.53	1530	3.07	3070	0.00	0	1.54	1540	1535
<i>Dinophysis</i> sp.	23.00	23000	17.00	17000	23.00	23000	28.00	28000	22750
<i>Prorocentrum</i> spp.	3.07	3070	1.54	1540	0.00	0	0.00	0	1153
<i>Protoperdinium</i> spp.	55.00	55000	84.00	84000	68.00	68000	91.00	91000	74500
unknown**	21.00	21000	28.00	28000	23.00	23000	34.00	34000	26500
<b>ซิลิโคแฟลกเจลเลต</b>									
<i>Dictyocha fibula</i>	21.00	21000	46.00	46000	58.00	58000	61.00	61000	46500
<b>ไซยาโนแบคทีเรีย</b>									
<i>Oscillatoria</i> sp.	1.53	1530	3.07	3070	3.07	3070	4.61	4610	3070
<b>รวม</b>	1354.53	1354530	2065.54	2065540	1821.00	1821000	2486.01	2486010	1931770

ภาคผนวก ณ ข้อมูลแพลงก์ตอนพืชสถานีที่ 3 จากเครื่องวิเคราะห์หอนุภาคสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM)

สกุล/ชนิดของ แพลงก์ตอนพืช	S3-TIO_S1				S3-TIO_S2				ค่าเฉลี่ย (cell/L)
	Sample 1		Sample 2		Sample 1		Sample 2		
	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	
<b>ไดอะตอม</b>									
<i>Amphora</i> spp.	4.61	4610	1.54	1540	6.14	6140	4.60	4600	4223
<i>Bacteriastrium</i> spp.	81.00	81000	25.00	25000	66.00	66000	140.00	140000	78000
<i>Chaetoceros</i> spp.	353.00	353000	213.00	213000	832.00	832000	904.00	904000	575500
<i>Corethron</i> sp.	1.54	1540	1.54	1540	0.00	0	9.20	9200	3070
<i>Coscinodiscus</i> spp.	29.00	29000	15.00	15000	41.00	41000	51.00	51000	34000
<i>Diploneis</i> sp.	0.00	0	3.07	3070	4.60	4600	9.20	9200	4218
<i>Ditylum</i> spp.	14.00	14000	3.07	3070	48.00	48000	3.07	3070	17035
<i>Entomoneis</i> sp.	0.00	0	1.54	1540	0.00	0	0.00	0	385
<i>Guinardia</i> spp.	18.00	18000	9.21	9210	21.00	21000	29.00	29000	19303
<i>Hemianlus</i> spp.	6.14	6140	3.07	3070	18.00	18000	12.00	12000	9803
<i>Lauderia</i> spp.	17.00	17000	14.00	14000	38.00	38000	61.00	61000	32500
<i>Navicula</i> spp.	28.00	28000	20.00	20000	54.00	54000	37.00	37000	34750
<i>Nitzschia</i> spp.	144.00	144000	74.00	74000	268.00	268000	235.00	235000	180250
<i>Odontella</i> spp.	6.14	6140	4.61	4610	14.00	14000	23.00	23000	11938
<i>Pleurosigma</i> <i>/Gyrosigma</i> spp.	126.00	126000	77.00	77000	302.00	302000	298.00	298000	200750
<i>Proboscia</i> spp.	4.61	4610	0.00	0	9.20	9200	6.14	6140	4988
<i>Pseudonitzschia</i> spp.	11.00	11000	7.68	7680	51.00	51000	25.00	25000	23670
<i>Surirella</i> sp.	4.61	4610	1.54	1540	25.00	25000	25.00	25000	14038
<i>Thalassionema</i> spp.	129.00	129000	65.00	65000	255.00	255000	193.00	193000	160500
<i>Thalassiosira</i> spp.	14.00	14000	4.61	4610	21.00	21000	12.00	12000	12903
<b>ไดโนแฟลกเจลเลต</b>									
<i>Ceratium furca</i>	0.00	0	0.00	0	4.60	4600	9.20	9200	3450
<i>Ceratium fusus</i>	1.54	1540	0.00	0	3.07	3070	3.07	3070	1920
<i>Ceratium</i> spp.	0.00	0	0.00	0	0.00	0	4.60	4600	1150
<i>Dinophysis</i> spp.	20.00	20000	4.61	4610	20.00	20000	15.00	15000	14903
<i>Prorocentrum</i> sp.	0.00	0	0.00	0	1.53	1530	1.53	1530	765
<i>Protoperidinium</i> spp.	37.00	37000	20.00	20000	75.00	75000	71.00	71000	50750
unknown**	4.61	4610	4.61	4610	15.00	15000	21.00	21000	11305
<b>ซิลิโคแฟลกเจลเลต</b>									
<i>Dictyocha fibula</i>	20.00	20000	15.00	15000	54.00	54000	57.00	57000	36500
<b>ไซยาโนแบคทีเรีย</b>									
<i>Oscillatoria</i> sp.	0.00	0	0.00	0	9.20	9200	3.07	3070	3068
<b>รวม</b>	1074.80	1074800	588.70	588700	2256.34	2256340	2262.68	2262680	1545630

ภาคผนวก ด ข้อมูลแพลงก์ตอนพืชสถานีที่ 4 จากเครื่องวิเคราะห์อนุภาคสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM)

สกุล/ชนิดของ แพลงก์ตอนพืช	S4-TIO_S1				S4-TIO_S2				ค่าเฉลี่ย (cell/L)
	Sample 1		Sample 2		Sample 1		Sample 2		
	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	
<b>ไดอะตอม</b>									
<i>Amphora</i> sp.	1.54	1540	3.07	3070	0.00	0	3.07	3070	1920
<i>Bacteriastrium</i> spp.	115.00	115000	48.00	48000	52.00	52000	42.00	42000	64250
<i>Bellerochea</i> sp.	0.00	0	0.00	0	1.54	1540	0.00	0	385
<i>Chaetoceros</i> spp.	825.00	825000	848.00	848000	800.00	800000	693.00	693000	791500
<i>Corethron</i> sp.	1.54	1540	11.00	11000	0.00	0	14.00	14000	6635
<i>Coscinodiscus</i> spp.	78.00	78000	51.00	51000	54.00	54000	51.00	51000	58500
<i>Diploneis</i> spp.	3.07	3070	4.60	4600	1.54	1540	9.22	9220	4608
<i>Ditylum</i> spp.	7.68	7680	0.00	0	11.00	11000	3.07	3070	5438
<i>Eucampia</i> sp.	0.00	0	0.00	0	0.00	0	1.54	1540	385
<i>Guinardia</i> spp.	31.00	31000	28.00	28000	49.00	49000	25.00	25000	33250
<i>Hemianthus</i> spp.	14.00	14000	7.67	7670	3.07	3070	6.15	6150	7723
<i>Lauderia</i> spp.	22.00	22000	43.00	43000	38.00	38000	28.00	28000	32750
<i>Navicula</i> spp.	61.00	61000	31.00	31000	51.00	51000	34.00	34000	44250
<i>Nitzschia</i> spp.	293.00	293000	175.00	175000	224.00	224000	178.00	178000	217500
<i>Odontella</i> spp.	9.21	9210	34.00	34000	11.00	11000	17.00	17000	17803
<i>Paralia</i> sp.	0.00	0	0.00	0	1.54	1540	0.00	0	385
<i>Pleurosigma/ Gyrosigma</i> spp.	310.00	310000	284.00	284000	237.00	237000	218.00	218000	262250
<i>Proboscia</i> sp.	4.61	4610	0.00	0	12.00	12000	9.22	9220	6458
<i>Pseudonitzschia</i> spp.	52.00	52000	14.00	14000	52.00	52000	22.00	22000	35000
<i>Rhizosolenia</i> sp.	1.54	1540	0.00	0	6.14	6140	1.54	1540	2305
<i>Surirella</i> sp.	12.00	12000	11.00	11000	11.00	11000	22.00	22000	14000
<i>Thalassionema</i> spp.	246.00	246000	160.00	160000	215.00	215000	132.00	132000	188250
<i>Thalassiosira</i> spp.	20.00	20000	17.00	17000	32.00	32000	17.00	17000	21500
<b>ไดโนแฟลกเจลเลต</b>									
<i>Ceratium furca</i>	4.61	4610	1.53	1530	1.54	1540	1.54	1540	2305
<i>Ceratium fusus</i>	1.54	1540	0.00	0	3.07	3070	3.07	3070	1920
<i>Ceratium trichoceros</i>	0.00	0	0.00	0	3.07	3070	0.00	0	768
<i>Ceratium</i> spp.	3.07	3070	1.53	1530	3.07	3070	1.54	1540	2303
<i>Dinophysis</i> spp.	18.00	18000	12.00	12000	14.00	14000	17.00	17000	15250
<i>Prorocentrum</i> sp.	4.61	4610	0.00	0	0.00	0	1.54	1540	1538
<i>Protoperdinium</i> spp.	58.00	58000	68.00	68000	65.00	65000	58.00	58000	62250
unknown**	20.00	20000	15.00	15000	20.00	20000	28.00	28000	20750
<b>ซิลิโคแฟลกเจลเลต</b>									
<i>Dictyocha fibula</i>	60.00	60000	60.00	60000	52.00	52000	45.00	45000	54250

สกุล/ชนิดของ แพลงก์ตอนพืช	S4-TIO_S1				S4-TIO_S2				ค่าเฉลี่ย (cell/L)
	Sample 1		Sample 2		Sample 1		Sample 2		
	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	
ไซยาโนแบคทีเรีย									
<i>Oscillatoria</i> sp.	3.07	3070	11.00	11000	6.14	6140	7.69	7690	6975
รวม	2281.09	2281090	1939.40	1939400	2030.72	2030720	1690.19	1690190	1985350

ภาคผนวก ต ข้อมูลแพลงก์ตอนพืชสถานีที่ 5 จากเครื่องวิเคราะห์อนุภาคสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM)

สกุล/ชนิดของ แพลงก์ตอนพืช	S5-TIO_S1				S5-TIO_S2				ค่าเฉลี่ย (cell/L)
	Sample 1		Sample 2		Sample 1		Sample 2		
	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	
<b>ไดอะตอม</b>									
<i>Amphora</i> sp.	4.61	4610	4.61	4610	0.00	0	4.61	4610	3458
<i>Bacteriastrium</i> spp.	283.00	283000	167.00	167000	48.00	48000	55.00	55000	138250
<i>Chaetoceros</i> spp.	2402.00	2402000	940.00	940000	831.00	831000	874.00	874000	1261750
<i>Corethron</i> sp.	6.14	6140	4.61	4610	4.61	4610	0.00	0	3840
<i>Coscinodiscus</i> sp.	52.00	52000	58.00	58000	31.00	31000	34.00	34000	43750
<i>Diploneis</i> spp.	9.21	9210	9.21	9210	4.61	4610	6.14	6140	7293
<i>Ditylum</i> spp.	3.07	3070	6.14	6140	3.07	3070	4.61	4610	4223
<i>Entomoneis</i> sp.	1.54	1540	0.00	0	1.54	1540	0.00	0	770
<i>Eucampia</i> sp.	0.00	0	0.00	0	1.54	1540	0.00	0	385
<i>Guinardia</i> spp.	103.00	103000	69.00	69000	43.00	43000	120.00	120000	83750
<i>Hemianlus</i> spp.	18.00	18000	9.21	9210	7.68	7680	15.00	15000	12473
<i>Lauderia</i> spp.	117.00	117000	92.00	92000	34.00	34000	66.00	66000	77250
<i>Navicula</i> spp.	31.00	31000	37.00	37000	40.00	40000	18.00	18000	31500
<i>Nitzschia</i> spp.	283.00	283000	180.00	180000	213.00	213000	132.00	132000	202000
<i>Odontella</i> spp.	74.00	74000	38.00	38000	20.00	20000	28.00	28000	40000
<i>Pleurosigma/ Gyrosigma</i> spp.	779.00	779000	272.00	272000	0.00	0	189.00	189000	310000
<i>Proboscia</i> spp.	12.00	12000	15.00	15000	1.54	1540	9.21	9210	9438
<i>Pseudonitzschia</i> spp.	31.00	31000	22.00	22000	35.00	35000	35.00	35000	30750
<i>Rhizosolenia</i> spp.	1.54	1540	3.07	3070	1.54	1540	4.61	4610	2690
<i>Surirella</i> sp.	57.00	57000	40.00	40000	12.00	12000	35.00	35000	36000
<i>Thalassionema</i> spp.	243.00	243000	146.00	146000	187.00	187000	91.00	91000	166750
<i>Thalassiosira</i> spp.	18.00	18000	63.00	63000	26.00	26000	20.00	20000	31750
<b>ไดโนแฟลกเจลเลต</b>									
<i>Ceratium furca</i>	17.00	17000	1.54	1540		0	3.07	3070	5403
<i>Ceratium fusus</i>	3.07	3070	4.61	4610	3.07	3070	1.54	1540	3073
<i>Ceratium trichoceros</i>	0.00	0	0.00	0	0.00	0	1.54	1540	385
<i>Ceratium</i> spp.	9.21	9210	0.00	0	1.54	1540	0.00	0	2688
<i>Dinophysis</i> spp.	11.00	11000	6.14	6140	1.54	1540	7.68	7680	6590
<i>Prorocentrum</i> sp.	1.54	1540	1.54	1540	0.00	0	1.54	1540	1155
<i>Protoperdinium</i> spp.	51.00	51000	57.00	57000	48.00	48000	35.00	35000	47750
unknown**	55.00	55000	46.00	46000	25.00	25000	23.00	23000	37250
<b>ซิลิโคแฟลกเจลเลต</b>									
<i>Dictyocha fibula</i>	81.00	81000	43.00	43000	29.00	29000	28.00	28000	45250

สกุล/ชนิดของ แพลงก์ตอนพืช	S5-TIO_S1				S5-TIO_S2				ค่าเฉลี่ย (cell/L)
	Sample 1		Sample 2		Sample 1		Sample 2		
	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	
ไซยาโนแบคทีเรีย									
<i>Oscillatoria</i> sp.	11.00	11000	3.07	3070	4.61	4610	11.00	11000	7420
รวม	4768.93	4768930	2338.75	2338750	1658.89	1658890	1853.55	1853550	2655030



ภาคผนวก ก ข้อมูลแพลงก์ตอนพืชสถานีที่ 6 จากเครื่องวิเคราะห์อนุภาคสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในตัวอย่างของเหลว (FlowCAM)

สกุล/ชนิดของ แพลงก์ตอนพืช	S6-TIO_S1				S6-TIO_S2				ค่าเฉลี่ย (cell/L)
	Sample 1		Sample 2		Sample 1		Sample 2		
	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	cell/ml	cell/L	
<b>ไดอะตอม</b>									
<i>Amphora</i> sp.	1.54	1540	4.61	4610	0.00	0	0.00	0	1538
<i>Bacteriastrium</i> spp.	43.00	43000	45.00	45000	35.00	35000	38.00	38000	40250
<i>Chaetoceros</i> spp.	491.00	491000	611.00	611000	442.00	442000	508.00	508000	513000
<i>Corethron</i> sp.	1.54	1540	1.54	1540	1.54	1540	1.54	1540	1540
<i>Coscinodiscus</i> spp.	28.00	28000	20.00	20000	40.00	40000	22.00	22000	27500
<i>Diploneis</i> spp.	1.54	1540	1.54	1540	1.54	1540	6.14	6140	2690
<i>Ditylum</i> spp.	0.00	0	4.61	4610	3.07	3070	3.07	3070	2688
<i>Entomoneis</i> sp.	0.00	0	1.54	1540	0.00	0	0.00	0	385
<i>Guinardia</i> spp.	41.00	41000	23.00	23000	11.00	11000	25.00	25000	25000
<i>Hemianlus</i> spp.	11.00	11000	6.14	6140	9.21	9210	14.00	14000	10088
<i>Lauderia</i> spp.	29.00	29000	54.00	54000	20.00	20000	46.00	46000	37250
<i>Navicula</i> spp.	26.00	26000	23.00	23000	31.00	31000	12.00	12000	23000
<i>Nitzschia</i> spp.	126.00	126000	132.00	132000	114.00	114000	100.00	100000	118000
<i>Odontella</i> spp.	18.00	18000	31.00	31000	14.00	14000	22.00	22000	21250
<i>Pleurosigma</i> spp.	161.00	161000	167.00	167000	123.00	123000	124.00	124000	143750
<i>Proboscia</i> spp.	7.68	7680	7.68	7680	1.54	1540	7.68	7680	6145
<i>Pseudonitzschia</i> spp.	26.00	26000	25.00	25000	14.00	14000	26.00	26000	22750
<i>Rhizosolenia</i> sp.	0.00	0	1.54	1540	1.54	1540	3.07	3070	1538
<i>Surirella</i> sp.	20.00	20000	29.00	29000	4.61	4610	22.00	22000	18903
<i>Thalassionema</i> spp.	109.00	109000	84.00	84000	132.00	132000	80.00	80000	101250
<i>Thalassiosira</i> spp.	12.00	12000	14.00	14000	4.61	4610	9.21	9210	9955
<b>ไดโนแฟลกเจลเลต</b>									
<i>Ceratium furca</i>	1.54	1540	1.54	1540	1.54	1540	3.07	3070	1923
<i>Ceratium fusus</i>	4.61	4610	0.00	0	3.07	3070	6.14	6140	3455
<i>Ceratium</i> spp.	3.07	3070	0.00	0	0.00	0	0.00	0	768
<i>Dinophysis</i> spp.	4.61	4610	7.68	7680	11.00	11000	3.07	3070	6590
<i>Prorocentrum</i> sp.	0.00	0	1.54	1540	1.54	1540	1.54	1540	1155
<i>Protoperdinium</i> spp.	38.00	38000	28.00	28000	25.00	25000	20.00	20000	27750
unknown**	14.00	14000	12.00	12000	9.21	9210	26.00	26000	15303
<b>ซิลิโคแฟลกเจลเลต</b>									
<i>Dictyocha fibula</i>	35.00	35000	31.00	31000	31.00	31000	31.00	31000	32000
<i>Dictyocha speculum</i>	0.00	0	0.00	0	1.54	1540	0.00	0	385
<b>ไซยาโนแบคทีเรีย</b>									
<i>Oscillatoria</i> sp.	3.07	3070	3.07	3070	6.14	6140	1.54	1540	3455
<b>รวม</b>	1257.20	1257200	1372.03	1372030	1093.70	1093700	1162.07	1162070	1221250

## ภาคผนวก ท ผลการวิเคราะห์ Paired-Sample t-test

## สถานีที่ 1

## 1. ความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืช

Paired Samples Test

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	จำนวนสกุลจากวิธีมาตรฐาน - จำนวน สกุลจากFlowCAM	14.750	3.594	1.797	9.031	20.469	8.208	3	.004

## 2. ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช

Paired Samples Test

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	ความหนาแน่นจากวิธีมาตรฐาน - ความหนาแน่นจากFlowCAM	-1626672.30500	118049.89648	59024.94824	-1814516.03345	-1438828.57655	-27.559	3	.000

## สถานีที่ 2

## 1. ความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืช

Paired Samples Test

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	จำนวนสกุจากวิธีมาตรฐาน - จำนวนสกุจากFlowCAM	16.000	2.000	1.000	12.818	19.182	16.000	3	.001

## 2. ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช

Paired Samples Test

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	ความหนาแน่นจากวิธีมาตรฐาน - ความหนาแน่นจากFlowCAM	-1909289.96000	471290.76890	235645.38445	-2659218.74309	-1159361.17691	-8.102	3	.004

## สถานีที่ 3

## 1. ความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืช

Paired Samples Test

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	จำนวนสกุลจากวิธีมาตรฐาน - จำนวน สกุลจากFlowCAM	15.250	1.708	.854	12.532	17.968	17.859	3	.000

## 2. ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช

Paired Samples Test

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	ความหนาแน่นจากวิธีมาตรฐาน - ความหนาแน่นจากFlowCAM	-1520994.09500	846449.67855	423224.83927	-2867884.42105	-174103.76895	-3.594	3	.037

## สถานีที่ 4

## 1. ความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืช

Paired Samples Test

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	จำนวนสกุจากวิธีมาตรฐาน - จำนวนสกุจากFlowCAM	13.500	3.697	1.848	7.617	19.383	7.304	3	.005

## 2. ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช

Paired Samples Test

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	ความหนาแน่นจากวิธีมาตรฐาน - ความหนาแน่นจากFlowCAM	-1970109.36000	239762.36302	119881.18151	-2351624.78317	-1588593.93683	-16.434	3	.000

## สถานีที่ 5

## 1. ความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืช

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 จำนวนสกุลจากวิธีมาตรฐาน - จำนวนสกุลจากFlowCAM	14.500	1.291	.645	12.446	16.554	22.463	3	.000

## 2. ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 ความหนาแน่นจากวิธีมาตรฐาน - ความหนาแน่นจากFlowCAM	-2631018.62500	1432971.67742	716485.83871	-4911196.33519	-350840.91481	-3.672	3	.035

## สถานีที่ 6

## 1. ความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืช

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 จำนวนสกุจากวิธีมาตรฐาน - จำนวนสกุจากFlowCAM	14.750	4.031	2.016	8.336	21.164	7.318	3	.005

## 2. ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 ความหนาแน่นจากวิธีมาตรฐาน - ความหนาแน่นจากFlowCAM	-1190209.98500	117791.90777	58895.95389	-1377643.19584	-1002776.77416	-20.209	3	.000