

## บทนำ

ปลานิลเป็นปลาที่มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปแอฟริกา ถูกนำเข้าสู่ประเทศไทยเมื่อปี พ.ศ. 2508 เนื่องจากเป็นปลาที่อดทนแพร่ขยายพันธุ์ได้รวดเร็ว มีรสชาติดีจึงเป็นที่นิยมรับประทานกันในทุกภูมิภาคของประเทศไทย

ผลผลิตปลานิลส่วนใหญ่ร้อยละ 70 เป็นการบริโภคภายในประเทศที่เหลือเป็นการส่งออกต่างประเทศ ซึ่งมีความต้องการสูง ตลาดต่างประเทศที่สำคัญคือ อเมริกาและยุโรป เฉพาะตลาดในอเมริกาในปี 2005 มีความต้องการปลานิลถึง 290,000 ตัน (รวมทั้งปลาที่มีชีวิต) (Lim และ Webster, 2006) เฉพาะในรูปปลาแช่แข็ง ปลาแช่เนื้อ ประมาณ 126,000 ตัน มูลค่าถึง 13,090,000,000 บาท ปลานิลที่นำเข้าตลาดในอเมริกาส่วนใหญ่มาจากประเทศจีนและไต้หวัน ซึ่งประเทศจีนเป็นประเทศที่ผลิตปลานิลได้เป็นอันดับหนึ่งของโลก คือ 897,300 ตัน (ปี 2004) ขณะที่ประเทศไทยผลิตได้มากกว่า 100,000 ตัน ในปี 2003 และเป็น 200,000 ตัน ในปี 2008 แต่เมื่อเทียบผลผลิตของประเทศไทยในปี 2003 ที่มากกว่าประเทศไต้หวันเล็กน้อย (ไต้หวันผลิตได้ 90,000 ตัน) แต่การส่งออกปลานิลของประเทศไทยไปยังตลาดอเมริกามีปริมาณถึง 24 เพอร์เซ็นต์ รองจากประเทศจีน (31 เพอร์เซ็นต์) ขณะที่ประเทศไทยยังมียอดส่งออกน้อยกว่ามาก (ต่ำกว่า 1 เพอร์เซ็นต์)

จากความต้องการปลานิลในตลาดภายในและต่างประเทศที่ยังสูงอย่างต่อเนื่องจึงทำให้มีการวิจัยเกี่ยวกับปลานิลในด้านต่างๆ มากมาย แต่การเลี้ยงปลานิล ลูกผสมที่มีคุณภาพไม่คงที่ ทำให้ลูกปลาโตช้า อีกทั้งไม่ได้ขนาดตามต้องการของตลาด ราคาอาหารสำเร็จรูปที่ทำให้ต้นทุนการผลิตที่สูงทำให้ต้นทุนการผลิตสูงกว่าประเทศจีน ต้นทุนหลักในการเลี้ยงปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ มากกว่า 50 เพอร์เซ็นต์ คือต้นทุนค่าอาหาร ในการเลี้ยงปลานิลในกระชังมีต้นทุนค่าอาหารเฉลี่ย 69.50 เพอร์เซ็นต์ ดังนั้น หากสามารถลดต้นทุนค่าอาหารลงได้ โดยที่ปลาที่เลี้ยงโตไว มีคุณภาพเนื้อที่ดี ไม่ปนเปื้อนสารเคมีและติดเชื้อโรค ไม่มีกลิ่นสาบโคลน ก็จะทำได้ผลผลิตสูงมีคุณภาพตามความต้องการและราคาที่สามารถแข่งขันในตลาดโลกได้

ในการวิจัยจึงได้มุ่งเน้นศึกษาอัตราการรอดแผลงก์ตอนในปลานิลขนาดต่างๆ ที่ระดับอุณหภูมิที่แตกต่างกัน เพื่อให้ทราบความสามารถในการกินอาหารธรรมชาติทำให้สามารถกำหนดปริมาณความหนาแน่นของแผลงก์ตอนที่เหมาะสมได้ ปริมาณแผลงก์พืชตอนสามารถควบคุมความหนาแน่นได้โดย ปริมาณปุ๋ยที่ใส่ลงไป การนำกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ยอมรับว่าปลอดภัยมาใช้เพิ่มปริมาณแผลงก์ตอนพืชเป็นอีกแนวทางที่จะลดต้นทุนในการผลิตและนำกากเหลือมาใช้ประโยชน์และศึกษาผลผลิตของปลานิลที่ให้อาหารในอัตราต่างๆ ในบ่อที่มีระดับคลอโรฟิลล์ที่แตกต่างกันจะทำให้ทราบถึงอัตราการให้อาหารที่เหมาะสมทำให้สามารถลดต้นทุนในการผลิตได้

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาอัตราการกรองแสงก่ต่อนพืชในปลานิลขนาดต่างๆที่ระดับอุณหภูมิที่ต่างๆ กัน
2. เพื่อศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ในบ่อดินที่ให้กากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับต่างๆกัน
3. เพื่อศึกษาผลผลิตปลานิลที่ให้อาหารในอัตราต่างๆในบ่อที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์แตกต่างกัน
4. เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มผลผลิตปลานิลและผลผลิตพืชผัก

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตปลานิลโดยใช้ต้นทุนต่ำ
2. เพื่อเพิ่มผลผลิตในปลานิล
3. เพื่อขจัดกลิ่นโคลนในเนื้อปลานิล
4. เพื่อเป็นแหล่งข้อมูลทางวิชาการ ในการส่งเสริมความรู้แก่เกษตรกร สถาบันการศึกษาและบุคคลทั่วไปที่สนใจ
5. หน่วยงานที่จะนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ หน่วยงานของรัฐและเอกชนที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์ ชาวประมงและประชาชนทั่วไป สถานศึกษาทางด้านประมง

## การตรวจเอกสาร

### กากเหลือจากการหมักมูลสุกร

กากเหลือจากการหมักมูลสุกร มีคุณสมบัติที่สามารถนำไปเป็นปุ๋ยอินทรีย์เพื่อใช้ในการเพาะปลูกพืชได้ เนื่องจาก พบว่ายังมีส่วนประกอบของไนโตรเจนค่อนข้างสูง แต่อีกแนวทางหนึ่ง ซึ่งเป็นที่น่าสนใจในปัจจุบัน คือ การนำกากเหลือจากการหมักสุกร ไปเป็นส่วนผสมในสูตรอาหารปลาในปัจจุบันมีเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมากเนื่องจากความนิยมในการบริโภคปลาสูง จากการศึกษาพบว่าประชากรในเขตภาคเหนือมีอัตราการบริโภคสัตว์น้ำจืดต่อคนต่อปีสูงถึง 32 กิโลกรัม (Piomsombun, 2001) จากข้อมูลของสหกรณ์ผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดจังหวัดเชียงใหม่ พบว่าความต้องการสัตว์น้ำประเภทปลาน้ำจืดในจังหวัดเชียงใหม่สูงถึง 40,000 กิโลกรัมต่อวัน (เทพรัตน์ และคณะ, 2545) ปลาที่นิยมเลี้ยงและมีความสำคัญทางเศรษฐกิจมาก คือปลานิลเนื่องจากเป็นปลาที่สามารถขยายพันธุ์ได้ง่าย เจริญเติบโตเร็ว ปรับตัวกับสภาพแวดล้อมได้ดี โดยในปี พ.ศ. 2547 พบว่าประเทศไทยมีผลผลิตปลานิลทั้งหมด 160,241 ตัน มาจากผลผลิตจากการเลี้ยงในบ่อดินมากที่สุดเท่ากับ 131,181 ตัน และมีแนวโน้มจะเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากเป็นปลาที่มีราคาดี ไม่ประสบกับปัญหาเรื่องโรคระบาด ทำให้เป็นที่นิยมบริโภคและเลี้ยงกันอย่างแพร่หลาย โดยปัจจุบันปลานิลสามารถจัดเป็นสินค้าส่งออกไปสู่ต่างประเทศในลักษณะของปลาแช่เนื้อ โดยตลาดที่สำคัญๆ อาทิ ประเทศญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา อิตาลี เป็นต้น (กรมประมง, 2547) แต่ในการเลี้ยงปลาจะมีต้นทุนค่าอาหารสูง ต้นทุนค่าอาหารเป็นต้นทุนหลักในการเลี้ยงสัตว์น้ำ เือง(2542) การเลี้ยงปลาผลิตต้องใช้ต้นทุนค่าอาหาร 64 เปอร์เซ็นต์ ปลาช่อน 77 เปอร์เซ็นต์และกึ่งกุลาค่า 85 เปอร์เซ็นต์ ของต้นทุนทั้งหมด ส่วนในการเลี้ยงปลานิลในกระชังมีต้นทุนค่าอาหารเฉลี่ย 69.5 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นหากลดต้นทุนค่าอาหารลงจะทำให้ได้กำไรจากการเลี้ยงปลามากขึ้น ซึ่งจะช่วยเสริมรายได้ร่วมกับปลาแก่ผู้เลี้ยงสุกรได้เป็นอย่างมาก รวมทั้งสามารถนำกากเหลือจากการหมักสุกรไปขายหรือเป็นส่วนประกอบในการผลิตอาหารปลาที่มีต้นทุนต่ำลงเนื่องจากของกากเหลือจากการหมักสุกรมีค่า ในโตรเจน 2.6 เปอร์เซ็นต์ (ค่าโปรตีนประมาณ 16.25 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งมีค่ามากพอที่จะนำมาเป็นส่วนประกอบในสูตรอาหารปลาได้ อุทัย (2530) รายงานว่า การนำมูลสุกรระยะรุ่น-ขุน ดากแห้ง ซึ่งมีโปรตีนประมาณ 22 เปอร์เซ็นต์ นำไปบดละเอียดผสมกับอาหารเลี้ยงสุกรขุน 15 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ไม่ทำให้ประสิทธิภาพการผลิตของสุกรลดลงและการหมักมูลสุกรกับวัตถุดิบอาหารชนิดอื่น เช่น ข้าวโพด ในสภาวะไร้อากาศเป็นเวลาอย่างน้อย 5 วัน จะช่วยกำจัดเชื้อโรคและกลิ่นมูลสุกรลงได้ และสามารถให้แทนอาหารเลี้ยงแม่สุกรพันธุ์ได้ถึง 2 ใน 3 ส่วน โดยไม่ทำให้สมรรถภาพการสืบพันธุ์ของแม่สุกรเสียไป(อุทัย, 2530; อภิพรธณและคณะ, 2541)

ส่วนของน้ำมูลหมักเมื่อนำมาผ่านลานแยกตะกอน จะได้ส่วนของกากตะกอนที่ตากแห้ง หรือที่ใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งมีธาตุอาหารที่วิเคราะห์ได้ ดังตารางที่ 3 และมีการนำไปใช้ประโยชน์ในการทำเป็นปุ๋ยสำหรับการปลูกพืชไร่ และ พืชผัก แต่เนื่องจากองค์ประกอบที่มีอยู่ยังมีธาตุอาหารที่เหมาะสม จึงควรมานำมาใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบสำหรับผลิตอาหารสุกรเพื่อใช้ในฟาร์มได้

**ตารางที่ 1** ส่วนประกอบทางเคมีของกากเหลือจากการหมักมูลสุกร

| ธาตุที่วิเคราะห์              | ค่าที่วิเคราะห์ได้ (%) |
|-------------------------------|------------------------|
| ไนโตรเจน                      | 2.6                    |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 0.49                   |
| K <sub>2</sub> O              | 0.25                   |
| Fe                            | 0.18                   |
| Zn                            | 0.21                   |
| Cu                            | 0.15                   |
| Mn                            | 0.06                   |

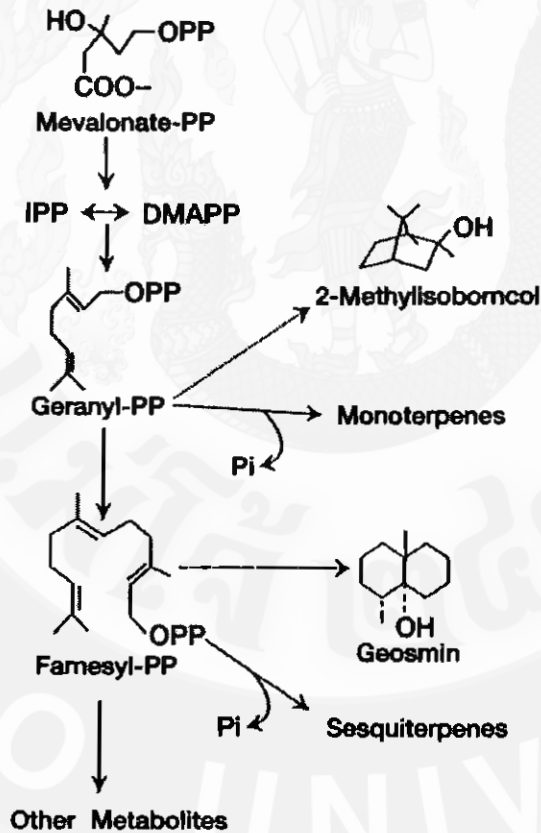
ดัดแปลงจาก: กรมวิชาการเกษตร (2540)

### กลิ่นไม่พึงประสงค์หรือกลิ่นโคลน (Off-flavor)

กลิ่น โคลน (off-flavor) ที่สำคัญซึ่งพบในสัตว์น้ำที่ได้จากการเพาะเลี้ยง คือกลิ่นโคลน (musty/earthy off-flavor) ส่งผลกระทบต่อ การนำสัตว์น้ำและอุตสาหกรรมทางด้านประมงอย่างมาก เนื่องจากกลิ่น โคลนเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผู้บริโภคสัตว์น้ำไม่ยอมรับ (Persson, 1982) โดยสัตว์น้ำที่พบปัญหาดังกล่าวได้แก่ ปลาตกคอเมริกัน (Martin *et al.*, 1990) ปลาเซลมอล (Farmer *et al.*, 1995) ปลาเรนโบว์เทราท์ (Yurkowski and Tabachek, 1974; Form and Horlyck, 1984) ปลาเฮอรั้ง (herring) และปลาคาร์พ (carp) (Yurkowski and Tabachek, 1980) หอยกาบ (Tanchotikul and Hsieh, 1990) กุ้ง (Lovell and Broce, 1985)

กลิ่น โคลนเกิดจากสารที่จำเพาะเจาะจงหลายอย่าง ซึ่งทำให้เกิดกลิ่นรสที่ไม่พึงประสงค์ในสัตว์น้ำ แต่สารที่เป็นตัวหลักที่ก่อให้เกิดกลิ่น โคลนมี 2 ชนิด คือ จีออสมิน (1 $\alpha$ , 10  $\beta$ -dimethyl-9  $\alpha$ -decalol: geosmin) และเอ็มไอบี (2-methylisborneol: MIB) โดยเป็นสารประกอบแอลกอฮอล์อิ่มตัว (Saturated cyclic tertiary alcohol) ที่สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและแบคทีเรียบางชนิดสังเคราะห์ขึ้นในวิถีเทอร์ปีน (terpene pathway) โดยสารประกอบจีออสมินสร้างขึ้นจากสารประกอบฟานิซิล-ไพโรฟอสเฟต (Farnesyl-PP) และสารประกอบเอ็มไอบีสร้างขึ้นจากสารประกอบเจอร์รานิล-ไพโร ฟอสเฟต (Geranyl-PP) (Van Der Ploeg, 1989)

จืออสมินเป็นสาร secondary product จากปฏิกิริยาเมตาบอลิซึมที่เกิดขึ้นจากการสังเคราะห์ทางชีวภาพในไอโซพรีนอยด์ พาทเวย์ (isoprenoid pathway) ในสิ่งมีชีวิตกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน โดยจืออสมินจะเกิดจากการสังเคราะห์ทางชีวภาพในคาโรทีนอยด์ พาทเวย์ (carotenoid pathway) และขั้นตอนการเกิดโฟโตเทล (photothial) ของคลอโรฟิลล์ เอ (chlorophyll a) ดังนั้นจืออสมินจึงเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ เอ ด้วยเหตุนี้ เมื่ออยู่ภายใต้สภาวะการเจริญเติบโตที่จำกัดสารจืออสมินจึงถูกสะสมเพิ่มขึ้น แต่ก็พบว่าสัดส่วนของจืออสมินกับคลอโรฟิลล์ เอ จะมีความไม่แน่นอน ส่วนสารประกอบเอ็มไอบีถูกสังเคราะห์โดยไอโซพรีนอยด์ พาทเวย์ เช่นเดียวกับจืออสมินในสิ่งมีชีวิตกลุ่ม *Actinomyces spp.* และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Van Der Ploeg, 1989)



**ภาพที่ 1** การสังเคราะห์สารให้กลิ่นโคลน (จืออสมิน และเอ็มไอบี) ในวิถีเทอร์ปีน

IPP = isopentenyl pyrophosphate

DMAPP = dimethylallyl pyrophosphate

Pi = inorganic phosphate

ที่มา : Johnsen and Dionigi (1994)

สารประกอบจีโอสมิน (trans-1, 10-dimethyl-trans-9-decalol) ( $C_{12}H_{20}O$ ) และสารประกอบ เอ็มไอบี (2-methylisoborneol) หรือ 1, 2, 7, 7-tetramethylexo-bicyclo (2.2.1) heptan-2-ol ( $C_{11}H_{20}O$ ) เป็นสารประกอบพวกแอลกอฮอล์อิมตัวที่ระเหยได้ โครงสร้างประกอบด้วยหมู่เมทิลและ หมู่ไฮดรอกซิล (Izaguirre *et al.*, 1982) สารประกอบทั้งสองชนิดมีคุณสมบัติทั่วไปคือ ละลายใน ไขมันได้ดี ไม่ชอบน้ำสูง เป็นสารแปลกปลอมสำหรับสิ่งมีชีวิต โดยกระจายตัวและสะสมใน เนื้อเยื่อที่มีส่วนประกอบของไขมันสูง เมื่อเกิดการสะสมในร่างกายจะกำจัดออกได้ยากจึงก่อให้เกิด กลิ่นที่ ไม่พึงประสงค์ (Johnsen *et al.*, 1996) แต่อย่างไรก็ตามสารประกอบทั้งสองชนิดไม่เป็นพิษ ต่อเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต และไม่ก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ (Dionigi *et al.*, 1993)

ปัญหากลิ่นโคลนอาจเกิดขึ้นเนื่องจากปลากินสารประกอบกลิ่นโคลนเข้าไปโดยตรง หรือมีการปนเปื้อนกับสิ่งที่ปลา กิน หรือผ่านเข้าสู่ตัวปลาโดยการดูดซึมในส่วนของอวัยวะต่างๆ (Tanchotikul, 1990) สัตว์น้ำสามารถดูดซึมสารเมแทบอลิต์ที่ก่อให้เกิดกลิ่นโคลนผ่านเหงือก หรือ เนื้อเยื่อต่างๆ ที่สัมผัสน้ำ มากกว่าการกินสาหร่ายหรือแบคทีเรียที่ผลิตสาร โดยตรง (Form and Horlyck, 1984) ไปสะสมอยู่ในร่างกายโดยเฉพาะเนื้อเยื่อที่มีไขมันสูง (Martin *et al.*, 1990) ส่วน Rungreungwudhikrai (1995) ที่พบว่าปลาชนิดจากบ่อเลี้ยงในภาคกลางมีความเข้มข้นของสารกลิ่น โคลนในเนื้อที่สูง เมื่อใช้อาหารสำเร็จรูปร่วมกับการใช้ปุ๋ยในบ่อ โดยบ่อที่ใช้ปุ๋ยยูเรียมีผลให้ปริมาณ สารกลิ่นโคลนในเนื้อสูงกว่าการใช้ปุ๋ยมูลสัตว์ ส่วนบ่อที่ให้อาหารสำเร็จรูปอย่างเดียวพบว่าไม่มีผลให้ สารกลิ่นโคลนในเนื้อปลาค่า

สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สำคัญที่มีผลต่อการเกิดกลิ่นโคลนประกอบด้วยสกุล *Anabena* sp., *Oscillatoria* sp., *Lyngbya* sp., *Symploca* sp., *Microcystis* sp., *Phormidium* sp. (Tabachek และ Yurkowski 1976; Lovell and Broce, 1985; ชะลอ, 2536) ส่วนแบคทีเรียที่สามารถสร้างสาร สารประกอบจีโอสมินและสารเอ็มไอบีได้แก่สกุล *Streptomyces* sp., *Nocardia* sp., *Actinomadura* sp. และ *Actinomycete* sp. สามารถสร้างกลิ่นโคลนหรือกลิ่นไม่พึงประสงค์ และสารพิษตกค้างใน เนื้อปลาได้ (Sivonen, 1982; Martin *et al.*, 1988; Klapper, 1991; Yamada *et al.*, 1994) โดยเฉพาะ สกุล *Streptomyces* sp. จะทำให้เกิดกลิ่น-รสที่ไม่พึงประสงค์มากที่สุด (Van Der Ploeg and Boyd, 1991) สอดคล้องกับ Martin *et al.* (1990) ได้ทำการศึกษาการสะสมสารเอ็มไอบีเนื้อเยื่อของปลาคอด อเมริกัน (channel catfish) ขนาด 0.6–0.7 กิโลกรัม โดยฉีดสารละลายเอ็มไอบีเข้มข้น 1 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม เข้าไปในเส้นเลือดบริเวณใกล้หัวใจ จากนั้นทำการฆ่าปลาที่ระยะเวลา 2, 24 และ 96 ชั่วโมง แล้วนำตัวอย่างจากอวัยวะส่วนต่างๆ ได้แก่ ตับ ไต ผิวหนัง เนื้อช่องท้อง และ กล้ามเนื้อ เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารเอ็มไอบี โดยวิธีแก๊สโครมาโทกราฟี พบว่าเนื้อเยื่อส่วน ผิวหนัง และเนื้อท้อง ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อส่วนที่มีปริมาณไขมันสูง มีความเข้มข้นของสารเอ็มไอบีสูงกว่า ในเนื้อเยื่อส่วนอื่นๆ

Johnsen and Lloyd (1992) ได้ทำการศึกษาในปลาคอดอเมริกันขนาด  $500 \pm 100$  กรัมที่มีปริมาณไขมันในระดับต่างกัน โดยได้นำตัวอย่างปลาที่ได้มาทำการแช่ในสารละลายเอเอ็มไอบี 1 ไมโครกรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ  $25.5 \pm 1$  °C แล้วทำการสุ่มเก็บตัวอย่างปลาที่ระยะเวลา 0, 2, 4, 8 และ 24 ชั่วโมง เพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารเอเอ็มไอบีด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี และแมสสเปคโตรโฟโตมิตรี โดยแบ่งปลาเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่มีไขมันสูงกว่าร้อยละ 2 (2.5, 4.0 และ 6.0) และกลุ่มที่มีไขมันต่ำกว่าร้อยละ 2 (0.5, 1.0 และ 1.5) พบว่าหลังจากการแช่ในสารละลายเอเอ็มไอบี 24 ชั่วโมง สามารถตรวจพบสารเอเอ็มไอบีในเนื้อปลาที่มีปริมาณไขมันร้อยละ 2.5, 4.0 และ 6.0 เท่ากับ 20.1, 24.3 และ 20.8 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

Casey *et al.* (2004) ได้ทำการทดสอบหากลิ้นโคลนในฟาร์มปลาคอดอเมริกัน (channel catfish) โดยใช้วิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัส วิธีการสกัดของแข็ง และวิธีเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี พบว่าปลาคอดอเมริกันที่ทำการสุ่มตรวจพบว่ามีสารประกอบเอเอ็มไอบีมีค่าอยู่ที่ 0.1 และ 0.2 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ส่วนสารประกอบจืออสมินมีค่าอยู่ที่ 0.25 และ 0.5 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ซึ่งพบว่าปริมาณสารประกอบจืออสมินมีประมาณมากกว่าสารประกอบเอเอ็มไอบี

Lovell and Broce (1985) ทำการตรวจสอบหากลิ้นโคลนของประเทศเอกวาดอร์ ในปี 1983 พบปัญหากุ้งมีกลิ่นโคลนเกิดขึ้น ซึ่งพบว่ามีสารประกอบจืออสมินที่มีความเข้มข้นสูงที่บริเวณก้ามเนื้อกุ้ง โดยมีปริมาณความเข้มข้น 78 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ซึ่งเป็นปริมาณสารประกอบสารประกอบจืออสมิน ที่สูงกว่าในปลา channel catfish ซึ่งมีปริมาณสารประกอบจืออสมินเพียง 9.8 ไมโครกรัม/กิโลกรัม โดยสาเหตุที่ทำให้กุ้งเกิดกลิ่นโคลนที่มีความเข้มข้นสูง อาจเนื่องมาจากมีความเค็มของน้ำระหว่างเลี้ยงมีปริมาณความเค็มที่ลดต่ำลง ทำให้สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น

Matsuyasu *et al.* (1996) ได้ทดสอบผลของสารประกอบจืออสมิน และสารประกอบเอเอ็ม-ไอบีต่อการพัฒนาการของหอยเม่น พบว่าระดับ  $IC_{50}$  ของสารประกอบจืออสมินที่มีผลต่อการปฏิสนธิของหอยเม่นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.67 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนระดับ  $IC_{50}$  ของสารประกอบเอเอ็ม-ไอบีที่ผลการปฏิสนธิของหอยเม่นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 68.77 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนระดับ  $IC_{50}$  ของสารประกอบจืออสมินที่มีผลต่อรูปแบบของการแบ่งเซลล์ของหอยเม่นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.58 มิลลิกรัม/ลิตร และระดับ  $IC_{50}$  ของสารประกอบเอเอ็มไอบีที่มีผลต่อรูปแบบของการแบ่งเซลล์ของหอยเม่นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 66.58 มิลลิกรัม/ลิตร

Yamprayoon and Noomhorm (2000) ได้ทำการศึกษาการดูดซึมและการแพร่กระจายทางชีวภาพของสารจืออสมินในปลานิล พบว่า การฟักปลานิลในน้ำที่มีสารละลายจืออสมินเข้มข้น 5 ไมโครกรัมต่อลิตร จะทำให้ปลานิลจะค่อยๆ ดูดซึมสารจืออสมินเข้าสู่ตัวเพิ่มขึ้น โดยแพร่กระจายไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกายปลา ตั้งแต่เวลา 0-72 ชั่วโมง

ชนิดและปริมาณของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณสารเอมโอบีและจีโอสมินในน้ำ ถ้าในบ่อเลี้ยงมีสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินจำนวนมาก ก็จะพบว่าความเข้มข้นของจีโอสมินหรือเอมโอบีในน้ำก็จะมีค่าที่เข้มข้นสูงเช่นกัน (Van Der Ploeg and Boyd, 1991) สาหร่ายในกลุ่มสีเขียวแกมน้ำเงินจะเจริญได้ดี ภายใต้สภาวะที่มีอากาศอยู่น้อย เนื่องจากหากสภาวะที่น้ำมีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำสูง จะส่งผลทำให้สาหร่ายกลุ่มนี้ไม่สามารถจับกับไนโตรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ได้ เมื่อสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเติบโตและรวมตัวกันอย่างหนาแน่นบริเวณพื้นผิว ทำให้การส่องผ่านของแสงแดดลงสู่ด้านล่างลดลง มีผลไปยังการเจริญของพืชน้ำชนิดอื่นๆ ที่ผลิตออกซิเจนในน้ำ (Milie *et al.*, 1992)

ปัจจัยที่ส่งผลทำให้เกิดการสะสมกลีโคลินในสัตว์น้ำ ได้แก่ ปริมาณสารอาหารในน้ำ โดย Sivonen (1982) รายงานว่าในสภาวะที่ธาตุอาหารในน้ำสูงมาก (entropic water condition) ซึ่งเป็นผลมาจากการให้อาหารสัตว์น้ำที่มากเกินไป ส่งผลทำให้มีอาหารตกค้างภายในบ่อ หรือเกิดจากการเลี้ยงปลาที่หนาแน่นเกินไป และระบบการจัดการ ในการเลี้ยงที่ไม่ดี ก็เป็นสาเหตุทำให้มีการสะสมของธาตุอาหาร โดยเฉพาะไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ก้นบ่อมาก ดังนั้นหากเพื่อป้องกันปัญหาคควรมีการจัดการเกี่ยวกับระบบน้ำที่จะใช้ทำการเพาะเลี้ยง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเชิงชีวภาพ (Yurkowski and Tabachek, 1980) สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน สามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วในน้ำที่มีอุณหภูมิสูงช่วง 25–35 °C โดย Martin *et al.* (1987) พบว่าน้ำที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 30 °C จะทำให้ปลาเกิดกลีโคลินเกิดขึ้นได้ ส่วน Johnsen and Lloyd (1992) กล่าวว่า การดูดซึมและสะสมสารที่ก่อให้เกิดกลีโคลินขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น อุณหภูมิของน้ำ ปริมาณไขมันในปลา โดยปลาที่มีปริมาณไขมันมากสามารถสะสมสารประกอบกลีโคลินได้มากกว่าปลาที่มีไขมันต่ำ

### การเติมปุ๋ยในบ่อเลี้ยงปลานิล

การเติมและไม่เติมปุ๋ยในบ่อทำให้มีผลต่อปริมาณความหนาแน่นของแพลงก์ตอน จากรายงานของ Lanford (1948) พบว่าในบ่อที่ไม่ใส่ปุ๋ยจะมีปริมาณแพลงก์ตอนพืช 32,700 เซลล์ต่อลิตร ส่วนในบ่อที่ได้รับปุ๋ย จะมีปริมาณแพลงก์ตอนพืช 80,400 เซลล์ต่อลิตร ผลการศึกษาในประเทศอิสราเอล พบว่า ในบ่อที่ไม่ได้รับปุ๋ยจะมีปริมาณจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ตั้งแต่ 8.8-115.5 ไมโครกรัมต่อลิตร ขณะที่บ่อที่ได้รับปุ๋ยจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ตั้งแต่ 103.4 – 212.3 ไมโครกรัมต่อลิตร Boyd (1982) รายงานว่า ธาตุอาหารหลักที่เหมาะสมต่อผลผลิตเบื้องต้นคือ ฟอสฟอรัส และไนโตรเจน โดย ปริมาณไนโตรเจนที่ต้องการ 1.28 กิโลกรัมต่อไร่ต่อวันและฟอสฟอรัส 0.128 กิโลกรัมต่อไร่ต่อวัน จากการวิเคราะห์โดยกรมวิชาการเกษตร (2540) พบว่า กากเหลือจากการหมักมูลสุกร พบว่ามีค่าไนโตรเจน 2.6 และฟอสฟอรัส 0.49 เปอร์เซ็นต์

ปลานิลกินอาหารธรรมชาติได้เกือบทุกชนิดเช่นแพลงก์ตอนใบไม้ที่อ่อนนุ่ม สัตว์หน้าดิน สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง ลูกปลาวัยอ่อน และซากพืชซากสัตว์ โดยทั่วไปปลานิลเป็นปลากินพืชแต่ อาจจะแตกต่างกันแล้วแต่ชนิดของปลาในกลุ่มปลานิล (Bowen, 1982) ปลาระยะวัยรุ่นจะกินแพลงก์ ตอนสัตว์เป็นอาหารและจะกินทั้งพืชสัตว์เมื่อโตเต็มวัย การกินอาหารใช้วิธีการกรองโดยซึ่งกรอง อาหารที่บางและยาว (Wohlfarth และ Hulata, 1983) ความต้องการอาหารประเภทโปรตีน Hakim และคณะ (2006) พบว่าปลานิลที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนสูง (48 เปอร์เซ็นต์) จะมีการ เจริญเติบโตที่เร็วกว่าที่ได้รับอาหารที่มีระดับ โปรตีนต่ำกว่า (30 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญ

ปลานิล (*Oreochromis sp.*) สามารถย่อยโปรตีนจากแพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายได้ 30-60 เปอร์เซ็นต์ โดยสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินจะมีประสิทธิภาพดีกว่าสาหร่ายสีเขียว

จากรายงานของนิวุฒิ (2008) รายงานว่าผลผลิตของปลานิลแดงจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณ ปุ๋ยมูลไก่ เป็น 750 กิโลกรัมต่อเฮกเตอร์ต่อสัปดาห์ แต่ปริมาณปุ๋ยมูลไก่ที่มากจนเกินไป (937.5 กิโลกรัมต่อเฮกเตอร์ต่อสัปดาห์) จะมีผลต่อการสะสมของกลิ่นสาบโคลนในปลานิลแดง

#### คลอโรฟิลล์-เอ

สาหร่ายทุกชนิดประกอบด้วยคลอโรฟิลล์ เอ จึงสามารถหาความสัมพันธ์ ของปริมาณ สาหร่ายในเชิงของ standing crop สาหร่ายบางชนิดก็มีคลอโรฟิลล์ บี และซี ซึ่งเป็นองค์ประกอบ เสริม (นันทา, 2544 ) การวัดความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศแหล่งน้ำทำได้โดยการวิเคราะห์ ปริมาณคลอโรฟิลล์และมวลชีวภาพที่สำคัญปัจจัยหนึ่งคือ ปริมาณสารอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ฟอสฟอรัส ปริมาณคลอโรฟิลล์เอของแพลงก์ตอนเป็นดัชนีบ่งบอกถึงผลผลิตเบื้องต้น (Primary productivity) ของแหล่งน้ำ ซึ่งปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนและฟอสฟอรัสและปัจจัยอื่นๆ และ ความแปรปรวนส่วนใหญ่เนื่องมาจากสาหร่ายแต่ละกลุ่มจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ จะแปรผันตาม ความหนาแน่นของสาหร่าย องค์ประกอบของสาหร่ายและมวลชีวภาพของสาหร่าย (สุฤทธิ, 2547)

#### ปุ๋ยคอก

ปุ๋ยคอก ได้แก่ มูลสัตว์ต่างๆ ที่อยู่ในรูปของเหลวและของแข็งส่วนใหญ่จะเป็นมูลสัตว์เลี้ยง เช่น มูลวัว ไก่ เป็ด และสุกร เป็นต้น มูลสัตว์เหล่านี้จะประกอบด้วยอุจจาระและปัสสาวะของ สัตว์ ซึ่งเป็นส่วนของซากพืชและสัตว์ที่ผ่านกระบวนการย่อยสลายจากระบบย่อยของสัตว์ ปัสสาวะ ก็จะเป็นส่วนประกอบของเกลือและสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ ซึ่งเป็นแหล่งธาตุอาหารพืช ธาตุ อาหารพืชจากปุ๋ยคอกจะมีปริมาณน้อย และอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ (มุกดา, 2543)

ธาตุอาหารในปุ๋ยคอกและปุ๋ยอินทรีย์ชนิดอื่นๆ มีทั้งธาตุหลัก ธาตุรองและจุลธาตุ พืชได้รับประโยชน์จากปุ๋ยคอกดังนี้ ให้ธาตุอาหารพืชในรูปแบบที่เป็นประโยชน์ เป็นการให้ธาตุอาหารที่มีลักษณะต่อเนื่อง และช่วยปรับปรุงสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของดิน ปุ๋ยอินทรีย์ให้ผลที่สัมพันธ์กันไปทั้ง 3 ชนิดไม่สามารถแยกออกจากกันได้ อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ครั้งแรกๆ จะได้ผลในด้านธาตุอาหารมากกว่าปรับปรุงคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน แต่ผลทางฟิสิกส์ของดินจะเพิ่มพูนขึ้นจากการใส่ปุ๋ยคอกหลายๆครั้ง (ขงยุทธ, 2528)

วิธีการใส่ปุ๋ย ถ้าเป็นปุ๋ยคอกควรตากบ่อให้แห้ง เพราะถ้าเป็นปุ๋ยสดแล้วจะทำให้หน้าในบ่อมีก๊าซจำพวกแอมโมเนียละลายอยู่ในน้ำมาก ซึ่งเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ (ชาติชาย, 2543)

ความขุ่นของน้ำ (Turbidity) อาจเกิดจากขุ่นตะกอนหรือพวกแพลงก์ตอน สาหร่าย ซึ่เสีย อาจจะไปรบกวนการหายใจของสัตว์น้ำและบดบังแสงที่จะส่องลงในน้ำมีผลกระทบต่อการทำงานของไตของสาหร่าย และพืชพรรณใต้น้ำอื่นๆ ข้อดีถ้าหากเป็นความขุ่นที่เกิดจากแพลงก์ตอนพืช ก็จะเป็นตัวเพิ่มปริมาณ ออกซิเจนในน้ำ และลดปริมาณแอมโมเนียลง (Hargreaves, 1999)

การเลี้ยงกุ้งฝอยในน้ำที่มีความขุ่นมากกว่า จะมีน้ำหนักรูปร่าง อัตรากาการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และขนาดความยาวเฉลี่ยของกุ้งฝอยมากกว่ากุ้งฝอยที่เลี้ยงในน้ำที่มีความขุ่นน้อยกว่าและกุ้งฝอยที่เลี้ยงในน้ำขุ่นจะมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่ากุ้งฝอยที่เลี้ยงในน้ำใส เนื่องจากมีการกินอาหารและการเจริญเติบโตดีกว่า (กรมประมง, 2540)

น้ำเขียว (Green water) นอกจากจะใช้เพื่อเพิ่มผลผลิตในปลานิลแล้ว โดยสามารถเพิ่มผลผลิตปลานิลมากกว่าบ่อที่ไม่มีน้ำเขียวถึง 22.4 เท่า (Martin, 1996)

Pantastico และคณะ (1988) รายงานว่าการเลี้ยงสัตว์น้ำที่หนาแน่นจนเกินไป การขาดอาหารและขาดการคัดขนาดจะเป็นปัจจัยทำให้อัตราการลดลงเนื่องจากการกินกันเอง (cannibalism) โดยสัตว์น้ำตัวโตจะกัดกินตัวที่เล็กกว่า จากการทดลองของ บัญชา (2549) พบว่าลูกปลานิลที่เลี้ยงในบ่อซีเมนต์ที่มีน้ำเขียวมีอัตราการรอดตายแตกต่างจากบ่อที่ไม่มีน้ำเขียวอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ( $P < 0.01$ ) โดยมีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน ซึ่ง บัญชา (2549) อธิบายว่าในบ่อที่มีน้ำเขียวสามารถเพิ่มปริมาณออกซิเจนลดปริมาณแอมโมเนียและพฤติกรรมก้าวร้าวและกินกันเอง ทำให้มีอัตราการรอดสูงกว่า

จากการทดลองของ วิเชียร (2523) รายงานว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำหนักเพิ่มต่อหน่วยต่อวันของกุ้งฝอยที่เลี้ยงในระดับความหนาแน่นของอัตราปล่อย 10 กรัมต่อลูกบาศก์เมตรมีค่าสูงและแตกต่างกว่าที่ความหนาแน่นของอัตราปล่อยที่ 30 และ 50 กรัม ต่อลูกบาศก์เมตร อย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อศึกษาค่าเฉลี่ยของน้ำหนักรูปร่างของกุ้งฝอยที่เลี้ยงในระดับความหนาแน่นของอัตราการปล่อย 50 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร สูงกว่าและแตกต่างกับที่ระดับความหนาแน่นของอัตราการปล่อย 10 และ 30 กรัมต่อลูกบาศก์เมตรอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น ที่อัตราความหนาแน่นของกุ้งฝอยที่มากขึ้นจะมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำลง

## แพลงก์ตอน

แพลงก์ตอน (Plankton) คือ สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กต่างๆ ซึ่งลอยเป็นอิสระอยู่ในน้ำบางชนิดต้องส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่ประกอบไปด้วย สาหร่ายเกือบทุกคลาส ซึ่งรวมไปถึงพวกแบคทีเรียและราบางชนิดด้วย สำหรับแพลงก์ตอนสัตว์นั้นจะประกอบไปด้วยสัตว์เซลล์เดียวและสัตว์หลายเซลล์รวมทั้งสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดเล็กๆ และรวมไปถึงตัวอ่อนระยะว่ายน้ำของสัตว์ที่มีกระดูกสันหลังด้วย (บัญญัติ, 2533)

ประเทือง (2531) กล่าวว่า แพลงก์ตอน มาจากภาษากรีก แพลงก์ตอนแปลว่า “wandering” ได้แก่พวกพืชและสัตว์ขนาดเล็กซึ่งมีทั้งแพลงก์ตอนสัตว์และแพลงก์ตอนพืช จะมีขนาดตั้งแต่เล็กมาก เช่น แบคทีเรีย ถึงขนาดที่มองเห็นด้วยตาเปล่าได้ เช่น Algae และ Crustaceans และแพลงก์ตอนขนาดเล็กลอดผ่านถุงลากลอกแพลงก์ตอน เบอร์ 25 ซึ่งมีขนาด 30-40 ไมครอน เรียกว่า nanoplankton และที่ไม่ลอดผ่านถุงแพลงก์ตอน เรียกว่า netplankton ซึ่ง nanoplankton จะเก็บได้โดยการ centrifuging water samples

## แพลงก์ตอนพืช

ถัดมา (2542) กล่าวว่าแพลงก์ตอนพืช (Phytoplankton) หมายถึง สาหร่ายขนาดเล็กสามารถสังเคราะห์แสงได้ ลอยลอยในกระแสน้ำอย่างอิสระ มีบางชนิดที่เคลื่อนที่ได้เล็กน้อยด้วยหนวด (flagellum) เป็นผู้ผลิตลำดับแรกในระบบนิเวศของแหล่งน้ำ มีขนาดเล็กมากจนมองด้วยตาเปล่าไม่เห็นถึงขนาดเซลล์ที่มองเห็นด้วยตาเปล่าและเป็นกลุ่มที่มีมวลชีวภาพที่มากที่สุดในจำนวนแพลงก์ตอนทั้งหมดจะเป็นพวกที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการเปลี่ยนสารอาหารพวกอนินทรีย์ให้เป็นอินทรีย์ ที่สลับซับซ้อน ซึ่งเป็นอาหารของผู้บริโภคลำดับต่างๆ ได้แก่พวกแพลงก์ตอนสัตว์หรือสิ่งมีชีวิตอื่นๆ กินแพลงก์ตอนพืชเป็นอาหาร แพลงก์ตอนพืชเป็นผู้ผลิตลำดับแรก (primary producer) ในห่วงโซ่อาหาร (นันทนา, 2539) แพลงก์ตอนพืชเป็นสิ่งมีชีวิตที่ลอยลอยอยู่ในน้ำสุดแต่คลื่นลมและกระแสน้ำจะพัดพาไป แพลงก์ตอนพืชมีบทบาทที่สำคัญอย่างยิ่งต่อระบบนิเวศของแหล่งน้ำ เนื่องจากเป็นผู้ผลิตเบื้องต้น (primary producer) โดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์หรือพลังงานจากแหล่งอื่นเพื่อผลิตอาหารในรูปของ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ฯลฯ ดังนั้น ชนิด ปริมาณ ความหลากหลายของรูปร่างลักษณะการแพร่กระจาย ฯลฯ ของแพลงก์ตอนจึงมีความสัมพันธ์อย่างชัดเจนกับระบบนิเวศ ดังนั้นการจัดการทรัพยากรสัตว์น้ำ การจัดการสิ่งแวดล้อมในน้ำและการจัดการทรัพยากรประมงจำเป็นต้องใช้ความรู้เรื่องแพลงก์ตอนพืชเป็นความรู้พื้นฐาน เช่น ความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ เป็นต้น

## แพลงก์ตอนสัตว์

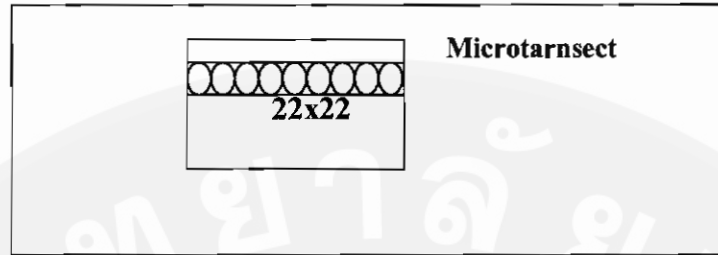
บัญญัติ (2533) แพลงก์ตอนสัตว์ (Zooplankton) คือสัตว์ขนาดเล็กที่ใช้ชีวิตแบบล่องลอยไปตามกระแสน้ำแพลงก์ตอนสัตว์มีความสามารถในการเคลื่อนที่ได้ดีมากกว่าเป็นอาหาร นอกจากนี้อาจกินเศษซากพืชซากสัตว์ที่ตายแล้วเป็นอาหาร

ถัดมา (2542) กล่าวว่าแพลงก์ตอนสัตว์ในน้ำจืดมักประกอบด้วยกลุ่มของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่สำคัญเพียง 3 กลุ่ม คือ Rotifer, Cladocera ในอันดับ Cladocera, Class Crustacea Phylum Arthropoda และ Copepod ในอันดับ Copepod ของ Class Crustacea Phylum Arthropoda (Davis, 1955) แพลงก์ตอนทั้ง 3 กลุ่มนี้ มีความสำคัญมากในเรื่องความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำจืด ส่วน Moss (1980) รายงานว่า Protozoa, Rotifer และ Crustaceans เป็นกลุ่มหลักของแพลงก์ตอนสัตว์ในน้ำจืดและประเทือง (2534) พบว่าแพลงก์ตอนสัตว์ได้แก่ Protozoa, Rotifer และ Crustaceans พวกนี้เจริญเติบโตโดยอาศัยสารอินทรีย์แบคทีเรียและแพลงก์ตอนพืช

ถัดมา (2542) รายงานว่านอกจากแพลงก์ตอนสัตว์ทั้ง 3 กลุ่ม (Rotifer, Cladoceran และ Copepod) ที่มีความสำคัญในแหล่งน้ำจืดแล้ว พวก Protozoa ใน Phylum Protozoa ก็อาจมีความสำคัญในแหล่งน้ำจืด เช่น ในฤดูร้อน Protozoa ชนิดที่มีขน (Cilia) เช่น สกุล *Paramecium*, *Holophyra*, *Urotricha*, *Tinnopsis* เป็นต้น จะมีความสำคัญในแหล่งน้ำจืดนั้นๆ ด้วย

## การเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอน

เก็บตัวอย่างน้ำเพื่อนำไปหาชนิดและประมาณของแพลงก์ตอนพืชและสัตว์โดยใช้ถุงกรองแพลงก์ตอนขนาด 22 ไมครอน แล้วนำตัวอย่างน้ำไปตรวจหาชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนทุกๆ 7 วัน โดยใช้วิธี Drop Microtarnsect วิธีนี้ใช้สำหรับสาหร่ายที่มีปริมาณค่อนข้างมาก ไม่เหมาะสำหรับสาหร่ายที่มีปริมาณน้อย นอกจากนี้วิธีนี้ยังมีข้อดี ที่ไม่ต้องใช้อุปกรณ์พิเศษ ถ้าทำอย่างระมัดระวัง จะได้ที่ละเอียดและถูกต้อง สำหรับข้อเสียวิธีนี้จะพบปัญหาเรื่องความแปรปรวนในการสูมน้ำตัวอย่างสาหร่าย จึงทำให้มีความแตกต่างของชนิดและปริมาณสาหร่ายที่นับ แต่สามารถแก้ไขได้ด้วยการเพิ่มจำนวนครั้งในการนับมากขึ้น Microtarnsect/Strip คือ พื้นที่ซึ่งดูผ่านกล้องจุลทรรศน์ โดยการเลื่อนจากกระจกปิดสไลด์ (coverglass) รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ด้านหนึ่ง ไปอีกด้านหนึ่ง



พื้นที่ Microtarnsect/Strip ( $\text{mm}^2$ ) = ความกว้างของกระจกปิดสไลด์ (mm) x ความกว้างของ  
Microtarnsect (mm)\*

\*ใช้ไมโครมิเตอร์ (Micrometer) ในการวัดความกว้าง

#### วิธีการนับแบบ Drop Microtarnsect

1. ดูดสารห่วยที่ต้องการนับ หยดลงแผ่นสไลด์ที่ต้องการ 1 หยด (0.02 หรือ 0.05 ml) ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ขนาด 22x22 mm อย่างระมัดระวังไม่ให้น้ำเอ่อมาบริเวณขอบของกระจกปิดสไลด์
2. นำสไลด์วางบนแท่นของกล้อง ตรวจสอบดูสารห่วยด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยายสูงนับจำนวนเซลล์สารห่วยที่เห็นตลอด 1 Microtarnsect (การนับจำนวนสารห่วยค่อนข้างรวดเร็วเพื่อไม่ให้น้ำระเหยแล้วเกิดฟองอากาศภายใต้กระจกปิดสไลด์ หรืออาจแก้ไขปัญหานี้ได้โดยใช้น้ำยาล้างเล็บแบบใสทาขอบของสไลด์) บันทึกจำนวนและทำเช่นเดียวกันซ้ำอีก 2 Microtarnsect
3. ทำซ้ำอีก 1 สไลด์ โดยวิธีเดียวกันถ้าขอมูลแตกต่างจากสไลด์แรกให้ทำซ้ำเป็นสไลด์ที่ 3
4. คำนวณสารห่วยจากสูตร

Total number/drop (B) =  $\frac{\text{พ.ท. กระจกปิดสไลด์} \times (\text{ค่าเฉลี่ยของจำนวนเซลล์ใน 1 Microtarnsect:A})}{\text{พ.ท. ใน 1 Microtarnsect}}$

Total number/ml = B x 20 x ความเข้มข้น (เมื่อ 1 หยด เท่ากับ 0.05 ml)

หรือ = B x 50 x ความเข้มข้น (เมื่อ 1 หยด เท่ากับ 0.02 ml)

## ประโยชน์ของแพลงก์ตอน

1. เป็นองค์ประกอบเบื้องต้นของห่วงโซ่อาหาร (food chain) ในแหล่งน้ำธรรมชาติ ห่วงโซ่อาหารนี้อาจยาวหรือสั้นนั้นขึ้นอยู่กับแหล่งน้ำ เช่น ในมหาสมุทร (oceanic water) จะมีห่วงโซ่อาหารยาวถึง 7 ห่วงโซ่อาหาร แถบชายฝั่งทะเลห่วงโซ่อาหารสั้นลงเหลือเพียง 4 ห่วงโซ่อาหาร ส่วนชายฝั่งที่มีธาตุอาหารสมบูรณ์มาก หรือบริเวณน้ำพุ (upwelling) ได้แก่ ชายฝั่งทะเลเปรู (ลัดดา, 2542)
2. ชนิดและปริมาณ ของแพลงก์ตอนใช้ตรวจสอบมลภาวะของแหล่งน้ำได้ จะใช้ได้ดีกับภาวะที่เกิดจากสารอินทรีย์ (organic pollution) แพลงก์ตอนพืชหลายชนิดที่ใช้เป็นดัชนีชี้วัด เช่น *Euglena viridis*, *Nitzschia palea*, *Oscillatoria limosa*, *Scenedesmus quadricauda*, *Oscillatoria tenuis* ทั้งหมดนี้เป็นห้าชนิดแรกที่ใช้ในการตรวจสอบมลภาวะที่เกิดจากสารอินทรีย์ในน้ำ นอกจากนี้ยังใช้ค่าดัชนีความหลากหลาย (diversity index) ซึ่งคำนวณโดยใช้ข้อมูลจำนวนชนิดของแพลงก์ตอนและปริมาณของแพลงก์ตอนแต่ละชนิด ประเมินสภาวะมลพิษในแหล่งน้ำที่ต้องการศึกษา
3. ชนิดของแพลงก์ตอนใช้เป็นดัชนีชี้วัดความอุดมสมบูรณ์ของน้ำธรรมชาติในทะเลที่มี ธาตุอาหารสมบูรณ์ เช่น บริเวณใกล้ฝั่งที่มีน้ำพุ (Upwelling) ของประเทศเปรู มักจะพบไดอะตอมสกุล *Thalassiosira*, *Chaetoceros* เป็นต้น แต่ถ้าบริเวณห่างจากฝั่งของประเทศเปรู ซึ่งเป็นบริเวณที่มีแร่ธาตุอาหารต่ำและมีสัตว์น้ำน้อย จะพบไดอะตอมสกุล *Rhizosolenia*, *Planktoniella* เป็นต้น
4. เป็นตัวชี้กระแสน้ำในมหาสมุทร ในกรณีนี้นิยมใช้แพลงก์ตอนพืชที่มีขนาดใหญ่หรือแพลงก์ตอนสัตว์ที่จำแนกชนิด หรือกลุ่มได้ง่าย เช่น หนอนธนูบางชนิด ได้แก่ *Sagitta elegans* เป็นตัวชี้กระแสน้ำนอกชายฝั่ง และในชายฝั่ง (ลัดดา, 2542)

## การวิเคราะห์หาคลอรอฟิลล์

คลอโรฟิลล์เป็นรงควัตถุสังเคราะห์แสงที่มีสีเขียว คลอโรฟิลล์ที่พบในแพลงก์ตอนพืชมีหลายชนิด แต่ที่รู้จักกันทั่วไปคือ คลอโรฟิลล์เอ นอกจากนี้ยังคลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์ซี และคลอโรฟิลล์ดี คลอโรฟิลล์เอ และบีมีสูตรทางเคมีดังนี้  $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$  และ  $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$  ตามลำดับ คลอโรฟิลล์ละลายได้ดีในไขมันแต่ไม่ละลายน้ำ

คลอโรฟิลล์เอเป็นรงควัตถุสังเคราะห์แสงที่พบมากในแพลงก์ตอนพืชที่ยังมีชีวิตทุกชนิด แต่พบในแพลงก์ตอนพืชที่ตาย แพลงก์ตอนสัตว์ และสสารที่ไม่มีชีวิตเพียงเล็กน้อยเท่านั้น จึงนิยมใช้คลอโรฟิลล์เอชี้ถึงมวลชีวภาพของแพลงก์ตอนพืชในแหล่งน้ำ ซึ่งคลอโรฟิลล์เอมีสัดส่วนประมาณ 0.5-2 % ของน้ำหนักแห้งของแพลงก์ตอนพืชไฟโอไฟดินเอ (phaeophytin a) เป็นคลอโรฟิลล์เอที่สลายตัวไปแล้ว ในการวิเคราะห์หาคลอโรฟิลล์เอนั้นไฟโอไฟดินเอสามารถรบกวนการวัดค่าคลอโรฟิลล์เอได้ เพราะสามารถดูดกลืนแสงในช่วงเดียวกับคลอโรฟิลล์เอ เมื่อวัดคลอโรฟิลล์เอควร

จะวิเคราะห์หาฟิโอฟิตินเอดด้วย สัดส่วนของคลอโรฟิลล์เท่ากับฟิโอฟิตินเอดจะเป็นดัชนีที่บอกสภาพของคลอโรฟิลล์เอดได้เป็นอย่างดีการวิเคราะห์หาคลอโรฟิลล์มี 3 วิธี คือ Spectrophotometric method, Fluorimetric method และ HPLC method วิธี Fluorimetric นั้นค่อนข้างจะไว (sensitive) และใช้ตัวอย่างน้อยกว่าวิธี Spectrophotometric การวิเคราะห์หาคลอโรฟิลล์ด้วยวิธี Spectrophotometric (Strickland and Parsons, 1972)

### เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องวัดการดูดกลืนแสง
2. Clinical centrifuge
3. Tissue grinder มีส่วนประกอบด้วยคือ grinding tube และตัวอัดบด (pestle) ซึ่ง grinding tube จะต้องมีก้นกลม จึงจะสะดวกต่อการใช้งาน
4. Centrifuge tube เป็น test tube ที่มีเกลียวสำหรับปิดฝา (screw-cap tube) มีความจุ 15 มิลลิลิตร
5. ชุดกรอง ซึ่งประกอบด้วย vacuum pump และแผ่นกรองชนิดที่เป็น membrane หรือ glass fiber เช่น แผ่นกรอง GF/F แผ่นกรอง GF/C หรือ แผ่นกรองชนิด cellulose acetate

### น้ำยาเคมีและวิธีเตรียม

1. สารละลายแมกนีเซียมคาร์บอเนต : ชั่งแมกนีเซียมคาร์บอเนต ( $MgCO_3$ ) ประมาณ 1 กรัม ลงในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร
2. สารละลายอะซีโตน ความเข้มข้น 90 เปอร์เซ็นต์ (90 % acetone) ผสมอะซีโตน (analytical grade) 9 ส่วน ต่อน้ำกลั่น 1 ส่วน (V/V) ในขวดวัดปริมาตร แล้วเก็บไว้ไม่ให้ถูกแสง
3. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก เจือจางกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นปริมาตร 10 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

### ขั้นตอนวิเคราะห์

1. กรองตัวอย่างน้ำ 100 มิลลิลิตรผ่านแผ่นกรอง Membrane หรือ glass fiber ที่มี pore size ประมาณ 0.5  $\mu$ m (ตัวอย่างเช่น แผ่น GF/F หรือแผ่น cellulose acetate) (กรณีไม่มีแผ่นกรองดังกล่าว ใช้แผ่นกรอง GF/C แทนก็ได้) ขณะกรองตัวอย่างน้ำหอยดสารละลายแมกนีเซียมคาร์บอเนต 2-3 หยด จากนั้นนำแผ่นกรองที่ได้ไปสกัดคลอโรฟิลล์ หากไม่สามารถทำได้ให้พับแผ่นกรองแล้วห่อด้วยกระดาษฟอยล์ นำไปแช่แข็งอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถเก็บไว้ได้นาน 2-3 สัปดาห์

2. นำแผ่นกรองในข้อ 1 มาบดด้วยเครื่องบดเนื้อเยื่อ (tissue grinder) ก่อนบดให้เติมสารละลายอะซิโตน ความเข้มข้น 90 เปอร์เซ็นต์ ลงไปพอประมาณ (เพื่อให้คลอโรฟิลล์ละลายออกมามากที่สุดควรทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาที) แล้วบดจนแผ่นกรองละเอียด หลังจากนั้นเทสารละลายที่ได้ลงในหลอดฝาเกลียว แล้วปรับให้ได้ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ถึง 10 มิลลิลิตร ด้วยสารละลายอะซิโตน 90 เปอร์เซ็นต์ เก็บในที่มืดอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 1 คืน (ใช้ผ้าดำคลุมหลอดตัวอย่าง เก็บไว้ในตู้เย็น)

3. นำสารละลายที่อยู่ในหลอดเกลียวมา centrifuge ด้วยความเร็ว 4,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 20 นาที เอาสารละลายส่วนใสออกมาหาปริมาตรที่แน่นอน

4. จากนั้นนำไปวัดด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสง โดยค่อย ๆ เทสารละลายลงใน cuvette อย่างช้า ๆ ระวังอย่าให้เกิดตะกอนขุ่น(เพื่อป้องกันตะกอนขุ่น ให้ถ่ายเอาสารละลายเฉพาะส่วนที่ใสลงในหลอดทดลองใหม่แล้วนำไปปั่นที่ความเร็ว 4,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 20 นาที อีกครั้ง) แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750, 663, 645 และ 630 นาโนเมตร โดยใช้ cuvette ขนาด 1 เซนติเมตร สำหรับแบลนค์ และ reference cell ใช้สารละลายอะซิโตน ความเข้มข้น 90 เปอร์เซ็นต์ การวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร นั้นใช้ปรับค่าเนื่องจากการรบกวนของความขุ่น เพราะค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร นั้นจะไวต่อการเปลี่ยนแปลงของความขุ่นอันเกิดจากการนำอะซิโตน ผสมน้ำในอัตราส่วน 9 : 1

5. เมื่อวัดค่าการดูดกลืนแสงเสร็จแล้ว เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 2 หยด ทำให้ผสมกันทิ้งไว้ 4-5 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 665 นาโนเมตร และ 750 นาโนเมตร อีกครั้ง

6. นำไปคำนวณค่าคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี คลอโรฟิลล์ ซีและฟีโอฟิตินได้ดังนี้

$$\text{คลอโรฟิลล์ เอ } (\mu\text{g/L.}) = \frac{[11.64 (\text{abs663}) - 2.16(\text{abs645}) + 0.10 (\text{abs630})] \times \text{vol} \times 106}{\text{VOL}}$$

$$\text{คลอโรฟิลล์ บี } (\mu\text{g/L.}) = \frac{[20.97 (\text{abs645}) - 3.94 (\text{abs663}) - 3.66 (\text{abs630})] \times \text{vol} \times 106}{\text{VOL}}$$

$$\text{คลอโรฟิลล์ ซี } (\mu\text{g/L.}) = \frac{[54.22 (\text{abs630}) - 14.81 (\text{abs645}) - 5.53 (\text{abs663})] \times \text{vol} \times 106}{\text{VOL}}$$

$$\text{ฟีโอฟิติน } (\mu\text{g/L.}) = \frac{26.7 [1.7 (\text{abs6650}) - \text{abs665a}] \times \text{vol}}{\text{VOL}}$$

เมื่อ vol = ปริมาตรสารละลายอะซีโตนที่ใช้สกัด(มิลลิลิตร) และ VOL= ปริมาตรน้ำที่กรอง (ลิตร) abs630, abs645 และ abs663 = ค่า abs ที่ปรับแก้ด้วยค่า abs750 แล้ว และ abs6630 และ abs663a = ค่า abs ก่อนและหลังจากเติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ปรับแก้ด้วยค่า abs750 แล้ว  
วิธีการใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงยี่ห้อ Shimadzu UV-160A เพื่อวัดค่าการดูดกลืนแสงในการ

### วิเคราะห์หาคลอโรฟิลล์

1. เปิดเครื่องทิ้งไว้ 15-30 นาที
2. เลือก Mode photometric ตั้งค่า parameter โดยเลือก processing แล้วตั้งค่าที่ต้องการวัดทั้ง 5 ค่า
3. Return กลับไปที่ mode ใหม่ แล้วเลือก mode spectrum ตั้งค่า parameter โดยเลือกช่วงความยาวคลื่นให้ครอบคลุมที่จะวัด (ใส่แบลนด์ทั้ง 2 ด้าน)
4. return กลับไปที่ mode ใหม่ แล้วเลือก mode condition test แล้วเลือกข้อ 1 base line หลังจากเครื่องทำ baseline ผ่านแล้วให้ย้อนกลับไป mode photometric อีกครั้ง
5. ให้กด Start (ใน mode photometric) เพื่อทดสอบดูว่าค่าเป็นศูนย์หรือไม่แล้วจึงค่อยใส่ตัวอย่างลงในช่อง sample แล้วกด start เพื่อทำการวัดตัวอย่างต่อไป

## คุณภาพน้ำ

### ตารางที่ 2 คุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

| ลำดับ<br>ที่ | ค่าพารามิเตอร์                                                   | ค่าระดับที่<br>เหมาะสม | เอกสาร/อ้างอิง                       |
|--------------|------------------------------------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|
| 1            | อุณหภูมิของน้ำ (องศาเซลเซียส)                                    | 25.0-32.0              | กรมประมง (2540)                      |
| 2            | ค่าความโปร่งแสงของน้ำ (เซนติเมตร)                                | 30-60                  | กรมประมง (2540)                      |
| 4            | ปริมาณไนเตรท (NO <sub>3</sub> ) (มิลลิกรัมต่อลิตร)               | ไม่เกิน 0.5            | กรมควบคุมมลพิษ (2542)                |
| 5            | ปริมาณไนไตรท์ (NO <sub>2</sub> ) (มิลลิกรัมต่อลิตร)              | ไม่เกิน 5.0            | กรมควบคุมมลพิษ (2542)                |
| 6            | ปริมาณแอมโมเนียรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร)                            | ไม่เกิน 0.5            | กรมควบคุมมลพิษ (2542)                |
| 7            | ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)                   | ไม่ต่ำกว่า<br>6.0      | กรมควบคุมมลพิษ (2542)                |
| 8            | ความเป็นกรด-ด่าง(pH)                                             | 7.0-8.5                | กรมประมง (2540)                      |
| 9            | ปริมาณความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)                            | 100-150                | กรมควบคุมมลพิษ (2542)                |
| 10           | ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)                                   | 100-150                | กรมควบคุมมลพิษ (2542)                |
| 11           | ค่าความสกปรกในรูปอินทรีย์สาร (BOD) (มิลลิกรัมต่อลิตร)            | ไม่เกิน 1.5            | กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม (2537)  |
| 12           | ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์อิสระ(CO <sub>2</sub> ) (มิลลิกรัมต่อลิตร) | ไม่เกิน 30             | ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด (2549) |

### วัน เวลา และสถานที่ทำการวิจัย

**ระยะเวลาที่ทำการวิจัย** ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2553 ถึงเดือนกันยายน 2554

**สถานที่ทำการทดลอง** คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำมหาวิทยาลัยแม่โจ้  
อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

## อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองย่อยที่ 1: การศึกษาอัตราการกรองน้ำเขียวของปลานิลในขนาดต่างๆ ที่ระดับอุณหภูมิ 25, 30 และ 35 องศาเซลเซียส วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ขั้นตอนในการทดลองมีดังนี้

### 1.1. วิธีการดำเนินการวิจัย

วิธีการเตรียมแพลงก์ตอน (น้ำเขียว) นำน้ำในบ่อเลี้ยงปลากรองด้วยผ้ากรอง แพลงก์ตอนขนาด 2 ไมครอน ขยายพันธุ์โดยใช้ปุ๋ยจากเกลือจากการหมักมูลสุกร

### 1.2. วัสดุอุปกรณ์และปลานิลที่ใช้ในการทดลอง

ติดตั้งเครื่องควบคุมอุณหภูมิทั้ง 3 ระดับคือ 24, 29 และ 34 องศาเซลเซียสทำการควบคุมโดยอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียสใช้เครื่อง chiller ควบคุม ส่วนที่ระดับ 29 และ 34 องศาเซลเซียสใช้เครื่องทำความร้อน (heater) ยี่ห้อ Shogun ขนาด 500 วัตต์ กระบะละ 2 ตัว ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.25 องศาเซลเซียส พร้อมติดตั้งเครื่องควบคุมอุณหภูมิกระบะละ 1 ชุด

ใช้ปลานิลขนาด 6.5, 12.5, 25.0, 50.0 และ 100 กรัม จำนวนขนาดละ 5 ตัว นำมาใส่ตู้กระจกที่ใช้ในการทดลองที่มีแพลงก์ตอน (น้ำเขียว) ที่ระดับอุณหภูมิ 25, 30 และ 35 องศาเซลเซียส วัดปริมาณคลอโรฟิลล์ ให้อ่างแสงในบริเวณทดลอง โดยใช้พลาสติกสีดำคลุมบ่อที่ทดลอง เมื่อเวลาผ่านไป 48 ชั่วโมง ทำการตรวจปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (ไมโครกรัมต่อลิตร) ปริมาณแพลงก์ตอนพืช (เซลล์ต่อมิลลิเมตร) ความหนาแน่นของน้ำเขียว (เซลล์ต่อมิลลิเมตรต่อชั่วโมง) และอัตราการกรองน้ำเขียว (เซลล์ต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง)

### ปัจจัยที่ทำการศึกษา

#### 1. วิเคราะห์ความหลากหลายและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืช

เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช ที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง โดยใช้ถุงกรองแพลงก์ตอน แล้วเก็บรักษาสภาพด้วย Lugol's solution หลังจากนั้นนำมาจัดจำแนกชนิด และตรวจนับปริมาณแพลงก์ตอนพืช (เซลล์ต่อมิลลิเมตร)

## 2. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลอง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรม SPSS for Window เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธีการของ Duncan's New Multiple Range Test

**การทดลองย่อยที่ 2:** การศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ และความหนาแน่นของแพลงก์ตอน  $10 \times 10^6$  ในบ่อดินที่มีกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับต่างๆกัน

### 2.1. วิธีการดำเนินการวิจัย

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ระยะเวลาการทดลองจำนวน 60 วัน ในการศึกษาแบ่งการทดลองออกเป็น 8 การทดลอง โดยใช้ปุ๋ยจากกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับต่างๆกัน ดังนี้

- การทดลองที่ 1 ปุ๋ยกากเหลือจากมูลสุกรหมักที่ระดับ 0 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์
- การทดลองที่ 2 ปุ๋ยกากเหลือจากมูลสุกรหมักที่ระดับ 30 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์
- การทดลองที่ 3 ปุ๋ยกากเหลือจากมูลสุกรหมักที่ระดับ 60 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์
- การทดลองที่ 4 ปุ๋ยกากเหลือจากมูลสุกรหมักที่ระดับ 90 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์
- การทดลองที่ 5 ปุ๋ยกากเหลือจากมูลสุกรหมักที่ระดับ 120 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์
- การทดลองที่ 6 ปุ๋ยกากเหลือจากมูลสุกรหมักที่ระดับ 150 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์
- การทดลองที่ 7 ปุ๋ยกากเหลือจากมูลสุกรหมักที่ระดับ 180 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์
- การทดลองที่ 8 ปุ๋ยกากเหลือจากมูลสุกรหมักที่ระดับ 210 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์

### 2.2 วิธีการเตรียมบ่อที่ใช้ในการทดลอง

- 2.2.1 เตรียมบ่อขนาด  $3 \times 5$  เมตร จำนวน 24 บ่อ
- 2.2.2 โรยปูนขาว ดากบ่อให้แห้ง
- 2.2.3 นำน้ำเข้าบ่อโดยผ่านการกรองด้วย (ผ้าโอล่อนแก้ว)
- 2.2.4 จากนั้นใส่ปุ๋ยกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับ 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180 และ 210 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์ ตามลำดับ ปรับระดับน้ำที่ระดับความลึก 1 เมตร
- 2.2.5 ทำการตรวจนับปริมาณและวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ ทุกๆสัปดาห์
- 2.2.6 ทำการทดลองจนครบ 2 เดือน นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ผล

## ปัจจัยที่ทำการศึกษา

1. ตรวจวัดปัจจัยคุณภาพน้ำ ทางเคมีและทางชีวภาพ ในบ่อดินที่มีกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับต่างๆกัน ทุกๆ 1 เดือนต่อครั้ง ในวิธีการเก็บและวิเคราะห์คุณภาพน้ำ โดยใช้วิธีของ Standard Methods (1982) ได้แก่

ตารางที่ 3 เครื่องมือวิเคราะห์หรือวิธีวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

| พารามิเตอร์                                          | เครื่องมือวิเคราะห์หรือวิธีวิเคราะห์ |
|------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| 1. อุณหภูมิของน้ำ (Temperature)                      | Thermometer (YSI model 59)           |
| 2. ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH)                 | pH meter (HI 9812)                   |
| 3. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen : DO) | DO meter (YSI model 59)              |
| 4. ปริมาณความขุ่นของน้ำ                              | Multirole                            |
| 5. แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia)                      | Indophenol Blue Method               |
| 6. ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate)                         | Cadmium Reduction Method             |
| 7. ออร์โธฟอสเฟต (Orthophosphate)                     | Ascorbic Acid method                 |
| 8. คลอโรฟิลล์ เอ (Chlorophyll -a)                    | Spectrophotometric Determination     |
| 9. ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity)                      |                                      |

## 2. วิเคราะห์ความหลากหลายและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืช

เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช ทุกๆ สัปดาห์ โดยใช้ถุงกรองแพลงก์ตอน แล้วเก็บรักษาสภาพด้วย Lugol s' solution หลังจากนั้นนำมาจัดจำแนกชนิด และตรวจนับปริมาณแพลงก์ตอนพืช (เซลล์ต่อมิลลิลิตร)

## 3. การวิเคราะห์ข้อมูล

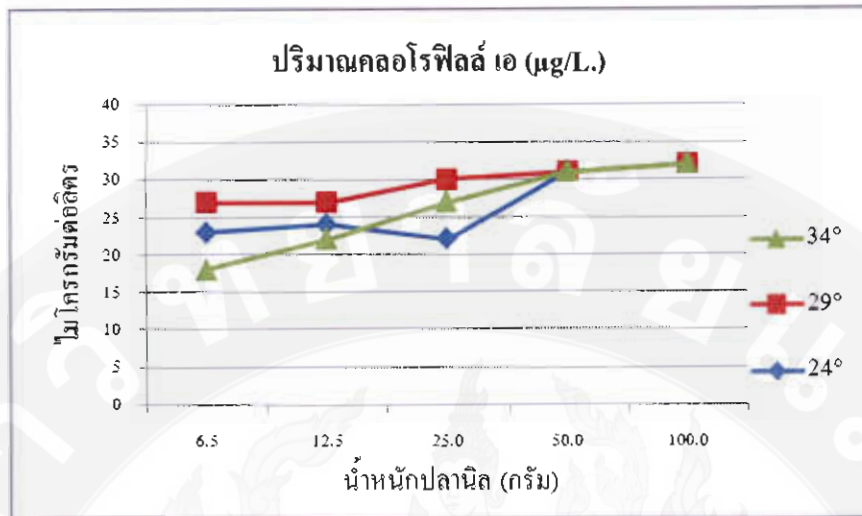
นำข้อมูลที่ได้นำมาทำการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลอง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรม SPSS for Window เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธีการของ Duncan's New Multiple Range Test

### ผลการวิจัย

การทดลองย่อยที่ 1: การศึกษาอัตราการกรองน้ำเขียวของปลานิลในขนาดต่างๆ ที่ระดับอุณหภูมิ 24, 29 และ 34 องศาเซลเซียส เมื่อสิ้นสุดการทดลองผลการทดลองปรากฏตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 อัตราการกรองน้ำเขียวของปลานิลขนาดต่างๆ ที่ระดับอุณหภูมิ 24, 29 และ 34 องศาเซลเซียส โดยมีปริมาณแพลงก์ตอนพืชเท่ากับ  $8.15 \pm 5.54 \times 10^6$  เซลล์ต่อมิลลิลิตร เมื่อเริ่มก่อนการทดลอง ระยะเวลา 48 ชั่วโมง เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า

| ปลานิล<br>(กรัม) | อุณหภูมิ<br>(°C) | พารามิเตอร์                                |                                                       |                                                              |
|------------------|------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
|                  |                  | ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ<br>( $\mu\text{g/L}$ ) | ปริมาณแพลงก์ตอนพืช<br>(cell $\times 10^3/\text{ml}$ ) | อัตราการกรอง<br>น้ำเขียว<br>(cell $\times 10/\text{kg/hr}$ ) |
| 6.5              | 24               | 23.33 $\pm$ 0.348                          | 202 $\pm$ 7.234                                       | 175 $\pm$ 0.355                                              |
|                  | 29               | 27.53 $\pm$ 0.504                          | 715 $\pm$ 2.728                                       | 168 $\pm$ 0.302                                              |
|                  | 34               | 18.57 $\pm$ 0.731                          | 226 $\pm$ 4.371                                       | 704 $\pm$ 5.301                                              |
| 12.5             | 24               | 24.23 $\pm$ 0.285                          | 210 $\pm$ 4.098                                       | 173 $\pm$ 0.008                                              |
|                  | 29               | 27.83 $\pm$ 0.088                          | 771 $\pm$ 1.856                                       | 160 $\pm$ 0.001                                              |
|                  | 34               | 22.07 $\pm$ 0.639                          | 269 $\pm$ 1.155                                       | 696 $\pm$ 5.226                                              |
| 25.0             | 24               | 22.87 $\pm$ 0.448                          | 226 $\pm$ 4.910                                       | 172 $\pm$ 0.123                                              |
|                  | 29               | 30.43 $\pm$ 0.410                          | 800 $\pm$ 5.239                                       | 153 $\pm$ 0.889                                              |
|                  | 34               | 27.33 $\pm$ 0.561                          | 355 $\pm$ 3.180                                       | 678 $\pm$ 5.101                                              |
| 50.0             | 24               | 31.07 $\pm$ 0.240                          | 295 $\pm$ 6.009                                       | 171 $\pm$ 0.002                                              |
|                  | 29               | 31.27 $\pm$ 0.260                          | 819 $\pm$ 1.763                                       | 153 $\pm$ 0.558                                              |
|                  | 34               | 31.22 $\pm$ 0.588                          | 440 $\pm$ 0.577                                       | 175 $\pm$ 0.023                                              |
| 100.0            | 24               | 32.10 $\pm$ 0.115                          | 366 $\pm$ 2.906                                       | 170 $\pm$ 0.002                                              |
|                  | 29               | 32.33 $\pm$ 0.273                          | 847 $\pm$ 1.453                                       | 115 $\pm$ 0.303                                              |
|                  | 34               | 32.10 $\pm$ 0.306                          | 458 $\pm$ 9.920                                       | 161 $\pm$ 0.004                                              |



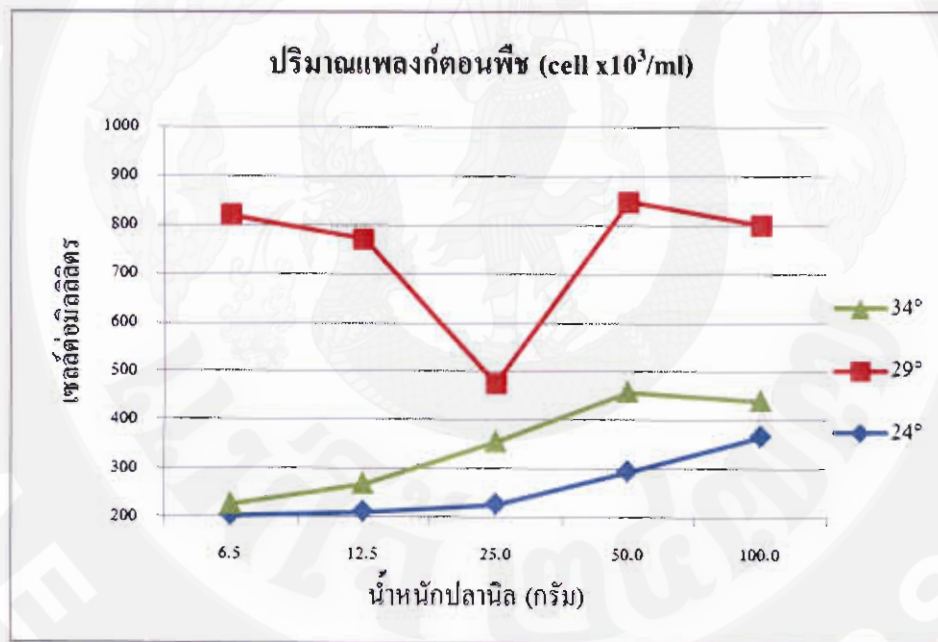
**ภาพที่ 2** ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อซีเมนต์เลี้ยงของปลานิลในขนาดต่างๆ ที่ระดับอุณหภูมิ 24, 29 และ 34 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 60 วัน

### ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ

การศึกษาอัตราการกรองแสงก่อกอนพืชของปลานิลในขนาดต่างๆ ที่ระดับอุณหภูมิ 24, 29 และ 34 องศาเซลเซียส พบว่า ที่ระดับอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอในน้ำของแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) โดยสามารถแบ่งความแตกต่างของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอในน้ำ เมื่อสิ้นสุดการทดลองเฉลี่ยออกได้ 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อปลานิลขนาด 100.0 และ 50.0 กรัม มีค่าสูงสุด โดยมิต่ำ  $32.10 \pm 0.115$  และ  $31.07 \pm 0.240$  ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ กลุ่มที่ 2 คือ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อปลานิล ขนาด 12.5 กรัม มีค่าเท่ากับ  $24.23 \pm 0.285$  ไมโครกรัมต่อลิตร และกลุ่มที่ 3 คือ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อปลานิล ขนาด 6.5 และ 25.0 กรัม มีค่าต่ำที่สุด โดยมีค่า  $23.33 \pm 0.285$  และ  $22.87 \pm 0.448$  ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังปรากฏตามตารางที่ 4 และภาพที่ 2

ที่ระดับอุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอในน้ำของแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) โดยสามารถแบ่งความแตกต่างของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำ เมื่อสิ้นสุดการทดลองเฉลี่ยออกได้ 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อปลานิลขนาด 100.0, 50.0 และ 25.0 กรัม มีค่าสูงสุด โดยมีค่า  $32.33 \pm 0.273$ ,  $31.27 \pm 0.260$  และ  $30.43 \pm 0.410$  ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ กลุ่มที่ 2 คือ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อปลานิล ขนาด 12.5 กรัม มีค่าเท่ากับ  $27.83 \pm 0.088$  ไมโครกรัมต่อลิตร และกลุ่มที่ 3 คือ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อปลานิล ขนาด 6.5 กรัม มีค่าต่ำที่สุด โดยมีค่า  $27.53 \pm 0.504$  ไมโครกรัมต่อลิตร ดังปรากฏตามตารางที่ 4 และภาพที่ 2

ที่ระดับอุณหภูมิ 34 องศาเซลเซียส ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำของแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) โดยสามารถแบ่งความแตกต่างของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำ เมื่อสิ้นสุดการทดลองเฉลี่ยออกได้ 4 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 มีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อปลานิล ขนาด 100.0 และ 50.0 กรัม มีค่าสูงที่สุด โดยมีค่า  $32.10 \pm 0.306$  และ  $31.22 \pm 0.588$  ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ กลุ่มที่ 2 คือ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อปลานิล ขนาด 25.0 กรัม มีค่าเท่ากับ  $27.33 \pm 0.561$  ไมโครกรัมต่อลิตร กลุ่มที่ 3 คือ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อปลานิล ขนาด 12.5 กรัม โดยมีค่า  $22.07 \pm 0.639$  ไมโครกรัมต่อลิตร และกลุ่มที่ 4 คือ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อปลานิล ขนาด 6.5 กรัม มีค่าต่ำที่สุด โดยมีค่า  $18.57 \pm 0.731$  ไมโครกรัมต่อลิตร ดังปรากฏตามตารางที่ 4 และภาพที่ 2



ภาพที่ 3 ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อซีเมนต์เลี้ยงของปลานิลในขนาดต่างๆ ที่ระดับอุณหภูมิ 24, 29 และ 34 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 60 วัน

#### ความหลากหลายและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืช

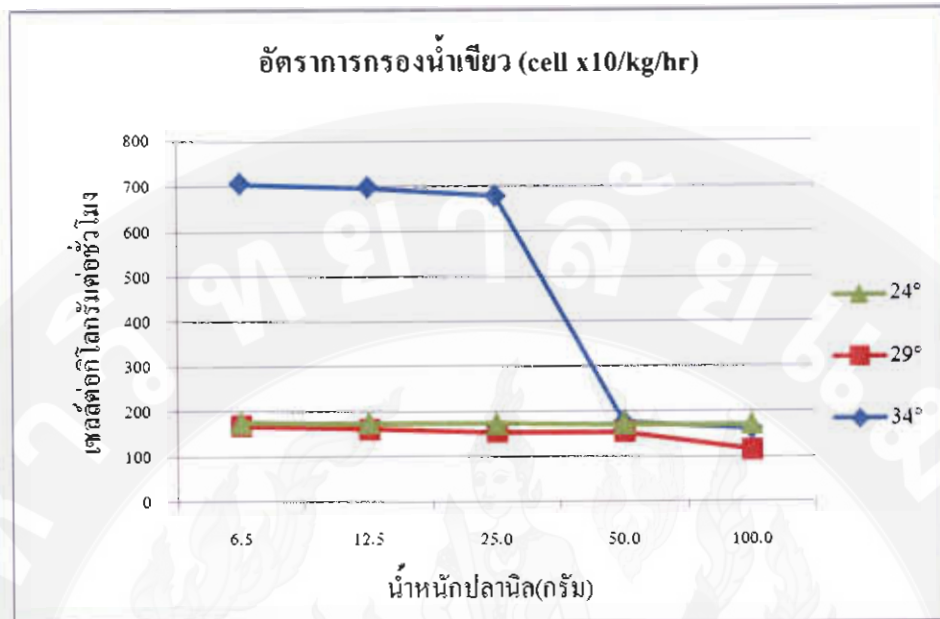
จากการทดลองการศึกษ้อัตราการกรองแพลงก์ตอนของปลานิลในขนาดต่างๆ ที่ระดับอุณหภูมิ 24, 29 และ 34 องศาเซลเซียส เมื่อสิ้นสุดการทดลองผลการทดลองพบว่า แพลงก์ตอนพืชทั้งหมดที่พบ 6 ชนิด ได้แก่ *Chlorella* sp., *Scenedesmus* sp., *Monoraphidium* sp., *Chroococciopsis*, *Scenedesmus* (Lagerheim) Chodat และ *Chroococcus* sp.

## สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยแม่โจ้

พบว่า ที่ระดับอนุหภูมิ 24 องศาเซลเซียส ปริมาณแพลงก์ตอนพืชของแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) โดยสามารถแบ่งความแตกต่างของปริมาณแพลงก์ตอนพืชเมื่อสิ้นสุดการทดลองเฉลี่ยออกได้ 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 มีปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อปลานิลขนาด 100.0 กรัม มีค่าสูงที่สุด โดยมีค่า  $366 \pm 2.906 \times 10^3$  เซลล์ต่อมิลลิลิตรตามลำดับ กลุ่มที่ 2 คือ ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อปลานิลขนาด 50.0 กรัม มีค่าเท่ากับ  $295 \pm 6.009 \times 10^3$  เซลล์ต่อมิลลิลิตรและกลุ่มที่ 3 คือ ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อปลานิล ขนาด 25.0, 12.5 และ 6.5 กรัม มีค่าต่ำที่สุด โดยมีค่า  $226 \pm 4.910 \times 10^3$ ,  $210 \pm 4.098 \times 10^3$  และ  $202 \pm 7.234 \times 10^3$  เซลล์ต่อมิลลิลิตรตามลำดับ ดังปรากฏตามตารางที่ 4 และภาพที่ 3

ที่ระดับอนุหภูมิ 29 องศาเซลเซียส ปริมาณแพลงก์ตอนพืชของแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) โดยสามารถแบ่งความแตกต่างของปริมาณแพลงก์ตอนพืชเมื่อสิ้นสุดการทดลองเฉลี่ยออกได้ 5 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 มีปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อปลานิลขนาด 100.0 กรัม มีค่าสูงที่สุด มีค่า  $847 \pm 1.453 \times 10^3$  เซลล์ต่อมิลลิลิตร กลุ่มที่ 2 คือ ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อปลานิลขนาด 50.0 กรัม มีค่าเท่ากับ  $819 \pm 1.763 \times 10^3$  เซลล์ต่อมิลลิลิตรและกลุ่มที่ 3 คือ ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อปลานิล ขนาด 25.0 กรัม มีค่าเท่ากับ  $800 \pm 5.239 \times 10^3$  เซลล์ต่อมิลลิลิตร กลุ่มที่ 4 คือ ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อปลานิลขนาด 12.5 กรัม มีค่าเท่ากับ  $771 \pm 1.856 \times 10^3$  เซลล์ต่อมิลลิลิตรและกลุ่มที่ 5 คือ ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อปลานิล ขนาด 6.5 กรัม มีค่าต่ำที่สุด โดยมีค่า  $715 \pm 2.728 \times 10^3$  เซลล์ต่อมิลลิลิตร ดังปรากฏตามตารางที่ 4 และภาพที่ 3

ที่ระดับอนุหภูมิ 34 องศาเซลเซียส ปริมาณแพลงก์ตอนพืชของแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) โดยสามารถแบ่งความแตกต่างของปริมาณแพลงก์ตอนพืชเมื่อสิ้นสุดการทดลองเฉลี่ยออกได้ 4 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 มีปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อปลานิลขนาด 100.0 และ 50.0 กรัม มีค่าสูงที่สุด โดยมีค่า  $458 \pm 9.292 \times 10^3$  และ  $440 \pm 0.577 \times 10^3$  เซลล์ต่อมิลลิลิตรตามลำดับ กลุ่มที่ 2 คือ ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อปลานิลขนาด 25.0 กรัม มีค่าเท่ากับ  $355 \pm 3.180 \times 10^3$  เซลล์ต่อมิลลิลิตรและกลุ่มที่ 3 คือ ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อปลานิล ขนาด 12.5 กรัม มีค่า  $269 \pm 1.155 \times 10^3$  เซลล์ต่อมิลลิลิตร และกลุ่มที่ 4 คือ ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อปลานิลขนาด 6.5 กรัม มีค่าต่ำที่สุด โดยมีค่า  $226 \pm 4.4371 \times 10^3$  เซลล์ต่อมิลลิลิตร ดังปรากฏตามตารางที่ 4 และภาพที่ 3



ภาพที่ 4 อัตราการกรองน้ำเขียวในบ่อซีเมนต์เลี้ยงของปลานิลในขนาดต่างๆ ที่ระดับอุณหภูมิ 24, 29 และ 34 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 60 วัน

### อัตราการกรองน้ำเขียว

การศึกษาอัตราการกรองน้ำเขียวของปลานิลในขนาดต่างๆ ที่ระดับอุณหภูมิ 24, 29 และ 34 องศาเซลเซียส พบว่า ที่ระดับอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส อัตราการกรองน้ำเขียวของแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกัน ( $p \geq 0.05$ ) โดยสามารถแบ่งความแตกต่างของอัตราการกรองน้ำเขียวเมื่อสิ้นสุดการทดลองเฉลี่ยออกได้ 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 มีอัตราการกรองน้ำเขียวในบ่อปลานิลขนาด 6.5 กรัม มีค่าสูงที่สุด โดยมีค่า  $175 \pm 0.355 \times 10$  เซลล์ต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง รองลงมาคือ อัตราการกรองน้ำเขียวในบ่อปลานิลขนาด 12.5, 25.0 และ 50.0 กรัม มีค่าเท่ากับ  $173 \pm 0.008 \times 10$ ,  $172 \pm 0.123 \times 10$  และ  $171 \pm 0.002 \times 10$  เซลล์ต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ กลุ่มที่ 2 คือ อัตราการกรองน้ำเขียวในบ่อปลานิลขนาด 100.0 กรัม ค่าต่ำสุดมีค่าเท่ากับ  $170 \pm 0.002 \times 10$  เซลล์ต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง แต่ไม่มีความแตกต่างกับอัตราการกรองน้ำเขียวในบ่อปลานิลขนาด 25.0 และ 50.0 กรัม ดังปรากฏตามตารางที่ 4 และภาพที่ 4

ที่ระดับอุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส อัตราการกรองน้ำเขียวของแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกัน ( $p < 0.05$ ) โดยสามารถแบ่งความแตกต่างของอัตราการกรองน้ำเขียวเมื่อสิ้นสุดการทดลองเฉลี่ยออกได้ 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 มีอัตราการกรองน้ำเขียวในบ่อปลานิลขนาด 6.5 กรัม มีค่าสูงที่สุด โดยมีค่า  $168 \pm 0.302 \times 10$  เซลล์ต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง รองลงมาคือ อัตราการกรองน้ำเขียวในบ่อปลานิลขนาด 12.5, 25.0 และ 50.0 กรัม มีค่าเท่ากับ  $160 \pm 0.001 \times 10$ ,  $153 \pm 0.889 \times 10$  และ

153±0.558 x10 เซลล์ต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ กลุ่มที่ 2 คือ อัตราการกรองน้ำเขียวในบ่อปลานิลขนาด 100.0 กรัม มีค่าต่ำที่สุด โดยมีค่า 115±0.303 x10 เซลล์ต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง ดังปรากฏตามตารางที่ 4 และภาพที่ 4

ที่ระดับอนุหภูมิ 34 องศาเซลเซียส อัตราการกรองน้ำเขียวของแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p>0.05$ ) โดยอัตราการกรองน้ำเขียวเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีอัตราการกรองน้ำเขียวในบ่อปลานิลขนาด 6.5 กรัม มีค่าสูงที่สุด โดยมีค่า 704±5.301 x10 เซลล์ต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง รองลงมาคือ อัตราการกรองน้ำเขียวในบ่อปลานิลขนาด 12.5, 25.0, 50.0 และ 100.0 กรัม มีค่าเท่ากับ 696±5.226 x10, 678±5.101 x10, 175±0.023 x10 และ 161±0.004 x10 เซลล์ต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ ดังปรากฏตามตารางที่ 4 และภาพที่ 4

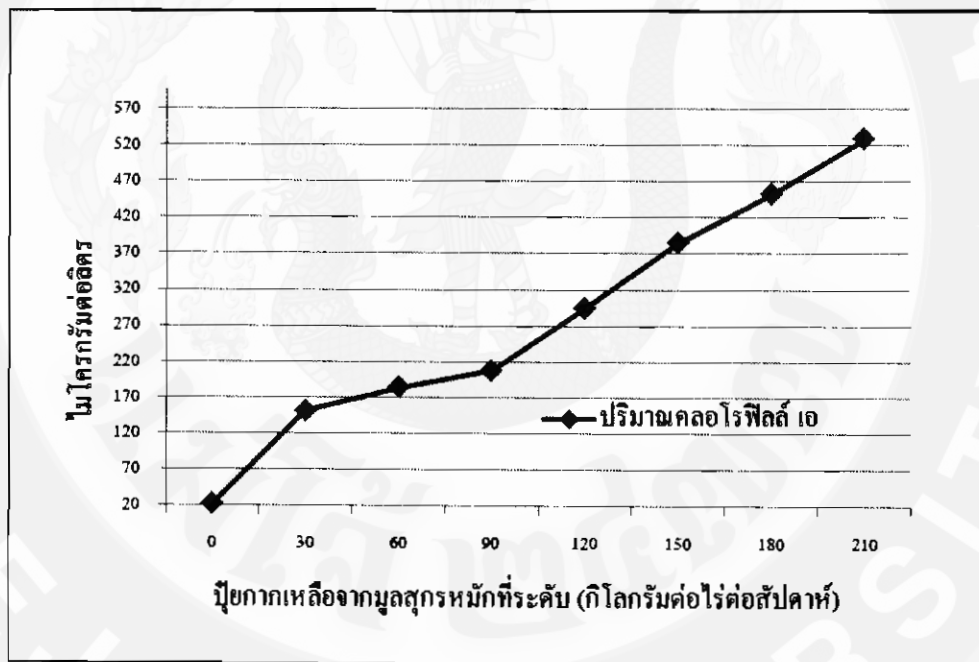
**การทดลองย่อยที่ 2:** การศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์เอและความหนาแน่นของแพลงก์ตอน  $10 \times 10^6$  ในบ่อดินที่มีกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับต่างๆกัน ระยะเวลา 60 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองผลการทดลองปรากฏตามตารางที่ 5

**ตารางที่ 5** ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และปริมาณแพลงก์ตอนพืช ในบ่อดินที่มีกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับต่างๆกัน ระยะเวลา 60 วัน

| บ่อกากเหลือจากมูลสุกรหมักที่ระดับ<br>(กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์) | พารามิเตอร์                                 |                                                   |
|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------|
|                                                                 | ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ<br>( $\mu\text{g/L.}$ ) | ปริมาณแพลงก์ตอนพืช<br>(cell x10 <sup>3</sup> /ml) |
| 0                                                               | 22±12.7                                     | 102.3±12.4                                        |
| 30                                                              | 151±41.3                                    | 825.5±452.1                                       |
| 60                                                              | 184±13.5                                    | 710.4±236.2                                       |
| 90                                                              | 208±16.4                                    | 856.8±485.7                                       |
| 120                                                             | 295±12.3                                    | 1155.8±782.5                                      |
| 150                                                             | 385±22.5                                    | 620.5±154.3                                       |
| 180                                                             | 452±65.8                                    | 598.5±352.6                                       |
| 210                                                             | 529±58.2                                    | 578.9±365.5                                       |

## ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ

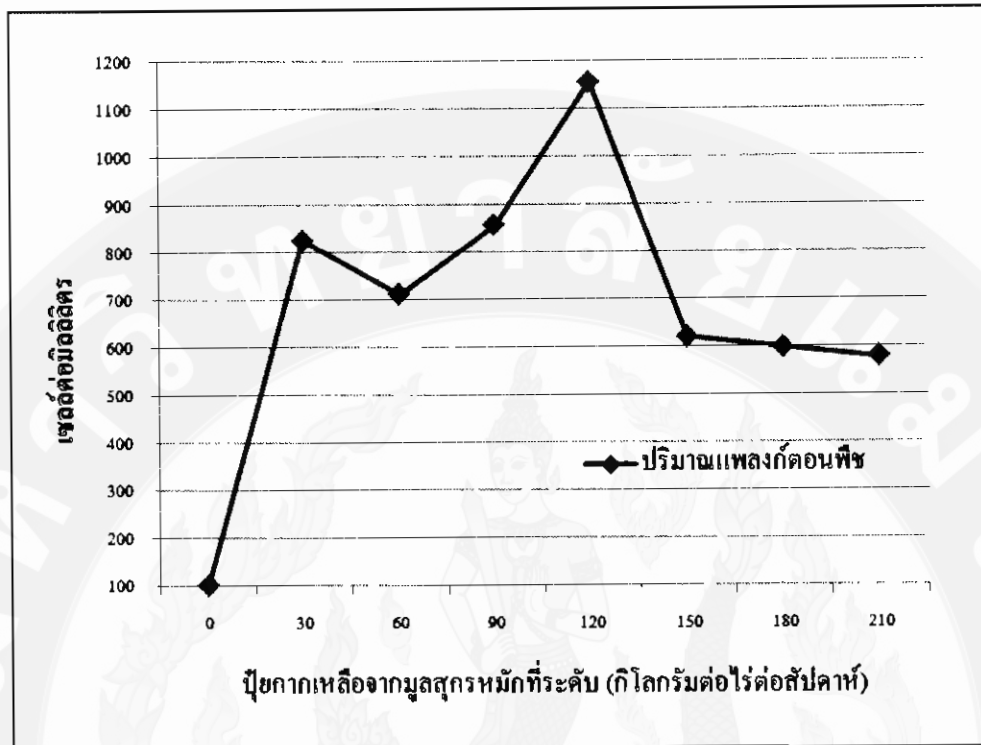
การศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และความหนาแน่นของแพลงก์ตอน  $10 \times 10^6$  ในบ่อดินที่มีกากเหลือจากการหมักมูลสุกรในอัตราส่วนแตกต่างกัน คือ 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180 และ 210 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์ พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำ มีค่าดังนี้ คือ  $22 \pm 12.7$ ,  $151 \pm 41.3$ ,  $184 \pm 13.5$ ,  $208 \pm 16.4$ ,  $295 \pm 12.3$ ,  $385 \pm 22.5$ ,  $452 \pm 65.8$  และ  $529 \pm 58.2$  ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อที่ใช้ปุ๋ยกากเหลือจากมูลสุกรหมักที่ระดับ 210 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์ มีค่าสูงที่สุด โดยมีค่า  $529 \pm 58.2$  ไมโครกรัมต่อลิตร แต่ไม่มีความแตกต่างกับบ่อที่ใช้ปุ๋ยกากเหลือจากมูลสุกรหมักที่ระดับ 150 และ 180 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์ ( $p \geq 0.05$ ) ดังปรากฏตามตารางที่ 5 และภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อดินที่มีกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับต่าง ๆ กัน ระยะเวลา 60 วัน

## ปริมาณแพลงก์ตอนพืชใน Division Cyanophyta

จากการทดลองการศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์เอและความหนาแน่นของแพลงก์ตอน  $10 \times 10^6$  ในบ่อซีเมนต์ที่มีกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับต่าง ๆ กัน ระยะเวลา 60 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองผลการทดลองผลปรากฏดังนี้



ภาพที่ 6 ปริมาณแพลงก์ตอนพืช ในบ่อซีเมนต์ที่มีกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับต่างๆกัน ระยะเวลา 60 วัน

#### ชนิดและปริมาณ แพลงก์ตอนพืช

จากการศึกษาชนิดของแพลงก์ตอนพืชก่อนทำการทดลองพบว่า แพลงก์ตอนพืชทั้งหมดที่พบ 6 ชนิด ได้แก่ *Chlorella* sp., *Scenedesmus* sp., *Monoraphidium* sp., *Chroococciopsis*, *Scenedesmus* (Lagerheim) Chodat และ *Chroococcus* sp.

พบว่าปริมาณแพลงก์ตอนพืชใน Division Cyanophyta ในบ่อซีเมนต์ที่มีกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับ 120 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์ มีปริมาณสูงที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $1155.8 \pm 782.5 \times 10^3$  เซลล์ต่อมิลลิลิตร ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) กับบ่อซีเมนต์ที่มีกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับ 0 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์ มีปริมาณต่ำที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $102.3 \pm 12.4 \times 10^3$  เซลล์ต่อมิลลิลิตร แต่ไม่มีความแตกต่างกับบ่อซีเมนต์ที่มีกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับ 30, 60, 90, 150, 180 และ 210 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์ ( $p \geq 0.05$ ) โดยมีปริมาณเท่ากับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $825.5 \pm 452.1 \times 10^3$ ,  $710.4 \pm 236.2 \times 10^3$ ,  $856.8 \pm 485.7 \times 10^3$ ,  $620.5 \pm 154.3 \times 10^3$ ,  $598.5 \pm 352.6 \times 10^3$  และ  $578.9 \pm 365.5 \times 10^3$  เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ดังปรากฏตามตารางที่ 5 และภาพที่ 6

## คุณภาพน้ำ

การตรวจสอบคุณภาพน้ำตลอดการทดลอง พบว่า อุณหภูมิของน้ำ ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) ความโปร่งแสงของน้ำ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia) ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate) ปริมาณไนโตรเจนรวม ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (Orthophosphate) คลอโรฟิลล์ เอ (Chlorophyll -a) และค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) มีค่าดังนี้

ตารางที่ 6 คุณภาพน้ำในบ่อซีเมนต์ที่ใส่ปุ๋ยกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับต่างๆ กัน หลังการทดลองที่ระยะเวลา 60 วัน

| พารามิเตอร์                       | ปุ๋ยกากเหลือจากมูลสุกรหมักที่ระดับ (กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์) |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                   | 0                                                             | 30    | 60    | 90    | 120   | 150   | 180   | 210   |
| อุณหภูมิของน้ำ (Temperature)      | 25.5                                                          | 25.4  | 26.0  | 25.2  | 25.5  | 25.4  | 25.5  | 25.8  |
| ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH) | 7.5                                                           | 7.8   | 7.8   | 7.8   | 7.5   | 7.8   | 7.8   | 7.5   |
| ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO)    | 6.75                                                          | 6.82  | 6.76  | 6.85  | 6.84  | 6.75  | 6.58  | 6.95  |
| ความโปร่งแสงของน้ำ                | 55.4                                                          | 52.2  | 48.3  | 45.6  | 41.2  | 38.6  | 36.7  | 33.2  |
| แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia)      | 0.002                                                         | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 |
| ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate)         | 0.12                                                          | 0.18  | 0.25  | 0.28  | 0.26  | 0.28  | 0.32  | 0.32  |
| ฟอสฟอรัสรวม (Orthophosphate)      | 0.054                                                         | 0.063 | 0.065 | 0.074 | 0.070 | 0.074 | 0.083 | 0.083 |
| ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity)      | 102                                                           | 102   | 104   | 105   | 105   | 106   | 106   | 106   |

เมื่อสิ้นสุดการทดลองผลของคุณภาพน้ำ พบว่าอุณหภูมิของน้ำ มีค่าเท่ากับ 25–26 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH) มีค่าเท่ากับ 7-8 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) มีค่าเท่ากับ 6.5–7.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ความโปร่งแสงของน้ำ มีค่าเท่ากับ 33.0–55.5 เซนติเมตร แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia) มีค่าเท่ากับ 0.002 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate) มีค่าเท่ากับ 0.12-0.32 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (Orthophosphate) มีค่าเท่ากับ 0.050-0.085 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) มีค่าเท่ากับ 102-106 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ( $P>0.05$ ) ดังปรากฏตามตารางที่ 6

## สรุปผลและวิจารณ์ผล

**การทดลองย่อยที่ 1** การศึกษาอัตราการกรองแพลงก์ตอนพืชของปลานิลในขนาดต่างๆ ที่ระดับอุณหภูมิ 24, 29 และ 34 องศาเซลเซียส

จากการศึกษาอัตราการกรองแพลงก์ตอนพืชของปลานิลในขนาดต่างๆ พบว่า ที่ระดับอุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส พบว่า ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อปลานิลขนาด 100.0 กรัม มีค่าสูงที่สุด มีค่า  $847 \pm 1.453 \times 10^3$  เซลล์ต่อมิลลิลิตร ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) กับปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อปลานิลขนาด 6.5 กรัม มีค่าต่ำที่สุด โดยมีค่า  $715 \pm 2.728 \times 10^3$  เซลล์ต่อมิลลิลิตร และระดับอุณหภูมิ 34 องศาเซลเซียส ในบ่อปลานิลขนาด 6.5 กรัม มีค่าอัตราการกรองน้ำเขียวในปลานิลสูงที่สุด โดยมีค่า  $704 \pm 5.301 \times 10$  เซลล์ต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) กับอัตราการกรองน้ำเขียวในบ่อปลานิลขนาด 100.0 กรัม มีค่าเท่ากับ  $161 \pm 0.004 \times 10$  เซลล์ต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง

โดย Hakan Turker *et al.* (2003) กล่าวว่าปลานิลเป็นปลาที่ชอบอาศัยอยู่ในที่ที่มีอุณหภูมิสูงและอัตราการกินอาหารจะสูงขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น ตัวอย่างเช่น ปลานิลแดงลูกผสม เช่น *O. mossambicus*, *O. niloticus* และ *O. aureus* อัตราการกินอาหารสูงขึ้นจาก 3.7 เปอร์เซ็นต์ เป็น 4.97 เปอร์เซ็นต์ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น 20 องศาเซลเซียส เป็น 32 องศาเซลเซียส (Bhikajee & Gobin, 1997) สอดคล้องกับการทดลองของ Chervinski *et al.* (1982) ที่พบว่า ปลานิล *O. mossambicus* กินอาหารลดลงเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Mironova (1975) พบว่า *O. mossambicus* มีอัตราการกินอาหารจะเพิ่มขึ้นอย่างคงที่และต่อเนื่องเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจาก 22 องศาเซลเซียส เป็น 31 องศาเซลเซียส และ Caulton (1982) พบว่าในปลานิลวัยอ่อน *tilapia rendalli* มีอัตราการกินอาหารเพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิระดับ 18 องศาเซลเซียส ถึง 34 องศาเซลเซียส แต่หากเกิน 34 องศาเซลเซียส กิจกรรมการกินอาหารจะลดลง สอดคล้องกับการศึกษา Lovell (1998) ที่ว่าปลาในเขตร้อนอุณหภูมิที่ทำให้การกินอาหารเหมาะสมคือ 28 องศาเซลเซียส ส่วน Turker *et al.* (2003) พบว่าในปลานิล อัตราการกรองในพวก cyan bacteria มากกว่า green algae และจากผลการทดลองของ Brett (1979) พบว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมทางชีวเคมีโมเลกุลและกระบวนการเผาผลาญอาหารในสัตว์น้ำ เพราะว่ามีผลต่อระบบการหายใจ การกินอาหาร การย่อยและการดูดซึมและการเจริญเติบโต

Hakan Turker *et al.* (2003) รายงานว่า จำนวนเซลล์ของแพลงก์ตอนพืชในน้ำกรองที่เลี้ยงปลานิลลดลงอย่างมีนัยสำคัญทั้งในสาหร่ายสีเขียวและไซยาโนแบคทีเรีย อัตราการกรองในปลานิลมีประสิทธิภาพมากขึ้นหากอนุภาคมีขนาดใหญ่ขึ้น ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าระดับอุณหภูมิจึงมีผลต่อการ

เพิ่มอัตราการกรองน้ำเขียวของปลานิลและขนาดของปลานิลมีผลต่ออัตราการกรองน้ำเขียวโดยปลานิลขนาดเล็กจะมีอัตราการกรองน้ำเขียวมากกว่าปลานิลขนาดใหญ่ (p<0.05)

**การทดลองย่อยที่ 2** การศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ และความหนาแน่นของแพลงก์ตอน  $10 \times 10^6$  ในบ่อซีเมนต์ที่มีกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับต่างๆกัน

จากการทดลองผลของระดับคลอโรฟิลล์และอัตราการกรองต่อผลผลิตของปลานิล (*Oreochromis niloticus*) ที่ใช้กากเหลือจากการหมักมูลสุกรเพิ่มอาหารธรรมชาติในบ่อซีเมนต์พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อที่ใส่ปุ๋ยกากเหลือจากมูลสุกรหมักที่ระดับ 210 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์ มีค่าสูงที่สุด โดยมีค่า  $529 \pm 58.2$  ไมโครกรัมต่อลิตร ( $p \geq 0.05$ ) สรุปได้ว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำเพิ่มขึ้นตามการใส่ปุ๋ยกากเหลือจากมูลสุกรหมัก ซึ่งสอดคล้องกับ Schroeder *et al.* (1990) กล่าวว่า การใส่ปุ๋ยในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำจะช่วยเพิ่มผลผลิตของแพลงก์ตอน ซึ่งเป็นแหล่งอาหารธรรมชาติของสัตว์น้ำ ทำให้ผลผลิตของสัตว์น้ำเพิ่มขึ้น โดยผลผลิตของปลาจากบ่อที่มีการใส่ปุ๋ยมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ เกิดจากการกินแพลงก์ตอน ส่วน Wohlfarth and Hulata (1987) พบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์จะกระตุ้นให้เกิดผลผลิตของทั้งแบคทีเรีย แพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ สัตว์หน้าดิน ซึ่งเป็นอาหารของสัตว์น้ำ ซึ่งสอดคล้องกับ วิรัช (2544) กล่าวว่า บทบาทของปุ๋ยอินทรีย์ในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจึงมีมากกว่าปุ๋ยเคมี เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์มีบทบาทในแง่ที่เป็นอาหารของสัตว์น้ำ จึงมีมากกว่าปุ๋ยเคมี เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์มีบทบาทในแง่ที่เป็นอาหารโดยตรง หรือถูกย่อยสลายแล้วปล่อยธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอน

คุณภาพน้ำจากการศึกษาด้านทางกายภาพมีค่าสอดคล้องกับการศึกษาอ่างเก็บน้ำเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล (ธารง, 2542 และพรศิริ, 2544) ซึ่งค่าที่ได้จัดอยู่ในเกณฑ์ของแหล่งน้ำปกติ (เปี่ยมศักดิ์, 2509) ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์พบว่า แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia) มีค่าเท่ากับ 0.002 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate) มีค่าเท่ากับ 0.12-0.32 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (Orthophosphate) มีค่าเท่ากับ 0.050-0.085 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) มีค่าเท่ากับ 102-106 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยภาพรวมคุณภาพน้ำที่เลี้ยงปลานิลในบ่อซีเมนต์อยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติตามมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน (กรมควบคุมมลพิษ, 2542) ที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

โดยปริมาณแพลงก์ตอนพืชใน Division Cyanophyta จะเพิ่มสูงขึ้นตามการใส่กากเหลือจากมูลสุกรหมักในบ่อดินที่มีกากเหลือจากการหมักมูลสุกรที่ระดับ 120 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์ มีปริมาณสูงที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $1155.8 \pm 782.5 \times 10^3$  เซลล์ต่อมิลลิลิตร ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )