

การศึกษาการใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีนน้ำชนิดมอเตอร์และเครื่องยนต์ ในบ่อเลี้ยง กุ้งขาวแบบหนาแน่น

Application Study of Paddle-Wheel Aerators Using Motors and Engines in Intensive Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Culture Ponds

คำนำ

กุ้งขาวแปซิฟิก (*Litopenaeus vannamei*) หรือ Pacific white shrimp หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า White leg shrimp เป็นกุ้งพื้นเมืองในทวีปอเมริกาใต้ พบทั่วไปบริเวณชายฝั่งมหาสมุทรแปซิฟิก ตะวันออกจากตอนเหนือของประเทศเม็กซิโกจนถึงตอนเหนือของประเทศเปรูและมีการเลี้ยงกันมากในประเทศเอกวาดอร์ เม็กซิโก เปรู ปานามา ฮอนดูรัส โคลัมเบีย และบราซิล กุ้งชนิดนี้ได้มีการนำเข้ามาเลี้ยงในทวีปเอเชียครั้งแรกโดยประเทศไต้หวันในปี พ.ศ. 2539 และต่อมาได้นำเข้าไปเลี้ยงในประเทศจีนในปี พ.ศ. 2541 สำหรับประเทศไทยนั้นได้มีการนำกุ้งขาวเข้ามาเลี้ยงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2541 และมีแนวโน้มการเลี้ยงที่เพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากในปี พ.ศ. 2540-2543 การเลี้ยงกุ้งกุลาดำได้เกิดโรคไวรัสดวงขาวระบาดประกอบกับการเลี้ยงกุ้งกุลาดำประสบปัญหาที่มีกุ้งขนาดเล็ก น้ำหนักประมาณ 3-5 กรัมเป็นจำนวนมากในการเลี้ยง ทำให้ประสบปัญหาขาดทุน ส่งผลให้ผลผลิตกุ้งกุลาดำลดลงมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ จนถึงในปี พ.ศ. 2544 ราคากุ้งกุลาดำเริ่มลดต่ำลงเรื่อย ๆ จึงได้มีการปรับเปลี่ยนการเลี้ยงจากกุ้งกุลาดำเป็นการเลี้ยงกุ้งขาวเพราะกุ้งขาวนั้นเป็นกุ้งที่เลี้ยงง่าย มีการเจริญเติบโตที่รวดเร็วและจากผลผลิตกุ้งที่เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ผู้ซื้อเริ่มมีการใช้มาตรการการตรวจสอบสารตกค้างในผลิตภัณฑ์กุ้ง ทำให้แนวโน้มราคาต่ำลงจึงเกิดภาวะวิกฤตกับอุตสาหกรรมเลี้ยงกุ้งอย่างต่อเนื่องมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 จนถึงปัจจุบัน (ชลอ และ พรเลิศ, 2547)

การเลี้ยงกุ้งขาวในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นการเลี้ยงในระบบปิด ซึ่งการเลี้ยงในระบบนี้มีผลดีตรงที่สามารถหลีกเลี่ยงปัญหาคุณภาพน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติและการแพร่ระบาดของโรคจากน้ำภายนอก แต่ในการเลี้ยงในระบบปิดไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับดินพื้นบ่อและคุณภาพน้ำ เช่น ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนีย ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ฯลฯ ซึ่งจะมีผลโดยตรงต่อสัตว์น้ำที่เลี้ยงในบ่อ การเจริญเติบโต อัตราการรอดตายและผลผลิต (บรรจง, 2530; ยนต์ และคณะ, 2531; Boyd, 1989) ดังนั้นเครื่องให้อากาศจึงมีความจำเป็นมากสำหรับการเลี้ยงกุ้งขาวแบบระบบปิดเพราะเครื่องให้อากาศจะสามารถเพิ่มปริมาณออกซิเจนซึ่งจะ

ช่วยในการหายใจของสัตว์น้ำแล้วยังช่วยในการกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ นอกจากนี้ เครื่องให้อากาศยังช่วยในการจัดการตะกอนและของเสียที่มีในบ่อให้อยู่ในลักษณะที่สามารถกำจัดได้ง่ายและไม่มีการฟุ้งกระจายของตะกอนและของเสียในบ่อเลี้ยงกุ้ง เพื่อจะได้มีพื้นที่สำหรับ บริเวณหว่านอาหารสำหรับกุ้งขาวเพิ่มมากขึ้นแต่สิ่งเหล่านี้จะเกิดขึ้นได้นั้นจะต้องขึ้นอยู่กับการวาง ตำแหน่งเครื่องให้อากาศที่มีความเหมาะสมด้วย

ดังนั้นการทดลองนี้เป็นการศึกษาความเร็วของกระแส น้ำ ปริมาณออกซิเจนที่เพิ่มขึ้นและ ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ระหว่างเครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์และเครื่องให้อากาศ แบบใบพัดตีน้ำชนิดเครื่องยนต์ เพื่อเปรียบเทียบข้อดีและข้อด้อยของเครื่องให้อากาศทั้งสองชนิดให้ ผู้เลี้ยงกุ้งสามารถนำไปเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสมของการเลี้ยงกุ้งในแต่ละพื้นที่ซึ่งจะช่วยให้ การเลี้ยงกุ้งขาวแบบหนาแน่นประสบผลสำเร็จและมีความยั่งยืนต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาหาความเร็วของกระแสน้ำและปริมาณออกซิเจนที่เพิ่มขึ้นของเครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำโดยใช้อัตราเร็วรอบที่แตกต่างกัน
2. เพื่อศึกษาผลผลิต อัตรารอด คุณภาพน้ำ คุณภาพดินและค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของเครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำที่ใช้พลังงานจากไฟฟ้ากับเครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำที่ใช้พลังงานจากน้ำมัน

การตรวจเอกสาร

อุตสาหกรรมการเลี้ยงกุ้งขาว

กุ้งขาวจัดเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่สำคัญที่สุดชนิดหนึ่ง เนื่องจากเป็นสัตว์น้ำที่มีมูลค่าสูง สามารถทำกำไรให้กับเกษตรกรอย่างมากในระยะเวลาอันสั้นและยังเป็นธุรกิจที่สามารถพัฒนาไปสู่ อุตสาหกรรมการส่งออกที่ทำรายได้เข้าสู่ประเทศเป็นมูลค่ามหาศาล ดังนั้นจะเห็นได้จากข้อมูลการ ส่งออกกุ้งขาวของประเทศไทยในปี 2548 ซึ่งส่งออกสูงถึง 221,986 ตัน ทำรายได้เข้าประเทศกว่า 50,600 ล้านบาท (กรมศุลกากร, 2548) ดังนั้นรูปแบบการเพาะเลี้ยงกุ้งขาวจึงได้รับความสนใจและ พัฒนาไปอย่างรวดเร็วจากการเลี้ยงแบบธรรมชาติ (extensive system) มาเป็นการเลี้ยงแบบกึ่ง ธรรมชาติ (semi-intensive system) จนกระทั่งพัฒนามาเป็นการเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนาหรือการเลี้ยง แบบหนาแน่น (intensive system)

ระบบการเลี้ยงกุ้ง

อนันต์ (2536) ได้แบ่งการเลี้ยงกุ้งตามระบบการเลี้ยงของลักษณะการใช้น้ำออกเป็น 3 ระบบคือ การเลี้ยงระบบเปิด (Opened Water System) เป็นการเลี้ยงโดยใช้การเปลี่ยนถ่ายน้ำในการ ควบคุมรักษาคุณสมบัติของน้ำ การเลี้ยงระบบปิด (Close Water System) เป็นการเลี้ยงโดยไม่มีการ เปลี่ยนถ่ายน้ำใช้กระบวนการต่างๆ ทั้งชีวเคมี และฟิสิกส์ในการควบคุมรักษาคุณสมบัติของน้ำ และการเลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle Water System) เป็นการเลี้ยง โดย การใช้กระบวนการต่างๆ ทั้งทางชีวเคมีและฟิสิกส์ บำบัดน้ำที่ระบายออกมาจากบ่อเลี้ยงแล้วนำมา หมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่อย่างต่อเนื่อง

การเลี้ยงกุ้งระบบปิดมีข้อดีคือสามารถควบคุมสภาวะต่างๆ ในการเลี้ยงได้ สามารถลดการ ขาดแคลนน้ำ หลีกเลี่ยงปัญหาคุณภาพน้ำจากน้ำธรรมชาติ ไม่มีข้อจำกัดเรื่องที่ตั้งและการจัดการทำ ได้สะดวก แต่มีข้อเสียคือต้นทุนในการจัดการระบบสูงขึ้นเพราะมีระบบที่ซับซ้อนขึ้นและถ้ามีการ เกิดโรคขึ้นในระบบจะมีการระบาดอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ยังมีพวกอินทรีย์สารสะสมในบ่อเลี้ยง เป็นจำนวนมากซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพดินและน้ำมีคุณภาพเสื่อมลงตามระยะเวลาการเลี้ยง (Sphepherd and Bromage, 1988)

ความสำคัญของเครื่องให้อากาศ

ปกติอัตราการแพร่ของออกซิเจนในน้ำจะขึ้นอยู่กับความเร็วของกระแสน้ำเป็นหลักซึ่ง Peterson and Putterson (1999, 2000) รายงานว่า ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของกระแสน้ำและปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำขึ้นอยู่กับลักษณะของบ่อ ชนิดเครื่องให้อากาศ นอกจากนั้นความเค็มที่ลดลงจะมีผลต่อการเพิ่มออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่เกิดจากเครื่องให้อากาศด้วย เนื่องจากทำให้แรงตึงผิวลดลงและทำให้ฟองอากาศมีขนาดเล็กลงมีพื้นที่ผิวในการแลกเปลี่ยนก๊าซเพิ่มขึ้น (Fast et al., 1999) ส่วนอนันต์ (2538) กล่าวว่า การควบคุมและรักษาคุณภาพน้ำทางฟิสิกส์ในบ่อเลี้ยงกุ้ง ควรติดตั้งเครื่องช่วยเพิ่มอากาศ แล้วเปิดเครื่องทำให้น้ำเคลื่อนที่สัมผัสกับอากาศอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งเกิดกระแสน้ำภายในบ่อเลี้ยงกุ้งซึ่งช่วยพยุหเศษอาหาร สิ่งขับถ่าย และซากสิ่งมีชีวิตต่างๆ ที่แขวนลอยในน้ำให้มีการย่อยสลายลงน้ำเพื่อเหลือเป็นตะกอนรวมกันตกลงพื้นบ่อให้น้อยที่สุดเป็นการเพิ่มออกซิเจนในน้ำให้มามากเพียงพอต่อการดำรงอยู่ของทุกสิ่งมีชีวิตภายในบ่อ พร้อมทั้งช่วยป้องกันมิให้เกิดปรากฏการณ์ทางธรรมชาติต่างๆ เช่น ป้องกันมิให้เกิดการแบ่งชั้นความเค็มและคุณภาพน้ำอื่นๆ ป้องกันมิให้เกิดการสะสมความร้อนหรือเกิดปฏิกิริยาเรื้อนกระจกในน้ำ นอกจากนี้ ชลอ (2535) ได้แนะนำว่า เครื่องตีน้ำขนาด 4 ใบพัด 1 เครื่อง สามารถใช้สำหรับน้ำหนักกุ้งในบ่อประมาณ 1,200 กิโลกรัม แต่ถ้ามีการถ่ายน้ำมากและบ่อลึกมากกว่า 1.50 เมตร อาจจะต้องรับกุ้งได้ถึง 1,400 กิโลกรัม และการเปิดเครื่องตีน้ำมีจุดประสงค์เพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำทำให้พื้นบ่อโดยเฉพาะบริเวณแนวให้อาหารสะอาด และรวมเลนหรือของเสียไปไว้กลางบ่อ ซึ่งถ้ารวมเลนไม่ได้ กุ้งอาจมีปัญหาเหงือกดำ หนวดคุด หางกร่อนได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ McGraw และคณะ (2001) ที่สรุปว่า การเพิ่มขึ้นของออกซิเจนที่ละลายในน้ำ จะมีผลทำให้ผลผลิตอัตราการรอด และผลกำไรของการเลี้ยงกุ้ง (*Litopenaens vannamei* and *L. styrostris*) สูงขึ้น ส่วน Ahmad และ Boyd (1988) แนะนำว่าบ่อที่ปล่อยกุ้งที่ความหนาแน่น 25 -40 PI/m² ควรใช้เครื่องให้อากาศประมาณ 3.7 – 14.9 kw/ha

ดังนั้นวัตถุประสงค์หลักของเครื่องให้อากาศ คือ การเพิ่มออกซิเจนหรือระดับออกซิเจนที่ละลายในน้ำให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งและเพื่อทำให้พื้นบ่อสะอาด ในปัจจุบันเครื่องให้อากาศนิยมใช้กันหลายชนิด ดังนี้

1. เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำ

เครื่องให้อากาศแบบนี้นิยมเรียกกันทั่วไปว่า เครื่องตีน้ำ มีทั้งแบบมอเตอร์ใช้ไฟฟ้าและแบบใช้เครื่องยนต์ ซึ่งมีข้อจำกัดคือใบพัดตีน้ำในระดับผิวน้ำจะลึกลงไปไม่มากนัก ดังนั้น กระแสน้ำที่เคลื่อนตัวในระดับน้ำลึกพื้นบ่อจะไม่แรงมาก ถ้าระดับน้ำลึกมาก ทำให้การทำความสะอาดพื้นบ่อทำได้น้อยมาก ฉะนั้นระดับความลึกที่เหมาะสมของเครื่องยนต์หรือมอเตอร์ที่ปรับความเร็ว 60 รอบต่อนาที ควรมีความลึกของน้ำอยู่ระหว่าง 1.2-1.4 เมตร ถ้าเป็นมอเตอร์ที่ความเร็วเพิ่มขึ้นเป็น 80 รอบต่อนาที ควรมีความลึกของน้ำควรอยู่ระหว่าง 1.4-1.6 เมตร (ชโล, 2543)

2. เครื่องให้อากาศแบบแอร์เจ็ต

เครื่องให้อากาศแบบแอร์เจ็ตส่วนใหญ่จะมีท่อนลอยในตัว ซึ่งเครื่องให้อากาศแบบนี้เหมาะสมกับบ่อที่มีระดับน้ำลึกและพื้นบ่อแข็งมีเฉพาะที่ใช้มอเตอร์สามารถปรับมุมของกระแสน้ำในการทำความสะอาดพื้นบ่อได้ทั่วไป โดยมากมักจะติดตั้งแอร์เจ็ตที่มุมบ่อเพื่อต้องการความแรงของกระแสน้ำหรืออาจติดตั้งวงในเพื่อต้องการความแรงของกระแสน้ำหรืออาจติดตั้งวงในเพื่อทำให้เลนรวมกันกลางบ่อ

3. เครื่องให้อากาศแบบใบพัดหมุนทุเรียน

เครื่องให้อากาศแบบใบพัดหมุนทุเรียนมีลักษณะคล้ายเครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำ แต่ใบพัดเป็นท่อนพีวีซีตัดเฉียงและติดตั้งใบพัดกับแกนหมุนในลักษณะเป็นเกลียว (Spiral) จะทำงานด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าหรือเครื่องยนต์ ดังนั้นจึงมีคุณสมบัติคล้ายกับเครื่องตีน้ำแบบธรรมดา คือใบพัดตีน้ำในระดับผิวน้ำจะลึกลงไปไม่มาก ส่วนการเพิ่มของออกซิเจนทำได้มากกว่าและน้ำมีการเคลื่อนที่เร็วกว่า

4. เครื่องให้อากาศแบบเคล้าน้ำ

เครื่องให้อากาศแบบเคล้าน้ำเครื่องให้อากาศแบบนี้จะมีใบพัดตีน้ำ ส่วนใหญ่จะใช้มอเตอร์พลังงานน้อยกว่าเครื่องให้อากาศทั่วไป แต่สามารถทำให้พื้นบ่อสะอาดเป็นบริเวณกว้างได้ดีและควรใช้ร่วมกับเครื่องให้อากาศประเภทอื่น เนื่องจากเครื่องให้อากาศแบบเคล้าน้ำไม่สามารถเพิ่มออกซิเจนได้เท่ากับใบพัดตีน้ำและแอร์เจ็ต ฉะนั้นเครื่องเคล้าน้ำเหมาะสมกับบ่อที่มีพื้นแข็ง

และมีความลึกไม่น้อยกว่า 1.4 เมตร บ่อที่ระดับน้ำตื้นและพื้นอ่อนนุ่มไม่เหมาะที่จะใช้เครื่องให้อากาศแบบเกล้าน้ำ

ตะกอนดินและดินเลนก้นบ่อ

ตะกอนดินจากพื้นบ่อเลี้ยงกุ้งก็มีความสำคัญต่อการเลี้ยงกุ้งเพราะกุ้งใช้พื้นบ่อในการหากินและดำรงชีพ ตะกอนดินและดินเลนก้นบ่อเกิดจากเศษอาหาร ซากแพลงก์ตอนพืชและสิ่งมีชีวิตที่ตายทับถมกันตลอดระยะเวลาเลี้ยง ซึ่งจากการศึกษาคุณภาพตะกอนดินของ คุณิต และคณะ (2536) นั้น พบว่าอัตราการตกตะกอน ปริมาณแอมโมเนียในตะกอนดิน ฟอสฟอรัสรวม ไนโตรเจนรวม และไฮโดรเจนซัลไฟด์เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาเลี้ยงและตะกอนดินสามารถปล่อยแอมโมเนียออกมาสู่มวลน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งได้

อนุภาคของแข็งต่างๆ ที่ก่อให้เกิดตะกอนในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ ได้แก่ หิน ทราย ซิลต์ เคลย์ เศษสารอินทรีย์ และซากพืชซากสัตว์ต่าง ๆ ซึ่งมีแหล่งที่มาจากภายนอกรวมทั้งที่เกิดขึ้นภายในบ่อ ส่วนแหล่งที่มาที่สำคัญของตะกอนในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำได้แก่ อนุภาคดินที่แขวนลอยอยู่ในน้ำซึ่งเข้าสู่บ่อ ปุ๋ยและอาหารที่ใช้เพื่อเพิ่มผลผลิตสัตว์น้ำและตะกอนที่เกิดขึ้นภายในบ่อซึ่งเกิดจากกิจกรรมทางชีวภาพรวมทั้งวิธีการจัดการต่าง ๆ (Boyd, 1995)

การให้อากาศเป็นปัจจัยสำคัญในการก่อให้เกิดตะกอนภายในบ่อ เครื่องให้อากาศทำให้เกิดการไหลวนของน้ำ ซึ่งจะไปกัดเซาะก้นบ่อในบริเวณที่กระแสน้ำมีความเร็วสูงและอนุภาคแขวนลอยที่เกิดขึ้นจะไปตกตะกอนอีกครั้งหนึ่งในบริเวณอื่นของบ่อที่มีความเร็วของกระแสน้ำต่ำกว่าซึ่งพบว่าในบ่อที่มีการเติมอากาศอย่างต่อเนื่องนั้นมีความเข้มข้นของสารแขวนลอยสูงกว่าบ่อที่มีการให้อากาศเป็นครั้งคราว บ่อเลี้ยงกุ้งในประเทศไทยมักจะมีเครื่องให้อากาศขนาด 0.75 กิโลวัตต์ จำนวนมากถึง 8 ชุดต่อบ่อหรือมากกว่านี้ (Boyd, 1995) ซึ่งกระแสน้ำที่เกิดจากเครื่องให้อากาศจะไปกัดเซาะดินก้นบ่อเป็นแถบกว้างประมาณ 10 - 15 เมตร รอบ ๆ บ่อรวมทั้งจะกัดเซาะคันดินด้านใน โดยอนุภาคแขวนลอยที่เกิดขึ้นจากการกัดเซาะจะไปตกตะกอนในบริเวณพื้นที่ตรงกลางของก้นบ่อซึ่งมีความเร็วของกระแสน้ำต่ำกว่าตะกอนที่เกิดขึ้นหนาประมาณ 30-45 เซนติเมตร ซึ่งครอบคลุม 30-50 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ก้นบ่อ

เนื้อดิน (soil texture)

เนื้อดินเป็นคุณสมบัติของดินที่บ่งถึงขนาดของชิ้นส่วนของสารต่างๆ ที่ประกอบกันขึ้นเป็นดินหยาบหรือความละเอียดขององค์ประกอบหลักของดินหรือเนื้อดินหมายถึงสัดส่วนอนุภาคทราย อนุภาคซิลต์ และอนุภาคดินเหนียว ซึ่งกลุ่มอนุภาคทั้ง 3 นี้ เมื่อประกอบกันเข้าในสัดส่วนสัมพัทธ์ต่าง ๆ กันจะได้ชื่อหรือลักษณะของเนื้อดินมากมาย (คูสิต, 2535; สุรศักดิ์, 2520) ตามมาตรฐานของสหรัฐอเมริกา อนุภาคทราย ซิลต์ และดินเหนียวจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 0.05-2 , 0.002-0.05 และน้อยกว่า 0.002 มิลลิเมตร ตามลำดับ (Boyd, 1995) ส่วนอนุภาคดินที่เล็กกว่า 0.001 มิลลิเมตร เรียกว่าสารแขวนลอย (ไพบูลย์, 2528; Boyd, 1995)

ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำนั้นเนื้อดินมีความสำคัญต่อการสร้างบ่อ แต่ในแง่การจัดการบ่อจะมีความสำคัญน้อยมากเพราะประเภทของเนื้อดินภายในบ่อจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่เนื้อดินในแต่ละจุดภายในบ่ออาจจะเปลี่ยนแปลงได้จากการกัดเซาะและการตกตะกอนภายในบ่อ (สุวนิช, 2540) ส่วนดินที่ใช้ในการสร้างบ่อต้องมีอนุภาคดินเหนียวอย่างน้อย 20 เปอร์เซ็นต์ ดินจึงจะกั้นน้ำได้ดี การตากหรือไถพรวนทำได้ง่าย (Boyd, 1995) จากการศึกษาคุณสมบัติของดินในบริเวณนาทุ่งและป่าชายเลนในพื้นที่จังหวัดตราดของ พยุง (2532) พบว่าดินบริเวณนาทุ่งมีลักษณะเป็นดินร่วนปนทรายและดินเหนียวปนทรายโดยมีอนุภาคดินเหนียว 20-48 เปอร์เซ็นต์ และ ชลอ และ พรเลิศ (2547) กล่าวว่าจากการเปรียบเทียบปัจจัยต่างๆ ที่แตกต่างกันระหว่าง บ่อเลี้ยงกุ้งที่ได้ผลผลิตดีกับบ่อที่มีปัญหากุ้งตายในปัจจุบันนี้ จะพบว่าบ่อที่ประสบความสำเร็จส่วนใหญ่จะเป็นบ่อที่มีสภาพพื้นดินเป็นดินเหนียว ดินลูกรัง ซึ่งค่อนข้างจะแน่นแข็งและสะอาดตลอดการเลี้ยง ส่วนบ่อที่เป็นดินร่วน ดินร่วนปนทราย มักจะมีปัญหามากกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสาเหตุที่สภาพดินร่วนซุยเป็นแหล่งสะสมของเสียที่ดีประกอบกับการเตรียมบ่อไม่ดีพอ

คุณภาพน้ำที่มีผลต่อการเลี้ยงกุ้ง

1. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolve Oxygen/DO)

ชลอ และ พรเลิศ (2547) กล่าวว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีผลต่อการกินอาหาร การเจริญเติบโตแลสุขภาพกุ้ง ถ้าปริมาณออกซิเจนต่ำเกินไปอาจมีผลทำให้กุ้งตายได้ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในบ่อมีการเปลี่ยนแปลงคล้ายกับความเป็นกรดเป็นด่างคือ มีค่าต่ำสุดในตอน

เข้ามิดเนื่องจากใช้ไปในการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์และการหายใจของสิ่งมีชีวิตในบ่อ ปริมาณออกซิเจนในบ่อจะเพิ่มขึ้นและจะมีปริมาณสูงสุดในตอนบ่าย

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งทั่วไปไม่ควรต่ำกว่า 3.5 ส่วนในล้านส่วน นอกจากนี้ความเหมาะสมของปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ ในน้ำที่มีแอมโมเนีย-ไนโตรเจน 3.55 ส่วนในล้านส่วน ซึ่งมีออกซิเจนที่ละลายในน้ำ 5.7 ส่วนในล้านส่วน ทำให้กุ้งตาย 35.5 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลงเหลือ 2.3 ส่วนในล้านส่วน จะทำให้กุ้งตาย 90 เปอร์เซ็นต์ ในเวลา 96 ชั่วโมง (Boyd and Fast, 1992)

2. อุณหภูมิของน้ำ (Water temperature)

อุณหภูมิของน้ำเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่มีอิทธิพลโดยตรงและโดยอ้อมต่อสัตว์น้ำ โดยปกติอุณหภูมิของน้ำจะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิของอากาศซึ่งขึ้นอยู่กับ ฤดูกาล ระดับความสูงและสภาพภูมิประเทศ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงอาทิตย์ กระแสลม ความลึก ปริมาณสารแขวนลอยหรือความขุ่นและสภาพแวดล้อมโดยทั่วไปของแหล่งน้ำ ในประเทศไทยอุณหภูมิแปรผันในช่วง 23-32 องศาเซลเซียส การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจะเป็นไปแบบซ้ำ ๆ (ประเทือง, 2534)

อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งทั่วไปควรอยู่ระหว่าง 25-30 องศาเซลเซียส (Boyd and Fast, 1992) ซึ่งกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงในบ่อจะลดการกินอาหารเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส (ยนต์, 2539) ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปกุ้งจะเกิดอาการตัวอเนียงจากกล้ามเนื้อเกร็งและถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 28 องศาเซลเซียส กุ้งจะหยุดว่ายน้ำและไม่กินอาหาร เมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 14 องศาเซลเซียส กุ้งจะตาย (Boyd, 1982) ส่วนอุณหภูมิของน้ำที่สูงกว่าปกติเพียง 2-3 องศาเซลเซียส อาจเป็นอันตรายแก่สิ่งมีชีวิต (Moncrief and John, 1977)

3. ความโปร่งแสง (Transparency)

ไมตรี และ จารุวรรณ (2528) กล่าวว่า ความโปร่งแสงของน้ำวัดเป็นความลึกที่สามารถมองเห็นวัตถุแผ่นวงกลม (Secchi disc) ที่หย่อนลงไปใต้น้ำจนถึงความลึกที่มองไม่เห็นวัตถุดังกล่าว หากแหล่งน้ำใดที่มีความโปร่งแสงอยู่ระหว่าง 30-60 เซนติเมตร นับว่ามีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ หากต่ำกว่า 30 เซนติเมตร แสดงว่าน้ำขุ่นมากเกินไปหรือปริมาณแพลงก์

ตอนมากเกินไปซึ่งอาจทำให้เกิดการขาดออกซิเจนในแหล่งน้ำได้ แต่ถ้าความโปร่งแสงมีค่าสูงกว่า 60 เซนติเมตรขึ้นไปก็แสดงว่าแหล่งน้ำนั้นไม่ค่อยอุดมสมบูรณ์ อาหารธรรมชาติมีน้อย ดังนั้นความโปร่งแสงที่เหมาะสมในบ่อเลี้ยงกุ้งควรอยู่ระหว่าง 40-60 เซนติเมตร (Boyd, 1989)

4. ความเค็ม (Salinity)

ความเค็มของน้ำเกิดจากเกลือต่างๆที่ละลายอยู่ในน้ำ คำจำกัดความของความเค็มคือปริมาณเป็นกรัมของเกลืออนินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำทะเล 1 กิโลกรัม (มนูวดี, 2532) ความเค็มมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำมาก โดยความเค็มของน้ำจะมีผลต่อการควบคุมปริมาณน้ำภายในร่างกาย ซึ่งเป็นผลมาจากความต่างของแรงดันออสโมติกภายในตัวและภายนอกตัวของสัตว์น้ำ ซึ่งกุ้งทะเลสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่ระดับความเค็ม 15-30 ส่วนในพันส่วน (Boyd, 1992) แต่กุ้งสามารถอยู่ในน้ำที่มีความเค็มต่ำกว่า 5 ส่วนในพันส่วน ได้และถ้าความเค็มสูงกว่า 35 ส่วนในพันส่วน จะทำให้การเจริญเติบโตลดลง (สะไบทิพย์ และคณะ, 2543)

5. ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

พีเอชหรือความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ เป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นว่า น้ำนั้นเป็นกรดหรือด่าง หากน้ำมีพีเอชต่ำกว่า 7 แสดงว่าน้ำมีสภาพเป็นกรด แต่ถ้าค่าพีเอชมีค่ามากกว่า 7 แสดงว่าน้ำมีสภาพเป็นด่าง

ค่าพีเอชของน้ำผิวดินส่วนใหญ่จะผันแปรในรอบวัน เนื่องจากการสังเคราะห์แสงและการหายใจ อันเป็นสาเหตุให้ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์เปลี่ยนแปลง ในช่วงวันที่มีแสงพืชน้ำใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในการสังเคราะห์แสง ค่าพีเอชของน้ำจึงเพิ่มขึ้น ส่วนช่วงกลางคืนจะมีการหายใจปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาอย่างเดียวทำให้ค่าพีเอชจึงลดต่ำลง ฉะนั้นการผันแปรของพีเอชมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความสามารถในการเป็นบัฟเฟอร์ของน้ำและอัตราการสังเคราะห์แสงรวมถึงอัตราการหายใจ ซึ่งค่าพีเอชในช่วงเช้า อาจลดต่ำลงถึง 6 และสูงกว่า 11 ในช่วงบ่าย (Boyd and Tucker, 1998) ส่วนความแตกต่างของพีเอชในรอบวันถ้ามีความแตกต่างมากเกินไปจะเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ กรณีที่มีค่าพีเอชสูงขึ้นในตอนบ่ายจนถึงระดับ 9 หรือ 10 นั้น หากเกิดในช่วงระยะเวลาสั้นๆ ก็ยังไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ ดังนั้นแหล่งน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของกุ้ง ไม่ควรมีการเปลี่ยนแปลงของพีเอช เกินกว่า 0.8 หน่วยในรอบวัน (ชโล, 2543) และพีเอชมีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเลี้ยง

ความปั่นกรดเป็นค่าที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งทั่วไปอยู่ระหว่าง 7-9 (Boyd and Fast, 1992) ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำผลทางอ้อมของพีเอชและปฏิกิริสัมพันธ์ของพีเอชกับคุณภาพน้ำอื่น ๆ มีความสัมพันธ์มากกว่าผลเนื่องจากพิษของพีเอชโดยตรง ค่าพีเอชมีผลต่อการแสดงออกของความเป็นพิษของคุณสมบัติของน้ำอื่น ๆ เช่น NH_3 , H_2S เป็นต้น เมื่อพีเอชเพิ่มขึ้นสัดส่วนของแอมโมเนียในรูปที่ไม่มีประจุ ซึ่งเป็นพิษต่อสัตว์น้ำจะเพิ่มขึ้น

6. ความกระด้าง (Hardness)

ความกระด้างของน้ำเกิดจากอิออนของโลหะที่มีประจุตั้งแต่ +2 ขึ้นไป อิออนพวกนี้สามารถทำปฏิกิริยากับสบู่ตกตะกอนและทำปฏิกิริยากับอิออนที่มีประจุลบบางชนิดในน้ำเกิดตะกอนสาเหตุหลักของความกระด้างของน้ำคือ อิออนวาเลนซ์สอง ความกระด้างของน้ำอาจแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ ความกระด้างชั่วคราว (Temporary hardness หรือ carbonate hardness) ซึ่งเป็นความกระด้างที่เกิดจากเกลือคาร์บอเนตหรือไบคาร์บอเนตกับโลหะวาเลนซ์สองและความกระด้างถาวร (Permanent hardness หรือ non-carbonate hardness) เป็นความกระด้างที่เกิดจากเกลือของโลหะวาเลนซ์สองกับอิออนลบตัวอื่น

ปลาและสัตว์น้ำในกลุ่มกุ้ง-ปู (crustacean) ต้องการแคลเซียมในการสร้างกระดูกและเปลือก สัตว์น้ำในกลุ่มกุ้ง-ปู จะดูดซับแคลเซียมจากน้ำระหว่างการลอกคราบ จึงต้องมีปริมาณแคลเซียมในน้ำในระดับที่พอเพียง (Filber and Lutz, 1982) ซึ่งโดยปกติน้ำที่ใช้เลี้ยงสัตว์น้ำในกลุ่มนี้ต้องมีความกระด้างไม่ต่ำกว่า 50 มิลลิกรัม/ลิตร as CaCO_3 (ยนต์, 2539) ความกระด้างโดยทั่วไปจะสัมพันธ์กับความเป็นด่างเพราะว่าอิออนลบของความเป็นด่างและอิออนบวกของความกระด้างโดยปกตินั้นได้มาจากการละลายของแร่คาร์บอเนต (Boyd, 1982)

7. ความเป็นด่าง (Alkalinity)

ความเป็นด่าง หมายถึง ความสามารถของน้ำที่จะรับ H^+ เพื่อทำให้กรดเป็นกลาง น้ำที่มีพีเอชสูงกว่า 4.5 จะมีค่าความเป็นด่างเสมอ พีเอชยิ่งสูงก็จะมีสภาพความเป็นด่างมากขึ้น สารประกอบที่ทำให้เกิดความเป็นด่างมี 3 ชนิด คือ ไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) คาร์บอเนต (CO_3^{2-}) และไฮดรอกไซด์ (OH^-) ความเป็นด่างมีความสำคัญมากในการเพาะเลี้ยงกุ้ง ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับอัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำและกุ้งทะเลทุกชนิด ค่าความเป็นด่างที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำอยู่ระหว่าง 80-150 มิลลิกรัม/ลิตร (ชลอ และ พรเลิศ, 2547)

ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำนั้นความเป็นค่ามีความสำคัญเพราะความเป็นค่าไปมีปฏิสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำอื่น ๆ ที่มีผลต่อสุขภาพของสัตว์น้ำหรือความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศน์ ดังนั้นความรุนแรงของความเป็นพิษของโลหะลดลงเมื่อความเป็นค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากโดยทั่วไปพีเอชเพิ่มขึ้นตามความเป็นค่า (Boyd and Tucker, 1998) ดังนั้นการเลี้ยงกุ้งทะเลระดับความเป็นค่าไม่ต่ำกว่า 50-60 mg/l as CaCO₃ เพื่อไม่ให้มีผลต่อการสร้างเปลือกของกุ้ง (ยนต์, 2539)

8. แอมโมเนีย (NH₃)

ชโล และ พรเลิศ (2547) กล่าวว่าแอมโมเนียเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่เป็นพิษต่อกุ้งและสัตว์น้ำอื่น ๆ ยกเว้นแพลงก์ตอนพืชและแบคทีเรียที่ใช้แอมโมเนียเป็นอาหาร แอมโมเนียที่พบอยู่ในน้ำแบ่งเป็นสองรูปแบบคือ แอมโมเนีย (NH₃) ซึ่งเป็นพิษต่อสัตว์น้ำและแอมโมเนียมไอออน (NH₄⁺) ซึ่งไม่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ ในการวัดแอมโมเนียทั่วไปจะวัดรวมทั้งสองรูปแบบ ซึ่งแอมโมเนียทั้งสองรูปจะเปลี่ยนกลับไปกลับมาตามพีเอชของน้ำและอุณหภูมิของน้ำ โดยเฉพาะพีเอชสูงอัตราส่วนของแอมโมเนียจะสูงขึ้นทำให้ความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำเพิ่มขึ้น แต่ถ้าพีเอชของน้ำลดลง ซึ่งค่าแอมโมเนียในรูปของแอมโมเนียมไอออนจะมีอัตราส่วนมากขึ้นทำให้ความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำลดลง เมื่อแอมโมเนียในน้ำสูงขึ้นจะมีผลทำให้การขับถ่ายแอมโมเนียของกุ้งทำได้น้อยลงทำให้เกิดการสะสมของแอมโมเนียในเลือดและเนื้อเยื่อส่งผลให้พีเอชของเลือดเพิ่มขึ้นและมีผลต่อการทำงานของเอ็นไซม์ แอมโมเนียจะทำให้การใช้ออกซิเจนของเนื้อเยื่อสูงขึ้น แอมโมเนียจะไปทำลายเหงือกและความสามารถในการขนส่งออกซิเจนและกุ้งอ่อนแอติดเชื้อโรคได้ง่าย ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียทำให้สัตว์น้ำตายปกติอยู่ในช่วง 0.4-2.0 มิลลิกรัม/ลิตร ในรูปของ NH₃ แต่แอมโมเนียระหว่าง 0.1-0.4 มิลลิกรัม/ลิตร จะทำให้กุ้งโตช้า สำหรับระดับที่ปลอดภัยต่อการเลี้ยงกุ้งควรมีน้อยกว่า 0.1 มิลลิกรัม/ลิตร

10. ไนไตรท์ (NO₂)

ไนไตรท์เป็นสารประกอบระหว่างกลางในกระบวนการไนตริฟิเคชัน โดยทั่วไปไนไตรท์จะไม่สะสมอยู่ในแหล่งน้ำเพราะไนไตรท์ที่ได้จะเปลี่ยนเป็นไนเตรทอย่างรวดเร็ว แต่ในบางสภาวะหากอัตราการออกซิไดซ์แอมโมเนียเร็วกว่าอัตราการออกซิไดซ์ไนไตรท์ก็จะเกิดการสะสมของไนไตรท์ขึ้นได้ แหล่งน้ำทั่วไปพบว่ามีความเข้มข้นต่ำเฉลี่ยน้อยกว่า 0.007 mg-N/L แต่แหล่งน้ำที่รับน้ำเสียพบไนไตรท์ในความเข้มข้นที่สูงกว่าเช่นเดียวกับบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำที่มีความหนาแน่นสูงเพราะไนบ่อ

เลี้ยงสัตว์น้ำมีอัตราการเติมไนโตรเจนในรูปของอาหารเม็ด ปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยคอกลงในบ่อ อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของไนโตรเจนในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำมักจะต่ำ (น้อยกว่า 0.1 mg-N/L) เนื่องจากแอมโมเนียซึ่งเป็นสารตั้งต้นถูกแปลงก็ฟิชนำไปใช้ (Boyd and Tucker, 1998) ค่า 96-hr LC₅₀ ของไนโตรเจนจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีแอมโมเนียมากขึ้น (Chen and Chin, 1987) ระดับความเป็นพิษของไนโตรเจนจะเพิ่มขึ้นเมื่อค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำและค่าพีเอชน้ำลดลง นอกจากนี้ความเป็นพิษของไนโตรเจนจะถูกยับยั้งโดยคลอไรด์ในน้ำ ดังนั้นในน้ำทะเลซึ่งมีคลอไรด์สูงความเป็นพิษของไนโตรเจนต่อสัตว์น้ำจึงค่อนข้างต่ำ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547)

ความสำคัญปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolve Oxygen / DO)

ยนต์ (2539) กล่าวว่า ออกซิเจนเป็นก๊าซที่เป็นองค์ประกอบหลักของอากาศ โดยมีอยู่ในอากาศในปริมาณ 20.95 เปอร์เซ็นต์ เป็นอันดับสองรองจากก๊าซไนโตรเจนที่มีอยู่ 78.08 เปอร์เซ็นต์ อันดับถัดไปคือก๊าซอาร์กอน 0.934 เปอร์เซ็นต์ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 0.032 เปอร์เซ็นต์

ก๊าซออกซิเจนสามารถละลายน้ำได้ดีกว่าก๊าซไนโตรเจนซึ่งความสามารถในการละลายน้ำของออกซิเจนขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่

1. ความกดอากาศ ถ้าความกดอากาศเพิ่มขึ้นการละลายได้ของออกซิเจนจะเพิ่มขึ้น แต่ถ้าความกดอากาศลดลงความสามารถในการละลายได้ของออกซิเจนจะลดลง
2. อุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้นการละลายได้ของออกซิเจนจะลดแต่ถ้าอุณหภูมิลดลง การละลายได้ของออกซิเจนจะเพิ่มขึ้น
3. ความเค็ม ในน้ำที่มีความเค็มสูงการละลายได้ของออกซิเจนจะลดลง ในขณะที่น้ำที่มีความเค็มต่ำการละลายได้ของออกซิเจนจะมากกว่า ความสามารถในการละลายได้ของออกซิเจนลดลงโดยประมาณอย่างคร่าวๆ 5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อความเค็มของน้ำเพิ่มขึ้น 9 ส่วนในพันส่วน (ยนต์, 2539)

แหล่งที่มาของออกซิเจนในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ

ยนต์ (2539) สรุปว่า แหล่งที่มาของออกซิเจนที่ละลายน้ำได้มาจาก 3 แหล่ง คือ

1. การแพร่จากอากาศ เนื่องจากอากาศมีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ในเปอร์เซ็นต์สูง การแพร่ของออกซิเจนจากอากาศจึงเป็นแหล่งที่ให้ออกซิเจนที่สำคัญแก่แหล่งน้ำ อย่างไรก็ตามการแพร่ของออกซิเจนจากอากาศสู่น้ำ จะเกิดขึ้นได้ก็เพียงในสภาวะที่ปริมาณของออกซิเจนอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าจุดอิ่มตัวเท่านั้น ถ้าปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำต่ำกว่าจุดอิ่มตัวมาก จะมีการแพร่ของออกซิเจนจากอากาศสู่น้ำในอัตราสูง อัตราการแพร่ของออกซิเจนจากอากาศสู่น้ำจะขึ้นอยู่กับผิวสัมผัสระหว่างอากาศกับน้ำด้วยแรงลมที่ทำให้ผิวน้ำเป็นคลื่นจะช่วยให้การแพร่ของออกซิเจนลงสู่น้ำเพิ่มขึ้น

2. การสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืชและพันธุ์ไม้น้ำ ในแหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง มีแพลงก์ตอนพืชหรือพันธุ์ไม้น้ำที่ขึ้นอยู่ใต้น้ำมาก ซึ่งการสังเคราะห์แสงเกิดขึ้นมากในช่วงเวลากลางวันที่มีแสงจึงเป็นแหล่งให้ออกซิเจนแก่น้ำที่สำคัญ การผลิตออกซิเจนจากการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืชและพันธุ์ไม้น้ำจะทำให้น้ำในแหล่งนี้มีปริมาณออกซิเจนสูง ในช่วงกลางวันที่มีการสังเคราะห์แสงและบ่อยครั้งที่จะวัดออกซิเจนในแหล่งน้ำได้สูงเกินจุดอิ่มตัว

3. ออกซิเจนที่เข้ามากับมวลน้ำที่ไหลลงสู่บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ ในมวลน้ำที่ไหลลงสู่บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำจะมีปริมาณออกซิเจนแตกต่างกันไปแล้ว แต่สภาพของน้ำในแต่ละแหล่งที่ไหลลงมา บางครั้งอาจมีปริมาณออกซิเจนละลายอยู่สูงกว่าปริมาณออกซิเจนในน้ำในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ แต่บางครั้งอาจมีปริมาณออกซิเจนต่ำกว่าก็ได้

ในบ่อที่เลี้ยงสัตว์น้ำแบบธรรมชาติ (Extensive culture) แหล่งของออกซิเจนที่สำคัญในบ่อก็ยังคงได้แก่การแพร่จากอากาศ การสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืชและการเข้ามากับมวลน้ำ เมื่อมีการถ่ายเปลี่ยนน้ำ ในบ่อเลี้ยงกุ้งทะเลแบบธรรมชาติ จีแคดซึ่งประกอบด้วยสาหร่ายเส้นใยที่ขึ้นเป็นแผ่นบริเวณพื้นบ่อ จะมีบทบาทสำคัญในการสังเคราะห์แสงให้ออกซิเจนแก่น้ำด้วย เช่นเดียวกับ ในบ่อเลี้ยงอาร์ทีเมียซึ่งน้ำตื้นและที่พื้นบ่อมีสาหร่ายเส้นใยขึ้นมาก สาหร่ายเส้นใยเหล่านี้จะเป็นแหล่งผลิตออกซิเจนหลัก เนื่องจากน้ำในบ่ออาร์ทีเมียความเค็มสูงมาก แพลงก์ตอนจึงเจริญเติบโตแพร่พันธุ์ได้ไม่คึก (ยนต์ และคณะ, 2530) ในการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหนาแน่น

(Intensive culture) หรือกึ่งหนาแน่น (Semi-intensive) จะมีระบบให้อากาศในบ่อเพื่อเพิ่มออกซิเจนในน้ำ ซึ่งจะเป็นแหล่งให้ออกซิเจนหลักต่อบ่อ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหนาแน่น

การสูญเสียออกซิเจนออกไปจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ

การสูญเสียออกซิเจนจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำเกิดจากสาเหตุหลายประการ ได้แก่ การใช้ ออกซิเจนในการหายใจของสิ่งมีชีวิตทั้งพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ในแหล่งน้ำ การใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ การใช้ออกซิเจนย่อยสลายสารอินทรีย์บริเวณดินพื้นท้องน้ำ การแพร่กลับสู่อากาศ ซึ่งจะเกิดขึ้นเฉพาะในสภาวะที่ปริมาณออกซิเจนในน้ำมีอยู่สูงเกินจุดอิ่มตัวเท่านั้น และการใช้ออกซิเจนในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ ในสภาพรีดิคซ์ในน้ำและบริเวณดินพื้นท้องน้ำ (ยนต์, 2539)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนในรอบวัน (Diurnal fluctuation)

เนื่องจากในบ่อและแหล่งน้ำธรรมชาติซึ่ง การสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืชและพืชน้ำเป็นแหล่งให้ออกซิเจนที่สำคัญแก่แหล่งน้ำและบ่อแต่อัตราการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืชขึ้นอยู่กับปริมาณแสงที่ส่องลงสู่บ่อและแหล่งน้ำ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงปริมาณแสงในรอบวันจึงมีผลต่ออัตราการสังเคราะห์แสงและมีผลต่ออัตราการผลิตออกซิเจนโดยแพลงก์ตอนพืชและพืชน้ำ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนในรอบวันในบ่อและแหล่งน้ำ เป็นรูปแบบที่แน่นอนคือปริมาณออกซิเจนจะอยู่ที่ระดับต่ำสุดตอนเช้ามืดและค่อยๆเพิ่มมากขึ้นเมื่อเริ่มมีแสงสว่างซึ่งแพลงก์ตอนพืชเริ่มทำการสังเคราะห์แสงและจะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆจนถึงช่วงบ่ายตามอัตราการสังเคราะห์แสงซึ่งจะขึ้นสูงสุดในช่วงบ่ายที่มีความเข้มข้นของแสงสูงสุด หลังจากนั้นความเข้มของแสงจะลดลงและอัตราการผลิตออกซิเจน โดยการสังเคราะห์แสงก็จะลดลงและหยุดเมื่อมีมืดหมดแสงสว่าง หลังจากนั้นปริมาณออกซิเจนในน้ำจะถูกใช้ไปเรื่อยๆ ตลอดช่วงกลางคืนจากการหายใจของสิ่งมีชีวิตและการเน่าสลายของสารอินทรีย์จนไปถึงจุดต่ำสุดช่วงเช้ามืดก่อนสว่าง (ยนต์, 2539)

การป้องกันและแก้ไขปัญหาในกรณีที่บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำมีปริมาณออกซิเจนต่ำเกินไป

ยนต์ (2539) สรุปว่า การป้องกันและการแก้ไขปัญหาในกรณีที่บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำมีปริมาณออกซิเจนต่ำเกินไป สามารถป้องกันได้โดย ไม่ปล่อยสัตว์น้ำลงเลี้ยงในอัตราที่หนาแน่นมากเกินไป

ออกแบบบ่อให้มีระบบการกำจัดตะกอนสารอินทรีย์ออกจากบ่อได้อย่างมีประสิทธิภาพและกำจัด
ตะกอนสารอินทรีย์ออกเป็นระยะ ๆ ควบคุมปริมาณอาหารที่ให้เหมาะสม ให้มีเศษเหลือน้อย
ที่สุด ควบคุมปริมาณแพลงก์ตอนไม่ให้มีมากเกินไปและให้อากาศอย่างสม่ำเสมอ เพื่อเร่งการย่อย
สลายสารอินทรีย์ให้เหลือตกค้างน้อยที่สุด ส่วนการแก้ไขทำได้โดยเพิ่มการให้อากาศเพื่อเพิ่ม
ปริมาณออกซิเจนในน้ำให้พอเพียง เปลี่ยนถ่ายน้ำเพื่อเพิ่มออกซิเจนและลดสารพิษและสารอินทรีย์
ในบ่อ ลดปริมาณอาหารที่ให้ลงเพราะในสภาวะที่ขาดออกซิเจนสัตว์น้ำจะกินอาหารน้อย กำจัด
ตะกอนสารอินทรีย์ที่พื้นบ่อและการใช้วัสดุปูนเพื่อลดความเป็นพิษของคาร์บอนไดออกไซด์และ
ไฮโดรเจนซัลไฟด์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องมือวัดอัตราเร็วรอบและวัดคุณสมบัติของดิน

1.1 เครื่องมือวัดอัตราเร็วรอบ DIGITAL PHOTO TACHOMETER รุ่น DT-240P
(ภาคผนวกที่ 1)

1.2 เครื่องมือวัด ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ด้วยเครื่อง pH meter ยี่ห้อ Cyberscan รุ่น pH500

1.3 เครื่องมือวัด Texture ของดิน ด้วยเครื่อง Hydrometer

2. เครื่องมือวัดคุณสมบัติของน้ำ

2.1 เครื่องมือวัด ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ด้วยเครื่อง D.O.meter ยี่ห้อ Cyberscan รุ่น DO100

2.2 เครื่องมือวัด ความเป็นกรดเป็นด่าง ด้วยเครื่อง pH meter ยี่ห้อ Cyberscan รุ่น pH500

2.3 เครื่องมือวัด ความเค็ม ด้วยเครื่อง Reflectosalino meter ยี่ห้อ ATAGO รุ่น S-10E

2.4 เครื่องมือวัด แอมโมเนียรวม ไนโตรเจนและคลอโรไฟิลล์ เอ ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ MILTON ROX COMPANY รุ่น SPECTRO 22

2.5 เครื่องมือวัด อัตราการไหลของน้ำ ด้วยเครื่อง Flow meter รุ่น Global water
(ภาคผนวกที่2)

3. อุปกรณ์ที่ใช้ในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ

3.1 เครื่องให้อากาศแบบมอเตอร์ 2 แรงม้า โดย 1 แขน มี 4 ใบพัด แต่ละใบพัดกินน้ำ 5 เซนติเมตร (ภาคผนวกที่3)

3.2 เครื่องให้อากาศแบบเครื่องยนต์ 11 แรงม้า โดย 1 แขน มี 8 ใบพัด แต่ละใบพัดกินน้ำ 5 เซนติเมตร (ภาคผนวกที่4)

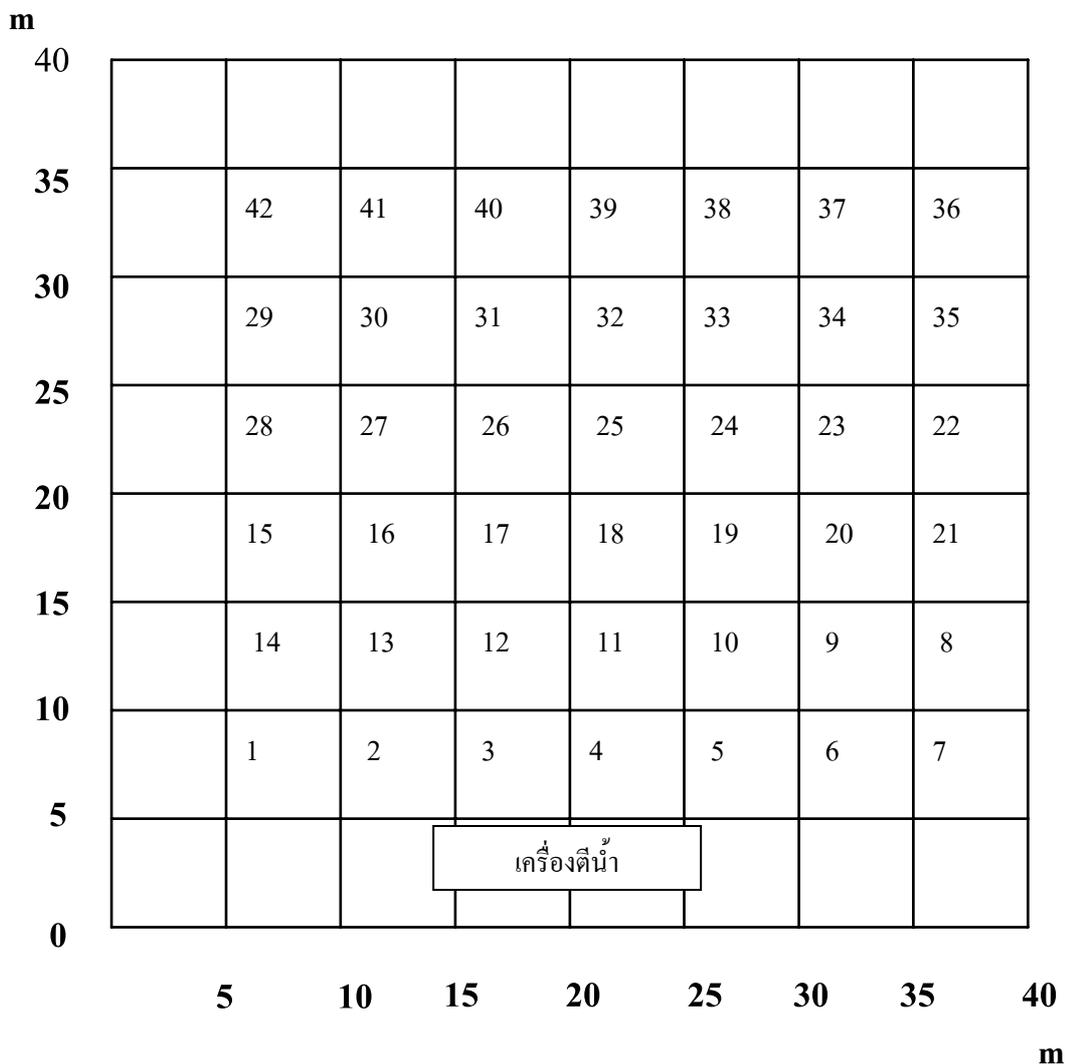
วิธีการ

1.การวางแผนการวิจัย

การวางแผนการวิจัยสามารถแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้ คือ

1.1 เป็นการเก็บข้อมูลหาความเร็วของกระแสน้ำและปริมาณออกซิเจนที่เพิ่มขึ้นของเครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำ โดยใช้อัตราเร็วรอบต่อนาทีที่แตกต่างกันตั้งแต่อัตราเร็วรอบ 25, 35, 55, 70, 90 และ 100 รอบ/นาที ตามลำดับ ในบ่อทดลองขนาด 1 ไร่ (40 เมตร×40 เมตร) โดยมีวิธีการดังนี้

1.1.1 ได้ทำการแบ่งพื้นที่ของบ่อเลี้ยงเป็นตารางที่มีขนาดกว้าง×ยาว เท่ากับ 5×5 เมตร ในบ่อทดลองขนาด 1 ไร่ และกำหนดจุด 1-42 จุด (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 แสดงตารางขนาด 5×5 เมตร ในบ่อทดลองขนาด 1 ไร่

1.1.2. วัดอัตราการเพิ่มออกซิเจนและความเร็วของกระแส น้ำของน้ำ 3 ระดับ คือ 20, 60 และ 80 เปอร์เซ็นต์ ของความลึกของบ่อโดยเปิดเครื่องนาน 30 นาที จึงเริ่มวัดจุด 1-42 จุดที่กำหนดไว้ในตารางที่ 1 ของเครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์และเครื่องยนต์ โดยเครื่องให้อากาศแบบมอเตอร์ 2 แรงม้า (1 แขน 4 ใบพัด) ทำการวัดที่อัตราเร็วรอบ 110 รอบ/นาที และเครื่องให้อากาศแบบเครื่องยนต์ 11 แรงม้า (1 แขน 8 ใบพัด) ทำการวัดที่อัตราเร็วรอบ 90, 70, 55, 35 และ 25 รอบ/นาที ตามลำดับ เนื่องจากเครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดเครื่องยนต์สามารถทำอัตราเร็วรอบสูงสุดได้ 90 รอบต่อนาที แต่เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์สามารถทำอัตราเร็วรอบสูงสุดได้ 110 รอบต่อนาที จึงนำเครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์มาทดสอบเก็บข้อมูลไว้ด้วย

1.2 เป็นการศึกษาการใช้เครื่องให้อากาศในฟาร์มเลี้ยงกุ้งของเอกชนที่มีการใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดน้ำชนิดมอเตอร์และเครื่องยนต์ เพื่อศึกษา ผลผลิต อัตรารอด คุณภาพน้ำ คุณภาพดิน และค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน โดยมีวิธีการศึกษาดังนี้

1.2.1. ศึกษาในฟาร์มเลี้ยงกุ้งในเครือข่ายกรมประมง ที่อำเภอ บางแพ จังหวัดราชบุรี ซึ่งเป็นฟาร์มที่เลี้ยงกุ้งในบ่อดินขนาด 3 ไร่ โดยใช้ น้ำความเค็มต่ำ 2-5 ส่วนในพันส่วน ลูกกุ้งขาวที่ผ่านการตรวจคุณภาพโดยวิธีหริมไบโอเทค ในอัตราความหนาแน่น 100,000 ตัว/ไร่ ซึ่งมีรายละเอียดของการเตรียมบ่อและการเตรียมน้ำในการเลี้ยงกุ้งดังต่อไปนี้

การเตรียมบ่อ

บ่อที่ใช้เลี้ยงกุ้งเป็นบ่อเก่า มีเลนก้นบ่อมาก จะทำการลอกเลนออกก่อนแล้วตากบ่อทิ้งไว้ เมื่อบ่อแห้งพอสมควรแล้วจะทำการหว่านปูน โดยก่อนหว่านจะต้องตรวจวัดค่า pH ของดินก่อน ถ้าดินพื้นบ่อมีค่า ความเป็นกรดเป็นด่าง ต่ำกว่า 5.5 จะเติมปูน CaCO_3 50 กิโลกรัม/ไร่ หลังจากหว่านปูนแล้วประมาณ 2-3 วัน ตรวจวัดค่า pH อีกครั้ง ถ้า pH ต่ำกว่า 5.5 ก็ให้หว่านปูน CaCO_3 50 กิโลกรัม/ไร่อีกทำงานกว่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินจะสูงเกิน 5.5 แล้วตากบ่อทิ้งไว้จนแห้ง หลังจากนั้นทำการหว่านปูน CaCO_3 โดยหว่านให้ทั่วบ่อ ในอัตราส่วน 300-500 กิโลกรัม/ไร่ หลังจากหว่านปูน 1-2 วัน จึงปล่อยน้ำเข้าบ่อ สูงประมาณ 60-80 เซนติเมตร

การเตรียมน้ำ

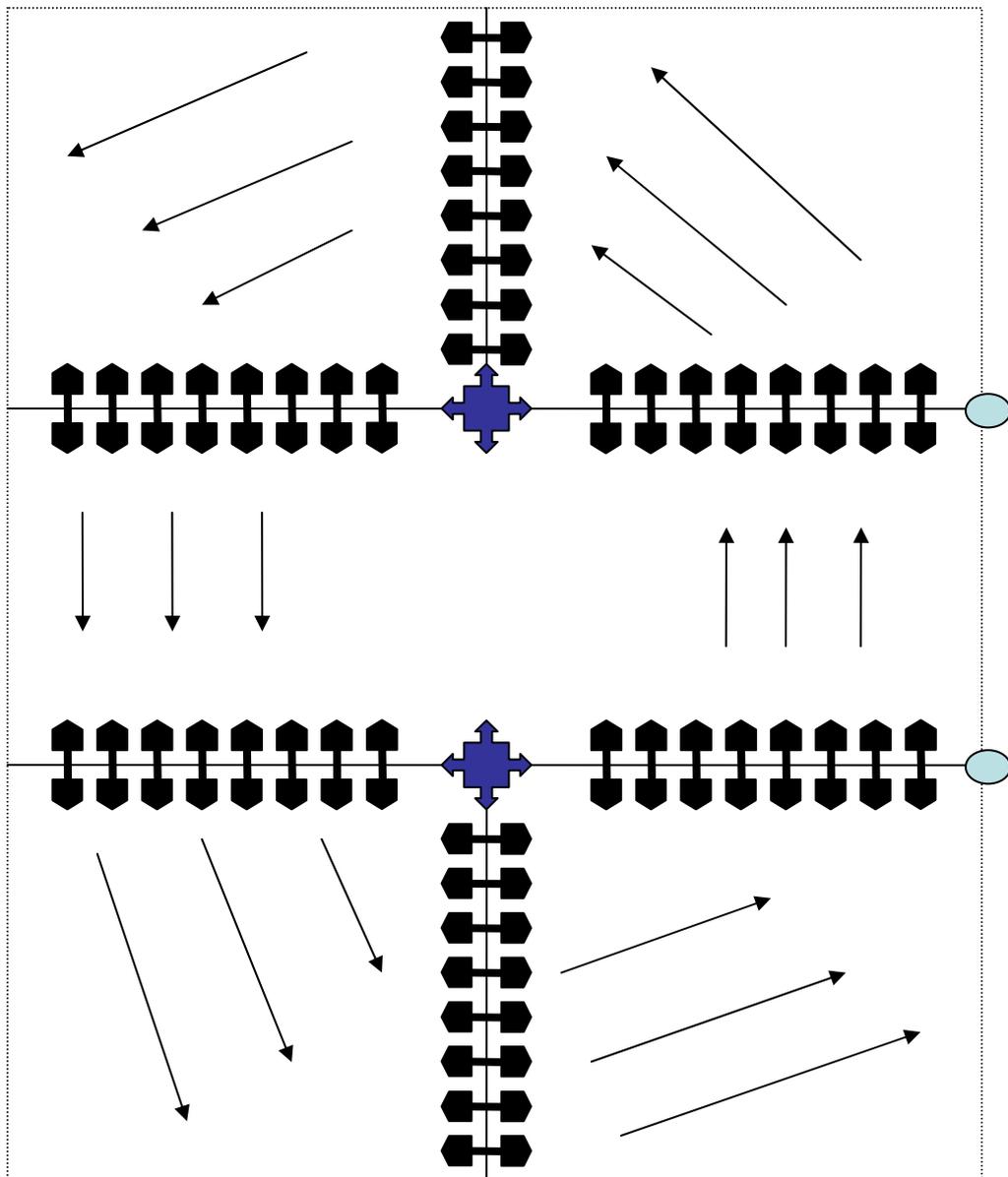
แหล่งน้ำจืดที่ใช้ มาจากคลองชลประทานด้านหน้าฟาร์ม ซึ่งมาจากเขื่อนศรีนครินทร์ จังหวัดกาญจนบุรี โดยจะสูบน้ำจากคลองเข้ามาพักไว้ในบ่อพักน้ำ ทำการบำบัดน้ำโดยใช้คลอรีนในอัตราส่วน 30 ส่วนในล้านส่วน เพื่อฆ่าเชื้อโรค ทิ้งไว้ประมาณ 7 วัน เมื่อบำบัดน้ำเรียบร้อยแล้วจึงปล่อยน้ำเข้าบ่อเลี้ยง จากนั้นนำน้ำเค็มมาเติมให้ได้ความเค็ม 5 ส่วนในพันส่วน โดยน้ำเค็มที่ใช้จะมีความเค็มประมาณ 180-200 ส่วนในพันส่วน ระหว่างเติมน้ำเค็มจะเปิดเครื่องตีน้ำเพื่อให้ น้ำผสมกัน

1.2.2 บ่อที่ใช้ทดลองเป็นบ่อขนาด 3 ไร่ จำนวน 6 บ่อ ความลึกประมาณ 1.5 เมตร พื้นบ่อเป็นดินเหนียวและติดตั้งแกนของเครื่องให้อากาศแบบไบพัตตีน้ำแต่ละแกนห่างกันประมาณ 25 เมตร โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุดการทดลอง (treatments) แต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ (replicates) ดังต่อไปนี้

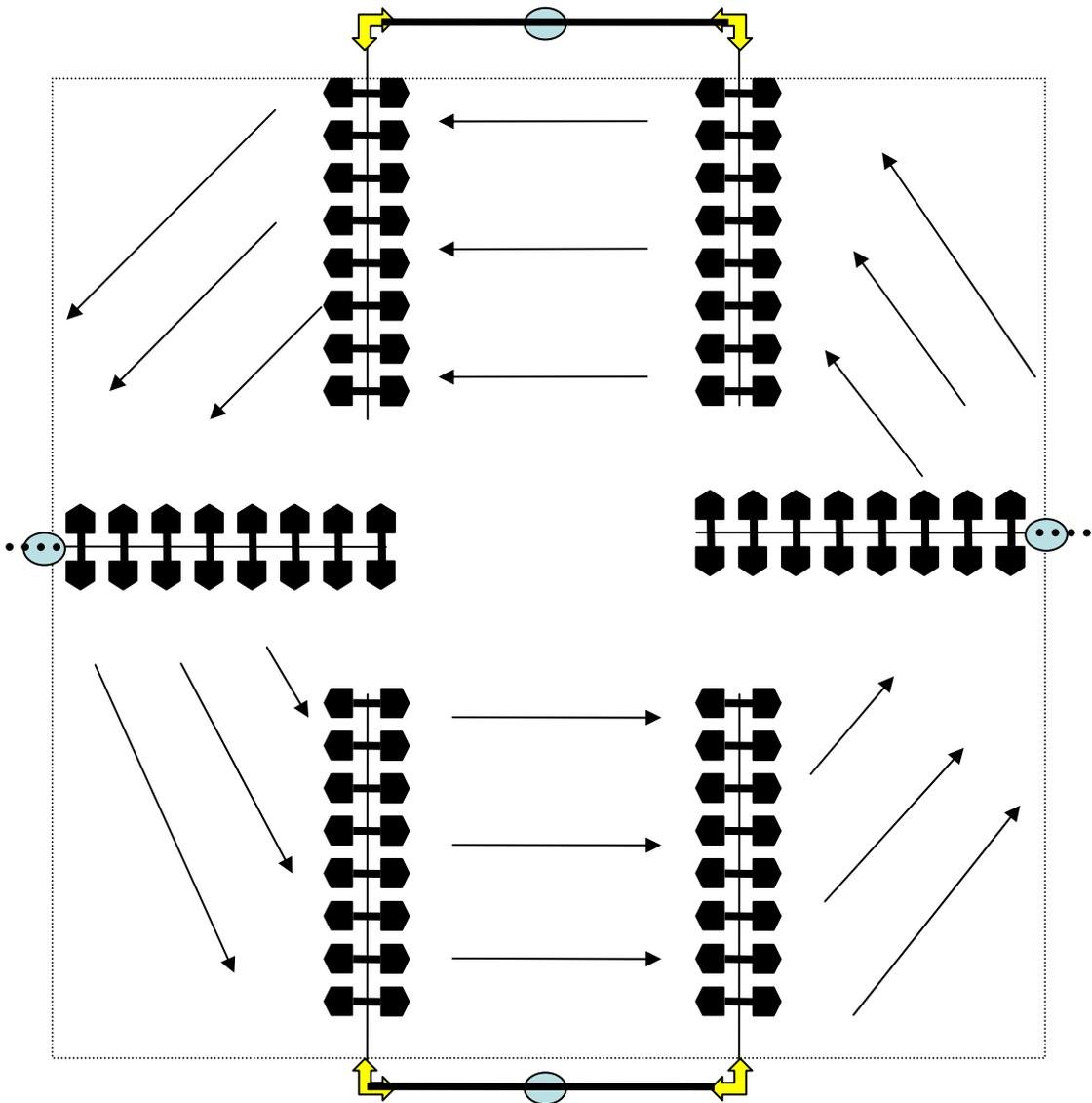
ชุดการทดลองที่ 1 (t1) ใช้เครื่องให้อากาศแบบใช้เครื่องยนต์ ขนาด 11 แรงม้า 3 บ่อ โดยใช้บ่อละ 2 เครื่อง (รวม 22 แรงม้า/บ่อ) ดังภาพที่ 2

ชุดการทดลองที่ 2 (t2) ใช้เครื่องให้อากาศแบบใช้มอเตอร์ ขนาด 2 แรงม้า 3 บ่อ โดยใช้บ่อละ 4 เครื่อง (รวม 6 แรงม้า/บ่อ) ดังภาพที่ 3

เนื่องจากในชุดการทดลองที่ 2 นั้นเครื่องให้อากาศแบบใช้มอเตอร์ ขนาด 2 แรงม้า มี 2 เครื่องซึ่งได้ต่อแกนของไบพัตตีน้ำพ่วงกับอีกบ่อหนึ่งจึงทำให้แรงม้ารวมทั้งหมดต่อบ่อเท่ากับ 6 แรงม้า



ภาพที่ 2 แสดงบ่อเลี้ยงกุ้งขนาด 3 ไร่ โดยใช้เครื่องให้อากาศแบบเครื่องยนต์



 ไบพัดตีน้ำ
  มอเตอร์
  เฟืองทครอบ
 แขนไบพัดตีน้ำ
 บ่อข้างๆซึ่งใช้
 มอเตอร์ร่วมกัน

ภาพที่ 3 แสดงบ่อเลี้ยงกุ้งขนาด 3 ไร่ โดยใช้เครื่องให้อากาศแบบมอเตอร์

2. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำโดยเก็บตัวอย่างน้ำบ่อละ 2 จุด คือ ในแนวต้นบ่อและแนวท้ายบ่อ ในทิศทางตรงกันข้ามซึ่งเก็บที่ระดับความลึกต่ำกว่าผิวน้ำ 50 เซนติเมตร ห่างจากขอบบ่อประมาณ 2 เมตร ทำการวิเคราะห์น้ำทุก ๆ สัปดาห์ โดยวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ความเป็นกรดเป็นด่าง อุณหภูมิ ความเค็ม แอมโมเนีย ไนไตรท์ ความเป็นด่าง คลอโรฟิลล์ เอ ดังต่อไปนี้

วัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำด้วยเครื่อง D.O.meter ยี่ห้อ Cyberscan รุ่น DO100

วัดความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำด้วยเครื่อง pH meter ยี่ห้อ Cyberscan รุ่น pH500

วัดความเค็มด้วย Reflectosalino meter ยี่ห้อ ATAGO รุ่น S-10E

วัดแอมโมเนียด้วยวิธี Phenol-hypochlorite Method (APHA *et al.*, 1995)

วัดไนไตรท์ตามวิธีของ APHA *et al.* (1995)

วัดความเป็นด่างด้วยวิธี Titration Method (APHA *et al.*, 1995)

วัดคลอโรฟิลล์ เอ ด้วยวิธี Spectrophotometric Determination (APHA *et al.*, 1995)

3. การวิเคราะห์คุณภาพดิน

การวิเคราะห์คุณภาพดินโดยเก็บตัวอย่างดินบ่อละ 2 จุด คือ ในแนวหัวน้ำอาหารและในแนวเลนกันบ่อซึ่งเก็บตัวอย่างดินเดือนละครั้ง เพื่อนำไปศึกษานหาเนื้อดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุในแนวหัวน้ำอาหาร ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเลนกลางบ่อและความเป็นกรดเป็นด่างของดินรวมทั้งคำนวณหาปริมาณของเสียในบ่อหลังการจับผลผลิตกุ้ง โดยวัดความกว้าง ความยาว ความลึกของเลนในบ่อ การวิเคราะห์คุณภาพดินพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้ใช้วิธีดังต่อไปนี้

วัดเนื้อดิน (Soil texture) ด้วยวิธี Hydrometer method (Kilmer and Alexander, 1949; Day, 1965)

วัดปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (Organic matter) ด้วยวิธี Walkley and Black (Jackson, 1958)

วัด pH ของดินด้วยเครื่อง pH meter ยี่ห้อ Cyberscan รุ่น pH 500 โดยใช้อัตราส่วนตัวอย่างดิน:น้ำ เท่ากับ 1:1

4. การวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่เพิ่มขึ้น

การวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่เพิ่มขึ้น โดยใช้เครื่องวัดออกซิเจนรุ่นเครื่อง DO meter ยี่ห้อ Cyberscan รุ่น DO100 ซึ่งวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ โดยจะวัดในช่วงที่มีการเปิดเครื่องให้อากาศเต็มที โดยแต่ละจุดจะทำการวัด 3 ระดับที่ระดับความลึกของน้ำที่ 20, 60 และ 80 เปอร์เซ็นต์ ของระดับน้ำในบ่อ

5. การวิเคราะห์ความเร็วของกระแส

การวิเคราะห์ความเร็วของกระแสน้ำโดยใช้ flow meter (รุ่น Global water) โดยจะทำการวัดเริ่มจากเดือน 1 เป็นต้นไป โดยจะวัดในช่วงที่มีการเปิดเครื่องให้อากาศเต็มที โดยวัดบริเวณหน้าเครื่องตีน้ำโดยห่างจากหน้าเครื่องให้จากเครื่องให้อากาศ 10 เมตร และในบริเวณกลางบ่อ 4 จุด โดยห่างจากจุดศูนย์กลางบ่อประมาณ 5 เมตร โดยแต่ละจุดจะทำการวัด 3 ระดับที่ระดับความลึกของน้ำที่ 20, 60 และ 80 เปอร์เซ็นต์ ของระดับน้ำในบ่อ ทำการวัดเดือนละครั้ง

6. การศึกษาปริมาณผลผลิต

การศึกษาปริมาณผลผลิตทั้งหมด โดยบันทึกน้ำหนักกุ้งที่จับได้ทั้งหมดในแต่ละบ่อ เพื่อนำไปหาค่าเฉลี่ยของผลผลิตในแต่ละบ่อทั้งสองชุดการทดลอง

7. การศึกษาอัตราการแลกเนื้อ

การศึกษาอัตราการแลกเนื้อโดยคำนวณค่าน้ำหนักอาหารทั้งหมดที่ใช้ไปในการเลี้ยงต่อค่าน้ำหนักกุ้งที่ได้ทั้งหมด

8. การเก็บข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์

การเก็บข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ โดยการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับต้นทุนการผลิต เช่น ค่าอาหาร ค่าลูกพันธุ์ ค่าพลังงาน ค่าแรงงาน ค่าสารเคมี ฯลฯ ตลอดจนการเลี้ยง หลังจากมีการจับกุ้งเพื่อจำหน่ายแล้วจึงนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบรายได้ในแต่ละบ่อการทดลอง

9. สถานที่ทำการทดลอง

1. การเก็บข้อมูลหาความเร็วของกระแสน้ำและปริมาณออกซิเจนที่เพิ่มขึ้นของเครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำ สถานที่ทำการทดลองคือ สถานีวิจัยประมงสมุทรสงคราม หมู่ 5 ต.ลาดใหญ่ อ.เมือง จ.สมุทรสงคราม

2. การศึกษาการใช้เครื่องให้อากาศในฟาร์มเลี้ยงกุ้งของเอกชนที่มีการใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์และเครื่องยนต์ สถานที่ทำการทดลองคือ ฟาร์มเลี้ยงกุ้งในเครือเกษตรสมบูรณ์ อ.บางแพ จ.ราชบุรี

10. ระยะเวลาในการทดลอง

ระยะเวลาทำการทดลอง เริ่มตั้งแต่เดือน พฤษภาคม 2548-กรกฎาคม 2549

ผลและวิจารณ์

ผล

1. การศึกษาความเร็วของกระแสน้ำและปริมาณออกซิเจนที่เพิ่มขึ้นของเครื่องให้อากาศแบบใบพัด ตีน้ำโดยใช้อัตรารอบต่อนาทีของเครื่องยนต์และมอเตอร์ที่แตกต่างกัน

1.1 ผลการทดลองของความเร็วของกระแสน้ำ

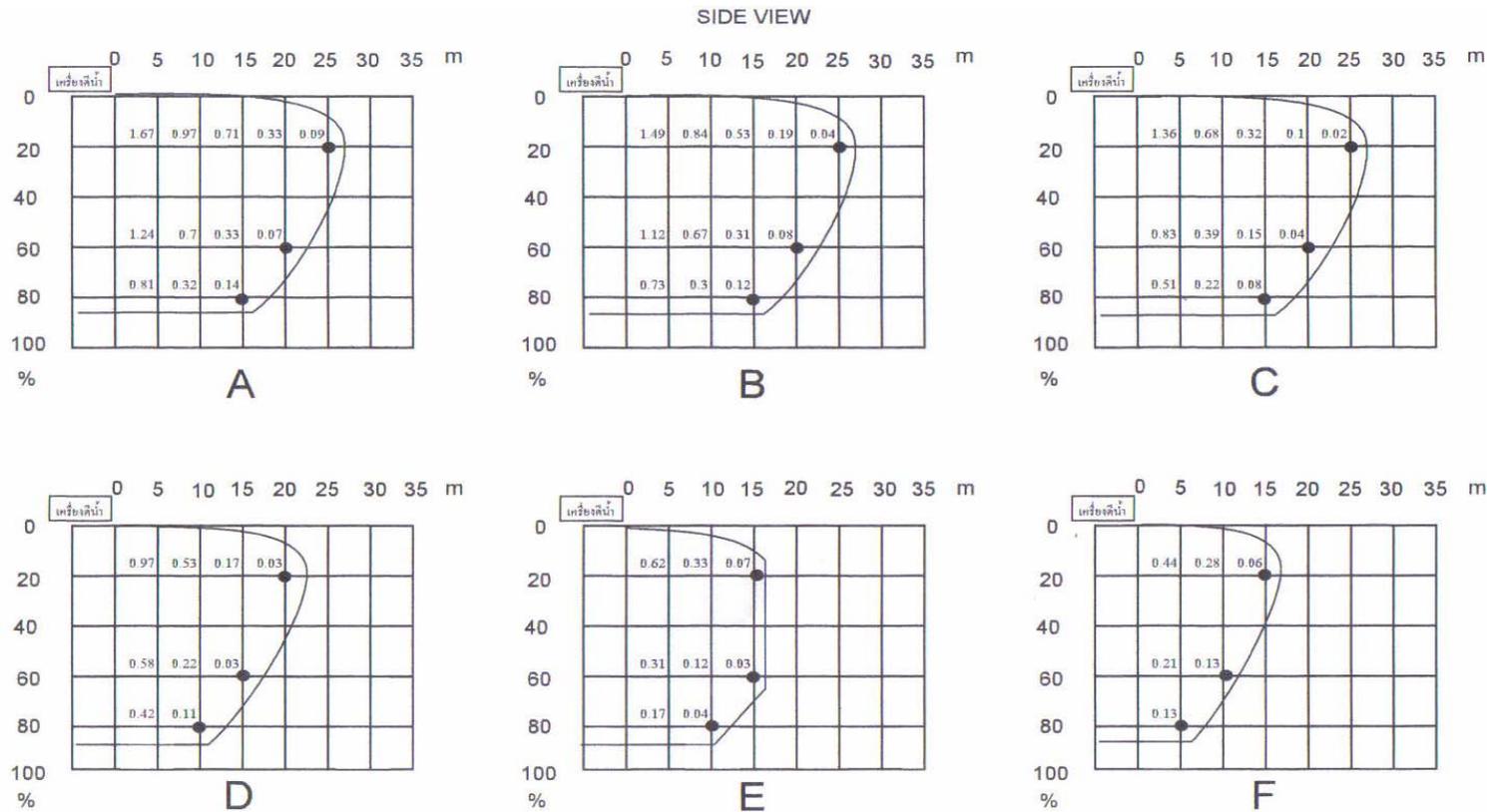
เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์ที่หมุนด้วยอัตราเร็วรอบ 110 รอบ/นาที และเครื่องยนต์ที่หมุนด้วยอัตราเร็วรอบ 90, 70, 55, 35, และ 25 รอบ/นาที ที่ระดับความลึกของน้ำ 20 เซนติเมตร สามารถวัดกระแสน้ำได้ไกลสุดที่ 25, 25, 25, 20, 15 และ 15 เมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 1, ภาพที่ 4 และ 5 ตามลำดับ)

เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์ที่หมุนด้วยอัตราเร็วรอบ 110 รอบ/นาที และเครื่องยนต์ที่หมุนด้วยอัตราเร็วรอบ 90, 70, 55, 35, และ 25 รอบ/นาที ที่ระดับความลึกของน้ำ 60 เซนติเมตร สามารถวัดกระแสน้ำได้ไกลสุดที่ 20, 20, 20, 15, 15 และ 10 เมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 1, ภาพที่ 4 และ 5 ตามลำดับ)

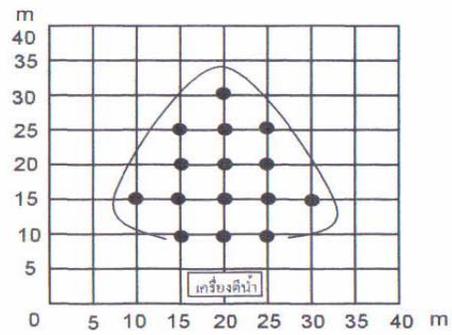
เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์ที่หมุนด้วยอัตราเร็วรอบ 110 รอบ/นาที และเครื่องยนต์ที่หมุนด้วยอัตราเร็วรอบ 90, 70, 55, 35, และ 25 รอบ/นาที ที่ระดับความลึกของน้ำ 80 เซนติเมตร สามารถวัดกระแสน้ำได้ไกลสุดที่ 15, 15, 15, 10, 10 และ 5 เมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 1, ภาพที่ 4 และ 5 ตามลำดับ)

ตารางที่ 1 ผลของระยะทางที่สามารถวัดกระแสไฟฟ้าไกลสุดของเครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำ ชนิดมอเตอร์ที่ 110 รอบ/นาที และเครื่องยนต์ที่ 90, 70, 55, 35 และ 25 รอบ/นาที

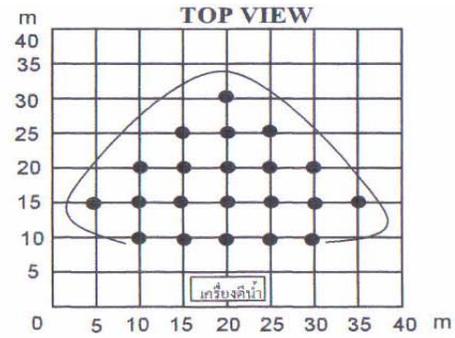
อัตราเร็วรอบ (รอบ/นาที) ระดับ ความลึก ของน้ำ (%)	ระยะทางที่สามารถวัดกระแสไฟฟ้าไกลสุด (เมตร)					
	110	90	70	55	35	25
20	25	25	25	20	15	15
60	20	20	20	15	15	10
80	15	15	15	10	10	5



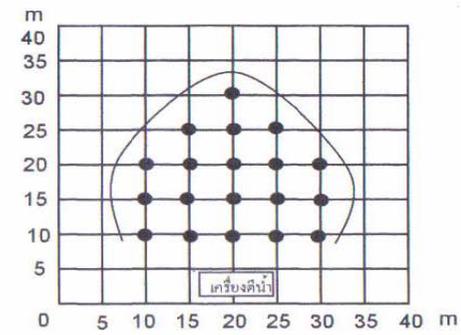
ภาพที่ 4 แสดงภาพด้านข้างของความเร็วของกระแสน้ำของเครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์ที่หมุนด้วยอัตราเร็วรอบ 110 รอบ/นาที (A) และเครื่องชนิดที่หมุนด้วยอัตราเร็วรอบ 90 (B), 70 (C), 55 (D), 35 (E) และ 25 (F) รอบ/นาที ตามลำดับ



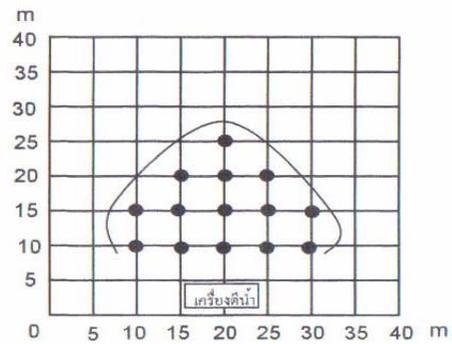
G



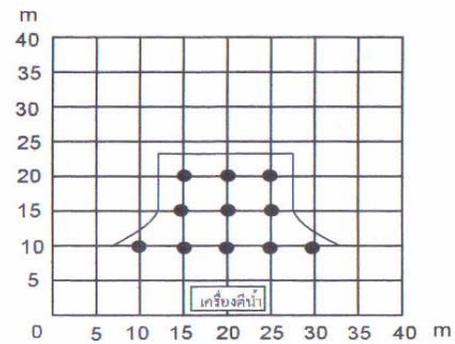
H



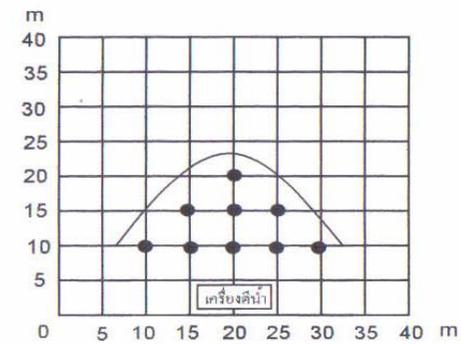
I



J



K

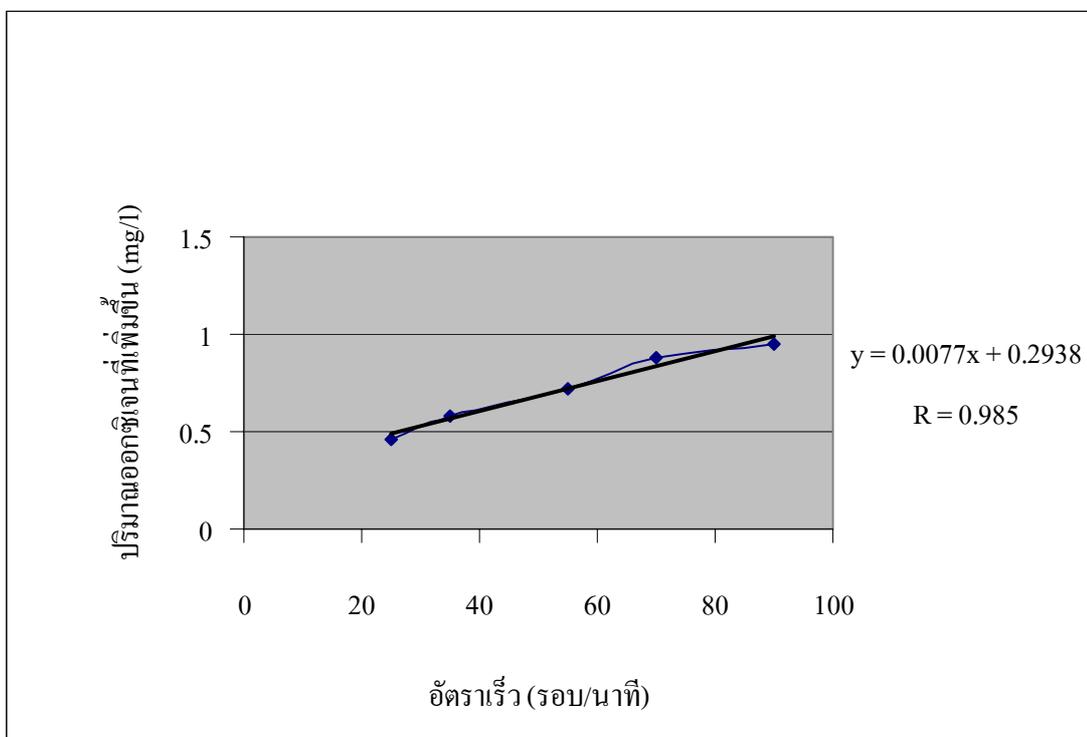


L

ภาพที่ 5 แสดงภาพด้านบนของความเร็วยกของกระแสน้ำของเครื่องให้อากาศแบบใบพัดต้นน้ำชนิดมอเตอร์ที่หมุนด้วยอัตราเร็วรอบ 110 รอบ/นาที (G) และเครื่องยนต์ที่หมุนด้วยอัตราเร็วรอบ 90 (H), 70 (I), 55 (J), 35 (K) และ 25 (L) รอบ/นาที ตามลำดับ

1.2 ผลการทดลองของปริมาณออกซิเจนที่เพิ่มขึ้น

เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำที่อัตราเร็วรอบ 25, 35, 55, 70 และ 90 รอบ/นาที ปริมาณออกซิเจนเฉลี่ยที่วัดได้มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.45, 0.57, 0.72, 0.88 และ 0.94 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ โดยสามารถเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วรอบต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (ภาพที่ 6) และสมการเชิงเส้นถดถอยได้ดังนี้คือ $y = 0.0077x + 0.2938$ ที่ $R = 0.985$ โดยค่า y คือ ปริมาณออกซิเจนที่เพิ่มขึ้น (มิลลิกรัม/ลิตร) ค่า x คือ อัตราเร็ว (รอบ/นาที)



ภาพที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณออกซิเจนที่เพิ่มขึ้นต่ออัตราเร็วรอบ

2. การศึกษาอัตราเร็วรอบของเครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำ ความเร็วของกระแสน้ำหน้าเครื่องให้อากาศและความเร็วของกระแสน้ำแนวกลางบ่อในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแบบหนาแน่นที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์และเครื่องยนต์

บ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงมีอัตราเร็วรอบ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 54.33 ± 1.52 รอบต่อนาที ความเร็วของกระแสน้ำหน้าเครื่องให้อากาศที่ 20 เปอร์เซ็นต์ ของระดับความลึกผิวน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.50 ± 0.12 เมตร/วินาที ความเร็วของกระแสน้ำหน้าเครื่องให้อากาศที่ 60 เปอร์เซ็นต์ ของระดับความลึกผิวน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.21 ± 0.02 เมตร/วินาทีและความเร็วของกระแสน้ำหน้าเครื่องให้อากาศที่ 80 เปอร์เซ็นต์ ของระดับความลึกผิวน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.1 ± 0.01 เมตร/วินาที ส่วนความเร็วของกระแสน้ำแนวกลางบ่อที่ 20 เปอร์เซ็นต์ ของระดับความลึกผิวน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0575 ± 0.02 เมตร/วินาที ความเร็วของกระแสน้ำแนวกลางบ่อที่ 60 และ 80 เปอร์เซ็นต์ ของระดับความลึกผิวน้ำไม่สามารถวัดความเร็วของกระแสน้ำได้ (ตารางที่ 2)

บ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดเครื่องยนต์ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงมีอัตราเร็วรอบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 70.58 ± 0.38 รอบต่อนาที ความเร็วของกระแสน้ำหน้าเครื่องให้อากาศที่ 20 เปอร์เซ็นต์ ของระดับความลึกผิวน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.67 ± 0.00 เมตร/วินาที ความเร็วของกระแสน้ำหน้าเครื่องให้อากาศที่ 60 เปอร์เซ็นต์ ของระดับความลึกผิวน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.38 ± 0.01 เมตร/วินาที และความเร็วของกระแสน้ำหน้าเครื่องให้อากาศที่ 80 เปอร์เซ็นต์ ของระดับความลึกผิวน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.21 ± 0.00 เมตร/วินาที ส่วนความเร็วของกระแสน้ำแนวกลางบ่อที่ 20 เปอร์เซ็นต์ ของระดับความลึกผิวน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.1716 ± 0.01 เมตร/วินาที ความเร็วของกระแสน้ำแนวกลางบ่อที่ 60 เปอร์เซ็นต์ ของระดับของระดับความลึกผิวน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0433 ± 0.01 เมตร/วินาที และความเร็วของกระแสน้ำแนวกลางบ่อที่ 80 เปอร์เซ็นต์ ของระดับความลึกผิวน้ำไม่สามารถวัดความเร็วของกระแสน้ำได้ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ย (mean \pm S.D.) ของอัตราเร็วรอบของเครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำ, ความเร็วของกระแสน้ำบริเวณหน้าเครื่องให้อากาศและความเร็วของกระแสน้ำบริเวณแนวกลางบ่อในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแบบหนาแน่นที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์และเครื่องยนต์

ชนิดของเครื่องให้อากาศ	มอเตอร์	เครื่องยนต์
อัตราเร็วรอบเฉลี่ยต่อนาที (รอบ/นาที)	54.33 \pm 1.52	70.58 \pm 0.38
ความเร็วของกระแสน้ำหน้าเครื่องให้อากาศที่ 20% ของระดับความลึกผิวน้ำ (เมตร/วินาที)	0.50 \pm 0.12	0.67 \pm 0.00
ความเร็วของกระแสน้ำหน้าเครื่องให้อากาศที่ 60% ของระดับความลึกผิวน้ำ (เมตร/วินาที)	0.21 \pm 0.02	0.38 \pm 0.01
ความเร็วของกระแสน้ำหน้าเครื่องให้อากาศที่ 80% ของระดับความลึกผิวน้ำ (เมตร/วินาที)	0.1 \pm 0.01	0.21 \pm 0.00
ความเร็วของกระแสน้ำแนวกลางบ่อที่ 20% ของระดับความลึกผิวน้ำ (เมตร/วินาที)	0.0575 \pm 0.02	0.1716 \pm 0.01
ความเร็วของกระแสน้ำแนวกลางบ่อที่ 60% ของระดับความลึกผิวน้ำ (เมตร/วินาที)	0	0.0433 \pm 0.01
ความเร็วของกระแสน้ำแนวกลางบ่อที่ 80% ของระดับความลึกผิวน้ำ (เมตร/วินาที)	0	0

3. การศึกษาองค์ประกอบของเนื้อดิน คุณภาพดินและตะกอนเลนในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแบบหนาแน่นที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์และเครื่องยนต์

บ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์พื้นดินของบ่อเลี้ยงกุ้งทุกบ่อเป็นดินเหนียวโดยมีองค์ประกอบของเนื้อดินเหนียวมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 55.66 \pm 0.57 เปอร์เซ็นต์ องค์ประกอบของเนื้อดินร่วนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29.83 \pm 1.04 เปอร์เซ็นต์ และองค์ประกอบของเนื้อดินทรายมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.50 \pm 0.50 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตรตะกอนเลนกลางบ่อมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.08 \pm 0.36 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ปริมาณสารอินทรีย์ในแนวห่านอาหารมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.55 \pm 0.03 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณสารอินทรีย์ในดินเลนกลางบ่อมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.24 \pm 0.12 เปอร์เซ็นต์ ความเป็นกรดเป็นด่างของดินมีค่าเท่ากับ 7.22 \pm 0.12 (ตารางที่ 3)

บ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดเครื่องยนต์พื้นดินของบ่อทุกบ่อเป็นดินเหนียว โดยมีองค์ประกอบของเนื้อดินเหนียวมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 57.16 ± 0.76 เปอร์เซ็นต์ องค์ประกอบของเนื้อดินร่วนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.50 ± 1.00 เปอร์เซ็นต์ องค์ประกอบของเนื้อดินทรายมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.33 ± 1.44 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตรตะกอนเลนกลางบ่อมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.98 ± 0.31 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ปริมาณสารอินทรีย์ในแนวหว่านอาหารมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.44 ± 0.04 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณสารอินทรีย์ในดินเลนกลางบ่อมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.91 ± 0.04 เปอร์เซ็นต์ ความเป็นกรดเป็นด่างของดินมีค่าเท่ากับ 7.28 ± 0.02 (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ย (mean \pm S.D.) ขององค์ประกอบของเนื้อดิน, คุณภาพดินและตะกอนเลนในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแบบหนาแน่นที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์และเครื่องยนต์

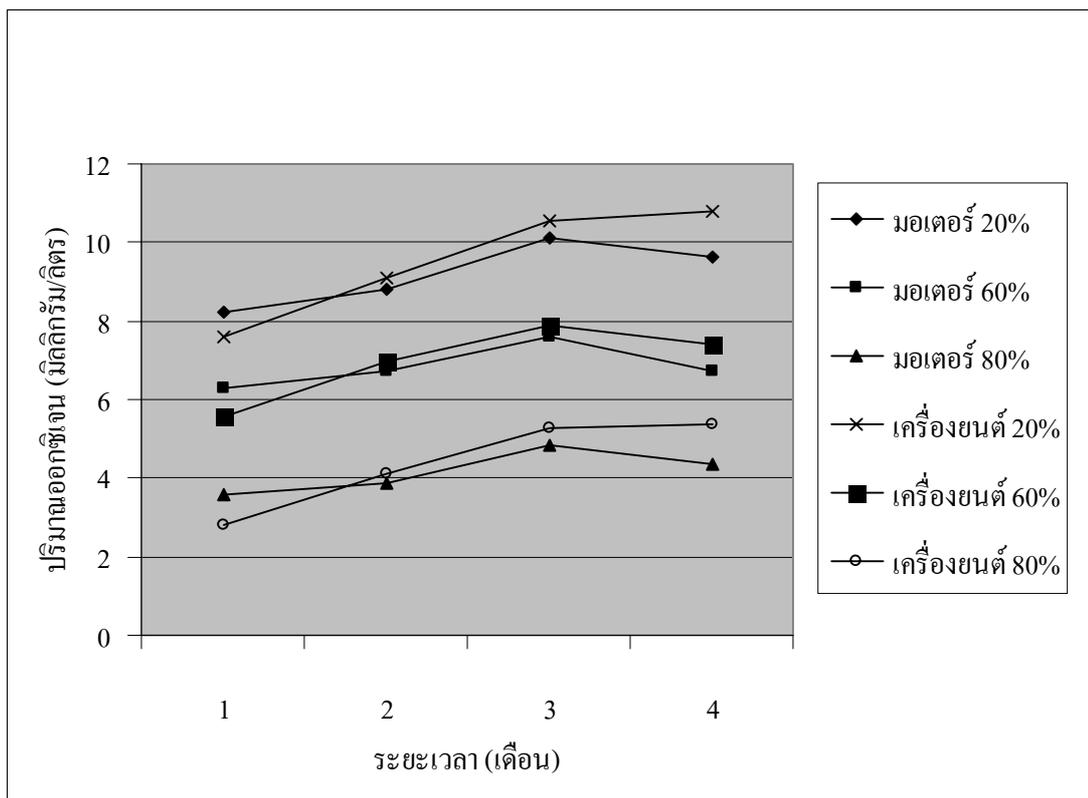
ชนิดของเครื่องให้อากาศ	มอเตอร์	เครื่องยนต์
องค์ประกอบของเนื้อดินเหนียว (เปอร์เซ็นต์)	55.66 ± 0.57	57.16 ± 0.76
องค์ประกอบของเนื้อดินร่วน (เปอร์เซ็นต์)	29.83 ± 1.04	31.50 ± 1.00
องค์ประกอบของเนื้อดินทราย (เปอร์เซ็นต์)	14.50 ± 0.50	11.33 ± 1.44
ชนิดของเนื้อดิน	ดินเหนียว	ดินเหนียว
ปริมาตรเลนกลางบ่อ (เมตร ³ /ไร่)	15.08 ± 0.36	15.98 ± 0.31
ปริมาณสารอินทรีย์ในแนวหว่านอาหาร (เปอร์เซ็นต์)	0.55 ± 0.03	0.44 ± 0.04
ปริมาณสารอินทรีย์ในดินเลนกลางบ่อ (เปอร์เซ็นต์)	2.24 ± 0.12	1.91 ± 0.04
พีเอชดิน	7.22 ± 0.12	7.28 ± 0.02

4. การศึกษาคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแบบหนาแน่นที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์และเครื่องยนต์

4.1 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่ระดับความลึก 20, 60 และ 80 เปอร์เซ็นต์ จากผิวน้ำ

บ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่ 20, 60 และ 80 เปอร์เซ็นต์ ของระดับความลึกผิวน้ำมีค่าเฉลี่ยระหว่างอยู่ระหว่าง 8.23 ถึง 10.09 , 6.27 ถึง 7.59 และ 3.57 ถึง 4.86 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ (ภาพที่ 7) โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 9.34 ± 0.24 , 6.92 ± 0.14 และ 4.26 ± 0.17 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

บ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดคือน้ำชนิดเครื่องยนต์ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่ 20, 60 และ 80 เปอร์เซ็นต์ ของระดับความลึกผิวน้ำมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 7.61 ถึง 10.8, 5.57 ถึง 7.87 และ 2.82 ถึง 5.35 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ (ภาพที่ 7) โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 9.85 ± 0.12 , 7.20 ± 0.06 และ 4.26 ± 0.17 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

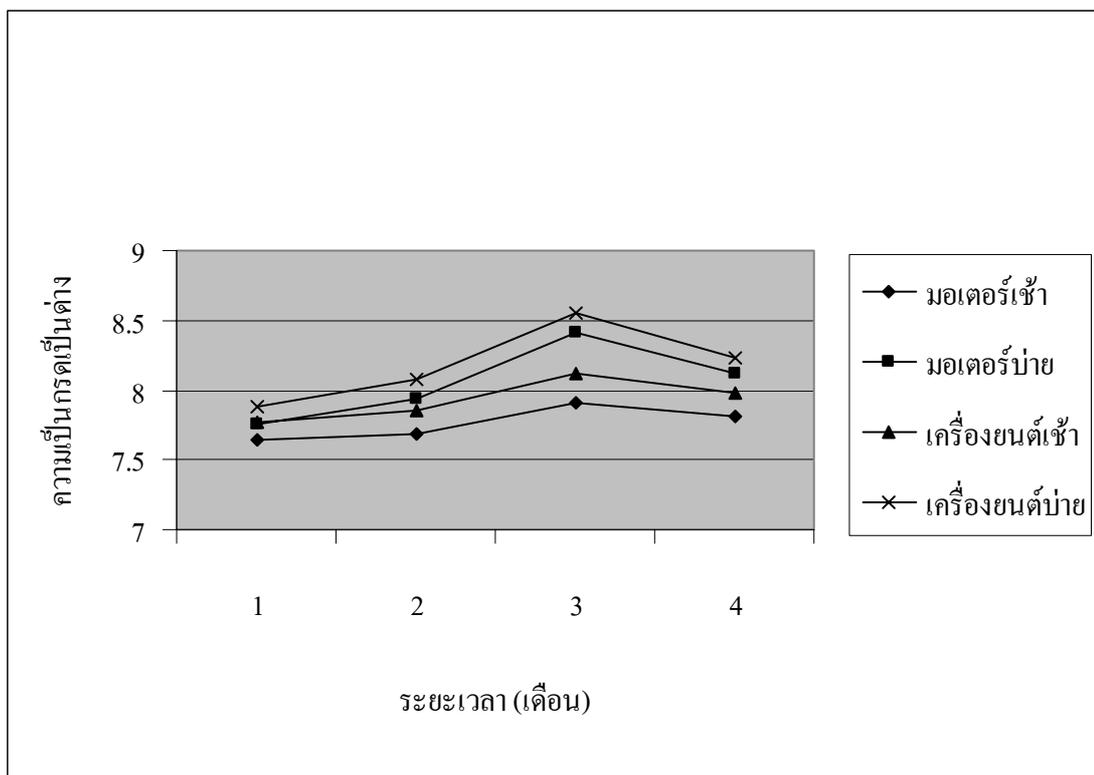


ภาพที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณออกซิเจนที่ระดับต่างๆของเครื่องให้อากาศแบบใบพัดคือน้ำชนิดมอเตอร์และเครื่องยนต์ต่อระยะเวลา

4.2 ความเป็นกรดเป็นด่างช่วงเช้าและช่วงเย็น

บ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดคือน้ำชนิดมอเตอร์ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงมีความเป็นกรดเป็นด่างช่วงเช้าและช่วงเย็นมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 7.65 ถึง 7.90 และ 7.75 ถึง 8.41 ตามลำดับ (ภาพที่ 8) โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 7.78 ± 0.06 และ 8.11 ± 0.04 ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

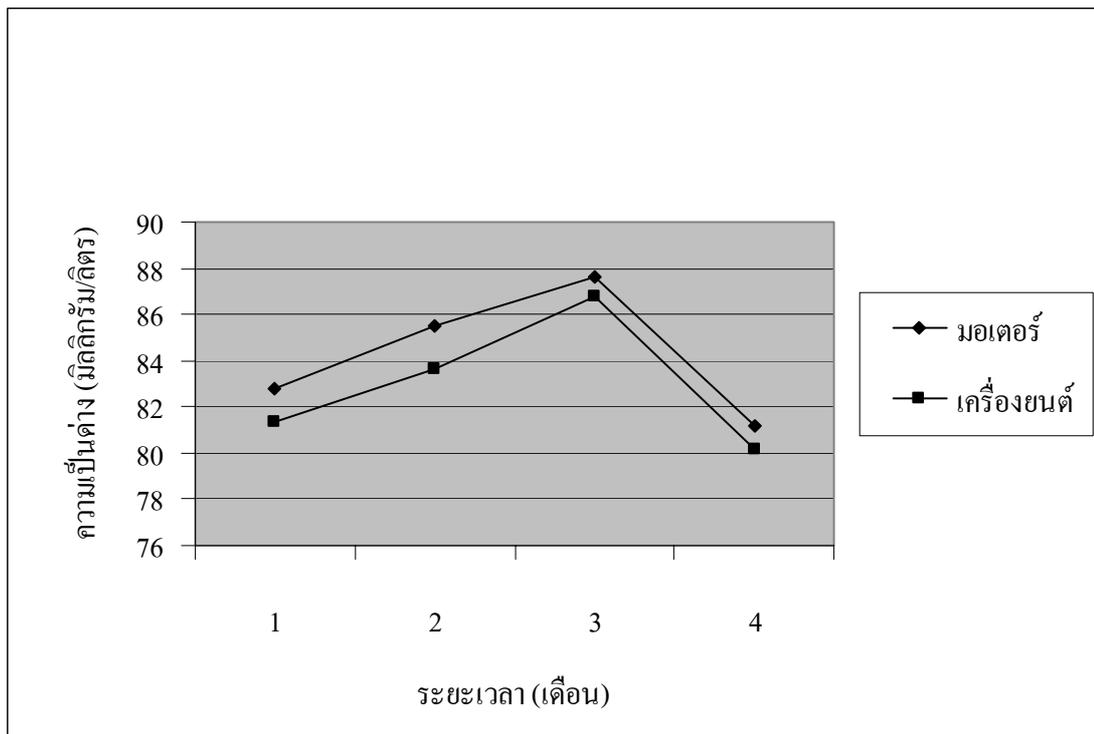
บ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดคือน้ำชนิดเครื่องยนต์ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงมีความเป็นกรดเป็นด่างช่วงเช้าและช่วงเย็นมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 7.77 ถึง 8.11 และ 7.88 ถึง 8.54 ตามลำดับ (ภาพที่ 8) โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 7.95 ± 0.04 และ 8.23 ± 0.05 ตามลำดับ (ตารางที่ 4)



ภาพที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรดเป็นด่างช่วงเช้าและช่วงบ่ายของเครื่องให้อากาศแบบใบพัดคือน้ำชนิดมอเตอร์และเครื่องยนต์ต่อระยะเวลา

4.3 ความเป็นต่าง

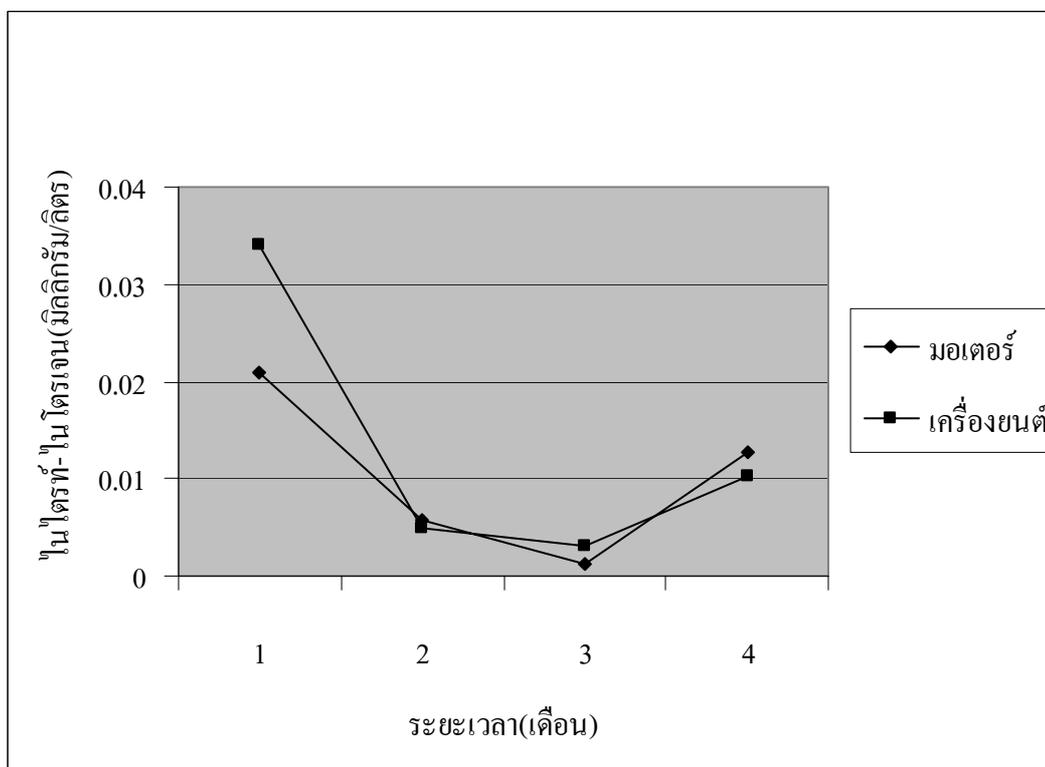
บ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดคือน้ำชนิดมอเตอร์และเครื่องยนต์ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงมีค่าความเป็นต่างเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 81.19 ถึง 87.59 และ 80.19 ถึง 86.79 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ (ภาพที่ 9) โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 84.53 ± 1.48 และ 83.29 ± 1.46 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4)



ภาพที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นต่างของเครื่องให้อากาศแบบใบพัดคือน้ำชนิดมอเตอร์และเครื่องยนต์ต่อระยะเวลา

4.4 ไนโตรที่-ไนโตรเจน

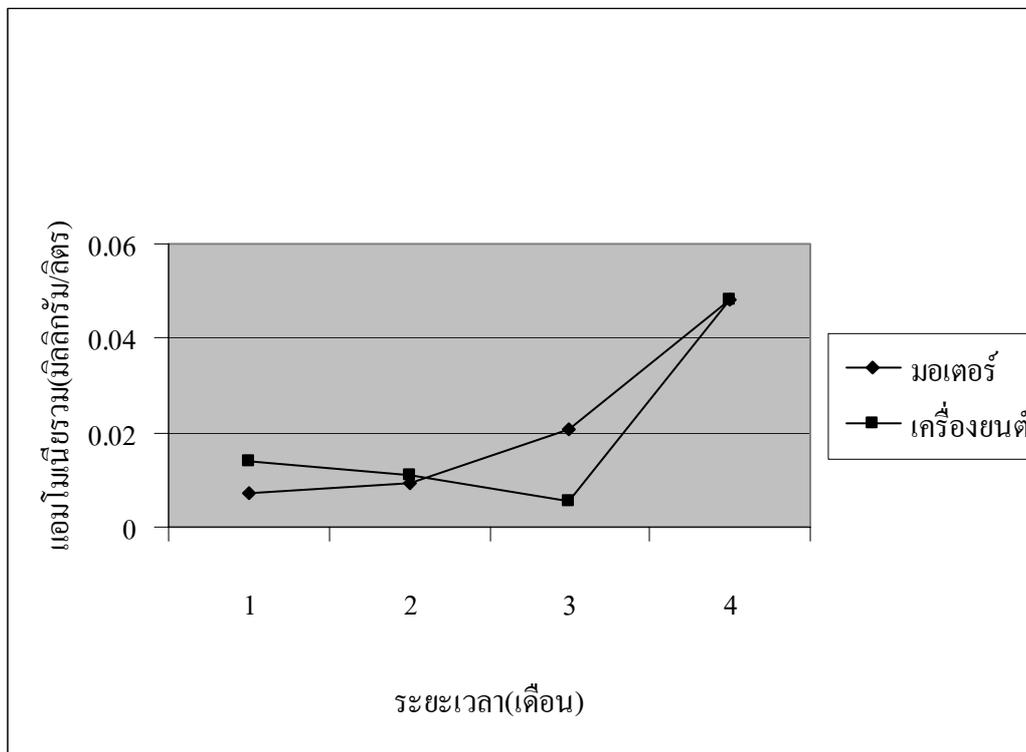
บ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดคือน้ำชนิดมอเตอร์และเครื่องยนต์ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงมีค่าไนโตรที่-ไนโตรเจนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.0012 ถึง 0.021 และ 0.003 ถึง 0.034 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ (ภาพที่ 10) โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 0.0085 ± 0.00 และ 0.0098 ± 0.00 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4)



ภาพที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างไนโตรที่-ไนโตรเจนของเครื่องให้อากาศแบบใบพัดคือน้ำชนิดมอเตอร์และเครื่องยนต์ต่อระยะเวลา

4.5 แอมโมเนียรวม

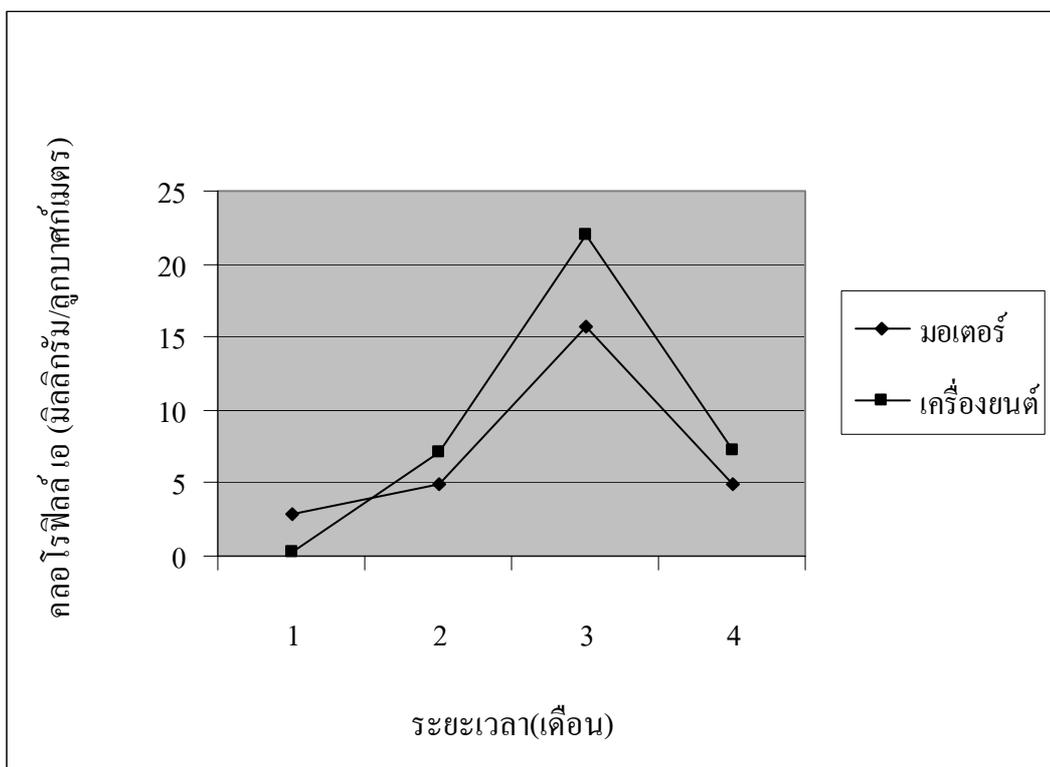
บ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดคือน้ำชนิดมอเตอร์และเครื่องยนต์ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงมีค่าแอมโมเนียรวมเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.007 ถึง 0.048 และ 0.011 ถึง 0.048 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ (ภาพที่ 11) โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 0.024 ± 0.00 และ 0.021 ± 0.00 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4)



ภาพที่ 11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแอมโมเนียรวมของเครื่องให้อากาศแบบใบพัดคือน้ำชนิดมอเตอร์และเครื่องยนต์ต่อระยะเวลา

4.6 คลอโรฟิลล์ เอ

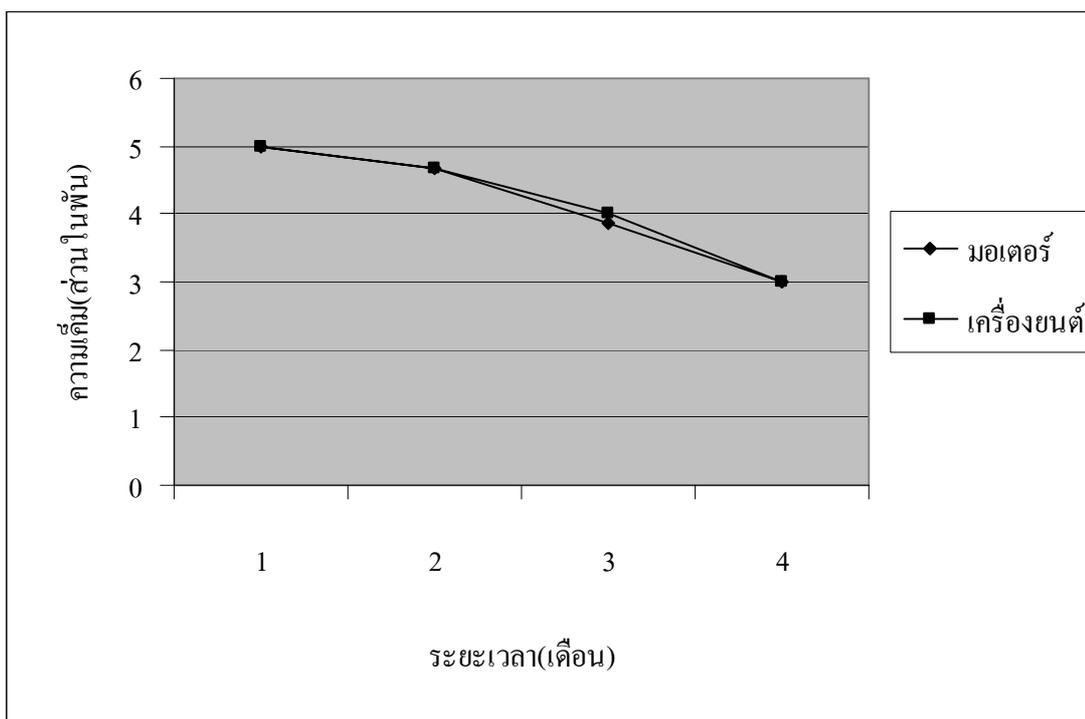
บ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดคือน้ำชนิดมอเตอร์และเครื่องยนต์ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงมีค่าคลอโรฟิลล์ เอรวมเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2.89 ถึง 15.65 และ 0.22 ถึง 21.97 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 12) โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 7.85 ± 1.57 และ 10.7 ± 1.87 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4)



ภาพที่ 12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคลอโรฟิลล์ เอของเครื่องให้อากาศแบบใบพัดคือน้ำชนิดมอเตอร์และเครื่องยนต์ต่อระยะเวลา

4.7 ความเต็ม

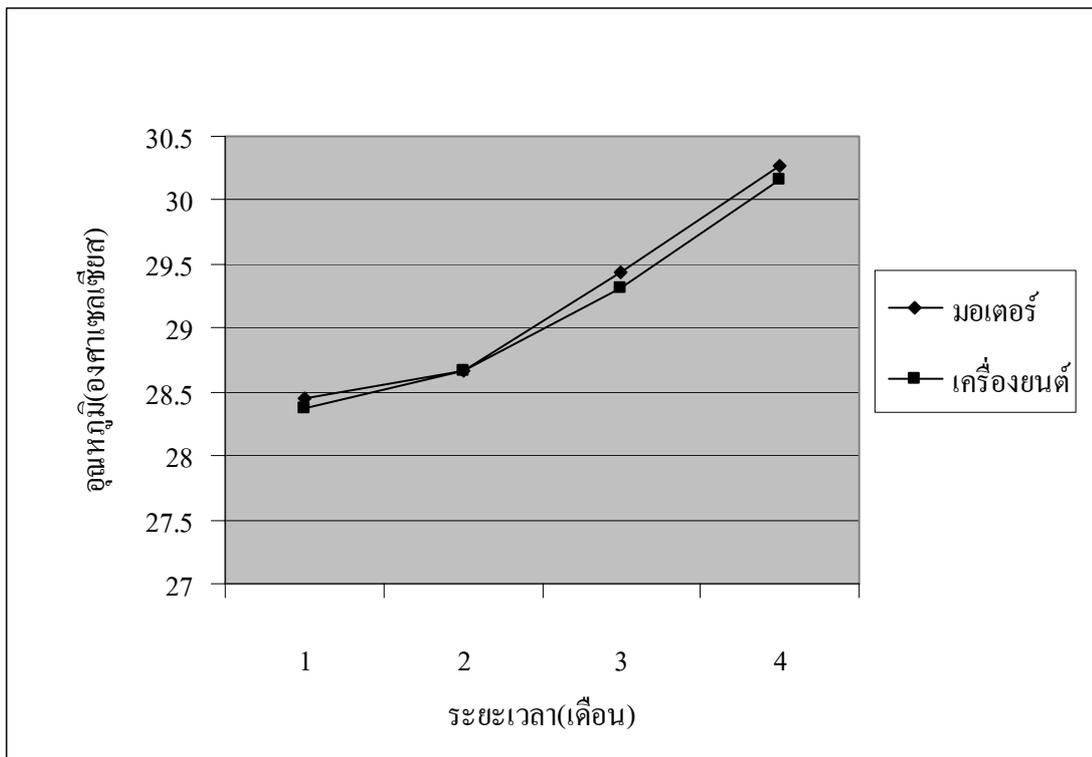
บ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดคือน้ำชนิดมอเตอร์และเครื่องยนต์ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงมีค่าความเต็มเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3 ถึง 5 และ 3 ถึง 5 ส่วนในพันส่วน ตามลำดับ (ภาพที่ 13) โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.98 ± 0.03 ส่วนในพัน และ 4.01 ± 0.03 ส่วนในพันส่วน ตามลำดับ(ตารางที่ 4)



ภาพที่ 13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเต็มของเครื่องให้อากาศแบบใบพัดคือน้ำชนิดมอเตอร์และเครื่องยนต์ต่อระยะเวลา

4.8 อุณหภูมิ

บ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดคือน้ำชนิดมอเตอร์และเครื่องยนต์ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงมีค่าอุณหภูมิรวมเฉลี่ยระหว่างเดือนอยู่ระหว่าง 28.44 ถึง 30.27 และ 28.36 ถึง 30.15 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ภาพที่ 14) โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 29.34 ± 0.05 และ 29.26 ± 0.09 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ตารางที่ 4)



ภาพที่ 14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของเครื่องให้อากาศแบบใบพัดคือน้ำชนิดมอเตอร์และเครื่องยนต์ต่อระยะเวลา

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ย (mean \pm S.D.) ของคุณภาพน้ำของบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแบบหนาแน่นที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์และเครื่องยนต์

ชนิดของเครื่องให้อากาศ	มอเตอร์	เครื่องยนต์
ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่ 20 เปอร์เซ็นต์ (กลางบ่อ)		
ของระดับความลึกผิวน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร)	6.76 \pm 0.03	7.22 \pm 0.12
ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่ 20 เปอร์เซ็นต์ (เฉลี่ยรวม)		
ของระดับความลึกผิวน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร)	9.34 \pm 0.24	9.85 \pm 0.12
ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่ 60 เปอร์เซ็นต์ (กลางบ่อ)		
ของระดับความลึกผิวน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร)	4.35 \pm 0.13	4.68 \pm 0.11
ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่ 60 เปอร์เซ็นต์ (เฉลี่ยรวม)		
ของระดับความลึกผิวน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร)	6.92 \pm 0.14	7.20 \pm 0.06
ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่ 80 เปอร์เซ็นต์ (กลางบ่อ)		
ของระดับความลึกผิวน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร)	2.18 \pm 0.15	2.49 \pm 0.07
ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่ 80 เปอร์เซ็นต์ (เฉลี่ยรวม)		
ของระดับความลึกผิวน้ำ (มิลลิกรัม/ลิตร)	4.26 \pm 0.17	4.65 \pm 0.11
ความเป็นกรดเป็นด่างในตอนเช้า	7.78 \pm 0.06	7.95 \pm 0.04
ความเป็นกรดเป็นด่างในตอนบ่าย	8.11 \pm 0.04	8.23 \pm 0.05
ความเป็นด่าง (มิลลิกรัม/ลิตร)	84.5 \pm 1.48	83.29 \pm 1.46
ไนไตรท์ (มิลลิกรัม/ลิตร)	0.0085 \pm 0.00	0.0098 \pm 0.00
แอมโมเนียรวม (มิลลิกรัม/ลิตร)	0.024 \pm 0.00	0.021 \pm 0.00
คลอโรฟิลล์ เอ (มิลลิกรัม/เมตร ³)	7.85 \pm 1.57	10.7 \pm 1.87
ความเค็ม (ส่วนในพันส่วน)	3.98 \pm 0.03	4.01 \pm 0.03
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	29.34 \pm 0.05	29.26 \pm 0.09

5. การศึกษาอัตราการรอดตาย อัตราการแลกเนื้อ ปริมาณผลผลิตและต้นทุนการผลิต

บ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงมีอัตราการรอดตายมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 70.12 \pm 0.38 เปอร์เซ็นต์ อัตราการแลกเนื้อมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.44 \pm 0.00 ปริมาณผลผลิตมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1036.33 \pm 3.21 กิโลกรัม/ไร่ ต้นทุนการผลิตมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ

81,349.22 ± 289.64 บาท/ไร่ กำไรจากการผลิตมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 34,720.11 ± 74.79 บาท/ไร่
ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11,333.00 ± 0.00 บาท/ไร่ (ตารางที่ 5)

บ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดเครื่องยนต์ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงมีอัตราการรอดตายมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 68.04 ± 1.10 เปอร์เซ็นต์ อัตราการแลกเนื้อมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.42 ± 0.00 ปริมาณผลผลิตมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,121.66 ± 4.04 กิโลกรัม/ไร่ ต้นทุนการผลิตมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 86,946.88 ± 313.87 บาท/ไร่ กำไรจากการผลิตมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 42,044.78 ± 203.78 บาท/ไร่ ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14,000.00±0.00 บาท/ไร่ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ย (mean ± S.D.) ของอัตราการรอด อัตราการแลกเนื้อ ปริมาณผลผลิตและ ต้นทุนการผลิตของบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแบบหนาแน่นที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำ ชนิดมอเตอร์และเครื่องยนต์

ชนิดของเครื่องให้อากาศ	มอเตอร์	เครื่องยนต์
อัตราการรอด(%)	70.12 ± 0.38	68.04±1.10
อัตราการแลกเนื้อ	1.44 ± 0.00	1.42±0.00
ผลผลิต(กิโลกรัม/ไร่)	1,036.33 ± 3.21	1,121.66±4.04
ต้นทุนการผลิต(บาท/ไร่)	81,349.22 ± 289.64	86,946.88 ± 313.87
- ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน(บาท/ไร่)	11,333.00 ± 0.00	14,000.00 ± 0.00
กำไร(บาท/ไร่)	34,720.11 ± 74.79	44,044.78 ± 203.78

หมายเหตุ ไฟฟ้าคิดในอัตราหน่วยละ 3 บาทและน้ำมันดีเซลคิดในอัตราลิตรละ 26 บาท

วิจารณ์

จากผลการทดลองที่ 1 พบว่าการทดสอบการใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์ 2 แรงม้า ที่อัตราเร็วรอบ 110 รอบต่อนาที และการใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดเครื่องยนต์ 11 แรงม้า ที่อัตราเร็วรอบ 90, 70, 55, 35 และ 25 รอบต่อนาทีนั้นเครื่องให้อากาศทั้ง 2 ชนิดสามารถวัดกระแสไฟฟ้าได้ไกลสุดที่ 25 เมตร ซึ่งสอดคล้องกับคำแนะนำของ ชลอ (2543) ที่กล่าวว่าไม่ควรติดตั้งเครื่องให้อากาศห่างกันเกินกว่า 30 เมตร และปริมาณออกซิเจนที่เพิ่มขึ้นที่อัตราเร็วรอบ 25, 35, 55, 70 และ 90 รอบต่อนาที นั้นสามารถสร้างสมการเชิงเส้นถดถอยได้คือ $y = 0.007x + 0.3232$ ที่ $R = 0.986$ โดยปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำจะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราเร็วรอบสูงขึ้น ซึ่งปกติอัตราการแพร่ของออกซิเจนในน้ำจะขึ้นอยู่กับความเร็วของกระแสน้ำเป็นหลัก (Gnezdioff, 1999)

จากผลการทดลองที่ 2 พบว่า อัตราเร็วรอบของเครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดเครื่องยนต์เฉลี่ยตลอดระยะเวลาการเลี้ยง (70.58 ± 0.38 รอบ/นาที่) นั้นมีค่าแตกต่างกับอัตราเร็วรอบของเครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์ (54.33 ± 1.52 รอบ/นาที่) เพราะเครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดเครื่องยนต์สามารถเพิ่มหรือลดอัตราเร็วรอบได้ ส่วนเครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์จะมีอัตราเร็วรอบคงที่ สำหรับสาเหตุที่อัตราเร็วรอบของเครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดเครื่องยนต์มากกว่าเครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์นั้น เนื่องจากเครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์ได้ต่อฟว่งแชนออกเป็น 2 แชน / 1 มอเตอร์ ทำให้มีอัตราเร็วรอบที่น้อยกว่าเครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดเครื่องยนต์ ส่งผลให้ปริมาณสารอินทรีย์ในดินเลนกลางบ่อและบริเวณแนวหว่านอาหารในบ่อเลี้ยงกุ้งที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์มีค่าเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการเลี้ยงสูงบ่อเลี้ยงกุ้งที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดเครื่องยนต์ ซึ่งปริมาณสารอินทรีย์ที่สะสมในดินตะกอนพื้นบ่อเลี้ยงกุ้งจะสูงกว่าดินตะกอนทั่วไปประมาณ 2-3 เท่า โดยปริมาณสารอินทรีย์ที่ตรวจพบผันแปรตามสภาพพื้นบ่อเดิม และลักษณะการจัดการบ่อ, การวางเครื่องให้อากาศ และการให้อาหารระหว่างการศึกษา (จารุมาศ, 2545; ชลอ และ พรเลิศ, 2547)

สำหรับปริมาณเลนที่สะสมกันในบริเวณพื้นที่กลางบ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดเครื่องยนต์มีปริมาณเลนมากกว่าบ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์ เนื่องจากความเร็วของกระแสน้ำของเครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดเครื่องยนต์ (20 เปอร์เซ็นต์ = 0.67 ± 0.00 เมตร/วินาที 60 เปอร์เซ็นต์ = 0.38 ± 0.01 เมตร/วินาที และ 80 เปอร์เซ็นต์ = 0.00

เมตร/วินาที) มีความเร็วมากกว่าบ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์ (20 เปอร์เซ็นต์ = 0.50 ± 0.12 เมตร/วินาที 60 เปอร์เซ็นต์ = 0.21 ± 0.02 เมตร/วินาที และ 80 เปอร์เซ็นต์ = 0.1 ± 0.01 เมตร/วินาที) ในทุกระดับความลึกของน้ำ ทำให้เกิดการกัดเซาะบริเวณขอบบ่อและพัดพาเอาตะกอนพื้นบ่อไปรวมกันกลางบ่อได้ดีกว่า ซึ่ง Roger (1990) รายงานว่าความเร็วของกระแสที่สามารการพัดพาตะกอนพื้นบ่อไปรวมกันกลางบ่อโดยไม่เกิดการตกตะกอนและการกัดเซาะอยู่ระหว่าง 0.05-0.15 เมตร/วินาที แต่ความเร็วของกระแสที่เหมาะสมคือ 0.076 เมตร/วินาที

การศึกษาคุณภาพน้ำของบ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์และบ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดเครื่องยนต์นั้น มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่ 80 % จากระดับผิวน้ำมีค่าต่ำที่สุดโดยบ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์และเครื่องยนต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.26 ± 0.17 และ 4.65 ± 0.11 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าในช่วงที่ปริมาณออกซิเจนต่ำสุดส่วนใหญ่ยังมีค่าอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้ง เพราะระดับที่วิกฤตและทำให้กุ้งมีการเจริญเติบโตช้าจะมีค่าต่ำกว่า 4 มิลลิกรัม/ลิตร (พุทฺธ, 2546) ส่วนค่าความเป็นกรดเป็นด่างในช่วงเช้าของบ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์และเครื่องยนต์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.78 ± 0.06 และ 7.95 ± 0.04 และค่าความเป็นกรดเป็นด่างในช่วงบ่ายมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.11 ± 0.04 และ 8.23 ± 0.05 ตามลำดับ ซึ่งบ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศทั้งสองแบบนี้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งคือค่าความเป็นกรดเป็นด่างเช้าและบ่ายควรอยู่ระหว่าง 7.5-8.5 (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) ค่าความเป็นด่างของบ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์และเครื่องยนต์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 84.5 ± 1.48 และ 83.29 ± 1.46 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งบ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศทั้งสองแบบนี้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งเพราะค่าความเป็นด่างไม่ควรจะต่ำกว่า 50-60 มิลลิกรัม/ลิตร เพื่อไม่ให้มีผลต่อการสร้างเปลือกของกุ้ง (ยนต์, 2539) ค่าไนโตรเจนของบ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์และเครื่องยนต์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.085 ± 0.00 และ 0.098 ± 0.00 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ จะพบว่าบ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศทั้งสองแบบนี้อยู่ในระดับที่ไม่เป็นพิษต่อการเลี้ยงกุ้งซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ พุทฺธ(2546) ที่กล่าวว่าในบ่อเลี้ยงกุ้งที่ใช้การเลี้ยงแบบระบบปิดโดยใช้น้ำหมุนเวียนที่มีการให้ออกซิเจนให้อยู่ในระดับที่พอเพียงต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง พบว่าปริมาณไนโตรเจน 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถเลี้ยงกุ้งได้โดยไม่มีปัญหาที่เกิดจากความเข้มข้นของไนโตรเจน ค่าแอมโมเนียรวมของบ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์และเครื่องยนต์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.024 ± 0.00 และ 0.021 ± 0.00 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าบ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศทั้งสองแบบนี้มีค่าแอมโมเนียอยู่ในระดับที่ไม่เป็นพิษต่อการเลี้ยงกุ้ง ซึ่งค่าแอมโมเนียที่น้อยกว่า 0.1 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถเลี้ยงกุ้งได้โดยไม่มีปัญหาที่เกิดจากความเข้มข้นของแอมโมเนีย (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) ค่าคลอโรฟิลล์ เอ ของบ่อที่ใช้เครื่องให้

อากาศแบบใบพัดดีน้ำชนิดมอเตอร์และเครื่องยนต์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.85 ± 1.57 และ 10.7 ± 1.87 มิลลิกรัม/เมตร³ ตามลำดับ ซึ่งบ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศทั้งสองแบบนี้ขึ้นอยู่กับระดับที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้ง ไม่มีปัญหาด้านการขาดออกซิเจนในช่วงที่แพลงก์ตอนพืชไม่สังเคราะห์แสงเพราะ Marshall และ Peter (1989) กล่าวว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ สูงกว่า 12 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จัดเป็นแหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงและอาจมีปัญหาการขาดออกซิเจนในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำช่วงเช้าก่อนเกิดการสังเคราะห์แสงให้ออกซิเจน ค่าความเค็มของบ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดดีน้ำชนิดมอเตอร์และเครื่องยนต์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.98 ± 0.03 และ 4.01 ± 0.03 ส่วนในพื้นส่วน ตามลำดับ พบว่าบ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดดีน้ำทั้งสองแบบนี้ขึ้นอยู่กับระดับที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้ง เนื่องจากน้ำที่มีความเค็มต่ำมีปัญหาต่อการเกิดโรคน้อยมาก โดยเฉพาะแบคทีเรียเรืองแสง (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) ค่าอุณหภูมิของบ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดดีน้ำชนิดมอเตอร์และเครื่องยนต์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29.34 ± 0.05 และ 29.26 ± 0.09 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยบ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศทั้งสองแบบนี้ขึ้นอยู่กับระดับที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งซึ่งค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งควรอยู่ระหว่าง 25-32 องศาเซลเซียส (Boyd and Fast, 1992; ชลอ และ พรเลิศ, 2547)

การศึกษาข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ของบ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดดีน้ำชนิดมอเตอร์และเครื่องยนต์นั้นพบว่าบ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดดีน้ำชนิดมอเตอร์มีอัตราการรอดและอัตราการแลกเนื้อมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 70.12 ± 0.38 เปอร์เซ็นต์ และ 1.44 ± 0.00 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าบ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดดีน้ำชนิดเครื่องยนต์ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 68.04 ± 1.10 เปอร์เซ็นต์ และ 1.42 ± 0.00 ตามลำดับ เพราะในช่วง 1-2 เดือนแรก ความเร็วของกระแสน้ำในบ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดดีน้ำชนิดมอเตอร์มีความเร็วกระแสน้ำมากกว่าเครื่องให้อากาศแบบใบพัดดีน้ำชนิดเครื่องยนต์ทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำและธาตุอาหารในบ่อหมุนเวียนในบ่อได้ดี ทำให้มีปริมาณของแพลงตอนพืชมากกว่า ส่งผลให้การเกิดอาหารธรรมชาติมีมากกว่า จึงทำให้มีอัตราการรอดดีกว่า แต่ปริมาณผลผลิต ต้นทุนการผลิต กำไรการผลิตและค่าใช้จ่ายด้านพลังงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $1,036.33 \pm 3.21$ กิโลกรัม/ไร่, $81,349.22 \pm 289.64$ บาท/ไร่ และ $34,720.11 \pm 74.79$ บาท/ไร่ ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าบ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดดีน้ำชนิดเครื่องยนต์ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $1,121.66 \pm 4.04$ กิโลกรัม/ไร่ $86,946.88 \pm 313.87$ บาท/ไร่ $44,044.78 \pm 203.78$ บาท/ไร่ และ $14,000.00 \pm 0.00$ บาท/ไร่ ตามลำดับ เนื่องจากบ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดดีน้ำชนิดเครื่องยนต์สามารถทำให้เกิดกระแสน้ำมากพอที่จะทำให้พื้นที่หว่านอาหารสะอาดเป็นบริเวณกว้าง ซึ่งจะทำให้กุ้งมีสุขภาพแข็งแรงกินอาหารและเจริญเติบโตได้ดี (ชลอ, 2543)

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. การทดสอบการใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์ 2 แรงม้า ที่อัตราเร็วรอบ 110 รอบต่อนาที และการใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดเครื่องยนต์ 11 แรงม้า ที่อัตราเร็วรอบ 90, 70, 55, 35 และ 25 รอบต่อนาทีนั้นเครื่องให้อากาศทั้ง 2 ชนิด ไม่สามารถวัดกระแสน้ำได้ไกลเกิน 30 เมตร ดังนั้นจึงควรวางเครื่องให้อากาศห่างกันประมาณ 25 เมตร

2. การทดลองศึกษาการใช้เครื่องให้อากาศในฟาร์มเลี้ยงกุ้งของเอกชน โดยแบ่งออกเป็นบ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์และบ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดเครื่องยนต์ โดยการวางเครื่องให้อากาศแต่ละเครื่องห่างกันประมาณ 25 เมตร สามารถสรุปผลการศึกษาดังนี้

2.1 ความเร็วของกระแสน้ำในบ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดเครื่องยนต์นั้นมีความเร็วของกระแสน้ำมากกว่าบ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์ เนื่องจากบ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดเครื่องยนต์ใช้อัตราเร็วรอบที่มากกว่าบ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์

2.2 องค์ประกอบของเนื้อดินของบ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์และบ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดเครื่องยนต์ไม่แตกต่างกันคือองค์ประกอบของเนื้อดินเป็นดินเหนียว แต่ปริมาณอินทรีย์วัตถุในแนวหน้าอาหารและปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเลนกลางนั้น พบว่าบ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์มีค่าสูงกว่าบ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดเครื่องยนต์ เนื่องจากบ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดเครื่องยนต์มีความเร็วของกระแสน้ำมากกว่าบ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์ ซึ่งบ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดเครื่องยนต์สามารถพัดพาปริมาณอินทรีย์วัตถุให้ไปอยู่ตรงกลางบ่อแต่เนื่องจากกระแสน้ำที่มากกว่านั้นอาจเกิดการกัดเซาะของดินก้นบ่อให้ไปรวมตัวกับสารอินทรีย์วัตถุในแนวกลางบ่อประกอบกับมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำกลางบ่อและในแนวหน้าอาหารมากกว่าด้วย ส่งผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุบริเวณกลางบ่อและปริมาณอินทรีย์วัตถุบริเวณแนวหน้าอาหารน้อยกว่าบ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์ ส่วนค่าความเป็นด่างของเนื้อดินของบ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์และบ่อที่ใช้เครื่องให้

อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดเครื่องยนต์นั้น ไม่แตกต่างกันคือ ความเป็นต่างของเนื้อดินมีสภาพเป็นกลาง

2.3 คุณภาพน้ำของบ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์และบ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดเครื่องยนต์ไม่แตกต่างกันและอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งทะเลทั่วไป

2.4 บ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์มีอัตราการรอดและอัตราการแลกเนื้อสูงกว่าบ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดเครื่องยนต์ แต่บ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์ มีค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ปริมาณผลผลิต กำไรการผลิตและต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่าบ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดเครื่องยนต์ เนื่องจากประสิทธิภาพของบ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดเครื่องยนต์สามารถทำให้เกิดกระแสน้ำมากพอที่จะทำให้พื้นที่หว้านอาหารสะอาดเป็นบริเวณกว้าง ซึ่งจะทำให้กุ้งมีสุขภาพแข็งแรง กินอาหารและเจริญเติบโตดี

ข้อเสนอแนะ

1. การใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์และเครื่องยนต์นั้น การวางตำแหน่งของเครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำทั้งสองแบบนี้แต่ละเครื่องควรวางห่างกันไม่เกิน 25 เมตร เพราะเป็นระยะทางที่เครื่องตีน้ำที่สามารถจะพัดพากระแส น้ำและตะกอนดินถึงกันได้

2. จากการทดลองศึกษาเครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์และเครื่องยนต์นั้น เครื่องให้อากาศทั้ง 2 ชนิด ความเร็วของกระแสน้ำอาจจะทำให้เกิดการกัดเซาะของบ่อ ดังนั้นควรมีการทดลองโดยใช้ความเร็วของกระแสน้ำที่สอดคล้องกับการทดลองของ Roger (1990) เปรียบเทียบกับการใช้เครื่องให้อากาศในปัจจุบัน

3. บ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดเครื่องยนต์จะได้ผลกำไรจากการผลิตกุ้งมากกว่าบ่อที่ใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์ แต่ก็ไม่ต่างกันมากเพราะฉะนั้นเกษตรกรเจ้าของฟาร์มเลี้ยงกุ้งควรพิจารณาจากหลายๆปัจจัย โดยการใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์นั้นจะมีอายุการใช้งานที่นานกว่า เสียงก็จะเงียบ ไม่ต้องกังวลเรื่องน้ำมันเชื้อเพลิง, ติดตั้งง่ายและค่าการบำรุงรักษาต่ำ (Cruz, 1983) อย่างไรก็ตามในการใช้เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดมอเตอร์สถานที่นั้นก็ต้องอยู่ใกล้ระบบไฟฟ้า ในขณะที่เครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำชนิดเครื่องยนต์จะมีข้อได้เปรียบคือ เครื่องมีราคาถูก ค่าการติดตั้งต่ำและสามารถเพิ่มหรือลดอัตราเร็วรอบของเครื่องให้อากาศแบบใบพัดตีน้ำได้ โดยนอกจากข้อได้เปรียบและเสียเปรียบนี้แล้ว ยังต้องดูราคาของน้ำมันเชื้อเพลิง ณ เวลานั้นด้วย