

## ผลและการวิจารณ์

### ผลการวิจัย

ผลการทดลองที่ได้นั้นจะมีการเก็บค่าและบันทึกผลแบ่งเป็นสองส่วนใหญ่ ๆ คือ ส่วนการ calibrate โพรบวัดออกซิเจนที่ละลายน้ำเพื่อวัดค่าแรงดันไฟฟ้า และส่วนการนำเครื่องมือไปทดสอบและใช้งาน

#### 1. ผลการทดลองจากการ calibrate โพรบวัดออกซิเจนละลายน้ำ

ผลการทดลองส่วนนี้จะเป็นการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากการวัดค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำที่ค่าต่าง ๆ ซึ่งมีการบีบอากาศลงไปเพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจน ซึ่งในการบีบอากาศลงไปนั้นจะใช้เวลาที่ไม่เท่ากันเพราะต้องการออกซิเจนที่ค่าต่าง ๆ ซึ่งออกซิเจนที่เพิ่มขึ้นมาจะถึงจุดอิ่มตัวที่ประมาณ 8 mg/l เพราะค่าจุดอิ่มตัวจะใกล้เคียงกับออกซิเจนในอากาศ ส่วนที่น้ำที่ออกซิเจนประมาณ 8-10 mg/l ได้มาจากน้ำที่มีแผลงตอนอยู่ซึ่งแผลงตอนจะสังเคราะห์แสงแล้วให้ออกซิเจนออกมา ซึ่งสามารถนำมาผสมรวมกับน้ำที่มีออกซิเจนต่ำกว่า เพื่อให้ได้ค่าออกซิเจนที่ค่าต่าง ๆ ขึ้นตอนในการวัดค่าออกซิเจนนี้จะทำควบคู่กับการไตเตรทไปด้วยเพื่อให้ได้ค่าที่เที่ยงตรง และแม่นยำ (ดูผลตามภาคผนวก ก)

#### 2. ผลการทดลองจากการนำเครื่องมือไปใช้งาน

จากการทดลองซึ่งเป็นผลที่ได้มาจากการนำระบบเตือนภัยการขาดออกซิเจนนี้มาใช้กับแหล่งน้ำชนิดต่าง ๆ ซึ่งสภาพแวดล้อมไม่เหมือนกัน ผลที่ได้จะเหมือนกับทฤษฎีของออกซิเจนก็คือในเวลากลางวัน ปริมาณออกซิเจนจะมีมากกว่าในเวลากลางคืน แต่ก่อนที่จะนำไปใช้งานจริงได้ทำการทดสอบเสถียรภาพและความแม่นยำของเครื่องมือ ด้วยการนำตัวอย่างมาวัดค่าออกซิเจนด้วยเครื่องมือนี้โดยตั้งวัดทุก ๆ 30 นาที ตัวอย่างละ 2 วัน ตารางผนวกที่ ข1-ข6

- น้ำตัวอย่างที่หนึ่ง ซึ่งเป็นน้ำเสียมีค่าออกซิเจนอยู่ที่ 2 mg/l เมื่อระยะเวลาผ่านไป 2 วัน ค่าออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นเป็น 3 mg/l เนื่องจากได้รับออกซิเจนจากในอากาศ

- น้ำตัวอย่างที่สอง เป็นน้ำประปา ซึ่งเมื่อเริ่มต้นทำการวัดค่าออกซิเจนจะอยู่ที่ประมาณ 6 mg/l ปริมาณออกซิเจนจะไม่เปลี่ยนแปลง

- น้ำตัวอย่างที่สาม ซึ่งเป็นน้ำมาจากบ่อซึ่งมีปริมาณออกซิเจนประมาณ 5 mg/l ปริมาณออกซิเจนจะไม่เปลี่ยนแปลง

ส่วนในการใช้งานจริงได้นำเครื่องมือนี้ไปติดตั้งและทดสอบจากแหล่งน้ำ 2 แหล่งน้ำ คือ

1. สระน้ำที่กรมการขนส่งทางอากาศ กรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นสระน้ำซีเมนต์มีสัตว์น้ำตามธรรมชาติและมีเครื่องตีน้ำเพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจน (ซึ่งจะทำงานเฉพาะเวลากลางวัน) ดังผลตามตารางผนวกที่ ข7-ข13 ปริมาณออกซิเจนในช่วงเวลากลางวันจะอยู่ที่ 6 mg/l จะเริ่มลดลงในเวลากลางคืนจนเหลือออกซิเจน 5 mg/l และจะเริ่มเพิ่มขึ้นในตอนเช้า หลังจากเครื่องตีน้ำทำงานจะเป็นลักษณะนี้เหมือน ๆ กันในระยะเวลาการทดลอง 14 วัน สามารถสรุปได้ว่าปริมาณออกซิเจนของบ่อน้ำนี้ส่วนมากจะได้ออกซิเจนจากเครื่องตีน้ำ เพราะบ่อน้ำนี้ไม่มีพืชใต้น้ำที่จะสามารถให้ปริมาณออกซิเจนได้

ผลการทดลองส่วนนี้ จะนำข้อมูลบางส่วนที่ทำการทดลองแล้วบันทึกค่าไว้ จะทำการเก็บค่าเฉพาะ วันแรก ๆ หลังจากนั้นก็จะให้ระบบทำงานงานต่อไปอีกหลายวันจะไม่เก็บผลค่าออกซิเจนแต่จะดูว่าระบบยังทำงานต่อไปหรือไม่ เพราะการทดลองใช้เวลาหลายวัน บางส่วนเป็นการทดสอบเสถียรภาพโดยรวมของระบบว่าระบบสามารถทำงานได้ตามการออกแบบ เช่น ในช่วงเวลากลางคืนที่ปริมาณออกซิเจนลดลงน้อยกว่าค่าที่ตั้งไว้ สัญญาณเตือนจะดังและเมื่อปริมาณออกซิเจนลดลงแต่ยังไม่ถึงค่าที่ตั้งไว้ สัญญาณเตือนจะไม่ดังทำ

2. บ่อเลี้ยงกุ้งก้ามกรามที่ อ.คอนเจดีย์ จังหวัดสุพรรณบุรี ซึ่งทำการวัดเป็นระยะเวลา 14 วัน เหมือนกันโดยทำการติดตั้งเครื่องมือนี้ไว้ที่ท้ายบ่อเลี้ยงกุ้งเพราะบริเวณท้ายบ่อจะเป็นบริเวณที่ปริมาณออกซิเจนเปลี่ยนแปลงบ่อยมากที่สุด เนื่องจากเศษอาหารและแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายอินทรีย์สาร ทำให้ออกซิเจนต่ำกว่าจุดอื่น ๆ ของบ่อและจะทำให้กุ้งเริ่มลอยตัวจากบริเวณนี้และจะลุดลามไปทั่วทั้งบ่อ เพราะฉะนั้นในการติดตั้งเครื่องมือจึงจำเป็นต้องติดตั้งเครื่องมือไว้ที่บริเวณนี้ และจะได้ผลตามตารางผนวกที่ ข14-ข20

การตั้งค่าปริมาณออกซิเจนเพื่อให้ระบบเตือนจะตั้งไว้ที่ 4 mg/l เพราะกึ่งกัมกรามถ้าได้รับปริมาณออกซิเจนต่ำกว่า 4 mg/l จะทำให้กึ่งเริ่มไม่กินอาหาร และเมื่อออกซิเจนลดต่ำกว่านี้ก็จะทำให้กึ่งลอยตัวเหนือน้ำ เนื่องจากปริมาณออกซิเจนในน้ำไม่เพียงพอ ถ้ายังไม่ได้รับการแก้ไขก็จะทำให้กึ่งตายทั้งบ่อจึงจำเป็นต้องตั้งไว้ที่ 4 mg/l เพื่อเตือนก่อนที่จะเกิดเหตุการณ์นี้ขึ้น

จากผลการทดลองที่ได้ในช่วงระยะเวลาแรกก็นำเครื่องมือไปติดตั้ง น้ำในบ่อได้ทำการเปลี่ยนน้ำมาประมาณ 3 วันแล้ว ซึ่งเมื่อวัดออกซิเจนจะได้ผลตามตารางผนวกที่ ข14-ข20

จากตารางผนวกที่ ข 18 จะเห็นว่าเครื่องจะเตือนในเวลากลางคืน ในช่วงเวลา 03.30 น. ซึ่งช่วงเวลานี้พบว่า ปริมาณออกซิเจนในบ่อมีค่าต่ำกว่า 4 mg/l ซึ่งเป็นค่าที่ตั้งไว้ เพราะเกิดจากอากาศ ปิดไม่มีลมพัดผ่านและไม่มีการถ่ายน้ำเป็นระยะเวลา 7 วัน เมื่อได้ยินเสียงเตือนเกษตรกรที่เลี้ยงกึ่งก็จะทำการถ่ายน้ำจากบ่อกึ่งออก และสูบน้ำจากแหล่งน้ำเข้ามาแทน เพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจน (ถ้าเป็นบ่อที่มีกังหันตีน้ำก็จะเปิดกังหันตีน้ำเพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนควบคู่ไปด้วย)

ในการทดสอบนี้จะเห็นชัดว่าปริมาณออกซิเจนในช่วงเวลากลางวันจะสูงกว่าเวลากลางคืน มากยิ่งบ่อที่มีแผงตอนพืชและพืชน้ำ ปริมาณออกซิเจนจะเพิ่มขึ้น และจะลดลงในเวลากลางคืน ยิ่งถ้าคืนไหนมีลมพัดผ่านด้วยปริมาณออกซิเจนก็จะไม่ลดลงมาก ในการติดตั้งระบบนี้ควรติดตั้งในบริเวณท้ายบ่อที่ปล่อยน้ำทิ้งบริเวณนี้เป็นบริเวณที่ปริมาณออกซิเจนลดลงมากที่สุดเพราะเป็นจุดที่เศษอาหารจะไหลลงมารวมกันทำให้แบคทีเรียใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายอินทรีย์สารมากกว่าบริเวณอื่น ๆ และเป็นจุดที่น้ำดีไหลมาถึงช้ากว่าที่อื่น และเป็นจุดที่กึ่งจะลอยตัวก่อนจุดอื่น ๆ ในบ่อเมื่อปริมาณออกซิเจนลดลงมาก ๆ (ดูผลตามภาคผนวก ข)

## สรุปและเสนอแนะ

### สรุปผลงานวิจัย

การออกแบบระบบเตือนภัยการขาดออกซิเจนที่ละลายน้ำโดยใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์สร้างขึ้นมาสำเร็จซึ่งมีคุณสมบัติ วัดออกซิเจน ได้ 1- 10 mg/l, ตั้งค่าการเตือนออกซิเจนได้ 1-9 mg/l, วัดค่าแบบอัตโนมัติทุก ๆ 30 นาที, ค่าออกซิเจนต่ำสุดในรอบวันได้และใช้พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ประจุอยู่ในแบตเตอรี่ 12 V, 65Ah สามารถใช้งานได้นาน 5 วันในกรณีที่ไม่มีแสงอาทิตย์ วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้สร้างเครื่องมือก็สามารถหาได้ภายในประเทศ ซึ่งมีราคาถูก เมื่ออุปกรณ์ชำรุดเสียหายก็สามารถซ่อมแซมได้ทันที ส่วนอุปกรณ์ด้านอิเล็กทรอนิกส์นั้น ออกแบบไว้ให้เหมาะสมในการใช้งานและสามารถหาอุปกรณ์ได้ง่ายตามร้านค้าอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป ส่วนของโปรแกรมจะใช้ภาษาซีเขียนในโปรแกรม Keil โดยสามารถใช้คำสั่งต่าง ๆ เขียนสั่งงานต่าง ๆ แล้วทำการดาวน์โหลดลงไปในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เครื่องมือของระบบนี้ประกอบด้วยอุปกรณ์และขั้นตอนการทำงานเป็นดังนี้ หัวโพรบวัดออกซิเจนแบบกัลป์วานิกเซลล์ถูกติดตั้งอยู่กับชุดเกียร์สโกลด์ซึ่งต่ออยู่กับสเต็ปมอเตอร์ เมื่อสเต็ปมอเตอร์ถูกสั่งให้ทำงานก็จะหมุนให้ชุดเกียร์สโกลด์นำหัวโพรบลงน้ำ เพื่อทำการวัดค่าออกซิเจน หัวโพรบจะให้แรงดันไฟฟ้าออกมาแล้วจะถูกส่งให้วงจรขยายสัญญาณ ซึ่งใช้ไอซีออปแอมป์เบอร์ LM 358 ขยาย 100 เท่า สัญญาณที่ขยายแล้วจะถูกส่งผ่านไปที่ วงจร A/D ซึ่งใช้ไอซี เบอร์PCF8591 โดยแปลงแรงดันไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณดิจิทัลแบบ 8 บิตอนุกรม แล้วส่งให้ MCS-51 ทำการประมวลผล ส่วนช่วงเวลาในการวัดแต่ละวงรอบนั้นจะใช้ไอซีเบอร์ DS1307 เป็นตัว กำหนดเวลา ส่วนในการตั้งค่าการเตือนนั้นจะใช้ สวิตซ์ 2 ตัว เลือกโดยเพิ่มค่า (Up) และลดค่า (Down) ออกซิเจนที่ต้องการตั้ง และเมื่อค่าที่วัดได้ต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ MCS-51 ก็จะส่งสัญญาณไปให้ระบบเตือนซึ่งใช้ ทรานซิสเตอร์ เบอร์ TIP 29 ต่อกับอุปกรณ์สัญญาณ เสียง – แสง เพื่อส่งสัญญาณเตือน และส่วนประกอบที่สำคัญอีกส่วนที่ขาดไม่ได้ก็คือระบบจ่ายไฟฟ้า ซึ่งประกอบไปด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 17 V, 80 Watt, อุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ (Battery Charge Controller), แบตเตอรี่รีขนาด 12V 65 Ah สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ประมาณ 4.5 วันและชุด Regulator ซึ่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ

ในส่วนของการนำไปใช้งานนั้นสามารถช่วยเหลือเกษตรกรได้ดังนี้

1. ช่วยเพิ่มความแม่นยำและความถี่ในการตรวจค่าปริมาณออกซิเจนที่ในน้ำ เพราะเป็นระบบอัตโนมัติโดยทำการวัดค่าออกซิเจนแบบอัตโนมัติตั้งการวัดค่าทุก ๆ 30 นาทีสามารถเตือนเกษตรกรให้ทราบว่าปริมาณออกซิเจนลดลงจนถึงค่าที่ตั้งไว้ ทำให้เกษตรกรทำการเพิ่มปริมาณออกซิเจนได้ทันเวลา
2. สามารถลดค่าใช้จ่ายในด้านการสูบน้ำและเครื่องตีน้ำเพิ่มออกซิเจน เพราะทราบแน่นอนว่าปริมาณออกซิเจนอยู่ที่ค่าเท่าไร จึงทำการสูบน้ำและตีน้ำ เพื่อเพิ่มออกซิเจนถ้าไม่มีเครื่องมือนี้เกษตรกรไม่สามารถรู้ได้เลยว่าปริมาณออกซิเจนมีค่าเท่าไร จึงทำการสูบน้ำและตีน้ำทั้งที่ปริมาณออกซิเจนยังไม่ลดลงจนถึงค่าที่เป็นอันตรายต่อกุ้ง ซึ่งเป็นผลให้ค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น
3. สามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในด้านอาหารเลี้ยงกุ้งเพราะเครื่องมือนี้จะเตือนก่อนที่กุ้งจะไม่กินอาหาร ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง จนทำให้กุ้งไม่กินอาหาร

#### ข้อเสนอแนะ

1. เครื่องมือนี้ใช้วัดปริมาณออกซิเจนได้ไม่เกิน 10 mg/l ก็จริงแต่ใช้งานได้ดีเพราะใช้สำหรับเตือนเมื่อออกซิเจนต่ำกว่าที่สิ่งมีชีวิตในน้ำต้องการซึ่งที่ออกซิเจน 10 mg/l ซึ่งไม่เป็นปัญหาการขาดออกซิเจนของสัตว์น้ำ
2. ถ้าสร้างให้เป็นการเตือนในช่วงของจุดทัศนียมได้จะใช้งานเตือนปริมาณออกซิเจนได้ละเอียดขึ้นอีก
3. เนื่องจากมีคราบสิ่งสกปรกเกาะบริเวณแผ่นเมนเบรอนของโพรบวัดออกซิเจน เมื่อให้ทำการวัดทุก ๆ 30 นาที จะใช้งานได้ประมาณ 7 วัน ก็ต้องทำความสะอาดหัวโพรบวัดออกซิเจน ถ้าจะให้ใช้งานได้มากกว่า 7 วัน ก็ควรให้เครื่องเตือนภัยนี้ทำงานเฉพาะเวลากลางคืนในกรณีการเลี้ยงกุ้งแบบไม่หนาแน่นเพราะช่วงเวลากลางคืนปริมาณออกซิเจนจะต่ำลงมาก ส่วนเวลากลางวันปริมาณออกซิเจนจะสูง ส่วนกรณีถ้าเลี้ยงกุ้งในอัตราหนาแน่น ก็ควรเปิดระบบไว้ตลอดเวลา แต่อาจตั้งช่วงเวลาการวัดให้มากกว่า 30 นาที