

ผลของระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับตัวต้านทานที่แปรค่าตามแสงเพื่อประยุกต์ใช้ในการตรวจวัดความขุ่นในบ่ออนุบาลลูกกบนา

Effect of Light Source Distance on Light Dependent Resistor (LDR) for Turbidity Measurement in Frog Nursery Ponds

จตุพล คงสอน¹ ปริญญาวัฒน์ อินทร์เอี่ยม¹ อติรัฐ มากสุวรรณ¹
วราพล เกษมสันต์¹ และ ณัฐกร อินทรวิชะ^{1*}
Jatupol Kongson¹, Prinyawat Iniam¹, Atirat Maksuwan¹,
Warapol Kasemsan¹ and Nuttakorn Intaravicha^{1*}

Received: 9 October 2024

Revised: 31 January 2025

Accepted: 20 February 2025

บทคัดย่อ

ทำการศึกษาความเหมาะสมของตัวต้านทานที่แปรค่าตามแสงเพื่อนำไปพัฒนาในการตรวจวัดความขุ่นในบ่ออนุบาลลูกกบนา โดยใช้ตัวต้านทานที่แปรค่าตามแสง ขนาด 5 มิลลิเมตร เบอร์ 5528 ในอุปกรณ์ที่ทำจากท่อพีวีซีที่สามารถปรับระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับตัวต้านทานที่แปรค่าตามแสง ที่ระยะ 10 20 30 40 และ 50 เซนติเมตร ตามลำดับ กับสารละลายมาตรฐานความขุ่นที่ 15 30 45 60 และ 75 NTU ทำการตรวจวัดค่าความต้านทานในวงจรของตัวต้านทานแสงด้วยมัลติมิเตอร์ และนำค่าความต้านทานที่ได้มาสร้างสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง ผลการศึกษาพบว่าระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับตัวต้านทานที่แปรค่าตามแสงที่ 10 และ 20 เซนติเมตรเป็นระยะที่เหมาะสมต่อการนำไปพัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัดความขุ่นใน

¹ สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมและวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน กรุงเทพฯ ประเทศไทย 10330

¹ Department of Environmental Technology and Applied Science, Faculty of Science and Technology, Pathumwan Institute of Technology, Bangkok, Thailand 10330

* ผู้รับผิดชอบประสานงาน (Corresponding author) e-mail: kung32123@gmail.com

บ่ออนุบาลลูกกบนา โดยสามารถสร้างสมการเชิงเส้นตรงได้ คือ $y = 84.13x + 1,254$ และ $y = 64.88x + 1,841$ ตามลำดับ และให้ค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (R square) ที่ 0.994 และ 0.990 ตามลำดับ R square ที่มีค่าใกล้เคียง 1.000 แสดงถึงความสัมพันธ์ที่แข็งแกร่งระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม

คำสำคัญ: ตัวต้านทานที่แปรค่าตามแสง ความชื้น กบ

ABSTRACT

This study evaluated the suitability of a light-dependent resistor (LDR) for developing a turbidity measurement instrument for frog nursery ponds. A 5 mm LDR, model 5528, was used in a PVC apparatus that allowed adjustment of the distance between the light source and the LDR at intervals of 10, 20, 30, 40, and 50 centimeters. Standard turbidity solutions of 15, 30, 45, 60, and 75 NTU were used. The resistance values in the LDR circuit were measured using a multimeter, and the obtained resistance values were used to create linear regression equations. The study found that distances of 10 and 20 centimeters between the light source and the LDR were optimal for developing the turbidity measurement instrument for frog nursery ponds. The linear equations derived were $y = 84.13x + 1,254$ and $y = 64.88x + 1,841$ with R - squared values of 0.994 and 0.990, respectively. The R-squared values close to 1.000 indicate a strong relationship between the independent and dependent variables.

Keywords: Light-dependent resistor (LDR); Turbidity; Frog

บทนำ

กบนาถือเป็นสัตว์ที่มีการบริโภคในประเทศและมีการผลิตเพื่อส่งออก โดยจากข้อมูลของด่านตรวจประมงท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ ในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2564 มีการส่งออกกบนาในรูปแบบสัตว์น้ำมีชีวิตเพื่อการบริโภคปริมาณ 53,240 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 2,552,880 บาท [1] ซึ่งในปัจจุบันกบนาเพื่อการบริโภคและการส่งออกนั้นไม่ได้จับตามธรรมชาติเพื่อการค้า แต่เป็นการเลี้ยงเพื่อเป็นการค้าเนื่องจากมีความต้องการบริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศเป็นจำนวนมากกว่าที่จะสามารถจับได้ตามธรรมชาติ โดยเทคนิคการเลี้ยงกบจะมีหลายรูปแบบ เช่น เลี้ยงในบ่อดิน เลี้ยงในกระชัง เลี้ยงในบ่อบุญ เป็นต้น [2-3] อย่างไรก็ตามจากการส่งเสริมภาครัฐเรื่องเกษตรอัจฉริยะเพื่อเพิ่มศักยภาพในการผลิตสินค้าเกษตรตามแผนปฏิบัติการเกษตรอัจฉริยะ พ.ศ. 2565 ถึง 2566 ที่ปฏิบัติตามวิสัยทัศน์เกษตรอัจฉริยะนำพาเกษตรกรไทยสู่ความมั่นคง ยั่งยืน ในปี พ.ศ. 2580 ในพันธกิจข้อที่ 1 วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีเกษตรอัจฉริยะที่เหมาะสมกับบริบทของประเทศไทย และแผนด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมของประเทศ พ.ศ 2566 – 2570 แผนที่ P5(S1) พัฒนาและประยุกต์เทคโนโลยีดิจิทัล ปัญญาประดิษฐ์ อิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ รวมทั้งหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต การบริการและการพึ่งพาตนเอง [4-5] ส่งผลให้การทำการเกษตรในปัจจุบันต้องคำนึงถึงผลผลิตให้ได้มาตรฐานมีคุณภาพและปลอดภัยต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม

การพัฒนาฟาร์มกบนาและสัตว์น้ำอัจฉริยะจึงเป็นการเพิ่มศักยภาพในการผลิตได้และทำให้เกษตรกรสามารถพึ่งพาตนเองได้ [6-7] จากการศึกษาพบว่า การเลี้ยงและอนุบาลกบนั้น ในส่วนของการอนุบาลลูกกบ สภาพแวดล้อมในการเลี้ยงมีผลต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอด เมื่อพิจารณาคุณภาพของน้ำที่ใช้เลี้ยงพบว่า ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ สภาพต่าง (Alkalinity) pH แอมโมเนีย และความขุ่น มีผลต่อการเลี้ยง การเจริญเติบโต และอัตราการรอดของลูกกบ [8-11] ความขุ่นในบ่ออนุบาลลูกกบนาถือเป็นดัชนีชี้วัดการสะสมของเสียและของเหลือจากกิจกรรมการอนุบาลลูกกบนาได้ กล่าวคือทั้งสิ่งขับถ่ายและเศษอาหารที่เหลือตกค้างจากการให้อาหาร สิ่งของเหล่านี้เมื่ออยู่ในน้ำเป็นเวลานานจะมีการแตกตัวให้มีขนาดเล็กลง ทั้งด้วยกิจกรรมของลูกกบเองและจากจุลินทรีย์เป็นผู้ช่วยย่อยสลาย ส่งผลให้สิ่งเหล่านี้กลายเป็นอนุภาคแขวนลอยในน้ำ ซึ่งสภาวะนี้หากพิจารณาจากความสามารถในการผ่านได้ของแสงก็จะพบว่าแสงจะสามารถส่องผ่านได้แปรผกผันกับปริมาณอนุภาคของตะกอนน้ำเสีย หรือจะอธิบายได้ว่าเมื่ออยู่ในตัวกลางที่เป็นของเหลวชนิดเดียวกัน ความสามารถในการดูดกลืนแสงจะแปรผันตามปริมาณอนุภาคที่แขวนลอยในของเหลวชนิดนั้น ซึ่งถือเป็นหลักการในการตรวจวัดปริมาณความขุ่นในน้ำ การตรวจวัดปริมาณความขุ่นในน้ำในภาคสนามสามารถทำได้โดยใช้แผ่นเซคคิ (Secchi-Disk) ที่สามารถตรวจวัดได้อย่างรวดเร็ว แต่มีข้อจำกัดในเรื่องปริมาณของแสงที่ทำให้ผลการตรวจวัดได้ค่าโดยประมาณ [12-13] ในขณะที่การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการตามวิธีเนฟลิเมตริโดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ความขุ่นในห้องปฏิบัติการร่วมกับสารละลายมาตรฐานความขุ่นที่ให้หน่วยการตรวจวัดเป็น เอ็นทียู (Nephelometric Turbidity Units: NTU) แม้ว่าจะตรวจวัดได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ แต่เครื่องมือไม่สะดวกต่อการเคลื่อนย้ายนำมาวัดในพื้นที่ ทำให้เสียเวลาในการนำสารเข้าไปวัดในห้องปฏิบัติการส่งผลให้ล่าช้าต่อการปฏิบัติงาน [14]

เมื่อพิจารณาที่ตัวต้านทานที่แปรค่าตามแสง (Light Dependent Resistor: LDR) ที่มีหลักการทำงานคือขณะที่ LDR สามารถตรวจจับแสงได้ เมื่อแสงมีการเปลี่ยนแปลงไป ค่าความต้านทานในวงจรก็จะเปลี่ยนแปลงไปด้วย ซึ่งจากการศึกษามีผู้พบว่าปริมาณแสงที่เซ็นเซอร์ตรวจจับได้จะแปรผกผันกับค่าของความต้านทานในวงจร [15-18] ด้วยหลักการนี้ทำให้เกิดความสนใจที่จะศึกษาอิทธิพลของระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับ LDR ที่เหมาะสมที่จะทำให้สามารถสร้างกราฟเส้นตรงของค่าสารละลายมาตรฐานความขุ่นจากค่าความต้านทานที่วัดได้ เพื่อนำไปพัฒนาเป็นเครื่องมือในการตรวจวัดค่าความขุ่นในบ่ออนุบาลลูกกบนาต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ออกแบบเครื่องมือเป็นดังภาพที่ 1-3 โดยมีอุปกรณ์ประกอบดังนี้

- 1) ท่อและ ข้อต่อ PVC 1.25 นิ้ว (ท่อที่บรรจุสารละลายความขุ่นมาตรฐาน)
- 2) ท่อและ ข้อต่อ PVC 0.5 นิ้ว (ท่อที่บรรจุแหล่งกำเนิดแสงพร้อมซิลกันน้ำ)
- 3) แหล่งกำเนิดแสงด้วยหลอด LED ขั้วหลอดขนาด T10 กำลังไฟ 1 วัตต์ (W5W)
- 4) สายไฟ และ แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง 12 โวลต์ แบบสวิตช์ซึ่ง
- 5) ฝาพลาสติกใสกันน้ำ
- 6) ขั้วหลอดไฟ T10
- 7) LDR ขนาด 5 มิลลิเมตร เบอร์ 5528
- 8) ซิลิโคนกันน้ำ
- 9) มัลติมิเตอร์

10) ชุดขาตั้ง

โดยควบคุมสภาพแวดล้อมได้แก่ อุณหภูมิของห้องในการทดลองที่ 25 องศาเซลเซียส

การทำงานของเครื่องมือ ทำงานโดยทำการติดตั้ง LDR ให้อยู่ส่วนล่างสุดของกระบอกลดลองที่มีฝาพลาสติกใสพร้อมซีลกันน้ำ ชุดอุปกรณ์ถูกจับโดยขาตั้งให้ตั้งฉากกับพื้นและแหล่งกำเนิดแสงชนิดหลอด LED ขนาด 1 วัตต์ พร้อมฝาพลาสติกใสซีลกันน้ำจะติดตั้งอยู่ในท่อ PVC ขนาด 0.5 นิ้ว ที่สามารถปรับระยะห่างระหว่าง LDR กับแหล่งกำเนิดแสงได้ 5 ระดับ คือระยะ 10 20 30 40 และ 50 เซนติเมตร และแหล่งกำเนิดแสงชนิดหลอด LED จะต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงแบบสวิตซ์ซิง 12 โวลต์ เมื่อต้องการทดลองจะทำการเปิดหลอดไฟทิ้งไว้อย่างน้อย 30 นาที เพื่อให้แสงจากหลอดไฟ LED นิ่ง จากนั้นจะใช้สารละลายความขุ่นมาตรฐานที่ 15 30 45 60 และ 75 NTU ตามลำดับ เทลงในกระบอกลดลองขนาด PVC 1.25 นิ้ว ให้มีความสูงตามระยะที่กำหนดไว้ข้างกระบอกลดลองคือ 10 20 30 40 และ 50 เซนติเมตร ตามลำดับ จากนั้นทำการวัดค่าความต้านทานในหน่วยโอห์ม (ohm) ที่วัดได้จากวงจรของ LDR ด้วยมัลติมิเตอร์ บันทึกความแตกต่างของค่าความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงไป ทำการทดลองซ้ำจำนวน 3 ซ้ำในแต่ละระดับความสูง นำค่าความต้านทานในหน่วยโอห์มไปหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากนั้นนำค่าเฉลี่ยในแต่ละระยะห่างระหว่าง LDR กับแหล่งกำเนิดแสง ได้แก่ 10 20 30 40 และ 50 เซนติเมตร มาหาความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับค่าสารละลายความขุ่นมาตรฐาน 15 30 45 60 และ 75 NTU โดยแยกสร้างสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงที่ระยะห่างระหว่าง LDR เปรียบเทียบค่า R square ที่ได้จากการสร้างสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง

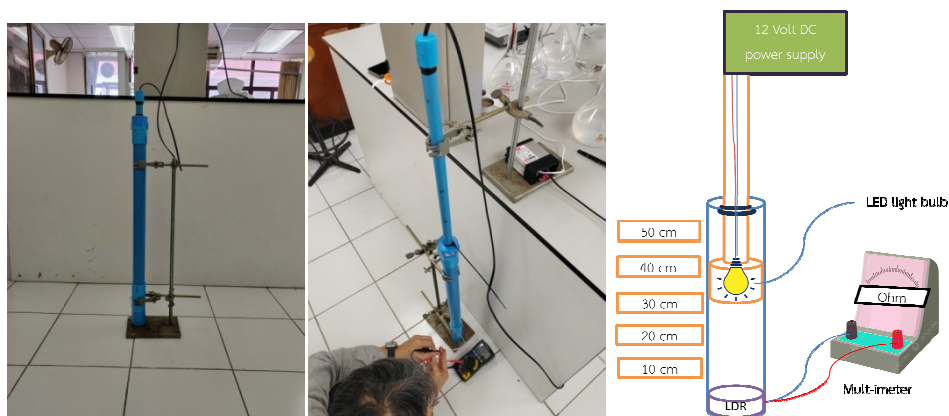


Figure 1 The light dependent resistor demonstrated instrument

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาที่ทำการวัดค่าความต้านทานของ LDR ด้วยมัลติมิเตอร์ เมื่อพิจารณาความแตกต่างของค่าความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงไป ทำซ้ำจำนวน 3 ซ้ำในแต่ละระดับความสูง โดยเมื่อพิจารณาระยะห่างของแหล่งกำเนิดแสงกับตำแหน่งของ LDR ที่เปลี่ยนแปลงไปที่ 10 20 30 40 และ 50 เซนติเมตรตามลำดับกับสารละลายความขุ่นมาตรฐานที่คงที่ในแต่ละความเข้มข้น จะพบว่าที่ระดับความเข้มข้นของสารละลาย

มาตรฐานความขุ่น 15 30 45 60 และ 75 NTU เมื่อตรวจสอบความต้านทานในวงจรไฟฟ้าตามระยะที่เพิ่มมากขึ้นจะมีแนวโน้มที่ค่าความต้านทานเพิ่มสูงขึ้นตามระยะทางที่เพิ่มมากขึ้น ดังตารางที่ 1

Table 1 Resistance measurement (ohm) concerning turbidity concentration and distance between the light source and the Light Dependent Resistor (LDR)

Standard	Distance between the light source and LDR (cm)				
Turbidity Solution (NTU)	10	20	30	40	50
15	1,334±4.93	2,980±39.51	5,946±130.51	11,047±98.66	20,583±368.28
30	1,425±11.79	3,707±58.59	9,140±216.33	21,970±453.10	53,000±2,457.64
45	1,489±10.69	4,583±5.77	13,450±55.68	39,800±624.50	120,733±450.92
60	1,598±6.51	5,673±47.26	20,150±249.80	72,667±862.17	284,266±7,686.57
75	1,678±3.51	6,863±130.51	28,757±291.43	124,267±2,154.84	568,000±1,000.00

จากผลของการทดลองวัดค่าความต้านทานในหน่วยโอห์ม (ohm) ของ LDR กับระยะห่างของแหล่งกำเนิดแสงกับตำแหน่งของ LDR เมื่อพิจารณาแต่ละระยะห่างของแหล่งกำเนิดแสงกับตำแหน่งของ LDR โดยเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานความขุ่นที่ 15 30 45 60 และ 75 NTU ตามลำดับ เมื่อตรวจสอบในแต่ละระยะจะพบว่าเมื่อนำค่าเฉลี่ยของค่าความต้านทานจาก LDR ตามสารละลายความขุ่นมาตรฐานไปสร้างเป็นสมการเชิงเส้นตรง จะสามารถสร้างเป็นสมการเชิงเส้นที่ระดับความห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงและ LDR ที่ระยะแตกต่างกันพบว่าสามารถสร้างเป็นสมการเชิงเส้นที่มีค่า R Square อยู่ในช่วง 0.869 – 0.994

สมการเชิงเส้นนี้แสดงให้เห็นว่าที่ระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงและ LDR ที่ 10 และ 20 เซนติเมตร เป็นระยะที่มีค่า R square แตกต่างกันเล็กน้อยคือ 0.994 และ 0.990 ตามลำดับ ในขณะที่เมื่อ ระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงและ LDR ที่ 30 40 และ 50 เซนติเมตร ค่า R square จะเริ่มมีค่าน้อยลงตามระยะที่เพิ่มมากขึ้น คือ 0.966 0.918 และ 0.869 ตามลำดับ ดังตารางที่ 2

Table 2 Linear regression of LDR resistance and standard turbidity solution with varying distances between the light source and the Light Dependent Resistor (LDR)

Distance between the light source and the Light Dependent Resistor (LDR) (cm)	Linear regression	R Square
10	$y = 5.61x + 1,254$	0.994
20	$y = 64.88x + 1,841$	0.990
30	$y = 377.5x - 1,500$	0.966
40	$y = 1,847x - 29,191$	0.918
50	$y = 8,840x - 18,851$	0.869

When y = LDR resistance detection (ohm)
 x = standard turbidity solution (NTU)

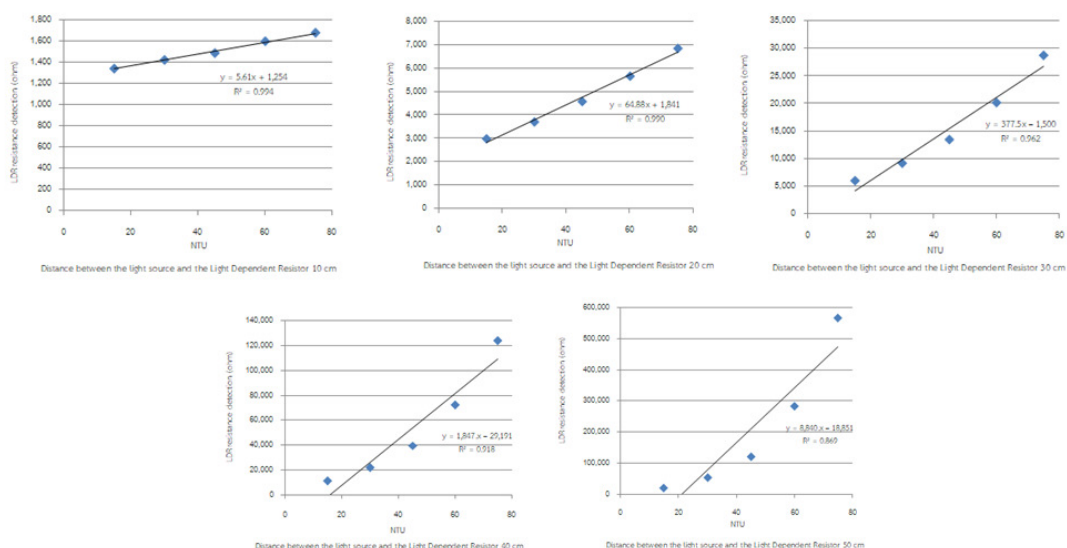


Figure 2 The relationship between the LDR resistance detection (ohms) and the standard turbidity solution (NTU)

การที่ค่า R square มีแนวโน้มที่จะมีค่าลดต่ำลงนั้นเป็นไปตามคุณสมบัติของแสงที่เคลื่อนที่ผ่านตัวกลาง ซึ่งในที่นี้คือน้ำที่มีสารละลายมาตรฐานความขุ่นเจือปนอยู่ การที่ระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับ LDR ระยะทางที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้โอกาสที่แสงจะเกิดการกระเจิงของแสง จากการวิ่งเป็นลำแสงเป็นเส้นตรง ก็จะเพิ่มมากขึ้น ทำให้ค่า R square มีแนวโน้มจะลดลงเมื่อเพิ่มระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับ LDR

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จากผลของการศึกษาพบว่า LDR เบอร์ 5528 ในกรณีที่จะนำมาใช้เพื่อพัฒนาเครื่องวัดความขุ่นในบ่อน้ำดิบพบวาระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงและ LDR ที่ 10 และ 20 เซนติเมตรเป็นระยะที่เหมาะสมในการออกแบบเครื่องมือตรวจวัด เพราะเมื่อตรวจวัดกับสารละลายมาตรฐานความขุ่นแล้วสามารถสร้างสมการเชิงเส้นที่มีค่า R square สูงมากกว่า 0.990 ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีที่กล่าวถึงระยะของแหล่งกำเนิดแสงกับการวัดความสามารถในการดูดกลืนแสง โดยพบว่าหากระยะของแหล่งกำเนิดแสงห่างกับอุปกรณ์ในการวัดความสามารถในการดูดกลืนแสง จะทำให้แสงส่วนหนึ่งเกิดการกระเจิงของแสงทำให้แสงบางส่วนสูญเสียไปนอกเหนือจากการถูกดูดกลืนโดยอนุภาคในของเหลว แต่กลับสูญเสียไปกับการกระเจิงและชนด้านข้างของภาชนะ ทำให้ระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับอุปกรณ์ในการวัดความสามารถในการดูดกลืนแสงวัดค่าการดูดกลืนแสงได้ต่ำลง นอกเหนือจากที่ระยะที่เพิ่มขึ้นโอกาสที่แสงจะถูกดูดกลืนที่เพิ่มขึ้นและยังจะมีโอกาสในการกระเจิงและชนเข้ากับภาชนะด้านข้างได้อีกด้วย จึงเป็นสาเหตุให้เมื่อความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานสูงขึ้นในระดับระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงและ LDR ที่ตั้งแต่ 30 เซนติเมตร มีโอกาสที่เส้นกราฟจะโค้งตอนปลายตั้งแต่ 60 NTU โดยสามารถสังเกตได้จากค่า R square ที่ลดลง [19-20]

ในส่วนของการสร้างสมการเชิงเส้นตรงของระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงและ LDR ที่ 10 และ 20 เซนติเมตร กับสารละลายมาตรฐานความขุ่นที่ระดับความเข้มข้น 15 30 45 60 และ 75 NTU มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mulyana & Hakim [17] และ Rocher et al. [18] เพียงแต่ว่าการทดลองของทั้ง 2 งานวิจัยนี้ทำการหาความสัมพันธ์กับความต่างศักย์ไฟฟ้าแทนที่จะวัดจากความต้านทาน ซึ่งสามารถทำได้ภายใต้กฎของโอห์ม โดยสามารถพบค่าความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับค่าความต่างศักย์ในวงจรกับสารละลายมาตรฐานความขุ่นในช่วง 0 – 40 NTU ที่มี R square = 1.00 [17] อย่างไรก็ตามงานวิจัยทั้ง 2 ก็มีความสอดคล้องกับความสามารถสร้างสมการเชิงเส้นที่เกิดขึ้นกับระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงและ LDR ที่ 10 และ 20 เซนติเมตร

ในส่วนของการทดสอบตามทฤษฎีของเปียร์และแลมเบิร์ต โดยประเมินจากระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงและ LDR ที่ 10 และ 20 เซนติเมตร ถือเป็นระยะที่เหมาะสมกับสารละลายมาตรฐานความขุ่นที่ระดับความเข้มข้น 15 30 45 60 และ 75 NTU เนื่องจากสามารถสร้างสมการเชิงเส้นตรงได้ค่า R square ที่สูง ซึ่งสามารถให้เห็ว่ายังไม่เกิดการโค้งของเส้นกราฟที่สารละลายมาตรฐานความขุ่นที่ 75 NTU ซึ่งจากงานทดลองของ Borges et al. [10] ซึ่งแสดงว่าตลอดการเลี้ยงกบพบวาระยะห่างของน้ำที่ขณะที่กบโตเต็มไวพบว่ามีความขุ่นในระบบที่ 66 NTU ซึ่งถือว่า LDR ขนาด 5 มิลลิเมตร เบอร์ 5528 มีคุณสมบัติทั้งในด้านความแม่นยำกับการสอบเทียบสารละลายมาตรฐานความขุ่นที่มีค่า R square สูง และยังสามารถควบคุมช่วงการตรวจวัดความขุ่นให้เหมาะสมสำหรับการตรวจวัดความขุ่นได้ตลอดการเจริญเติบโตของกบ ซึ่งสามารถนำไปพัฒนาไปใช้เป็นตัวตรวจวัดในวงจรที่ใช้สำหรับนำไปวัดความขุ่นในบ่อน้ำดิบและกบในช่วงวัยอื่นได้ อีกทั้งระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงและ LDR ที่ 10 และ 20 เซนติเมตร ก็ถือเป็นระยะที่เหมาะสมเพราะในการอนุบาลลูกกบในระดับน้ำในระบบจะมีความลึกไม่เกิน 30 เซนติเมตร [7-8] จึงเหมาะสมสำหรับการนำไปออกแบบเครื่องมือที่สามารถวัดค่าความขุ่นในแนวตั้งได้

อย่างไรก็ตามการนำไปประยุกต์ใช้แหล่งกำเนิดแสงเป็นหลอด LED ต้องคำนึงถึงแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงด้วย เนื่องจากแหล่งกำเนิดแสงเป็นหลอด LED การส่องสว่างของหลอดมีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้า จึงต้องมีการควบคุมและเลือกใช้แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงหรือหม้อแปลงไฟฟ้ากระแสตรงที่มีค่าแรงดันคงที่ อีกทั้งระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงและ LDR ที่ 10 และ 20 เซนติเมตร ถือเป็น

เป็นระยะที่เหมาะสมในการนำไปพัฒนาเป็นอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นในบ่ออนุบาลลูกกบนาที่มีความลึกของบ่ออนุบาลลูกกบนาน้อยในช่วง 10 - 20 เซนติเมตร

References

- [1] Suvarnabhumi Airport Fisheries Checkpoint. (2021). *Statistics of Import and Export of Aquatic Animals via Suvarnabhumi Airport in March 2021*. Samut Prakan: Suvarnabhumi Airport Fisheries Checkpoint. (in Thai)
- [2] Saman, J. & Thiammueang, D. (2021). Marketing Competitive Potential on Frog Culture in Chiangmai Province. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 49(Supp. 1), 602-606. (in Thai)
- [3] Chuaysatit, P., et al. (2023). Unit Cost Analysis for Smart Frog (*Hoplobatrachus rugulosus*) Farm. *Journal of Agricultural Research and Extension*, 40(3), 190-205. (in Thai)
- [4] Ministry of Agriculture and Cooperatives. (2020). *Smart Agriculture Action Plan for the Year 2022-2023*. Bangkok: Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai)
- [5] Office of Strategy and Budget. (2023). *Summary of the Important Content of the Country's Science and Innovation Plan for 2023-2027. Revised Edition for Use in Improving the Budget Request of the Science, Research and Innovation Promotion Fund for the Fiscal Year 2024 and 2025*. Bangkok: Office of the Science, Research and Innovation Promotion Committee. (in Thai)
- [6] Tadsuan, S. & Sukserm, P. (2020). Measuring and Controlling the pH of Water by the Internet of Things. *Pathumwan Academic Journal*, 10(28), 60-78. (in Thai)
- [7] Iniam, P. & Inataravicha, N. (2023). The Development of Smart Nursing Tadpoles Farm (*Hoplobatrachus rugulosus*). *Journal of Vocational Education in Agriculture*, 7(2), 12-24. (in Thai)
- [8] Uydarn, Y. & Inataravicha, N. (2022). The Carrying Capacity Study of Water Quality for the Nursing of Tadpoles (*Hoplobatrachus rugulosus*). *Journal of Vocational Education in Agriculture*, 6(2), 84-93. (in Thai)
- [9] Sririkanonda, S. (2009). Diseases of Cultured Frog (*Rana tigerina*) in Southern Part of Thailand. *Princess of Naradhiwas University Journal*, 1(3), 102-117. (in Thai)
- [10] Borges, F. F., et al. (2014). Quality of the effluents of bullfrog tadpole ponds. *Boletim do Instituto de Pesca*, 40(3), 409-417.
- [11] Ding, G.-H., et al. (2014). Effects of light intensity on activity in four sympatric anuran tadpoles. *Zoological Research*, 35(4), 332-337.
- [12] Chwalpalarit, A. (2002). *Manual for wastewater analysis*. Bangkok: Engineering Institute of Thailand. (in Thai)
- [13] Ali, M. H. & Cagauan, A. G. (2007). Relationships between Secchi disk visibility, water temperature, and dissolved oxygen in freshwater fishponds. *Bangladesh Journal of Fisheries Research*, 11(1), 45-50.

-
- [14] Dadi, M. & Yasir, M. (2022). *Spectroscopy and Spectrophotometry: Principles and Applications for Colorimetric and Related Other Analysis*. In Samanta, A. K. (Eds.). *Colorimetry*. IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.101106.
 - [15] Siahaan, P. U., et al. (2018). Arduino Uno-based Water Turbidity Meter Using LDR and LED SENSORS. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(4), 2113-2117.
 - [16] Fay, C. D. & Nattestad, A. (2022). Advances in Optical Based Turbidity Sensing Using LED Photometry (PEDD). *Sensors*, 22(1), 254.
 - [17] Mulyana, Y. & Hakim, D. L. (2018). Prototype of Water Turbidity Monitoring System. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 384, 012052
 - [18] Rocher, J., et al. (2023). Low-Cost Turbidity Sensor to Determine Eutrophication in Water Bodies. *Sensors*, 23(8), 3913.
 - [19] Deaton, C. (1982). Light scattering and its application for the clinical laboratory. *American Journal of Medical Technology*, 48(8), 657-661.
 - [20] Ahluwalia, V. K. (2023). *Instrumental methods of chemical analysis*. Cham: Springer.