การออกแบบอุปกรณ์ให้แสงสว่างในอาคารโดยประยุกต์ใช้พลังงานไฟฟ้าชีวภาพ

Lighting Equipment Design in Building from Bioelectric.

เชษฐ์สุดา เกิดเนตร[1*] พาสีนี สุนากร[2] และ ศิรเดช สุริต[3]

Chedsuda Koetnet[1*] Pasinee Sunakorn[2] and Siradech Surit[3]

[1]นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (นวัตกรรมอาคาร) คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ถนนงามวงศ์วาน เขตจตุจักร จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10900

[2]รองศาสตราจารย์ประจำหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (นวัตกรรมอาคาร) คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ถนนงามวงศ์วาน เขตจตุจักร จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10900

[2]อาจารย์ประจำหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (นวัตกรรมอาคาร) คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ถนนงามวงศ์วาน เขตจตุจักร จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10900

[1]Graduate student in Master of Architecture (Building Innovation), Faculty of Architecture, Kasetsart University, Ngamwongwan Rd., Chatuchak, Bangkok, 10900

[2]Associate professor in Master of Architecture (Building Innovation), Faculty of Architecture, Kasetsart University, Ngamwongwan Rd., Chatuchak, Bangkok, 10900

[3]Lecturer in Master of Architecture (Building Innovation), Faculty of Architecture, Kasetsart University, Ngamwongwan Rd., Chatuchak, Bangkok, 10900

[*]Corresponding author, E-mail: pee_zheez@hotmail.com

บทคัดย่อ

พลังงานไฟฟ้าชีวภาพ เป็นกระบวนการที่อาศัยสิ่งมีชีวิตเป็นองค์ประกอบในการผลิตพลังงาน การผลิตพลังงานไฟฟ้าชีวภาพซึ่งมีพืชเป็นองค์ประกอบ กำลังเป็นแนวทางที่ได้รับสนใจในวงการออกแบบ หลักการเกิดไฟฟ้ามีส่วนหนึ่งที่มาจากทฤษฎีไฟฟ้าเคมี ซึ่งใช้การถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่างขั้วอิเล็กโทรดจนทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้า ทั้งยังมีบางส่วนที่เกิดจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชมาเพิ่มเติมในการสร้างพลังงาน ซึ่งทำให้เกิดอาหารโดยมีจุลินทรีย์ที่รากของพืชมาย่อยสลายอาหารจนเกิดการถ่ายโอนอิเล็กตรอนที่มากขึ้น จากงานวิจัยพลังงานไฟฟ้าชีวภาพที่พบในต่างประเทศนั้น มีการใช้มอสและสาหร่ายในการสร้างพลังงานไฟฟ้า ซึ่งพืชทั้งสองชนิดนั้นใช้วัสดุปลูกแตกต่างกัน คือดินและน้ำ อย่างไรก็ดีพลังงานไฟฟ้าชีวภาพที่ได้นั้น อยู่ในระดับต่ำและต้องใช้เซลล์ไฟฟ้าจำนวนมากเพื่อเพิ่มอัตราการผลิตไฟฟ้าให้เพียงพอต่อการใช้งาน วัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้เพื่อศึกษาเปรียบเทียบถึงการปลูกต้นไม้ว่าสามารถช่วยเพิ่มการผลิตกำลังไฟฟ้าได้หรือไม่ และวัสดุปลูกใดสามารถให้ผลลัพธ์ได้ดีกว่ากันระหว่างดินและน้ำ โดยทำการเปรียบเทียบค่ากระแสไฟฟ้า ค่าแรงดันไฟฟ้า และค่า pH จากเซลล์ไฟฟ้าเคมี เซลล์ไฟฟ้าชีวภาพที่ปลูกต้นไม้ในดิน เซลล์ไฟฟ้าชีวภาพที่ปลูกต้นไม้ในน้ำ และคัดเลือกวัสดุปลูกที่ได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด ไป

ทดลองเปรียบเทียบการเลือกพรรณไม้ที่มีลักษณะการเจริญเติบโตที่สามารถให้กำลังไฟฟ้าได้มากและเหมาะสมกับเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพ ภายในระยะเวลา 2 อาทิตย์ และนำผลการทดลองมาหาค่ากำลังไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้ต่อเซลล์ และเปรียบเทียบถึงข้อดี-ข้อเสีย ที่ได้จากการทดลอง และนำไปประยุกต์ใช้กับการออกแบบอุปกรณ์แสงสว่างภายในอาคารต่อไป

ผลการทดลองในขั้นต้นพบว่า การปลูกต้นไม้ในเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพนั้นสามารถช่วยเพิ่มอัตราการผลิตไฟฟ้าได้มากกว่าเซลล์ไฟฟ้าเคมี และการปลูกต้นไม้ในน้ำสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากกว่าการปลูกต้นไม้ในดิน โดยในระยะแรกนั้นการปลูกต้นไม้ในดินจะสามารถให้แรงดันไฟฟ้าได้มากกว่าแล้วจึงค่อยๆลดลง แตกต่างกับการปลูกต้นไม้ในน้ำที่สามารถสร้างแรงดันไฟฟ้าได้น้อยกว่าในระยะแรกและค่อยๆเพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ยน้ำเพื่อดูแลรักษาต้นไม้ นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยน้ำยังส่งผลให้น้ำมีค่าความเป็นกรดมากขึ้น

คำสำคัญ: *ไฟฟ้าชีวภาพ ไฟฟ้าเคมี พรรณไม้น้ำ*

Abstract

Bioelectricity energy is an energy that can create revenue easily due to its cheap price and beautiful appearance since it has plant components. As a result, it is an interesting design field. The principle of electricity generation is a part of electrochemical theory which uses electron transfer between electrodes until it causes electrical energy as well as a part of photosynthesis process of plants to enhance energy generation that create food. Then, microbes at the roots of the plant will decay food until they transfer electrons increasingly. From the researches on bioelectric energy found in other countries, they indicate that moss and algae were used to generate electricity. These two plants use different plant materials, that is, soil and water. However, the *bioelectricity* energy obtained was in a low level and required to use a greater volume of electricity cells in order to increase electricity generation to be adequate for demand of consumption. The purpose of this study was to determine if tree planting can increase the electricity generation and to find out planting materials that can provide better results between soil and water. The study was conducted by comparing the value of electricity, voltage and pH of electrochemistry cells, *bioelectricity* cells of the tree planted in the soil *and bioelectricity* cells of the tree planted in the water. The planting materials with maximum electrical energy were selected to test and compare the seeding that grows and provide high electrical energy and suitable with *bioelectricity* cells. The experiment was conducted within two weeks and the results were brought to find out the value of electric energy that can generate per cell; as well as compare advantages and disadvantages obtained from the experiment to be applied to the design of lighting equipment inside the building onwards.

The experiment results in the beginning indicated that tree planting in *bioelectricity* cells could help increase the rate of electricity generation more than electrochemical cells. And tree planting in water could generate electricity greater than tree planting in soil. At the first stage, tree planting in the soil could provide more voltage and

then gradually declined. It was different with planting trees in the water that could generate less voltage at the first stage and gradually increased by applying fluid fertilizer to treat plants. In addition, applying fluid fertilizer also resulted in more acidity of the water.

Keyword: *Bioelectric, Electrochemical, Aquatic Plant*

1. บทนำ

พลังงานไฟฟ้าชีวภาพเกิดจาก กระบวนสังเคราะห์แสงของพืช จนก่อให้เกิดจากการสร้างสารอาหารเพื่อส่งไปเลี้ยงพืช โดยมีแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในวัสดุปลูก ทำการย่อยสลาย และส่งผลให้เกิดการถ่ายโอนอิเล็กตรอน(Bombelli and Driver, 2011) ซึ่งมีส่วนหนึ่งของการเกิดไฟฟ้าที่ใช้ทฤษฎีไฟฟ้าเคมี คือการถ่ายโอนอิเล็กตรอนจากสารหนึ่งไปยังอีกสารหนึ่งที่มีความต่างศักย์ จนทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้า(เทพจำนงค์ และคณะ, 2553)

อย่างไรก็ดี การจับคู่วัสดุควรคำนึงถึงความเหมาะสมของต้นทุนในการผลิตและความคุ้มค่าของพลังงานไฟฟ้าที่ได้ด้วย

ตารางที่ 1 ตัวอย่างการเปรียบเทียบเบื้องต้นของการจับคู่วัสดุและแรงดันไฟ ฟ้าที่สามารถผลิตได้ใน 1 เซลล์

ที่มา: (นที, 2554)

วัสดุ	แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)
ทองแดง + สังกะสี	1.01
ทองแดง + อลูมิเนียม	0.82
แมกนีเซียม + คาร์บอน	1.48
แมกนีเซียม + ทองแดง	1.59

จากการศึกษาเรื่องพลังงานไฟฟ้าชีวภาพ พบว่า มีการทดลองสร้างเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพในดินและน้ำ โดยวัสดุปลูกทั้งสองให้ค่าพลังงานไฟฟ้าที่แตกต่างกันออกไป แต่มีหลักการสร้างพลังงานไฟฟ้าเหมือนกัน คือ เกิดจากการย่อยสารอาหารของแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในวัสดุปลูก จนเกิดการถ่ายเทประจุขึ้น ส่งผลให้เกิดการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน เมื่อนำโลหะที่มีคุณสมบัติเป็นแคโทด(ขั้วบวก)และแอโนด(ขั้วลบ) มาปักลงในวัสดุปลูก โลหะทั้งสองจะดึงดูดอิเล็กตรอนขั้วบวกและลบ ภายในวัสดุปลูกดังกล่าว จากนั้นเชื่อมต่อขั้วโลหะทั้งสองด้วยสายไฟ จะทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้าระดับต่ำขึ้น

จากการศึกษา พบว่า ข้อดีของพลังงานไฟฟ้าชีวภาพที่ได้จากพืชคือมีแหล่งกำเนิดพลังงานที่ไม่สามารถผสานกับพืชพรรณได้อย่างหลากหลาย มีต้นทุนการสร้างที่ต่ำ และยังมีความสวยงามจากพรรณไม้ เป็นองค์ประกอบอีกด้วย (Bombelli and Driver, 2011)

ค่าเฉลี่ยพลังงานไฟฟ้า ที่ได้จากเซลล์จะอยู่ในช่วง 100 มิลลิวัตต์/ตารางเมตร และค่ากระแสไฟฟ้าไฟฟ้าอยู่ในช่วง 1.4 - 2.2 มิลลิแอมป์ จากนั้นกระแสไฟฟ้าจะลดลงเรื่อยๆ หากมีการกระตุ้นโดยใช้แสง แรงดันไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้น (Bombelli et al., 2014)

กรณีศึกษาที่ 1 พลังงานไฟฟ้าชีวภาพที่ใช้น้ำเป็นวัสดุปลูก: พบว่า การสร้างพลังงานไฟฟ้าเกิดขึ้นโดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงของต้นสาหร่าย เมื่อต้นสาหร่ายได้รับแสงอาทิตย์ จุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในน้ำจะทำหน้าที่ย่อยสารอาหาร เพื่อส่งไปเลี้ยงต้นสาหร่าย กระบวนการดังกล่าวก่อให้เกิดอิเล็กตรอนขึ้นภายในน้ำ โดยเซลล์จะผลิตกระแสไฟฟ้าได้ประมาณ 5-6 วัตต์ต่อตารางเมตร (Bombelli and Driver, 2011)

กรณีศึกษาที่ 2 พลังงานไฟฟ้าชีวภาพในที่มีดินเป็นวัสดุปลูก: ใช้มอสในการผลิตพลังงานไฟฟ้าชีวภาพ เพื่อนำมาใช้กับโคมไฟ โดยกักเก็บพลังงานไว้ในแบตเตอรี่ในตอนกลางวัน และนำพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่มาใช้เปิดโคมไฟในตอนกลางคืน การสร้างพลังงานไฟฟ้าชีวภาพในโต๊ะมอส เกิดจากแบคทีเรียที่อยู่ในดิน ทำการย่อยสารอาหาร จนเกิดอิเล็กตรอนขึ้นในดิน เมื่อเกิดกระบวนการดังกล่าวขึ้น อิเล็กตรอนจะถูกจับโดยเส้นใยคาร์บอนภายในโต๊ะมอส และถูกแปลงสภาพเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยเซลล์ดังกล่าวจะผลิตกระแสไฟฟ้าได้ประมาณ 0.40-0.60 วัตต์ และกระแสไฟฟ้า 5-10 ไมโครแอมป์

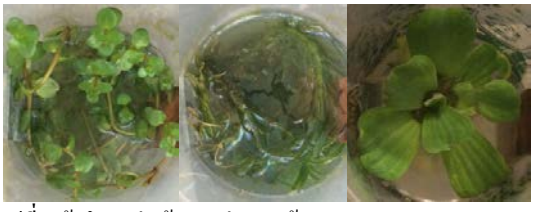
ในกรณีศึกษานี้มีข้อเสนอแนะในการเพิ่มพลังงานไฟฟ้าให้ได้มากขึ้นคือ การลดความต้านทาน การเพิ่มแบคทีเรียในดิน เพิ่มมอส และปรับปรุงการต่อวงจรไฟฟ้า (Anonymous, 2012)

กรณีศึกษาที 3 P2PSolar Hub Plant to power: สร้างขึ้นในช่วงเดือนพฤศจิกายน ปี ค.ศ. 2014 มีแนวคิดเกิดจากการผสมผสานการสร้างพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์สองชนิด คือ แผงเซลล์แสงอาทิตย์และแผงเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพจากพืช หลักการผลิตไฟฟ้าของ P2P เริ่มจากดวงอาทิตย์ส่องแสงมาบริเวณบนหลังคากล่องทดสอบ แสงอัลตร้าไวโอเลตจะถูกดูดซึมที่บริเวณหลังคา เกิดการสร้างประจุลบและบวก แล้วผ่านวงจรภายนอกเพื่อสร้างกระแสไฟฟ้า และภายในบริเวณผนังที่ปลูกพืช จะเกิดการปล่อยสารอินทรีย์ลงไปในดิน แบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในดินบริเวณรอบๆราก พืช จะออกซิไดซ์สารอินทรีย์ เมื่อนำขั้วแคโทดและแอโนดจิ้มลงไป อิเล็กตรอนจะวิ่งไปยังวงจรภายนอก และผลิตกระแส ไฟฟ้า จากการบันทึกผล ภายในระยะเวลา 1 ปี พบว่า ผนังแนวโค้งที่มีการปลูกสวนแนวตั้งและหันไปทางทิศเหนือ ได้พลังงานไฟฟ้าที่สม่ำเสมอมากที่สุด (Howe, 2015)

จากการศึกษาข้างต้น พบว่าการออกแบบเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพนั้นมีตัวแปรออกแบบจำนวนมากที่อาจส่งผลกระทบต่อค่าพลังงานไฟฟ้า จึงควรระบุตัวแปรออกแบบให้ชัดเจน เพื่อกำหนดขอบเขตในการศึกษาและการออกแบบเซลล์

อย่างไรก็ดี มีการนำเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ โดยเลือกใช้พรรณไม้ที่ปลูกในดิน มอสและสาหร่ายเท่านั้น ยังไม่มีงานวิจัยที่เลือกใช้พรรณไม้น้ำในการสร้างพลังงานไฟฟ้าชีวภาพ จึงได้เกิดแนวคิดในการศึกษารายละเอียดการสร้างเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพจากพรรณไม้น้ำ เพื่อนำเสนอเป็นทางเลือกใหม่ต่อไป จากการทบทวนวรรณกรรม จึงมีแนวทางการพัฒนาเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพ โดยเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์ไฟฟ้าเคมี เซลล์ไฟฟ้าชีวภาพที่ปลูกต้นไม้ในดิน และเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพที่ปลูกต้นไม้ในน้ำ เพื่อพิสูจน์ว่าการปลูกต้นไม้สามารถช่วยเพิ่มการผลิตไฟฟ้าได้และพรรณไม้ที่มีวัสดุปลูกใดสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ดีกว่ากัน

พรรณไม้น้ำ หมายถึง พืชที่มีการเจริญเติบโตอยู่ในน้ำ อาจลอยอยู่บนผิวน้ำหรือมีบางส่วนโผล่ขึ้นเหนือผิวน้ำ (กรมประมงฯ, 2538) โดยสามารถแบ่งประเภทพรรณไม้น้ำจากลักษณะและรูปแบบในการเจริญเติบโตออกเป็น 4 ชนิด คือ ไม้ลอยน้ำ ไม้ใต้น้ำ ไม้โผล่เหนือน้ำ ไม้ริมน้ำ (บุญดี, 2548) โดยพรรณไม้น้ำที่เลือกนำมาใช้ในการทดลอง คือ ต้นโรทาล่า(ไม้โผล่เหนือน้ำ) ต้นเดนซ่า(ไม้ใต้น้ำ) และต้นจอก(ไม้ลอยน้ำ) ซึ่งมีคุณสมบัติที่สามารถเจริญเติบโตได้ในพื้นที่ขนาดเล็ก ดูแลรักษาได้ง่าย และไม่ต้องเติม CO_2



รูปที่ 1 ต้นโรทาล่า ต้นเดนซ่า และต้นจอก

2. วัตถุประสงค์

1 เพื่อเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์ไฟฟ้าเคมีและเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพที่เกิดจากวัสดุเดียวกัน โดยมีต้นไม้เป็นตัวแปร

2 เพื่อศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพโดยการเปรียบเทียบวัสดุปลูก พืชพรรณและการต่อวงจร

3 เพื่อศึกษาอุปทานของระบบผลิตไฟฟ้าสำหรับการนำไปใช้กับอุปกรณ์ส่องสว่างที่ใช้กำลังไฟฟ้าในระดับต่ำ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 2 รายละเอียดภาชนะทดลอง

ภาชนะ	สิ่งที่บรรจุ	หมายเหตุ
A	น้ำสะอาด	- ใช้น้ำประปาที่ตั้งทิ้งไว้ 1 คืน
B	ดินใหม่ + ต้นไม้	- ใช้ดินหมักที่มีส่วนผสมของดิน,แกลบดำ, ขุยมะพร้าว - เริ่มบันทึกผลตั้งแต่วันที่นำต้นไม้ปลูกลงในดินวันแรก - รดน้ำทุกวัน
C	น้ำ + โรทาล่า	-ใช้น้ำประปาที่ตั้งทิ้งไว้ 1 คืน - นำต้นไม้น้ำแช่ในน้ำสะอาดเป็นเวลา 3 คืนก่อนนำไปทดลอง - เริ่มบันทึกผลตั้งแต่วันที่นำต้นไม้ปลูกลงในน้ำวันแรก - ใส่ปุ๋ยน้ำหลัง(ค่าpH=3.59) ผ่านการทดลองไป 1 อาทิตย์
D	น้ำ + เดนซ่า	
E	น้ำ + จอก	

3.2 อุปกรณ์

3.1.1 แก้วพลาสติกใสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ซม.

3.1.2 แผ่นทองแดงและสังกะสีบริสุทธิ์ ขนาด 1 x 2 นิ้ว

3.1.3 สายไฟแบบมีปากจระเข้ที่ปลายทั้งสองด้าน

3.1.4 มัลติมิเตอร์ (ใช้วัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้า)

3.1.5 เครื่องวัดค่า pH (ใช้วัดความเป็นกรด-ด่าง)

3.1.6 หลอดไฟ LED super bright ขนาด 10 มม. สี-แดง

3.3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.3.1 เจาะแก้วพลาสติกสองด้านในลักษณะเส้นตรง จากนั้นเสียบแผ่นโลหะลงไป โดยเหลือปลายโลหะไว้ด้านนอก นำสายไฟปากจระเข้มาคีบที่ปลายโลหะ ด้านหนึ่งคีบที่แผ่นทองแดง อีกด้านหนึ่งคีบที่แผ่นสังกะสี จากนั้นบรรจุสิ่งของตามตารางที่ 2 เพื่อนำไปวัดผล

รูปที่ 2 ภาชนะทดลองที่ทำการติดตั้งแผ่นโลหะและสายไฟเพื่อเตรียมนำไปบรรจุสิ่งของตามตารางที่ 2

3.3.2 ทำการบันทึกผลค่าแรงดันไฟฟ้า (โวลต์) และกระแสไฟฟ้า (แอมป์) จากการนำเครื่องมัลติมิเตอร์จิ้มลงไปที่แผ่นโลหะ

3.3.3 ทำการบันทึกค่า pH โดยจุ่มเครื่องลงในภาชนะ

3.3.4 ใช้ระยะเวลาบันทึกผล 2 สัปดาห์ ในช่วงเวลา 17.00น.-19.00น. ภาชนะตั้งอยู่ในอาคาร บริเวณใกล้หน้าต่าง ด้านทิศใต้ มีแสงอาทิตย์ส่องถึงภาชนะทั้งวัน

3.4 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

3.4.1 นำผลการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในแต่ละวันมาคิดค่ากำลังไฟฟ้า ต่อ 1 เซลล์ โดยมีวิธีคำนวณดังนี้

กำลัง = แรงดัน x กระแส

3.4.2 เปรียบเทียบและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ เพื่อเลือกวัสดุปลูก และพรรณไม้ที่จะนำมาศึกษาต่อ

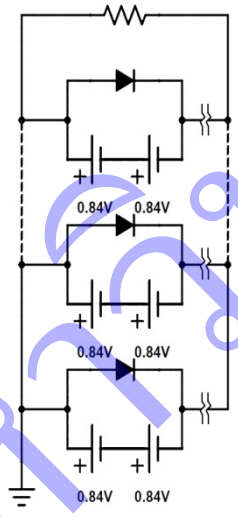
3.4.3 เลือกพรรณไม้ที่ให้ค่ากำลังไฟฟ้าได้มากที่สุดเพื่อนำมาคำนวณการต่อ

3.4.3.1 นำผลการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในระยะเวลา 2 อาทิตย์ มาหาค่าเฉลี่ยที่ได้ของแต่ละภาชนะ

3.4.3.2 นำค่าเฉลี่ย มาคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้า (วัตต์ / ตารางเมตร) โดยใช้วิธีการคำนวณดังนี้

3.4.3.2.1 เปรียบเทียบใน 1 ตารางเมตร สามารถบรรจุภาชนะทดลองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ได้ 100 ใบ

3.4.3.2.2 สมมติลักษณะการต่อวงจรเพื่อหาค่ารวมของแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ได้ทั้งหมด โดยเลือกการต่อวงจรภาชนะทดลองทั้งหมด 50 ชุด ในหนึ่งชุดมีภาชนะทดลอง 2 ชิ้น ต่อกันแบบอนุกรมจากนั้นจึงใช้วงจร diode คร่อมในชุดอนุกรมเพื่อการ Bypass กรณี เซลมีประสิทธิภาพต่ำ แล้วจึงต่อวงจรขนานจำนวน 50 ชุด เพื่อนำไปใช้กับอุปกรณ์ให้แสงสว่างในลำดับต่อไป



รูปที่ 3 ตัวอย่างแบบจำลองการต่อวงจรให้แก่ภาชนะทดลองโดยออกแบบวงจร LED ชุด 20 ตัว เพื่อนำมารองรับการใช้งานของหลอด LED 3 volt ($R_{รวม}$= 200 โอห์ม)

3.4.3.2.3 คิดผลรวมของแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ได้ใน 1 เซลล์ ดังนี้

แรงดัน$_{รวม}$ = แรงดัน$_{เซลล์ที่\ 1}$ + แรงดัน$_{เซลล์ที่\ 2}$

กระแส$_{รวม}$ = กระแสไฟฟ้าที่ได้ภายใน 1 เซลล์

หมายเหตุ : ให้ทำการแปลงหน่วยของกระแสไฟฟ้าจากมิลลิแอมป์เป็นแอมป์

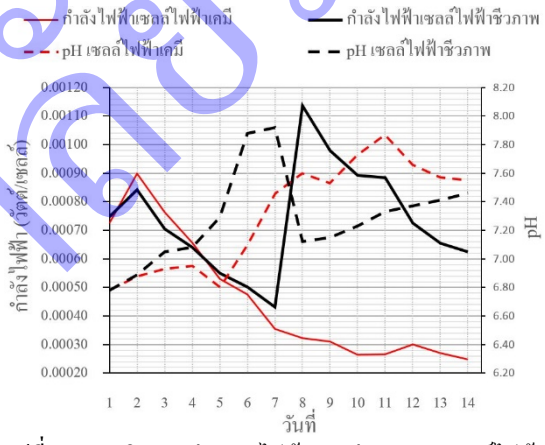
3.4.3.2.4 นำผลลัพธ์ไปคูณด้วย 50 เพื่อหาค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้ารวมของทุกเซลล์ใน 1 ตารางเมตร

3.4.3.2.5 คำนวณหาพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์ทั้งหมด ดังนี้

พลังงานไฟฟ้า = กระแส$_{รวม}$ x แรงดัน$_{รวม}$

4. ผลการวิจัย

4.1 การเปรียบเทียบระหว่างเซลล์ไฟฟ้าเคมีและเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพ

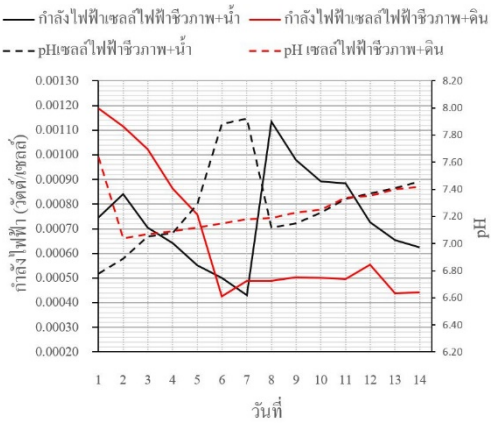


รูปที่ 4 แผนภูมิแสดงค่ากำลังไฟฟ้าและค่า pH ของเซลล์ไฟฟ้าเคมีและเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพ

ตารางที่ 3 ผลสรุปที่ได้จากการทดลองที่ 4.1

ค่าที่บันทึก	เซลล์ไฟฟ้าเคมี	เซลล์ไฟฟ้าชีวภาพ
แรงดันไฟฟ้า	0.68-.098	0.75-1.01
แรงดันเฉลี่ย	0.78	0.87
กระแสไฟฟ้า	0.35-1.01	0.71-1.16
กระแสเฉลี่ย	0.56	0.84
กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย	2.184	3.654

4.2 การเปรียบเทียบระหว่างเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพที่ใช้ดินและน้ำเป็นวัสดุปลูก



รูปที่ 5 แผนภูมิแสดงค่ากำลังไฟฟ้าและค่า pH ของเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพที่ใช้ดินและน้ำเป็นวัสดุปลูก

ตารางที่ 4 ผลสรุปที่ได้จากการทดลองที่ 4.2

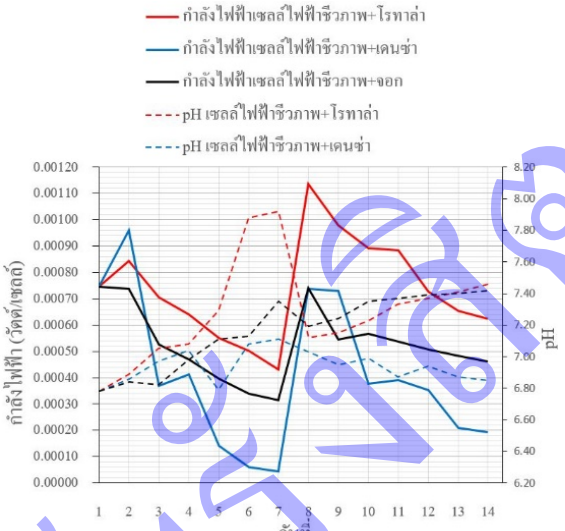
ค่าที่บันทึก	เซลล์ไฟฟ้าชีวภาพ+น้ำ	เซลล์ไฟฟ้าชีวภาพ+ดิน
แรงดันไฟฟ้า	0.75-1.01	0.50-0.86
แรงดันเฉลี่ย	0.87	0.63
กระแสไฟฟ้า	0.71-1.16	0.71-1.45
กระแสเฉลี่ย	0.84	1.01
กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย	3.65	3.15

จากผลการทดลองที่ 4.2 จึงเลือกพรรณไม้น้ำเพื่อนำมาศึกษาถึงการเจริญเติบโตที่เหมาะสมในกับเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพ

4.3 การเปรียบเทียบระหว่างเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพที่ปลูกต้นโรทาล่า ต้นเดนซ่า และต้นจอก

ตารางที่ 5 ผลสรุปที่ได้จากการทดลองที่ 4.3

ค่าที่บันทึก	ต้นโรทาล่า	ต้นเดนซ่า	ต้นจอก
แรงดันไฟฟ้า	0.75-1.01	0.55-1.01	0.74-1.01
แรงดันเฉลี่ย	0.87	0.72	0.84
กระแสไฟฟ้า	0.71-1.16	0.08-1.08	0.42-0.82
กระแสเฉลี่ย	0.84	0.52	0.62
กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย	3.654	1.872	2.604



รูปที่ 6 แผนภูมิแสดงค่ากำลังไฟฟ้าและค่า pH ของเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพที่ปลูกต้นโรทาล่า ต้นเดนซ่า และต้นจอก

จากการทดลอง 4.1 พบว่า การปลูกต้นไม้สามารถช่วยผลิตเพิ่มอัตราการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากขึ้น เนื่องจากการใส่ปุ๋ยน้ำเพื่อดูแลรักษาต้นไม้นั้น ช่วยเพิ่มความเป็นกรดให้แก่เซลล์ไฟฟ้าชีวภาพ ซึ่งส่งผลให้เซลล์ไฟฟ้าชีวภาพสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากขึ้น

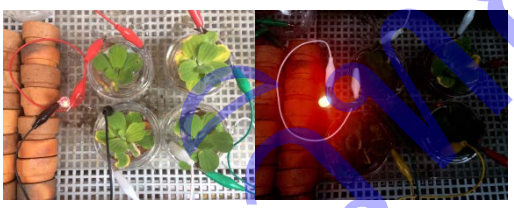
จากการทดลอง 4.2 พบว่า การปลูกต้นไม้ในน้ำสามารถช่วยผลิตเพิ่มอัตราการผลิตพลังงานไฟฟ้าชีวภาพได้ดีกว่าเนื่องจาก เมื่อมีการเสียบขั้วโลหะลงในดิน จะเกิดการยุบตัวที่บริเวณดินที่เสียบขั้วโลหะ ทำให้ผิวสัมผัสของดินกับโลหะนั้นลดน้อยลง และการดูแลรักษาต้นไม้ที่ปลูกในดิน คือการรดน้ำ ซึ่งไม่มีผลต่อค่าพลังงานไฟฟ้า ตรงกันข้ามกับต้นไม้ที่ปลูกในน้ำซึ่งให้ค่าพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ได้จากการใส่ปุ๋ยน้ำเพียงเนื่องจากปุ๋ยน้ำช่วยเพิ่มความเป็นกรดให้แก่น้ำ(ค่าpHลดลง) ซึ่งส่งผลให้สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากขึ้น จึงได้เลือกพรรณไม้น้ำขึ้นมาศึกษาต่อ เพื่อหาความเหมาะสมในการนำไปสร้างเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพ โดยมีแนวทางเลือกพรรณไม้จากลักษณะการเจริญเติบโต คือ

พรรณไม้ใต้น้ำ(ต้นเดนซ่า) โผล่เหนือน้ำ(ต้นโรทาล่า) และโผล่ลอยน้ำ(ต้นจอก)

จากผลการทดลองที่ 4.3 พบว่า ต้นโรทาล่า สามารถให้ค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยได้ดีที่สุด รองลงมาคือต้นจอก และต้นเดนซ่า ซึ่งอาจเป็นผลสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมกับการเจริญเติบโต

4.4 การสร้างเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพเพื่อนำไปใช้งานกับหลอด LED ชนิด Super bright 3 volt ขนาด 10 mm. ซึ่งใช้กระแส 15 mA ต่อหลอด

จากผลสรุปข้างต้นเมื่อนำมาเปรียบเทียบถึงพลังงานไฟฟ้าที่ได้และข้อดี-ข้อเสียในการดูแลรักษา ต้นจอกจึงถูกเลือกมาใช้ในการทดลองสร้างเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพกับหลอด LED เนื่องจากต้นจอกมีความทนทานสูง มีคุณสมบัติช่วยบำบัดน้ำเสีย สามารถปลูกได้ในพื้นที่แคบและตื้น ไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยน้ำเพื่อดูแลรักษา อีกทั้งยังขยายพันธุ์ได้ง่าย และช่วยประหยัดต้นทุนในการสร้างเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพได้อีกด้วย



รูปที่ 7 การต่อเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพจำนวน 4 เซลล์

จากการทดลองพบว่า การใช้เซลล์ชีวภาพตั้งแต่ 2 เซลล์ขึ้นไป จะเพียงพอต่อการใช้งานของหลอด LED แต่แสงสว่างที่ได้นั้นไม่ใช่แสงสว่างที่หลอด LED สามารถให้ได้สูงสุด และการใช้เซลล์ชีวภาพ 4 เซลล์ หลอด LED จะให้แสงสว่างได้เต็มที่

5. การอภิปรายผล

จากงานวิจัยของ Bombelli พบว่า ดินที่ปลูกต้นมอสสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ประมาณ 5-6 วัตต์/ตารางเมตร และน้ำที่ปลูกต้นสาหร่ายสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ประมาณ 5 วัตต์/ตารางเมตร ซึ่งมีความใกล้เคียงกัน

จากการทดลองที่ได้บันทึกผล พบว่า พืชที่ปลูกในน้ำ(ต้นโรทาล่า)สามารถให้ค่าแรงดันไฟฟ้าได้ 0.75-1.01 โวลต์/เซลล์ คิดค่าเฉลี่ยได้ 0.87 โวลต์ ซึ่งพืชที่ปลูกในดินสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้เพียง 0.50-0.86 โวลต์/เซลล์ คิดค่าเฉลี่ยได้ 0.63 โวลต์ อาจเกิดจากผิวสัมผัสระหว่างน้ำกับขั้วอิเล็กโทรดนั้นมีความสม่ำเสมอมากกว่า จึงทำให้อิเล็กตรอนสามารถเดินทางได้ดีกว่า และเมื่อนำค่าเฉลี่ยของผลการทดลองในระยะเวลา 2 สัปดาห์ มาคิดเป็นวัตต์/ตารางเมตร พืชที่ปลูกในน้ำสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ 3.65 วัตต์/ตารางเมตร และพืชที่ปลูกในดินสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ 3.15 วัตต์/ตารางเมตร อย่างไรก็ตามกำลังไฟฟ้าข้างต้นเป็นผลการคำนวณโดยเพื่อนำผลมาศึกษาด้านอุปทานของระบบเท่านั้น และเนื่องจากความต้านทานที่วัดได้ต่อเซลล์นั้น ประมาณ 14.4 โอห์ม ยังคงต้องมีการวิเคราะห์และออกแบบในรายละเอียดในลำดับต่อไป

ทั้งนี้ความต้านทานไฟฟ้าซึ่งอาจส่งผลต่อการต่อประสิทธิภาพของวงจรรวมทั้งหมด วงจร "bypass diode" ที่ใช้ในแผงโซลาร์เซลล์ โดยมีหลักการคือการใช้ไดโอดเป็นตัวทำให้กระแสไฟในวงจรที่ต่ออนุกรมนั้นไหลผ่านไปได้ และเมื่อมีวงจรใดที่เสื่อมประสิทธิภาพซึ่งทำให้เกิดความต้านทานต่อวงจรรวมมากขึ้น ตัวไดโอดจะทำหน้าที่หยุดการไหลผ่านของกระแสไฟฟ้าภายในระบบนั้น โดยอาจนำมาประยุกต์ใช้เพื่อป้องกันการสูญเสียประสิทธิภาพจากเซลไฟฟ้าที่ประสิทธิภาพต่ำในชุดเซล นอกจากนี้ควรใช้เครื่องมือวัดที่มีความแม่นยำสูงในการวัดค่าไฟฟ้าเนื่องจากการวัดกระแสไฟฟ้า/ความต่างศักย์ ซึ่งมีปริมาณต่ำนั้น การใช้มัลติมิเตอร์อาจให้ค่าความละเอียดและความแม่นยำได้ไม่มากนัก

6. บทสรุป

การปลูกต้นไม้สามารถช่วยเพิ่มการผลิตพลังงานไฟฟ้าของเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพได้ และพรรณไม้ที่ปลูกในน้ำสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่าพรรณไม้ที่ปลูกในดิน ทั้งนี้ ควรคำนึงถึงการเลือกพรรณไม้ที่สามารถเจริญเติบโตได้ในพื้นที่ขนาดเล็กและสามารถดูแลรักษาได้ง่าย เหมาะกับการปลูกภายในอาคาร เพื่อลดความเสี่ยงการตายของต้นไม้ที่จะส่งผลให้เซลล์ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้น้อยลง

เซลล์ไฟฟ้าชีวภาพ สามารถเป็นทางเลือกในการสร้างพลังงานในอนาคตได้ เนื่องจากมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำ นอกจากนี้เซลล์ไฟฟ้าชีวภาพนั้น ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งมีไม่จำกัดเป็นแหล่งพลังงาน

อย่างไรก็ดี การจับคู่โลหะที่มีความต่างศักย์ต่อกันมาก จะได้กระแสไฟฟ้าที่มากขึ้น แต่การออกแบบเซลล์ควรคำนึงความคุ้มค่าของต้นทุนในการผลิตและการเสื่อมสภาพของโลหะอีกด้วย

ควรศึกษาผลกระทบทางด้านไฟฟ้าและการต่อวงจรไฟฟ้าแบบละเอียด เพื่อให้ได้การคำนวณกำลังไฟฟ้าที่แม่นยำ

ควรมีการกักเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้เพื่อให้ได้ในปริมาณมาก ก่อนนำไปใช้งาน เนื่องจากเซลล์ไฟฟ้าชีวภาพนั้นสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ในระดับต่ำ หากมีการกักเก็บพลังงานไว้ จะทำให้สามารถรองรับการใช้งานกับอุปกรณ์ไฟฟ้าได้หลากหลายมากขึ้น

7. กิตติกรรมประกาศ

ทางผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางในการทำการวิจัย เป็นอย่างสูง

8. เอกสารอ้างอิง

กรมประมง. (2538). พรรณไม้น้ำในประเทศไทย. กองประมงน้ำจืด, กรุงเทพฯ

เทพจำนงค์ แสงสุนทร, นัยนา ชวนเกริกกุล, พรพรรณ อุดมกาญนนันท์, พินิติ รตะนานุกูล และสุชาดา จูอนุวัฒนกุล. (2553). เคมี3(แก๊สเทอร์โมไดนามิก สมดุลเคมี ไฟฟ้าเคมี จลนศาสตร์เคมี). กรุงเทพฯ.

นที ศรีทอง. (2554). การทำแบตเตอรี่ดินและน้ำใช้เอง. เกษตรกรรมธรรมชาติ 14 (10): 60-65.

บุญดี สมที่นึก. (2548). พรรณไม้น้ำ. สำนักพิมพ์ประสาน มิตร, กรุงเทพฯ

อภินันท์ อุรโสภณ. (2554). วงจรไฟฟ้า Electric Circuits. สำนักพิมพ์ดวงกมลพับลิชชิ่ง. กรุงเทพฯ

Anonymous. (2012). Moss Table FAQs PART1. Retrieved. December 15, 2015, from: https://biophotovoltaics.wordpress.com

Bombelli, P. and Driver, A. (2011). Biophotovoltaics Energy from algae. Retrieved. October 10, 2015, from: http://www.catalyststudent .org.uk/cs/article

Bombelli, P., Mueller, T.Herling,TW., Howe, CJ. and Knowles, TPJ . (2014). A high power-density mediator-free microfluidic biophotovoltaic device for cyanobacterial cells. Retrieved. December 16, 2015, from: http://arxiv.org/abs/1411.5948

Howe, C. (2015). P2P Solar Hub Plant to power. Retrieved. December 23, 2015, from: http://131.111.37.52/index.php