

เครื่องกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชด้วยการควบคุมความยาวคลื่นแสง จากหลอดไฟ LED กรณีศึกษาผักนางแลว

Plant Growth Stimulator by Adjusting Wavelength of Light Through LED Bulbs In Case of Peliosanthes Teta Andr.

วีระพล คงนุ่น^{1*} และพิชัย ใจกล้า²

^{1*} สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์, คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

² สาขาวิชาเกษตรศาสตร์, คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

Weeraphon Kongnoon^{1*} and Phichai Chaikla²

^{1*} Electronic Engineering, Faculty of Industrial Technology, Uttaradit Rajabhat University

² Agriculture, Faculty of Agriculture, Uttaradit Rajabhat University

*E-mail: weeraphon_k@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องต้นแบบการบันทึกภาพและสภาวะแวดล้อมของการเจริญเติบโตของพืชที่ผ่านกระบวนการปรับสเปกตรัมแสงจากหลอดแอลอีดี ในช่วง 400-700 นาโนเมตร เพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชในขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยสามารถควบคุมและรายงานผลผ่านระบบอินเทอร์เน็ตได้อย่างอัตโนมัติ จากผลการทดสอบพบว่า เครื่องต้นแบบนี้สามารถควบคุมการทำงานผ่านระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างเที่ยงตรงและมีประสิทธิภาพ โปรแกรมสามารถควบคุมสเปกตรัมแสงและเลือกแสดงผลภาพทั้งสองชั้นได้โดยอิสระจากกัน ทำให้เครื่องต้นแบบนี้สามารถทำการทดลองเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตของพืชและติดตามข้อมูลสภาพแวดล้อมในเวลาเดียวกันได้ เนื่องจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อของพืชต้องรักษาอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 25-30 องศาเซลเซียส และมีความชื้นอากาศอยู่ในช่วง 20-99 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: การปรับความยาวคลื่นแสง การกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช

Abstract

This research aims to create a prototype of the recording environment and the growth of the plants through the process of adjusting the spectrum of light from LED bulbs in the range of 400-700 nm. To stimulate plant growth in tissue culture bottles with controlling and reporting via the Internet automatically. The results showed that the prototype can be controlled via the microcontroller accurately and efficiently. The program can control the spectrum and display both layers independently of each other. This can make a prototype experiment comparing the growth rate of the plants and track

environmental data at the same time. Due to plant tissue culture, the temperature should be kept between 25-30 degree Celsius and air humidity is in the range of 20-99%.

Keywords: Optical Wavelength Adjustment, Stimulation of Plant Growth

1. บทนำ

วัฒนธรรมการใช้ประโยชน์พืชป่ารวมทั้งพืชผักพื้นบ้าน ซึ่งเป็นพืชป่าที่ได้กลายมาเป็นพืชปลูกตามกระบวนการของวิวัฒนาการพรรณพืชนั้นแตกต่างกันไปในแต่ละภาคแต่ละถิ่น ในกลุ่มของผักพื้นบ้านนั้นผู้ใช้ประโยชน์พรรณพืชกลุ่มนี้เป็นผู้คนในชนบทเสียเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากสามารถเข้าถึงทรัพยากรในแหล่งเจริญเติบโตและแหล่งกระจายพันธุ์ได้ง่ายและสะดวก ดังนั้นการเข้าไปเก็บเกี่ยวพืชจากป่าเพื่อนำมาใช้จึงเป็นเรื่องปกติ สำหรับพืชป่าบางชนิดผู้คนอาจจะนำไปปลูกเลี้ยงภายในบริเวณบ้านเรือนได้ เนื่องจากเป็นไม้พุ่มหรือไม้ล้มลุกชนิดที่เจริญเติบโตและขยายพันธุ์นอกนิเวศของป่าได้ พืชเหล่านี้อาจจะมีวิวัฒนาการไปเป็นพืชปลูกในที่สุดต่างๆ ที่ยังเป็นพืชพันธุ์แท้ที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการของการปรับปรุงพันธุ์ทั้งโดยวิธีธรรมชาติ หรือโดยการกระทำของผู้ปลูกเลี้ยง ผักพื้นบ้านซึ่งมาจากพืชป่าเจริญเติบโตได้ดีในสภาพท้องถิ่น เนื่องจากผ่านการปรับตัวให้เจริญเติบโตในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างไปจากแหล่งกระจายพันธุ์ในป่าและอยู่รอดได้มาช้านาน จึงไม่จำเป็นต้องใช้สารเคมีเพื่อควบคุมศัตรูพืชในการปลูกเลี้ยง ทำให้เหมาะสมที่จะใช้เป็นผักทางเลือกเพื่อสุขภาพได้ตรงกับความต้องการในปัจจุบัน

ผักพื้นบ้านชนิดที่บริโภคกันมีบางชนิดเป็นพืชผักที่มีศักยภาพในการเป็นผักเศรษฐกิจที่ปลอดสารเคมีในอนาคต คือ ผักนางแล ผักปลั่ง และผักเชียงดา โดยที่ผักนางแล (*Peliosanthes teta* Andr.) อยู่ในวงศ์ Liliaceae (Jessop, 1979) เป็นพืชป่าซึ่งชาวบ้านนำออกมาปลูกเพื่อใช้ประโยชน์ โดยการนำช่อดอกอ่อนไปประกอบอาหาร (ปริทรรศน์ และชูศรี, 2542; เพ็ญญา, 2548) ปัจจุบันได้รับความนิยมจึงมีการปลูกเลี้ยงมากขึ้นตามชนบทบางแห่งในภาคเหนือ ด้วยเหตุที่นางแลออกดอกตามฤดูกาลและช่อดอกจำหน่ายได้ราคาดี จึงควรที่จะต้องมีการศึกษาข้อมูลพื้นฐานของพืชชนิดนี้เพื่อเป็นประโยชน์ในการศึกษาต่อเนื่องหากจะมีการผลิตเพื่อการค้า งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบสร้างเครื่องกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชในกระบวนการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อด้วยการปรับความยาวคลื่นแสงผ่านหลอดไฟแบบ LED ในพื้นที่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสม โดยสามารถเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของพืชผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ตลอดเวลา เพื่อใช้สำหรับเป็นเครื่องมือในเร่งการเจริญเติบโตของเซลล์เนื้อเยื่อของพืชในแต่ละชนิดต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อสร้างเครื่องต้นแบบสำหรับการกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชในกระบวนการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อด้วยความยาวคลื่นแสงผ่านหลอดไฟแบบ LED

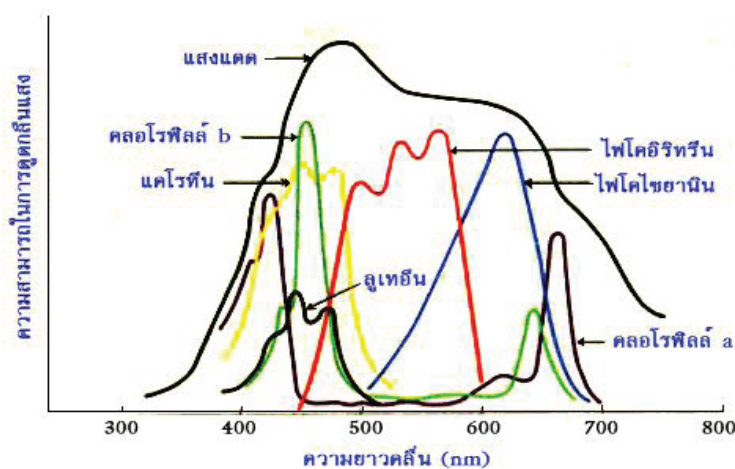
2.2 เพื่อบันทึกผลการเจริญเติบโตของพืชในกระบวนการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่ถูกกระตุ้นการเจริญเติบโตด้วยความยาวคลื่นแสงผ่านหลอดไฟแบบ LED

3. ขอบเขตของการวิจัย

- 3.1 เป็นเครื่องบันทึกผลการเจริญเติบโตของพืชในกระบวนการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่ถูกกระตุ้นการเจริญเติบโตด้วยความยาวคลื่นแสงขนาดไม่เกิน 20 ตัวอย่างการทดลอง
- 3.2 สามารถควบคุมความยาวคลื่นแสงที่เป็นประโยชน์ต่อการสังเคราะห์แสงของพืชได้หลายระดับที่อยู่ในช่วง 400-700 นาโนเมตร
- 3.3 สามารถตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นได้โดยอัตโนมัติ
- 3.4 สามารถบันทึกภาพและรายงานผลการเจริญเติบโตผ่านระบบอินเทอร์เน็ตได้

4. กรอบแนวความคิดของการวิจัย

พืชสีเขียวสามารถนำพลังงานจากดวงอาทิตย์มาใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง เพื่อทำปฏิกิริยาทางเคมีเปลี่ยนแป้งในใบพืชให้เป็นน้ำตาลด้วยคลอโรฟิลล์ ซึ่งเป็นรงควัตถุสีเขียวในพืชที่มีหลากหลายชนิด ได้แก่ คลอโรฟิลล์เอ บี ซี และดี ซึ่งคลอโรฟิลล์แต่ละชนิดมีโครงสร้างและคุณสมบัติแตกต่างกัน ทำให้ความสามารถในการดูดกลืนแสงของคลอโรฟิลล์ในแต่ละช่วงความยาวคลื่นแสงต่างกัน และความเข้มแสงมีอิทธิพลต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง กระบวนการเมตาโบลิซึมต่างๆ ของพืช และมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชให้เป็นไปตามปกติ ตั้งแต่การงอกของเมล็ด การเจริญเติบโต การออกดอก และการยับยั้งการเจริญเติบโต ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การดูดกลืนแสงของคลอโรฟิลล์ในแต่ละช่วงความยาวคลื่น

โดยอัตราการสังเคราะห์แสงของพืชสามารถถูกขัดขวางโดยความเข้มแสงที่อยู่ในระดับสูงหรือต่ำกว่าช่วงที่เหมาะสม เมื่อพืชได้รับความเข้มแสงต่ำกว่าที่พืชต้องการ ทำให้พืชมีอัตราการสังเคราะห์แสงต่ำลง แต่อัตราการหายใจของพืชเท่าเดิม มีผลให้กระบวนการสังเคราะห์แสงเกิดได้ช้ากว่าใช้อาหารสะสมในกระบวนการหายใจ เมื่ออัตราการสังเคราะห์แสงลดต่ำลงจนทำให้อัตราการสร้างอาหารเท่ากับอัตราการใช้อาหารหายใจ จำนวนคาร์บอนไดออกไซด์ที่ตรึงไว้เท่ากับจำนวนคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมา ที่จุดนี้

พืชไม่เจริญเติบโต แต่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ แต่ถ้าความเข้มแสงต่ำกว่านี้อีก พืชก็ขาดอาหารและตายไปในที่สุด (दनัย, 2539; สมบุญ, 2544) โดยความยาวคลื่นแสงที่มีผลกระทบต่อระบบการสังเคราะห์แสงและการเจริญเติบโตของพืช สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่

4.1 คลื่นแสงที่มองเห็น (Visible Light) เป็นความยาวคลื่นแสงที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งแบ่งกลุ่มตามสีที่มองเห็นได้ดังนี้

- 4.1.1 แสงสีแดง มีผลต่อการส่งเสริมการงอกของเมล็ด
- 4.1.2 แสงสีเหลืองและสีส้ม มีผลเกี่ยวข้องต่อการงอกของเมล็ด
- 4.1.3 แสงสีเขียว มีผลต่อการระงับการเจริญเติบโตของพืช
- 4.1.4 แสงสีม่วงและสีน้ำเงิน มีผลต่อการตอบสนองของพืชต่อแสง

4.2 คลื่นแสงที่ไม่มองเห็น (Invisible Light) เป็นความยาวคลื่นแสงที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ประกอบด้วย

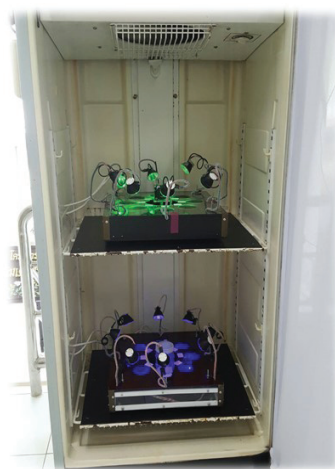
- 4.2.1 แสงเหนือม่วง (Ultra Violet) มีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช
- 4.2.2 แสงไกลแดง (Infra Red) มีผลทำให้ปล้องของพืชยืดยาวออก

5. วิธีดำเนินการวิจัย

เพื่อให้ได้ผลการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพอย่างสมบูรณ์ตามขอบเขตที่กำหนดไว้ การดำเนินการวิจัยจึงมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

5.1 การออกแบบโครงสร้างตู้เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อต้องการพื้นที่ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้คงที่ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดไอน้ำภายในขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เพราะจะทำให้เกิดเชื้อราและส่งผลให้พืชไม่สามารถเจริญเติบโตได้ นอกจากนั้นต้องควบคุมไม่ให้แสงจากภายนอกเข้ามารบกวนความเข้มสีของแสงที่ใช้ในการทดลอง งานวิจัยนี้จึงเลือกตู้ทำความเย็นแบบฝาเดียว กระจกหน้าแบบ 2 ชั้น เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของการเจริญเติบโตของพืชในขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่อยู่ในสภาพแวดล้อมอย่างเดียวกัน ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 โครงสร้างตู้ควบคุมอุณหภูมิสำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

5.1.1 การออกแบบวิธีการบันทึกภาพแบบอัตโนมัติ

เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้กำหนดการใช้ขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อขนาดเล็กที่มีความจุ 4 ออนซ์ โดยมีพื้นที่ในการถ่ายภาพขนาดไม่เกิน 50×65 มิลลิเมตร ทำให้ระยะโฟกัสจากเลนส์กล้องขนาดเล็กถึงขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมีระยะไม่เกิน 3 เซนติเมตร เพื่อให้ได้ภาพขนาดไม่เกิน 50×65 มิลลิเมตร ดังนั้น ตำแหน่งของกล้องถ่ายภาพขนาดเล็กนั้นจะติดตั้งในตำแหน่งกึ่งกลาง เพื่อรักษาระยะโฟกัสของกล้องให้คงที่ เพื่อรองรับการบันทึกภาพการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อแบบอัตโนมัติ ซึ่งจากการคำนวณระยะโฟกัสและขนาดของขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อขนาด 4 ออนซ์ จะสามารถบรรจุขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อได้จำนวน 8 ขวด ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การกำหนดระยะโฟกัสและตำแหน่งของขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อขนาด 4 ออนซ์

5.1.2 การปรับสเปกตรัมแสงจากหลอด LED

เนื่องจากหลอด LED ในงานวิจัยนี้เป็นแบบ RGB ที่สามารถปรับสีของแสงหรือสเปกตรัมของแสงด้วยการผสมแม่สีหลักคือ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน โดยป้อนระดับแรงดันไฟฟ้าให้กับแม่สีต่างๆ ในระดับที่แตกต่างกันจากอุปกรณ์ตัวต้านทานปรับค่าได้ จะทำให้เกิดสีตามต้องการได้ ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การปรับสเปกตรัมแสงสำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจากหลอดไฟ LED

5.1.3 การตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในตู้เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

เพื่อให้งานวิจัยไม่มีปัญหาเกี่ยวกับเรื่องอุณหภูมิและความชื้นที่ผิดเพี้ยนจากค่าที่ได้กำหนดไว้ ต้องทำการวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นอากาศแบบอัตโนมัติ และแสดงผลให้เห็นตลอด 24 ชั่วโมง เพื่อที่จะสามารถเข้าไปตรวจสอบข้อมูลได้ตลอดเวลา ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 การแสดงผลการทำงานของเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น

5.2 การออกแบบระบบควบคุมและการแสดงผล

งานวิจัยนี้ออกแบบให้ผู้ใช้สามารถติดตามการเจริญเติบโตของพืชในขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อต่างๆ ได้โดยการกดเลือกตำแหน่งที่ต้องการบันทึกภาพถ่ายของพืชที่อยู่ในขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในเพจของเว็บเบราว์เซอร์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ทันที โดยการเลื่อนกล้องไปยังตำแหน่งต่างๆ แล้วกล้องถ่ายภาพจะแสดงผลภาพวิดีโอออกมาที่หน้าจอ จากนั้นทำการบันทึกภาพเข้าไปเก็บไว้ใน SD Card ที่ละภาพ ซึ่งเป็นการควบคุมการทำงานแบบ Manual

ซึ่งหากต้องการให้เครื่องบันทึกผลภาพแบบ Automatic สามารถทำได้โดยการตั้งเวลาการทำงานแบบอัตโนมัติในวันและเวลาที่กำหนด หลังจากนั้นจะไปเลือกดูภาพย้อนหลังได้ทางเว็บเบราว์เซอร์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งโปรแกรมการควบคุมได้แบ่งการทำงานออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

- 1) การแสดงผลข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นภายในแบบอัตโนมัติ
- 2) การควบคุมการปรับความยาวคลื่นแสงของหลอดไฟ LED
- 3) การควบคุมการเลื่อนตำแหน่งของการถ่ายภาพขนาดเล็ก
- 4) การบันทึกภาพในขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อด้วยกล้องถ่ายภาพขนาดเล็ก

เมื่อโปรแกรมเริ่มเก็บข้อมูลจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นอากาศแล้ว จะทำการบันทึกข้อมูลใส่ SD Card ตัวที่ 1 โดยทันที ตามระยะเวลาที่กำหนดไว้ในโปรแกรม ส่วนภาพถ่ายของพืชจะถูกบันทึกลงใน SD Card ตัวที่ 2 โดยอัตโนมัติ เมื่อถึงเวลาที่กำหนดไว้ในโปรแกรม ซึ่งข้อมูลต่างๆ นี้สามารถเรียกดูย้อนหลังได้ในเว็บเบราว์เซอร์ที่กำหนดผ่านระบบ Wi-Fi ดังแสดงในภาพที่ 6

เครื่องกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชด้วยการควบคุมความยาวคลื่นแสงจากหลอดไฟ LED								
สถานะ อุณหภูมิ และความชื้น อากาศ								
อุณหภูมิ : 31.0 °C			ความชื้น : 80.0 %					
ตรวจสอบระบบไฟฟ้า								
DOWNLOAD File DATA LOG								
สถานะของแสงไฟในตู้เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ								
ชั้นที่ 1			ชั้นที่ 2					
ค่าแสงสี แดง	ค่าแสงสี เขียว	ค่าแสงสี น้ำเงิน	ค่าแสงสี แดง	ค่าแสงสี เขียว	ค่าแสงสี น้ำเงิน			
254	254	107	0	0	0			
การควบคุมตำแหน่งของกล้อง								
กล้อง 1			กล้อง 2					
ตำแหน่งที่ 1	M1_2	M1_3	M1_4	ตำแหน่งที่ 1	M2_2	M2_3	M2_4	
	M1_5	M1_6	M1_7	M1_8	M2_5	M2_6	M2_7	M2_8
ตำแหน่ง ปัจจุบัน			ตำแหน่ง ปัจจุบัน					
0			1					
OPEN CAMERA 1			OPEN CAMERA 2					

ภาพที่ 6 การออกแบบโปรแกรมสำหรับควบคุมและบันทึกภาพการทดลอง

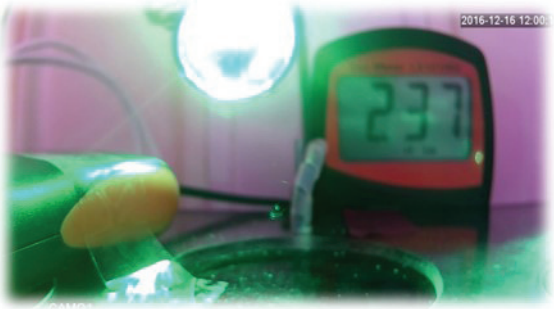
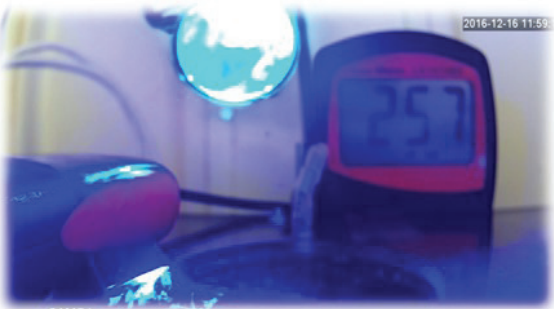
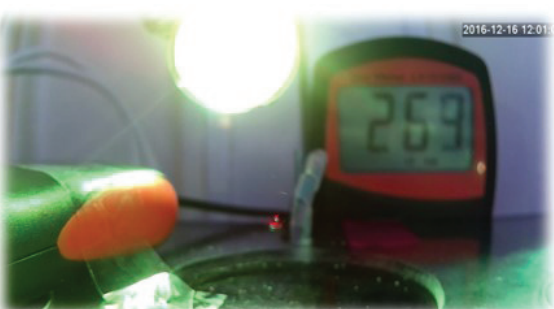
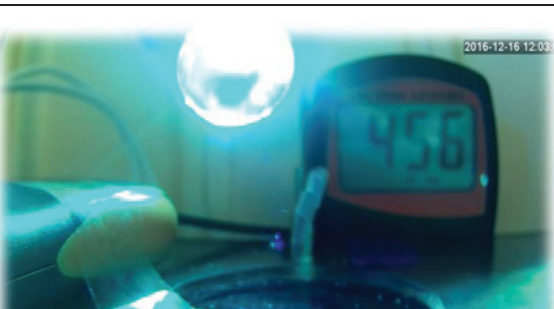
6. การทดสอบและวิเคราะห์ผล

6.1 การทดสอบความเข้มแสงของหลอด LED เป็นการวัดค่าความเข้มแสงที่เกิดจากการปรับสเปกตรัมความยาวคลื่นแสงที่อยู่ในช่วง 380-780 นาโนเมตร ของหลอดไฟ LED แบบ RGB เพื่อให้เกิดสีของแสง โดยหลักการผสมสีจากแม่สีหลัก ได้แก่ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน โดยใช้เครื่องวัดความเข้มแสง รุ่น LX-1010BS โดยกำหนดระยะในการวัดค่าความเข้มแสงให้มีความสูงเท่ากับ 3 เซนติเมตร ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การทดสอบความเข้มสีของแสงจากหลอด LED ชนิด RGB

ชนิดของสี	ลักษณะสีของแสงจากการทดสอบ	ค่าความเข้มแสง (LUX)
สีแดง		57

ตารางที่ 1 การทดสอบความเข้มสีของแสงจากหลอด LED ชนิด RGB (ต่อ)

ชนิดของสี	ลักษณะสีของแสงจากการทดสอบ	ค่าความเข้มแสง (LUX)
สีเขียว		237
สีน้ำเงิน		257
สีเหลือง		263
สีม่วง		278
สีฟ้า		456

6.2 ทดสอบความละเอียดของการบันทึกภาพ เป็นการทดสอบความคมชัดที่ได้จากกล้องถ่ายภาพขนาดเล็กที่อยู่ตรงกลางถาดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยกล้องสามารถเลือกความละเอียดของภาพได้ 3 รูปแบบ ดังแสดงในภาพที่ 7



(ก) การถ่ายภาพแบบ SD



(ข) การถ่ายภาพแบบ HD



(ค) การถ่ายภาพแบบ FULL HD

ภาพที่ 7 การทดสอบการถ่ายภาพผ่านขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อทั้ง 3 รูปแบบ

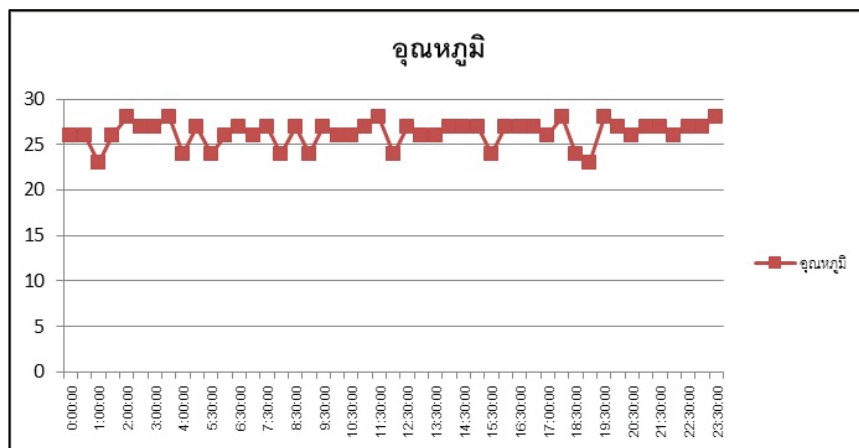
จากผลการทดสอบพบว่า ผลการถ่ายภาพผ่านขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อทั้ง 3 รูปแบบ มีความคมชัดไม่ค่อยแตกต่างกันมากนัก เนื่องจากระยะห่างระหว่างกล้องกับขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมีระยะสั้นทำให้พื้นที่สำหรับการถ่ายภาพจึงมีไม่มากนัก เป็นเหตุทำให้ความคมชัดไม่ค่อยมีความแตกต่างกันมาก แต่ความต้องการใช้พื้นที่ในการเก็บข้อมูลจะมีความแตกต่างกันมาก ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลการบันทึกภาพผ่านขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

ชนิดของภาพ	ขนาดของภาพ (Pixel)	ความจุต่อภาพ (MB)	ขนาดพื้นที่ของการบันทึก ข้อมูลต่อครั้ง (MB)
SD	704×576	1.2	19.2
HD	1280×720	2.7	43.2
FULL HD	1920×1080	6	96

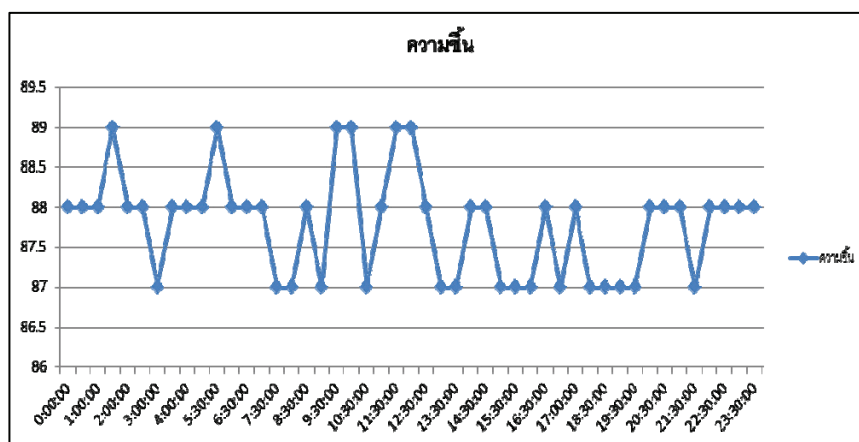
จากการเปรียบเทียบผลการบันทึกข้อมูลในแต่ละครั้งจะพบว่า การเลือกรูปแบบการบันทึกข้อมูลภาพแบบ HD และแบบ Full HD จะสิ้นเปลืองเนื้อที่ในการจัดเก็บค่อนข้างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเก็บข้อมูลที่ต้องใช้ระยะเวลานานเป็นเดือน กว่าจะเห็นผลการเจริญเติบโตหรือเกิดการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อที่อยู่ภายในขวด ดังนั้นงานวิจัยนี้ควรเลือกรูปแบบการบันทึกภาพแบบ SD

6.3 การทดสอบเซนเซอร์อุณหภูมิและความชื้น เป็นการตรวจวัดและบันทึกข้อมูลจากเซนเซอร์อุณหภูมิและความชื้น เพื่อติดตามสภาพแวดล้อมภายในตู้เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อแบบอัตโนมัติตลอด 24 ชั่วโมง เพื่อทดสอบเสถียรภาพการทำงานของระบบ ดังแสดงในภาพที่ 8



ค่าเฉลี่ย อุณหภูมิ ต่อวัน เท่ากับ 26.25 องศา

(ก) กราฟแสดงค่าอุณหภูมิภายในตู้เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ



ค่าเฉลี่ย ความชื้น ต่อวัน เท่ากับ 88.78%

(ข) กราฟแสดงค่าความชื้นภายในตู้เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

ภาพที่ 8 แสดงการบันทึกข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นอากาศแบบอัตโนมัติ

7. สรุปผลการทดลอง

การทำงานของเครื่องบันทึกการเจริญเติบโตในกระบวนการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในงานวิจัยนี้ สามารถปรับสเปกตรัมแสงจากหลอดแอลอีดีให้อยู่ในช่วง 400-700 นาโนเมตร และสามารถตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นได้โดยอัตโนมัติ สามารถบันทึกภาพและรายงานผลการเจริญเติบโตผ่านระบบอินเทอร์เน็ตได้ผ่านระบบการควบคุมอย่างมีประสิทธิภาพและมีความเที่ยงตรง โดยอาศัยไมโครคอนโทรลเลอร์ จำนวน 2 ชุด แยกส่วนการควบคุมการทำงานและบันทึกข้อมูลออกจากกัน เพื่อลดภาระงานของระบบควบคุมให้อิสระจากกัน ทำให้โปรแกรมสามารถควบคุมการแสดงภาพและการติดตามข้อมูลสภาพแวดล้อมจากระบบเซนเซอร์ในเวลาเดียวกันได้ ทำให้เนื้อเยื่อไม่เกิดราดำขึ้นที่รากและใช้ปริมาณอาหารภายในขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อน้อยลง

เครื่องต้นแบบสำหรับการบันทึกการเจริญเติบโตในกระบวนการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อด้วยการปรับสเปกตรัมแสงจากหลอดแอลอีดีนี้ มีการจำกัดในการวางขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อได้ไม่เกิน 2 ชั้น ชั้นละ 8 ขวด เหมาะสำหรับนักวิจัยที่ต้องการเครื่องมือในการทดลองการเจริญเติบโตของพืชในขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่ต้องการความแตกต่างระหว่างสีของแสง และสามารถกำหนดระยะเวลาในการบันทึกข้อมูลได้โดยอัตโนมัติ ทั้งข้อมูลสภาพแวดล้อมภายในตู้และภาพถ่ายในขวดเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่อยู่ตามตำแหน่งต่างๆ ทั้ง 2 ชั้น หรือจะเลือกดูข้อมูลและบันทึกผลภาพทีละตัวอย่างผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ นอกจากนี้ยังมีระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าสำรองแบบอัตโนมัติ หากเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับภายในเวลา 30-50 นาที

8. เอกสารอ้างอิง

- การสังเคราะห์ด้วยแสงแบบบูรณาการ. (2557). สืบค้นเมื่อ 13 พฤศจิกายน, 2557, จาก <http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/photosynthesis/mainindex.htm>
- दनัย บุญยเกียรติ. (2539). *สรีรวิทยาของพืช*. เชียงใหม่: ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ปริทรรศน์ ไตรสนธิ และชูศรี ไตรสนธิ. (2542). *การสำรวจพืชผักพื้นเมืองในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย*. เชียงใหม่: ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- เพ็ญนภา ทรัพย์เจริญ. (2548). *ผักพื้นบ้านภาคเหนือ*. กรุงเทพฯ: สามเจริญพาณิชย์.
- สมบุญ เตชะภิญญาววัฒน์. (2544). *สรีรวิทยาของพืช*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อวิรุทธ์ ศรีสุชาพรรณ และพรณจิรา ทิศาภิชาติ. (2553). *ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการใช้แสงธรรมชาติ*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.