รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การประยุกต์ใช้วัสดุนาโนในการชักนำให้เกิดแคลลัสและการผลิตสารทุติยภูมิในข้าวสายพันธุ์ไทย

Application of nanomaterials stimulate callus induction and secondary metabolites production in Thai rice cultivars (*Oryza sativa* L.)

นายฤธี ชุติเพชรัตน์

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

วิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only. Commercial use is forbidden. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การประยุกต์ใช้วัสดุนาโนในการชักนำให้เกิดแคลลัสและการผลิตสารทุติยภูมิในข้าวสายพันธุ์ไทย

แหล่งเงิน// งบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ 2561 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 280,400 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ต.ค. 60 ถึง 30 ก.ย. 61

ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัย พร้อมระบุ หน่วยงานต้นสังกัด

นายสุธี ชุติไพจิตร วิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทคัดย่อ

การตอบสนองของพืชในประสิทธิภาพของวัสดุนาโนซิงค์ออกไซด์และไทเทเนียมไดออกไซด์ต่อการเจริญเติบโตของเซลล์และการเมตาบอลิซึมจะถูกศึกษาในข้าวสายพันธุ์ไทย ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบผลกระทบของวัสดุนาโนซิงค์ออกไซด์และไทเทเนียมไดออกไซด์มีความเข้มข้นที่แตกต่างกัน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในช่วงความเข้มข้นที่ 0-80 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่มีต่อปัจจัยทางสัณฐานวิทยาและชีวเคมีของเซลล์แคลลัสในข้าวสี 6 สายพันธุ์ เพื่อทำการเปรียบเทียบการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสที่มีวัสดุนาโนซิงค์ออกไซด์และไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นระยะเวลา 25 วัน ผลการทดลองพบว่าความเข้มข้นของวัสดุนาโนซิงค์ออกไซด์และไทเทเนียมไดออกไซด์ที่แตกต่างกันนั้น ไม่ได้มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของเปอร์เซ็นการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสอย่างมีนัยสำคัญ ความเข้มข้นของซิงค์ออกไซด์และไทเทเนียมไดออกไซด์ที่แตกต่างกันจะแสดงการลดลง และเพิ่มขึ้นของขนาด น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งอย่างมีนัยสำคัญ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (วัสดุนาโนซิงค์ออกไซด์และไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ความเข้มข้น 0 มิลลิกรัมต่อลิตร) จากผลการทดลองระบุได้ว่าการประยุกต์ใช้วัสดุนาโนซิงค์ออกไซด์และไทเทเนียมไดออกไซด์นั้นมีผลทั้งด้านลบและด้านบวกต่อการชักนำให้เซลล์แคลลัสมีการเจริญเติบโตในข้าวสีสายพันธุ์ไทย ในการทดลองต่อไปจะทำการศึกษาถึงผลของวัสดุนาโนซิงค์ออกไซด์และไทเทเนียมไดออกไซด์ที่มีต่อปัจจัยทางชีวเคมีในเซลล์แคลลัสของข้าวสีสายพันธุ์ไทย

คำสำคัญ : ข้าว, วัสดุนาโนซิงค์ออกไซด์, วัสดุไทเทเนียมไดออกไซด์, สัณฐานวิทยา, ชีวเคมี, เมทาบอลิซึม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Research Title: Application of nanomaterials stimulate callus induction and secondary metabolites production in Thai rice cultivars (*Oryza sativa* L.)

Researcher: Mr.Sutee Chutipaijit

Faculty: College of Nanotechnology **Department:** Nanoscience and Nanotechnology

ABSTRACT

Plant responses of cell growth and metabolism efficient ZnO nanoparticles (ZnO NPs) and TiO_2 nanoparticles (TiO_2 NPs) were evaluated on Thai pigmented rice (*Oryza sativa* L.). This research was investigated the impact of the different concentrations (mg L^{-1}) of ZnO NPs and TiO_2 NPs ranging from 0 to 800 on morphological and biochemical parameters of the callus of 6 cultivars pigmented rice. After inoculation in the callus induction medium amended with ZnO NPs and TiO_2 NPs for 2-5 weeks, the percentage of callus induction, size, fresh weight and dry weight were observed. The results showed the different concentrations of ZnO NPs and TiO_2 NPs insignificantly increased in the percentage of callus induction. The different concentrations of ZnO NPs and TiO_2 NPs exposure significantly decreased and increased, respectively in size, fresh weight and dry weight when compared to the control (0 mg L^{-1} of ZnO NPs and TiO_2 NPs). The results indicated that application of ZnO NPs and TiO_2 NPs had negative and positive effects on the induction of callus growth in Thai pigmented rice cultivars. Further studies will be investigated the effects of ZnO NPs and TiO_2 NPs on biochemical parameters of rice callus in Thai pigmented rice cultivars.

Keywords : Rice, ZnO nanoparticles, TiO_2 nanoparticles, Morphology, Biochemistry, Metabolism

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This materials are only for educational use, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ต้องขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่พิจารณาสนับสนุนการทำงานวิจัย รวมทั้งขอขอบคุณศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ศูนย์วิจัยข้าวอุบลราชธานี และศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวร้อยเอ็ดที่เอื้อเฟื้อเมล็ดพันธุ์ข้าวที่นำมาใช้ในโครงการวิจัยนี้ วิทยาลัยนาโนเทคโนโลยี-พระจอมเกล้าลาดกระบัง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ใช้สถานที่ในการทำงานวิจัยนี้ และการวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจาก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุนงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

นายสุธี ธุรีโกเศศ
วิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is only for educational use, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... ฉ

สารบัญภาพ ..... ช

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2

1.4 คำสำคัญของการวิจัย 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 10

3.1 การเตรียมตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ข้าว 10

3.2 การเติมสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชและศึกษาการเพาะเลี้ยงเพื่อการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัส 10

3.3 การเติมวัสดุนาโนต่อการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัส 10

3.4 การออกแบบทางสถิติ 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only. Unauthorized for commercial use. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิจัย 12

4.1 การศึกษาการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชและสภาวะการเพาะเลี้ยงต่อการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัส 12

4.2 การศึกษาการเติมวัสดุนาโนซิงค์ออกไซด์ (ZnO nanoparticles) ต่อการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัส 22

4.3 การศึกษาการเติมวัสดุนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2 nanoparticles) ต่อการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัส 32

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 44

5.1 สรุปผลการวิจัย 44

5.2 ข้อเสนอแนะ 44

บทที่ 6 สรุปผลผลิตงานวิจัย 45

เอกสารอ้างอิง 46

ภาคผนวก 51

ภาคผนวก ก สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินโครงการวิจัย 52

ประวัตินักวิจัย 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is copyrighted for educational use only. Not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 แสดงตัวอย่างงานวิจัยที่มีการกระตุ้นด้วยสภาวะหรือตัวกระตุ้นต่างๆ เพื่อเพิ่มปริมาณการผลิตสารทุติยภูมิในเซลล์พืชสายพันธุ์ต่างๆ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is available for educational use only. Not to be used for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 วิถีชีวสังเคราะห์สารสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compound) และสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ (flavonoids) 7

2.2 กลไกในการตอบสนองของเซลล์พืชเมื่ออยู่ภายใต้สภาวะเครียด 8

4.1 เปอร์เซ็นต์การชักนำให้เกิดแคลลัส (% callus induction) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัส ที่มีการเติม 2,4-D (2,4-Dichlorophenoxyacetic acid) ในความเข้มข้น 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) และสภาวะมืด (Dark) เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ 14

4.1 (ต่อ) เปอร์เซ็นต์การชักนำให้เกิดแคลลัส (% callus induction) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัส ที่มีการเติม 2,4-D (2,4-Dichlorophenoxyacetic acid) ในความเข้มข้น 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) และสภาวะมืด (Dark) เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ 15

4.2 ขนาดเซลล์แคลลัส (size) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัส ที่มีการเติม 2,4-D (2,4-Dichlorophenoxyacetic acid) ในความเข้มข้น 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) และสภาวะมืด (Dark) เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ 16

4.2 (ต่อ) ขนาดเซลล์แคลลัส (size) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัส ที่มีการเติม 2,4-D (2,4-Dichlorophenoxyacetic acid) ในความเข้มข้น 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) และสภาวะมืด (Dark) เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ 17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is available for educational use only. Not to be used for commercial purposes.
ไม่วากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.3 น้ำหนักสดของแคลลัส (fresh weight) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัส ที่มีการเติม 2,4-D (2,4-Dichlorophenoxyacetic acid) ในความเข้มข้น 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) และสภาวะมืด (Dark) เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ 18

4.3 (ต่อ) น้ำหนักสดของแคลลัส (fresh weight) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัส ที่มีการเติม 2,4-D (2,4-Dichlorophenoxyacetic acid) ในความเข้มข้น 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) และสภาวะมืด (Dark) เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ 19

4.4 น้ำหนักแห้งของแคลลัส (dry weight) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัส ที่มีการเติม 2,4-D (2,4-Dichlorophenoxyacetic acid) ในความเข้มข้น 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) และสภาวะมืด (Dark) เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ 20

4.4 (ต่อ) น้ำหนักแห้งของแคลลัส (dry weight) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัส ที่มีการเติม 2,4-D (2,4-Dichlorophenoxyacetic acid) ในความเข้มข้น 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) และสภาวะมืด (Dark) เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ 21

4.5 เปอร์เซ็นต์การชักนำให้เกิดแคลลัส (% callus induction) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสที่มีการเติมวัสดุนาโนซิงค์ออกไซด์ (ZnO nanoparticles) ในการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสในข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0, 200, 400 และ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted and is for educational use only. Commercial use is prohibited.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.5 (ต่อ) เปอร์เซ็นต์การชักนำให้เกิดแคลลัส (% callus induction) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสที่มีการเติม วัสดุนาโนซิงค์ออกไซด์ (ZnO nanoparticles) ในการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสในข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0, 200, 400 และ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ 25

4.6 ขนาดเซลล์แคลลัส (size) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสที่มีการเติม วัสดุนาโนซิงค์ออกไซด์ (ZnO nanoparticles) ในการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสในข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0, 200, 400 และ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ 26

4.6 (ต่อ) ขนาดเซลล์แคลลัส (size) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสที่มีการเติม วัสดุนาโนซิงค์ออกไซด์ (ZnO nanoparticles) ในการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสในข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0, 200, 400 และ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ 27

4.7 น้ำหนักสดของแคลลัส (fresh weight) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสที่มีการเติม วัสดุนาโนซิงค์ออกไซด์ (ZnO nanoparticles) ในการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสในข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0, 200, 400 และ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ 28

4.7 (ต่อ) น้ำหนักสดของแคลลัส (fresh weight) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสที่มีการเติม วัสดุนาโนซิงค์ออกไซด์ (ZnO nanoparticles) ในการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสในข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0, 200, 400 และ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ 29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only. Unauthorized for commercial use, Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.8 น้ำหนักแห้งของแคลลัส (dry weight) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสที่มีการเติม วัสดุนาโนซิงค์ออกไซด์ (ZnO nanoparticles) ในการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสในข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0, 200, 400 และ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ 30

4.8 (ต่อ) น้ำหนักแห้งของแคลลัส (dry weight) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสที่มีการเติม วัสดุนาโนซิงค์ออกไซด์ (ZnO nanoparticles) ในการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสในข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0, 200, 400 และ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ 31

4.9 เปอร์เซ็นต์การชักนำให้เกิดแคลลัส (% callus induction) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสที่มีการเติมวัสดุนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2 nanoparticles) ในการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสในข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0, 200, 400 และ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ 35

4.9 (ต่อ) เปอร์เซ็นต์การชักนำให้เกิดแคลลัส (% callus induction) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสที่มีการเติมวัสดุนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2 nanoparticles) ในการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสในข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0, 200, 400 และ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted for educational use only. Not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.10 ขนาดเซลล์แคลลัส (size) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสที่มีการเติมวัสดุนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2 nanoparticles) ในการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสในข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0, 200, 400 และ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ 37

4.10 (ต่อ) ขนาดเซลล์แคลลัส (size) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสที่มีการเติมวัสดุนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2 nanoparticles) ในการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสในข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0, 200, 400 และ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ 38

4.11 น้ำหนักสดของแคลลัส (fresh weight) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสที่มีการเติมวัสดุนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2 nanoparticles) ในการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสในข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0, 200, 400 และ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ 39

4.11 (ต่อ) น้ำหนักสดของแคลลัส (fresh weight) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสที่มีการเติมวัสดุนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2 nanoparticles) ในการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสในข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0, 200, 400 และ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is restricted for educational use only. Not allowed for commercial use in any case. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.12 น้ำหนักแห้งของแคลลัส (dry weight) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสที่มีการเติมวัสดุนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2 nanoparticles) ในการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสในข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0, 200, 400 และ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ 41

4.12 (ต่อ) น้ำหนักแห้งของแคลลัส (dry weight) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสที่มีการเติมวัสดุนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2 nanoparticles) ในการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสในข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0, 200, 400 และ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This materials are only for educational use, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม และมีความหลากหลายทางชีวภาพของสิ่งมีชีวิตที่มากมาย จึงทำให้ประเทศไทยนั้นสามารถนำความหลากหลายทางชีวภาพมาใช้เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์ต่างๆ ได้อย่างหลากหลาย ซึ่งการนำสารที่ผลิตได้จากสิ่งมีชีวิตสายพันธุ์ต่างๆ ไปใช้ก่อให้เกิดประโยชน์ทางด้านสุขภาพหรือการแพทย์ ก็เป็นหนึ่งในประโยชน์ที่ได้รับจากสารที่ผลิตได้จากสิ่งมีชีวิตที่มีความหลากหลายทางชีวภาพที่เกิดขึ้นภายในประเทศ อีกทั้งสารที่ได้จากสิ่งมีชีวิตต่างๆ ยังเป็นสารสกัดทางชีวภาพที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ ซึ่งจะทำให้ลดความเป็นพิษที่เกิดกับสิ่งมีชีวิตเมื่อนำไปใช้ประโยชน์ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารที่สังเคราะห์ด้วยวิธีทางเคมี

จากสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไปทั้งในด้านสภาพภูมิอากาศ หรือสภาพเศรษฐกิจและสังคมในประเทศไทย ก่อให้เกิดความเครียดและปัญหาสุขภาพที่เพิ่มขึ้นกับประชากรภายในประเทศ จึงทำให้ผู้คนในประเทศมีความสนใจที่จะรักษาสุขภาพมากยิ่งขึ้น เพื่อลดความเครียดหรือความเจ็บป่วยที่จะเกิดขึ้นจากการทำงานหรือการใช้ชีวิตในกิจกรรมต่างๆ ในปัจจุบัน จึงทำให้มีความสนใจในอุปโภคหรือบริโภคผลิตภัณฑ์บำรุงสุขภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งเกิดจากความหลากหลายทางชีวภาพของสิ่งมีชีวิตในประเทศไทยนั้นเอง จึงทำให้สามารถดึงประโยชน์จากการต่างๆ ที่เกิดจากสิ่งมีชีวิตเหล่านั้นผลิตขึ้น เพื่อนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในด้านต่างๆ ได้อย่างหลากหลาย เช่น สารเสริมสุขภาพ เครื่องสำอางสารบำรุงผิว เป็นต้น และยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าทางการเกษตรของประเทศอีกทางหนึ่ง นอกจากนี้ประเทศไทยมีการเพาะปลูกข้าวอย่างกว้างขวาง และมีการนำมาแปรรูปจากสายพันธุ์ข้าวที่เป็นสายพันธุ์ที่จำเพาะภายในประเทศ จึงมีความน่าสนใจในการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากข้าวสายพันธุ์ไทย ที่นอกจากจะใช้ในการบริโภคแล้ว ยังสามารถนำสารธรรมชาติที่ได้จากข้าวมาใช้ให้เกิดประโยชน์ที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะสารประกอบกลุ่มฟีนอลิก (phenolic compounds) ที่มีการสะสมอยู่ในสิ่งมีชีวิตต่างๆ ซึ่งที่มีงานวิจัยมากมายที่แสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของสารกลุ่มนี้ เช่น ป้องกันและลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจ เบาหวาน มะเร็ง เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เป็นต้น (Xia et al., 2003; Lin and Weng, 2006; Finocchiaro et al., 2007)

นอกจากนี้ในปัจจุบันศาสตร์ทางด้านนาโนวิทยาและนาโนเทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทต่อการพัฒนาองค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่างๆ ที่หลากหลายมากขึ้น จึงมีความน่าสนใจที่จะนำนาโนเทคโนโลยีมาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างกว้างขวาง หนึ่งในนั้นเป็นการนำวัสดุนาโน (nanomaterials) มาประยุกต์ใช้กับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีด้านการเกษตรต่างๆ ซึ่งจะก่อให้เกิดประโยชน์ที่หลากหลาย เนื่องจากประเทศไทยนั้นเป็นประเทศกสิกรรม จึงทำให้การประยุกต์ใช้นาโน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is restricted for educational use only. Not to be used for commercial purposes.
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เทคโนโลยีกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีด้านการเกษตรนั่นสามารถเข้ามามีบทบาทในการพัฒนาประเทศได้มากยิ่งขึ้น

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะศึกษาถึงการสะสมสารกลุ่มทุติยภูมิ ในสารประกอบกลุ่มฟีนอลิก ที่มีอยู่ในเซลล์แคลลัส (callus) ของข้าวสายพันธุ์ไทย โดยมุ่งเน้นไปในด้านการชักนำให้มีการสะสมสารประกอบกลุ่มดังกล่าวที่เพิ่มมากขึ้นภายในเซลล์แคลลัสของข้าว โดยการนำวัสดุนาโนมาประยุกต์ใช้ในการชักนำและกระตุ้นให้เซลล์แคลลัสเพิ่มการสะสมสารดังกล่าว เพื่อให้เกิดประโยชน์ที่หลากหลายมากขึ้นทั้งจากข้าวสายพันธุ์ไทย และการนำวัสดุนาโนมาประยุกต์ใช้กับการเกษตร และเพื่อเพิ่มคุณค่าและประโยชน์ให้กับข้าวสายพันธุ์ไทย อันจะส่งผลต่อการเพิ่มรายได้ในกับเกษตรกรต่อไปในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาถึงผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช (plant growth regulators) ต่อการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสในข้าวสายพันธุ์ไทย

1.2.2 เพื่อศึกษาถึงผลของวัสดุนาโนต่อการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสในข้าวสายพันธุ์ไทย

1.2.3 เพื่อศึกษาถึงผลของวัสดุนาโนต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในเซลล์แคลลัสของข้าวสายพันธุ์ไทย

1.2.4 เพื่อศึกษาถึงผลของวัสดุนาโนต่อปริมาณสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ในเซลล์แคลลัสของข้าวสายพันธุ์ไทย

1.2.5 5. เพื่อเป็นแนวทางในประยุกต์ใช้วัสดุนาโนในการเพิ่มมูลค่าสินค้าทางการเกษตรต่อไปในอนาคต

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาถึงสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช และวัสดุนาโนที่มีผลต่อการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสในข้าวสายพันธุ์ไทย รวมทั้งศึกษาถึงผลของวัสดุนาโนที่มีต่อปริมาณการสะสมสารประกอบฟีนอลิก และสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ในแคลลัสของข้าวสายพันธุ์ไทย ซึ่งเป็นสารชีวภาพที่มีประโยชน์ที่หลากหลายต่อสิ่งมีชีวิต เพื่อเป็นองค์ความรู้ในการเพิ่มคุณค่าของผลิตภัณฑ์จากข้าวสายพันธุ์ไทย ทั้งประโยชน์ในด้านอุปโภคและบริโภค และยังเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรต่อไปในอนาคตได้

1.4 คำสำคัญของการวิจัย

ข้าว, วัสดุนาโนซิงค์ออกไซด์, วัสดุไทเทเนียมไดออกไซด์, สัณฐานวิทยา, ชีวเคมี, เมทาบอลึซึม

Rice, ZnO nanoparticles, TiO_2 nanoparticles, Morphology, Biochemistry, Metabolism

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only. Unauthorized for commercial use in any case. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สามารถทราบถึงผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่มีต่อการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสในข้าวสายพันธุ์ไทย

1.5.2 สามารถทราบถึงผลของวัสดุนาโนที่มีต่อการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสในข้าวสายพันธุ์ไทย

1.5.3 สามารถทราบถึงผลของวัสดุนาโนที่มีต่อปริมาณสารฟีนอลิกในเซลล์แคลลัสของข้าวสายพันธุ์ไทย

1.5.4 สามารถทราบถึงผลของวัสดุนาโนที่มีต่อปริมาณสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ในเซลล์แคลลัสของข้าวสายพันธุ์ไทย

1.5.5 สามารถใช้เป็นแนวทางในการคัดเลือกสายพันธุ์ข้าว เพื่อใช้ในการผลิตสารทุติยภูมิให้เหมาะสมกับความต้องการได้

1.5.6 สามารถนำองค์ความรู้ที่ได้ใช้เป็นแนวทางในการเพิ่มคุณค่าของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากข้าวสายพันธุ์ไทย และนำไปประยุกต์ใช้กับพืชชนิดอื่นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is restricted for educational use only. Not to be used for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

จากการที่ในปัจจุบันศาสตร์ทางด้านนาโนวิทยา และนาโนเทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทในการพัฒนาองค์ความรู้ต่างๆ ที่หลากหลายมากขึ้น และจากการที่ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมและมีความหลายหลากทางชีวภาพของสิ่งมีชีวิต จึงเป็นที่สนใจที่จะนำนาโนเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้กับให้เกิดประโยชน์กับวัตถุดิบทางชีวภาพที่มีอยู่ในประเทศ โดยที่สารกลุ่มทุติยภูมิชนิดต่างๆ ที่มีการสะสมอยู่ในเซลล์สิ่งมีชีวิตต่างๆ นั้น ล้วนแล้วแต่มีประโยชน์ทั้งสิ้น จึงน่าจะมีความเป็นไปได้ที่จะนำวัสดุนาโนมาประยุกต์ใช้ โดยการชักนำหรือกระตุ้นให้มีการสะสมสารกลุ่มทุติยภูมิในเซลล์สิ่งมีชีวิตมากยิ่งขึ้น เพื่อการนำสารกลุ่มทุติยภูมิดังกล่าวมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และเพื่อสร้างองค์ความรู้ทางด้านคุณค่าและประโยชน์ของสินค้าทางการเกษตร โดยเฉพาะข้าวสายพันธุ์ไทย อันจะส่งผลการเพิ่มคุณค่าข้าวสายพันธุ์ไทย ให้สามารถแข่งขันกับสายพันธุ์ข้าวจากประเทศอื่นได้

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศาสตร์ทางด้านนาโนวิทยาและนาโนเทคโนโลยีมีส่วนสำคัญในการพัฒนาองค์ความรู้ และงานวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นอย่างมาก ซึ่งงานวิจัยในปัจจุบันส่วนใหญ่นั้นเป็นการนำอนุภาคนาโน (nanoparticles) หรือวัสดุนาโน (nanomaterials) ชนิดต่างๆ มาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยในระดับห้องปฏิบัติการ และระดับอุตสาหกรรมด้านต่างๆ ที่หลากหลาย เช่น ด้านสิ่งแวดล้อม พลังงาน อิเล็กทรอนิกส์ การแพทย์ และสังเวท หรือด้านการเกษตร เป็นต้น (Rico et al., 2011) ซึ่งวัสดุต่างๆ ที่มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านขนาดอนุภาคจะมีผลทำให้คุณสมบัติของวัสดุเหล่านั้นมีการเปลี่ยนแปลงไป จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำคุณสมบัติที่เปลี่ยนแปลงไปนั้น มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในด้านต่างๆ (Gonzalez-Melendi et al., 2008) แต่วัสดุนาโนยังมีข้อจำกัดในการประยุกต์ใช้ในด้านการแพทย์ และการเกษตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำวัสดุนาโนไปใช้กับสิ่งมีชีวิต ซึ่งยังมีงานวิจัยที่หลากลายที่ระบุให้เห็นทั้งประโยชน์ และโทษจากความเป็นพิษของวัสดุนาโนที่มีต่อเซลล์ของสิ่งมีชีวิตต่างๆ ทำให้การนำวัสดุนาโนไปประยุกต์ใช้กับสิ่งมีชีวิตจึงมีข้อจำกัดในปัจจัยด้านต่างๆ เช่น ชนิดของวัสดุนาโน สายพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต ความเข้มข้นของวัสดุนาโนที่นำมาใช้ หรือระยะเวลาที่เซลล์สิ่งมีชีวิตได้รับวัสดุนาโน เป็นต้น (Stampoulis et al., 2009; Nair et al., 2010) จึงทำให้ต้องมีการศึกษาถึงความเหมาะสมของวัสดุนาโนชนิดต่างๆ ที่สามารถจะนำไปประยุกต์ใช้กับสิ่งมีชีวิตสายพันธุ์ต่างๆ ที่หลากหลาย เพื่อไม่ให้เกิดความเป็นพิษกับสิ่งมีชีวิตเหล่านั้น และก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป

ในปัจจุบันผู้คนส่วนใหญ่มีความสนใจในการดูแลสุขภาพและร่างกายของตัวเองมากยิ่งขึ้น อาจเนื่องมาจากสภาพสังคมและเศรษฐกิจที่เปลี่ยนแปลงไป ทำให้คนส่วนใหญ่เกิดสภาวะเครียดและปัญหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted and is for educational use only. Commercial use is prohibited. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สุขภาพมากขึ้น จึงมีความสนใจในอาหารเสริมสุขภาพ หรือผลิตภัณฑ์ที่สามารถดูแลร่างกายได้มากขึ้นตามไปด้วย โดยที่ผู้คนส่วนใหญ่นั้นจะมุ่งเน้นไปที่ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากธรรมชาติ (natural product) มากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยกระบวนการทางเคมี ซึ่งส่งผลต่อความเป็นพิษต่อเซลล์สิ่งมีชีวิตที่น้อยกว่า ผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมสุขภาพหรือดูแลสุขภาพที่ได้จากสิ่งมีชีวิตต่างๆ นั้น โดยส่วนมากจะเป็นสารกลุ่มทุติยภูมิ (secondary metabolites) ที่ผลิตได้จากสิ่งมีชีวิตชนิดนั้นๆ สารทุติยภูมินั้นจะมีการสะสมในเซลล์สิ่งมีชีวิตในปริมาณเพียงเล็กน้อยและมีปริมาณที่จำกัด การที่จะทำให้เซลล์สิ่งมีชีวิตต่างๆ นั้นมีการสร้างและสะสมสารกลุ่มทุติยภูมิมากขึ้นจะต้องอาศัยสภาวะเครียด (stress) หรือตัวกระตุ้น (elicitor) ที่อยู่ในสภาวะเครียดเหล่านั้น ในการกระตุ้นการสร้างและสะสมสารกลุ่มทุติยภูมิให้มากขึ้น ได้แก่ สภาวะเครียดทางชีวภาพ (biotic stress) เช่น การใช้จุลินทรีย์กระตุ้นการสะสมสารทุติยภูมิต่างๆ ในพืช สภาวะเครียดทางกายภาพ (abiotic stress) เช่น โลหะหนัก ความเค็ม ความแห้งแล้ง เป็นต้น (ตารางที่ 1) (Ramachadra and Ravishankar, 2002) และจากสภาวะเครียดทางกายภาพนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำวัสดุนาโนมาใช้ในการกระตุ้นให้เกิดการสร้างและการสะสมสารกลุ่มทุติยภูมิในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตเพื่อที่จะนำสารกลุ่มทุติยภูมิที่ผลิตได้นั้นไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ต่อไป

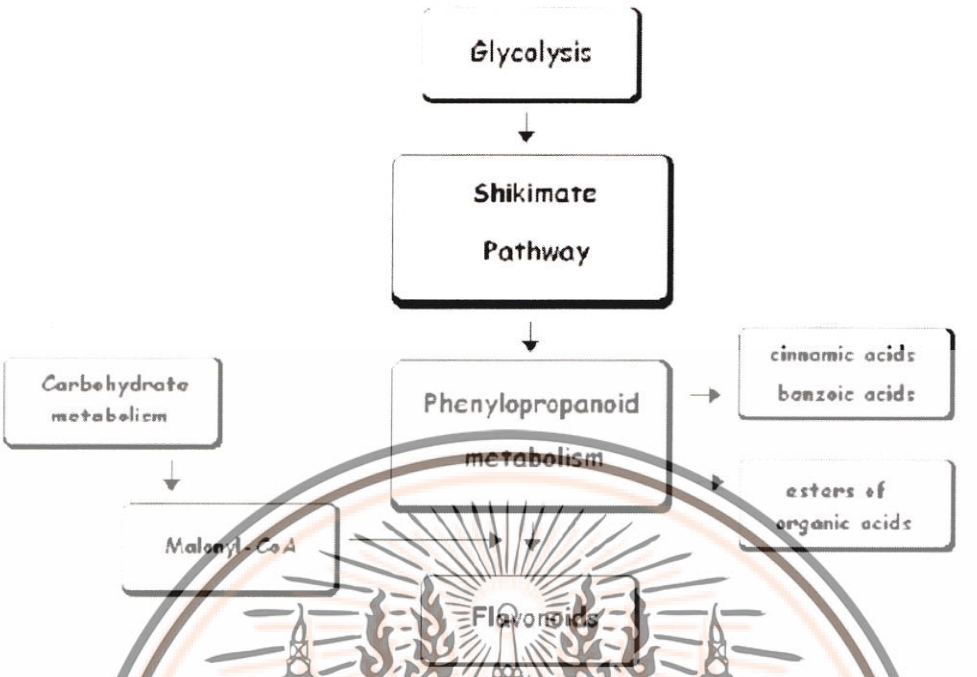
ซึ่งในงานวิจัยนี้จะสนใจสารทุติยภูมิที่ผลิตได้จากเซลล์พืช ซึ่งเป็นสารในกลุ่มของสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compound) และสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ซึ่งสารทุติยภูมิดังกล่าวนั้นจะมีการสร้างและสะสมผ่านทางวิถีชีวสังเคราะห์ pentose phosphate, shikimate และ phenylpropanoid pathways (รูปที่ 1) (Shetty, 2004) และมีคุณสมบัติหลายที่แสดงถึงคุณสมบัติของสารดังกล่าวที่มีประโยชน์หลากหลาย เช่น เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ต้านการอักเสบ (anti-inflammatory) ต้านการเกิดมะเร็ง (anticancer) ต้านแบคทีเรีย (antibacterial) เป็นต้น (Zhao, 2007; Fernandez-Panchon et al., 2008; Gawlik-Dziki et al., 2012).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is restricted for educational use only. Not to be used for commercial purposes.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 2.1 แสดงตัวอย่างงานวิจัยที่มีการกระตุ้นด้วยสภาวะหรือตัวกระตุ้นต่างๆ เพื่อเพิ่มปริมาณการผลิตสารทุติยภูมิในเซลล์พืชสายพันธุ์ต่างๆ

สายพันธุ์พืช	สารที่ผลิต	สภาวะหรือตัวกระตุ้น	อ้างอิง
Salvia miltirorrhiza	Tanshinone	Silver nanoparticles	Zhao et al., 2010
Saussurea medusa	Flavonoid, Jaceosidin, Hispidulin	Silver nanoparticles	Zhao et al., 2005
Vitis vinifera	Phenolic content (Resveratrol)	Amonium nitrate	Lee-Sae et al., 2011
Digitalis lanata	Cardiac glycoside, Flavonoids	Copper Sulphate	Bota and Deliu, 2011
Daucus carota	Chitinase	Salicylic Acid	Patel and Krishnamurthy, 2013
Vitis vinifera	Phenolic content	Jasmonic acid+ Salicylic acid+Ethephone	Riedel et al., 2012
Nicotiana tabacum	Anthocyanins	Lower temperature	Huang et al., 2012
Quercus ilex	Monoterpene	Drought stress	Lavoir et al., 2009
Catharanthus roseus	Catharanthine	Exposure to UV	Jenkins, 2009
Leontodon autumnalis	Flavonoids	Altitude	Grass et al., 2006
Lens culinaris	Phenolic, Flavonoids	oxidative, osmotic, ion-osmotic, temperature	Świeca, 2015
Aloe vera	Aloin	TiO_2 nanoparticles, NH_4NO_3, sucrose	Raei et al., 2014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only. Not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



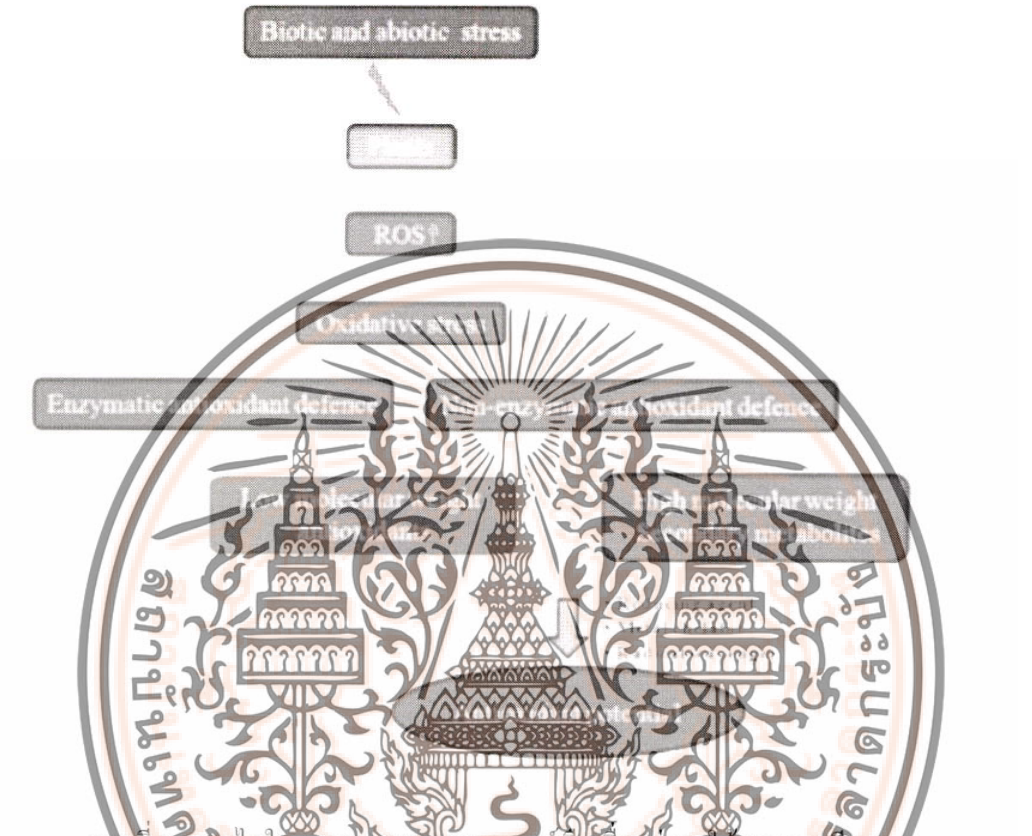
ภาพที่ 2.1 วิถีชีวสังเคราะห์สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compound) และสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids)

ที่มา: Michalak, 2006

โดยการใช้วัสดุนาโนในการชักนำหรือกระตุ้นในเซลล์พืชมีการสร้างและสะสมสารประกอบฟีนอลิก และสารกลุ่มฟลาโนอยด์ ซึ่งเป็นสารในกลุ่มทุติยภูมิโดยมากขึ้น ซึ่งในการชักนำหรือกระตุ้นด้วยวัสดุนาโนนั้นเปรียบได้กับการที่เซลล์พืชได้รับสภาวะเครียดทางกายภาพ (abiotic stress) รูปแบบหนึ่ง คล้ายคลึงกับการได้รับสภาวะเครียดจากโลหะ (metal stress) เมื่อเซลล์พืชอยู่ในสภาวะเครียดต่างๆ จะมีการสร้างและสะสมอนุมูลอิสระ (free radical) หรือ reactive oxygen species (ROS) ซึ่งอนุมูลอิสระเหล่านี้จะสามารถทำลายองค์ประกอบต่างๆ ของเซลล์สิ่งมีชีวิต เช่น โปรตีน ไขมัน หรือดีเอ็นเอ เป็นต้น (Fujita et al., 2006) โดยในธรรมชาติของเซลล์พืชนั้นจะมีกลไกการตอบสนองในการป้องกันตัวเองเมื่ออยู่ในสภาวะเครียดที่ไม่เหมาะสม โดยการเปลี่ยนแปลงการแสดงออกของยีนและโปรตีนต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับผลิตสารกลุ่มทุติยภูมิหรือเอนไซม์ เพื่อให้สามารถลดความเป็นพิษที่เกิดจากการสะสมอนุมูลอิสระในเซลล์พืช เมื่ออยู่ในสภาวะดังกล่าว ทำให้พืชนั้นสามารถอยู่รอดได้ในสภาวะดังกล่าว (Hossain et al., 2016) (รูปที่ 2) แต่เมื่อเซลล์พืชได้รับสภาวะเครียดในระดับความเข้มข้นที่สูงหรือได้รับในระยะเวลาที่ยาวนานมากขึ้น การผลิตสารกลุ่มทุติยภูมิหรือเอนไซม์อาจมีปริมาณที่ไม่เพียงพอ ในการลดความเป็นพิษจากอนุมูลอิสระ ส่งผลให้เซลล์พืชตายและไม่สามารถอยู่รอดได้ และทำให้พืชเหล่านั้นตายได้ ซึ่งในระดับความเข้มข้นและระยะเวลาในการได้รับสภาวะเครียดที่เซลล์พืชจะสามารถต้านทานหรือทนอยู่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is restricted for educational use only. Not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

นั้นจะมีระดับความแตกต่างกันในแต่ละสายพันธุ์ของพืช (Chen et al., 2009; Huang et al., 2012; Pavarini et al., 2012)



ภาพที่ 2.2 กลไกในการตอบสนองของเซลล์พืชเมื่ออยู่ภายใต้สภาวะเครียด
ที่มา: (Kasote et al., 2015)

จึงมีความน่าสนใจที่จะศึกษาถึงชนิด ระดับความเข้มข้น และระยะเวลาที่เหมาะสมของวัสดุนาโน ในการชักนำหรือกระตุ้นให้เซลล์พืชมีการสร้างและสะสมสารกลุ่มทุติยภูมิในปริมาณที่มากขึ้น โดยที่เซลล์พืชนั้นสามารถต้านทานหรืออยู่รอดได้ในระดับสภาวะเครียดดังกล่าว และผลิตสารกลุ่มทุติยภูมิในปริมาณที่เหมาะสม เพื่อที่จะนำสารกลุ่มดังกล่าวไปประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อไป ซึ่งเป็นการประยุกต์ศาสตร์ทางด้านนาโนเทคโนโลยีกับเทคโนโลยีชีวภาพในการนำประโยชน์จากสารในธรรมชาติมาใช้ต่อไปในอนาคต

ตัวอย่างพืชที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ ข้าวสายพันธุ์ไทย เนื่องจากข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ ทั้งเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่ใช้ในการบริโภคภายในประเทศ และยังเป็นผลผลิตที่สร้างรายได้ในการเป็นสินค้าออกให้กับประเทศอีกด้วย จึงมีความพยายามที่จะเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวที่เป็นสินค้าทางการเกษตรที่สำคัญ เพื่อให้สามารถแข่งขันกับตลาดการค้าระหว่างประเทศได้ การนำสารสกัดจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is restricted for academic use only. Not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ธรรมชาติของข้าวนำมาใช้ประโยชน์ ก็เป็นหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวสายพันธุ์ไทย ซึ่งในปัจจุบันมีการนำสารต่างๆ ในข้าวมาใช้ประโยชน์ เช่น γ-oryzanol, vitamin E, phytic acid, tocopherol เป็นต้น (Renuka Devi et al., 2007; Min et al., 2011; Rondanelli et al., 2011) ในงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจในการนำวัสดุนาโน 2 ชนิด ได้แก่ วัสดุนาโนซิงค์ออกไซด์ (zinc oxide nanoparticles; nano-ZnO) และไทเทเนียมไดออกไซด์ (titanium dioxide nanoparticles; nano-TiO_2) มาใช้ในการชักนำหรือกระตุ้นให้เซลล์แคลลัสของข้าวสายพันธุ์ไทยมีการสร้างและการสะสมสารประกอบฟีนอลิก และสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ ที่เป็นสารกลุ่มทุติยภูมิในเซลล์พืช เพื่อที่จะได้เป็นองค์ความรู้ในการประยุกต์ใช้วัสดุนาโนกับผลผลิตทางการเกษตร และเพื่อการนำสารธรรมชาติที่ได้จากเซลล์พืชไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted for educational use only. Commercial use is prohibited. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การเตรียมตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ข้าว

นำเมล็ดข้าวทั้งหมด 6 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88138 (88138), กล่ำ GS No. 88083 (88083), กล่ำ GS No. 05563 (05563), กล่ำ GS No. 15110 (15110), กล่ำขอนแก่น และไรซ์เบอร์รี่ (Oryza sativa L. ssp. indica) นำมาแกะเปลือกออกด้วยมือ แล้วนำมาฟอกฆ่าเชื้อที่ผิวของเมล็ดด้วยเอธานอล 70 เปอร์เซ็นต์ (70% ethanol) เป็นเวลา 2-3 นาที และย้ายมาฟอกฆ่าเชื้อในสารละลายไฮเตอร์ (โซเดียมไฮโปรคลอไรด์ 6% w/w) ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 40 นาที จากนั้นย้ายลงในสารละลายไฮเตอร์ ความเข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นทำการล้างสารละลายไฮเตอร์ออกโดยใช้น้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อแล้ว 5-6 ครั้ง ทำการพักไว้บนกระดาษทำความสะอาดที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว

3.2 การเติมสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชและสภาวะการเพาะเลี้ยงต่อการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัส

นำเมล็ดข้าวที่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อแล้วจากตอนที่ 1 มาทำการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัส โดยการเพาะเลี้ยงในอาหาร NB (Li et al., 1998) ที่มีกลูตามีน (glutamine) 500 มิลลิกรัมต่อลิตร โพรลีน (proline) 500 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำตาลซูโครส 30 กรัมต่อลิตร วุ้น 8 กรัมต่อลิตร และมีการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช 2,4-D ที่ความเข้มข้นต่างๆ (0-3 มิลลิกรัมต่อลิตร) ปรับ pH ให้เท่ากับ 5.6-5.8 นำไปเพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 ±2 องศาเซลเซียส ในสภาวะมืด และในสภาวะที่มีแสงที่ความเข้มแสง 1,000 ลักซ์ (luxs) ทำการบันทึกการเจริญเติบโตของเซลล์แคลลัส โดยใช้ค่าเปอร์เซ็นต์การชักนำให้เกิดแคลลัส (% callus induction) น้ำหนักสดน้ำหนักแห้ง และขนาดของแคลลัสที่ได้ ทดลองซ้ำ เป็นเวลา 5 สัปดาห์

3.3 การเติมวัสดุนาโนต่อการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัส

นำเมล็ดข้าวที่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อแล้วจากตอนที่ 1 มาทำการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัส โดยการเพาะเลี้ยงในอาหาร NB ที่มีกลูตามีน (glutamine) 500 มิลลิกรัมต่อลิตร โพรลีน (proline) 500 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำตาลซูโครส 30 กรัมต่อลิตร วุ้น 8 กรัมต่อลิตร สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช 2,4-D ที่ความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองในตอนที่ 2 และมีการเติมวัสดุนาโนซิงค์ออกไซด์ (zinc oxide nanoparticles; nano-ZnO) หรือวัสดุนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ (titanium dioxide nanoparticles; nano-TiO2) ที่ความเข้มข้นต่างๆ (0-800 มิลลิกรัมต่อลิตร) ปรับ pH ให้เท่ากับ 5.6-5.8 นำไปเพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 ±2 องศาเซลเซียส ในสภาวะที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองในตอนที่ 2 ทำการบันทึกการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted and is for educational use only. Commercial use is forbidden. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เจริญเติบโตของเซลล์แคลลัส โดยบันทึกจากเปอร์เซ็นต์การชักนำให้เกิดแคลลัส (% callus induction) น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และขนาดของแคลลัสที่ได้ ทุกสัปดาห์ เป็นเวลา 5 สัปดาห์

3.4 การออกแบบทางสถิติ

ใช้การทดลอง 3 ซ้ำในแต่ละชุดการทดลอง (n=3) ออกแบบการทดลองโดยใช้ CRD ผลที่ได้นำไปวิเคราะห์ทางสถิติด้วย ANOVA และ Duncan's multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรม SPSS version 15.0 (SPSS for Windows, SPSS Inc., USA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is restricted for educational use only. It is not allowed for commercial use. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 การศึกษาการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชและสภาวะการเพาะเลี้ยงต่อการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัส

ในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาถึงการประยุกต์ใช้วัสดุนาโนเพื่อการชักนำให้เกิดการเพิ่มจำนวนเซลล์แคลลัส และการชักนำให้เกิดการสะสมสารทุติยภูมิภายในเซลล์แคลลัสของข้าวสายพันธุ์ไทย จำนวน 6 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88138 (88138), กล่ำ GS No. 88083 (88083), กล่ำ GS No. 05563 (05563), กล่ำ GS No. 15110 (15110), กล่ำขอนแก่น และไรซ์เบอร์รี่ โดยที่วัสดุนาโนที่ใช้ในการวิจัยนี้ได้แก่ วัสดุนาโนซิงค์ออกไซด์ (ZnO nanoparticles) และวัสดุนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2 nanoparticles) ซึ่งในขั้นตอนแรกในการทำการทดลองนี้ จะทำการทดสอบปริมาณความเข้มข้นของ 2,4-D (2,4-Dichlorophenoxyacetic acid) ซึ่งเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช (plant growth regulator) ในการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสในข้าวแต่ละสายพันธุ์ต่างๆ ที่ความเข้มข้น 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับสภาวะในการเพาะเลี้ยงที่สภาวะมืด และในสภาวะที่มีการให้แสงที่ความเข้มแสง 1,000 ลักซ์ (luxs) เป็นระยะเวลา 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลาทั้งหมด 5 สัปดาห์ ในสภาวะเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช โดยทำการศึกษาการเจริญเติบโตของเซลล์แคลลัส จากเปอร์เซ็นต์การชักนำให้เกิดแคลลัส (% callus induction) น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และขนาดของแคลลัสที่ได้ เป็นเวลา 5 สัปดาห์

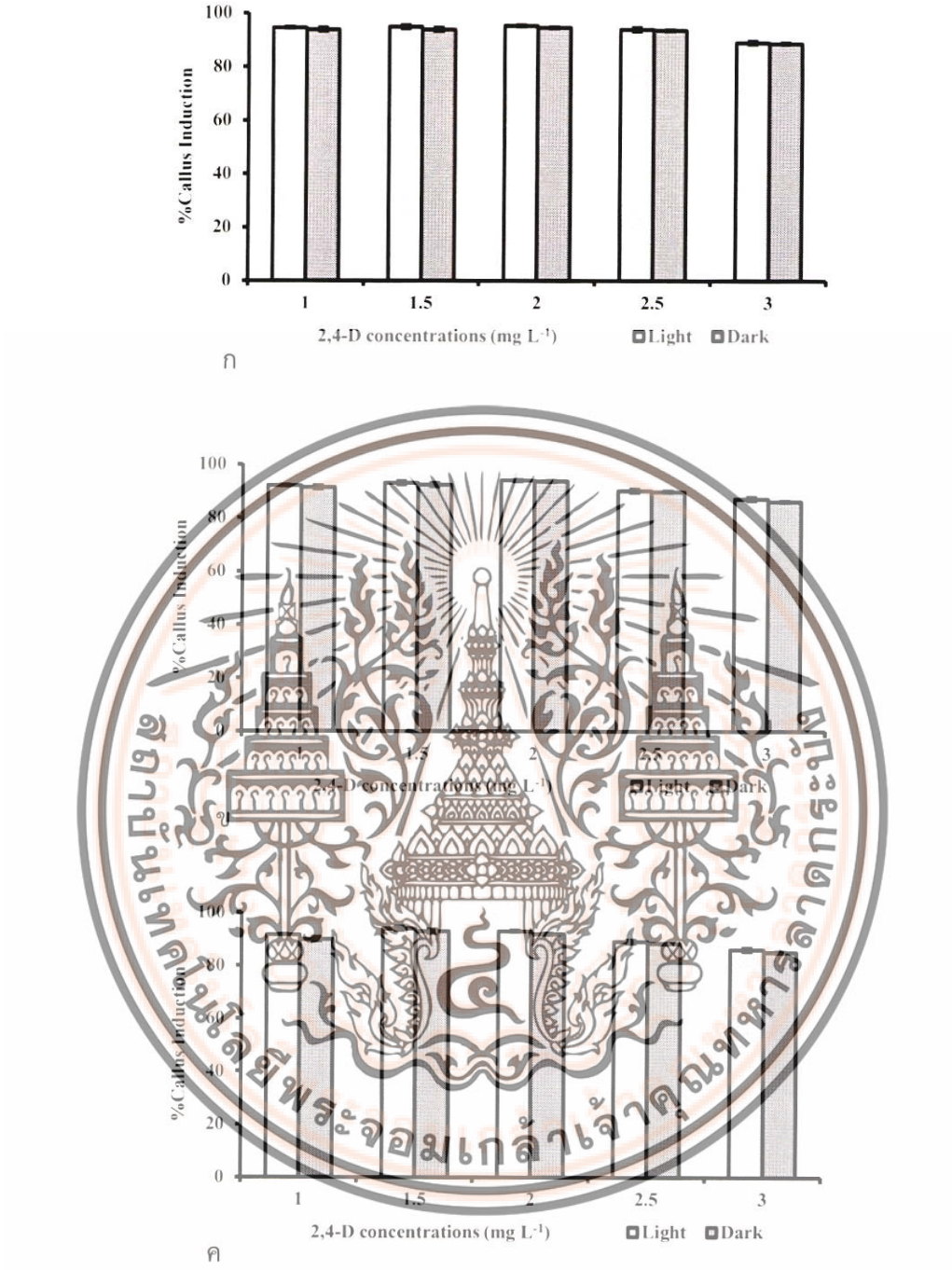
จากผลการทดลองในขั้นต้นนี้จะพบว่าในสภาวะที่มีการให้แสงที่ความเข้มแสง 1,000 ลักซ์ (luxs) เป็นระยะเวลา 16 ชั่วโมงต่อวันนั้น จะชักนำให้เซลล์แคลลัสของข้าวทุกสายพันธุ์มีการเจริญเติบโตที่สูงกว่าเซลล์แคลลัสที่เพาะเลี้ยงอยู่ในสภาวะมืด แต่เปอร์เซ็นต์การชักนำให้เกิดแคลลัสที่ใกล้เคียงกัน เปอร์เซ็นต์การชักนำให้เกิดแคลลัสนั้นจะให้ผลการทดลองที่ไม่แตกต่างกันมากนักในการเพาะเลี้ยงภายใต้สภาวะที่มีแสงและสภาวะมืด (ภาพที่ 4.1) ในขณะที่ปริมาณความเข้มข้นของ 2,4-D นั้น จะมีปริมาณความเข้มข้นที่เหมาะสมแตกต่างกันไปในเซลล์แคลลัสของข้าวแต่ละสายพันธุ์ โดยพบว่าแคลลัสของข้าวสายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083, กล่ำ GS No. 88138, ไรซ์เบอร์รี่ และ กล่ำ GS No. 05563 จะมีขนาดที่สูงที่สุดเมื่อเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง และมีความเข้มข้นของ 2,4-D ที่ความเข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 4.2) สอดคล้องกับปริมาณน้ำหนักสด (ภาพที่ 4.3) และน้ำหนักแห้ง (ภาพที่ 4.4) ในขณะที่แคลลัสของข้าวสายพันธุ์กล่ำขอนแก่น และกล่ำ GS No. 15110 จะมีปริมาณที่สูงที่สุดเมื่อเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง และมีความเข้มข้นของ 2,4-D ที่ความเข้มข้น 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 4.2) เช่นเดียวกับปริมาณน้ำหนักสด (ภาพที่ 4.3) และน้ำหนักแห้ง (ภาพที่ 4.4)

ในการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสในพืชนั้นจำเป็นจะต้องอาศัยฮอร์โมนพืชหรือสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่เหมาะสม ทั้งในกลุ่มออกซิน (auxin) และกลุ่มไซโตไคนิน (cytokinin) ซึ่งในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is for educational use only, not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

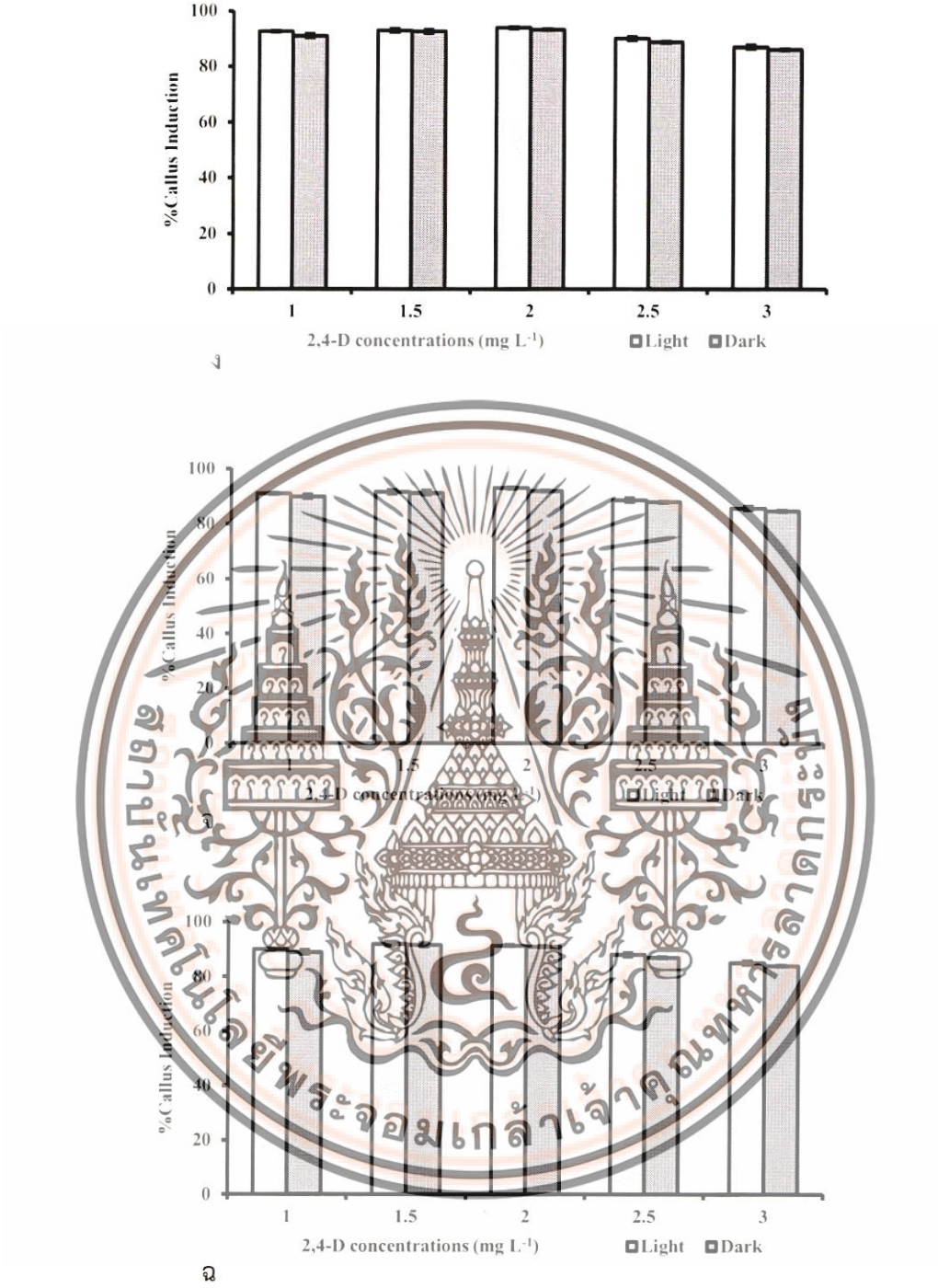
ชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสในพืชแต่ละสายพันธุ์จะใช้ฮอร์โมนพืชหรือสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่แตกต่างกันไป โดยในข้าวนั้นในงานวิจัยส่วนใหญ่จะทำการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่มีการเติม 2,4-D (2,4-Dichlorophenoxyacetic acid) ในความเข้มข้นที่แตกต่างกันตามแต่สายพันธุ์ของข้าวที่แตกต่างกัน รวมถึงเนื้อเยื่อหรือชิ้นส่วนพืช (explants) ที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เพื่อชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสดังกล่าว (Karthikeyan et al., 2009; Kumari and Pandey, 2010; Konate et al., 2013; Mini and Sankaranarayanan, 2013; Osman et al., 2016) ซึ่งผลการทดลองที่ได้นั้นสอดคล้องกับผลการทดลองจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ (Dey et al., 2012; Wani et al., 2011; Zhao et al., 2011; Joyia and Khan, 2013) จึงได้นำผลการทดลองที่ได้ไปใช้ศึกษาผลของการเติมวัสดุนาโนที่มีต่อการชักนำและการเจริญเติบโตของเซลล์แคลลัสในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted for educational use only. Not to be used for commercial purposes.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



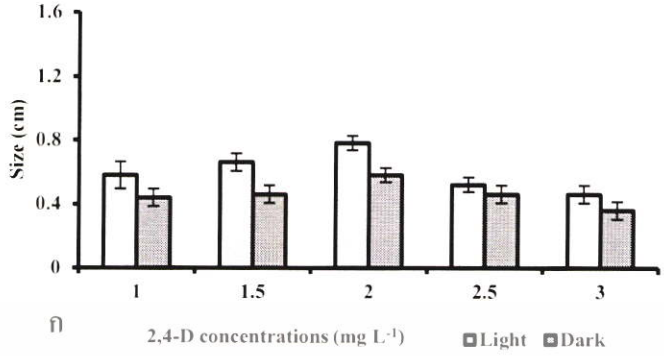
ภาพที่ 4.1 เปอร์เซ็นต์การชักนำให้เกิดแคลลัส (% callus induction) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัส ที่มีการเติม 2,4-D (2,4-Dichlorophenoxyacetic acid) ในความเข้มข้น 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) และสภาวะมืด (Dark) เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted and is for educational use only. Commercial use, adaptation, or modification is forbidden.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ภาพที่ 4.1 (ต่อ) เปอร์เซ็นต์การชักนำให้เกิดแคลลัส (% callus induction) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัส ที่มีการเติม 2,4-D (2,4-Dichlorophenoxyacetic acid) ในความเข้มข้น 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) และสภาวะมืด (Dark) เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted and is for educational use only. Commercial use is forbidden. Modification of the content is forbidden, and must acknowledge the author when quoted for each and every case.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

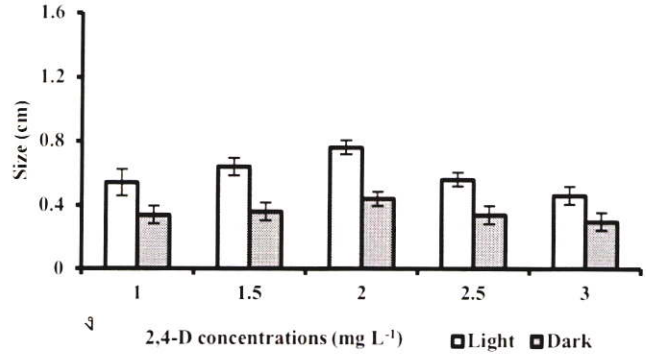


ก

ค

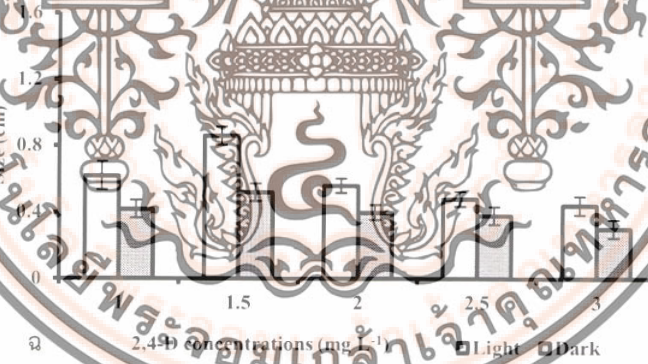
ภาพที่ 4.2 ขนาดเซลล์แคลลัส (size) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัส ที่มีการเติม 2,4-D (2,4-Dichlorophenoxyacetic acid) ในความเข้มข้น 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) และสภาวะมืด (Dark) เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted and is for educational use only. Commercial use, adaptation, or modification is forbidden. Acknowledgement of the author is required for each use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ง

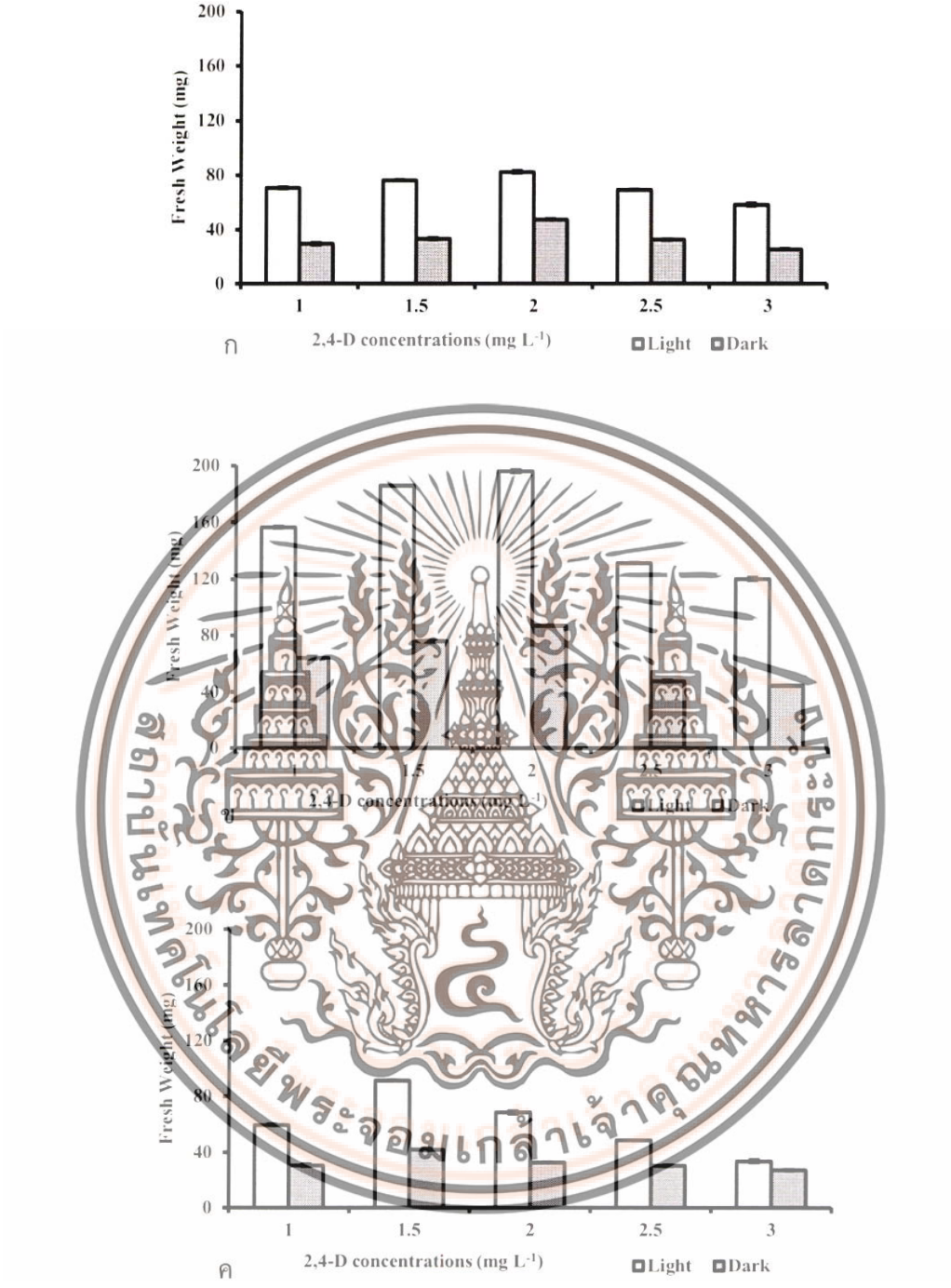
จ



ฉ

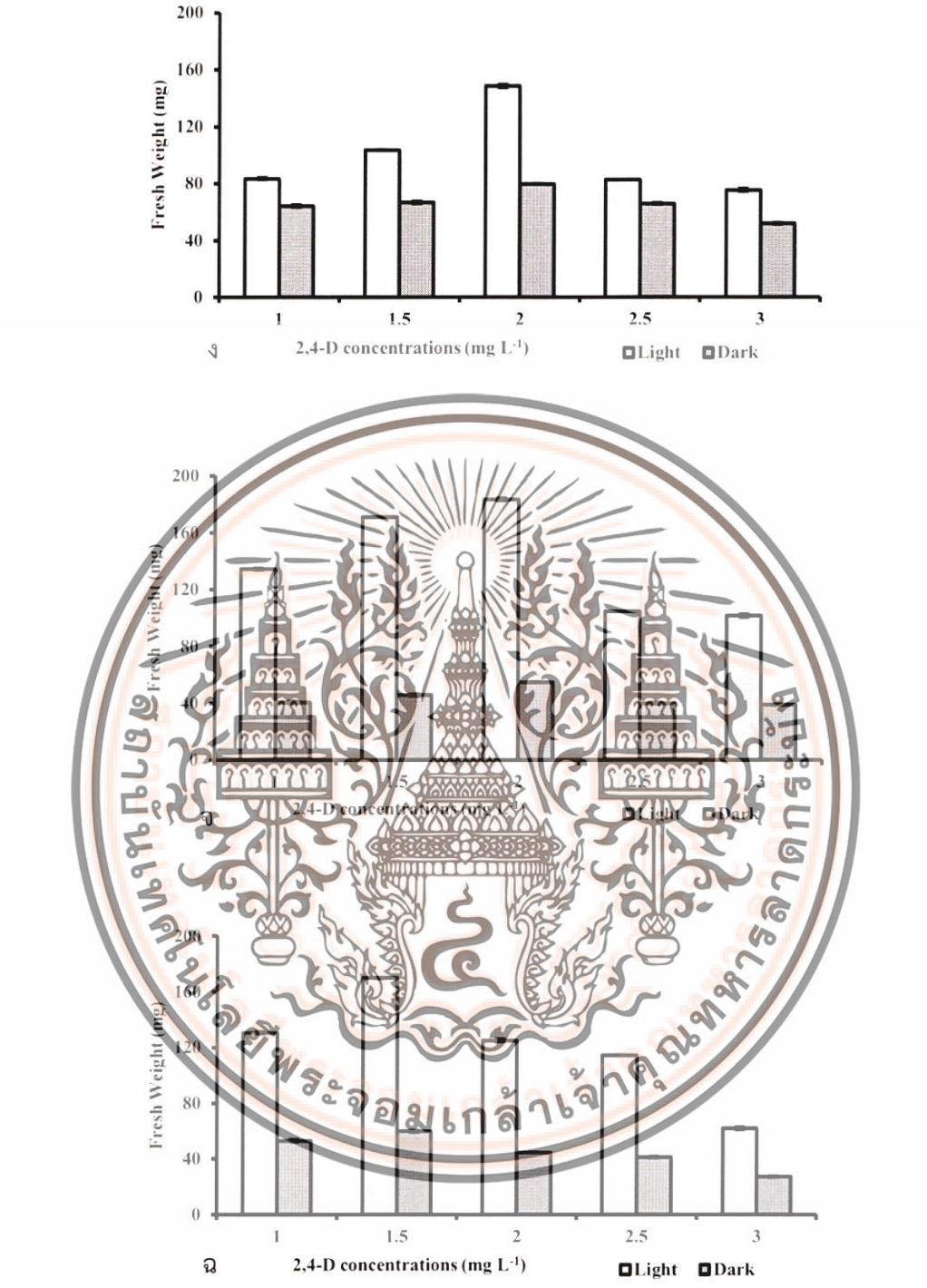
ภาพที่ 4.2 (ต่อ) ขนาดเซลล์แคลลัส (size) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัส ที่มีการเติม2,4-D (2,4-Dichlorophenoxyacetic acid) ในความเข้มข้น 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) และสภาวะมืด (Dark) เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only. Not to be used for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



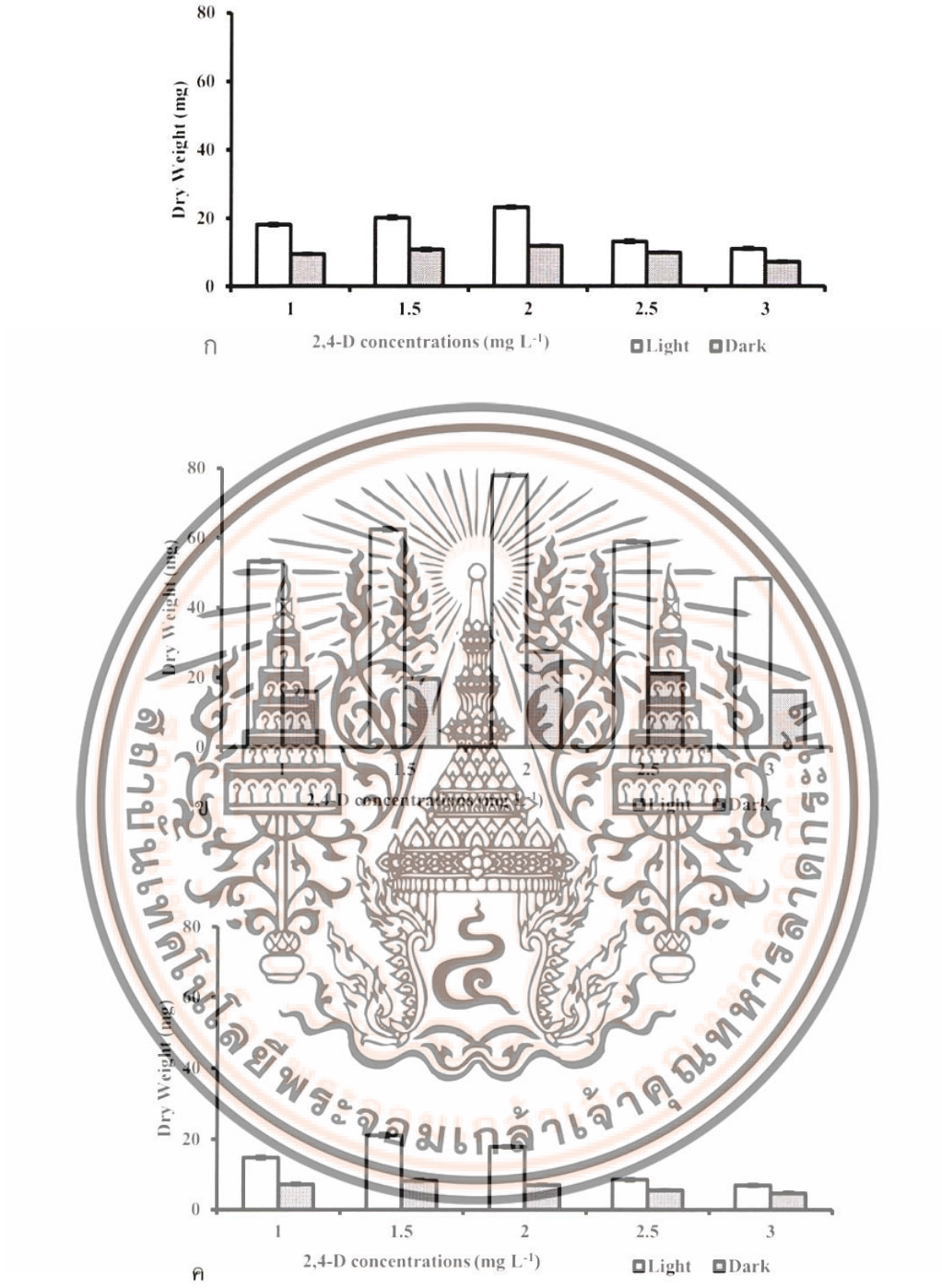
ภาพที่ 4.3 น้ำหนักสดของแคลลัส (fresh weight) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัส ที่มีการเติม 2,4-D (2,4-Dichlorophenoxyacetic acid) ในความเข้มข้น 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) และสภาวะมืด (Dark) เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted and is for educational use only. Commercial use is forbidden. Modification of the content is forbidden, and the author must be credited when using this material.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



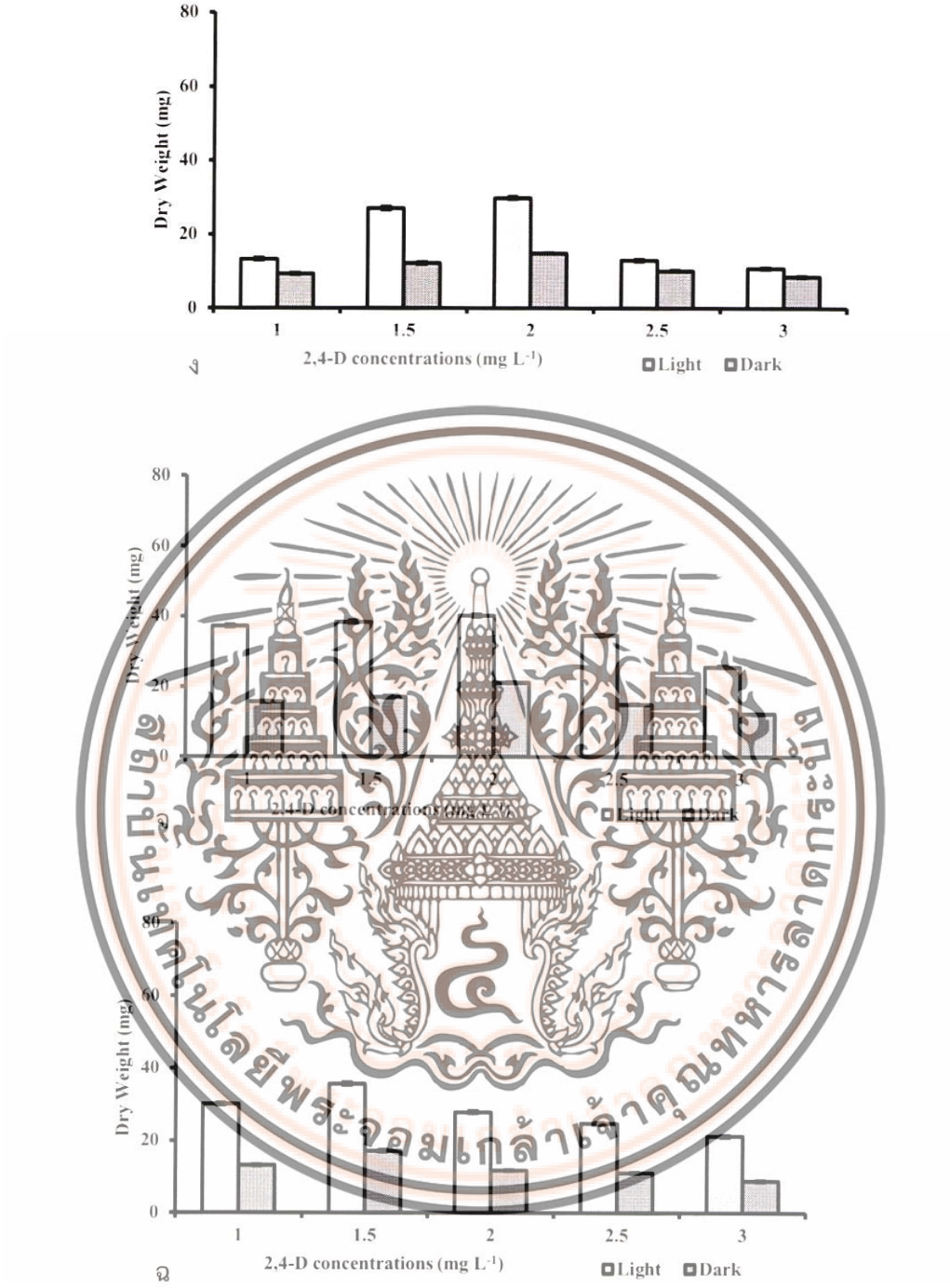
ภาพที่ 4.3 (ต่อ) น้ำหนักสดของแคลลัส (fresh weight) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดแคลลัส ที่มีการเติม 2,4-D (2,4-Dichlorophenoxyacetic acid) ในความเข้มข้น 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) และสภาวะมืด (Dark) เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted and is for educational purposes only. It is prohibited for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ภาพที่ 4.4 น้ำหนักแห้งของแคลลัส (dry weight) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัส ที่มีการเติม 2,4-D (2,4-Dichlorophenoxyacetic acid) ในความเข้มข้น 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) และสภาวะมืด (Dark) เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted and is for educational use only. Not to be used for commercial purposes.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ภาพที่ 4.4 (ต่อ) น้ำหนักแห้งของแคลลัส (dry weight) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัส ที่มีการเติม 2,4-D (2,4-Dichlorophenoxyacetic acid) ในความเข้มข้น 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) และสภาวะมืด (Dark) เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted. Educational use only. Not to be used for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากผลการทดสอบสรุปได้ว่าสภาวะที่มีการให้แสงที่ความเข้มแสง 1,000 ลักซ์ (luxs) เป็นระยะเวลา 16 ชั่วโมงต่อวันนั้น เป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการชักนำให้เกิดการเจริญเติบโตของเซลล์แคลลัสในข้าวสายพันธุ์ไทยได้ดีกว่าการเพาะเลี้ยงเซลล์แคลลัสในสภาวะมืด ในขณะที่ปริมาณความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชชนิด 2,4-D นั้นจะพบความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการชักนำการเจริญเติบโตของเซลล์แคลลัสที่แตกต่างกันตามสายพันธุ์ของข้าวสายพันธุ์ต่างๆ

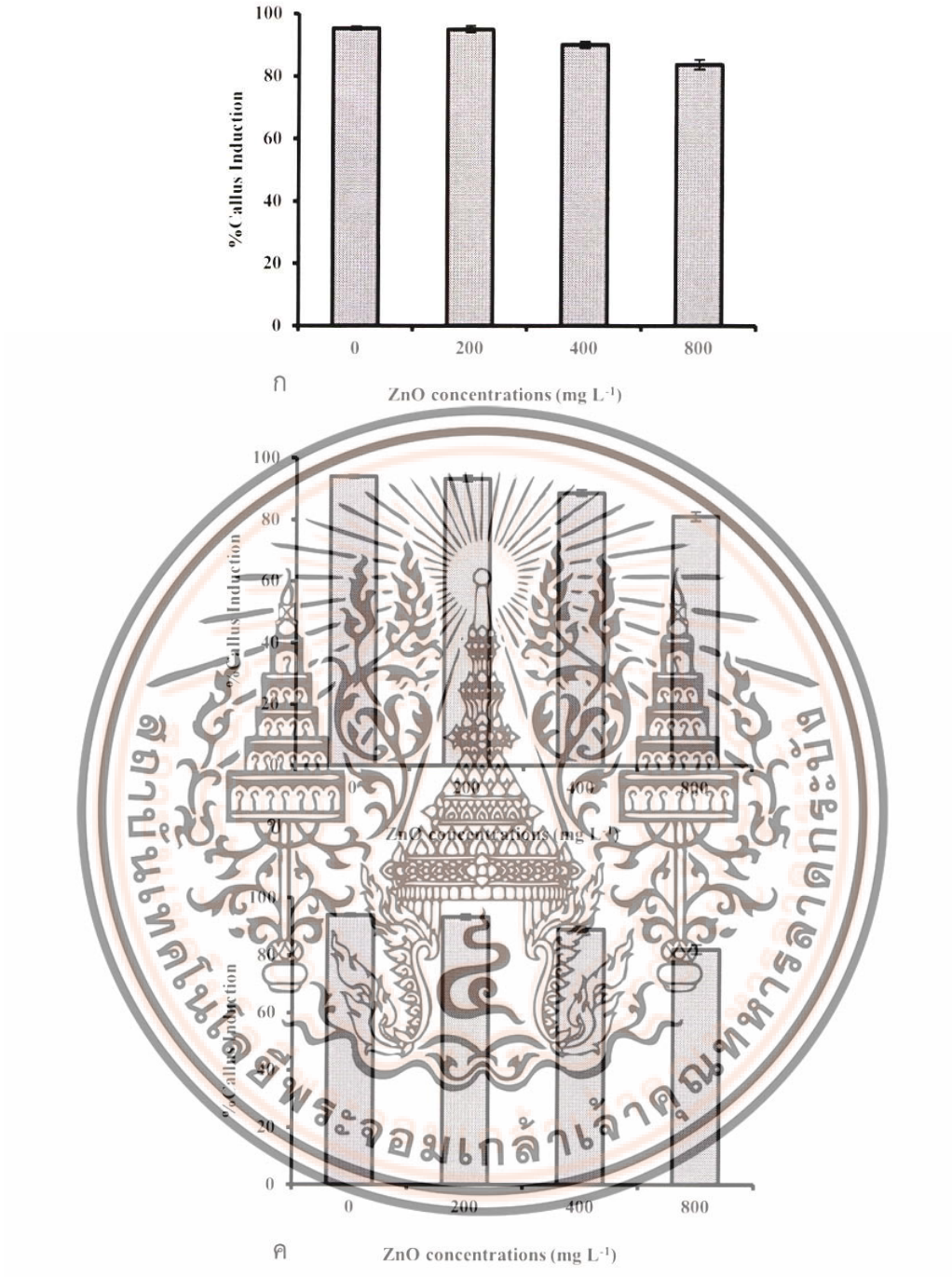
4.2 การศึกษาการเติมวัสดุนาโนซิงค์ออกไซด์ (ZnO nanoparticles) ต่อการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัส

ในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาถึงการประยุกต์ใช้วัสดุนาโนเพื่อการชักนำให้เกิดการเพิ่มจำนวนเซลล์แคลลัส และการชักนำให้เกิดการสะสมสารพฤกษเคมีภายในเซลล์แคลลัสของข้าวสายพันธุ์ไทยจำนวน 6 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88138 (88138), กล่ำ GS No. 88083 (88083), กล่ำ GS No. 05563 (05563), กล่ำ GS No. 15110 (15110), กล่ำขอนแก่น และไรซ์เบอร์รี่ โดยที่วัสดุนาโนที่ใช้ในการวิจัยนี้ได้แก่ วัสดุนาโนซิงค์ออกไซด์ (ZnO nanoparticles) และวัสดุนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2 nanoparticles) ซึ่งในขั้นตอนแรกในการทำการทดลองนี้ จะทำการทดสอบปริมาณความเข้มข้นของ 2,4-D (2,4-Dichlorophenoxyacetic acid) ซึ่งเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช (plant growth regulator) ในการชักนำให้เกิดแคลลัสในข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่ความเข้มข้น 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับสภาวะในการเพาะเลี้ยงในสภาวะมืด และในสภาวะที่มีการให้แสงที่ความเข้มแสง 1,000 ลักซ์ (luxs) เป็นระยะเวลา 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลาทั้งหมด 5 สัปดาห์ ในสภาวะเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช โดยทำการศึกษาการเจริญเติบโตของเซลล์แคลลัส จากเปอร์เซ็นต์การชักนำให้เกิดแคลลัส (% callus induction) น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และขนาดของแคลลัสที่ได้ เป็นเวลา 5 สัปดาห์ ผลการทดลองที่ได้พบว่าในสภาวะที่มีการให้แสงที่ความเข้มแสง 1,000 ลักซ์ (luxs) เป็นระยะเวลา 16 ชั่วโมงต่อวันนั้น จะชักนำให้เซลล์แคลลัสของข้าวสายพันธุ์มีการเจริญเติบโตที่สูงกว่าเซลล์แคลลัสที่เพาะเลี้ยงอยู่ในสภาวะมืด แต่ให้เปอร์เซ็นต์การชักนำให้เกิดแคลลัสที่ใกล้เคียงกัน ในขณะที่ปริมาณความเข้มข้นของ 2,4-D นั้น จะมีปริมาณความเข้มข้นที่เหมาะสมแตกต่างกันไปในเซลล์แคลลัสของข้าวแต่ละสายพันธุ์ โดยพบว่าแคลลัสของข้าวสายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083, กล่ำ GS No. 88138, ไรซ์เบอร์รี่ และกล่ำ GS No. 05563 จะมีขนาดที่สูงที่สุดเมื่อเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง และมีความเข้มข้นของ 2,4-D ที่ความเข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตรสอดคล้องกับปริมาณน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง ในขณะที่แคลลัสของข้าวสายพันธุ์กล่ำขอนแก่น และกล่ำ GS No. 15110 จะมีปริมาณที่สูงที่สุดเมื่อเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง และมีความเข้มข้นของ 2,4-D ที่ความเข้มข้น 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เช่นเดียวกับปริมาณน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง ในส่วนของเปอร์เซ็นต์การชักนำให้เกิดแคลลัสนั้นจะให้ผลการทดลองที่ไม่แตกต่างกันทั้งในการเพาะเลี้ยงภายใต้สภาวะที่มีแสงและสภาวะมืด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is for educational purposes only and cannot be used for commercial purposes. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

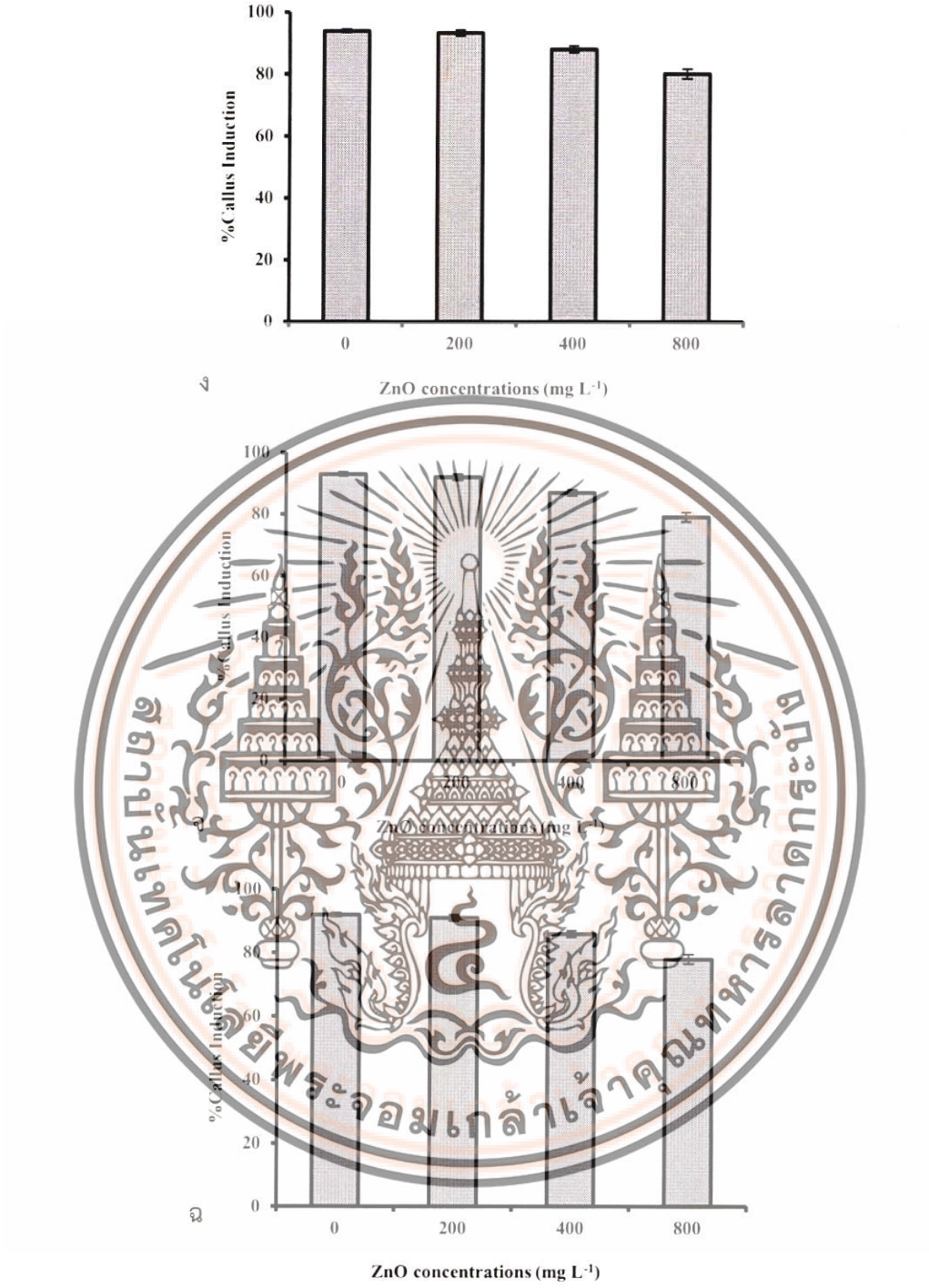
ในการทดลองขั้นต่อมาจึงได้นำอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสที่มีความเข้มข้นของ 2,4-D (2,4-Dichlorophenoxyacetic acid) ซึ่งเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช (plant growth regulator) ที่เหมาะสมที่สุดในข้าวแต่ละสายพันธุ์จากผลการทดลองก่อนหน้านี้นำมาเติมวัสดุนาโนที่ใช้ในการวิจัยนี้ ได้แก่ วัสดุนาโนซิงค์ออกไซด์ (ZnO nanoparticles) ในการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสในข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0, 200, 400 และ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร ในสภาวะที่มีการให้แสงที่ความเข้มแสง 1,000 ลักซ์ (luxs) เป็นระยะเวลา 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลาทั้งหมด 5 สัปดาห์ ในสภาวะเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช โดยทำการศึกษาการเจริญเติบโตของเซลล์แคลลัส จากเปอร์เซ็นต์การชักนำให้เกิดแคลลัส (% callus induction) น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และขนาดของแคลลัสที่ได้ เป็นเวลา 5 สัปดาห์ จากผลการทดลองพบว่าการเติมวัสดุนาโนซิงค์ออกไซด์นั้นส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การชักนำให้เกิดแคลลัสลดลงเล็กน้อยแต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติในสภาวะที่ไม่มีการเติมวัสดุนาโน (0 มิลลิกรัมต่อลิตร) และสภาวะที่มีการเติมวัสดุนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่ในสภาวะที่มีการเติมวัสดุนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นที่สูงขึ้น (400 และ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร) จะพบว่าเปอร์เซ็นต์การชักนำให้เกิดแคลลัสนั้นลดลงอย่างมาก (ภาพที่ 4.5) ในขณะที่ขนาดของแคลลัส น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของเซลล์แคลลัสข้าวทุกสายพันธุ์จะมีปริมาณลดลงเมื่อเพาะเลี้ยงอยู่ในสภาวะที่มีวัสดุนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นที่สูงขึ้น (ภาพที่ 4.6-4.8) ในการทดลองขั้นต่อไปนั้นจะทำการทดสอบผลของวัสดุนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO$_2$ nanoparticles) ที่มีต่อการชักนำ และการเจริญเติบโตของแคลลัสข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is restricted for educational use only. Not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



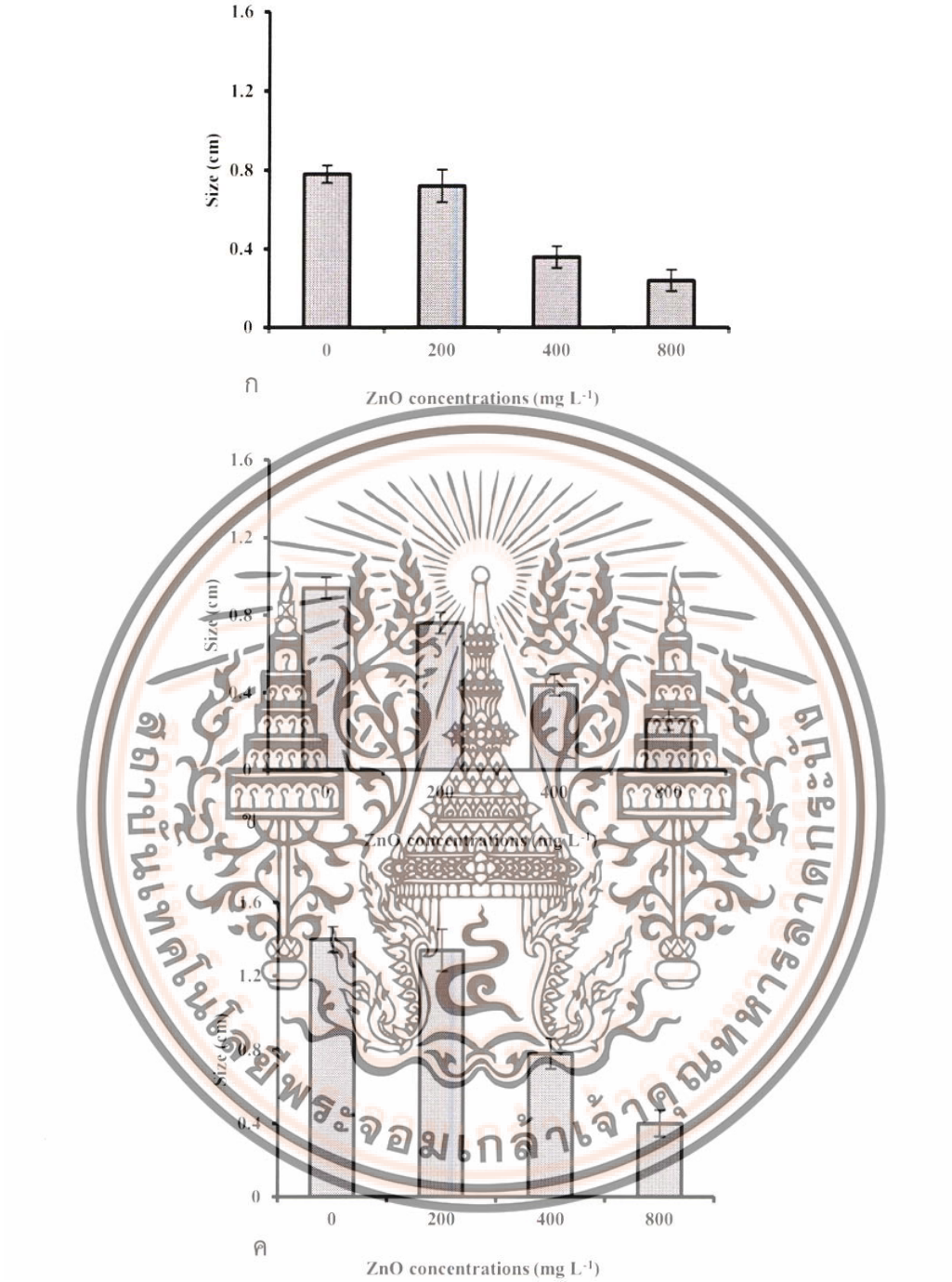
ภาพที่ 4.5 เปอร์เซ็นต์การชักนำให้เกิดแคลลัส (% callus induction) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสที่มีการเติม วัสดุนาโนซิงค์ออกไซด์ (ZnO nanoparticles) ในการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสในข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0, 200, 400 และ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted and is for educational use only. Commercial use is prohibited.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



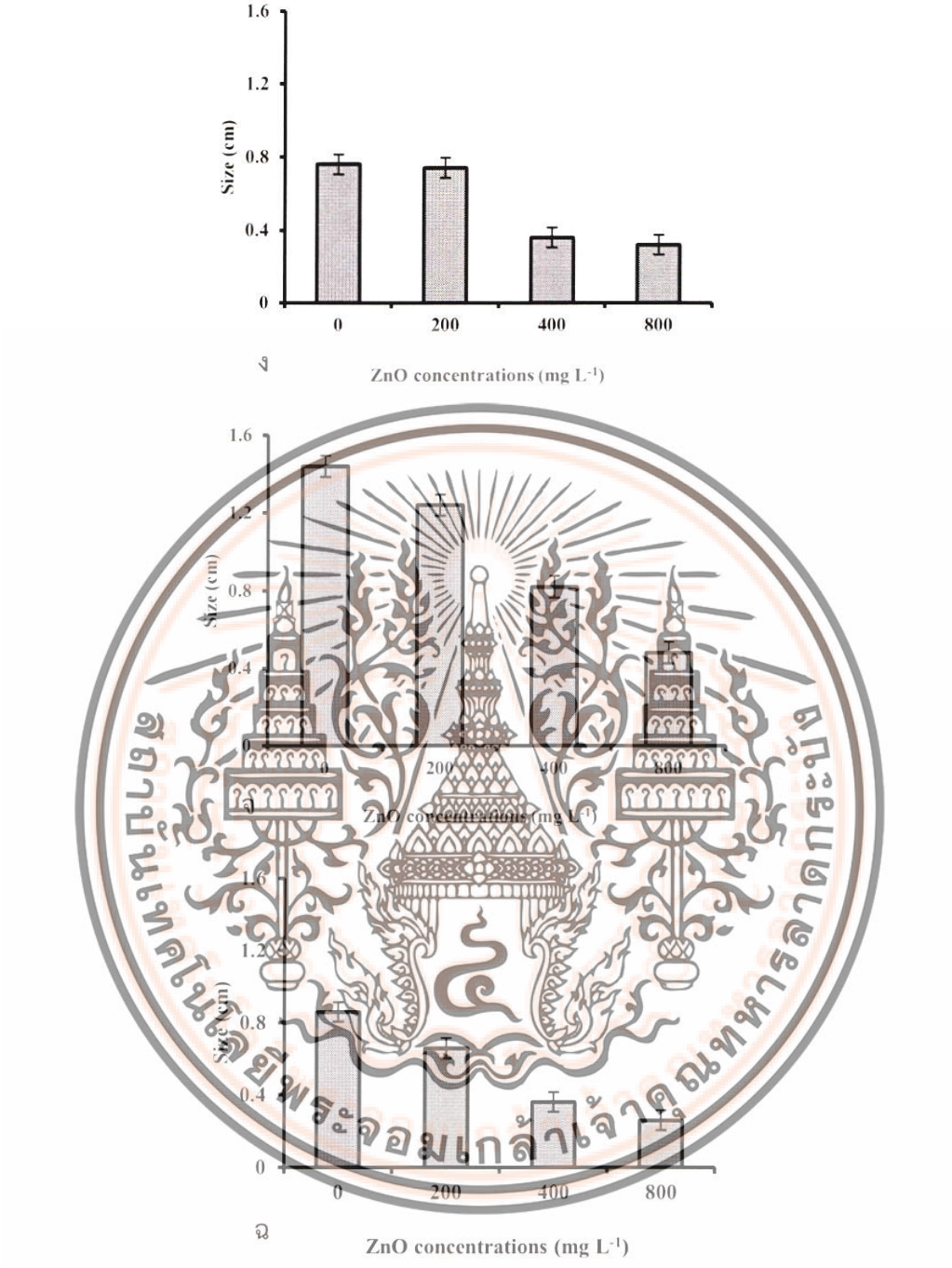
ภาพที่ 4.5 (ต่อ) เปอร์เซ็นต์การชักนำให้เกิดแคลลัส (% callus induction) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และ กล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสที่มีการเติม วัสดุนาโนซิงค์ออกไซด์ (ZnO nanoparticles) ในการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสในข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0, 200, 400 และ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted and is for educational use only. Commercial use is prohibited. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



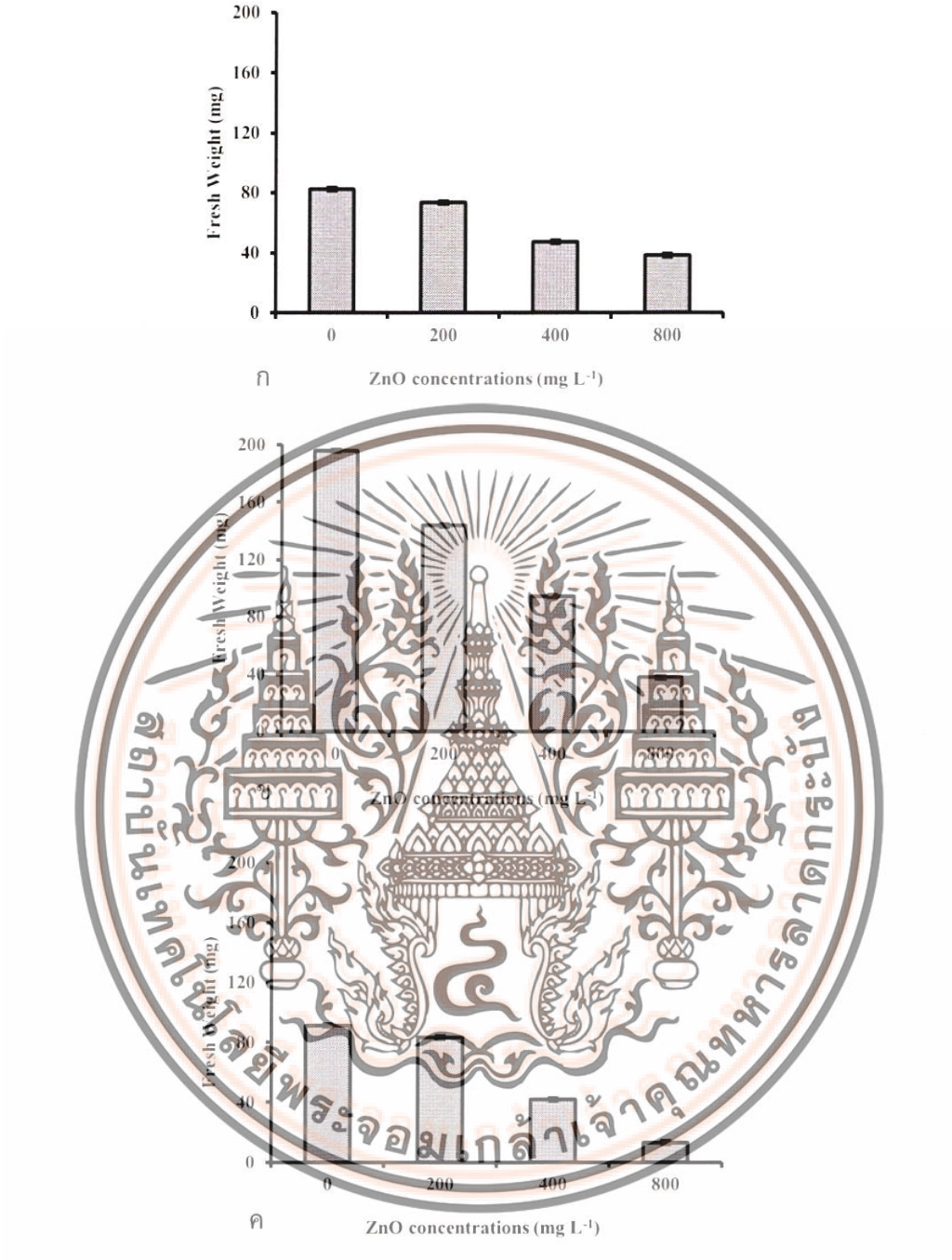
ภาพที่ 4.6 ขนาดเซลล์แคลลัส (size) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสที่มีการเติม วัสดุนาโนซิงค์ออกไซด์ (ZnO nanoparticles) ในการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสในข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0, 200, 400 และ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted and is for educational use only. Commercial use is prohibited.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



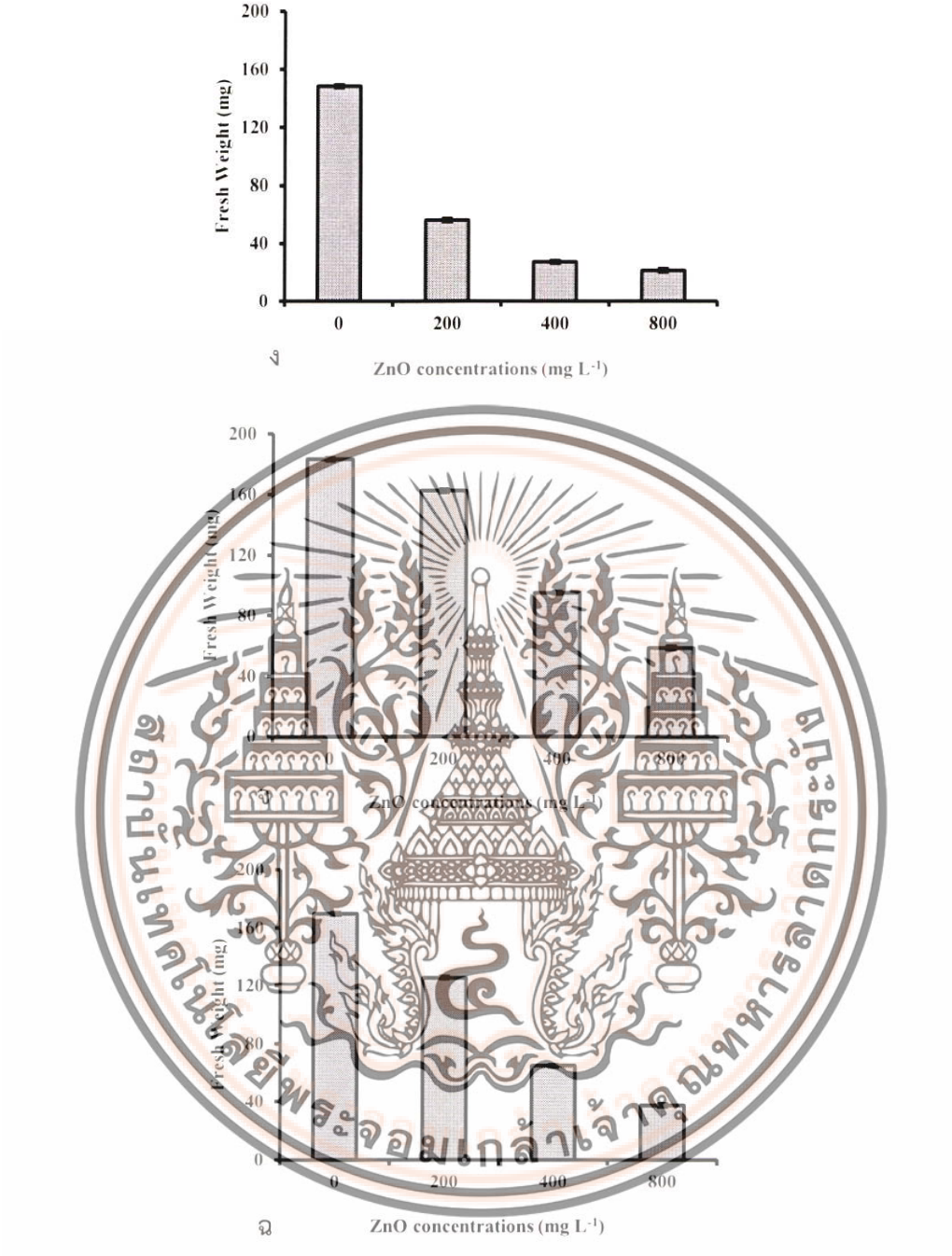
ภาพที่ 4.6 (ต่อ) ขนาดเซลล์แคลลัส (size) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสที่มีการเติม วัสดุนาโนซิงค์ออกไซด์ (ZnO nanoparticles) ในการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสในข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0, 200, 400 และ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted and is for educational use only. Commercial use, adaptation, or modification is
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



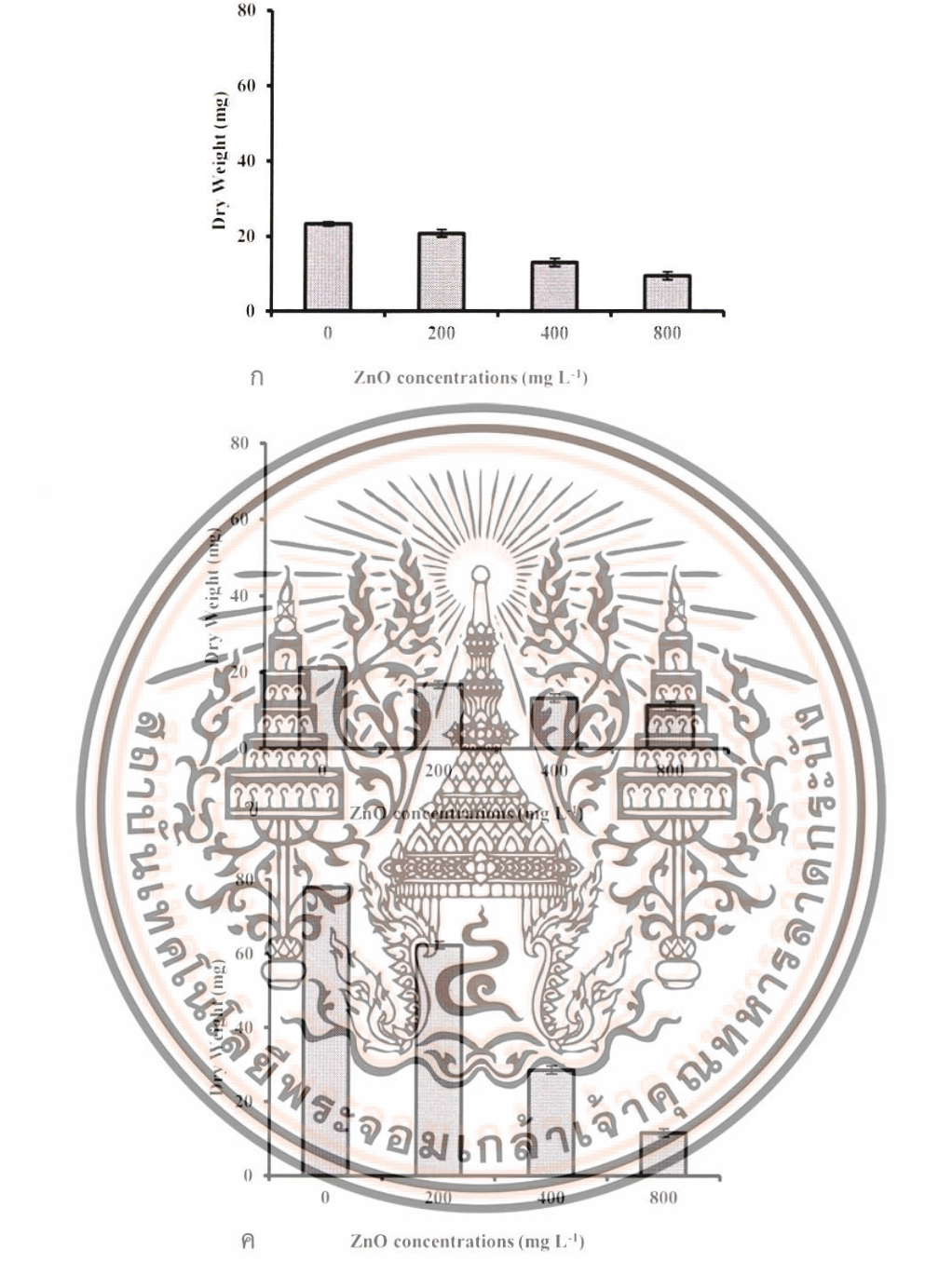
ภาพที่ 4.7 น้ำหนักสดของแคลลัส (fresh weight) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสที่มีการเติม วัสดุนาโนซิงค์ออกไซด์ (ZnO nanoparticles) ในการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสในข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0, 200, 400 และ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is protected by copyright and is only for non-commercial use. Commercial use, adaptation, or reproduction is prohibited.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



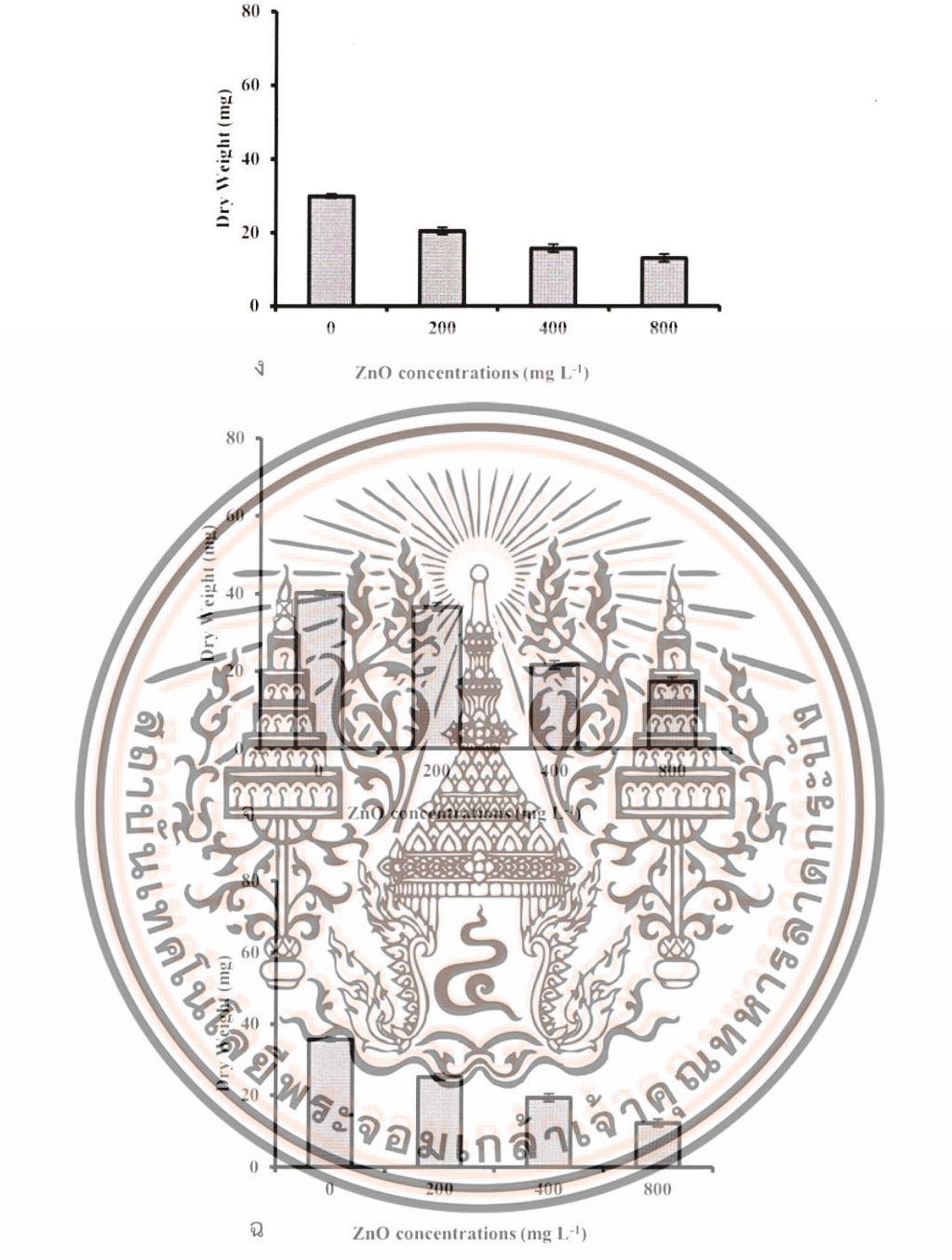
ภาพที่ 4.7 (ต่อ) น้ำหนักสดของแคลลัส (fresh weight) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสที่มีการเติม วัสดุนาโนซิงค์ออกไซด์ (ZnO nanoparticles) ในการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสในข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0, 200, 400 และ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted and is for educational use only. Commercial use is forbidden. Modification of the content is forbidden, and citation is required for every use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ภาพที่ 4.8 น้ำหนักแห้งของแคลลัส (dry weight) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสที่มีการเติม วัสดุนาโนซิงค์ออกไซด์ (ZnO nanoparticles) ในการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสในข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0, 200, 400 และ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted and is for educational use only. Commercial use is prohibited.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ภาพที่ 4.8 (ต่อ) น้ำหนักแห้งของแคลลัส (dry weight) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสที่มีการเติม วัสดุนาโนซิงค์ออกไซด์ (ZnO nanoparticles) ในการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสในข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0, 200, 400 และ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted and is for educational use only. Commercial use is prohibited.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.3 การศึกษาการเติมวัสดุนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2 nanoparticles) ต่อการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัส

ในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาถึงการประยุกต์ใช้วัสดุนาโนเพื่อการชักนำให้เกิดการเพิ่มจำนวนเซลล์แคลลัส และการชักนำให้เกิดการสะสมสารทุติยภูมิภายในเซลล์แคลลัสของข้าวสายพันธุ์ไทย จำนวน 6 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88138 (88138), กล่ำ GS No. 88083 (88083), กล่ำ GS No. 05563 (05563), กล่ำ GS No. 15110 (15110), กล่ำขอนแก่น และไรซ์เบอร์รี่ โดยที่วัสดุนาโนที่ใช้ในการวิจัยนี้ได้แก่ วัสดุนาโนซิงค์ออกไซด์ (ZnO nanoparticles) และวัสดุนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2 nanoparticles) ซึ่งในขั้นตอนแรกในการทำการทดลองนี้ จะทำการทดสอบปริมาณความเข้มข้นของ 2,4-D (2,4-Dichlorophenoxyacetic acid) ซึ่งเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช (plant growth regulator) .ในการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสในข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่ความเข้มข้น 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับสภาวะในการเพาะเลี้ยงในสภาวะมืด และในสภาวะที่มีการให้แสงที่ความเข้มแสง 1,000 ลักซ์ (luxs) เป็นระยะเวลา 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลาทั้งหมด 5 สัปดาห์ ในสภาวะเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช โดยทำการศึกษาการเจริญเติบโตของเซลล์แคลลัส จากเปอร์เซ็นต์การชักนำให้เกิดแคลลัส (% callus induction) น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และขนาดของแคลลัสที่ได้ เป็นเวลา 5 สัปดาห์ ผลการทดลองที่ได้พบว่า ในสภาวะที่มีการให้แสงที่ความเข้มแสง 1,000 ลักซ์ (luxs) เป็นระยะเวลา 16 ชั่วโมงต่อวันนั้น จะชักนำให้แคลลัสของข้าวทุกสายพันธุ์มีการเจริญเติบโตที่สูงกว่าเซลล์แคลลัสที่เพาะเลี้ยงอยู่ในสภาวะมืด แต่ไม่มีเปอร์เซ็นต์การชักนำให้เกิดแคลลัสที่ใกล้เคียงกัน ในขณะที่ปริมาณความเข้มข้นของ 2,4-D นั้นจะมีปริมาณความเข้มข้นที่เหมาะสมแตกต่างกันไปในเซลล์แคลลัสของข้าวแต่ละสายพันธุ์ โดยพบว่าแคลลัสของสายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083, กล่ำ GS No. 88138, ไรซ์เบอร์รี่ และกล่ำ GS No. 05563 จะมีขนาดที่สูงที่สุดเมื่อเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง และมีความเข้มข้นของ 2,4-D ที่ความเข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตรซึ่งคล้องกับปริมาณน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง ในขณะที่แคลลัสของข้าวสายพันธุ์กล่ำขอนแก่น และกล่ำ GS No. 15110 จะมีปริมาณที่สูงที่สุดเมื่อเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง และมีความเข้มข้นของ 2,4-D ที่ความเข้มข้น 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เช่นเดียวกับปริมาณน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง ในส่วนของเปอร์เซ็นต์การชักนำให้เกิดแคลลัสนั้นจะให้ผลการทดลองที่ไม่แตกต่างกันทั้งในการเพาะเลี้ยงภายใต้สภาวะที่มีแสงและสภาวะมืด และในการทดลองขั้นต่อมาจึงได้นำอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสที่มีความเข้มข้นของ 2,4-D (2,4-Dichlorophenoxyacetic acid) ซึ่งเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช (plant growth regulator) ที่เหมาะสมที่สุดในข้าวแต่ละสายพันธุ์จากผลการทดลองก่อนหน้านี้นำมาเติมวัสดุนาโนที่ใช้ในการวิจัยนี้ได้แก่ วัสดุนาโนซิงค์ออกไซด์ (ZnO nanoparticles) ในการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสในข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0, 200, 400 และ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร ในสภาวะที่มีการให้แสงที่ความเข้มแสง 1,000 ลักซ์ (luxs) เป็นระยะเวลา 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลาทั้งหมด 5 สัปดาห์ ในสภาวะเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช โดยทำการศึกษาการเจริญเติบโตของเซลล์แคลลัส จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is restricted for educational use only. Not to be used for commercial purposes.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เปอร์เซ็นต์การชักนำให้เกิดแคลลัส (% callus induction) น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และขนาดของแคลลัสที่ได้ เป็นเวลา 5 สัปดาห์ จากผลการทดลองพบว่าการเติมวัสดุนาโนซิงค์ออกไซด์นั้นส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การชักนำให้เกิดแคลลัสลดลงเล็กน้อยแต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติในสภาวะที่ไม่มีการเติมวัสดุนาโน (0 มิลลิกรัมต่อลิตร) และสภาวะที่มีการเติมวัสดุ นาโนซิงค์ออกไซด์ที่ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่ในสภาวะที่มีการเติมวัสดุนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นที่สูงขึ้น (400 และ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร) จะพบว่าเปอร์เซ็นต์การชักนำให้เกิดแคลลัสนั้นลดลงอย่างมาก ในขณะที่ขนาดของแคลลัส น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของเซลล์แคลลัสข้าวทุกสายพันธุ์จะมีปริมาณลดลง เมื่อเพาะเลี้ยงอยู่ในสภาวะที่มีวัสดุนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นที่สูงขึ้น

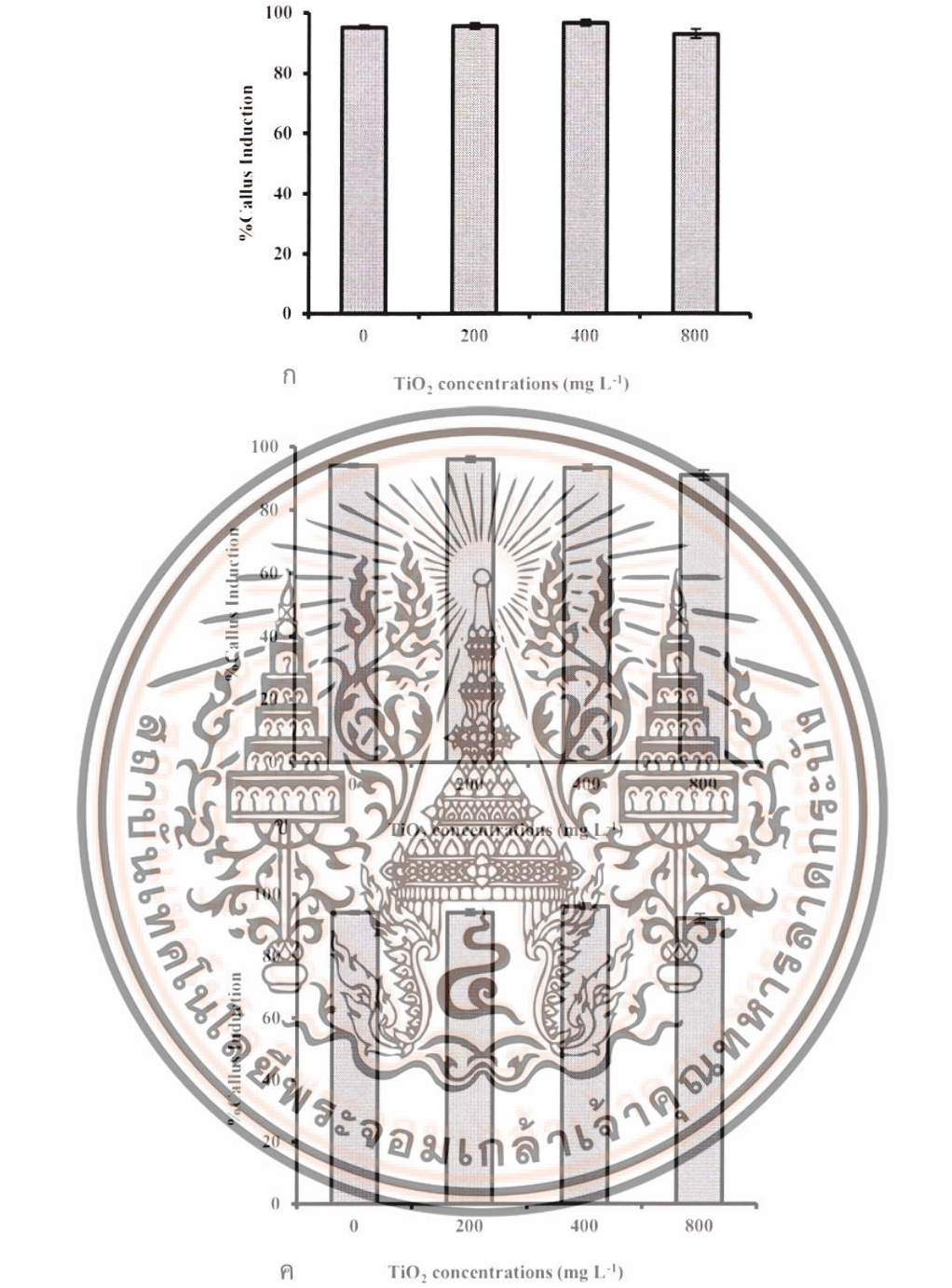
ในการทดลองขั้นต่อไปนั้นจึงทำการทดสอบผลของวัสดุนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2 nanoparticles) ที่มีต่อการชักนำและการเจริญเติบโตของแคลลัสข้าวสายพันธุ์ต่างๆ เพื่อศึกษาผลกระทบและเปรียบเทียบผลของวัสดุนาโนทั้ง 2 ชนิดที่มีต่อการเจริญเติบโตของแคลลัสข้าวสายพันธุ์ต่างๆ จากผลการทดลองพบว่าการเติมวัสดุนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ในความเข้มข้นที่เหมาะสมในข้าวแต่ละสายพันธุ์นั้นส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การชักนำให้เกิดแคลลัสเพิ่มขึ้นเล็กน้อยแต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติในสภาวะที่ไม่มีการเติมวัสดุนาโน (0 มิลลิกรัมต่อลิตร) สอดคล้องกับผลการทดลองที่ศึกษาขนาดของแคลลัส น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของเซลล์แคลลัสในแต่ละสายพันธุ์ ในขณะที่ในสภาวะที่มีการเติมวัสดุนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นที่สูงขึ้น (800 มิลลิกรัมต่อลิตร) จะพบว่าเปอร์เซ็นต์การชักนำให้เกิดแคลลัสนั้นลดลงอย่างมาก (ภาพที่ 4.9) ในขณะที่ขนาดของแคลลัส น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของเซลล์แคลลัสข้าวสายพันธุ์ต่ำ GS No. 88085, กลัยยูGS No. 88138 และ กล่ำ GS No. 15110 จะมีปริมาณเพิ่มขึ้น เมื่อเพาะเลี้ยงอยู่ในสภาวะที่มีวัสดุนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นที่ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร และขนาดของแคลลัส น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของเซลล์แคลลัสข้าวสายพันธุ์กล่ำขอนแก่น ไรซ์เบอร์รี่ และกล่ำ GS No. 05563 จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อเพาะเลี้ยงอยู่ในสภาวะที่มีวัสดุนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นที่ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 4.10-4.12) จากผลการทดลองทั้งหมดจะพบว่าวัสดุนาโนทั้ง 2 ชนิดนั้น มีผลต่อการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัส และการเจริญเติบโตของเซลล์แคลลัสในข้าวสายพันธุ์ได้ และพบว่าชนิดและความเข้มข้นของวัสดุนาโนนั้นมีผลต่อการเจริญเติบโตของเซลล์แคลลัสในข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ได้แตกต่างกัน ซึ่งในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาผลของการสะสมและผลิตสารทุติยภูมิที่สำคัญในเซลล์แคลลัสข้าวสายพันธุ์ต่างๆ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้เป็นสารเสริมสุขภาพต่อไป แต่เนื่องจากในปีที่ 2 โครงการวิจัยนี้ไม่ได้รับการจัดสรรงบประมาณในการทำงานวิจัย โครงการวิจัยนี้จึงยังไม่ได้ผลการทดลองที่สมบูรณ์

เริ่มมีการนำนาโนเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ทางด้านการเกษตรอย่างแพร่หลายมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำวัสดุนาโนมาใช้ในการทดสอบการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตสายพันธุ์ต่างๆ เพื่อนำวัสดุนาโนเหล่านั้นมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป (Perreault et al., 2014; Adhikari et al., 2015; Iannone et al., 2016; Adams et al., 2017; Pariona et al., 2017) จากงานวิจัยก่อนหน้านี้จะพบว่าการนำวัสดุนาโน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is protected by copyright and is intended for non-commercial use only. Commercial use, modification, or distribution without permission is prohibited.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

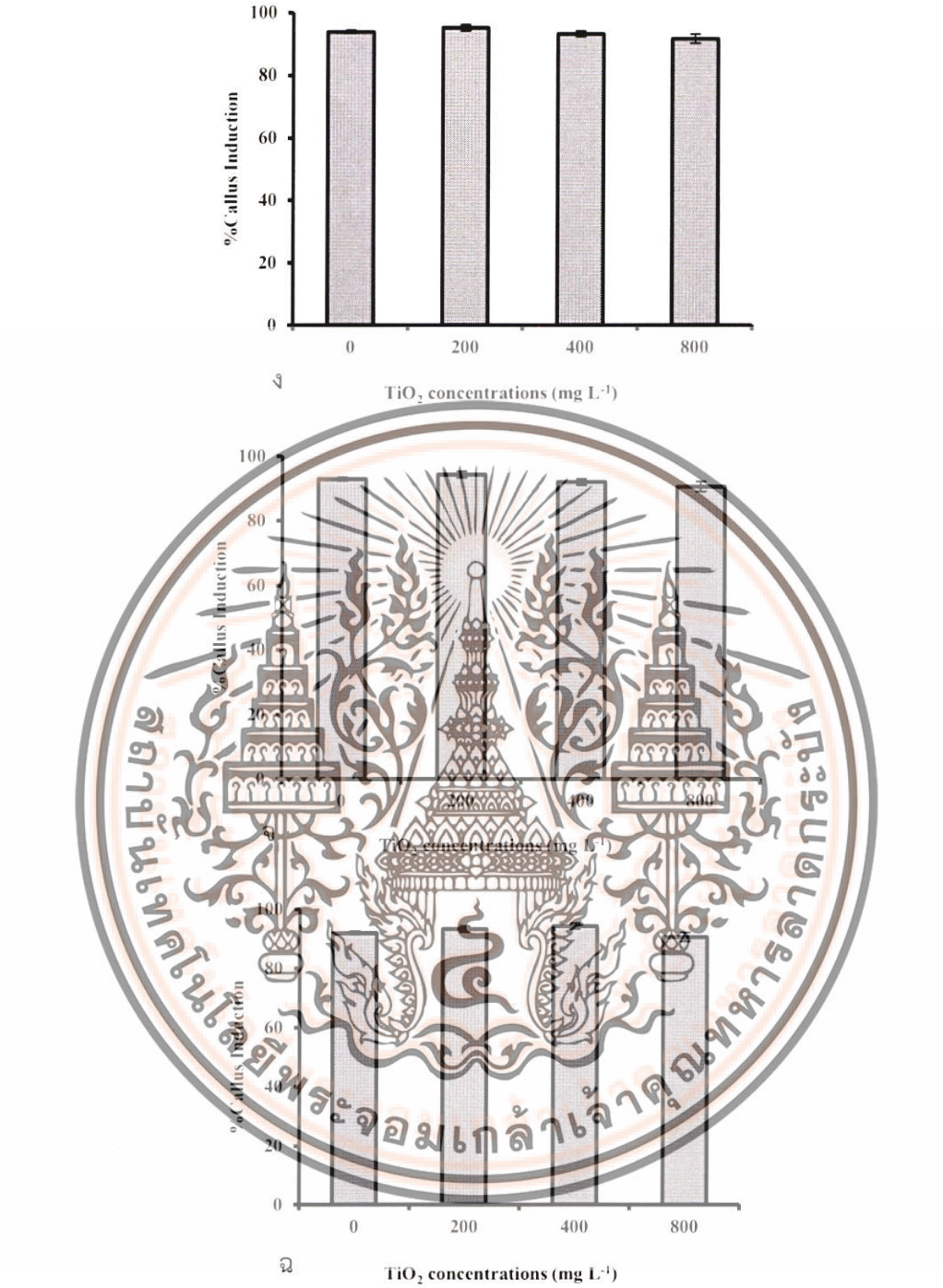
มาใช้ทดสอบกับสิ่งมีชีวิตนั้นจะต้องมีปัจจัยหลายอย่างที่จะส่งผลต่อการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตเหล่านั้น เช่น ชนิด รูปร่าง ความเข้มข้น และขนาดของวัสดุนาโน ชนิด สายพันธุ์ อายุของสิ่งมีชีวิต รวมไปถึงระยะเวลาที่สิ่งมีชีวิตเหล่านั้นได้รับวัสดุนาโน เป็นต้น (Mahmoodzadeh et al., 2013; Frazier et al., 2014; Feichtmeier et al., 2015; Koo et al., 2016) ซึ่งการตอบสนองที่สิ่งมีชีวิตต่างๆ แสดงออกนั้นมีทั้งผลที่เป็นบวก (positive) หรือผลที่เป็นลบ (negative) ทั้งทางด้านกายวิภาค สัณฐานวิทยา สรีรวิทยา กระบวนการทางชีวเคมีในเซลล์ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาถึงผลของวัสดุนาโนแต่ละชนิดที่มีต่อสิ่งมีชีวิตที่แตกต่างกัน เพื่อที่จะสามารถนำวัสดุนาโนต่างๆ ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดกับสิ่งมีชีวิตสายพันธุ์ต่างๆ ได้ต่อไป (Rico et al., 2011; Sabaghnia and Janmohammadi, 2014; Almutairi, 2016; Syu et al., 2014; Torabian et al., 2016)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted for educational use only. Not to be used for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



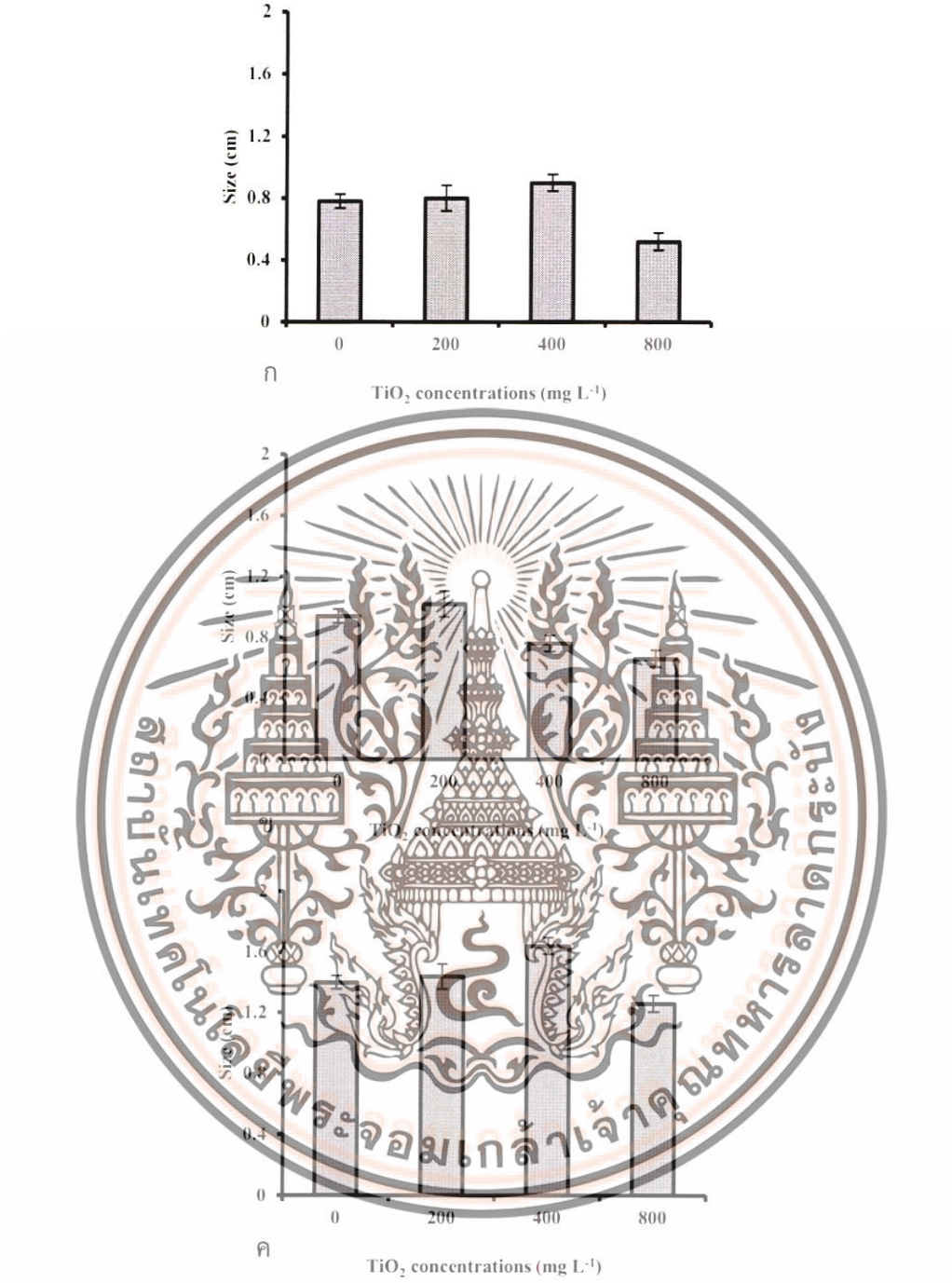
ภาพที่ 4.9 เปอร์เซ็นต์การชักนำให้เกิดแคลลัส (% callus induction) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสที่มีการเติมวัสดุนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2 nanoparticles) ในการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสในข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0, 200, 400 และ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted and is for educational use only. Commercial use is forbidden. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



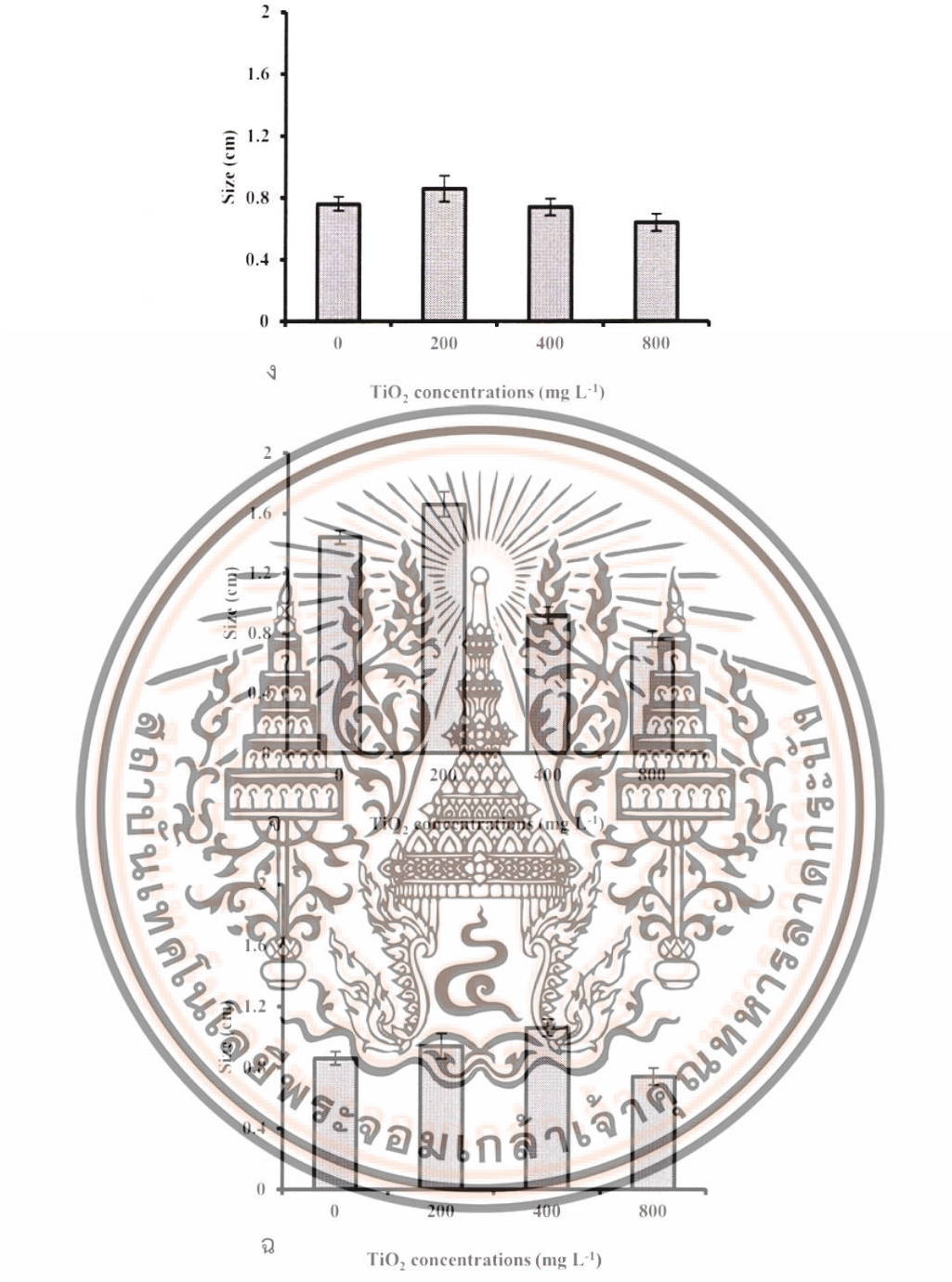
ภาพที่ 4.9 (ต่อ) เปอร์เซ็นต์การชักนำให้เกิดแคลลัส (% callus induction) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสที่มีการเติมวัสดุนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2 nanoparticles) ในการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสในข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0, 200, 400 และ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted and is for educational use only. Commercial use is prohibited. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



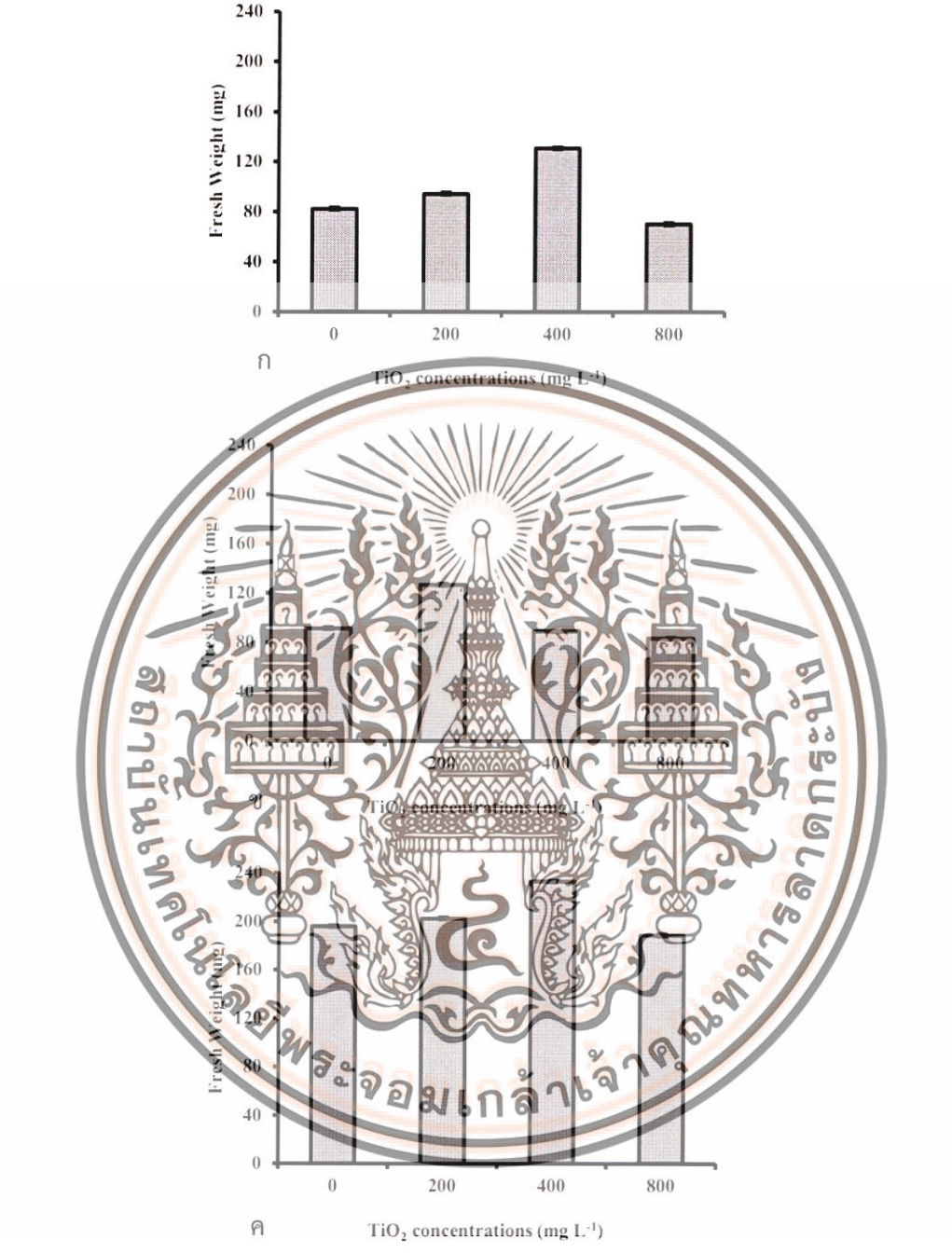
ภาพที่ 4.10 ขนาดเซลล์แคลลัส (size) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสที่มีการเติมวัสดุนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2 nanoparticles) ในการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสในข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0, 200, 400 และ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is restricted for educational use only. Not allowed for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



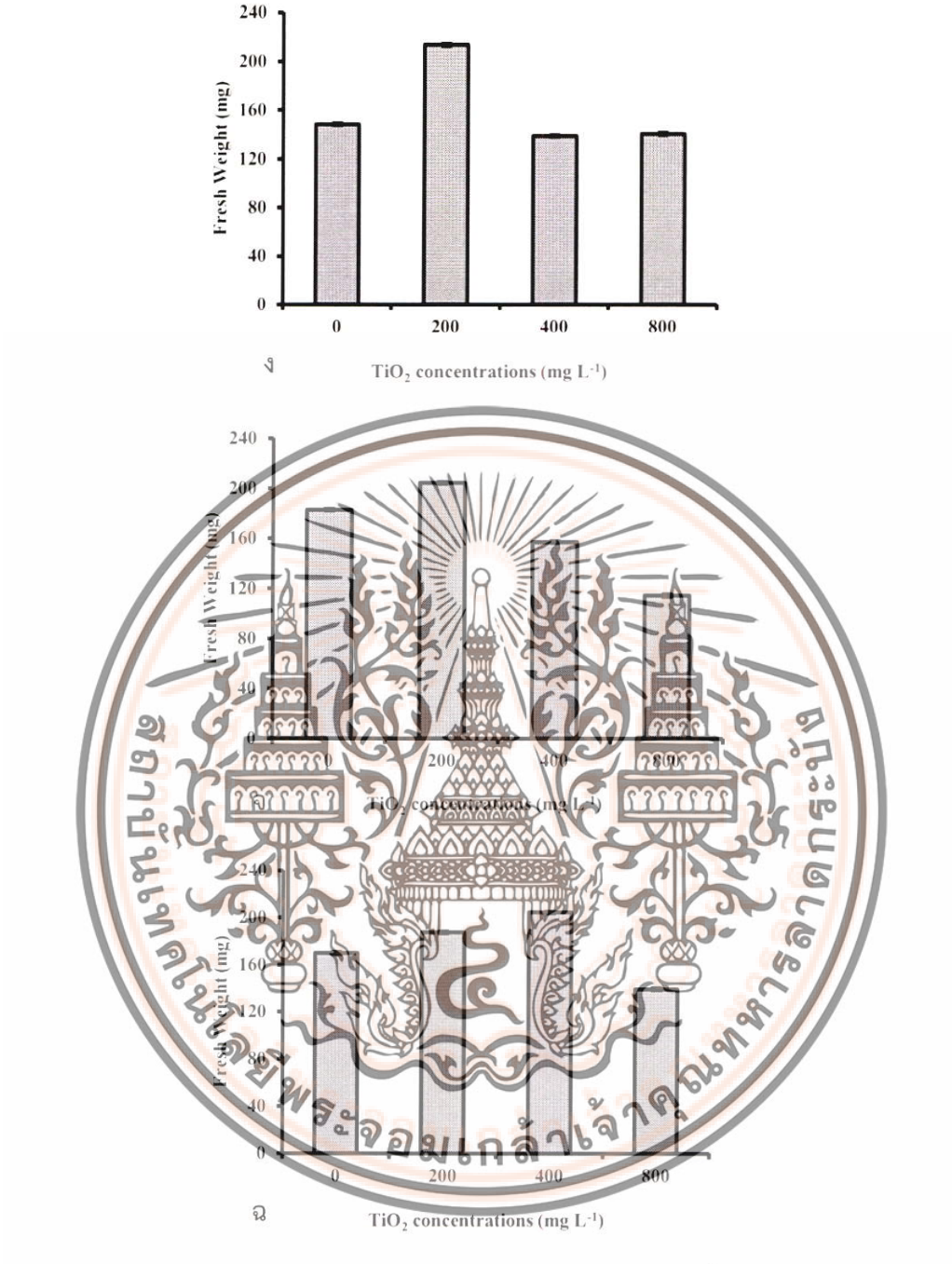
ภาพที่ 4.10 (ต่อ) ขนาดเซลล์แคลลัส (size) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสที่มีการเติมวัสดุนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2 nanoparticles) ในการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสในข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0, 200, 400 และ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This materials is only for educational use, not to be used for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



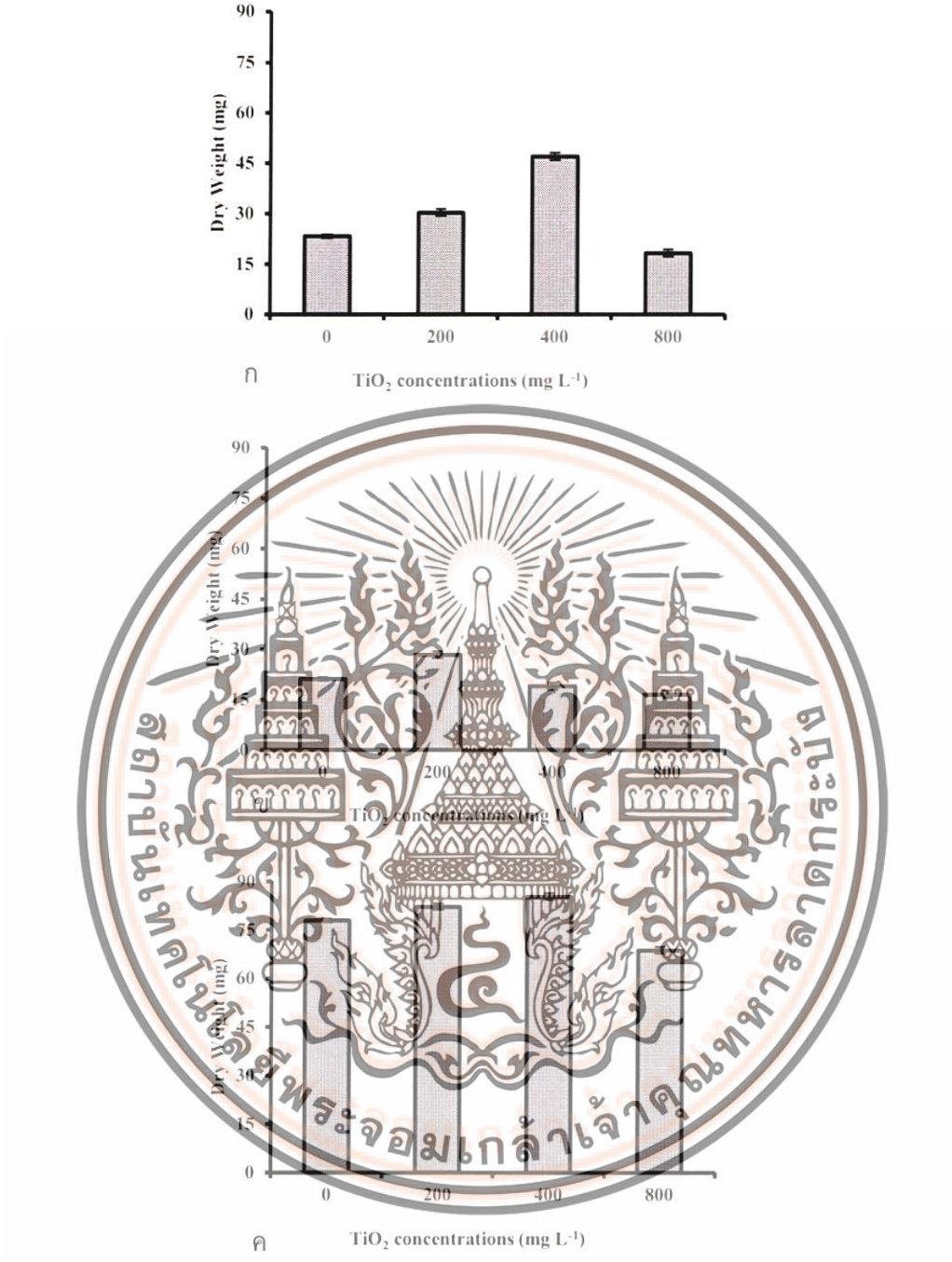
ภาพที่ 4.11 น้ำหนักสดของแคลลัส (fresh weight) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสที่มีการเติมวัสดุนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2 nanoparticles) ในการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสในข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0, 200, 400 และ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This materials is only for educational use, not to be used for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



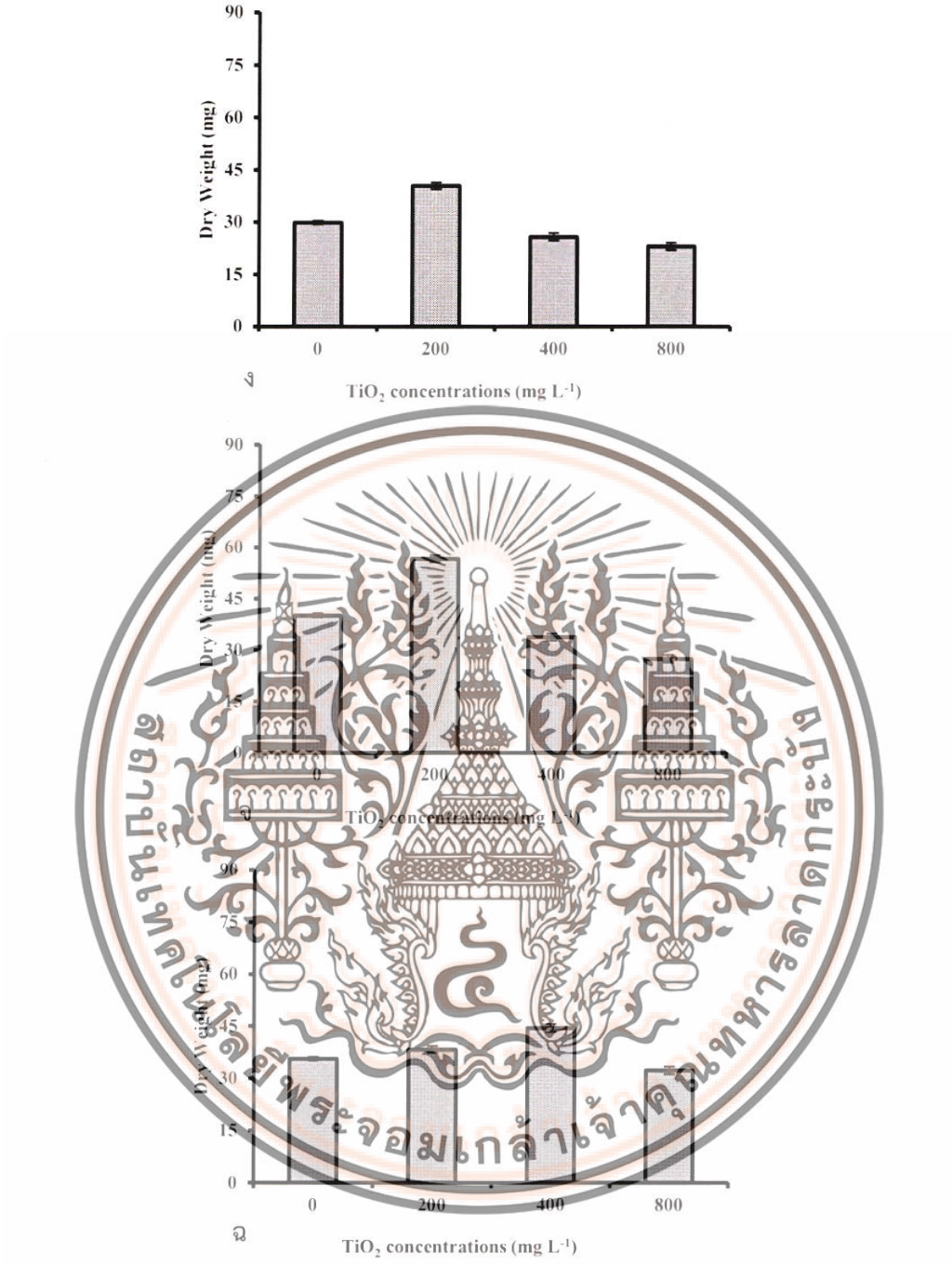
ภาพที่ 4.11 (ต่อ) น้ำหนักสดของแคลลัส (fresh weight) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสที่มีการเติมวัสดุนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2 nanoparticles) ในการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสในข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0, 200, 400 และ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted. Educational use only. Modification and commercial use are prohibited.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ภาพที่ 4.12 น้ำหนักแห้งของแคลลัส (dry weight) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสที่มีการเติมวัสดุนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2 nanoparticles) ในการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสในข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0, 200, 400 และ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted and is for educational use only. Commercial use is prohibited. Modification is prohibited.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



ภาพที่ 4.12 (ต่อ) น้ำหนักแห้งของแคลลัส (dry weight) ของข้าวไทยสายพันธุ์สายพันธุ์กล่ำ GS No. 88083 (ก), กล่ำ GS No. 88138 (ข), กล่ำขอนแก่น (ค), ไรซ์เบอร์รี่ (ง), กล่ำ GS No. 05563 (จ) และกล่ำ GS No. 15110 (ฉ) เมื่อทำการเพาะเลี้ยงในอาหารชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสที่มีการเติมวัสดุนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2 nanoparticles) ในการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสในข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0, 200, 400 และ 800 มิลลิกรัมต่อลิตร และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสง (Light) 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted. Educational use only. Not to be used for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

งานวิจัยนี้ยังไม่สมบูรณ์ เนื่องจากทางผู้วิจัยได้วางแผนการทดลองในการศึกษาการสะสมและการผลิตสารทุติยภูมิในข้าวสายพันธุ์ไทยต่างๆ ในช่วงปีที่ 2 ของการทำการวิจัย เป็นลักษณะโครงการวิจัยแบบต่อเนื่อง 2 ปี แต่เกิดอุปสรรคในปีที่ 2 (งบประมาณ 2562) โครงการวิจัยนี้ไม่ได้รับการจัดสรรงบประมาณ ทางผู้วิจัยจึงรายงานผลการวิจัยได้อย่างจำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted and is for educational use only. Commercial use is forbidden. Modification of the content is forbidden, and you must acknowledge the source of this material when you refer to any part of it.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองที่ได้นั้น แสดงให้เห็นว่าแคลลัสของข้าวสีสายพันธุ์ต่างๆ มีการตอบสนองต่อการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน เมื่อทำการทดสอบในสภาวะที่มีวัสดุนาโนซิงค์ออกไซด์ และไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นที่แตกต่างกัน โดยผลการทดลองที่ได้นั้นเมื่อมีการเติมวัสดุนาโนทั้ง 2 ชนิด ลงไปในอาหารสูตรชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัส และทำการเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีแสงจะพบว่าเปอร์เซ็นต์การชักนำให้เกิดแคลลัสนั้น (% callus induction) ไม่มีความแตกต่างกัน ในขณะที่การเจริญเติบโตของเซลล์แคลลัสเมื่อศึกษาจากขนาด น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งจะพบว่าแคลลัสที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตรชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสที่มีการเติมวัสดุนาโนซิงค์ออกไซด์จะมีการเจริญเติบโตที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับแคลลัสที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตรชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสที่ไม่มีการเติมวัสดุนาโน แต่พบว่าการเจริญเติบโตของเซลล์แคลลัสเมื่อศึกษาจากน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งมีการเพิ่มขึ้นในแคลลัสที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตรชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสที่มีการเติมวัสดุนาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ความเข้มข้นที่เหมาะสม

ผลการทดลองแสดงถึงความแตกต่างกันในการประยุกต์ใช้นาโนในการชักนำให้เกิดเซลล์แคลลัสในข้าวสีสายพันธุ์ต่างๆ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับข้าวสายพันธุ์อื่น หรือพืชสายพันธุ์อื่นต่อไปได้ รวมถึงการศึกษาถึงการใช้วัสดุนาโนที่มีต่อการสะสมและการผลิตสารทุติยภูมิที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจต่อไปในอนาคตได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยนี้ยังไม่สมบูรณ์ ยังขาดผลการทดลองที่เกี่ยวข้องกับการผลิตสารทุติยภูมิในเซลล์แคลลัสภายใต้สภาวะที่ได้รับวัสดุนาโนเป็นตัวกระตุ้น เนื่องจากไม่ได้รับการจัดสรรงบประมาณในการทำงานวิจัยต่อ จึงควรที่จะทำการศึกษาเกี่ยวกับการผลิตสารทุติยภูมิหรือสารสำคัญภายในเซลล์แคลลัสของข้าวต่อไป เพื่อให้ผลการทดลองที่ได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างหลากหลายยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted and is for educational use only. Commercial use is prohibited. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 6
สรุปผลผลิตงานวิจัย

ผลการทดลองจากโครงการวิจัยนี้ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารต่างๆ ดังนี้

- Samart, S. and Chutipaijit, S. 2018. Modifications of morphological and physiological characteristics of pigmented-rice seedlings by application of titanium dioxide nanoparticles. AIP Conference Proceedings. 2010: 020003-1- 020003-8.

- Chutipaijit, S. and Sutjaritvorakul, T. 2018. ZnO and TiO_2 nanoparticles stimulate callus induction and secondary metabolite production in *indica* rice. Suranaree Journal of Science and Technology (Article in Press).

และผลการทดลองที่เหลืออีกบางส่วนจะตีพิมพ์ในวารสารวิชาการที่อยู่ในฐานข้อมูล Scopus หรือ ISI ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted and is for educational use only. Commercial use, adaptation, or modification is forbidden. Proper attribution is required.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เอกสารอ้างอิง

Adams, J., Wright, M., Wagner, H., Valiente, J., Britt, D. and Anderson, A. 2017. Cu from dissolution of CuO nanoparticles signals changes in root morphology. Plant Physiol. Biochem., 110: 108-117.

Adhikari, T., Kundu, S., Biswas, A., Tarafdar, J. and Subba Rao, A. 2015. Characterization of zinc oxide nano particles and their effect on growth of maize (*Zea mays* L.) plant. J. Plant Nutr., 38: 1505-1515.

Almutairi, Z.M. 2016. Effect of nano-silicon application on the expression of salt tolerance genes in germinating tomato (*Solanum lycopersicum* L.) seedlings under salt stress. Plant Omics J., 9: 106-114.

Alothman, M., Bhat, R. and Karim, A.A. 2009. Antioxidant capacity and phenolic content of selected tropical fruits from Malaysia, extracted with different solvents. Food Chem., 115: 785-788.

Bota, C. and Deliu, C. 2011. The effect of copper sulphate on the production of flavonoids in *Digitalis lanata* cell cultures. Farmacia., 59: 113-118.

Chen, F., Liu, C.J., Tschaplinski, T.J. and Zhang, K. 2009. Genomics of secondary metabolism in Populus: interactions with biotic and abiotic environments. Crit. Rev. Plant Sci., 28: 375-392.

Dey, M., Bakshi, S., Gahtia, G., Sahoo, L. and Panda, S. K. 2012. Development of a genotype independent and transformation amenable regeneration system from shoot apex in rice (*Oryza sativa* spp. indica) using TDZ. Biotechnology, 2: 233-240.

Dranca, F. and Oroian, M. 2016. Optimization of ultrasound-assisted extraction of total monomeric anthocyanin (TMA) and total phenolic content (TPC) from eggplant (*Solanum melongena* L.) peel. Ultra. Sonochem., 31: 637-646.

Feichtmeier, N.S., Walther, P. and Leopold, K. 2015. Uptake, effects, and regeneration of barley plants exposed to gold nanoparticles. Environ. Sci. Pollut. Res., 22: 8549-8558.

Fernandez-Panchon, M.S., Villano, D., Troncoso, A.M. and Garcia-Parrilla, M.C. 2008. Antioxidant activity of phenolic compounds: from *in vitro* results to *in vivo* evidence. Crit. Rev. Food Sci. Nutr., 48: 649-671.

Finocchiaro, F., Ferrari, B., Gianinetti, A., Dall'Asta, C., Galaverna, G., Scazzina, F. and Pellegrini, N. 2007. Characterization of antioxidant compounds of red and white rice and changes in total antioxidant capacity during processing. Mol. Nutr. Food Res., 51, 1006-1019.

Frazier, T.P., Burklew, C.E. and Zhang, B. 2014. Titanium dioxide nanoparticles affect the growth and microRNA expression of tobacco (*Nicotiana tabacum*). Funct. Integr. Genomics, 14: 75-83.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational purposes only. Commercial use is prohibited in any case. Modification of the content is prohibited and must cite the original source.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Fujita, M., Fujita, Y., Noutoshi, Y., Takahashi, F., Narusaka, Y., Yamaguchi-Shinozaki, K. and Shinozaki, K. 2006. Crosstalk between abiotic and biotic stress responses: a current view from the points of convergence in the stress signaling networks. Curr. Opin. Plant Biol. 9: 436-442.

Gawlik-Dziki, U., Jeżyna, M., Świeca, M., Dziki, D., Baraniak, B. and Czyż, J., 2012. Effect of bioaccessibility of phenolic compounds on *in vitro* anticancer activity of broccoli sprouts. Food Res. Int. 49: 469-476.

Gonzalez-Melendi, P., Fernandez-Pacheco, R., Coronado, M.J., Corredor, E., Testillano, P.S., Risueno, M.C., Marquina, C., Ibarra, M.R., Rubiales, D. and Perez-de-luqe, A. 2008. Nanoparticles as smart treatment-delivery systems in plants: Assessment of different techniques of microscopy for their visualization in plant tissues. Ann. Bot., 101: 187-195.

Grass, S., Zidorn, C., Blattner, F.R. and Stuppner, H. 2006. Comparative molecular and phytochemical investigation of *Leontodon autumnalis* (Asteraceae, Lactuceae) populations from Central Europe. Phytochem., 67: 122-131.

Hossain, Z., Mustafa, G., Sakata, K., and Komatsu, S. 2016. Insights into the proteomic response of soybean towards Al2O3, ZnO, and Ag nanoparticles stress. J. Hazar. Mat., 304: 291-305.

Huang, Z.A., Zhao, D., Fan, H.b., Wang, N., Zheng, S.S. and Ling, H.Q. 2012. The up-regulation of ntan2 expression at low temperature is required for anthocyanin accumulation in juvenile leaves of lc-transgenic tobacco (*Nicotiana tabacum* L.). J. Genet. Genomics, 39: 149-156.

Iannone, M.F., Groppa, M.D., de Sousa, M.E. and van Raap, M.B.F. and Benavides, M.P. 2016. Impact of magnetite iron oxide nanoparticles on wheat (*Triticum aestivum* L.) development: evaluation of oxidative damage. Environ. Exp. Bot., 131: 77-88.

Jenkins, G.I. 2009. Signal transduction in responses to UV-B radiation. Ann. Rev. Plant Biol., 60: 407-413.

Joyia, F.A., Khan, M.S., 2013. Scutellum-derived callus-based efficient and reproducible regeneration system for elite varieties of *indica* rice in Pakistan. Int. J. Agric. Biol., 15: 27-33.

Karthikeyan, A., Pandian, S.T.K., Ramesh, M., 2009. High frequency plant regeneration from embryogenic callus of a popular indica rice (*Oryza sativa* L.). Phys. Mol. Biol. Plants, 15: 371-375.

Kasote, D.M., Katyare, S.S., Hegde, M.V. and Bae, H. 2015. Significance of antioxidant potential of plants and its relevance to therapeutic applications. Int. J. Biol. Sci., 11: 982-991.

Konate, S., Kone, M., Kouakou, H.T., Kouadio, J.Y. and Zouzou, M. 2013. Callus induction and proliferation from cotyledon explants in Bambara Groundnut. Afr. Crop Sci. J. 21:255-263.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is protected by Thai Intellectual Property Law. Commercial use is prohibited. Modification of content is not allowed. Citation is required for every use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Koo, Y., Lukianova-Hleb, E.Y., Pan, J., Thompson, S.M., Lapotko, D.O. and Braam, J. 2016. In planta response of Arabidopsis to photothermal impact mediated by gold nanoparticles. Small, 12: 623-630.

Kumari, S. and Pandey, R.K. 2010. *In vitro* germination and callus induction from seeds of *Carthamus tinctorius* L.. Int. Quart. J. Life Sci., 5: 247-250.

Lavoir, A.V., Staudt, M., Schnitzler, J.P., Landais, D., Massol, F., Rocheteau, A., Rodriguez, R., Zimmer, A. and Rambal, S., 2009. Drought reduced monoterpene emissions from *Quercus ilex* trees: results from a throughfall displacement experiment within a forest ecosystem. Biogeosciences, 6: 863-893.

Lee-Sae, N., Kerdchoechuen, O. and Laohakunjit, N. 2011. Effect of ammonium nitrate on cell growth and production of phenolic compounds in cell suspension cultures of *Vitis vinifera*. Agri. Sci. J., 42: 249-252.

Li, L., Qu, R., De Kochko, A., Fauquet, C. and Beachy, R.N. 1993. An improved rice transformation method using the biolistic method. Plant Cell Rep., 12: 250-255.

Lin, J.K. and Weng, M.S. 2006. Flavonoids as nutraceuticals. In: Grotewold, E. (Ed.), The Science of Flavonoids. Springer, New York (USA), pp. 213-238.

Mahmoodzadeh, H., Nabavi, M. and Kashefi, H. 2013. Effect of nanoscale titanium dioxide particles on the germination and growth of canola (*Brassica napus*). J. Ornamental Hortic. Plants, 3: 25-32.

Michalak, A. 2006. Phenolic compounds and their antioxidant activity in plants growing under heavy metal stress. Polish J. Environ. Stud., 15: 523-530.

Min, B., McClung, A.M. and Chen, M.H. 2011. Phytochemicals and antioxidant capacities in rice brans of different color. J. Food Sci., 76: C117-126.

Mini, M.L. and Sankaranarayanan, R. 2013. Standardization of callus induction in *Saraca indica* Auct. Non Linn. J. Chem. Pharm. Res., 5: 250-252.

Nair, R., Varghese, H.S., Nair, B.G., Maekawa, T., Yoshida, Y. and Kumar, D.S. 2010. Nanoparticulate material delivery to plants. Plant Sci., 179: 154-163.

Osman, N.I., Sidik, N.J. and Awal, A. 2016. Effects of variation in culture media and hormonal treatments upon callus induction potential in endosperm explants of *Barringtonia racemosa* L. Asian Pac. J. Tro. Biomed., 6: 143-147.

Patel, H. and Krishnamurthy, R. 2013. Elicitors in plant tissue culture. J. Pharma. Phytochem., 2: 60-65.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted and is for educational use only. Commercial use is forbidden. Modification of any content is forbidden. Citation is required.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Pariona, N., Martínez, A.I., Hernandez-Flores, H. and Clark-Tapia, R. 2017. Effect of magnetite nanoparticles on the germination and early growth of *Quercus macdougallii*. Sci. Total Environ., 575 :869-875.

Pavarini, D.P., Pavarini, S.P., Niehues, M. and Lopes, N.P. 2012. Exogenous influences on plant secondary metabolite levels. Ani. Feed Sci. Technol., 176: 5-16.

Pedro, A.C., Granato, D. and Rosso, N.D. 2016. Extraction of anthocyanins and polyphenols from black rice (*Oryza sativa* L.) by modeling and assessing their reversibility and stability. Food Chem., 191: 12-20.

Perreault, F., Popovic, R. and Dewez, D. 2014. Different toxicity mechanisms between bare and polymer-coated copper oxide nanoparticles in *Lemna gibba*. Environ. Pollut., 185: 219-227.

Raei, M., Abdolhamid Angaji, S., Omidi, M. and Khodayari, M. 2014. Effect of abiotic elicitors on tissue culture of *Aloe vera*. Inter. J. Biosci., 5: 74-81.

Ramachandra, C.T. and Srinivasa Rao, P. 2008. Processing of Aloe vera leaf gel. review. Am. J. Agri. Biol. Sci., 3: 502-510.

Renuka Devi, R. and Arumughan, C. 2007. Phytochemical characterization of defatted rice bran and optimization of a process for their extraction and enrichment. Bioresour. Technol., 98: 3037-3043.

Rico, C.M., Majumdar, S., Duarte-Gardea, M., Peralta-Videa, J. and Gardea-Torresdey, J. 2011. Interaction of nanoparticles with edible plants and their possible implications in the food chain. J. Agric. Food Chem., 59: 3485-3498.

Riedel, H., Akumo, D.N., Thaw, Saw, N.M.M., Kütük, O., Neubauer, P. and Smetanska, I. 2012. Elicitation and precursor feeding influence phenolic acids composition in *Vitis vinifera* suspension culture. Afri. J. Biotechnol., 11: 3006-3008.

Rondanelli, M., Perna, S., Monteferrario, F. and Opizzi, A. 2011. Update on the therapeutic qualities of the rice bran in the treatment of dyslipidemia and chemo-prevention. Recenti. Prog. Med., 102: 310-313.

Sabaghnia, N., Janmohammadi, M., 2014. Effect of nanosilicon particles application on salinity tolerance in early growth of some lentil genotypes. Ann. UMCS Biol., 69: 39-55.

Shetty, K. 2004. Role of proline-linked pentose phosphate pathway in biosynthesis of plant phenolics for functional food and environmental applications: a review. Process Biochem. 39: 789-804.

Stampoulis, D., Sinha, S.K. and White, J.C. 2009. Assay-dependent phytotoxicity of nanoparticles to plants. Environ. Sci. Technol., 43: 9473-9479.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted and is for educational use only. Commercial use, adaptation, or modification is forbidden. Acknowledgement is required in all uses.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Świeca, M. 2015. Elicitation with abiotic stresses improves pro-health constituents, antioxidant potential and nutritional quality of lentil sprouts Saudi J. Biol. Sci., 22: 409-416.

Syu, Y.Y., Hung, J.H., Chen, J.C. and Chuang, H.W., 2014. Impact of size and shape of silver nanoparticles on Arabidopsis plant growth and gene expression. Plant Physiol. Biochem., 83: 57-64.

Torabian, S., Zahedi, M. and Khoshgoftar, A.H., 2016. Effects of foliar spray of two kinds of zinc oxide on the growth and ion concentration of suflower cultivars under salt stress. J. Plant Nutr., 39: 172-180.

Wani, S.H., Sanghera, G.S. and Gosal, S.S. 2011. An efficient and reproducible method for regeneration of whole plants from mature seeds of a high yielding indica rice (*Oryza sativa* L.) variety PAU 201. New Biotechnol., 28: 418-423.

Xia, M., Ling, W.H., Ma, J., Kitts, D.D. and Zawistowski, J. 2003. Supplementation of diets with the black rice pigment fraction attenuates atherosclerotic plaque formation in apolipoprotein E deficient mice. J. Nutr., 133: 744-751.

Zhao, D.X., Fu, C.X., Han, Y.S. and Lu, D.P. 2003. Effects of elicitation on jaceosidin and hispidulin production in cell suspension cultures of *Saussurea medusa*. Process Biochem., 40: 739-745.

Zhao, J. 2007. Nutraceuticals, nutritional therapy, mycronutrients and phytotherapy for improvement of human health: a perspective on plant biotechnology application. Recent Pat. Biotechnol. 1: 75-97.

Zhao, J.L., Zhou, L.G. and Wu, J.Y. 2010. Effects of biotic and abiotic elicitors on cell growth and tanshinone accumulation in *Salvia miltiorrhiza* cell cultures. App. Microbiol. Biotechnol., 87: 137-144.

Zhao, W., Zheng, S. and Ling, H.Q. 2011. An efficient regeneration system and *Agrobacterium*-mediated transformation of Chinese upland rice cultivar Handao297. Plant Cell Tiss. Org., 106: 475-483.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only. It may not be altered for commercial use.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted and is for educational use only. Commercial use, modification, or reproduction is not permitted.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บันทึกรายการรับ-จ่ายเงิน โครงการวิจัย สัญญาเลขที่ _A118-0361-055_____ ตั้งแต่วันที่ _1 ตุลาคม 2560_ ถึงวันที่ _30 กันยายน 2561_

แหล่งทุน งบประมาณแผ่นดิน
ชื่อโครงการ : การประยุกต์ใช้วัสดุนาโนในการชักนำให้เกิดแคลลัสและการผลิตสารทุติยภูมิในข้าวสายพันธุ์ไทย
ชื่อหัวหน้าโครงการ: สุชี ชุติไพจิตร

ว/ด/ป	รายการ	เลขที่อ้างอิง	รายการรับ - จ่าย			รายรับ	รายจ่าย						รวม
			รับ	จ่าย	คงเหลือ	ดอกเบี้ยรับ	งบบุคลากร	งบดำเนินงาน				งบลงทุน	รายจ่าย
							ค่าจ้างชั่วคราว	ค่าตอบแทน	ค่าใช้สอย	ค่าวัสดุ	[illegible]	ค่าครุภัณฑ์	
	งบประมาณที่ได้รับการอนุมัติ (ตามแผน)		280,400.00	[redacted]			[redacted]						-
	จำนวนเงินที่ได้รับ (งวดที่ 1 - 85%)		238,340.00			10.58							
	จำนวนเงินที่ได้รับ (งวดที่ 2 - 15%)		42,060.00			402.57							
	จำนวนเงินที่ได้รับ (งวดที่ 3)												
	หัก ค่าใช้จ่าย (ครั้งที่ 1)		[redacted]	20,000.00			20,000.00	-	-	-	-	-	20,000.00
	ค่าใช้จ่าย (ครั้งที่ 2)			80,000.00			30,000.00	-	-	50,000.00	-	-	80,000.00
	ค่าใช้จ่าย (ครั้งที่ 3)			56,282.66			30,000.00	-	10,000.00	16,282.66	-	-	56,282.66
	ค่าใช้จ่าย (ครั้งที่ 4)			124,206.74			30,000.00	-	-	94,206.74	-	-	124,206.74
	งบประมาณคงเหลือ		280,400.00		86.40	413.15							
	รายละเอียดค่าใช้จ่าย												
ครั้งที่ 1													
30 พ.ย. 60	ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัย	ใบสำคัญรับเงิน					10,000.00						10,000.00
29 ธ.ค. 60	ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัย	ใบสำคัญรับเงิน					10,000.00						10,000.00
													-
	รวมครั้งที่ 1						20,000.00	-	-	-	-	-	20,000.00
ครั้งที่ 2													

บันทึกรายการรับ-จ่ายเงิน โครงการวิจัย สัญญาเลขที่ _A118-0361-055_____ ตั้งแต่วันที่ _1 ตุลาคม 2560_ ถึงวันที่ _30 กันยายน 2561_

แหล่งทุน งบประมาณแผ่นดิน
ชื่อโครงการ : การประยุกต์ใช้วัสดุนาโนในการชักนำให้เกิดแคลลัสและการผลิตสารทุติยภูมิในข้าวสายพันธุ์ไทย
ชื่อหัวหน้าโครงการ: สุชี ชุติไพจิตร

ว/ด/ป	รายการ	เลขที่อ้างอิง	รายการรับ - จ่าย			รายรับ	รายจ่าย						รวม
			รับ	จ่าย	คงเหลือ	ดอกเบี้ยรับ	งบบุคลากร	งบดำเนินงาน				งบลงทุน	รายจ่าย
31 ม.ค. 61	ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัย	ใบสำคัญรับเงิน					10,000.00						10,000.00
28 ก.พ. 61	ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัย	ใบสำคัญรับเงิน					10,000.00						10,000.00
30 มี.ค. 61	ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัย	ใบสำคัญรับเงิน					10,000.00						10,000.00
15 ม.ค. 61	อุปกรณ์ Nitri / Laboratory Bottle / W	BL 61/007								25,000.00			25,000.00
	Spatula Stainless / Paraffin M /	dioxide											-
	กระดาษกรอง												-
14 ก.พ. 61	Methanol / Potassium nitrate / Eth	BL 61/024								25,000.00			25,000.00
	Meta-Phosphate acid / Boric acid												-
													-
	รวมครั้งที่ 2						30,000.00	-	-	50,000.00	-	-	80,000.00
ครั้งที่ 3													
30 เม.ย. 61	ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัย	ใบสำคัญรับเงิน					10,000.00						10,000.00
31 พ.ค. 61	ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัย	ใบสำคัญรับเงิน					10,000.00						10,000.00
29 มิ.ย. 61	ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัย	ใบสำคัญรับเงิน					10,000.00						10,000.00
4 เม.ย. 61	Beaker / Crucible capacity / Lid fo	IV-61030441								5,188.47			5,188.47
10 เม.ย. 61	ค่าจ้างเหมาบริการ	ใบสำคัญรับเงิน							10,000.00				10,000.00
30 พ.ค. 61	di Sodium hydrogen phophate /	IV-61060744								11,094.19			11,094.19
	Sodium dihydrogen orthophophate /												

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted. It is for educational purposes only and must not be used for commercial purposes.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บันทึกรายการรับ-จ่ายเงิน โครงการวิจัย สัญญาเลขที่ ..A118-0361-055..... ตั้งแต่วันที่ ...1 ตุลาคม 2560... ถึงวันที่ ..30 กันยายน 2561...

แหล่งทุน: งบประมาณแผ่นดิน
ชื่อโครงการ : การประยุกต์ใช้วัสดุนาโนในการชักนำให้เกิดแคลลัสและการผลิตสารทุติยภูมิในข้าวสายพันธุ์ไทย
ชื่อหัวหน้าโครงการ: สุธี ชุติไพจิตร

ว/ด/ป	รายการ	เลขที่อ้างอิง	รายการรับ - จ่าย			รายรับ	รายจ่าย						ยอดรวม
			รับ	จ่าย	คงเหลือ	ดอกเบี้ยรับ	งบบุคลากร	งบดำเนินงาน				งบลงทุน	รายจ่าย
	Bradford reagent / Ethanol /Guaiacol /												
	แทงแก้วคนสาร												
	รวมครั้งที่ 3						30,000.00	-	10,000.00	16,282.66	-	-	56,282.66
ครั้งที่ 4													
31 ก.ค. 61	ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัย	ใบสำคัญรับเงิน					10,000.00						10,000.00
31 ส.ค. 61	ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัย	ใบสำคัญรับเงิน					10,000.00						10,000.00
14 ก.ย. 61	ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัย	ใบสำคัญรับเงิน					10,000.00						10,000.00
6 ก.ค. 61	Glutamine / Proline / 2,4-D / Folic	REC-1813								25,000.55			25,000.55
9 ก.ค. 61	Sodium cabonate / Gallic acid /	REC-1814								25,016.60			25,016.60
	Hydrochloric acid / Acetone /												
	Potassium iodide / Glycine / Inositol /												
	Nicotinic acid / Potassium nitrate /												
	Boric acid / Thiamine												
24 ก.ค. 61	Methanol / Acetonitrile	IV1807333								16,108.21			16,108.21
2 ส.ค. 61	Coenzyme Q10	IV1808062								11,811.30			11,811.30
7 ส.ค. 61	Acetonitrile / Potassium iodide /	1808107								9,856.84			9,856.84
	Litium sulfate												
23 ส.ค. 61	Conical tube / Microcentrifuge tube	IV1808134								6,413.24			6,413.24

บันทึกรายการรับ-จ่ายเงิน โครงการวิจัย สัญญาเลขที่ ..A118-0361-055..... ตั้งแต่วันที่ ...1 ตุลาคม 2560... ถึงวันที่ ..30 กันยายน 2561...

แหล่งทุน: งบประมาณแผ่นดิน
ชื่อโครงการ : การประยุกต์ใช้วัสดุนาโนในการชักนำให้เกิดแคลลัสและการผลิตสารทุติยภูมิในข้าวสายพันธุ์ไทย
ชื่อหัวหน้าโครงการ: สุธี ชุติไพจิตร

ว/ด/ป	รายการ	เลขที่อ้างอิง	รายการรับ - จ่าย			รายรับ	รายจ่าย						ยอดรวม
			รับ	จ่าย	คงเหลือ	ดอกเบี้ยรับ	งบบุคลากร	งบดำเนินงาน				งบลงทุน	รายจ่าย
	Test tube												
	รวมครั้งที่ 4						30,000.00	-	-	94,206.74	-	-	124,206.74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted for educational use only and commercial use is forbidden. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล นายสุธี ชุติไพจิตร

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
ปร.ด.	เทคโนโลยีชีวภาพ	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2552
ส.บ.	อาชีวอนามัยและความปลอดภัย	มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช	2554
วท.บ.	เทคโนโลยีชีวภาพ	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2548

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) Extraction and analysis plant metabolites, Plant tissue culture, Phytochemistry, Nanobiotechnology

ทุนการศึกษาและทุนวิจัยที่เคยได้รับ

ปี พ.ศ.	ทุนการศึกษาและทุนวิจัย	สถาบันที่ให้
2549	ทุนการศึกษา โครงการทุนสถาบันบัณฑิตวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทย (TGIST)	สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)
2554-2555	ทุนวิจัย รูปแบบการสะสมเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระและการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในการตอบสนองต่อสภาวะเกลือและความแห้งแล้งในข้าวสายพันธุ์ไทย	กองทุนวิจัยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2556	การศึกษาผลกระทบของการเติมสารอินทรีย์และโลหะอนุภาคนาโนต่อการชักนำให้เกิดต้นใหม่ในข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 เพื่อประสิทธิภาพในการถ่ายโอนยีน	งบประมาณแผ่นดิน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only. Commercial use, alteration, and acknowledgment are prohibited.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2557	การศึกษาการใช้แหล่งคาร์บอนชนิดนาโนในการเพิ่มประสิทธิภาพการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสำหรับข้าวสายพันธุ์ไทย (*Oryza sativa* L.)	งบประมาณแผ่นดิน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2558-2559	การเปรียบเทียบการสะสมสารฟีนอลิก สารเฟลโวนอยด์ และอนุพันธ์ของสารกลุ่มเฟลโวนอยด์ ในข้าวสายพันธุ์ไทยที่หลากหลาย (*Oryza sativa* L. spp. *indica*)	งบประมาณแผ่นดิน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2560	อิทธิพลของซิงค์ออกไซด์และไทเทเนียนไดออกไซด์อนุภาคนาโนต่อข้าวสายพันธุ์ไทยในสภาวะหลอดทดลอง	งบประมาณแผ่นดิน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ที่ตีพิมพ์เผยแพร่ (ระดับชาติและนานาชาติ)

Sompornpailin, K., and Chutipaijit, S. 2005. Effect of abiotic stresses on adaptive response in cereal. Journal Science-Ladkrabang, 14(2): 64-71.

Sompornpailin, K., Chutipaijit, S. and Cha-um, S. 2007. Effects of salt and mannitol on physiological alteration and flavonoids production in Thai rice (*Oryza sativa* L. spp. *indica*). Journal Science-Ladkrabang, 16(2): 41-55.

Chutipaijit, S., Cha-um, S. and Sompornpailin, K. 2008. Alteration of proline and anthocyanin levels affects salinity tolerance in *indica* rice seedlings. KMITL Science Journal, 8(2): 6-11.

Chutipaijit, S., Cha-um, S. and Sompornpailin, K. 2008. Influence of drought stress on proline and anthocyanin accumulations in *indica* rice cultivars. KMITL Science Journal, 8(2): 78-85.

Sompornpailin, K., Chutipaijit, S. and Cha-um, S. 2008. Influence of salinity and drought stresses on physiological characteristic and proline synthesis of Thai rice cultivars (*Oryza sativa* L. spp. *indica*). Journal Science-Ladkrabang, 17(2): 64-79.

Chutipaijit, S., Cha-um, S. and Sompornpailin, K. 2008. Modulation of proline and anthocyanin levels improves salt tolerant in *indica* rice seedlings. Journal of Biotechnology, 136s: s152.

Chutipaijit, S., Cha-um, S. and Sompornpailin, K. 2009. Differential accumulations of proline and flavonoids in *indica* rice varieties against salinity. Pakistan Journal of Botany, 41(5): 2497-2506.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is copyrighted and is for educational use only. Commercial use, adaptation, or modification is forbidden. Acknowledgement of the author is required in all uses.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Chutipaijit, S., Cha-um, S. and Sompornpailin, K. 2009. Proline accumulation and physiological responses of *indica* rice genotypes differ in tolerance to salt and drought stresses. The Philippine Agricultural Scientist, 93(2): 165-169.

Chutipaijit, S. and Sompornpailin, K. 2011. Polyamines in plant response to various abiotic stress. Srinakharinwirot Science Journal, 27(1): 215-229.

Sompornpailin, K., and Chutipaijit, S. 2011. Relation of the flavonoid contents to antioxidant activity in Thai rice seeds. Journal of Srinakharinwirot University, 3: 95-101.

Chutipaijit, S., Cha-um, S. and Sompornpailin, K. 2011. High contents of proline and anthocyanin increase protective response to salinity in *Oryza sativa* L. spp. *indica*. Australian Journal of Crop Science, 5(10): 1191-1198.

Chutipaijit, S. and Sompornpailin, K. 2011. The biotechnology applications in the chemical industry. King Mongkut's Agro-Industry Journal, 30(1): 29-42.

Chutipaijit, S., Cha-um, S. and Sompornpailin, K. 2012. An evaluation of water deficit tolerance screening in pigmented *indica* rice genotypes. Pakistan Journal of Botany, 44(1): 65-72.

Chutipaijit, S. and Sompornpailin, K. 2012. Enhancement of plant regeneration efficiency from mature grains of Thai *Indica* rice (*Oryza sativa* L. cv. KDML 105). Pakistan Journal of Botany 44(4):1385-1390.

Orachaipunlap, K., Suwannasai, N., Chutipaijit, S., Whalley, A.J.S. and Sihanonth, P. 2015. Antioxidant properties derived from stromata of *Xylaria* species collected from tropical forest. Research Journal of Biotechnology, 10(3): 1-7.

Samart, S., Phakamas, N. and Chutipaijit, S. 2015. Influence of nano-zinc oxide on physiological and productivity change of *indica* rice. Pathumwan Academic Journal, 5(13): 23-29.

Chutipaijit, S. 2015. Establishment of condition and nanoparticle factors influencing plant regeneration from aromatic rice (*Oryza sativa*). International Journal of Agriculture and Biology 17: 1049-1054.

Chutipaijit, S. 2016. Evaluation of morphological and physiological response in Khao Dawk Mali 105 rice (*Oryza sativa* L. cv. KDML 105) induced by zinc oxide nanoparticles. Pathumwan Academic Journal. 6(15): 15-23.

Chutipaijit, S. and Sutjaritvorakul, T. 2016. Application of nanomaterials in plant regeneration of rice (*Oryza sativa* L.). Materials Today: Proceedings, 4: 6140-6145.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is reserved for educational use only. It may not be used for commercial use in any form whatsoever without prior permission from the author.
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Sutjaritvorakul, T., Chutipaijit, S. and Sihanonth, P. 2016. Solubilization and bioprecipitation of zinc oxide nanoparticles by fungi isolated from zinc sulfide mineral ores. Materials Today: Proceedings, 4: 6562-6566.

Samart, S., Phakamas, N. and Chutipaijit, S. 2016. Evaluating the effect of zinc oxide nanoparticles on the physiological responses of nine non-photoperiod sensitive rice cultivars. Materials Today: Proceedings, 4: 6430-6435.

Samart, S., Phakamas, N. and Chutipaijit, S. 2017. Assessment of antioxidant enzymes in response to exogenous titanium dioxide (TiO_2) nanoparticles in Chainat 1 rice cultivar. Materials Today: Proceedings (Article in Press).

Chutipaijit, S., Whalley, A.J.S. and Sutjaritvorakul, T. 2017. *In vitro* plant growth promotion by ZnO nanomaterials in *indica* rice seedlings (*Oryza sativa* L.). Today: Proceedings (Article in Press).

การเสนอผลงานวิชาการ

Chutipaijit, S., Intawong, B. and Sompornpailin, K. 2006. Factors of callus and combination of plant growth regulators effect on the plant regeneration from scutellum of *indica* rice (*Oryza sativa* L. cv. KDML 105). KMITL International Conference on Science and Applied Science. Swissotel Le Concorde, Bangkok, Thailand.

Chutipaijit, S., Sompornpailin, K. and Cha-um, S. 2006. An effective procedure of flavonoid antioxidant accumulation in *indica* rice (*Oryza sativa* L. ssp. *indica*) varieties using sodium chloride elicitor. The 8th Annual Meeting BIOTEC Research Unit, 1-3 June, Bangkok, Thailand.

Chutipaijit, S., Sompornpailin, K. and Cha-um, S. 2007. Physiological response and flavonoid accumulation of Thai rice varieties (*Oryza sativa* L. spp. *indica*) to salinity and drought stresses. The Annual Conference NSTDA. 28-30 March, Bangkok, Thailand.

Chutipaijit, S., Cha-um, S. and Sompornpailin, K. 2007. The impact of flavonoid compounds on salinity and drought tolerances in *indica* rice varieties (*Oryza sativa* L. spp. *indica*). Asia Pacific Conference on Plant Tissue Culture and Agribiotechnology (APaCPA). 17 – 21 June, Kuala Lumpur, Malaysia.

Sompornpailin, K., Chutipaijit, S., Sukomon, N. and Cha-um, S. 2007. Differential expression profile of protective metabolites in various varieties of Thai rice impact on abiotic stress tolerances. The 6th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted for educational use only and commercial use is forbidden. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Asian Crop Science Association Conference and the 2nd International Conference on Rice for the Future. 5-9 November, Queen Sirikit National Convention Center, Bangkok, Thailand.

Chutipaijit, S., Cha-um, S. and Sompornpailin, K. 2007. Accumulation of flavonoid in abiotic stressed young seedlings of *indica* rice (*Oryza sativa* L. ssp. *indica*). International Conference on Engineering, Applied Sciences, and Technology. 21-23 November, Swissotel Le Concorde, Bangkok, Thailand. (Oral)

Chutipaijit, S., Cha-um, S. and Sompornpailin, K. 2008. Osmoprotentant and antioxidant accumulation of *indica* rice (*Oryza sativa* L. cv. *indica*) elevated salt stress tolerance. The 2nd International Conference on Science and Technology for Sustainable Development of the Greater Mekong Sub-region, 2-3 October, Hanoi Agricultural University, Hanoi, Vietnam.

Chutipaijit, S., Cha-um, S. and Sompornpailin, K. 2008. Alteration of proline and anthocyanin levels affects salinity tolerance in *indica* rice seedlings. The 34th Congress on Science and Technology of Thailand, Queen Sirikit National Convention Center, 31 October-2 November, Bangkok, Thailand.

Chutipaijit, S., Cha-um, S. and Sompornpailin, K. 2008. Impact of proline accumulation on physiological response in *indica* rice genotypes (*Oryza sativa* L.) exposed to salt and drought stresses. BioAsia 2008, International Conference on Life Sciences 2008, Queen Sirikit National Convention Center, 25-27 November, Bangkok, Thailand.

Chutipaijit, S., Cha-um, S. and Sompornpailin, K. 2010. Differential responses of flavonoids to abiotic stress in rice seedling cultivars. Pure and Applied Chemistry International Conference 2010, Sunee Grand Hotel and Convention Center, 21-23 January, Ubonratchathani, Thailand.

Darachai, P., Chutipaijit, S. and Sompornpailin, K. 2010. Carbon sources and supporting materials in callus induction effects on regeneration of *indica* rice (*Oryza sativa* L. cv. RD6 and RD15). The 8th International Symposium on Biocontrol and Biotechnology, Ambassador City Jomtien Hotel, 4-6 October, Pataya, Thailand

Sompornpailin, K. and Chutipaijit, S. 2011. Relation of the flavonoid contents to antioxidant activity in Thai rice seeds, Miracle Grand Hotel, 5-7 January, Bangkok, Thailand.

Darachai, P., Chutipaijit, S. and Sompornpailin, K. 2012. Effect of carbon sourcese and gelling agents on callus induction and regeneration efficiency of Thai rice (*Oryza sativa* L. cv. RD6). 1st

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is copyrighted and is for educational use only. Commercial use, adaptation, or modification is
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

International Symposium on Technology for Sustainable, KMITL, 26-29 January, Bangkok, Thailand.

Chutipaijit, S. and Sompornpailin, K. 2012. Influence of salinity on growth and antioxidant enzyme activities in *indica* rice cultivars (*Oryza sativa* L.). 1st International Symposium on Technology for Sustainable, KMITL, 26-29 January, Bangkok, Thailand.

Chutipaijit, S. 2012. Antioxidant activities in indica rice (*Oryza sativa* L.) seedlings during salinity treatment. The 38th Congress on Science and Technology of Thailand, Empress Convention Centre, 17-19 October, Chiang Mai, Thailand.

Chutipaijit, S. 2014. Phenolic attractive substances improve *in vitro* plant regeneration of Thai rice cultivar. The 40th Congress on Science and Technology of Thailand, Hotel Pullman Khon Kaen Raja Orchid, 2-4 December, Khon Kaen, Thailand.

Samart, S., Phakamas, N. and Chutipaijit, S. 2014. Evaluating the effect of zinc oxide nanoparticles on the physiological responses of Thai rice (*Oryza sativa* L.). The 3rd Joint Conference on Renewable Energy and Nanotechnology, Mahidol University, Kanchanaburi Campus, 23-24 December, Kanchanaburi, Thailand.

Nakaphan, K., Nantanapirom, R., Chutipaijit, S. and Tuzdua, A. 2014. Porous carbon xerogel beads by simple method. The 3rd Joint Conference on Renewable Energy and Nanotechnology, Mahidol University, Kanchanaburi Campus, 23-24 December, Kanchanaburi, Thailand.

Samart, S., Phakamas, N. and Chutipaijit, S. 2015. Effect of nanoparticles on the relationship between crop growth rate and yield of Chainat 1 rice (*Oryza sativa* L.). 2nd International Symposium on Agricultural Technology, A-One Star Hotel, 1-3 July, Pattaya, Thailand.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
This material is restricted for educational use only. It may not be altered for any purpose. Forbidden to modify the content, and cite the document when use.