รหัสโครงการ SUT-104-58-12-04

รายงานการวิจัย

การตอบสนองทางสรีรวิทยาเมื่อถูกน้ำท่วมขณะงอกของเมล็ดข้าวสายพันธุ์ไทย

Physiological response to flooding during germination of Thai rice varieties

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

รหัสโครงการ SUT-104-58-12-04

รายงานการวิจัย

การตอบสนองทางสรีรวิทยาเมื่อถูกน้ำท่วมขณะงอกของเมล็ดข้าวสายพันธุ์ไทย

Physiological response to flooding during germination of Thai rice varieties

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดวงกมล แม้นศิริ

ผู้ร่วมวิจัย

รองศาสตราจารย์ ดร. หนูเดือน เมืองแสน

สาขาวิชาชีววิทยา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2558

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

กันยายน 2561

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ศูนย์วิจัยข้าวนครราชสีมา จ.นครราชสีมา ในการเอื้อเฟื้อตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ข้าวสำหรับการทำวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณนางสาวสุดารัตน์ เฮงบุญมี นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีในฐานะผู้ช่วยวิจัยที่ช่วยทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี สำหรับการให้ทุนสนับสนุนการวิจัยนี้

คณะผู้วิจัย

กันยายน 2561

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อ

ปัจจุบันเกษตรกรนิยมการทำนาแบบนาหว่านมากขึ้น เพื่อลดต้นทุนและแรงงาน ข้าว 6 สายพันธุ์ที่มียีนที่เกี่ยวข้องกับความทนท่วมแตกต่างกันถูกเลือกมาใช้ในการศึกษาการงอกภายใต้สภาวะน้ำท่วม ยีน *Sub1A-1* เป็นอัลลีลที่ทำให้ข้าวทนท่วมในระยะกล้า แต่ยังไม่มีความชัดเจนเรื่องผลของยีนนี้ในระยะงอก ข้าวที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ ได้แก่ กลุ่มที่มี *Sub1A-1* คือหอมชลสิทธิ์ กลุ่มที่มี *Sub1A-2* ประกอบด้วย ขาวหลุดนี้ ไรซ์เบอรี่ และเพชรบุรี 1 และกลุ่มที่ไม่มียีน *Sub1A* ได้แก่ ขาวดอกมะลิ 105 และ กข6 การวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นการศึกษากลไกการตอบสนองทางสรีรวิทยาของเมล็ดขณะงอกของข้าวภายใต้สภาวะความเครียดเมื่อถูกน้ำท่วม เมล็ดที่ใช้ในการปลูกแบ่งออก 2 แบบ คือ กระตุ้นการงอกของเมล็ดก่อนปลูก และเมล็ดที่ไม่มีการกระตุ้นการงอกก่อน ทำการปลูกข้าวภายใต้น้ำลึก 50 เซนติเมตร จากนั้นทำการวัดความยาวของลำต้น ปริมาณ แป้งและน้ำตาล ปริมาณเอนไซม์อะไมเลส และเอนไซม์ลิพิดเพอร็อกซิเดส จากผลการทดลองพบว่าข้าวทุกสายพันธุ์สามารถเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป การเจริญเติบโตของข้าวจากเมล็ดที่ถูกกระตุ้นสูงกว่าข้าวที่งอกจากเมล็ดแห้งในช่วงเวลา 7 วันที่สังเกตผล โดยแบบแช่เมล็ดเกือบทุกสายพันธุ์มีค่าเฉลี่ยความยาวของรากและลำต้นสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะขาวหลุดหนี้ที่มีค่าเฉลี่ยความยาวรากและลำต้นสูงสุดทั้งแบบแช่เมล็ดและเมล็ดแห้ง ทั้งนี้พบว่าขาวหลุดหนี้เพียงสายพันธุ์เดียวที่มีค่าเฉลี่ย lipid peroxidase สูงกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม สำหรับปริมาณคาร์โบไฮเดรต และปริมาณเอนไซม์อะไมเลสนั้นมีเพียงหอมชลสิทธิ์เท่านั้นที่มีค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณแป้งที่ลดต่ำลง และปริมาณเอนไซม์อะไมเลสที่เพิ่มสูงขึ้นในสายพันธุ์ดังกล่าว เนื่องจากหอมชลสิทธิ์เป็นหนึ่งในข้าวสายพันธุ์ทนท่วม ดังนั้นการตอบสนองด้านกลไกทางชีววิทยาดังกล่าวอาจเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการปรับตัวและมีชีวิตรอดขณะเมล็ดงอกในสภาพน้ำท่วมขัง และเพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับความรอดชีวิตของข้าวต่อไป ควรติดตามข้าวเป็นเวลานานขึ้น

คำสำคัญ: การงอกของเมล็ด, *Sub1A-1*, ลักษณะทนท่วม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Abstract

Direct seeding has gained more popularity due to less cost and labor required. Six rice varieties with different genotype of gene involved in flood tolerance were selected for the study of germination under flooded condition. *Sub1A-1* has been reported to be closely linked to flood tolerance phenotype in seedlings but there is no clear report about its effect on germination. Rice varieties selected for the study include Homcholasid having *Sub1A-1*, Khowludhnee, Riceberry and Phetburi1 contained in a group of rice with *Sub1A-2* and KDML105 and RD6 as rice without *Sub1A* gene. The research focused on the response of seeds under stress resulted from flooding. Seeds used were prepared by 2 methods: Activated seeds were soaked to activate before used in germination study and dry seeds were directly seeded and exposed to stress. Water depth was kept at 50 centimeter. Root length, shoot length, starch content, sugar content, amylase level and lipid peroxidase level were monitored. The results showed that all rice varieties could germinate and grow with time. Rice plants from activated seeds grew better than the plants from dry seeds in the 7 days-period of observation. Under flood, rice from activated seeds showed longer roots and stems, especially Khowludhnee which showed the highest root and shoot lengths in both activated and dry seed experiments. It was also the only variety that had lipid peroxidase level increased under flood as compared to the control. Homcholasid was the only variety that had increased sugar content corresponding to the lower starch content and the higher amylase level. Homcholasid, the flood tolerant variety may use this response as a way to cope and survive in seeds germinating under flooded condition. In order to gain more data and understanding interms of rice survival, the observation period could be prolonged.

Key words: Seed germination, Sub1A-1, Submergance tolerance

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูปภาพ	ฉ
สารบัญตาราง	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม	3
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	10
3.1 พันธุ์ข้าวที่ใช้ในการศึกษาและการปลูก	10
3.2 การวัดค่าการเจริญเติบโต	10
3.3 การวัดกิจกรรมของเอนไซม์ Lipid peroxidase	11
3.4 การวัดปริมาณเอนไซม์อะไมเลส	12
3.5 การวัดปริมาณคาร์โบไฮเดรต	13
3.5.1 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง	13
3.5.2 การวิเคราะห์น้ำตาล	13
3.5.3 การวิเคราะห์แป้ง	15
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	16

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิจัย 17
4.1 การเจริญเติบโตของข้าว 17
4.1.1 ผลของน้ำท่วมที่มีต่อความยาวราก 17
4.1.2 ผลของน้ำท่วมที่มีต่อความยาวลำต้น 25
4.1.3 ผลของน้ำท่วมที่มีต่อปริมาณเอนไซม์ lipid peroxidase 33
4.1.4 ผลของน้ำท่วมที่มีต่อปริมาณเอนไซม์อะไมเลส 41
4.1.5 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด 49
4.1.6 ปริมาณคาร์โบไฮเดรต 57
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย 65
เอกสารอ้างอิง 66
ประวัติคณะผู้วิจัย 69

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของเมล็ดข้าว..... 4
รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของต้นข้าวระยะงอก..... 4
รูปที่ 2.3 ลักษณะลำต้นข้าว..... 5
รูปที่ 2.4 การงอกของเมล็ดข้าวในสภาวะมีออกซิเจนและสภาวะไร้ออกซิเจน..... 6
รูปที่ 2.5 เมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตของข้าวในสภาพออกซิเจนต่ำ..... 8
รูปที่ 3.1 การวัดความยาวส่วนลำต้นและรากข้าว..... 11
รูปที่ 3.2 กราฟมาตรฐานเพื่อใช้เปรียบเทียบหาความเข้มข้นของเอนไซม์อะไมเลส..... 13
รูปที่ 3.3 กราฟมาตรฐานเพื่อใช้เปรียบเทียบหาความเข้มข้นของปริมาณน้ำตาล..... 15
รูปที่ 3.4 กราฟมาตรฐานเพื่อใช้เปรียบเทียบหาความเข้มข้นของปริมาณแป้ง..... 16
รูปที่ 4.1 ความยาวรากของข้าวสายพันธุ์หอมชลสิทธิ์..... 17
รูปที่ 4.2 ความยาวรากของข้าวสายพันธุ์ขาวหลุดหนี้..... 18
รูปที่ 4.3 ความยาวรากของข้าวสายพันธุ์ไรซ์เบอรี่..... 19
รูปที่ 4.4 ความยาวรากของข้าวสายพันธุ์เพชรบุรี 1..... 20
รูปที่ 4.5 ความยาวรากของข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ105..... 21
รูปที่ 4.6 ความยาวรากของข้าวสายพันธุ์ กข6..... 22
รูปที่ 4.7 ความยาวเฉลี่ยลำต้นของข้าวสายพันธุ์หอมชลสิทธิ์ 25
รูปที่ 4.8 ความยาวเฉลี่ยลำต้นของข้าวสายพันธุ์ขาวหลุดหนี้..... 26
รูปที่ 4.9 ความยาวเฉลี่ยลำต้นของข้าวสายพันธุ์ไรซ์เบอรี่..... 27
รูปที่ 4.10 ความยาวเฉลี่ยลำต้นของข้าวสายพันธุ์เพชรบุรี1..... 28
รูปที่ 4.11 ความยาวเฉลี่ยลำต้นของข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105..... 29
รูปที่ 4.12 ความยาวเฉลี่ยลำต้นของข้าวสายพันธุ์ กข6..... 30
รูปที่ 4.13 ค่าเฉลี่ยปริมาณเอนไซม์ lipid peroxidase ของข้าวสายพันธุ์หอมชลสิทธิ์ 33
รูปที่ 4.14 ค่าเฉลี่ยปริมาณเอนไซม์ lipid peroxidase ของข้าวสายพันธุ์ขาวหลุดหนี้..... 34
รูปที่4.15 ค่าเฉลี่ยปริมาณเอนไซม์ lipid peroxidase ของข้าวสายพันธุ์ไรซ์เบอรี่..... 35
รูปที่ 4.16 ค่าเฉลี่ยปริมาณเอนไซม์ lipid peroxidase ของข้าวสายพันธุ์เพชรบุรี1..... 36
รูปที่ 4.17 ค่าเฉลี่ยปริมาณเอนไซม์ lipid peroxidase ของข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 37
รูปที่ 4.18 ค่าเฉลี่ยปริมาณเอนไซม์ lipid peroxidase ของข้าวสายพันธุ์ขาว กข6..... 38
รูปที่ 4.19 ค่าเฉลี่ยปริมาณเอนไซม์อะไมเลสของข้าวสายพันธุ์หอมชลสิทธิ์..... 41
รูปที่ 4.20 ค่าเฉลี่ยปริมาณเอนไซม์อะไมเลสของข้าวสายพันธุ์ขาวหลุดหนี้..... 42

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.21 ค่าเฉลี่ยปริมาณเอนไซม์อะไมเลสของข้าวสายพันธุ์ไรซ์เบอรี่..... 43
รูปที่ 4.22 ค่าเฉลี่ยปริมาณเอนไซม์อะไมเลสของข้าวสายพันธุ์เพชรบุรี1..... 44
รูปที่ 4.23 ค่าเฉลี่ยปริมาณเอนไซม์อะไมเลสของข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105..... 45
รูปที่ 4.24 ค่าเฉลี่ยปริมาณเอนไซม์อะไมเลสของข้าวสายพันธุ์กข 6..... 46
รูปที่ 4.25 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลของข้าวสายพันธุ์หอมชลสิทธิ์..... 49
รูปที่ 4.26 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลของข้าวสายพันธุ์ขาวหลุดหนี้..... 50
รูปที่ 4.27 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลของข้าวสายพันธุ์ไรซ์เบอรี่..... 51
รูปที่ 4.28 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลของข้าวสายพันธุ์เพชรบุรี1..... 52
รูปที่ 4.29 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลของข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105..... 53
รูปที่ 4.30 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลของข้าวสายพันธุ์กข 6..... 54
รูปที่ 4.31 ค่าเฉลี่ยปริมาณแป้งของข้าวสายพันธุ์หอมชลสิทธิ์..... 57
รูปที่ 4.32 ค่าเฉลี่ยปริมาณแป้งของข้าวสายพันธุ์ขาวหลุดหนี้..... 58
รูปที่ 4.33 ค่าเฉลี่ยปริมาณแป้งของข้าวสายพันธุ์ไรซ์เบอรี่..... 59
รูปที่ 4.34 ค่าเฉลี่ยปริมาณแป้งของข้าวสายพันธุ์เพชรบุรี1..... 60
รูปที่ 4.35 ค่าเฉลี่ยปริมาณแป้งของข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105..... 61
รูปที่ 4.36 ค่าเฉลี่ยปริมาณแป้งของข้าวสายพันธุ์กข 6..... 62

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลทั่วไปของข้าว..... 3
ตารางที่ 3.1 การเตรียมสารละลายมอลโตสสำหรับกราฟมาตรฐานของเอนโซม์อะไมเลส..... 12
ตารางที่ 3.2 การเตรียมสารละลายกลูโคสสำหรับกราฟมาตรฐานของปริมาณน้ำตาล..... 14
ตารางที่ 3.3 การเตรียมสารละลายกลูโคสสำหรับกราฟมาตรฐานของปริมาณแป้ง..... 16
ตารางที่ 4.1 แสดงผลสรุปค่าเฉลี่ยความยาวรากของข้าวจากเมล็ดแช่..... 23
ตารางที่ 4.2 แสดงผลสรุปค่าเฉลี่ยความยาวรากของข้าวจากเมล็ดแห้ง..... 24
ตารางที่ 4.3 แสดงผลสรุปค่าเฉลี่ยความยาวลำต้นของข้าวจากเมล็ดแช่..... 31
ตารางที่ 4.4 แสดงผลสรุปค่าเฉลี่ยความยาวลำต้นของข้าวจากเมล็ดแห้ง..... 32
ตารางที่ 4.5 แสดงผลสรุปค่าเฉลี่ยปริมาณเอนไซม์ lipid peroxidase ของข้าวจากเมล็ดแช่..... 39
ตารางที่ 4.6 แสดงผลสรุปค่าเฉลี่ยปริมาณเอนไซม์ lipid peroxidase ของข้าวจากเมล็ดแห้ง..... 40
ตารางที่ 4.7 แสดงผลสรุปค่าเฉลี่ยปริมาณเอนไซม์อะไมเลสของข้าวจากเมล็ดแช่..... 47
ตารางที่ 4.8 แสดงผลสรุปค่าเฉลี่ยปริมาณเอนไซม์อะไมเลสของข้าวจากเมล็ดแห้ง..... 48
ตารางที่ 4.9 แสดงผลสรุปค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของข้าวจากเมล็ดแช่..... 55
ตารางที่ 4.10 แสดงผลสรุปค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของข้าวจากเมล็ดแห้ง..... 56
ตารางที่ 4.11 แสดงผลสรุปค่าเฉลี่ยปริมาณแป้งของข้าวจากเมล็ดแช่..... 63
ตารางที่ 4.12 แสดงผลสรุปค่าเฉลี่ยปริมาณแป้งของข้าวจากเมล็ดแห้ง..... 64

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ข้าว (*Oryza sativa* L.) เป็นพืชอาหารหลักของคนไทย และเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย การปลูกข้าวอาจแบ่งได้เป็น 2 วิธีหลัก ได้แก่ การปลูกจากเมล็ดโดยตรง และการเพาะเมล็ดให้ได้ต้นกล้าแล้วจึงย้ายกล้าไปปลูกในนา ในปัจจุบัน เกษตรกรได้หันมานิยมการปลูกข้าวจากเมล็ดโดยตรงมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การทำนาหว่าน เนื่องจากช่วยลดต้นทุนทางแรงงานลงได้มากเมื่อเทียบกับการย้ายกล้ามาดำ อย่างไรก็ดี ในการทำนาหว่านยังคงประสบปัญหาประสิทธิภาพของการงอกและการเจริญของต้นข้าว ปัญหาส่วนหนึ่งมาจากความไม่แน่นอนของปริมาณน้ำฝน และงานวิจัยนี้ได้ให้ความสนใจกับปัญหาการงอกเมื่อเมล็ดข้าวจมน้ำ เนื่องด้วยความเข้าใจเกี่ยวกับความสามารถในการงอกภายใต้ความเครียดของข้าวเมื่อถูกน้ำท่วมของข้าวสายพันธุ์ไทยจะเป็นข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการวางแผนพัฒนาสายพันธุ์ต่อไป และจะส่งผลให้การทำนาหว่านประสบความสำเร็จมากยิ่งขึ้น โดยงานวิจัยนี้ได้ศึกษาความสามารถในการงอกของข้าวสายพันธุ์ไทยเมื่อถูกน้ำท่วม และศึกษาการตอบสนองทางด้านสรีรวิทยาของเมล็ดข้าวเมื่อถูกน้ำท่วมเพื่อเตรียมความรู้เกี่ยวกับแหล่งพันธุกรรมข้าวทนน้ำท่วม ทั้งยังสามารถนำองค์ความรู้ดังกล่าวไปใช้ในการพัฒนาพันธุ์ข้าวเพื่อให้ได้พันธุ์ที่มีความทนทานต่อน้ำท่วมสายพันธุ์ใหม่ๆ ซึ่งน่าจะมีส่วนในการสร้างความมั่นคงให้กับเกษตรกรผู้ปลูกข้าวและความมั่นคงของเศรษฐกิจในประเทศต่อไป

มีงานวิจัยที่แสดงให้เห็นว่า SUBMERGENCE1A (*Sub1A)* เป็นยีนที่มีบทบาทหลักในการกำหนดลักษณะทนน้ำท่วม ยีนนี้มีสองอัลลีลได้แก่ *Sub1A-1* และ *Sub1A-2* อัลลีล *Sub1A-1* ทำให้เกิดลักษณะทนน้ำท่วมในข้าว transgenic ที่ได้รับยีนนี้ไป (Xu et al., 2006) และข้าว *indica* ที่ไม่มี *Sub1A* ล้วนแต่อ่อนแอต่อน้ำท่วมทั้งสิ้น (Xu et al., 2006) เมื่อน้ำท่วมข้าว *Sub1A* ซึ่งเป็นยีนที่ตอบสนองต่อ ethylene มีการแสดงออกมากขึ้น และกระตุ้นการถอดรหัสเพื่อให้ได้ mRNA และแปลรหัสให้ได้โปรตีน SLENDER RICE1 (SLR1) และ SLR1-like1 (SLRL1) ซึ่งยับยั้ง gibberellic acid (GA) signaling ส่งผลให้เกิดการยับยั้งการใช้พลังงานและหยุดการเจริญเติบโต (Fukao et al., 2006; Fukao and Bailey-Serres, 2008)

คณะผู้วิจัยได้ทำการตรวจหายีน *Sub1A* ในข้าว 36 สายพันธุ์ในงานวิจัยชิ้นก่อน และพบว่าสายพันธุ์ที่ตรวจสอบมีเพียง 8 สายพันธุ์ที่มียีน *Sub1A* โดยมีเพียงหอมชลสิทธิ์สายพันธุ์อ้างอิงที่มีอัลลีล *Sub1A-1* นอกนั้นพบมีอัลลีล *Sub1A-2* งานวิจัยนี้จึงเลือกข้าวจำนวน 6 สายพันธุ์ซึ่งมียีนที่เกี่ยวข้องกับความทนท่วมแตกต่างกันดังนี้ กลุ่มที่มียีน *Sub1A-1* คือ หอมชลสิทธิ์ กลุ่มที่มียีน *Sub1A-2* คือ ขาวหลุดหนี้ ไรซ์เบอรี่ และเพชรบุรี 1 และกลุ่มที่ไม่มียีน *Sub1A* คือ ขาวดอกมะลิ 105 และ กข6 มา

ศึกษาการงอกของเมล็ดและกลไกทางสรีรวิทยาที่ผ่านการกระตุ้น และเมล็ดแห้งที่ไม่ผ่านการกระตุ้นใด ๆ เมื่อต้องงอกภายใต้น้ำท่วม

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความแปรผันของความสามารถในการงอกของเมล็ดเมื่อถูกน้ำท่วมในข้าวสายพันธุ์ไทย
2. เพื่อศึกษากลไกการตอบสนองทางสรีรวิทยาของเมล็ดขณะงอกเมื่อถูกน้ำท่วม

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

ทำการตรวจลักษณะความสามารถในการงอกของเมล็ดเมื่อถูกน้ำท่วมในข้าวสายพันธุ์ต่างๆ เลือกข้าวจำนวน 6 สายพันธุ์ซึ่งมียีนที่เกี่ยวข้องกับความทนท่วมแตกต่างกันดังนี้ กลุ่มที่มียีน *Sub1A-1* คือ หอมชลสิทธิ์ กลุ่มที่มียีน *Sub1A-2* คือ ขาวหลุดหนี้ ไรซ์เบอรี่ และเพชรบุรี 1 และกลุ่มที่ไม่มียีน *Sub1A* คือ ขาวดอกมะลิ 105 และ กข6

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ด้านวิชาการ

ได้ข้อมูลสำคัญเกี่ยวกับแหล่งพันธุกรรมข้าวในประเด็นของพันธุกรรมที่ทำให้ข้าวทนน้ำท่วมและลักษณะทนน้ำท่วมได้ของข้าวเหล่านั้น ทำให้ได้ความรู้ในทรัพยากรธรรมชาติของชาติได้ดีมากขึ้นเพื่อเตรียมความพร้อมรับการเปลี่ยนแปลงทางสิ่งแวดล้อม และได้เผยแพร่ผลงานวิจัยในวารสารวิชาการ

1.4.2 ด้านการพัฒนาทรัพยากรบุคคล

งานวิจัยนี้จะเป็นส่วนหนึ่งในวิทยานิพนธ์ของนักศึกษาระดับปริญญาเอก

1.4.3 หน่วยงานที่ใช้ประโยชน์จากผลการวิจัย

หน่วยงานทำวิจัยที่สนใจเกี่ยวกับการตอบสนองของข้าวภายใต้สภาวะเครียด เช่น กลุ่มวิจัยในมหาวิทยาลัย และศูนย์วิจัยต่างๆ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงพันธุ์ข้าว เช่น สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

ข้าวจัดอยู่ในพืชล้มลุกวงศ์หญ้า (Garmineae หรือ Poaceae) สกุล *Oryza* เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวที่สามารถเติบโตได้ทั้งในเขตร้อนและเขตอบอุ่น ซึ่งข้าว *O. sativa* สามารถจำแนกได้ 3 สายพันธุ์ ดังแสดงในตารางที่ 1

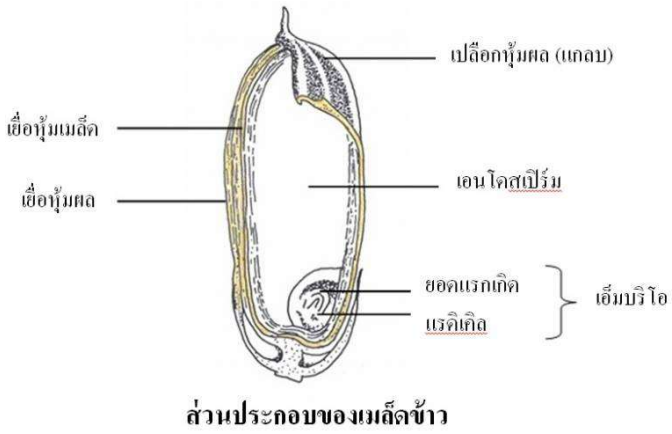
ตารางที่ 2.1 ข้อมูลทั่วไปของข้าว

ลักษณะ	สายพันธุ์		
	indica	Japonica	javanica
แหล่งกำเนิด	อินเดีย	ญี่ปุ่น	อินโดนีเซีย
ความสูงของต้น	ต้นสูง	ต้นแคระ	ต้นสูง
ลักษณะใบ	ใบกว้าง บาง สีเขียวอ่อน	ใบแคบ สีเขียวแก่	ใบกว้าง แข็ง สีเขียวอ่อน
การแตกกอ	แตกกอมาก	แตกกอปานกลาง	แตกกอน้อย
เมล็ด	เมล็ดเรียว ยาว	เมล็ดเล็กและกลม	เมล็ดกว้าง ผิวไม่เรียบ

(พรเทพ ถนนแก้วและคณะ, 2547)

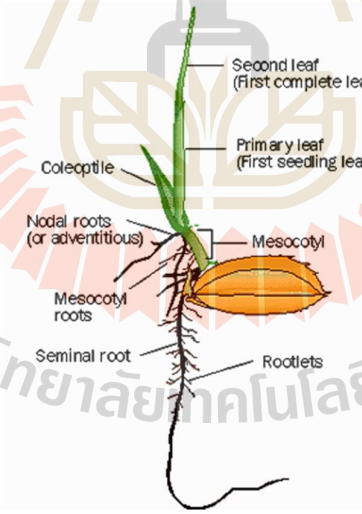
ข้าวเป็นพืชตระกูลหญ้าที่มีการเติบโตได้ในเขตร้อนและเขตอบอุ่น ข้าวสามารถเจริญเติบโตได้ตลอดทั้งปี ในข้าวที่เจริญเติบโตเต็มวัยจะมีส่วนของลำต้นหลักและมีการแตกกอของลำต้นเพิ่มขึ้น การเจริญเติบโตของข้าวสามารถแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะการงอก ระยะการเจริญเติบโตเป็นต้นกล้า และระยะการสืบพันธุ์

เมล็ดข้าว คือ ส่วนที่ใช้สะสมอาหารและเป็นส่วนที่ข้าวใช้ในการเจริญเติบโตเป็นต้นข้าวต่อไป ซึ่งเมล็ดข้าวจะแบ่งออกเป็นส่วนที่เป็นแป้ง เรียกว่า เอ็นโดเสปิร์ม (endosperm) เป็นส่วนที่สะสมอาหารสำหรับการบริโภค และส่วนที่ข้าวใช้ในการเจริญเติบโต เรียกว่า คัพภะ (embryo) ส่วนนี้จะถูกหุ้มไว้ด้วยเปลือกนอกใหญ่สองชั้น ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของเมล็ดข้าว

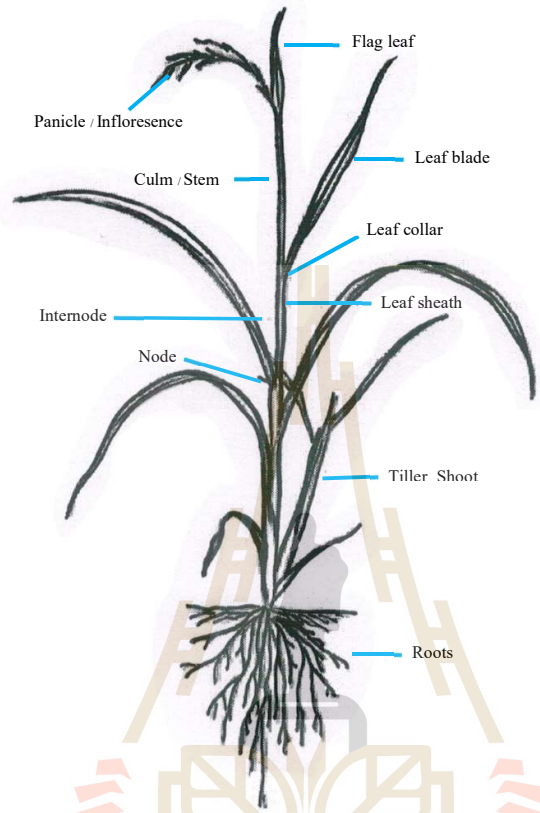
เมล็ดจะเริ่มงอกเมื่อได้รับความชื้นที่เพียงพอ ภายหลังจากผ่านระยะพักตัวของเมล็ด ประมาณ 15-30 วัน โดยจะเริ่มมีรากโผล่ออกมาจากรอยแยกของเมล็ด ภายใตสภาวะที่มีอากาศ seminal root เป็นรากที่โผล่ออกมาเป็น coleorhiza จากจมูกข้าวและตามด้วยส่วนกาบหุ้มยอดอ่อน ในทางตรงกันข้าม หากข้าวอยู่ภายใต้สภาวะที่ไม่มีอากาศ กาบหุ้มยอดจะเป็นส่วนแรกที่โผล่พ้นรอยแตกของเมล็ดออกมาก่อนส่วนอื่นและจะมีการพัฒนารากเมื่อมีการสัมผัสกับอากาศ (Maclean et al., 2002) (รูปที่ 2.2)



รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของต้นข้าวระยะงอก (Maclean et al., 2002)

เมื่อข้าวมีการเจริญเติบโตจนถึงระยะแตกกอ บริเวณลำต้นมีลักษณะเป็นโพรงตรงกลาง แบ่งออกเป็นปล้อง ๆ (internode) มีส่วนตันเรียกว่าแกนข้อ (nodal septum) และส่วนข้อ (node) กั้นระหว่างปล้อง โดยแต่ละข้อเป็นบริเวณที่มีการสร้างใบและตาซึ่งเจริญเป็นหน่อใหม่ได้ ปล้องที่อยู่ติดโคนจะเป็นปล้องที่สั้นและหนาที่สุด

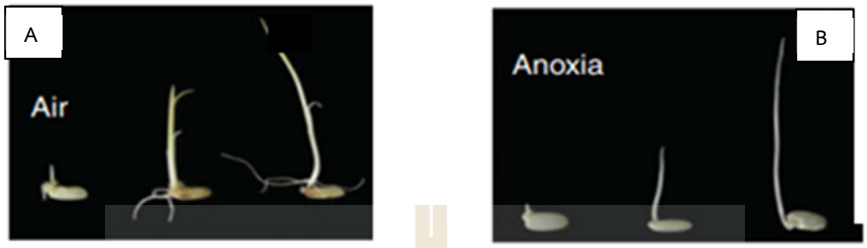
เมื่อถึงระยะเจริญพันธุ์ ข้าวจะมีการสร้างดอกที่มีลักษณะเป็นช่อดอก panicle หรือที่เรียกว่า รวงข้าว ประกอบด้วยฐานรวง (panicle base) แกนกลางช่อดอก (panicle axis) ระแง้ปฐมภูมิ (primary branches) ก้านดอก (panicle) และดอกข้าว (spikelet) (กรมการข้าว, 2554) ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ลักษณะลำต้นข้าว (Polato, 2013)

ประเทศไทยมีพื้นที่การปลูกข้าวประมาณ 64 ล้านไร่ ซึ่งในปัจจุบันมีการแบ่งวิธีการปลูกข้าวอยู่ 4 วิธี คือ การปลูกข้าวนาดำ การปลูกข้าวนาหว่าน การปลูกข้าวนาไร่ และการปลูกข้าวนาขั้นบันได การทำนาโดย การปลูกจากเมล็ดโดยตรง (direct seeding) เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมจากเกษตรกรเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากมีต้นทุนทางแรงงานน้อยกว่าการย้ายกล้ามาปักดำมาก อีกทั้งยังสอดคล้องกับวิถีชีวิตของคนยุคปัจจุบันที่คนรุ่นใหม่มักย้ายเข้าเมืองใหญ่เพื่อหางานทำ ทำให้ครอบครัวเกษตรกรที่ทำนาขาดแคลนแรงงานในการทำนาดำ การปลูกจากเมล็ดโดยตรงนี้อาจทำได้โดยการหยอดเมล็ด หรือหว่านเมล็ด การปลูกข้าวไร่บนเชิงเขาหรือในที่สูงมักใช้การหยอดเมล็ด ในขณะที่การทำนาในที่ลุ่มซึ่งเป็นพื้นที่ปลูกข้าวส่วนใหญ่จะใช้วิธีหว่าน สำหรับการทำนาหว่านนั้น เมล็ดที่หว่านอาจเป็นเมล็ดแห้ง หรือเมล็ดงอก และอาจทำการหว่านในพื้นที่แห้งหรือพื้นที่ชื้นแฉะ หรือแม้กระทั่งหว่านในพื้นที่น้ำขัง ทั้งนี้ขึ้นกับความแน่นอนและความสามารถในการควบคุมปริมาณน้ำในแต่ละพื้นที่ เมล็ดข้าวที่ปลูกแต่ละวิธีต้องประสบปัญหาในการงอกแตกต่างกันไป ความแตกต่างที่ชัดเจนคือปริมาณน้ำและออกซิเจน

(Balasubramanian and Hill, 2000) เมื่อเมล็ดข้าวจมน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่เมล็ดข้าวได้รับจะลดลงโดยอุณหภูมิของน้ำมีผลต่อปริมาณออกซิเจนละลายอย่างมาก เมล็ดข้าวจะอยู่ในสภาวะมีออกซิเจนต่ำ (hypoxia) หรือออกซิเจนในน้ำอาจลดลงจนจัดได้ว่าเมล็ดข้าวอยู่ในสภาวะไร้ออกซิเจน (anoxia) (Lee and Lin, 1995) ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การงอกของเมล็ดข้าว (A: สภาวะมีออกซิเจน, B: สภาวะไร้ออกซิเจน) (Lee and Lin, 1995)

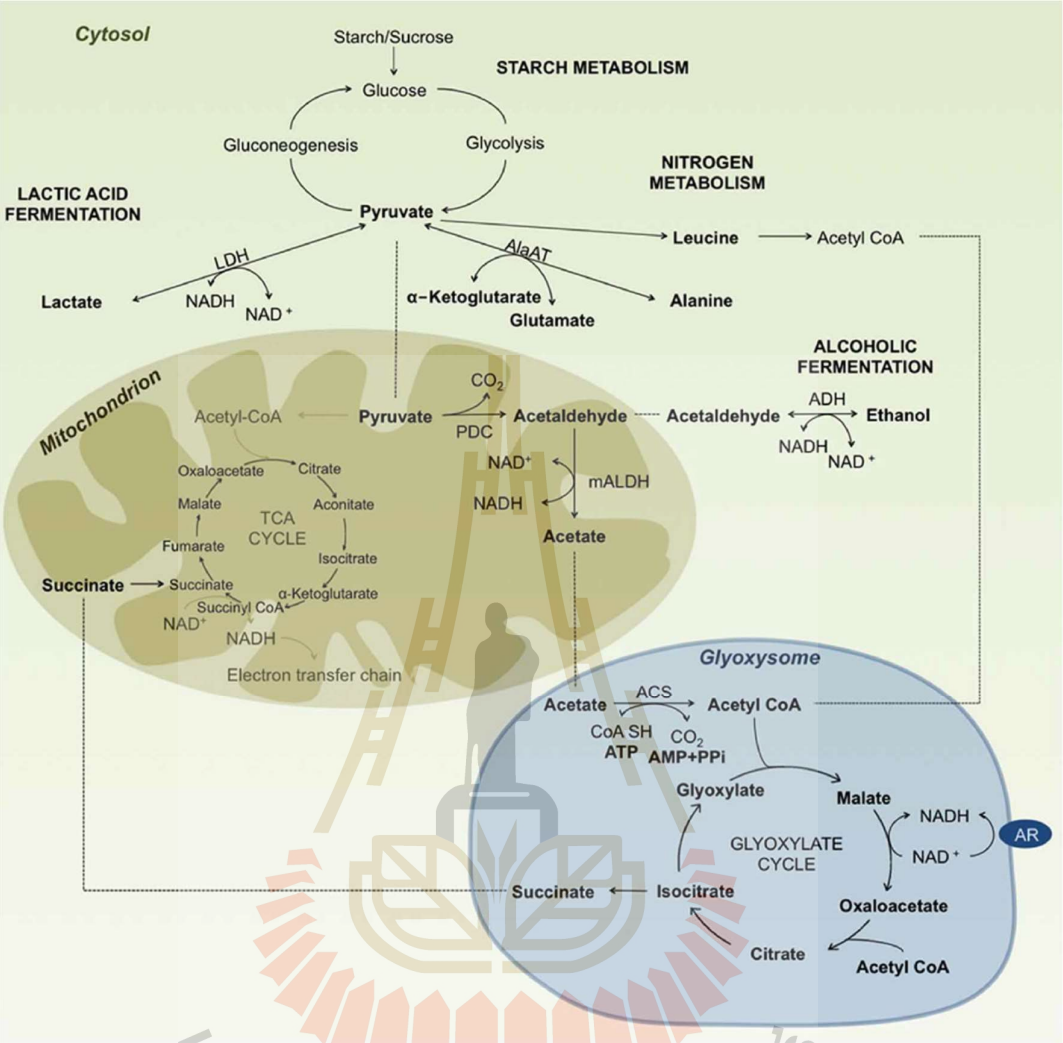
ถึงแม้ข้าวจะจัดเป็นพืชที่มีศักยภาพที่จะงอกได้ในสภาพที่มีออกซิเจนน้อยหรือไม่มีออกซิเจนเลยตามที่ปรากฏในบางรายงาน (Alpi and Beevers, 1983; Tsuji, 1973) ความสามารถนี้ก็มีความแตกต่างกันไปในข้าวแต่ละสายพันธุ์ การศึกษาการงอกของข้าว 35 สายพันธุ์จากประเทศจีนและจาก International Rice Research Institute (IRRI) ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนพบว่า ข้าวแต่ละสายพันธุ์มีความสามารถในการงอกแตกต่างกันจากการประเมินโดยการวัดส่วนยอด (รวม coleoptile) ที่งอกใต้น้ำภายในเวลา 7 และ 10 วัน (Ling, et al., 2004) ในทำนองเดียวกัน จากการตรวจสอบสายพันธุ์ข้าว 256 ตัวอย่าง (accession) จาก international Rice Germplasm Center (IRGC) ร่วมกับ 404 ตัวอย่างจาก International Network for Genetic Evaluation for Rice (INGER) ซึ่งเป็นหน่วยงานของ IRRI พบว่าสายพันธุ์ที่มีความโดดเด่นในความสามารถในการงอกเมื่อจมน้ำได้แก่สายพันธุ์จากภาคตะวันออกเฉียงเหนือของอินเดียและบังคลาเทศ สภาพพื้นที่ในบริเวณดังกล่าวทำให้อธิบายได้ว่าความสามารถในการงอกของข้าวกลุ่มนี้เป็นผลมาจากการปรับตัวในการงอกในพื้นที่ที่ถูกท่วมโดยน้ำฝนในต้นฤดูร้อน (Yamauchi, et al., 1993) สายพันธุ์ที่มีความสามารถพิเศษในการงอกใต้น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพเหล่านี้จะถูกใช้เป็นสายพันธุ์พ่อแม่ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวเพื่อให้ได้สายพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวจากเมล็ดโดยตรงได้ต่อไป จากรายงานเกี่ยวกับความแปรผันในความสามารถของการงอกเหล่านี้ ทำให้คณะผู้วิจัยได้เห็นความสำคัญในการศึกษาข้าวสายพันธุ์ไทยในทำนองเดียวกัน

งานในขั้นตอนต่อจากการหาพันธุ์ที่มีลักษณะที่ต้องการก็คือการศึกษาหาตำแหน่งของยีนที่กำหนดลักษณะ รวมถึงกลไกที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองของเมล็ดข้าวในการงอกภายใต้น้ำท่วม โดยงานในสองส่วนมักจะดำเนินไปควบคู่กัน มีการทบทวนรายงานการวิจัยเกี่ยวกับการตอบสนองของเมล็ดข้าวที่งอกเมื่อจมน้ำ (Ismail, et al., 2012; Miro and Ismail, 2013) และการงอกของเมล็ดในสภาพไร้ออกซิเจน (Magneschi and Perata, 2009) พบว่า ข้าวที่อยู่ในสภาพที่มีออกซิเจนต่ำหรือใต้น้ำจะเกิดการยืดยาวออกของ coleoptile ถึงแม้ข้าวเป็นพืชที่งอกได้ในสภาพที่ไม่มีออกซิเจนหรือมีออกซิเจนต่ำ

แต่ข้าวสายพันธุ์ที่ทนน้ำท่วมในระยะงอกและรอดชีวิตได้เท่านั้นที่มีความสามารถในการยืด coleoptile อย่างรวดเร็วและงอกรากได้เมื่อจมน้ำจากการทดลองภาคสนาม (Ismail et al., 2009) ลักษณะการยืดยาวออกของ coleptile นี้ดูจะตรงกันข้ามกับกลไกที่พบในข้าวนาลุ่ม (lowland rice) บางสายพันธุ์ที่ทนท่วมได้ ข้าวทนน้ำท่วมกลุ่มดังกล่าวจะใช้กลไกการชะลอการยืดยาวของต้นเพื่อลดการใช้คาร์โบไฮเดรตและสงวนคาร์โบไฮเดรตไว้ใช้เมื่อน้ำลด การพักตัวนี้ควบคุมโดย polygenic *SUBMERGENCE1* (*sub1*) locus ซึ่งมียีนได้ถึงสามยีนใน locus นี้ได้แก่ *Sub1A*, *Sub1B* และ *Sub1C* (Fakao, et al., 2006; Xu et al., 2006) โดยยีนที่ถูกชักนำให้แสดงออกเพิ่มขึ้นอย่างมากเมื่อข้าวถูกน้ำท่วมได้แก่ *Sub1A* อย่างไรก็ดี รายงานการวิจัยเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของ *Sub1A* กับลักษณะทนน้ำท่วมนี้เป็นการศึกษาในระยะต้นกล้า นอกจากนี้ยังมีการศึกษาในข้าวสายพันธุ์ที่มียีน *Sub1A* อัลลีลที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการทนน้ำท่วมในระยะกล้า พบว่าข้าวเหล่านี้ไม่สามารถทนน้ำท่วมในระยะงอกได้ (Angaji, et al., 2010) ดังนั้นความสัมพันธ์ของกลไกทั้งสองในการปรับตัวของข้าวทั้งสองระยะยังคงต้องการผลการศึกษาเพิ่มเติมก่อนหาข้อสรุปที่แน่ชัดต่อไป

ข้าวทนทานต่อน้ำท่วมในระยะงอกคือข้าวที่มีกลไกในการได้มาซึ่งพลังงานเพื่อนำไปใช้ในการงอก ซึ่งหมายถึงต้องเกิดการสลายแป้งที่สะสมในเมล็ดได้แม้ในสภาพออกซิเจนต่ำ ข้าวที่ทนท่วมในระยะงอกจะสลายแป้งลงได้เร็วกว่าข้าวสายพันธุ์อ่อนแอ จากการทำงานของเอนไซม์ amylase ที่มากกว่า (Ismail, et al., 2009) แต่เนื่องจากการหายใจระดับเซลล์ไม่อาจเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อไม่มีออกซิเจน ข้าวที่งอกได้จึงได้ ATP จากกระบวนการหมักแอลกอฮอล์ (alcohol fermentation) ดังรายงานความสัมพันธ์ในทางเดียวกันระหว่างอัตราการเกิดการหมักแอลกอฮอล์ของเมล็ดข้าวที่งอกในสภาพออกซิเจนต่ำและอัตราการงอก รวมถึงผลการวิจัยที่พบว่าในสายพันธุ์อ่อนแอบางสายพันธุ์อาจมีบางปัจจัยที่ยับยั้งการหมักไม่ให้เกิดขึ้นได้ดีนัก ปัจจัยเหล่านั้นอาจได้แก่คาร์โบไฮเดรตในเมล็ด เอนไซม์ รวมถึงการเกิดขึ้นของสารตัวกลางและผลิตภัณฑ์สุดท้ายของกระบวนการ (Setter and Ella, 1994; Setter et al., 1994) ความแตกต่างของปัจจัยเหล่านี้ในสายพันธุ์ทนทานและสายพันธุ์อ่อนแอจึงเป็นอีกประเด็นหนึ่งที่น่าสนใจศึกษาให้ชัดเจน รูปที่ 2.5 แสดงเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตของข้าวในสภาพออกซิเจนต่ำ

ลักษณะอื่นของข้าวที่อาจเกี่ยวข้องกับความสามารถในการงอกเมื่อเมล็ดจมน้ำที่เคยมีรายงานเสนอแนะไว้ก่อน ได้แก่ การยืดยาวออกของเซลล์ที่อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ coleoptile ยาวขึ้นอย่างรวดเร็ว โปรตีนที่เกี่ยวข้องได้แก่โปรตีนกลุ่ม α-expansins และ β-expansins (Huang et al., 2000) และเอนไซม์ peroxidase ซึ่งมีบทบาทในการจำกัดการยาวออกของเซลล์ พบว่าข้าวที่ทนน้ำท่วมในระยะงอกมีการแสดงออกของ peroxidase น้อยกว่าสายพันธุ์อ่อนแอค่อนข้างมาก (Ismail et al., 2009)



รูปที่ 2.5 เมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตของข้าวในสภาพออกซิเจนต่ำ (Miro and Ismail, 2013)

Prakash et al. (2016) ทำการศึกษาผลของการเกิดน้ำท่วมขังต่อคุณลักษณะการงอกและคุณลักษณะของต้นกล้า ข้าวจำนวน 8 สายพันธุ์ถูกนำมาทดสอบความทนทานต่อการเกิดน้ำท่วมที่ระดับน้ำท่วม 5 ระดับคือ 1 ซม., 2 ซม., 3 ซม., 4 ซม. และ 5 ซม. โดยมี CR 1009 sub 1 ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่ทนต่อการถูกน้ำท่วมเป็นตัวเปรียบเทียบ พบว่าภายใต้สภาวะน้ำท่วม ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ลดลงในทุกสายพันธุ์เมื่อเทียบกับสายพันธุ์ทนท่วม ทั้งอัตราการรอดชีวิต ความยาวลำต้น น้ำหนักแห้ง รวมถึงเมื่ออยู่ภายใต้สภาวะน้ำท่วม และระดับน้ำท่วมที่สูงขึ้นส่งผลกระทบในทางลบต่อพืชมากขึ้นด้วย

Miro et al. (2017) ทำการทดสอบความแปรผันทางสรีรวิทยาและเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหมัก หรือการเกิดแอลกอฮอล์ในช่วงที่พืชกำลังงอกภายใต้สภาวะน้ำท่วมเนื่องจากผู้วิจัยคิด

ว่าการพืชที่จะทนท่วมมาจากการที่มันงอกเร็วและเกิดการยืดยาวของ coleoptile และสร้างเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหมักแอลกอฮอล์ซึ่งจะทำให้ได้พลังงานมาทดแทนพลังงานที่สร้างจากกระบวนการหายใจตามปกติ ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบข้าวทั้งหมด 21 สายพันธุ์พบว่าสี่สายพันธุ์ให้ผลเชิงบวกรวมทั้งสายพันธุ์ที่ทนแล้งด้วย สายพันธุ์ที่เด่นคือ Khao Hlan On (KHO) แสดงให้เห็นถึงการทนท่วมเพราะมีการงอกที่เร็วและการยืดยาวของ coleoptiles 82.5% ของตัวอย่างที่จมน้ำ 10 เซนติเมตรภายใน 8 วัน ส่วนสายพันธุ์ IR42 ซึ่งถือว่าทนท่วมเหมือนกัน มีเปอร์เซ็นต์การงอกเท่ากับ 20% ส่วน coleoptiles ไม่สามารถเจริญหรือถูกจำกัดการเจริญ ในสายพันธุ์ที่พบว่าทนน้ำท่วมได้จะเห็นว่ามีปริมาณและกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการหมักแอลกอฮอล์ ADH1, ALDH2a และ ALDH2b เพิ่มขึ้น การถอดรหัสยีนที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์พบมากใน KHO และ IR42

การศึกษาความหลากหลายของข้าวสายพันธุ์ไทยเกี่ยวกับลักษณะทนน้ำท่วมในระยะงอก จะมีประโยชน์ในการทำให้ได้มาซึ่งความรู้ของคลังพันธุกรรมข้าวไทย ความเข้าใจกลไกในการรอดชีวิต และความสัมพันธ์ของลักษณะที่แสดงออกในข้าวที่ทนน้ำท่วมระยะงอกจะเป็นข้อมูลสำคัญในการประกอบการหาตำแหน่งบนโครโมโซมที่กำหนดลักษณะดังกล่าว ซึ่งสามารถนำไปต่อยอดใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวที่เหมาะสมสำหรับการทำนาโดยการปลูกจากเมล็ดโดยตรงได้ต่อไป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 พันธุ์ข้าวที่ใช้ในการศึกษาและการปลูก

เลือกข้าวจำนวน 6 สายพันธุ์ (ตามรายงานการวิจัยเรื่อง การตรวจหายีน *Sub1A* และลักษณะทนน้ำท่วมในสายพันธุ์ข้าวไทย ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2556) ซึ่งมียีนที่เกี่ยวข้องกับความทนท่วมแตกต่างกันดังนี้ กลุ่มที่มีอัลลีล *Sub1A-1* คือ หอมชลสิทธิ์ กลุ่มที่มีอัลลีล *Sub1A-2* คือ ขาวหลุดหนี้ ไรซ์เบอรี่ และเพชรบุรี 1 และกลุ่มที่ไม่มียีน *Sub1A* คือ ขาวดอกมะลิ 105 และ กข6 ทำการปลูกข้าวภายในเรือนทดลองของฟาร์มมหาวิทยาลัย ภายใต้การดูแลของสำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยทำการปลูกข้าวจำนวน 50 เมล็ดต่อสายพันธุ์ต่อกระถาง ภายใต้สภาวะแสงธรรมชาติ โดยมีการเตรียมเมล็ดออกเป็น 2 แบบ คือ แบบที่มีการแช่น้ำ 12 ชั่วโมง (หนึ่งคืน) แล้วนำไปบ่มให้เกิดรากเป็นเวลาประมาณ 48 ชั่วโมง ก่อนปลูก (เมล็ดแช่) และแบบที่ปลูกจากเมล็ดโดยตรง โดยไม่มีการแช่น้ำและไม่มีบ่มให้เกิดราก (เมล็ดแห้ง) สำหรับข้าวแต่ละสายพันธุ์ มีการแบ่งการทดลองเป็น 2 ชุดการทดลอง (2 กระถาง) คือชุดการทดลองควบคุมที่จะรดน้ำในปริมาณ 50 มิลลิลิตรทุกวัน วันละ 1 ครั้ง ในช่วงเช้า ประมาณ 8.00 น. และชุดการทดลองที่ถูกน้ำท่วมจะจำลองสภาวะน้ำท่วมในถังที่ระดับความลึกประมาณ 50 เซนติเมตร ทำการทดลองเป็นเวลา 7 วัน (Siangliw et al., 2003)

3.2 การวัดค่าการเจริญเติบโต

เมื่อต้นกล้าข้าวมีอายุครบ 7 วัน ทำการเก็บตัวอย่างข้าวกลุ่มละ 3 ต้น/สายพันธุ์ มาทำความสะอาดโดยการล้างด้วยประปาและน้ำกลั่นตามลำดับ จากนั้นใช้ใบมีดตัดเพื่อแยกส่วนใบรวมทั้งลำต้นและส่วนรากออกจากกัน แล้วนำมาวัดความยาวด้วยไม้บรรทัด บันทึกผลความยาวของทั้งส่วนลำต้นและราก ดังรูปที่ 3.1 (Joho et al., 2008).

รูปที่ 3.1 การวัดความยาวส่วนลำต้นและรากข้าว (A: การวัดความยาวลำต้น, B: การวัดความยาวราก)

3.3 การวัดกิจกรรมของเอนไซม์ lipid peroxidase

นำตัวอย่างใบสดของข้าว ปริมาณ 0.2 มิลลิกรัม บดด้วยไนโตรเจนเหลว เติม 5% trichloroacetic acid (TCA) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร แล้วนำไปปั่นด้วยเครื่องเซนตริฟิวจ์ที่ 4000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ทำการเก็บสารละลายส่วนใส 2 มิลลิลิตร แล้วนำไปผสมกับ 0.67% thiobarbituric acid (TBA) ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ต้มในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปทำให้เย็นด้วยการวางบนน้ำแข็ง แล้วนำไปปั่นด้วย centrifuge ที่ 4000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร และ 600 นาโนเมตร แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณค่าเอนไซม์ lipid peroxidation ด้วยสูตร

$$\text{nmol/ml} = [(A532-A600)/\ 155000] \times 1000000$$

โดยใช้ TBA ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เป็น blank ในการทดสอบ (Dhinds and Matowe, 1981).

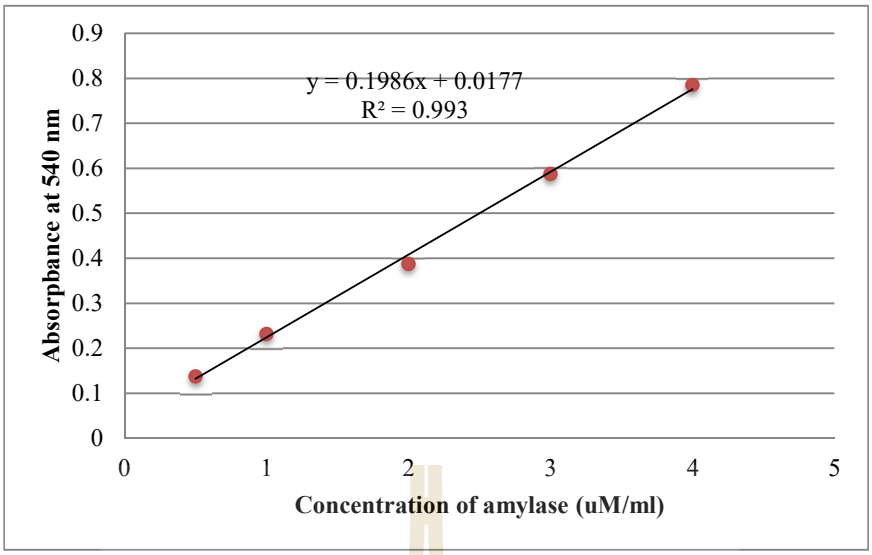
3.4 การวัดปริมาณเอนไซม์อะไมเลส

นำตัวอย่างใบสดจำนวน 0.5 กรัม บดให้ละเอียดด้วยไนโตรเจนเหลว จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมฟอสเฟส 0.02M ปริมาตร 5 มิลลิลิตร คนสารละลายและตัวอย่างเข้าด้วยกันด้วยแท่งแก้ว แล้วนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง จากนั้นนำไปปั่นด้วยเครื่องเซนตริฟิวจ์ที่ 12,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที เก็บสารละลายเอนไซม์อะไมเลสที่ได้ไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส นำสารละลาย เอนไซม์อะไมเลสปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง จากนั้นนำไปอุ่นในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-4 นาที ในระหว่างอุ่นนี้ให้เติมสารละลายแป้งปริมาตร 0.5 มิลลิลิตรลงไปในหลอดทดลอง และอุ่นต่อเป็นเวลา 3 นาที เติมสารละลาย dinitrosalicylic acid ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ต้มในน้ำเดือด เป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้น ทำให้เย็นจนมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง จากนั้นเติม reagent grade water ปริมาตร 10 มิลลิลิตร แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร บันทึกผล จากนั้นนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานโดยใช้น้ำ deionized water (DI) ปริมาณ 2 มิลลิลิตร เป็น blank การเตรียมกราฟมาตรฐานของเอนไซม์อะไมเลสจะใช้มอลโตส (maltose) เป็นสารละลายมาตรฐาน รายละเอียดดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การเตรียมสารละลายมอลโตสสำหรับกราฟมาตรฐานของเอนโซม์อะไมเลส

ความเข้มข้น (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)	Stock (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)	Distilled water (มิลลิลิตร)	รวม (มิลลิลิตร)
0.5	1	9	10
1	2	8	10
2	4	6	10
3	6	4	10
4	8	2	10

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3.2 กราฟมาตรฐานเพื่อใช้เปรียบเทียบหาความเข้มข้นของเอนไซม์อะไมเลส

3.5 การวัดปริมาณคาร์โบไฮเดรต

3.5.1 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

นำตัวอย่างใบข้าว 0.2 กรัม เติมไนโตรเจนเหลวและบดให้ละเอียดด้วยโกร่ง แล้วนำตัวอย่างใส่ในหลอดทดทอลงเติมเอทิลแอลกอฮอล์ 80% ปริมาตร 5 มิลลิลิตร หลังจากนั้นนำไปอุ่นในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที แล้วนำไปปั่นด้วย centrifuge ที่ 10000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที เทสารละลายส่วนใสลงขวดปรับปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร และเติมเอทิลแอลกอฮอล์ 80% ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ลงในหลอดที่มีตะกอนอยู่เขย่าเล็กน้อย แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงอีกครั้ง เทสารละลายส่วนใสลงในขวดปรับปริมาตรเดิม ทำจำนวน 2 ครั้ง จากนั้นปรับปริมาตรด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ 80% และเก็บสารละลายไว้ที่ -20 องศาเซลเซียส เพื่อจะได้นำไปวิเคราะห์น้ำตาลต่อไป ส่วนกากตะกอนที่เหลือจากการสกัดให้นำไปอบที่ 60 องศาเซลเซียส เพื่อใช้วิเคราะห์แป้งต่อไป

3.5.2 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาล

เติมน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตรลงในสารละลายที่สกัดได้จากข้อ 3.3.1 ปริมาณ 20 ไมโครลิตร จากนั้น เติมสารละลายฟีนอล 5% 1 มิลลิลิตร ตามด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้น 5 มิลลิลิตร (เติมอย่างรวดเร็วเพื่อให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์) ผสมสารในหลอดให้เข้ากันทันทีด้วยเครื่องวอร์เท็กซ์ (vortex) ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที แล้วเขย่าให้เข้ากันอีกครั้งด้วยเครื่องวอร์เท็กซ์อีกหนึ่งรอบ แช่หลอดทดลองในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที นำสารละลายที่ผ่านการทำปฏิกิริยาแล้วไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร สารละลายตัวอย่างจากข้อ 3.3.1 ปริมาณเท่ากับปริมาณสารละลายตัวอย่างที่ใช้ทดลองเป็น blank จากนั้นเติมน้ำ

กลั่น 2 มิลลิลิตร แล้วดำเนินการตั้งแต่ขั้นตอนการเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 5 มิลลิลิตรเหมือนตัวอย่างที่เติมฟีนอลทุกประการ นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ของแต่ละตัวอย่างมาลบด้วยค่าการดูดกลืนแสงของ blank ของแต่ละตัวอย่าง (Dubois et al. 1956) จากนั้นนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน แล้วนำมาคำนวณหาความเข้มข้นของน้ำตาลตามสูตรดังต่อไปนี้

$$\text{ความเข้มข้นของน้ำตาล} = \frac{X \times D \times F \text{ มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักสด}}{FW}$$

X = ค่าความเข้มข้นที่ได้จากการเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน

D = ปริมาตรของตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์

F = ปริมาตรที่ใช้ในขั้นตอนการสกัดด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ 80% (25 มิลลิลิตร)

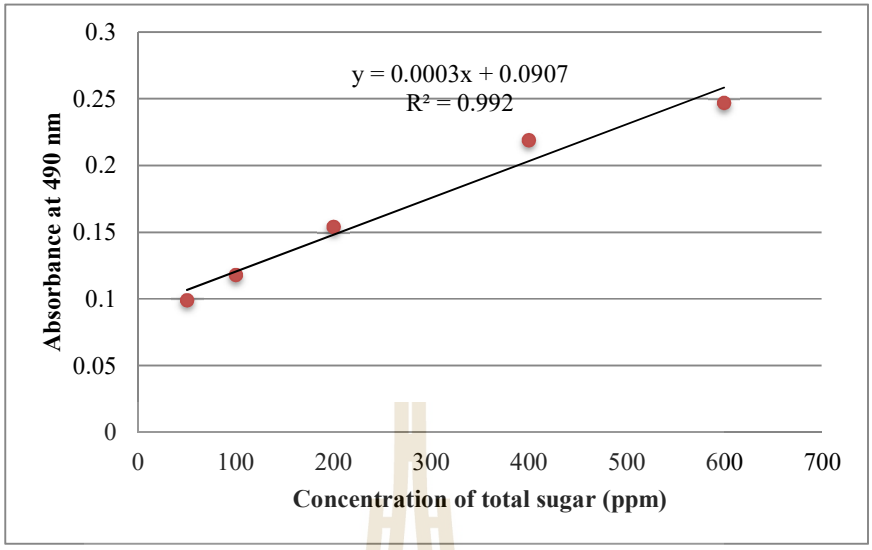
FW = น้ำหนักที่ใช้ในขั้นตอนการสกัดด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ 80% (2 กรัม)

การเตรียมสารละลายกลูโคส สำหรับกราฟมาตรฐานปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 การเตรียมสารละลายกลูโคสสำหรับกราฟมาตรฐานของปริมาณน้ำตาล

ความเข้มข้น (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)	Stock (มิลลิกรัม/ไมโครลิตร)	Distilled water (ไมโครลิตร)	รวม (ไมโครลิตร)
50	2.5	47.5	50
100	5	45	50
200	10	40	50
400	20	30	50
600	30	20	50

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3.3 กราฟมาตรฐานเพื่อใช้เปรียบเทียบหาความเข้มข้นของปริมาณน้ำตาล

3.5.3 การวิเคราะห์ปริมาณแป้ง

เจือจางสารละลายที่ได้จากขั้นตอนการสกัดตัวอย่างพืช ปริมาตร 25 เท่า นำสารละลายที่เจือจางแล้วมา 2.5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดเซนตริฟิวจ์ที่แช่เย็นรอไว้ในกล่องน้ำแข็ง เติมสารละลายแอนโทรน (Anthrone) 5 มิลลิลิตร ผสมสารในหลอดด้วยเครื่องวอร์เท็กซ์ แล้วนำหลอดไปแช่ในอ่างน้ำร้อน ควบคุมอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียสทันที บ่มนาน 7.5 นาที จากนั้นนำไปแช่น้ำแข็งเพื่อลดอุณหภูมิ แล้วนำหลอดออกมาตั้งไว้ข้างนอกเพื่อปรับอุณหภูมิของสารละลายให้ใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้อง นำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร นำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟของสารละลายมาตรฐาน (JSPN. 1990) แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่าความเข้มข้นของแป้งตามสูตรดังต่อไปนี้

ปริมาณแป้ง (X) = ความเข้มข้นของน้ำตาลที่ได้จากการเปรียบเทียบกราฟมาตรฐาน × 0.9

$$\text{ความเข้มข้นของแป้งต่อน้ำหนักแห้ง} = \frac{X \times F \times d \text{ มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง}}{1{,}000 \times D}$$

X = ความเข้มข้นของแป้ง (มิลลิกรัมต่อลิตร)

F = ปริมาตรที่ใช้ในขั้นตอนการย่อยสลายโดยน้ำ (hydrolysis)

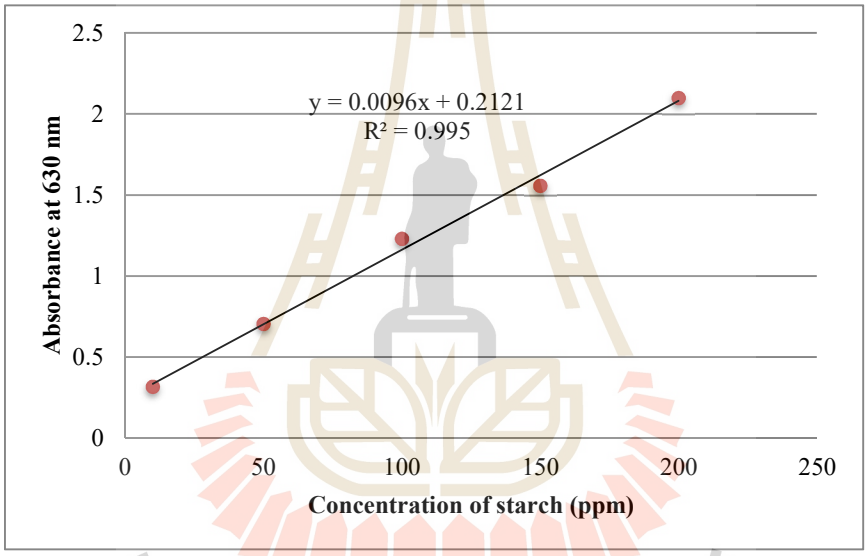
d = จำนวนเท่าที่เจือจาง

D = น้ำหนักแห้งที่นำมาสกัด (กรัม)

การเตรียมสารละลายกลูโคส สำหรับกราฟมาตรฐานปริมาณแป้ง ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 การเตรียมสารละลายกลูโคสสำหรับกราฟมาตรฐานของปริมาณแป้ง

ความเข้มข้น (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)	Stock (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)	Distilled water (มิลลิลิตร)	รวม (มิลลิลิตร)
10	10	240	250
50	50	200	250
100	100	150	250
150	150	100	250
200	200	50	250



รูปที่ 3.4 กราฟมาตรฐานเพื่อใช้เปรียบเทียบหาความเข้มข้นของปริมาณแป้ง

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี t-test (paired sample t-test) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี paired sample t-test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS version 18.0

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4

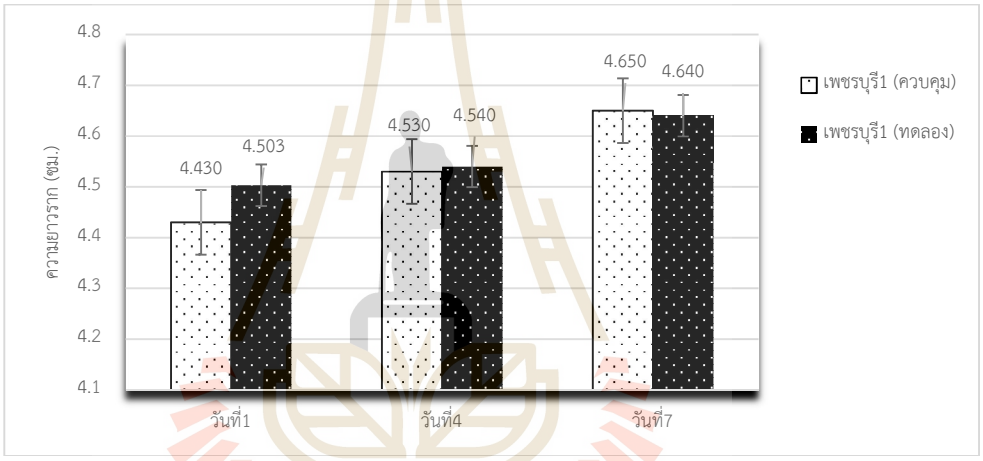
ผลการวิจัย

4.1 การเจริญเติบโตของข้าว

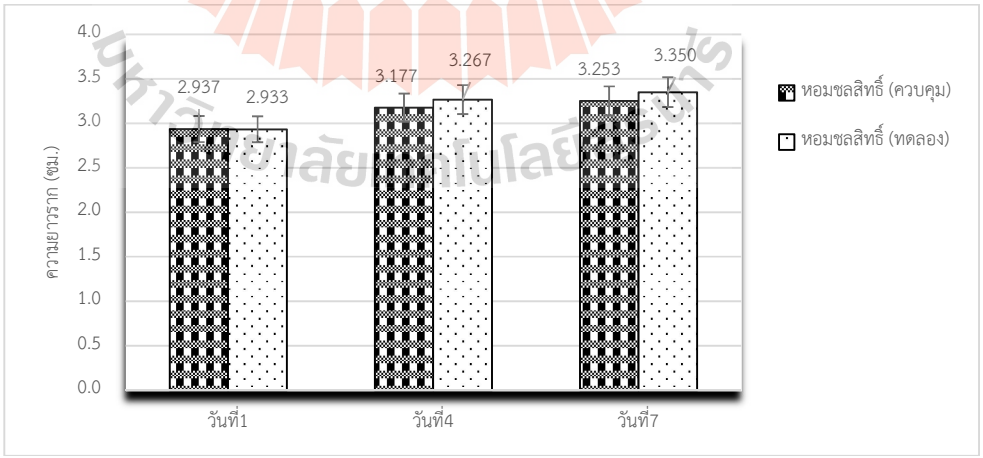
4.1.1 ผลของน้ำท่วมที่มีต่อความยาวราก

ผลของน้ำท่วมที่มีต่อความยาวรากจากการศึกษาผลกระทบจากการถูกน้ำท่วมที่มีต่อการเจริญเติบโตของข้าวทั้ง แบบแช่เมล็ดและแบบเมล็ดแห้ง หลังจากข้าวถูกน้ำท่วมเป็นเวลา 7 วัน โดยแบบแช่เมล็ดการยืดยาวของรากในกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยของรากสูงกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยสายพันธุ์ขาวหลุดหนี้มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 6.56 และแบบเมล็ดแห้งการยืดยาวของรากที่มีความยาวเฉลี่ยในกลุ่มทดลองสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ได้แก่ สายพันธุ์ขาวหลุดหนี้และสายพันธุ์หอมชลสิทธิ์ ตามลำดับ

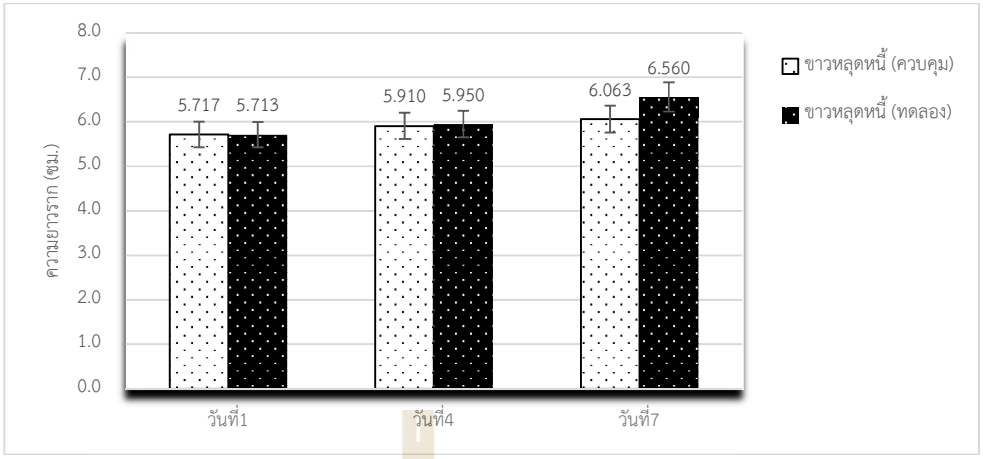
(a)



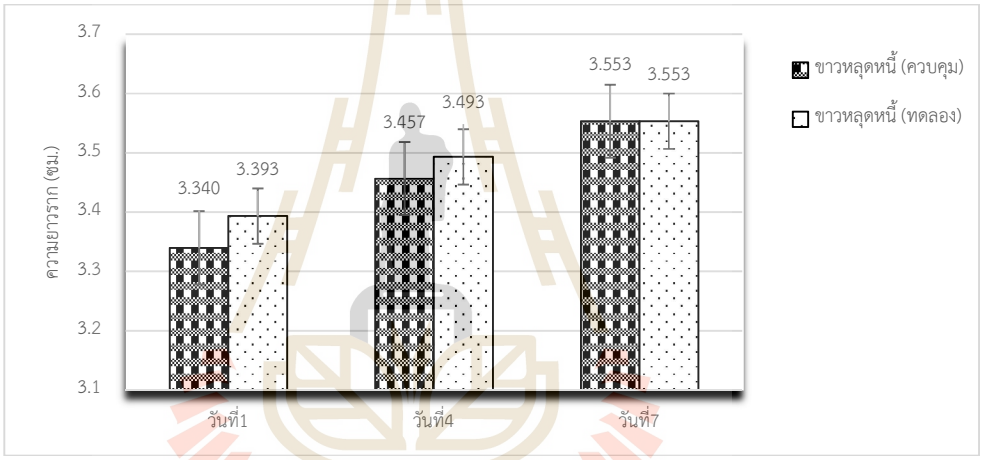
(b)



รูปที่ 4.1 ความยาวรากของข้าวสายพันธุ์หอมชลสิทธิ์
(a) ปลูกจากเมล็ดแช่ (b) ปลูกจากเมล็ดแห้ง



(a)

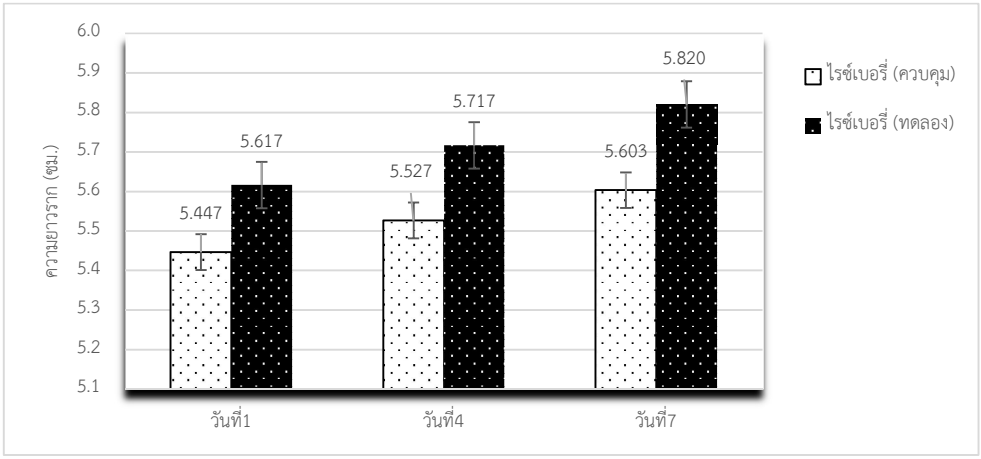


(b)

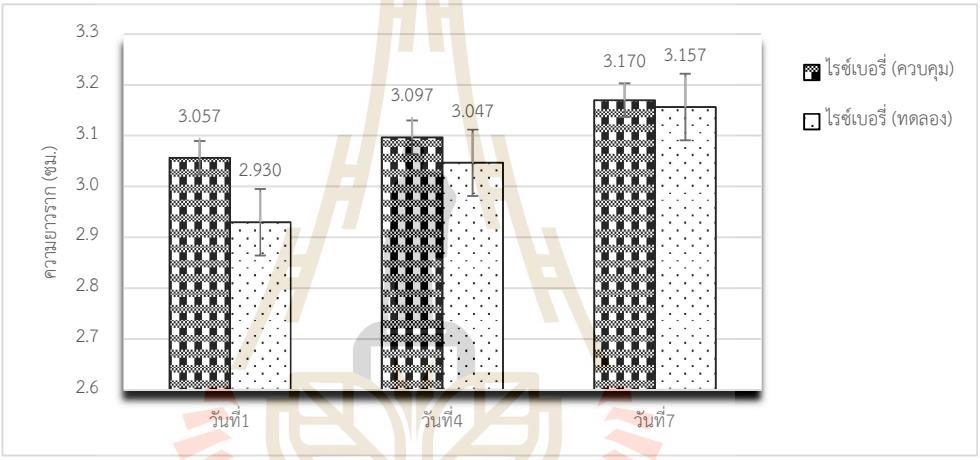
รูปที่ 4.2 ความยาวรากของข้าวสายพันธุ์ขาวหลุดหนี้
(a) ปลูกจากเมล็ดแช่ (b) ปลูกจากเมล็ดแห้ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

(a)



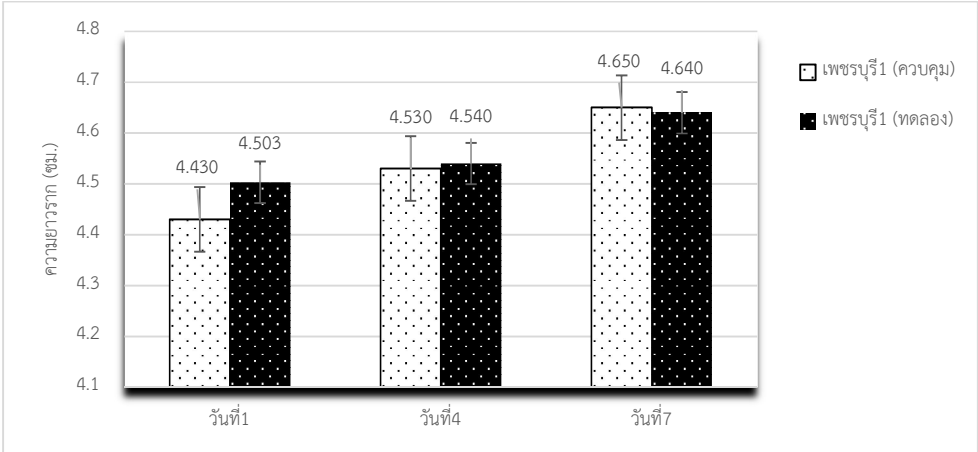
(b)



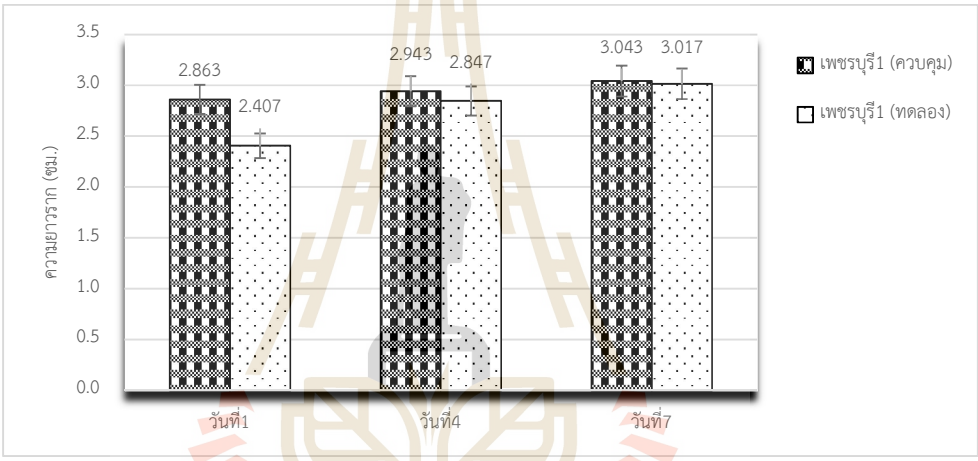
รูปที่ 4.3 ความยาวรากของข้าวสายพันธุ์ไรซ์เบอรี่
(a) ปลูกจากเมล็ดแช่ (b) ปลูกจากเมล็ดแห้ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

(a)



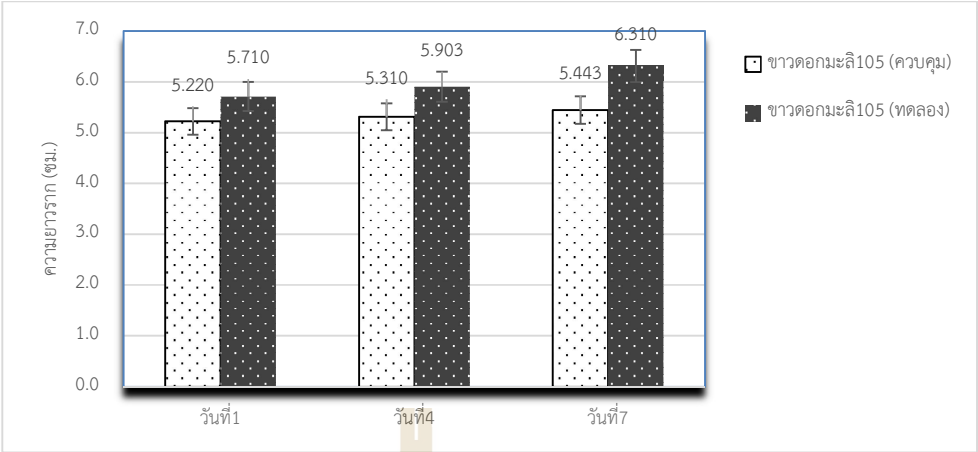
(b)



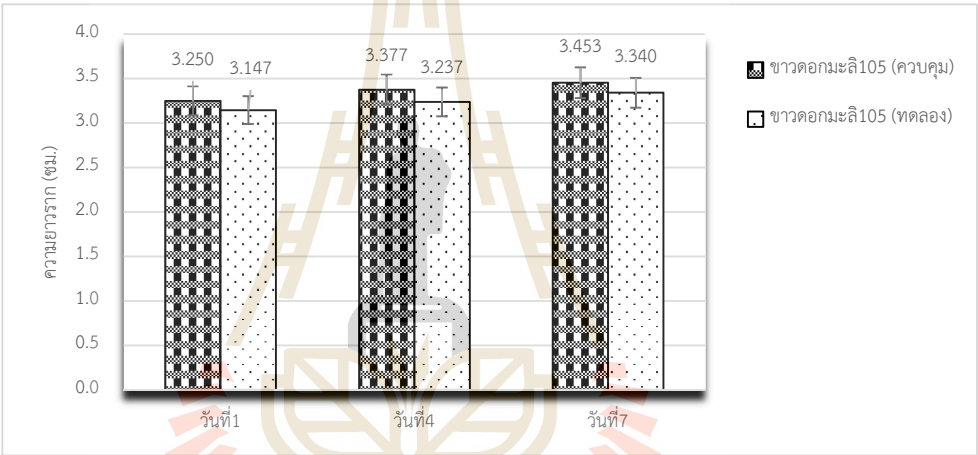
รูปที่ 4.4 ความยาวรากของข้าวสายพันธุ์เพชรบุรี 1
(a) ปลูกจากเมล็ดแช่ (b) ปลูกจากเมล็ดแห้ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

(a)



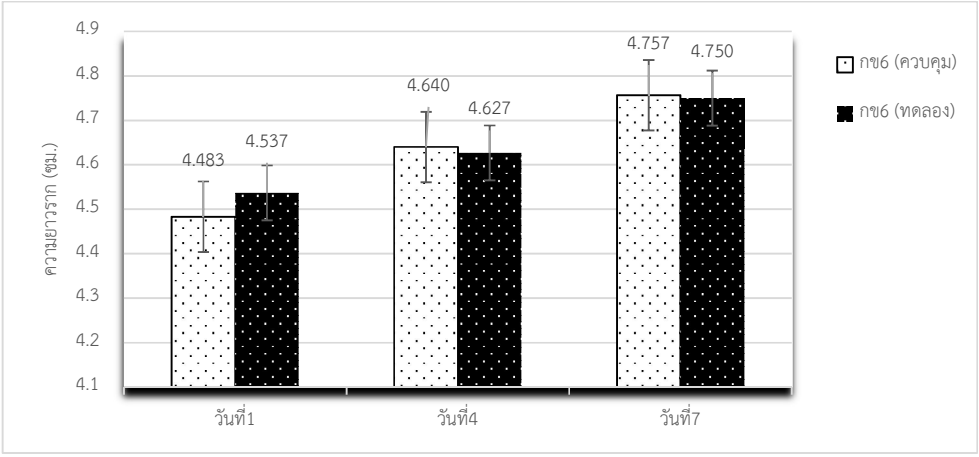
(b)



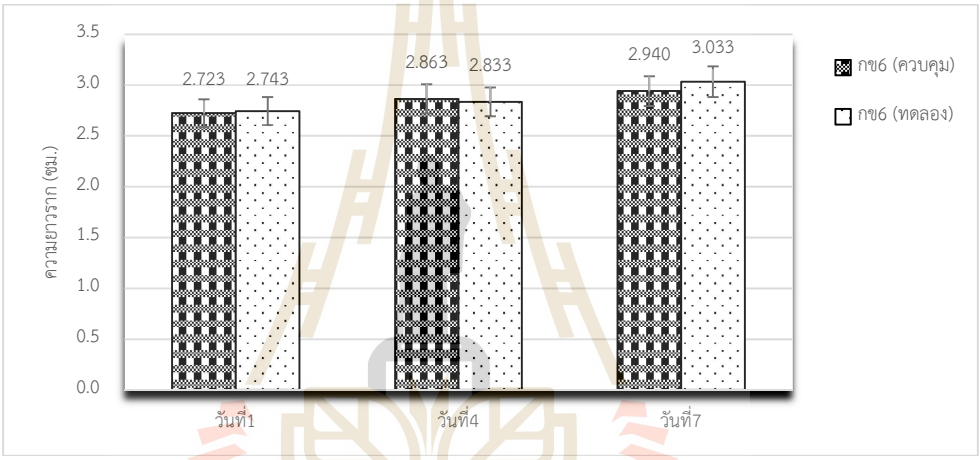
รูปที่ 4.5 ความยาวรากของข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ105
(a) ปลูกจากเมล็ดแช่ (b) ปลูกจากเมล็ดแห้ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

(a)



(b)



รูปที่ 4.6 ความยาวรากของข้าวสายพันธุ์ กข6
(a) ปลูกจากเมล็ดแช่ (b) ปลูกจากเมล็ดแห้ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.1 แสดงผลสรุปค่าเฉลี่ยความยาวรากของข้าวจากเมล็ดแช่

สายพันธุ์	กลุ่มควบคุม				กลุ่มทดลอง				Sig. (2 tailed)
		จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	S.D.		จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	S.D.	
หอมชลสิทธิ์	**วันที่ 1**	3	5.0467	0.04509	**วันที่ 1**	3	5.1367	0.0551	0.028
	วันที่ 4	3	5.2367	0.05508	**วันที่ 4**	3	5.2133	0.0153	0.562
	วันที่ 7	3	5.3200	0.02000	**วันที่ 7**	3	5.3367	0.0551	0.549
ขาวหลุดหนี้	**วันที่ 1**	3	5.7167	0.01528	**วันที่ 1**	3	5.7133	0.0153	0.423
	วันที่ 4	3	5.9100	0.01000	**วันที่ 4**	3	5.9500	0.0100	0.020
	วันที่ 7	3	6.0633	0.05508	**วันที่ 7**	3	6.5600	0.0519	0.000
ไรซ์เบอรี่	**วันที่ 1**	3	5.4467	0.04509	**วันที่ 1**	3	5.6167	0.0153	0.010
	วันที่ 4	3	5.5267	0.03055	**วันที่ 4**	3	5.7167	0.0058	0.008
	วันที่ 7	3	5.6033	0.00577	**วันที่ 7**	3	5.8200	0..0100	0.001
เพชรบุรี 1	**วันที่ 1**	3	4.4300	0.03000	**วันที่ 1**	3	4.5033	0.0208	0.008
	วันที่ 4	3	4.5300	0.03606	**วันที่ 4**	3	4.5400	0.0100	0.580
	วันที่ 7	3	4.6500	0.02646	**วันที่ 7**	3	4.6400	0.0100	0.622
ขาวดอกมะลิ 105	**วันที่ 1**	3	5.2200	0.02646	**วันที่ 1**	3	5.7100	0.0100	0.001
	วันที่ 4	3	5.3100	0.01000	**วันที่ 4**	3	5.9033	0.0057	0.000
	วันที่ 7	3	5.4433	0.04041	**วันที่ 7**	3	6.3100	0.0100	0.000
กข6	**วันที่ 1**	3	4.4833	0.05686	**วันที่ 1**	3	4.5367	0.0306	0.214
	วันที่ 4	3	4.6400	0.02000	**วันที่ 4**	3	4.6267	0.0208	0.057
	วันที่ 7	3	4.7567	0.02082	**วันที่ 7**	3	4.7500	.01000	0.423

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.2 แสดงผลสรุปค่าเฉลี่ยความยาวรากของข้าวจากเมล็ดแห้ง

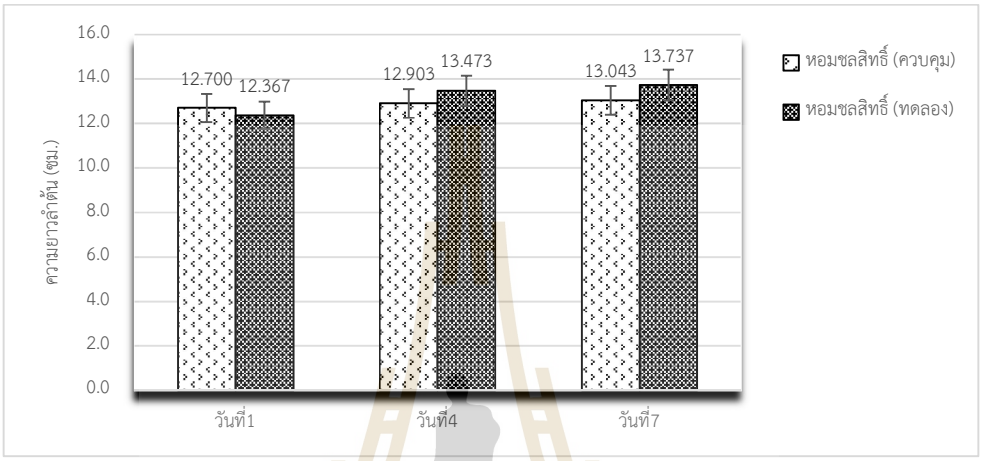
สายพันธุ์	กลุ่มควบคุม				กลุ่มทดลอง				Sig. (2 tailed)
		จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	S.D.		จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	S.D.	
หอมชลสิทธิ์	**วันที่ 1**	3	2.9367	0.0324	**วันที่ 1**	3	2.9333	0.0322	0.918
	วันที่ 4	3	3.1767	0.0551	**วันที่ 4**	3	3.2667	0.0473	0.210
	วันที่ 7	3	3.2533	0.0404	**วันที่ 7**	3	3.3500	0.0265	0.008
ขาวหลุดหนี้	**วันที่ 1**	3	3.3400	0.0529	**วันที่ 1**	3	3.3933	0.0322	0.067
	วันที่ 4	3	3.4567	0.0551	**วันที่ 4**	3	3.4933	0.0513	0.032
	วันที่ 7	3	3.5533	0.0493	**วันที่ 7**	3	3.5533	0.0586	1.000
ไรซ์เบอรี่	**วันที่ 1**	3	3.0567	0.0603	**วันที่ 1**	3	2.9300	0.0436	0.152
	วันที่ 4	3	3.0967	0.0306	**วันที่ 4**	3	3.0467	0.0351	0.317
	วันที่ 7	3	3.1700	0.0100	**วันที่ 7**	3	3.1567	0.0503	0.625
เพชรบุรี 1	**วันที่ 1**	3	2.8633	0.0569	**วันที่ 1**	3	2.4067	0.0153	0.003
	วันที่ 4	3	2.9433	0.0503	**วันที่ 4**	3	2.8467	0.0451	0.054
	วันที่ 7	3	3.0433	0.0802	**วันที่ 7**	3	3.0167	0.0351	0.413
ขาวดอกมะลิ 105	**วันที่ 1**	3	3.2500	0.0500	**วันที่ 1**	3	3.1467	0.0451	0.001
	วันที่ 4	3	3.3767	0.0513	**วันที่ 4**	3	3.2367	0.0306	0.031
	วันที่ 7	3	3.4533	0.0351	**วันที่ 7**	3	3.3400	0.0100	0.023
กข6	**วันที่ 1**	3	2.7233	0.0322	**วันที่ 1**	3	2.7433	0.0306	0.438
	วันที่ 4	3	2.8633	0.0252	**วันที่ 4**	3	2.8333	0.0208	0.035
	วันที่ 7	3	2.9400	0.0265	**วันที่ 7**	3	3.0333	0.0569	0.181

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

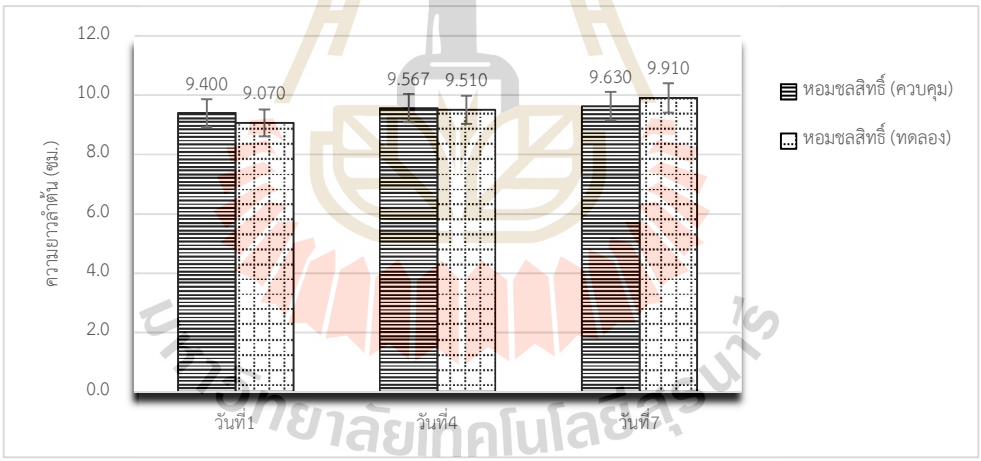
4.1.2 ผลของน้ำท่วมที่มีต่อความยาวลำต้น

หลังจากข้าวถูกน้ำท่วมเป็นเวลา 7 วัน ความยืดยาวของลำต้นแบบแช่เมล็ดทุกสายพันธุ์มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยสายพันธุ์ขาวหลุดหนี้ มีค่าเฉลี่ยสูงสุดทั้งแบบแช่เมล็ดและแบบเมล็ดแห้ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18.20 และ 15.81 ตามลำดับ ขณะที่แบบเมล็ดแห้งสายพันธุ์ กข 6 และสายพันธุ์หอมชลสิทธิ์ มีค่าเฉลี่ยความยืดยาวของลำต้นต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

(a)

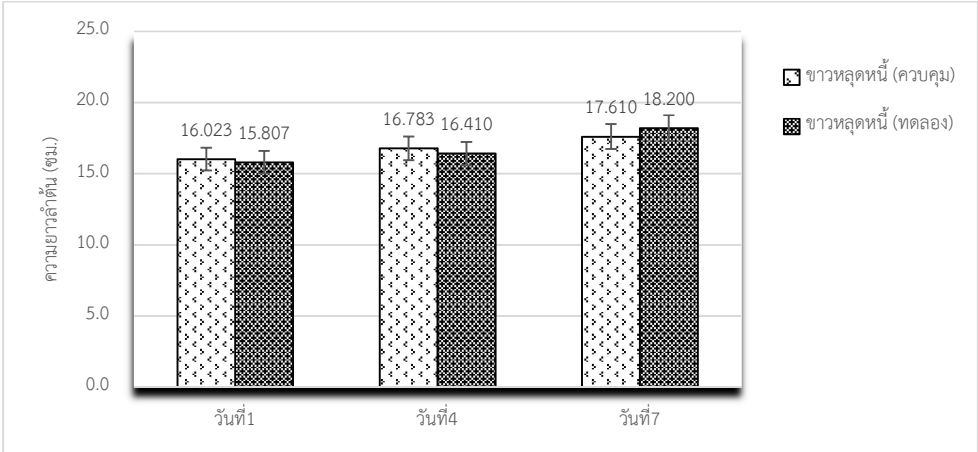


(b)

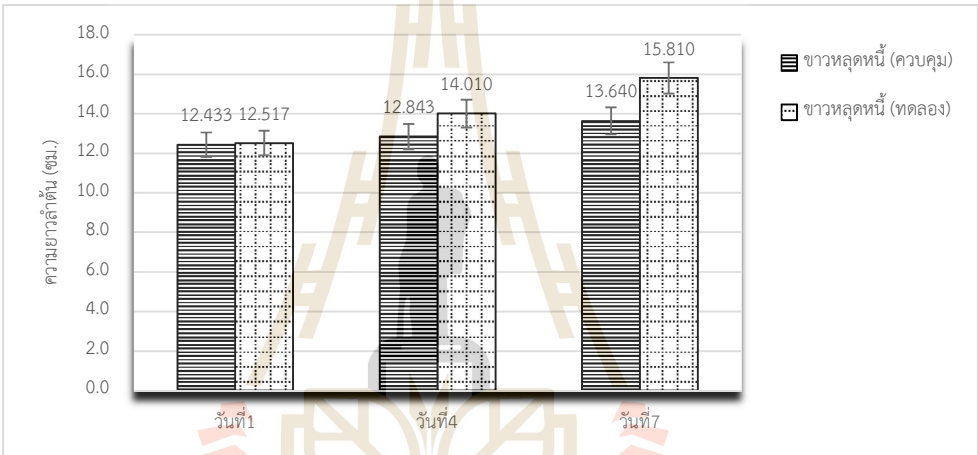


รูปที่ 4.7 ความยาวเฉลี่ยลำต้นของข้าวสายพันธุ์หอมชลสิทธิ์
(a) ปลูกจากเมล็ดแช่ (b) ปลูกจากเมล็ดแห้ง

(a)



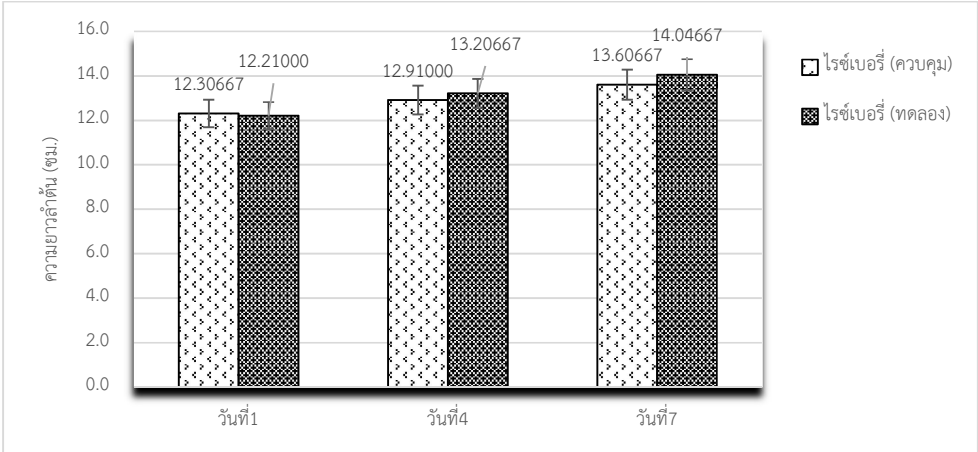
(b)



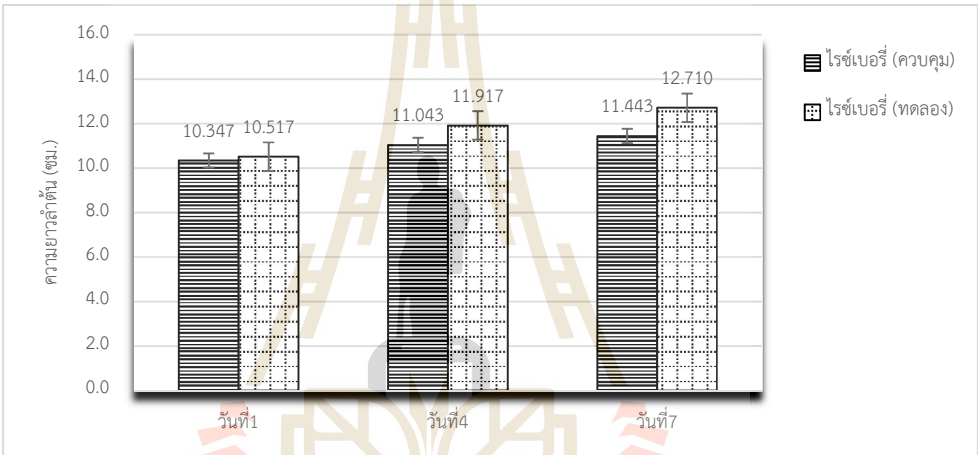
รูปที่ 4.8 ความยาวเฉลี่ยลำต้นของข้าวสายพันธุ์ขาวหลุดหนี้
(a) ปลูกจากเมล็ดแช่ (b) ปลูกจากเมล็ดแห้ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

(a)



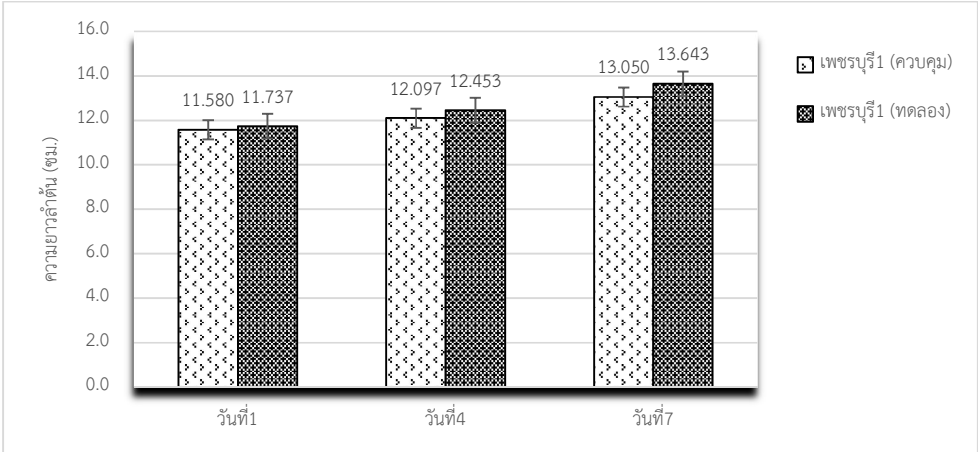
(b)



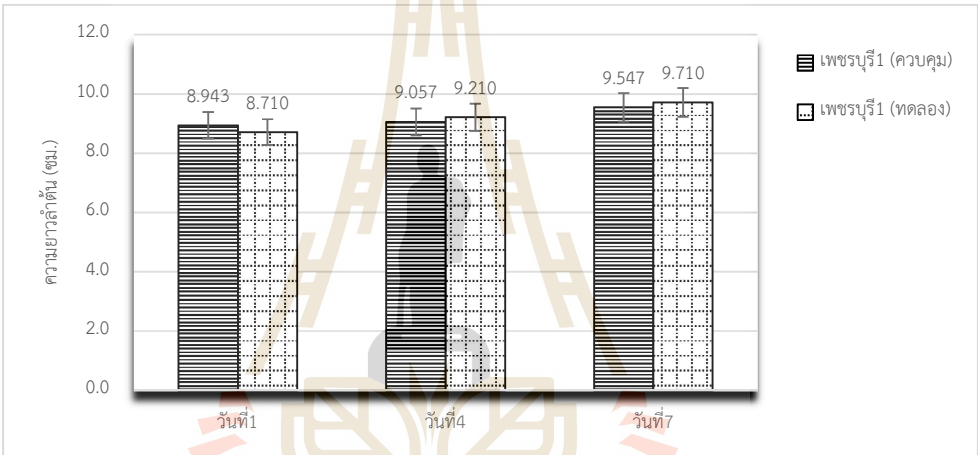
รูปที่ 4.9 ความยาวเฉลี่ยลำต้นของข้าวสายพันธุ์ไรซ์เบอรี่
(a) ปลูกจากเมล็ดแช่ (b) ปลูกจากเมล็ดแห้ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

(a)



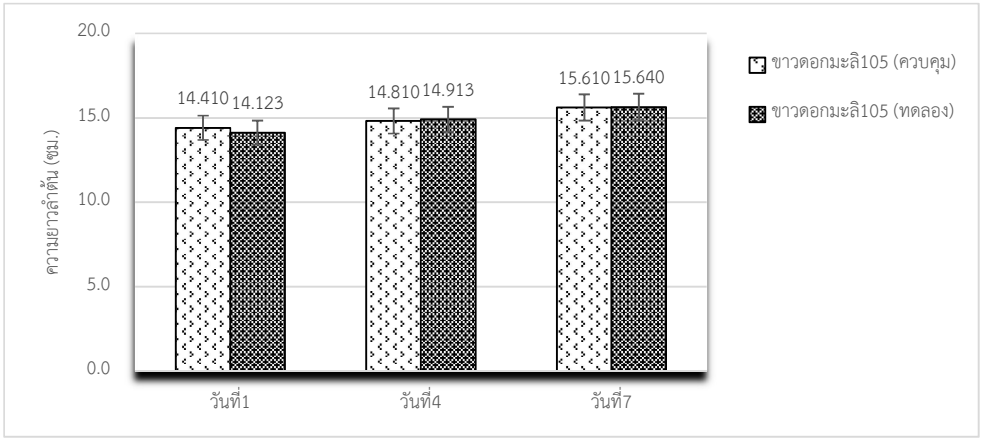
(b)



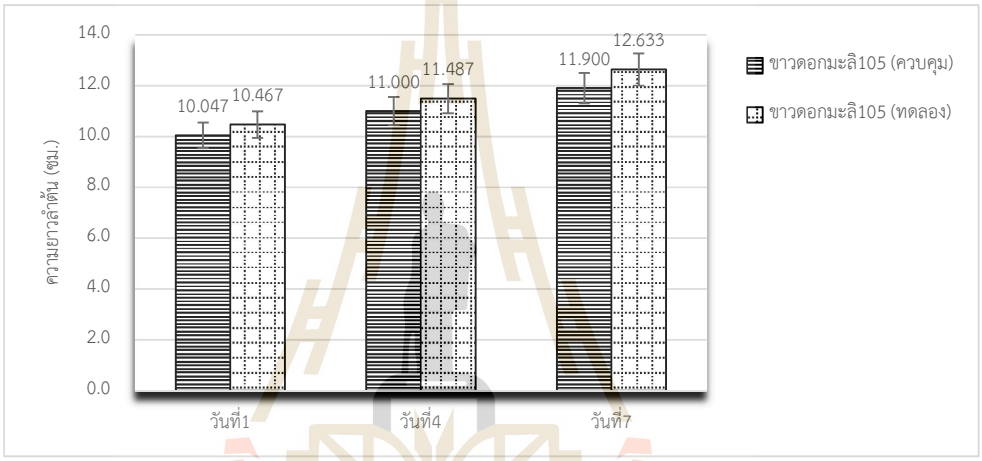
รูปที่ 4.10 ความยาวเฉลี่ยลำต้นของข้าวสายพันธุ์เพชรบุรี1
(a) ปลูกจากเมล็ดแช่ (b) ปลูกจากเมล็ดแห้ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

(a)

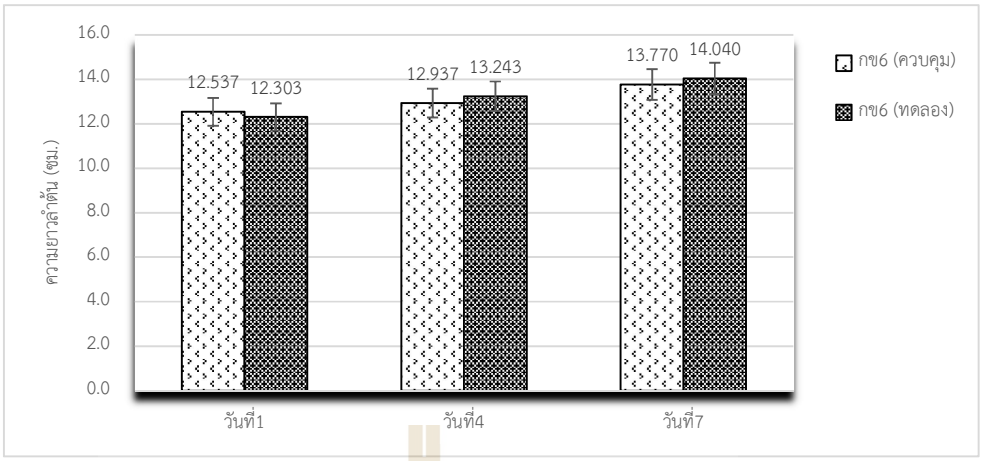


(b)

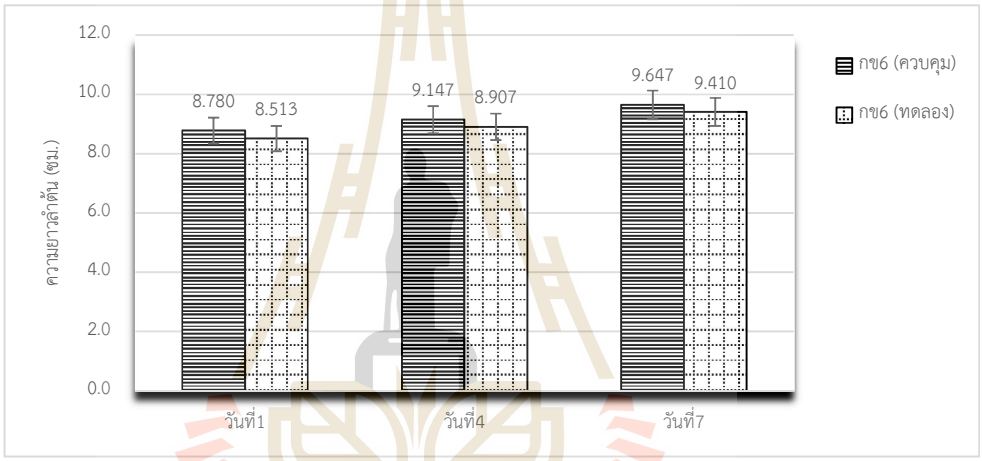


รูปที่ 4.11 ความยาวเฉลี่ยลำต้นของข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105
(a) ปลูกจากเมล็ดแช่ (b) ปลูกจากเมล็ดแห้ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



(a)



(b)

รูปที่ 4.12 ความยาวเฉลี่ยลำต้นของข้าวสายพันธุ์ กข6
(a) ปลูกจากเมล็ดแช่ (b) ปลูกจากเมล็ดแห้ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.3 แสดงผลสรุปค่าเฉลี่ยความยาวลำต้นของข้าวจากเมล็ดแช่

สายพันธุ์	กลุ่มควบคุม				กลุ่มทดลอง				Sig. (2 tailed)
		จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	S.D.		จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	S.D.	
หอมชลสิทธิ์	วันที่ 1	3	12.700	0.346	วันที่ 1	3	12.367	0.252	0.428
	วันที่ 4	3	12.903	0.344	วันที่ 4	3	13.473	0.064	0.085
	วันที่ 7	3	13.043	0.396	วันที่ 7	3	13.737	0.118	0.079
ขาวหลุดหนี้	วันที่ 1	3	16.023	0.025	วันที่ 1	3	15.807	0.006	0.003
	วันที่ 4	3	16.783	0.104	วันที่ 4	3	16.410	0.001	0.024
	วันที่ 7	3	17.610	0.010	วันที่ 7	3	18.200	0.265	0.057
ไรซ์เบอรี่	วันที่ 1	3	12.307	0.168	วันที่ 1	3	12.210	0.010	0.423
	วันที่ 4	3	12.910	0.010	วันที่ 4	3	13.207	0.006	0.000
	วันที่ 7	3	13.607	0.006	วันที่ 7	3	14.047	0.045	0.003
เพชรบุรี 1	วันที่ 1	3	11.580	0.070	วันที่ 1	3	11.737	0.035	0.019
	วันที่ 4	3	12.097	0.095	วันที่ 4	3	12.453	0.050	0.005
	วันที่ 7	3	13.050	0.132	วันที่ 7	3	13.643	0.040	0.008
ขาวดอกมะลิ105	วันที่ 1	3	14.410	0.010	วันที่ 1	3	14.123	0.025	0.001
	วันที่ 4	3	14.810	0.010	วันที่ 4	3	14.913	0.015	0.001
	วันที่ 7	3	15.610	0.010	วันที่ 7	3	15.640	0.036	0.188
กข6	วันที่ 1	3	12.537	0.401	วันที่ 1	3	12.303	0.170	0.222
	วันที่ 4	3	12.937	0.228	วันที่ 4	3	13.243	0.223	0.000
	วันที่ 7	3	13.770	0.286	วันที่ 7	3	14.040	0.225	0.017

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.4 แสดงผลสรุปค่าเฉลี่ยความยาวลำต้นของข้าวจากเมล็ดแห้ง

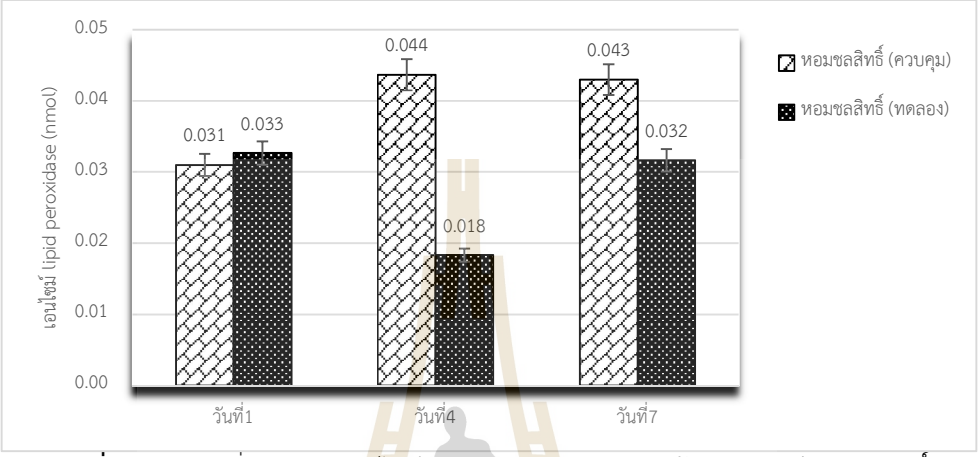
สายพันธุ์	กลุ่มควบคุม				กลุ่มทดลอง				Sig. (2 tailed)
		จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	S.D.		จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	S.D.	
หอมชลสิทธิ์	**วันที่ 1**	3	9.4000	0.1000	**วันที่ 1**	3	9.0700	0.0608	0.008
	วันที่ 4	3	9.5667	0.0586	**วันที่ 4**	3	9.5100	0.0100	0.185
	วันที่ 7	3	9.6300	0.0265	**วันที่ 7**	3	9.9100	0.0100	0.002
ขาวหลุดหนี้	**วันที่ 1**	3	12.4333	0.4042	**วันที่ 1**	3	12.5167	0.0153	0.746
	วันที่ 4	3	12.8433	0.0737	**วันที่ 4**	3	14.0100	0.0100	0.002
	วันที่ 7	3	13.6400	0.0361	**วันที่ 7**	3	15.8100	0.0100	0.000
ไรซ์เบอรี่	**วันที่ 1**	3	10.3467	0.0451	**วันที่ 1**	3	10.5167	0.0153	0.015
	วันที่ 4	3	11.0433	0.0404	**วันที่ 4**	3	11.9167	0.0153	0.000
	วันที่ 7	3	11.4433	0.0404	**วันที่ 7**	3	12.7100	0.0100	0.000
เพชรบุรี1	**วันที่ 1**	3	8.9433	0.0404	**วันที่ 1**	3	8.7100	0.0100	0.006
	วันที่ 4	3	9.0567	0.0513	**วันที่ 4**	3	9.2100	0.0100	0.024
	วันที่ 7	3	9.5467	0.0451	**วันที่ 7**	3	9.7100	0.0100	0.020
ขาวดอกมะลิ105	**วันที่ 1**	3	10.0467	0.0451	**วันที่ 1**	3	10.4667	0.2517	0.072
	วันที่ 4	3	11.0000	0.1000	**วันที่ 4**	3	11.4867	0.0808	0.001
	วันที่ 7	3	11.9000	0.1000	**วันที่ 7**	3	12.6333	0.3055	0.026
กข6	**วันที่ 1**	3	8.7800	0.0721	**วันที่ 1**	3	8.5133	0.0153	0.016
	วันที่ 4	3	9.1467	0.0451	**วันที่ 4**	3	8.9067	0.0058	0.009
	วันที่ 7	3	9.6467	0.0252	**วันที่ 7**	3	9.4100	0.0100	0.006

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.1.3 ผลของน้ำท่วมที่มีต่อปริมาณเอนไซม์ lipid peroxidase

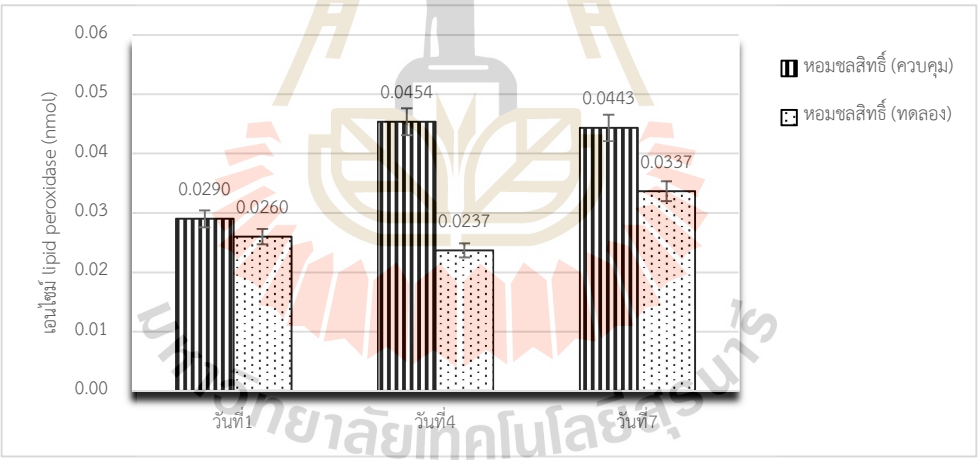
จากการวัดปริมาณเอนไซม์ lipid peroxidase เฉลี่ยหลังจากข้าวถูกน้ำท่วม 7 วัน พบว่าเกือบทุกสายพันธุ์ของข้าวมีปริมาณลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ยกเว้นสายพันธุ์ขาวหลุดหนี้ที่มีค่าเฉลี่ยปริมาณเอนไซม์ lipid peroxidase สูงกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมทั้งแบบแช่เมล็ดและเมล็ดแห้ง มีค่าเท่ากับ 0.05 และ 0.044 นาโนโมล (nmol) ตามลำดับ

(a)

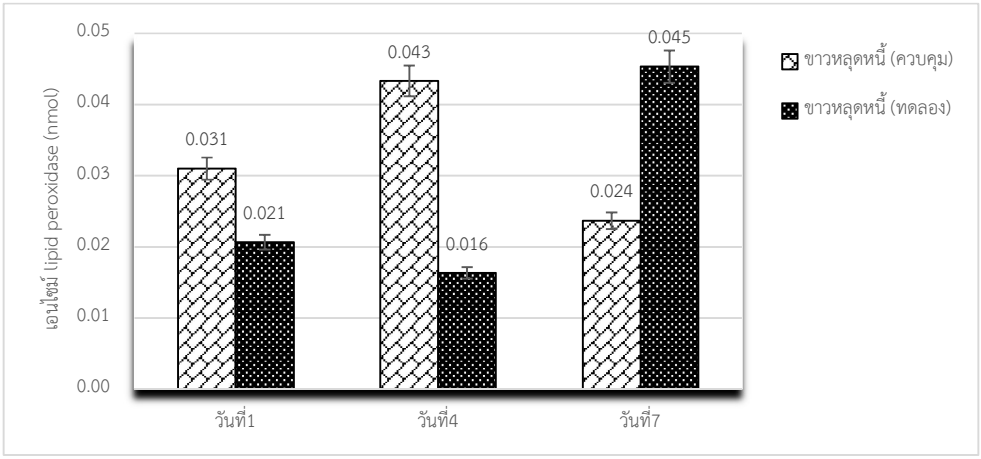


รูปที่ 4.13 ค่าเฉลี่ยปริมาณเอนไซม์ lipid peroxidase ของข้าวสายพันธุ์หอมชลสิทธิ์

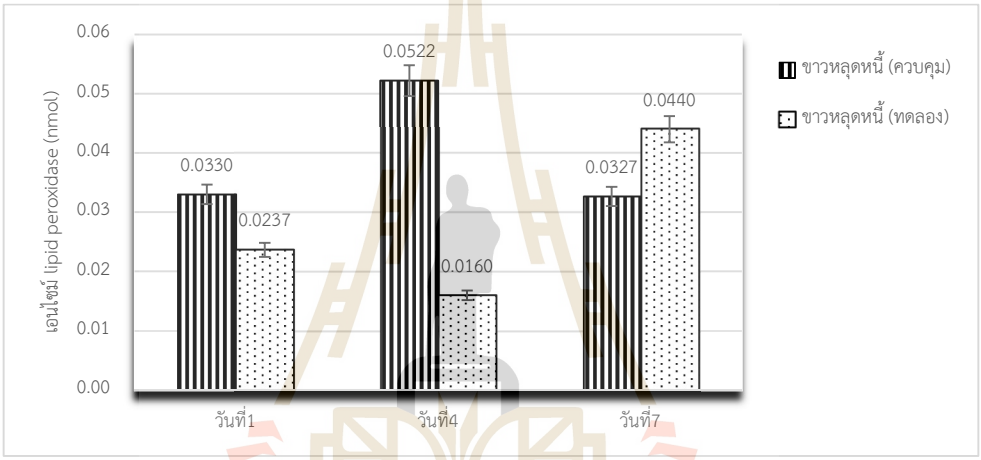
(b)



(a) ปลูกจากเมล็ดแช่ (b) ปลูกจากเมล็ดแห้ง



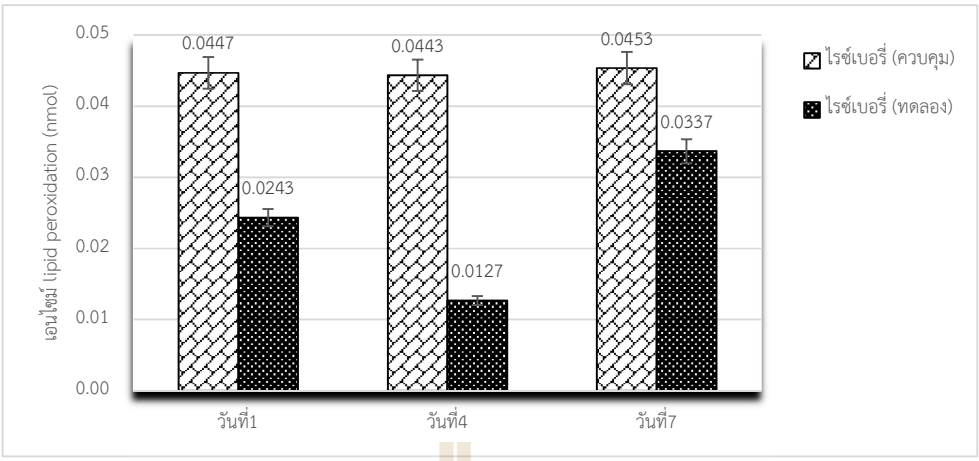
(a)

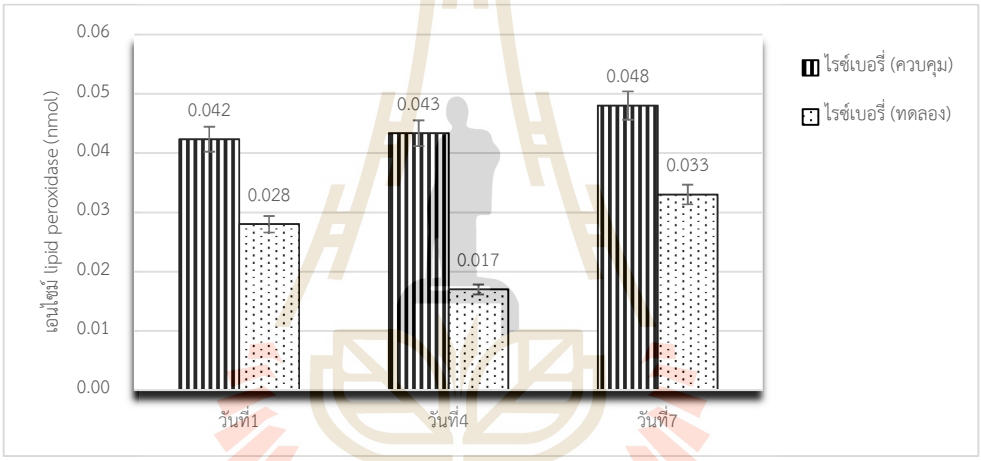


(b)

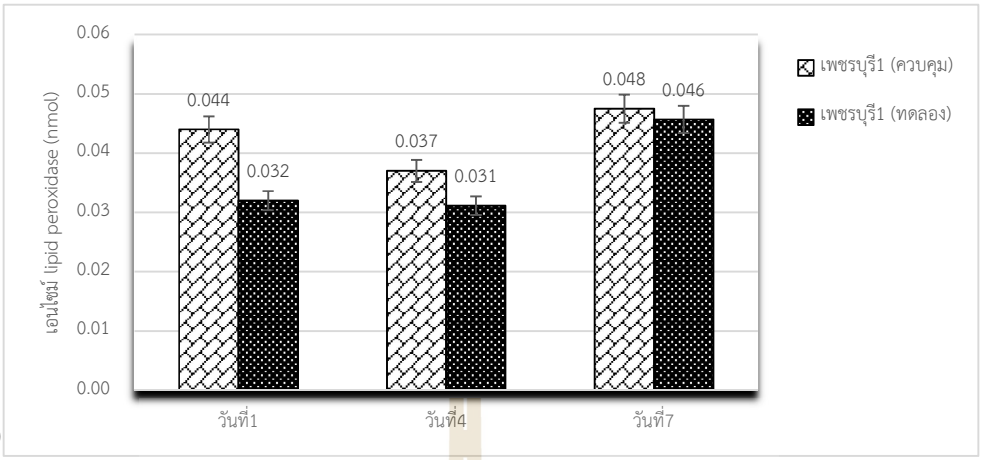
รูปที่ 4.14 ค่าเฉลี่ยปริมาณเอนไซม์ lipid peroxidase ของข้าวสายพันธุ์ขาวหลุดหนี้ (a) ปลูกจากเมล็ดแช่ (b) ปลูกจากเมล็ดแห้ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

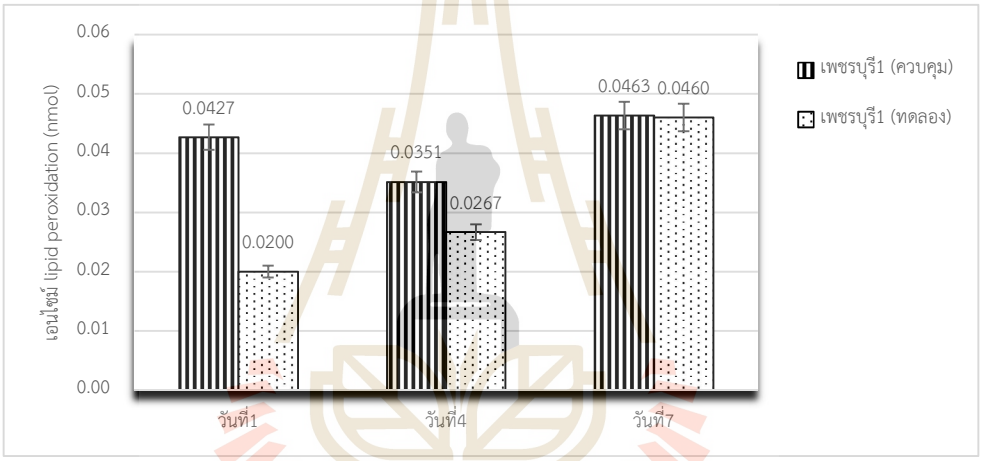




รูปที่ 4.15 ค่าเฉลี่ยปริมาณเอนไซม์ lipid peroxidase ของข้าวสายพันธุ์ไรซ์เบอรี่ (a) ปลูกจากเมล็ดแช่ (b) ปลูกจากเมล็ดแห้ง



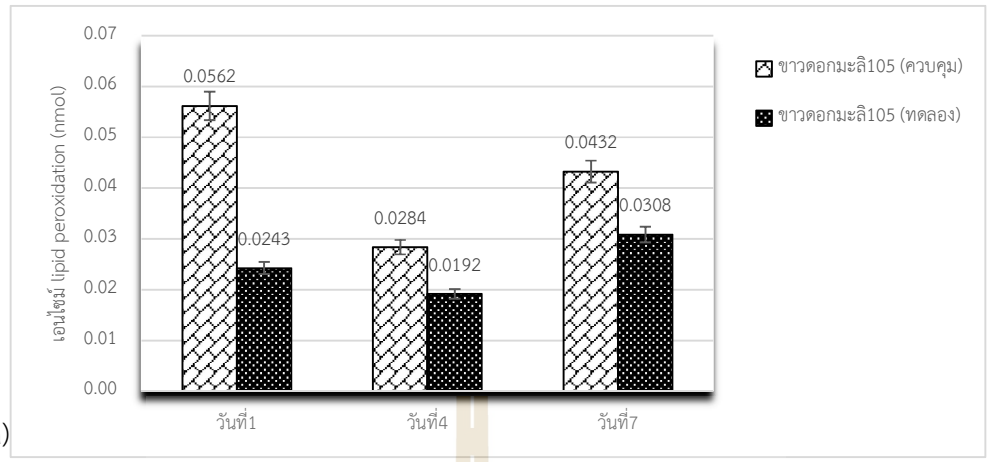
(a)



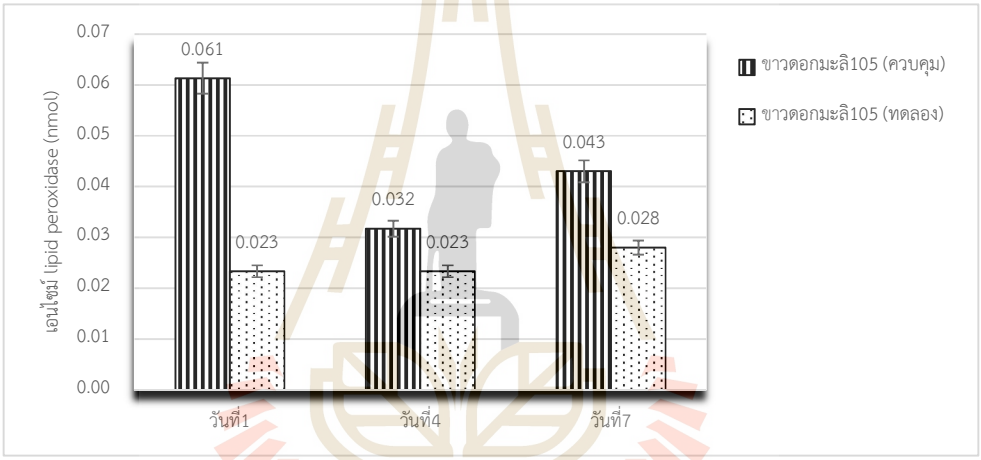
(b)

รูปที่ 4.16 ค่าเฉลี่ยปริมาณเอนไซม์ lipid peroxidase ของข้าวสายพันธุ์เพชรบุรี1
(a) ปลูกจากเมล็ดแช่ (b) ปลูกจากเมล็ดแห้ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



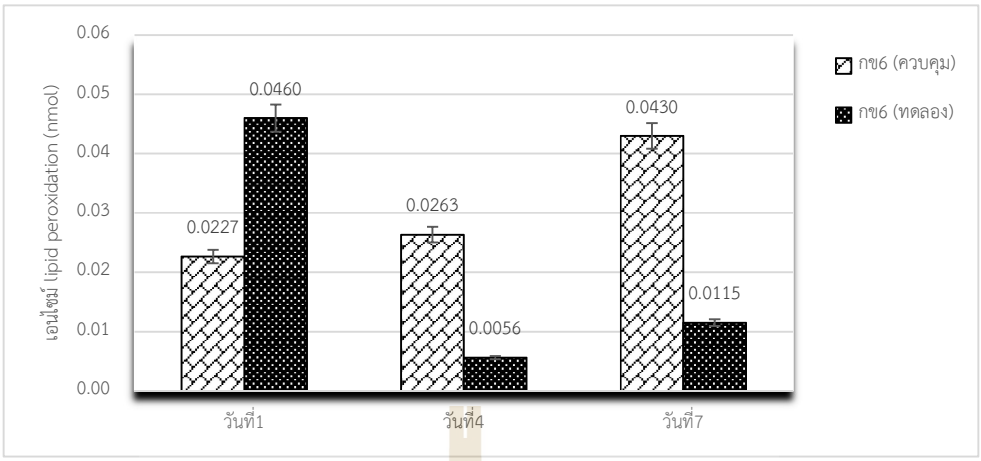
(a)



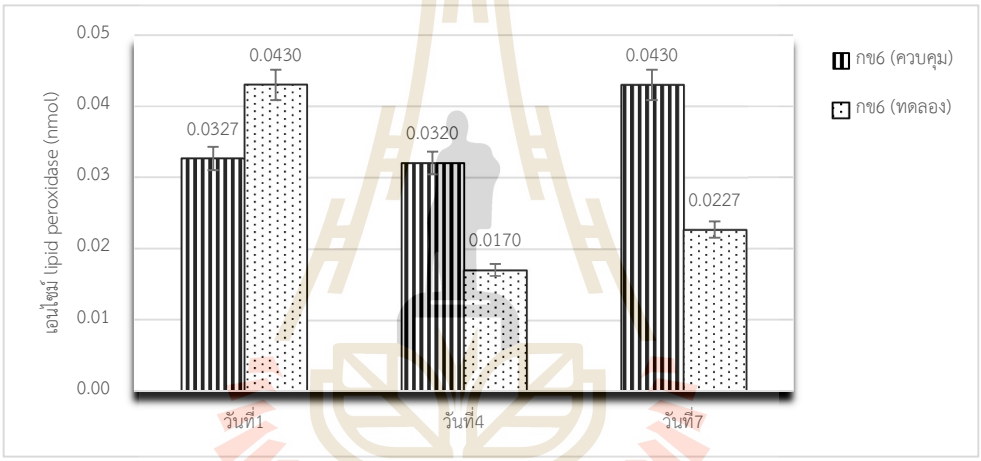
(b)

รูปที่ 4.17 ค่าเฉลี่ยปริมาณเอนไซม์ lipid peroxidase ของข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (a) ปลูกจากเมล็ดแช่ (b) ปลูกจากเมล็ดแห้ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



(a)



(b)

รูปที่ 4.18 ค่าเฉลี่ยปริมาณเอนไซม์ lipid peroxidase ของข้าวสายพันธุ์ขาว กข6
(a) ปลูกจากเมล็ดแช่ (b) ปลูกจากเมล็ดแห้ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.5 แสดงผลสรุปค่าเฉลี่ยปริมาณเอนไซม์ lipid peroxidase ของข้าวจากเมล็ดแช่

สายพันธุ์		กลุ่มควบคุม			กลุ่มทดลอง				Sig. (2 tailed)
		จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	S.D.		จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	S.D.	
หอมชลสิทธิ์	**วันที่ 1**	3	0. 0310	0. 0010	**วันที่ 1**	3	0. 0327	0. 0306	0.423
	วันที่ 4	3	0.0437	0.0015	**วันที่ 4**	3	0.0183	0.0153	0.005
	วันที่ 7	3	0.0430	0.0020	**วันที่ 7**	3	0.0317	0.0021	0.001
ขาวหลุดหนี้	**วันที่ 1**	3	0.0310	0.0010	**วันที่ 1**	3	0.0210	0.0020	0.004
	วันที่ 4	3	0.0430	0.0057	**วันที่ 4**	3	0.0160	0.0020	0.001
	วันที่ 7	3	0.0240	0.0020	**วันที่ 7**	3	0.0450	0.0020	0.006
ไรซ์เบอรี่	**วันที่ 1**	3	0. 0447	0.0035	วันที่ 1	3	0. 0243	0.0015	0.018
	วันที่ 4	3	0. 0443	0.0025	วันที่ 4	3	0. 0127	0.0015	0.001
	วันที่ 7	3	0. 0453	0.0021	วันที่ 7	3	0. 0337	0.0015	0.022
เพชรบุรี 1	**วันที่ 1**	3	0.0440	0.0010	วันที่ 1	3	0.0320	0.0020	0.007
	วันที่ 4	3	0.0370	0.0010	วันที่ 4	3	0.0311	0.0012	0.035
	วันที่ 7	3	0.0475	0.0006	วันที่ 7	3	0.0457	0.0006	0.019
ขาวดอกมะลิ105	**วันที่ 1**	3	0.0562	0.0021	วันที่ 1	3	0.0243	0.0025	0.000
	วันที่ 4	3	0.0284	0.0032	วันที่ 4	3	0.0192	0.0021	0.000
	วันที่ 7	3	0.0432	0.0025	วันที่ 7	3	0.0308	0.0076	0.001
กข6	**วันที่ 1**	3	0.0227	0.0015	วันที่ 1	3	0.0460	0.0010	0.000
	วันที่ 4	3	0.0263	0.0015	วันที่ 4	3	0.0057	0.0058	0.001
	วันที่ 7	3	0.0430	0.0010	วันที่ 7	3	0.0115	0.0005	0.000

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.6 แสดงผลสรุปค่าเฉลี่ยปริมาณเอนไซม์ lipid peroxidase ของข้าวจากเมล็ดแห้ง

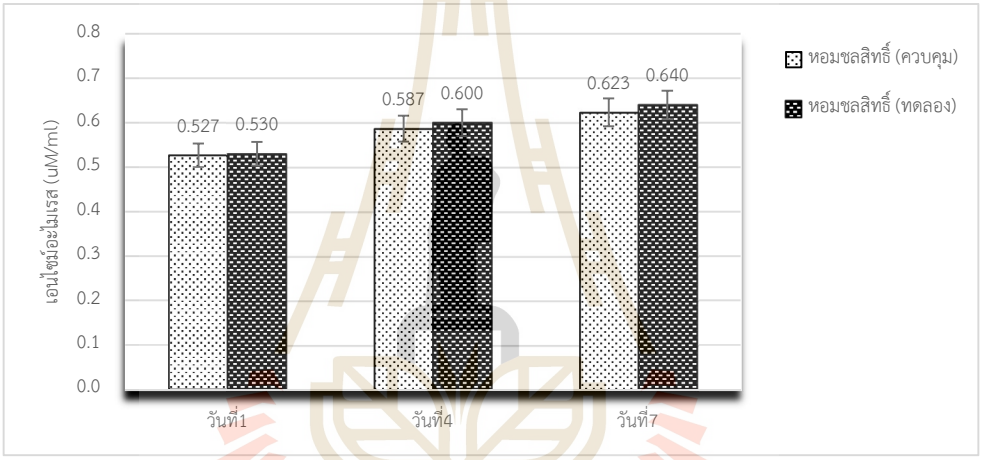
สายพันธุ์	กลุ่มควบคุม				กลุ่มทดลอง				Sig. (2 tailed)
		จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	S.D.		จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	S.D.	
หอมชลสิทธิ์	**วันที่ 1**	3	0.0290	0.0010	**วันที่ 1**	3	0.0260	0.0020	0.188
	วันที่ 4	3	0.0454	0.0025	**วันที่ 4**	3	0.0237	0.0015	0.007
	วันที่ 7	3	0.0443	0.0031	**วันที่ 7**	3	0.0337	0.0021	0.007
ขาวหลุดหนี้	**วันที่ 1**	3	0.0330	0.0010	**วันที่ 1**	3	0.0237	0.0015	0.001
	วันที่ 4	3	0.0522	0.0016	**วันที่ 4**	3	0.0160	0.0010	0.000
	วันที่ 7	3	0.0327	0.0015	**วันที่ 7**	3	0.0440	0.0010	0.011
ไรซ์เบอรี่	**วันที่ 1**	3	0.0423	0.0015	**วันที่ 1**	3	0.0280	0.0010	0.002
	วันที่ 4	3	0.0433	0.0015	**วันที่ 4**	3	0.0170	0.0010	0.003
	วันที่ 7	3	0.0480	0.0010	**วันที่ 7**	3	0.0330	0.0010	0.006
เพชรบุรี 1	**วันที่ 1**	3	0.0427	0.0015	**วันที่ 1**	3	0.0200	0.0010	0.002
	วันที่ 4	3	0.0351	0.0008	**วันที่ 4**	3	0.0267	0.0015	0.024
	วันที่ 7	3	0.0463	0.0015	**วันที่ 7**	3	0.0460	0.0010	0.808
ขาวดอกมะลิ105	**วันที่ 1**	3	0.0613	0.0015	**วันที่ 1**	3	0.0233	0.0012	0.001
	วันที่ 4	3	0.0317	0.0015	**วันที่ 4**	3	0.0233	0.0015	0.001
	วันที่ 7	3	0.0430	0.0010	**วันที่ 7**	3	0.0280	0.0010	0.006
กข6	**วันที่ 1**	3	0.0327	0.0015	**วันที่ 1**	3	0.0430	0.0020	0.036
	วันที่ 4	3	0.0320	0.0020	**วันที่ 4**	3	0.0170	0.0010	0.010
	วันที่ 7	3	0.0430	0.0010	**วันที่ 7**	3	0.0227	0.0021	0.001

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

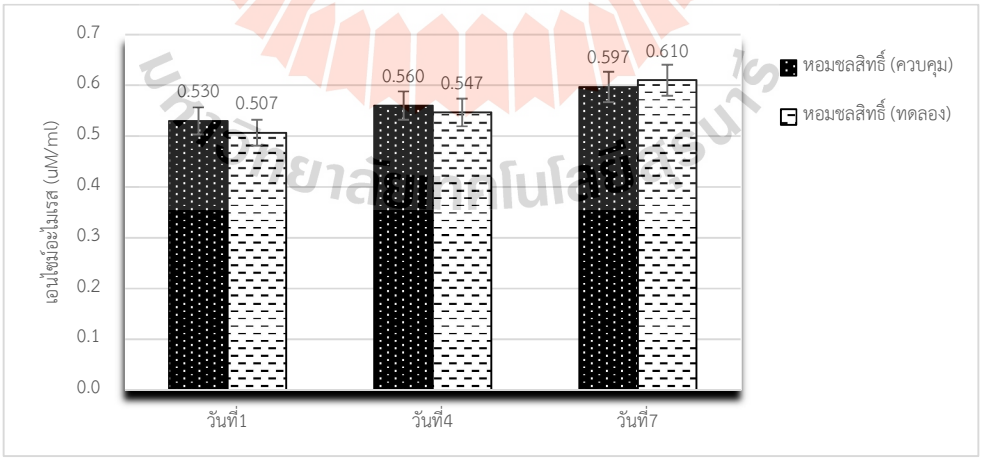
4.1.4 ผลของน้ำท่วมที่มีต่อปริมาณเอนไซม์อะไมเลส

จากการศึกษาปริมาณเอนไซม์อะไมเลสของข้าวที่ถูกน้ำท่วมเป็นเวลา 7 วัน เกือบทุกสายพันธุ์มีแนวโน้มของปริมาณเอนไซม์อะไมเลสเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเวลาผ่านไปอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยพบว่าขาวหลุดหนี้ ไรซ์เบอรี่ และขาวหอมมะลิ105 ที่ปลูกด้วยเมล็ดแห้งมีปริมาณเอนไซม์อะไมเลสต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่แบบแช่เมล็ดก่อนปลูกพบว่ามีเพียงขาวหลุดหนี้ที่มีปริมาณเอนไซม์อะไมเลสสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างชัดเจน ในขณะที่หอมชลสิทธิ์และเพชรบุรี1 มีปริมาณเอนไซม์อะไมเลสทั้งแบบแช่เมล็ดและเมล็ดแห้งไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุมมากนัก อย่างไรก็ตาม พบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณเอนไซม์อะไมเลสของหอมชลสิทธิ์มีค่าสูงสุดในกลุ่มทดลองทั้งแบบแช่เมล็ดและเมล็ดแห้ง เท่ากับ 0.64 และ 0.61 ไมโครโมลาร์/มิลลิลิตร ตามลำดับ

(a)

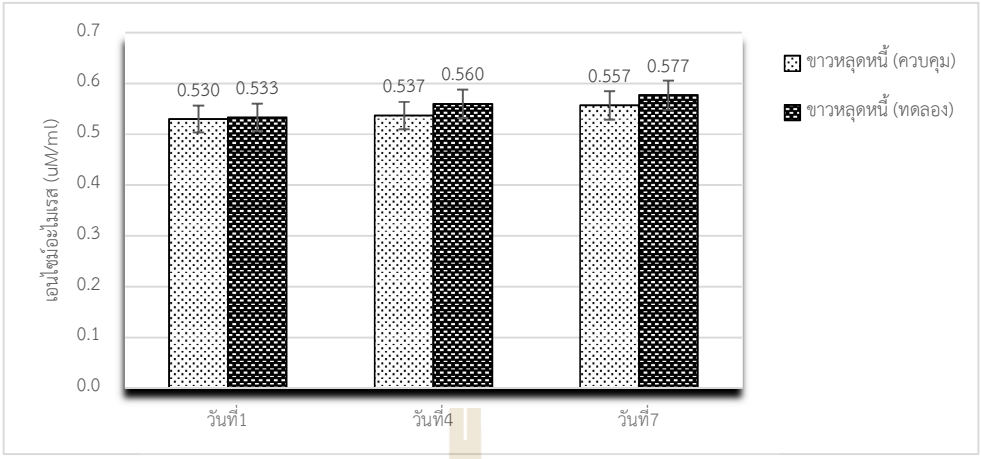


(b)

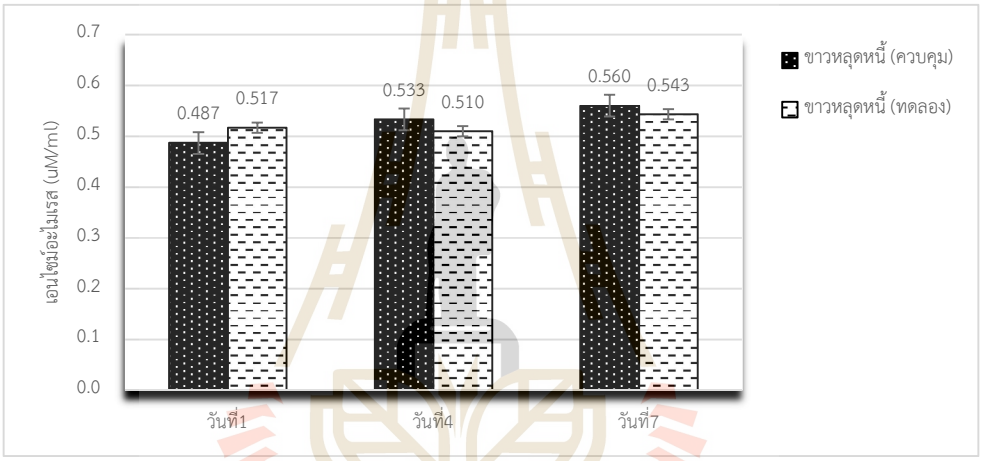


รูปที่ 4.19 ค่าเฉลี่ยปริมาณเอนไซม์อะไมเลสของข้าวสายพันธุ์หอมชลสิทธิ์
(a) ปลูกจากเมล็ดแช่ (b) ปลูกจากเมล็ดแห้ง

(a)



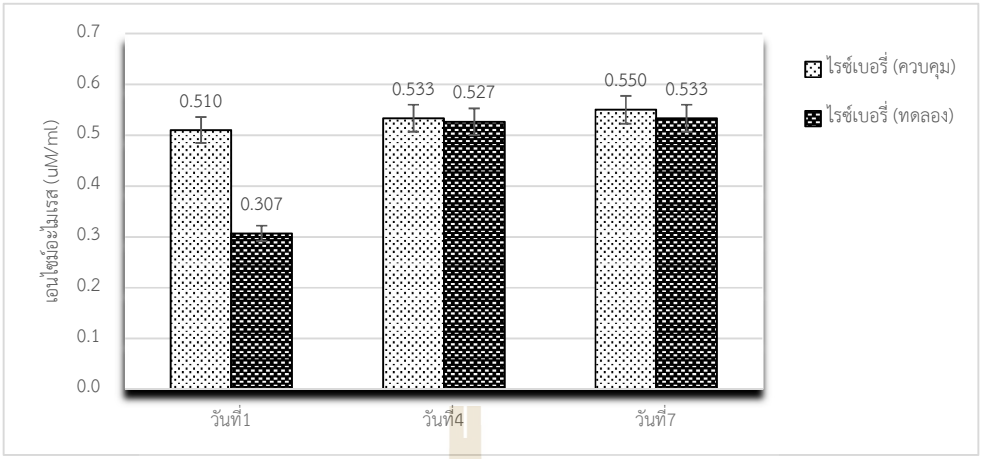
(b)



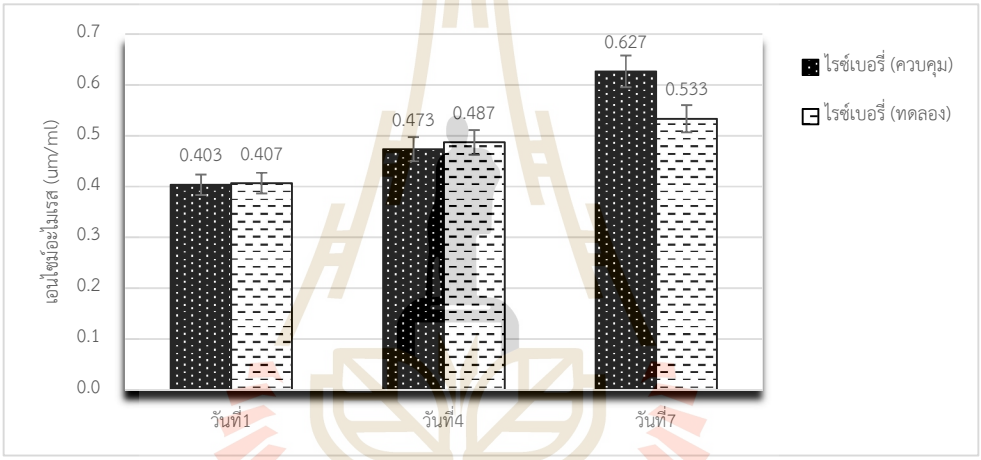
รูปที่ 4.20 ค่าเฉลี่ยปริมาณเอนไซม์อะไมเลสของข้าวสายพันธุ์ขาวหลุดหนี้
(a) ปลูกจากเมล็ดแช่ (b) ปลูกจากเมล็ดแห้ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

(a)

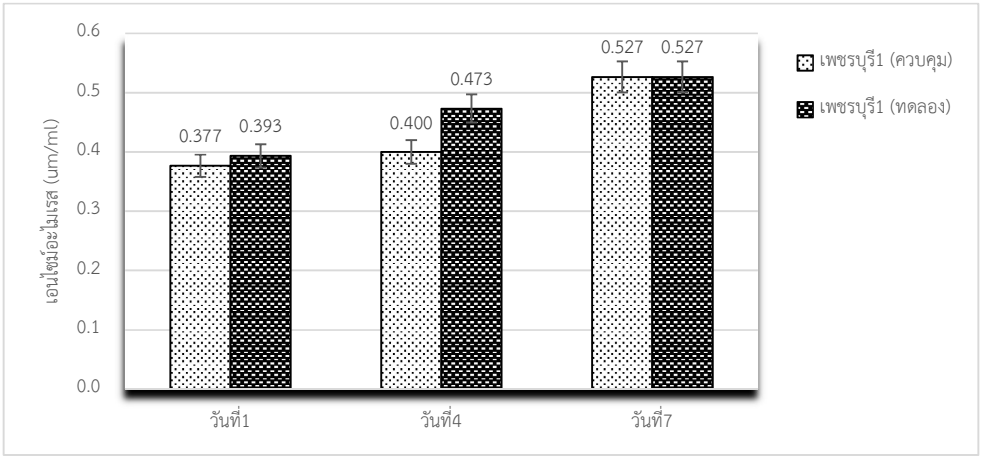


(b)

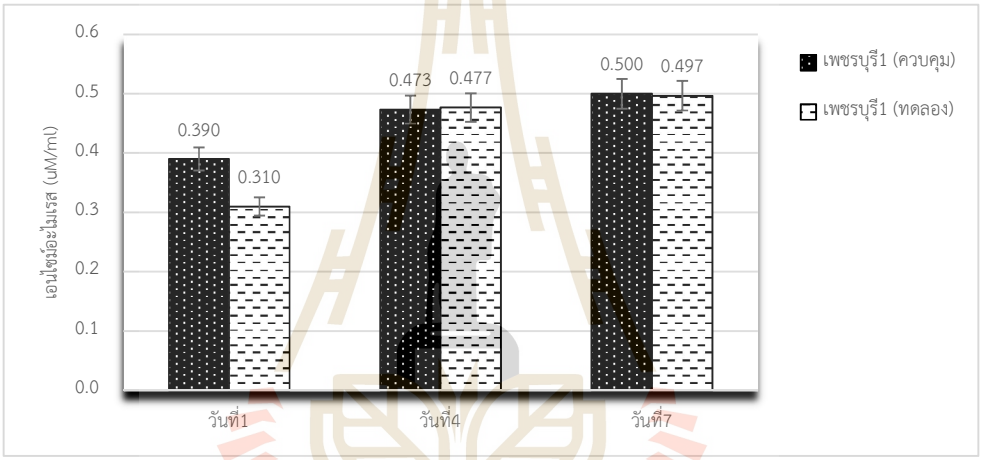


รูปที่ 4.21 ค่าเฉลี่ยปริมาณเอนไซม์อะไมเลสของข้าวสายพันธุ์ไรซ์เบอรี่ (a) ปลูกจากเมล็ดแช่ (b) ปลูกจากเมล็ดแห้ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



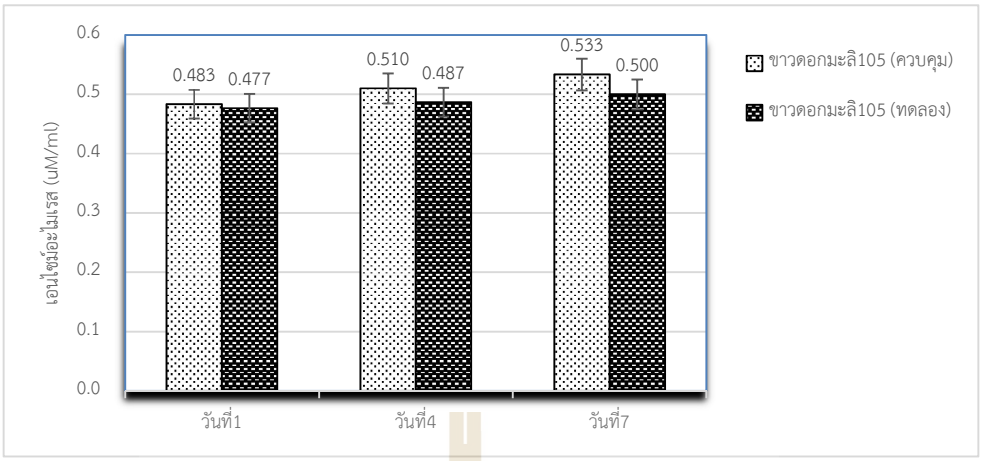
(a)



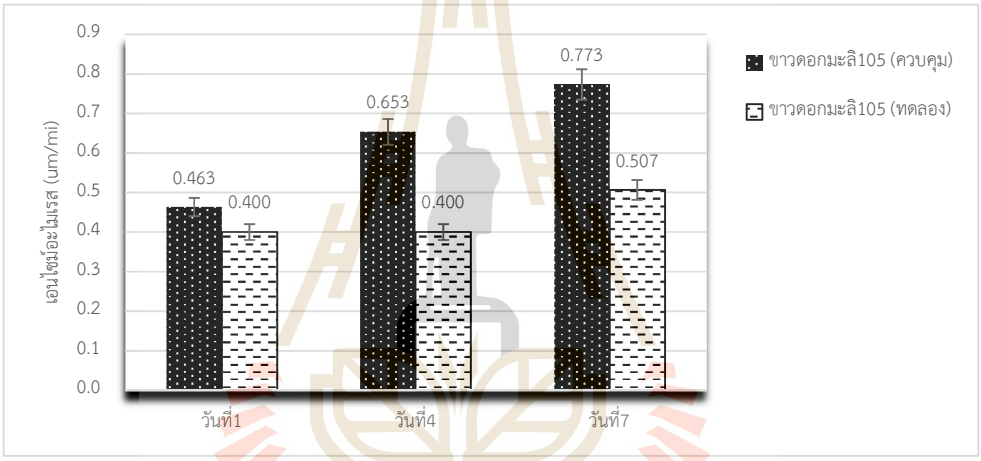
(b)

รูปที่ 4.22 ค่าเฉลี่ยปริมาณเอนไซม์อะไมเลสของข้าวสายพันธุ์เพชรบุรี1 (a) ปลูกจากเมล็ดแช่ (b) ปลูกจากเมล็ดแห้ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



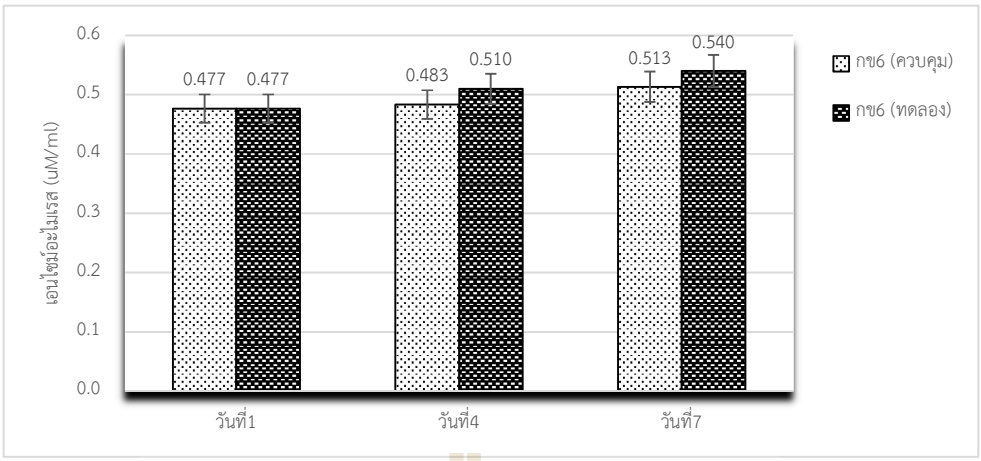
(a)



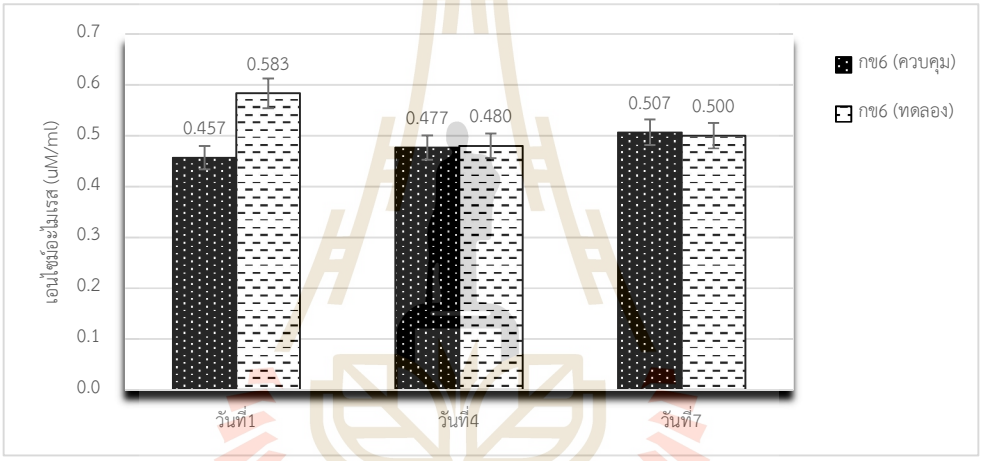
(b)

รูปที่ 4.23 ค่าเฉลี่ยปริมาณเอนไซม์อะไมเลสของข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (a) ปลูกจากเมล็ดแช่ (b) ปลูกจากเมล็ดแห้ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



(a)



(b)

รูปที่ 4.24 ค่าเฉลี่ยปริมาณเอนไซม์อะไมเลสของข้าวสายพันธุ์กข 6 (a) ปลูกจากเมล็ดแช่ (b) ปลูกจากเมล็ดแห้ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.7 แสดงผลสรุปค่าเฉลี่ยปริมาณเอนไซม์อะไมเลสของข้าวจากเมล็ดแช่

สายพันธุ์	กลุ่มควบคุม				กลุ่มทดลอง				Sig. (2 tailed)
		จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	S.D.		จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	S.D.	
หอมชลสิทธิ์	**วันที่ 1**	3	0.5267	0.0058	**วันที่ 1**	3	0.5300	0.0000	0.423
	วันที่ 4	3	0.5867	0.0058	**วันที่ 4**	3	0.6000	0.0000	0.057
	วันที่ 7	3	0.6233	0.0058	**วันที่ 7**	3	0.6400	0.0100	0.038
ขาวหลุดหนี้	**วันที่ 1**	3	0.5300	0.0100	**วันที่ 1**	3	0.5333	0.0058	0.667
	วันที่ 4	3	0.5367	0.0058	**วันที่ 4**	3	0.5600	0.0000	0.020
	วันที่ 7	3	0.5567	0.0058	**วันที่ 7**	3	0.5767	0.0058	0.074
ไรซ์เบอรี่	**วันที่ 1**	3	0.5100	0.0000	**วันที่ 1**	3	0.3067	0.2916	0.351
	วันที่ 4	3	0.5333	0.0058	**วันที่ 4**	3	0.5267	0.0058	0.184
	วันที่ 7	3	0.5500	0.0000	**วันที่ 7**	3	0.5333	0.0058	0.038
เพชรบุรี1	**วันที่ 1**	3	0.3767	0.0208	**วันที่ 1**	3	0.3933	0.0058	0.338
	วันที่ 4	3	0.4000	0.0000	**วันที่ 4**	3	0.4733	0.0153	0.014
	วันที่ 7	3	0.5267	0.0058	**วันที่ 7**	3	0.5267	0.0058	1.000
ขาวดอกมะลิ105	**วันที่ 1**	3	0.4833	0.0058	**วันที่ 1**	3	0.4767	0.0058	0.423
	วันที่ 4	3	0.5100	0.0000	**วันที่ 4**	3	0.4867	0.0058	0.020
	วันที่ 7	3	0.5333	0.0058	**วันที่ 7**	3	0.5000	0.0000	0.010
กข6	**วันที่ 1**	3	0.4767	0.0058	**วันที่ 1**	3	0.4767	0.0153	1.000
	วันที่ 4	3	0.4833	0.0058	**วันที่ 4**	3	0.5100	0.0000	0.015
	วันที่ 7	3	0.5133	0.0058	**วันที่ 7**	3	0.5400	0.0173	0.157

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.8 แสดงผลสรุปค่าเฉลี่ยปริมาณเอนไซม์อะไมเลสของข้าวจากเมล็ดแห้ง

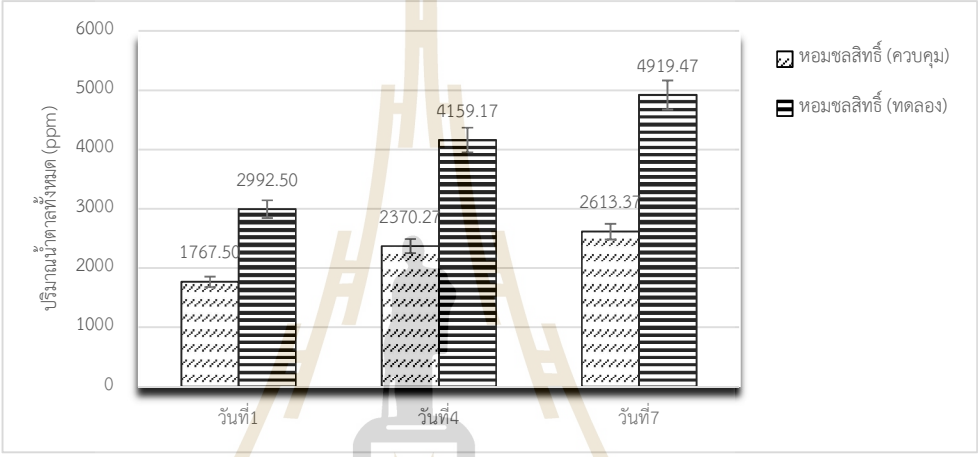
สายพันธุ์	กลุ่มควบคุม				กลุ่มทดลอง				Sig. (2 tailed)
		จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	S.D.		จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	S.D.	
หอมชลสิทธิ์	**วันที่ 1**	3	0.5300	0.0100	**วันที่ 1**	3	0.5067	0.0058	0.020
	วันที่ 4	3	0.5600	0.0000	**วันที่ 4**	3	0.5467	0.0058	0.057
	วันที่ 7	3	0.5967	0.0058	**วันที่ 7**	3	0.6100	0.0000	0.057
ขาวหลุดหนี้	**วันที่ 1**	3	0.4867	0.0058	**วันที่ 1**	3	0.5167	0.0551	0.449
	วันที่ 4	3	0.5333	0.0116	**วันที่ 4**	3	0.5100	0.0000	0.073
	วันที่ 7	3	0.5600	0.0100	**วันที่ 7**	3	0.5433	0.0058	0.130
ไรซ์เบอรี่	**วันที่ 1**	3	0.4033	0.0058	**วันที่ 1**	3	0.4067	0.0058	0.667
	วันที่ 4	3	0.4733	0.0153	**วันที่ 4**	3	0.4867	0.0058	0.184
	วันที่ 7	3	0.6267	0.0058	**วันที่ 7**	3	0.5333	0.0116	0.001
เพชรบุรี1	**วันที่ 1**	3	0.3900	0.0100	**วันที่ 1**	3	0.3100	0.0500	0.074
	วันที่ 4	3	0.4733	0.0058	**วันที่ 4**	3	0.4767	0.0058	0.423
	วันที่ 7	3	0.5000	0.0100	**วันที่ 7**	3	0.4967	0.0116	0.423
ขาวดอกมะลิ105	**วันที่ 1**	3	0.4633	0.0551	**วันที่ 1**	3	0.4000	0.0000	0.185
	วันที่ 4	3	0.6533	0.0289	**วันที่ 4**	3	0.4000	0.0100	0.002
	วันที่ 7	3	0.7733	0.0058	**วันที่ 7**	3	0.5067	0.0058	0.001
กข6	**วันที่ 1**	3	0.4567	0.0058	**วันที่ 1**	3	0.5833	0.1804	0.338
	วันที่ 4	3	0.4767	0.0058	**วันที่ 4**	3	0.4800	0.0100	0.667
	วันที่ 7	3	0.5067	0.0058	**วันที่ 7**	3	0.5000	0.0100	0.423

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

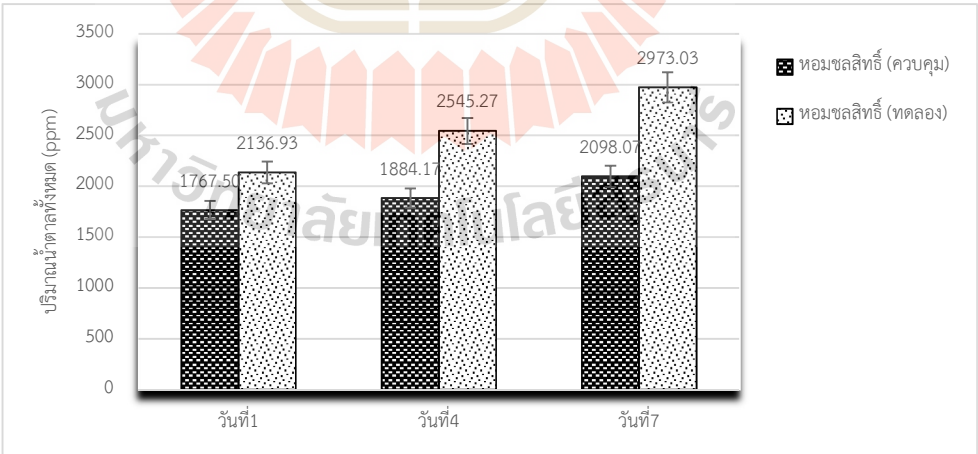
4.1.5 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

เมื่อปล่อยน้ำท่วมข้าวเป็นเวลา 7 วัน พบว่าปริมาณเกือบทุกสายพันธุ์มีค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลลดลงอย่างต่อเนื่อง และปริมาณน้ำตาลต่ำกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ทั้งแบบแช่เมล็ดและเมล็ดแห้งอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเริ่มลดลงตั้งแต่วันที่ 1 หลังถูกน้ำท่วม มีเพียงหอมชลสิทธิ์เท่านั้นที่มีค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป และปริมาณน้ำตาลยังมีค่ามากกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4919.47 และ 2973.03 ผลดังกล่าวค่อนข้างสอดคล้องกับปริมาณเอนไซม์อะไมเลสของหอมชลสิทธิ์ที่มีค่าสูงสุดของตัวอย่างในกลุ่มทดลอง จึงทำให้มีการสังเคราะห์ปริมาณน้ำตาลสูงกว่าในสายพันธุ์อื่น (Ismail et al., 2009)

(a)

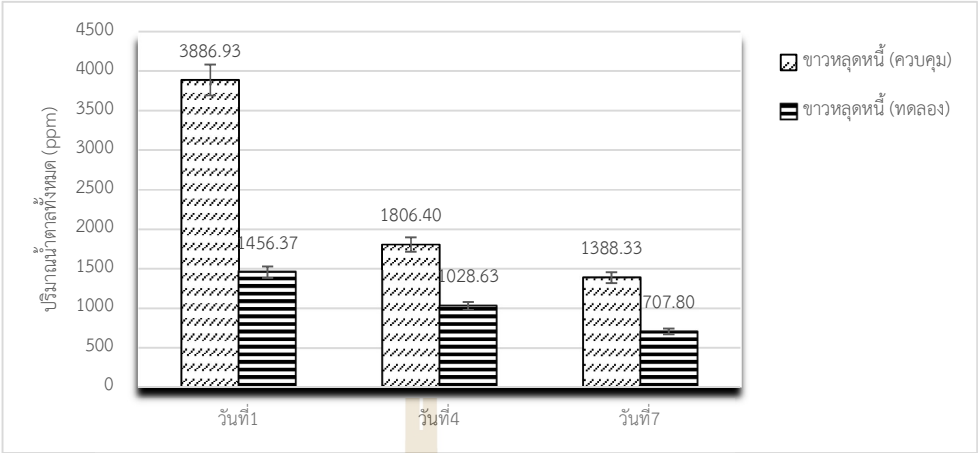


(b)

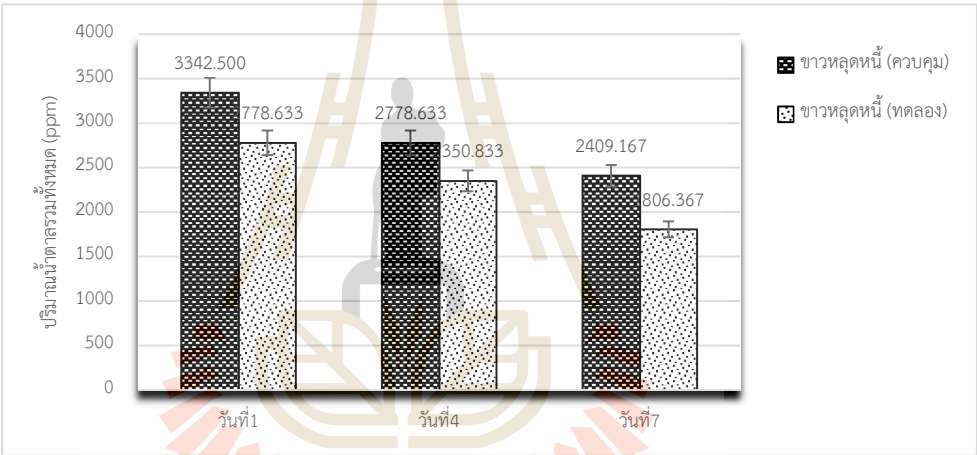


รูปที่ 4.25 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลของข้าวสายพันธุ์หอมชลสิทธิ์
(a) ปลูกจากเมล็ดแช่ (b) ปลูกจากเมล็ดแห้ง

(a)

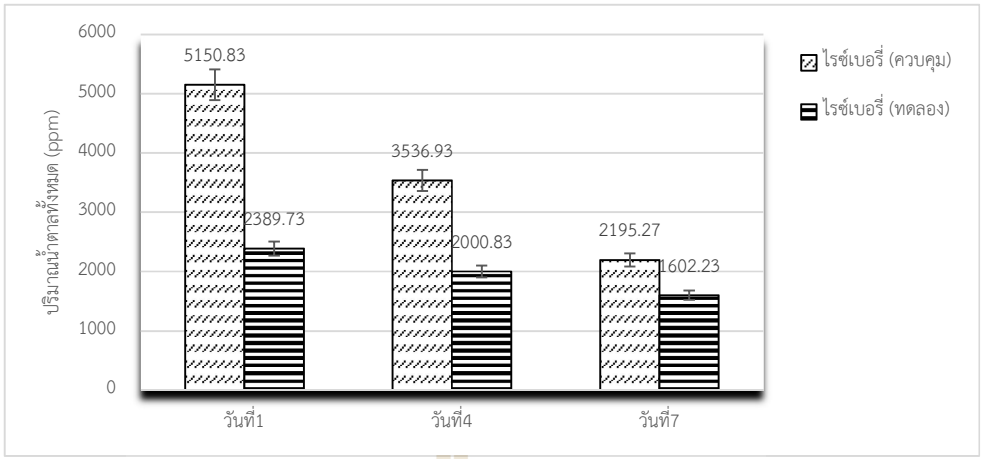


(b)

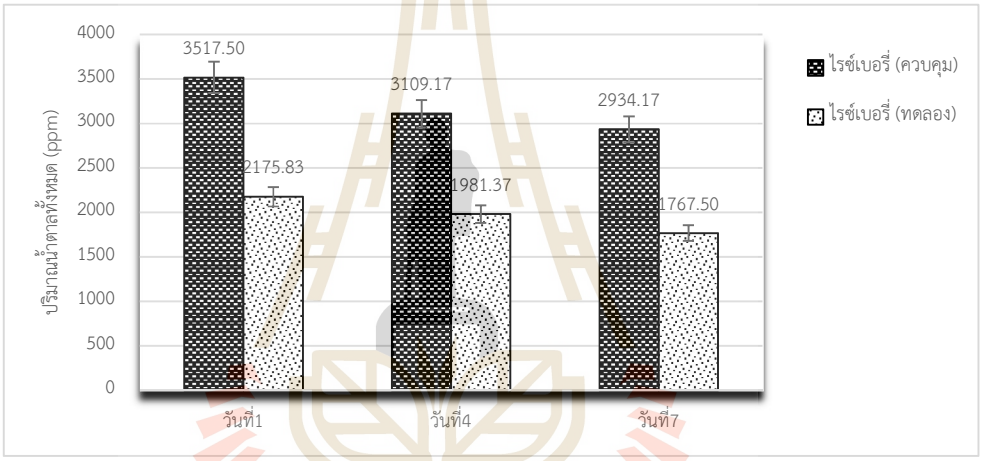


รูปที่ 4.26 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลของข้าวสายพันธุ์ขาวหลุดหนี้
(a) ปลูกจากเมล็ดแช่ (b) ปลูกจากเมล็ดแห้ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



(a)

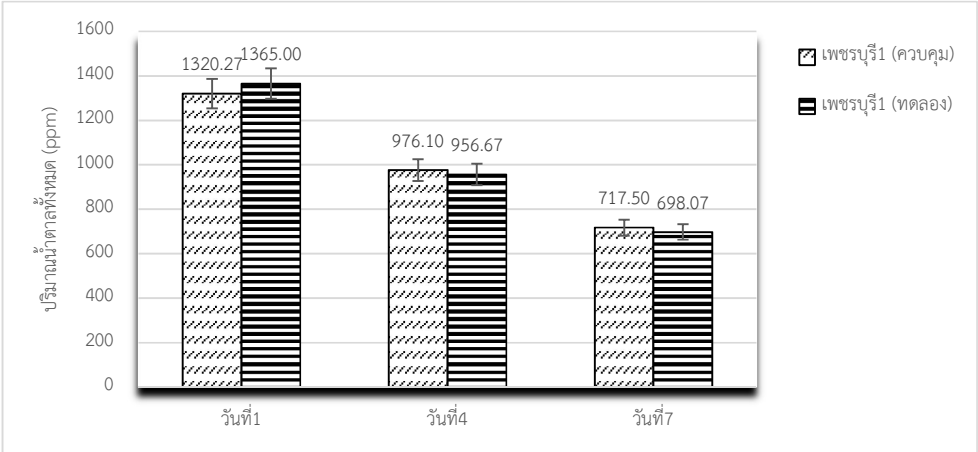


(b)

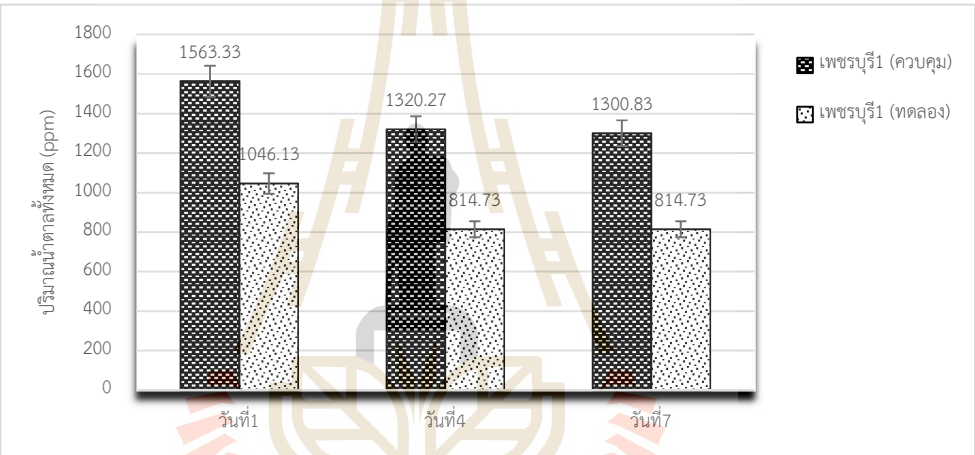
รูปที่ 4.27 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลของข้าวสายพันธุ์ไรซ์เบอรี่
(a) ปลูกจากเมล็ดแช่ (b) ปลูกจากเมล็ดแห้ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

(a)



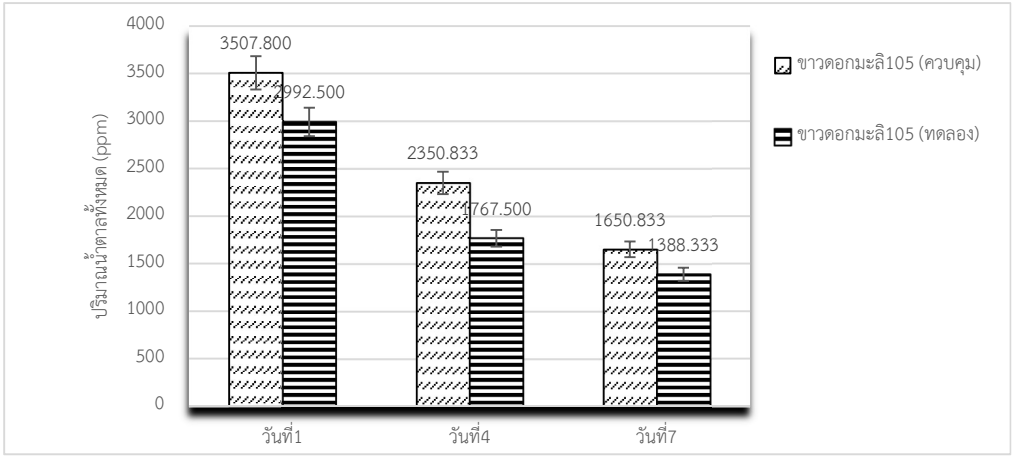
(b)



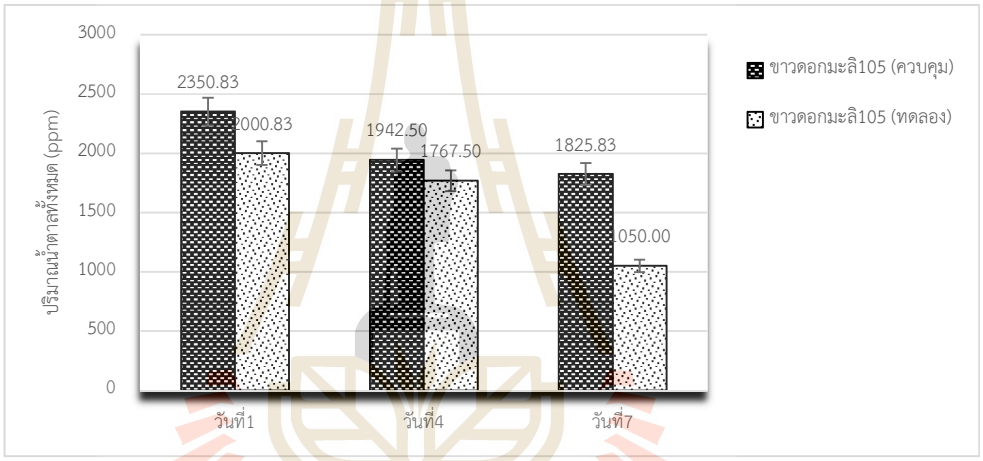
รูปที่ 4.28 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลของข้าวสายพันธุ์เพชรบุรี1
(a) ปลูกจากเมล็ดแช่ (b) ปลูกจากเมล็ดแห้ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

(a)



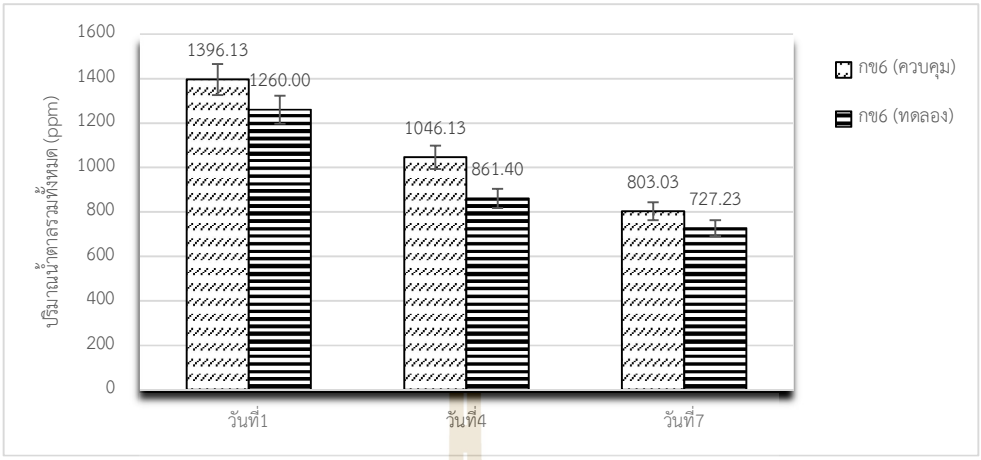
(b)



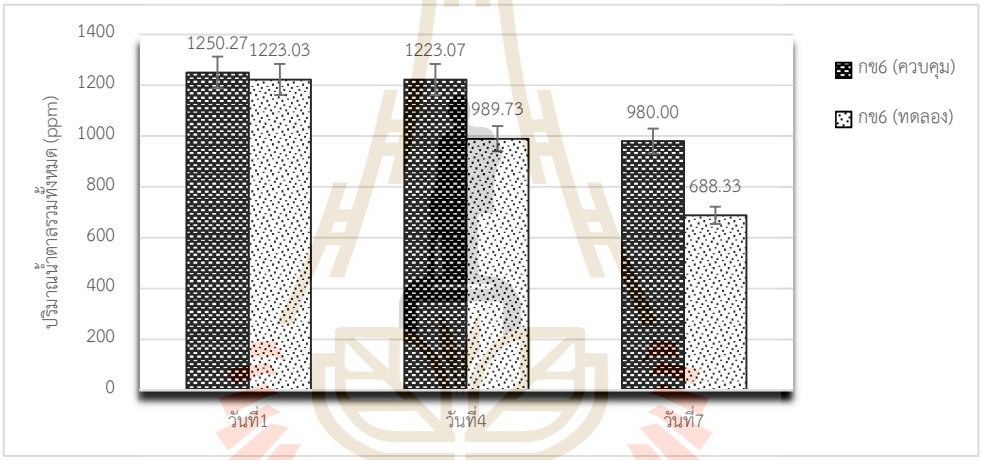
รูปที่ 4.29 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลของข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105
(a) ปลูกจากเมล็ดแช่ (b) ปลูกจากเมล็ดแห้ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

(a)



(b)



รูปที่ 4.30 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลของข้าวสายพันธุ์กข 6
(a) ปลูกจากเมล็ดแช่ (b) ปลูกจากเมล็ดแห้ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.9 แสดงผลสรุปค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของข้าวจากเมล็ดแช่

สายพันธุ์	กลุ่มควบคุม				กลุ่มทดลอง				Sig. (2 tailed)
		จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	S.D.		จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	S.D.	
หอมชลสิทธิ์	**วันที่ 1**	3	1767.50	58.30	**วันที่ 1**	3	2992.50	154.34	0.005
	วันที่ 4	3	2370.27	89.11	**วันที่ 4**	3	4159.17	116.65	0.000
	วันที่ 7	3	2613.37	26.73	**วันที่ 7**	3	4919.47	8.91	0.000
ขาวหลุดหนี้	**วันที่ 1**	3	3886.93	33.66	**วันที่ 1**	3	1456.37	33.66	0.000
	วันที่ 4	3	1806.40	121.42	**วันที่ 4**	3	1028.63	33.66	0.012
	วันที่ 7	3	1388.33	29.15	**วันที่ 7**	3	707.80	12.13	0.001
ไรซ์เบอรี่	**วันที่ 1**	3	5150.83	58.35	**วันที่ 1**	3	2389.73	33.72	0.000
	วันที่ 4	3	3536.93	33.66	**วันที่ 4**	3	2000.83	58.35	0.000
	วันที่ 7	3	2195.27	33.72	**วันที่ 7**	3	1602.23	8.91	0.001
เพชรบุรี1	**วันที่ 1**	3	1320.27	336.83	**วันที่ 1**	3	1365.00	5.80	0.839
	วันที่ 4	3	976.10	23.59	**วันที่ 4**	3	956.67	5.85	0.199
	วันที่ 7	3	717.50	5.80	**วันที่ 7**	3	698.07	33.66	0.428
ขาวดอกมะลิ105	**วันที่ 1**	3	3507.80	44.55	**วันที่ 1**	3	2992.50	154.34	0.025
	วันที่ 4	3	2350.83	58.35	**วันที่ 4**	3	1767.50	58.30	0.000
	วันที่ 7	3	1650.83	58.35	**วันที่ 7**	3	1388.33	29.15	0.012
กข6	**วันที่ 1**	3	1396.33	32.12	**วันที่ 1**	3	1260.00	15.44	0.034
	วันที่ 4	3	1046.13	32.12	**วันที่ 4**	3	861.40	29.35	0.003
	วันที่ 7	3	803.03	26.31	**วันที่ 7**	3	727.23	8.91	0.017

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

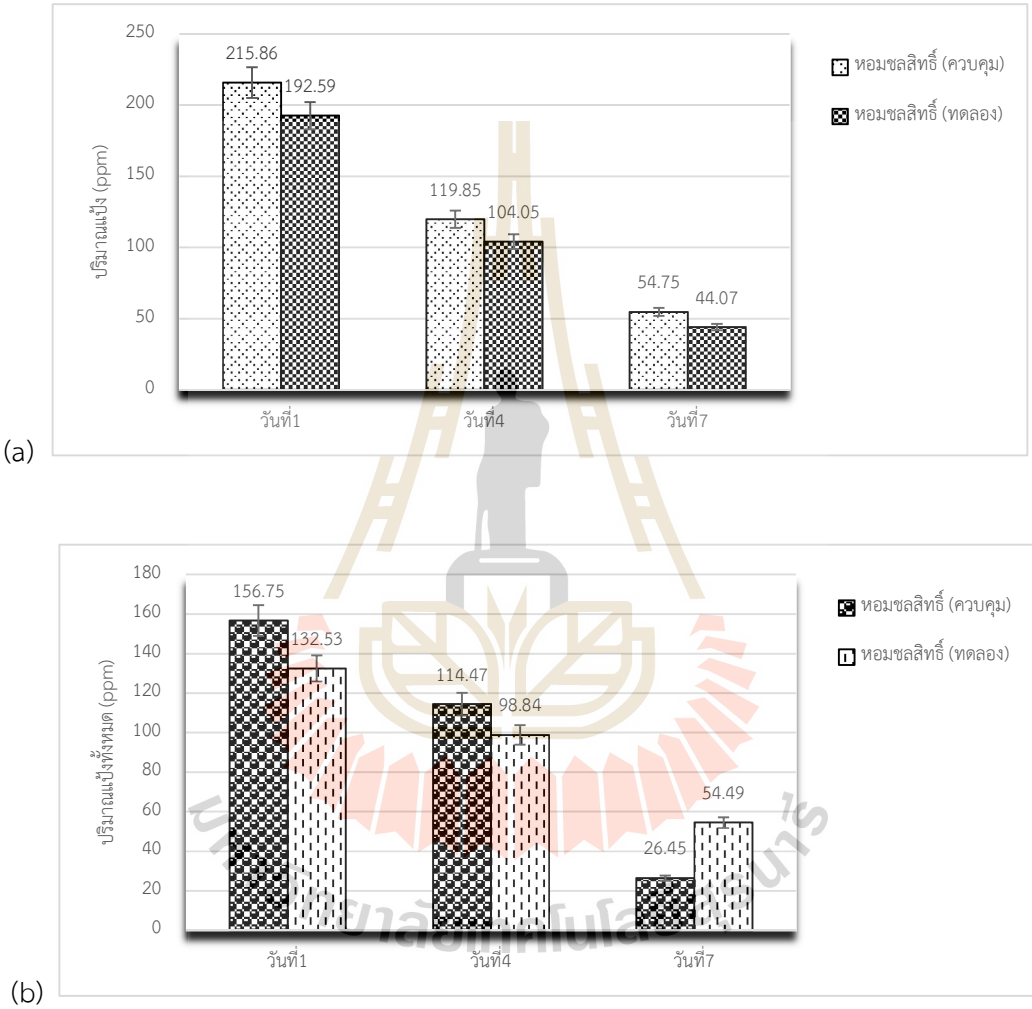
ตารางที่ 4.10 แสดงผลสรุปค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของข้าวจากเมล็ดแห้ง

สายพันธุ์	กลุ่มควบคุม				กลุ่มทดลอง				Sig. (2 tailed)
		จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	S.D.		จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	S.D.	
หอมชลสิทธิ์	**วันที่ 1**	3	1767.50	58.30	**วันที่ 1**	3	2136.9333	33.6595	0.003
	วันที่ 4	3	1884.17	58.35	**วันที่ 4**	3	2545.2667	33.7173	0.006
	วันที่ 7	3	2098.07	121.46	**วันที่ 7**	3	2973.0333	89.1093	0.017
ขาวหลุดหนี้	**วันที่ 1**	3	3342.50	58.30	**วันที่ 1**	3	2778.6333	33.6595	0.005
	วันที่ 4	3	2778.63	33.66	**วันที่ 4**	3	2350.8333	58.3500	0.002
	วันที่ 7	3	2409.17	116.65	**วันที่ 7**	3	1806.3667	33.6595	0.013
ไรซ์เบอรี่	**วันที่ 1**	3	3517.50	58.30	**วันที่ 1**	3	2175.8333	154.3607	0.008
	วันที่ 4	3	3109.17	58.35	**วันที่ 4**	3	1981.3667	33.6595	0.001
	วันที่ 7	3	2934.17	58.35	**วันที่ 7**	3	1767.5000	58.3000	0.000
เพชรบุรี 1	**วันที่ 1**	3	1563.33	29.15	**วันที่ 1**	3	1046.1333	32.1164	0.004
	วันที่ 4	3	1320.27	89.11	**วันที่ 4**	3	814.7333	33.7173	0.006
	วันที่ 7	3	1300.83	58.35	**วันที่ 7**	3	814.7333	263.0408	0.054
ขาวดอกมะลิ105	**วันที่ 1**	3	2350.83	58.35	**วันที่ 1**	3	2000.8333	58.3500	0.009
	วันที่ 4	3	1942.50	58.30	**วันที่ 4**	3	1767.5000	58.3000	0.122
	วันที่ 7	3	1825.83	58.35	**วันที่ 7**	3	1050.0000	35.4526	0.004
กข6	**วันที่ 1**	3	1250.27	8.91	**วันที่ 1**	3	1223.0333	89.1093	0.619
	วันที่ 4	3	1223.07	33.66	**วันที่ 4**	3	989.7333	33.7173	0.020
	วันที่ 7	3	980.00	29.20	**วันที่ 7**	3	688.3333	29.1500	0.000

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

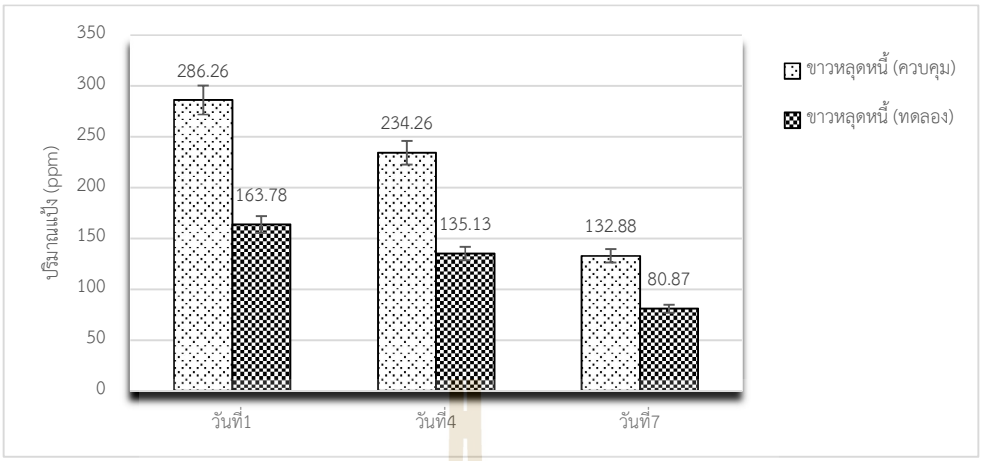
4.1.6 ปริมาณคาร์โบไฮเดรต

ปริมาณแป้งของข้าวเกือบทุกสายพันธุ์ข้าวสายพันธุ์มีแนวโน้มลดลงจากวันที่ 1 อย่างต่อเนื่องทั้งแบบแช่เมล็ดและเมล็ดแห้งอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) อย่างไรก็ตามพบว่าสายพันธุ์ กข 6 แบบแช่เมล็ด และสายพันธุ์หอมชลสิทธิ์แบบเมล็ดแห้งมีค่าเฉลี่ยปริมาณแป้งสูงกว่าเมื่อปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม มีค่าเท่ากับ 109.09 และ 54.49 ตามลำดับ

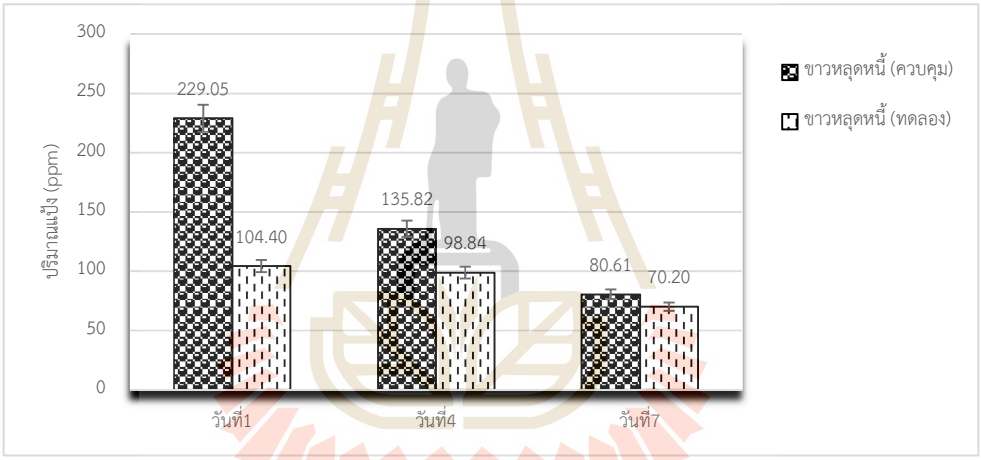


รูปที่ 4.31 ค่าเฉลี่ยปริมาณแป้งของข้าวสายพันธุ์หอมชลสิทธิ์
(a) ปลูกจากเมล็ดแช่ (b) ปลูกจากเมล็ดแห้ง

(a)



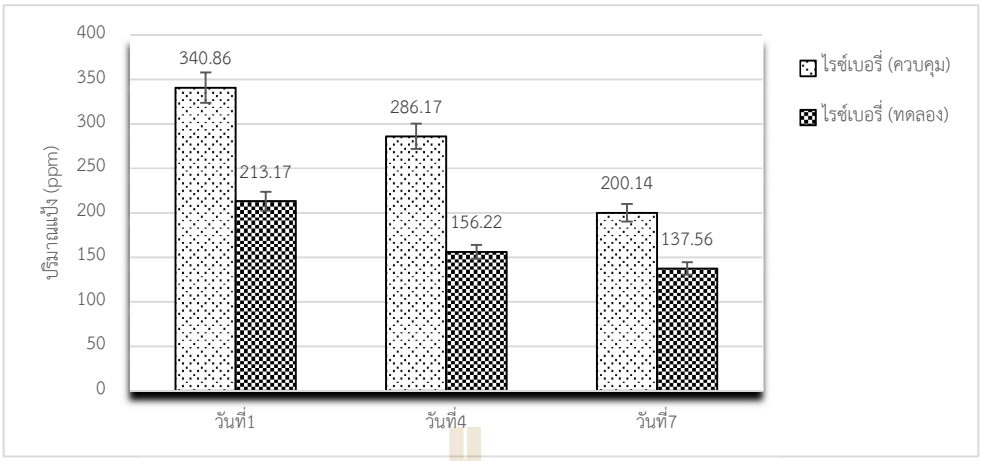
(b)



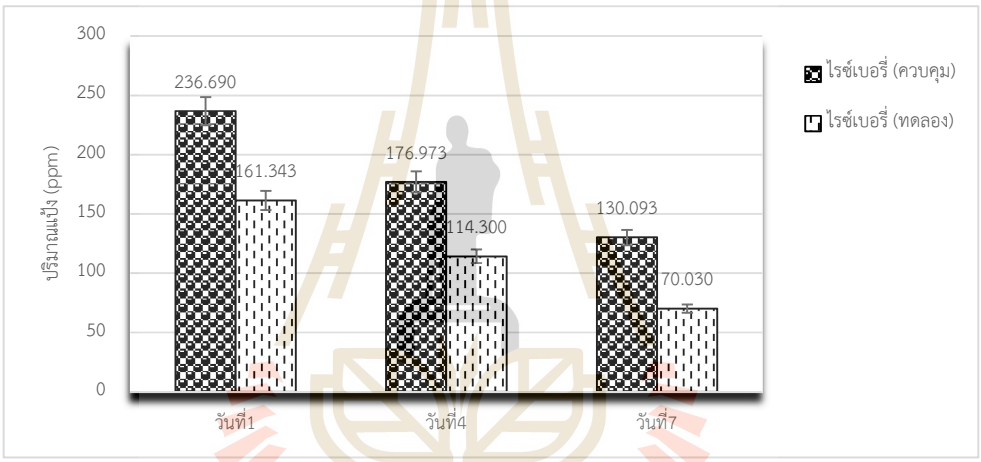
รูปที่ 4.32 ค่าเฉลี่ยปริมาณแป้งของข้าวสายพันธุ์ขาวหลุดหนี้
(a) ปลูกจากเมล็ดแช่ (b) ปลูกจากเมล็ดแห้ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

(a)

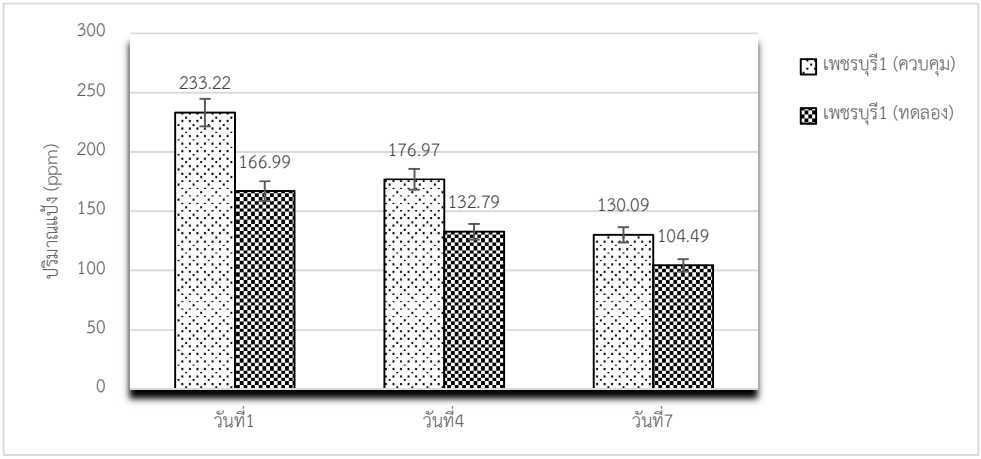


(b)

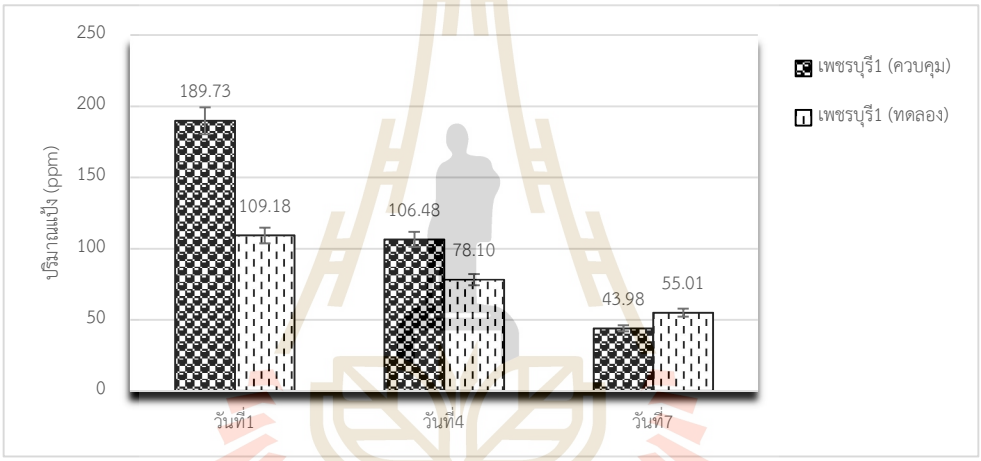


รูปที่ 4.33 ค่าเฉลี่ยปริมาณแป้งของข้าวสายพันธุ์ไรซ์เบอรี่
(a) ปลูกจากเมล็ดแช่ (b) ปลูกจากเมล็ดแห้ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



(a)

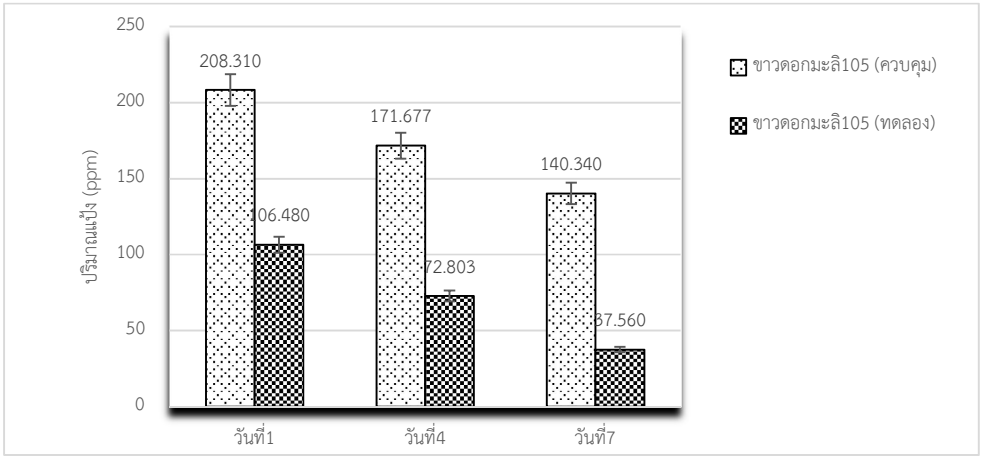


(b)

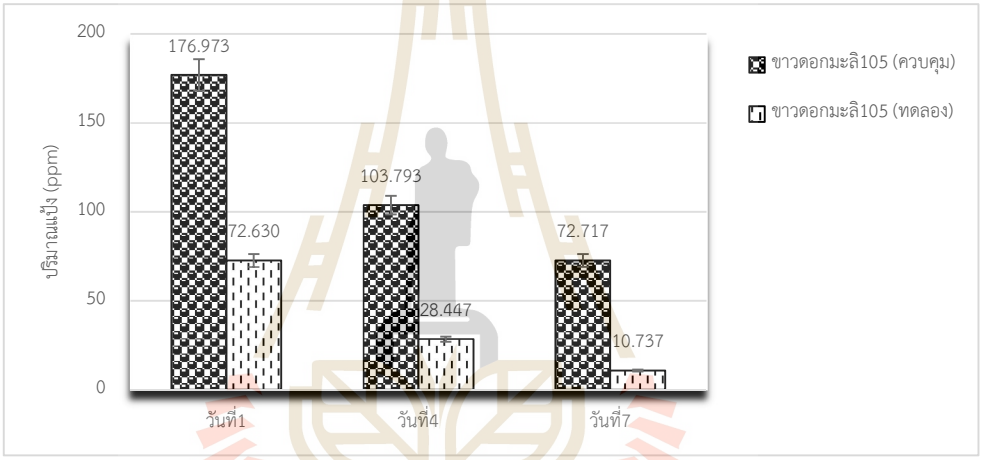
รูปที่ 4.34 ค่าเฉลี่ยปริมาณแป้งของข้าวสายพันธุ์เพชรบุรี1
(a) ปลูกจากเมล็ดแช่ (b) ปลูกจากเมล็ดแห้ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

(a)



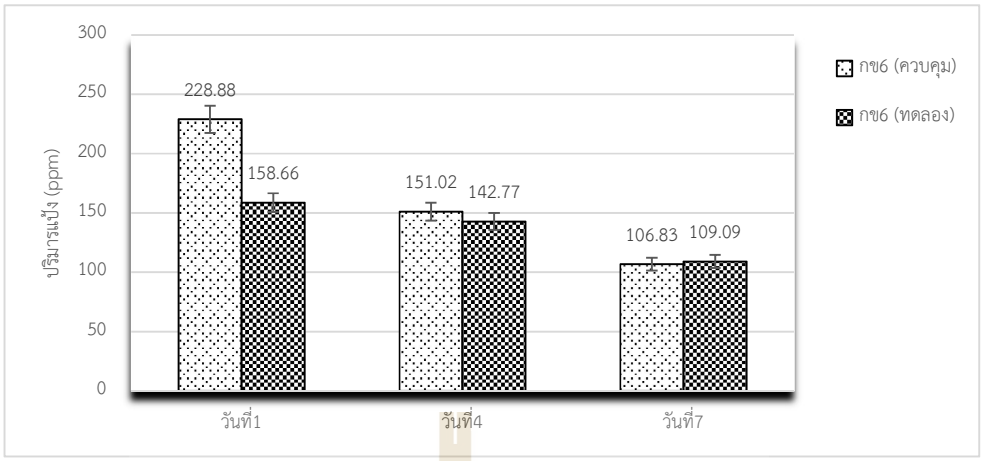
(b)



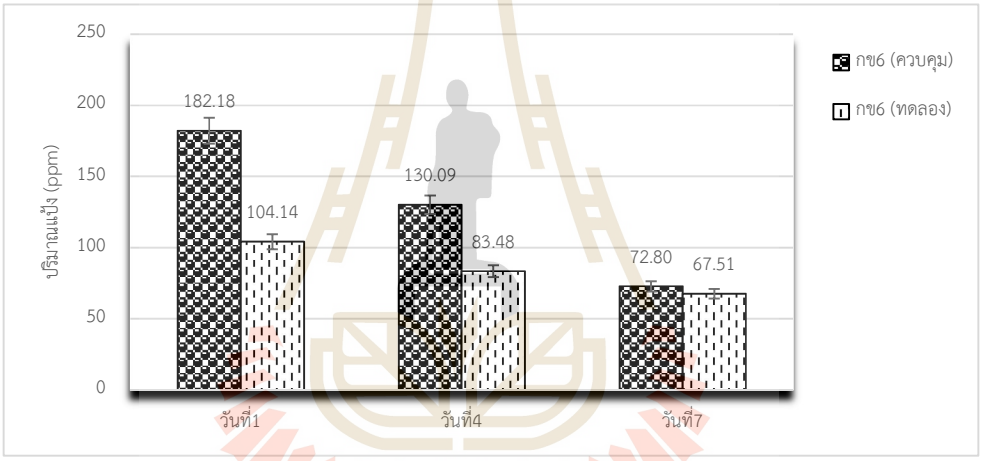
รูปที่ 4.35 ค่าเฉลี่ยปริมาณแป้งของข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (a) ปลูกจากเมล็ดแช่ (b) ปลูกจากเมล็ดแห้ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

(a)



(b)



รูปที่ 4.36 ค่าเฉลี่ยปริมาณแป้งของข้าวสายพันธุ์กข 6
(a) ปลูกจากเมล็ดแช่ (b) ปลูกจากเมล็ดแห้ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.11 แสดงผลสรุปค่าเฉลี่ยปริมาณแป้งของข้าวจากเมล็ดแช่

สายพันธุ์	กลุ่มควบคุม				กลุ่มทดลอง				Sig. (2 tailed)
		จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	S.D.		จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	S.D.	
หอมชลสิทธิ์	**วันที่ 1**	3	215.86	0.26	**วันที่ 1**	3	192.59	0.40	0.000
	วันที่ 4	3	119.85	0.66	**วันที่ 4**	3	104.05	0.54	0.000
	วันที่ 7	3	54.75	0.54	**วันที่ 7**	3	44.07	0.40	0.001
ขาวหลุดหนี้	**วันที่ 1**	3	286.26	0.40	**วันที่ 1**	3	163.78	0.26	0.000
	วันที่ 4	3	234.26	0.40	**วันที่ 4**	3	135.13	0.26	0.000
	วันที่ 7	3	132.88	0.84	**วันที่ 7**	3	80.87	0.79	0.000
ไรซ์เบอรี่	**วันที่ 1**	3	340.86	0.26	**วันที่ 1**	3	213.17	0.16	0.000
	วันที่ 4	3	286.17	0.26	**วันที่ 4**	3	156.22	0.69	0.000
	วันที่ 7	3	200.14	0.30	**วันที่ 7**	3	137.56	0.15	0.000
เพชรบุรี1	**วันที่ 1**	3	233.22	1.78	**วันที่ 1**	3	166.99	0.79	0.000
	วันที่ 4	3	176.97	0.54	**วันที่ 4**	3	132.79	0.52	0.000
	วันที่ 7	3	130.09	0.40	**วันที่ 7**	3	104.49	3.00	0.003
ขาวดอกมะลิ105	**วันที่ 1**	3	208.31	0.52	**วันที่ 1**	3	106.48	0.26	0.000
	วันที่ 4	3	171.68	0.40	**วันที่ 4**	3	72.80	0.40	0.000
	วันที่ 7	3	140.34	0.26	**วันที่ 7**	3	37.56	1.85	0.000
กข6	**วันที่ 1**	3	228.88	0.26	**วันที่ 1**	3	158.66	0.40	0.000
	วันที่ 4	3	151.02	0.53	**วันที่ 4**	3	142.70	0.15	0.001
	วันที่ 7	3	106.83	0.55	**วันที่ 7**	3	109.09	0.26	0.010

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.12 แสดงผลสรุปค่าเฉลี่ยปริมาณแป้งของข้าวจากเมล็ดแห้ง

สายพันธุ์	กลุ่มควบคุม				กลุ่มทดลอง				Sig. (2 tailed)
		จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	S.D.		จำนวน (N)	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	S.D.	
หอมชลสิทธิ์	**วันที่ 1**	3	156.75	0.9430	**วันที่ 1**	3	132.53	0.2600	0.000
	วันที่ 4	3	114.47	0.5412	**วันที่ 4**	3	98.84	0.5412	0.001
	วันที่ 7	3	26.45	0.8415	**วันที่ 7**	3	54.49	0.3972	0.000
ขาวหลุดหนี้	**วันที่ 1**	3	229.05	0.3972	**วันที่ 1**	3	104.40	0.6879	0.000
	วันที่ 4	3	135.82	1.0508	**วันที่ 4**	3	98.84	0.3972	0.000
	วันที่ 7	3	80.61	0.5412	**วันที่ 7**	3	70.20	0.3972	0.000
ไรซ์เบอรี่	**วันที่ 1**	3	236.69	0.2600	**วันที่ 1**	3	161.34	0.3972	0.000
	วันที่ 4	3	176.97	0.3972	**วันที่ 4**	3	114.30	0.2600	0.000
	วันที่ 7	3	130.09	0.3972	**วันที่ 7**	3	70.03	0.2600	0.000
เพชรบุรี1	**วันที่ 1**	3	189.73	0.1501	**วันที่ 1**	3	109.18	0.3002	0.000
	วันที่ 4	3	106.48	0.2600	**วันที่ 4**	3	78.10	0.5200	0.000
	วันที่ 7	3	43.98	0.2600	**วันที่ 7**	3	55.01	6.5531	0.098
ขาวดอกมะลิ105	**วันที่ 1**	3	176.97	0.3972	**วันที่ 1**	3	72.63	0.2600	0.009
	วันที่ 4	3	103.79	0.3002	**วันที่ 4**	3	28.45	0.3972	0.122
	วันที่ 7	3	72.72	0.3972	**วันที่ 7**	3	10.74	0.9131	0.004
กข6	**วันที่ 1**	3	182.18	0.5453	**วันที่ 1**	3	104.14	0.5200	0.000
	วันที่ 4	3	130.09	0.3972	**วันที่ 4**	3	83.48	0.7943	0.000
	วันที่ 7	3	72.80	0.3972	**วันที่ 7**	3	67.51	0.3972	0.000

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5
สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย

จากการศึกษาความสามารถในการทนท่วมของข้าวในขณะงอกนั้น พบว่า ความยาวเฉลี่ยของลำต้นและรากข้าว มีค่าเฉลี่ยสูงขึ้นหลังถูกน้ำท่วม ซึ่งแสดงถึงกลไกการเอาชีวิตรอดภายใต้สภาวะเครียด การแสดงค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตหลังถูกน้ำท่วมนั้น พืชจำเป็นต้องใช้พลังงานในตัวเองในการยืดยาวลำต้นเพื่อให้ได้สัมผัสกับอากาศบนผิวน้ำ หรืออาจจะใช้การสงวนพลังงาน โดยการชะลอการการเจริญเติบโตของตัวเอง เพื่ออนุรักษ์พลังงานไว้ใช้หลังน้ำลด ซึ่งค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตของข้าวยังสอดคล้องกับปริมาณคาร์โบไฮเดรต ซึ่งพืชจำเป็นต้องใช้ในการเจริญเติบโตนั้น พบว่า ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของสายพันธุ์หอมชลสิทธิ์ที่สูงกว่าในสายพันธุ์อื่นๆ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากกิจกรรมเอนไซม์อะไมเลส ที่มีส่วนช่วยในการย่อยแป้งเป็นน้ำตาล จึงทำให้สายพันธุ์หอมชลสิทธิ์มีค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณเอนไซม์อะไมเลสสูงขึ้นหลังถูกน้ำท่วมนั่นเอง นอกจากนี้ปริมาณเอนไซม์ lipid peroxidase ยังมีบทบาทในการจำกัดการยืดยาวของลำต้นและรากภายใต้สภาวะเครียด แต่อาจไม่ส่งผลกระทบต่อข้าวทุกสายพันธุ์ที่นำมาทดลองในครั้งนี้ ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณเอนไซม์ lipid peroxidase ในกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าในกลุ่มควบคุม และปริมาณค่าเฉลี่ยในการยืดยาวของลำต้นและรากมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆหลังถูกน้ำท่วม ดังนั้นข้าวที่ปลูกจากเมล็ดโดยตรงหรือจากการแช่เมล็ดก่อนนั้น ให้ผลการทดลองที่ค่อนข้างไม่แตกต่างกันในด้านของการทดสอบคุณลักษณะของการทนท่วม สายพันธุ์หอมชลสิทธิ์เป็นสายพันธุ์เดียวเท่านั้นที่มียีน *Sub1A-1* ที่มีคุณสมบัติในการทนน้ำท่วม นอกจากนี้ยังมีปริมาณเอนไซม์อะไมเลสที่สูงกว่า ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณแป้งที่น้อยกว่าและปริมาณน้ำตาลที่สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสายพันธุ์อื่นๆที่นำมาทำการศึกษา ดังรายงานก่อนหน้าที่พบว่าปริมาณเอนไซม์อะไมเลสในข้าวสายพันธุ์ที่ทนท่วมจะสูงกว่าในสายพันธุ์ที่ไม่ทนท่วม ในระยะงอก รวมไปถึงปริมาณแป้งที่ลดลง และปริมาณน้ำตาลที่เพิ่มขึ้น (Ismail, et al. 2009) ดังนั้นอาจสรุปได้ว่าในข้าวสายพันธุ์ที่ไม่มี *Sub1A-1* อาจจะไม่เหมาะสมในที่จะนำมาปลูกในพื้นที่ที่มีน้ำท่วมบ่อย เนื่องจากกลไกการตอบสนองทางสรีรวิทยาของข้าวสายพันธุ์ที่ไม่มีอัลลีลในการทนท่วมนั้น ข้าวจะต้องใช้พลังงานอย่างสูงในการเอาตัวรอดจากการถูกน้ำขัง (escape strategy) (Catling, 1992) จึงอาจทำให้ได้ผลผลิตที่น้อยกว่าที่ควรจะได้รับ และข้าวล้มเมื่อน้ำลด แต่ในข้าวสายพันธุ์ที่ทนน้ำท่วม ข้าวจะใช้กลไลในการอนุรักษ์พลังงาน (quiescence strategy) ในระหว่างถูกน้ำท่วม จึงอาจทำให้หลังน้ำลดแล้ว ข้าวยังสามารถมีชีวิตและให้ผลิตที่ดีต่อไปได้

ทั้งนี้การปลูกจากเมล็ดโดยตรงยังมีข้อจำกัดของปริมาณน้ำ ที่ต้องเพียงพอต่อการงอกและการรอดชีวิตด้วย ดังนั้นการจะเลือกใช้วิธีใดในการเพาะปลูกต้องดูจากปัจจัยหลายๆ ด้านประกอบ ไม่ว่าจะเป็น น้ำ สภาพดิน สภาพอากาศ หรือแม้กระทั่งสภาพแวดล้อมก็มีส่วนในการเพาะปลูกด้วย

เอกสารอ้างอิงของโครงการวิจัย

กรมการข้าว. (2554). **สรีวิทยาของข้าว องค์ความรู้เรื่องข้าว สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว**. ค้นเมื่อ 1 มิถุนายน 2562, จาก http://www.ricethailand.go.th/rkb3/title-index.php-file=content.php&id=112.htm

พรเทพ ถนนแก้ว, อัศวิน วานิชชัง, สุดารัตน์ ถนนแก้ว และปิยะดา ธุระกุลพิศุทธิ์. (2547). **รายงานการวิจัยเรื่อง การแยกและการศึกษาคุณลักษณะบางประการของโปรตีนตอบสนองต่อความเค็มในข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ105**. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ (องค์การมหาชน). (ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์). ข้าว (Rice). ค้นเมื่อ 11 มิถุนายน 2562, จาก http://www.biogang.net/plant_view.php?uid=47250&id=189605.

Alpi, A., Beevers, H. 1983. Effects of O_2 concentration on rice seedlings. **Plant Physiology** 71: 30-34.

Angaji, S.A., Septiningsih, E.M., Mackill, D.J. and Ismail, A.M. 2010. QTLs associated with tolerance of flooding during germination in rice (*Oryza sativa*). **Euphytica** 172: 159-168.

Balasubramanian, V. and Hill, J.E. 2000. Direct seeding of rice in Asia: emerging issues and strategic research needs for the 21st century. In: **Proceedings of the International Workshop on Direct Seeding in Asian Rice Systems: Strategic Research Issues and Opportunities**. Pandey, S., Mortimer, M., Wade, L., Tuong, T.P., Lopez, K. and Hardy, B. (Eds.), pp. 15-39. International Rice Research Institute, Bangkok, Thailand.

Catling, D. (1992). **Rice in deep water**. Macmillan Press, London.

Dhind, A.R.S., and Matowe, J.P. 1981. Drought tolerance in two mosses: correlated with enzymatic defense against lipid peroxidase. **Journal of Experimental Botany**. 32(1): 79-91.

Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. A., and Smith, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**. *28*(3): 350-356.

Fukao, T. and Bailey-Serres, J. 2008. Submergence tolerance conferred by Sub1A is mediated by SLR1 and SLRL1 restriction to gibberellin responses in rice. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America** 105: 16814-16819.

Fukao, T., Xu, K., Ronald, P.C. and Bailey-Serres, J. 2006. A variable cluster of ethylene response factor-like genes regulates metabolic and developmental acclimation responses to submergence in rice. **Plant cell** 18: 2021-2034.

Huang, J., Tanako, T. and Akita, S. 2000. Expression of α-expansin genes in young seedlings of rice. **Planta** 211: 467-473.

Ismail, A.M., Ella, E.S., Vergara, G.V. and Mackill, D.J. 2009. Mechanisms associated with tolerance to flooding during germination and early seedling growth in rice (*Oryza sativa*). **Annals of Botany** 103: 197-209.

Ismail, A.M., Johnson, D.E., Ella, E.S. and Vergara, G.V. 2012. Adaptation to flooding during emergence and seedling growth in rice and weeds, and implications for crop establishment. **AoB Plants** pls019; doi:10.1093/aobpla/pls019.

Joho, Y., Omasa, K., Kawano, N., and Sakagami, J. 2008. Growth responses of seedlings in *Oryza glaberrima* steud. to short-term submergence in guinea, West Africa. **Japan Agricultural Research Quarterly**. 42(3): 157-162.

JSPN. 1990. **Experimental Methods in Plant Nutrition**. Japanese society for soil science and plant nutrition. Hakuyu-sha, Tokyo, Japan

Kato-Noguchi, H. 2001. Submergence tolerance and ethanolic fermentation in rice coleoptiles. **Plant Production Science**, 4:1, 62-65

Lee, T.M. and Lin, Y.H. 1995. Changes in soluble and cell wallbound peroxidase activities with growth in anoxia-treated rice (*Oryza sativa* L.) coleoptiles and roots. **Plant Science**. 106: 1-7.

Ling, J., Ming-yu, H., Chun-ming, W. and Jian-min, W. 2004. Quatitative trait loci and epistatic analysis of seed anoxia germinability in rice (*Oryza sativa*). **Rice Science** 11(5-6): 238-244.

Maclean, J.L., Dawe, D.C., Hardy. B. and Hettel, G.P. (eds.) 2002. **Rice Almanae**: Source book for the most importance economic activity on earth. 3th ed. Wallindford: CABI Publishing.

Magneschi, L. and Perata, P. 2009. Rice germination and seedling growth in the absence of oxygen. **Annals of Botany** 103: 181-196.

Miro, B. and Ismail, A.M. 2013. Tolerance of anaerobic conditions caused by flooding during germination and early growth in rice (*Oryza sativa* L.). **Frontiers in Plant Science** 4: 269. doi: 10.3389/fpls.2013.00269.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Miro, B., Longkumer, T., Entila, F.D., Kohli, A. and Ismail, A.M. 2017. Rice seed germination underwater: morpho-physiological responses and the bases of differential expression of alcoholic fermentation enzymes. **Frontiers in Plant Science** 8: 1857 doi: 10.3389/fpls.2017.01857.

Perata, P. and Voesenek, L.A.C.T. 2007. Submergence tolerance in rice requires Sub1A, an ethylene-response-factor-like gene. **Trends in Plant Science**. 12: 43-46

Polato, N. 2013. **Introduction to Rice** [On-line]. Available: http://www.gramene.org/species/oryza/rice_illustrations.htm.

Prakash, M., Sunilkumar, B., Sathiya Narayanan, G., Gokulakrishnan, J. and Anandan, R. 2016. Seed germination and seedling growth of rice varieties as affected by flooding stress. **Indian Journal of Agricultural Research** 50 (3) 2016 : 268-272.

Setter, T. L. and Ella, E. S. 1994. Relationship between coleoptile and alcoholic fermentation in rice exposed to anoxia. I. Importance of treatment conditions and different tissues. **Annals of Botany** 74: 265-271.

Setter, T. L., Ella, E. S. and Valdez, A. P. 1994. Relationship between coleoptile and alcoholic fermentation in rice exposed to anoxia. II. Cultivar differences. **Annals of Botany** 74: 273-279.

Tsuji, H. 1973. Growth and metabolism in plants under anaerobic conditions. **Environmental Control in Biology** 11: 79-84.

Xu, K., Xu, X., Fukao, T., Calas, P., Maghirang-Rodriguez, R. M., Heuer, S., Ismali, A. M., Bailey-Serres, J. B., Ronald, P. C. and Mackill, D. J. 2006. Sub1A is an ethylene-response-factor-like gene that confers submergence tolerance to rice. **Nature** 422:705-708.

Yamauchi, M., Aguilar, A.M., Vaughan, D.A. and Seshu, D.V. 1993. Rice (*Oryza sativa* L.) germplasm suitable for direct sowing under flooded soil surface. **Euphytica** 67(3): 177-184.

ประวัติคณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางดวงกมล แม้นศิริ

   ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mrs. Duangkamol Maensiri

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3 2299 00098 26 1

3. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

   สาขาวิชาชีววิทยา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

   111 ถ. มหาวิทยาลัย ต. ในเมือง อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000

   โทรศัพท์ 044 224615 โทรสาร 044 224633

   email: duangkamol@sut.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

   2538 วท.บ. (ชีววิทยา), มหาวิทยาลัยขอนแก่น

   2001 Ph.D. (Molecular Biology), University of Manchester

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ: gene identification and characterization, molecular cloning

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

   7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย: ชื่อแผนงานวิจัย

   7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย:

   7.2.1 ผลของสภาวะเพาะเลี้ยงต่อการสังเคราะห์ exopolysaccharide ของไซยาโนแบคทีเรียบางชนิด (ทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยขอนแก่น)

   7.2.2 การใช้ข้อมูลทางชีวโมเลกุลในการระบุตำแหน่งของพืชสกุล *Caulopkaempferia* (Zingiberaceae) (ทุนสนับสนุนจากศูนย์วิจัยอนุกรมวิธานประยุกต์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น)

   7.2.3 การใช้เทคนิค PCR-RFLP ของดีเอ็นเอบริเวณ ITS ในการระบุพืชสกุล *Alpinia* (Zingiberacae) (ทุนสนับสนุนจากศูนย์วิจัยอนุกรมวิธานประยุกต์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น)

   7.2.4 ดีเอ็นเอบนผลึกเพชรนาโน (ทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยขอนแก่น)

   7.2.5 การประเมินดีเอ็นเอบริเวณ *matK*, *trnH-psbA* intergenic spacer, *rpoB* และ *rpoC* ในการใช้เป็น DNA barcode สำหรับการระบุชนิดพืช

   7.2.6 ความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้าวพื้นเมือง ทุนอุดหนุนทั่วไป มหาวิทยาลัยขอนแก่น

7.3 ผลงานวิจัย

Pokpongsatien, P. and Thong-a-ram, D. 2005. The elimination of contaminating bacteria in *Spirulina platensis* by antibiotic treatment. In: **The Second National Conference on Algae and Plankton**, 23-25 March 2005, Chiangmai. p D-03. (In Thai)

Seeprasert, T., Theerakulpisut, P., Chantaranothai, P. and Thong-a-ram, D. 2004. Pollen morphology and RAPD analysis of some closely related taxa of *Polygonum*. In: **The 30th Congress on Science and Technology of Thailand**. Bangkok, Thailand. B0129.

Theerakulpisut, P., Chantaranothai, P., Thong-a-ram, D., Khampila, J., Triboun, P. and Mahakham, W. 2004. Interspecific relationship in *Zingiber* (Zingiberacae) from northeast Thailand based on nuclear ribosomal DNA ITS sequences. In: **The 30th Congress on Science and Technology of Thailand**. Bangkok, Thailand. B0150.

Theerakulpisut, P., Chantaranothai, P., Thong-a-ram, D., Khampila, J., Triboun, P. and Mahakham, W. 2005. Genetic variation of the genus *Zingiber* (Zingiberaceae) in Thailand detected by RAPD markers. In: **The 31st Congress on Science and Technology of Thailand**. Nakhonratchasima, Thailand. B0042.

Theerakulpisut, P., Chantaranothai, P., Triboun, P., Thong-a-ram, D., Khampila, J. and Mahakham, W. 2006. Classification of the genus *Zingiber* (Zingiberaceae) based on ribosomal DNA sequences and RAPD markers. **4th International Symposium on the Family Zingiberaceae**, 3rd – 6th July 2006, Singapore Botanic Garden, Singapore.

Kanawapee, N., Theerakulpisut, P., Bunnag, S., Maensiri, D. and P. Chantaranothai. 2006. DNA fingerprint and molecular diversity of four species of *Phyllanthus* assessed through RAPD analysis. In: The **The 31st Congress on Science and Technology of Thailand**. Bangkok, Thailand. B4_B0087.

Theerakulpisut, P., Kanawapee, N., Maensiri, D, Bunnag, S. and Chantaranothai, P. 2006. Development of sequence characterized amplified region (SCAR) markers for identification of *Phyllanthus amarus, P. debilis* and *P. urinaria* (Phyllanthaceae). In: **The 1st Sino-Thai conference on traditional medicine and natural health products proceeding**. 13-19 November 2006. Nanning, Guangxi, People Republic of China. pp. 118-122.

Thong-a-ram, D., Namdee, K. and Mahakam, W. 2005. Classification of the genus *Caulokaempferia* K. Larsen (Zingiberaceae) based on the molecular phylogenetic analysis. **KKU Research Journal** 10(1): 5-12. (In Thai)

Kultonlaksami, T. Maensiri, D. and Saensook, S. 2007. Variation of the internal transcribed spacer of ribosomal DNA among some *Alpinia* Roxb. (Zingiberaceae) species and its application for species identification. In: **The 9th symposium on graduate research, 19th January 2007**, Khon Kaen University, Thailand. BMP-6. (In Thai)

Topon, O., Maensiri, D., Monthatong, M. and Amornkitbumrung, V. 2007. Diamond-like carbon film chip for biological molecule detection. In: **German-Thai symposium on nanoscience and nanotechnology** 27-28 September 2007, The Tide Resort, Chonburi. pp 183- 187. German- Thai Symposium on Nanoscience and Nanotechnology.

Theerakulpisut, P., Kanawapee, N., Maensiri D., Bunnag, S. and Chantaranothai, P. 2008. Development of species- specific SCAR markers for identification of three medicinal species of *Phyllanthus*. **Journal of Systematics and Evolution** 46(4): 614-621.

Chongka, M., Maensiri, D. and Saensook, S. 2009. *matK* and *trnH-psbA* intergenic spacer to be used as DNA barcodes: preliminary evaluation by the assessment of intraspecific sequence variation in *Alpinia galanga* (L.) Wild. **KKU Science Journal** 37(2): 173-182. (In Thai)

Phannorit, S., Maensiri, D. and Montatong, M. 2009. Screening of EST-SSRs to develop genetic markers related to salt tolerance of rice. **KKU Research Journal** (Graduate Studies) 9(2): 22-29. (In Thai)

Aiumsumang, S. and Maensiri, D. 2011. Exogenously applied ascorbic acid to increase salt stress tolerance in rice. In: **The 12th Symposium on Graduate Research**, 28th January 2011, Khon Kaen University. BM06.

Petcha, N., Maensiri, D. and Saensouk, S. 2011. Assessment of the *rpoB* and *rpoC1* plastid DNA regions for their suitability as DNA barcodes for identification of plants in the genus Alpinia Roxb. (Zingiberaceae). In: **The 12th Symposium on Graduate Research**, 28th January 2011, Khon Kaen University. BM07.

Theerakulpisut, P., Triboun, P., Mahakham, W., Maensiri, D., Khampila, J. and chantaranothai, P. 2012. Phylogeny of the genus *Zingiber* (Zingiberaceae) based on nuclear ITS sequence data. **Kew Bulletin** 67: 389-395.

Jantasee, A., Thumanu, K., Muangsan, N., Leeanansaksiri, W. and Maensiri, D. 2014. Fourier transform infrared spectroscopy for antioxidant capacity determination in colored glutinous rice. **Food Analytical Methods** 7: 389-399.

Nji, T., Maensiri, S. and Maensiri, D. 2017. The effect of green synthesized gold nanoparticles on rice germination and roots. **Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology** 8: 035008.

Pimchan, T., Maensiri, D. and Eumkeb, G. 2017. Synergy and mechanism of action of **α**-mangostin and ceftazidime against ceftazidime- resistant *Acinetobacter baumannii*. **Letters in Applied Microbiology** 65(4): 285-291.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

1. ชื่อ (ภาษาไทย) ผศ. ดร.หนูเดือน เมืองแสน

(ภาษาอังกฤษ) Asst. Prof. Dr.Nooduan Muangsan

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3-3017-01003-xxx

3. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

4. หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้พร้อมโทรศัพท์โทรสารและ E-mail

สาขาวิชาชีววิทยา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

โทรศัพท์ 044-224249, โทรสาร 044 – 224633, E-mail : nooduan@sut.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

2546 Ph.D. (Plant Molecular Biology), North Carolina State University, USA

2539 วท.บ. (ชีววิทยา เกียรตินิยม อันดับ 1) มหาวิทยาลัยขอนแก่น

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

Gene silencing, Plant transformation, Plant tissue culture, Genetics

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย -ไม่มี-

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย

1) แบคทีเรียก่อโรคจุดดำในไรน้ำนางฟ้า.แหล่งทุน ศูนย์วิจัยอนุกรมวิธานประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นประจำปี 2549
2) ฤทธิ์ของพืชสมุนไพรในการยับยั้งแบคทีเรียที่ก่อโรคจุดดำในไรน้ำนางฟ้า.แหล่งทุน กองทุนสนับสนุนงานวิจัย คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประจำปี 2550
3) การสกัดดีเอ็นเอและการศึกษาเชิงชีวโมเลกุลของพืชในวงศ์ขิงในเขตจังหวัดหนองคาย. แหล่งทุน ทุนอุดหนุนงบประมาณประจำปี 2551 มหาวิทยาลัยขอนแก่น และ IRPUS51
4) ลักษณะการทนเค็มและการแสดงออกของยีนต้านอนุมูลอิสระในข้าว แหล่งทุน กลุ่มวิจัยจีโนมิกส์และโปรตีโอมิกส์ของข้าวทนเค็ม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นประจำปี2552
5) การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อข้าวเหนียวดำ. แหล่งทุน ทุนอุดหนุนมหาวิทยาลัยขอนแก่น งบประมาณประจำปี 2552
6) การสำรวจความหลากหลายพืชหนามในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 2553. แหล่งทุน ทุนสนับสนุนการวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ 2553
7) การสำรวจความหลากหลายไลเคนในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. แหล่งทุน ทุนสนับสนุนการวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ 2553

8) เครื่องหมายโมเลกุลอาร์เอพีดีที่เกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำมันสูงในทานตะวัน. หัวหน้าโครงการวิจัย. แหล่งทุน ทุนสนับสนุนการวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ 2553 เตรียมรายงานฉบับสมบูรณ์
9) การสำรวจพรรณไม้ในวัด ในเขตอำเภอเมือง จ.นครราชสีมา แหล่งทุน ทุนสนับสนุนการวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ 2554
10) ความหลากหลายของไลเคน และเห็ดรา ในพื้นที่ปกปักพันธุกรรมพืชอพ.สธ. เขื่อนน้ำพุง การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริฯ ทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555
11) นิเวศวิทยาและความหลากหลายของไลเคนในสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช. แหล่งทุน ทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555-2556
12) ความหลากหลายชนิดของไลเคนในป่าชุมชนและโบราณสถานแห่งนครชัยบุรินทร์. โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริฯ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556
13) การประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมของทานตะวันโดยเครื่องหมายโมเลกุลชนิดเอสเอสอาร์และอาร์เอพีดี แหล่งทุน ทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556
14) การใช้ไลเคนเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศบริเวณโดยรอบนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดจังหวัดระยอง ทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556
15) การเพาะเลี้ยงอับเรณูทานตะวันเพื่อผลิตสายพันธุ์แท้ แหล่งทุน ทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557
16) การอนุรักษ์ ขยายพันธุ์และใช้ประโยชน์พืชวงศ์ขิงที่หายากและมีคุณค่าทางเศรษฐกิจอย่างยั่งยืน ภายใต้โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี แหล่งทุน ทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557
17) ความหลากหลายทางพันธุกรรมของไลเคนสกุล *Graphis* ในประเทศไทย แหล่งทุน ทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557

7.3 ผลงานวิจัย

1) Peele, C., Jordan, C. V., Muangsan, N., Turnage, M., Egelkrout, E., Eagle, P., HanleyBowdoin, L., and Robertson, D. 2001. Silencing of a meristematic gene using geminivirus-derived vectors. **Plant J.** 27: 357-66.
2) Turnage, M. A., Muangsan, N., Peele, C. G., and Robertson, D. 2002.Geminivirus-based vectors for gene silencing in Arabidopsis. **Plant J.** 30: 107-14.
3) Muangsan N, Beclin C, Vaucheret H, and Robertson D. 2004. Geminivirus VIGS of endogenous genes requires SGS2/SDE1 and SGS3 and defines a new branch in the genetic pathway for silencing in plants. **Plant J.** 38: 1004-14.
4) Khampila, J., Theerakulpisut, P., Lertrat, K., Saksirirat, W., Sanitchon, J. and Muangsan, N. 2008. Identification of RAPD Markers for Northern Corn Leaf Blight Resistance in Waxy Corn (Zea mays var. ceratina). **Asian Journal of Plant Sciences** 7 (1): 18-21.
5) Khampila, J., Lertrat, K., Saksirirat, W., Sanitchon, J., Muangsan, N. and Theerakulpisut, P. 2008. Identification of RAPD and SCAR markers linked to northern leaf blight resistance in waxy corn (*Zea mays* var. ceratina). **Euphytica**. 164: 615-625.
6) Muangsan, N. and Suwanalai, J. 2008. The Use of 16S rRNA gene sequences in identification of bacteria Isolated from fairy shrimps. KKU Sci J. 36 (1):59-66. [In Thai]
7) Muangsan, N. and Senamontee, V. 2008. Antimicrobial effects of some medicinal plant extracts against bacteria associated with black disease. Acta Horticulturae. No.786: 73-76.
8) Kijwijan, B., Nokmai, J., and Muangsan, N. 2008. Effects of tyrosine and plant growth regulators on growth and development of Gloriosa superba Linn.in vitro. Khon Kaen AGR. J., 36: 144-152. [In Thai]
9) Prajuabmon, A., Theerakulpisut, P., Kijwijan, B. and Muangsan, N. 2009. In Vitro investigation on salt tolerant characteristics of rice seedlings (Oryza sativa L.). Research Journal of Agriculture and Biological Sciences. 28:423-427

10) Pimchun, O. and Muangsan, N. 2011. In Vitro Regeneration of Purple Glutinous Rice (Oryza sativa L.). KKU Sci J. 39(4): 621-630 [In Thai]

11) Krudnak, A., Muangsan, N. and Machikowa, T. 2013. High frequency callus induction through anther culture in high oil sunflower (Helianthus annuus L.). KKU Res J. 18(1):64-72 [In Thai]

12) Saensee K., Machikowa T. and Muangsan N. 2012. Comparative performance of sunflower synthetic varieties under drought stress. International Journal of Agriculture and Biology, vol. 14, pp. 929-.

13) Jantasee A., Thumanu K., Muangsan N., Leeanansaksiri W. and Maensiri, D. 2013. Fourier transform infrared spectroscopy for antioxidant capacity determination in colored glutinous rice. **Food Analytical Methods** Doi: 10.1007/s12161-013-9637-1.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี