



ปัญหาพิเศษ

จำแนกความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวอย่างรวดเร็วโดยการ
ประมวลผลภาพถ่าย

**RAPID RICE SEED VIGOUR CLASSIFICATION USING IMAGE
PROCESSING**

นางสาวนันทริกา อินตาโสภี

ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

DEPARTMENT OF AGRONOMY

FACULTY OF AGRICULTURE KASETSART UNIVERSITY



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วิทยาศาสตร์เกษตร)

ปริญญา

.....
วิทยาศาสตร์เกษตร

.....
พืชไร่นา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง จำแนกความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวอย่างรวดเร็วโดยการประมวลผลภาพถ่าย

RAPID RICE SEED VIGOUR CLASSIFICATION USING IMAGE PROCESSING

นามผู้วิจัย นางสาวนันทริกา อินตาโสภี

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษหลัก

(.....ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คำรงวุฒิ อ่อนวิมล, ปร.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษร่วม

(.....วีรชัย มรรยัสถ์ถาวร, ปร.ด.)

หัวหน้าภาควิชา

(.....ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปิยะ กิตติภาดากุล, Ph.D.)

วันที่ เดือน พ.ศ. 2565

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

จำแนกความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวอย่างรวดเร็วโดยการประมวลผลภาพถ่าย
RAPID RICE SEED VIGOUR CLASSIFICATION USING IMAGE PROCESSING

โดย

นางสาวนันทริกา อินตาโสภี

เสนอ

ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

DEPARTMENT OF AGRONOMY

FACULTY OF AGRICULTURE KASETSART UNIVERSITY

บทคัดย่อ

นันทิกา อินตาโสภี 2564: จำแนกความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวอย่างรวดเร็วโดยการประมวลผลภาพถ่าย. สาขาวิทยาศาสตร์เกษตร ภาควิชาพืชไร่นา อาจารย์ที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดำรงวุฒิ อ่อนวิมล, ปร.ด. 35 หน้า

เปรียบเทียบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวจำนวน 4 พันธุ์ รวม 7 ตัวอย่าง ผ่านเทคนิคการทดสอบความเร็วในการแทงรากโดยใช้ภาพถ่ายด้วยสายตาด้วยโปรแกรม ImageJ เปรียบเทียบกับการวิเคราะห์อัตโนมัติด้วยโปรแกรมทางเทคนิค Rice4 โดยทำตัวอย่างละ 4 ซ้ำ ๆ ละ 100 เมล็ด นำผลการแทงรากที่ได้จากแต่ละเทคนิคไปวิเคราะห์ความแข็งแรงด้วยการวิเคราะห์ดัชนีต่าง ๆ ที่ได้จากโค้งการแทงรากสะสม (accumulate radicle emergence curve fitting) ผ่านโปรแกรม GEMINATOR เช่น เวลาที่ใช้ในการงอกรากแรกเกิดขึ้นถึงครึ่งหนึ่ง (50 เปอร์เซนต์) ของจำนวนเมล็ดพันธุ์ทั้งหมด (t_{50}) เวลาที่ใช้ในการงอกรากแรกเกิดขึ้นตั้งแต่ 25 -75 เปอร์เซนต์ของจำนวนเมล็ดพันธุ์ทั้งหมด (U_{7525}) และ เวลาออกเฉลี่ย (MGT) ผลการทดลองพบว่า ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์เมื่อพิจารณาจาก t_{50} U_{7525} MGT และ พื้นที่ใต้โค้งการแทงรากสะสม (AUC) ของการตรวจนับการแทงรากโดยใช้โปรแกรม ImageJ พบว่าเมล็ดพันธุ์ตัวอย่าง F (ข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 ศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท/2558/2559) มีความแข็งแรงสูงที่สุดในบรรดาตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ข้าวทั้งหมด และ ข้าวตัวอย่าง G (ข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 ศูนย์วิจัยข้าวอุบลราชธานี/2558) มีความแข็งแรงต่ำที่สุด และจากการวิเคราะห์อัตโนมัติด้วยโปรแกรมทางเทคนิค Rice4 พบว่าตัวอย่างข้าวที่มีความแข็งแรงสูงที่สุดถึงต่ำที่สุดคือเมล็ดพันธุ์ข้าวตัวอย่าง F A D E C B และ G การวิเคราะห์ความแข็งแรงการแทงรากจากภาพถ่ายผ่านโปรแกรม ImageJ ของเมล็ดพันธุ์ข้าวแต่ละตัวอย่าง มีผลการวิเคราะห์โดยสรุปใกล้เคียงกับที่ได้จากการวิเคราะห์การแทงรากผ่านจากภาพถ่ายผ่านการวิเคราะห์อัตโนมัติด้วยโปรแกรมทางเทคนิค Rice4 แต่มีความแตกต่างของดัชนีต่าง ๆ เล็กน้อย

นันทิกา

ลายมือชื่อนิติ

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษหลัก

10 / 04 / 2564

ABSTRACT

Nattarika Intasopee 2021: Rapid Rice Seed Vigor Classification using Image Processing.
Bachelor's special problems in Agricultural Science, Department of Agronomy Special
problem advisor: Assistant Professor Damrongvudhi Onwimol, Ph.D. 35 pages.

Comparison of rice seed vigor in 4 varieties, 7 samples in total, was studied via the radicle emergence technique using image processing with the ImageJ program and the Rice4 program. Every sample was test with 4 replicas (100 seeds each). After image processing, rice seed vigor classification was investigated through accumulate radicle emergence curve fitting using the GERMINATOR program. In GERMINATOR, the radicle emergence indices were analyzed from data of ImageJ and the Rice4 program, such as maximum percentage of germination (G_{max}), time to reach 50% germination (t_{50}), time to reach a user-defined percentage of germination and uniformity of germination (for example U_{7525} : time interval between 25% and 75% of viable seeds to germinate), mean germination time (MGT) and area under the curve (AUC). Results of ImageJ's data revealed that the seed sample F (Pathumthani 1 from Chainat Rice Research Center /2015/2016) was the highest vigor among all seeds samples but rice seed sample G (RD6 from Ubon Ratchathani Rice Research Center /2015) was the lowest vigor. This was consistent with the results obtained from Rice4. Results of Rice4's data showed the highest to lowest seed vigor followed, F A D E C B and G. The ImageJ's data provided a systematic analysis of results, but it was slightly different from the Rice4 in some indices

Nattarika

Student's signature

D. Onwimol

Special Problem Advisor's signature

10 / 04 / 2565

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดำรงวุฒิ อ่อนวิมล อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่กรุณาให้โอกาสในการศึกษา ให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางด้านการเรียน การทำงาน และพิจารณา ตรวจและแก้ไขปัญหาพิเศษฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา ที่ได้ให้การอบรมสั่งสอนและมอบความรู้อันเป็นประโยชน์ในการทำงานและการประกอบอาชีพในอนาคต

และขอขอบพระคุณ ครอบครัวที่ให้การสนับสนุนในการศึกษามาโดยตลอด รวมทั้งเป็น กำลังใจให้ข้าพเจ้าอดทนฟันฝ่าอุปสรรคจนบรรลุผลไปด้วยดี

นัทริกา อินตาโสกี

มีนาคม 2565

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	11
อุปกรณ์	11
วิธีการ	12
สถานที่และระยะเวลาการทำวิจัย	14
ผลและวิจารณ์	15
สรุป	22
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	23
ภาคผนวก	24
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	35

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวจากการวิเคราะห์ผลทางสถิติค่า t_{50} U_{7525} MGT และ AUC จากการวิเคราะห์โค้งการแตกรากสะสมจากภาพถ่ายที่ได้จากโปรแกรม ImageJ ผ่าน GEMINATOR ของข้าวแต่ละตัวอย่าง	16
ตารางผนวกที่	
1 ผลการวิเคราะห์การแตกรากจากภาพถ่ายผ่านโปรแกรม ImageJ ของข้าวแต่ละตัวอย่าง	25
2 ค่า G_{max} t_{50} U_{7525} MGT และ AUC แต่ละซ้ำจากการวิเคราะห์การแตกรากผ่านจากภาพถ่ายผ่านโปรแกรม ImageJ ของข้าวแต่ละสายพันธุ์	27
3 ค่า G_{max} t_{50} U_{7525} MGT และ AUC แต่ละซ้ำจากการวิเคราะห์การแตกรากผ่านจากภาพถ่ายผ่านการวิเคราะห์อัตโนมัติด้วยโปรแกรมทางเทคนิค Rice4 ของข้าวแต่ละสายพันธุ์	29

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 โปรแกรมวิเคราะห์ภาพถ่าย ImageJ ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้น	7
2 Graphical user interface (GUI) ของโปรแกรม Rice4 (version1.2 beta)	8
3 โด๊สการแท่งรากสะสมจากภาพถ่ายที่ได้จากโปรแกรม ImageJ ผ่าน GEMINATOR ของข้าวแต่ละตัวอย่าง	18
4 โด๊สการแท่งรากสะสมจากภาพถ่ายที่ได้จากภาพถ่ายผ่านการวิเคราะห์อัตโนมัติด้วยโปรแกรมทางเทคนิค Rice4 ผ่าน GEMINATOR ของเมล็ดพันธุ์ข้าว ตัวอย่าง F (ข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 ศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท/2558/2559) และตัวอย่าง G (ข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 ศูนย์วิจัยข้าวอุบลราชธานี/2558)	20
5 โด๊สการแท่งรากสะสมจากภาพถ่ายที่ได้จากโปรแกรม Rice4 ผ่าน GEMINATOR ของเมล็ดพันธุ์ข้าว ตัวอย่าง F (ข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 ศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท/2558/2559) และตัวอย่าง G (ข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 ศูนย์วิจัยข้าวอุบลราชธานี/2558)	20
 ภาพผนวกที่	
1 Germinator curve-fitting ของเมล็ดพันธุ์ทั้ง 7 ตัวอย่าง ข้าวที่ 1 จากการวิเคราะห์การแท่งรากผ่านจากภาพถ่ายผ่านโปรแกรม Image	31
2 2 Germinator curve-fitting ของเมล็ดพันธุ์ทั้ง 7 ตัวอย่าง ข้าวที่ 2 จากการวิเคราะห์การแท่งรากผ่านจากภาพถ่ายผ่านโปรแกรม ImageJ	31
3 Germinator curve-fitting ของเมล็ดพันธุ์ทั้ง 7 ตัวอย่าง ข้าวที่ 3 จากการวิเคราะห์การแท่งรากผ่านจากภาพถ่ายผ่านโปรแกรม ImageJ	32

- | | | |
|---|--|----|
| 4 | Germinator curve-fitting ของเมล็ดพันธุ์ทั้ง 7 ตัวอย่าง ข้าวที่ 4 จากการ
วิเคราะห์การแทงรากผ่านจากภาพถ่ายผ่านโปรแกรม ImageJ | 32 |
| 5 | Germinator curve-fitting ของเมล็ดพันธุ์ทั้ง 7 ตัวอย่าง ข้าวที่ 1 จากการ
วิเคราะห์การแทงรากผ่านจากภาพถ่ายผ่านการวิเคราะห์อัตโนมัติด้วย
โปรแกรมทางเทคนิค Rice4 | 33 |
| 6 | Germinator curve-fitting ของเมล็ดพันธุ์ทั้ง 7 ตัวอย่าง ข้าวที่ 2 จากการ
วิเคราะห์การแทงรากผ่านจากภาพถ่ายผ่านการวิเคราะห์อัตโนมัติด้วย
โปรแกรมทางเทคนิค Rice4 | 33 |
| 7 | Germinator curve-fitting ของเมล็ดพันธุ์ทั้ง 7 ตัวอย่าง ข้าวที่ 3 จากการ
วิเคราะห์การแทงรากผ่านจากภาพถ่ายผ่านการวิเคราะห์อัตโนมัติด้วย
โปรแกรมทางเทคนิค Rice4 | 34 |
| 8 | Germinator curve-fitting ของเมล็ดพันธุ์ทั้ง 7 ตัวอย่าง ข้าวที่ 4 จากการ
วิเคราะห์การแทงรากผ่านจากภาพถ่ายผ่านการวิเคราะห์อัตโนมัติด้วย
โปรแกรมทางเทคนิค Rice4 | 34 |

จำแนกความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวอย่างรวดเร็วโดยการประมวลผลภาพถ่าย

RAPID RICE SEED VIGOUR CLASSIFICATION USING IMAGE PROCESSING

คำนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่อสังคมไทย เนื่องจากเป็นอาหารหลัก และยังเป็นสินค้าส่งออกสำคัญของประเทศไทย ชาวนาเป็นอาชีพหลักของเกษตรกรและมีการปลูกข้าวทั่วประเทศไทย ทั้งผลิตเพื่อส่งออกและบริโภคเพื่อประเทศไทย ดังนั้นคุณภาพเมล็ดพันธุ์ (seed quality) จึงเป็นสิ่งสำคัญ โดยเฉพาะในเรื่องของ ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ (seed vigour) ซึ่งการทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถือเป็นวิธีการประเมินคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ที่มีความครอบคลุมเป็นอย่างมาก ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์เกิดได้จากทางด้าน พันธุกรรม (genetic vigour) และทางด้าน สรีระวิทยา (physiological vigour) ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์สามารถบ่งบอกได้ถึงอัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์ ความสม่ำเสมอของเมล็ดพันธุ์ เพื่อนำมาประกอบการตัดสินใจในการเลือกใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวในการปลูก ซึ่งมีการตรวจสอบความแข็งแรงหลายวิธี เช่นการทดสอบการเจริญเติบโตและการประเมินความแข็งแรงของต้นกล้า (seedling growth and evaluation test) การทดสอบความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ได้แก่ การทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดโดยวิธีการเร่งอายุ (accelerated aging test) ทดสอบทางชีวเคมี (biochemical test) ได้แก่ TZ test การทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดโดยวิธีนำไฟฟ้า GADA test (glutamic decarboxylase activity test) ในปัจจุบันเทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากทางด้านการเกษตร เพื่อให้เกิดความสะดวกและรวดเร็ว และในทางด้านเมล็ดพันธุ์ได้มีเทคนิคในการประมวลผลโดยภาพถ่ายเข้ามามีบทบาทมากยิ่งขึ้น โดยการนำมาประเมินความแข็งแรงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ ยังสามารถเปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐานในการทดสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ที่ใช้กันโดยทั่วไปหรือจากการทดลองจริง

การทดสอบจะทำได้โดยการนำภาพถ่ายการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวทั้งหมด 4 พันธุ์ 7 ตัวอย่าง นำเข้าโปรแกรม ImageJ เพื่อทำการนับการงอกการแตงราก นำข้อมูลที่ได้จากมาวิเคราะห์โดยโปรแกรม GEMINETOR เพื่อวิเคราะห์ดัชนีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการงอกจากโค้งการแตงรากสะสม (accumulate radicle emergence curve fitting) เช่น t_{50} U_{7525} MGT และ AUC เพื่อนำไปประเมินความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวแต่ละตัวอย่างผ่านการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อวิเคราะห์

ว่าเมล็ดพันธุ์ตัวอย่างไหนมีความแข็งแรงสูงสุดต่ำสุด และเพื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ระหว่างโปรแกรม ImageJ และ ผลจากการประเมินด้วยวิธีอัตโนมัติด้วยโปรแกรม Rice4

วัตถุประสงค์

1. เพื่อกำหนดความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวจากภาพถ่าย
2. เพื่อเปรียบเทียบการกำหนดความแข็งแรงระหว่างภาพถ่ายผ่านโปรแกรม ImageJ และวิธีอัตโนมัติด้วยโปรแกรม Rice4

การตรวจเอกสาร

ข้าว (rice)

ข้าว *Oryza sativa* L. จัดอยู่ในวงศ์หญ้า (Poaceae หรือ Gramineae) เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว จำพวกธัญพืชที่สามารถกินเมล็ดได้ โดยจะแบ่งออกเป็น 2 สปีชีส์ใหญ่ ๆ คือ *Oryza glaberrima* และ *Oryza sativa* (เป็นข้าวที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจมาก) สำหรับชนิด *Oryza sativa* ยังแบ่งแยกย่อยออกไปได้อีกคือ Javanica Japonica และ Indica สำหรับประเทศไทยข้าวที่ปลูกจะเป็นชนิด Indica โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ข้าวเจ้าและข้าวเหนียว นอกจากนี้พันธุ์ข้าวยังได้ถูกปรับปรุงและคัดสรรสายพันธุ์มาโดยตลอด จึงทำให้มีหลากหลายสายพันธุ์ทั่วโลกที่มีรสชาติและคุณประโยชน์ของข้าวที่แตกต่างกันออกไป โดยพันธุ์ข้าวไทยที่มีชื่อเสียงระดับโลกก็คือ ข้าวหอมมะลิ

ความสำคัญของข้าว

ข้าวเป็นอาหารหลักของประชากรกว่าครึ่งโลก ข้าวเป็นแหล่งพลังงานหลักของประชากรมากกว่า 17 ประเทศในภูมิภาคเอเชียและแปซิฟิก 9 ประเทศในทวีปอเมริกาเหนือและใต้ และ 8 ประเทศ ในทวีปแอฟริกา ร้อยละ 20 ของแหล่งพลังงานประชากรโลกเป็นข้าว ร้อยละ 19 และ 5 เป็นข้าวสาลีและข้าวโพด การวิเคราะห์รายละเอียดของปริมาณสารอาหารของข้าวที่แสดงให้เห็นว่าคุณค่าทางโภชนาการของข้าวแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ โดยขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ข้าวที่อยู่ระหว่างสีขาว สีน้ำตาล สีแดงและสีดำ (หรือสีม่วง) พันธุ์ข้าวแต่ละพื้นที่แพร่หลายในส่วนต่างๆของโลก นอกจากนี้คุณภาพของสารอาหารข้าวจะขึ้นอยู่กับพื้นที่ปลูกข้าว และวิธีการแปรรูปข้าวพร้อมก่อนที่จะบริโภค

คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ (seed quality)

ลักษณะที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ สิ่งซึ่งเป็นตัวระบุว่าเมล็ดพันธุ์มีคุณภาพสูงหรือต่ำได้แก่ลักษณะต่อไปนี้คือ

1. ความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์ (physical purity) เป็นองค์ประกอบทางกายภาพของเมล็ด ซึ่งระบุให้ทราบว่าเมล็ดพันธุ์แต่ละกอง (lot) มีองค์ประกอบอะไรบ้าง ในปริมาณมากน้อยเพียงใด

องค์ประกอบทางด้านกายภาพเหล่านี้ได้แก่ เมล็ดพันธุ์บริสุทธิ์หรือเมล็ดพันธุ์สุทธิ (pure seed) เมล็ดพันธุ์พืชชนิดอื่น (other crop seed) เมล็ดวัชพืช (weed seed) และสิ่งเจือปน (inert materials) ความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์นี้ สามารถทดสอบได้โดยการตรวจสอบความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์ (purity test)

2. ความงอก (germination) หรือความมีชีวิตของเมล็ด (seed viability) เมล็ดพันธุ์ที่ดีต้องมีความงอกสูงหรือมีความมีชีวิตสูง ความงอกหรือความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์สามารถตรวจสอบได้โดยการทดสอบความงอก (germination test) และการทดสอบความมีชีวิตของเมล็ด (viability test)

3. ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ (seed moisture content) เมล็ดพันธุ์ที่ดีควรมีความชื้นต่ำกว่า 13.9 การตรวจสอบความชื้นของเมล็ด (moisture test) กระทำได้หลายวิธี เช่น การใช้เครื่องวัดความชื้นของเมล็ด การตรวจสอบโดยวิธีทางเคมีวิเคราะห์ และการตรวจสอบความชื้นโดยการนำเมล็ดไปอบให้แห้ง

4. ความบริสุทธิ์ของสายพันธุ์ (varietal purity) เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ที่ดีจะต้องมีลักษณะที่ตรงตามพันธุ์ การตรวจสอบความบริสุทธิ์ของสายพันธุ์ทำได้ยาก ฉะนั้นในการผลิตเมล็ดพันธุ์จึงจำเป็นต้องมีการควบคุมการผลิตทุกขั้นตอน เพื่อให้เมล็ดพันธุ์มีลักษณะที่ตรงตามพันธุ์ การรับรองเมล็ดพันธุ์ (seed certification) เป็นวิธีการสำคัญที่ช่วยให้เมล็ดพันธุ์ที่ผลิตได้มีลักษณะตรงตามพันธุ์

5. ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ (seed vigor) เมล็ดพันธุ์ที่ดีต้องมีความแข็งแรงสูง ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์นั้นสามารถตรวจสอบได้หลายวิธี เช่น การเร่งอายุของเมล็ดและการตรวจสอบโดยวิธีชีวเคมี

6. ขนาดและน้ำหนักของเมล็ดพันธุ์ เมล็ดขนาดใหญ่หรือเมล็ดที่มีน้ำหนักมาก ย่อมเป็นเมล็ดที่สุกแก่เต็มที่ จึงมีคุณภาพดีกว่าเมล็ดขนาดเล็กซึ่งเป็นเมล็ดที่ยังไม่สุกแก่

7. โรคและแมลงที่ติดมากับเมล็ด เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพดีต้องปราศจากโรคและแมลงติดมากับเมล็ด

8. ความสม่ำเสมอของเมล็ดพันธุ์ (homogeneity) เมล็ดพันธุ์ที่ดีควรมีลักษณะตลอดจนคุณภาพของเมล็ดสม่ำเสมอทั่วกันทุกเมล็ด

9. เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพดีต้องไม่มีเมล็ดที่ได้รับอันตรายอันเกิดจากการใช้เครื่องจักรกลต่าง ๆ (mechanical damage) ซึ่งอาจเกิดการแตกร้าว หรือแตกหัก หรือถูกกระทบกระเทือน โดยไม่มีการแตกร้าวปรากฏให้เห็น อาทิเช่น เมล็ดพันธุ์ที่ได้รับความเสียหายจากการใช้เครื่องเก็บเกี่ยว เครื่องนวด เครื่องกระเทาะตลอดไปจนถึงการใช้เครื่องจักรกลในการปรับปรุงสภาพของเมล็ดพันธุ์ เมล็ดพันธุ์ที่ได้รับอันตรายหรือมีผลกระทบจากการใช้เครื่องจักรกลเหล่านี้จะมีการเสื่อมคุณภาพเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว

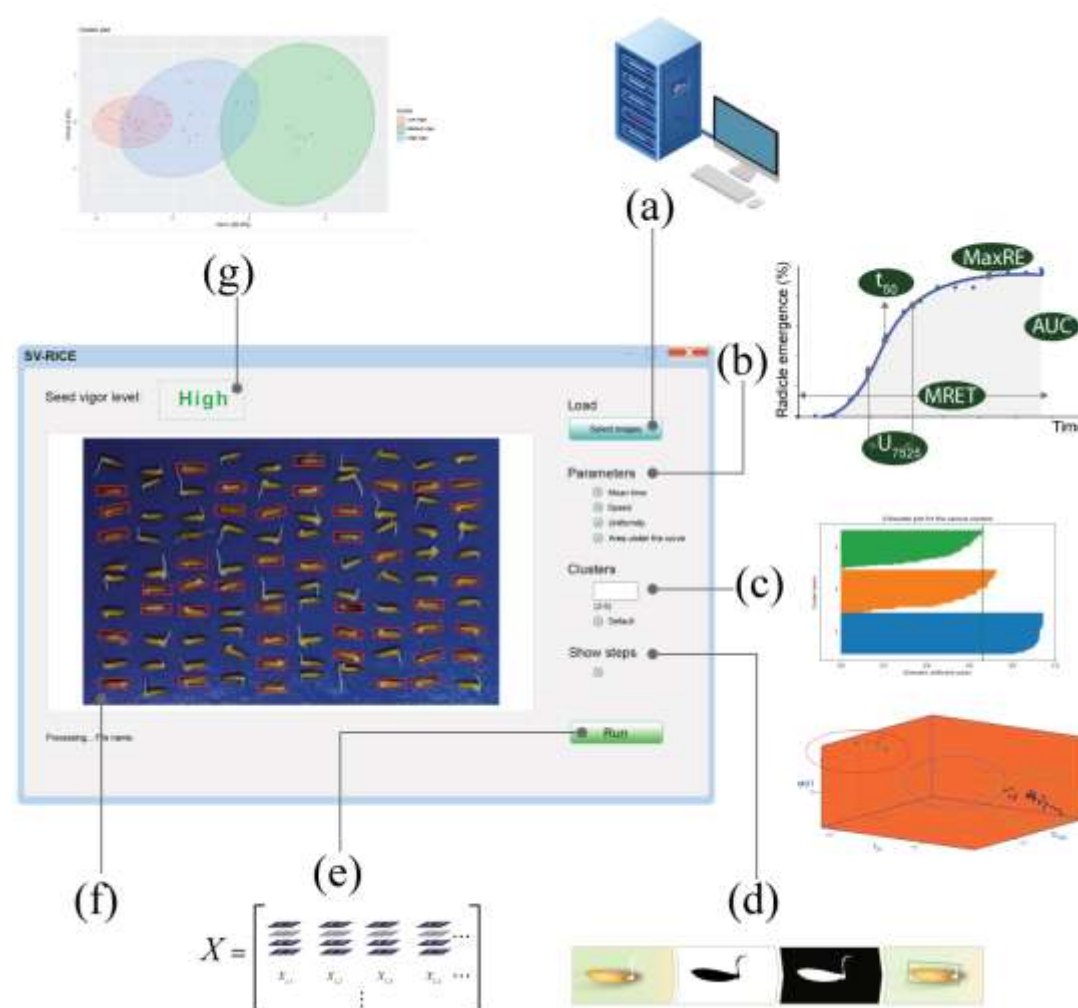
10. แหล่งผลิตเมล็ดพันธุ์ เมล็ดพันธุ์ที่มีการผลิตในแหล่งผลิตหรือสภาพท้องถิ่นที่แตกต่างกันจะมีคุณภาพของเมล็ดพันธุ์แตกต่างกัน เมล็ดพันธุ์ที่ผลิตโดยมีการปลูกในที่ ๆ มีปัจจัยที่จำเป็นต่อการผลิตอุดมสมบูรณ์ ปราศจากโรคและแมลงรบกวน ย่อมมีคุณภาพดีกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ผลิตจากแหล่งปลูกที่มีสภาพแวดล้อมแปรปรวนผิดปกติ มีโรคและแมลงระบาด นอกจากนี้วิธีการผลิตที่ต่างกันก็มีผลทำให้เมล็ดพันธุ์มีคุณภาพแตกต่างกัน

ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ (seed vigor)

คุณภาพทางสรีรวิทยาของเมล็ดพันธุ์จำแนกได้ 2 ลักษณะคือ ความมีชีวิต (viability) และความแข็งแรง (vigor) ความมีชีวิตเป็นคุณภาพที่แสดงออกในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการงอก ได้แก่การทดสอบความงอกมาตรฐาน (standard germination) เป็นการทดสอบเมล็ดพันธุ์ในสภาพที่มีปัจจัยที่จำเป็นสำหรับการงอกอย่างครบถ้วนและเหมาะสมมากที่สุด (optimum) สำหรับความแข็งแรงเป็นคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ที่แสดงออกในสภาพแวดล้อมแปลงปลูกที่ไม่เหมาะสม การแสดงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ในด้านความงอกจึงไม่สามารถบอกได้ว่าเมล็ดพันธุ์นั้นสามารถให้ต้นกล้าที่ด้งตัวได้ดีในแปลงปลูกโดยเฉพาะในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์จึงเป็นอีกคุณลักษณะหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการประเมินคุณภาพของเมล็ดพันธุ์เพื่อการเพาะปลูกในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืช

โปรแกรม Rice4

โปรแกรม Rice4 เป็นการประเมินความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์อัตโนมัติ โดยการประมวลผลทางภาพถ่าย เป็นขั้นตอนที่ประหยัดต้นทุนและประหยัดเวลา ซึ่งใช้การวิเคราะห์ภาพถ่ายผ่านคอมพิวเตอร์ การจำแนกความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวอัตโนมัติ Rice4 ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ การสร้างภาพไดนามิกซ์ การประมวลผลภาพ ความแข็งแรงของเมล็ดถูกจำแนกตามดัชนีการงอกของ Radicle เช่น การเกิดขึ้นของ Radicle สูงสุด (MaxRE) เวลาการเกิด Radicle เฉลี่ย (MRET) ความเร็วการงอกของ Radicle (t_{50}) ความสม่ำเสมอของการเกิดขึ้นของ Radicle (U_{7525}) และพื้นที่ใต้เส้นโค้งของ Radicle โค้งพหุคูณการเกิดขึ้น (AUC) โดย graphical user interface (GUI) ของโปรแกรมเป็นดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 Graphical user interface (GUI) ของโปรแกรม Rice4 (version1.2 beta)

(a) อัปโหลดภาพจากคลังข้อมูล (b) ผู้ใช้สามารถตั้งค่าพารามิเตอร์อินพุตได้ก่อนการวิเคราะห์พิกเซลพื้นหลัง (เช่น กระจาย blotter สีน้ำเงิน) ที่ระบุผ่านช่วงพื้นที่สี YCbCr (โดยที่ Y ย่อมาจากองค์ประกอบ luma และ Cb, Cr คือสำหรับส่วนประกอบความแตกต่างสีน้ำเงินและสีแดง ตามลำดับ) (c) หลังจากประมวลผล ข้อมูลการเกิดรศมีและช่วงเวลาสามารถโหลดลงในโมดูลและปรับให้พอดีเส้นโค้งได้โดยอัตโนมัติ ผู้ใช้สามารถกำหนดจำนวน K-mean เพื่อจำแนกระดับความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์หรือเลือก "ค่าเริ่มต้น" เพื่อปรับจำนวนกลุ่มให้เหมาะสมโดยใช้การวิเคราะห์เงา (d) ขั้นตอนการประมวลผล สามารถแสดงเพื่อติดตามความคืบหน้าของการวิเคราะห์ (e) หลังจากทำงาน ภาพจะถูกประมวลผลโดยการจัดกลุ่มเมล็ดพันธุ์ การแบ่งเมล็ดและการแบ่งส่วนเมล็ดเกิดการงอก (f) หลังจากการประมวลผล ผลการเกิดขึ้นของ Radicle จะแสดงบนหน้าจอ (g) ระดับความแข็งแรงของเมล็ดข้าวจะปรากฏขึ้นเมื่อการวิเคราะห์เสร็จสมบูรณ์

การวิเคราะห์และประมวลผลผ่านโปรแกรม GERMINATOR

ค่าวิเคราะห์ที่นิยมใช้ได้แก่ค่า Gmax (maximum percentage of germination) ค่า t_{50} (time to reach 50% germination) ค่า U_{7525} (time interval between 25% and 75% of viable seeds to germinate) ค่า AUG (area under the curve) และค่า MGT (mean germination time)

1. ค่า Gmax (maximum percentage of germination) แสดงให้เห็นถึงศักยภาพสูงสุดในการงอกของเมล็ดพันธุ์แต่ละตัวอย่าง ซึ่งหากเมล็ดพันธุ์ตัวอย่างใดมีค่า Gmax ที่สูงกว่านั้นแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของเมล็ดพันธุ์ที่สูงกว่า

2. ค่า t_{50} (time to reach 50% germination) เป็นเวลาที่ใช้ในการงอกรากแรกเกิดขึ้นถึงครึ่งหนึ่ง (50 เปอร์เซ็นต์) ของจำนวนเมล็ดพันธุ์ทั้งหมด เมล็ดพันธุ์ตัวอย่างใดมีค่า t_{50} ที่ต่ำกว่านั้นแสดงให้เห็นว่าเมล็ดพันธุ์ตัวอย่างนั้นมีความแข็งแรงที่สูงกว่า เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ตัวอย่างนั้นมีศักยภาพ ในการงอกของรากแรกเกิดขึ้นถึง 50 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนเมล็ดทั้งหมด

3. ค่า U_{7525} (time interval between 25% and 75% of viable seeds to germinate) เป็นเวลาที่ใช้ในการงอกของรากแรกเกิดขึ้นตั้งแต่ 25 - 75 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนเมล็ดพันธุ์ทั้งหมด ซึ่งหากเมล็ด

พันธุ์ตัวอย่างใดที่มีค่า U_{7525} ที่น้อยกว่านั้น แสดงให้เห็นว่าเมล็ดพันธุ์ตัวอย่างนั้น มีความสม่ำเสมอในการงอกที่สูงกว่า เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ส่วนใหญ่ใช้เวลาในการงอกที่ใกล้เคียงกัน

4. ค่า AUG (area under the curve) เป็นค่าที่หาได้จากพื้นที่ใต้กราฟ ซึ่งหากมีค่ามาก แสดงว่าเมล็ดพันธุ์ตัวอย่างนั้นมีความแข็งแรงที่สูงกว่า เนื่องจากทำให้กราฟมีพื้นที่มากขึ้น นอกจากกราฟความงอกต้องมีเปอร์เซ็นต์ความงอกที่สูงแล้ว ความงอกที่รวดเร็วเป็นเหตุผลให้เส้นกราฟชิดกับแกน y มากจึงทำให้มีพื้นที่ใต้กราฟมากกว่าเมล็ดพันธุ์ที่งอกช้า

5. ค่า MGT (mean germination time) เป็นค่าเวลาออกเฉลี่ย คำนวณโดยใช้สมการ $MGT = \sum(n \times d) / N$ โดยที่ n = จำนวนเมล็ดที่งอกในแต่ละวัน d = จำนวนวันตั้งแต่เริ่มการทดสอบ และ N = จำนวนเมล็ดที่งอกเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1.ภาพถ่ายเมล็ดพันธุ์ข้าว

ภาพถ่ายเมล็ดพันธุ์ข้าว 4 พันธุ์ 7 ตัวอย่าง

- 1.1 ข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (ศูนย์วิจัยข้าวอุบลราชธานี/2558/2559) รหัส A
- 1.2 ข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (แปลงเกษตรกร จ.สุพรรณบุรี/2556) รหัส B
- 1.3 ข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (แปลงเกษตรกร จ.ปทุมธานี / 2558/2559) รหัส C
- 1.4 ข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (ศูนย์วิจัยชุมแพ/2558/2559) รหัส D
- 1.5 ข้าวเจ้าพันธุ์ กข31 (ศูนย์วิจัยข้าวขอนแก่น/2558) รหัส E
- 1.6 ข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 (ศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท/2558/2559) รหัส F
- 1.7 ข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 (ศูนย์วิจัยข้าวอุบลราชธานี/2558) รหัส G

2.การประมวลผลภาพถ่าย

- 2.1 โปรแกรม ImageJ
- 2.2 โปรแกรม Rice4

3.การวิเคราะห์ข้อมูล

- 3.1 โปรแกรม GERMINATOR
- 3.2 โปรแกรม R (สำหรับการวิเคราะห์สถิติ)
- 3.3 โปรแกรม Microsoft Excel

วิธีการ

1. การเพาะทดสอบ

1.1 เพาะเมล็ดพันธุ์ข้าวตัวอย่างละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 100 เมล็ด ในกล่องเพาะเมล็ด ด้วยวิธี top of paper

1.2 นำเมล็ดพันธุ์ที่เพาะในกล่องเพาะแล้วไปใส่ในตู้เพาะเมล็ด ปรับอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส ไม่ให้แสงตลอดระยะเวลาการเพาะ เนื่องจากการให้แสงไม่มีผลต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าว

1.3 ประเมินความงอกของกล้าปกติ 2 ครั้ง (first count และ final count) ที่ 5 วัน และ 14 วัน หลังเพาะเมล็ด (ISTA, 2018)

2. ประมวลภาพถ่ายโดยโปรแกรม ImageJ

2.1 นำภาพเข้าโปรแกรมประมวลผลภาพถ่าย (ImageJ) เพื่อให้โปรแกรมประเมินค่าการแตงราก

2.2 ตรวจสอบจำนวนการแตงรากของข้าวแต่ละตัวอย่าง ด้วยฟังก์ชันการประมวลผลภาพ (image processing function)

2.3 บันทึกข้อมูลจำนวนการแตงรากของข้าวแต่ละตัวอย่าง

3. ประมวลภาพถ่ายโดยโปรแกรม Rice4

3.1 ติดตั้งโปรแกรม Rice4 เพื่อประเมินค่าการแตงราก

3.2 ตรวจสอบจำนวนการแตงรากของข้าวแต่ละตัวอย่าง โดยปรับค่า Ratio W/H 2.5 % Area

3.3 บันทึกข้อมูลจำนวนการแตงรากของข้าวแต่ละตัวอย่าง

4. วิเคราะห์ข้อมูล

4.1 นำข้อมูลที่ได้จากมาวิเคราะห์โดยโปรแกรม GEMINETOR เพื่อวิเคราะห์ดัชนีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการงอกจากโค้งการแทงรากสะสม (accumulate radicle emergence curve fitting) เช่น t_{50} U_{7525} MGT และ AUC เพื่อนำไปประเมินความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวแต่ละตัวอย่างผ่านการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

4.2 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD)

สถานที่และระยะเวลาการทำวิจัย

1. สถานที่การทำวิจัย

ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

2. ระยะเวลาการทำวิจัย

เริ่มทดลองในเดือน มิถุนายน 2564 และสิ้นสุดการทดลองในเดือน ธันวาคม 2564

ผลและวิจารณ์

จากผลการประเมินความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวแต่ละตัวอย่างผ่านการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของค่า AUC พบว่า ตัวอย่างเมล็ดพันธุ์แต่ละตัวอย่างมีความแข็งแรงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ทางสถิติ ($p \leq 0.001$) โดยตัวอย่าง A (ข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ศูนย์วิจัยข้าวอุบลราชธานี/2558/2559) เป็นเมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงที่สูงที่สุด และ ตัวอย่าง G (ข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 ศูนย์วิจัยข้าวอุบลราชธานี/2558) เป็นเมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงต่ำที่สุด ซึ่งมีค่า AUC เท่ากับ 248.09 และ 202.41 ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

เมื่อประเมินความแข็งแรงโดยพิจารณาค่า t_{50} พบว่าตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ที่แตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.001$) โดยตัวอย่าง F (ข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 ศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท/2558/2559) เมล็ดพันธุ์มีความแข็งแรงที่สูงที่สุด และ ตัวอย่าง G (ข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 ศูนย์วิจัยข้าวอุบลราชธานี/2558) เมล็ดพันธุ์มีความแข็งแรงต่ำที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 43.34 และ 61.22 ชั่วโมง ตามลำดับ กล่าวคือ t_{50} เป็นเวลาที่ใช้ในการงอกแรกเกิดจนถึงครึ่งหนึ่ง (50 เปอร์เซ็นต์) ของจำนวนเมล็ดพันธุ์ทั้งหมด ฉะนั้นเมล็ดพันธุ์ตัวอย่างใดมีค่า t_{50} ที่ต่ำกว่าแสดงให้เห็นว่าเมล็ดมีความแข็งแรงที่สูงกว่า

การประเมินความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวแต่ละตัวอย่างผ่านการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า U_{7525} พบความแข็งแรงที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ตัวอย่าง F (ข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 ศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท/2558/2559) มีคุณภาพเมล็ดพันธุ์ที่สูงที่สุด และตัวอย่าง G (ข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 ศูนย์วิจัยข้าวอุบลราชธานี/2558) มีคุณภาพเมล็ดพันธุ์ที่ต่ำที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.23 และ 36.59 ตามลำดับ โดย U_{7525} เป็นเวลาที่ใช้ในการงอกของรากแรกเกิดตั้งแต่ 25 - 75 เปอร์เซ็นต์ ของจำนวนเมล็ดพันธุ์ทั้งหมด หากเมล็ดพันธุ์ตัวอย่างใดที่มีค่า U_{7525} ที่น้อยกว่านั้น แสดงให้เห็นว่าเมล็ดพันธุ์ตัวอย่งนั้น มีความสม่ำเสมอในการงอกที่สูงกว่า เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ส่วนใหญ่ใช้เวลาในการงอกที่ใกล้เคียงกัน

จากผลการประเมินความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวแต่ละตัวอย่างผ่านการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า MGT พบว่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.001$) ระหว่างตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ โดยตัวอย่าง F (ข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 ศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท/2558/2559) มีคุณภาพเมล็ดพันธุ์ที่สูงที่สุด แต่ตัวอย่าง G (ข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 ศูนย์วิจัยข้าวอุบลราชธานี/2558) มีคุณภาพเมล็ดพันธุ์ที่ต่ำที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 43.60 และ 86.36 ตามลำดับ ค่า MGT (เวลางอกเฉลี่ย) ที่น้อยกว่าแสดงให้เห็นว่าเมล็ดพันธุ์ตัวอย่งนั้นมีเวลาเฉลี่ยการงอกที่เร็วกว่า

ตารางที่ 1 ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวจากการวิเคราะห์ผลทางสถิติค่า t_{50} U_{7525} MGT และ AUC จากการวิเคราะห์โถ้การแท่งรากสะสมจากภาพถ่ายที่ได้จากโปรแกรม ImageJ ผ่าน GEMINATOR ของข้าวแต่ละตัวอย่าง

Lots	AUC [†]	t_{50}	U_{7525}	MGT
A	248.09 a	43.65 c	10.78 bc	44.91 cd
B	222.99 c	50.85 b	21.40 b	54.50 b
C	230.63 bc	49.25 bc	17.63 bc	52.00 bc
D	239.10 ab	45.84 bc	15.74 bc	49.60 bcd
E	233.72 bc	47.63 bc	15.08 bc	48.14 bcd
F	239.09 ab	43.34 c	5.23 c	43.60 d
G	202.41 d	61.22 a	36.59 a	68.36 a
F-test	***	***	**	***
C.V. %	3.91	8.32	48.48	9.68

[†] AUC คือ เป็นค่าที่หาได้จากพื้นที่ใต้กราฟ

t_{50} คือ เป็นเวลาที่ใช้ในการงอกรากแรกเกิดจนถึงครึ่งหนึ่ง (50 เปอร์เซ็นต์) ของจำนวนเมล็ดพันธุ์ทั้งหมด

U_{7525} คือ เป็นเวลาที่ใช้ในการงอกของรากแรกเกิดตั้งแต่ 25 -75 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนเมล็ดพันธุ์ทั้งหมด

MGT คือ เวลาออกเฉลี่ย

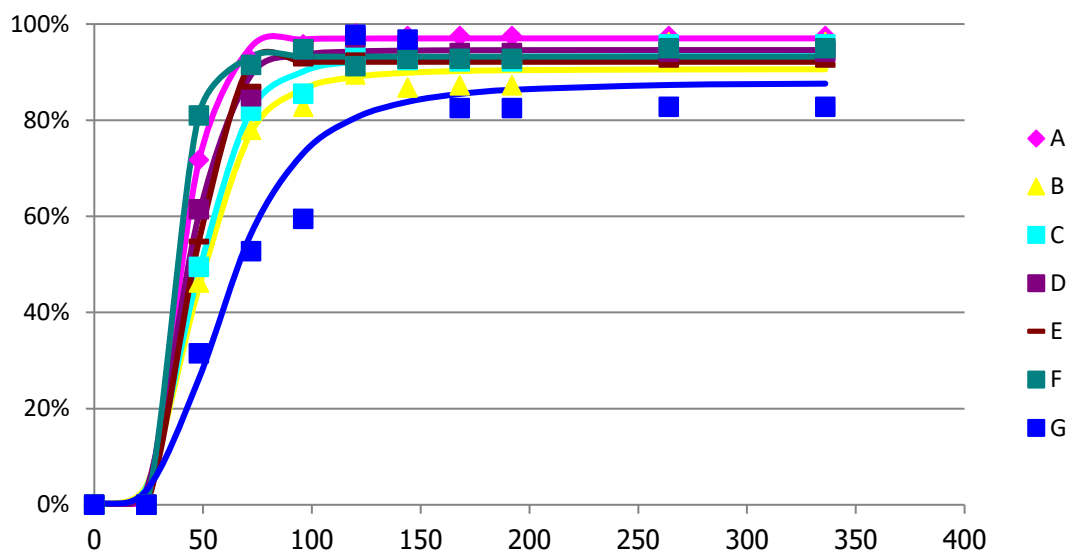
** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.01

*** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.001

เหตุที่ตัวอย่าง F มีคุณภาพเมล็ดพันธุ์ที่สูงที่สุดในขณะที่ตัวอย่าง G มีคุณภาพเมล็ดพันธุ์ที่ต่ำที่สุดอาจเนื่องจากลักษณะทางพันธุกรรมของพันธุ์ ลักษณะดีเด่นของเมล็ดพันธุ์ที่แตกต่างกันของทั้ง 2 พันธุ์ รวมทั้งปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อเมล็ดพันธุ์ สถานที่หรือแปลงปลูก การปลูกดูแล เขตกรรม จนถึงเก็บเกี่ยว การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวก็ส่งผลต่อความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ยังมีในเรื่องของการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ (จวงจันทร, 2529) ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์คือ ลักษณะดีเด่นบางประการของเมล็ดพันธุ์และแสดงออกมาให้เห็นเมื่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ไม่

เหมาะสมหรือแปรปรวนผิดปกติ ลักษณะดีเด่นของเมล็ดพันธุ์อันเนื่องมาจากพันธุ์กรรม ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์อันเนื่องมาจากสิ่งแวดล้อมตั้งแต่เริ่มปลูกจนไปถึงเก็บเกี่ยว ตลอดจนการสืบนวด การตากหรือลดความชื้น การขนย้าย การบรรจุหีบห่อ การคุกสารเคมี และการเก็บรักษา

จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติของค่าวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม GERMINATOR ที่แสดงผลในภาพที่ 1 พบว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวแต่ละตัวอย่างมีความแข็งแรงแตกต่างกันชัดเจน เนื่องจากเป็นตัวอย่างไม่เหมือนกันหลายปัจจัย ประกอบด้วย พันธุ์ สถานที่ผลิต การเก็บเกี่ยว รวมทั้งการจัดการหลังเก็บเกี่ยวที่ต่างกัน จึงส่งผลต่อความแข็งแรงแตกต่างกัน โดยตัวอย่าง F (ข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 ศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท/2558/2559) มีความแข็งแรงสูงที่สุดเนื่องจากมีค่า t_{50} ค่า U_{7525} และ ค่า MGT น้อยที่สุดในบรรดาตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ข้าวทั้งหมด ค่าเหล่านี้บ่งบอกถึงระยะเวลาของการแทงรากเร็วและกระชับมากที่สุด ส่วนค่า AUC มีความแข็งแรงอยู่อันดับที่ 3 รองจากพันธุ์ A และ D แต่เมื่อนำค่าการวิเคราะห์ทั้ง 4 ค่ามาวิเคราะห์โดยภาพรวมแล้วทำให้ตัวอย่างนี้มีความแข็งแรงมากที่สุด และข้าวตัวอย่าง G (ข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 ศูนย์วิจัยข้าวอุบลราชธานี/2558) มีความแข็งแรงน้อยที่สุดเมื่อพิจารณาจากดัชนีต่าง ๆ ในลักษณะเดียวกัน



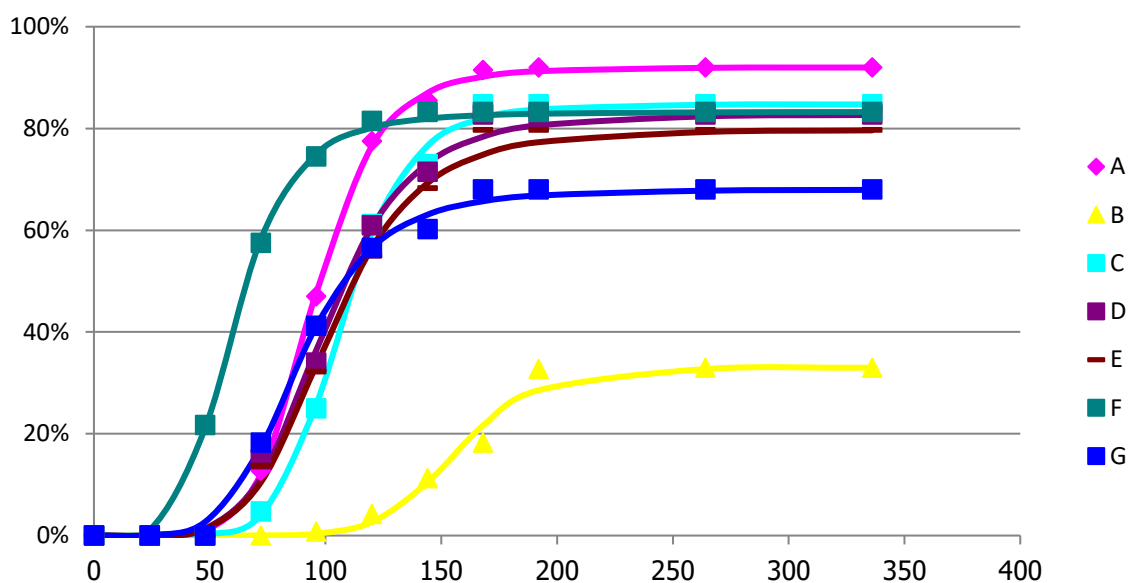
ภาพที่ 3 โด๊งการแทงรากสะสมจากภาพถ่ายที่ได้จากโปรแกรม ImageJ ผ่าน GEMINATOR ของข้าวแต่ละตัวอย่าง

เหตุที่ตัวอย่าง F มีคุณภาพเมล็ดพันธุ์ที่สูงที่สุดในขณะที่ตัวอย่าง G มีคุณภาพเมล็ดพันธุ์ที่ต่ำที่สุดอาจเนื่องมาจากลักษณะทางพันธุกรรมของพันธุ์ ลักษณะดีเด่นของเมล็ดพันธุ์ที่แตกต่างกันของทั้ง 2 พันธุ์ รวมทั้งปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อเมล็ดพันธุ์ สถานที่หรือแปลงปลูก การปลูกดูแลเกษตรกรรม จนถึงเก็บเกี่ยว การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวก็ส่งผลต่อความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ยังมีในเรื่องของการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ (จวงจันทร, 2529) ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ คือ ลักษณะดีเด่นบางประการของเมล็ดพันธุ์และแสดงออกมาให้เห็นเมื่อสภาพแวดล้อมต่างๆ ไม่เหมาะสมหรือแปรปรวนผิดปกติ ลักษณะดีเด่นของเมล็ดพันธุ์อันเนื่องมาจากพันธุกรรม ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์อันเนื่องมาจากสิ่งแวดล้อมตั้งแต่เริ่มปลูกจนไปถึงเก็บเกี่ยว ตลอดจนการสี นวด การตากหรือลดความชื้น การขนย้าย การบรรจุหีบห่อ การคุกสารเคมี และการเก็บรักษาจากการวิจัยที่ได้การทดลองเกี่ยวกับการประเมินศักยภาพทางสรีรวิทยาของเมล็ดพันธุ์ถั่วที่เก็บไว้ในสภาพแวดล้อมต่างๆ ที่ระยะเวลา 4 และ 8 เดือน ทำการทดสอบอัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วพบว่าเมล็ดพันธุ์ที่การเก็บรักษาแตกต่างกัน ระยะเวลาแตกต่างกัน รวมทั้งปัจจัยทางด้านสรีรวิทยาของเมล็ดแตกต่างกัน ส่งผลต่ออัตราการงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วต่างกัน f.mielezrski and J.MARCOS-FILHO (2013) ทั้งนี้จะพบว่าการพิจารณาความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์นั้นจำเป็นต้อง

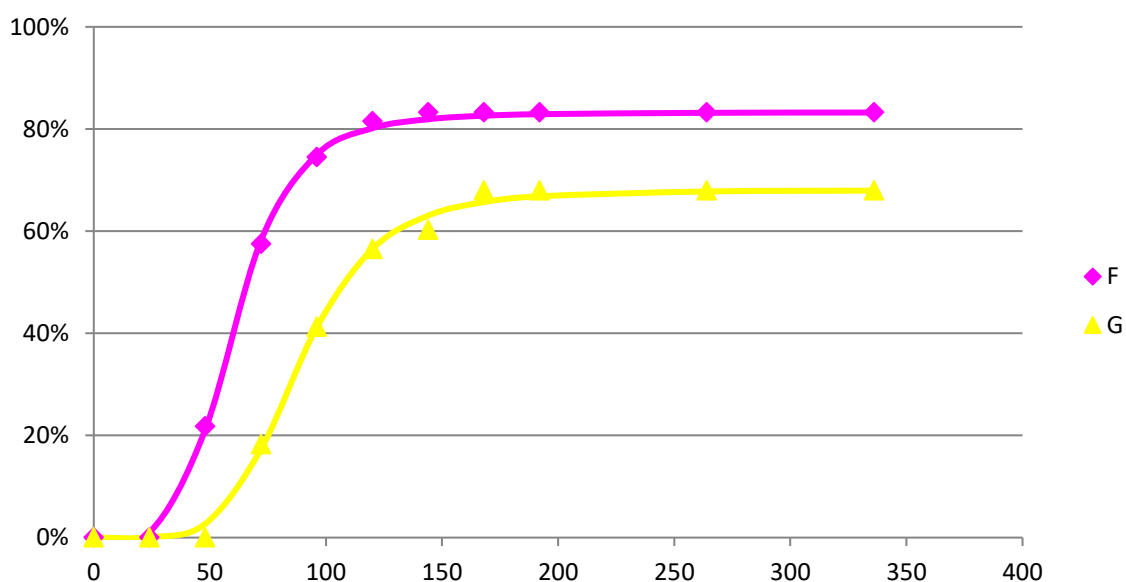
อาศัยการพิจารณาหลาย ๆ ดัชนีร่วมกัน โดยในอดีตการทดสอบแต่ละครั้งจะทำให้ได้ดัชนีเพียง 1 ดัชนี แต่การวิเคราะห์โคงการแท่งรากสะสมด้วย GEMINATOR ทำให้การทดสอบ 1 ครั้ง ได้ดัชนีมากกว่า 1 ดัชนี จึงเป็นวิธีการวิเคราะห์ที่มีประสิทธิภาพ

จากภาพที่ 2 แสดงข้อมูลการวิเคราะห์ผ่านโปรแกรม GEMINATOR แสดงให้เห็นได้ว่าการแท่งรากของข้าวแต่ละตัวอย่างผ่านการวิเคราะห์อัตโนมัติด้วยโปรแกรมทางเทคนิค Rice4 พบว่าตัวอย่างข้าวที่มีความแข็งแรงสูงสุดถึงต่ำสุดคือ เมล็ดพันธุ์ข้าวตัวอย่าง F (ข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 ศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท/2558/2559) ตัวอย่าง A (ข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ศูนย์วิจัยข้าวอุบลราชธานี/2558/2559) ตัวอย่าง D (ตัวอย่าง E ข้าวเจ้าพันธุ์ กข31 ศูนย์วิจัยข้าวขอนแก่น/2558) ตัวอย่าง C (ข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 แปลงเกษตรกร จ.ปทุมธานี / 2558/2559) ตัวอย่าง B (ข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 แปลงเกษตรกร จ.สุพรรณบุรี/2556) และตัวอย่าง G (ข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 ศูนย์วิจัยข้าวอุบลราชธานี/2558) ตามลำดับ

ภาพที่ 3 แสดงความแตกต่างของโคงการแท่งรากสะสมจากภาพถ่ายที่ได้จากการวิเคราะห์อัตโนมัติด้วยโปรแกรมทางเทคนิค Rice4 ของตัวอย่าง F และ G ที่มีความแข็งแรงสูงสุดเทียบกับที่ต่ำสุด ตามลำดับ



ภาพที่ 4 โค้งการแทงรากสะสมจากภาพถ่ายที่ได้จากภาพถ่ายผ่านการวิเคราะห์อัตโนมัติด้วยโปรแกรมทางเทคนิค Rice4 ผ่าน GEMINATOR ของเมล็ดพันธุ์ข้าว ตัวอย่าง F (ข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 ศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท/2558/2559) และตัวอย่าง G (ข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 ศูนย์วิจัยข้าวอุบลราชธานี/2558)



ภาพที่ 5 โค้งการแทงรากสะสมจากภาพถ่ายที่ได้จากโปรแกรม Rice4 ผ่าน GEMINATOR ของเมล็ดพันธุ์ข้าว ตัวอย่าง F (ข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 ศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท/2558/2559) และตัวอย่าง G (ข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 ศูนย์วิจัยข้าวอุบลราชธานี/2558)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลผ่านโปรแกรม GEMINATOR สรุปได้ว่า การวิเคราะห์ความแข็งแรงการแทงรากผ่านจากภาพถ่ายผ่านโปรแกรม ImageJ ของเมล็ดพันธุ์ข้าวของข้าวแต่ละตัวอย่าง มีผลการวิเคราะห์โดยสรุปใกล้เคียงกับจากการวิเคราะห์การแทงรากผ่านจากภาพถ่ายผ่าน การวิเคราะห์อัตโนมัติด้วยโปรแกรมทางเทคนิค Rice4 แต่มีความแตกต่างของดัชนีต่าง ๆ เนื่องมาจากการทำการวิเคราะห์อาจมีข้อผิดพลาดของผู้วิเคราะห์เนื่องจากการใช้โปรแกรม ImageJ ยังต้องทำการวิเคราะห์จากสายตาในการนับการงอกการแทงรากของเมล็ดข้าว ซึ่งการวิเคราะห์ ภาพถ่ายผ่านโปรแกรม ImageJ ควรได้รับการปรับปรุงให้สอดคล้องกับการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ทางเทคนิค Rice4 มากยิ่งขึ้น เพื่อเปิดโอกาสให้นำไปใช้ฝึกปัญญาประดิษฐ์และนำมาใช้เป็นระบบ อัตโนมัติได้ในอนาคต

สรุป

1. สามารถจำแนกความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวจากภาพถ่ายผ่านโปรแกรม ImageJ และวิธีอัตโนมัติด้วยโปรแกรม Rice4 ได้ โดยพันธุ์ข้าวตัวอย่าง F (ข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 ศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท/2558/2559) มีความแข็งแรงที่สุดในบรรดาสายพันธุ์ทั้งหมดที่ได้ทำการทดลอง

2. การวิเคราะห์ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวโดยการประมวลผลภาพถ่ายผ่านโปรแกรม ImageJ มีค่าการวิเคราะห์ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์ด้วยวิธีอัตโนมัติด้วยโปรแกรม Rice4

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- Joosen, R.V., J. Kodde, L.A. Willems, W. Ligterink, L.H. van der Plas and H.W. Hilhorst. 2010. GERMINATOR: a software package for high-throughput scoring and curve fitting of Arabidopsis seed germination. **The Plant Journal** 62(1): 148-159.
- ISTA. 2018. **International Rules for Seed Testing**. International Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland.
- f. mielezrski and J. MARCOS-FILHO. 2013. Assessment of physiological potential of stored pea seeds. **Journal of Seed Science** v.35, n. 1, p.42-50.
- Bailer Werner. 2000. **Writing ImageJ PlugIns**. แหล่งที่มา <https://imagej.nih.gov/ij/docs/pdfs/tutorial10.pdf>, 15 มกราคม 2565
- กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2547. ข้าว. แหล่งที่มา http://www.ricethailand.go.th/rkb3/Eb_001.PDF, 15 มกราคม 2565
- จำรัส โปร่งศิริวัฒนา. 2534. **ความรู้เรื่องข้าว**. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและ สหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2559. **การตรวจสอบและวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดพันธุ์**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน คณะเกษตร ภาควิชาพืชไร่ฯ, กรุงเทพฯ.
- วันชัย จันทรประเสริฐ. 2542. **เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์พืชไร่**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน คณะเกษตร ภาควิชาพืชไร่ฯ, กรุงเทพฯ
- วันวิสาข์ พิมพ์เจริญ. 2562. **การประเมินศักยภาพของการประมวลผลภาพถ่ายเพื่อจำแนกความแข็งแรง ของเมล็ดพันธุ์ข้าวอย่างรวดเร็ว**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ปฎิมาภรณ์ ไชเย็น. 2556. **การทดสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ข้าว พันธุ์ขาวดอกมะลิ105และกข 15**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ผลการวิเคราะห์การแท่งรากจากภาพถ่ายผ่านโปรแกรม ImageJ ของข้าวแต่ละตัวอย่าง

ตัวอย่าง	ซ้ำ	ผลการวิเคราะห์วันที่										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	11	14
A	1	0	0	75	94	99	100	100	100	100	100	100
	2	0	0	61	82	90	98	96	96	96	96	96
	3	0	0	65	96	96	96	96	96	96	96	96
	4	0	0	86	98	98	98	98	98	98	98	98
B	1	0	0	28	75	78	88	90	90	90	96	96
	2	0	0	47	75	87	88	83	83	83	95	95
	3	0	0	34	70	76	87	84	84	84	96	96
	4	0	0	76	92	90	95	90	92	92	98	98
C	1	0	0	40	83	76	91	90	90	90	93	93
	2	0	0	45	68	87	94	96	96	96	96	96
	3	0	0	42	90	88	96	91	91	91	98	98
	4	0	0	71	87	91	93	93	92	92	96	96
D	1	0	0	56	90	95	98	95	95	95	95	95
	2	0	0	55	72	92	97	93	93	93	94	94
	3	0	0	50	86	96	96	96	95	95	95	95
	4	0	0	85	92	96	98	98	93	93	93	93
E	1	0	0	49	88	92	94	94	93	93	93	93
	2	0	0	42	88	95	96	96	97	97	97	97
	3	0	0	43	75	83	87	89	89	89	89	89
	4	0	0	85	97	97	97	97	97	97	87	87
F	1	0	0	77	84	90	86	86	86	86	91	91
	2	0	0	79	94	96	93	95	95	95	99	99
	3	0	0	78	90	95	90	94	94	94	94	94
	4	0	0	90	98	98	96	96	96	96	96	96
G	1	0	0	28	51	57	97	95	80	80	80	80

ตัวอย่าง	ซ้ำ	ผลการวิเคราะห์วันที่										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	11	14
	2	0	0	27	50	57	98	98	72	72	81	81
	3	0	0	20	49	55	97	97	85	85	85	85
	4	0	0	51	61	69	99	97	93	93	85	85

หมายเหตุ A = ข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (ศูนย์วิจัยข้าวอุบลราชธานี/2558/2559)

B = ข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (แปลงเกษตรกร จ.สุพรรณบุรี/2556)

C = ข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (แปลงเกษตรกร จ.ปทุมธานี / 2558/2559)

D = ข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (ศูนย์วิจัยห่มแพ/2558/2559)

E = ข้าวเจ้าพันธุ์ กข31 (ศูนย์วิจัยข้าวขอนแก่น/2558)

F = ข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 (ศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท/2558/2559)

G = ข้าวเหนียวพันธุ์ กข6 (ศูนย์วิจัยข้าวอุบลราชธานี/2558)

ตารางผนวกที่ 2 ค่า Gmax t_{50} U_{7525} MGT และ AUC แต่ละซ้ำจากการวิเคราะห์การแท่งรากผ่านจากภาพถ่ายผ่านโปรแกรม ImageJ ของข้าวแต่ละสายพันธุ์

Lots	Gmax (%)	t_{50} maxG (Cs, hr)	U_{7525} (hr)	AUC	MGT
A01	100	41.26414311	12.59532323	255.9963478	42.58673451
A02	98	43.79593058	20.52599704	241.5109727	47.15792857
A03	96	46.28128732	5.010496015	243.440211	46.44799647
A04	98	43.27198598	5.008879854	251.4484528	43.45150866
B01	96	56.25126496	26.5458829	220.023831	60.57370461
B02	95	47.32852725	22.52876358	219.6940855	51.06598616
B03	96	54.63620362	32.49397544	214.4183578	61.09397945
B04	98	45.19554575	4.05262858	237.8547223	45.29635031
C01	93	49.91271891	21.00712151	222.7349743	52.98859183
C02	96	52.17425404	31.81182606	231.4093426	58.67671938
C03	98	49.22841015	13.62677848	233.2510219	50.52314371
C04	96	45.71611669	4.100618747	235.1433431	45.8187181
D01	98	45.59188551	15.21733848	241.1716072	47.34704719
D02	97	46.48884861	25.67155309	234.1839457	51.40093442
D03	96	47.40453561	18.16914213	239.1176348	49.82346051
D04	98	43.9039279	3.927980518	241.9448801	43.99988134
E01	94	47.31661437	15.289866	234.0918436	49.02207549
E02	97	50.05614027	17.33673613	239.7743259	52.13437261
E03	89	49.17278997	23.86663569	219.171028	53.20053703
E04	97	43.98284885	3.855545764	241.8744493	44.0737293
F01	91	44.45455756	3.762929997	223.5510839	44.53814631
F02	99	45.05180657	4.046843256	244.0423624	45.1526177
F03	95	40.19361521	9.675415672	241.443311	40.9855947
F04	98	43.66389577	3.457806785	247.3248933	43.72990042
G01	97	62.46261068	37.07274172	196.2202059	69.56596786
G02	98	62.11733095	35.44532817	192.4049163	68.75077658

Lots	Gmax (%)	t_{50} maxG (Cs, hr)	U_{7525} (hr)	AUC	MGT
G03	97	69.57554979	38.00024462	200.395452	76.25841476
G04	99	50.729769	35.8748734	220.6579771	58.87267021

หมายเหตุ Gmax คือ ค่าที่แสดงให้เห็นถึงศักยภาพสูงสุดในการงอกของเมล็ดพันธุ์แต่ละตัวอย่าง

AUC คือ เป็นค่าที่หาได้จากพื้นที่ใต้กราฟ

t_{50} คือ เป็นเวลาที่ใช้ในการงอกรากแรกเกิดขึ้นถึงครึ่งหนึ่ง (50 เปอร์เซ็นต์) ของจำนวนเมล็ดพันธุ์ทั้งหมด

U_{7525} คือ เป็นเวลาที่ใช้ในการงอกของรากแรกเกิดขึ้นตั้งแต่ 25 -75 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนเมล็ดพันธุ์ทั้งหมด

MGT คือ เวลาออกเฉลี่ย

ตารางผนวกที่ 3 ค่า Gmax t₅₀ U₇₅₂₅ MGT และ AUC แต่ละซ้ำจากการวิเคราะห์การแท่งรากผ่านจากภาพถ่ายผ่านการวิเคราะห์อัตโนมัติด้วยโปรแกรมทางเทคนิค Rice4 ของข้าวแต่ละสายพันธุ์

Lots	Gmax (%)	t ₅₀ maxG (Cs, hr)	U ₇₅₂₅ (hr)	AUC	MGT
A01	100	41.26414311	12.59532323	255.9963478	42.58673451
A02	98	43.79593058	20.52599704	241.5109727	47.15792857
A03	96	46.28128732	5.010496015	243.440211	46.44799647
A04	98	43.27198598	5.008879854	251.4484528	43.45150866
B01	96	56.25126496	26.5458829	220.023831	60.57370461
B02	95	47.32852725	22.52876358	219.6940855	51.06598616
B03	96	54.63620362	32.49397544	214.4183578	61.09397945
B04	98	45.19554575	4.05262858	237.8547223	45.29635031
C01	93	49.91271891	21.00712151	222.7349743	52.98859183
C02	96	52.17425404	31.81182606	231.4093426	58.67671938
C03	98	49.22841015	13.62677848	233.2510219	50.52314371
C04	96	45.71611669	4.100618747	235.1433431	45.8187181
D01	98	45.59188551	15.21733848	241.1716072	47.34704719
D02	97	46.48884861	25.67155309	234.1839457	51.40093442
D03	96	47.40453561	18.16914213	239.1176348	49.82346051
D04	98	43.9039279	3.927980518	241.9448801	43.99988134
E01	94	47.31661437	15.289866	234.0918436	49.02207549
E02	97	50.05614027	17.33673613	239.7743259	52.13437261
E03	89	49.17278997	23.86663569	219.171028	53.20053703
E04	97	43.98284885	3.855545764	241.8744493	44.0737293
F01	91	44.45455756	3.762929997	223.5510839	44.53814631
F02	99	45.05180657	4.046843256	244.0423624	45.1526177
F03	95	40.19361521	9.675415672	241.443311	40.9855947
F04	98	43.66389577	3.457806785	247.3248933	43.72990042
G01	97	62.46261068	37.07274172	196.2202059	69.56596786
G02	98	62.11733095	35.44532817	192.4049163	68.75077658

Lots	Gmax (%)	t ₅₀ maxG (Cs, hr)	U ₇₅₂₅ (hr)	AUC	MGT
G03	97	69.57554979	38.00024462	200.395452	76.25841476
G04	99	50.729769	35.8748734	220.6579771	58.87267021

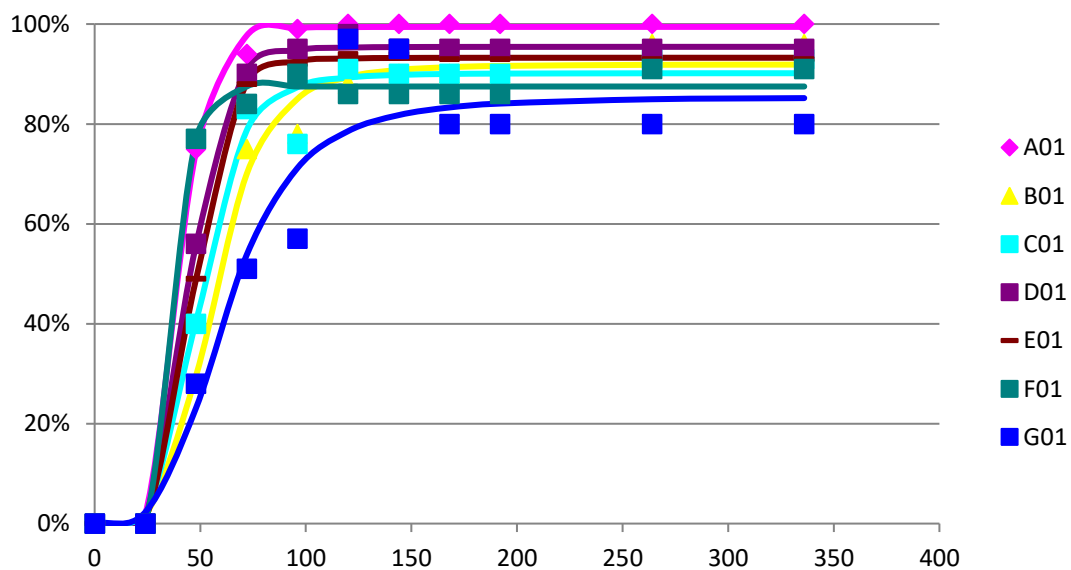
หมายเหตุ Gmax คือ ค่าที่แสดงให้เห็นถึงศักยภาพสูงสุดในการงอกของเมล็ดพันธุ์แต่ละตัวอย่าง

AUC คือ เป็นค่าที่หาได้จากพื้นที่ใต้กราฟ

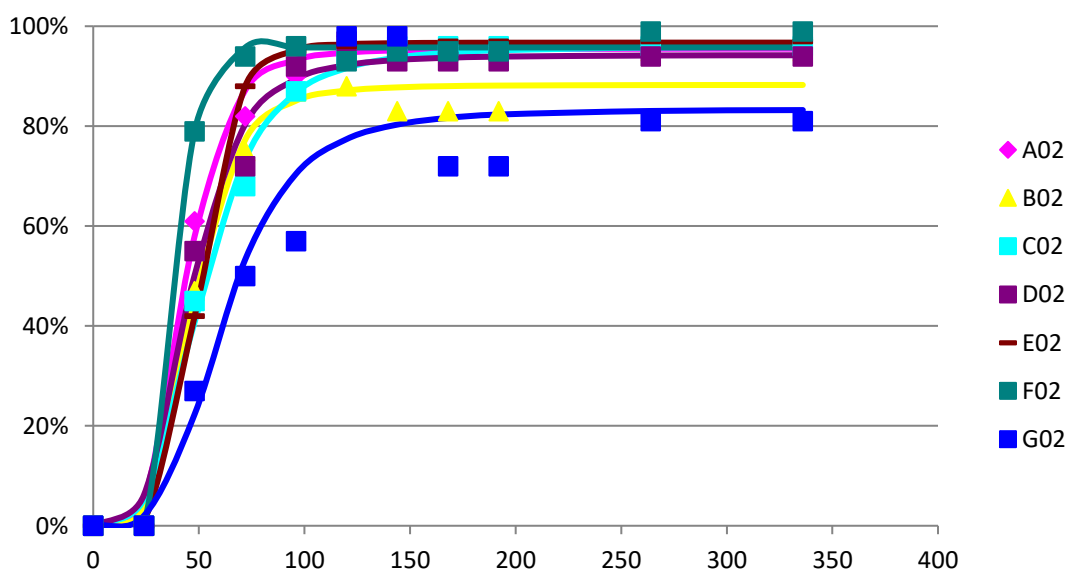
t₅₀ คือ เป็นเวลาที่ใช้ในการงอกรากแรกเกิดจนถึงครึ่งหนึ่ง (50 เปอร์เซ็นต์) ของจำนวนเมล็ดพันธุ์ทั้งหมด

U₇₅₂₅ คือ เป็นเวลาที่ใช้ในการงอกของรากแรกเกิดตั้งแต่ 25 -75 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนเมล็ดพันธุ์ทั้งหมด

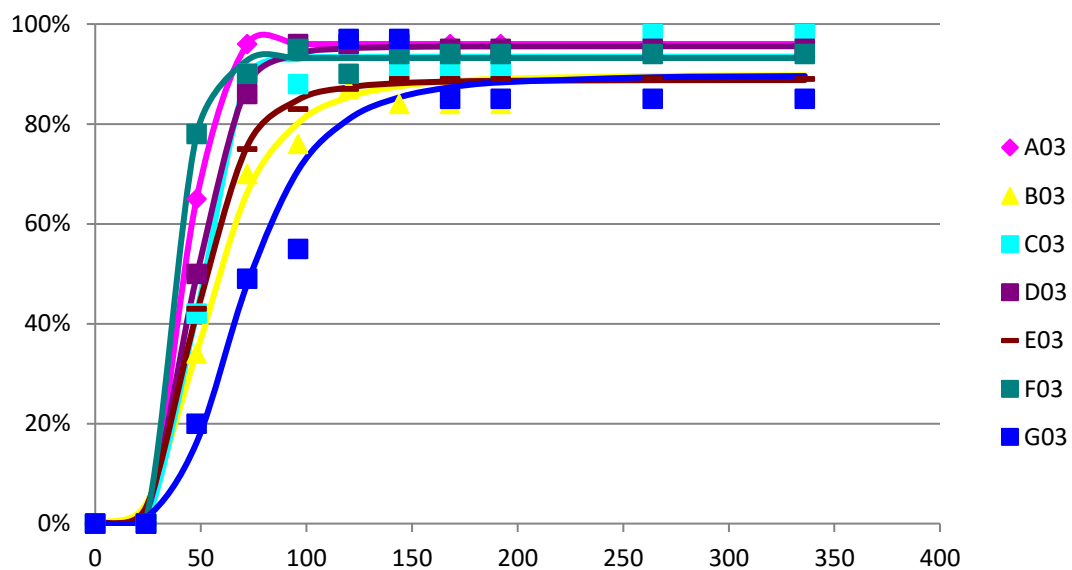
MGT คือ เวลางอกเฉลี่ย



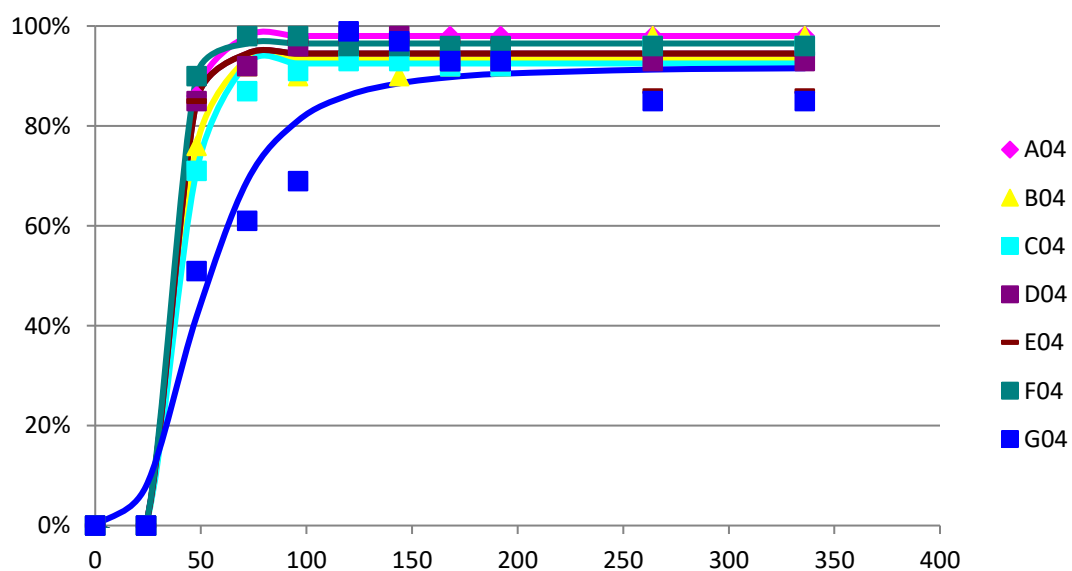
ภาพผนวกที่ 1 Germinator curve-fitting ของเมล็ดพันธุ์ทั้ง 7 ตัวอย่าง ซ้ำที่ 1 จากการวิเคราะห์การแตกรากผ่านจากภาพถ่ายผ่านโปรแกรม ImageJ



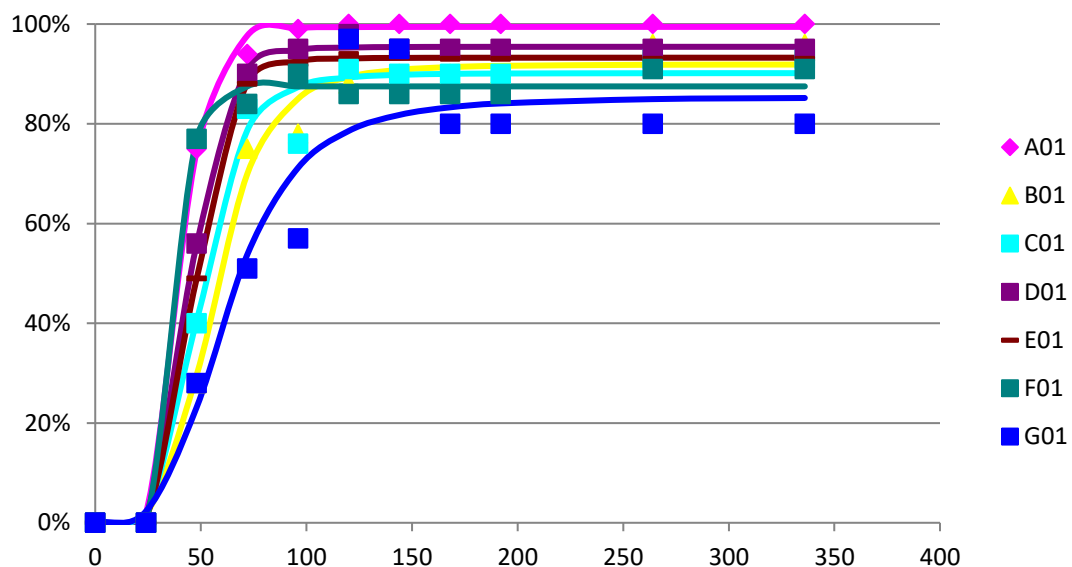
ภาพผนวกที่ 2 Germinator curve-fitting ของเมล็ดพันธุ์ทั้ง 7 ตัวอย่าง ซ้ำที่ 2 จากการวิเคราะห์การแตกรากผ่านจากภาพถ่ายผ่านโปรแกรม ImageJ



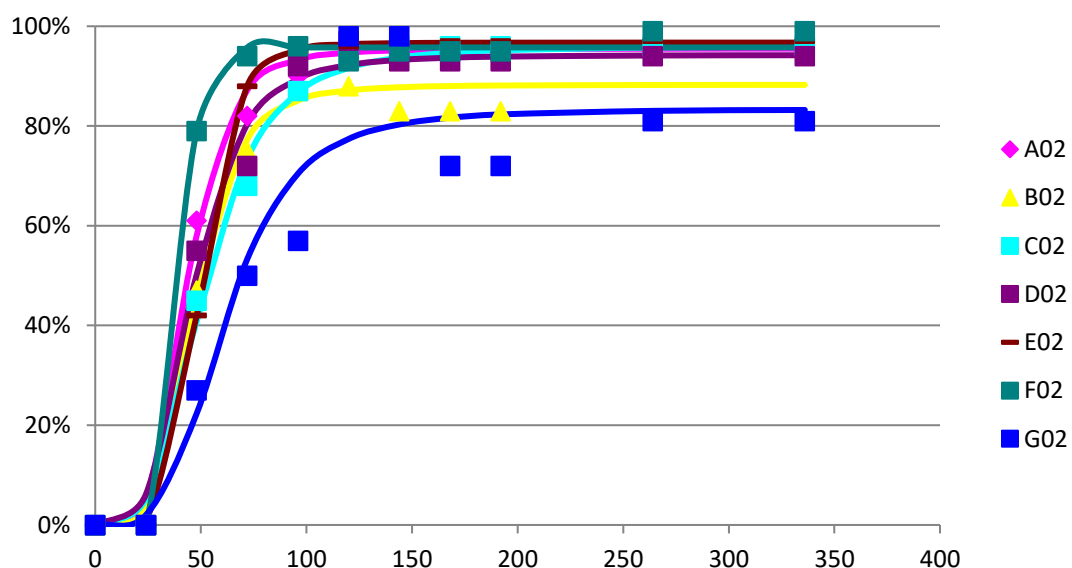
ภาพผนวกที่ 3 Germinator curve-fitting ของเมล็ดพันธุ์ทั้ง 7 ตัวอย่าง ซ้ำที่ 3 จากการวิเคราะห์การ
แท่งรากผ่านจากภาพถ่ายผ่านโปรแกรม ImageJ



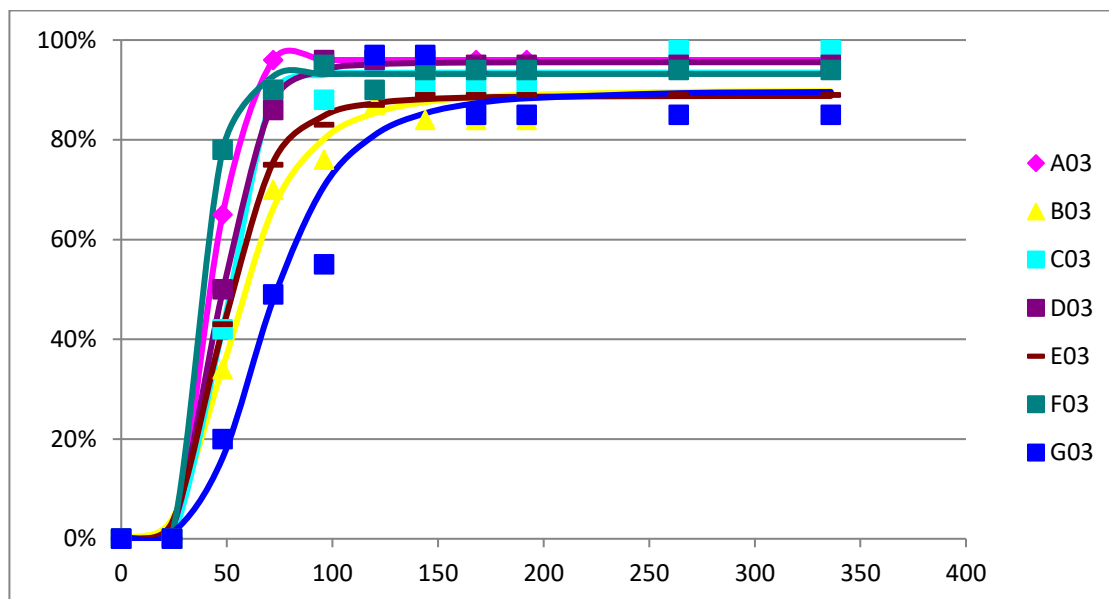
ภาพผนวกที่ 4 Germinator curve-fitting ของเมล็ดพันธุ์ทั้ง 7 ตัวอย่าง ซ้ำที่ 4 จากการวิเคราะห์การ
แท่งรากผ่านจากภาพถ่ายผ่านโปรแกรม ImageJ



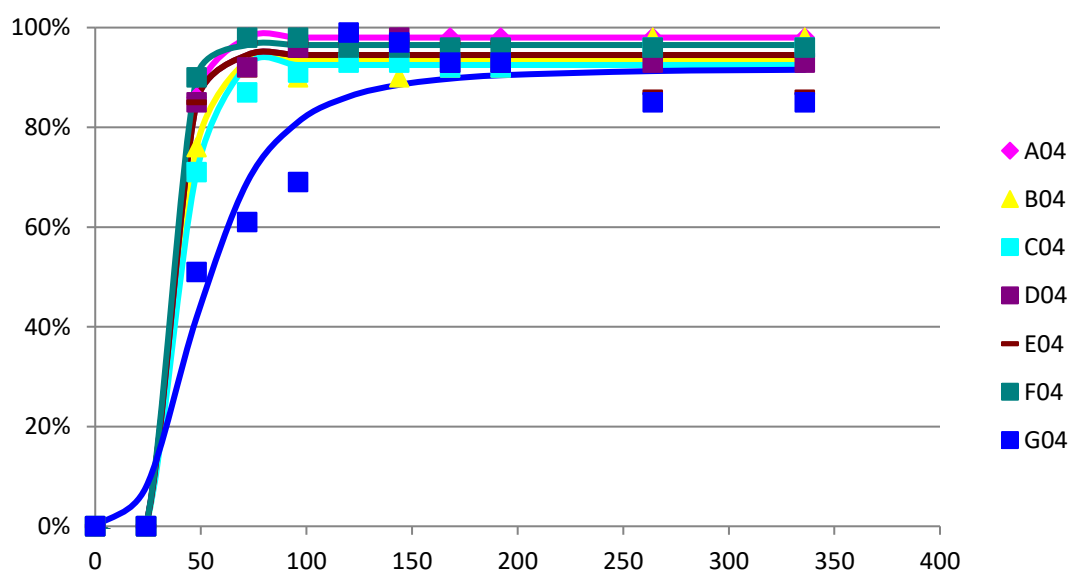
ภาพผนวกที่ 5 Germinator curve-fitting ของเมล็ดพันธุ์ทั้ง 7 ตัวอย่าง ข้าวที่ 1 จากการวิเคราะห์การ
 แพร่รากผ่านจากภาพถ่ายผ่านการวิเคราะห์อัตโนมัติด้วยโปรแกรมทางเทคนิค Rice4



ภาพผนวกที่ 6 Germinator curve-fitting ของเมล็ดพันธุ์ทั้ง 7 ตัวอย่าง ข้าวที่ 2 จากการวิเคราะห์การ
 แพร่รากผ่านจากภาพถ่ายผ่านการวิเคราะห์อัตโนมัติด้วยโปรแกรมทางเทคนิค Rice4



ภาพผนวกที่ 7 Germinator curve-fitting ของเมล็ดพันธุ์ทั้ง 7 ตัวอย่าง ซ้ำที่ 3 จากการวิเคราะห์การ
 แพร่รากผ่านจากภาพถ่ายผ่านการวิเคราะห์อัตโนมัติด้วยโปรแกรมทางเทคนิค Rice4



ภาพผนวกที่ 8 Germinator curve-fitting ของเมล็ดพันธุ์ทั้ง 7 ตัวอย่าง ซ้ำที่ 4 จากการวิเคราะห์การ
 แพร่รากผ่านจากภาพถ่ายผ่านการวิเคราะห์อัตโนมัติด้วยโปรแกรมทางเทคนิค Rice4

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวนันทริกา อินตาโสภี
วัน เดือน ปี เกิด	11 กรกฎาคม 2542
สถานที่เกิด	จังหวัดกำแพงเพชร
ประวัติการศึกษา	มัธยมศึกษา โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรี นครินทร์ กำแพงเพชร
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-