



ปัญหาพิเศษ

การกระจายตัวของลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ในประชากรลูกชั่ว
ที่ 2 ที่ได้จากการผสมตัวเองของข้าวลูกผสมพันธุ์ กขผ3

Segregation of Male Sterility Trait in F_2 Population Derived from Selfing
of Hybrid Rice Variety RDH3

วีรภัทร ไทยฉาย

ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

DEPARTMENT OF AGRONOMY

FACULTY OF AGRICULTURE KASETSART UNIVERSITY



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วิทยาศาสตร์เกษตร)

ปริญญา

..... วิทยาศาสตร์เกษตร

..... ฟิสิกส์

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การกระจายตัวของลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ในประชากรลูกชั่วที่ 2 ที่ได้จากการ
ผสมตัวเองของข้าวลูกผสมพันธุ์ กขผ3

Segregation of Male Sterility Trait in F_2 Population Derived from Selfing of Hybrid Rice
Variety RDH3

นามผู้วิจัย วีรภัทร ไทยฉาย

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษหลัก
(..... ผู้ช่วยศาสตราจารย์วีรชัย มรรยัสถ์ถาวร, ปร.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษร่วม
(..... รองศาสตราจารย์ธานี ศรีวงศ์ชัย, วท.ด.)

หัวหน้าภาควิชา
(..... ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปาริชาติ พรหมโชติ, Ph.D.)

วันที่ 12 เดือน เมษายน พ.ศ. 2567

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การกระจายตัวของลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ในประชากรลูกชั่วที่ 2 ที่ได้จากการผสมตัวเอง
ของข้าวลูกผสมพันธุ์ กขผ3

Segregation of Male Sterility Trait in F_2 Population Derived from Selfing of Hybrid Rice Variety
RDH3

โดย

วีรภัทร ไทยฉาย

เสนอ

ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

DEPARTMENT OF AGRONOMY

FACULTY OF AGRICULTURE KASETSART UNIVERSITY

บทคัดย่อ

วีรภัทร ไทยฉาย 2566: การกระจายตัวของลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ในประชากรลูก
ชั่วที่ 2 ที่ได้จากการผสมตัวเองของข้าวลูกผสมพันธุ์กขพ3 ปัญหาพิเศษปริญญาตรี
สาขาวิทยาศาสตร์เกษตร ภาควิชาพืชไร่นา อาจารย์ที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์วีรชัย
มรรยัสถ์ถาวร, ประ.ศ. 51 หน้า

ข้าวลูกผสมเป็นเทคโนโลยีทางการเกษตรที่สามารถเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่การผลิตข้าวได้
โดยข้าวลูกผสมอาศัยข้อดีของความดีเด่นเหนือพ่อแม่ ทั้งนี้การผลิตข้าวลูกผสมเป็นการจำเป็นต้องใช้
ระบบความเป็นหมันมาใช้ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวลูกผสม ลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ที่
ควบคุมด้วยระบบไซโตพลาสซึม ถูกนำมาใช้ในการผลิตข้าวลูกผสมพันธุ์ กขพ3 การนำพันธุ์กรรม
ดังกล่าวมาใช้ในโครงการปรับปรุงพันธุ์จำเป็นต้องทราบถึงจำนวนยีนที่ควบคุม ดังนั้นการทดลอง
ครั้งนี้มีจึงวัตถุประสงค์เพื่อ ทดสอบอัตราส่วนระหว่างต้นที่มีลักษณะเพศผู้ปกติ และต้นที่มีเพศผู้
เป็นหมัน ในประชากรลูกชั่วที่ 2 ที่ได้จากการผสมตัวเองของข้าวลูกผสมพันธุ์ กขพ3 ตรวจสอบ
ความเป็นหมันโดยวิธีย้อมสีละอองเกสรด้วยสารละลาย I_2 -KI และทดสอบอัตราส่วนด้วยวิธีไค-
สแควร์ (Chi-Square Test) ผลการทดลองพบว่า การกระจายตัวระหว่างต้นที่มีเพศผู้ปกติ และต้นที่
เพศผู้เป็นหมัน จำนวน 362 และ 146 ต้นตามลำดับ คิดเป็น อัตราส่วน 3:1 ดังนั้นพันธุ์กรรมที่
ควบคุมลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ถูกควบคุมด้วยยีนแฝงจำนวน 1 คู่ ซึ่งข้อมูลนี้สามารถใช้
เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาสายพันธุ์แม่ในการผลิตข้าวลูกผสมระบบ 3 สายพันธุ์ต่อไป

วีรภัทร

ลายมือชื่อนิสิต

วี

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษหลัก

22 / 03 / 67

ABSTRACT

Weerapat Thaichay 2023: Segregation of Male Sterility Trait in F_2 Population Derived from Selfing of Hybrid Rice Variety RDH3. Bachelor's special problem in Agricultural Science, Department of Agronomy. Special problem advisor: Assistant professor Weerachai Matthayathaworn, Ph.D. 51 pages

Hybrid rice is an agricultural technology that used to increase rice yield per area. Hybrid rice takes advantage of its superiority over parents. However, the commercial production of hybrid rice requires a sterility system to be used in the seed production of hybrid rice. Male sterility was controlled by the cytoplasmic system. It was used in the production of rice hybrids variety RDH3. Introducing this genetic into breeding programs requires knowing the number of genes controlled. Therefore, the objective of this experiment was to test the ratio between plants with male fertile and plants with males sterile. The F_2 population obtained from selfing of hybrid rice variety RDH3 were used. Male sterile was checked by staining pollen with I_2 -KI solution. Chi-Square Test was used for test ratio. The results show that the segregation between plants with male fertile and males sterile as 362 and 146 plants, respectively. It was fit a ratio of 3:1. Therefore, the genetics that control male sterility were controlled by a pair of recessive genes. This information will be used as basic information for developing female parent to produce 3-line hybrid rice systems

Weerapat

Student's signature

WM

Special Problem Advisor's signature

22 / 03 / 67

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.วีรชัย มัชยัสน์ถาวร อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่กรุณาช่วยให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษา ช่วยเหลือทั้งด้านการทำปัญหาพิเศษ ด้านการเรียน การทำงาน การแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่มีเข้ามาระหว่างการทำการวิจัยนี้ และแก้ไขปัญหาพิเศษฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณภาควิชาที่ให้สถานที่ วัสดุและอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการทำการวิจัยของปัญหาพิเศษ

ขอขอบคุณเพื่อนๆที่คอยช่วยเหลือ และคอยเป็นกำลังใจให้เสมอมาและท้ายที่สุดข้าพเจ้าขอขอบคุณครอบครัวที่คอยช่วยเหลือในทุก ๆ สิ่ง อีกทั้งให้คำปรึกษาและให้กำลังใจในการทำวิจัยและการศึกษามาตลอด จนทำให้ข้าพเจ้ามีกำลังใจ ไม่ท้อแท้และมีความสุขจนทำวิจัยครั้งนี้สำเร็จ

วีรภัทร ไทยฉาย

มีนาคม 2567

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	13
อุปกรณ์	13
วิธีการ	13
สถานที่และระยะเวลาการทำวิจัย	15
ผลและวิจารณ์	16
สรุป	21
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	22
ภาคผนวก	24
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	51

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 การกระจายตัวของลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ใน F_2 ของข้าวลูกผสมพันธุ์ กขพ3 ในสัดส่วน 15:1	17
2 การกระจายตัวของลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ใน F_2 ของข้าวลูกผสมพันธุ์ กขพ3 ในสัดส่วน 3:1	18
3 การกระจายตัวของลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ใน F_2	18
 ตารางผนวกที่	
1 ข้อมูล จำนวนต้นต่อแถว จำนวนต้นปกติ จำนวนต้นเป็นหมัน	25

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ ดันที่ 1-6	26
2	ลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ ดันที่ 7-12	27
3	ลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ ดันที่ 13-18	28
4.	ลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ ดันที่ 19-24	29
5	ลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ ดันที่ 25-30	30
6	ลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ ดันที่ 31-36	31
7	ลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ ดันที่ 37-42	32
8	ลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ ดันที่ 43-48	33
9	ลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ ดันที่ 49-54	34
10	ลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ ดันที่ 55-60	35
11	ลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ ดันที่ 61-66	36
12	ลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ ดันที่ 67-72	37
13	ลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ ดันที่ 73-78	38
14	ลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ ดันที่ 79-84	39
15	ลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ ดันที่ 85-90	40
16	ลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ ดันที่ 91-96	41
17	ลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ ดันที่ 97-102	42
18	ลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ ดันที่ 103-108	43
19	ลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ ดันที่ 109-114	44
20	ลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ ดันที่ 115-120	45
21	ลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ ดันที่ 121-126	46
22	ลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ ดันที่ 127-132	47
23	ลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ ดันที่ 133-138	48
24	ลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ ดันที่ 139-144	49
25	ลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ ดันที่ 145-146	50

การกระจายตัวของลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ในประชากรลูกชั่วที่ 2 ที่ได้จากการ ผสมตัวเองของข้าวลูกผสมพันธุ์ กขผ3

Segregation of Male Sterility Trait in F₂ Population Derived from Selfing of Hybrid Rice Variety RDH3

คำนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยมาอย่างยาวนาน ทั้งในด้านการบริโภคภายในประเทศ และการส่งออก แต่ผลผลิตเฉลี่ยต่อพื้นที่ยังต่ำ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) ประเทศไทยจึงให้ความสำคัญ สนใจกับการวิจัยเรื่องการปรับปรุงพันธุ์ข้าว โดยมุ่งเน้นการเพิ่มผลผลิต (สมพร, 2548) เพื่อรักษาศักยภาพในการส่งออกให้คงที่และเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตข้าว โดยจะต้องให้ความสำคัญทั้งเรื่องคุณภาพและการเพิ่มปริมาณผลผลิตต่อพื้นที่ ซึ่งแนวทางที่จะช่วยเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ คือ การนำเทคโนโลยีการเกษตรด้านการผลิตข้าวลูกผสมเข้ามาปรับใช้เพื่อการเพิ่มผลผลิตต่อไร่ให้สูงขึ้น โดยไม่ต้องเพิ่มพื้นที่การเพาะปลูก (บริบูรณ์และปัทมา, 2550) ซึ่งในการผลิตข้าวลูกผสม ต้องผสมข้ามระหว่างพันธุ์พ่อและแม่เนื่องจากข้าวเป็นพืชผสมตัวเอง (self-pollinated) ดังนั้นจึงต้องมีขั้นตอนในการทำหมันเรณูของข้าวต้นแม่ก่อนที่จะนำเรณู (pollen) จากข้าวต้นพ่อมาผสม ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ต้องใช้แรงงานและเสียค่าใช้จ่ายมาก การนำระบบความเป็นหมันของเกสรเพศผู้ที่อยู่ในไซโตพลาสซึม (cytoplasmic male sterility, CMS) มาใช้ในการผลิตข้าวลูกผสม จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยให้การผลิตข้าวลูกผสมทำได้สะดวกและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ข้าวลูกผสมพันธุ์ กขผ3 ถูกปรับปรุงพันธุ์ขึ้นโดยกรมการข้าว ใช้พันธุ์กรรมความเป็นหมันแบบ CMS ซึ่งการนำพันธุ์กรรมดังกล่าวมาใช้ในโครงการปรับปรุงพันธุ์เพื่อพัฒนาข้าวลูกผสมพันธุ์ใหม่ จำเป็นต้องทราบถึงพันธุ์กรรมที่ควบคุมลักษณะดังกล่าวเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาสายพันธุ์แม่ในการผลิตข้าวลูกผสมระบบ 3 สายพันธุ์ต่อไป

วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบสัดส่วนระหว่างต้นที่มีลักษณะเพศผู้ปกติ และต้นเป็นหมันในประชากรลูกข้าว
ที่ 2 ที่ได้จากการผสมตัวเองของข้าวลูกผสมพันธุ์ กขผ3

การตรวจเอกสาร

ข้าว (rice) เป็นพืชตระกูลหญ้า (annual grass) อยู่ในสกุลออไรซา (Genus *Oryza*) ของวงศ์ (Family) Gramineae หรือ Poaceae สามารถเจริญเติบโตได้ดีทั้งในเขตร้อน (tropical zone) และเขตอบอุ่น (temperate zone) ดังนั้นข้าวจึงนับได้ว่าเป็นพืชชนิดหนึ่งของโลกที่มีความสามารถในการพัฒนาและปรับตัวให้เหมาะสมกับภูมิประเทศและภูมิอากาศได้อย่างกว้างขวาง (จรัส, 2534) และข้าวในสกุล *Oryza* มีทั้งหมด 23 ชนิด (species) โดย 21 ชนิด จัดอยู่ในกลุ่มของข้าวป่า (wild rice) และอีก 2 ชนิดจัดอยู่ในกลุ่มของข้าวปลูก (cultivated rice) โดยมนุษย์นำมาปลูกไว้เพื่อบริโภค คือ ข้าวเอเชีย (*Oryza sativa* L.) ซึ่งปลูกกันแพร่หลายทั่วโลก และอีกชนิดหนึ่งคือ ข้าวแอฟริกา (*Oryza glaberrima* Steud) ที่มีแหล่งกำเนิดและนิยมปลูกในทวีปแอฟริกา (บุญหงษ์, 2547)

ข้าวปลูก *O. sativa* แบ่งออกเป็น 2 subspecies คือ indica และ japonica ต่อมา Morinaga (1954) ได้เสนอข้าวกลุ่มที่ 3 คือ javanica ซึ่งได้แก่ข้าว bulu และ gundil ของ อินโดนีเซียสำหรับข้าวในกลุ่มนี้ปัจจุบันใช้ชื่อว่า tropical japonica ข้าวทั้ง 3 กลุ่มมีลักษณะดังนี้ (จรัส, 2534)

1. ชนิดอินดิกา (indica type) เป็นข้าวที่ปลูกในเขตร้อน (tropical zone) เช่น สาธารณรัฐประชาชนจีน (ตอนกลาง และตอนใต้) ฟิลิปปินส์ ไทย อินโดนีเซีย อินเดีย และศรีลังกา เป็นต้น โดยมีต้นกำเนิดอยู่ทางตอนใต้ของอินเดียแล้วแพร่เข้าสู่ศรีลังกา กลุ่มหมู่เกาะมลายา ภาคกลางและภาคใต้ของจีน ข้าวกลุ่มนี้เป็นข้าวที่มีทรงต้นสูง ลำต้นไม่แข็งแรง ใบยาวและห้อยลง ใบต่อช่วงแสง และอุณหภูมิที่ต่ำ เมล็ดมีรูปร่างยาวเรียว

2. ชนิดจาโปนิกา (japonica type) เป็นข้าวที่ปลูกในเขตอบอุ่น (temperate zone) เช่น สาธารณรัฐประชาชนจีน (ตอนเหนือและตะวันออก) ญี่ปุ่น เกาหลี ไต้หวัน และตอนใต้ของยุโรป เป็นต้น โดยมีต้นกำเนิดอยู่บริเวณเนปาล อัสมัม พม่า ยูนาน แพร่เข้าสู่ลุ่มน้ำเหลืองของจีน และเวียดนาม ข้าวกลุ่มนี้เป็นข้าวที่มีทรงต้นเตี้ย ช่วยป้องกันการหักล้มของต้นได้ ใบสั้นและตั้งตรง แตกกอปานกลาง ทนทานต่อสภาพที่มีอุณหภูมิต่ำ เมล็ดมีรูปร่างสั้นและกลม มีปริมาณอะมิโลสต่ำทำให้ข้าวสุกมีลักษณะเหนียวเกาะติดกัน

3. ชนิดจาวานิกา (javanica type) หรือ tropical japonica ส่วนใหญ่นิยมปลูกในประเทศอินโดนีเซีย โดยต้นกำเนิดมาจากการคัดเลือกข้าวชนิดอินดิกา และถูกนำมาปลูกในอินโดนีเซียเมื่อ

ประมาณ 1,800 ปีก่อนคริสตกาล เป็นข้าวที่มีทรงต้นสูง ลำต้นใหญ่และแข็งแรง ใบกว้างแข็ง แดก กอน้อย รวงยาว เมล็ดเหนียวไม่ร่วงหล่นง่าย เมล็ดมีรูปร่างป้อม (bold grain) ขนาดใหญ่

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของข้าว

1. ลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ (บุญหงส์, 2547)

1.1 ราก (root) เป็นระบบรากฝอย (fibrous root system) ประกอบด้วยราก 2 ชนิด ได้แก่ รากที่งอกมาจากเรดิเคิล (radicle) เป็นรากชั่วคราว มีลักษณะโคนโตและปลายเรียว ทำหน้าที่รองรับส่วนต่าง ๆ ของต้นข้าวให้ทรงตัว เป็นรากปฐมภูมิ (primary root) เรียกว่ารากแรกเกิด (seminal root) รากอีกชนิดหนึ่งเป็นรากทุติยภูมิ (secondary root) จะงอกออกมาจากส่วนข้อของลำต้นใหม่ เป็นรากที่ทดแทนรากแรกเกิดเมื่อต้นข้าวเจริญเติบโต เรียกว่า รากเสริม (adventitious root)

1.2 ลำต้น (stem) ลำต้นเป็นทรงกลม กลวงบริเวณส่วนกลางและแบ่งเป็นปล้อง (internode) มีจำนวนปล้องประมาณ 20-30 ปล้อง มีข้อ (node) กั้นระหว่างปล้อง ซึ่งบริเวณข้อ จะมีตา (bud) ข้อละ 1 ตา ความสูงของต้นอยู่ระหว่าง 100-200 เซนติเมตร ขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าวและสภาพแวดล้อม เมื่อต้นข้าวสมบูรณ์จะมีการแตกกอ (tillering) เป็นข้าวต้นใหม่จากบริเวณตา

1.3 ใบ (leaf) จัดเป็นใบเดี่ยว (simple leaf) เป็นใบแท้ มีลักษณะเป็นแผ่นแบนบาง ค่อนข้างยาว ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ตัวใบ (leaf blade) ยื่นออกจากลำต้น ทำมุมกว้างหรือแคบ ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ เส้นใบของข้าวจะขนานกันตั้งแต่โคนถึงปลายใบ และมีเส้นกลางใบ (midrib) แบ่งใบข้าวออกเป็น 2 ส่วนเท่า ๆ กัน อีกส่วนหนึ่ง คือ กาบใบ (leaf sheath) มีข้อต่อใบ (leaf collar) แบ่งตัวใบและกาบใบให้แยกออกจากกัน กาบใบทำหน้าที่ ลำเลียงน้ำและอาหารจากรากไปยังลำต้นและบริเวณใบ จากนั้นใบทำหน้าที่สังเคราะห์แสงจากใบไปยังส่วนต่าง ๆ ของต้น

2. ลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการสืบพันธุ์ ส่วนที่ใช้ในการขยายพันธุ์ คือ เมล็ด เมล็ดนั้นได้จากการผสมระหว่างเรณูและเกสรเพศเมียที่ผสมกันภายในดอก และพัฒนาต่อจนได้เป็นเมล็ด

2.1 ช่อดอกหรือรวงข้าว (inflorescence or panicle) เกิดจากดอกข้าว (spikelets) รวมกันหลาย ๆ ดอก เกิดเป็นช่อดอกอยู่บนแขนง (branches) ที่แตกออกไปจากแกนกลางของช่อดอก

เมื่อเกิดการผสมระหว่างเรณูและเกสรเพศเมียภายในดอก จะมีการพัฒนาเป็นเมล็ดภายในดอก เรียกช่อดอกที่พัฒนาไปเป็นเมล็ดว่า รวงข้าว ประกอบด้วย ส่วนล่างสุดของรวงข้าวเรียกว่า ฐานรวง (panicle base or neck) ลักษณะเป็นวงแหวนสีขาวเป็นจุดกำเนิดของแขนงลำดับที่หนึ่ง (primary branch) และมีการแตกแขนงลำดับที่สอง (secondary branch) และแขนงลำดับที่สาม (tertiary branch)

2.2 ดอกข้าว (spikelet) ประกอบด้วย กลีบดอกใหญ่ (lemma) และกลีบดอกเล็ก (palea) สองส่วนนี้จะประสานกัน เฉพาะบริเวณส่วนฐานซึ่งติดอยู่กับก้านสั้น ๆ เรียกว่า ข้าวดอก (rachilla) บริเวณปลายของกลีบดอกใหญ่มีลักษณะแหลมยื่นออกมา เรียกว่า หาง (awn) ซึ่งในข้าวป่าจะมีหางยาว แต่พันธุ์ปลูกจะไม่มีหางหรือหางสั้นมาก ภายในดอกข้าวแต่ละดอก ประกอบด้วย เกสรเพศผู้ (stamen) จำนวน 6 อัน มีลักษณะเป็นกระเปาะสีเหลือง เรียกว่า อับเรณู (anther) ซึ่งบรรจุเรณูขนาดเล็กจำนวนมาก อับเรณูจะติดอยู่บนก้านชูเรณู (filament) เชื่อมติดกับฐานรองดอกส่วน เกสรเพศเมีย (pistil) ประกอบด้วยยอดเกสรเพศเมีย (stigma) ทำหน้าที่รองรับเรณู มีลักษณะคล้ายขนนก 2 อัน อยู่บนก้านเกสรเพศเมีย (style) เชื่อมติดกับรังไข่ (ovary) ภายในรังไข่ จะมีไข่ (ovule) เมื่อได้รับการผสมจะมีการพัฒนาไปเป็นเมล็ด

ดอกข้าว จัดให้เป็นดอกสมบูรณ์เพศ (perfect flower) ที่มีการผสมตัวเอง (self-pollination) เนื่องจากมีเรณูและเกสรเพศเมียอยู่ในดอกเดียวกัน การผสมตัวเองเกิดในช่วงเช้า ก่อนที่กลีบดอกจะบาน โดยการบานของกลีบดอกจะเริ่มบานจากปลายช่อดอกมาสู่โคนช่อดอก จะมีการผสมเกสรภายใน 7 วัน ส่วนดอกที่ได้รับการผสมแล้วใช้เวลาประมาณ 30 วัน ในการพัฒนาเป็นเมล็ด ในแต่ละรวงอาจมีเมล็ดประมาณ 100-200 เมล็ด สำหรับข้าวที่เป็นหมันในระบบไซโทพลาซึมจะมีลักษณะของเรณูจะฝ่อ คอรวงจะสั้นรวงจึงไม่โผล่พ้นใบธง

2.3 เมล็ด (seed) ประกอบด้วย ส่วนที่เป็นแป้ง และคัพภะ (endosperm) เมล็ด หุ้มด้วยเยื่อหุ้มชั้นนอก (pericarp) เยื่อหุ้มชั้นกลาง (seed coat and nucellus) และเยื่อหุ้มชั้นใน (aleurone layer) ที่พัฒนาขึ้นมาหลังจากเกิดการผสมระหว่างเรณูและเกสรเพศเมีย โดยรังไข่จะกลายเป็นแป้ง และไข่กลายเป็นคัพภะ ทั้งสองส่วนนี้เป็นส่วนของเมล็ดข้าว จะมีเปลือกที่มาจากกลีบดอกหุ้มอยู่ ซึ่งเรียกทั้งเมล็ดนี้ว่า ข้าวเปลือก (paddy)

การพัฒนาของดอกข้าวเป็นเมล็ด

การสร้างเมล็ดข้าว แบ่งเป็น 3 ระยะ ดังนี้

1) ระยะข้าวเป็นน้ำนม (milk stage) ใช้เวลาประมาณ 7 วัน หลังผสมเกสร และผสมพันธุ์ระยะต้น ๆ ลักษณะภายในของเมล็ดข้าวจะเป็นของเหลวสีขาวคล้ายน้ำนม เปลือกของเมล็ดมีสีเขียว

2) ระยะข้าวเมา หรือเป็นไต หรือเป็น โด (dough stage) ใช้เวลาประมาณ 14-21 วัน หลังผสมเกสร เปลือกใหญ่และเปลือกเล็กเริ่มแข็ง สีเขียวอมน้ำตาล เนื้อในเมล็ดซึ่งเป็นน้ำนมจะมีน้ำน้อยลง เหนียวและแข็งขึ้น ตามลำดับ

3) ระยะเมล็ดแก่เต็มที่ หรือระยะเก็บเกี่ยว (maturation stage) ใช้เวลาประมาณ 30 วัน หลังผสมเกสร เมล็ดจะมีโครงสร้างสมบูรณ์เต็มที่ ทั้งขนาด ความแข็งของเปลือก และสีเปลือกที่สุกเต็มที่จะเป็นสีจากสีเขียวไปเป็นสีน้ำตาลทองเป็นส่วนใหญ่ อาจมีสีน้ำตาลเข้ม น้ำตาลม่วง หรือน้ำตาลดำ ขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าว ส่วนเนื้อของเมล็ดจะสีขาว และแข็งมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าวเช่นกัน

ระยะทั้ง 3 ข้างต้น หมายถึง การสร้างเมล็ดข้าวในส่วนของเปลือกหุ้มแข็ง และเนื้อของเมล็ดส่วนของคัพภะจะเจริญไปพร้อมกันด้วย โดยเริ่มจากการแบ่งเซลล์ 2-3 เซลล์ ในระหว่าง 24 ชั่วโมงแรกหลังผสมเกสร และการเจริญเติบโตเป็นเนื้อเยื่อหุ้มต้นอ่อน เยื่อหุ้มรากอ่อน และใบเลี้ยงในวันที่ 3 ส่วนต้นอ่อนและส่วนอื่น ๆ ภายในเชื้อหุ้มรากอ่อนจะเจริญเติบโตเมื่อเมล็ดมีอายุ 5 วัน ต่อไปในวันที่ 6 จะเห็นท่อน้ำท่ออาหารปรากฏขึ้น ในที่สุดคัพภะก็จะเจริญเติบโตสมบูรณ์เต็มที่ในเวลา 13 วัน ไม่เกิน 20 วัน (อรอนงค์, 2547)

ข้าวลูกผสม (hybrid rice)

ข้าวลูกผสม (hybrid rice) คือ ข้าวชั่วแรกที่ได้จากการผสมพันธุ์ข้าวต่างพันธุ์กรรมกันเมื่อนำเมล็ดชั่วแรกไปปลูก ลูกผสมจะแสดงความแข็งแรง การใช้ประโยชน์ในชั่วนี้จะได้ผลดีที่สุดเพราะในชั่วต่อ ๆ ไปของลูกผสมจะมีการกระจายตัวของลักษณะต่าง ๆ การใช้ประโยชน์ข้าวลูกผสมจึงเป็นการใช้ความดีเด่นและความแข็งแรงของลูกชั่วแรกที่ดีเด่นเหนือสายพันธุ์พ่อและแม่(สงกรานต์

และคณะ, 2529) การผลิตข้าวลูกผสมจึงจำเป็นต้องใช้เมล็ดพันธุ์ใหม่ที่มาจากการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์แม่และพันธุ์พ่อทุกปี แตกต่างจากการทำนาโดยทั่วไป ที่ปลูกข้าวโดยใช้เมล็ดพันธุ์แท้ที่สามารถใช้เมล็ดพันธุ์จากแปลงปลูกในฤดูก่อนมาทำพันธุ์ต่อไปได้ (บริบูรณ์ และปัทมา, 2550)

การผลิตข้าวลูกผสมเป็นเทคโนโลยีที่นำเอาหลักการของความดีเด่นของลูกผสม (hybrid vigor หรือ heterosis) มาใช้ และลูกผสมที่ได้จะต้องมีความดีเด่น ในการให้ผลผลิตเหนือกว่าพันธุ์พ่อ-แม่ หรือข้าวพันธุ์อื่นที่สามารถให้ผลผลิตได้สูงกว่าที่มาจากการปรับปรุงโดยวิธีปกติ แต่เนื่องจากข้าวเป็นพืชผสมตัวเอง โอกาสที่มีการผสมข้ามต้นมีน้อยมาก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องอาศัยวิธีการที่ทำให้พันธุ์ข้าวที่นำมาใช้เป็นสายพันธุ์แม่ มีละอองเกสรหรือเรณูเป็นหมัน การผลิตข้าวลูกผสมเป็นการผลิตเมล็ดข้าวที่ 1 (F_1) จากการผสมพันธุ์ ระหว่างพันธุ์/สายพันธุ์ ที่มีลักษณะเรณูเป็นหมัน กับพันธุ์/สายพันธุ์ข้าวที่ปกติที่ดีและเหมาะสมกัน โดยเมล็ดลูกผสมชั่วที่ 1 นี้เมื่อนำไปปลูกแล้วจะต้องแสดงออกในด้านความแข็งแรง และ ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ ข้าวที่ให้ผลผลิตสูงจากการปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีปกติประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป และเมล็ดข้าวที่เก็บเกี่ยวจากต้นข้าวลูกผสมไม่สามารถนำไปปลูกในฤดูกาลต่อไปได้ เนื่องจากจะมีการกระจายตัวเกิดขึ้นของลักษณะต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องซื้อเมล็ดพันธุ์ข้าวลูกผสมใหม่ ๆ ทุกครั้งที่ปลูก (บริบูรณ์, 2546)

พันธุ์กรรมเพศผู้เป็นหมันเพื่อการผลิตข้าวลูกผสม

มีความต้องการใช้ประโยชน์จาก heterosis เพื่อเพิ่มผลผลิตของข้าว เนื่องจากผลผลิตที่ได้จากพันธุ์แท้ได้ถึงจุดสูงสุดหรือถึงเพดานผลผลิตตามศักยภาพของพันธุ์เหล่านั้นแล้ว จึงได้มีการวิจัยเพื่อพัฒนาข้าวลูกผสมที่ได้จากการผสมพันธุ์ข้าวระหว่างสายพันธุ์แท้สองสายพันธุ์และแสดง heterosis ในทางบวกเกี่ยวกับผลผลิต แต่พบความยุ่งยากในการผสมข้ามตามธรรมชาติเพื่อผลิตเมล็ดข้าวลูกผสมเนื่องจากข้าวเป็นพืชผสมตัวเอง มีเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกันก่อนที่ดอกจะบานเพื่อรับการผสมข้ามตามธรรมชาติ จึงต้องป้องกันการผสมตัวเอง (self-pollination) โดยการกำจัดเกสรตัวผู้ (emasculation) ซึ่งวิธีการที่มีประสิทธิภาพที่สุดคือการใช้ลักษณะเพศผู้เป็นหมัน (male sterile) ที่มีอินคิวบุมและถ่ายทอดได้ทางกรรมพันธุ์มาใช้ในการพัฒนาสายพันธุ์แม่ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวลูกผสม (พชร, 2555)

ลักษณะเพศผู้เป็นหมัน

เพศผู้เป็นหมัน (male sterility) ในพืช หมายถึง ดอกไม่สามารถสร้างอับเรณู ที่ทำหน้าที่ปกติดได้ เช่น อับเรณูไม่แตกหรือไม่พัฒนาตามปกติ หรือ ละอองเกสรผู้เป็นหมัน (pollen sterility) หรือไม่มีการสร้างละอองเกสรผู้ แต่รังไข่ทำหน้าที่ปกติ การที่ละอองเกสรผู้ไม่พัฒนานั้น เนื่องจากการพัฒนาของ microspore ไม่ปกติ (วาสนา, 2547)

กฤษฎา (2551) กล่าวว่าลักษณะเป็นหมันของละอองเกสร (male sterility) เกิดจากความผิดปกติหรือความบกพร่องทางพันธุกรรม โดยเกือบทั้งหมดถูกควบคุมด้วยยีนแฝง ทำให้ไม่ค่อยพบในธรรมชาติ ลักษณะละอองเกสรที่เป็นหมันสามารถพบได้หลากหลายรูปแบบ ส่วนมาที่พบบ่อยเป็นแบบไม่สร้างละอองเกสร หรือสร้างละอองเกสรแต่เกสร ไม่ทำงาน (pollen sterility) พบได้ในข้าว ข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์ ข้าวฟ่าง พริก ยาสูบ ถั่วเหลือง นอกจากนี้ยังมีแบบที่เกสรเพศผู้ไม่พัฒนา (staminal sterility) พบในพืชวงศ์แตง และแบบที่สร้างละอองเกสรแต่อับเกสรไม่เปิด (Structural sterility) พันธุกรรมที่ควบคุมลักษณะความเป็นหมันในพืช มีอยู่ 2 ประเภท ได้แก่ ลักษณะความเป็นหมันที่ควบคุมจากพันธุกรรมในนิวเคลียสและไซโทพลาสซึม

พันธุกรรมเพศผู้เป็นหมันเนื่องจากยีนในนิวเคลียส

การเป็นหมันเนื่องจากยีนในนิวเคลียส (genetic male sterility) คือ ลักษณะที่อับเรณู และละอองเกสรเป็นหมันเนื่องจากยีนในนิวเคลียส เพศผู้เป็นหมันแบบนี้ ส่วนมากควบคุมด้วยยีนแฝงเพียง 1 ตัว ใช้สัญลักษณ์ ms ซึ่งอาจพบได้ในธรรมชาติ แต่อาจพบยีนแฝงควบคุมความเป็นหมันของเกสรผู้หลายตัว เช่น ในยาสูบลักษณะเป็นหมันควบคุมด้วยยีนแฝง 2 ตัว ms1 และ ms2 การเป็นหมันของเกสรผู้เนื่องจากยีนในนิวเคลียสนำมาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงพืชผสมตัวเองตามธรรมชาติ (กฤษฎา, 2544)

พันธุกรรมเพศผู้เป็นหมันเนื่องจากไซโทพลาสซึม

พันธุกรรมเพศผู้เป็นหมันเนื่องจากไซโทพลาสซึม (cytoplasmic male sterility, cms) หมายถึง ความเป็นหมันของอับเรณู และละอองเกสรผู้ควบคุมด้วยไซโทพลาสซึม และยีนในนิวเคลียส ไซโทพลาสซึมที่เป็นสาเหตุให้เพศผู้เป็นหมัน เรียกว่า sterile cytoplasm ใช้สัญลักษณ์ S

สำหรับไซโตพลาสซึมปกติ ใช้สัญลักษณ์ N ซึ่งให้ละอองเกสรผู้ปกติ ยืนที่ควบคุมความเป็นหมันเป็นยืนแฝง ใช้สัญลักษณ์ rf อาจพบ 1 หรือ 2 อัลลีล หรือมากกว่าได้ เพศผู้เป็นหมันเนื่องจากไซโตพลาสซึมจะถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกได้ โดยผ่านทางไข่ (egg) เท่านั้น การทำงานของไซโตพลาสซึมที่เป็นหมัน จะเกี่ยวข้องกับอิทธิพลของ fertility restoring gene ที่อยู่บนโครโมโซมในนิวเคลียส ปฏิกริยาร่วมกันของยีนในนิวเคลียส และไซโตพลาสซึม เพื่อสร้างเพศผู้เป็นหมัน และเพศผู้ปกติ มีดังนี้ cms, rfrf ให้เพศผู้เป็นหมัน N, RrRf และ Rfrf ให้เกสรผู้ปกติ พันธุกรรมเพศผู้เป็นหมันแบบนี้ส่วนมากจะนำมาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์ลูกผสมทั้งพืชผสมตัวเอง และพืชผสมข้าม เช่น ข้าว ข้าวฟ่าง หัวหอมใหญ่ ข้าวโพด และทานตะวัน เป็นต้น (วาสนา, 2547)

การจำแนกสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันในข้าว

Huang *et al.* (2014) รายงานว่าสามารถจำแนกความเป็นหมันของ CMS ได้ทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ WA-CMS, BT-CMS, HL-CMS, LD-CMS และ CW-CMS

1. สายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันแบบ WA-CMS เป็นกลุ่มที่ได้รับการพัฒนามาจากข้าวป่าที่มีลักษณะละอองเกสรเพศผู้เป็นหมันแบบ sporophytic abortive ทำให้ละอองเกสรเกิดความผิดปกติ มีรูปร่างบิดเบี้ยวไม่เป็นทรงกลม ไม่มีการสะสมแป้ง และไม่สมบูรณ์ เมื่อนำไปเชื่อมด้วยสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดค์ (1% I₂-KI) แล้วส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์ จะพบว่าละอองเกสรจะเชื่อมไม่ติดสีเข้ม เนื่องจากเกิดความผิดปกติในการแบ่งนิวเคลียส uninucleate stage ความเป็นหมันแบบ WA ก่อนข้างเสถียรภายใต้สภาพแวดล้อมต่าง ๆ จึงมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในการผลิตข้าวลูกผสม

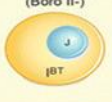
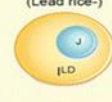
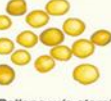
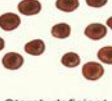
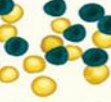
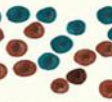
2. สายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันแบบ BT-CMS ถูกพัฒนามาจากการผสมกลับระหว่างสายพันธุ์ที่มีความเป็นหมันในไซโตพลาสซึมทำหน้าที่เป็นผู้ให้ เป็นข้าว indica (Chinsurah Boro II) กับข้าว japonica ของจีนเป็นผู้รับ (Taichung 65) ความเป็นหมันในระบบนี้ลักษณะละอองเกสรจะมีรูปร่างเป็นทรงกลมมีสีอ่อนกว่าละอองเกสรทั่วไป เมื่อเชื่อมด้วยสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดค์จะติดสีบางส่วน เนื่องจากระบบ BT มีพันธุกรรมที่ถูกควบคุมแบบ gametophytic และเกิดความผิดปกติในการแบ่งนิวเคลียส tinucleate stage

3. สายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันแบบ HL-CMS พัฒนามาจากการผสมระหว่างข้าวป่ามีหางสีแดง (*Oryza rufipogon*) ที่มีความหมันในไซโตพลาสซึมทำหน้าที่เป็นต้นแม่กับข้าวชนิด indica พันธุ์

Liantang2ao ทำหน้าที่เป็นต้นพ่อแม่ พันธุกรรมถูกควบคุมแบบ gamtophytic เกิดความผิดปกติในการแบ่งนิวเคลียส binucleate stage ลักษณะละอองเกสรมีลักษณะเป็นทรงกลม เมื่อเชื่อมด้วยสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์จะมีทั้งไม่ติดสีเนื่องจากขาดการสะสมแป้งในละอองเกสรและติดสีบางส่วน

4. สายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันแบบ LD-CMS พัฒนามาจากการผสมระหว่างข้าวขาโปนิกาพันธุ์ Fujisaka 5 กับ Burmese rice พันธุกรรมถูกควบคุมแบบ gamtophytic ความเป็นหมันแบบ LD (Lead Rice) จะสามารถด้วยสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ติดสีได้เล็กน้อยแต่ละอองเกสรเพศผู้เมื่อไปตกบนเกสรเพศเมียไม่สามารถงอก ทำให้ไม่เกิดการผสม

5. สายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันแบบ CW-CMS พัฒนาความเป็นหมันมาจากข้าวป่า *O.rufipogon* กับข้าวขาโปนิกาพันธุกรรมถูกควบคุมแบบ gamtophytic ละอองเกสรเพศผู้มีลักษณะ รูปร่างที่ผิดปกติ สามารถด้วยสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ติดสีได้เล็กน้อยแต่ไม่สามารถงอกบนเกสรเพศเมียได้

	WA-CMS (Wild abortive-)	HL-CMS (Hong Lian-)	BT-CMS (Boro II-)	LD-CMS (Lead rice-)	CW-CMS (Chinese wild-)
Cytoplasm/ nucleus source					
Pollen fertility					
CMS plants	Aborted pollens	Pollens w/o starch	Starch deficient	Starch deficient	No germination
F ₁ plants					
F ₁ plants	Sporophytic	Gametophytic	Gametophytic	Gametophytic	Gametophytic
MS restoration	Sporophytic	Gametophytic	Gametophytic	Gametophytic	Gametophytic

ภาพที่ 1 ระบบความเป็นหมันในไซโตพลาสซึม (Huang *et al.*, 2014)

การพัฒนาสายพันธุ์เรณูเป็นหมัน (CMS line) ในการปรับปรุงข้าวลูกผสม

ความหลากหลายความเป็นหมันที่ควบคุมด้วยยีนในไซโตพลาสซึมแลพันธุกรรมสามารถป้องกันข้าวลูกผสม F₁ จากความอ่อนแอต่อโรคหรือแมลง สำหรับแหล่งความเป็นหมันในไซโตพลาสซึม (CMS) ที่พัฒนาในข้าว มีเพียงความเป็นหมันที่เกิดจากธรรมชาติ (WA) ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ในทำนองเดียวกัน มีการใช้ CMS เพียงไม่กี่สายพันธุ์ในการพัฒนาข้าวลูกผสม F₁ เจริญ

พาณิชย์ในประเทศจีน และขาดความหลากหลายทางพันธุกรรม ทำให้ความสามารถในการต้านทานต่อโรคและแมลงหลายชนิดค่อนข้างน้อย ดังนั้นในการพัฒนาข้าวลูกผสม F_1 สำหรับเขตร้อนที่มีโรคและแมลงอยู่จำนวนมาก จึงเป็นข้อจำกัดของการสร้างข้าวลูกผสมและคุณภาพของเมล็ด

IRRI ได้มีการพัฒนาสายพันธุ์ CMS ใหม่ที่สามารถปรับให้เข้ากับเขตร้อนและมีความหลากหลายทางพันธุกรรมและไซโตพลาสซึม ได้แก่ IR54752A IR54753A และ IR54754A ซึ่งเป็นสายพันธุ์ CMS ที่เหมาะสำหรับการพัฒนาการผลิตข้าวลูกผสม F_1 สำหรับเขต

โปรแกรมการปรับปรุงพันธุ์ลูกผสมในประเทศจีน สายพันธุ์ CMS ที่ดีควรมีเรณูเป็นหมันเพื่อหลีกเลี่ยงการปฏิสนธิด้วยตนเองในการผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสม ความคงตัวของเรณูเป็นหมันเหนือสภาพแวดล้อม สามารถสามารถปรับตัวได้ดีมีศักยภาพทางการเกษตรที่ดีตลอดจนความสามารถในการผสมที่ดี สม่ำเสมอ ลักษณะทางพืชไร่และดอกที่ดีสมบูรณ์เพื่อให้สามารถผสมข้ามเมล็ดได้อย่างสมบูรณ์ ที่ IRRI ประมาณ 8% ของสายพันธุ์ที่ได้รับการปรับปรุงที่ผ่านการคัดกรองในแต่ละปีสามารถสร้างสายพันธุ์เรณูเป็นหมันที่ควบคุมด้วยยีนในไซโทพลาสซึม ชนิด WA ได้สม่ำเสมอสูงกว่าข้าวอินดิกที่พัฒนาในประเทศจีน ดังนั้นจีโนไทป์สายพันธุ์ CMS ในประเทศจีนและ IRRI ที่มีการพัฒนาจำนวนมากจึงได้รับความนิยมมาใช้สำหรับการพัฒนาข้าวลูกผสม F_1 เชิงพาณิชย์ (International Rice Research Institute, 1988)

ระบบการผลิตพันธุ์ข้าวลูกผสม

ระบบการผลิตพันธุ์ข้าวลูกผสมที่ใช้กันอย่างแพร่หลายมี 2 ระบบ คือ ระบบ 3 สายพันธุ์และระบบ 2 สายพันธุ์ ดังนี้

1. ระบบ 3 สายพันธุ์ (three-line hybrid rice system) ใช้ข้าวทั้งหมด 3 สายพันธุ์ คือ สายพันธุ์แม่ที่มีเพศผู้เป็นหมันซึ่งควบคุมโดยพันธุกรรมในไซโทพลาสซึม (cytoplasmic-genetic male sterility หรือ CGMS) หรือสายพันธุ์ A (A line หรือ CGMS line) สายพันธุ์รักษาความเป็นหมันของเพศผู้ (maintainer line) หรือสายพันธุ์ B (B line ซึ่งเป็นข้าวพันธุ์เดิมที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์ให้เป็นสายพันธุ์ A และสายพันธุ์แก้ความเป็นหมันของเพศผู้ (fertility restorer line) หรือสายพันธุ์ R (R line) ซึ่งเป็นสายพันธุ์พ่อที่มีเพศผู้ปกติ ขั้นตอนการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวลูกผสมเริ่มจากการขยายเมล็ดพันธุ์ของสายพันธุ์ A ซึ่งทำได้โดยการผสมข้ามระหว่างสายพันธุ์ A ซึ่งทำหน้าที่เป็นต้นแม่กับสายพันธุ์ B

ซึ่งทำหน้าที่เป็นต้นพ่อแม่ให้ละอองเกสร สายพันธุ์ A และ สายพันธุ์ B มีพันธุกรรมเหมือนกันทุกอย่าง ยกเว้นสายพันธุ์ A มีพันธุกรรมในไซโทพลาสซึมที่ควบคุมความเป็นหมันของเพศผู้ ส่วนสายพันธุ์ B มีพันธุกรรมในไซโทพลาสซึมที่ควบคุมเพศผู้ปกติ ส่วนการผลิตเมล็ดพันธุ์ถูกผสมทำได้โดยการผสมข้ามระหว่างสายพันธุ์ A ซึ่งทำหน้าที่เป็นต้นแม่ และสายพันธุ์ R ซึ่งทำหน้าที่เป็นต้นพ่อให้ละอองเกสร เก็บเมล็ดจากต้นของสายพันธุ์ A เมื่อเกษตรกรนำเมล็ดไปปลูกต้นลูกผสมที่ได้จะไม่เป็นหมัน สามารถผลิตเมล็ดได้เนื่องจากต้นลูกผสมได้รับยีนแก้ความเป็นหมันจากสายพันธุ์ R และแสดงความดีเด่นของลูกผสมที่เหนือกว่าพ่อแม่ (heterosis) ออกมาด้วย (Virmani *et al*, 1997)

2. ระบบ 2 สายพันธุ์ (2-lines system) หรือระบบแบบสองทาง (two-line-system) โดยทำให้เกสรเพศผู้เป็นหมันโดยใช้ปัจจัยจากสภาพแวดล้อม เช่น สภาพวันยาว (photoperiod-sensitive genic male sterility, PGMS) หรือสภาพที่อุณหภูมิสูง (thermo-sensitive genic male sterility, TGMS) โดยใช้เป็นสายพันธุ์แม่ จากนั้นนำมาผสมกับสายพันธุ์พ่อที่ทำหน้าที่ให้ละอองเกสร ที่มีเรณูหรือเกสรเพศผู้ที่ไม่เป็นหมันเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ (Tongmark *et al.*, 2021)

พันธุ์ข้าว

1. ข้าวลูกผสมพันธุ์ กขผ3

เป็นข้าวชนิดข้าวเจ้าที่เกิดการผสมระหว่าง IR 79156A IR79156B และ JN29-PTT11-1-B-12-5-5-1R ลักษณะประจำพันธุ์ คือเป็นข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสง ลำต้นสีเขียว มีนวลเคลือบ ใบยาวเรียวยาว สีเขียวเข้มปานกลาง มีนวลเคลือบ ก้านรวงมีลักษณะคองอ ความสูง 117 ซม. มุมใบตรง ตั้งตรง รวงยาว 28.5 รวงค่อนข้างแน่น คอรวงโผล่พื้นเล็กน้อย เมล็ดร่วนง่าย อายุเก็บเกี่ยว 110-116 วัน เป็นข้าวอมิโลสปานกลาง (22.46%) ความคงตัวแป้งสุกอยู่ในระดับปานกลาง (การไหลของแป้ง 49 มิลลิเมตร) การขีดตัวของข้าวสุกอยู่ในเกณฑ์ปกติ (1.60 เท่า) อุณหภูมิแป้งสุกต่ำ ลักษณะข้าวสวยนุ่มแต่ไม่เหนียว ผลผลิต ประมาณ 1415 กิโลกรัม/ไร่ ลักษณะเด่น มีปริมาณอมิโลสปานกลาง ด้านทานโรคไหม้ และค่อนข้างต้านทานเพลี้ยกระโดดหลังขาว ผลิตเมล็ดพันธุ์ง่ายกว่า กขผ! โดยกำหนดวันปลูกสายพันธุ์พ่อก่อนแม่ ประมาณ 8-12 วัน พื้นที่แนะนำ คือพื้นที่นาชลประทาน (กองวิจัยและพัฒนา กรมการข้าว, 2560)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. พันธุ์ข้าวที่ใช้ในการทดลอง

- 1.1 ข้าวลูกผสมพันธุ์ กขผ3 (RDH3)

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการปลูก

- 2.1 ถาดวัดระยะ
- 2.2 ไม้ปักแปลง
- 2.3 ป้ายกำกับ (tag)
- 2.4 ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 และสูตร 46-0-0

3. อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ทดสอบความมีชีวิตของละอองเกสร

- 3.1 กล้องจุลทรรศน์
- 3.2 กระจกปิดสไลด์
- 3.3 ปากคีบ (forcep)
- 3.4 1% สารละลายไอโอดีนโพแทสเซียมไอโอไดด์ (1% I₂-KI)

วิธีการ

1. พันธุ์ข้าวที่ใช้สร้างประชากรลูกชั่วที่ 2

1.1 นำเมล็ดข้าวพันธุ์ กขผ3 (RDH3) ใส่ถุง จากนั้นเติมน้ำเพื่อแช่เมล็ดข้าวเป็นเวลา 1 คืน เมื่อครบ 1 คืน เทน้ำออก และทิ้งเมล็ดไว้อีก 1 คืน เพื่อกระตุ้นให้เมล็ดข้าวงอก

1.2 นำเมล็ดข้าวที่เพาะไว้ มาปลูกในโรงเรือนทดลอง และปล่อยให้ต้นข้าวผสมตัวเองจนได้เป็นเมล็ดลูกผสมชั่วที่ 2 (F₂) หรือ F₂ RDH3

1.3 นำลูกผสมชั่วที่ 2 (F₂) มาปลูกในแปลงนาทดลองของเกษตรกร จ. สิงห์บุรี ปลูกข้าวโดยวิธีปักดำ ระยะปลูก 20 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างแถว 40 เซนติเมตร

- 1.4 ใส่ปุ๋ย

2. การตรวจสอบความเป็นหมันของเพศผู้

ตรวจสอบความเป็นหมันเพศผู้ของข้าวลูกผสมทดสอบ ในระยะช่อดอกโผล่พ้นกาบใบธง ถึงระยะดอกบาน โดยใช้วิธีดังนี้

1. การสังเกตด้วยตาซึ่งต้นที่มีเพศผู้เป็นหมัน อับละอองเกสรจะสีขาวซีด ส่วนต้นที่มีเพศผู้ปกติ อับละอองเกสรจะมีสีเหลืองและแดง

2. การย้อมสี โดยเก็บดอกข้าวจากรวงที่ โผล่พ้นใบธง โดยใช้ปากคีบ (forcep) คีบอับละอองเกสรจากดอก วางลงบนสไลด์ ย้อมละอองเกสรด้วยสารละลายไอโอดีนโพแทสเซียมไอโอไดด์ 1 เปอร์เซ็นต์ (1% I₂- KI) และปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ ขี้อับละอองเกสรให้แตกเพื่อปลดปล่อยละอองเกสรออกมาปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ นำมาส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ละอองเกสรที่เป็นหมันซึ่งจะไม่ติดสี และละอองเกสรปกติซึ่งจะติดสี

3. การวิเคราะห์ทางสถิติ ไค-สแควร์(chi-square)

ใช้วิธีการวิเคราะห์ทางสถิติ ไค-สแควร์ (chi-square) ระหว่างต้นที่เรณูเป็นหมัน และเรณูปกติ ในประชากร F₂ เพื่อให้ทราบว่ายีนที่ควบคุมความเป็นหมันของเรณู มีการข่มในลักษณะใด โดยคำนวณจากสูตรดังนี้

$$X^2 = \sum (O-E)^2 / E$$

เมื่อ O = จำนวนต้นที่เรณูทั้งที่เป็นหมันและไม่เป็นหมันจากประชากร F₂

E = ค่าที่คาดหวัง หรือค่าที่ควรจะเป็นของต้นที่เรณูเป็นหมัน และไม่เป็นหมันจากประชากร F₂

$\sum$ = ผลรวมของจำนวนต้นที่เรณูเป็นหมัน และไม่เป็นหมันในประชากร F₂

ค่า X² ที่คำนวณได้ นำไปเทียบกับค่าในตาราง ตาม degree of freedom (df) ถ้าค่า X² ที่คำนวณได้น้อยกว่าค่า X² ในตาราง ที่ p = 0.05 แสดงว่ายีนที่ควบคุมเรณูเป็นหมัน เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ แต่ถ้าค่าของ X² ที่คำนวณได้เท่ากับหรือสูงกว่าค่า X² ในตารางที่ p = 0.05 ถือว่ายีนที่ควบคุมเรณูเป็นหมัน ไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

สถานที่และระยะเวลาการทำวิจัย

1. สถานที่การทำวิจัย

ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ข้าว ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาเขตบางเขน 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900
แปลงนาทดลอง อำเภอบางระจัน จังหวัดสิงห์บุรี

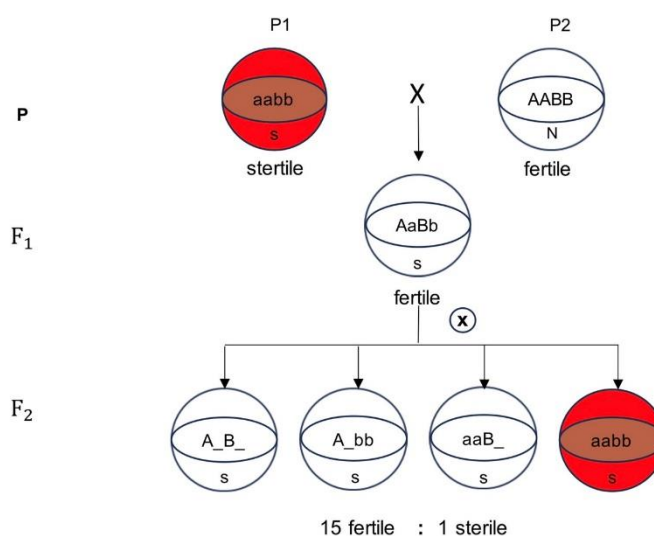
2. ระยะเวลาการทำวิจัย

ตั้งแต่ เมษายน พ.ศ.2565 - กันยายน พ.ศ.2567

ผลและวิจารณ์

การประเมินการกระจายตัวของลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ในประชากรลูกชั่วที่ 2 ที่ได้จากการผสมตัวเองของข้าวลูกผสมพันธุ์ กขพ3 มีการเจริญเติบโตดี เมื่อถึงระยะออกดอก (flowering state) เก็บช่อดอกต้นที่มีลักษณะเพศผู้เป็นหมัน โดยย้อมด้วยสารละลาย I_2 -KI พบว่ามีอัตราส่วนการกระจายตัวของลักษณะต้นเพศผู้ปกติ (362) ต่อต้นเพศผู้เป็นหมัน (146) จากผลการทดสอบค่า Chi-square ของสมมุติฐานที่ 1 (ภาพที่ 2) พบว่าค่า X^2 ของลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ใน F_2 ของข้าวลูกผสมพันธุ์ กขพ3 มีค่า 433.24 (ตารางที่ 1) ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ จึงไม่สามารถยอมรับสมมุติฐานที่ 1 ที่สัดส่วน 15:1 ได้ จึงทดสอบค่า Chi-square ของสมมุติฐานที่ 2 (ภาพที่ 3) พบว่าค่า X^2 ของลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ใน F_2 ของข้าวลูกผสมพันธุ์ กขพ3 มีค่า 3.79 (ตารางที่ 2) ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จึงสามารถยอมรับสมมุติฐานที่ 2 ที่สัดส่วน 3:1 แสดงว่าพันธุกรรมที่ถูกควบคุมลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ถูกด้วยยีน 1 ตำแหน่งและมีการแสดงออกของยีนแฝง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ (ดวงพร และคณะ 2556) ที่ได้ศึกษาการถ่ายทอดลักษณะความเป็นหมันของละอองเกสรตัวผู้ในประชากรลูกชั่วที่ 2 จากข้าวลูกผสมจำนวน 10 คู่ ซึ่งพบว่าคู่ผสม IR80151A x SPR1, IR80151A x RD31 และ CHA x CH1 มีอัตราส่วนของลักษณะละอองเกสรตัวผู้ปกติต่อละอองตัวผู้เป็นหมัน 3:1 แสดงว่าพันธุกรรมที่ควบคุมลักษณะความเป็นหมันในข้าวทั้ง 3 คู่ผสม ควบคุมด้วยยีน 1 ตำแหน่ง (ตารางที่ 4) และ (Ahmadikhah *et al.*, 2004) ซึ่งพบว่า อัตราส่วนของข้าวเพศผู้เป็นหมันต่อข้าวเพศผู้ปกติในประชากรลูกชั่วที่ 2 ของคู่ผสม NadaA x IR28 NadaA x IR36 มีอัตราส่วนต้นเพศผู้ปกติต่อต้นเพศผู้เป็นหมัน 3:1 แสดงให้เห็นว่าพันธุกรรมที่ควบคุมลักษณะความเป็นหมันในข้าวทั้ง 3 คู่ผสม ควบคุมด้วยยีน 1 ตำแหน่ง (ตารางที่ 5)

สมมุติฐานที่ 1 การกระจายตัวของลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ที่ควบคุมด้วยยีน 2 ตำแหน่ง ใน สัดส่วน 15:1



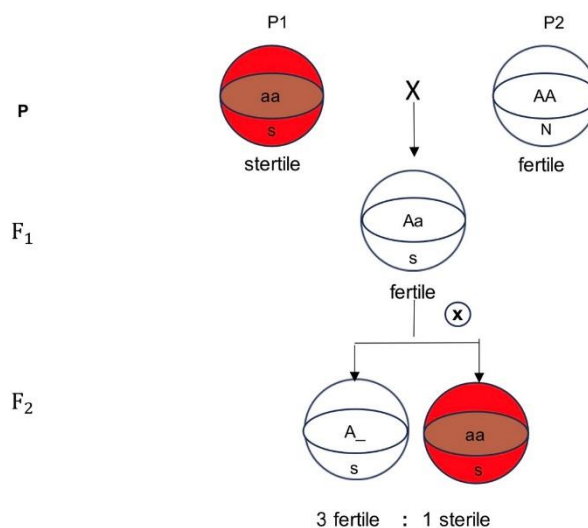
ภาพที่ 2 แผนผังการกระจายตัวของลักษณะที่ควบคุมด้วยยีน 2 ตำแหน่ง

ตารางที่ 1 การกระจายตัวของลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ใน F₂ ของข้าวลูกผสมพันธุ์ กขพ3 ใน สัดส่วน 15:1

Phenotype	Observed	Expected	$O_i - E_i$	$(O_i - E_i)^2$	$(O_i - E_i)^2 / E_i$
Fertile	362	476	-114	12996	27.30
Sterile	146	32	114	12996	406.12
Total	508	508	0	55992	433.42**

หมายเหตุ ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

สมมุติฐานที่ 2 การกระจายตัวของลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ที่ควบคุมด้วยยีน 1 ตำแหน่ง ในสัดส่วน 3:1



ภาพที่ 3 แผนผังการกระจายตัวของลักษณะที่ควบคุมด้วยยีน 2 ตำแหน่ง

ตารางที่ 2 การกระจายตัวของลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ใน F_2 ของข้าวลูกผสมพันธุ์ กขพ3 ในสัดส่วน 3:1

Phenotype	Observed	Expected	$O_i - E_i$	$(O_i - E_i)^2$	$(O_i - E_i)^2 / E_i$
Fertile	362	381	-19	361	0.95
Sterile	146	127	19	361	2.84
Total	508	508	0	722	3.79 ^{ns}

หมายเหตุ ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 3 การกระจายตัวของลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ใน F_2

F_2 populations	No. of fertile pollen plants	No. of sterile pollen plants	Chi-square for 3:1 ratio	Chi-square for 15:1 ratio
RDH3	362	146	3.79 ^{ns}	433.42 ^{**}

หมายเหตุ ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %



ภาพที่ 4 ลักษณะเกสรเพศผู้ปกติ (fertile)



ภาพที่ 5 ลักษณะเกสรเพศผู้เป็นหมัน (sterile)

ตารางที่ 4 การกระจายตัวของละอองเกสรปกติ และละอองเกสรเป็นหมันใน F_2

Table 1 Distribution of sterile pollen and fertile pollen in 10 F_2 populations.

F_2 populations	No. of F_2 plants		χ^2 (fertile:sterile) (3:1)	χ^2 (fertile:sterile) (15:1)
	Completely sterile	Fertile		
F_2 (IR80151A x CNT1)	2	49	12.0850**	0.4719 ^{ns}
F_2 (IR80151A x CH1)	6	54	7.2000**	1.4400 ^{ns}
F_2 (IR80151A x SPR1)	4	16	0.2667 ^{ns}	6.4533 *
F_2 (IR80151A x RD31)	8	46	2.9877 ^{ns}	6.7605 **
F_2 (IR80151A x CH4)	5	51	7.7143**	0.6857 ^{ns}
F_2 (CHA x CNT1)	3	48	9.9412**	0.0118 ^{ns}
F_2 (CHA x CH1)	9	47	2.3810 ^{ns}	9.2190 **
F_2 (CHA x SPR1)	4	46	7.7067**	0.2613 ^{ns}
F_2 (CHA x RD31)	5	47	6.5641*	1.0051 ^{ns}
F_2 (CHA x CH4)	2	47	11.4354**	0.3932 ^{ns}

^{ns} = Not significant at P value < 0.05, ** = Significant at P value < 0.01, * = Significant at P 0.05

$\chi^2_{table (0.01, 1)} = 6.64$, $\chi^2_{table (0.05, 1)} = 3.84$

ที่มา: (ดวงพร และคณะ 2556)

ตารางที่ 5 การกระจายตัวของความอุดมสมบูรณ์ละอองเกสร และดอกข้าวใน F_1 และ F_2

Table2. Frequency distribution for pollen and spikelet fertility (numbers in parentheses) in parents, F_1 and F_2 populations.

progeny	fertility percent				genetic ratio
	<10 (<1)	10-70 (1-50)	70-85 (50-70)	>85 (>70)	
Neda A	10	-	-	-	
IR24	-	-	-	10	
NedaA/IR24	-	-	-	10	
F_2	6 (6)	17 (19)	33 (26)	59 (64)	9:3:3:1 $X^2=7.72^*$ ($X^2=1.42^{**}$)
IR28	-	-	-	10	
NedaA/IR28	-	-	-	10	
F_2	49 (49)	19 (21)	24 (25)	105 (102)	3:1 $X^2=0.38^{**}$
IR36	-	-	-	10	
NedaA/IR36	-	-	-	10	
F_2	50(50)	24 (23)	19 (22)	100 (98)	3:1 $X^2=0.91^{**}$

* and ** : significant at 5% and 1% level, respectively.

ที่มา: (Ahmadikhah et al., 2004)

สรุป

การประเมินการกระจายตัวของลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ในประชากรลูกชั่วที่ 2 ที่ได้จากการผสมตัวเองของข้าวลูกผสมพันธุ์ กขพ3 มีอัตราส่วนการกระจายตัวของลักษณะต้นเพศผู้ปกติ ต่อต้นเพศผู้เป็นหมัน 3:1 แสดงว่าพันธุกรรมที่ถูกควบคุมลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ถูกด้วย ยีน 1 ตำแหน่ง ข้อมูลข้างต้นสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาสายพันธุ์แม่ในการผลิตข้าว ลูกผสมระบบ 3 สายพันธุ์ต่อไป

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กฤษฎา สัมพันธ์รักษ์. 2551. **ปรับปรุงพันธุ์พืช: พื้นฐาน วิธีการ และแนวคิด**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- กองวิจัยและพัฒนากรมการข้าว. **องค์ความรู้เรื่องข้าว กขผ3.แหล่งที่มา**
<https://www.ricethailand.go.th/rkb3/title-index.php-file=content.php&id=2.htm>, 13
 มีนาคม 2567
- จรัส โปร่งศรีวัฒนา. 2534. **ความรู้เรื่องข้าว**. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตร และสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- ดวงพร จันทร์ประภา, ประภา ศรีพิจิตร และธานี ศรีวงศ์ชัย. 2556. **การถ่ายทอดลักษณะทาง พันธุกรรมของยีนแก่ความเป็นหมันของละอองละอองเรณูของการผลิตข้าวลูกผสมระบบ สามสายพันธุ์**. น. 427-477. ใน การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 51 5-7 กุมภาพันธ์ 2556. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตร.
- บุญหงส์ จงคิด. 2547 . **ข้าวและเทคโนโลยีการผลิต**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- บริบูรณ์ สมฤทธิ์ 2546. **เทคโนโลยีการผลิตข้าวลูกผสม การศึกษาสถานภาพการวิจัยและพัฒนาข้าว ลูกผสม แนวทางการวิจัย และพัฒนาของประเทศไทย**. แหล่งที่มา
http://www1.stkc.go.th/stportalDocument/stportal_1206083763.ppt, 13 มีนาคม 2567
- บริบูรณ์ สมฤทธิ์ และ ปัทมา ศิริชัยญา. 2550. **ข้าวลูกผสม: สถานภาพข้าวลูกผสมในนานาประเทศ**. พิมพ์ ครั้งที่ 1 บริษัทสุขุมวิทมีเดีย มาร์เก็ตติ้ง จำกัด, กรุงเทพฯ.
- พระแสงสว่างค์. 2555. **การพัฒนาสายพันธุ์เพศผู้เป็นหมันของข้าวโดยวิธีการผสมกลับ และ ทดสอบสมรรถนะการผสม**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต,มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

วาสนา วงษ์ใหญ่. 2547. เอกสารประกอบการเรียนวิชา 003575 การปรับปรุงพันธุ์พืชชั้นสูง I. ภาควิชาพืชไร่, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สงกรานต์ จิตรากร, ปรีชา ชัมพานนท์, ฝนทอง เสนะวงศ์ และ รังสิต เสี่ยงพะพันธุ์. 2529. ข้าวลูกผสมในประเทศไทย. วารสารวิชาการเกษตร 4(2): 149–157.

สมพร อิศวิลานนท์. 2548. รายงานสถานการณ์ข้าวไทย. หนังสือที่ระลึกการเกษียณอายุราชการ รศ.สมพร อิศวิลานนท์, กรุงเทพฯ.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

Huang, J.-Z., E, Z.-G., Zhang, H.-L., & Shu, Q.-Y. (2014). Workable male sterility systems for hybrid rice: Genetics, biochemistry, molecular biology, and utilization [Report]. *Rice*, 7(1), 1.

International Rice Research Institute. 1988. Hybrid rice, 103-115. **Proceedings of the International Symposium on Hybrid Rice**. Hunan Provincial Association for Science and Technology Hunan Hybrid Rice Research Center International Rice Research Institute. International Rice Research Institute P.O. Box 933, 1099 Manila, Philippines.

Tongmark, K., Chakhonkaen, S., Sangarwut, N., Wasinanon, T., Panyawut, N., Ditthab, K., Sikaewtung, K., Janbuathong, S., Taprab, S., Deerusamee, C., & Muangprom, A. (2021). Development of high yielding two-line hybrid rice in Thailand. *ScienceAsia*, 47(2).

Virmani, S.S., B.C. Viraktamath, C.L. Casal, R.S. Toledo, M.T. Lopez and J.O. Manalo. 1997. **Hybrid Rice Breeding Manual**. International Rice Research Institute, Los Banos.

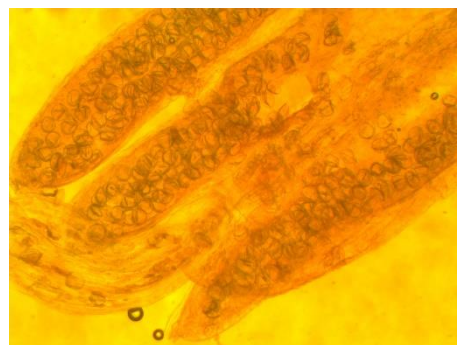
ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ข้อมูล จำนวนต้นต่อแถว จำนวนต้นปกติ จำนวนต้นเป็นหมัน

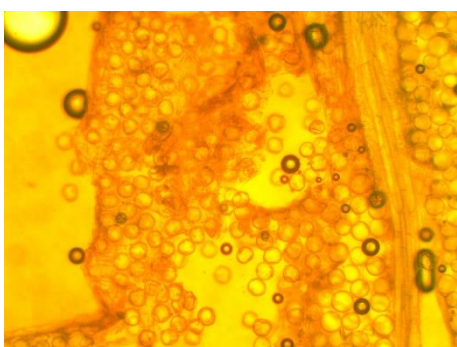
แถว	จำนวนต้นต่อแถว	จำนวนต้นปกติ	จำนวนต้นเป็นหมัน
1	34	25	9
2	37	20	17
3	37	23	14
4	42	27	15
5	35	20	15
6	37	28	9
7	39	25	14
8	37	29	8
9	38	32	6
10	35	24	11
11	31	26	5
12	31	17	14
13	33	25	8
14	42	41	1
รวม	508	362	146



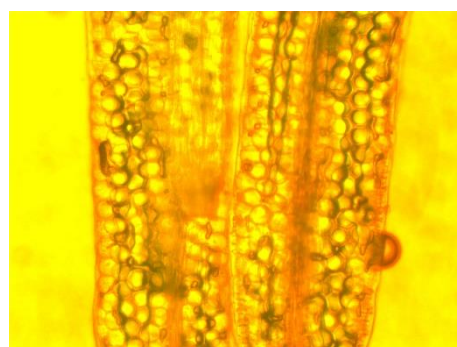
ต้นที่ 1



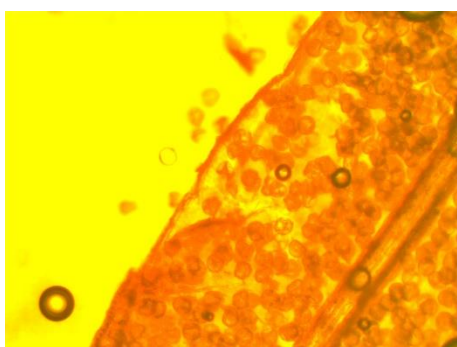
ต้นที่ 2



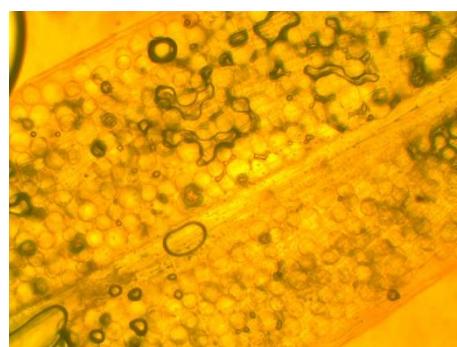
ต้นที่ 3



ต้นที่ 4

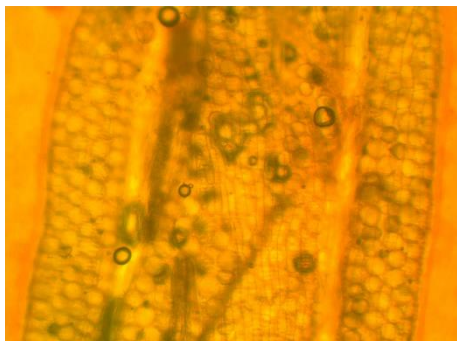


ต้นที่ 5

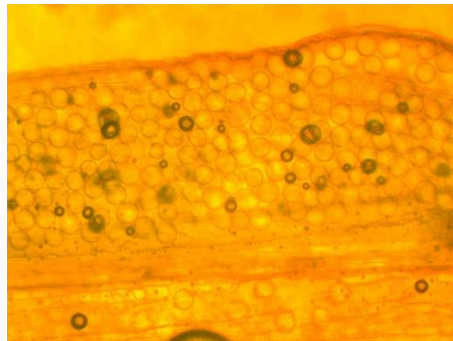


ต้นที่ 6

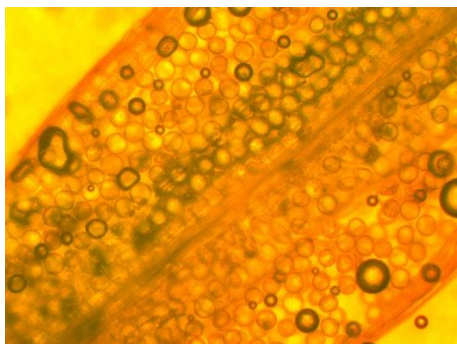
ภาพผนวกที่ 1 ลักษณะความเป็นมันของพืช ต้นที่ 1-6



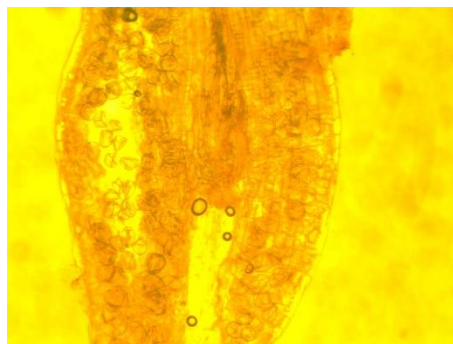
ต้นที่ 7



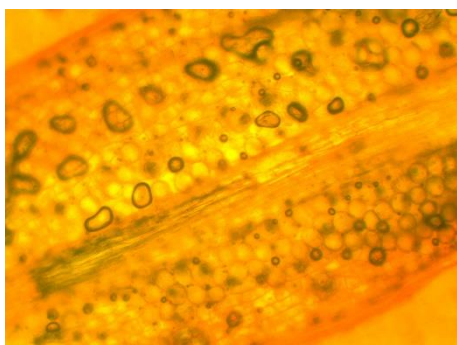
ต้นที่ 8



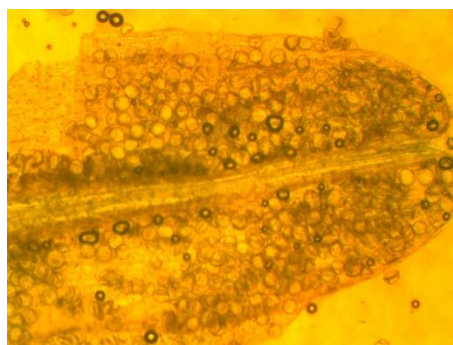
ต้นที่ 9



ต้นที่ 10

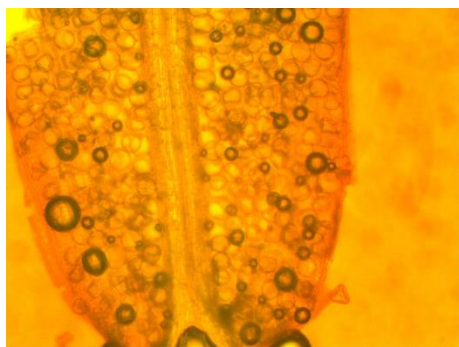


ต้นที่ 11



ต้นที่ 12

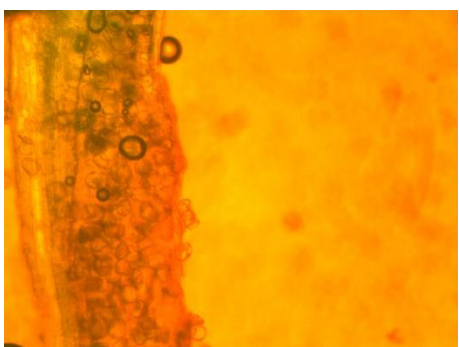
ภาพผนวกที่ 2 ลักษณะความเป็นมันของพืชผู้ ต้นที่ 7-12



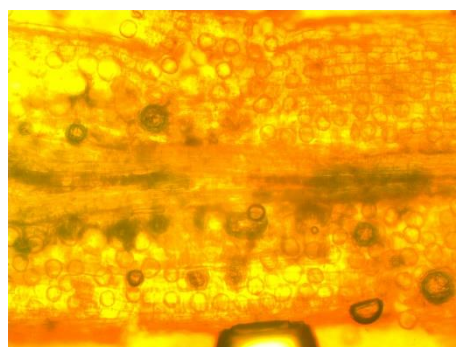
ต้นที่ 13



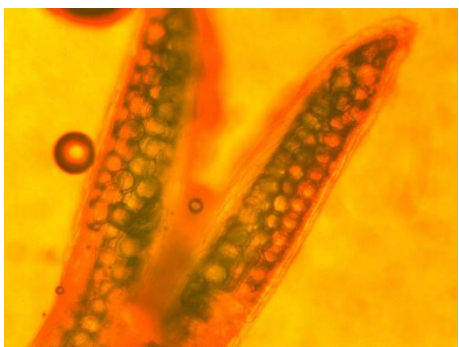
ต้นที่ 14



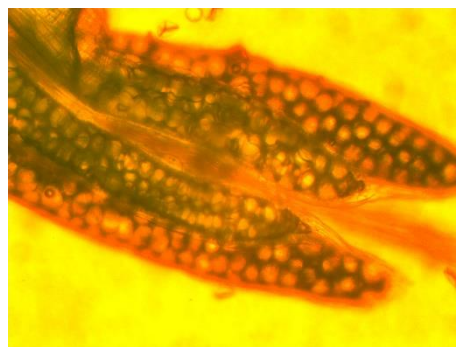
ต้นที่ 15



ต้นที่ 16

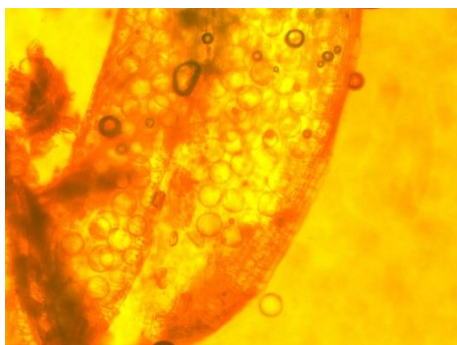


ต้นที่ 17

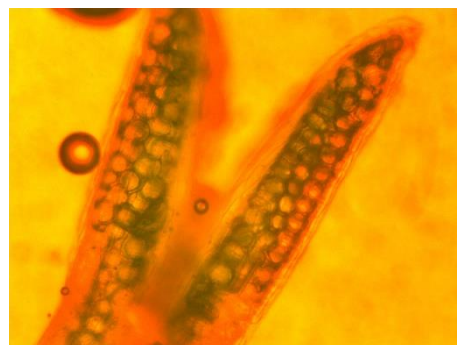


ต้นที่ 18

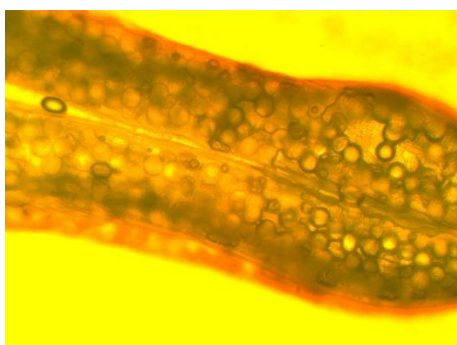
ภาพผนวกที่ 3 ลักษณะความเป็นมันของเพศผู้ ต้นที่ 13-18



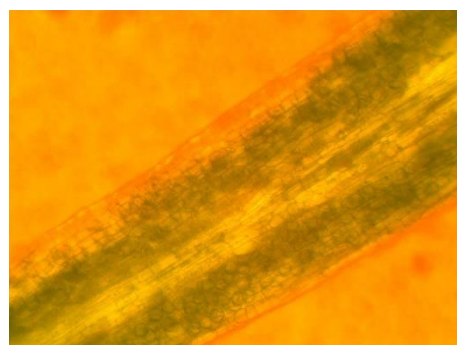
ตัวที่ 19



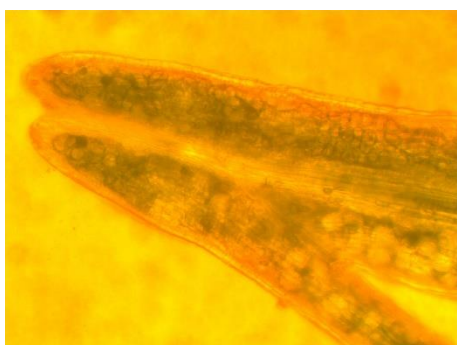
ตัวที่ 20



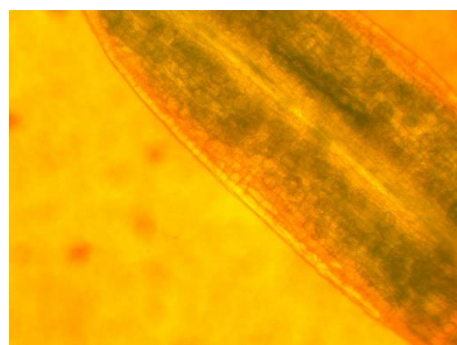
ตัวที่ 21



ตัวที่ 22

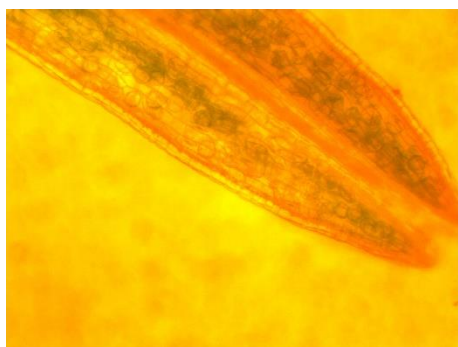


ตัวที่ 23

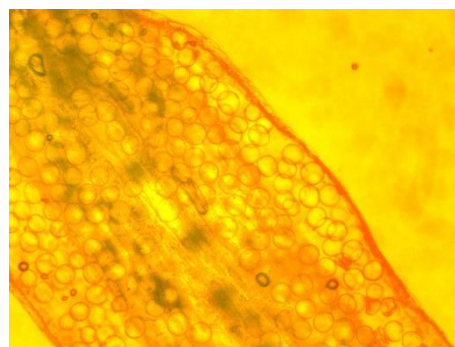


ตัวที่ 24

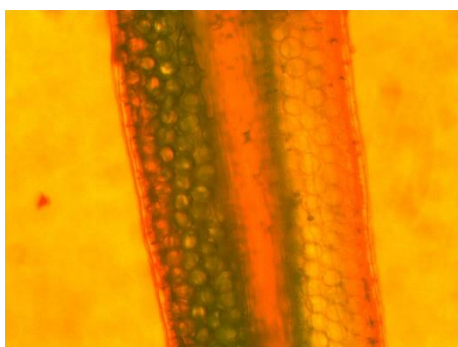
ภาพผนวกที่ 4. ลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ ตัวที่ 19-24



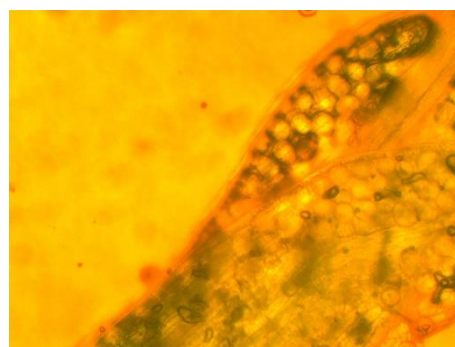
ดุ้นที่ 25



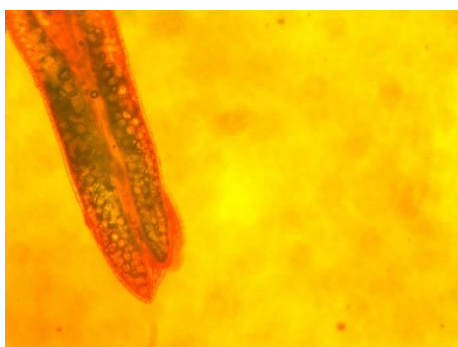
ดุ้นที่ 26



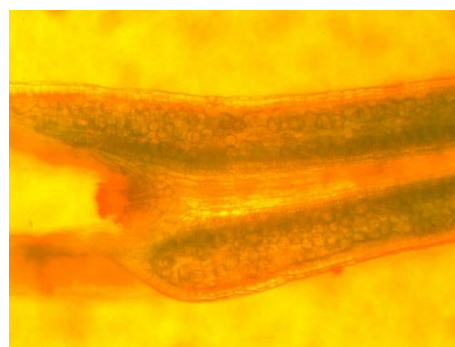
ดุ้นที่ 27



ดุ้นที่ 28

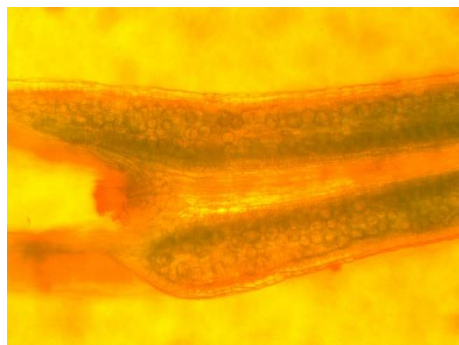


ดุ้นที่ 29

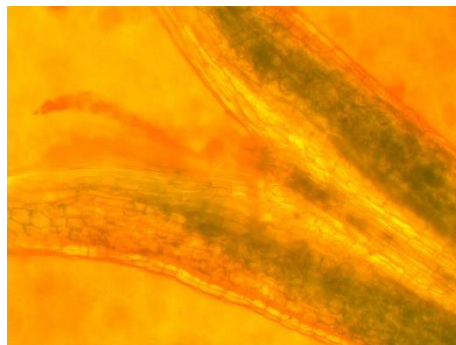


ดุ้นที่ 30

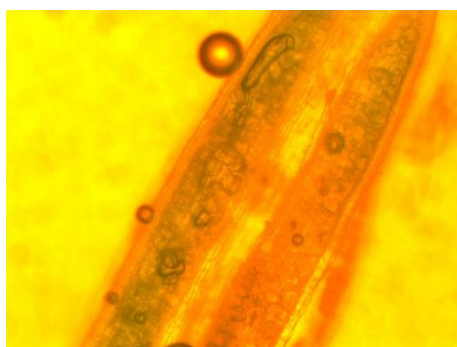
ภาพผนวกที่ 5 ลักษณะความเป็นมันของพืชผู้ ดุ้นที่ 25-30



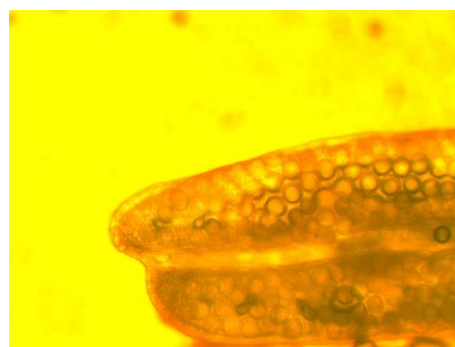
ด้นที่ 31



ด้นที่ 32



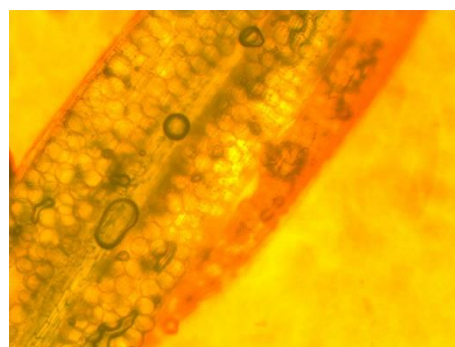
ด้นที่ 33



ด้นที่ 34

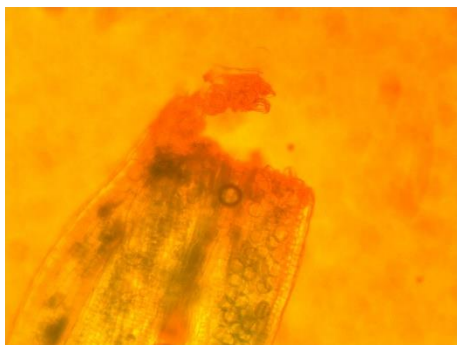


ด้นที่ 35



ด้นที่ 36

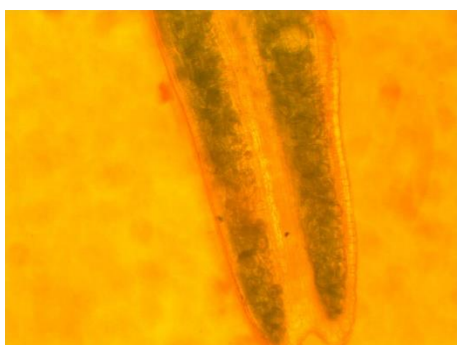
ภาพผนวกที่ 6 ลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ ด้นที่ 31-36



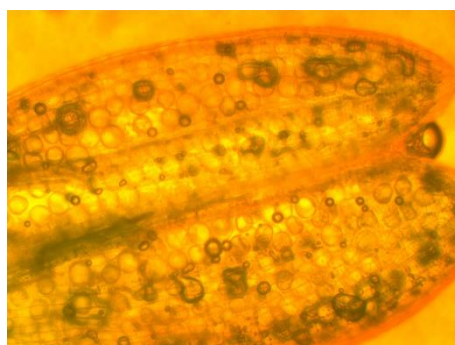
ด้นที่ 37



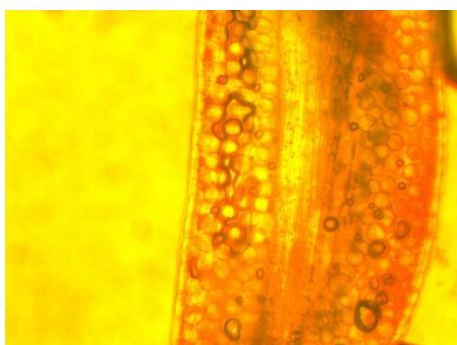
ด้นที่ 38



ด้นที่ 39



ด้นที่ 40



ด้นที่ 41

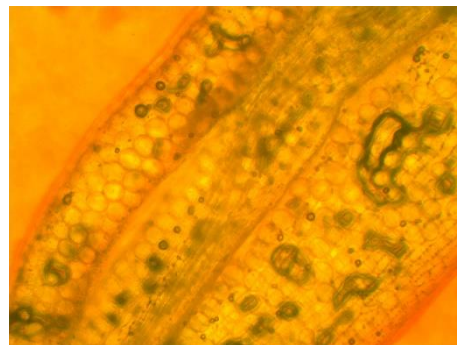


ด้นที่ 42

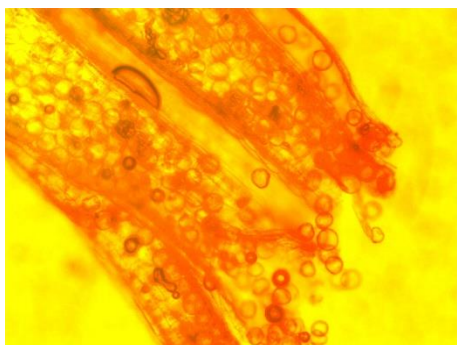
ภาพผนวกที่ 7 ลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ ด้นที่ 37-42



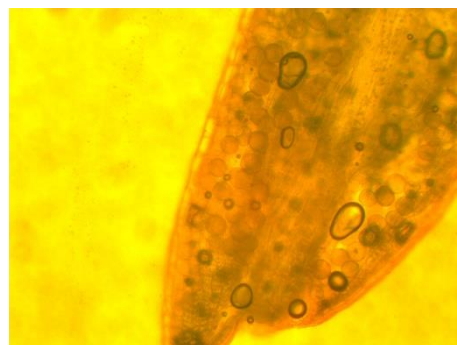
คันที่ 43



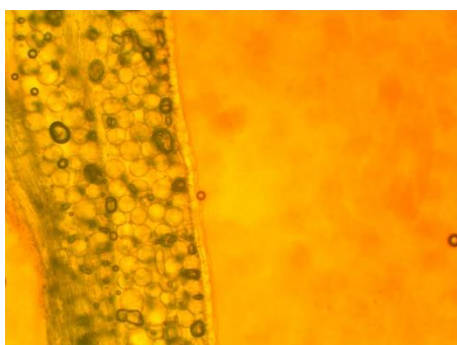
คันที่ 44



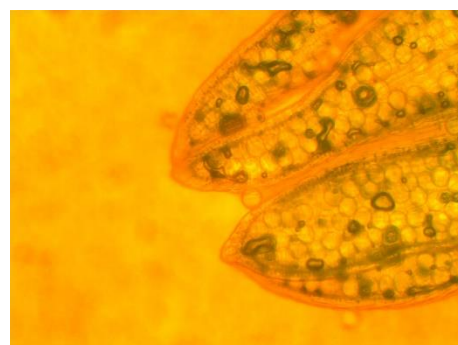
คันที่ 45



คันที่ 46

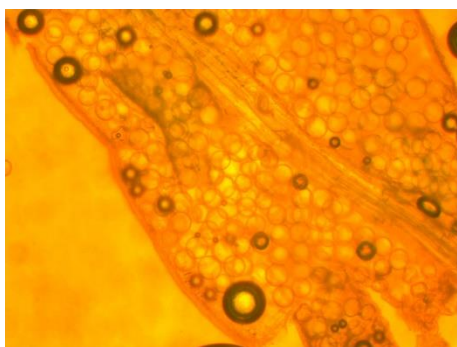


คันที่ 47

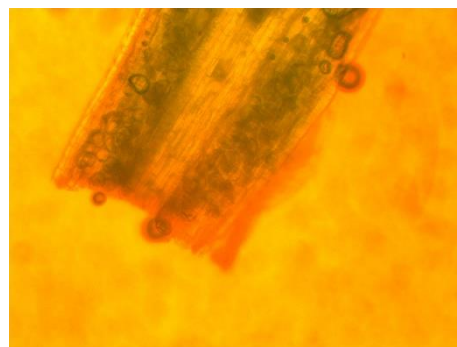


คันที่ 48

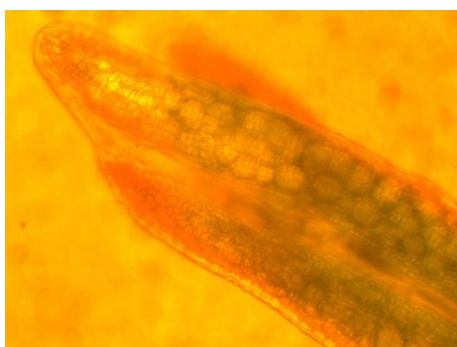
ภาพผนวกที่ 8 ลักษณะความเป็นมันของเพสผู้ คันที่ 43-48



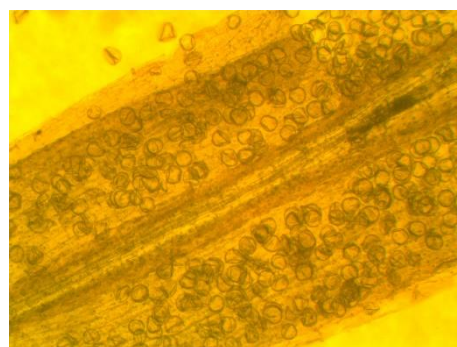
ตัวที่ 49



ตัวที่ 50



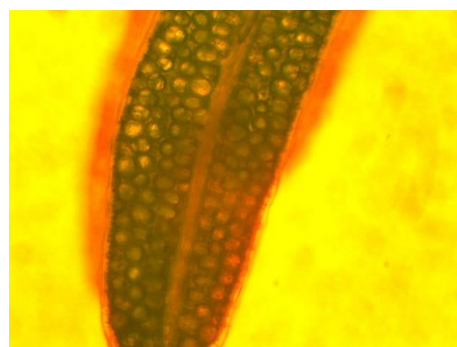
ตัวที่ 51



ตัวที่ 52



ตัวที่ 53

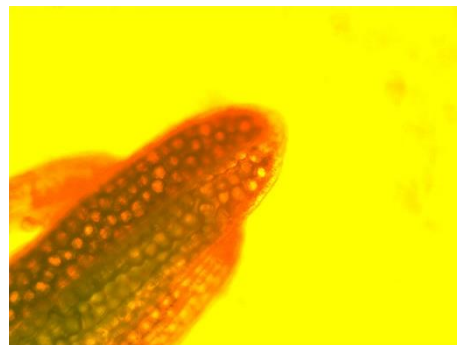


ตัวที่ 54

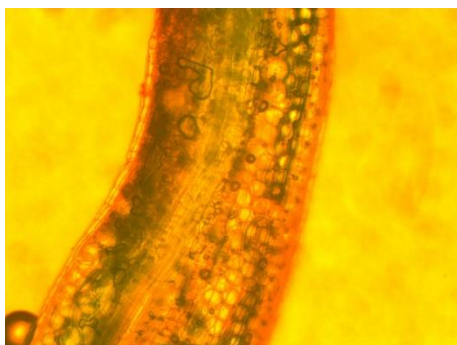
ภาพผนวกที่ 9 ลักษณะความเป็นมันของเพศผู้ ตัวที่ 49-54



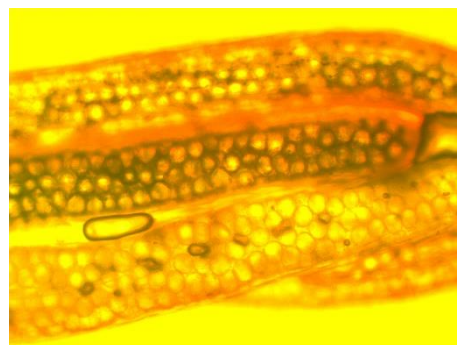
ต้นที่ 55



ต้นที่ 56



ต้นที่ 57



ต้นที่ 58



ต้นที่ 59

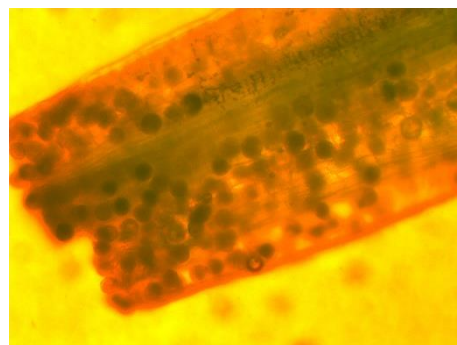


ต้นที่ 60

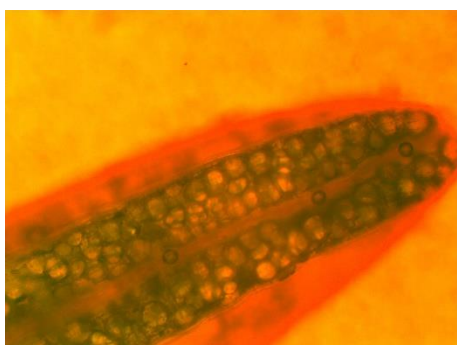
ภาพผนวกที่ 10 ลักษณะความเป็นมันของพืช ต้นที่ 55-60



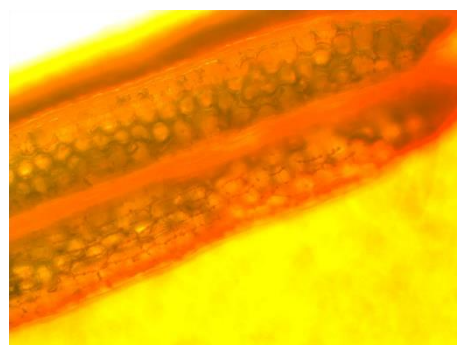
ตัวที่ 61



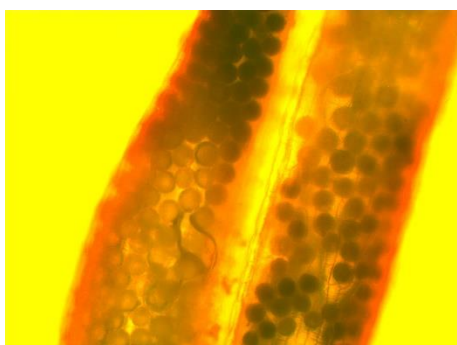
ตัวที่ 62



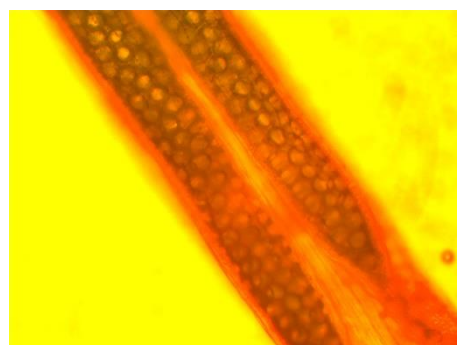
ตัวที่ 63



ตัวที่ 64



ตัวที่ 65

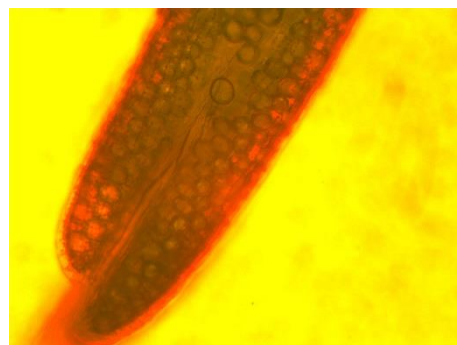


ตัวที่ 66

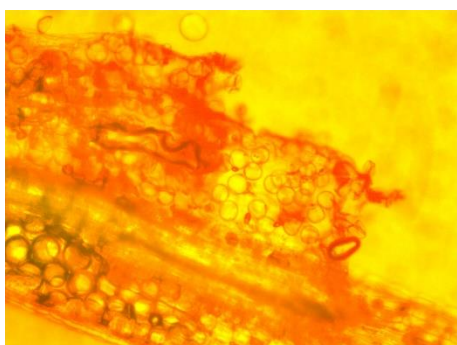
ภาพผนวกที่ 11 ลักษณะความเป็นมันของเพศผู้ ตัวที่ 61-66



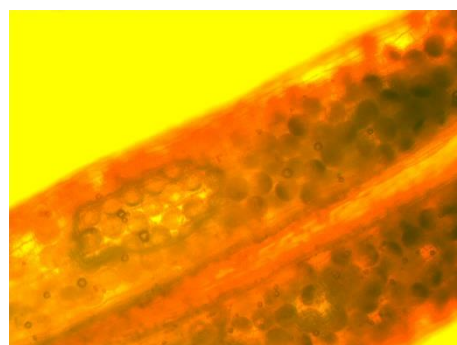
ต้นที่ 67



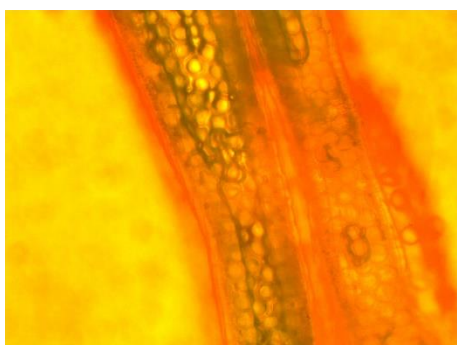
ต้นที่ 68



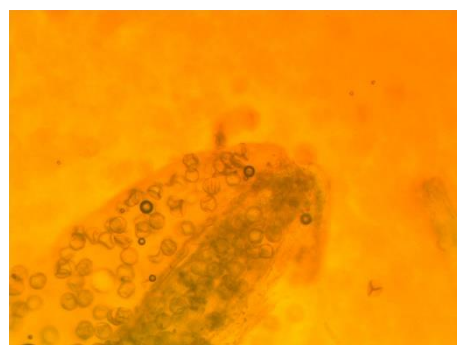
ต้นที่ 69



ต้นที่ 70

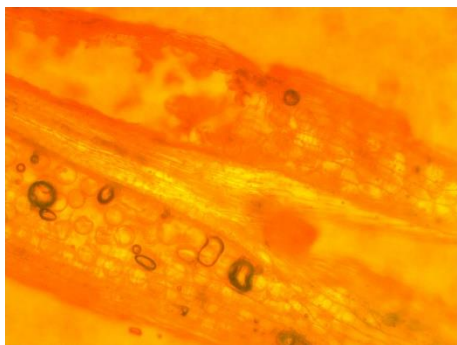


ต้นที่ 71

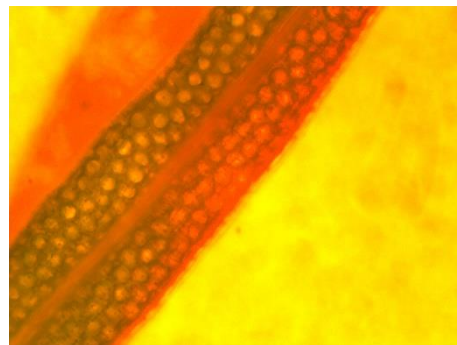


ต้นที่ 72

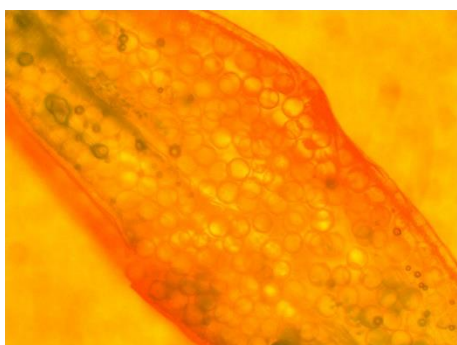
ภาพผนวกที่ 12 ลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ ต้นที่ 67-72



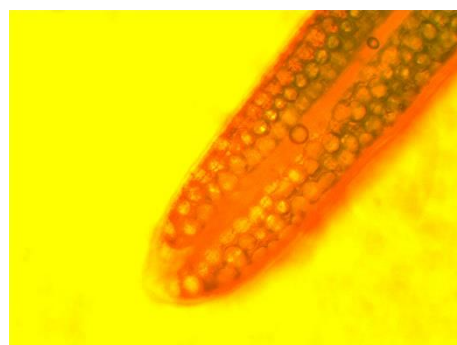
ต้นที่ 73



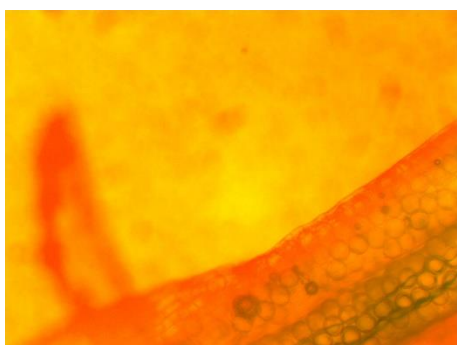
ต้นที่ 74



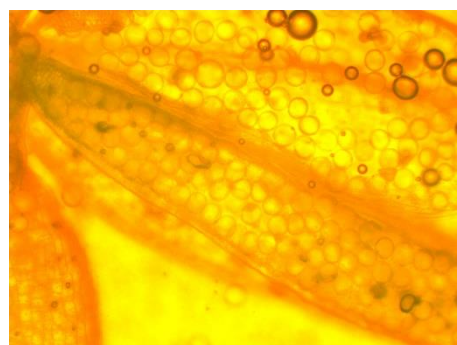
ต้นที่ 75



ต้นที่ 76

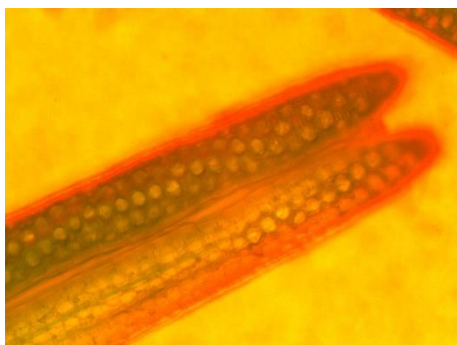


ต้นที่ 77

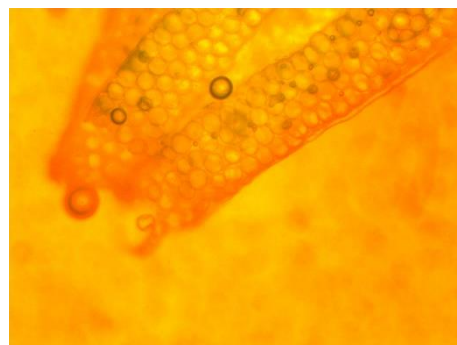


ต้นที่ 78

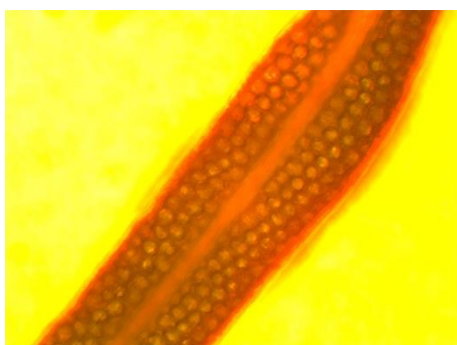
ภาพผนวกที่ 13 ลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ ต้นที่ 73-78



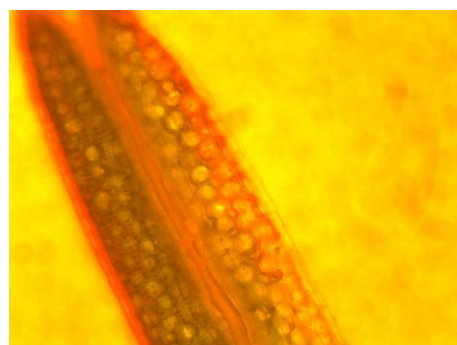
คันที่ 79



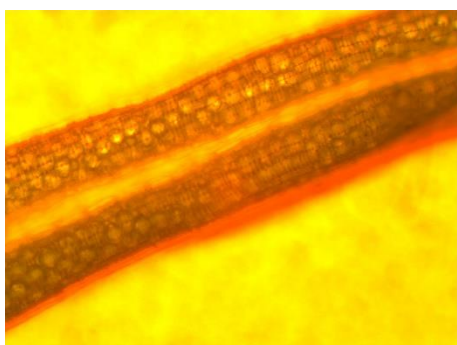
คันที่ 80



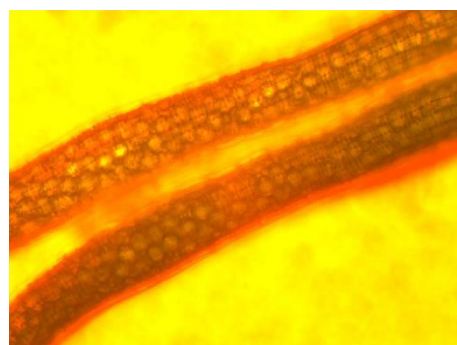
คันที่ 81



คันที่ 82

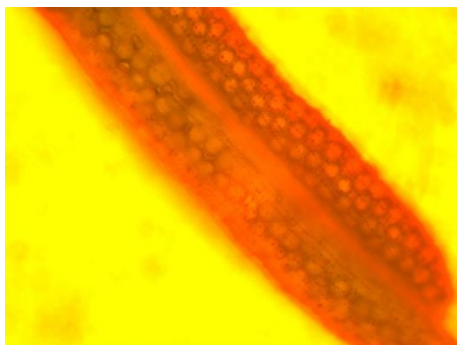


คันที่ 83

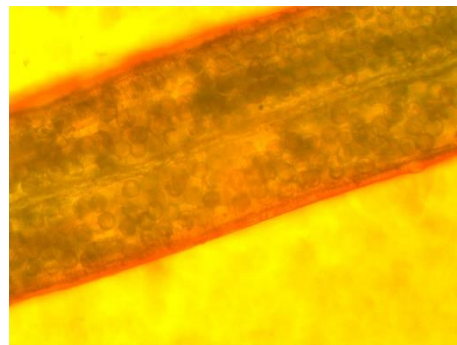


คันที่ 84

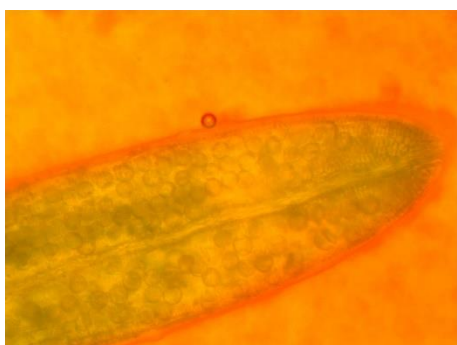
ภาพผนวกที่ 14 ลักษณะความเป็นมันของเพศผู้ คันที่ 79-84



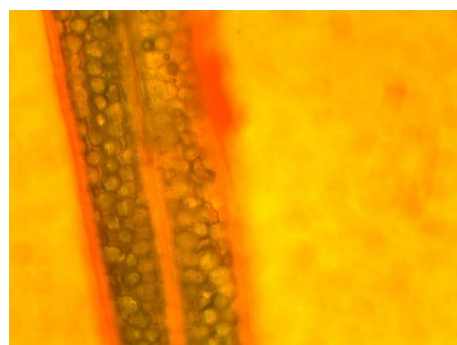
ต้นที่ 85



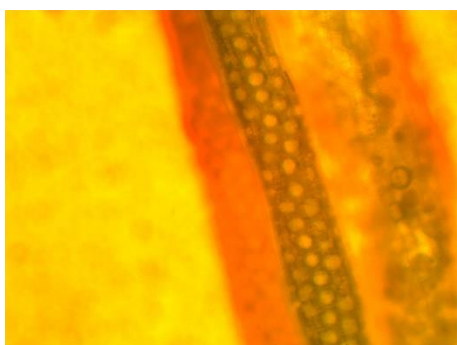
ต้นที่ 86



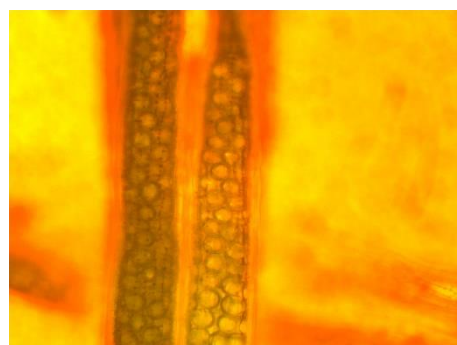
ต้นที่ 87



ต้นที่ 88

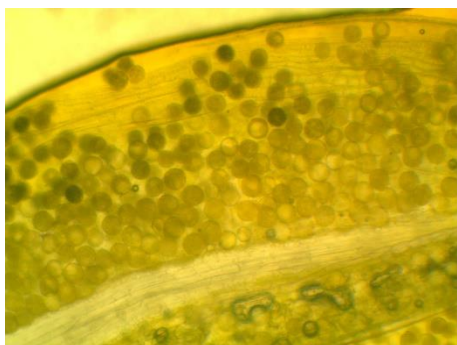


ต้นที่ 89

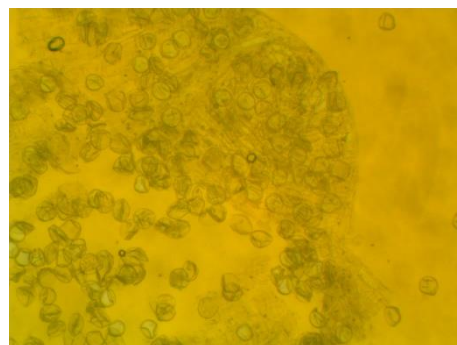


ต้นที่ 90

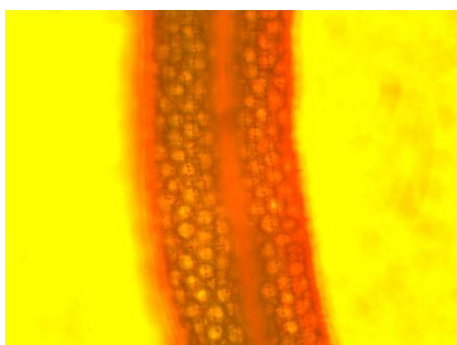
ภาพผนวกที่ 15 ลักษณะความเป็นมันของพืช ต้นที่ 85-90



ต้นที่ 91



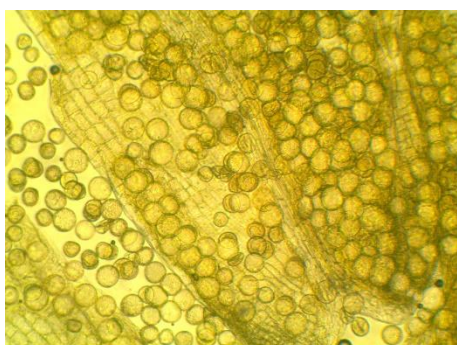
ต้นที่ 92



ต้นที่ 93



ต้นที่ 94

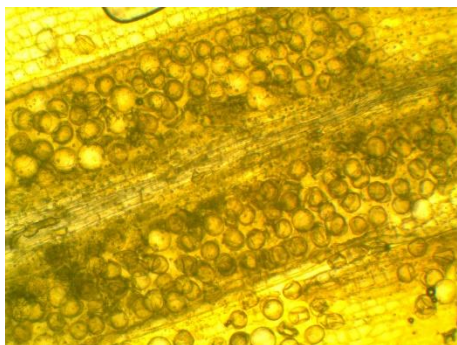


ต้นที่ 95



ต้นที่ 96

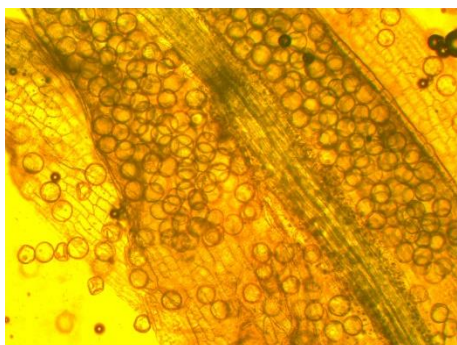
ภาพผนวกที่ 16 ลักษณะความเป็นมันของเพศผู้ ต้นที่ 91-96



ต้นที่ 97



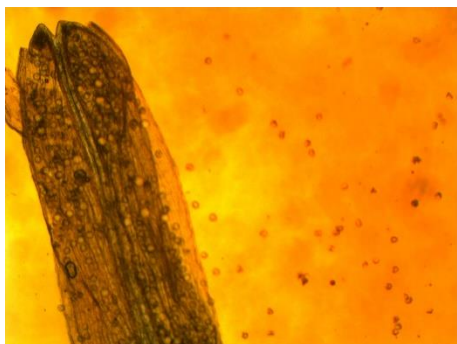
ต้นที่ 98



ต้นที่ 99



ต้นที่ 100



ต้นที่ 101



ต้นที่ 102

ภาพผนวกที่ 17 ลักษณะความเป็นมันของพืช ต้นที่ 97-102



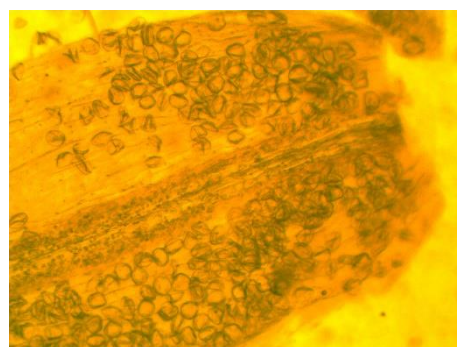
คันที่ 103



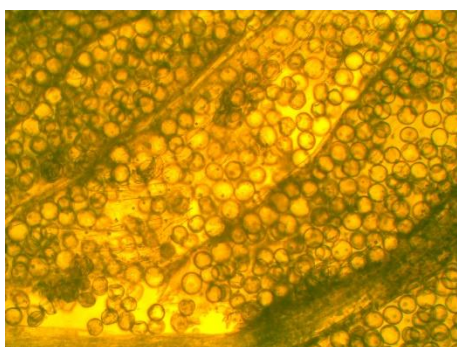
คันที่ 104



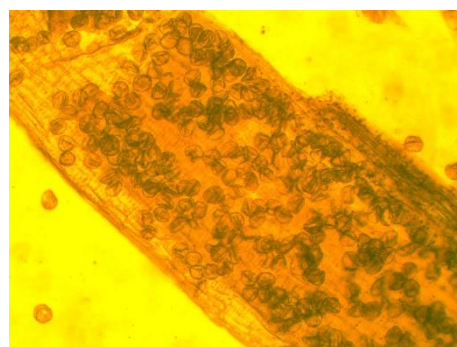
คันที่ 105



คันที่ 106

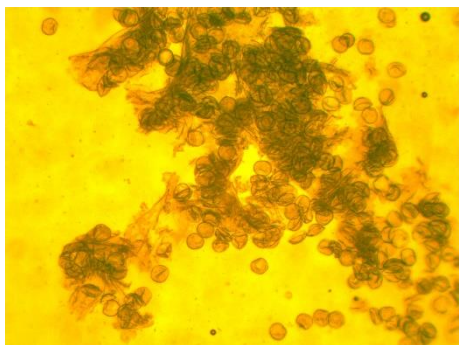


คันที่ 107

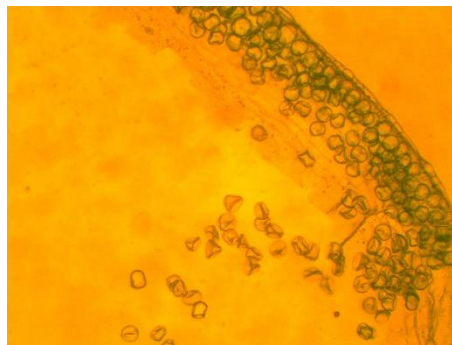


คันที่ 108

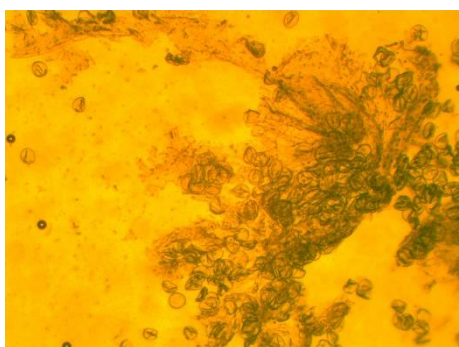
ภาพผนวกที่ 18 ลักษณะความเป็นมันของเพศผู้ คันที่ 103-108



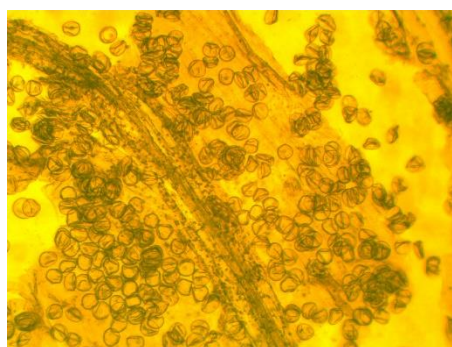
ด้นที่ 109



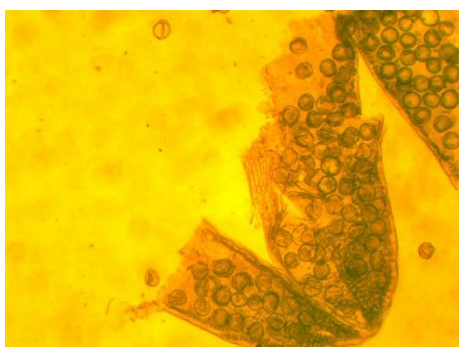
ด้นที่ 110



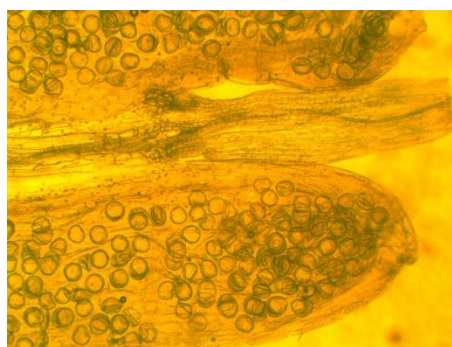
ด้นที่ 111



ด้นที่ 112

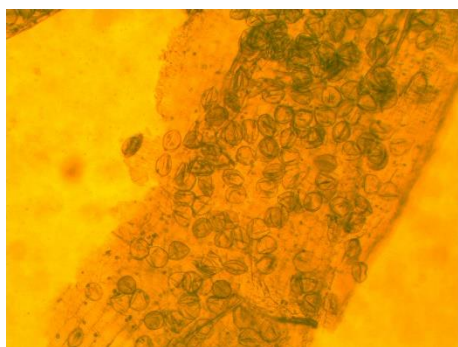


ด้นที่ 113

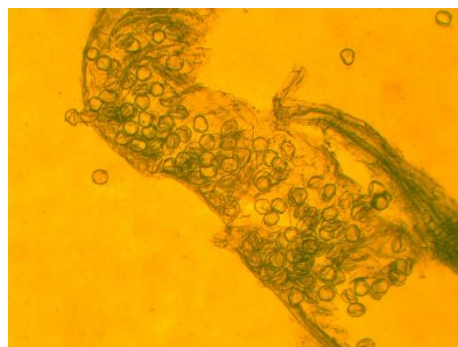


ด้นที่ 114

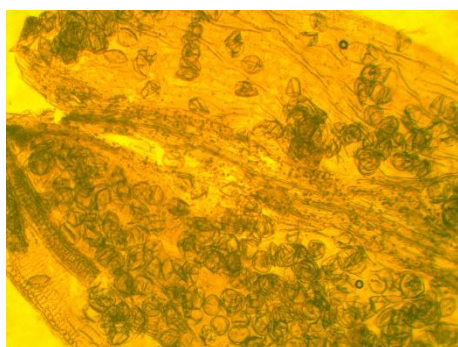
ภาพผนวกที่ 19 ลักษณะความเป็นมันของเพศผู้ ด้นที่ 109-114



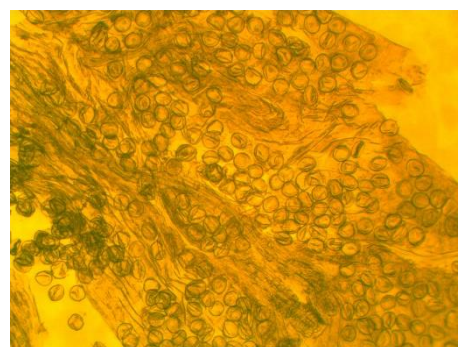
ด้นที่ 115



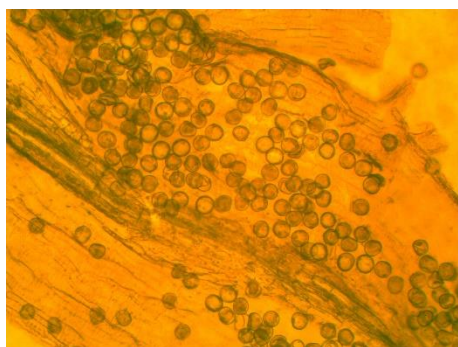
ด้นที่ 116



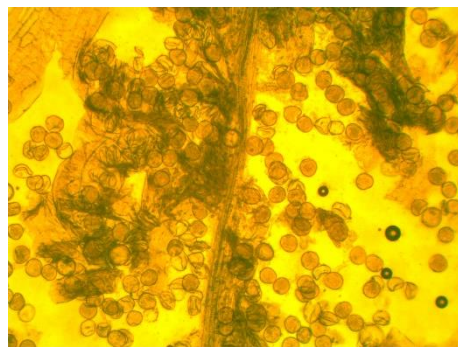
ด้นที่ 117



ด้นที่ 118

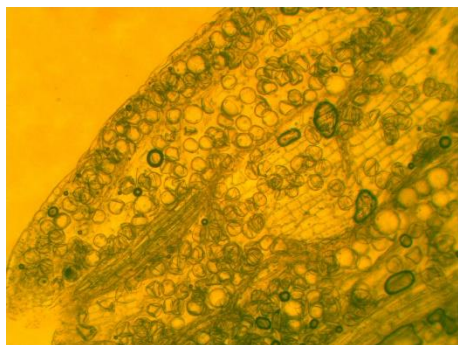


ด้นที่ 119

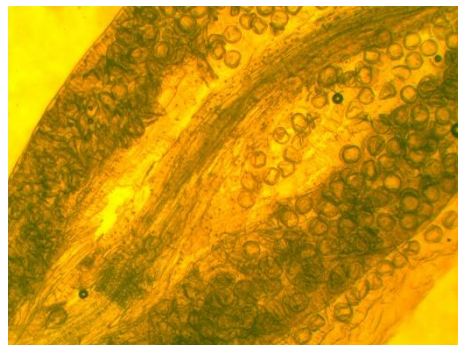


ด้นที่ 120

ภาพผนวกที่ 20 ลักษณะความเป็นมันของเพศผู้ ด้นที่ 115-120



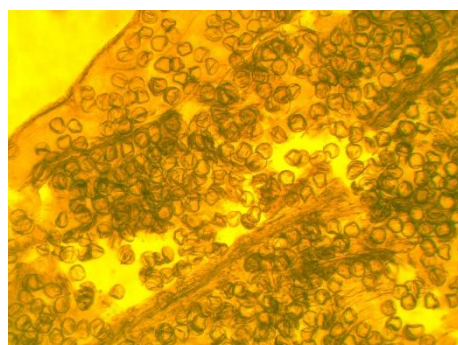
แผ่นที่ 121



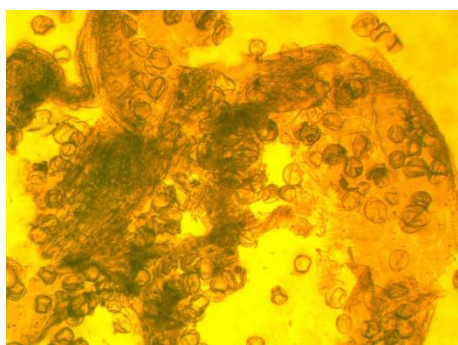
แผ่นที่ 122



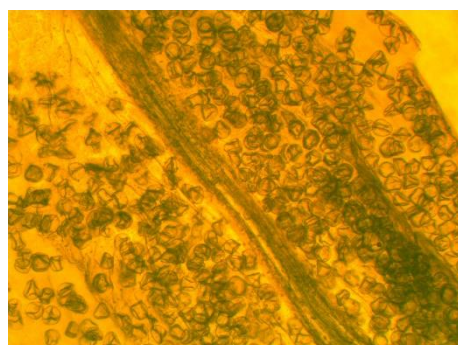
แผ่นที่ 123



แผ่นที่ 124

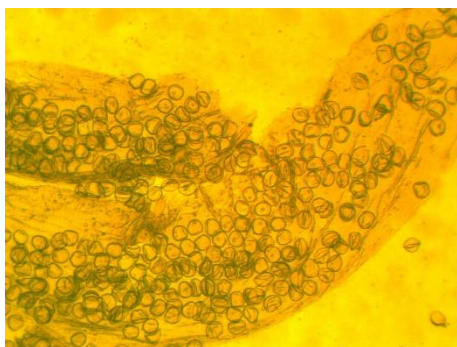


แผ่นที่ 125

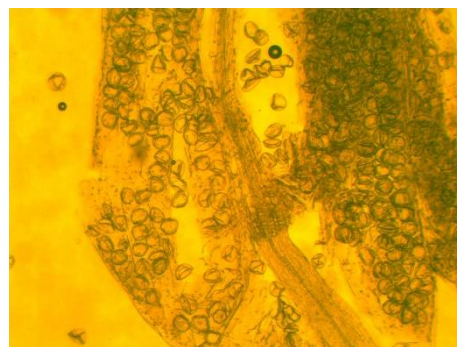


แผ่นที่ 126

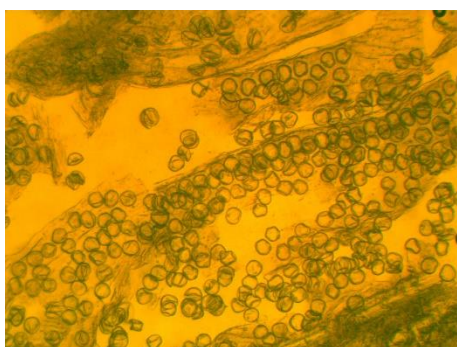
ภาพผนวกที่ 21 ลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ แผ่นที่ 121-126



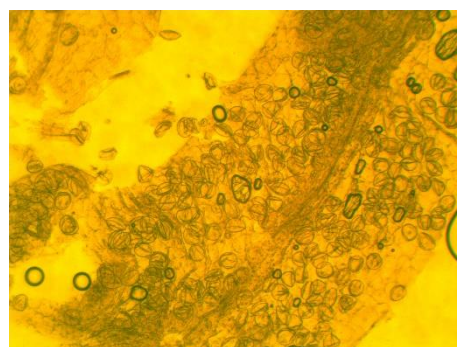
ด้นที่ 127



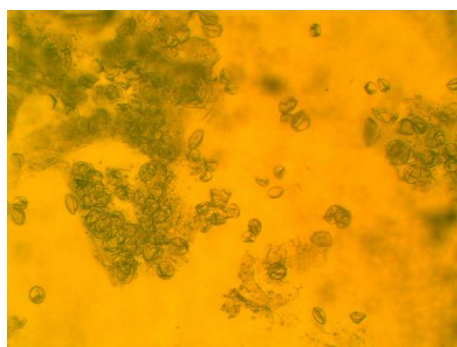
ด้นที่ 128



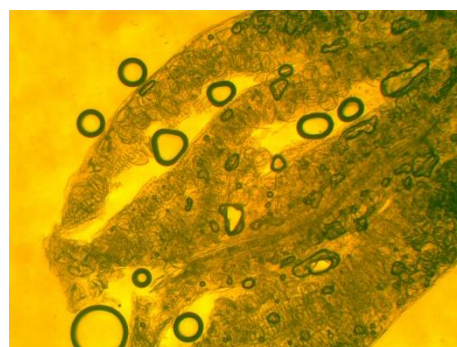
ด้นที่ 129



ด้นที่ 130

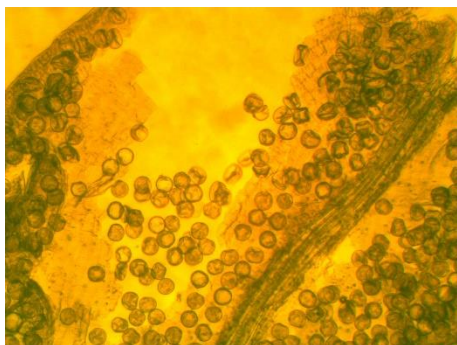


ด้นที่ 131

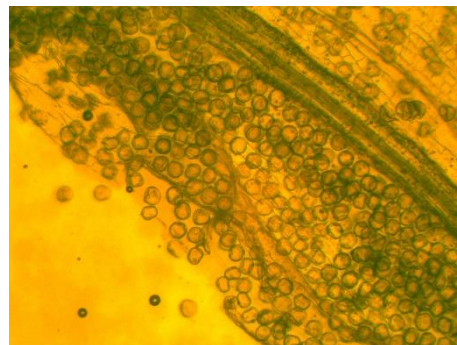


ด้นที่ 132

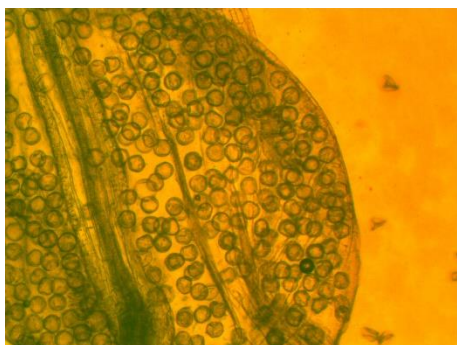
ภาพผนวกที่ 22 ลักษณะความเป็นมันของเพศผู้ ด้นที่ 127-132



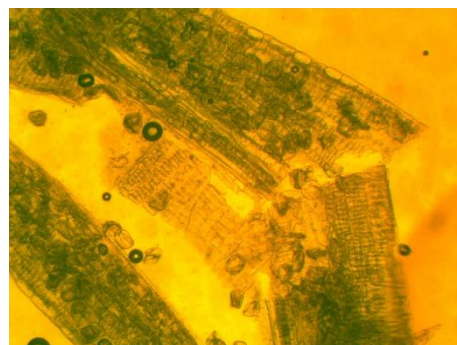
ด้นที่ 133



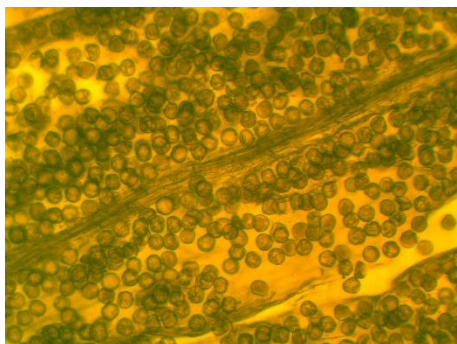
ด้นที่ 134



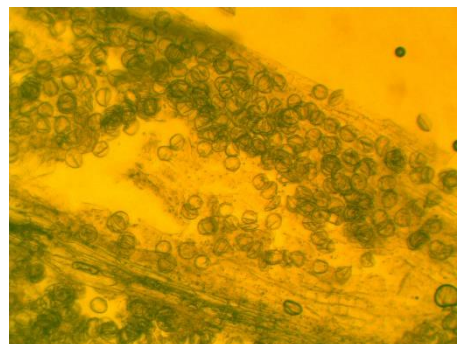
ด้นที่ 135



ด้นที่ 136

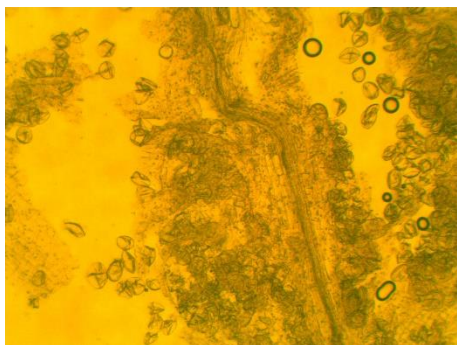


ด้นที่ 137

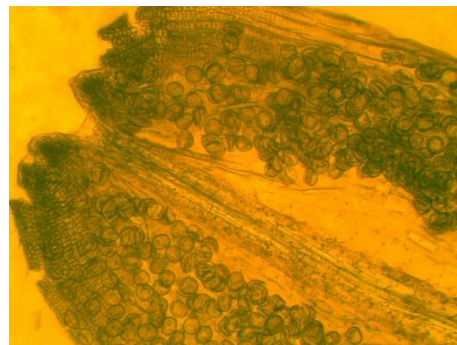


ด้นที่ 138

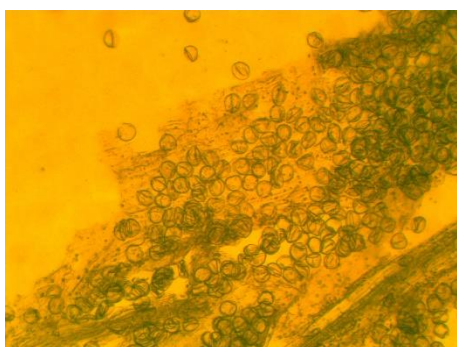
ภาพผนวกที่ 23 ลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ ด้นที่ 133-138



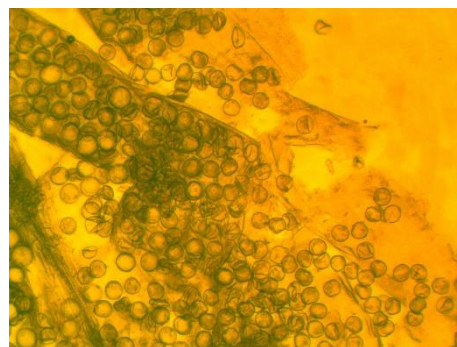
ด้นที่ 139



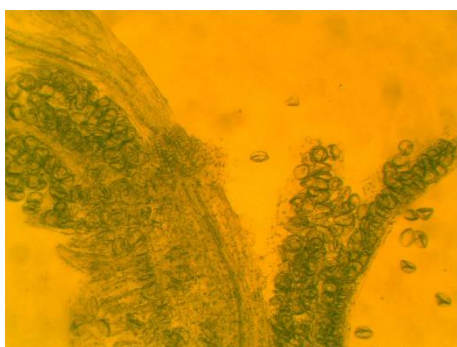
ด้นที่ 140



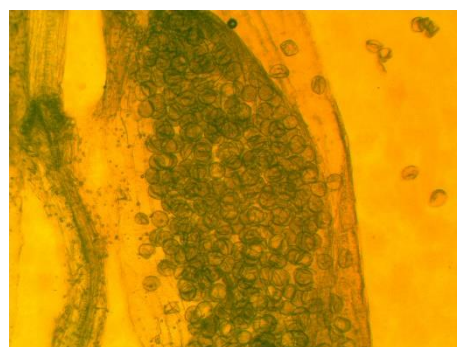
ด้นที่ 141



ด้นที่ 142

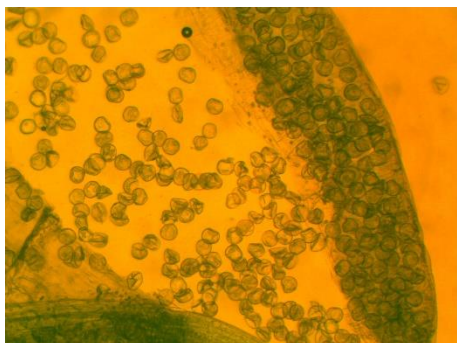


ด้นที่ 143

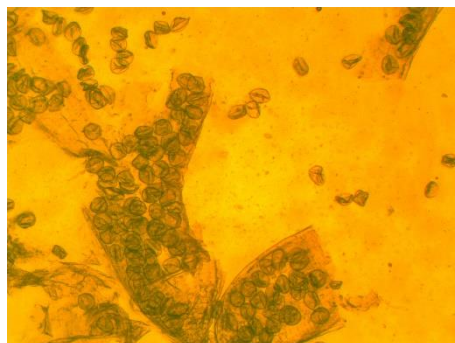


ด้นที่ 144

ภาพผนวกที่ 24 ลักษณะความเป็นหมันของเพศผู้ ด้นที่ 139-144



ต้นที่ 145



ต้นที่ 146

ภาพผนวกที่ 25 ลักษณะความเป็นมันของเพศผู้ ต้นที่ 145-146

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	วีรภัทร ไทยฉาย
วัน เดือน ปี เกิด	13 กุมภาพันธ์ 2545
สถานที่เกิด	สระบุรี
ประวัติการศึกษา	มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนพิบูลวิทยาลัย
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-