ความแปรปรวนของลักษณะสัณฐานวิทยาในเมล็ดข้าวพันธุ์สังข์หยดจากภาคใต้ของประเทศไทย

Variation in seed morphology of Sang Yod rice variety from southern Thailand

นันทิยา พนมจันทร์[1,2], ศันสนีย์ จำจด[1,5], เบญจวรรณ ฤกษ์เกษม[4], Bernard Dell[3] และ ชนากานต์ พรมอุทัย[1,5*]

Nantiya Panomjan[1,2], Sansanee Jamjod[1,5], Benjavan Rerkasem[4], Bernard Dell[3] and Chanakan Prom-u-thai[1,5*]

บทคัดย่อ: ข้าวพันธุ์สังข์หยดนิยมบริโภคกันมากขึ้นในกลุ่มผู้บริโภคที่รักสุขภาพ เนื่องจากมีคุณภาพการหุงต้มที่ดีและมีคุณค่าทางโภชนาการสูง แต่พบว่าลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเมล็ดข้าวพันธุ์ดังกล่าว มีลักษณะของความขุ่นและใสของเมล็ดเกิดขึ้นเป็นจำนวนมากทั้งภายในและระหว่างประชากรข้าวที่ปลูกในพื้นที่ต่างกัน การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความแตกต่างของลักษณะทางสัณฐานวิทยาของข้าวพันธุ์สังข์หยดจากภาคใต้ โดยเก็บตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ข้าวสังข์หยดที่ปลูกจากแปลงเกษตรกรในจังหวัดนครศรีธรรมราช พัทลุง และสงขลา จำนวน 22 ตัวอย่าง และนำมาปลูกทดสอบในรุ่นลูกเพื่อวัดความแตกต่างของลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเมล็ด ได้แก่ สีเยื่อหุ้มเมล็ด ขนาด รูปร่างและน้ำหนักเมล็ด ความขาวและความใสของเมล็ด ชนิดข้าวสาร จำนวนเมล็ดขุ่นและเมล็ดใส ในแต่ละตัวอย่าง พบว่ามีความแปรปรวนในลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเมล็ดทั้งภายในและระหว่างประชากรข้าวพันธุ์สังข์หยดที่เก็บมา สีเยื่อหุ้มเมล็ดที่สังเกตได้ด้วยตาเปล่า มีค่าดัชนีความหลากหลาย (H') อยู่ระหว่าง 0-0.3 และเมื่อขัดสีเป็นข้าวขาวพบว่าภายในประชากรตัวอย่างข้าวมีสัดส่วนเมล็ดใสและขุ่นแตกต่างกันมาก น้ำหนัก 100 เมล็ดมีการกระจายตัวค่อนข้างสูง ในข้าวเปลือกอยู่ในช่วง 1.61-1.83 กรัม และในข้าวกล้องอยู่ในช่วง 1.24-1.43 กรัม เมื่อจำแนกเมล็ดใสและขุ่นภายในประชากรออกมา พบว่าลักษณะเมล็ดใสมีน้ำหนักเมล็ดมากกว่าเมล็ดขุ่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีความแตกต่างของขนาดเมล็ดทั้งภายในและระหว่างประชากร ลักษณะความขุ่นและใสของเมล็ดข้าวสังข์หยดมีผลต่อน้ำหนักเมล็ด โดยพบความสัมพันธ์ทางบวกระหว่างน้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวกล้องกับจำนวนเมล็ดใส (r=0.50, P<0.05) ในขณะที่พบความสัมพันธ์ทางลบกับเมล็ด

[1] ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200
Department of Plant Science and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University 50200

[2] ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง 93100
Department of Plant Science, Faculty of Technology and Community Development, Thaksin University, Phatthalung Campus 93100

[3] Sustainable Ecosystem Research Institute, Murdoch University, Perth 6150, Australia

[4] กลุ่มวิจัยทรัพยากรพันธุกรรมและธาตุอาหารพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200
Plant Genetic Resource and Nutrition Laboratory, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University 50200

[5] ศูนย์วิจัยข้าวล้านนา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200
Lanna Rice Research Center, Chiang Mai University 50200

* Corresponding authors: n_numkum@hotmail.com, chanakan15@hotmail.com

ขุ่น (r=-0.50, P<0.05) และยังพบความสัมพันธ์เช่นเดียวกันนี้ในข้าวเปลือกด้วย ลักษณะเมล็ดใสและขุ่นที่พบในเมล็ดข้าวพันธุ์สังข์หยดมีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักเมล็ด กระทบต่อรายได้จากการขายข้าวและคุณภาพข้าวในด้านอื่นๆ ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาเรื่องความแตกต่างของโครงสร้างเมล็ดข้าวที่มีความใสและขุ่นในเชิงลึกต่อไป
คำสำคัญ: น้ำหนักเมล็ด, ความใส, ความขุ่น, ลักษณะสัณฐานวิทยา, พันธุ์สังข์หยด

ABSTRACT: Rice variety "Sang Yod" has become popular among health-conscious consumers as it has premium cooking quality and provides a rich source of nutrients. Difference in grain morphology are commonly observed by consumers, particularly the presence of opaque seed within and between populations collected from different fields. This study evaluated the variation in seed morphological characteristics of Sang Yod from southern Thailand. Samples (22) of Sang Yod rice were collected from farmer's fields in Nakhon Si Thammarat, Phatthalung and Songkhla provinces. Seeds of each sample were planted to evaluate seed morphological characters, including pericarp color, seed size, seed shape, 100 seed weight, whiteness, translucency, endosperm type, and the percentage of opaque and translucent seed. Variation in seed morphology was found within and between populations collected. The diversity index (H') of pericarp color observed by naked eyes ranged from 0 to 0.3. The proportion of opaque and translucent seeds in milled rice also differed among the samples collected. There was wide variation in seed weight among samples, ranging from 1.61 to 1.83 g for paddy rice and from 1.24 to 1.43 g for brown rice. After separated into opaque and translucent grain, the seed weight of the opaque grain was significantly lower than translucent grain for all samples, but there was no difference in seed size. For brown rice, there was a positive relationship between 100 seed weight and the percent of translucent seed (r=0.50, P<0.05), whereas there was a negative relationship between 100 seed weight and the percentage of opaque seed (r=-0.50, P<0.05). The same relationships were also found in paddy rice. The loss of seed weight in the presence of the opaque character affects the net price of rice and it may also have a negative effect on rice grain quality. Investigation into the seed structure is needed to determine the underlying anatomical causes of opaque and translucent seed characters in Sang Yod.
Keywords: Grain weight, Translucency, Opaque, Morphological characteristics, Sang Yod variety

บทนำ

ข้าวพันธุ์สังข์หยด เป็นพันธุ์ข้าวเฉพาะท้องถิ่นในจังหวัดพัทลุง ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุงได้ปรับปรุงคัดเลือกพันธุ์ และจดทะเบียนรับรองพันธุ์ข้าวสังข์หยดพัทลุงในปี พ.ศ. 2548 ต่อมาในปี พ.ศ. 2549 ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นพันธุ์ข้าวสังข์หยดเมืองพัทลุง เพื่อเป็นสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (GI; Geographical Indications) (สำเริง, 2550) ข้าวสังข์หยดเป็นข้าวเจ้า เปลือกเมล็ดสีฟาง รูปร่างเมล็ดเรียว เมล็ดข้าวเปลือกโดยเฉลี่ยมีความยาว 9.26 มม. และความกว้าง 1.84 มม. ส่วนเมล็ดข้าวกล้องโดยเฉลี่ยมีความยาว 6.53 มม. และความกว้าง 1.76 มม. คุณภาพการสีดี ข้าวกล้องเป็นสีแดง เมื่อสีเป็นข้าวสารจะเป็นสีขาวขุ่นอมชมพู หรือแดงปนขาว บางเมล็ดมีสีขาวใส แต่ส่วนใหญ่มีลักษณะขาวขุ่น คุณสมบัติ การหุงต้มดี ลักษณะข้าวหุงสุกนุ่ม มีความคงตัวของแป้งสุกอ่อน (94 มม.) และปริมาณอมิโลสต่ำ (15.28-2.08%) (สำเริง, 2553) จากผลการศึกษาความหลากหลายทางลักษณะสัณฐานวิทยาของข้าวพื้นเมืองภาคใต้ พบว่ายังคงมีความหลากหลายในลักษณะสีเปลือก (H'=0.84) ความยาวข้าวกล้อง (H'=0.76) สีข้าวกล้อง (H'=0.67) และรูปร่างข้าวกล้อง (H'=0.44) (นันทิยา และวิจิตรา, 2554) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษา ความหลากหลายของพันธุกรรมข้าวพื้นเมืองบริเวณ ลุ่มน้ำนาทวีจังหวัดสงขลา พบว่าสีเปลือกเมล็ดมีความหลากหลายสูงสุด (H'=1.12) (อรวรรณ และคณะ, 2553) อีกทั้งข้าวพื้นเมืองภาคใต้ยังคงมีความหลากหลายขององค์ประกอบทางเคมีในเมล็ดแตกต่างตามลักษณะสีเยื่อหุ้มเมล็ด โดยพบว่าเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำหรือม่วงมีองค์ประกอบทางเคมี เช่น เหล็ก ฟีโนลิก และแอนโทไซยานินท์ สูงกว่าเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดงและสีขาว ตามลำดับ (Yodmanee et al., 2011) ประชากรข้าวพื้นเมืองภาคใต้มีความหลากหลายทางพันธุกรรมค่อนข้างสูง มีค่าดัชนีความใกล้ชิดทางพันธุกรรมอยู่ในช่วง 0.39-1.00 โดยประกอบด้วยข้าวพื้นเมืองพันธุ์ต่างๆ ปะปนกัน ไม่ขึ้นกับแหล่งที่มาของ

ตัวอย่างและไม่พบแถบดีเอนเอที่มีความจำเพาะต่อกลุ่มประชากรพื้นเมือง (อรวรรณ และคณะ, 2553)

ปัจจุบันผู้บริโภคนิยมบริโภคข้าวเพื่อสุขภาพกันมากขึ้น เนื่องจากผู้บริโภคมีความห่วงใยเรื่องสุขภาพและมีกำลังในการซื้ออาหารเพื่อสุขภาพกันมากขึ้น ข้าวกล้องพันธุ์สังข์หยดนับว่าเป็นพันธุ์ที่ผู้บริโภคนิยมมากพันธุ์หนึ่ง เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการหลากหลายชนิด ได้แก่ ฟีโนลิก (64.49 มก.) ฟลาโวนอยด์ (18.75 มก.) (Yodmanee, et al., 2011) วิตามินบี 1 (0.32 มก.) ไนอาซิน (6.45 มก.) เหล็ก (0.53 มก.) (สุนันทา และคณะ, 2549) เป็นต้น จากข้อมูลการสำรวจเบื้องต้นพบว่าลักษณะและรูปร่างของเมล็ดพันธุ์ข้าวสังข์หยดที่มีขายทั่วไปค่อนข้างแตกต่างกันเล็กน้อย ผู้บริโภคจึงสงสัยว่าข้าวพันธุ์ดังกล่าวเป็นพันธุ์สังข์หยดจริงหรือไม่ ซึ่งยังไม่มีข้อมูลที่มีการตรวจสอบถึงลักษณะความแปรปรวนทางพันธุกรรมข้าวพันธุ์สังข์หยด โดยเฉพาะอย่างยิ่งลักษณะความใสและขุ่นของเมล็ดข้าวที่ปนกันอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคไม่ต้องการ ถึงแม้การบริโภคข้าวสังข์หยดจะอยู่ในรูปข้าวกล้องซึ่งยังคงสามารถสังเกตเห็นลักษณะดังกล่าวได้ ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความแปรปรวนของลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเมล็ดพันธุ์ข้าวสังข์หยด ที่เก็บมาจากพื้นที่ต่างๆ ในภาคใต้ ซึ่งลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเมล็ดเป็นลักษณะที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรม สามารถบ่งบอกถึงความแปรปรวนของพันธุกรรม หรือความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์ ตลอดจนระบบการผลิตของเกษตรกรได้ ผลการศึกษาครั้งนี้จะทำให้ทราบข้อมูลเบื้องต้นของลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเมล็ดข้าวพันธุ์สังข์หยด สำหรับการประเมินความแปรปรวนภายในพันธุ์ เพื่อประโยชน์ในการคัดเลือกพันธุ์ และการพัฒนาระบบการผลิตข้าวพื้นเมืองให้มีคุณภาพทั้งเมล็ดพันธุ์และผลผลิตต่อไปได้

วิธีการศึกษา

การเก็บตัวอย่างเมล็ดพันธุ์

เก็บตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ข้าวสังข์หยดจากแปลงเกษตรกรในช่วงฤดูการเก็บเกี่ยวบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ซึ่งครอบคลุม 3 จังหวัดและเป็นพื้นที่ปลูกข้าวหลักของภาคใต้ คือ จังหวัดนครศรีธรรมราช พัทลุง และสงขลา (Figure 1) โดยมีรายละเอียดที่ตั้งและพิกัดของแปลงปลูกแสดงใน Table 1

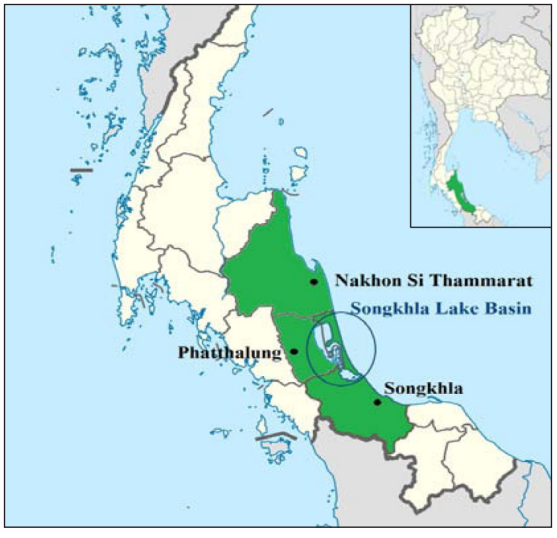

Figure 1 Map of Songkhla Lake Basin area where the samples of Sang Yod rice variety were collected from 3 provinces (Nakhon Si Thammarat, Phatthalung and Songkhla).

Table 1 Sampling location of 22 farmer's fields of Sang Yod rice variety from 3 different provinces of southern Thailand.

Accession	District	Province	Longitude °E	Latitude °N	Altitude (m)
SY04	Mueng	Nakhon Si Thammarat	099.93902	08.48980	18
SY05	Mueng	Nakhon Si Thammarat	099.94781	08.47474	27
SY11	Tamot	Phatthalung	100.05425	07.28207	70
SY12	Tamot	Phatthalung	100.05260	07.28167	68
SY15	Bang Kaeo	Phatthalung	100.21323	07.45445	21
SY16	Srinagarindra	Phattalung	099.88548	07.56526	70
SY17	Srinagarindra	Phattalung	099.88541	07.56574	71
SY20	Khuan Khanun	Phatthalung	100.11174	07.79386	20
SY22	Khuan Khanun	Phatthalung	100.09813	07.74028	30
SY23	Khuan Khanun	Phatthalung	100.09879	07.73779	28
SY24	Mueng	Phattalung	100.08029	07.56840	27
SY25	Mueng	Phatthhalung	100.08224	07.57067	37
SY26	Mueng	Phatthalung	100.07990	07.56833	34
SY27	Khuan Khanun	Phatthalung	099.99302	07.65814	26
SY29	Khuan Khanun	Phatthalung	099.99133	07.65809	34
SY31	Pa Phayom	Phatthalung	099.96054	07.85234	33
SY33	Pa Phayom	Phatthalung	099.98777	07.84219	33
SY34	Singhanakorn	Songkhla	099.98905	07.83937	35
SY36	Singhanakorn	Songkhla	100.45861	07.31084	22
SY37	Singhanakorn	Songkhla	100.45558	07.29835	22
SY38	Singhanakorn	Songkhla	100.45291	07.30134	22
SY39	Singhanakorn	Songkhla	100.45515	07.29392	24

การวางแผนทดลองและปลูก

วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ นำตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ข้าวสังข์หยดจากแปลงเกษตรกรมาปลูกทดสอบในสภาพเดียวกันในแปลงทดลองภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (18°47' N, 98°59' E, alt 330 m AMSL) ในปี พ.ศ.2556 โดยเพาะเมล็ดในแปลงเพาะกล้า ย้ายปลูกเมื่อต้นกล้าอายุ 25-30 วัน โดยการปักดำ 1 ต้นต่อหลุม ใช้ระยะปลูก 25x25 ซม. จำนวน 4-6 แถว แถวละ 12 ต้น ทำการใส่ปุ๋ย ดูแล และเขตกรรมตามระบบการปลูกข้าวในสภาพน้ำขัง เก็บเกี่ยวผลผลิตเมล็ดที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาของแต่ละแปลงย่อยเพื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเมล็ด

การประเมินลักษณะสัณฐานวิทยาของเมล็ด

ประเมินลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเมล็ดที่เก็บเกี่ยวจากแปลงทดลอง ข้าวเปลือกประเมินลักษณะน้ำหนัก 100 เมล็ด และข้าวกล้อง ประเมินสีเยื่อหุ้มเมล็ด ขนาดและรูปร่างเมล็ด น้ำหนัก 100 เมล็ด ความขาวและความใสของเมล็ด เปอร์เซ็นต์เมล็ดขุ่นและเมล็ดใสโดยน้ำหนัก โดยมีวิธีการดังแสดงใน **Table 2**

Table 2 Evaluation of grain morphological characteristics among Sang Yod rice collected from southern Thailand

Character[1/]	Evaluation	Reference
Pericarp color	Seeds were dehusked manually by hand and pericarp color observed visually by eyes and the Shannon-weaver index (H') was calculated	(Yamakawa et al., 2007)
Seed size	Seed width, length and thickness were measured with a digital Vernier caliper	(IRRI, 1996)
Seed shape	The ratio of seed length/ width was calculated in comparison with the seed shape chart	(IRRI, 1996)
100 seed weight	Subsamples of the paddy seed were oven dried at 130 $^{\circ}$	(IRRI, 1996)
Whiteness and translucency	Subsamples of milled rice (polished for 30 s) were measured for grain whiteness and translucency using a milling meter (MM1D, Satake Corporation)	(IRRI, 1996)
Endosperm type	Subsamples of milled rice grains were separated into 2 groups, glutinous or non-glutinous rice. Classification was based on the staining reaction of the cut surface of endosperm (n=5) to weak KI-I solution. Glutinous starch stains reddish brown; non-glutinous, dark blue	(IRRI, 1996)
Opaque and translucent seed	Subsamples of milled rice grains were separated into 2 groups, opaque or translucent grain, weighted and calculated	(IRRI, 1996)

[1/] All characters were evaluated on 100 seed subsamples with 3 replications and the degree of diversity was calculated by using Shannon-weaver index (H') (Hutchenson, 1970).

การวิเคราะห์ข้อมูล

ประเมินความหลากหลายของลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเมล็ดที่ศึกษาด้วยค่าดัชนีความหลากหลายของ Shannon-weaver index (H') วิเคราะห์ข้อมูล คำนวณหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความแปรปรวนของวาเรียนซ์ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) ความแปรปรวนของตัวอย่างด้วยค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (%CV) และเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของแต่ละลักษณะโดยหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การเก็บตัวอย่างเมล็ด

ตัวอย่างข้าวพันธุ์สังข์หยดที่เก็บมาจากแปลงนาของเกษตรกรใน 3 จังหวัด จำนวนทั้งหมด 22 ตัวอย่าง โดยมาจากจังหวัดนครศรีธรรมราช 2 ตัวอย่าง (อำเภอเมืองทั้งหมด) จังหวัดพัทลุง 15 ตัวอย่าง (6 อำเภอ คือ อำเภอตะโหมด บางแก้ว ศรีนครินทร์ ควนขนุน เมือง และป่าพะยอม) และจังหวัดสงขลา 5 ตัวอย่าง (อำเภอสิงหนครทั้งหมด)

ลักษณะสัณฐานวิทยาของเมล็ด

<u>สีเยื่อหุ้มเมล็ด</u> พบว่าข้าวพันธุ์สังข์หยดมีลักษณะของสีเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดงที่สังเกตได้จากตาเปล่ามีความเข้มอ่อนแตกต่างกันในแต่ละตัวอย่างที่เก็บมา และเมื่อพิจารณาความแปรปรวนภายในพันธุกรรมพบว่ามีความแปรปรวนในลักษณะสีเยื่อหุ้มเมล็ดภายในพันธุกรรมเล็กน้อย มีค่า H' อยู่ระหว่าง 0-0.30 และค่าเฉลี่ยของ H' เท่ากับ 0.07 ซึ่งลักษณะปรากฏของเมล็ดข้าวกล้องจาก 22 ตัวอย่างแสดงใน Figure 2

Figure 2 Pericarp color of Sang Yod rice among 22 samples collected from 3 provinces in southern Thailand.

ขนาดเมล็ด ไม่พบความแตกต่างของขนาดเมล็ดทั้งความกว้าง ความยาว และความหนา ระหว่างประชากรข้าวพันธุ์สังข์หยดที่เก็บมาทั้ง 22 ตัวอย่าง โดยพบว่าข้าวสังข์หยดที่ปลูกในภาคใต้มีความกว้างเมล็ดข้าวกล้องอยู่ในช่วง 1.71-1.91 มม. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.80 มม. ความยาวเมล็ดอยู่ในช่วง 6.20-6.52 มม. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.39 มม. และความหนาเมล็ดอยู่ในช่วง 1.53-1.65 มม. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.60 มม. (Table 2)

Table 2 Seed size (width, length and thickness) of Sang Yod rice among 22 samples collected from 3 provinces in southern Thailand (mean ± SD, n=300).

Sample	Width	Length	Thickness
SY04	1.83 ± 0.26	6.38 ± 0.37	1.61 ± 0.10
SY05	1.91 ± 0.11	6.52 ± 0.37	1.65 ± 0.10
SY11	1.83 ± 0.20	6.20 ± 0.31	1.59 ± 0.09
SY12	1.88 ± 0.20	6.34 ± 0.41	1.64 ± 0.10
SY15	1.73 ± 0.12	6.34 ± 0.26	1.53 ± 0.08
SY16	1.80 ± 0.14	6.41 ± 0.27	1.61 ± 0.10
SY17	1.81 ± 0.12	6.35 ± 0.38	1.56 ± 0.10
SY20	1.90 ± 0.17	6.51 ± 0.38	1.63 ± 0.12
SY22	1.77 ± 0.06	6.39 ± 0.28	1.57 ± 0.05
SY23	1.79 ± 0.07	6.33 ± 0.49	1.59 ± 0.09
SY24	1.71 ± 0.13	6.40 ± 0.25	1.59 ± 0.06
SY25	1.76 ± 0.08	6.32 ± 0.35	1.61 ± 0.12
SY26	1.75 ± 0.15	6.41 ± 0.36	1.59 ± 0.09
SY27	1.77 ± 0.08	6.36 ± 0.32	1.58 ± 0.07
SY29	1.78 ± 0.13	6.48 ± 0.36	1.60 ± 0.08
SY31	1.73 ± 0.09	6.45 ± 0.36	1.60 ± 0.06
SY33	1.74 ± 0.09	6.44 ± 0.39	1.59 ± 0.06
SY34	1.74 ± 0.10	6.32 ± 0.30	1.57 ± 0.09
SY36	1.86 ± 0.22	6.35 ± 0.43	1.63 ± 0.14
SY37	1.83 ± 0.13	6.48 ± 0.42	1.63 ± 0.07
SY38	1.83 ± 0.21	6.37 ± 0.33	1.60 ± 0.09
SY39	1.75 ± 0.08	6.42 ± 0.31	1.59 ± 0.09
Mean	1.80	6.39	1.60
SE	0.04	0.08	0.02
%CV	15.42	3.15	6.40
F-test	ns	ns	ns

Values are means of triplicate measurements ± standard deviations.

[ns] No significant at P>0.05 for average of means.

รูปร่างเมล็ด ไม่พบความแตกต่างของรูปร่างเมล็ดที่คำนวณจากสัดส่วนความยาวต่อความกว้างของเมล็ดข้าวระหว่างประชากรข้าวพันธุ์สังข์หยดทั้ง 22 ตัวอย่าง โดยพบว่าสัดส่วนความยาวต่อความกว้างเมล็ดข้าวสังข์หยดมีค่าอยู่ในช่วง 3.42-3.77 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.59 เมื่อพิจารณาตามเกณฑ์การจำแนกรูปร่างของเมล็ด (IRRI, 1996) พบว่าทุกตัวอย่างข้าวพันธุ์สังข์หยดจัดอยู่ในกลุ่มเมล็ดที่มีรูปร่างเรียว (**Table 3**)

น้ำหนักเมล็ด พบความแตกต่างของน้ำหนัก 100 เมล็ด ระหว่างตัวอย่างข้าวพันธุ์สังข์หยดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งในข้าวเปลือกและข้าวกล้อง โดยพบว่าตัวอย่าง SY38 มีน้ำหนัก 100 เมล็ดข้าวเปลือกเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 1.83 ก. ส่วนในข้าวกล้องพบว่าตัวอย่าง SY05 และ SY38 มีน้ำหนัก 100 เมล็ดเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 1.40 ก. (**Table 3**)

Table 3 One hundred seed weight of paddy and brown rice among 22 samples of Sang Yod rice collected from 3 provinces in southern Thailand (mean ± SD) (n=300).

Sample	100 seed weight of paddy	100 seed weight of brown rice	Length/Width ratio	Seed shape
SY04	1.73 ± 0.02	1.31 ± 0.02	3.61 ± 0.80	Slender
SY05	1.82 ± 0.01	1.40 ± 5.77	3.43 ± 0.57	Slender
SY11	1.73 ± 0.02	1.34 ± 0.03	3.43 ± 0.86	Slender
SY12	1.75 ± 0.02	1.35 ± 0.01	3.42 ± 0.92	Slender
SY15	1.80 ± 0.02	1.38 ± 5.77	3.68 ± 0.55	Slender
SY16	1.77 ± 0.05	1.38 ± 0.04	3.58 ± 0.96	Slender
SY17	1.61 ± 5.77	1.26 ± 0.00	3.53 ± 0.63	Slender
SY20	1.73 ± 0.02	1.34 ± 0.01	3.45 ± 0.56	Slender
SY22	1.68 ± 0.04	1.27 ± 0.01	3.62 ± 0.32	Slender
SY23	1.64 ± 0.01	1.25 ± 0.01	3.55 ± 0.61	Slender
SY24	1.71 ± 0.02	1.31 ± 5.77	3.77 ± 1.50	Slender
SY25	1.64 ± 0.02	1.27 ± 0.01	3.59 ± 0.56	Slender
SY26	1.72 ± 0.04	1.32 ± 0.03	3.69 ± 1.09	Slender
SY27	1.68 ± 0.02	1.29 ± 0.02	3.60 ± 0.49	Slender
SY29	1.71 ± 0.06	1.31 ± 0.05	3.66 ± 0.73	Slender
SY31	1.80 ± 0.02	1.37 ± 0.02	3.73 ± 0.39	Slender
SY33	1.67 ± 0.05	1.28 ± 0.03	3.70 ± 0.62	Slender
SY34	1.67 ± 0.07	1.29 ± 0.05	3.65 ± 0.48	Slender
SY36	1.76 ± 0.06	1.33 ± 0.03	3.45 ± 0.96	Slender
SY37	1.69 ± 0.02	1.29 ± 0.01	3.54 ± 0.61	Slender
SY38	1.83 ± 0.04	1.40 ± 0.03	3.52 ± 0.89	Slender
SY39	1.74 ± 0.02	1.31 ± 0.01	3.69 ± 0.47	Slender
Mean	1.72	1.32	3.59	
SE	7.89	6.00	4.90	
CV (%)	1.76	1.71	10.34	
LSD	0.05	0.04	-	
F-test	**	**	ns	

Values are means of triplicate measurements ± standard deviations.

** Indicates significant different between each sample at P<0.01.

ns No significant difference between each sample at P>0.05.

ความขาวและความใสของเมล็ด ลักษณะเมล็ดที่เป็นแบบใสและขุ่นในข้าวกล้องและข้าวสารขัดขาวมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดเจนด้วยตาเปล่า (**Figure 3**) เมื่อวัดค่าความขาวและความใสของเมล็ดข้าวสารที่ผ่านการขัดขาว พบว่าความขาวและความใสของเมล็ดข้าวที่ผ่านการขัดสีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างตัวอย่างข้าวที่เก็บมา ($P<0.01$) โดยค่าความขาวมีการกระจายตัวอยู่ในช่วง 28.67-38.03% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 34.38% และค่าความใสมีการกระจายตัวอยู่ในช่วง 0.47-0.63% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.56% (**Table 4**)

ชนิดข้าวสาร จากลักษณะเมล็ดใสและเมล็ดขุ่นที่แยกออกจากเมล็ดข้าวสารที่ผ่านการขัดสีในแต่ละตัวอย่าง ผลจากการทดสอบย้อมด้วยไอโอดีนเพื่อจำแนกชนิดข้าวเหนียวและข้าวเจ้า พบว่าได้ผลเป็นสีน้ำเงินดำทั้งเมล็ดขุ่นและเมล็ดใส แสดงให้เห็นว่าทั้งลักษณะเมล็ดใสและเมล็ดขุ่นของเมล็ดข้าวพันธุ์สังข์หยดเป็นข้าวเจ้าในทุกตัวอย่าง โดยเมล็ดขุ่นย้อมติดสีน้ำเงินดำสม่ำเสมอกว่าเมล็ดใส (**Figure 3**)

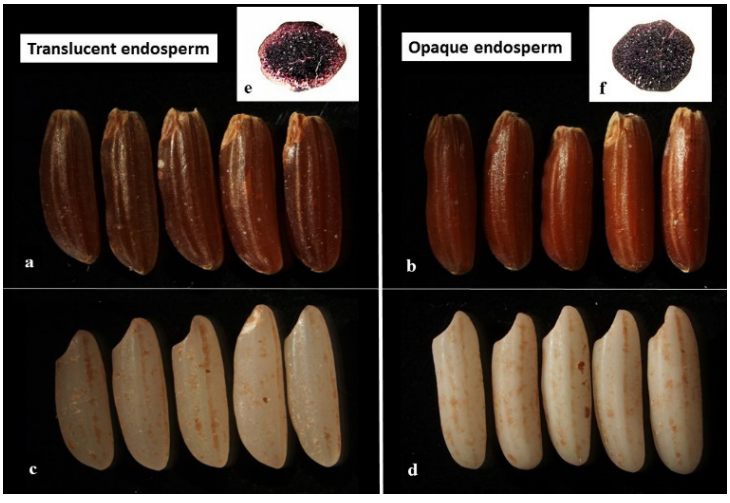

Figure 3 The characteristics of translucent (a) and opaque seeds (b) in brown rice and translucent (c) and opaque seeds (d) in polished rice. The staining of iodine solution showing dark blue color which representative of non-glutinous starch in both translucent (e) and opaque (f) seeds of Sang Yod.

เปอร์เซ็นต์เมล็ดขุ่นและเมล็ดใส เมื่อจำแนกเมล็ดใสและขุ่นออกจากกันในแต่ละตัวอย่าง และชั่งน้ำหนักหาเปอร์เซ็นต์เมล็ดขุ่นและใสในแต่ละตัวอย่าง พบว่าแต่ละตัวอย่างมีเปอร์เซ็นเมล็ดขุ่นและใสโดยน้ำหนักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) โดยพบว่าตัวอย่าง SY23 มีจำนวนเมล็ดขุ่นสูงสุด 99% และเมล็ดใสน้อยที่สุดเพียง 1% จากตัวอย่างเมล็ดข้าวสังข์หยดที่ปลูกในพื้นที่ภาคใต้มีจำนวนเมล็ดขุ่นเฉลี่ย 85% และเมล็ดใสเฉลี่ยเท่ากับ 15% (**Table 4**) เมื่อชั่งน้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวกล้องทั้งสองลักษณะพบว่าเมล็ดขุ่นมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 1.28±0.09 ก. น้อยกว่าเมล็ดใส ซึ่งมีน้ำหนัก100 เมล็ดข้าวกล้องเฉลี่ยเท่ากับ 1.42±0.18 ก. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) นอกจากนั้นยังพบว่าน้ำหนัก 100 เมล็ดทั้งในข้าวเปลือกและข้าวกล้องมีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์เมล็ดขุ่นและเมล็ดใสที่แยกออกจากกันใน

แต่ละตัวอย่าง โดยเปอร์เซ็นต์เมล็ดขุ่นมีความสัมพันธ์ทางลบกับน้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวกล้อง (r=-0.50, P<0.05) ในขณะที่เมล็ดใสมีความสัมพันธ์ทางบวกกับน้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวกล้องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (r=0.50, P<0.05) (**Figure 4**) ซึ่งความสัมพันธ์นี้พบเช่นเดียวกันในเมล็ดข้าวเปลือก

Table 4 The percentage of whiteness and translucency measuring by milling meter, iodine test and percentage of opaque and translucent seed by weight among 22 samples of Sang Yod from southern Thailand.

Accession	Whiteness (%)	Translucency (%)	Iodine test (Endosperm type)		Opaque seed (% by weight)	Translucent seed (% by weight)
			Opaque	Translucent		
SY04	30.03 ± 0.15	0.57 ± 0.02	+ (non-glutinous)	+ (non-glutinous)	66.34 ± 0.97	33.66 ± 0.97
SY05	34.47 ± 0.71	0.55 ± 0.01	+ (non-glutinous)	+ (non-glutinous)	66.55 ± 1.27	33.45 ± 1.27
SY11	35.10 ± 0.26	0.52 ± 0.02	+ (non-glutinous)	+ (non-glutinous)	76.66 ± 1.31	23.34 ± 1.31
SY12	34.93 ± 0.21	0.58 ± 0.03	+ (non-glutinous)	+ (non-glutinous)	80.75 ± 0.77	19.25 ± 0.77
SY15	30.23 ± 0.46	0.59 ± 0.03	+ (non-glutinous)	+ (non-glutinous)	84.80 ± 1.06	15.20 ± 1.06
SY16	37.10 ± 0.26	0.62 ± 0.03	+ (non-glutinous)	+ (non-glutinous)	66.99 ± 1.76	33.01 ± 1.76
SY17	29.07 ± 0.68	0.54 ± 0.02	+ (non-glutinous)	+ (non-glutinous)	88.52 ± 2.11	11.48 ± 2.11
SY20	33.83 ± 0.31	0.58 ± 0.02	+ (non-glutinous)	+ (non-glutinous)	85.68 ± 1.62	14.32 ± 1.63
SY22	28.67 ± 0.21	0.54 ± 5.77	+ (non-glutinous)	+ (non-glutinous)	98.36 ± 2.80	1.64 ± 2.80
SY23	37.77 ± 0.31	0.63 ± 0.02	+ (non-glutinous)	+ (non-glutinous)	99.29 ± 1.23	0.71 ± 1.23
SY24	36.50 ± 0.44	0.61 ± 0.03	+ (non-glutinous)	+ (non-glutinous)	91.30 ± 1.45	8.70 ± 1.45
SY25	30.73 ± 0.51	0.50 ± 0.01	+ (non-glutinous)	+ (non-glutinous)	86.93 ± 0.92	13.07 ± 0.92
SY26	35.67 ± 0.32	0.53 ± 0.01	+ (non-glutinous)	+ (non-glutinous)	89.25 ± 1.62	10.75 ± 1.62
SY27	33.00 ± 0.56	0.55 ± 5.77	+ (non-glutinous)	+ (non-glutinous)	96.72 ± 2.61	3.28 ± 2.61
SY29	33.77 ± 0.93	0.59 ± 0.02	+ (non-glutinous)	+ (non-glutinous)	96.57 ± 3.07	3.43 ± 3.07
SY31	33.63 ± 0.49	0.61 ± 0.02	+ (non-glutinous)	+ (non-glutinous)	97.36 ± 1.18	2.64 ± 1.18
SY33	37.63 ± 0.15	0.57 ± 5.77	+ (non-glutinous)	+ (non-glutinous)	82.47 ± 2.10	17.53 ± 2.10
SY34	38.03 ± 0.23	0.55 ± 0.01	+ (non-glutinous)	+ (non-glutinous)	78.95 ± 1.74	21.05 ± 1.74
SY36	37.87 ± 0.61	0.53 ± 0.02	+ (non-glutinous)	+ (non-glutinous)	76.01 ± 2.13	23.99 ± 2.13
SY37	36.60 ± 0.40	0.47 ± 0.02	+ (non-glutinous)	+ (non-glutinous)	92.44 ± 3.59	7.56 ± 3.59
SY38	34.77 ± 1.70	0.60 ± 0.03	+ (non-glutinous)	+ (non-glutinous)	79.85 ± 1.73	20.15 ± 1.73
SY39	37.03 ± 1.50	0.57 ± 0.02	+ (non-glutinous)	+ (non-glutinous)	93.11 ± 2.87	6.89 ± 2.87
Mean	34.38	0.56			85.22	14.78
SE	2.92	5.35			1.27	1.27
%CV	1.80	3.21			2.07	11.96
LSD	1.01	0.03			2.91	2.91
F-test	**	**			**	**

Values are means of triplicate measurements ± standard deviations.

** Indicates significant difference between each sample at P<0.01.

+ = Non-glutinous starch stains blue black color reaction with iodine test

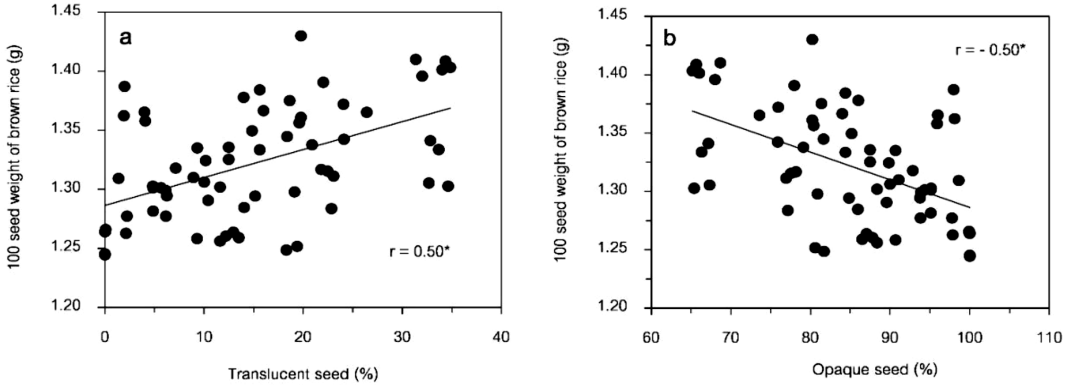

Figure 4 Relationship between 100 seed weight and percentage of translucent (a) and opaque seeds (b) in brown rice samples of Sang Yod.

จากการศึกษาพบว่าสีเยื่อหุ้มเมล็ดของข้าวพันธุ์สังข์หยดมีความแปรปรวนค่อนข้างน้อย เช่นเดียวกับการศึกษาในข้าวพื้นเมืองภาคใต้ของ อรวรรณ และคณะ (2553) รายงานว่าสีเยื่อหุ้มเมล็ดเป็นลักษณะที่มีความแปรปรวนน้อยสุด (H'=0.26) แตกต่างจากลักษณะสีเปลือกซึ่งมีความแปรปรวนค่อนข้างสูง (H'=1.02) อีกทั้งยังพบความแปรปรวนของลักษณะความใสและขุ่นของตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ข้าวสังข์หยด ซึ่งสังเกตพบความแตกต่างของเมล็ดทั้ง 2 ลักษณะได้ทั้งในข้าวกล้องและข้าวสารขัดขาว เมื่อทดสอบด้วยสารละลายไอโอดีนทำให้ทราบว่าเมล็ดลักษณะขุ่นนั้นไม่ใช่ข้าวเหนียวแต่เป็นข้าวเจ้าเหมือนกับลักษณะเมล็ดใส การเกิดลักษณะเมล็ดข้าวขุ่นหรือใสในสัดส่วนที่แตกต่างกันนี้ อาจเกิดได้จากหลายสาเหตุในช่วงหลังการผสมเกสร การสร้างเมล็ด การสะสมน้ำหนักแห้งของเมล็ด และการเก็บเกี่ยว ซึ่งเป็นลักษณะความผิดปกติที่คล้ายกับลักษณะการเกิดข้าวท้องไข่ (Chalkiness) การทดลองนี้พบว่าขนาดเมล็ดไม่แตกต่างกัน แต่น้ำหนักเมล็ดขุ่นน้อยกว่าเมล็ดใสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งลักษณะการเกิดเมล็ดขุ่นนั้นน่าจะเกิดจากการจัดเรียงตัวของแป้งและโปรตีนในเมล็ดข้าว โดยในเมล็ดขุ่นน่าจะมีการจับตัวกันหลวมทำให้เกิดช่องว่างในเมล็ดมากกว่าเมล็ดใส ซึ่งส่งผลให้เมล็ดมีน้ำหนักเบากว่า มีรายงานว่าการเกิดกระบวนการดังกล่าวน่าจะเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของกระบวนการเติมเต็มสารอาหารเข้าสู่เมล็ดก่อนเมล็ดสุกแก่ โดยสามารถเกิดเหตุการณ์นี้ได้หากช่วงเวลาดังกล่าวได้รับผลกระทบจากความแปรปรวนของสภาพแวดล้อม เช่น ขาดน้ำ หรืออุณหภูมิสูงเกินไป เป็นสาเหตุส่งผลกระทบต่อปริมาณสารอาหาร กระบวนการเคลื่อนย้าย และการสะสมสารอาหารไปยังเมล็ดได้ (Yamakawa et al., 2007) จากการศึกษาของนักวิจัยก่อนหน้านี้บ่งชี้ว่าอุณหภูมิที่เพิ่มสูงเกินไปส่งผลให้เกิดการติดเมล็ดน้อย ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับการพัฒนาโครงสร้างหรือการเรียงตัวของเม็ดแป้งที่แตกต่างกันไป มีผลต่อการลดกิจกรรมของเอ็นไซม์ในการสังเคราะห์อะไมโลส และการสร้างชั้นของเม็ดแป้ง และทำให้เกิดความแตกต่างทางลักษณะความใสและขุ่นของเมล็ดข้าวด้วย (Mitsui et al., 2013)

ผลจากการทดลองนี้ยืนยันอย่างชัดเจนว่าลักษณะขุ่นและใสของเมล็ดนั้น เกี่ยวข้องกับน้ำหนักเมล็ด ซึ่งพบว่าน้ำหนัก 100 เมล็ด มีความสัมพันธ์ในทางลบกับจำนวนเมล็ดขุ่น แต่มีความสัมพันธ์ทางบวกกับจำนวนเมล็ดใส ซึ่งพบได้ทั้งในข้าวเปลือกและข้าวกล้อง เมื่อพิจารณาน้ำหนักเมล็ดในข้าวกล้องและข้าวสารขัดขาว พบว่าน้ำหนักเมล็ดใสมากกว่าน้ำหนักเมล็ดขุ่น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเกิดลักษณะเมล็ดขุ่นเป็นจำนวนมากในประชากรข้าวสังข์หยด จะส่งผลให้น้ำหนักเมล็ด

ที่ผลิตได้น้อยกว่าความน่าจะเป็น ซึ่งส่งผลต่อการซื้อขายข้าวในทุกห่วงโซ่ของระบบการค้าข้าว โดยจะประเมินน้ำหนักของเมล็ดข้าวเปลือก ข้าวกล้อง และข้าวสาร เป็นสำคัญ การเกิดลักษณะเมล็ดขุ่นเป็นจำนวนมากจะทำให้สูญเสียเม็ดเงินที่น่าจะได้จากน้ำหนักของข้าวเป็นจำนวนมาก ซึ่งการทดลองนี้ยังพบว่าค่าเฉลี่ยของจำนวนเมล็ดขุ่นจากทั้ง 22 ตัวอย่าง อยู่ที่ 85% ในขณะที่บางตัวอย่าง เช่น SY23 ซึ่งเป็นตัวอย่างหนึ่งที่เก็บจากจังหวัดพัทลุง มีจำนวนเมล็ดขุ่นสูงสุด 99% ซึ่งน่าจะส่งผลต่อน้ำหนักและราคาขายของข้าวสังข์หยดเป็นจำนวนมาก นอกจากความแตกต่างของน้ำหนักเมล็ดที่มีผลกระทบมาจากความขุ่นและใสของเมล็ดแล้ว ความแตกต่างทางโครงสร้างภายในของเมล็ดข้าวยังมีผลต่อการสร้างเม็ดแป้ง และความแตกต่างทางลักษณะความใส่และขุ่นของเมล็ดข้าวด้วย (Mitsui et al., 2013) ในงานทดลองต่อไปน่าจะศึกษาถึงโครงสร้างภายในเมล็ดข้าวที่มีลักษณะความขุ่นและใสของเมล็ดแตกต่างกัน โดยละเอียดต่อไป เพื่อให้เข้าใจถึงกลไกในการเกิดลักษณะดังกล่าวและหาวิธีการป้องกัน เพื่อลดปัญหาการเกิดเมล็ดขุ่นในข้าวพันธุ์สังข์หยดและพันธุ์อื่นๆ ต่อไป ซึ่งอาจจะเหมือนหรือไม่เหมือนในกรณีของการเกิดท้องไข่ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดการแตกหักของเมล็ดข้าวในระหว่างที่มีขัดสีเมล็ดข้าวเป็นข้าวสารขาว และมีผลทำให้ได้ปริมาณต้นข้าวน้อยก็เป็นไปได้

สรุป

การทดลองนี้ยืนยันว่ามีความแตกต่างของลักษณะทางสัณฐานวิทยาในเมล็ดข้าวพันธุ์สังข์หยดจำนวน 22 ตัวอย่าง จากภาคใต้ทั้งภายในและระหว่างประชากร โดยเฉพาะลักษณะความขุ่นและใสของเมล็ดข้าวมีความแตกต่างกันอย่างมีสัดส่วนที่ปรากฏ บางตัวอย่างมีสัดส่วนของเมล็ดขุ่นปนอยู่กับเมล็ดใสจำนวนน้อย ในขณะที่บางตัวอย่างพบว่าเป็นเมล็ดลักษณะขุ่นเกือบทั้งหมด ซึ่งลักษณะเมล็ดขุ่นมีผลต่อน้ำหนักเมล็ดของข้าวพันธุ์สังข์หยดเป็นอย่างมาก โดยพบว่าลักษณะเมล็ดขุ่นทำให้น้ำหนักเมล็ดในทุกตัวอย่างลดลง ซึ่งมีผลต่อน้ำหนักผลผลิตและราคาซื้อขาย ซึ่งสาเหตุในการเกิดเมล็ดขุ่นในข้าวพันธุ์ดังกล่าวจะต้องมีการศึกษาและวิจัยในเชิงลึกต่อไป เพื่อหาวิธีในการป้องกันการเกิดเหตุการณ์ดังกล่าวในระยะยาว เช่น การจัดการในระหว่างการปลูกและหลังการเก็บเกี่ยว หรือการปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้มีปริมาณเมล็ดขุ่นน้อยลง

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่สนับสนุนทุนการศึกษาระดับปริญญาเอก บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่สนับสนุนทุนวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษาภายใต้โครงการมหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติที่สนับสนุนทุนวิจัย และเกษตรกรผู้ปลูกข้าวสังข์หยดในภาคใต้ทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ข้าว

เอกสารอ้างอิง

นันทิยา พนมจันทร์ และ วิจิตรา อมรวิริยะชัย. 2554. ความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้าวพื้นเมืองบริเวณลุ่มน้ำทะเลน้อย จังหวัดพัทลุง โดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเมล็ด. วารสารหาดใหญ่วิชาการ. 9: 25-31.

สำเริง แซ่ตัน. 2550. ข้าวพันธุ์แรก: สิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (GI) ข้าวสังข์หยดเมืองพัทลุง. น. 237-244. ใน: การประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2550, กรุงเทพฯ.

สำเริง แซ่ตัน. 2553. ข้าวพื้นเมืองภาคใต้ เล่ม 2. ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว, กรุงเทพฯ.

สุนันทา วงศ์ปิยชน, กัญญา เชื้อพันธุ์, วัชรี สุขวิวัฒน์, สุวณี กิตติลาภานนท์, ละม้ายมาศ ยังสุข และรุจิรา ปรีชา. 2549. คุณภาพเมล็ดทางกายภาพ เคมี และโภชนาการข้าวสายพันธุ์ดี. น.289-301. ใน: การประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2549, กรุงเทพฯ.

อรวรรณ สมใจ, จรัสศรี นวลศรี และไพศาล เหล่าสุวรรณ. 2553. ความหลากหลายทางพันธุกรรมของ ข้าวพื้นเมือง บริเวณลุ่มน้ำนาทวีจังหวัดสงขลา โดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเมล็ด และเครื่องหมายไมโครแซทเทลไลท์. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 41: 89-97.

Hutchenson, K. 1970. A test for comparing diversities based on the shannon formular. J. Theor. Biol. 29: 151-154.

IRRI. 1996. Standard evaluation and utilization system for rice. IRRI publisher, Manila Philippines.

Mitsui, T., T. Shiraya, K. Kaneko, and K. Wada. 2013. Proteomics of rice grain under high temperature stress. Front. Plant Sci. 4: 1-5.

Yamakawa, H., T. Hirose, M. Kuroda, and T. Yamaguchi. 2007. Comprehensive expression profiling of rice grain filling-related genes under high temperature using DNA microarray. Plant Physiol. 144: 258-277.

Yodmanee, S., T.T. Karrila, P. Pakdeechanuan. 2011. Physical, chemical and antioxidant properties of pigmented rice grown in Southern Thailand. Inter. Food Res. J. 18: 901-906.