

ความแปรปรวนของลักษณะสัณฐานในเมล็ดพันธุ์ข้าวพื้นเมือง  
จากภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย  
Variation of Seed Morphology in Local Rice Varieties  
from the Lower North of Thailand

สุธิสา ฟันตะ<sup>1</sup>, อุษณรัศมี รักมาก<sup>1</sup>, และ อนุปงศ์ วงศ์ตามี<sup>1\*</sup>  
Suthisa Funta<sup>1</sup>, Udsanarat Rakmak<sup>1</sup>, and Anupong Wongtamee<sup>1\*</sup>

บทคัดย่อ

ข้าวพื้นเมือง (*Oryza sativa* L.) มีความหลากหลายและความแปรปรวนของลักษณะทางสัณฐานวิทยาโดยเฉพาะในลักษณะของเมล็ด ความแตกต่างของลักษณะดังกล่าวสามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า และนำไปสู่การคัดเลือกพันธุ์ของเกษตรกรต่อไป การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อประเมินความหลากหลายของลักษณะสัณฐานวิทยาในเมล็ดข้าวพื้นเมืองจากภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย โดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาในเมล็ดข้าวจำนวน 10 ลักษณะ พบความหลากหลายทั้งภายในและระหว่างพันธุ์ ในลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเมล็ดข้าวพื้นเมืองในภาคเหนือตอนล่าง โดยข้าวพื้นเมืองนาสวนมีค่าความหลากหลายรวม ( $H' = 1.426$ ) สูงที่สุด รองลงมาได้แก่ ข้าวพื้นเมืองไร่และข้าวพื้นเมืองน่าน้ำตามลำดับ ( $H' = 1.016$  และ  $0.291$  ตามลำดับ) นอกจากนี้พบความแปรปรวนของลักษณะทางปริมาณของลักษณะเมล็ดข้าวระหว่างข้าวพื้นเมืองนาสวน ไร่ และน่าน้ำลึก โดยข้าวพื้นเมืองนาสวนมีความยาวของเมล็ดมากที่สุด (10.39 มิลลิเมตร) ส่วนข้าวพื้นเมืองไร่มีความกว้าง ความหนาของเมล็ด และน้ำหนัก 100 เมล็ดมากที่สุด (3.23 และ 2.19 มิลลิเมตร และ 3.33 กรัม ตามลำดับ) เมื่อจำแนกตามลักษณะรูปร่างเมล็ดข้าว สามารถแบ่งออกได้ 4 กลุ่ม ได้แก่ (1) กลุ่มที่มีรูปร่างเมล็ดเรียวยาวมาก (2) กลุ่มที่มีรูปร่างเมล็ดเรียวยาว (3) กลุ่มที่มีรูปร่างเมล็ดขนาดกลางยาวมาก และ (4) กลุ่มที่มีรูปร่างเมล็ดขนาดกลางยาว จากผลการศึกษาในครั้งนี้เกิดจากการคัดเลือกของเกษตรกรและการปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมท้องถิ่น การทำความเข้าใจในความแปรปรวนและความหลากหลายของลักษณะสัณฐานวิทยาในเมล็ดข้าว สามารถใช้เป็นแนวทางการอนุรักษ์ข้าวพื้นเมืองในสภาพท้องถิ่นนอกสภาพท้องถิ่น และยังสามารถนำแหล่งพันธุกรรมมาใช้ประโยชน์ ในโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวในอนาคต

**คำสำคัญ:** ข้าวพื้นเมือง, ความแปรปรวน, ความหลากหลาย, ลักษณะสัณฐานวิทยา, เมล็ดข้าว

<sup>1</sup>ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

<sup>1</sup> Department of Agricultural Sciences, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok, Thailand, 65000

\*Corresponding author: anupongw@nu.ac.th

## Abstract

Local rice or rice landraces (*Oryza sativa* L.) contains the genetic diversity and variation of morphological characters, especially in seed morphology. The distinguish phenotypes of local rice lead to farmer's selection. The objective of this study was evaluated diversity in seed morphology of local rice varieties from lower north of Thailand based on 10 morphological characters. The diversity of seed morphology was found in both within and between local rice varieties in lower north of Thailand. The highest of shannon diversity index values ( $H'$ ) was found in wetland rice ( $H' = 1.426$ ), following by upper rice ( $H' = 1.016$ ) and deep-water rice ( $H' = 0.291$ ), respectively. In addition, the variation of quantitative traits were different among wetland rice, upper rice and deep-water rice groups. The highest of seed length was found in wetland rice (10.39 mm.) whereas the highest of seed width (3.23 mm.), seed thickness (2.19 mm.) and 100 seeds weight (3.33 g.) were found in upper rice. The seed length-width ratio was classified into 4 groups, including; (1) Slender-extra long, (2) Slender-long, (3) Medium-extra long and (4) Medium-long. Such the results in the present study might be the consequence of the farmers' selection and local adaptation. Understanding the variation and diversity in seed morphology of local rice could be used as a guideline for *ex situ* conservation. Moreover, these genetic resources could also be utilized for the future rice breeding programs.

**Keywords:** Local rice, Variation, Diversity, Morphology, Rice seed

## บทนำ

ประเทศไทยเป็นศูนย์กลางความหลากหลายทางพันธุกรรมของพันธุ์ข้าว ทั้งข้าวป่า (*Oryza rufipogon* Griff) และข้าวปลูก (*O. sativa* L.) (Harlan, 1992) โดยเฉพาะข้าวพื้นเมือง (local rice หรือ rice landrace) ซึ่งความหลากหลายและความแปรปรวนทางพันธุกรรมทั้งระหว่างต้นภายในพันธุ์และระหว่างพันธุ์ โดยเป็นผลมาจากการปรับตัวให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมโดยธรรมชาติ หรือการคัดเลือกของชาวนาโดยภูมิปัญญาท้องถิ่นที่มีมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน โดยจะรักษาลักษณะดีบางประการในข้าวพื้นเมืองให้คงอยู่ เช่น ความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่เลวร้าย (Phattarakul, 2008) ความต้านทานต่อโรคและแมลงศัตรู (Oupkaew *et al.*, 2011) และมีโภชนาการที่เป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภค (Prom-u-thai *et al.*, 2004; Pintasen *et al.*, 2007; Saenchai *et al.*, 2012) เป็นต้น จากความสำคัญของความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้าวพันธุ์พื้นเมือง ทำให้เป็นฐานพันธุกรรมที่เป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงพันธุ์ข้าวในอนาคต

ปัจจุบันปัญหาการเสื่อมพันธุ์หรือสูญพันธุ์ของข้าวพื้นเมืองมีให้พบเห็นเป็นจำนวนมาก เกษตรกรมักนิยมปลูกข้าวพันธุ์สมัยใหม่ที่ไม่ใช่พันธุ์พื้นเมืองดั้งเดิมมากขึ้น เนื่องจากให้ผลผลิตสูง คุณภาพเมล็ดดี เป็นที่ต้องการของตลาด และการนำระบบปลูกข้าวพันธุ์เดิรมาใช้ ทำให้พันธุ์ข้าวดั้งเดิมที่มีลักษณะดีบางอย่างสูญพันธุ์ไป (อรรธรณ 2553) ซึ่งการอนุรักษ์พันธุกรรมข้าวพื้นเมืองเป็นทางเลือกหนึ่งที่ยังคงรักษารฐานพันธุกรรมที่สำคัญนี้ไว้ การอนุรักษ์ข้าวพันธุ์พื้นเมืองจึงจำเป็นต้องมีความเข้าใจด้านความหลากหลายทางพันธุกรรม โดยพิจารณาจากลักษณะทางสัณฐานวิทยาและลักษณะทางพืชไร่ โดยเฉพาะความหลากหลายของลักษณะทางสัณฐานในเมล็ดพันธุ์ข้าวพื้นเมือง ทว่าไปแล้วลักษณะสัณฐานของเมล็ด

ข้าวพื้นเมืองพันธุ์ต่างๆ จะแสดงออกในลักษณะที่แตกต่างกัน เช่น การมี-ไม่มีหาง ขนาด-รูปร่างเมล็ด สีเปลือก-สีเยื่อหุ้มเมล็ด เป็นต้น (Jamjod *et al.*, 2017; สิริจันทร์, 2561) ความแตกต่างของลักษณะดังกล่าวสามารถมองเห็น (phenotypes) ด้วยตาเปล่าและเป็นวิธีการประเมินเบื้องต้น ที่ง่ายต่อความเข้าใจและนำไปสู่การคัดเลือกพันธุ์ของเกษตรกรต่อไป ดังนั้นในการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความหลากหลายของลักษณะสัณฐานวิทยาในเมล็ดข้าวพันธุ์พื้นเมืองจากภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย โดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเมล็ดข้าวพันธุ์พื้นเมือง เพื่อประโยชน์ในการคัดเลือกพันธุ์ และการพัฒนาระบบการผลิตข้าวพื้นเมืองให้มีคุณภาพทั้งเมล็ดพันธุ์และผลผลิตต่อไปได้ (นันทิยา และคณะ 2559)

## อุปกรณ์และวิธีการ

### พันธุ์กรรมข้าว

เก็บรวบรวมเชื้อพันธุ์ข้าวพื้นเมืองจากท้องถิ่นต่าง ๆ ของภาคเหนือตอนล่าง จำนวน 20 พันธุ์ ประกอบด้วยข้าวนาสวน 14 พันธุ์ ข้าวหน้าน้ำลึก 3 พันธุ์ และข้าวไร่ 3 พันธุ์ โดยใช้ข้าวพันธุ์เปรียบเทียบมาตรฐาน 3 พันธุ์ ประกอบด้วย ข้าวพันธุ์ปรับปรุง 2 พันธุ์ ได้แก่ ขาวดอกมะลิ 105 (KDML105) และ กข. 6 (RD6) และข้าวพันธุ์สมัยใหม่ 1 พันธุ์ คือ ปทุมธานี 1 (PTT1)

### การประเมินลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเมล็ด

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ทำการสุ่มตัวอย่างเมล็ดข้าวพันธุ์พื้นเมืองและข้าวพันธุ์เปรียบเทียบทั้งหมด 23 สายพันธุ์ พันธุ์ละ 100 เมล็ด จำนวน 3 ซ้ำ เพื่อประเมินและบันทึกลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเมล็ดข้าว ตามแบบบันทึกที่ปรับปรุงมาจากแบบบันทึกข้าวของ Bioversity International, IRRI (2009) จำนวน 8 ลักษณะ สามารถจำแนกออกเป็นลักษณะทางคุณภาพจำนวน 6 ลักษณะ ได้แก่ สีเปลือกเมล็ด สีเยื่อหุ้มเมล็ด การมีขนบนเปลือกเมล็ด การมีหาง รูปร่างเมล็ดข้าวเปลือก และชนิดข้าวสาร และลักษณะทางปริมาณ จำนวน 5 ลักษณะ ได้แก่ ความกว้าง ความยาว ความหนาเมล็ดข้าวเปลือก สัดส่วนความยาว/ความกว้างเมล็ดข้าวเปลือก และน้ำหนัก 100 เมล็ดข้าวเปลือก

### การวิเคราะห์ข้อมูล

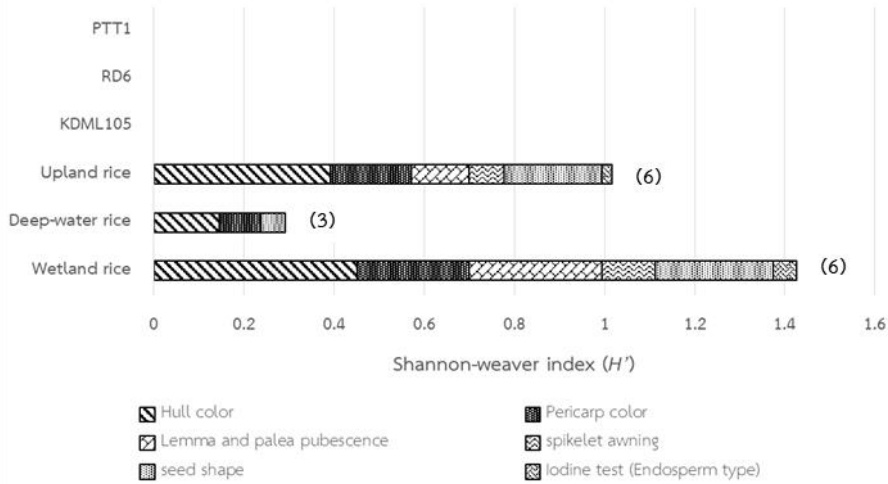
วิเคราะห์ความหลากหลายของลักษณะทางคุณภาพของเมล็ดที่ศึกษา ด้วยค่าดัชนีความหลากหลายของ Shannon-weaver index ( $H'$ ) (Shannon and weaver, 1949 อ้างโดย Power and McSorley, 2000) วิเคราะห์ข้อมูลลักษณะทางปริมาณวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยคำนวณหาค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) และความแปรปรวนของตัวอย่างด้วยค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (%CV)

## ผลการทดลองและวิจารณ์

### ความหลากหลายของลักษณะทางคุณภาพของเมล็ด

จากการประเมินลักษณะทางคุณภาพของข้าวพันธุ์พื้นเมืองจำนวน 20 พันธุ์ จากพื้นที่สูง 3 ระดับ ทั้งหมด 6 ลักษณะ พบว่าข้าวพื้นเมืองนาสวนและข้าวพื้นเมืองไร่พบความหลากหลายทั้งภายในและระหว่างพันธุ์ ทั้ง 6 ลักษณะ โดยมีค่าความหลากหลายรวม ( $H'$ ) เท่ากับ 1.426 และ 1.016 ตามลำดับ ส่วนข้าวพื้นเมืองนาหน้าน้ำลึกพบความหลากหลายทั้งภายในและระหว่างพันธุ์ จำนวน 3 ลักษณะ ได้แก่ สี

เปลือก สีเยื่อหุ้มเมล็ด และรูปร่างเมล็ด และมีค่าความหลากหลายรวมเท่ากับ 0.291 แต่ข้าวพันธุ์เปรียบเทียบทั้ง 3 พันธุ์ไม่พบความหลากหลายทั้งภายในและระหว่างพันธุ์ ( $H' = 0$ ) (Figure 1)



**Figure 1.** Variation of the shannon diversity index values ( $H'$ ) of 20 local rice varieties collected from lower north of Thailand and three pure line cultivated rice varieties on 6 morphological traits. Numbers in the parentheses represent number of polymorphic traits.

### ความแปรปรวนของลักษณะทางปริมาณของเมล็ด

จากการประเมินลักษณะทางปริมาณจำนวน 4 ลักษณะ พบความแตกต่างทั้ง 4 ลักษณะระหว่างกลุ่มข้าวอย่างมีนัยทางสถิติที่ระดับ 0.001 โดยพบว่าข้าวพื้นเมืองนาสวนมีความยาวของเมล็ดมากที่สุด (10.39 มิลลิเมตร) ส่วนข้าวพื้นเมืองไร่มีความกว้าง ความหนาของเมล็ด และน้ำหนัก 100 เมล็ดมากที่สุด (3.23 และ 2.19 มิลลิเมตร และ 3.33 กรัม ตามลำดับ) (Table 1)

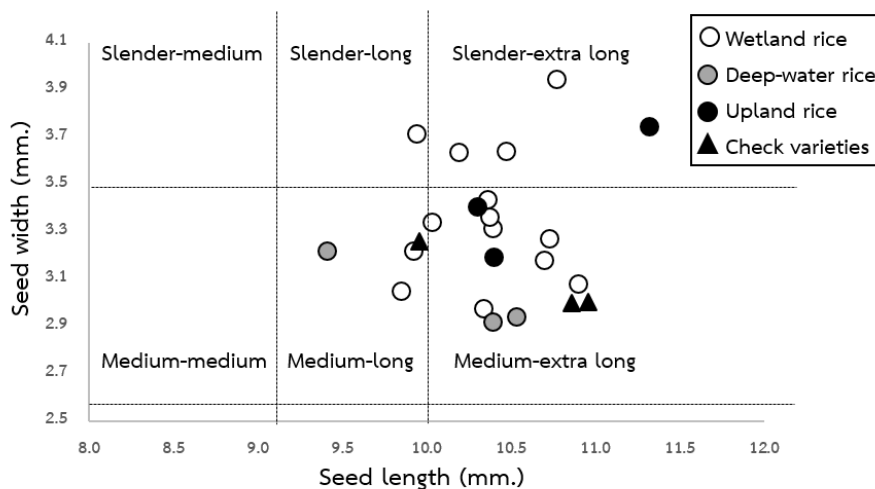
เมื่อพิจารณาตามเกณฑ์การจำแนกรูปร่างของเมล็ด (Figure 2) พบว่าข้าวพันธุ์พื้นเมืองมีการกระจายตัวออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ (1) กลุ่มที่มีรูปร่างเมล็ดเรียวยาวมาก (2) กลุ่มที่มีรูปร่างเมล็ดเรียวยาว (3) กลุ่มที่มีรูปร่างเมล็ดขนาดกลาง-ยาวมาก และ (4) กลุ่มที่มีรูปร่างเมล็ดขนาดกลาง-ยาว ซึ่งพันธุ์ข้าวส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มที่ 3 พบจำนวน 14 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวพื้นเมืองนาสวน 8 พันธุ์ ข้าวพื้นเมืองน่าน้ำลึก 2 พันธุ์ ข้าวพื้นเมืองไร่ 2 พันธุ์ และข้าวพันธุ์เปรียบเทียบ 2 พันธุ์ รองลงมาคือ กลุ่มที่ 1 พบจำนวน 4 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวพื้นเมืองนาสวน 3 พันธุ์ และข้าวพื้นเมืองไร่ 1 พันธุ์ กลุ่ม 4 พบจำนวน 4 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวพื้นเมืองนาสวน 2 พันธุ์ ข้าวพื้นเมืองน่าน้ำลึก 1 พันธุ์ และข้าวพันธุ์เปรียบเทียบ 1 พันธุ์ และกลุ่ม 2 พบข้าวพื้นเมืองนาสวนจำนวน 1 พันธุ์ ตามลำดับ

คัดเลือกของเกษตรกร (farmers' selection) ที่หลากหลายถิ่นอาศัย วัฒนธรรม และความต้องการในเอกลักษณ์ประจำพันธุ์ของแต่ละท้องถิ่น (Pusadee et al., 2009) ทำให้เกิดความแปรปรวนระหว่างลักษณะของพันธุ์ข้าวต่างๆ โดยเฉพาะในลักษณะเมล็ดพันธุ์จะถูกคัดเลือกตามลักษณะที่ต้องการ

**Table 1.** Seed size (width, length and thickness) and 100 seed weight of 20 local rice varieties collected from lower north of Thailand and three pure line cultivated rice varieties (mean  $\pm$  SD, n=300).

Rice groups	n	Seed width (mm.)	Seed length (mm.)	Seed thickness (mm.)	100 seed weight (g.)
Wetland rice	14	3.14 $\pm$ 0.51	10.39 $\pm$ 0.43	2.10 $\pm$ 0.17	3.20 $\pm$ 0.11
Deep-water rice	3	3.02 $\pm$ 0.13	10.36 $\pm$ 0.28	1.92 $\pm$ 0.08	2.64 $\pm$ 0.04
Upland rice	3	3.23 $\pm$ 0.11	9.85 $\pm$ 0.23	2.19 $\pm$ 0.06	3.33 $\pm$ 0.06
Check varieties	3	2.80 $\pm$ 0.10	10.19 $\pm$ 0.17	2.11 $\pm$ 0.08	3.06 $\pm$ 0.04
Mean		3.07	10.42	2.07	3.04
SE		0.047	0.548	0.026	0.139
%CV		4.316	4.059	4.806	0.907
F-test		***	***	***	***

n, the number of varieties in each rice group.



**Figure 2.** Distribution of seed length-width ratio of 20 local rice varieties collected from lower north of Thailand and three pure line cultivated rice varieties.

หรือการรักษาไว้ซึ่งลักษณะที่เป็นเอกลักษณ์ และจะนำลักษณะดังกล่าวมาตั้งเป็นชื่อพันธุ์ข้าว (Lei *et al.*, 2017; Semwal *et al.*, 2014) เช่น การมีหาง ขนาด-รูปร่างเมล็ด สีเปลือก และสีเยื่อหุ้มเมล็ด เป็นต้น นอกจากนี้ในบางท้องถิ่นเกษตรกรมีวัฒนธรรมในการแลกเปลี่ยนเมล็ดพันธุ์ข้าว (seed exchange) ระหว่างเกษตรกร (Brown, 1978) และเป็นการเพิ่มความแปรปรวนในลักษณะต่าง ๆ ของข้าวพื้นเมือง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาของ Phanthaboun (2009) ที่พบว่าการแลกเปลี่ยนเมล็ดพันธุ์ของเกษตรกรทั้งภายในหมู่บ้าน 68% และระหว่างหมู่บ้าน 32% ส่วนใหญ่เป็นการแลกเปลี่ยนผ่านทางเครือญาติ และมีส่วนให้เพิ่มความแปรปรวนและความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้าวพันธุ์พื้นเมืองหลวงพระ

บางในประเทศลาวด้วย อย่างไรก็ตามนอกจากลักษณะทางเมล็ดที่ต่างกันความแตกต่างทางรูปพรรณสัณฐาน เช่น ความสูงของต้น ลักษณะทรงพุ่ม สีของลำต้น และอายุวันออกดอกก็สามารถนำมาใช้แยกความแตกต่างระหว่างพันธุ์ข้าวได้ ลักษณะเหล่านี้มักแปรผันไปตามสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป อาจเกิดความผิดพลาดได้ในกรณีของสายพันธุ์ที่ใกล้เคียงกันจึงต้องอาศัยความชำนาญเป็นพิเศษ ที่สำคัญลักษณะทางสัณฐานวิทยายังมีความจำเป็นที่ต้องพิจารณาในเบื้องต้น แล้วจึงใช้วิธีการตรวจสอบวิธีอื่นที่ เช่น ดีเอ็นเอ ประกอบเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและแม่นยำยิ่งขึ้น

## สรุป

ข้าวพื้นเมืองในภาคเหนือตอนล่างพบความหลากหลาย ทั้งภายในและระหว่างพันธุ์ ในลักษณะทางคุณภาพของลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเมล็ดข้าวพื้น โดยข้าวพื้นเมืองนาสวนมีค่าความหลากหลายรวม ( $H' = 1.426$ ) สูงที่สุด รองลงมาได้แก่ ข้าวพื้นเมืองไร่และข้าวพื้นเมืองน่าน้ำตามลำดับ ( $H' = 1.016$  และ  $0.291$  ตามลำดับ)

พบความแปรปรวนของลักษณะทางปริมาณของลักษณะเมล็ดข้าวระหว่างข้าวพื้นเมืองนาสวน ไร่ และน่าน้ำลึก โดยข้าวพื้นเมืองนาสวนมีความยาวของเมล็ดมากที่สุด (10.39 มิลลิเมตร) ส่วนข้าวพื้นเมืองไร่มีความกว้าง ความหนาของเมล็ด และน้ำหนัก 100 เมล็ดมากที่สุด (3.23 และ 2.19 มิลลิเมตร และ 3.33 กรัม ตามลำดับ)

เมื่อจำแนกตามลักษณะรูปร่างเมล็ดข้าว สามารถแบ่งออกได้ 4 กลุ่ม ได้แก่ (1) กลุ่มที่มีรูปร่างเมล็ดเรียวยาวมาก (2) กลุ่มที่มีรูปร่างเมล็ดเรียวยาว (3) กลุ่มที่มีรูปร่างเมล็ดขนาดกลาง-ยาวมาก และ (4) กลุ่มที่มีรูปร่างเมล็ดขนาดกลาง-ยาว

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยนเรศวรที่ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณรายได้ มหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ 2560 สำหรับงบประมาณในการทำวิจัย ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.คันสนีย์ จำจด ศาสตราจารย์ ดร.เบญจวรรณ ฤกษ์เกษม และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ต่อนภา ผู้สตี ที่ให้คำปรึกษาในการทำวิจัยตลอดจนการให้คำแนะนำในการเขียนบทความ ขอขอบพระคุณศูนย์วิจัยข้าวจังหวัดพิษณุโลกที่อนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์ข้าวพื้นเมืองสำหรับการทำวิจัย

## เอกสารอ้างอิง

- นันทิยา พนมจันทร์, คันสนีย์ จำจด, เบญจวรรณ ฤกษ์เกษม, Bernard Dell และ ชนาภานต์ พรหมอุทัย. (2559). ความแปรปรวนของลักษณะสัณฐานวิทยาในเมล็ดข้าวพันธุ์สูงซึ่งหยดจากภาคใต้ของประเทศไทย. *แก่นเกษตร*, 44(1), 83-94.
- สิรินทร์ กุลเสวกกุล. (2561). *ความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่สูงจากกลุ่มชาติพันธุ์ในภาคเหนือของประเทศไทย* (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต). เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- อรรวรรณ สมใจ, จรัสศรี นวลศรี, และ ไพศาล เหล่าสุวรรณ. (2553). ความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้าวพื้นเมือง บริเวณลุ่มน้ำนาทวี จังหวัดสงขลา โดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเมล็ดและเครื่องหมายไมโครแซทเทลไลท์. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 41(1), 89-97.
- Biodiversity International, IRRI. (2009). *Descriptors for rice (Oryza sativa L)*. Manila: International Rice Research Institute (21 pp.).

- Brown, A. H. D., (1978). Isozymes, plant population genetic structure and genetic conservation. *Theoretical and applied Genetics*, 52(4), 145-157.
- Frei, E. R., J. Ghazoul, P. Matter, M. Heggli, and A. R. Pluess. (2014). Plant population differentiation and climate change: Responses of grassland species along an elevational gradient. *Global Change Biology*, 20(2), 441-455.
- Harlan, J.R. (1992). *Crop and man* (2nd ed). Wisconsin: Madison.
- Jamjod S., N. Yimyam, S. Lordkaew, C. Prom-u-thai, and B. Rerkasem. (2017). Characterization of on-farm rice germplasm in an area of the crop's center of diversity. *Chiang Mai University Journal of Natural Sciences*, 16, 85-98.
- Lei, Q., J. Zhou, W. Zhang, L. Luo, K. Wu, and C. Long. (2017). Morphological diversity of panicle traits in Kam fragrant glutinous rice (*Oryza sativa*). *Genetic Resource Crop Evolution*, 65(3), 775-786.
- Oupkaew, P., P. Pusadee, A. Sirabanchongkran, K. Rerkasem, S. Jamjod, and B. Rerkasem. (2011). Complexity and adaptability of a traditional agricultural system: case study of a gall midge resistant rice landrace from northern Thailand. *Genetic Resource Crop Evolution*, 58, 361-372.
- Phanthaboun, K. (2009). *Genetic diversity of local rice varieties in Luang Prabang, Lao* (Master Thesis). Chiang Mai: Chiang Mai University.
- Phattarakul, N. (2008). *Genotypic variation in tolerance to acid soil in local upland rice varieties* (Doctoral Thesis). Chiang Mai: Chiang Mai University.
- Pintasen, S., C. Prom-u-thai, S. Jamjod, N. YimYam, and B. Rerkasem. (2007). Variation of grain iron content in a local upland rice germplasm from the village of Huai Tee Cha in northern Thailand. *Euphytica*, 158(1), 27-34.
- Power, L. E., and R. McSorley. (2000). *Ecological Principles of Agriculture*. Delmar: Thomson Learning. 433 p.
- Prom-u-thai, C., R. P. Glahn, R. M. Welch, and B. Rerkasem. (2004). Genotypic variation in bioavailability of iron in unpolished and polished rice. *Food Chemistry*, 112(4), 982-986.
- Pusadee, T., S. Jamjod, Y.C. Chiang, B. Rerkasem, and B. A. Schaal. (2009). Genetic structure and isolation by distance in a landrace of Thai rice. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(33), 13880-13885.
- Saenchai C., C. Prom-u-thai, S. Jamjod, B. Dell, and B. Rerkasem. (2012). Genotypic variation in milling depression of iron and zinc concentration in rice grain. *Plant and Soil Plant Soil*, 361, 271-278.
- Semwal, D. P., A. Pandey, D. C. Bhandari, O. P. Dhariwal, and K. Sharma. (2014). Variability study in seed morphology and uses of indigenous rice landraces (*Oryza sativa* L.) collected from West Bengal, India. *Australian Journal and Crop Science*, 8(3), 460-467.

Shannon, C. E. and W. Weaver. 1949. *The Mathematical Theory of Communication*. Illinois: University Illinois Press, Urbana,. 117 p.