แก่นเกษตร 47 (6) : 1139-1150 (2562). KHON KAEN AGR. J. 47 (6) : 1139-1150 (2019). /doi:10.14456/kaj.2019.101.

การจำแนกลักษณะทางสัณฐาน พืชไร่ และคุณภาพพิเศษของข้าวก่ำพันธุ์พื้นเมืองที่สูงจากภาคเหนือของประเทศไทย

Classification of morphological, agronomic and special grain quality characters among highland purple rice landraces from Northern Thailand

สุขสันต์ ฟองฝน[1], ต่อนภา ผุสดี[1,2], ชนากานต์ เทโบลต์ พรมอุทัย[1] และ ศันสนีย์ จำจด[1,2*]

Suksan Fongfon[1], Tonapha Pusadee[1], Chanakan Thebault Prom-u-thai[1,2] and Sansanee Jamjod[1,2*]

บทคัดย่อ: ข้าวก่ำพื้นเมืองนับเป็นทรัพยากรพันธุกรรมที่มีคุณค่า เนื่องจากเป็นแหล่งความหลากหลายทางพันธุกรรมที่สำคัญ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจำแนกข้าวก่ำพื้นเมืองในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย จำนวน 37 ตัวอย่าง และข้าวพันธุ์เปรียบเทียบจำนวน 9 พันธุ์ ด้วยลักษณะทางสัณฐาน พืชไร่ 19 ลักษณะ และคุณภาพพิเศษในเมล็ดรวม 4 ลักษณะ ได้แก่ ปริมาณแอนโทไซยานิน แกมมาออไรโซนอล ความเข้มข้นธาตุเหล็ก และสังกะสี ผลการศึกษา พบว่าข้าวก่ำพื้นเมืองทุกตัวอย่างปรากฏสีม่วงดำบนส่วนต่าง ๆ ของต้นข้าวแตกต่างกัน โดยข้าวพื้นเมืองส่วนใหญ่ปรากฏสีเขียวทุกส่วนของต้นข้าว รูปร่างเมล็ดใหญ่ และมีชนิดแป้งเป็นข้าวเหนียว (คิดเป็น 65% 80% และ 95% ของตัวอย่างทั้งหมด) นอกจากนี้ ข้าวก่ำพันธุ์พื้นเมืองมีความแตกต่างในลักษณะทางพืชไร่และลักษณะคุณภาพพิเศษอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่ามีตัวอย่างที่มีปริมาณแอนโทไซยานินและแกมมาโอไรซานอลสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ KDK เท่ากับ 2 และ 3ตัวอย่าง ตามลำดับ และมีปริมาณสังกะสีมากกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ HN จำนวน 1 ตัวอย่าง และข้าวก่ำพื้นเมืองทุกตัวอย่างที่มีปริมาณธาตุเหล็กต่ำกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ KH-CMU เมื่อจัดกลุ่มด้วยลักษณะทางสัณฐาน พืชไร่ และคุณภาพพิเศษเมล็ดรวม 23 ลักษณะ พบว่าสามารถจำแนกข้าวได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ 5 กลุ่มย่อย ผลที่ได้จากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าข้าวก่ำพื้นเมืองในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทยมีความหลากหลายทางพันธุกรรม โดยข้าวก่ำพื้นเมืองที่พบว่ามีคุณค่าทางโภชนาการสูงสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวต่อไปได้

คำสำคัญ: ข้าวเหนียวดำ, ข้าวพันธุ์พื้นเมือง, ลักษณะทางสัณฐาน, ความหลากหลาย, แอนโทไซยานิน

Received February 22, 2019

Accepted June 12, 2019

[1] ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200
Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

[2] ศูนย์วิจัยข้าวล้านนา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200
Lanna Rice Research Center, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

* Corresponding author: sansanee.cm@gmail.com

ABSTRACT: Purple rice landraces are valuable genetic resources due to being source of considerable amount of genetic diversity. This study aimed to classify highland purple rice landraces from Northern Thailand including of 37 purple rice landrace accessions and 9 check varieties using 19 morphological and agronomic traits and 4 special grain qualities i.e., anthocyanin, gamma oryzonal, iron (Fe) and zinc (Zn) concentration. The results showed that purple rice landraces had different shade of the purple pigmentation among plant parts and accessions. Most of purple rice accessions exhibited green color on their plant part, being large grain shape and glutinous endosperm type (about 65%, 80% and 95%, respectively). Purple rice accessions were different significantly in all agronomic and grain quality characters. There were acccesisons with higher anthocyanin and gamma oryzanol than KDK for 2 and 3 accesions, respectively.Only one accession had higher Zn concentration than the check variety HN but, all purple rice landraces had lower grain Fe concentration than the check variety KH-CMU. The agglomerative cluster analysis based on the 23 characters revealed that 46 purple rice accession were clustered into 2 main groups and 5 sub-groups. The results of this study indicated that there were morphological, agronomic and grain quality variation among purple rice landraces from highland of northern Thailand. The accessions with high nutritional value will be useful for rice improvement program in the future.
Keywords: Purple glutinous rice, rice landraces, morphology, diversity, anthocyanin

บทนำ

ข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำ หรือข้าวก่ำ เป็นข้าวที่ปลูกและมีการนำมาใช้ประโยชน์มาอย่างยาวนาน พบการกระจายตัวอยู่ในหลายประเทศ ได้แก่ จีน อินเดีย ญี่ปุ่น เกาหลี พม่า อินโดนีเซีย และลาว เป็นต้น (Chaudhary, 2003) ส่วนในประเทศไทยนิยมปลูกมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือ เกษตรกรมักปลูกไว้เพื่อใช้ประโยชน์ในครัวเรือนมากกว่าเพื่อการค้า เช่น ใช้ทำขนมเพื่อบูชาสิ่งศักดิ์สิทธิ์ เป็นสมุนไพรรักษาโรค ได้แก่ โรคเลือดตกในสตรีหลังจากคลอดลูก โรคท้องร่วง ฝีในท้อง รวมถึงการปลูกเพื่ออารักขาข้าวและพืชชนิดอื่น ๆ ในพื้นที่เพาะปลูก (ดำเนิน, 2554)

เยื่อหุ้มเมล็ดที่มีสีดำในเมล็ดข้าวประกอบด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลายชนิดที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ โดยเฉพาะแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นสารประกอบหลักของข้าวกลุ่มนี้ แอนโทไซยานินจัดอยู่ในกลุ่มฟลาโวนอยด์มีความสามารถในการละลายน้ำได้ดีโดยจะสะสมอยู่ในชั้นแอลิวโลนของเยื่อหุ้มเมล็ด แอนโทไซยานินมีหลายชนิดแต่ชนิดที่พบมากที่สุดในข้าวคือ cyanidin-3-glucoside (C3G) รองลงมา คือ peonidin-3-glucoside (P3G) การศึกษาวิจัยที่ผ่านมาพบว่าแอนโทไซยานินสามารถช่วยในการลดความเสี่ยงของการเกิดโรคที่สำคัญ ได้แก่ โรคมะเร็ง โรคเบาหวาน และโรคหลอดเลือดหัวใจ และยังช่วยเสริมสร้างการเรียนรู้และความจำของสมองอีกด้วยเช่นกัน (Wang and Stoner, 2008; Wallace, 2011; Sancho and Pastore, 2012) นอกจากนี้ ข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำยังประกอบด้วยแกมมาโอไรซานอลซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเช่นเดียวกับแอนโทไซยานินแต่มีความสามารถในการละลายได้ดีในไขมัน สารประกอบไขมันนี้ช่วยในการสร้างความแข็งแรงให้กับกล้ามเนื้อ และเสริมสร้างภูมิคุ้มกันชนิดก่อเองในร่างกาย (Eslami et al., 2014; Shin et al., 2017) ข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำยังเป็นแหล่งของธาตุอาหารที่สำคัญ ได้แก่ ธาตุเหล็กและสังกะสีซึ่งมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาของร่างกายอีกด้วย ปัจจุบันข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำได้รับความสนใจจากผู้บริโภคกลุ่มคนรักสุขภาพทั้งภายในและต่างประเทศ โดยนำไปแปรรูปเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ขนมขบเขี้ยว เครื่องดื่ม ประเภทชาจากข้าว ตลอดจนการสกัดสารแอนโทไซยานินและแกมมาโอไรซานอลเพื่อเป็นส่วนผสมของอาหารเสริม และเครื่องสำอาง

บนพื้นที่สูงของประเทศไทยซึ่งข้าวพันธุ์พื้นเมืองไม่เพียงแต่มีความสำคัญต่อเกษตรกรเพื่อใช้ประโยชน์ในครัวเรือนเป็นหลักเท่านั้น แต่ยังมีความสำคัญต่อการปรับปรุงพันธุ์ข้าวอย่างมาก เนื่องจากข้าวพันธุ์พื้นเมืองปรับตัวต่อพื้นที่เพาะปลูกในท้องถิ่นได้ดี มีความหลากหลายทางพันธุกรรมซึ่งแสดงออกมาให้เห็นจากทางสัณฐานและมีความแปรปรวนของ

คุณภาพเมล็ดและลักษณะทางคุณค่าทางโภชนาการ ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจำแนกความแตกต่างของข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำในพื้นที่ภาคเหนือด้วยลักษณะทางสัณฐาน พืชไร่ และคุณภาพพิเศษ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานที่เป็นประโยชน์ในด้านการปรับปรุงพันธุ์ต่อไป

วิธีการศึกษา

พันธุกรรมและการปลูก

เก็บตัวอย่างเมล็ดข้าวก่ำพื้นเมืองจากแปลงเกษตรกรจำนวน 37 ตัวอย่างซึ่งเป็นตัวอย่างที่ไม่เคยมีการศึกษามาก่อน เป็นชนิดข้าวไร่ 30 ตัวอย่าง และข้าวนาสวน 7 ตัวอย่าง ในจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และแม่ฮ่องสอน นำมาปลูกทดสอบเปรียบเทียบกับพันธุ์ปรับปรุงที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำ 5 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด (KDK) ก่ำหอม มช (KH-CMU) หอมนิล (HN) ไรซ์เบอร์รี่ (RB) ก่ำเจ้า มช. 107 (KJ-CMU107) และพันธุ์ที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาว 4 พันธุ์ ได้แก่ ขาวดอกมะลิ 105 (KDML105) ปทุมธานี 1 (PTT1) กข 6 (RD6) สันป่าตอง1 (SPT1) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ ปลูกข้าวในกระถางพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางยาว 35 ซม. จำนวน 1 กระถางต่อ 1 ซ้ำ ปลูกข้าวหลุมละ 1 ต้น จำนวน 10 ต้น/กระถาง ทดลองระหว่างเดือนกรกฎาคม-พฤศจิกายน 2557 ณ แปลงทดลองสาขาพืชไร่ ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

การประเมินลักษณะสัณฐานและพืชไร่

บันทึกข้อมูลทุกต้นตามแบบประเมินข้าว (IBPGR-IRRI, 1980) ในระยะแตกกอบันทึกสีแผ่นใบ กาบใบ ลิ้นใบ หูใบ ปล้อง และจำนวนหน่อต่อกอ ในระยะออกดอกบันทึกสีฐานรองดอก เกสรตัวเมีย ยอดดอก อายุออกดอก และระยะสุกแก่บันทึกความสูงของต้นข้าว จำนวนรวงต่อกอ และทำการสุ่ม 2 รวงต่อกอเพื่อบันทึกจำนวนเมล็ดดีต่อรวง เก็บเกี่ยวผลผลิตและนวดเพื่อชั่งน้ำหนักเมล็ดต่อกระถาง จากนั้นสุ่ม 100 เมล็ดเพื่อประเมินสีเปลือก วัดความยาวและความกว้างของเมล็ดข้าวเปลือกเพื่อจำแนกรูปร่างเมล็ดข้าวเปลือกตามวิธีของ Matsuo (1952) แกะเปลือกเมล็ดเพื่อประเมินสีเยื่อหุ้มเมล็ด วัดความยาวและความกว้างของเมล็ดข้าวกล้องเพื่อประเมินรูปร่างเมล็ดข้าวกล้องโดยใช้สัดส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้าง (ratio<2 = เมล็ดป้อม, 2-3 = ปานกลาง, >3 = เรียว) จากนั้นนำเมล็ดข้าวกล้องมาผ่าเมล็ดตามแนวขวางแล้วนำไปทดสอบชนิดข้าวสารด้วยสารละลายไอโอดีน (KI/I2) ความเข้มข้น 1% ตามวิธีการของงามชื่น (2547)

การประเมินคุณภาพพิเศษของเมล็ด

การวิเคราะห์แอนโทไซยานิน

วิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินด้วยวิธี pH differential method (Lee et al. 2005) จากตัวอย่างข้าวกล้อง 2.5 กรัม โดยใส่ลงในหลอดทดลองพลาสติกขนาด 25 มล. เติมน้ำปราศจากไอออน (Deionized water) ปริมาตร 24 มล. ปิดฝาให้สนิทแล้วนำไปบ่มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 50°C เป็นระยะเวลา 30 นาที เขย่าทุกๆ 5 นาที นำสารสกัดมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 5 จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนให้ครบ 25 มล. ดูดสารสกัดแอนโทไซยานินปริมาตร 2 มล. ใส่ขวดรูปชมพู่ 2 ใบ ปรับปริมาตรด้วยสารละลายโซเดียมอะซิเตต (0.400 M pH 4.5) และสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (0.025 M pH 1.0) ให้ครบ 25 มล. ตามลำดับ จากนั้นวัดค่าการดูดแสงที่ 520 และ 700 นาโนเมตรด้วยเครื่อง spectrophotometer

การวิเคราะห์แกมมาโอไรซานอล

การวิเคราะห์แกมมาโอไรซานอลดัดแปลงจากวิธีของ Xu and Godber (1999) โดยสกัดไขมันด้วยชุดสกัดไขมัน soxhlet จากตัวอย่างข้าวกล้องบดละเอียดปริมาณ 5 กรัม ด้วยตัวทำละลายไดคลอโรมีเทน เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง จากนั้นละลายไขมันที่สกัดได้ด้วยตัวทำละลาย Hexane (HPLC grade) ปริมาตร 2 มล. แล้วกรองด้วยกระดาษกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร เก็บสารละลายไขมันในไวออลแล้ววัดปริมาณสารแกมมาโอไรซานอลด้วยเครื่อง high performance liquid chromatography (Shimadzu, Japan) โดยสภาวะของระบบ HPLC ประกอบด้วย คอลัมน์ Ultra C18 5 ไมโครเมตร 250 x 4.6 มม. (Restek, USA) ใช้ mobile phase มีส่วนผสมของ methanol, acetonitrile, dichloromethane และ acetic acid (50:44:3:3 v/v/v/v) มีอัตราการไหลของสารในระบบ 1.4 มล./นาที ตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 330 นาโนเมตร

การวิเคราะห์ธาตุเหล็กและสังกะสี

วิเคราะห์ปริมาณธาตุเหล็กและสังกะสีด้วยวิธี dry-ashing ดัดแปลงจาก Delhaize *et al*. (1984) และ Allan (1961) ชั่งตัวอย่างข้าวกล้อง 0.5 กรัม ใส่ใน crucible แล้วเผาที่อุณหภูมิ 540 ˚C เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง จากนั้นนำ crucible มาเติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (1HCl:1H20) ปริมาตร 2 มล. อุ่นบนเตาที่อุณหูมิ 70˚C เป็นเวลา 20 นาที ก่อนนำมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 10 มล. วัดปริมาณธาตุเหล็กและสังกะสีด้วยเครื่อง atomic absorption spectroscopy

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ลักษณะทางพืชไร่ และคุณภาพพิเศษ คำนวณค่าเฉลี่ย (mean) ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (CV) วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) จากนั้นนำข้อมูลลักษณะทางสัณฐาณ พืชไร่ และลักษณะคุณภาพเมล็ดรวม 23 ลักษณะ มาจัดกลุ่มด้วยวิธี agglomerative cluster analysis โดยคำนวณค่าดัชนีความแตกต่างด้วยวิธี Ward's method ด้วยโปรแกรม statistical tool for agricultural research (STAR) และสร้าง UPGMA dendtrogram ด้วยโปรแกรม Mega 7.0

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การประเมินลักษณะทางสัณฐานและพืชไร่

ผลการประเมินลักษณะการปรากฏสีบนส่วนต่างๆ ของข้าวพันธุ์พื้นเมืองร่วมกับพันธุ์เปรียบเทียบรวม 46 ตัวอย่าง พบว่า ข้าวพันธุ์พื้นเมืองทั้ง 37 ตัวอย่าง ปรากฏสีเยื่อหุ้มเมล็ดสีม่วงดำคล้ายกันแต่มีความแตกต่างของการปรากฏสีบนส่วนต่างๆ ของต้นข้าว ซึ่งจำแนกได้ 9 รูปแบบ (**Table 1**) โดยตัวอย่างส่วนใหญ่ 65% จัดอยู่ในรูปแบบที่ 2 คือ ปรากฏสีเขียวทุกส่วนของต้นข้าวคล้ายพันธุ์เปรียบเทียบ KH-CMU และ KJ-CMU107 พบ 3 ตัวอย่าง (8%) คือ ข้าวก่ำพื้นเมือง 006, 242 และ 250 ที่ปรากฏสีม่วงทุกส่วนคล้ายพันธุ์เปรียบเทียบ KDK ซึ่งจัดอยู่ในรูปแบบที่ 3 และตัวอย่างที่เหลือปรากฏสีเขียวปนม่วงในรูปแบบที่แตกต่างกันจำนวน 6 รูปแบบ (รูปแบบที่ 4-9) สอดคล้องกับการศึกษาของ ดำเนินและคณะ (2554) ที่ได้จำแนกรูปแบบการเกิดสีของข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำจากพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้ 15 รูปแบบ ซึ่งตัวอย่างส่วนใหญ่จะมีสีม่วงปนเขียวและม่วง นอกจากนี้จากการศึกษาของนารีรัตน์ (2553) สังเกตว่าข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำบางสายพันธุ์มีสีของต้นข้าวเป็นสีเขียว และบางสายพันธุ์มีสีม่วง แสดงให้เห็นว่าลักษณะของสีบนเยื่อหุ้มเมล็ดและสีของต้นข้าวมีความเป็นอิสระต่อกัน ซึ่งอาจจะเป็นผลมาจากการคัดเลือกของเกษตรกรที่มุ่งเน้นการคัดเลือกเฉพาะสีของเยื่อหุ้มเมล็ด

ตัวอย่างข้าวพื้นเมืองที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำส่วนใหญ่ (81% ของตัวอย่างข้าวพื้นเมือง) มีรูปร่างเมล็ดข้าวเปลือกเป็นแบบรูปร่างใหญ่ (large shape) (**Figure 1a**) เช่นเดียวกับข้าวพันธุ์ SPT1, KDK และ KH-CMU ส่วนลักษณะรูปร่างเมล็ดข้าวกล้องพบว่าจำแนกออกได้เป็น 3 แบบ โดย 89% ของตัวอย่างข้าวพื้นเมืองที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำมีรูปร่างข้าวกล้องแบบปานกลาง (medium shape) เช่นเดียวกับข้าวพันธุ์ KDK และ SPT1 พบว่ามี 8% มีรูปร่างเมล็ดป้อม (bold shape) เช่นเดียวกับข้าวพันธุ์ KH-CMU ในขณะที่รูปร่างเมล็ดเรียว (slender shape) พบเพียง 3% ของตัวอย่างข้าวพื้นเมืองที่มีรูปร่างข้าวกล้องเช่นเดียวกับข้าวพันธุ์ KDML105, RD6, PTT1, KJ-CMU107, HN และ RB (**Figure 1b**) การตรวจสอบชนิดแป้งข้าวสารด้วยสารละลายไอโอดีน พบว่า ข้าวพื้นเมืองที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำที่ศึกษาครั้งนี้ส่วนใหญ่ 95% เป็นชนิดข้าวเหนียว พบเพียง 2 ตัวอย่าง ได้แก่ ข้าวพื้นเมือง 065 และ 227 ที่เป็นชนิดข้าวเจ้า (**Figure 1c**) ความหลากหลายของรูปร่างเมล็ดข้าวเปลือกและข้าวกล้อง และชนิดแป้งข้าวสารที่พบในการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของทรายแก้ว (2547) ได้ศึกษาข้าวบือชอมี 22 ตัวอย่างพบทั้งชนิดเมล็ดใหญ่และเมล็ดเรียว แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรมีความชอบบริโภคข้าวที่มีรูปร่างเมล็ด และชนิดของข้าวสารที่แตกต่างกัน ซึ่งส่งผลต่อการตัดสินใจในการปลูกและการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ของเกษตรในแต่ละราย

การประเมินลักษณะทางพืชไร่พบว่าความสูงของต้นข้าวมีค่าระหว่าง 106-190 ซม. มีค่าเฉลี่ย 135 ซม. โดยตัวอย่าง 243 มีความสูงมากที่สุด ส่วนตัวอย่าง 190 มีความสูงน้อยที่สุด (**Figure 2a**) อายุออกดอกของข้าวพันธุ์พื้นเมืองมีค่าตั้งแต่ 86-121 วัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 101 วัน ตัวอย่างที่มีอายุออกดอกน้อยที่สุด

Table 1 Variation of coloration pattern on rice plants among highland purple rice landraces from northern Thailand

Type	Highland purple rice landraces										%	Check variety
	Blade	leaf sheath	Auricle	Ligule	Internode	Stigma	Sterile lemma	Apiculus	Husk	Pericarp		
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	KDML105 RD6 SPT1 PTT1
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	++	65	KH-CMU KJ-CMU107
3	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	8	KDK
4	+	++	++	++	++	++	++	++	-	++	3	HN RB
5	+	++	++	++	++	++	++	++	+	++	8	
6	+	++	++	++	++	-	++	++	+	++	3	
7	+	+	++	++	++	-	-	++	+	++	3	
8	+	+	++	++	-	++	++	++	+	++	11	
Total											100	

(-) no purple pigmentation, (+) partial purple and (++) purple

คือ ตัวอย่าง 265 มีอายุออกดอก 86 วัน ส่วนตัวอย่าง 006 และ 242 มีอายุออกดอกมากที่สุดเท่ากับ 121 วัน (Figure 2b) ลักษณะจำนวนหน่อต่อกอของข้าวพันธุ์พื้นเมืองมีจำนวนหน่อใกล้เคียงกัน คือ 3-4 หน่อต่อกอ (Figure 2c) เช่นเดียวกับจำนวนรวงต่อกอมีค่าระหว่าง 2-4 รวง (Figure 2d) จำนวนเมล็ดดีต่อรวงพบว่าข้าวพันธุ์พื้นเมืองมีค่าระหว่าง 83-128 เมล็ด ตัวอย่างที่มีจำนวนเมล็ดมากที่สุด คือ 032 และตัวอย่าง 002 มีจำนวนน้อยที่สุด (Figure 2e) สำหรับผลผลิตต่อกระถางมีค่าระหว่าง 63-106 กรัมต่อกระถาง ตัวอย่างที่มีผลผลิตสูงสุด คือ ตัวอย่าง 267 และตัวอย่างที่มีผลผลิตต่ำสุด คือ ตัวอย่าง 006 (Figure 2f)

การประเมินลักษณะคุณภาพพิเศษ

การวิเคราะห์คุณภาพพิเศษของข้าวก่ำพื้นเมือง พบว่า มีความแตกต่างระหว่างพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ปริมาณแอนโทไซยานินมีค่าระหว่าง 0.5-16.0 มก./100 ก. ปริมาณแกมมาโอไรซานอลมีค่าระหว่าง 52.0-111.4 มก./100 ก. ปริมาณธาตุเหล็กมีค่าระหว่าง 7.8-15.2 มก./กก. และปริมาณธาตุสังกะสีมีค่าระหว่าง 16.9-38.8 มก./กก. ข้าวพื้นเมืองมีปริมาณแอนโทไซยานินอยู่ระหว่างพันธุ์เปรียบเทียบ KDK และ HN จำนวน 34 ตัวอย่าง และมีค่ามากกว่าพันธุ์เปรียบเทียบจำนวน 2 ตัวอย่าง ได้แก่ 037 และ 057 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 16.00 และ 15.58 มก./100 ก. ตามลำดับ (0)

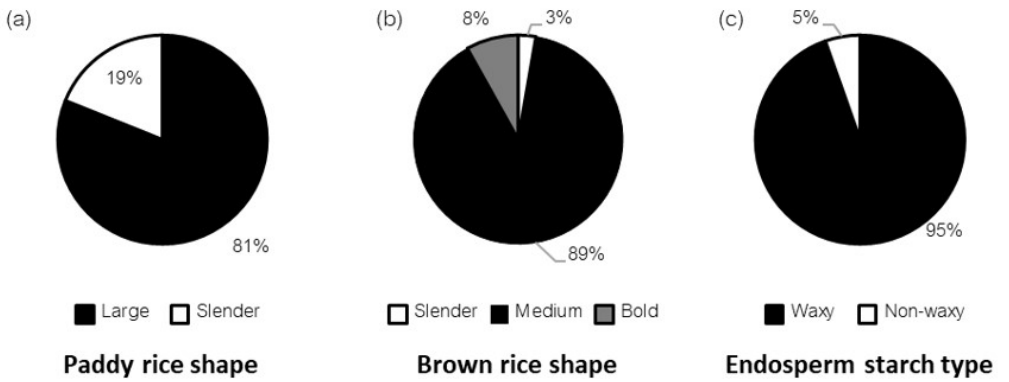

Figure 1 Variation of paddy rice shape (a), brown rice shape (b) endosperm starch type (c) among highland purple rice landraces from Northern Thailand.

ตัวอย่างข้าวพื้นเมืองมีปริมาณแกมมาโอไรซานอลอยู่ระหว่าง KDK และ KJ-CMU 107 จำนวน 22 ตัวอย่าง โดยตัวอย่าง 250, 243 และ 242 มีค่ามากกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ KDK (111.4, 103.6, และ 93.7 มก./100 ก. ตามลำดับ) (Figure 3b) ปริมาณธาตุเหล็กพบว่าตัวอย่างเกือบทั้งหมดมีค่าระหว่างพันธุ์ KH-CMU และ KDK ไม่พบตัวอย่างใดที่มีค่ามากกว่าพันธุ์ KH-CMU (Figure 3c) ส่วนลักษณะปริมาณธาตุสังกะสีพบว่าตัวอย่าง 22 ตัวอย่างมีค่าระหว่างพันธุ์ HN และ KDK พบ 1 ตัวอย่างที่มีค่ามากกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ ได้แก่ ตัวอย่าง 189 มีค่าเท่ากับ 38.8 มก./กก. (Figure 3d) การศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา โดยปริมาณแอนโทไซยานินในการศึกษาครั้งนี้มีค่ามากกว่าข้าวสีบนพื้นที่สูงในประเทศอินเดียซึ่งมีค่าระหว่าง 3.6-7.9 มก./100 ก. (Pathak et al.,2016) นอกจากนี้ปริมาณแกมมาโอไรซานอลมากกว่าข้าวก่ำในประเทศไทยที่มีการศึกษาก่อนหน้านี้ด้วยซึ่งมีค่าระหว่าง 39.84-75.30 มก./100 ก. (Boonsit et al., 2010) อีกทั้งยังมีปริมาณธาตุสังกะสีมากกว่าข้าวก่ำในประเทศลาวซึ่งได้รายงานค่าระหว่าง 19.2-26.1 มก./กก. อย่างไรก็ตามในกลับพบว่ามีปริมาณธาตุเหล็กต่ำกว่าข้าวก่ำในประเทศลาวได้รายงานค่าระหว่าง 11.1-20.0 มก./กก. (Bounphanousay, 2007) ความแตกต่างที่เกิดขึ้นอาจจะจะเป็นผลจากความแตกต่างทางพันธุกรรมที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์และสะสม

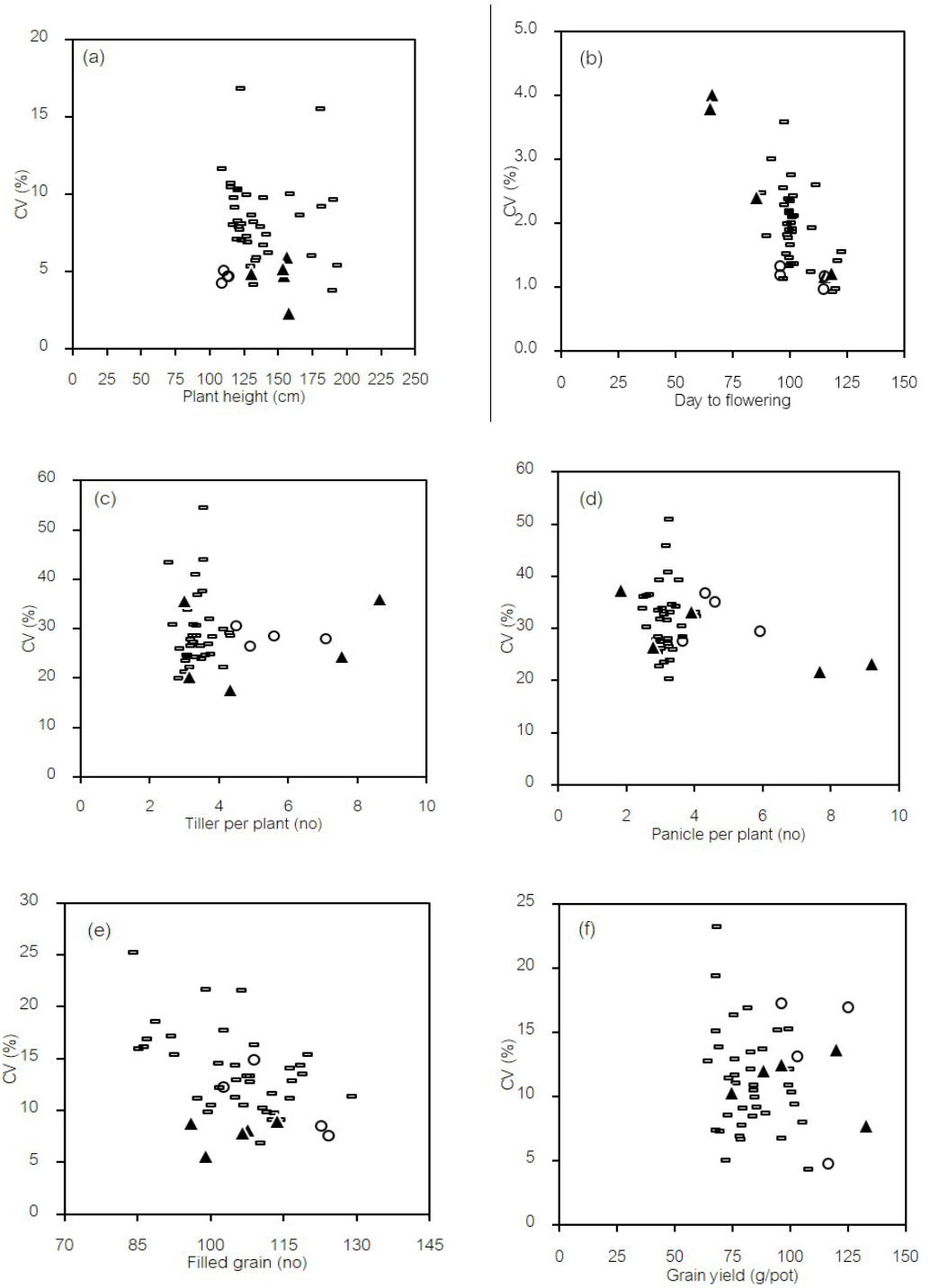

Figure 2 Distribution of plant height (a), days to flowering (b), number of tiller per plant (c) number of panicles per plant (d), filled grain per panicle (e), and grain yield per pot (f) among highland purple rice landraces from Northern Thailand. Symbol solid line ( ) was represented 37 highland purple rice landraces, solid triangle ( ) represented 5 improved purple rice varieties, and open circular ( ) represented 4 eliet white rice varieties.

แอนโทไซยานินและแกมมาโอไรซานอลในเมล็ด รวมถึงการดูดซึม การลำเลียงธาตุเหล็กและธาตุสังกะสีจากดินหรือเนื้อเยื่อพืชเข้าสู่เมล็ด อย่างไรก็ตามผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการวิเคราะห์ทางเคมีเป็นวิธีที่เหมาะสมต่อการศึกษาลักษณะคุณภาพพิเศษของข้าวก่ำพื้นเมืองที่ยังมีความแปรปรวนของปริมาณสารสำคัญและแร่ธาตุ ถึงแม้ว่าตัวอย่างส่วนใหญ่จะมีค่าอยู่ระหว่างพันธุ์เปรียบเทียบแต่ก็มีโอกาสพบตัวอย่างที่มีปริมาณสารต่างๆ สูงเพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาสายพันธุ์ข้าวต่อไป

การจัดกลุ่มข้าวพันธุ์พื้นเมือง

การจัดกลุ่มด้วยลักษณะสัณฐาน พืชไร่ และลักษณะคุณภาพเมล็ด จำนวนทั้งหมด 24 ลักษณะ จากแผนภาพความสัมพันธ์ (Figure 4) มีค่าสัมประสิทธิ์ความแตกต่าง 0.250 สามารถจำแนกข้าวทั้งหมดได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ได้แก่ cluster A เป็นกลุ่มข้าวที่ต้นข้าวปรากฏสีเขียวทุกส่วน เปลือกเมล็ดสีฟาง ส่วน cluster B มีลักษณะเด่น คือ ต้นข้าวปรากฏสีม่วงหรือเขียวปนม่วง นอกจากนี้ ที่สัมประสิทธิ์ความแตกต่าง 0.125 cluster A ยังแบ่งได้อีก

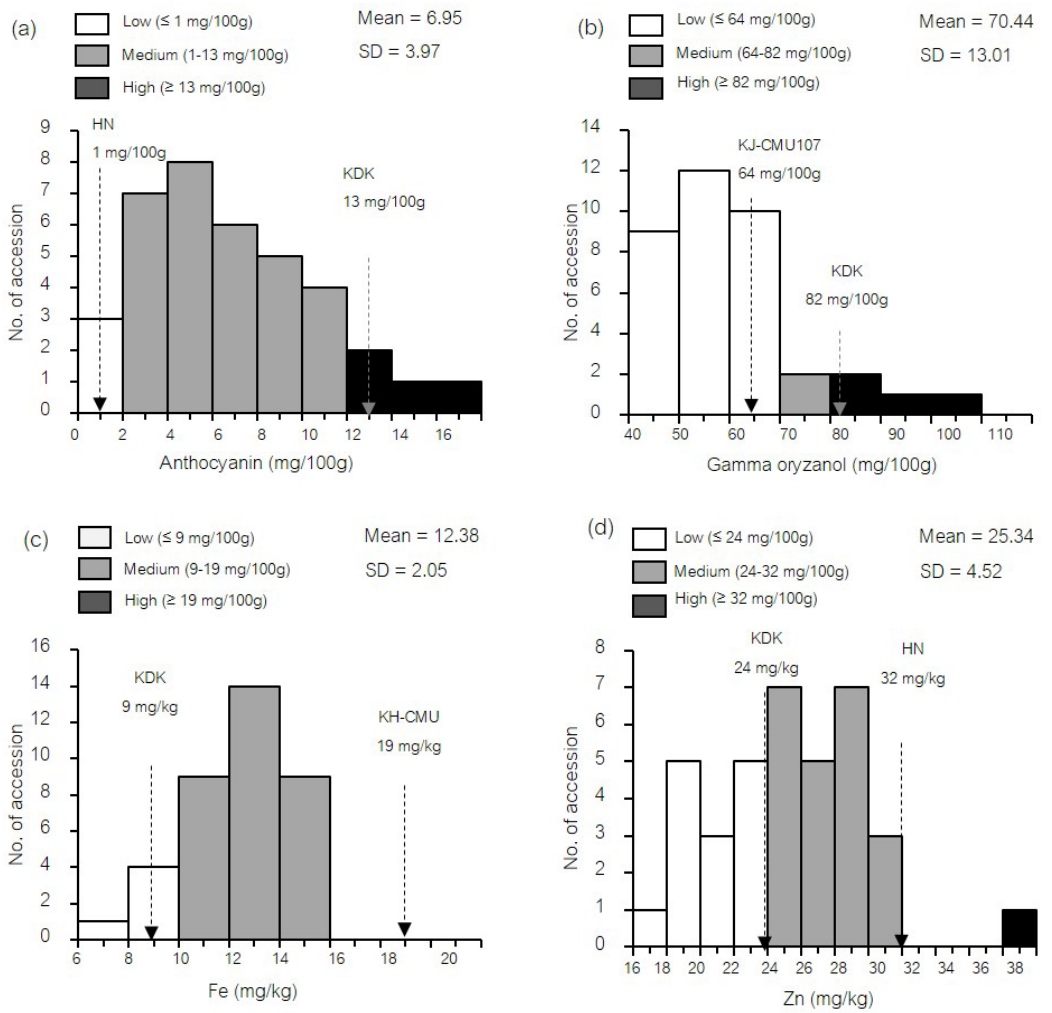

Figure 3 Distribution of anthocyanin content (a), gamma oryzanol content (b), Fe concentration (c) and Zn concentration (d) among highland purple rice landraces from Northern Thailand.

Figure 4 UPGMA dendrogram divided 46 rice samples indluding 37 black rice landrace and 9 check varieties into 2 main clusters and 5 subgroups based on Ward's method from on 19 morphoglocial and agronomic traits with 4 grain special quality characters.

สองกลุ่มย่อยได้แก่ A-I และ A-II โดยกลุ่ม A-I ประกอบด้วยข้าวพันธุ์พื้นเมือง 24 ตัวอย่าง และพันธุ์เปรียบเทียบ KH-CMU มีลักษณะเด่น คือ มีรูปร่างเมล็ดข้าวเปลือกใหญ่ ส่วนกลุ่ม A-II เป็นข้าวพันธุ์เปรียบเทียบทั้งหมด 5 พันธุ์ ได้แก่ KDML105, RD6, SPT1, PTT1 และ KJ-CMU107 มีรูปร่างเมล็ดเรียวเยื่อหุ้มเมล็ดปรากฏสีขาวยกเว้นพันธุ์ KJ-CMU 107 มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำ และ cluster B สามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มย่อย ได้แก่ B-I, B-II และ B-III โดยกลุ่ม B-I ประกอบด้วยข้าวพันธุ์พื้นเมือง 5 ตัวอย่าง มีรูปร่างเมล็ดข้าวเปลือกใหญ่ เปลือกเมล็ดปรากฏสีน้ำตาลหรือม่วงขีดฟาง มีค่าเฉลี่ยปริมาณแอนโทไซยานินมากที่สุดเท่ากับ 10.4 มก./100 ก. ส่วนกลุ่ม B-II เป็นกลุ่มขนาดเล็กที่สุดเพียง 3 ตัวอย่าง ประกอบด้วยตัวอย่าง 065 พันธุ์เปรียบเทียบ HN และ RB ข้าวกลุ่มนี้มีรูปร่างเมล็ดเรียว เปลือกเมล็ดสีฟาง มีค่าเฉลี่ยของความสูง อายุออกดอกน้อยที่สุด มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นธาตุสังกะสีมากที่สุดเท่ากับ 30.61 มก/กก. และกลุ่มสุดท้าย B-III ประกอบด้วยข้าวพันธุ์พื้นเมือง 7 พันธุ์ และพันธุ์เปรียบเทียบ KDK ซึ่งมีลักษณะเด่น คือ รูปร่างเมล็ดเรียว เปลือกเมล็ดสีม่วงหรือม่วงแถบฟาง มีค่าเฉลี่ยปริมาณแกมมาโอไรซานอลมากที่สุดเท่ากับ 81.54 มก/100 ก. แสดงให้เห็นว่าการใช้ลักษณะสัณสัณฐานร่วมกับคุณภาพพิเศษสามารถใช้การจัดกลุ่มร่วมกันได้ ซึ่งกลุ่มข้าวที่มีลักษณะสัณฐานแตกต่างกันจะมีปริมาณสารสำคัญแตกต่างกันด้วย อย่างไรก็ตามจะต้องศึกษาความสัมพันธ์เชิงลึกต่อไป การจัดกลุ่มครั้งนี้ยังได้สอดคล้องกับการศึกษาของเปรมกมล และคณะ (2553) ที่สามารถใช้ลักษณะทางสัณฐานจำแนกข้าวได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีต้นข้าวสีเขียวและกลุ่มที่มีต้นข้าวสีม่วงร่วมกับสีเขียวปนม่วง และการศึกษาของนารีรัตน์ (2553) พบว่าสามารถจำแนกข้าวก่ำต้นข้าวสีม่วงออกจากข้าวที่มีต้นข้าวสีเขียวได้ โดยข้าวต้นสีม่วงแบ่งได้เป็นสองกลุ่มย่อย ได้แก่ต้นที่มีสีม่วงทั้งต้นและข้าวที่มีต้นข้าวสีเขียวปนม่วง

การศึกษานี้ได้แสดงให้เห็นว่าการใช้ลักษณะทางสัณฐาน พืชไร่ และคุณภาพพิเศษเมล็ดมีความสำคัญต่อการใช้จำแนกข้าวก่ำพื้นเมืองในพื้นที่ภาคเหนือ ลักษณะของสีบนต้นข้าวเป็นลักษณะที่สำคัญในการจำแนกชนิดของข้าวและสามารถจำแนกต่อไปได้ด้วยลักษณะสัณฐานเมล็ดและลักษณะพืชไร่ อย่างไรก็ตาม การจำแนกพันธุ์ข้าวและการจัดกลุ่มด้วยลักษณะสัณฐาน พืชไร่ ไม่สามารถจำแนกพันธุ์ข้าวที่มีลักษณะสัณฐานใกล้เคียงกันออกจากกันได้และไม่สามารถบ่งบอกความใกล้ชิดทางพันธุกรรม ดังนั้น จึงต้องใช้เครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอมาช่วยในการจำแนกเพื่อให้เกิดความแม่นยำมากขึ้นตลอดจนประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมและโครงสร้างประชากรของข้าวก่ำพื้นเมืองเพื่อประโยชน์ด้านการปรับปรุงพันธุ์และอนุรักษ์ทรัพยากรทางพันธุกรรมภายในท้องถิ่น

สรุป

ข้าวก่ำพื้นเมืองในพื้นที่ภาคเหนือไม่มีความแตกต่างของสีเยื่อหุ้มเมล็ดแต่มีความแตกต่างระหว่างตัวอย่างในลักษณะสัณฐาน ลักษณะพืชไร่ และคุณภาพพิเศษ ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการจำแนกข้าวได้ โดยข้าวพันธุ์พื้นเมืองสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มที่มีสีของต้นข้าวแตกต่างกัน ได้แก่ กลุ่มที่ต้นข้าวสีเขียว และกลุ่มที่มีสีม่วงบนต้นข้าว และยังแบ่งได้อีก 5 กลุ่มย่อยตามลักษณะรูปร่างเมล็ด สีเปลือกเมล็ด ความสูง และ อายุออกดอกแตกต่างกัน นอกจากนี้ข้าวพันธุ์พื้นเมือง 6 ตัวอย่างที่มีปริมาณแอนโทไซยานิน แกมมาโอไรซานอล และสังกะสีสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการปรับปรุงพันธุ์ข้าวในอนาคต

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณการสนับสนุนงบประมาณในการวิจัยจากโครงการปริญญาเอก (ป.เอก-50 ปี มช.) และสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน)

เอกสารอ้างอิง

งามชื่น คงเสรี. 2547. คุณภาพข้าวและการตรวจสอบข้าวหอมมะลิไทย. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ.

จักรกฤษณ์ ขันทอง. 2550. ความหลากหลายทางพันธุกรรมของคุณภาพเมล็ดในข้าวเหนียวก่ำพันธุ์พื้นเมือง.วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

ดำเนิน กาละดี. 2554. ข้าวก่ำ (ข้าวเหนียวดำ) ทรัพยากรข้าวไทยที่ถูกลืม. สำนักพิมพ์มิ่งเมือง. เชียงใหม่.

ดำเนิน กาละดี, ศันสนีย์ จำจด, และ ประเทือง โชคประเสริฐ. 2554. การใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพข้าวก่ำ เพื่อสร้างนวัตกรรมเอกลักษณ์ข้าวก่ำไทย. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. เชียงใหม่.

ทรายแก้ว มีสิน. 2547. โครงสร้างความหลากหลายทางพันธุกรรมของเชื้อพันธุ์ข้าวพื้นเมืองไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

นารีรัตน์ แสนเมืองชิน. 2553. การจัดกลุ่มทางพันธุกรรมของข้าวเหนียวดำพื้นเมืองโดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาและลายพิมพ์ DNA. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

เปรมกมล มูลนิลตา. 2553. ความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้าวเหนียวก่ำพันธุ์ พื้นเมือง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

Allan JE. 1961. The determination of zinc in agricultural materials by atomic-absorption spectrophotometry. Analyst. 86(1025):530–34

Boonsit, P., P. Pongpiachan, S. Julsrigival and D. Karladee. 2010. Gamma oryzanol content in glutinous purple rice landrace varieties. CMU J. Nat. Sci. 9:151–58.

Bounphanousay, C. 2007. Use of phenotypic characters and DNA profiling for classification of the genetic diversity in black glutinous rice of the Laos PDR. Ph.D. Dissertation. Khon Kaen University, Khon Kaen.

Chaudhary, R.C. 2003. Speciality rices of the world: effect of WTO and IPR on its production trend and marketing. Food, Agriculture & Environment. 1:34-41.

Delhaize E, Dell B, Kirk G, Loneragan J, Nable R, et al. 1984. Manual of research procedures. Plant Nutrition Research Group, School of Environmental and Life Sciences, Murdoch University, Perth, Australia

Eslami, S., N.M. Esa, S.M. Marandi, G. Ghasemi and S. Eslami. 2014. Effects of gamma oryzanol supplementation on anthropometric measurements & muscular strength in healthy males following chronic resistance training. Indian J. Med. Res. 139:857–63.

IBPGR-IRRI Rice Advisory Committee, & International Board for Plant Genetic Resources. 1980. Descriptors for Rice, Oryza Sativa L. Int. Rice Res. Manila.

Lee J, Durst RW, Wrolstad RE. 2005. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: collaborative study. Journal of AOAC international. 88:1269–1278

Matsuo T. 1952. Genecological Studies on Cultivated Rice. Bull Nat Inst Agr Sci. Japan.

Pathak, K., S. Rathi, R.N. Sarma and S. Baishya. 2016. Assessment of genetic diversity of indigenous glutinous rice genotypes of Assam using SSR marker Indian J. Agric. Res. 29:54–61.

Sancho, R.A.S. and G.M. Pastore. 2012. Evaluation of the effects of anthocyanins in type 2 diabetes. Food Res. Int. 46:378–86.

Shin, S.Y., H.W. Kim, H.H. Jang, Y.J. Hwang, J.S. Choe, Y. Lim, J.B. Kim and Y.H. Lee. 2017. γ-oryzanol-rich black rice bran extract enhances the innate immune response. J. Med. Food. 20:855–63.

Wallace T.C. 2011. Anthocyanins in cardiovascular disease. Adv Nutr. 2:1–7.

Wang, L.S. and G.D. Stoner. 2008. Anthocyanins and their role in cancer prevention. Cancer Lett. 269:281–290.

Xu Z, Godber JS. 1999. Purification and Identification of Components of γ-Oryzanol in Rice Bran Oil. J. Agric. Food Chem. 47:2724–28