

การควบคุมทางพันธุกรรมของปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดข้าว

Genetic Control of Iron Content in Rice Grain

เพ็ญนภา จักรสมศักดิ์^{1/}, เบนญจวรรณ ฤกษ์เกษม^{1/} และ ศันสนีย์ จำจด^{1/}
Pennapa Jaksomsak^{1/}, Benjavan Rerkasem^{1/} and Sansanee Jamjod^{1/}

Abstract: This study was designed to determine genetic control of grain iron in rice (*Oryza sativa* L.). High grain iron varieties, CMU122 and IR68144, and low grain iron varieties, KDML105, Kam Doisaked (KDK) and Chainat1 (CNT1), were used as parents. Crossing was made at faculty of Agriculture, Chiang Mai University during 2004 growing season. Five hybrid combinations were obtained, including CMU122 x CNT1, CMU122 x KDML105, CMU122 x IR68144, IR68144 x CNT1 and KDML 105 x KDK. F₁ hybrids and parents were sown in duplicate pots, 10 plants per pot. Plants were grown to maturity and iron in the rice grain were analysed. Grain iron of the F₁ from CMU122 x IR68144 and IR68144 x CN1 were the same as high iron parents. Those from CMU122 x KDML105 and CMU122 x CN1 crosses were intermediate between parents but close to high grain iron parent, CMU122. These results indicated that grain iron in rice was controlled by partially to fully dominant gene action. As dominance was involved, progeny testing is required in selection for high iron in segregating population such as early generations or backcross population in breeding program.

Keywords: grain iron, rice, breeding, gene action

^{1/} ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

^{1/} Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University Chiang Mai 50200

บทคัดย่อ: งานทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการควบคุมทางพันธุกรรมของปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดข้าว (*Oryza sativa* L.) โดยใช้พันธุ์พ่อแม่ที่มีปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดสูง ได้แก่ CMU122 และ IR68144 และพันธุ์พ่อแม่ที่มีปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดต่ำ ได้แก่ KDML105, KDK และ CNT1 ทำการทดลองที่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พ.ศ. 2547 สร้างลูกผสม ได้ลูกผสมชั่วที่ 1 จำนวน 5 คู่ ได้แก่ CMU122 x CNT1, CMU122 x KDML105, CMU122 x IR68144, IR68144 x CNT1 และ KDML105 x KDK ปลุกลูกผสมชั่วที่ 1 และพันธุ์พ่อแม่ จำนวนพันธุ์ละ 2 กระถาง กระถางละ 10 ต้น เมื่อถึงระยะสุกแก่นำเมล็ดมาวิเคราะห์ปริมาณธาตุเหล็ก พบว่าในคู่ผสม CMU122 x IR68144 และ IR68144 x CNT1 มีปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดสูงเทียบเท่ากับพันธุ์พ่อแม่เมล็ดสูง ส่วนคู่ผสม CMU122 x KDML105 และ CMU122 x CNT1 มีค่าอยู่กึ่งกลางระหว่างพ่อแม่ และยังมีค่าใกล้เคียงกับพันธุ์ CMU122 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดสูง ดังนั้นการแสดงออกของปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดข้าวถูกควบคุมโดยยีนแบบข่มไม่สมบูรณ์จนถึงข่มแบบสมบูรณ์ ในกรณีที่มีการแสดงออกแบบข่มของยีน (dominance) ในการคัดเลือกพันธุ์นั้น จำเป็นต้องมีการปลูกทดสอบในรุ่นลูกเพื่อคัดเลือกลักษณะปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดสูง ในประชากรที่มีการกระจายตัว ตัวอย่างเช่น ประชากรที่ได้จากการผสมพันธุ์ในชั่วต้น ๆ และประชากรจากการผสมกลับ ในโครงการปรับปรุงพันธุ์

คำสำคัญ: ปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ด, ข้าว, ปรับปรุงพันธุ์, การแสดงออกของยีน

บทนำ

ประชากรกว่าครึ่งหนึ่งของโลกบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก รวมทั้งประเทศไทยด้วย ข้าวเป็นแหล่งของพลังงานและโปรตีนที่สำคัญเนื่องจากมีราคาถูก แต่ข้าวมีวิตามินและแร่ธาตุต่างๆ ในปริมาณน้อย (Senadhira *et al.*, 1998) นอกจากนี้ยังพบว่าข้าวเป็นธัญพืชที่มีปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดต่ำ เมื่อเทียบกับข้าวโพด ข้าวสาลี (Graham *et al.*, 2001) โดยมีปริมาณธาตุเหล็กระหว่าง 6.3-24.4 mgFe/kgDW (Gregorio *et al.*, 2000) จากการสำรวจพบว่าธาตุเหล็กส่วนมากที่ร่างกายได้รับมาจากการบริโภคธัญพืช (Senadhira *et al.*, 1998) ดังนั้นการขาดธาตุเหล็กจึงเป็นปัญหาสำคัญสำหรับประเทศต่างๆ ที่บริโภคข้าวเป็นอาหารหลักรวมทั้งประเทศไทย เนื่องจากการขาดธาตุเหล็กเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดโรคโลหิตจาง จากรายงานพบว่าประชากรทั่วทั้งโลกมีประชากรมากกว่า 2 พันล้านคนที่ป่วยเป็นโรคโลหิตจาง จากจำนวนทั้งหมดพบว่าร้อยละ 39 เป็นเด็กก่อนวัยเรียน ร้อยละ 52 เป็นหญิงมีครรภ์ และร้อยละ 90 ของประชากรที่ป่วยอาศัยอยู่ในประเทศกำลังพัฒนา (WHO, 2000) การแก้ปัญหาการขาดธาตุเหล็กสามารถทำได้โดยการบริโภคยาเม็ดเสริมธาตุเหล็กเฟอร์รัสซัลเฟต (อุทุมพร และคณะ,

2545) แต่มีราคาสูง จึงเป็นข้อจำกัดในประชากรที่ยากจน ดังนั้นการปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้มีปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดสูง จึงเป็นวิธีการที่ดีที่สุดสำหรับการแก้ปัญหาการขาดธาตุเหล็ก จากการศึกษาของ Gregorio *et al.* (2000) พบว่าปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดข้าวกล้องมีความแตกต่างระหว่างพันธุ์ ข้าวที่มีปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดสูงอยู่ในช่วงระหว่าง 18-22 mgFe/kgDW โดยข้าวพันธุ์ IR68144 เป็นพันธุ์ที่มีปริมาณธาตุเหล็กและผลผลิตสูงจากการคัดเลือกปรับปรุงพันธุ์ของสถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (IRRI) และข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่มีกลิ่นหอม (aromatic rice) ตัวอย่างเช่น Jalmagna, Zuchem และ Xua Bue Nuo ที่เป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองของประเทศอินเดีย และจีน มีปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดสูงเช่นกัน พันธุ์เหล่านี้สามารถใช้เป็นแหล่งพันธุกรรมในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวเมล็ดสูงได้ อย่างไรก็ตาม พบว่าข้าวพันธุ์พื้นเมืองของไทยมีปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดข้าวกล้องสูงเทียบเท่ากับข้าวพันธุ์เมล็ดสูง IR68144 ตัวอย่างเช่น พันธุ์ CMU122, CMU123 และ CMU124 ซึ่งเป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองจากหมู่บ้านชาวเขาเผ่าลีซอที่อยู่ทางตอนเหนือของประเทศไทย พบว่ามีปริมาณธาตุเหล็กอยู่ในช่วงระหว่าง 16-22 mgFe/kgDW (Prom-u-thai, 2003) ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งทางพันธุกรรมในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวพันธุ์หลัก

ของไทยซึ่งส่วนมากมีปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดต่ำ โดยเฉพาะพันธุ์ข้าวที่นิยมปลูกกันโดยทั่วไปและนิยมบริโภคกันอย่างกว้างขวาง เช่น ข้าวดอกมะลิ 105 ให้มีปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดสูงขึ้นได้ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะการควบคุมทางพันธุกรรมของปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดข้าว ผลที่ได้จะนำไปสู่ความเข้าใจและประยุกต์ใช้ในงานปรับปรุงพันธุ์ข้าวและการคัดเลือกพันธุ์ ให้มีปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดสูง เพื่อให้ผู้บริโภคได้รับธาตุเหล็กเพิ่มขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

ใช้ข้าวพันธุ์พ่อแม่จำนวน 5 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ที่มีปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดสูงจำนวน 2 พันธุ์ ได้แก่ CMU122 และ IR 68144 พันธุ์ที่มีปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดต่ำจำนวน 3 พันธุ์ ได้แก่ CNT1, KDML105 และ KDK สร้างลูกผสมชั่วที่ 1 ได้จำนวน 5 คู่ผสม ประกอบด้วย (1) CMU122 x CNT1 (2) CMU122 x KDML105 (3) CMU122 x IR68144 (4) IR68144 x CNT1 (5) KDML105 x KDK นำลูกผสมชั่วที่ 1 และพันธุ์พ่อแม่มาปลูกวิเคราะห์ปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ด เพื่อเปรียบเทียบปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดระหว่างพันธุ์พ่อแม่และลูกผสมชั่วที่ 1 ปลูกพันธุ์ละ 2 กระถาง กระถางละ 10 ต้น เก็บเกี่ยวเมล็ดเมื่อสุกแก่ เก็บเมล็ดแยกต้น นำเมล็ดข้าวกลั่นของแต่ละต้นไปวิเคราะห์หาปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดด้วยวิธีการ dry-ashing และ atomic absorption spectrophotometry, AA (Delhaize *et al.*, 1984)

ข้อมูลปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดในลูกผสมชั่วที่ 1 และพันธุ์พ่อแม่ นำมาเปรียบเทียบประเมนการแสดงออกของยีนที่ควบคุมปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ ค่าเฉลี่ย และ standard error

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการประเมินปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดระหว่างลูกผสมชั่วที่ 1 และพ่อแม่ เพื่อศึกษาการแสดงออกของยีนที่ควบคุมปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ด

พบว่าพันธุ์พ่อแม่มีค่าเฉลี่ยปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดอยู่ในช่วงระหว่าง 10.72 - 22.09 mgFe/kgDW โดยพันธุ์ CMU122 และ IR68144 มีปริมาณเหล็กในเมล็ดสูงสุดเท่ากับ 22.09 ± 0.17 และ 16.25 ± 0.20 mgFe/kgDW ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ KDK, KDML105 และ CNT1 มีปริมาณเหล็กในเมล็ดต่ำเท่ากับ 13.32 ± 0.07 , 12.21 ± 0.36 และ 10.72 ± 0.31 mgFe/kgDW ตามลำดับ (ตาราง 1) ซึ่งพันธุ์ข้าวไทยมีปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดอยู่ในช่วงระหว่าง 7-19 mgFe/kgDW (Prom-u-thai and Rerkasem, 2001) การศึกษาของต่างประเทศพบว่าปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดอยู่ในช่วงระหว่าง 6.3-24.4 mgFe/kgDW (Gregorio *et al.*, 2000) ส่วนลูกผสมชั่วที่ 1 มีปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดอยู่ในช่วงระหว่าง 10.06 - 23.28 mgFe/kgDW โดยพบว่าคู่ผสมระหว่าง CMU122 x IR68144 และ IR68144 x CNT1 มีปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดสูงเทียบเท่าพันธุ์พ่อแม่ มีปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดเท่ากับ 23.28 ± 0.92 และ 21.72 ± 1.13 mgFe/kgDW ตามลำดับ คู่ผสมระหว่าง CMU122 x KDML105 มีปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดอยู่ระหว่างพ่อแม่ มีปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดเท่ากับ 18.17 ± 0.85 mgFe/kgDW และ CMU122 x CNT1 มีปริมาณเหล็กในธาตุเหล็กในเมล็ดใกล้เคียงกับพันธุ์ CMU122 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดสูง มีปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดเท่ากับ 20.29 mgFe/kgDW ส่วนพันธุ์ KDML105 x KDK มีปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดต่ำกว่าพ่อแม่ มีปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดเท่ากับ 10.06 ± 0.12 mgFe/kgDW (ตารางที่ 1) จากการศึกษาพบว่าปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดของข้าวพันธุ์พ่อแม่ในแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกัน และในแต่ละคู่ผสมก็มีปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดแตกต่างกัน การแสดงออกของยีนที่ควบคุมปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดข้าวขึ้นอยู่กับความร่วมมือกันของคู่ผสม และการแสดงออกของปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดข้าวถูกควบคุมโดยยีนไม่สมบูรณ์ (partially dominant) จนถึงข่มสมบูรณ์ (complete dominant) โดยลูกผสมมีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากับพันธุ์พ่อแม่ที่มีค่าเหล็กสูง ซึ่งการศึกษาของ Gregorio (2002) พบว่าปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดของพ่อแม่มีความแตกต่างกันในแต่ละพันธุ์ และในแต่ละคู่ผสมด้วย มีการแสดงออกของยีนเป็นแบบบวกสะสม (additive

gene action) จนถึงแบบบวกไม่สะสม (non-additive gene action) ซึ่งการแสดงออกแบบข่มนั้น ในการปรับปรุงพันธุ์จำเป็นต้องมีการทดสอบในรุ่นลูก (progeny test) อีก

หนึ่งชั่วก่อน แล้วจึงจะคัดเลือกลักษณะปริมาณธาตุเหล็กในเมล็ดสูงได้ ในประชากรที่มีการกระจายตัวทางพันธุกรรม

Table 1 Grain iron concentration in rice (mgFe/kgDW) of F1 hybrids and parents.

Varieties	Iron concentration ^{1/} (mgFe/kgDW)
<u>Parents</u>	
CMU122 (high Fe)	22.09 ± 0.17
IR68144 (high Fe)	16.25 ± 0.20
KDK (low Fe)	13.32 ± 0.07
KDML105 (low Fe)	12.21 ± 0.36
CNT1 (low Fe)	10.72 ± 0.31
<u>F1 hybrids</u>	
CMU122 x IR68144	23.28 ± 0.92
CMU122 x KDML105	18.17 ± 0.85
CMU122 x CNT1	20.29
IR68144 x CNT1	21.72 ± 1.13
KDML105 x KDK	10.06 ± 0.12

^{1/} Mean ± se

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมูลนิธิ McKnight ที่ให้การสนับสนุนในการวิจัยครั้งนี้ เมล็ดพันธุ์ข้าวดอกมะลิ105 และ ก่ำดอยสะเก็ด ได้รับการอนุเคราะห์จาก รศ.ดร. ดำเนิน กาละดี และเมล็ดพันธุ์ชัยนาท 1 จากศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ขอขอบคุณ ดร. ชนาภานต์ พรหมอุทัย และคุณสิทธิชัย ลอดแก้ว ที่ให้คำแนะนำในการวิเคราะห์ธาตุเหล็ก และขอขอบคุณคุณสุณิสา นรินทร์ราชกุล ในการสร้างลูกผสมชั่วที่ 1

เอกสารอ้างอิง

อุทุมพร สิทธิสิงห์, Marc Van der Putten, ศาสตราจารย์ และแสงโสม สีนะวัฒน์. 2545. การวิจัยปฏิบัติการในการควบคุมและป้องกันภาวะพร่อง/ขาดธาตุเหล็กและโลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็ก ในหญิงวัยเจริญพันธุ์ในโรงงานอุตสาหกรรม จ. ฉะเชิงเทรา. กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.

- Delhaize E., B. Dell, G. Kirk, J. Loneragan, R. Nable, D. Plaskett and M. Webb. 1984. Manual of Research Procedures. First edition. Plant Nutrition Research Group, School of Environmental and Life Science. Murdoch University, Australia.
- Graham R.D., R.M. Welch and H.E. Bouis. 2001. Addressing micronutrient malnutrition through enhancing the nutritional quality of staple foods: Principles, perspectives and knowledge gaps. *Adv. Agron.* 70: 77-142.
- Gregorio G.B. 2002. Progress in breeding for trace mineral in staple crops. *J. Nutr.* 132: 500s-502s.
- Gregorio G.B., D. Senadhira, H. Htut and R.D. Graham. 2000. Breeding for trace mineral density in rice. *Food Nutr. Bull.* 21: 382-386.
- Prom-u-thai C. 2003. Iron (Fe) in Rice Grain". Ph.D. Thesis, Chiang Mai University, Chiang Mai. 227 pp.
- Prom-u-thai C. and B. Rerkasem. 2001. Grain iron concentration in Thai rice germplasm. *Development of Plant and Soil Science* 92: 350-351.
- Senadhira D., G.B. Gregorio and R.D. Graham. 1998. Breeding iron and zinc-dense rice. Paper presented at the International Workshop on Micronutrient Enhancement of Rice for Developing Countries, Rice Research and Extension Center, Stuttgart.
- World Health Organization. 2000. Reduction of iron deficiency and anemia (IDA). Progress report in a global agenda for combating malnutrition. Nutrition for Health and Development (NHD), WHO, Geneva.
-