

พฤติกรรมของยีนควบคุมการสะสมธาตุเหล็ก
ในเมล็ดของลูกผสมข้าวชั่วที่ 1

Behavior of Gene Controlling Iron Accumulation
in F_1 Rice Seed

ดำเนิน กาละดี¹

Dumnern Karladee¹

Abstract: Efficiency of selection procedure in the breeding program for improving Iron (Fe) accumulation in rice seed depends on the understanding in the behavior of genes controlling the trait. The phenotype of F_1 hybrid could identify the behavior and further, could predict the response of selection of the genotype higher in iron accumulation ability. In this investigation, the hybrid F_1 was produced using KaoDokMali 105 (white rice) as a female parent and Kumdoisaket (purple rice) as a male parent. Iron with O-phenanthroline method with the dry ashing sample of the whole seed and the decorticated seed was used in the nutritional analysis, reading absorbent value through spectrophotometer at wavelength 510 nm. And compare the value to standard curve for predicting the amount of iron accumulation. The results show that, the purple rice (Kumdoisaket) accumulated lower amount than the white rice (KaoDokMali 105) both in the whole seed and in the decorticated seed. The iron accumulation of the F_1 seed exhibited the amount valued in between the values of the two parents, but statistically non-significant differed from the mid-parent value. However, since, the value of F_1 moved closely to the value of the higher parent, indicates the additive action with partial dominance behavior of genes controlling the trait.

¹ ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

¹ Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

บทคัดย่อ : ประสิทธิภาพของขบวนการคัดเลือกเพื่อการปรับปรุงความสามารถในการสะสมเหล็กในเมล็ดข้าวขึ้นอยู่กับความเข้าใจในพฤติกรรมการแสดงบทบาทของยีนที่ควบคุมลักษณะดังกล่าว ลักษณะที่แสดงออกทาง phenotype ของลูกผสมชั่วที่ 1 สามารถบ่งชี้ถึงพฤติกรรมดังกล่าวทำให้สามารถคาดคะเนการตอบสนองทาง genotype ที่เป็นผลจากขบวนการคัดเลือก ในงานการวิเคราะห์นี้ ลูกผสมชั่วที่ 1 ที่จะใช้ประเมินพฤติกรรมสร้างจากการผสมที่ใช้ข้าวพันธุ์กำคอบสะเก็ด (ข้าวเหนียวดำ) เป็นแม่และพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 (ข้าวขาว) เป็นพ่อ วิเคราะห์หาเหล็ก (Fe) โดยใช้วิธี Iron with O-phenanthroline method กับตัวอย่างชนิด dry ashing sample ของเมล็ดข้าวเปลือกและของเมล็ดข้าวกล้องที่เตรียมโดยการแกะด้วยมือ อ่านค่า absorbent ผ่าน spectrophotometer ที่ wavelength 510 nm เทียบค่านี้กับค่ามาตรฐานเพื่อประเมินปริมาณของเหล็กที่สะสม ผลการวิเคราะห์แสดงว่า ข้าวเหนียวดำ (กำคอบสะเก็ด) มีความสามารถในการสะสมเหล็กน้อยกว่าข้าวขาว (ข้าวดอกมะลิ 105) ทั้งในเมล็ดข้าวเปลือกและเมล็ดข้าวกล้องส่วนในลูกชั่วที่ 1 นั้น ค่าความสามารถอยู่ระหว่างค่าความสามารถของพันธุ์พ่อและแม่และความแตกต่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติใดๆ เมื่อเทียบกับค่ากึ่งกลางระหว่างพ่อแม่ อย่างไรก็ตามค่าความสามารถของลูกผสมชั่วที่ 1 จะเคลื่อนเข้าใกล้กับค่าของพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ซึ่งเป็นพ่อแม่พันธุ์ที่สูงกว่าแสดงว่าพฤติกรรมของยีนที่ควบคุมความสามารถในการสะสมเหล็กในเมล็ดข้าวเป็นลักษณะของ additive action โดยมีพฤติกรรมเป็น partial dominance behavior

Index words : ข้าวเจ้า ข้าวหอมดอกมะลิ เทคโนโลยีชีวภาพ

Additive action, Partial dominance, Biotechnology, Breeding, Rice breeding

คำนำ

ประสิทธิภาพของการปรับปรุงพันธุ์ข้าวเพื่อการสะสมธาตุเหล็กขึ้นอยู่กับความเข้าใจในพฤติกรรมของยีนที่ควบคุมพฤติกรรมของยีนนี้ในลูกผสมชั่วที่ 1 (F₁) ที่วิเคราะห์ได้จะบ่งชี้แผนงานการคัดเลือกพันธุ์และความก้าวหน้าของแผนการคัดเลือกเพื่อการสร้างพันธุ์ข้าวใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงในการสะสมธาตุเหล็กในเมล็ด Diers *et al.* (1992) รายงานไว้แต่เพียงว่าลักษณะทางพันธุกรรมของการสะสมธาตุเหล็กเป็นแบบ additive ซึ่งมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม และถือว่าเป็นลักษณะเชิงปริมาณที่สามารถปรับปรุงพันธุ์ได้ Falconer and Mackay (1992) พบว่าความสามารถในการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะนี้แบบ Broad sense heritability และ Narrow sense heritability

มีค่าอยู่ระหว่าง 67.9~86.9 % และ 42.0~56.6 % ตามลำดับ ซึ่งการสะสมธาตุเหล็กในเมล็ดของข้าวจะแตกต่างกันไปตามชนิดของพันธุ์และชั้นส่วนของต้นข้าวซึ่งในเมล็ดข้าวสารจะมีค่าอยู่ระหว่าง 4.0~29.5 mg.kg⁻¹ (Yang *et al.*, 1998) หากเปรียบเทียบระหว่างข้าวแดงและข้าวขาวที่ไม่ผ่านการขัดสี พบว่าข้าวแดงจะมีปริมาณการสะสมธาตุเหล็กในเมล็ดสูงกว่าข้าวขาว (Qui *et al.*, 1993) นอกจากนี้ Juliano (1993) ได้รายงานว่าในกระบวนการกะเทาะเปลือกส่วนหนึ่งของธาตุเหล็กคือ ประมาณ 0.05~4.0 mg.kg⁻¹ จะสูญหายไปกับส่วนของแกลบทำให้ปริมาณที่เหลืออยู่ในเมล็ดข้าวกล้องลดน้อยลงในงานทดลองนี้การวิเคราะห์พฤติกรรมดังกล่าวจะวิเคราะห์จากลักษณะการสะสมธาตุเหล็กของลูกผสมชั่วที่ 1 ที่เกิดจากการผสมระหว่างข้าวเจ้าและข้าวเหนียวโดย

ใช้สีด้าของข้าวเหนียวดำเป็นลักษณะกำหนดลูกผสม

วิธีการทดลอง

การวางแผนในการทดลองนี้ลูกผสมข้าวที่ 1 สร้างจากคู่ผสมที่ใช้พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นพันธุ์แม่ และใช้ข้าวเหนียวดำพันธุ์กำคอบสะเกิดเป็นพันธุ์พ่อ ปลูกข้าวทั้งลูกผสมและพ่อแม่ในกระถางเดียวกันเพื่อผลิตเมล็ดจำนวน 12 กระถางผลิตเมล็ดข้าวกล้องโดยแกะเมล็ดข้าวเปลือกด้วยมือ ทำการวิเคราะห์หาปริมาณการสะสมธาตุเหล็ก (Fe) ทั้งในเมล็ดข้าวเปลือกและเมล็ดข้าวกล้องโดยใช้วิธี Iron with o-phenanthroline ของ AOAC (1995) ในตัวอย่างแบบ dry ashing วัดค่าการผ่านแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่นแสง 510 nm เปรียบเทียบกับค่า absorbent ที่ standard curve เพื่อหาค่าของธาตุใน dry tissue และในวิธีทางสถิติของ t-student test เปรียบเทียบความแตกต่าง

ผลการทดลอง

ปริมาณของธาตุเหล็กโดยเฉลี่ยทั้งในพ่อแม่และลูกผสมทั้งที่สะสมในเมล็ดข้าวเปลือก (12.01 mg.kg^{-1}) เมื่อเปรียบเทียบกับในเมล็ดข้าวกล้อง (11.65 mg.kg^{-1}) แสดงปริมาณที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น และพันธุ์พ่อซึ่งเป็นข้าวเหนียวดำที่มี pericarp เป็นสีม่วงเข้ม มีปริมาณการสะสม 9.36 และ 9.42 mg.kg^{-1} น้อยกว่าพันธุ์แม่ที่มี pericarp สีขาวซึ่งสะสมได้ 14.18 และ 13.76 mg.kg^{-1} ส่วนลูก F_1 มีค่าการสะสมทั้งในเมล็ดข้าวเปลือก (12.48 mg.kg^{-1}) และเมล็ดข้าวกล้อง (11.77 mg.kg^{-1}) อยู่ระหว่างช่วงของการสะสมของ

พันธุ์พ่อและพันธุ์แม่ แต่เมื่อเทียบค่าการสะสมของ F_1 นี้กับค่า mid-parent value (11.72 และ 11.59 mg.kg^{-1}) แล้วไม่พบความแตกต่างที่มีนัยแต่อย่างใด อย่างไรก็ตามหากเทียบค่าการสะสมของ F_1 กับพันธุ์พ่อและแม่แล้วพบว่าค่าของ F_1 เคลื่อนเข้าใกล้ higher parent (ขาวดอกมะลิ 105) มากกว่า คือมีค่าต่างเพียง 1.70 mg.kg^{-1} ในส่วนของเมล็ดข้าวเปลือก และ 1.99 mg.kg^{-1} ในส่วนของเมล็ดข้าวกล้อง ซึ่งน้อยกว่าค่าต่างเมื่อเทียบกับ lower parent (กำคอบสะเกิด) ที่ต่างกว่ามากคือ 3.12 mg.kg^{-1} และ 2.35 mg.kg^{-1} ตามลำดับ สำหรับความแตกต่างภายในประชากรของ F_1 มีค่าในเมล็ดข้าวเปลือกและข้าวกล้องสูงสุดและต่ำสุดที่ $13.96\sim 10.20 \text{ mg.kg}^{-1}$ และ $13.29\sim 9.75 \text{ mg.kg}^{-1}$ มีความแปรปรวนภายในประชากรที่ค่า standard deviation 1.16 และ 1.10 ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

วิจารณ์ผลการทดลอง

ปริมาณการสะสมธาตุเหล็กของเมล็ดข้าวเปลือกและเมล็ดข้าวกล้องที่ต่างกันเพียงเล็กน้อยซึ่งแม้ว่าค่าที่แตกต่างนี้มีได้แสดงเป็นค่าที่สะสมในเปลือก (แกลบ) ที่ถูกกะเทาะออกไปก็ตามแต่สามารถบ่งชี้ว่าการสะสมธาตุเหล็กในเมล็ดข้าวในส่วนใหญ่มักจะสะสมอยู่ในเมล็ดข้าวกล้องคือ pericarp, endosperm และ embryo ในสัดส่วนมากน้อยเท่าๆกันหรือต่างกันก็ได้ซึ่งผลงานทดลองนี้ไม่สามารถตอบได้ แต่หากมีมากใน pericarp หรือ embryo แล้วการขัดสีข้าวให้เป็นเมล็ดข้าวสารก็จะทำให้เสียคุณค่าของธาตุเหล็กไปได้การบริโภคที่มีวัตถุประสงค์เพื่อรักษาโรคโลหิตจางจำเป็นต้องบริโภคเมล็ดข้าวกล้องเท่านั้น นอกจากนี้ผลการสะสมธาตุเหล็กของข้าวเหนียวดำพันธุ์กำคอบสะเกิดที่ต่ำกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 แสดงว่า

Table 1 Amount of iron accumulation in rice's whole seed and decorticated seed of parental cultivars and the F_1 hybrid

Parents and F_1	Iron in whole seed (mg.kg ⁻¹)	Iron in decorticated seed (mg.kg ⁻¹)
F_1 - 1 st pot	13.65	12.17
F_1 -2 nd pot	10.21	12.90
F_1 -3 rd pot	12.54	9.75
F_1 -4 th pot	13.73	12.12
F_1 -5 th pot	13.59	12.70
F_1 -6 th pot	11.53	10.93
F_1 -7 th pot	12.79	12.23
F_1 -8 th pot	11.39	10.72
F_1 -9 th pot	12.60	11.65
F_1 -10 th pot	10.30	9.75
F_1 -11 th pot	13.96	13.29
F_1 -12 th pot	13.60	12.66
F_1 - average	12.48	11.77
F_1 -sd	1.16	1.10
Female parent (KDML105)	14.18	13.76
Male parent (Kum Doisaket)	9.36	9.42
Mid-parent value (MP)	11.72	11.59
t- test (F_1 - average vs. MP)	ns	ns
Parents and F_1 average	12.01	11.65

pericarp ที่มีพันธุกรรมสีม่วงของ anthocyanin มิได้เป็นปัจจัยเสริมร่วม (linkage) กับความสามารถของพันธุกรรมการสะสมธาตุเหล็กแต่อย่างใด สำหรับความสามารถในการสะสมธาตุเหล็กของลูก F_1 ที่ไม่แตกต่างจากค่า mid-parent value แสดงว่าพฤติกรรมของยีนที่ควบคุมลักษณะนี้เป็นแบบ additive action ซึ่งเมื่อเทียบกับพ่อและแม่แล้วปรากฏว่าเคลื่อนเข้าใกล้ค่าของ higher parent แสดงว่าเป็นลักษณะของ partial dominant genes ลักษณะของยีนที่มีพฤติกรรมแบบนี้แม้ว่าจะไม่สามารถแสดงความดีเด่นของลูกผสม (heterosis) ได้ในลูกชั่วที่ 1 แต่จะสามารถแสดง heterotic effect ของ transgressive segregation ได้ในลูกชั่วต่อไป (คำเนิน, 2541) ดังนั้นการสร้างพันธุ์ใหม่เพื่อปรับปรุงความสามารถในการสะสมธาตุเหล็กของพันธุกรรมอาจจำเป็นต้องใช้ลักษณะพันธุ์แท้ (pure line) โดยวิธีการคัดเลือกของ pedigree selection method ค่า standard deviation ใน population ของ F_1 แสดงว่าใน phenotypic variation ของลักษณะนี้ ปัจจัยหลักที่เป็นตัวกำหนดคือ genotypic variation ไม่ใช่ environmental variation แสดงว่าการปรับปรุงลักษณะดังกล่าวโดยขบวนการของ hybridization นั้นสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

- คำเนิน กาสะดี. 2541. เทคโนโลยีการปรับปรุงพันธุ์พืช . โรงพิมพ์วังเมือง. เชียงใหม่. 255 หน้า.
- AOAC. 1995. Official of analysis of AOAC international 16th. AOAC international.. Arlington Virginia. U.S.A.
- Diers, B.W., S.R. Cianzio and R.C. Shoemaker. 1992. Possible identification of quantitative trait loci affecting iron efficiency in soybean. J. Plant Nutrition 15(10) :2127-2136.
- Falconer, D.S. and T.F.C. Mackay. 1992. Introduction to Quantitative Genetics 4th. Longman Group Ltd., 436.
- Juliano, B.O. 1993. Rice in human nutrition, Plant Breeding and Biochemistry Division. IRRI. Los Banos. Manila. Philippines.
- Qui, L.C., J. Pan and B.W. Duan. 1993. The mineral nutrient component and characteristics of color and white brown rice. Chinese J. Rice Sci. 7 (2):95-100
- Yang, X., Z.O. Ye, Ch. H. Shi and R. D. Graham. 1998. Genotypic difference in concentrations of iron, manganese, copper and zinc in polished rice grain. J. Plant Nutrition. 21(7): 1453-1462.