บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

ข้าว (Oryza sativa L.) ที่นิยมปลูกในประเทศไทยนั้นมีอยู่ด้วยกันหลากหลายชนิดพันธุ์ โดยขึ้นอยู่กับลักษณะการบริโภคของคนในแต่ละท้องที่ที่ทำการปลูกข้าว ถ้าแบ่งตามลักษณะการบริโภคของผู้บริโภคก็สามารถแบ่งได้ 2 ชนิด ได้แก่ ข้าวเหนียว (glutinous rice) และข้าวเจ้า (non-glutinous) โดยแห่งปลูกข้าวทั้ง 2 ชนิดนี้ ส่วนใหญ่จะปลูกในแถบที่มีการบริโภคข้าวชนิดนั้นเป็นส่วนใหญ่ เช่น ข้าวเจ้าจะปลูกทุกภาคของประเทศไทย ส่วนข้าวเหนียวจะปลูกมากทางแถบภาคเหนือและอีสานเท่านั้น (Tadayo, 1967) โดยที่ข้าวที่ปลูกนั้นจะแตกต่างกันตามพันธุ์ที่เป็นที่ชื่นชอบในการบริโภคและเป็นที่ต้องการของตลาด

ข้าวเหนียวและข้าวเจ้าจะมีองค์ประกอบทางเคมีของแป้ง (starch) ที่อยู่ในเมล็ดแต่ต่างกัน โดยที่ความแตกต่างนี้เกิดจากชนิดของแป้งที่อยู่ภายในเมล็ด ซึ่งแป้งที่เกิดขึ้นนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดด้วยกันคือ amylose และ amylopectin โดยที่ปริมาณแป้งทั้งสองชนิดนี้จะอยู่ในสัดส่วนที่ผกผันซึ่งกันและกัน (อรอนงค์, 2538) โดยข้าวเจ้าจะมีองค์ประกอบของแป้งชนิด amylose ในปริมาณที่สูง คือ มีตั้งแต่ 13–33 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในข้าวเหนียวนั้นจะมีปริมาณของแป้งชนิด amylose ต่ำ คือมีเพียง 1–8 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น (Jenning, Coffmen and Kauffmen, 1979) แต่ในลักษณะของพันธุ์ข้าวทุกสายพันธุ์จะมีทั้ง amylose และ amylopectin อยู่รวมกันอยู่แต่จะอยู่มากน้อยขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของข้าวนั้น ดังนั้นในลูกผสมที่เกิดขึ้นจะสามารถบอกถึงลักษณะที่จะเกิดขึ้นว่าเป็นข้าวเหนียวหรือข้าวเจ้าได้ โดยดูจากแป้งทั้ง 2 ชนิดที่เกิดขึ้นได้

โดยข้าวจะมีส่วนของแป้งมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ในเมล็ดแบ่งเป็น amylose และ amylopectin โดยที่ปริมาณของ amylose จะมีส่วนในคุณภาพของการทำอาหารและการรับประทานอีกทั้งยังเกี่ยวข้องกับคุณภาพอื่น ๆ อีก เช่น ความนุ่ม ความเงาเป็นต้น (IRRI, 1985)

โดยที่ข้าวที่มีปริมาณ amylose ต่ำหรือมีปริมาณ amylopectin สูงนั้น คุณลักษณะของ ข้าวจะมีความเหนียวสูง ความชื้นสูงและความมันเงาสูงด้วย เหมาะในการทำอาหารประเภทข้าวปั้นในญี่ปุ่นหรือรับประทานเป็นข้าวเหนียวในแถบเอเชียใต้ (IRRI, 1972)

ส่วนในข้าวที่มีปริมาณ amylose สูงหรือ amylopectin ต่ำนั้น คุณลักษณะข้าวจะมีความเหนียวลดลง เมล็ดมีความแข็งขึ้นเหมาะสำหรับทำอาหารประเภทข้าวผัด (Matsuo et al, 1997)

ส่วนในอีกลักษณะคือเมล็ดที่มีปริมาณ amylose เป็น intermediate นั้นเป็นข้าวที่มีคุณลักษณะที่เหมาะในการบริโภคเพราะมีความเหนียวพอดี มีความนุ่มและเป็นมันเงา (Mackill et al, 1996)

ความแตกต่างในลักษณะปริมาณของ amylose นี้ทำให้สามารถที่จะจำแนกกลุ่มหรือพันธุ์ของข้าวได้ โดยมีการศึกษาถึงความแตกต่างว่า ถ้ามีปริมาณของ amylose เท่าไรข้าวจะมีคุณลักษณะอย่างไร ดังนี้

การศึกษาการจำแนกลักษณะข้าวสุกตามปริมาณ amylose ไว้ดังนี้

ปริมาณ amylose (%)	ชนิดข้าว	ลักษณะข้าวสุก
1 – 2	ข้าวเหนียว	เหนียวมาก
3 – 9	ข้าวเจ้า amylose ต่ำมาก	เหนียวนุ่ม
10 – 20	ข้าวเจ้า amylose ต่ำ	เหนียวนุ่ม
21 – 25	ข้าวเจ้า amylose ปานกลาง	นุ่ม ค่อนข้างเหนียว
26 - 33	ข้าวเจ้า amylose สูง	ร่วน แข็ง

ที่มา : Juliano , 1985

ส่วนในประเทศไทยนั้นข้าวแต่ละพันธุ์ก็จะมีปริมาณของ amylose ที่แตกต่างกันตามสายพันธุ์ โดยมีการศึกษาและจำแนกปริมาณ amylose ออกมา รวมทั้งการนำไปใช้ประโยชน์ ดังนี้

ปริมาณ amylose (%)		นำไปใช้ประโยชน์
2 %	ข้าวเหนียว	แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์รสหวานและน้ำสลัด
12 – 19 %	ข้าว amylose ต่ำ	ทำอาหารเด็ก อาหารเช้า ขนมปัง
20 – 25 %	ข้าว amylose ปานกลาง	ทำขนมเค็ก ซุปกระป๋อง
มากกว่า 25 %	ข้าว amylose สูง	ทำก๋วยเตี๋ยว ผลิตภัณฑ์เส้นต่าง ๆ

ที่มา : ไชยรัตน์และคณะ, 2543

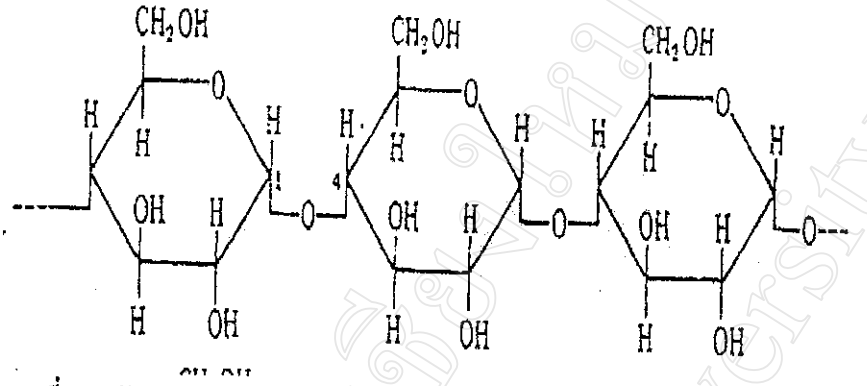
การพัฒนาการของ Starch

โดยที่การเกิดของ amylose นั้นเกิดในส่วนของแป้ง (starch) ซึ่งลักษณะยีนที่ควบคุมอยู่ในส่วนนี้มาจากยีนที่ควบคุมการเกิด endosperm นั้นเอง โดยที่การเกิดของ endosperm มีการพัฒนาเริ่มขึ้นพร้อมกับการเกิด embryo ซึ่งเป็นผลมาจากการเกิด double fertilization ของข้าว เมื่อมีการปฏิสนธิเกิดขึ้น ส่วนของ endosperm ก็จะมีมีการผสมด้วยเช่นกัน โดย sperm ตัวหนึ่งจะเข้าผสมกับ polar nuclei ที่มี 2n ทำให้ส่วนของ endosperm เป็นส่วนที่มี chromosome set เป็น 3n (อรพิน, 2533) ดังนั้นลักษณะที่เกิดขึ้นนี้จึงทำให้การถ่ายทอดลักษณะของปริมาณ amylose นั้นเกิดได้หลายทางเพราะลักษณะของ 3n นั้นการกระจายตัวจะให้ลักษณะของพันธุกรรมที่เกิดความแตกต่างได้หลายแบบทำให้ไม่สามารถที่จะระบุได้ชัดเจนถึงปริมาณที่ได้จากรับการถ่ายทอดจากพ่อแม่มาได้ ยิ่งข้าวที่มีความต่างของชนิดแป้งนั้นนำมาผสมกันลักษณะที่แสดงออกของปริมาณของ amylose ที่ถ่ายทอดจากพันธุกรรมก็จะเกิดขึ้นได้มากมายหลายลักษณะเพราะในแป้งทั้ง 2 ชนิดมีพันธุกรรมเป็น 3n ทั้งคู่ ดังนั้นเมื่อเกิดการกระจายตัวของพันธุกรรมก็จะให้ลักษณะที่แตกต่างๆ กันมากมาย จึงทำให้เราไม่สามารถทราบปริมาณของ amylose ที่จะเกิดขึ้นได้ จึงเห็นได้ว่า การที่ข้าวมีปริมาณของ amylose และ amylopectin ที่แตกต่างกันจึงเกิดจากลักษณะที่เป็น 3n ของ endosperm ที่เป็นแป้งส่วนใหญ่

องค์ประกอบทางเคมีและโครงสร้างของ amylose และ amylopectin ในข้าว

amylose

เป็นแป้งในรูปแบบหนึ่ง โดยมีโครงสร้างเป็นการเกาะตัวกันของน้ำตาลกลูโคส โดยมีโครงสร้างเป็นแบบดี (D-glucose) โดย amylose เป็นการเกาะตัวกันของกลูโคสเรียงด้วยบนด์แอสฟา-1,4 ของกลูโคส (alpha-1,4 glucose linkages) เป็นเส้นยาวต่อกัน ไม่มีการแตกออกเป็นกิ่งก้านสาขา การเกาะรวมกันของกลูโคสจะเรียงกันอยู่ระหว่าง 200–1000 หน่วย มีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ระหว่าง 1.6×10^5 ถึง 7.1×10^5 โดยในเมล็ดส่วนใหญ่จะมีจำนวนกลูโคสประมาณ 300 – 400 หน่วย(รูปที่ 3) โดยทั่วไป amylose จะเสื่อมสภาพลง เมื่อมีอุณหภูมิ 50 องศา จะทำให้ amylose ขยายขนาดของ H- bond ทำให้รูปร่างเกิดการเปลี่ยนแปลง กลายเป็นรูปคล้าย crystalline ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม (Wayne and James, 1994)

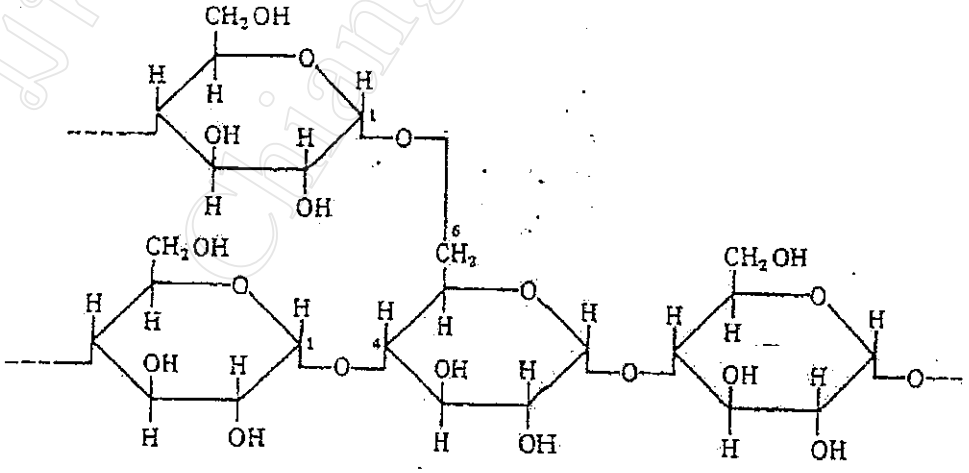


ที่มา : วัลลภ, 2538

amylopectin

เป็นแป้งที่มีขนาดของโมเลกุลใหญ่กว่า amylose ประมาณ 1000 เท่า มีการจัดเรียงตัวและการเกาะกลุ่มของกลูโคสประมาณ 300,000–400,000 หน่วย (วัลลภ, 2538) โดยมีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ระหว่าง 5×10^4 ถึง 1×10^6 มีการรียงตัวกันเป็นเส้นยาว โดย แอลฟา-1,4 และแตกกิ่งก้านสาขาออกไป โดยการเกาะกันด้วยบอนด์ (Bond) แอลฟา–1,6 ของกลูโคส (Alpha-1,6 glucosidic linkages) รูปที่ 4 โดยที่แต่ละกิ่งก้านที่แตกออกไปมีกลูโคสประมาณ 20–25 หน่วย (วันชัย, 2537)

จะเห็นได้ว่า โครงสร้างของ amylose และ amylopectin นั้นแตกต่างกัน โดยเฉพาะการเรียงตัวและขนาดของโมเลกุลและยังรวมถึงปริมาณของกลูโคสในการเรียงตัวกันในหน่วย



ที่มา : วันชัย, 2538.

พันธุกรรมของพืช

การถ่ายทอดของลักษณะทางพันธุกรรมของปริมาณ amylose และ amylopectin นั้น จะถูกควบคุมด้วยยีนตัวหลักเพียงหนึ่งตัว(Somrith, 1974) โดยที่

amylose จะถูกควบคุมด้วยยีนที่เป็นยีนเด่น (dominant gene) โดยที่การควบคุมจะอยู่ในลักษณะของการข่มสมบูรณ์ (incompletely dominant) และอยู่ในรูปแบบของ heterozygous (Wx) ส่วน amylopectin นั้นยีนจะถูกควบคุมโดยยีนด้อย (recessive gene) แต่อยู่ในรูปของ homozygous (wx)

โดยที่ลักษณะปริมาณ amylose นั้น พันธุกรรมเป็นแบบ heterozygous เมื่อทำการปลูกก็จะเกิดการกระจายตัวขึ้น ทำให้มีลักษณะที่เป็น intermediate ปรากฏออกมา โดยที่ลักษณะของ intermediate นี้จะควบคุมปริมาณของ amylose ที่สูงหรือต่ำก็ได้ โดยที่มีการศึกษาถึงลักษณะของ intermediate และแบ่งออกเป็นสองกลุ่มคือ กลุ่มที่มีปริมาณ amylose สูง ได้แก่กลุ่มของ Indica จะให้สัญลักษณ์เป็น Wx^a ส่วนอีกกลุ่มเป็นกลุ่มที่มีปริมาณ amylose ต่ำ ได้แก่กลุ่มของ Japonica จะให้สัญลักษณ์เป็น Wx^b (Matsuo et al, 1997) แต่เมื่อมีการผสมพันธุ์ปริมาณของ amylose นั้นไม่สามารถที่จะกำหนดได้ เนื่องจากลักษณะนี้อยู่ใน endosperm ซึ่งพันธุกรรมของ endosperm นี้มีการควบคุมแบบ 3n ดังนั้นปริมาณของ amylose และ amylopectin จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับจำนวนของยีนที่เป็น dominant และ recessive (Bor, 1980)

ดังนั้นการที่มีปริมาณของ amylose และ amylopectin แตกต่างกันนั้น ทำให้สามารถที่จะ classify เป็นพันธุ์ต่าง ๆได้

สภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับปริมาณของ amylose และ amylopectin

การที่ข้าวจะสร้างปริมาณ amylose และ amylopectin ขึ้นมานั้น สภาพแวดล้อมของโลกในแต่ละสถานที่จะมีผลกระทบต่อปริมาณของ amylose และ amylopectin ได้มีการรายงานว่า การเพิ่มขึ้นของ amylose นั้น ในระยะที่เกิดการสุกแก่จะมีมาก เมื่อต้นข้าวได้รับสภาพแวดล้อมที่มีลักษณะอุณหภูมิที่ต่ำ (Juliano et al, 1993) โดยมีการทดลองในข้าวพันธุ์ที่มี amylose ต่ำ และพบอีกว่า การเปลี่ยนสถานที่ในการปลูกข้าวยังมีผลกระทบต่อปริมาณของ amylose ด้วยเช่นกัน โดยมีการทดลองในเขตภาคเหนือของญี่ปุ่น พบว่าข้าวที่ปลูกในเขตภาคเหนือจะมีปริมาณของ amylose สูงกว่าข้าวที่ปลูกในภาคใต้ (IRRI, 1987) จะเห็นได้ว่า สภาพแวดล้อมก็มีอิทธิพลในการสร้าง amylose ด้วยเช่นกัน ยิ่งมีการปลูกในสภาพที่แตกต่างกันมากๆ ปริมาณของ amylose ที่เกิดขึ้นก็จะมีความแตกต่างกัน อีกทั้งเมื่อความแตกต่างของอุณหภูมิเข้ามาเกี่ยวข้องการแสดงออกของข้าวที่เป็น high-amylose นั้นจะถูกเปลี่ยนแปลงไป

กลายเป็นข้าวที่มีปริมาณของ low-amylose แสดงออกมาแทน ลักษณะดังกล่าวจะแสดงเมื่ออยู่ภายใต้อุณหภูมิที่อบอุ่นหรือต่ำ (Matsuo et al, 1997) และยังพบอีกว่าอุณหภูมินั้นสามารถที่จะชักจูงให้เกิดการสร้าง amylose ได้ โดยเกิดในช่วง ripen ในช่วงนี้ถ้าไม่ได้รับอุณหภูมิที่เหมาะสมและเพียงพอก็จะไม่เกิดการสร้างขึ้น (IRRI, 1975) นอกจากสภาพแวดล้อมจะเข้ามาเกี่ยวข้องกับการสร้าง amylose แล้ว ยังพบว่า interaction ของพันธุ์กับสิ่งแวดล้อมก็มีผลกระทบเช่นกัน รวมถึงลักษณะต่างๆ เช่น Milling % ,Head rice % และ Gelatinization temperature (G.T.) ด้วยเช่นกัน

จะเห็นได้ว่าปริมาณของ amylose สามารถที่จะเปลี่ยนแปลงไปได้ เมื่อมีสภาพแวดล้อมต่าง ๆ เข้ามากระทบ

การถ่ายทอดทางพันธุกรรม

การถ่ายทอดลักษณะทางปริมาณของ amylose การถ่ายทอดจากพ่อแม่ที่เป็นแป้งต่างชนิดกัน เมื่อผสม ลูกที่เกิดในชั่วที่ 1 จะมีลักษณะเป็น intermediate แต่ในพ่อแม่ที่ที่มีแป้งเป็นชนิดเดียวกัน คือ ถ้าใช้ข้าวที่มีปริมาณ amylose ต่ำมาผสมกัน ลูกที่เกิดมาในรุ่นต่าง ๆ ก็จะมีลักษณะทางปริมาณของ amylose ที่ต่ำเช่นกัน (IRRI, 1975) ดังนั้นลักษณะการถ่ายทอดจะเป็นลักษณะของ additive with partial dominant โดยที่การเพิ่มขึ้นของปริมาณ amylose ในลักษณะนี้จะขึ้นอยู่กับจำนวนของยีน และเนื่องจากลักษณะทางปริมาณของ amylose ถูกควบคุมด้วยยีนเพียง 1 ตัว แสดงว่าเมื่อลักษณะนี้ถ่ายทอดแบบ additive จำนวนยีนที่เพิ่มขึ้นตามลำดับจะส่งผลให้ปริมาณ amylose เพิ่มขึ้นตามไปด้วย (IRRI, 1986) โดยการถ่ายทอดนี้สามารถที่ทราบได้จากการแสดงการกระจายตัวของลูกในรุ่นต่อไป มีรายงานว่าในลูกที่เกิดขึ้นในรุ่นที่ 2 การกระจายจะอยู่ในอัตราส่วน 1:1:2 และลูกที่ปลูกในรุ่นต่อไปอัตราส่วนก็จะเป็นเช่นเดิม (Matsuo et al, 1997) แต่ในลูกผสมที่เป็น intermediate การกระจายจะอยู่ในอัตราส่วนที่ไม่แน่นอนเสมอไป มีรายงานว่าในลูกผสม intermediate อัตราส่วนของการกระจายนั้นมีหลายอัตราส่วน เช่น 1:1:1:1 , 1:3 หรือ 1:1 ก็ได้ (IRRI, 1986) แสดงให้เห็นว่า การกระจายตัวนั้นขึ้นอยู่กับจำนวนยีนที่มีอยู่ในพันธุกรรมที่ถ่ายทอดจากพ่อแม่ไปสู่ลูก

การตอบสนองต่อการคัดเลือก

การตอบสนองต่อการคัดเลือก หมายถึง การเปลี่ยนแปลงของ population mean ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการของ directional selection ของ population ใหม่ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของ population เดิม

โดยมีค่าความเข้มข้นของการคัดเลือก (intensity; i) และความแปรปรวนของ populationเดิม (sd.) ภายใต้ค่าสัดส่วนทางพันธุกรรม (h^2) เป็นปัจจัยจำกัด ซึ่งคำนวณได้โดย mathematics model: $R=i\sigma h^2$ (Falconer and Mackay, 1996) ซึ่งหากค่าใดค่าหนึ่งเท่ากับศูนย์ ค่าของการตอบสนองต่อการคัดเลือกจะเท่ากับศูนย์ทันที ดังนั้นหากต้องการความสำเร็จของการคัดเลือกจำเป็นต้องได้ทุกๆค่าของ model ($i\sigma h^2$) ที่ไม่เป็นศูนย์ (ดำเนิน, 2541) โดยได้มีการทดสอบปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับค่าการตอบสนองต่อการคัดเลือกภายใต้ความเข้มข้นของการคัดเลือกอยู่ระหว่าง 1-5% พบว่า ค่าของ standard deviation มีค่าต่ำและสัดส่วนทางพันธุกรรมมีค่าสูงหรือต่ำก็ตาม ค่าการตอบสนองต่อการคัดเลือกจะมีค่าต่ำ แต่ถ้าค่า standard deviation มีค่าสูง ค่าการตอบสนองต่อการคัดเลือกจะมีค่าปานกลางถึงสูง (McWhirter, 1979) ดังนั้นการที่จะทำให้ค่าการตอบสนองต่อการคัดเลือกมีค่าเพิ่มขึ้นจึงจำเป็นที่ในประชากรนั้นจะต้องมีความแปรปรวนของ population ที่สูงจึงจะให้ผลที่ดี อีกทั้งการเพิ่มค่าความเข้มข้นของการคัดเลือกในประชากรมากขึ้นก็จะสามารถที่จะเพิ่มค่าของการตอบสนอองต่อการคัดเลือกได้เช่นกัน แต่ถ้าทำการเพิ่มมากเกินไปก็จะทำให้เกิดการปัญหาของ inbreeding ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการคัดเลือกในลักษณะที่ต้องการได้ ซึ่ง Moll and Robinson (1966) ได้ทดลองว่า จำนวนของพ่อแม่ที่ใช้ป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาในเรื่องของ inbreeding ในลูกควรที่จะคัดเลือกเก็บที่ 20% ของจำนวนประชากร จึงเห็นได้ว่า การตอบสนองต่อการคัดเลือกจะมีประสิทธิภาพมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับยีนที่ควบคุมลักษณะที่ต้องการ ซึ่งความเร็วช่วงแรกของการตอบสนองต่อการคัดเลือกจะเกี่ยวข้องกับการเพิ่มสัดส่วนของยีน (major genes) จำนวนหนึ่งที่มีบทบาทในการควบคุมลักษณะที่เราต้องการคัดเลือก แต่ในช่วงหลังการตอบสนองต่อการคัดเลือกจะเป็นไปอย่างช้าๆ ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของ gene frequency ของ major genes ที่เหลืออยู่รวมกับการตอบสนองต่อการคัดเลือกของ minor genes อย่างช้าๆ จึงทำให้การตอบสนองต่อการคัดเลือกในช่วงหลังเป็นไปอย่างช้าๆ (ศันสนีย์, 2545) ซึ่งแสดงว่าการตอบสนองต่อการคัดเลือกจะน้อยลงเรื่อยๆจนเริ่มที่จะไม่มีการตอบสนอง ซึ่งการตอบสนองต่อการคัดเลือกในแต่ละลักษณะจะไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับลักษณะที่ต้องการคัดเลือกและความแปรปรวนของพันธุกรรมภายใน population นั้น