บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

ข้าวเหนียวก่ำมีลักษณะที่แตกต่างจากข้าวพันธุ์อื่นคือ การปรากฏของสีบนส่วนต่างๆ ของเนื้อเยื่อของพืช โดยพบว่าข้าวเหนียวก่ำพันธุ์พื้นเมืองนั้นมีลักษณะของ สีของกาบใบ และ สีของแผ่นใบ ส่วนใหญ่มีสีม่วง แต่มีข้าวเหนียวก่ำบ้างสายพันธุ์ เช่น พันธุ์ก่ำหกสาลี ก่ำ87046 และก่ำ S0901 เป็นต้น ที่มีลักษณะของลำต้นและใบที่เป็นสีเขียวทั้งหมด เช่นเดียวกับข้าวที่นิยมปลูกโดยทั่วไป สีเยื่อกันน้ำฝนและเขี้ยวกันแมลง ส่วนใหญ่เป็นสีม่วงคล้ายกันหมด สีของข้อและปล้อง มีความแตกต่างกัน คือ สีของข้อ มีทั้งสีเขียวและสีเหลือง ส่วนที่สีข้องปล้อง มีทั้งสีม่วงและสีเขียว สีของกลีบดอกและยอดเกสรตัวเมีย ส่วนมากนั้นมีลักษณะที่เป็นสีม่วง สีของเปลือกมีลักษณะเป็นสีม่วงส่วนมาก หรือเป็นสีม่วงดำ และมีลักษณะเปลือกเมล็ดเป็นสีฟาง การปรากฏของหางนั้นมีเพียงบางพันธุ์ ซึ่งบ่งบอกถึงความไม่สมบูรณ์ในการเป็นข้าวปลูก (cultivated variety) ซึ่งจะหายไปหากเกิด artificial selection ลักษณะนี้มักพบในข้าวป่า (wild rice) เป็นลักษณะหนึ่งของเกื้อกูลความอยู่รอด (fitness) ในสภาพ natural selection ส่วนสีของเยื่อหุ้มเมล็ดนั้น มีเพียงสีม่วงเพียงสีเดียว แต่มีความแตกต่างกันของระดับความเข้มของสีอยู่ 3 ระดับ (ทั้งนี้สอดคล้องกับ โว ฮา ฟี่ และดำเนิน, 2550; Boonsit *et al*., 2007) แสดงถึงความหลากหลายของพันธุกรรมการเกิดสีของลำต้นข้าว เนื่องมาจากสารแอนโธไซยานินนั้นสามารถถ่ายทอดไปสู่รุ่นต่อไป เนื่องจากมีการควบคุมการเกิดสีโดยยีนที่น้อยคู่ (สุณิสา, 2542) ซึ่งปริมาณของสารแอนโธไซยานินมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับชนิดพันธุ์นั้นๆ (Nagao and Takahashi, 1947) พบว่าพันธุกรรมที่ควบคุมการเกิดสีเกิดจากการทำงานร่วมกันของยีน โดยมียีนพื้นฐาน คือ ยีน C และ A ทำปฏิกิริยาร่วมกัน หากยีนคู่ใดหายไปจะไม่สามารถทำให้เกิดสี โดยยีนต้องอยู่ในสภาพที่เป็น homozygous นอกจากนี้ยังมียีน P จะเป็นตัวควบคุมการกระจายตัว หรือกำหนดตำแหน่งของแอนโธไซยานิน (Nagao and Takahashi, 1947) โดยปกติการสร้างสารแอนโธไซยานินในส่วนต่างๆ นั้น ก็ต่อเมื่อมีการปรากฏสีในส่วนของปลายกลีบดอกเสมอ

ลักษณะของสีของลำต้นนี้ สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ 1) ลำต้นและใบสีม่วง จำนวน 9 พันธุ์ (เช่น พันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด ก่ำน่านและก่ำพะเยา เป็นต้น) 2) ลำต้นและใบสีเขียว จำนวน 10 พันธุ์ (เช่น พันธุ์ก่ำ 87046 ก่ำ S0901และก่ำ S0902 เป็นต้น) และ 3) ลำต้นสีม่วงแต่ใบสีเขียว จำนวน 12 พันธุ์ (เช่น พันธุ์ก่ำ 88061 ก่ำ88083 และก่ำสุพรรณ เป็นต้น)

ซึ่งในภาพรวมแล้ว กลุ่ม 1 ลำต้นสีม่วงใบสีม่วง มีปริมาณสารแอนโธไซยานินและปริมาณสารไซยานิดิน 3-กลูโคไซด์ในเมล็ด (150.08 มิลลิกรัม/100 กรัม และ 260.14 มิลลิกรัม/100 กรัม โดยเฉลี่ย ตามลำดับ) ซึ่งน้อยกว่ากลุ่ม 2 ลำต้นและใบสีเขียว (247.22 มิลลิกรัม/100 กรัม และ 620.47 มิลลิกรัม/100 กรัม โดยเฉลี่ย ตามลำดับ) ส่วนกลุ่ม 3 ลำต้นสีม่วงและใบสีเขียว มีปริมาณสารแอนโธไซยานิน136.73 มิลลิกรัม/100 กรัม และปริมาณสารไซยานิดิน3-กลูโคไซด์ 197.80 มิลลิกรัม/100 กรัม โดยเฉลี่ย น้อยกว่าทั้ง กลุ่ม 1 และกลุ่ม 2 แสดงว่าข้าวที่แสดงลักษณะลำต้นและใบสีเขียวของคลอโรฟิวล์ (chlorophyll) สามารถสังเคราะห์สารแอนโธไซยานินและสารไซยานิดิน 3-กลูโคไซด์ในเมล็ดได้ดีเช่นกัน นั่นหมายความว่าพันธุกรรมการเกิดสีในลำต้นและใบ มิได้เป็นพันธุกรรมเดียวกันกับการเกิดสีม่วงในเยื่อหุ้มเมล็ด สุณิสา และ ดำเนิน (2546) ศึกษาเรื่องพฤติกรรมของยีนที่ควบคุมการสังเคราะห์สีม่วงในข้าวเหนียวดำ (Behavior of Gene Controlling Synthesis of Purple Color in Purple Glutinous Rice (*Oryza stiva* L.)) โดยใช้ข้าวเหนียวก่ำพันธุ์ที่ปรับปรุงใหม่ที่สาขาวิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งปรับปรุงโดยผ่านขบวนการคัดเลือกแบบ pure line selection คือพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด เป็นแม่พันธุ์และข้าวขาว (พันธุ์เหนียวสันป่าตอง) เป็นพันธุ์พ่อ รายงานผลการทดลอง ว่ามียีน 2 คู่ คือ Cc และ Aa รับผิดชอบต่อการเกิดสีในส่วนต่างๆของต้นข้าวในลูกผสมชั่วที่ 1 ยีนที่ควบคุมการเกิดสีม่วงจะแสดงพฤติกรรมเป็นตัวข่มสมบูรณ์ (complete dominance) ต่อสีขาวในลักษณะ เยื่อกันน้ำฝน เขี้ยวกันแมลง สีข้อ สีปลายยอดดอก และยอดเกสรตัวเมีย สำหรับลักษณะของ ต้นกล้า (seedling) กาบใบ และแผ่นใบ พฤติกรรมของยีนที่ควบคุมการเกิดสีม่วงเป็นแบบข่มไม่สมบูรณ์ (incomplete dominance) โดยลูกผสมชั่วที่ 1 ของลักษณะเหล่านี้ปรากฏเป็นสีเขียวปนม่วง ในลูกผสมชั่วที่ 2 พบอัตราส่วนของสีเป็น 9 ม่วง : 7 เขียว ของลักษณะเยื่อกันน้ำฝน, เขี้ยวกันแมลง, ข้อ, และสีปลายยอดดอก ส่วนยอดเกสรตัวเมียนั้นอัตราส่วนกลับผลิกกลับเป็น 9 เขียว : 7 ม่วง แสดงความเป็น mutate ratio อย่างไรก็ตามอัตราส่วนของลักษณะเหล่านี้ยืนยันว่ายีนที่ควบคุมมีพฤติกรรมเป็นแบบ complementary action ของ epistasis โดย ยีนด้อยคือ c และ a แสดงบทบาทเป็น epistatic genes สำหรับลักษณะต้นกล้า กาบใบและแผ่นใบ พบอัตราส่วน 1 ม่วง : 8 เขียวปนม่วง : 7 เขียว แตกต่างออกไปเป็นการพบใหม่และน่าสนใจ เพราะแสดงว่าพฤติกรรมของยีนดังกล่าวกลับแสดงบทบาทเป็นแบบ semi-epistatic action ของ semi-epistatic genes โดย genotype ของสีม่วงเป็น dominant gene ทั้ง 2 loci (CCAA) และ

genotype (C-A-) สร้างสีเขียวปนม่วง ส่วน genotype (C-aa, ccA- และ ccaa) สร้างสีเขียว อย่างไรก็ตามอัตราส่วนที่วิเคราะห์ได้ในลักษณะ เปลือกเมล็ด และเยื่อหุ้มเมล็ดกลับแตกต่างออกไปจากที่กล่าวมาคือยีนทั้งคู่แสดงบทบาทเป็นแบบ complete dominance ของ Dihybrid ในลูกชั่วที่ 1 แต่ในลูกชั่วที่ 2 อัตราส่วนที่ได้กลับไม่สอดคล้องกับอัตราส่วนใดๆ ของ Dihybrid แสดงว่าการกระจายตัวของ phenotype ของลูกชั่วที่ 2 เป็นแบบต่อเนื่องซึ่งเกิดจากยีนทั้งสองแสดงพฤติกรรมการถ่ายทอดเป็น polygenic inheritance (ดำเนิน, 2554; สุนิสา และคณะ, 2543)

อย่างไรก็ตามลักษณะการสะสมปริมาณสารแอนโธไซยานินและปริมาณสารไซยานิดิน 3-กลูโคไซด์ในเยื่อหุ้มเมล็ด นี้ยังแสดงเด่นชัดว่า มีความแตกต่างระหว่างพันธุ์ เช่น ข้าวเหนียวก่ำลำต้นสีม่วงใบสีม่วง (พันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด) มีการสะสมปริมาณสารโปรแอนโธไซยานินที่น้อยกว่าลำต้นสีม่วงใบสีเขียว (พันธุ์ก่ำ 88061) แต่ปริมาณสารไซยานิดิน 3-กลูโคไซด์นั้น ลำต้นสีม่วงใบสีม่วง (พันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด) มีปริมาณสารไซยานิดิน 3-กลูโคไซด์ในปริมาณที่สูงมากกว่า ลำต้นสีม่วงใบสีเขียว (พันธุ์ก่ำ 88061) แต่ในลำต้นสีม่วงใบสีม่วงบางพันธุ์นั้น (พันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด) มีปริมาณสารโปรแอนโธไซยานินที่สูงกว่า ลำต้นสีม่วงใบสีเขียว (พันธุ์ก่ำ 88083) แต่ปริมาณสารไซยานิดิน 3-กลูโคไซด์กลับมีปริมาณที่น้อยกว่า แต่ลำต้นสีม่วงใบสีม่วงและลำต้นสีม่วงใบสีเขียวนั้น มีปริมาณสารแอนโธไซยานินและปริมาณสารไซยานิดิน 3-กลูโคไซด์ที่น้อยกว่าลำต้นสีเขียวใบสีเขียว (พันธุ์ก่ำ S0903)

เช่นเดียวกับปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดกลุ่ม 1 ลำต้นสีม่วงใบสีม่วง มีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด เท่ากับ 481.01 มิลิกรัมของกรดแกลลิคสมมูล/100 กรัม โดยเฉลี่ย ซึ่งมีปริมาณที่น้อยกว่ากลุ่ม 2 ลำต้นสีเขียวใบสีเขียว มีปริมาณสารเท่ากับ 899.81 มิลิกรัมของกรดแกลลิคสมมูล/100 กรัม โดยเฉลี่ย ส่วนในกลุ่ม 3 ลำต้นสีม่วงใบสีเขียวนั้นมีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 457.62 มิลิกรัมของกรดแกลลิคสมมูล/100 กรัม โดยเฉลี่ย จึงเป็นผลทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในกลุ่ม 1 (ลำต้นสีม่วงใบสีม่วง) มีค่าการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 3757.61 ไมโครโมลาร์ Trolox/100 กรัม โดยเฉลี่ย ซึ่งน้อยกว่ากลุ่ม 2 (ลำต้นสีเขียวใบสีเขียว) มีค่าเท่ากับ 6322.69 ไมโครโมลาร์ Trolox/100 กรัม โดยเฉลี่ย ส่วนในกลุ่ม 3 (ลำต้นสีม่วงใบสีเขียว) มีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่น้อยกว่ากลุ่ม 1 และกลุ่ม 2 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3232.99 ไมโครโมลาร์ Trolox/100 กรัม ยังพบว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ มีความสัมพันธ์ในทิศทางเชิงบวก กับปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด จากการศึกษาของ Chaovanalikit (2004) พบว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ มีความสัมพันธ์กับปริมาณสารแอนโธไซยานิน และปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด ตัวอย่างเช่น ข้าวเหนียวก่ำลำต้นสีม่วงใบสีม่วง (พันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด) มีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดที่มากกว่าลำต้นสีม่วงใบสีเขียว (พันธุ์ก่ำ 88061) รวมทั้งความสามารถในการ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ต้านอนุมูลอิสระมีปริมาณที่สูงเช่นกัน ข้าวเหนียวก่ำลำต้นมีเขียวใบสีเขียวมีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (พันธุ์ก่ำ S0903) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมีปริมาณสูงมากว่าข้าวลำต้นสีม่วงใบสีม่วงและลำต้นสีม่วงใบสีเขียวโดยเฉลี่ย เนื่องจากมีรายงานว่าเมล็ดข้าวดำและข้าวแดงในเอเชียมีการสะสมสารประกอบฟีนอลิกชนิดสารแอนโธไซยานินอยู่มาก ในรูปของสารไซยานิดิน 3-กลูโคไซด์ นับเป็นสารสารประกอบฟีนอลิกที่พบมากที่สุดในข้าวเหนียวก่ำ ในขณะที่ข้าวขาวมีการสะสมปริมาณสารประกอบชนิดนี้ต่ำ (Escribano-Bailon *et al.*, 2004)

ความแตกต่างระหว่างพันธุ์ข้าวก่ำนี้แสดงถึงความหลากหลายทางพันธุกรรม สามารถใช้เป็นแหล่งพันธุกรรมสำคัญในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวเหนียวก่ำ เพื่อเพิ่มปริมาณสารแอนโธไซยานินให้มีปริมาณที่สูง และสารฟีนอลิกทั้งหมดซึ่งจะมีผลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น รวมทั้งยังเป็นการอนุรักษ์พันธุ์ข้าวเหนียวก่ำให้ยั่งยืนต่อไป