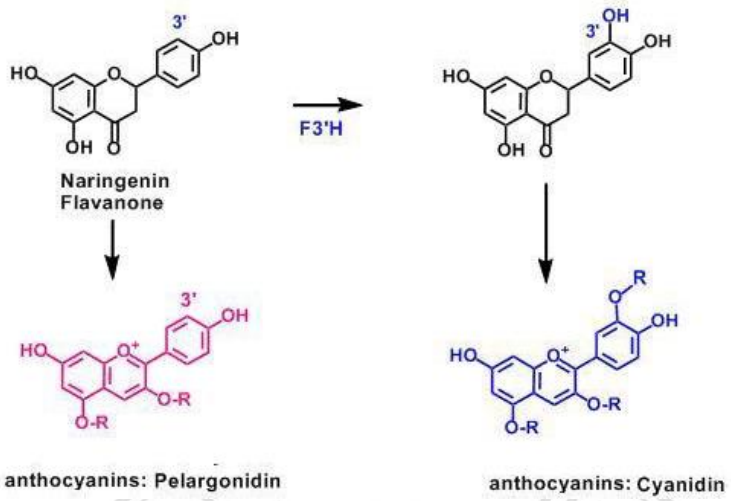
บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

คุณลักษณะของแอนโทไซยานิน (Anthocyanin)

แอนโทไซยานิน (anthocyanin) มีประโยชน์ต่อร่างกายมนุษย์มากมายหลายประการ อาหารที่มีรงควัตถุเป็นส่วนประกอบ จัดว่าเป็นอาหารที่มีคุณสมบัติพิเศษ (functional food) เมื่อบริโภคไปแล้วทำให้เกิดประโยชน์บางอย่างต่อร่างกายเชิงคุณภาพ เนื่องจากมีสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) สามารถช่วยลดความเสี่ยงจากสาเหตุของการเกิดโรคหลายชนิด เช่น โรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน และโรคมะเร็ง (Lazze *et al*., 2004) Matsuo *et al*. (1997) กล่าวไว้ว่า แอนโทไซยานินเป็นรงควัตถุในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ที่มักพบในส่วนของ vacuole ของเซลล์ที่อยู่ในชั้น sub-epidermis โดยจะมีลักษณะสีแดงไปจนถึงสีม่วง ซึ่งสามารถพบได้ในธรรมชาติจากส่วนต่างๆของพืชที่มีลักษณะสีแดง ม่วง และน้ำเงิน เช่น องุ่น ทับทิม กะหล่ำปลีสีม่วง และข้าวก่ำ เป็นต้น (Ha *et al.,* 2009) ในส่วนของการละลายน้ำ แอนโทไซยานินสามารถละลายน้ำได้แต่จะไม่สามารถละลายในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว ไม่มีหมู่ไฮดรอกไซด์ ตัวอย่างเช่น อีเทอร์ อะซีโตน คลอโรฟอร์ม และเบนซีน เป็นต้น หรือสามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายที่มีขั้ว เช่น แอลกอฮอล์ (El –Sayed *et al*., 2006; Hiemori *et al*., 2009) โดยที่แอนโทไซยานินสามารถแบ่งการแสดงออกของสีตามสภาวะของความเป็นกรดด่างได้ 3 ระดับ คือ ในระดับ pH น้อยกว่า 7 สภาวะเป็นกรดจะเป็นสีแดงถึงส้ม ในระดับ pH เท่ากับ 7 เป็นกลางจะเป็นมีสีม่วง ส่วนในระดับ pH มากกว่า 7 สภาวะที่เป็นด่างจะแสดงออกเป็นสีน้ำเงินเข้ม (รูปที่ 2.1) (กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553) ซึ่งในข้าวพบว่ามีแอนโทไซยานินหลายชนิดด้วยกัน ยกตัวอย่างเช่น cyanidin 3 -O-glucoside, peonidin 3 -O-glucoside, malvidin 3 -Oglucoside, pelagonidin 3-O-glucoside and delphinidin 3-O-glucoside และพบว่าประมาณ 95% ของแอนโทไซยานินเป็นชนิด cyanidin 3-O-glucoside (Park *et al*., 2008)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



สีม่วงแดง สีม่วง-น้ำเงิน

รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างทางเคมีของสารประกอบแอนโทไซยานินที่แสดงลักษณะของสี
ที่มา http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1103/anthocyanin accessed 23 June 2015

โครงสร้างของแอนโทไซยานิน เป็นรงควัตถุที่เป็นสารประกอบในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ชนิดหนึ่งซึ่งมีสูตรทางโครงสร้างหลักเป็น C-6-C-3-C-6 ของเกลือฟลาวีเลียม (flavylium salt) หรือ 2-phenylbenzopyrylium (ฉวีวรรณ และ บุศราภรณ 2531; กนกวรรณ, 2536) ซึ่งในส่วนของโครงสร้างแอนโทไซยานิน จะประกอบไปด้วยสารประกอบ 2 หรือ 3 ชนิด ได้แก่

1. แอนโทไซยานิดินหรืออะไกลโคน (Aglycone) ซึ่งมีโครงสร้างพื้นฐานที่ประกอบด้วยคาร์บอน 3 อะตอม และคาร์บอน 6 อะตอม เชื่อมต่อกัน ซึ่งในปัจจุบันแอนโทไซยานิดินที่พบมากจะมีอยู่ 6 ชนิด คือ มอลวิดิน (Malvidin) เพทุนิดิน (Petunidin) พีโอนิดิน (Peonidin) เพลาโกนิดิน (Pelargonidin) ไซยานิดิน (Cyanidin) และเดลฟินิดิน (Delphinidin) ซึ่งจะมีความแตกต่างกันตรงตำแหน่ง 3′ หรือ 5′ ว่ามี หมู่ไฮดรอกซิล (Hydroxyl) หรือเมธอกซิล (Methoxyl) ในข้าวที่มีแอนโทไซยานินนั้นพบอยู่ 2 ชนิด คือ cyanidin และ peonidin เป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งจะพบปริมาณของ cyaniding มากกว่า peonidin ในข้าวก่ำ (Lee, 2010; Reddy *et al.*, 1995)

2. น้ำตาล ซึ่งจะเกิดพันธะกับคาร์บอน ในตำแหน่งที่ 3 หรือตำแหน่งที่ 3 และ 5 โดยน้ำตาลที่เกิดพันธะได้ เช่น น้ำ ตาลกลูโคส (Glucose) น้ำตาลกาแลคโตศ (Galactose) น้ำตาลแรมโนส (Rhamnose) และน้ำตาลรูติโนส (Rutinose) เป็นต้น

3. ในส่วนนี้เป็นองค์ประกอบที่ไม่มีหรือมีก็ได้ในโครงสร้าง คือ กรด ซึ่งทำให้การเรียกชื่อที่แตกต่างกัน โครงสร้างแอนโทไซยานินที่มีกรดเป็นองค์ประกอบเรียกว่า นอนอะซิเลตเทต แอนโทไซ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ยานิน (Non acylated anthocyanin) และ แอนโทไซยานินที่ไม่มีกรดเป็นองค์ประกอบเรียกว่า อะซิเลต เทต แอนโทไซยานิน (Acylated anthocyanin)

ปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อความแปรปรวนของปริมาณแอนโทไซยานิน

แสงเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญและมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช แสงนั้นยังมีผลต่อการสร้างและการสังเคราะห์รงควัตถุ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ขาดไม่ได้หรือสำคัญที่สุดเมื่อเทียบกับปัจจัยอื่นที่มีผลต่อการแสดงออกของแอนโทไซยานิน การที่พืชได้รับแสงที่ความเข้มแสงเหมาะสมและระยะเวลาที่เพียงพอจะทำให้การสังเคราะห์รงควัตถุได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ได้มีการศึกษาการปลูกแอปเปิลเมื่อลูกแอปเปิลถูกแสงบดบังจากร่มเงาของใบไม้ ส่งผลให้การพัฒนาสีแดงที่บริเวณผิวเปลือกจางลงเมื่อเทียบกับลูกแอปเปิลที่ได้รับแสงแดดเต็มที่จะทำให้มีการพัฒนาสีแดงที่ผิวเปลือกเข้มขึ้น (Magness, 1928)

ในสภาพที่อุณหภูมิแตกต่างกันส่งผลให้ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แอนโทไซยานินต่างกัน ในสภาพอุณหภูมิต่ำจะมีการกระตุ้นให้เกิดการสังเคราะห์แอนโทไซยานินได้ดีกว่าที่อุณหภูมิสูง ซึ่งถ้าอุณหภูมิที่สูงมากเกินไปส่งผลให้เกิดการยับยั้งการสังเคราะห์แอนโทไซยานินได้ จากการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความคงตัวของแอนโทไซยานินพบว่า อุณหภูมิต่ำ (4±3 องศา) ความคงตัวของแอนโทไซยานินสูงกว่าสภาวะที่มีอุณหภูมิสูง (30±3 องศา) แสดงให้เห็นว่าระดับของอุณหภูมิในสภาวะต่าง ๆ นั้นมีผลต่อการแสดงออกของแอนโทไซยานิน (ยุพาพร, 2547) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Yamane *et al.* (2006) ที่ได้ทดสอบการปลูกองุ่นในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิที่แตกต่างกัน โดยพบว่าการปลูกองุ่นที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 15-20 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณแอนโทไซยานินสูงกว่าการปลูกที่ 30 องศาเซลเซียส

ความอุดมสมบูรณ์ของดินที่แตกต่างกันมีส่วนทำให้มีการเปลี่ยนแปลงรงควัตถุ จากการศึกษาพบว่าการปลูกพืชที่มีแอนโทไซยานินเป็นส่วนประกอบในสภาพพื้นที่ที่มีความชื้นในดินต่ำหรือพื้นที่ที่มีความแห้งแล้งส่งผลให้กระบวนการการสังเคราะห์แอนโทไซยานินลดลง และในส่วนธาตุอาหารอาหารที่มีอยู่ในดิน จากการศึกษาของ Hilbert *et al.* (2003) พบว่าในการปลูกต้นองุ่นเมื่อได้รับปริมาณของธาตุไนโตเจนในปริมาณมากเกินไปจะส่งผลให้ปริมาณแอนโทไซยานินที่ผิวขององุ่นลดลง และยังมีธาตุอาหารบางธาตุส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงต่อการแสดงออกของแอนโทไซยานิน Ji *et al.* (2012) พบว่าข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีม่วงนั้นจะทำให้ผลผลิตลดลงหรืออาจเป็นเพราะปริมาณธาตุสังกะสี (zinc) ในดินไม่เพียงพอต่อความต้องการของต้นพืชจึงส่งผลให้ผลผลิตลดลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การสังเคราะห์แอนโทไซยานินจะเปลี่ยนแปลงไปตามระยะของการเจริญเติบโต ซึ่งพืชแต่ละชนิดจะมีอายุและระยะการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน จากการศึกษาการเจริญเติบโตและพัฒนาการของข้าวเหนียวก่ำที่สัมพันธ์กับการสะสมสารต้านอนุมูลอิสระ พบว่าข้าวก่ำที่ทำการทดสอบมีปริมาณฟีนอลิคสูงที่สุดในระยะแตกกอโดยมีค่าเฉลี่ย 0.79 มิลิกรัมต่อมิลิลิตรของ gallic acid และยังได้วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระพบว่ามีค่าสูงสุดในระยะออกรวงค่าเฉลี่ย 78.23 เปอร์เซ็นต์ และยังพบว่าข้าวพันธุ์เดียวกันเมื่อเริ่มปลูกในระยะเวลาที่แตกต่างกันมีผลให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่แตกต่างกัน (อัจฉรา, 2551) ในเมล็ดข้าวช่วงระยะผสมเกสรเสร็จแล้วปริมาณแอนโทไซยานินจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ไปจนถึง 20 วันหลังผสมเกสร แล้วจึงจะหยุดการสร้าง (Phoka *et al.*, 2005)

ระดับค่า pH เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการแสดงออกของสี การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดหรือด่างของสารละลายในแวคคิวโอจะทำให้แอนโทไซยานินมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและสี ในกรณีที่เป็นสีส้มแดง ค่า pH เท่ากับ 1 ถ้าไม่มีสีจะเป็นกรดอ่อนๆ pH จะน้อยกว่า 6 ถ้าเป็นสีม่วงหรือน้ำเงิน pH มากกว่า 6 แต่ถ้าเป็นด่างมากเกินไปโครงสร้างของแอนโทไซยานินจะเสียไป (สุนิสา, 2542) ซึ่งในงานศึกษาของ Hou *et al.* (2013) พบว่าปริมาณแอนโทไซยานินที่เพิ่มขึ้นนั้น เป็นผลมาจากค่า pH ในดินที่เพิ่มขึ้น

แอนโทไซยานินในข้าวก่ำพื้นเมือง

ข้าวก่ำ (purple rice) หรือข้าวเหนียวดำ (black glutinous Rice) เป็นข้าวพื้นบ้านของไทยที่พบว่านิยมปลูกในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือ ซึ่งมีลักษณะเด่นคือ มีสีม่วงดำทั้งลำต้นและเมล็ด ปลูกได้เฉพาะฤดูนาปีและส่วนมากเป็นข้าวประเภทไวต่อช่วงแสงและเป็นข้าวเหนียว มีบางส่วนที่เป็นชนิดข้าวเจ้าปนข้าวเหนียวซึ่งพบจำนวนน้อยมาก ส่วนใหญ่มักนำมาบริโภคในรูปขนมหรือของหวาน โดยมีความเชื่อว่ามีคุณสมบัติทางยา (ดำเนินและคณะ, 2543) เนื่องจากในข้าวกล้องของข้าวเหนียวดำ มีปริมาณสารแกมม่า-โอไรซานอล และสามารถสังเคราะห์สารแอนโทไซยานินได้มากกว่าข้าวขาว จึงได้มีการนำคุณสมบัตินี้มาใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ (ธวัชชัย, 2547) โดยส่วนใหญ่จะพบสีม่วงในทุกส่วนประกอบของลำต้นรวมไปถึงทุกส่วนของช่อดอก แต่จะยกเว้นในส่วนของคัพภะ (embryo) และส่วนของแป้ง (endosperm) ที่ไม่แสดงสีม่วงของแอนโทไซยานิน ซึ่งในข้าวก่ำพื้นเมืองแต่ละสายพันธุ์นั้นมีความแตกต่างทางพันธุกรรม ดำเนินและศันสนีย์ (2543) ได้มีการศึกษาโดยตรวจสอบลักษณะสีของส่วนต่าง ๆ ของต้นพบความหลากหลายในการแสดงออกของสีตั้งแต่สีเขียวไปจนถึงสีม่วงเข้มในส่วนของ ลำต้น กาบใบ แผ่นใบ และเยื่อหุ้มเมล็ด อีกทั้งยังพบว่า เยื่อหุ้มเมล็ดสีม่วงเป็นลักษณะเฉพาะของข้าวก่ำและการแสดงของลักษณะนี้จะเป็นอิสระโดยที่ไม่มีความสัมพันธ์ใดๆกับสีของลักษณะอื่นๆของต้น นอกจากนี้ อัญชลีและคณะ (2550) ได้ประเมิน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลักษณะสัณฐานวิทยาของข้าวหนียวดำพันธุ์พื้นเมืองทั้งหมด 60 พันธุ์ โดยบันทึกข้อมูล 25 ลักษณะ แล้วนำข้อมูลไปวิเคราะห์ค่าสัมพันธ์ทางพันธุกรรมพบว่าสามารถจัดกลุ่มข้าวเหนียวดำตามลักษณะทางพฤกษศาสตร์ได้เป็น 3 กลุ่ม ซึ่งในแต่ละกลุ่มมีลักษณะแตกต่างกัน และสอดคล้องกับการจำแนกตามหลักพฤกษศาสตร์

ลักษณะพันธุกรรมที่ควบคุมการแสดงออกของแอนโทไซยานิน

Maeda *et al*. (2014) ได้ศึกษาลักษณะพันธุกรรมที่ควบคุมการแสดงออกของข้าวที่มีสีเยื่อหุ้มสีม่วงดำซึ่งเป็นแหล่งสะสมแอนโทไซยานิน ได้พัฒนาสายพันธุ์ข้าวโดยใช้พันธุกรรมพื้นฐานจากพันธุ์ Koshihikari ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่ได้รับการนิยมในญี่ปุ่น และใช้ข้าว Hong Xie Nuo เป็นพันธุ์พ่อซึ่งเป็นข้าวดำมาผสมเกสรเพื่อสร้างลูกผสม พบว่าตำแหน่งของยีนบนโครโมโซมแท่งที่ 1, 3 และ 4 ควบคุมการแสดงออกของเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Reddy (1996) มียีนที่ควบคุมการแสดงออกของแอนโทไซยานินในส่วนต่างๆ ของพืชทั้งหมด 3 ยีนดังนี้ A gene (Activator) C gene (Chromogen) และ P gene (distribution) ซึ่งในการศึกษาของ Rahman *et al*. (2013), Wang and Shu (2007) ที่พบว่ามี 2 ตำแหน่งบนโครโมโซม คือ *Pp* บนโครโมโซมแท่งที่ 1 และ *Pb* บนโครโมโซมแท่งที่ 4 เช่นเดียวกับการศึกษาของ Rahman *et al*. (2013) ได้ทำการศึกษาการถ่ายทอดยีนที่ควบคุมเยื่อหุ้มเมล็ดสีม่วงของข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 ระหว่างข้าวดำ 1 พันธุ์ (Heugnambyeo) กับข้าวขาว 3 พันธุ์นั้น พบว่าควบคุมด้วยยีน 2 คู่ คือ *Pb* และ *Pp* เป็นแบบข่มข้ามคู่ (epistasis) แสดงอัตราส่วนการกระจายตัวทางพันธุกรรมระหว่างม่วง:น้ำตาล:ขาว เป็น 9:3:4 โดยต้นที่มีลักษณะของเยื่อหุ้มเมล็ดสีม่วงเข้มจะมีปริมาณแอนโทไซยานินสูงกว่าต้นที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีม่วงปานกลาง สีน้ำตาล ในขณะเดียวกันต้นที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีขาวจะไม่พบมีปริมาณแอนโทไซยานินเลย ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Tae-Ho *et al* . (2015) ได้ศึกษาในประชากรลูกผสมชั่วที่ 2 ระหว่างข้าวก่ำพันธุ์ Heugjinju กับข้าวขาวพันธุ์ Hwacheong ges ที่พบว่าลูกผสมมีกระจายตัวของสีเยื่อหุ้มเมล็ดในสัดส่วนเดียวกัน

Ghose *et al*. (1963) ได้ศึกษาพื้นฐานการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ควบคุมการแสดงออกของสีม่วงในส่วนต่างๆของข้าว โดยศึกษาจากสี่ลักษณะ คือ สีแผ่นใบ สีกาบใบ สีเปลือกหุ้มเมล็ด และสีเยื่อหุ้มเมล็ด ซึ่งได้ทำการผสมเกสรจากพันธุ์ที่มีลักษณะของส่วนต่างๆ ที่แตกต่างกันทั้งสีเขียวและสีม่วง ผลที่ได้มาพบว่า ในลูกผสมชั่วที่ 1 ทุกคู่ผสมมีลักษณะที่แสดงออกมา (phenotypes) ที่เหมือนกันทั้งหมดในประชากร และในประชากรลูกผสมชั่วที่ 2 มีการกระจายตัวทางพันธุกรรมและมีจำนวนคู่ยีนที่ควบคุมการแสดงออกของแต่ละส่วนที่แตกต่างกัน พบว่าลักษณะสีกาบใบถูกควบคุมด้วยยีนเพียง 1 คู่ อัตราส่วนระหว่างม่วง:เขียว เป็น 3:1 ส่วนสีแผ่นใบควบคุมด้วยยีน 2 คู่ มีอัตราส่วนระหว่างม่วง:เขียว เป็น 3:13 ลักษณะสีเปลือกถูกควบคุมด้วยยีน 3 คู่ อัตราส่วนระหว่าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ม่วง:ฟางข้าว เป็น 45:19 เช่นเดียวกับการศึกษาของ Gao *et al*. (2011) ที่ได้ทำการศึกษาข้าวญี่ปุ่น (japonica) ในลักษณะของสีกาบใบที่จากการเกิดการกลายพันธุ์ ใช้เครื่องหมายโมเลกุล (Simple Sequence Repeat) ทั้งหมด 89 ตัว ซึ่งพบว่ามียีนที่ควบคุมการแสดงออกของสีม่วงที่กาบใบมีชื่อว่า OsCl โดยพบว่าตั้งอยู่บนโครโมโซมแท่งที่ 6 และสีกาบใบถูกควบคุมด้วยยีนเด่นเพียง 1 คู่ สุนิสา (2542) ได้ศึกษาการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของสีในข้าวจากข้าวลูกผสมชั่วที่ 2 ระหว่างก่ำดอยสะเก็ดกับข้าวเหนียวสันป่าตอง พบว่าการแสดงออกของสีบนต้นข้าวในทุกลักษณะที่ศึกษาถูกควบคุมด้วยยีนที่ทำงานร่วมกันทั้งหมด 2 คู่ ยกเว้นในส่วนของสีเยื่อหุ้มเมล็ดและสีเปลือก ที่คาดว่าน่าจะมียีนที่ควบคุมมากกว่าสองคู่ ในส่วนของเมล็ดได้มีการศึกษาพบว่าลักษณะแอนโทไซยานินสูงในเมล็ดนั้นถูกควบคุมด้วยยีนด้อยและควบคุมด้วยยีนจำนวนหลายคู่จึงเป็นการถ่ายทอดทางลักษณะพันธุกรรมเชิงปริมาณ (พีรนันท์, 2557) นอกจากนี้ได้ทำการศึกษาพันธุกรรมของการสังเคราะห์สารแอนโทไซยานินในข้าวเหนียวดำโดยทำการผสมเกสรข้าวเหนียวดำ 2 สายพันธุ์ (พันธุ์แม่) กับข้าวเหนียวพันธุ์ กข.6 พบว่ายีนที่ควบคุมการเกิดเยื่อหุ้มเมล็ดสีดำเป็นยีนเด่นที่ถูกควบคุมด้วยยีนจำนวนเพียง 1 คู่ (ช่อแก้ว, 2557)

ได้มีงานศึกษาการแสดงออกของสีในลักษณะสัณฐานของส่วนต่างๆ ของต้นข้าวในลูกผสมชั่วที่ 2 ระหว่างข้าวก่ำพื้นเมืองมีสีต้นและเมล็ดสีม่วงกับข้าวต้นสีเขียวเมล็ดสีข้าว มีการกระจายตัวทางพันธุกรรมโดยการแสดงออกของสีอยู่ระหว่างพันธุ์พ่อแม่ พบว่ามีการแสดงออกของยีนเป็นแบบ epistasis ส่วนใหญ่เกิดจากยีน 2 ตัว กระจายในสัดส่วน 3:13 1:8:7 9:7 หรือ 9:3:4 หรือยีน 3 ตัว กระจายในสัดส่วน 45:19 45:21 หรือ 39:25 (ตารางที่ 2.1)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.1 อัตราส่วนของการเกิดสีของส่วนต่างๆ ในลูกผสมชั่วที่ 2 และจำนวนยีนที่ควบคุมการเกิดสีบนส่วนต่างๆของต้นข้าว

ลักษณะทางสัณฐานของต้นข้าว	อัตราส่วนลูกผสมชั่วที่ 2	จำนวนยีน	ที่มา
Leaf blade color	ม่วง 3 : เขียว 13	2	Sahu et al. (2003)
	ม่วง 1 : เขียวปนม่วง 8 : เขียว 7	2	สุนิสา (2542), พีรนันท์ (2557)
Leaf sheath color	ม่วง 3 : เขียว 1	1	Sahu et al. (2003)
	ม่วง 1 : เขียวปนม่วง 8 : เขียว 7	2	สุนิสา (2542), พีรนันท์ (2557)
Ligule color	ม่วง 9 : เขียว 7	2	สุนิสา (2542), พีรนันท์ (2557)
Apiculus color	ม่วง 9 : เขียว 7	2	สุนิสา (2542)
Pericarp color	ม่วง 3 : ขาว 1	1	Sahu et al. (2006)
	ม่วง 45 : ขาว 19	3	Sahu et al. (2006)
	ม่วง 43 : ขาว 21	3	Sahu et al. (2006)
	ม่วง 9 : น้ำตาล 3 : ขาว 4	2	Rahman *et al*. (2013)
	ม่วง 9 : น้ำตาล 3 : ขาว 4	2	Tae-Ho *et al*. (2015)
	ปรากฏสี 39 : ขาว 25	3	พีรนันท์ (2557)

ปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างลักษณะทางพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมต่อปริมาณแอนโทไซยานิน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

พืชที่มีพันธุกรรมเดียวกันแต่ทำการเพาะปลูกในพื้นที่หรือสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างสองปัจจัยนี้ที่เกิดขึ้นในช่วงระยะการเจริญเติบโตของพืช เช่น การเปลี่ยนแสดงของอุณหภูมิ ความยาวของช่วงแสงในแต่ละวัน สภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินของแต่ละพื้นที่ปลูก อาจส่งผลให้การเพาะปลูกและคัดเลือกสายพันธุ์หรือพันธุกรรม (genotype) ในสภาพแวดล้อมหนึ่งมีความเหมาะสมและอีกสภาพแวดล้อมหนึ่งไม่เหมาะสม (Allard and Bradshaw, 1964) เช่นเดียวกับการศึกษาของ บุรินทร์ (2556) ที่ได้ทำการคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวเจ้าก่ำที่ให้ผลผลิตสูงสุดในพื้นที่จังหวัด แพร่ เชียงใหม่ สุพรรณบุรี ชัยภูมิ และสุราษฎร์ธานี โดยนำลูกผสมชั่วที่ 10 จากคู่ผสมระหว่างข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวก่ำดอยสะเก็ด จำนวน 17 สายพันธุ์ ซึ่งพบว่าสายพันธุ์ 107/68 ให้ปริมาณแอนโทไซยานินในเมล็ดข้าวสูงสุดที่การปลูกทดสอบที่จังหวัดแพร่ และให้ปริมาณแอนโท

ไซยานินต่ำสุดที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี ที่ปริมาณแอนโทไซยานิน 16.19 และ 2.82 มิลลิกรัม/100กรัม เมล็ด ตามลำดับ และในการศึกษาของ (Connor, 2005) ได้พบว่าปริมาณแอนโทไซยานินในผลไม้ เช่น blueberry, blackberry และ black seed coat soybean ผลกระทบต่อปริมาณแอนโทไซยานินนั้นเกิดจากพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมที่ปลูก และพบว่าอิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมมีผลต่อปริมาณแอนโทไซยานิน เช่นเดียวกับการการศึกษาของ Rerkasema *et al*. (2015) พบว่าปริมาณแอนโทไซยานินที่สะสมในเมล็ดข้าวก่ำ 9 สายพันธุ์ โดยปลูกเปรียบเทียบสองพื้นที่ คือบนพื้นที่สูงและที่ราบลุ่ม พบว่าให้ปริมาณแอนโทไซยานินที่แตกต่างกัน ซึ่งมี 6 สายพันธุ์ ที่ปลูกบนพื้นที่สูงให้ปริมาณแอนโทไซยานินที่สูงกว่าการปลูกในพื้นที่ราบลุ่ม นอกจากนั้น อัญชลีและคณะ (2550) ได้การศึกษาการประเมินการให้ผลผลิตข้าวเหนียวดำพันธุ์พื้นเมือง จำนวน 16 พันธุ์ ปลูกทดสอบใน 3 แหล่งปลูกในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ บันทึกลักษณะผลผลิต พบว่าลักษณะผลผลิตของข้าวเหนียวดำที่ทำการศึกษาในแต่ละแหล่งปลูกมีความแตกต่างกันทางสถิติ นอกจากนี้ Zhang *et al*. (2005) ยังได้ทำการศึกษาโดยทำการผสมพันธุ์ระหว่างก่ำพื้นเมืองทั้ง 6 ประชากร และข้าวหอม 1 ประชากร โดยทำการผสมพันธุ์แบบพบกันหมด (diallel cross) พบว่าเมื่อปลูกข้าวในสภาพแวดล้อมที่มีความแปรปรวนสูงหรือแตกต่างกันจะส่งผลให้ปริมาณแร่ธาตุอาหารภายในเมล็ดข้าวเปลี่ยนแปลงได้ และจากการศึกษาการปลูกข้าวก่ำ 7 สายพันธุ์ในพื้นที่ปลูกทั้งหมด 8 สภาพแวดล้อม พบว่าแต่ละสายพันธุ์ให้ปริมาณแอนโทไซยานินในเมล็ดสูงในพื้นที่ปลูกที่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่ามีปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมและมีเพียง 2 สายพันธุ์ คือ ULR238 และ ULR046 ที่ให้ปริมาณแอนโทไซยานินสูงในทุก ๆ พื้นที่ปลูก ซึ่งอาจเป็นสายพันธุ์ที่มีความสามารถในการปรับตัวในทุกสภาพแวดล้อม (Somsana *et al*., 2013) นอกจากนี้ยังพบว่าสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันนั้นยังส่งผลให้ผลผลิตมีความแตกต่างกันภายในพันธุ์เดียวกัน เช่นเดียวกับการศึกษาของ Aziz *et al*., (2015) โดยทดสอบปลูกข้าวสาลีทั้งหมด 7 สายพันธุ์ อาศัยน้ำฝนในการเจริญเติบโต วางแผนการทดสอบโดยปลูกในพื้นที่ 3 จังหวัด พบว่าแต่ละสายพันธุ์ตอบสนองต่อพื้นที่ปลูกที่แตกต่างกัน ซึ่งพบว่าพันธุ์ Crezo และพันธุ์ Iraq7 มีการปรับตัวที่ดีและให้ผลผลิตสูงในทุกพื้นที่ปลูก

ข้าวพันธุ์สมัยใหม่ และข้าวลูกผสม

ข้าวพันธุ์สมัยใหม่หรือข้าวพันธุ์ปรับปรุงเป็นข้าวที่ได้รับการพัฒนาและปรับปรุงเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของเกษตรกรและผู้บริโภค ปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่มลักษณะบางประการที่ต้องการ ลักษณะทางคุณภาพ เช่น การไม่ไวต่อช่วงแสง ต้านทานโรคแมลง ความอ่อนนุ่ม และเพิ่มสารอาหารภายในเมล็ดปรับปรุงลักษณะทางปริมาณ เช่น เพิ่มผลผลิตต่อไร่ เป็นต้น ในปัจจุบันสาย

พันธุ์ข้าวที่ได้มาจากการปรับปรุงพันธุ์เพื่อนำมาใช้แก้ปัญหาในพื้นที่ต่างๆมีหลากหลายสายพันธุ์ เช่น พันธุ์ปทุมธานี 1 ได้มากจากการผสมพันธุ์ระหว่าง สายพันธุ์ข้าว BKNA6-183-2 (พันธุ์แม่) กับสายพันธุ์ PTT8506-3-21 ที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี เมื่อฤดูนาปรัง ปี 2553 ลักษณะโดยทั่วไปมีความสูงต้นเฉลี่ย 104 -133 เซนติเมตร ทรงกอตั้ง ต้นและใบสีเขียว อายุเก็บเกี่ยวเฉลี่ย 104 -126 วัน มีคุณภาพข้าวสุกที่นุ่มเหนียวและมีกลิ่นหอม และให้ผลผลิตเฉลี่ย 650 – 774 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีลักษณะเด่น คือ เป็นข้าวเจ้าหอมที่ไม่ไวต่อช่วงแสง สามารถที่จะนำเอาไปปลูกได้ตลอดทั้งปี คุณภาพของเมล็ดคล้ายพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เมื่อเวลาข้าวสุกจะนุ่มเหนียว และมีกลิ่นที่หอมมาก นอกจากนี้ยังเป็นพันธุ์ที่ต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดหลังขาว โรคไหม้ เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล โรคขอบใบแห้ง และโรคไหม้ (กรมการข้าว, 2559) ในส่วนของการทำข้าวลูกผสมเป็นวิธีการที่นำมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าว โดยต้องนำข้าวต่างสายพันธุ์ที่มีลักษณะตามต้องการมาผสมกัน หลักสำคัญของการผสมพันธุ์คือ การสร้างความผันแปรที่เกิดจากการจับคู่ใหม่ของยีน ซึ่งจะทำให้เกิดลักษณะแตกต่างกันจำนวนมากมายในรุ่นลูกรุ่นหลานและการสร้างลูกผสมเพื่อให้ได้รุ่นลูกที่มีลักษณะดีของพ่อและแม่ แต่เนื่องจากในธรรมชาติข้าวเป็นพืชที่มีการผสมเกสรในตัวเอง โดยมีทั้งเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกัน ทำให้โอกาสที่จะเกิดการผสมข้ามระหว่างต้นมีโอกาสน้อยมาก ดังนั้น การพัฒนาข้าวสายพันธุ์ดี จึงต้องใช้วิธีทำให้ต้นข้าวเป็นหมันเสียก่อน หรือไม่ก็ต้องหาพันธุ์ข้าวที่มีอยู่ในธรรมชาติซึ่งมีเกสรตัวผู้ที่เป็นหมันอยู่แล้ว จากนั้นจึงนำสายพันธุ์แม่ดังกล่าว (ตัวผู้เป็นหมัน) มาผสมกับสายพันธุ์พ่ออีกสายพันธุ์หนึ่งที่มีลักษณะที่เราต้องการ เช่น ต้านทานต่อโรค แมลง เพิ่มสารอาหารภายในเมล็ด และให้ผลผลิตสูง โดยไม่ต้องเพิ่มพื้นที่ปลูก อีกทั้งยังช่วยลดปริมาณการใช้น้ำในการปลูกข้าว เนื่องจากข้าวลูกผสมมีระบบรากที่แข็งแรงกว่าข้าวโดยทั่วไป ซึ่งเมล็ดพันธุ์ที่ได้จาการปลูกข้าวลูกผสมนั้น เกษตรกรจะไม่สามารถนำเก็บไว้ทำพันธุ์ปลูกต่อไปได้ เพราะจะเกิดการกระจายตัวทางพันธุกรรมในรุ่นต่อไป โดยที่ลักษณะของต้นที่แสดงออกมาจะมีความหลากหลายแตกต่างกัน (บริบูรณ์, 2546ข.)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การคัดเลือกโดยวิธีจดประวัติ (pedigree method)

วิธีการคัดเลือกแบบจดประวัติได้ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการพัฒนาพันธุ์บริสุทธิ์ (pure line) ซึ่งเป็นวิธีการคัดเลือกสายพันธุ์แท้ในพืชผสมตัวเอง (กฤษฎา, 2556) วิธีจดประวัติเป็นการคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีการบันทึกประวัติของสายพันธุ์ในทุกขั้นตอนของการคัดเลือก จากชั่วรุ่นต่อชั่วรุ่น ซึ่งจะใช้แรงงานและความละเอียดในการทำงานมาก การคัดเลือกลักษณะคุณภาพสามารถคัดลักษณะที่ไม่ต้องการได้ในรุ่นแรกๆ สามารถดูลักษณะต่าง ๆได้ดี และสามารถติดตามรายละเอียดของสายพันธุ์ในแต่ละขั้นตอนได้อย่างต่อเนื่อง ลักษณะที่ได้บันทึกไว้จะช่วยให้นักปรับปรุงพันธุ์ตัดสินใจโดยดูจากข้อมูลเปรียบเทียบประกอบในการเลือกสายพันธุ์ ในส่วนของจำนวนต้นพืชที่จะปลูกนั้น

ขึ้นอยู่กับลักษณะที่นักปรับปรุงพันธุ์ต้องการคัดเลือกว่าจะเป็นลักษณะทางคุณภาพหรือลักษณะทางปริมาณ เช่น ต้องคัดเลือกลักษณะการเพิ่มผลผลิตต่อไร่ หรือเพิ่มสารอาหารภายในเมล็ด ซึ่งเป็นลักษณะทางปริมาณจะถูกควบคุมโดยยีนหลายคู่ ดังนั้นจึงควรมีการวางแผนปลูกโดยเพิ่มจำนวนประชากรให้มากขึ้น และคัดไว้จำนวนมากพอ เพื่อเพิ่มโอกาสที่จะทำให้การคัดเลือกเจอจีโนไทป์ที่มีลักษณะที่เราต้องการ (คมสัน, 2546) ซึ่งจากการศึกษาของ Steven *et al.* (2002) พบว่าการคัดเลือกในพืชผสมตัวเอง สามารถทำได้ตั้งแต่ในลูกผสมชั่วที่ 2 และ 3 เป็นต้นไป เนื่องจากในประชากรชั่วที่ 2 จะมีการกระจายตัวทางพันธุกรรมที่สูงและทำให้การคัดเลือกนั้นมีประสิทธิภาพ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved