บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

ผลจากการทดลองครั้งนี้บ่งชี้ว่า ผลผลิตและปริมาณสารแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญและมีอยู่ในเมล็ดข้าวก่ำนั้น มีอิทธิพลมาจากทั้งพันธุกรรมและการจัดการสภาพแวดล้อม อย่างเช่น การจัดการน้ำและระดับปุ๋ยไนโตรเจน ดังนั้นการจัดการสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับข้าวก่ำแต่ละพันธุ์จึงน่าจะเป็นแนวทางในการเพิ่มปริมาณสารแอนโทไซยานินในเมล็ดข้าวก่ำได้ นอกจากนี้ความแตกต่างของปริมาณสารแอนโทไซยานินในข้าวก่ำแต่ละพันธุ์ ยังสามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงพันธุ์ได้อีกด้วย

ข้าวเหนียวก่ำเป็นข้าวที่มีลักษณะของส่วนต่างๆ ที่อยู่บนลำต้น เช่น กาบใบ แผ่นใบ กลีบดอก สีเปลือก และสีเยื่อหุ้มเมล็ด เป็นสีม่วง (ดำเนินและศันสนีย์, 2543) ซึ่งแตกต่างจากข้าวปลูกทั่วไปที่มีลำต้น กาบใบ และแผ่นใบเป็นสีเขียว โดยสีม่วงที่ปรากฏบนส่วนต่างๆ ของข้าวเหนียวก่ำนั้น ส่วนใหญ่เป็นสารฟลาโวนอยด์ในกลุ่มแอนโทไซยานิน ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Frank *et al*., 2002) และสารแอนโทไซยานินนี้จะมีปริมาณมากน้อย ก็ขึ้นอยู่กับลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวก่ำแต่ละพันธุ์ ซึ่งในข้าวก่ำแต่ละพันธุ์ก็จะมียีนที่ควบคุมการเกิดสีในต้นข้าวที่เกิดจากการทำงานร่วมกันของยีน 2 คู่ โดยยีนคู่ที่ 1 เกี่ยวข้องกับการสร้าง chromogen หรือเรียกว่ายีน C (Chromogen production) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการผลิตรงควัตถุและยีนคู่ที่ 2 คือ ยีนที่ทำหน้าที่ในการกระตุ้น หรือเรียกว่ายีน A (Activation) จะทำหน้าที่เปลี่ยน chromogen ไปเป็นรงควัตถุในการเกิดสี หากยีนคู่ใดหายไปจะทำให้ไม่เกิดสี และยีนทั้งคู่ต้องอยู่ในสภาพ homozygous นอกจากนี้ยังมียีนที่ เป็นตัวควบคุมการกระจายตัวของแอนโทไซยานิน หรือเรียกว่ายีน P (Spreading pigment) ไปในส่วนต่างๆของพืช และมียีน I (Inhibitor gene) เป็นตัวยับยั้งการกระจายตัวของยีนด้วย (Reddy, 1996) และ Ramiah and Rao (1953) แต่ในข้าวเหนียวก่ำบางสายพันธุ์ก็ไม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปรากฏลักษณะของสีม่วงในลำต้น ใบ และเปลือกเมล็ด เช่นพันธุ์ ปิอิซู, ปิอิซู-1, ข้าวก่ำหมายเลข 21 และข้าวก่ำ-1 แต่มีลักษณะของสีเยื่อหุ้มเมล็ดเป็นสีม่วง ทั้งนี้เนื่องมาจากสีม่วงของเยื่อหุ้มเมล็ดของข้าวกล้อง เป็นลักษณะเฉพาะ(unique characteristic) ของข้าวก่ำ เป็นลักษณะที่เป็นอิสระไม่มีความสัมพันธ์กับลักษณะอื่น เช่น สี ของลำต้น สีของแผ่นใบ ลักษณะทางพันธุกรรมที่ควบคุมการเกิดสีในเยื่อหุ้มเมล็ดมีการแสดงออกของยีนเป็นแบบ incomplete dominance (สุณิสา, 2542)

จากการศึกษาผลของระดับไนโตรเจนต่อผลผลิต และปริมาณสารแอนโทไซยานินในข้าวก่ำดอยสะเก็ด พบว่าระดับไนโตรเจนที่สูงขึ้นทำให้ข้าวก่ำดอยสะเก็ดมีจำนวนหน่อต่อต้น จำนวนรวงต่อกอ มีการสะสมไนโตรเจนในใบธง และในลำต้นเพิ่มขึ้นด้วยโดยเฉพาะในระยะออกดอก และการปลูกข้าวที่ระดับไนโตรเจน 250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (26.7 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่) ทำให้ข้าวก่ำดอยสะเก็ดมีการสะสมน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นได้เป็น 3 เท่า ซึ่งส่งผลโดยตรงทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Maruta and Matsushima (1975) รายงานว่า เมื่อข้าวได้รับไนโตรเจนในปริมาณที่เหมาะสม จะทำให้ข้าวมีการเจริญเติบโตที่ดีและให้ผลผลิตสูง เช่นเดียวกับ Rahman and Yoshida (1985) พบว่าข้าวที่ได้รับไนโตรเจนในระดับที่สูง จะทำให้มีการสะสมไนโตรเจนของต้นและกาบใบสูงขึ้นในระยะออกรวง และเมื่อเพิ่มธาตุไนโตรเจนในระยะที่ข้าวออกรวงทำให้มีการสะสมไนโตรเจนที่ใบธงเพิ่มขึ้น เพื่อใช้ในการสร้างรวงและเมล็ด และจากการศึกษาของอารีรัตน์ (2542) พบว่า ข้าวหอมมะลิ 105 ให้ผลผลิตสูงที่สุดที่อัตราปุ๋ย 14.4 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ แต่ผลผลิตลดลง 11 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเพิ่มอัตราปุ๋ยเป็น 21.6 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ นอกจากธาตุไนโตรเจนจะเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต และการสร้างผลผลิตของพืชแล้ว ในข้าวก่ำธาตุไนโตรเจนยังมีบทบาทในการเป็นองค์ประกอบของฟลาโวนอยด์ ที่มีสีม่วงหนึ่งในสารประกอบของฟลาโวนอยด์นั้นก็คือ สารแอนโทไซยานิน สอดคล้องกับการการศึกษาของ (Kliewer, 1997) พบว่า ธาตุไนโตรเจนมีความสำคัญต่อการสร้างสีในองุ่น ในสภาพปลูกที่มีไนโตรเจนมาก องุ่นจะมีการสะสมอาร์จีนีนและกรดอะมิโนอิสระมากกว่าในสภาพปลูกที่มีไนโตรเจนต่ำ แต่ถ้าองุ่นได้รับปุ๋ยไนโตรเจนมากเกินไป ผลองุ่นจะมีสีจางลง เพราะไนโตรเจนจะถูกเปลี่ยนมาเก็บสะสมไว้ในรูปของคาร์โบไฮเดรทแทน

อย่างไรก็ตามแม้ว่าลักษณะการสะสมปริมาณสารแอนโทไซยานินของข้าวเหนียวก่ำ จะขึ้นอยู่กับลักษณะทางพันธุกรรมของข้าวแต่ละพันธุ์แล้ว การจัดการสภาพแวดล้อมในการปลูกก็มีผลต่อการสะสมปริมาณสารแอนโทไซยานินด้วยเช่นกัน ดังนั้นการจัดการสภาพการปลูกให้เหมาะสมกับพันธุกรรมข้าวแต่ละพันธุ์จึงเป็นเงื่อนไขที่สำคัญในการเพิ่มผลผลิต และปริมาณสารแอนโทไซยานินในข้าวก่ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การสะสมสารแอนโทไซยานินในเมล็ดข้าวเป็นกลไกที่ค่อนข้างซับซ้อน (Hiratsuka *et al*., 2001) พันธุ์ข้าวแต่ละพันธุ์มีการสะสมปริมาณสารแอนโทไซยานินแตกต่างกัน ในแต่ละสภาพแวดล้อม ทั้งในพันธุ์ข้าวก่ำดอยสะเก็ดและพันธุ์ CMU122 นอกจากการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมแล้ว พันธุ์ข้าวแต่ละพันธุ์ก็มีความสามารถในการสร้าง และสะสมปริมาณสารแอนโทไซยานินในเมล็ดได้แตกต่างกัน กลไกความแตกต่างของการสะสมสารแอนโทไซยานินในเมล็ดของข้าวแต่ละพันธุ์ น่าจะเป็นเงื่อนไขของความแตกต่างดังกล่าว ที่จะต้องทำการศึกษาทดลองในเชิงลึกต่อไป นอกจากนี้ปัจจัยอื่นๆทางสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิก็มีผลต่อการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน โดยอุณหภูมิต่ำจะกระตุ้นการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน และอุณหภูมิสูงจะยับยั้งการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน (Wiriyasak *et al.,* 2003) พบว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการสะสมปริมาณแอนโทไซยานินในเมล็ดข้าว โดยข้าวที่ปลูกในฤดูหนาวหรือปลูกที่อุณหภูมิต่ำ จะมีปริมาณแอนโทไซยานินสะสมมากกว่าข้าวที่ปลูกในฤดูร้อน และอุณหภูมิสูง แสงก็มีผลต่อการสร้างหรือสังเคราะห์รงควัตถุ ถ้าพืชได้รับแสงมากจะทำให้การสังเคราะห์รงควัตถุมากขึ้นด้วย เช่น ผลแอปเปิ้ลที่อยู่บริเวณร่มเงาของต้นที่ไม่โดนแสงหรือได้รับแสงน้อย การพัฒนาของสีแดงของเปลือกจะน้อยลง (Magness, 1958) และการสะสมของแอนโทไซยานินจะเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับความเข้มของแสงมากขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ กัญญกาญจน์ และกัลยา (2555) พบว่า ความเข้มแสงที่ลดลงทำให้ข้าวเหนียวดำทุกพันธุ์ที่ทำการทดลอง มีน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และแอนโทไซยานินลดลง และระยะการเจริญเติบโตของพืชมีผลต่อการสังเคราะห์แอนโทไซยานินด้วย โดยพบว่าปริมาณหรือความเข้มข้นของแอนโทไซยานิน จะเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลาของการเจริญเติบโตของพืช เช่นในอุ่นการสร้างแอนโทไซยานินจะเพิ่มปริมาณขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะแรกของการเจริญ และจะมีปริมาณลดลงเมื่อถึงระยะสุกแก่เต็มที่ (Riberau, 1982) การศึกษาถึงสภาพแวดล้อมที่กำหนดปริมาณสารแอนโทไซยานินในเมล็ดข้าวก่ำ จะสามารถทำให้ควบคุมปริมาณสารแอนโทไซยานินในเมล็ดข้าวก่ำได้

ส่วนสีเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวกล้องนั้นพบว่า พันธุ์ข้าว การจัดการน้ำ และปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวและการจัดการน้ำ มีผลต่อสีเยื่อหุ้มเมล็ดของข้าวก่ำ ข้าวก่ำพันธุ์ที่มีสีเยื่อหุ้มเมล็ดสีอ่อนที่สุดที่ปลูกภายใต้การจัดการน้ำแบบแอโรบิก ได้แก่ พันธุ์ ก่ำเวียงสา และเหนียวดำก่ำนา ส่วนข้าวก่ำพันธุ์ที่มีสีเยื่อหุ้มเมล็ดเข้มที่สุด ได้แก่ พันธุ์ ก่ำ 19959 ก่ำดอยสะเก็ด และก่ำน่าน ส่วนในการจัดการน้ำแบบขังน้ำ ข้าวก่ำพันธุ์ที่มีสีเยื่อหุ้มเมล็ดสีอ่อนที่สุด ได้แก่ พันธุ์ ก่ำเวียงสา และเหนียวดำก่ำนา และข้าวก่ำพันธุ์ที่มีสีเยื่อหุ้มเมล็ดเข้มที่สุด ได้แก่ พันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด แสดงว่าการคัดเลือกพันธุ์ข้าวที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวกล้องสีเข้ม และการจัดการสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับพันธุ์ข้าวก่ำแต่ละพันธุ์ ก็ส่งผลต่อความเข้มของสีเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวกล้องด้วยเช่นกัน สอดคล้องกับการศึกษาของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Piech and Evans (1979) ได้ศึกษายีนที่ทำให้เกิดสีม่วงในเมล็ดข้าวสาลีชนิด hexaploid และพบว่าที่ตำแหน่ง 3A และ 7A บนโครโมโซมมีความสัมพันธ์กับการเกิดสีม่วงของเมล็ดข้าวสาลี

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิต ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในลำต้น และการจำแนกสีเยื่อหุ้มเมล็ดต่อปริมาณสารแอนโทไซยานินในเมล็ดข้าวกล้อง พบว่าลักษณะดังกล่าวนั้นไม่มีความสัมพันธ์กันกับปริมาณสารแอนโทไซยานินในเมล็ดข้าวกล้อง เช่นเดียวกันกับ Neill and Gould (2002) ที่ได้ศึกษาคุณสมบัติของแสงที่สัมพันธ์กับปริมาณสารแอนโทไซยานิน และการกระจายของสารแอนโทไซยานินในใบ *Quintinia serrata* A. Cunn. และพบว่า สีแดงของใบที่มองเห็นหรือวัดได้นั้นเป็นลักษณะอิสระ ไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณสารแอนโทไซยานินในใบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved