ผลของการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนและน้ำต่อผลผลิตและปริมาณสารแอนโทไซยานินในข้าวเหนียวก่ำ 2 พันธุ์

Effects of nitrogen and water managements on yield and anthocyanin content in two purple glutinous rice varieties

วรรณภา ก่ำถ้วย[1*], เบญจวรรณ ฤกษ์เกษม[1], ศันสนีย์ จำจด[1], ณัฏฐิณี ภัทรกุล[1] และ ชนากานต์ เทโบลต์ พรมอุทัย[1]

Wannapha Kathuai[1*], Benjavan Rerkasem[1], Sansanee Jamjod[1], Nattinee Phattarakul[1] and Chanakan Thebault Promuthai[1]

บทคัดย่อ: การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลผลิตและการสะสมปริมาณสารแอนโทไซยานินในเมล็ดข้าวก่ำ 2 พันธุ์ (ก่ำดอยสะเก็ด และ CMU122) ที่ปลูกในสภาพการจัดการปุ๋ยและน้ำแตกต่างกัน ทดลองในสภาพกระถางบรรจุดินชุดสันทราย ที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 2 ระดับ คือ 70 (N70) และ 210 (N210) มก.ไนโตรเจน/กก.ดิน และการจัดการ 2 สภาพ คือ ขังน้ำและไม่ขังน้ำ ผลการทดลองพบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับ N210 ทำให้ผลผลิตข้าวก่ำเพิ่มขึ้นจาก N70 ในข้าวทั้ง 2 พันธุ์ โดยในพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับ N210 ในสภาพน้ำขังให้ผลผลิตเป็น 2 เท่าเทียบกับการปลูกในสภาพไม่ขังน้ำ ในขณะที่พันธุ์ CMU122 การใส่ปุ๋ยที่ระดับ N210 เพิ่มผลผลิตเป็น 2 เท่าของ N70 ทั้งในสภาพน้ำขังและไม่ขังน้ำ และพบว่า พันธุ์ข้าวและไนโตรเจนมีผลต่อความเข้มสีเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวกล้อง นอกจากนี้ปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างพันธุ์ข้าวและไนโตรเจน ยังมีผลต่อการสะสมสารแอนโทไซยานินในเมล็ดข้าวกล้องแตกต่างกันในข้าวทั้ง 2 พันธุ์ พันธุ์ก่ำดอยสะเก็ดมีการสะสมปริมาณแอนโทไซยานินในเมล็ดลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนจาก N70 เป็น N210 ส่วนในพันธุ์ CMU122 มีการตอบสนองตรงกันข้าม คือเมล็ดข้าวสะสมแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณปุ๋ยจาก N70 เป็น N210 และความเข้มของสีเมล็ดข้าวกล้องที่ประเมินด้วยสายตา พบว่า สอดคล้องกับการสะสมสารแอนโทไซยานินในเมล็ดข้าวกล้อง ซึ่งผลการทดลองนี้เป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับการควบคุมผลผลิตและคุณภาพของข้าวก่ำรวมทั้งการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ข้าวก่ำด้วย

คำสำคัญ: ผลผลิต, แอนโทไซยานิน, ข้าวเหนียวก่ำพันธุ์พื้นเมือง, ปุ๋ยไนโตรเจน, การจัดการน้ำ

ABSTRACT: This experiment evaluated grain yield and anthocyanin content in the grain of two purple glutinous rice varieties grown under two levels of nitrogen (N) fertilizer and two water management conditions. Two purple glutinous rice varieties, Kum Doi Saket (KDK) and CMU122, were grown in Sansai soil in a pot experiment. Two levels of N fertilizer, 70 (N70, low N) and 210 (N210, high N) mg N/kg soil, and two water regimes, submerged and aerobic, were applied. The results showed that increasing N from N70 to N210 increased grain yield in both varieties. In KDK, high N in submerged soil had twice higher grain yield than that with low N while there was only a slight effect of N on grain yield in aerobic soil. In CMU122, high N rate had about twice higher grain yield than that with low N in both water conditions. Interactions between varieties of rice and nitrogen also affected the purple

[1] สาขาวิชาพืชไร่ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200
Division of Agronomy, Department of Plant Science and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

* Corresponding author: fon_hongto@hotmail.com

color in the pericarp of rice grain. Nitrogen also affected anthocyanin content in the rice grain of both varieties. In KDK, increasing N rate from N70 to N210 decreased anthocyanin content in the rice grain while the response was different in CMU122, with anthocyanin increasing with the N rate. The intensity of the purple color of the pericarp was, by visual observation, found to correlate with anthocyanin content in the rice grain. The results from this experiment will be useful for grain yield and quality control as well as the selection in the breeding program for the improvement of purple rice.
Keywords: yield, anthocyanin, local purple glutinous rice varieties, nitrogen fertilizer, water management

บทนำ

ข้าวเหนียวดำเป็นพันธุ์ข้าวที่มีการปลูกกันมากในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และมีชื่อเรียกในภาษาพื้นเมืองว่า “ข้าวก่ำ” โดยเรียกตามลักษณะของสีม่วง-ดำที่ปรากฏในส่วนต่างๆ ของต้นข้าว เช่น กาบใบ แผ่นใบ กลีบดอก เปลือกเมล็ด และเยื่อหุ้มเมล็ด เป็นต้น (ดำเนิน และศันสนีย์, 2543) โดยรงควัตถุสีม่วงที่ปรากฏในข้าวก่ำนี้ประกอบไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญ คือ สารแอนโทไซยานิน ที่มีคุณสมบัติช่วยในระบบหมุนเวียนโลหิตและชะลอการเสื่อมของเซลล์ร่างกาย แต่ปริมาณสารแอนโทไซยานินในข้าวก่ำนั้น มีความแปรปรวนขึ้นอยู่กับลักษณะทางพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม เช่น แสง อุณหภูมิ ความชื้นในดิน ระยะการเจริญเติบโตของพืช การจัดการธาตุอาหาร ชนิดและความเข้มข้นของน้ำตาลและสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช รวมทั้งความเป็นกรด-ด่างมีผลต่อการสังเคราะห์และการสลายตัวของแอนโทไซยานินด้วยเช่นกัน (Hiratsuka et al., 2001) ตัวอย่างของความชื้นในดินและธาตุอาหารที่มีผลต่อการลดลงของสารแอนโทไซยานินในพืช เช่น ในสภาพพื้นที่ที่แห้งแล้งหรือในฤดูที่มีอากาศแห้งแล้งมีความชื้นในดินต่ำ แอปเปิ้ลจะมีการสังเคราะห์แอนโทไซยานินลดลง (Saure,1990) และการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนมีความสำคัญต่อการสร้างสารแอนโทไซยานินในผลองุ่น โดยพบว่า ถ้ามีไนโตรเจนมากเกินไปการสร้างแอนโทไซยานินในผลองุ่นจะลดลง (Kliewer, 1997) สำหรับในข้าวนั้นพบว่า มีข้อมูลการศึกษาอิทธิพลของสภาพแวดล้อมต่อการสะสมปริมาณแอนโทไซยานินในเมล็ดน้อยมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาพการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนและน้ำที่เป็นสภาพการจัดการหลักสำหรับการปลูกข้าวในประเทศไทย ทั้งนี้อาจจะมีสาเหตุมาจากการที่ยังมีการปลูกข้าวก่ำในพื้นที่จำกัด และในปัจจุบันยังไม่มีการนำสารแอนโทไซยานินจากข้าวก่ำมาใช้ประโยชน์ในวงกว้าง การศึกษาและวิจัยเพื่อนำสารแอนโทไซยานินในข้าวก่ำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เช่น การโภชนาการและเครื่องสำอาง จึงน่าจะเป็นโอกาสที่ดีในเพิ่มมูลค่าของข้าวก่ำไทย การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนและสภาพน้ำต่อผลผลิตและปริมาณสารแอนโทไซยานินในเมล็ดข้าวก่ำ 2 พันธุ์ รวมไปถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของสีเยื่อหุ้มเมล็ดที่ประเมินด้วยสายตากับปริมาณสารแอนโทไซยานินในเมล็ดข้าวกล้องที่ได้จากการวิเคราะห์ทางเคมี เพื่อจะสามารถใช้สีเยื่อหุ้มเมล็ดเป็นตัวชี้วัดปริมาณสารแอนโทไซยานินได้อย่างสะดวกรวดเร็ว และประหยัดทั้งเวลาและงบประมาณ และเพื่อนำไปเป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการสภาพแวดล้อมและคัดเลือกพันธุ์ข้าวก่ำ เพื่อการปรับปรุงพันธุ์ให้มีปริมาณผลผลิตและแอนโทไซยานินสูง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภคข้าวก่ำต่อไป

วิธีการศึกษา

ใช้ข้าวก่ำพันธุ์ปรับปรุงของสาขาวิชาพืชไร่ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่คัดเลือกมาจากพันธุ์พื้นเมืองจำนวน 2 พันธุ์ คือ ก่ำดอยสะเก็ด (KDK) และ CMU122 ปลูกข้าวโดยการเพาะเมล็ดใน Petri dishes ที่มีความชื้นเพียงพอต่อการงอกของเมล็ด

เมื่อต้นกล้ามีอายุได้ 7 วันแล้วจึงย้ายปลูกลงในกระถางบรรจุดิน 15 กิโลกรัม จำนวน 5 ต้นต่อกระถาง โดยดินที่เตรียมในกระถางจะใส่ปุ๋ยรองพื้นฟอสฟอรัส (สูตร KH_2PO_4 50 มิลลิกรัม P ต่อหนึ่งกิโลกรัมดิน) โพแทสเซียม (สูตร K_2SO_4 100 มิลลิกรัม K ต่อหนึ่งกิโลกรัมดิน) และสังกะสี (สูตร $ZnSO_4.7H_2O$ 10 มิลลิกรัมต่อหนึ่งกิโลกรัมดิน) วางแผนการทดลองแบบ 2x2 factorial in completely randomized design จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วยปุ๋ยไนโตรเจน 2 ระดับ คือ 70 (N70) และ 210 (N210) มิลลิกรัม N ต่อดินหนึ่งกิโลกรัม โดยใช้ปุ๋ยยูเรีย (46% N) และสภาพการปลูก 2 แบบ คือ ดินน้ำขัง (submerged) และดินไม่ขังน้ำ (aerobic) (ให้น้ำถึงความจุสนาม) การให้ปุ๋ยไนโตรเจนทั้งสองระดับแบ่งใส่ที่ 4 ระยะ คือที่อายุ 0, 30, 60 และ 90 วัน หลังปลูก เมื่อถึงระยะสุกแก่เก็บข้อมูลน้ำหนักแห้งต้นและน้ำหนักเมล็ดทั้ง 5 ต้น เพื่อประเมินผลผลิต จากนั้นนำเมล็ดไปสีแล้วนำข้าวกล้องไปประเมิน 2 วิธี คือ 1) วิเคราะห์หาปริมาณสารแอนโทไซยานินด้วยวิธี pH differential method อ้างอิงจาก Giusti and Wrolstad (2001) และ 2) ประเมินความเข้มสีเยื่อหุ้มเมล็ดด้วยสายตา สุ่มจาก 200 เมล็ด จำแนกความเข้มสี (สีม่วง-ดำ)เยื่อหุ้มเมล็ดที่ 4 ระดับ คือ 25% 50% 75% และ 100% แล้วนำค่าที่ได้แต่ละระดับไปคำนวณเป็นค่าการจำแนกสีเยื่อหุ้ม

เมล็ด(Y)จากสูตร

$$Y = \sum_{n}^{i=1}\left[\frac{(\%\ \text{intensity(a)}\times a)}{100} + \frac{(\%\ \text{intensity(b)}\times b)}{100} + \frac{(\%\ \text{intensity(c)}\times c)}{100} + \frac{(\%\ \text{intensity(d)}\times d)}{100}\right]$$

a = 1; ความเข้มสีเยื่อหุ้มเมล็ดที่ 25%

b = 2; ความเข้มสีเยื่อหุ้มเมล็ดที่ 50%

c = 3; ความเข้มสีเยื่อหุ้มเมล็ดที่ 75%

d = 4; ความเข้มสีเยื่อหุ้มเมล็ดที่ 100%

วิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย สิ่งทดลองโดยใช้ Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ผลการศึกษา

จากการศึกษาพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ x ระดับไนโตรเจน x การจัดการน้ำ ในลักษณะผลผลิต ส่วนปริมาณแอนโทไซยานิน และความเข้มของสีเยื่อหุ้มเมล็ดพบเพียงอิทธิพลของพันธุ์และไนโตรเจนเท่านั้น (Table 1) พบว่าการจัดการสภาพปลูกทั้งปริมาณปุ๋ยไนโตรเจน และสภาพน้ำมีผลต่อผลผลิตในข้าวทั้งสองพันธุ์ การปลูกในสภาพน้ำขังมีผลทำให้ผลผลิตต่อต้นของข้าวทั้งสองพันธุ์ ทั้งที่ปลูกในไนโตรเจนต่ำและสูงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการปลูกแบบไม่ขังน้ำ และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับ N210 มีผลทำให้น้ำหนักเมล็ดต่อต้นเพิ่มขึ้นสูงกว่าที่ระดับ N70 ในข้าวทั้งสองพันธุ์เช่นเดียวกัน (Figure 1) ในพันธุ์ข้าวก่ำดอยสะเก็ด เมื่อปลูกในสภาพน้ำขังการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มจาก N70 เป็น N210 สามารถเพิ่มผลผลิตได้เป็น 2 เท่า ในขณะที่สภาพไม่ขังน้ำการเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นประมาณ 46 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างจากพันธุ์ CMU122 ที่พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้นสามารถเพิ่มผลผลิตข้าวก่ำได้เป็น 2 เท่า ในทั้งสองสภาพปลูก และจากการประเมินสีเยื่อหุ้มเมล็ดของข้าวก่ำด้วยสายตายังพบว่า ที่ระดับไนโตรเจนสูงและการปลูกข้าวในสภาพไม่ขังน้ำ ทำให้สีเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวมีสีเข้มขึ้นมากกว่าการปลูกข้าวที่ระดับไนโตรเจนต่ำและสภาพการปลูกแบบขังน้ำตามลำดับ (Figure 2)

นอกจากผลผลิตแล้วยังพบว่า การจัดลำดับความเข้มของสีเยื่อหุ้มเมล็ดด้วยสายตา ข้าวพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ด มีความเข้มของสีเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวกล้องมากกว่าข้าวพันธุ์ CMU122 และการปลูกข้าวที่ระดับไนโตรเจนสูงจะทำให้สีเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวกล้อง

มีสีเข้มกว่าการปลูกข้าวที่ระดับไนโตรเจนต่ำ (Figure 3) และพบว่า พันธุ์ข้าวและการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนยังมีผลต่อการสะสมของปริมาณสารแอนโทไซยานินในเมล็ดข้าวกล้องแตกต่างกันในข้าวทั้งสองพันธุ์ (Figure 4) โดยในข้าวพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ดพบว่าการปลูกข้าวที่ระดับไนโตรเจนสูง ทำให้เมล็ดข้าวสะสมสารแอนโทไซยานินน้อยกว่าการใส่ไนโตรเจนที่ระดับต่ำ ในขณะที่การตอบสนองตรงกันข้ามในข้าวพันธุ์ CMU122 ที่พบว่า การปลูกข้าวที่ไนโตรเจนสูงมีการสะสมปริมาณสารแอนโทไซยานินในเมล็ดมากกว่าการปลูกที่ระดับไนโตรเจนต่ำ และเมื่อนำการจัดลำดับความเข้มของสีเยื่อหุ้มเมล็ดด้วยสายตามาศึกษาความสัมพันธ์กับปริมาณสารแอนโทไซยานินในเมล็ดพบว่าความเข้มของสีเยื่อหุ้มเมล็ดมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับปริมาณสารแอนโทไซยานินในเมล็ด ($r = 0.54^{**}$) (Figure 5)

Table 1 Analysis of variance for 2 rice varieties, 2 levels of N-fertilizer and 2 water regimes for 3 characters (grain yield, the intensity of purple colour in pericarp and anthocyanin content).

Source	df	Grain yield			The intensity of purple colour in pericarp			Anthocyanin content		
		SS	MS	F	SS	MS	F	SS	MS	F
Varieties (V)	1	4.79	4.79	13.11**	6.39031	6.39031	159.46**	238.766	238.766	15.26**
Nitrogen (N)	1	257.872	257.872	705.62**	0.47531	0.47531	11.86**	25.294	25.294	1.62ns
Water (W)	1	82.433	82.433	225.56**	0.13781	0.13781	3.44ns	63.309	63.309	4.05ns
N*V	1	9.968	9.968	27.28**	0.09031	0.09031	2.25ns	165.211	165.211	10.56**
N*W	1	11.329	11.329	31.00**	0.07031	0.07031	1.75ns	7.287	7.287	0.47ns
V*W	1	22.078	22.078	60.41**	0.05281	0.05281	1.32ns	1.81	1.81	0.12ns
N*V*W	1	6.426	6.423	17.58**	0.00031	0.00031	0.01ns	46.875	46.875	3.00ns
Error	21	7.675	0.365		0.84156	0.04007		328.494	15.643	

** significantly different at *P=0.01*; ns, not significantly different.

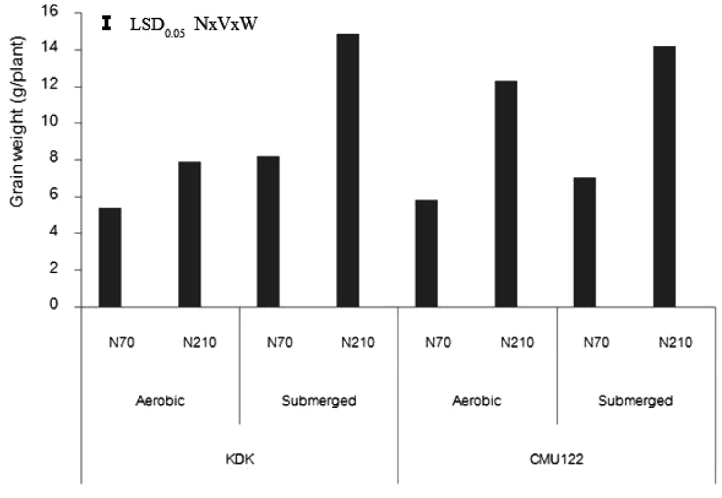

Figure 1 Grain weight per plant of purple rice cultivar KDK and CMU122 grown under 2 different levels of N-fertilizer and water conditions

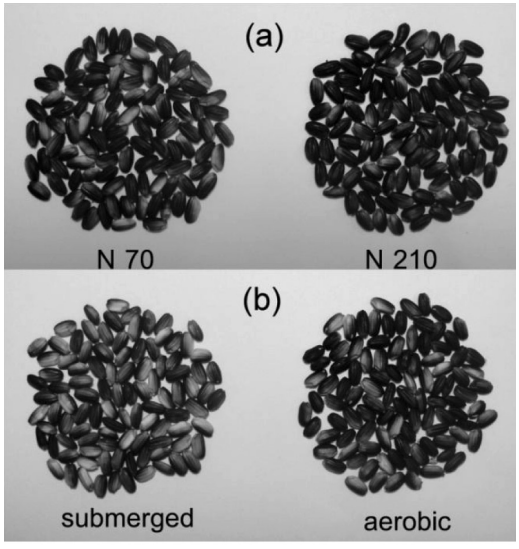

Figure 2 Pericarp color of CMU122 grown in different levels of N fertilizer under aerobic condition (a) and grown in different water management conditions with N70 applied (b)

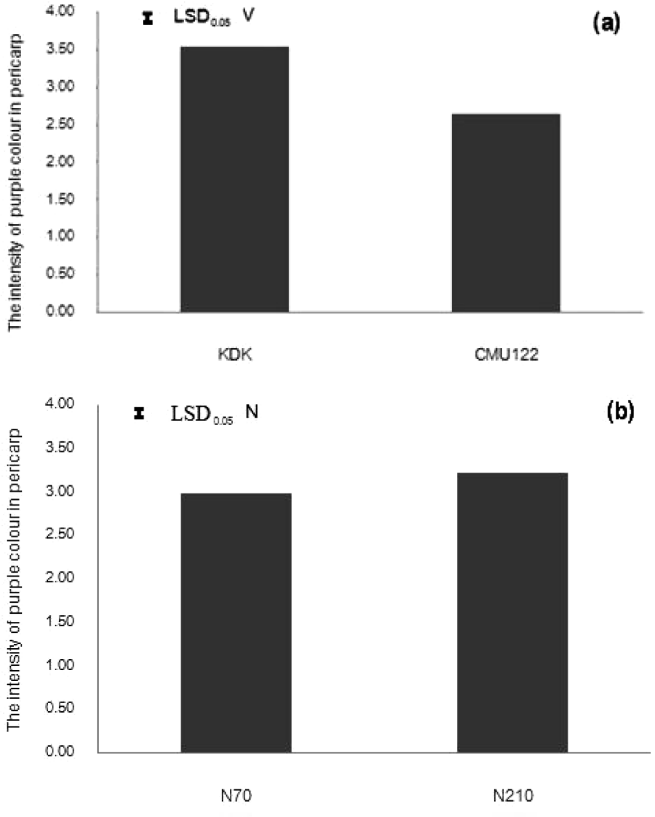

Figure 3 The intensity of purple colour in pericarp in rice grain of KDK and CMU122 (a) grown in different level of N-fertilizer (b)

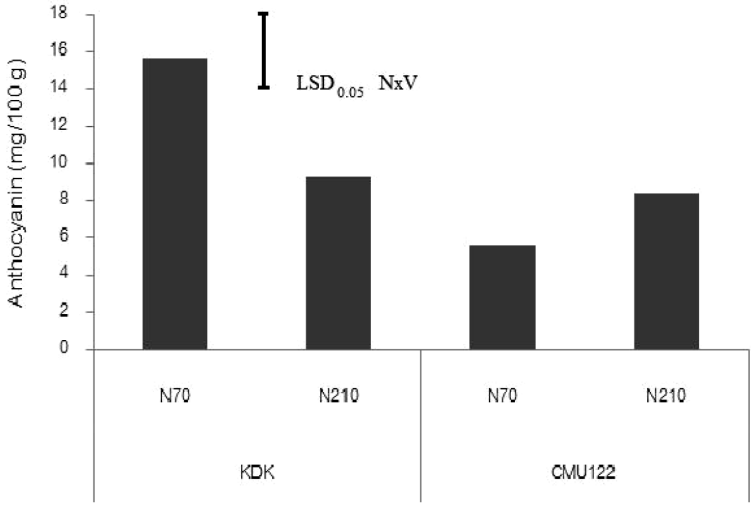

Figure 4 Anthocyanins content in rice grain of rice cultivar KDK and CMU122 grown under 2 different levels of N-fertilizer and water conditions.

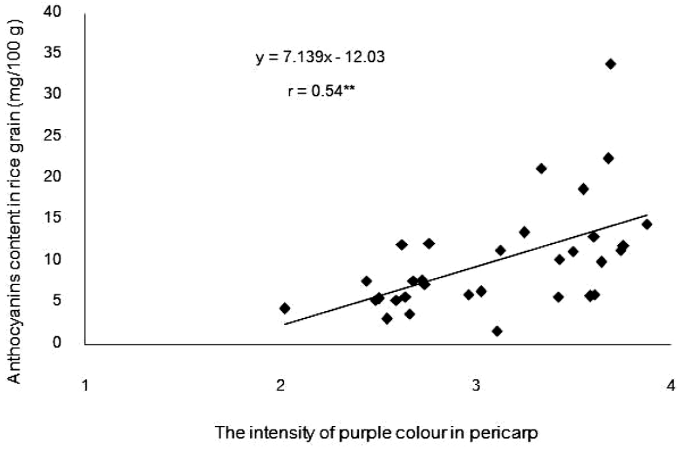

Figure 5 Relationship between the intensity of purple colour in pericarp and anthocyanins content in rice grain of KDK and CMU122 (n = 32)

วิจารณ์และสรุปผล

การจัดการปุ๋ยไนโตรเจนและน้ำมีผลต่อปริมาณผลผลิตและสารแอนโทไซยานิน ในเมล็ดแตกต่างกันในข้าวก่ำทั้ง 2 พันธุ์ ดังนั้นการจัดการสภาพการปลูกให้เหมาะสมกับพันธุกรรมข้าวแต่ละพันธุ์จึงเป็นเงื่อนไขที่สำคัญในการเพิ่มผลผลิตและปริมาณสารแอนโทไซยานินในข้าวก่ำ ซึ่งน่าจะเกี่ยวข้องกับลักษณะความแตกต่างทางสรีรวิทยาของข้าวทั้งสองพันธุ์ ยกตัวอย่างเช่นในการเพิ่มผลผลิตของข้าวก่ำดอยสะเก็ดอาจจะต้องเลือกปลูกในสภาพน้ำขังและใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูง ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากข้าวก่ำดอยสะเก็ดเป็นข้าวนาสวน (เปรมกมล, 2553) มีการตอบสนองในสภาพน้ำขังดีกว่าสภาพไม่ขังน้ำ ในขณะที่ข้าวพันธุ์ CMU122 เป็นข้าวไร่ (Prom-u-thai et al, 2003) มีการตอบสนองของผลผลิต

ดีเมื่อเพิ่มปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนทั้งแบบไม่ขังน้ำและน้ำขัง

การสะสมสารแอนโทไซยานินในเมล็ดข้าวเป็นกลไกที่ค่อนข้างซับซ้อน (Hiratsuka et al., 2001) พันธุ์ข้าวแต่ละพันธุ์ก็ตอบสนองแตกต่างกันในแต่ละการจัดการสภาพแวดล้อม ทั้งในพันธุ์ข้าวก่ำดอยสะเก็ดและพันธุ์ CMU122 การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีผลต่อปริมาณแอนโทไซยานินในเมล็ดมาก ในขณะที่สภาพน้ำแทบจะไม่มีผลเลย นอกจากการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมแล้วพันธุ์ข้าวแต่ละพันธุ์ก็มีความสามารถในการสร้างและสะสมปริมาณสารแอนโทไซยานินในเมล็ดได้แตกต่างกัน กลไกความแตกต่างของการสะสมสารแอนโทไซยานินในเมล็ดของข้าวแต่ละพันธุ์ น่าจะเป็นเงื่อนไขของความแตกต่างดังกล่าวที่จะต้องทำการศึกษาทดลองในเชิงลึกต่อไป นอกจากนี้ปัจจัยอื่นๆทางสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิก็มีผลต่อการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน โดยอุณหภูมิต่ำจะกระตุ้นการสังเคราะห์แอนโทไซยานินและอุณหภูมิสูงจะยับยั้งการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน (Wiriyasak et al., 2003) แสงก็มีผลต่อการสร้างหรือสังเคราะห์รงควัตถุ ถ้าพืชได้รับแสงมากจะทำให้การสังเคราะห์รงควัตถุมากขึ้นด้วย เช่น ผลแอปเปิ้ลที่อยู่บริเวณร่มเงาของต้นที่ไม่โดนแสงหรือได้รับแสงน้อย การพัฒนาของสีแดงของเปลือกจะน้อยลง (Magness, 1958) และการสะสมของแอนโทไซยานินจะเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับความเข้มของแสงมากขึ้น ระยะการเจริญเติบโตของพืชมีผลต่อการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน โดยพบว่า ปริมาณหรือความเข้มข้นของแอนโทไซยานินจะเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลาของการเจริญเติบโตของพืช เช่นในองุ่นการสร้างแอนโทไซยานินจะเพิ่มปริมาณขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะแรกของการเจริญและจะมีปริมาณลดลงเมื่อถึงระยะสุกแก่เต็มที่ (Riberau, 1982) การศึกษาถึงสภาพแวดล้อมที่กำหนดปริมาณสารแอนโทไซยานินในเมล็ดข้าวก่ำจะสามารถทำให้ควบคุมปริมาณแอนโทไซยานินในเมล็ดข้าวก่ำได้

การค้นพบความสัมพันธ์ที่ใกล้ชิดระหว่างปริมาณสารแอนโทไซยานิน ที่ได้จากการวิเคราะห์กับความเข้มของสีเยื่อหุ้มเมล็ดที่ประเมินด้วยสายตาแสดงว่าสีเยื่อหุ้มเมล็ดใช้เป็นตัวชี้วัดปริมาณสารแอนโทไซยานินได้สะดวกรวดเร็ว ประหยัดทั้งต้นทุนและเวลา และโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่ต้องมีการจัดจำแนกหรือคัดเลือกพันธุ์ข้าวเป็นจำนวนมากเพื่อนำมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ในอนาคต

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนงานวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาภายใต้โครงการมหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติและบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เอกสารอ้างอิง

ดำเนิน กาละดี และศันสนีย์ จำจด. 2543. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่องพันธุศาสตร์การปรับปรุงพันธุ์และโภชนศาสตร์เกษตรของข้าวเหนียวดำ. สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

เปรมกมล มูลนิลตา. 2553. ความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้าวเหนียวก่ำพันธุ์พื้นเมือง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์), มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

Giusti, M.M., and R.E. Wrolstad. 2001. Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy Current Protocols in Food Analytical Chemistry. John Wiley & Sons, Inc.

Hiratsuka, S., H. Onodera, Y. Kawai, T. Kubo, H. Itoh, and R. Wada. 2001. ABA and sugar effects on anthocyanin formation in grape berry cultured in vitro. Scientia Horticulturae. 90: 121-130.

Kliewer, W.M. 1977. Influence of Temperature, Solar Radiation and Nitrogen on Coloration and Composition of Emperor Grapes. American Journal of Enology and Viticulture. 28: 96-103.

Magness, J.R. 1958. อ้างโดยอัจฉรา พิงทะวงศ์กุล. 2551. การเจริญเติบโตและพัฒนาการของข้าวเหนียวก่ำ (*Oryza sativa* L.) ที่สัมพันธ์กับการสะสมสารต้านอนุมูลอิสระ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต(เกษตรศาสตร์), มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

Prom-u-thai C, Dell B, Thomsonb G, and R. B. 2003. Easy and Rapid Detection of Iron in Rice Grain. ScienceAsia. 29: 203-207.

Riberau-Gayon, P. 1982. The anthocyanins of grapes and wines. In “Anthocyanins as Food Colors” (P. Markakis, ed.). Academic Press, New York. p. 209-244.

Saure, M.C. 1990. External control of anthocyanins formation in apple. Scientia Hortic. 42: 181-281.

Wiriyasak K., S. Tragoonrung, and A. Vanavichit. 2003. Rice grain anthocyanin is temperature sensitive and is determined by post-transcriptional processing of DFR. Proceedings Rice Biotechnology. 2003: 93-98.