การวิเคราะห์ความสัมพันธ์และสัมประสิทธิ์เส้นทางของลักษณะทางพืชไร่ ผลผลิตและสารฟีนอลิคทั้งหมดในเมล็ดของข้าวเหนียวก่ำพื้นเมือง

Correlation and Path Coefficient Analysis for Agronomic Characteristics, Grain Yield and Total Phenolic Content of Native Purple Glutinous Rice

สายบัว เข็มเพ็ชร[1] และ ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา[1]

Saibua Khempet[1] and Sakda Jongkaewwattana[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง ของลักษณะทางพืชไร่กับผลผลิต และปริมาณสารฟีนอลิคทั้งหมดในเมล็ด ทำการทดลองโดยการปลูกข้าวเหนียวก่ำ 26 พันธุ์ ณ แปลงทดลองวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีลำพูน ระหว่างเดือนมีนาคม – ธันวาคม 2550 ทำการบันทึกข้อมูลพัฒนาการของข้าว ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต รวมทั้งปริมาณสารฟีนอลิคทั้งหมด (total phenolic content)

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของลักษณะทางพืชไร่กับผลผลิต พบว่าผลผลิตมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความยาวรวง และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด แต่มีความสัมพันธ์เชิงลบกับจำนวนวันหลังปลูกถึงระยะแทงรวง และจำนวนเมล็ดลีบต่อรวง ขณะเดียวกันพบว่าน้ำหนัก 1,000 เมล็ด และความยาวรวงมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณสารฟีนอลิคทั้งหมด และจากการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทาง พบว่าน้ำหนัก 1,000 เมล็ดมีอิทธิพลรวมค่อนข้างสูงต่อผลผลิต (0.623) ในขณะเดียวกันยังพบว่าอิทธิพลทางอ้อมของน้ำหนัก 1,000 เมล็ดที่ผ่านความยาวรวง (0.272) มีค่าอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูง และยังพบว่าความยาวรวงมีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตโดยที่มีค่าเป็นลบ (-0.072) แต่พบว่ามีอิทธิพลทางอ้อมของความยาวรวงที่ผ่านน้ำหนัก 1,000 เมล็ด (0.327) ที่มีค่าเป็นบวกส่งผลให้อิทธิพลรวมเป็นบวก ซึ่งผลการศึกษาดังกล่าวสามารถชี้ให้เห็นว่า น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และความยาวรวงเป็นปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อผลผลิตทั้งทางตรงและทางอ้อม ดังนั้นในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวเหนียวก่ำพื้นเมืองเพื่อให้ได้ผลผลิตและปริมาณสารฟีนอลิคทั้งหมดสูงควรคำนึงถึงน้ำหนักเมล็ด และความยาวรวง เป็นลำดับต้นๆ

คำสำคัญ : ข้าวเหนียวก่ำ สารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทาง

[1] ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[1] Department of Crop Science and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University

Abstract

This study aimed to analyze correlation and path coefficient among agronomic characteristics, grain yield and grain total phenolic content. Study materials were 26 varieties of native purple glutinous rice. This study was conducted at Agricultural College Lamphun during March – December 2007. Field data i.e. phenological development, grain yield and yield components as well as total phenolic content in grain were collected. Analysis results revealed that significant positive correlation were found among grain yield with panicle length and 1,000-grain weight. In contrast, number of days to heading and number of sterile grain per panicle showed negative correlation with grain yield. It was also found that 1,000-grain weight and panicle length were positively correlated with total phenolic content. Analysis of path coefficients clearly demonstrated that 1,000-grain weight showed strongly total effect on grain yield (0.623). Moreover, which were there was also indirect effects of 1,000-grain weight via panicle length (0.272) on grain yield are positive. Even though the direct effects of panicle length on grain yield were found negative (-0.072) but the coefficients of indirect effects of panicle length via 1,000-grain weight (0.327) were positive. Thus it produced positive correlation among panicle length and grain yield. Results from this study suggested that grain weight and panicle length were major factors that influenced both direct and indirect effects on grain yield. Hence, improving grain yield and grain total phenolic content of native purple glutinous rice, plant breeder should pay priority attention on both factors.

Key Words : purple glutinous rice, total phenolic content, path coefficient analysis

บทนำ

ข้าวเหนียวก่ำ เป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่มีลักษณะของเมล็ดเป็นสีม่วงดำ ซึ่งเป็นข้าวไวแสง นิยมปลูกมากในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ข้าวเหนียวก่ำเป็นข้าวที่มีความทนแล้ง ฟื้นตัวได้ดีจากสภาวะแห้งแล้ง และมีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างจากข้าวทั่วไป คือบนส่วนของต้นมีสีม่วง และมีความเข้มของสีแตกต่างกันในแต่ละพันธุ์ ซึ่งสีม่วงพบทั้งในต้น ใบ และเมล็ด เป็นรงควัตถุที่สำคัญ ได้แก่ แอนโธไซยานิน (anthocyanin) (Koh *et al.*, 1996) ซึ่งเป็นสารประกอบในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoid) ที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ข้าวเหนียวก่ำเป็นพืชที่ต้องปลูกในสภาพไร่ ให้ผลผลิตต่อไร่ต่ำ ทั้งนี้ผลผลิตของข้าวนั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบผลผลิต ซึ่ง Yoshida (1981) ได้กล่าวว่า การเพิ่มผลผลิตสามารถทำได้โดยการเพิ่มองค์ประกอบผลผลิตตัวใดตัวหนึ่งหรือหลายตัว แต่การเพิ่มตัวใดตัวหนึ่งอาจมีผลทำให้องค์ประกอบผลผลิตตัวอื่นเปลี่ยนแปลงไป ทั้งนี้ตามกฎของการทดแทน (law of compensation) เมื่อองค์ประกอบผลผลิตตัวหนึ่งลดลง จะถูกทดแทนด้วยองค์ประกอบตัวอื่น อีกทั้งผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวนอกจากผันแปรไปตามสภาพแวดล้อมแล้ว

ยังถูกควบคุมโดยลักษณะทางพันธุกรรมด้วย ถึงแม้ว่าการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (correlation analysis) จะสามารถบอกถึงปัจจัยโดยเฉพาะอย่างยิ่งองค์ประกอบผลผลิตที่มีอิทธิพลต่อผลผลิตทั้งในทางบวกและทางลบก็ตาม แต่ความสัมพันธ์ดังกล่าวไม่ได้แสดงถึงอิทธิพลทางตรง (direct effect) และทางอ้อม (indirect effect) ของปัจจัยหนึ่ง ที่อาจส่งผลผ่านอีกปัจจัยหนึ่งไปสู่ผลผลิต ซึ่งการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (path coefficient analysis) ที่สามารถแสดงอิทธิพลทั้งทางตรงและทางอ้อมของปัจจัยที่เป็นตัวแปรอิสระ (independent variable) ต่อปัจจัยที่เป็นตัวแปรตาม (dependent variable) เป็นวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติที่ถูกนำมาใช้ทางด้านการเกษตร โดยเฉพาะการศึกษาความสัมพันธ์ขององค์ประกอบผลผลิตที่ส่งผลต่อผลผลิต (Bhatt, 1973; Pandey and Torrie, 1973, Ivanovic and Rosic, 1985; Milligan *et al.,* 1990; Gravois *et al.,* 1991; Diz *et al.,* 1994; SÜrek and Beser, 2003; Rauf *et al.,* 2004) ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง ของลักษณะทางพืชไร่ที่สัมพันธ์กับผลผลิต และปริมาณสารฟีนอลิคทั้งหมดในเมล็ด ทั้งนี้เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการปรับปรุงพันธุ์ และคัดเลือกพันธุ์ข้าวเหนียวก่ำที่มีผลผลิตและคุณภาพสูงต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ทำการปลูกข้าวเหนียวก่ำ 26 พันธุ์ (ตารางที่ 1) แปลงปลูกแต่ละพันธุ์มีขนาดแปลงย่อย 3x5 เมตร ปลูกโดยการหยอดเมล็ดโดยให้ระยะห่างระหว่างแถว 30 เซนติเมตร ระหว่างหลุม 25 เซนติเมตร ทำการใส่ปุ๋ย 3 ครั้ง ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยสูตร 16-20-0 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ หลังปลูก 21 วัน ครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อข้าวเข้าสู่ระยะแตกกอ และครั้งที่ 3 ใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อข้าวเข้าสู่ระยะกำเนิดช่อดอก ตลอดระยะเวลาเพาะปลูกดูแลรักษาและป้องกันกำจัดวัชพืช ศัตรูพืช ตามความเหมาะสม และให้น้ำอย่างเพียงพอตลอดฤดูกาล ระหว่างเพาะปลูกทำการบันทึกระยะพัฒนาการของข้าว ได้แก่ ระยะแทงรวงและระยะสุกแก่ทางสรีระ

เมื่อเมล็ดข้าวสุกแก่เก็บตัวอย่างผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตในพื้นที่ 1 ตารางเมตร วัดความสูงของต้นข้าวโดยวัดจากพื้นดินถึงคอรวง วัดความยาวรวงโดยวัดจากคอรวงถึงปลายเมล็ดสุดท้ายของรวง วิเคราะห์หาปริมาณสารฟีนอลิคทั้งหมด (total phenolic content) ในเมล็ดข้าวกล้องตามวิธีการ Folin - Ciocalteu method (Nakornriab *et al*., 2007) โดยแสดงผลเป็นหน่วยมิลลิกรัมของ gallic acid equivalents

จากผลการศึกษานำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (correlation analysis) โดยใช้ Pearson correlation และการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (path coefficient analysis) ระหว่างตัวแปรที่สัมพันธ์กับผลผลิต และคุณภาพเมล็ด โดย SPSS/AMOS ที่เสนอโดย Garson (2010)

ตารางที่ 1 พันธุ์ข้าวเหนียวก่ำที่ใช้ในการวิจัยและแหล่งที่มา

ลำดับ	ชื่อพันธุ์	แหล่งที่มา	ลำดับ	ชื่อพันธุ์	แหล่งที่มา
1	MHS 1	บ้านหนองขาว จ.แม่ฮ่องสอน	14	PGMHS 14	ศูนย์วิจัยข้าวแม่ฮ่องสอน
2	Chiang Saen	อ.เชียงแสน จ.เชียงราย	15	PGMHS 15	ศูนย์วิจัยข้าวแม่ฮ่องสอน
3	PGMHS 3	ศูนย์วิจัยข้าวแม่ฮ่องสอน	16	PGMHS 16	ศูนย์วิจัยข้าวแม่ฮ่องสอน
4	Kum Doi Sa Ket	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	17	PGMHS 17	ศูนย์วิจัยข้าวแม่ฮ่องสอน
5	PGMHS 5	ศูนย์วิจัยข้าวแม่ฮ่องสอน	18	PGMHS 18	ศูนย์วิจัยข้าวแม่ฮ่องสอน
6	PGMHS 6	ศูนย์วิจัยข้าวแม่ฮ่องสอน	19	No.16815	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
7	PGMHS 7	ศูนย์วิจัยข้าวแม่ฮ่องสอน	20	Samoeng No.1	ศูนย์วิจัยข้าวสะเมิง
8	PGMHS 8	ศูนย์วิจัยข้าวแม่ฮ่องสอน	21	Samoeng No.2	ศูนย์วิจัยข้าวสะเมิง
9	PGMHS 9	ศูนย์วิจัยข้าวแม่ฮ่องสอน	22	Samoeng No.3	ศูนย์วิจัยข้าวสะเมิง
10	PGMHS 10	ศูนย์วิจัยข้าวแม่ฮ่องสอน	23	Samoeng No.4	ศูนย์วิจัยข้าวสะเมิง
11	PGMHS 11	ศูนย์วิจัยข้าวแม่ฮ่องสอน	24	Samoeng No.7	ศูนย์วิจัยข้าวสะเมิง
12	PGMHS 12	ศูนย์วิจัยข้าวแม่ฮ่องสอน	25	Samoeng No.8	ศูนย์วิจัยข้าวสะเมิง
13	PGMHS 13	ศูนย์วิจัยข้าวแม่ฮ่องสอน	26	Nong Khao 2	บ้านหนองขาว จ.แม่ฮ่องสอน

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับลักษณะทางพืชไร่ซึ่งรวมถึงองค์ประกอบผลผลิต (ตารางที่ 2) พบว่าผลผลิตมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความยาวรวง และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด แต่มีความสัมพันธ์เชิงลบกับจำนวนวันหลังปลูกถึงระยะแทงรวง และจำนวนเมล็ดลีบต่อรวง ผลการวิเคราะห์ชี้ให้เห็นว่าผลผลิตของข้าวเหนียวก่ำพันธุ์ที่ศึกษานี้มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับน้ำหนักเมล็ดเพียงปัจจัยเดียวที่เป็นองค์ประกอบผลผลิต แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของน้ำหนักเมล็ดต่อการเพิ่มผลผลิต ส่วนจำนวนรวงต่อกอและจำนวนเมล็ดต่อรวงนั้นไม่พบความสัมพันธ์กับผลผลิต นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างความสูงกับจำนวนเมล็ดต่อรวง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Sheehy *et al*. (2001) ที่พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างพื้นที่ใบซึ่งเป็นแหล่งสร้างแป้งและน้ำตาลกับจำนวนเมล็ดต่อรวง อาจเป็นไปได้ว่าข้าวที่มีต้นสูงและพื้นที่ใบมากจึงมีแหล่งสร้างแป้งและน้ำตาลมากขึ้นด้วย

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางพืชไร่กับผลผลิตของข้าวเหนียวก่ำพันธุ์ที่ศึกษา (n = 26)

	Day to Heading	Pan/hill	Duration	Grain-1000	Sterile	Pan Length	Height	No.grain/pan
Pan/hill	-0.6731**							
Duration								
Grain-1000	-0.4291*							
Sterile				-0.4316*				
Pan Length	-0.4415*	0.4700*		0.6047**				
Height		-0.4741*						
No.grain/pan	-0.3889*						0.4195*	
Yield	-0.5328**			0.6232**	-0.5371**	0.4404*		

* = Significant at 5% level of *P*, ** = Significant at 1% level of *P*, Day to Heading = No.of days to heading, Pan/hill = No. of Panicle per hill, Duration = Grain filling duration, Grain-1000 = 1,000 - grain weight, Sterile = No. of Sterile grain per panicle, Pan Length = Panicle length, Height = Plant height, No.grain/pan = No. of Grain per panicle, Yield = Grain yield

การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทางของลักษณะทางพืชไร่ที่สัมพันธ์กับผลผลิต (ตารางที่ 3) แสดงให้เห็นถึงการแบ่งส่วนของอิทธิพลทางตรงและทางอ้อมของปัจจัยที่สัมพันธ์กับผลผลิต (ภาพที่ 1) ซึ่งพบอิทธิพลรวม (total effect) ทางลบของจำนวนวันหลังปลูกถึงระยะแทงรวงต่อผลผลิต (-0.533) แสดงให้เห็นว่าข้าวพันธุ์ที่ใช้ระยะเวลาในการออกดอกเร็ว กล่าวอีกนัยหนึ่ง คือ พันธุ์ข้าวที่ใช้ระยะเวลาในการพัฒนาจากการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบสู่ระยะผสมเกสร (anthesis) ที่น้อยกว่า จะให้ผลผลิตมากกว่าข้าวที่ใช้ระยะเวลาในการพัฒนาทางลำต้นและใบมาก อย่างไรก็ตามอิทธิพลทางตรงของจำนวนวันหลังปลูกถึงระยะแทงรวงต่อผลผลิต มีค่าเป็นบวก (0.215) แต่เนื่องจากมีอิทธิพลทางอ้อมของจำนวนวันหลังปลูกถึงระยะแทงรวงผ่าน ระยะเวลาในการสะสมน้ำหนักของเมล็ดบนรวง (-0.132) จำนวนรวงต่อกอ (-0.197) จำนวนเมล็ดต่อรวง (-0.194) และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด (-0.325) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ในทางลบค่อนข้างสูง จึงส่งผลให้อิทธิพลรวมเป็นลบ ซึ่งสอดคล้องกับ Ram (1992) ที่รายงานว่าปัจจัยที่มีผลต่อผลผลิตคือ จำนวนรวงต่อกอ จำนวนเมล็ดต่อรวง และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด

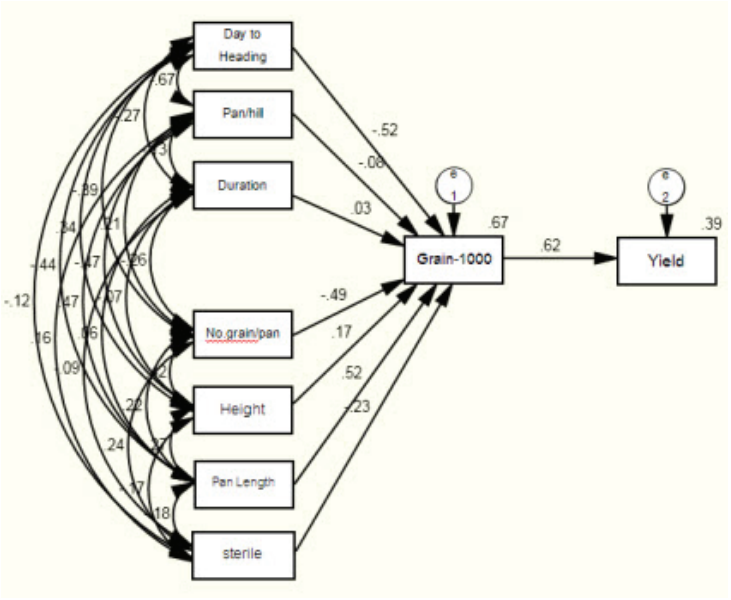
ในส่วนของความยาวรวงกับผลผลิตนั้น พบว่ามีอิทธิพลทางตรงจากความยาวรวงสู่ผลผลิตเป็นความสัมพันธ์เชิงลบ (-0.072) อย่างไรก็ตามพบว่าอิทธิพลทางอ้อมของความยาวรวงผ่านน้ำหนัก 1,000 เมล็ด (0.327) แสดงความสัมพันธ์ทางบวกที่มีค่าสูง จึงทำให้อิทธิพลรวมเท่ากับ 0.440 ซึ่งสอดคล้องกับ Ibrahim *et al*. (1990) และ SÜrek and Beser (2003) ที่พบเช่นเดียวกันว่าความยาวรวงมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับผลผลิต นอกจากนั้นค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางชี้ให้เห็นว่าข้าวที่มีความยาวรวงมากจำเป็นต้องมีปัจจัยอื่น เช่น น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ประกอบด้วยจึงมีอิทธิพลต่อผลผลิต

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของจำนวนเมล็ดลีบต่อรวงกับผลผลิต พบว่ามีความสัมพันธ์ทางลบกับผลผลิต (-0.537) และผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่ามีอิทธิพลทางตรงเท่ากับ -0.414 อย่างไรก็ตามอิทธิพลทางอ้อมของจำนวนเมล็ดลีบต่อรวงผ่าน น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (-0.143) มีค่าเป็นลบ ส่งผลให้อิทธิพลรวมของจำนวนเมล็ดลีบต่อรวงต่อผลผลิตมีค่าเป็นลบมากขึ้น

สำหรับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของน้ำหนัก 1,000 เมล็ดกับผลผลิต พบว่าอิทธิพลทางตรงของน้ำหนัก 1,000 เมล็ดต่อผลผลิตมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.074 แต่พบว่าอิทธิพลรวมกลับเพิ่มขึ้น (0.623) ทั้งนี้เพราะอิทธิพลทางอ้อมของน้ำหนัก 1,000 เมล็ดผ่านจำนวนวันหลังปลูกถึงระยะแทงรวง (0.162) ความยาวรวง (0.272) และจำนวนเมล็ดลีบต่อรวง (0.219) มีค่าเป็นบวก ซึ่งโดยทั่วไปแล้วข้าวที่มีน้ำหนัก 1,000 เมล็ดมากจะส่งผลให้มีผลผลิตมากตามไปด้วย (Yang, 1986; Ram, 1992; Mehetre *et al*., 1994; Samonte *et al*., 1998 and SÜrek *et al*., 1998) จากผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทางของอิทธิพลทางอ้อมของน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ที่ผ่านจำนวนเมล็ดลีบต่อรวง ชี้ให้เห็นว่าการที่มีจำนวนเมล็ดลีบต่อรวงมาก ส่งผลให้มีโอกาสที่จะทำให้น้ำหนัก 1,000 (เมล็ดดี) สูง เนื่องจากมีแหล่งรับสารสังเคราะห์จำกัด จึงทำให้สามารถรับสารสังเคราะห์ที่ส่งมาได้อย่างเต็มที่

ตารางที่ 3 อิทธิพลทางตรงและทางอ้อมของลักษณะทางพืชไร่ต่อผลผลิต

Path ways of association	Direct effect	Indirect effect	(r)
1 Day to Heading			
(a) direct effect	0.215		
(b) indirect effect via			
Duration		-0.132	
Height		-0.019	
Pan/hill		-0.197	
Pan Length		0.196	
No.grain/pan		-0.194	
Sterile		-0.077	
Grain-1000		-0.325	
(c) Total effect			-0.533
2 Pan Length			
(a) direct effect	-0.072		
(b) indirect effect via			
Day to Heading		-0.118	
Duration		0.023	
Height		0.010	
Pan/hill		0.066	
No.grain/pan		0.098	
Sterile		0.106	
Grain-1000		0.327	
(c) Total effect			0.440
3 Sterile			
(a) direct effect	-0.414		
(b) indirect effect via			
Day to Heading		-0.025	
Duration		0.025	
Height		0.009	
Pan/hill		0.020	
Pan Length		-0.058	
No.grain/pan		0.049	
Grain-1000		-0.143	
(c) Total effect			-0.537
4 Grain-1000			
(a) direct effect	0.074		
(b) indirect effect via			
Day to Heading		0.162	
Duration		0.007	
Height		-0.005	
Pan/hill		-0.023	
Pan Length		0.272	
No.grain/pan		-0.083	
Sterile		0.219	
(c) Total effect			0.623



ภาพที่ 1 แผนภาพแสดงอิทธิพลทางอ้อมและค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อผลผลิต (กรณีที่ผ่าน น้ำหนัก 1,000 เมล็ด)

ปริมาณสารฟีนอลิคทั้งหมดมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความยาวรวงและน้ำหนัก 1,000 เมล็ด (ตารางที่ 4) แสดงให้เห็นว่าข้าวที่มีรวงยาวและมีน้ำหนักเมล็ดมาก อาจเป็นเพราะมีขนาดเมล็ดที่ใหญ่มีสารฟีนอลิคที่เยื่อหุ้มเมล็ดมาก เป็นไปได้ว่าเมล็ดที่มีขนาดใหญ่มีพื้นที่ผิวและความหนาของเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวกล้องมากกว่าเมล็ดที่มีขนาดเล็ก ซึ่งสอดคล้องกับ Chung *et al*. (2003) ที่รายงานว่ารงควัตถุของเมล็ดซึ่งรวมถึงสารฟีนอลิคในเมล็ดข้าวมีส่วนสัมพันธ์กับปริมาณข้าวกล้องที่ผลิตได้ และรวงที่ยาวอาจเป็นแหล่งสังเคราะห์สารฟีนอลิคทั้งหมดที่ส่งไปเมล็ดมากกว่าข้าวที่มีรวงสั้นกว่า

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางพืชไร่กับปริมาณสารฟีนอลิคทั้งหมดในเมล็ด (n = 26)

	Day to Heading	Pan Length	Grain-1000	Y ield	Bran
Pan Length	-0.4415**				
Grain-1000	-0.4291**	0.6047**			
Yield	-0.5328**	0.4404**	0.6232**		
Bran			0.4107*		
Phenolic		0.7335**	0.5155**		

* = Significant at 5% level of *P*, ** = Significant at 1% level of *P*, Day to Heading = No.of days to heading, Pan Length = Panicle length, Grain-1000 = 1,000 - grain weight, Yield = Grain yield, Bran = Percentage of bran, Phenolic = Total phenolic content

ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางของลักษณะทางพืชไร่ที่สัมพันธ์กับปริมาณสารฟีนอลิคทั้งหมดในเมล็ด (ตารางที่ 5) พบอิทธิพลทางตรงที่มีค่าเป็นบวกของความยาวรวงกับปริมาณสารฟีนอลิคทั้งหมดในเมล็ด (0.414) และพบเช่นเดียวกันว่าอิทธิพลทางอ้อมของความยาวรวงที่ผ่านจำนวนวันหลังปลูกถึงระยะแทงรวง (0.087) น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (0.131) ผลผลิต (0.007) และเปอร์เซ็นต์รำ (0.094) มีค่าเป็นบวกทั้งหมด จึงส่งผลให้อิทธิพลรวมมีค่าเป็นบวกมากขึ้น (0.733) เป็นที่น่าสังเกตว่า อิทธิพลทางอ้อมของความยาวรวงที่ผ่านน้ำหนัก 1,000 เมล็ด มีอิทธิพลสูงกว่าปัจจัยอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับ Chung *et al*. (2003) ดังกล่าวในข้างต้น

สำหรับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของน้ำหนัก 1,000 เมล็ดกับปริมาณสารฟีนอลิคทั้งหมดในเมล็ด พบว่าอิทธิพลทางตรงของน้ำหนัก 1,000 เมล็ดต่อปริมาณสารฟีนอลิคทั้งหมด มีค่าเป็นลบ (-0.113) ในขณะที่อิทธิพลรวมมีค่าเป็นบวกสูง (0.515) ทั้งนี้เป็นเพราะอิทธิพลทางอ้อมทั้งหมดของน้ำหนักเมล็ดที่ผ่าน จำนวนวันหลังปลูกถึงระยะแทงรวง (0.063) ความยาวรวง (0.264) ผลผลิต (0.106) และเปอร์เซ็นต์รำ (0.195) มีค่าเป็นบวก ทั้งนี้สังเกตได้ว่าอิทธิพลทางอ้อมของน้ำหนัก 1,000 เมล็ดที่ผ่านความยาวรวง และเปอร์เซ็นต์รำ มีอิทธิพลต่อปริมาณสารฟีนอลิคทั้งหมดค่อนข้างมาก

ตารางที่ 5 อิทธิพลทางตรงและทางอ้อมของลักษณะทางพืชไร่ต่อปริมาณสารฟีนอลิคทั้งหมดในเมล็ด

	Path ways of association	Direct effect	Indirect effect	(r)
1	Pan Length			
	(a) direct effect	0.414		
	(b) indirect effect via			
	Day to Heading		0.087	
	Grain-1000		0.131	
	yield		0.007	
	Bran		0.094	
	(c) Total effect			0.733
2	Grain-1000			
	(a) direct effect	-0.113		
	(b) indirect effect via			
	Day to Heading		0.063	
	Pan Length		0.264	
	yield		0.106	
	Bran		0.195	
	(c) Total effect			0.515

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดย Pearson correlation แสดงให้เห็นว่า จำนวนวันหลังปลูกถึงระยะแทงรวง น้ำหนัก 1,000 เมล็ด จำนวนเมล็ดลีบต่อรวง และความยาวรวง มีอิทธิพลต่อผลผลิต แต่จากการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์เส้นทาง ทำให้แสดงให้เห็นความชัดเจนของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลผลิตอย่างเด่นชัด ได้แก่ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และความยาวรวง ทั้งนี้โดยพบว่าน้ำหนัก 1,000 เมล็ดนั้นมีอิทธิพลรวมค่อนข้างสูงต่อผลผลิต ในขณะเดียวกันยังพบว่าอิทธิพลทางอ้อมของน้ำหนัก 1,000 เมล็ดที่ผ่านความยาวรวงมีค่าอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูงเช่นเดียวกัน และยังพบว่าความยาวรวงมีอิทธิพลทางตรงต่อผลผลิตมีค่าเป็นลบ แต่พบว่ามีอิทธิพลทางอ้อมของความยาวรวงผ่านน้ำหนัก 1,000 เมล็ดแสดงความสัมพันธ์ทางบวกที่มีค่าสูง ส่งผลให้อิทธิพลรวมเป็นบวก นอกจากนั้น จากผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดย Pearson correlation ของปัจจัยที่สัมพันธ์กับปริมาณสารฟีนอลิคทั้งหมดในเมล็ด พบว่าน้ำหนัก 1,000 เมล็ด และความยาวรวงมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณสารฟีนอลิคทั้งหมดในเมล็ด ดังนั้นแนวทางในการคัดเลือกพันธุ์ข้าวเหนียวก่ำที่ให้ผลผลิตและคุณภาพสูง ควรมุ่งความสำคัญไปที่น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และความยาวรวง เป็นลำดับต้นๆ

เอกสารอ้างอิง

Bhatt, G.M. 1973. Significance of path coefficient analysis in determining nature of character association. ***Euphytica*** 22 : 338-343.

Chung, I.M., K.H. Kim, J.K. Ahn and J.C. Chae. 2003. Development of rice production technique with high antioxidative activity and bioactive compounds. pp. 35-80. *In*: ***Agricultural R & D Research Report.*** Korean Ministry of Agriculture and Forestry.

Diz , D.A., D.S. Wofford and S.C. Schank. 1994. Correlation and path coefficient analysis of seed-yield components in pearl millet X elephant grass hybrids. ***Theoretical and Applied Genetics*** 89 : 112-115.

Garson, G.D. 2010. ***Quantitative Research in Public Administration. PA 765 – 766.*** North Carolina State University. Raleigh, North Carolina. 27695.

Gravois, K.A., S.B. Milligan and F.A. Martin. 1991. Additive genetic effects for sugarcane components and implications for hybridization. ***Journal of Tropical Agriculture*** 68 : 376-380.

Ibrahim, S.M., A. Ramalingam and M. Subramanian. 1990. Path analysis of rice grain yield under rainfed lowland conditions. ***The International Rice Research Notes***. 15.

Ivanovic, M. and K. Rosic. 1985. Path coefficient analysis for three stalk traits and grain yield in maize (*Zea mays* L.). ***Maydica*** 30 : 233-239.

Koh, H.J., Y.J. Won, G.W. Cha and M.H. Heu. 1996. Varietal variation of pigmentation and some nutritive characteristics of colored rices. ***Korean Journal of Crop Science*** 411 : 600-607.

Mehetre, S.S., C.R. Mahajan, P.A. Patil, S.K. Lad and P.M. Dhumal. 1994. Variability, heritability, correlation, path analysis and genetic divergence studies in upland rice. ***The International Rice Research Notes.*** 19 : 8-9.

Milligan, S.B., K.A. Gravios, K.P. Bischoff and F.A. Martin. 1990. Crop effects on genetic relationships among sugarcane traits. ***Crop Science*** 30 : 927-931.

Nakornriab, M., S. Wongpornchai, T. Sriseadka, K. Piticha, A. Vannavichit and T. Osawa. 2007. Antioxidant activities and major anthocyanin components of bran extracts from some black rice cultivars. ***Phytochemical Analysis*** (In press).

Pandey , J.P. and J.H. Torrie. 1973. Path coefficient analysis of seed yield components in soybeans (*Glycine max* L. Merr.). ***Crop Science*** 13 : 505-507.

Ram, T. 1992. Character association and path coefficient analysis in rice hybrids and their parents. ***Journal of Andaman Science Association*** 8 : 26-29.

Rauf, S., T.M. Khan, H.A. Sadaqat and A.I. Khan. 2004. Correlation and path Coefficient analysis of yield components in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). ***International Journal of Agricultural and Biology*** 6 : 686-688.

Samonte, S.O.P.B., L.T. Wilson and A.M. McClung. 1998. Path analysis of yield and yield-related traits of fifteen divers rice genotypices. ***Crop Science*** 38 : 1130-1136.

Sheehy, J.E., M.J.A. Dionora and P.L. Mitchell. 2001. Spikelet numbers, sink size and potential yield in rice. ***Field Crops Research*** 71 : 77-85.

SÜrek, H., Z.K. Korkut and O. Bilgin. 1998. Correlation and path analysis for yield and yield components in rice in a 8-parents half diallel set of crosses. ***Oryza*** 35 : 15-18.

SÜrek , H. and N. Beser. 2003. Correlation and path coefficient analysis for some yield-related traits in rice (*Oryza sativa* L.) under thrace conditions. ***Turkish Journal of Agriculture and Forestry*** 27 : 77-83.

Yang, H.S. 1986. Studies on the main traits of intervarietal hybrid progenies in indica rice. ***Fujan-Agricultural Science and Technology*** 6 : 2-4.

Yoshida, S. 1981. ***Fundamentals of Rice Crop Science.*** Los Baños: International Rice Research Institute, Philippines. 269 p.