บทที่ 5

อภิปรายผลการศึกษา

5.1 การวิเคราะห์ลักษณะสัณฐานวิทยาของต้นและดอก

5.1.1 ลักษณะต้นและใบ และลักษณะดอก

การศึกษาอนุกรมวิธานด้วยวิธีการ numerical taxonomy ได้มีการศึกษากันในพืชหลายกลุ่ม เช่นพืชจำพวกรา (Kendrids and Weresub, 1966) พืชกลุ่มไลเคนส์ (Fahselt and Jancey, 1977) พืชจำพวกสน (Smouse and Saylor, 1973; Parker, Maze and Bradfield, 1981) พืชกลุ่มไม้ดอก (Stone, Adrouny and Flake, 1969; Ellis, Lee and Calder, 1971; Baum, 1978; Vaner Kloet, 1978; Crisci, Hunziker and Naranjo, 1979) เป็นต้น วัตถุประสงค์การศึกษาเน้นการตรวจสอบสถานะของพืชที่สงสัยหรือจัดทำระบบการจัดกลุ่มใหม่ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการแปรผันของประชากรพืชด้วย (Ringius and Chmielewski, 1987; Pigliucci, Politi and Bellincampi, 1991; Paoleti, Pigliucci and Serafini, 1991) ลักษณะที่นำมาใช้ในการศึกษา อาจใช้เฉพาะลักษณะต้นและใบ (du Plessis ana van Wyk, 1982; Zana, 1991) หรือใช้ลักษณะดอกร่วมด้วยหรือศึกษาลักษณะต้นและใบ และลักษณะดอกแยกกัน (Parker, Maze, and Bradfield, 1981; Palmer and Parker, 1991) ซึ่งการศึกษาแยกลักษณะทั้งสองนี้จะทำให้ประเมินการตอบสนองของพืชต่อการคัดเลือกได้มากขึ้นและช่วยให้เกิดความกระจ่างเกี่ยวกับแบบแผนของวิวัฒนาการของพืชที่นำมาศึกษา (Parker, Maze, and Bradfield, 1981) ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาการแปรผันของประชากรโคลงเคลงขนโดยแยกศึกษาลักษณะต้นและใบ และลักษณะดอกเพื่อหาว่าลักษณะใดบ้างที่แตกต่างกันและสามารถนำมาใช้ในการแยกโคลงเคลงขนแต่ละประชากรให้เป็นพืชที่มีระดับต่ำกว่าชนิด

ผลการวิเคราะห์ปัจจัยลักษณะต้นและใบ และลักษณะดอก และการวิเคราะห์จัดจำแนกลักษณะต้นและใบ และลักษณะดอก ได้ผลการจัดกลุ่มที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจเนื่องจากเทคนิคการวิเคราะห์ที่ต่างกัน อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่า ไม่น่าจะมีความแตกต่างระหว่างโคลงเคลงขนแต่ละประชากรที่ทำการศึกษา เพราะหากมีความแตกต่างจนสามารถแยกเป็นแต่ละกลุ่มแล้ว การวิเคราะห์ลักษณะต้นและใบ และลักษณะดอกควรได้ผลการจัดกลุ่มที่คล้ายคลึงกัน (Parker, Maze, and Bradfield, 1981) ผลการวิเคราะห์ปัจจัยโดยใช้ลักษณะต้นและการวิเคราะห์จัดจำแนกโดยการกำหนดกลุ่มจากการวิเคราะห์ปัจจัย พบว่า ได้ลักษณะที่แยกกลุ่มคล้ายคลึงกัน คือ จำนวนขนบนใบ ลักษณะนี้เป็นลักษณะที่สามารถแปรเปลี่ยนได้ตามสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะพืชที่มีขนปกคลุมที่ใบจะพบใบที่มีขนน้อยและใบที่มีขนมาก ในกรณีของใบที่มีขนมากจะช่วยให้พืชทนต่อสภาพแห้งแล้งได้ดีและช่วยลดปริมาณแสงที่มากเกินไปที่ผ่านไปชั้นเมโซฟิลล์ของใบ (Esau, 1977) เมื่อพิจารณาสภาพภูมิอากาศประกอบกันพบว่าที่ จ.จันทบุรีได้รับปริมาณน้ำฝนมากกว่าพื้นที่อื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัด (ภาพที่ 4.29) จึงเป็นไปได้ว่าโคลงเคลงขนประชากรที่ 6 มีจำนวนขนบนใบน้อยกว่าโคลงเคลงขนจากพื้นที่อื่นเป็นเพราะขึ้นอยู่ในที่ไม่ประสบกับภาวะแห้งแล้งเหมือนพื้นที่อื่น เช่น ที่ จ.ร้อยเอ็ด ดังนั้นลักษณะขนบนใบจึงไม่น่าจะเป็นลักษณะสำคัญมากพอที่จะนำมาใช้เป็นลักษณะแยกประชากรของโคลงเคลงขนถึงแม้ว่าการทำนายกลุ่มจากสมการจัดจำแนกมีความถูกต้องโดยรวมมากถึง 88 เปอร์เซ็นต์ก็ตาม ลักษณะอื่น ๆ ที่มีความสำคัญต่อการแยกกลุ่มโคลงเคลงขนในการวิเคราะห์ปัจจัยได้แก่ความยาวของก้านใบ และความยาวแผ่นใบ ซึ่งพบว่าโคลงเคลงขนประชากรที่ 6 มีขนาดของก้านใบและแผ่นใบยาวกว่า ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากปริมาณแสง (Newell, 1989) กล่าวคือ พืชที่อยู่กลางแจ้งจะมีขนาดก้านใบและแผ่นใบสั้นกว่าพืชที่อยู่ในที่มีแสงน้อย จากลักษณะถิ่นอาศัยของโคลงเคลงขนประชากรที่ 6 อาจเป็นไปได้ว่าโคลงเคลงขนประชากรนี้อาจจะได้รับแสงน้อยกว่าในพื้นที่อื่น ๆ ซึ่งเจริญอยู่กลางแจ้งจึงมีขนาดก้านใบและแผ่นใบยาวกว่า (ภาพที่ 2.3) อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างระหว่างความยาวของก้านใบและแผ่นใบระหว่างโคลงเคลงขนในแต่ละแห่งไม่ค่อยสัมพันธ์กับปัจจัยแสงเท่าใดนัก กล่าวคือ ในลักษณะถิ่นอาศัยที่ต่างกัน เช่น บริเวณทางเข้าน้ำตกธารทิพย์ อ.ประจันตคาม กับบริเวณคานเรือ จะมีขนาดของก้านใบและแผ่นใบใกล้เคียงกัน แต่ในพื้นที่มีถิ่นอาศัยคล้ายคลึงกัน เช่น บริเวณใกล้สามแยกส้มโฮง อ.เกษตรวิสัย กับบริเวณทางเข้าน้ำตกธารทิพย์ จะมีขนาดของก้านใบและแผ่นใบแตกต่างกัน

ในกรณีของโคลงเคลงขน ความแตกต่างของความยาวของก้านใบและแผ่นใบจึงไม่น่าจะเป็นผลเนื่องมาจากแสงแต่อาจจะเป็นผลเนื่องมาจากปัจจัยทางดิน แต่เมื่อพิจารณาธาตุอาหารจำเป็นบางธาตุในแต่ละพื้นที่ พบว่า ทิศทางของความแตกต่างของความยาวก้านใบ และแผ่นใบไม่ค่อยสัมพันธ์กับปริมาณธาตุอาหาร กล่าวคือ เมื่อมองโดยรวมแล้ว ถิ่นอาศัยที่จ.สกลนคร มีปริมาณธาตุโปแตสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมสูงกว่าในพื้นที่อื่น แต่มีความยาวของก้านใบและแผ่น-

ใบสั้นกว่าในพื้นที่อื่นที่มีธาตุดังกล่าวน้อยกว่า การที่ผลการวิเคราะห์ปัจจัยลักษณะต้นและใบมีความแตกต่างจากข้อมูลโดยเฉพาะความยาวก้านใบและแผ่นใบน่าจะเป็นเพราะลักษณะทั้งสองมีความสำคัญในการแยกกลุ่มน้อยกว่าลักษณะจำนวนชนบนใบ สำหรับการวิเคราะห์จัดจำแนกลักษณะต้นและใบ เมื่อกำหนดกลุ่มจากพื้นที่ที่เก็บตัวอย่าง เห็นได้ว่าโคลงเคลงชนประชากรที่ 6 ค่อนข้างแยกจากกลุ่มตามแกนสมการที่ 1 (CDF1) โดยมีลักษณะที่แยกกลุ่มคือมุมที่ปลายใบ แต่เนื่องจากความถูกต้องของการทำนายกลุ่มจากสมการมีค่าประมาณ 56 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่าค่าต่ำสุดที่สามารถยอมรับได้ คือ 60 เปอร์เซนต์ขึ้นไป (Baum and Bailey, 1984; Chmielewski and Chinnappa, 1988) ดังนั้นจึงไม่อาจยอมรับการแยกกลุ่มดังกล่าวได้ ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์ลักษณะต้นและใบด้วยการวิเคราะห์จัดกลุ่มที่แสดงให้เห็นว่ายังไม่มีการจัดกลุ่มของโคลงเคลงชนเป็นกลุ่มย่อย

ผลการวิเคราะห์ปัจจัยลักษณะดอกไม่พบว่ามีการแยกกลุ่มเลย ซึ่งต่างจากการวิเคราะห์ปัจจัยลักษณะต้น แสดงให้เห็นว่า ลักษณะต้นมีการตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกันได้มากกว่าลักษณะดอก (Stebbin, 1955) อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์จัดจำแนกลักษณะดอกเมื่อกำหนดกลุ่มจากพื้นที่ที่เก็บตัวอย่าง พบว่า แกนสมการที่ 1 แยกโคลงเคลงชนเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกประกอบด้วยโคลงเคลงชนประชากรที่ 6 และกลุ่มที่ 2 ประกอบด้วยโคลงเคลงชนประชากรที่ 1 ถึง 5 ลักษณะที่มีความสำคัญในการแยกกลุ่มประกอบด้วยความกว้างและความยาวกลีบเลี้ยง ความยาวของ hypanthium อับเรณูของเกสรตัวผู้อันยาว ก้านชูอับเณูของเกสรตัวผู้อันสั้น และก้านเกสรตัวเมีย ซึ่งเห็นได้ว่าแกนสมการที่ 1 มีลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายละอองเรณูถึง 3 ลักษณะคืออับเรณูของเกสรตัวผู้อันยาว ก้านชูอับเรณูของเกสรตัวผู้อันสั้น และก้านเกสรตัวเมีย โดยโคลงเคลงชนประชากรที่ 6 มีขนาดของลักษณะทั้งสามยาวกว่าโคลงเคลงชนจากพื้นที่อื่น ๆ โดยเฉพาะโคลงเคลงชนประชากรที่ 2 เมื่อพิจารณาการกระจายพันธุ์ของโคลงเคลงชนประกอบกับลักษณะทั้งสามจะเห็นได้ว่าอับเรณูของเกสรตัวผู้อันยาว ก้านชูอับเณูของเกสรตัวผู้อันสั้น และก้านเกสรตัวเมีย มีขนาดสั้นลงเมื่ออยู่ห่างจากเส้นศูนย์สูตรขึ้นไปทางเหนือซึ่งปรากฏการณ์เช่นนี้ได้มีผู้ศึกษาในพืชสกุล Linum section Adenolinum (Mosquin, 1971) พบว่า ที่ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลไม่มากจะมีก้านเกสรตัวเมียยาวกว่าเกสรตัวผู้ ทำให้ยอดเกสรตัวเมียอยู่สูงกว่าอับเรณู 2 มิลลิเมตร อีกทั้งอับเรณูยังหันออกจากยอดเกสรตัวเมียด้วย แต่ที่ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลมาก ๆ จะมีก้านเกสรตัวเมียสั้นกว่าเกสรตัวผู้ ทำให้ยอดเกสรตัวเมียอยู่ระดับเดียวกับหรือต่ำกว่าอับเรณู นอกจากนี้อับเรณูยังหันเข้าหายอดเกสรตัวเมียด้วย ทำให้พืชที่อยู่ในที่สูงมีการผสมตัวเองมากกว่าพืชที่อยู่ในที่ต่ำกว่าซึ่งมีทั้งการผสมตัวเองและผสมข้าม นอกจากนี้ยังพบอีกว่าเมื่อพืชชนิดนี้ขึ้นในพื้นที่ที่อยู่ห่างจากเส้นศูนย์สูตรขึ้นไปทางเหนือ ความยาวของก้านเกสรตัวเมียจะสั้นจนยอดเกสรตัวเมียอยู่ในระดับเดียวกับหรือต่ำกว่าอับเรณูของเกสรตัวผู้ ซึ่งจะเอื้ออำนวยให้เกิดการผสมตัวเองด้วย เนื่องจากยังไม่มีการศึกษาทางด้านการถ่ายละอองเรณู

ในโคลงเคลงขนว่าเป็นแบบผสมตัวเองหรือผสมข้าม จึงไม่สามารถสรุปได้ว่าความยาวของอับเรณูของเกสรตัวผู้อันยาว ก้านชูอับเรณูของเกสรตัวผู้อันสั้น และก้านเกสรตัวเมียที่ลดลงในโคลงเคลงขนที่ขึ้นในพื้นที่ที่อยู่ห่างจากเส้นศูนย์สูตรขึ้นไปทางเหนือจะมีความสัมพันธ์หรือมีส่วนส่งเสริมให้เกิดการถ่ายละอองเรณูแบบใดแบบหนึ่ง หรือไม่ อย่างไร อีกประการหนึ่ง ความยาวของลักษณะทั้งสามที่ลดลงไม่ค่อยสัมพันธ์กับระดับของเส้นรุ้งที่เพิ่มขึ้น จะเห็นได้ว่าโคลงเคลงขนประชากรที่ 1 อยู่ที่ในระดับของเส้นรุ้งสูงกว่าโคลงเคลงขนประชากรที่ 2 แต่มีความยาวของลักษณะทั้งสามยาวกว่า หรือในโคลงเคลงขนประชากรที่ 4 อยู่ระดับเส้นรุ้งต่ำกว่าโคลงเคลงขนประชากรที่ 3 แต่มีความยาวของลักษณะทั้งสามสั้นกว่า ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปัจจัยทางดิน กล่าวคือ ที่ จ.สกลนคร มีธาตุโปแตสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมมากกว่าบริเวณใกล้สามแยกส้มโฮ้ง อ.เกษตรวิสัย และบริเวณใกล้โรงเรียนบ้านนา อ.สุวรรณภูมิ มีธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมมากกว่าบริเวณทางเข้าน้ำตกธารทิพย์ อ.ประจันตคาม จึงทำให้มีความยาวของลักษณะทั้งสามไม่สอดคล้องกับระดับของเส้นรุ้งที่เพิ่มขึ้นเท่าที่ควร ถึงแม้ว่าการทำนายกลุ่มจากสมการจัดจำแนกมีความถูกต้องค่อนข้างสูง คือ ประมาณ 68 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในการศึกษาพืชบางกลุ่ม (Baum and Bailey, 1984; Chmielewski and Chinnappa, 1988) ผลการทำนายกลุ่มจากสมการจัดจำแนกมีความถูกต้องเพียง 60 เปอร์เซ็นต์สามารถยอมรับได้ แต่สำหรับโคลงเคลงขนแล้วเนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างสมการที่แยกกลุ่มกับตัวแปรที่แยกกลุ่มมีค่าปานกลางถึงต่ำ (คิดจากกำลังสองของค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลสำหรับสมการที่ 1 มีค่า $0.7660^2 = .5867$) (Chmielewski and Chinnappa, 1988) ซึ่งชี้ให้เห็นว่ายังมีการจัดกลุ่มไม่ดีนัก นั่นคือ ไม่น่าจะแยกโคลงเคลงขนที่ศึกษาเป็นกลุ่มโดยลักษณะที่ได้จากการวิเคราะห์จัดจำแนก และการวิเคราะห์ลักษณะดอกด้วยการวิเคราะห์จัดกลุ่มให้ผลการวิเคราะห์ที่สนับสนุนความคิดที่ว่าไม่ควรแยกโคลงเคลงขนแต่ละประชากรออกเป็นพืชที่ต่ำกว่าชนิด เพราะเดนโดรแกรมที่ได้จากการวิเคราะห์จัดกลุ่มไม่พบว่ามีการจัดกลุ่มเกิดขึ้นอย่างเด่นชัด

จากที่กล่าวมาข้างต้น เห็นได้ว่า โคลงเคลงขนในแต่ละประชากรที่สังเกตด้วยตาว่ามีความแตกต่างกันนั้น เมื่อพิจารณาหลาย ๆ ลักษณะพร้อมกันแล้วยังไม่มีลักษณะใดที่เป็นลักษณะเฉพาะของแต่ละประชากรจนสามารถใช้เป็นลักษณะที่บ่งชี้กลุ่มได้ไม่ว่าจะเป็นลักษณะต้นและใบหรือลักษณะดอก ซึ่งต่างกับพืชบางกลุ่มที่เพียงแต่ลักษณะต้นอย่างเดียวสามารถใช้บ่งชี้ถึงระดับชนิด (species) ได้ ดังเช่น พืชสกุล Eugenia ในแอฟริกาใต้ ใช้ลักษณะใบในการตรวจหาชนิดของพืชได้ (du Plessis and van Wyk, 1982) หรือในพืชสกุล Haenianthus ซึ่งเดิมใช้ลักษณะใบ (ขนาดและรูปร่าง) ในการจำแนกชนิดได้ถึง 7 ชนิด แต่ภายหลังได้ทำการศึกษาพบว่ามีเพียง 2 ชนิด โดยมี 1 ชนิดที่มี 2 วาไรตี (Zona, 1991) นอกจากนี้ยังสามารถใช้ลักษณะใบในการศึกษาพืชที่สูญพันธุ์ไปแล้วโดยการเปรียบเทียบลักษณะใบที่เป็นซากดึกดำบรรพ์ (fossil) กับใบของพืชที่ใกล้ชิดกันที่ยังมีอยู่ในปัจจุบัน (Hill, 1980)

จากการวิเคราะห์ลักษณะต้นและดอกของโคลงเคลงขนทั้ง 6 ประชากร เห็นได้ว่า ลักษณะต้นและใบ และลักษณะดอกที่แยกกลุ่มของโคลงเคลงขนมีนัยสำคัญที่จะนำมาใช้ในการจำแนกกลุ่มต่ำเพราะตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมได้ง่าย และบางลักษณะที่แตกต่างกันนั้นไม่สามารถอธิบายถึงความได้เปรียบหรือเสียเปรียบเนื่องมาจากความแตกต่างนั้น จากการศึกษาครั้งนี้ของโคลงเคลงขนทั้ง 6 ประชากร แม้ว่าเมื่อสังเกตด้วยตาจะเห็นความแตกต่างของลักษณะต้นและใบ และลักษณะดอก แต่จากการใช้เทคนิคการวิเคราะห์ตัวแปรพหุคูณซึ่งนำมาใช้ใน numerical taxonomy สรุปได้ว่า ควรที่จะจัดโคลงเคลงขนทั้ง 6 ประชากรอยู่ในระดับชนิดอย่างเดิม และยังไม่มีเหตุผลมากพอที่จะจัดโคลงเคลงขนบางประชากรไว้ในระดับต่ำกว่าชนิด เช่น subspecies หรือ varieties

5.1.2 การศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของละอองเรณู

ค่าเฉลี่ยของละอองเรณูทั้งในแนว equator และ polar ของโคลงเคลงขนทั้ง 6 ประชากรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความแตกต่างของขนาดของละอองเรณูอาจมีสาเหตุมาจากสภาพแวดล้อมของถิ่นอาศัยซึ่งจะพบในพืชหลายชนิด ดังเช่น สนสองใบ (เจษฎา เหลืองแจ่ม, 2519) พบว่า ละอองเรณูที่เก็บมาจากแหล่งเดียวกัน แต่ต่างปีและมีสภาพดินฟ้าอากาศต่างกัน จะมีขนาดละอองเรณูต่างกัน โดยปีที่มีสภาพดินฟ้าอากาศดี ละอองเรณูมีขนาดใหญ่กว่า หรือพืชวงศ์ Rhizophoraceae (สมิต บุญเสริมสุข 2530) พบว่า เฉียงพร้านางแอ (Carallia brachiata) ซึ่งเป็นพืชที่เจริญในป่าบก มีละอองเรณูขนาดเล็กกว่าละอองเรณูของพืชที่เจริญในป่าเลน หรือพืชสกุล Betula ในภาคเหนือของมลรัฐอลาสกา (Edwards, Dave, and Arnbruster, 1991) พบว่า Betula glandulosa ที่อยู่ในที่ชื้นที่มีน้ำมาก มีขนาดของละอองเรณูใหญ่กว่าละอองเรณูจากพืชที่อยู่ในที่แห้งหรือใกล้ภูเขา เป็นต้น อย่างไรก็ตาม แม้ว่าความแตกต่างของขนาดละอองเรณูของโคลงเคลงขนจะต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อพิจารณาความต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างประชากร จะพบว่ามีความต่างกันน้อยมาก ซึ่งในพืชบางสกุลแม้ว่าจะต่างชนิดกันแต่กลับมีขนาดเรณูใกล้เคียงกัน ดังเช่นพืชในสกุล Boerlagiodendron ที่มี carpel มากกว่า 5 จะมีขนาดละอองเรณูเท่ากันในแนว equator และต่างกันเพียง 2 ไมโครเมตรในแนว polar เป็นต้น เมื่อพิจารณารูปร่างของละอองเรณูของโคลงเคลงขนทั้ง 6 ประชากร จะเห็นได้ว่า รูปร่างของละอองเรณูระหว่างประชากรมีความแตกต่างกันน้อย แต่ภายในประชากรเดียวกันกลับมีการแปรผันมาก การแปรผันของรูปร่างของละอองเรณูน่าจะเป็นผลมาจากสภาพแวดล้อม ซึ่ง กันยา สันทนะโชติ (2524) กล่าวว่า รูปร่างของละอองเรณูสามารถแปรเปลี่ยนได้ตามสภาพความชื้นของอากาศ

การวิเคราะห์จัดจำแนกลักษณะขนาดของละอองเรณูในแนว polar และ equator พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างสมการที่แยกกลุ่มกับลักษณะที่แยกกลุ่มมีค่าต่ำ คือมีค่า 0.2293 ประกอบกับความถูกต้องของการทำนายกลุ่มจากสมการจัดจำแนกโดยรวมมีค่าต่ำ คือ มีค่า 23.67 แสดงให้เห็นว่า ละอองเรณูของโคลงเคลงชนทั้ง 6 ประชากรยังไม่มีการแปรผันมากพอที่จะนำมาใช้แยกโคลงเคลงชนแต่ละประชากรออกเป็นพืชที่ต่ำกว่าชนิดได้

ลวดลายบนผิวของละอองเรณูจัดได้ว่าเป็นลักษณะที่สามารถใช้ในการจำแนกพืชทั้งในระดับวงศ์ สกุล และชนิด แต่ลวดลายของผิวละอองเรณูของพืชบางกลุ่มอาจคล้ายคลึงกันมากและไม่สามารถนำมาใช้ในการจำแนกสกุลหรือชนิดพืชได้ ดังเช่น ละอองเรณูของพืชในวงศ์ Dipterocarpaceae ของไทย (Kosum Boonyamalik, 1969) พบว่า พืชทุกสกุลในวงศ์นี้มีลวดลายที่ผิวของละอองเรณูคล้ายคลึงกันมาก และไม่อาจนำมาใช้ในการจำแนกสกุลพืชได้ อย่างไรก็ตาม ละอองเรณูของพืชในวงศ์นี้มีขนาดที่แตกต่างกันในระดับสกุล ดังนั้นจึงใช้ลักษณะขนาดละอองเรณูมาช่วยในการจำแนกสกุลของพืชในวงศ์นี้ เป็นต้น ซึ่งต่างจากการศึกษาลวดลายบนผิวของละอองเรณูของโคลงเคลงชนในครั้งนี้ นอกจากจะมีลวดลายที่ผิวของละอองเรณูที่เหมือนกันแล้ว ยังมีรูปร่างและขนาดของละอองเรณูที่ใกล้เคียงกันด้วย จึงไม่อาจใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาของละอองเรณูไม่ว่าจะเป็นขนาด รูปร่างหรือลวดลายบนผิวละอองเรณูมาใช้ในการบอกความแตกต่างของโคลงเคลงชนระหว่างประชากรได้

5.1.3 การวิเคราะห์ลักษณะสัณฐานวิทยาของเมล็ด

การวิเคราะห์ขนาดของเมล็ดโคลงเคลงชนจากแต่ละประชากร เห็นได้ว่า ไม่สามารถใช้ขนาดของเมล็ดมาบอกความแตกระหว่างประชากรได้ การศึกษาในทำนองเดียวกันนี้ คือ การศึกษาความแปรผันของเมล็ดพืช Caltha leptosepala 13 ประชากรที่ขึ้นอยู่บริเวณเทือกเขาร็อกกี (Rocky mountains) (Morris, 1973) พบว่า ความยาวของเมล็ดทั้ง 13 ประชากรมีช่วงคาบเกี่ยวกันและไม่มีประชากรใดเลยที่ความยาวของเมล็ดจะต่างไปจากกลุ่ม เมื่อใช้ลักษณะอื่นของเมล็ด ได้แก่ การเรียงตัวของเอมบริโอ (embryo) ลักษณะผิวของเมล็ด และแบบของโอวูล (ovule) พบว่า พืชแต่ละประชากรมีความใกล้ชิดกันมากและไม่มีความแตกต่างของลักษณะของเมล็ดที่ทำการศึกษามากพอที่จะแยกเอาพืชแต่ละประชากรออกจากกันในระดับที่ต่ำกว่าชนิดได้

ลักษณะลวดลายบนผิวของเมล็ดเป็นลักษณะที่มีความคงตัวและสามารถใช้เป็นลักษณะสำคัญทางอนุกรมวิธานได้ (Whiffin and Tomb, 1972; Chuang and Heckard, 1972)

ความแตกต่างของลักษณะลวดลายบนผิวของเมล็ดในพืชชนิดเดียวกัน สามารถใช้เป็นลักษณะที่แยกพืชในระดับที่ต่ำกว่าชนิดได้ ดังเช่น Cadesia oliococco (Steenis, 1956) ในประเทศมาเลเซีย มี 3 วาไรตี แต่ละวาไรตีมีรูปร่างและลวดลายบนผิวของเมล็ดที่แตกต่างกัน หรือ Montia fontana (Walters, 1966 อ้างถึงใน Stace, 1981) ในทวีปยุโรปซึ่งมี 4 subspecies นั้น แต่ละ subspecies มีลวดลายบนผิวของเมล็ดที่แตกต่างกัน แต่ในการศึกษาครั้งนี้ ไม่สามารถนำเอาลักษณะของเมล็ดไม่ว่าจะเป็นขนาดหรือลวดลายบนผิวของเมล็ดมาใช้ในการอธิบายการแปรผันของโคลงเคลงชนแต่ละประชากรได้

5.1.4 การวิเคราะห์ลักษณะสัณฐานวิทยาของต้นกล้า

จากผลการวิเคราะห์ปัจจัยและการวิเคราะห์จัดจำแนกลักษณะต้นกล้า พบว่า ให้ผลที่คล้ายคลึงกัน คือ มีการแยกกลุ่มเป็น 2 กลุ่ม โดยมีลักษณะความยาวลำต้น (STEMLEN) เป็นลักษณะที่สำคัญในการแยกกลุ่ม แสดงให้เห็นว่า ต้นกล้าของโคลงเคลงชนประชากรที่ 2 มีการเจริญในระยะต้นกล้าได้เร็วกว่าต้นกล้าโคลงเคลงชนประชากรอื่น ซึ่งสามารถใช้เป็นตัวบอกถึงความแข็งแรงของต้นกล้าได้ (Pollock and Roos, 1972) โดยต้นกล้าที่มีการเจริญได้เร็วจะมีความแข็งแรงมากกว่าต้นกล้าที่เจริญได้ช้ากว่า ปัจจัยที่ทำให้ต้นกล้ามีความแข็งแรงมากขึ้นมีหลายปัจจัย (Copeland, 1976) ได้แก่ พันธุกรรม ความสมบูรณ์ของเมล็ด ปัจจัยจากสิ่งแวดล้อมในระหว่างที่มีการพัฒนาไปเป็นเมล็ด เช่น อุณหภูมิ ความชื้น เป็นต้น ความสมบูรณ์ของธาตุอาหารในดินโดยเฉพาะธาตุฟอสฟอรัสและไนโตรเจน จากข้อมูลทางภูมิอากาศ (ภาพที่ 4.29 และ 4.30) พบว่า อุณหภูมิและความชื้นในอากาศของแต่ละประชากรไม่มีความแตกต่างกัน และจากข้อมูลธาตุอาหารจำเป็นบางธาตุ (ภาพที่ 4.27) เห็นได้ว่า ในถิ่นอาศัยของโคลงเคลงชนประชากรที่ 2 ไม่ได้มีธาตุอาหารโดยเฉพาะธาตุฟอสฟอรัสและไนโตรเจน (ธาตุไนโตรเจนรวมอยู่ใน OM) มากกว่าถิ่นอาศัยของโคลงเคลงชนอีก 5 ประชากร แสดงว่า ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมไม่น่าจะมีผลต่อความแข็งแรงที่มากขึ้นของต้นกล้าโคลงเคลงชนประชากรที่ 2 ส่วนปัจจัยความสมบูรณ์ของเมล็ดนั้น เมล็ดจากทุกประชากรน่าจะมีความสมบูรณ์เท่า ๆ กันเพราะจากการสังเกตการงอกของเมล็ดพบว่าเมล็ดส่วนใหญ่จากแต่ละประชากรสามารถงอกได้ในเวลาใกล้เคียงกัน ดังนั้น ปัจจัยนี้จึงไม่น่าจะมีผลต่อความแข็งแรงที่มากขึ้นของต้นกล้า จึงเหลือปัจจัยที่มีโอกาสเป็นไปได้อีกเพียง 1 ปัจจัย คือ พันธุกรรม อย่างไรก็ตาม เนื่องจากไม่ทราบความแตกต่างทางพันธุกรรมของโคลงเคลงชนแต่ละประชากร จึงไม่อาจกล่าวได้อย่างแน่ชัดว่า ความแข็งแรงของต้นกล้าโคลงเคลงชนประชากรที่ 2 เป็นผลมาจากพันธุกรรม

จากที่กล่าวมา แม้ว่าจะมีความแตกต่างระหว่างต้นกล้าโคลงเคลงชนประชากรที่ 2 กับต้นกล้าโคลงเคลงชนอีก 5 ประชากร แต่ลักษณะสัณฐานวิทยาของต้นและใบ ดอก ละอองเรณู และเมล็ดของโคลงเคลงทั้ง 6 ประชากรยังไม่มีความแตกต่างกันมาก จึงไม่อาจใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาของต้นกล้ามาแยกโคลงเคลงประชากรที่ 2 ออกเป็นพืชที่มีระดับต่ำกว่าชนิดได้

5.2 การศึกษาแบบแผนของไอโซไซม์เปอร์ออกซิเดสและเอสเทอเรส

จากแบบแผนของไอโซไซม์เปอร์ออกซิเดสและเอสเทอเรสของโคลงเคลงชน แสดงให้เห็นว่า มีการแปรผันภายในประชากรโคลงเคลงชนแต่ละประชากรที่นำมาศึกษา ซึ่งความแตกต่างดังกล่าวน่าจะมีสาเหตุมาจากพืชแต่ละต้นมีจีโนไทป์ (genotype) ต่างกัน (Weeden and Wendel, 1990) แสดงว่า ในแต่ละประชากรได้มีการคัดเลือกเกิดขึ้นต่อพืชอย่างสม่ำเสมอ ทำให้พืชแต่ละต้นถึงแม้จะมีจีโนไทป์ต่างกันมีการแสดงออกของฟีโนไทป์ (phenotype) ที่เหมือนกันได้ ซึ่งปรากฏการณ์นี้เรียกว่า **stabilizing selection** (Bradshaw, 1965) การที่แถบของไอโซไซม์ในแต่ละไซโมแกรมมีความแตกต่างกัน นอกจากจะมีสาเหตุมาจากการที่พืชมีจีโนไทป์แตกต่างกันแล้ว ยังมีสาเหตุอื่นอีก คือ ไอโซไซม์เปอร์ออกซิเดสและเอสเทอเรสมีความแปรผันของจำนวนแถบสูง (Weeden and Wendel, 1990) นอกจากนี้อาจเกิดเนื่องจากการที่ไอโซ-ไซม์บางตัวไม่ถูกสร้างขึ้นมาทั้งที่มีจีนที่จะสร้างอยู่ในต้นพืช ซึ่งเรียกอัลลีลแบบนี้ว่า **"null allele"** ทำให้ไม่สามารถตรวจพบได้ หรืออาจเกิดการซ้อนทับของไอโซไซม์ที่มีโมเลกุลต่างกันแต่มีการเคลื่อนที่เท่ากัน ทำให้อยู่ในตำแหน่งเดียวกันและไม่พบความแตกต่าง (Gottlieb, 1977)

มีรายงานการศึกษาโดยใช้ไอโซไซม์ทั้งสองชนิดแล้วให้ผลการศึกษาที่แตกต่างไปพอยกตัวอย่าง ได้ดังนี้ คือ การศึกษาไอโซไซม์เปอร์ออกซิเดสและเอสเทอเรสในประชากรพืช Miscanthus floridulus (Labill.) Warb 27 ประชากรในประเทศไต้หวัน (Chou, Hwang, and Chang, 1987) พบว่า มีความแปรผันในรูปแบบไซโมแกรมของไอโซไซม์ทั้งสองระบบของพืชทั้ง 27 ประชากร ชี้ให้เห็นว่า Miscanthus floridulus ในประเทศไต้หวันมีความแปรผันทางพันธุกรรมมาก สาเหตุหนึ่งของความแปรผันทางพันธุกรรมที่เกิดขึ้น คือ พืชชนิดนี้มีการกระจายของเมล็ดโดยอาศัยลมเป็นพาหะและมีความสามารถในการเจริญเติบโตแทนที่พืชอื่นได้ดีโดยจะปล่อยสารยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชชนิดอื่น จึงทำให้พืชชนิดนี้มีการกระจายพันธุ์ได้กว้างและเจริญเติบได้ในถิ่นอาศัยที่แตกต่างกัน จากไซโมแกรมที่ได้ สามารถจัดประชากรพืชทั้ง 27 ประชากรออกเป็น 4 ecotype โดยประชากรพืชที่มีถิ่นอาศัยเหมือนกันจะมีไซโมแกรมที่คล้าย

คลึงกัน และพบอีกว่าประชากรพืชใน ecotype หนึ่งที่อยู่ในพื้นที่ที่เป็นเขตอุตสาหกรรมและมีมลภาวะทางอากาศมากจะมีความแปรผันของไซโมแกรมมาก ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการปรับตัวของพืชให้สามารถเจริญเติบโตได้ในถิ่นอาศัยนั้น หรือการศึกษาจากเมล็ดโดยใช้ไอโซไซม์ 4 ระบบ คือ อะซิดฟอสฟาเทส (acid phosphatase) กลูตาเมตออกซาโลอะซีเตสทรานสอะมิเนส (glutamate-oxaloactetate-transaminase) เอสเทอเรสและเปอร์ออกซิเดส ในพืช Lycopersicon cheesmanii ที่อยู่ในหมู่เกาะกาลาปากอส (Rick and Fobes, 1975) พบว่า ไซโมแกรมของเอนไซม์ทั้ง 4 ระบบมีความแปรผันน้อยมาก อย่างไรก็ตาม พืชที่มีระดับเป็น subspecies คือ f. minor มีไซโมแกรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสที่ต่างไปจากไซโมแกรมของเอนไซม์เดียวกันของ L. cheesmanii ซึ่งเป็นการช่วยยืนยันการแยก f.minor ออกมาเป็น subspecies โดยใช้ลักษณะสัณฐานวิทยา

ถึงแม้ว่าจะมีรายงานเกี่ยวกับการใช้ไอโซไซม์เปอร์ออกซิเดสและเอสเทอเรสในการตรวจสอบสถานะของพืชที่อยู่ต่ำกว่าชนิด (species) ได้ แต่เนื่องจากไอโซไซม์ทั้งสองระบบมีจำนวนแถบมาก ทำให้การเปรียบเทียบไซโมแกรมมีโอกาสผิดพลาดได้ง่าย จึงควรหาไอโซไซม์ระบบอื่นที่มีจำนวนแถบไม่มากนัก ทั้งนี้เพื่อให้สามารถทำการเปรียบเทียบไซโมแกรมของไอโซไซม์ได้ง่ายและโอกาสผิดพลาดน้อยลง อีกทั้งสามารถแปลผลได้ง่ายขึ้น อย่างไรก็ตาม ในพืชหลายชนิดพบว่ามีจำนวนแถบของไอโซไซม์ทั้งสองไม่มาก เช่น ในพืชสกุล Shibataea, Sinobambusa มีจำนวนแถบไอโซไซม์ของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส 5 แถบเท่านั้น (Chou, Hwang, and Hwang, 1986) หรือในพืชสกุล Arthrostylidium, Chimonobambusa มีจำนวนแถบไอโซไซม์ของเอนไซม์เอสเทอเรสเพียง 7 แถบ (Chou and Hwang, 1985) เป็นต้น นอกจากนี้หากเป็นไปได้ ควรทราบจำนวนจีนที่สร้างไอโซไซม์ระบบนั้น รวมทั้งความถี่จีนหรืออัลลีลของไอโซไซม์ระบบนั้นด้วย ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจเกี่ยวกับการคัดเลือกโดยธรรมชาติได้ดีขึ้น

เนื่องจากไม่ทราบว่าในโคลงเคลงชนมีจีนกี่ตำแหน่งที่สร้างเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสและเอสเทอเรส จึงไม่สามารถหาความถี่ของจีนแต่ละตำแหน่ง รวมทั้งไม่สามารถหาความถี่ของอัลลีลในกรณีที่เป็นอัลโลไซม์ได้ ดังนั้น จึงไม่สามารถใช้ผลลัพท์จากไซโมแกรมของไอโซไซม์ทั้งสองชนิดมาทำนายความแตกต่างทางพันธุกรรมระหว่างประชากรโคลงเคลงชนได้ อย่างไรก็ตาม อาจใช้ข้อมูลอื่น ๆ มาประกอบ ข้อมูลดังกล่าวได้แก่ การกระจายของเมล็ดและการถ่ายละอองเรณู Hamrick (1990) กล่าวว่า พืชที่อาศัยลมเป็นพาหะในการกระจายเมล็ดจะมีความแปรผันทางพันธุกรรมระหว่างประชากรต่ำกว่าพืชที่อาศัยสัตว์เป็นพาหะในการกระจายเมล็ดหรือเมล็ดที่ร่วงหล่นตามธรรมชาติซึ่งไม่ไกลจากต้นแม่มากนัก ในขณะที่พืชที่มีการถ่ายละอองเรณูโดยลมหรือแมลงจะมีการแปรผันทางพันธุกรรมระหว่างประชากรต่ำกว่าพืชที่มีการถ่ายละอองเรณูภายในดอกเดียวกันหรือพืชที่มีการถ่ายละอองเรณูทั้งสองแบบ จากการสังเกตระหว่างที่ออกเก็บตัวอย่าง พบว่า

จะมีมดมากินของเหลวที่เนื้อเยื่อส่วนที่เป็น placenta ของผลที่แตกแล้ว ดังนั้น อาจเป็นไปได้ว่าแมลงชนิดนี้จะเป็นตัวช่วยในการกระจายเมล็ด และเนื่องจากเมล็ดของโคลงเคลงขนมีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา เป็นไปได้ว่า ลมน่าจะมีส่วนช่วยในการกระจายเมล็ดด้วย อย่างไรก็ตาม การกระจายของโคลงเคลงขนในถิ่นอาศัยธรรมชาติในแต่ละประชากร พบว่า ต้นพืชที่ใกล้กันจะห่างกันประมาณ 50 เซนติเมตรโดยวัดจากโคนต้นพืช และต้นพืชที่ห่างกันจะห่างประมาณ 2-3 เมตร ประกอบกับการงอกของเมล็ดและการเจริญภายหลังการงอกที่ใช้เวลานานกว่าจะเกิดใบที่คล้ายกับใบของต้นพืชที่โตแล้วซึ่งหากเกิดภาวะแห้งแล้งในช่วงเวลาดังกล่าวแล้วจะทำให้มีต้นพืชที่เจริญจากเมล็ดมีจำนวนน้อยเมื่อเทียบกับจำนวนเมล็ดที่เกิดขึ้น และในธรรมชาติจะพบต้นพืชที่เจริญจากเมล็ดน้อยมาก แต่จะพบต้นพืชที่มีอายุหลายปีเป็นส่วนมากในแต่ละประชากร จากที่กล่าวมาจึงกล่าวได้ว่าเมล็ดของโคลงเคลงขนไม่น่ามีการกระจายได้ไกลจากประชากรเดิมมากนัก และโดยเหตุผลนี้ โคลงเคลงขนแต่ละประชากรจึงน่าจะมีความแปรผันทางพันธุกรรมระหว่างประชากรมากพอควร นอกจากนี้ จากการสังเกตระหว่างที่ออกเก็บตัวอย่าง ยังพบอีกว่ามีแมลงภู่มาตอมที่ดอกโคลงเคลงขน ซึ่งแมลงชนิดนี้อาจเป็นตัวช่วยในการถ่ายละอองเรณูระหว่างต้นพืช การที่ต้นพืชที่นำมาศึกษาไอโซไซม์มีไซโมแกรมที่แตกต่างกัน อาจจะมีสาเหตุมาจากต้นพืชนั้นเจริญมาจากเมล็ดที่เกิดจากการถ่ายละอองเรณูข้ามต้น (หรือข้ามประชากร) ก็เป็นได้ ดังนั้น ถึงแม้ว่าเมล็ดของโคลงเคลงขนจะมีการกระจายไม่ไกลมากนัก แต่ถ้ามีแมลงมาช่วยในการถ่ายละอองเรณูแล้วจะทำให้เกิดการถ่ายเทจีนระหว่างประชากรได้ ซึ่งจะทำให้ความแปรผันทางพันธุกรรมระหว่างประชากรมีค่าต่ำ เพราะเมล็ดที่เกิดจากการผสมข้ามถ้ามีโอกาสรอดและเจริญเป็นต้นได้แล้ว จะทำให้เกิดการนำจีนจากประชากรอื่นเข้ามายังประชากรที่ต้นพืชนั้นเจริญอยู่ โดยเหตุผลดังกล่าวมาข้างต้น จีโนไทป์ของโคลงเคลงขนที่แตกต่างกันภายในประชากรเดียวกันอาจเป็นผลมาจากการผสมข้ามระหว่างประชากรก็เป็นได้

จากข้อมูลที่ได้จากการศึกษาไอโซไซม์เปอร์ออกซิเดสและเอสเทอเรสของโคลงเคลง-ขน อาจกล่าวได้ว่า โคลงเคลงขนแต่ละประชากร (หรือต่างถิ่นอาศัย) น่าจะมีการถ่ายเทจีนข้ามประชากรกันได้ ซึ่งจะทำให้โคลงเคลงขนไม่มีการแปรผันทางพันธุกรรมระหว่างประชากร (หรือถิ่นอาศัย) มากจนสามารถจะบอกความแตกต่างระหว่างประชากรได้