# บทที่ 2

# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 ดองดึง (*Gloriosa superba* Linn.)

### 2.1.1 การจัดจำแนก (classification)

ดองดึงมีชื่อสามัญที่เรียกแตกต่างกันไปตามท้องถิ่นอยู่หลายชื่อ ได้แก่ ว่านก้ามปู ก้ามปู คมชวาน บ้องชวาน หัวชวาน ดาวดึงส์ พันมหา และมะขาโก้ง (สมิตินันทน์ 2523)

Hooker (1894) จัดจำแนกดองดึงไว้เป็นลำดับดังนี้

Class Angiospermae

Subclass Monocotyledoneae

Order Liliales

Family Liliaceae

Subfamily Wurmbaeoideae

Genus *Gloriosa*

Species *Gloriosa superba*

พืชในสกุล (genus) เดียวกับดองดึงตามรายงานของ Graf (1973) มีอยู่ 5 ชนิด คือ *G.carsonii*, *G.rothschildiana*, *G.simplex*, *G.superba* และ *G.verschuri* ส่วน *G. virescens*, *G.plantii* และ *G.greenei* เป็นชื่อพ้อง (synnonym) ของ *G.simplex* ในขณะที่ Thiselton-Dyer (1898) และ Bailey (1947) รายงานไว้ 7 ชนิด คือ *G.abyssinica*, *G.carsonii*, *G.minor*, *G.rothschildiana*, *G.simplex*, *G.superba* และ *G.virescens* นอกจากนี้ Bruggeman (1964) ได้รายงานถึงชนิดที่ชื่อว่า *G.leopoldii* ไว้ด้วย ในจำนวนนี้พบในทวีปเอเชียเพียงชนิดเดียวคือ *G.superba* ส่วนที่เหลือพบในทวีปอัฟริกา (Thiselton-Dyer 1898 ; Bailey 1947 ; Bruggeman 1964 ; Graf 1973)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Herklots (1976) พบว่ามีผู้บรรยายลักษณะของพืชในสกุลกลอริโอซาไว้มากกว่า 30 ชนิด แต่เมื่อศึกษาลักษณะที่มีผู้บรรยายไว้ ร่วมกับการศึกษาพืชที่ขึ้นเองตามธรรมชาติเชามีความเห็นว่า พืชในสกุลนี้น่าจะมีเพียงชนิดเดียวที่ประกอบด้วย สายพันธุ์ (variety) และสายพันธุ์ปลูก (cultivar) ที่ไม่มากนัก

### 2.1.2 ถิ่นกำเนิดและการกระจายพันธุ์

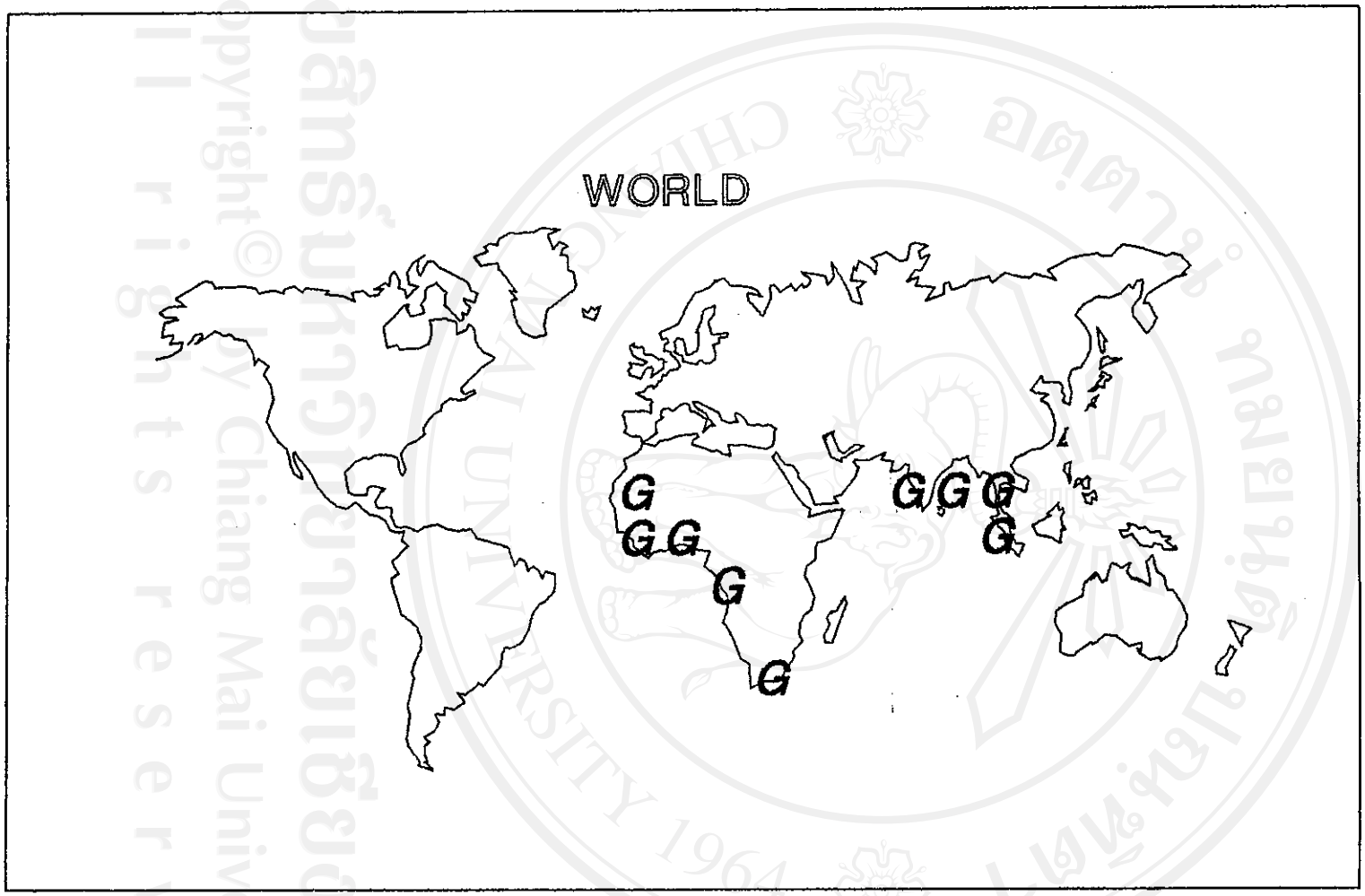
ดองดึงมีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนของทวีปเอเชียและอัฟริกา (Good 1974) ในทวีปเอเชีย พบที่แคว้นปัญจาบในประเทศปากีสถาน เขตร้อนของประเทศอินเดีย ตั้งแต่ตะวันตกของเทือกเขาหิมาลัยจนถึงแคว้นอัสสัม ประเทศศรีลังกา ประเทศพม่า ประเทศไทย ประเทศมาเลเซีย ประเทศอินโดนีเซีย ประเทศกัมพูชา และประเทศเวียตนาม (Hooker 1894 ; Ridley 1924 ; Nasir 1972 ; Thakur *et al.* 1975 ; Herklots 1976) ในทวีปอัฟริกา พบในประเทศเขตร้อนของทวีปอัฟริกา มณฑลทรานสวาล (Transvaal) ในประเทศอัฟริกาใต้ และมณฑลคาทังกา (Katanga) ในประเทศคองโก (Watt and Breyer-Brandwijk 1962 ; Herklots 1976) (ภาพที่ 1)

### 2.1.3 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

จากการศึกษาของ Hooker (1894) Bailey (1947) Bruggeman (1964) Graf (1973) Stearing (1975) Herklots (1976) ธรรมชาติศึกษา, ชมรม (2521) ไพสุขศานติวัฒนา และคณะ (2527) และเมฆอรุณกมล (2533 ก,ข) สามารถสรุปรวมลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของดองดึงได้ดังนี้

**ลำต้น** ดองดึงมีลำต้น 2 ส่วน คือ ส่วนที่อยู่เหนือดิน และส่วนที่อยู่ใต้ดิน ลำต้นเหนือดิน มีลักษณะเป็นเถา (ภาคผนวก ก ภาพที่ 1 และ 2) เส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นประมาณ 0.5 เซนติเมตร เมื่อเจริญเต็มที่สูง 2-5 เมตร และเมื่อลำต้นมีความสูง 58.5 เซนติเมตร (Mamatha *et al.* 1993) หรือ 75-100 เซนติเมตร (เมฆอรุณกมล 2533 ก) จะแตกกิ่งประมาณ 3-5 กิ่ง หรือ อาจจะมากถึง 8.5 กิ่ง โดยเฉลี่ย (Mamatha *et al.* 1993) หัวหรือลำต้นใต้ดินเป็นแบบทิวเบอร์ (tuber) มีรูปร่างคล้ายขวานหรือรูปตัววี (V) ในระยะที่ลำต้นเหนือดินยังไม่ยุบตัว หรือเพิ่งยุบตัวลงใหม่ ๆ หัวจะมีสีขาว แต่จะมีเปลือกสีน้ำตาลมาห่อหุ้มเมื่อลำต้นเหนือดินยุบตัวลงหมดแล้ว ที่ส่วนปลายของหัวทั้งสองด้านมีจุดเจริญ ซึ่งจะงอกให้ต้นอ่อนใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved




DISTRIBUTION OF *GLORIOSA SUPERBA* LINN.

ภาพที่ 1 แผนที่แสดงถิ่นกำเนิดและการกระจายของดองดึง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ฤดูฝนปีถัดไป (ภาคผนวก ก ภาพที่ 3) ถ้าจุดเจริญนี้หักไป หัวนั้นจะไม่สามารถงอกให้ต้นอ่อนใหม่ได้

**ราก** รากของดองดึงเป็นระบบรากฝอย เกิดขึ้นที่โคนของลำต้นตรงจุดกำเนิดเหนือหัวเก่า (ภาคผนวก ก ภาพที่ 4) รากนี้จะแผ่กระจายออกเพื่อหาน้ำและอาหาร และจะสลายตัวไปเมื่อลำต้นเหนือดินยุบตัวลง

**ใบ** ใบของดองดึงเป็นใบเดี่ยว มีรูปร่างแบบใบหอก (ตั้งแต่ long-lanceolate จนถึง ovate-lanceolate (ภาคผนวก ก ภาพที่ 5) ขนาดความกว้างของใบประมาณ 2-4 เซนติเมตร ความยาวประมาณ 5-20 เซนติเมตร ใบจะออกที่ข้อของลำต้นข้อละ 1-3 ใบ มีการจัดเรียงตัวแบบสลับ (alternate) แบบตรงข้าม (opposite) และ แบบเกลียว (spiral) ข้อที่มีการแตกกิ่งจะมีใบ 3-4 ใบ และเรียงตัวแบบวง (whorl) ส่วนข้อที่มีดอกจะมีใบเพียงใบเดียว ใบของดองดึงมีสีเขียวเป็นมัน มองเห็นเส้นกลางใบได้ชัดเจน ไม่มีก้านใบ (sessile leaf) และไม่มีกาบใบ (leaf sheath) ปลายใบเปลี่ยนรูปเป็นมือพัน (tendril) ทำหน้าที่ยึดเหนี่ยวสิ่งข้างเคียงช่วยพยุงลำต้นให้สูงขึ้น

**ดอก** ดอกของดองดึงเป็นดอกเดี่ยวออกตามซอกใบ (axillary) กลีบ(perianth) แยกออกจากกันมีจำนวน 6 กลีบ ความยาวของกลีบประมาณ 8-10 เซนติเมตร กลีบมีลักษณะยาวเรียว ขอบกลีบพลิ้วเป็นคลื่น ขณะที่ดอกออกใหม่ ๆ กลีบจะมีสีเขียวอ่อนแล้วจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ต่อมาปลายกลีบเริ่มมีสีแดง และจะค่อย ๆ เข้มขึ้นจนเป็นสีแดงเข้ม กลีบจะโค้งงอขึ้นข้างบนจนปลายกลีบเกือบจรดกันเมื่อดอกบานเต็มที่ พร้อม ๆ กับที่สีแดงจะแผ่ไปยังโคนกลีบจนกระทั่งดอกเป็นสีแดงทั้งหมด (ภาคผนวก ก ภาพที่ 6) จากนั้นกลีบจะค่อย ๆ งุ้มกลับและเหี่ยวแห้งไป ดอกดองดึงแต่ละดอก มีเกสรตัวผู้ 6 อัน ซึ่งกางเกือบขนานกับพื้นเมื่อดอกบานเต็มที่ (ภาคผนวก ก ภาพที่ 7) อับละอองเกสรตัวผู้ติดกับก้านชูอับละอองเกสรตัวผู้แบบหมุนได้รอบตัว (versatile) มีเกสรตัวเมีย 1 อันอยู่บริเวณกลางดอก รังไข่มีตำแหน่งอยู่เหนือฐานรองดอก รังไข่มี 3 ห้อง (locule) ก้านชูยอดเกสรตัวเมียมีลักษณะเป็นเส้นเล็กยาว (filiform) เอียงทำมุมฉากกับรังไข่ทางด้านขวา ยอดเกสรตัวเมียแยกเป็น 3 แฉก

**ผล** ผลของดองดึง เป็นแบบแคปซูล (ภาคผนวก ก ภาพที่ 8 และ 9) ที่เมื่อแก่จะแตกออกตามแนวผนังกั้น (septicidal capsule) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2-2.5 เซนติเมตร ความยาวประมาณ 4-7 เซนติเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมล็ด เมล็ดดองดึงมีรูปร่างกลมและแข็ง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2-3 มิลลิเมตร ในขณะที่เมล็ดยังอ่อนมีสีขาว และฉ่ำน้ำ เมื่อเมล็ดแก่มีเปลือกหุ้มเมล็ดสีส้มแดงหุ้มอยู่ (ภาคผนวก ก ภาพที่ 10)

### 2.1.4 ลักษณะทางเซลล์วิทยา

Narain (1972) ศึกษาพันธุศาสตร์ของเซลล์ของพืชในสกุลกลอริโอซา พบว่า ดองดึงมีจำนวนโครโมโซม 2n=22 เป็นโครโมโซมเส้นยาว 2 เส้น ขนาดปานกลาง 16 เส้น และเส้นสั้น 4 เส้น ในจำนวนนี้เป็นโครโมโซมที่มีเซนโทรเมียร์ (centromere) อยู่ตรงกลาง (metacentric chromosome) จำนวน 8 เส้น และมีเซนโทรเมียร์ค่อนไปทางด้านใดด้านหนึ่ง (submetacetric chromosome) จำนวน 14 เส้น ดองดึงที่มีส่วนปลายของโครโมโซมเส้นหนึ่งของคู่ที่ 8 ขาดหายไป ไม่แสดงความผิดปกติใด ๆ ทางสัณฐานวิทยา (Narain 1981)

Karihaloo (1986) ศึกษาลักษณะทางเซลล์วิทยาของพืชสกุลกลอริโอซา 3 ชนิด พบว่า ดองดึงมีจำนวนโครโมโซม 2n=22 เช่นเดียวกัน แต่เป็นโครโมโซมเส้นยาว 3 คู่ และเส้นสั้น 8 คู่ โดยมีเซนโทรเมียร์อยู่ตรงกลาง 3 คู่ และมีเซนโทรเมียร์อยู่ค่อนไปทางด้านใดด้านหนึ่งอีก 8 คู่ เมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่างแขนข้างยาวกับแขนข้างสั้น (L/B ratio) กับการศึกษาของ Narain (1982) พบว่า มีค่าอัตราส่วนแตกต่างกันอยู่ 3 คู่ (ตารางที่ 1)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบค่าอัตราส่วนระหว่างแขนข้างยาวกับแขนข้างสั้นของโครโมโซมของดองดึง

| โครโมโซม (คู่ที่) | อัตราส่วนระหว่างแขนข้างยาวกับแขนข้างสั้น | |
|---|---|---|
| | Narain (1981) | Karihaloo (1986) |
| 1 | 1.00 | 1.00 |
| 2 | 1.60 | 1.70 |
| 3 | 1.00 | 1.00 |
| 4 | 1.10 | 1.14 |
| 5 | 1.25 | 1.20 |
| 6 | 1.20 | 1.87 |
| 7 | 1.00 | 2.14 |
| 8 | 1.26 | 1.76 |
| 9 | 1.20 | 1.40 |
| 10 | 1.66 | 1.64 |
| 11 | 1.00 | 1.00 |

นอกจากจะศึกษาคาริโอไทป์ (karyotype) ของดองดึงแล้ว Karihaloo ยังได้รวบรวมผลการศึกษาจำนวนโครโมโซมของดองดึง ตั้งแต่ปี 1842-1980 พบว่าส่วนใหญ่รายงานว่า ดองดึงมีจำนวนโครโมโซม 2n=22 ยกเว้น La Cour, Sharma and Sharma และ Khoshoo ที่รายงานว่าดองดึงมีจำนวนโครโมโซม 2n=88, 22 และ 99 และ 22, 44 และ 66 ตามลำดับ Karihaloo มีความเห็นว่าการที่พบจำนวนโครโมโซมแตกต่างกันไปเช่นนี้ อาจเกิดเนื่องจากดองดึงที่นำมาศึกษามีต้นที่เป็นโพลิพลอยด์ (polyploidy) ปะปนอยู่ ปรากฏการณ์เช่นนี้จะพบได้มากในพืชที่ขยายพันธุ์ด้วยอวัยวะบำรุงชีพ (vegetative organ)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

### 2.1.5 การขยายพันธุ์ การเพาะปลูก และการเจริญเติบโต

ในการขยายพันธุ์ดองดึงอาจใช้หัวหรือเมล็ดก็ได้ แต่โดยทั่วไปนิยมใช้หัว เพราะสามารถเจริญเติบโต และให้ผลผลิตเมล็ดได้เร็วกว่าการขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดซึ่งต้องใช้เวลาอย่างน้อย 2-3 ปี เมฆอรุณกมล (2533 ก) ศึกษาการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของดองดึง พบว่า หัวที่มีน้ำหนักมากกว่า 7 กรัมขึ้นไปสามารถให้ต้นที่ออกดอกได้ ส่วนหัวที่มีน้ำหนักระหว่าง 3- 7 กรัม สามารถให้ต้นที่ออกดอกได้ร้อยละ 40 ในขณะที่หัวซึ่งมีน้ำหนักน้อยกว่า 3 กรัม จะไม่สามารถให้ต้นที่มีดอกได้เลย

การปลูกดองดึงควรปลูกเมื่อหัวเริ่มงอก (เอกะวิภาต 2523) แต่หัวดองดึงมักจะงอกไม่สม่ำเสมอ (เกิดศิริและคณะ 2530 ; Mamatha *et al.* 1993) เกิดศิริและคณะ (2530) ศึกษาการงอกของหัวดองดึง พบว่าการกระตุ้นการงอกด้วยการแช่ในน้ำจะให้ค่าร้อยละของการงอกสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับการแช่ในกรดจิบเบอเรลลิก (gibberellic acid) และโปตัสเซี่ยมไนเตรท (potassium nitrate) ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของ เมฆอรุณกมล (2533 ก) ที่พบว่า การแช่หัวดองดึงในน้ำที่มีการให้ฟองอากาศตลอดเวลา จะกระตุ้นให้หัวงอกดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ไฮโดรเจนไซยาไมด์ (hydrogen cyamide) ไธโอยูเรีย (thiourea) หรือ 2 - คลอโรเอธานอล (2-chloroethanol) เป็นตัวกระตุ้น

ดองดึงจะเจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีธาตุอาหารสูงและมีการระบายน้ำดี (Fong 1982) โดยที่อัตราการสังเคราะห์แสง และพื้นที่ใบจะเพิ่มขึ้นทีละน้อย หลังจากหัวเริ่มงอก และมีค่าสูงสุดเมื่อถึงระยะออกดอก จากนั้นอัตราการสังเคราะห์แสง และพื้นที่ใบจะค่อย ๆ ลดลงจนพืชยุบตัว (Guo 1989)

Suparna *et al.* (1993) ศึกษาอิทธิพลของไซโคเซล (cycocel) ไซโตไซม์ (cytozyme) และอะลาร์ (alar) ที่มีต่อการเจริญและการผลิตหัวดองดึง พบว่าการฉีดพ่นด้วยสารอะลาร์ซึ่งมีความเข้มข้น 4000 ส่วนในล้านส่วน (ppm) สามารถเพิ่มพื้นที่ใบได้มากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ไซโคเซลและไซโตไซม์

ต้นดองดึงที่ให้ดอกได้จะเริ่มมีดอกแรกหลังจากหัวงอกแล้ว 42-59 วัน เกสรตัวเมียพร้อมรับการผสมได้ดีที่สุดในวันแรกที่ดอกบาน ส่วนอับละอองเกสรตัวผู้จะแตกในวันถัดไป คงชื่นสินและเศรษฐาวิวัฒน์ (2533) ศึกษาการถ่ายละอองเกสรของดองดึงด้วยการเปรียบเทียบการผสม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4 แบบ คือ ครอบดอกด้วยถุงกระดาษ ครอบดอกด้วยถุงกระดาษและช่วยผสมเกสร ช่วยผสมเกสรด้วยมือในวันแรกที่ดอกบาน และปล่อยให้มีการผสมเกสรตามธรรมชาติ พบว่า ค่าร้อยละของการติดผลของแต่ละแบบเท่ากับ 34.9, 44.1, 82.0 และ 62.7 ตามลำดับ ในขณะที่ Mamatha *et al.* (1992) ศึกษาการถ่ายละอองเกสรของดองดึง โดยการเปรียบเทียบการผสม 3 แบบ คือ ผสมข้ามด้วยมือ ผสมตัวเองด้วยมือ และ ปล่อยให้มีการผสมตามธรรมชาติ พบว่า มีค่าร้อยละของการติดผลในแต่ละแบบเท่ากับ 99, 100 และ 40 ตามลำดับ จากการศึกษาดังกล่าว ไม่สามารถสรุปได้ว่าการถ่ายละอองเกสรตามธรรมชาติของดองดึงเป็นแบบผสมตัวเอง หรือผสมข้าม แต่อาจสรุปได้ว่าการที่ดองดึงติดผลน้อยเมื่อปล่อยให้มีการผสมตามธรรมชาติ มีสาเหตุมาจากการถ่ายละอองเกสรที่ไม่เพียงพอ หลังจากผสมติด ผลจะพัฒนาขึ้นจนกระทั่งแก่ใช้เวลาประมาณ 74 วัน (เมฆอรุณกมล 2533 ข)

Guo (1989) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารระหว่างการสร้างหัวของดองดึง พบว่า สารส่วนใหญ่เป็นแป้งซึ่งจะค่อย ๆ เพิ่มปริมาณมากขึ้นจากระยะที่หัวเริ่มงอกจนกระทั่งหัวแก่เต็มที่ ส่วนปริมาณโคลชิซินจะเพิ่มตามอายุของหัว และปริมาณแป้ง โดยจะมีปริมาณมากที่สุดเมื่อหัวแก่เต็มที่

เมฆอรุณกมล (2533 ก) ศึกษาอัตราการขยายขนาดของหัว พบว่า หัวดองดึงที่มีน้ำหนักก่อนปลูก 4-7 กรัม จะมีอัตราการขยายขนาดของหัวใหม่มากที่สุดคือเพิ่มขึ้น 5-6 เท่า หัวที่มีน้ำหนักก่อนปลูก 7-10 กรัมมีอัตราการขยายขนาด 4-5 เท่า ส่วนหัวที่มีน้ำหนักก่อนปลูก 20 กรัมขึ้นไป มีอัตราการขยายขนาดเพียง 2-3 เท่า เท่านั้น

นอกจากใช้หัวแล้ว ดองดึงยังสามารถขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ดได้ด้วย เมล็ดดองดึงที่จะนำมาปลูกจะต้องลอกเอาเปลือกหุ้มเมล็ดออกเสียก่อนเพื่อกำจัดสารยับยั้งการงอก (มาลีวงศ์ 2531) การแช่เมล็ดในจิบเบอเรลลิน ที่มีความเข้มข้น 1-3 ส่วนในล้านส่วน จะทำให้ต้นที่เกิดใหม่ให้ผลผลิตหัวและมีปริมาณโคลชิซินในหัวสูงขึ้น (Guo 1988) และการแช่เมล็ดในไธโอ-ยูเรียที่มีความเข้มข้น 3000-4000 ส่วนในล้านส่วน จะช่วยเพิ่มอัตราการงอกของเมล็ด ในขณะที่ถ้าแช่ใน $GA_3$ จะช่วยให้เมล็ดงอกเร็วขึ้น (Suparna *et al.* 1993)

เมฆอรุณกมล (2533 ก) ศึกษาวัสดุปลูกที่เหมาะสมในการเพาะเมล็ดดองดึง และอัตราที่เหมาะสมของปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 พบว่า วัสดุปลูกที่เหมาะสมคือวัสดุที่มีอัตราส่วนของดินผสม : ทราย : ปุ๋ยหมัก ในอัตราส่วน 1 : 1 : 2 และปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 ในอัตรา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

40 กิโลกรัมต่อไร่ เหมาะสำหรับดองดึงที่เพาะจากเมล็ด ส่วนดองดึงที่ปลูกจากหัวขนาดเล็กซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ย 0.23 กรัม การให้ปุ๋ยสูตรดังกล่าวในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ มีแนวโน้มที่จะให้ผลผลิตดีกว่าที่ไม่ให้ปุ๋ยเคมีเลย แต่ความแตกต่างนี้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

### 2.1.6 สรรพคุณเชิงสมุนไพร

ดองดึงเป็นพืชที่มีบันทึกถึงการนำมาใช้เป็นยารักษาโรคในหลายประเทศ ในประเทศไทยใช้หัวและรากเป็นยาขับลม รักษาอาการท้องอืด ท้องเฟ้อ หัวใช้รักษาอาการปวดข้อ หัวแห้งบ่นใช้รักษาโรคหนองใน (พงษ์บุญรอด 2522 ; วิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, สถาบัน 2530) หัวและลำต้นเหนือดินใช้ถ่ายพยาธิในโคกระบือ (ธรรมชาติศึกษา, ชมรม 2521) ในประเทศศรีลังกา ใช้หัวรักษาอาการข้อเคล็ดและบาดเจ็บข้อ ในประเทศอินเดีย ใช้หัวรักษาโรคหนองใน โรคเรื้อน โรคริดสีดวงทวารหนัก แผลถลอก อาการข้อเคล็ด ใช้เป็นยาบำรุงกำลัง ยาระบาย ยาขับน้ำดี ยาถ่ายพยาธิ แก้อาการเสียดท้อง และแก้พิษงูและแมลงป่อง ในประเทศอิหร่าน ใช้หัวดองดึงรักษาอาการเลือดออกทางจมูก และการหมดสมรรถภาพทางเพศ (Watt and Breyer-Brandwijk 1962)

### 2.1.7 การเป็นพิษ (Toxicity)

ดองดึงจัดเป็นพืชมีพิษ การบริโภคโดยไม่ทราบขนาดที่ปลอดภัยอาจทำให้เสียชีวิตได้ (ตันติวัฒน์ 2530 ; อ้นเนื่องมาจากข่าว 2530) เมื่อคนได้รับพิษจากดองดึงในระยะเริ่มแรกจะรู้สึกซ่าบริเวณริมฝีปาก ลิ้น และลำคอ ตามมาด้วย การหมดความรู้สึกในบริเวณดังกล่าวมีอาการปวดแสบปวดร้อนบริเวณกระบังลม ส่วนเหนือและส่วนหน้ากระเพาะอาหาร ผิวหนังทุกส่วนหมดความรู้สึก คลื่นไส้ อาเจียน ถ่ายท้องและอุจจาระมีเลือดปน เวียนศีรษะ มือ และเท้าอ่อนแรง หนังตาหนัก และไม่กล้าสู้แสง หายใจลำบาก ชีพจรเต้นอ่อนลงอย่างรวดเร็ว มีอาการชัก หมดสติ และเสียชีวิตในที่สุด เมื่อทำการชันสูตรศพ พบว่า มีเลือดออกในเยื่อบุกระเพาะอาหาร และช่องท้อง (Watt and Breyer-Brandwijk 1962)

Jayatilaka *et al.* (1967) ศึกษาเปรียบเทียบอาการจากพิษของดองดึง กับอาการจากพิษของโคลชิซินในหนูทดลอง พบว่า หนูกลุ่มที่ได้รับน้ำสกัดจากหัวดองดึงแสดงอาการทางคลินิก และการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อในกระเพาะอาหาร และลำไส้ในลักษณะเดียวกันกับหนูที่ได้รับสารละลายโคลชิซิน แสดงให้เห็นว่าสารที่ทำให้ดองดึงเป็นพิษ คือ โคลชิซิน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

### 2.1.8 สารภายใน (internal substance)

Warden (1881) พบเป็นครั้งแรกว่าภายในหัวดองดึงที่ได้จากคาบสมุทรอินเดีย มีสารชนิดหนึ่งซึ่งมีรสขม มีฤทธิ์เป็นกลาง รวมทั้งเป็นสารที่มีพิษร้ายแรง และให้ชื่อสารนี้ว่า ซูเพอร์บิน (superbine) นอกจากนี้เขายังพบเรซินอีก 3 ชนิด สารเรืองแสง 1 ชนิด และกรดซาลิไซลิก (salicylic acid) ด้วย

Clewer *et al.* (1915) ศึกษาสารสกัดจากหัวดองดึงจากประเทศศรีลังกา พบว่า ซูเพอร์บิน คือสารแอลคาลอยด์ชื่อโคลชิซิน ซึ่งมีผู้ตรวจพบมาแล้วในพืชสกุลโคลชิคัม*(Colchicum)* และตรวจพบสารอื่น ๆ อีก ได้แก่ ไฟโทสเทอโรลินส์ (phytosterolines) กรดเบนโซอิก (benzoic acid) กรดซาลิไซลิก โคลิน (choline) เดกซ์โทรส (dextrose) และสารพวกไฮโดรคาร์บอนอีก 1 ชนิด

ตั้งแต่ปี 1915 เป็นต้นมา มีผู้ศึกษาสารภายในของดองดึงอยู่เป็นจำนวนมาก (Sarin *et al.* 1974 ; Thakur *et al.* 1975 ; Merchant 1976 ; Kaul and Thakur 1977 ; Sinha 1980 ; Dvorackova 1984 ; Dhavadee 1987 ; Chaudhuri and Thakur 1993) จากการศึกษา พบว่า ดองดึงมีสารภายในที่น่าสนใจถึง 39 ชนิด ในจำนวนนี้เป็นแอลคาลอยด์ 32 ชนิด (ภาคผนวก ช)

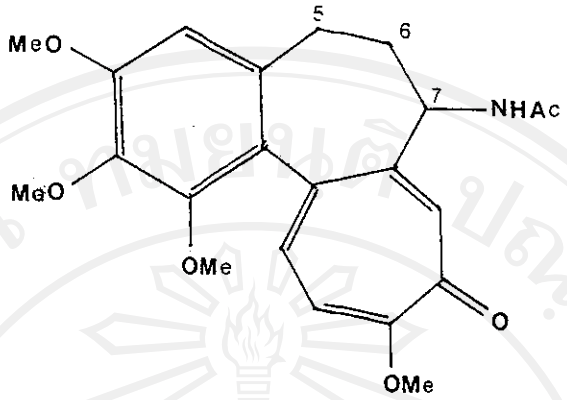
## 2.2 โคลชิซิน

โคลชิซิน เป็นแอลคาลอยด์ชนิดสำคัญของดองดึง สกัดได้ครั้งแรกจากหัวของ ออตัมโครคัส โดย Pelltier และ Caventou เมื่อปี 1820 โดยเข้าใจว่าเป็นแอลคาลอยด์ชนิดที่เรียกว่า เวอราทีน (veratine) จนกระทั่งในปี 1884 Geiger ศึกษาแอลคาลอยด์ชนิดดังกล่าว พบว่า ไม่ใช่เวอราทีน แต่เป็นแอลคาลอยด์ชนิดใหม่ และให้ชื่อว่า "โคลชิซิน" ตามชื่อ "Colchis" ซึ่งเป็นดินแดนแห่งหนึ่งอยู่ใกล้ทะเลดำ และเป็นที่ที่มีพืชสกุลโคลชิคัมขึ้นอยู่เป็นจำนวนมาก (Gupta 1979)

### 2.2.1 สมบัติทางเคมี

โคลชิซินมีสูตรโมเลกุล $C_{22}H_{25}NO_6$ มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 399.443 ชนิดที่พบในพืชมีสูตรโครงสร้างดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved




ภาพที่ 2 สูตรโครงสร้างของโคลชิซิน (Buckingham 1994)

โคลชิซินมีผลึกสีเหลืองอ่อนแต่จะเข้มขึ้นเมื่อถูกแสง มีฤทธิ์เป็นด่างอย่างอ่อนเมื่อละลายน้ำจะเป็นกลาง (Hussein and Nasra 1974) โคลชิซินทำให้เป็นรูปของเกลือไม่ได้ แต่อาจจับกับกรดบางตัวเกิดเป็นสารประกอบคล้ายเกลือได้บ้าง (เอี่ยมน้อยและคณะ 2521) โคลชิซินจึงเป็นแอลคาลอยด์ ที่มีคุณสมบัติแตกต่างจากแอลคาลอยด์ชนิดอื่น ๆ แต่ก็จัดเป็นแอลคาลอยด์ เพราะสามารถตกตะกอนกับสารทดสอบแอลคาลอยด์ได้ โคลชิซินที่สกัดได้จากพืชมีจุดหลอมเหลว 155 - 157 องศาเซลเซียส (Buckingham 1994) โคลชิซินละลายได้ดีใน คลอโรฟอร์ม น้ำเย็น แอลกอฮอล์ และ เบนซีน แต่ไม่ละลายในปิโตรเลียม อีเธอร์ (petroleum ether)

### 2.2.2 ชีวสังเคราะห์ (biosynthesis)

Leete and Nemeth (1960) ศึกษาชีวสังเคราะห์ของโคลชิซิน ด้วยการติดฉลากกัมมันตรังสีให้กับสารที่อาจเป็นตัวตั้งต้นในกระบวนการชีวสังเคราะห์ แล้วให้สารนั้นแก่พืช เขาพบว่า เฟนิลอะลานิน (phenylalanine) และไทโรซีน (tyrosine) เป็นสารตั้งต้นในการผลิตโคลชิซิน โดยคาร์บอนที่หมู่คาร์บอกซิล (carboxyl group) และคาร์บอนในตำแหน่งที่ 3 และ 2 ของเฟนิลอะลานิน เปลี่ยนไปเป็นคาร์บอนตำแหน่งที่ 7 6 และ 5 ของโคลชิซิน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตามลำดับ (Leete 1963 ; Battersby *et al.* 1964) ส่วนวงโทรโพโลน (tropolone ring) ของโคลชิซินเกิดจาก อะโรมาติก นิวเคลียส (aromatic nucleus) และคาร์บอนตำแหน่งที่ 3 ที่โซ่ข้าง (side chain) ของไทโรซีน (Battersby *et al.* 1964,1972)

เฟนิลอะลานินไม่ได้เข้าทำปฏิกิริยากับไทโรซินโดยตรง แต่จะเปลี่ยนเป็นกรดซินนามิก (cinnamic acid, (1)) (Battersby *et al.* 1964 ; Leete 1965) ซินนามาล ดิไฮด์ (cinnamaldehyde, (2)) (Meyers *et al.* 1973) ไดไฮดรอกซีซินนามาลดิไฮด์ (dihydroxycinnamaldehyde, (3)) และแอลดิไฮด์ (aldehyde, (4)) ก่อน แล้วจึงเข้าทำปฏิกิริยากับโดพามิน ซึ่งเปลี่ยนแปลงมาจากไทโรซีนอีกทีหนึ่ง (Herbert *et al.* 1972 ; Herbert and Knagg 1986) วิถีชีวสังเคราะห์ในขั้นตอนแรกนี้อาจเกิดในวิถีอื่น ๆ ได้อีก (แสดงด้วยเส้นบางในภาพที่ 3) แต่ก็ไม่ใช่วิถีหลัก (major pathway) ในชีวสังเคราะห์โคลชิซิน (Herbert *et al.* 1990)

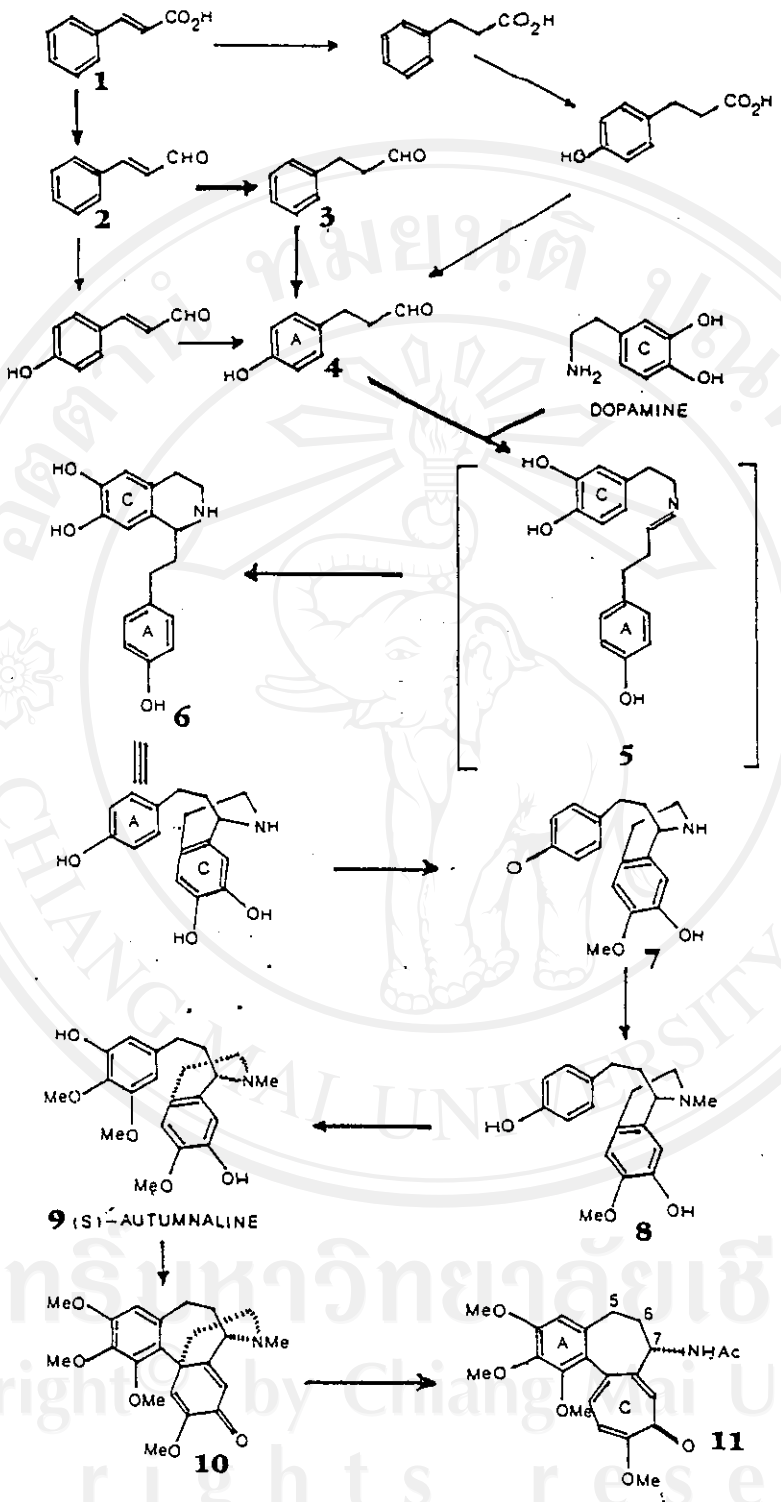
แอลดิไฮด์ (4) เมื่อรวมกับโดพามิน จะให้สารกลุ่มเฟเนธิลไอโซควิโนลิน (phenethylisoquinoline) ซึ่งเป็นสารมัธยันต์ (intermediate) ในการสังเคราะห์โคลชิซิน Herbert *et al.* (1990) พบว่าไตรไฮดรอกซีไอโซควิโนลิน(trihydroxyisoquinoline, (6)) เป็นสารตัวแรกที่ตรวจหาได้ แต่เขาเชื่อว่าจะเกิดสารมัธยันต์ (5) ขึ้นก่อน แล้วเปลี่ยนเป็นไตรไฮดรอกซีไอโซควิโนลิน ซึ่งเป็นสารที่ไม่เสถียร จากนั้นจะเปลี่ยนเป็นสาร (7) ก่อนจะเข้าสู่วิถีการสังเคราะห์โคลชิซินตามที่ Battersby *et al.* (1974) และ Herbert (1980) เสนอไว้ ซึ่งในวิถีขั้นตอนหลังนี้ สาร (8) ซึ่งเกิดจากการเติมกลุ่มเมธิล (methyl group) บริเวณไนโตรเจนที่โซ่ข้างของสาร (7) เปลี่ยนไปเป็น ออตัมนาลิน (autumnaline, (9)) แล้วเปลี่ยนเป็น ออโธ-เมธิลแอนโดรซิมบิน (o-methylandrocymbine, (10)) และโคลชิซิน (11) ตามลำดับ (ภาพที่ 3)

### 2.2.3 การวิเคราะห์ (analysis)

#### 2.2.3.1 <u>การสกัด</u> (extraction)

วิธีการสกัดสารเบื้องต้นจากพืช เพื่อนำมาวิเคราะห์ทางปริมาณ และคุณภาพของโคลชิซินสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การสกัดแบบต่อเนื่อง (continuous extraction)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved




ภาพที่ 3 วิถีชีวสังเคราะห์ของโคลชิซิน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยใช้ เอธานอล (Clewer *et al.* 1915) เมธานอล (Forni and Masarani 1977) หรือเบนซีน (เอี่ยมน้อยและคณะ 2521) เป็นตัวทำละลาย การสกัดโดยให้ตัวทำละลายไหลผ่านส่วนของพืชที่บดเป็นผงอย่างช้า ๆ (percolation) โดยใช้เอธานอลเป็นตัวทำละลาย (เอี่ยมน้อยและคณะ 2521) หรืออาจสกัดด้วยเครื่องเขย่า (gyrotory shaker) ที่ความเร็ว 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 12 ชั่วโมง โดยใช้เมธานอลเป็นตัวทำละลาย (Chumsri *et al.* 1991)

2.2.3.2 <u>ปริมาณวิเคราะห์</u> (quantitative analysis)

Hussein and Nasra (1974) ศึกษาเอกสารพบว่ามีวิธีการวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณโคลชิซินในสมุนไพร (crude drug) และสารที่เตรียมเพื่อใช้ทางเภสัชกรรม (pharmaceutical preparation) อยู่ถึง 30 วิธี ซึ่งประกอบด้วยเทคนิคการวิเคราะห์แบบต่าง ๆ ดังนี้ การวิเคราะห์โดยปริมาตร (volumetric method) การวิเคราะห์โดยวิธีคัลเลอริเมตรี (colorimetric method) การวิเคราะห์โดยน้ำหนัก (gravimetric method) การวิเคราะห์ทางชีวภาพ (biological method) การวิเคราะห์โดยเทคนิคโครมาโทกราฟี (chromatographic technique) และ การวิเคราะห์โดยเทคนิคสเปกโทรโฟโตเมตรี (spectrophotometric technique) วิธีการต่าง ๆ ทั้ง 30 วิธี มีข้อบกพร่องดังนี้

ก. มี "double compound" เกิดขึ้น เมื่อใช้คลอโรฟอร์มเป็นตัวทำละลายหรือตัวชะ (eluent)

ข. มีอิมัลชัน (emulsion) เกิดขึ้นในรายงานส่วนใหญ่

ค. แอลคาลอยด์จับตัวเป็นเรซิน เมื่อทำให้แห้งด้วยอุณหภูมิที่เกิน 100 องศาเซลเซียส

ง. สกัดแอลคาลอยด์ออกจากสารตัวอย่างได้ไม่หมด

จ. เมื่อใช้วิธีการตกตะกอนโคลชิซิน พบว่า แอลคาลอยด์ที่สกัดได้ไม่บริสุทธิ์

ฉ. วิธีที่เป็นการวิเคราะห์โดยปริมาตร ให้ผลการวิเคราะห์ที่มีความถูกต้องน้อยเนื่องจากโคลชิซินเป็นด่างอย่างอ่อนมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ช. วิธีที่เป็นการวิเคราะห์โดยวิธีคัลเลอริเมตรี พบว่า สีที่ได้มักจะไม่เสถียร และใช้ในการวิเคราะห์สมุนไพรไม่ได้

ซ. วิธีที่เป็นการวิเคราะห์ทางชีวภาพ ให้ผลการวิเคราะห์ที่มีความแปรปรวนมาก และใช้ในการวิเคราะห์สมุนไพรไม่ได้

ฌ. วิธีที่เป็นการวิเคราะห์โดยเทคนิคโครมาโทกราฟี ที่ใช้คอลัมน์ (column) ต่อกัน 2 คอลัมน์ และมีตัวดูดซับ (adsorbent) จำนวนมาก ทำให้เกิดการสูญเสียแอลคาลอยด์

ญ. โดยทั่วไป ทุกวิธีที่มีรายงานใช้เวลาในการวิเคราะห์มาก มีวิธีในการวิเคราะห์ที่ยุ่งยาก มีปัญหาในการดำเนินการวิเคราะห์ และผลที่ได้จากการวิเคราะห์

เมื่อพิจารณาในทุกวิธีแล้ว พบว่า วิธีวิเคราะห์ที่ใช้เทคนิคโครมาโทกราฟีมีข้อเสียน้อยที่สุด (Hussein and Nasra 1974) การวิเคราะห์ปริมาณโคลชิซินในเวลาต่อมาจึงใช้เทคนิคโครมาโทกราฟีเป็นส่วนใหญ่ ตัวอย่างเช่น

Hussein and Nasra (1974) ใช้โครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์ (column chromatography) ที่มีอะลูมินา (alumina) และซิลิกา เจล (silica gel) เป็นตัวดูดซับ และใช้อะซิโตน (acetone) เป็นตัวชะ Thakur *et al.* (1975) และ Sarin *et al.* (1974) ใช้โครมาโทกราฟีแบบคอลัมน์ ที่มีอลูมินาเป็นตัวดูดซับเพียงชนิดเดียว และใช้เมธานอลเป็นตัวชะ

โครมาโทกราฟีแผ่นบาง (thin-layer chromatography) ที่มี ซิลิกา เจลเป็นตัวดูดซับถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์โคลชิซินด้วยเช่นกัน โดยใช้ตัวทำละลายที่เป็นวัฏภาคเคลื่อนที่ (mobile phase) ที่แตกต่างกันไป เช่น Staba (1969) ใช้คลอโรฟอร์ม : เมธานอล ในอัตราส่วน 72 : 8 Stahl (1969) ใช้ เบนซีน : เอธิล อะซิเตท (ethyl acetate) : ไดเอธิลลามิน (diethylamine) ในอัตราส่วน 50 : 40 : 10 Thakur *et al.* (1975) ใช้เบนซีน : เอธิล อะซิเตท : ไดเอธิลลามิน : เมธานอล ในอัตราส่วน 50 : 40 : 10 : 4 และ ใช้เบนซีน : เอธิล อะซิเตท : ไดเอธิลลามิน ในอัตราส่วน 70 : 20 : 10 เอี่ยมน้อยและคณะ (2521) ใช้คลอโรฟอร์ม : อะซิโตน : แอมโมเนีย ในอัตราส่วน 7 : 2 : 1 Wyatt (1981) ใช้คลอโรฟอร์ม : อะซิโตน : แอมโมเนีย ในอัตราส่วน 50 : 40 : 0.8

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กิจเจริญและดีเอกนามกูล (2537) ใช้โครมาโทกราฟีชนิดแผ่นบางร่วมกับมาตรความทึบแสง (TLC-densitometry) วัดปริมาณโคลชิซินในต้นดองดึง พบว่าเทคนิคนี้เป็นเทคนิคที่ใช้ได้สะดวก ทำได้รวดเร็ว และให้ค่าการวัดที่ถูกต้องแม่นยำ อีกเทคนิคหนึ่ง

Ansari and Rao (1973) พบว่าโครมาโทกราฟีกระดาษ (paper chromatography) สามารถใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณโคลชิซินได้ โดยใช้ บิวทานอล (butanol) : กรดอะซิติก : น้ำ ในอัตราส่วน 4 : 1 : 5 เป็นวัฏภาคเคลื่อนที่

การวิเคราะห์ปริมาณโคลชิซิน โดยใช้เทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (high performance liquid chromatography) จะให้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องแม่นยำมากวิธีหนึ่ง Association of Official Analytical Chemists (1990) ใช้เทคนิคนี้วิเคราะห์ปริมาณโคลชิซินในยา โดยใช้คอลัมน์ที่บรรจุด้วย อัลตราสเฟียร์ ออกทิล (ultrasphere octyl ($C_8$)) ใช้เมธานอล : โปตัสเซียม ฟอสเฟต (โมโนเบสิค) (potassium phosphate (monobasic)) ในอัตราส่วน 55 : 45 แล้วปรับค่า pH ให้ได้ 5.5 ด้วย กรดฟอสฟอริก (phosphoric acid) เป็นวัฏภาคเคลื่อนที่ และใช้อัตราการไหล (flow rate) ของวัฏภาคเคลื่อนที่เท่ากับ 1.0 มิลลิลิตรต่อนาที

Forni and Massarini (1977) พัฒนาวิธีการวัดปริมาณโคลชิซินในเมล็ด ออตัมโครคัส โดยใช้โครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง วัฏภาคคงที่ (stationary phase) ที่ใช้เป็น ไลโครซอร์บ เอสไอ 60 (LiChrosorb SI60) ใช้อะซิโตไนไตรล์ (acetonitrile) และน้ำ เป็นวัฏภาคเคลื่อนที่ และใช้ระบบการชะแบบเกรเดียนต์ (gradient elution)

Chumsri *et al.* (1991) ใช้เทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูงในการวิเคราะห์ปริมาณโคลชิซินจากหัว ลำต้น ราก และแคลลัส (callus) ของดองดึง โดยใช้คอลัมน์ โนวา-แพค ซี 18 (Nova-Pak $C_{18}$ ) ของวอเตอร์ส (Waters) ใช้อะซิโตไนไตรล์ : น้ำ ในอัตราส่วน 28: 72 เป็นวัฏภาคเคลื่อนที่ และใช้อัตราการไหลของวัฏภาคเคลื่อนที่เท่ากับ 1.5 มิลลิลิตรต่อนาที

การวิเคราะห์ปริมาณโคลชิซินด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟี ของเหลวสมรรถนะสูงทั้ง 3 รายงานข้างต้น ใช้ระบบตรวจวัดแบบอัลตราไวโอเล็ต (ultraviolet detector) ที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร (nanometer)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Poulev *et al.* (1994) พัฒนาเทคนิคการตรวจสอบทางอิมมูน (immunoassay) มาใช้วัดปริมาณโคลชิซินในพืชและแคลลัส พบว่าเทคนิคที่ใช้เอนไซม์เป็นตัวแสดงว่ามีปฏิกิริยา (enzyme immunoassay) มีประสิทธิภาพในการวัดปริมาณโคลชิซินมากกว่าเทคนิคที่ใช้สารกัมมันตรังสีเป็นตัวแสดงว่ามีปฏิกิริยา (radioimmunoassay) อย่างไรก็ตามเทคนิคการตรวจสอบทางอิมมูนที่พัฒนาได้ยังไม่มีความจำเพาะ (specificity) ต่อโคลชิซิน ดังนั้นก่อนจะทำการวิเคราะห์ปริมาณโคลชิซินด้วยเทคนิคนี้ จึงควรแยกโคลชิซินจากสารสกัดเบื้องต้นด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูงเสียก่อน

2.2.3.3 <u>คุณภาพวิเคราะห์</u> (qualitative analysis)

การบ่งชี้ว่าแอลคาลอยด์ที่สกัดได้เป็นโคลชิซินหรือไม่ Clewer *et al.* (1915) ใช้การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ เช่น สี รูปร่างผลึก จุดหลอมเหลว และองค์ประกอบทางเคมี แต่วิธีการที่ใช้กันมากคือ เปรียบเทียบสารที่สกัดได้กับสารมาตรฐานซึ่งเป็นโคลชิซินบริสุทธิ์ (standard colchicine) โดยใช้เทคนิคโครมาโทกราฟีแผ่นบาง (เอี่ยมน้อย และคณะ 2521 ; Dunwille *et al.* 1968 ; Potesilova *et al.* 1967,1969 ; Hussein and Nasra 1974 ; Thakur *et al.* 1975 ; Chumsri *et al.* 1991) นอกจากนี้อาจใช้การวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือวิเคราะห์อื่น ๆ เช่น อินฟราเรดสเปกโทรสโคปี (infrared spectroscopy) นิวเคลียร์ แมกเนติก เรโซแนนซ์ (nuclear magnetic resonance) (Cross *et al.* 1965 ; Canonica *et al.* 1967 ; Thakur *et al.* 1975) และแมสสเปกโทรเมตรี (massspectrometry) (Forni and Massarani 1977)

2.2.3.4 <u>ปริมาณโคลชิซินในดองดึง</u>

ความสามารถในการผลิตโคลชิซินเป็นลักษณะสำคัญประการหนึ่ง ที่ทำให้ดองดึงเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ มีผู้วิเคราะห์ปริมาณโคลชิซินในดองดึงที่ขึ้นอยู่ในทวีปเอเชีย อัฟริกา รวมถึงดองดึงที่นำไปปลูกไว้ในทวีปยุโรป ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ต่าง ๆ ผลการวิเคราะห์ ปรากฏดังตารางที่ 2

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่า ในส่วนต่าง ๆ ของต้นดองดึงมีปริมาณโคลชิซินแตกต่างกันไป โดยเมล็ดมีปริมาณโคลชิซินมากที่สุด รองลงมาคือ ผล และหัว ตามลำดับ ส่วนในลำต้น ใบ และดอก แม้จะมีการตรวจพบโคลชิซินอยู่บ้าง แต่ก็มีปริมาณเพียงเล็กน้อย หัว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2 ปริมาณโคลชิซินในส่วนต่าง ๆ ของต้นดองดิง

| สถานที่เก็บรวบรวมพืช | ปีที่วิเคราะห์ | ปริมาณโคลชิซิน (ร้อยละของน้ำหนักแห้ง) | | | | | | เทคนิคที่ใช้วิเคราะห์ | ผู้วิเคราะห์ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | หัว | ลำต้น | ใบ | ดอก | ผล | เมล็ด | | |
| อินเดีย | 1953 | + | - | - | - | - | - | unknown | Potesilova *et al.* |
| | 1957 | 0.050 | - | 0.000 | 0.000 | - | - | liquid chromatography | Santavy |
| | 1967 | 0.020 | - | - | - | - | - | column chromatography | Thakur *et al.* |
| | 1973 | 0.024 | + | + | ++ | - | ++ | column chromatography | Thakur *et al.* |
| | 1974 | 0.026 | - | + | - | - | - | column chromatography | Thakur *et al.* |
| ศรีลังกา | 1915 | 0.040 | - | - | - | - | - | precipitation | Clewer *et al.* |
| | 1956 | - | - | - | - | - | ++ | column chromatography | Sarin *et al.* |
| | 1968 | 0.025 | - | - | + | - | + | column chromatography | Dunwille *et al.* |
| ไทย | 1978 | 0.014 | 0.004 | 0.004 | - | 0.081 | 0.081 | colorimetric | เอี่ยมน้อยและคณะ |
| | 1978 | 0.194 | 0.040 | 0.040 | - | 0.312 | 0.312 | gravimetric | เอี่ยมน้อยและคณะ |
| | 1978 | 0.054 | - | - | - | - | - | colorimetric | เอี่ยมน้อยและคณะ |
| | 1991 | 0.183 | - | - | - | - | - | HPLC | Chumsri *et al.* |
| | 1993 | 0.260 | 0.050 | 0.060 | 0.400 | 0.860 | 1.350 | TLC-densitometry | กิจเจริญและดีเอกนามกูล |
| จีน | 1988 | 0.358 | - | - | - | - | - | unknown | Guo |
| อัฟริกา | 1959 | 0.120 | - | - | - | - | ++ | column chromatography | Manturova *et al.* |
| | 1972 | 0.050 | + | 0.050 | - | - | - | liquid chromatography | Thakur *et al.* |
| เชคโก | 1952 | 0.205 | - | - | - | - | - | unknown | Santavy |
| เนเธอร์แลนด์ | 1952 | 0.180 | - | - | - | - | - | unknown | Santavy |
| อิตาลี | 1994 | - | - | - | - | - | 1.800 | enzyme immunoassay | Poulev *et al.* |

- หมายถึง ไม่มีการวัดปริมาณโคลชิซินในการศึกษาครั้งนั้น + หมายถึง ไม่ได้แสดงปริมาณโคลชิซินไว้เป็นตัวเลข

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดองดึงจากประเทศจีนมีปริมาณโคลชิซินมากที่สุด หัวดองดึงจากประเทศไทย เมื่อวิเคราะห์โดยน้ำหนัก วิเคราะห์ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง และเทคนิคโครมาโทกราฟีแผ่นบางร่วมกับมาตรความทึบแสง พบว่า มีปริมาณโคลชิซินรองลงมา และมีปริมาณใกล้เคียงกับหัวดองดึงที่นำไปปลูกในทวีปยุโรป แต่เมื่อวิเคราะห์โดยวิธีคัลเลอริเมตรี พบว่า มีปริมาณโคลชิซินต่ำกว่าเมื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิคอื่น ๆ มาก หัวดองดึงจากประเทศศรีลังกา และประเทศอินเดียมีปริมาณโคลชิซินใกล้เคียงกัน และมีอยู่ในปริมาณน้อย ในขณะที่หัวดองดึงจากอัฟริกามีปริมาณโคลชิซินแตกต่างกันมากจากการวิเคราะห์ 2 ครั้ง พบว่า มีปริมาณแตกต่างกันถึงเท่าตัว

## 2.3 อิทธิพลของพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อมที่มีต่อการแสดงลักษณะของพืช

พันธุกรรม และสิ่งแวดล้อมเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการแสดงลักษณะของพืช โดยพันธุกรรมจะทำหน้าที่ควบคุมลักษณะ ในขณะที่สิ่งแวดล้อมเป็นตัวกำหนดเงื่อนไขในการแสดงออกของลักษณะเหล่านั้น (Johnson and Frey 1967)

Johannsen (Bulmer 1980 อ้างถึง) เป็นคนแรกที่แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างที่สำคัญระหว่างพันธุกรรม และสิ่งแวดล้อมที่มีส่วนอยู่ในค่าสังเกตของลักษณะโดยการศึกษาลักษณะน้ำหนักเมล็ดในถั่วแขก (haricot bean) เขาพบว่า เมื่อให้พืชผสมตัวเองตามธรรมชาติ น้ำหนักเมล็ดของพ่อแม่มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับน้ำหนักเมล็ดของลูก ความแปรปรวนของน้ำหนักเมล็ดที่ตรวจวัดได้ในประชากรนี้มีสาเหตุมาจากพันธุกรรม แต่เมื่อทำการแยกสายพันธุ์แท้ (pure line) จำนวน 19 สายพันธุ์ กลับพบว่าน้ำหนักเมล็ดของพ่อแม่กับลูกที่อยู่ในสายพันธุ์เดียวกันไม่มีความสัมพันธ์กัน ดังนั้น ความแปรปรวนของน้ำหนักเมล็ดภายในสายพันธุ์แท้มีสาเหตุมาจากสิ่งแวดล้อม และยืนยันการสรุปผลของเขาด้วยการแสดงว่า การคัดเลือกลักษณะน้ำหนักเมล็ดภายในสายพันธุ์แท้ไม่มีประสิทธิภาพ

จากการศึกษาของ Johannsen แสดงให้เห็นว่าความแปรปรวนของค่าสังเกตของลักษณะต่าง ๆ นั้น เกิดจากการทำงานร่วมกันของพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม ดังนั้น การแสดงออกของลักษณะใด ๆ ก็ตาม เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$Y = \mu + g + e + (ge)$$

จากสมการจะเห็นได้ว่า Y ซึ่งแทนฟีโนไทป์ (phenotype) ของลักษณะใดลักษณะหนึ่งเป็นผลรวมของค่าเฉลี่ยของประชากร (population mean, $\mu$) อิทธิพลของพันธุกรรม (genotypic

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

effect, g) อิทธิพลของสิ่งแวดล้อม (environmental effect, e) และอิทธิพลจากปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสิ่งแวดล้อม (genotype-environment effect, ge)ค่าปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสิ่งแวดล้อมจะเท่ากับศูนย์ ต่อเมื่อทุกจีโนไทป์ (genotype) แสดงลักษณะที่คงที่ ในทุกสภาพแวดล้อม (Allard 1960)

ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสิ่งแวดล้อม ได้รับการกล่าวถึงเป็นครั้งแรก โดย Fisher and Mackanzie (Freeman 1973 อ้างถึง) อิทธิพลสำคัญของปฏิกิริยาดังกล่าวที่เห็นได้ชัดเจน คือ การลดสหสัมพันธ์ระหว่างฟีโนไทป์กับจีโนไทป์ ทำให้การอ้างอิงผลจากการศึกษามีความซับซ้อนมากขึ้น (Comstock and Moll 1963)

**2.3.1 ความแปรปรวนอันเนื่องมาจากพันธุกรรม ความแปรปรวนอันเนื่องมาจากอิทธิพลของสิ่งแวดล้อม และความแปรปรวนอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสิ่งแวดล้อม**

Sprague and Federer (1951) พบว่า องค์ประกอบของความแปรปรวนสามารถนำมาใช้ในการแยกอิทธิพลของพันธุกรรม สิ่งแวดล้อม และปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสิ่งแวดล้อมออกมาได้ โดยการจัดค่าผลรวมกำลังสองเฉลี่ย (mean square) ที่ได้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนปัจจัยสุ่ม (random effect model) ให้เท่ากับค่าผลรวมกำลังสองเฉลี่ยทางทฤษฎี (expected mean square) แล้วแก้สมการเพื่อให้ได้พารามิเตอร์ที่ประกอบอยู่ในค่าคาดหวังนั้น ดังนั้น ในตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ค่าสังเกตของจีโนไทป์ i ในสิ่งแวดล้อม j สำหรับซ้ำที่ k ($Y_{ijk}$) จะประกอบด้วย ค่าเฉลี่ยของประชากร ($\mu$) อิทธิพลของพันธุกรรม ($g_i$) อิทธิพลของสิ่งแวดล้อม ($e_j$) อิทธิพลจากปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสิ่งแวดล้อม $(ge)_{ij}$ และอิทธิพลส่วนที่เหลืออื่น ๆ ($E_{ijk}$) นั่นคือ

$$Y_{ijk} = \mu + g_i + e_j + (ge)_{ij} + E_{ijk}$$

วิธีการของ Sprague and Federer เป็นที่ยอมรับและมีผู้นำมาใช้กันเป็นจำนวนมาก ข้อมูลที่ได้จากการปลูกพืชหลายซ้ำ ในหลายสถานที่ เป็นเวลาหลายปี เมื่อนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนจะสามารถประมาณค่าความแปรปรวนอันเนื่องมาจากพันธุกรรม ($\sigma_g^2$) ความแปรปรวนจากปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสถานที่ ($\sigma_{gl}^2$) ความแปรปรวนจากปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับปี ($\sigma_{gy}^2$) ความแปรปรวนจากปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสถานที่กับปี ($\sigma_{gly}^2$) และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความแปรปรวนที่ไม่ทราบสาเหตุ ($\sigma_e^2$) ได้โดยไม่มีการปะปนกันของค่าความแปรปรวนต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้น ส่วนข้อมูลที่ได้จากการปลูกพืชในหลายสถานที่เป็นเวลา 1 ปี เมื่อนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแล้วจะสามารถประมาณค่าได้เฉพาะ $\sigma_e^2$ , ($\sigma_{gly}^2 + \sigma_{gl}^2$) และ ($\sigma_{gy}^2 + \sigma_g^2$) และการปลูกพืชในสถานที่เดียวเป็นเวลา 1 ปี สามารถประมาณค่าได้เฉพาะ $\sigma_e^2$ และ ($\sigma_{gly}^2 + \sigma_{gl}^2 + \sigma_{gy}^2 + \sigma_g^2$) เท่านั้น (ตารางที่ 3) องค์ประกอบของความแปรปรวนที่ประมาณค่าได้ด้วยวิธีนี้ สามารถนำมาประมาณค่าอัตราพันธุกรรมแนวกว้างได้

Allard and Bradshaw (1964) แบ่งสิ่งแวดล้อมออกเป็น 2 ชนิด สิ่งแวดล้อมชนิดที่หนึ่ง คือ สิ่งแวดล้อมที่สามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้ สิ่งแวดล้อมชนิดนี้รวมเอาลักษณะคงที่ต่างๆ ของสิ่งแวดล้อมไว้ เช่น ลักษณะภูมิอากาศ ชนิดของดิน และสิ่งแวดล้อมที่สามารถควบคุมได้โดยมนุษย์ ได้แก่ ความยาวของวัน รวมถึงสิ่งแวดล้อมที่สามารถกำหนดได้ เช่น วันปลูก ความหนาแน่นของพืชที่ปลูก วิธีการเก็บเกี่ยว และวิธีการทางเกษตรกรรมอื่น ๆ ส่วนสิ่งแวดล้อมชนิดที่สองเป็นสิ่งแวดล้อมชนิดที่คาดการณ์ล่วงหน้าไม่ได้ เช่น ความแปรปรวนของสภาพอากาศ ปริมาณและการกระจายของน้ำฝน และอุณหภูมิ เป็นต้น ขนาดของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสิ่งแวดล้อมที่ประมาณได้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน สามารถนำมาใช้อธิบาย หรือทำนายความแปรปรวนของสิ่งแวดล้อมเหล่านี้ได้ เช่น ถ้าพบว่ามีความแปรปรวนจากปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสถานที่อยู่มาก แสดงว่าบริเวณนั้น ๆ ประกอบไปด้วยสิ่งแวดล้อมที่เฉพาะ และแตกต่างกันจำนวนหนึ่ง และถ้ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับวิธีการทดลอง ตัวอย่างเช่น ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับระดับปุ๋ย ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับวันปลูก ฯลฯ มีมากแสดงว่าวิธีการทดลองเหล่านั้นเหนี่ยวนำให้เกิดสิ่งแวดล้อมเฉพาะขึ้น และโครงการปรับปรุงพันธุ์ที่เหมาะสม ก็คือ การพัฒนาสายพันธุ์ที่มีการปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมเฉพาะ ขนาดของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับปีจะเป็นตัวบอกถึงความแปรปรวนของสิ่งแวดล้อมที่ไม่สามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้ ในการทดสอบพืชโดยทั่วไปจะพบว่า ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับปี และปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสถานที่กับปีจะมีค่ามาก ความรู้เกี่ยวกับขนาดของปฏิกิริยาสัมพันธ์เหล่านี้ รวมทั้งปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสถานที่ มีประโยชน์ในการกำหนดจำนวนปีและสถานที่ที่จะใช้ทดสอบพืช

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ที่แสดงผลรวมกำลังสองเฉลี่ยทางทฤษฎีเมื่อปลูกพืชในสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ

| ชนิด | สภาพแวดล้อมและสาเหตุของความแปรปรวน | ผลรวมกำลังสองเฉลี่ย | ผลรวมกำลังสองเฉลี่ยทางทฤษฎี |
|---|---|---|---|
| ก | 1 สถานที่ 1 ปี | | |
| | พันธุ์ | $MS_1$ | $\sigma_e^2 + r(\sigma_{gly}^2 + \sigma_{gl}^2 + \sigma_{gy}^2 + \sigma_g^2)$ |
| | ความคลาดเคลื่อน | $MS_2$ | $\sigma_e^2$ |
| ข | หลายสถานที่ 1 ปี | | |
| | พันธุ์ | $MS_3$ | $\sigma_e^2 + r(\sigma_{gly}^2 + \sigma_{gl}^2) + rl(\sigma_{gy}^2 + \sigma_g^2)$ |
| | พันธุ์ x สถานที่ | $MS_4$ | $\sigma_e^2 + r(\sigma_{gly}^2 + \sigma_{gl}^2)$ |
| | ความคลาดเคลื่อน | $MS_5$ | $\sigma_e^2$ |
| ค | หลายสถานที่ หลายปี | | |
| | พันธุ์ | $MS_6$ | $\sigma_e^2 + r\sigma_{gly}^2 + ry\sigma_{gl}^2 + rl\sigma_{gy}^2 + rly\sigma_g^2$ |
| | พันธุ์ x ปี | $MS_7$ | $\sigma_e^2 + r\sigma_{gly}^2 + rl\sigma_{gy}^2$ |
| | พันธุ์ x สถานที่ | $MS_8$ | $\sigma_e^2 + r\sigma_{gly}^2 + ry\sigma_{gl}^2$ |
| | พันธุ์ x สถานที่ x ปี | $MS_9$ | $\sigma_e^2 + r\sigma_{gly}^2$ |
| | ความคลาดเคลื่อน | $MS_{10}$ | $\sigma_e^2$ |

r = จำนวนซ้ำ l = จำนวนสถานที่ y = จำนวนปี (Weber 1978)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3.2 เสถียรภาพของพันธุ์

การวิเคราะห์ความแปรปรวนดังกล่าวข้างต้น สามารถประมาณค่าของปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสิ่งแวดล้อมได้ แต่จะให้เฉพาะข้อมูลในด้านขนาด และการมีอยู่ของปฏิกิริยาสัมพันธ์เท่านั้น แต่ไม่สามารถวัดการตอบสนองของพันธุ์ต่อสิ่งแวดล้อมได้

เมื่อนักปรับปรุงพันธุ์ จำเป็นต้องคัดเลือกพันธุ์ที่มีคุณสมบัติที่ต้องการ ภายใต้สภาวะที่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสิ่งแวดล้อมปรากฏอยู่ การพิจารณาค่าเฉลี่ยเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอ ที่จะบอกได้ว่าพันธุ์ที่คัดเลือกไว้นั้นจะยังคงคุณสมบัติที่พึงประสงค์อยู่หรือไม่ เมื่อนำไปปลูกในสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างออกไป การประเมินเสถียรภาพของพันธุ์จึงได้รับการพัฒนาขึ้น เพื่อใช้เป็นเกณฑ์เพิ่มเติมในการตัดสินใจ การประเมินเสถียรภาพของพันธุ์มีอยู่หลายวิธี วิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายกว่าวิธีอื่น ๆ คือการใช้พารามิเตอร์ทางสถิติเป็นตัววัดเสถียรภาพของพันธุ์ (Freeman 1973 ; Piepho 1994 a, b)

Lin *et al.* (1986) รวบรวมพารามิเตอร์ทางสถิติที่นิยมใช้ในการวัดเสถียรภาพของพันธุ์อยู่ในปัจจุบัน จำนวน 9 ชนิด ดังนี้

ก. ความแปรปรวนของพันธุ์ในสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ($S_i^2$)

ข. สัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (coefficient of variability, $CV_i$)

ค. ค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบความแปรปรวน จากปฏิกิริยาระหว่างพันธุกรรม กับสิ่งแวดล้อมในทุกคู่ของพันธุ์ที่มีพันธุ์ i อยู่ด้วย (mean variance component for pairwise GE interaction, $\bar{\theta}_i$ )

ง. ความแปรปรวนจากปฏิกิริยาระหว่างพันธุกรรมกับสิ่งแวดล้อมที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลของกลุ่มย่อยที่ไม่มีพันธุ์ i ปรากฏอยู่ (variance component of GE interaction, $\theta_{(i)}$ )

จ. ค่าผลรวมกำลังสองของค่าเบี่ยงเบนจากเส้นตรงถดถอย ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ของการถดถอย = 1 (ecovalence, $W_i^2$)

ฉ. ผลรวมของความแปรปรวนภายในสิ่งแวดล้อมกับความแปรปรวนระหว่างสิ่งแวดล้อมของพันธุ์ (stability variance, $\sigma_i^2$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ช. ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย เมื่อทำการวิเคราะห์การถดถอยของค่าเฉลี่ยของพันธุ์บนค่าดัชนีสิ่งแวดล้อม (regression coefficient, $b_i$)

ช. สัมประสิทธิ์การถดถอย (regression coefficient, $\beta_i$)

ฌ. ค่าผลรวมกำลังสองเฉลี่ย ของความคลาดเคลื่อน ของการเบี่ยงเบน จากเส้นตรงถดถอย (residual mean square of deviation from the regression, $Sd_i^2$)

Lin *et al.* วิเคราะห์ว่าพารามิเตอร์ทางสถิติที่ใช้วัดเสถียรภาพของพันธุ์ทั้ง 9 ชนิด ข้างต้น อาศัยความเบี่ยงเบนจากอิทธิพลของพันธุกรรมโดยเฉลี่ย หรือปฏิกิริยาระหว่างพันธุกรรมกับสิ่งแวดล้อมอย่างใดอย่างหนึ่งเป็นพื้นฐาน และแสดงค่าเสถียรภาพของพันธุ์ในรูปผลรวมกำลังสอง ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย หรือค่าการเบี่ยงเบนจากเส้นตรงถดถอย อาศัยความจริงจากการวิเคราะห์ดังกล่าว สามารถแบ่งพารามิเตอร์ที่ใช้วัดเสถียรภาพของพันธุ์ออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่ม A เป็นการวัดเสถียรภาพของพันธุ์ โดยอาศัยความเบี่ยงเบนจากอิทธิพลของพันธุกรรมโดยเฉลี่ยเป็นพื้นฐาน และเสนอค่าเสถียรภาพในรูปผลรวมยกกำลังสอง ได้แก่ $S_i^2$ และ $CV_i$

กลุ่ม B เป็นการวัดเสถียรภาพของพันธุ์ โดยอาศัยปฏิกิริยาระหว่างพันธุกรรม และสิ่งแวดล้อมเป็นพื้นฐาน และเสนอค่าเสถียรภาพในรูปผลรวมยกกำลังสอง ได้แก่ $\bar{\Theta}_i$ ,$\Theta_{(i)}$, $W_i^2$ และ $\sigma_i^2$

กลุ่ม C เป็นการวัดเสถียรภาพของพันธุ์ โดยอาศัยความเบี่ยงเบนจากอิทธิพลของพันธุกรรมโดยเฉลี่ย ได้แก่ $b_i$ และอาศัยปฏิกิริยาระหว่างพันธุกรรมกับสิ่งแวดล้อม ได้แก่ $\beta_i$ โดยเสนอค่าเสถียรภาพในรูปของค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย

กลุ่ม D เป็นการวัดเสถียรภาพของพันธุ์ โดยอาศัยความเบี่ยงเบนจากอิทธิพลของพันธุกรรมโดยเฉลี่ย หรือปฏิกิริยาระหว่างพันธุกรรมกับสิ่งแวดล้อมอย่างใดอย่างหนึ่ง และเสนอค่าเสถียรภาพในรูปของค่าเบี่ยงเบนจากเส้นตรงถดถอย ได้แก่ $Sd_i^2$

จากการแบ่งพารามิเตอร์ทางสถิติที่ใช้ในการวัดเสถียรภาพของพันธุ์ออกเป็น 4 กลุ่ม ดังกล่าว Lin *et al* พบว่าพารามิเตอร์เหล่านั้น แสดงถึงความคิดรวบยอดเกี่ยวกับเสถียรภาพของพันธุ์ 3 แบบ ดังนี้

แบบที่ 1 (Type I stability) : พันธุ์ที่มีเสถียรภาพจะมีค่าความแปรปรวนระหว่างสิ่งแวดล้อมต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับพารามิเตอร์ทางสถิติในกลุ่ม A

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แบบที่ 2 (Type II stability) : พันธุ์ที่มีเสถียรภาพจะมีการตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อมในแนวขนานกับการตอบสนองโดยเฉลี่ยของทุกพันธุ์ที่อยู่ในการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับพารามิเตอร์ทางสถิติในกลุ่ม B

แบบที่ 3 (Type III stability) : พันธุ์ที่มีเสถียรภาพจะมีค่าผลรวมกำลังสองเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับพารามิเตอร์ทางสถิติในกลุ่ม D

ส่วนพารามิเตอร์ทางสถิติในกลุ่ม C นั้น ถ้าหากนิยามว่าพันธุ์ที่มีเสถียรภาพจะมีค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยเท่ากับ 1 พารามิเตอร์เหล่านี้สอดคล้องกับความคิดรวบยอดเกี่ยวกับเสถียรภาพของพันธุ์แบบที่สอง แต่ถ้านิยามว่า พันธุ์ที่มีเสถียรภาพจะมีค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยเท่ากับ 0 ก็จะสอดคล้องกับความคิดรวบยอดเกี่ยวกับเสถียรภาพของพันธุ์แบบที่หนึ่ง

Lin *et al.* เสนอแนะไว้ด้วยว่า ถ้าต้องการศึกษาเสถียรภาพของพันธุ์ในทุกช่วงสิ่งแวดล้อม ควรใช้พารามิเตอร์ทางสถิติในกลุ่ม A แต่ถ้าสนใจจะเปรียบเทียบเสถียรภาพของพันธุ์ระหว่างพันธุ์ที่ทำการทดลองอยู่ และข้อมูลนั้นเหมาะกับการวิเคราะห์การถดถอย ควรใช้พารามิเตอร์ทางสถิติในกลุ่ม C แต่ถ้าข้อมูลไม่เหมาะกับการวิเคราะห์การถดถอย หรือค่าผลรวมกำลังสองเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนจากการวิเคราะห์มีค่าแตกต่างกันควรใช้พารามิเตอร์ทางสถิติในกลุ่ม B ส่วนพารามิเตอร์ทางสถิติในกลุ่ม D ไม่แนะนำให้ใช้

Becker (1981) ศึกษาสหสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวัดเสถียรภาพของพันธุ์ 4 ชนิด คือ ความแปรปรวน "ecovalence" สัมประสิทธิ์การถดถอย และค่ายกกำลังสองเฉลี่ยของการเบี่ยงเบนจากเส้นตรงถดถอยโดยใช้ข้อมูลจากการศึกษาพืช 5 ชนิด ที่ปลูกในสถานที่ 9-16 แห่ง เป็นเวลา 3 ปี พบว่า ความแปรปรวน และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกันมาก และ "ecovalence" มีความสัมพันธ์อย่างสูงกับค่าผลรวมกำลังสองเฉลี่ยของการเบี่ยงเบนจากเส้นตรงถดถอย ค่าความสัมพันธ์นี้สูงอย่างคงที่ในพืชทุกชนิดและทุกปีที่ศึกษาด้วย

Pham and Kang (1988) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ทางสถิติที่ใช้ในการวัดเสถียรภาพของพันธุ์จำนวน 8 ชนิด ประกอบด้วย ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของ Eberhart and Russell ($b_i$-ER) ค่าผลรวมกำลังสองเฉลี่ยของการเบี่ยงเบนจากเส้นตรงถดถอย ($Sd_i^2$) ค่าความแปรปรวนของเสถียรภาพของพันธุ์ ($\delta_i^2$) ค่าสัมประสิทธิ์การ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ถดถอยของ Shukla ($b_i$-Sh) ค่าความแปรปรวนของเสถียรภาพของพันธุ์ที่คำนวณโดยการกำจัดอิทธิพลจากความแปรปรวนร่วมออกแล้ว ($s_i^2$) ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน ($CV_i$) และค่าความแปรปรวนของพันธุ์ ($S_i^2$) โดยใช้ข้อมูลจากการทดลองกับข้าวโพดจำนวน 5 การทดลอง การทดลองที่ 1 ใช้ข้าวโพด 14 จีโนไทป์ปลูกในสถานที่ 39 แห่ง การทดลองที่ 2 ใช้ข้าวโพด 23 จีโนไทป์ ปลูกในสถานที่ 46 แห่ง การทดลองที่ 3 ใช้ข้าวโพด 16 จีโนไทป์ ปลูกในสถานที่ 36 แห่ง การทดลองที่ 4 ใช้ข้าวโพด 18 จีโนไทป์ ปลูกในสถานที่ 25 แห่ง และการทดลองที่ 5 ใช้ข้าวโพด 12 จีโนไทป์ ปลูกในสถานที่ 17 แห่ง ผลการศึกษาพบว่า $Sd_i^2$ มีความสัมพันธ์อย่างสูงกับ $\sigma_i^2$ และ $s_i^2$ แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับค่าสถิติอื่น ส่วน $b_i$-Sh มีความสัมพันธ์อย่างสูงกับ $b_i$- ER และ $S_i^2$ ไม่พบว่ามีพารามิเตอร์ทางสถิติใด มีความสัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยผลผลิต และเมื่อคำนวณค่าเสถียรภาพของพันธุ์ทั้งหมด จากการแบ่งกลุ่มสิ่งแวดล้อมออกเป็น สิ่งแวดล้อมที่ให้ผลผลิตสูงและสิ่งแวดล้อมที่ให้ผลผลิตต่ำ พบว่า พารามิเตอร์ทางสถิติเหล่านี้ไม่แสดงถึงอันดับที่ซ้ำกัน (repeatability) ในทั้งสองกลุ่ม และไม่พบว่าแสดงอันดับที่ซ้ำกันเมื่อคำนวณจากกลุ่มย่อยที่เลือกมาอย่างสุ่มด้วย

### 2.3.3 อัตราพันธุกรรม

Jacquard (1983) จำแนกความคิดรวบยอดเกี่ยวกับอัตราพันธุกรรมไว้ 3 แบบ คือ การวัดความคล้ายคลึง (resemblance) การวิเคราะห์ถึงสาเหตุของความคล้ายคลึง และการวัดประสิทธิภาพของความคล้ายคลึง อัตราพันธุกรรมของลักษณะใดลักษณะหนึ่ง เมื่อนิยามตามความคิดรวบยอดแบบที่ 1 หมายถึง ค่าความชัน (slope) ของเส้นตรงถดถอยของการวัดลักษณะนั้นในลูกกับค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ ส่วนอัตราพันธุกรรมที่นิยามตามความคิดรวบยอดแบบที่ 2 หมายถึง อัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนอันเนื่องมาจากพันธุกรรมกับความแปรปรวนทั้งหมด เรียกว่า อัตราพันธุกรรมแนวกว้าง และคำนิยามตามความคิดรวบยอดแบบที่ 3 อัตราพันธุกรรมเป็นค่าสัดส่วนระหว่างความแปรปรวน อันเนื่องมาจากปฏิกิริยาผลบวกของยีน (additive genetic variance) กับค่าความแปรปรวนทั้งหมด อัตราพันธุกรรมตามความคิดรวบยอดในแบบที่ 2 และ 3 เท่านั้น ที่บอกถึงความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุศาสตร์ ส่วนอัตราพันธุกรรมตามความคิดรวบยอดแบบที่ 1 แสดงถึงความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะในทางไบโอเมตริก (biometrical heritability)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Dudley and Moll (1969) เสนอว่าค่าความแปรปรวนอันเนื่องมาจากพันธุกรรมที่จะใช้เป็นตัวตั้งของการประมาณค่าอัตราพันธุกรรม ควรขึ้นกับชนิดของการคัดเลือกและชนิดของสายพันธุ์ที่ต้องการ ถ้าต้องการคัดเลือกโคลน (clone) เพื่อใช้ในการสร้างสายพันธุ์ที่มีการขยายพันธุ์โดยไม่อาศัยเพศ หรือคัดเลือกลูกผสมชั่วที่ 1 ควรใช้ค่าความแปรปรวนอันเนื่องมาจากพันธุกรรมทั้งหมด แต่ถ้าต้องการคัดเลือกสายพันธุ์แท้ ควรใช้ความแปรปรวนอันเนื่องจากปฏิกิริยาผลบวกของยีนเป็นตัวตั้ง

## 2.4 สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะ

ลักษณะหลาย ๆ ลักษณะในพืชอาจมีความสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์นี้มักเกิดจากสาเหตุใหญ่ ๆ 2 ประการ คือ การที่ยีนคู่เดียวสามารถควบคุมได้หลายลักษณะ (pleiotropy) หรือการที่ยีนซึ่งควบคุมลักษณะเหล่านั้นอยู่บนโครโมโซมเส้นเดียวกัน (linkage) อิทธิพลประการหลังก่อให้เกิดสหสัมพันธ์เฉพาะในชั่วแรก ๆ เท่านั้น แต่อิทธิพลจากประการแรกจะก่อให้เกิดสหสัมพันธ์ตลอดไปทุกชั่ว (ศรีนิเวศน์ 2525) สหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเป็นได้ทั้งทางบวกและทางลบ ถ้าลักษณะ 2 ลักษณะใด ๆ มีสหสัมพันธ์กันในทางบวก การคัดเลือกเพื่อเพิ่มลักษณะหนึ่งจะมีผลให้อีกลักษณะหนึ่งเพิ่มตามไปด้วย แต่ถ้าลักษณะ 2 ลักษณะนั้นมีสหสัมพันธ์กันในทางลบ การคัดเลือกเพื่อเพิ่มลักษณะหนึ่งจะทำให้อีกลักษณะหนึ่งลดลงการทราบค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะจะช่วยให้การวางแผนปรับปรุงพันธุ์พืชมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

เมฆอรุณกมล (2533 ก) ศึกษาค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะต่าง ๆ ในต้นดองดึง พบว่าน้ำหนักของหัวดองดึงก่อนปลูกมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับน้ำหนักของหัวหลังปลูก และความสูงของลำต้นเมื่อออกดอกแรก แต่มีสหสัมพันธ์ทางลบกับอัตราการเพิ่มขนาดของหัว ในขณะที่น้ำหนักหัวหลังปลูกมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับเวลาที่ใช้หลังจากงอกจนกระทั่งออกดอก

Mamatha *et al* (1992) ศึกษาการเจริญเติบโตและความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตและผลผลิตของดองดึง พบว่าผลผลิตเมล็ดจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนของกิ่งแขนงและพื้นที่ใบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved