

ห้องสมุดกรมวิชาการเกษตร

ผลงานฉบับเต็ม

ของ

นางกัญจนา โปะเงิน

ตำแหน่ง นักวิชาการเกษตร 6 ว.

ตำแหน่งเลขที่ 1069

กลุ่มงานพฤกษศาสตร์

กองพฤกษศาสตร์และวิจัยพืช

ขอประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง

นักวิชาการเกษตร 7 ว.

ตำแหน่งเลขที่ 1020

กลุ่มวิจัยพัฒนาธนาคารเชื้อพันธุ์พืชและจุลินทรีย์

สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ

สารบัญ

	หน้า
เรื่องที่ 1 การตรวจผลึกแคลเซียมออกซาลาตในผักพื้นเมืองภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1
เรื่องที่ 2 การตรวจหาผลึกแคลเซียมออกซาลาตในผักโขม	32
เรื่องที่ 3 การตรวจหาผลึกแคลเซียมออกซาลาตในใบหม่อนพันธุ์ต่างๆ	59



**การตรวจผลึกแคลเซียมออกซาเลทในผักพื้นเมืองภาคเหนือ
และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ**

Examination for Calcium Oxalate in Local Vegetables from the North
and the Northeast of Thailand

กัญจนา โปะเงิน
กลุ่มงานพฤกษศาสตร์

ภัทริยา สุทธิเชื่อนาค
กองพฤกษศาสตร์และวัชพืช

บทคัดย่อ

ทำการตรวจหาผลึกแคลเซียมออกซาเลทในผักพื้นเมือง จำนวน 65 ชนิด เพื่อจำแนกกลุ่มของผักพื้นเมืองภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือตามปริมาณแคลเซียมออกซาเลท โดยเก็บตัวอย่างผักในส่วนที่รับประทาน เช่น ต้น ใบ หรือดอก นำมาศึกษาทางด้าน Microtechnique โดยศึกษาจากสไลด์ถาวรตามกรรมวิธีของ Johansen (1940) ดำเนินการตรวจเนื้อเยื่อเพื่อหาผลึกและบันทึกภาพได้กล้องจุลทรรศน์ จากการตรวจหาผลึกผักทั้ง 65 ชนิด แบ่งตามความมากน้อยของผลึก ออกได้ 4 กลุ่ม คือ **กลุ่มที่มีผลึกมาก** ได้แก่ กระเจี๊ยบแดง ข่า สะพลู ผักโขม ผักบัว ผักปลัง ขาว ผักปลังแดง ผักแพ้ว ผักแพ้วน้ำ ผักสุ่น พริกชี้ฟ้า เพี้ยฟาน พักแก้ว มะกูด ยอ ส้มป่อย โสน ไส้หมูไทย หม่อนป่า **กลุ่มที่มีผลึกปานกลาง** ได้แก่ กระเทียม กัลฉ่าย(ปลี) กะเพรา คันทอง จิกใหญ่ ตะไคร้ ทองหลวง ผักกระโดน ผักแขยง ผักเผ็ดแก้ว ผักพวยเรือ ผักเสี้ยว ย่านาง ส้มโอง หน่อไม้ฝรั่ง ผักป้า โหระพา **กลุ่มที่มีผลึกน้อย** ได้แก่ กระเจียว กัลฉ่าย(ดิบ) ก้านตง ขาเขียด คุณแคบ้าน ถั่วลิ้นเต่า บวบ ผักกะจ้อน ผักกาดขม ผักกุ่ม ผักชีฝรั่ง ผักชีล้อม ผักชีลาว ผักติ้ว ผักลิ้ม ผัว ผักแว่น ผักเสม็ด ผักหวานป่า ผือก มะกอก มะกอกฝรั่ง มะระขี้นก แมงลัก ยี่ห่วย ส้มปื หน่อไม้ฝรั่ง หอมแดง **กลุ่มที่ไม่พบผลึก** ได้แก่ ผักเสี้ยน ผักฮิปโป

คำนำ

แคลเซียมออกซาเลท (calcium oxalate) คือสารประกอบชนิดหนึ่งที่อยู่ในเนื้อเยื่อพืช เกิดจากการจับตัวกันระหว่างแคลเซียมกับกรดออกซาลิก (oxalic acid) เกิดเป็นผลึกรูปร่างต่างๆ กัน เช่น ผลึกรูปดาว (druse) ดอกกุหลาบ (rosette) รูปสี่เหลี่ยมเหมือนกล่อง (cubical) รูปแท่งปริซึม

(prismatic) รูปเข็ม (raphide) ผลึกเม็ดทราย (crystal sand) ฯลฯ (Metcalf *et al.*, 1950; ภูวดล, 2538) ในพืชแต่ละวงศ์ (family) จะมีรูปร่างผลึกแตกต่างกัน จึงใช้ความแตกต่างของรูปร่างผลึก เป็นตัวจำแนกพืชได้อย่างหนึ่ง ผลึกแคลเซียมออกซาลาเลทมักจะอยู่ในช่องว่าง (vacuole) ในเซลล์ไโดเซลล์หนึ่ง (crystal idioblast) โดยพบได้ตั้งแต่เซลล์ผิว (epidermis) แต่จะพบมากในบริเวณกลุ่มท่อน้ำท่ออาหาร (vascular bundle) แต่เดิมเข้าใจกันว่าแคลเซียมออกซาลาเลทเป็นของเสียจากขบวนการ metabolism ของเซลล์ แต่ปัจจุบันมีผู้ศึกษาการเกิดผลึกกันมากขึ้นและพบว่า การเกิดผลึกเป็น biological control อย่างหนึ่งเป็นการควบคุมปริมาณแคลเซียมที่มากเกินไป ไม่ให้เป็นอันตรายต่อพืช โดยการเก็บแคลเซียมให้อยู่ในรูปของแคลเซียมออกซาลาเลทซึ่งจะไม่ละลายน้ำ และเมื่อพืชมีความต้องการแคลเซียมเพิ่มขึ้น ผลึกก็จะสลายตัวปลดปล่อยแคลเซียมออกมาใช้ได้ (Harslan *et al.*, 1997; Alice, 1998) การเกิดผลึก (crystal formation) เป็นลักษณะทางพันธุกรรม (genetics) ซึ่งถูกควบคุมโดยยีน (gene) มากกว่า 7 แห่งบนโครโมโซม (Nakata *et al.*, 2000) แต่ก็มีปัจจัยภายนอกเข้าไปเกี่ยวข้องด้วย โดยพบว่าถ้าเพิ่มปริมาณแคลเซียมให้กับต้นพืช *Barrel medic* (*Medicago truncatula* Gaertn.) ขนาดของผลึกก็จะเพิ่มขึ้น การเพิ่มขนาดของผลึกจะสัมพันธ์กับการเพิ่มขนาดของเซลล์ เมื่อเซลล์โตเต็มที่ (mature) แล้ว ผลึกก็จะไม่เพิ่มขนาดอีกแต่จะเริ่มสร้างผลึกในเซลล์ต่อไป (Kostman *et al.*, 2000) เพื่อเป็นแหล่งสะสมแคลเซียม (calcium sink) ให้กับต้นพืช (Alice, 1998)

การรับประทานพืชผักที่มีออกซาลาเลทสูง มีผลกระทบต่อผู้บริโภคหลายประการ อาทิ เมื่อออกซาลาเลทเข้าสู่กระแสเลือด จะไปจับกับแคลเซียมในเลือด ทำให้ปริมาณแคลเซียมในเลือดลดลง เกิดอาการ hypocalcemia มีผลทำให้เลือดแข็งตัวช้าหากเกิดการบาดเจ็บ และทำให้กล้ามเนื้อผิดปกติอีกด้วย (นิรนาม, 2539) ถ้าหากรับประทานผักที่มีผลึกแบบเข็ม (raphide) ก็อาจจะเกิดอาการคันมือคันในปากหรือคอ ถ้าแพ้มากๆ อาจบวม ทำให้สำลักอาหาร บางรายถึงกับพูดไม่ได้ (Garrett, 1997) อีกประการหนึ่งการรับประทานพืชผักที่มีออกซาลาเลทสูงจะมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคนิ่วในทางเดินปัสสาวะ เพราะการเกิดนิ่วในทางเดินปัสสาวะก็เป็นการรวมตัวกันระหว่างแคลเซียมกับสารออกซาลาเลท เช่นเดียวกับที่เกิดในเนื้อเยื่อพืช เมื่อสภาวะเหมาะสมเช่นมีปริมาณกรดยูริก (uric acid) สูง มีฟอสเฟต (phosphate) ต่ำการรวมกลุ่มของผลึกจะดียิ่งขึ้น ทำให้ผลึกสะสมเป็นก้อนหินเล็กใหญ่ตามกาลเวลา และเป็นนิ่วในที่สุด การลดความเสี่ยงในการเป็นโรคนิ่ว หากต้องรับประทานผักที่มีออกซาลาเลทสูง ควรรับประทานอาหารที่มีฟอสฟอรัสสูง หรืออาหารที่ให้โปรตีนสูง รวมทั้งกรดมะนาว (citric acid) เพราะเกลือฟอสเฟตและเกลือซิเตรทจะเป็นตัวขัดขวางการรวมกลุ่มผลึก (ดำรงพันธุ์และคณะ, 2533)

จากรายงานของกระทรวงสาธารณสุขพบว่าประชาชนในเขตภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นโรคนิ่วในทางเดินปัสสาวะกันมากเพราะนิยมรับประทานผักพื้นเมืองซึ่งมีปริมาณออก

ชาเลทสูง อาทิ ผักโขม ชะพลู กระโดน โดยรับประทานเป็นจำนวนมาก หรือบ่อยครั้ง (ดำรงพันธุ์และคณะ, 2533) ผักพื้นเมืองที่ประชาชนนิยมนำมาบริโภคมีมากมายหลายชนิด หากมีการตรวจหาผลึกแคลเซียมออกซาเลทในแต่ละชนิด จะได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภค การวิเคราะห์หาปริมาณออกซาเลทที่ผ่านมาใช้วิธีวิเคราะห์ทางเคมี แต่การศึกษาในครั้งนี้ใช้วิธีทางไมโครเทคนิคตรวจหาผลึกโดยศึกษาจากเนื้อเยื่อพืชภายใต้กล้องจุลทรรศน์ จะเห็นรูปร่าง ขนาด และปริมาณความหนาแน่นของผลึกได้ชัดเจน หากพบว่ามีปริมาณผลึกมากแสดงว่าผักนั้นมีสารออกซาเลทสูง โดยเปรียบเทียบจากผักที่ทราบปริมาณออกซาเลทซึ่งผ่านการวิเคราะห์มาแล้วว่ามีมาก คือผักโขม และชะพลู (944 และ 691 มิลลิกรัม ต่อผักสด 100 กรัม) (นิรนาม, 2540) การศึกษาค้างนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณออกซาเลทในผักพื้นเมือง ผักชนิดใดมีผลึกมากหรือน้อย และอยู่ในส่วนใดของพืช เพื่อเป็นทางเลือกในการนำมาบริโภคได้อย่างปลอดภัย

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. ตัวอย่าง ส่วนที่ใช้รับประทานของผักพื้นเมืองภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
2. น้ำยาเคมีต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำสไลด์ถาวร
3. เครื่องมือตัดเนื้อเยื่อพืช (microtome)
4. สีย้อมเซลล์พืช safranin และ fast green
5. กล้องจุลทรรศน์ยี่ห้อ Nikon รุ่น Optiphot-2
6. อุปกรณ์วัดขนาดผลึก (micrometer) และอุปกรณ์ถ่ายภาพจากกล้องจุลทรรศน์

วิธีการ

1. เตรียมตัวอย่างพืช เก็บตัวอย่างผักพื้นเมืองที่คนนิยมบริโภคจากตลาด นำส่วนที่ใช้รับประทานมาล้างให้สะอาด
2. เตรียมสไลด์ถาวร เพื่อการศึกษาทางด้าน Microtechnique ตามวิธีการของ Johansen (1940)
 - 2.1 Fixing นำตัวอย่างผักจากข้อ 1 ตัดให้เป็นชิ้นเล็กๆ ขนาด 5x7 มิลลิเมตร ตัวอย่างละ 5 ชิ้น แช่ใน fixative reagent (formalin – aceto – alcohol) เพื่อหยุดยวณต่างๆ ในเซลล์พืชทันที

โดยไม่ทำให้เนื้อเยื่อพืชเสียหาย แล้วนำเข้าเครื่อง vacuum pump ดูดอากาศออกเพื่อให้มีน้ำยา fixative reagent ซึมเข้าสู่เนื้อเยื่อพืชโดยเร็ว

2.2 Dehydrating นำตัวอย่างจากข้อ 2.1 มาผ่านขบวนการดึงน้ำออกจากเซลล์พืช โดยใช้ alcohol เข้าไปแทนที่น้ำ และใช้ paraffin เข้าไปแทนที่ alcohol ตามวิธีการของ Johansen (1940)

2.3 Embedding นำตัวอย่างที่แช่อยู่ในพาราฟินเหลวเหลวในกระตังกรกระดาษ จัดตัวอย่างพืชให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม เติมพาราฟินเหลว ให้ท่วมตัวอย่างพอประมาณ หลังจากนั้นนำกระตังกรกระดาษแช่ในน้ำเย็นเพื่อให้พาราฟินแข็งตัวทันที แกะกระดาษออกทิ้ง นำตัวอย่างที่ฝังอยู่ในพาราฟินเก็บไว้ในที่เย็น เพื่อรอดำเนินการต่อไป

2.4 Sectioning นำตัวอย่างที่ฝังอยู่ในพาราฟินจากข้อ 2.3 นำมาตัดให้เหลือชิ้นละ 1 ตัวอย่าง โดยตัดเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมนำไปติดบนแผ่นไม้ ซึ่งมีรูปร่างเป็นแท่งสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ ขนาด 1x1.5x2.5 เซนติเมตร (กว้างxยาวxสูง) แล้วนำแผ่นไม้ใส่ใน rotary microtome เพื่อตัด section เป็นสไลด์ยาวเหมือนริบบิ้น มีความบาง 11 ไมครอน ตัดริบบิ้นเป็นชิ้นยาวประมาณ 3 เซนติเมตร นำไปติดบนแผ่นกระจกสไลด์ ซึ่งอุ่นให้ร้อนบน hot plate โดยใช้ Haupt's gelatin เป็นกาวยึด นำสไลด์เข้าตู้อบอุณหภูมิประมาณ 40 องศาเซลเซียส เพื่ออบให้แห้ง

2.5 Staining สไลด์จากข้อ 2.4 เมื่ออบแห้งดีแล้ว จึงนำมาย้อมด้วยสี safranin และ fast green ก่อนการย้อมสี จะต้องล้างเอาพาราฟินออกก่อน โดยแช่สไลด์ใน xylene แล้วใช้ 95 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ethyl alcohol ล้าง xylene ออก แล้ สไลด์ในแต่ละ solution ประมาณ 5 นาที เมื่อล้างพาราฟินออกหมดแล้ว จึงย้อมด้วยสี safranin โดยนำสไลด์ลงแช่ใน safranin solution ประมาณ 5 นาที ล้างสีแดงส่วนเกินออกด้วยน้ำ แล้วไล่น้ำออกจากสไลด์ โดยนำไปแช่ใน 50 และ 95 เปอร์เซ็นต์ ethyl alcohol อย่างละ 1 นาที หลังจากนั้นหยดสี fast green ลงบนสไลด์ เอียงสไลด์ให้สีติดทั่วทั้งชิ้น ล้างสีเขียวส่วนเกินออกด้วย absolute ethyl alcohol แล้วแช่สไลด์ไว้ใน xylene อย่างน้อย 12 ชั่วโมง

2.6 Mounting นำสไลด์จากข้อ 2.5 มาเช็ดสีส่วนเกินออกแล้ว mount สไลด์ ด้วย canada balsam ปิดกระจก (cover glass) ทับบนส่วนที่มีตัวอย่างติดอยู่ เช็ด canada balsam ส่วนเกินออก แล้วนำไปเข้าตู้อบอุณหภูมิประมาณ 40-50 องศาเซลเซียส 1-2 วัน เพื่อให้สไลด์แห้ง

3. ตรวจเนื้อเยื่อภายใต้กล้องจุลทรรศน์

สไลด์จากข้อ 2.6 เมื่อแห้งดีแล้ว นำออกมาเช็ดทำความสะอาด canada balsam ส่วนเกินออกด้วย xylene เพื่อให้สไลด์ใส พร้อมทั้งจะนำไปตรวจเนื้อเยื่อ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์และประเมินปริมาณผลึกด้วยสายตา (visual assessment)

4. วัดขนาดและบันทึกลักษณะของผลึก วัดขนาดผลึกโดยใช้ micrometer (1 ช่องของ micrometer = 2.6 ไมครอน) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์(objective lens กำลังขยาย 40 เท่า และ eyepiece lens กำลังขยาย 15 เท่า) และบันทึกลักษณะของผลึกโดยถ่ายภาพภายใต้กล้องจุลทรรศน์

5. การให้คะแนน ให้คะแนนตามเปอร์เซ็นต์พื้นที่ผลึกต่อพื้นที่ซึ่งได้กำหนดขึ้นเองเนื่องจากยังไม่มีผู้ใดศึกษามาก่อนโดยเปรียบเทียบจากเปอร์เซ็นต์พื้นที่ผลึกต่อพื้นที่ใบหรือต้นของผักโขมและชะพลูซึ่งผ่านการวิเคราะห์มาแล้วว่ามีมากโดยให้คะแนนดังนี้

เปอร์เซ็นต์พื้นที่ผลึกต่อพื้นที่	0 (ไม่พบผลึก)	ให้คะแนนเท่ากับ 0
เปอร์เซ็นต์พื้นที่ผลึกต่อพื้นที่	1-5 (ผลึกน้อย)	ให้คะแนนเท่ากับ 1
เปอร์เซ็นต์พื้นที่ผลึกต่อพื้นที่	6-10 (ผลึกปานกลาง)	ให้คะแนนเท่ากับ 2
เปอร์เซ็นต์พื้นที่ผลึกต่อพื้นที่	มากกว่า 10 (ผลึกมาก)	ให้คะแนนเท่ากับ 3

วิธีหาเปอร์เซ็นต์พื้นที่ของผลึกต่อพื้นที่

กำหนดพื้นที่ภาคตัดขวางของใบหรือต้นเป็นสี่เหลี่ยมขนาด 0.01 ตารางมิลลิเมตร(100 x100 ไมครอน)สุ่มวัดพื้นที่รวมของผลึกที่อยู่ในพื้นที่สี่เหลี่ยมที่กำหนด 10 จุด แล้วหาเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผลึกต่อพื้นที่ที่กำหนด หาค่าเฉลี่ยทั้ง 10 จุดนั้นโดยการคำนวณดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์พื้นที่ของผลึก} = \frac{(\text{พื้นที่ผลึก } a_1 + a_2 + \dots + a_n) \times 100}{1 \text{ หน่วยพื้นที่}}$$

$$a_1, a_2, \dots, a_n = \text{ผลึกที่ } 1, 2, \dots, n$$

$$1 \text{ หน่วยพื้นที่} = 0.01 \text{ ตารางมิลลิเมตร}$$

เวลาและสถานที่ทำการทดลอง

ระยะเวลาทำการทดลอง เมษายน 2537- กันยายน 2542

ห้องปฏิบัติการกายวิภาคและเซลล์วิทยา กองพฤกษศาสตร์และวัชพืช

ผลการทดลองและวิจารณ์

ได้ทำการตรวจหาผลึกแคลเซียมออกซาเลต จากส่วนต่างๆ ของผักพื้นเมืองภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่นิยมนำมาบริโภค เช่น ยอดอ่อน ใบอ่อน จำนวน 65 ชนิด จากการศึกษามารถแบ่งผักออกได้เป็น 4 กลุ่ม ตามความหนาแน่นของจำนวนผลึกประเมินด้วยสายตา (visual assessment) ผ่านกล้องจุลทรรศน์ โดยแบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่มคือ ผักที่มีผลึกมาก ปานกลาง น้อย และไม่พบผลึกเลย ดังต่อไปนี้

กลุ่มที่พบผลึกมากได้แก่

กระเจี๊ยบแดง (*Hibiscus sabdariffa* L.)

ในใบอ่อน พบผลึกรูปดาวหรือดอกไม้กลีบแหลม (druse) (ภาพหน้า 30) มีขนาดค่อนข้างใหญ่ (เฉลี่ย 26.4 x 28.6 ไมครอน) อยู่ใกล้ๆ กัน แต่มีจำนวนมากขึ้นในบริเวณเส้นกลางใบ (mid rib) และเส้น vein จัดเป็นพวกมีผลึกมาก(ภาพที่ 1,2)

ข่า (*Alpinia galanga* (L.) Willd.)

พบผลึกขนาดเล็กหลายรูปร่างมีทั้งผลึกรูปไข่ ผลึกรูปสี่เหลี่ยมสั้น สี่เหลี่ยมยาวหัวท้ายมน ด้านข้างคอด (ขนาดเฉลี่ย 3.9x6.9 ไมครอน) พบมากในส่วนของลำต้นใต้ดิน (rhizome) แต่ในส่วนของลำต้นเหนือดิน (leaf sheath) ของข่าอ่อนมีน้อยมาก (ภาพที่ 3)

ชะพลู (*Piper sarmentosum* Roxb.)

ชะพลู หรือผักอีเล็ด (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ) พบผลึกเป็นรูปทราย (crystal sand) (ภาพหน้า 30) ขนาดเล็กมาก (เฉลี่ย 0.7x1.3 ไมครอน) แต่มีจำนวนมาก ตั้งแต่เซลล์ผิวด้านบน (upper epidermis) (ภาพหน้า 31) จนถึง เซลล์ผิวด้านล่าง (lower epidermis) มีทั้งผลึกเดี่ยวและรวมเป็นกลุ่มเล็กๆ (เฉลี่ย 5.2x7.8 ไมครอน) อยู่ตามขอบเซลล์ อาจกล่าวได้ว่าทุกเซลล์ของใบชะพลูมีผลึกไม่ว่าจะเป็นใบอ่อนหรือใบแก่ ก็มีความหนาแน่นของผลึกมากเช่นกัน อย่างไรก็ตามควรบริโภคชะพลูใบอ่อน เพราะใบมีความบางกว่า เมื่อเทียบปริมาณผลึกย่อมน้อยกว่าใบแก่ (ภาพที่ 6)

ผักโขม (*Amaranthus lividus* L.)

พบผลึกจำนวนมากอยู่กันอย่างหนาแน่น ทั้งในยอดอ่อน(ต้น) ใบอ่อนแม้กระทั่งในเนื้อเยื่อที่กำลังพัฒนาเป็นดอกก็พบผลึกมาก ในใบพบผลึกมีรูปร่าง 2 แบบ คือ รูปดอกกุหลาบ (rosette) และรูปผลึกคล้ายเม็ดทราย (crystal sand) กระจายอยู่ทั่วไป แต่ส่วนใหญ่จะอยู่รวมเป็นกลุ่มขนาดใหญ่ (ขนาดเฉลี่ย 13.0x104 ไมครอน) พบมากในบริเวณเส้นกลางใบ (mid rib) และเส้นใบ (vein) ผลึกรูป rosette พบใน mesophyll บริเวณกลุ่มท่อลำเลียงอาหาร (vascular bundle) (ภาพหน้า 31) พบได้มากบริเวณ bundle sheath และเซลล์ใกล้เคียง ในต้นส่วนที่เป็นยอดอ่อน พบผลึกชนิด crystal sand กระจายอยู่ทั่วไป ค่อนข้างหนาแน่นเป็นกลุ่มทั้งเล็กและใหญ่ (ขนาดเฉลี่ย 18.6 x 22.5 ไมครอน) พบมากตั้งแต่เซลล์ในชั้นถัดจาก multiple epidermis เข้ามา และรอบ ๆ กลุ่ม vascular bundle ในดอกพบผลึกชนิดเดียวกับในต้น มีมากเช่นกันในเนื้อเยื่อส่วนที่จะพัฒนาไปเป็นก้านดอก กลีบเลี้ยงและกลีบดอก (ภาพที่ 4,5)

ผักบัว (*Passiflora foetida* L.)

ในต้นพบผลิกรูปดาว หรือดอกไม้กลีบแหลม (druse) เป็นผลึกขนาดเฉลี่ย 11.2×12.1 ไมครอน อยู่โดยรอบลำต้นตั้งแต่ชั้น cortex เข้าไป พบค่อนข้างมาก ในใบพบผลึกแบบ prismatic กระจายอยู่เต็มเซลล์ แต่ส่วนใหญ่ผลึกจะอยู่รวมกันเป็นมัด (bundle) พบมากทางด้าน palisade cell (ภาพหน้า 31) ปริมาณผลึกน้อยกว่าในต้น (ภาพที่ 7,8)

ผักปลังขาว (*Basella rubra* L.)

ในใบผักปลังขาว พบผลึกมีทั้งรูปดาว หรือดอกไม้กลีบแหลม (druse) และ rosette เป็นดอกขนาดใหญ่เฉลี่ย 20.8×25.3 ไมครอน มีปริมาณค่อนข้างมากในบริเวณเส้นใบ เส้นกลางใบ ส่วนใน mesophyll จะพบใน spongy cell ด้านที่ติดกับ palisade cell (ภาพหน้า 31) ในต้นพบผลึกเหมือนในใบแต่มีปริมาณน้อย (ภาพที่ 12)

ผักปลังแดง (*Basella rubra* L.)

ในใบผักปลังแดง พบผลิกรูปสามเหลี่ยมอยู่รวมกันเป็นกลุ่มคล้ายดอกไม้ มีขนาดตั้งแต่เล็กจนถึงใหญ่ขนาดเฉลี่ย 30.6×19.4 ไมครอน และพบมากกว่าผักปลังขาว นอกจากนี้ยังมีผลิกรูปสามเหลี่ยมเหมือนกลีบดอกไม้ กระจายกระจายทั่วไป มีขนาดตั้งแต่เล็กจนถึงใหญ่ ซึ่งไม่พบในผักปลังขาว (ภาพที่ 9-11)

ผักแพว หรือผักไผ่ (*Polygonum odoratum* Lour.)

พบผลิกรูปดาว (druse) จำนวนมากในต้นส่วนที่เป็นยอดอ่อน ผลึกมีขนาดตั้งแต่เล็กจนถึงใหญ่มากเฉลี่ย 29.6×34.8 ไมครอน พบบริเวณ cortex ตั้งแต่เซลล์ผิวเข้าไปค่อนข้างมาก ในส่วนของ pith มีเล็กน้อย แต่ผลึกมีขนาดใหญ่ ปริมาณผลึกลดลงในต้นส่วนที่ตัดจากยอดอ่อนลงมา ในใบพบผลึกชนิดเดียวกันเรียงรายอยู่ในแนวเดียวกันกับกลุ่มท่อลำเลียงขนาดของผลึกมีทั้งเล็กและใหญ่มาก บางผลึกมีขนาดเท่ากับกลุ่มของท่อลำเลียง (vascular bundle) ยิ่งใบอ่อนมากก็จะพบผลึกอยู่ติด ๆ กัน ถ้าใบแก่ขึ้นผลึกจะอยู่ห่างกัน แต่มีขนาดใหญ่ พบผลึกค่อนข้างหนาแน่นในส่วนของเส้นกลางใบ (mid rib) ในขณะที่ผักแพวมีดอก จะพบผลึกในใบขนาดใหญ่มาก ค่อนข้างหนาแน่น ซึ่งไม่ควรเก็บมารับประทาน (ภาพที่ 16-18)

ผักแพวน้ำ (*Alternanthera sessilis* DC.)

พบผลิกรูปดอกกุหลาบ (rosette) เป็นผลึกใหญ่เฉลี่ย 28.1×30.3 ไมครอน อยู่ในช่องว่างระหว่าง palisade cell กับ spongy cell ผลึกจะมีมากบริเวณกลุ่มเซลล์ท่อลำเลียงอาหาร ในใบแก่

จะพบผลึกดีกว่าใบอ่อนและพบเกือบทุกกลุ่ม vascular bundle นอกจากนี้ยังมีผลึกเล็กๆ รูปหลายเหลี่ยมอยู่ภายในเซลล์ของท่อน้ำท่ออาหารด้วย ซึ่งไม่พบในใบอ่อน จัดเป็นพวกมีผลึกมาก (ภาพที่ 19,20)

ผักสวน (*Camellia oleifera* Abel. var. *confusa* (Craib) Sealy)

ในต้นพบผลึกรูปดอกกุหลาบ (rosette) ขนาดใหญ่เฉลี่ย 28.2x34.8 ไมครอน กระจายค่อนข้างหนาแน่น มีมากกว่าใบ ใบพบผลึกชนิดเดียวกัน แต่มีขนาดเล็กกว่า และมีน้อยกว่าในต้น มักพบในบริเวณ Spongy cell จัดเป็นพวกมีผลึกมาก (ภาพที่38)

พริกชี้ฟ้า (*Capsicum annuum* L. var. *acuminatum* Fingerh.)

พบผลึกในใบ 2 ชนิด เป็นรูปดาว (druse) และผลึกรูปทราย (crystal sand) กลุ่มใหญ่ (ขนาดเฉลี่ย 41.6x43.3 ไมครอน) จัดเป็นพวกมีผลึกมาก (ภาพที่ 14,15)

เพี้ยฟาน (*Glycosmis ovoides* Pierre)

พบผลึกรูปดาว (druse) ในใบ ขนาดผลึกค่อนข้างเล็กเฉลี่ย 28.1x30.3 ไมครอน เมื่อเทียบกับขนาดของเซลล์ แต่มีจำนวนค่อนข้างมาก พบทั้งด้าน palisade cell และ spongy cell แต่ส่วนใหญ่จะอยู่ตรงรอยต่อระหว่างเซลล์สองกลุ่มนี้ ผลึกหนาแน่นขึ้นในเส้นกลางใบ (mid rib) (ภาพที่ 13)

ผักแว่น (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.)

ในต้นพบผลึกแท่งสั้น เรียวแหลม (acicular crystal) (ภาพหน้า 30) เป็นกลุ่มคล้ายจุลสัปปะรด อยู่รวมกันเป็นกลุ่มใหญ่ขนาดเฉลี่ย 15.6x49.4 ไมครอน พบถี่ๆ ตั้งแต่เซลล์ผิวลึกเข้าไปใน cortex ผลึกเกาะเกี่ยวกันเหมือนลายดอกไม้เป็นเครือข่าย ถัดจาก cortex เข้าไปมีผลึกเล็ก ๆ เป็นรูปสี่เหลี่ยมบ้างกลมบ้าง กระจาย พบผลึกในท่อน้ำ (xylem) (ภาพหน้า 31) ด้วย ในผลผลึกคล้ายในต้น แต่ผลึกมีขนาดเล็กกว่า มีเฉพาะเปลือก เนื้อผลมีน้อยมากแต่ใบพบผลึกมากที่สุด ผลึกจุลสัปปะรดต่อกันเหมือนลายเครือข่ายแตกกิ่งก้านสาขา ตั้งแต่ผิวใบด้านบน (upper epidermis) ผ่านชั้นของ palisade cell จนเข้าไปใน spongy cell พบมากในเส้นกลางใบ (mid rib) และเส้นใบ (vein) พบเกือบทุกกลุ่มท่อลำเลียง (vascular bundle) จัดเป็นผักที่มีผลึกมากที่สุด (ภาพที่ 24-27)

มะกรูด (*Citrus hystrix* DC.)

ในใบพบผลึกรูปกล่องหลายเหลี่ยม (cubical crystal) (ภาพหน้า 30) มีตั้งแต่สี่เหลี่ยม จนถึงหลายเหลี่ยมขนาดใหญ่เฉลี่ย 13.8×19 ไมครอน พบทั่วไปทั้งด้าน palisade cell และ spongy cell มีมาก อยู่กันถี่ๆ ตั้งแต่ใต้ชั้นเซลล์ผิว (epidermis) ในเส้นกลางใบ พบมากในเซลล์รอบท่อลำเลียง (vascular bundle) จัดเป็นพวกมีผลึกมาก (ภาพที่ 21-23)

ยอบ้าน (*Morinda citrifolia* L.)

ในใบพบผลึกเป็นแท่งยาวอยู่รวมกันเป็นมัด (bundle of prismatic) (ภาพหน้า 30) ขนาดใหญ่เฉลี่ย 32.5×86.4 ไมครอน พบทั้งใน เส้นกลางใบ (mid rib) และ mesophyll พบถี่ๆ ในเซลล์กลุ่มท่อลำเลียง (vascular bundle) ในเส้นกลางใบ (mid rib) และเส้นใบ (vein) ผลึกจะเป็นแท่งสั้นๆ อยู่รวมกันเป็นกลุ่ม ค่อนข้างหนาแน่น จัดเป็นพวกมีผลึกมาก (ภาพที่ 28-30)

ส้มป่อย (*Acacia rugata* Merr.)

พบผลึกเป็นรูปกล่องสี่เหลี่ยม (cubical crystal) รูปข้าวหลามตัด และสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดเฉลี่ย 13.4×19 ไมครอน พบมากในเซลล์รอบท่อลำเลียง (vascular bundle) เกือบทุกกลุ่มในใบ จัดเป็นพวกมีผลึกมาก (ภาพที่ 37)

โสน (*Sesbania javanica* Miq.)

พบผลึกเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน หัวท้ายแหลม บางผลึกก็คล้ายแจกันปากแคบ ปลายตัด ในส่วนของต้น (ยอดโสน) พบค่อนข้างหนาแน่น ในใบพบผลึกชนิดเดียวกันแต่มีขนาดใหญ่กว่ามากเฉลี่ย 8.6×14.77 ไมครอน พบทั้งด้าน palisade cell และ spongy cell แต่มีมากบริเวณเส้น vein (ภาพที่ 39-40)

โสมไทย (*Talinum paniculatum* (Jacq.) Gaertn.)

พบผลึกเป็นรูปดอกไม้ขนาดเฉลี่ย 27.3×35.7 ไมครอน ในต้นและใบมีปริมาณปานกลาง แต่ในขณะมีดอก พบมาก (ภาพที่ 35,36)

หม่อนป่า (*Morus* sp.)

พบผลึกในใบเป็นรูปดาว (druse) ขนาดเฉลี่ย 6.0×7.07 ไมครอน กระจายอยู่ทั่วไปทั้งชั้น palisade cell และ spongy cell พบค่อนข้างมาก แต่ใน lithocyst cell ไม่มีผลึกแคลเซียม

คาร์บอนेट จัดเป็นพวกมีผลึกมาก ผลึกจะมีขนาดใหญ่ขึ้นเฉลี่ย 10.4×10.4 ไมครอน และมีปริมาณมากขึ้นในใบแก่ (ภาพที่ 31-34)

กลุ่มที่พบผลึกปานกลางได้แก่

กระเทียม (*Allium sativum* L.)

พบผลึกรูปเข็มแท่งสั้น(acicular) อยู่เป็นกระจุกต่อกันยาวเหมือนด้ามไม้เลื้อย แต่ละกลุ่มมีขนาดเฉลี่ย 19.0×47.6 ไมครอน นอกจากนี้ยังพบผลึกแท่งสี่เหลี่ยมอยู่เป็นกลุ่มเล็กขนาด 11.7×15.6 ไมครอนอยู่บริเวณ cortex ใกล้เซลล์ผิว พบถี่ๆ รอบลำต้น แต่ไม่พบในใบที่หุ้มลำต้น (ภาพที่ 41,42)

กล้วย (*Musa sapientum* L.)

ในหัวปลีพบผลึกสี่เหลี่ยมผืนผ้า และผลึกสี่เหลี่ยมหัวท้ายแหลม (styloid) (ภาพหน้า 30) พบทั่วไปแต่ส่วนใหญ่มีขนาดเฉลี่ย 5.5×13.8 ไมครอน มี tannin มาก ในผลดิบ (แก่) (ภาพที่ 60,61)พบผลึกแบบเข็มอยู่รวมกันเป็นมัด (bundle of raphide) (ภาพหน้า 30) แต่มีปริมาณน้อย พบแถวเซลล์ผิว (epidermis) ในส่วนของเปลือก (ภาพที่ 69) แต่ไม่พบในกล้วยอ่อน ในผลจัดเป็นพวกมีผลึกน้อย ส่วนหัวปลีมีปานกลาง

กะเพรา (*Ocimum tenuiflorum* L.)

ในใบ พบผลึกเป็นแท่งเล็กๆ (prismatic) อยู่รวมกันเป็นกลุ่มเล็กๆ คล้ายดอกไม้ ขนาดเฉลี่ย 2.6×3.2 ไมครอน นอกจากนี้ยังมีผลึก crystal sand กระจายทั่วไป ค่อนข้างหนาแน่นแต่ผลึกเล็กมากเช่นเดียวกันทั้งกะเพราขาว และกะเพราแดง ไม่มีความแตกต่างในเรื่องของผลึก จัดเป็นพวกมีผลึกปานกลาง (ภาพที่ 43,44)

คันทรง (*Limnocharis flava* (L.) Buch.)

ในใบอ่อนพบผลึกเป็นรูปแท่งสี่เหลี่ยมสั้น (prismatic) ขนาดเล็กมาก (เฉลี่ย 3.2×3.9 ไมครอน) แต่กระจายอยู่ตามขอบเซลล์ค่อนข้างมาก ในก้านดอกพบผลึกชนิดเดียวกัน มีทั้งที่อยู่เดี่ยวและอยู่รวมกันเป็นกระจุกเล็กๆ อยู่ตามขอบเซลล์ จัดเป็นพวกมีผลึกปานกลาง (ภาพที่ 47,48)

จิกใหญ่ (*Barringtonia augusta* Kurz)

พบผลึกเป็นรูปดอกไม้ขนาดเล็ก (druse) มีขนาดเฉลี่ย 14.3x18.2 ไมครอน พบประปรายในส่วนของเส้นกลางใบ (mid rib) และใน mesophyll พบในส่วนของ spongy cell ที่อยู่ใกล้ชั้นของ palisade cell จัดเป็นพวกมีผลึกปานกลาง (ภาพที่ 50)

ตะไคร้ (*Cymbopogon citratus* Stapf)

พบผลึกรูปสี่เหลี่ยมขนาดเล็ก (cubical crystal)(เฉลี่ย 0.3x4.3 ไมครอน) ผลึกกลมและผลึกรูปไข่ ในกาบใบ จัดเป็นพวกมีผลึกปานกลาง (ภาพที่ 51,52)

ทองหลาง (*Erythrina subumbrans* (Hassk.) Merr.)

พบผลึกในใบเป็นรูปกระสวยปลายตัด มีขนาดเฉลี่ย 5.5x9.7 ไมครอน พบมากทางด้าน spongy cell จัดเป็นพวกมีผลึกปานกลาง (ภาพที่ 53)

ผักกระโดน (*Careya sphaerica* Roxb.)

ในยอดอ่อนพบผลึกปานกลางเป็นรูปดอกกุหลาบ (rosette) (ภาพหน้า 30) กลีบมนขนาดใหญ่เฉลี่ย 21.8x26.2 ไมครอน กระจายอยู่โดยรอบลำต้น และใกล้กับกลุ่มท่อลำเลียงอาหาร จนถึงบริเวณกลางลำต้น (pith) แต่ไม่พบในบริเวณเซลล์ collenchyma ในชั้น cortex (ภาพหน้า 31) ซึ่งอยู่ถัดจากชั้นของ epidermis ใบพบผลึกชนิดเดียวกัน โดยพบใกล้กับกลุ่มท่อลำเลียงอาหารใน mesophyll และใน midrib รวมทั้ง vein ด้วย แต่เป็นที่น่าสังเกต คือ ทั้งต้นและใบช่วงปลายยอดอ่อน (แตกใหม่) ซึ่งมีสีน้ำตาลแกมแดง จะพบผลึกจำนวนมากกว่าใบอ่อนที่อยู่ถัดลงมา (สีเขียวแกมน้ำตาล)

ผักแขยง (*Limnophila geoffrayi* Bonati)

พบผลึกเป็นแท่งสั้น ๆ (prismatic) ขนาดเฉลี่ย 7.8 x7.8 ไมครอน อยู่รวมกันเป็นกระจุกคล้ายดาว เป็นกลุ่มเล็ก ๆ แต่มีปริมาณผลึกค่อนข้างมาก กระจายอยู่ทั่วไปตั้งแต่ชั้น cortex เข้าไปใจกลางลำต้น ใบไม่พบผลึก

ผักเผ็ดแมว (*Crassocephalum crepidioides* S. Moore)

พบผลึกเป็นแท่งสั้นปลายเรียว (acicular crystal) ขนาดเล็กมาก มักอยู่รวมกลุ่มขนาดเล็ก บางกลุ่มเหมือนรูปดอกไม้ มีขนาดเล็กเฉลี่ย 9.1x10.4 ไมครอน กระจายอยู่ทั่วไปตั้งแต่ cortex จนถึง pith แต่จะพบใน pith มากกว่า จัดเป็นพวกมีผลึกปานกลาง (ภาพที่ 45,46)

ผักพายเรือ (*Tenagocharis latifolia* (D. Don) Buch.

ในต้นพบผลึกรูปแท่งสี่เหลี่ยมสั้นขนาดเฉลี่ย 4.8x6.5 ไมครอน อยู่รวมกันเป็นกระจุกเล็กๆ ใน cortex ใกล้กับ epidermis ในใบพบผลึกเหมือนในต้น แต่กระจายอยู่ตามขอบเซลล์ทั่วไป ไม่พบผลึกในก้านใบ จัดเป็นพวกมีผลึกปานกลาง (ภาพที่ 54,55)

ผักเสี้ยว (*Bauhinia* sp.)

พบผลึกรูปดอกกุหลาบ (rosette) ขนาดค่อนข้างเล็กเฉลี่ย 9.7x11 ไมครอน ในต้นอยู่ใกล้กลุ่ม vascular bundle รอบๆ ลำต้น จำนวนผลึกจะมากตามขนาดของต้น ในใบพบผลึกชนิดเดียวกันแต่น้อยมาก (ภาพที่ 58,59)

ย่านาง (*Tiliacora triandra* (Colebr.) Diels

ในใบ พบผลึกเป็นแท่งสี่เหลี่ยมสั้น (prismatic) ขนาดเฉลี่ย 3.9x5.2 ไมครอน โดยพบมากแถวบริเวณท่อลำเลียง (vascular bundle) โดยอยู่รอบ bundle sheath นอกจากนี้ยังพบผลึกรูปดาว (druse) ด้วยในบริเวณ spongy cell ใกล้กับชั้น palisade cell แต่พบน้อย ในใบอ่อนพบผลึกน้อยมาก ใบแก่มีปานกลาง (ภาพที่ 56)

ส้มโอมัง (*Garcinia cowa* Roxb ex DC.)

ในต้นพบผลึกรูปดอกกุหลาบ (rosette) อยู่ใน cortex ใกล้เซลล์ผิว (epidermis) และพบในใจกลางลำต้น (pith) มีปริมาณปานกลางแต่ผลึกขนาดใหญ่เกือบเต็มเซลล์(ขนาดเฉลี่ย 24.8x28 ไมครอน) ในใบพบผลึกชนิดเดียวกันมีขนาดเล็กกว่า(ขนาดเฉลี่ย 9.5x12.1 ไมครอน) แต่มีปริมาณมากกว่า โดยพบบริเวณรอบๆ ท่อลำเลียง (vascular bundle) ในเส้นกลางใบ (mid rib) จัดเป็นพวกมีผลึกปานกลาง (ภาพที่ 57)

หน่อไม้ไผ่รวกป่า (*Thyrsostachys* sp.)

พบผลึกหลายแบบ มีทั้งเป็นรูปดอกไม้นขนาดเล็กกลม (cluster crystal) รูปสามเหลี่ยมสี่เหลี่ยม รูปไข่ และรูปทรงกลม (sphaerocrystal) อยู่เดี่ยว หรืออยู่เป็นกลุ่มเล็กๆ พบทั่วไป แต่มีขนาดเล็กเฉลี่ย 5.2x5.2 ไมครอน จัดเป็นพวกมีผลึกปานกลาง (ภาพที่ 49)

โหระพา (*Ocimum basilicum* L.)

พบผลึกในใบโหระพา เป็นแท่งเล็ก ๆ (prismatic) ขนาด 0.7x2 ไมครอน อยู่รวมกันเป็นกลุ่มเล็กๆ นอกจากนี้ยังมีผลึกเป็นรูปเม็ดทราย (crystal sand) อยู่กระจัดกระจายทั่วไป อยู่

เดี่ยว ๆ หรือรวมเป็นกลุ่มคล้ายดอกไม้ขนาดเล็กมี 4 กลีบ ขนาด 6.9x9.5 ไมครอน พบทางด้าน spongy parenchyma มาก ถึงแม้ในใบโหระพาจะมีผลึกค่อนข้างมาก แต่ผลึกก็มีขนาดเล็กมากเช่นกัน จัดเป็นพวกมีผลึกปานกลาง (ภาพที่ 62-64)

กลุ่มที่พบผลึกน้อยได้แก่

กระเจียว (*Curcuma* sp.)

พบผลึกทั้งสี่เหลี่ยมและกลมโดยทั่วไปในก้านดอก แต่มีขนาดเล็กกว่าเซลล์มาก (เฉลี่ย 2.6x3.9 ไมครอน) พบตั้งแต่เซลล์ผิว (epidermis) จนถึงกลางก้านดอก จัดเป็นพวกมีผลึกน้อย (ภาพที่ 65)

ก้านตง (*Colubrina asiatica* L. ex Brongn.)

ในใบพบผลึกรูปดาว (druse) ขนาดเฉลี่ย 13.0 x 15.6 ไมครอนอยู่ในชั้น palisade cell แต่พบห่างๆ ในต้นผลึกชนิดเดียวกัน จัดเป็นพวกมีผลึกน้อย (ภาพที่ 71,72)

ขาเขียด (*Monochoria vaginalis* (Burm.f) Presl)

ยอดอ่อน พบผลึกเป็นรูปเข็มอยู่กันเป็นมัด (bundle of raphide) (เฉลี่ย 13.0 x 15.6 ไมครอน) ส่วนใหญ่อยู่ใน cortex จัดเป็นพวกมีผลึกน้อย (ภาพที่ 100)

คูณ (*Colocasía gigantea* Hook.f.)

พบผลึกเป็นรูปทราย (crystal sand) ขนาดเล็กมาก กระจายทั่วไป อยู่กันเป็นกลุ่มเล็กๆ แต่ไม่หนาแน่น ขนาดผลึกเล็กกว่าขนาดของเซลล์ที่ขมากเฉลี่ย 3.9x5.2 ไมครอน นอกจากนี้ยังพบผลึกมัดเข็ม(bundle of raphide) ขนาดเฉลี่ย 20.8x39 ไมครอน จัดเป็นพวกมีผลึกน้อย ภาพที่ 76)

แคบ้าน (*Sesbania grandiflora* (L.) Desv.)

พบผลึกเหมือนกันกับโสน ใบอ่อนพบน้อยมาก เฉพาะในเส้นกลางใบเท่านั้น (midrib) แต่ในใบแก่พบตามเส้น vein ด้วย ในต้นพบปานกลางมีขนาดต่าง ๆ กัน ตั้งแต่ชั้น cortex เข้าไปถึงกลางลำต้น ผลึกเป็นรูปสี่เหลี่ยมมีความหนาคล้ายกล่อง (cubical crystal) มีขนาดเฉลี่ย 7.2x8.3 ไมครอน (ภาพที่ 73-75)

ถั่วลันเตา (*Pisum sativum* L.)

ใบ พบผลึกรูปสี่เหลี่ยม (cubical crystal) ขนาดเฉลี่ย 5.2x7.8 ไมครอน โดยพบอยู่บริเวณ palisade cell ใกล้กับเซลล์ผิว (epidermis) กระจาย ในต้นพบผลึกชนิดเดียวกัน จัดเป็นพวกมีผลึกน้อยมาก (ภาพที่ 81,82)

บัวบก (*Centella asiatica* Urban)

ใบ พบผลึกรูปดาว (druse) ขนาดเฉลี่ย 4.9x5.3 ไมครอน อยู่ใน palisade cell และ spongy cell ในก้านใบพบผลึกเป็นแท่งสั้น (prismatic) จัดเป็นพวกมีผลึกน้อย (ภาพที่ 83)

ผักกะฉอน (*Brassica chinensis* L. var. *parachinensis* Tsen & Lee)

พบผลึกทั้งในต้น และใบ เป็นรูปทรงกลม (sphaerocrystal) และสี่เหลี่ยม มีขนาดเล็กมาก (ขนาดเฉลี่ย 2.6 x 5.2 ไมครอน) มีเล็กน้อย จัดเป็นพวกมีผลึกน้อย (ภาพที่ 66)

ผักกาดขม (*Brassica juncea* (L.) Czern.)

พบผลึกสี่เหลี่ยมเกือบกลม แต่ส่วนใหญ่กลม (sphaerocrystal) ขนาดเล็กกว่าเซลล์มาก (ขนาดเฉลี่ย 4.5 x 5.5 ไมครอน) อยู่เดี่ยวๆ พบกระจายทั่วไปในก้านใบ ตั้งแต่เซลล์ผิว (epidermis) เข้าไป ใบพบผลึกชนิดเดียวกันมีตั้งแต่ epidermis และใน mesophyll จัดเป็นพวกมีผลึกน้อย (ภาพที่ 68)

ผักกุ่ม (*Crateva magna* (Lour.) DC.)

พบผลึกรูปไข่มีขนาดเล็กมากในใบแก่ (เฉลี่ย 2.6x3.9 ไมครอน) แต่ใบอ่อนไม่พบผลึก จัดเป็นพวกมีผลึกน้อย (ภาพที่ 67)

ผักชีฝรั่ง (*Eryngium foetidum* Linn.)

ใบพบผลึกรูปดอกกุหลาบ (rosette) ขนาดเฉลี่ย 18.2 x 18.2 ไมครอน ทางด้าน palisade cell มีปริมาณเล็กน้อย (ภาพที่ 77)

ผักชีล้อม (*Oenanthe javanica* (Blume) DC.)

พบผลึกรูปรางกลมรี (sphaerocrystal) ขนาด 5.2 x 6.4 ไมครอน มีปริมาณน้อยมาก จนแทบหาไม่พบ (ภาพที่ 78)

ผักชีลาว (*Anethum graveolens* L.)

พบผลิกรูปทราย (crystal sand) มีขนาดเล็ก (เฉลี่ย 1.3×2.6 ไมครอน) แอวบริเวณเซลล์รอบท่อลำเลียง จัดเป็นพวกมีผลิคน้อย (ภาพที่ 79)

ผักต้ว (*Cratogeomys formosum* (Jack) Dyer)

ในใบพบผลิกรูปดาว (druse) และรูปดอกกุหลาบ (rosette) (ขนาดเฉลี่ย 10.4×14.3 ไมครอน) อยู่ในเส้นกลางใบ (midrib) ใกล้ท่อลำเลียง (vascular bundle) ใน mesophyll พบอยู่ใน spongy cell ที่อยู่ใกล้ชั้นของ palisade cell ส่วนในต้นพบบริเวณกลางลำต้น (pith) จัดเป็นพวกมีผลิคน้อย แต่ผลิกรูปมีขนาดใหญ่ (ภาพที่ 80)

ผักลิมผัว (*Lobelia alsinoides* Lamk.)

พบผลิกรูปสี่เหลี่ยมเกือบกลม ขนาดเล็ก 5.2×5.2 ไมครอน จัดเป็นพวกมีผลิคน้อย (ภาพที่ 94)

ผักแว่น (*Marsilea crenata* C.Presl)

ในใบพบผลิกรูปดาว (druse) ทั้งใน palisade cell และ spongy cell ขนาดเฉลี่ย 17.3×19.0 ไมครอน แต่มีน้อย (ภาพที่ 98)

ผักเสี้ยว (*Syzygium gratum* (Wight) S.N. Mitra var. *gratum*.)

ลักษณะภายในภาคตัดขวางของใบจะเห็น palisade cell 2 ชั้น เป็นเซลล์แท่งยาว เกาะกันแน่น แต่จะมีเซลล์ที่มีขนาดใหญ่กว่า palisade cell 2-3 เท่า แทรกอยู่เป็นระยะ ภายในเซลล์ชนิดนี้ (idioblasts) พบผลิกรูปร่างคล้ายเมล็ดพุทรา มีทั้งกลมและยาวมีหลายขนาดเฉลี่ย 5.8×11.7 ไมครอน นอกจากนี้ยังพบผลิกรูปอยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์ ซึ่งเป็นเขตต่อกันระหว่าง palisade cell และ spongy cell ไม่พบผลิกรูปในบริเวณเส้นใบและในต้น ผักชนิดนี้ นับว่ามีผลิคน้อย (ภาพที่ 92)

ผักหวานบ้าน (*Sauropus androgynus* Merr.)

พบผลิกรูป 2 แบบ คือ รูปดาว (druse) และสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน มีทั้งขนาดเล็กและใหญ่มากเฉลี่ย 13.0×23.4 ไมครอน อยู่ตามแนว palisade cell อยู่ใน cell ก็มี พบมากในเส้นกลางใบ (mid rib) และเส้น vein ใหญ่ พบทาง spongy cell เล็กน้อย ในต้นผลิกรูปเป็นรูปดอกไม้กลีบแหลมใหญ่

แต่ขนาดผลึกเล็กอยู่บริเวณ cortex ในใจกลางลำต้น (pith) มีน้อยมาก จัดเป็นพวกมีผลึกน้อย (ภาพที่ 95,96)

ผักหวานป่า (*Melientha suavis* Pierre)

พบผลึกสี่เหลี่ยมและทรงกลม มีประปรายใกล้ๆ ท่อลำเลียง โดยพบตั้งแต่เซลล์ผิวใบ และใน mesophyll แต่มีขนาดเล็กมากเฉลี่ย 5.5×8.4 ไมครอน ในต้นพบเช่นเดียวกับใบ แต่พบได้ง่ายกว่า จัดเป็นพวกมีผลึกน้อย (ภาพที่ 97)

เผือก (*Colocasia esculenta* Schott)

ก้านใบเผือกอ่อน พบผลึก 2 แบบ คือ รูปดาว (druse) ขนาดเฉลี่ย 26×28.6 ไมครอน และมัดเข็ม (bundle of raphide) ขนาดเฉลี่ย 22.3×53.7 ไมครอน แต่มีน้อยมาก (ภาพที่ 70)

มะกอก (*Spondias pinnata* (L.f.) Kurz.)

ในต้นพบผลึกเป็นรูปดอกไม้ขนาดเฉลี่ย 15.2×16.4 ไมครอน พบน้อยมากในส่วนของ cortex ใกล้เซลล์ผิว (epidermis) แต่มี tannin จำนวนมาก ทำให้มีรสฝาด ในใบอ่อน พบผลึกรูปดอกไม้มีกิลิปใหญ่ อยู่บริเวณขอบใบ (margin) และพบผลึกรูปสามเหลี่ยม แถวบริเวณเซลล์ท่อลำเลียง (vascular bundle) เล็กน้อย จัดเป็นพวกมีผลึกน้อยมาก (ภาพที่ 85,86)

มะกอกฝรั่ง (*Spondias cytherea* Sonn.)

ในต้น(ยอดอ่อน)พบผลึกเป็นรูปสามเหลี่ยมขนาดเล็กมาก บางครั้งอยู่รวมเป็นกลุ่มเล็กๆ คล้ายดอกไม้กลีบสั้นขนาด 15.6×18.2 ไมครอน พบใน cortex ใกล้เซลล์ผิว มีผลึกทรงกลมเล็กน้อย จัดเป็นพวกมีผลึกน้อยมาก ในใบพบผลึกเช่นเดียวกัน ทางด้าน spongy cell พบน้อยมาก (ภาพที่ 87)

มะระขี้นก (*Momordica charantia* L.)

พบผลึกเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า หัวท้ายมน ขนาดเล็กเฉลี่ย 1.3×2.6 ไมครอน พบเดี่ยวหรืออยู่เป็นกลุ่ม เหมือนดอกไม้ขนาดเล็ก พบในดอกมากกว่าส่วนอื่น จัดเป็นพวกมีผลึกน้อยมาก (ภาพที่ 88-90)

แมงลัก (*Ocimum americanum* L.)

ในต้น พบผลึกสี่เหลี่ยมเป็นแท่ง (prismatic) มีขนาดเล็ก อยู่กันเป็นกลุ่มเล็กๆ ในเซลล์รอบท่อลำเลียง (vascular bundle) กระจายทั่วไปแต่มีขนาดเล็กเฉลี่ย 6.9×12.1 ไมครอน เกาะกลุ่มกันหลวมๆ พบตั้งแต่ cortex จนถึง pith ในใบ ผลึกค่อนข้างกลม มีขนาดเล็กพบน้อยมาก (ภาพที่ 91)

ยี่หระ (*Ocimum gratissimum* L.)

ในใบพบผลึกเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาดเล็ก 1×1 ไมครอน มีน้อยมาก (ภาพที่ 93)

ส้มป่อย

พบผลึกรูปดอกกุหลาบ (rosette) ขนาดเล็กเฉลี่ย 7.8×10.4 ไมครอน ในเส้นกลางใบ (midrib) มีน้อย

หน่อไม้ฝรั่ง (*Dendrocalamus asper* (Roem. & Schult.) Backer ex Heyne)

พบผลึกรูปสามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม และรูปไข่ มีขนาดเล็กมากเฉลี่ย 3.4×4.7 ไมครอน จัดเป็นพวกมีผลึกน้อย (ภาพที่ 84)

หอมแดง (*Allium ascalonicum* L.)

พบผลึกเป็นรูปสี่เหลี่ยม หรือกลมขนาดเล็กมากขนาด 1.7×6.5 ไมครอน พบทั่วไปแต่ไม่หนาแน่น จัดเป็นพวกมีผลึกน้อย (ภาพที่ 101)

กลุ่มที่ไม่พบผลึกได้แก่

ผักเสี้ยน (*Cleome gynandra* L.)

เป็นไม้ล้มลุก ขึ้นได้ในที่แห้งแล้งไม่พบผลึก (ภาพที่ 102-103)

ผักฮิปโป

ผักฮิปโป (หนองคาย) เป็นผักต้นเล็กๆ คล้ายถั่วออก ชอบขึ้นในที่ที่มีน้ำขังตื้นๆ รับประทานสดๆ กับน้ำพริก หรือลาบ ไม่พบผลึก (ภาพที่ 104)

ผักที่นำมาศึกษาและพบว่ามีความหลากหลายทางพฤกษศาสตร์แตกต่างกัน โดยอยู่คนละวงศ์ (family) แต่ภายในวงศ์เดียวกันก็มีทั้งผักที่อยู่ในกลุ่มมีผลึกมากและผักที่อยู่ในกลุ่มมีผลึกน้อย เช่น มะระหวาน (ฟักแม้ว) และมะระขี้นก ซึ่งอยู่ในวงศ์ Cucurbitaceae นอกจากนั้น ยังพบในวงศ์ Zingiberaceae ด้วย คือ ข่า (มาก) และกระเจียว (น้อย) ผักที่ชอบขึ้นในที่ที่มีน้ำก็มีทั้งผักที่มีผลึกมาก เช่น โสน และผักที่มีผลึกน้อยเช่น ผักขาคีเขียด และผักที่ไม่มีผลึกเลยคือ ผักชีบ่อ ผักที่ชอบอยู่ที่ดอนไม่พบผลึกเลยก็มีเช่น ผักเสี้ยน ดังนั้น ลักษณะทางพฤกษศาสตร์และถิ่นอาศัย (habitat) จึงไม่สามารถกำหนดได้ว่า ผักนั้นๆ จะมีผลึกมากหรือน้อย น่าจะเป็นลักษณะทางพันธุกรรมเป็นตัวกำหนด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Nakata *et al.* (2000) พบว่า การเกิดผลึกแคลเซียมออกซาเลตในพืชชนิดหนึ่ง (*Medicago truncatula* Gaertn.) ถูกควบคุมโดยยีน (gene) มากกว่า 7 แห่งบนโครโมโซม แต่ปริมาณแคลเซียมที่พืชได้รับก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่ง ถ้าพืชได้รับมากขึ้นขนาดของผลึกก็จะใหญ่ขึ้น โดยขนาดของผลึกจะเพิ่มตามขนาดของเซลล์ เมื่อเซลล์โตเต็มที่แล้ว เซลล์อื่นๆ ก็จะเริ่มเก็บแคลเซียมส่วนเกินต่อไปอีกทำให้มีจำนวนเซลล์ที่มีผลึก (crystal idioblast) มากขึ้น (Kostman *et al.*, 2000) จากการศึกษาพบว่าในใบที่เจริญเต็มที่แล้ว (mature) มักจะพบผลึกมากกว่าใบอ่อน เช่น แคบ้าน หม่อน ย่านาง เป็นต้น ทั้งนี้เป็นเพราะในใบอ่อนยังมีการสร้างเซลล์ หรือเพิ่มจำนวนเซลล์ ซึ่งพืชต้องใช้แคลเซียมมากในการสร้างผนังเซลล์ แต่ใบแก่ใช้แคลเซียมน้อยลง (มนัส, 2525) เพื่อไม่ให้มีปริมาณแคลเซียมเกินต้องการพืชจึงเก็บไว้ในรูปของผลึกแคลเซียมออกซาเลตและถูกนำไปใช้ได้อีกเมื่อพืชต้องการใช้แคลเซียมมากขึ้น (Harslan, 1997) ในขณะที่พืชออกดอกก็พบว่ามีปริมาณและขนาดของผลึก มากขึ้น เช่นกัน เช่น ผักโขม ผักแพว และโสมไทย ดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงการบริโภคผักใบแก่และผักที่อยู่ในระยะออกดอก

การเกิดผลึกแคลเซียมออกซาเลตในพืชก็เหมือนกับการเกิดผลึกในไตและกระเพาะปัสสาวะของคนและสัตว์ (Harslan, 1997; Alice, 1998) เมื่อมีการรวมตัวของแคลเซียมและสารออกซาเลตมากขึ้นเรื่อยๆ ก็จะกลายเป็นหินก้อนใหญ่เล็กตามกาลเวลา และเป็นโรคนี้ว่ในที่สุด (ดำรงพันธุ์และคณะ, 2533) ดังนั้นการรับประทานผักที่มีสารออกซาเลตสูง จึงไม่ควรรับประทานเป็นจำนวนมาก หรือบ่อยครั้งและควรหลีกเลี่ยงอาหารที่มีแคลเซียมสูงในมื้อนั้นๆ เช่น นม หรือผลิตภัณฑ์จากนม ถึงแม้ว่าผักที่อยู่ในกลุ่มมีผลึกมาก มักจะมีปริมาณแคลเซียมสูง เช่น ผักโขม และชะพลู (341 มิลลิกรัม และ 298 มิลลิกรัม ต่อผักสด 100 กรัม) (นิรนาม, 2541) แต่มักจะอยู่ในรูปของแคลเซียมออกซาเลตซึ่งร่างกายไม่สามารถนำไปใช้ได้ (Wills *et al.*, 1984) หากรับประทานผักที่อยู่ในกลุ่มมีผลึกมากควรรับประทานร่วมกับอาหารที่ให้โปรตีนสูง เช่น เนื้อสัตว์ ถั่วเมล็ดแห้งต่างๆ หรืออาหารที่ให้ฟอสฟอรัสสูง เช่น เมล็ดพืชทอง มันเทศ (นิรนาม, 2544) เพราะเกลือฟอสเฟต และเกลือซิเตรทจะเป็นตัวขัดขวางการรวมตัวของผลึกในร่างกาย เมื่อผลึกรวมตัวกันได้ยาก ผลึกก็จะไม่ใหญ่เกินไป หากดื่มน้ำมากๆ ร่างกาย

สามารถขับผลึกออกได้ทางปัสสาวะ ในขณะที่เดียวกันก็ควรหลีกเลี่ยงอาหารที่มียูริคสูง เช่น สัตว์ปีก และผักบางชนิด เช่น ชีเหล็ก แดงกวา หน่อไม้ เพราะกรดยูริคจะเป็นตัวเร่งให้การรวมตัวของผลึกดีขึ้น โอกาสเป็นโรคนี้จะมีมากขึ้น (ดำรงพันธุ์และคณะ, 2533)

กรดซิดริกหรือกรดจากมะนาวมีบทบาทสำคัญในการขัดขวางการรวมตัวของผลึกดังกล่าว ทำให้มีผู้เข้าใจว่าหากรับประทานผักที่มีรสเปรี้ยวคงปลอดภัยจากผลึกแคลเซียมออกซาเลท แต่จากการศึกษาพบว่า ส้มป่อย ส้มโง ซึ่งเป็พืชที่มีรสเปรี้ยวมีผลึกเป็นจำนวนมาก อย่างไรก็ตามมีการรายงานภูมิปัญญาชาวบ้านในการลดความคันของบ่อน ในการนำมาประกอบอาหารโดยการต้มเคี่ยวจนเปื่อย ใส่ น้ำมะขามเปียก หรือใบส้มป่อยลงไปด้วย (นิรนาม, 2541) จะช่วยลดอาการคันคอ และปากได้ระดับหนึ่ง อาจเป็นเพราะว่ามีผลึกชนิดเข็ม ซึ่งปกติจะอยู่รวมกันเป็นมัด (bundle of raphide) ผลึกอาจถูกทำให้แตกหักจึงลดความระคายเคืองลงได้เมื่อถูกสับฉั แต่ความเสี่ยงในการเป็นนิ่ว ยังเป็นไปได้อยู หากรับประทานบ่อย หรือร่างกายอยู่ในภาวะที่สนับสนุนการรวมกลุ่มของผลึก

ได้ทดลองต้มผักโขมในน้ำเดือด 5 นาที ปรากฏว่าไม่พบการเปลี่ยนแปลงของผลึก (กัญจนและภักธิยา, 2543) แต่มีรายงานว่ามีการลดปริมาณออกซาเลทในผักกะหล่ำชนิดหนึ่ง (skunk cabbage) ได้โดยการนำไปต้มกับ baking soda หลาย ๆ ครั้ง (Garrett, 1997) วิธีนี้คงใช้กับผักพื้นเมืองไม่ได้ เพราะผู้บริโภคคงไม่นิยมรับประทานผักต้มจนเปื่อยแต่การรับประทานผักพื้นเมืองส่วนมากรับประทานกับน้ำพริกต่าง ๆ ซึ่งมีกะปิ กุ้งแห้ง พริก หอม กระเทียม เป็นส่วนประกอบ หรือแกงผักพื้นเมืองมีกะปิ ปลาร้า เป็นส่วนประกอบเช่นกันซึ่งมีโปรตีนที่สามารถทำให้ผลึกแคลเซียมออกซาเลทเล็กลง ดังนั้นการลดความเสี่ยงในการเกิดโรคนี้ จึงต้องระมัดระวังในการบริโภค และบริโภคตามคำแนะนำ ถึงแม้ว่าการเกิดโรคจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง แต่ถ้าระมัดระวังในการบริโภคผักที่มีออกซาเลทสูงได้ ก็จะช่วยลดความเสี่ยงลงได้ระดับหนึ่ง

จากการตรวจหาผลึกแคลเซียมออกซาเลทในผักทั้ง 65 ชนิด ซึ่งได้จัดแบ่งกลุ่มผักออกได้ 4 กลุ่ม ตามปริมาณความหนาแน่นของกลุ่มผลึกดังตาราง ผักที่ถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มมีความหนาแน่นของกลุ่มผลึกมาก แสดงว่ามีสารออกซาเลทสูง เช่น ผักโขม และชะพลู ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของกระทรวงสาธารณสุขที่พบว่า ผักโขม และชะพลู เป็นผักที่มีสารออกซาเลทในปริมาณสูงถึง 944 และ 691 มิลลิกรัม ต่อผักสด 100 กรัม ตามลำดับ (นิรนาม, 2540) ผักที่มีความหนาแน่นของกลุ่มผลึกของลงมา หรือมีผลึกเล็ก จะอยู่ในกลุ่มมีผลึกปานกลาง เช่น กระโดน ซึ่งมีปริมาณออกซาเลท 59 มิลลิกรัม ต่อผักสด 100 กรัม (นิรนาม, 2540) ดังนั้นการตรวจหาผลึกแคลเซียมออกซาเลท โดยวิธีไมโครเทคนิคนี้ สามารถบอกได้ว่า ผักนั้นๆ มีปริมาณออกซาเลทมากหรือน้อย เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการชี้แนะ หรือทางเลือกในการบริโภคผักพื้นบ้าน เพื่อลดความเสี่ยงในการเป็นโรคนี้ในทางเดินปัสสาวะและผลกระทบท่อร่างกายอื่นๆ

สรุปผลการทดลอง

ผักพื้นเมืองภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ได้ตรวจหาผลึกแคลเซียมออกซาเลททั้งหมดจำนวน 65 ชนิด แบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่ม คือกลุ่มที่มีผลึกมาก ปานกลาง น้อย และไม่มีผลึกเลย

กลุ่มที่มีผลึกมาก ได้แก่ กระเจี๊ยบแดง ไข่ สะพลู ผักโขม ผักบัว ผักปลังขาว ผักปลังแดง ผักแพว ผักแพวน้ำ ผักฮุน พรักซี่ฟ้า เพี้ยฟาน พักแม้ว มะกูด ยอ ส้มป่อย โสน โสนไทย หม่อนป่า

กลุ่มที่มีผลึกปานกลาง ได้แก่ กระเทียม กล้วย(ปลี) กระเพรา คันทอง จิกใหญ่ ตะไคร้ทองหลวง ผักกระโดน ผักแขยง ผักเผ็ดแม้ว ผักพวยเรือ ผักเสี้ยว ย่านาง ส้มโอง หน่อไม้ไผ่รวกป่าไผ่พะพา

กลุ่มที่มีผลึกน้อย ได้แก่ กระเจียว กล้วย(ดิบ) ก้านตง ขาเหียด คุณ แคบ้าน ถั่วลิ้นเตา บัวบก ผักกะจ้อน ผักกาดขม ผักกุ่ม ผักชีฝรั่ง ผักชีล้อม ผักชีลาว ผักติ้ว ผักลีม้วน ผักแว่น ผักเสม็ด ผักหวานป่า เผือก มะกอก มะกอกฝรั่ง มะระขี้นก แมงลัก ยี่หระ ส้มขี้ หน่อไม้ไผ่ตง หอมแบ่ง

กลุ่มที่ไม่พบผลึก ได้แก่ ผักเสี้ยน ผักฮีบอ

เอกสารอ้างอิง

- กัญจน ปะณิน และภริยา สุทธิเชื่อนาค. 2543. การตรวจหาผลึกแคลเซียมออกซาเลทในผักโขม. หน้า 134-142. ใน : รายงานการประชุมวิชาการ ความก้าวหน้างานวิจัยด้านความหลากหลายทางชีวภาพ สมุนไพรและพืช กองพฤกษศาสตร์และพืช. 14-16 มีนาคม 2543 ณ คลองทรายรีสอร์ท เขาใหญ่ นครราชสีมา.
- ดำรงพันธุ์ วัฒนะโชติ วิโรจน์ ชดช้อย และวิชัย หงส์ไพฑูรย์. 2533. โรคนี้ในทางเดินปัสสาวะ. โครงการควบคุมโรคนี้ กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. กรุงเทพฯ. 31 หน้า.
- เต็ม สมิตินันท์. 2544. ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม. กรมป่าไม้. 810 หน้า.
- นิรนาม. 2539. ออกซาเลท : สารพิษตามธรรมชาติที่มีในผัก. หน้า 8 ใน : หนังสือพิมพ์เดลินิวส์ ฉบับประจำวันจันทร์ 19 พฤศจิกายน 2539. ชมรมเทคโนโลยีทางอาหารและชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- _____. 2540 ผักพื้นบ้าน : ความหมายและภูมิปัญญาของสามัญชนไทย สถาบันแพทย์แผนไทย กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก กรุงเทพฯ. 261หน้า.

- _____. 2541 มหัศจรรย์ผัก 108. คณะทำงานรวบรวมความรู้เกี่ยวกับผักในโครงการอนุรักษ์ผักพื้นบ้าน
มูลนิธิโตโยต้าประเทศไทย และสถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพฯ. 411 หน้า
- _____. 2544 คุณค่าที่แตกต่างระหว่างมันฝรั่งกับมันเทศ. หน้า 8 ใน : หนังสือพิมพ์เดลินิวส์ ฉบับ
ประจำวันที่ 27 กุมภาพันธ์ 2544. โครงการเผยแพร่ความรู้ผ่านสื่อมวลชน สมาคมคนแคระรัฐ
ศาสตร์แห่งประเทศไทย.
- ปัทมา วิทยากร. 2530. ผักโขม : ผักพื้นบ้านของไทย. ว. แก่นเกษตร 15(5) : 205-210.
- พรณิภา ชุมศรี. 2536. โปรตีนจากใบไม้เพื่ออาหารและยาหน้า 241-254 . ใน: ยาและผลิตภัณฑ์
ธรรมชาติ เล่ม 2 ภาควิชาเภสัชวินิจฉัย คณะเภสัชศาสตร์ มหิดล กรุงเทพฯ.
- ภูวดล บุตรรัตน์. 2532. โครงสร้างภายในของพืช. บริษัทสำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิชจำกัด.
กรุงเทพฯ. 57 หน้า
- วัชรีย์ ประชาศรียสรเดช. 2542. ผักพื้นเมืองเหนือ อีสาน ได้. กลุ่มงานพฤกษศาสตร์ กองพฤกษ
ศาสตร์และวัชพืช กรมวิชาการเกษตร. 81 หน้า.
- Alice, M. 1998. Research Interest. Botany and Plant Pathology. Purdue Univ. [http://www
Btny. Purdue. Edu./Faculty/Webb.html](http://www.Btny.Purdue.Edu/Faculty/Webb.html).
- Garrett, E. Crow. 1997. Poisonous Plants and Drug Plants. PBIO 566 Systematic Botany.
[http:// www. Unh. Edu./ herbarium/poisonous/poisonous-Plts. Html](http://www.Unh.Edu/herbarium/poisonous/poisonous-Plts.Html).
- Harslan, H., G. Palmer Reid and H.T. Horner. 1997. Calcium Oxalate Crystals in Developing
Soybean Ovules. Tektran Agricultural Research Service United States Department of
Agriculture. [http://www. Nat. usda. Gov/ttic/ tektran/data/000008/14/00000-
81458.Html](http://www.Nat.usda.Gov/ttic/tektran/data/000008/14/00000-81458.Html).
- Johansen, D.A. 1940. Plant Microtechnique McGraw Hill. New York. 523 p.
- Kostman, T.A. and V.R. Franceschi. 2000. Cell and calcium oxalate crystal growth is
coordinated to achieve high capacity calcium regulation in plants.
Protoplasma 214(3-4) : 166-179.
- Metcalf, C.R. and L. Chalk. 1950. *Anatomy of Dicotyledons and Monocotyledon*. Oxford
Univ. Press, London . 1500 p.
- Nakata, P.A. and M.M. McConn. 2000. Cell and Calcium Oxalate Formation in Plants.
<http://rycomusa.com/aspp2000/public/P34/0624.html>
- Willis, R.B.H., A.W.K. Wong., F.M. Scriven and H. Greenfield. 1984. Nutrient composition
of Chinese vegetable. *J. Agric Food. Chem.* 32 :413- 417.

ตาราง

การจัดกลุ่มผักตามความหนาแน่นของผลึกแคลเซียมออกซาเลต

ชนิดของผักพื้นเมือง	ส่วนของพืชที่ใช้ตรวจ	คะแนนปริมาณผลึกแคลเซียมออกซาเลต
กระเจียนแดง	ใบ	3
กระเจียว	ดอก	1
กระเทียม	ใบ, กาบใบ	2
กล้วยดิบ	ดอก	2
	ผล	1
กะเพรา	ใบ	2
ก้านตง	ใบ, ต้น	1
ข่า	ต้น, กาบใบ	3
ข่าเหี้ยด	ใบ, ต้น	1
คื่นช่อง	ใบ, ดอก	2
คูน	ก้านใบ	1
แคบ้าน	ใบ, ต้น	1
จิกใหญ่	ใบ	2
ชะพลู	ใบ	3
ตะไคร้	กาบใบ	2
ถั่วลันเตา	ใบ, ต้น	1
ทองหลาง	ใบ	2
บัวบก	ใบ, กาบใบ	1
ผักกระโดน	ใบ, ต้น	2
ผักกะจ๊อน	ใบ, ต้น	1
ผักกาดขม	ใบ, ก้านใบ	1
ผักกุ่ม	ใบ	1
ผักแขยง	ใบ, ต้น	2
ผักโขม	ใบ, ต้น, ดอก	3

ตาราง (ต่อ)

การจัดกลุ่มผักตามความหนาแน่นของผลึกแคลเซียมออกซาเลต

ชนิดของผักพื้นเมือง	ส่วนของพืชที่ใช้ตรวจ	คะแนนปริมาณผลึกแคลเซียมออกซาเลต
ผักชีฝรั่ง	ใบ	1
ผักชีล้อม	ใบ	1
ผักชีลาว	ใบ	1
ผักติ้ว	ใบ, ต้น	1
ผักบ่วง	ใบ, ต้น	3
ผักปลังขาว	ใบ, ต้น	3
ผักปลังแดง	ใบ, ต้น	3
ผักเผ็ดแก้ว	ต้น	2
ผักพายเรือ	ใบ, ก้านใบ	2
ผักแพว	ใบ, ต้น	3
ผักแพวน้ำ	ใบ	3
ผักลิ้นควัว	ต้น	1
ผักแว่น	ใบ	1
ผักสูง	ใบ, ต้น	3
ผักเสฉิม	ใบ, ต้น	1
ผักเลี่ยน	ใบ, ต้น	0
ผักเลี้ยว	ใบ, ต้น	2
ผักหวานบ้าน	ใบ, ต้น	1
ผักหวานป่า	ใบ, ต้น	1
ผักอีป้อ	ต้น	0
เผือก	ก้านใบ	1
พริกชี้ฟ้า	ใบ	3
เพี้ยฟาน	ใบ	3
ฟักแก้ว	ใบ, ต้น, ดอก	3
มะกรูด	ใบ	3
มะกอก	ใบ, ต้น	1
มะกอกฝรั่ง	ใบ, ต้น	1

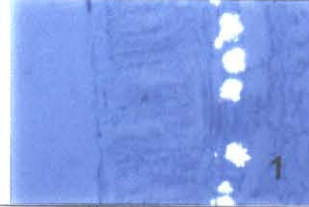
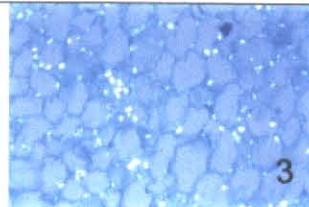
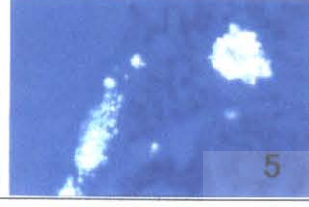
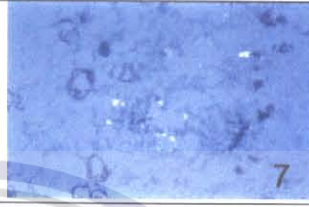
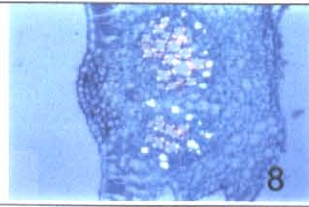
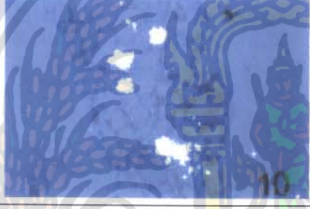
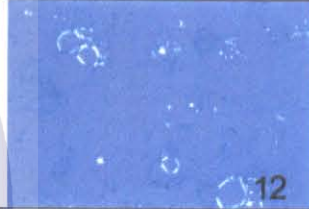
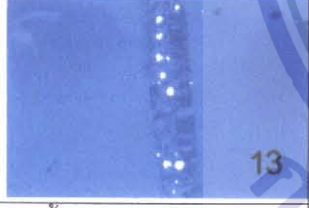
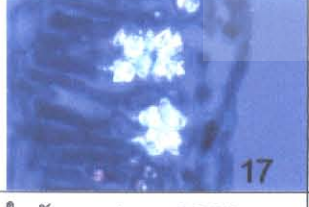
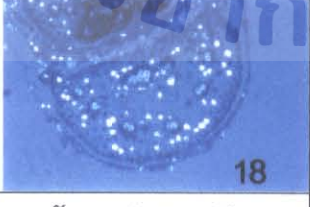
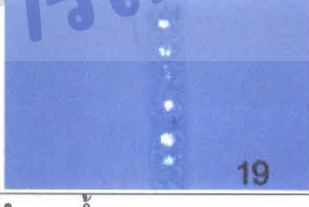
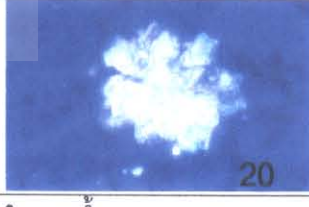
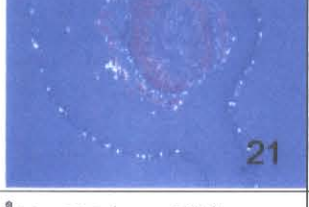
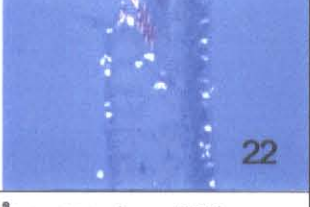
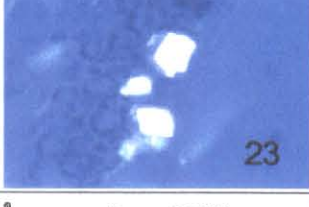
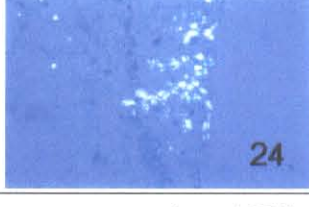
ตาราง (ต่อ)

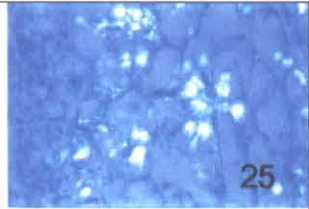
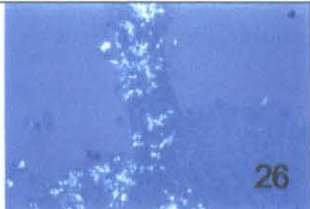
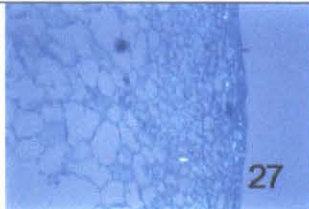
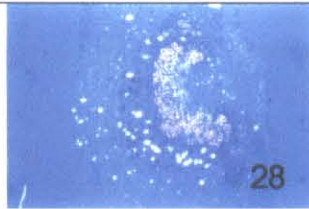
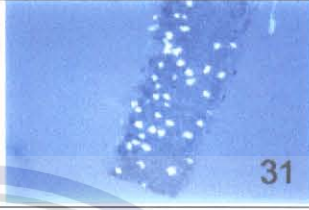
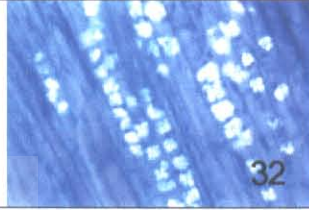
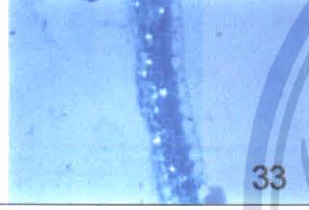
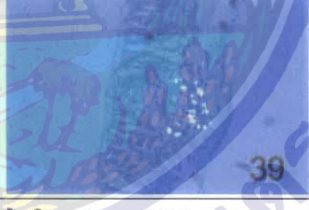
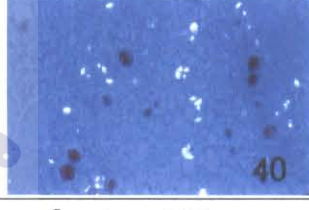
การจัดกลุ่มผักตามความหนาแน่นของผลึกแคลเซียมออกซาเลต

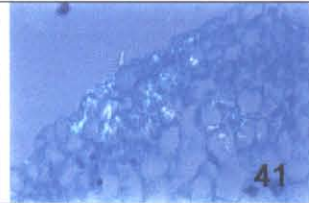
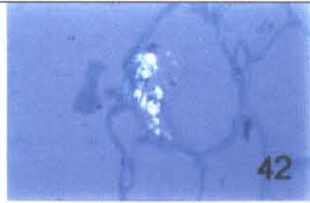
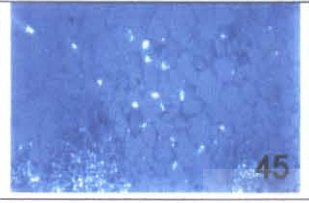
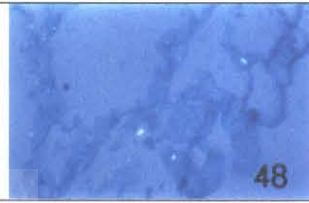
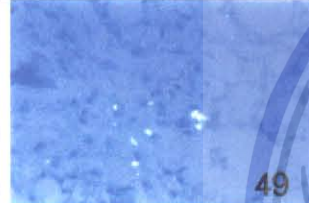
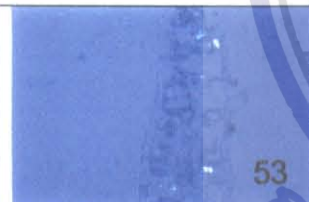
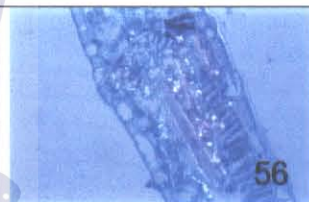
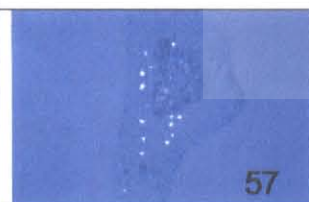
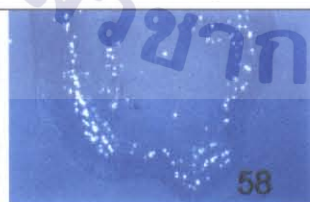
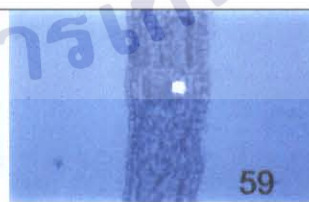
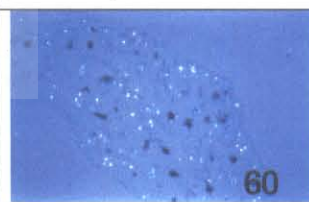
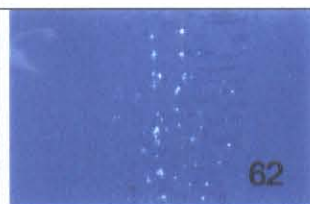
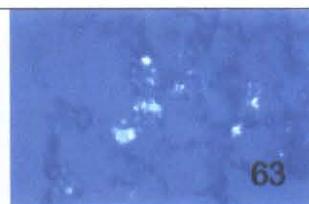
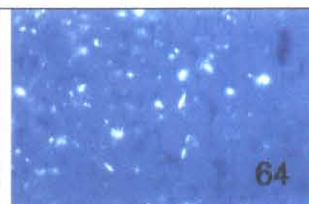
ชนิดของผักพื้นเมือง	ส่วนของพืชที่ใช้ตรวจ	คะแนนปริมาณผลึกแคลเซียมออกซาเลต
มะระขี้นก	ใบ, ต้น, ดอก	1
แมงลัก	ใบ, ต้น	1
ยอ	ใบ	3
ย่านาง	ใบ	2
ยี่หระ	ใบ	1
ส้มปี้	ใบ	1
ส้มโอม	ใบ, ต้น	2
ส้มป่อย	ใบ	3
โสน	ใบ, ต้น	3
โสมไทย	ใบ, ต้น	3
หน่อไม้ไผ่ตง	หน่อ	1
หน่อไม้ไผ่รวก	หน่อ	2
หน่อไม้ป่า	ใบ	3
หอม	ต้น	1
โหระพา	ใบ	2

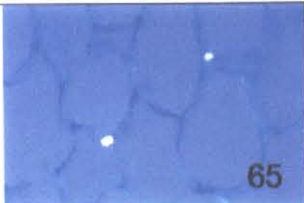
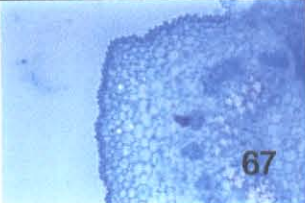
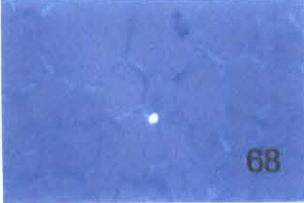
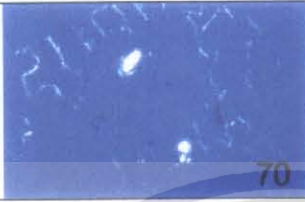
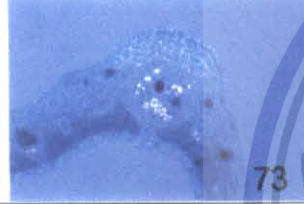
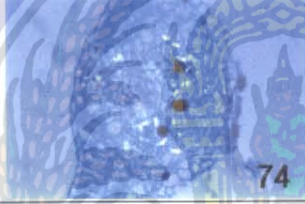
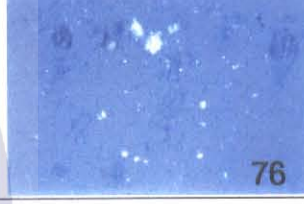
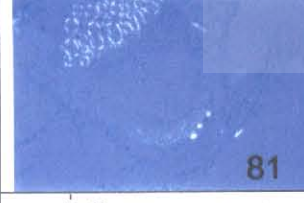
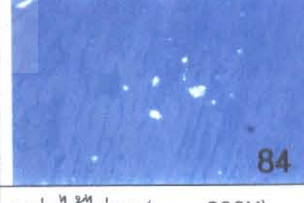
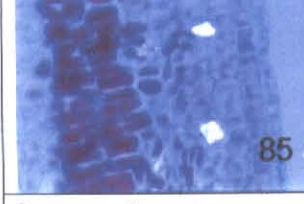
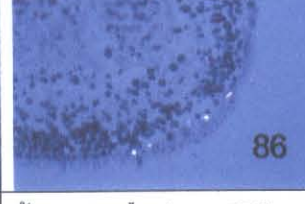
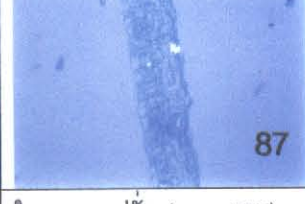
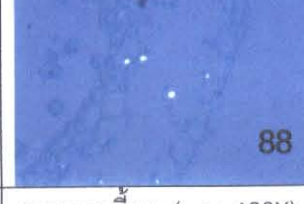
คะแนนความหนาแน่นของผลึกต่อพื้นที่

เปอร์เซ็นต์พื้นที่ผลึกต่อพื้นที่ 0	(ไม่พบผลึก)	ให้คะแนนเท่ากับ 0
เปอร์เซ็นต์พื้นที่ผลึกต่อพื้นที่ 1-5	(ผลึกน้อย)	ให้คะแนนเท่ากับ 1
เปอร์เซ็นต์พื้นที่ผลึกต่อพื้นที่ 6-10	(ผลึกปานกลาง)	ให้คะแนนเท่ากับ 2
เปอร์เซ็นต์พื้นที่ผลึกต่อพื้นที่มากกว่า 10 (ผลึกมาก)		ให้คะแนนเท่ากับ 3

ภาพกลุ่มผักที่มีผลึกแคลเซียมออกซาเลต(จุดสีขาวในภาพ)จำนวนมาก			
			
ใบกระเจียวแดง (x-s; 100X) ผลึกแบบdruse	ใบกระเจียวแดง (x-s ; 20X)	เหง้าข้าวอ่อน (x-s; 100X) ผลึกหลายแบบ	ใบผักโขม (x-s ; 20X)
			
ใบผักโขม (x-s ; 200X) ผลึก แบบcrystal sand, rosette	ใบชะพลู (x-s; 100X) ผลึกแบบcrystal sand	ต้นผักบัว (x-s ; 50X)	ใบผักบัว (x-s ; 50X)
			
ใบผักปรงแดง (x-s ; 200X) ผลึกแบบdruseหรือ rosette	ใบผักปรงแดง (x-s ; 50X)	ต้นผักปรงแดง (x-s ; 50X)	ต้นผักปรงขาว (x-s ; 50X)
			
ใบเพี้ยพาน (x-s ; 50X) ผลึกแบบdruse	ใบพริกขี้หนู (x-s ; 50X)	ใบพริกขี้หนู (x-s ; 200X)ผลึก แบบdruse, crystal sand	ใบผักแพว (x-s ; 20X)
			
ใบผักแพว (x-s ; 200X) ผลึกแบบdruse	ยอดผักแพว (x-s ; 20X)	ใบแพวน้ำ (x-s ; 20X)	ใบแพวน้ำ (x-s ; 200X) ผลึกแบบ rosette
			
ใบมะกรูด (x-s ; 20X)	ใบมะกรูด (x-s ; 50X)	ใบมะกรูด (x-s ; 200X) ผลึกแบบ cubical crystal	ยอดมะระหวาน (x-s ; 100X)

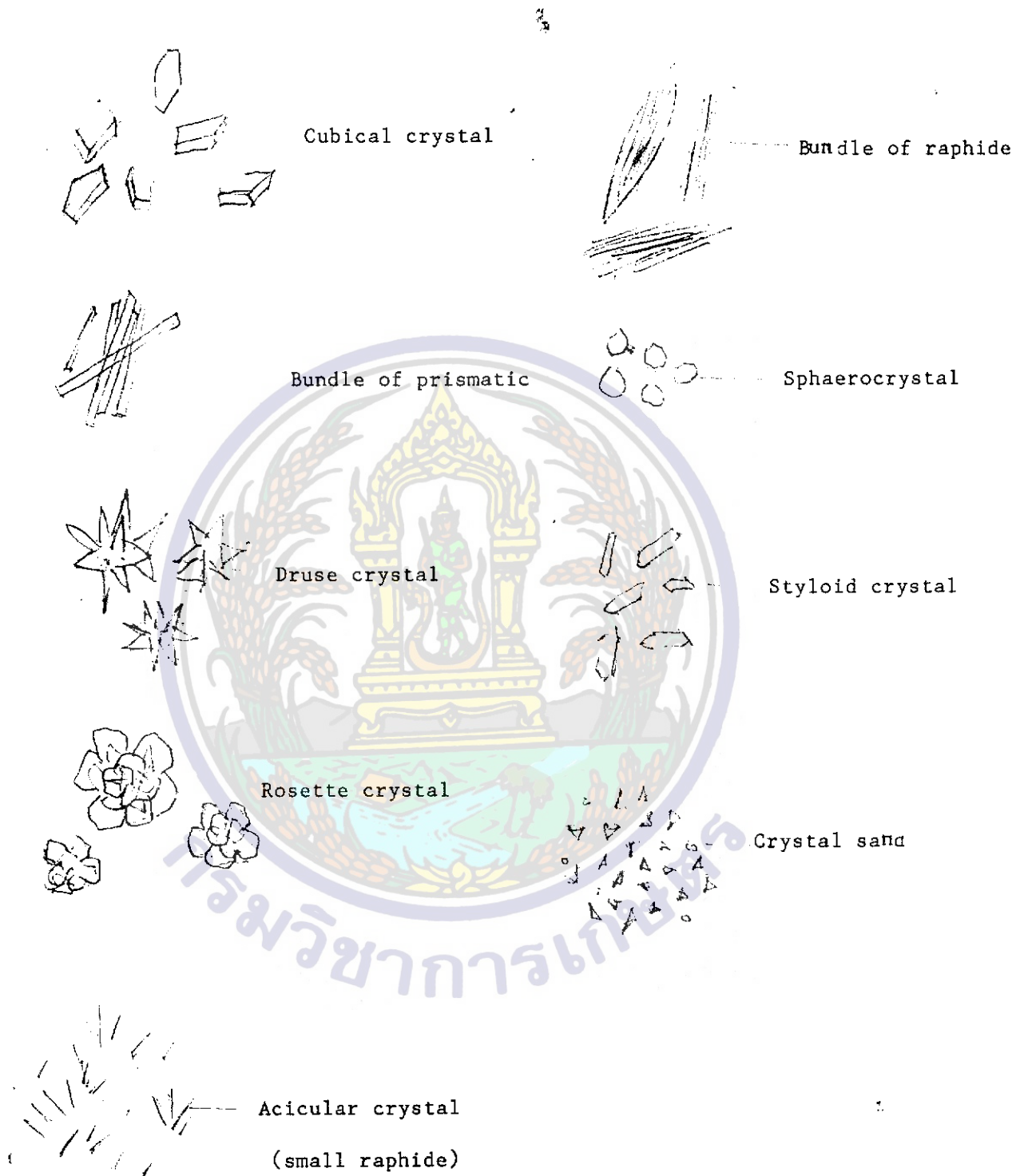
ภาพกลุ่มผักที่มีผลึกแคลเซียมออกซาเลท(จุดสีขาวในภาพ)จำนวนมาก			
			
ขมิ้น (x-s ; 200X) ผลึกแบบ acicular crystal	ขมิ้น (x-s ; 50X)	ขมิ้น (x-s ; 50X)	ขมิ้น (x-s ; 20X)
			
ขมิ้น (x-s ; 50X)	ขมิ้น (x-s; 200X) ผลึก แบบ bundle of prismatic	ขมิ้น (x-s ; 100X)	ขมิ้น (x-s ; 200X) ผลึกแบบ druse
			
ขมิ้น (x-s; 100X)	ขมิ้น (x-s ; 200X)	ขมิ้น (x-s ; 20X)	ขมิ้น (x-s ; 20X)
			
ขมิ้น (x-s ; 100X) ผลึกแบบ cubical crystal	ขมิ้น (x-s ; 20X) ผลึกแบบ rosette	ขมิ้น (x-s ; 50X) ผลึกแบบ rosette	ขมิ้น (x-s ; 50X)

ภาพกลุ่มผักที่มีผลึกแคลเซียมออกซาลาเลท(จุดสีขาวในภาพ)จำนวนปานกลาง			
			
ต้นกระเทียม (x-s; 200X) ผลึกลายดอกไม้แคระ	ใบกระเทียม (x-s ; 200X)	ใบกระเพราแดง (x-s; 50X)	ใบกระเพราขาว (x-s ; 50X)
			
ยอดผักเผ็ดแก้ว (x-s ; 50X)	ยอดผักเผ็ดแก้ว (x-s; 200X) ผลึกแบบ acicular crystal	ก้านดอกคันท้อง (x-s ; 200X) ผลึกแบบ prismatic	ใบคันท้อง (x-s ; 200X)
			
หน่อไม้ฝรั่งขาว (x-s; 200X) ผลึกหลายแบบ	ใบจิกใหญ่ (x-s ; 50X) ผลึกรูปดอกไม้	ใบตะไคร้ (x-s ; 50X)	ใบตะไคร้ (x-s ; 200X) ผลึกแบบ cubical crystal
			
ใบทองหลาง (x-s ; 50X)	ใบผักพวยเรือ (x-s ; 200X) ผลึกแบบ cubical crystal	ต้นผักพวยเรือ (x-s; 200X)	ใบย่านาง (x-s ; 100X) ผลึกแบบ prismatic
			
ใบส้มโง (x-s ; 20X) ผลึกแบบ rosette	ต้นผักเสี้ยน (x-s ; 20X)	ใบผักเสี้ยน (x-s ; 100X) ผลึกแบบ rosette	หัวปลี (x-s ; 20X)
			
หัวปลี (x-s ; 200X) ผลึกแบบ cubical และ styloid	ใบโหระพา (x-s ; 50X)	ใบโหระพา (x-s ; 200X) ผลึกแบบ crystal sand	ต้นโหระพา (x-s ; 200X)

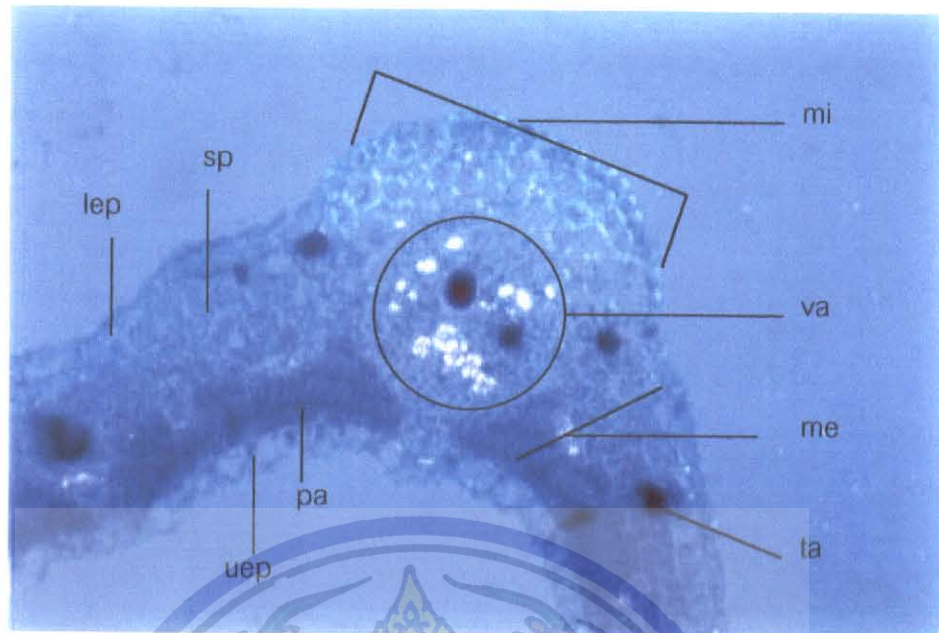
ภาพกลุ่มผักที่มีผลึกแคลเซียมออกซาเลท(จุดสีขาวในภาพ)จำนวนน้อย			
			
ก้านดอกกระเจียว (x-s;200X) ผลึกsphaerocrystal,cubical	ยอดกระเจียน (x-s ; 50X) ผลึกsphaerocrystal,cubical	ใบกุ่มน้ำแก่ (x-s; 50X) ผลึกรูปไข่	ใบผักกาดขม (x-s ; 100X) ผลึกsphaerocrystal
			
เปลือกผลกล้วย (x-s; 200X) ผลึกแบบbundle of raphide	ก้านเหือก(x-s; 50X)ผลึกแบบ druse, bundle of raphide	ยอดก้านตง (x-s ;50X) ผลึกแบบ druse	ใบก้านตง (x-s ; 50X)
			
ใบแคอ่อน (x-s; 50X) ผลึกแบบ cubical crystal	ใบแคแก่ (x-s ; 50X)	ยอดแคอ่อน (x-s ; 20X)	ก้านใบผักคูน (x-s ; 50X) ผลึกแบบ crystal sand
			
ใบผักชีฝรั่ง (x-s ; 50X) ผลึกแบบ rosette	ใบผักชีล้อม (x-s ; 100X)	ใบผักชีลาว (x-s; 200X) ผลึกแบบ crystal sand	ใบผักติ้ว (x-s ; 20X)
			
ยอดถั่วลิ้นเตา (x-s ; 50X)	ใบถั่วลิ้นเตา (x-s ; 200X) ผลึกแบบ cubical crystal	ต้นบัวบก (x-s ; 100X) ผลึกแบบ druse	หน่อไม้ไผ่ตง (x-s ; 200X) ผลึกหลายแบบ
			
ใบมะกอกป่า (x-s ; 200X) ผลึกแบบcubicalและstyloid	ต้นมะกอกป่า (x-s ; 50X)	ใบมะกอกฝรั่ง (x-s ; 50X) ผลึกแบบ ดอกไม้	ดอกมะระขี้นก (x-s ; 100X)

ภาพกลุ่มผักที่มีผลึกแคลเซียมออกซาเลต(จุดสีขาวในภาพ)จำนวนน้อย			
 89	 90	 91	 92
ยอดมะระขี้นก (x-s; 100X) ผลึกรูปสี่เหลี่ยมหรือดอกไม้	ผลมะระขี้นก (x-s ; 100X)	ใบแมงลัก (x-s; 50X) ผลึกแบบ prismatic	ใบผักเม็ก (x-s ; 50X) ผลึกรูปเม็ดพุทรา
 93	 94	 95	 96
ใบยี่หระ (x-s ; 50X) ผลึกรูปสี่เหลี่ยม	ต้นผักลิ้นควัว (x-s; 200X) ผลึกรูปสี่เหลี่ยมเกือบกลม	ใบผักหวานบ้าน (x-s ;20X)	ต้นผักหวานบ้าน (x-s; 20X) ผลึกแบบ druse
 97	 98	 99	 100
ใบผักหวานป่า(x-s; 20X) ผลึกรูปสี่เหลี่ยมเกือบกลม	ใบผักแว่น (x-s ; 50X) ผลึกแบบ druse	ใบส้มป่อย (x-s ; 50X)	ต้นอีฮิน(ขาเขียด) (x-s; 50X) ผลึกแบบ bundle of raphide
 101	 102	 103	 104
ต้นหอม (x-s ; 200X) ผลึกรูปสี่เหลี่ยมและกลม	ต้นผักเสี้ยน (x-s ; 200X) ไม่พบผลึก	ใบผักเสี้ยน (x-s; 200X) ไม่พบผลึก	ต้นอีบ่อ (x-s; 100X) ไม่พบผลึก

ลักษณะรูปร่างของผลึกแคลเซียมออกซาเลต



ภาพแสดงกลุ่มผลึก (จุดสีขาว) และส่วนต่างๆของลักษณะภายในใบและลำต้นผักแคบ้าน



ลำต้น

co = cortex

sp = spongy cell

lep = lower epidermis

ta = tanin

me = mesophyll

uep = upper epidermis

mi = mid rib

va = vascular bundle

pa = palisade cell

ve = vein

pi = pith

การตรวจหาผลึกแคลเซียมออกซาเลตในผักโขม

Examination for Calcium Oxalate in Amaranths (*Amaranthus* spp.)

กัญจนา โปะเงิน และ กัทธิยา สุทธิเชื่อนาค

กลุ่มงานพฤกษศาสตร์

กองพฤกษศาสตร์และวัชพืช

บทคัดย่อ

ได้ตรวจหาผลึกแคลเซียมออกซาเลตในผักโขม 6 ชนิด 18 สายพันธุ์ รวม 22 ตัวอย่าง ได้แก่ *Amaranthus gangeticus* L. 6 สายพันธุ์ (G 2277, G 2278, G 2279, G 2280, G 2281 และ G 2282), *A. tricolor* L. 12 สายพันธุ์ (T จิน, T ดันเหลือง (ไต้หวัน), T ดันขาว, T ดันเขียว, T 2356, T 2359, T 2361, T 2367, T 2271, T 2272, T 2297 และพันธุ์การค้าตราเด็กบิน (T เขียว), *A. hybridus*, L. *A. viridis*, *A. lividus* L. และ *A. sp.* จากญี่ปุ่น เพื่อศึกษาปริมาณผลึกแคลเซียมออกซาเลตในผักโขม สายพันธุ์ต่าง ๆ โดยเก็บตัวอย่างใบและต้นเฉพาะส่วนที่นำมารับประทานได้ จากสถานีวิจัยปากช่อง สถาบันอินทรีจันทร์สถิตย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นำมาศึกษาทางด้าน microtechnique ตามวิธีของ Johansen (1940) ตรวจหาผลึกและวัดขนาดภายใต้กล้องจุลทรรศน์โดยเก็บตัวอย่างมาศึกษา 3 ระยะคือ ระยะต้นอ่อน ระยะเจริญทางใบ และระยะออกดอก จากการศึกษพบว่า *A. tricolor* L. ทั้งหมด 12 สายพันธุ์ มีปริมาณผลึกแคลเซียมออกซาเลตแตกต่างกัน สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีปริมาณผลึกมาก ได้แก่ Tขาว T2356 Tเขียว T2271 และ T2297 กลุ่มที่มีปริมาณผลึกปานกลาง ได้แก่ T2361 Tเขียว (ตราเด็กบิน) T2297 T2367 และ Tเหลือง (ไต้หวัน) กลุ่มที่มีผลึกน้อย ได้แก่ Tจิน และ T2359 ซึ่งมีปริมาณและขนาดของกลุ่มผลึกน้อยที่สุดในผักโขมที่นำมาศึกษาทั้งหมด แต่ผักโขมชนิดอื่นๆ ได้แก่ *A. hybridus* L., *A. viridis* L. และ *A. lividus* L. เป็นชนิดที่อยู่ในกลุ่มมีผลึกมาก *A. gangeticus* L. ทั้ง 6 สายพันธุ์ก็จัดอยู่ในกลุ่มมีผลึกมากทุกสายพันธุ์ โดย G2277 มีขนาดผลึกเล็กกว่าสายพันธุ์อื่น *A.sp.* จากญี่ปุ่น มีผลึกมากในใบแต่น้อยในต้น จัดอยู่ในกลุ่มมีผลึกปานกลาง และพบว่า ปริมาณผลึกแคลเซียมออกซาเลตในผักโขมทุกชนิดและสายพันธุ์ในระยะเจริญทางใบ (vegetative) จะน้อยกว่าระยะต้นอ่อน (seedling) และระยะออกดอก (reproductive)

คำนำ

ผักโขม (amaranth) เป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ *Amaranthaceae* สกุล *Amaranthus* มีประมาณ 60 ชนิด(species) พบทั้งในเขตอบอุ่นและเขตร้อน เป็นพืชดั้งเดิมของทวีปอเมริกา และเอเชีย รู้จักนำมารับประทานนานแล้วตั้งแต่สมัยชนพื้นเมืองของทวีปอเมริกา ปัจจุบันมีการปลูกเป็นการ

คำ โดยมีทั้งชนิดที่ใช้ประโยชน์จากเมล็ด (grain amaranth) เช่น *A. hypochondriacus* L. *A. caudatus* L. และ *A. cruentus* L. และชนิดที่ใช้ใบเป็นอาหาร (vegetable amaranth) เช่น *A. tricolor* L. ซึ่งเป็นที่นิยมรับประทานของคนเอเชีย (สุนทรและคณะ, 2530)

ผักโขมเป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการ เพราะมีปริมาณโปรตีนสูง (17.4 - 38.3% ของน้ำหนักแห้ง) ประกอบด้วย amino acid ที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ (44%) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง มี Lysine (5%) ซึ่งเป็น Amino acid ที่ไม่มีในผักและธัญพืชบางชนิด เช่น ถั่วเหลือง (Lloyd, 1986; Teutonico and Knorr, 1985) มีการวิจัยเพื่อสกัดโปรตีนเข้มข้นจากผักโขมด้วย (พรธินา, 2536) นอกจากนี้ใบผักโขม ยังอุดมด้วยคาร์โบไฮเดรต วิตามิน และเกลือแร่หลายชนิด (Betschart *et al.*, 1981; Mathai, 1978) อาทิ เหล็ก ฟอสฟอรัส แคลเซียม เบต้าแคโรทีน และวิตามินซี (ปัทมา, 2530) แต่ก็ไม่สามารถรับประทานผักโขมเป็นจำนวนมากได้เนื่องจากมีสารออกซาเลตสูง โดยพบตั้งแต่ 0.2-11.4% ของน้ำหนักแห้ง (Teutonico and Knorr, 1985) บางชนิด (*A. retroflexus* L.) พบถึง 30% ของน้ำหนักแห้ง (Osweiler *et al.*, 1985) สารออกซาเลตเมื่อเข้าไปในร่างกายจะเข้าไปจับกับแคลเซียม ทำให้ปริมาณแคลเซียมในเลือดลดลง เป็นผลให้เกิดโรค hypocalcemia เมื่อมีการบาดเจ็บเลือดจะหยุดไหลได้ช้า (Sealy *et al.*, 1990) อีกประการหนึ่งออกซาเลตจะไปรวมตัวกับแคลเซียมเกิดเป็นผลึกแคลเซียมออกซาเลต (calcium oxalate) ในน้ำปัสสาวะและสะสมกันมากขึ้นกลายเป็นนิ่วในทางเดินปัสสาวะได้ (ดำรงพันธุ์และคณะ, 2533)

การเกิดผลึกแคลเซียมออกซาเลตในพืช ก็เหมือนกับการเกิดผลึกที่พบในไตและกระเพาะปัสสาวะของคนและสัตว์ ถ้ามีปริมาณของแคลเซียม และกรดออกซาลิกสูงก็พบผลึกมาก ผลึกมีขนาดใหญ่เกิดอยู่ในช่องว่าง (vacuole) ในเซลล์ (Kostman *et al.*, 2000) การเกิดผลึกแคลเซียมออกซาเลต เป็นการควบคุมปริมาณแคลเซียมที่มากเกินไป ไม่ให้เป็นอันตรายต่อพืช (Alice, 1998) มีการเกิดขึ้นและสลายไปได้ เมื่อพืชมีความต้องการใช้แคลเซียมอีกผลึกก็จะสลายตัวปลดปล่อยแคลเซียมออกมา (Harslan *et al.*, 1997) ซึ่งเป็นขบวนการที่สลับซับซ้อนและถูกควบคุมโดยยีน (gene) มากกว่า 7 แห่ง บนโครโมโซม (Nakata *et al.*, 2000) ซึ่งเป็นปัจจัยภายในของพืช แต่ก็มีปัจจัยภายนอกเข้ามาเกี่ยวข้องกับขนาดและจำนวนของเซลล์ที่มีผลึกด้วยนั่นคือ ถ้าพืชได้รับแคลเซียมเพิ่มขึ้น ขนาดของผลึกก็จะเพิ่มขึ้น โดยสัมพันธ์กับการเพิ่มขนาดของเซลล์ เมื่อเซลล์โตเต็มที่แล้ว (mature) การเพิ่มขนาดของผลึกในเซลล์นั้นก็หยุด และเริ่มสร้างผลึกใหม่ในเซลล์อื่นต่อไป (Kostman *et al.*, 2000)

การศึกษาลักษณะภายในของพืชภายใต้กล้องจุลทรรศน์ สามารถตรวจหาผลึกแคลเซียมออกซาเลตได้ มีการศึกษาในผักพื้นเมืองภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่า มีผักหลายชนิดที่มีปริมาณผลึกมากโดยเฉพาะผักโขม (*Amaranthus lividus* L.) โดยพบทั้งในต้น ใบ และดอก (กัญจนและภทริยา, 2540) แต่ผักโขมที่รับประทานได้มีหลายชนิด (species) ทั้งต้นเล็กและต้นใหญ่ ใบเล็กและใบใหญ่กว้าง ซึ่งมีการปลูกรวบรวมไว้ที่สถานีวิจัยปากช่องสถาบันอินทรีจันทร์สถิตย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (พินิจและคณะ, 2540) โดยนำเมล็ดพันธุ์มาจากศูนย์วิจัยพืชผักแห่งเอเชีย (AVRDC) ซึ่งรวบรวมชนิดและสายพันธุ์ผักโขมจากแหล่งต่าง ๆ ทั่วโลก ดังนั้นจึงควรศึกษาผลึกแคล

เชื่อมโยงออกซาเลทในผักโขมเหล่านี้ เพื่อให้ทราบว่ามีความแตกต่างของปริมาณผลึกหรือไม่จะได้ข้อมูลในการคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีปริมาณผลึกต่ำเพื่อการปรับปรุงพันธุ์ และผลิตเมล็ดพันธุ์เพื่อปลูกเป็นการค้าต่อไป

จากการศึกษาในผักพื้นเมืองภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบผักบางชนิด ในขณะที่กำลังออกดอกมักจะมีปริมาณผลึกมากขึ้น เช่น โสมไทย ผักแพว (กัญจนนาและภักทริยา, 2544) จึงควรศึกษาปริมาณผลึกในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของผักโขมด้วยเพื่อเป็นข้อมูลในการนำมาบริโภค

เวลาและสถานที่ทำการทดลอง

ระยะเวลาทำการทดลอง มีนาคม 2541-กุมภาพันธ์ 2543

สถานที่ทำการทดลอง

สถานีวิจัยปากช่อง สถาบันอินทรีจันทร์สถิตย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
กองพฤกษศาสตร์และวัชพืช กรมวิชาการเกษตร

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ตัวอย่างผักโขม 6 ชนิด ได้แก่
 - 1.1 *Amaranthus tricolor* L. 12 สายพันธุ์ ได้แก่ Tต้นเหลือง (ไต้หวัน) Tต้นขาว Tต้นเขียว T2356 T2359 T2367 T2271 T2272 T2297 และพันธุ์การค้า Tเขียวตราเด็กบิน (ชื่อสายพันธุ์อื่นเดียวกันกับ AVRDC)
 - 1.2 *Amaranthus gangeticus* L. 6 สายพันธุ์ ได้แก่ G2277 G2278 G2279 G2280 G2281 และ G2282 (ชื่อสายพันธุ์อื่นเดียวกันกับ AVRDC)
 - 1.3 *Amaranthus hybridus* L.
 - 1.4 *Amaranthus lividus* L.
 - 1.5 *Amaranthus viridis* L.
 - 1.6 *Amaranthus* sp. จากญี่ปุ่น.
2. Fixative reagent (formalin-aceto- alcohol)
3. น้ำยาเคมีต่างๆ ที่ใช้ในการทำสไลด์ถาวร
4. เครื่องมือตัดเนื้อเยื่อพืช (microtome)
5. สีย้อมเซลล์พืช safranin และ fast green
6. กล้องจุลทรรศน์ ยี่ห้อ Nikon รุ่น Optiphot-2
7. อุปกรณ์วัดขนาดผลึก (micrometer) และอุปกรณ์ถ่ายภาพจากกล้องจุลทรรศน์

วิธีการ

1. เตรียมตัวอย่างพืช

เก็บตัวอย่างต้น และใบ เฉพาะส่วนที่รับประทานได้ ของผักโขมทั้ง 6 ชนิด 18 สายพันธุ์ รวม 22 ตัวอย่าง จากสถานีวิจัยปากช่อง สถาบันอินทรีจันทร์สถิตย์ ในระยะต้นอ่อน(seedling) ระยะเจริญทางใบ (vegetative) และระยะออกดอก (reproductive) ล้างให้สะอาด

2. เตรียมสไลด์ถาวร เพื่อการศึกษาทางด้าน Microtechnique ตามวิธีการของ Johansen (1940)

2.1 Fixing นำตัวอย่างผักจากข้อ 1 ตัดให้เป็นชิ้นเล็กๆ ขนาด 5x7 มิลลิเมตร ตัวอย่างละ 5 ชิ้น แช่ใน fixative reagent (formalin – aceto – alcohol) เพื่อหยุดยวบนต่างๆ ในเซลล์พืชทันที โดยไม่ทำให้เนื้อเยื่อพืชเสียหาย แล้วนำเข้าเครื่อง vacuum pump ดูดอากาศออกเพื่อให้น้ำยา fixative reagent ซึมเข้าสู่เนื้อเยื่อพืชโดยเร็ว

2.2 Dehydrating นำตัวอย่างจากข้อ 2.1 มาผ่านขบวนการดึงน้ำออกจากเซลล์พืช โดยใช้ alcohol เข้าไปแทนที่น้ำ และใช้ paraffin เข้าไปแทนที่ alcohol ตามวิธีการของ Johansen (1940)

2.3 Embedding นำตัวอย่างที่แช่อยู่ในพาราฟินเหลวเทลงในกระตงกระดาด จัดตัวอย่างพืชให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม เติมพาราฟินเหลวให้ท่วมตัวอย่างพอประมาณ หลังจากนั้นนำกระตงกระดาดแช่ในน้ำเย็นเพื่อให้พาราฟินแข็งตัวทันที แกะกระดาดออกทิ้ง นำตัวอย่างที่ฝังอยู่ในแท่งพาราฟินเก็บไว้ในที่เย็น เพื่อรอดำเนินการต่อไป

2.4 Sectioning นำตัวอย่างที่ฝังอยู่ในแท่งพาราฟินจากข้อ 2.3 นำมาตัดให้เหลือชิ้นละ 1 ตัวอย่าง โดยตัดเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมนำไปติดบนแผ่นไม้ ซึ่งมีรูปร่างเป็นแท่งสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ ขนาด 1x1.5x2.5 เซนติเมตร (กว้างxยาวxสูง) แล้วนำแผ่นไม้ใส่ใน rotary microtome เพื่อตัด section เป็นสไลยาวเหมือนริบบิ้น มีความบาง 11 ไมครอน ตัดริบบิ้นเป็นชิ้นยาวประมาณ 3 เซนติเมตร นำไปติดบนแผ่นกระจกสไลด์ ซึ่งอุ่นให้ร้อนบน hot plate โดยใช้ Haupt's gelatin เป็นกาวยึด นำสไลด์เข้าตู้อบอุณหภูมิประมาณ 40 องศาเซลเซียส เพื่ออบให้แห้ง

2.5 Staining สไลด์จากข้อ 2.4 เมื่ออบแห้งดีแล้ว จึงนำมาย้อมด้วยสี safranin และ fast green ก่อนการย้อมสี จะต้องล้างเอาพาราฟินออกก่อน โดยแช่สไลด์ใน xylene แล้วใช้ 95 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ethyl alcohol ล้าง xylene ออก แล่ สไลด์ในแต่ละ solution ประมาณ 5 นาที เมื่อล้างพาราฟินออกหมดแล้ว จึงย้อมด้วยสี safranin โดยนำสไลด์ลงแช่ใน safranin solution ประมาณ 5 นาที ล้างสีแดงส่วนเกินออกด้วยน้ำ แล้วไล่สีน้ำออกจากสไลด์ โดยนำไปแช่ใน 50 และ 95 เปอร์เซ็นต์ ethyl alcohol อย่างละ 1 นาที หลังจากนั้นหยดสี fast green ลงบนสไลด์ เอียงสไลด์ ให้สีติดทั่วทั้งแผ่น ล้างสีเขียวส่วนเกินออกด้วย absolute ethyl alcohol แล้วแช่สไลด์ไว้ใน xylene อย่างน้อย 12 ชั่วโมง

2.6 Mounting นำสไลด์จากข้อ 2.5 มาเชื่อมสไลด์ส่วนเกินออกแล้ว mount สไลด์ ด้วย canada balsam ปิดกระจก (cover glass) ทับบนส่วนที่มีตัวอย่างติดอยู่ เชื่อม canada balsam ส่วนเกินออก แล้วนำไปเข้าตู้อบอุณหภูมิประมาณ 40-50 องศาเซลเซียส 1-2 วัน เพื่อให้สไลด์แห้ง

3. ตรวจเนื้อเยื่อภายใต้กล้องจุลทรรศน์

สไลด์จากข้อ 2.6 เมื่อแห้งดีแล้ว นำออกมาเชื่อมทำความสะอาดเอา canada balsam ส่วนเกินออกด้วย xylene เพื่อให้สไลด์ใส พร้อมทั้งนำไปตรวจเนื้อเยื่อ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์และประเมินปริมาณผลึกด้วยสายตา (visual assessment)

4. วัดขนาดและบันทึกลักษณะของผลึก วัดขนาดผลึกโดยใช้ micrometer (1 ช่องของ micrometer = 2.6 ไมครอน) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์(objective lens กำลังขยาย 40 เท่า และ eyepiece lens กำลังขยาย 15 เท่า) และบันทึกลักษณะของผลึกโดยถ่ายภาพภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 20 เท่า (objective lens กำลังขยาย 4 x projection lens กำลังขยาย 5)

5. การให้คะแนน ให้คะแนนตามเปอร์เซ็นต์พื้นที่ผลึกต่อพื้นที่ดังนี้

เปอร์เซ็นต์พื้นที่ผลึกต่อพื้นที่	0 (ไม่พบผลึก)	ให้คะแนนเท่ากับ 0
เปอร์เซ็นต์พื้นที่ผลึกต่อพื้นที่	1-5 (ผลึกน้อย)	ให้คะแนนเท่ากับ 1
เปอร์เซ็นต์พื้นที่ผลึกต่อพื้นที่	6-10 (ผลึกปานกลาง)	ให้คะแนนเท่ากับ 2
เปอร์เซ็นต์พื้นที่ผลึกต่อพื้นที่	มากกว่า 10 (ผลึกมาก)	ให้คะแนนเท่ากับ 3

วิธีหาเปอร์เซ็นต์พื้นที่ของผลึกต่อพื้นที่

กำหนดพื้นที่ภาคตัดขวางของใบและต้นเป็นสี่เหลี่ยมขนาด 0.01 ตารางมิลลิเมตร(100 x100 ไมครอน)สุ่มวัดพื้นที่รวมของผลึกที่อยู่ภายในพื้นที่สี่เหลี่ยมที่กำหนด 10 จุด แล้วหาเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผลึกต่อพื้นที่ใบที่กำหนด หาค่าเฉลี่ยทั้ง 10 จุดนั้นโดยการคำนวณดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์พื้นที่ของผลึก} = \frac{(\text{พื้นที่ผลึก } a_1 + a_2 + \dots + a_n) \times 100}{1 \text{ หน่วยพื้นที่}}$$

$$a_1, a_2, \dots, a_n = \text{ผลึกที่ } 1, 2, \dots, n$$

$$1 \text{ หน่วยพื้นที่} = 0.01 \text{ ตารางมิลลิเมตร}$$

ผลการทดลองและวิจารณ์

ได้ตรวจหาผลึกแคลเซียมออกซาเลทและประเมินปริมาณของผลึกในผักโขมทั้ง 6 ชนิด 18 สายพันธุ์ (lines) ด้วยสายตา (visual assessment) พร้อมทั้งวัดขนาดของผลึกด้วยไมโครมิเตอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่า ผักโขมมีปริมาณและขนาดของผลึกมากน้อยแตกต่างกันในแต่ละชนิด และสายพันธุ์ ทั้ง 3 ระยะการเจริญเติบโต

1. *Amaranthus gangeticus* L. (Syn. *A. tricolor* L.) (เต็ม, 2544) ผักโขมในกลุ่มของ *A. gangeticus* พบว่ามีผลึกมากทั้งในต้น และใบ ทั้ง 3 ระยะการเจริญเติบโต ในระยะ seedling บางสายพันธุ์ ผลึกในใบมีขนาดใหญ่กว่า หรือใกล้เคียงกับระยะ vegetative แต่มีจำนวนผลึกมากกว่าค่อนข้างหนาแน่น และพบว่าทุกสายพันธุ์ในระยะ reproductive กลุ่มผลึกจะมีขนาดใหญ่ขึ้น (ตารางที่ 2 และ 3) และมีจำนวนมากขึ้นทั้งในต้น (ภาพที่ 69-77) และใบ (ภาพที่ 108-116) สายพันธุ์ที่พบว่ามีผลึกมากคือ G 2279 G2280 G 2282 รองลงไปคือ G 2281 G 2278 ส่วน G2277 มีผลึกน้อยที่สุด แต่ก็ยังจัดอยู่ในกลุ่มมีผลึกมาก (ตารางที่ 1)

ต้น พบผลึกเม็ดทราย (crystal sand) ผลึกมีขนาดละเอียดจนถึงหยาบ (2x2-4x11 ไมครอน) แต่ส่วนใหญ่ผลึกมีขนาด 4x4 ไมครอน พบตั้งแต่ชั้น cortex จนถึง parenchyma cell กลางลำต้น (pith) (ภาพหน้า 58) ผลึกรวมกลุ่มแน่นมีขนาดตั้งแต่ 15x19-46x65 ไมครอน พบเป็นจำนวนมากทุกสายพันธุ์ ทั้ง 3 ระยะการเจริญเติบโต โดยเฉพาะระยะ seedling และ reproductive กลุ่มผลึกจะมีขนาดใหญ่ กว่าระยะ vegetative (ตารางที่ 2) (ภาพที่ 69-77) ในระยะเจริญทางใบนี้เกือบทุกสายพันธุ์ มีผลึกกลุ่มใหญ่แน่นโดยเฉพาะ G 2280 (ภาพที่ 32) ยกเว้น G2277 ที่มีขนาดกลุ่มผลึกเล็กกว่า และมีผลึกเดี่ยวกระจายทั่วไป โดยเฉพาะตามขอบเซลล์เกือบทุกเซลล์ (ภาพที่ 26) แต่มีปริมาณผลึกค่อนข้างมาก

ใบ พบกลุ่มผลึก crystal sand มีขนาดตั้งแต่ 15x15-53x68 ไมครอน จำนวนมากในเส้นกลางใบ (midrib) และเส้นใบ (vein) กลุ่มผลึกอยู่กันหนาแน่น บริเวณใกล้กับท่อลำเลียงอาหาร (vascular bundle) ทุกสายพันธุ์ยกเว้น G 2277 ไม่พบผลึกเป็นกลุ่มใหญ่มีแต่ผลึกเดี่ยวๆ กระจายตามขอบเซลล์เกือบทุกเซลล์ (ภาพที่ 25) ใน mesophyll พบผลึกรูปร่างเหมือนดอกไม้กลีบแหลม หรือ ดาว (druse) มีขนาดตั้งแต่ 15x15 - 96x102 ไมครอน อยู่ทางด้าน spongy parenchyma (ภาพหน้า 58) อยู่ระหว่างกลุ่มท่อลำเลียงอาหาร บางสายพันธุ์พบผลึกทุกกลุ่มท่อลำเลียง นอกจากนี้ยังมีกลุ่มผลึก crystal sand ตามแนวยาวของท่อลำเลียงอาหาร มีมากน้อยแตกต่างกันในแต่ละสายพันธุ์ พบกลุ่มผลึกขนาดใหญ่ และหนาแน่นที่สุดในสายพันธุ์ G 2279 โดยเฉพาะ ในระยะ reproductive (ภาพที่ 110) ขนาดกลุ่มผลึกในใบจะใหญ่กว่าในต้นทุกสายพันธุ์ (ตารางที่ 1)

2. *Amaranthus viridis* L. จัดเป็นชนิดมีผลึกมาก มีทั้งผลึกที่รวมกลุ่มแน่นและมีผลึกเดี่ยวกระจายตามขอบเซลล์ ผลึกเดี่ยวเหมือนทรายละเอียด มีขนาดตั้งแต่ 1.3 - 3.8 ไมครอน แต่พบผลึกที่ใหญ่กว่านี้ประปราย บางผลึกใหญ่ถึง 8x8 ไมครอน

ต้น พบผลึก crystal sand รวมกลุ่มแน่นขนาดใหญ่ และอยู่กันถี่ๆ ตั้งแต่ cortex จนถึง pith ซึ่งในบริเวณ pith จะมีกลุ่มผลึกขนาดใหญ่มากขึ้นโดยมีขนาดกลุ่มผลึกตั้งแต่ 30x38 - 42x60 ไมครอน นอกจากนี้ ยังมีผลึกเดี่ยวเหมือนทรายละเอียดกระจายทั่วไป พบกลุ่มผลึกใหญ่มากในระยะ seedling และระยะ reproductive แต่ระยะ vegetative กลุ่มผลึกเล็กลงขนาด 19x34 - 34x38 ไมครอน ผลึกไม่ค่อยแน่น ส่วนใหญ่เป็นผลึกเดี่ยวอยู่ตามขอบเซลล์ (ภาพที่ 81-83)

ใบ พบผลึก crystal sand ใน midrib และ vein กระจายค่อนข้างมากตามขอบเซลล์ (ภาพที่39) และในเซลล์รอบท่อลำเลียง ในระยะ seedling และ vegetative (ภาพที่ 120,121) แต่ในระยะ reproductive กลุ่มผลึกจะใหญ่ขึ้น และมีจำนวนมากโดยมีขนาดกลุ่มผลึก 23x34 - 27x54 ไมครอน ใน mesophyll พบผลึก crystal sand ตามแนวยาวของกลุ่มท่อลำเลียงค่อนข้างหนาแน่น ผลึกกลุ่มใหญ่ขนาด 95x152 ไมครอน นอกจากนี้ยังมีผลึก druse อยู่กันถี่ๆ พบเกือบทุกกลุ่มท่อลำเลียง ในระยะ seedling ส่วนใหญ่ผลึกเล็กขนาด 23x27 ไมครอน (ภาพที่120) ยิ่งอายุมากขึ้นผลึกจะใหญ่ขึ้นในระยะ reproductive มีขนาดถึง 38x46 -61x61 ไมครอน (ภาพที่122)

3. *Amaranthus lividus* L. เป็นชนิดที่มีผลึกเดี่ยวเป็นเม็ดทรายละเอียดขนาด 1x1.5 ไมครอน ผลึกรวมกลุ่มตั้งแต่ขนาดเล็กถึงปานกลาง (15x15 - 27x30 ไมครอน)

ต้น ผลึกจะมีกลุ่มใหญ่และอยู่กันถี่ๆ ในบริเวณรอบ cortex กลุ่มผลึกเล็กลงในเซลล์กลางลำต้น (pith) ทั้งในระยะ seedling และ vegetative (ภาพที่42) ส่วนในระยะ reproductive กลุ่มผลึกมีขนาดใหญ่ขึ้น มีผลึกเดี่ยวกระจายทั่วลำต้น มีจำนวนมาก

ใบ ในระยะ vegetative พบผลึกกลุ่มเล็กๆ (8x15 - 19x19 ไมครอน) ประมาณ 2-3 กลุ่ม นอกนั้นเป็นผลึกเดี่ยวกระจายใน midrib และ vein ใน mesophyll พบผลึก druse เหมือนดอกไม้กลีบยาวแหลม ค่อนข้างถี่ แต่มีขนาดเล็กถึงปานกลาง (11x11 - 30x38 ไมครอน) ในระยะ seedling และ reproductive มีผลึก crystal sand อยู่ตามแนวท่อลำเลียงและผลึก druse ใน mesophyll มีขนาดใหญ่กว่าระยะ vegetative กลุ่มผลึกใน midrib และ vein ก็มีขนาดใหญ่ขึ้น และมีจำนวนมากขึ้นด้วย (ภาพที่123-125)

4. *Amaranthus hybridus* L. ผักโขมชนิดนี้มีผลึกเม็ดทรายหยาบ ผลึกเดี่ยวรูปสามเหลี่ยมมีขนาดประมาณ 3.8x3.8 - 7.6x11.4 ไมครอน ผลึกเดี่ยวขนาดใหญ่พบมากกระจายอยู่ในเซลล์บางๆ ไม่รวมกลุ่ม แต่ผลึกขนาดเล็กจะรวมเป็นกลุ่ม

ต้น ในระยะ vegetative มีผลึก crystal sand กลุ่มปานกลาง (23x27 - 38x42 ไมครอน) รวมกลุ่มไม่แน่นพบถี่ๆ รอบ cortex ใกล้เปลือกถัดจาก cortex เข้าไปในแนวท่อลำเลียงจนถึง pith กลุ่มผลึกเล็กลง มีปริมาณปานกลางส่วนใหญ่ผลึกจะรวมตัวตามขอบเซลล์ มีผลึกเดี่ยวขนาดใหญ่กระจายทั่วไป (ภาพที่38) ในระยะ seedling และระยะ reproductive กลุ่มผลึกจะมีขนาดใหญ่กว่า รวมตัวกันหนาแน่นกว่าในระยะ vegetative (ภาพที่78-80)

ใบ พบผลึกมากทั้ง 3 ระยะ โดยใน midrib และ vein มีผลึก crystal sand รวมกลุ่มใหญ่ (19x38 - 46x57 ไมครอน) มีหลายกลุ่ม นอกจากนี้ยังมีผลึกตามขอบเซลล์หนา และมีผลึกแทรกอยู่ในเซลล์ท่อลำเลียงใน midrib ด้วย ใน mesophyll พบผลึก druse มีขนาดใหญ่ พบถี่ๆ (38x68 - 84x88 ไมครอน) ในระยะ seedling และ reproductive (ภาพที่117-119)

5. *Amaranthus* sp. เป็นชนิดที่มีผลึกเดี่ยวค่อนข้างใหญ่ มีขนาด 4x6 - 8x8 ไมครอน พบผลึกมากขนาดใหญ่ในใบแต่น้อยในต้นจัดเป็นพวกมีผลึกปานกลาง (ตารางที่ 1)

ต้น ในระยะ vegetative ผลึกรวมกลุ่มเล็กๆ (11x15 - 15x27 ไมครอน) ไม่แน่น เกาะกันหลวมๆ อยู่ตามขอบเซลล์ และกระจายทั่วไป พบผลึกสามเหลี่ยมขนาดใหญ่ทั่วไปในต้นระยะ seedling และระยะ reproductive กลุ่มผลึกมีขนาดใหญ่กว่าระยะ vegetative (ตารางที่ 2) อย่างไรก็ตามจัดว่ามีผลึกปานกลางถึงแม้กลุ่มผลึกจะมีขนาดเล็กเกาะกันหลวมๆ แต่มีความหนาแน่นของจำนวนผลึกค่อนข้างมาก (ภาพที่ 84-86)

ใบ พบผลึก rosette (ดอกไม้กลีบมน) ขนาดค่อนข้างใหญ่ (34x42 - 57x61 ไมครอน) และอยู่กันถี่ๆ ใน mesophyll ทั้ง 3 ระยะ ในระยะ reproductive ผลึกใหญ่ขึ้น (50x50 - 76x80 ไมครอน) และมีกลุ่มผลึก crystal sand ขนาดใหญ่ในแนวทอลำเลียงขนาด 38x190 ไมครอน แต่ผลึกเกาะกันหลวมๆ ใน midrib ก็มีผลึกรวมกลุ่มทั้งเล็กและใหญ่มีผลึกมากกว่าระยะอื่น ในระยะ seedling ขนาดกลุ่มผลึกจะใกล้เคียงกับระยะ vegetative แต่พบถี่กว่า (ตารางที่ 3) (ภาพที่ 126-128)

6. *Amaranthus tricolor* L. ผักโขมชนิดนี้ส่วนใหญ่มีผลึกเดี่ยวขนาด 1x1 - 4x4 ไมครอน (ยกเว้นสายพันธุ์ T 2297 ที่พบผลึกใหญ่ถึง 8x8 ไมครอน) ผลึกรวมกลุ่มเล็กถึงปานกลาง แต่ส่วนใหญ่เป็นกลุ่มเล็ก (11x15 - 49x49 ไมครอน) ในระยะ reproductive กลุ่มผลึกมีขนาดใหญ่ขึ้น (38x38 - 53x64 ไมครอน) ไม่ค่อยพบผลึก crystal sand ตามแนวยาวทอลำเลียง ยกเว้นในสายพันธุ์ที่จัดอยู่ในกลุ่มมีผลึกมากเช่น T ดันขาว (ภาพที่ 105-107) ผักโขมชนิดนี้มีความแตกต่างในด้านปริมาณ และขนาดของผลึกในสายพันธุ์ที่นำมาศึกษาสามารถแบ่งกลุ่มออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีปริมาณผลึกมาก ปานกลาง และน้อย สายพันธุ์ที่มีผลึกมากในกลุ่มนี้ได้แก่ T ดันขาว T 2297 T ดันเขียว T 2356 และ T 2271 เพราะมีกลุ่มผลึกค่อนข้างใหญ่และพบค่อนข้างถี่ขนาด 38x38 - 53x64 ไมครอน (ภาพที่ 15-24) ส่วน T 2361 T 2367 T 2272 และ T ดันเหลือง (ได้หัว) และ T เขียว ตราเด็กบิน มีขนาดกลุ่มผลึกเล็กกว่า จัดเป็นพวกมีผลึกปานกลาง (ภาพที่ 5-14) สำหรับ T เขียว ตราเด็กบิน (ภาพที่ 11-12) ซึ่งเป็นพันธุ์การค้า จะมีความแตกต่างจาก T ดันเขียวที่รวบรวมอยู่ที่สถานีวิจัยปากช่องเพราะมีผลึกน้อยกว่า ขนาดกลุ่มผลึกเล็กกว่า ไม่พบผลึกตามแนวยาวทอลำเลียงแต่ใน T-ดันเขียว มีผลึกในกลุ่มทอลำเลียง แทบทุกกลุ่ม (ภาพที่ 19) สายพันธุ์ที่พบว่ามีผลึกน้อย คือ T จิน (ภาพที่ 1,2) และ T 2359 (ภาพที่ 3,4) ทั้ง 2 สายพันธุ์นี้มีปริมาณและขนาดของผลึกน้อยที่สุดในผักโขมทุกชนิด และสายพันธุ์ที่นำมาศึกษาครั้งนี้ และพบว่าปริมาณและขนาดของผลึกในระยะ vegetative จะน้อยกว่าในระยะ seedling และ reproductive ทุกสายพันธุ์ (ภาพที่ 45-68)

T จิน

ต้น มีผลึกละเอียดรวมกลุ่มเล็กขนาด 15x27 - 34x34 ไมครอน มีน้อยในระยะ vegetative (ภาพที่ 2) ขนาดกลุ่มผลึกใหญ่ขึ้นเล็กน้อยในระยะ seedling และ reproductive (19x19 - 38x42 ไมครอน) และมีความหนาแน่นของจำนวนผลึกมากขึ้นด้วย (ภาพที่ 45-47)

ใบ ระยะ vegetative ใน midrib มีผลึก crystal sand เพียง 2 - 3 กลุ่มเล็กๆ (8x19 ไมครอน) ใน mesophyll มีผลึก druse ขนาดเล็ก (19x19 - 27x30 ไมครอน) อยู่ห่างๆ (ภาพที่1) แต่ในระยะ seedling และ ระยะ reproductive มีขนาดกลุ่มผลึกใหญ่ขึ้น (27x34 - 57x57 ไมครอน) และมีความหนาแน่นของจำนวนผลึกมากขึ้น (ภาพที่87-89)

T 2359

ต้น ในระยะ vegetative มีผลึกเดี่ยว ละเอียด รวมกลุ่มเล็กถึงปานกลาง (8x11 - 34x38 ไมครอน) อยู่ใน cortex ห่างๆ ในเซลล์กลางลำต้นมีผลึกเดี่ยวประปราย (ภาพที่49) ในระยะ seedling ขนาดกลุ่มผลึกใหญ่กว่าเล็กน้อยแต่มีความหนาแน่นของจำนวนผลึกมากกว่า (ภาพที่48) โดยเฉพาะในระยะ reproductive ขนาดกลุ่มผลึก จะใหญ่ขึ้นมาก (ตารางที่ 2) (ภาพที่50)

ใบ ระยะ vegetative ใน mesophyll มีผลึก rosette ขนาด 15x15 - 38x42 ไมครอน ประปราย ผลึกใหญ่ขึ้น และถี่ขึ้น ในระยะ seedling และ ระยะ reproductive เช่นกัน (ภาพที่90-92)

ผักโขม 6 ชนิด 18 สายพันธุ์ หลังจากตรวจผลึกและวัดขนาดผลึกทั้ง 3 ระยะ คือ ระยะ seedling vegetative และ reproductive ในต้นและใบพบว่าปริมาณและขนาดผลึกในระยะ seedling และ reproductive มีมากกว่าระยะ vegetative (ภาพที่45-128) ถึงแม้บางชนิดและสายพันธุ์ ขนาดกลุ่มผลึกในระยะ vegetative ของใบจะมีขนาดใหญ่กว่าระยะ seedling แต่ผลึกเกาะกันหลวมๆ ไม่หนาแน่นเท่าระยะ seedling เช่น G 2280 (ภาพที่111,112) อย่างไรก็ตาม ในระยะ reproductive มีการเพิ่มขนาดกลุ่มผลึกมากขึ้น (ตารางที่ 2 และ 3) แสดงว่าการพัฒนาในแต่ละระยะของการเจริญเติบโตมีความเกี่ยวข้องกับผลึกแคลเซียมออกซาลเลต ซึ่งแต่เดิมเข้าใจกันว่าผลึกแคลเซียมออกซาลเลตที่อยู่ในเซลล์พืชคือ ของเสียที่พืชไม่ต้องการและกำจัดออกไปไม่ได้จึงถูกนำมาเก็บรวมไว้ แต่ปัจจุบันมีผู้สนใจศึกษาเกี่ยวกับการเกิดผลึกในเซลล์พืช ซึ่งเชื่อว่า แคลเซียมออกซาลเลตไม่ใช่ของเสียที่พืชไม่ต้องการและไม่ได้มีผลเสียต่อพืชเพียงแต่เป็น biological control อย่างหนึ่ง (Alice, 1998) คือเมื่อมีปริมาณแคลเซียมในกระบวนการ metabolism มากเกินไป แคลเซียมก็จะถูกดึงมาเก็บไว้ในเซลล์ๆ หนึ่ง ทำหน้าที่เป็น calcium sink แล้วถูกนำไปใช้อีกเมื่อพืชต้องการ ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของ Harslan(1997) ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับผลึกแคลเซียมออกซาลเลตกับการพัฒนาของไข่(ovule)ไปเป็นเมล็ดของถั่วเหลือง ซึ่งเขาพบว่าการเคลื่อนย้ายแคลเซียมไปยังไข่ และเมื่อมีปริมาณมากขึ้น แคลเซียมก็จะรวมกับออกซาลเลตเกิดผลึกขึ้น ซึ่งการเกิดผลึกนี้จะคล้ายกับการเกิดนิ่วในไตหรือถุงน้ำดีของคนและสัตว์ และไม่ได้เป็นอันตรายต่อไข่หรือต้นอ่อนแต่เป็นการเก็บแคลเซียมที่เกินต้องการในเวลานั้นโดยจับกับออกซาลเลตเอาไว้ใช้ในการเจริญเติบโตของต้นอ่อน(embryo) เมื่อถึงเวลาต้องใช้ผลึกก็จะสลายตัวปลดปล่อยแคลเซียมและออกซาลเลตออกมา ดังนั้นผลึกแคลเซียมออกซาลเลตจึงมีการเกิดขึ้นและสลายตัวได้ ซึ่งพบในผักโขมเช่นกัน ในระยะ reproductive จะมีปริมาณและขนาดผลึกมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในทุกชนิดและสายพันธุ์ แสดงว่ามีการสะสมแคลเซียมไว้ใช้ในการพัฒนาของเมล็ด เพราะว่า ในระยะนี้เซลล์เจริญเติบโตเต็มที่แล้ว เซลล์หยุดการแบ่งตัวและเพิ่มขนาดของเซลล์ เมื่อแคลเซียมไม่ถูกใช้จึงมีการสะสมไว้ในโอกาสต่อไป ในขณะที่ระยะ vegetative เป็นระยะที่พืชมีการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ

เซลล์มีการแบ่งตัวมาก ซึ่งแคลเซียมมีบทบาทสำคัญในขบวนการแบ่งตัวของเซลล์และเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ด้วย (มนัส, 2525) ระยะนี้แคลเซียมจึงถูกใช้มากปริมาณและขนาดของผลึกจึงลดลง ในระยะ seedling พืชมีขนาดเล็กทั้งต้นและใบ เซลล์ยังพัฒนาไม่เต็มที่ การใช้แคลเซียมยังน้อยอยู่ ผลึกแคลเซียมออกซาเลตจึงพบมาก

อย่างไรก็ตามจำนวนและขนาดของผลึกที่แตกต่างกันในแต่ละระยะการเจริญเติบโต (ตารางที่ 2,3) นั้น พบว่าในระยะ vegetative เป็นระยะที่ผักโขมมีปริมาณผลึกน้อยที่สุด ดังนั้น จึงเปรียบเทียบจำนวนผลึกในแต่ละชนิดและสายพันธุ์ในระยะนี้ ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ มีผลึกมาก ปานกลาง และน้อย (ตารางที่ 1) จะเห็นว่า ขนาดของกลุ่มผลึกทั้งในต้นและใบ ในกลุ่มที่จัดว่ามีผลึกมากจะมีขนาดใหญ่มากกว่ากลุ่มปานกลาง และกลุ่มมีน้อย แต่มีบางชนิด และสายพันธุ์ถึงแม้ว่าจะมีขนาดกลุ่มผลึกเล็กกว่ากลุ่มมีผลึกปานกลาง แต่ถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มมีผลึกมาก เนื่องจากมีความหนาแน่นของจำนวนผลึกมาก เช่น *A. lividus* L. (ภาพที่ 41,42) อย่างไรก็ตามผักโขมทั้ง 6 ชนิด (species) ก็มีปริมาณผลึกมากและขนาดผลึกในใบจะใหญ่กว่าผลึกในต้น แต่ *A. tricolor* L. ซึ่งเป็นชนิดที่มีสายพันธุ์มากที่สุด เพราะมีลักษณะทางพฤกษศาสตร์ค่อนข้างหลากหลาย โดยเฉพาะสีของลำต้นและใบ (พินิจและคณะ, 2540) พบว่า มีทั้งสายพันธุ์ที่มีผลึกมาก ปานกลาง และน้อย (ตารางที่ 1) โดยเฉพาะ Tจิน และ T2359 เป็นสายพันธุ์ที่มีผลึกน้อยและผลึกมีขนาดเล็ก เห็นได้ชัดเจนกว่าสายพันธุ์อื่นๆ การมีผลึกน้อยน่าจะเป็นลักษณะประจำพันธุ์ เพราะการเกิดผลึก (crystal formation) เป็นลักษณะทางพันธุกรรม ซึ่งถูกควบคุมโดยยีน (gene) มากกว่า 7 แห่งบนโครโมโซม (Nakata et al., 2000) ดังนั้น การปรับปรุงพันธุ์ผักโขมให้มีปริมาณออกซาเลตต่ำน่าจะทำได้ หากใช้สายพันธุ์ Tจิน และ T2359 เป็นพ่อแม่พันธุ์ อย่างไรก็ตามทั้ง 2 สายพันธุ์นี้ก็ควรแนะนำให้เกษตรกรปลูกเป็นการค้า หรือบริโภค ทดแทนพันธุ์การค้าในปัจจุบัน คือ Tเขียว (ตราเด็กบิน) ซึ่งพบว่ามีปริมาณและขนาดของผลึกมากกว่า (ตารางที่ 1)

การหาวิธีลดปริมาณแคลเซียมออกซาเลต ก็เป็นสิ่งที่ควรทำ หากสามารถกำจัดออกไปได้ เราก็จะได้คุณค่าทางโภชนาการอย่างเต็มที่ ได้ทดลองนำผักโขมไปต้มในน้ำเดือด 5 นาที ปรากฏว่าไม่พบการเปลี่ยนแปลงของผลึก แต่ Garrett (1997) ได้รายงานการลดปริมาณออกซาเลตในผักกะหล่ำชนิดหนึ่ง (skunk cabbage) โดยการนำไปต้มในน้ำผสม baking soda หลายๆ ครั้ง แต่วิธีนี้คงนำมาใช้กับผักโขมไม่ได้เพราะผักจะเละ อย่างไรก็ตาม Stafford et al., (1976) ได้รายงานว่า การต้ม หรือหนึ่งในผักโขมเป็นเวลา 10 นาที สามารถลดระดับของออกซาเลตลงได้ ดังนั้นเพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุดจากคุณค่าทางโภชนาการของผักโขม จึงควรผ่านความร้อนก่อนรับประทาน (Pond and Lehman, 1989)

สรุปผลการทดลอง

ผักโขมทุกชนิด (species) มีปริมาณผลึกมาก และมีขนาดกลุ่มผลึกใหญ่ทั้งในต้นและใบ แต่ขนาดกลุ่มผลึกในใบจะใหญ่กว่าในต้น โดยพบว่า

Amaranthus tricolor L. ทั้งหมด 12 สายพันธุ์ สามารถแบ่งกลุ่มตามปริมาณความหนาแน่นของผลึกออกได้ 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีปริมาณผลึกมาก ได้แก่ Tขาว T2356 Tเขียว T2271 และ T2297 กลุ่มที่มีปริมาณผลึกปานกลาง ได้แก่ T2361 Tเขียว (ตราเด็กบิน) T2272 T2367 และ Tเหลือง (ไต้หวัน) กลุ่มที่มีปริมาณผลึกน้อย ได้แก่ Tจีน และ T2359 ซึ่งมีปริมาณและขนาดกลุ่มผลึกน้อยที่สุดในผักโขมที่นำมาศึกษาทั้งหมด

Amaranthus gangeticus L. (Syn. *A. tricolor* L.) 6 สายพันธุ์ ทุกสายพันธุ์มีปริมาณผลึกอยู่ในกลุ่มมีผลึกมากทั้งหมด โดย G2277 มีขนาดผลึกเล็กกว่าสายพันธุ์อื่นในกลุ่มนี้

Amaranthus hybridus L. *A. viridis* L. และ *A. lividus* L. ทุกชนิดมีปริมาณผลึกจัดอยู่ในกลุ่มมีผลึกมาก

A.sp. (ญี่ปุ่น) มีผลึกมากในใบแต่น้อยในต้น จัดอยู่ในกลุ่มมีผลึกปานกลาง ปริมาณผลึกแคลเซียมออกซาลเลตในผักโขมทุกชนิดและสายพันธุ์ ทั้ง 3 ระยะการเจริญเติบโต พบว่าระยะเจริญทางใบ (vegetative) จะมีปริมาณผลึกน้อยกว่าระยะ seedling และระยะ reproductive

คำนิยม

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณพินิจ กรินทร์ธัญญกิจ และคณะ แห่งสถาบันวิจัยปากช่อง สถาบันอินทรีจินทรสถิตย์ ที่ได้เอื้อเฟื้อ ตัวอย่างผักโขม และเมล็ดพันธุ์ ซึ่งปลูกรวบรวมไว้ สำหรับนำมาศึกษาในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กัญจนา โป๊ะเงิน และ ภทริยา สุทธิเชื่อนาค, 2540 การตรวจหาผลึกแคลเซียมออกซาลเลตในผักพื้นเมืองของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ หน้า 401-404 ใน : รายงานการประชุมวิชาการพืชผักแห่งชาติ ครั้งที่ 15 สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กรุงเทพฯ.
- ดำรงพันธ์ วัฒนะโชติ วิโรจน์ ชดช้อย และวิชัย หงส์ไพฑูรย์, 2533. คู่มือครูเรื่อง โรคนี้ไว้ในทางเดินปัสสาวะ.โครงการควบคุมโรคนี้ กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข.กรุงเทพฯ. 31 หน้า.
- เต็ม สมิตินันท์. 2544. ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม. กรมป่าไม้. 810 หน้า.
- ปัทมา วิดยากร. 2530. ผักโขม : ผักพื้นบ้านของไทย ว.แก่นเกษตร. 15(5) : 205-210.
- พรรณภา ชุมศรี. 2536. โปรตีนจากใบไม้เพื่ออาหารและยา หน้า 241-254. ใน : ยาและผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ เล่ม 2 ภาควิชาเภสัชวินิจฉัย คณะเภสัชศาสตร์ มหิดล, กรุงเทพฯ.
- พินิจ กรินทร์ธัญญกิจ เรื่องศักดิ์ กมขุนทด รักเกียรติ ชอบเกื้อ และฉลองชัย แบบประเสริฐ 2540. การรวบรวมพันธุ์และศึกษาการปลูกผักโขม. รายงานการประชุมวิชาการพืชผักแห่งชาติ ครั้งที่ 15 วันที่ 11-14 สิงหาคม 2540, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กรุงเทพฯ.

- ภูวดล บุตรรัตน์. 2538. โครงสร้างภายในของพืช บริษัท สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด. กรุงเทพฯ. 57 หน้า.
- มนัส สุจิวัฒน์. 2525. ธาตุอาหารของพืช ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 82 หน้า
- สุนทร ดุริยะประพันธ์ พันธ์ บูรณศิลป์ จิราภรณ์ วัฒนากุล สามารถ จิตนาวสาร และสายันต์ ดันพานิช. 2530. ผักโขมพืชโปรตีนในอนาคต. สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 38 หน้า.
- Alice, M. 1998. Research Interest. Botany and Plant Pathology. Purdue Univ. <http://www.btny.Purdue.edu/Faculty/webb.html>.
- Betschart, A.A., D.W. Irving., A.D. Shepherd and R.M. Saunders. 1981. *Amaranthus cruentus* : Milling characteristics, distribution of nutrients within seed components, and the effects of temperature on nutritional quality. *J. Food Sci* 46:1181-1187.
- Cheeke, P.R., R. Carisson and G.O. Kohler. 1981. Nutritive value of leaf protein concentrates prepared from *Amaranthus* species. *Can. J. Animal Sci.* 61:199-204.
- Garrett, E. Crow. 1997. Poisonous Plants and Drug Plants. PBIO 566 Systematic Botany. <http://www.unh.edu/herbarium/poisonous/poisonous-Plts.html>.
- Harslan,H., G. Palmer Reid and H.T. Horner, 1997. Calcium Oxalate Crystals in Developing Soybean Ovules. Tektran. Agricultural Research Service. United States Department of Agriculture. <http://www.nat.usda.gov/ttic/tektran/data/000008/14/0000081458>. Html.
- Johansen, D.A. 1940. Plant Microtechnique Mc Graw Hill. New York. 523 p.
- Kostman, T.A. and V.R. Franceschi. 2000. Cell and calcium oxalate crystal growth is coordinated to achieve high capacity calcium regulation in plants. *Protoplasma* 214(3-4) : 166-179.
- Lloyd,T.L.1986. The genus *Amaranthus* as a grain crop. *Weed Today*. 25:1-2.
- Mathai, P.J. 1978. *Amaranthus* : A neglected vegetable. *Indian Farming*. 28:29- 32.
- Metcalf, C.R. and L. Chalk. 1950. Anatomy of Dicotyledons and Monocotyledon. Oxford Univ. Press, London . 1500 p.
- Nakata, P.A. and M.M. McConn.2000. Cell and Calcium Oxalate Formation in Plants. <http://rycomusa.com/aspp2000/public/P34/0624.html>
- Osweiler, G.D., Buck, W.B. Buck and E.J.Bicknell.1969. Production of perirenal edema in swine with *Amaranthus retroflexus* *Am. J. Vet. Res.*, 30:57-566.
- Pond, W.G. and J.W. Lehman. 1989. Nutritive value of a vegetable amaranth cultivar for growing lambs. *J. Anim. Sci.* 67:3036-3039.

- Stafford, W.L., J.S. Mugerwa and R. Bwabye. 1976. Effects of method of cooking, application of nitrogen fertilizer and maturity on certain nutrients in the leaves of *Amaranthus hybridus* subspecies *hybridus* (green head). *Plant Foods for Man.* 2:7-13.
- Sealy, R.L., E.L. Mc Williams., J. Novak., F. Fang and C.M. Kenerley. 1990. Vegetable Amaranths: Cultivar selection for summer production in the South. p. 396-398. *In: J. Janick and J.E. Simon (eds.) Advances in New Crops.* Timber Press Portland, OR.
- Teutonico, R.A. and D. Knorr. 1985. Amaranth: composition, properties, and applications of a rediscovered food crop. *Food Technol.* 39:49-60.
- Teutonico, R.A. and D. Knorr. 1985. Nondestructive method for oxalate determination of cultured *Amaranthus tricolor* cells. *J. Agric. Food Chem.* 33:60-66.
- Wills, R.B.H., A.W.K. Wong., F.M. Scriven and H. Greenfield. 1984. Nutrient composition of chinese vegetable. *J. Agric. Food. Chem.* 32:413-417.



ตารางที่ 1 คะแนนความหนาแน่นของผลึกต่อพื้นที่ และขนาดกลุ่มผลึกของผักโขม 6 ชนิด

18 สายพันธุ์ ในระยะ vegetative

ชนิดและสายพันธุ์ผักโขม	คะแนน ความหนาแน่น ของผลึกต่อพื้นที่	ขนาดกลุ่มผลึกเฉลี่ย (ไมครอน)	
		ต้น	ใบ
<i>Amaranthus tricolor</i>			
T จีน	1	13x19	21x25
T 2359	1	14x20	19x23
T เหลือง (ไต้หวัน)	2	19x27	32x38
T 2367	2	20x26	18x19
T 2272	2	19x27	23x27
T-เขียว (ตราเด็กปิ่น)	2	27x33	26x34
T 2361	2	23x27	28x31
T 2297	3	30x31	38x42
T 2271	3	27x30	27x31
T เขียว	3	23x27	36x38
T 2356	3	27x42	26x27
T ขาว	3	22x29	46x48
<i>Amaranthus gangeticus</i>			
G 2277	3	15x26	23x25
G 2278	3	19x38	31x37
G 2279	3	25x42	48x58
G 2280	3	27x38	42x50
G 2281	3	19x23	34x42
G 2282	3	23x34	38x46

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ชนิดและสายพันธุ์ผักโขม	คะแนน ความหนาแน่น ของผลิกต่อพื้นที่	ขนาดกลุ่มผลิกเฉลี่ย (ไมครอน)	
		ต้น	ใบ
<i>Amaranthus hybridus</i>	3	31x35	33x48
<i>Amaranthus viridis</i>	3	26x31	30x36
<i>Amaranthus lividus</i>	3	21x23	21x25
<i>Amaranthus</i> sp. (ญี่ปุ่น)	2	13x21	46x52

ขนาดกลุ่มผลิกเฉลี่ยจาก 20 กลุ่มผลิก(กว้างxยาว)

คะแนนความหนาแน่นของผลิกต่อพื้นที่

- เปอร์เซ็นต์พื้นที่ผลิกต่อพื้นที่ 0% จัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่พบผลิก ให้คะแนนเท่ากับ 0
- เปอร์เซ็นต์พื้นที่ผลิกต่อพื้นที่ 1- 5% จัดอยู่ในกลุ่มมีผลิกน้อย ให้คะแนนเท่ากับ 1
- เปอร์เซ็นต์พื้นที่ผลิกต่อพื้นที่ 6-10% จัดอยู่ในกลุ่มมีผลิกปานกลาง ให้คะแนนเท่ากับ 2
- เปอร์เซ็นต์พื้นที่ผลิกต่อพื้นที่มากกว่า 10% จัดอยู่ในกลุ่มมีผลิกมาก ให้คะแนนเท่ากับ 3

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 2 ขนาดกลุ่มผลึกเฉลี่ยของต้นผักโขม 6 ชนิด 3 ระยะการเจริญเติบโต

ชนิด/สายพันธุ์	ขนาดกลุ่มผลึกเฉลี่ย (ไมครอน)		
	กว้างxยาว		
	Seedling	Vegetative	Reproductive
<i>A. tricolor</i>			
T จีน	25x30	13x19	27x29
T 2359	21x31	14x20	24x33
T ชาว	24x37	22x29	29x32
<i>A. gangeticus</i>			
G 2279	28x32	25x42	40x48
G 2280	33x50	27x38	38x48
G 2282	33x34	23x34	38x47
<i>A. hybridus</i>	24x29	20x28	30x34
<i>A. viridis</i>	30x32	26x31	30x43
<i>A. lividus</i>	21x23	18x22	27x38
<i>A. sp.</i> (ญี่ปุ่น)	16x28	13x21	24x34

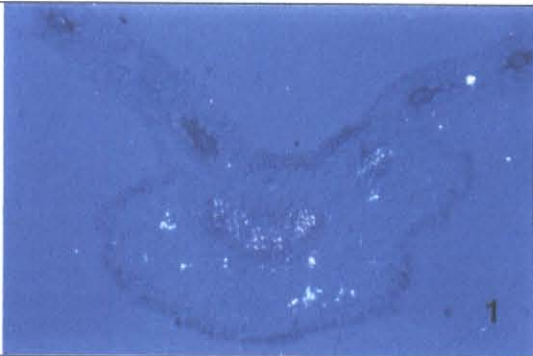
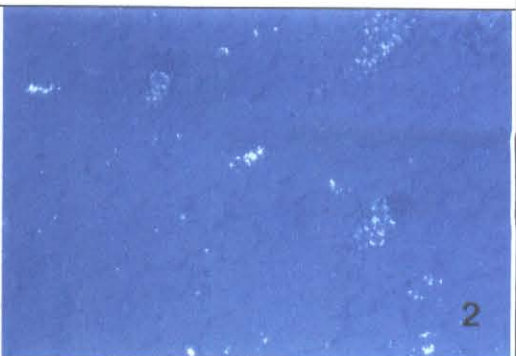
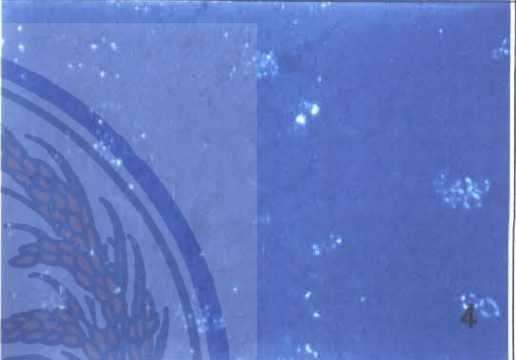
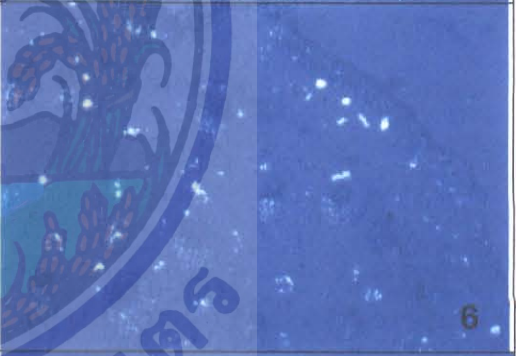
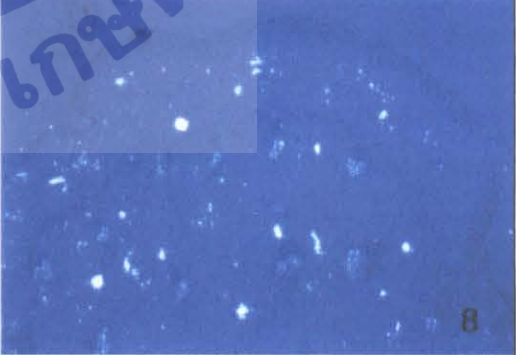
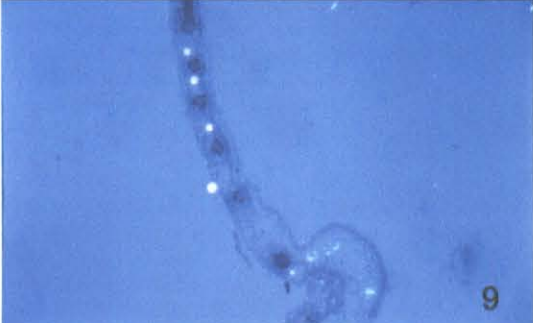
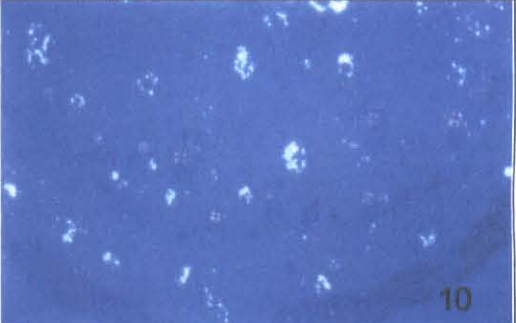
ขนาดกลุ่มผลึกเฉลี่ยจาก 20 กลุ่มผลึก(กว้างxยาว)

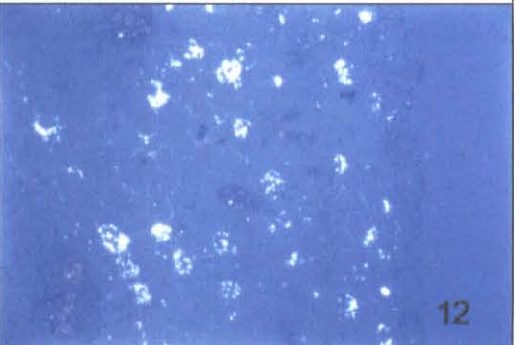
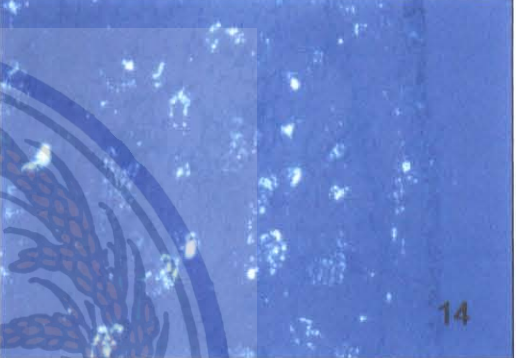
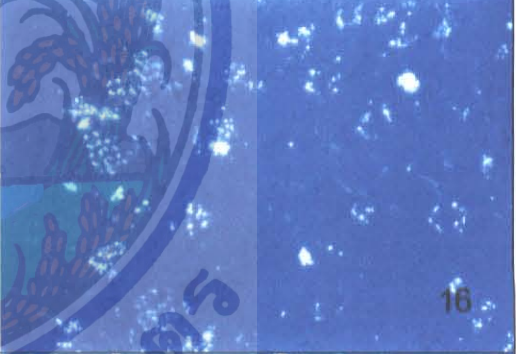
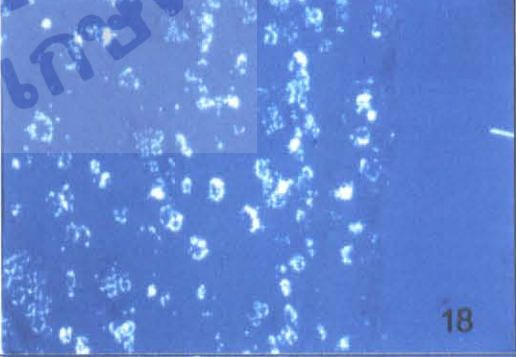
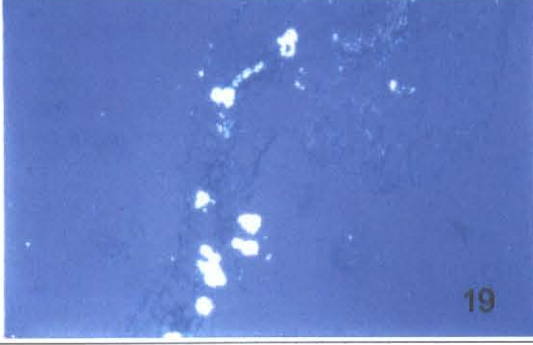
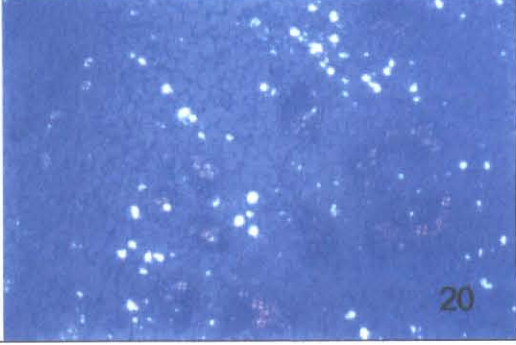
ตารางที่ 3 ขนาดกลุ่มผลึกเฉลี่ยของใบผักโขม 6 ชนิด 3 ระยะการเจริญเติบโต

ชนิด/สายพันธุ์	ขนาดกลุ่มผลึกเฉลี่ย (ไมครอน)		
	Seedling	Vegetative	Reproductive
<i>A. tricolor</i>			
T จีน	25x31	21x25	31x42
T 2359	20x29	21x23	27x33
Tขาว	37x45	34x42	38x43
<i>A. gangeticus</i>			
G 2279	34x43	48x58	54x62
G 2280	33x45	42x50	49x55
G 2282	38x41	38x46	40x47
<i>A. hybridus</i>	34x44	33x48	47x60
<i>A. viridis</i>	23x27	30x36	46x55
<i>A. lividus</i>	23x28	21x25	29x34
<i>A. sp.</i> (ญี่ปุ่น)	46x49	46x52	56x56

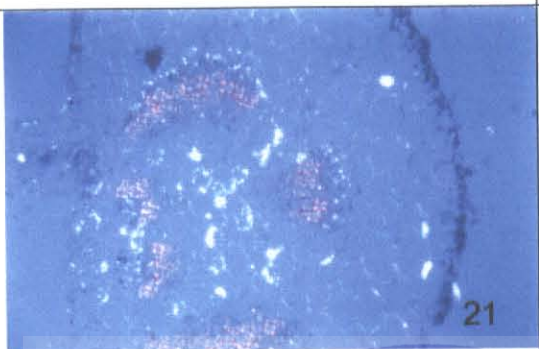
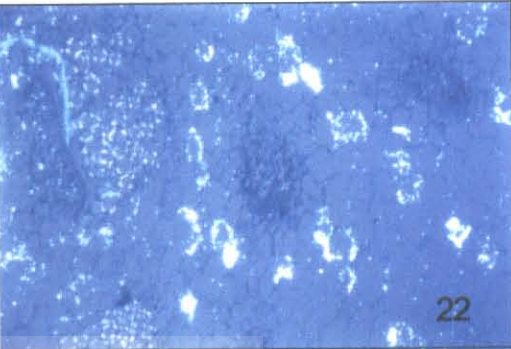
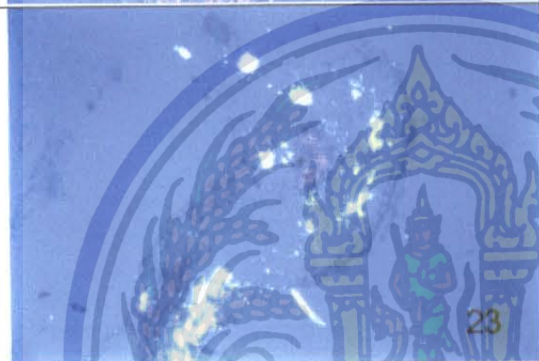
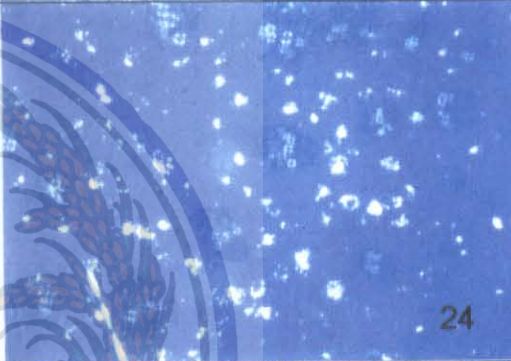
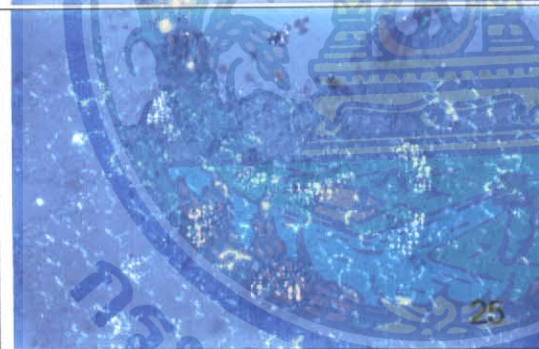
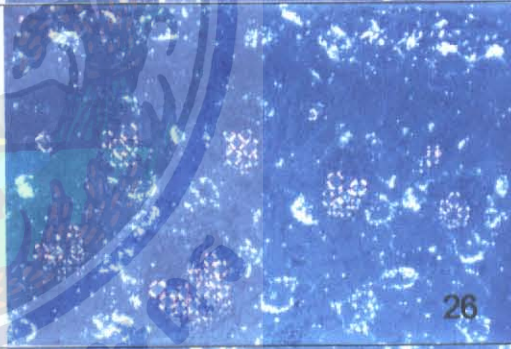
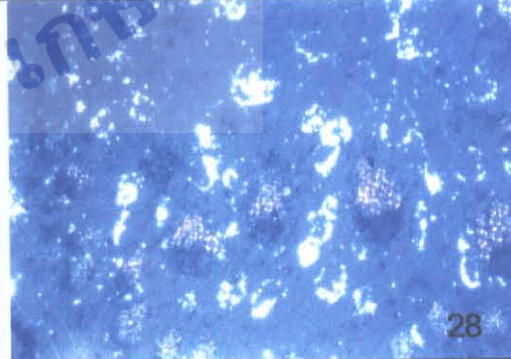
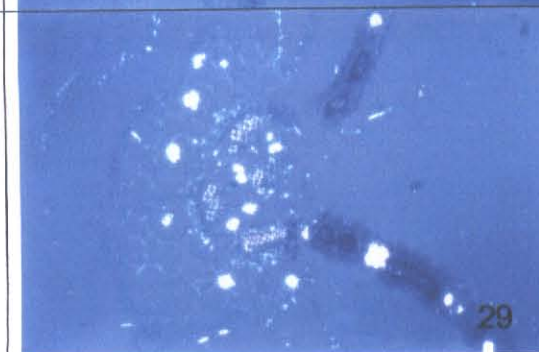
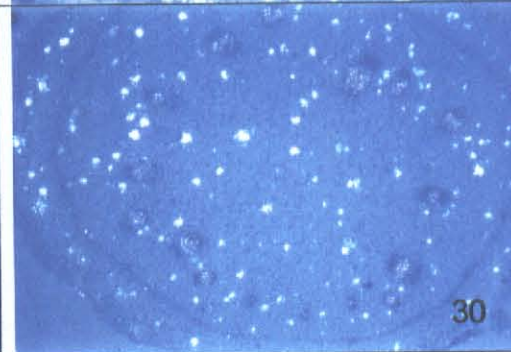
ขนาดกลุ่มผลึกเฉลี่ยจาก 20 กลุ่มผลึก (กว้าง x ยาว)

ภาพเปรียบเทียบความหนาแน่นของกลุ่มผลึกแคลเซียมออกซาลาเลทในใบและลำต้น ของผักโขม 6 ชนิด
18 สายพันธุ์ ในระยะ vegetative (ตัดตามขวาง ที่กำลังขยาย 20 X)

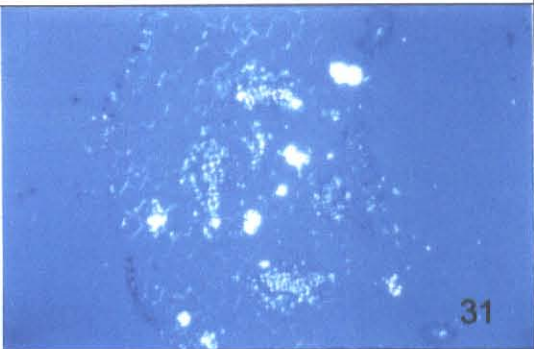
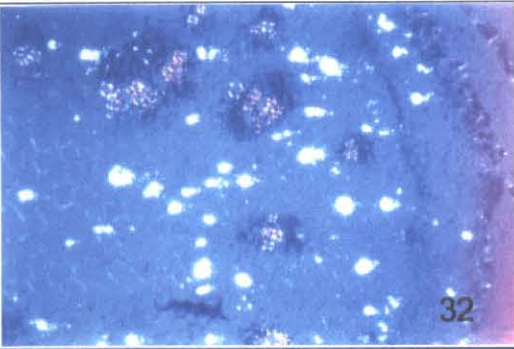
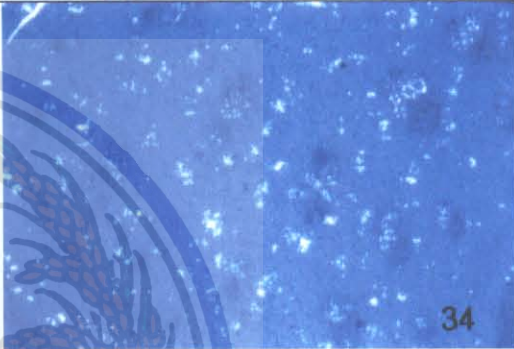
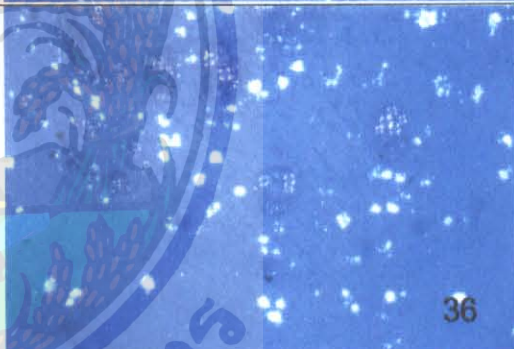
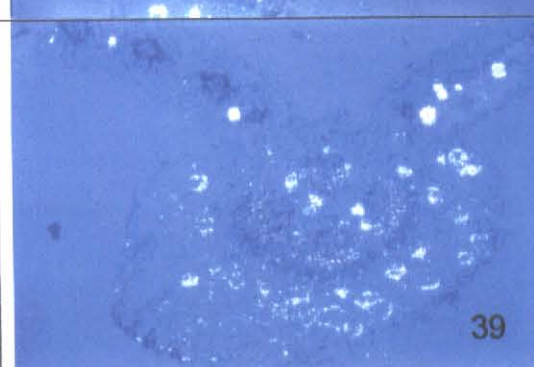
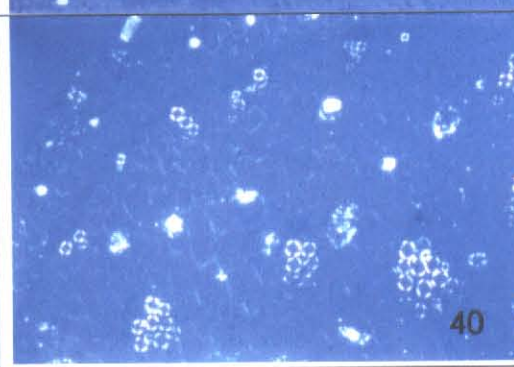
ชนิด/สายพันธุ์	ใบ	ลำต้น
<i>Amaranthus tricolor</i> T- จีน	 1	 2
<i>A. tricolor</i> T - 2359	 3	 4
<i>A. tricolor</i> T – เหลือง (ไต้หวัน)	 5	 6
<i>A. tricolor</i> T - 2367	 7	 8
<i>A. tricolor</i> T - 2272	 9	 10

ภาพเปรียบเทียบความหนาแน่นของกลุ่มผลึกแคลเซียมออกซาลเลตในใบและลำต้น ของผักโขม 6 ชนิด 18 สายพันธุ์ ในระยะ vegetative (ตัดตามขวาง ที่กำลังขยาย 20X) (ต่อ)		
ชนิด/สายพันธุ์	ใบ	ลำต้น
<i>Amaranthus tricolor</i> T- เขียว (ตราเด็กบิน)	 11	 12
<i>A. tricolor</i> T - 2361	 13	 14
<i>A. tricolor</i> T - 2297	 15	 16
<i>A. tricolor</i> T - 2271	 17	 18
<i>A. tricolor</i> T - เขียว	 19	 20

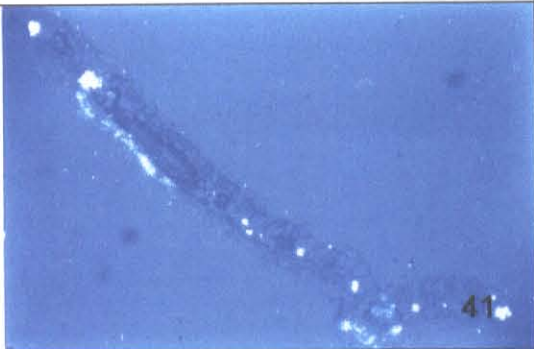
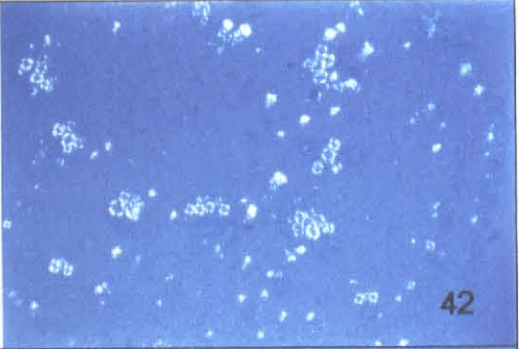
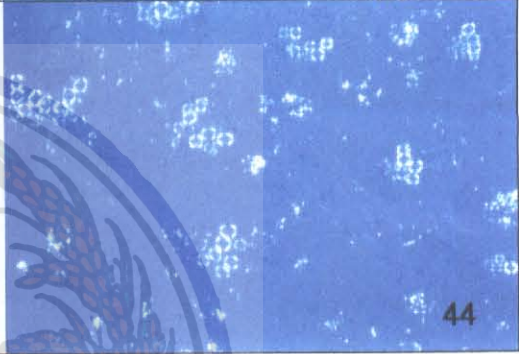
ภาพเปรียบเทียบความหนาแน่นของกลุ่มผลึกแคลเซียมออกซาลเลตในใบและลำต้น ของผักโขม 6 ชนิด
18 สายพันธุ์ ในระยะ vegetative (ตัดตามขวาง ที่กำลังขยาย 20X) (ต่อ)

ชนิด/สายพันธุ์	ใบ	ลำต้น
<i>Amaranthus tricolor</i> T- 2356	 21	 22
<i>A. tricolor</i> T - ขาว	 23	 24
<i>A. gangeticus</i> G - 2277	 25	 26
<i>A. gangeticus</i> G - 2278	 27	 28
<i>A. gangeticus</i> G - 2279	 29	 30

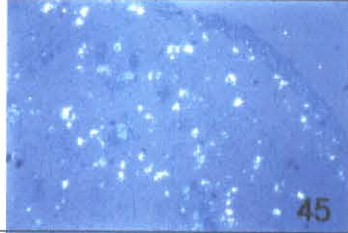
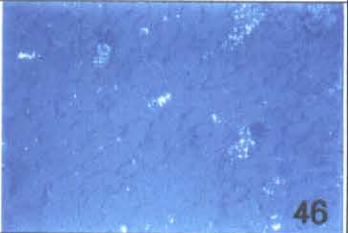
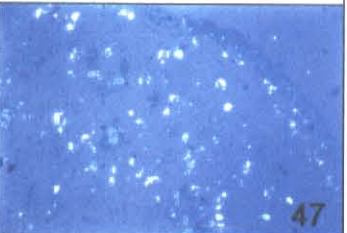
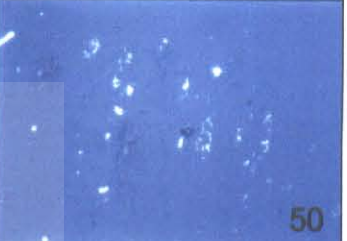
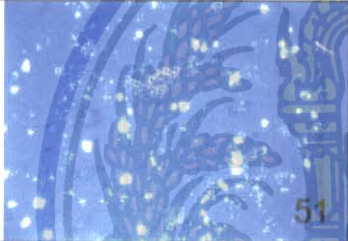
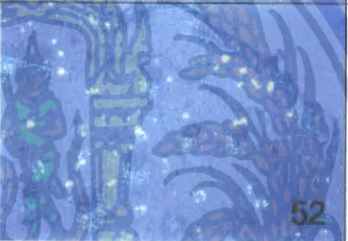
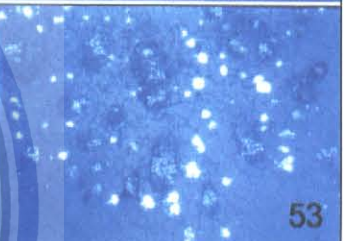
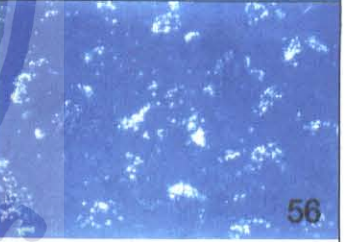
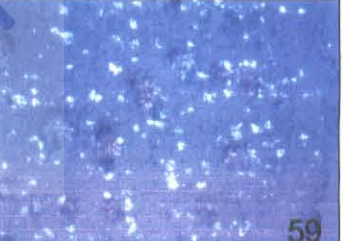
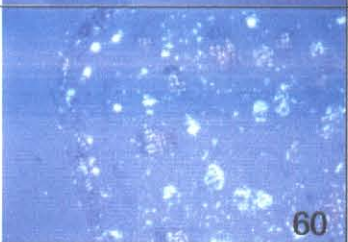
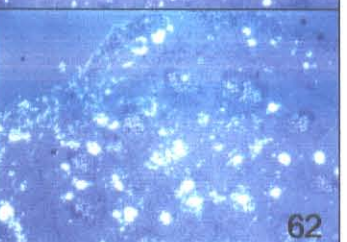
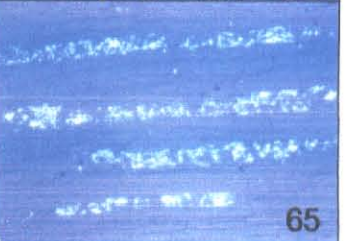
ภาพเปรียบเทียบความหนาแน่นของกลุ่มผลึกแคลเซียมออกซาเลตในใบและลำต้น ของผักโขม 6 ชนิด
18 สายพันธุ์ ในระยะ vegetative (ตัดตามขวาง ที่กำลังขยาย 20X) (ต่อ)

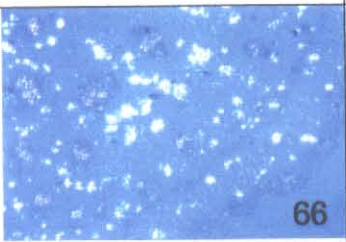
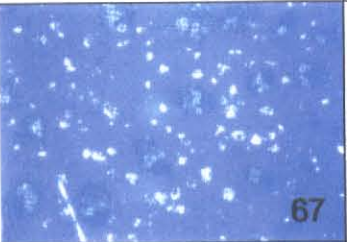
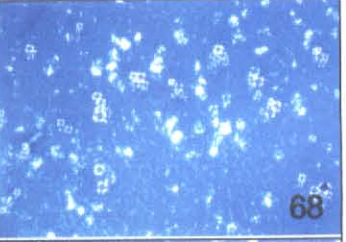
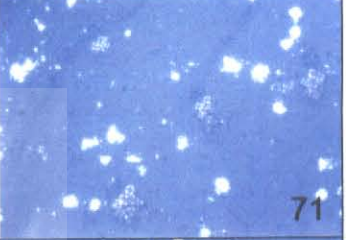
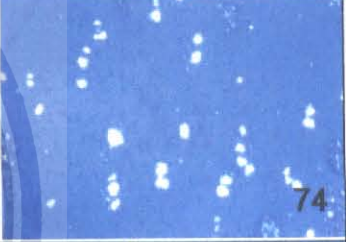
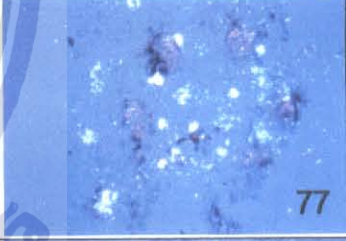
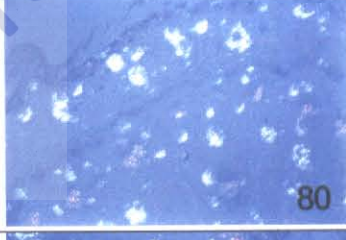
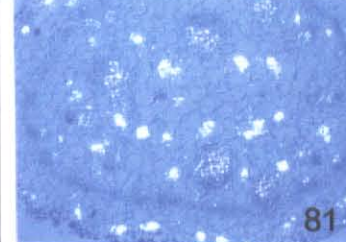
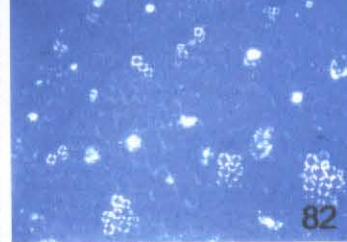
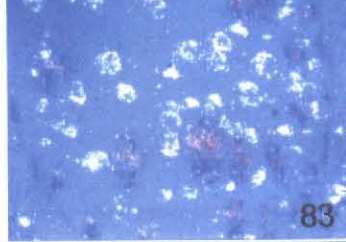
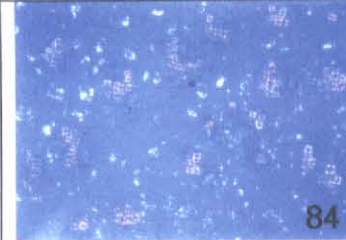
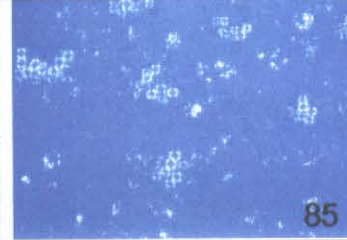
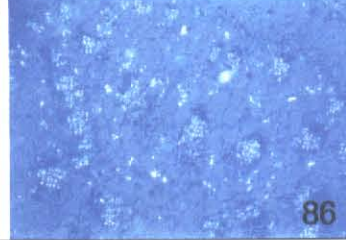
ชนิด/สายพันธุ์	ใบ	ลำต้น
<i>Amaranthus gangeticus</i> G - 2280	 31	 32
<i>A. gangeticus</i> G - 2281	 33	 34
<i>A. gangeticus</i> G - 2282	 35	 36
<i>A. hybridus</i>	 37	 38
<i>A. viridis</i>	 39	 40

ภาพเปรียบเทียบความหนาแน่นของกลุ่มผลึกแคลเซียมออกซาลเลตในใบและลำต้น ของผักโขม 6 ชนิด 18 สายพันธุ์ ในระยะ vegetative (ตัดตามขวาง ที่กำลังขยาย 20X) (ต่อ)

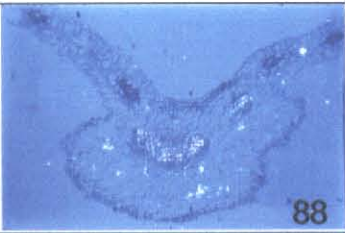
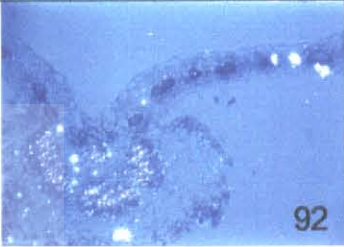
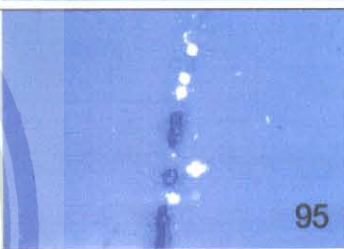
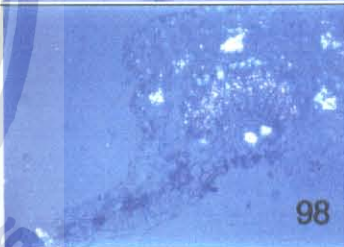
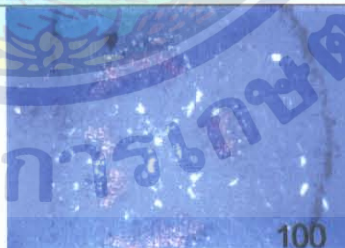
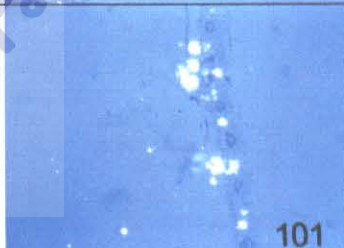
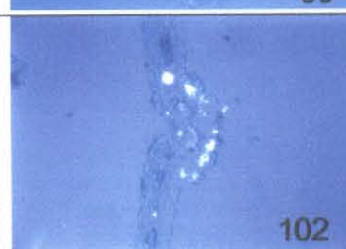
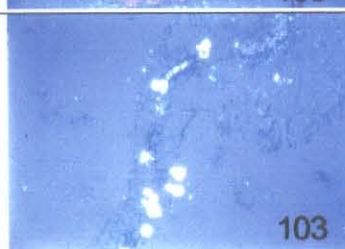
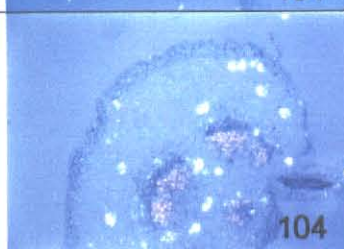
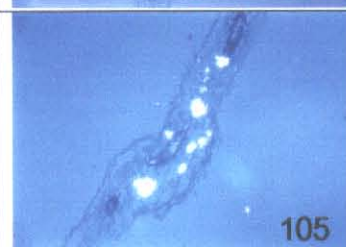
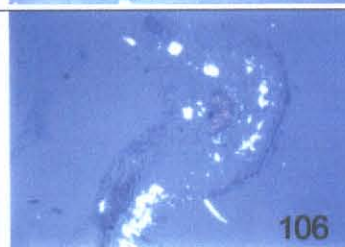
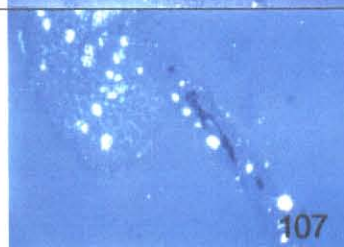
ชนิด/สายพันธุ์	ใบ	ลำต้น
<i>Amaranthus lividus</i>	 41	 42
A. sp. (ญี่ปุ่น)	 43	 44

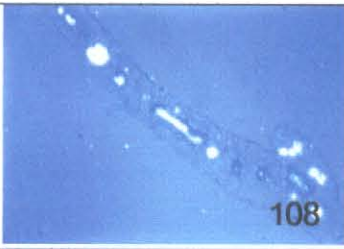
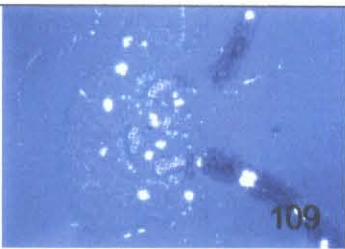
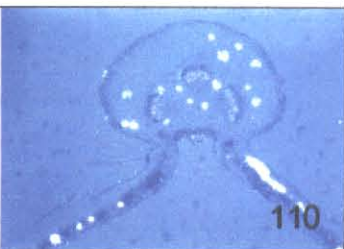
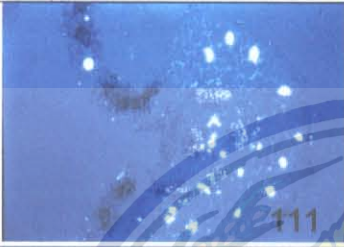
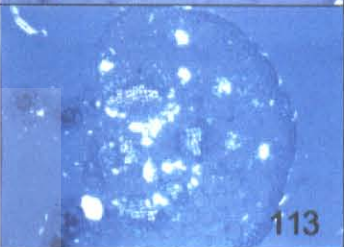
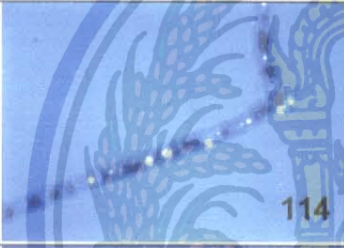
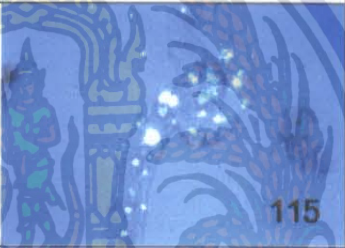
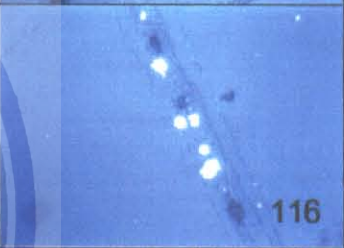
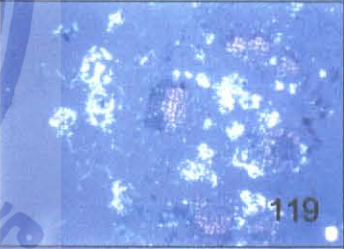
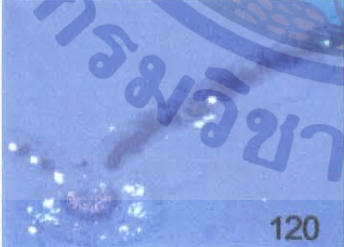
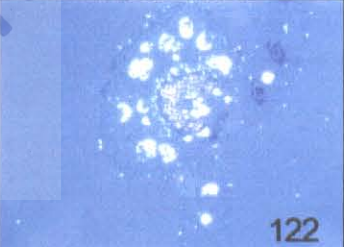
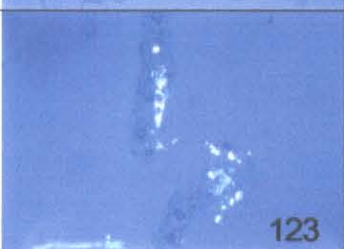
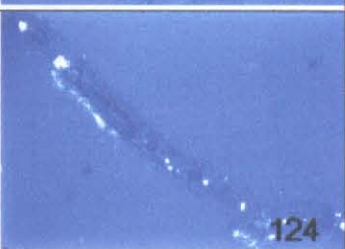
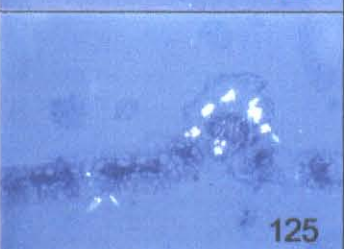
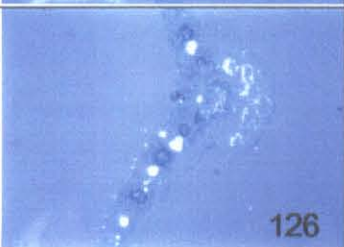
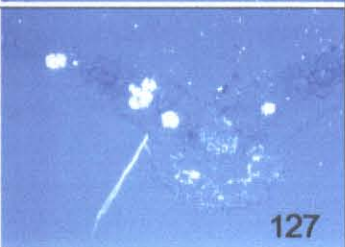
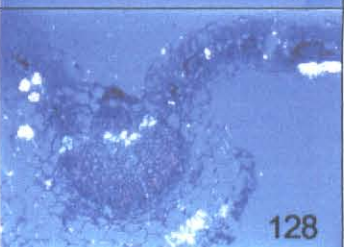


ภาพเปรียบเทียบความหนาแน่นของกลุ่มผลึกแคลเซียมออกซาลเลทในลำต้นผักโขม (จุดสีขาวในภาพ) ที่ระยะการเจริญเติบโต 3 ระยะ (ตัดตามขวาง ที่กำลังขยาย 20X)			
ชนิด/สายพันธุ์	seedling	vegetative	reproductive
<i>Amaranthus tricolor</i> T- จีน	 45	 46	 47
<i>A. tricolor</i> T - 2359	 48	 49	 50
<i>A. tricolor</i> T – เหลือง (ได้หัว)	 51	 52	 53
<i>A. tricolor</i> T – 2297	 54	 55	 56
<i>A. tricolor</i> T - 2272	 57	 58	 59
<i>A. tricolor</i> T - 2356	 60	 61	 62
<i>A. tricolor</i> T - เขียว	 63	 64	 65

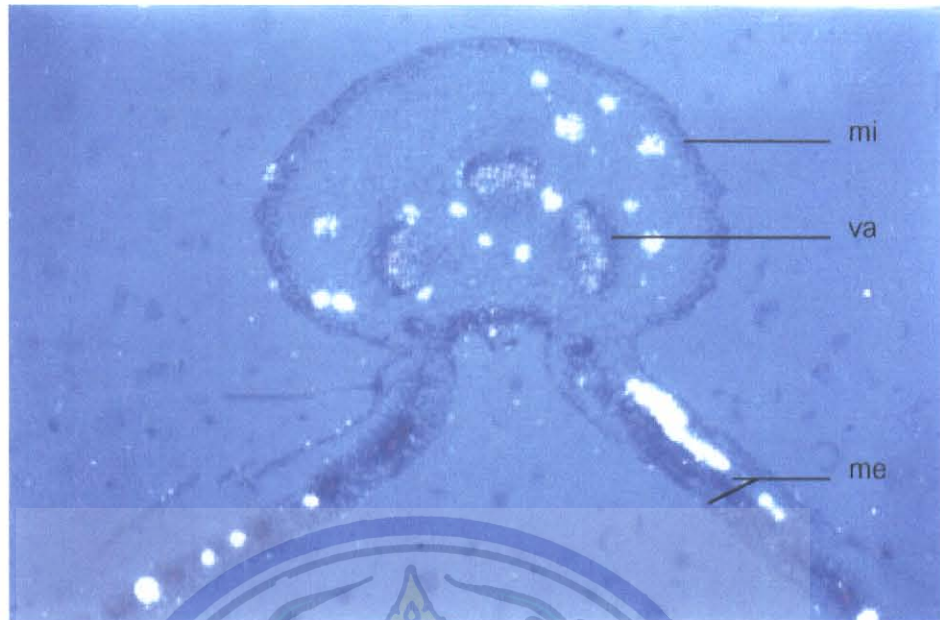
ภาพเปรียบเทียบความหนาแน่นของกลุ่มผลึกแคลเซียมออกซาลเลทในลำต้นผักโขม (จุดสีขาวในภาพ) ที่ระยะการเจริญเติบโต 3 ระยะ (ตัดตามขวาง ที่กำลังขยาย 20X) (ต่อ)			
ชนิด/สายพันธุ์	seedling	vegetative	reproductive
<i>Amaranthus tricolor</i> T- ขาว	 66	 67	 68
<i>A. gangeticus</i> G - 2279	 69	 70	 71
<i>A. gangeticus</i> G - 2280	 72	 73	 74
<i>A. gangeticus</i> G - 2282	 75	 76	 77
<i>A. hybridus</i>	 78	 79	 80
<i>A. viridis</i>	 81	 82	 83
<i>A. sp.</i> (ญี่ปุ่น)	 84	 85	 86

ภาพเปรียบเทียบความหนาแน่นของกลุ่มผลึกแคลเซียมออกซาลเลทในใบผักโขม (จุดสีขาวในภาพ)
ที่ระยะการเจริญเติบโต 3 ระยะ (ตัดตามขวาง ที่กำลังขยาย 20X)

ชนิด/สายพันธุ์	seedling	vegetative	reproductive
<i>Amaranthus tricolor</i> T- จีน	 87	 88	 89
<i>A. tricolor</i> T - 2359	 90	 91	 92
<i>A. tricolor</i> T – เหลือง (ได้หัว)	 93	 94	 95
<i>A. tricolor</i> T – 2297	 96	 97	 98
<i>A. tricolor</i> T - 2356	 99	 100	 101
<i>A. tricolor</i> T - เขียว	 102	 103	 104
<i>A. tricolor</i> T - ขาว	 105	 106	 107

ภาพเปรียบเทียบความหนาแน่นของกลุ่มผลึกแคลเซียมออกซาลเลทในใบผักโขม (จุดสีขาวในภาพ) ที่ระยะการเจริญเติบโต 3 ระยะ (ตัดตามขวาง ที่กำลังขยาย 20X) (ต่อ)			
ชนิด/สายพันธุ์	seedling	vegetative	reproductive
<i>Amaranthus gangeticus</i> G - 2279	 108	 109	 110
<i>A. gangeticus</i> G - 2280	 111	 112	 113
<i>A. gangeticus</i> G - 2282	 114	 115	 116
<i>A. hybridus</i>	 117	 118	 119
<i>A. viridis</i>	 120	 121	 122
<i>A. lividus</i>	 123	 124	 125
<i>A. sp.</i> (ญี่ปุ่น)	 126	 127	 128

ภาพแสดงกลุ่มผลึก (จุดสีขาว) และส่วนต่างๆของลักษณะภายในใบและลำต้นผักโขม



ลำต้น

co = cortex

me = mesophyll

mi = mid rib

pi = pith

va = vascular bundle

การตรวจหาผลึกแคลเซียมออกซาเลทในใบหม่อนพันธุ์ต่าง ๆ
Examination for Calcium Oxalate in White Mulberry (*Morus alba* L.) Leaves

กัญจนา โปะเงิน ^{1/}

ภทริยา สุทธิเชื่อนาค ^{1/}

วิโรจน์ แก้วเรือง ^{2/}

^{1/}กลุ่มงานพฤกษศาสตร์

กองพฤกษศาสตร์และวิจัยพืช

^{2/}ศูนย์วิจัยหม่อนไหมอุดรธานี

สถาบันวิจัยหม่อนไหม

บทคัดย่อ

ได้ตรวจหาผลึกแคลเซียมออกซาเลทในใบหม่อนพันธุ์ต่าง ๆ ทั้งหมด 11 พันธุ์ ได้แก่ บุรีรัมย์ 60 บุรีรัมย์ 51 นครราชสีมา 60 น้อย คุณไผ่ ฝั่ P33 J14 จิน44 No.2 และหม่อนป่า เพื่อศึกษาปริมาณผลึกแคลเซียมออกซาเลทในใบหม่อนพันธุ์ต่าง ๆ โดยเก็บตัวอย่างทั้งใบอ่อน และใบแก่ จากศูนย์วิจัยหม่อนไหมอุดรธานี นำมาศึกษาทางด้านไมโครเทคนิคโดยการทำสไลด์ถาวรตามวิธีการของ Johansen (1940) ที่กองพฤกษศาสตร์และวิจัยพืช ศึกษาความหนาแน่นและวัดขนาดของผลึกในใบหม่อนแต่ละพันธุ์เพื่อคัดเลือกพันธุ์ที่มีปริมาณผลึกแคลเซียมออกซาเลทน้อยเพื่อการทำชาหม่อน พบว่า ใบหม่อนมีผลึกแคลเซียมออกซาเลททุกพันธุ์ ทั้งใบอ่อนและใบแก่ แต่มีปริมาณและขนาดของผลึกแตกต่างกัน สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีปริมาณผลึกมากได้แก่ หม่อนป่า (ใบแก่) จิน44 (ใบแก่) J14 (ใบแก่) และบุรีรัมย์ 60 (ใบแก่) กลุ่มที่มีปริมาณผลึกค่อนข้างมาก ได้แก่ บุรีรัมย์ 60 (ใบอ่อน) นครราชสีมา 60 (ใบอ่อน, แก่) น้อย (ใบแก่) และหม่อนป่า (ใบอ่อน) กลุ่มที่มีผลึกปานกลาง ได้แก่ จิน44 (ใบอ่อน) J14 (ใบอ่อน) น้อย (ใบอ่อน) คุณไผ่ (ใบแก่) P33 (ใบแก่) และ บุรีรัมย์ 51 (ใบแก่) กลุ่มที่มีผลึกน้อยได้แก่ บุรีรัมย์ 51 (ใบอ่อน) คุณไผ่ (ใบอ่อน) P33 (ใบอ่อน) หม่อน ฝั่ (ใบอ่อน, แก่) และ No.2 (ใบอ่อน, แก่) นอกจากนี้ยังพบว่า ปริมาณและขนาดของผลึกแคลเซียมออกซาเลทในใบหม่อนอ่อนจะน้อยกว่าใบแก่ทุกพันธุ์

คำนำ

หม่อน (*Morus* spp.) อยู่ในวงศ์ Moraceae เป็นพืชพื้นเมืองดั้งเดิมของจีน ซึ่งใช้ประโยชน์จากใบหม่อนในการเป็นอาหารของตัวหนอนไหม เพื่อผลิตเป็นผ้าจากเส้นไหม เมื่อประมาณ 4,500 ปีมาแล้ว (วิโรจน์, 2540) ต่อมา เริ่มรู้จักคุณค่าของหม่อนมากขึ้นในแง่เป็นสมุนไพร ใบและยอดใช้แก้ไข้ แก้อ่อนใน กระหายน้ำ หรือต้มเอาน้ำล้างตา แก้อาการตาแดง ตาและตาฝ้าฟาง (วุฒิ, 2540)

นอกจากนี้ใบหม่อนยังเป็นผักพื้นเมืองของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ นำมาประกอบอาหารได้หลายชนิด เช่น ชุบแป้งทอด ใส่ต้มยำ หรือใช้เป็นผักสดจิ้มน้ำพริก ซึ่งใบหม่อนมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบด้วยกรดอะมิโนหลายชนิดมีแร่ธาตุและวิตามินต่าง ๆ เช่น แคลเซียม โพแทสเซียม โซเดียม แมกนีเซียม เหล็ก วิตามินเอ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินซี (วิโรจน์, 2543) นอกจากนี้ยังมีคาร์โบไฮเดรต และเส้นใยอาหารทั้งชนิดที่ละลายน้ำ และไม่ละลายน้ำ (เอมอร์, 2543)

ปัจจุบันนี้มีการนำหม่อนมาพัฒนาเป็นอาหารและเครื่องดื่มเพิ่มขึ้น เช่น ผลิตไวน์และน้ำผลไม้ จากผลหม่อน ข้าวเกรียบใบหม่อน และเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายก็คือ ชาใบหม่อน ซึ่งเป็นที่นิยมดื่มในต่างประเทศมานานแล้ว สำหรับประเทศไทยเริ่มมีการนำมาเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ ตั้งแต่ปี 2541 (วิโรจน์, 2544) และได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากในชาใบหม่อนมีสารออกฤทธิ์ ซึ่งสามารถแก้ปัญหาโรคบางอย่างได้ เช่น สารแอลคาลอยด์ 1-ดี ออกซีโนจิริมัยซิน (1-deoxynojirimycin, DNJ) สามารถทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดลดลงได้ และมีกรดแกมมาอะมิโนบิวไทริก (gamma-aminobutyric acid, GABA) ช่วยลดความดันโลหิตและลดอาการอักเสบในสมองของผู้ได้รับอุบัติเหตุทางสมอง (Shimizu *et al.*, 1992) นอกจากนี้ยังมีฟลาโวนอยด์ (flavonoid) มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน (เอมอร์, 2543) ซึ่งจะมีผลป้องกันโรคหัวใจและหลอดเลือด (Hertog *et al.*, 1993; Dreosti, 1996) โรคกระเพาะปัสสาวะอักเสบ (Mizuno *et al.*, 1992) และลดความเสี่ยงการเกิดโรคกระเพาะอาหารและหลอดเลือด (Weisburger, 1996)

เนื่องจากชาใบหม่อนมีคุณค่าดังกล่าว สถาบันวิจัยหม่อนไหม จึงได้ศึกษาวิจัยและพัฒนาการทำชาใบหม่อน และได้แนะนำให้เกษตรกร และผู้สนใจผลิตเป็นการค้า เพื่อเพิ่มรายได้ นอกเหนือจากการเลี้ยงไหม (วิโรจน์, 2544) แต่การดื่มชาใบหม่อนเพื่อสุขภาพจะต้องดื่มเป็นประจำควรมีการศึกษาหาข้อมูลอื่น ๆ ที่อาจมีผลข้างเคียงตามมาด้วย ประการสำคัญ คือการทราบข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณออกซาเลตในใบหม่อน เนื่องจากมีรายงานจากกระทรวงสาธารณสุขว่าหากรับประทานพืชผักที่มีปริมาณออกซาเลตสูงอย่างจำเพาะจะเป็นปัจจัยเสี่ยงอย่างหนึ่งของการเกิดโรคนิ่วในทางเดินปัสสาวะได้ (ดำรงพันธุ์และคณะ, 2533)

สารออกซาเลตในพืชเกิดจากการรวมตัวกันของกรดออกซาลิก (oxalic acid) และแคลเซียมเกิดเป็นผลึก เรียกว่าผลึกแคลเซียมออกซาเลต (calcium oxalate) ซึ่งจะมีรูปร่างต่าง ๆ กัน เช่นผลึกรูปร่างเหมือนดาว (druse) ดอกกุหลาบ (rosette) รูปเข็ม (raphide) รูปกล่องสี่เหลี่ยม (cubical crystal) ฯลฯ (Metcalfe *et al.*, 1950 ; ภูวดล, 2532) แล้วแต่ชนิดของพืชผลึกมักพบในช่องว่าง (vacuole) ของเซลล์ การเกิดผลึกแคลเซียมออกซาเลตในพืชก็เหมือนกับการเกิดผลึกที่พบในไตและกระเพาะปัสสาวะในคนและสัตว์ซึ่งมีการเกิดขึ้นและสลายไปได้ ถ้าปริมาณของแคลเซียมออกซาเลตและกรดออกซาลิกสูงก็พบผลึกมาก (Harslan *et al.*, 1997; Alice, 1998 ; Kostman *et al.*, 2000) การ

ศึกษาลักษณะภายในของพืชภายใต้กล้องจุลทรรศน์สามารถตรวจหาผลึกแคลเซียมออกซาเลตได้ จากการศึกษาในผักพื้นเมืองภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบผักหลายชนิดมีปริมาณผลึกมาก รวมทั้งหอมป้า (กัญญาและภัทริยา, 2544) และจากการศึกษาในผักโขมพบว่า มีความแตกต่างของปริมาณผลึกในแต่ละสายพันธุ์ ซึ่งสามารถคัดพันธุ์ที่มีปริมาณผลึกน้อยได้และพบว่าในแต่ละระยะการเจริญเติบโตจะมีปริมาณผลึกต่างกัน (กัญญาและภัทริยา, 2543) ดังนั้นจึงควรศึกษาในหอมพันธุ์ต่างๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณและขนาดของผลึกในใบหอมอ่อนและใบแก่ของแต่ละพันธุ์ เพื่อเป็นข้อมูลในการปรับปรุงและคัดเลือกพันธุ์ที่มีปริมาณผลึกน้อยในการนำมาผลิตเป็นชาใบหอมที่มีคุณภาพปลอดภัยต่อผู้บริโภค และเพิ่มมูลค่าของสินค้าเกษตรด้วย

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. ตัวอย่างใบหอม 11 พันธุ์ ได้แก่ นครราชสีมา 60 บุรีรัมย์ 60 บุรีรัมย์ 51 น้อย คุณไผ่ ไร่ No.2 J14 P33 จิน 44 และหอมป้า
2. Fixative reagent (formalin-aceto-alcohol)
3. น้ำยาเคมีต่างๆ เพื่อใช้ในการทำสไลด์ถาวร
4. เครื่องมือตัดเนื้อเยื่อพืช (rotary microtome)
5. สีย้อมเชลล์พืช safranin และ fast green
6. กล้องจุลทรรศน์ ยี่ห้อ Nikon รุ่น Optiphot – 2
7. อุปกรณ์วัดขนาดผลึก (micrometer) และอุปกรณ์ถ่ายภาพจากกล้องจุลทรรศน์

วิธีการ

1. เตรียมตัวอย่างพืช เก็บตัวอย่างใบหอม ทั้งใบอ่อน (ใบที่ 4-6) และใบแก่ (ใบที่ 7-10) โดยนับจากยอดลงมาจำนวน 11 พันธุ์ ได้แก่ นครราชสีมา 60 บุรีรัมย์ 60 บุรีรัมย์ 51 น้อย คุณไผ่ ไร่ No.2 J14 P33 จิน 44 และหอมป้า จากศูนย์วิจัยหอมไหมอุดรธานี
2. เตรียมสไลด์ถาวร เพื่อการศึกษาทางด้าน Microtechnique ตามวิธีการของ Johansen (1940)
 - 2.1 Fixing นำตัวอย่างใบหอมจากข้อ 1 ตัดให้เป็นชิ้นเล็กๆ ขนาด 5x7 มิลลิเมตร ตัวอย่างละ 5 ชิ้น แช่ใน fixative reagent (formalin – aceto – alcohol) เพื่อหยุดยวณต่างๆ ในเซลล์พืชทันที และไม่ทำให้เนื้อเยื่อพืชเสียหาย แล้วนำเข้าเครื่อง vacuum pump ดูดอากาศออกเพื่อให้ น้ำยา fixative reagent ซึมเข้าสู่เนื้อเยื่อพืชโดยเร็ว

2.2 Dehydrating นำตัวอย่างจากข้อ 2.1 มาผ่านขบวนการดึงน้ำออกจากเซลล์พืช โดยใช้ alcohol เข้าไปแทนที่น้ำ และใช้ paraffin เข้าไปแทนที่ alcohol ตามวิธีการของ Johansen (1940)

2.3 Embedding นำตัวอย่างที่แช่อยู่ในพาราฟินเหลวเทลงในกระตงกระดาด จัดตัวอย่างพืชให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม เติมพาราฟินเหลว ให้ท่วมตัวอย่างพอประมาณ หลังจากนั้นนำกระตงกระดาดแช่ในน้ำเย็นเพื่อให้พาราฟินแข็งตัวทันที แกะกระดาดออกทิ้ง นำตัวอย่างที่ฝังอยู่ในแท่งพาราฟินเก็บไว้ในที่เย็น เพื่อรอดำเนินการต่อไป

2.4 Sectioning นำตัวอย่างที่ฝังอยู่ในแท่งพาราฟินจากข้อ 2.3 นำมาตัดให้เหลือชิ้นละ 1 ตัวอย่าง โดยตัดเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมนำไปติดบนแผ่นไม้ ซึ่งมีรูปร่างเป็นแท่งสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ ขนาด 1x1.5x2.5 เซนติเมตร (กว้างxยาวxสูง) แล้วนำแผ่นไม้ใส่ใน rotary microtome เพื่อตัด section เป็นสไลด์ยาวเหมือนริบบิ้น มีความบาง 11 ไมครอน ตัดริบบิ้นเป็นชิ้นยาวประมาณ 3 เซนติเมตร นำไปติดบนแผ่นกระจกสไลด์ ซึ่งอุ่นให้ร้อนบน hot plate โดยใช้ Haupt's gelatin เป็นกาวยึด นำสไลด์เข้าตู้อบอุณหภูมิประมาณ 40 องศาเซลเซียส เพื่ออบให้แห้ง

2.5 Staining สไลด์จากข้อ 2.4 เมื่ออบแห้งดีแล้ว จึงนำมาย้อมด้วยสี safranin และ fast green ก่อนการย้อมสี จะต้องล้างเอาพาราฟินออกก่อน โดยแช่สไลด์ใน xylene แล้วใช้ 95 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ethyl alcohol ล้าง xylene ออก แล้ สไลด์ในแต่ละ solution ประมาณ 5 นาที เมื่อด่างพาราฟินออกหมดแล้ว จึงย้อมด้วยสี safranin โดยนำสไลด์ลงแช่ใน safranin solution ประมาณ 5 นาที ล้างสีแดงส่วนเกินออกด้วยน้ำ แล้วไล่สีน้ำออกจากสไลด์ โดยนำไปแช่ใน 50 และ 95 เปอร์เซ็นต์ ethyl alcohol อย่างละ 1 นาที หลังจากนั้นหยดสี fast green ลงบนสไลด์ เชียงสไลด์ ให้สีติดทั่วกัน ล้างสีเขียวส่วนเกินออกด้วย absolute ethyl alcohol แล้วแช่สไลด์ไว้ใน xylene อย่างน้อย 12 ชั่วโมง

2.6 Mounting นำสไลด์จากข้อ 2.5 มาเช็ดสีส่วนเกินออกแล้ว mount สไลด์ ด้วย canada balsam ปิดกระจก (cover glass) ทับบนส่วนที่มีตัวอย่างติดอยู่ เช็ด canada balsam ส่วนเกินออก แล้วนำไปเข้าตู้อบอุณหภูมิประมาณ 40-50 องศาเซลเซียส 1-2 วัน เพื่อให้สไลด์แห้ง

3. ตรวจเนื้อเยื่อภายใต้กล้องจุลทรรศน์

สไลด์จากข้อ 2.6 เมื่อแห้งดีแล้ว นำออกมาเช็ดทำความสะอาด canada balsam ส่วนเกินออกด้วย xylene เพื่อให้สไลด์ใส พร้อมทั้งจะนำไปตรวจเนื้อเยื่อ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์และประเมินปริมาณผลึกด้วยสายตา (visual assessment)

4. วัดขนาดและบันทึกลักษณะของผลึก วัดขนาดผลึกโดยใช้ micrometer (1 ช่องของ micrometer = 2.6 ไมครอน) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์(objective lens กำลังขยาย 40 เท่า และ eyepiece lens

กำลังขยาย 15 เท่า) และบันทึกลักษณะของผลึกโดยถ่ายภาพภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 20 เท่า (objective lens กำลังขยาย 4 x projection lens กำลังขยาย 5) บันทึกภาพผลึกแคลเซียมออกซาเลททั้งในเส้นกลางใบ (midrib) และแผ่นใบ (mesophyll) ของใบหม่อนอ่อนและใบแก่

5. การให้คะแนน ให้คะแนนตามเปอร์เซ็นต์พื้นที่ผลึกต่อพื้นที่ใบดังนี้

เปอร์เซ็นต์พื้นที่ผลึกต่อพื้นที่ใบ 0 จัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่พบผลึก ให้คะแนนเท่ากับ 0

เปอร์เซ็นต์พื้นที่ผลึกต่อพื้นที่ใบ 1-5 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีผลึกน้อย ให้คะแนนเท่ากับ 1

เปอร์เซ็นต์พื้นที่ผลึกต่อพื้นที่ใบ 6-10 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีผลึกปานกลาง ให้คะแนนเท่ากับ 2

เปอร์เซ็นต์พื้นที่ผลึกต่อพื้นที่ใบ มากกว่า 10 จัดอยู่ในกลุ่มที่มีผลึกมาก ให้คะแนนเท่ากับ 3

วิธีหาเปอร์เซ็นต์พื้นที่ของผลึกต่อพื้นที่ใบ

กำหนดพื้นที่ภาคตัดขวางของใบเป็นสี่เหลี่ยมขนาด 0.01 ตารางมิลลิเมตร (100 x 100 ไมครอน) สุ่มวัดพื้นที่รวมของผลึกที่อยู่ภายในพื้นที่สี่เหลี่ยมที่กำหนด 10 จุด แล้วหาเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผลึกต่อพื้นที่ใบที่กำหนด หาค่าเฉลี่ยทั้ง 10 จุดนั้นโดยการคำนวณดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์พื้นที่ของผลึก} = \frac{(\text{พื้นที่ผลึก } a_1 + a_2 + \dots + a_n) \times 100}{1 \text{ หน่วยพื้นที่ใบ}}$$

$$a_1, a_2, \dots, a_n = \text{ผลึกที่ } 1, 2, \dots, n$$

$$1 \text{ หน่วยพื้นที่ใบ} = 0.01 \text{ ตารางมิลลิเมตร}$$

สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการกายวิภาคและเซลล์วิทยา กลุ่มงานพฤกษศาสตร์

กองพฤกษศาสตร์และวัชพืช

ระยะเวลาทำการทดลอง

ตุลาคม 2543 - มีนาคม 2545

ผลการทดลองและวิจารณ์

ได้ทำการตรวจหาผลึกและวัดขนาดผลึกแคลเซียมออกซาเลทภายใต้กล้องจุลทรรศน์ในใบหม่อนทั้งหมด 11 พันธุ์ ทั้งใบอ่อน และใบแก่ พบว่าใบหม่อนมีผลึกมากน้อยต่างกันในแต่ละพันธุ์เห็นได้ชัดเจน (ภาพที่ 1-44) ใน mesophyll ผลึกมีรูปร่างคล้ายดอกกุหลาบ (rosette) หรือดาว (druse) มีขนาดค่อนข้างเล็ก (2.6x2.6-10.4x13.0 ไมครอน) เมื่อเทียบกับผักโขม ซึ่งมีผลึกใหญ่ขนาด 96 x 102 ไมครอน (กัญจนาและภัทริยา, 2543) นอกจากนี้ยังมีผลึกเป็นแท่งเรียวยาวเล็กปลายแหลม ขนาดไม่เกิน 0.5x2 ไมครอน แทรกอยู่ตาม palisade parenchyma และผิวใบ (epidermis) ซึ่งมีปริมาณมากน้อยต่างกันในแต่ละพันธุ์ ในเส้นกลางใบ (midrib) และเส้นใบ (vein) พบผลึกทั้ง druse

และสี่เหลี่ยมเหมือนกล่อง (cubical crystal) มีขนาดและความหนาแน่นของจำนวนผลึกแตกต่างกันในแต่ละพันธุ์ มีขนาดตั้งแต่ $2.6 \times 2.6 - 23.4 \times 28.6$ ไมครอน ในพันธุ์ที่มีปริมาณผลึกมากก็จะพบผลึกใน midrib และ vein อย่างหนาแน่น และมักจะพบผลึกอยู่ในบริเวณเนื้อเยื่อใกล้ท่อลำเลียงอาหาร (vascular bundle) (ภาพหน้า 77) อาจเป็นเพราะว่าการเคลื่อนย้ายอาหารพืช เช่น แคลเซียม จะต้องผ่านไปทางท่อลำเลียงอาหาร เมื่อปริมาณแคลเซียมเกินต้องการ มันก็จะถูกเก็บไว้ในเซลล์ ๆ หนึ่ง (crystal idioblast) (Kostman *et al.*, 2000) โดยเก็บไว้ในรูปผลึกแคลเซียมออกซาลเลตเพื่อเป็นที่สะสมแคลเซียม (calcium sink) และเป็น biological control อย่างหนึ่ง (Alice, 1998) ซึ่งจะถูกดึงไปใช้ได้อีกเมื่อพืชต้องการ (Harslan *et al.*, 1997) และยังพบว่าในแต่ละพันธุ์ปริมาณและขนาดของผลึกในใบอ่อนจะน้อยกว่าใบแก่ (ตารางที่ 1 และ 2) อาจเป็นเพราะว่าในขณะเป็นใบอ่อนพืชมีความจำเป็นในการใช้แคลเซียมเพื่อการแบ่งเซลล์มากกว่า (มนัส, 2525) เมื่ออายุมากขึ้นปริมาณแคลเซียมที่เกินต้องการจึงถูกสะสมไว้มากขึ้นซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kostman *et al.*, (2000) ซึ่งพบว่ายิ่งเพิ่มปริมาณแคลเซียมให้แก่พืชขนาดของผลึกแคลเซียมออกซาลเลตก็ยิ่งมากขึ้นตามไปด้วย และเป็นที่น่าสนใจว่าขนาดของผลึกใน midrib หรือ vein มักจะมีขนาดใหญ่กว่าใน mesophyll ไม่ว่าจะเป็นใบอ่อนหรือใบแก่ ในขณะเดียวกันก็พบผลึกเล็กๆ ใน mesophyll ที่ใกล้กับ midrib หรือ vein ด้วย ทั้งนี้เพราะ midrib และ vein มีกลุ่มท่อลำเลียงอาหารขนาดใหญ่กว่าใน mesophyll การเคลื่อนย้าย หรือสะสมธาตุอาหาร จึงมีปริมาณมากกว่า จากการศึกษาลักษณะผลึกแคลเซียมออกซาลเลตในใบหม่อน 11 พันธุ์ มีรายละเอียดดังนี้

นครราชสีมา 60

ใบแก่ พบผลึก rosette ค่อนข้างมากในเส้นกลางใบ (midrib) และเส้นใบ (vein) มีขนาดผลึกตั้งแต่ $2.0 \times 5.2 - 13.0 \times 18.2$ ไมครอน ส่วนใหญ่มีขนาด 10.4×13 ไมครอน ใน mesophyll พบผลึก rosette ห่างๆ แต่จะถี่ขึ้นบริเวณใกล้เส้นกลางใบ และเส้นใบ ผลึกมีขนาดเฉลี่ย 7.8×10.4 ไมครอน ส่วนใหญ่อยู่ทางด้าน spongy parenchyma (ภาพหน้า 77) ถ้าใบแก่มากจะพบทางด้าน palisade parenchyma (ภาพหน้า 77) ด้วยและพบผลึกแท่งเล็กเรียวยาวแหลมขนาดใหญ่สุด 1.3×5.2 ไมครอน แต่ส่วนใหญ่มีขนาดเล็กกว่า พบทางด้าน upper epidermis (ภาพหน้า 77) มีมากกว่าใบอ่อน (ภาพที่ 21, 22)

ใบอ่อน มีผลึกค่อนข้างมาก เช่นกันทั้งใน midrib vein และ mesophyll แต่ส่วนใหญ่ขนาดผลึกเล็กกว่าใบแก่ ขนาดเฉลี่ย 10.4×10.4 ไมครอนใน midrib และ 6.2×7.0 ไมครอน ใน mesophyll (ภาพที่ 23, 24)

บุรีรัมย์ 60

ใบแก่ มีผลึกมาก มีขนาดใหญ่กว่า และหนาแน่นกว่านครราชสีมา 60 ใน midrib มีขนาดผลึก ตั้งแต่ $5.2 \times 5.2 - 20.8 \times 20.8$ ไมครอน ส่วนใหญ่ ผลึกขนาด 13.0×15.6 ไมครอน รูปร่างผลึกมีทั้ง druse หรือ rosette และผลึกสี่เหลี่ยมเหมือนกล่อง ใน mesophyll มีผลึก druse และผลึกแท่งเล็กเรียวยาวแหลมอยู่ทั่วไป แต่ส่วนใหญ่มีหนาแน่นทางด้าน palisade parenchyma มีขนาดผลึกเล็กกว่าใน midrib เฉลี่ย 9.0×10.4 ไมครอน จัดอยู่ในกลุ่มมีผลึกมาก (ภาพที่ 9,10)

ใบอ่อน ผลึกมีขนาด และปริมาณลดลงจากใบแก่ ทั้งใน midrib และ mesophyll แต่ก็มีผลึกอื่นๆ เช่นเดียวกับใบแก่ ไม่พบผลึกแท่งเล็กเรียวยาวแหลม ผลึก druse มีขนาดเฉลี่ย 10.4×10.4 ไมครอน ใน Midrib และ 7.8×8.6 ไมครอน ใน mesophyll จัดอยู่ในกลุ่มมีผลึกค่อนข้างมาก (ภาพที่ 11,12)

J14

ใบแก่ พบผลึก druse และผลึกสี่เหลี่ยมเหมือนกล่องขนาดใหญ่ และอยู่กันหนาแน่นใน midrib มีขนาดตั้งแต่ $6.5 \times 6.5 - 23.4 \times 28.6$ ไมครอน แต่ส่วนใหญ่ผลึกมีขนาด 13×13 ไมครอน ใน mesophyll พบผลึก druse และแท่งสั้นเรียวยาวแหลมมีขนาดเล็กมากต้องดูด้วยกล้องกำลังขยายสูง มีอยู่ทั่วไป รวมทั้งผิวใบ ผลึก druse มีขนาดเฉลี่ย 7.8×9.1 ไมครอน อยู่ในกลุ่มมีผลึกมาก (ภาพที่ 5,6)

ใบอ่อน ขนาดผลึก และจำนวนผลึกลดลงใน midrib ขนาดผลึกเฉลี่ย 8.6×9.3 ไมครอน ใน mesophyll มีขนาด 4.2×5.2 ไมครอน มีผลึกแท่งสั้นเรียวยาวแหลมประปราย ทั้งผิวใบด้านบนและด้านล่าง ไม่ค่อยพบใน palisade และ spongy parenchyma จัดอยู่ในกลุ่มมีผลึกปานกลาง (ภาพที่ 7,8)

จีน 44

ใบแก่ พบผลึก druse มีขนาดใหญ่กว่าทุกพันธุ์ และอยู่กันถี่ๆ รอบท่อลำเลียงน้ำ (xylem) ท่ออาหาร (phloem) (ภาพหน้า 77) ใน midrib มีขนาดตั้งแต่ $5.2 \times 5.2 - 20.8 \times 20.8$ ส่วนใหญ่เป็นผลึกค่อนข้างใหญ่ เฉลี่ย 15.6×18.2 ไมครอน ใน mesophyll มีผลึก druse ขนาดเฉลี่ย 7.8×10.4 พบถี่มาก และมีผลึกแท่งสั้นเรียวยาวแหลมกระจายทั่วไปตั้งแต่ผิวใบด้านล่างถึงผิวใบด้านบน ผลึกที่พบที่ผิวใบด้านบนจะมีขนาดใหญ่ (1.3×7.8 ไมครอน) จัดอยู่ในกลุ่มมีผลึกมาก (ภาพที่ 1,2)

ใบอ่อน ผลึกมีความหนาแน่นและขนาดลดลงใน midrib ส่วนใหญ่ผลึกมีขนาดเล็ก มีผลึกขนาดใหญ่ประปราย ขนาดผลึกเฉลี่ย 8.6×9.9 ไมครอน ใน mesophyll มีผลึกน้อย ขนาดเล็กมาก ขนาดเฉลี่ย 1.9×2.6 ไมครอน จัดอยู่ในกลุ่มมีผลึกปานกลาง (ภาพที่ 3,4)

P33

ใบแก่ พบผลึกใน midrib ในระดับปานกลาง มีขนาดผลึกตั้งแต่ $5.2 \times 5.2 - 10.4 \times 13$ ไมครอน แต่ส่วนใหญ่ผลึกมีขนาด 7.8×10.4 ไมครอน ผลึกส่วนใหญ่อยู่บริเวณท่อน้ำ (xylem) บริเวณท่ออาหาร (phloem) พบน้อย ใน mesophyll พบผลึก druse ขนาดปานกลาง 7.8×9.3 ไมครอน ส่วนใหญ่พบทางด้าน spongy parenchyma และพบผลึกแท่งสั้นเรียวแหลมอยู่ทางผิวใบด้านบน จัดอยู่ในกลุ่มมีผลึกปานกลาง (ภาพที่29,30)

ใบอ่อน พบผลึก druse ใน midrib มีน้อยลง มีเฉพาะบริเวณท่อน้ำ ไม่พบในบริเวณท่ออาหาร ขนาดผลึกมีขนาดเล็กเฉลี่ย 5.2×7.8 ไมครอน ใน mesophyll พบผลึก druse ขนาดเล็กเฉลี่ย 5.2×5.2 มีน้อยมาก พบเฉพาะบริเวณเส้นใบ (vein) จัดอยู่ในกลุ่มมีผลึกน้อย (ภาพที่31,32)

ใผ่

ใบแก่ พบผลึก druse ใน midrib มีน้อยมาก ขนาดเฉลี่ย 6.8×6.8 ไมครอน ใน mesophyll พบผลึก druse ขนาดเฉลี่ย 6.0×7.8 ไมครอน อยู่ในบริเวณ spongy parenchyma จัดอยู่ในกลุ่มมีผลึกน้อย (ภาพที่37,38)

ใบอ่อน พบผลึก druse เล็กน้อยที่ midrib และ vein ผลึกมีขนาดเล็กมากเฉลี่ย 3.4×3.6 ไมครอน ใน mesophyll พบผลึกขนาดเล็กมาก และมีน้อยมาก (ภาพที่39,40)

คุณไพ

ใบแก่ พบผลึกทั้ง druse และผลึกแท่งสี่เหลี่ยมเหมือนกล่อง ใน midrib และ vein มีขนาดผลึกตั้งแต่ $5.2 \times 5.2 - 13.0 \times 18.2$ ไมครอน ส่วนใหญ่ผลึกมีขนาด 7.8×10.4 ไมครอน มีปริมาณปานกลาง ใน mesophyll พบผลึก druse ขนาดใหญ่ขึ้น พบที่ๆ บริเวณเส้น vein มีขนาดเฉลี่ย 8.6×9.9 ไมครอน ผลึกส่วนใหญ่อยู่ทางด้าน spongy parenchyma นอกจากนี้ยังมีผลึกแท่งสั้นเรียวแหลม มีขนาดใหญ่ถึง 2.0×6.5 ไมครอน พบทั่วไปใน mesophyll ตั้งแต่ผิวใบด้านบนจนถึงผิวใบด้านล่าง จัดอยู่ในกลุ่มมีผลึกปานกลาง (ภาพที่25,26)

ใบอ่อน มีผลึกน้อยลงใน midrib ส่วนใหญ่ผลึกมีขนาด 6.2×8.3 ไมครอน ใน mesophyll มีผลึก druse และผลึกแท่งน้อยมาก มีเฉพาะที่ผิวใบด้านบนเท่านั้น ขนาดของผลึก druse เฉลี่ย 5.2×4.5 ไมครอน จัดอยู่ในกลุ่มมีผลึกเล็กน้อย (ภาพที่27,28)

ใบอ่อน พบผลึก druse ใน midrib เล็กน้อย มีขนาดเฉลี่ย 5.9x7.1 ไมครอน ใน mesophyll พบผลึก druse น้อยมาก พบเฉพาะเส้น vein บางอันมีขนาด 3.9x3.9 ไมครอน (ภาพที่ 43,44)

ใบแก่ พบผลึกมีทั้ง druse และผลึกสี่เหลี่ยม มีปริมาณปานกลาง มีขนาดตั้งแต่ 5.6x5.6-18.2x23.4 ไมครอน ขนาดผลึกเฉลี่ย 9.1x13 ไมครอน ใน mesophyll มีผลึก druse น้อยอยู่กัน ห่างๆ มีขนาด 5.2x6.5 ไมครอนพบเฉพาะบริเวณเส้น vein และมีผลึกแท่งเล็กเรียวยาวแหลมพบตั้งแต่ผิว ใบด้านบนจนถึงผิวใบด้านล่าง แต่ส่วนใหญ่พบใน palisade parenchyma จัดอยู่ในกลุ่มมีผลึกปานกลาง (ภาพที่33,34)

ใบอ่อน ใน midrib มีผลึก druse ปานกลาง ขนาดผลึกเฉลี่ย 6.5x7.8 ไมครอน ใน mesophyll มีผลึก druse น้อยเช่นกัน พบผลึกแท่งสั้นรียาวแหลมเฉพาะผิวใบด้านบน จัดอยู่ในกลุ่มมีผลึกน้อย (ภาพที่ 35.36)

ใบแก่ พบผลึก druse และผลึกสี่เหลี่ยมเหมือนกล่อง ค่อนข้างหนาแน่น มีขนาดผลึกตั้งแต่ 2.6x2.6 - 15.6x18.2 ไมครอน ผลึกส่วนใหญ่มีขนาด 7.8x10.4 ไมครอน ใน mesophyll พบผลึก druse ทั่วไปแต่ส่วนใหญ่พบทาง spongy parenchyma บริเวณใกล้กับกลุ่มท่อลำเลียง (vascular bundle). ผลึกสีขาวใส (crystal) มีขนาด 7.2x9.3 ไมครอน เป็นเหลี่ยมทั้งสี่ด้านเรียงกันเป็นระเบียบ

palisade parenchyma จัดอยู่ในกลุ่มมีผลึกค่อนข้างมาก (ภาพที่17,1

[illegible]

เฉลี่ย 6.0-6.2 ไมครอน มีผลึกแท้จริง
(9,20)

mesophyll พบผลึก druse กระจาย แต่ขนาดผลึกเล็กกว่า มีขน
เรียบแหลมประปราย จัดอยู่ในกลุ่มมีผลึกปานกลาง (ภาพที่ 1)

yll อย่างหนาแน่น ผลึกเรียงกันถี่มาก มีทั้ง
idioplasmic และ mesoplasmic palisade parenchyma

ใบแก่ พบผลึก druse ใน midrib และใน mesophyll palisade parenchyma และ spongy parenchyma และ

หนาแน่นกว่า ผลึกใน midrib มีขนาดเฉลี่ย 13x13 ไมครอน ใน mesophyll มีขนาดเฉลี่ย 7.8x7.8 ไมครอน นอกจากนี้ยังมีผลึกแท่งสั้นเรียวแหลมประปรายทั้งในผิวใบด้านบน และผิวใบด้านล่าง จัดอยู่ในกลุ่มมีผลึกมาก (ภาพที่13,14)

ใบอ่อน มีผลึกหนาแน่นมากเหมือนใบแก่ แต่ขนาดผลึกเล็กลงใน midrib มีขนาดผลึกเฉลี่ย 6.8x7.8 ไมครอน ใน mesophyll มีขนาด 5.2x6.2 ไมครอน มีผลึกเล็กๆ ทางด้าน spongy parenchyma มีผลึกแท่งสั้นเล็กน้อย จัดอยู่ในกลุ่มมีผลึกค่อนข้างมาก (ภาพที่15,16)

จากการศึกษาพบว่ามีความแตกต่างในด้านปริมาณและขนาดของผลึกในใบหม่อนพันธุ์ต่าง ๆ (ภาพที่ 1-44) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในผักโขมที่พบว่ามีความแตกต่างในด้านปริมาณและขนาดของผลึกในแต่ละสายพันธุ์เช่นกัน(กัญญาและภัทริยา,2543) เป็นที่น่าสังเกตว่าหม่อนพันธุ์บุรีรัมย์ 60 ซึ่งเป็นลูกผสมระหว่างพันธุ์จีน44(พ่อ) กับพันธุ์น้อย(แม่)(นิรนาม,2539) มีปริมาณความหนาแน่นของผลึกจัดอยู่ในกลุ่มมีมาก เพราะทั้งพ่อและแม่มีปริมาณผลึกมากและมีขนาดผลึกใหญ่ใกล้เคียงกับพันธุ์พ่อ ในขณะที่พันธุ์แม่มีขนาดผลึกเล็กกว่า ส่วนพันธุ์ P33 ซึ่งเป็นลูกผสมระหว่างพันธุ์ไผ่(พ่อ)กับพันธุ์น้อย(แม่)(พินัยและคณะ,2530) มีปริมาณผลึกปานกลาง ซึ่งเป็นลักษณะผสมที่ได้ระหว่างพันธุ์พ่อมีผลึกน้อยกับพันธุ์แม่มีผลึกมาก ส่วนขนาดผลึกใกล้เคียงกับพันธุ์แม่ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าพันธุ์พ่อ แสดงว่าปริมาณและขนาดผลึกแคลเซียมออกซาเลตน่าจะเป็นลักษณะประจำพันธุ์และสามารถถ่ายทอดทางพันธุกรรมได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาการเกิดผลึกแคลเซียมออกซาเลตในต้น Barrel medic (*Medicago truncatula* Gaertn.) ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับอัลฟัลฟา พบว่าการเกิดผลึกถูกควบคุมโดยยีน(gene) มากกว่า 7 แห่งบนโครโมโซม(Nakata *et al.*,2000) ดังนั้นการปรับปรุงพันธุ์หม่อนให้มีปริมาณแคลเซียมออกซาเลตต่ำลงควรหาพันธุ์ที่มีปริมาณผลึกน้อยมาเป็นพ่อแม่พันธุ์

หม่อนบางพันธุ์ในใบแก่มีปริมาณผลึกและขนาดผลึกค่อนข้างใหญ่ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มมีผลึกมาก แต่ใบอ่อนจัดอยู่ในกลุ่มมีผลึกปานกลาง เนื่องจากมีความหนาแน่นของจำนวนผลึกและขนาดของผลึกลดลง เช่น พันธุ์จีน 44 หม่อนบางพันธุ์มีขนาดและจำนวนผลึกในใบอ่อน และใบแก่ ไม่แตกต่างกันมากนัก จะถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน เช่น นครราชสีมา 60 ซึ่งอยู่ในกลุ่มมีผลึกค่อนข้างมาก หม่อนไผ่ และ No.2 อยู่ในกลุ่มมีผลึกน้อย (ตารางที่2)

เนื่องจากในใบอ่อน มีปริมาณและขนาดของผลึกแคลเซียมออกซาเลตน้อยกว่าใบแก่ ซึ่งเหมือนกับพืชบางชนิด เช่น ผักกุ่ม แคบ้าน ผักหวานบ้าน (กัญญาและภัทริยา, 2542,2544)ดังนั้นการเก็บใบหม่อนไปทำชาให้ปลอดภัยจากการเป็นโรคนี้ในทางเดินปัสสาวะ จึงควรใช้แต่ใบหม่อนอ่อน สอดคล้องกับการศึกษาของวิโรจน์และคณะ(2545) ซึ่งพบว่าในใบยอดและใบอ่อนของหม่อนมีปริมาณฟลาโวนอยด์ และโพลีฟีนอลรวมสูงกว่าใบแก่

ได้ศึกษาเพิ่มเติมโดยการตรวจหาผลึกแคลเซียมออกซาลเลต ในน้ำชาหม่อน (พันธุ์บุรีรัมย์ 60) จากชาหม่อนที่อยู่ในช่องกระดาดากรอง (ผลิตเป็นอุตสาหกรรม) และจากชาหม่อนที่เกษตรกรผลิตในครัวเรือน พบว่า ในน้ำชาหม่อนที่ไม่ได้บรรจุในกระดาดากรองจะมีผงใบหม่อนปะปนอยู่ในน้ำชา และพบผลึกแคลเซียมออกซาลเลต อยู่ในผงนั้นด้วย ซึ่งพบมากกว่าชาหม่อนที่บรรจุของ ดังนั้นจึงควรแนะนำเกษตรกรให้ผลิตชาหม่อนให้อยู่ในรูปใสของกระดาดากรอง หรือเลือกพันธุ์อื่นที่มีปริมาณแคลเซียมออกซาลเลต ปานกลาง หรือน้อย ไปทดแทน เช่น คุณไฟ เพื่อความปลอดภัยต่อผู้บริโภค แม้ว่าปริมาณสารออกฤทธิ์จะน้อยกว่า(วิโรจน์และคณะ,2545) และน่าจะสนับสนุนให้เกษตรกรผลิตชาหม่อนจากใบอ่อน มากกว่าใบแก่ เพราะมีปริมาณแคลเซียมออกซาลเลตน้อยกว่าใบแก่ นอกจากนี้ยังมีปริมาณฟลาโวนอยด์ และโพลีฟีนอลสูงกว่าอีกด้วย (วิโรจน์และคณะ,2545) อีกประการหนึ่งควรมีการศึกษาเพิ่มเติมว่า ปริมาณผลึกแคลเซียมออกซาลเลตในแต่ละพันธุ์ เมื่อเก็บจากแหล่งปลูกต่างกันจะมีความแตกต่างกันหรือไม่ เพื่อจะได้ทราบว่าสิ่งแวดล้อมมีอิทธิพลต่อการเกิดผลึกอย่างไร จากการศึกษานี้ของวิโรจน์และคณะ (2545) พบว่าในใบยอดอ่อนมีปริมาณฟลาโวนอยด์ และโพลีฟีนอลสูงที่สุด ดังนั้น จึงควรศึกษาเกี่ยวกับปริมาณออกซาลเลตในใบยอดอ่อน (ใบที่ 1-3) เพิ่มเติมด้วย

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาลักษณะภายในของหม่อนทั้ง 11 พันธุ์ พบว่า มีผลึกแคลเซียมออกซาลเลตแตกต่างกันในแต่ละพันธุ์ และพบผลึกในใบอ่อนน้อยกว่าใบแก่ ทั้งปริมาณและขนาดของผลึกสามารถจัดกลุ่มออกได้เป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีปริมาณผลึกมาก ค่อนข้างมาก ปานกลาง และน้อย (ตารางที่ 2)

กลุ่มที่มีปริมาณผลึกมาก ได้แก่ หม่อนป่า (ใบแก่) จีน 44 (ใบแก่) J14 (ใบแก่) และบุรีรัมย์ 60 (ใบแก่)

กลุ่มที่มีปริมาณผลึกค่อนข้างมาก ได้แก่ หม่อนป่า (ใบอ่อน) บุรีรัมย์ 60 (ใบอ่อน) นครราชสีมา 60 (ใบแก่, ใบอ่อน) และน้อย (ใบแก่)

กลุ่มที่มีผลึกปานกลางได้แก่ จีน 44 (ใบอ่อน) J14 (ใบอ่อน) น้อย (ใบอ่อน) คุณไฟ (ใบแก่) P33 (ใบแก่) และบุรีรัมย์ 51 (ใบแก่)

กลุ่มที่มีผลึกน้อย ได้แก่ บุรีรัมย์ 51 (ใบอ่อน) คุณไฟ (ใบอ่อน) P33 (ใบอ่อน) หม่อนไผ่ (ใบแก่, ใบอ่อน) No.2 (ใบแก่, ใบอ่อน)

เอกสารอ้างอิง

กัญญา ปิยะเงิน และภทริยา สุทธิเชื่อนาค. 2542. การตรวจหาผลึกแคลเซียมออกซาลเลตในผักพื้นเมืองภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. หน้า 2.1-2.4 ใน : รายงานการประชุมวิชาการ ความก้าวหน้าด้านพฤกษศาสตร์ สมุนไพรและวัชพืช กองพฤกษศาสตร์และวัชพืช

- 9-10 มีนาคม 2542 ณ ห้องประชุมกรมวิชาการเกษตร เขตจตุจักร กรุงเทพฯ.
- _____. 2543. การตรวจหาผลึกแคลเซียมออกซาเลตในผัก
 โขม. หน้า 134-142. ใน: รายงานการประชุมวิชาการ ความก้าวหน้างานวิจัยด้านความหลากหลายทางชีวภาพ สมุนไพรและพืช กองพฤกษศาสตร์และพืช 14-16 มีนาคม 2543 ณ คลองทรายรีสอร์ท เขาใหญ่ นครราชสีมา.
- _____. 2544. การตรวจหาผลึกแคลเซียมออกซาเลตในผักพื้นเมืองภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. หน้า 143-152. ใน: รายงานการประชุมวิชาการ ความก้าวหน้างานวิจัยด้านพฤกษศาสตร์สมุนไพรและพืช กองพฤกษศาสตร์และพืช 19-20 เมษายน 2544 ณ โรงแรมเมธาวลัย อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี.
- ดำรงพันธุ์ วัฒนะโชติ วิโรจน์ ชดช้อย และวิชัย หงส์ไพฑูรย์. 2533. คู่มือครู เรื่อง โรคนี้ในทางเดินปัสสาวะ โครงการควบคุมโรคนี้ กระทรวงสาธารณสุข โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก กรุงเทพฯ. 32 หน้า.
- นิรนาม. 2539. หม่อนไหม. เอกสารวิชาการ : พันธุ์พืชของสิริราชสมบัติครบ 50 ปี พุทธศักราช 2539. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ห้างหุ้นส่วนมีเดียเพชร. 128 หน้า.
- พินัย ห่องทองแดง สมโพธิ อัครพันธุ์ สุริยะ จันทรแสงศรี สงรักษ์ เตังรัตนประเสริฐ และบุปผา อุตนะปา. 2530. การทดสอบพันธุ์หม่อนที่ต้านทานต่อโรครากเน่า. หน้า 12-18. ใน : รายงานผลการค้นคว้าวิจัยใหม่ต่างประเทศลูกผสม สถาบันวิจัยหม่อนไหม กรมวิชาการเกษตร.
- ภูวดล บุตรรัตน์. 2532. โครงสร้างภายในของพืช. โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิชจำกัด กรุงเทพฯ. 57 หน้า.
- มนัส สุจิพันธุ์. 2525. ธาตุอาหารของพืช ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 82 หน้า.
- วิโรจน์ แก้วเรือง. 2540 หม่อนและไหม พืชและสัตว์สารพัดประโยชน์. ห้างหุ้นส่วนจำกัด เอ็น ซี จี เอนเตอร์ไพรส์. กรุงเทพฯ. 28 หน้า.
- _____. 2543. ชาหม่อน. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ. 40 หน้า.
- _____. 2544 ชาหม่อน. กสิกร กรมวิชาการเกษตร 74 (2) : 99-102.
- _____. 2545 วิเคราะห์สารออกฤทธิ์ในชาหม่อน. หน้า 117-164 ใน: รายงานการประชุมวิชาการหม่อนไหม ประจำปี 2545 สถาบันวิจัยหม่อนไหม 28-30 มีนาคม 2545 ณ โรงแรมกระบี่เมอริทอ อ.เมือง จ.กระบี่.
- วุฒิ วุฒิธรรมเวช. 2540. เกษตรกรรมไทยรวมสมุนไพร. พิมพ์ครั้งที่ 2 โอ เอส พริ้นติ้งเฮาส์.

กรุงเทพฯ. 80 หน้า.

เอมอร โสมนະพันธุ์. 2543 หม่อน (Mulberry) จุลสารข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. ปีที่ 217 เล่มที่ 3 หน้า 12-19.

Alice, M. 1998. Research Interest. Botany and Plant Pathology. Purdue Univ. <http://www.btny.purdue.edu/Faculty/Webb.html>.

Dreosti, I.E. 1996. Bioactive Ingredients : Antioxidants and polyphenols in tea. *Nutr Reviews* 54:s51-s58.

Hertog, M.G., E.J. Feskens., P.C. Hollman., M.B. Katan and D. Kromhout. 1993. Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease : the Zutphen Elderly Study. *Lancet*. 342:1007-1011.

Harslan, H., G. Palmer Reid and H.T. Horner. 1997. Calcium Oxalate Crystals in Developing Soybean Ovules. Tektran. Agricultural Research Service. United States Department of Agriculture. <http://www.btny.gov/ttic/tektran/data/000008/14/0000081458.html>.

Johansen, D.A. 1940. Plant Microtechnique. Mc Graw Hill. New York. 523 p.

Kostman, T.A. and V.R. Franceschi. 2000. Cell and calcium oxalate crystal growth is coordinated to achieve high capacity calcium regulation in plants. *Protoplasma* 214 (3-4) : 166-179.

Metcalf, C.R. and L. Chalk. 1950. Anatomy of the Dicotyledon and Monocotyledon. Oxford Univ. Press. London. 1500 p.

Mizuno, S., S. Watanabe., K. Nakamura., M. Omata., H. Oguchi and K. Ohashi. 1992. A multi-institute case control study on the risk factors of developing pancreatic cancer. *Jpn J clin Oncol*. 22(4) : 286-291.

Nakata, P.A. and M.M. McConn. 2000. Genetic Analysis of Calcium Oxalate Formation in Plants. [Http://rycomusa.com/aspp2000/public/P34/0624.html](http://rycomusa.com/aspp2000/public/P34/0624.html)

Shimizu, T., M. Yazawa and N. Takeda. 1992. Aromatic amino acid in the leaves of *Morus alba* and their possible medicinal value. *Sericologia*. 32(4) : 633 - 363.

Weiburger, J.H. 1996. Tea antioxidants and health. Pages 469-486. in : E. Cadenas and L.P. Dekker (eds). Handbook of Antioxidants. New York.

ตารางที่ 1 ขนาดผลึกเฉลี่ยในใบหม่อนพันธุ์ต่างๆ

พันธุ์ อายุ	ขนาดผลึกเฉลี่ย(ไมครอน)	
	ใบแก่	ใบอ่อน
จีน 44	11.7x14.3	8.6x9.9
J14	10.4x11.0	6.4x7.2
บุรีรัมย์ 60	11.0x13.0	10.4x10.4
หม่อนป่า	10.4x10.4	6.0x7.0
น้อย	7.5x9.9	7.1x8.0
นครราชสีมา 60	9.1x11.7	8.2x8.7
คุณไผ่	8.3x10.4	5.7x8.0
P33	7.8x9.98	5.2x6.5
บุรีรัมย์ 51	7.1x9.8	6.5x7.8
ไผ่	6.4x7.3	3.4x3.6
No.2	6.2x7.8	5.9x7.1

ขนาดผลึกเฉลี่ยจาก 20 ผลึก (กว้างxยาว)

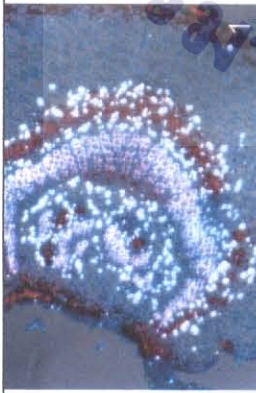
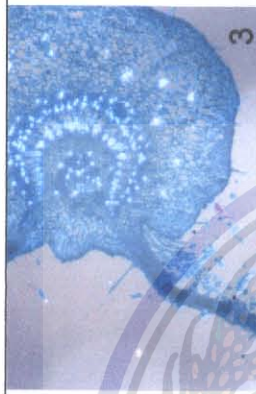
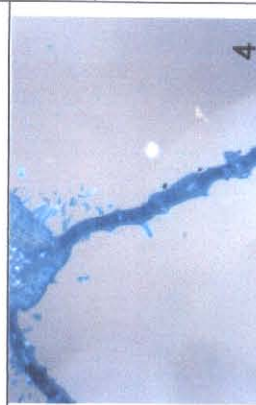
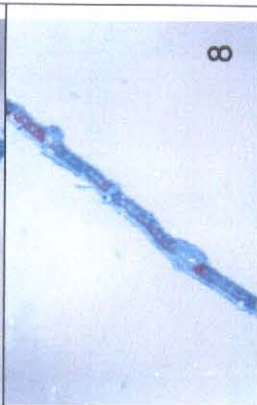
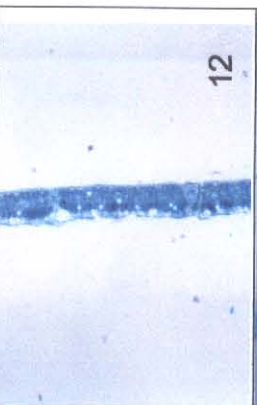
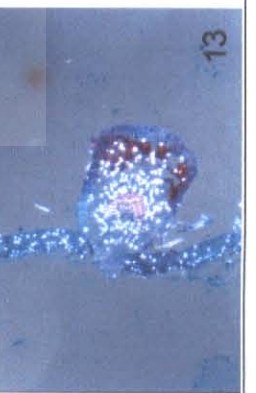
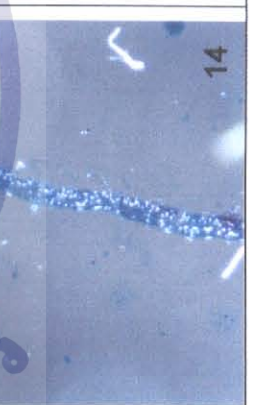
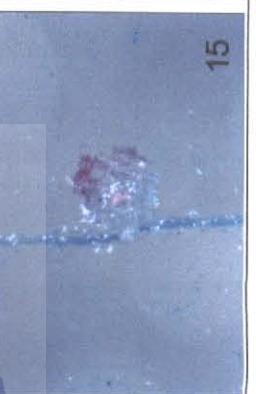
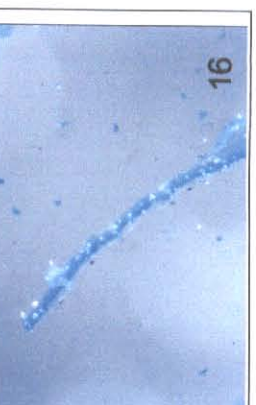
ตารางที่ 2 การจัดกลุ่มหม่อนพันธุ์ต่างๆ ตามเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของผลึกต่อพื้นที่

ปริมาณผลึก		คะแนนแบ่งกลุ่มตามเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่น ของผลึกต่อพื้นที่
พันธุ์		
หม่อนจีน	ใบแก่	3
	ใบอ่อน	2
J14	ใบแก่	3
	ใบอ่อน	2
บุรีรัมย์ 60	ใบแก่	3
	ใบอ่อน	3
หม่อนป่า	ใบแก่	3
	ใบอ่อน	3
หม่อนน้อย	ใบแก่	3
	ใบอ่อน	2
นครราชสีมา 60	ใบแก่	3
	ใบอ่อน	3
คุณไพ	ใบแก่	2
	ใบอ่อน	1
P33	ใบแก่	2
	ใบอ่อน	1
บุรีรัมย์ 51	ใบแก่	2
	ใบอ่อน	1
ไผ่	ใบแก่	1
	ใบอ่อน	1
No.2	ใบแก่	1
	ใบอ่อน	1

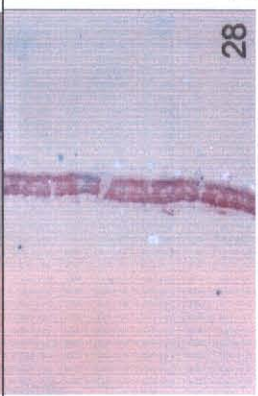
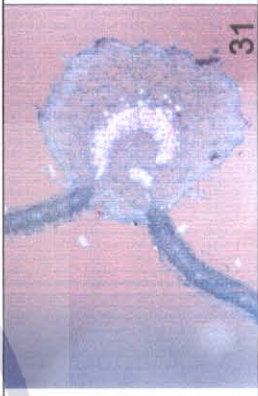
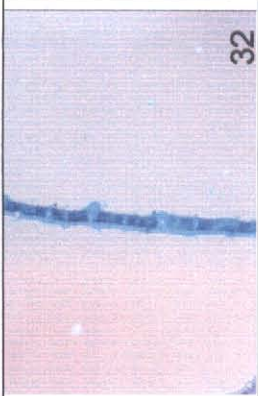
คะแนนความหนาแน่นของผลึกต่อพื้นที่

เปอร์เซ็นต์พื้นที่ผลึกต่อพื้นที่	0	จัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่พบผลึก	ให้คะแนนเท่ากับ 0
เปอร์เซ็นต์พื้นที่ผลึกต่อพื้นที่	1-5	จัดอยู่ในกลุ่มมีผลึกน้อย	ให้คะแนนเท่ากับ 1
เปอร์เซ็นต์พื้นที่ผลึกต่อพื้นที่	6-10	จัดอยู่ในกลุ่มมีผลึกปานกลาง	ให้คะแนนเท่ากับ 2
เปอร์เซ็นต์พื้นที่ผลึกต่อพื้นที่	มากกว่า 10	จัดอยู่ในกลุ่มมีผลึกมาก	ให้คะแนนเท่ากับ 3

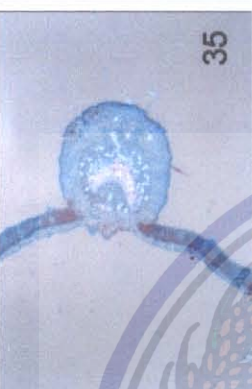
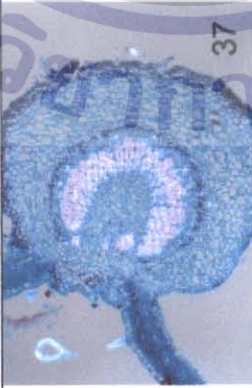
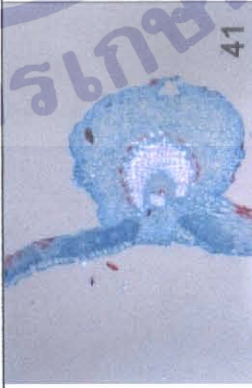
ภาพแสดงความหนาแน่นของปริมาณผลึกใน midrib และ mesophyll ของใบหม่อน (จุดสีขาว) กำลังขยาย 20X

พันธุ์	ใบแก่		ใบอ่อน	
จีน 44				
J 14				
บุรีรัมย์ 60				
หม่อนป่า				

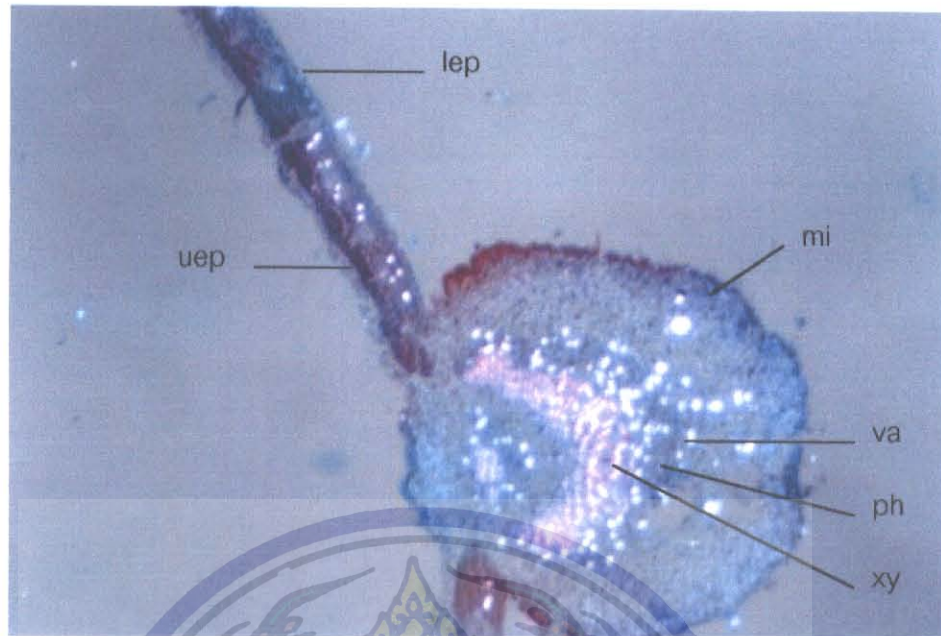
ภาพแสดงความหนาแน่นของปริมาณผลึกใน midrib และ mesophyll ของใบหม่อน (จุดสีขาว) กำลังขยาย 20X (ต่อ)

พันธุ์	ใบแก่		ใบอ่อน	
	17	18	19	20
หม่อนน้อย				
นครราชสีมา 60				
คุณไฟ				
P33				

ภาพแสดงความหนาแน่นของปริมาณผลึกใน midrib และ mesophyll ของใบหม่อน (จุดสีขาว) กำลังขยาย 20X (ต่อ)

พันธุ์	ใบแก่		ใบอ่อน	
	33	34	35	36
บุรีรัมย์ 51				
หม่อนไฟ				
No.2				

ภาพแสดงกลุ่มผลึก (จุดสีขาว) และส่วนต่างๆของลักษณะภายในใบหม่อน



ใบ

lep = lower epidermis

me = mesophyll

mi = mid rib

pa = palisade cell

ph = phloem

sp = spongy cell

va = vascular bundle

ve = vein

uep = upper epidermis

xy = xylem