บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

การศึกษาเรื่อง การเพิ่มชุดโครโมโซม และการผลิตต้นกล้าที่มีโครโมโซม 3 ชุด ของมะนาวน้ำหอม มะนาวแป้นทะวาย และคัมควอทผลรีโดยการใช้สารโคลชิซีน และสารไตรฟลูราลิน จำเป็นต้องศึกษาข้อมูลเนื้อหาสาระตามลำดับดังนี้

1. ถิ่นกำเนิด การกระจายพันธุ์ของมะนาว และคัมควอท
2. สารให้รสขม ลิโมนิน (limonin)
3. ความแปรปรวนของจำนวนโครโมโซม
4. การตรวจนับจำนวนโครโมโซม

ถิ่นกำเนิดและการกระจายพันธุ์ของมะนาว

มะนาวเป็นไม้พุ่มขนาดเล็ก มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Citrus aurantifolia* Swingle อยู่ในวงศ์ Rutaceae มีชื่อสามัญว่า Lime เป็นพืชพื้นเมืองชนิดหนึ่งที่นิยมปลูกกันอย่างแพร่หลายมาช้านาน และเป็นที่รู้จักกันดีโดยทั่วไป เนื่องจากคนไทยนิยมรับประทานอาหารที่มีรสชาติเปรี้ยว ดังนั้นมะนาวจึงเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการปรุงอาหารไทย มะนาวยังเป็นเครื่องดื่มที่อุดมไปด้วยวิตามินซี ช่วยในการรักษาโรคต่างๆ และช่วยเสริมสร้างภูมิต้านทานให้แก่ร่างกายอีกด้วย มะนาวเป็นพืชพื้นเมืองของอินเดีย มีถิ่นกำเนิดในหมู่เกาะอินดีสตะวันออก หรือทางภาคเหนือของอินเดีย แล้วได้กระจายพันธุ์เข้าสู่แผ่นดินใหญ่ของทวีปเอเชีย มะนาวได้แพร่กระจายไปยังส่วนต่างๆ ของโลกในแถบร้อน และกึ่งร้อนอย่างกว้างขวาง นอกจากนี้มะนาวยังได้รับความสนใจจากชาวยุโรปในคริสต์ศตวรรษที่ 13 มีการสันนิษฐานว่าชาวอาหรับเป็นผู้นำมะนาวจากอินเดียไปปลูกในปาเลสไตน์ เปอร์เซีย อียิปต์ และยุโรป หลังจากนั้นมะนาวก็แพร่กระจายพันธุ์จากยุโรปต่อไปยังหมู่เกาะอินเดียตะวันตก และอเมริกา ตั้งแต่ตอนต้นของคริสต์ศตวรรษที่ 16 โดยนักสำรวจชาวสเปน และโปรตุเกสเป็นผู้นำไปปลูก ซึ่งปัจจุบันจึงมีปลูกแพร่หลายเป็นการค้าในเม็กซิโก หมู่เกาะอินเดียตะวันตก และอียิปต์ สำหรับในประเทศไทย มะนาวสามารถเจริญเติบโตได้ในดินแทบทุกชนิด ที่มีการระบายน้ำได้ดี แต่สำหรับแหล่งปลูกที่สำคัญได้แก่ จังหวัดเพชรบุรี นครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานี นครสวรรค์ กาญจนบุรี สมุทรสาคร นครปฐม และเชียงใหม่ (สมศักดิ์, 2541)

มะนาวก็เหมือนกับส้มโดยทั่วไป ที่มีปัญหาในการจัดหมวดหมู่ และจำแนกกลุ่มทางอนุกรมวิธาน สำหรับชื่อวิทยาศาสตร์ของมะนาวคือ *Citrus aurantifolia* Swingle หรือ *Cirtus aurantifolia* (Christm & Panz) Swing. แต่ยังมีชื่ออื่นๆ อีก เช่น *C. acida* Roxb., *C. lima, C. medica* var. *acida* Brandis และ *Limonia aurantifolia* Christm

สำหรับชื่อสามัญนั้น ในหลายภาษาก็เรียกชื่อแตกต่างกันไป เช่น ในภาษาอังกฤษเรียก Mexican lime, West Indian lime และ Key lime หรือเรียก lime สั้นๆ ก็ได้ สาเหตุที่มีหลายชื่ออาจเป็นเพราะเป็นพืชต่างถิ่น จึงไม่มีชื่อดั้งเดิมในภาษานั้นๆ ทำให้เกิดการเสนอชื่ออื่นๆ มาหลายชื่อ ก็มะนอเกละ มะเน้าด์เล มะลิ่ว ส้มมะนาว ลีมานีปีห์ หมากฟ้า

ส่วนมะนาวฝรั่ง (lemon) *Citrus limon* ในภาษาอังกฤษ หมายถึง ผลส้มอีกชนิดหนึ่ง ที่หัวท้ายมนไม่ใช่ผลกลมอย่างมะนาวที่เรารู้จักกันดี สำหรับ มะนาวเทศ (*Triphasia trifolia*) นั้น เป็นพืชในวงศ์เดียวกัน (Rutaceae) กับมะนาว แต่ต่างสกุล ส่วน มะนาวควาย (*Citrus medica* Linn. var. *linetta*) เป็นพืชสกุลส้มเช่นเดียวกันแต่ต่างชนิด (species) กัน

ส้มนาวเป็นภาษาใต้ที่ใช้เรียกมะนาว เช่นเดียวกับทางภาคอีสานเรียกผลไม้บางอย่างว่า "บัก" ในการขึ้นต้น เช่น บักม่วงที่หมายถึงมะม่วง คำว่าส้มในภาษาใต้จะใช้เรียกผลไม้บางชนิดที่มีรสเปรี้ยว อย่าง ส้มนาว ส้มขาม เป็นต้น (สารานุกรมเสรี, 2552)

ลักษณะทั่วไปของมะนาว

มะนาวเป็นไม้พุ่มขนาดเล็ก มีลักษณะเป็นพุ่มสูงประมาณ 5 เมตร ลักษณะการเจริญเติบโต แผ่กิ่งก้านสาขาออกกว้าง การแตกออกของกิ่งไม่ค่อยเป็นระเบียบ มะนาวเป็นพืชที่มีช่วงการแตกใบอ่อนหลายครั้ง และทุกครั้งที่มีการแตกใบอ่อนมักจะมีการออกดอกตามมาด้วยเสมอ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของต้นมะนาว และปัจจัยอื่นๆ ด้วย ลักษณะทั่วไปของมะนาวมีดังนี้ (จุฑามาศ, 2547)

ลำต้น (Stem)

มะนาวเป็นไม้พุ่มขนาดเล็ก มีลักษณะเป็นทรงพุ่ม มีความสูงเฉลี่ย 3-6 เมตร ลำต้นมีลักษณะโค้งงอไม่ค่อยแข็งแรง เปลือกของลำต้นมีสีน้ำตาลปนเทา กิ่งอ่อนของมะนาวมีสีเขียวอ่อน เมื่อแก่ สีจะเข้มขึ้นจนเป็นสีน้ำตาล ส่วนกิ่งที่แก่มากจะเป็นสีเทา การออกของกิ่งก้านไม่ค่อยเป็นระเบียบ บนลำต้น และกิ่งก้านจะมีหนามแบบ thorn หนามมีลักษณะที่แข็ง ปลายแหลม มีทั้งหนาม

สั้น และหนามยาว มีสีเขียวเข้ม และสีเขียวอมเหลือง ส่วนบริเวณปลายหนามมีสีน้ำตาล เมื่อแก่ขึ้นหนามจะแห้งตายไป (จุฑามาศ, 2547)

ใบ (Leaf)

มะนาวมีลักษณะเป็นใบเดี่ยว คือมีแผ่นใบอันเดียว ใบมีขนาดเล็กกว้างประมาณ 3-6 เซนติเมตร ยาวประมาณ 6-12 เซนติเมตร รูปร่างเป็นแบบรีหรือทรงไข่ ฐานใบมีลักษณะกลม ปลายใบมีรูปแหลมป้าน ขอบใบเป็นคลื่น หรือเป็นหยักละเอียด ก้านใบสั้น และมีปีกใบแคบหรืออาจไม่มีปีกใบก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์มะนาว ใบอ่อนมีสีเขียวจางเกือบเป็นสีขาว ใบแก่มีสีเขียวเข้ม ผิวใบด้านบนละเอียดเป็นมัน ส่วนผิวใบด้านล่างค่อนข้างหยาบ และมีสีจางกว่า ปากใบมีทั้งด้านบนและด้านล่าง แต่ด้านล่างจะมีจำนวนมากกว่า เมื่อทำการขยี้ใบจะมีกลิ่นแรง (จุฑามาศ, 2547) เพราะมีต่อมน้ำมันบนแผ่นใบผลิตน้ำมันหอมระเหย (essential oil) ซึ่งเนื้อใบมีจุดต่อมน้ำมันโปร่งแสง (pellucid dotted หรือ pellucid punctate) (วิกิโบตานี่, 2552)

ดอก (Flower)

ดอกมะนาวอาจเกิดเป็นดอกเดี่ยวหรือช่อก็ได้ มีทั้งที่เป็นดอกสมบูรณ์ และไม่สมบูรณ์เพศ ดอกจะออกบริเวณซอกใบ และปลายกิ่ง ดอกมะนาวมีขนาดเล็ก ดอกที่ตูมจะมีขนาดความยาว 1-2 เซนติเมตร กลีบเลี้ยงมีสีเขียวเชื่อมติดกัน ส่วนกลีบดอกมีสีขาว และด้านท้องกลีบดอกอาจมีสีม่วงอมแดงเจืออยู่ มีต่อมน้ำมันปรากฏอยู่ด้วย กลีบดอกมีจำนวน 4-5 กลีบแยกกัน ปลายกลีบมน เรียงซ้อนเหลื่อมไม่สม่ำเสมอ จำนวนกลีบดอก และกลีบเลี้ยงมีจำนวนเท่าๆ กัน แต่ละกลีบมีขนาด 0.8-1.2 เซนติเมตร ดอกมะนาวมีเกสรตัวผู้มากถึง 20-40 อัน เชื่อมติดกันเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4-8 อัน(จุฑามาศ, 2547) เกสรตัวเมียมีรังไข่เหนือวงกลีบ (superior) รูปร่างเป็นทรงกระบอก ใน 1 ดอก จะมี 1 รังไข่ประมาณ 9-12 กลีบ (carpel) แต่ละกลีบมีไข่อ่อน 1-2 อัน หรือมากกว่า ติดรอบแกนร่วม (เกศิณี, 2546)

ผล (Fruit)

ผลมะนาวมีรูปร่างของผลแตกต่างกันไปตามชนิดของพันธุ์ มีทั้งรูปร่างยาวรี รูปไข่ และรูปร่างกลม ที่ก้นผลมีลักษณะเป็นจุกหรือปุ่มเล็กๆ ผลโดยทั่วไปมีขนาดความยาว 3-12

เซนติเมตร เปลือกมีลักษณะขรุขระ และมีต่อมน้ำมันที่เปลือก ผิวเปลือกเมื่อยังอ่อนจะมีสีเขียว เมื่อสุกจะมีสีเหลืองหรือสีทอง ใน 1 ผลจะมีกลีบอยู่ 8-10 กลีบ ในกลีบจะมีถุงน้ำที่มีลักษณะเล็ก หัวท้ายแหลม บรรจุอยู่เป็นจำนวนมาก เนื้อมะนาวมีสีเหลืองอ่อน มีรสเปรี้ยว และมีกลิ่นหอม (จุฑามาศ, 2547) โดยผลเป็นแบบส้ม (hesperidium) คือมีผนังผล 3 ชั้น ผนังผลชั้นนอก (exocarp; flavedo) มีสีเขียวเพราะมีเม็ด chloroplast เมื่อผลแก่ผนังชั้นนอกเปลี่ยนเป็นสีเหลืองหรือสีส้มของเม็ด chloroplast และ carotene ผนังชั้นกลาง (mesocarp; albedo) ไม่มีสี มีส่วนประกอบของ น้ำตาล เพกติน วิตามินซี และไกลโคไซด์ ผนังชั้นใน (endocarp; rag) เป็นเยื่อโปร่งใสรอบช่องของรังไข่หรือกลีบของผลส้ม ปรากฏออกมาเป็นขนจำนวนมากมายจากผนังชั้นในของรังไข่ ภายในมีน้ำส้มบรรจุอยู่ ลักษณะของผนังผลชั้นในจะเกิดเป็นถุงน้ำ (pulp vesicles) เรียกว่า กุ้ง (juice sac) เป็นส่วนที่รับประทานได้ของผล น้ำที่บรรจุอยู่ภายในกุ้งประกอบด้วย น้ำตาลและกรด ส่วนใหญ่เป็นกรดมะนาว (citric acid) (เกศิณี, 2546)

เมล็ด (Seed)

มะนาวแต่ละพันธุ์มีลักษณะรูปร่างของเมล็ดไม่แน่นอน มีทั้งรูปร่างขนาดเล็ก รูปทรงแบนใหญ่ รูปทรงกลมยาว กว้างยาว และเป็นเหลี่ยม ติดรอบแกนร่วม (axile placentation) นอกจากนี้ลักษณะที่แตกต่างกันของเมล็ดอีกอย่างอยู่ที่ผิว และลายเส้นที่ปรากฏอยู่ เช่น มะนาวหนัง และมะนาวไข่ เมล็ดมีผิวเรียบมองไม่เห็นลายเส้น มะนาวโมซัมเมล็ดมีผิวหยาบ และมองเห็นลายเส้นชัดเจน มะนาวหวานมีเมล็ดลีบทุกเมล็ด มะนาวพม่าเมล็ดมีผิวข้างหยาบมองเห็นลายเส้นชัดเจน มะนาวป่าผิวเมล็ดค่อนข้างหยาบลายเส้นนูนไม่เป็นระเบียบ ส่วนเมล็ดของมะนาวเตี้ยผิวจะหยาบมีลายเส้นสีเหลือง เนื้อสะสมอาหารภายในเมล็ดมีสีขาว หนึ่งเมล็ดหากนำไปเพาะจะได้ต้นกล้าหลายต้น เรียกว่า polyembryony (จุฑามาศ, 2547) embryo ที่เกิดจากการผสมโดยตรงหรือเกิดจากการเจริญเติบโตของ zygote เรียกว่า gametic embryo และ embryo ที่เกิดจากพัฒนาของเซลล์ nucellar โดยตรงใกล้กับเซลล์ไข่อ่อน เรียกว่า nucellar embryo (มงคล, 2536)

สารที่ทำให้เกิดรสขม

มะนาวจัดอยู่ในพืชตระกูลส้ม พืชในตระกูลนี้ได้แก่ ส้ม มะนาวฝรั่ง และ grape fruit ในอุตสาหกรรมการทำน้ำผลไม้ตระกูลส้มมักประสบปัญหาเรื่องการเกิดรสขม ซึ่งมีผลทำให้ราคาลดต่ำลง สาเหตุของความขมเกิดจากสารในกลุ่ม limonoid ตัวสำคัญที่ทำให้เกิดรสขม คือ

limonin ซึ่งเป็นสารประเภทอนุพันธ์ของ terpene derivative ซึ่งพบมากในพืชวงศ์ Rutaceae และ Meliaceae ส่วน Hasegawa (1999) พบว่าสารในกลุ่มของ limonoid ที่สามารถแยกได้จากผลไม้ตระกูลส้มมีประมาณ 36 ชนิด แต่มีเพียง 6 ชนิด ที่เป็นสารที่ให้รสขม คือ limonin, nomilin, nomilinate, obacunoate, deoxlimonate และ ichangin แต่อย่างไรก็ตาม limonin ก็ยังเป็นสารตัวหลักที่ให้รสขมในผลไม้ตระกูลส้ม

พันธุ์มะนาว

พันธุ์มะนาวที่มีปลูกกันอยู่ในประเทศไทยปัจจุบันมีอยู่หลายพันธุ์ แต่ละพันธุ์ก็มีความสำคัญทางเศรษฐกิจมากน้อยแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับความนิยมของเกษตรและประชาชนทั่วไป พันธุ์ที่มีความสำคัญจะปลูกกันอย่างแพร่หลายทั่วไป พันธุ์ที่มีความสำคัญน้อยก็มีการปลูกกันบางเฉพาะท้องที่ ส่วนพันธุ์ที่ไม่ค่อยนิยมปลูกจะถูกทำลายทิ้งไป (จุฑามาศ, 2547)

พันธุ์มะนาวที่นิยมปลูกกันในประเทศไทย และได้มีการรวบรวมไว้เป็นหลักฐานในขณะนี้ได้แก่

มะนาวหนัง ลักษณะต้นเป็นไม้พุ่มขนาดเล็กสูงประมาณ 2-5 เมตร แตกกิ่งก้านสาขาไม่เป็นระเบียบ กิ่งอ่อนมีลักษณะเป็นเหลี่ยมเขียวอ่อน เมื่อโตขึ้นจะกลม และมีสีเขียวเข้ม ต่อมาสีของกิ่งจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และในที่สุดเมื่อแก่มากๆ จะเป็นสีเทาตามกิ่งมีหนามแข็งและแหลม มีทั้งหนามสั้น และหนามยาว โคนหนามมีสีเขียว ปลายมีสีน้ำตาล รอยต่อระหว่างสีเขียวกับสีน้ำตาลมักมีสีขาวเห็นชัดเจน เมื่อกิ่งแก่หนามจะแห้ง และตายไป

ลักษณะของใบเมื่อยังอ่อนอยู่เป็นสีเขียวอ่อนเกือบเป็นสีขาว เมื่อใบแก่ขึ้นจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวเข้ม ผิวใบละเอียดเป็นมันใบเป็นรูปไข่ ปลายใบค่อนข้างป้านหรือค่อนข้างแหลม มักมีร่องลึกสลับกับร่องตื้นหรือบางทีเป็นหยักละเอียด แผ่นใบมีความกว้างประมาณ 4 เซนติเมตร ยาวประมาณ 7 เซนติเมตร ดอกอ่อน มีสีเขียวบางทีพบสีม่วงที่กลีบนอกบ้าง เมื่อดอกโตขึ้นกลีบชั้นในจะมีสีขาวชัดเจนยิ่งขึ้น ส่วนพวกที่มีสีม่วงแดงหรือแดงเรื่อๆ เห็นได้ชัดเมื่อยังเล็กนั้นจะจางหายไปเป็นสีขาวบริสุทธิ์เมื่อโตเต็มที่แล้ว เมื่อดอกบานกลีบในจะเห็นมีปลายแหลม เกสรเพศผู้มีสีเหลืองชัดมาก ความกว้างของดอกเมื่อบานเต็มที่กว้างประมาณ 2-3 เซนติเมตร และเมื่อได้รับการผสมพันธุ์จนกลายเป็นผล พบว่าผลอ่อนมีลักษณะกลมยาวหัวท้ายแหลม เมื่อโตขึ้นจะค่อยๆ สั้นเข้าหัวท้ายเริ่มมนเข้า ผลโตเต็มที่ส่วนมากจะมีลักษณะกลมค่อนข้างยาว มีกลมมนบ้างเล็กน้อย ถ้าหัวมี

จุกก็เป็นเพียงจุกเล็กๆ เตี้ยๆ ผิวเปลือกเรียบ และเปลือกบาง เมล็ดมีลักษณะเรียบไม่มีลายเส้นเป็นพันธุ์ที่มีรสเปรี้ยว และมีกลิ่นหอมมาก (จุฑามาศ, 2547)

มะนาวไข่ ลักษณะเป็นพุ่มหรือไม้ยืนต้นขนาดเล็ก สูงประมาณ 2-5 เมตร มีขนาดและลักษณะคล้ายมะนาวหนังเกือบทุกอย่าง แผ่นใบมีขนาดความกว้างประมาณ 3.30 เซนติเมตร ยาวประมาณ 5.50 เซนติเมตร ดอกจะเกิดบริเวณซอกใบ ดอกบานมีความกว้างประมาณ 2.25 เซนติเมตร เมื่อเจริญเป็นผลอ่อนจะมีลักษณะกลมยาวหัวท้ายแหลม และจะค่อยมนเข้าเมื่อโตขึ้น ผลโตจะมีลักษณะกลมมนเป็นส่วนมาก มีผลกลมค่อนข้างยาวบ้างเล็กน้อย หัวและก้นอาจมีจุกเล็กแต่ไม่แหลม ผลจะมีผิวเรียบ เปลือกบางผลโตกว่ามะนาวหนัง เมล็ดมีผิวเรียบ เป็นพันธุ์ที่มีรสเปรี้ยวและกลิ่นหอมมาก (จุฑามาศ, 2547)

มะนาวทะวาย เป็นมะนาวที่นิยมปลูกกันมากที่สุดในปัจจุบัน เพราะเป็นพันธุ์มะนาวที่ให้ผลดกและให้ผลได้ทั้งปี จึงนิยมปลูกเป็นการค้า และปลูกเป็นไม้ประดับตกแต่งบริเวณบ้านได้ดีอีกด้วย มะนาวทะวายมีหลายพันธุ์ได้แก่

1. **พันธุ์แม่ไก่ไข่ดก** มะนาวพันธุ์นี้มีลักษณะผลกลม ผลขนาดกลางแต่ความดกดีมาก ให้ผลได้เกือบตลอดปี ปลูกในกระถางก็สามารถให้ผลผลิตได้ นอกจากนี้ยังมีทรงพุ่ม และใบที่สวยงามเหมาะที่จะปลูกเป็นไม้ประดับไว้ในบริเวณบ้าน
2. **พันธุ์แป้นรำไพ** เป็นมะนาวที่มีลักษณะทรงผลแป้น ขนาดของผลใหญ่กว่าพันธุ์แม่ไก่ไข่ดก
3. **พันธุ์แป้นทะวาย** ทรงผลมีลักษณะแป้น ผลมีขนาดปานกลาง ลักษณะที่ดีเด่นคือ มีเปลือกผลบาง ให้ผลตลอดปี และใช้ประโยชน์ได้ดีมาก (จุฑามาศ, 2547)

มะนาวพม่า ลักษณะต้นเป็นไม้พุ่มหรือไม้ยืนต้นสูงประมาณ 3-5 เมตร การแตกออกของกิ่งไม่ค่อยเป็นระเบียบ กิ่งอ่อนมีสีม่วงต่อมาจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวจางมีลักษณะเป็นเหลี่ยมเมื่อกิ่งเจริญเติบโตเต็มที่จะมีสีเขียวเข้ม และกลม ในที่สุดจะกลายเป็นสีน้ำตาลหรือเทา เมื่อแก่มากๆ จะมีหนามน้อย หนามมีลักษณะสั้นๆ ส่วนตามกิ่งกระโดงอาจมีหนามยาวบ้าง ลักษณะของใบเมื่อยังอ่อนอยู่มีสีม่วงเกือบเข้ม โตขึ้นสีม่วงจะค่อยๆ จางหายไป และจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวเข้ม ผิวใบมีลักษณะค่อนข้างหยาบเห็นเส้นใบที่แตกออกจากเส้นกลางใบได้ชัดเจนมาก ใบค่อนข้างยาว ฐานใบมีลักษณะมน ใบมีขนาดความกว้างประมาณ 5.20 เซนติเมตร ยาวประมาณ 8.50 เซนติเมตร จัดเป็นมะนาวที่มีใบใหญ่ที่สุดในบรรดามะนาวที่ปลูกกันทั่วๆไป ลักษณะดอกดูมที่ยังอ่อน กลีบนอกตาม

ขอบจะมีสีม่วงเรื่อๆ ยิ่งที่ปลายกิ่งมีสีเข้มมาก กลีบในด้านนอกมีสีม่วงแดงเข้ม เมื่อดอกแก่เต็มที่สีม่วงแดงจะจางลงบ้างเมื่อดอกบานด้านนอกของกลีบในจะมีสีม่วง ตามขอบในจะมีสีขาวส่วนมากจะเป็นดอกสมบูรณ์ กลีบในยาว ปลายกลีบมน

มะนาวพม่าเป็นมะนาวที่ดอกโตที่สุด คือความกว้างประมาณ 4.50 เซนติเมตร และเป็นพันธุ์ที่มีเกสรเพศผู้มากที่สุดด้วย เมื่อดอกได้รับการผสมจนกลายเป็นผลแล้วพบว่า ผลอ่อนมีรูปทรงกระบอกยาว หัว และก้นแหลม เมื่อผลโตขึ้นจะป่องออกเรื่อยๆ หัว และก้นแหลมน้อยลง ผลจะค่อยๆ กลม ผิวของผลอ่อนจะมีร่องตามความยาว และขรุขระ จนผลโตขึ้นร่องจะค่อยๆ หายไป และมองไม่เห็น เมื่อผลโตเต็มที่จะมีจุกเตี้ยๆ ที่ก้นจุกแหลมเล็ก ผิวของเปลือกหยาบ และมีปุ่มมาก ผลมีขนาดโตเท่าส้มเขียวหวาน เป็นพันธุ์ที่มีรสเปรี้ยว และกลิ่นหอมน้อย (จุฑามาศ, 2547)

มะนาวโมพี มีลักษณะต้นเป็นไม้พุ่มหรือไม้ยืนต้นสูงประมาณ 1-2 เมตร กิ่งอ่อนเป็นเหลี่ยมๆ มีสีเขียวจางอาจมีม่วงจางๆ ปนเล็กน้อย เมื่อกิ่งโตเต็มที่จะกลม และมีสีเขียว กิ่งแก่จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลหรือเทา มีหนามแข็งอยู่ทุกซอกทุกมุมใบ โคนกิ่งมีหนามยาว ส่วนปลายกิ่งมักมีหนามสั้น ลักษณะใบอ่อนมีสีม่วง ผิวใบค่อนข้างหยาบ ปลายใบมน ขอบใบตื้น ฐานใบใหญ่มาก คล้ายรูปหัวใจคว่ำ ขนาดของแผ่นใบกว้างประมาณ 4 เซนติเมตร ยาวประมาณ 6.50 เซนติเมตร ขณะที่ดอกตูมอ่อน กลีบนอกตามขอบ และกลีบในมีสีชมพูม่วง เมื่อดอกโต กลีบนอกจะมีสีชมพูเรื่อๆ ส่วนสีชมพูม่วงของกลีบนั้นจะค่อยๆ จางหายไปจนในที่สุด เมื่อดอกโตเต็มที่ใกล้จะบานจะมีสีขาว เมื่อดอกบานจะเห็นปลายกลีบมน เมื่อดอกได้รับการผสมแล้วจะเห็นสีแดงเรื่อๆ ตรงกลางบ้าง รังไข่จะกลม มีก้น และลักษณะแหลมทางหัวเล็กน้อย ขนาดความกว้างของดอกเมื่อดอกบานจะกว้างประมาณ 2.50 เซนติเมตร ลักษณะผลจะกลมโต แต่ส่วนก้นจะกลมแป้น เมล็ดมีลายเส้นเห็นชัดเจน เป็นพันธุ์ที่มีรสเปรี้ยวแต่มีกลิ่นหอมเล็กน้อย ข้อดีของมะนาวพันธุ์นี้คือมีลำต้นใหญ่แข็งแรง เหมาะสำหรับใช้ทำเป็นต้นตอ สำหรับพันธุ์อื่นที่ดีกว่ามาทาบกิ่ง ติดตา หรือต่อยอด (จุฑามาศ, 2547)

มะนาวเตี้ย มีลักษณะต้นเป็นทรงพุ่มเตี้ย ประมาณ 0.5-1 เมตร นิยมปลูกในกระถางหรือภาชนะต่างๆ จึงเรียกว่ามะนาวกระถาง จะให้ผลผลิตมากกว่าพันธุ์อื่นๆ ถ้าปลูกด้วยเมล็ด และมีการบำรุงรักษาที่ดีประมาณครึ่งปีก็จะเริ่มให้ผล ลักษณะลำต้น และกิ่งโดยทั่วไปเหมือนมะนาวหนัง และมะนาวไข่ มีหนามสั้น และรอยต่อระหว่างสีเขียวกับสีน้ำตาลจะมีสีขาวเล็กน้อยหรือเกือบไม่มีเลย ใบมีลักษณะเป็นรูปยาวใบมน ใบสีเขียว ผิวใบละเอียดมาก ก้านใบมีปีกแคบๆ ความกว้างของใบจะแคบมาก ดังนั้นลักษณะของใบจึงค่อนข้างไปทางด้านยาว ขณะดอกตูมอ่อนจะ

มีสีเขียวจาง เมื่อตูมเต็มที่จะมีสีขาวบริสุทธิ์ ลักษณะทั่วไปอื่นๆ เหมือนมะนาวหนัง และมะนาวไข่ ความกว้างของดอกเมื่อบานจะกว้างประมาณ 2 เซนติเมตร เมื่อได้รับการผสม และกลายเป็นผลจะมีลักษณะมนหรือยาวเล็กน้อย ด้านหัวมีจุก ส่วนด้านก้นจะมีลักษณะแป้น ตรงกลางมีจุกแหลมยาวเล็กๆ ของเกสรเพศเมียติดอยู่ ผิวผลค่อนข้างหยาบ เมล็ดมีสีค่อนข้างเหลือง ถ้าทิ้งไว้นานจะมีสีเหลืองจัด เป็นพันธุ์ที่มีรสเปรี้ยว และกลิ่นหอมมาก (จุฑามาศ, 2547)

มะนาวด่านเกวียน เป็นมะนาวพันธุ์ใหม่ที่ได้ขึ้นทะเบียนพันธุ์โดยกรมวิชาการเกษตรเมื่อปี พ.ศ. 2538 เป็นไม้พุ่มขนาดเล็กจนถึงปานกลาง มีระบบรากลึก ทรงพุ่มกว้างประมาณ 2-3 เมตร สูงประมาณ 4 เมตร แตกกิ่งก้านสาขาดี มีหนามดามกิ่งก้านแต่หนามเล็ก ใบสีเขียว กว้างยาวประมาณ 3.40 × 6 เซนติเมตร มีกลิ่นฉุน ดอกบานมีสีขาว ออกดอกตั้งแต่โคนกิ่งถึงปลายกิ่ง ผลอ่อนมีสีเขียวขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1-1.50 เซนติเมตร เริ่มมีน้ำเต็มผล เมื่อผลแก่เต็มที่จะมีสีเหลืองเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 8 เซนติเมตร เปลือกไม่ขม เปลือกบางไม่มีกลิ่นฉุน มีรสเปรี้ยว เมื่อผลโดเต็มที่ผลคล้ายส้มเกลี้ยง ส้มซ่า หรือส้มตรา ให้ผลดกตลอดปี ผลมีน้ำมาก ทนแล้ง และทนต่อโรคแคงเกอร์ (จุฑามาศ, 2547)

มะนาวปีนัง เป็นพันธุ์ที่มีลักษณะผลกลมยาว โตกว่ามะนาวหนัง ก้นแหลมคล้ายไข่เต่า เปลือกหนามีกลิ่นหอม ใบเหมือนมะนาวทั่วไป มีลักษณะทรงพุ่มสวยงาม สามารถปลูกเป็นไม้ประดับได้ดี (จุฑามาศ, 2547)

มะนาวตาฮิติ มะนาวตาฮิติเป็นมะนาวพันธุ์ต่างประเทศซึ่งกรมวิชาการเกษตรได้นำเข้ามาจากหมู่เกาะตาฮิติ เพื่อทำการศึกษาค้นคว้า และพบว่ามะนาวพันธุ์นี้สามารถเจริญเติบโตได้ดีในทุกภูมิภาคของประเทศไทย ขนาดของผลโตมาก เปลือกผลหนามาก เมื่อแก่จัดผลก็ยังมีสีเขียวเข้มเหมือนเดิม มีน้ำมาก มะนาวพันธุ์นี้มีลักษณะดีอยู่อย่างหนึ่ง คือในผลไม่มีเมล็ดอยู่เลย ดังนั้นการขยายพันธุ์จึงไม่สามารถใช้วิธีเพาะเมล็ดได้ จึงจำเป็นต้องใช้วิธีตอน ติดตา ต่อยอด ต่อกิ่ง หรือวิธีอื่นๆ ที่เป็นการขยายพันธุ์โดยไม่ใช้เพศเท่านั้น (จุฑามาศ, 2547)

มะนาวหวาน เป็นมะนาวที่ไม่นิยมปลูกกันเนื่องจากไม่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ลักษณะทั่วไปคือ ลำต้นเป็นไม้พุ่มขนาดเล็กสูง 2-5 เมตร แตกกิ่งก้านไม่เป็นระเบียบ กิ่งอ่อนมีสีเขียวจางมันเป็นเหลี่ยม โคนิ้นจะกลม มีสีเขียวจัดหรือเขียวคล้ำ กิ่งแก่สีน้ำตาลหรือเทา ตามกิ่งไม่ค่อยมีหนามหรือมีบ้างก็เป็นหนามอ่อนสั้นไม่แหลมคม เมื่อกิ่งโตเต็มที่หนามแห้งตายไป ลักษณะ

ของใบมะนาวพันธุ์นี้เมื่ออ่อนจะมีสีเขียวจางมีสีม่วงปนเล็กน้อย โตขึ้นใบสีเขียวจัดหรือเขียวคล้ำ ผิวใบละเอียดเป็นมันปลายใบมีลักษณะมน แผ่นใบกว้างประมาณ 3.50 เซนติเมตร ยาวประมาณ 7 เซนติเมตร เมื่อออกดอกขณะที่ดอกอ่อนมีพื้นสีเขียว และม่วงปนตรงกลางบ้างเล็กน้อย เมื่อดอกโตเต็มที่จะมีสีม่วงแดงชัดมาก กลีบนอกดอกมีสีม่วง เมื่อดอกใกล้บานสีม่วงแดงจะจางลง ตามขอบของกลีบในจะจางมากเกือบเป็นสีขาว กลีบนอกสีจางมาก แต่ตามขอบสีม่วงเข้ม เมื่อดอกได้รับการผสมกลายเป็นผล พบว่าขณะที่ผลยังอ่อนตรงกลางจะป่องลักษณะท้ายเรียวหัวแหลม เมื่อผลมีขนาดโตขึ้นก็จะสั้นลงทุกที เมื่อผลโตเต็มที่หัว และก้นจะแป้น หัวบางทีคล้ายๆ จะเป็นจุกบ้าง แต่เป็นจุกที่ไม่สม่ำเสมอกัน ผิวของผลค่อนข้างเรียบ แต่บางทีก็มีตะปุ่มตะป่ำบ้าง สีของผลเมื่อผลโตเต็มที่จะมีสีเขียวจัดหรือสีคล้ายส้มเขียวหวาน เมื่อผลแก่แล้วก็จะมีสีเขียวจัดเช่นกัน เมล็ดมีลักษณะลีบทุกเมล็ด เป็นพันธุ์ที่มีรสหวานจืดชืด กลิ่นไม่สู้ดี ไม่ชวนรับประทาน (วัลลภ, 2542)

มะนาวนมยาน ลำต้นเป็นพุ่มขนาดเล็ก ตามกิ่งมีหนามมาก ยาวแข็งและแหลม ใบมีลักษณะยาว ปลายมน แผ่นใบกว้างประมาณ 3.50-5 เซนติเมตร ยาวประมาณ 6-10 เซนติเมตร ในขณะที่ดอกยังตูมมีสีค่อนข้างแดงเมื่อโตขึ้นสีจะค่อยๆ จางหายไป เมื่อดอกตูมใกล้บานจะมีสีขาว ดอกบานกว้างประมาณ 2-2.50 เซนติเมตร กลีบนอก และกลีบในมี 4-5 กลีบ มีเกสรเพศผู้ประมาณ 30-34 อัน ผลมีขนาดใหญ่ ยาว มีหัวจุก และก้นเรียวแหลม ผิวเรียบ ผลหนักประมาณ 50-70 กรัม สูง 5-7 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางของผลประมาณ 4-6 เซนติเมตร เนื้อสีขาวซีดๆ เมล็ดมีมาก ผลหนึ่งประมาณ 40-70 เมล็ด เมล็ดมีขนาดใหญ่ ผิวหยาบ มีขน และมีลายเส้นมาก เป็นพันธ์ที่มีรสเปรี้ยว และกลิ่นหอมเหมือนมะนาวธรรมดา (วัลลภ, 2542)

มะนาวอีมัน เป็นมะนาวที่มีการปลูกมากในอำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี เป็นมะนาวที่มีผลกลม เปลือกบางนิ่ม น้ำมาก ผลขนาดกลาง มะนาวพันธุ์นี้มีลักษณะเด่นที่สามารถเก็บขายได้เร็ว โดยไม่จำเป็นต้องให้มะนาวแก่จัดเต็มที่เสียก่อน เช่น แทนที่จะรอให้แก่ภายใน 6 เดือน เหมือนมะนาวอื่น ก็อาจจะขายได้ตั้งแต่ 4 เดือนครึ่งถึง 5 เดือนครึ่ง เนื่องจากเปลือกบาง ผิวนิ่มมีน้ำมากนั่นเอง ถือได้ว่าเป็นมะนาวพันธุ์หนึ่งที่เหมาะต่อการที่จะนำมาผลิต เป็นมะนาวหน้าแล้ง (ดีพร้อม, 2538)

มะนาวน้ำหอม เป็นมะนาวที่ติดผลดก หลังปลูก 3 ปีก็เริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตได้แล้ว และเก็บเกี่ยวได้ตลอดทั้งปี ผลใหญ่ขนาด 13 ผล/กิโลกรัม ผลอ่อนมีสีเขียวเข้ม เมื่อแก่จะมีสีเหลือง เปลือกบาง เนื้อไม่ขม ใช้ปรุงอาหารได้ทั้งเปลือก ผลอ่อนมีน้ำมากกว่าปกติ ผลแก่มีน้ำมากกว่า

มะนาวแป้นรำไพ ทนแล้งได้ดี มีกลิ่นหอมกว่าพันธุ์อื่น (ธวัชชัย และ ศิวาพร, 2542) ซึ่งน้ำจะเหมาะสำหรับทำน้ำมะนาวดื่ม (สวนลุงตี๋, 2552)

ประโยชน์ของมะนาว

มะนาวเป็นพืชที่มนุษย์เรานำมาใช้ประโยชน์กันอย่างกว้างขวาง เช่น การนำไปปรุงรสอาหารให้ชวนรับประทาน นำไปเป็นส่วนผสมของยาแผนโบราณหลายชนิด และปัจจุบันมะนาวยังสามารถนำไปใช้อุตสาหกรรมที่สำคัญๆ ได้อีกด้วย สำหรับคนไทยโดยทั่วไปไปมักคุ้นเคยกับการประโยชน์ของมะนาวอยู่มาก จึงจัดเป็นพืชประจำครัวเรือนนับตั้งแต่สมัยก่อนจนกระทั่งถึงปัจจุบัน ซึ่งจะได้กล่าวถึงประโยชน์ของมะนาวดังต่อไปนี้

ด้านคุณค่าทางอาหาร มะนาวเป็นพืชที่มีคุณค่าทางอาหารสูงมาก ดังจะเห็นได้จากการวิเคราะห์คุณค่าของมะนาว โดยเฉลี่ยจากส่วนที่รับประทานได้ของมะนาว 100 กรัม มีดังนี้คือ

ความชื้น	93.1	กรัม	วิตามิน B1	0.70	มิลลิกรัม
ไขมัน	2.4	กรัม	วิตามิน B2	0.703	มิลลิกรัม
กาก	0.3	กรัม	วิตามิน C	52	มิลลิกรัม
โปรตีน	0.8	กรัม	ไนอาซีน	0.2	มิลลิกรัม
คาร์โบไฮเดรต	6.3	กรัม	แคลอรี	40	หน่วย
แคลเซียม	17.5	กรัม	ฟอสฟอรัส	11.0	มิลลิกรัม
เหล็ก	0.1	มิลลิกรัม	วิตามิน	10.30	หน่วยสากล

ด้านอุตสาหกรรม ในปัจจุบันมะนาวได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านอุตสาหกรรมที่สำคัญๆ หลายอย่าง ซึ่งอุตสาหกรรมเหล่านี้กำลังขยายตัวเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ เช่น อุตสาหกรรมผลิตกรดมะนาว จำเป็นต้องใช้มะนาวเป็นวัตถุดิบ อุตสาหกรรมน้ำอัดลมที่ต้องใช้มะนาวเป็นเครื่องปรุงแต่งรส และกลิ่น รวมไปถึงอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องสำอาง สบู่ ผงซักฟอก น้ำมันใส่ผม และอื่นๆ ซึ่งจำเป็นต้องใช้มะนาวเป็นส่วนประกอบทั้งสิ้น และนับวันจะมีความต้องการมะนาวไปใช้ในการผลิตทวีคูณขึ้นเรื่อยๆ

ด้านสมุนไพร มะนาวเป็นผลไม้พื้นๆ ที่ใช้บริโภคในชีวิตประจำวันอยู่แล้ว แต่มีน้อยคนนักที่จะรู้จักว่ามะนาวลูกเล็กๆ นั้น มีประโยชน์ในการรักษาโรคต่างๆ ได้มากมายหลายโรคด้วยกัน ไม่เพียงแต่คนไทยเท่านั้นที่ใช้มะนาวรักษาโรค ประเทศเพื่อนบ้านของเรา เช่น มาเลเซีย จีน และอินเดีย จะใช้มะนาวเช่นกัน ประเทศเพื่อนบ้านที่ไกลออกไป เช่น อังกฤษ ฝรั่งเศส และประเทศแถบอเมริกาตะวันตก ก็ใช้มะนาวแก้ไอ และรักษาโรคอื่นๆ เช่นเดียวกัน ประโยชน์ของมะนาวในแง่การนำมาใช้เป็นสมุนไพรมีดังนี้

แก้น้ำกัดเท้า ใช้มะนาวทาที่ตุ่มคัน หรือน้ำกัดเท้า ทาแล้วทิ้งไว้ให้แห้ง ล้างออกด้วยน้ำสบู่ ใช้ผ้าเช็ดให้แห้งแล้วเอาแป้งทา ตุ่มคันก็จะหายไป

แก้ส้นเท้าแตก เอาผลมะนาวสดผ่าซีก แล้วบีบน้ำมะนาวให้หยดลงบริเวณที่เป็นแผลวันละ 2-3 ครั้ง ภายใน 7 วันโรคส้นเท้าแตกก็จะหายไป

แก้ขาลาย คนที่ขาลายเป็นจุดดำเล็กๆ นั้น แก้ได้โดยเอามะนาวบีบใส่ดินสอพองพอหมาดๆ แล้วทาทุกคืนก่อนนอน รุ่งเช้าก็ล้างออก ทำอย่างนี้ทุกวันไม่นานรอยด่างดำก็จะลบหายไป

แก้ไฟลวก น้ำร้อนลวก ให้เอาน้ำมะนาวมาชโลมบริเวณที่ถูกไฟลวกหรือน้ำร้อนลวก มีสรรพคุณดับพิษปวดแสบปวดร้อนได้ผล

แก้ปวดท้อง ท้องอืดท้องเฟ้อ บีบเอาน้ำมะนาวกินกับน้ำอ้อยหรือน้ำตาล จะแก้อาการเหล่านี้ได้

แก้ปวดขมับ นำมะนาวมาฝานเป็นซีกบางๆ เอาปูนแดงที่กินกับหมากละเลงด้านหน้าของซีกมะนาวนั้นบางๆ แล้วปิดตรงขมับ ทำอยู่ประมาณ 2 สัปดาห์อาการก็จะค่อยๆ หายไป

แก้ไข้ นำใบมะนาวมาหั่นเป็นฝอยๆ ชงด้วยน้ำเดือด ใช้ดื่มแบบน้ำชาจะลดไข้ และใช้อมกลั้วคอฆ่าเชื้อโรคได้อีกด้วย

แก้เลือดออกตามไรฟัน เกิดจากการขาดวิตามินซี ทำให้เหงือกบวม และเลือดออกตามไรฟันเป็นประจำ การรักษาให้กินมะนาว หรือผลไม้เปรี้ยวๆ จะแก้โรคนี้ได้

แก้ไอ โดยใช้มะนาว 1 ส่วน น้ำเชื่อม 1 ส่วน และเกลือนิดหน่อย ผสมให้เข้ากันดี ใช้จิบทุกครั้งที่ไอ

นอกจากนี้ประโยชน์ด้านอื่นๆ ของมะนาวที่ใช้อยู่ในชีวิตประจำวันก็มีมากมาย เช่น เปลือกมะนาวใช้ขัดภาชนะทองเหลือง ทองแดง เครื่องเงิน และเครื่องนากให้เงางามสดใสขึ้น ใช้มะนาวผ่าซีกถูตามใบมีด หลังจากใช้มีดผ่าปลีกล้วย มีดจะมีสีคล้ำ จะทำให้มีดสะอาดดังเดิม และใช้มะนาวผสมกับเกลือป่นถูตรงบริเวณที่เปื้อนเลือดของเสื้อสีขาว แล้วซักด้วยน้ำเย็น รอยคราบจะหายไป (จุฑามาศ, 2547)

คัมควอท (Kumquat)

Kumquat (*Fortunella margarita* Swingle) มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทางเหนือของประเทศจีน และไต้หวัน หรือบางตำรากล่าวว่าอยู่ในญี่ปุ่น จะมีความแตกต่างของโครงสร้าง และสรีรวิทยาระหว่างสกุล *Fortunella* กับ *Citrus* ค่อนข้างมาก ซึ่ง คัมควอท มีการปลูกเป็นการค้าครั้งแรกในจีน และประเทศฟิลิปปินส์ การผลิตคัมควอท ใช้เพื่อรับประทานผลสด และทำลูกกวาด โดยลักษณะพิเศษ คือ ใช้รับประทานได้ทั้งผลและเปลือก ลำต้นมีการเจริญเติบโตในแนวตั้งตรง มีความแข็งแรงพอสมควร ใบเล็กคล้ายหอกจนถึงเป็นรูปไข่ ก้านใบมีขนาดใหญ่ คัมควอทมักจะออกดอกช้ากว่าส้มสายพันธุ์อื่น คัมควอทมักใช้ในการผสมข้ามกับพันธุ์อื่น เพราะลูกผสมที่ได้จะทนทานต่อความหนาวเย็นได้ดี

รูปร่างของผลจะผันแปรไปตามชนิด จากรูปไข่ (Nagami; *F. margarita*) ไปจนถึงผลกลม (Meiwa; *F. crassifolia*, Marumi; *F japonica*) และขนาดของผลระหว่าง 2-3 เซนติเมตร เปลือกมีสีเหลืองทองจนถึงแดงอมส้ม มีต่อมน้ำมันเห็นได้ชัด มีกลิ่นหอม ส่วนของเนื้อเยื่อสีเหลืองของเปลือก และเปลือกชั้นกลางมีปริมาณของน้ำมาก คัมควอทจะแตกต่างจากส้มอื่นๆ ตรงที่มีเพียง 3-5 carpels (กลีบผล) แต่ละกลีบผลจะมี 1-2 เมล็ด เมล็ดจะเล็ก และใบเลี้ยงสีเขียว (cotyledons) ซึ่งใบเลี้ยงของส้ม และมะนาวอื่นๆ จะมีสีเขียวอ่อน (Davies and Albbrigo, 1994)

ในประเทศจีนจะเรียกคัมควอทว่า “gold orange” ในญี่ปุ่นเรียกผลคัมควอทที่มีลักษณะกลมว่า “kin kan หรือ kin kit” และเรียกผลที่มีลักษณะรูปไข่ว่า “kin kan” ในเอเชีย

ตะวันออกเฉียงใต้ จะเรียกผลที่มีลักษณะกลมว่า "kin kuit หรือ kuit xu" และเรียกผลที่มีลักษณะเป็นรูปไข่ว่า "chu tsu หรือ chantu" ในประเทศบราซิลเรียกว่า "kumquats หรือ kunquat" (Morton, 1987)

คนไทยส่วนใหญ่นิยมนำไปแปรรูป และใช้ปลูกเป็นไม้ประดับ (เปรมปรี, 2533) นอกจากนี้คัมควอท ยังมีคุณค่าทางโภชนาการ เมื่อเปรียบเทียบกับส้ม พบว่าวิตามินซีมากกว่าส้มประมาณ 10% โดยคัมควอท (Kumquat) มีวิตามินซี 31.44 มิลลิกรัมต่อน้ำคั้น 100 มิลลิกรัม (มงคล, 2536)

คัมควอทมีลักษณะใกล้เคียงกับพืชสกุลใกล้ชิดส้ม (*Atalantia*) มากกว่าพืชสกุลส้ม (*Citrus*) ลักษณะทั่วไปเป็นไม้พุ่ม หรือไม้ต้นเล็ก กิ่งอ่อนเป็นรูปสามเหลี่ยม และเปลี่ยนเป็นกลมเรียบเมื่อแก่ หนามมีอันเดียวข้างตาที่อยู่ในซอกใบ ใบเดี่ยวค่อนข้างหนา ปลายมน ฐานกลม เส้นใบปรากฏด้านหน้าใบน้อยมาก จะพบว่าอยู่ในใบ และผิวใต้ใบมีสีเขียวอ่อน อุดมไปด้วยต่อมน้ำมัน ก้านใบมีหูใบแคบๆ หรือมีลักษณะคล้ายขอบบางครั้งไม่เชื่อมกับตัวใบ มีดอกสมบูรณ์เพศเดี่ยวๆ หรือมี 2-3 ดอกต่อช่อ บริเวณซอกใบ ยาว 8-10 มิลลิเมตร ถ้าตัดตามขวางจะเห็นเป็นเหลี่ยม มีกลีบดอกแหลมสีขาว ยาว 8-10 มิลลิเมตร จำนวน 5 กลีบ น้อยมากจะพบว่ามี 4 หรือ 6 กลีบ เกสรเพศผู้มี 16 หรือ 20 อันเชื่อมติดกัน ก้านเกสรแบน แต่เรียวที่ยอด เกสรเพศเมียเห็นเด่นชัดบนแท่งรูปทรงกระบอก รังไข่ค่อนข้างกลม มี 3-7 ช่อง แต่ละช่องมีไข่อ่อน 2 ฟองอยู่ติดกัน รังไข่จะอยู่รวมกับก้านเกสรเพศเมียสั้นๆ ยอดเกสรเพศเมียปลกคลุมด้วยต่อมน้ำมันประมาณ 1/4-1/5 ของยอดเกสร มีผลขนาดเล็ก กลมหรือ กลมรี ยาวประมาณ 2-4 เท่าของก้านใบ มีเปลือกค่อนข้างหนา ใช้รับประทานได้ สีเหลืองถึงแดงส้ม ประกอบด้วยต่อมน้ำมันขนาดใหญ่ เนื้อฉ่ำน้ำสีเหลืองถึงส้ม มีกลิ่นหอม รสชาติหวาน มี 3-7 กลีบ กุ้งมีขนาดเล็ก ค่อนข้างกลม และเชื่อมติดกัน บรรจุน้ำที่มีรสเปรี้ยวถึงเปรี้ยวอมหวาน เมล็ดกลมมน ปลายแหลม ผิวเรียบ คัภพะมีสีเขียว คัมควอทสามารถแบ่งออกได้เป็น 6 ชนิด

1. **คัมควอทผลกลม [Marumi (*round*) kumquat]** หรือชาวจีนเรียกว่า ชิน คัง "chin kan-golden orange" หมายถึงส้มเขียวหวานสีทอง "golden mandarin" ชาวญี่ปุ่นเรียกว่า มารึ หรือ มารุมิ คิงคัง "maru" or "marumi kinkan" มีถิ่นกำเนิดอยู่ในจีนตอนใต้ และนิยมปลูกกันอย่างกว้างขวางในประเทศจีน ญี่ปุ่น และกลุ่มประเทศที่อยู่ในเขตกึ่งร้อน มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Fortunella japonica* (Thunb.) Swingle มีลักษณะทั่วๆ ไปคล้ายคัมควอทผลกลมรียกเว้นลำต้นมีหนามมากกว่า (คัมควอทโดยทั่วไปจะไม่มีหนามหรือมีน้อยมาก ยกเว้นฮ่องกงคัมควอทป่า) ใบมีขนาดเล็กกว่าและมีปลายใบกลมกว่า มีเส้นใบเด่นชัดกว่า หูใบเกิดบนก้านใบเห็นไม่เด่นชัดมากนัก ยาว 6-13

มิลลิเมตร ผลมีขนาดเล็กอยู่บนก้านสั้นๆ รูปร่างค่อนข้างกลม สีเหลืองทอง เปลือกเรียบบาง (บางกว่าชนิดผลกลมรี) ต่อมน้ำมันใหญ่ มีรสหวาน มีกลิ่นคล้ายเครื่องเทศเมื่อผลแก่จัด เนื้อหยาบ มี 4-6 กลีบ น้ำส้มมีรสเปรี้ยว โดยรวมแล้วถือว่ามีรสชาติดี น้อยครั้งที่พบว่า มีเส้นผ่าศูนย์มากกว่า 1 นิ้ว หรือ 2.50-3 เซนติเมตร มีเมล็ดกลมรีขนาดเล็ก 1-3 เมล็ดต่อผล สีเขียว มีใบเลี้ยง 2 ใบ แต่มีความนิยมน้อยกว่าชนิดผลกลมรี และมีความด้านทานต่อความหนาวเย็นน้อยกว่าอีกด้วย แต่ยังมีมากกว่าไมวาคัมควอทเล็กน้อย (Hume, 1903 : 1926)

2. คัมควอทผลกลมรี (รูปไข่) [Nagami (*oval*) kumquat] หรือชาวจีนเรียกว่า ชิน ชู คัง “chin chu kun” – “golden chu orange” หมายถึง ส้มชุสีทอง ชาวญี่ปุ่นเรียกว่า นาก้า หรือ นา กามิ คิงคัง “Naga” or “Nagami kinkan” มีถิ่นกำเนิด และยังคงมีปลูกกระจายอยู่ทั่วไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของจีน มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Fortunella margarita* (Lonr.) Swingle เป็นคัมควอทที่นิยมปลูกเพื่อบริโภค และใช้เป็นไม้ประดับหรือไม้ประดับกระถางมากที่สุด นอกจากนี้ยังเป็นชนิดที่นิยมปลูกกันมากที่สุดในประเทศจีน สามารถปลูกในแถบที่มีอากาศอบอุ่นได้ดีกว่าคัมควอทผลกลม เป็นไม้พุ่มแคระ สูง 2.40-3.60 เมตร กิ่งอ่อนมีสี่เหลี่ยมสีเขียวอ่อน ใบขนาด 1-3 × 3-8.80 เซนติเมตร รูปหอกปลายมน ฐานใบแหลมหรือมน ขอบใบเป็นหยักตื้น ห่างๆ ประมาณครึ่งใบถ้าวัดจากปลายใบ เส้นใบเห็นไม่เด่นชัด หน้าใบมีสีเขียวเข้มเป็นมันวาว ส่วนหลังใบมีสีเขียวอ่อนกว่า ก้านใบยาว 6-16 มิลลิเมตร ผลเล็ก รูปร่างกลมมนหรือกลมรีสีเหลืองทอง มีขนาด 1.80-2.50 × 3.40-4 เซนติเมตร ขั้วสั้น เปลือกเรียบมีกลิ่นหอมคล้ายเครื่องเทศ ต่อมน้ำมันใหญ่ น้ำส้มเปรี้ยวไม่มากนัก จึงถือว่ามีรสชาติดี มี 5 กลีบต่อผล เมล็ดกลมรี มี 2-5 เมล็ดต่อผล ยาวประมาณ 13 มิลลิเมตร สีเขียว มีใบเลี้ยงสีเขียวจำนวน 2 ใบ (Hume, 1926) คัมควอทผลกลมรีและผลกลม มักให้ผลที่มีขนาดเล็ก และมีรูปร่างใกล้เคียงกันมาก จนบางครั้งไม่สามารถแยกลักษณะของผลที่แตกต่างกันได้ง่าย นอกจากนี้ยังพบว่า มีคัมควอทผลกลมรีมีใบและผลด่าง ซึ่งเกิดจากการกลายพันธุ์ตามธรรมชาติของคัมควอทผลกลมรีที่ปลูกจากเมล็ดปรากฏว่าเกิดกิ่งเล็กๆ มีลักษณะใบด่าง ขาว เทา เหลือง ปรากฏอยู่บนต้น และในปี 1980 ได้นำยอดผลกลมรีด่างไปเสียบลงบนต้นดอส้มสามใบ [*Poncirus trifoliate* (L.) Raf.] ที่ปลูกอยู่ในกระถาง ณ สถานีทดลองพืชสวนโอแรนโด รัฐฟลอริดา เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและพัฒนาการของต้นคัมควอท จนถึงปี 1986 จึงได้ให้ชื่อว่า “Centennial” มีความหมายว่า “หนึ่งร้อยปีหรือฉลองครบรอบหนึ่งร้อยปี” มีลักษณะที่สำคัญคือ เมื่อต้นคัมควอทด่างเจริญอยู่บนต้นตอส้มสามใบที่ปลูกในกระถางมีอายุครบ 3 ปี มีลักษณะเป็นพุ่มเตี้ยสูงประมาณ 90 เซนติเมตร กว้าง 50 เซนติเมตร ไม่มีหนาม ข้อสั้น ใบกลมรีตั้งตรง ดก หนา มีขนาดประมาณ 37 × 85 มิลลิเมตร ก้านใบยาว 10 มิลลิเมตร ไม่มีหูใบ ใบด่างมี 3 สี เริ่มจากหน้าใบด้านนอกจะมีสี

อ่อนที่สุด ถัดเข้าปะเป็นสีเทาเหลือง และกลางใบตามแนวเส้นใบจะมีสีเทาเขียว ส่วนที่เชื่อมกันของสีที่เข้มที่สุดกับสีที่อ่อนที่สุด จะมีสีเฉลี่ยทั้งสองสี แต่สีที่เห็นความแตกต่างเด่นชัดที่สุด จะอยู่ที่ขอบใบ ส่วนสีของผิวผล จะมีลักษณะด่างเช่นกัน แต่จะแตกต่างไปจากใบ กล่าวคือเมื่อผลยังอ่อน จะมีสีผิวและต่อมน้ำมันบนผิวสีเหลืองเทาเหลืองเป็นแถบยาวจากขั้วผลถึงก้นผลและเปลี่ยนเป็นเหลืองส้ม แต่สีที่ตัดกันหรือเหลื่อมกันระหว่างพื้นผิวกับแถบสีๆ จะลดลง แผ่กระจาย และจางลงเมื่อผลแก่ มีรูปร่างกลมมน มีความกว้างและความสูงประมาณ 45 × 65 มิลลิเมตร คัมควอทลูกผสมนี้เหมาะที่จะใช้ปลูกเป็นไม้ประดับหรือไม้ประดับกระถาง สามารถติดผลที่มีขนาดปกติได้โดยไม่ต้องมีการผสมข้ามหรือใช้แมลงช่วยในการผสมเกสร ผลแก่สามารถคิดอยู่บนต้นได้หลายสัปดาห์ น้ำส้มมีกรด (รสเปรี้ยว) ปานกลาง มีน้ำมาก และน้ำมันที่ผิวมีรสชาติหวานคล้ายผลของคัมควอทผลกลมรี จึงเหมาะนำไปใช้ทำแยมผิวส้ม บนต้นคัมควอทนี้จะพบดอกระยะต่างๆ ผลอ่อน และผลแก่ในเวลาเดียวกัน ต้นและส่วนประกอบของต้น มีลักษณะสีสันสวยงาม ดึงดูดผู้ชม และควรปลูกบนต้นต่อส้มสามใบมากกว่าต้นตอส้มหรือส้มลูกผสมชนิดอื่น เพราะจะมีปัญหาเรื่องการเชื่อมประสานกันของเนื้อเยื่อระหว่างต้นตอกับกิ่งพันธุ์ดี คัมควอทด่างสามารถขึ้นและเจริญได้ดีบนต้นต่อส้มสามใบ และจะไม่เจริญเดิบโตบนต้นตอส้มเกลี้ยงเปรี้ยว (Barrett, 1993)

3. ไมวาคัมควอทหรือคัมควอทผลกลมใหญ่ (Meiwa or Large round kumquat) หรือชาวญี่ปุ่นเรียกว่า นินโปว หรือ เนฮา หรือ ไมวา คิงคัง "Ninpou" or "Neiha" or "Meiwa kinkan" แต่ชาวจีนเรียกว่า ชินตัง "Chintan" หมายถึงลูกปืนสีทอง (golden bullet) Swingle เป็นผู้ให้ชื่อวิทยาศาสตร์ไว้ในปี 1915 ว่า *Fortunella crassifolia* Swingle ส่วนไมวา มีการให้ชื่อตั้งแต่มีการนำเข้าคัมควอทชนิดนี้เข้าไปปลูกในประเทศญี่ปุ่น ซึ่งตรงกับยุคสมัยการปกครองของจักรพรรดิไมวาหรือช่วงระหว่างปี 1764-1771 ซึ่งมีถิ่นกำเนิดอยู่ในจังหวัด Chekiang และนิยมปลูกกันมากในจังหวัด Chekiang และ Fukien ของจีนเนื่องจากเป็น คัมควอทลูกผสมในธรรมชาติ ระหว่างคัมควอทผลกลมกับผลกลมรี ปี 1943 Swingle จึงได้เลิกชื่อชนิด *crassifolia* แต่ก็ยังคงมีการเขียนและเรียกชื่อชนิดนี้กันเรื่อยมา ไมวาคัมควอท เป็นไม้พุ่มมน มีรูปทรงสวย มีใบหนากว่าใบพันธุ์พ่อและแม่ มีขนาดใบเล็กคล้ายใบส้มเขียวหวานอยู่บนกิ่งดกมาก แต่ลำต้น กิ่ง และก้านจะมีขนาดค่อนข้างเล็ก พบว่ามีหนามน้อยมาก ผลมีขนาดใหญ่ที่สุด มีรูปร่างระหว่างพันธุ์ผลกลมกับพันธุ์ผลกลมรีหรือมีรูปร่างกลมรีสั้น และกว้างจนถึงกลม (บางครั้งพบผลมีรูปร่างทั้งกลม และรีอยู่บนต้นเดียวกัน จนยากต่อการจำแนกด้วยสายตา) ผลมีขนาด 25-35 × 25-28 มิลลิเมตร มีประมาณ 7 กลีบต่อผล มีน้ำหนักประมาณ 11-13 กรัม เปลือกหนามากหรือหนาเกือบ 2 เท่าของพันธุ์พ่อหรือพันธุ์แม่ ผิวเรียบ ผิวและเนื้อมีสีเหลืองส้ม จัดว่าเป็นคัมควอทมีรสชาติดี และหวานมาก เพราะมีกรดปาน

กลาง มีเมล็ดน้อยจนถึงไม่มีเมล็ดเลย (ถ้าพบว่ามีเมล็ด เมล็ดจะมีหลายคัภพะ) จึงเป็นที่นิยมนำมาใช้รับประทานผลสด และแปรรูปทั้งผล ทำแยมส้ม (marmalade) โดยทั่วๆ ไปจะมีความต้านทานต่อโรคส้ม และความหนาวเย็นได้ดี (Kazaki *et al*., 1956 อ้างโดย สห, 2546) ไมวาคัมควอท และคัมควอทผลกลมนำเข้าจากจีน และนิยมปลูกกันมากที่สุดในญี่ปุ่น

4. คัมควอทแคระ (Dwaff kumquat) ชาวจีนเรียกว่า ชางโชวคัมควอท (Changshou (longevity) kumquat) ส่วนชาวญี่ปุ่นเรียกว่า โชวจู หรือ ชางโชว หรือ ฟูคิชิว คิงคัง "Choju" or "Changshou" or "Fukushu kinkan" มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Fortunella obovata* Swingle เป็นคัมควอทที่ทรงต้นแคระแกรน จึงนิยมนำไปปลูกเป็นไม้ประดับกระถางในประเทศญี่ปุ่น และจีน โดยเฉพาะจังหวัด Wenchow, Fuchow, Chekiang และ Fukien ของจีน มีความเชื่อกันว่าน่าจะเป็นลูกผสมระหว่างชนิด (species) ของสกุล *Fortunella* Tanaka (1933 ; Hu, 1934) ได้เขียนคำบรรยายคัมควอทชนิดนี้ว่า มีลำต้นมีขนาดเล็ก แคระในธรรมชาติ ไม่มีหนาม ผลมีรูปร่างยาวรีจนเกือบกลม มีขนาดกว้าง 3 เซนติเมตร สูงมากกว่า 3 เซนติเมตร ด้านหัวใหญ่ที่สุด ก้นเว้าลึก เปลือกอ่อน มีรสชาติหวาน ใช้รับประทานได้ มีความหนาประมาณ (1.5) 2.50-3 มิลลิเมตร ภายในผลแบ่งออกเป็น 5-6 ช่องหรืออาจพบว่ามีมากถึง 8 ช่อง น้ำส้มมีกรดหรือมีรสเปรี้ยวปานกลาง ถ้าได้คั้นแล้วจะทำให้รู้สึกสดชื่น มีรสชาติกลิ่นคล้ายกับคัมควอทผลกลม แต่มีเมล็ดต่อผลน้อยมาก จนยากที่จะพบว่ามีเมล็ดมากกว่า 2-3 เมล็ดต่อผล และมีหลายคัพภะหรือมีจำนวนคัพภะมากกว่าไมวาคัมควอท

5. มาลายันคัมควอท (Malayan kumquat) ชาวญี่ปุ่นเรียกว่า นาก้า หรือ นากาบ้า คิงคัง "Naga" or "Nakaba kinkan" มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Fortunella polyandra* (Ridl.) Tanaka เป็นคัมควอทที่มีคนรู้จักน้อยมาก มีถิ่นกำเนิดอยู่ในเขตร้อนของมาลายา ซึ่งต่างจากคัมควอทชนิดอื่นๆ ที่มีถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบที่มีอากาศหนาวเย็นของเขตกึ่งร้อน หรืออากาศอบอุ่นของเขตหนาว หรือจังหวัด Chekiang ของจีนหรือเขตกึ่งร้อนที่มีอากาศหนาวเย็น และอากาศอบอุ่น นอกจากนี้ยังพบว่ามีปลูก และแพร่กระจายอยู่บนแหลมมาลายู จีนตอนใต้ และเกาะไหหนาน เป็นไม้พุ่มกลมไม่มีหนาม มีกิ่งก้านน้อย บนกิ่งมีใบประมาณ 10 คู่ ก้านใบยาว 6-19 มิลลิเมตร ใบดกมาก มีใบยาวเรียว รูปหอกปลายใบค่อนข้างแหลม โคนใบแคบ ใบยาว 10-15 เซนติเมตร กว้าง 3.20-7 เซนติเมตร มีดอกต่อข้อน้อยบริเวณซอกใบ ประมาณ 1 หรือ 2 ดอก กลีบเลี้ยงมนรีสั้นๆ แต่ปลายแหลมมี 5 กลีบ กลีบดอกกลมมนค่อนข้างยาวประมาณ 11 มิลลิเมตร เกสรเพศผู้มี 24 อัน สูงต่ำไม่เท่ากัน และเชื่อมติดกันเป็นหลอดยาวประมาณ 11 มิลลิเมตร ก้านเกสรเพศเมียสั้น อวบอ้วน มีผลค่อนข้างกลม เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.50 เซนติเมตร มีน้ำหนักผลประมาณ 12 กรัม มี 5-6 กลีบ แต่มี

เปลือกเรียบหรือหนาปานกลางประมาณ 3 มิลลิเมตร มีต่อมน้ำมันมากและใหญ่ ประเภทเปลือกติดผิวและเนื้อมีสีเหลืองส้ม มีรสชาติค่อนข้างเปรี้ยว เมล็ดมีปลายมน ขนาดเล็ก มีความต้านทานต่อความหนาวเย็น และโรคแคงเกอร์ส้มได้ดี (Kazaki *et al*., 1956 อ้างโดย สห, 2546) จึงใช้ปลูกเพื่อเก็บเกี่ยวผลผลิต และปลูกเป็นไม้ประดับ มักไม่นิยมใช้ปลูกเป็นไม้ประดับกระถาง แต่ Swingle ยังคงเชื่อว่า มาลายันคัมควอทน่าจะเป็นลูกผสมระหว่างพืชตระกูลส้มด้วยกันเองในถิ่นกำเนิดมากกว่าเป็นพันธุ์แท้

6. ฮ่องกงคัมควอทป่า (Hong kong wild kumquat) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Fortunella hindisii* (Champ.) Swingle สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดย่อย ได้แก่

6.1. ฮ่องกงคัมควอทป่า (Hong kong wild kumquat) ชนิดที่มีโครโมโซม 2n=4x=36 ชาวญี่ปุ่นเรียกว่า มาเมะ หรือ ฮิเมะ คิงคัง “Mame” or “Hime kinkan” มีขึ้นอยู่ทั่วๆ ไปในป่าบนภูเขาของจีนตอนใต้ และบนเกาะฮ่องกง มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Fortunella hindisii* var. *shanjingan* (Champ.) Swingle จากการบันทึกเรื่องส้มของ Han Yen-chih (1923) พบว่าคัมควอทป่าชนิดย่อยนี้ได้มีการตีพิมพ์ครั้งแรกในปี 1178 ในชื่อ ชิน ชู “Chin chu” หมายถึงส้มชูสีทอง (golden chu orange) มีปลูกอยู่ตามที่ราบชายเขา ต่อมาพบว่ามีการแพร่กระจายอยู่ทั่วไปในเกาะฮ่องกงและประเทศจีน โดยเฉพาะจังหวัด Kwangtung และ Chekiang เป็นไม้พุ่มขนาดเล็ก มีหนาม กิ่งเรียวผอมบาง กิ่งอ่อนจะเป็นเหลี่ยม ใบรีมน หน้าใบมีสีเขียวเข้ม มีหูใบเชื่อมติดกับตัวใบ มีดอกป๊อมสั้น กลีบดอกคลี่บานได้ไม่เต็มที่ มีเกสรเพศเมียสั้นมาก รังไข่มี 3 หรือ 4 ช่อง มีไข่อ่อน 2 ฟองต่อช่อง ผลมีขนาดเล็ก รูปร่างค่อนข้างกลมมน มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1-1.50 เซนติเมตร ภายในผลมี 3-4 กลีบ ผลแก่จะมีสีส้มสดใสหรือสีส้มเลือดหมูหรือมีสีเหมือนผิวส้มในกลุ่มแทนเจอร์รีนแต่มีตัวส้มกุ้งน้อยมาก เชื่อมติดกันขนาดเล็กๆ เมล็ดบวมหนาทรงกลมรีเหมือนไข่หรือรีกลมเล็กน้อย มีขนาด 9-11 × 7-8 × 5-6 มิลลิเมตร เมื่อผ่าเมล็ดจะพบว่าภายในมีสีเขียวเข้ม ฮ่องกงคัมควอทป่าจะมีลักษณะแตกต่างไปจากคัมควอทผลกลม และผลกลมรีรูไข่ จึงทำให้สามารถแยกคัมควอทกลุ่มนี้ออกได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้ Longley (1925) ยังพบว่าในเซลล์สืบพันธุ์ (PMC-pollen mother cells) ประกอบไปด้วยโครโมโซม 18 แท่ง แทนที่จะเป็น 9 แท่งอย่างส้มพันธุ์ป่าทั่วๆ ไป หรืออยู่ในรูป n=2x=18 แทน n=x=9 หรือ 2n=4x=36 แทน 2n=2x=18 ฉะนั้นต้นส้มนี้จะมีการเพิ่มจำนวนโครโมโซมที่เป็นของตัวเองทั้งหมดจาก 2 ชุดเป็น 4 ชุด (autotetraploid) แต่ Frost (1926) พบว่าส้มชนิดที่ใช้ปลูกทั่วไป เช่น sweet orange, tangerine and mandarin, grapefruit and lemon ถ้ามีจำนวนชุดโครโมโซม 2n=4x=36 จะมีลักษณะต้น และผลที่ไม่พึงประสงค์ในทางเศรษฐกิจ เช่น มีใบหนาอ่อนแอ ให้ดอก ผลช้า และจำนวนน้อย ผลเล็กสั้น เปลือกผลหนา และมีปริมาณกรดในน้ำส้มต่ำ

ฮ่องกงคัมควอทป่าเป็นที่รู้จัก และนิยมปลูกกันมานานแล้วในประเทศจีน และญี่ปุ่น แต่ชาวยุโรปเริ่มรู้จักคัมควอทชนิดนี้เมื่อประมาณ 150 ปีมานี้ ในนามของพืชตระกูลส้ม (*Citrus*) และต่อมาได้จัดอยู่ในสกุล *Atalantia* เพราะนักพฤกษศาสตร์เห็นว่า ผลมีขนาดเล็ก จนต่อมาจึงพบว่า ฮ่องกงคัมควอทป่ามีจำนวนเกสรเพศผู้เป็น 4 เท่าของกลีบดอก ส่วนไม้ในสกุล *Atalantia* จะมีเกสรเพศผู้เป็น 2 เท่าของกลีบดอกเท่านั้น จึงได้จัดให้อยู่ในกลุ่มคัมควอท (*Fortunella*) มาจนถึงปัจจุบัน ถ้าเปรียบเทียบขนาดของผลระหว่างคัมควอทผลกลมปกติหรือ golden mandarin "chin kan" กับ golden chin orange "chin kan kan" แล้วจะพบว่า ผลมีขนาดเล็กกว่ากันมาก ยกเว้นสีและรูปทรงผลจะเหมือนกันมาก แต่เปลือกของผล "chin kan kan" ไม่สามารถแยกออกจากเนื้อได้ เวลารับประทานควรปรุงรสกับน้ำตาล แต่จะมีรสชาติคล้ายเครื่องเทศ (Ziegler and Wolfe, 1981) จะมีเมล็ดเพียงเมล็ดเดียว ขนาดของต้นเหมาะที่จะนำไปปลูกในกระถางตั้งประดับไว้บนราวเฉลียงของอาคาร และที่อยู่อาศัยมากกว่า ดังนั้นชาวสวนจึงนิยมนำฮ่องกงคัมควอทป่าไปผลิตและจำหาย นอกจากนี้ Han Yen-chih ยังเรียกคัมควอทต้นเล็กๆ นี้ว่า ชาน ชิง คัง "shan chin kan" หมายถึงส้มแมนดารินภูเขาสีทอง (mountain golden mandatin or wild kumquat) และต่อมายังพบว่านักเขียนชาวจีน บางท่านเรียกชื่อคัมควอทชนิดย่อยนี้ว่า ชิน โตว "chin tou" ซึ่งหมายถึง ส้มถั่วทอง (golden bean orange) ด้วย

6.2. โกลเด้น-บีน (ถั่วทอง) คัมควอท (golden-bean kumquat) หรือ ฮ่องกงคัมควอทป่า (Hong kong wild kumquat) ชนิดที่มีโครโมโซม 2n=2x=18 ซึ่งชาวจีนเรียกว่า ชิน โต "chin tou" และชาวญี่ปุ่นเรียกว่า คินด์ซึ (*Kindzu*) หมายถึงคัมควอทถั่วสีทอง มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Fortunella hindisii* var. *chintou* (Champ.) Swingle มีถิ่นกำเนิดอยู่ทางตะวันออกเฉียงใต้ของจีน และใช้ปลูกเป็นไม้ประดับกันอย่างแพร่หลายในเขตอบอุ่นของจีน และญี่ปุ่น จากประเทศญี่ปุ่นต่อมาจึงได้แพร่กระจายเข้าไปปลูกยังประเทศสหรัฐอเมริกา มีลักษณะที่แตกต่างไปจากชนิดของพ่อแม่ (*F. hindisii*) คือ มีใบใหญ่กว่า บางกว่า แคบกว่า หรือ ใบมีขนาด 3.50 × 1.50-2.50 เซนติเมตร มีหนามน้อย เล็ก ผอมบางและสั้นกว่า ผลมีลักษณะกลมแบน มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12-15 มิลลิเมตร มีโครโมโซม 2 ชุด (2n=2x=18) ซึ่งต่างจากพ่อแม่ที่มีโครโมโซม 4 ชุด (2n=2x=36) มีดอกขนาดเล็ก มีกลีบดอกขนาด 5-6 × 2.50-4 มิลลิเมตร แทนที่จะมีขนาดใกล้เคียงกับพ่อแม่คือ 6-7 × 4-5 มิลลิเมตร มีก้านเกสรตัวเมียยาวเพียง 0.5-0.6 มิลลิเมตร แทน 0.8-1.8 มิลลิเมตร Swingle (1929) พบในบันทึกของ Fukien (Min shu) โดย Ho Chiao-yuan กล่าวไว้ว่า นอกจากคัมควอทชนิดอื่นแล้วยังมี chin tou ที่ปลูกอยู่บนภูเขา และถ้ามีการเก็บถนอมรักษาไว้ในน้ำผึ้งจะทำให้ผลคัมควอทนี้มีรสชาติดีเยี่ยม (สห, 2546)

สารให้รสขม limonin

Limonin เป็นสาร triterpenoid ที่เป็นสารทำให้เกิดรสขมในพืชตระกูลส้ม พืชในตระกูลนี้ได้แก่ ส้ม มะนาวฝรั่ง และ grape fruit ในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำผลไม้ตระกูลส้มมักประสบปัญหาเรื่องการเกิดรสขม ซึ่งมีผลทำให้ราคาลดต่ำลง สาเหตุของความขมเกิดจากสารในกลุ่ม limonoid ตัวสำคัญที่ทำให้เกิดรสขม คือ limonin ซึ่งเป็นสารประเภทอนุพันธ์ของเทอร์ปีน (terpene derivative) ซึ่งพบมากในพืชวงศ์ Rutaceae และ Meliaceae (ธรรมรัตน์, 2551)

ผลไม้ตระกูลส้มส่วนใหญ่ผู้บริโภคจะไม่รู้สึกถึงรสขมถ้าบริโภคสด หรือนำมาคั้นน้ำสดๆ เพื่อดื่ม แต่พบว่าเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 2-3 ชั่วโมงหรือข้ามคืนภายในตู้ทำความเย็นพบว่าทั้งสองสภาวะจะมีรสขมเกิดขึ้น เรื่องปัญหาการเกิดรสขมในผลไม้ตระกูลส้ม Maier *et al.* (1977) กล่าวไว้ว่ามีการค้นพบสารให้ความขมครั้งแรกโดย Bernay และ Higby พบว่า limonin เป็นสารให้รสขมหลักในผลไม้ตระกูลส้ม โดยเกิดจากสารตั้งต้นที่ไม่ให้รสขมภายในเนื้อเยื่อของส้มเอง

Limonoid ที่มีอยู่ในโครงสร้างของผลไม้ตระกูลส้ม คือ อนุพันธ์ของ 17-β-D-glucopyranoside ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของ secondary metabolite ที่พบในผลไม้ตระกูลส้ม (Hasegawa *et al.*, 1989) โดยพบว่า 17-β-D-glucopyranoside จะเกิดขึ้นในช่วงผลไม้กำลังเริ่มสุก โดยช่วงที่ผลไม้ยังอ่อนอยู่จะมีสาร Limonoate A-ring lactone อยู่จำนวนมาก และเมื่อเริ่มสุกก็จะถูกเปลี่ยนเป็น 17-β-D-glucopyranoside โดยเอนไซม์ UDP-P-glucose limonoid glucosyltransferas (Herman *et al.*, 1991)

Maier and Beverly (1968) สามารถแยกสาร monolactone ซึ่งเป็นสารตั้งต้นสำหรับ limonin สารตัวนี้ไม่ให้รสขม และพบในส่วนของ earpillary และเนื้อเยื่อส่วน albedo ของส้ม grape fruit และเมล็ดของส้ม

Hasegawa (1999) พบว่าสารในกลุ่มของ limonoid ที่สามารถแยกได้จากผลไม้ตระกูลส้มมีประมาณ 36 ชนิด แต่มีเพียง 6 ชนิด ที่เป็นสารที่ให้รสขมคือ limonin, nomilin, nomilinate, obacunoate, deoxylimonate และ ichangin แต่อย่างไรก็ตาม limonin ก็ยังเป็นสารตัวหลักที่ให้รสขมในผลไม้ตระกูลส้ม

limonoid ถูกสังเคราะห์บริเวณลำต้นจาก acetate และ/หรือ mevalonate ยังพบว่าที่เนื้อเยื่อของผล ผิวของผล และเมล็ด ไม่มีการสังเคราะห์สาร limonoid จากกระบวนการข้างต้น (Ou *et al.*, 1988) แต่เมื่อสังเคราะห์ limonin ที่ลำต้นแล้วจะมีการส่งต่อไปยังส่วนต่างๆ และพบว่า

limonin จะถูกเปลี่ยนไปเป็น limonoid ตัวอื่นๆ ที่ใบ ที่ผล และที่เมล็ด ในขณะที่การสังเคราะห์ limonoid glucozide จาก limonoid aklicone จะพบในเนื้อเยื่อส่วนใหญ่ของผลและเมล็ดเท่านั้น

ความแปรปรวนของจำนวนโครโมโซม

การเปลี่ยนแปลงโครโมโซม

การเปลี่ยนแปลงโครโมโซม (chromosome manipulation) หรือการจัดรูปแบบใหม่ของโครโมโซม (chromosome remodeling) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงโครโมโซม ด้วยเทคนิควิธีการใดก็ตาม เพื่อให้เกิดผลทางพันธุกรรมที่ต้องการ (Morris, 1983)

ผลทางพันธุกรรมที่อาจเกิดขึ้น ได้แก่

1. การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของจำนวนโครโมโซม
2. การรวมตัวของยีนจากพืชที่แตกต่างกัน 2 ชนิด
3. การย้ายยีนหนึ่งยีน หรือมากกว่าหนึ่ง จากพืชป่าที่มีความสัมพันธ์กับพืชปลูก

จำนวนโครโมโซม

โดยปกติแล้วในเซลล์ของพืชหรือสัตว์ชนิดเดียวกันจะมีจำนวนโครโมโซมเท่ากัน และโครโมโซมเหล่านี้มักจะอยู่เป็นคู่ๆ ซึ่งเราเรียกว่าอยู่ในสภา diploid (โครโมโซม 2 ชุด) แต่ในหน่วยสืบพันธุ์นั้นจำนวนโครโมโซมจะลดลงครึ่งหนึ่ง ดังนั้นทำให้โครโมโซมอยู่ในสภาพ haploid (โครโมโซมชุดเดียว) อย่างไรก็ดีการแปรปรวนของจำนวนโครโมโซมอาจเกิดขึ้นได้ในบางชนิด เมื่อเกิดการแปรปรวนขึ้นแล้วย่อมทำให้มีความแตกต่างของลักษณะภายในชนิด หนึ่งๆ ยิ่งกว่านั้น การแปรปรวนของจำนวนโครโมโซมอาจทำให้เกิดชนิด ใหม่ขึ้นได้ ตัวอย่างเช่นนี้ ได้แก่ ข้าวสาลี ซึ่งอยู่ในสกุล *Triticum* เราจัดหมวดหมู่ของข้าวสาลีได้ 3 หมู่ คือ diploid, tetraploid และ hexaploid หมวดหมู่เหล่านี้มีความแตกต่างกันด้านจำนวนโครโมโซม เช่น *T. monococcum* (2n=2x=14) ซึ่งจัดเป็นพวก diploid ส่วน *T. durum* (2n=4x=28) และ *T. vulgare* (2n=6x=42) จัดเป็นข้าวสาลีกลุ่ม tetraploid และ hexaploid อย่างไรก็ตามชุดของโครโมโซมซึ่งรวมตัวกันเป็นข้าวสาลีกลุ่มดังกล่าวนี้มาจากแหล่งต่างๆ กัน นอกจากนั้นสิ่งมีชีวิตภายในชนิดเดียวกัน จำนวนโครโมโซมอาจแตกต่างกัน

ก็ได้ เช่น ในกรณีของผึ้งนางพญา และผึ้งงานต่างก็มี 32 โครโมโซม แต่ผึ้งตัวผู้มี 16 โครโมโซมเป็นต้น (ไพศาล, 2535)

Polyploidy หมายถึง สิ่งมีชีวิตที่มีจำนวนโครโมโซมมากกว่า 2 ชุดขึ้นไป ปกติเซลล์ร่างกายของสิ่งที่มีชีวิตทั้งหลายถูกกำหนดให้มีโครโมโซมเป็น 2n และ 2n=2x นั่นคือเซลล์ร่างกายของสิ่งที่มีชีวิตปกติจะมีจำนวนโครโมโซมเป็น 2 ชุด โดย x คือชุดหนึ่งของโครโมโซมพื้นฐาน หรือชุดของจีโนม (genome) แสดงว่าเซลล์ของร่างกายมีจีโนม 2 ชุด และในการเกิด polyploid นั้น มีหลายระดับด้วยกันดังนี้

(triploidy)	2n=3x	(tetraploidy)	2n=4x
(pentaploidy)	2n=5x	(hexaploidy)	2n=6x
(heptaploidy)	2n=7x	(octaploidy)	2n=8x

polyploid มีความสำคัญมากในพืชเพราะพบว่า ในวิวัฒนาการของพืชตั้งแต่ระยะต้นๆ ก็พบพืชที่เป็น polyploid แล้ว ดังนั้นจะพบว่าพืชส่วนใหญ่ในพืชดอก (Angiosperm) เป็น polyploid ในพืชใบเลี้ยงคู่เป็น polyploid 43% หรือประมาณ 12,000 ชนิด ในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวพบ 58% หรือประมาณ 5,000 ชนิด อาจจะกล่าวโดยรวมได้ว่า พืชมีดอกที่เป็น polyploid 47% พืชสกุลต่างๆ ที่เป็น polyploid ส่วนมากอยู่ในวงศ์ Polygonaceae, Crassulaceae, Rosaceae, Malvaceae, Araliaceae, Poaceae, Iridaceae and Musaceae ในพืชอายุหลายปี (perennial plant) ไม่ว่าจะเป็นไม้พุ่ม หรือไม้ยืนต้น มีโอกาสเกิด polyploid สูงกว่าพืชล้มลุก (annual plant) ในพืชพวกสน (Gymnosperm) โดยเฉพาะพวกปรง (*Cycas*) และแปะก๊วย (*Ginkgo*) ไม่พบ polyploid เลย แต่พบในสน *Pseudolarix amabilis, Sequoia semipervirens, Juniperus chinensis* var. *pfitzeraena* และบางชนิดใน *Podocarpus* นอกจากนี้ยังพบมากใน *Gnetales*

ใน Bryophyte พบมากในมอสส์ (moss) พบทั้งที่เกิดในธรรมชาติและที่มนุษย์ได้ทำขึ้น ส่วนใหญ่มักพบในพืชที่มีท่อน้ำท่ออาหาร ใน Thallophyte มีพบในสาหร่ายหลายสกุล เช่น *Cladophora, Chara* และ *Lomentaria* ในเชื้อรา (fungi) ไม่มี polyploid ในราเลย (เบญจมาศ, 2552)

ในสภาพปกติเซลล์ของร่างกาย (somatic cell) ของพืชจะมีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 2x ในเซลล์สืบพันธุ์ (sex cell or gamete) จำนวนโครโมโซมเท่ากับ x แต่ในบางสภาพที่ผิดปกติสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. aneuploidy หมายถึง พืชที่มีจำนวนโครโมโซมเพิ่มขึ้นหรือลดลงไม่เป็นจำนวนเท่าของจำนวนโครโมโซมพื้นฐาน (n) เช่น 2n-1, 2n+1, 2n-2 เป็นต้น

2. euploidy หมายถึง พืชที่มีจำนวนโครโมโซมเพิ่มขึ้นหรือลดลงเป็นจำนวนเท่า ของจำนวนโครโมโซมพื้นฐาน เช่น n, 3n, 4n เป็นต้น euploidy แบ่งออกเป็น 2 ชนิด (วิทยา, 2527 ก)

ก. autopolyploidy คือ กลุ่มของสิ่งที่มีชีวิตที่เกิดจากสิ่งที่มีชีวิตชนิดเดียวกัน จึงมีชุดของโครโมโซมที่มี genome เดียวกัน ดังเช่น ในกล้วยหอม ซึ่งเป็น triploid มีชุดของ genome เป็น AAA เกิดจากกล้วยป่าที่มี genome เป็น AA เป็นต้น พืชที่เป็น autopolyploid นอกจากกล้วยแล้วยังมี มะเขือเทศ ข้าวโพด ลำโพง กาแฟ ถั่วลิสง และมอสส์ เป็นต้น

ข. allopolyploidy คือ กลุ่มของสิ่งที่มีชีวิตที่มีโครโมโซมหลายชุด และเกิดจากลูกผสมระหว่างชนิดหรือระหว่างสกุล จึงทำให้มี genome ต่างกัน ดังเช่น กล้วยน้ำว้า เป็น triploid มีชุดของโครโมโซมหรือgenome เป็น ABB เพราะว่าเกิดจากกล้วยป่าที่มี genome AA และกล้วยป่าดานีที่มี genome เป็น BB นอกจากนี้ ยังมียาสูบ มันฝรั่ง และกาแฟ เป็นต้น (ประดิษฐ์, 2541)

การเกิด Polyploidy

polyploidy อาจเกิดขึ้นได้ทั้งจากธรรมชาติ และมนุษย์สร้างขึ้น เกิดได้จากกลไกดังต่อไปนี้

1. เกิดจากการแบ่งเซลล์ใน mitosis ผิดปกติ โดยอาจเกิดจากเซลล์ร่างกายหรือเกิดในช่วงของการแบ่งเซลล์สืบพันธุ์ ทำให้จำนวนโครโมโซมเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า

2. เกิดจากการแบ่งเซลล์แบบ meiosis ผิดปกติ ทำให้ได้เซลล์สืบพันธุ์ไม่มีการลดจำนวนโครโมโซมลงครึ่งหนึ่ง (unreduced gamete) ทำให้ได้เซลสืบพันธุ์ที่เป็น 2n

3. เกิดจากการที่ไข่ถูกผสมโดยสเปิร์มมากกว่า 1 ตัว หรือเมื่อเกิดการแบ่งเซลล์แบบ mitosis ที่ผิดปกติในเกสรเพศผู้ (ประดิษฐ์, 2541)

วิธีการทำให้เกิด Polyploidy

การเกิด polyploidy อาจเกิดขึ้นได้ 2 ทาง คือ เกิดขึ้นเองในธรรมชาติ (natural polyploidy) เช่น ฟ้าร้อง ฟ้าผ่า พายุ สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจำนวน และรูปร่างของโครโมโซมได้ หรือเกิดโดยมนุษย์ทำขึ้นมา (artificial or induce polyloidy) เช่น การใช้ความร้อนสูงอย่างรวดเร็ว การใช้รังสี และการใช้สารเคมี (วิทยา, 2527 ก) และผลการแสดงออกของ polyploid ใน องุ่น ส้ม พบว่า จะให้ผลที่ไม่มีเมล็ด (อมรา, 2546)

1. การเกิดตามธรรมชาติ ปรากฏการณ์ธรรมชาติ เช่น ฟ้าร้อง ฟ้าผ่า พายุ สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจำนวน และรูปร่างของโครโมโซมได้ ซึ่งพบว่า มีพืช polyploidy ในพืชดอกมาตั้งแต่โบราณ พืช polyploidy ที่พบมีทั้ง autopolyploid และ allopolyploid ดังเช่น กล้วยหอม AAA เกิดมาจากกล้วยป่าที่มีพื้นที่แถบมาเลเซีย กล้วยเหล่านี้มีบรรพบุรุษมาจากกล้วยป่า (*Musa acuminata* Colla) ซึ่งมี genome AA ส่วนกล้วยที่เป็น allopolyploid ดังเช่น กล้วยกล้าย (AAB) กล้วยน้ำว้า (ABB) กล้วยหักมุก (ABB) กล้วยเทพรส (ABBB) เกิด polyploidy หลังจากเกิดการผสมของกล้วยป่า มี genome AA กับกล้วยตานี (*M. balbisiana* Colla) ที่มี genome BB ซึ่งอยู่แถบอินเดีย และต่อมาได้มีการเคลื่อนย้ายไปปลูกในประเทศต่างๆ การที่กล้วย polyploidy สามารถมีชีวิตอยู่ได้นี้ ส่วนใหญ่เป็นเพราะพืชดังกล่าวสามารถขยายพันธุ์แบบไม่ใช้เพศ ดังเช่น ในกล้วยมีการแยกหน่อไปปลูกได้ จึงทำให้มีการกระจายพันธุ์ไปยังที่ต่างๆ ในเวลาต่อมา (เบญจมาศ, 2545)

2. การสร้าง polyploidy ขึ้นมาโดยมนุษย์ สามารถทำให้สิ่งที่มีชีวิตมีจำนวนโครโมโซมได้หลายชุดด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

2.1 การใช้ความร้อนสูงอย่างรวดเร็ว ส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นได้กับพืชที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ง่าย

2.2 การใช้รังสี รังสีสามารถทำให้เกิดการกลายพันธุ์ในสิ่งที่มีชีวิตได้ ซึ่งบางครั้งอาจเกิด polyploidy ได้เช่นกัน

2.3 การใช้สารเคมี เป็นวิธีที่ใช้กันมาก สารเคมีทำให้เกิด polyploidy เนื่องจากการเกิดการยับยั้งการเกิดผนังเซลล์กั้นในช่วงของการแบ่งเซลล์ทำให้จำนวนโครโมโซมเพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัว สารเคมีที่นิยมใช้กันมากได้แก่ colchicine นอกจากนี้ยังมี nitrous oxide, oryzalin, amiprophos methyl และ podophylin

วิธีการใช้สารเคมีกับส่วนของพืช

1. การแช่เมล็ด ทำการแช่เมล็ดลงในสารละลายที่มีความเข้มข้น และระยะเวลาที่พอเหมาะ ล้างน้ำ แล้วนำไปเพาะ

2. ใช้กับต้นพืชโดยตรง ใช้ได้ตั้งแต่ต้นกล้า หมายถึง ต้นเล็กที่เกิดจากการเพาะเมล็ด หรือกิ่ง หรือส่วนที่กำลังเจริญ เช่น ปลายยอด หยดสารละลายที่มีความเข้มข้นที่พอเหมาะลงที่ยอดที่มีใบอ่อนอยู่ประมาณ 2-3 ใบ แต่สารละลายนั้นอาจจะไหลลงไปได้ จึงควรผสมกับน้ำยาจับใบด้วย และถ้าจะให้ดี ควรนำสำลีปั้นเป็นก้อนขนาดเล็กๆ วางตรงจุดที่จะหยดสารละลาย จากนั้นหยดสารละลายบนสำลี ให้สารละลายค่อยๆ ซึมผ่านสำลีลงไปที่ยอด

3. เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยนำต้นอ่อนของพืชมาตัดตรงส่วนปลายออก แล้วนำมาแช่ในสารละลาย ซึ่งอยู่ในสภาพปลอดเชื้อ ระยะเวลาในการแช่จะต้องทำการศึกษาก่อนเพื่อให้ได้เวลาที่พอเหมาะ จากนั้นจึงล้างด้วยน้ำกลั่นในตู้ที่ปลอดเชื้อ แล้วนำไปเลี้ยงในอาหารสูตรเดิมต่อไป การที่พืชจะเกิดเป็นลักษณะ polyploidy หรือไม่ ขึ้นอยู่กับความเข้มข้น ระยะเวลา ความถี่ในการให้สารเคมีนั้นๆ และส่วนของพืช ตัวอย่างลักษณะ polyploidy ของดำลึง ทำได้โดยการใช้โคลชิซีนที่ความเข้มข้น 0.4% แช่เมล็ด หรือ ถ้าหยอดที่ยอด ใช้โคลชิซีนที่ความเข้มข้น 0.4% เช่นกัน หยดหลายๆ ครั้ง ในกล้วยที่อยู่ในสภาพเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ พบว่า ใช้โคลชิซินที่ความเข้มข้น 1% แช่ค้นนาน 5-7 ชั่วโมง และใช้สารละลาย ที่ความเข้มข้น 45 ไมโครโมล์ (μmole) นาน 2-5 ชั่วโมง จะได้ต้นที่มีลักษณะเป็น tetraploidy (เบญจมาศ, 2552)

ผลการแสดงออกที่สามารถสังเกตได้ของ Polyploid

การเกิด polyploid ในธรรมชาติมักเกิดร่วมกับการผสมพันธุ์ระหว่างชนิด สายพันธุ์ หรืออาจจะต่างสกุล ดังนั้นรูปร่างจึงขึ้นอยู่กับ genotype ของบรรพบุรุษ การเกิด polyploid อาจจะมีทั้งสิ่งที่ดี และไม่ดีก็ได้ ดังนี้

1. เพิ่มขนาดของเซลล์เนื้อเยื่อเจริญ เซลล์มีขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้อวัยวะหรือส่วนต่างๆ ของพืชมีขนาดใหญ่ขึ้นด้วย ดังเช่นขนาดของใบ สำหรับเซลล์ที่ใช้วัดได้อย่างชัดเจนได้แก่ ขนาดของ เซลล์คุม (guard cell) ของปากใบ (stomata) ซึ่งจะเป็นตัวชี้ได้ว่าพืชนั้นๆ เป็น polyploid หรือไม่ นอกจากนี้ขนาดของละอองเกสร (pollen) ก็สามารถชี้ชัดได้เช่นกัน

2. มีการเปลี่ยนแปลงอัตราการเจริญเติบโต ปกติแล้วอัตราการเจริญของ autopolyploidy จะช้ากว่า diploid จึงทำให้การเกิดดอกช้า การแตกกิ่งก้านน้อยลง บางครั้งผลมีขนาดเล็กลง กิ่งก้าน และการแตกหน่อลดลง ดังเช่น กล้วยเทพรส ซึ่งเกิดจากการใช้สาร oryzalin พบว่าต้นมีขนาดเตี้ยลงมาก มีการเกิดใบช้า ไม่ค่อยมีการแตกหน่อ

3. รูปร่างของอวัยวะต่างๆ ของพืช เนื่องจากการเพิ่มขนาดของเซลล์ มีการเจริญเติบโตที่ช้า อาจทำให้รูปร่างเปลี่ยนแปลง ใบมีความหนามากขึ้น กว้างขึ้น เช่น กล้วยเทพรส ดำลึง ผักปุ้ง ข้าวโพด บางชนิดการเกิดลักษณะเหล่านี้ทำให้พืชมีความแข็งแรงขึ้น แต่ในพืชบางชนิดอาจลดลง เช่นในต้นกล้วย ต้นที่เป็น polyploid ความแข็งแรงขึ้น ดังเช่น กล้วยหอมซึ่งเป็น polyploid จะแข็งแรงกว่ากล้วยไข่ และกล้วยเล็บมือนางซึ่งเป็น diploid แต่ใบกล้วยหอมมีโอกาสฉีกขาดมากกว่ากล้วยไข่

4. จำนวนละอองเกสรน้อยลง เกิดความเป็นหมันมากขึ้นทั้งดอกตัวผู้ และดอกตัวเมีย ดังนั้นต้นที่เป็น polyploid จึงมักจะเป็นหมัน เช่น แตงโมไม่มีเมล็ด กล้วย polyploid ซึ่งไม่มีเมล็ด ได้แก่ กล้วยหอม กล้วยไข่ เป็นต้น

5. เกิดการผสมกันเองภายในชนิดเดียวกันไม่ได้ (self-incompatible) ถ้าหากต้น polyploid นั้นเกิดจากพ่อแม่ที่เป็นหมัน ผสมตัวเองไม่ได้ ลูกที่เป็น polyploid จะมีโอกาสเป็นหมันสูงขึ้น หรือเรียกว่าเกิดสิ่งกีดขวางของยีน (genetic barrier) ในพวกที่เป็น autopolyploid ที่ไม่สามารถผสมกันเองได้ ทั้งนี้เนื่องจากมีการแบ่งเซลล์ไม่ปกติ ทำให้เกิดการเป็นหมันสูง เช่น คะน้า ผักกาดหัว พิทูเนีย หอม (เบญจมาศ, 2545)

สารโคลชิซีน (Colchicine)

โคลชิซีน หรือ acetyltrimethylcolehicinic acid มีชื่อทางเคมีคือ : (S)-N-(5,6,7,9-tetrahydro-1,2,3,10-tetramethoxy-9-oxobenzo (a) heptalen-7-yl) acetamide น้ำหนักโมเลกุล 399.43 มีสูตรเคมีดังนี้ $C_{22}H_{25}NO_6$ (Lucy, 1997; 1998 ; Matthew, 1998) สารเคมีนี้เป็นผลิตผลจากธรรมชาติ สกัดได้จากพืชที่มีชื่อว่า Colchicum หรือทั่วไปเรียกว่า Autum crocus (*Colchicum autumnale* L.) (ศิริพร, 2527) และในดองดึง (*Gloriosa superba* L.) ซึ่งพบสารโคลชิซีนอยู่แทบทุกส่วนของลำต้น (รุ่งระวี, 2537; นันทวัน, 2541; กรมวิชาการเกษตร, 2542; สุธิดา, 2548) โดยเฉพาะเมล็ด และเหง้าจะมีปริมาณมาก (จรินทร์, 2521 อ้างโดย กรมวิชาการเกษตร, 2542; Sarin *et al.*, 1974) ซึ่งมีปริมาณ 0.3-1.0% (Gupta, 1999) สมสุข และ ปราโมทย์ (2539) ได้พบว่ามีปริมาณสารโคลชิซินในเมล็ดเฉลี่ยประมาณ 0.88% ในเหง้าเฉลี่ย 0.43% สารโคลชิซีนมีคุณสมบัติพิเศษในการละลายน้ำได้อย่างดี และมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะของเซลล์พืชได้แม้ใช้ในระดับความเข้มข้นต่ำ (Sharma and Sharma, 1980) Harrington (2000) ใช้สารโคลชิซีนที่ความเข้มข้นต่ำกับยอดอ่อน และตาข้างของพืชได้ และสามารถใช้ผลิตพืชพันธุ์ใหม่ได้

สารโคลชิซีนยังมีประโยชน์ในด้านการศึกษาเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ของเซลล์ เนื่องจากมีรายงาน และการทดลองทั้งใน และต่างประเทศ พบว่ามีการใช้โคลชิซีนซึ่งเป็นสารเคมีประเภทอัลคาลอยด์ (Alkaloid) ที่มีผลต่อกระบวนการแบ่งเซลล์ โดยทำหน้าที่ในการยับยั้งการพัฒนาการของสาย spindle fiber ในระยะไมโทซิส (Anonymous, 2008) ทำให้โครโมโซมไม่สามารถแยกออกจากกันไปอยู่ในแต่ละด้านของเซลล์ได้ จึงส่งผลให้เซลล์นั้นไม่สามารถแยกโครโมโซมออกจากกันได้ ซึ่งคุณสมบัตินี้ได้นำมาใช้ในด้านการปรับปรุงพันธุ์พืช ให้มีจำนวนชุดของโครโมโซมเพิ่มเป็น 2 เท่าได้ (ประภา, 2534) ในขบวนการแบ่งตัวแบบ mitosis โคลชิซีนจะเข้าไปเชื่อมต่อ (bine) กับโปรตีนทูบูลิน (tubulin) และป้องกันไม่ให้โปรตีนนั้นรวมตัวกันเป็นสาย spindle fiber เมื่อไม่มีสาย spindle fiber เกิดขึ้นเป็นผลให้ไม่มีผนังกั้นเซลล์ (cell plate) เกิดขึ้น ดังนั้นโครโมโซมเดิม และโครโมโซมที่เพิ่มขึ้นอีกเท่าตัวก็จะอยู่ในเซลล์เดียวกันทำให้เซลล์ diploid กลายเป็นเซลล์ tetraploid (Morris, 1983)

ข้อควรพิจารณาในการใช้โคลชิซีน ดังนี้ (วิทยา, 2527 ก)

1. โคลชิซีนไม่ว่าจะใช้ในรูปใดก็ตามจะต้องพยายามให้สารนี้แทรกซึมเข้าไปในเนื้อเยื่อเจริญ (meristematic tissues) ให้ได้จึงสามารถแสดงผลได้ ถ้าหากโคลชิซีนไม่สามารถแทรกซึมเข้าไปถึงเนื้อเยื่อเจริญได้ การใช้โคลชิซีนก็จะไม่เกิดผลแต่อย่างใด

2. การใช้สารโคลชิซีนจะต้องใช้กับเนื้อเยื่อหรือเซลล์ที่กำลังเจริญเติบโต และสมบูรณ์เท่านั้นจึงจะสามารถแสดงผลได้ การใช้สารโคลชิซีนกับเนื้อเยื่อหรือเซลล์ที่เป็นหมันหรืออยู่ในระยะพักตัวจะไม่ได้ผล

3. สภาพแวดล้อมจะต้องเหมาะสม สภาพแวดล้อมดังกล่าวได้แก่ อุณหภูมิ แสงสว่าง ความชื้น ซึ่งพืชต่างชนิดกัน สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการชักนำด้วยสารโคลชิซินแตกต่างกัน เป็นต้น

4. ระยะเวลา และความยาวนานของการให้สาร จะใช้ระยะเวลานานเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับ ชีพจักร (cycle) ของการแบ่งตัวของเซลล์ของพืชที่ทำการให้สาร ระยะเวลาที่ทำการให้สารถ้าน้อยเกินไปโคลชิซีนที่ใช้อาจจะไม่ได้ผล แต่ถ้านานเกินไปโคลชิซีนจะแสดงผลมากเกินไป พืชที่ได้จากการให้สาร จะมีจำนวนโครโมโซมมากเกินระดับที่ต้องการ โดยทั่วไประยะเวลาที่ใช้ประมาณ 1-24 ชั่วโมง

5. ความเข้มข้นที่ใช้ต้องอยู่ในระดับที่พอเหมาะ ถ้าหากเจือจางเกินไปโคลชิซีนจะไม่สามารถแสดงผลได้ แต่ถ้าเข้มข้นเกินไปโคลชิซีนจะแสดงผลมากเกินต้องการ โดยปกติความเข้มข้นที่ใช้ได้ผลประมาณ 0.06-1.00%

การชักนำให้เกิดการเพิ่มจำนวนโครโมโซมด้วยสารโคลชิซีนนั้น ยังใช้ประโยชน์ในด้านการชักนำพืชที่เป็น haploid ให้เป็น diploid เพื่อใช้ประโยชน์ในการหาสายพันธุ์แท้ หรือการพัฒนาสายพันธุ์ เช่นการทดลองของ Miyoshi and Asakusa (1996) ในเยอบีร่า (*Gerbera jamesonii*) โดยการเลี้ยงต้นอ่อนจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ที่เป็น haploid ซึ่งมีใบ 4-6 ใบ และมีระบบรากที่แข็งแรงแล้ว ในอาหารที่มีส่วนผสมของสารละลายโคลชิซีนความเข้มข้น 0.05% เป็นระยะเวลา 2-6 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าสามารถชักนำให้เกิดเป็นต้นที่เป็น diploid ได้ถึง 24.2-34.1%

การนำสารโคลชิซีนมาใช้กับพืช เพื่อชักนำให้พืชเพิ่มจำนวนโครโมโซม จะต้องใช้กับส่วนของพืชที่กำลังเจริญเติบโต ซึ่งมีอัตราการแบ่งเซลล์สูง ดังนั้นจึงมักใช้กับเมล็ดที่กำลังงอก ตา หรือยอดที่กำลังงอกใบใหม่ การใช้สารโคลชิซีนกับพืช สามารถทำหลายวิธี เช่น การใช้สารโคลชิซีนกับเมล็ด Tojyo (1985) ได้ชักนำให้เกิด polyploid ในหม่อน (*Morus* sp.) โดยใช้วิธีการแช่เมล็ดหม่อนที่ผึ่งให้แห้งแล้วในสารละลายโคลชิซีน ความเข้มข้น 0.1-0.4% นาน 24 ชั่วโมง และการทดลองของจักรกฤษณ์ และ คณะ (2545) ได้ทำการทดลองการปรับปรุงพันธุ์พืชโดยวิธีชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ด้วยสารโคลชิซิน ในข้าวโพดหวาน ผักกาดขาวปลี คะน้า และหอมแดงโดยการแช่เมล็ด ผลปรากฏว่า สารโคลชิซินไม่สามารถชักนำให้เกิด polyploid ที่มีลักษณะดีเด่นกว่าพันธุ์เดิม

ในข้าวโพดหวาน และผักกาดขาวปลี แต่สามารถชักนำให้เกิด polyploid ที่มีลักษณะดีเด่นได้ในผักคะน้า และหอมแดง

การใช้สารโคลชิซีนกับส่วนของยอดของพืช ได้มีรายงานของ Verma and Raina (1991) ซึ่งได้ทดลองโดยการจุ่มปลายยอดที่อยู่ระหว่างใบเลี้ยงของต้นฟล็อกซ์ (*Phlox drummondii*) ในสารละลายโคลชิซีน 0.1-0.2% นาน 5-6 ชั่วโมง ต่อวัน ติดต่อกัน 2-3 วัน สามารถชักนำให้เกิดต้นที่มีโครโมโซม 4 ชุด มีดอกขนาดใหญ่ขึ้น และบานได้นานขึ้น นอกจากนี้ Lu and Bridgen (1997) ได้แช่ปลายยอดต้นลูกผสมของ alstroemeria ซึ่งไม่สามารถติดเมล็ดได้ โดยการแช่ปลายยอดที่เลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อในสารละลายโคลชิซีน ความเข้มข้น 0.2-0.6% นาน 6-24 ชั่วโมง พบว่าได้ต้นที่มีจำนวนโครโมโซม 4 ชุดถึง 41% ซึ่งต้นที่มีลักษณะเป็น tetraploid นี้สามารถคงลักษณะได้มากกว่า 87.5% ภายหลังการปลูกเลี้ยงเป็นระยะเวลา 1 ปี แต่ต้นที่ได้ยังคงลักษณะความเป็นหมันเหมือนเดิม ซึ่งคล้ายกับการทดลองของ วรวุฒิ และวิสา (2542) ได้ชักนำต้นบัวบกโดยใช้โคลชิซีน และทำการทดลองชักนำ 2 วิธี คือหนึ่งใช้สำลีชุบ สารละลายโคลชิซีน 1-2 % วางลงบนต้นอ่อน วิธีที่สองโดยผสมโคลชิซีน 1-2% กับวุ้นแล้ววางลงบนปลายยอดของต้นอ่อน พบว่าการใช้สำลีชุบสารละลาย โคลชิซีน 2% วางบนต้นอ่อน สามารถชักนำให้เกิด polyploid ดีที่สุด ในขณะที่การใช้วุ้นผสมโคลชิซีนไม่ว่าจะเป็น 1 หรือ 2% ให้ผลการชักนำไม่ต่างกัน

Emsweller and Brierley (1940) พบว่า การแช่ยอดของ *Lilium formosanum* (2n=24) ในสารละลาย โคลชิซีน 1.0% นาน 2 ชั่วโมง สามารถชักนำให้เกิดต้น tetraploid ได้ ส่วนการทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการใช้สารโคลชิซีนระหว่างเมล็ด กับยอดหรือส่วนต่างๆ ของพืชนั้น Bragdo (1955) ได้รายงานถึงการทดสอบประสิทธิภาพระหว่าง การแช่เมล็ดของต้น red clover (*Trifolium pratense*) ที่ผ่านการแช่น้ำเปล่าก่อน 24 ชั่วโมง จึงแช่ในสารโคลชิซีน 0.1% ระยะเวลา 48 ชั่วโมง และ 0.2% ระยะเวลา 24 ชั่วโมง กับการให้วุ้นที่ผสมสารละลายโคลชิซีนที่ปลายยอด 3-4 ครั้ง ในระยะเวลา 2 วัน โดยผสมสารละลายโคลชิซีน 2% สองส่วนต่อวุ้นที่ละลายในน้ำ 3% หนึ่งส่วน พบว่าต้นที่ได้รับสารละลายโคลชิซีนขณะเป็นเมล็ดมีการตายสูง เนื่องจากการให้กับเมล็ดจะทำให้เกิดการยับยั้งการเจริญ และการพัฒนาของราก ทำให้อัตราส่วนของต้นที่เป็น tetraploid ในส่วนของการให้ที่ปลายยอดมีจำนวนสูงกว่า แต่หากเปรียบเทียบเฉพาะต้นที่รอด พบว่าต้นที่ได้รับสารละลายโคลชิซีนจากเมล็ด มีอัตราส่วนของ tetraploid สูงกว่าต้นที่ได้รับจากยอด

การชักนำจาก ชิ้นส่วนที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อนี้ ทำได้ในพืชอีกหลายชนิด เช่น ในพืชพวกกุหลาบ เช่น *Rosa wichuraiana* พบว่าการเลี้ยงต้นอ่อน (plantlet) ในอาหารเหลวที่มีโคลชิซีนความเข้มข้น 0.05% นาน 12 ชั่วโมง สามารถชักนำให้เกิดเซลล์ที่เป็น tetraploid ได้

(Roberts *et al.*, 1990) ซึ่งให้ผลการทดลองคล้ายกับ Sanguthai *et al.* (1973) ซึ่งได้ประสบความสำเร็จในการเพิ่มจำนวนโครโมโซม โดยได้ทำการทดลองกับ *Dendrobium* Uniwai Crystal (3x) ซึ่งเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร modified Vacin and Went ที่เติมสารโคลชิซิน ความเข้มข้น 0.1% เป็นเวลา 5-20 วัน ซึ่งให้ต้นส่วนใหญ่มีโครโมโซม 6 ชุด (6x หรือ hexaploid)

Gao *et al.* (1996) ได้ชักนำให้เกิดจำนวนโครโมโซมเตตราพลอยด์ ในกลุ่มยอดอ่อนของ *Salvia miltiorrhiza* Bge. โดยการเลี้ยงด้วยอาหารสูตร MS (Murashige and Skoog; 1962) ที่ผสมโคลชิซีนความเข้มข้น 5-100 สตล. (ส่วนต่อล้าน) นาน 30 วัน โดยพบการรอดตายมากที่สุดถึง 70% ในอาหารที่ผสมโคลชิซีนความเข้มข้น 10 สตล. และพบต้นที่เป็น tetraploid (2n=4x=48) มากที่สุดคือ 12% ในอาหารที่ผสมโคลชิซีนความเข้มข้นเดียวกัน

Paulo *et al.* (2000) ได้ทดลองกับ protocorm-like bodies ของ *Cattleya* โดยการเลี้ยงในอาหารที่ผสมโคลชิซินความเข้มข้น 0.05-0.20% นาน 4 หรือ 8 วัน พบว่าที่ความเข้มข้นที่ 0.05 และ 0.10% สามารถชักนำให้พืชเกิดเป็น tetraploid ดีที่สุด

กฤษฎา (2519) ได้กล่าวถึงการเกิดความผิดปกติแบบ chimera ซึ่งเกิดจากพืชที่ถูกชักนำให้เกิดเป็น polyploid เพียงบางส่วนของเนื้อเยื่อว่า มักพบในสองลักษณะคือ sectorial ploid-chimera และ periclinal ploid-chimera โดย sectorial ploid-chimera คือการเกิดการเปลี่ยนแปลงเพียงบางส่วนของของตาที่เจริญเป็น polyploidy ซึ่งส่งผลให้ส่วนที่เจริญจากส่วนที่เปลี่ยนแปลงกลายเป็น polyploid แต่ส่วนอื่นๆ ยังคงปกติ และ periclinal ploid-chimera เกิดจากเซลล์ชั้นของผิวและเซลล์ชั้นในมีจำนวนโครโมโซมที่แตกต่างกัน ผลที่ได้อาจส่งผลให้เซลล์ปากใบซึ่งเจริญมาจากเซลล์ชั้นนอกแสดงผลเป็น polyploid คือมีลักษณะใหญ่กว่าต้นปกติ แต่ขนาดของละอองเรณู ซึ่งเจริญมาจากเซลล์ชั้นในมีลักษณะปกติ Duren *et al.* (1996) ได้ศึกษาถึงผลของการให้สารโคลชิซีนต่ออัตราการเกิดลักษณะ chimera ในกล้วย (*Musa acuminata*) สายต้น SH 3362 โดยการเพาะเลี้ยงยอดในอาหารเหลวที่เติมโคลชิซีน 5 มิลลิลิตร และ dimethyl sulfoxide (DMSO) 2% (โดยปริมาตร) พบอัตราการไม่เกิด ลักษณะ chimera สูงถึง 23.1% จากการทดสอบถึงสี่ชั่วรุ่นของการปลูก

สารไตรฟลูราลิน (Trifluralin)

ไตรฟลูราลิน Trifluralin (α,α,α-trifluoro-2,6-dinitro-N,N-dipropyl-*p*-toluidine) เป็นสารควบคุมวัชพืช (Danielson, 1968) ในกลุ่ม Dinitroaniline ประเภทเจาะจงพืชกำจัดแบบก่อนงอก (pre-emergence herbicide) ซึ่งการศึกษาทางเซลล์วิทยา Jackson and Steller (1973) พบว่าเซลล์ที่อยู่ใน endosperm ของ African blood lily หรือ *Haemanthus katherinae* ได้รับไตรฟลูราลินเข้มข้น 50 สตล. (ส่วนต่อล้าน) ในระยะเวลาอันสั้น (15 นาที-20 ชั่วโมง) มีจำนวน microtubules ลดลง โดยเฉพาะที่ผนังกั้นเซลล์ ซึ่งอยู่ตรงบริเวณกึ่งกลางของเซลล์ และได้รายงานว่า endoplasmic reticulum จะขาดหายไปจากเซลล์ endosperm ซึ่งได้รับสาร และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาของ plastid และ mitochondria สำหรับไตรฟลูราลิน และอริซาลิน ที่มีความเข้มข้น 10 ไมโครโมล์ มีผลต่อเซลล์ที่อยู่ปลายรากของต้นข้าวโพด และข้าวสาลีขณะที่กำลังงอก การศึกษาโครงสร้างภายในเซลล์แสดงให้เห็น spindle microtubules และผนังกั้นเซลล์ที่อยู่ตรงกลางของเซลล์จะสูญหายไปเมื่อใช้สารเคมีไปแล้ว 3 ชั่วโมง ขณะที่ microtubules ใน cortex มีอายุยาวนานกว่า โครโมโซมที่อยู่ในเซลล์ระยะ telophase จะหยุด และแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ที่แตกต่างกัน และไปอยู่คนละข้างของเซลล์ที่อยู่ในเซลล์เดียวกัน และ spindle microtubules บริเวณภายในที่อยู่ระหว่างโครโมโซมลูก (daughter chromosome) อัตราการสูญเสียของ microtubules ขึ้นอยู่กับชนิดของสารเคมี และความยาวนานของระยะเวลาซึ่งได้รับสารเคมี ในรากของต้นกล้าข้าวสาลีพบว่ามี endoplasmic reticulum อยู่ภายใน แต่มีอาการพอง ขณะที่สัณฐานของ mitochondria และ plastids มีอาการผิดปกติ

การศึกษาของรากฝ้ายพบว่าเซลล์ได้รับสารไตรฟลูราลินมี polyploidy nuclei ซึ่งมีกลีบ (lobed) อยู่มาก เนื่องจากเซลล์ที่เป็นเนื้อเยื่อเจริญที่อยู่ปลายรากอาจมีระยะ mitosis ที่แตกต่างกันเมื่อเนื้อเยื่อเจริญของรากได้รับสารไตรฟลูราลิน การแบ่งตัวของเซลล์ระยะ mitosis จะหยุดลง microtubules สลายตัวเนื่องจากไม่สามารถเกิดการแบ่งเซลล์ในระยะ mitosis ต่อไปได้ ทำให้เกิดรูปแบบ nucleus ชนิดต่างๆ เซลล์เนื้อเยื่อเจริญในรากซึ่งได้รับสารไตรฟลูราลินมี microtubules 2-3 อัน และที่อยู่ใกล้โครโมโซมมีการจัดเรียงแบบผิดปกติ (Hess, 1982)

Amato *et al.* (1965) มีรายงานว่าสารไตรฟลูราลินจะขัดขวางการแบ่ง cytoplasm ในเซลล์ของรากข้าวโพด และฝ้าย Bayer *et al.* (1967) พบว่า สารไตรฟลูราลินมีผลทำให้กระบวนการแบ่งเซลล์แบบ mitosis ในเซลล์รากหอมผิดปกติ Lignowski and Scott (1971) รายงานการใช้สารไดรฟลูราลินกับหอม และข้าวสาลี มีผลทำให้รากของต้นหอม และข้าวสาลีมีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งคล้ายกับวิธีการใช้โคลชิซีน Kiermayer (1972) พบว่าใน *Micrasterias denticulata* เมื่อให้

สารไตรฟลูราลินทำให้ตำแหน่งของ นิวเคลียสมีลักษณะผิดปกติไป โดยเขาให้เหตุผลว่าสารไตรฟลูราลินมีผลทำให้ microtubule เกิดความไม่เป็นระเบียบหรือขาดหายไป และ Toolapong (2008) ได้ใช้สารไตรฟลูราลินที่ความเข้มข้น 0.05, 0.10, 0.20 และ 0.40% กับส้มสายน้ำผึ้ง ส้มจี๊ด และมะนาว สามารถทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของจำนวนโครโมโซมได้

การตรวจนับจำนวนโครโมโซม

เซลล์เป็นหน่วยที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิต ภายในเซลล์มีอวัยวะที่เรียกว่า โครโมโซม ซึ่งมีรูปร่างคล้ายเส้นด้าย และทำหน้าที่สืบทอดลักษณะจากพ่อแม่ไปยังลูกหลาน ปกติภายในเซลล์ของพืชแต่ละชนิดจะมีโครโมโซมที่แน่นอนในเรื่องจำนวน ลักษณะและพฤติกรรม เนื่องจากโครโมโซมเป็นตัวสำคัญในการจัดเรียงลำดับของยีน (gene) ของพืชแต่ละชนิดให้เป็นหมวดหมู่ การศึกษาเกี่ยวกับโครโมโซมของพืชที่ต่างพันธุ์กันจึงสามารถนำมาเปรียบเทียบเพื่อจำแนกพืชเหล่านั้นได้ (กฤษฎา, 2519)

การศึกษาโครโมโซมของเซลล์ร่างกาย (somatic ehromosome) เป็นการนับจำนวนโครโมโซมหรือศึกษาลักษณะ และพฤติกรรมของโครโมโซมในการแบ่งเซลล์ระยะต่างๆ นิยมนำเนื้อเยื่อพืชในบริเวณที่มีการแบ่งเซลล์ มาขยี้ให้เซลล์แตกออกแล้วกดให้แบน แล้วนำไปย้อมสีเพื่อการศึกษาโครโมโซม เนื้อเยื่อบริเวณที่นิยมใช้และมีการแบ่งตัวแบบ mitosis บริเวณปลายราก หรือปลายยอด (ชัยฤกษ์, 2525) ส่วนเนื้อเยื่อที่มีการแบ่งตัวแบบ meiosis ศึกษาจากเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้จากอับละอองเกสร (กันยารัตน์, 2532)

ในการศึกษาเซลล์พันธุศาสตร์ มีเทคนิคในการเตรียมตัวอย่างพืชเพื่อศึกษาโครโมโซม โดยวิธีการนี้ มีชื่อเรียกว่า Feulgen squash method ซึ่ง กันยารัตน์ (2532; ชัยฤกษ์, 2525; Dyer, 1979) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการศึกษาโครโมโซม ดังต่อไปนี้

1. การหยุดวงชีพเซลล์ (pre-treatment) คือ การนำชิ้นส่วนเนื้อเยื่อพืชที่ต้องการจะศึกษาโครโมโซมแช่ในสารเคมี เพื่อยับยั้งการทำงานของสาย spindle fiber ทำให้โครโมโซมที่อยู่ในระยะ metaphase มีการหดตัวได้ดีเพื่อสะดวกต่อการนับจำนวนโครโมโซม สารเคมีที่นิยมใช้ คือ alphabromonaphtalene หรือ hydroxyquinoline, colchicines, actidione, paradichlorobenzene ระยะเวลาในการแช่มีตั้งแต่ 5 นาที ถึง 72 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับชนิดพืช ขนาดของเนื้อเยื่อ อุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาควรอยู่ระหว่าง 4-5 องศาเซลเซียส (แต่บางครั้งเก็บที่อุณหภูมิห้องหรือ 25 องศาเซลเซียส)

2. การหยุดการทำงานของเซลล์ (fixation) คือ การใช้สารเคมีหยุดปฏิกิริยา metabolism ภายในเซลล์ ทำให้เซลล์ตาย เพื่อรักษาสภาพของเนื้อเยื่อ และเซลล์ให้อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์ที่สุด สารเคมีที่ใช้ ได้แก่ สาร Carnoy's solution (Love and Love, 1975) กรดน้ำส้ม 70% การหยุด metabolism ของเซลล์ด้วยกรดน้ำส้มควรทิ้งเนื้อเยื่อไว้ในกรดเป็นเวลา 30 นาทีที่อุณหภูมิห้อง แต่ถ้าใช้สาร Carnoy's solution สามารถเก็บเนื้อเยื่อไว้ได้นานโดยไม่ต้องผ่านการเก็บรักษาเนื้อเยื่อ ในการเลือกสารหยุดการทำงานของเซลล์ต้องเลือกน้ำยารักษาสภาพเซลล์ (fixative) ที่เมื่อใช้แล้วสามารถรักษารูปร่าง และสารประกอบของเซลล์ให้คงรูปเดิมอยู่ได้หรือมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด เหมาะสำหรับศึกษาโครโมโซมที่ต้องใช้สารเคมีที่มีคุณสมบัติเป็นกรด (acid fixative) เพื่อไม่ทำให้ nuclei protein ตกตะกอน และละลายโปรตีนที่อยู่ใน cytoplasm

3. การเก็บรักษาเนื้อเยื่อ (storage) ก่อนจะเก็บรักษาเนื้อเยื่อไว้ต้องล้างกรดน้ำส้มออกให้หมดด้วยแอลกอฮอล์ 70% แล้วจึงเก็บเนื้อเยื่อไว้ในเอทิลแอลกอฮอล์ 70% ที่อุณหภูมิห้อง หรือเก็บในตู้เย็นยิ่งดี สามารถเก็บไว้ได้นานตามต้องการ (ประมาณ 6-12 เดือน) โดยไม่ทำให้เซลล์เหี่ยวหรือสูญเสียน้ำ อย่างไรก็ตาม การเก็บเนื้อเยื่อไว้นานเกินไปไม่ว่าจะเก็บไว้ในที่ใดก็ตามก็มีผลต่อการย้อมสีซึ่งได้ผลไม่ดีเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อเยื่อใหม่ๆ ดังนั้น ถ้าเป็นไปได้ควรใช้เนื้อเยื่อใหม่เสมอ

4. การย่อยแยกเซลล์ (hydrolysis) เป็นการนำเนื้อเยื่อที่เก็บรักษาไว้ในแอลกอฮอล์มาล้างออกด้วยน้ำกลั่นให้สะอาด (ถ้ามีแอลกอฮอล์ติดเหลืออยู่จะทำให้โครโมโซมไม่ติดสีย้อม) นำเนื้อเยื่อมาแช่ไว้ในสารละลายกรดเกลือ (HCl) ที่ความเข้มข้นเข้มข้น 1N (1 normal hydrochloric acid) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-12 นาที กรดเกลือจะเป็นตัวการไปละลาย middle lamella ทำให้ผนังเซลล์ของเนื้อเยื่อหลุดออกจากกัน (maceration) ได้โดยง่าย จากนั้นขยี้เนื้อเยื่อเพื่อให้เซลล์แยกออกจากกัน

5. การย้อมสีและการขยี้เนื้อเยื่อ (staining and squashing) เป็นขั้นตอนการนำเนื้อเยื่อที่ผ่านการย่อยแยกแล้ว มาวางบนแผ่นกระจก (slide) ที่หยดสี aceto carmine, aceto orcein หรือ carbol fuchsin (Chen, 1992) แล้วใช้หัวแม่มือกดทับบน cover slip แล้วใช้วัสดุที่ปลายมนกระจายเนื้อเยื่อพืชให้กระจายมากที่สุด ซึ่งแสดงว่า เซลล์กระจายดีแล้ว หลังจากนั้นนำแผ่นกระจกไปศึกษาโครโมโซมภายใต้กล้องจุลทรรศน์

ในการศึกษาทางเซลล์พันธุศาสตร์ของพืชชนิดใดชนิดหนึ่งที่มีจำนวนโครโมโซมเท่ากันหรือกลุ่มของพืชที่มีความใกล้ชิดกัน ไม่สามารถจำแนกออกจากกันโดยใช้ความแตกต่างของจำนวนโครโมโซมได้ การศึกษาทางพันธุศาสตร์จึงต้องมุ่งไปศึกษาลักษณะของโครโมโซมเพราะขนาด และชนิดของโครโมโซมจะช่วยในการจำแนกความแตกต่างของพืชชนิดนั้นได้

(ชัยฤกษ์, 2525) ซึ่งปนัดดา (2541) ได้ทำการศึกษาโครโมโซมของลำไยเพื่อใช้เป็นข้อมูลส่วนหนึ่งในการจำแนกพันธุ์ลำไย โดยได้ทำการตรวจนับจำนวนโครโมโซมจากเซลล์ปลายรากที่กำลังแบ่งตัวระยะ metaphase ซึ่งใช้ส่วนปลายรากที่เก็บรวบรวมไว้ในเวลา 9.00 น. หยุดวงชีพด้วย paradichlorobenzene แยกย่อยเซลล์ด้วยกรดเกลือ แล้วย้อมสีด้วย carbon fuchsin พบว่าลำไยทุกพันธุ์มีจำนวนโครโมโซมเท่ากันคือ 2n=30 และชินวัฒน์ (2541) ทำการศึกษาเช่นเดียวกัน โดยทำการทดลองในลิ้นจี่ ย้อมสีด้วย carbon fuchsin และ lacto-propionic orcein พบว่าลิ้นจี่ทุกพันธุ์มีจำนวนโครโมโซมเท่ากันคือ 2n=30 และสามารถจำแนกพันธุ์ลิ้นจี่จากความแตกต่างของขนาด และรูปร่างโครโมโซม

การหา Nucleolar Organizer Regions (NORs)

พืชบางชนิดมีความสัมพันธ์ทางด้านวิวัฒนาการ สามารถสรุปได้จากความคล้ายคลึงของ karyotype และความแตกต่างในจำนวน และตำแหน่งของ secondary constriction (Swanson, 1958) โดยทั่วไปลักษณะของ karyotype จะมีความสม่ำเสมอระหว่างพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตชนิดนั้น โดย secondary constriction เป็นที่อยู่ของ rRNA ตำแหน่งที่ 18s และ 28s Howell (1977) ได้ยืนยันเกี่ยวกับเทคนิค *in situ* hybridization เกี่ยวกับ rRNA ซึ่งเกิดจากกัมมันตภาพรังสี และตำแหน่งของ secondary constrietion ที่ใกล้ชิดกันมาก

ความสัมพันธ์อาจไม่สมบูรณ์ในสิ่งมีชีวิตบางชนิดเนื่องจากกิจกรรมของ NORs คือ สามารถผลิต secondary constriction ได้แต่ labeled rRNA สามารถกลายพันธุ์ร่วมด้วย ซึ่งอาจ active หรือ inactive ต่อ NORs ซึ่งจะปรากฏอยู่ในโครโมโซมที่เฉพาะเจาะจง ซึ่งจะสะดวกในการที่จะแยกความแตกต่างในสิ่งมีชีวิตที่มี karyotype เหมือนกัน NORs สามารถค้นหาได้จากการใช้การย้อมด้วย silver ซึ่งจะใช้ silver nitrate ในการย้อมสี nucleoli ของเซลล์พืช และเซลล์สัตว์ต่างๆ และสำหรับทำความเข้าใจเกี่ยวกับพฤติกรรมของ nucleoli ต่างๆ ในการแบ่งเซลล์แบบ mitosis

Tandler (1959 ; Das, 1962 ; Gimenez-Martin *et al*., 1971) สังเกตพบว่า nucleoli มีลักษณะพันกันยุ่งมากในระยะ prophase ส่วนที่ระยะ telophase พบว่า prenucleolar bodies จะปรากฏขึ้นมาก่อนใน nucleus และ nucleoli จะเกิดขึ้น NORs มีกิจกรรมก่อนระยะ interphase ซึ่งสามารถตรวจสอบได้โดยธรรมชาติ constriction เกิดจากการเข้าทำปฏิกิริยากับสีย้อม silver nitrate ที่ใช้ และความเหมือนกันระหว่างจำนวน secondary constriction ที่ somatic ในระยะ metaphase และจำนวนสูงสุดของ nucleoli ใน nucleus ระยะ interphase ซึ่งได้มีการอ้างอิงถึง silver ซึ่งมีลักษณะพิเศษในการตอบสนองกับ aeid protein ซึ่งเกี่ยวพันกับการอ้างเหตุผลสรุปใหม่จาก rRNA

ดังนั้น เฉพาะ NORs เท่านั้นที่มีกิจกรรมระหว่าง proceeding ของระยะ interphase ซึ่งเป็นการค้นคว้าพบความจริงเกี่ยวกับการย้อมสี silvers nitrate

Valdermer *et al.* (1986) ได้เสนอแนะเกี่ยวกับจำนวนของ active-Ag-NORs ซึ่งโดยแท้จริงแล้วมีความสม่ำเสมอในทุกเซลล์พืช แม้ว่าขนาดของ NORs จะมีความแตกต่างกันมากหลายกรณี ซึ่ง Howell (1982) and Pelliccia *et al.* (1978) ได้ยืนยันว่า การย้อมสีด้วย silver ไม่เจาะจงสำหรับ NORs แต่สำหรับเซลล์ สารบางชนิดสามารถที่จะระบุตำแหน่งหรือการตั้งอยู่ของ nucleoli และ active NORs ได้ เมื่อเซลล์พืช และเซลล์สัตว์ซึ่งได้ให้สาร silver nitrate ไม่เพียงแค่ NORs เท่านั้นแต่ nucleoli ก็จะปรากฏเป็นสีดำด้วย

บางสิ่งจะมีปฏิกิริยาตอบสนองกับ silver ซึ่งจะปรากฏทั้งองค์ประกอบในเซลล์สัตว์ acidic protein หรือโปรตีนที่เฉพาะเจาะจงจะมีมากใน sulfydryls ซึ่งเห็นได้ชัดเจนจึงเป็นปัญหาที่ยุ่งยากในการย้อมสีด้วย silver nitrate โปรตีนเส้นเดี่ยวจะมีปฏิกิริยาตอบสนองกับ silver ซึ่งแยกออกจาก nucleoli ของเซลล์ *Novikoff hepatoma*

Toolapong (1999) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวน nucleoli และระดับ ploidy ในส้มลูกผสม โดยวิธีการย้อมโครโมโซมที่ปลายรากด้วย lecto-propionic orcein และ silver nitrate ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวน nucleoli ที่ haploid (9), diploid (18) และ triploid (27) พบว่า ขนาด จำนวน และความถี่ของ nucleoli มีความแตกต่างกันในแต่ละชนิด