บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ป่าชายเลนประกอบด้วยพืชหลายชนิดที่มีทั้งไม้ยืนต้น ไม้พุ่ม ไม้ล้มลุก ไปจนถึงสาหร่ายทะเล และแพลงตอนพืช ไม้ที่ขึ้นอยู่ในป่านี้จะมีลักษณะพิเศษต่างจากต้นไม้ในป่าชนิดอื่น ๆ โดยทั่วไป คือ สามารถขึ้นอยู่ได้ในดินเลนที่น้ำทะเลท่วมถึงเป็นครั้งคราวหรือเป็นประจำ ป่าชนิดนี้จัดอยู่ในจำพวกทนแล้ง เพราะไม่สามารถใช้น้ำเค็มให้เป็นประโยชน์ได้ จึงจำเป็นต้องปรับสภาพให้ทนต่อความแห้งแล้ง เช่น มีใบเป็นมัน และมีการระเหยน้ำออกทางใบน้อยกว่าต้นไม้ประเภทที่ไม่ผลัดใบอื่น ๆ เป็นต้น (เทียมใจ คมกฤส, 2514)

ไม้ป่าชายเลนชนิดหนึ่งที่มีจำนวนมาก และมีประโยชน์ทางเศรษฐกิจ คือ โกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata* Blume.) ซึ่งอยู่ในวงศ์ Rhizophoraceae (สนิท อักษรแก้ว, 2532) สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ในลักษณะต่าง ๆ กัน ที่นิยมกันมากได้แก่ การนำมาเผาถ่าน ซึ่งถ่านจากไม้โกงกางนั้นถือเป็นถ่านที่มีคุณภาพดี ให้ความร้อนสูง ประกอบกับในการเผาถ่านจะมีผลผลิตที่ได้เป็นน้ำถ่านที่ประกอบด้วยกรดน้ำส้ม เมททิลอัลกอฮอล์ และน้ำมันดินไม้ รวมเรียกว่ากรดไพโรลิคเนียส หรือน้ำถ่าน (จิตต์ คงแสงไชย, 2525) นอกจากนี้ไม้จากป่าชายเลนยังใช้ทำฟืนทุ่งค้ม ทำเสาเข็ม และค้ำยัน ซึ่งใช้ในการปลูกพืชผลทางการเกษตร หรือค้ำยันรางแร่ อย่างไรก็ตามการใช้ยังอยู่ในวงจำกัด เนื่องจากมีไม้ไม่เพียงพอต่อความต้องการ ประโยชน์อื่น ๆ ของไม้จากป่าชายเลนนอกจากที่กล่าวมาแล้วอาจนำมาทำเครื่องมือในการประมง เช่น เป็นหลักสำหรับเลี้ยงหอยแมลงภู่ หรือใช้ทำเครื่องเรือน รวมทั้งใช้ในการย้อมแห อวน ฟอกหนัง ทำหมึก ทำสี และทำกาวติดไม้ เนื่องจากเปลือกของไม้ป่าชายเลนหลายชนิดมีสารพวกแทนนินจำนวนมาก ซึ่งสารแทนนินดังกล่าวจัดอยู่ในกลุ่มสารประกอบประเภทฟีนอลธรรมชาติที่มีราคาถูกที่สุด สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง

ประโยชน์ทางเภสัชกรรม กฤษเดช สุภาพไพบูลย์ และจิตต์ คงแสงไชย (2525) ได้รายงานว่าพันธุ์ไม้ป่าชายเลนหลายชนิดสามารถนำมาใช้เป็นสมุนไพรได้ เช่น เปลือกของโกงกางใบเล็กนำมาต้มกับน้ำใช้ดื่มเป็นยาสมานแก้ท้องร่วง คลื่นเหียนอาเจียน แก้บิดเรื้อรัง ส่วนเปลือกและใบอ่อนที่ตำให้ละเอียดสามารถนำมาฟอกห้ามเลือดบาดแผลสดได้ดี

ในด้านนิเวศน์วิทยา ป่าชายเลนทำหน้าที่เสมือนเขื่อนป้องกันคลื่นลมจากทะเลที่สามารถซ่อมแซมตนเองได้เมื่อได้รับความเสียหายจากพายุ และช่วยป้องกันความรุนแรงของพายุ เพื่อไม่ให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ ในขณะเดียวกันป่าชายเลนจะทำหน้าที่ดักกรองสารปฏิกูลและสารมลพิษต่าง ๆ จากบนบกไม่ให้ลงสู่ทะเล เช่น โลหะหนักหลายชนิดเมื่อถูกพัดพามาตามกระแสน้ำจะตกตะกอนลงบริเวณดินเลนในป่าชายเลน ขยะและคราบน้ำมันต่าง ๆ จะถูกดักกรองไว้เช่นกัน โดยที่แนวป่าชายเลนจะช่วยบรรเทาความเร็วของกระแสน้ำให้ลดลง จึงทำให้ตะกอนที่พัดพามากับกระแสน้ำตกตะกอนทับถมกันแล้วเกิดแผ่นดินงอกขึ้นในภายหลัง จึงอาจกล่าวได้ว่าป่าชายเลนช่วยเพิ่มพื้นที่ชายฝั่งของประเทศที่มีความสวยงามแปลกตาจนเกิดเป็นแหล่งท่องเที่ยว เช่น อุทยานแห่งชาติอ่าวพังงา อุทยานแห่งชาติหมู่เกาะพีพี และอุทยานแห่งชาติหาดเจ้าไหม

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของโกงกางใบเล็ก :

เทียมใจ ตุลยาทร และ ภูวดล บุตรรัตน์ (2525) ศึกษากายวิภาคของต้นโกงกางไว้ดังนี้

ราก พันธุ์ไม้ในสกุลไม้โกงกางมีรากค้ำจุน (still root หรือ proproots) จำนวนมากแทรกออกจากส่วนของลำต้น เนื่องจากเป็นไม้ที่มักพบอยู่บริเวณนอกสุดหรือริมฝั่งทะเล และแม่น้ำที่เป็นดินเลน จึงต้องมีรากค้ำจุนช่วยให้สามารถต้านลมพายุและคลื่นได้ รากเหล่านี้เมื่อยังเจริญไม่ถึงพื้นดินจะเป็นรากอากาศ (airial roots) ซึ่งมีลักษณะคล้ายลำต้นในการเจริญขั้นแรก คือ มี pith อยู่ตรงใจกลาง แต่มีเนื้อเยื่อ xylem เกิดขึ้นน้อย เพราะทำหน้าที่หลักคือ ช่วยพยุงลำต้น นอกจากนี้ภายในส่วนของรากที่อยู่ใต้ผิวดินมีสารแทนนินอยู่ในปริมาณมาก เรียก tanniniferous cell

ใบ โกงกางมีใบเป็นใบเดี่ยว แตกออกจากกิ่งแบบตรงกันข้าม รูปใบเรียวแหลมคล้ายรูปหอก ฐานใบสอบเข้าหากันคล้ายรูปลิ่ม ผิวใบด้านบนมีสีเขียวเป็นมัน บริเวณผิวใบด้านล่างมีจุดสีดำเล็ก ๆ กระจายอยู่ทั่วผิวใบ ในใบอ่อนมีหูใบร่วมหุ้มไว้ด้วย ใบมีปากใบ (stomata) เฉพาะด้านล่างเท่านั้น เซลล์ด้านนอก ๆ 1 ถึง 3 ชั้นของไม้โกงกางจะมีสารแทนนินเต็มเซลล์ ส่วนเซลล์ที่อยู่ถัดลงมาจะเป็นพวก water-storage cell มีน้ำหรือสารเมือกอยู่ภายใน

นอกจากนี้ ที่โคนฐานด้านในของหูใบร่วม และในกลีบเลี้ยงของดอกโกงกางมี colleter ซึ่งเป็นต่อมที่มีลักษณะคล้ายเส้นขนอยู่เป็นกลุ่ม ทำหน้าที่ขับสารเมือกออกมาปกคลุมใบอ่อนและดอกอ่อนที่เกิดขึ้นด้วย ผิวใบด้านนอก มีสารคิวตินฉาบหนา และมีแทนนินภายในเซลล์ ซึ่งเซลล์ที่มีสารแทนนิน

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อาจทำหน้าที่ป้องกันใบจากรังสีอุลตราไวโอเลต อย่างไรก็ตามบทบาทของแทนนินทั้งที่พบในใบและส่วนอื่น ๆ ของพืช เช่น ในเปลือกยังไม่เป็นที่ทราบกันแน่ชัด แต่คิดว่ามีส่วนช่วยป้องกันเชื้อราเข้าทำลาย หรืออาจช่วยกำจัดเกลือที่เกินต้องการออกไป (Saenger, 1982)

ลำต้น ส่วนของลำต้นจะมี lenticel อยู่ทั่วไป ที่เนื้อไม้ไม่สามารถเห็นวงปี (growth ring) ได้ชัด เนื่องจากมีการเจริญเติบโตอย่างสม่ำเสมอตลอดทั้งปี เปลือกนอกมีสีเทาค่อนข้างแดง เปลือกจะแตกเป็นช่วง ๆ ในแนวดิ่งมากกว่าในแนวระดับ ภายในมีสารแทนนิน การแตกกิ่งก้านสาขามักเป็นไปในรูปของการเกิดซ้ำแบบเดิม โดยมีการแตกกิ่งใหม่จากเนื้อเยื่อเจริญของตาที่พักตัว หรืออาจเรียกว่าเป็น ตาสำรอง

ดอก เป็นดอกช่อ เกิดที่ซอกใบ ช่อหนึ่งมี 2 ดอก กลีบดอกเป็นรูปไข่ปลายแหลม ไม่มีขน เป็นดอกสมบูรณ์เพศ ประกอบด้วยกลีบเลี้ยง 4 กลีบดอก 4 เกสรตัวผู้ 8 รังไข่มี 2-3 พู (locule) แต่ละพูมี 2 โอวุล

ส่วนระยะเวลาในการออกดอก ในประเทศไทยไม้ป่าชายเลนในแต่ละท้องที่จะออกดอกไม่พร้อมกัน แม้บางครั้งอาจจะไม่แตกต่างกันมากนักก็ตาม Asornkoae (1991) พบว่าจากการศึกษาที่ระนอง ไม้โกงกางใบเล็กจะออกดอกเร็ว และมีตาดอกเกิดตลอดปี โดยมีช่วงที่เกิดช่อดอกใหม่จำนวนมาก 4-5 ครั้งต่อปี ตาดอกจะพัฒนานานถึง 27 เดือน ทำให้เห็นตาดอกและดอกอยู่ตลอดเวลา

ตารางที่ 1 : ระยะเวลาของการออกดอกและผลร่วงหล่นของโกงกางใบเล็ก

สถานที่	ระยะเวลา (เดือน)			
	การออกดอก		ผลร่วงหล่น	
ระนอง	ธ.ค.	ม.ค.	เม.ย.	ก.ค.
พังงา	ม.ค.	ก.พ.	เม.ย.	ก.ค.
กระบี่	ก.พ.	มี.ค.	พ.ค.	ก.ค.
จันทบุรี	ก.ค.	มี.ค.	มิ.ย.	ส.ค.
ตราด	ม.ค.	มี.ค.	ก.ค.	ก.ย.
ปัตตานี	เม.ย.	มิ.ย.	ก.ย.	ธ.ค.

ที่มา : สนิท อักษรแก้ว (2532)

ช่วงระยะเวลาการออกดอก ออกผล ผลแก่ และผลร่วง มีความสำคัญในระบบนิเวศน์ป่าชายเลนเป็นอย่างมาก เนื่องจากไม่ได้มีผลเฉพาะต่อการเปลี่ยนแปลงในกิจกรรมต่างๆของระบบนิเวศน์เท่านั้น แต่มีส่วนสำคัญอย่างมากในการจัดการป่าชายเลน โดยเฉพาะในการปลูกสร้างสวนป่าชายเลนเพื่อทำแผนการปลูกป่าให้สอดคล้องกับระยะเวลาที่ผลแก่และร่วงหล่น

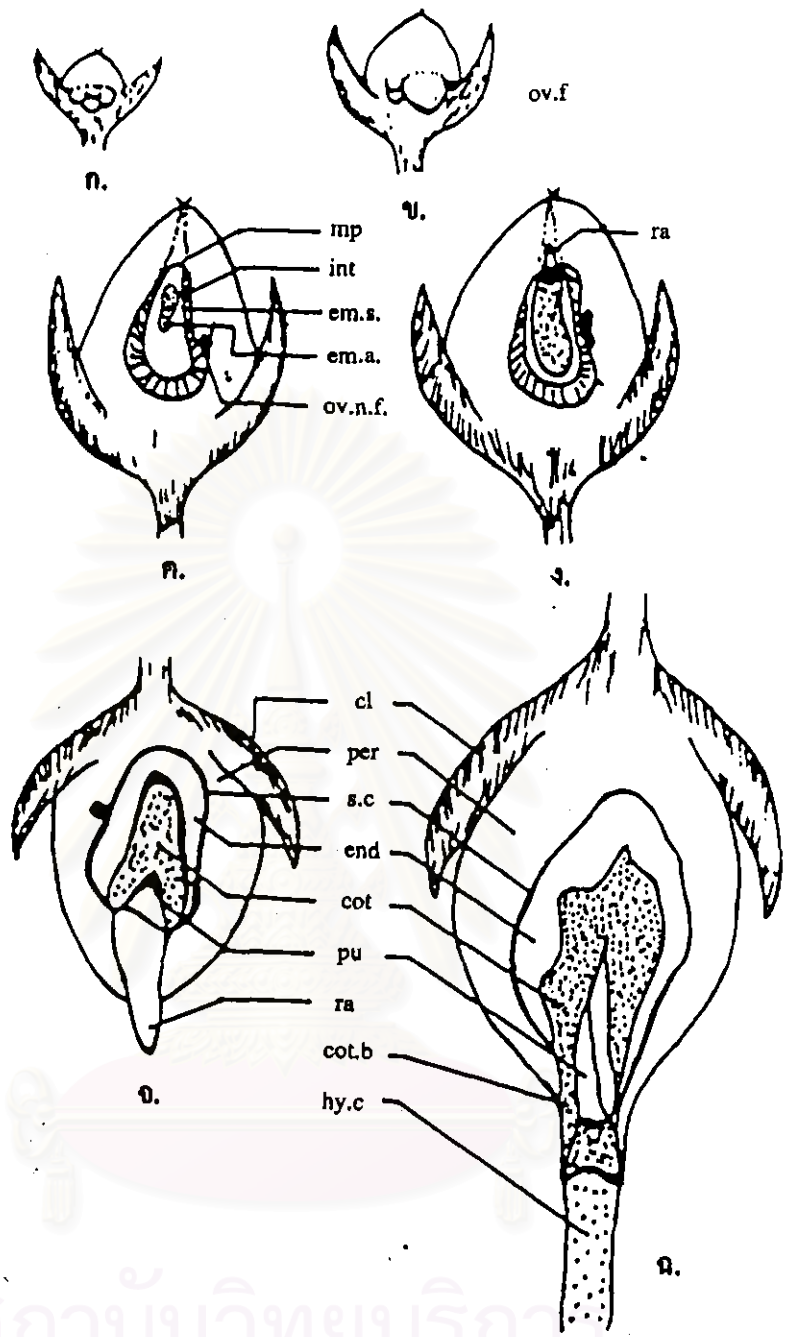
จำนวนโครโมโซม โกงกางใบเล็กมีจำนวนโครโมโซม 2n = 36

เมล็ดและการงอกของเมล็ดโกงกาง :

ในดอกโกงกางหนึ่งดอกมี 1 รังไข่ ในรังไข่มี 2-3 พู (locule) แต่ละพูมี 2 โอวุล ในหนึ่งดอกจึงมี 4 โอวุล แต่มีเพียงโอวุลเดียวที่เจริญเป็นเมล็ด ส่วนอีก 3 โอวุลที่เหลือฝ่อแห้งไป หรือบางกรณีอาจพบว่า ผลจะมี 2 หรือ 3 เมล็ด แต่พบน้อยมาก เมล็ดโกงกางไม่มีการพักตัวแต่เจริญต่อไปขณะอยู่บนต้นแม่ เมล็ดที่งอกขณะที่ผลยังไม่ร่วงจากต้นนี้เรียกว่า viviporous seed

เมื่อมีการปฏิสนธิเกิดขึ้นโอวุลเจริญเป็นเมล็ด ส่วนรังไข่เจริญเป็นผล ใบเลี้ยงจะเกิดทางด้านบนของเอมบริโอ ลักษณะเป็นก้อนคล้ายดอกเห็ด เป็นปลอกหุ้มยอดอ่อนไว้ มีเอนโดสเปิร์มเจริญหุ้มเอมบริโอไว้ ซึ่งจะดันให้ไมโครไพล์ต้องเปิดออก และเรดิเคลซึ่งคือ ส่วนปลายของเอมบริโอจะเจริญออกนอกเมล็ดเนื่องจากเมล็ดไม่มีการพักตัว ส่วนของเรดิเคลจะเจริญมากขึ้น จนแทงทะลุเปลือกของผลออกมาทางด้านปลายของผล ตามด้วยส่วนของไฮโปคอทิล ซึ่งจะเจริญยาวออกมาเรื่อย ๆ จนมีความยาวประมาณ 1-1.5 ฟุต มีสีเขียว ผิวนอกขรุขระมี lenticel เห็นได้ชัด ต้นอ่อนนี้ในชั้นแรกจะได้รับอาหารจากต้นแม่ แต่เมื่อไฮโปคอทิลงอกออกมา ก็สามารถสังเคราะห์แสงสร้างอาหารได้เอง ชาวบ้านนิยมเรียกส่วนของไฮโปคอทิลที่งอกออกมานี้ว่า "ฝัก"

เมื่อฝักแก่ อาจหล่นลงปักเลนตามโคนต้น หรือลอยไปตามน้ำ ประมาณ 5-10 วันจะมีรากงอกออกตรงส่วนปลายของฝัก หรือบางครั้งถ้าฝักปักแน่นแล้วเพียง 1-2 วันเท่านั้น ก็จะมีการงอกออกมา ฝักที่แก่สังเกตุได้จากส่วนของฝักมีสีเขียวเข้ม และจากบริเวณรอยต่อของฝักกับผลจะมีปลอกสีขาวอมเหลืองหุ้มอยู่ หากมีขนาดยาวประมาณ 1 เซนติเมตร และเป็นสีเหลือง แสดงว่าฝักแก่สมบูรณ์แล้ว ปลอกนี้คือ ส่วนของใบเลี้ยงซึ่งจะติดอยู่กับผลในขณะที่ส่วนของไฮโปคอทิลหรือฝักหลุดออกไป ไฮโปคอทิลจะมีขนาดใหญ่ และเป็นส่วนโคนของลำต้นที่แท้จริง เมื่อต้นโกงกางสูงประมาณ 4-5 ฟุต



ภาพที่ 1 : แสดงการเจริญของไอวุลและการงอกของเมล็ดโกงกาง ก. ใน 1 ดอกมี 4 ไอวุล ข.ไอวุลเพียง 1 ไอวุลเจริญต่อไป (ov.f) ส่วนอีก 3 ไอวุลที่เหลือฝ่อแห้งไป ค.ภายในไอวุลที่เจริญเป็นเมล็ดประกอบด้วย integument (int), micropyle (mp), embryo sac (em.s) ภายในมี embryo axis (em.a) และไอวุลที่ไม่เจริญ (ov.n.f.) ง. embryo axis เจริญมากขึ้น radicle (ra) งอกออกทางmicropyle จ.ไอวุลเจริญเป็นเมล็ดโดยสมบูรณ์ ส่วนของ radicle (ra) แทงทะลุ pericarp (per) ออกมาทางด้านนอก ฉ. seedling ที่เจริญเต็มที่ประกอบด้วย calyx (cl), pericarp (per), seed coat (sc), endosperm (end), cotyledon (cot), plumule (pu), cotyledon body (cot.b), hypocotyl (hy.c)

ที่มา : สนิท อักษรแก้ว (2532)

อายุประมาณ 10-11 เดือน จะมีรากค้ำจุนเจริญออกมาจากส่วนของลำต้นหยั่งลงปักเลนช่วยพยุงลำต้น ลักษณะภายในของฝักหรือต้นกล้าของโกงกางนี้มีเนื้อเยื่อที่ช่วยทำหน้าที่ปกป้องอย่างดีเยี่ยม เนื่องจากต้องห้อยอยู่บนต้นเป็นเวลานาน และยังอาจต้องลอยน้ำไประยะหนึ่งกว่าจะตั้งตัว โดยด้านนอกจะมี epidermis ซึ่งผิวชั้นนอกมีคิวทินฉาบหนามาก epidermis จะไม่มีปากใบ แต่จะมี lenticel ช่วยทำหน้าที่แลกเปลี่ยนก๊าซ ภายในเซลล์มีแทนนินสะสมอยู่มาก

ผลและพัฒนาการของผล :

ผลมีลักษณะคล้ายไข่ เปลือกหนา ผิวนอกสีน้ำตาล ผลแก่ไม่แตกและมีกลีบเลี้ยงติดอยู่ มักเรียกผลแก่ว่า propagule ซึ่งหมายถึงทั้งผลและต้นกล้ารวมอยู่ด้วยกัน

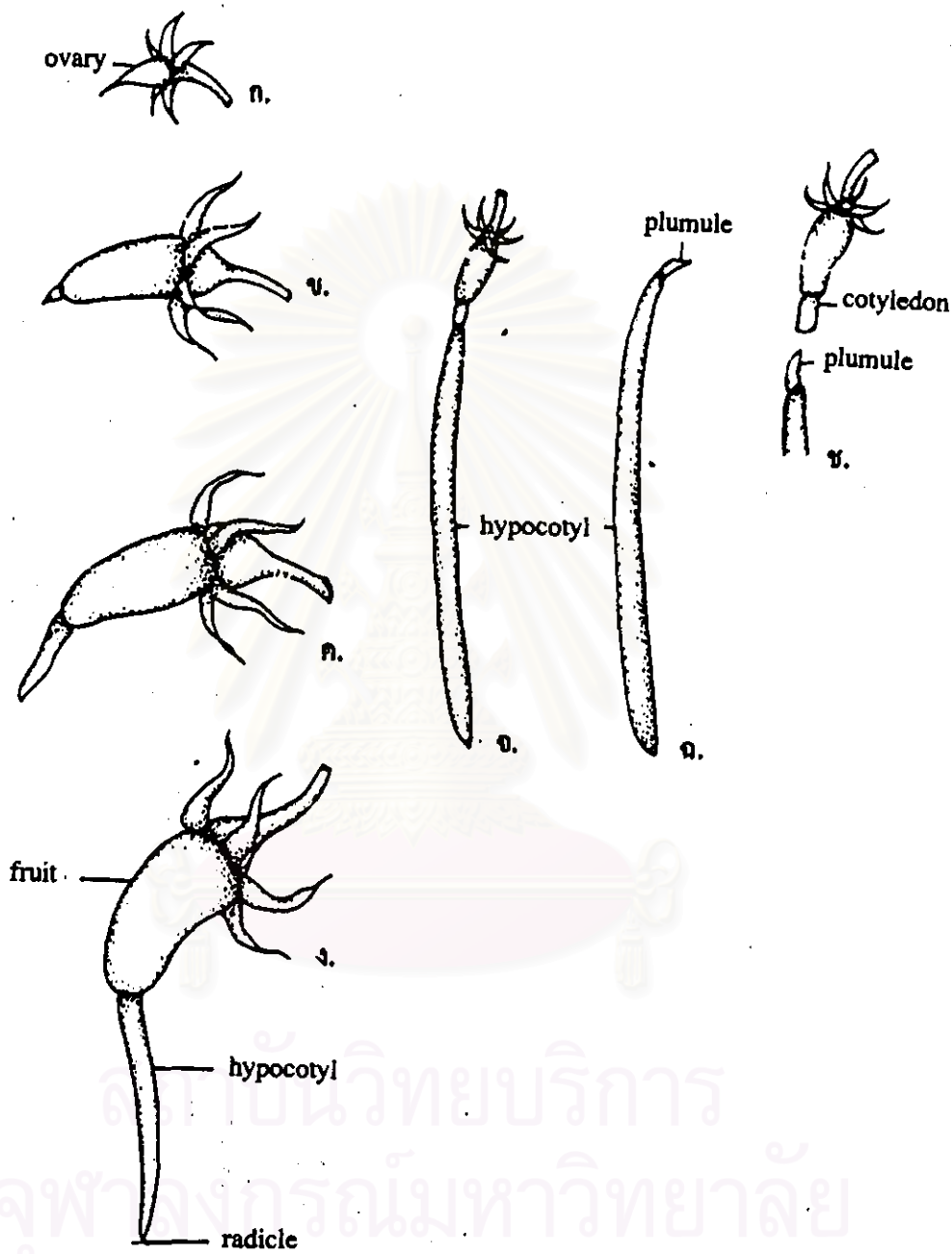
ระยะเวลาของพัฒนาการของผล นับตั้งแต่เป็นดอกจนกระทั่งผลร่วงนานแตกต่างกันไปแล้วแต่ชนิด Christensen และ Wiun-Andersen (1976) รายงานว่า ในภาคใต้ของประเทศไทย โกงกางใบเล็กใช้ระยะเวลานาน 2.5 ปีในพัฒนาการของดอก และในโกงกางใบใหญ่ฝักจะพัฒนานาน 4-6 เดือน

ส่วน Aksornkoae (1991) ศึกษาชีพลักษณ์ของไม้โกงกางที่ประเทศมาเลเซีย พบว่าตาดอกโกงกางใบเล็กจะพัฒนานานถึง 27 เดือน ในขณะที่ดอกพัฒนาเป็นผลภายใน 5 เดือนเท่านั้นหลังดอกบาน รวมระยะเวลาทั้งหมดในรอบวงของการสืบพันธุ์ประมาณ 32 เดือน จำนวน % ของฝักแก่เทียบกับจำนวนตาดอกที่เกิดมีเพียง 0.5 % ซึ่งนับว่าต่ำมาก

ตารางที่ 2 : ระยะเวลาในการสร้างส่วนสืบพันธุ์ของไม้โกงกาง ศึกษาที่ประเทศมาเลเซีย

ระยะ	โกงกางใบเล็ก (เดือน)	โกงกางใบใหญ่ (เดือน)
เริ่มเกิดตาดอกจนเป็นตาอ่อน	18.8	1.1
ตาอ่อนจนถึงดอกบาน	8.7	4.0
จากดอกเป็นผลอ่อน	0.4	0.7
ผลอ่อนเป็นผลแก่	2.3	5.3
เกิดฝักจนผลร่วง	2.6	6.1
รวมเวลาทั้งหมด	32.0	17.2

ที่มา : สนิท อักษรแก้ว (2532)



ภาพที่ 2 : ส่วนต่าง ๆ ของ propagule ของโกงกาง ก.- ง. การงอกของเมล็ดขณะที่ผลยังติดอยู่บนต้น จ.-ช. ส่วนของต้นอ่อน ซึ่งชาวบ้านนิยมเรียกว่า ฝัก ประกอบด้วย plumule, cotyledon และ hypocotyl

ที่มา : สนิท อักษรแก้ว (2532)

อัตราการตายก่อนเป็นฝัก :

อัตราการตายระหว่างระยะที่เป็นดาดอกถึงพัฒนาเป็นฝักของไม้โกงกางมีอัตราสูงมาก การตายของดาดอกในช่วงระยะเวลาของพัฒนาการซึ่งนานมากนั้นมีประมาณ 61 % ส่วนที่ตายทันทีหลังดอกบานประมาณ 33 % ดาดอกไม่สามารถเจริญต่อไปได้มักถูกแมลงกัดกิน ส่วนที่ตายหลังดอกบานนั้นเนื่องจากไม่ได้รับการผสมเกสร นอกนั้นยังมีการตายสืบเนื่องจากพันธุกรรมประมาณ 5 %

ตารางที่ 8 : อัตราการตาย (%) ในช่วงระยะต่างๆ ของพัฒนาการดอกโกงกางที่จังหวัดระนอง

ระยะ	โกงกางใบเล็ก	โกงกางใบใหญ่
ดาดอกเริ่มเกิด	4.7	3.3
ดาดอก	61.0	20.4
ดอกบาน	32.7	62.5
ผล	1.6	13.3
ฝัก	0.0	0.5

ที่มา : Aksornkoae (1991)

การเก็บรักษาฝักของพันธุ์ไม้วงศ์โกงกาง :

ปัจจุบันได้มีการพยายามพัฒนาป่าชายเลนให้กลับฟื้นคืนสภาพที่มีความสมบูรณ์ และเพิ่มปริมาณพื้นที่ป่าชายเลน โดยได้มีการส่งเสริมการปลูกสร้างสวนป่าชายเลนทั้งภาครัฐและเอกชน ในการปลูกต้องอาศัยฝัก และเมล็ดของไม้ที่สมบูรณ์เพื่อให้มีอัตราการรอดตายสูงสุด โสภณ ทะวานนท์ และไพศาล ธนเพิ่มพูน (2534) ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บรักษาฝักของโกงกางใบเล็ก โดยการเก็บรักษาฝักไว้ในโรงเรือนที่อากาศถ่ายเทได้สะดวก ที่ศูนย์วิจัยป่าชายเลนจังหวัดระนอง รดด้วยน้ำทะเลทุกวันทั้งเช้าและเย็น ทุก 10 วันนำฝักที่เก็บไว้ไปปักชำในถุงดิน พบว่าฝักโกงกางใบเล็กเก็บไว้ได้นานประมาณ 90 วัน

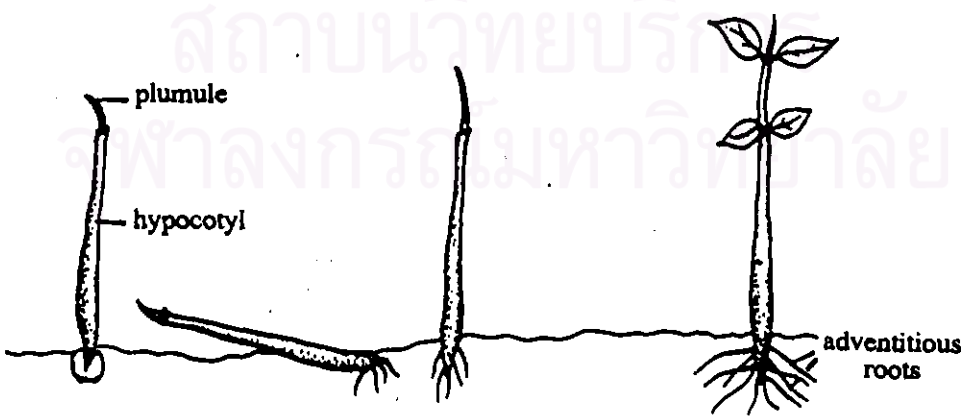
การที่ต้องเก็บรักษาฝักไว้ในที่ร่ม ไม่ให้ถูกแสงแดดโดยตรง เพราะบริเวณที่ถูกแสงแดดผิวของฝักจะแห้งและเกรียม แมลงเข้าเจาะทำลายได้ สิ่งสำคัญอีกอย่างหนึ่งในการเก็บรักษาคือ การเรียงฝัก

ให้อยู่ในลักษณะตั้งตรงจะช่วยลดจำนวนฝักที่เสียหายลงได้ หากเรียงฝักในลักษณะซ้อนทับกัน ฝักที่อยู่ด้านล่างจะถูกน้ำหนักของฝักด้านบนทับ ทำให้การระบายอากาศและน้ำไม่ดี เป็นผลให้โรคและแมลงเข้าทำลายได้ หรือยอดอ่อนของฝักที่จะเจริญเติบโตเป็นลำต้นหักเสียหายได้

การขยายพันธุ์และการกระจายแบบไม่อาศัยเพศ :

เมื่อไม้ในป่าชายเลนถูกรบกวน หรือถูกถางจนเหลือแต่ตอ ไม้ในวงศ์โกงกางจะไม่สามารถแตกกิ่งใหม่ขึ้นมาได้ สำหรับไม้ที่ถูกถอนไปแล้วมักจะไม่สามารถปลูกขึ้นใหม่ได้ โดยทั่วไปแล้วการแพร่กระจายไปเจริญขึ้นในระยะทางไกล ๆ มักเกิดขึ้นจากการที่เมล็ดหรือต้นกล้าลอยน้ำไป ซึ่งเป็นการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ นอกจากนี้การเกิดเมล็ดโดยไม่ผ่านขบวนการผสมพันธุ์ที่เรียกว่า Agamospermy ก็ไม่พบในไม้ป่าชายเลนเช่นกัน

ไม้สกุลโกงกางมีความสามารถที่จะแผ่ส่วนของลำต้นออกไป โดยกิ่งล่างจะทอดเลื้อยออกไป ส่วนที่สัมผัสดินจะสามารถงอกรากและแตกขึ้นเป็นต้นหรือกิ่งใหม่ได้ โดยมากมักจะแตกออกไปทางด้านที่เป็นทะเล ไม้โกงกางจะแตกกิ่งออกไปโดยกิ่งล่างจะเจริญไปในแนวนอน มีรากค้ำจุนคอยช่วยพยุงให้ลำต้นทรงตัวอยู่ได้ และแตกออกไปทางด้านข้างได้เรื่อย ๆ เรียกว่าเป็นแบบ " walking " (วิพักตร์ จินตนา, 2528)



ภาพที่ 3 : การตั้งตัวของไม้สกุลโกงกาง

ที่มา : สนิท อักษรแก้ว (2532)

การสำรวจงานวิจัยของพืชอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องซึ่งได้กระทำมาแล้ว :

มีผู้ทำการศึกษาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อของพืชในวงศ์ Rutaceae โดยเฉพาะในเรื่องการเกิด advantive embryo ซึ่งหมายถึง asexual embryogenesis เชื่อกันว่าเกิดมาจาก somatic cell ของ ovule เช่น nucellus, integument และส่วนอื่น ๆ ของ ovule ผู้ที่เพาะเลี้ยงสำเร็จเป็นคนแรกคือ Rangaswamy (1958) โดยตัดส่วน nucellus ของ *Citrus microcarpa* ซึ่งเป็นพันธุ์ที่เป็น polyembryony มาเพาะเลี้ยง โดย explant จะถูกกระตุ้นให้พัฒนาเป็นต้นจำนวนมาก Rangaswamy บันทึกไว้ว่า ตอนแรกเซลล์จะ proliferate ได้รูปร่างเฉพาะ ที่เรียกว่า psudobulbil ซึ่งต่อไปจะเจริญเป็น embryoid Sabharwal (1963) ได้ขยายงานของ Rangaswamy โดยทดลองกับพวกส้มที่เป็น polyembryony อื่น ๆ ได้แก่ *C. reticulata*, *C. aurantifolia* และรายงานว่า adventive embryo เจริญมาจากเซลล์ที่ตัดจาก proembryo หรือ embryo ไม่ใช่จากเซลล์ของ nucellus นักวิทยาศาสตร์หลายคนยืนยันและสนับสนุน การสังเกตของ Sabharwal โดยทดลองกับพืช polyembryo อื่นๆ ของวงศ์ Rutaceae เช่น Singh (1963) Buttom และ Barman (1971) Kochba, Speigel-Roy และ Safran (1972) ทุกคนรายงานเหมือนกันว่า อาจมีการเกิดแคลลัส psudobulbil ก่อนที่จะเจริญเปลี่ยนแปลงเป็น embryoid

Rangan, Murashige และ Bitters (1968) เป็นกลุ่มแรกที่นำเอา nucellus ของส้มชนิดที่เป็น monoembryony มาเพาะเลี้ยงได้สำเร็จ โดยใช้ *C. reticulate x C. simensis* (temple - tangor) และ *C. limon L. Burn* "Ponderosa" เขาสังเกตเห็นข้อแตกต่างที่ผิดไปจากส้มพันธุ์ polyembryony คือ พันธุ์ monoembryony เมื่อนำมาเพาะเลี้ยงจะเกิด embryo ได้โดยตรงจาก nucellus โดยไม่ผ่านการเกิด แคลลัสหรือ pseudobulbil ต่อมาได้มีผู้เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อส้มชนิดที่เป็น monoembryony อื่น ๆ เช่น *C. aurantifolia* "Bearssline" *C. grandis*, *C. limon* "Meyer", *C. reticulate* "Algerian" (Bitters, et al., 1970)

Chaturvedi และ Mitra (1974) ได้แยกเอาส่วนต่าง ๆ คือ ต้นและใบจากต้นอ่อนของส้มโอที่ อยู่ในหลอดทดลองมาทำให้เกิดแคลลัส โดยเพิ่มปริมาณ thiamine, pyridoxine HCl และ nicotinic acid เป็น 2 เท่าของสารเหล่านี้ที่มีในสูตร MS แล้วเติม kinetin 0.25 มก./ล., NAA 2.5 มก./ล. และ 2,4-D 0.25 มก./ล. เมื่อต้องการเพิ่มปริมาณแคลลัสให้มากขึ้น ก็นำมาเพาะเลี้ยงในอาหารที่มี NAA 0.5 มก./ล. หน่อเกิดมากที่สุดในอาหารที่มี BA 0.25 มก./ล. และ NAA 0.1 มก./ล. แคลลัสที่ตัดมาจาก บริเวณใกล้หน่อก็จะเกิดเป็นหน่อได้ในอาหารเดียวกันนี้ ส่วนการเกิดรากนั้นเกิดได้ในอาหารที่มี NAA 0.1 และ 0.3 มก./ล. การเพาะเลี้ยง stem-callus นาน ๆ ทำให้แคลลัสเปลี่ยนแปลงสภาพไปจาก

การเป็นแคลลัสที่อยู่อัดกันแน่น (compact callus) เป็นแคลลัสที่อยู่กันหลวม ๆ (friable callus) โดยเฉพาะการเปลี่ยนย้ายอาหารเป็นเวลานานถึง 2 ปี (Chaturvedi, Chowdhury และ Mitra, 1974) ซึ่งทำให้แคลลัสเสียความสามารถทาง regeneration คือ ไม่สามารถทำให้เกิดหน่อและรากได้ นอกจากนี้ยังพบว่าแคลลัสที่อยู่กันหลวม ๆ มีปริมาณไนโตรเจน โปรตีน กรดอะมิโนที่เป็นอิสระ และน้ำตาลน้อยกว่าพวกแคลลัสที่อยู่อัดกันแน่น

การใช้สูตรอาหารที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงส้มเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้ประสบผลสำเร็จ แต่เดิมส่วนมากมักจะสนใจเพาะเลี้ยง nucellus และ embryo ของส้มเท่านั้น ปัจจุบันมีการศึกษาโดยใช้เนื้อเยื่อเยื่อของดอกและผลมาเพาะเลี้ยง Stevenson (1965) ใช้สูตรอาหารของ White ศึกษาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อของดอก ผล และเมล็ดของส้ม ส่วน Rangaswamy (1958) ใช้สูตรอาหารของ White และสูตรของ La Rues เพาะเลี้ยง

ในปัจจุบันมีการใช้สูตรอาหาร Murashige & Skoog กันมาก ดัดแปลงโดยเติมฮอร์โมนและสารอื่น ๆ สำหรับส้มที่เป็น monoembryony จะต้องเติม malt extract ซึ่งจะทำให้ส้มมีหน่อที่แข็งแรงนำไปปลูกได้ (Grinblat, 1972) ปริมาณน้ำตาลที่ใช้ก็มีมาก คือใช้ 5 % ซึ่งมากกว่าการเพาะเลี้ยงพืชชนิดอื่น

อย่างไรก็ตาม ถึงแม้การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อของส้มจะประสพความสำเร็จอย่างมากในปัจจุบัน แต่ก็ยังมีปัญหาที่ยังไม่สามารถหาคำตอบได้ ตัวอย่างเช่น ทำไมแคลลัสกลุ่มเดียวกันจึงเจริญเติบโตเปลี่ยนแปลงต่างกัน ทำไมบางชิ้นเนื้อเยื่อเจริญไปเป็นรากและหน่อก็มีแตกต่างกันด้วย ดังเช่น Grinblant (1972) ได้ใช้ปริมาณของ NAA 0.1 มก./ล., BA 10 มก./ล. และ malt extract 500 มก./ล. จะทำให้เกิดหน่อใน *C. madurensis* ได้อย่างมากมาย ส่วนรากจะชักนำให้เกิดได้ดีเมื่อมี NAA 0.1 มก./ล. และ malt extract 500 มก./ล. Chaturvedi et al. (1974) ได้ทดลองเพาะเลี้ยง stem callus ของส้มไอ พบว่าการชักนำให้เกิดหน่อนั้นใช้ปริมาณสาร BA 0.25 มก./ล., NAA 0.1 มก./ล. และ malt extract 500 มก./ล. ส่วนการเกิดรากนั้นอาจจะทำได้โดยการเปลี่ยนย้ายอาหารหลาย ๆ ครั้ง

นอกจากนี้มีผู้ศึกษาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชยืนต้นอีกหลายชนิด เช่น Passey และ Jones (1983) รายงานผลของการเพาะเลี้ยงปลายยอดโกโก้ (*Theobroma cacao* L) พันธุ์ Amelonado จากต้นที่มีอายุ 2-3 ปี โดยใช้อาหารสังเคราะห์ MS ดัดแปลงที่เติมไซโตไคนินชนิดต่าง ๆ พบว่าอาหารสังเคราะห์ที่เติม BA, Zeatin และ Zeatin ribosid ชักนำให้เกิดยอดได้ดี สำหรับการเกิดรากนั้น พบว่าการเติม phloroglucinol ร่วมกับ IBA และ NAA ช่วยกระตุ้นให้เกิดรากได้มากขึ้น

Litz (1984) ศึกษาการเพาะเลี้ยงนิวเซลลัส (mucellus) ของมะม่วง monoembryony พบว่า อาหารสังเคราะห์ MS ดัดแปลงที่เติม ascorbic acid และ glutamin ทำให้เกิดแคลลัส ส่วนในอาหารที่เติม 2,4-D ภายหลังการเพาะเลี้ยง 3-4 สัปดาห์ พบว่าการเกิดแคลลัสบนอาหารแต่ละสูตรจะต่างกันขึ้นอยู่กับปริมาณของ 2,4-D ที่เติมในอาหาร

นอกจากนี้มีการศึกษาการชักนำให้ยอดอ่อนของไม้พวกกระทุ่ม,กระท่อม (*Mitragyna parvifolia* Korth.) เจริญเป็นต้นพืชที่สมบูรณ์ (plantlet) โดยเพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์ MS ที่เติม BA 4.44×10^{-6} M และเติม PVP 0.5 % เพื่อแก้ปัญหายอดเปลี่ยนเป็นสีดำและตายในที่สุด สำหรับการกระตุ้นให้เกิดรากนั้นย้ายลงเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์ 1/2 MS ที่เติม IAA 5.7×10^{-9} M ร่วมกับ IBA 4.9×10^{-6} M และ IPA 5.28×10^{-6} M นาน 30 วัน โดย 15 วันแรกเก็บไว้ในที่มืด จากนั้นย้ายไปเลี้ยงบนกระดาษกรองในอาหารเหลว (filter papre bridge) (Roy, Rahman และ Datta, 1988)

และต่อมา Roy (1990) ได้ทดลองเพาะเลี้ยงตาข้าง (nodal buds) ของขนุน (*Artocarpus heterophyllus*) พบว่า เมื่อเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์ MS ที่เติม BPA 1.0 มก./ล. ร่วมกับ kinetin 0.5 มก./ล. ช่วยกระตุ้นให้เกิด 5-7 ยอด โดยในระยะแรกเก็บไว้ในที่มืด 10-15 วันก่อน ย้ายลงเลี้ยงบนอาหารใหม่ 6 ครั้ง จากนั้นย้ายไปเลี้ยงบนอาหารเหลว 1/2 MS ที่เติม NAA 1.0 มก./ล. ร่วมกับ IBA 1.0 มก./ล. โดยเลี้ยงบนกระดาษกรอง (filter paper bridge) และในปีเดียวกันนี้เอง Roy ยังได้ศึกษาการชักนำให้เกิดแคลลัส จากการเพาะเลี้ยงเอมบริโอของ *Calotropis giganter* (Linn.) R. Br. พบว่าเมื่อเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์ MS ที่เติม 2,4-D 1.0 มก./ล. ช่วยชักนำให้เกิดเคลลัส สำหรับการกระตุ้นให้เกิดยอดนั้น พบว่ายอดเจริญได้ดีบนอาหารสังเคราะห์ MS ที่เติม NAA 0.1 มก./ล. ร่วมกับ BAP 2.0 มก./ล. จากนั้นย้ายไปเลี้ยงบนอาหารเหลว Bonner's หรืออาหารเหลว 1/2 MS เพื่อการชักนำให้เกิดราก

นอกจากนี้ Pasqual และ Ando (1990) รายงานผลของการเพาะเลี้ยงตาข้างของส้ม 3 ใบ บนอาหารสังเคราะห์ MS ดัดแปลงที่เติม NAA และ BAP ความเข้มข้น 0, 0.1, 1.0, 5.0 และ 10 มก./ล. พบว่าเกิดยอดมากที่สุดบนอาหารที่เติม NAA และ BAP 0.1 มก./ล. และในปีต่อมามีการทดลองโดยเลี้ยงเอมบริโอของยางนา (*Dipterocapus alatus*) และยางตราด (*D. intricatus*) บนกระดาษกรอง (filter paper bridge) ซึ่งอยู่ในอาหารเหลว Woody Plant ที่เติมผงถ่าน (activated charcoal) พบว่าการเติม 2iP 5×10^{-5} M และ BA 10^{-4} M ลงในอาหาร WPM ช่วยกระตุ้นให้เกิด axillary shoot มากมาย โดยเกิด cotyledonary nodes บน seedling จากนั้นย้ายลงเลี้ยงบนอาหารที่ลดระดับความเข้มข้นของ BA

เป็น 5 x 10^{-7} M เพื่อช่วยให้ยอดเจริญได้ดีขึ้น สำหรับการกระตุ้นให้เกิดรากนั้นใช้วิธีจุ่มยอดลงใน IBA 10^{-3} M นาน 2 นาที แล้วย้ายไปเลี้ยงบนอาหารเหลวที่มีกระดาษกรองช่วยพยุง seedling ไว้ (Linington, 1991)

Raghuvanshi และ Srivastava (1994) รายงานผลของการชักนำใบอ่อนของ *Mangifera indica* ให้เกิดแคลลัส โดยใช้อาหารเหลว MS ที่เติม PVP 0.5 % และเลี้ยงบนเครื่องเขย่า (Shaker) เพื่อลดการเกิดสารประกอบฟีนอลิค พบว่าเนื้อเยื่อที่เขย่าในอาหารเหลวนาน 4, 8, 12 หรือ 24 ชั่วโมงมีอัตราการรอดตามลำดับดังนี้ 5, 18, 36 และ 25 % ส่วนการย้ายอาหารทุก ๆ 12, 24 หรือ 48 ชั่วโมง มีอัตราการรอดตามลำดับดังนี้ 20, 10 และ 5% ส่วนเนื้อเยื่อที่เลี้ยงบนอาหาร MS ที่เติมผงถ่าน (activated charcoal) 1% มีอัตราการรอดเพียง 2% นอกจากนี้ยังพบว่าเนื้อเยื่อจากใบที่เลี้ยงมีการตอบสนองต่ออัตราส่วนของออกซินและไซโตไคนินต่างๆ กัน ซึ่งภายหลังจากการเลี้ยงเนื้อเยื่อ 4 สัปดาห์เริ่มสังเกตุเห็นว่ามีแคลลัสเกิดขึ้นในอาหารที่มีส่วนประกอบของ NAA และ BA เมื่อใช้ NAA และ BA ที่ระดับความเข้มข้น 1.3 และ 8.9 μM ตามลำดับ และพบว่าอาหารที่กระตุ้นให้เกิดยอดจำนวนมากที่สุดคืออาหาร MS ที่เติม IAA และ kinetin ที่ระดับความเข้มข้น 1.1 และ 13.0 μM ตามลำดับ ภายหลังจากที่ยอดเริ่มงอกได้ 3 สัปดาห์วัดความสูงของยอด 1 หรือ 2 ยอดได้ 5.2 เซนติเมตร ส่วนยอดอื่น ๆ สูงเพียง 0.8-2 เซนติเมตร ส่วนการชักนำให้เกิดรากทำโดยย้ายส่วนยอดที่ได้ลงเลี้ยงบนอาหารที่มี IBA ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ดังนี้ 4.9, 9.8 และ 14.8 μM พบว่าอาหารที่มี IBA ระดับความเข้มข้น 9.8 μM ช่วยให้ยอดสร้างรากได้ 20%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย