บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สบู่ดำเป็นพืชน้ำมันชนิดหนึ่ง มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Jatropha curcas* L. มีชื่อสามัญคือ barbadose nut, physic nut และ purging nut พืชที่อยู่ในสกุล *Jatropha* นี้มีมากกว่า 470 ชนิด (species) จัดอยู่ในวงศ์ Euphorbiaceae ซึ่งเป็นพืชกลุ่มเดียวกับยางพารา โป๊ยเซียน มันสำปะหลัง มะยม น้ำนมราชสีห์ และมะไฟ เป็นต้น (พรชัย 2549) มีถิ่นกำเนิดที่อเมริกากลาง (Latin America) การแพร่กระจายทั่วไปในแอฟริกาและเอเชีย สบู่ดำเป็นพืชที่สามารถเจริญได้ในสภาวะที่แห้งแล้ง และทนทานต่อโรคพืช จึงสามารถกระจายพันธุ์ได้ดีในหลายเขตภูมิอากาศทั้งในเขตร้อน เขตกึ่งร้อน เขตอบอุ่น และเขตที่มีปริมาณน้ำฝนต่ำ (Heller 1996)

การปลูกสบู่ดำในประเทศไทยนั้น เริ่มจากชาวโปรตุเกสนำเข้ามาในช่วงปลายกรุงศรีอยุธยา เพื่อนำเมล็ดไปบีบอัดเอาน้ำมันสำหรับทำสบู่ และใช้น้ำมันจากเมล็ดของสบู่ดำมาจุดตะเกียง โดยเฉพาะสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 ซึ่งเวลานั้นขาดแคลนน้ำมันเชื้อเพลิงอย่างมาก จึงมีการปลูกสบู่ดำแพร่กระจายไปทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทย ทำให้พืชนี้มีชื่อเรียกที่แตกต่างกันไปตามท้องถิ่น โดยภาคกลางเรียกว่า สบู่ดำ ภาคเหนือเรียก มะหุ่งฮั้ว ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเรียก มะเยาหรือสีหลอด ภาคใต้เรียก มะหงเทศหรือยาเคาะ แม้สบู่ดำจะเป็นพืชที่ถูกนำเข้ามาในประเทศไทยมากกว่า 300 ปี มาแล้ว แต่ประเทศไทยยังมีความรู้เกี่ยวกับสบู่ดำน้อยมาก เนื่องจากไม่ค่อยมีคนให้ความสนใจ เพียงปลูกเป็นพืชริมรั้วเท่านั้น (พรชัย 2549)

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

1. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของสบู่ดำ

สบู่ดำมีลักษณะทางสัณฐานวิทยา คือเป็นไม้พุ่มขนาดใหญ่ ทรงพุ่มมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2 เมตร มีอายุไม่ต่ำกว่า 50 ปี (พรชัย 2549; Heller 1996)

1. ราก (root)

สบู่ดำที่เพาะจากเมล็ดจะมีรากแก้ว โดยมีการเจริญเติบโตในทางลึกแนวดิ่งลงดิน แล้วมีการแตกรากแขนง เมื่อต้นสบู่ดำมีอายุมากขึ้นจะมีรากฝอยกระจายทั่วไป

2. ลำต้น (stem)

สบู่ดำเป็นไม้เนื้ออ่อน ไม่มีแก่น ลำต้นมีลักษณะลำต้นอวบเกลี้ยง ไม่มีขน ลำต้นอ่อนมีสีเขียว เมื่อแก่จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลปนเขียว ลำต้นและกิ่งจะมียาง (latex)

3. ใบ (leaf)

สบู่ดำเป็นพืชใบเลี้ยงคู่ เมล็ดที่โผล่พ้นดินมีใบเลี้ยง 2 ใบ มีลักษณะกลมรี ขอบใบเรียบ ต่อจากนั้นจึงจะแตกใบจริงขึ้นมา โดยใบเป็นใบเดี่ยว แบบฝ่ามือ (palmate) เรียงตัวแบบสลับ (alternate) รูปร่างใบเป็นรูปหัวใจกว้างถึงรูปโล่ คล้าย ๆ ใบฝ้าย ใบพุดตาล หรือใบละหุ่ง แต่หนากว่า เพราะมีไข (cutin) เคลือบอยู่ที่ผิว แผ่นใบเรียบ ขอบใบหยักเป็นพู มี 5-7 แฉก พูข้างปลายมน พูปลายหรือพูกลางรูปหัวใจปลายแหลม การจัดเรียงตัวของเส้นใบเป็นแบบร่างแห (palmately netted venation) โดยมีเส้นใบเกิดจากจุดตำแหน่งของโคนใบ สีของโคนใบเป็นสีเขียวเข้ม เส้นใบของสบู่ดำ มีเส้นหลักเกิดจากจุดเดียวกันที่ตำแหน่งก้านใบ โดยมีเส้นหลัก 7 เส้น แยกออกจากตำแหน่งก้านใบ ใบมีขนาดกว้างประมาณ 6.0-10.0 เซนติเมตร และยาวประมาณ 15.0 เซนติเมตร ยอดและใบอ่อนมีสีม่วงแกมเขียว

4. ดอก (flower)

ดอกออกบริเวณซอกใบใกล้ปลายกิ่ง ลักษณะเป็นช่อคล้ายช่อเชิงหลั่น มักออกเป็นคู่ ๆ ช่อยาวได้ถึง 12 เซนติเมตร ก้านช่อยาวประมาณ 6 เซนติเมตร เป็นช่อกระจุกที่ส่วนปลายของยอด ดอกมีขนาดเล็กสีเหลืองมีกลิ่นหอมอ่อนๆ โดยดอกจะเริ่มบานจากล่างขึ้นบน ในต้นเดียวกันมีทั้งดอกเพศผู้และดอกเพศเมีย (monoecious plant) ดอกเพศผู้และดอกเพศเมียมักอยู่แยกกัน แต่อยู่ภายในช่อเดียวกัน เป็นดอกไม่สมบูรณ์เพศ (imperfect) ดอกเพศผู้มีกลีบเลี้ยงเชื่อมติดกัน ปลายแยกเป็นแฉก รูปไข่ แกมขอบขนาน สีเหลืองแกมเขียว กว้าง 1.5 มิลลิเมตร ยาว 3.0 มิลลิเมตร โดยประมาณ ปลายกลม ด้านในมีขนยาวห่าง มีต่อมน้ำหวานที่โคนกลีบด้านใน เกสรเพศผู้มี 10 อัน แบ่งออกเป็น 2 วง วงนอกแยกจากกัน วงในเชื่อมติดกัน อับเรณูยาว 1.5 มิลลิเมตร สีเหลือง ดอกเพศเมียมีขนาดใหญ่กว่าดอกเพศผู้ อยู่กลางของช่อย่อย กลีบเลี้ยงเชื่อมติดกัน ปลายแยกเป็นแฉกยาวประมาณ 4.0 มิลลิเมตร ลักษณะอื่นคล้ายดอกเพศผู้ กลีบดอกมีลักษณะเป็นรูปขอบขนานแกมรี สีเขียวอ่อน มีเกสรเพศผู้ที่เป็นหมัน 10 อัน สีขาว รังไข่รูปกระสวยมี 3 พู ปลายก้านมียอดเกสรเพศเมียแยกเป็น 2 แฉก ดอกเพศผู้มีประมาณร้อยละ 70 และดอกเพศเมียมีประมาณร้อยละ 30 อยู่บนต้นเดียวกัน บางครั้งอาจพบดอกที่มีเกสรเพศผู้และเกสรเพศเมียอยู่ภายในดอกเดียวกัน (Dehgan and Webster 1979) แต่ไม่สามารถผสมพันธุ์กันได้ จำเป็นต้องอาศัยแมลงในการช่วยผสมพันธุ์

5. ผล (fruit)

ผลมีรูปร่างค่อนข้างป้อมหรือรูปกระสวย กว้าง 2.0-3.0 เซนติเมตร ยาว 2.5-3.5 เซนติเมตร ลักษณะเป็นแบบเปลือกแข็ง (capsule) เป็นพู (lobes) เกลี้ยงเกลา ผลอ่อนมีสีเขียวอ่อน ส่วนมากมี 3 พู ผลแก่จัดหรือสุกจะมีสีเหลืองและเปลี่ยนเป็นสีดำ ผลสดหนึ่งผลมีน้ำหนักประมาณ 15.0 กรัม

มหาวิทยาลัยศิลปากร ลิขสิทธิ์

ผลแห้งน้ำหนักจะลดลงเหลือ 2.6 กรัม หนึ่งผลมีจำนวนเมล็ด 2-3 เมล็ด แต่ส่วนมากพบว่ามีจำนวน 3 เมล็ด ระยะเวลาตั้งแต่ออกดอกจนผลแก่ใช้เวลาประมาณ 60-90 วัน

6. เมล็ด (seed)

เมล็ดจากผลแก่มีสีดำผิวเรียบเป็นมัน แต่เมื่อเมล็ดแห้งผิวจะหยาบ ไม่เรียบ เมล็ดมีรูปร่างป้อมยาวรูปกระสวยแกมขอบขนาน (oblong) แบนข้าง มีขนาดประมาณ 1.0x2.0 เซนติเมตร เปลือกสีดำแข็งหนาหุ้ม เมื่อกะเทาะเปลือกออกจะพบเนื้อในสีขาว (kernel) ซึ่งเป็นส่วนที่จะนำไปสกัดน้ำมัน โดยมีน้ำมันเป็นส่วนประกอบประมาณ 33.0-60.0 เปอร์เซ็นต์ต่อเมล็ด น้ำหนักเมล็ดเมื่อผลสุกพอดีจะมีประมาณ 1,000 เมล็ดต่อกิโลกรัม แต่เมื่อนำเมล็ดสดมาตากแห้งให้มีความชื้นประมาณ 11.0-12.0 เปอร์เซ็นต์ จะมีจำนวนเมล็ด 1,200-1,400 เมล็ดต่อกิโลกรัม โดยน้ำหนักในเมล็ดมีสารเคอร์ซิน (curcin) กรดไซยานิค (cyanic acid) และโพโบเลสเตอร์ (phorbolester) ซึ่งเป็นสารพิษพวกหนึ่ง โดยที่สารเคอร์ซินบริสุทธิ์มีความเป็นพิษสูงมาก (พรชัย 2549; Heller 1996; Trabi และคณะ 1997; Winkler และคณะ 1997)

มหาวิทยาลัยศิลปากร ลิขสิทธิ์

รูปที่ 1 ลักษณะที่สำคัญในแต่ละส่วนของสบู่ดำ (*Jatropha curcas* L.): a = ช่อดอก b = เปลือกc = ใบ d = ดอกเพศผู้ e = ดอกเพศเมีย f = ผล ด้านตัดตามขวาง g = ผล h = ผล ด้านตัดตามยาว และ i = เมล็ด (ที่มา: Heller 1996)

2. สมบัติของน้ำมันสบู่ดำ

สำหรับน้ำมันสบู่ดำที่สกัดจากเมล็ดนั้น คณะนักวิทยาศาสตร์ของกองเกษตรและเคมี กรมวิชาการเกษตร ได้วิเคราะห์คุณสมบัติทางฟิสิกส์และทางเคมีของน้ำมันสบู่ดำ ด้วยวิธีมาตรฐาน AOCS ยกเว้นค่าความหนืดวิเคราะห์โดยวิธี Garder ปรากฏผลดังตารางที่ 1 (ระพีพันธุ์ และสุขสันต์ 2544)

ตารางที่ 1 สมบัติทางฟิสิกส์และทางเคมีของน้ำมันสบู่ดำ

คุณสมบัติทางฟิสิกส์และทางเคมี	ร้อยละ
ความชื้น	7.13
น้ำมันทั้งเมล็ด	34.96
น้ำมันเนื้อในเมล็ด	54.68
กรดไขมันอิ่มตัว	21.28
- palmitic (C 18:0)	16.7
- stearic (C 18:0)	5.11
กรดไขมันไม่อิ่มตัว	78.72
- oleic (C 18:1)	44.88
- linoleic (C 18:2)	33.83
ความถ่วงจำเพาะที่ 25 °C	0.9136
ดัชนีหักเหที่ 25 °C	1.4670
ค่ากรด (กรดไขมันอิสระโอเลอิก)	4.8
ค่าสปอนนิฟิเคชั่น	197.13
ค่าไอโอดีน	97.08
ปริมาณน้ำและสิ่งระเหยได้ที่ 105 °C	0.107
ความหนืดที่ 25 °C	50GS

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

3. ประโยชน์ของสบู่ดำ

ประโยชน์ของสบู่ดำมีหลายประการ (ระพีพันธุ์ และสุขสันต์ 2544; รังษี และอมรรัชฎ์ 2548; กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน 2549; Reinhard 2005; Heller1996) คือ

1. เป็นแหล่งพลังงานทดแทนใหม่

เมล็ดนำมาสกัดน้ำมัน โดยสามารถใช้น้ำมันของสบู่ดำแทนน้ำมันดีเซลกับเครื่องยนต์ทางการเกษตร เนื่องจากสามารถนำน้ำมันสบู่ดำมาใช้ได้โดยไม่ต้องผสมกับน้ำมันดีเซลและมีราคาไม่แพง ต่างจากน้ำมันชีวภาพอื่น ๆ เช่น น้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม จะต้องผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนที่เหมาะสมก่อนนำไปใช้ นอกจากนี้การใช้น้ำมันสบู่ดำยังให้ผลดีกว่า น้ำมันแก๊ส (gas oil) เพราะน้ำมันสบู่ดำมีค่าออกซิเจนสูงและมีสารหล่อลื่นให้เครื่องยนต์ทำงานได้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

2. ประโยชน์จากลักษณะของการปลูกสบู่ดำ

2.1 เป็นรั้วล้อมรอบพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจหลัก ๆ เพื่อป้องกันสัตว์เลี้ยง เข้ามาทำความเสียหายต่อพืชชนิดนั้น เนื่องจากมีกรดไฮโดรไซยานิค (hydrocyanic) มีกลิ่นเหม็นเขียว นอกจากนี้ในประเทศอินเดียปลูกสบู่ดำเป็นรั้วป้องกันลมร้อนในฤดูร้อนที่ทำให้มีการระเหยของน้ำอย่างรวดเร็วในแปลงปลูกผัก

2.2 การปลูกสบู่ดำช่วยลดการกัดเซาะของหน้าดินจากลมและน้ำ รากของสบู่ดำช่วยยึดเกาะผิวดิน เปรียบเสมือนสมอเรือ และยังทำให้อัตราการไหลของน้ำลดลงอีกด้วย เมื่อเกิดภาวะน้ำท่วม

มหาวิทยาลัยศิลปากร ลิขสิทธิ์

2.3 ปลูกเป็นเสาค้างของพืชวนิลลาในประเทศมาดากัสการ์ของทวีปแอฟริกา

2.4 ปลูกพืชอื่นแซมในแปลงปลูกสบู่ดำ สารเคมีจากต้นสบู่ดำจะปลดปล่อยออกมาขับไล่แมลงศัตรูของพืชนั้น

3. การใช้เป็นอาหารของคน

3.1 ส่วนของใบอ่อนหรือยอดอ่อนเมื่อนำไปนึ่งด้วยไอน้ำร้อน เพื่อทำลายกรดไฮโดรไซยานิค ซึ่งเป็นสารพิษ แล้วสามารถนำไปรับประทานได้อย่างปลอดภัย

3.2 บางพื้นที่ของประเทศเม็กซิโกนำเมล็ดสบู่ดำมาต้มและคั่วด้วยความร้อนสามารถนำไปรับประทานได้

4. การใช้เป็นอาหารสัตว์

กากสบู่ดำ (press cake) ที่เหลือจากการสกัดน้ำมันมีคุณค่าทางอาหารสูง แต่ประกอบไปด้วยสารพิษมากมายได้แก่ เคอร์ซิน (curcin), โฟโบลิค เอสเตอร์ (phorbolic ester), แซฟโพนิน (saponin), โปทิเอส (protease) และไฟเทท (phytates) จำเป็นต้องนำกากสบู่ดำมาผ่านความร้อนร่วมกับการสกัดด้วยสารเคมี หรือการหมักกากน้ำมันสบู่ดำด้วยเชื้อรา *Rhizopus oryzae* เพื่อทำลายพิษของสบู่ดำออกเสียก่อนนำไปผสมเป็นอาหารสัตว์

5. การใช้เป็นยาสมุนไพรในการรักษาโรค

5.1 ต้น ใช้เป็นยาถ่าย

5.2 ลำต้น ใช้เป็นยารักษาโรคซางหรือตาลขโมย

5.3 เปลือก ใช้เป็นยาถ่าย ขับพยาธิ แก้ปวดท้อง

5.4 กิ่งก้าน ใช้ห้ามเลือด รักษาโรคฟัน โรคผิวหนัง

5.5 ใบ ใช้เป็นยารักษาอาการไอและมีฤทธิ์เป็นสารต้านจุลินทรีย์ แก้พิษตานซาง แก้ปากและลิ้นพุพอง แก้ลิ้นเป็นฝ้าละออง ถอนพิษที่ทำให้ตัวร้อน

5.6 เมล็ด ใช้เป็นยาระบาย ยาถ่ายชนิดรุนแรง แก้ปวดตามข้อ แก้โรคผิวหนัง

5.7 น้ำมัน ใช้เป็นยารักษาโรคผิวหนัง บรรเทาอาการเจ็บปวดจากโรคไขข้อหรือโรคปวดกล้ามเนื้อ และใช้เป็นยาถ่าย ซึ่งมีฤทธิ์รุนแรง

5.8 น้ำยาง ใช้เป็นยารักษาอาการของโรคปากนกกระจอก ห้ามเลือด ต่อต้านการติดเชื้อ แก้ปวดฟัน แก้ปากเปื่อย พุพอง และผสมกับน้ำนมมารดากวาดป้ายลิ้นเด็กที่มีฝ้าขาวหรือคอเป็นตุ่ม

6. การใช้เป็นสารป้องกันกำจัดโรค แมลงศัตรูพืช และหอย

6.1 สารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช (insecticides) โดยมีรายงานการใช้สารสกัดพืชจากสบู่ดำป้องกันดังตารางที่ 2

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ 2 สมบัติของสบู่ดำที่สกัดจากเมล็ดในการเป็นยาฆ่าแมลง (รังษี และอมรรัชฎ์ 2548)

Insect	Pest of	Preparation
Helicoverpa armigera	cotton	Acetone extract of seed; Aqueous extract from oil; seed oil
Aphis gossypii	cotton	Aqueous extract from oil; seed oil
Pectinophra gossypiella	cotton	Aqueous extract from seed oil
Empoasca biguttula (syn. *Amrasca biguttula*)	cotton	Seed oil
Phthorimaea operculella	Potato	Seed oil
Callosobruchus maculatus	Pulse	Seed oil

6.2 สารป้องกันกำจัดเชื้อรา (fungicides)

6.2.1 น้ำสกัดจากใบสบู่ดำสามารถควบคุมโรคพืชของ *Azolla* ที่มีสาเหตุจากเชื้อรา *Sclerotium* sp.

6.2.2 สารสกัดจากสบู่ดำที่ความเข้มข้น 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักต่อปริมาตร สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Collectotrichum musae* สาเหตุของโรคแอนแทรคโนสของกล้วยได้ 100 เปอร์เซ็นต์

6.2.3 สาร β1, 3-glucanase จากเมล็ดสบู่ดำสามารถฆ่าเชื้อรา *Rhizoctonia solani* และ *Gibberelle zeae* ได้

6.3 สารป้องกันกำจัดหอย (molluscicides)

6.3.1 ในประเทศฟิลิปปินส์ใช้สารสกัดจากสบู่ดำกำจัดหอยที่เป็นพาหะของพยาธิในตับ (liver fluke)

6.3.2 ในประเทศเซเนกัลใช้สารสกัดจากสบู่ดำกำจัดหอยที่เป็นพาหะของพยาธิ *Fasciola gigantea*

7. การใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์

7.1 ส่วนต่าง ๆ ของสบู่ดำจากต้นสด ๆ สามารถนำมาทำเป็นปุ๋ยพืชสดได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

7.2 กากของสบู่ดำที่เหลือจากการสกัดน้ำมันสามารถนำมาทำปุ๋ยอินทรีย์สำหรับบำรุงดินได้เป็นอย่างดีและราคาไม่แพงเมื่อเทียบกับปุ๋ยเคมี เนื่องจากกากสบู่ดำมีอินทรียวัตถุคือ ไนโตรเจน 4.44 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 2.09 เปอร์เซ็นต์ โพแทสเซียม 1.68 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเปรียบเทียบกากเมล็ดสบู่ดำที่เหลือจากการสกัดน้ำมันกับปุ๋ยคอกมูลกระบือ มูลไก่ มูลเป็ด ปุ๋ยหมักจากฟางข้าว ผักตบชวา พบว่ากากสบู่ดำมีปริมาณไนโตรเจนมากกว่า แม้จะมีฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมน้อยกว่าปุ๋ยมูลไก่ แต่ยังคงมากกว่าปุ๋ยอื่นๆ

8. ประโยชน์ด้านอื่น ๆ ดังนี้

8.1 ใช้น้ำมันสบู่ดำทำเป็นหมึกพิมพ์โรเนียว แต่น้ำมันสบู่ดำมีคุณสมบัติแห้งช้า จึงต้องปรับปรุงของผงถ่านดำละเอียดที่ใช้เป็นสีในหมึกพิมพ์ให้พอเหมาะ

8.2 ใช้สารเคมีเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาให้น้ำมันสบู่ดำข้น เหนียว และไม่แห้ง เพื่อทำกาวบนเทปกระดาษ หรือกาวบนแผ่นเซลโลเฟน หรือกาวบนเทปผ้าได้

8.3 ใช้สารเคมีเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาให้น้ำมันสบู่ดำแห้งเร็ว เพื่อใช้เป็นสีทาบ้าน (ไม้ เหล็ก) โดยใช้สีเป็นส่วนผสม

8.4 ใช้น้ำมันเป็นส่วนผสมในการทำสบู่

8.5 ใช้ส่วนเปลือกและรากของสบู่ดำเป็นวัตถุดิบในการผลิตสีธรรมชาติ โดยส่วนเปลือกให้สีน้ำเงิน และส่วนรากให้สีเหลือง

4. การรวบรวมพันธุ์ของสบู่ดำ

มีการรวบรวมพันธุ์สบู่ดำ เพื่อเป็นแหล่งพันธุกรรมโดยรวบรวมท่อนพันธุ์จาก 4 ภาคของประเทศได้แก่ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ ได้ทั้งสิ้น 83 accessions นำมาปลูกและทำการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะประจำพันธุ์ รวมทั้งผลผลิต (แอนนา และคณะ 2546) จากการศึกษาลักษณะของผลสบู่ดำจากแหล่งต่าง ๆ สามารถแบ่งออกเป็น 3 พันธุ์ (ทวีศักดิ์ 2548) คือ

1. พันธุ์ของสบู่ดำที่มีผลทรงกลม ขนาดของผลปานกลาง มีเปลือกปานกลาง

2. พันธุ์ของสบู่ดำที่มีผลทรงกลมหรือรูปทรงของผลยาวกว่าพวกแรกเล็กน้อย ส่วนผลนั้นมีขนาดเท่ากัน แต่มีเปลือกหนากว่า

3. พันธุ์ที่มีผลกลมแต่มีขนาดผลเล็กกว่าสองพวกแรก

5. การขยายพันธุ์สบู่ดำ

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

จากประโยชน์ของสบู่ดำทำให้ทั้งภาครัฐ และภาคเอกชน ต้องการส่งเสริมให้เกษตรกรขยายพื้นที่ปลูกสบู่ดำเป็นจำนวนมาก เพื่อใช้ในการวิจัยพัฒนาในการผลิตต้นพันธุ์ เมล็ด และน้ำมัน เป็นพลังงานทดแทน เพื่อการค้า โดยการขยายพันธุ์สามารถแบ่งออกเป็น 3 วิธี (พรชัย 2549; ทวีศักดิ์ 2548; สมบัติ 2548) ดังนี้

1. การเพาะเมล็ด เมล็ดสบู่ดำไม่มีระยะพักตัว ควรเก็บผลขณะที่มีสีเหลืองแก่แกมน้ำตาล แล้วนำเมล็ดที่ได้มาเพาะทันที เพราะจะมีความงอกดีกว่าเมล็ดที่ทิ้งไว้นาน โดยนำเมล็ดมาเพาะในถุงเพาะหรือกระบะทราย อย่างน้อย 45-60 วัน จึงย้ายปลูก สำหรับต้นที่ได้จากการเพาะเมล็ดจะให้ผลผลิตหลังการย้ายปลูกประมาณ 8-10 เดือน

2. การปักชำ โดยคัดเลือกท่อนพันธุ์ที่มีสีน้ำตาลปนเขียว ไม่อ่อนหรือแก่เกินไป ตัดเป็นท่อนยาวประมาณ 15-20 เซนติเมตร เพาะในถุงดำ หรือ 45-50 เซนติเมตร สำหรับเพาะในแปลง ใช้เวลาปักชำประมาณ 2 เดือน จึงนำไปปลูก โดยจะให้ผลผลิตหลังการย้ายปลูกประมาณ 6-8 เดือน

3. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช โดยนำส่วนต่าง ๆ ของสบู่ดำมาทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เช่น ใบ ก้าน ข้อ และยอด เป็นต้น

6. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เป็นวิธีการขยายพันธุ์วิธีหนึ่ง โดยการนำชิ้นส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ยอด ลำต้น กิ่ง ตาข้าง ใบ และก้านใบ เป็นต้น มาเพาะเลี้ยงบนสูตรอาหารสังเคราะห์ภายใต้สภาวะควบคุมและปลอดเชื้อ จากนั้นชิ้นส่วนต่าง ๆ จะมีการเจริญพัฒนาเป็นต้นพืชที่สมบูรณ์ สามารถนำออกปลูกในสภาพธรรมชาติได้ (กรมส่งเสริมการเกษตร 2546)

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเป็นวิธีการขยายพันธุ์ที่สามารถผลิตต้นพันธุ์ได้เป็นจำนวนมากในระยะเวลาอันสั้น ตรงตามสายพันธุ์ที่ต้องการ และต้นพันธุ์ปลอดโรค นอกจากนี้การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อยังมีประโยชน์ด้านอื่น ๆ อีกนั่นคือ การเก็บรักษาพันธุ์พืช การปรับปรุงพันธุ์พืช และการศึกษาทางด้านพันธุศาสตร์ ชีวเคมี และสรีรวิทยาของพืช เป็นต้น (รังสฤษฎ์ 2540)

7. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในสกุล *Jatropha*

สำหรับการนำเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชผลิตต้นสบู่ดำและพืชในสกุล *Jatropha* ได้มีการวิจัยและพัฒนาจากห้องปฏิบัติการในหลายประเทศ เช่น อินเดีย บราซิล และออสเตรีย เป็นต้น (Rajore และคณะ 2002; Pletsch และ Charlwood 1997; da Câmara Machado และคณะ 1997) เพื่อให้เกิดศักยภาพในการผลิตต้นสบู่ดำในปริมาณมากตามต้องการและสามารถนำออกปลูกได้ในสภาพธรรมชาติ โดยการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณจากชิ้นส่วนต่าง ๆ คือ ส่วนของใบ (leaf segment) ก้านใบ (petiole) ลำต้น (stem) ส่วนใต้ใบเลี้ยง (hypocotyl) ส่วนเหนือใบเลี้ยง (epicotyl) ก้านช่อดอก (peduncle) เอ็มบริโอ (embryo) ราก (root) และ ส่วนข้อ (nodal segment) ซึ่งมีรายงานการวิจัยเกี่ยวกับสบู่ดำและพืชในวงศ์ Euphorbiaceae พอสรุปได้ดังนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ศิริวรรณ และรุ่งทิพย์ (2550) ศึกษาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสบู่ดำ (*J. curcas*) โดยใช้ชิ้นส่วนตายอด ตาข้าง ใบอ่อน ก้านใบ และไฮโปคอทิล เลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS (Marashige and Skoog 1962) ที่เติม Thidiazuron (TDZ) ความเข้มข้น 0.01-1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (0.045-0.45 ไมโครโมลาร์) พบว่าเนื้อเยื่อของชิ้นส่วนต่าง ๆ สามารถพัฒนาเป็นแคลลัสได้ดี โดยแคลลัสที่ได้เป็นแบบเอ็มบริโอจีนิคแคลลัส (embryogenic callus) ซึ่งสามารถพัฒนาเป็นต้นจำนวนมากต่อไป นอกจากนี้ยังพบว่าเนื้อเยื่อของใบอ่อนที่นำมาเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม TDZ ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร (0.45 ไมโครโมลาร์) ร่วมกับ โพรลีน (proline) ความเข้มข้น 300-500 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือเคซีน (Casein hydrolysate) ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการพัฒนาเป็นยอดจำนวนมากโดยไม่ผ่านการเกิดแคลลัส

Thepsamran และคณะ (2006) ศึกษาการชักนำให้เกิดยอดทวีคูณในหลอดทดลองของสบู่ดำ (*J. curcas*) จากยอด (ขนาด 0.7 เซนติเมตร) ที่ได้จากตาข้าง โดยพบว่าอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม

N^6-benzyladenine (BA) ความเข้มข้น 2.22 ไมโครโมลาร์ ร่วมกับ indole-3-butyric acid (IBA) ความเข้มข้น 0.049 ไมโครโมลาร์ ให้ผลในการเกิดยอดทวีคูณดีที่สุด 5.9 ยอด ในเวลา 6 สัปดาห์ และทำการชักนำยอดให้เกิดรากโดยการย้ายยอดลงเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม IBA ความเข้มข้น 2.46 ไมโครโมลาร์ เป็นเวลา 5 สัปดาห์ แล้วย้ายลงบนอาหารแข็งสูตร MS ที่ปราศจากสารควบคุมการเจริญเติบโต

Rajore และ Batra (2005) ศึกษาการเพิ่มจำนวน *J. curcas* โดยใช้ส่วนปลายยอด (shoot tip) เพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตรดัดแปลงของ MS ที่เติม 6-Benzylaminopurine (BAP), kinetin (Kn) และ indole-3-aceticacid (IAA) ความเข้มข้นระดับต่าง ๆ พบว่าสูตรอาหารที่เหมาะสมในการชักนำปลายยอดให้เกิดยอดคือ อาหารแข็งสูตรดัดแปลงของ MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (8.88 ไมโครโมลาร์) ร่วมกับ IAA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (2.85 ไมโครโมลาร์) และสูตรอาหารที่เหมาะสมในการชักนำยอดให้เกิดรากคือ อาหารแข็งครึ่งสูตรของ MS ที่เติม IBA ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร (14.70 ไมโครโมลาร์) หลังจากนั้นนำต้นที่ได้มาปลูกในแปลงทดลอง พบว่ามีอัตราการรอดชีวิตสูงถึง 90 เปอร์เซ็นต์

นันท์นภัส และคณะ (2549) ศึกษาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสบู่ดำ (*J. curcas*) โดยใช้ชิ้นส่วนก้านใบของใบจากข้อที่ 2, 3 และ 4 เป็นชิ้นส่วนพืชเริ่มต้นในการชักนำให้เกิดแคลลัสในรอบการเพาะเลี้ยงที่ 1 และการชักนำให้เกิดยอดในรอบการเพาะเลี้ยงที่ 2 โดยมีรอบการเพาะเลี้ยง 30 วัน เลี้ยงชิ้นส่วนพืชเริ่มต้นบนอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 0.44-17.76 ไมโครโมลาร์ ร่วมกับ IBA ความเข้มข้น 0.049-9.80 ไมโครโมลาร์ พบว่าสารเร่งการเติบโตที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการชักนำให้เกิดแคลลัสและเกิดยอดจากก้านใบคือ BA ความเข้มข้น 4.44 ไมโครโมลาร์ ร่วมกับ IBA ความเข้มข้น 2.46 ไมโครโมลาร์ โดยแคลลัสจากก้านใบจากข้อที่ 2 มีการพัฒนาเป็นยอดได้ดีที่สุด และมีเปอร์เซ็นต์ของชิ้นส่วนก้านใบที่เกิดยอดเท่ากับ 70, 60 และ 40 เปอร์เซ็นต์ และให้จำนวนยอด 5.4, 4.1 และ 2.2 ยอด ในชิ้นส่วนก้านใบของใบจากข้อที่ 2, 3 และ 4 ตามลำดับ

Qin และคณะ (2004) ศึกษาการเพิ่มจำนวนของ *J. curcas* โดยใช้ชิ้นส่วน อิพิคอทิล มาเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม BA ร่วมกับ IBA ความเข้มข้นระดับต่าง ๆ พบว่าสูตรอาหารที่เหมาะสมในการชักนำอิพิคอทิลให้เกิดยอดได้ดีที่สุดคือ อาหารแข็งสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (2.22 ไมโครโมลาร์) ร่วมกับ IBA ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร (0.49 ไมโครโมลาร์) และสูตรอาหารที่เหมาะสมในการชักนำให้เกิดยอดจากแคลลัสคือ อาหารแข็งสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (2.22 ไมโครโมลาร์) ร่วมกับ IBA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (4.90 ไมโครโมลาร์)

มหาวิทยาลัยศิลปากร ศูนย์วิทยทรัพยากร

Rajore และคณะ (2002) ศึกษาการเพิ่มจำนวนของ *J. curcas* โดยใช้ชิ้นส่วนข้อ (node) พบว่าสูตรอาหารที่เหมาะสมในการชักนำให้เกิดยอดจากข้อมากที่สุดคือ อาหารแข็งสูตรดัดแปลงของ MS ที่เติม Kn ความเข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (9.30 ไมโครโมลาร์) และ IBA ความเข้มข้น 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (7.30 ไมโครโมลาร์) โดยการให้ ascorbic acid ความเข้มข้น 10.0 มิลลิกรัมต่อลิตร citric acid ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร adenine sulphate ความเข้มข้น 25.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และglutamine ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลในการชักนำและการพัฒนาการเกิดยอดของ *J. curcas* ส่วนสูตรอาหารที่เหมาะสมในการชักนำยอดให้เกิดรากคือ อาหารแข็งครึ่งสูตรของ MS ที่เติม α - Naphthalene acetic acid (NAA) ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (2.70 ไมโครโมลาร์) หลังจากนั้นนำต้นที่ได้มาปลูกในแปลงโดยผสมดินต่อเวอร์มิคูไลท์ (vermiculite) อัตราส่วน 3 ต่อ 1 พบว่าพืชมีอัตราการรอด 70 เปอร์เซ็นต์

Catapan และคณะ (2001) ศึกษาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ *Phyllanthus stipulatus* โดยใช้ยอดที่แตกจากข้อมาเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม IBA ความเข้มข้น 0.5-1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (2.5-5.0 ไมโครโมลาร์) พบว่าสามารถชักนำให้เกิดยอดทวีคูณได้มากที่สุด 8-9 ยอดต่อชิ้นเนื้อเยื่อ และเมื่อนำยอดที่ได้มาชักนำให้เกิดรากบนอาหารแข็งสูตร MS ที่ไม่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโตได้ พบว่ายอดสามารถเกิดรากได้ 100 เปอร์เซ็นต์

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

Sujatha และ Reddy (2000) ศึกษาการตอบสนองของชิ้นเนื้อเยื่อส่วนต่าง ๆ ของ *J. integerrima* ต่อสารควบคุมการเจริญเติบโตไซโตไคนิน โดยใช้ชิ้นส่วน ไฮโปคอทิล ลำต้น ก้านช่อดอก และใบ เลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม BA, Kn และ zeatin ความเข้มข้น 0.1-2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ IBA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าสารควบคุมการเจริญเติบโตไซโตไคนินประเภท BA ให้ผลดีที่สุดในการชักนำชิ้นส่วน ไฮโปคอทิล ลำต้น ก้านช่อดอก และใบ ให้เกิดยอดได้ดีที่สุด มีเปอร์เซ็นต์การเกิดยอดเท่ากับ 19.0-100.0 เปอร์เซ็นต์ โดยชิ้นส่วนที่เกิดยอดได้มากที่สุดคือ ลำต้นและใบ แต่ในอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม Kn และ zeatin ไม่สามารถชักนำให้ใบเกิดยอดได้

Sardana และ Batra (2000) ศึกษาวิธีการชักนำให้เกิด somatic embryos จากชิ้นส่วนใบของ *J. curcas* โดยเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS-Gamborg's ที่เติม BA ร่วมกับ IAA ความเข้มข้นระดับต่าง ๆ พบว่าสูตรอาหารที่เหมาะสมในการชักนำใบให้เกิดเป็น embryogenic callus และ globular embryos คือ อาหารแข็งสูตร MS-Gamborg's ที่เติม BA ความเข้มข้น 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (13.32 ไมโครโมลาร์) ร่วมกับ IAA ความเข้มข้น 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (17.1 ไมโครโมลาร์) แล้วชักนำให้เกิดต้นโดยเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม gibberellic acid (GA_3) ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร (8.67 ไมโครโมลาร์) ร่วมกับ IAA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (5.7 ไมโครโมลาร์) และ

ชักนำต้นให้เกิดรากบนอาหารแข็งครึ่งสูตรของ MS ที่เติมน้ำตาล ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ เมื่อย้ายลงปลูกในแปลงพบว่ามีการเจริญเติบโตเป็นปกติ

Spera และคณะ (1997) ศึกษาผลของ Kn และ 2, 4-dichlorophenoxy acetic acid (2, 4-D) ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ *J. podagrica* Hook. โดยใช้ส่วนราก เลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม Kn ร่วมกับ 2, 4-D ความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่าสูตรอาหารที่เหมาะสมในการชักนำให้เกิดแคลลัสคือ อาหารแข็งสูตร MS ที่เติม Kn ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (4.6 ไมโครโมลาร์) ร่วมกับ 2, 4-D ความเข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (9.1 ไมโครโมลาร์)

Spera และคณะ (1996) ศึกษาประสิทธิภาพและความเข้มข้นของผงถ่าน (activated charcoal) และสารควบคุมการเจริญเติบโต GA_3 ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชจากชิ้นส่วนของเอ็มบริโอที่ยังเจริญไม่เต็มที่ (immature embryos) ของ *J. podagrica* บนอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม GA_3 ที่เติมและไม่เติมผงถ่านความเข้มข้นต่างๆ พบว่าอาหารที่เหมาะสมในการชักนำให้เกิดตายอดได้ดีที่สุดคือ อาหารแข็งสูตร MS ที่เติม GA_3 ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร (0.29 ไมโครโมลาร์) ร่วมกับผงถ่าน ความเข้มข้น 1 กรัมต่อลิตร ส่วนสูตรอาหารที่เหมาะสมในการชักนำให้ยอดเกิดรากคือ อาหารแข็งสูตร MS ที่เติม GA_3 ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (2.90 ไมโครโมลาร์) ร่วมกับผงถ่าน ความเข้มข้น 0.5 กรัมต่อลิตร

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

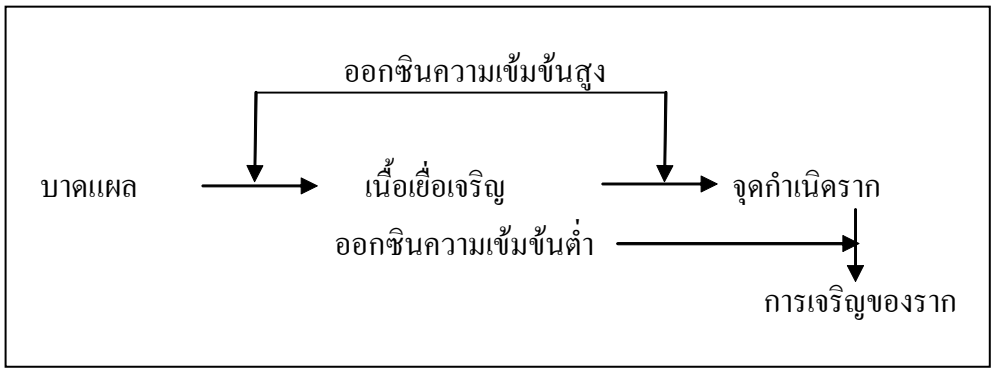
Sujatha และ Mukta (1996) ศึกษาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจากชิ้นส่วนต่างๆ ของ *J. curcas* พบว่าอาหารที่เหมาะสมที่สุดในการชักนำให้เกิดตายอดจากไฮโปคอทิลและก้านใบคือ อาหารแข็งสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 2.22 ไมโครโมลาร์ ร่วมกับ IBA ความเข้มข้น 4.90 ไมโครโมลาร์ โดยสามารถชักนำให้เกิดตายอดได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ในระยะเวลา 6 สัปดาห์ ในขณะที่การใช้ zeatin ความเข้มข้น 9.12 ไมโครโมลาร์ ร่วมกับ IBA ความเข้มข้น 4.90 ไมโครโมลาร์ สามารถชักนำการเกิดตายอดได้ 100 และ 0 เปอร์เซ็นต์ ส่วน Kn ความเข้มข้น 4.65 ไมโครโมลาร์ ร่วมกับ IBA ความเข้มข้น 4.90 ไมโครโมลาร์ ชักนำการเกิดตายอดได้ 0 และ 55 เปอร์เซ็นต์ จากไฮโปคอทิลและก้านใบตามลำดับ สูตรอาหารที่เหมาะสมในการชักนำให้แคลลัสจากไฮโปคอทิลเกิดยอดคือ อาหารแข็งสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 2.22 ไมโครโมลาร์ ร่วมกับ IBA ความเข้มข้น 0.49 ไมโครโมลาร์ โดยชักนำให้แคลลัสพัฒนาไปเป็นยอดได้ 43 เปอร์เซ็นต์ และเกิดจำนวนยอด 7.0 ยอด สำหรับอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 0.44 ไมโครโมลาร์ ร่วมกับ IBA ความเข้มข้น 0.49 ไมโครโมลาร์ สามารถชักนำให้แคลลัสจากก้านใบพัฒนาเป็นยอดได้ 67 เปอร์เซ็นต์ และเกิดจำนวนยอด 2.7 ยอด และอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 2.22 ไมโครโมลาร์ ร่วมกับ IBA ความเข้มข้น 2.46 ไมโครโมลาร์ สามารถชักนำให้แคลลัสจากชิ้นส่วนใบจากข้อที่ 3 พัฒนาเป็นยอด

ได้ 67 เปอร์เซ็นต์ และเกิดจำนวนยอด 10.7 ยอด ส่วนอาหารแข็งสูตร MS ที่ปราศจากออกซินสามารถชักนำให้ยอดเกิดรากได้ 88 เปอร์เซ็นต์

Sujatha และ Dhingra (1993) ศึกษาการเพิ่มจำนวนของ *J. integerrima* โดยใช้ชิ้นส่วน ไฮโปคอทิล ใบ และก้านช่อดอก เพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม BA และ IBA ความเข้มข้นระดับต่าง ๆ พบว่าสูตรอาหารที่เหมาะสมในการชักนำชิ้นส่วนต่าง ๆ ให้เกิดตายอดได้ดีที่สุดคืออาหารแข็งสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (2.22 ไมโครโมลาร์) ร่วมกับ IBA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (4.90 ไมโครโมลาร์) และสูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับการชักนำให้เกิดรากได้ดีที่สุดคือ อาหารแข็งสูตร MS ที่ปราศจากออกซินสามารถชักนำให้เกิดรากได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ภายในเวลา 8-10 วัน

8. การเกิดรากแขนง

รากแขนงมีหน้าที่สำคัญคือ ดูดน้ำและแร่ธาตุ เพื่อนำไปเลี้ยงต้นพืช โดยการเกิดรากแขนงมี 2 กรณี คือกรณีที่หนึ่งเกิดจากจุดกำเนิดรากที่มีอยู่แล้ว กรณีที่สองเกิดจากเนื้อเยื่อเจริญที่เกิดบาดแผล (นพดล 2537; พีระเดช 2529) โดยมีออกซินเป็นตัวกระตุ้นการแบ่งเซลล์ของพืชอย่างรวดเร็ว ซึ่งเกิดจากการแบ่งเซลล์แบบขนานกับผิวของเพอริไซเคิล (pericycle) ต่อจากนั้นเนื้อเยื่อที่เกิดขึ้นใหม่จะแบ่งตัวแบบขนานและแบบตั้งฉากกับผิวของเพอริไซเคิล ทำให้มีกลุ่มเซลล์ที่เกิดขึ้นจำนวนมากเป็นจุดกำเนิดราก (พวงผกา 2548; เทียมใจ 2546) ในการทำให้เกิดจุดกำเนิดรากนั้นพืชต้องการออกซินความเข้มข้นสูง นอกจากนี้ยังต้องมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมคือ ความชื้นสูง ออกซิเจนเพียงพอ อุณหภูมิและแสงที่เหมาะสม จึงทำให้เกิดจุดกำเนิดรากได้ (พีระเดช 2529) ซึ่งจากขั้นตอนการทำให้เกิดบาดแผลจนกระทั่งเกิดรากสามารถสรุปได้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงการเกิดรากของพืชเมื่อได้รับออกซิน (ที่มา: พีระเดช 2529)

ออกซินที่นิยมใช้ในการกระตุ้นการออกราก คือ IBA และ NAA ซึ่งโดยทั่วไปมีประสิทธิภาพสูงกว่า IAA เนื่องจากไม่ถูกทำลายด้วยเอนไซม์ IAA oxidase หรือเอนไซม์ชนิดอื่น ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง IBA เป็นสารที่มีฤทธิ์ของออกซินค่อนข้างต่ำ เคลื่อนย้ายได้ช้ามากและสลายตัวได้เร็วพอประมาณ ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่เหมาะสมในการเร่งราก ส่วน NAA มีฤทธิ์ของออกซินสูงกว่า เคลื่อนย้ายได้ดีและสลายตัวช้า การใช้ในปริมาณที่เหมาะสมจะกระตุ้นการเกิดราก แต่ถ้าความเข้มข้นของ NAA สูงเกินไปจะเป็นพิษต่อพืชได้ (สมบุญ 2544)

สำหรับพืชที่ชักนำให้ออกรากได้ยาก จำเป็นต้องมีการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตชนิดอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากออกซินมาช่วยกระตุ้นการออกราก ซึ่งสาร Phluroglucinol (1, 3, 5-trihydroxybenzene, PG) เป็นสารในกลุ่มฟีนอล (phenolic compound) ได้จากการแตกตัวของ phloridzin มีสมบัติในการเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโต ช่วยในการชักนำการเกิดรากของพืชบางชนิด เช่น ไม้ผลยืนต้นในวงศ์ Rosaceae องุ่น และมันฝรั่ง เป็นต้น (Reddy และคณะ 2001; Modgil และคณะ 1998; Jame 1983; Whittington 1969)

Reddy และคณะ (2001) ศึกษาการชักนำให้เกิดรากของ *Decalepis hamiltonii* Wight & Arn. โดยใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตออกซิน และ PG พบว่าเมื่อนำยอดของ *D. hamiltonii* จุ่มในสารละลาย IBA ความเข้มข้น 4.44 ไมโครโมลาร์ เป็นเวลา 30 นาที แล้วย้ายมาเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม PG ความเข้มข้น 69 ไมโครโมลาร์ สามารถชักนำการเกิดรากได้ 100 เปอร์เซ็นต์

มหาวิทยาลัยศิลปากร ลิขสิทธิ์

Sarkar และ Naik (2000) ศึกษาการใช้ PG ในการชักนำให้เกิดรากจากส่วนยอดที่เกิดจากตาข้างของมันฝรั่ง (*Solanum tuberosum* L.) สายพันธุ์ KJ พบว่าอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม PG ความเข้มข้น 0.8 มิลลิโมลาร์ (800.0 ไมโครโมลาร์) และน้ำตาลความเข้มข้น 0.2 โมลาร์ ช่วยส่งเสริมการเกิดรากของมันฝรั่งได้ดีที่สุดคือ 11.1 รากต่อยอด แต่ถ้าให้ PG ความเข้มข้น 1.2-1.6 มิลลิโมลาร์ (1200.0-1600.0) จะยับยั้งการเกิดรากของมันฝรั่ง โดยเกิดราก 4.1 และ 3.6 ราก ตามลำดับ

Ruseva (1999) ศึกษาการชักนำให้ออกรากในองุ่น สายพันธุ์ Roussalka 1 พบว่าการให้ PG ความเข้มข้น $6x10^{-3}$ โมลาร์ (600.0 ไมโครโมลาร์) ชักนำให้เกิดรากได้ดีที่สุดคือ เกิดราก 5.4 รากต่อชิ้นเนื้อเยื่อ รากมีความยาว 58.1 มิลลิเมตร นอกจากนี้การให้ PG ยังทำให้น้ำหนักสดของพืชเพิ่มขึ้น 0.119 กรัม เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารที่ไม่ได้ใส่ PG

Modgil และคณะ (1998) ศึกษาการชักนำตาข้างให้เกิดยอดทวีคูณของแอปเปิ้ล สายพันธุ์ Tydeman's Early Worcester โดยเลี้ยงตาข้างบนอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม BAP ความเข้มข้น 4.4 ไมโครโมลาร์ GA_3 ความเข้มข้น 2.8 ไมโครโมลาร์ และ IBA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (2.46 ไมโครโมลาร์) หลังจากนั้นนำยอดที่ได้มาชักนำให้เกิดราก โดยเลี้ยงบนสูตรอาหารเหลวที่เติม IBA ความเข้มข้น 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (9.16ไมโครโมลาร์) น้ำตาล ความเข้มข้น 15 กรัมต่อลิตร ใน

ที่มืดเป็นเวลา 9 วัน แล้วจึงย้ายมาเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร ¼MS ที่เติม thiamine ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร IBA ความเข้มข้น 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (12.26 ไมโครโมลาร์) น้ำตาล ความเข้มข้น 15 กรัมต่อลิตร และผงถ่าน 0.1 เปอร์เซ็นต์ โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่มการทดลอง คือ กลุ่มทดลองที่ 1 ไม่ให้ PG ทั้งในช่วงที่เลี้ยงลงบนอาหารเหลวและอาหารแข็ง กลุ่มทดลองที่ 2 ไม่ให้ PG ในช่วงที่เลี้ยงลงบนอาหารเหลว แต่ให้ PG ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ในช่วงที่เลี้ยงบนอาหารแข็ง และกลุ่มทดลองที่ 3 ให้ PG ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งในช่วงที่เลี้ยงลงบนอาหารเหลว และอาหารแข็ง พบว่ายอดของแอปเปิ้ล สายพันธุ์ Tydeman's Early Worcester สามารถออกรากได้ดีที่สุด ในกลุ่มทดลองที่ 2 รองลงมาเป็นกลุ่มทดลองที่ 3 และกลุ่มทดลองที่ 1 โดยมีเปอร์เซ็นต์การออกรากดังนี้ 68, 64 และ50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Malagón และคณะ (1997) ศึกษาการเพิ่มจำนวนของ fraser photinia (*Photinia* x *fraseri*) ซึ่งเป็นพืชที่ออกรากยาก โดยชักนำส่วนยอดให้เกิดรากได้ดีที่สุด เมื่อเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม IBA ความเข้มข้น 442.9 ไมโครโมลาร์ ร่วมกับ PG ความเข้มข้น 634.4 ไมโครโมลาร์ ภายในเวลา 6 วัน สามารถเกิดรากได้ 7.2 รากต่อยอด

Hammatt และ Grant (1997) ศึกษาการเพิ่มจำนวนของ British wild cherry (*Prunus avium* L.) จากต้นที่เจริญเติบโตเต็มที่แล้วโดยใช้ชิ้นส่วนยอดมาชักนำให้เกิดราก พบว่าอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม IAA ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร (0.49 ไมโครโมลาร์) ร่วมกับ PG ความเข้มข้น 100 ไมโครโมลาร์) สามารถชักนำการเกิดรากได้ดีกว่าสูตรอาหารชนิดเดียวกันแต่ไม่เติม PG โดยเกิดราก 98 และ 80 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

Wang (1991) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการออกรากของต้นแพร์ (rootstock PB 10030) พบว่าการให้ PG ความเข้มข้นระหว่าง 20.3 ถึง 162.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (160.98-1284.86 ไมโครโมลาร์) ส่งเสริมการเกิดราก โดยทำการเลี้ยงในที่มืดเป็นเวลา 5 วัน

Bhojwani และคณะ (1984) ศึกษาการชักนำให้เกิดรากของ *Pyrus pyriforia* Burm. f. โดยนำชิ้นส่วนยอดเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม NAA ความเข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (10.7 ไมโครโมลาร์) เป็นเวลา 7-10 วัน พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การเกิดราก 58 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อเติม PG ความเข้มข้น 162 มิลลิกรัมต่อลิตร (1284.86 ไมโครโมลาร์) ทำให้มีเปอร์เซ็นต์การเกิดราก 100 เปอร์เซ็นต์ และลดการเกิดแคลลัส เมื่อนำต้นที่สมบูรณ์ย้ายปลูกทำให้มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตสูงขึ้น

Jame (1983) ศึกษาผลของออกซินที่มีต่อการเกิดรากของแอปเปิ้ล (*Malus pumila* Mill.; root stock M.9) พบว่าส่วนยอดเกิดรากได้ดีที่สุด เมื่อเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร Hydrofluoric acid (HF) ที่เติม IAA ความเข้มข้น $2.8x10^{-5}$ โมลาร์ (22.8 ไมโครโมลาร์) ร่วมกับ PG ความเข้มข้น 10^{-3} โมลาร์ (1000.0 ไมโครโมลาร์) เป็นเวลา 6 วัน สามารถชักนำให้เกิดราก 8 รากต่อยอด และ IBA ความ

มหาวิทยาลัยศิลปากร ลิขสิทธิ์

เข้มข้น $1.5x10^{-5}$ โมลาร์ (15 ไมโครโมลาร์) ร่วมกับ PG ความเข้มข้น 10^{-3} โมลาร์ (1000.0 ไมโครโมลาร์) เป็นเวลา 4 วัน สามารถชักนำให้เกิดราก 12 รากต่อยอด ส่วนการใช้ IAA, IBA หรือ PG เพียงชนิดเดียวสามารถชักนำให้เกิดรากได้น้อยกว่าการใช้ออกซินร่วมกับ PG แต่การใช้ PG ในการส่งเสริมการชักนำให้เกิดรากนั้นขึ้นอยู่กับ ชนิดของพืช ความเข้มข้นของออกซินและPG อีกด้วย

Jame และThurbon (1981) ศึกษาผลของ PG ต่อการส่งเสริมการเกิดยอดและรากในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อของแอปเปิ้ล rootstock M.9 โดยใช้ชิ้นส่วนยอดเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร Linsmaier and Skoog, 1965 (LS) ที่เติม BAP ความเข้มข้น 1.0-2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (4.44-8.88 ไมโครโมลาร์) ร่วมกับ IBA ความเข้มข้น 0.1-0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (0.49-2.15 ไมโครโมลาร์) และ PG ความเข้มข้น 162 มิลลิกรัมต่อลิตร (1284.86 ไมโครโมลาร์) สามารถทำให้เกิดยอดได้ 2-4.5 เท่า ในเวลา 1 เดือน ซึ่งไม่มีความแตกต่างกับสูตรอาหารเดียวกันที่ไม่เติม PG ส่วนการชักนำให้เกิดรากจาก rootstock M.9/24 พบว่า อาหารแข็งสูตร LS ที่เติม IBA ความเข้มข้น 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (14.7 ไมโครโมลาร์) ร่วมกับ PG ความเข้มข้น 162 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้มีเปอร์เซ็นต์การเกิดรากมากที่สุด 44 เปอร์เซ็นต์ และมีจำนวนราก 4.9 รากต่อยอด ภายในเวลา 38 วัน ขณะที่สูตรเดียวกันแต่ไม่เติม PG มีเปอร์เซ็นต์การเกิดราก 23.4 เปอร์เซ็นต์ และมีจำนวนราก 4.1 รากต่อยอด ส่วนการชักนำรากจาก rootstock M.9/35 บนสูตรอาหารเดียวกันกับ rootstock M.9/24 ที่เติม PG ความเข้มข้น 162 มิลลิกรัมต่อลิตร มีเปอร์เซ็นต์การเกิดรากเพียง 23.4 เปอร์เซ็นต์ และมีจำนวนราก 3.2 รากต่อยอด

มหาวิทยาลัยศิลปากร ลิขสิทธิ์

Jame และคณะ (1980) ศึกษาผลของการเพิ่มจำนวนของ red raspberry สายพันธุ์ Malling Jewel โดยชิ้นส่วนยอดจากต้นกล้าเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร LS ที่เติม BAP ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (4.44 ไมโครโมลาร์) ร่วมกับ IBA ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร (0.49 ไมโครโมลาร์) และ PG ความเข้มข้น 162 มิลลิกรัมต่อลิตร (1284.86 ไมโครโมลาร์) สามารถชักนำให้เกิดยอดเพิ่มขึ้น 1.7 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ภายในเวลา 1 เดือน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า PG ชักนำให้เกิดยอดทวีคูณ 6 เท่าจากเริ่มต้น ในขณะที่สูตรอาหารที่ไม่มี PG เกิดยอดทวีคูณ 4 เท่าจากเริ่มต้น ส่วนในการชักนำให้เกิดรากจากยอด พบว่าอาหารแข็งสูตร LS ที่เติม IBA ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (4.90 ไมโครโมลาร์) ร่วมกับ PG ความเข้มข้น 162 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดรากได้ 20 รากต่อยอด ภายในเวลา 38 วัน ขณะที่สูตรอาหารเดียวกันแต่ไม่มี PG สามารถชักนำเกิดราก 12 รากต่อยอด ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนเปอร์เซ็นต์การเกิดรากไม่มีความแตกต่างกัน

Jone และ Hopgood (1979) ศึกษาการชักนำให้เกิดรากของยอด Plum rootstock Pixy (*Prunus insititia*) และ Cherry rootstock F12/1 (*P. avium*) โดยนำชิ้นส่วนยอดเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม IBA ความเข้มข้น 3 พีพีเอ็ม และ PG เป็นเวลา 3 สัปดาห์ พบว่า ยอดของ Plum

rootstock Pixy มีจำนวนราก 12 ราก ความยาวราก 243 มิลลิเมตร และน้ำหนักสดของราก 426 มิลลิกรัม ในอาหารที่เติม PG ขณะที่สูตรอาหารเดียวกันแต่ไม่มี PG สามารถชักนำให้เกิดจำนวนราก 6 ราก ความยาวราก 54 มิลลิเมตร และน้ำหนักสดของราก 222 มิลลิกรัม ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และสำหรับยอดของ Cherry rootstock F12/1 ที่เลี้ยงบนสูตรเดียวกันที่เติม PG และ ไม่เติม PG เป็นเวลา 3 สัปดาห์ พบว่าให้ผลของการเกิดราก ความยาวราก และน้ำหนักสดของราก ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์