บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ฝรั่ง (Guava)

การจำแนกชั้นทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Classification)

Kingdom: Plantae

Division: Magnoliophyta

Class: Magnoliopsida

Subclass: Rosidae

Order: Myrtales

Family: Myrtaceae

Subfamily: Myrtoideae

Tribe: Myrteae

Genus: *Psidium*

Species: *guajava*

ถิ่นกำเนิดและประวัติของฝรั่ง

ฝรั่ง (*Psidium guajava* L.) เป็นไม้ผลขนาดกลางอยู่ในวงศ์ Myrtaceae มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนของทวีปอเมริกา พบมากในประเทศบราซิล เม็กซิโก เปรู ต่อมาขยายเข้ามาสู่ประเทศอินเดียและประเทศไทย ฝรั่งสามารถเจริญเติบโตได้ทุกสภาพภูมิประเทศทั้งในเขตร้อนและเขตกึ่งร้อน (Mishra *et al.*, 2007) หรือประเทศที่มีอากาศค่อนข้างอบอุ่นแต่ไม่ทนทานต่ออากาศที่เย็นจัด

สำหรับประเทศไทยมีการปลูกกันมากว่า 35 ปี ตั้งแต่ประเทศไทยเริ่มมีสัมพันธไมตรีกับประเทศอเมริกาและพวกคณะมิชชันนารี ได้นำพันธุ์ฝรั่งเข้ามาเผยแพร่ทำให้คนไทยเรียกผลไม้ชนิดนี้ว่า "ฝรั่ง" และยังได้มีการนำพันธุ์เข้ามาจากประเทศจีน อินเดีย รวมทั้งเวียดนาม มาเพาะปลูกกันแพร่หลายจนกลายเป็นผลไม้พื้นบ้านของประเทศไทย ส่วนฝรั่งในสมัยก่อนๆ อาจมีขนาดไม่ใหญ่โตเหมือนฝรั่งในสมัยนี้ ที่มีทั้งขนาดผลเล็กๆ เช่น ฝรั่งขี้นก ฝรั่งจีน

เป็นต้น ต่อมาได้มีการปรับปรุงสายพันธุ์ ทำให้มีฝรั่งมากมายที่มีปลูกและจำหน่าย เช่น ฝรั่งเวียดนาม ฝรั่งสาลี่ ฝรั่งอินเดีย รวมทั้งฝรั่งไร้เมล็ด นอกจากนี้การแปรรูปจากผลฝรั่ง เช่น น้ำฝรั่ง เป็นต้น ทำให้ฝรั่งเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญของประเทศไทยมากขึ้น ฝรั่งส่วนใหญ่ทำการเพาะปลูกในภาคกลาง เช่น กรุงเทพฯ นครปฐม สมุทรสาคร ราชบุรี เป็นต้น

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ฝรั่งเป็นพืชวงศ์ Myrtaceae เป็นพรรณไม้ยืนต้นมีขนาดเล็กถึงขนาดกลาง ทรงต้นสูงประมาณ 3-10 เมตร แตกกิ่งเป็นวงกว้างบริเวณใกล้โคนต้น มีเปลือกไม้สีน้ำตาลเทา เมื่อยอดอ่อน มีลักษณะเป็นเหลี่ยมมีจำนวนของเกสรเพศผู้มาก ผลเป็นแบบมีเนื้อหนึ่งถึงหลายเมล็ด พืชในสกุล *Psidium* มีประมาณ 150 ชนิด และฝรั่งเป็นผลไม้ชนิดบ่มให้สุกได้ (climacteric fruit) โดยปกติฝรั่งมีจำนวนโครโมโซม X=11, 2n=22 (Ray, 2002) และฝรั่งไร้เมล็ดมีจำนวนโครโมโซม X=11, 3n=33 ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ในธรรมชาติหรือเกิดจากมนุษย์สร้างขึ้น เช่น การปรับปรุงพันธุ์หรือการใช้สารเคมี

ลำต้น (stem)

ที่ผิวเปลือกตอนแรกลำต้นมีสีน้ำตาลอมแดงหรือน้ำตาลอมสีเขียว กิ่งอ่อนเป็นสี่เหลี่ยม มีขนปกคลุมอย่างหนาแน่น ขนสีขาวจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลคล้ำ ลำต้นเรียบเกลี้ยงเปลือกลอกออกง่ายเมื่อลำต้นแก่จัด แต่สำหรับกิ่งแก่ไม่มีปีก

ใบ (leaf)

ใบฝรั่งจัดอยู่ในประเภทใบเลี้ยงคู่ ใบเป็นรูปไข่ ปลายมน ใบเป็นใบหนา ใต้ท้องใบเป็นริ้วเห็นเส้นใบได้ชัด ใบอ่อนสีเขียวลักษณะไม่เรียบมีขนปกคลุมแตกแยกออกเป็น 2 แนว เรียงตัวตรงข้ามกันส่วนด้านบนมีร่องลึกและมีขนขึ้นนวลบางขนาดของใบยาวประมาณ 2-5 นิ้ว กว้างประมาณ 1.5-3.00 นิ้ว

ดอก (flower)

ดอกออกเป็นช่อบริเวณซอกใบ ในหนึ่งช่อมีดอกย่อยประมาณ 3-5 ดอก ลักษณะของดอกเป็นดอกเล็ก มีสีขาวอมเขียวอ่อนๆ กลีบเลี้ยงแข็งมีความคงทนมาก ก้านดอกเป็นสีเขียวอมเหลือง และมีขนอ่อนสีเขียวอมเหลืองปกคลุมอยู่บริเวณกลีบรองดอก ขณะดอกยังตูมกลีบเลี้ยง

หุ้มส่วนอื่นๆ ของดอกไว้ หลังจากที่กลีบเลี้ยงที่หุ้มดอกแตกออกดอกเริ่มคลี่บาน ดอกเริ่มบานตั้งแต่ 4.00-10.00 น. แต่ช่วงที่ดอกบานมากที่สุดคือช่วง 5.00-7.00 น. ในกรณีของฝรั่งพันธุ์ป่าดอกบานช่วง 4.00-6.00 น. เกสรตัวผู้เริ่มแตกประมาณ 15-20 นาที เรณูเริ่มแตกออกจากเกสรเพศผู้ประมาณ 45 นาทีหลังดอกบาน ช่วงนี้ฝรั่งพร้อมในการถ่ายเรณูให้แก่เกสรเพศเมีย และช่วงเวลาการปฏิสนธิขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของฝรั่ง (Ray, 2002) ส่วนการพัฒนาการของดอก พืช โดยทั่วไปการออกดอกเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเจริญปลายยอด (shoot apical meristem) จากการเติบโตและพัฒนาการทางลำต้นไปสู่การเติบโต และพัฒนาการทางการสืบพันธุ์โดยเกิดการพัฒนาอย่างเป็นลำดับและต่อเนื่องของเนื้อเยื่อเจริญของดอก (floral meristem) เพื่อสร้างโครงสร้างดอก การออกดอก การออกดอกสามารถแบ่งได้เป็น 3 ระยะ คือ

1. ระยะ induction
2. ระยะ evocation
3. ระยะ floral development (ลิลลี่ และคณะ, 2548)

ผล (fruit)

ลักษณะของผลเป็นรูปต่างกันตามลักษณะของแต่ละชนิดพันธุ์ แต่ลักษณะของผิวเกลี้ยงเรียบ ผลเมื่อยังอ่อนจะเป็นสีเขียวแก่หรือเขียวอ่อน แต่เมื่อผลสุกเปลี่ยนเป็นสีเหลือง มีกลิ่นหอม เมล็ดติดอยู่กับเนื้อชั้นในใจกลางของผล มีเมล็ดจำนวนมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ เมล็ดมีสีเหลืองอ่อน หรือน้ำตาลอมเหลือง เปลือกแข็ง เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.2-0.3 เซนติเมตร ความยาว 0.3-0.5 เซนติเมตร รูปร่างมีลักษณะโค้งคล้ายไต (นฤมล, มมป.) ทิพย์วรรณ (2542) ได้ศึกษาทดลองอิทธิพลของสารจิบเบอเรลลินต่างความเข้มข้น (GA_3, GA_{4+7} และ GA_{4+7}+BA) ต่อการติดผลของฝรั่งพันธุ์กลมสาลี่ และพันธุ์บางกอกแอปเปิล พบว่าการฉีดพ่นสารในระยะหลังดอกบาน 3 วัน มีผลทำให้จำนวนเมล็ดน้อยกว่าการฉีดสารในระยะก่อนดอกบานและระยะบานเต็มที่ และฉีดพ่นสารเพียง 1 ครั้ง ทำให้เปอร์เซ็นต์การติดผลดีกว่า 2 ครั้ง พันธุ์กลมสาลี่เมื่อฉีดพ่นสารในระดับความเข้มข้นสูง ทำให้เปอร์เซ็นต์การติดผลลดลง แต่อย่างไรก็ตาม จิบเบอเรลลินระดับความเข้มข้นสูง มีแนวโน้มในการลดจำนวนเมล็ดของฝรั่งพันธุ์กลมสาลี่เช่นกัน

สายพันธุ์ฝรั่ง

ความหลากหลายด้านพันธุกรรมของฝรั่งแสดงออกมาในหลายรูปแบบ เช่น ขนาดผล รูปร่างผล ขนาด และ ความแข็งของเมล็ด รสชาติ กลิ่น ลักษณะเนื้อ สีเนื้อ ปริมาณวิตามินซี

ความอ่อนแอต่อโรคและแมลงศัตรูพืช และต่อการแตกของผล ผลผลิต ทรงต้น ความแข็งแรงของต้น ช่วงเวลาที่ใช้ในการออกดอกจนถึงผลแก่ การตอบสนองต่อการชักนำการออกดอก และมีรายละเอียดแต่ละสายพันธุ์ดังต่อไปนี้

พันธุ์ขี้นก

ฝรั่งพันธุ์ขี้นก เป็นฝรั่งที่มีขนาดผลเล็กมาก จำนวน 20-25 ผลต่อกิโลกรัม ไส้สีแดง ไม่มีการปลูกเป็นสวนเพื่อการพาณิชย์ สันนิษฐานว่าเป็นฝรั่งอินเดียที่มีการนำเข้ามาปลูกและมีการพัฒนาพันธุ์ขึ้นมา

ลักษณะประจำพันธุ์

ต้น ลำต้นมีการเจริญเติบโตช้า

ผล มีขนาดเล็กมาก รูปไข่ เนื้อสีชมพู เนื้อบาง รสชาติหวานอมเปรี้ยวหรือมีรสฝาดปน

เมล็ด ขนาดเล็กและแข็ง

พันธุ์แป้นสีทอง

ฝรั่งพันธุ์แป้นสีทองจัดว่าเป็นฝรั่งที่นิยมรับประทานผลสดมากที่สุด และครองตลาดต่อเนื่องอย่างยาวนาน โดยพันธุ์นี้ปรากฏครั้งแรกในงานเกษตรแห่งชาติที่เกษตรศาสตร์บางเขน เมื่อวันที่ 31 มกราคม 2534 โดยคุณสมัย แดงสมบูรณ์ ชาวสวน ตำบลบางช้าง อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม ได้ส่งเข้าประกวดในนามฝรั่งกลมสาลี่ซึ่งได้รับรางวัลที่ 1 (ประทีป, 2542) เป็นที่สนใจ และเชื่อว่าฝรั่งแป้นสีทองอาจเกิดมาจากฝรั่งพันธุ์บางกอกแอปเปิล

ลักษณะประจำพันธุ์ เป็นฝรั่งที่มีผลขนาดใหญ่ เนื้อหนา มีเมล็ดน้อย ลำต้นใหญ่ กิ่งก้านใหญ่ แข็งแรง เพราะรูปร่างผลกลมแป้น ผิวสวย เป็นทรงกลมสวยงาม และสามารถเก็บรักษาได้นานกว่าสายพันธุ์อื่นจึงมีการตั้งพันธุ์นี้ชื่อว่าแป้นสีทอง

พันธุ์กลมสาลี่

เป็นพันธุ์ที่ตลาดนิยมที่สุดในอดีต ก่อนเปลี่ยนมานิยมพันธุ์แป้นสีทองในปัจจุบัน เพราะมีข้อด้อยกว่าพันธุ์แป้นสีทองหลายประการ เช่น ผลที่มีขนาดเล็กกว่า ความตกของผลน้อยกว่า ไว้ผลมากเท่าไหร่ผลยิ่งเล็ก เพราะพันธุ์กลมสาลี่มีขนาดของกิ่งเล็ก ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการดัดแต่งกิ่งมาก แต่มีข้อดีคือ มีการให้ผลสม่ำเสมอ ผลค่อนข้างทนทานต่อการขนส่ง ไม่เหี่ยวง่าย เก็บไว้ได้นาน เมื่อผลแก่สามารถปล่อยไว้บนต้นได้นานกว่าพันธุ์อื่นๆ

ลักษณะประจำพันธุ์ ฝรั่งพันธุ์กลมสาลี่มีน้ำหนักต่อผลประมาณ 300-350 กรัม ทรงผลกลมแป้นถึงกลมทรงสูง ด้านขั้วเว้าลงลึก ด้านก้นผลเรียบ ผิวเรียบถึงขรุขระเล็กน้อย เนื้อหนา ด้านนอกเป็นสีขาวปนเขียว เนื้อด้านในเป็นสีขาว เนื้อหนาแน่นกรอบ รสชาติหวานอมเปรี้ยว มีรสฝาดเล็กน้อย เมื่อสุกเนื้อนุ่มเป็นทราย มีกลิ่นหอม ไส้เป็นเนื้อตัน มีเมล็ดเล็กและแข็งจำนวนมาก มีสีน้ำตาลอ่อน

ไร้เมล็ดพันธุ์เจินจูหรือเซินจู

ในกลุ่มของฝรั่งไร้เมล็ดพันธุ์เจินจูหรือเซินจู โดยอาจารย์ประทีป กุณาศล อดีตผู้เชี่ยวชาญทางด้านไม้ผลจากกรมวิชาการเกษตรนำเข้าจากไต้หวัน เมื่อประมาณปี พ.ศ. 2542 ประวัติความเป็นมาของฝรั่งพันธุ์นี้พบว่ามีความเกี่ยวข้องกับประเทศไทย คือเป็นสายพันธุ์ฝรั่งที่อยู่ในสถานีทดลองพืชสวนไต้หวันแห่งหนึ่งทางตอนใต้ของประเทศ เป็นฝรั่งที่ได้จากการเพาะเมล็ดและกลายพันธุ์มาดี โดยเกิดจากการผสมพันธุ์ของไทย 2 สายพันธุ์ คือ พันธุ์กลมสาลี่ (มีเมล็ด) และพันธุ์บางกอกแอปเปิล ซึ่งไม่มีเมล็ดสำหรับเกษตรกรที่ปลูกเริ่มแรกคือ คุณวิลังโก ดวงจิตา จังหวัดสมุทรสาคร ได้อธิบายถึงลักษณะเด่นของฝรั่งสายพันธุ์นี้ซึ่งจัดเป็นฝรั่งที่มีเมล็ดน้อยมากถึงไม่มีเมล็ด แต่มีลักษณะเด่นเมื่อผลแก่มีรสชาติหวานกรอบมาก (นายเกษตร, 2548) และเนื้อไม่หยาบ เมื่อเปรียบเทียบกับสายพันธุ์อื่น ส่วนใหญ่เนื้อหยาบ (ทวีศักดิ์, 2548) ซึ่งในประเทศไทยเรียกฝรั่งพันธุ์นี้ว่าพันธุ์กิมจู แต่มีข้อเสียคือ ไม่สามารถเก็บรักษาได้นานคือ ประมาณ 1 วัน ผลเริ่มสุกนิ่มและเสียรสชาติ (ประสิทธิ์ศิลป์, 2548)

พันธุ์บางกอกแอปเปิล

ฝรั่งพันธุ์บางกอกแอปเปิล เป็นพันธุ์นิยมปลูกในประเทศมาเลเซีย อินโดนีเซีย และฟิลิปปินส์ แต่ไม่นิยมปลูกในประเทศไทย

ลักษณะประจำสายพันธุ์ ผลมีขนาดใหญ่น้ำหนักประมาณ 600-1,000 กรัม ผิวสีเขียวอ่อนเนื้อหนาแน่นตลอดทั้งผล รสชาติหวานอมเปรี้ยว กรอบ รูปทรงผลสวย ตั้งชื่อบางกอกแอปเปิล เพราะรูปร่างคล้ายผลแอปเปิล ไร้เมล็ด ผลสุกช้า เมื่อสุกเนื้อไม่เละ

ฝรั่งไร้เมล็ด

เป็นฝรั่งไร้เมล็ดที่เป็นที่นิยมของผู้บริโภคและพันธุ์ที่นำเข้ามาจากมาเลเซีย สันนิษฐานว่าฝรั่งพันธุ์นี้ประเทศมาเลเซียพัฒนาขึ้นมาจากฝรั่งพันธุ์บางกอกแอปเปิล ซึ่งฝรั่งไร้เมล็ด

เป็นที่รู้จักและปลูกเป็นการค้า มีเพียงพันธุ์บางกอกแอปเปิลเท่านั้น แต่ปัญหาของพันธุ์นี้คือติดผลยาก จึงทำให้พันธุ์สาลี่ทองไร้เมล็ด มีข้อดีกว่าในแง่การลงทุน เป็นที่ต้องการของตลาด

ลักษณะประจำพันธุ์ ผลมีรูปร่างสวยแปลกตา สีผิวสวย ไร้เมล็ด รสชาติเปรี้ยวเล็กน้อย

พันธุ์เด่นขุนวัง

ฝรั่งพันธุ์เด่นขุนวัง เป็นฝรั่งที่ได้รับความสนใจจากชาวสวน แต่ให้ผลผลิตน้อยกว่าแป้นสีทองเล็กน้อย

ลักษณะประจำสายพันธุ์ มีรูปร่างและขนาดของผล ไม่แตกต่างจากฝรั่งพันธุ์แป้นสีทอง แต่แตกต่างกันภายในผลเด่นขุนวังไร้เมล็ดและรสชาติดี

สภาพแวดล้อมของฝรั่ง

ฝรั่งจัดเป็นไม้ผลที่มีความทนทานต่อสภาพอากาศที่แห้งแล้งได้เป็นอย่างดี สามารถให้ผลผลิตสม่ำเสมอในที่มีแสงแดดส่องทั่วถึง และปริมาณน้ำฝนปานกลาง เพราะฝรั่งชอบแสงแดด สำหรับพื้นที่ที่มีฝนตกชุก และมีความชื้นสูงมากส่งผลกระทบ ทำให้มีผลผลิตน้อยและมีความทนทานต่อโรคและแมลงศัตรูพืช ลดลง สำหรับประเทศไทยมีสภาพอากาศที่เหมาะสมในการปลูกฝรั่งทุกพันธุ์

ดิน

ฝรั่งเป็นไม้ที่ทนทานต่อสภาพแวดล้อมได้ดี เมื่อเปรียบเทียบกับไม้ผลชนิดอื่นๆ ดังนั้น ฝรั่งจึงสามารถปลูกได้ในดินเกือบทุกสภาพและทุกภาคของประเทศไทย นอกจากนี้ฝรั่งไร้เมล็ดยังสามารถปลูกได้แม้ดินที่เป็นกรด (pH ต่ำกว่า 4.5) และดินที่เป็นด่างอ่อนๆ (pH ประมาณ 7.5) หากเป็นดินเหนียวระบายน้ำยากต้องยกเป็นร่องสูงเพื่อไม่ให้ดินแฉะจนเกินไป พื้นที่อยู่ใกล้แม่น้ำ ภาคกลางปลูกฝรั่งในที่ดอนนั้นการเตรียมพื้นที่ไม่ยุ่งยากมากนัก คือ หากมีวัชพืชมากควรทำการไถพรวน ไถหนึ่งรอบเพื่อกำจัดหญ้า หากปลูกพืชในแปลงมาก่อนและพืชแสดงอาการขาดแคลเซียม หรือ แมกนีเซียม ควรหว่านแคลเซียมคาร์บอร์เนต หรือ หินปูนบด ปูนมาร์ล ปูนขาว ปูนโดโลไมท์ หรือ พวกยิปซั่ม

อุณหภูมิ

ต้นฝรั่งสามารถทำการเพาะปลูกได้ในเขตที่มีอากาศร้อนและกึ่งร้อน ทำการเพาะปลูกได้ในอากาศชุ่มชื้น หากปลูกต้นฝรั่งเพื่อการค้าจะต้องทำการปลูกในแหล่งที่มีอากาศร้อน มีอุณหภูมิประมาณ 16 องศาเซลเซียส และฤดูหนาวมีอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 7 องศาเซลเซียส

ลม

การเพาะปลูกต้นฝรั่งไม่ต้องกลัวเรื่องลมโกรก เพราะว่าต้นฝรั่งมีระบบรากที่แข็งแรง กิ่งเหนียว มีข้อยกเว้นสำหรับในพื้นที่ที่ลมพัดแรง ทำให้เกิดใบร่วงได้และส่งผลเสียต่อการออกดอกและติดผล ควรทำการเพาะปลูกไม้ไว้สำหรับกันลม

การปลูกและการดูแลรักษา

การปลูกฝรั่ง นิยมใช้ระยะปลูก 3 x 4 ตารางเมตร หรือ 4 x 4 ตารางเมตร หรือประมาณ 100 ต้น/ไร่ สามารถปลูกได้ทั้งที่ลุ่มและที่ดอน ในที่ลุ่มควรยกร่องส่วนที่ดอนไม่จำเป็นต้องยกร่อง ฝรั่งจัดเป็นไม้ผลไม้ที่ทนน้ำท่วมขังได้ดีและทนแล้งได้พอสมควรแต่อย่างไรก็ตาม ฝรั่งยังต้องการดินที่มีอินทรียวัตถุสูงควรมีการใส่ปุ๋ยคอกปุ๋ยหมัก เพราะทำให้ผลมีคุณภาพและรสชาติดี ถ้ามีการเตรียมหลุมปลูกที่ดีฝรั่งเจริญเติบโตในช่วงปีแรกเร็ว พบเกษตรกรบางรายเตรียมหลุมขนาด 50x50 ตารางเซนติเมตร นำปุ๋ยหมักลงไปในหลุมอย่างน้อย 3 เดือน ก่อนปลูก นำปุ๋ยคอกและเศษพืชต่างๆใส่ลงไปทิ้งไว้อย่างน้อย 3 เดือน แล้วนำกิ่งพันธุ์มาปลูก ก่อนปลูกควรแน่ใจว่าปุ๋ยที่หักสลายตัวแล้ว ไม่เกิดความร้อน โดยการทดลองใช้มือคุ้ยดินผสมในหลุม มีการย่อยสลายดีและไม่มีความร้อน สามารถนำกิ่งพันธุ์ลงปลูกได้ หลังจากปลูกประมาณ 6 เดือน วิธีนี้ฝรั่งเจริญเติบโตเต็มที่พร้อมให้ผลผลิตได้ หากไม่สามารถทำตามวิธีดังกล่าวได้แนะนำให้ขุดหลุมขนาด 30 x30 ตารางเซนติเมตร นำปุ๋ยหมักสำเร็จใส่ผสม อาจใส่ปุ๋ยเคมีประมาณ 10-15 กรัม รองก้นหลุมแล้วกลบดินทับอย่างน้อยหนึ่งฝ่ามืออย่าให้ปุ๋ยสัมผัสกับรากโดยตรง หลังจากปลูกควรปักไม้ยึดลำต้น รดน้ำให้ชุ่ม

การดูแลรักษาในช่วง 6 เดือนแรก

การให้น้ำควรรดน้ำให้สม่ำเสมอเพราะฝรั่งชอบน้ำแต่ไม่ชอบแฉะในช่วง 6 เดือนแรก หากไม่มีฝนควรรดน้ำ วันละ 2 ครั้ง เช้า เย็น ส่วนใหญ่ในการสวนแบบยกร่องมักรดน้ำวันละ 1 ครั้ง เมื่อต้นโตแล้วการรดน้ำก็เว้นระยะได้ 6 เดือน ในฤดูแล้งระยะที่ใกล้ออกดอก ควรงดการให้น้ำ

มากเพราะการให้น้ำมากเกินไปในระยะออกดอก ทำให้ชะลอการออกดอกส่วนระบบการให้น้ำเกษตรกรที่มีสวนขนาดใหญ่ สวนฝรั่งที่ปลูกในดอนอาจจะมีการให้น้ำระบบมินิสปริงเกอร์ ฝรั่งที่ปลูกในที่ลุ่มอาจใช้วิธีการรดน้ำระหว่างร่อง ควรพรวนดินเดือนละ 2 ครั้ง เพื่อกำจัดวัชพืชหรืออาจใช้สารกำจัดวัชพืช

การห่อผลฝรั่ง

เมื่อผลผลิตออกมามีขนาดโตประมาณลูกมะนาว โดยทำการห่อผลฝรั่งให้มิดชิดเพื่อเป็นการป้องกันแมลงรบกวน เพื่อได้ผลฝรั่งที่สีผิวสวย รสชาติอร่อยและปลอดภัยจากสารเคมี ซึ่งเทคนิคพิเศษในการห่อผลฝรั่งและผลไม้ทุกชนิดที่ทำให้แมลงไม่สามารถเข้าไปรบกวนได้โดยไม่ใช้สารเคมีใดๆ และทำให้ฝรั่งมีรสชาติอร่อยอีกด้วยโดยมีวิธีการดังนี้

อุปกรณ์ที่ต้องเตรียมในการห่อผลฝรั่ง

1. กระดาษขนาด A4 จำนวน 1 แผ่นต่อฝรั่ง 1 ผล
2. ถุงพลาสติกสีขาวขุ่นขนาด 6 x 14 ตารางเซนติเมตร จำนวน 1 ถุงต่อ 1 ผล

วิธีการห่อ

การห่อผลฝรั่งสามารถใช้ถุงห่อผลไม้สำเร็จมาห่อได้แต่มีราคาแพง ซึ่งสามารถดัดแปลงโดยใช้ถุงห่อแบบประหยัดได้ดังนี้

1. นำกระดาษ A4 มาพับครึ่งตามแนวขวาง
2. ฉีกกระดาษตามแนวพับยาวประมาณ 2 นิ้ว
3. ก่อนนำกระดาษห่อผลฝรั่ง ให้เด็ดส่วนที่เป็นเกสรที่ติดอยู่กับผลฝรั่งออกจนหมด เพื่อเป็นการป้องกันแมลงเข้าไปอาศัยอยู่และทำลายผลผลิตหลังห่อ
4. นำกระดาษในส่วนที่เป็นรอยฉีกวางไว้ด้านบนสุดของผลฝรั่งที่ติดกับขั้ว
5. พับกระดาษลงมาให้กระดาษคลุมโดยรอบของผลฝรั่งแล้วพับกระดาษในส่วนด้านล่างให้ปิดผลฝรั่งจนมิดทั้งผล
6. นำถุงพลาสติกสีขาวขุ่นที่เตรียมไว้เข้าคลุมด้านนอกให้มิดชิดอีกครั้ง
7. หลังห่อผลประมาณ 60 วัน สามารถเก็บผลผลิตจำหน่ายได้

การตัดแต่งกิ่งฝรั่งและการกระตุ้นการออกดอกฝรั่ง

สำหรับการตัดแต่งกิ่งฝรั่งในต้นที่สมบูรณ์ตัดออกประมาณ 25-30 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการบังคับให้ฝรั่งออกดอกเร็วขึ้นนั้น โดยปกติแล้วฝรั่งออกดอกบริเวณส่วนยอดเกิดใหม่ที่โคนก้าน

คือ ใบคู่ที่ 3-4 บนกิ่งอ่อน โดยทั่วไปฝรั่งให้ผลเร็วถ้าเป็นฝรั่งที่ได้จากกิ่งตอน เก็บผลครั้งแรกเมื่ออายุได้ประมาณ 1 ปี หรือถ้าเป็นต้นที่ได้จากการเพาะเมล็ดเก็บผลได้ช้ากว่า คือ อายุประมาณ 1-2 ปี ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ฝรั่ง ดังนั้นการปลูกฝรั่งเมื่อมีการออกดอกติดผลอาจใช้การกระตุ้นการออกดอกของฝรั่ง โดยวิธีการดังต่อไปนี้

1. การโน้มกิ่งฝรั่งมีช่อดอกที่กิ่งอ่อน ดังนั้นการทำให้เกิดกิ่งอ่อนชักนำให้เกิดดาดอกได้ การโน้มกิ่งฝรั่งให้อยู่ในแนวระดับแล้วใช้ไม้รวกยึดปักไว้ เร่งใส่ปุ๋ย รดน้ำ ฝรั่งแตกกิ่งจากกิ่งที่โน้มพร้อมทั้งมีช่อดอกออกมาด้วย

2. การตัดแต่งทำให้เกิดการแตกกิ่งอ่อนและช่อดอกได้กิ่งที่ตัดแต่งคือ กิ่งที่อ่อนแอ กิ่งที่เป็นโรคและกิ่งที่อยู่ในทรงพุ่มแน่นทึบ

3. การทำให้ใบร่วง โดยใช้ปุ๋ยยูเรียพ่นให้ทั่วทั้งต้น เพื่อให้ใบฝรั่งร่วงหมดระยะนี้ต้องให้น้ำและปุ๋ยบำรุงต้น หลังจากนั้นประมาณ 5 สัปดาห์ จะเห็นช่อดอกเจริญออกมาพร้อมกิ่งอ่อนที่แตกขึ้นใหม่และเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ใน 5 เดือน หลังจากแตกยอดอ่อน

4. การเด็ดยอดฝรั่งโดยนับใบจากปลายกิ่งถึงใบคู่ที่ 4 จึงเด็ดยอดทิ้ง จากนั้นฝรั่งจะเริ่มแทงตาดอกออกมา

คุณค่าอาหารที่เป็นประโยชน์ของฝรั่ง

สำหรับคุณค่าทางด้านสารอาหารของฝรั่งนั้นในปริมาณ 100 มิลลิกรัม ฝรั่งอุดมไปด้วยวิตามินซี 1,600 มิลลิกรัม ให้พลังงาน 34 แคลอรี่ โปรตีน 0.6 กรัม ไขมัน 0.1 กรัม คาร์โบไฮเดรท 8 กรัม ใยอาหาร 2.9 กรัม แคลเซียม 2 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 12 มิลลิกรัม เหล็ก 0.4 มิลลิกรัม เบต้า-แคโรทีน 21 ไมโครกรัม วิตามินบี 1 0.05 มิลลิกรัม วิตามินบี 2 0.11 มิลลิกรัม ไนอะซีน 1.3 มิลลิกรัม วิตามินซี 187 มิลลิกรัม ฝรั่งมีวิตามินมากกว่าส้มเขียวหวานถึง 9 เท่า ซึ่งเพียงพอต่อความต้องการของร่างกายในแต่ละวัน (30-40 มิลลิกรัม) และนอกจากผลแล้วใบฝรั่งมีประโยชน์ และมีคุณค่าเป็นยาสมุนไพรด้วย เช่น ใช้บรรเทาอาการท้องเสียหรือนำมาเคี้ยวดับกลิ่นปาก

ส่วนที่นำมาใช้ประโยชน์ของฝรั่ง

คุณสมบัติทางยา สามารถแบ่งได้ 2 ประเภท คือ รักษาภายในและรักษาภายนอก คือ ใบฝรั่งและผลอ่อนฝรั่ง

สารเคมีสำคัญในใบฝรั่งและผลฝรั่งอ่อน

1. แทนนิน (tannin) มีรสฝาด พบว่าใบฝรั่งมีสารแทนนิน 8-15 เปอร์เซ็นต์ เป็นประเภท Catechol และ Pyrogallol เป็นสารที่ก่อให้เกิดรสฝาด มีฤทธิ์ในการลดการระคายเคืองของ

ลำไส้ ลดการสูญเสียน้ำ มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียในกระเพาะอาหารและลำไส้ เช่นแบคทีเรียชื่อว่า *Staphylococcus aureus* และ *E.coli*

2. ฟลาโวนอล (flovanol) สามารถพบได้ทุกส่วนของพืชและเป็นสารที่มีสีออกแดง เหลือง ม่วง น้ำเงิน เป็นชนิดเดียวกับสารในผลโกโก้ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและทำให้หัวใจทำงานดีขึ้น

3. วิตามินซี

4. แร่ธาตุแคลเซียม

5. แร่ธาตุเหล็ก

ใบฝรั่ง

ใบฝรั่งที่แก่สมบูรณ์เต็มที่ ช่วยบรรเทาอาการท้องเสีย มีฤทธิ์ลดการบีบตัวของลำไส้ ในการออกฤทธิ์แก้อาการท้องเสีย สารที่พบคือ Quercetin และ Quercetin-3 arabinoside โดยยับยั้ง Acetylcholing มีผลทำให้หยุดถ่าย และมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย เชื้อไวรัส และพยาธิ เป็นสาเหตุของอาการท้องเสีย สารสกัดจากใบด้วยน้ำ สามารถต้านเชื้อ *Shigella dysentriae* การทดลองทางคลินิกใช้รักษาอาการท้องเสีย มีรายงานการรักษา โดยใช้แคปซูลใบฝรั่งแห้งบดเป็นผงกับคนไข้อุจจาระร่วง 122 คน ชาย 64 คน หญิง 58 คน โดยรับประทาน 2 แคปซูลๆ ละ 250 มิลลิกรัม ทุก 3 ชั่วโมง นาน 3 วัน พบว่าได้ผลดีกว่า Tetracycline และไม่พบอาการข้างเคียง

ผลฝรั่ง

ผลฝรั่งอ่อนมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรียซึ่งเป็นสาเหตุของอาการท้องเสียฆ่าเชื้อแบคทีเรียสาเหตุของโรคไทฟอยด์ (*Bacillus typhosus*) สารสำคัญในการออกฤทธิ์แก้อาการท้องเสียผลฝรั่ง มีรสฝาดใช้แก้อาการท้องเสีย

ใบฝรั่งแห้งบดเป็นผงช่วยรักษาโรคอุจจาระร่วง มีการศึกษาวิจัยโดยใช้ใบฝรั่งแห้งบดเป็นผง แล้วบรรจุในแคปซูล ทำให้รับประทานได้ง่าย และสามารถพกพาได้ไปสะดวก สามารถฆ่าเชื้อ *Salmonella typhosa* และ *Shigella antidysenterae* ได้ และสรุปผลได้ว่าใบฝรั่งสามารถลดอาการอุจจาระร่วงและลดระยะเวลาของการถ่ายเหลวได้ โดยไม่พบอาการข้างเคียงจากยา นอกจากนี้ใบฝรั่งช่วยลดอาการปวดประจำเดือน มีการวิจัยสารสกัดด้วยเอทานอลจากใบฝรั่ง (ในสารสกัดขนาด 300 มิลลิกรัม จะต้องมีปริมาณฟลาโวนอล 1 มิลลิกรัม)

การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ในพืช

การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ในพืช แบ่งออกเป็น 2 ชนิด

การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ในพืช แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ พัฒนาการของเรณู (Pollen development) ส่วนสืบพันธุ์เพศผู้ (male gamete) การสร้างเรณูเกิดขึ้นภายในอับเรณูของเกสรเพศผู้ ภายในอับเรณู ประกอบด้วยเซลล์กำเนิดไมโครสปอร์ (microspore mother cell) หรือไมโครสปอโรไซต์ (microsporocyte) จำนวนมาก แต่ละเซลล์มีจำนวนโครโมโซมเป็นดิพลอยด์ (2n) ซึ่งเมื่อแต่ละเซลล์แบ่งตัวแบบไมโอซีสจาก 1 เซลล์ จะกลายเป็น 4 เซลล์ แต่ละเซลล์เรียกว่าไมโครสปอร์ (microspore) มีจำนวนโครโมโซมเป็นแฮพลอยด์ จากนั้นแต่ละไมโครสปอร์จะแบ่งเซลล์แบบไมโทซีส โดยไม่มีการแบ่งไซโทพลาซึมทำให้แต่ละเซลล์มี 2 นิวเคลียส นิวเคลียสอันหนึ่งเรียกว่าทูปนิวเคลียส (tube nucleus) อีกหนึ่งนิวเคลียสเรียกว่า เยเนอเรทีพ นิวเคลียส (generative nucleus) และเยเนอเรทีพ นิวเคลียส แบ่งเซลล์แบบไมโทซีสอีกครั้ง โดยไม่มีการแบ่งไซโทพลาซึมได้ 2 สเปิร์มนิวเคลียส (sperm nucleus) เซลล์ที่ได้ดังกล่าวนี้เรียกว่าเรณู การสร้างไข่ (megasporogenesis) เกิดขึ้นภายในรังไข่ ของเกสรเพศเมีย ซึ่งประกอบด้วย เมกะสปอร์มาเทอร์เซลล์ (megaspore mother cell) หรือเมกะสปอโรไซต์ (megasporocyte) โดยเริ่มจาก 1 เซลล์ แบ่งแบบไมโอซีสได้ 4 เซลล์ แต่ละเซลล์เรียกว่าเมกะสปอร์ (megaspore) มีจำนวนโครโมโซมเป็นแฮพลอยด์ (n) ต่อจากนั้น 3 เมกะสปอร์ จะสลายตัวหายไปคงเหลือ 1 เมกะสปอร์ ซึ่งแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซีส 3 ครั้ง โดยไม่มีการแบ่งไซโทพลาซึม ได้เซลล์ที่มีขนาดใหญ่ภายในมี 8 นิวเคลียส โดย 3 นิวเคลียสมาเรียงตัวกันอยู่ทางด้านรูเปิดไมโครไพล์ (micropyle) นิวเคลียสอยู่ตรงกลางเรียกว่าไข่ (egg) อีก 2 นิวเคลียสประกบอยู่ 2 ด้านข้างของเซลล์ไข่ เรียกว่า ซินเนอร์กิด (synergid) อีก 3 นิวเคลียสเรียงตัวกันอยู่ด้านตรงข้ามกับรูไมโครไพล์ เรียกว่าแอนติโปดัล (antipodal) ที่เหลืออีก 2 นิวเคลียสเรียงตัวอยู่ตรงกลาง เรียกว่า โพลาร์นิวคลีไอ (polar nuclei) เรียกเซลล์ขนาดใหญ่นี้ว่าถุงเอ็มบริโอ (embryo sac) ถุงเอ็มบริโอนี้ถูกล้อมรอบด้วยเนื้อเยื่อของรังไข่ เรียกว่า อินทิกูเมนต์ (integument) และนูเซลลัส (nucellus) ที่ปลายด้านหนึ่งของถุงเอ็มบริโอจะมีรูเปิดเรียกว่า ไมโครไพล์ ซึ่งเป็นช่องทางที่โพลเลนทูป (pollen tube) แทรกตัวเข้าไปเพื่อนำทางให้สเปิร์มนิวเคลียสทั้ง 2 เซลล์เข้าผสมกับไข่และโพลาร์นิวคลีไอ สเปิร์มนิวเคลียสที่เข้าปฏิสนธิกับไข่กลายเป็นไซโกตและเจริญเติบโตเป็นเอ็มบริโอ (2n) ส่วนสเปิร์มที่เข้าผสมกับโพลาร์นิวคลีไอทั้ง 2 นิวเคลียส รวมเป็น 3 นิวเคลียส จะเจริญเป็นเอนโดสเปิร์ม (endosperm) หรือเนื้อเยื่อสะสมอาหารสำหรับต้นอ่อนซึ่งมีจำนวนโครโมโซมเป็นทริพลอยด์ (triploid = 3 n) ถุงเอ็มบริโอทั้งถุงที่ถูกผสมแล้วนี้ คือส่วนที่เป็นเมล็ด ส่วนผนังหุ้มรังหรือฐานรองดอกจะเจริญเป็นผลหุ้มเมล็ดไว้ภายในอีกที่หนึ่ง (ชลธิชา, 2547)

การแบ่งเซลล์ในเซลล์สืบพันธุ์ (sex cell)

การแบ่งเซลล์สืบพันธุ์ (sex cell division) มีการเพิ่มจำนวนโครโมโซมเพียงหนึ่งครั้ง แต่มีการแยกตัวของโครโมโซมและไซโตพลาสซึมสองครั้ง เป็นผลให้จำนวนโครโมโซมของแต่ละเซลล์ลดลงเหลือครึ่งหนึ่งจากเซลล์เริ่มต้น การแบ่งเซลล์เพื่อลดรูปร่างทางพันธุกรรมแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ

1. การแบ่งเพื่อลดจำนวนโครโมโซม (reductional division หรือ meiotic I)

2. การแบ่งเซลล์เพื่อให้โครมาติดเซลล์แยกออกจากกัน (duplicational division หรือ meiotic II) (กฤษฎา, 2546) ในกิจกรรมการเติบโตและการแบ่งเซลล์ โคลชิซีนเป็นสารเคมีที่ใช้เพิ่มจำนวนของโครโมโซม Seneviratne *et al.* (2002) ได้ทดลองใช้สารโคลชิซีนในการสร้างดอกของ African violcts เพื่อการเพิ่มกลีบดอกสีขาว กลีบดอกชั้นเดียวสีม่วงมีขอบใบ โดยให้โคลชิซีนในความเข้มข้นที่ต่างกัน (0.04, 0.06 และ 0.09 เปอร์เซ็นต์) และระยะเวลาที่ต่างกัน (21.5, 22.5, 23.5, และ 48 ชั่วโมง) ส่วนผสมมีทรายแม่น้ำและใบไม้อัตรา 1:1 สังเกตใช้ระยะเวลา 8 เดือน ในโรงเรือน การใช้โคลชิซีนมีความสม่ำเสมอของสีดอก การตัดแต่งใบ การเลี้ยงเนื้อเยื่อการใช้โคลชิซีนจำนวนดอกลดลงที่ 0.06 เปอร์เซ็นต์ จำนวนของกลีบดอกเพิ่มขึ้น (5-10 กลีบดอก) การให้สาร 0.04 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะเวลา 23.5 ชั่วโมง ความเข้มข้นนี้จะเพิ่มกลีบดอก

กระบวนการถ่ายเกสร

กระบวนการถ่ายเรณู คือวิธีการที่เกสรเพศผู้เคลื่อนที่ไปตกลงบนยอดเกสรเพศเมียเพื่อให้เกิดการปฏิสนธิและสืบพันธุ์ต่อไปมี 2 แบบ คือ

1. การถ่ายเรณูในพืชผสมตัวเอง (self-pollination) พืชที่มีดอกเป็นดอกสมบูรณ์เพศ คือพืชที่มีเกสรเพศผู้และเพศเมียอยู่ในดอกเดียวกัน เรณูสามารถร่วงหรือปลิวมาตกบนยอดเกสรเพศเมียได้พืชที่ถ่ายเรณูในดอกเดียวกัน ได้แก่ ถั่ว มะเขือ ฝ้ายและพืชที่มีดอกสมบูรณ์เพศอื่นๆ (นพพร, 2546)

2. การถ่ายเรณูต่างดอกหรือข้ามต้น (cross-pollination) เกิดกับพืชที่มีดอกเพศผู้หรือดอกเพศเมียอยู่คนละต้น จึงต้องใช้วิธีการถ่ายเรณูข้ามต้น พืชที่มีดอกสมบูรณ์เพศหรือพืชที่มีดอกเพศผู้และดอกเพศเมียอยู่ในต้นเดียวกัน อาจจะถ่ายเรณูข้ามต้นได้เหมือนกัน โดยอาศัยลม มนุษย์ หรือสัตว์พาไป เนื่องจากพืชเคลื่อนที่ด้วยตนเองไม่ได้ จำเป็นต้องอาศัยธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเข้าช่วยเหลือ สิ่งสำคัญที่ช่วยในการถ่ายเรณูของพืชดอก ได้แก่ แมลง ซึ่งเป็นสัตว์ที่มี

ส่วนช่วยในการถ่ายเรณูของพืชมากที่สุด ดอกของพืชเมื่อเจริญเติบโตกลีบดอกมีสีสวยงามบางชนิดมีกลิ่นหอม บริเวณโคนกลีบดอกมีน้ำต้อย ซึ่งเป็นอาหารของแมลง พืชสร้าง สี กลิ่น และน้ำต้อยที่ดอกเพื่อล่อแมลงมาเกาะ แล้วเรณูได้ติดไปกับขา ขน ปีก ปาก ของแมลงไปตกลงบนยอดเกสรเพศเมีย แมลงที่ช่วยในการถ่ายเรณูของพืชมีหลายชนิดเช่น ผีเสื้อ ผึ้ง แมลงภู่ ฯลฯ

เมล็ดและการงอกของเมล็ด

เมล็ดคือออวุลที่เจริญเต็มที่แล้ว (mature ovule) หลังจากการปฏิสนธิ ประกอบด้วย เอ็มบริโอ เอนโดสเปิร์ม (หรือในบางครั้งไม่มี) และเปลือกเมล็ด (seed coat) ส่วนประกอบส่วนใหญ่ของเมล็ดคือ เอ็มบริโอกับเอนโดสเปิร์ม ส่วนผนังออวุล (integument) ซึ่งเปลี่ยนเป็นเปลือกเมล็ดนั้นปริมาณความหนาลดลง

เปลือกเมล็ด เป็นส่วนของเมล็ดที่เจริญมาจากผนังออวุลโดยทั่วไปมี 2 ชนิด คือ ชั้นนอกเรียกว่าเปลือกเมล็ดชั้นนอก (testa) เจริญมาจากผนังออวุลชั้นนอก (outer integument) มักหนาแข็ง และเหนียว ชั้นในเรียกว่าเปลือกเมล็ดชั้นใน (tegmen) เจริญมาจากผนังออวุลชั้นใน (inner integument) มักเป็นเยื่อบางๆ เปลือกเมล็ดบางชนิดมีชั้นเดียวเนื่องจากขณะที่เป็นออวุล มีผนังออวุล (integument) ชั้นเดียว หรือบางทีผนังออวุล (integument) ทั้งสองชั้นรวมกันเป็นชั้นเดียว พืชบางชนิดเปลือกเมล็ดจะรวมกับผนังผล (pericarp) และบางชนิดมีเปลือกเมล็ดที่แห้งและแข็งมาก เพื่อป้องกันอันตรายต่างๆ ให้แก่เอ็มบริโอที่อยู่ภายใน บนเปลือกเมล็ดส่วนมากเห็นรอยต่างๆ คือขั้วเมล็ด (hilum) เป็นรอยแผลเป็นขนาดเล็ก เกิดจากเมล็ดติดกับก้านออวุล (funiculus) ใกล้กับขั้วเมล็ดคือไมโครไพล์ (micropyle) ซึ่งเดิมเป็นทางเข้าของหลอดเรณู ตรงข้ามกับไมโครไพล์จะเห็นเปลือกเป็นสันขึ้นมาเล็กน้อย เรียกว่าสันขั้วเมล็ด (raphe) เป็นรอยที่ก้านของออวุลแผ่ออกจับกับเปลือกเมล็ดโดยการบิดโค้งตัวของออวุลที่ปลายสุดของสันขั้วเมล็ด เป็นบริเวณที่มีเนื้อเยื่อลำเลียงเดิมเป็นรอยต่อของ นิวเซลลัส (nucellus) กับผนังออวุลเรียกว่าฐานออวุล (chalaza) (เทียมใจ, 2546)

การงอกของเมล็ดปกติในความหมายของนักสรีรวิทยาพืชหมายถึง กระบวนการทางสรีรวิทยา ที่เกิดภายในเมล็ดซึ่งมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาทางสัณฐานวิทยาจนกระทั่งรากแรกเกิด (radicle) งอกออกมานอกเมล็ด (ลิลลี่ และคณะ, 2548)

ส่วนประกอบของเมล็ด ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน ได้แก่

1. เปลือกหุ้มเมล็ด
2. เอ็มบริโอ ประกอบด้วย ใบเลี้ยง ตายอด ต้นอ่อน และราก
3. อาหารสะสมในเมล็ด

ในพืชมีดอกหลังจากการปฏิสนธิแล้วออวุลจะเจริญเป็นเมล็ด ภายในเมล็ดมีเอ็มบริโอ ประกอบด้วยต้นพืชที่เกิดใหม่และแหล่งเก็บอาหารรังไข่เจริญเป็นผล ซึ่งภายในมีเมล็ดอาจมีเมล็ดเดียวหรือหลายเมล็ด การกระจายของเมล็ดขึ้นอยู่กับชนิดของผลคือ ผลที่แตกได้และผลที่แตกไม่ได้

ผลที่แตกได้ (dehiscent fruit) หมายถึง ผลที่มีหลายเมล็ด เมื่อผลแก่เต็มที่เมล็ดจะกระจายออกจากผลก่อนที่ผลแตกออกเช่น ผลที่เป็นฝักและแคปซูล การกระจายของเมล็ดอาศัยลมน้ำและสิ่งต่างๆ

ผลที่แตกไม่ได้ (indehiscent fruit) ผลพวกนี้มีส่วนของผลช่วยในการกระจายผลของเมล็ด มีลักษณะคล้ายร่มชูชีพ เช่น ผลยาง ลมจะช่วยพัดพาไปบางชนิดส่วนของพืชมีลักษณะตะขอเกาะติดไปกับขนสัตว์ ทำให้เมล็ดปลิวไปตกตามที่ต่างๆหรือเมื่อสัตว์กินผลไม้ทำให้เมล็ดตกอยู่ที่พื้นดิน

การงอกของเมล็ด (germination) การงอกของเมล็ดจะเกิดขึ้น เมื่อสภาวะแวดล้อมเหมาะสมยอดอ่อนและรากอ่อนเจริญออกจากเปลือกหุ้มเมล็ดเจริญเป็นต้นใหม่หรือต้นกล้า

ปัจจัยในการงอกของเมล็ด

เมล็ดที่จะงอกได้ จะต้องมีปัจจัยที่เหมาะสม ทั้งเมล็ดและสภาพแวดล้อมภายนอก ดังนี้

1. การมีชีวิตของเมล็ดนับว่าเป็นปัจจัยสำคัญในการเพาะเมล็ด การที่เมล็ดมีชีวิตอยู่ได้น้อย เนื่องจากการเจริญเติบโตของเมล็ดไม่เหมาะสม ขณะที่ยังอยู่บนต้นแม่หรือเนื่องจากได้รับอันตรายขณะทำการเก็บเกี่ยวหรือกระบวนการในการผลิตเมล็ดไม่ดีพอ

2. สภาพแวดล้อมในขณะเพาะเมล็ดต้องอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ดังนี้

2.1 น้ำเป็นตัวทำให้เปลือกเมล็ดอ่อนตัว และเป็นตัวทำละลายอาหารสะสมภายในเมล็ดที่อยู่ในสภาวะที่เป็นของแข็งให้เปลี่ยนเป็นของเหลว และเคลื่อนที่ได้ทำให้จุดเจริญของเมล็ดนำไปใช้ได้

2.2 แสง เมล็ดเมื่อเริ่มงอกมีทั้งชนิดที่ต้องการแสง และไม่ต้องการแสง ส่วนใหญ่เมล็ดเมื่อเริ่มงอกไม่ต้องการแสง ดังนั้น การเพาะเมล็ดโดยทั่วไป จึงมักกลบดินปิดเมล็ดเสมอ แต่แสงมีความจำเป็นหลังจากที่เมล็ดงอก ขณะที่เป็นต้นกล้าแสงที่พอเหมาะทำให้ต้นกล้าแข็งแรงและเจริญเติบโตได้ดี

2.3 อุณหภูมิที่เหมาะสมช่วยให้เมล็ดดูดน้ำได้เร็วขึ้น กระบวนการในการงอกของเมล็ดเกิดขึ้นเร็ว และช่วยให้เมล็ดงอกได้เร็วขึ้น อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับพืชแต่ละชนิดไม่เท่ากันพืชเมืองร้อนย่อมต้องการอุณหภูมิสูงกว่าพืชเมืองหนาวเสมอ

2.4 ออกซิเจน เมื่อเมล็ดเริ่มงอกจะเริ่มหายใจมากขึ้น ซึ่งก็ต้องใช้ออกซิเจนไปเผาผลาญอาหารภายในเมล็ดให้เป็นพลังงานใช้ในการงอก ยิ่งเมล็ดที่มีมันมากยิ่งต้องใช้ออกซิเจนมากขึ้น ดังนั้น การกลบดินทับเมล็ดหนาเกินไป หรือใช้ดินเพาะเมล็ดที่ถ่ายเทอากาศไม่ดีมีผลยับยั้งการงอก หรือทำให้เมล็ดงอกช้าลงหรือไม่งอกเลย

การพักตัวของเมล็ด

การพักตัวของเมล็ดหมายถึง ช่วงที่เมล็ดพืชยังไม่พร้อมงอกขึ้นเป็นต้นพืชใหม่ได้ ดังนั้นการเพาะเมล็ดบางชนิดอาจต้องทำลายการพักตัวของพืชก่อน เพื่อให้เมล็ดงอกได้เร็วยิ่งขึ้น

วิธีการทำลายการพักตัวของเมล็ด

1. ลอกเปลือกหุ้มเมล็ดออก วิธีการนี้ทำให้เมล็ดงอกเร็วขึ้นกว่าวิธีการเพาะเมล็ดทั้งเปลือกหุ้มเมล็ด ซึ่งวิธีการลอกเปลือกหุ้มเมล็ดออกต้องทำด้วยความระมัดระวัง อย่าให้เป็นอันตรายต่อเมล็ดภายใน เพราะอาจทำให้การงอกของเมล็ดสูญเสียไปได้ พืชที่นิยมลอกเปลือกหุ้มเมล็ดออก ได้แก่ มะม่วง

2. ฝนเมล็ดเป็นการทำให้เปลือกแข็งหุ้มเมล็ด เกิดเป็นรอยด้านโดยการฝนเมล็ดลงบนกระดาษทรายหรือหินฝน ไม่ควรฝนลึกเกินไปและอย่าฝนตรงจุดที่เป็นที่อยู่ของเอ็มบริโอ วิธีนี้ช่วยให้เมล็ดงอกได้เร็วขึ้น

3. การกะเทาะเอาเมล็ดออก นิยมทำกับพืชที่มีเมล็ดแข็งเมื่อกะเทาะเปลือกหุ้มเมล็ดแตกออกแล้ว จึงค่อยนำเมล็ดอ่อนภายในไปทำการเพาะ วิธีนี้ช่วยให้เมล็ดพืชงอกได้เร็วกว่าวิธีการเพาะแบบไม่กะเทาะเปลือกหุ้มเมล็ด พืชที่ต้องทำการกะเทาะเมล็ดก่อนเพาะ ได้แก่ บ๊วย พีช พุทรา สมอจีน ฯลฯ

4. การตัดปลายเมล็ดเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยให้เมล็ดพืชงอกได้เร็วกว่าปกติ โดยตัดเปลือกหุ้มเมล็ดทางด้านตรงข้ามกับด้านหัวของเอ็มบริโอ และอย่าตัดให้เข้าเนื้อของเมล็ดนิยมใช้กับพืชที่มีเมล็ดแข็ง เช่น เหรียง หางนกยูงฝรั่ง

5. การแช่น้ำ การนำเมล็ดไปแช่น้ำช่วยให้เมล็ดพืชงอกได้เร็วกว่าปกติ ทั้งนี้เพราะน้ำทำให้เปลือกหุ้มเมล็ดอ่อนตัว จึงเป็นการช่วยให้เมล็ดงอกได้เร็วขึ้นน้ำที่ใช้แช่อาจเป็นน้ำอุ่น หรือน้ำเย็น และช่วงเวลาการแช่ ช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับชนิดพืช พืชบางชนิดใช้เวลาประมาณ 1-2 วัน บาง

ชนิดใช้เวลาประมาณ 6-12 ชั่วโมง ทั้งนี้สังเกตจากขนาดของเมล็ดขยายใหญ่และเต่งขึ้นหรือเปลือกหุ้มเมล็ดนิ่มนำไปเพาะได้

สาเหตุการเกิดผลที่ไร้เมล็ด

1. ผลที่ปราศจากเมล็ด

การเกิดผลลม (parthenocarpy) หมายถึงการพัฒนาการผลที่ไม่ต้องมีเมล็ด แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1.1 ผลที่ปราศจากเมล็ดที่ไม่กระตุ้น (vegetative parthenocarpy) เป็นการติดผลและพัฒนาโดยไม่มีการถ่ายเกสร

1.2 ผลที่ปราศจากเมล็ดที่กระตุ้น (stimulative parthenocarpy) เป็นการติดผลที่ต้องการถ่ายละอองเกสร แต่ไม่มีการรวมเชื้อตัวผู้กับไข่จุดกำเนิดจะฝ่อในเวลาอันสั้นหลังจากที่มีการผสมกันระหว่างตัวผู้กับไข่การไม่มีเมล็ดนี้ เรียกว่าผลที่มีเมล็ดลีบ (stenospermocarpy) ซึ่งไม่ควรจัดอยู่ในผลที่ปราศจากเมล็ด (สัมฤทธิ์, 2537)

การใช้สารบางชนิดที่มีสมบัติในการเร่งเร้าการเจริญเติบโต จะช่วยทำให้เกิดผลที่ไม่มีเมล็ดได้เช่น การใช้ NOA (naphthoxyacetic acid) ในอัตราความเข้มข้น 80 ppm หรือ PCPA (para-chloropheoxyacetic acid) ในอัตราความเข้มข้น 30 ส่วนต่อล้านส่วน ฉีดพ่นดอกมะเขือเทศ ขณะที่รังไข่ยังไม่ได้การรับการปฏิสนธิ จะเกิดผลที่ไม่มีเมล็ดทำเป็นการค้าได้ นอกจากนี้การใช้ IBA (indolebutyric acid) และ IAA (indoleacetic acid) ทำให้ไร้เมล็ดในสตรอเบอร์รี่ และแอปเปิลได้ผลดีสารที่สกัดได้จากเรณู ทำให้รังไข่ของพืชบางชนิดเจริญเติบโตไปเป็นผลได้ แสดงให้เห็นว่าเรณูอาจมีสารฮอร์โมนซึ่งช่วยให้รังไข่เจริญได้ ในไม้ผลบางชนิด เช่น ส้มสะดือ (navel orange) ซัทซูม่า (satsuma) มะนาวพันธุ์ ตาฮิติ กล้วยหอม ปกติจะเกิดผลลม (parthenocarpy fruit) แต่ไม้ผลบางชนิดอาจพัฒนาผลได้ทั้งแบบมีเมล็ด และไร้เมล็ด ส้มโอบางพันธุ์ในท้องที่อำเภอสามพรานออกดอก 2 ครั้งต่อปี คือครั้งหนึ่งระหว่างเดือนมกราคมถึงกุมภาพันธ์ และครั้งที่ 2 ในเดือนตุลาคมถึงเดือนพฤศจิกายน ดอกที่ออกในเดือนตุลาคม-พฤศจิกายน ให้ผลที่ไร้เมล็ดส่วนดอกที่ออกระหว่างเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ จะมีเมล็ด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการปฏิสนธิในเดือนตุลาคมถึงเดือนพฤศจิกายน ไม่เกิดขึ้นหรือมีอุปสรรคเช่น เกสรเพศผู้หรือเกสรเพศเมียไม่สามารถทำงานได้ เป็นต้นสภาพที่ไร้เมล็ด (seedless) ของผลไม้ที่ออวุล (ovule) ได้รับการปฏิสนธิแต่ไข่เจริญได้เพียงเล็กน้อยแล้วแท้งหรือตายไป (abortion) ทำให้ผลมีเมล็ดลีบลักษณะอ่อนนุ่ม

รูปร่างผิดปกติสภาพเช่นนี้ ไม่ถือว่าเป็นผลที่เกิดจากผลลม แต่เรียกว่า stenospermocarpy เช่น พบในองุ่นพันธุ์ Sultanina (Thompson seedless) การที่เป็นเช่นนี้อาจเกิดจากปัจจัยภายนอกบางอย่าง เช่น อุณหภูมิเย็นหลังจากติดผลแล้ว หรือเกิดจากการขาดธาตุอาหารในไม้ผลบางชนิดเอ็มบริโอฝ่อหรือแท้งไป ในระยะใดก็ตามผลจะร่วงก่อนแก่เต็มที่

1.3 ผลที่มีเมล็ดลีบ (stenospermocarpy)ในการศึกษาความมีชีวิตและความงอกของเรณูองุ่นพันธุ์ไวท์มะละกาและแบล็คโอปอลที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) 4 องศาเซลเซียส และ -20 องศาเซลเซียส เพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาเรณูองุ่น ทดสอบความมีชีวิตในอาหารสังเคราะห์ความเข้มข้นน้ำตาล 10 เปอร์เซ็นต์ พบว่าทุกอุณหภูมิส่งผลให้เรณูองุ่นมีความมีชีวิต และความงอกลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ที่อุณหภูมิห้องสามารถรักษาความงอกของละอองเกสรองุ่นได้เพียง 1 วัน ในขณะที่อุณหภูมิและ -20 องศาเซลเซียส สามารถรักษาความงอกของเรณูองุ่นได้นานถึง 2 และ 8 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส สามารถคงความมีชีวิตและความงอกของเรณูสูงกว่าที่อุณหภูมิอื่นๆ ในทุกช่วงระยะเวลาของการเก็บรักษา เช่น ในองุ่นไร้เมล็ดมี 3 แบบคือ

1.3.1 stimulative parthenocarpy เกสรเพศผู้ตกบนยอดเกสรเพศเมีย (stigma) งอกลงไปตามหลอดเรณู (pollen tube) แต่ไม่มีการปฏิสนธิจะได้ผลที่ไร้เมล็ด เนื่องจากเอ็มบริโอไม่สมบูรณ์ หลังดอกบานออวุลจึงไม่พัฒนา เช่น พันธุ์ Black Corinth ต้องการการปฏิสนธิแต่ไม่มีการสร้างออกซินผลจึงเล็กมาก

1.3.2 stenospermocarpy มีการถ่ายเรณูและมีการปฏิสนธิแต่เอ็มบริโอจะฝ่อไปหลังปฏิสนธิ 2-4 สัปดาห์ ซึ่งยังคงเหลือเมล็ดขนาดเล็ก (seed traces) เช่น พันธุ์ Thompson seedless, Marroo seedless, Crimpson seedless เป็นต้น (เป็นพันธุ์ส่วนใหญ่ที่ปลูกเป็นการค้าในเมืองไทย) ผลจึงเล็กแต่ใหญ่กว่า Black Corinth (ไข่ปลา) เพราะมีการสร้างออกซินแบบจำกัด

1.3.3 empty-seededness มีการถ่ายเรณูองุ่นและมีการปฏิสนธิไซโกตพัฒนาจนมีเปลือกเมล็ด (seed coat) แล้วเมล็ดก็ฝ่อแห้งไป เหลือเมล็ดเล็กลีบ เนื่องจากมีการสร้างออกซินมาก ลูกจึงใหญ่กว่า 2 แบบแรกเกิดขึ้น ได้ทั้งโดยยีนและสภาพแวดล้อม

พันธุ์ดั้งเดิมที่ไร้เมล็ด พบว่ามีถิ่นกำเนิดแถวเขตรอยต่อเอเชียยุโรปและชายฝั่งทะเลเมดิเตอร์เรเนียน อัฟกานิสถาน อิหร่าน อินเดียตอนบนเห็นได้จากชื่อพันธุ์ Suntana ซึ่งเป็นสายพันธุ์ต้นกำเนิดของพันธุ์ Thompson seedless ในอเมริกา พันธุ์ดั้งเดิมอีกพันธุ์คือ Monuka นักผสมพันธุ์จะใช้พันธุ์เก่าแก่ เป็นยีนดั้งต้นในการพัฒนาองุ่นไร้เมล็ด ต่อมาสิ่งมีชีวิตที่เป็นทริพลอยด์แต่ละโครโมโซมประกอบด้วยโครโมโซมคู่เหมือน 3 แท่ง ดังนั้นในระหว่างการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสโครโมโซมคู่เหมือนทั้งสามควรจะมาจับคู่กันเป็นไดรวาเลนต์ แต่โดยทั่วไปแล้วโครโมโซมคู่

เหมือนทั้งสามจะไม่เข้าคู่แนบชิดกันตลอดความยาว สายโครโมโซมเหมือนกันกับการจับคู่แบบไซมาติคแพริ่ง (somatic pairing)

สารโคลชิซีน (colchicine)

โคลชิซีนหรือ acetyltrimethylcolchicinic acid:[(S)-N-(5,6,7,9-tetrahydro-1,2,3,10-tetramethoxy-9-oxobenzo (a) heptalen-7-yl)] acetamide น้ำหนักโมเลกุล 399.43 และมีสูตรเคมี: $C_{22}H_{25}NO_6$ (กรมควบคุมมลพิษ, 2544) สารเคมีนี้เป็นผลิตผลจากธรรมชาติสกัดได้จากพืชที่มีชื่อว่า Colchicum หรือทั่วไปเรียกว่า Autumn crocus (*Chochicum autumnale* L.) และการใช้โคลชิซีนควรใช้อย่างระมัดระวังสารโคลชิซีนมีคุณสมบัติพิเศษในการละลายน้ำได้อย่างดี และมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะของเซลล์พืชแม้ใช้ในระดับความเข้มข้นต่ำ สามารถสร้างพืชสายพันธุ์ใหม่ (George, 2000) วิทยา (2527) ได้กล่าวถึงการใช้โคลชิซีนให้ได้ ผลดีมีข้อควรพิจารณาในการใช้โคลชิซีนดังนี้

1. โคลชิซีนจะอยู่ในรูปใดก็ตามต้องแทรกซึมเข้าไปในเนื้อเยื่อเจริญ (meristematic tissues) ถ้าหากไม่สามารถแทรกซึมเข้าไปถึงเนื้อเยื่อเจริญได้โคลชิซีนจะไม่เกิดผลแต่อย่างใดในทางปฏิบัติทำได้ 2 วิธีคือ

1.1 ใช้ชักนำในพืชระยะที่ต้นอ่อน (seedling treatment) กระทำได้โดยการจุ่มต้นอ่อนแฮพลอยด์ในสารโคลชิซีนนาน 3-24 ชั่วโมง โดยจุ่มเฉพาะส่วนปลายลำต้นลงในสารละลายส่วนรากให้ชี้ขึ้นข้างบนหรืออาจนำต้นกล้าหลายต้นมัดรวมกัน นำสำลีชุบน้ำห่อหุ้มส่วนปลายราก ส่วนปลายยอดให้จุ่มลงในสารโคลชิซีน นำต้นอ่อนที่ผ่านการแช่ในสารโคลชิซีนแล้วไปปลูกในกระถางหรือในแปลงจนกระทั่งออกดอก ตรวจสอบว่าต้นใดบ้างที่ติดเมล็ดแสดงว่าเป็นดิพลอยด์ส่วนต้นใดที่ไม่ติดเมล็ดจัดว่าเป็นแฮพลอยด์ข้อควรระวังไม่ควรให้รากจุ่มลงไปในสารละลาย

1.2 ใช้ชักนำบริเวณตาหรือยอดที่กำลังเจริญเติบโต (treatment of growing shoots or buds) กระทำได้โดยการหยดสารละลายโคลชิซีนลงบนยอดหรือตาข้างของต้น haploid ในกรณีจะใช้โคลชิซีนความเข้มข้น 0.5-1.0 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับลาโนลิน (lanolin) แล้วนำไปหยดหรือป้ายลงบนส่วนยอดหรือตาข้าง ควรทำซ้ำ 2-3 ครั้ง ต่อสัปดาห์ หรืออาจทำได้อีกวิธีหนึ่งโดยการจุ่มส่วนปลายยอดหรือตาข้างลงในสาร ซึ่งได้ผลดีเช่นเดียวกันยอดที่แตกออกมาใหม่จะมีจำนวนโครโมโซมเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า เมื่อนำไปปลูกสามารถออกดอกติดเมล็ดได้

1.2.1 การใช้สารโคลชิซีน ต้องใช้กับเนื้อเยื่อหรือเซลล์ที่กำลังเจริญเติบโตและสมบูรณ์เท่านั้น จึงสามารถแสดงผลได้ แต่ถ้าเนื้อเยื่อหรือเซลล์ที่เป็นหมันหรืออยู่ในระยะพักตัวไม่ได้ผล

1.2.2 สภาพแวดล้อมต้องเหมาะสม สภาพแวดล้อมดังกล่าวได้แก่ อุณหภูมิ แสงสว่าง ความชื้น เป็นต้น

1.2.3 ระยะเวลาและความยาวนานของการให้สาร ใช้ระยะเวลานานเท่าใดนั้น ขึ้นอยู่กับชีพจักร (cycle) ของการแบ่งตัวของเซลล์ของพืช ที่ทำการให้สาร ระยะเวลาที่ทำการให้สาร ถ้าน้อยเกินไปโคลชิซีนที่ใช้อาจไม่ได้ผล แต่ถ้านานเกินไปโคลชิซีนจะแสดงผลมากเกินไป พืชที่ได้จากการให้สารมีจำนวนโครโมโซมมากเกินระดับที่ต้องการ โดยทั่วไประยะเวลาที่ใช้ประมาณ 1-24 ชั่วโมง

1.2.4 ความเข้มข้นที่ใช้ต้องอยู่ในระดับที่พอเหมาะ หากเจือจางเกินไปโคลชิซีนไม่สามารถแสดงผลได้ แต่ถ้าเข้มข้นเกินไปโคลชิซีนจะแสดงผลมากเกินต้องการ โดยปกติความเข้มข้นที่ใช้ได้ผลประมาณ 0.06-1.00 เปอร์เซ็นต์ สารนี้ยังมีประโยชน์ในด้านการศึกษาเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ของเซลล์ เนื่องจากมีรายงานและการทดลองทั้งในและต่างประเทศ พบว่ามีการใช้โคลชิซีนซึ่งเป็นสารเคมีประเภทอัลคาลอยด์ที่มีผลต่อกระบวนการแบ่งเซลล์ โดยทำหน้าที่ในการยับยั้งการพัฒนาของสปินเดิลไฟเบอร์ (spindle fiber) ทำให้โครโมโซมไม่สามารถแยกออกจากกันไปอยู่ในแต่ละด้านของเซลล์ จึงส่งผลให้เซลล์นั้นไม่สามารถแยกโครโมโซมออกจากกันได้ โดยคุณสมบัตินี้ได้นำมาใช้ในด้านการปรับปรุงพันธุ์พืชให้มีจำนวนชุดของโครโมโซมเพิ่มเป็น 2 เท่าได้ (ประภา, 2534)

ความแปรปรวนในจำนวนชุดของโครโมโซม

โดยปกติสิ่งมีชีวิตดิพลอยด์มีจำนวนโครโมโซมเฉพาะเจาะจง และคงที่ในสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด และเมื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์จะมีจำนวนโครโมโซมเป็นครึ่งหนึ่ง (n=x) ของโครโมโซมเซลล์ร่างกาย (2n=2x) จำนวนโครโมโซมทั้งหมดในเซลล์สืบพันธุ์จัดว่าเป็นโครโมโซมพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต และจำนวนโครโมโซมพื้นฐานนี้ คือจีโนมหนึ่งหรือโครโมโซมชุดหนึ่ง เช่น ข้าวโพดที่เป็นดิพลอยด์ มีจำนวนโครโมโซมพื้นฐาน 2 ชุด (2n=2x=20) แต่ละชุดมีจำนวนโครโมโซม 10 แท่ง (x=10) และโครโมโซมทั้งสองชุดนั้นเป็นจีโนมเดียวกัน (AA) แต่ข้าวสาลีที่ใช้ทำขนมปัง (bread wheat) ซึ่งเป็นพืชเฮกซะพลอยด์ (hexaploid) มีจำนวนโครโมโซมพื้นฐาน 6 ชุด

(2n=6x=42) แต่ละชุดมีโครโมโซม 7 แท่ง (x=7) และโครโมโซมทั้ง 6 ชุดนี้ประกอบด้วยจีโนมที่แตกต่างกัน 3 ชนิด คือ จีโนม A, B, และ D (AABBDD) ในบางครั้งพบว่าพืชและสัตว์หลายชนิดมีความแปรปรวนในจำนวนโครโมโซม กล่าวคือ มีการเพิ่มหรือลดจำนวนโครโมโซมจากจำนวนปกติ ของสิ่งมีชีวิตนั้นๆ ความแปรปรวนในจำนวนโครโมโซมซึ่งแบ่งได้ 2 (ประภา, 2534) พวกใหญ่ๆ ดังนี้

1. euploid คือ พืชที่มีจำนวนโครโมโซมเพิ่มหรือลดลงเป็นชุดจากสภาพดิพลอยด์ ได้แก่ โมโนพลอยด์ (monoploid) หรือแฮพลอยด์ซึ่งมีโครโมโซมพื้นฐานชุดเดียว (x) ทริพลอยด์ซึ่งมีอยู่ 3 ชุด (3x) เททระพลอยด์ ซึ่งมีอยู่ 4 ชุด (4x) หรือเฮกซะพลอยด์ ซึ่งมีอยู่ 6 ชุด (6x) เป็นต้น พืชที่มีจำนวนโครโมโซมมากกว่า 2 ชุด ขึ้นไปเรียกว่าพอลิพลอยด์ยังแบ่งย่อยออกไปได้อีกเป็น 2 พวกขึ้นอยู่กับชนิดของจีโนมที่เป็นองค์ประกอบของพืชนั้น ๆ

1.1 autopolyploid คือ พอลิพลอยด์ที่มีโครโมโซมมาจากจีโนมเดียวกัน เช่น autotriploid (AAA), autotetrapoid (AAAA) และ autohexaploid (AAAAAA) เป็นต้น

1.2 allopolyploid คือ พอลิพลอยด์ที่มีจีโนมแตกต่างกันตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป เช่น allotriploid (AAB) allopentaploid (AABBC) และ allohexaploid (AABBCC) เป็นต้น

2. aneupliod คือ พืชที่มีโครโมโซมเพิ่มขึ้นมาหรือขาดหายไปเป็นบางแท่ง แต่ไม่ใช่การเพิ่มหรือลดจำนวนโครโมโซมเป็นชุดแอนนวลพลอยด์ ยังแบ่งออกได้หลายชนิด เช่น nullisomic (2x-2), monosomic (2x-1), trisomic (2x+1) และ tetrasomic (2x+2) เป็นต้น

แฮพลอยด์ (haploid)

ต้นพืชที่เจริญมาจากเซลล์สืบพันธุ์ที่ได้รับการผสมและมีจำนวนเป็นครึ่งหนึ่งของโครโมโซมเซลล์ร่างกาย เรียกว่าต้นแฮพลอยด์หรือโมโนพลอยด์ แตกต่างตรงโมโนพลอยด์เกิดจากเซลล์สืบพันธุ์ของพวก diploid เช่น ข้าวโพดพวกที่เป็นดิพลอยด์ (2n=2x=20) เมื่อสร้างเซลสืบพันธุ์มีโครโมโซมเพียงชุดเดียว (n=x=10) ส่วนแฮพลอยด์นั้นเกิดจากพืชที่เป็นดิพลอยด์หรือพอลิพลอยด์ เช่น ข้าวสาลีที่เป็นเฮกซะพลอยด์ (hexaploid) (2n=6x=42) ประกอบด้วยโครโมโซม 6 ชุด (AABBDD) เมื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์จะมีโครโมโซม 3 ชุด (ABD) และมีจำนวนโครโมโซม n=3x=21 ซึ่งความจริงแล้วเซลล์สืบพันธุ์นี้มีสภาพเป็นทริพลอยด์ ดังนั้นเซลล์สืบพันธุ์ที่เป็นทริพลอยด์ โครโมโซมนี้หากสามารถเจริญเป็นต้นข้าวสาลีได้เรียกว่าแฮพลอยด์ เรียกให้ถูกต้องคือ allotriploid จะเรียกโมโนพลอยด์ไม่ได้เพราะมีโครโมโซมถึง 3 ชุด ที่แตกต่างกัน ข้าวโพดที่เป็น

ดิพลอยด์เมื่อเซลล์สืบพันธุ์ (n=x=10) เจริญเป็นต้นเรียกว่าแฮพลอยด์ได้เช่นกัน แต่ถ้าชัดเจนขึ้นเรียกว่า โมโนแฮพลอยด์ (monohaploid) เนื่องจากมีพืชหลายชนิดที่ยังไม่ทราบถึงสภาพการเป็นดิพลอยด์หรือพอลิพลอยด์ จึงนิยมใช้คำว่าแฮพลอยด์เป็นคำที่ใช้กับโมโนพลอยด์

Froelicher *et al.* (2007) ได้ทดลองการชักนำให้เกิดแฮพลอยด์ในส้มแมนดารินโดยการผสมเกสรกับการฉายรังสีเรณูของมะนาวฝรั่ง การผสมเกสรมี 3 จีโนไทป์ ของส้มแมนดารินกับ 4 ระดับ ในการฉายรังสีของเรณู (150, 300, 600, และ 900 Gray) พบว่า คือลักษณะของเมล็ดมีขนาดเล็ก วิธี Embryos rescued ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมีโครโมโซมหลายระดับของพืชต้นใหม่โดยใช้ flow cytometry analysis เป็นตัวสังเกต แฮพลอยด์ ดิพลอยด์ ทริพลอยด์ การไม่ได้รับการผสมแบบดั้งเดิมของแฮพลอยด์ใช้ microsatellite marker analysis ในการนับจำนวนโครโมโซม ส่วนดิพลอยด์และทริพลอยด์ใช้ในการผสมระหว่างส้มแมนดารินและมะนาวฝรั่ง

กำเนิดของแฮพลอยด์ในธรรมชาติหรือโดยการชักนำให้เกิด

กำเนิดของแฮพลอยด์ในธรรมชาติหรือโดยการชักนำให้เกิดมีหลายวิธีดังนี้

1. การผสมข้ามระหว่างพืชต่างชนิดหรือต่างสกุลกัน (interspecific or intergeneric hybridization)
2. การใช้รังสีหรือสารเคมี (irradiation and chemical treatment)
3. การคัดเลือกต้นแฮพลอยด์จากต้นกล้าแฝด (selection of twin seedling) โดยปกติเมล็ดจะงอกให้ต้นกล้า 1 ต้น แต่ในพืชบางชนิดเมล็ดอาจงอกให้ต้นกล้า 2 ต้น ต้นกล้าแฝดที่เกิดจากเมล็ดที่มีหลายเอ็มบริโอ (polyembryony)
4. การใช้ไซโทพลาสซึมจากแหล่งอื่น (alien cytoplasm)
5. การคัดเลือกต้นแฮพลอยด์ ภายหลังการผสมเกสรด้วยละอองเกสรหรือเมล็ดพันธุ์ที่ได้จากผลหลังการผสมมีเครื่องหมายทางพันธุกรรม (marker)
6. การเพาะเลี้ยงอับเรณูหรือเรณู (anther and pollen culture)
7. การขจัดโครโมโซม (chromosome elimination)

ลักษณะทั่วไปของพืชแฮพลอยด์

ลักษณะทั่วไปของพืชโมโนแฮพลอยด์หรือโมโนพลอยด์ ที่เจริญมาจากเซลล์สืบพันธุ์ของแฮพลอยด์โดยปกติพืชโมโนพลอยด์ จะมีขนาดเล็กและอ่อนแอกว่าพวกดิพลอยด์ นอกจากนั้นดอกเป็นหมันเซลล์และนิวเคลียสมีขนาดเล็ก จึงทำให้ผิวใบด้านล่างมีจำนวนปากใบ (stomata) ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่มากกว่าดิพลอยด์ในข้าวโพด พบว่าปากใบในระยะต้นกล้ามีขนาดเล็กและอยู่ชิดกันมากกว่าพวกดิพลอยด์ โมโนพลอยด์ ของข้าวโพดลูกผสมหัวบุบ (dent corn) มีใบดกและตั้งตรงมีฝักดกแต่ฝักมีขนาดเล็ก ช่อดอกตัวผู้เป็นหมันแต่ก็มีบางส่วนที่ผลิตเรณูปกติในข้าวฟ่างไข่มุก (pearl millet) พวกโมโนพลอยด์ มีขนาดเล็กกว่าดิพลอยด์ในด้านความสูง การแตกกอ จำนวนข้อ ขนาดข้อ ขนาดลำต้น ความกว้างและยาวของใบ นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราการติดเมล็ดแตกต่างกันไปตั้งแต่ไม่มีเมล็ดจนถึงมีเมล็ด 502 เมล็ดต่อต้น

พฤติกรรมการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสของพืชแฮพลอยด์

กระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสจะดำเนินไปอย่างปกติได้โครโมโซมจะต้องอยู่เป็นคู่ๆ ตามจำนวนโครโมโซมทั้งหมดของสิ่งมีชีวิตนั้นๆ แต่สิ่งมีชีวิตพวกโมโนพลอยด์มีโครโมโซมชุดพื้นฐานเพียงชุดเดียว (x) กล่าวคือโครโมโซมจะอยู่เดี่ยวๆ ไม่มีคู่จึงทำให้พฤติกรรมของโครโมโซมในระหว่างการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสผิดปกติ เนื่องจากโครโมโซมไม่มีการจับคู่กัน อย่างไรก็ตามพบว่ามีการจับคู่กันระหว่างโครโมโซมของพวกโมโนแฮพลอด์ด้วยกันเอง (intragenomic pairing) ในข้าว ข้าวโพด ข้าวบาร์เลย์ และมะเขือเทศ การจับคู่ดังกล่าวอาจเกิดขึ้นระหว่างโครโมโซม 2 เส้น (bivalent) 3 เส้น (trivalent) 4 เส้น (quadrivalent) หรือหลายเส้น (multivalent) การจับคู่กันของโครโมโซมในพวกโมโนพลอยด์ เชื่อว่าเกิดจากการที่โครโมโซมมีชิ้นส่วนเพิ่มขึ้นมา (duplication) หรือซ้ำๆ กัน (genetic redundancy) อย่างไรก็ตาม โครโมโซมส่วนใหญ่ยังอยู่ในสภาพที่เป็นโครโมโซมเดี่ยวๆ ในระยะอะนาเฟส 1 โครโมโซมจะสุ่มเคลื่อนที่เข้าสู่ขั้วเซลล์ เมื่อสิ้นสุดการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสเซลล์สืบพันธุ์ที่ได้ จึงมีจำนวนโครโมโซมไม่ครบชุดและมักจะตาย ดังนั้นพืชพวกโมโนแฮพลอยด์ จึงมักเป็นหมัน อย่างไรก็ตามในบางครั้ง โมโนแฮพลอยด์อาจมีเมล็ดได้ เนื่องจากโครโมโซมเดี่ยวๆ ทั้งหมดอาจเคลื่อนที่เข้าสู่ขั้วเซลล์เดียวกันจึงทำให้ได้เซลล์สืบพันธุ์ที่สมบูรณ์สามารถผสมพันธุ์ได้ (ประภา, 2534)

การผลิตพืชดิพลอยด์จากแฮพลอยด์

การใช้ประโยชน์พืชแฮพลอยด์ในการปรับปรุงพันธุ์พืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสร้างพืชสายพันธุ์แท้ (homozygous diploid) จากต้นแฮพลอยด์จำเป็นต้องเพิ่มจำนวนชุดโครโมโซมของต้นแฮพลอยด์เป็นสองเท่า (chromosome doubling) ซึ่งมีวิธีการเพิ่มจำนวนชุดโครโมโซมเป็นสองเท่าสามารถกระทำได้หลายวิธีดังนี้

1. การตัดยอด (decapitation) การตัดยอดและการขจัดตาข้างออกไปแล้วทำให้รอยตัดได้รับความชื้นสูงๆ โดยการห่อหุ้มด้วยพีทมอสส์ (peat moss) ทำให้ต้นอ่อนที่ตรงบริเวณรอยตัดมีจำนวนโครโมโซมเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า วิธีนี้ใช้ได้ผลในกะหล่ำปลี

2. การใช้ความร้อน (heat treatment) การทำให้ต้นแฮพลอยด์ได้รับความร้อนสูงประมาณ 38-45 องศาเซลเซียส โดยการหุ้มยอด หรือต้นแฮพลอยด์ด้วยแผ่นผ้าที่ร้อน หรือนำต้นแฮพลอยด์ไปไว้ในห้อง ที่มีอุณหภูมิดังกล่าวอาจทำให้ยอดที่งอกออกมาใหม่มีจำนวนโครโมโซมเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าได้ วิธีการนี้ได้ถูกนำมาใช้เป็นผลสำเร็จในข้าว ข้าวโพด ข้าวบาร์เลย์ และข้าวไรย์

3. การใช้สารเคมี (chemical treatment) สารเคมีที่สามารถชักนำให้จำนวนโครโมโซมเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่ามีหลายชนิดเช่น โคลชิซีน เป็นสารเคมีที่นิยมมากไม่ว่าจะใช้ในรูปใดก็ตามต้องพยายามให้สารนี้แทรกซึมเข้าไปในเนื้อเยื่อเจริญ (meristematic tissues) ให้ได้จึงสามารถแสดงผลได้

4. การเพาะเลี้ยงอับเรณู (anther culture) การเพาะเลี้ยงอับเรณูนอกจากจะได้ต้นแฮพลอยด์แล้วยังมีต้นดิพลอยด์เกิดขึ้นด้วย ในบางกรณีต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงอับเรณูอาจพัฒนามาจากเนื้อเยื่อของอับละอองเกสรที่เป็นดิพลอยด์ หรือมาจากเรณูที่ไม่มีการลดจำนวนโครโมโซม (unreduced microspore) อย่างไรก็ตาม ต้นดิพลอยด์ส่วนใหญ่พัฒนามาจากเรณู ซึ่งสามารถทราบได้โดยการวิเคราะห์ทางพันธุกรรมของต้นดิพลอยด์ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงอับเรณูของลูกผสมชั่วที่ 1 พบว่าต้นดิพลอยด์ที่ได้มีลักษณะหลายๆ อย่างแตกต่างไปจากต้นแม่ซึ่งเป็นลูกผสมชั่วที่ 1 และเมื่อทดสอบลูกของต้นดิพลอยด์เหล่านี้ พบว่ามีความสม่ำเสมอในระหว่างลูกที่ได้มาจากต้นดิพลอยด์เดียวกัน ต้นดิพลอยด์และพอลิพลอยด์ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงอับเรณูเกิดขึ้น เนื่องมาจากการรวมตัวกันระหว่างนิวเคลียส 2 อัน ของเรณู (nuclear fusion) หรือเกิดจากเรณูที่มีการแบ่งเซลล์ผิดปกติแบบเอนโดไมโตซิสทำให้โครโมโซมเพิ่มขึ้นหลายเท่าโดยไม่มีการแบ่งนิวเคลียส

5. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเซลล์ร่างกาย (somatic cell) ของต้นพืชแฮพลอยด์โดยการนำเนื้อเยื่อส่วนต่างๆ ของต้นพืชที่เป็นแฮพลอยด์ เช่น ราก ลำต้น และใบมาเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์ เพื่อชักนำให้เกิดต้น ต้นพืชที่ได้รับมีทั้งต้นแฮพลอยด์และดิพลอยด์ (ประภา, 2534)

การใช้ประโยชน์แฮพลอยด์ในการปรับปรุงพันธุ์พืช

1. เพื่อสร้างพืชสายพันธุ์แท้จากพันธุ์ลูกผสมชั่วที่ 1 วัตถุประสงค์ที่สำคัญของนักปรับปรุงพันธุ์พืชในการผลิตพืชแฮพลอยด์ เพื่อใช้ในการสร้างพืชสายพันธุ์แท้ให้ได้ภายในระยะเวลาอันสั้น เนื่องจากพืชพวกแฮพลอยด์ยีนทุกตัวจะอยู่เดี่ยวๆ ไม่มีคู่ของมัน (alleles) ดังนั้น ถ้าสามารถเพิ่มจำนวนชุดของโครโมโซมขึ้นอีกชุดหนึ่ง ยีนทุกตัวจะเข้าสู่สภาพ homozygosity อย่างสมบูรณ์ทันทีภายใน 2 ชั่ว ชั่วแรกเป็นการผลิตต้นแฮพลอยด์และชั่วที่สองเป็นการเพิ่มจำนวนโครโมโซม ทำให้ได้พืชสายพันธุ์แท้ ดังนั้นการสร้างพืชสายพันธุ์แท้จากแฮพลอยด์จึงใช้เวลาสั้นมากเมื่อเปรียบเทียบกับการสร้างสายพันธุ์แท้โดยวิธีการปรับปรุงพันธุ์ปกติ (conventional breeding) ต้องควบคุมให้พืชผสมตัวเอง 5-6 ชั่ว พืชจึงเข้าสู่สภาพ homoszygosity

2. ช่วยในการผลิตสายพันธุ์แท้จากพืชที่ไม่สามารถผสมตัวเองได้ (self incompatibility) เช่น เทอร์นิป (turnip) เรฟ (rape) และ กะหล่ำปลี (*Brassica oleracea*) หรือใช้กับพืชที่ออกดอกตัวผู้และตัวเมียอยู่แยกกันคนละต้น (dioecious plant) เช่น มะละกอ

3. ช่วยขจัดปัญหาการเกิดความเสื่อมถอยของลักษณะอันเนื่องจากการผสมตัวเองของพืช (inbreeding depression) โดยปกติการผสมตัวเองติดต่อกันหลายๆ ครั้ง ของพืชโดยเฉพาะพืชที่มีพื้นฐานทางพันธุกรรมแตกต่างกันมากๆ

4. ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการคัดเลือก ทั้งนี้เพราะนักปรับปรุงพันธุ์พืชสามารถนำสายพันธุ์แท้ไปทดสอบได้รวดเร็วขึ้นภายใน 2 ชั่ว ของการสร้างพืชสายพันธุ์แท้จากต้นแฮพลอยด์

5. ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากเฮตเทอโรซิส (heterosis) เป็นที่ทราบกันดีว่าสายพันธุ์แท้ ที่ได้จากการเพิ่มจำนวนชุดโครโมโซมของต้นแฮพลอยด์ มีความเป็นโฮโมไซโกซิตีสูงกว่าสายพันธุ์แท้ ที่ได้จากการผสมตัวเองของต้นดิพลอยด์ ดังนั้นเมื่อนำสายพันธุ์แท้ที่มีความบริสุทธิ์ทางพันธุกรรมสูงๆ เหล่านี้มาผสมพันธุ์กันเพื่อผลิตลูกผสม ลูกผสมที่ได้มีเฮตเทอโรซิสสูงสุด กล่าวคือ มีความสม่ำเสมอความแข็งแรงและให้ผลผลิตสูงสุด

6. ต้นแฮพลอยด์มีประโยชน์ในการศึกษาการกลายพันธุ์ของพืช (mutagenesis) เนื่องจากต้นแฮพลอยด์มีโครโมโซมเพียงชุดเดียว ยีนแต่ละตำแหน่งจะอยู่ในสภาพยีนเดี่ยวไม่มีคู่ของมัน ดังนั้นเมื่อมีการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ของยีน เช่น การทำให้ยีนเด่นเปลี่ยนแปลงเป็นยีนด้อย ลักษณะที่ถูกควบคุมโดยยีนนั้นจะแสดงออกมาทันที ทำให้สามารถคัดเลือกลักษณะที่ต้องการได้ตั้งแต่ในระยะที่เป็นแฮพลอยด์ ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการคัดเลือกอีกวิธีหนึ่ง

พอลิพลอยด์ (polyploid)

พอลิพลอยด์ คือสิ่งมีชีวิตที่มีจำนวนโครโมโซมพื้นฐานมากกว่า 2 ชุดขึ้นไป (3x, 4x, 6x, etc.) ส่วนมากพบในอาจักรพืช ชั้นสูงมีพอลิพลอยด์ประมาณ 30-35 เปอร์เซ็นต์ ในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวพบพอลิพลอยด์มากที่สุดประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ ส่วนพืชใบเลี้ยงคู่พบพอลิพลอยด์จำนวนมากในวงศ์ *Crassulaceae*, *Malvaceae*, *Polygonaceae*, และ *Rosaceae* พอลิพลอยด์พบมากในพืชแต่พบน้อยในสัตว์ซึ่งมีสัตว์เพียงไม่กี่ชนิดที่พบพอลิพลอยด์

วิธีการทำให้เกิดพอลิพลอยด์

การเกิดพอลิพลอยด์อาจเกิดขึ้นได้ 2 ทาง คือเกิดขึ้นเองในธรรมชาติ (natural polyploidy) หรือเกิดโดยมนุษย์ทำขึ้นมา (artificial or induce polyploidy) เช่น การใช้สารเคมี (วิทยา, 2527)

1. การเกิดตามธรรมชาติอาจเกิดจากปรากฏการณ์ธรรมชาติเช่น ฟ้าร้อง ฟ้าผ่า พายุ สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจำนวนและรูปร่างของโครโมโซมได้ซึ่งพบว่ามีพืช polyploidy ใน angiosperm มาตั้งแต่โบราณพอลิพลอยด์ ที่พบมีทั้งออโตพอลิพลอยด์และอัลโลพอลิ-พลอยด์ เช่น กล้วยหอมมีลักษณะจีโนม AAA เกิดมาจากกล้วยป่าในแถบมาเลเซีย กล้วยเหล่านี้มีบรรพบุรุษมาจากกล้วยป่า *Musa acuminata* Colla ซึ่งมีจีโนม AA ส่วนกล้วยที่เป็นอัลโลพอลิ-พลอยด์ ดังเช่น กล้วยกล้าย (AAB) กล้วยน้ำว้า (ABB) กล้วยหักมุก (ABB) กล้วยเทพรส (ABBB) เกิดพอลิพลอยด์หลังจากเกิดการผสมของกล้วยป่า *M. acuminata* Colla มีจีโนม AA กับกล้วยตานี *M. balbisiana* Colla ที่มีจีโนม BB ซึ่งอยู่แถบอินเดียและต่อมาได้มีการเคลื่อนย้ายไปปลูกในประเทศต่างๆ การที่กล้วยพอลิพลอยด์สามารถมีชีวิตอยู่ได้นี้ส่วนใหญ่ เป็นเพราะพืชดังกล่าว

สามารถขยายพันธุ์แบบไม่ใช้เพศ ดังเช่นในกล้วยสามารถแยกหน่อไปปลูกได้ จึงทำให้มีการกระจายพันธุ์แบบไม่กลายพันธุ์ไปยังที่ต่างในเวลาต่อมา (เบญจมาศ, 2545)

2. การสร้างขึ้นมาโดยมนุษย์สามารถทำให้สิ่งที่มีชีวิตมีจำนวนโครโมโซมได้หลายชุดด้วย วิธีการดังต่อไปนี้

2.1 การใช้ความร้อนสูงอย่างรวดเร็ว ส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นได้กับพืชที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ง่าย

2.2 การใช้รังสี รังสีสามารถทำให้เกิดการกลายพันธุ์ในสิ่งที่มีชีวิตได้ ซึ่งบางครั้งอาจเกิดพอลิพลอยด์ได้เช่นกัน

2.3 การใช้สารเคมีเป็นวิธีที่ใช้กันมาก สารเคมีทำให้เกิดพอลิพลอยด์ได้เนื่องจากการเกิดการยับยั้งการเกิดผนังเซลล์กั้นในช่วงของการแบ่งเซลล์ ทำให้จำนวนโครโมโซมเพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัวสารเคมีที่นิยมใช้กันมากได้แก่ โคลชิซีน นอกจากนี้ยังมีไนตรัสออกไซด์ (nitrous oxide) Oryzalin amiprophos methyl และ Podophylin ซึ่งมีตัวอย่างวิธีการใช้สารเคมีกับส่วนของพืช

2.3.1 การแช่เมล็ดทำการแช่เมล็ดลงในสารละลายที่มีความเข้มข้นและระยะเวลาที่พอเหมาะล้างน้ำแล้วนำไปเพาะ

2.3.2 ใช้กับต้นพืชโดยตรงซึ่งใช้ได้ตั้งแต่ต้นกล้าหมายถึงต้นเล็กที่เกิดจากการเพาะเมล็ดหรือกิ่งหรือส่วนที่กำลังเจริญเช่น ปลายยอดโดยการหยดสารละลายที่มีความเข้มข้นที่พอเหมาะลงที่ยอดที่มีใบอ่อนประมาณ 2-3 โดยใช้สำลีปั้นเป็นก้อนขนาดเล็กวางตรงจุดที่จะหยดสารละลาย จากนั้นหยดสารละลายบนสำลีให้สารละลายค่อยๆ ซึมผ่านสำลีลงไปที่ยอด

2.3.3 ใช้กับต้นอ่อนของพืชในสภาพปลอดเชื้อหรือในสภาพการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยนำต้นอ่อนของพืชมาตัดบริเวณส่วนปลายออกแล้วนำมาแช่ในสารละลาย ซึ่งอยู่ในสภาพปลอดเชื้อระยะเวลาในการแช่ จะต้องทำการศึกษาก่อนเพื่อให้ได้เวลาที่เหมาะสม จากนั้นจึงล้างด้วยน้ำกลั่นในตู้ที่ปลอดเชื้อแล้วนำไปเลี้ยงในอาหารสูตรเดิมต่อไป การที่พืชเกิดเป็นลักษณะพอลิพลอยด์หรือไม่ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นระยะเวลา และความถี่ในการให้สารเคมีนั้นๆ ตัวอย่างลักษณะพอลิพลอยด์ของตำลึงทำได้โดยการใช้โคลชิซีนที่ความเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์ แช่เมล็ดหรือกรณีหยอดที่ยอดใช้โคลชิซีนที่ความเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์ เช่น หยดหลายครั้งในกล้วยที่อยู่ในสภาพเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพบว่าโคลชิซินที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ แช่ต้นนาน 5-7 ชั่วโมง และใช้สาร Oryzalin ที่ความเข้มข้น 45 ไมโครโมล (μM) นาน 2-5 ชั่วโมง จะได้ต้นที่มีลักษณะเป็นเททระพลอยด์

ประเภทของพอลิพลอยด์

ประเภทของพอลิพลอยด์จำแนกได้ดังนี้

1. ออโตพอลิพลอยด์ (autopolyploid) คือ พอลิพลอยด์ที่มีชุดโครโมโซมหรือจีโนมทุกชุดเหมือนกัน (homologous) เช่น AAAA ดังนั้น ในระหว่างการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส โครโมโซมคู่เหมือนทุกชุดจีโนมจับคู่แนบชิดติดกันตลอดความยาวโครโมโซม ออโตพอลิพลอยด์ที่พบในธรรมชาติส่วนใหญ่เป็นออโตทริพลอยด์ ออโตเททระพลอยด์ ออโตเพนตะพลอยด์ และออโตเฮกซะพลอยด์ ซึ่งมีจำนวนชุดโครโมโซมเป็น 3, 4, 5 และ 6 ชุด ต่อเซลล์ ตามลำดับ

2. เซกเมนทอล อัลโลพอลิพลอยด์ (segmental allopolyploid) เป็นพอลิพลอยด์ ที่มีโครโมโซมบางชุดเหมือนกันเช่น A_1A_1 แต่แตกต่างจากโครโมโซมชุดอื่น (non homologous) หรือเหมือนกับโครโมโซมชุดอื่นเพียงบางส่วน (partially homologous หรือ homologous) เช่น A_2A_2

3. จีโนม อัลโลพอลิพลอยด์ (genome allopolyploid) เกิดจากการผสมข้ามระหว่างพ่อแม่ที่มีจีโนมแตกต่างกันมาก เช่น A และ B ในระหว่างการแบ่งเซลแบบไมโอซิส โครโมโซมไม่สามารถเข้าคู่กันได้ ลูกผสมชั่วแรกมักเป็นหมันแต่เมื่อโครโมโซมเพิ่มขึ้นอีกเท่าตัว ทำให้ลูกชั่วต่อมาไม่เป็นหมัน และกลายเป็นจีโนมอัลโลพอลิพลอยด์ (AABB) จีโนมอัลโลพอลิ-พลอยด์ อาจมีจำนวนชุดโครโมโซมที่เพิ่มขึ้นมานับตั้งแต่อัลโลทริพลอยด์ (allotriploid; AAB) อัลโลเททระพลอยด์ (allotetraploid; AABB) เป็นต้น

4. ออโตอัลโลพอลิพลอยด์ (autoallopolyploid) เป็นพอลิพลอยด์ที่ประกอบด้วยจีโนมมากกว่า 2 จีโนม โดยจีโนมหนึ่งเป็นออโตพอลิพลอยด์ เช่น AAAABB เห็นได้ว่าจีโนม A มี 4 ชุด และจีโนม B มี 2 ชุด ดังนั้นการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสโครโมโซมมีการจับคู่กันเป็นไบวาเลนต์ และมัลติวาเลนต์

ลักษณะทั่วไปของพืชพอลิพลอยด์

1. โดยทั่วไปพืชพอลิพลอยด์จะมีส่วนประกอบต่างๆ ที่มีขนาดใหญ่เช่น ลำต้น กิ่ง ใบ ดอก และรากเนื่องจากเซลล์มีขนาดใหญ่อวบอิ่มน้ำมากขึ้น เมื่อสังเกตที่ใบจะพบใบหนาและมีสีเขียวเข้มขึ้น เช่นข้าวโพดที่เป็นเททระพลอยด์ใบจะหนากว่าดิพลอยด์ เซลล์ปากใบมีขนาดใหญ่ แต่จำนวนปากใบต่อหน่วยพื้นที่ลดลง เรณูมีขนาดใหญ่ อย่างไรก็ตาม การเพิ่มขนาดของเซลล์ตามการเพิ่มจำนวนชุดของโครโมโซมมีขอบเขตจำกัดพืชแต่ละชนิด มีจำนวนชุดโครโมโซมที่

เหมาะสมที่สุดเกิดขีดจำกัดจะเป็นผลเสีย ทำให้สิ่งมีชีวิตอ่อนแอเป็นหมัน ฯลฯ พืชหลายชนิดการเพิ่มจำนวนชุดโครโมโซมไม่ได้ทำให้มีขนาดใหญ่ขึ้น

2. พอลิพลอยด์ส่วนใหญ่มักมีอัตราการเจริญเติบโตช้า เนื่องจากมีอัตราการแบ่งเซลล์ช้ากว่าปกติ เช่น พวกออโตเททระพลอยด์มีอัตราการเจริญเติบโตช้ากว่าพวกดิพลอยด์ ซึ่งมีผลทำให้ออโตพอลิพลอยด์ออกดอกช้าและบางทีดอกอาจร่วงช้ากว่าพวกดิพลอยต์ นอกจากนี้ในพืชหลายชนิดอาจมีกิ่งก้านน้อยกว่า

3. ความสมบูรณ์พันธุ์ของเรณู (pollen fertility) ของพวกพอลิพลอยด์มักจะต่ำทำให้เปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดลดลง

4. พอลิพลอยด์มีความแปรปรวนทางพันธุกรรมสูงกว่าดิพลอยด์ เนื่องจากเมื่ออยู่ในสภาพที่เป็นเฮตเทอโรไซโกตแล้วการลดเฮตเทอโรไซโกตเกิดขึ้นน้อยกว่าและช้ากว่าดิพลอยด์

5. พอลิพลอยด์มีการถ่ายทอดลักษณะและพันธุกรรมที่ซับซ้อนกว่าดิพลอยด์ เนื่องจากยีนแต่ละตำแหน่งมีหลายซ้ำและการจับตัวของโครโมโซมมีหลายแบบ

6. พอลิพลอยด์ทนทานต่อการเพิ่มหรือการขาดหายไปของโครโมโซมมากกว่าดิพลอยด์

7. อัตราการกลายพันธุ์ที่ตรวจสอบได้ในพอลิพลอยด์ต่ำกว่าดิพลอยด์ เนื่องจากมีการกลายพันธุ์ของยีนใดๆ ถ้าการกลายพันธุ์นั้นเป็นลักษณะด้อย ต้องมีการกลายพันธุ์ของยีนหลายตัวหรือต้องผสมพันธุ์หลายชั่ว จนกว่าจะพบต้นที่เป็นพันธุ์แท้ของยีนคู่นั้นๆ

ออโตพอลิพลอยด์ (autopolyploid)

ออโตพอลิพลอยด์ (autopolyploid) คือสิ่งมีชีวิตที่มีจำนวนโครโมโซมมากกว่า 2 ชุดขึ้นไป แต่ละชุดโครโมโซมจะเหมือนกันทุกประการ เช่นออโตทริพลอยด์มีชุดโครโมโซมเป็น AAA และออโตเททระพลอยด์เป็น AAAA เป็นต้น ความถี่ของพวกออโตพอลิพลอยด์ที่พบในธรรมชาติมักไม่แน่นอน เนื่องจากนักวิทยาศาสตร์บางท่านได้รวมเอาพวกเซกเมนทอล อัลโลพอลิ-พลอยด์ไว้ด้วยกันกับออโตพอลิพลอยด์ จึงกล่าวว่ามีออโตพอลิพลอยด์เป็นจำนวนมากในพืช

กำเนิดออโตพอลิพลอยด์

ในธรรมชาติพอลิพลอยด์เกิดจากการแบ่งตัวที่ผิดปกติของเซลล์สืบพันธุ์ ทำให้ได้เซลสืบพันธุ์ที่มีจำนวนโครโมโซมเท่ากับเซลล์ร่างกาย (unreduced gamete, n=2x) เซลล์สืบพันธุ์แบบนี้เมื่อผสมกันเองได้พืชที่เป็นออโตเททระพลอยด์ (2n=4x) แต่เมื่อผสมกับเซลล์สืบพันธุ์ปกติ (n=x) ได้พืชที่เป็นออโตทริพลอยด์ (2n=3x) ในอีกกรณีหนึ่งอาจเกิดจากการแบ่งตัวที่ผิดปกติของเซลร่างกายแบบเอนโดไมโตซิส กล่าวคือโครโมโซมมีการเพิ่มจำนวนขึ้นเป็นสองเท่าแต่ไม่มีการแบ่งไซโตพลาสซึมทำให้เซลล์มีจำนวนโครโมโซมเป็น 4 ชุด (2n=4x) เซลล์นี้หากอยู่ในส่วนที่เจริญเป็นดอกจะสร้างเรณูและไข่ที่มีโครโมโซม 2 ชุด (2n=2x) ดังนั้นเมื่อผสมตัวเองจะให้ลูกที่เป็นออโตเททระพลอยด์ (2n=4x) พืชประเภทไม้ดอกไม้ประดับที่เป็นออโตพอลิพลอยด์ส่วนใหญ่มีกำเนิดมาจากวิธีนี้

วิธีการผลิตพืชออโตพอลิพลอยด์

การผลิตพืชออโตพอลิพลอยด์หรือออโตพลอยด์ (autoploid) ทำได้หลายวิธีดังนี้

1. การตัดยอด (decapitation) และการชักนำให้เนื้อเยื่อเจริญเป็นแคลลัส (callus) โดยการกระตุ้นด้วยออกซิน (auxin) ชื่ออินโดลอะเซติด แอซิด (indolacetic acid) หรือ IAA การกระตุ้นด้วยอินโดลอะเซติด แอซิด สามารถชักนำให้ได้ต้นพืชที่เป็นออโตพลอยด์

2. การเกิดต้นกล้าแฝด (twin seedling) เป็นวิธีการหนึ่งในการผลิตต้นออโตพลอยด์ในระยะแรกๆ จะพบต้นกล้าแฝดในอัตราที่ต่ำมากในระหว่างต้นกล้าปกติที่งอกออกจากเมล็ดต้นกล้าแฝดดังกล่าวเป็นเฮตเทอโรพลอยด์ (heteroploid) ประกอบด้วยต้นพืชปกติและต้นพืชที่มีความผิดปกติในจำนวนโครโมโซมซึ่งอาจเป็นต้นออโตพอลิพลอยด์ ทำให้เราสามารถคัดเลือกต้นที่เป็นออโตพลอยด์ได้

3. การใช้อุณหภูมิสูงๆ (heat treatment) เป็นเวลาสั้นๆ สามารถชักนำให้เกิดต้นพอลิพลอยด์ได้

4. การใช้สารเคมี (chemical treatment) สารเคมีบางชนิดสามารถชักนำให้เกิดต้นพืชที่เป็นพอลิพลอยด์ได้ เช่น โคลชิซีนซึ่งเป็นสารพวกอัลคาลอยด์สามารถยับยั้งการทำงานของสปินเดิลไฟเบอร์ในระหว่างการแบ่งเซลแบบไมโตซิส ทำให้คู่ของโครมาติดของโครโมโซมไม่แยกออกจากกันจึงมีผลทำให้จำนวนโครโมโซมเพิ่มขึ้นเป็นหลายๆ เท่า ของโครโมโซมปกติ

ประโยชน์ของออโตพอลิพลอยด์ในการปรับปรุงพันธุ์พืช

ออโตพอลิพลอยด์มีประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์พืช เนื่องมาจากพืชที่เป็นออโตพอลิพลอยด์มักมีส่วนต่างๆ ที่มีขนาดใหญ่ เช่น ราก ใบ ดอก ผล และ เมล็ดในพวกไม้ดอกไม้ประดับการมีดอกขนาดใหญ่และบาน ทนย่อมเป็นที่ต้องการของตลาดเช่น ต้นลิ้นมังกร (snapdragon) ที่เป็นเททระพลอยด์ (2n=32) มีช่อดอกขนาดใหญ่กว่าดิพลอยด์ (2n=16) ในอาหารสัตว์ที่มีใบขนาดใหญ่ย่อมเป็นประโยชน์ต่อสัตว์เลี้ยงในธัญพืช เมื่อเมล็ดมีขนาดใหญ่โตขึ้นอาจช่วยทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น

อย่างไรก็ตาม พืชที่เป็นออโตพอลิพลอยด์ มีข้อเสีย ซึ่งเป็นตัวจำกัดการใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์โดยพืชพอลิพลอยด์ มักเป็นหมันผลิตเรณูได้น้อย จึงทำให้เปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดต่ำ ซึ่งจัดว่าเป็นลักษณะที่ไม่ต้องการในธัญพืชที่เราปลูกเอาเมล็ดเป็นผลผลิต หรือในพืชที่ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด

ทริพลอยด์ (triploid)

ต้นพืชที่เป็นทริพลอยด์อาจมีกำเนิดมาจาก

1. การผสมข้ามระหว่างต้นพืชเททระพลอยด์กับดิพลอยด์
2. การผสมระหว่างไข่ที่ไม่มีการลดจำนวนโครโมโซม (n=2x) กับเรณูปกติ (n=x)
3. การผสมระหว่างไข่ปกติ (n=x) กับสเปิร์ม (n=x) 2 ตัวที่เรียกว่าไดสเปิร์มมี (dispermy)

การใช้ประโยชน์ทริพลอยด์ในการปรับปรุงพันธุ์พืช

พืชที่มีลักษณะทริพลอยด์ส่วนใหญ่มักจะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ที่เป็นหมัน พืชที่นิยมเพิ่มโครโมโซมให้เป็นทริพลอยด์มีการแข่งขันที่สำคัญในการผลิตและคัดเลือกพันธุ์ที่ไร้เมล็ด (Zhu *et al.*, 2009) เราสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์พืชบางชนิดให้ไร้เมล็ดได้ เช่น

กล้วย ลักษณะทริพลอยด์ (2n=33) ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติมีความแข็งแรงมาก และไร้เมล็ดซึ่งเป็นที่ต้องการของตลาด กล้วยที่เป็นทริพลอยด์ (AAA) ได้แก่ กล้วยหอมทอง กล้วยเขียว

กล้วยนาก และกล้วยไข่ เบญจมาศ (2538) กล่าวว่ากล้วยที่มีโครโมโซม 3 ชุด ที่มีถิ่นกำเนิดจาก *M. acuminate* จะมีความแข็งแรงใกล้เคียงกับโครโมโซม 4 ชุด แต่มากกว่าโครโมโซม 2 ชุด ส่วนกล้วยที่เป็นพอลิพลอยด์มากถึง 6x และ 7x ความแข็งแรงจะลดลงอาจเจริญได้ในระยะแรกเท่านั้น กล้วยลูกผสมที่มาจากกล้วยตานีและมีโครโมโซมเป็น 3 และ 4 ชุด มีความแข็งแรงมากกว่าโครโมโซม 5 ชุด ขนาดของรังไข่ของกล้วยที่มีโครโมโซม 3 และ 4 ชุด ใหญ่กว่าโครโมโซม 2 ชุด ประมาณสองเท่าการเจริญจะมีมากกว่า ส่วนจำนวนผลต่อเครืออาจไม่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์ แต่มีแนวโน้มของกล้วยที่มีจำนวนชุดโครโมโซมมากก็จะมีจำนวนผลต่อเครือมากด้วย

แอปเปิล เป็นทริพลอยด์ (2n=51) ที่เกิดขึ้นเองในธรรมชาติมีความแข็งแรงและมีผลขนาดใหญ่กว่าพวกดิพลอยด์แต่ผลิดเรณูได้น้อยมาก จึงมีเมล็ดน้อยในการปลูกแอปเปิลให้ได้ผลผลิตสูงจะต้องปลูกต้นดิพลอยด์สลับกับต้นทริพลอยด์ เพื่อเรณูจากต้นดิพลอยด์จะช่วยกระตุ้นให้ไข่ของต้นทริพลอยด์พัฒนาเป็นผล

ฝรั่งเป็นทริพลอยด์ (2n=33) Rajan *et. al.* (2008) และ Shamsudin *et al.* (2005) และได้ศึกษาลักษณะความหวานของฝรั่งจะลดลงเมื่อจำนวนเมล็ดภายในผลฝรั่งลดลง ยังพบว่าจำนวนเมล็ดมีความสัมพันธ์กับขนาดของผล ความแตกต่างของลักษณะเมล็ด จำนวนเมล็ดต่อผลจากการศึกษาลักษณะรวมกันทางตรงและทางอ้อมจำนวนเมล็ดต่อผล โดยคัดเลือกต้นฝรั่งจากต้นกำเนิดและเก็บรักษาพันธุกรรมพืชการศึกษาเมล็ด สีของเมล็ด วิเคราะห์ผลกระทบทางตรงและทางอ้อมของความแตกต่างจากจำนวนเมล็ดในผล ลักษณะของยีนและลักษณะภายนอกของจำนวนเมล็ดต่อผลมีความสำคัญและสัมพันธ์กันกับน้ำหนักเมล็ดต่อผล ลักษณะของยีนและลักษณะภายนอกแสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงศึกษาจากจำนวนเมล็ดต่อผล มีผลตอบสนองโดยตรงน้ำหนักเมล็ดต่อผลและผลต่อเมล็ดมีความสัมพันธ์กันกับค่าสัมประสิทธิ์ การมีเมล็ดเล็กหรือไร้เมล็ดเลยอุณหภูมิยังมีความสัมพันธ์กับความหวานของผลฝรั่งด้วยเช่นกัน

แตงโม ที่เป็นดิพลอยด์มีเมล็ดจำนวนมากไม่เป็นที่นิยมของผู้บริโภค นักปรับปรุงพันธุ์พืชจึงมีขั้นตอนการผลิตดังนี้

1. คัดเลือกพันธุ์แตงโมที่เป็นดิพลอยด์ (2n=2x) นำมาปลูกในเรือนกระจกที่ระยะกล้า หยดสารโคลชิซีนความเข้มข้น 0.2-0.4 เปอร์เซ็นต์ ลงบนยอดหรือจุดเจริญของต้นกล้าวันละ 1 หยด เป็นเวลา 4 วันติดต่อกัน เพื่อชักนำให้ได้ต้นแตงโมที่เป็นเททระพลอยด์ (2n=3x)

2. ผสมพันธุ์ระหว่างต้นดิพลอยด์กับเททระพลอยด์ โดยการนำเรณูจากต้นดิพลอยด์ผสมกับเกสรตัวเมียของต้นเททระพลอยด์ ภายหลังการผสมเมล็ดที่ได้จะเป็นทริพลอยด์ (2n=3x) ในการผสมพันธุ์ถ้าหากใช้ต้นเททระพลอยด์เป็นพ่อและดิพลอยด์เป็นแม่จะได้ต้นเมล็ดลีบ

3. เมล็ดพันธุ์แตงโมที่เป็นทริพลอยด์ จะมีเปลือกหุ้มเมล็ดหนากว่าเมล็ดดิพลอยด์ปกติ ทำให้งอกช้าและเปอร์เซ็นต์ความงอกค่อนข้างต่ำ จึงต้องแก้ไขโดยการตัดส่วนปลายของเมล็ดเล็กน้อยก่อนนำไปเพาะในกระบะทรายที่มีความชื้นปานกลาง เมื่อเมล็ดเริ่มงอกจึงย้ายไปปลูกในดินที่บรรจุในถุงกระดาษหรือถุงพลาสติก เมื่อต้นกล้าแข็งแรงและมีใบจริง 3-4 ใบ จึงย้ายลงดินในแปลงปลูกได้

4. ปลูกต้นแตงโมทริพลอยด์สลับต้นหรือแถวคู่กับต้นแตงโมดิพลอยด์ ในอัตราส่วน 4:1 ถึง 5:1 เพื่อให้เกสรเพศผู้จากต้นดิพลอยด์ไปกระตุ้นให้ผลของต้นแตงโมทริพลอยด์เจริญเติบโต เนื่องจากเกสรเพศผู้ของต้นทริพลอยด์เป็นหมัน

เททระพลอยด์ (tetraploid)

พืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจหลายชนิดเป็นออโตเททระพลอยด์ เช่น มันฝรั่ง กาแฟ ถั่งลิสง นอกจากนี้ยังพบในพืชอาหารสัตว์หลายชนิด เช่น อัลฟาฟา หญ้าไรย์ ในไม้ดอกไม้ประดับ และผลไม้ เช่น องุ่น ลิ้นมังกร และลิลลี่ เป็นต้น ออโตเททระพลอยด์ในธรรมชาติมีกำเนิดมาจากการที่โครโมโซมเพิ่มจำนวนจากสภาพดิพลอยด์เป็นเททระพลอยด์ สภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น เย็นจัด ร้อนจัดหรือสารเคมีบางชนิด มีผลทำให้โครโมโซมเพิ่มจำนวนขึ้นได้

พฤติกรรมของเททระพลอยด์ในระหว่างการแบ่งเซลล์

สิ่งมีชีวิตออโตพอลิพลอยด์จะมีโครโมโซม 4 ชุด เหมือนกัน (AAAA) แต่ละโครโมโซมประกอบด้วยโครโมโซมคู่เหมือน 4 แท่ง ในทางทฤษฎีโครโมโซมคู่เหมือนทั้งสี่มีโอกาสที่จะจับคู่กันได้เท่าๆ กัน แต่ในความเป็นจริงโครโมโซมคู่เหมือนทั้งสี่มักจะมาจับกันแบบสองต่อสองทำให้ได้ไบวาเลนต์ 2 คู่แต่ถ้ามีการจับกันของโครโมโซมคู่เหมือนทั้งสี่ก็จะได้โครโมโซมแบบควอดริวาเลนต์ (quadrivalent) หรือเททระวาเลนต์ (tetravalent) ในระยะอะไดเนซิส โครโมโซมจะมีการจัดเรียงตัวในรูปแบบต่างๆ ขึ้นอยู่กับลักษณะการจับคู่และไคแอสมาที่เกิดขึ้นบนโครโมโซม

พันธุกรรมของเททระพลอยด์

การถ่ายทอดลักษณะของพวกเททระพลอยด์ สลับซับซ้อนมากกว่าดิพลอยด์ เพราะเททระพลอยด์มีชุดโครโมโซมถึง 4 ชุด (4x) ยีนในแต่ละตำแหน่งจะมี 4 อัลลีล แทนที่เป็น 2 อัลลีล หรือหนึ่งคู่ดัง เช่น ในพวกดิพลอยด์ ดังนั้น เททระพลอยด์จึงมีจีโนไทป์ได้ถึง 5 แบบ ซึ่งมีชื่อเรียกตามจำนวนยีนเด่นดังนี้

AAAA	เรียกว่า ควอดรุพเพลกซ์ (quadruplex)	มียีนเด่น 4 ตัว
AAAa	เรียกว่า ทริพเพลกซ์ (triplex)	มียีนเด่น 3 ตัว
AAaa	เรียกว่า ดุพเพลกซ์ (duplex)	มียีนเด่น 2 ตัว
Aaaa	เรียกว่า ซิมเพลกซ์ (simplex)	มียีนเด่น 1 ตัว
aaaa	เรียกว่านัลลิเพลกซ์ (nulliplex)	ไม่มียีนเด่น

การแสดงออกของยีนในพวกเททระพลอยด์จะผันแปรไปเช่นเดียวกับพวกดิพลอยด์ กล่าวคือถ้าเป็นยีนข่มสมบูรณ์ (complete dominance) จีโนไทป์ที่เป็นเฮตเทอโรไซกัส (AAAa, AAaa และ Aaaa) จะแสดงลักษณะเหมือนกับจีโนไทป์ที่เป็นโฮโมไซกัส (AAAA) ถ้าเป็นยีนข่มไม่สมบูรณ์ (incomplete dominance) จีโนไทป์เป็นเฮตเทอโรไซกัส (AAAa, AAaa และ Aaaa) จะแสดงลักษณะออกมาอยู่ระหว่างควอดรุพเพลกซ์ (AAAA) และนัลลิเพลกซ์ (aaaa)

การแยกตัวของยีนออกจากกันในการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสเพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์นั้นขึ้นอยู่กับตำแหน่งของยีนว่าอยู่ใกล้หรือไกลจากเซนโตรเมียร์ ถ้ายีนอยู่ใกล้กับเซนโตรเมียร์ การแยกตัวของยีนจะเป็นไปตามการแยกตัวของโครโมโซมทั้งสี่ (chromosome segregation) ซึ่งเกิดขึ้นอย่างสุ่มถ้ายีนอยู่ห่างไกลจากเซนโตรเมียร์ กระทั่งมีการแลกเปลี่ยนส่วนโครมาติดกันขึ้น การแยกตัวออกจากกันของยีนจะขึ้นอยู่กับการแยกตัวของโครมาติด (chromatid segregation) ไม่ใช่โครโมโซม

1. การแยกตัวแบบโครโมโซม ในการแยกตัวแบบนี้โครมาติดทั้งสองของแต่ละโครโมโซมต่างก็แยกตัวไปยังเซลสืบพันธุ์ทั้งสอง โดยไม่มีไคแอสมาเกิดขึ้นระหว่างโครมาติดทั้งสอง จึงทำให้ดูคล้ายกับว่าโครมาติดทั้งสองของแต่ละโครโมโซม มีพฤติกรรมเหมือนเป็นโครโมโซมแท่งเดียว เช่นเททระพลอยด์ที่มีจีโนไทป์เป็นดุพเพลกซ์สำหรับยีน A (AAaa)

2. การแยกตัวแบบโครมาติด ในระหว่างการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสโครโมโซมคู่เหมือนทั้งสี่แต่ละโครโมโซมจะประกอบด้วย 2 โครมาติด ดังนั้นเมื่อโครโมโซมทั้งสี่มาเข้าคู่แนบชิดกันในระยะไซโกทีน จะประกอบด้วย 8 โครมาติด ภายหลังการแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนโครมาติดแต่ละอันมีโอกาสเท่ากันใน การไปรวมกับโครมาติดอีกอันหนึ่ง เพื่อประกอบกันเป็นเซลล์สืบพันธุ์ ใน

บางครั้งโครมาติดทั้งสองของโครโมโซมเดียวกัน อาจมารวมกันอาจมารวมในเซลล์สืบพันธุ์เดียวกัน ซึ่งปรากฏการณ์ทำให้อัตราส่วนของเซลล์สืบพันธุ์ที่มีลักษณะด้อยเพิ่มขึ้นมา เรียกว่า ดับเบิล รีดักชัน (double reduction) (ประภา, 2534)

ประโยชน์ของเททระพลอยด์ทางการเกษตร

โดยปกติพืชที่เป็นเททระพลอยด์ มักจะมีส่วนประกอบต่าง ๆ เช่น ลำต้น ใบ ดอก ผล เมล็ด และราก มีขนาดใหญ่กว่าพวกดิพลอยด์ แต่มักมีจำนวนเมล็ดน้อยกว่าพวกดิพลอยด์ การใช้ประโยชน์จากพืชที่เป็นเททระพลอยด์ทางการเกษตร จึงขึ้นอยู่กับว่ามนุษย์เรานำส่วนใดของพืชนั้นมาใช้ประโยชน์

แอนนวลพลอยด์ (aneupliod)

คือพืชที่มีโครโมโซมเพิ่มขึ้นมาหรือขาดหายไปเป็นบางแท่ง แต่ไม่ใช่การเพิ่มหรือลดจำนวนโครโมโซมเป็นชุด แอนนวลพลอยด์แบ่งออกได้หลายชนิด เช่น nullisomic (2x-2), monosomic (2x-1), trisomic (2x+1), และ tetrasomic (2x+2) เป็นต้น (ประภา, 2534)