

การทดสอบการงอกของเมล็ดตามกฎสากล



โดย

รว 232.318

ป ก

นางสาวปทุม บุญนะฤธี

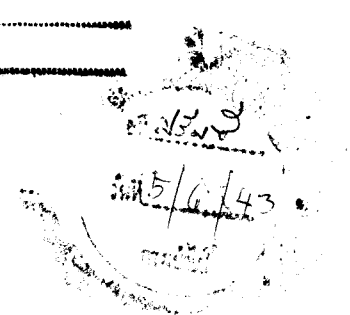
VERNWITANWITJAI สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้

กันยายน 2542

ห้องสมุดสำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช

เลขที่ 05606

วันที่ 08 ก.พ. 2551



ห้องสมุดสำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช
กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

ห้องสมุด สวช.



0049368

คำนำ

เอกสารทางวิชาการเล่มนี้จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นคู่มือแก่นักวิชาการ และเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานในด้านการตรวจสอบคุณภาพเมล็ด ซึ่งจะทำให้เกิดความเข้าใจในการเก็บตัวอย่างเมล็ดและการทดสอบการงอกของเมล็ดดียิ่งขึ้น เทคนิคและวิธีการต่าง ๆ ในการตรวจสอบคุณภาพทางการงอกของเมล็ดนั้นยึดตามกฎสากลในการทดสอบคุณภาพเมล็ดซึ่งสมาคมทดสอบเมล็ดพันธุ์นานาชาติหรือที่รู้จักกันในชื่อของ International Seed Testing Association (ISTA) ได้ตั้งกฎไว้

เอกสารทางวิชาการนี้ประกอบด้วยเนื้อหาที่แสดงรายละเอียดของหลักการและวิธีการ โดยเน้นการประเมินผลต้นกล้า ซึ่งเป็นจุดสำคัญของการทดสอบการงอก มีการยกตัวอย่างการประเมินผลการงอกของเมล็ดไม้ป่าจำนวน 19 ชนิด พร้อมทั้งมีรูปภาพประกอบ ทั้งนี้ เพื่อให้ผู้อ่านเกิดความรู้ความเข้าใจวิธีการประเมินผลดียิ่งขึ้น

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้กรุณาถ่ายทอดวิชาความรู้ทางด้านเมล็ดไม้ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการเมล็ดพันธุ์ไม้ป่า คุณปภาณิตา งามสอาด คุณสงบ กาบตุ้ม และคุณสายชล ดวงลอย ที่ให้ความช่วยเหลือในการทดสอบเมล็ดไม้ ตลอดจนคุณลัดดา นิ่มเรือง ที่ช่วยจัดพิมพ์เอกสารเล่มนี้จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ ผู้เขียนหวังว่าเอกสารเล่มนี้คงจะเป็นประโยชน์กับผู้อ่านบ้างตามสมควร

นางสาวปทุม บุญนะฤธี

กันยายน 2542

สารบัญ

	หน้า
สารบัญรูป	
สารบัญตาราง	
บทนำ	
การเก็บตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ (Sampling)	3
กองเมล็ดพันธุ์	3
วิธีเก็บตัวอย่าง	5
การเก็บตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ขั้นต้น	5
เครื่องมือและวิธีการเก็บตัวอย่าง	6
การเว้นช่วงในการเก็บตัวอย่าง	9
น้ำหนักขั้นต่ำสุดของตัวอย่างที่ส่งไปทดสอบ	9
การทำเครื่องหมายปิดป้ายกองเมล็ด	10
การสุ่มตัวอย่างในห้องทดลอง	10
น้ำหนักขั้นต่ำสุดของตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ	15
การเก็บรักษาตัวอย่างเมล็ดพันธุ์	16
การทดสอบการงอก (The Germination test)	17
หลักการทดสอบการงอกทั่วไป	18
วิธีการทดสอบการงอก	19
เครื่องมือสำหรับทดสอบการงอก	26
การประเมินผลการทดสอบการงอก	28
การคำนวณผลและการแสดงผล	85
การใช้ตาราง Tolerance	86
การทดสอบใหม่	88
การรายงานผล	89
สาเหตุที่ต้นกล้าผิดปกติ	90
เอกสารอ้างอิง	94

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 เหล็กแทงกระสอบแบบ Stick or sleeve type trier	8
1.2 เหล็กแทงกระสอบแบบ Nobbe trier	8
1.3 เครื่องแบ่งเมล็ดแบบ Soil divider	13
1.4 เครื่องแบ่งเมล็ดแบบกรวยหรือแบบ Boerner	13
1.5 เครื่องแบ่งเมล็ดแบบ Gamet	13
2.1 ตู้เพาะเมล็ดที่สามารถควบคุมแสงและอุณหภูมิได้	27
2.2 ชั้นเพาะเมล็ดที่ดัดแปลงใช้เพาะเมล็ดในอุณหภูมิห้องโดยสามารถควบคุมแสงได้	27
2.3 แสดงส่วนประกอบที่สำคัญของต้นกล้าพืชใบเลี้ยงคู่	29
2.4 แสดงส่วนประกอบที่สำคัญของต้นกล้าพืชใบเลี้ยงเดี่ยว	30
2.5 แสดงการงอกแบบอีพิเจียว (epigeal germination) ของถั่วแขก (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	31
2.6 แสดงการงอกแบบไฮโปเจียว (hypogeal germination) ของข้าวโพด (<i>Zea mays</i>)	32
2.7 แสดงการงอกแบบไฮโปเจียว (hypogeal germination) ของถั่วลันเตา (<i>Pisum sativum</i>)	33
2.8 ลักษณะกล้าที่ผิดปกติแสดงความผิดปกติที่รากแก้วและรากอื่น ๆ ที่งอกพร้อมรากแก้ว	40
2.9 ลักษณะกล้าที่ผิดปกติแสดงความผิดปกติที่ลำต้นอ่อนส่วน hypocotyl, epicotyl และ mesocotyl	41
2.10 ลักษณะกล้าที่ผิดปกติแสดงความผิดปกติที่ใบเลี้ยง	42
2.11 ลักษณะกล้าที่ผิดปกติแสดงความผิดปกติที่ใบจริง	43
2.12 ลักษณะกล้าที่ผิดปกติแสดงความผิดปกติที่ตายอดและเนื้อเยื่อใกล้เคียง	43
2.13 ลักษณะกล้าที่ผิดปกติแสดงความผิดปกติที่ปลอกหุ้มยอดอ่อน และใบจริงใบแรกที่แตกออกมาของพืชตระกูลหญ้า	44
2.14 ลักษณะกล้าที่ผิดปกติแสดงความผิดปกติที่ต้นกล้าทั้งต้น	45
2.15 ไม้พะยุง แสดงการงอกของเมล็ดไม้	47
2.16 ไม้พะยุง ต้นกล้าปกติเปรียบเทียบกับต้นกล้าผิดปกติ	47
2.17 ไม้ประดู่ แสดงการงอกของเมล็ด	49
2.18 ไม้ประดู่ ต้นกล้าปกติเปรียบเทียบกับต้นกล้าผิดปกติ	49
2.19 ไม้ชิงชัน ต้นกล้าปกติเปรียบเทียบกับต้นกล้าผิดปกติ	51

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.20	ไม้แดง ต้นกล้าปกติเปรียบเทียบกับต้นกล้าผิดปกติ
2.21	ไม้โมกมัน แสดงการงอกของเมล็ด
2.22	ไม้โมกมัน ต้นกล้าปกติเปรียบเทียบกับต้นกล้าผิดปกติ
2.23	ไม้ตีนเป็ด แสดงการงอกของเมล็ด
2.24	ไม้ตีนเป็ด ต้นกล้าปกติเปรียบเทียบกับต้นกล้าผิดปกติ
2.25	ไม้ยมหอม แสดงการงอกของเมล็ด
2.26	ไม้ยมหอม ต้นกล้าปกติเปรียบเทียบกับต้นกล้าผิดปกติ
2.27	ไม้ขี้เหล็ก แสดงการงอกของเมล็ด
2.28	ไม้ขี้เหล็ก ต้นกล้าปกติเปรียบเทียบกับต้นกล้าผิดปกติ
2.29	ไม้สมอไทย แสดงการงอกของเมล็ด
2.30	ไม้สมอไทย ต้นกล้าปกติเปรียบเทียบกับต้นกล้าผิดปกติ
2.31	หวายตง แสดงการงอกของเมล็ด
2.32	ไผ่ขาง แสดงการงอกของเมล็ด
2.33	ไผ่ขาง ต้นกล้าปกติเปรียบเทียบกับต้นกล้าผิดปกติ
2.34	ไผ่ไร่ แสดงการงอกของเมล็ด
2.35	ไผ่ไร่ ต้นกล้าปกติเปรียบเทียบกับต้นกล้าผิดปกติ
2.36	ไม้สนสามใบ แสดงการงอกของเมล็ด
2.37	ไม้สนสามใบ ต้นกล้าปกติเปรียบเทียบกับต้นกล้าผิดปกติ
2.38	ไม้ซ้อ แสดงการงอกของเมล็ด
2.39	ไม้ซ้อ ต้นกล้าปกติเปรียบเทียบกับต้นกล้าผิดปกติ
2.40	ไม้กระถินณรงค์ แสดงการงอกของเมล็ด
2.41	ไม้คูน ต้นกล้าปกติเปรียบเทียบกับต้นกล้าผิดปกติ
2.42	ไม้ชิงโค ต้นกล้าปกติเปรียบเทียบกับต้นกล้าผิดปกติ
2.43	ไม้เพกา ต้นกล้าปกติเปรียบเทียบกับต้นกล้าผิดปกติ

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1	
น้ำหนักสูงสุดของกองเมล็ดพันธุ์ (seed lot) และน้ำหนักขั้นต่ำสุดของ เมล็ดพันธุ์ที่ส่งไปทดสอบ (submitted sample) และเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ใน การทดสอบ (working sample) ของเมล็ดไม้บางชนิด	4
1.2	
ขนาดของถ้วยและขนาดของพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัสที่เหมาะสมสำหรับใช้แบ่ง ตัวอย่างเมล็ดพันธุ์บางชนิด	14
2.1	
แสดงวิธีการทดสอบการงอกและวิธีพิเศษที่ควรใช้เพื่อแก้การพักตัวของ เมล็ดไม้ป่าบางชนิด	20
2.2	
แสดงค่าความแตกต่างสูงสุดที่ยอมรับได้ในการทดสอบการงอกครั้งหนึ่ง ๆ จำนวน 4 ซ้ำ ๆ ละ 100 เมล็ด	88
2.3	
แสดงค่าความแตกต่างระหว่างผลการทดสอบการงอก ที่ได้จากตัวอย่าง เดียวกันหรือต่างกันได้ เมื่อดำเนินการทดสอบการงอกในห้องปฏิบัติ การเดียวกันหรือต่างกัน โดยทดสอบการงอกของเมล็ดพันธุ์จำนวน 400 เมล็ด	89

บทนำ

เมล็ดเป็นส่วนหนึ่งของพืชที่ใช้ในการสืบต่อพันธุ์และขยายพันธุ์ เมล็ดเป็นปัจจัยพื้นฐานปัจจัยหนึ่งที่จำเป็นต่อการปลูกพืชนอกเหนือจากปัจจัยของพื้นที่ที่ใช้ปลูกหรือดินที่ใช้ปลูก และปัจจัยของสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการปลูกพืชแต่ละชนิด การปลูกพืชจะประสบความสำเร็จมากน้อยเพียงใดก็ขึ้นอยู่กับเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ปลูกเป็นประการแรก ถึงแม้ว่าในปัจจุบันนี้การขยายพันธุ์โดยวิธีอื่นๆ ที่ไม่อาศัยเพศ เช่น การปักชำ การตอนกิ่ง การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ได้นำเข้ามาใช้แล้วก็ตาม แต่เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณกล้าไม้ที่ต้องการแล้วก็ยังมีความจำเป็นต้องอยู่ ดังนั้นความต้องการเมล็ดไม้เพื่อการขยายพันธุ์จึงยังมีความต้องการอยู่มาก ประกอบกับการขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพถ้าสามารถควบคุมความผันแปรทางพันธุกรรมให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ เป็นวิธีที่ประหยัดเพราะสามารถผลิตเมล็ดได้เป็นจำนวนมาก เก็บรักษาไว้ได้เป็นเวลานาน ขนส่งแจกจ่ายไปในที่ต่างๆ ได้สะดวก และพันธุ์พืชที่ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดมักไม่ค่อยมีปัญหาเรื่องการเกิดโรค เมื่อเปรียบเทียบกับ การขยายพันธุ์โดยใช้ส่วนต่างๆ ของพืช

ในการขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ดนอกจากปริมาณของเมล็ดจะต้องมีเพียงพอแล้วคุณภาพของเมล็ดก็เป็นสิ่งหนึ่งที่มีความสำคัญเช่นเดียวกัน การทราบถึงคุณภาพของเมล็ดหลังจากเก็บมาแล้วจนถึงระยะก่อนนำไปปลูกจึงมีความจำเป็น ซึ่งสามารถทำได้โดยการทดสอบคุณภาพของเมล็ดก่อนนำเมล็ดไปปลูก การทดสอบเมล็ดพันธุ์จะช่วยประเมินคุณภาพของเมล็ดได้ว่ามีคุณภาพสูงหรือต่ำเพียงใด มีคุณภาพตรงตามมาตรฐานที่กำหนดไว้หรือไม่ ตลอดจนได้ข้อเท็จจริงเกี่ยวกับคุณภาพของเมล็ด เพื่อนำไปเป็นประโยชน์ในการควบคุมคุณภาพหรือปรับปรุงสภาพของเมล็ดพันธุ์และใช้กำหนดอัตราเมล็ดที่ใช้ ตลอดจนวางแผนการจำหน่าย จ่ายแจกเมล็ดหรือกำหนดราคาของเมล็ด ซึ่งเกี่ยวกับการตลาด (seed marketing) ในด้านธุรกิจเมล็ดพันธุ์ หรือเพื่อออกใบรับรองให้กับเมล็ดในกรณีที่ผลิตเมล็ดรับรอง (certified seed) เมล็ดที่มีคุณภาพสูงจะมีราคาแพงกว่าเมล็ดที่มีคุณภาพต่ำ และเมื่อนำเมล็ดที่มีคุณภาพสูงไปปลูกย่อมจะงอกได้เร็ว ได้ต้นกล้าที่แข็งแรงสมบูรณ์ และเจริญเติบโตเร็ว

การทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ได้เริ่มดำเนินการมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1869 โดยศาสตราจารย์ Friedrich Nobbe ได้จัดตั้งสถานทดสอบเมล็ดพันธุ์แห่งแรกขึ้นที่เมือง Tharan รัฐ Saxony ประเทศเยอรมัน สถานทดสอบเมล็ดพันธุ์ที่จัดตั้งขึ้นในสมัยนั้น มีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันและควบคุมการจำหน่ายเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากก่อนหน้านี้ในการค้าเมล็ดพันธุ์มีปัญหาต่างๆ ที่เกี่ยวกับเมล็ดพันธุ์เกิดขึ้น เช่น มีการปลอมปนเมล็ดพันธุ์ด้วยเมล็ดพันธุ์ที่มีราคาต่ำหรือปนด้วยวัสดุอื่นๆ ที่มีลักษณะคล้ายกับเมล็ดพันธุ์เดิม การจำหน่ายเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ตรงตามสายพันธุ์ และเมล็ดพันธุ์มีการงอกต่ำ เป็นต้น

ครั้นถึง ค.ศ. 1904 มีการจัดตั้งสถานทดสอบเมล็ดพันธุ์ขึ้นในประเทศต่างๆ ทั้งในทวีปยุโรปและอเมริกาเหนือมากกว่า 130 แห่ง หลังจากนั้นในยุโรปมีการประชุมเพื่อแก้ไขปัญหการทดสอบเมล็ดพันธุ์อีก 3 ครั้ง จึงได้มีการจัดตั้งสมาคมทดสอบเมล็ดพันธุ์แห่งยุโรป (European Seed Testing Association) ขึ้นในปี ค.ศ. 1921 ต่อมาในปี ค.ศ. 1924 ได้เปลี่ยนชื่อ

เป็นสมาคมผู้ตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์นานาชาติ (International Seed Testing Association หรือ ISTA) ปัจจุบัน ISTA มีสมาชิกที่ประกอบด้วยประเทศต่างๆ ในทวีปยุโรป เอเชีย และแอฟริกา และยังมีสมาชิกที่เป็นห้องปฏิบัติการและสมาชิกในระดับบุคคลจากประเทศต่างๆ อีกเป็นจำนวนมาก วัตถุประสงค์ของสมาคมก็เพื่อปรับปรุงและจัดตั้งมาตรฐานของวิธีการทดสอบเมล็ดแบบต่างๆ เพื่อให้เป็นระเบียบเดียวกัน สำหรับประเมินค่าของเมล็ดพันธุ์ในการค้าระหว่างประเทศ ตลอดจนส่งเสริมงานวิจัยต่างๆ ทางวิทยาการเมล็ดพันธุ์รวมถึงเทคนิคต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

ในปี ค.ศ. 1931 มีการตั้งกฎสากลสำหรับทดสอบเมล็ดพันธุ์ (International Rules for Seed Testing) หรือเรียกสั้นๆ ว่า ISTA Rules ขึ้นเป็นครั้งแรก เป็นกฎและระเบียบที่ใช้สำหรับการทดสอบเมล็ดพันธุ์เพื่อการค้าระหว่างประเทศ ได้จัดพิมพ์ขึ้นเป็น 3 ภาษา คือ อังกฤษ ฝรั่งเศส และเยอรมัน ต่อมาได้มีการแก้ไขและปรับปรุงกฎต่างๆ ให้ดีขึ้นมาตลอด กฎสากลสำหรับทดสอบจะแบ่งเป็น 2 ภาค ภาคแรก เกี่ยวกับกฎต่างๆ อธิบายหลักการและคำจำกัดความของกฎต่างๆ ภาค 2 อธิบายรายละเอียดของวิธีการต่างๆ ที่ใช้ในการทดสอบ

ลักษณะสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบคุณภาพของเมล็ดตามที่ ISTA (1993) ได้กำหนดไว้มีดังนี้

ความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์	(Purity)
การงอกของเมล็ด	(Germination)
ความมีชีวิตของเมล็ด	(Viability)
สุขภาพของเมล็ด	(Seed health)
ความชื้นของเมล็ด	(Moisture content) และ
น้ำหนักของเมล็ด	(Weight determination)

การทดสอบคุณภาพของเมล็ดสามารถทำได้หลายวิธี การจะเลือกใช้วิธีการใดวิธี การหนึ่งในการทดสอบคุณภาพของเมล็ดนั้นขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการทดสอบแต่ละครั้ง

การเก็บตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ (Sampling)

การเก็บตัวอย่างเมล็ดพันธุ์เป็นวิธีการสำคัญอันดับแรกก่อนที่จะทำการทดสอบคุณภาพของเมล็ด การเก็บตัวอย่างเพื่อให้ได้ตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ในปริมาณที่เหมาะสมในการทดสอบ และมีส่วนประกอบต่างๆ ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเมล็ดพันธุ์ทั้งหมด ซึ่งมีจำนวนมาก โดยทั่วไปแล้วจำนวนเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ทดสอบ ซึ่งสมมุติให้เป็นตัวแทนของเมล็ดพันธุ์ทั้งหมดจะมีจำนวนน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับขนาดของเมล็ดพันธุ์ทั้งกอง (seed lot) ดังนั้น เพื่อให้ได้ผลในการทดสอบเมล็ดพันธุ์มีค่าใกล้เคียงและแน่นอนยิ่งขึ้น จึงจำเป็นที่จะต้องเก็บตัวอย่างเมล็ดพันธุ์อย่างรอบคอบและปฏิบัติตามวิธีการต่างๆ ของกฎที่วางไว้ แม้ว่างานในด้านเทคนิคจะมีความแน่นอนถูกต้องประการใดก็ตาม ผลที่ได้ออกมา ก็จะแสดงให้เห็นแต่เพียงคุณภาพของตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์เท่านั้น ดังนั้นจึงควรพยายามทุกวิถีทางเพื่อให้แน่ใจว่าตัวอย่างที่ส่งมายังสถานทดสอบเมล็ดพันธุ์ เป็นตัวแทนที่แน่นอนของส่วนประกอบของเมล็ดพันธุ์ทั้งกอง การลดจำนวนจากตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ที่ทำในห้องปฏิบัติการนั้นก็ต้องทำเช่นเดียวกัน คือ ต้องปฏิบัติทุกวิธีเพื่อให้ได้ตัวอย่างที่จะใช้ทดสอบ (working sample) ที่เป็นตัวแทนที่แน่นอนของเมล็ดพันธุ์ที่ส่งเข้ามา

กองเมล็ดพันธุ์ (seed lot)

ISTA (1993) ได้กำหนดปริมาณของเมล็ดพันธุ์ในกอง (lot) ไว้ในตารางที่ 2A แถวที่ 2 คำว่า กอง หรือ Lot ที่ใช้ในใบรับรองเมล็ดพันธุ์สากลจะหมายถึงตัวแทนของจำนวนเมล็ดพันธุ์ ดังต่อไปนี้

1. เมล็ดพันธุ์พืชไร่และพืชสวน

กองเมล็ดควรมีน้ำหนักไม่เกิน 10,000 20,000 25,000 และ 40,000 กิโลกรัม สำหรับเมล็ดที่มีขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ต่างกันมา

2. เมล็ดพันธุ์ไม้ยืนต้น

กองเมล็ดควรมีน้ำหนักไม่เกิน 1,000 และ 5,000 กิโลกรัม สำหรับเมล็ดที่มีขนาดเล็กและขนาดใหญ่ตามลำดับ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1.1

3. เมล็ดพันธุ์พืชมีดอกและพวกสมุนไพร

กองเมล็ดควรมีน้ำหนักเช่นเดียวกับเมล็ดพันธุ์ไม้ยืนต้น

กองเมล็ดอาจมีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าที่กำหนดไว้ได้อีกเล็กน้อย โดยยินยอมให้มีน้ำหนักมากกว่าจำนวนน้ำหนักชั้นสูงสุดที่ระบุไว้ไม่เกิน 5% ส่วนกองเมล็ดที่มีขนาดเล็กควรมีน้ำหนักเท่ากับจำนวนน้ำหนักชั้นสูงสุดที่ระบุไว้หรือน้อยกว่าน้ำหนักสูงสุดที่ระบุไว้ประมาณ 1%

ถ้าหากว่ากองเมล็ดพันธุ์มีขนาดใหญ่ มีน้ำหนักมากกว่าที่กำหนดไว้ ให้แบ่งแยกออกเป็นหลายกองโดยให้แต่ละกองมีจำนวนไม่เกินที่กำหนดไว้ข้างต้น และต้องทำเครื่องหมายให้ทราบว่าเป็นเมล็ดพันธุ์ที่มาจากกอง (Lot) เดียวกัน

ตารางที่ 1.1 น้ำหนักสูงสุดของกองเมล็ดพันธุ์ (seed lot) และน้ำหนักขั้นต่ำสุดของเมล็ดพันธุ์ที่ส่งไปทดสอบ (submitted sample) และเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ในการทดสอบ (working sample) ของเมล็ดไม้บางชนิด

ชนิดไม้	น้ำหนักสูงสุด ของกอง เมล็ดพันธุ์	น้ำหนักของตัวอย่างขั้นต่ำสุด	
		ตัวอย่างที่ ส่งมา ทดสอบ	ตัวอย่างที่ใช้ ทดสอบความ บริสุทธิ์
1	2	3	4
	กก.	(กรัม)	(กรัม)
<i>Acacia</i> spp.	1000	70	35
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.	1000	15	5
<i>Eucalyptus citriodora</i> Hook	1000	40	15
<i>Eucalyptus cloeziana</i> F. Mueller	1000	40	15
<i>Eucalyptus deglupta</i> Blume	1000	10	2
<i>Eucalyptus grandis</i> A. W. Hill ex Maiden	1000	15	5
<i>Eucalyptus saligna</i> Endl.	1000	15	5
<i>Pinus caribaea</i> Morelet	1000	100	50
<i>Pinus kesiya</i> Royle ex Gordon	1000	80	40
<i>Pinus merkusii</i> Junghuhn et Vriese	1000	120	60
<i>Quercus</i> spp.	5000	500 seeds	500 seeds
<i>Tectona grandis</i> L. f.	1000	2000	1000

ที่มา : ISTA (1993)

ความสม่ำเสมอของกองเมล็ด (Uniformity of the lot)

กองเมล็ดพันธุ์ที่จะทำการสุ่มตัวอย่างควรมีการคลุกเคล้าเมล็ดให้เข้ากันก่อนทำการสุ่มโดยใช้เทคนิคและวิธีการที่เหมาะสม เมล็ดควรจะมีสม่ำเสมอทั่วกันทั้งกอง ความสม่ำเสมอในที่นี้หมายถึง คุณภาพที่สามารถตรวจสอบได้ เช่น ความบริสุทธิ์ของเมล็ดหรือความงอก เป็นต้น

วิธีการเก็บตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ต้องสุ่มเก็บให้ทั่วจากหลายๆ จุด วิธีการเก็บตัวอย่างได้แบ่งออกเป็นขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. ตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ขั้นต้น (The primary sample)

การเก็บตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ที่อยู่ในกองเดียวกัน ไม่ว่าจะบรรจุไว้ในภาชนะหรืออยู่เป็นกอง ทำได้โดยการเก็บตัวอย่างจากภาชนะต่างๆ หรือจากจุดต่างๆ ในกองเมล็ดพันธุ์ที่เก็บมาได้แต่ละครั้งหรือแต่ละแห่งนั้นเรียกว่าตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ขั้นต้น

2. ตัวอย่างเมล็ดพันธุ์รวม (The composite sample)

การรวมตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ขั้นต้นที่เก็บได้จากกองเดียวกัน มารวมเข้าด้วยกันเป็นตัวอย่างเดียว ตัวอย่างที่ได้นี้เรียกว่าตัวอย่างรวม ตัวอย่างผสมนี้มักจะมีจำนวนมากกว่าที่ต้องการใช้ในการทดสอบด้านต่างๆ จึงจำเป็นต้องลดจำนวนลงอีก

3. ตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ที่ส่งไปทดสอบ (The submitted sample)

การลดจำนวนตัวอย่างเมล็ดพันธุ์รวมให้น้อยลงโดยวิธีที่ถูกต้อง ตัวอย่างที่ได้นี้เรียกว่า ตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ที่ส่งไปทดสอบ

4. ตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ในการทดสอบ (The working sample)

ตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ในการทดสอบ หมายถึง ตัวอย่างที่ได้ลดจำนวนลงจากตัวอย่างที่ส่งมาตรวจสอบ (Submitted sample) และมีจำนวนตามกฎที่ใช้ในการทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์

การเก็บตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ขั้นต้น

เมื่อมีการเก็บตัวอย่าง กองเมล็ดจะต้องได้รับการจัดเตรียมให้อยู่ในสภาพที่สามารถเก็บตัวอย่างได้สะดวกทั่วทั้งกอง มีการเตรียมข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับกองเมล็ดและการผสมของเมล็ดในกอง และถ้าพบว่าเมล็ดในกองมีความสม่ำเสมอไม่เพียงพอจะไม่ทำการเก็บตัวอย่างเมล็ดพันธุ์กองนั้นๆ ในการเก็บตัวอย่างจะต้องแบ่งเก็บเมล็ดในจำนวนเท่าๆ กันจากจุดต่างๆ หรือจากภาชนะที่บรรจุ โดยการเว้นช่วงหรือระยะเท่าๆ กัน และควรเก็บตัวอย่างจากความลึก ระดับต่างๆ ของกองเมล็ดด้วย ในกรณีที่มีเมล็ดไหลตัวยาก (เช่นเมล็ดพวกที่มีผิวไม่เรียบ) หรือเมล็ดที่มีขน บางครั้งจำเป็นต้องเก็บตัวอย่างด้วยมือ นอกจากนั้นในการเก็บตัวอย่างเมล็ดจากในกองขนาดใหญ่และในภาชนะต่างๆ นั้น จะต้องใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างให้เหมาะสมด้วย การเก็บตัวอย่างอาจจะใช้วิธีเก็บโดยตรงจากเครื่องคัดเมล็ดขณะทำความสะอาดอยู่ หรือขณะบรรจุเมล็ดลงถุงด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างหรือด้วยมือ

ในการเก็บตัวอย่างขั้นต้นเมื่อนำตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ขั้นต้นมารวมกันเป็นตัวอย่างเมล็ดพันธุ์รวม โดยทั่วไปตัวอย่างเมล็ดพันธุ์รวมจะมีจำนวนมากเกินกว่าที่ต้องการ และถ้าหากไม่สามารถลดจำนวนตัวอย่างให้ถูกต้องได้ก็ให้ส่งตัวอย่างที่เก็บได้ทั้งหมดไปให้สถานทดสอบเมล็ดพันธุ์เลย

เครื่องมือและวิธีการเก็บตัวอย่าง (Instruments and methods for sampling the lot)

1. เหล็กแทงกระสอบแบบ Stick or sleeve type trier และวิธีใช้ (Stick or sleeve type trier and its use)

เหล็กแทงกระสอบแบบนี้เป็นเครื่องมือที่นิยมใช้กันมากในการเก็บตัวอย่าง ประกอบด้วยกระบอกทองเหลือง หรือสแตนเลสสองกระบอก บรรจุอยู่ซ้อนกันเป็นสองชั้น ด้านข้างของกระบอกทั้งสองชั้นมีช่องเปิดเป็นช่วง ๆ ซึ่งเมื่อหมุนช่องเปิดให้ตรงกันแล้วเมื่อดันจะไหลเข้าไปในกระบอกได้ และเมื่อหมุนกระบอกชั้นในเพียงครึ่งรอบ ช่องเปิดของกระบอกชั้นในก็จะถูกปิดด้วยกระบอกชั้นนอก เหล็กแทงกระบอกทองเหลืองนี้มีหลายแบบซึ่งมีความยาวและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางต่าง ๆ กัน หรือเป็นแบบที่มีและไม่มีที่กั้นระหว่างช่องเปิดในกระบอก เพื่อให้เหมาะสมสำหรับเก็บตัวอย่างเมล็ดพันธุ์พืชชนิดต่าง ๆ และใช้กับภาชนะชนิดต่าง ๆ ได้ ในการเก็บตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ที่บรรจุในกระสอบนั้น ขนาดของเหล็กแทงที่เหมาะสมมีดังนี้ :-

- เมล็ดพืชตระกูลถั่วขนาดเล็ก (Clover) และเมล็ดพืชขนาดเล็กที่ไหลตัวง่าย ใช้เหล็กแทงยาว 762 มิลลิเมตร กระบอกชั้นนอกมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 12.7 มิลลิเมตร และมีช่องเปิด 9 ช่อง
- เมล็ดธัญพืชต่าง ๆ ใช้เหล็กแทงยาว 762 มิลลิเมตร กระบอกชั้นนอกมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 25.4 มิลลิเมตร และมีช่องเปิด 6 ช่อง
- เครื่องมือที่ใช้เก็บตัวอย่างเมล็ดจากยุงหรือห้องเก็บเมล็ดขนาดใหญ่ นั้นใช้หลักการอย่างเดียวกัน โดยใช้เหล็กแทงที่มีขนาดใหญ่ขึ้น มีความยาวต่าง ๆ กัน ซึ่งอาจยาวถึง 1,600 มิลลิเมตร มีเส้นผ่าศูนย์กลางถึง 38 มิลลิเมตร และมีช่องเปิด 6 หรือ 9 ช่อง เหล็กแทงกระสอบแบบนี้สามารถใช้เก็บตัวอย่างได้ทั้งในแนวนอนและแนวตั้ง ในการใช้เหล็กแทงเก็บเมล็ดในแนวตั้งนั้นเหล็กแทงควรจะมีที่กั้นระหว่างช่องเปิดแต่ละช่อง เพื่อป้องกันไม่ให้เมล็ดที่อยู่ชั้นบน ๆ ไหลเข้าไปตามช่องเปิดของเหล็กแทงมากเกินไป และในการใช้เหล็กแทงตามแนวตั้งนี้ควรจะทำอย่างค่อย ๆ แทงไปในกอง หรือกระสอบเมล็ดด้วย การเก็บตัวอย่างทั้งในแนวนอนและแนวตั้งให้แทงแบบแทงมุมเข้าไปในกระสอบหรือภาชนะ และก่อนจะแทงเข้าไปจะต้องหมุนเลื่อนให้ช่องเปิดของกระบอกชั้นในถูกปิดกันเสียก่อน เมื่อแทงกระสอบเข้าไปในกองเมล็ดแล้วจึงหมุนให้ช่องเปิดตรงกัน แล้วหมุนไปมา 2-3 ครั้ง หรือเขย่าเบา ๆ เพื่อให้เมล็ดไหลเข้าไปในกระบอกจนเต็ม จากนั้นจึงหมุนปิดช่องอีกครั้งหนึ่ง แล้วดึงเหล็กแทงออกมา เทเมล็ดจากกระบอกลงในภาชนะเมล็ดหรือภาชนะอื่นๆ ที่คล้ายคลึงกัน การหมุนปิดเปิดช่องของเหล็กแทงกระสอบต้องทำด้วยความระมัดระวัง เพื่อป้องกันมิให้เมล็ดพันธุ์เสียหายได้ เมื่อดึงเหล็กแทงออกมาจากกระสอบแล้วควรใช้ปลายของเหล็กแทงเกลี่ยรู

เปิดของกระสอบไปมา 2-3 ครั้ง เพื่อตึงให้เส้นด้ายหรือเส้นใยโปปิดรูป
กระสอบให้ชิดดั้งเดิม สำหรับถุงกระดาษจะต้องปิดรูปเปิดด้วยแผ่นเทปผนึก
ที่ทำขึ้นเป็นพิเศษ

เหล็กแท่งกระสอบแบบนี้ใช้กับตัวอย่างเมล็ดพืชได้แทบทุกชนิด
ยกเว้นเมล็ดพวก Chaffy (เมล็ดที่มีผิวไม่เรียบ หรือมีขนมาก ๆ ซึ่งเมล็ดไม่
อาจไหลเข้าไปในกระบอกเหล็กแท่งกระสอบได้)

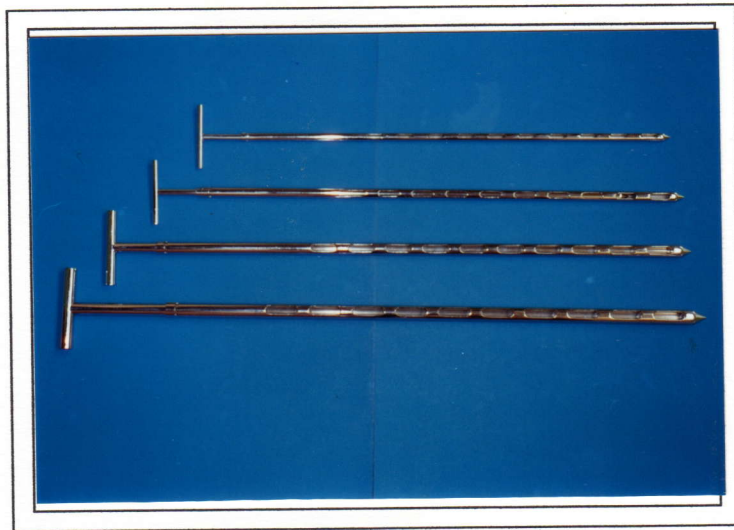
2. เหล็กแท่งกระสอบแบบ Nobbe และวิธีใช้ (Nobbe trier and its use)

เครื่องมือชนิดนี้มีขนาดต่างๆ กัน เพื่อให้เหมาะสมกับเมล็ดพืชแต่ละ
ชนิด เหล็กแท่งมีรูปร่างเป็นกระบอกปลายแหลมยาวพอที่จะแทงเข้าไปถึงกลางถุงเมล็ดได้ และ
ที่เกือบสุดปลายแหลมของกระบอกมีรูเปิดรูปไข่อยู่ โดยทั่วไปเหล็กแท่งนี้มีความยาวทั้งหมด
ประมาณ 500 มิลลิเมตร เป็นส่วนที่สำหรับใช้มือจับยาว 100 มิลลิเมตร และตอนปลายแหลม
ยาวประมาณ 60 มิลลิเมตร ส่วนที่เป็นกระบอกยาว 340 มิลลิเมตร ซึ่งเมื่อใช้แทงเข้าไปในถุง
จะยาวพอที่จะเข้าไปถึงตอนกลางของถุงทุกชนิดได้ เหล็กแท่งที่ใช้สำหรับเมล็ดธัญพืช ควรมีเส้น
ผ่าศูนย์กลางภายในของกระบอกประมาณ 14 มิลลิเมตร แต่สำหรับเมล็ด Clover (พืชตระกูล
ถั่วมีเมล็ดขนาดเล็ก) และเมล็ดพืชที่คล้ายคลึงกัน ควรใช้เหล็กแท่งที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ
10 มิลลิเมตร

เหล็กแท่งกระสอบแบบ Nobbe นี้ เหมาะสำหรับใช้เก็บตัวอย่างจากถุงหรือ
กระสอบเท่านั้น วิธีใช้ให้แทงเข้าไปในกระสอบโดยทำมุม 30° กับแนวนอน และให้รูรับเมล็ด
คว่ำลง และเมื่อสอดเครื่องมือเข้าไปจนถึงตอนกลางกระสอบแล้วจึงหมุนรูรับเมล็ดหงายขึ้นทำมุม
180° แล้วดึงออกมาอย่างช้าๆ เพื่อให้ปริมาณเมล็ดที่ได้จากที่ใกล้เคียงกันเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จาก
ตอนกลางของกระสอบไปจนถึงข้างๆ กระสอบ ในขณะที่ดึงเหล็กแท่งออกควรเขย่าเบาๆ เพื่อให้
เมล็ดผ่านรูเข้าไปอย่างสม่ำเสมอ การเก็บตัวอย่างเมล็ดควรจะทำจากส่วนบน กลาง และก้น
กระสอบ สำหรับการเก็บตัวอย่างเมล็ดตอนก้นกระสอบที่วางตั้งอยู่กับพื้นนั้น ควรจะยกกระสอบ
ขึ้นจากพื้นมาวางบนกระสอบอื่นๆ เพื่อความสะดวกในการเก็บตัวอย่าง เมื่อเสร็จแล้วให้ปิดรูป
กระสอบที่เหล็กแท่งเจาะเข้าไปโดยวิธีเดียวกับที่อธิบายมาแล้ว

3. การใช้มือเก็บตัวอย่างเมล็ด (Sampling by hand)

ในบางกรณีสำหรับพืชบางชนิด โดยเฉพาะเมล็ดพวกที่มีผิวหยาบและ
ไม่สามารถไหลตัวได้อย่างสะดวก การใช้มือเก็บตัวอย่างเป็นวิธีที่สะดวกและง่ายกว่าวิธีอื่น แต่วิธี
นี้จะเก็บตัวอย่างเมล็ดที่อยู่ลึกกว่า 40 ซม. ได้ยาก ซึ่งหมายถึงไม่สามารถเก็บตัวอย่างเมล็ดจาก
ส่วนล่างของกระสอบหรือกองได้ ในกรณีเช่นนี้ผู้ที่เก็บตัวอย่าง อาจต้องเทเมล็ดจากการะสอบ
บางกระสอบออกมา โดยจะเทเมล็ดออกจากกระสอบให้หมดหรือเพียงบางส่วน เพื่อจะให้เก็บ
ตัวอย่างได้ทั่วถึง แล้วจึงเทคืนลงในกระสอบตามเดิม การเก็บตัวอย่างด้วยมือควรระมัดระวังให้
นิ้วมืออยู่ชิดกัน เพื่อป้องกันไม่ให้เมล็ดพืชหล่นออกไปได้



รูปที่ 1.1 เหล็กแทงกระสอบแบบ Stick or sleeve type trier



รูปที่ 1.2 เหล็กแทงกระสอบแบบ Nobbe trier

การเว้นช่วงในการเก็บตัวอย่าง (Sampling Intensity)

การเก็บตัวอย่างเมล็ดที่กองไว้เป็นจำนวนมากๆ (เช่น ในโรงเก็บเมล็ด รด บรรทุก ฯลฯ เป็นต้น) หรือจากการไหลของเมล็ดในระหว่างการคัดและทำความสะอาดนั้น มีการกำหนดจำนวนครั้งที่ต้องการให้เก็บตัวอย่างไว้ ดังต่อไปนี้

- จำนวนเมล็ดไม่เกิน 500 กก. เก็บตัวอย่างอย่างน้อย 5 ตัวอย่างชั้นต้น นอกจากกองเมล็ดที่มีเมล็ดน้อยกว่า 50 กก. ให้ลดจำนวนครั้งที่เก็บลงได้เล็กน้อย และจะต้องเก็บตัวอย่างไม่น้อยกว่า 3 ตัวอย่าง หรือ 3 ครั้ง ในแต่ละกอง
- จำนวนเมล็ด 501-3,000 กก. แบ่งเก็บ 1 ตัวอย่างชั้นต้น หรือ 1 ครั้งต่อเมล็ด 300 กก. และต้องเก็บไม่น้อยกว่า 5 ตัวอย่างชั้นต้น
- จำนวนเมล็ด 3,001-20,000 กก. แบ่งเก็บ 1 ตัวอย่าง ชั้นต้นหรือ 1 ครั้งต่อเมล็ด 500 กก. และต้องเก็บไม่น้อยกว่า 10 ตัวอย่างชั้นต้น

สำหรับเมล็ดที่กองไว้เป็นจำนวนมากๆ ต้องทำการสุ่มจากส่วนต่างๆ ให้ทั่วทั้งกองโดยสม่ำเสมอ และควรเก็บตัวอย่างจากความลึกระดับต่างๆ ของกองเมล็ดด้วย

การเก็บตัวอย่างจากเมล็ดที่บรรจุในถุง กระสอบ หรือภาชนะ ที่คล้ายคลึงกัน ได้กำหนดจำนวนครั้งที่ต้องการให้เก็บตัวอย่างไว้ดังต่อไปนี้

- จำนวนไม่เกิน 5 กระสอบ เก็บตัวอย่างจากทุกๆ กระสอบ และต้องเก็บไม่น้อยกว่า 5 ตัวอย่างชั้นต้น
- จำนวน 6-30 กระสอบ แบ่งเก็บอย่างน้อย 1 ครั้ง จากทุกๆ 3 กระสอบ และต้องเก็บไม่น้อยกว่า 5 ตัวอย่างชั้นต้น
- จำนวนตั้งแต่ 31 กระสอบขึ้นไป แบ่งเก็บอย่างน้อย 1 ครั้ง จากทุกๆ 5 กระสอบ และต้องเก็บไม่น้อยกว่า 10 ตัวอย่างชั้นต้น

การเก็บตัวอย่างเมล็ดจากถุงหรือกระสอบก็เช่นกัน ผู้เก็บตัวอย่างจะต้องไม่เจาะจงเก็บถุงใดถุงหนึ่งโดยเฉพาะ และต้องสุ่มเก็บจากที่ต่างๆ กัน คือ จากส่วนบน ตรงกลาง และตอนล่างของภาชนะที่เก็บ การเก็บตัวอย่างจากภาชนะที่มีขนาดใหญ่ขึ้นก็ควรเก็บตัวอย่างชั้นต้นให้มากขึ้นตามลำดับ

น้ำหนักขั้นต่ำสุดของตัวอย่างที่ส่งไปทดสอบ (Minimum weights of submitted samples)

น้ำหนักของตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ที่ส่งไปยังสถานทดสอบเมล็ดพันธุ์เพื่อทำการทดสอบคุณภาพด้านต่างๆ จะต้องไม่น้อยกว่าตามที่ ISTA (1993) ได้กำหนดไว้ ดังในตารางที่ 1 แถวที่ 3 ยกเว้นการทดสอบพันธุ์แท้ ได้มีการกำหนดน้ำหนักขั้นต่ำสุดของตัวอย่างสำหรับส่งไปทดสอบแยกไว้ต่างหาก

ในกรณีที่น้ำหนักตัวอย่างที่ส่งไปทดสอบ มีจำนวนน้อยกว่าที่กำหนดไว้ ผู้เก็บตัวอย่างจะต้องแจ้งให้ทราบ และผู้วิเคราะห์จะต้องระงับการทดสอบไว้จนกว่าจะได้รับเมล็ดพันธุ์เพียงพอ สำหรับในกรณีที่เมล็ดพันธุ์นั้นๆ มีราคาแพงมาก ผู้วิเคราะห์อาจทำการวิเคราะห์ในขอบเขตเท่าที่จะเป็นไปได้ แต่จะต้องบันทึกไว้ในรายงานหรือใบรับรองว่า “ตัวอย่างนี้มีน้ำหนักเพียง..... กรัม” และหมายถึง ขนาดตัวอย่างนี้มิได้เป็นไปตามกฎสากลสำหรับการทดสอบเมล็ดพันธุ์

การทำเครื่องหมายปิดป้ายกองเมล็ด ปิดผนึกถุง และส่งตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ (Marking, sealing packing and sending the sample)

การเก็บตัวอย่างเมล็ดพันธุ์เพื่อออกใบรับรองสากลนั้น ต้องทำเครื่องหมายหรือผูกป้ายไว้ทุก ๆ ถุง เพื่อแสดงหลักฐานของกองเมล็ดพันธุ์ให้ตรงกับหลักฐานบนใบรับรองสากล หลักฐานแสดงเลขที่ของกองบนป้ายหรือบนถุงเมล็ดจะต้องอยู่ในความรับผิดชอบของสถานทดสอบที่เกี่ยวข้อง หรือเป็นสมาชิกของสมาคมทดสอบเมล็ดพันธุ์ระหว่างประเทศ (ISTA) เจ้าหน้าที่ผู้ได้รับมอบหมายให้เป็นผู้เก็บตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ต้องเป็นผู้ปิดผนึกถุงเมล็ดและติดตราของราชการ ซึ่งจะทำให้การเก็บตัวอย่างแล้วจะต้องติดตราหมด

ตัวอย่างทุก ๆ ตัวอย่าง ต้องทำเครื่องหมายแสดงความเกี่ยวข้องระหว่างตัวอย่างและกองเมล็ดพันธุ์ ถุงหรือห่อตัวอย่างที่ส่งไปทดสอบต้องมีแบบฟอร์มติดอยู่ เพื่อใช้กรอกข้อความหรือคำแนะนำที่จำเป็น ตัวอย่างเมล็ดพันธุ์เพื่อออกใบรับรองสากลจะต้องปิดผนึกถุงด้วย

ตามปกติตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ที่ต้องบรรจุในถุงผ้าหรือถุงกระดาษ เพื่อป้องกันความเสียหายระหว่างการส่ง ตัวอย่างที่ส่งไปทดสอบความงอกไม่ควรบรรจุในภาชนะกันความชื้น ส่วนตัวอย่างที่จะส่งไปเพื่อทดสอบความชื้นของเมล็ดจะต้องแยกบรรจุต่างหากในภาชนะที่กันความชื้นได้ ถ้าหากเจ้าของเมล็ดขอส่งตัวอย่างเพิ่มเติม ก็จะต้องทำตามวิธีเดียวกัน และจะต้องทำเครื่องหมายตัวอย่างซ้ำ (Duplicate)

การสุ่มตัวอย่างในห้องทดลอง

เมล็ดตัวอย่างที่ใช้ทดสอบในห้องปฏิบัติการ ควรจะมีปริมาณเมล็ดมากกว่าปริมาณที่ต้องการใช้สักเล็กน้อย ซึ่งสามารถสุ่มตัวอย่างเมล็ดโดยใช้วิธีการดังต่อไปนี้

ก. การแบ่งตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ด้วยเครื่องแบ่ง (Mechanical divider method)

วิธีนี้เหมาะที่จะใช้กับเมล็ดพันธุ์พืชแทบทุกชนิด นอกจากเมล็ดพวก Chaffy เท่านั้น เครื่องมือจะแบ่งเมล็ดที่ส่งเข้าไปในเครื่องออกเป็น 2 ส่วน เท่า ๆ กัน ตัวอย่างที่ส่งมาตรวจสอบสามารถผสมให้เข้ากัน โดยให้ผ่านเครื่องแบ่งนี้ 2-3 ครั้ง การลดจำนวนตัวอย่างทำได้โดยให้เมล็ดผ่านเครื่องหลายๆ ครั้ง และทุกครั้งก็แยกเอาเมล็ดที่แบ่งได้ครึ่งหนึ่งไว้ต่างหาก ทำการแบ่งโดยวิธีต่อเนื่องกันไปจนกระทั่งได้น้ำหนักตัวอย่างที่จะทำการทดสอบ ตามที่กำหนดไว้โดยประมาณ แต่ไม่ควรจะมีน้ำหนักน้อยกว่าที่กำหนด

เครื่องแบ่งเมล็ดมีแบบต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ :-

1. เครื่องแบ่งเมล็ดแบบกรวย (Conical divider)

เครื่องแบ่งแบบกรวยหรือแบบ Boerner มี 2 ขนาดคือ เครื่องแบ่งขนาดเล็ก ใช้สำหรับเมล็ดพืชชนิดเล็ก และขนาดใหญ่ใช้สำหรับเมล็ดพืชขนาดใหญ่ (ขนาดเมล็ดข้าวสาลีหรือใหญ่กว่า) ส่วนประกอบของเครื่องที่สำคัญมีช่องใส่เมล็ด กรวยและรางช่องแบ่งเมล็ด (ซึ่งมีไว้สำหรับให้เมล็ดไหลไปสู่ทางออก 2 ข้าง) รางสำหรับแบ่งเมล็ดนี้ประกอบเป็นช่อง ๆ ขนาดกว้างเท่า ๆ กัน อยู่โดยรอบของเครื่องสลับกัน ช่องชุดหนึ่งลงไปรวมกันที่ท่อออกด้านหนึ่ง และช่องอีกชุดหนึ่งลงไปรวมกันที่ท่อออกอีกทางหนึ่ง ลิ้นปิดเปิดซึ่งอยู่ที่ฐานของช่องใส่เมล็ด สำหรับใช้กันเมล็ดและปล่อยเมล็ดลงไปเครื่อง เมื่อลิ้นเปิดเมล็ดจะร่วงลงบนกรวยด้านล่างและจะกระจายลงไปยังช่องต่าง ๆ โดยรอบของเครื่อง ผ่านรางลงไปยังถาดรองรับเมล็ดทั้งสองข้าง เครื่องแบ่งขนาดใหญ่ใช้สำหรับแบ่งเมล็ดขนาดใหญ่และเมล็ดข้าว ประกอบด้วยช่องแบ่ง 2 พวก ๆ ละ 19 ช่อง กว้างช่องละ 25.4 มิลลิเมตร ส่วนเครื่องแบ่งขนาดเล็กใช้สำหรับเมล็ดขนาดเล็กซึ่งไหลตัวได้สะดวก มีช่องแบ่ง 2 พวก ๆ ละ 22 ช่อง ความกว้างช่องละ 7.9 มิลลิเมตร เครื่องแบ่งขนาดใหญ่มีความสูง 812.8 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 368.3 มิลลิเมตร เครื่องแบ่งขนาดเล็กสูง 406.4 มิลลิเมตร และมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 152.4 มิลลิเมตร

ในการซื้อเครื่องแบ่งแบบนี้ ควรตรวจดูเครื่องประกอบดังนี้ :-

- (1) ลิ้นปิดเปิดควรเลื่อนไปมาสะดวก และปิดกันเมล็ดได้อย่างดี
- (2) ตัวเครื่องภายในไม่ควรมีมุมหักมาก เพราะหากมีแฉกมุมหรือช่องเปิดจะทำให้เมล็ดไหลผ่านไม่สะดวก และเมล็ดอาจติดค้างตามแฉกมุมต่าง ๆ เหล่านั้นได้ ซึ่งจะทำให้เกิดการปะปนกับเมล็ดตัวอย่างอื่น ๆ ด้วย ข้อเสียของเครื่องแบ่งแบบนี้ก็คือ ตรวจทำความสะอาดได้ยาก

2. เครื่องแบ่งดิน (Soil Divider)

เครื่องแบ่งแบบนี้ สร้างขึ้นโดยใช้หลักเดียวกันกับเครื่องแบ่งแบบกรวย เรียกว่า เครื่องแบ่งดิน ช่องต่าง ๆ ในเครื่องแบ่งจะเรียงเป็นแถวตรงแทนที่จะเป็นรูปร่างกลมเหมือนเครื่องแบ่งกรวย ประกอบด้วย ที่ป้อนเมล็ด ช่องแบ่งเมล็ด ถาดรองรับเมล็ด 2 ใบ และถาดสำหรับเทเมล็ด 1 ใบ ขนาดของเครื่องแบ่งที่เหมาะสมมีดังนี้ ช่องแบ่งเมล็ดซึ่งตั้งต้นจากที่ใส่เมล็ดลงไปจนถึงถาดรับเมล็ด มีความกว้างช่องละ 12.7 มิลลิเมตร รวม 18 ช่อง เรียงเป็น 2 แถว มีช่องออกสลับกัน ขนาดของตัวเครื่องที่ใหญ่ที่สุดคือ มีความยาว 355.6 มิลลิเมตร กว้าง 254 มิลลิเมตร และสูง 279.4 มิลลิเมตร

การแบ่งด้วยเครื่องแบบนี้ เมล็ดจะกระจายออกและไหลลงไปยังอย่างสม่ำเสมอตามความยาวของช่องใส่เมล็ด ซึ่งเป็นแบบที่เหมาะสมสำหรับใช้กับเมล็ดพืชทุกชนิด

3. เครื่องแบ่งแบบใช้แรงเหวี่ยง (Centrifugal divider)

ได้แก่ เครื่องแบ่งแบบ Gamet ซึ่งอาศัยแรงเหวี่ยงจากศูนย์กลางของเครื่อง โดยเมล็ดไหลผ่านช่องใส่เมล็ดไปยังถ้วยยางต้นๆ หรือเครื่องปั่น ซึ่งหมุนไปรอบๆ โดยมอเตอร์ไฟฟ้า เมล็ดจะถูกเหวี่ยงจากศูนย์กลางของเครื่องกระจายออก แล้วผ่านลงมาเบื้องล่างภายในเครื่องซึ่งมีช่องทางแบ่งไว้เป็น 2 ส่วนเท่าๆ กัน เมล็ดจำนวนครึ่งหนึ่งจะออกไปทางทางด้านหนึ่ง และอีกครึ่งหนึ่งจะออกไปทางรางอีกด้านหนึ่ง

เครื่องแบ่งแบบนี้จะให้ผลไม่แน่นอน ถ้าทำโดยไม่ระมัดระวัง วิธีใช้เครื่องแบ่งควรปฏิบัติตามหัวข้อต่อไปนี้ :-

การเตรียมเครื่องมือ

- 1) ปรับเครื่องให้อยู่ในระดับเดียวกันด้วยที่ปรับ ซึ่งอยู่ตอนฐานของเครื่อง
- 2) ตรวจสอบความสะอาดของเครื่องแบ่ง และภาชนะรับเมล็ดทั้ง 4 ใบ ให้เรียบร้อย

การผสมตัวอย่าง

- 3) วางภาชนะไว้ตรงช่องเมล็ดออกช่องละใบ
- 4) เทตัวอย่างเมล็ดทั้งหมดลงในช่องใส่เมล็ด การเทต้องเทเมล็ดให้ลงไปตรงกลางช่องเสมอไป
- 5) เมื่อเดินเครื่อง เมล็ดจะไหลผ่านเครื่องไปยังภาชนะที่รองรับด้านล่าง
- 6) เมื่อภาชนะที่รับเต็มแล้ว เปลี่ยนใบใหม่เข้าแทนที่ เทเมล็ดจากภาชนะรองใบแรกลงไปในเครื่องแบ่งอีก ให้เมล็ดผสมกันในขณะที่เทลงไป
- 7) ทำซ้ำตามข้อ 6 อย่างน้อยอีก 1 ครั้ง

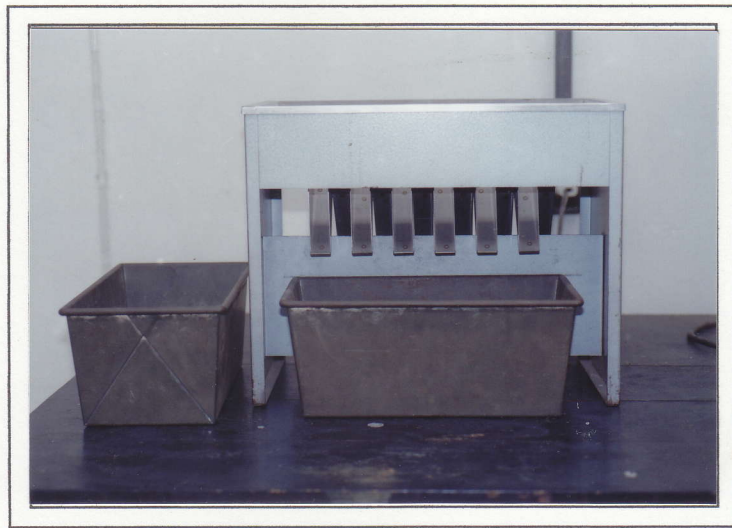
การลดจำนวนตัวอย่าง

- 8) นำภาชนะว่างมาแทนที่ใบที่บรรจุเมล็ดที่แบ่งแล้ว นำภาชนะที่มีเมล็ดแบ่งแล้วใบหนึ่งออกไปวางไว้ใกล้ๆ ส่วนอีกใบหนึ่งเทคืนลงไปในเครื่อง
- 9) แบ่งเมล็ดเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งได้ตัวอย่างเมล็ดตามขนาดที่ใช้สำหรับทดสอบ

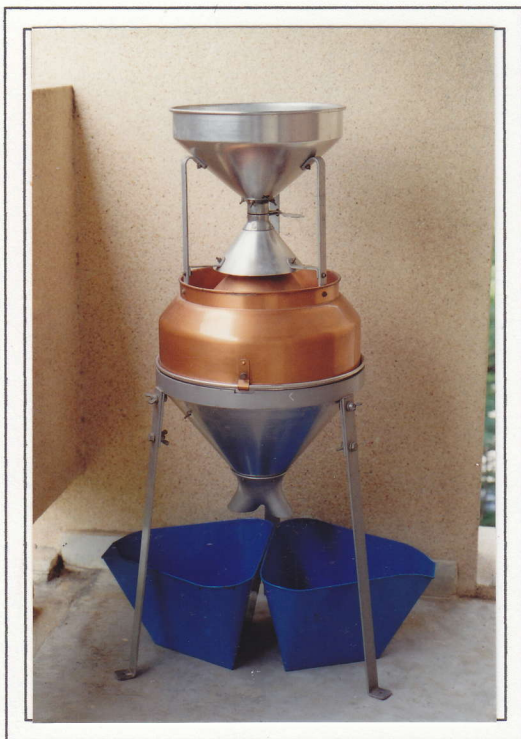
ข. การใช้ถ้วยแบ่งเมล็ด (Random cups method)

วิธีนี้เหมาะสำหรับเมล็ดพืชที่ต้องการน้ำหนักตัวอย่าง มีขนาดตั้งแต่ 10 กรัมขึ้นไป เมล็ดพืชเหล่านี้จะต้องไม่มีผิวขรุขระหรือมีขนมากเกินไป และต้องไม่กระดอนหรือกลิ้งไหลตัวง่าย เช่น เมล็ดพวกระดูกกะหล่ำ (*Brassica* spp.) เป็นต้น

วิธีการแบ่งให้วางถ้วยตวงเล็กๆ 6-8 ใบ ไว้ในถาด คลุกตัวอย่างให้เข้ากันดีแล้วเทเมล็ดลงไปยังถ้วยตวงอย่างสม่ำเสมอ เมล็ดที่ตกลงไปในถ้วยเหล่านี้ใช้เป็นตัวอย่างที่จะทำการทดสอบ สำหรับเมล็ดพืชแต่ละชนิดหรือกลุ่มพืชชนิดที่คล้ายคลึงกันจะต้องใช้ถ้วยที่มีขนาดเดียวกันเสมอ ดังนั้น สถานทดสอบเมล็ดพันธุ์จะต้องมีถ้วยขนาดต่างๆ ตามชนิดของพืชที่ต้องทดสอบเป็นประจำ แต่ละขนาดจะต้องมีความจุรวมจากถ้วยจำนวน 6-8 ใบ ให้เพียงพอกับตัวอย่างแต่ละชนิดมีความหนาแน่นต่างกัน จึงจำเป็นจะต้องมีเมล็ดเพื่อไว้บ้าง ขนาดของถ้วยที่



รูปที่ 1.3 เครื่องแบ่งเมล็ดแบบ Soil divider



รูปที่ 1.4 เครื่องแบ่งเมล็ดแบบกรวย
หรือแบบ Boerner



รูปที่ 1.5 เครื่องแบ่งเมล็ดแบบ
Gamet

เหมาะสมกับพืชแต่ละชนิดนั้น จะทราบได้จากประสบการณ์และความชำนาญของผู้วิเคราะห์ แต่เพื่อให้สะดวกและง่ายขึ้น ในการคำนวณควรถือหลักดังต่อไปนี้

- 1) ความหนาแน่นและการเปลี่ยนแปลงของเมล็ด เช่น ระหว่างเมล็ด ที่ทำความสะอาดแล้ว กับเมล็ดที่ยังไม่ทำความสะอาด
- 2) เส้นผ่าศูนย์กลางภายในของถ้วย ควรจะประมาณ 1.5 เท่า ของ ความยาวของเมล็ด
- 3) ความสูงของถ้วยไม่ควรสูงเกินไป อัตราส่วนของเส้นผ่าศูนย์กลาง ต่อความสูงไม่ควรเกิน 1:1.2 และเพื่อป้องกันการล้ม ถ้วยที่ใช้ ควรจะทำได้ด้วยทองเหลือง

นอกจากนี้ ควรทำเครื่องหมายรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสลงบนถาด หรือแผ่น กระดาษไขมีพื้นที่เป็น 10-12 เท่า ของพื้นที่หน้าตัดของถ้วย 8 ใบ ที่ใช้เก็บตัวอย่างสุ่มวางถ้วย ทั้ง 8 ใบ ลงในพื้นที่รูปสี่เหลี่ยม คลุกตัวอย่างเมล็ดที่ส่งมาทดสอบให้เข้ากันดี แล้วโรยเมล็ดลงไปเหนือพื้นที่สี่เหลี่ยมให้ทั่วอย่างสม่ำเสมอ โดยการโรยจากด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่ง แล้วโรย เป็นแนวตั้งฉากกับแนวนอนสลับกันไป ผู้วิเคราะห์ต้องถือหลักว่าต้องโรยให้เต็มพื้นที่สี่เหลี่ยม แทนที่จะพยายามโรยให้ลงไปถ้วย ถ้าตัวอย่างที่ส่งเข้ามาทดสอบมีจำนวนมากเกินไปจนเมล็ด ท่วมถ้วย ให้ทำซ้ำใหม่โดยใช้รูปสี่เหลี่ยมใหญ่กว่าเดิม จากนั้นนำเมล็ดที่อยู่ในถ้วย 6 ใบมารวม กัน แล้วชั่งน้ำหนัก ถ้าน้ำหนักเพียงพอตามที่กำหนดก็ใช้เป็นตัวอย่างได้ ถ้าน้ำหนักไม่เพียงพอ ให้เติมเมล็ดจากถ้วยที่ 7-8 ลงไปอีกตามความจำเป็น ในบางครั้งน้ำหนักเมล็ดรวมทั้ง 8 ถ้วย อาจไม่เพียงพอก็ได้ วิธีปฏิบัติก็คือ ถ้าเมล็ดที่แบ่งครั้งแรกไม่เต็มถ้วยให้ทำซ้ำใหม่โดยใช้รูป สี่เหลี่ยมที่เล็กลง แต่ถ้าเมล็ดเต็มถ้วยแล้วให้ทำซ้ำใหม่ โดยใช้ถ้วยที่ใหญ่กว่าเดิม ISTA Rule ได้กำหนดขนาดของถ้วยและขนาดของพื้นที่สี่เหลี่ยมสำหรับเมล็ดพันธุ์บางชนิด ดังแสดงในตาราง ที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 ขนาดของถ้วย และขนาดของพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัสที่เหมาะสมสำหรับ ใช้แบ่งตัวอย่างเมล็ดพันธุ์บางชนิด

ขนาดเส้น ผ่าศูนย์กลาง ภายในถ้วย (มม.)	ความลึก (มม.)	ขนาดของรูป สี่เหลี่ยมจัตุรัส (มม.)	ชนิดพืช	ขนาดตัวอย่าง	
				ตัวอย่างที่ส่ง มาทดสอบ (กรัม)	ตัวอย่างที่ ใช้ทดสอบ (กรัม)
15	15	120 x 120	<i>Festuga pratensis</i>	50	5
12	14	100 x 100	<i>Trifolium pratense</i> <i>Medicago sativa</i>	50	5
10	8	100 x 100	<i>Trifolium repens</i>	25	2
7	6	150 x 150	<i>Agrostis spp.</i>	25	0.5

ที่มา : ISTA (1993)

ค. การแบ่งครึ่งตัวอย่าง (Modified halving method)

เครื่องมือนี้ประกอบด้วยถาดใสเมล็ดมีตะแกรงสวมอยู่ภายใน ซึ่งมีช่องแบ่งแบบรังผึ้งเป็นช่องๆ ช่องเหล่านี้มีด้านล่างโปร่งและดันสลับกันไป เมื่อคลุกตัวอย่างเมล็ดให้เข้ากันดีแล้วเทเมล็ดลงไปบนช่องตะแกรง แบบเดียวกับวิธีใช้ถ้วยแบ่ง แล้วยกตะแกรงขึ้นจากถาด เมล็ดประมาณครึ่งหนึ่งของตัวอย่างจะตกอยู่ในถาด ตัวอย่างเมล็ดจะถูกแบ่งโดยวิธีนี้เรื่อยๆ ไป จนกระทั่งได้ตัวอย่างตามขนาดที่ต้องการเพื่อทำการทดสอบและต้องไม่น้อยกว่าจำนวนที่กำหนดไว้

ง. การใช้ช้อนแบ่งเมล็ด (Spoon method)

วิธีนี้ใช้กับตัวอย่างพืชที่มีขนาดเล็ก เครื่องมือมีถาดใสเมล็ด 1 ใบ ที่ปาดเมล็ด และช้อนที่มีขอบตรงอย่างละ 1 อัน หลังจากผสมตัวอย่างให้เข้ากันแล้วโรยเมล็ดลงในถาดอย่างสม่ำเสมอในลักษณะเดียวกับที่ปฏิบัติในวิธีใช้ถ้วยแบ่ง อย่าเขย่าถาดหลังจากโรยเมล็ดแล้ว ใช้ช้อนตักเมล็ดแล้วปาดด้วยที่ปาดเมล็ดให้เรียบ โดยสุมตักจากที่ต่างๆ ในถาดไม่น้อยกว่า 5 ครั้ง จนได้เมล็ดมากเพียงพอสำหรับทดสอบ และต้องไม่น้อยกว่าจำนวนที่กำหนดไว้

จ. การใช้มือแบ่งครึ่งตัวอย่าง (The hand halving method)

วิธีนี้ ISTA (1993) ได้กำหนดให้ใช้กับเมล็ดบางชนิดที่มีผิวไม่เรียบ สำหรับเมล็ดไม้บางชนิดที่ใช้วิธีนี้ เช่น เมล็ดสัก และเมล็ดไม้ในตระกูลก่อ เป็นต้น

เทคนิคในการสุมตัวอย่างมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เทตัวอย่างเมล็ดทั้งหมดลงบนพื้นที่มีผิวเรียบ อาจเป็นบนแผ่นกระดาษ แผ่นพลาสติกหรือกระดาษแผ่นเรียบ
2. คลุกเมล็ดให้เข้ากันทำเป็นกองไว้ โดยใช้ spatula ผิวเรียบ
3. แบ่งกองเมล็ดออกเป็น 2 ส่วน แต่ละส่วนแบ่งครึ่งอีกครั้งหนึ่งจะได้เมล็ดแบ่งเป็น 4 ส่วนเท่าๆ กัน แล้วแบ่งครึ่งแต่ละส่วนอีกครั้งหนึ่ง จะได้เมล็ดแบ่งเป็น 8 ส่วนเท่าๆ กัน ควรจัดเมล็ดส่วนที่แบ่งเป็น 2 แถวๆ ละ 4 ส่วน
4. รวมเมล็ดในส่วนที่ 1 และส่วนที่ 3 ของแถวแรกเข้าด้วยกัน แล้วนำมารวมกับเมล็ดส่วนที่ 2 และส่วนที่ 4 ของแถวที่สองเข้าด้วยกัน เมล็ดส่วนที่เหลือ 4 ส่วนนำออกไป
5. ทำซ้ำตั้งแต่ระยะ 2, 3 และ 4 จนกระทั่งได้เมล็ดตัวอย่างที่มีน้ำหนักตามที่ต้องการ

น้ำหนักขั้นต่ำสุดของตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ (Minimum sizes of working samples)

จำนวนน้ำหนักขั้นต่ำสุดของตัวอย่าง ที่ใช้ในการตรวจสอบตามกฎหมาย เพื่อใช้หาความบริสุทธิ์เมล็ดพันธุ์ ได้กำหนดไว้ในแถวที่ 4 ตารางที่ 1.1 น้ำหนักขั้นต่ำสุดของตัวอย่างที่ใช้เพื่อนับจำนวนเมล็ดพันธุ์พืชอื่น และเมล็ดพืชในตัวอย่างเมล็ดพันธุ์พืชไร่และพืชสวน

กำหนดไว้ในแถวที่ 5 จำนวนเหล่านี้ได้มาจากหลักเกณฑ์ที่ว่า ตัวอย่างเมล็ดสำหรับการตรวจความบริสุทธิ์จะต้องมีน้ำหนักเท่ากับน้ำหนักของเมล็ดพันธุ์นั้นๆ อย่างน้อย 2,500 เมล็ด สำหรับเมล็ดพืชเกษตรและเมล็ดผัก ตัวอย่างเมล็ดพันธุ์สำหรับนับจำนวนเมล็ดพันธุ์พืชอื่นและเมล็ดพืชต้องมีน้ำหนักเป็น 10 เท่า ของตัวอย่างสำหรับใช้ตรวจความบริสุทธิ์และทั้งสองกรณีนี้ให้น้ำหนักอย่างสูงสุดไม่เกิน 1,000 กรัม ส่วนเมล็ดพืชพันธุ์ที่มีเมล็ดขนาดเล็กมาก อาจลดลงจำนวนน้ำหนักเมล็ดลงจากที่กำหนดไว้ในตารางที่ 1 ช่องที่ 4 ได้ โดยใช้น้ำหนักอย่างน้อย 0.5 กรัม และมีจำนวนเมล็ดประมาณ 2,500 เมล็ด สำหรับชนิดพืชที่ไม่ได้แสดงไว้ในตาราง ให้น้ำหนักประมาณของพืชชนิดอื่นๆ ที่มีขนาดเดียวกัน หรือคำนวณน้ำหนักโดยใช้หลักเกณฑ์ที่กล่าวมาแล้ว

ขนาดตัวอย่างที่จะใช้ทดสอบอย่างอื่นๆ ที่ไม่ใช่การตรวจความบริสุทธิ์ การนับจำนวนเมล็ดพันธุ์พืชอื่น หรือการนับจำนวนวัชพืชได้กำหนดไว้ในรายละเอียดของวิธีทดสอบนั้นๆ

การเก็บรักษาตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ (Storing the sample)

1. การเก็บรักษาตัวอย่างก่อนทำการทดสอบ

ถ้าจำเป็นต้องเก็บตัวอย่างเมล็ดไว้ก่อนลงมือทดสอบ จะต้องเก็บรักษาตัวอย่างไว้โดยให้คุณภาพของเมล็ดเปลี่ยนแปลงไปน้อยที่สุด เช่น ความชื้นของเมล็ดอาจลดลงได้มาก เมื่อเก็บไว้ในห้องปฏิบัติการ (อุณหภูมิประมาณ 20° - 22° C) และการเก็บรักษาอาจทำให้ไม่ทราบว่ามีระยะพักตัวของเมล็ดนั้นๆ ซึ่งในบางกรณีอาจมีความสำคัญในการค้นคว้าและรายงานผล หรืออาจทำให้เมล็ดแข็งของพืชต่างๆ เพิ่มขึ้นได้ ดังนั้นจึงได้พยายามย่นเวลาระหว่างการเก็บรักษาและการทดสอบให้น้อยที่สุด และถ้าหากจำเป็นจะต้องเก็บรักษาตัวอย่างก่อนลงมือทดสอบ ควรเก็บตัวอย่างไว้ในห้องเย็น และมีอากาศถ่ายเทได้สะดวก

2. การเก็บรักษาตัวอย่างภายหลังการทดสอบ

ตัวอย่างเมล็ดหลังจากทำการทดสอบแล้ว จะต้องเก็บรักษาไว้อีกชั่วระยะหนึ่ง โดยเฉพาะตัวอย่างเมล็ดซึ่งใช้เพื่อออกใบรับรองสากล จะต้องเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 1 ปี หลังจากวันที่ออกใบรับรอง เพราะตัวอย่างเมล็ดนี้อาจต้องทดสอบใหม่อีกครั้งโดยสถานทดสอบแห่งเดิมหรือสถานทดสอบอื่นๆ และในกรณีเช่นนี้ ให้แบ่งตัวอย่างส่วนหนึ่งจากตัวอย่างที่เก็บรักษาไว้อย่างระมัดระวัง โดยใช้เครื่องเย็บเมล็ดฝนิกให้เรียบร้อย และส่งไปยังสถานทดสอบอื่นๆ ตามที่ต้องการ ตัวอย่างเมล็ดจึงควรเก็บรักษาในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิได้ ไม่ควรเก็บไว้ในที่ซึ่งมีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูง ซึ่งจะเป็นเหตุให้เมล็ดเสื่อมการงอกได้ อย่างไรก็ตาม สถานทดสอบเมล็ดพันธุ์ไม่อาจรับผิดชอบการเสื่อมการงอกของเมล็ด ในระหว่างการเก็บรักษาตัวอย่างไว้ แต่การใช้ยาคลุกเมล็ดเพื่อป้องกันความเสียหายของเมล็ดจากแมลงและหนูนั้นเป็นสิ่งจำเป็น

การทดสอบการงอก (The Germination test)

การทดสอบการงอกของเมล็ดเป็นวิธีการตรวจสอบคุณภาพของเมล็ด เพื่อให้ทราบถึงจำนวนหรือสัดส่วนของเมล็ดที่มีชีวิต และสามารถงอกให้ต้นกล้าที่สมบูรณ์ภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมแก่การงอกของเมล็ด ISTA (1993) รายงานว่าวัตถุประสงค์ในการทดสอบการงอก เพื่อทราบถึงศักยภาพที่สูงสุดในการงอกของเมล็ดที่ต่างกองกัน และสามารถนำค่าการงอกมาใช้ประมาณการงอกของเมล็ดเมื่อปลูกในแปลงเพาะ

การทดสอบภายใต้สภาวะของแปลงเพาะตามปกติจะได้ผลไม่เป็นที่น่าพอใจ ผลการตรวจสอบเมื่อทำซ้ำ ไม่สามารถให้ผลได้เหมือนเดิม การทดสอบคุณภาพในห้องปฏิบัติการสามารถควบคุมสภาวะแวดล้อมภายนอกได้ตามที่ต้องการ ทำให้เมล็ดสามารถงอกได้รวดเร็วและมีการงอกที่สมบูรณ์ สภาวะในการทดสอบจะเป็นมาตรฐานเดียวกันเมื่อไม่มีความผันแปรจากการสุ่มตัวอย่าง

การงอกของเมล็ด (seed germination) ตามความหมายของนักสรีรวิทยาหรือนักวิทยาศาสตร์ทางด้านชีวเคมี ให้ความหมายว่าเป็นกระบวนการต่างๆ อันสลับซับซ้อนที่เกิดขึ้นภายในเมล็ด อันเป็นผลให้มีการเจริญเติบโตของต้นอ่อน โดยจะเห็นรากอ่อนแทงทะลุส่วนของเปลือกหุ้มเมล็ดออกมาให้เห็น แต่ตามความหมายของนักวิทยาศาสตร์ทางด้านเมล็ด (seed technologist) หรือนักวิชาการทางเกษตร (agriculturist) ให้ความหมายการงอกของเมล็ดไว้ว่า หมายถึงระยะตั้งแต่เริ่มแรกที่เมล็ดมีกระบวนการต่างๆ เกิดขึ้น ในเมล็ดที่กำลังพักนอนไปจนถึงระยะที่ต้นอ่อนเจริญเติบโตไปเป็นต้นกล้าที่แข็งแรง และสามารถเจริญเติบโตเป็นต้นพืชที่สมบูรณ์ต่อไปภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ISTA (1993) ได้ให้ความหมายของการงอกเป็นไปในทำนองเดียวกับที่นักวิทยาศาสตร์ทางด้านเมล็ดและนักวิชาการเกษตรได้กล่าวมาแล้ว โดยให้ความหมายไว้ว่า เป็นการงอกของเมล็ดในห้องปฏิบัติการที่มีการเกิดขึ้นและการพัฒนาของต้นกล้าไปจนถึงระยะที่มีโครงสร้างที่จำเป็น จนกระทั่งสามารถพัฒนาไปเป็นพืชที่สมบูรณ์ภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมเมื่อนำไปปลูกในดิน

ในทางปฏิบัติการทดสอบความงอกในห้องปฏิบัติการเมล็ดพันธุ์นั้น การงอกของเมล็ดพันธุ์จะหมายถึง การงอกและเจริญเติบโตของส่วนต่างๆ ที่สำคัญของส่วนต้นอ่อนในเมล็ด และต้นอ่อนของเมล็ดชนิดนั้นๆ จะแสดงความสามารถที่จะเจริญเติบโตเป็นต้นกล้าปกติ หรือสมบูรณ์ในดินภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ดังนั้นสภาพสำหรับการงอกของเมล็ดในห้องปฏิบัติการไม่เพียงแต่จะเพียงพอสำหรับการเจริญของเมล็ดในชั้นแรกเท่านั้น แต่จะต้องเหมาะสมสำหรับการพัฒนาหรือเจริญเติบโตของต้นกล้าภายในระยะเวลาที่จำกัดนั้นด้วยจนถึงระยะที่ส่วนประกอบที่สำคัญของเมล็ดสามารถเจริญเติบโตพอที่จะสามารถประเมินผลและแยกต้นกล้าที่ผิดปกติ (Abnormal seedling) จากต้นกล้าปกติ (Normal seedling) ได้ ซึ่งต้นกล้าที่ผิดปกติ นั้นจะไม่มีค่าหรือให้ผลทางด้านเกษตรเลย ในการทดสอบการงอกนั้นจะบอกเป็นเปอร์เซ็นต์ของเมล็ดพันธุ์บริสุทธิ์ของเมล็ดแต่ละชนิดที่งอกเป็นต้นกล้าที่ปกติเท่านั้น ในกรณีที่เมล็ดไม่มีการ

พักตัว ผลของการทดสอบการงอกจะเป็นตัวบอกถึงความสัมพันธ์เป็นอย่างดีต่อการที่เมล็ดจะสามารถเจริญภายใต้สภาพพื้นที่ที่เพาะ หรืออาจกล่าวได้ว่า ภายใต้สภาพเดียวกัน เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพสูงจะสามารถงอกได้ดีกว่าเมล็ดที่มีคุณภาพต่ำ

สมาคม ISTA ได้กำหนดวิธีการทดสอบการงอกของเมล็ด ตลอดจนการประเมินผล ซึ่งสามารถใช้ปฏิบัติกันระหว่างประเทศทั่วไป (International use) รวมทั้งสามารถนำไปใช้ทดสอบในประเทศได้ด้วย

หลักการทดสอบการงอกทั่วไป

เมล็ดที่ใช้สำหรับทดสอบการงอกจะใช้เมล็ดพันธุ์บริสุทธิ์ (Pure seed) ซึ่งได้จากการตรวจสอบความบริสุทธิ์ (Purity analysis) ยกเว้นเมล็ดที่ทดสอบโดยใช้น้ำหนักที่ไม่ต้องใช้เมล็ดพันธุ์บริสุทธิ์ นำเมล็ดมาคลุกเคล้าให้เข้ากันดี และสุ่มนับจำนวน 400 เมล็ด โดยปกติทำเป็น 4 ซ้ำๆ ละ 100 เมล็ด แต่ในกรณีที่เมล็ดพันธุ์มีน้อยหรือมีเหตุผลบางประการที่เหมาะสมก็สามารถลดจำนวนลงเหลือเพียง 200 เมล็ด หรือ 100 เมล็ด โดยแบ่งเป็น 4 ซ้ำๆ ละ 50 หรือ 25 เมล็ด ไม่ควรเลือกเมล็ดมาทดสอบเพราะจะทำให้เกิดการเบี่ยงเบนขึ้น เมล็ดที่เพาะควรวางให้มีระยะที่สม่ำเสมอและให้ห่างพอสมควร เพื่อสะดวกในการประเมินผล ถ้าชิดเกินไปเมล็ดจะงอกพันกันซึ่งจะทำให้ไม่สะดวกในการนับและแยกออก นอกจากนี้เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการแพร่กระจายของเมล็ดที่มีเชื้อราไปยังเมล็ดอื่นๆ ที่ติดด้วย

เมล็ดบางชนิดที่มีปัญหาของการพักตัว ก็จะต้องมีวิธีการพิเศษเข้ามาช่วย แล้วจึงจะเพาะในสภาพปกติได้ การทดสอบการงอกโดยปกติทั่วไปจะไม่ใช้ fungicide นอกเสียจากการขอร้องมาเท่านั้น

การนับครั้งแรกของเมล็ดพันธุ์แต่ละชนิดนั้น จะเป็นระยะเวลาพอดีที่ต้นอ่อนส่วนมากจะสามารถเจริญเติบโตพอที่สามารถจะประเมินผลได้ ในการตรวจสอบการงอกของเมล็ดนั้น ต้นอ่อนหนึ่งๆ จะมีความสามารถเจริญเติบโตอย่างอิสระ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับอาหารที่สะสมในเมล็ดนั้นๆ ฉะนั้นการประเมินผลก็มักจะทำก่อนที่ต้นกล้าจะใช้อาหารที่สะสมในเมล็ดนั้นหมดเสียก่อน ไม่เช่นนั้นต้นกล้าเหล่านั้นก็จะเน่าลงได้

ต้นกล้าปกติจะนับออกก่อน และบันทึกจำนวนลง สำหรับเมล็ดที่สามารถทราบได้ว่าเป็นเมล็ดเน่า (decay) หรือเมล็ดที่ตายแล้ว (dead) รวมทั้งต้นกล้าที่เน่า (decayed seedling) จะนับออกและบันทึกเช่นกัน ส่วนกล้าที่งอกผิดปกติและมีความเสียหายอื่นๆ จะทิ้งไว้ในวัสดุเพาะ จนกระทั่งถึงการนับครั้งสุดท้าย สำหรับการนับครั้งต่อไปก็ทำการนับออกเช่นนี้เหมือนกัน การนับครั้งสุดท้ายนั้น เมล็ดที่เหลือซึ่งเป็นพวกเมล็ดสดแต่ไม่งอก (Fresh ungerminated seed) และเมล็ดแข็ง (Hard seed) จะนับและบันทึกด้วย ความมีชีวิตของเมล็ดที่ไม่งอกเมื่อสิ้นสุดการทดลอง จะตรวจสอบโดยใช้วิธีทางชีวเคมีหรือโดยการตัด ในกรณีของไม้ยืนต้นควรจะประเมินเมล็ดลีบและเมล็ดที่แมลงทำลายด้วย ถ้าถึงวันนับครั้งสุดท้ายแล้วยังมีเมล็ดบางเมล็ดที่เพิ่งจะเริ่มงอก ก็ให้ยึดเวลาสำหรับการทดสอบออกไปได้

ผลของการทดสอบการงอกของแต่ละชั้นนั้น ต้องนำไปเปรียบเทียบกับตาราง Tolerance อีกทีว่าต่ำกว่าค่าตาราง Tolerance หรือไม่ ถ้าสูงกว่าก็ต้องทำการทดสอบใหม่ เพอร์เซ็นต์การงอกจะได้จากค่าเฉลี่ยของต้นกล้าปกติเท่านั้น

ตามปกติการประเมินผลการงอกของต้นกล้า ปกติจะประเมินเมื่อเพาะในวัสดุเพาะครั้งแรก แต่ถ้ากล้าไม่ประเมินได้ยากหรือแสดงอาการของโรคต่างๆ ควรจะทำการทดสอบใหม่ในทรายหรือในดินที่มีคุณภาพดีภายใต้อุณหภูมิความชื้นและแสง ตามที่ ISTA ได้กำหนดไว้

วิธีการทดสอบการงอก (Germination method)

ISTA (1993) ได้กำหนดวิธีการทดสอบเมล็ดชนิดต่างๆ ไว้ในตารางที่ 5 A จากตารางทำให้ทราบว่าเมล็ดพันธุ์ชนิดนั้นๆ ควรใช้วัสดุเพาะประเภทใด อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเพาะควรเป็นเท่าใด เมล็ดพืชชนิดนั้นมีการพักตัวหรือไม่ และถ้ามีการพักตัวควรใช้วิธีพิเศษแก่การพักตัวอย่างไร วิธีการทดสอบที่ ISTA ได้ศึกษาค้นคว้าวิจัยและวางแนวทางไว้นี้ เมื่อประเทศสมาชิกได้นำไปปฏิบัติตามวิธีการดังกล่าว ไม่ว่าจะทำการทดสอบที่ใดก็ตามก็จะได้ผลเช่นเดียวกัน สำหรับเมล็ดไม้ป่าบางชนิด ISTA ได้กำหนดวิธีการทดสอบการงอกไว้ ดังตัวอย่างที่แสดงไว้ในตารางที่ 2.1 ในการทดสอบการงอกมีขั้นตอนในการทดสอบดังต่อไปนี้

1. การเตรียมเมล็ดสำหรับทดสอบ

เมล็ดสำหรับทดสอบการงอกของแต่ละชั้นนั้น อาจนับโดยใช้เครื่องนับเมล็ดช่วย เช่น Vacuum counter กระดานนับเมล็ด (Counting board) ดังอธิบายต่อไปนี้ :-

ก. Vacuum counter เมล็ดจะถูกนำมากระจายบน Vacuum head และเมล็ดจะถูกดูดติดในแต่ละช่องของหัว ขนาดของหัวของเครื่องนับเมล็ดชนิดนี้มีหลายขนาด มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของช่องต่างๆ กัน จำนวนของช่องมีจำนวน 100 และ 50 ในการใช้เครื่องนี้เมื่อดูดเมล็ดแล้ว ต้องตรวจดูอีกทีเพื่อให้แต่ละช่องมีเพียง 1 เมล็ดเท่านั้น เมล็ดที่ใช้กับเครื่องนี้ควรเป็นเมล็ดที่มีลักษณะกลม ผิวเรียบไม่มีขน และเป็นเมล็ดที่ค่อนข้างเบา

ข. Counting board กระดานนับเมล็ด ประกอบด้วยแผ่นกระดาน 2 แผ่นวางซ้อนกัน แผ่นกระดานทั้งสองจะมีช่องจำนวน 100 หรือ 50 เท่ากัน กระดานแผ่นล่างจะสามารถดึงเลื่อนไปข้างหน้าหรือถอยหลังได้ ซึ่งเมื่อดึงเลื่อนแล้วช่องของแผ่นกระดานทั้ง 2 แผ่นจะตรงกัน เมล็ดก็จะลอดช่องและวางบนวัสดุที่เพาะได้ กระดานนับเมล็ดนี้โดยทั่วไปมักจะใช้สำหรับเมล็ดที่มีขนาดใหญ่ เช่น ถั่วต่างๆ และข้าวโพด วัสดุที่ใช้เพาะต้องมีขนาดเท่ากับกระดานหรือเท่า Vacuum head ซึ่งเมล็ดสามารถวางได้พอดี

ตารางที่ 2.1 แสดงวิธีการทดสอบการงอก และวิธีพิเศษที่ควรใช้เพื่อแก้การพักตัวของเมล็ดไม้ป่าบางชนิด

ชนิดไม้	วิธีการทดสอบการงอก				วิธีพิเศษเพื่อแก้การพักตัวของเมล็ด
	วัสดุเพาะ	อุณหภูมิ (°ซ)	วันตรวจนับต้นอ่อน		
			ครั้งแรก	ครั้งสุดท้าย	
<i>Acacia spp.</i>	TP	20-30; (20)	7	21	1. ตัดหรือขลิบส่วนของเปลือกหุ้มเมล็ดทางด้านใบเลี้ยง แล้วแช่น้ำไว้ 3 ชม. 2. แช่เมล็ดในกรด H ₂ SO ₄ เข้มข้น 1 ชม. แล้วล้างออกด้วยน้ำไหล เมล็ดยูคาลิปตัสทุกชนิดทดสอบโดยใช้น้ำหนักเมล็ดจากทุกซ้ำที่ทดสอบ
<i>Eucalyptus spp.</i>					
<i>Pinus caribaea</i>	TP	20-30	7	21	
<i>Pinus kesiya</i>	TP	20-30	7	21	
<i>Pinus merkusii</i>	TP	20-30	7	21	
<i>Pinus oocarpa</i>	TP	20-30	7	21	
<i>Quercus spp.</i>	TP; (S)	20	7	28	แช่เมล็ดในน้ำเป็นเวลา 48 ชม. ตัดเมล็ดด้านที่เป็นรอยออก 1 ใน 3 แล้วเอาเปลือกหุ้มเมล็ดออก
<i>Tectona grandis</i>	S	30	14	28	แช่น้ำ 3 วัน ทำให้แห้ง 3 วัน ทำซ้ำทั้งหมด 6 ครั้ง

ที่มา : ISTA (1993)

2. การเตรียมวัสดุเพาะ (Preparing the substratum)

วัสดุเพาะที่นิยมใช้ทั่วๆ ไปในการตรวจสอบการงอก ได้แก่ กระดาษ และทราย ส่วนดินและวัสดุสังเคราะห์ชนิดอื่น ไม่แนะนำให้ใช้เป็นวัสดุเพาะครั้งแรก หรือยอมรับให้ใช้ในบางกรณีตามที่ได้กำหนดรายละเอียดไว้ การจะเลือกใช้วัสดุเพาะชนิดใดนั้นก็ขึ้นอยู่กับความสะดวกในการหาวัสดุเพาะ ขนาดของเมล็ด และความต้องการแสงของเมล็ด วัสดุเพาะที่ใช้ไม่ควรเป็นพิษหรืออันตรายต่อต้นอ่อน ปราศจากเชื้อรา หรือจุลินทรีย์ต่างๆ ให้อากาศและความชื้นเพียงพอแก่เมล็ดที่งอกตลอดระยะการเพาะ ปริมาณน้ำที่เติมในวัสดุเพาะในครั้งแรกนั้นจะขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะตัวของวัสดุเพาะและเมื่อเติมน้ำหลังจากการเพาะแล้ว ถ้าเป็นไปได้ควรเก็บไว้ในที่ๆ ป้องกันไม่ให้มีการระเหยของน้ำ วัสดุเพาะชนิดต่างๆ ที่ใช้มีดังต่อไปนี้

ก. กระดาษ (Paper)

กระดาษที่ใช้เพาะจะหมายถึง กระดาษกรอง (filter paper) กระดาษซับ (blotter paper) และกระดาษเช็ดมือ (towel paper) ลักษณะทั่วๆ ไปของกระดาษที่ใช้เพาะควรมีเส้นใยที่ทำจากไม้หรือฝ้าย 100 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีเชื้อรา หรือแบคทีเรีย และสารพิษตกค้าง ซึ่งจะไปขัดขวางการเจริญเติบโตของต้นกล้า กระดาษควรมีรูพรุนเพื่อให้รากของกล้าไม้เจริญเติบโตได้ แต่รากจะไม่งอกเข้าไปในกระดาษ มีความเหนียว ไม่ฉีกขาดง่ายในระหว่างการทดลอง มีความจุความชื้นได้ตลอดการทดลองจึงสามารถให้ความชื้นกับเมล็ดได้ตลอดเวลา ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) อยู่ระหว่าง 6.0-7.5 กระดาษที่ใช้เพาะควรเก็บรักษาไว้ในห้องเย็นที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ควรเก็บในภาชนะอย่างดีเพื่อป้องกันฝุ่นหรืออันตรายต่างๆ ในระหว่างการเก็บ เมล็ดไม้บางชนิดจะตอบสนองได้ไวต่อสารพิษตกค้างในกระดาษ จึงต้องมีการประเมินคุณภาพของกระดาษโดยมีการทดสอบทางชีววิทยา การประเมินจะดูจากการพัฒนาระบบรากของต้นกล้าที่เพาะในกระดาษ ถ้ากระดาษมีสารพิษตกค้าง รากจะชูขึ้นจากกระดาษ เป็นต้น

การใช้กระดาษเป็นวัสดุเพาะสามารถทำได้โดยวิธีการต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. เพาะเมล็ดบนกระดาษ (top of paper, TP method)
2. เพาะเมล็ดระหว่างชั้นของกระดาษ (between paper, BP method)
3. เพาะเมล็ดในกระดาษที่มีรอยพับจีบ เหมือนกระดาษอัดพลีท โดยวางเมล็ดลงในร่องกระดาษ (pleated paper, PP method)

ข. ทราย (Sand)

ทรายที่ใช้ทดสอบการงอกนั้นควรมีขนาดสม่ำเสมอ ไม่ละเอียดหรือหยาบเกินไป ควรมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 0.05 มม. ถึง 0.8 มม. ซึ่งสามารถกำหนดขนาดได้โดยใช้ตะแกรงร่อนที่มีขนาดของรูตะแกรงอยู่ในช่วงดังกล่าว ในทรายไม่ควรมีเมล็ดชนิดอื่นเจือปน ไม่มีเชื้อรา แบคทีเรีย และสารพิษตกค้าง ซึ่งจะไปขัดขวางการงอกของเมล็ด และการเจริญของกล้า ทรายควรมีความจุความชื้นเมื่อทรายได้รับน้ำในปริมาณที่เหมาะสม อนุภาคของทรายสามารถดูดยึดน้ำได้ และสามารถเคลื่อนย้ายน้ำไปยังเมล็ดและกล้าได้ตลอดเวลา และยังมีรูหรือช่องว่างเพียงพอเพื่อให้เกิดการถ่ายเทอากาศ เพื่อทำให้เกิดสภาวะที่เหมาะสมต่อการ

จอกและการเจริญของราก ทราบควรมีความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 6.0-7.5 จะต้องทำให้ปลอดเชื้อก่อนนำมาเพาะ จะต้องนำมาล้างและทำให้แห้ง และทำซ้ำเพื่อให้ปลอดเชื้อ ทราบซึ่งนำมาใช้ในการทดสอบ ถ้ามีการ treat สารเคมีให้กับเมล็ดตัวอย่างไม่ควรจะนำมาใช้ซ้ำ ถ้าใช้ซ้ำ สารเคมีที่ตกค้างและสะสมในทราบจะทำให้เกิดอาการเป็นพิษกับพืช การควบคุมคุณภาพของทราบก่อนนำมาเพาะเพื่อให้แน่ใจว่าทราบไม่มีสารพิษตกค้าง จะทำการทดลองเช่นเดียวกับการใช้กระดาษ

การใช้ทราบเป็นวัสดุเพาะสามารถทำได้โดยใช้วิธีการดังต่อไปนี้

1. เมล็ดที่ทดสอบกดอยู่ผิวหน้าของทราบ (top of sand; TS method)
2. เมล็ดที่ทดสอบอยู่ในทราบที่มีความชื้น (in sand; IS method) และโรยทับด้วยทราบชื้น ความสูงของทราบที่โรยทับประมาณ 10-20 มม. โดยไม่กดทราบด้านบน

ในบางครั้งอาจใช้ทราบเป็นวัสดุเพาะแทนกระดาษ ในกรณีที่เมื่อเพาะเมล็ดบนกระดาษแล้วมีการติดเชื้อ การเพาะเมล็ดโดยใช้ทราบจะทำให้เกิดความมั่นใจในการประเมินผลการงอกของกล้าไม้

ค. ดิน (Soil)

ดินที่ใช้ในการทดสอบการงอกนั้นควรมีคุณภาพดี ไม่เกาะเป็นก้อน ไม่มีสิ่งอื่น ๆ มาปน เช่น เมล็ดพืชชนิดอื่น ไม่มีเชื้อรา แบคทีเรีย ไส้เดือน หรือสารพิษตกค้าง ซึ่งจะไปขัดขวางการงอกของเมล็ด และการเจริญของต้นกล้า ควรมีความจุความชื้นที่เหมาะสม มีการระบายอากาศดี มีความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 6.0-7.5 ก่อนจะนำไปใช้เพาะจะต้องมีการฆ่าเชื้อ เพื่อไม่ให้มีสารเคมีสะสมในดิน ซึ่งจะทำให้เกิดโรคกับเมล็ด ดินที่ใช้เพาะควรจะใช้เพียงครั้งเดียวไม่ควรจะใช้อีก

การใช้ดินในการทดสอบ ISTA (1993) ไม่ได้แนะนำให้ใช้ทดสอบเป็นครั้งแรก จะใช้ดินในการทดสอบเมื่อต้นกล้าแสดงอาการทางโรคพืชหรือเมื่อเกิดความสับสนในการประเมินต้นกล้าที่เพาะบนกระดาษ หรือจะใช้ดินเมื่อต้องการเปรียบเทียบผลการทดลองอื่น ๆ ตามที่ต้องการ

3. ความชื้นและการระบายอากาศ

น้ำทำให้เกิดความชื้นกับวัสดุเพาะและเมล็ด โดยทั่วไปน้ำที่ใช้ควรจะสะอาด ปราศจากสารที่ไม่บริสุทธิ์ทางอินทรีย์ และอนินทรีย์ น้ำที่ใช้ทดสอบถ้ามีคุณภาพไม่เป็นที่น่าพอใจ ควรจะใช้น้ำกลั่นหรือน้ำ de-ionized มีความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 6.0-7.5 ควรมีการควบคุมคุณภาพและวิเคราะห์คุณภาพของน้ำเป็นระยะ ๆ ในระหว่างการทดสอบ

ความชื้นในการทดสอบไม่ควรจะมากเกินไป เพราะจะทำให้การระบายอากาศถูกจำกัด ปริมาณน้ำที่ใช้ในการทดสอบจะขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะตัวของวัสดุเพาะ ขนาดและชนิดของเมล็ดที่นำมาทดสอบ ควรมีการให้น้ำตลอดระยะเวลาในระหว่างการทดสอบ อย่าให้วัสดุเพาะแห้ง ควรหลีกเลี่ยงการให้น้ำเป็นระยะ ๆ เพราะเป็นการเพิ่มความแตกต่างระหว่างซ้ำในการทดลอง

ตามปกติไม่จำเป็นต้องใช้วิธีพิเศษใดๆ ในการตรวจวัดการระบายอากาศสำหรับเมล็ดที่เพาะโดยใช้กระดาษ โดยเพาะแบบบนกระดาษ (TP) และเพาะเมล็ดในร่องกระดาษอัดฟลิต (PP) ซึ่งเมล็ดที่เพาะโดยวิธีนี้จะเพาะอยู่ในกล่องหรือ petri dishes ที่มีฝาปิด แต่สำหรับเมล็ดที่เพาะอยู่ระหว่างกระดาษ (BP) และเมล็ดที่เพาะกลบโดยใช้ทรายหรือดิน ควรให้ความใส่ใจกับการระบายอากาศ เพื่อให้มีอากาศรอบๆ เมล็ดเพียงพอสำหรับการงอก

4. อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งสำหรับการงอกของเมล็ดในห้องปฏิบัติการ เมล็ดต่างชนิดกันต้องการระดับอุณหภูมิสำหรับการงอกแตกต่างกัน ถ้าสูงหรือต่ำเกินไปเมล็ดจะไม่สามารถงอกได้ อุณหภูมิที่ได้กำหนดไว้ในกฎนั้น เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับเมล็ดชนิดนั้นๆ ที่จะให้การงอกสูงสุดในระยะเวลาอันสั้นที่สุด เมล็ดบางชนิดต้องการอุณหภูมิคงที่ เมล็ดบางชนิดต้องการอุณหภูมิสลับ ซึ่งโดยทั่วไปอุณหภูมิสลับที่ต้องการนั้น จะเป็นอุณหภูมิช่วงต่ำซึ่งควบคุมให้นาน 16 ชั่วโมง และอุณหภูมิช่วงสูงนาน 8 ชั่วโมง ในช่วงที่เปลี่ยนอุณหภูมินั้นควรใช้เวลาไม่เกิน 1 ชั่วโมง ซึ่งการควบคุมอุณหภูมินั้นควรให้สม่ำเสมอตลอดระยะเวลาการเพาะเมล็ดนั้นๆ อุณหภูมิของเครื่องที่ตั้งไว้ไม่ควรให้เกิน 1°C ของทุก 24 ชั่วโมง

5. แสง (Light)

เมล็ดบางชนิดต้องการแสงในการงอกของเมล็ด โดยเฉพาะเมล็ดที่มีการพักตัว (dormancy) บางชนิดไม่ต้องการแสงก็สามารถเพาะในที่มืดได้ เมล็ดที่ต้องการแสงนั้น แสงที่ใช้ในการตรวจสอบการงอก อาจเป็นแสงสว่างของกลางวันตามธรรมชาติ หรือแสงจากไฟฟ้าก็ได้ ซึ่งแสงนั้นไม่ควรมีผลต่ออุณหภูมิและความชื้น การใช้แสงจากหลอดไฟนีออนสีขาว จะกระจายช่วงแสงสีแดงสูงและให้แสงช่วงของ far red ต่ำ ซึ่งช่วงของแสงสีแดง (red spectrum) จะมีบทบาทที่สำคัญต่อการทำลายการพักตัวของเมล็ด และช่วยให้เมล็ดงอกได้ดี แสงช่วง far red จะยับยั้งการงอกหรือจะทำให้เมล็ดพักตัวยิ่งขึ้น แสงที่ให้นั้นมักจะให้นาน 8 ชั่วโมงของทุกๆ 24 ชั่วโมง และถ้าเมล็ดนั้นต้องการอุณหภูมิสลับ แสงก็จะให้ในช่วงที่ให้อุณหภูมิสูง แสงที่ให้ประมาณ 750-1,250 lux เมล็ดที่ต้องการแสงสำหรับการงอก จะต้องเพาะเมล็ดนั้นๆ โดยวางบนวัสดุเพาะเพื่อเมล็ดจะได้รับแสงอย่างทั่วถึง

6. วิธีการปฏิบัติต่อเมล็ดเพื่อเร่งการงอกกับเมล็ด (Treatments for promoting germination)

ในการทดสอบการงอกกับเมล็ดไม้บางชนิด จะพบว่าถึงแม้ว่าจะเพาะเมล็ดในสภาวะที่เหมาะสมกับการงอกของเมล็ดแล้วก็ตาม แต่เมล็ดไม่ยอมงอก เมื่อสิ้นสุดการทดลองจะพบว่าเมล็ดบางส่วนเหลืออยู่เป็นเมล็ดแข็ง หรือเมล็ดที่ดูดซับน้ำแต่ไม่ยอมงอก แสดงว่าเมล็ดเหล่านั้นมีการงันหรือมีการพักตัว ฉะนั้นในการตรวจสอบการงอกจึงจำเป็นต้องใช้วิธีการพิเศษเพื่อแก้การงัน ระยะเวลาในการแก้การงันจะไม่รวมอยู่ในระยะเวลาของการทดสอบการงอก ซึ่ง

ในการรับรองคุณภาพเมล็ดจะมีการบันทึกระยะเวลาและวิธีการไว้ วิธีการพิเศษเช่นการให้แสงหรือให้อุณหภูมิสลับซึ่งได้กล่าวมาแล้ว ส่วนวิธีอื่นๆ ที่อาจต้องใช้เพิ่มเติม มีดังนี้

ก. วิธีแก้การงันเนื่องจากการงันทางด้านสรีรวิทยาของเมล็ด (Method for breaking physiological dormancy) ทำได้โดยใช้วิธีการดังต่อไปนี้

1. การเก็บรักษาในสภาพแห้ง (Dry storage) หมายถึงการเก็บรักษาเมล็ดไว้ในที่แห้ง ในระยะเวลาสั้นๆ ก่อนทำการเพาะ ทั้งนี้เนื่องจากตามปกติเมล็ดบางชนิดจะมีการงันเป็นระยะเวลาสั้นๆ หลังจากเก็บเมล็ดมาแล้ว

2. การอบความร้อน (Preheat) หมายถึง การนำเมล็ดก่อนเพาะไปอบด้วยความร้อนในตู้อบ (oven) แล้วจึงนำมาเพาะด้วยวิธีการตามปกติต่อไป การอบควรใช้อุณหภูมิประมาณ $30-35^{\circ}\text{C}$ ตู้อบควรมีการหมุนเวียนของอากาศอย่างดี และใช้เวลาในการอบประมาณ 7 วัน สำหรับเมล็ดไม้ในเขตร้อน การอบควรใช้อุณหภูมิประมาณ $40-50^{\circ}\text{C}$ เช่น ข้าว จะใช้อุณหภูมิประมาณ 50°C

3. แสง (Light) หมายถึง การให้เมล็ดได้รับแสงขณะที่เพาะอย่างน้อย 8 ชั่วโมง ในช่วงระยะเวลา 24 ชั่วโมง ถ้าใช้อุณหภูมิสลับควรให้แสงในช่วงอุณหภูมิสูง ความเข้มของแสงที่เหมาะสม คือ $750-1,250$ ลักซ์ (lux) จากแสงฟลูออโรออสซิล

4. การใช้โปแตสเซียมไนเตรท (KNO_3) หมายถึง ใช้สารละลายโปแตสเซียมไนเตรท 0.2% แทนน้ำ วิธีการเตรียมสารละลาย ให้ใช้โปแตสเซียมไนเตรท 0.2 กรัม ละลายในน้ำ 100 ซี.ซี. หรือใช้โปแตสเซียมไนเตรท 1 กรัม ละลายในน้ำ 500 ซี.ซี. การเพาะเมล็ดให้แช่กระดาดเพาะลงในสารละลายที่เตรียมไว้แทนน้ำ หากเมล็ดงอกแล้วกระดาดเพาะแห้ง สามารถใช้น้ำแทนสารละลายโปแตสเซียมไนเตรทเพื่อเพิ่มความชื้นให้วัสดุเพาะได้

5. การใช้ Gibberellic acid (GA_3) หมายถึง ใช้ gibberellic acid ความเข้มข้น 0.05% แทนน้ำ วิธีการเตรียมสารละลาย ใช้ GA_3 0.5 กรัม ต่อน้ำ 1000 ซี.ซี. นิยมใช้แก้การพักตัวของธัญพืช เช่น ข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต ข้าวบาร์เลย์ เป็นต้น ถ้าเมล็ดมีการพักตัวเล็กน้อย อาจจะใช้ความเข้มข้นเพียง 0.02% แต่ถ้าเมล็ดมีการพักตัวมากก็ให้เพิ่มความเข้มข้นเป็น 0.1% อย่างไรก็ตามหากใช้ความเข้มข้นของสารละลายมากกว่า 0.08% มีข้อเสนอแนะว่าควรเตรียมสารละลายโดยการละลาย GA_3 ลงใน phosphate buffer solution ซึ่งเตรียมได้โดยละลาย 1.7799 กรัม ของ $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ + 1.3799 กรัม $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ลงในน้ำกลั่น 1,000 ซี.ซี.

6. การใช้ซองพลาสติกที่ปิดสนิท (Sealed polyethylene envelopes) หมายถึง การนำเมล็ดที่ดูดซับน้ำแต่ไม่ยอมงอกใส่ในถุงพลาสติกที่ปิดสนิทเพื่อเร่งการงอกกับเมล็ด เมล็ดที่นำมาทดสอบโดยวิธีนี้เป็นเมล็ดที่ไม่ยอมงอกหลังจากทดสอบด้วยวิธีการมาตรฐานมาแล้ว จึงเป็นการทดสอบซ้ำ ตัวอย่างเช่น มีการทดลองกับเมล็ด *Trifolium*

ข. วิธีแก้การงันเนื่องจากเมล็ดมีเปลือกแข็ง (Methods for removing hardseededness)

1. การแช่น้ำ (Soaking) หมายถึง การนำเมล็ดแช่ในน้ำร้อนหรือน้ำเย็น ในระยะเวลา 24 ถึง 48 ชั่วโมง ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของเมล็ด สำหรับเมล็ดไม้ Acacia จะใช้น้ำเดือดแช่เมล็ด โดยให้ปริมาตรของน้ำที่ใช้เป็น 3 เท่าของปริมาตรเมล็ด

2. การใช้วิธีกล (Mechanical scarification) หมายถึง การใช้วิธีตัดขลิบส่วนของเปลือกหุ้มเมล็ด ด้านที่อยู่ตรงข้ามกับบริเวณที่รากจะงอกออกมา การตัดควรระมัดระวังไม่ให้เกิดอันตรายกับคัพภะ

3. การใช้กรด (Acid scarification) กรดที่ใช้ คือ กรดซัลฟูริกเข้มข้น (ประมาณ 98%) เมล็ดจะแช่อยู่ในกรดจนกระทั่งเปลือกหุ้มเมล็ดมีรอยแผล ควรตรวจสอบรอยแผลที่เปลือกหุ้มเมล็ดทุก ๆ 2-3 นาที ทั้งนี้เนื่องจากกรดอาจจะย่อยสลายเปลือกหุ้มเมล็ดได้ในเวลาช้าหรือเร็วแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับเมล็ดพืชแต่ละชนิด หลังจากนั้นนำเมล็ดมาล้างในน้ำไหล แล้วจึงนำไปทดสอบการงอกต่อไป ข้อควรระวังในการใช้กรดคืออย่าเทน้ำลงในกรดเข้มข้น จะต้องเทกรดลงในน้ำ และระวังไม่ให้กรดถูกร่างกาย

ค. วิธีแก้การงันโดยเอาสารยับยั้งการงอกออก (Method for removing inhibitory substances)

1. การล้างน้ำก่อน (Prewashing) หมายถึง การนำเมล็ดล้างในน้ำไหลก่อนที่จะนำมาทดสอบการงอก อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ล้างประมาณ 25°C หลังจากล้างแล้วควรทำให้เมล็ดแห้งที่อุณหภูมิประมาณ 25°C ทั้งนี้เนื่องจากเมล็ดบางชนิดมีสารยับยั้งการงอกติดอยู่ที่เปลือกหุ้มเมล็ด การล้างเมล็ดก่อนจะทำให้สารยับยั้งการงอกที่เปลือกหุ้มเมล็ดหลุดออกไป

2. การเอาโครงสร้างที่อยู่รอบนอกเมล็ดออกไป ใช้ได้กับเมล็ดไม้บางชนิดเท่านั้น

7. ระยะเวลาสำหรับทดสอบการงอก (Duration of the test)

ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบการงอกของเมล็ด แตกต่างกันไปตามชนิดของพืช โดยทั่วไประยะเวลาเริ่มตั้งแต่วันแรกที่เพาะเมล็ดไปจนถึงวันสุดท้ายที่เสร็จสิ้นการทดสอบ ใช้เวลาประมาณ 1-2 สัปดาห์ ทั้งนี้มีระบุไว้ในกฎสำหรับการทดสอบความงอกในตารางที่ 5A การประเมินผลการทดสอบการงอกนั้น มีกำหนดให้ทำอย่างน้อย 2 ครั้ง คือ การนับครั้งแรก (first count) และการนับครั้งสุดท้าย (final count)

การนับครั้งแรก เป็นการประเมินผลในระหว่างการทดสอบ ซึ่งมีกำหนดวันนับจากวันแรกที่เพาะไว้ ในการนับครั้งแรกนี้จะตรวจนับเฉพาะต้นกล้าที่งอกปกติ (normal seedling) เท่านั้น ต้นกล้าปกติที่นับแล้วจะคัดออกจากวัสดุเพาะ เพื่อเพิ่มพื้นที่บนวัสดุเพาะและลดความหนาแน่นของเมล็ด นอกจากต้นกล้าที่งอกปกติแล้ว ในบางครั้งอาจคัดเมล็ดที่เน่าเสียหายหรือเมล็ดที่มีเชื้อราเข้าทำลายอย่างรุนแรง และกล้าที่ตายออกด้วย แล้วจดบันทึกไว้ เมล็ดที่เหลือบน

วัสดุเพาะและกล้าที่ผิดปกติ นำเข้าตู้เพาะจนครบกำหนดระยะเวลาการนับครั้งสุดท้าย การนับครั้งแรกนี้อาจทำก่อนหรือหลังวันที่กำหนดไว้ในกฎประมาณ 1-3 วัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสะดวกของผู้ทำการทดสอบ ในบางครั้งอาจไม่จำเป็นต้องมีการนับครั้งแรก โดยรอไปประเมินผลเมื่อถึงกำหนดการนับครั้งสุดท้ายในคราวเดียวกัน นอกจากนี้แล้วหากเมล็ดพันธุ์ที่อยู่ในระหว่างการทดสอบการงอกมีโรคเข้าทำลายหรือมีเมล็ดเน่าตายมาก การตรวจนับการงอกสามารถกระทำได้มากกว่าสองครั้ง โดยตรวจนับทุกๆ 2 วัน ระหว่างการนับครั้งแรกกับการนับครั้งสุดท้าย ทั้งนี้เพื่อป้องกันการแพร่กระจายของโรคหรือเชื้อราไปยังเมล็ดอื่นๆ ที่ยังดีอยู่

สำหรับการตรวจนับครั้งสุดท้ายนั้น ต้องดำเนินการตามกำหนดวันที่ระบุไว้ในกฎอย่างใดก็ตาม หากครบกำหนดระยะเวลาของการทดสอบแล้ว ปรากฏว่าเมล็ดที่ทำการทดสอบเพิ่งจะเริ่มงอก สามารถยืดระยะเวลานับครั้งสุดท้ายออกไปได้อีก 2 วัน ในพืชทั่วไป

ในกรณีที่ทำการทดสอบการงอกของเมล็ดไม้ยืนต้นหรือไม้พุ่ม (tree and shrub seed) เมื่อสิ้นสุดการทดลองหากตรวจพบเมล็ดที่ไม่งอกเป็นจำนวนมาก ให้นำเมล็ดเหล่านั้นมาผ่านความเย็น (prechilled) แล้วจึงนำไปทดสอบการงอกอีกครั้งหนึ่ง การผ่านความเย็น (prechilled) หมายถึง การนำเมล็ดไปวางบนวัสดุเพาะที่เย็นในที่ๆ มีอุณหภูมิต่ำประมาณ 5°C เป็นระยะเวลาหนึ่ง

เครื่องมือสำหรับทดสอบการงอก

ตู้เพาะ (germinator) เป็นอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นเพื่อทดสอบการงอก มีขนาดและรูปร่างแตกต่างกันไปหลายแบบ ตู้เพาะทุกแบบประกอบด้วยระบบควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และระบบระบายอากาศ ตัวอย่างของตู้เพาะที่นิยมใช้ได้แก่

1. ตู้เพาะแบบจาโคบสัน (The bell jar or Jacobson apparatus or Copenhagen tank)

เป็นตู้เพาะขนาดใหญ่ ส่วนสำคัญของตู้เพาะแบบนี้ คือ แผ่นโลหะขนาดใหญ่ เจารูกลมหรือรี สำหรับรองรับกระดาดเพาะหรือกระดาดรองซึ่งใช้เป็นวัสดุเพาะ วัสดุเพาะมีความชื้นอยู่ตลอดเวลา โดยรับความชื้นจากไส้ตะเกียงขนาดใหญ่ ที่ต่อเชื่อมระหว่างรูที่วางวัสดุเพาะกับน้ำภายในตู้เพาะ เมื่อวางเมล็ดลงบนวัสดุเพาะแล้ว ครอบเมล็ดที่เพาะด้วยกรวยแก้ว ส่วนปลายของกรวยแก้วมีช่องเปิดเล็กๆ เพื่อให้มีการระบายอากาศ ควบคุมอุณหภูมิ โดยการให้ความร้อนแก่น้ำที่บรรจุอยู่ในตู้เพาะ หรืออาจให้ความร้อนโดยตรงแก่แผ่นโลหะที่รองรับวัสดุเพาะ ตู้เพาะแบบนี้อาจตั้งไว้ในห้องที่มีแสงฟลูออเรสเซนต์หรือห้องที่มีแสงแดดตามธรรมชาติ เมื่อเพาะเมล็ดพืชที่ต้องการแสง

2. ตู้เพาะแบบคาบินเนท (The germination cabinet)

ตู้เพาะแบบคาบินเนทจะมีหลายแบบ ตู้รุ่นใหม่จะมีฉนวนกันความร้อนและความเย็น มีระบบควบคุมอุณหภูมิให้มีอุณหภูมิคงที่หรืออุณหภูมิสลับได้ตามต้องการ อุณหภูมิจะถูกควบคุมโดยระบบการหมุนเวียนของน้ำและอากาศ หรือทั้งระบบน้ำและอากาศ ตู้



รูปที่ 2.1 ตู้เพาะเมล็ดที่สามารถควบคุมแสงและอุณหภูมิได้



รูปที่ 2.2 ชั้นเพาะเมล็ดที่ดัดแปลงใช้เพาะเมล็ดในอุณหภูมิห้อง โดยสามารถควบคุมแสงได้

บางรุ่นจะมีระบบควบคุมความชื้น เพื่อให้อยู่ในระดับที่ต้องการทดสอบ ตู้บางรุ่นจะมีระบบควบคุมแสงทำให้มีมืดหรือสว่างได้

3. ห้องเพาะเมล็ด (room germinator) เป็นห้องซึ่งดัดแปลงเป็นที่สำหรับใช้เพาะเมล็ด ระบบต่างๆ คล้ายกับ cabinet germinator ภายในห้องมีชั้นสำหรับวางวัสดุเพาะหรือภาชนะต่างๆ ที่ใช้เพาะเมล็ด ติดตั้งระบบการหมุนเวียนของอากาศภายในห้อง ควบคุมอุณหภูมิภายในห้องให้สม่ำเสมอ และมีระบบทำความชื้นภายในห้อง ซึ่งนิยมใช้เครื่องทำความชื้น (humidifiers) เพื่อให้วัสดุเพาะมีความชื้นเพียงพอสำหรับการงอกของเมล็ด หากเพาะเมล็ดที่ต้องการแสง ต้องมีการติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ ให้มีแสงประมาณ 85-125 แรงเทียนด้วย

การประเมินผลการทดสอบการงอก

ในการประเมินผลการทดสอบการงอกต้องมีการตรวจสอบและวิเคราะห์เมล็ดพันธุ์ที่ทำการทดสอบเพื่อรายงานผลการทดสอบ นักวิเคราะห์เมล็ดจะต้องมีความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างที่สำคัญของต้นกล้า (seedling) ที่ทำการตรวจสอบอยู่เป็นอย่างดี ดังตัวอย่างที่แสดงส่วนประกอบที่สำคัญของต้นกล้าพืชในเลี้ยงคู่และพืชใบเลี้ยงเดี่ยวของเมล็ดพืชบางชนิด ในรูปที่ 2.3 และ 2.4 ตลอดจนต้องมีความรู้เกี่ยวกับลักษณะการงอกของเมล็ดแบบต่างๆ ด้วย ดังแสดงในรูปที่ 2.5-2.7 ISTA (1979) ได้จัดทำคู่มือประกอบการตรวจสอบ ได้แก่ Handbook for Seedling Evaluation เพื่อเป็นคู่มือใช้ประกอบการประเมินผลไว้อย่างละเอียด ลักษณะต่างๆ ของเมล็ดพันธุ์ที่จะต้องตรวจวิเคราะห์ ได้แก่ ต้นกล้าปกติ (normal seedling) ต้นกล้าผิดปกติ (abnormal seedling) เมล็ดที่มีต้นกล้าปกติออกมากกว่า 1 ต้นต่อหนึ่งหน่วยเมล็ด (multigerminant seed units) และเมล็ดที่ไม่งอก (ungerminated seed) ซึ่งประกอบด้วยเมล็ดแข็ง (hard seed) เมล็ดสดแต่ไม่งอก (fresh seed) เมล็ดตาย (dead seed) และเมล็ดอื่นๆ ที่ไม่งอก

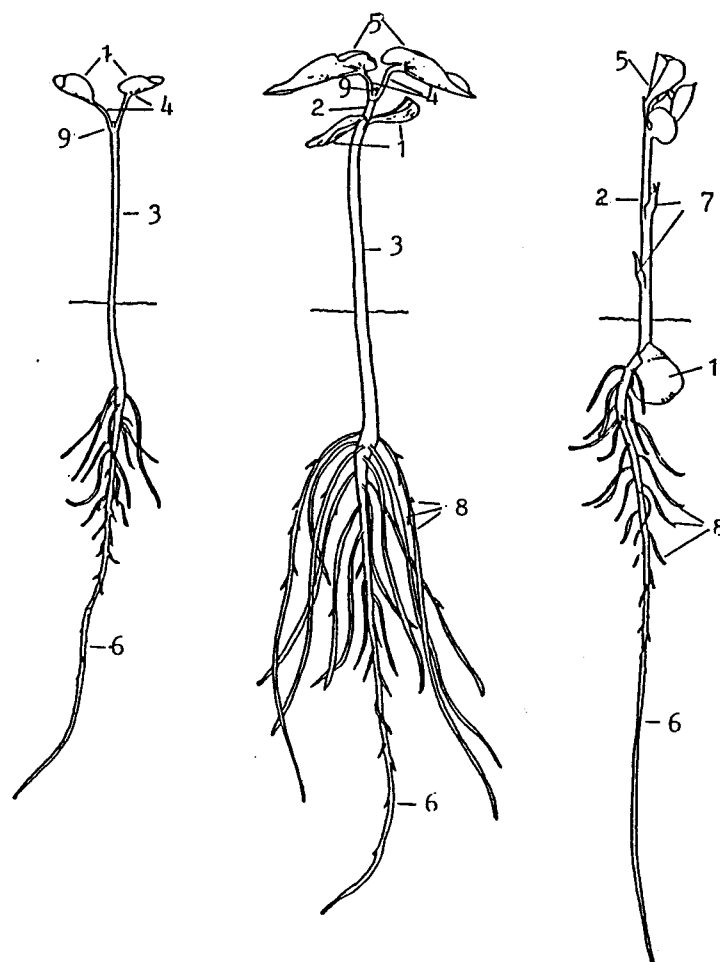
1. ต้นกล้าปกติ (Normal seedling) จะมีศักยภาพในการพัฒนาส่วนประกอบที่สำคัญของโครงสร้าง จนกระทั่งเป็นพืชที่สมบูรณ์เมื่อนำไปปลูกในดินที่อุดมสมบูรณ์ ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม ได้แก่ ความชื้น อุณหภูมิ และแสง ต้นกล้าที่ปกติจะต้องมีลักษณะใดลักษณะหนึ่ง ดังต่อไปนี้

1.1 ต้นกล้ามีส่วนต่างๆ สมบูรณ์ (Intact seedling) โครงสร้างที่สำคัญมีการพัฒนาดี มีความสมบูรณ์ทั้งในด้านสัดส่วนและความแข็งแรง ซึ่งพืชแต่ละชนิดจะแสดงลักษณะเฉพาะในการพัฒนาส่วนประกอบที่สำคัญแตกต่างกันไป ลักษณะต่างๆ มีดังต่อไปนี้

1.1.1 ระบบราก มีการพัฒนาดี ซึ่งประกอบด้วย

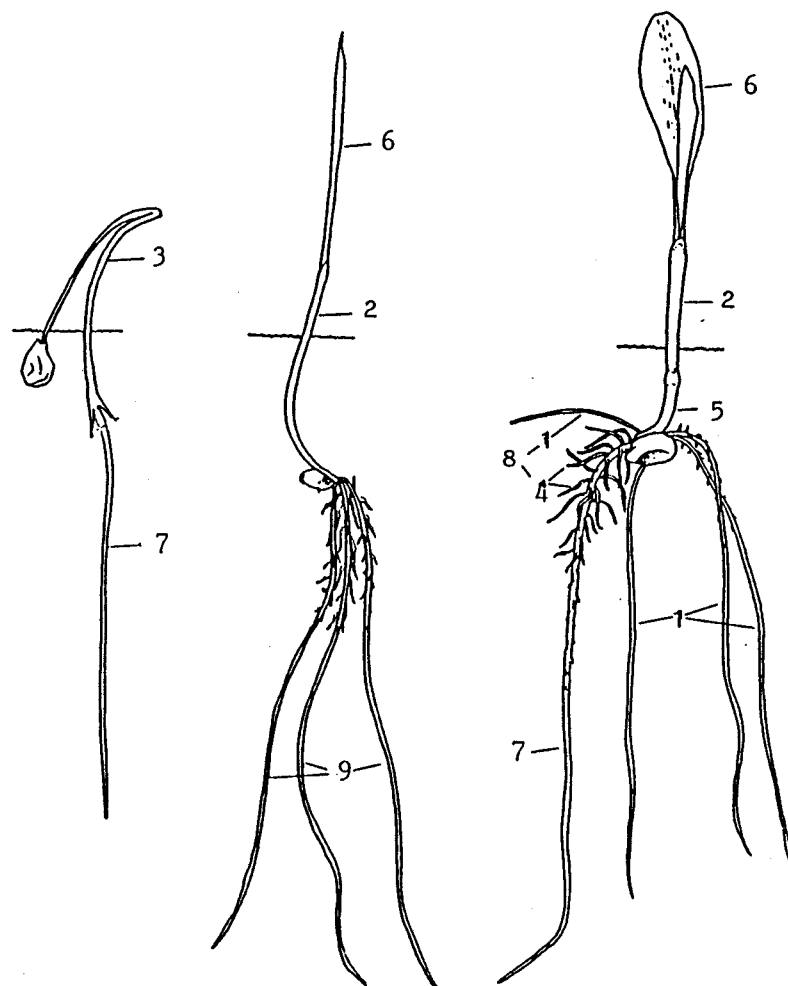
- มีรากแก้วยาว และมีรูปร่างดี ตรงปลายรากจะปกคลุมด้วยรากขนอ่อน
- มีรากแขนงเกิดขึ้นในระหว่างการทดสอบ
- มีรากชั่วคราว (seminal root) หลายอัน ซึ่งแต่ละอันเหมือนเป็นรากแก้ว 1 ราก พบกับเมล็ดพืชบางชนิด เช่น Avena, Hordeum, Secale, Triticum และ Cyclamen

- 1 - cotyledons (ใบเลี้ยง)
- 2 - epicotyl (ส่วนที่อยู่ระหว่างใบเลี้ยงและใบจริง)
- 3 - hypocotyl (ลำต้นอ่อน)
- 4 - petiole (ก้านใบ)
- 5 - primary leaves (ใบจริง)
- 6 - primary root (รากแก้ว)
- 7 - scale leaves
- 8 - secondary roots (รากอื่นๆ)
- 9 - terminal bud (ตายอด)

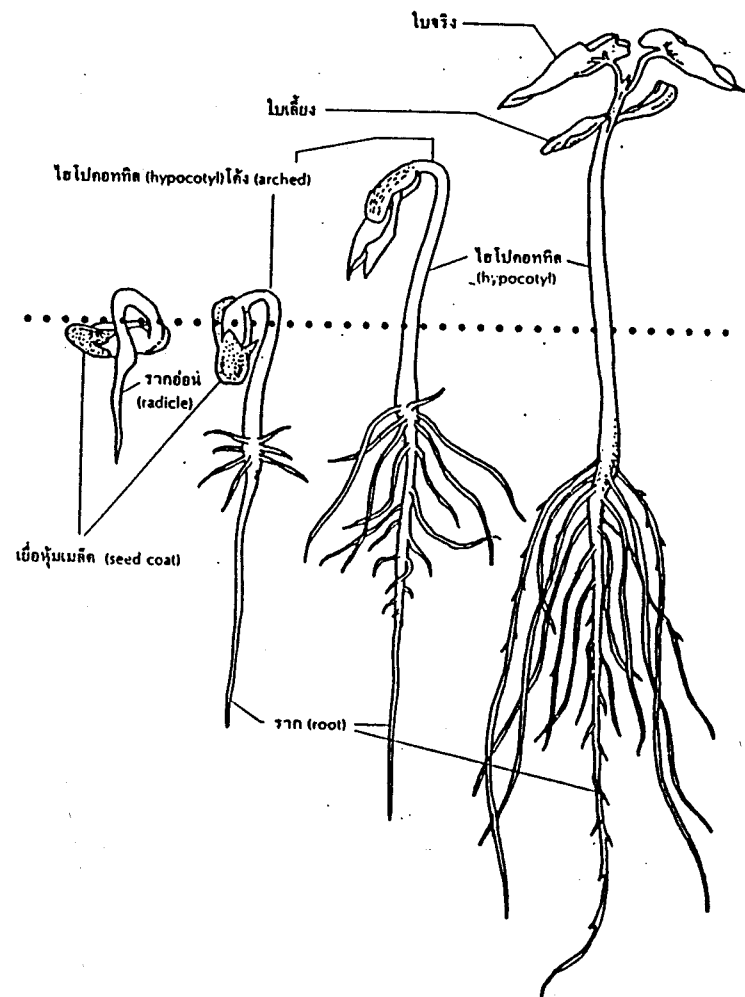


รูปที่ 2.3 แสดงส่วนประกอบที่สำคัญของต้นกล้าพืชใบเลี้ยงคู่
(ภาพจาก ISTA, 1979. Handbook of Seedling Evaluation.)

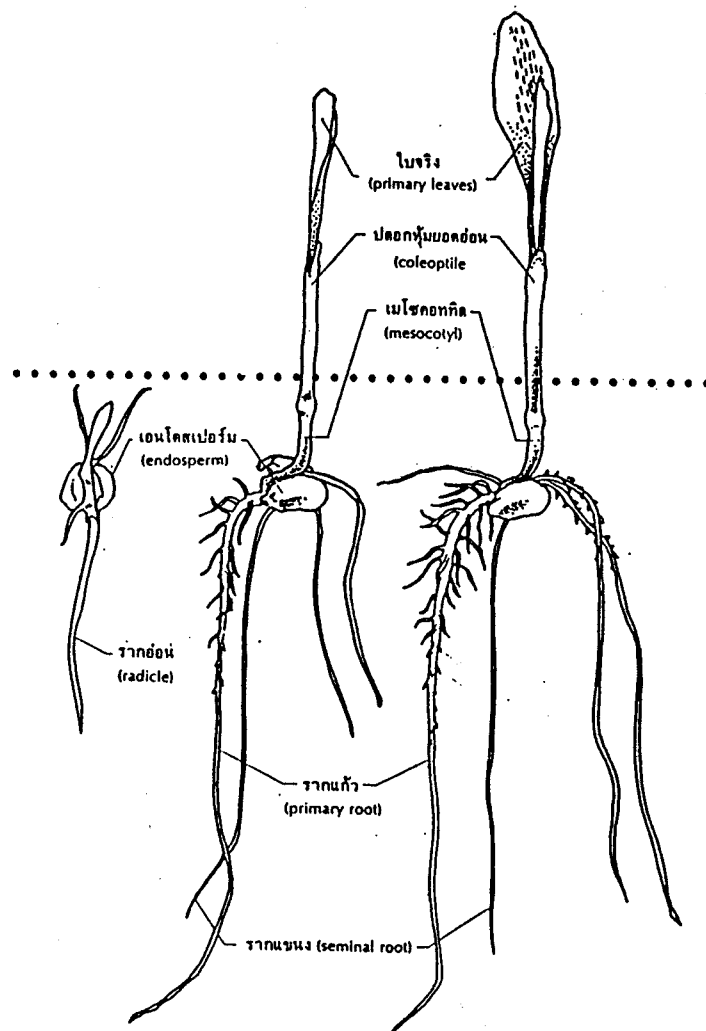
- 1 - adventitious roots (รากอื่นๆ)
- 2 - coleoptile (ปลอกหุ้มยอดอ่อน)
- 3 - cotyledon (ใบเลี้ยง)
- 4 - lateral roots (รากแขนง)
- 5 - mesocotyl (ลำต้นอ่อน)
- 6 - primary leaf (ใบจริง)
- 7 - primary root (รากแก้ว)
- 8 - secondary roots (รากอื่นๆ)
- 9 - seminal roots (รากที่งอกพร้อมรากแก้ว)



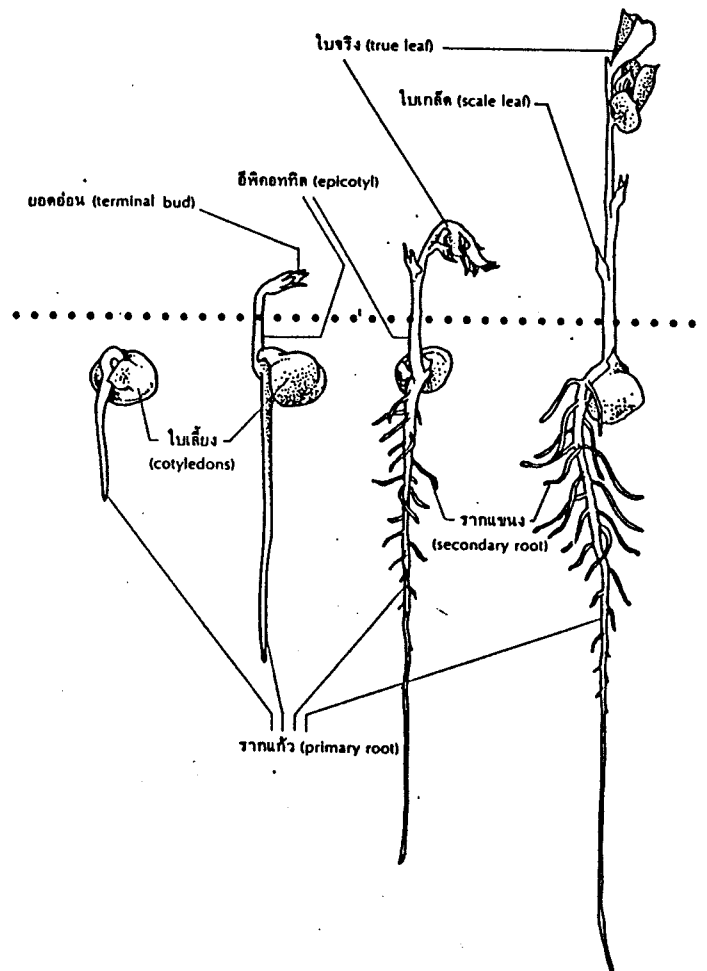
รูปที่ 2.4 แสดงส่วนประกอบที่สำคัญของต้นกล้าพืชใบเลี้ยงเดี่ยว
(ภาพจาก ISTA, 1979. Handbook of Seedling Evaluation.)



รูปที่ 2.5 แสดงการงอกแบบอีพิเจีย (epigeal germination) ของถั่วแขก (*Phaseolus vulgaris*)
(ภาพจาก จวงจันทร, 2529. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์)



รูปที่ 2.6 แสดงการงอกแบบไฮโปเจียว (hypogeal germination) ของข้าวโพด (*Zea mays*)
(ภาพจาก จวงจันทร, 2529. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์)



รูปที่ 2.7 แสดงการงอกแบบไฮโปเจียว (hypogeal germination) ของถั่วลันเตา (*Pisum sativum*)
(ภาพจาก จวงจันทร, 2529. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์)

คำศัพท์และความหมายของส่วนประกอบที่สำคัญของต้นกล้า

adventitious root	หมายถึง	รากที่งอกออกมาจากส่วนอื่น ๆ ที่ไม่ใช่รากแก้ว เช่น รากที่งอกจากส่วนของลำต้นใต้ดิน
coleoptile	หมายถึง	ปลอกหุ้มยอดอ่อนของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว จะเห็นได้ในส่วนของคัพภะและเมื่องอกเป็นต้นอ่อน
coleorhiza	หมายถึง	ปลอกหุ้มรากอ่อน จะเห็นได้ในระยะที่เป็นคัพภะ
embryo	หมายถึง	ต้นอ่อนเล็กๆ ที่อยู่ในเมล็ด หรือเรียกว่าคัพภะ เมื่อเมล็ดงอกคัพภะจะเป็นส่วนที่เจริญเติบโตเป็นต้นพืช
epicotyl	หมายถึง	ส่วนของต้นอ่อนที่อยู่ระหว่างใบเลี้ยงกับใบจริง
hypocotyl	หมายถึง	ส่วนของลำต้นอ่อนของพืชที่อยู่ใต้ใบเลี้ยงลงมาก่อนถึงราก
lateral root	หมายถึง	รากแขนง หรือรากที่งอกหรือแตกแขนงออกมาจากรากอื่น
mesocotyl	หมายถึง	ส่วนที่อยู่ระหว่าง scutellum และ shoot apex ของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว เช่น พืชในตระกูล Graminae เมื่อเมล็ดงอกเป็นต้นอ่อนส่วนของ mesocotyl คือ ส่วนที่อยู่ระหว่างโคนปล้องของใบถึงส่วนที่อยู่เหนือราก
plumule	หมายถึง	ยอดอ่อนของต้นอ่อน
radicle	หมายถึง	ส่วนรากของคัพภะ เมื่อเมล็ดงอกจะเจริญเติบโตเป็นรากแก้ว
secondary root	หมายถึง	รากทุกชนิดที่ไม่ใช่รากแก้ว เช่น adventitious root และ lateral root (เป็นศัพท์ที่ใช้เรียกในการทดสอบการงอก)
seminal roots	หมายถึง	ระบบรากที่รวมรากแก้วและ adventitious root ซึ่งปรากฏในเวลาใกล้เคียงกันหรือพร้อมกันในขณะที่ทดสอบการงอก โดยเฉพาะในธัญพืช
secondary infection	หมายถึง	การติดเชื้อจากเมล็ดอื่นหรือต้นอ่อนต้นอื่นที่ไม่ได้เกิดขึ้น เนื่องจากเมล็ดนั้นๆ เอง

1.1.2 ส่วนของลำต้นมีการพัฒนาดี

- ส่วนของ hypocotyl จะตรง มีรูปทรงดี และมีการยึดตัว พบในต้นกล้าที่มีการงอกแบบ epigeal คือ ใบเลี้ยงโผล่ขึ้นมาเหนือผิวดิน
- ส่วนของ epicotyl มีการพัฒนาดี พบในต้นกล้าที่มีการงอกแบบ hypogeal คือ ใบเลี้ยงยังคงอยู่ภายในเปลือกที่หุ้มเมล็ดและยังคงอยู่ในดิน
- ส่วนของ epicotyl และ hypocotyl มีการยึดตัว พบในพืชบางชนิดที่มีการงอกแบบ epigeal
- ส่วนของ mesocotyl มีการยึดตัว พบในพืชบางชนิด เช่น พืชในตระกูลหญ้า

1.1.3 จำนวนใบเลี้ยง

- มีใบเลี้ยง 1 ใบ พบในพืชใบเลี้ยงเดี่ยว หรือยกเว้นพบในพืชใบเลี้ยงคู่บางชนิด ใบจะมีสีเขียว ส่วนที่เปลี่ยนแปลงจนกระทั่งคล้ายใบเลี้ยงนี้จะยังคงอยู่ในเมล็ดทั้งหมด หรืออยู่ในเมล็ดเป็นบางส่วน
- มีใบเลี้ยง 2 ใบ พบในพืชใบเลี้ยงคู่ที่มีการงอกแบบ epigeal ใบเลี้ยงมีสีเขียว ส่วนขนาดและรูปร่างของใบเลี้ยงจะผันแปรไปขึ้นอยู่กับชนิดของพืชที่นำมาทดสอบ สำหรับต้นกล้าที่มีการงอกแบบ hypogeal ใบเลี้ยงจะมีทรงกลม มีเนื้อมาก และยังคงอยู่ในเปลือกหุ้มเมล็ด
- มีจำนวนใบเลี้ยงต่างๆ กันไป ตั้งแต่ 2 ถึง 18 ใบ เช่น ใบไม้สน ใบเลี้ยงจะมีสีเขียว มีลักษณะยาวและแคบ

1.1.4 ใบจริงมีสีเขียว

- ต้นกล้ามีใบจริง 1 ใบ และจะมีใบแก่ถัด 2-3 ใบ เรียงตัวสลับกัน
- ต้นกล้ามีใบจริง 2 ใบ ใบจริงมีการเรียงตัวแบบตรงกันข้าม

1.1.5 การพัฒนาของตายอดหรือส่วนปลายยอด จะผันแปรแตกต่างกันไปตามชนิดพันธุ์

1.1.6 ส่วน coleoptile มีการพัฒนาดี มีรูปร่างตรง พบในพืชตระกูลหญ้า เมื่อใบสีเขียวตรงปลายยอดมีการเจริญก็จะดันส่วน coleoptile ให้หลุดออกไป

1.2 ต้นกล้าที่มีความเสียหายเพียงเล็กน้อย (Seedlings with slight defects)

ต้นกล้าจะมีโครงสร้างที่สำคัญเสียหายเพียงเล็กน้อย ต้นกล้าชนิดนี้สามารถพัฒนาไปเป็นกล้าที่สมบูรณ์ได้เมื่อเปรียบเทียบกับต้นกล้าที่โครงสร้างที่สำคัญไม่มีความเสียหาย ลักษณะต่อไปนี้จะแสดงถึงความเสียหายเพียงเล็กน้อย

- 1.2.1 รากแก้วมีความเสียหายจำกัด หรือมีการงอกซ้ำเพียงเล็กน้อย
- 1.2.2 รากแก้วมีความเสียหายเล็กน้อย แต่รากแขนงมีการพัฒนาดี พบในพืชตระกูล Leguminosae โดยเฉพาะพวกที่มีเมล็ดขนาดใหญ่ และพืชตระกูล Gramineae เช่น ข้าวโพด และพืชในวงศ์ Cucurbitaceae และ Malvaceae
- 1.2.3 มีรากที่งอกพร้อมรากแก้วเพียง 2 ราก เช่นพวก Avena, Hordeum, Secale, Triticum, Tritricosecale และ Cyclamen
- 1.2.4 ส่วน hypocotyl epicotyl หรือ mesocotyl มีความเสียหายจำกัด
- 1.2.5 ใบเลี้ยงมีความเสียหายจำกัด ไม่เกิน 50% ของเนื้อเยื่อทั้งหมด เพราะถ้าเสียหายเกิน 50% เนื้อเยื่อจะไม่ทำงาน และส่วนยอดไม่มีความเสียหายหรือเนื้อเยื่อที่อยู่รอบๆ ไม่มีความเสียหาย
- 1.2.6 มีใบเลี้ยงที่ปกติ 1 ใบ กับพืชพวกใบเลี้ยงคู่ แต่ไม่มีความเสียหายที่ shoot apex หรือเนื้อเยื่อที่อยู่รอบๆ
- 1.2.7 มีใบเลี้ยง 3 ใบ แทนที่จะมีเพียง 2 ใบ
- 1.2.8 ใบจริงเสียหายจำกัดแต่ไม่เกิน 50%
- 1.2.9 มีใบจริงที่ปกติเพียง 1 ใบ แต่ตายอดไม่เสียหาย
- 1.2.10 ใบจริงมีรูปแบบเฉพาะตัว แต่มีขนาดเล็กลง แต่เมื่อขนาดลดลงแล้วก็ยังมีขนาดใหญ่เกินกว่า 3 ใน 4 ส่วนของขนาดที่ปกติ
- 1.2.11 มีใบแท้ 3 ใบ แทนที่จะมี 2 ใบ
- 1.2.12 Coleoptile มีความเสียหายจำกัด
- 1.2.13 Coleoptile มีรอยแตกตรงปลาย แต่ไม่เกิน 1 ใน 3 ของความยาวทั้งหมด
- 1.2.14 Coleoptile บิดเป็นเกลียว หรือโค้งเป็นวง
- 1.2.15 Coleoptile ไม่ได้หุ้มอยู่ที่ปลายสุดของยอด แต่ส่วนของปลายยอดจะอยู่ที่ระดับประมาณครึ่งหนึ่งของความยาว coleoptile

1.3 ต้นกล้าได้รับความเสียหายจากส่วนที่อยู่ข้างเคียง (Seedling with secondary infection) แต่ไม่ใช่เป็นความเสียหายที่เกิดจากตัวเมล็ดเอง เช่น เชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา ที่เข้าทำลายในภายหลัง เนื่องจากมีเชื้อติดมากับเมล็ดก่อนเพาะ

2. ต้นกล้าผิดปกติ (Abnormal seedling)

ต้นกล้าที่ผิดปกติจะไม่สามารถพัฒนาไปเป็นต้นพืชที่ปกติ เมื่อนำไปปลูกในดินที่มีคุณภาพดี ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมของความชื้น อุณหภูมิ และแสง

ลักษณะของกล้าที่ผิดปกติ ได้แก่

2.1 ต้นกล้าที่ได้รับอันตราย (Damaged seedlings) ส่วนที่เป็นโครงสร้างที่สำคัญหายไป หรือได้รับอันตรายมาก ทำให้ไม่สามารถพัฒนาไปเป็นกล้าที่สมบูรณ์ได้

2.2 ต้นกล้าที่มีรูปร่างผิดปกติหรือไม่สมดุล (Deformed or unbalanced seedlings) ต้นกล้ามีการพัฒนาไม่ดี หรือลักษณะทางสรีรวิทยาถูกขัดขวาง หรือมีโครงสร้างที่สำคัญผิดรูปร่าง หรือไม่ได้สัดส่วน

2.3 ต้นกล้าที่เน่าเสียหาย (Decayed seedlings) โครงสร้างที่สำคัญของต้นกล้าเกิดการเน่าเนื่องจากตัวเมล็ด ทำให้การพัฒนาเป็นกล้าที่ปกติถูกขัดขวาง

ลักษณะของต้นกล้าที่ผิดปกติ นอกจากที่ได้กล่าวมาแล้วทั้ง 3 ประเภท ISTA (1993) ยังได้จำแนกลักษณะต้นกล้าผิดปกติตามลักษณะโครงสร้างของต้นกล้าไว้อย่างละเอียด แสดงไว้ในรูปที่ 2.8 ถึง 2.14 และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ความผิดปกติที่รากแก้ว ได้แก่ ลักษณะดังต่อไปนี้

- ชะงักการเจริญเติบโต (stunted)
- อ้วนสั้นผิดปกติ (stubby)
- อ่อนแอ เจริญเติบโตช้า (retarded)
- ไม่มีรากแก้ว (missing)
- แตกหักเสียหาย (broken)
- แตกจากปลายราก (split from the tip)
- ปิด พันกัน ม้วนงอ (constricted)
- ลีบ หดตัวเล็กลง (spindly)
- ติดแน่นในเปลือกหุ้มเมล็ด (trapped in the seed coat)
- งอกผิดทิศทาง งอกขึ้นกลับขึ้นบน (negative geotropism)
- ใสเหมือนฉ่ำน้ำ (glassy)
- เน่าโดยไม่ได้ติดจากต้นอ่อนที่อยู่ข้างเคียง (decay, primary infection)
- มีรากอื่นๆ เพียง 1 ราก และเป็นรากที่อ่อนแอ (one or non seminal root)

2. ความผิดปกติที่ลำต้นอ่อน รวมทั้ง epicotyl และ mesocotyl ได้แก่ ลักษณะดังต่อไปนี้

- สั้นหนากว่าปกติ (short and thick, no tuber)
- มีรอยแตกลึกไปถึงท่อน้ำและท่ออาหาร (deeply cracked or broken)
- มีลำต้นอ่อนแตกแยกออกจากกัน (split right through)
- ไม่มีลำต้นอ่อน (missing)
- ลีบหดตัว (constricted)
- ม้วนบิดแน่น (tightly twisted)

- ม้วนงอมาก ม้วนเป็นวง (bent over, loop or spiral, spindly)
- ใสเหมือนจมน้ำ (glassy)
- เน่าโดยไม่ได้ติดจากต้นอ่อนที่อยู่ข้างเคียง (decay, primary infection)

3. ความผิดปกติที่ใบเลี้ยง (ให้ยึดหลักความเสียหายมากกว่า 50%) ได้แก่

ลักษณะดังต่อไปนี้

- บวม ม้วนงอ (swollen or curled)
- ผิดรูปร่าง (deformed)
- ใบเลี้ยงหลุดไป (broken, missing)
- ไม่มีสี สีมืดปกติ (discolored, necrotic)
- ใสเหมือนจมน้ำ (glassy)
- มีแผลมากกว่า 50% ของพื้นที่ใบเลี้ยง, ใบเลี้ยงเน่า, เน่าตรงรอยต่อระหว่างใบเลี้ยง (decayed, primary infection)
- ในกรณีของหอมหัวใหญ่ใบเลี้ยงที่ไม่มีลักษณะ “Knee” จัดเป็นต้นอ่อนผิดปกติ (short and thick, constricted, bent over, loop or spiral, without a definite “knee”, spindly)

4. ความผิดปกติที่ใบจริง (ให้ยึดหลักความเสียหายมากกว่า 50%) ได้แก่

ลักษณะดังต่อไปนี้

- ผิดรูปร่าง (deformed)
- เสียหาย (damage)
- ไม่มีใบจริง (missing)
- สีซีด สีมืดปกติ (discoloured, necrotic)
- มีรอยแผล, เน่าโดยไม่ได้ติดจากต้นอ่อนที่อยู่ข้างเคียง (decayed primary infection)
- ใบมีรูปร่างปกติแต่เล็กกว่า 1/4 ของขนาดปกติ (less than 1/4 normal size)

5. ความผิดปกติที่ตายอดและเนื้อเยื่อใกล้เคียง ได้แก่ลักษณะดังต่อไปนี้

- ผิดรูปร่าง (deformed)
- เสียหาย (damaged)
- ไม่มีตายอด (missing)
- เน่าโดยไม่ได้ติดจากต้นอ่อนที่อยู่ข้างเคียง (decay primary infection)

6. ความผิดปกติที่ปลอกหุ้มยอดอ่อนและใบจริงใบแรก

ปลอกหุ้มยอดอ่อนมีลักษณะผิดปกติดังต่อไปนี้

- ผิดรูปร่าง (deformed)
- เสียหาย (damaged)
- ไม่มีปลอกหุ้มยอดอ่อน (missing)

- ส่วนปลายเสียหายหรือขาดหายไป (tip damaged or missing)
- ม้วนงอ้มลงอย่างมาก (strongly bent over)
- บิดเป็นเกลียวแน่น (loop or spiral, tightly twisted)
- มีรอยแตกจากส่วนปลายมากกว่า $1/3$ ของความยาวปลอกหุ้มยอดอ่อน (split more than $1/3$)
- แตกจากส่วนโคนของปลอกหุ้มยอดอ่อน (split at the base, spindly)
- เน่าโดยไม่ได้ติดจากต้นอ่อนที่อยู่ข้างเคียง (decayed primary infection)

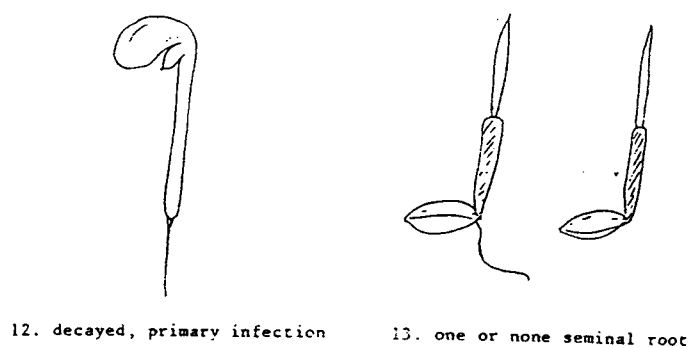
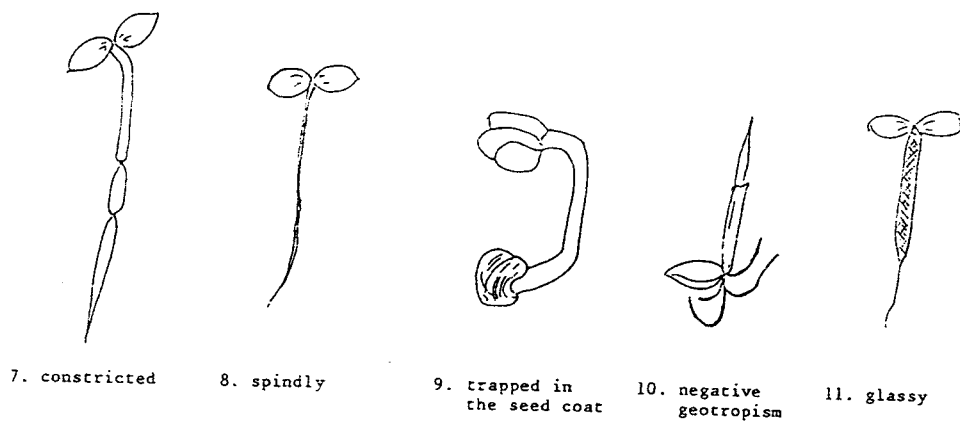
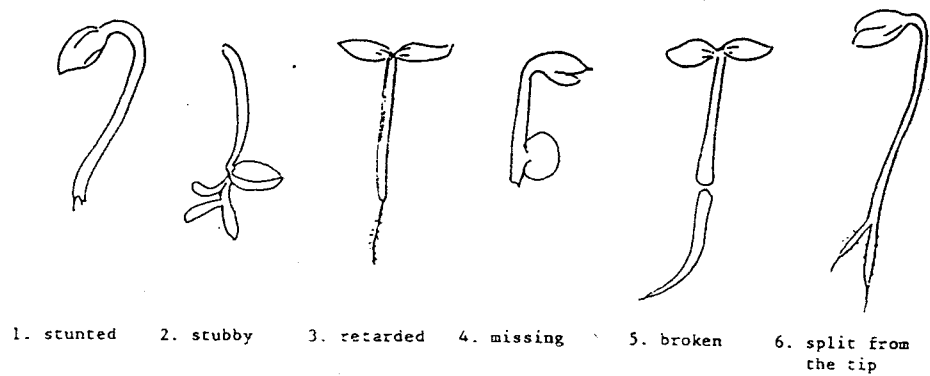
ใบจริงมีลักษณะผิดปกติดังต่อไปนี้

- ใบจริงที่ยังอยู่ในปลอกหุ้มยอดอ่อนงอกไม่ถึงครึ่งหนึ่งของความยาวปลอกหุ้มยอดอ่อน (less than half)
- ไม่มีใบจริง (missing)
- ผิดรูปร่าง (shredded)

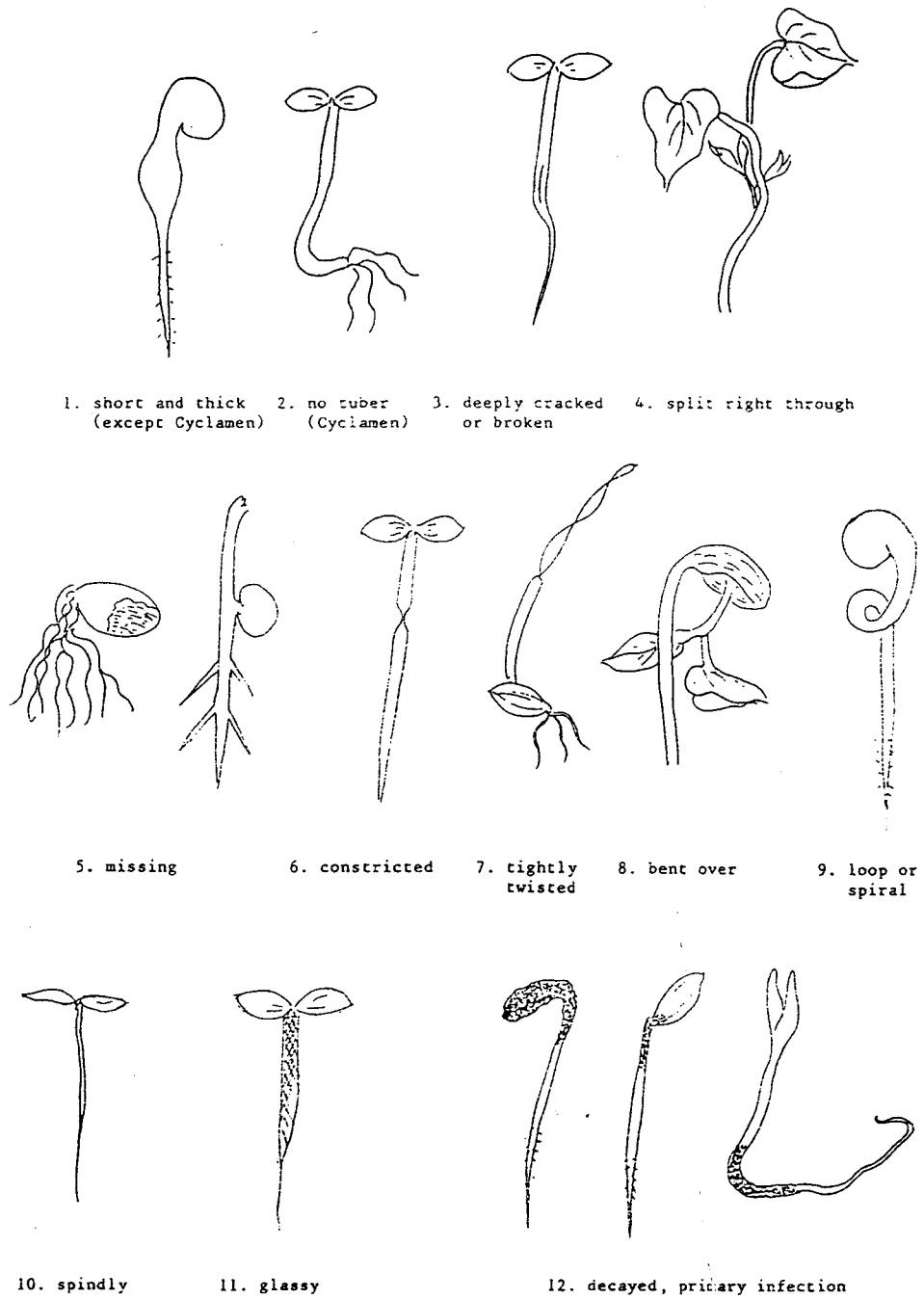
7. ความผิดปกติของต้นอ่อนทั้งต้น ได้แก่ลักษณะดังต่อไปนี้

- ผิดรูปร่าง (deformed)
- แตก หัก (fractured)
- ใบเลี้ยงงอกออกมาก่อนเกิดราก (cotyledons emerging before the root)
- ต้นอ่อนติดกันแน่น (two fused together)
- เห็นเอ็นโดสเปิร์มติดอยู่ (persisting endosperm collar)
- สีเหลืองซีดหรือขาว (yellow or white)
- ม้วนงออย่างมาก (spindly)
- ใสเหมือนฉ่ำน้ำ (glassy)
- เน่าโดยไม่ได้ติดจากต้นอ่อนที่อยู่ข้างเคียง (decayed, primary infection)

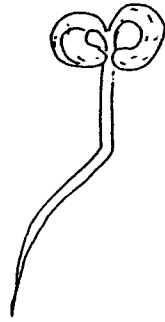
อนึ่ง ลักษณะของต้นกล้าปกติและผิดปกติของพืชต่างๆ นั้น ได้อธิบายและมีรูปภาพประกอบไว้อย่างละเอียด ในหนังสือ Handbook for Seedling Evaluation (1979) ของสมาคม ISTA และในที่นี้ได้ยกตัวอย่างของต้นกล้าปกติและผิดปกติของพืชไม้ป่าที่สำคัญบางชนิดจากการทดสอบการงอก ได้แก่ พะยูง ประดู่ ชิงชัน แดง โมกมัน ตีนเป็ด ยมหิน ยมหอม ขี้เหล็ก สมอไทย หวาย ไม้ซาง ไม้ไร่ สนสามใบ ช่อ กระถินณรงค์ คุณ ชงโค และเพกา รวม 19 ชนิด ดังแสดงในรูปที่ 2.15 ถึง 2.43 ตามลำดับดังนี้



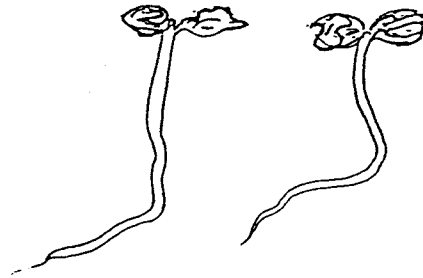
รูปที่ 2.8 ลักษณะกล้าที่ผิดปกติ แสดงความผิดปกติที่รากแก้วและรากอื่นๆ ที่ออกพร้อมรากแก้ว (Madsen, 1988)



รูปที่ 2.9 ลักษณะกล้าที่ผิดปกติ แสดงความผิดปกติที่ลำต้นอ่อนส่วน hypocotyl, epicotyl และ mesocotyl (Madsen, 1988)



1. swollen or curled



2. deformed



3. broken



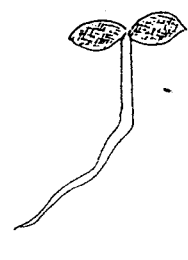
4. missing



5. discoloured



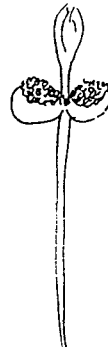
6. necrotic



7. glassy



8. decayed, primary infection



9. short and thick



10. constricted



11. bent over



12. loop or spiral

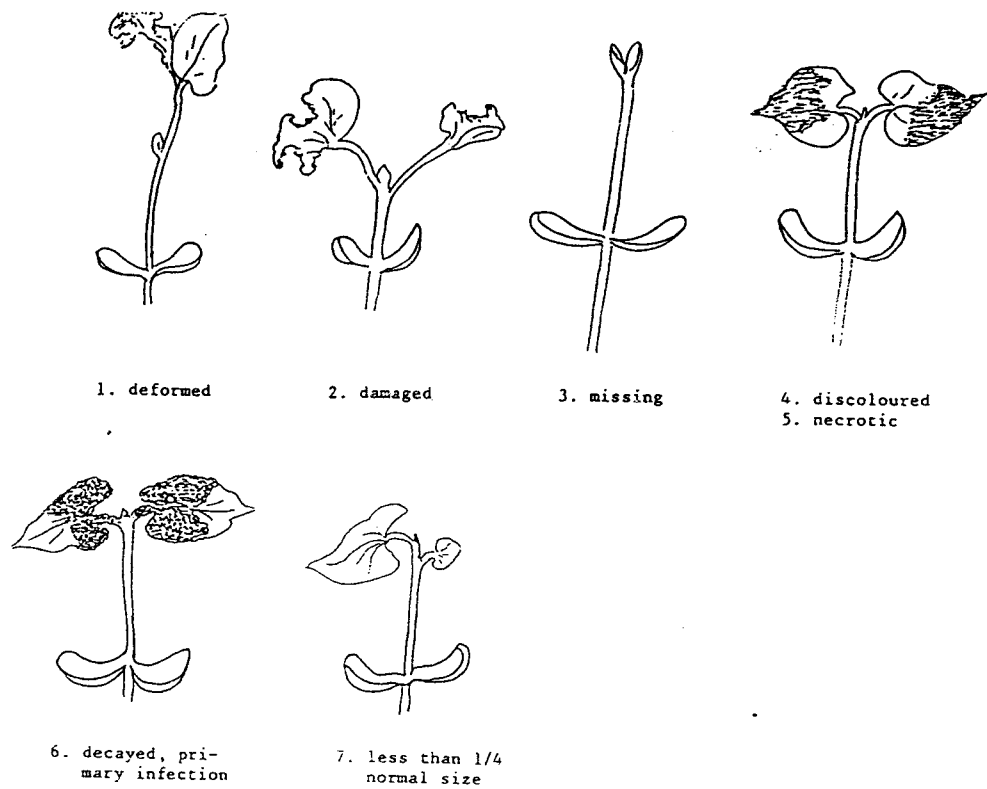


13. without a definite 'knee'

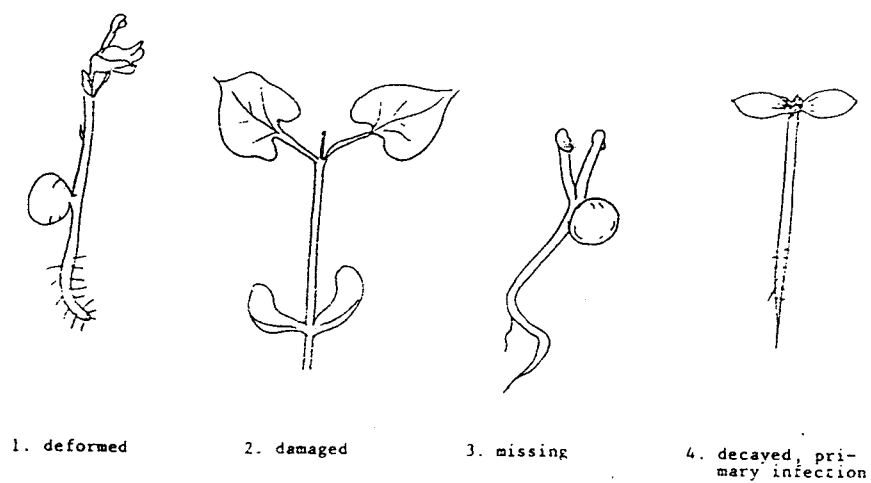


14. spindly

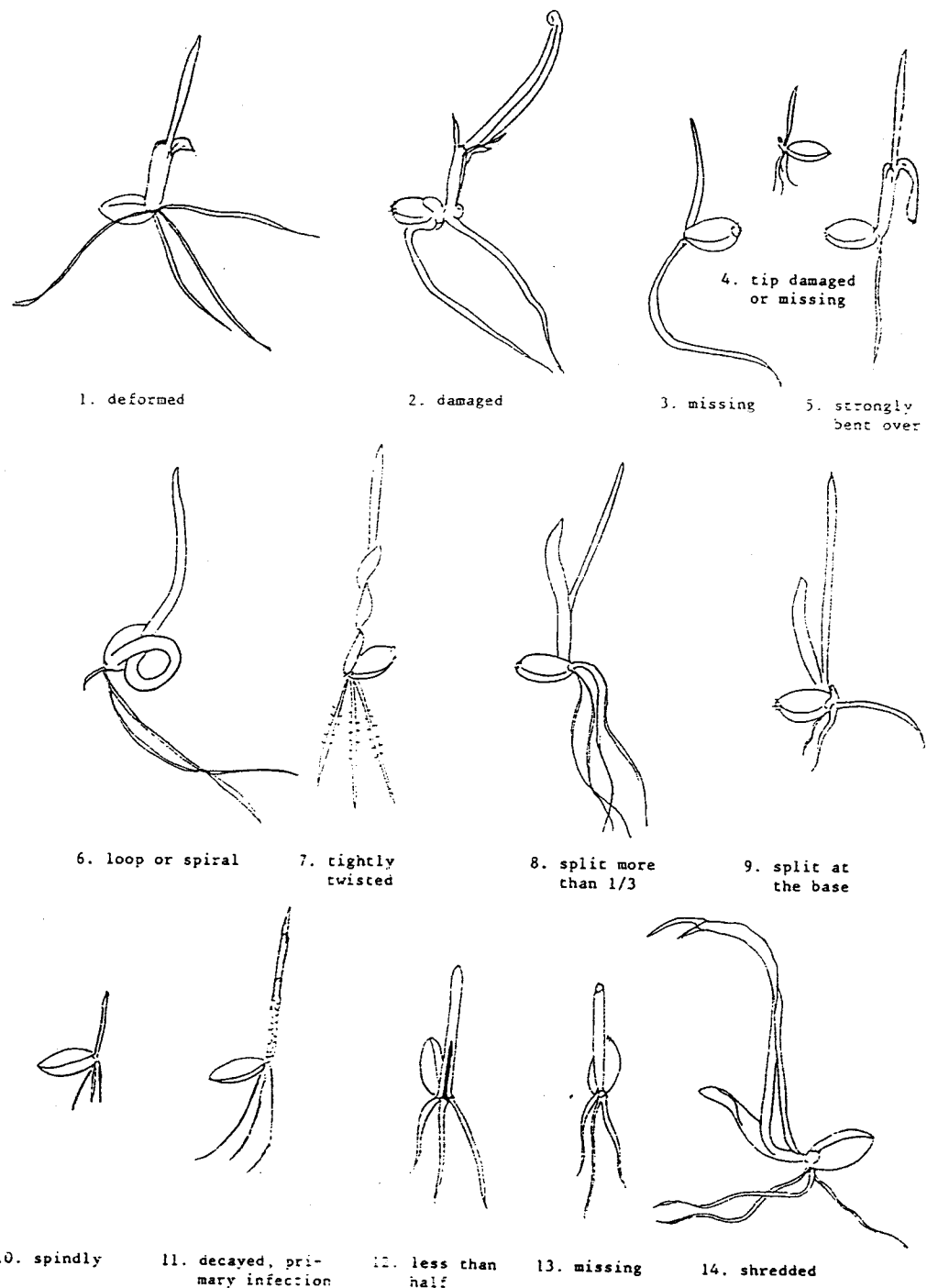
รูปที่ 2.10 ลักษณะกล้าที่ผิดปกติ แสดงความผิดปกติที่ใบเลี้ยง (Madsen, 1988)



รูปที่ 2.11 ลักษณะกล้าที่ผิดปกติ แสดงความผิดปกติที่ใบจริง (Madsen, 1988)



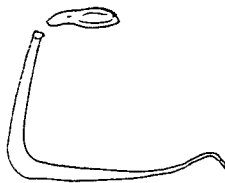
รูปที่ 2.12 ลักษณะกล้าที่ผิดปกติ แสดงความผิดปกติที่ตายอดและเนื้อเยื่อใกล้เกียง (Madsen, 1988)



รูปที่ 2.13 ลักษณะกล้าที่ผิดปกติ แสดงความผิดปกติที่ปลูกหุ้มยอดอ่อนและใบจริงใบแรก
ที่แตกออกมาของพืชตระกูลหญ้า (Madsen, 1988)



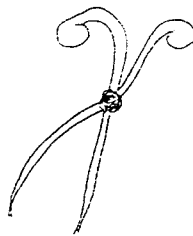
1. deformed



2. fractured



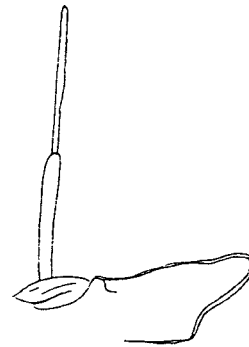
3. cotyledons emerging before the root



4. two fused together



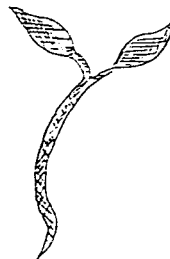
5. persisting endosperm collar



6. yellow or white



7. spindly



8. glassy



9. decayed, primary infection

รูปที่ 2.14 ลักษณะกล้าที่ผิดปกติ แสดงความผิดปกติที่ต้นกล้าทั้งต้น
(Madsen, 1988)

พะยุง

(*Dalbergia cochinchinensis* Pierre)

เป็นพืชใบเลี้ยงคู่ที่มีการงอกแบบ epigeal germination สะสมอาหารที่ใบเลี้ยง เมื่อเริ่มงอรากแก้วจะโผล่พ้นเปลือกหุ้มเมล็ด ยึดตัวออกมาอย่างรวดเร็ว ส่วนของ hypocotyl จะยืดยาวดึงเอาใบเลี้ยงให้หลุดออกจากเปลือกหุ้มเมล็ด ใบเลี้ยงจะกางออกจากกัน ทำหน้าที่สังเคราะห์แสงได้และแห้งเหี่ยวไปในที่สุด ส่วน hypocotyl จะยึดตัวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่วนของ epicotyl ปรากฏให้เห็นและเริ่มยึดตัวขึ้นพร้อมทั้งมีใบจริงเกิดใกล้กับตายอด หลังจากนั้นใบจริงจะเริ่มเจริญเติบโต ตายอดจะมีการพัฒนาต่อไปและมีใบจริงเพิ่มขึ้น ใบจริงจะทำหน้าที่สังเคราะห์แสง

ต้นกล้าปกติ

ระบบราก	มีรากแก้วสมบูรณ์แข็งแรง และมีรากแขนงสมบูรณ์แข็งแรง
Hypocotyl	เจริญตั้งตรงดี ยาวและแข็งแรง ไม่มีรอยแตกหัก เข้าไปถึงส่วนของท่อน้ำ ท่ออาหาร
ใบเลี้ยง	มีครบ 2 ใบ สมบูรณ์ดี ติดกับต้นกล้า อาจมีรอยเสียหายที่ใบเลี้ยงเล็กน้อย
Epicotyl	ปรากฏให้เห็นชัดเจน
ใบจริง	สมบูรณ์ดี
ตายอดหรือยอดอ่อน	มีการพัฒนาตามปกติ สมบูรณ์ดี

ต้นกล้าผิดปกติ

- ใบเลี้ยงมีรอยแห้งเสียหาย 1 ใบ
- ส่วน hypocotyl โค้งงอ
- ไม่มีรากแก้ว
- ใบเลี้ยงมีสีเหลืองทั้ง 2 ใบ
- ส่วนของรากแก้วโค้งงอและแห้งเป็นสีน้ำตาล



รูปที่ 2.15 ไม้พะยุง แสดงการงอกของเมล็ด



รูปที่ 2.16 ไม้พะยุง ต้นกล้าปกติ (ต้นด้านซ้ายสุด) เปรียบเทียบกับ
ต้นกล้าผิดปกติ (ต้นด้านขวาที่เหลือ)

ประดู่

(*Pterocarpus macrocarpus* Kurz)

เป็นพืชใบเลี้ยงคู่ที่มีการงอกแบบ epigeal germination สะสมอาหารที่ใบเลี้ยง เมื่อเริ่มงอกรากแก้วจะโผล่พ้นเปลือกหุ้มเมล็ดออกมาอย่างรวดเร็ว ส่วนของ hypocotyl จะยืดยาวขึ้น ดึงเอาใบเลี้ยงให้หลุดออกจากเปลือกหุ้มเมล็ด ใบเลี้ยงจะกางออกทำหน้าที่สังเคราะห์แสงได้ และแห้งเหี่ยวไปในที่สุด ส่วน epicotyl จะปรากฏให้เห็น และยืดตัวอย่างรวดเร็ว พร้อมทั้งมีใบจริง เกิดใกล้กับตายอด หลังจากนั้นใบจริงจะมีการเจริญเติบโต ตายอดจะมีการพัฒนาต่อไป และมีใบจริงเพิ่มขึ้น

ต้นกล้าปกติ

ระบบราก	มีรากแก้วสมบูรณ์แข็งแรง และมีรากแขนงที่สมบูรณ์แข็งแรง
Hypocotyl	เจริญตั้งตรง ค่อนข้างอวบและแข็งแรง
ใบเลี้ยง	มีครบ 2 ใบ สมบูรณ์ดี ติดกับต้นกล้า
Epicotyl	ปรากฏให้เห็นชัดเจน และยืดตัวขึ้น
ใบจริง	สมบูรณ์ดี
ตายอดหรือยอดอ่อน	มีการพัฒนาตามปกติ สมบูรณ์ดี

ต้นกล้าผิดปกติ

- ใบเลี้ยงมีเพียง 1 ใบ รูปร่างไม่สมบูรณ์ ใบเลี้ยงที่เหลืออยู่มีพื้นที่ของใบน้อยกว่า $\frac{1}{2}$ ของพื้นที่ใบเลี้ยงทั้งหมด
- ใบเลี้ยงได้รับความเสียหายจากปลายใบเข้ามาหาโคนใบ ส่วนที่เสียหายมีพื้นที่เกิน $\frac{1}{2}$ ของพื้นที่ใบเลี้ยงทั้งหมด
- ส่วนของรากแก้วและส่วน hypocotyl ที่เชื่อมต่อกัน เน่าเสียหาย



รูปที่ 2.17 ไม้ประดู่ แสดงการงอกของเมล็ด



รูปที่ 2.18 ไม้ประดู่ ต้นกล้าปกติ (ต้นด้านซ้ายสุด) เปรียบเทียบกับ
ต้นกล้าผิดปกติ (ต้นด้านขวาที่เหลือ)

ชิงชัน

(*Dalbergia oliveri* Gamble)

เป็นพืชใบเลี้ยงคู่ที่มีการงอกแบบ epigeal germination สะสมอาหารที่ใบเลี้ยง เมื่อเริ่มงอกรากแก้วจะโผล่พ้นเปลือกหุ้มเมล็ด ยึดตัวออกมาอย่างรวดเร็ว ส่วนของ hypocotyl จะยืดยาวขึ้น ดึงเอาใบเลี้ยงให้หลุดจากเปลือกหุ้มเมล็ด ส่วนของ epicotyl จะปรากฏให้เห็น และยึดตัวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว พร้อมทั้งมีใบจริงเกิดใกล้กับตายอด หลังจากนั้นใบจริงจะมีการเจริญเติบโต ตายอดจะมีการพัฒนาต่อไป และมีใบจริงเพิ่มขึ้น

ต้นกล้าปกติ

ระบบราก	มีรากแก้วสมบูรณ์แข็งแรง และมีรากแขนงที่สมบูรณ์แข็งแรง
Hypocotyl	เจริญตั้งตรง ยืดยาวดี และแข็งแรง
ใบเลี้ยง	มีครบ 2 ใบ สมบูรณ์ดี ติดกับต้นกล้า อาจมีรอยเสียหายเล็กน้อยที่ปลายใบ แต่ไม่เกิน $\frac{1}{2}$ ของพื้นที่ใบเลี้ยงทั้งหมด
Epicotyl	ยืดยาวและแข็งแรง
ใบจริง	เป็นใบประกอบ สมบูรณ์ดี
ตายอดหรือยอดอ่อน	มีการพัฒนาตามปกติ สมบูรณ์ดี

ต้นกล้าผิดปกติ

- ใบจริงมีสีขาว
- ใบเลี้ยงเน่าตายทั้ง 2 ใบ



รูปที่ 2.19 ไม่วิงชัน ต้นกล้าปกติ (ต้นด้านซ้ายสุด) เปรียบเทียบกับ
ต้นกล้าผิดปกติ (ต้นด้านขวาที่เหลือ)

แดง

(*Xylia xylocarpa* (Roxb.) Taub.)

เป็นพืชใบเลี้ยงคู่ที่มีการงอกแบบ epigeal germination สะสมอาหารที่ใบเลี้ยง เมื่อเริ่มงอรากแก้วจะโผล่พ้นเปลือกหุ้มเมล็ด ยึดตัวออกมาอย่างรวดเร็ว ส่วนของ hypocotyl จะยืดยาว ดึงเอาใบเลี้ยงให้หลุดออกจากเปลือกหุ้มเมล็ด ใบเลี้ยงทำหน้าที่สังเคราะห์แสงได้และแห้งเหี่ยวไปในที่สุด ส่วนของ epicotyl ปรากฏให้เห็นและยึดตัวขึ้นอย่างรวดเร็ว พร้อมทั้งมีใบจริงเกิดใกล้กับตายอด หลังจากนั้นใบจริงจะเริ่มเจริญเติบโต ตายอดจะมีการพัฒนาต่อไป และมีใบจริงเพิ่มขึ้น ใบจริงจะทำหน้าที่สังเคราะห์แสง

ต้นกล้าปกติ

ระบบราก	มีรากแก้วสมบูรณ์แข็งแรง และมีรากแขนงที่สมบูรณ์แข็งแรง
Hypocotyl	เจริญตั้งตรง อวบยาวและแข็งแรง ไม่มีรอยแตกลึกเข้าไปถึงส่วนท่อน้ำ ท่ออาหาร
ใบเลี้ยง	มีครบ 2 ใบ สมบูรณ์ดี ติดกับต้นกล้า
Epicotyl	เจริญตั้งตรงดี และแข็งแรง
ใบจริง	แข็งแรง สมบูรณ์ดี
ตายอดหรือยอดอ่อน	มีการพัฒนาตามปกติ สมบูรณ์ดี

ต้นกล้าผิดปกติ

- ใบเลี้ยงลีบเสียหายทั้ง 2 ใบ
- ไม่มีปลายรากแก้ว มีแต่รากแขนงเล็กน้อย
- ส่วนปลายยอดมีสีเหลือง
- รากแก้วโค้งงอและสั้น



รูปที่ 2.20 ไม้แดง ต้นกล้าปกติ (ต้นด้านซ้ายสุด) เปรียบเทียบกับ
ต้นกล้าผิดปกติ (ต้นด้านขวาที่เหลือ)

โมกมัน

(*Wrightia tomentosa* Roem. & Schult)

เป็นพืชใบเลี้ยงคู่ที่มีการงอกแบบ epigeal germination เมื่อเริ่มงอรากแก้วจะโผล่พ้นเปลือกหุ้มเมล็ดออกมาอย่างรวดเร็ว พร้อมทั้งมีรากแขนงเกิดขึ้นด้วย ส่วนของ hypocotyl จะยืดยาวขึ้น ดึงเอาใบเลี้ยงให้หลุดจากเปลือกหุ้มเมล็ด ใบเลี้ยงมีลักษณะม้วนตัวเป็นเกลียวตามความยาวของเมล็ด จะคลี่ออกจากกัน ใบเลี้ยงจะกางออกเป็นแผ่นแบน ทำหน้าที่สังเคราะห์แสงได้ และจะแห้งเหี่ยวไปในที่สุด ส่วน epicotyl จะปรากฏให้เห็น หลังจากนั้นจะเริ่มยืดยาวขึ้น ส่วนตายอดเริ่มมีการพัฒนาพร้อมทั้งมีใบจริงเกิดใกล้กับตายอด ใบจริงจะทำหน้าที่สังเคราะห์แสงต่อไป

ต้นกล้าปกติ

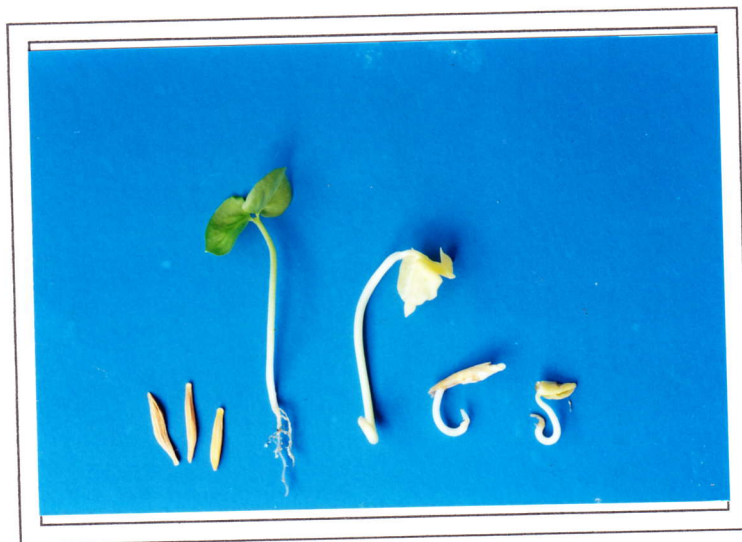
ระบบราก	มีรากแก้วสมบูรณ์แข็งแรง และมีรากแขนงที่สมบูรณ์แข็งแรง
Hypocotyl	เจริญตั้งตรงดี ไม่มีรอยแตกหักเข้าไปถึงส่วนท่อน้ำ ท่ออาหาร
ใบเลี้ยง	มีครบ 2 ใบ ติดกับต้นกล้า ใบเลี้ยงเป็นแผ่นแบน อาจมีจุดเสียหายที่ปลายใบเล็กน้อย
Epicotyl	มีปรากฏให้เห็นและเริ่มยืดยาวขึ้น
ใบจริง	สมบูรณ์ดี
ตายอดหรือยอดอ่อน	มีการพัฒนาตามปกติ สมบูรณ์ดี

ต้นกล้าผิดปกติ

- ใบเลี้ยงมีสีเหลือง มีลักษณะหงิกงอ
- ระบบรากไม่มีการพัฒนาเป็นรากแก้ว
- ส่วน hypocotyl โค้งงอ
- ใบเลี้ยงมีขนาดเล็กกว่าปกติ มีลักษณะหงิกงอและมีสีเหลือง



รูปที่ 2.21 ไม้มอกมัน แสดงการงอกของเมล็ด



รูปที่ 2.22 ไม้มอกมัน ต้นกล้าปกติ (ต้นด้านซ้ายสุด) เปรียบเทียบกับ
ต้นกล้าผิดปกติ (ต้นด้านขวาที่เหลือ)

ดินเปิด, พญาสัตบรรณ (*Alstonia scholaris* R. Br.)

เป็นพืชใบเลี้ยงคู่ที่มีการงอกแบบ epigeal germination เมื่อเริ่มงอกรากแก้วจะโผล่พ้นเปลือกหุ้มเมล็ด ยึดตัวออกมาอย่างรวดเร็ว ส่วนของ hypocotyl จะยืดยาวขึ้น ดึงใบเลี้ยงขึ้นมาทำให้ใบเลี้ยงหลุดออกจากเปลือกหุ้มเมล็ด ใบเลี้ยงจะเริ่มกางออกจากกัน และทำหน้าที่สังเคราะห์แสงได้ และแห้งเหี่ยวไปในที่สุด ส่วน epicotyl ยังปรากฏไม่ชัดเจนนัก และไม่มีการปรากฏ ส่วนตายอดจะเห็นเป็นตุ่มเล็กๆ อยู่ระหว่างใบเลี้ยง

ต้นกล้าปกติ

ระบบราก	มีรากแก้วสมบูรณ์แข็งแรง มีรากแขนงที่ปรากฏบ้างเล็กน้อย
Hypocotyl	เจริญตั้งตรงดี หรือเอนเล็กน้อย ยาวเรียว และแข็งแรง
ใบเลี้ยง	มีครบ 2 ใบ สมบูรณ์ดี ติดกับต้นกล้า มีลักษณะเป็นแผ่นแบนบาง
Epicotyl	ปรากฏไม่ชัดเจน
ใบจริง	ยังไม่ปรากฏให้เห็น
ตายอดหรือยอดอ่อน	มีปรากฏให้เห็นบ้าง

ต้นกล้าผิดปกติ

- ยังไม่พบลักษณะที่ผิดปกติ



รูปที่ 2.23 ไม้ดินเปิด แสดงการงอกของเมล็ด

ยมหิน

(*Chukrasia velutina* Wight & Arn.)

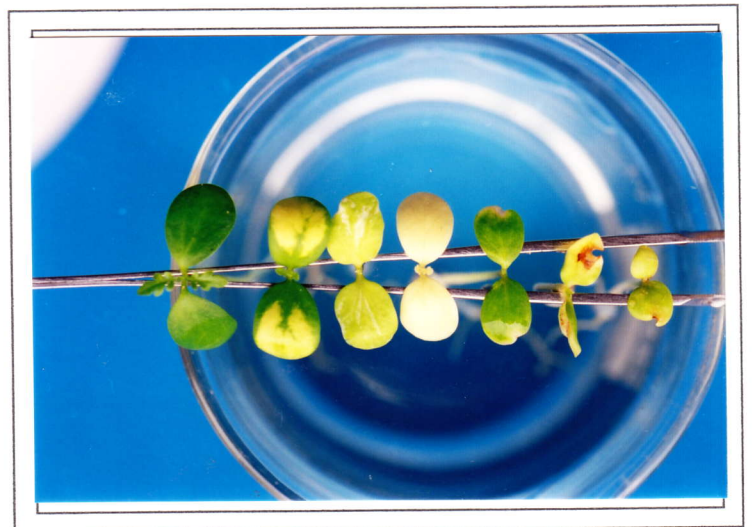
เป็นพืชใบเลี้ยงคู่ที่มีการงอกแบบ epigeal germination เมื่อเริ่มงอกรากแก้วจะโผล่พ้นเปลือกหุ้มเมล็ด ยึดตัวออกมาอย่างรวดเร็ว ส่วนของ hypocotyl จะยืดยาวขึ้น ดึงใบเลี้ยงขึ้นมา ใบเลี้ยงจะเริ่มกางออกจากกัน และทำให้เปลือกหุ้มเมล็ดที่ติดอยู่ที่ใบเลี้ยงหลุดออก ใบเลี้ยงทำหน้าที่สังเคราะห์แสงได้และจะแห้งเหี่ยวไปในที่สุด ส่วน epicotyl จะมีการยืดตัวขึ้นเล็กน้อย พร้อมทั้งมีใบจริงจำนวน 2 ใบ แตกออกจากส่วนที่ใกล้กับตายอด ต่อจากนั้นส่วนของ epicotyl ก็จะยืดตัวขึ้นเรื่อย ๆ พร้อมทั้งตายอดก็จะเจริญขึ้นและมีใบจริงเพิ่มขึ้นเกิดใกล้กับตายอด ใบจริงจะทำหน้าที่สังเคราะห์แสงต่อไป

ต้นกล้าปกติ

ระบบราก	มีรากแก้วสมบูรณ์แข็งแรง มีรากแขนงที่สมบูรณ์แข็งแรง
Hypocotyl	เจริญตั้งตรงดี ยาวและแข็งแรง ไม่มีรอยแตกหักเข้าไปถึงส่วนของท่อน้ำ ท่ออาหาร
ใบเลี้ยง	มีครบ 2 ใบ สมบูรณ์ดี ติดกับต้นกล้า
Epicotyl	มีปรากฏให้เห็น
ใบจริง	สมบูรณ์ดี
ตายอดหรือยอดอ่อน	มีการพัฒนาตามปกติและสมบูรณ์ดี

ต้นกล้าผิดปกติ

- โคนรากแก้วแห้งเป็นสีน้ำตาลและโค้งงอ
- ส่วน hypocotyl โค้งงอ หรือมีรูปร่างไม่ได้สัดส่วน
- รากแก้วพัฒนาไม่สมบูรณ์
- ไม่มีรากแก้ว
- ใบเลี้ยงมีส่วนเสียหายเกิน $\frac{1}{2}$ ของพื้นที่ใบเลี้ยงทั้งหมด
- ใบเลี้ยงมีสีเหลืองทั้ง 2 ใบ
- ใบเลี้ยงมีส่วนที่เป็นรอยด่าง สีเหลืองจากปลายใบไปยังโคนใบ เป็นทั้ง 2 ใบ พื้นที่ของรอยด่างเกิน $\frac{1}{2}$ ของพื้นที่ใบเลี้ยงทั้งหมด
- ใบเลี้ยงมีสีเหลืองและมีรอยด่างขาวตามเส้นใบเป็นทั้ง 2 ใบ
- ใบเลี้ยงมีสีขาวนวลทั้ง 2 ใบ
- ใบเลี้ยงมีความเสียหายตรงปลายใบทั้ง 2 ใบ พื้นที่ส่วนที่เสียหายเกิน $\frac{1}{2}$ ของพื้นที่ใบเลี้ยงทั้งหมด
- ใบเลี้ยง 2 ใบ มีขนาดไม่เท่ากัน และมีรูปร่างไม่เหมือนกับใบเลี้ยงปกติ



รูปที่ 2.24 ไม้มิ้นหิน ต้นกล้าปกติ (ต้นด้านซ้ายสุด) เปรียบเทียบกับต้นกล้าผิดปกติ (ต้นด้านขวาที่เหลือ)

ชมหอม
(*Toona ciliata* M. Roem.)

เป็นพืชใบเลี้ยงคู่ที่มีการงอกแบบ epigeal germination เมื่อเริ่มงอกรากแก้วจะโผล่พ้นเปลือกหุ้มเมล็ด ชีตตัวออกมาอย่างรวดเร็ว ส่วนของ hypocotyl จะยืดยาวขึ้นดึงใบเลี้ยงขึ้นมา ใบเลี้ยงจะเริ่มกางออกจากกัน และทำให้เปลือกหุ้มเมล็ดที่ติดอยู่หลุดออกไป ใบเลี้ยงทำหน้าที่สังเคราะห์แสงได้และจะแห้งเหี่ยวไปในที่สุด ส่วน epicotyl ยังปรากฏไม่ชัดเจนนัก ส่วนตายอดจะเห็นเป็นตุ่มเล็กๆ อยู่ระหว่างใบเลี้ยง

ต้นกล้าปกติ

ระบบราก	มีรากแก้วสมบูรณ์แข็งแรง ไม่ปรากฏว่ามีรากแขนง
Hypocotyl	เจริญตั้งตรงดี หรือเอนเล็กน้อย ยาวเรียวและแข็งแรง
ใบเลี้ยง	มีครบ 2 ใบ สมบูรณ์ดี ติดกับต้นกล้า มีลักษณะเป็นแผ่นแบนบาง
Epicotyl	ปรากฏไม่ชัดเจน
ใบจริง	ยังไม่ปรากฏให้เห็น
ตายอดหรือยอดอ่อน	มีปรากฏให้เห็นบ้าง

ต้นกล้าผิดปกติ

- ใบเลี้ยงทั้ง 2 ใบ แห้งเหี่ยวและตายในที่สุด
- ปลายรากแก้วมีลักษณะอวบน้ำมากกว่าปกติ



รูปที่ 2.25 ไม้มหอม แสดงการงอกของเมล็ด



รูปที่ 2.26 ไม้มหอม ต้นกล้าปกติ (ต้นด้านซ้ายสุด) เปรียบเทียบกับ
ต้นกล้าผิดปกติ (ต้นด้านขวาที่เหลือ)

ชี่เหล็ก

(*Cassia siamea* Britt.)

เป็นพืชใบเลี้ยงคู่ที่มีการงอกแบบ epigeal germination เมื่อเริ่มงอรากแก้วจะโผล่พ้นเปลือกหุ้มเมล็ด ชีตตัวออกมาอย่างรวดเร็ว ส่วนของ hypocotyl จะยืดยาวขึ้น ดึงเอาใบเลี้ยงให้หลุดจากเปลือกหุ้มเมล็ด หรือถ้าเปลือกหุ้มเมล็ดยังคงติดอยู่กับใบเลี้ยง ใบเลี้ยงจะเริ่มขยายตัวและกางออก ต้นเอาเปลือกหุ้มเมล็ดให้หลุดออกไป ใบเลี้ยงทำหน้าที่สังเคราะห์แสงและแห้งเหี่ยวไปในที่สุด ส่วนของ epicotyl ปรากฏให้เห็นและเริ่มยืดตัวขึ้นพร้อมทั้งมีใบจริงเกิดใกล้กับตายอด หลังจากนั้นใบจริงจะเริ่มเจริญเติบโต ตายอดจะมีการพัฒนาต่อไป และมีใบจริงเพิ่มขึ้น ใบจริงจะทำหน้าที่สังเคราะห์แสงต่อไป

ต้นกล้าปกติ

ระบบราก	มีรากแก้วสมบูรณ์แข็งแรง และมีรากแขนงบ้างเล็กน้อย รากทั้ง 2 ชนิดจะมีสีน้ำตาลเข้ม
Hypocotyl	เจริญตั้งตรงดี ไม่มีรอยแตกหักเข้าไปถึงส่วนท่อน้ำ ท่ออาหาร
ใบเลี้ยง	มีครบ 2 ใบ ติดกับต้นกล้า
Epicotyl	มีปรากฏให้เห็น
ใบจริง	สมบูรณ์ดี
ตายอดหรือยอดอ่อน	มีการพัฒนาตามปกติ สมบูรณ์ดี

ต้นกล้าผิดปกติ

- ใบเลี้ยงจะหงิกงอ และมีส่วนที่เสียหายที่กลางใบ ส่วนที่เสียหายเกิน $\frac{1}{2}$ ของพื้นที่ใบเลี้ยงทั้งหมด
- ใบเลี้ยงและส่วน Hypocotyl จะเน่าตาย



รูปที่ 2.27 ไม้ซ้เหล็ก แสดงการงอกของเมล็ด



รูปที่ 2.28 ไม้ซ้เหล็ก ต้นกล้าปกติ (ต้นด้านซ้ายสุด) เปรียบเทียบกับ
ต้นกล้าผิดปกติ (ต้นด้านขวาที่เหลือ)

สมอไทย (*Terminalia chebula* Retr.)

เป็นพืชใบเลี้ยงคู่ที่มีการงอกแบบ epigeal germination เมื่อเริ่มงอรากแก้วจะโผล่พ้นเปลือกหุ้มเมล็ด ยึดตัวออกมาอย่างรวดเร็ว พร้อมทั้งมีรากขนอ่อนและรากแขนงเกิดขึ้นด้วย ส่วนของ hypocotyl จะยืดยาวขึ้น ใบเลี้ยงที่มีลักษณะม้วนตัวเป็นทรงกลมรูปทรงกระบอกจะคลี่ออกจากกัน ต้นเอาส่วนของเปลือกหุ้มเมล็ดที่ติดอยู่ให้หลุดออกไป ใบเลี้ยงทำหน้าที่สังเคราะห์แสงได้ และจะแห้งเหี่ยวไปในภายหลัง ส่วน epicotyl จะปรากฏให้เห็น หลังจากนั้นจะเริ่มยืดยาวขึ้น ส่วนตายอดเริ่มมีการพัฒนาพร้อมทั้งมีใบจริง 1 ใบ เกิดใกล้กับตายอด ใบจริงจะทำหน้าที่สังเคราะห์แสงต่อไป

ต้นกล้าปกติ

ระบบราก	มีรากแก้วสมบูรณ์แข็งแรง และมีรากแขนงหลายอันที่สมบูรณ์แข็งแรง
Hypocotyl	เจริญตั้งตรงดี ค่อนข้างอวบ ไม่มีรอยแตกลึกเข้าไปถึงส่วนท่อน้ำ ท่ออาหาร
ใบเลี้ยง	มีครบ 2 ใบ สมบูรณ์ติดกับต้นกล้า ใบเลี้ยงเป็นแผ่นกว้างแบน มีขนาดใหญ่ อาจมีส่วนเสียหายเล็กน้อยที่ปลายใบ
Epicotyl	มีปรากฏให้เห็น
ใบจริง	สมบูรณ์ดี
ตายอดหรือยอดอ่อน	มีการพัฒนาตามปกติ สมบูรณ์ดี

ต้นกล้าผิดปกติ

- ใบเลี้ยงได้รับความเสียหาย มีรอยแตกที่กลางใบ ส่วน hypocotyl ค่อนข้างสั้น
- ใบเลี้ยงมีขนาดเล็กกว่า $\frac{1}{2}$ ของใบปกติและส่วน hypocotyl มีรอยแตกเสียหาย
- ส่วนของ hypocotyl สั้น ไม่มีการพัฒนา
- ส่วนของ hypocotyl สั้น โค้งงอ ไม่มีการพัฒนา



รูปที่ 2.29 ไม้สมอไทย แสดงการงอกของเมล็ด



รูปที่ 2.30 ไม้สมอไทย ต้นกล้าปกติ (ต้นด้านซ้ายสุด) เปรียบเทียบกับ
ต้นกล้าผิดปกติ (ต้นด้านขวาที่เหลือ)

หวายดง

เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวที่มีการงอกแบบ hypogeal germination รากแก้วจะเริ่มงอกโผล่พ้นเปลือกหุ้มเมล็ดออกมา ต่อจากนั้นส่วนของปลอกหุ้มยอดอ่อน (coleoptile) จะยืดยาวขึ้นพร้อมทั้งมีใบจริงใบแรกเจริญเติบโตอยู่ภายใน ซึ่งใบนี้จะโผล่พ้นปลอกหุ้มยอดอ่อนออกมาภายหลัง ส่วนของลำต้นอ่อน (mesocotyl) ซึ่งเป็นบริเวณที่อยู่ติดกับเมล็ดจะเริ่มยืดยาวขึ้นเห็นได้ชัดเจน ในระหว่างการทดสอบการงอก รากแก้วและรากอื่นๆ จะงอกออกมามากขึ้น

ต้นกล้าปกติ

ระบบราก	มีรากแก้วสมบูรณ์แข็งแรง และมีรากอื่นๆ ด้วย
ต้นอ่อน	ส่วนของ mesocotyl ต้องสมบูรณ์ดี ไม่โค้งคดงอ ปลอกหุ้มยอดอ่อนสมบูรณ์ ไม่บิดเป็นเกลียว ใบจริงเจริญเติบโต โผล่พ้นปลอกหุ้มยอดอ่อนออกมาได้

ต้นกล้าผิดปกติ

- ยังไม่พบลักษณะผิดปกติ



รูปที่ 2.31 หวายดง แสดงการงอกของเมล็ด

ไผ่ซาง

(*Dendrocalamus strictus* Nees)

เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวที่มีการงอกแบบ hypogeal germination รากแก้วจะเริ่มงอก โผล่พ้นเปลือกหุ้มเมล็ด ต่อจากนั้นส่วนของปลอกหุ้มยอดอ่อน (coleoptile) จะยืดยาวออก พร้อมทั้งมีใบจริงใบแรกเจริญเติบโตอยู่ภายใน ซึ่งใบนี้จะโผล่พ้นปลอกหุ้มยอดอ่อนออกมาภายหลัง ส่วนของลำต้นอ่อน (mesocotyl) จะเริ่มยืดยาวขึ้นเห็นได้ชัดเจน และส่วนของรากแก้วและรากอื่นๆ จะงอกออกมาอย่างมากมายในระหว่างการทดสอบการงอก

ต้นกล้าปกติ

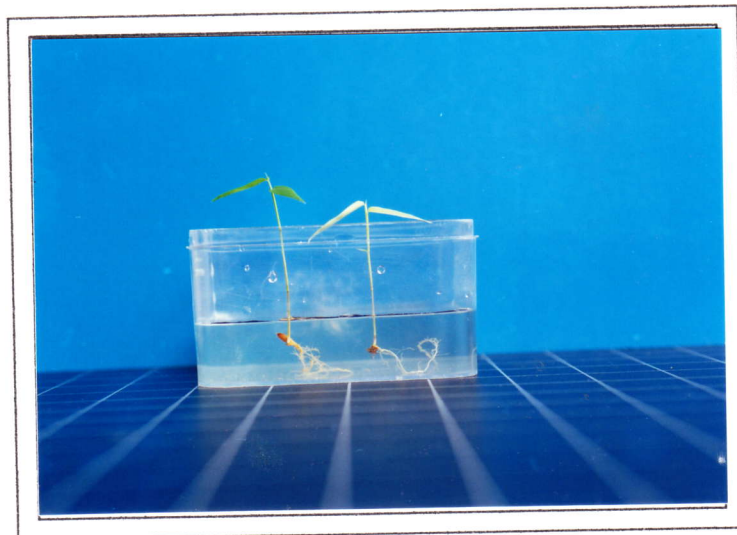
ระบบราก	มีรากแก้วสมบูรณ์แข็งแรง และมีรากอื่นๆ ด้วย
ต้นอ่อน	ส่วนของ mesocotyl ต้องสมบูรณ์ดี ไม่โค้งคดงอ ปลอกหุ้มยอดอ่อนสมบูรณ์ ไม่บิดเป็นเกลียว ใบจริงเจริญเติบโต โผล่พ้นปลอกหุ้มยอดอ่อนออกมาได้

ต้นกล้าผิดปกติ

- ปลอกหุ้มยอดอ่อนมีสีเหลือง
- ใบจริงมีสีเหลือง



รูปที่ 2.32 ไผ่ซาง แสดงการงอกของเมล็ด



รูปที่ 2.33 ไผ่ซาง ต้นกล้าปกติ (ต้นด้านซ้ายสุด) เปรียบเทียบกับ
ต้นกล้าผิดปกติ (ต้นด้านขวาที่เหลือ)

ไผ่ไร่

(*Gigantochloa albociliata* Munro)

เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวที่มีการงอกแบบ hypogeal germination เมื่อรากแก้วเริ่มงอก โผล่พ้นเปลือกหุ้มเมล็ด ส่วนของปลอกหุ้มยอดอ่อน (coleoptile) จะยืดยาวออกพร้อมทั้งมีใบจริงใบแรกเจริญเติบโตอยู่ภายใน ซึ่งใบนี้จะโผล่พ้นปลอกหุ้มยอดอ่อนออกมาภายหลัง ส่วนของลำต้นอ่อน (mesocotyl) ซึ่งเป็นบริเวณที่อยู่ติดกับเมล็ดจะยืดยาวขึ้นเห็นได้ชัดเจน ในระหว่างการทดสอบจะมีรากอื่นๆ งอกออกมาด้วย

ต้นกล้าปกติ

ระบบราก	มีรากแก้วสมบูรณ์แข็งแรง และมีรากอื่นๆ ด้วย
ต้นอ่อน	ส่วนของ mesocotyl ต้องสมบูรณ์ดี ไม่โค้งคดงอ ปลอกหุ้มยอดอ่อนสมบูรณ์ ไม่บิดเป็นเกลียว ใบจริงเจริญเติบโต โผล่พ้นปลอกหุ้มยอดอ่อนออกมาได้

ต้นกล้าผิดปกติ

- ปลอกหุ้มยอดอ่อนมีสีเหลือง
- ใบจริงมีสีเหลือง
- ปลอกหุ้มยอดอ่อนและใบจริงบิดเป็นเกลียว



รูปที่ 2.34 ไร่ไร่ แสดงการงอกของเมล็ด



รูปที่ 2.35 ไร่ไร่ ต้นกล้าปกติ (ต้นด้านซ้ายสุด) เปรียบเทียบกับ
ต้นกล้าผิดปกติ (ต้นด้านขวาที่เหลือ)

สนสามใบ

(*Pinus kesiya* Royle ex Gordon)

เป็นพืชที่มีการงอกแบบ epigeal germination สะสมอาหารที่เอ็นโดสเปิร์ม เมื่อเริ่มงอกรากแก้วจะโผล่พ้นเปลือกหุ้มเมล็ดยึดตัวออกมาอย่างรวดเร็ว ส่วน hypocotyl จะยืดยาวขึ้นดึงเอาบางส่วนของใบเลี้ยงให้หลุดออกมาจากเปลือกหุ้มเมล็ด ใบเลี้ยงจะเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นและเริ่มกางออกจากกัน ทำให้เปลือกหุ้มเมล็ดหลุดออกไป ใบเลี้ยงมีลักษณะยาวเรียวแหลม แตกออกจากจุดเดียวกันเป็นวงกลมตรงปลายยอด ทำหน้าที่สังเคราะห์แสงได้ และจะแห้งเหี่ยวไปในที่สุด ส่วน hypocotyl จะยึดตัวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในขณะที่ส่วน epicotyl ใบจริงและตายอดไม่มีปรากฏ

ต้นกล้าปกติ

ระบบราก	มีรากแก้วที่สมบูรณ์แข็งแรง ไม่ปรากฏรากแขนง
Hypocotyl	เจริญตั้งตรงดี ยาวเรียวและแข็งแรง
ใบเลี้ยง	มีจำนวน 7-9 ใบ สมบูรณ์ดี เรียงตัวเป็นวงกลมติดกับต้นกล้า อยู่ตรงปลายยอด
Epicotyl	ไม่ปรากฏ
ใบจริง	ไม่ปรากฏ
ตายอดหรือยอดอ่อน	ไม่ปรากฏ

ต้นกล้าผิดปกติ

- ไม่มีรากแก้ว
- รากแก้วแห้งตาย
- ส่วน hypocotyl อ้วนสั้น โค้งงอ
- ใบเลี้ยงมีสีเหลืองทุกใบ



รูปที่ 2.36 ไผ่สนสามใบ แสดงการงอกของเมล็ด



รูปที่ 2.37 ไผ่สนสามใบ ต้นกล้าปกติ (ต้นด้านซ้ายสุด) เปรียบเทียบกับ
ต้นกล้าผิดปกติ (ต้นด้านขวาที่เหลือ)

ข้อ

(*Gmelina arborea* Roxb.)

เป็นพืชใบเลี้ยงคู่ที่มีการงอกแบบ epigeal germination สะสมอาหารที่ใบเลี้ยง เมื่อเริ่มงอรากแก้วจะโผล่พ้นเปลือกหุ้มเมล็ดและเปลือกหุ้มผลยึดตัวออกมาอย่างรวดเร็ว ส่วน hypocotyl จะยืดยาวขึ้น ดึงเอาใบเลี้ยงให้หลุดออกจากเปลือกหุ้มเมล็ด ใบเลี้ยงจะกางออกทำหน้าที่สังเคราะห์แสงได้ และแห้งเหี่ยวไปในที่สุด ส่วน epicotyl จะปรากฏให้เห็นและยึดตัวอย่างรวดเร็วพร้อมทั้งมีใบจริงเกิดใกล้กับตายอด หลังจากนั้นใบจริงจะมีการเจริญเติบโต ตายอดมีการพัฒนาต่อไปและมีใบจริงเพิ่มขึ้น

ต้นกล้าปกติ

ระบบราก	มีรากแก้วที่สมบูรณ์แข็งแรง และมีรากแขนงที่สมบูรณ์แข็งแรง
Hypocotyl	เจริญตั้งตรง ค่อนข้างอวบและแข็งแรง
ใบเลี้ยง	มีครบ 2 ใบ สมบูรณ์ติดกับต้นกล้า
Epicotyl	ปรากฏให้เห็นชัดเจน และมีการยึดตัวสูงขึ้น
ใบจริง	สมบูรณ์ดี
ตายอดหรือยอดอ่อน	มีการพัฒนาตามปกติ สมบูรณ์ดี

ต้นกล้าผิดปกติ

- โคนรากแก้วเน่าเสียหาย
- ส่วน hypocotyl มีรอยแตกเล็กถึงส่วนท่อน้ำ ท่ออาหาร
- ใบเลี้ยงมีรูปร่างหงิกงอ
- ส่วนยอดและใบจริงแห้งตาย
- ใบเลี้ยงมีขนาดเล็กกว่าปกติ และมีสีเหลืองปนขาว
- ไม่มีรากแก้ว
- ส่วน hypocotyl โค้งงอ
- ส่วน epicotyl โค้งงอ
- ใบเลี้ยงมีสีเหลืองทั้ง 2 ใบ



รูปที่ 2.38 ไม้ซ้อ แสดงการงอกของเมล็ด



รูปที่ 2.39 ไม้ซ้อ ต้นกล้าปกติ (ต้นด้านซ้ายสุด) เปรียบเทียบกับ
ต้นกล้าผิดปกติ (ต้นด้านขวาที่เหลือ)

กระถินณรงค์

(*Acacia auriculiformis* Cunn.)

เป็นพืชใบเลี้ยงคู่ที่มีการงอกแบบ epigeal germination สะสมอาหารที่ใบเลี้ยง เมื่อเริ่มงอกรากแก้วจะโผล่พ้นเปลือกหุ้มเมล็ดยึดตัวออกมาอย่างรวดเร็ว ส่วน hypocotyl จะยืดยาวขึ้นดึงเอาใบเลี้ยงให้หลุดจากเปลือกหุ้มเมล็ด หรือถ้ายังคงติดอยู่เมื่อใบเลี้ยงกางออกก็จะดันให้เปลือกหุ้มเมล็ดหลุดออกไป ใบเลี้ยงทำหน้าที่สังเคราะห์แสงได้และแห้งเหี่ยวไปในที่สุด ส่วน hypocotyl จะยึดตัวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในขณะที่ส่วน epicotyl ปรากฏให้เห็นเพียงเล็กน้อย ใบจริงเกิดใกล้กับตายอดและมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น ตายอดปรากฏชัดเจน มีการพัฒนาต่อไป และมีใบจริงเพิ่มขึ้น

ต้นกล้าปกติ

ระบบราก	มีรากแก้วที่สมบูรณ์แข็งแรง มีรากแขนงบ้างเล็กน้อยและสมบูรณ์
Hypocotyl	เจริญตั้งตรง หรือเอนเล็กน้อย ยาวเรียวและแข็งแรง
ใบเลี้ยง	มีครบ 2 ใบ สมบูรณ์ติดกับต้นกล้า
Epicotyl	ปรากฏให้เห็นเล็กน้อย
ใบจริง	สมบูรณ์ดี
ตายอดหรือยอดอ่อน	มีการพัฒนาตามปกติ สมบูรณ์ดี

ต้นกล้าผิดปกติ

- ใบเลี้ยงมีสีเหลืองทั้ง 2 ใบ



รูปที่ 2.40 ไผ่กระถินณรงค์ แสดงการงอกของเมล็ด

คูน
(*Cassia fistula* Linn.)

เป็นพืชใบเลี้ยงคู่ที่มีการงอกแบบ epigeal germination สะสมอาหารที่ใบเลี้ยง เมื่อเริ่มงอรากแก้วจะโผล่พ้นเปลือกหุ้มเมล็ดยึดตัวออกมาอย่างรวดเร็ว ส่วนของ hypocotyl จะยืดยาวดึงเอาใบเลี้ยงให้หลุดออกจากเปลือกหุ้มเมล็ด ใบเลี้ยงจะสังเคราะห์แสงได้และแห้งเหี่ยวไปในที่สุด ส่วนของ epicotyl จะปรากฏให้เห็นและยึดตัวขึ้นอย่างรวดเร็ว พร้อมทั้งมีใบจริงเกิดใกล้กับตายอด หลังจากนั้นใบจริงจะมีการเจริญเติบโต ตายอดจะมีการพัฒนาต่อไป และมีใบจริงเพิ่มขึ้น

ต้นกล้าปกติ

ระบบราก	มีรากแก้วสมบูรณ์แข็งแรง และมีรากแขนงสมบูรณ์แข็งแรง
Hypocotyl	เจริญตั้งตรง ยืดยาวดี และแข็งแรง
ใบเลี้ยง	มีครบ 2 ใบ สมบูรณ์ติดกับต้นกล้า
Epicotyl	ยืดยาวและแข็งแรง
ใบจริง	สมบูรณ์ดี
ตายอดหรือยอดอ่อน	มีการพัฒนาตามปกติ สมบูรณ์ดี

ต้นกล้าผิดปกติ

- รากแก้วแห้งตายเป็นสีดำ
- ใบจริงมีสีเหลือง
- ใบเลี้ยงไม่พัฒนา และไม่หลุดออกมาจากเปลือกหุ้มเมล็ด
- ใบเลี้ยงมีสีเหลืองทั้ง 2 ใบ
- ส่วน hypocotyl โค้งงอ
- ส่วน epicotyl โค้งงอและมีสีเหลือง
- รากแก้วมีปลายรากผิดปกติ



รูปที่ 2.41 ไม้นุ่น ต้นกล้าปกติ (ต้นด้านซ้ายสุด) เปรียบเทียบกับ
ต้นกล้าผิดปกติ (ต้นด้านขวาที่เหลือ)

ชงโค

(*Bauhinia pottsii* G. Don var. *decipiens* K. S. Larsen)

เป็นพืชใบเลี้ยงคู่ที่มีการงอกแบบ hypogeal germination สะสมอาหารที่ใบเลี้ยง เมื่อเริ่มงอรากแก้วจะโผล่พ้นเปลือกหุ้มเมล็ดยึดตัวออกมาอย่างรวดเร็ว พร้อมทั้งมีรากแขนงเกิดขึ้นด้วย ส่วนของ epicotyl จะมีการยืดตัวยาวขึ้นโดยชูส่วนปลายยอดขึ้น ถ้าปลายยอดมีเปลือกหุ้มเมล็ดติดอยู่ก็จะดันเอาเปลือกหุ้มเมล็ดให้หลุดออกไป และเริ่มมีใบจริงจำนวน 1 ใบ แตกใกล้กับปลายยอด ส่วนยอดจะยึดตัวขึ้นเรื่อย ๆ พร้อมทั้งมีใบจริงแตกใกล้ปลายยอด โดยวางตัวเรียงสลับกับใบจริงใบแรกไปเรื่อย ๆ ส่วน Hypocotyl มีปรากฏให้เห็นบ้างแต่ไม่มีการยืดยาว

ต้นกล้าปกติ

ระบบราก	มีรากแก้วที่สมบูรณ์แข็งแรง มีรากแขนงหลายอันที่แข็งแรง
Hypocotyl	มีปรากฏให้เห็น มีขนาดสั้น ๆ
ใบเลี้ยง	มีครบ 2 ใบ สมบูรณ์ติดกับต้นกล้า
Epicotyl	เจริญตั้งตรงดี หรือเอนเล็กน้อย ยาวและแข็งแรง ไม่มีรอยแตกลึกเข้าไปถึงส่วนท่อน้ำ ท่ออาหาร
ใบจริง	ใบแรกมีขนาดเล็ก ไม่มีการเจริญและพัฒนาต่อ แต่ใบจริงที่เกิดขึ้นต่อมาในภายหลังจะมีการเจริญและพัฒนาดีขึ้น และเป็นใบที่สมบูรณ์
ตายยอดหรือยอดอ่อน	มีการพัฒนาตามปกติ และสมบูรณ์ดี

ต้นกล้าผิดปกติ

- ใบเลี้ยงเสียหายทั้ง 2 ใบ ส่วนที่เสียหายเกือบ 100% ของพื้นที่ใบเลี้ยงทั้งหมด
- ใบเลี้ยงเนาเสียหาย และส่วนที่เนาหลุดออกไป ส่วน epicotyl มีลักษณะโค้งงอ และมีรอยแตกเสียหายที่ลำต้น
- ใบเลี้ยงมีลักษณะเสียหายจากด้านในออกมาด้านนอก ส่วนที่เสียหายเกิน $\frac{1}{2}$ หนึ่งของพื้นที่ใบเลี้ยงทั้งหมด
- ส่วนปลายยอดแห้งตาย
- มีส่วน epicotyl 2 อัน
- ส่วน epicotyl ไม่มีการเจริญและพัฒนาต่อไป



รูปที่ 2.42 ไม้ซังโค ต้นกล้าปกติ (ต้นด้านซ้ายสุด) เปรียบเทียบกับ
ต้นกล้าผิดปกติ (ต้นด้านขวาที่เหลือ)

เพกา, ลิ้นฟ้า (*Oroxylum indicum* Vent.)

เป็นพืชใบเลี้ยงคู่ที่มีการงอกแบบ epigeal germination รากแก้วจะโผล่พ้นเปลือกหุ้มเมล็ดออกมาอย่างรวดเร็ว พร้อมทั้งมีรากแขนงเกิดขึ้นด้วย ส่วน Hypocotyl จะยืดยาวขึ้น ใบเลี้ยงที่มีปลายใบโค้งเข้ามาชนกันจะเริ่มกางออกจากกัน ทำหน้าที่สังเคราะห์แสงได้ และจะแห้งเหี่ยวไปในที่สุด ส่วน Epicotyl จะปรากฏให้เห็น ส่วนตายอดเริ่มมีการพัฒนาพร้อมทั้งมีใบจริงเกิดใกล้กับตายอด ใบจริงจะทำหน้าที่สังเคราะห์แสงต่อไป

ต้นกล้าปกติ

ระบบราก	มีรากแก้วที่สมบูรณ์แข็งแรง มีรากแขนงหลายอันที่สมบูรณ์แข็งแรง
Hypocotyl	เจริญตั้งตรงดี ค่อนข้างอวบ ไม่มีรอยแตกลึกเข้าไปถึงส่วนท่อน้ำ ท่ออาหาร
ใบเลี้ยง	มีครบ 2 ใบ สมบูรณ์ติดกับต้นกล้า ใบเลี้ยงแต่ละใบเป็นแผ่นแบน มีขนาดใหญ่ และตรงกึ่งกลางขอบใบโค้งเว้าเข้าหากันใบ แต่ไม่ขาดจากกัน
Epicotyl	มีปรากฏให้เห็น
ใบจริง	สมบูรณ์ดี
ตายอดหรือยอดอ่อน	มีการพัฒนาตามปกติ และสมบูรณ์ดี

ต้นกล้าผิดปกติ

- ใบเลี้ยงพัฒนาไม่สมบูรณ์ มีรูปร่างไม่เหมือนใบเลี้ยงปกติ
- มีรอยเสียหายตรงรอยต่อระหว่างใบเลี้ยงกับส่วน hypocotyl มีลักษณะเป็นสีดำ และมีใบเลี้ยงที่เหลืออยู่มีพื้นที่ไม่ถึง $\frac{1}{2}$ ของพื้นที่ใบเลี้ยงทั้งหมด
- ใบเลี้ยงมีส่วนเสียหายและขาดหายไปบางส่วน ส่วนที่ขาดหายไปเกิน $\frac{1}{2}$ ของพื้นที่ใบเลี้ยงทั้งหมด ระบบรากมีการพัฒนาไม่ดี รากแก้วโค้งงอ ไม่มีรากแขนง
- ส่วน hypocotyl และใบเลี้ยงมีรูปร่างและการพัฒนาผิดปกติ



รูปที่ 2.43 ไม้พังกา ต้นกล้าปกติ (ต้นด้านซ้ายสุด) เปรียบเทียบกับ
ต้นกล้าผิดปกติ (ต้นด้านขวาที่เหลือ)

3. เมล็ดที่มีต้นกล้าปกติดึงออกมาแล้ว 1 ต้นต่อหนึ่งหน่วยเมล็ด (Multigermin seed units)

เมล็ดหลาย ๆ แบบสามารถงอกให้ต้นกล้ามากกว่า 1 ต้น ทั้งนี้เนื่องจากหนึ่งหน่วยของเมล็ดที่แท้จริงมีเมล็ดมากกว่า 1 เมล็ด เช่น เมล็ดสัก หรือเมล็ดที่แท้จริงมีคัพภะ (embryo) มากกว่า 1 คัพภะ หรือเนื่องจากคัพภะมารวมกันหนึ่งหน่วยของเมล็ดจึงมีต้นกล้า 2 ต้น ในการนับจำนวนต้นที่ออกจะนับเพียง 1 ต้น ต่อหนึ่งหน่วยเมล็ด เพื่อคำนวณเปอร์เซ็นต์การงอก

4. เมล็ดที่ไม่งอก (Ungerminated seeds) เมื่อสิ้นสุดการทดสอบการงอก จะพบว่ายังคงมีเมล็ดบางส่วนที่ไม่งอก ซึ่งประกอบด้วยเมล็ดดังต่อไปนี้

4.1 เมล็ดแข็ง (Hard seeds) คือ เมล็ดที่มีชีวิตแต่ไม่งอก เนื่องจากเปลือกไม่ยอมให้น้ำซึมผ่านเข้าไปภายในเมล็ด เมล็ดจึงไม่สามารถดูดซับน้ำเข้าไปได้ ทำให้เมล็ดยังคงมีรูปร่างลักษณะเหมือนเมล็ดก่อนทำการทดสอบการงอก มักจะพบในพืชตระกูลถั่วตระกูลแดง และตระกูลกะหล่ำ การจะทำให้เมล็ดแข็งงอกได้นั้นจะต้องแก่การพักตัวของเมล็ดด้วยวิธีการต่างๆ ที่เหมาะสม เพื่อทำให้น้ำสามารถซึมผ่านเข้าไปภายในเมล็ด

4.2 เมล็ดสดแต่ไม่งอก (Fresh seed) เป็นเมล็ดที่ดูดซับน้ำ แต่ไม่ยอมงอก เนื่องจากเมล็ดมีการพักตัวทางสรีรวิทยา ต้นอ่อนจึงไม่งอก เมล็ดจะมีลักษณะพองตัวเนื่องจากดูดซับน้ำเข้าไป เมล็ดยังคงสดและมีชีวิต

4.3 เมล็ดตาย (Dead seed) คือ เมล็ดที่เนื้อเยื่อตายแล้ว ไม่มีส่วนของต้นอ่อนสามารถงอกได้เลย เมล็ดมีรูปร่างผิดไปจากเดิม เมล็ดมีลักษณะบวม และน้ำละมีสีเปลี่ยนไป

4.4 เมล็ดอื่นๆ ที่ไม่งอก (other categories) เช่น เมล็ดลีบ เมล็ดที่แมลงเข้าทำลาย และเมล็ดที่ไม่มีคัพภะ เป็นต้น ในการรายงานผลเพื่อรับรองคุณภาพ จะต้องรายงานไว้ในหัวข้อ “อื่นๆ” ด้วย และเมื่อตรวจพบลักษณะของเมล็ดเหล่านี้ ควรจะดำเนินการด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

ก. ก่อนการทดสอบการงอก

นำเมล็ดที่จะนำมาทดสอบการงอก มาทดสอบโดยวิธีเอกซเรย์ (X-ray) หรือ โดยการตัด เมล็ดที่จะนำมาตัดให้ทำเป็น 4 ซ้ำๆ ละ 100 เมล็ด แยกต่างหากจากเมล็ดที่จะนำไปเพาะ นำเมล็ดแช่ในน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง ทำการตัดเมล็ดตามแนวยาวและตรวจสอบส่วนประกอบที่อยู่ภายในเมล็ด และทำการจำแนกไว้

ข. หลังจากการทดสอบการงอก

เมล็ดสดแต่ไม่งอกจะทำการทดสอบโดยการตัด หรือทดสอบโดยใช้สารละลายเตตระโซเลียมคลอไรด์ ซึ่งจะทำให้ทราบถึงเปอร์เซ็นต์ของเมล็ดลีบ และเมล็ดที่ถูกแมลงทำลายด้วย

การคำนวณผลและการแสดงผล (Calculation on and expansion of results)

ผลจากการทดสอบการงอก คำนวณหาค่าเฉลี่ยที่มี 4 ซ้ำ คิดเป็น 100 เมล็ด ถ้ามีซ้ำละ 50 หรือ 25 เมล็ด จะต้องรวมกันให้ได้ 100 เมล็ด ผลการงอกจะแสดงผลเป็น เปอร์เซ็นต์ของจำนวนกล้าปกติที่งอก ซึ่งคำนวณได้จากค่าเฉลี่ยของกล้าไม้ปกติทั้งหมดที่งอก ถ้าค่าเฉลี่ยที่ได้มีจุดทศนิยม 0.5 ให้ปัดเป็นจำนวนที่สูงขึ้น ส่วนการคำนวณเปอร์เซ็นต์ของกล้าผิดปกติ เมล็ดแข็ง เมล็ดสดแต่ไม่งอก และเมล็ดตาย จะคำนวณด้วยวิธีการเดียวกัน ผลรวมของเปอร์เซ็นต์กล้าปกติ กล้าผิดปกติ และเมล็ดที่ไม่งอก รวมกันจะต้องได้เท่ากับ 100 ดังตัวอย่างที่ 1

สำหรับเมล็ดที่มีต้นกล้างอกมากกว่า 1 ต้น ต่อ 1 หน่วยเมล็ด จะนับกล้าที่งอกเป็น 1 กล้า ต่อ 1 หน่วยเมล็ด การคำนวณเปอร์เซ็นต์การงอกจะคำนวณจากหน่วยทดลองทั้งหมด

ตัวอย่างที่ 1

รายการ	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	รวม	เฉลี่ย (%)
1. ต้นกล้าปกติ	88	84	82	86	340	85
2. ต้นกล้าผิดปกติ	6	8	10	8	32	8
3. เมล็ดแข็ง	2	2	2	2	8	2
4. เมล็ดตาย	2	4	4	2	12	3
5. เมล็ดสดแต่ไม่งอก	2	2	2	2	8	2
รวม =						100

จากตัวอย่างที่ 1 ที่แสดงไว้ พบว่า ค่าเฉลี่ยที่เป็นเปอร์เซ็นต์จากการทดสอบของต้นกล้าปกติ ต้นกล้าผิดปกติ เมล็ดแข็ง เมล็ดตาย และเมล็ดสดแต่ไม่งอก ที่คำนวณได้เป็นจำนวนเต็ม ดังนั้น ในการรายงานผลการทดสอบการงอกจึงรายงานตามค่าเฉลี่ยที่ได้นั่นเอง

ในกรณีที่ค่าเฉลี่ยจากการทดสอบมีจุดทศนิยม ISTA (1993) ได้กำหนดว่า ถ้าค่าเฉลี่ยที่ได้มีจุดทศนิยม 0.5 ให้ปัดเป็นจำนวนที่สูงขึ้นนั้น ในการปัดเลขที่มีจุดทศนิยมให้เป็นจำนวนเต็มนั้นจะมีหลักในการปัดดังนี้

1. ในกรณีที่ทุกค่ามีจุดทศนิยม ให้ปัดจากค่าที่มีทศนิยมที่มากที่สุดก่อน ดังตัวอย่างเช่น

	ถ้าค่าเฉลี่ย (%)	ให้รายงาน (%)
1. ต้นกล้าปกติ	83.25	83
2. ต้นกล้าผิดปกติ	10.75	11
3. เมล็ดแข็ง	3.25	3
4. เมล็ดตาย	2.75	3

2. ในกรณีที่ทุกค่ามีจุดทศนิยม ให้ปัดจากค่าทศนิยมที่มากที่สุดก่อน ถ้าทศนิยมเท่ากันดูค่าของจำนวนเต็ม ดังตัวอย่างเช่น

	ถ้าค่าเฉลี่ย (%)	ให้รายงาน (%)
1. ดัชนีสภาพ	88.75	89
2. ดัชนีผลผลิต	3.25	3
3. เมล็ดแข็ง	3.50	3
4. เมล็ดตาย	4.50	5

3. ในกรณีที่มีค่าทศนิยมเท่ากัน ให้ปัดจากค่าที่มีจำนวนเต็มมากกว่า ดังตัวอย่างเช่น

	ถ้าค่าเฉลี่ย (%)	ให้รายงาน (%)
1. ดัชนีสภาพ	82.50	83
2. ดัชนีผลผลิต	10.50	11
3. เมล็ดแข็ง	3.50	3
4. เมล็ดตาย	3.50	3

4. ในกรณีที่มีเพียง 2 ค่า มีทศนิยมเท่ากัน และอีกค่าไม่ถึง 1 ให้ปัดค่าน้อยให้เป็น 1 ดังตัวอย่างเช่น

	ถ้าค่าเฉลี่ย (%)	ให้รายงาน (%)
1. ดัชนีสภาพ	99.50	99
2. ดัชนีผลผลิต	0.50	1
3. เมล็ดแข็ง	0.00	0
4. เมล็ดตาย	0.00	0

5. ในกรณีที่มีทศนิยมเท่ากับ 2 ค่า ให้โอกาสค่าที่มีผลในทางบวกได้ปัดก่อน ดังตัวอย่างเช่น

	ถ้าค่าเฉลี่ย (%)	ให้รายงาน (%)
1. ดัชนีสภาพ	90.00	90
2. ดัชนีผลผลิต	5.00	5
3. เมล็ดแข็ง	2.50	3
4. เมล็ดตาย	2.50	2

การใช้ตาราง Tolerance

ในการทดสอบการงอก ผลจากการทดสอบจะเชื่อถือได้หรือไม่นั้น จะต้องมีการตรวจสอบผล โดยดูจากค่าความแตกต่างที่ยอมรับได้ (tolerance) ซึ่งจะทราบถึงค่านี้ได้ โดยการนำค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การงอกทั้ง 4 ซ้ำ ไปเปรียบเทียบกับค่า Tolerance ที่อยู่ในตาราง

ในการทดสอบการงอกตามปกติมักจะพบเสมอว่าเปอร์เซ็นต์การงอก ซึ่งเป็นเปอร์เซ็นต์ของต้นกล้าปกติในแต่ละซ้ำมีความแตกต่างกัน ถ้าค่าความแตกต่างระหว่างเปอร์เซ็นต์การงอกของซ้ำที่สูงสุดกับซ้ำที่ต่ำสุดไม่เกินจากค่าความแตกต่างสูงสุด (maximum range) ที่ยอมรับได้ในตารางผลจากการทดสอบครั้งนั้นจะเชื่อถือได้ และสามารถใช้ในการรายงานผลในการรับรองการวิเคราะห์ได้ แต่ในทางตรงกันข้ามถ้าความแตกต่างระหว่างเปอร์เซ็นต์การงอกของซ้ำที่สูงสุดกับต่ำสุดเกินจากค่าความแตกต่างสูงสุดที่ยอมรับได้ จะต้องทำการทดสอบใหม่

วิธีการใช้ตาราง

ในการใช้ตารางจะแสดงถึงวิธีการใช้ดังตัวอย่างต่อไปนี้ เป็นผลการทดสอบการงอกของเมล็ดพันธุ์ไม้ชนิดหนึ่ง ซึ่งทดสอบจำนวน 4 ซ้ำๆ ละ 100 เมล็ด ได้ผลดังนี้

ตัวอย่างที่ 1

$$\text{เปอร์เซ็นต์การงอก} = 90, 86, 80, 80$$

$$\text{ค่าเฉลี่ย} = \frac{90+86+80+80}{4} = 84$$

$$\text{ค่าความแตกต่างระหว่างซ้ำที่สูงสุดกับต่ำสุด} = 90-80 = 10$$

เมื่อนำค่าเฉลี่ย 84% ไปเทียบจากตาราง Tolerance (ตารางที่ 2.2) ในช่องที่ 1 และ 2 ของค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การงอก จะพบว่าค่าแตกต่างระหว่างซ้ำสูงสุดของ 4 ซ้ำ จะยอมให้มีความแตกต่างสูงสุดได้ไม่เกิน 14 (ช่องที่ 3) ดังนั้น จากผลของการทดสอบการงอกของเมล็ดพันธุ์ไม้ชนิดหนึ่งในตัวอย่างนี้ มีความแตกต่างสูงสุดเพียง 10 ซึ่งไม่เกินจากค่า 14 ดังนั้นผลการทดสอบการงอกนี้ให้ใช้ค่าเฉลี่ย 84% ได้

ตัวอย่างที่ 2

$$\text{เปอร์เซ็นต์การงอก} = 92, 86, 74, 87$$

$$\text{ค่าเฉลี่ย} = \frac{92+86+74+87}{4} = 84.75 \text{ ปัดไปเป็น } 85$$

$$\text{ค่าความแตกต่างระหว่างซ้ำที่สูงสุดกับต่ำสุด} = 92-74 = 18$$

เมื่อนำค่าเฉลี่ย 85% ไปเทียบจากตาราง Tolerance ในช่อง 1 และ 2 ของค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การงอก จะพบว่าค่าแตกต่างระหว่างซ้ำสูงสุดของ 4 ซ้ำ จะยอมให้มีความแตกต่างสูงสุดได้ไม่เกิน 14 แต่จากผลการทดสอบการงอกของเมล็ดไม้ตัวอย่างมีความแตกต่างสูงถึง 18 ซึ่งมากกว่า 14 แสดงว่าผลการทดสอบนี้มีความแปรปรวนระหว่างซ้ำมาก ให้ทดสอบใหม่

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าความแตกต่างสูงสุดที่ยอมรับได้ ในการทดสอบการงอกครั้งหนึ่ง ๆ
จำนวน 4 ซ้ำ ๆ ละ 100 เมล็ด (ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 2.5%)

ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การงอก			ค่าความแตกต่าง สูงสุดที่ยอมรับได้		
ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การงอก			ค่าความแตกต่าง สูงสุดที่ยอมรับได้		
1	2	3	1	2	3
99	2	5	87-88	13-14	13
98	3	6	84-86	15-17	14
97	4	7	81-83	18-20	15
96	5	8	78-80	21-23	16
95	6	9	73-77	23-28	17
93-94	7-8	10	67-72	29-34	18
91-92	9-10	11	56-66	35-45	19
89-90	11-12	12	51-55	46-50	20

ที่มา : ISTA (1993)

การทดสอบใหม่ (Retest)

การทดสอบใหม่จะทำเมื่อผลการทดสอบการงอกนั้นเชื่อถือไม่ได้ซึ่งเกิดเนื่องจาก

1. เมื่อมีการงอกขึ้นกับเมล็ด จำเป็นจะต้องมีวิธีแก้การงอกด้วยวิธีการใดวิธีการหนึ่ง วิธีที่ดีที่สุดที่ใช้แก้การงอกจะรายงานไว้ในการรับรองคุณภาพเมล็ด

2. เมื่อมีสารพิษตกค้างบนวัสดุเพาะหรือมีการแพร่กระจายของเชื้อรา แบคทีเรีย การทดสอบจะใช้เพียงวิธีเดียวหรือหลาย ๆ วิธีสลับกันตามที่ ISTA (1993) ได้กำหนดไว้ในตาราง หรือเพาะในวัสดุเพาะชนิดอื่นเช่น ทราช หรือดิน โดยมีระยะห่างระหว่างเมล็ดที่เพาะเพิ่มขึ้น วิธีที่ดีที่สุดที่ใช้ในการทดสอบจะรายงานไว้ในการรับรองคุณภาพเมล็ด

3. เมื่อการประเมินผลกับกล้าทำได้ยากมาก การทดสอบใหม่จะใช้วิธีเดียวหรือหลาย ๆ วิธีสลับกันก็ได้ตามที่ ISTA (1993) ให้กำหนดไว้ในตาราง หรืออาจจะนำเมล็ดมาเพาะในทรายหรือดิน วิธีที่ดีที่สุดที่ใช้ในการทดสอบจะรายงานไว้ในการรับรองคุณภาพเมล็ด

4. เมื่อมีเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่งเกิดขึ้น ซึ่งทำให้เกิดความผิดพลาดในการประเมินผลต้นกล้า หรือการนับต้นกล้า จะต้องทำการทดสอบใหม่โดยใช้วิธีเดิมและผลจากการทดสอบใหม่จะรายงานไว้ในการรับรองคุณภาพเมล็ด

5. เมื่อผลการทดสอบการงอกมีความแตกต่างระหว่างซ้ำเกินกว่าค่าที่ยอมรับได้ตามตารางที่ 2.3 ซึ่งได้กล่าวมาแล้ว จะต้องทำการทดสอบใหม่โดยใช้วิธีเดิม เมื่อได้ผลการทดสอบการงอกครั้งที่ 2 แล้ว ให้นำไปเปรียบเทียบกับผลการทดสอบทั้ง 2 ครั้งนี้เชื่อถือได้หรือไม่ โดยการเปรียบเทียบจากตารางที่ 2.3

วิธีการใช้ตาราง

- นำค่าเปอร์เซ็นต์การรอกจากการทดสอบครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 มาหาค่าเฉลี่ย เช่น $\frac{78+82}{2}$ ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 80

- นำค่า 80 ไปเทียบจากตารางในช่องที่ 1 และ 2 ในตารางที่ 2.3 พบว่า ค่าแตกต่างระหว่างการทดสอบทั้ง 2 ครั้งที่ยอมรับได้ในช่องที่ 3 ต้องไม่เกิน 6 ซึ่งการทดสอบทั้ง 2 ครั้งนี้มีความแตกต่างเท่ากับ $82 - 78 = 4$ เท่านั้น ดังนั้นการรายงานผลการทดสอบการรอก ให้ใช้ค่าเฉลี่ยการรอก 80%

- ในกรณีที่ผลการทดสอบการรอกครั้งที่ 1 และ ครั้งที่ 2 มีความแตกต่างกันกว่าค่าที่ยอมรับได้ ให้ทำการทดสอบใหม่เป็นครั้งที่ 3 แล้วนำผลการทดสอบการรอกแต่ละครั้งมาเปรียบเทียบกับว่าผลการทดสอบครั้งใดมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ให้ใช้ค่าเฉลี่ยจากผลการทดสอบการรอกครั้งนั้น

- ในกรณีที่ทำการทดสอบใหม่โดยใช้วิธีการทดสอบการรอกแบบเดิม ไม่ควรใช้ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบการรอกที่ใช้วิธีการทดสอบต่างกัน

ตารางที่ 2.3 แสดงค่าความแตกต่างระหว่างผลการทดสอบการรอกที่ได้จากตัวอย่างเดียวกันหรือต่างกันได้ เมื่อดำเนินการทดสอบการรอกในห้องปฏิบัติการเดียวกันหรือต่างกัน โดยทดสอบการรอกของเมล็ดพันธุ์จำนวน 400 เมล็ด (ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 2.5%)

ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การรอก			ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การรอก		
ค่าความแตกต่างสูงสุดที่ยอมรับได้			ค่าความแตกต่างสูงสุดที่ยอมรับได้		
1	2	3	1	2	3
98-99	2-3	2	77-84	17-24	6
95-97	4-6	3	60-76	25-41	7
91-94	7-10	4	51-59	42-50	8
85-90	11-16	5			

ที่มา : ISTA (1993)

การรายงานผล (Reporting result)

ISTA (1993) ได้กำหนดหัวข้อที่ควรมีอยู่ในการรับรองคุณภาพของเมล็ด เมื่อได้มีการรายงานผลการทดสอบการรอกดังต่อไปนี้

1. ระยะเวลาในการทดสอบการรอก
2. เปอร์เซ็นต์ของกล้าปกติ เมล็ดแข็ง เมล็ดสดแต่ไม่งอก และเมล็ดตาย และถ้าการทดสอบในข้อใดมีเพียงเล็กน้อย จะใช้สัญลักษณ์ “-0-”

ส่วนรายละเอียดที่ควรเพิ่มเข้าไปในการรายงานผลได้แก่

1. ในทุก ๆ กรณีที่มีการทดสอบการงอกควรมีหัวข้อดังต่อไปนี้

- วัสดุเพาะและอุณหภูมิที่ใช้ทดสอบ
- วิธีพิเศษที่ใช้กับเมล็ดในเวลาที่ทดสอบ
- เปอร์เซนต์การงอกของเมล็ดในเวลาที่ทดสอบ
- ผลของการทดสอบครั้งที่ 2 เมื่อมีการทดสอบซ้ำ

2. ในบางกรณีซึ่งขึ้นอยู่กับความต้องการในการทดสอบซ้ำแต่ละครั้ง รายละเอียดที่ควรมีเพิ่มเติมมีดังต่อไปนี้

- ผลของการทดสอบเพิ่มเติม
- ความมีชีวิตของเมล็ดสดแต่ไม่งอกและวิธีที่ใช้ในการพิจารณาความมีชีวิตของเมล็ดชนิดนี้
- ลำดับขั้นตอนในการทดสอบเมล็ดสดแต่ไม่งอก และวิธีที่ใช้ในการพิจารณาเมล็ดเหล่านี้
- เมล็ดที่มีต้นกล้างอกมากกว่า 1 ต้นต่อ 1 หน่วยเมล็ด โดยให้รายงานผลเป็นสัดส่วนของต้นกล้าปกติที่งอก 1 ต้น 2 ต้น หรือมากกว่าต่อหน่วยการทดลอง 100 หน่วยที่ใช้

สาเหตุที่ต้นกล้าผิดปกติ (Cause of abnormal seedling)

ในการทดสอบการงอกของเมล็ดและการประเมินผลการงอก ตามกฎสากลในการทดสอบเมล็ด จะไม่นำเอาต้นกล้าที่ผิดปกติมานับรวมเข้ากับเปอร์เซนต์การงอกของเมล็ดพันธุ์นั้น ๆ ด้วย ต้นกล้าที่ผิดปกติถือว่าเป็นต้นกล้าที่ไม่มีคุณค่าในการนำไปปลูกเลย เพราะต้นกล้าจะไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปเป็นพืชที่ปกติได้ เมื่อนำไปปลูกในดินที่มีคุณภาพดี ภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีความชื้น อุณหภูมิและแสงที่เหมาะสม สาเหตุที่ทำให้เกิดต้นกล้าที่ผิดปกติในระหว่างการงอกของเมล็ดนั้นมีดังต่อไปนี้

1. ปัจจัยในระหว่างที่เมล็ดมีการพัฒนาจนถึงระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา

เมล็ดโดยทั่วไปเมื่อถึงระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา (physiological maturity) แล้ว เมล็ดจะมีความสามารถในการงอกสูงสุด แต่อย่างไรก็ตามในระหว่างที่เมล็ดพัฒนา (develop) นั้น ถ้าสภาพดินฟ้าอากาศไม่เหมาะสม จะทำให้โรคและแมลงเข้าทำลายได้ง่าย รวมทั้งถ้าขาดธาตุอาหารก็จะทำให้ เมล็ดไม่สามารถเจริญเติบโตได้เต็มที่ และเป็นสาเหตุทำให้เมล็ดเมื่อนำไปปลูกหรือหว่านไม่สามารถเจริญเติบโตเป็นต้นปกติได้ นอกจากนี้ยังทำให้เมล็ดเสื่อมคุณภาพอีกด้วยโดยเฉพาะถ้าสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมในช่วงที่แก่ก่อนที่จะเก็บเกี่ยวแล้วพบว่ามีอาการที่ต่ำกว่าและมีต้นอ่อนที่มีโรคสูง

2. ปัจจัยเนื่องจากการใช้เครื่องจักรกลในการเก็บเกี่ยวเมล็ด

ในการใช้เครื่องนั้น เมล็ดที่มีส่วนของคัพภะ (embryo) ช้ำ หรือแตก ไม่สามารถมองเห็นได้ เมล็ดที่แห้งมากมักจะได้รับความเสียหายสูงจากการใช้เครื่องจักร ซึ่งทำให้เมล็ดแตกแยกเป็นเสี่ยง ๆ และความมีชีวิตลดลงทันที สำหรับการช้ำของเมล็ด (bruising) มักเกิดขึ้นเมื่อใช้เครื่องจักรในขณะที่เมล็ดมีความชื้นสูง ความมีชีวิตจะลดลงช้ากว่าอันแรก และจะลดลงเร็วยิ่งขึ้นเมื่อเก็บไว้ในสภาพที่ไม่เหมาะสม เมล็ดที่ได้รับความเสียหาย (injured seed) เหล่านี้จะทำให้เกิดล้าผิดปกติสูงอย่างหนึ่ง

ความเสียหายของเมล็ดเนื่องจากเครื่องจักรพบว่าทำให้เกิดล้าผิดปกติในลักษณะที่ทำให้ ใบเลี้ยง (cotyledon) เสียหายแตกหัก (น้อยกว่าครึ่ง) รวมทั้งส่วนของต้นอ่อนที่อยู่เหนือใบเลี้ยง (epicotyl) และใต้ใบเลี้ยง (hypocotyl) แตก และตายอด (plumular bud) ถูกทำลายเสียหาย ส่วนประกอบโครงสร้างของต้นกล้าที่สำคัญแตกแยกและมีผลถึงเนื้อเยื่อที่ลำเลียงอาหาร (conducting tissue) ในเมล็ดธัญพืช และเมล็ดหญ้ามักพบความเสียหายที่ราก (root damage) เสมอ เมล็ดธัญพืชก็ยังพบว่าส่วนของปลอกหุ้มยอดอ่อน (coleoptile) มักแตกแยก และส่วนของใบแทงออกด้านข้างตรงส่วนที่แตก ซึ่งในกรณีต้นกล้าผิดปกติเช่นนี้ส่วนยอดไม่สามารถจะแทงทะลุดินเจริญเป็นต้นปกติได้

3. ปัจจัยที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาเมล็ด

ความสามารถในการงอกของเมล็ดจะลดลงตามอายุของการเก็บรักษา และจะตายหมดทุกส่วน (complete death) จำนวนของ ต้นกล้าผิดปกติเพิ่มมากขึ้น ๆ จนในที่สุดเมล็ดจะสูญเสียส่วนที่มีชีวิตและไม่มีส่วนที่เจริญเติบโตได้ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็วหรือขึ้น ๆ ลง ๆ ระหว่างการเก็บรักษาทำให้เกิดต้นกล้าผิดปกติ เช่นกัน

ลักษณะของต้นกล้าผิดปกติของเมล็ดเก่า หรือเมล็ดที่เก็บรักษาไว้นาน ๆ นั้น เช่น ใน Graminae พบว่ามีการหดสั้นของยอดอ่อน (plumule) หรือ ใบแรกไม่สามารถพัฒนาใน coleoptile ใน Leguminosae และ Cruciferae พบว่าส่วนของ hypocotyl อวบน้ำและใส ส่วนรากและส่วนยอดหดสั้น ใน Onion พบว่าไม่มีส่วนของ “Knee”

การเข้าทำลายของแมลงในระหว่างการเก็บรักษาทำให้เกิดต้นกล้าผิดปกติ ได้เช่นกัน ขึ้นอยู่กับการทำลายมากหรือน้อย ซึ่งทำให้ต้นอ่อนหดสั้นหรืออ่อนแอ การรมควัน (fumigate) เมล็ดที่มีความชื้นสูงก็ทำให้เกิดอาการเป็นพิษ (phytotoxic symptoms) ด้วย

เมล็ดที่ถูกเข้าทำลายโดยเชื้อโรค เชื้อรา (pathogenic organism) ทำให้ส่วนที่สำคัญของต้นอ่อนถูกทำลายได้ ซึ่งมักจะพบว่าต้นกล้าที่ถูกทำลายโดยเชื้อรา (fungi) และแบคทีเรียมักแสดงอาการเน่าเสมอ (decayed seedlings)

4. ปัจจัยเนื่องจากการลดความชื้นหลังการเก็บเกี่ยว

เมล็ดจำเป็นต้องลดความชื้นโดยอบหรือตากให้แห้งหลังจากการเก็บเกี่ยว ในการอบเมล็ดทั้งฝักควรใช้อุณหภูมิไม่เกิน 35°C เมล็ดธัญพืชและเมล็ดหญ้าไม่เกิน 45°C ถ้าใช้อุณหภูมิที่สูงกว่านี้ ทำให้เมล็ดถูกทำลายโดยทำให้เกิดต้นกล้าผิดปกติสูง หรือทำให้เมล็ดตายได้ ต้นอ่อนที่ไม่สมบูรณ์ที่พบได้แก่ส่วนรากไม่เจริญ coleoptile หดสั้น ส่วนของ plumule ไม่เจริญ และไม่สามารถแทงทะลุเหนือดิน

5. ปัจจัยเนื่องจากการคลุกยาหรือคลุกสารเคมีอื่น ๆ

ในการใช้ยาคลุกเมล็ด เช่น fungicide หรือ insecticide ถ้าใช้ในอัตราที่ไม่ถูกต้อง เช่น ใส่มากเกินไปก็ทำให้เมล็ดได้รับความเสียหายเช่นกันโดยเฉพาะเมล็ดที่มีความชื้นสูงมักจะเสียหายได้ง่ายกว่า เมื่อคลุกยาที่เป็นของเหลวที่เข้มข้น ความเสียหายเนื่องจากการใช้ยาคลุกเมล็ดนี้ทำให้เกิดต้นกล้าผิดปกติที่ทำให้ส่วนยอดไม่เจริญ รากหดสั้น และส่วน coleoptile หดสั้นและแตกแยก

6. ปัจจัยเนื่องจากการเพาะเมล็ดในห้องปฏิบัติการ

การเกิดกล้าผิดปกติของเมล็ดที่เพาะในห้องปฏิบัติการ อาจเนื่องมาจากสภาพในการเพาะรวมทั้งวัสดุอุปกรณ์ในการเพาะต่าง ๆ ที่ไม่เหมาะสมดังต่อไปนี้

6.1 วัสดุที่ใช้เพาะไม่เหมาะสม (Unsuitable substrata)

ในการเพาะเมล็ดถ้าใช้วัสดุในการเพาะที่มีสารพิษ (toxic chemical) ทำให้เกิดต้นกล้าผิดปกติได้ เช่น ทำให้ส่วนปลายรากหดสั้น ไม่มีการเจริญของส่วนรากขนอ่อน ยอดหดสั้น นอกจากนี้เมล็ดที่ต้องการแสงในการงอก แต่ถ้าเพาะในทรายหรือกระดาษม้วน เมล็ดไม่ได้รับแสงจะทำให้เกิดต้นกล้าผิดปกติ ฉะนั้นการเพาะเมล็ดจึงควรตรวจว่าวัสดุที่ใช้เพาะนั้นมีสารพิษ (toxicity) หรือไม่ รวมทั้งควรใช้วัสดุเพาะให้ถูกต้องกับชนิดของเมล็ดด้วย

6.2 สภาพของความชื้นของวัสดุเพาะไม่เหมาะสม (Inappropriate moisture conditions of the substrata)

ในการเพาะเมล็ดบางชนิด ถ้าน้ำมากเกินไปจะทำให้เกิด ต้นกล้าผิดปกติ เช่น ต้นอ่อนมีลักษณะอวบน้ำและบางกรณีทำให้ hypocotyl แตกแยก (split) การเพาะโดยใช้กระดาษม้วนก็ไม่ควรให้แน่นเกินไป เพราะทำให้เกิดต้นอ่อนผิดปกติได้

6.3 สารเคมีในน้ำประปา (Chemicals in tap water)

ในที่ ๆ บางแห่งน้ำประปาอาจพบว่ามีสารเคมี เช่น คลอรีนมากเกินไปก็เป็นสาเหตุทำให้เกิดต้นกล้าผิดปกติเช่นกัน

6.4 สภาพของอุณหภูมิไม่เหมาะสม (Unsuitable temperature conditions)

อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบการงอกที่ไม่ถูกต้องหรือเหมาะสมกับเมล็ดพืชชนิดนั้น ๆ ก็เป็นสาเหตุทำให้เมล็ดไม่งอก หรืออาจทำให้เกิดต้นอ่อนผิดปกติได้ ซึ่งเมล็ดบางชนิดจะตอบสนองต่ออุณหภูมิในการงอกมากกว่าเมล็ดบางชนิด เช่น เมล็ดข้าวสาลีที่เพาะในอุณหภูมิ 22°ซ หรือ 23°ซ พบว่ามีต้นกล้าผิดปกติสูงกว่าเมล็ดที่เพาะในอุณหภูมิ 20°ซ

6.5 ระยะห่างระหว่างเมล็ดที่เพาะไม่เหมาะสม (Improper spacing of the seeds)

ถ้าเมล็ดที่เพาะวางชิดกันแน่นเกินไป ก็ทำให้เมล็ดได้น้ำและอากาศไม่เพียงพอ ซึ่งทำให้ต้นอ่อนผิดปกติได้ หรือทำให้ได้รับเชื้อราจากเมล็ดที่ตายหรือต้นอ่อนที่มีเชื้อราข้างเคียงได้

6.6 การเข้าทำลายจากเชื้อโรค (Infection with pathogenic organisms)

โรคที่เกิดกับต้นอ่อนนั้น ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมในระหว่าง การเพาะ ถ้าไม่มีการควบคุมอย่างระมัดระวังแล้ว ก็จะทำให้เข้าทำลายเมล็ดและทำให้ต้นอ่อนผิดปกติได้ ซึ่งมักทำให้เกิดปัญหาเสมอในเมล็ดงั่วที่มีขนาดใหญ่ เมล็ดธัญพืช ฝ้าย sweet clover, beet celery, radish และ flax

6.7 สภาพของความชื้นในตู้เพาะไม่เหมาะสม (Lack of proper humidity conditions inside the germinator)

เมล็ดที่เพาะบนวัสดุเพาะถ้าได้รับความชื้นในระดับที่ไม่เพียงพอ เช่น ในการเพาะที่อุณหภูมิ 30°ซ วัสดุในการเพาะอาจจะแห้งเร็ว จึงควรมีการดูแลให้ความชื้นเพิ่ม ทั้งนี้ต้นอ่อนปกติที่กำลังเจริญเติบโตนี้ก็จะอาจจะชะงัก และทำให้เกิดต้นอ่อนผิดปกติได้

6.8 สภาพปลอดเชื้อในตู้เพาะไม่เหมาะสม (Improper phyto-sanitary conditions of the germinators)

ตู้เพาะที่ใช้เพาะควรตรวจดูแลให้สะอาด เชื้อราที่ติดตามถาด หรือในตู้เพาะ และเมล็ดที่มีคุณภาพต่ำ ที่เหลือค้างอยู่อาจเข้าทำลายเมล็ดที่เพาะใหม่และทำให้เกิดกล้าผิดปกติได้

6.9 ภาชนะที่ใช้ในการเพาะไม่เหมาะสม (Unsuitable containers)

ในการเพาะบนกระดาด (TP) ซึ่งวางกระดาดเพาะโดยตรงบน ถาดหรือเพาะในทรายโดยใช้กล่องโลหะ (metal box) พบว่าทำให้เกิดต้นกล้าผิดปกติ เช่น ทำให้ ส่วนรากหดสั้นและสีซีด ฉะนั้นจึงไม่ควรใช้กล่องโลหะในการเพาะเมล็ด

6.10 วิธีเร่งการงอกไม่เหมาะสม (Use of unsuitable pre-treatment)

การใช้สารเคมี เช่น กรด ในการกัดผิวเปลือกเมล็ด (scarification) ก่อนที่จะนำเมล็ดไปเพาะนั้น การที่กระทำโดยไม่ระมัดระวังหรือเหมาะสมถูกต้องพอที่แล้ว จะเป็น สาเหตุทำให้ต้นอ่อนไม่สมบูรณ์ได้

จากสาเหตุที่ทำให้เกิดต้นกล้าผิดปกติในระหว่างการทดสอบความงอกของเมล็ด นอกจากขึ้นอยู่กับความอ่อนแอของตัวเมล็ดพันธุ์ หรือได้รับความกระทบกระเทือนหลังการเก็บเกี่ยวเองแล้ว ยังขึ้นอยู่กับสภาวะ (condition) ในการทดสอบที่ไม่เหมาะสมต่าง ๆ อีกด้วย ฉะนั้น ในการทดสอบความงอกของเมล็ดนั้นควรให้ความระมัดระวังในการปฏิบัติในการเพาะโดยให้ สภาวะที่เหมาะสมและถูกต้องตามที่ได้กำหนดให้ไว้ ตามกฎสากลในการทดสอบเมล็ดพันธุ์ (ISTA rules) เพื่อจะได้ทราบคุณค่า หรือการงอกของตัวอย่างเมล็ดพันธุ์นั้น ๆ อย่างถูกต้องและ แม่นยำอย่างแท้จริง

เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2539. การทดสอบความงอก. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด กรุงเทพฯ. 60 น.
- จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2529. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์. กลุ่มหนังสือเกษตร กรุงเทพฯ. 210 น.
- จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2529. การตรวจสอบและวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดพันธุ์. กลุ่มหนังสือเกษตร กรุงเทพฯ. 194 น.
- จิรา ณ หนองคาย. 2541. การขยายพันธุ์พืชแบบใช้เพศ. บริษัทสำนักพิมพ์นายสุข จำกัด กรุงเทพฯ. 184 น.
- เขาวน ชีโนรักษ์ และพรณี ชีโนรักษ์. 2539. ชีววิทยา 3. โสภณการพิมพ์ กรุงเทพฯ. 510 น.
- เต็ม สมิตินันท์. 2523. ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย (ชื่อพฤกษศาสตร์-ชื่อพื้นเมือง). พันธุ์พืชฉบับพิมพ์. กรุงเทพฯ. 379 หน้า.
- นงลักษณ์ ประกอบบุญ. 2528. การทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์ กรุงเทพฯ. 316 น.
- นันทิยา วรรณะภูติ. 2538. การขยายพันธุ์พืช. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์ กรุงเทพฯ. 477 น.
- บุญชู บุญทวี และสุขสันต์ สายวา. 2540. การจัดหาเมล็ดไม้เพื่อการปลูกป่าในประเทศไทย. ส่วนงานพัฒนาวิจัย สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้. 54 น.
- ปทุม บุญระฤทธิ และพิศาล วสุวานิช. 2536. อิทธิพลของอุณหภูมิและวัสดุเพาะที่มีต่อการงอกของเมล็ดสนสามใบ. น. 105-116. ใน รายงานการประชุมวิชาการป่าไม้ประจำปี 2536. กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ.
- ปทุม บุญระฤทธิ และพิศาล วสุวานิช. 2540. อิทธิพลของแหล่งเมล็ดและอุณหภูมิการงอกของเมล็ดไม้ยมหิน. เอกสารเผยแพร่ ส่วนงานพัฒนาวิจัย สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ.
- ปทุม บุญระฤทธิ จำนงค์ กาญจนบุรากร และพิศาล วสุวานิช. 2540. อิทธิพลของการปฏิบัติต่อเมล็ดก่อนเพาะเพื่อเร่งการงอกของเมล็ดไม้ป่า 10 ชนิด. เอกสารเผยแพร่ ส่วนงานพัฒนาวิจัย สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ.
- วันชัย จันทรประเสริฐ. 2538. สรีรวิทยาเมล็ดพันธุ์. ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 213 น.
- สนิท กิตติกรณ์. 2528. งานของสมาคมทดสอบเมล็ดพันธุ์ระหว่างประเทศ. ใน เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตรการจัดการและการทดสอบเมล็ดพันธุ์ไม้ป่า 10-21 มิถุนายน 2528. ศูนย์เมล็ดพันธุ์ไม้ป่าอาเซียน-แคนาดา อ. มวกเหล็ก จ. สระบุรี.

- สมยศ กิจคำ. 2540. กลยุทธ์การขยายพันธุ์ไม้ป่า. ส่วนงานวัฒนวิชัย สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้. 262 น.
- สุรีย์ ภูมิภมร. 2522. เมล็ดพรรณไม้ป่าในเขตร้อน. ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 288 น.
- สุรีย์ ภูมิภมร และลดาวัลย์ อธิพันธุ์อำไพ. 2526. คู่มือเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ไม้ป่า. ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 122 น.
- สลิล ภูวิภาดาพรรณ. 2528. การเก็บตัวอย่างเมล็ดพันธุ์. ใน เอกสารประกอบการฝึกอบรม หลักสูตรการจัดการและการทดสอบเมล็ดพันธุ์ไม้ป่า 10-21 มิถุนายน 2528. ศูนย์จัดการเมล็ดพันธุ์ไม้ป่าอาเซียน-แคนาดา อ. มากเหล็ก จ. สระบุรี.
- Hor, Y. L. 1993. Seed testing for selected tropical trees in ASEAN region. Review Paper no. 2, ASEAN-Canada Forest Tree Seed Centre Project. Muak-Lek, Saraburi, Thailand.
- Lapitan, P. 1991. Physical and Morphological Characteristics of Seeds Affecting Germination. pp. 15-19. In Standard Germination Tests 14-18 January 1991. ASEAN-Canada Forest Tree Seed Centre Muak-Lek, Saraburi, Thailand.
- Madsen, E. 1988. Introduction to germination of seeds. Lyngby, Denmark. 56 p.
- ISTA. 1979. Handbook for seedling Evaluation. Second Edition by J. Bekendam and R. Grob. International Seed Testing Association. Zurich, Switzerland. 130 p.
- . 1985. International Rules for Seed Testing 1985. Seed Science and Technology. Vol. 13 No. 2. Zurich, Switzerland. 520 p.
- . 1991. Tree and shrub seed handbook. International Seed Testing Association. Zurich, Switzerland.
- . 1993. International Rules for Seed Testing Rules 1993. Seed Science and Technology. Volume 21, Supplement. Zurich, Switzerland. 288 p.
- Wang, B. S. P. 1991. Standardization and Uniformity of Seed Testing. pp. 53-56. In Standard Germination Tests 14-18 January 1991. ASEAN-Canada Forest Tree Seed Centre Muak-Lek, Saraburi, Thailand.
- . 1991. Evaluating, Interpreting and Reporting Seedling Test Results. pp. 25-26. In Standard Germination Tests 14-18 January 1991. ASEAN-Canada Forest Tree Seed Centre Muak-Lek, Saraburi, Thailand.
- Willan, R. L. 1985. A guide to forest seed handling. FAO Forestry paper 20/2. Rome, Italy. 379 p.