การทดสอบคุณภาพเมล็ดของไม้พะยูง[1]

Tree Seed Quality Testing of *Dalbergia cochinchinensis* Pierre

จุติเทพ โพธิปักษ์[2] **Jutitep Bhodthipuks**

ABSTRACT

Some physical and physiological characteristics of *Dalbergia cochinchinensis* seeds collected from 4 sources in Thailand (Saraburi, Surin, Mahasarakam and Sakonnakorn) were investigated for the effects of seed size, seed weight, seed coat colour, seed pretreatments and temperature on germination. The pattern of water uptake, the effect of storage on total germination and abnormal germinants, and determination of seed quality by X-ray technique were also studied. It was found that seed length, width, thickness, weight, and seed germination showed highly significant differences within seed source, but there were no significant differences among seed sources. Seed length was found to be the most effective parameter to determine seed weight rather than seed width and seed thickness. On the other hand, coefficients of determination (r^2) of some physical characteristics of seed such as seed length and seed weight to seed germination showed high variation due to seed quality of individual trees. Light brown coat seeds gave higher germination than dark brown coat seeds for all individual trees. The X-ray method was highly effective in evaluating seed quality in terms of viability of *D. cochinchinensis* based on their anatomical developments. In four seed quality classes from X-ray image patterns, the best germination occurred in class I (99.4%) and decreased to 73.1%, 8.1% and 0.6% in class II, III and IV, respectively. The pattern of water uptake can be divided into three phases. Phase I was the first 24-hour imbibition period during which seeds imbibed water quickly and increasing of seed volume. Phase II was 24-48 hours of imbibition period in which relative water imbibition curves showed slightly different from the phase I imbibition period. Phase III was after 48 hours imbibition period that showing the resumption of growth. There were no significant differences in the germination responses of *D. cochinchinensis* after being subjected to various seed pretreatments and temperature conditions (30°C, 30°C/25°C and ambient condition). However, the pretreatments of manual scarification and modified accelerated aging with 2-day incubation were found to be the most effective for increasing the rate of germination for all seed sources. When comparing seed sources in each temperature condition, it was found that seeds from Saraburi source gave the best germination capacity for all temperature conditions. The fastest germination rate was found at 30°C and 30°C/25°C depending on seed source. The seeds from Saraburi source gave the best germination rate at constant temperature of 30°C. It was found that the optimum temperature for germination of *D. cochinchinensis* was near 30°C. When comparing the effect of storage on the total germination and abnormal germinants, it was discovered that the seeds from Mahasarakam and Sakonnakorn sources showed higher rate of deterioration with reduced total germination and increased abnormality in germinants than those from Saraburi and Surin sources after 5-month storage at ambient condition.

---

[1] รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ : Bhodthipuks, J. 1999. Physical and Physiological Characteristics of Phayuung (Dalbergia cochinchinensis Pierre) Seeds in Thailand. M.S. Thesis, Kasetsart Univ., Bangkok.

[2] นักวิชาการป่าไม้ 6ว ส่วนวนวัฒนวิจัย สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้

Keywords: seed, *Dalbergia cochinchinensis*, seed testing

บทคัดย่อ

การศึกษาอิทธิพลของขนาดและน้ำหนักของเมล็ด สีของเปลือกหุ้มเมล็ด การปฏิบัติต่อเมล็ดก่อนเพาะ และอุณหภูมิ ที่มีต่อความสามารถในการงอก รวมทั้งศึกษารูปแบบการดูดน้ำของเมล็ด การเสื่อมคุณภาพของเมล็ดจากการเก็บรักษาที่มีผลต่อความสามารถในการงอกและจำนวนกล้าผิดปกติ และการประเมินหาคุณภาพของเมล็ดโดยใช้วิธีเอกซเรย์ ของเมล็ดพะยูงที่เก็บมาจาก 4 แหล่งในประเทศไทย ได้แก่ สระบุรี สุรินทร์ มหาสารคาม และสกลนคร พบว่าจากการเปรียบเทียบขนาด น้ำหนัก และความงอกของเมล็ดพะยูงแต่ละต้นภายในแหล่งเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง แต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบระหว่างแหล่ง และพบว่าความยาวของเมล็ดมีประสิทธิภาพในการประเมินน้ำหนักของเมล็ดสูงกว่า ความกว้าง และความหนา อย่างไรก็ตาม ความยาวและน้ำหนักของเมล็ดมีประสิทธิภาพในการอธิบายความงอกของเมล็ดพะยูงผันแปรแตกต่างกันไป ขึ้นกับคุณภาพของเมล็ดพะยูงในแต่ละต้น และพบว่าภายในต้นเดียวกัน เมล็ดที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดสีน้ำตาลอ่อนมีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงกว่าเมล็ดที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดสีน้ำตาลแก่ และการศึกษาการพัฒนาทางกายภาพภายในเมล็ดโดยใช้วิธีเอกซเรย์ โดยแบ่งคุณภาพของเมล็ดพะยูงเป็น 4 ชั้นคุณภาพ พบว่า ในชั้นคุณภาพที่ I, II, III และ IV มีเปอร์เซ็นต์ความงอกเท่ากับ 99.4, 73.1, 8.1 และ 0.6% ตามลำดับ จากการศึกษารูปแบบการดูดน้ำของเมล็ด สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ระยะ คือ ระยะที่ 1 อยู่ในช่วง 24 ชั่วโมงแรกของการดูดน้ำ เมล็ดจะดูดน้ำอย่างรวดเร็วและขนาดจะขยายใหญ่ขึ้น ระยะที่ 2 อยู่ในช่วง 24-48 ชั่วโมงของการดูดน้ำ การดูดน้ำจะค่อนข้างคงที่ และในระยะที่ 3 อยู่ในช่วงหลังจาก 48 ชั่วโมงของการดูดน้ำ พบว่าเมล็ดจะดูดน้ำเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากเมล็ดเข้าสู่ขบวนการงอก ในการศึกษาการปฏิบัติต่อเมล็ดก่อนเพาะโดยวิธีต่าง ๆ พบว่ามีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกไม่แตกต่างกันในทางสถิติ แต่มีผลต่ออัตราการงอก (R-50) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยการขัดเมล็ดกับกระดาษทราย และการเร่งอายุเมล็ดที่อุณหภูมิ 40°C ในสภาพความชื้นสัมพัทธ์ 100% เป็นเวลา 2 วัน มีผลให้เมล็ดจากทุกแหล่งมีอัตราการงอกดีที่สุด และพบว่าทุกสภาพอุณหภูมิมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดในแต่ละแหล่งไม่แตกต่างกันในทางสถิติ อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบระหว่างแหล่งเมล็ด พบว่าเมล็ดจากแหล่งสระบุรีมีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงสุดในทุกสภาพอุณหภูมิ ขณะที่การเพาะเมล็ดที่อุณหภูมิคงที่ 30°C และอุณหภูมิสลับ 30/25°C ให้อัตราการงอกดีกว่าการเพาะเมล็ดที่สภาพอุณหภูมิห้อง โดยเมล็ดจากแหล่งสระบุรีมีอัตราการงอกดีที่สุดที่อุณหภูมิคงที่ 30°C และพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดพะยูงอยู่ที่ประมาณ 30°C เมื่อเปรียบเทียบผลจากการเก็บรักษาเมล็ดในขวดแก้วปิดสนิทที่สภาพห้องปกติเป็นระยะเวลา 5 เดือน พบว่า เมล็ดพะยูงที่เก็บมาจากแหล่งมหาสารคาม และสกลนคร มีอัตราการเสื่อมคุณภาพเร็วกว่าเมล็ดจากแหล่งสระบุรี และสุรินทร์ โดยมีความสามารถในการงอกลดลง และมีจำนวนกล้าผิดปกติเพิ่มมากขึ้น

คำหลัก : เมล็ด, พะยูง, การทดสอบเมล็ด

คำนำ

พะยูง (*Dalbergia cochinchinensis* Pierre) จัดเป็นไม้พื้นเมืองที่มีค่าทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย อยู่ในวงศ์ Papilionaceae มีชื่อทางการค้าในตลาดต่างประเทศว่า Siamese rosewood หรือ Thailand rosewood เป็นไม้ผลัดใบขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ สูงถึง 25 เมตร มีช่วงลำต้น 10–15 เมตร เนื้อไม้เป็นเสี้ยนสนเป็นริ้วแคบ ๆ มีความละเอียด เหนียว แข็ง ทนทาน และชักเงาได้ดี มีน้ำมันในตัว ใช้ทำเครื่องเรือน เครื่องใช้ต่าง ๆ ใช้ในการแกะสลัก และทำด้ามเครื่องมือต่าง ๆ จัดได้ว่าเป็นไม้ที่มีราคาแพงที่สุดชนิดหนึ่งในตลาดโลก มีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศไทย พม่า ลาว กัมพูชา และเวียตนาม สำหรับประเทศไทยจะพบไม้พะยูงได้ตามธรรมชาติในป่าเบญจพรรณชื้น และป่าดิบแล้งทั่วไป ทางภาคตะวันออกและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในที่สูงจากน้ำทะเลประมาณ 100–200 เมตร แต่จากการบุกรุกทำลายป่าเพื่อการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ทำให้แหล่งของไม้พะยูงในธรรมชาติถูกทำลายลงไปเป็นจำนวนมาก ในปัจจุบันไม้พะยูงในประเทศไทยกำลังอยู่ในสภาพเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ หรือสูญสิ้นในความหลากหลายทางพันธุกรรม การอนุรักษ์สายพันธุ์จึงเป็นกิจกรรมที่สำคัญและเร่งด่วนสำหรับไม้ชนิดนี้ เพื่อเป็นการทดแทนแหล่งของไม้พะยูงในธรรมชาติที่ถูกทำลายลงและเป็นการเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ กรมป่าไม้จึงได้จัดให้ไม้พะยูงเป็นไม้อีกชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญสำหรับใช้ในโครงการปลูกสร้างสวนป่าของประเทศไทย ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องทราบถึงลักษณะทางกายภาพและสรีระบางประการของเมล็ดเพื่อให้ได้เมล็ดไม้คุณภาพดีสำหรับใช้ผลิตกล้าไม้ที่มีคุณภาพดีสำหรับใช้ในโครงการปลูกสร้างสวนป่าของประเทศไทย (เต็ม, 2523; ฝ่ายพฤกษศาสตร์ป่าไม้, 2526; ชัยสิทธิ์ และคณะ, 2536)

ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ได้ศึกษาลักษณะทางกายภาพและสรีระบางประการของเมล็ดพะยูงที่เก็บมาจาก 4 แหล่งในประเทศไทย ได้แก่ สระบุรี สุรินทร์ มหาสารคาม และสกลนคร โดยทำการศึกษาอิทธิพลของขนาดและน้ำหนักของเมล็ด สีของเปลือกหุ้มเมล็ด การปฏิบัติต่อเมล็ดก่อนเพาะและอุณหภูมิที่มีต่อความสามารถในการงอก ลักษณะและจำนวนกล้าผิดปกติที่เกิดขึ้นจากการเก็บรักษา รวมทั้งศึกษารูปแบบการดูดน้ำของเมล็ด และการประเมินหาคุณภาพของเมล็ดพะยูงโดยใช้วิธีเอกซเรย์ จากการศึกษาได้ค้นหาและอธิบายถึงตัวบ่งชี้ของลักษณะทางกายภาพและสรีระบางประการของเมล็ดพะยูงที่สัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับการทดสอบคุณภาพเมล็ด ความงอก และการพัฒนาระยะแรกของกล้าไม้พะยูง เพื่อที่เป็นแนวทางสำหรับใช้ผลิตกล้าไม้ที่มีคุณภาพดีต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการเก็บฝักพะยูงในช่วงระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคม 2540 จากแหล่งป่าธรรมชาติ 4 แหล่ง ได้แก่ 1) บริเวณอุทยานแห่งชาติภูพาน จังหวัดสกลนคร 2) ป่าธรรมชาติมวกเหล็กใน อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี 3) ท้องที่อำเภอกาบเชิง จังหวัดสุรินทร์ และ 4) ท้องที่อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม โดยแหล่งป่าธรรมชาติจังหวัดสกลนคร และจังหวัดสระบุรี เป็นแหล่งป่าธรรมชาติที่ไม่ถูกรบ

กวนอยู่ในเขตอุทยานแห่งชาติ ส่วนแหล่งป่าธรรมชาติจังหวัดสุรินทร์ และจังหวัดมหาสารคาม เป็นแหล่งป่าธรรมชาติที่ถูกรบกวน เป็นป่าสงวนที่มีการบุกรุกเข้าทำกสิกรรม ทำการแยกเมล็ดพะยูงแต่ละต้นออกจากฝัก และคัดแยกเมล็ดที่เน่าเสีย แตกหัก และถูกแมลงทำลายออก แล้วเก็บรักษาเฉพาะเมล็ดคุณภาพดีของแต่ละต้นไว้ในถุงพลาสติกที่ปิดผนึกในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 2-4°C ก่อนนำเมล็ดมาทดสอบ

สุ่มเมล็ดพะยูงแยกต้นมาแหล่งละ 5 ต้น สำหรับใช้ทดสอบเปรียบเทียบความแตกต่างภายในแหล่งและระหว่างแหล่ง กับการทดสอบน้ำหนักของเมล็ด ความชื้นของเมล็ด ขนาดของเมล็ด และสีของเปลือกหุ้มเมล็ด และใช้เมล็ดจากต้นแม่ประมาณ 10-20 ต้น คละรวมกันในปริมาณที่เท่าๆ กันสำหรับใช้ทดสอบเปรียบเทียบระหว่างแหล่งกับการประเมินคุณภาพของเมล็ดโดยใช้วิธีเอกซเรย์ การทดสอบรูปแบบการดูดน้ำของเมล็ด การปฏิบัติต่อเมล็ดก่อนเพาะและอุณหภูมิที่มีต่อความสามารถในการงอก และลักษณะและจำนวนกล้าผิดปกติที่เกิดขึ้นจากการเก็บรักษา การศึกษานี้ได้ดำเนินการทดลองที่ศูนย์จัดการเมล็ดพันธุ์ไม้ป่าภาคกลาง อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี ในระหว่างเดือนมิถุนายนถึงพฤศจิกายน 2541

ทำการตรวจสอบความชื้น และน้ำหนัก 1000 เมล็ด กับเมล็ดพะยูงที่นำมาใช้ทดสอบทั้งหมด ตามวิธีการของ ISTA (1996) ทำการสุ่มเมล็ดแต่ละต้นจากแต่ละแหล่ง จำนวน 4 ซ้ำๆ ละ 50 เมล็ด มาทำการชั่งน้ำหนัก และวัดขนาด กว้าง ยาว และหนา กับเมล็ดแต่ละเมล็ด เพื่อหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสัมประสิทธิ์ของตัวกำหนด ระหว่างขนาดต่างๆ กับน้ำหนักของเมล็ด พร้อมทั้งทำการทดสอบความงอกมาตรฐานเพื่อเปรียบเทียบผลของขนาด และน้ำหนักของเมล็ดที่มีต่อความสามารถในการงอก

ทำการสุ่มเมล็ดแต่ละต้นจากแต่ละแหล่ง จำนวน 4 ซ้ำๆ ละ 100 เมล็ด มาทำการหาสัดส่วนของสีเปลือกหุ้มเมล็ดระหว่างสีน้ำตาลอ่อนและสีน้ำตาลแก่โดยเทียบกับแผ่นเทียบสีของดิน "Munsell soil colour chart" และทำการแบ่งเมล็ดแต่ละต้นออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มสีเปลือกหุ้มเมล็ดสีน้ำตาลอ่อนและสีน้ำตาลแก่ เพาะเมล็ดแต่ละกลุ่มสีของแต่ละต้นเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความงอกของแต่ละสีของเปลือกหุ้มเมล็ด โดยใช้เมล็ดจำนวน 4 ซ้ำๆ ละ 25 เมล็ด สำหรับเปรียบเทียบผลของสีของเปลือกหุ้มเมล็ดที่มีต่อความสามารถในการงอก ทั้งภายในแหล่งและระหว่างแหล่งเมล็ด

แบ่งเมล็ดจากแต่ละแหล่ง ออกเป็น 4 ชั้นคุณภาพ โดยใช้ลักษณะการพัฒนาทางกายภาพภายในเมล็ดจากภาพเอกซเรย์ ได้แก่ เมล็ดที่มีการพัฒนาเต็มที่และมีส่วนต่างๆ สมบูรณ์ (class I) เมล็ดที่มีการพัฒนาเต็มที่แต่มีความเสียหายเล็กน้อยบริเวณส่วนของใบเลี้ยงที่อยู่ห่างจากแกนของต้นอ่อนและปลายราก (class II) เมล็ดที่มีการพัฒนาเต็มที่แต่มีความเสียหายเกิดขึ้นที่บริเวณส่วนใดส่วนหนึ่งของแกนต้นอ่อนและ/หรือปลายราก หรือส่วนของใบเลี้ยงที่อยู่ใกล้แกนของต้นอ่อนและปลายราก (class III) และเมล็ดที่ไม่พัฒนาหรือพัฒนาไม่สมบูรณ์หรือเป็นเมล็ดที่มีความเสียหายเกิดขึ้นอย่างมากเป็นบริเวณกว้าง (class IV) โดยแต่ละแหล่งใช้เมล็ดแต่ละกลุ่มจำนวน 4 ซ้ำๆ ละ 10 เมล็ด ทำการเอกซเรย์ด้วยเครื่อง Hewlett-Packard Fixitron รุ่น 43804N ที่ 18kV 3mA ระยะโฟกัสถึงฟิล์ม (focus-film distance) 56.3 เซนติเมตร เป็นเวลา 90 วินาที กับฟิล์ม Kodak industrex AA แล้วทำการเพาะเมล็ดเพื่อเปรียบเทียบการประเมินคุณภาพของเมล็ดโดยวิธีเอกซเรย์กับการทดสอบความงอกมาตรฐาน

คัดเลือกเมล็ดที่มีการพัฒนาเต็มที่และมีส่วนต่างๆ สมบูรณ์ (class I) โดยวิธีเอกซเรย์ เพื่อใช้ทดสอบรูปแบบการดูดน้ำของเมล็ด แล้วขัดผิวเมล็ดโดยถูกับกระดาษทรายขัดไม้ชนิดหยาบปานกลาง (no. 2) เพื่อให้ได้เมล็ดที่ดีและมีการดูดน้ำสม่ำเสมอ โดยใช้เมล็ดจากแต่ละแหล่งจำนวน 4 ซ้ำๆ ละ 25 เมล็ด วางเมล็ดแต่ละซ้ำในระหว่างกระดาษซับ (paper towel) ชิ้นใน petri-dish ขนาด 3.5 นิ้ว ที่ใส่น้ำกลั่นปริมาตร 12 มิลลิลิตร กับกระดาษซับที่วางรอง 8 ชั้น และที่ปิดทับ 4 ชั้น ชั่งน้ำหนักเมล็ดก่อนดูดซึมน้ำและหลังทำให้ดูดซึมน้ำ ทุกๆ 3 ชั่วโมง จนถึง 72 ชั่วโมง โดยเปลี่ยนกระดาษซับชิ้นใหม่ทุกๆ 24 ชั่วโมง แล้วนำผลที่ได้มาคำนวณหา เปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของเมล็ดสัมพัทธ์ (relative water imbibition, %)ในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งคำนวณได้ดังนี้

$$\% \text{ การดูดน้ำของเมล็ดสัมพัทธ์} = \frac{\text{น้ำหนักเมล็ดหลังดูดซึมน้ำ} - \text{น้ำหนักเมล็ดก่อนดูดซึมน้ำ}}{\text{น้ำหนักเมล็ดก่อนดูดซึมน้ำ}} \times 100$$

และทำการบันทึกอัตราการงอกของราก และจำนวนเมล็ดที่งอกราก ในทุกๆ ช่วงเวลา 3 ชั่วโมง ของการดูดซึมน้ำ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบระหว่างแหล่งเมล็ด ในแต่ละช่วงเวลา

สุ่มเมล็ดจากแต่ละแหล่ง จำนวน 4 ซ้ำๆ ละ 50 เมล็ด สำหรับใช้ศึกษาการปฏิบัติต่อเมล็ดก่อนเพาะและอุณหภูมิที่มีต่อความสามารถในการงอก ในการศึกษาการปฏิบัติต่อเมล็ดก่อนเพาะ ใช้วิธีการปฏิบัติต่อเมล็ด คือ เพาะทันที (control), ทำเมล็ดให้ชื้นในระหว่างกระดาษซับชื้นเป็นเวลา 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42 และ 48 ชั่วโมง ก่อนนำเมล็ดไปเพาะ, อบเมล็ดที่อุณหภูมิ 40°C ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 100% เป็นระยะเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง ก่อนนำเมล็ดไปเพาะ, และขัดผิวเมล็ดโดยถูกับกระดาษทรายขัดไม้ชนิดหยาบปานกลาง (no. 2) ทั้งสองด้านก่อนนำเมล็ดไปเพาะ ในการศึกษาอุณหภูมิที่มีต่อความสามารถในการงอก จะใช้การปฏิบัติต่อเมล็ดที่ให้ผลการทดสอบความงอกที่ดีที่สุดจากการศึกษาการปฏิบัติต่อเมล็ดก่อนเพาะ คือเมล็ดที่ผ่านการขัดผิวเมล็ดโดยถูกับกระดาษทรายขัดไม้ชนิดหยาบปานกลางทั้งสองด้าน เพาะที่อุณหภูมิ 3 สภาพ คือ เพาะในสภาพอุณหภูมิห้อง (21-31°C), เพาะในสภาพอุณหภูมิคงที่ 30°C, และเพาะในสภาพอุณหภูมิสลับ 30/25°C ช่วงการให้แสงวันละ 8 ชั่วโมง เพาะทดสอบความงอกมาตรฐาน เปรียบเทียบผลที่ได้ ทั้งเปอร์เซ็นต์ความงอกและอัตราการงอก (R-50; เป็นจำนวนวันที่เมล็ดงอกถึง 50% ของจำนวนที่งอกทั้งหมด) (Pukittayakamee, 1991) เพื่อดูความแตกต่างระหว่างวิธีปฏิบัติต่อเมล็ดก่อนเพาะและอุณหภูมิต่างๆ

ในการทดสอบความงอกมาตรฐานของการทดลองต่างๆ ทำการเพาะในกล่องพลาสติก Petawawa germination box (Wang and Ackerman, 1983) ที่บรรจุทรายละเอียดที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้ว และทำให้ชื้นโดยมีอัตราส่วนระหว่างทราย:น้ำกลั่น เท่ากับ 3:1 วางเมล็ดลงบนทรายให้ห่างเท่าๆ กันแล้วกลบด้วยทรายละเอียดที่ชื้นบางๆ พอท่วมเมล็ด ความหนาของชั้นทรายที่เพาะประมาณ 1 นิ้ว ปิดกล่องด้วยฝาพลาสติก แล้วจึงนำไปเพาะ ให้แสงสว่างวันละ 8 ชั่วโมง ใช้เวลาในการทดสอบความงอกของเมล็ดนาน 21 วัน นับจำนวนการงอกทุกๆ วัน เมล็ดที่งอกคือเมล็ดที่มีการงอกของราก และต้นอ่อนโผล่พ้นจากผิวทราย เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ทำการบันทึกจำนวนเมล็ดที่ไม่งอก ได้แก่เมล็ดที่เน่าตาย (dead seeds) เมล็ดแข็ง

(hard seeds) เมล็ดที่ดูดน้ำแต่ไม่งอก (fresh ungerminated seeds) และจำนวนกล้าผิดปกติ(abnormal seedlings) พร้อมทั้งบันทึกภาพ เมล็ดที่นับงอกคือเมล็ดที่พัฒนาเป็นต้นกล้าปกติเท่านั้น (ISTA, 1996) เมื่อนับงอกแล้วจะดึงเมล็ดออกจากกล่องเพาะ

วางแผนการทดลองทางสถิติแบบ Nested Random Design สำหรับใช้ทดสอบเปรียบเทียบความแตกต่างภายในแหล่งและระหว่างแหล่ง กับการศึกษาขนาด น้ำหนัก และสีของเปลือกหุ้มเมล็ดที่มีต่อความสามารถในการงอกโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน หากมีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ในของแต่ละการทดลองจะทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย Duncan's multiple range test (Duncan, 1965) ที่ P =.05 การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างเปอร์เซ็นต์ความงอกของสีเปลือกหุ้มเมล็ดระหว่างสีน้ำตาลอ่อนและสีน้ำตาลแก่ของแต่ละต้น โดยใช้ t-test และวางแผนการทดลองทางสถิติแบบ Completely randomized design, CRD กับการประเมินคุณภาพของเมล็ดโดยใช้วิธีเอกซเรย์ การทดสอบรูปแบบการดูดน้ำของเมล็ด การปฏิบัติต่อเมล็ดก่อนเพาะและอุณหภูมิที่มีต่อความสามารถในการงอก และลักษณะและจำนวนกล้าผิดปกติที่เกิดขึ้นจากการเก็บรักษา โดยการประเมินคุณภาพของเมล็ดโดยใช้วิธีเอกซเรย์ จะใช้ arcsin transformation กับข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความงอก ก่อนนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ และใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางทดสอบเปรียบเทียบความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ความงอก ระหว่างลักษณะการพัฒนาทางกายภาพภายในเมล็ดจากภาพเอกซเรย์แบบต่างๆ ระหว่างแหล่ง และปฏิสัมพันธ์ (interaction) ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวกับการทดสอบรูปแบบการดูดน้ำของเมล็ด การปฏิบัติต่อเมล็ดก่อนเพาะและอุณหภูมิที่มีต่อความสามารถในการงอก เพื่อทดสอบเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ในของแต่ละการทดลอง หากมีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ในของแต่ละการทดลองจะทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย Duncan's multiple range test (Duncan, 1965) ที่ P = .05

ผลและวิจารณ์

จากการตรวจสอบความชื้นและน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ของเมล็ดพะยูงทั้งแต่ละต้น และรวมต้นของแต่ละแหล่ง ตามวิธีการของ ISTA (1996) พบว่า ความชื้นของเมล็ดจากแหล่งมหาสารคามมีค่าสูงสุด (10.52%) รองลงมาเป็นเมล็ดจากแหล่งสระบุรี (10.46%) สุรินทร์ (10.09%) และแหล่งสกลนครมีค่าต่ำสุด (9.35%) ขณะที่เมล็ดจากแหล่งสระบุรีมีน้ำหนัก 1,000 เมล็ดสูงสุด (25.09 กรัม) รองลงมาเป็นเมล็ดจากแหล่งสุรินทร์ (24.66 กรัม) มหาสารคาม (23.36 กรัม) และแหล่งสกลนครมีค่าต่ำสุด (22.98 กรัม)

จากการศึกษาขนาดและน้ำหนักของเมล็ด พบว่าขนาดความยาว ความกว้าง ความหนา น้ำหนักเมล็ด และเปอร์เซ็นต์ความงอก แต่ละต้นภายในแหล่งเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง แต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบระหว่างแหล่ง ซึ่งสอดคล้องกับ Soonhuae (1993) ที่ได้มีการศึกษาผลของน้ำหนักเมล็ด และเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพะยูง ไว้ก่อนหน้านี้ และจากค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความงอก พบว่าในแหล่งป่าธรรมชาติที่ไม่ถูกรบกวน ได้แก่ สระบุรี (94.5%) และสกลนคร

(85.9%) มีค่าเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงกว่าแหล่งป่าธรรมชาติที่ถูกรบกวน คือสุรินทร์ (82.8%) และมหาสารคาม (74.7%) (Table 1) อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดจากแหล่งป่าธรรมชาติที่ไม่ถูกรบกวนจะมีค่าเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงกว่าแหล่งป่าธรรมชาติที่ถูกรบกวน แต่พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบระหว่างแหล่ง และพบว่าเมล็ดจากแหล่งสระบุรีมีขนาดและน้ำหนักเมล็ดสูงสุด และมีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงสุดด้วย เมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งอื่นๆ (Table 1)

Table 1. Seed length, width, thickness, weight, germination, and abnormal germinant of *D. cochinchinensis* seeds of individual trees from four seed sources

Source	Tree No.	Length (mm.)	Width (mm.)	Thickness (mm.)	Weight (mg.)	Germination (%)	Abnormal germinant (%)
Saraburi	MU-6	7.41	4.43	1.18	27.60	98.5	0.0
	MU-7	7.06	4.49	1.27	30.42	96.0	2.0
	MU-10	6.04	4.24	1.25	22.87	92.0	3.0
	MU-12	6.63	4.61	1.25	27.28	95.0	1.5
	MU-14	7.04	4.59	1.25	29.20	91.0	5.0
	Average	6.84±0.52	4.47±0.15	1.24±0.03	27.47±2.87	94.5±3.04	2.3±1.86
Surin	SU-1	6.67	4.42	1.15	24.30	76.5	2.0
	SU-2	6.31	4.24	1.29	25.74	81.0	4.0
	SU-4	6.22	4.35	1.10	21.73	76.0	0.5
	SU-5	7.01	4.59	1.32	31.04	89.0	3.0
	SU-10	6.87	4.63	1.23	27.46	91.5	2.0
	Average	6.62±0.34	4.45±0.16	1.22±0.09	26.05±3.49	82.8±7.13	2.3±1.30
Mahasarakam	MH-2	6.46	4.30	1.27	26.12	88.5	4.5
	MH-5	6.51	4.32	1.21	24.05	94.0	1.0
	MH-9	5.88	3.85	1.08	19.54	42.5	6.0
	MH-10	5.91	3.88	1.16	19.72	86.5	4.0
	MH-14	7.04	4.57	1.31	30.47	62.0	18.0
	Average	6.36±0.48	4.18±0.31	1.21±0.09	23.98±4.60	74.7±21.80	6.7±6.57
Sakonnakorn	SN-1	6.05	4.31	1.29	24.35	82.0	10.5
	SN-4	5.81	4.32	1.28	23.42	92.5	4.0
	SN-5	6.49	4.12	1.16	22.71	83.5	5.0
	SN-7	6.52	4.18	1.18	23.48	83.0	3.0
	SN-9	6.57	4.12	1.23	24.27	88.5	2.5
	Average	6.29±0.34	4.21±0.10	1.23±0.06	23.65±0.68	85.9±4.46	5.0±3.22
Overall Average		6.53±0.25	4.33±0.15	1.23±0.01	25.29±1.80	84.5±8.18	4.1±2.16

ในการหาความสัมพันธ์จากค่าสัมประสิทธิ์ของตัวกำหนด (r^2) ระหว่างขนาดของเมล็ด (ความยาว ความกว้าง และความหนา) ที่มีต่อน้ำหนักของเมล็ด พบว่าความยาวของเมล็ดมีประสิทธิภาพในการอธิบายน้ำหนักของเมล็ดสูงกว่า ความกว้าง และความหนาของเมล็ดในทุกๆ แหล่ง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ของตัวกำหนดของความยาวของเมล็ดกับน้ำหนักของเมล็ดเท่ากับ 64%, 63%, 55% และ 53% สำหรับเมล็ดจากแหล่งสระบุรี สุรินทร์ มหาสารคาม และสกลนคร ตามลำดับ (Table 2) อย่างไรก็ตามความยาวและน้ำ

หนักของเมล็ด มีประสิทธิภาพในการอธิบายความงอกของเมล็ดพะยูงผันแปรแตกต่างกันไป ขึ้นกับคุณภาพของเมล็ดพะยูงในแต่ละต้น (Table 2)

Table 2. Coefficient of determination (%) of seed size on seed weight, and seed length and seed weight on seed germination

Source	Tree No.	Coefficient of determination (%)				
		Length-weight	Width-weight	Thickness-weight	Length-germination	Weight-germination
Saraburi	MU-6	62.14	49.52	25.71	32.84	45.60
	MU-7	58.28	45.55	21.81	87.68	41.53
	MU-10	59.18	57.92	22.16	15.84	20.30
	MU-12	59.56	57.50	32.04	0.83	36.74
	MU-14	82.76	71.53	6.50	79.37	95.41
	Average	64.38	56.40	21.64	43.31	47.92
Surin	SU-1	70.54	66.01	65.69	90.95	89.83
	SU-2	57.76	50.71	23.25	85.40	72.58
	SU-4	39.61	55.68	18.35	91.18	84.39
	SU-5	74.41	62.07	45.79	4.94	9.90
	SU-10	71.56	67.44	39.07	5.22	9.46
	Average	62.78	60.38	38.43	55.54	53.23
Mahasarakam	MH-2	53.67	44.01	16.39	55.79	34.91
	MH-5	57.27	49.85	16.36	91.88	33.06
	MH-9	68.18	64.46	47.80	6.37	10.42
	MH-10	49.80	52.67	20.51	7.94	10.60
	MH-14	47.74	54.83	12.41	26.69	1.36
	Average	55.33	53.16	22.69	37.73	18.07
Sakonnakorn	SN-1	45.74	58.73	20.03	11.52	15.70
	SN-4	54.03	48.17	36.97	80.85	46.67
	SN-5	56.82	40.95	45.67	57.77	93.09
	SN-7	69.61	56.92	41.06	0.42	0.02
	SN-9	40.83	33.93	21.29	38.10	0.03
	Average	53.41	47.74	33.00	37.73	31.10
Overall Average		58.97	54.42	28.94	43.58	37.58

จากการศึกษาผลของสีของเปลือกหุ้มเมล็ดที่มีต่อความสามารถในการงอก พบว่าสัดส่วนของสีเปลือกหุ้มเมล็ดระหว่างสีน้ำตาลอ่อนและสีน้ำตาลแก่ แตกต่างกันไปในแต่ละต้น โดยอยู่ในช่วงตั้งแต่ 80:20% ของต้น MU-7 แหล่งสระบุรี และ SN-7 แหล่งสกลนคร ถึง 38:62% ของต้น SN-5 แหล่งสกลนคร (Figure 1) และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างแหล่งเมล็ด พบว่ามีสัดส่วนของสีเปลือกหุ้มเมล็ดระหว่างสีน้ำตาลอ่อนและสีน้ำตาลแก่ เท่ากับ 68:32% 63:37% 62:38% และ57:43% สำหรับเมล็ดจากแหล่งสระบุรี มหาสารคาม สกลนคร และสุรินทร์ ตามลำดับ (Figure 1) จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่าเปอร์เซ็นต์ความงอกระหว่างสีเปลือกหุ้มเมล็ดสีน้ำตาลอ่อนและสีน้ำตาลแก่ในแหล่งเมล็ดเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์ความงอกกับเมล็ดที่มีสีเปลือกหุ้มเมล็ดสีน้ำตาลแก่ระหว่างแหล่งเมล็ด พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง แต่ไม่แตกต่างกันในทางสถิติกับเมล็ดที่มีสีเปลือกหุ้มเมล็ดสีน้ำตาลอ่อนเมื่อเปรียบเทียบระหว่างแหล่งเมล็ด (Figure 2) และพบว่าค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดจากแหล่งป่าธรรมชาติที่ไม่ถูกรบกวน (สระบุรี และ สกลนคร) จะมีค่าสูงกว่าแหล่งป่าธรรมชาติที่ถูกรบกวน (สุรินทร์ และ มหาสารคาม) โดยเมล็ดจากแหล่งสระบุรี มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงสุดทั้งกับเมล็ดที่มีสีเปลือกหุ้มเมล็ดสีน้ำตาลอ่อน (99.2%) และสีน้ำตาลแก่ (90%) อย่างไรก็ตามสีเปลือกหุ้มเมล็ดที่แตกต่างกันไปในแต่ละต้นนั้น ยังไม่สามารถบ่งชี้ได้แน่ชัดว่าถูกควบคุมโดยพันธุกรรม สิ่งแวดล้อม หรือร่วมกันทั้งสองปัจจัย

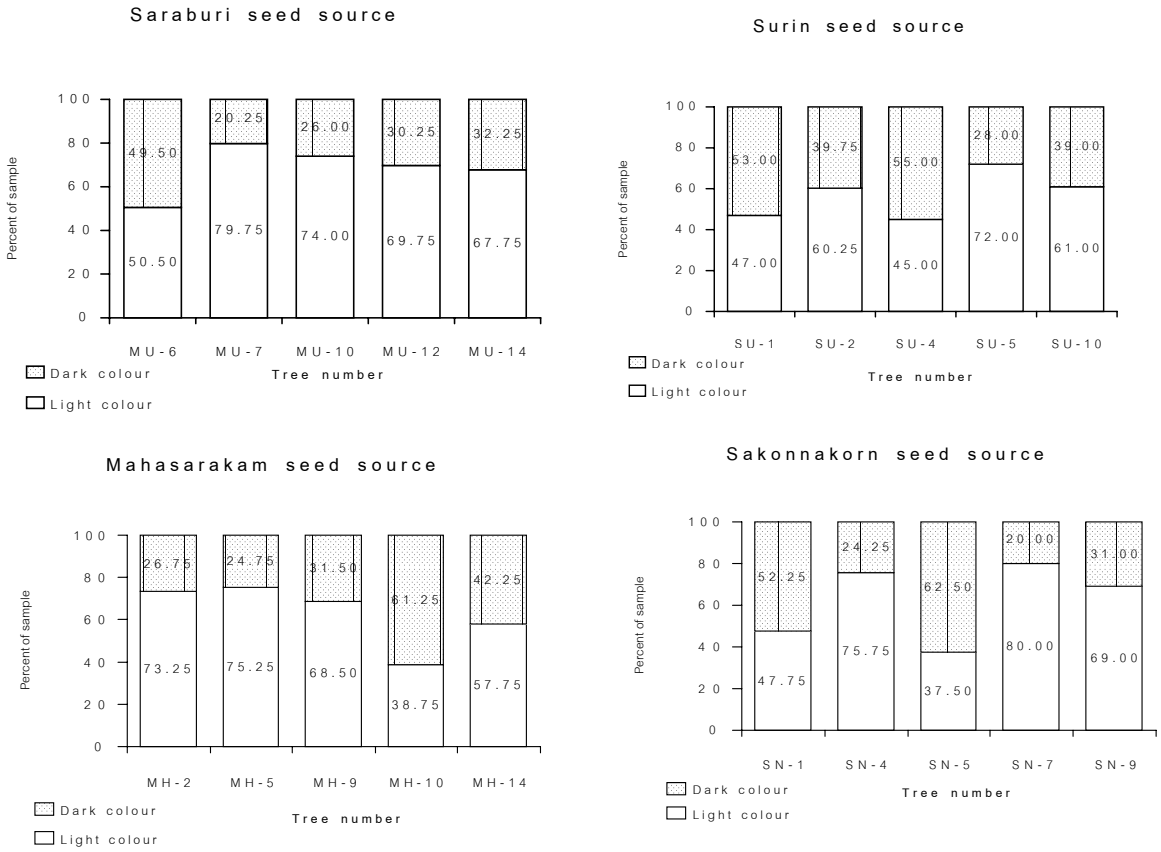
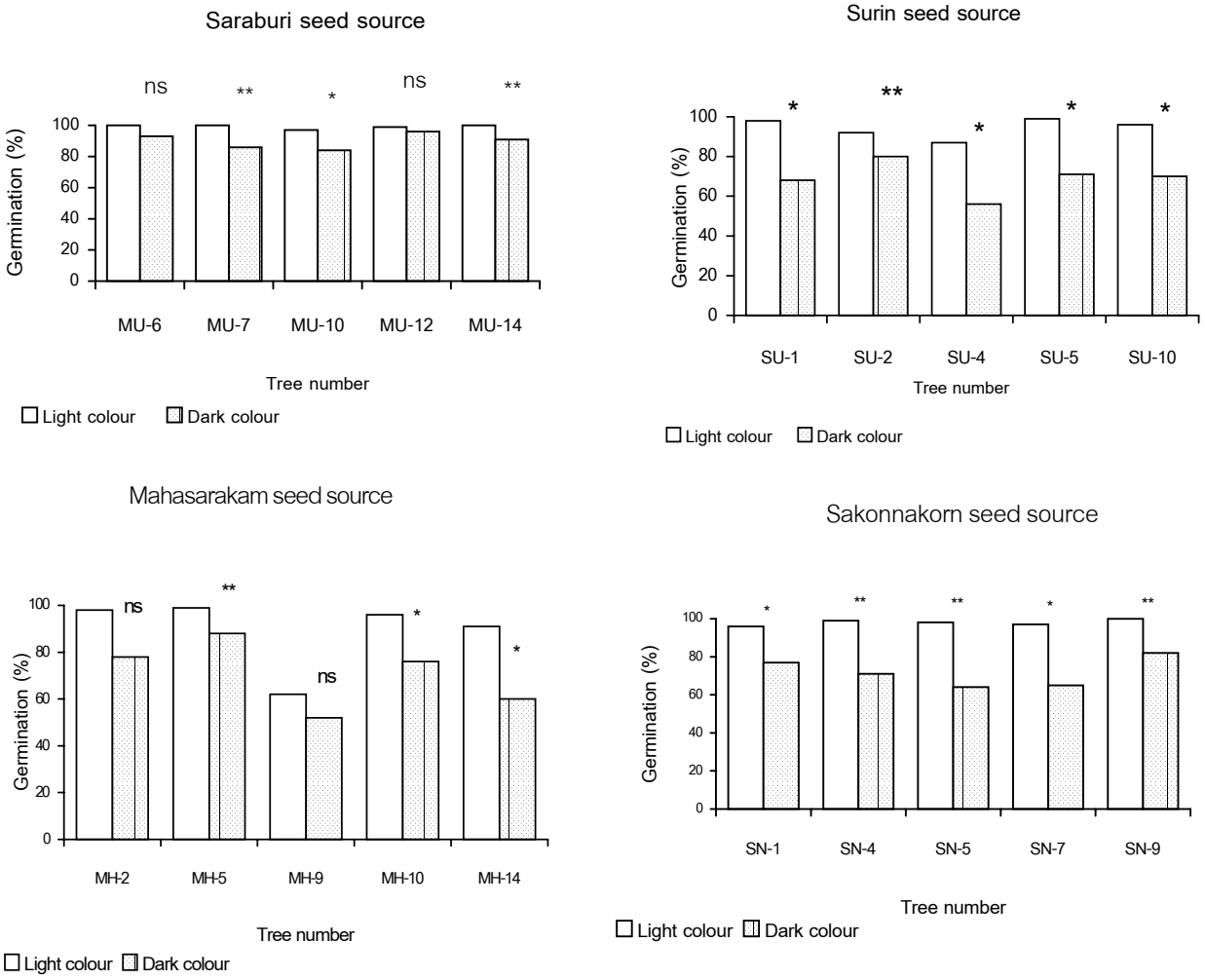


Figure 1. Proportion (%) of light brown coat seeds and dark brown coat seeds of *D. cochinchinensis* of five individual trees from four seed sources.



ns Non significant

* Significant difference at the 0.05 confidence level

** Significant difference at the 0.01 confidence level

Figure 2. Comparison of total germination between light and dark colour coat seeds of five individual trees from four sources.

ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดสีน้ำตาลอ่อนและสีน้ำตาลแก่ในแต่ละต้น โดยใช้ t-test พบว่าค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดสีน้ำตาลอ่อนมีค่าสูงกว่าเมล็ดสีน้ำตาลแก่ (Figure 2) ซึ่ง ปทุม และคณะ (2542) ได้รายงานผลการทดลองไว้เช่นเดียวกัน นอกจากนี้ ยังมีรายงานการศึกษากับไม้ชนิดอื่น ๆ ที่ได้ผลการทดลองในทำนองเดียวกัน Mahdi (1986) พบว่าเมล็ด *Santalum album* ที่มีสีแดงเป็นเมล็ดที่สุกแก่ทางสรีรวิทยาและงอกได้ดีกว่าเมล็ดสีดำซึ่งเป็นเมล็ดที่อยู่ในระยะพักตัว Srimathi *et al.* (1991) พบว่า เมล็ด *Acacia mellifera* ที่มีสีเขียว มีความงอกและความแข็งแรงสูงกว่า เมล็ดสีน้ำตาลอมเขียวหรือสีน้ำตาล และเช่นเดียวกับการศึกษาของ Etejere

et al. (1982) กับเมล็ด *Parkia clapertoniana* ได้รายงานว่า เมล็ดที่มีสีน้ำตาลแดง จะงอกอย่างรวดเร็วโดยไม่ต้องทำการปฏิบัติต่อเมล็ดก่อนเพาะ ขณะที่เมล็ดสีน้ำตาลเข้มเป็นเมล็ดที่มีการงันที่เปลือกหุ้มเมล็ด จากรายงานการศึกษาที่กล่าวมานี้จะสามารถอธิบายได้ว่า เมล็ดพะยูงที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดสีน้ำตาลอ่อน จะเป็นเมล็ดที่อยู่ในระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา และมีความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดสูงกว่าเมล็ดสีน้ำตาลแก่ ซึ่งเป็นเมล็ดที่มีการพักตัวและงัน หรือเป็นเมล็ดที่มีการเสื่อมสภาพไปบ้างแล้ว

จากผลการประเมินคุณภาพของเมล็ดพะยูงโดยวิธีเอกซเรย์กับการทดสอบความงอกมาตรฐาน โดยแบ่งคุณภาพของเมล็ดพะยูงเป็น 4 ชั้นคุณภาพ พบว่าผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางของเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทั้งระหว่างลักษณะการพัฒนาทางกายภาพภายในเมล็ดจากภาพเอกซเรย์แบบต่าง ๆ ระหว่างแหล่ง และปฏิสัมพันธ์ และจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละทรีตเมนต์ แสดงให้เห็นว่าเมล็ดใน class I มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงที่สุดของทุกแหล่งเมล็ด (Figure 3) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างชั้นคุณภาพ พบว่าเมล็ดใน class I มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงที่สุด (99.4%) รองลงมาเป็น class II (73.1%) class III (8.1%) และ class IV (0.6%) ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเปอร์เซ็นต์ความงอกใน class II มีความแตกต่างกันมากระหว่างแหล่งสระบุรี (92.5%) และแหล่งมหาสารคาม (55.0%) ซึ่งอาจเป็นผลมาจากความแข็งแรงของเมล็ดที่แตกต่างกันไปในแต่ละแหล่ง โดยเฉพาะใน class II ซึ่งเมล็ดมีความเสียหายเล็กน้อย ในกรณีนี้หากเปรียบเทียบจากแหล่งที่ได้นำเมล็ดมาศึกษา อาจกล่าวได้ว่าเมล็ดจากแหล่งสระบุรีมีความแข็งแรงสูงสุด และเมล็ดจากแหล่งมหาสารคามมีความแข็งแรงต่ำสุด ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการศึกษาขนาดและน้ำหนักของเมล็ด และการศึกษาผลของสีของเปลือกหุ้มเมล็ดที่มีต่อความสามารถในการงอก ที่ได้ทดลองไว้ก่อนหน้านี้

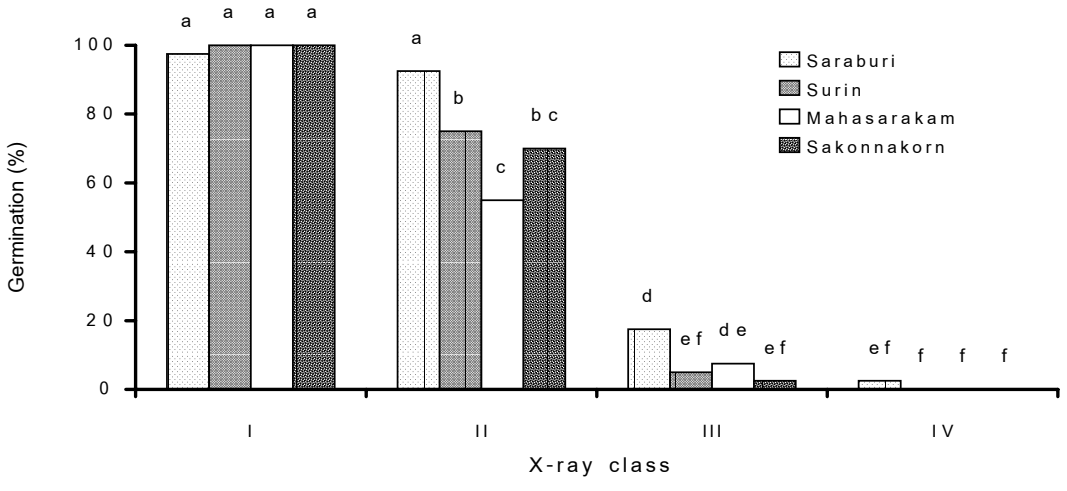


Figure 3. Comparison of total germination among four quality classes from four seed sources.

Means followed by the same letter(s) were not significantly different at the 0.05 confidence level determined by Duncan's multiple range test.

ในการประเมินคุณภาพของเมล็ดพะยูงโดยวิธีเอกซเรย์ พบว่าสามารถนำมาประยุกต์ใช้สำหรับการทดสอบแบบเร่งด่วนได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยพิจารณาจากการพัฒนาทางกายภาพภายในเมล็ด อย่างไรก็ตามการเสื่อมสภาพของเมล็ดที่ไม่สามารถประเมินได้จากภาพเอกซเรย์ ซึ่งทำให้ได้ผลการประเมินแตกต่างกันไปในแต่ละแหล่ง อาจทำให้ผลที่ได้ขาดความแม่นยำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับเมล็ดพะยูงใน class II จากผลการศึกษานี้ อาจกล่าวในเบื้องต้นได้ว่าวิธีเอกซเรย์สามารถนำมาใช้ประเมินความมีชีวิตของเมล็ดแบบเร่งด่วนได้อย่างมีประสิทธิภาพหากสามารถค้นหามาตรฐานสำหรับกำหนดลักษณะการพัฒนาทางกายภาพของเมล็ดพะยูงใน class II ได้ถูกต้อง นอกจากนี้ยังได้มีการนำวิธีการเอกซเรย์มาใช้ประเมินความมีชีวิตเมล็ดกับเมล็ดพันธุ์ไม้ป่าเขตร้อนอีกหลายชนิด (Boonchaleo, 1986; Chaichanasuwat *et al.*, 1990; Kobmoo *et al.*, 1990b; Liengsiri *et al.*, 1990; Saelim *et al.*, 1996)

การดูดน้ำของเมล็ดเป็นขั้นตอนแรกที่เกิดขึ้นในขบวนการงอกของเมล็ด โดยความชื้นจะเข้าไปทำให้กิจกรรมของเอนไซม์เพิ่มขึ้น มีการย่อยสลายอาหาร และเคลื่อนย้ายอาหารที่เก็บสะสมอยู่ในเมล็ดมาใช้ในขบวนการงอกของเมล็ด (Mayer and Poljakoff-Mayber, 1982) มีปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่ออัตราการดูดน้ำของเมล็ด ได้แก่ การยอมให้น้ำซึมผ่านได้ของเปลือกหุ้มเมล็ด ความเข้มข้นของน้ำ อุณหภูมิ และพื้นที่ผิวของเมล็ดที่สัมผัสกับน้ำ เป็นต้น (จวงจันทร์, 2523) จากการศึกษาพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ของเปอร์เซ็นต์การดูดน้ำของเมล็ดสัมพัทธ์ของเมล็ดจากแหล่งสุรินทร์ ซึ่งต่ำกว่าแหล่งอื่นๆ เล็กน้อยในช่วง 9 ชั่วโมงแรกเท่านั้น (Figure 4) โดยทั้ง 4 แหล่งมีรูปแบบการดูดน้ำของเมล็ดเป็นแบบเดียวกัน จวงจันทร์ (2523) กล่าวว่า การดูดน้ำของเมล็ดสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ระยะ และจาก Figure 4 สามารถแบ่งรูปแบบการดูดน้ำของเมล็ดพะยูงออกได้เป็น 3 ระยะเช่นเดียวกัน คือ ระยะที่ 1 อยู่ในช่วง 24 ชั่วโมงแรกของการดูดน้ำ เมล็ดจะดูดน้ำอย่างรวดเร็วและขนาดจะขยายใหญ่ขึ้น ระยะที่ 2 อยู่ในช่วง 24-48 ชั่วโมงของการดูดน้ำ การดูดน้ำจะค่อนข้างคงที่ และในระยะที่ 3 อยู่ในช่วงหลังจาก 48 ชั่วโมงของการดูดน้ำ พบว่าเมล็ดจะดูดน้ำเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากเมล็ดเข้าสู่ขบวนการงอก และจากการบันทึกอัตราการงอกของราก และจำนวนเมล็ดที่งอกรากในทุกๆ ช่วงเวลา 3 ชั่วโมง ของการดูดซึมน้ำ เพื่อเปรียบเทียบระหว่างแหล่งเมล็ด ในแต่ละช่วงเวลา ดังแสดงใน Figure 5 นั้น ชี้ให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยเวลาเริ่มงอกของรากจากแหล่งสระบุรี สุรินทร์ และสกลนคร มีความแตกต่างกันน้อยมาก โดยอยู่ในช่วง 39-42 ชั่วโมงเท่านั้น ขณะที่เมล็ดจากแหล่งมหาสารคาม ใช้เวลาถึง 48 ชั่วโมง และจาก Table 1 พบว่าเมล็ดจากแหล่งนี้มีความงอกเฉลี่ยประมาณ 75% เมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งอื่นๆ ซึ่งจะมีความงอกสูงถึง 83-95% นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ของจำนวนเมล็ดที่งอกรากทั้งหมดหลังดูดซึมน้ำเป็นเวลา 72 ชั่วโมง พบว่าเมล็ดจากแหล่งมหาสารคามมีเปอร์เซ็นต์ของจำนวนเมล็ดที่งอกรากทั้งหมดเพียง 56% เท่านั้น ในขณะที่เมล็ดจากแหล่งสระบุรี สุรินทร์ และสกลนคร มีเปอร์เซ็นต์ของจำนวนเมล็ดที่งอกรากเท่ากับ 92%, 86% และ 83% ตามลำดับ โดยทั่วไปแล้วอัตราการงอกและเปอร์เซ็นต์ความงอกสามารถนำมาใช้บ่งบอกถึงความแข็งแรงของเมล็ดได้ ดังนั้นจากผลการทดลองนี้ จึงอาจกล่าวได้ว่าเมล็ดจากแหล่งสระบุรีมีความแข็งแรงสูงสุด ขณะที่เมล็ดจากแหล่งมหาสารคามมีความแข็งแรงต่ำสุด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาอื่นๆ ก่อนหน้านี้

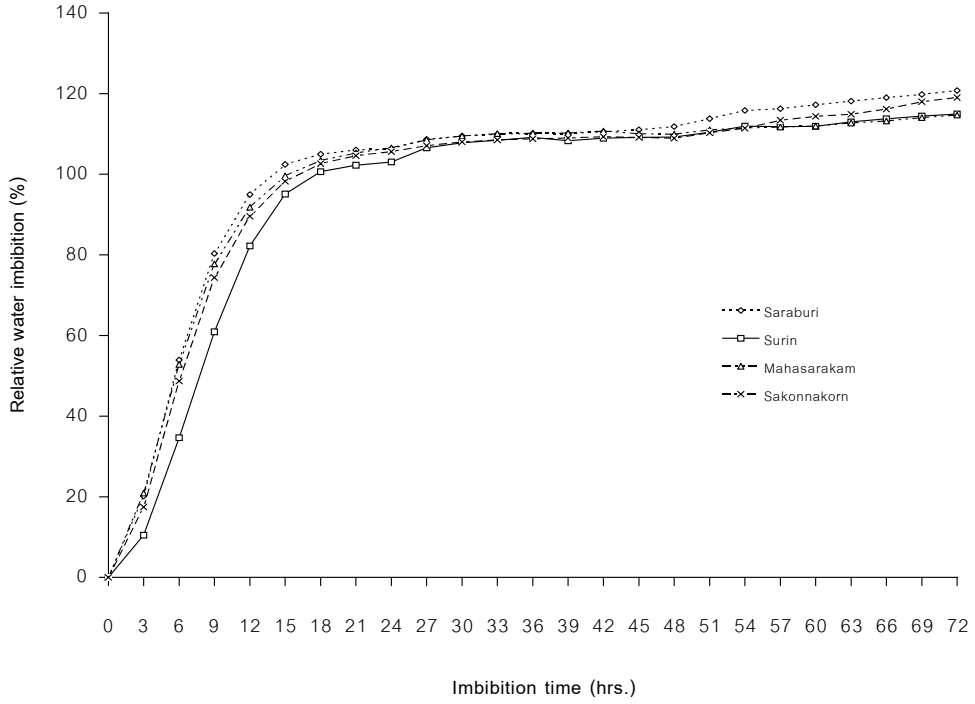
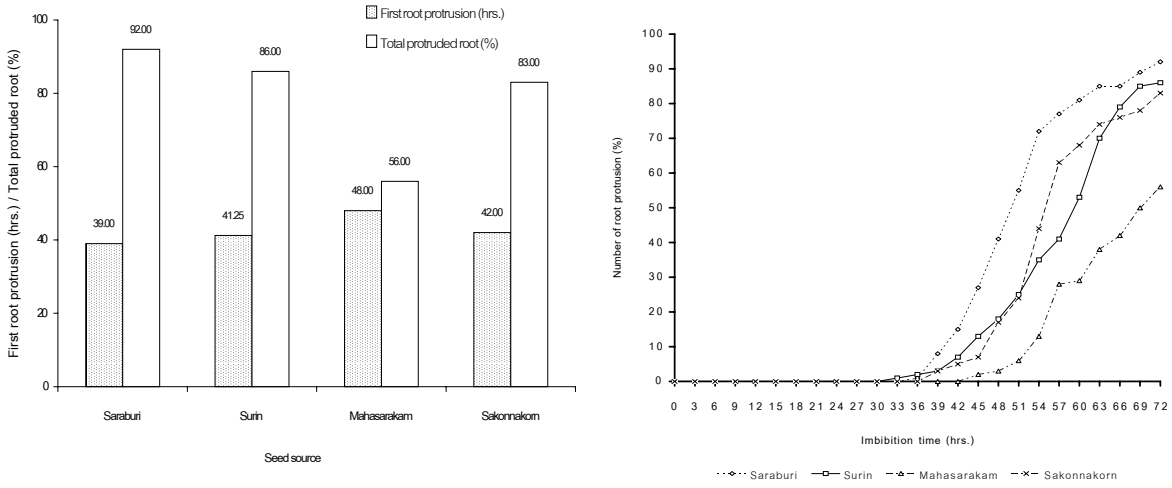


Figure 4. Relative water imbibition of *D. cochinchinensis* seeds from four seed sources.



(A) (B)

Figure 5. The average time of the first root protrusion (hrs.) and total protruded root percentages (A), and number of root protrusion during the imbibition process (B) of *D. cochinchinensis* from four seed sources.

จากผลการปฏิบัติต่อเมล็ดก่อนเพาะโดยวิธีต่าง ๆ ที่มีต่อความสามารถในการงอก พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ความงอกทั้งหมดระหว่างทรีตเมนต์ของทั้ง 4 แหล่ง (Table 3) แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในทางสถิติของอัตราการงอก (R-50) (Table 4) พบว่าการขัดผิวเมล็ดโดยถูกับกระดาษทรายขัดไม้ชนิดหยาบปานกลางทั้งสองด้านก่อนนำเมล็ดไปเพาะ ทำให้เมล็ดจากทุกแหล่งเมล็ดมีอัตราการงอกดีที่สุด ขณะที่เมล็ดจากแหล่งมหาสารคาม เมื่ออบเมล็ดที่อุณหภูมิ 40°C ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 100% เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมงก่อนนำเมล็ดไปเพาะ มีอัตราการงอกดีกว่าวิธีขัดผิวเมล็ดเล็กน้อย (0.5 วัน) แต่ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ และจะเห็นได้ว่าเมล็ดจากแหล่งนี้นอกจากการใช้วิธีการปฏิบัติต่อเมล็ดที่ค่อนข้างรุนแรงกับเมล็ด (การเร่งอายุเมล็ด และการขัดผิวเมล็ด) จะทำให้อัตราการงอกและเปอร์เซ็นต์ความงอกลดลงแล้ว ยังพบว่าเปอร์เซ็นต์ความงอกทั้งหมดของทุกทรีตเมนต์มีค่าต่ำสุด เมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งอื่น ๆ ด้วย (Figure 6) จากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า เมล็ดพะยูงมีการงันอยู่ที่เปลือกอยู่บ้างและการขัดผิวเมล็ดจะทำให้น้ำซึมผ่านได้ง่ายขึ้น เช่นเดียวกับการศึกษาเมล็ดชนิดเดียวกันนี้ของชนะ และ ชัยสิทธิ์ (2532) และเมล็ดพันธุ์ไม้ป่าเขตร้อนวงศ์ Leguminosae อีกหลายชนิด (Kobmoo *et al.*, 1990a) ขณะที่การศึกษาการใช้เทคนิคเร่งอายุเมล็ดกับเมล็ดพันธุ์ไม้ป่าหลายชนิดพบว่าเมื่ออบเมล็ดในระยะสั้นได้ทำให้เมล็ดมีความงอกมากขึ้น ซึ่งพบในเมล็ดไม้เลี่ยน (*Melia azedarach*) (Boonchaleo, 1986) *Quercus nigra* (Blanche *et al.*, 1990) *Picea sitchensis* (Chaisurisri *et al.*, 1993) *Picea glauca และ Pinus contorta* (Wang, 1998) เป็นต้น

Table 3. Mean total germination (%) and standard deviation of *D. cochinchinensis* from four seed sources as affected by various seed pretreatments

Treatment	Total germination (%)*			
	Saraburi	Surin	Mahasarakam	Sakonnakorn
	(ns)	(ns)	(ns)	(ns)
Control	90.5±6.61	84.0±5.89	78.0±2.83	89.0±2.00
Pre-imbibition (6 hrs.)	95.0±3.46	89.5±1.91	79.5±4.73	92.5±7.55
Pre-imbibition (12 hrs.)	92.0±2.31	83.5±4.43	79.5±7.19	91.5±8.06
Pre-imbibition (18 hrs.)	89.0±6.83	85.5±6.61	79.0±7.75	89.5±6.61
Pre-imbibition (24 hrs.)	92.5±3.79	80.0±2.83	81.5±3.00	89.5±6.61
Pre-imbibition (30 hrs.)	94.5±2.52	92.0±4.32	82.5±3.42	91.0±2.00
Pre-imbibition (36 hrs.)	94.0±4.32	83.5±5.97	81.0±8.87	91.0±2.58
Pre-imbibition (42 hrs.)	89.0±5.29	81.5±3.79	80.5±8.23	95.0±2.58
Pre-imbibition (48 hrs.)	95.5±5.26	84.0±3.65	80.5±6.19	92.5±5.00
Incubation (1 day)	92.5±1.91	87.0±4.16	76.0±9.09	87.0±5.29
Incubation (2 days)	94.0±3.65	83.5±7.72	72.5±3.00	88.0±1.63
Scarification	93.0±3.83	88.0±4.32	74.0±5.89	88.5±7.19

* Brackets indicated results of ANOVA among treatments of the same seed source: (ns): non significant.

จากการศึกษาอุณหภูมิที่มีต่อความสามารถในการงอก พบว่าทุกสภาพอุณหภูมิมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดในแต่ละแหล่งไม่แตกต่างกันในทางสถิติ อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบระหว่างแหล่งเมล็ด พบว่า เมล็ดจากแหล่งสระบุรี มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงสุดในทุกสภาพอุณหภูมิ (Table 5) ขณะที่การเพาะเมล็ดที่อุณหภูมิคงที่ 30°C และอุณหภูมิสลับ 30/25°C ให้อัตราการงอกดีกว่าการเพาะเมล็ดที่สภาพอุณหภูมิห้อง ซึ่งพบว่าอุณหภูมิห้องในขณะเริ่มงอกของเมล็ดเป็นช่วงฤดูหนาว อยู่ในช่วง 21-25°C ซึ่งค่อนข้างต่ำและไม่เหมาะสมต่อการงอกรากของเมล็ดพะยูง และเมล็ดไม้ในเขตร้อนอีกหลายชนิด (Liengsiri, 1987; Leadem *et al.*, 1995; Welgas-Briz, 1995) จึงมีผลให้เมล็ดพะยูงที่นำมาทดลองมีอัตราการงอกที่ค่อนข้างช้า เมื่อเปรียบเทียบกับการเพาะเมล็ดที่อุณหภูมิคงที่ 30°C และอุณหภูมิสลับ 30/25°C (Table 6) โดยเมล็ดจากแหล่งสระบุรีมีอัตราการงอกดีที่สุดที่อุณหภูมิคงที่ 30°C (1.9 วัน) และพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดพะยูงอยู่ที่ประมาณ 30°C อย่างไรก็ตามช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมจะแตกต่างกันไปในไม้แต่ละชนิด หรือชนิดเดียวกันแต่มีลักษณะพันธุกรรมที่ต่างกัน (Wareing, 1969) และความเก่าใหม่ของเมล็ด (Mayer and Poljakoff-Mayber,1982)

Table 4. Mean germination rate; R-50 (days) and standard deviation of *D. cochinchinensis* from four seed sources as affected by various seed pretreatments

Treatment	Germination rate (days) ✳			
	Saraburi	Surin	Mahasarakam	Sakonnakorn
	(**)	(**)	(**)	(**)
Control	$8.0^{a}\pm0.62$	$7.9^{cd}\pm0.41$	$5.3^{abc}\pm0.32$	$6.7^{c}\pm0.80$
Pre-imbibition (6 hrs.)	$8.3^{a}\pm0.72$	$8.8^{ab}\pm0.46$	$5.9^{a}\pm0.44$	$6.7^{c}\pm0.43$
Pre-imbibition (12 hrs.)	$8.0^{a}\pm0.25$	$8.1^{bcd}\pm0.14$	$5.8^{a}\pm0.67$	$7.7^{a}\pm0.16$
Pre-imbibition (18 hrs.)	$8.0^{a}\pm0.29$	$7.8^{d}\pm0.49$	$5.5^{ab}\pm0.53$	$6.9^{bc}\pm0.40$
Pre-imbibition (24 hrs.)	$8.6^{a}\pm0.47$	$8.9^{a}\pm0.61$	$5.5^{ab}\pm1.18$	$7.6^{ab}\pm0.28$
Pre-imbibition (30 hrs.)	$8.2^{a}\pm0.12$	$8.5^{abc}\pm0.51$	$6.0^{a}\pm0.21$	$6.9^{bc}\pm0.74$
Pre-imbibition (36 hrs.)	$8.3^{a}\pm0.12$	$8.5^{abc}\pm0.33$	$4.8^{bc}\pm1.00$	$7.6^{ab}\pm0.31$
Pre-imbibition (42 hrs.)	$7.1^{b}\pm0.64$	$7.9^{cd}\pm0.34$	$4.6^{bcd}\pm0.71$	$5.1^{e}\pm0.28$
Pre-imbibition (48 hrs.)	$7.0^{b}\pm0.62$	$7.5^{de}\pm0.44$	$4.4^{cd}\pm0.48$	$6.0^{d}\pm0.13$
Incubation (1 day)	$6.5^{b}\pm0.44$	$7.0^{e}\pm0.29$	$4.5^{bcd}\pm0.18$	$4.4^{f}\pm0.44$
Incubation (2 days)	$4.7^{c}\pm0.17$	$6.1^{f}\pm0.48$	$3.2^{e}\pm0.59$	$3.7^{fg}\pm0.42$
Scarification	$3.1^{d}\pm1.03$	$4.2^{g}\pm0.20$	$3.7^{de}\pm0.31$	$3.4^{g}\pm0.68$

✳ Brackets indicated results of ANOVA among treatments of the same seed source:

(**): significant difference at the 0.01 confidence level.

Means followed by the same letter within column were not significantly different at the 0.05 confidence level determined by Duncan's multiple range test.

Table 5. Mean total germination (%) and standard deviation of *D. cochinchinensis* from four seed sources under different temperature regimes

Temperature regimes		Total germination (%)			
		Saraburi	Surin	Mahasarakam	Sakonnakorn
		(ns) [1]	(ns)	(ns)	(ns)
Constant 30°C	<**> [2]	85.5^{a}±9.57	84.0^{a}±10.46	54.0^{b}±7.48	60.5^{b}±6.61
30°C/25°C	<**>	86.0^{a}±8.49	73.0^{ab}±6.00	54.5^{c}±13.50	68.0^{bc}±9.93
Ambient	<**>	90.0^{a}±3.65	78.5^{b}±1.00	58.0^{c}±5.66	61.5^{c}±7.72
Average		87.2±2.47	78.5±5.50	55.5±2.18	63.3±4.07

[1] ( ) indicated results of ANOVA among temperatures of the same seed source:
(ns): non significant.

[2] < > indicated results of ANOVA among seed sources at each temperature :
<**>: significant difference at the 0.01 confidence level.

Means followed by the same letter within row were not significantly different at the 0.05 confidence level determined by Duncan's multiple range test.

Table 6. Mean germination rate; R-50 (days) and standard deviation of *D. cochinchinensis* from four seed sources under different temperature regimes

Temperature regimes	Germination rate (days) ✳			
	Saraburi	Surin	Mahasarakam	Sakonnakorn
	(**)	(**)	(**)	(**)
Constant 30°C	1.9^{b}±0.21	3.4^{b}±0.18	3.7^{b}±0.16	3.0^{a}±0.26
30°C/25°C	2.8^{a}±0.31	3.6^{b}±0.17	3.7^{b}±0.19	2.3^{b}±0.28
Ambient	3.2^{a}±0.34	4.6^{a}±0.12	4.3^{a}±0.29	3.4^{a}±0.13
Average	2.6±0.67	3.9±0.64	3.9±0.35	2.9±0.56

✳ Brackets indicated results of ANOVA among temperatures of the same seed source:
(**): significant difference at the 0.01 confidence level.

Means followed by the same letter within column were not significantly different at the 0.05 confidence level determined by Duncan's multiple range test.

Delouche and Baskins (1973) ได้อธิบายขั้นตอนการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดไม้ออกเป็น 14 ขั้นตอน และความผิดปกติของต้นกล้าจัดเป็นขั้นตอนสุดท้ายก่อนที่เมล็ดตาย เมื่อเปรียบเทียบผลจากการเก็บรักษาเมล็ดในขวดแก้วปิดสนิทที่สภาพห้องปกติเป็นระยะเวลา 5 เดือน พบว่า เมล็ดพะยูงที่เก็บมาจากแหล่งมหาสารคาม และสกลนคร มีอัตราการเสื่อมคุณภาพเร็วกว่าเมล็ดจากแหล่งสระบุรี และสุรินทร์ โดยมีความสามารถในการงอกลดลง และมีจำนวนกล้าผิดปกติเพิ่มมากขึ้น (Figure 6) ซึ่งแสดงถึงการเสื่อมคุณภาพที่เพิ่มมากขึ้นของเมล็ดพะยูงที่เก็บมาจากแหล่งมหาสารคาม และสกลนคร

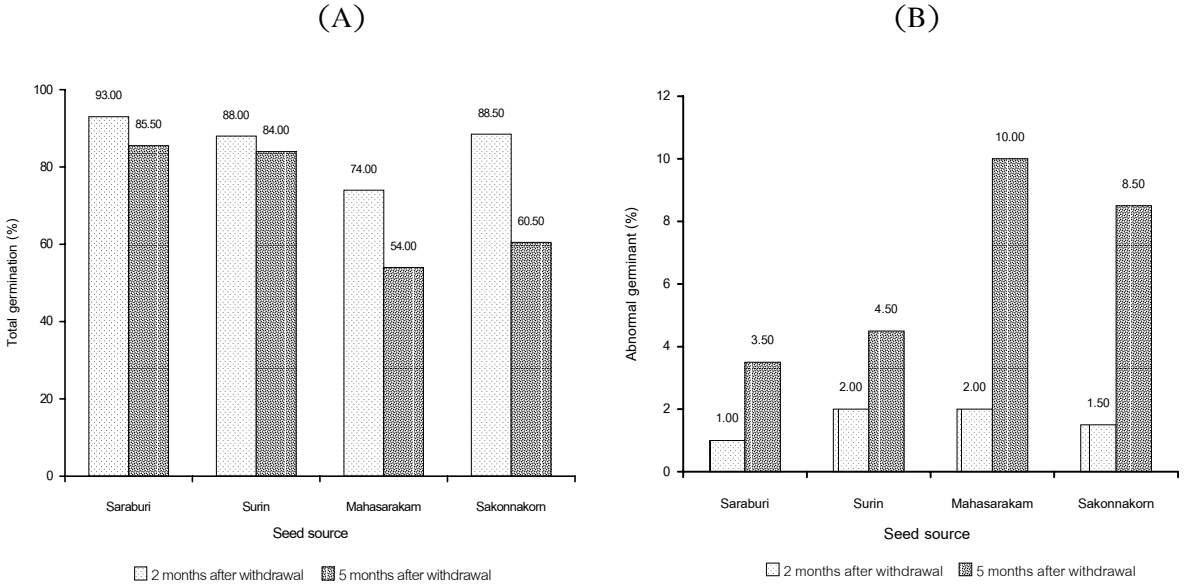


Figure 6. Comparisons of total germination percentage (A) and abnormal germinant percentage (B) of *D. cochinchinensis* from four seed sources under the same treatment and temperature conditions after 2 months and 5 months in ambient storage.

จากผลการศึกษานี้สามารถกล่าวได้ว่าเมล็ดจากแหล่งมหาสารคามมีความแข็งแรงต่ำสุด ซึ่งสอดคล้องกับผลจากการศึกษารูปแบบการดูดน้ำของเมล็ด (Figure 4 และ 5) และเช่นเดียวกับผลการศึกษาการปฏิบัติต่อเมล็ดก่อนเพาะโดยวิธีต่าง ๆที่มีต่อความสามารถในการงอก (Table 3 และ 4) ในการศึกษาขนาดเมล็ดที่มีต่อคุณภาพของเมล็ดในไม้ป่าอีกหลายชนิด พบว่าเมล็ดที่มีขนาดใหญ่สามารถงอกได้เร็วกว่าได้ต้นกล้าที่มีขนาดใหญ่กว่า และมีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงกว่าเมล็ดที่มีขนาดเล็ก (Basada, 1979; Dunlap and Barnett, 1984; Hussain and Ilahi, 1991) ซึ่งจากการตรวจสอบน้ำหนัก 1000 เมล็ด ของเมล็ดทั้ง 4 แหล่ง พบว่า เมล็ดจากแหล่งสระบุรี (25.09 กรัม) และเมล็ดจากแหล่งสุรินทร์ (24.66 กรัม) มีน้ำหนัก 1,000 เมล็ดหนักกว่า เมล็ดจากแหล่งมหาสารคาม (23.36 กรัม) และแหล่งสกลนคร (22.98 กรัม) เช่นกัน

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาทั้งหมดนี้ชี้ให้เห็นว่าเมล็ดพะยูงที่เก็บมาจากแหล่งต่าง ๆ ได้แสดงออกถึงลักษณะทางกายภาพและสรีรวิทยาที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นผลมาจากลักษณะทางพันธุกรรมในแต่ละท้องที่ที่ไม่เหมือนกัน และปัจจัยแวดล้อมระหว่างการพัฒนาของเมล็ดในแต่ละท้องที่ที่แตกต่างกัน รวมทั้งผลกระทบจากสภาพแวดล้อมในระหว่างรอการเก็บเกี่ยว เป็นต้น (Ching, 1972 และ จวงจันทร์, 2523) พบว่าเมล็ดพะยูงที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดสีน้ำตาลอ่อนมีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงกว่าสีน้ำตาลแก่ และการใช้วิธีเอกซเรย์สามารถนำมาใช้ประเมินความมีชีวิตของเมล็ดพะยูงแบบเร่งด่วนได้อย่างมีประสิทธิภาพหากสามารถค้นหามาตรฐานสำหรับกำหนดลักษณะการพัฒนาทางกายภาพของเมล็ดพะยูงใน class II ได้ถูกต้อง การปฏิบัติต่อเมล็ดก่อนเพาะโดยการขัดเมล็ดกับกระดาษทราย และการเร่งอายุเมล็ดที่อุณหภูมิ 40°C ในสภาพความชื้นสัมพัทธ์ 100% เป็นเวลา 2 วัน มีผลให้เมล็ดจากทุกแหล่งมีอัตราการงอกดีที่สุด และอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดพะยูงอยู่ที่ประมาณ 30°C เช่นเดียวกับไม้เขตร้อนชนิดอื่น ๆ โดยทั่วไป และพบว่าหลังจากเก็บรักษาเมล็ดพะยูงในสภาพอุณหภูมิห้องเพียง 5 เดือนเท่านั้น เมล็ดพะยูงจะเริ่มเสื่อมคุณภาพอย่างเห็นได้ชัดโดยมีความสามารถในการงอกลดลงและมีจำนวนกล้าผิดปกติเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจึงไม่ควรเก็บรักษาเมล็ดพะยูงในสภาพอุณหภูมิห้องนานกว่า 2 เดือน ในการดำเนินงานด้านการจัดหาเมล็ดพันธุ์ไม้ป่าโดยทั่วไปจึงควรพิถีพิถันในขั้นตอนการเก็บเกี่ยว การปฏิบัติดูแล และการเก็บรักษาเมล็ด จะทำให้เมล็ดเหล่านั้นมีอัตราการเสื่อมคุณภาพช้าลงได้ นอกจากนี้ควรจะต้องมีการหามาตรฐานของวิธีการประเมินคุณภาพเมล็ด และขั้นตอนการปฏิบัติที่เหมาะสมกับเมล็ดไม้แต่ละชนิด เพื่อให้เมล็ดไม้ที่เก็บมามีคุณภาพสูงสุดทั้งทางด้านพันธุกรรม กายภาพ และสรีรวิทยา สำหรับใช้ในการผลิตกล้าไม้ที่มีคุณภาพดีสำหรับใช้ในโครงการปลูกสร้างสวนป่าของประเทศไทยต่อไป

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผศ.ดร.ลดาวัลย์ พวงจิตร, ดร.บัณฑิต โพธิ์น้อย และอาจารย์ Ben Wang ที่ให้คำแนะนำในการวิจัย และเจ้าหน้าที่ศูนย์จัดการเมล็ดพันธุ์ไม้ป่าภาคกลาง จังหวัดสระบุรี ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในการทดลอง และขอขอบคุณ คุณสุอุมาลย์ เลท นักวิชาการป่าไม้ 5 ศูนย์จัดการเมล็ดพันธุ์ไม้ป่าภาคกลาง จังหวัดสระบุรี ที่ให้ความช่วยเหลืออุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับใช้ในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2523. สรีรวิทยาของเมล็ด. เอกสารประกอบการสอนวิชาพืชไร่ 581. ภาควิชาพืชไร่นา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 321 น.

ชนะ ผิวเหลือง และ ชัยสิทธิ์ เลี้ยงศิริ. 2532. การปฏิบัติต่อเมล็ดพยุงก่อนเพาะ, น. 183-192. *ใน* การประชุมการป่าไม้ ประจำปี 2532 สาขาวนวัฒนวิทยา (1). ณ กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ.

ชัยสิทธิ์ เลี้ยงศิริ, ประเสริฐ ติยานนท์, อาภรณ์ สืบค้า และ สันติ กิตติบรรพชา. 2536. ไม้พะยูง, น. 125-130. *ใน* การปลูกไม้ป่า. ส่วนป่าชุมชน สำนักส่งเสริมการปลูกป่า กรมป่าไม้.

เต็ม สมิตินันทน์. 2523. ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย (ชื่อพฤกษศาสตร์-ชื่อพื้นเมือง). กรมป่าไม้. 379 น.

ปทุม บุญนะฤธี, วิโรจน์ รัตนพรเจริญ และ พิศาล วสุวานิช. 2542. อิทธิพลของสีเปลือกหุ้มเมล็ดและอุณหภูมิต่อการงอกของเมล็ดไม้พะยูง. วารสารวิชาการป่าไม้. 1(2): 131-146.

ฝ่ายพฤกษศาสตร์ป่าไม้. 2526. ไม้ที่มีค่าทางเศรษฐกิจของไทย ตอนที่ 3. กองบำรุง, กรมป่าไม้. 258 น.

Basada, R.M. 1979. Effect of seed size on germination, seedling survival and height growth of White lauan (*Shorea contorta* Vidal). Sylvatrop 4: 77-80.

Blanche, C.A., W.W. Elam and J.D. Hodges. 1990. Accelerated aging of *Quercus nigra* seed: biochemical changes and applicability as a vigor test. Can. J. Forest Res. 20: 1611-1615.

Boonchaleo, H. 1986. Effect of accelerated aging and osmoconditioning on germination of *Melia azedarach* Linn. seeds. M.S. thesis, Kasetsart Univ., Bangkok.

Chaichanasuwat, O., B.S.P. Wang and P. Wasuwanich. 1990. Evaluating seed quality of *Peltophorum pterocarpum* by X-radiography and germination, pp. 68-71. *In* J. Turnbull (ed.). Tropical Tree Seed Research. ACIAR Proc. 28, Canberra.

Chaisurisri, K., D.G.W. Edwards and Y.A. El-Kassaby. 1993. Accelerated aging of Sitka spruce seeds. Silvae Genetica. 42: 303-308.

Ching, T.M. 1972. Metabolism of germinating seeds, pp. 103-208. *In* T.T. Kozlowski (ed.). Seed Biology II. Academic Press, New York.

Delouche, J.C. and C.C. Baskin. 1973. Accelerated aging technique for predicting the relative storability of seed lots. Seed Sci. and Technol. 1: 427-452.

Duncan, D.B. 1965. A baynesian approach to multiple comparisons. Technometrics 7: 171-222.

Dunlap, J.R. and J.P. Barnett. 1984. Influence of seed size on germination and early development of Loblolly pine (*Pinus taeda* L.) germinants. Can. J. of Forest Res. 13: 40-44.

Etejere, E.O., M.O. Fawole and A. Sani. 1982. Studies on the seed germination of *Parkia clapertoniana* (*P. clappertoniana*). Turrialba 32: 181-185.

Hussain, F. and I. Ilahi. 1991. Germination improvement in *Prosopis glandulosa* Torr. seed. Pakistan J. of Forestry 41: 69-73.

ISTA. 1996. International Rules for Seed Testing, 1996. Seed Sci. and Technol. 24, Supplement, Rules,1996, Zurich. 335 p.

Kobmoo, B., O. Chaichanasuwat and P. Pukittayacamee. 1990a. A preliminary study on pretreatment of seed of leguminous species. The Embryon 3: 6-10.

———————————————————. 1990b. Preliminary studies of x-radiography for seed quality testing of *Acacia auriculiformis* A. Cunn. ex Beth. seeds. The Embryon 3: 20-28.

Leadem, C.L., J. Bhodthipuks and J.M. Clark. 1995. Effects of stratification and temperature on the germination of *Dalbergia cochinchinensis*, *Pinus kesiya* and *Pinus merkusii*. J. of Trop. Forest Sci. 7: 355-370.

Liengsiri, C. 1987. Effects of temperature on seed germination in *Pterocarpus macrocarpus*. M.S. thesis, Univ. of Alberta, Edmonton, Alberta.

Liengsiri, C., C. Piewluang, P. Wasuwanich and P. Pukittayacamee. 1990. X-radiographic determination of seed germinability and early seedling survival in *Pterocarpus macrocarpus* Kurz. The Embryon 3: 1-5.

Mahdi, A. 1986. The biology of *Santalum album* seed with special emphasis on its germination characteristics. BIOTROP Tech. Bull. 1: 1-9.

Mayer, A.M. and A. Poljakoff-Mayber. 1982. The Germination of Seeds. Pergamon Press Ltd., Oxford. 211 p.

Pukittayacamee, P. 1991. Exercises and demonstrations in seed germination testing, pp. 57-67. *In* Standard Germination Tests. Training Course Proc. No. 2. ASEAN-Canada Forest Tree Seed Centre Project. Muak-Lek, Saraburi.

Saelim, S., P. Pukittayacamee, J. Bhodthipuks and B.S.P. Wang. 1996. X-radiography testing for viability of tropical forest tree seed, pp. 17-31. *In* J. Bhodthipuks, P. Pukittayacamee, S. Saelim, B.S.P. Wang and S.L. Yu (eds.). Rapid Viability Testing of Tropical Tree Seed. Training Course Proc. No. 4. ASEAN Forest Tree Seed Centre Project. Muak-Lek, Saraburi.

Soonhuae, P. 1993. Estimation of genetic variation in Thailand Rosewood (*Dalbergia cochinchinensis* Pierre). Ph.D. thesis, Univ. of British Columbia, Vancouver, British Columbia.

Srimathi, P., R.S.V. Rai and C. Surendran. 1991. Studies on the effect of seed coat colour and seed size on seed germination in *Acacia mellifera* (Vahl) Benth. Indian J. of Forestry 14(1): 1-4.

Wang, B.S.P. 1998. Personal communication. Petawawa National Forestry Institute, Chalk River, Ontario.

Wang, B.S.P. and F. Ackerman. 1983. A New Germination Box for Tree Seed Testing. Information Rep. PI-X-27. Petawawa National Forestry Institute, Chalk River, Ontario. 15 p.

Wareing, P.F. 1969. Germination and dormancy, pp. 605-640. *In* M.B. Wilkins (ed.). Physiology of Plant Growth and Development. McGraw-Hill Publ. Co. Ltd., London.

Welgas-Briz, M.P. 1995. Effects of different seed treatments, temperature, and light on germination, and light intensity on initial growth of seedlings of *Acacia auriculiformis* A. Cunn. Ex. Benth. M.S. thesis, Univ. of New Brunswick, Fredericton, New Brunswick.