

นิพนธ์ต้นฉบับ

ลักษณะทางกายวิภาคของใบยูคาลิปตัสสายพันธุ์ที่ต้านทานแตนสร้างปม

Leaf Anatomical Characteristics of the Eucalyptus Clones Tolerating to Gall Wasp (*Leptocybe invasa* Fisher & LaSalle)

วันวิสา ภูไชยศรี*

สมคิด สิริพัฒนาดิลก

สุธีร์ ดวงใจ

Wanwisa Bhuchaisri*

Somkid Siripatanadilok

Sutee Duangjai

คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: miracle-ann@hotmail.com

รับต้นฉบับ 3 พฤษภาคม 2556

รับลงพิมพ์ 29 พฤษภาคม 2556

ABSTRACT

Leptocybe invasa, a gall wasp, is a devastating of *Eucalyptus* plantation in Thailand and other countries. The study was to determine the *Eucalyptus* tolerant and susceptible to gall wasp. Six *Eucalyptus* clones were selected, H4 and T5 were tolerant clones while K7, K25, K51 and CT76 were gall wasp susceptible clones. Rooted cutting material of H4 and CT76 were from Siam Forestry company, SCG, The other from stump coppices of the mature trees standing at the Faculty of Forestry, Kasetsart University. Leaf samples of 1-2 weeks old were collected and preserved in 3% glutaraldehyde in water. Thin sections of petiole, leaf laminar and mid-rib were obtained by free hand cutting with razor blades. The sections were further stained with safranin O and investigating under a compound microscope

Anatomical structure of laminar was similar for six studied clones of which epidermis was one layer, mesophyll was bifacial type with two layers palisade parenchyma at both side. The gall wasp did not damage the leaf laminar. The anatomical structure of petiole and mid-rib were similar of which composed epidermis, ground tissue and vascular tissue. The epidermis was similar for both petiole and mid- rib and for all clones while epidermal height varied from 12.625 µm Ground tissues of both petiole and mid-rib differed between adaxial and abaxial. Angular collenchyma 3-7 layers were found at the adaxial ground tissue of both petiole ground tissues differed between the gall wasp tolerant and susceptible clones, the susceptible clones consist of only thin wall parenchyma while the tolerant clones, H4 and T5, consist of 7-12 layers of angular collenchyma and few layers of parenchyma .Vascular bundle was at the middle between ground tissues. Xylem was flanked by phloem called bicollateral bundle.

Width of ground tissues and cell size in ground tissues of both petiole and mid-rib and of all clones did not correlate to gall wasp tolerance. Double wall thickness was thin, 2.263- 3.493 μm for the susceptible clones while was very thick, 7.60 μm and 6.27 μm for the tolerant clones of H4 and T5, respectively. Therefore, the present of collenchyma and increasing wall thickness in ground tissue exhibited gall wasp tolerance in the tolerant clones.

Keywords: *Eucalyptus*, Gall Wasp, *Leptoclybe invasa*, Leaf anatomy

บทคัดย่อ

การปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสประสบกับปัญหาที่เกิดจากแมลงที่ทำให้เกิดปม ช่อ แตนสร้างปมหรือ แตนฝอยปม (*Leptoclybe invasa*) ซึ่งระบาดอย่างหนักในประเทศไทยสร้างความเสียหายทางด้านเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก จากปัญหานี้จึงได้ทำการศึกษายูคาลิปตัสสายต้นที่ทนและไม่ทนต่อแตนสร้างปม โดยเลือกศึกษาท่อนพันธุ์จากการขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของยูคาลิปตัสสายต้นที่มีการปลูกในเชิงพาณิชย์จำนวน 6 สายต้น คือ H4, K7, K25, K51, T5 และ CT76 ซึ่งได้มาจากบริษัทสยามฟอเรสทรีจำกัด และจากหน่อจากการกานที่โคนต้นแม่ไม้ภายในคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สายต้น H4 และ T5 มีความต้านทานแตนสร้างปม สายต้นที่เหลืออ่อนแอ โดยเก็บใบอ่อนอายุไม่เกิน 2 สัปดาห์นำไปแช่ในกลูตารัลดีไฮด์ 3% ในน้ำและนำมาตัดตามขวางด้วยมือ ใช้ใบมีดโกนตัดชิ้นส่วนที่ก้านใบและเส้นกลางใบบริเวณกึ่งกลางใบ ย้อมสีชิ้นบางด้วย safranin O นำไปศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ซึ่งแบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ส่วน คือ แผ่นใบ ก้านใบ และเส้นกลางใบ

ลักษณะทางกายวิภาคของแผ่นใบยูคาลิปตัสทั้ง 6 สายต้นคล้ายกันคือมีชั้นเนื้อเยื่อผิว ชั้นเดียวอยู่ด้านบนนอกได้พาลีเซลล์เรียง 2 ชั้นหนาใกล้เคียงกันอยู่ใต้ชั้นผิวทั้งด้านบนและด้านล่าง ระหว่างพาลีเซลล์เป็นชั้นพารากิมาเรียงอัดแน่นไม่มีช่องว่าง เส้นใบย่อยขนาดเล็กมีพารากิมาหุ้ม 1 ชั้น มีพารากิมาเชื่อมต่อออกมาติดผิวใบด้านล่าง แตนสร้างปมไม่ทำลายแผ่นใบและเส้นใบย่อย ส่วนก้านใบและเส้นกลางใบทำการศึกษาลักษณะเดียวกันคือแบ่งเป็นเนื้อเยื่อด้านบนและเนื้อเยื่อด้านล่าง ทั้งก้านใบและเส้นกลางใบมีเนื้อเยื่อผิวในแต่ละสายต้นลักษณะรูปร่างคล้ายกันแต่ความสูงมีความแตกต่างกันทางสถิติมีความสูงระหว่าง 12.625–14.563 ไมครอน ความหนาของชั้นผิวไม่สัมพันธ์กับความทนและไม่ทนแตนสร้างปม เนื้อเยื่อพื้นด้านบนของก้านใบและเส้นกลางใบมีลักษณะทางกายวิภาคทั่วไปคล้ายกันทุกสายต้นเนื้อเยื่อพื้นด้านบนประกอบด้วยคอลเลงคิมา และพารากิมา คอลเลงคิมาเป็นแบบหนาที่มุม (angular collenchyma) 3-7 ชั้น ปรากฏได้ชั้นผิวจำนวนชั้นแปรผันในแต่ละสายต้นและแต่ละตัวอย่างเนื้อเยื่อพื้นด้านล่างของทั้งก้านใบและเส้นกลางใบมีส่วนประกอบคล้ายกัน ในสายต้นที่อ่อนแอต่อแตนสร้างปมประกอบด้วยพารากิมาล้วนๆ ต่างจากสายต้นที่ทนคือ H4 และ T5 ประกอบด้วยคอลเลงคิมาและพารากิมาโดยมีคอลเลงคิมา 7-12 ชั้น มัดท่อลำเลียงขนาดใหญ่อยู่ตรงกลางพื้นที่หน้าตัดและอยู่ระหว่างเนื้อเยื่อพื้นด้านบนและด้านล่าง ท่อลำเลียงมีขนาดใหญ่มีเนื้อเยื่อห่ออาหารอยู่ด้านบนและด้านล่างของท่อนำเป็นมัดท่อลำเลียงแบบ bicollateral bundle

ความกว้างของเนื้อเยื่อพื้นทั้งด้านบนและด้านล่างขนาดของก้านใบและเส้นกลางใบมีความผันแปรไปตามสายต้น และไม่สัมพันธ์กับความทนและไม่ทนต่อแตนสร้างปม ความหนาของผนังเซลล์ที่ติดกัน (double wall thickness) หนามากในสายต้น H4 และ T5 ซึ่งเป็นสายต้นที่ทน เท่ากับ 7.60 ไมครอน และ 6.27 ไมครอน ตามลำดับ ในสายต้นที่ไม่ทนผนังเซลล์บางกว่ามากความหนาอยู่ระหว่าง 2.263-3.493 ไมครอน เป็นที่ชัดเจนว่าการมีคอลเลงคิมาเป็นส่วนประกอบของเนื้อเยื่อและผนังเซลล์ที่ติดกันของเซลล์หนาเป็นลักษณะที่บ่งบอกถึงความทนแตนสร้างปม

คำสำคัญ: ยูคาลิปตัส แตนฝอยปม แตนสร้างปม กายวิภาคของใบยูคาลิปตัส

คำนำ

ปัจจุบันปัญหาที่สำคัญประการหนึ่งของการปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสในประเทศไทย คือ การระบาดของแมลงที่ทำให้เกิดปมกับส่วนต่างๆ ของต้นยูคาลิปตัส ปัญหาดังกล่าวสร้างความเสียหายเป็นอย่างมากกับการปลูกป่ายูคาลิปตัสในเชิงธุรกิจและเชิงอุตสาหกรรม โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีการปลูกโดยใช้สายพันธุ์ที่พัฒนาขึ้นมา ก่อนมีการระบาดของแมลงดังกล่าว เช่น สายต้น CT76 สายต้น K7 สายต้น K25 และ สายต้น K51 นอกจากประเทศไทยแล้วปัญหาดังกล่าวยังมีการรายงานในพื้นที่อื่นๆ ที่ปลูกยูคาลิปตัส เช่น แอฟริกา เมดิเตอร์เรเนียน ตะวันออกกลาง อินเดีย เวียดนาม และจีน (Mendel *et al.*, 2004; Pham *et al.*, 2009; Dittrich-Schroeder *et al.*, 2012; Zhu *et al.*, 2012) จากการศึกษาและค้นหาสาเหตุที่ทำให้เกิดปม พบว่าเกิดจากแมลงที่ชื่อว่า แตนฝอยปม (*Leptocybe invasa* Fisher & La Shall) (Mendel *et al.*, 2004) เนื่องจากแตนชนิดดังกล่าวสร้างปมในต้นยูคาลิปตัส ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จะใช้ชื่อเรียกว่า แตนสร้างปม แตนฝอยปม

แตนสร้างปม (*Leptocybe invasa* Fisher & La Shall) เป็นแมลงในอันดับ Hymenoptera วงศ์ Eulophidae (Mendel *et al.*, 2004) ลักษณะการเข้าทำลาย แตนสร้างปมตัวเมียจะวางไข่เข้าไปยังชั้นเซลล์ผิว (epidermis) โดยผ่านทางอวัยวะวางไข่ (ovipositor) ก่อให้เกิดปมขึ้นตามส่วนอ่อนของพืช โดยตัวอ่อนแมลงจะเจาะรูเข้าไปภายในเนื้อเยื่อ และเจาะเข้าไปจนกว่าจะเจอแหล่งอาหารที่เหมาะสมแล้วทำการฝังตัวอ่อนไว้ภายในเพื่อให้ตัวอ่อนได้พัฒนาต่อไป (Mendel *et al.*, 2004; Muller, 2006) แมลงจะเลือกแหล่งอาหารที่สมบูรณ์มีคุณค่าทางโภชนาการสูงต่อตัวอ่อน ภายในเนื้อเยื่อที่แมลงเลือก มักมีความเข้มข้นของแป้ง น้ำตาล ลิพิดและโปรตีนสูง เช่น ภายในมัดท่อลำเลียง (vascular bundle) จนถึงขั้นตัวเต็มวัย ซึ่ง Mendel *et al.*, 2004 ได้แบ่งระยะของการพัฒนาของปมที่อยู่บนต้นยูคาลิปตัสออกเป็น 5 ระยะ

คือระยะแรกเป็นระยะวางไข่ 1-2 สัปดาห์ ระยะที่สองคือระยะการพัฒนาลมไปจนถึงขนาดโตเต็มที่ ระยะที่สาม สีของปมเปลี่ยนเป็นสีชมพู ระยะที่สี่ปมเปลี่ยนจากสีชมพูกลายเป็นสีแดงคล้ำและมีความมันวาว และระยะที่ห้าปรากฏเห็นรูเกิดขึ้นที่ผิวของปม แสดงให้เห็นว่าเมื่อตัวอ่อนกลายเป็นตัวเต็มวัย ได้เจาะรูเพื่อบินออกไปผสมพันธุ์และวางไข่ต่อไป (EPP0, 2007) แตนฝอยปมสร้างความเสียหายโดยตรง ตั้งแต่ทำให้เกิดปมในต้นกล้า (Nyeko *et al.*, 2009; Pham *et al.*, 2009) จนกระทั่งทำให้ต้นกล้าที่ปลูกใหม่แตกเป็นพุ่ม (คณัญญา, 2549; Pham *et al.*, 2009) ขนาดใบที่พบรอยแผลจากการวางไข่มีความยาวประมาณ 0.5-5 เซนติเมตร ส่วนที่พบว่าการเข้าทำลายมากที่สุดได้แก่ ก้านใบ เส้นกลางใบและลำต้นอ่อน

จากการศึกษาในพื้นที่ต่างๆ พบว่ายูคาลิปตัสแต่ละชนิด หรือแต่ละสายต้น มีความทนทานต่อการเข้าทำลายของแตนสร้างปมที่แตกต่างกัน (Mendel *et al.*, 2004; Nyeko *et al.*, 2010; Pham *et al.*, 2009; Dittrich-Schroeder *et al.*, 2012) สำหรับยูคาลิปตัสที่ปลูกในเชิงพาณิชย์ของประเทศไทยพบว่า มีระดับความรุนแรงของการเข้าทำลายของแตนสร้างปมที่แตกต่างกันเช่นกัน จากการสังเกตของผู้วิจัย พบว่า สายต้น H4 และ T5 เป็นสายต้นที่ทนต่อการทำลายของแตนสร้างปม ส่วนสายต้น CT76 สายต้น K7 สายต้น K25 และสายต้น K51 ไม่ต้านทานต่อการทำลายจากแตนสร้างปม ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งสมมุติฐานว่าลักษณะทางกายวิภาคของใบอ่อนและก้านใบ อาจมีผลต่อความทนทานต่อการเข้าทำลายของแตนสร้างปมของยูคาลิปตัส ทั้งนี้ยูคาลิปตัสสายต้นที่ทนและไม่ทนอาจมีความแตกต่างกันของลักษณะทางกายวิภาคของก้านใบ และส่วนของใบบริเวณเส้นกลางใบ

ใบพืชประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชนิด คือ เนื้อเยื่อชั้นผิว (epidermis) เนื้อเยื่อพื้นฐาน (ground tissue) และเนื้อเยื่อลำเลียง (vascular tissue) ลักษณะของเนื้อเยื่อ

ชั้นผิวของใบจะประกอบด้วยเซลล์ชั้นผิว (epidermal cell) เรียงตัวชิดติดกัน ที่ผิวด้านนอกมีผิวเคลือบคิวทิน (cuticle) เคลือบอยู่ ส่วนใหญ่มีเพียงชั้นเดียว ยกเว้นพืชบางชนิดเท่านั้นที่มีหลายชั้น (multiple epidermis) เซลล์ชั้นผิวบางเซลล์จะมีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงไปเป็นปากใบ (stomata) หรือ ขน (trichome) ถัดจากเนื้อเยื่อชั้นผิวเข้าไปข้างในเป็นเนื้อเยื่อพื้นฐาน มีชื่อเรียกเฉพาะว่าเนื้อเยื่อมีโซฟิลล์ (mesophyll) ประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมาที่มีชีวิต ทั้งนี้สามารถแบ่งเซลล์พาเรงคิมาในเนื้อเยื่อมีโซฟิลล์ออกเป็น 2 กลุ่มตามลักษณะของเซลล์คือพาลิเซดพาเรงคิมา (palisade parenchyma) และสpongiformพาเรงคิมา (spongy parenchyma) พาลิเซดพาเรงคิมา มีรูปร่างยาว เรียงตัวอยู่ติดกันค่อนข้างหนาแน่น มักอยู่ด้านบนของแผ่นใบ (adaxial) ส่วน สpongiformพาเรงคิมา มีรูปร่างเป็นก้อนไม่แน่นอน มีการเรียงตัวค่อนข้างห่างทำให้มีช่องว่างขนาดใหญ่ และจะอยู่ทางด้านล่างของแผ่นใบ (abaxial) ใบพืชที่มีพาลิเซดพาเรงคิมาอยู่ด้านบนและสpongiformพาเรงคิมาอยู่ด้านล่างของแผ่นใบเรียกว่า bifacial หรือ dorsiventral ส่วนใบพืชที่มีพาลิเซดพาเรงคิมาทั้งสองด้านและมีสpongiformพาเรงคิมาอยู่ตรงกลางเรียกว่า unifacial หรือ isobilateral (สมคิด, 2529; เทียมใจ, 2539; Esau, 1953; Diane *et al.*, 2003) มีโซฟิลล์ของใบเป็นพาเรงคิมาเป็นเซลล์ที่มีชีวิตซึ่งยังมีชีวิตอยู่เมื่อเจริญเต็มที่ (Foster, 1949) ภายในเซลล์ของพาเรงคิมาอาจจะมีผลึกที่เกิดจากแคลเซียมออกซาเลต (calcium oxalate crystals) ที่หลากหลายอยู่ภายใน เช่น crystals druse (Diane *et al.*, 2003) เนื้อเยื่อลำเลียงของใบ ประกอบด้วยโฟลเอ็ม (phloem) ซึ่งมีเซลล์ลำเลียงอาหารและเซลล์ประกบ และไซเล็ม (xylem) ที่มีเวสเซล พืชบางชนิดจะมีเซลล์พิเศษล้อมรอบท่อลำเลียงซึ่งเรียกว่า bundle sheath ซึ่งอาจเป็นพาเรงคิมาหรือสเกลอเรนคิมา (สมคิด, 2529; เทียมใจ, 2539; Esau, 1953)

ส่วนก้านใบ (petiole) และเส้นกลางใบ (midrib) ก้าน ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชนิดคือ เนื้อเยื่อชั้นผิว เนื้อเยื่อ

พื้นฐาน และเนื้อเยื่อลำเลียงเช่นเดียวกันกับแผ่นใบ แต่เนื้อเยื่อพื้นฐานของก้านใบ จะเป็นเซลล์พาเรงคิมาและคอลเลงคิมา (collenchyma) ลักษณะของคอลเลงคิมาคือเซลล์ที่มีผนังหนาไม่เท่ากันภายในเซลล์เดียวกันและจะเกิดขึ้นได้ใกล้ชั้นเซลล์ผิวเท่านั้น โดยทั่วไปไม่มีช่องว่างระหว่างเซลล์ (intercellular space) (สมคิด, 2529; เทียมใจ, 2539; Esau, 1953) พิจารณาจากลักษณะความหนาของผนังเซลล์สามารถแยกคอลเลงคิมาออกเป็น 4 ชนิด คือ ผนังหนาเฉพาะที่มุม (angular parenchyma) ผนังหนาเฉพาะผนังด้านสัมผัส (lamella collenchymas) ผนังหนารอบหน้าเซลล์ (annular collenchyma) และผนังหนาแบบใดแบบหนึ่ง แต่มีช่องว่างระหว่างเซลล์ (lacunar collenchyma) (Esau, 1953) คอลเลงคิมาที่พบบ่อยและพบทั่วไปคือแบบที่หนาที่มุม

สำหรับการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบลักษณะกายวิภาคของก้านใบ แผ่นใบ และใบบริเวณเส้นกลางใบของยูคาลิปตัสสายต้นที่ปลูกในเชิงพาณิชย์จำนวน 6 สายต้น ซึ่งมีระดับความทนทานต่อการเข้าทำลายจากแตนสร้างปมที่แตกต่างกัน โดยข้อมูลดังกล่าวจะเป็นประโยชน์ต่อการใช้บังคับหรือตรวจสอบสายต้นที่มีแนวโน้มด้านทนทานการเข้าทำลายของแตนสร้างปมในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บใบยูคาลิปตัสจากสายต้นที่มีการปลูกในเชิงพาณิชย์ จำนวน 6 สายต้น ได้แก่สายต้น CT76 และ H4 ได้รับการอนุเคราะห์กล้าจากบริษัทสยามฟอเรสทรี จำกัด และสายต้น K7, K25, K51 และ T5 ซึ่งได้จากหน่อที่เกิดจากการกานที่ได้จากโคนต้นของต้นใหญ่ที่ปลูกในบริเวณคณะวนศาสตร์ สายต้น H4 และ T5 เป็นสายต้นที่ทนต่อการทำลายของแตนสร้างปมสายต้นที่เหลือมีการถูกทำลายจากแตนสร้างปมรุนแรง ใบที่เก็บต้องมีอายุ 1-2 สัปดาห์ ขนาดความกว้างของใบ 1-3 มิลลิเมตร (Figure 1) เก็บสายต้นละ 10 ใบ จากนั้นนำ

ใบยูคาลิปตัสไปผ่าและคงสภาพตัวอย่างโดยใช้กลูตาไรลดีไฮด์ (glutaraldehyde 3% ในน้ำ) แล้วนำไปผ่านกระบวนการตัดเพื่อให้ได้ชิ้นบาง โดยวิธีตัดด้วยมือ ข้อมสีชิ้นบางด้วย safranin O (สมคิด, 2526) ซึ่งจะติดสีแดง จากนั้นหยดกลีเซอรอล (glycerol 50% ในน้ำ) ลงบนชิ้นบาง นำแผ่นปิดสไลด์มาปิดทับ แล้วทาน้ำยาทาเล็บชนิดใสทับลงไปรอบแผ่นปิดสไลด์เพื่อให้ได้สไลด์กึ่งถาวร

ทำการศึกษาทางกายวิภาคของใบซึ่งประกอบด้วย ก้านใบ (petiole) แผ่นใบและเส้นกลางใบ (mid-rib) ทั้งนี้เนื่องจากแผนผังของใบจะหลากหลายกึ่งอ่อน ก้านใบและเส้นกลางใบด้านล่างเท่านั้น ในการศึกษาจึงให้ความสำคัญที่ก้านใบและเส้นกลางใบ โดยแยกการศึกษาเป็นส่วนๆ ดังนี้ ชั้นเนื้อเยื่อผิว (epidermis) ชั้นเนื้อเยื่อพื้น (ground tissue) กลุ่มมัดท่อลำเลียง (vascular tissue) ทำการบรรยายลักษณะทางกายวิภาคของใบของทุกสาย

ต้นด้วยกล้องจุลทรรศน์และบันทึกภาพ วัดความสูงของชั้นเซลล์ผิว (epidermis) ความกว้างของเนื้อเยื่อพื้นด้านบน (adaxial ground tissue) และความกว้างของเนื้อเยื่อพื้นด้านล่าง (abaxial ground tissue) ขนาดเซลล์และความหนาของผนังเซลล์ (double wall thickness) ของเนื้อเยื่อพื้นในแต่ละสายต้นวัดจากจำนวน 10 ใบ (ซ้ำ) เส้นกลางใบด้านบนวัดเฉพาะที่ตำแหน่งกึ่งกลางสำหรับด้านล่างของเส้นกลางใบแบ่งเนื้อเยื่อพื้นออกเป็น 5 ตำแหน่ง ตามแนวรัศมีและทำการวัดขนาดเซลล์และความหนาของผนังเซลล์ในแต่ละแนวรัศมี การวัดขนาดเซลล์ของก้านใบทำเฉพาะกึ่งกลางของทั้งด้านบนและด้านล่าง เปรียบเทียบข้อมูลที่ได้โดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และ Duncan's New Multiple Rang Test (DNMRT)

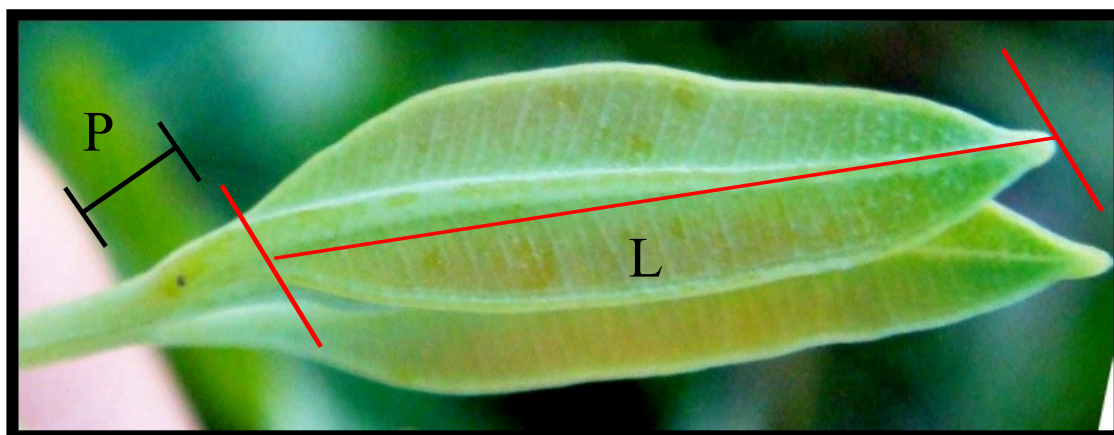


Figure 1 Sectioning of petiole (P) and lamina (L) cut from *Eucalyptus* young leaves 1-2 weeks old.

ผลและวิจารณ์

ก้านใบ (petiole)

ลักษณะทางกายวิภาคของเนื้อเยื่อก้านใบของยูคาลิปตัสสายต้นที่ปลูกในเชิงพาณิชย์ คือสายต้น H4, K7, K25, K51, T5 และ CT76 เนื้อเยื่อก้านใบด้านบนประกอบด้วยชั้นเซลล์ผิว (epidermis) เรียง 1 แถว รูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้าเรียงตัวตามแนวนอน หรือรูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้าเรียงตัวตามแนวตั้ง ถัดจากชั้นเซลล์ผิวพบเนื้อเยื่อ

คอลเลงคิมา (collenchyma cells) เรียงตัว 5-7 ชั้น เรียงติดกันแน่น เซลล์ขนาดเล็กผนังเซลล์หนาบริเวณที่เซลล์มาเรียงติดกัน โดยที่คอลเลงคิมาเป็นแบบหนาที่มุม (angular collenchymas) และชั้นถัดไปคือส่วนของเนื้อเยื่อพาราคิมา (parenchyma cell) รูปร่างกลม เซลล์มีขนาดเล็กผนังเซลล์ด้านที่ติดกัน (double wall thickness) หนา ถัดจากเนื้อเยื่อพื้นด้านบนคือชั้นมัดท่อลำเลียง (vascular tissue) อยู่ตรงกลางก้านใบ โดยมี

มัดท่อลำเลียงเป็นแบบ bicollateral bundle คือท่ออาหาร (phloem) อยู่ทั้งด้านบนและด้านล่างของมัดท่อลำเลียง เนื้อเยื่อท่อน้ำ (xylem) อยู่ตรงกลางมัดท่อลำเลียงเป็นแถบแบนขนานไปตามรูปร่างของมัดท่อลำเลียง (Figure 2)

เนื้อเยื่อด้านล่างประกอบด้วยชั้นเซลล์ผิว (epidermis) เรียง 1 แถว รูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้าเรียงตัวตามแนวนอน รูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้าเรียงตัวตามแนวตั้ง หรือรูปร่างกลม สายต้น K7, K25, K51, CT76 ไม่พบเนื้อเยื่อคอลเลงคิมา (collenchyma cells) ยกเว้นสายต้น H4 และ T5 ที่พบเนื้อเยื่อคอลเลงคิมาในเนื้อเยื่อพื้น

ด้านล่าง โดยพบคอลเลงคิมาเป็นแบบหนาที่มุม (angular collenchyma) แต่คอลเลงคิมาในสายต้น T5 มีผนังคอลเลงคิมาของเนื้อเยื่อพื้นหนาน้อยกว่าใน H4 ถัดไปคือส่วนของเนื้อเยื่อพารังคิมา (parenchyma cells) รูปร่างกลม ขนาดแตกต่างกันออกไปและผนังของเซลล์ด้านที่ติดกัน (double wall thickness) ของเนื้อเยื่อพื้นหนามาก ภายในเซลล์พารังคิมาพบผลึก (druse) กระจายอยู่ในเซลล์และพบทั่วทั้งก้านใบ นอกจากนี้ยังพบต่อมน้ำมัน (oil gland) รูปร่างกลม กระจายอยู่ทั่วทั้งก้านใบ (Figure 2)

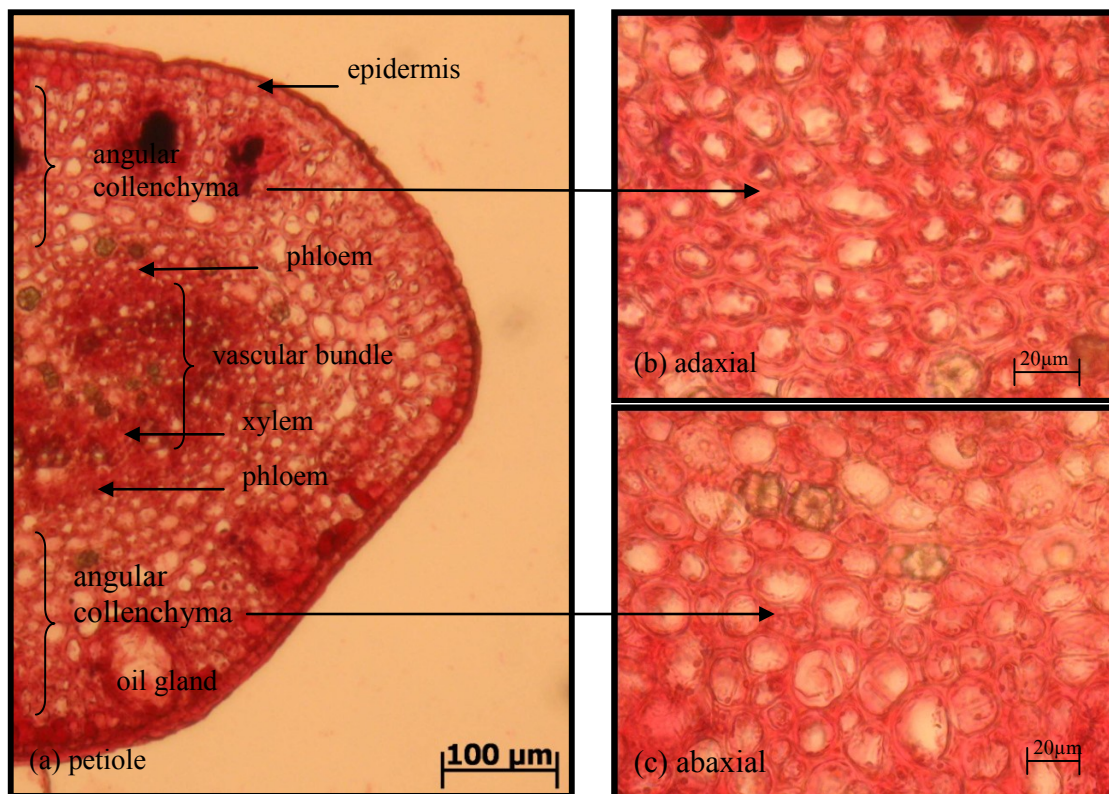


Figure 2 Anatomical characteristics of petiole of the *Eucalyptus* clone H4, a gall wasp tolerant clone.

แผ่นใบ (laminar)

ศึกษาแผ่นใบของคลิปปตัสสายต้นที่ปลูกและผลิตกล้าในเชิงพาณิชย์ 6 สายต้น คือ H4, K7, K25, K51, T5 และ CT76 ลักษณะทางกายวิภาคของแผ่นใบของทั้ง 6 สายต้นคล้ายกัน (Figure 3) ประกอบด้วยเนื้อเยื่อด้านบน (adaxial leaf tissue) มีชั้นเนื้อเยื่อผิว (epidermis)

รูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้าเรียงเป็นระเบียบ พบคิวติเคิล (cuticle) เคลือบอยู่แต่บางมาก ถัดจากชั้นเนื้อเยื่อผิวคือพาลิเซดพารังคิมา (palisade parenchyma) ซึ่งมีรูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้ายาวเรียงตัวตามแนวตั้ง เรียง 1-2 ชั้น ถัดเข้าไปคือชั้นเนื้อเยื่อพื้นประกอบด้วยเนื้อเยื่อพารังคิมา (parenchyma cell) รูปร่างกลม ขนาดแตกต่างกันใน

แต่ละสายต้น และถัดเข้าไปคือกลุ่มของมัดท่อลำเลียง โดยพบว่ากลุ่มมัดท่อลำเลียง (vascular bundle) ของแผ่นใบมีขนาดเล็ก มี bundle sheath ล้อมรอบเป็นเซลล์ พารากิมา มัดท่อลำเลียงขนาดเล็กเป็นแบบ bicollateral bundle โดยมีท่อน้ำ (xylem) อยู่ด้านล่างและท่ออาหาร (phloem) อยู่ด้านบนและด้านล่าง

แผ่นใบด้านล่าง (abaxial leaf tissue) มีชั้นเนื้อเยื่อผิว (epidermis) รูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้าคล้ายหรือ

ต่างจากด้านบน ถัดจากชั้นเนื้อเยื่อผิวคือพาลิเซดพารากิมา (palisade parenchyma) ซึ่งมีรูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้ายาว เรียงตัวตามแนวตั้ง เรียงตัว 1-2 ชั้นหนาใกล้เคียงของด้านบน ซึ่งแผ่นใบที่มีพาลิเซดพารากิมาอยู่ทั้งด้านบนและด้านล่าง เรียกว่า unifacial หรือ isocalateral หรือ isolateral leaf ยูคาลิปตัสที่นำมาศึกษา ทั้ง 6 สายต้นมีแผ่นใบเป็นแบบ unifacial leaf เหมือนกันหมด (Figure 3)

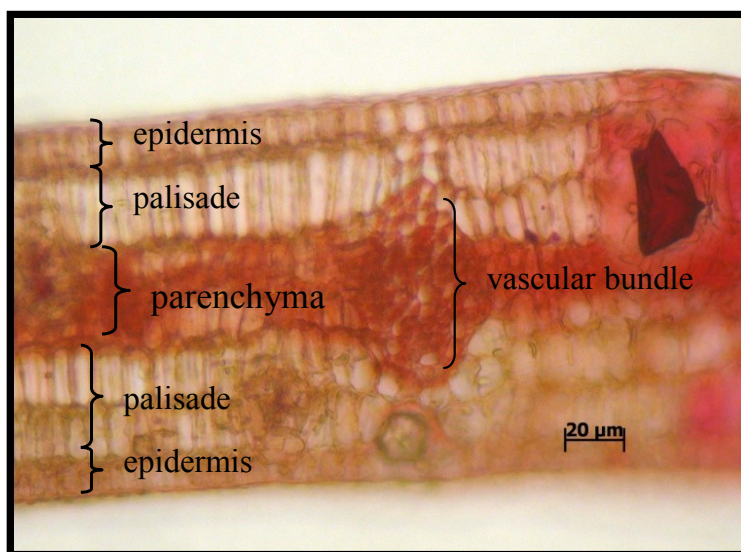


Figure 3 Anatomical characteristic of *Eucalyptus* leaf lamina.

เส้นกลางใบ (mid-rib)

เส้นกลางใบ (mid-rib) (Figure 4) คือเส้นที่อยู่ตรงกลางแผ่นใบขนาดใหญ่ต่อเป็นเส้นเดียวกันกับก้านใบ ลักษณะทางกายวิภาคของเส้นกลางใบด้านบนประกอบด้วยชั้นเนื้อเยื่อผิว (epidermis) มีรูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้า เรียงตัวตามแนวนอน รูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้า เรียงตัวตามแนวตั้ง และรูปวงกลม เรียง 1 แถว ถัดเข้าไปคือชั้นเนื้อเยื่อพื้นด้านบน (adaxial ground tissue) พบเนื้อเยื่อคอลเลงคิมา (collenchyma cells) เรียงติดกันแน่น เซลล์คอลเลงคิมา มีขนาดเล็กผนังหนามากบริเวณมุมที่เซลล์มาเรียงติดกัน โดยในยูคาลิปตัสที่นำมาศึกษาทุกสายต้น (H4, K7, K25, K51, T5 และ CT76) พบคอลเลงคิมาแบบหนาที่มุม (angular collenchyma) เช่นเดียวกัน

เป็นที่น่าสังเกตว่าแกนสร้างปมไม่เข้าทำลายหรือไม่มีการเกิดปมที่ด้านบนของเส้นกลางใบ ถัดจากเซลล์คอลเลงคิมา คือพารากิมา (parenchyma cell) เซลล์มีรูปร่างกลมและมีขนาดแตกต่างกันออกไปแต่ละสายต้น พบผลึก (druse) แทรกอยู่ในเซลล์ของเนื้อเยื่อพื้นของเกือบทุกสายต้น ยกเว้น K7 ไม่พบผลึก ถัดจากชั้นเนื้อเยื่อพื้นด้านบนของเส้นกลางใบคือกลุ่มของมัดท่อลำเลียง (vascular bundle) ซึ่งมีระบบเนื้อเยื่อลำเลียงเป็นแบบ bicollateral โดยมีท่ออาหาร (phloem) อยู่ทั้งด้านบนและด้านล่างของมัดท่อลำเลียง เนื้อเยื่อท่อน้ำ (xylem) เป็นแถบแบนขนานไปตามรูปร่างของมัดท่อลำเลียง

เนื้อเยื่อพื้นด้านล่าง (abaxial ground tissue) ประกอบด้วยชั้นเนื้อเยื่อผิว มีรูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้า เรียง

ตัวเป็นระเบียบ 1 แถวซึ่งเนื้อเยื่อของยูคาลิปตัสทั้ง 6 สายต้น มีลักษณะคล้ายกัน สายต้น K7, K25, K51 และ CT76 เนื้อเยื่อเป็นพาเรงคิมา (parenchyma) ทั้งหมด (Figure 5) แต่สายต้น H4 และ T5 ที่ชั้นเนื้อเยื่อพื้นด้านล่าง (abaxial) ถัดจากชั้นเซลล์ผิวเข้าไปเป็นเนื้อเยื่อคอลเลงคิมา (collenchyma) (Figure 6) เซลล์มีขนาดเล็กผนังหนามากบริเวณมุมที่เซลล์มาเรียงติดกันเรียงตัว 7-12 ชั้น โดยที่คอลเลงคิมาที่พบเป็นแบบหนาที่มุม (angular collenchyma) แต่สายต้น T5 คอลเลงคิมา

มีความหนาน้อยกว่า H4 ถัดจากชั้นคอลเลงคิมาของเนื้อเยื่อพื้นด้านล่างเป็นพาเรงคิมา นอกจากนี้ยังพบผลึก (druse) แทรกอยู่ภายในเนื้อเยื่อพื้นของสายต้นส่วนใหญ่พบยกเว้นสายต้น K7 ไม่พบผลึก พบต่อมน้ำมัน (oil gland) รูปร่างกลมกระจายอยู่ทั่วแผ่นใบและเส้นกลางใบของทุกสายต้น เป็นที่น่าสังเกตว่าสายต้น H4 และ T5 เป็นสายต้นที่มีความทนต่อแตนสร้างปม การมีคอลเลงคิมาเป็นส่วนประกอบที่เนื้อเยื่อพื้นด้านล่างจึงน่าจะเกี่ยวข้องกับความสามารถทนต่อแตนสร้างปม

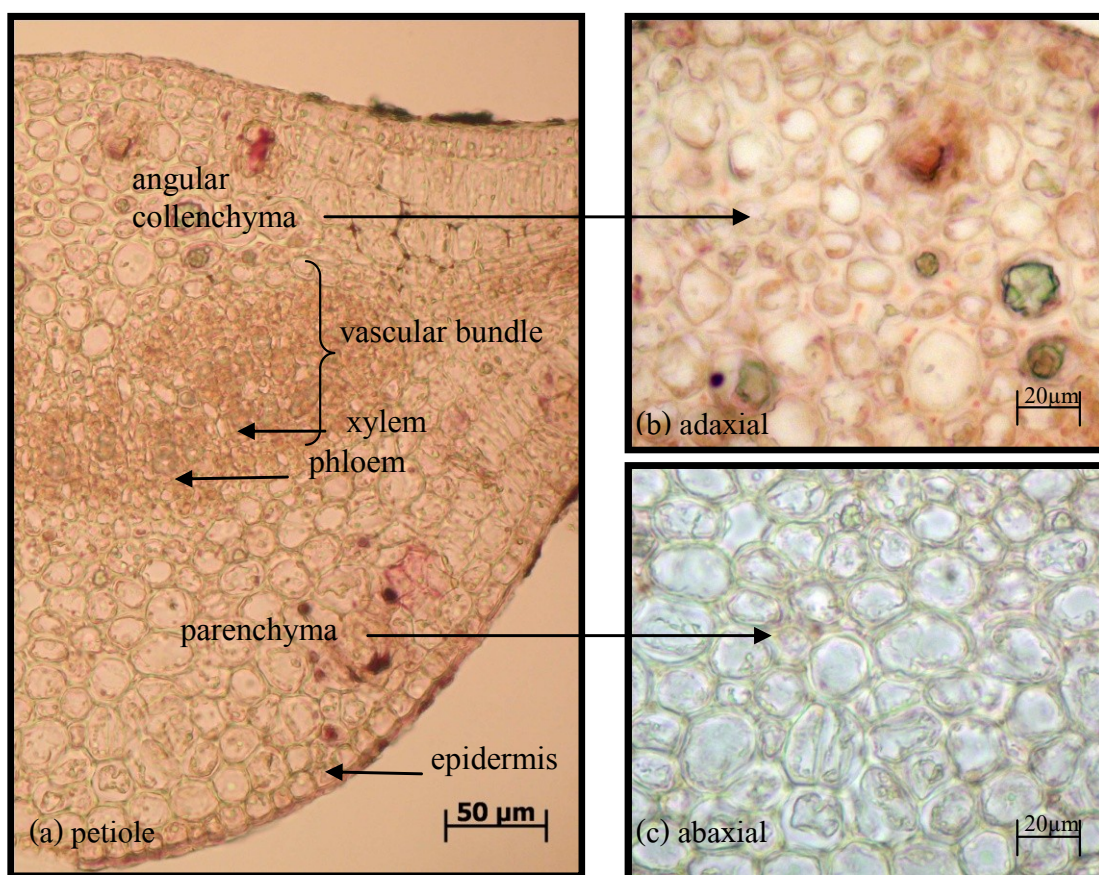


Figure 4 Anatomical characteristics of mid-rib of the *Eucalyptus* K51, a gall wasp susceptible clone.

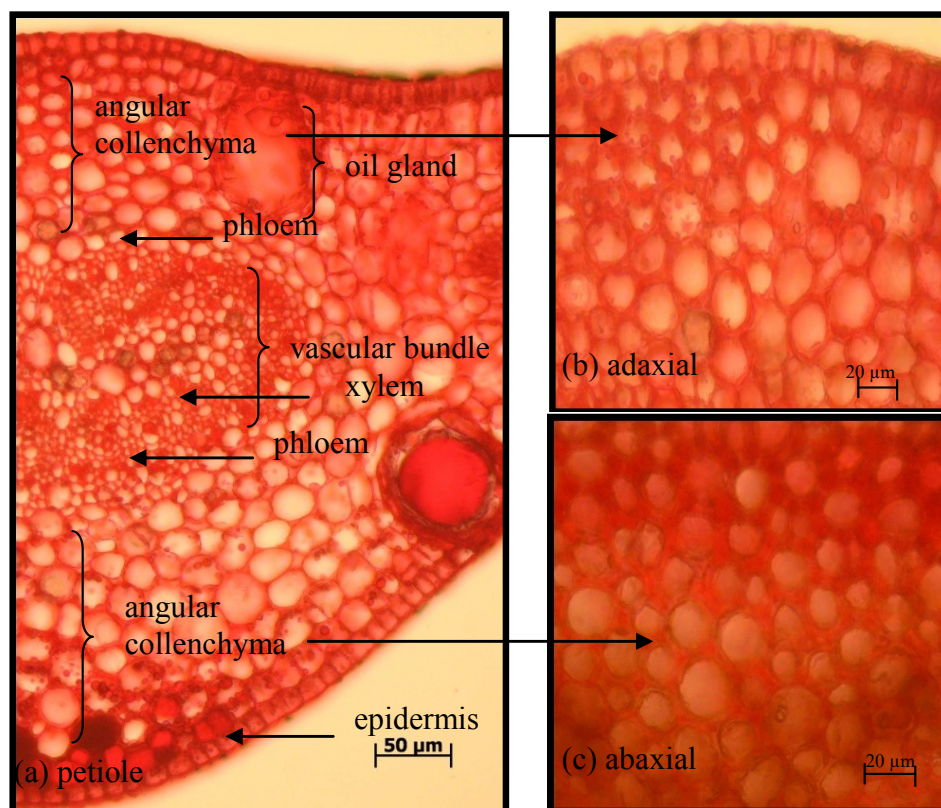


Figure 5 Anatomical characteristics of mid-rib of the *Eucalyptus* clone H4 galls wasp tolerant clone.

ความสูงของเซลล์ผิวหนังด้านล่างของเส้นกลางใบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และแบ่งได้ 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ได้แก่สายต้น K25, K7 และ T5 มีค่าเฉลี่ยความสูงเท่ากับ 12.625 ± 2.091 , 13.060 ± 1.746 และ 13.679 ± 2.793 ไมครอน กลุ่มที่ 2 ได้แก่ K7, T5, H4 และ K51 มีค่าเฉลี่ยความสูงเท่ากับ 13.260 ± 1.746 , 13.679 ± 2.793 , 14.563 ± 1.566 และ 14.707 ± 1.814 ไมครอน ตามลำดับ และกลุ่มที่ 3 ได้แก่ H4, K51 และ CT76 มีค่าเฉลี่ยความสูงเท่ากับ 14.563 ± 1.566 , 14.707 ± 1.814 และ 15.273 ± 1.566 ไมครอน ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยความกว้างของชั้นเนื้อเยื่อพื้นด้านล่าง (adaxial ground tissue) ของเส้นกลางใบของ 6 สายต้น พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แบ่งได้ 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ได้แก่สายต้น K25, CT76 และ T5 มีค่าเท่ากับ 109.41 ± 26.86 , 123.00

± 41.84 ไมครอน และ 135.14 ± 33.86 ไมครอน กลุ่มที่ 2 ได้แก่ CT76, T5, K51 และ K7 มีค่าเท่ากับ 123.00 ± 41.84 , 135.14 ± 33.86 , 136.87 ± 43.22 และ 145.52 ± 33.68 ไมครอน และกลุ่มที่ 3 ได้แก่ H4 มีค่าเท่ากับ 173.33 ± 27.54 ไมครอน และค่าเฉลี่ยความกว้างของเนื้อเยื่อพื้นด้านล่าง (abaxial ground tissue) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แบ่งค่าเฉลี่ยได้ 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 ได้แก่ K25, T5 และ K51 มีค่าเท่ากับ 84.076 ± 26.86 , 101.02 ± 33.86 ไมครอน และ 104.98 ± 43.22 ไมครอน ตามลำดับ กลุ่มที่ 2 ได้แก่ T5, K51, K7, CT76 และ H4 มีค่าเท่ากับ 101.02 ± 33.86 , 104.98 ± 43.22 , 128.082 ± 33.68 , 134.26 ± 41.84 และ 123.864 ± 27.54 ไมครอน ตามลำดับ

ขนาดเซลล์ที่วัดตามแนวรัศมีของชั้นเนื้อเยื่อพื้นด้านล่างพบว่าค่าเฉลี่ยขนาดเซลล์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและแบ่งออกได้ 5 กลุ่ม ได้แก่

กลุ่มที่ 1 คือ K25 มีค่าเท่ากับ 12.348 ± 4.70 ไมครอน กลุ่มที่ 2 คือ T5 และ K7 มีค่าเท่ากับ 14.903 ± 5.417 และ 15.418 ± 5.081 ไมครอน กลุ่มที่ 3 คือ K7 และ H4 มีค่าเท่ากับ 15.418 ± 5.081 ไมครอน และ 5.914 ± 4.620 ไมครอน กลุ่มที่ 4 คือ H4 และ CT76 มีค่าเท่ากับ 15.914 ± 4.620 ไมครอน และ 16.627 ± 8.741 ไมครอน และกลุ่มที่ 5 คือ CT76 และ K51 มีค่าเท่ากับ 16.627 ± 8.741 ไมครอน และ 16.897 ± 4.815 ไมครอน ตามลำดับ

ความหนาของผนังเซลล์ (double wall thickness) พบว่าค่าเฉลี่ยของผนังเซลล์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และแบ่งกลุ่มได้ 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 คือ K25 มีค่าเท่ากับ 2.262 ± 0.98 ไมครอน กลุ่มที่ 2 คือ K51, CT76 และ K7 มีค่าเท่ากับ 3.173 ± 1.111 , 3.493

± 0.92 และ 3.545 ± 1.03 ไมครอน กลุ่มที่ 3 คือ T5 มีค่าเท่ากับ 6.276 ± 2.36 ไมครอน และกลุ่มที่ 4 คือ H4 มีค่าเท่ากับ 7.608 ± 3.27 ไมครอน

ค่าเฉลี่ยของชั้นเซลล์ผิวด้านล่าง ความกว้างของเนื้อเยื่อพื้นด้านบนและด้านล่าง ขนาดของเซลล์ในเนื้อเยื่อพื้นวัดตามแนวรัศมีมีความแปรปรวนไปตามสายต้น ไม่มีความสัมพันธ์กับการทนและไม่ทนแดด ฝอยปม แต่ความหนาของผนังเซลล์ที่ติดกัน (double wall thickness) มีความแตกต่างกันระหว่างสายต้นที่ทนและไม่ทนแดด ฝอยปม โดยที่สายต้น H4 และ T5 ซึ่งมีความทนต่อแดด ฝอยปมมีความหนา 7.608 ไมครอน และ 6.276 ไมครอน ซึ่งหนากว่าสายต้นที่ไม่ทนแดด ฝอยปมมาก (Table 1)

Table 1 Average anatomical parameters of the mid-rib of the *Eucalyptus* clones.

Clones	Abaxial epidermis	Ground tissue (μm)		Parenchyma cell	Double wall thickness (μm)
	(μm)	Adaxial	Abaxial	(μm)	
K25	$12.625^a \pm 2.091$	$109.41^a \pm 26.86$	$84.076^a \pm 26.86$	$12.348^a \pm 4.70$	$2.262^a \pm 0.98$
K51	$14.707^{b,c} \pm 1.814$	$136.87^b \pm 43.22$	$104.98^{a,b} \pm 43.22$	$16.897^c \pm 4.815$	$3.173^{b \pm} 1.11$
K7	$13.060^{a,b} \pm 1.746$	$145.52^b \pm 33.68$	$128.082^b \pm 33.68$	$15.418^{b,c} \pm 5.081$	$3.545^{b \pm} 1.03$
CT76	$15.273^c \pm 1.566$	$123.00^{a,b} \pm 41.84$	$134.26^b \pm 41.84$	$16.627^{d,e} \pm 8.741$	$3.493^{b \pm} 0.92$
T5	$13.679^{a,b} \pm 2.793$	$135.14^{a,b} \pm 33.86$	$101.02^{a,b} \pm 33.86$	$14.903^{b \pm} 5.417$	$6.276^c \pm 2.36$
H4	$14.563^{b,c} \pm 1.566$	$173.33^c \pm 27.54$	$123.864^b \pm 27.54$	$15.914^{c,d} \pm 4.620$	$7.608^{d \pm} 3.27$
P-value	P= 0.000	P= 0.000	P= 0.018	P= 0.000	P= 0.000

Remark: Mean followed by the same letter within each column were significant different (DNMRT = 0.05)

สรุป

ลักษณะทางกายวิภาคด้านตัดขวางของใบอ่อนของ 6 สายต้นคือ H4, K7, K25, K51, T5 และ CT76 ของสายต้นต่างๆ ของใบโดยทั่วไปคล้ายกับใบยูคาลิปตัสทั่วไป เซลล์ผิว (epidermis) มีลักษณะเหมือนใบทั่วไป แผ่นใบมีไซฟิลล์ (mesophyll) เป็นแบบพาลิเซด (palisade mesophyll) ทั้งด้านล่าง ด้านบน (unifacial mesophyll) เนื้อเยื่อพื้นด้านบนประกอบด้วยแอนกูลาคอลเลงคิมา (angular collenchyma) ได้ชั้นผิวและพาเรงคิมา

(parenchyma) ในชั้นถัดเข้าไป เนื้อเยื่อพื้นด้านล่างอาจประกอบด้วยเนื้อเยื่อพาเรงคิมาล้วนๆ หรือมีคอลเลงคิมา (collenchyma) ปนอยู่ด้วยขึ้นอยู่กับแต่ละสายต้น สายต้นที่พบคอลเลงคิมาทางด้านล่างคือ T5 และ H4

แต่นสร้างปมตัวเต็มวัยเข้าทำลายเฉพาะยอดที่อ่อนมากๆ ซึ่งรวมถึงกิ่งและใบ โดยจะเข้าทำลายเฉพาะเส้นกลางใบด้านล่าง (adaxial surface) เท่านั้น ลักษณะทางกายวิภาคของก้านใบและเส้นกลางใบของสายต้นที่ปลูกในเชิงพาณิชย์ทั้ง 6 สายต้น พบว่าความหนาของชั้นเนื้อเยื่อผิว (epidermis) ความหนาของเนื้อเยื่อพื้นทั้ง

ด้านบนและด้านล่าง ขนาดของเซลล์ในเนื้อเยื่อพื้น ต่อมน้ำมัน (oil gland) ผลึก (druse) สารแทรก (extractive) อื่นๆ ไม่มีความสัมพันธ์กับการทนแดนสร้างปม

การมีคอลเลงคิมา (collenchyma) เป็นส่วนประกอบของเนื้อเยื่อพื้น (ground tissue) และความหนาของผนังเซลล์ของเนื้อเยื่อพื้นของก้านใบ (petiole) และเส้นกลางใบ (mid-rib) มีความสัมพันธ์กับการทนแดนสร้างปมอย่างมีนัยสำคัญ ไม่มีการทำลายของแดนสร้างปมที่ด้านบนของเส้นกลางใบ (adaxial surface) ทั้ง 6 สายต้น เนื่องจากทุกสายต้นเนื้อเยื่อพื้นด้านบนประกอบด้วยคอลเลงคิมา เนื้อเยื่อพื้นของเส้นกลางใบด้านล่าง (abaxial surface) ของสายต้น K7, K25, K51 และ CT76 ซึ่งอ่อนแอต่อแดนไม่ปรากฏเนื้อเยื่อคอลเลงคิมาในเนื้อเยื่อพื้น แต่สายต้น H4 และ T5 ซึ่งทนต่อแดนสร้างปมมีชั้นเนื้อเยื่อคอลเลงคิมา ในเนื้อเยื่อพื้นด้านล่างของเส้นกลางใบ ความหนาของผนังเซลล์ที่ติดกันของเนื้อเยื่อพื้นด้านล่างเฉลี่ยของสายต้น H4 และ T5 เท่ากับ 7.608 ไมครอน และ 6.276 ไมครอนตามลำดับ ซึ่งหนากว่าสายต้นที่อ่อนแอคือ K7, K25, K51 และ CT76 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.545, 2.262, 3.176, และ 3.493 ไมครอน ตามลำดับ

การมีเนื้อเยื่อคอลเลงคิมาในเนื้อเยื่อพื้นเป็นผลให้ผนังเซลล์ในเนื้อเยื่อพื้นหนาซึ่งน่าจะเป็นอุปสรรคต่อการแทงอวัยวะวางไข่ (ovipositor) และการเคลื่อนตัวของตัวอ่อนของแดนสร้างปมเข้าไปใกล้แหล่งอาหารหรือท่ออาหาร (phloem) ในมัดท่อลำเลียง (vascular bundle) เนื้อเยื่อคอลเลงคิมานี้น่าจะปรากฏในส่วนอื่นๆ เช่นลำต้นและกิ่งอ่อนของยูคาลิปตัสสายต้นที่ทนต่อการทำลายของแดนสร้างปมด้วยจึงทำให้ส่วนต่างๆ เหล่านั้นไม่มีการสร้างปมและถูกทำลาย

จากการศึกษาพบคอลเลงคิมาที่ด้านล่างของก้านใบและเส้นกลางใบเป็นผลให้ตัวอ่อนของแดนสร้างปมไม่สามารถเข้าไปถึงแหล่งอาหารได้นั้นจะมีประโยชน์ใช้ในการคัดเลือกสายต้นที่ทนต่อแดนสร้างปมอย่างแท้จริง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ลดค่าใช้จ่ายและเวลาในการปลูกทดสอบ (clonal test) ในโครงการปรับปรุงพันธุ์ยูคาลิปตัสในเชิงพาณิชย์

คำนิยาม

ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์เพื่อการตีพิมพ์ผลงานในวารสารวิชาการระดับชาติ ปีงบประมาณ 2553

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- คณะณญา ปัญญาหาล้า. 2549. จากโรคเชื้อราถึงแดนฝอยปม, ใน โรคและแมลงในสวนป่ายูคาลิปตัส. ศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- เทียมใจ คมกฤต. 2526. กายวิภาคของพฤษภ. ครั้งที่ 1. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ชนิด อิงวรรณศิริ. 2525. ยูคาลิปตัสคามาลดูละนชิส, ใน การประชุมป่าไม้ 2535. สาขาวิชาชีววิทยาป่าไม้ เล่ม 1, กรุงเทพฯ.
- สมคิด สิริพัฒนดิกล. 2526. เทคนิคในการเตรียมตัวอย่างพืชเพื่อศึกษาในกล้องจุลทรรศน์. ครั้งที่ 1. ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สมคิด สิริพัฒนดิกล. 2529. กายวิภาคของไม้ยืนต้น. ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้, คณะวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Diane, N., C. Jacob and H.H. Hilger. 2003. Leaf anatomy and foliar trichomes in Heliotropiaceae and their systematic relevance. *Flora*. 198: 468-485.
- Dittrich-Schroder, G., M.J. Wingfield, B.P. Hurley and B. Slippers. 2012. Diversity in *Eucalyptus* susceptibility to the gall-forming wasp *Leptocybe invasa*. *Agr. For. Entomol.* 14: 419-427.
- EPPO reporting service. 2007. Pest & Diseases, In *First Record of Leptocybe invasa in Portugal 2007/012*. ed. Portugal.

- Esau, K. 1953. **Anatomy of Seed Plant**. 2th ed. John Willy and Sons.Inc., New York.
- Foster, A.S. 1949. Practical Plant Anatomy. 2 ed. D. Van Nosrand company, INC., India Mendel, Z., A. Protosov, N. Fisher and J. La Salle. 2004. Taxonomy and biology of *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) gen.& sp. nov. an invasive gall inducer on *Eucalyptus*. **Aus. J. Entomol.** 43: 101-113.
- Muller, C. 2006. Plant-Insect Interactions on cuticular surfaces, p. 398. In **Markus Riederer and Caroline Muller, comps. Biology of the Plant Cuticle**. Blackwell Publishing Ltd., United Kingdom.
- Nyeko, P., E.K. Mutitu and R.K. Day. 2009. *Eucalyptus* infestation by *Leptocybe invasa* in Uganda. **Afr. J. Ecol.** 47: 299-307.
- Nyeko, P., K.E. Mutitu, B.O., Otieno, G.N. Ngae and R.K. Day. 2010. Variations in *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) population intensity and infestation on eucalyptus germplasms in Uganda and Kenya. **Int. J. Pest Manage.** 56: 137-144.
- Pham, Q.T., B. Dell and T.I. Burgess. 2009. Susceptibility of 18 eucalypt species to the gall wasp *Leptocybe invasa* in the nursery and young plantations in Vietnam. **Sci. Asi.** 35: 113-117.
- Zhu, F.L., S.X. Ren, B.L. Qiu, Z. Huang and Z.Q. Peng. 2012. The Abundance and population dynamics of *Leptocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) galls on *Eucalyptus* spp. in China. **J. Integ. Agr.** 12: 2116-2123.
-