บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

ยางพารา (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) จัดเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยสามารถนำรายได้เข้าประเทศเป็นจำนวนมาก ปัจจุบันประเทศไทยผลิตยางธรรมชาติได้มากที่สุดในโลก โดยมีเนื้อที่ปลูกประมาณ 12.6 ล้านไร่ มีปริมาณการส่งออกประมาณ 2,632,398 ตัน (สถาบันวิจัยยาง, 2548) ซึ่งมีการส่งออกในรูปน้ำยางข้น ยางแผ่นรมควัน ยางอบแห้ง และยางแท่ง จากนั้นนำไปแปรรูปโดยกระบวนการทางอุตสาหกรรมเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น ยางรถยนต์ ยางลบ ฉนวนในสายไฟฟ้า ถุงมือ รวมไปถึงผลิตภัณฑ์ที่ใช้ทางการแพทย์ เป็นต้น ในปัจจุบันตลาดยางพารามีแนวโน้มในการส่งออกเพิ่มสูงขึ้น แต่การที่พืชจะให้ผลผลิตในปริมาณสูงและมีคุณภาพได้นั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประเภท เช่น น้ำในดิน ธาตุอาหาร ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ และแสง นอกจากนี้การจัดการการให้น้ำย่อมเป็นสิ่งสำคัญในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนไม่เพียงพอต่อความต้องการการใช้น้ำของพืช (Gong *et al.,* 2005) ต้นยางพาราก็เช่นเดียวกันเป็นพืชที่ต้องการน้ำในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต การได้รับน้ำอย่างเพียงพอของต้นยางพาราอาจจะเอื้อต่อกระบวนการต่างๆ ภายในเซลล์พืช เช่น การคายน้ำ การสังเคราะห์แสง ที่ดำเนินไปได้อย่างเหมาะสมและส่งผลต่อผลผลิตน้ำยางต่อไปได้ (ธเนศ, 2546)

สำหรับพื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกยางพาราที่จะให้ผลดีได้นั้น จะต้องมีปริมาณน้ำฝนมากกว่า 2,000 มิลลิเมตรต่อปี มีช่วงแล้งไม่เกิน 4 เดือน ซึ่งสภาพแวดล้อมเหล่านี้จะอยู่ทางภาคใต้และภาคตะวันออกของประเทศไทย แต่ในปัจจุบันมีการเพิ่มพื้นที่ปลูกไปยังภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งพื้นที่นี้มีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่า 1,500 มิลลิเมตรต่อปี และมีช่วงแล้งมากกว่า 4 เดือน ซึ่งลักษณะดังกล่าวอาจจะส่งผลต่อผลผลิตน้ำยาง เนื่องจากมีน้ำในปริมาณที่จำกัด ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องมีการศึกษาปริมาณความต้องการการใช้น้ำของต้นยางพาราเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพและมีปริมาณสูงที่สุด

การศึกษาปริมาณความต้องการการใช้น้ำของพืชในแปลงปลูกที่มีขนาดใหญ่นั้นมีการวัดที่ยุ่งยาก และสามารถประเมินค่าได้จากการคายน้ำ ความสมดุลของน้ำในดิน หรือได้จากการคำนวณจากสูตร Penman-Monteith ซึ่งค่าที่ได้พบว่าคลาดเคลื่อนจากการใช้น้ำจริงของพืช (Nicolas *et al.,* 2005) จึงได้มีการพัฒนาการศึกษาความต้องการการใช้น้ำของพืชโดยการวัดอัตราการไหลของน้ำ

ในลำต้นโดยใช้ความร้อน สามารถแบ่งเป็น 4 วิธี คือ วิธีพัลส์ความร้อน วิธีสมดุลความร้อน วิธีสมดุลความร้อนภายในต้น และวิธีกระจายความร้อน สำหรับวิธีสมดุลความร้อนนั้น เหมาะกับลำต้นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 15 เซนติเมตร พืชที่มีขนาดลำต้นใหญ่กว่าเหมาะกับวิธีสมดุลความร้อนภายในต้น (Lu, 2002) วิธีกระจายความร้อนเป็นวิธีการที่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงอย่างต่อเนื่องจึงเป็นการสิ้นเปลืองกระแสไฟฟ้า เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีพัลส์ความร้อนที่มีการใช้ไฟฟ้ากระแสตรงเพียงชั่วขณะหนึ่ง เหมาะกับลำต้นที่มีขนาดเล็กจนถึงลำต้นที่มีขนาดใหญ่ และสามารถเก็บข้อมูลติดต่อกันได้เป็นระยะเวลาหลายวัน (สายัณห์ และคณะ, 2546) การศึกษาในครั้งนี้มีการวัดอัตราการไหลของน้ำในลำต้นของต้นยางพาราด้วยวิธีพัลส์ความร้อน โดยใช้เครื่องมือรุ่น PSU-NRC (Sapflow sensor รุ่น PSU-NRC)

การทดลองในครั้งนี้มุ่งศึกษา ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำในลำต้นกับผลผลิตน้ำยาง โดยมีการจัดการการให้น้ำแก่ต้นยางพาราในปริมาณต่างๆ ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนกรกฎาคม นอกจากนี้มีการศึกษาโครงสร้างกระพี้ของเนื้อไม้ยางพารา ระดับความลึกที่เหมาะสมในการติดตั้งอุปกรณ์ให้ความร้อนในการวัดอัตราการไหลของน้ำในลำต้นและความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำกับปริมาณแสง กับกระบวนการทางสรีรวิทยาของต้นยางพารา เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาการใช้น้ำของต้นยางพารา

การตรวจเอกสาร

1 ประวัติยางพารา

ยางพารา จัดอยู่ในวงศ์ Euphorbiaceae มีถิ่นกำเนิดในทวีปอเมริกากลาง ชาวยุโรปคนแรกที่พบยางคือ คริสโตเฟอร์โคลัมบัส ผู้ค้นพบอเมริกาหรือโลกใหม่ และในปี พ.ศ. 2442-2444 พระยารัษฎานุประดิษฐมหิศรภักดี (คอมซิมบี้ ณ ระนอง) ได้นำต้นยางจากประเทศมาเลเซียเข้ามาปลูกที่อำเภอกันตัง จังหวัดตรังเป็นครั้งแรก หลังจากนั้นสวนยางได้ขยายตัวขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงปัจจุบัน ประเทศไทย นับเป็นผู้ผลิตยางรายใหญ่อันดับแรกๆ ของโลก (เอกชัย, 2547)

2 ลักษณะทั่วไปของยางพารา

ยางพาราเป็นพืชที่มีลำต้นเป็นไม้เนื้ออ่อน อายุยืน การเจริญเติบโตมีช่วงพักตัวเป็นระยะๆ ในช่วงที่พักตัวมีกลุ่มของใบเกล็ดรอบลำต้นและกิ่งอ่อน ต้นที่มีการเจริญขั้นสองแล้วชั้นนอกจะเป็นเปลือก (bark) ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชั้น คือ เปลือกชั้นนอก และเปลือกชั้นใน เปลือกชั้นนอกประกอบด้วยเปลือกแห้ง มีสีน้ำตาลหนา 0.65 - 2.5 เซนติเมตร เยื่อเปลือกซึ่งเชื่อมระหว่างเปลือกแห้งและเปลือกแข็ง เยื่อแข็ง เซลล์หลอดตะแกรง ท่อน้ำยางกระจายอยู่บ้างเล็กน้อย เปลือกชั้นในประกอบด้วยเซลล์หลอดตะแกรง ท่อส่งอาหาร และ ท่อน้ำยาง เนื้อไม้ (wood) ประกอบด้วยท่อลำเลียงน้ำ ท่อส่งน้ำ ชั้นในสุดของลำต้นเป็นเนื้อเยื่อชั้นในสุดของลำต้นมีหน้าที่สะสมอาหาร (รังสฤษฎ์ และคณะ, 2541)

ต้นยางสร้างน้ำยางจากกระบวนการเมแทบอลิซึมในเซลล์พาเรนคิมาของระบบลำเลียงอาหาร ซึ่งพืชสร้างขึ้นระหว่างการเจริญเติบโตและปลดปล่อยหรือขับออกมาสู่นอกเซลล์เป็นของเหลวขาวขุ่น หรือสีเหลืองอ่อน สร้างขึ้นในท่อน้ำยาง (laticiferous duct) และขับออกมาสู่ภายนอกเมื่อมีบาดแผลเกิดขึ้น (สมบุญ, 2548) การไหลของน้ำยางจากต้นเกิดภายใต้สภาวะที่ระบบลำเลียงอาหารมีแรงดันอันส่งผลต่อน้ำยาง ได้แก่ turgor pressure และ osmotic system การเปลี่ยนแปลงแรงดันจะแปรผันตามค่าความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศ และแปรผกผันตามอุณหภูมิ การขาดดุลของน้ำในใบและการเปิดปากใบในรอบวัน (Paardekooper, 1989)

2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของยางพาราพันธุ์ RRIM 600

พันธุ์ RRIM 600 เป็นยางพันธุ์ ชั้น 1 เป็นพันธุ์ผสมที่มาจากแม่พันธุ์ Tjir 1 และพ่อพันธุ์ PB 86 แหล่งกำเนิดมาจากประเทศมาเลเซีย การเจริญเติบโตของลำต้นปานกลางทั้งในระยะก่อนเปิดกรีดและระหว่างกรีด ความสม่ำเสมอของลำต้นทั้งแปลงปานกลาง ความหนาของเปลือกเดิมบาง เปลือกงอกใหม่หนาปานกลาง เป็นรูปพัด เริ่มผลัดใบเร็ว ผลผลิตสูงมากในระยะ 2 ปีแรก และปีกรีดต่อๆ มา ในช่วงผลัดใบผลผลิตทางภาคใต้ลดลงเล็กน้อย แต่ลดลงมากในพื้นที่แห้งแล้ง ผลผลิตเพิ่มขึ้นในระดับปานกลางเมื่อใช้สารเคมีเร่งน้ำยาง ระบบกรีด ครึ่งลำต้น วันเว้นวัน ลักษณะความต้านทานโรคราแป้งและใบจุดนูนปานกลาง อ่อนแอต่อโรคราสีชมพู และอ่อนแอมากต่อโรคใบร่วงที่เกิดจากเชื้อไฟทอปโทราและเส้นดำ มีต้นเปลือกแห้งจำนวนน้อย ต้านทานลมปานกลาง ปลูกได้ในพื้นที่ลาดชัน ไม่แนะนำให้ปลูกในพื้นที่ที่มีหน้าดินตื้น และพื้นที่ที่มีระดับน้ำใต้ดินสูง ไม่ควรปลูกในที่ที่มีโรคใบร่วงไฟทอปโทรา และโรคเส้นดำระบาดอย่างรุนแรง ผลผลิตเฉลี่ยกิโลกรัมต่อไร่ต่อปีของพันธุ์ยาง RRIM 600 อยู่ที่ 289 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ต่อ 132 วันที่กรีด (สถาบันวิจัยยาง, 2542)

2.2 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการปลูกยางพารา

ยางพารามีการเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ที่อยู่ในเขตระหว่างเส้นรุ้งที่ 10 องศาใต้ -15 องศาเหนือ แหล่งผลิตยางพาราที่สำคัญซึ่งมีปริมาณผลผลิตมากจะอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 6 องศาเหนือและใต้ ในพื้นที่ที่มีความสูงประมาณ 0-200 เมตร จากระดับน้ำทะเล มีฝนตกเฉลี่ย 2,000-2,500 มิลลิเมตรต่อปี และมีจำนวนวันฝนตกเฉลี่ย 174 วันต่อปี ซึ่งปริมาณและกระจายของฝนเหมาะต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตในพื้นที่ดังกล่าว อย่างไรก็ตาม พื้นที่ที่จะปลูกยางพาราให้ประสบผลดีนั้น ควรมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 1,350 มิลลิเมตรต่อปี และมีจำนวนวันฝนตกเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 120 วันต่อปี ที่ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศอยู่ระหว่าง 65-90 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิที่เหมาะสมกับการปลูกยางพาราอยู่ระหว่าง 18-35 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่านี้จะมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นยาง แต่ถ้าอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีไม่แตกต่างกันมากนักคือ อยู่ระหว่าง 24-27 องศาเซลเซียส จะเป็นช่วงที่มีความเหมาะสมที่สุดสำหรับการปลูกยางพาราเพื่อให้ได้ผลผลิตสูง ดินควรเป็นดินร่วนที่อุ้มน้ำได้ดี เป็นดินกรด pH ระหว่าง 4.5-5.5 หน้าดินลึกไม่น้อยกว่า 1 เมตร โดยไม่มีชั้นดินแข็งหรือดินดานที่เป็นอุปสรรคต่อการเจริญเติบโตของรากยางพารา (นพพร และคณะ, 2542)

3 บทบาทและความสำคัญของน้ำต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืช

3.1 บทบาทและความสำคัญของน้ำ

น้ำมีบทบาทและเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของพืช พืชส่วนใหญ่ประกอบด้วยน้ำมากกว่าร้อยละ 90 ของน้ำหนักสด ปริมาณน้ำระหว่างร้อยละ 60-90 นำมาใช้ในการรักษารูปทรงของเซลล์ และร้อยละ 10-40 อยู่ในส่วนของผนังเซลล์ เพื่อทำหน้าที่เป็นตัวกลางส่งผ่านสารระหว่างเซลล์ น้ำมีบทบาทในการเคลื่อนย้ายสารผ่านส่วนต่างๆของพืชและภายในเซลล์ ช่วยรักษาความเต่งของเซลล์ รวมทั้งเป็นตัวทำละลายสารอนินทรีย์ สารอินทรีย์และแก๊ส จึงถือว่าน้ำมีบทบาทสำคัญในปฏิกิริยาเคมีในการสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรตในกระบวนการสังเคราะห์แสง (สมบุญ, 2548) เฉลิมพล (2535) กล่าวว่า อัตราการเคลื่อนที่ของน้ำขึ้นกับความแตกต่างของศักยภาพของน้ำระหว่างดินและบรรยากาศ เมื่อใดมีปริมาณน้ำจำกัด หรือรากไม่สามารถดูดน้ำให้ทันกับการคายน้ำ พืชจะเกิดความเครียดน้ำ ซึ่งมีผลกระทบต่อการเจริญและผลผลิต จะมากหรือน้อยขึ้นกับชนิดของพืช ความรุนแรงของความเครียดน้ำและระยะเวลาที่เกิดความเครียดน้ำ ถ้าหากปริมาณน้ำในพืชลดลงจะส่งผลให้กิจกรรมทางสรีรวิทยาของพืชลดลงไปด้วย ดังนั้นน้ำจึงมีอิทธิพลต่อพืชโดยส่งผลกระทบต่อกระบวนการภายในพืช การยืดตัวของเซลล์ การขยายขนาดของเซลล์และการแบ่งเซลล์ การสังเคราะห์แสง การคายน้ำ และส่งผลกระทบถึงผลผลิตของพืช Rao และคณะ (1998) กล่าวว่า ต้นยางในสภาพจำกัดน้ำ มีความชื้นในดินต่ำ ส่งผลต่อการเปิดปากใบและการไหลของน้ำยาง โดยทำให้เกิดแรงดันน้ำในเซลล์ท่อน้ำยางปลดปล่อยน้ำยางออกมาตามรอยกรีดในปริมาณลดลง เมื่อในดินมีน้ำเพียงพอต่อการใช้ของต้นยาง การเปิดปากใบเพื่อคายน้ำตามสภาพบรรยากาศจะเหมาะสมกว่าสภาพความชื้นในดินต่ำ ส่งผลต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง ปริมาณและอัตราการไหลของน้ำยางจึงสูงกว่าสภาพที่ดินมีน้ำไม่เพียงพอต่อการใช้ การให้น้ำที่เพียงพอในสภาวะที่ยางขาดน้ำ ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงสูงขึ้น และพบว่าค่า latex vessel, water potential และ osmotic potential เป็นไปในทิศทางเดียวกัน (Vijayakumar *et al*., 1998) กุมุท และธเนศ (2545) พบว่า บริเวณที่มีฝนรายปีน้อยกว่า 1,300 มิลลิเมตร การให้น้ำทำให้อัตราการไหลของสารละลายในต้นยางสูงกว่าที่เจริญภายใต้สภาพน้ำฝน แต่ถ้าบริเวณที่มีฝนรายปีมากกว่า 1,400 มิลลิเมตร การให้น้ำหรือไม่ให้น้ำเพิ่มเติมจะให้ผลไม่แตกต่างกัน

3.2 การเคลื่อนที่ของน้ำ

การนำน้ำมาใช้ในการกระบวนการต่างๆในพืชนั้น รากพืชเป็นตัวดูดน้ำจากดิน โดยมีการไหลของน้ำอย่างต่อเนื่องในระบบดิน-พืช-บรรยากาศ เป็นการไหลจากภายในดินที่มีค่าพลังงานศักย์รวมสูงกว่าอากาศ หรือใบที่มีพลังงานศักย์รวมต่ำกว่า เมื่อน้ำเคลื่อนที่เข้าสู่ภายในพืชลำเลียงไปยังส่วนต่างๆ ของพืช โดยผ่านทางท่อน้ำ การที่น้ำไหลในท่อน้ำด้วยแรงดึงที่มีค่าสูง ๆ ได้ คือ น้ำมีความเชื่อมแน่น (cohesion) สูง แรงเชื่อมระหว่างโมเลกุลของน้ำเกิดจากพันธะไฮโดรเจน ระหว่างอะตอมของไฮโดรเจนของน้ำโมเลกุลหนึ่งกับอะตอมของออกซิเจนของน้ำอีกโมเลกุลหนึ่ง น้ำในท่อน้ำจากรากจะต่อเนื่องด้วยแรงเชื่อมแน่นไปจนถึงน้ำที่ผนังเซลล์ของเซลล์ที่ใบ โดยน้ำจะไหลในท่อน้ำไปตามความต่างศักย์ของพลังงานความดัน ซึ่งเป็นแรงดึงจากใบในขณะที่พืชคายน้ำ แต่เมื่อใดที่พืชหยุดการคายน้ำ เช่น ในเวลากลางคืน แรงดึงจะผ่อนคลายลงจนเกือบถึงศูนย์ แต่ภายในรากยังมีความต่างศักย์ของค่าพลังงานอยู่ เพราะความเข้มข้นของสารละลายภายในเซลล์รากยังคงสูงกว่าภายในดินเสมอ ดังนั้นน้ำจากดินจะไหลเข้าไปในเซลล์รากตลอดเวลา ทำให้เซลล์รากอวบน้ำจนมีพลังงานความดันหรือแรงเต่งของเซลล์สูงขึ้น การไหลของน้ำขึ้นไปในท่อน้ำจึงเปลี่ยนจากเข้าไปตามแรงดึงกลายเป็นเข้าไปตามแรงดัน แต่เป็นแรงที่น้อยกว่าแรงดึง ดังนั้น อัตราการไหลในท่อน้ำจะมีการผันแปรได้สูงโดยเปลี่ยนตามอัตราการคายน้ำจากใบในรอบวัน อัตราการไหลจะมีค่าสูงสุดในช่วงเที่ยงวัน และเมื่ออัตราการคายน้ำลดลงในช่วงเช้าและช่วงเย็น อัตราการไหลในท่อน้ำจะลดลงตามไปด้วย (สุนทรี, 2535) เมื่อมีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำภายในลำต้นและการคายน้ำในต้น apricot พบว่าอัตราการไหลของน้ำภายในลำต้นแปรผันตามค่าการคายน้ำ คือเมื่อพืชมีค่าการคายน้ำที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าอัตราการไหลของน้ำภายในลำต้นเพิ่มขึ้นเช่นกัน (Nicolas *et al.,* 2005) นอกจากนี้ เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อน้ำ ยังมีบทบาทในการเคลื่อนที่ของน้ำ คือ อัตราการไหลแปรผันโดยตรงกับค่ายกกำลังสองของรัศมีของท่อน้ำ เพราะฉะนั้น ท่อน้ำที่มีขนาดใหญ่ย่อมทำให้น้ำไหลผ่านได้ในอัตราที่เร็ว (สุนทรี, 2535)

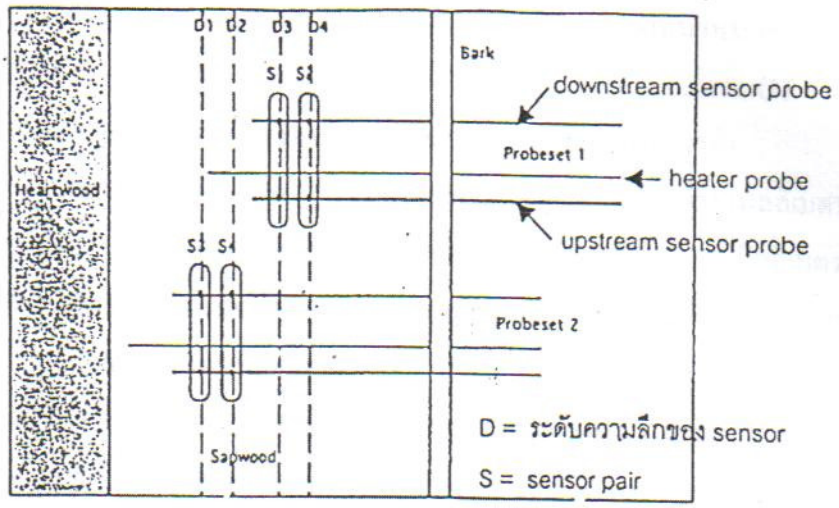
4 การศึกษาการใช้น้ำของพืช

การศึกษาความต้องการน้ำของพืชในต่างประเทศนั้น มีวิธีการวัดโดยตรงและการวัดโดยอ้อม ซึ่งการวัดโดยตรงมีหลายวิธี เช่น การใช้ถังวัดการใช้น้ำของพืช และ การวัดอัตราการไหลของน้ำในพืชโดยใช้สีหรือสารกัมมันตรังสี (Kramer and Boyer, 1995) หรือการวัดอัตราการไหลของน้ำในพืชโดยใช้ความร้อน ซึ่งสามารถวัดได้ 3 วิธี คือ วิธีสมดุลความร้อน วิธีกระจายความร้อน และวิธี

พัลส์ความร้อน สำหรับวิธีการวัดโดยอ้อมนั้นมีหลายวิธีเช่นกัน คือ การวัดปริมาณน้ำในดิน การคำนวณจากค่าการเปิด-ปิดปากใบ หรือการคำนวณจากข้อมูลอุตุนิยมวิทยาโดยใช้สูตร Penman-Moteith จากการศึกษาเปรียบเทียบพบว่าค่าที่ได้จากการวัดโดยตรงมีความเที่ยงตรงมากกว่าการวัดโดยอ้อม (Smith and Allen,1996) สายัณห์ และคณะ (2546) ได้ทำการปรับปรุงเครื่องการวัดอัตราการไหลของน้ำโดยวิธีพัลส์ความร้อน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และลดต้นทุนการนำเข้าจากต่างประเทศ โดยให้ชื่อเครื่องมือที่ทำการปรับปรุงแล้วว่ารุ่น “PSU-NRC” สามารถบันทึกข้อมูลได้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 3 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบเครื่องมือวัดอัตราการไหลของน้ำของ Greenspan Sapflow Sensor และ PSU-NRC พบว่าค่าที่ได้มีจากการวัดทั้ง 2 เครื่องมีค่าใกล้เคียงกันโดยมีความสัมพันธ์กันเป็นเส้นตรง

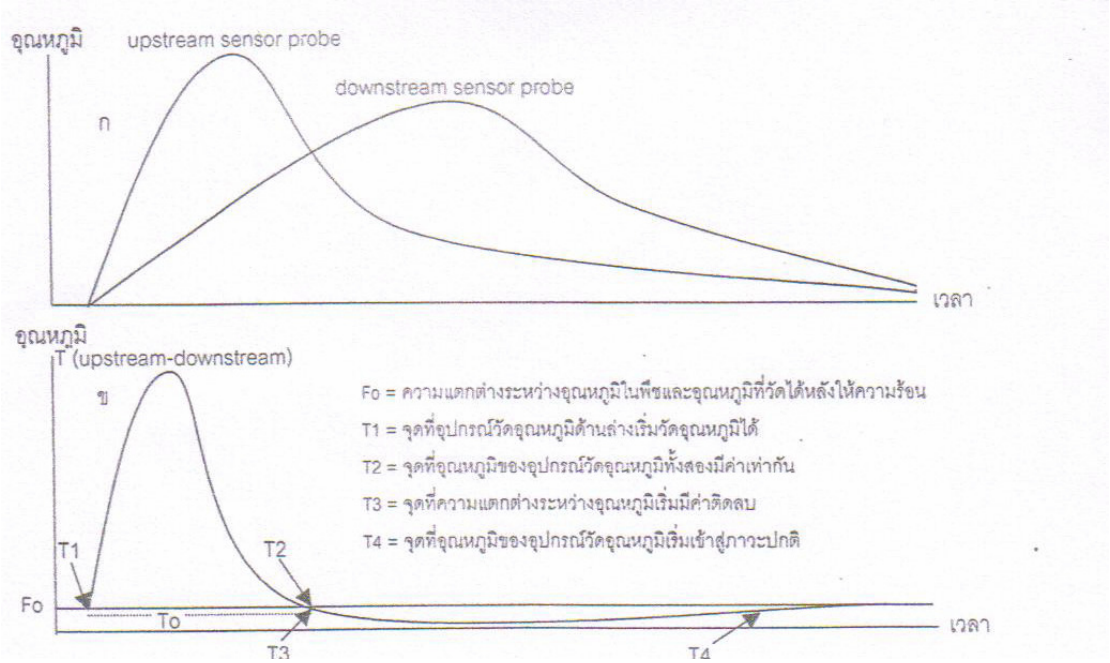
4.1 ทฤษฎีและเทคนิคการวัดอัตราไหลของน้ำในลำต้นโดยวิธีพัลส์ความร้อน

Marshall (1958) พบว่า การส่งไฟฟ้ากระแสตรงเข้าไปที่ท่อน้ำของพืช ทำให้เกิดความร้อน ซึ่งสามารถคำนวณเป็นการเคลื่อนที่ของน้ำ และปริมาณการใช้น้ำของพืชได้โดยแบตเตอรี่จะส่งกระแสไฟฟ้าเข้าไปที่ตัวผ่านความร้อน จากนั้นน้ำจะนำความร้อนจากตัวผ่านความร้อนไปยังอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ 2 ตัว ที่ติดตั้งด้านบน และด้านล่าง ของตัวผ่านความร้อน ทั้งนี้อุปกรณ์วัดอุณหภูมิด้านล่าง จะถูกติดตั้งใกล้ตัวผ่านความร้อนมากกว่าอุปกรณ์วัดด้านบน คือ 5 มิลลิเมตร และ 10 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 1) ดังนั้นเมื่อความร้อนถูกส่งเข้าไป อุปกรณ์วัดอุณหภูมิด้านล่างจะวัดอุณหภูมิได้ก่อนอุปกรณ์วัดอุณหภูมิด้านบน เมื่อหยุดให้ความร้อนอุณหภูมิของอุปกรณ์วัดอุณหภูมิด้านล่างจึงลดลง ในขณะที่ด้านบนยังคงได้รับความร้อนตกค้าง โดยน้ำเคลื่อนที่เป็นตัวนำความร้อนขึ้นไป ทำให้อุณหภูมิลดลงช้ากว่าอุปกรณ์วัดอุณหภูมิด้านล่าง (ภาพที่ 2ก) เมื่อเวลาผ่านไป อุณหภูมิที่วัดได้จากอุปกรณ์วัดอุณหภูมิทั้ง 2 ตำแหน่งมีค่าเท่ากัน เรียกจุดนี้ว่า time delay (To) คือเวลาเริ่มต้นที่อุปกรณ์วัดอุณหภูมิด้านล่างสามารถวัดอุณหภูมิได้ถึงเวลาที่อุณหภูมิของอุปกรณ์วัดอุณหภูมิทั้ง 2 มีค่าเท่ากัน (ภาพที่ 2ข)



ภาพที่ 1 การติดตั้งตัวผ่านความร้อนและอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ

ดัดแปลงจาก : Greenspan Technology (1993)



ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่อุปกรณ์วัดอุณหภูมิอยู่ด้านบนและด้านล่าง (ก) และ To (ข)

ดัดแปลงจาก : Greenspan Technology (1993)

โดยอัตราการเคลื่อนที่เท่ากับผลคูณของระยะทางและเวลา Swanson (1962) อ้างโดย Green และ Clothier (1988) ได้นำ To มาคำนวณหาอัตราการเคลื่อนที่ของน้ำต่อหนึ่งหน่วยเวลาจากสูตร

Heat-pulse velocity (V) = (Xu + Xd) / 2To ……..1

เมื่อ V คือ อัตราการเคลื่อนที่ของน้ำต่อหนึ่งหน่วยเวลา (มิลลิเมตร/นาที)

Xu คือ ระยะทางจากตัวผ่านความร้อนถึงอุปกรณ์วัดอุณหภูมิด้านล่าง (มิลลิเมตร)

Xd คือ ระยะทางจากตัวผ่านความร้อนถึงอุปกรณ์วัดอุณหภูมิด้านบน (มิลลิเมตร)

To คือ ระยะทางที่อุปกรณ์วัดอุณหภูมิด้านล่างสามารถวัดอุณหภูมิได้ถึงเวลาที่อุณหภูมิของอุปกรณ์วัดอุณหภูมิทั้ง 2 มีค่าเท่ากัน

จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณความหนาแน่นของน้ำในท่อน้ำ โดยนำค่าความหนาแน่นและปริมาณความชื้นของกระพี้ และพื้นที่หน้าตัดของกระพี้ (Green and Clothier, 1988; Marshall, 1958) มาคำนวณตามสมการดังนี้

Sap flux density (J) = Pb (Mc + 0.33) V ……2

เมื่อ J คือ ปริมาณความหนาแน่นของน้ำในท่อน้ำ (กิโลกรัม/ตารางเมตร/ชั่วโมง)

Pb คือ ความหนาแน่นของกระพี้ มีค่าเท่ากับน้ำหนักแห้งของกระพี้/ปริมาตรของกระพี้ หน่วยเป็นกิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

Mc คือ ปริมาณความชื้นในกระพี้ มีค่าเท่ากับน้ำหนักสดของกระพี้ – น้ำหนักแห้งของกระพี้ แล้วหารด้วยน้ำหนักแห้งของกระพี้

0.33 คือ ค่าความร้อนจำเพาะของกระพี้แห้ง/ความร้อนจำเพาะของน้ำ มีค่าเท่ากับ $1.39 \times 10^3 / 4.21 \times 10^3$ หน่วยเป็นกิโลกรัม

V คือ อัตราการเคลื่อนที่ของน้ำต่อหนึ่งหน่วยเวลา (มิลลิเมตร/นาที)

ขั้นตอนสุดท้ายนำมาคำนวณอัตราการใช้น้ำของพืช (Volumetric flow rate) จากสูตร

Volumetric flow rate (Q) = $\int_H^R 2\pi r J(r)\, dr$ ……3

เมื่อ Q คือ อัตราการใช้น้ำของพืช (ลิตร/ชั่วโมง)

J(r) คือ ปริมาณน้ำที่ระดับความลึกของรัศมีลำต้นเท่ากับ r (ลิตร/ตารางเมตร/ชั่วโมง)

R คือ ระยะจากจุดศูนย์กลางลำต้นถึงขั้นนอกสุดของกระพี้ (มิลลิเมตร)

H คือ ความหนาของแก่นไม้ (มิลลิเมตร)

2¶ r คือ พื้นที่หน้าตัดของกระพี้ (ตารางเมตร)

4.2 การศึกษาการใช้น้ำของพืชโดยวิธีพัลส์ความร้อน

Green และ Clothier (1988) ศึกษาการใช้น้ำของต้นแอปเปิ้ลและกีวีฟรุตโดยวิธีพัลส์ความร้อน พบว่าการใช้น้ำของต้นแอปเปิ้ลและกีวีฟรุตมีความสัมพันธ์กับปริมาณแสงที่ได้รับในแต่ละช่วงของวัน โดยปริมาณการไหลของน้ำในลำต้นเริ่มสูงขึ้นในช่วงเช้าและสูงสุดในตอนกลางวัน และจะลดลงในช่วงเย็น วิชณีย์ (2543) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงอัตราการใช้น้ำในต้นทุเรียน มังคุด เงาะ และลองกอง พบว่า อัตราการใช้น้ำมีความสอดคล้องกับปริมาณแสง และการตอบสนองทางสรีรวิทยาในรอบวัน คือ เมื่อปริมาณแสงเพิ่มมากขึ้นในช่วงเช้า การชักนำปากใบและอัตราการใช้น้ำมีค่าเพิ่มขึ้นและถึงจุดสูงสุดในช่วงตอนกลางวัน จากนั้นจะลดต่ำลงสู่สภาพปกติในช่วงเย็นเมื่อปริมาณแสงลดลง ดังนั้น อัตราการไหลของน้ำในลำต้นพืชมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงปริมาณแสงที่พืชได้รับในแต่ละช่วงเวลา คือ เมื่อปริมาณแสงต่ำ อัตราการไหลของน้ำในลำต้นพืชก็จะมีค่าต่ำ เมื่อมีปริมาณแสงสูงขึ้น อัตราการไหลของน้ำในลำต้นพืชจะมีค่าสูงขึ้นด้วย และยังพบว่าอัตราการไหลของน้ำในลำต้นพืชยังมีความสัมพันธ์กับขนาดลำต้นหรือพื้นที่กระพี้ โดยถ้าลำต้นมีขนาดใหญ่ อัตราการไหลของน้ำในลำต้นก็จะมีค่าสูง แต่ถ้าลำต้นมีขนาดเล็ก อัตราการไหลของน้ำในลำต้นก็จะมีค่าต่ำไปด้วย (สายัณห์และคณะ, 2546)

Olbrich (1991) ศึกษาการใช้น้ำของต้นยูคาลิปตัส *(Eucalyptus grandis)* อายุ 3 ปี มีพื้นที่กระพี้ 62.7-97.1 ตารางเซนติเมตร (เส้นผ่านศูนย์กลาง 12.1-15.5 เซนติเมตร) โดยวิธีพัลส์ความร้อน พบว่า ต้นยูคาลิปตัสมีอัตราการใช้น้ำ 3-11 ลิตร/ชั่วโมง ระหว่างเวลา 10.00-14.00 น. ในขณะที่ต้นยูคาลิปตัส อายุ 16 ปี มีพื้นที่กระพี้ 371.1 ตารางเซนติเมตร (เส้นผ่านศูนย์กลาง 41.27 เซนติเมตร) มีอัตราการใช้น้ำ 35-45 ลิตร/ชั่วโมง ในช่วงเวลาเดียวกัน รุ่งเรือง (2537) ศึกษาการใช้น้ำของต้นยูคาลิปตัส (*E. camaldulensis*) อายุ 14 ปี มีพื้นที่กระพี้ 159.6 ตารางเซนติเมตร (เส้นผ่านศูนย์กลาง 31 เซนติเมตร) โดยวิธีพัลส์ความร้อน พบว่า ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการใช้น้ำของต้นยูคาลิปตัส ได้แก่ สภาพภูมิอากาศ ระยะเวลาที่ได้รับแสง และพื้นที่กระพี้ โดยในเดือนเมษายนที่มีอุณหภูมิเฉลี่ย 33 องศาเซลเซียส ต้นยูคาลิปตัสใช้น้ำ 157 ลิตร/วัน สำหรับในวันที่ฝนตกและมีเมฆมาก อุณหภูมิเฉลี่ย 20 องศาเซลเซียส ต้นยูคาลิปตัสใช้น้ำเพียง 59 ลิตร/วัน สำหรับในต้นกระถินดอยที่มีอายุ 20 ปี มีการใช้น้ำในรอบวันแตกต่างกันตามฤดูกาล โดยในฤดูหนาวมีค่าการใช้น้ำสูงสุด รองลงมาฤดูร้อนและฤดูฝน ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 21.25, 14.91, 13.44 ลิตร/ต้น/วัน ตามลำดับ เนื่องจาก ในฤดูหนาวมีสภาพบรรยากาศที่เหมาะสม คือ มีปริมาณแสงที่พอเหมาะ และค่าการระเหยของน้ำสูง พืชสามารถดึงน้ำที่สะสมในดินมาใช้ได้อย่างเหมาะสมกว่าในฤดูอื่นๆ และยังพบว่าปริมาณการใช้น้ำผันแปรตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นอีกด้วย (คมสัน และคณะ, 2546)

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาโครงสร้างกระพี้ และการจัดเรียงตัวของท่อน้ำในเนื้อไม้ยางพารา

2. ศึกษาระดับความลึกที่เหมาะสมในการปักหัววัดอุปกรณ์การวัดอัตราการไหลของน้ำในลำต้นของต้นยางพารา

3. ศึกษาการตอบสนองทางสรีรวิทยาในรอบวันของต้นยางพาราที่มีการจัดการการให้น้ำในปริมาณต่างๆ

4. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำในลำต้นกับผลผลิตน้ำยางของต้นยางพารา เพื่อเป็นแนวทางในการให้น้ำแก่ต้นยางพารา