

บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

ตามที่รัฐบาลไทยได้ผลักดันให้พลังงานทดแทนเป็นวาระแห่งชาติ โดยได้จัดทำแผนพัฒนาพลังงานทดแทนในระยะยาวเป็นเวลา 15 ปี และได้กำหนดเป้าหมายว่าจะต้องมีการใช้พลังงานทดแทนเพิ่มขึ้น ซึ่งส่วนหนึ่งจะเป็นการนำเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรหรือชีวมวลมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าและความร้อน โดยเชื้อเพลิงชีวมวลที่ใช้ในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นเศษวัสดุเหลือใช้ที่ได้จากโรงงานอุตสาหกรรมเกษตร (process-based residue) เช่น แกลบที่ได้จากการสีข้าวเปลือก ชานอ้อยที่ได้จากการผลิตน้ำตาลทราย กากปาล์มที่ได้จากการสกัดน้ำมันดิบออกจากผล เป็นต้น แต่ยังมีเชื้อเพลิงชีวมวลส่วนหนึ่งที่ยังมีการนำมาใช้ประโยชน์น้อย นั่นคือชีวมวลที่เหลือทิ้งในไร่นา (field-based residue) เช่น ฟางข้าว ยอดและใบอ้อย เถ้าน้ำมันสำปะหลัง เป็นต้น แต่การจะนำเชื้อเพลิงชีวมวลเหล่านี้มาใช้ประโยชน์ จำเป็นต้องพิจารณาถึงเรื่องการขาดเสถียรภาพด้านอุปทานของชีวมวลดังกล่าวด้วย เนื่องจากปริมาณของชีวมวลดังกล่าวจะมีปริมาณไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของแต่ละเขตการผลิต ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการวางแผนในการจัดหาชีวมวลหลายๆ ชนิดเพื่อนำมาเป็นวัตถุดิบแบบผสมผสานกัน เพื่อให้ได้ปริมาณชีวมวลสำหรับป้อนเข้าโรงไฟฟ้าชีวมวลอย่างเพียงพอต่อเนื่องตลอดทั้งปี โดยแนวทางหนึ่งที่น่าจะเป็นไปได้ก็คือการส่งเสริมการผลิตชีวมวลจากไม้โตเร็ว ซึ่งจะทำให้การจัดหาชีวมวลสำหรับป้อนเข้าโรงไฟฟ้าชีวมวลเป็นไปอย่างยั่งยืนกว่าการจัดหาชีวมวลที่เป็นเศษเหลือทิ้งในไร่นาเพียงอย่างเดียว

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร ได้เริ่มทำการวิจัยและพัฒนาเรื่องการใช้ประโยชน์ชีวมวลเพื่อพลังงานมาเป็นเวลามากกว่า 5 ปี โดยเริ่มจากการพัฒนาชีวมวลเศษเหลือจากภาคเกษตรมาใช้ผลิตเชื้อเพลิงในรูปแบบต่างๆ เช่น ถ่านอัดแท่ง เอทานอล และเชื้อเพลิงทอร์รีไฟด์ เป็นต้น ในปี พ.ศ. 2549 สถาบันฯ ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการจัดหาเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าในภาคตะวันออก ให้กับบริษัท สหโคเจน (ชลบุรี) มหาชน จำกัด จากนั้นบริษัท สหโคเจนฯ ก็ให้ขยายพื้นที่ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการจัดการเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าในเขตภาคเหนือตอนบน และภาคเหนือตอนล่างต่อมาเป็นลำดับ ซึ่งจากการศึกษาดังกล่าวทำให้เห็นปัญหาและความเสี่ยงด้านปริมาณ ความสม่ำเสมอ และราคาของชีวมวลที่เพิ่มขึ้นโดยตลอด ซึ่งมีผลกระทบอย่างมากต่อการดำเนินธุรกิจในระยะยาว สถาบันฯ จึงได้ร่วมมือกับบริษัท สหโคเจนฯ ทำบันทึกข้อตกลงที่จะทำโครงการวิจัยและพัฒนาการปลูกไม้โตเร็วเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าขึ้น ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 เป็นต้นมา โครงการดังกล่าวได้เน้นการศึกษาชนิดพันธุ์ที่เหมาะสม ระบบการปลูก การจัดการ ต้นทุนในการปลูก และผลกระทบกับดินและน้ำ ซึ่งจากการดำเนินงานวิจัยในช่วง 3 ปีที่ผ่านมา โครงการได้มีแปลงวิจัยไม้โตเร็วหลายพื้นที่ในเขตจังหวัดปราจีนบุรี สระแก้ว ลำพูน และลำปาง โดยพื้นที่ที่ทำการปลูกมักเป็นที่ดินเสื่อมโทรม ปลูกพืชเกษตรอื่นๆ ไม่ได้หรือปลูกได้แต่ผลผลิตต่ำ ที่ดินที่ลุ่มน้ำขัง ดินลูกรังมีชั้นดาน และบางที่ก็อยู่ในเขตแห้งแล้ง ชนิดพันธุ์ที่ทำการศึกษา ได้แก่ กระถินยักษ์ ยูคาลิปตัส กระถินเทพา และกระถินเทพณรงค์ ซึ่งจากการศึกษาเบื้องต้น พบว่า ในสภาพพื้นที่ที่ดินมีปัญหาดังกล่าวแล้วนั้น ไม้โตเร็วสามารถที่จะขึ้นได้

มีอัตราการเติบโตและให้ผลผลิตดีถ้ามีการเตรียมพื้นที่และการวางแผนการปลูกที่ดี เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบศักยภาพและผลผลิตในช่วงรอบการตัดฟันแรกที่ยอายุ 2 ปี (ระยะปลูก 1x1 เมตร) พบว่าผลผลิตหรือน้ำหนักสดของส่วนที่นำไปเป็นเชื้อเพลิงเรียงตามลำดับดังนี้ ยูคาลิปตัส 12.9 ตันต่อไร่ ตามด้วย กระถินเทพา กระถินเทพณรงค์ และกระถินยักษ์ มีผลผลิตเท่ากับ 6.8, 6.8 และ 5.7 ตันต่อไร่ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามแม้ว่าผลผลิตน้ำหนักสดของยูคาลิปตัสจะสูงกว่าชนิดอื่นมากแต่ยูคาลิปตัสมีร้อยละความชื้นหน้าแปลงสูง เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าพลังงานความร้อน (dry basis) ต่อพื้นที่ที่จะได้เท่ากับ 27,225,432 กิโลแคลอรี (kcal) ต่อไร่ รองลงมา ได้แก่ กระถินเทพณรงค์ กระถินเทพา และกระถินยักษ์ มีค่าเท่ากับ 19,920,672, 19,401,571 และ 15,297,132 กิโลแคลอรีต่อไร่ ตามลำดับ การที่กระถินยักษ์มีผลผลิตต่ำกว่าไม้ชนิดอื่น อาจเนื่องมาจากกระถินยักษ์ขึ้นได้ดีบนพื้นที่ดินต่าง ไม่ทนต่อการถูกน้ำท่วมขัง และค่อนข้างจะอ่อนไหวกับสภาพดิน ซึ่งดินในแปลงปลูกส่วนใหญ่จะเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และมีสมบัติเป็นกรดปานกลางถึงกรดอ่อน จึงทำให้โตไม่ดีและไม่สม่ำเสมอ กระถินเทพาเมื่อตัดฟันแล้วต้นตอจะตายเกือบทั้งหมดจึงไม่เหมาะที่จะเป็นไม้หลักในสวนป่าพลังงาน แต่อาจเป็นไม้แทรกที่เพิ่มความหลากหลายและจัดการให้มีรอบตัดฟันที่ยาวขึ้นได้สำหรับยูคาลิปตัสแม้ว่าจะมีผลผลิตดีในรอบตัดฟันแรกแต่หน่อที่เติบโตขึ้นมาถูกแตนฝอยปมซึ่งเป็นปัญหาหนักในปัจจุบันเข้าทำลายทำให้มีการเติบโตช้าและอัตราการเติบโตต่ำ โดยเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบกับหน่อกระถินยักษ์และกระถินเทพณรงค์ ซึ่งปัญหาดังกล่าวยังไม่มียูวิธีแก้ไขที่มีประสิทธิภาพ ประกอบกับแตนฝอยปมขยายพันธุ์อย่างรวดเร็วทำให้ผู้ปลูกยูคาลิปตัสเป็นพื้นที่กว้างใหญ่โดยเฉพาะในภาคตะวันออกประสบปัญหาอย่างหนัก ผู้ประกอบการเกี่ยวกับการปลูกยูคาลิปตัสรายใหญ่ใช้วิธีการหลีกเลี่ยงไปพัฒนาสายต้นและใช้ชนิดพันธุ์ที่แตนฝอยปมยังไม่ทำลาย ซึ่งทำให้ราคาค้นกล้าดังกล่าวสูงขึ้นมาก อีกทั้งบางสายต้นแม้ว่าจะยังไม่ได้รับผลกระทบในปัจจุบัน ก็มีแนวโน้มที่แตนฝอยปมจะเข้าทำลายได้ในอนาคตอันใกล้ ดังนั้นเพื่อลดความเสี่ยงต่างๆ จากการมียูคาลิปตัสและกระถินยักษ์ เป็นเพียง 2 ทางเลือก จึงควรพัฒนาชนิดไม้อื่นๆ ที่น่าจะมีศักยภาพเพิ่มเติม กระถินในสกุลอะเคเซีย (Acacia) หลายชนิด ได้รับการยอมรับว่ามีศักยภาพในแง่ผลผลิตและค่าความร้อน บางชนิดมีการแตกหน่อดีแต่บางชนิดไม่แตกหน่อ จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงการพัฒนาคัดเลือกชนิดพันธุ์หรือสายต้นที่มีการแตกหน่อดีมาขยายพันธุ์ ซึ่งกระถินเทพณรงค์เป็นตัวอย่างของการพยายามพัฒนาพันธุ์ที่ดี เนื่องจากได้ลักษณะทรงต้นที่ดีของกระถินเทพา และความสามารถในการแตกหน่อและการทนแล้งของกระถินณรงค์ นอกจากนี้ยังเป็นพืชตระกูลถั่วที่มีจุลินทรีย์สามารถตรึงไนโตรเจนในอากาศมาใช้ได้ ใบมีโปรตีนสูงย่อยสลายให้ไนโตรเจนได้ดี จากการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลการคืนกลับของสารอาหารต่างๆ ในแปลงไม้โตเร็วนี้ พบว่า กระถินเทพณรงค์มีปริมาณการคืนกลับสุทธิของไนโตรเจนเท่ากับ 493 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ รองจากกระถินยักษ์ที่มีค่าดังกล่าวเท่ากับ 664.5 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ส่วนยูคาลิปตัสมีปริมาณการคืนกลับสุทธิของไนโตรเจนเท่ากับ 259 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์

ไม้สกุลอะเคเซีย มีถิ่นกำเนิดในเขตตอนเหนือของประเทศออสเตรเลีย เป็นพันธุ์ที่มีการนำไปใช้ในการปลูกสร้างสวนป่าเศรษฐกิจในหลายประเทศมาก เช่น อินโดนีเซีย มาเลเซีย เวียดนาม จีน และอินเดีย เป็นต้น เนื่องจากเป็นพันธุ์ไม้ที่มีการเติบโตเร็ว และสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศทำให้สามารถเติบโตในสภาพพื้นที่เสื่อมโทรมได้และยังพัฒนาพื้นที่ให้มีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้นภายหลังจากปลูกอีกด้วย ไม้สกุลอะเคเซียที่เป็นรู้จักกันดีในประเทศไทย ได้แก่ กระถินณรงค์ กระถินเทพา เป็นต้น

กรมป่าไม้ได้มีการปรับปรุงพันธุ์ไม้อะเคเซียขึ้นในประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2527 เป็นต้นมา โดยมีการปรับปรุงพันธุ์ให้มีลักษณะดีขึ้น เช่น โตเร็ว ทนแล้ง ให้ผลผลิตเนื้อไม้สูง รูปทรงลำต้นเปลาตรง ง่ายต่อการจัดการในรูปแบบสวนป่า โดยเฉพาะกระถินณรงค์มีการปรับปรุงพันธุ์ไปเป็นรุ่นที่สอง (second generation) แล้ว ซึ่งสายพันธุ์กระถินณรงค์รุ่นที่สองแสดงการเติบโต และรูปทรงลำต้นดีกว่ากระถินณรงค์ทั่วไป (วิฑูรย์ และคณะ, 2543; Luangviriyasaeng and Pinyopusarerk, 2002) นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาลูกผสมของไม้อะเคเซียทั้งเป็นแบบลูกผสมภายในชนิดเดียวกัน (intra-specific hybrids) และลูกผสมข้ามชนิดกัน (inter-specific hybrids) (วิฑูรย์, 2545) เพื่อให้มีการเติบโตเร็วมากขึ้นและให้ผลผลิตเนื้อไม้สูงสามารถตอบสนองความต้องการการใช้ไม้เพื่อใช้สอยในด้านต่างๆ ได้ ทดแทนไม้จากป่าธรรมชาติได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้กรมป่าไม้ยังมีการทดสอบแม่ไม้ที่ได้มีการคัดเลือกพันธุ์ปลูกทดสอบในสภาพพื้นที่ต่างๆ ของประเทศไทย

วิฑูรย์ และ อี.อาร์.วิลเลียม (2533) ได้รายงานผลการทดลองปลูกชนิดพันธุ์ไม้โตเร็ว ออสเตรเลียในพื้นที่ต่างๆ ของประเทศไทย ได้แก่ สถานีทดลองปลูกพรรณไม้ราชบุรี จ.ราชบุรี สถานีทดลองปลูกพรรณไม้ทรายทอง จ.ประจวบคีรีขันธ์ สถานีทดลองปลูกพรรณไม้ห้วยทา จ.ศรีสะเกษ โครงการฝึกอบรมการปลูกสร้างสวนป่า จ.นครราชสีมา สวนผลิตเมล็ดพรรณไม้ป่าเขา สอยดาว จ.จันทบุรี และสถานีทดลองปลูกพรรณไม้ห้วยบง จ.เชียงใหม่ พบว่า เมื่อไม้อายุ 3 ปี ในระยะปลูก 5x5 เมตร ไม้ที่มีการเติบโตดีในทุกพื้นที่ ได้แก่ *Eucalyptus camaldulensis*, *Acacia auriculiformis* และ *A. crassicaarpa* ซึ่ง *A. auriculiformis* มีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 5.6-12.4 เมตร และความโตเฉลี่ย (DBH) เท่ากับ 5.4-12.0 เซนติเมตร โดยโตดีที่สุดในพื้นที่สถานีทดลองปลูกพรรณไม้ทรายทอง จ.ประจวบคีรีขันธ์ ส่วน *A. crassicaarpa* มีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 5.0-14.7 เมตร และความโตเฉลี่ย (DBH) เท่ากับ 6.3-15.0 เซนติเมตร ซึ่งโตดีที่สุดในพื้นที่สถานีทดลองปลูกพรรณไม้ทรายทอง จ.ประจวบคีรีขันธ์ เช่นเดียวกัน นอกจากนี้ วิฑูรย์ (2553) ได้รายงานไว้ในรายงานประจำปีของสถานีวนวัฒนวิจัยสะแกราช จ.นครราชสีมา เกี่ยวกับการเติบโตของไม้โตเร็วที่ทดลองปลูกและปรับปรุงพันธุ์ โดยเลือกชนิดไม้ที่เหมาะสมที่จะพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์เพื่อการปลูกสร้างสวนป่าเชิงเศรษฐกิจ คือ *E. urophylla*, *A. aulacocarpa*, *A. auriculiformis*, *A. mangium* และ *A. crassicaarpa* ซึ่งจากข้อมูลพบว่า ไม้ดังกล่าวมีอัตราการเติบโตดีที่อายุ 3 ปี ในระยะปลูก 3x3 เมตร มีความสูงเฉลี่ยสูงกว่า 8.2 เมตร และความโต (DBH) เฉลี่ยมากกว่า 7.0 เซนติเมตร

มะลิวัลย์ และคณะ (2553) รายงานในรายงานผลการดำเนินงานวิจัยประจำปี 2553 ของโครงการวิจัยและพัฒนาการปลูกไม้โตเร็วเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า ในส่วนของการเติบโตของไม้โตเร็ว 4 ชนิด ได้แก่ กระถินยักษ์ ยูคาลิปตัส กระถินเทพา และกระถินณรงค์ ที่ปลูกในระยะปลูก 1x1 เมตร ในพื้นที่แปลงทดลอง อ.คลองหาด จ.สระแก้ว และ อ.กบินทร์บุรี จ.ปราจีนบุรี พบว่า ในแปลงคลองหาด กระถินเทพณรงค์ โตดีที่สุด รองลงมาได้แก่ กระถินเทพา และกระถินยักษ์ โดยมีความสูงและความโต (DBH) เรียงตามลำดับ ดังนี้ ความสูง เท่ากับ 12.9, 11.9, 9.6 เมตร DBH เท่ากับ 7.4, 7.4 และ 5.8 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนแปลงกบินทร์บุรี พบว่า ยูคาลิปตัสมีความสูงสูงที่สุด รองลงมา ได้แก่ กระถินเทพณรงค์ กระถินเทพา และกระถินยักษ์ เท่ากับ 9.3, 9.0, 8.5 และ 7.0 เมตร ตามลำดับ สำหรับขนาด DBH นั้น กระถินเทพา มีขนาดใหญ่ที่สุด รองลงมา ได้แก่ กระถินเทพณรงค์ ยูคาลิปตัส และกระถินยักษ์ เท่ากับ 5.9, 5.5, 5.0 และ 3.7 เซนติเมตร ตามลำดับ

เพื่อให้มีการพัฒนาต่อยอดไม้สกุลอะเคเซีย จากงานของกรมป่าไม้ ในการปลูกสร้างสวนป่า เพื่อพลังงานไฟฟ้าในสภาพพื้นที่เสื่อมโทรม จึงได้มีการคัดเลือกพันธุ์ไม้อะเคเซียที่มีศักยภาพ มาศึกษาวิจัยในเรื่องของศักยภาพการปลูกและการจัดการเพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาและเพิ่มผลผลิต สวนป่าพลังงานเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าได้อย่างยั่งยืนและครบวงจร

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาศักยภาพของไม้สกุลอะเคเซียที่เหมาะสมกับการนำไปปลูกบนพื้นที่เสื่อมโทรม เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า ใน 5 พื้นที่ ได้แก่ จังหวัดกำแพงเพชร (ภาคเหนือ) จังหวัดขอนแก่น (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน) จังหวัดฉะเชิงเทรา (ภาคตะวันออก) จังหวัดกาญจนบุรี (ภาคตะวันตก) และจังหวัดสระแก้ว (ภาคตะวันออกถึงภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง) ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวถูกจำแนกกว่าเป็นพื้นที่เสื่อมโทรม ตั้งแต่เสื่อมโทรมในระดับคุณธรรมชาติถึงระดับรุนแรง
2. เพื่อประเมินผลกระทบของการปลูกไม้สกุลอะเคเซียเป็นสวนป่าพลังงานที่มีรอบตัดฟันสั้น โดยศึกษาผลกระทบในแง่ของสมบัติของดิน และการใช้น้ำ
3. เพื่อศึกษาความเสี่ยงในการเกิดความเสียหายจากศัตรูพืชต่างๆ โดยการรวบรวมข้อมูลโรค และแมลงศัตรูพืชของไม้สกุลอะเคเซีย
4. เพื่อศึกษาถึงต้นทุนที่ใช้ในการปลูกไม้สกุลอะเคเซียเป็นสวนป่าพลังงาน
5. เพื่อประเมินผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ของการปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเซียที่ปลูกเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าบนพื้นที่เสื่อมโทรม

1.3 ขอบเขตโครงการวิจัย

ทำการศึกษาศักยภาพในด้านต่างๆ ของการปลูกไม้สกุลอะเคเซียเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า ได้แก่ ศักยภาพด้านการเติบโตและผลผลิต ผลกระทบทั้งทางบวกและลบต่อสมบัติดิน ประสิทธิภาพการใช้น้ำ โรคและแมลงศัตรูพืช ต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ ในพื้นที่แปลงวิจัยที่กรมป่าไม้ได้ดำเนินการปลูกไว้ จำนวน 5 พื้นที่ ได้แก่ จังหวัดกำแพงเพชร (ภาคเหนือ) จังหวัดขอนแก่น (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน) จังหวัดฉะเชิงเทรา (ภาคตะวันออก) จังหวัดกาญจนบุรี (ภาคตะวันตก) และจังหวัดสระแก้ว (ภาคตะวันออกถึงภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง)

บทที่ 2

วิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 วิธีดำเนินการวิจัย

2.1.1 การจัดทำฐานข้อมูลพื้นที่เสื่อมโทรมและพื้นที่ดินมีปัญหาของประเทศ

1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลพื้นที่เสื่อมโทรมแบบต่างๆ จากกรมพัฒนาที่ดิน
2. รวบรวมแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ดินเสื่อมโทรมและดินมีปัญหาเพื่อหาพื้นที่ที่มีศักยภาพที่จะปลูกไม้โตเร็วเพื่อพลังงานได้
3. จัดทำฐานข้อมูลที่รวบรวมมาโดยใช้ระบบ GIS ซึ่งสามารถวิเคราะห์เนื้อที่ พิกัด และสภาพพื้นที่ในปัจจุบันได้

2.1.2 การหาผลผลิตมวลชีวภาพ การสะสมสารอาหารของไม้สกุลอะเคเซีย และการศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นกับดินของสวนไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย

ชนิดของไม้อะเคเซียที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นสายต้นที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์จากกรมป่าไม้ ที่ปลูกทดสอบใน 5 ท้องที่ คือ จังหวัดกำแพงเพชร ขอนแก่น ฉะเชิงเทรา กาญจนบุรี และสระแก้ว โดยเลือกศึกษาสายต้นจำนวน 4 สายต้น ซึ่งเป็นสายต้นที่มีอัตราการเติบโตดี ได้แก่ กระถินเทพณรงค์สายต้นที่ 3 เป็นลูกผสมระหว่างกระถินเทพากับกระถินณรงค์ กระถินณรงค์ลูกผสมซึ่งได้จากการคัดเลือกและปรับปรุงสายต้นที่ดีของกระถินณรงค์ คัดเลือกมา 3 สายต้น ได้แก่ สายต้นที่ 5, 18 และ 19 โดยต้นไม้ในพื้นที่แปลงทดลองทั้ง 5 พื้นที่ดังกล่าวมีอายุ 3 ปี มีระยะการปลูก 3x3 เมตร

1. การเก็บข้อมูลภาคสนาม

1.1 วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design; RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 4 สายต้น (สายต้นที่ 3, 5, 18 และ 19) สายต้นละ 6 ต้น ในพื้นที่ต่างกัน 5 พื้นที่ ได้แก่ ศูนย์วนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร จังหวัดกำแพงเพชร สวนป่ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น สวนป่าลาดกระทิง จังหวัดฉะเชิงเทรา สวนป่าดอนแสลบ-เลาขวัญ จังหวัดกาญจนบุรี และสวนป่าของบริษัท สโตร์่า เอ็นโซ่ (ประเทศไทย) จำกัด จังหวัดสระแก้ว

1.2 ทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดิน (D_0) เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอก (DBH) และความสูง (Ht) ในแปลงไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย สายต้นที่ 3, 5, 18 และ 19 ทุกต้น แล้วนำข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอกมาจัดเรียงหาค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด เพื่อหาความกว้างของอันตรายภาคขึ้น โดยกำหนดให้มีจำนวน 5 อันตรภาคขึ้น แล้วนำค่ากลางของแต่ละอันตรภาคขึ้นมาเลือกต้นที่จะตัดในแต่ละสายต้น สายต้นละ 5 ต้น

1.3 ตัดทอนลำต้นออกเป็นท่อนๆ โดยท่อนแรกยาว 30 เซนติเมตร ท่อนต่อไปยาวท่อนละ 1 เมตร จนหมดความสูงทั้งหมดของลำต้น ซึ่งน้ำหนักสดของแต่ละท่อนที่ตัดออก โดยแยกชั่งเป็นส่วนของลำต้น กิ่ง และใบ

1.4 ทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางในส่วนของลำต้นทุกท่อน โดยวัดหัวและท้ายของท่อนนั้นๆ

1.5 รวบรวมตัวอย่างแต่ละส่วนของแต่ละต้น แล้วสุมเก็บใส่ถุงกระดาษจำนวน 1 ถุงต่อ 1 ส่วน แล้วชั่งน้ำหนัก บันทึกข้อมูล นำตัวอย่างที่สุมเก็บในถุงกระดาษไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการต่อไป

1.6 ทำเก็บตัวอย่างดินในแปลงทดสอบสายต้นที่ทำการศึกษาทั้ง 4 สายต้นในข้อ 1.1 ซ้ำละ 2 หลุม ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ด้วย core method นำดินที่แบ่งได้ในแต่ละชั้นความลึกเข้าห้องปฏิบัติการเพื่อวิเคราะห์หาสมบัติทางด้านกายภาพและทางด้านเคมี ตลอดจนปริมาณสารอาหารต่างๆ ต่อไป

2. การวิเคราะห์ข้อมูล

2.1 นำตัวอย่างของแต่ละส่วนที่สุมเก็บในถุงกระดาษมาอบในตู้อบความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักคงที่ ณ ห้องปฏิบัติการ ปฐพีวิทยาป่าไม้ ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 นำตัวอย่างของแต่ละส่วนที่อบในตู้อบความร้อนจนได้น้ำหนักคงที่ มาชั่งน้ำหนักแห้ง จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณหาร้อยละความชื้น โดยได้หาจากสูตร

$$\text{ร้อยละความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักสด} - \text{น้ำหนักแห้ง}}{\text{น้ำหนักแห้ง}} \times 100$$

2.3 คำนวณหาน้ำหนักแห้งหรือมวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง และใบ จากสูตร

$$\text{น้ำหนักแห้ง} = \frac{100 \times \text{น้ำหนักสดที่ตัด}}{\text{ร้อยละความชื้น} + 100}$$

2.4 นำข้อมูลมวลชีวภาพของส่วนต่างๆ มาวิเคราะห์หารูปแบบและสมการความสัมพันธ์กับมิติต่างๆ โดยใช้ allometric relation ซึ่งมีรูปสมการ ดังนี้

$$Y = aX^h$$

$$\text{หรือ } \log Y = \log a + h \log X$$

เมื่อ Y = มวลชีวภาพส่วนต่างๆ ของต้นไม้

X = ขนาดของลำต้น คือ ฟังก์ชันของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับขีดดิน (D_0) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอก (DBH) ฟังก์ชันของ parabolic volume ในรูป $D_0^2 H$ หรือ $DBH^2 H$ เมื่อ H คือ ความสูงทั้งหมดของต้นไม้

a, h = ค่าคงที่ของสมการ

2.5 การประมาณมวลชีวภาพของต้นไม้ เลือกสมการความสัมพันธ์ระหว่างมิติที่ได้จากต้นไม้กับปริมาณมวลชีวภาพส่วนต่างๆ ของต้นไม้ที่อยู่เหนือพื้นดินที่มีความสัมพันธ์ดีที่สุด โดยพิจารณาจากค่า coefficient of determination (r^2) ที่สูงที่สุด ซึ่งแสดงว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันมากที่สุด และพิจารณาจากความเหมาะสม ความสะดวกในการปฏิบัติเมื่อเลือกสมการ

ประมาณมวลชีวภาพของส่วนต่างๆ ของไม้แต่ละสายต้นได้แล้วก็นำไปประมาณมวลชีวภาพส่วนต่างๆ ที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมดของไม้ที่ใช้ในการศึกษา

2.6 นำตัวอย่างดินที่ได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนามมาวิเคราะห์สมบัติดินทางด้านกายภาพและทางด้านเคมี ณ ห้องปฏิบัติการฯ ดังนี้

การวิเคราะห์สมบัติของดินทางด้านกายภาพ

1) การวิเคราะห์หาความหนาแน่นรวม (bulk density) จะใช้ core method ที่ได้จากการเก็บตัวอย่างดินแบบไม่รบกวนโครงสร้าง (undisturbed sample) นำดินตัวอย่างมาอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักดินแห้งคงที่ จากนั้นนำดินอบแห้งมาชั่งน้ำหนัก เพื่อคำนวณหาความหนาแน่นรวม จากสูตร

$$\text{ความหนาแน่นรวมของดิน} = \frac{W_{ods}}{V_t}$$

โดยที่

$$\begin{aligned} \text{ความหนาแน่นรวมของดิน} &= \text{ความหนาแน่นรวม (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)} \\ W_{ods} &= \text{น้ำหนักดินอบแห้ง (กรัม)} \\ V_t &= \text{ปริมาตรทั้งหมดของดิน (ลูกบาศก์เซนติเมตร)} \end{aligned}$$

2) การวิเคราะห์หาความหนาแน่นอนุภาคดิน (particle density) โดยใช้เครื่อง air comparison pycnometer

3) นำค่าวิเคราะห์ที่ได้จากการหาความหนาแน่นรวมและความหนาแน่นอนุภาคดินมาคำนวณหาร้อยละของความพรุนของดิน

4) นำดินตัวอย่างที่ร่อนผ่านตะแกรง 2 มิลลิเมตรและผ่านการอบแห้งมาวิเคราะห์หาเนื้อดินในแต่ละระดับความลึกของดินตัวอย่าง โดยใช้ hydrometer method โดยทำให้ดินแตกตัวด้วย sodium hexametaphosphate

การวิเคราะห์สมบัติของดินทางด้านเคมี

1) นำตัวอย่างดินที่เก็บได้ในภาคสนาม มาผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นร่อนดินตัวอย่างผ่านตะแกรงขนาด 2 และ 0.5 มิลลิเมตร เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ทางด้านเคมีต่อไป

2) พีเอชของดิน (soil pH) โดยใช้เครื่องวัดพีเอช (pH meter) ซึ่งใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ เท่ากับ 1:1 (National Soil Survey Center, 1996)

3) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (organic matter) โดยวิธี Walkley and Black's rapid Titration (Walkley and Black, 1934; Walkley, 1935)

4) ปริมาณไนโตรเจนรวม (total nitrogen) โดยวิธี Dumas method (Jackson, 1965) ด้วยเครื่อง CHNS analyzer (PerkinElmer รุ่น 2400 series II CHNS/O Analyzer)

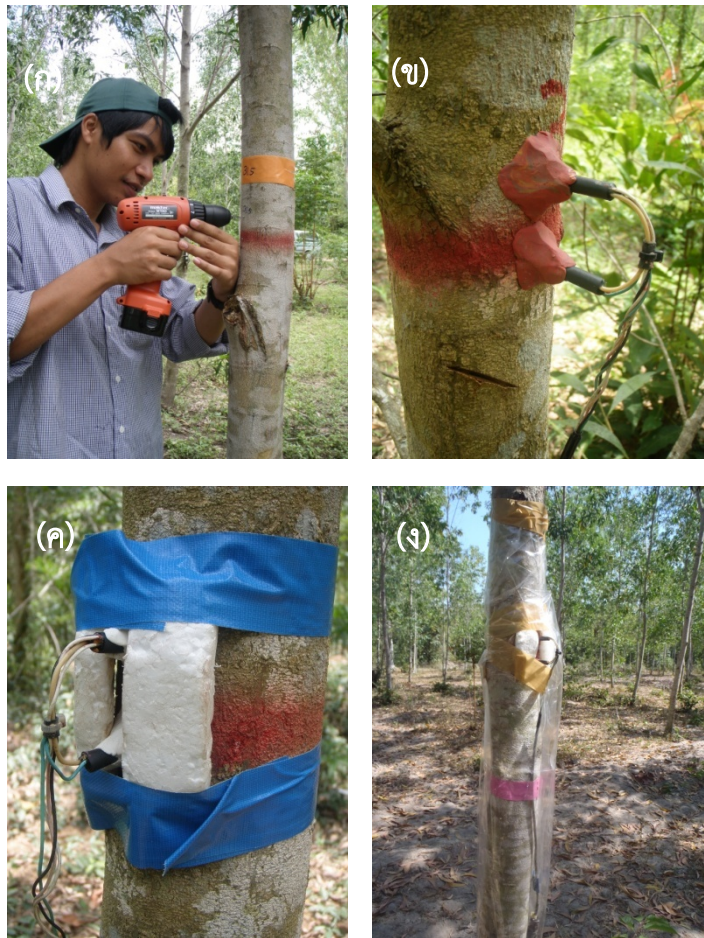
5) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus) โดยวิธี Bray II (Bray and Kurtz, 1945) แล้ววัดปริมาณด้วยเครื่อง spectrophotometer

6) ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่เป็นแลกเปลี่ยนได้ (exchangeable potassium, calcium and magnesium) โดยการสกัดด้วยสารละลาย 1 N แอมโมเนียมอะซิเตตที่เป็นกลาง (1 N NH_4OAc pH 7.0) (Pratt, 1965) แล้ววัดปริมาณด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer

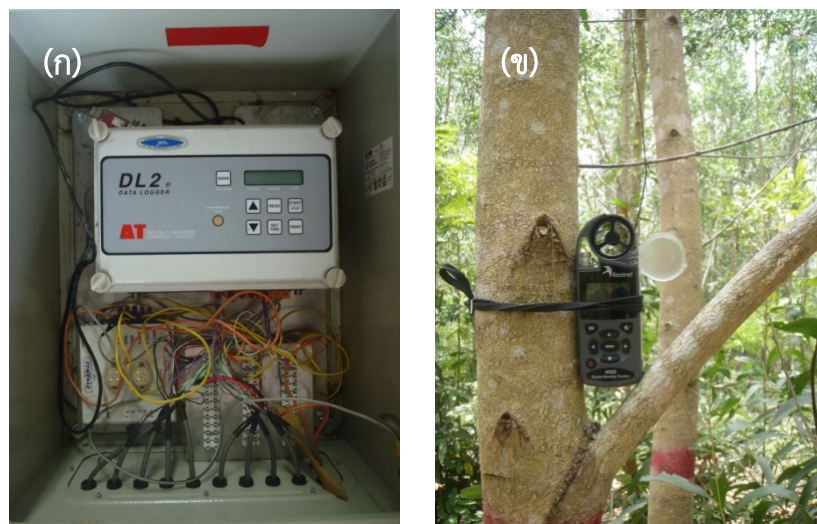
2.7 นำตัวอย่างส่วนต่างๆ ของต้นไม้ที่ได้จากข้อ 2.1 มาทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารอาหารในส่วนต่างๆ ของไม้ตัวอย่าง โดยทำการบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดตัวอย่าง เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณสารอาหารต่างๆ ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) โดยการวิเคราะห์ไนโตรเจนใช้วิธีของ Dumas หรือ dry combustion ด้วยเครื่อง CHNS analyzer ยี่ห้อ PerkinElmer รุ่น 2400 Series II CHNS/O Analyzer ส่วน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม จะทำการสกัดด้วยวิธี wet ashing ด้วยกรด $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$ acid mixture ในอัตราส่วน $\text{HNO}_3 : \text{HClO}_4$ เท่ากับ 5 : 2 โดยทำการวิเคราะห์ ฟอสฟอรัส (vanadomolybdate yellow color) ด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 440 นาโนเมตร วิเคราะห์โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม โดยใช้เครื่อง atomic absorption spectrophotometer (จงรักษ์, 2541; ทศนีย์ และ จงรักษ์, 2542; Jackson, 1958)

2.1.3 การศึกษาประสิทธิภาพการใช้น้ำของสวนไม้โตเร็วสกุลอะเคเซียที่ปลูกเป็นเชื้อเพลิง

การศึกษาการใช้น้ำของต้นไม้มีหลายวิธี วิธีที่เป็นที่นิยมคือการวัดอัตราการไหลของของเหลว (sap flow) ในลำต้น (Granier, 1987; Ford *et al.*, 2004) เนื่องจากปริมาณน้ำเกือบทั้งหมดที่รากต้นไม้ดูดจากดินจะถูกปล่อยออกสู่บรรยากาศทางใบ แสดงถึงปริมาณน้ำที่สูญเสียไปจากต้นไม้ เนื่องจากการวัดอัตราการไหลของของเหลวในลำต้นนี้ สามารถวัดได้กับต้นไม้ที่มีขนาดใหญ่ และไม่ได้ทำอันตรายกับต้นไม้ สำหรับการศึกษาการใช้น้ำของไม้สกุลอะเคเซียในครั้งนี้ดำเนินการในแปลงทดลองที่มีอยู่ โดยคัดเลือกพื้นที่ตัวแทน 2 พื้นที่ที่มีศักยภาพสูงในการส่งเสริมการปลูกไม้สกุลอะเคเซียเพื่อเป็นไม้พลังงาน ได้แก่ สวนป่าดอนแสลบ-เลาขวัญ จังหวัดกาญจนบุรี และสวนป่าลาดกระทิง จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยคัดเลือกไม้อะเคเซียสายต้นที่มีศักยภาพในการเติบโตสูง จำนวน 4 สายต้น ได้แก่ สายต้นที่ 3, 5, 18 และ 19 ทำการวัดการใช้น้ำของต้นไม้เมื่ออายุ 3 ปี ตามวิธีการของ Granier (1987) ซึ่งเป็นการวัดการไหลของน้ำเลี้ยงในลำต้น ด้วยเครื่องมือ Thermal Dissipation Probe (TDP) รุ่น TDP 30 ของ Dynamax Inc., USA ทำการติดตั้งหัวตรวจ (probe) โดยการใช้สว่านเจาะนำเข้าไปในลำต้นบริเวณส่วนของกระพี้ที่ระดับความสูง 1.30 เมตรจากพื้นดิน (ภาพที่ 1) ทำการบันทึกค่าการไหลของน้ำเลี้ยงด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล (data logger) (ภาพที่ 2ก) ทุกๆ 10 นาที เป็นระยะเวลาติดต่อกัน 24 ชั่วโมง ในขณะเดียวกัน ก็ติดตั้งเครื่องวัดอากาศ (ภาพที่ 2ข) ซึ่งจะบันทึกความเร็วลม อุณหภูมิ และความชื้นในอากาศ ในระหว่างที่ทำการบันทึกอัตราการไหลของน้ำเลี้ยงในลำต้นด้วย ทำการวัดการใช้น้ำของต้นไม้ในเดือนสิงหาคม พฤศจิกายน และมกราคม



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการติดตั้งเครื่องมือวัดอัตราการไหลของน้ำเลี้ยงในลำต้น (ก) ใช้ส่วนเจาะนำเข้าไปในลำต้น (ข) สอดหัวตรวจ (probe) เข้าไปในรูส่วนที่เจาะไว้ ยึดให้ติดกับลำต้นด้วยดินน้ำมัน (ค) ยึดติดให้แน่นด้วยโฟมและเทปอีกชั้นหนึ่ง (ง) หุ้มด้วยพลาสติกเพื่อป้องกันน้ำ



ภาพที่ 2 (ก) เครื่องบันทึกข้อมูล (data logger) การวัดอัตราการไหลของน้ำเลี้ยงในลำต้น (ข) เครื่องวัดอากาศขนาดเล็ก ถูกติดบนลำต้นใกล้เคียงกับต้นที่ทำการวัดอัตราการไหลของน้ำเลี้ยงในลำต้น

ทำการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของต้นไม้ในรอบวันโดยการนำค่าพื้นที่ของกระพี้ (sapwood area) คูณกับอัตราการไหลของน้ำในลำต้น (sap flux) ดังสมการ

$$WU = \frac{A \times F}{1000}$$

เมื่อ WU หมายถึง ปริมาณการใช้น้ำของต้นไม้ในรอบวัน มีหน่วยเป็น ลิตรต่อต้นต่อชั่วโมง
 A หมายถึง พื้นที่กระพี้ มีหน่วยเป็น ตารางเซนติเมตร
 F หมายถึง อัตราการไหลของน้ำในลำต้นในแต่ละช่วงเวลา (เซนติเมตรต่อชั่วโมง)

และคำนวณค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำของต้นไม้จากสมการ

$$WUE = \frac{\Delta DW \times 1000}{WU_y}$$

เมื่อ WUE หมายถึง ประสิทธิภาพการใช้น้ำของต้นไม้ มีหน่วยเป็น กรัมต่อลิตร
 ΔDW หมายถึง การเพิ่มพูนมวลชีวภาพของต้นไม้ มีหน่วยเป็น กิโลกรัมต่อต้นต่อปี
 WU_y หมายถึง ปริมาณการใช้น้ำของต้นไม้ในรอบปี มีหน่วยเป็น ลิตรต่อต้นต่อปี

2.1.4 การศึกษาความเสี่ยงของการเกิดโรคและแมลงศัตรูพืช

ทำการสำรวจโรคไม้สกุลอะเคเซียต่างๆ ทุกเดือนจากแปลงทดลองและแปลงปลูก

1. เก็บตัวอย่างโรคที่พบในการสำรวจมาดำเนินการ

- ตรวจสอบเชื้อสาเหตุโรคโดยนำมาทำ slide section และบันทึกภาพภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (Stereo-, Compound-Microscopes)

- นำตัวอย่างบางส่วนมาทำตัวอย่างแห้ง (herbarium) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบและตรวจสอบได้ภายหลัง

- แยกเชื้อจากตัวอย่างที่เป็นโรคให้บริสุทธิ์สำหรับตัวอย่างโรคที่มีความสำคัญด้วยวิธี tissue transplanting บนอาหารต่างๆ เช่น WA, 1/2PDA, MEA, V8A

- แยกตัวอย่างบางส่วนมาบ่มใน moist chamber โดยทำความสะอาดตัวอย่างด้วย Clorox 5% เป็นเวลา 10 นาที แล้วซับให้แห้งก่อนนำไปบ่ม

- เมื่อได้เชื้อที่บริสุทธิ์ให้เก็บเชื้อบริสุทธิ์ที่แยกได้ด้วยวิธีการที่เหมาะสม เช่น เชื้อราเก็บใน slant agar, sterile soil หรือนำเส้นใยไปทำให้แห้งแล้วเก็บในตู้เย็น

2. ทำการพิสูจน์โรค โดยนำเชื้อบริสุทธิ์ที่แยกได้ มาทำการปลูกเชื้อกลับไปยังต้นที่ปกติ แล้วบันทึกลักษณะอาการและความรุนแรงที่เกิดขึ้น

2.1.5 การศึกษาคุณสมบัติของการเป็นเชื้อเพลิงของไม้สกุลอะเคเชียจากสวนป่า

สุ่มตัวอย่างส่วนลำต้นที่เป็นเนื้อไม้จากการตัดเพื่อเก็บข้อมูลผลผลิตมวลชีวภาพจากแปลงต่างๆ ทั้ง 5 พื้นที่ จากนั้นบดเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์หาค่าพลังงานความร้อน HHV, LHV วิเคราะห์ proximate analysis (%MC, %Ash, %Volatile matter, %Fixed carbon) และวิเคราะห์ ultimate analysis (C, H, O, N, S, Cl)

2.1.6 การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ของการปลูกไม้สกุลอะเคเชียเพื่อเป็นเชื้อเพลิง

1. ศึกษาและรวบรวมต้นทุนที่ใช้ตั้งแต่การปลูกจนถึงขั้นตอนการแปรรูปเข้าสู่กระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้า รวมทั้งการศึกษากระบวนการเก็บเกี่ยวและการขนส่งไม้โตเร็วเข้าสู่โรงผลิตไฟฟ้าชีวมวล ต้นทุนด้านโลจิสติกส์ ในกระบวนการดังกล่าว
2. นำข้อมูลต้นทุนและผลผลิตมวลชีวภาพ รวมทั้งผลประโยชน์ด้านอื่นๆ ที่เกิดขึ้นจากสวนป่าพลังงานมาประเมินหาผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์
3. สรุปผลและจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์

2.2 สถานที่ทำการทดลองและเก็บข้อมูล

1. หน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีไม้โตเร็วเพื่อพลังงาน สถาบันคั่นคว่ำและพัฒนาผลผลิตทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ
2. ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ
3. แปลงวิจัยชนิดไม้สกุลอะเคเชียของกรมป่าไม้ อายุ 3 ปี ในพื้นที่ จังหวัดกำแพงเพชร ขอนแก่น ฉะเชิงเทรา กาญจนบุรี และสระแก้ว

สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

No.	Name	District	Province	Code	Latitude (N)	Longitude (E)	Altitude (m)	Soil Series
1	สถานีวนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร	เมือง	กำแพงเพชร	KP	16° 33.997'	99° 30.303'	100	ชุดดินจันทึก (Chan Tuk series: Cu)
2	สวนป้ามัญจาคีรี	มัญจาคีรี	ขอนแก่น	KK	16° 13.265'	102° 35.463'	240	ชุดดินยโสธร (Yasothon series: Yt)
3	สวนป่าลาดกระทิง	สนามชัยเขต	ฉะเชิงเทรา	CS	13° 29.950'	101° 31.595'	70	ชุดดินชะอำ (Cha-am series: Ca)
4	สวนป่าดอนแสลบ-เลาขวัญ	เลาขวัญ	กาญจนบุรี	KB	14° 36.499'	99° 36.772'	110	ชุดดินโคราช และ สันป่าตอง และ วา ริน (Korat and San Pa Tong and Warin series : Kt & Sp & Wn)
5	สวนป่า Thai-Stora	วัฒนานคร	สระแก้ว	SK	13° 49.415'	102° 18.498'	70	ชุดดิน ตาคลี (Takhli series: Tk)

บทที่ 3

การตรวจเอกสาร

3.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย (Acacia)

พรรณไม้ในกลุ่มตระกูลถั่ว (legume) ประกอบด้วย พรรณไม้ในวงศ์ Fabaceae, Mimosaceae และ Caesalpiniaceae โดยในวงศ์ Mimosaceae มีพรรณไม้ในสกุลอะเคเซียเป็นสกุลที่ใหญ่ที่สุดในวงศ์นี้ ซึ่งพรรณไม้สกุลอะเคเซียนี้มีอยู่ประมาณ 1,350 ชนิดทั่วโลก (Turnbull, 2004) โดยประมาณเกือบ 1,000 ชนิด มีถิ่นกำเนิดในประเทศออสเตรเลียและปาปัวนิวกินี นอกจากนี้ยังมีไม้สกุลอะเคเซียกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติในทวีปอื่นของโลก ได้แก่ ทวีปแอฟริกา (144 ชนิด) ทวีปเอเชีย (89 ชนิด) และทวีปอเมริกา (185 ชนิด) (Turnbull, 2004) โดยมีการพบไม้สกุลอะเคเซียน้อยมากในทวีปยุโรป

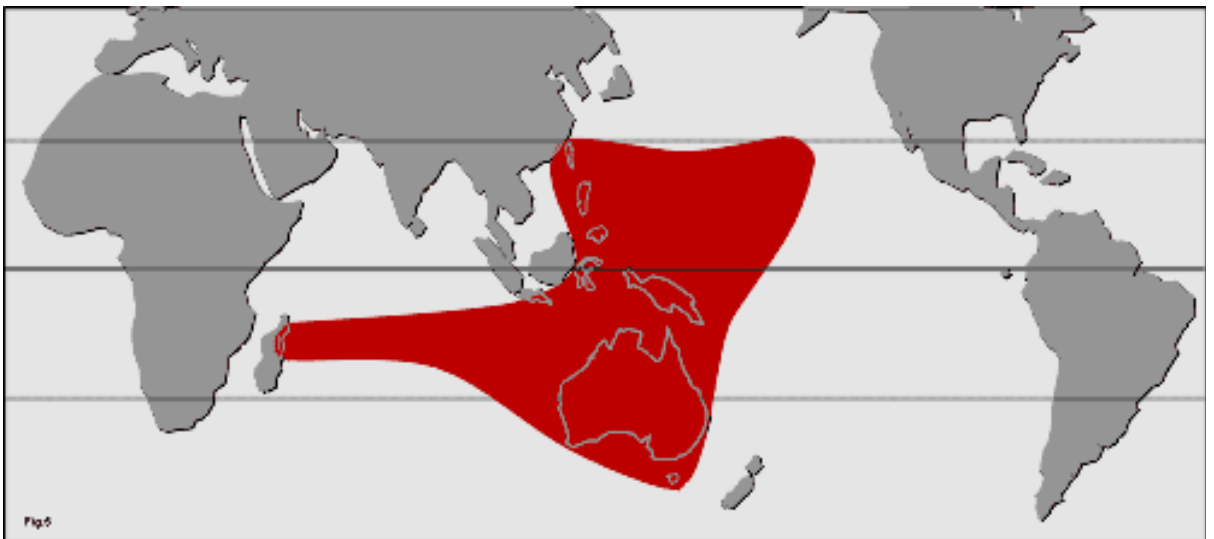
ได้มีการนำไม้อะเคเซียไปปลูกเป็นไม้ต่างถิ่น (exotic tree) มากกว่า 70 ประเทศทั่วโลก โดยปลูกเพื่อการปลูกสร้างสวนป่าเชิงเศรษฐกิจ การปลูกเพื่อฟื้นฟูสภาพแวดล้อมหรือสภาพพื้นที่ที่เสื่อมโทรม และการปลูกเพื่อเป็นไม้ใช้สอย ถ่าน ฟืน ในชุมชนและครัวเรือน เนื่องจากไม้อะเคเซียสามารถปรับตัวและเติบโตในสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดี ตั้งแต่ในเขตร้อน (tropical) จนถึงเขตอบอุ่น (temperate) เขตชุ่มชื้น (humid) จนถึงกึ่งแห้งแล้งและแห้งแล้ง (semi-arid and arid) สภาพพื้นที่ดินเป็นกรด (acidic) จนถึงดินด่าง (alkaline) แม้กระทั่งในพื้นที่ดินเค็ม (saline) (โดยชนิดไม้อะเคเซียที่นิยมปลูกกันมากในปัจจุบัน ได้แก่ *A. mangium* หรือกระถินเทพา *A. mearnsii*, *A. saligna* และ *A. crassicarpa* นอกจากนี้ *A. auriculiformis* หรือกระถินณรงค์ ก็เป็นพรรณไม้อะเคเซียในเขตร้อนที่ได้มีการนำมาปลูกในระยะแรกๆ เมื่อประมาณ 70 ปีมาแล้ว โดยมีการนำเข้ามาปลูกครั้งแรกในมาเลเซียเมื่อปี 2475 ต่อมาประเทศไทยในปี 2478 และปลูกเป็นไม้เศรษฐกิจในประเทศอินเดียในปี 2489 (Midgley *et al.*, 2003)

นอกจากไม้อะเคเซียที่กล่าวข้างต้นแล้ว ยังมีไม้อะเคเซียในเขตร้อนบางชนิดที่มีคุณสมบัติพิเศษ เช่น *A. colei* ซึ่งเป็นชนิดที่ทนทานต่อสภาพแห้งแล้งและปลูกเพื่อเป็นไม้ฟืนในพื้นที่ขาดแคลนไม้เชื้อเพลิงและเมล็ดยังเป็นแหล่งอาหารได้อีกด้วย (House and Harwood, 1992) *A. ampliceps* เป็นไม้กระถินออสเตรเลียที่สามารถปลูกได้ในพื้นที่ดินเค็มถึงเค็มจัดได้ เป็นต้น

ประเทศต่างๆ ที่มีการปลูกไม้สกุลอะเคเซียโดยเฉพาะในประเทศไทย มีการพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์ เพื่อให้มีการเติบโตเร็วให้ผลผลิตเนื้อไม้สูง สามารถนำไปปลูกเป็นสวนป่าเชิงเศรษฐกิจได้ โดยไม้อะเคเซียที่มีการพัฒนาพันธุ์ ได้แก่ กระถินเทพา (*A. mangium*) กระถินณรงค์ (*A. auriculiformis*) กระถินลูกผสมระหว่างกระถินเทพาและกระถินณรงค์ (*Acacia* hybrids) *A. crassicarpa* และ *A. pregeana* (วิฑูรย์, 2545; Luangviriyasaeng and Pinyopusarerk, 2002)



ภาพที่ 3 การกระจายพันธุ์ธรรมชาติของไม้สกุลอะเคเซีย (Turnbull, 2004)



ภาพที่ 4 การกระจายพันธุ์ธรรมชาติของไม้สกุลอะเคเซียในสกุลย่อย Phyllodineae (Turnbull, 2004)

ไม้สกุลอะเคเซีย เป็นพรรณไม้เอนกประสงค์ที่มีการปลูกและการใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง ตั้งแต่เป็นไม้ใช้สอยในครัวเรือนและชุมชน เช่น ไม้ฟืน ถ่าน เลี้ยงสัตว์ และไม้เสาค้ำยัน จนถึงเป็นไม้เพื่ออุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมเครื่องเรือน อุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ อุตสาหกรรมขึ้นไม้สับไม้เพื่อพลังงานความร้อนและผลิตไฟฟ้าชุมชน เป็นต้น มีแนวโน้มการปลูกและการใช้ประโยชน์จากไม้อะเคเซียเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพราะเป็นพรรณไม้โตเร็วที่ช่วยส่งเสริมสภาพแวดล้อมที่ดีขึ้นเนื่องจากเป็นพรรณไม้ในตระกูลถั่วสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ ตารางที่ 1 แสดงการใช้ประโยชน์จากไม้อะเคเซียบางชนิด (Brockwell *et al.*, 2005)

ตารางที่ 1 การใช้ประโยชน์ของไม้สกุลอะเคเซีย

Species	Uses
<i>A. acuminata</i>	Charcoal, wood turning
<i>A. albida</i>	Fodder, soil enrichment
<i>A. aneura</i>	Fodder, posts, turning bush food
<i>A. auriculiformis</i>	Environmental rehabilitation, soil stabilization, fuel wood, posts, pulpwood
<i>A. baileyana</i>	Cut flowers/foilage, pollen, gum
<i>A. berlandieri</i>	Gum
<i>A. cambagei</i>	Posts, turning, bush food
<i>A. catechu</i>	Fuel wood
<i>A. crassicarpa</i>	Tolerance of high water tables
<i>A. cyclops</i>	Salinity tolerance
<i>A. dealbata</i>	Pulpwood, gum, cut flowers/foilage, oils, pollen
<i>A. decurrens</i>	Pulpwood, timber, fuel wood
<i>A. elata</i>	Pulpwood
<i>A. excels</i>	Fodder
<i>A. gerrardii</i>	Fodder
<i>A. harpophylla</i>	Posts, fuel wood, charcoal
<i>A. hebeclada</i>	Gum (acidic)
<i>A. homalophylla</i>	Turning
<i>A. imbricata</i>	Cut flowers/foilage
<i>A. implexa</i>	Fuel wood, turning, pollen
<i>A. irrorata</i>	Fuel wood, tannin
<i>A. kempeana</i>	Fodder
<i>A. leucophylla</i>	Non-industrial wood
<i>A. mangium</i>	Timber, pulpwood

ตารางที่ 1 (ต่อ)

Species	Uses
<i>A. mearnsii</i>	Tannin, oyster poles, mine, timber, pollen, fuel wood, charcoal, craft wood, pulpwood, mushroom medium, adhesives, cellulose for rayon, particle board
<i>A. melanoxylon</i>	Joinery, turning, pulpwood
<i>A. mellifera</i>	Fodder, honey
<i>A. nilotica</i>	Non-industrial wood
<i>A. notabilis</i>	Bush food
<i>A. papyrocarpa</i>	Bush food, turning
<i>A. parramattensis</i>	Pulpwood, tannin
<i>A. pendula</i>	Fodder, turning, fuel wood
<i>A. pycnantha</i>	Tannin, gum, bush food
<i>A. retinodes</i>	Salinity tolerance, cut flowers/foilage, bush food
<i>A. salicina</i>	Salinity tolerance, soil stabilization, joinery
<i>A. saligna</i>	Salinity tolerance, soil stabilization, tannin, fodder, bush food,(acidic) gum, fuel wood
<i>A. senegal</i>	Gum
<i>A. seyal</i>	Non-industrial wood
<i>A. silvestris</i>	Pulpwood, joinery, fuel wood, posts, pollen, bush food, cut flowers/foilage, tool handles
<i>A. stenophylla</i>	Salinity tolerance, fodder, posts fuel wood
<i>A. tortilis</i>	Fodder, posts, fuel wood, soil stabilization, charcoal
<i>A. trachyphloia</i>	Pulpwood
<i>A. verniciflua</i>	Cut flower/foilage
<i>A. victoriae</i>	Fodder, bush food, pollen

ที่มา : Brockwell *et al.* (2005)

จากที่ได้กล่าวแล้วข้างต้นว่า ไม้สกุลอะเคเชียอยู่ในกลุ่มพืชตระกูลถั่ว (Leguminous) ซึ่งเป็นพืชที่สามารถช่วยปรับปรุงดิน อันเนื่องมาจากการที่มีแบคทีเรีย (ไรโซเบียม) อาศัยอยู่ในรากที่สร้างปมขึ้นมา โดยไรโซเบียมดังกล่าวสามารถสังเคราะห์ไนโตรเจนให้อยู่ในรูปที่พืชดูดซึมไปใช้ได้ จากแก๊สไนโตรเจนในบรรยากาศ นอกจากนี้ถ้ามีการอยู่แบบพึ่งพาอาศัยกับเชื้อราบางชนิดทั้งแบบ endomycorrhizal และ/หรือ ectomycorrhizal จะทำให้ประสิทธิภาพการดูดซึมสารอาหารต่างๆ ของไม้สกุลนี้เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการดูดซึมฟอสฟอรัส (Khasa, 1990) ในพื้นที่ป่าเสื่อมโทรม ไม้สกุลอะเคเชียที่ขึ้นอยู่ทั้งตามธรรมชาติและในสวนปามีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการปรับปรุงดิน

โดยซากพืชที่ร่วงหล่นจำนวนมากย่อยสลายกลายเป็นอินทรีย์วัตถุที่เพิ่มขึ้นในดิน นอกจากนี้ยังทำให้มีปริมาณไนโตรเจนในดินเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย (Baker, 1990)

การตรึงไนโตรเจนของพืชตระกูลอะเคเซีย ธงชัย (2518) ได้ทำการศึกษาและจัดหมวดหมู่ของเชื้อไรโซเบียม (*Rhizobium*) ที่แยกได้จากพืชตระกูลถั่วต่างๆ จำนวน 52 ชนิด ซึ่งสามารถจำแนกเชื้อไรโซเบียมได้ 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 เชื้อไรโซเบียมที่ทำให้เกิดต่าง และ serum zone ใน litmus milk ได้แก่ *R. phaseoli*, *R. trifolii* และ *R. leguminosarum* ซึ่งแยกได้จากปมรากของถั่วเขียว ถั่วฝักยาว ไมยราบ ถั่วลิสน์ เก็ดลิสน์น้อย ถั่วบัง ถั่วลิสง ถั่วพลู มันแกว หมาม่วย โสน จามจุรี ทองหลวง มะขามเทศ ประดู่ กระถินยักษ์ กระถินณรงค์ รังเข็ช้ สะบ้า ชิงชัน พะยูง ครามป่า ครามเครือ *Vigna* sp. *Cassia* sp. และ *Pueraria* sp. กลุ่มที่ 2 เชื้อที่ทำให้เกิดต่างแต่ไม่เกิด serum zone ใน litmus milk ได้แก่ *R. lupini* และ *R. japonicum* ซึ่งแยกได้จากปมรากของ ถั่วฝัก ถั่วเหลือง *Crotalaria* sp. และ *Desmodium triflorum* กลุ่มที่ 3 เชื้อที่ทำให้เกิดกรด และ serum zone ใน litmus milk ซึ่งแยกได้จากปมรากของถั่วดำ ถั่วแดง มหาเหนียว สาธร ชะเอมไทย ถั่วลิสน์ป่า *Pueraria anabaptis* และ *P. hirsuta*

Nakos (1977) รายงานว่า ไรโซเบียมที่ทำให้รากกระถินเทพาเกิดปมและเติบโตได้ดีส่วนมากตรึงไนโตรเจนได้ดี แม้ในดินนั้นจะขาดปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม การใส่เชื้อไรโซเบียมที่เหมาะสมลงไปจะทำให้ส่วนสูง น้ำหนักชีวมวล น้ำหนักปม และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของกระถินเทพาสูงขึ้น

Galiana et al. (1990) ทำการใส่เชื้อไรโซเบียมให้แก่กระถินเทพาด้วย *Bradyrhizobium* 8 สายพันธุ์ และ *Rhizobium* 2 สายพันธุ์ พบว่า *Bradyrhizobium* เท่านั้น ที่ทำให้เกิดปมที่มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนกับกระถินเทพา กระถินเทพาเกิดปมอย่างมีประสิทธิภาพกับ *Bradyrhizobium* บางสายพันธุ์จัดเป็นพืชอาศัยจำเพาะ (specific host) Nitrogen Fixing Tree Association ระบุว่า กระถินเทพาเกิดปมได้ แต่ต้องมีการใส่เชื้อเสริมนอกเหนือจากเชื้อที่มีอยู่ตามธรรมชาติ ตามการแบ่งกลุ่มไม้อะเคเซียของ Dreyfus and Dommergues (1981) แบ่งไม้อะเคเซียสายพันธุ์ต่างๆ (ยกเว้น กระถินเทพา) ออกตามการเกิดปมอย่างมีประสิทธิภาพกับไรโซเบียมพวกที่เจริญช้าและพวกที่เจริญเร็ว ดังนั้นกระถินเทพาจึงจัดอยู่ในกลุ่มที่จะเกิดปมอย่างมีประสิทธิภาพกับไรโซเบียมพวกที่เจริญช้าเท่านั้น เช่นเดียวกับ *A. albida*, *A. holosericea*, *A. linaroides* และ *A. mearnsii*

Turk and Keyser (1992) ศึกษาความจำเพาะของไรโซเบียมต่อพืชตระกูลถั่วรวมทั้งกระถินเทพา พบว่า กระถินเทพาเป็นไม้ที่มีความจำเพาะเจาะจง (specific) ทั้งการเกิดปมและประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจน สอดคล้องกับผลการทดลองของ Galiana et al. (1990) คือ กระถินเทพาจะเกิดปมอย่างมีประสิทธิภาพเฉพาะกับสายพันธุ์ *Bradyrhizobium* ทั้งนี้ *Bradyrhizobium* บางสายพันธุ์เท่านั้นที่มีประสิทธิภาพต่อกระถินเทพา แม้แต่ *Bradyrhizobium* จาก *Acacia* sp. ก็ไม่เกิดปมกับกระถินเทพา

Lesueur et al. (1993) แยกเชื้อจากปมของกระถินเทพา พบว่า เป็น *Bradyrhizobium* และธาตุหลักเป็นปัจจัยที่เพิ่มการเจริญ นอกจากไรโซเบียมแล้วการใส่ไมคอร์ไรซา (vesicular-arbuscular mycorrhizas) ร่วมกับเชื้อไรโซเบียมสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญและการตรึงไนโตรเจนให้แก่กระถินเทพา ดังรายงานของ De La Cruz et al. (1988) พบว่า การใส่เชื้อ *Glomus*

fasciculatus ร่วมกับไรโซเบียม และ *Gigaspora margarita* ร่วมกับไรโซเบียมจะมีประสิทธิภาพมากที่สุดต่อกระถินเทพา

Marcar *et al.* (1991) รายงานว่า กระถินเทพามีกิจกรรมของเอนไซม์ไนโตรจีเนสสูงที่สุดในบรรดาไม้อะเคเซีย 3 ชนิดที่ทำการทดลอง ได้แก่ *A. auriculiformis*, *A. amplexes*, *A. mangium*

นีลวรรณ (2540) ได้ทำการแยกและจัดจำแนกเชื้อไรโซเบียมจากกระถินเทพา โดยแยกเชื้อไรโซเบียมได้ 2 สกุล ได้แก่ สกุล *Rhizobium* ที่มีอัตราการเจริญเร็ว ผลิตรวด เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีมากกว่า 1 มิลลิเมตร และสกุล *Bradyrhizobium* มีอัตราการเจริญช้า ผลิตต่าง เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร โดยมีเฉพาะสกุล *Bradyrhizobium* เท่านั้นที่ทำให้กระถินเทพาเกิดปมอย่างมีประสิทธิภาพและสามารถตรึงไนโตรเจนได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยไม่ต้องอาศัยไนโตรเจนจากการทดลองพบว่า กระถินเทพาที่ไม่ใส่เชื้อ *Bradyrhizobium* ได้น้ำหนักแห้ง 3-23 มิลลิกรัมต่อต้น ในขณะที่กระถินเทพาที่ใส่เชื้อ *Bradyrhizobium* ได้น้ำหนักแห้ง 277-489 มิลลิกรัมต่อต้น

Le Roux *et al.* (2009) ทำการศึกษาความจำเพาะเจาะจงในการทำให้เกิดปมของเชื้อ *Bradyrhizobium* ต่อไม้อะเคเซียลูกผสม (*A. mangium* x *A. auriculiformis*) พบว่า เชื้อที่แยกได้จากปมของไม้อะเคเซียลูกผสมจะเป็นเชื้อ *B. japonicum* ที่เจริญได้เร็วบนอาหาร yeast extract-mannitol medium (YMA) ส่วนเชื้อที่แยกได้จากปมของ *A. mangium* และ *A. auriculiformis* จะเป็นเชื้อ *B. elkanii* ที่เจริญช้าบนอาหาร YMA จากการทดสอบการปลูกเชื้อ *Bradyrhizobium* ลงบนพืชอาศัยที่แยกได้และต่างพืชอาศัยกัน พบว่า เชื้อ *Bradyrhizobium* จะเกิดปมอย่างมีประสิทธิภาพและสามารถตรึงไนโตรเจนได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อปลูกลงบนพืชอาศัยที่แยกได้ (host-bacterial association)

ไม้สกุลอะเคเซียที่นำมาปลูกในประเทศเขตร้อนชื้นและกึ่งร้อนชื้น (humid and sub-humid tropical countries) ซึ่งได้แก่ ประเทศมาเลเซีย อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ เวียดนาม จีน อินเดีย และไทย เป็นต้นนั้น กระถินณรงค์ และกระถินเทพา เป็นสองชนิดแรกที่ได้รับคามนิยมมากที่สุด นอกจากนี้ยังมีไม้อะเคเซียอีกหลายชนิดที่กำลังมีการศึกษาเพิ่มเติม และได้รับการพิจารณาให้มีการส่งเสริมการปลูกมากขึ้น ได้แก่ *A. crassicarpa* และ *A. aulacocarpa* (Eldoma and Awang, 1999) และไม้อะเคเซียลูกผสม (*Acacia* hybrids) แบบต่างๆ นอกจากนี้ยังมีไม้อะเคเซียที่ปลูกได้ในพื้นที่ดินเค็ม ซึ่งจะช่วยให้ฟื้นฟูสภาพดินเค็มให้ดีขึ้นได้อีกด้วย คือ *A. amplexes* (Doran and Turnbull, 1997) มีการวิจัยและพัฒนาไม้อะเคเซียในประเทศเขตร้อนต่างๆ หลายด้าน ได้แก่ การปรับปรุงพันธุ์ (genetics and breeding) การเพิ่มผลผลิตโดยการปรับปรุงดิน (nutrition) การศึกษาด้านโรคและแมลง (pest and disease) และการใช้ประโยชน์ (utilization) เพื่อสนับสนุนการปลูกไม้อะเคเซีย (Turnbull *et al.*, 1998) โดยในปี พ.ศ. 2546 มีพื้นที่ปลูกไม้อะเคเซียในแถบเอเชียตามตารางที่ 2 (Midgley *et al.*, 2003)

ตารางที่ 2 พื้นที่ปลูกไม้อะเคเซียในทวีปเอเชียโดยประมาณ

ประเทศ	พื้นที่ (เฮกเตอร์)
จีน	30,000
อินเดีย	45,000
อินโดนีเซีย	800,000
มาเลเซีย	200,000
ฟิลิปปินส์	10,000
ไทย	30,000
เวียดนาม	120,000

ที่มา : Midgley *et al.* (2003)

ประเทศไทยมีการนำไม้อะเคเซียจากต่างประเทศเข้ามาปลูกนานกว่า 60 ปีมาแล้ว ได้แก่ กระถินณรงค์ ซึ่งกระถินณรงค์ดังกล่าวสามารถปรับตัวให้เติบโตได้ในเกือบทุกสภาพท้องที่ของประเทศไทย และใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง เช่น การปลูกเพื่อฟื้นฟูสภาพพื้นที่เสื่อมโทรมและการใช้ประโยชน์เนื้อไม้เป็นไม้แปรรูปหรือไม้ใช้สอยต่างๆ ได้ดี กรมป่าไม้เริ่มการปรับปรุงพันธุ์กระถินณรงค์ตั้งแต่ปี 2527 เป็นต้นมา (วิฑูรย์, 2536) โดยได้นำสายพันธุ์จากแหล่งธรรมชาติในประเทศออสเตรเลียและปาปัวนิวกินี มาทำการทดสอบสายพันธุ์ เพื่อขยายฐานพันธุกรรม ทำให้ได้สายพันธุ์กระถินณรงค์ที่มีลักษณะการเติบโตเร็ว และรูปทรงลำต้นเปลาตรงมากขึ้นเหมาะแก่การนำไปใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ ปัจจุบันได้มีการพัฒนาสายพันธุ์กระถินณรงค์เป็นรุ่นที่สองแล้ว (วิฑูรย์ และคณะ, 2543)

3.1.1 การปรับปรุงพันธุ์ไม้อะเคเซียในประเทศไทย

เนื่องจากกระถินณรงค์มีศักยภาพในการปลูกเชิงเศรษฐกิจดังกล่าวข้างต้น กรมป่าไม้จึงได้เริ่มดำเนินการคัดเลือกแม่ไม้ในแปลงปลูกกระถินณรงค์ในท้องที่ต่างๆ ของประเทศไทย และได้รวบรวมเมล็ดพันธุ์จากแม่ไม้ จำนวน 60 สายพันธุ์มาสร้าง breeding population ปลูกเป็นแปลงทดสอบสายพันธุ์ (open-pollinated progeny trial) โดยทดสอบร่วมกับเมล็ดพันธุ์จากแหล่งธรรมชาติในประเทศออสเตรเลีย และปาปัวนิวกินี จำนวน 40 สายพันธุ์ จากศูนย์เมล็ดพันธุ์ไม้ออสเตรเลีย (Australian Tree Seed Centre) รวมทั้งสิ้น 100 สายพันธุ์ โดยปลูกในปี พ.ศ. 2532 ใน 3 ท้องที่ คือ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ นครราชสีมา และกาญจนบุรี ผลการทดสอบสายพันธุ์ดังกล่าว แสดงให้เห็นว่า สายพันธุ์ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศมีการเติบโต และรูปทรงที่ดีกว่าสายพันธุ์ในประเทศ โดยเฉพาะสายพันธุ์ที่มาจากแหล่งธรรมชาติในปาปัวนิวกินี และตอนเหนือของรัฐควีนส์แลนด์ (วิฑูรย์ และคณะ, 2538) และจากแปลงทดสอบสายพันธุ์ดังกล่าว ได้มีการปรับปรุงให้เป็นสวนผลิตเมล็ดพันธุ์ โดยการตัดต้นที่มีลักษณะไม่ดีออกไป เพื่อเก็บเมล็ดพันธุ์ในการพัฒนาสายพันธุ์รุ่นที่สองต่อไป

ในปี พ.ศ. 2539 แปลงทดสอบสายพันธุ์ รุ่นที่ 2 ได้ดำเนินการใน 2 ท้องที่ คือ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ และจันทบุรี โดยใช้สายพันธุ์จากรุ่นที่ 1 จำนวน 106 สายพันธุ์ ทดสอบกับสายพันธุ์กระถินณรงค์ทั่วไปอีก 2 สายพันธุ์ รวมเป็น 198 สายพันธุ์ ซึ่งผลการทดสอบสายพันธุ์รุ่นที่

สอง แสดงให้เห็นชัดเจนว่า สายพันธุ์ที่ได้จากปาปัวนิวกินี และควีนสแลนด์ มีการเติบโต และรูปทรงดีกว่าสายพันธุ์ในประเทศไทย และดีกว่าสายพันธุ์กระถินณรงค์ที่ไม่ได้ผ่านการปรับปรุงพันธุ์อย่างมากอีกด้วย (วิฑูรย์ และคณะ, 2543) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า กระถินณรงค์ที่ได้นำเข้าในประเทศไทยเมื่อประมาณ 60 กว่าปีมาแล้ว และไม่มีข้อมูลว่าได้มีการนำกระถินณรงค์เข้ามาประเทศไทยอีก มีฐานพันธุกรรมของกระถินณรงค์ในประเทศไทยน้อย ต้นไม้จึงมีคุณภาพต่ำกว่าสายพันธุ์ธรรมชาติที่นำเข้ามาใหม่ ดังนั้นการเพิ่มฐานพันธุกรรมกระถินณรงค์จะทำให้เกิดการปรับปรุงทั้งการเติบโต และคุณภาพรูปทรงลำต้นอีกด้วย

ซึ่งในกระบวนการปรับปรุงพันธุ์กระถินณรงค์ดังกล่าว นอกจากการผสมพันธุ์แบบเปิดตามธรรมชาติ (open pollination) ในสวนผสมพันธุ์ (breeding population) แล้ว ยังมีการผสมพันธุ์กระถินณรงค์ข้ามแบบควบคุม (control pollination) ระหว่างสายพันธุ์กระถินณรงค์จากถิ่นกำเนิดในธรรมชาติในประเทศออสเตรเลีย คือ รัฐควีนสแลนด์และนอร์ทเทิร์นเทอริทอรี ในประเทศออสเตรเลีย และในประเทศปาปัวนิวกินี ทำให้ได้กระถินณรงค์ลูกผสม (intra-specific hybrids) นอกจากนี้ยังมีการผสมข้ามชนิดพันธุ์ระหว่างกระถินเทพากับกระถินณรงค์ ทำให้ได้กระถินลูกผสม (inter-specific hybrids) (พินดา และ วิฑูรย์, 2541) และลูกผสมดังกล่าวได้มีการขยายพันธุ์ด้วยการปักชำเป็นสายต้น (clone) ต่างๆ

การผสมพันธุ์กระถินณรงค์ลูกผสมและกระถินลูกผสมดังกล่าวได้จากสายต้นกระถินณรงค์ในสวนผลิตเมล็ดพันธุ์ รุ่นที่ 1 (วิฑูรย์ และคณะ, 2538) และกระถินเทพา โดยเลือกสายต้นกระถินณรงค์ที่มีจากถิ่นกำเนิด Northern Territory (NT), Queensland (QLD) และ Papua New Guinea (PNG) ถิ่นกำเนิดละ 3 สายต้น (clone) คือ NT1, NT2, NT3, QLD1, QLD2, QLD3, PNG1, PNG2, PNG3 และกระถินเทพา (AM) รวมทั้งสิ้น 10 สายต้น มาผสมเกสรแบบ incomplete half-diallel ตามภาพที่ 5

Male

Female	PNG1	PNG2	PNG3	QLD1	QLD2	QLD3	NT1	NT2	NT3	AM
PNG1	+	+	+	+	+	-	+	+	-	+
PNG2		+	+	-	+	+	-	+	+	+
PNG3			+	+	-	+	+	-	+	+
QLD1				+	+	+	+	+	-	+
QLD2					+	+	-	+	+	+
QLD3						+	+		+	+
NT1							+	+	+	+
NT2								+	+	+
NT3									+	+
AM										+

ภาพที่ 5 Incomplete half-diallel design for controlled pollination of *A. auriculiformis* and *A. mangium*

เมล็ดลูกผสมดังกล่าวได้มีการเพาะและปลูกเป็นสวนรวมพันธุ์ และมีการคัดเลือกสายต้นบางส่วนจากสวนรวมพันธุ์ดังกล่าวมาปลูกทดลองสายต้นในพื้นที่ต่างๆ เพื่อศึกษาลักษณะการเติบโต รูปทรงลำต้น และการตอบสนองต่อพื้นที่แบบต่างๆ เพื่อสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการปลูกสายต้นนี้ เป็นสวนป่าไม้เศรษฐกิจต่อไป

ตารางที่ 3 สรุปสถิติการใช้ประโยชน์ไม้สกุลอะเคเซีย (แสดงเฉพาะชนิดที่มีการใช้ประโยชน์หลัก)

Uses	Current total area planted (K ha)	Annual Production	Annual value of industry (USD Million)	Main Producer Countries	Main Species	Status and future trends
Pulp for papermaking	2000	3.3M Adt pulp	2700	Indonesia , Vietnam,	<i>A.mangium</i> ; <i>A. mangium x A. auriculiformis</i> ; <i>A. Crassicarpa</i>	Expected to increase in SE Asia to meet world demand for paper.
Wood chips for pulping (internationally traded)	included in pulpwood + tan bark area estimate	3.5M Bdt chips	500	Vietnam, South Africa, Brazil	<i>A.mangium</i> ; <i>A. mangium x A. auriculiformis</i> ; <i>A.mearnsii</i>	Exported product mainly to E.Asia. Excludes internal use for pulp production.
Solid wood products for export	120 of <i>A. auriculiformis</i> + part of pulpwood area		600	Vietnam	<i>A.mangium</i> ; <i>A. mangium x A. auriculiformis</i> ; <i>A. Auriculiformis</i>	Increasing manufacture for domestic use throughout SE Asia
Tannin Production	540	0.67M t Tannin extract. (export only)	80 (export only)	Brazil, South Africa	<i>A. mearnsii</i>	Large historical production declined to stable level over past 20 years. Continues despite competition with mineral and synthetic tannins

การพัฒนาไม้โตเร็วสกุล *Acacia* เพื่อปลูกเป็นพื้นที่เสื่อมโทรมสำหรับเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า

ตารางที่ 3 (ต่อ)

Uses	Current total area planted (K ha)	Annual Production	Annual value of industry (USD Million)	Main Producer Countries	Main Species	Status and future trends
Food, fodder, poles and domestic fuelwood	unknown but significant	?	?	areas with chronic droughts and famine in Africa and Asia	Many	Fuelwood will remain primary energy source in such regions. Demand will mirror population.
Site amelioration	600+	NA	?	areas with degraded or unstable soil (north and sub-saharan Africa, Myanmar, Pakistan)	<i>A. saligna</i> ; <i>A. torulosa</i> ; <i>A. tumida</i> ; <i>A. ampliceps</i> . <i>A. stenophylla</i>	Inclusion in new agroforestry management systems could increase use
Fragrances	Harvested from weedy trees	300–400kg absolute perfume	0.5	France	<i>A. dealbata</i>	small but stable industry
Flowers	0.1	550t	3.5	France (Alpes Maritime Dept.)	<i>A. dealbata</i> x <i>A. baileyana</i>	small but stable industry unless fashions change
Horticulture	?	?	?	Developed countries	Many	Continuing interest, many new taxa could be trialled and cultivars bred
Carbon sequestration	?	?	?	Developing countries	all fast growing taxa adapted to local environments	could increase if policy settings favourable
Biomass energy	?	?	?	Developing countries	all fast growing taxa adapted to local environments	could increase if policy settings favourable. Taxa well suited to short rotation harvest on poor sites

การพัฒนาไม้โตเร็วสกุล *Acacia* เพื่อปลูกเป็นพื้นที่เสื่อมโทรมสำหรับเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า

3.1.2 ชนิดไม้สกุลอะเคเชียที่มีศักยภาพในการปลูกสร้างสวนป่าเพื่อพลังงานไฟฟ้าในประเทศไทย

สำหรับในประเทศไทย ไม้อะเคเชียที่มีศักยภาพในการปลูกสร้างสวนป่าไม้โตเร็วทางเศรษฐกิจ ได้แก่ กระถินณรงค์ ซึ่งได้มีการนำเข้ามาปลูกในประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2478 โดยสามารถปลูกในสภาพท้องที่ต่างๆ ของประเทศไทย อีกทั้งคุณสมบัติเนื้อไม้เหมาะแก่การทำเฟอร์นิเจอร์ และเป็นไม้ใช้สอยต่างๆ เป็นอย่างดี กระถินเทพา เป็นไม้อะเคเชียที่ได้นำมาปลูกในประเทศไทยมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2527 และได้รับความนิยมเนื่องจากเป็นไม้โตเร็ว และเป็นชนิดไม้ที่ปลูกกันมาในต่างประเทศ โดยเฉพาะประเทศอินโดนีเซีย และมาเลเซีย นอกจากนี้ยังมีไม้อะเคเชียอีก 2 ชนิด ที่ได้มีการนำเข้ามาปลูกทดลองในประเทศไทย เมื่อปี พ.ศ. 2528 ภายใต้โครงการร่วมมือกับ ACIAR (Australian Centre for International Agricultural Research) ประเทศออสเตรเลีย ซึ่งมีศักยภาพในการนำไปปลูกป่าเศรษฐกิจ คือ *A. aulacocarpa* และ *A. crassicarpa* โดย *A. aulacocarpa* มีรูปทรงลำต้นที่เปลาตรง และ *A. crassicarpa* มีการเติบโตที่รวดเร็ว และให้ปริมาณเนื้อไม้มาก ไม้อะเคเชียทั้งสองชนิดมีความเหมาะสมต่อการปลูกป่าเศรษฐกิจในอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ และเป็นไม้เพื่อพลังงานได้เป็นอย่างดี

ผลการนำไม้สกุลอะเคเชียโดยเฉพาะจากประเทศออสเตรเลียเข้ามาปลูกทดลองในท้องที่ต่างๆ ของประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2528 ภายใต้โครงการความร่วมมือทางวิชาการระหว่างกรมป่าไม้กับ ACIAR ประเทศออสเตรเลีย โดยมีชนิดไม้อะเคเชีย จำนวน 23 ชนิด ซึ่งผลการทดลองพบว่า ชนิดไม้อะเคเชียที่มีการเติบโตดีที่สุด คือ *A. Crassicarpa*, *A. auriculiformis* และ *A. aulacocarpa* (จากถิ่นกำเนิดปาปัวนิวกินี) (Chittachumnonk and Sirilak, 1991) ซึ่งกรมป่าไม้ได้มีการพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์ไม้อะเคเชียดังกล่าวแล้วนั้น นอกจากนี้กรมป่าไม้ได้มีการศึกษาค่าความร้อนของเชื้อเพลิงแข็ง (ถ่านไม้) จากไม้สกุลอะเคเชีย 16 ชนิด ดังตารางที่ 4

แปลงทดสอบสายต้นของไม้อะเคเชียที่ได้จากการปรับปรุงพันธุ์ของกรมป่าไม้

การทดสอบสายต้น (clone) ของไม้อะเคเชียที่ได้จากการปรับปรุงพันธุ์แบบควบคุม (control pollination) ที่ปลูกใน 5 ท้องที่ คือ จังหวัดกำแพงเพชร ขอนแก่น ฉะเชิงเทรา กาญจนบุรี และสระแก้ว โดยเลือกศึกษาสายต้นจำนวน 4 สายต้น ซึ่งเป็นสายต้นที่มีอัตราการเติบโตดี ได้แก่ สายต้น 1/1/16, 13/8/7, 32/18/24 และ 33/19/9 ตามบัญชีลูกผสมที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์ กำหนดให้เป็นสายต้น (code no.) ที่ 3, 5 18 และ 19 ตามลำดับ รายละเอียดของสายต้นที่ได้จากการผสมเกสรแบบควบคุม แสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 4 ค่าความร้อนของถ่านไม้สกุลอะเคเชียชนิดต่างๆ

ลำดับที่	ชนิดไม้กระถินออสเตรเลีย	ค่าความร้อนคำนวณจากตัวอย่างแห้ง (กิโลจูลต่อกิโลกรัม)
1	<i>A. aulacocarpa</i>	31,304
2	<i>A. brassii</i>	30,443
3	<i>A. difficilis</i>	30,255
4	<i>A. julifera</i>	30,217
5	<i>A. shirleyi</i>	30,037
6	<i>A. polystachya</i>	29,983
7	<i>A. holosericae</i> (<i>A. coleii</i>)	29,841
8	<i>A. auriculiformis</i> (กระถินณรงค์)	29,783
9	<i>A. platycarpa</i>	29,511
10	<i>A. crassicaarpa</i>	29,427
11	<i>A. simsii</i>	29,398
12	<i>A. hemignosta</i>	29,176
13	<i>A. flavescens</i>	28,871
14	<i>A. torulosa</i>	28,842
15	<i>A. rothii</i>	28,796
16	<i>A. mangium</i> (กระถินเทพา)	28,512

ตารางที่ 5 Site information of all intra-specific and inter-specific hybrids of *Acacia* clone trials

No.	Name	Amphoe	Province	Code	Lat. (N)	Long. (E)	Alt. (m.)	Rainfall (mm.)	Max. temp (°C)	Min. temp (°C)
1	Kamphaeng Phet silviculture research station	Muaeng	Kamphaeng Phet	KP	16° 33.997'	99° 30.303'	100	1,216	34	22
2	Mancha Khiri plantation	Mancha Khiri	Khon Kaen	KK	16° 13.265'	102° 35.463'	240	1,000	32	22
3	Ladkrating plantation	Sanam Chai Khet	Chachoengsao	CS	13° 29.950'	101° 31.595'	70	1,100	35	23
4	Donsalep-lao khwan plantation	Lao Khwan	Kanchanaburi	KB	14° 36.499'	99° 36.772'	110	870	32	23
5	Thai-stora plantation	Wattthana Nakhon	Sa Kaeo	SK	13° 49.415'	102° 18.498'	70	1,300	25	19

การพัฒนาไม้โตเร็วสกุล *Acacia* เพื่อปลูกเป็นพื้นที่เสื่อมโทรมสำหรับเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า

ตารางที่ 6 รายละเอียดของสายต้นที่ใช้ศึกษาการเติบโต

Code No.	Clone ID	Crossing	Mother Provenance	Father provenance
3	1/1/16	A103	NT2	AM
5	13/8/7	A113	PNG1	QLD2
18	32/18/24	A127	QLD2	NT3
19	33/19/9	A131	QLD2	PNG1

ไม้สกุลอะเคเซียเป็นไม้โตเร็วตระกูลถั่วที่มีความสำคัญมากของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ไม้อะเคเซียที่ปรับปรุงพันธุ์แล้วสามารถปลูกเป็นสวนป่าขนาดใหญ่ที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจสูงมากในประเทศมาเลเซีย อินโดนีเซีย และเวียดนาม ใช้ในงานก่อสร้าง ทำเฟอร์นิเจอร์ และเยื่อกระดาษ เป็นต้น ในประเทศไทยคาดว่าจะเป็นที่ปลูกเสริมหรือทดแทนยูคาลิปตัสบางส่วนที่กำลังประสบปัญหาจากโรคและแมลงทำให้เกิดความเสียหายอย่างมาก

ในประเทศไทยมีการสำรวจโรคไม้อะเคเซียในระยะต่างๆ โดย กฤษณา (2535) พบโรคของกระถินณรงค์ที่เกิดในระยะกล้า คือ ราแป้ง (powdery mildew: *Oidium* sp.) ทำให้ใบและยอดไม่สมบูรณ์ โรคใบจุดสาหร่าย (algal spot: *Cephaleuros virescens*) โรคราดำ (black mildew: *Meliola* sp.) และโรคเมล็ดพันธุ์ เกิดจากเชื้อราหลายชนิด เป็นต้น ใน *A. aulacocarpa* และกระถินเทพา พบโรคสำคัญเกิดกับลำต้น คือ โรคแผลแตกบนกิ่งและลำต้น (canker) ทำให้เนื้อเยื่อเจริญของกิ่งและลำต้นถูกทำลาย ผิวเปลือกยุบตัวและมีอาการตายจากยอด (die back) มีสาเหตุจากเชื้อรา *Dothiorella* sp. และ *Botryosphaeria* sp. เป็นต้น

การสำรวจโรคเพื่อติดตามสถานการณ์และการพัฒนาโรคของไม้อะเคเซียในพื้นที่ปลูกแหล่งต่างๆ ในประเทศไทยยังคงเป็นงานหนึ่งที่สำคัญเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากการปลูกไม้อะเคเซียมักปลูกเป็นพื้นที่ใหญ่ ทำให้การระบาดของโรคเป็นไปได้อย่างต่อเนื่องและเกิดการพัฒนาศายพันธุ์ของเชื้อโรคได้ตลอดเวลา ซึ่งข้อมูลพื้นฐานเหล่านี้จะช่วยให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมการปลูกป่าทั้งภาครัฐและเอกชนสามารถวางแผนเพื่อลดความเสียหายจากโรคและปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดโรค อีกทั้งหน่วยงานด้านกักกันพืชสามารถใช้เป็นข้อมูลเพื่อป้องกันมิให้มีการนำพาเชื้อจากภายนอกประเทศเข้ามาแพร่ระบาดทำความเสียหายภายในประเทศ

ตารางที่ 7 โรคของไม้สกุลอะเคเชียต่างๆ

ชนิด	โรค	เชื้อสาเหตุ
<i>Acacia</i> spp.	Spike disease	Sandal spike virus
	Heart rot	<i>Fomes badius</i> <i>F. conchatus</i> <i>F. robiniae</i>
	Root rot	<i>Polyporus schweinitzii</i> <i>Fomes (Rigidoporus) lignosus</i>
	Acacia rust	<i>Uromyces fusisporus</i> <i>U. phyllodiorum</i> <i>Uromycladium acaciae</i> <i>U. alpinum</i> <i>U. notabile</i>
	Acacia gall rust	<i>Uromycladium tepperianum</i>
	Seed rot	<i>Cylindrocladium</i> sp., <i>Lasiodiplodia</i> sp., <i>Fusarium</i> spp., <i>Phomopsis</i> sp., <i>Drechslera</i> sp., <i>Hansfordia</i> sp.
	Powdery mildew	<i>Oidium</i> sp.
	Brown spot	<i>Colletogloeum</i> sp.
	Black spot	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>
	Black mildew	<i>Meliola</i> sp.
<i>A. auriculiformis</i>	Canker	<i>Dothiorella</i> sp., <i>Botryosphaeria</i> sp.
	Pod diseases	<i>Cercospora</i> sp., <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> , <i>Cylindrocladium</i> sp., <i>Phaeotrichoconis</i> sp., <i>Fusarium</i> sp., <i>Phomopsis</i> sp.
	Algal spot	<i>Cephaleuros virescens</i>
	Damping-off	<i>Chaetomium</i> sp., <i>Curvularia</i> sp., <i>Fusarium solani</i> <i>Fusarium</i> sp., <i>Pythium</i> sp., <i>Phytophthora</i> sp., <i>Rhizoctonia solani</i>
	Sooty mold	<i>Meliola acaciarum</i>
<i>A. mangium</i>	Powdery mildew	<i>Oidium</i> sp.
	Leaf spot	<i>Leptosphaeria</i> sp.
	Pink disease	<i>Corticium salmonicolor</i>
	Charcoal root disease	<i>Macrophomina</i> sp.
	Root knot	<i>Meloidogyne</i> spp.
	Root rot	<i>Ganoderma</i> sp., <i>Rigidoporus lignosus</i> , <i>Phellinus</i> sp., <i>Rigidoporus vinctus</i>
	Canker	<i>Rhytidhysterium rufulum</i>
	Heart rot	<i>Phellinus</i> sp. and numerous unidentified hymenomycetes

การพัฒนาไม้โตเร็วสกุล *Acacia* เพื่อปลูกเป็นพื้นที่เสื่อมโทรมสำหรับเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ชนิด	โรค	เชื้อสาเหตุ
<i>A. aulacocarpa</i>	Leaf blight	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> , <i>Pestalotiopsis</i> sp., <i>Phomopsis</i> sp.
	Algal spot	<i>Cephaleuros virescens</i>
<i>A. crassica</i>	Collar rot	<i>Fusarium</i> sp.
	Leaf blight	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> , <i>Pestalotiopsis</i> sp., <i>Hansfordia</i> sp.
	Leaf spot	<i>Pestalotiopsis</i> sp.
	Algal spot	<i>Cephaleuros virescens</i>
<i>A. mangium</i> x <i>A. auriculaeformis</i>	Algal spot	<i>Cephaleuros virescens</i>

ที่มา : Browne, 1968; Khamis, 1982; Lee, 1985; Chin, 1986; Arentz, 1990; Ivory, 1991; Lee and Zakaria, 1993; Pongpanich, 1997

3.2 พื้นที่เสื่อมโทรมในประเทศไทย แนวทางการใช้พื้นที่ และศักยภาพของการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวลจากไม้โตเร็วบนพื้นที่เสื่อมโทรม

3.2.1 พื้นที่เสื่อมโทรมในประเทศไทย

การเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของจำนวนประชากร ทำให้มีการขยายตัวของการใช้ทรัพยากรดินเพื่อผลิตผลทางการเกษตรที่เป็นปัจจัยพื้นฐาน โดยเฉพาะเพื่อการผลิตอาหาร ประเทศไทยมีพื้นที่ทั้งสิ้นประมาณ 320,696,887 ไร่ การใช้ประโยชน์พื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศใช้เพื่อการเกษตรถึงร้อยละ 53.51 อย่างไรก็ตามจากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดินล่าสุด (ปี พ.ศ. 2552) พบว่า มีพื้นที่ที่จัดอยู่ในส่วนที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์เนื่องจากมีปัญหาด้านการเสื่อมโทรมของพื้นที่โดยเฉพาะความเสื่อมโทรมของดิน ซึ่งจัดอยู่ในประเภทนาร้าง พื้นที่ทั้งร้างกว่า 10 ล้านไร่ (ตารางที่ 8 และภาพที่ 6) โดยเฉพาะพื้นที่ทั้งร้างในข้อมูลปีล่าสุด พ.ศ. 2552 เพิ่มขึ้นจากข้อมูลก่อนหน้านี้นับปี พ.ศ. 2549 ถึง 1,723,899 ไร่ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ

ความเสื่อมโทรมของดิน เป็นการสูญเสียคุณภาพหรือความสามารถในการผลิตของดิน อันเป็นผลมาจากกิจกรรมของมนุษย์ เชื่อกันว่าการเสื่อมโทรมจะเปลี่ยนแปลงสภาพของสารอาหารในดิน การสูญเสียอินทรีย์วัตถุ โครงสร้างดินสูญเสียไป และเกิดความเป็นพิษอันเนื่องมาจากการสะสมของสิ่งที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติหรือวัตถุที่มาจากมนุษย์ ผลของดินเสื่อมจะรวมถึงการสูญเสียความสามารถในการผลิตทางการเกษตร ผลกระทบที่เสียหายต่อเสถียรภาพทางสิ่งแวดล้อมและทางเศรษฐกิจ และยังเป็นการเพิ่มการบุกรุกป่าและการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างไม่เหมาะสม (Science and Technology Encyclopedia, 2006)

ส่วนความเสื่อมโทรมของที่ดินตามคำจำกัดความของ UNCCD (1994) ระบุว่า เป็นการลดลงหรือสูญเสียประโยชน์ทางชีวภาพและทางเศรษฐกิจ และการสูญเสียความซับซ้อนของระบบนิเวศซึ่งรวมถึงดิน พันธุ์พืช และสัตว์ประจำท้องถิ่น และกระบวนการทางนิเวศวิทยา ชีวเคมีวิทยา

การพัฒนาไม้โตเร็วสกุล *Acacia* เพื่อปลูกเป็นพื้นที่เสื่อมโทรมสำหรับเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า

และอุทกวิทยา ซึ่งเกิดจากปัจจัยต่างๆ ที่รวมถึงการเปลี่ยนแปลงทางสภาพอากาศ และกิจกรรมของมนุษย์

จากคำจำกัดความข้างต้น อาจสรุปได้ว่า ความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดิน คือ การลดลงของศักยภาพของทรัพยากรดินที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทางธรรมชาติ หรือกิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งส่งผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินของมนุษย์ให้ลดลงทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ (สุชาติ และดวงใจ, 2550)

ตัวชี้วัดความเสื่อมโทรมของดินสามารถระบุได้จากกระบวนการเกิดความเสื่อมของดินดังนี้

1. ความเสื่อมโทรมของดินทางชีวภาพ คือ การลดลงของอินทรีย์วัตถุและความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตในดินซึ่งกระทบต่อการทำหน้าที่ของดินรวมถึงการถูกรบกวนจากคนและสัตว์
2. ความเสื่อมโทรมของดินทางเคมี คือ ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง การขาดความสมดุลของสารอาหาร ดินเกิดสภาพกรด ต่าง และดินเค็ม
3. ความเสื่อมโทรมของดินทางกายภาพ คือ การเกิดแผ่นแข็งหน้าดิน และการอัดตัวของดินจากการตกกระทบของเม็ดฝน การเหยียบย่ำจากสัตว์หรือเครื่องจักร การสูญเสียโครงสร้างของหน้าดินและอินทรีย์วัตถุจำนวนมาก หรือจากการไถที่ไม่เหมาะสม
4. ความเสื่อมโทรมของดินจากความสามารถในการกักเก็บน้ำลดลง คือ ความสามารถในการกักเก็บความชื้นในดินได้น้อยลง
5. ความเสื่อมโทรมของดินจากการชะละลายและการสูญเสียดินจากน้ำและลม คือ การกร่อนดินแบบแผ่น ริว และร่องธาร และการพัดถมของตะกอนจากธารน้ำ

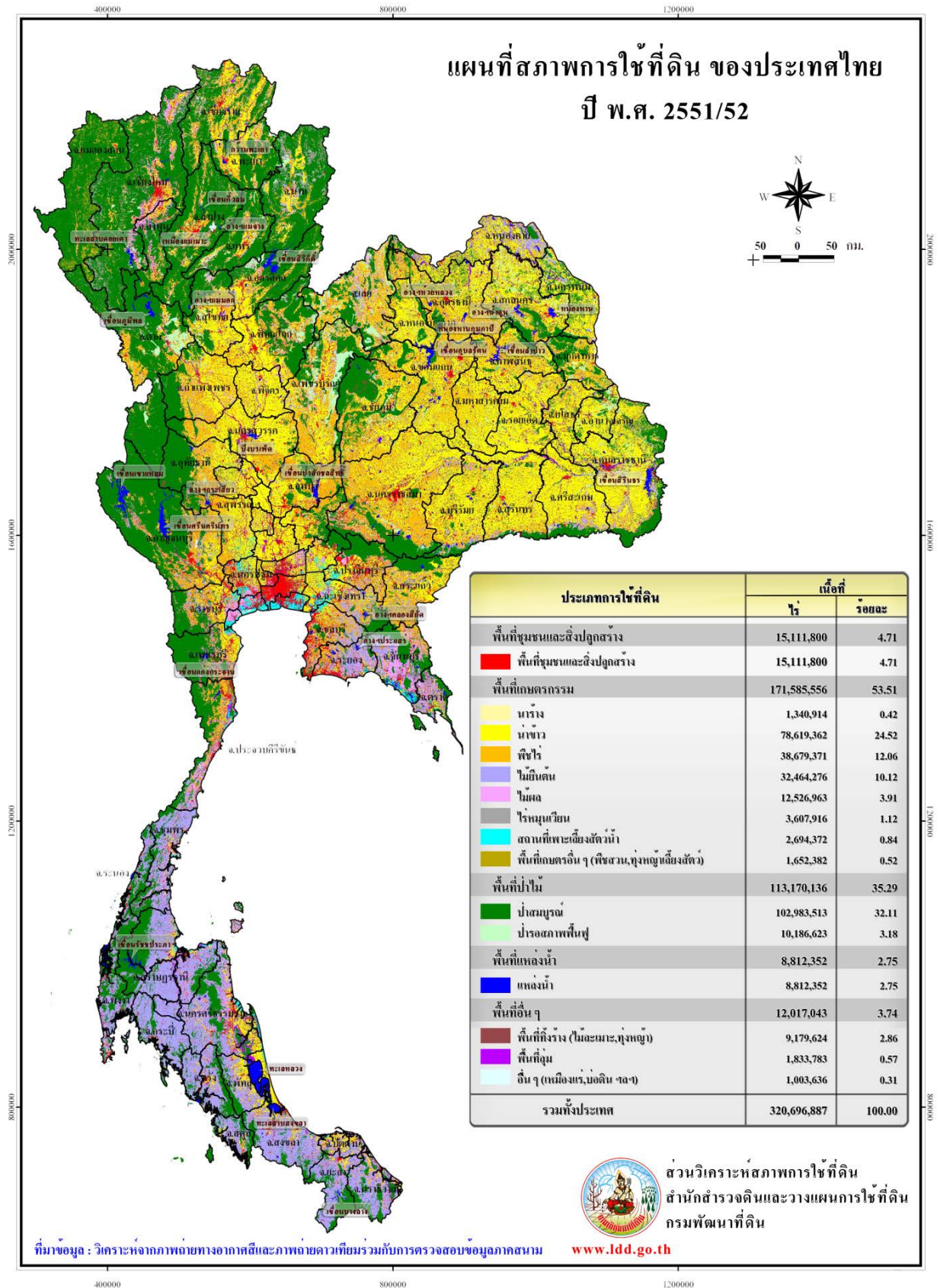
จากการประเมินพื้นที่เสื่อมโทรมของประเทศ เพื่อกำหนดค่าดัชนีความเสื่อมโทรมของที่ดินในประเทศไทย ซึ่งได้จัดแบ่งสถานภาพชั้นความรุนแรงความเสื่อมโทรมของที่ดิน ออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ พื้นที่เสื่อมโทรมระดับดุลธรรมชาติ ระดับเผาะวัง ระดับรุนแรง และระดับวิกฤติ ของกรมพัฒนาที่ดิน (2550) สามารถจำแนกพื้นที่ได้ ดังนี้ (ภาพที่ 7)

1. พื้นที่เสื่อมโทรมระดับดุลธรรมชาติ มีเนื้อที่ 151,353,757 ไร่ หรือร้อยละ 47.29 ของพื้นที่ประเทศ
2. พื้นที่เสื่อมโทรมระดับเผาะวัง มีเนื้อที่ 132,710,526 ไร่ หรือร้อยละ 41.47 ของพื้นที่ประเทศ
3. พื้นที่เสื่อมโทรมระดับรุนแรง มีเนื้อที่ 35,793,455 ไร่ หรือร้อยละ 11.18 ของพื้นที่ประเทศ
4. พื้นที่เสื่อมโทรมระดับวิกฤติ มีเนื้อที่ 183,542 ไร่ หรือร้อยละ 0.06 ของพื้นที่ประเทศ

ตารางที่ 8 การจำแนกประเภทการใช้ที่ดินประเทศไทย ปี 2551/52

ประเภทการใช้ที่ดิน	ภาคตะวันออก เฉียงเหนือ	ภาคเหนือ	ภาคกลาง	ภาค ตะวันออก	ภาคใต้	เนื้อที่	
						ไร่	ร้อยละ
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูก สร้าง	5,016,240	3,607,095	3,511,537	1,405,941	1,570,987	15,111,800	4.71
พื้นที่เกษตรกรรม	71,532,728	3,607,095	21,816,008	13,643,063	25,749,853	171,585,556	53.51
นาไร่		105,687	128,349	190,866	600,136	1,340,914	
นา		17,366,638	8,970,190	2,906,129	2,060,739	78,619,362	
พืชไร่		11,923,211	6,718,929	3,786,903	12,622	38,679,371	
ไม้ยืนต้น		1,790,619	1,594,302	3,649,369	19,778,847	32,464,276	
ไม้ผล		3,587,531	2,595,747	2,254,846	2,708,228	12,526,963	
พืชไร่หมุนเวียน		3,607,916	-	-	-	3,607,916	
สถานที่เพาะเลี้ยง		66,771	1,223,481	738,567	548,806	2,694,372	
สัตว์น้ำ		395,531	585,010	116,383	40,475	1,652,382	
อื่นๆ							
พื้นที่ป่าไม้	20,784,463	59,730,144	14,978,355	4,871,623	12,805,551	113,170,136	35.29
ป่าสมบูรณ์		57,149,137	14,526,842	4,596,152	12,157,352	102,983,513	
ป่ารอสภาพฟื้นฟู		2,581,007	451,513	275,471	648,199	10,186,623	
พื้นที่แหล่งน้ำ	3,266,461	1,361,729	1,352,885	496,791	2,334,486	8,812,352	2.75
พื้นที่เขตลัด	4,934,071	2,484,808	1,791,655	1,070,394	1,736,115	12,017,043	3.74
พื้นที่ทิ้งร้าง		1,958,949	1,211,451	821,369	1,218,534	9,179,624	
พื้นที่ลุ่ม		346,263	263,752	134,695	347,883	1,833,783	
อื่นๆ		179,596	316,452	114,330	169,698	1,003,636	
(เหมืองแร่, บ่อลูกรัง)							
รวม	105,533,963	106,027,680	43,450,440	21,487,812	44,196,992	320,696,887	100.00

การพัฒนาไม้โตเร็วสกุล *Acacia* เพื่อปลูกเป็นพื้นที่เสื่อมโทรมสำหรับเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า

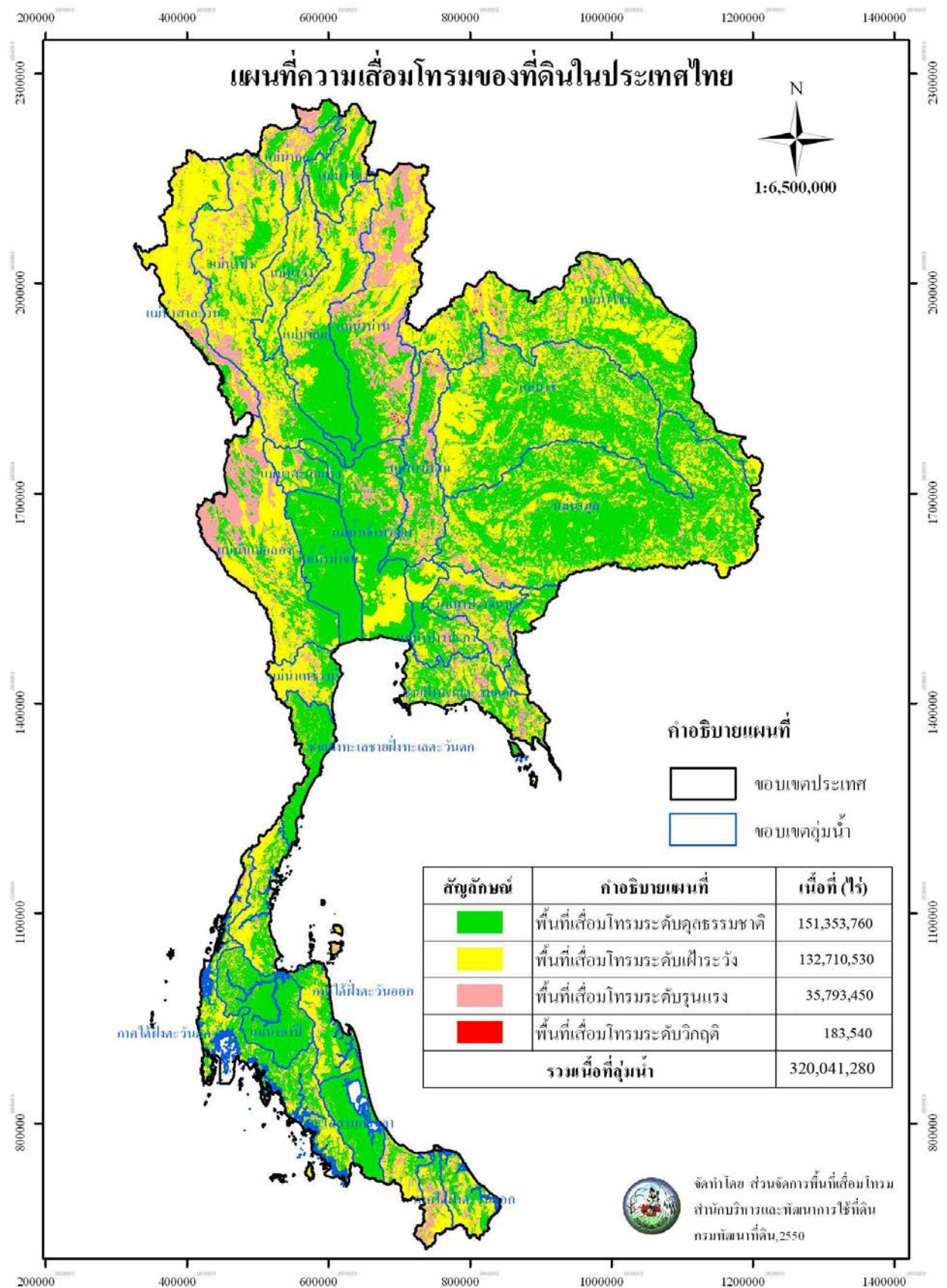


ภาพที่ 6 การใช้ประโยชน์ที่ดินของประเทศไทย (กรมพัฒนาที่ดิน, 2552)

การพัฒนาไม้โตเร็วสกุล *Acacia* เพื่อปลูกเป็นพื้นที่เสื่อมโทรมสำหรับเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า

เมื่อพิจารณาโดยภาพรวมของพื้นที่เสื่อมโทรมในระดับเขต 25 กลุ่มน้ำหลัก พบว่า กลุ่มน้ำที่มีพื้นที่เสื่อมโทรมระดับวิกฤติ 3 ลำดับแรก ได้แก่ 1) กลุ่มน้ำป่าสัก มีเนื้อที่ 47,625 ไร่ 2) กลุ่มน้ำโขง มีเนื้อที่ 40,642 ไร่ และ 3) กลุ่มน้ำน่าน มีเนื้อที่ 39,181 ไร่ โดยปัจจัยหลักที่มีผลต่อการเกิด ความเสื่อมโทรมของที่ดิน ได้แก่ ดินมีปัญหาทางการเกษตร รองลงมาเป็นปัญหาการชะละลายและการกร่อนของดิน และเป็นพื้นที่ที่มีชั้นดาน ตามลำดับ สำหรับพื้นที่เสื่อมโทรมระดับรุนแรง พบว่า กลุ่มน้ำที่มีพื้นที่เสื่อมโทรมระดับรุนแรง 3 ลำดับแรก ได้แก่ 1) กลุ่มน้ำน่าน มีเนื้อที่ 7,546,227 ไร่ 2) กลุ่มน้ำแม่กลอง มีเนื้อที่ 5,290,977 ไร่ และ 3) กลุ่มน้ำโขง มีเนื้อที่ 3,299,769 ไร่ โดยปัจจัยหลักที่มีผลต่อการเกิด ความเสื่อมโทรมของที่ดิน ได้แก่ ดินมีปัญหาทางการเกษตร รองลงมาเป็นปัญหาการชะละลายและการกร่อนของดินและปัญหาจากประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน หรือความสามารถของที่ดินในการผลิตทางการเกษตร ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า พื้นที่กลุ่มน้ำโขงหรือพื้นที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และกลุ่มน้ำน่านหรือภาคเหนือตอนบนฝั่งตะวันออก มีพื้นที่เสื่อมโทรมทั้ง 2 ระดับ คิดเป็นพื้นที่จำนวนมาก ดังนั้น กลุ่มน้ำดังกล่าวจึงควรได้รับความสำคัญเป็นลำดับแรกของการคัดเลือกพื้นที่เพื่อดำเนินการพัฒนาพื้นที่ โดยการบูรณาการกิจกรรมที่เกี่ยวข้องทั้งทางด้านการปรับปรุงบำรุงดิน การจัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ทั้งวิธีกลและวิธีพืชหรือปลูกไม้ยืนต้นที่สามารถปรับปรุงดินได้ การวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินให้สอดคล้องกับศักยภาพของพื้นที่และสังคม และการพัฒนากิจกรรมโครงสร้างพื้นฐาน ตลอดจนการให้เกษตรกรมีส่วนร่วมในกระบวนการของกิจกรรมในฐานะของผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสีย (stakeholder) ที่แท้จริง ซึ่งแนวทางการแก้ปัญหา ดังกล่าวจะทำให้มีการใช้ที่ดินอย่างมีประสิทธิภาพ ลดพื้นที่ทิ้งร้างที่ปัจจุบันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากตารางที่ 9 และภาพที่ 8 แสดงพื้นที่ทิ้งร้างในประเทศไทยซึ่งเป็นข้อมูลที่จำแนกล่าสุดปี พ.ศ. 2549 จากนั้นยังไม่มี การปรับปรุงรายละเอียดของพื้นที่ทิ้งร้าง ซึ่งจากการสอบถามกรมพัฒนาที่ดินได้รับแจ้งว่าไม่ได้รับงบประมาณให้ทำในส่วนนี้ต่อ จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่า การกระจายของพื้นที่ทิ้งร้างสัมพันธ์กับพื้นที่เสื่อมโทรม และสภาพภูมิอากาศที่อยู่ในเขตแห้งแล้ง ไม่มีระบบชลประทาน โดยส่วนใหญ่จะอยู่ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ

การนำพื้นที่ทิ้งร้างมาใช้ให้เกิดผลผลิตโดยการปลูกไม้สกุลอะเคเซียเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า จึงน่าจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่เป็นประโยชน์ นอกจากจะสร้างรายได้และผลิตผลให้เกิดขึ้นในพื้นที่ดังกล่าวแล้ว ยังเป็นการฟื้นฟูบำรุงดินในระยะยาวจากคุณสมบัติของพืชตระกูลของไม้สกุลนี้อีกด้วย



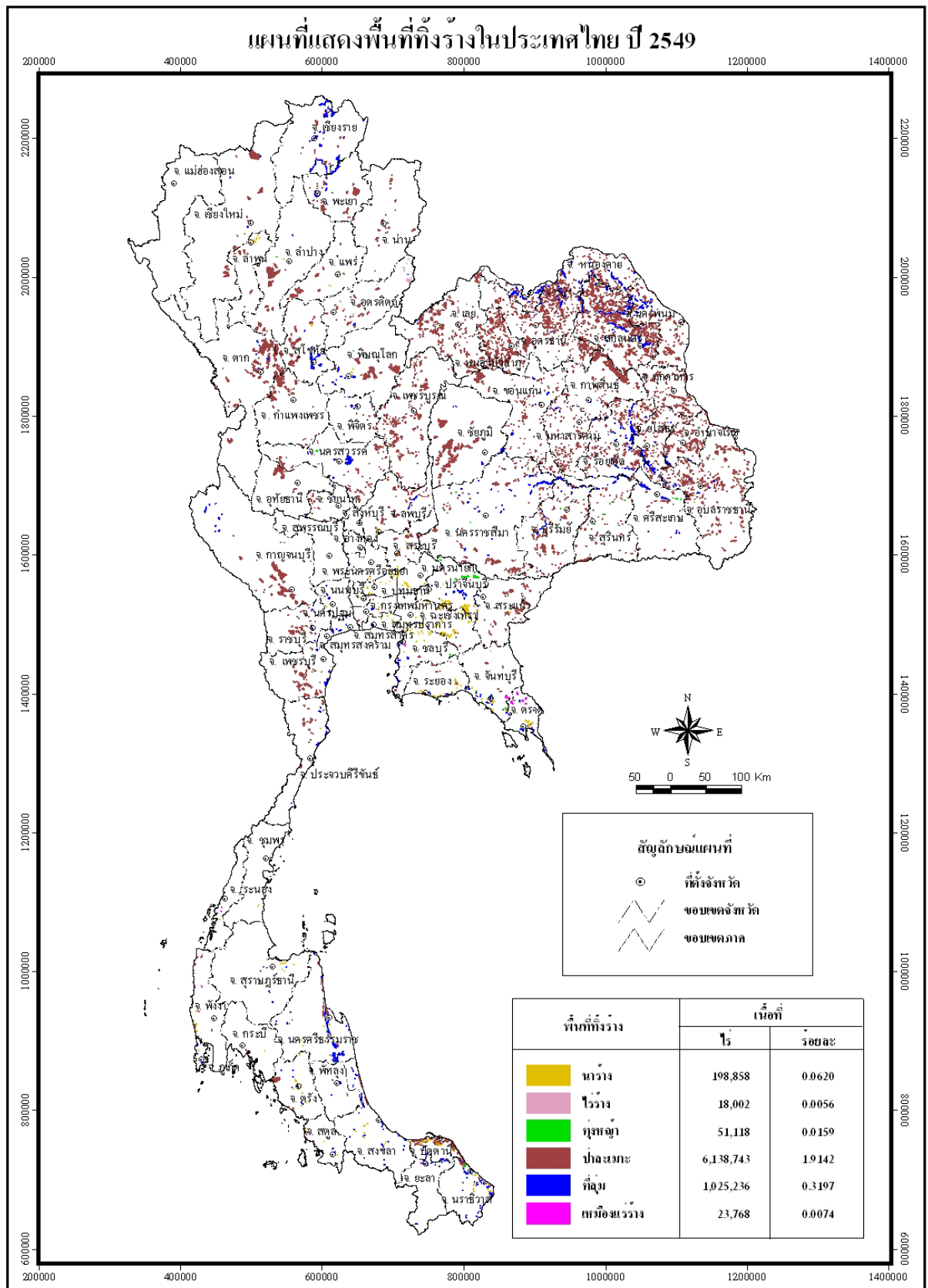
ภาพที่ 7 ความเสื่อมโทรมของที่ดินในประเทศไทย (กรมพัฒนาที่ดิน, 2550)

การพัฒนาไม้โตเร็วสกุล *Acacia* เพื่อปลูกเป็นพื้นที่เสื่อมโทรมสำหรับเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า

ตารางที่ 9 ข้อมูลพื้นที่เกษตรที่ร้างในประเทศไทย

ภาค	พื้นที่ที่ร้าง													
	นาร้าง		ไร่ร้าง		ทุ่งหญ้า		ป่าละเมาะ		ที่ลุ่ม		เหมืองแร่ร้าง		รวม	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
ภาคเหนือ	13,599	0.0042	14,182	0.0044	3,428	0.0011	1,704,413	0.5315	214,177	0.0668	-	-	1,949,799	0.6080
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	5,462	0.0017	557	0.0002	11,885	0.0037	3,635,049	1.1335	513,034	0.1600	69	0.00002	4,166,056	1.2991
ภาคกลาง	23,449	0.0073	1,384	0.0004	1,341	0.0004	483,770	0.1508	52,123	0.0163	-	-	562,067	0.1753
ภาคตะวันออก	75,322	0.0235	1,879	0.0006	28,364	0.0088	111,188	0.0347	64,862	0.0202	19,773	0.0062	301,387	0.0940
ภาคใต้	81,027	0.0253	-	-	6,099	0.0019	204,323	0.0637	181,040	0.0565	3,926	0.0012	476,416	0.1486
รวมทั้งประเทศ	198,858	0.0620	18,002	0.0056	51,118	0.0159	6,138,743	1.9142	1,025,236	0.3197	23,768	0.0074	7,455,725	2.3249

ที่มา : สำนักบริหารและพัฒนาการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ.2549



ภาพที่ 8 พื้นที่ทิ้งร้างในประเทศไทย (กรมพัฒนาที่ดิน, 2549)

การพัฒนาไม้โตเร็วสกุล *Acacia* เพื่อปลูกเป็นพื้นที่เสื่อมโทรมสำหรับเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า

3.2.2 แนวทางการใช้ประโยชน์พื้นที่เพื่อผลิตพลังงานชีวมวล

จากข้อมูลเบื้องต้น จะเห็นว่าพื้นที่ที่ควรมีการเร่งฟื้นฟูและพัฒนาเพื่อให้มีการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างมีประสิทธิภาพเนื่องจากมีพื้นที่เสื่อมโทรมและถูกทิ้งร้างเป็นจำนวนมาก ได้แก่ พื้นที่ในเขตลุ่มน้ำน่านตอนบน และพื้นที่ลุ่มแม่น้ำโขงในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ อย่างไรก็ตามพื้นที่ดังกล่าวแม้ว่าจะถูกจำแนกเป็นพื้นที่เสื่อมโทรมและทิ้งร้างแต่ส่วนใหญ่ก็มีผู้ครอบครองหรือมีเจ้าของทั้งสิ้น โดยเฉพาะเมื่อนำมาพิจารณาประกอบกับแผนที่ใช้ประโยชน์ที่ดิน จะเห็นว่าส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม โดยเฉพาะพื้นที่ในเขตลุ่มน้ำน่านตอนบนซึ่งส่วนใหญ่ถูกจำแนกว่าเสื่อมโทรมขั้นรุนแรง แม้ว่าจะอยู่ในเขตป่าแต่สภาพความเป็นจริงเป็นป่าเสื่อมโทรมที่ถูกบุกรุกทำการเกษตร แนวทางการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ดังกล่าวเป็นงานที่ต้องใช้การบูรณาการหลายหน่วยงานเนื่องจากมีความเกี่ยวข้องกับหลายภารกิจ และต้องมีการประสานงานกับเกษตรกรเจ้าของพื้นที่ให้มีความเข้าใจ เข้าถึง ความต้องการในการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้ตามหลักวิชาการที่ถูกต้อง จึงจะทำให้เกิดการพัฒนาพื้นที่ได้อย่างเป็นรูปธรรม

สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม (ส.ป.ก.) เป็นหน่วยงานหนึ่งที่มีภารกิจโดยตรงที่ต้องจัดที่ดินซึ่งถูกจำแนกว่าเป็นป่าเสื่อมโทรมให้ประชาชนยากจนได้ใช้พื้นที่ดังกล่าวเพื่อทำการเกษตร โดยพื้นที่เสื่อมโทรมที่อยู่ในเขตปฏิรูปที่ดินทั่วประเทศ ตามแผนที่ปี พ.ศ. 2554 (ภาพที่ 9) มีประมาณ 34,024,836.6 ไร่ (ตารางที่ 10) โดยหลังจากจัดที่ดินไปแล้วต้องดูแลช่วยเหลือเกษตรกรดังกล่าวให้สามารถทำกินเลี้ยงชีพได้ อย่างไรก็ตามส่วนใหญ่เนื่องจากพื้นที่ในเขต ส.ป.ก. เป็นพื้นที่เสื่อมโทรม โดยเฉพาะดิน ทำให้ผลผลิตต่ำเกษตรกรยังคงยากจน เป็นลูกหนี้ ธ.ก.ส. เนื่องจากต้องกู้เงินไปลงทุนซื้อปัจจัยการผลิตหมุนเวียนเป็นปัญหาซ้ำซากเกิดขึ้นทุกปี โดยเฉพาะเมื่อพิจารณาพื้นที่ในเขต ส.ป.ก. ร่วมกับพื้นที่เสื่อมโทรมและทิ้งร้าง จะเห็นว่าพื้นที่ส่วนใหญ่จะซ้อนทับกัน ภาพที่ 10 และ 11 เป็นพื้นที่ที่อยู่ในเขต ส.ป.ก. ซึ่งส่วนใหญ่ถูกจำแนกว่าเสื่อมโทรมขั้นดุลธรรมชาติในลุ่มน้ำน่านตอนบน และลุ่มน้ำโขง ส่วนพื้นที่เสื่อมโทรมขั้นรุนแรงและวิกฤติ พบว่า ส่วนใหญ่เป็นเขตป่าสงวนที่ถูกบุกรุกในเขตลุ่มน้ำน่าน ส่วนในเขตลุ่มน้ำโขงพื้นที่เสื่อมโทรมขั้นรุนแรงและวิกฤติส่วนใหญ่เป็นที่ลุ่มน้ำท่วมซ้ำซาก

โดยในส่วน of พื้นที่เสื่อมโทรมในลุ่มน้ำน่านส่วนใหญ่เป็นพื้นที่สูงชัน การทำการเกษตรมักใช้ปลูกพืชไร่ เช่น ข้าวไร่ และข้าวโพด ทำให้เกิดการสูญเสียของหน้าดิน และเกิดการชะละลายและการกร่อนของดินทุกปี บางที่เกิดการสไลด์ของดินจำนวนมากในฤดูฝน นอกจากนี้จากการทำการเกษตรดังกล่าวทำให้ดินมีความเป็นกรดมากขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพของการดูดซึมสารอาหารจากปุ๋ยที่ใส่ลดลง ตามหลักการใช้ประโยชน์ที่ดินดังกล่าว ควรปลูกไม้ยืนต้นให้เป็นป่าอนุรักษ์เนื่องจากเป็นพื้นที่ต้นน้ำ แต่ในความเป็นจริงไม่สามารถทำได้เพราะเป็นที่ทำกินของเกษตรกร ดังนั้นจึงควรใช้ประโยชน์ที่ดินแบบผสมผสานโดยปลูกไม้ยืนต้นอายุยาวร่วมกับไม้โตเร็วหรือพืชเศรษฐกิจอายุสั้น ไม้โตเร็วดังกล่าวควรออกแบบให้มีการใช้ประโยชน์ที่สามารถตัดได้อย่างต่อเนื่อง มีระบบรากดี สามารถปรับปรุงดินได้ อีกทั้งถ้ามีผลพลอยได้ที่สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มได้จะทำให้เกษตรกรยอมรับได้มากขึ้น

ตารางที่ 10 พื้นที่ในเขต ส.ป.ก. แยกรายจังหวัด (ส.ป.ก., 2554)

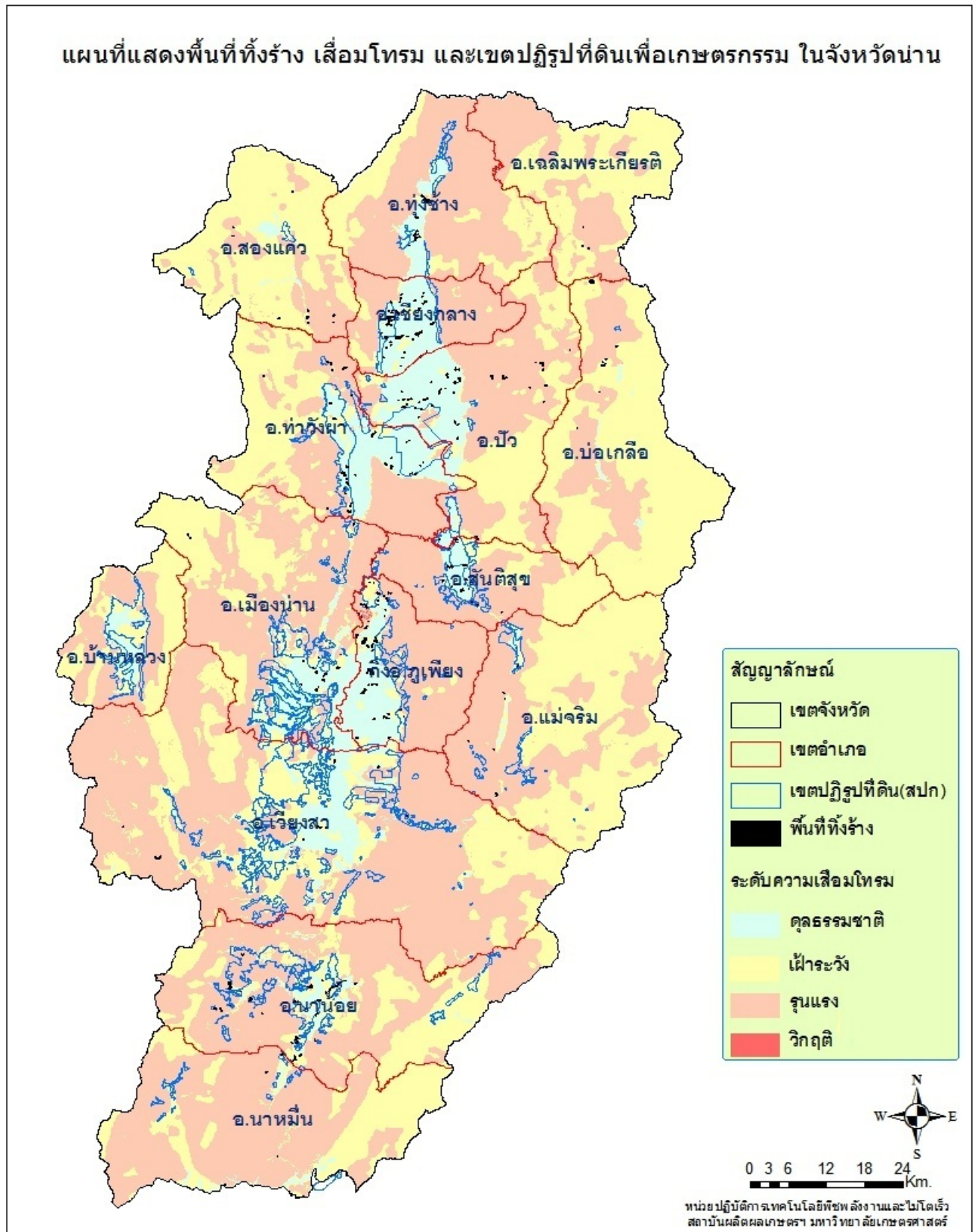
เขตปฏิรูปที่ดิน	ที่ดินรวมทุกประเภทของสำนักงานปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม					
	จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	ราย	แปลง	ไร่
ภาคเหนือ	17	175	893	633,638	829,669	7,867,020
กำแพงเพชร	.	11	73	101,060	125,823	1,424,812
เชียงราย	.	16	86	66,627	90,159	541,936
เชียงใหม่	.	17	64	17,516	21,314	114,590
ตาก	.	9	41	19,833	24,784	289,405
นครสวรรค์	.	14	49	52,638	64,763	922,704
น่าน	.	14	82	44,002	67,345	341,119
พะเยา	.	9	58	40,531	55,681	308,064
พิจิตร	.	7	15	19,758	23,490	299,084
พิษณุโลก	.	8	30	27,574	36,197	363,259
เพชรบูรณ์	.	10	81	77,133	93,585	1,316,645
แพร่	.	8	55	23,183	33,014	212,189
แม่ฮ่องสอน	.	7	32	4,476	5,734	17,889
ลำปาง	.	13	79	32,077	46,687	211,277
ลำพูน	.	8	30	13,740	17,029	112,668
สุโขทัย	.	9	45	40,087	53,188	538,670
อุตรดิตถ์	.	9	43	22,840	32,841	282,200
อุทัยธานี	.	6	30	30,563	38,035	570,511
ตะวันออกเฉียงเหนือ	20	299	1593	1,081,126	1,396,439	17,441,861
กาฬสินธุ์	.	17	76	35,672	46,136	555,311
ขอนแก่น	.	25	108	45,772	59,038	677,363
ชัยภูมิ	.	16	84	64,599	81,700	1,278,581
นครพนม	.	11	31	17,389	21,584	340,649
นครราชสีมา	.	27	171	111,101	150,539	1,984,521
บึงกาฬ	.	8	55	52,971	63,764	1,061,882
บุรีรัมย์	.	20	118	71,948	95,185	953,699
มหาสารคาม	.	11	46	16,954	20,898	218,507
มุกดาหาร	.	6	39	26,754	35,883	387,116
ยโสธร	.	9	57	28,968	37,438	383,047
ร้อยเอ็ด	.	14	64	44,056	56,971	658,421
เลย	.	14	72	49,279	65,057	951,507
ศรีสะเกษ	.	21	122	98,950	133,090	1,096,401
สกลนคร	.	18	77	59,343	76,153	977,984
สุรินทร์	.	15	105	86,722	120,782	1,059,258
หนองคาย	.	11	45	25,493	31,142	491,229
หนองบัวลำภู	.	6	44	47,582	59,267	920,286

การพัฒนาไม้โตเร็วสกุล *Acacia* เพื่อปลูกเป็นพื้นที่เสื่อมโทรมสำหรับเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า

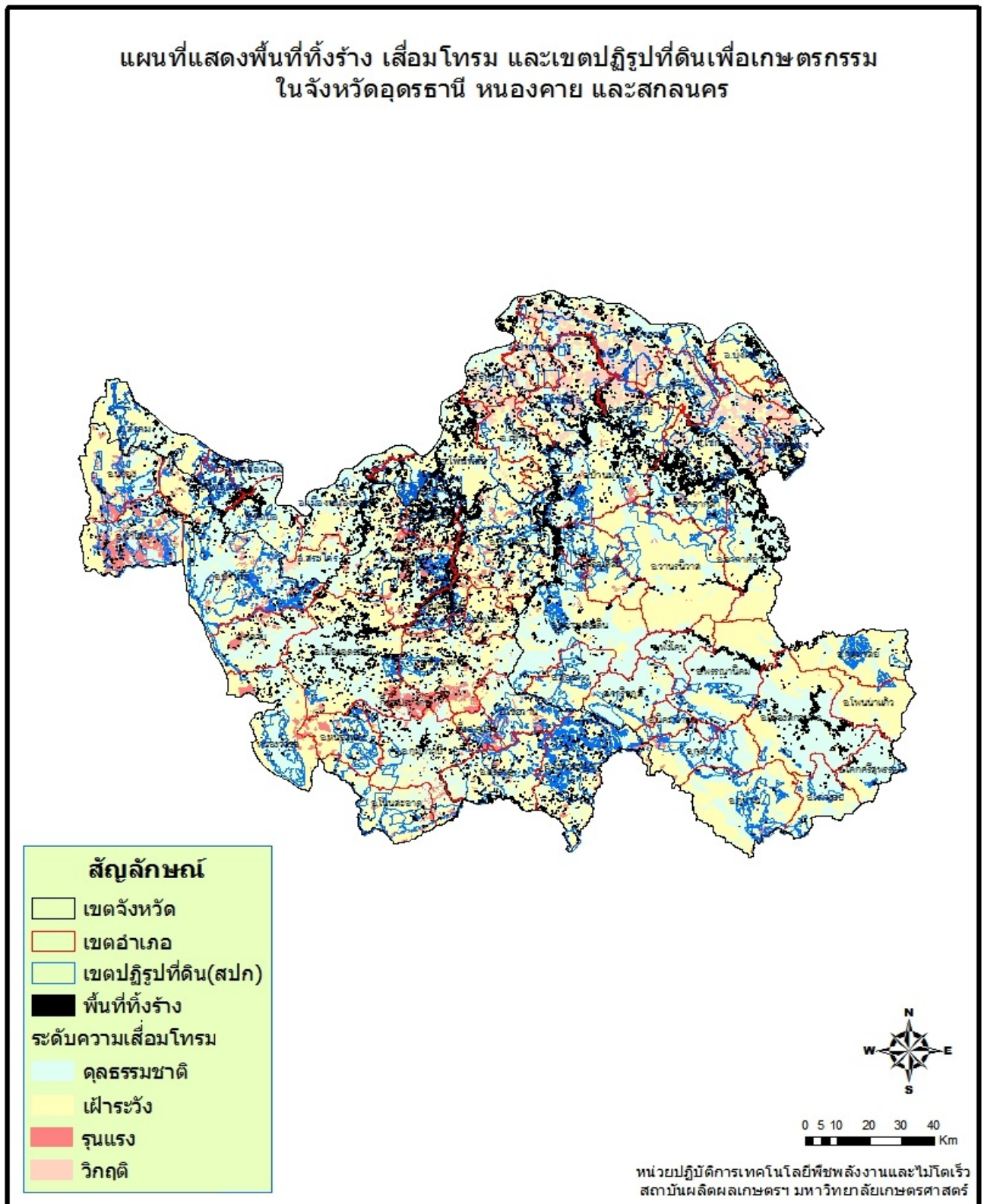
ตารางที่ 10 (ต่อ)

เขตปฏิรูปที่ดิน	ที่ดินรวมทุกประเภทของสำนักงานปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม					
	จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	ราย	แปลง	ไร่
อำนาจเจริญ	.	7	39	23,701	29,384	316,698
อุดรธานี	.	19	105	75,817	90,308	1,547,478
อุบลราชธานี	.	24	135	98,055	122,120	1,581,922
ภาคกลาง	18	115	447	266,302	340,661	5,090,421.34
กาญจนบุรี	.	13	44	35,768	45,962	700,373.48
จันทบุรี	.	5	23	11,564	15,150	213,787.92
ฉะเชิงเทรา	.	6	13	26,945	32,769	565,041.21
ชลบุรี	.	5	20	17,048	21,374	387,961.68
ชัยนาท	.	5	15	2,733	3,776	55,066.65
ตราด	.	4	24	14,013	18,227	298,730.69
นครนายก	.	4	21	2,745	4,308	54,717.45
นครปฐม	.	4	9	620	751	10,105.22
ปทุมธานี	.	-	-	-	-	-
ประจวบคีรีขันธ์	.	8	28	13,537	17,645	197,094.58
ปราจีนบุรี	.	4	14	7,167	9,036	158,037.49
พระนครศรีอยุธยา	.	8	48	2,100	2,822	24,955.54
เพชรบุรี	.	5	13	2,107	2,903	38,506.53
ระยอง	.	7	21	3,512	4,396	74,709.10
ราชบุรี	.	4	14	10,624	13,853	183,258.85
ลพบุรี	.	9	35	20,953	26,899	416,581.78
สระแก้ว	.	9	53	66,073	82,035	1,180,199.83
สระบุรี	.	7	25	11,168	15,346	262,452.96
สุพรรณบุรี	.	8	27	17,624	23,408	268,802.40
สมุทรปราการ	.	.	.	1	1	38.00
ภาคใต้	14	125	504	236,984	330,045	3,625,534.27
กระบี่	.	8	43	20,683	27,863	436,321.91
ชุมพร	.	8	42	29,351	39,294	479,977.30
ตรัง	.	10	54	19,441	27,435	292,190.12
นครศรีธรรมราช	.	17	64	35,605	49,141	457,281.32
นราธิวาส	.	10	21	2,317	3,112	15,732.56
ปัตตานี	.	6	15	3,772	5,766	20,916.57
พังงา	.	8	42	7,942	10,503	111,934.72
พัทลุง	.	11	39	20,222	32,433	183,278.90
ภูเก็ต	.	3	10	434	516	8,090.36
ยะลา	.	5	15	2,481	3,852	25,842.82
ระนอง	.	5	26	7,849	10,715	107,489.31
สงขลา	.	12	41	19,926	28,566	287,121.19
สตูล	.	5	14	3,491	4,761	35,095.20
สุราษฎร์ธานี	.	17	78	63,470	86,088	1,164,262.03

การพัฒนาไม้โตเร็วสกุล *Acacia* เพื่อปลูกเป็นพื้นที่เสื่อมโทรมสำหรับเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า



ภาพที่ 10 พื้นที่ดินเสื่อมโทรม ทั้งร้าง และพื้นที่ ส.ป.ก. ในเขตลุ่มน้ำน่านตอนบน



ภาพที่ 11 พื้นที่ดินเสื่อมโทรม ทิ้งร้าง และพื้นที่ ส.ป.ก. ในเขตลุ่มน้ำโขง จังหวัดหนองคาย อุดรธานี และสกลนคร

ไม้สกุล *Acacia* เป็นอีกชนิดหนึ่งที่แม้ว่าการแตกหน่อหลังจากตัดไปใช้ประโยชน์แล้ว จะไม่ดีเท่ายูคาลิปตัสและกระถินยักษ์ แต่สามารถตัดแต่งกิ่งไปใช้ได้และกิ่งที่ออกมาใหม่ก็เติบโตอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ไม้อะเคเซียมีดอกที่มีกลิ่นหอมสามารถใช้เลี้ยงผึ้งและได้น้ำผึ้งที่มีกลิ่นเฉพาะ ใบมีโปรตีนสูงสามารถนำมาย่อยผสมหญ้าเลี้ยงสัตว์ได้ ส่วนไม้พินที่ได้จากการตัดกิ่งก็สามารถรวบรวมเป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าได้ อย่างไรก็ตามจากลักษณะภูมิประเทศที่เป็นภูเขา การคมนาคมขนส่งไม่สะดวก ขนาดการผลิตไฟฟ้าที่เหมาะสมควรเป็นโรงไฟฟ้าชุมชนขนาดเล็กไม่เกิน 1 เมกะวัตต์ (MW) โดยมุ่งผลิตไฟฟ้าเพื่อป้อนความต้องการในชุมชนเป็นหลัก

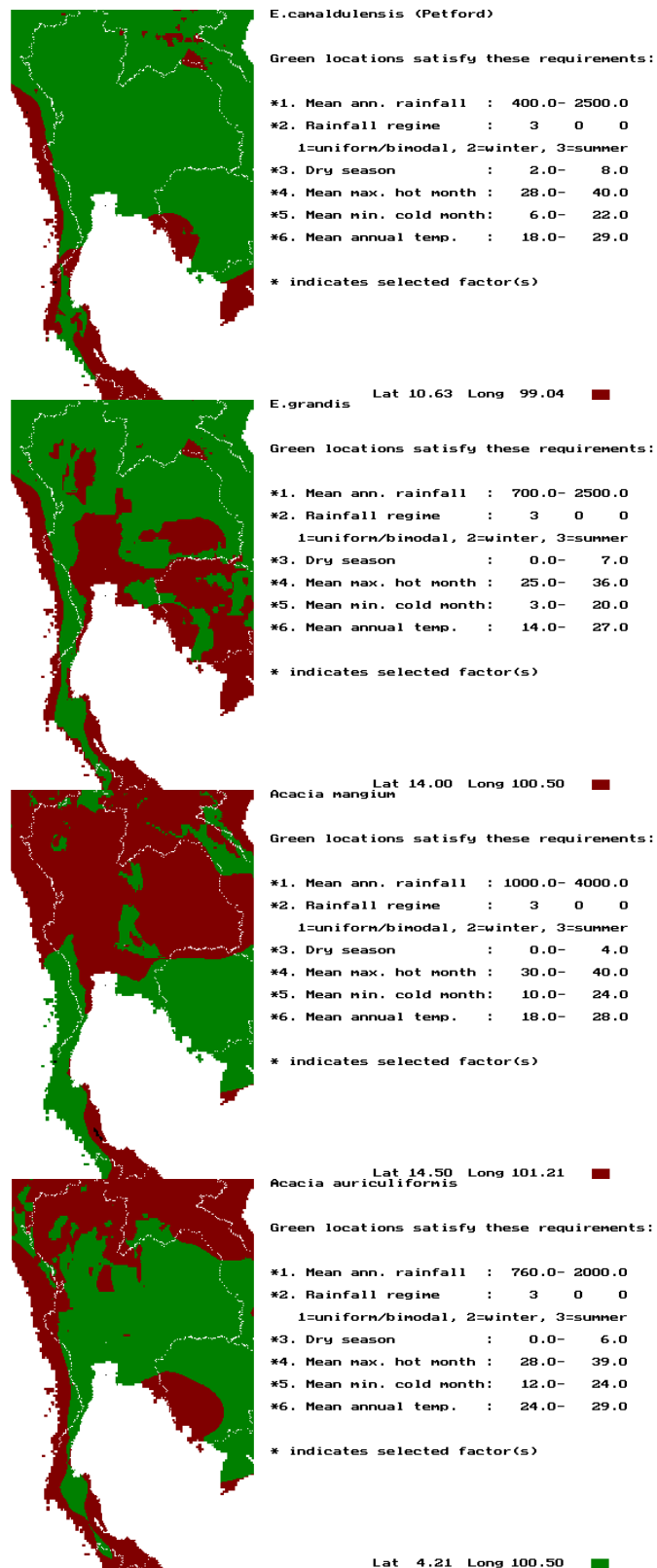
สำหรับพื้นที่เสื่อมโทรมในลุ่มน้ำโขง ซึ่งเป็นดินทรายจัดขาดความอุดมสมบูรณ์ บางส่วนเป็นดินลูกรังมีกรวดหินปนอยู่มาก พื้นที่ดังกล่าวมักจัดอยู่ในเขตแห้งแล้งปลูกพืชเกษตรมักไม่ค่อยได้ผลดี บางส่วนเป็นพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก ควรปลูกชนิดไม้ที่เหมาะสมกับพื้นที่เพื่อสร้างผลผลิตและก่อให้เกิดรายได้ ไม้โตเร็วหลายชนิดที่สามารถปลูกได้ในสภาพพื้นที่ดังกล่าว ได้แก่ ยูคาลิปตัส เสม็ดขาว และไม้สกุลอะเคเซีย โดยในสภาพพื้นที่ที่ค่อนข้างเป็นที่ราบจึงสามารถปลูกแบบเชิงเดี่ยวเป็นสวนไม้โตเร็วเพื่อพลังงาน แต่ให้มีความหลากหลายของสายต้นและชนิดพันธุ์เพื่อลดความเสี่ยงจากการระบาดของโรคและแมลง รวมถึงการปลูกแบบผสมผสานกับพืชเกษตรอื่นๆ หรือสมุนไพร เพื่อให้เกิดรายได้หมุนเวียนสม่ำเสมอ สำหรับยูคาลิปตัสและเสม็ดขาวนั้น จะมีผลพลอยได้จากใบซึ่งสามารถนำมาสกัดน้ำมันหอมระเหยและสร้างเป็นผลิตภัณฑ์เพิ่มมูลค่าได้

3.2.3 ศักยภาพของการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวลจากไม้โตเร็วบนพื้นที่เสื่อมโทรม

จากแนวทางการใช้ประโยชน์ข้างต้น ถ้านำพื้นที่เสื่อมโทรมและทิ้งร้างดังกล่าวมาปลูกไม้โตเร็ว เพื่อเป็นแหล่งผลิตไม้เชื้อเพลิงสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวล ซึ่งเมื่อพิจารณาปัจจัยแวดล้อมของสภาพภูมิประเทศ และภูมิอากาศซึ่งเป็นปัจจัยที่จำกัดการเลือกชนิดไม้ที่จะนำมาปลูก พบว่า ยูคาลิปตัส ความลาดชัน ซึ่ง เป็นชนิดที่นิยมปลูกสามารถปลูกได้ในทุกพื้นที่ ยกเว้น ในภาคใต้และในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนสูงกว่า 2,500 มิลลิเมตรต่อปี อย่างไรก็ตามปัจจุบันได้มีการพัฒนาสายต้นที่เป็นลูกผสมหลายสายต้นที่สามารถคัดเลือกให้ปลูกในพื้นที่ที่มีสภาพต่างๆ กันได้ ในส่วนของไม้สกุลอะเคเซียซึ่งที่นิยมปลูก ได้แก่ กระถินเทพา จะเติบโตและให้ผลผลิตสูงในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนรายปีสูง อยู่ในช่วง 1,000-4,000 มิลลิเมตรต่อปี จึงพบปลูกมากแถบภาคใต้ สำหรับกระถินณรงค์เป็นชนิดที่ทนเค็มและทนต่อสภาพต่างๆ ได้เป็นอย่างดี เช่น ดินเค็ม พื้นที่น้ำท่วม พื้นที่แห้งแล้ง จึงนิยมปลูกทั่วไป โดยเฉพาะพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีพื้นที่ดินเสื่อมโทรม ดินมีปัญหา และสภาพแห้งแล้ง (ภาพที่ 12) อย่างไรก็ตามปัจจุบันกรมป่าไม้ได้มีการพัฒนาปรับปรุงพันธุ์ไม้อะเคเซียให้มีลักษณะดี โตเร็ว และให้ผลผลิตเนื้อไม้สูง ทั้งผสมปรับปรุงพันธุ์ในชนิดเดียวกัน และผสมข้ามชนิดพันธุ์กัน จึงทำให้มีสายต้นที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ต่างๆ หลายพันธุ์

เมื่อพิจารณาพื้นที่ตามทิวเขาระยะที่เห็นว่าพื้นที่เสื่อมโทรมที่มีศักยภาพและมีความจำเป็นเร่งด่วนที่จะต้องฟื้นฟูให้สามารถสร้างผลผลิตได้ ได้แก่ พื้นที่เสื่อมโทรมระดับวิกฤติและระดับรุนแรงในลุ่มน้ำน่าน (รวมตอนบนและตอนล่าง) และลุ่มน้ำโขง ซึ่งมีพื้นที่เสื่อมโทรมรวมทั้งสองระดับเท่ากับ 7,595,408 ไร่ และ 3,340,411 ไร่ ตามลำดับ พื้นที่ดังกล่าวถ้านำมาปลูกไม้โตเร็ว เช่น ยูคาลิปตัส และไม้สกุลอะเคเซีย จะสามารถให้ผลผลิตเฉลี่ยต่อปีต่ำสุด (1-3 ต้นต่อไร่ต่อปี) เท่ากับ 7,595,408-22,786,224 ต้นต่อปีในพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน และมีผลผลิตเฉลี่ยต่อปีต่ำสุดเท่ากับ 3,340,411-10,021,233 ต้นต่อปี ในพื้นที่ลุ่มน้ำโขง ผลผลิตดังกล่าวคิดเป็นกำลังไฟฟ้าที่จะสามารถผลิตได้เท่ากับ 523.5-1,570.5 เมกะวัตต์ ในพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน และ 230.2-690.7 เมกะวัตต์ ในพื้นที่ลุ่มน้ำโขง (คำนวณบนพื้นฐานของเทคโนโลยีโคเจนเนอเรชัน โดยใช้หม้อต้มน้ำ ประสิทธิภาพ

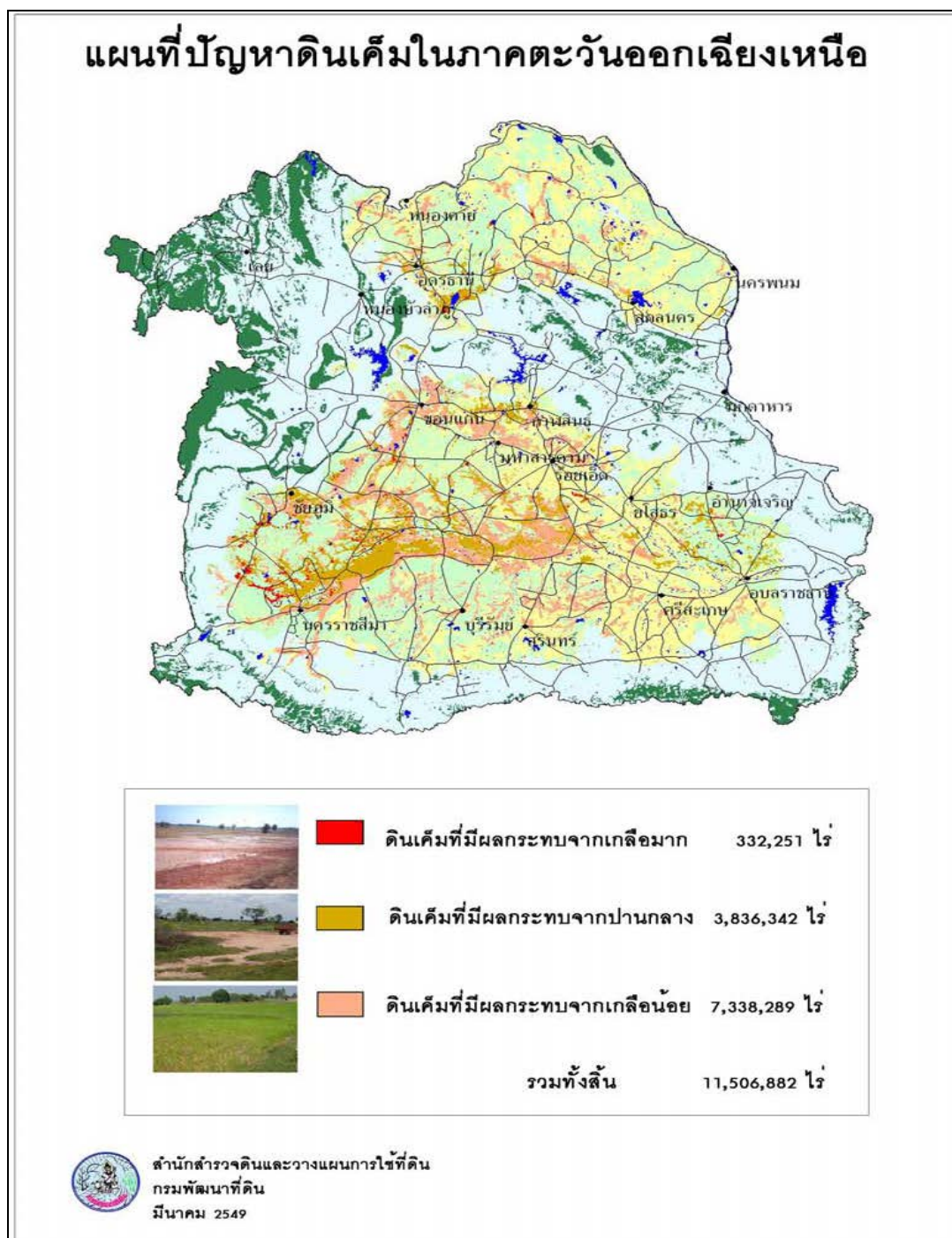
ของโรงไฟฟ้าโดยรวมเท่ากับร้อยละ 20 ความชื้นของไม้สดร้อยละ 60 ค่า Low Heating Value ของไม้โดยเฉลี่ยเท่ากับ 8.95 MJ)



ภาพที่ 12 ผลจากโปรแกรม THAI พื้นที่สีเขียวแสดงถึงเงื่อนไขทางภูมิอากาศที่เหมาะสมกับ

E. camaldulensis, *E. grandis*, *A. mangium* และ *A. auriculiformis* ตามลำดับจากบนลงล่าง

นอกจากนี้ถ้าพิจารณาพื้นที่ดินมีปัญหา โดยเฉพาะปัญหาดินเค็มซึ่งพบเป็นพื้นที่กว้างใหญ่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งมีพื้นที่ดินเค็มระดับปานกลางถึงระดับเค็มมากถึง 4,168,593 ไร่ (ภาพที่ 13) มีศักยภาพสามารถนำมาปลูกไม้โตเร็วเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ผลผลิตเฉลี่ยต่อปี เท่ากับ 4,168,593-12,505,779 ตัน ซึ่งมีศักยภาพสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้เท่ากับ 287.3-862 เมกะวัตต์



ภาพที่ 13 พื้นที่ดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

บทที่ 4

การเจริญเติบโตและผลผลิตมวลชีวภาพของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย (Acacia)

4.1 การเติบโตของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซียสายต้นต่างๆ

จากการศึกษาการพัฒนาไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย เพื่อปลูกบนพื้นที่เสื่อมโทรมสำหรับเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า ในแปลงทดสอบสายต้นไม้อะเคเซียลูกผสม ในพื้นที่ต่างกัน 5 พื้นที่ ได้แก่ ศูนย์วนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร จังหวัดกำแพงเพชร สวนปามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น สวนปาลาดกระทิง จังหวัดฉะเชิงเทรา สวนป่าดอนแสลบ-เลาขวัญ จังหวัดกาญจนบุรี และสวนป่าของบริษัท สโตร่า เอ็นโซ (ประเทศไทย) จำกัด จังหวัดสระแก้ว ได้ผลการศึกษาดังนี้

4.1.1 ศูนย์วนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร

การเติบโตของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้น ได้แก่ สายต้นที่ 3, 5, 18 และ 19 ที่ปลูกในพื้นที่ศูนย์วนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร จังหวัดกำแพงเพชร ดังแสดงในตารางที่ 11 พบว่า การเติบโตด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชดดิน การเติบโตด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอก และการเติบโตทางด้านความสูงมีค่ามากที่สุดสายต้นที่ 3 และการเติบโตด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชดดิน และการเติบโตด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอกมีค่าน้อยที่สุดในสายต้นที่ 19 แต่การเติบโตทางด้านความสูงมีค่าน้อยที่สุดในสายต้นที่ 18 โดยการเติบโตด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชดดิน และด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยสายต้นที่ 3 มีความแตกต่างทั้งทางด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชดดิน และด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอกกับสายต้นที่ 5, 18 และ 19 ส่วนอัตราการรอดตายมีค่ามากที่สุดสายต้นที่ 3 และ 18 และน้อยที่สุดในสายต้นที่ 5 ซึ่งทั้ง 4 สายต้น มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ทั้งทางด้านการเติบโตทางความสูงและอัตราการรอดตาย

4.1.2 สวนปามัญจาคีรี

จากการศึกษาผลการเติบโตของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้น ในพื้นที่สวนปามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น ดังแสดงในตารางที่ 12 พบว่า สายต้นที่ 3 มีการเติบโตด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชดดินมากที่สุด และสายต้นที่ 19 มีค่าน้อยที่สุด ส่วนการเติบโตด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอกมากที่สุดสายต้นที่ 5 และน้อยที่สุดในสายต้นที่ 18 ขณะที่การเติบโตทางด้านความสูงของสายต้นที่ 5 มีค่ามากที่สุด และสายต้นที่ 19 มีค่าน้อยที่สุด และอัตราการรอดตายมีค่ามากที่สุดสายต้นที่ 18 และน้อยที่สุดในสายต้นที่ 5 โดยสายต้นที่ 18 และ 19 มีอัตราการรอดตายเท่ากัน ทั้งนี้การเติบโตในด้านต่างๆ และอัตราการรอดตายของทั้ง 4 สายต้น มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 11 การเติบโตของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย สายต้นที่ 3, 5, 18 และ 19 ในพื้นที่ศูนย์วนวัฒนวิจัย กำแพงเพชร จังหวัดกำแพงเพชร

Clone No.	D ₀ (cm)	DBH (cm)	Ht (m)	Survival Rate (%)
3	14.15±0.85 ^a	11.12±1.35 ^a	8.28±0.83	87.50±15.96
5	10.28±1.15 ^b	8.79±0.93 ^b	8.05±0.29	75.00±16.67
18	9.74±0.44 ^b	7.53±0.34 ^b	7.54±0.55	87.50±15.96
19	8.64±1.20 ^b	7.33±1.12 ^b	7.76±0.15	79.17±15.96
%CV	21.55	20.73	6.96	18.81
F-value	19.11**	9.67**	1.57 ^{ns}	0.56 ^{ns}

หมายเหตุ : %CV = สัมประสิทธิ์ของความผันแปร
 อักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) โดยวิธี DMRT
 ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.01)
 * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)
^{ns} แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 12 การเติบโตของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย สายต้นที่ 3, 5, 18 และ 19 ในพื้นที่สวนป้ามัญญาคีรี จังหวัดขอนแก่น

Clone No.	D ₀ (cm)	DBH (cm)	Ht (m)	Survival Rate (%)
3	13.49±4.45	8.96±1.40	9.77±1.43	87.50±25.00
5	11.97±0.76	9.79±1.12	10.01±0.76	83.33±13.61
18	11.92±1.40	8.60±1.01	9.68±1.07	91.67±9.62
19	11.09±2.13	9.24±1.78	9.28±1.34	87.50±15.96
%CV	20.52	14.18	11.25	17.73
F-value	0.49 ^{ns}	0.52 ^{ns}	0.51 ^{ns}	0.21 ^{ns}

หมายเหตุ : %CV = สัมประสิทธิ์ของความผันแปร
 อักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) โดยวิธี DMRT
 ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.01)
 * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)
^{ns} แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

4.1.3 สวนป่าลาดกระทิง

จากผลการศึกษาการเติบโตของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้น ในพื้นที่สวนป่าลาดกระทิง จังหวัดฉะเชิงเทรา ดังแสดงในตารางที่ 13 พบว่า การเติบโตด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิตดินของสายต้นที่ 18 มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 5, 3 และสายต้นที่ 19 มีค่าน้อยที่สุด ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 4 สายต้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสายต้นที่ 18 มีความแตกต่างด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิตดินกับสายต้นที่ 3, 5 และ 19 ส่วนการเติบโตด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอกมีค่ามากที่สุดในสายต้นที่ 5 รองลงมาคือ สายต้นที่ 18, 19 และน้อยที่สุดในสายต้นที่ 3 ตามลำดับ โดยทั้ง 4 สายต้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งสายต้นที่ 3 มีความแตกต่างด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอกกับสายต้นที่ 5 และ 18 ส่วนสายต้นที่ 19 ไม่มีความแตกต่างกับสายต้นอื่นๆ ขณะที่การเติบโตทางด้านความสูงมีค่ามากที่สุดในสายต้นที่ 18 รองลงมาคือสายต้นที่ 5, 19 และน้อยที่สุดในสายต้นที่ 3 ตามลำดับ ส่วนอัตราการรอดตายของสายต้นที่ 3, 18 และ 19 มีค่าสูงสุด แต่สายต้นที่ 5 มีค่าต่ำที่สุด พบว่า ทั้งการเติบโตทางด้านความสูงและอัตราการรอดตายของทั้ง 4 สายต้น มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 13 การเติบโตของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย สายต้นที่ 3, 5, 18 และ 19 ในพื้นที่สวนป่าลาดกระทิง จังหวัดฉะเชิงเทรา

Clone No.	D_0 (cm)	DBH (cm)	Ht (m)	Survival Rate (%)
3	10.60 ± 0.36^b	7.83 ± 0.59^b	11.03 ± 0.32	100.00 ± 0.00
5	10.95 ± 0.79^b	9.42 ± 0.96^a	11.53 ± 1.38	91.67 ± 16.67
18	12.18 ± 0.68^a	9.34 ± 0.85^a	12.82 ± 0.77	100.00 ± 0.00
19	10.21 ± 0.63^b	8.16 ± 0.69^{ab}	11.51 ± 0.44	100.00 ± 0.00
% CV	8.63	11.61	8.64	8.51
F-value	6.01*	4.32*	3.59 ^{ns}	1.00 ^{ns}

หมายเหตุ : %CV = สัมประสิทธิ์ของความผันแปร
 อักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยวิธี DMRT
 ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)
 * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)
^{ns} แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

4.1.4 สวนป่าดอนแสลบ-เลาขวัญ

จากผลการศึกษาการเติบโตของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้น ที่ปลูกในพื้นที่สวนป่าดอนแสลบ-เลาขวัญ จังหวัดกาญจนบุรี ดังแสดงในตารางที่ 14 พบว่า การเติบโตด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิตดิน และการเติบโตด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอกมีค่ามากที่สุดในสายต้นที่ 3 ขณะที่การเติบโตด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิตดินมีค่าน้อยที่สุดในสายต้นที่ 5 แต่การเติบโตด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอกมีค่าน้อยที่สุดในสายต้นที่ 19 ส่วนการเติบโตทางด้านความสูง

มีค่ามากที่สุดใสายต้นที่ 18 และน้อยที่สุดในสายต้นที่ 19 ทั้งการเติบโตด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอกและความสูง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ขณะที่อัตราการรอดตายของสายต้นที่ 19 มีค่ามากที่สุด และสายต้นที่ 3 มีค่าน้อยที่สุด โดยการเติบโตด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับขีดดินและอัตราการรอดตาย มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งสายต้นที่ 3 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 5, 18 และ 19

ตารางที่ 14 การเติบโตของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย สายต้นที่ 3, 5, 18 และ 19 ในพื้นที่สวนป่าดอนแสลบ-เลาขวัญ จังหวัดกาญจนบุรี

Clone No.	D ₀ (cm)	DBH (cm)	Ht (m)	Survival Rate (%)
3	16.25±2.08 ^a	9.67±1.26	9.65±0.74	41.67±28.87 ^b
5	11.21±1.82 ^b	8.80±1.67	10.17±1.35	75.00±31.92 ^a
18	12.16±1.17 ^b	9.22±0.91	10.24±0.72	83.33±23.57 ^a
19	11.72±2.10 ^b	7.95±1.10	8.86±0.98	87.50±15.96 ^a
%CV	20.53	14.68	10.76	41.24
F-value	5.86*	2.54 ^{ns}	1.94 ^{ns}	6.95*

หมายเหตุ : %CV = สัมประสิทธิ์ของความผันแปร
 อักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยวิธี DMRT
 ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$)
 * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
^{ns} แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

4.1.5 สวนป่าของบริษัท สโตร์รา เอ็นโซ (ประเทศไทย) จำกัด

จากผลการศึกษาการเติบโตของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้น ที่ปลูกในพื้นที่สวนป่าของบริษัท สโตร์รา เอ็นโซ (ประเทศไทย) จำกัด จังหวัดสระแก้ว ดังแสดงในตารางที่ 15 พบว่า การเติบโตด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับขีดดิน การเติบโตด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอก และการเติบโตทางความสูงมีค่ามากที่สุดใสายต้นที่ 5 และน้อยที่สุดในสายต้นที่ 18 ซึ่งการเติบโตทั้ง 3 ด้าน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) โดยสายต้นที่ 3 และ 19 มีความแตกต่างด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับขีดดินกับสายต้นที่ 5 และแตกต่างกับสายต้นที่ 18 ส่วนสายต้นที่ 18 มีความแตกต่างด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอกกับสายต้นที่ 3, 5 และ 19 และสายต้นที่ 5, 18 และ 19 มีความแตกต่างกันในด้านการเติบโตทางความสูง โดยสายต้นที่ 3 ไม่มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 5 และ 19 ส่วนอัตราการรอดตายมีค่ามากที่สุดใสายต้นที่ 3 และ 5 และน้อยที่สุดในสายต้นที่ 18 และ 19 ตามลำดับ ซึ่งอัตราการรอดตายทั้ง 4 สายต้น มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 15 การเติบโตของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย สายต้นที่ 3, 5, 18 และ 19 ในพื้นที่สวนป่าของบริษัท สโตร์รา เอ็นโซ่ (ประเทศไทย) จำกัด จังหวัดสระแก้ว

Clone No.	D ₀ (cm)	DBH (cm)	Ht (m)	Survival Rate (%)
3	12.51±0.52 ^b	9.79±0.66 ^a	10.35±0.65 ^{ab}	100.00±0.00
5	14.25±0.86 ^a	10.89±0.59 ^a	11.30±0.46 ^a	100.00±0.00
18	10.69±1.34 ^c	7.57±0.75 ^b	9.05±0.83 ^c	87.50±25.00
19	12.29±0.52 ^b	9.73±0.63 ^a	10.25±0.60 ^b	87.50±15.96
%CV	12.25	14.46	9.87	15.73
F-value	10.32**	14.03**	8.56**	1.00 ^{ns}

หมายเหตุ : %CV = สัมประสิทธิ์ของความผันแปร
 อักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) โดยวิธี DMRT
 ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.01)
 * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)
^{ns} แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

จากผลการศึกษา พบว่า ไม้โตเร็วสกุลอะเคเซียที่ทำการศึกษามีค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอกสอดคล้องกับการศึกษาของ Luangviriyasaeng (2010) ซึ่งได้ทำการวัดการเติบโตของไม้อะเคเซีย จำนวน 4 ชนิด ที่อายุ 3 ปี ในระยะปลูก 3x3 เมตร และพบว่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอกมีเฉลี่ยมากกว่า 7.0 เซนติเมตร และสอดคล้องกับการศึกษาของ อนันต์ และคณะ (2530) ที่ได้ทำการศึกษาค่าผลผลิตของกระถินเทพา ที่สถานีวิจัยและฝึกอบรมการปลูกสร้างสวนป่าสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา พบว่า กระถินเทพา เมื่ออายุ 4 ปี ระยะปลูก 2x2 เมตร มีความโตเฉลี่ย 9.31 เซนติเมตร ส่วนผลการศึกษาการเติบโตด้านความสูงที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาของ มะลิวัลย์ และคณะ (2553) ที่ศึกษาการเติบโตของกระถินเทพาพันธุ์ ณ แปลงปลูกป่าคลองหาด จังหวัดสระแก้ว และพบว่า กระถินเทพาพันธุ์ อายุ 4 ปี มีความสูง 12.9 เมตร นอกจากนี้ไม้โตเร็วสกุลอะเคเซียยังมีอัตราการรอดตายที่สูง ซึ่งเป็นลักษณะเด่นของไม้ในกลุ่มอะเคเซียที่ทนต่อความแห้งแล้งและสภาพดินที่เป็นกรด จากการทดลองปลูกในพื้นที่แห้งแล้ง ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ พบว่า กระถินเทพายังมีอัตราการรอดตายที่สูง (ศูนย์บริการร่วมกรมส่งเสริมการเกษตร, 2555)

จากผลการศึกษาอาจกล่าวได้ว่า หากต้องการปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเซียในพื้นที่สวนป่าลาดกระทิง จังหวัดฉะเชิงเทรา และสวนป่าดอนแสลบ-เลาขวัญ จังหวัดกาญจนบุรี หรือพื้นที่ใกล้เคียงควรพิจารณาเลือกปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย สายต้นที่ 18 แต่หากต้องการปลูกในพื้นที่สวนป่ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น และสวนป่าของบริษัท สโตร์รา เอ็นโซ่ (ประเทศไทย) จำกัด จังหวัดสระแก้ว หรือพื้นที่ใกล้เคียงควรพิจารณาเลือกปลูก สายต้นที่ 5 ในขณะที่หากต้องการเลือกปลูกในพื้นที่ศูนย์วนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร จังหวัดกำแพงเพชร หรือพื้นที่ใกล้เคียงควรพิจารณาเลือกปลูก สายต้นที่ 3 ทั้งนี้ไม้โตเร็วสกุลอะเคเซียสายต้นดังกล่าวมีการเติบโตดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสายต้นอื่นๆ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากไม้โตเร็วสกุลอะเคเซียในแต่ละสายต้น

มีความสามารถในการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมที่มีความแตกต่างกันได้ไม่เท่ากัน สายต้นที่สามารถปรับตัวได้ดีกว่าก็จะมี การเติบโตในด้านต่างๆ ได้มากกว่าสายต้นที่ปรับตัวได้น้อยหรือช้ากว่านั่นเอง

โดยเฉลี่ยจากทุกสายต้นของไม้อะเคเซียในทั้ง 5 ท้องที่ (ยกเว้น กำแพงเพชร) มีการเติบโตดีกว่าสายต้นยูคาลิปตัสที่ปลูกข้างเคียงที่อายุเท่ากัน

ตารางที่ 16 การเติบโต (Height and DBH) ของไม้อะเคเซียลูกผสม 4 สายต้นที่ปลูกใน 5 พื้นที่ (KP, KB, CS, KK, SK) และยูคาลิปตัสอายุ 3-4 ปี

No.	KP_Ht	KP_DBH	KB_Ht	KB_DBH	CS_Ht	CS_DBH	KK_Ht	KK_DBH	SK_Ht	SK_DBH
3	8.25	10.32	9.64	10.67	11.11	8.89	9.68	9.41	10.33	9.61
5	7.99	8.51	10.17	8.29	11.92	9.75	10.00	9.39	11.31	11.00
18	7.54	7.29	10.25	8.88	13.11	10.43	9.54	8.72	9.32	7.80
19	7.76	7.12	8.91	8.16	11.55	8.92	9.74	9.08	10.18	9.79
Mean										
<i>acacia</i>	7.88	8.13	9.76	8.79	11.61	9.13	9.81	9.48	10.06	9.08
LSD <i>acacia</i>	0.90	1.60	1.18	1.81	1.06	0.85	1.51	1.96	1.03	1.17
Mean										
<i>eucalyptus</i>	5.86*	5.45*	9.36	6.93	7.68	9.86	7.63	10.21	8.86	12.96

Remark : * height and dbh at 3 years of age

การวิเคราะห์ site interaction กับสายต้นโดยแสดงในรูปแบบของ regression ของสายต้นต่อการปลูกในแต่ละท้องที่ ซึ่งแสดงเป็นค่า regression coefficient ในตารางที่ 17 ซึ่งถ้ามีค่าเป็นบวกและสูงกว่า 1 แสดงให้เห็นว่า สายต้นตอบสนองต่อท้องที่อย่างมาก ส่วนสายต้นที่มีค่า regression coefficient ค่าใกล้เคียง 0 แสดงให้เห็นว่า สายต้นนี้ตอบสนองต่อท้องที่เหมือนกันหมด สายต้นที่มีค่า regression coefficient ค่าใกล้เคียงลบ แสดงการตอบสนองต่อท้องที่ที่กลับกับสายต้นอื่นโดยทั่วไป ดังนั้นการเลือกใช้สายต้นที่สามารถปลูกได้ในพื้นที่กว้างขวาง หลายสภาพท้องที่ควรเป็นสายต้นที่มีค่าเฉลี่ยการเติบโตที่สูงและมีค่า regression coefficient ระหว่าง 0 ถึง 1 (Williams *et. al.*, 2002) เช่น สายต้นที่ 5

สายต้นที่ 3 มีค่า regression coefficient เป็นลบ แสดงให้เห็นว่า การเติบโตสวนทางกับสายต้นอื่นๆ ดังนั้นท้องที่ที่สายต้นอื่นๆ โตได้ดีสายต้นนี้สามารถโตได้ดี

ตารางที่ 17 การเติบโต (height, dbh) และ regression coefficient ใน 5 พื้นที่

No.	Mean Ht	Regression coefficient	Mean DBH	Regression coefficient
3	9.8	0.77	9.78	-1.13
5	10.28	1.06	9.39	0.95
18	9.95	1.47	8.62	1.81
19	9.63	1.02	8.61	1.40

4.2 สมการที่ใช้สำหรับประมาณหามวลชีวภาพ

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดหรือมิติต่างๆ ของต้นไม้ ได้แก่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับขีดดินยกกำลังสองคูณด้วยความสูงทั้งหมด (D_0^2H) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอกยกกำลังสองคูณด้วยความสูงทั้งหมด (DBH^2H) กับมวลชีวภาพของส่วนต่างๆ ของต้นไม้ ซึ่งได้แก่ ส่วนที่เป็นลำต้น (Ws) ส่วนที่เป็นกิ่ง (Wb) และส่วนที่เป็นใบ (WL) ของไม้โตเร็วสกุลอะเคเชียที่ปลูกในพื้นที่แตกต่างกัน 5 พื้นที่ โดยอาศัยรูปแบบสมการแอลโลเมตรี (allometric equation) ในรูปของ $Y = aX^b$ จะได้รูปแบบสมการยกกำลัง (power equation) พร้อมทั้งค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (coefficient of determination, r^2) รายละเอียดของสมการในแต่ละสวนป่าแสดงในตารางที่ 18-22 ดังนี้

4.2.1 ศูนย์วนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร

ตารางที่ 18 รูปแบบของสมการแอลโลเมตรี และค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (r^2) ของส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และใบ ของไม้โตเร็วสกุลอะเคเชีย สายต้นที่ 3, 5, 18 และ 19 ในพื้นที่ศูนย์วนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร จังหวัดกำแพงเพชร

Clone No.	Equation	r^2
3	$Ws = 0.1038DBH^2H^{0.7611}$	0.9573**
	$Wb = 1.3141DBH^2H^{0.3556}$	0.8511*
	$WL = 0.0227DBH^2H^{0.7366}$	0.9623**
5	$Ws = 0.0108DBH^2H^{1.0987}$	0.9924**
	$Wb = 0.0002DBH^2H^{1.5100}$	0.9913**
	$WL = 0.0005DBH^2H^{1.2543}$	0.8722*
18	$Ws = 0.0346DBH^2H^{0.9339}$	0.9854**
	$Wb = 0.0014DBH^2H^{1.2348}$	0.9611**
	$WL = 0.0124DBH^2H^{0.8040}$	0.9857**
19	$Ws = 0.0685DBH^2H^{0.8013}$	0.9297**
	$Wb = 0.00008D_0^2H^{1.5686}$	0.9292**
	$WL = 0.018D_0^2H^{0.6541}$	0.8778*

หมายเหตุ ** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

* มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} มีความสัมพันธ์กันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

4.2.2 สวนป่ามัญจาคีรี

ตารางที่ 19 รูปแบบของสมการแอลโลเมตรี และค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (r^2) ของส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และ ใบ ของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย สายต้นที่ 3, 5, 18 และ 19 ในพื้นที่สวนป่ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น

Clone No.	Equation	r^2
3	$Ws = 0.0656DBH^2 H^{0.8303}$	0.9149*
	$Wb = 0.0503DBH^2 H^{0.8185}$	0.9749**
	$WL = 0.1646DBH^2 H^{0.5186}$	0.8056*
5	$Ws = 0.0041D_0^2 H^{1.1798}$	0.9463**
	$Wb = 0.00007DBH^2 H^{1.7335}$	0.7500 ^{ns}
	$WL = 0.0003DBH^2 H^{1.4148}$	0.7695 ^{ns}
18	$Ws = 0.0137DBH^2 H^{1.0702}$	0.9709**
	$Wb = 0.0004DBH^2 H^{1.4482}$	0.9823**
	$WL = 0.017DBH^2 H^{0.8015}$	0.8194*
19	$Ws = 0.0022D_0^2 H^{1.2730}$	0.9698**
	$Wb = 0.0187DBH^2 H^{0.9413}$	0.9107*
	$WL = 0.0419DBH^2 H^{0.6676}$	0.7423 ^{ns}

หมายเหตุ ** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

* มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} มีความสัมพันธ์กันอย่างไม่มีความสำคัญทางสถิติ

4.2.3 สวนป่าลาดกระทิง

ตารางที่ 20 รูปแบบของสมการแอลโลเมตรี และค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (r^2) ของส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และใบ ของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย สายต้นที่ 3, 5, 18 และ 19 ในพื้นที่สวนป่าลาดกระทิง จังหวัดฉะเชิงเทรา

Clone No.	Equation	r^2
3	$Ws = 0.0162D_0^2 H^{0.9916}$	0.9477**
	$Wb = 0.00002DBH^2 H^{1.8700}$	0.9665**
	$WL = 0.0002DBH^2 H^{1.4103}$	0.8607*
5	$Ws = 0.0176DBH^2 H^{1.0241}$	0.9909**
	$Wb = 0.0005DBH^2 H^{1.3468}$	0.9057*
	$WL = 0.0061DBH^2 H^{0.9047}$	0.8438*
18	$Ws = 0.0321DBH^2 H^{0.9439}$	0.9156*
	$Wb = 0.00004D_0^2 H^{1.6633}$	0.8825*
	$WL = 0.0006DBH^2 H^{1.2238}$	0.8241*
19	$Ws = 0.1417D_0^2 H^{0.6637}$	0.8301*
	$Wb = 0.000002DBH^2 H^{2.2813}$	0.7764*
	$WL = 0.0077DBH^2 H^{0.8962}$	0.7596 ^{ns}

หมายเหตุ ** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

* มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} มีความสัมพันธ์กันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

4.2.4 สวนป่าดอนแสลบ-เลาขวัญ

ตารางที่ 21 รูปแบบของสมการแอลโลเมตรี และค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (r^2) ของส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และใบ ของไม้โตเร็วสกุลอะเคเชีย สายต้นที่ 3, 5, 18 และ 19 ในพื้นที่สวนป่าดอนแสลบ-เลาขวัญ จังหวัดกาญจนบุรี

Clone No.	Equation	r^2
3	$Ws = 0.0761DBH^2 H^{0.7815}$	0.9358**
	$Wb = 0.0413DBH^2 H^{0.8039}$	0.8166*
	$WL = 0.0051D_0^2 H^{0.9654}$	0.7515 ^{ns}
5	$Ws = 0.0240DBH^2 H^{0.9692}$	0.9525**
	$Wb = 0.1881DBH^2 H^{0.5049}$	0.9884**
	$WL = 0.0683DBH^2 H^{0.6077}$	0.8731*
18	$Ws = 0.0658DBH^2 H^{0.8277}$	0.9870**
	$Wb = 0.0001DBH^2 H^{1.5642}$	0.9011*
	$WL = 0.0039DBH^2 H^{0.9952}$	0.9055*
19	$Ws = 0.0248DBH^2 H^{0.9510}$	0.9864**
	$Wb = 0.0107DBH^2 H^{0.9124}$	0.8468*
	$WL = 0.0429DBH^2 H^{0.6654}$	0.9749**

หมายเหตุ ** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

* มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} มีความสัมพันธ์กันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

4.2.5 สวนป่าของของบริษัท สโตร่า เอ็นโซ่ (ประเทศไทย) จำกัด

ตารางที่ 22 รูปแบบของสมการแอลโลเมตรี และค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (r^2) ของส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และใบ ของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย สายต้นที่ 3, 5, 18 และ 19 ในพื้นที่สวนป่าของบริษัท สโตร่า เอ็นโซ่ (ประเทศไทย) จำกัด จังหวัดสระแก้ว

Clone No.	Equation	r^2
3	$Ws = 0.2317DBH^2 H^{0.6669}$	0.9373**
	$Wb = 0.0078DBH^2 H^{1.0203}$	0.7039 ^{ns}
	$WL = 0.0039D_0^2 H^{0.9487}$	0.7600 ^{ns}
5	$Ws = 0.0022DBH^2 H^{1.3129}$	0.9292**
	$Wb = 0.0032DBH^2 H^{1.1259}$	0.9084*
	$WL = 0.0239DBH^2 H^{0.6899}$	0.9824**
18	$Ws = 0.0218DBH^2 H^{1.0008}$	0.9951**
	$Wb = 0.0002DBH^2 H^{1.4792}$	0.9413**
	$WL = 0.0061DBH^2 H^{0.8496}$	0.8329*
19	$Ws = 1.1664DBH^2 H^{0.4016}$	0.8480*
	$Wb = 0.003DBH^2 H^{1.1861}$	0.8296*
	$WL = 0.0195DBH^2 H^{0.7340}$	0.7501 ^{ns}

หมายเหตุ ** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

* มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} มีความสัมพันธ์กันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

4.3 ผลผลิตมวลชีวภาพ

มวลชีวภาพของส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และใบ ของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ของสายต้นที่ 3, 5, 18 และ 19 ที่ปลูกในพื้นที่ต่างกัน 5 พื้นที่ ได้จากการคำนวณโดยใช้สมการสำหรับประมาณมวลชีวภาพของแต่ละสวนป่า ที่ได้จากการคำนวณในข้อ 3 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.3.1 ศูนย์วนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร

จากผลการศึกษาปริมาณชีวภาพของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้น ในพื้นที่ศูนย์วนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร จังหวัดกำแพงเพชร ดังแสดงในตารางที่ 23 พบว่า ในส่วนที่เป็นลำต้นมีปริมาณมากที่สุดในสายต้นที่ 3 รองลงมาคือ สายต้นที่ 5, 18 และน้อยที่สุดในสายต้นที่ 19 ตามลำดับ ในส่วนที่เป็นกิ่งและใบสายต้นที่ 3 มีปริมาณมากที่สุดในสายต้นที่ 19 มีปริมาณน้อยที่สุดในสายต้นที่ 5 และเมื่อหาปริมาณมวลชีวภาพรวม พบว่าเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับส่วนที่เป็นลำต้น คือ มีปริมาณมากที่สุดในสายต้นที่ 3 รองลงมาคือ สายต้นที่ 5, 18 และน้อยที่สุดในสายต้นที่ 19 ตามลำดับ โดยปริมาณมวลชีวภาพในส่วนต่างๆ และมวลชีวภาพรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) และสายต้นที่ 3 มีความแตกต่างในด้านปริมาณมวลชีวภาพในส่วนต่างๆ และมวลชีวภาพรวมกับสายต้นที่ 5, 18 และ 19

ตารางที่ 23 ปริมาณมวลชีวภาพของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย สายต้นที่ 3, 5, 18 และ 19 ในส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และใบ ของพื้นที่ศูนย์วนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร จังหวัดกำแพงเพชร

Clone No.	ปริมาณมวลชีวภาพส่วนต่างๆ							
	ลำต้น		กิ่ง		ใบ		รวม	
	กก./ต้น	ต้น/ไร่	กก./ต้น	ต้น/ไร่	กก./ต้น	ต้น/ไร่	กก./ต้น	ต้น/ไร่
3	20.66 ^a	3.68 ^a	15.43 ^a	2.75 ^a	3.80 ^a	0.68 ^a	39.90 ^a	7.10 ^a
5	13.25 ^b	2.36 ^b	3.64 ^b	0.65 ^b	1.70 ^b	0.30 ^b	18.58 ^b	3.31 ^b
18	10.93 ^b	1.95 ^b	2.99 ^b	0.53 ^b	1.73 ^b	0.31 ^b	15.65 ^b	2.79 ^b
19	8.78 ^b	1.57 ^b	1.90 ^b	0.34 ^b	1.16 ^b	0.21 ^b	11.85 ^b	2.11 ^b
%CV	40.27	40.21	96.10	96.15	54.18	54.39	55.94	55.92
F-value	9.49**	9.47**	106.67**	107.49**	19.01**	18.66**	24.23**	24.28**

หมายเหตุ : %CV = สัมประสิทธิ์ของความผันแปร
 อักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยวิธี DMRT
 ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)
 * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)
 ns แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

4.3.2 สวนป่ามัญจาคีรี

ปริมาณมวลชีวภาพของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้น ที่ปลูกในพื้นที่สวนป่ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น ดังแสดงในตารางที่ 24 พบว่า ในส่วนที่เป็นลำต้นของสายต้นที่ 5 มีปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 19, 3 และสายต้นที่ 18 มีปริมาณน้อยที่สุด ส่วนที่เป็นกิ่งมีมากที่สุด ในสายต้นที่ 3 รองลงมาคือ สายต้นที่ 5, 19 และ 18 ตามลำดับ ขณะที่ในส่วนที่เป็นใบสายต้นที่ 5 มีมากที่สุด และสายต้นที่ 18 มีน้อยที่สุด และส่วนที่เป็นปริมาณมวลชีวภาพรวมสายต้นที่ 5 มีมากที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 19, 3 และสายต้นที่ 18 มีปริมาณน้อยที่สุด ตามลำดับ โดยปริมาณมวลชีวภาพในส่วนต่างๆ และมวลชีวภาพรวม มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 24 ปริมาณมวลชีวภาพของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย สายต้นที่ 3, 5, 18 และ 19 ในส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และใบ ของพื้นที่สวนป่ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น

Clone No.	ปริมาณมวลชีวภาพส่วนต่างๆ							
	ลำต้น		กิ่ง		ใบ		รวม	
	กก./ต้น	ตัน/ไร่	กก./ต้น	ตัน/ไร่	กก./ต้น	ตัน/ไร่	กก./ต้น	ตัน/ไร่
3	17.62	3.14	12.46	2.22	4.76	0.85	32.08	5.71
5	22.51	4.01	11.53	2.05	5.32	0.95	39.34	7.00
18	17.04	3.04	6.62	1.18	3.43	0.61	27.09	4.82
19	20.55	3.66	10.91	1.94	3.73	0.67	35.19	6.26
%CV	39.13	39.13	44.92	44.88	38.42	38.46	41.34	41.35
F-value	0.51 ^{ns}	0.50 ^{ns}	1.76 ^{ns}	1.76 ^{ns}	1.06 ^{ns}	1.07 ^{ns}	0.53 ^{ns}	0.53 ^{ns}

หมายเหตุ : %CV = สัมประสิทธิ์ของความผันแปร
 อักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยวิธี DMRT
 ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$)
 * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
^{ns} แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

4.3.3 สวนป่าลาดกระทิง

จากการศึกษาผลผลิตมวลชีวภาพของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้น ที่ปลูกในพื้นที่สวนป่าลาดกระทิง จังหวัดฉะเชิงเทรา ดังแสดงในตารางที่ 25 พบว่า ในส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และใบของสายต้นที่ 18 มีปริมาณมากที่สุด ขณะที่ในส่วนที่เป็นลำต้นมีน้อยที่สุดในสายต้นที่ 19 ส่วนที่เป็นกิ่ง และใบมีปริมาณน้อยที่สุดในสายต้นที่ 3 โดยปริมาณมวลชีวภาพของลำต้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งสายต้นที่ 18 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 19 ส่วนสายต้นที่ 3 และ 5 ไม่มีความแตกต่างกับสายต้นอื่นๆ ในขณะที่ปริมาณมวลชีวภาพของกิ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) โดยสายต้นที่ 18 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 3, 5 และ 19 และปริมาณมวลชีวภาพของใบมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนปริมาณมวลชีวภาพรวมสายต้นที่ 18 มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 5,

19 และ 3 ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสายต้นที่ 18 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 3 และ 19 ส่วนสายต้นที่ 5 ไม่มีความแตกต่างกับสายต้นอื่นๆ

ตารางที่ 25 ปริมาณมวลชีวภาพของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย สายต้นที่ 3, 5, 18 และ 19 ในส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และใบ ของพื้นที่สวนป่าลาดกระทิง จังหวัดฉะเชิงเทรา

Clone No.	ปริมาณมวลชีวภาพส่วนต่างๆ							
	ลำต้น		กิ่ง		ใบ		รวม	
	กก./ต้น	ตัน/ไร่	กก./ต้น	ตัน/ไร่	กก./ต้น	ตัน/ไร่	กก./ต้น	ตัน/ไร่
3	19.64 ^{bc}	3.50 ^{bc}	4.91 ^b	0.88 ^b	2.22	0.40	26.77 ^b	4.77 ^b
5	23.74 ^{ab}	4.22 ^{ab}	6.81 ^b	1.21 ^b	3.51	0.63	34.06 ^{ab}	6.06 ^{ab}
18	26.52 ^a	4.72 ^a	14.21 ^a	2.53 ^a	3.74	0.67	44.47 ^a	7.92 ^a
19	15.75 ^c	2.80 ^c	9.29 ^b	1.65 ^b	3.03	0.54	28.07 ^b	5.00 ^b
%CV	25.38	25.37	48.32	48.27	26.78	26.79	27.81	27.80
F-value	5.73*	5.71*	8.89**	8.90**	3.86 ^{ns}	3.84 ^{ns}	5.47*	5.46*

หมายเหตุ : %CV = สัมประสิทธิ์ของความผันแปร
 อักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยวิธี DMRT
 ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)
 * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)
^{ns} แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

4.3.4 สวนป่าดอนแสลบ-เลาขวัญ

ในพื้นที่สวนป่าดอนแสลบ-เลาขวัญ จังหวัดกาญจนบุรี ที่ทำการศึกษามีปริมาณมวลชีวภาพของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้น ดังแสดงในตารางที่ 26 พบว่า สายต้นที่ 18 มีปริมาณของส่วนที่เป็นลำต้นมากที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 5, 3 และน้อยที่สุดในสายต้นที่ 19 ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในส่วนที่เป็นกิ่งสายต้นที่ 3 มีปริมาณมากที่สุด และน้อยที่สุดในสายต้นที่ 19 ในส่วนที่เป็นใบสายต้นที่ 3 มีค่ามากที่สุด ส่วนสายต้นที่ 5, 18 และสายต้นที่ 19 มีปริมาณใกล้เคียงกัน โดยทั้ง 2 ส่วน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ซึ่งสายต้นที่ 3 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 5, 18 และ 19 ในขณะที่ปริมาณมวลชีวภาพรวมสายต้นที่ 3 มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 18, 5 และสายต้นที่ 19 มีค่าน้อยที่สุด ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสายต้นที่ 3 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 19 ส่วนสายต้นที่ 5 และ 18 ไม่มีความแตกต่างกับสายต้นอื่นๆ

ตารางที่ 26 ปริมาณมวลชีวภาพของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย สายต้นที่ 3, 5, 18 และ 19 ในส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และใบ ของพื้นที่สวนป่าดอนแสลบ-เลาขวัญ จังหวัดกาญจนบุรี

Clone No.	ปริมาณมวลชีวภาพส่วนต่างๆ							
	ลำต้น		กิ่ง		ใบ		รวม	
	กก./ต้น	ตัน/ไร่	กก./ต้น	ตัน/ไร่	กก./ต้น	ตัน/ไร่	กก./ต้น	ตัน/ไร่
3	15.70	2.79	9.93 ^a	1.77 ^a	10.20 ^a	1.82 ^a	35.82 ^a	6.38 ^a
5	16.42	2.93	5.49 ^b	0.98 ^b	3.99 ^b	0.71 ^b	25.91 ^{ab}	4.61 ^{ab}
18	18.31	3.26	4.53 ^b	0.81 ^b	3.43 ^b	0.61 ^b	26.27 ^{ab}	4.68 ^{ab}
19	10.84	1.93	3.64 ^b	0.65 ^b	2.96 ^b	0.53 ^b	17.45 ^b	3.11 ^b
%CV	34.48	34.45	49.95	49.91	66.41	66.56	35.95	35.97
F-value	2.46 ^{ns}	2.47 ^{ns}	14.16**	14.21**	12.92**	12.86**	5.24*	5.26*

หมายเหตุ : %CV = สัมประสิทธิ์ของความผันแปร
 อักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยวิธี DMRT
 ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$)
 * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
^{ns} แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

4.3.5 สวนป่าของบริษัท สโตร์รา เอ็นโซ (ประเทศไทย) จำกัด

ผลการศึกษาปริมาณมวลชีวภาพของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ของทั้ง 4 สายต้น ของพื้นที่สวนป่าของบริษัท สโตร์รา เอ็นโซ (ประเทศไทย) จำกัด จังหวัดสระแก้ว ดังแสดงในตารางที่ 27 พบว่า ปริมาณมวลชีวภาพในส่วนที่เป็นลำต้นของสายต้นที่ 5 มีปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 3, 19 และสายต้นที่ 18 น้อยที่สุด ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) ซึ่งสายต้นที่ 3, 5 และ 18 มีความแตกต่างกัน ส่วนสายต้นที่ 19 ไม่มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 3 และ 18 ในส่วนที่เป็นกิ่งมีมากที่สุด ในสายต้นที่ 19 รองลงมาคือ สายต้นที่ 5, 3 และน้อยที่สุดในสายต้นที่ 18 ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) ซึ่งสายต้นที่ 18 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 3, 5 และ 19 ในส่วนที่เป็นใบมีมากที่สุด ในสายต้นที่ 3 และน้อยที่สุดในสายต้นที่ 18 โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) ซึ่งสายต้นที่ 5 และ 19 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 3 และมีความแตกต่างกับสายต้นที่ 18 ขณะที่ปริมาณมวลชีวภาพรวมเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับส่วนที่เป็นลำต้น คือ สายต้นที่ 5 มีปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 3, 19 และน้อยที่สุดในสายต้นที่ 18 ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) ซึ่งสายต้นที่ 5, 18 และ 19 มีความแตกต่างกัน ส่วนสายต้นที่ 3 ไม่มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 5 และ 19

ตารางที่ 27 ปริมาณมวลชีวภาพของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย สายต้นที่ 3, 5, 18 และ 19 ในส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และใบ ของพื้นที่สวนป่าของบริษัท สโตร์รา เอ็นโซ่ (ประเทศไทย) จำกัด จังหวัดสระแก้ว

Clone No.	ปริมาณมวลชีวภาพส่วนต่างๆ							
	ลำต้น		กิ่ง		ใบ		รวม	
	กก./ต้น	ตัน/ไร่	กก./ต้น	ตัน/ไร่	กก./ต้น	ตัน/ไร่	กก./ต้น	ตัน/ไร่
3	23.09 ^b	4.11 ^b	8.99 ^a	1.60 ^a	4.35 ^a	0.77 ^a	36.43 ^{ab}	6.49 ^{ab}
5	29.02 ^a	5.17 ^a	10.85 ^a	1.93 ^a	3.44 ^b	0.62 ^b	43.31 ^a	7.71 ^a
18	13.59 ^c	2.42 ^c	2.99 ^b	0.54 ^b	1.40 ^c	0.25 ^c	17.98 ^c	3.20 ^c
19	18.42 ^{bc}	3.28 ^{bc}	11.10 ^a	1.98 ^a	3.08 ^b	0.55 ^b	32.59 ^b	5.80 ^b
%CV	30.64	30.63	42.28	42.18	36.83	36.87	31.68	31.68
F-value	16.83**	16.90**	28.16**	28.03**	72.05**	70.20**	20.45**	20.47**

หมายเหตุ : %CV = สัมประสิทธิ์ของความผันแปร
 อักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยวิธี DMRT
 ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$)
 * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
^{ns} แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการศึกษาปริมาณมวลชีวภาพของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้น ที่ปลูกในพื้นที่ต่างกันทั้ง 5 พื้นที่ พบว่า ปริมาณมวลชีวภาพในส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และใบ ทั้ง 4 สายต้น มีปริมาณเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ ปริมาณของส่วนที่เป็นลำต้นมีมากที่สุด รองลงมาคือ ส่วนที่เป็นกิ่ง และน้อยที่สุดในส่วนที่เป็นใบ และมีลักษณะเช่นเดียวกับการเติบโตในด้านต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้ว โดยไม้โตเร็วสกุลอะเคเซียที่ปลูกในสวนป่าลาดกระทิง จังหวัดฉะเชิงเทรา และสวนป่าดอนแสลบ-เลาขวัญ จังหวัดกาญจนบุรี มีปริมาณมวลชีวภาพรวมมากที่สุดในสายต้นที่ 18 ส่วนในพื้นที่สวนปามัญจาศิริ จังหวัดขอนแก่น และสวนป่าของบริษัท สโตร์รา เอ็นโซ่ (ประเทศไทย) จำกัด จังหวัดสระแก้ว สายต้นที่ 5 มีปริมาณมวลชีวภาพรวมมากที่สุดในขณะที่พื้นที่ศูนย์วนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร จังหวัดกำแพงเพชร สายต้นที่ 3 มีปริมาณมวลชีวภาพรวมมากที่สุด

แต่อย่างไรก็ตามเมื่อมองในแง่ของการนำผลผลิตมาใช้เพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้านั้น มีการนำเฉพาะส่วนของลำต้นมาใช้ ดังนั้น หากพิจารณาในแง่ของสายต้นไม้โตเร็วสกุลอะเคเซียที่มีปริมาณมวลชีวภาพในส่วนของลำต้นมากที่สุดในแต่ละพื้นที่ พอสรุปได้ดังนี้ ในสวนป่าลาดกระทิง จังหวัดฉะเชิงเทรา และสวนป่าดอนแสลบ-เลาขวัญ จังหวัดกาญจนบุรี สายต้นที่ 18 มีปริมาณมวลชีวภาพในส่วนของลำต้นมากที่สุด ส่วนในพื้นที่สวนปามัญจาศิริ จังหวัดขอนแก่น และสวนป่าของบริษัท สโตร์รา เอ็นโซ่ (ประเทศไทย) จำกัด จังหวัดสระแก้ว สายต้นที่ 5 มีปริมาณมวลชีวภาพในส่วนของลำต้นมากที่สุด ในขณะที่พื้นที่ศูนย์วนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร จังหวัดกำแพงเพชร สายต้นที่ 3 มีปริมาณมวลชีวภาพในส่วนของลำต้นมากที่สุด ซึ่งมีลักษณะเป็นไปในทิศทางเดียวกับปริมาณมวลชีวภาพรวมในพื้นที่ทั้ง 5 แห่ง

ซึ่งผลการศึกษาที่ได้มีความใกล้เคียงกับการศึกษาของ บพิตร (2528) ที่ได้ทำการศึกษาผลผลิตมวลชีวภาพของกระถินณรงค์ พบว่า เมื่อกระถินณรงค์ อายุ 4 ปี ปริมาณผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ยต่อพื้นที่เท่ากับ 38.62 ต้นต่อเฮกตาร์ (6.179 ต้นต่อไร่) เช่นเดียวกับการศึกษาของ อนันต์ และคณะ (2530) ที่ได้ทำการศึกษาผลผลิตของกระถินเทพา ที่สถานีวิจัยและฝึกอบรมการปลูกสร้างสวนป่าสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา เมื่ออายุ 4 ปี ระยะปลูก 2x2 เมตร พบว่า กระถินเทพามีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินสูงที่สุด คือ 52.68 ต้นต่อเฮกตาร์ และส่วนลำต้นจะเป็นส่วนที่มีค่าของมวลชีวภาพมากที่สุด รองลงมาเป็นส่วนกิ่ง และใบตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ จิระพงษ์ (2538) ได้ทำการศึกษาลักษณะทางสถาปัตยกรรมของไม้สกุลอะเคเซีย พบว่า ไม้สกุลอะเคเซียส่วนลำต้นมีมวลชีวภาพมากที่สุด และใบมีค่าของมวลชีวภาพน้อยที่สุด และเห็นได้ว่า มวลชีวภาพทั้งหมดของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซียส่วนใหญ่มีค่ามากกว่ามวลชีวภาพของกระถินณรงค์ที่มีชั้นอายุเดียวกัน ที่ปลูกด้วยระยะปลูก 2x4 เมตร นอกจากนี้ยังพบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่กับสายต้นมีผลทำให้ปริมาณมวลชีวภาพรวมของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซียทั้ง 5 พื้นที่มีความแตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากปัจจัยทางด้านภูมิอากาศ และปัจจัยทางด้านภูมิประเทศ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ วิลาศ (2537) ที่กล่าวว่า สภาพดินที่เหมาะสมต่อการเติบโตของกระถินณรงค์ คือ ดินร่วนปนทราย มีค่า pH 3-9 แต่อย่างไรก็ตามในพื้นที่บางแห่งที่มีสภาพพื้นที่เป็นดินต่งหรือดินกรดสูงมาก และในสภาพท้องที่แห้งแล้งมีอุณหภูมิเฉลี่ยรายปี 26-30 องศาเซลเซียส กระถินณรงค์สามารถเติบโตได้ดี

บทที่ 5

ปริมาณความเข้มข้นและการสะสมสารอาหารในส่วนต่างๆของไม้สกุลอะเคเชีย

5.1 ปริมาณความเข้มข้นของสารอาหารในส่วนต่างๆ ของต้นไม้

จากผลการศึกษาปริมาณความเข้มข้นของสารอาหารในไม้โตเร็วสกุลอะเคเชีย ทั้ง 4 สายต้น ในพื้นที่แตกต่างกัน จำนวน 5 พื้นที่ โดยทำการวิเคราะห์แยกเป็นส่วนของลำต้น กิ่ง และใบ ซึ่งพบว่า ปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอน (C) ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) มีความแตกต่างกันไปตามสายต้นและตามส่วนต่างๆ ของต้นไม้ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

5.1.1 ศูนย์วนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร

1) ส่วนของลำต้น

ปริมาณความเข้มข้นของสารอาหารในส่วนที่เป็นลำต้นของไม้โตเร็วสกุลอะเคเชีย ทั้ง 4 สายต้นเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ $C > Ca > N > K > P > Mg$ แต่เมื่อพิจารณาถึงความเข้มข้นของสารอาหารในแต่ละสายต้น พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนในสายต้นที่ 3 > 5 > 19 > 18 และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยสายต้นที่ 3 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 5, 18 และ 19 ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนในสายต้นที่ 18 > 19 > 3 > 5 ปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในสายต้นที่ 18 > 19 > 5 > 3 ปริมาณความเข้มข้นของโพแทสเซียมในสายต้นที่ 18 > 3 > 5 > 19 ปริมาณความเข้มข้นของแคลเซียมในสายต้นที่ 18 > 5 > 3 > 19 และปริมาณความเข้มข้นของแมกนีเซียมในสายต้นที่ 18 > 3 = 19 > 5 และทั้ง 5 ชาติมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 28)

2) ส่วนของกิ่ง

ปริมาณความเข้มข้นของสารอาหารในส่วนที่เป็นกิ่งของไม้โตเร็วสกุลอะเคเชีย ทั้ง 4 สายต้นเป็นไปในทำนองเดียวกันกับส่วนของลำต้น กล่าวคือ ปริมาณความเข้มข้นของสารอาหารของทั้ง 4 สายต้นเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ $C > Ca > N > K > P > Mg$ แต่เมื่อพิจารณาถึงความเข้มข้นของสารอาหารในแต่ละสายต้น พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนในสายต้นที่ 3 > 19 > 5 > 18 และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยสายต้นที่ 3, 18 และ 19 มีความแตกต่างกัน ส่วนสายต้นที่ 5 ไม่มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 18 และ 19 ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนและแคลเซียมในสายต้นที่ 18 > 19 > 5 > 3 โดยไนโตรเจนมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนแคลเซียมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสายต้นที่ 18 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 3, 5 และ 19 ปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในสายต้นที่ 18 > 19 > 3 > 5 และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยสายต้นที่ 5, 18 และ 19 มีความแตกต่างกัน ส่วนสายต้นที่ 3 ไม่มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 5 และ 19 ปริมาณความเข้มข้นของโพแทสเซียมในสายต้นที่ 18 > 3 > 5 > 19 และมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนปริมาณความเข้มข้นของแมกนีเซียมในสายต้นที่ 18 > 3 > 5 = 19 และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยสายต้นที่ 18 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 3, 5 และ 19 (ตารางที่ 30)

3) ส่วนของใบ

ปริมาณความเข้มข้นของสารอาหารในส่วนที่เป็นใบของไม้โตเร็วสกุลอะเคเชีย ในสายต้นที่ 3 มีความเข้มข้นของสารอาหาร คือ $C > N > Ca > K > Mg > P$ ส่วนสายต้นที่ 5 และ 18 มีความเข้มข้นของสารอาหาร คือ $C > Ca > N > K > Mg > P$ ขณะที่สายต้นที่ 19 มีความเข้มข้นของสารอาหาร คือ $C > Ca > N > K > P > Mg$ แต่เมื่อพิจารณาถึงความเข้มข้นของสารอาหารในแต่ละสายต้น พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนและไนโตรเจนในสายต้นที่ $19 > 3 > 5 > 18$ โดยคาร์บอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสายต้นที่ 18 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 3 และ 19 ส่วนสายต้นที่ 5 ไม่มีความแตกต่างกับสายต้นอื่นๆ ในขณะที่ไนโตรเจนมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในสายต้นที่ $19 > 18 > 3 > 5$ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสายต้นที่ 5 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 18 และ 19 ส่วนสายต้นที่ 3 ไม่มีความแตกต่างกับสายต้นอื่นๆ ปริมาณความเข้มข้นของโพแทสเซียมในสายต้นที่ $3 > 5 > 18 > 19$ และมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในขณะที่ปริมาณความเข้มข้นของแคลเซียมและแมกนีเซียมในสายต้นที่ $18 > 5 > 19 > 3$ โดยแคลเซียมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยสายต้นที่ 3 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 18 ส่วนสายต้นที่ 5 และ 19 ไม่มีความแตกต่างกับสายต้นอื่นๆ ในขณะที่แมกนีเซียมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสายต้นที่ 18 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 3 และ 19 ส่วนสายต้นที่ 5 ไม่มีความแตกต่างกับสายต้นอื่นๆ (ตารางที่ 30)

5.1.2 ส่วนป้ามัญจาคีรี

1) ส่วนของลำต้น

ปริมาณความเข้มข้นของสารอาหารในส่วนที่เป็นลำต้นของไม้โตเร็วสกุลอะเคเชีย ทั้ง 4 สายต้นเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ $C > Ca > N > K > P > Mg$ แต่เมื่อพิจารณาถึงความเข้มข้นของสารอาหารในแต่ละสายต้น พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนในสายต้นที่ $18 > 5 > 3 > 19$ ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนในสายต้นที่ $3 > 19 > 18 > 5$ ปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในสายต้นที่ $18 = 19 > 3 > 5$ ปริมาณความเข้มข้นของโพแทสเซียมในสายต้นที่ $19 > 18 > 3 > 5$ ปริมาณความเข้มข้นของแคลเซียมในสายต้นที่ $3 > 19 > 18 > 5$ โดยทั้ง 5 ธาตุมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ทั้ง 4 สายต้น ส่วนปริมาณความเข้มข้นของแมกนีเซียมในสายต้นที่ $18 > 3 > 5 = 19$ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยสายต้นที่ 18 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 3, 5 และ 19 (ตารางที่ 29)

ตารางที่ 28 ปริมาณความเข้มข้นของสารอาหาร (ร้อยละ) ในส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และใบ ของไม้โตเร็วสกุลอะเคเชีย ในพื้นที่ศูนย์วนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร จังหวัดกำแพงเพชร

Parts	Clone No.	C	N	P	K	Ca	Mg
Stem	3	48.87±0.41 ^a	0.34±0.05	0.09±0.02	0.23±0.17	1.90±1.67	0.04±0.03
	5	48.37±0.23 ^b	0.32±0.07	0.11±0.07	0.22±0.05	1.96±0.89	0.03±0.00
	18	48.03±0.08 ^b	0.40±0.07	0.18±0.04	0.25±0.07	2.46±0.85	0.06±0.01
	19	48.23±0.18 ^b	0.35±0.09	0.15±0.03	0.19±0.02	1.74±0.63	0.04±0.00
	F-value	11.10**	1.18 ^{ns}	3.25 ^{ns}	0.26 ^{ns}	0.57 ^{ns}	1.45 ^{ns}
Branch	3	47.92±0.30 ^a	0.71±0.13	0.13±0.09 ^{bc}	0.39±0.09	3.20±0.66 ^b	0.08±0.01 ^b
	5	46.96±0.32 ^{bc}	0.73±0.09	0.09±0.03 ^c	0.35±0.14	4.24±2.58 ^b	0.07±0.02 ^b
	18	46.74±0.52 ^c	0.79±0.13	0.25±0.05 ^a	0.42±0.06	6.23±1.81 ^a	0.10±0.00 ^a
	19	47.38±0.36 ^b	0.76±0.10	0.17±0.02 ^b	0.30±0.08	4.51±0.80 ^b	0.07±0.01 ^b
	F-value	12.12**	0.63 ^{ns}	9.23**	1.36 ^{ns}	5.25*	7.57**
Leaf	3	52.30±0.29 ^a	2.97±0.16	0.19±0.05 ^{ab}	0.85±0.11	2.46±0.72 ^c	0.20±0.01 ^b
	5	51.79±0.37 ^{ab}	2.83±0.20	0.16±0.02 ^b	0.76±0.20	3.97±1.03 ^{ab}	0.22±0.03 ^{ab}
	18	51.38±0.25 ^b	2.79±0.08	0.23±0.05 ^a	0.74±0.08	5.12±0.31 ^a	0.25±0.03 ^a
	19	52.38±0.63 ^a	3.01±0.10	0.24±0.01 ^a	0.73±0.09	3.21±1.44 ^{bc}	0.21±0.04 ^b
	F-value	6.04*	3.41 ^{ns}	4.22*	0.75 ^{ns}	6.06**	3.58*

หมายเหตุ : อักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยวิธี DMRT

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$)

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{ns} แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

2) ส่วนของกิ่ง

ปริมาณความเข้มข้นของสารอาหารในส่วนที่เป็นกิ่งของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้น เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับส่วนของลำต้น กล่าวคือ ปริมาณความเข้มข้นของสารอาหารของทั้ง 4 สายต้น เป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ $C > Ca > N > K > P > Mg$ แต่เมื่อพิจารณาถึงความเข้มข้นของสารอาหารในแต่ละสายต้น พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนในสายต้นที่ $3 > 19 > 18 > 5$ และมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนในสายต้นที่ $19 > 18 > 5 > 3$ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสายต้นที่ 18 และ 19 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 3 ส่วนสายต้นที่ 5 ไม่มีความแตกต่างกับสายต้นอื่นๆ ปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแมกนีเซียมในสายต้นที่ $3 > 18 > 5 > 19$ โดยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนแมกนีเซียมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยสายต้นที่ 3 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 5, 18 และ 19 ขณะที่ปริมาณความเข้มข้นของแคลเซียมในสายต้นที่ $5 > 3 > 18 > 19$ และมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 29)

3) ส่วนของใบ

ปริมาณความเข้มข้นของสารอาหารในส่วนที่เป็นใบของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ในสายต้นที่ 3 มีความเข้มข้นของสารอาหาร คือ $C > N > Ca > K > Mg > P$ ขณะที่สายต้นที่ 5, 18 และ 19 มีความเข้มข้นของสารอาหารเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ $C > Ca > N > K > Mg > P$ แต่เมื่อพิจารณาถึงความเข้มข้นของสารอาหารในแต่ละสายต้น พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนในสายต้นที่ $18 > 19 > 3 > 5$ ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจน และโพแทสเซียมในสายต้นที่ $3 > 18 > 5 > 19$ โดยคาร์บอนและไนโตรเจน มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนโพแทสเซียมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสายต้นที่ 3 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 19 ส่วนสายต้นที่ 5 และ 18 ไม่มีความแตกต่างกับสายต้นอื่นๆ ปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในสายต้นที่ $18 > 3 > 5 > 19$ ปริมาณความเข้มข้นของแคลเซียมในสายต้นที่ $5 > 18 > 19 > 3$ และทั้ง 2 ธาตุมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนปริมาณความเข้มข้นของแมกนีเซียมในสายต้นที่ $5 > 18 > 3 > 19$ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสายต้นที่ 5 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 3 และ 19 ในขณะที่สายต้นที่ 18 ไม่มีความแตกต่างกับสายต้นอื่นๆ (ตารางที่ 29)

ตารางที่ 29 ปริมาณความเข้มข้นของสารอาหาร (ร้อยละ) ในส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และใบ ของไม้โตเร็วสกุลอะเคเชีย ในพื้นที่สวนป่ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น

Parts	Clone No.	C	N	P	K	Ca	Mg
stem	3	49.05±0.33	0.41±0.06	0.05±0.04	0.14±0.03	2.45±1.93	0.04±0.01 ^b
	5	49.16±0.22	0.27±0.08	0.04±0.02	0.11±0.05	0.57±0.35	0.03±0.00 ^b
	18	49.23±0.58	0.31±0.04	0.09±0.04	0.15±0.02	1.85±0.92	0.05±0.01 ^a
	19	48.95±0.63	0.40±0.19	0.09±0.03	0.17±0.07	1.94±1.07	0.03±0.00 ^b
	F-value	0.49 ^{ns}	1.73 ^{ns}	2.57 ^{ns}	1.08 ^{ns}	1.91 ^{ns}	10.05**
branch	3	48.00±0.25	0.78±0.10 ^b	0.15±0.08	0.46±0.12	4.47±0.89	0.14±0.00 ^a
	5	47.36±0.55	0.92±0.03 ^{ab}	0.10±0.02	0.39±0.06	4.74±1.99	0.09±0.01 ^b
	18	47.46±0.71	0.98±0.11 ^a	0.12±0.04	0.40±0.11	4.19±0.68	0.10±0.01 ^b
	19	47.51±0.89	1.04±0.19 ^a	0.09±0.02	0.30±0.04	3.89±1.76	0.08±0.04 ^b
	F-value	1.02 ^{ns}	3.80*	1.77 ^{ns}	3.26 ^{ns}	0.28 ^{ns}	8.89**
leaf	3	52.41±0.33	2.94±0.20	0.15±0.02	0.82±0.13 ^a	2.06±0.76	0.29±0.04 ^b
	5	52.22±0.65	2.80±0.18	0.13±0.01	0.62±0.07 ^{bc}	3.67±1.33	0.33±0.02 ^a
	18	52.67±0.42	2.86±0.15	0.17±0.07	0.71±0.08 ^{ab}	3.42±0.79	0.31±0.01 ^{ab}
	19	52.47±0.62	2.62±0.35	0.12±0.02	0.55±0.14 ^c	2.88±1.19	0.27±0.05 ^b
	F-value	0.48 ^{ns}	1.52 ^{ns}	1.85 ^{ns}	5.69*	1.97 ^{ns}	3.87*

หมายเหตุ : อักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยวิธี DMRT

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$)

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{ns} แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

5.2.3 สวนป่าดกระทิง

1) ส่วนของลำต้น

ปริมาณความเข้มข้นของสารอาหารไนโตรเจนในไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้น พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของสารอาหารของทั้ง 4 สายต้นเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ $C > Ca > N > K > P > Mg$ แต่เมื่อพิจารณาถึงความเข้มข้นของสารอาหารในแต่ละสายต้น พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนในแต่ละสายต้นมีค่าใกล้เคียงกัน คือ ร้อยละ 48-49 โดยที่สายต้นที่ 19 > 3 = 18 > 5 และแต่ละสายต้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสายต้นที่ 5 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 3, 18 และ 19 ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนในสายต้นที่ 3 > 18 > 5 = 19 และแต่ละสายต้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยสายต้นที่ 3 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 5, 18 และ 19 ปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในสายต้นที่ 5 > 3 = 19 > 18 และแต่ละสายต้นมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ปริมาณความเข้มข้นของโพแทสเซียมในสายต้นที่ 3 > 5 > 18 > 19 และแต่ละสายต้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสายต้นที่ 3 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 5, 18 และ 19 ปริมาณความเข้มข้นของแคลเซียมในสายต้นที่ 3 > 5 > 19 > 18 และแต่ละสายต้นมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนปริมาณความเข้มข้นของแมกนีเซียมในสายต้นที่ 3 = 18 > 5 = 19 และแต่ละสายต้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยสายต้นที่ 3 และ 18 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 5 และ 19 (ตารางที่ 30)

2) ส่วนของกิ่ง

ปริมาณความเข้มข้นของสารอาหารไนโตรเจนในไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้น ในส่วนของกิ่ง เป็นไปในทำนองเดียวกันกับส่วนของลำต้น กล่าวคือ ปริมาณความเข้มข้นของสารอาหารของทั้ง 4 สายต้น เป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ $C > Ca > N > K > P > Mg$ แต่เมื่อพิจารณาถึงความเข้มข้นของสารอาหารในแต่ละสายต้น พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนในสายต้นที่ 3 > 19 > 5 > 18 และแต่ละสายต้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยสายต้นที่ 3 แตกต่างกับสายต้นที่ 18 และสายต้นที่ 5 และ 19 ไม่แตกต่างกับสายต้นอื่นๆ ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนในสายต้นที่ 5 > 3 > 18 > 19 ปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในสายต้นที่ 18 > 5 = 19 > 3 ปริมาณความเข้มข้นของโพแทสเซียมในสายต้นที่ 3 > 18 > 5 > 19 ปริมาณความเข้มข้นของแคลเซียมในสายต้นที่ 18 > 5 > 19 > 3 และปริมาณความเข้มข้นของแมกนีเซียมในสายต้นที่ 18 > 3 = 5 > 19 โดยทั้ง 5 สายต้นมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ทั้ง 4 สายต้น (ตารางที่ 30)

ตารางที่ 30 ปริมาณความเข้มข้นของสารอาหาร (ร้อยละ) ในส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และใบ ของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ในพื้นที่สวนป่าลาดกระทิง จังหวัดฉะเชิงเทรา

Parts	Clone No.	C	N	P	K	Ca	Mg
stem	3	48.90±0.34 ^a	0.50±0.05 ^a	0.08±0.03	0.20±0.05 ^a	1.22±0.34	0.03±0.00 ^a
	5	48.49±0.35 ^b	0.26±0.04 ^b	0.10±0.03	0.15±0.02 ^b	0.94±0.31	0.02±0.01 ^b
	18	48.90±0.31 ^a	0.34±0.09 ^b	0.07±0.04	0.14±0.02 ^b	0.87±0.30	0.03±0.01 ^a
	19	49.00±0.22 ^a	0.26±0.04 ^b	0.08±0.02	0.13±0.01 ^b	0.89±0.25	0.02±0.00 ^b
	F-value	3.621*	17.61**	0.78 ^{ns}	5.90*	1.22 ^{ns}	6.30**
branch	3	48.06±0.36 ^a	0.96±0.06	0.10±0.03	0.38±0.05	3.06±0.81	0.08±0.01
	5	47.17±0.24 ^{bc}	1.05±0.08	0.11±0.01	0.34±0.11	4.96±3.23	0.08±0.03
	18	47.08±0.33 ^c	0.94±0.19	0.14±0.08	0.35±0.07	5.05±1.74	0.09±0.01
	19	47.69±0.43 ^{ab}	0.82±0.09	0.11±0.03	0.30±0.04	3.36±1.13	0.06±0.01
	F-value	6.93**	2.60 ^{ns}	0.70 ^{ns}	0.86 ^{ns}	1.49 ^{ns}	3.23 ^{ns}
leaf	3	52.50±0.37 ^{ab}	3.00±0.22 ^a	0.16±0.02	0.93±0.08 ^a	1.68±0.56	0.21±0.02 ^a
	5	52.84±0.55 ^a	2.67±0.09 ^b	0.15±0.03	0.78±0.05 ^b	1.80±0.84	0.22±0.03 ^a
	18	51.78±0.38 ^c	2.83±0.08 ^{ab}	0.15±0.03	0.98±0.09 ^a	1.92±0.50	0.19±0.01 ^{ab}
	19	52.22±0.49 ^{bc}	2.91±0.13 ^a	0.16±0.03	0.94±0.10 ^a	1.33±0.30	0.16±0.02 ^b
	F-value	5.77*	5.22*	0.36 ^{ns}	4.60*	0.98 ^{ns}	8.30**

หมายเหตุ : อักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยวิธี DMRT

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$)

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{ns} แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

3) ส่วนของใบ

ปริมาณความเข้มข้นของสารอาหารในส่วนที่เป็นใบ สายต้นที่ 3, 5 และ 18 เป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ $C > N > Ca > K > Mg > P$ ในขณะที่สายต้นที่ 19 มีความเข้มข้นของสารอาหาร คือ $C > N > Ca > K > Mg = P$ แต่เมื่อพิจารณาถึงความเข้มข้นของสารอาหารในแต่ละสายต้น พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนในสายต้นที่ $5 > 3 > 19 > 18$ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสายต้นที่ 5 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 18 ส่วนสายต้นที่ 3 และ 19 ไม่มีความแตกต่างกับสายต้นอื่นๆ ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนในสายต้นที่ $3 > 19 > 18 > 5$ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสายต้นที่ 3 และ 19 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 5 ในขณะที่สายต้นที่ 18 ไม่มีความแตกต่างกับสายต้นอื่นๆ ปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในสายต้นที่ $3 = 19 > 5 = 18$ และแต่ละสายต้นมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ปริมาณความเข้มข้นของโพแทสเซียมในสายต้นที่ $18 > 19 > 3 > 5$ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสายต้นที่ 5 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 3, 18 และ 19 ปริมาณความเข้มข้นของแคลเซียมในสายต้นที่ $18 > 5 > 3 > 19$ และแต่ละสายต้นมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนปริมาณความเข้มข้นของแมกนีเซียมในสายต้นที่ $5 > 3 > 18 > 19$ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยสายต้นที่ 3 และ 5 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 19 ในขณะที่สายต้น 18 ไม่มีความแตกต่างกับสายต้นอื่นๆ (ตารางที่ 30)

5.1.4 ส่วนปาดอนสแลบ-เลาขวัญ

1) ส่วนของลำต้น

ปริมาณความเข้มข้นของสารอาหารในส่วนที่เป็นลำต้นของไม้โตเร็วสกุลอะเคเชีย ทั้ง 4 สายต้นเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ $C > Ca > N > K > P > Mg$ แต่เมื่อพิจารณาถึงความเข้มข้นของสารอาหารในแต่ละสายต้น พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนในสายต้นที่ $18 > 19 > 5 > 3$ ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และแคลเซียมในสายต้นที่ $3 > 5 > 19 > 18$ ปริมาณความเข้มข้นของโพแทสเซียมในสายต้นที่ $3 > 19 > 5 > 18$ และปริมาณความเข้มข้นของแมกนีเซียมในสายต้นที่ $3 > 19 > 5 = 18$ โดยคาร์บอน ไนโตรเจน โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมทั้ง 4 สายต้น มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในขณะที่ฟอสฟอรัสมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสายต้นที่ 3 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 18 และ 19 ส่วนสายต้นที่ 5 ไม่มีความแตกต่างกับสายต้นอื่นๆ (ตารางที่ 31)

2) ส่วนของกิ่ง

ปริมาณความเข้มข้นของสารอาหารในส่วนที่เป็นกิ่งของไม้โตเร็วสกุลอะเคเชีย ทั้ง 4 สายต้นเป็นไปในทำนองเดียวกันกับส่วนของลำต้น กล่าวคือ ปริมาณความเข้มข้นของสารอาหารของทั้ง 4 สายต้นเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ $C > Ca > N > K > P > Mg$ แต่เมื่อพิจารณาถึงความเข้มข้นของสารอาหารในแต่ละสายต้น พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนในสายต้นที่ $3 > 5 > 18 > 19$ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.01$) โดยสายต้นที่ 3 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 5, 18 และ 19 ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนในสายต้นที่ $5 > 18 > 19 > 3$ ปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในสายต้นที่ $5 > 3 > 18 = 19$ ปริมาณความเข้มข้นของโพแทสเซียมและแคลเซียมในสายต้นที่ $19 > 18 > 5 > 3$ และปริมาณความเข้มข้นของแมกนีเซียมในสายต้นที่ $19 > 18 > 3 > 5$ โดยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแมกนีเซียมทั้ง 4 สายต้น มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในขณะที่แคลเซียมมีความ

ตารางที่ 31 ปริมาณความเข้มข้นของสารอาหาร (ร้อยละ) ในส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และใบ ของไม้โตเร็วสกุลอะเคเชีย ในพื้นที่สวนป่าดอนแสลบ-เลาขวัญ จังหวัดกาญจนบุรี

Parts	Clone No.	C	N	P	K	Ca	Mg
Stem	3	48.03±0.77	0.63±0.38	0.23±0.05 ^a	0.32±0.12	2.73±1.48	0.09±0.08
	5	48.30±0.25	0.44±0.12	0.18±0.04 ^{ab}	0.22±0.08	2.34±1.61	0.06±0.01
	18	48.81±0.39	0.37±0.06	0.10±0.06 ^b	0.21±0.04	2.25±0.97	0.06±0.01
	19	48.53±0.24	0.39±0.11	0.12±0.08 ^b	0.27±0.07	2.32±0.91	0.07±0.01
	F-value	2.08 ^{ns}	1.51 ^{ns}	4.26*	1.74 ^{ns}	0.13 ^{ns}	0.55 ^{ns}
Branch	3	47.84±0.62 ^a	0.77±0.39	0.20±0.08	0.37±0.22	3.16±2.24 ^b	0.12±0.09
	5	47.02±0.73 ^b	1.08±0.11	0.24±0.05	0.44±0.12	5.41±1.97 ^{ab}	0.11±0.03
	18	46.95±0.31 ^b	0.98±0.06	0.16±0.09	0.46±0.06	5.45±1.39 ^{ab}	0.14±0.03
	19	46.27±0.44 ^b	0.84±0.12	0.16±0.03	0.49±0.03	7.71±1.80 ^a	0.15±0.02
	F-value	7.39**	1.93 ^{ns}	1.92 ^{ns}	0.74 ^{ns}	4.91*	0.46 ^{ns}
Leaf	3	52.75±0.14	2.83±0.20	0.24±0.03 ^a	0.71±0.06	5.44±8.07	0.28±0.05
	5	52.60±0.86	2.75±0.03	0.25±0.04 ^a	0.55±0.09	4.95±3.20	0.26±0.03
	18	53.03±0.52	2.74±0.13	0.24±0.07 ^a	0.57±0.12	3.88±1.29	0.30±0.03
	19	53.16±0.58	2.67±0.12	0.15±0.03 ^b	0.63±0.09	3.71±1.25	0.32±0.03
	F-value	1.11 ^{ns}	1.59 ^{ns}	3.57*	3.42 ^{ns}	0.22 ^{ns}	3.32 ^{ns}

หมายเหตุ : อักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยวิธี DMRT

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$)

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{ns} แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสายต้นที่ 3 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 19 ในขณะที่สายต้นที่ 5 และ 18 ไม่มีความแตกต่างกับสายต้นอื่นๆ (ตารางที่ 31)

3) ส่วนของใบ

ปริมาณความเข้มข้นของสารอาหารในส่วนที่เป็นใบของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้นเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ $C > Ca > N > K > Mg > P$ แต่เมื่อพิจารณาถึงความเข้มข้นของสารอาหารในแต่ละสายต้น พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนและแมกนีเซียมในสายต้นที่ $19 > 18 > 3 > 5$ ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนและแคลเซียมในสายต้นที่ $3 > 5 > 18 > 19$ ปริมาณความเข้มข้นของโพแทสเซียมในสายต้นที่ $3 > 19 > 18 > 5$ โดยทั้ง 5 ธาตุในทั้ง 4 สายต้นมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในขณะที่ปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในสายต้นที่ $5 > 3 = 18 > 19$ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสายต้นที่ 19 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 3, 5 และ 18 (ตารางที่ 31)

5.1.5 สวนป่าของบริษัท สโตร์่า เอ็นโซ (ประเทศไทย) จำกัด

1) ส่วนของลำต้น

ปริมาณความเข้มข้นของสารอาหารในส่วนที่เป็นลำต้นของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย สายต้นที่ 3, 18 และ 19 เป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ $C > Ca > N > K > P > Mg$ ขณะที่สายต้นที่ 5 มีความเข้มข้นของสารอาหาร $C > Ca > N > K > P = Mg$ แต่เมื่อพิจารณาถึงความเข้มข้นของสารอาหารในแต่ละสายต้น พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนในสายต้นที่ $18 = 19 > 5 > 3$ ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนในสายต้นที่ $3 > 5 > 19 > 18$ ปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในสายต้นที่ $18 > 3 = 19 > 5$ ปริมาณความเข้มข้นของโพแทสเซียมในสายต้นที่ $19 > 3 > 5 > 18$ ปริมาณความเข้มข้นของแคลเซียมในสายต้นที่ $5 > 19 > 3 > 18$ และปริมาณความเข้มข้นของแมกนีเซียมในสายต้นที่ $5 = 19 > 3 = 18$ โดยทั้ง 6 ธาตุในทั้ง 4 สายต้น มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 32)

2) ส่วนของกิ่ง

ปริมาณความเข้มข้นของสารอาหารในส่วนที่เป็นกิ่งของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ในสายต้นที่ 3, 18 และ 19 มีความเข้มข้นเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ $C > Ca > N > K > P > Mg$ ส่วนสายต้นที่ 5 มีความเข้มข้นของสารอาหาร $C > Ca > N > K > Mg > P$ แต่เมื่อพิจารณาถึงความเข้มข้นของสารอาหารในแต่ละสายต้น พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนในสายต้นที่ $19 > 18 > 3 > 5$ ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนในสายต้นที่ $18 > 3 > 5 > 19$ ปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในสายต้นที่ $18 > 19 > 3 > 5$ ปริมาณความเข้มข้นของโพแทสเซียมในสายต้นที่ $19 > 18 > 5 > 3$ ปริมาณความเข้มข้นของแคลเซียมในสายต้นที่ $3 > 5 > 19 > 18$ และปริมาณความเข้มข้นของแมกนีเซียมในสายต้นที่ $5 > 19 > 18 > 3$ โดยทั้ง 6 ธาตุในทั้ง 4 สายต้น มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เช่นเดียวกับในส่วนของลำต้น (ตารางที่ 32)

ตารางที่ 32 ปริมาณความเข้มข้นของสารอาหาร (ร้อยละ) ในส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และใบ ของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ในพื้นที่สวนป่าของบริษัท สโตร่า เอ็นโซ (ประเทศไทย) จำกัด จังหวัดสระแก้ว

Parts	Clone No.	C	N	P	K	Ca	Mg
stem	3	48.50±0.30	0.67±0.15	0.08±0.02	0.18±0.05	0.91±0.13	0.04±0.02
	5	48.69±0.49	0.49±0.24	0.06±0.04	0.17±0.13	1.70±1.83	0.06±0.03
	18	48.81±0.33	0.41±0.06	0.09±0.02	0.14±0.04	0.75±0.20	0.04±0.01
	19	48.81±0.67	0.47±0.23	0.08±0.03	0.20±0.09	1.35±1.00	0.06±0.02
	F-value	0.42 ^{ns}	1.76 ^{ns}	1.06 ^{ns}	0.41 ^{ns}	1.21 ^{ns}	1.58 ^{ns}
branch	3	47.27±0.23	1.09±0.16	0.10±0.03	0.24±0.05	4.29±0.78	0.09±0.02
	5	46.90±0.46	0.96±0.10	0.09±0.03	0.25±0.03	3.61±0.70	0.12±0.02
	18	47.50±0.26	1.11±0.17	0.14±0.03	0.29±0.10	3.34±1.00	0.10±0.02
	19	47.98±0.85	0.84±0.31	0.12±0.02	0.31±0.15	3.37±1.57	0.11±0.04
	F-value	3.45 ^{ns}	1.55 ^{ns}	3.03 ^{ns}	0.64 ^{ns}	1.30 ^{ns}	0.98 ^{ns}
leaf	3	52.16±0.46 ^c	2.66±0.09	0.13±0.02	0.41±0.03 ^c	4.47±1.08 ^a	0.40±0.11 ^a
	5	50.96±0.68 ^b	2.67±0.14	0.15±0.03	0.54±0.07 ^b	5.48±1.05 ^a	0.39±0.10 ^a
	18	53.13±0.73 ^a	2.64±0.07	0.16±0.03	0.57±0.04 ^b	2.58±0.82 ^b	0.30±0.03 ^{ab}
	19	53.01±0.38 ^a	2.81±0.12	0.15±0.03	0.73±0.06 ^a	2.42±0.54 ^b	0.25±0.01 ^b
	F-value	20.02**	2.97 ^{ns}	1.29 ^{ns}	31.38**	18.73**	3.93*

หมายเหตุ : อักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยวิธี DMRT

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$)

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{ns} แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

3) ส่วนของใบ

ปริมาณความเข้มข้นของสารอาหารในส่วนที่เป็นใบของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้นเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ $C > Ca > N > K > Mg > P$ แต่เมื่อพิจารณาถึงความเข้มข้นของสารอาหารในแต่ละสายต้น พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนในสายต้นที่ $18 > 19 > 3 > 5$ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยสายต้นที่ 18 และ 19 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 3 และมีความแตกต่างกับสายต้นที่ 5 ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนในสายต้นที่ $19 > 5 > 3 > 18$ ปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในสายต้นที่ $18 > 5 = 19 > 3$ โดยทั้ง 2 ชาติมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ปริมาณความเข้มข้นของโพแทสเซียมในสายต้นที่ $19 > 18 > 5 > 3$ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยสายต้นที่ 5 และ 18 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 3 และมีความแตกต่างกับสายต้นที่ 19 ปริมาณความเข้มข้นของแคลเซียมในสายต้นที่ $5 > 3 > 18 > 19$ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยสายต้นที่ 3 และ 5 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 18 และ 19 ส่วนปริมาณความเข้มข้นของแมกนีเซียมในสายต้นที่ $3 > 5 > 18 > 19$ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสายต้นที่ 3 และ 5 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 19 ส่วนสายต้นที่ 18 ไม่มีความแตกต่างกับสายต้นอื่นๆ (ตารางที่ 32)

เมื่อพิจารณาปริมาณสารอาหารในส่วนต่างๆ พบว่า ในส่วนใบมีปริมาณความเข้มข้นของสารอาหารมากที่สุด รองลงมาเป็นส่วนกิ่ง และลำต้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Harmand *et al.* (2004) ที่ได้ศึกษาการกระจายของสารอาหารในส่วนต่างๆ ของไม้อะเคเซีย ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส และซีเหล็ก พบว่า ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแมกนีเซียมมีมากที่สุดในใบ รองลงมาคือเปลือกหรือกิ่งสด และลำต้น ตามลำดับ และพบว่า ในไม้อะเคเซียมีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสต่ำที่สุด และ Deans *et al.* (2003) ได้ศึกษาปริมาณสารอาหารในชนิดไม้ที่สามารถตรึงไนโตรเจนได้ 10 ชนิด กับ ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส และสะเดา (*Azadirachta indica*) ในพื้นที่แห้งแล้งของเซเนกัล พบว่า ความเข้มข้นของสารอาหารในใบและผลมีมากกว่าส่วนที่เป็นเนื้อไม้ และความเข้มข้นในนี้จะลดลงเมื่อเนื้อไม้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ขึ้น โดยความเข้มข้นของสารอาหารในเนื้อไม้และใบนี้แตกต่างกันไปตามชนิดไม้ ทั้งนี้ใบของไม้สกุลอะเคเซีย มีปริมาณไนโตรเจนมากกว่าไม้ชนิดอื่นๆ ขณะที่ใบของสะเดา และยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส มีปริมาณโพแทสเซียมมากกว่าไม้สกุลอะเคเซีย

5.2 ปริมาณการสะสมสารอาหารในส่วนต่างๆ ของต้นไม้

5.2.1 ศูนย์วนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร

1) ส่วนของลำต้น

ปริมาณการสะสมสารอาหารในส่วนที่เป็นลำต้นของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้นเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ $C > Ca > N > K > P > Mg$ แต่เมื่อพิจารณาถึงการสะสมสารอาหารในแต่ละสายต้น พบว่า ปริมาณการสะสมคาร์บอนและโพแทสเซียมในสายต้นที่ $3 > 5 > 18 > 19$ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยสายต้นที่ 3 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 5, 18 และ 19 ส่วนปริมาณการสะสมไนโตรเจน แคลเซียม และแมกนีเซียม ในสายต้นที่ $3 > 18 > 5 > 19$ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยสายต้นที่ 3 มีปริมาณการสะสมไนโตรเจนแตกต่างจากสายต้นที่ 5, 18 และ 19 ส่วนสายต้นที่ 5 และ 18 มีปริมาณการสะสมแคลเซียมแตกต่างกับสายต้นที่ 3 และมีปริมาณการสะสมแคลเซียมแตกต่างกับสายต้นที่ 19 ขณะที่สายต้นที่ 3 และ 18 มีปริมาณการสะสมแมกนีเซียม

แตกต่างกับสายต้นที่ 5 และ 19 ปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสในสายต้นที่ $18 > 3 > 5 > 19$ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 33)

2) ส่วนของกิ่ง

ปริมาณการสะสมสารอาหารในส่วนที่เป็นกิ่งของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้นเป็นไปในทำนองเดียวกันกับส่วนของลำต้น กล่าวคือ การสะสมสารอาหารเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ $C > Ca > N > K > P > Mg$ แต่เมื่อพิจารณาถึงการสะสมสารอาหารในแต่ละสายต้น พบว่า ปริมาณการสะสมคาร์บอน ไนโตรเจน และโพแทสเซียม ในสายต้นที่ $3 > 5 > 18 > 19$ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยสายต้นที่ 3 มีความแตกต่างทั้ง 3 ธาตุกับสายต้นที่ 5, 18 และ 19 ขณะที่ปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสในสายต้นที่ $3 > 18 > 5 > 19$ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยสายต้นที่ 5 และ 19 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 3 และมีความแตกต่างกับสายต้นที่ 19 ส่วนปริมาณการสะสมแคลเซียมและแมกนีเซียม ในสายต้นที่ $3 > 18 > 5 > 19$ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยสายต้นที่ 3, 18 และ 19 มีปริมาณการสะสมธาตุทั้ง 2 แตกต่างกัน ในขณะที่สายต้นที่ 5 ไม่มีความแตกต่างของปริมาณการสะสมของธาตุทั้ง 2 กับสายต้นที่ 18 และ 19 (ตารางที่ 33)

3) ส่วนของใบ

ปริมาณการสะสมสารอาหารในส่วนที่เป็นใบของไม้สกุลอะเคเซีย ในสายต้นที่ 3 มีการสะสมสารอาหาร $C > N > Ca > K > Mg > P$ ส่วนสายต้นที่ 5 และ 18 มีการสะสมสารอาหาร $C > Ca > N > K > Mg > P$ ในขณะที่สายต้นที่ 19 มีการสะสมสารอาหาร $C > Ca > N > K > P > Mg$ แต่เมื่อพิจารณาถึงการสะสมสารอาหารในแต่ละสายต้น พบว่า ปริมาณการสะสมคาร์บอน ไนโตรเจน แคลเซียม และแมกนีเซียม ในสายต้นที่ $3 > 18 > 5 > 19$ ปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสในสายต้นที่ $3 > 18 > 19 > 5$ ปริมาณการสะสมโพแทสเซียมในสายต้นที่ $3 > 5 > 18 > 19$ โดยทั้ง 6 ธาตุในไม้ทั้ง 4 สายต้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ซึ่งสายต้นที่ 3 มีปริมาณการสะสมคาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมแตกต่างกับสายต้นที่ 5, 18 และ 19 ส่วนสายต้นที่ 19 มีปริมาณการสะสมแคลเซียมแตกต่างกับสายต้นที่ 3, 5 และ 18 และสายต้นที่ 3, 18 และ 19 มีปริมาณการสะสมแมกนีเซียมแตกต่างกัน ในขณะที่สายต้นที่ 5 ไม่มีความแตกต่างของปริมาณการสะสมแมกนีเซียกับสายต้นที่ 18 และ 19 (ตารางที่ 33)

ตารางที่ 33 ปริมาณการสะสมสารอาหาร (กิโลกรัม/ไร่) ในส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และใบ ของไม้โตเร็วสกุลอะเคเชีย ในพื้นที่ศูนย์วนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร จังหวัดกำแพงเพชร

Parts	Clone No.	C	N	P	K	Ca	Mg
Stem	3	1,797.29 ^a	12.50 ^a	3.31	8.46 ^a	69.88 ^a	1.47 ^a
	5	1,140.47 ^b	7.55 ^b	2.59	5.19 ^b	46.21 ^b	0.71 ^b
	18	934.26 ^b	7.78 ^b	3.50	4.86 ^b	47.85 ^b	1.17 ^a
	19	753.85 ^b	5.47 ^b	2.35	2.97 ^b	27.20 ^c	0.63 ^b
	%CV	40.94	37.73	24.63	43.23	38.23	40.62
	F-value	9.84**	8.58**	2.85 ^{ns}	11.75**	9.27**	11.76**
Branch	3	1,316.37 ^a	19.50 ^a	3.57 ^a	10.71 ^a	87.90 ^a	2.20 ^a
	5	303.97 ^b	4.73 ^b	0.58 ^c	2.27 ^b	27.45 ^{bc}	0.45 ^{bc}
	18	248.88 ^b	4.21 ^b	1.33 ^b	2.24 ^b	33.17 ^b	0.53 ^b
	19	160.41 ^b	2.57 ^b	0.58 ^c	1.02 ^b	15.27 ^c	0.24 ^c
	%CV	97.14	92.57	85.02	100.04	72.23	95.94
	F-value	109.19**	98.91**	91.31**	123.26**	58.97**	114.53**
Leaf	3	354.32 ^a	20.12 ^a	1.29 ^a	5.76 ^a	16.67 ^a	1.36 ^a
	5	156.49 ^b	8.55 ^b	0.48 ^b	2.30 ^b	11.20 ^a	0.67 ^{bc}
	18	158.01 ^b	8.58 ^b	0.71 ^b	2.28 ^b	15.75 ^a	0.77 ^b
	19	108.56 ^b	6.24 ^b	0.50 ^b	1.51 ^b	6.65 ^b	0.44 ^c
	%CV	54.66	55.93	49.59	61.63	36.83	48.07
	F-value	19.28**	20.01**	17.16**	23.74**	10.22**	15.80**

หมายเหตุ : %CV = สัมประสิทธิ์ของความผันแปร
 อักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยวิธี DMRT
 ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)
 * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)
^{ns} แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

5.2.2 ส่วนป้ามัญจาคีรี

1) ส่วนของลำต้น

ปริมาณการสะสมสารอาหารในส่วนที่เป็นลำต้นของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้นเป็นในทิศทางเดียวกัน คือ $C > Ca > N > K > P > Mg$ แต่เมื่อพิจารณาถึงการสะสมสารอาหารในแต่ละสายต้นพบว่า ปริมาณการสะสมคาร์บอนในสายต้นที่ $5 > 19 > 3 > 18$ ขณะที่ปริมาณการสะสมไนโตรเจนในสายต้นที่ $19 > 3 > 5 > 18$ ส่วนปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในสายต้นที่ $19 > 18 > 5 > 3$ ปริมาณการสะสมแคลเซียมในสายต้นที่ $3 > 19 > 18 > 5$ และปริมาณการสะสมแมกนีเซียมในสายต้นที่ $18 > 3 > 5 > 19$ โดยทั้ง 6 ธาตุในไม้ทั้ง 4 สายต้น มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 34)

2) ส่วนของกิ่ง

ปริมาณการสะสมสารอาหารในส่วนที่เป็นกิ่งของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้นเป็นไปในทำนองเดียวกันกับส่วนของลำต้น กล่าวคือ การสะสมสารอาหารเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ $C > Ca > N > K > P > Mg$ แต่เมื่อพิจารณาถึงการสะสมสารอาหารในแต่ละสายต้น พบว่า ปริมาณการสะสมคาร์บอน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในสายต้นที่ $3 > 5 > 19 > 18$ โดยคาร์บอน โพแทสเซียม และแคลเซียม มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนฟอสฟอรัส มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสายต้นที่ 18 และ 19 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 3 ในขณะที่สายต้นที่ 5 ไม่มีความแตกต่างกับสายต้นอื่นๆ และแมกนีเซียม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสายต้นที่ 3 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 5, 18 และ 19 ส่วนปริมาณการสะสมไนโตรเจนในสายต้นที่ $19 > 5 > 3 > 18$ และมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 34)

3) ส่วนของใบ

ปริมาณการสะสมสารอาหารในส่วนที่เป็นใบของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย สายต้นที่ 3 มีการสะสมสารอาหาร $C > N > Ca > K > Mg > P$ ขณะที่สายต้นที่ 5, 18 และ 19 มีการสะสมสารอาหาร $C > Ca > N > K > Mg > P$ แต่เมื่อพิจารณาถึงการสะสมสารอาหารในแต่ละสายต้น พบว่า ปริมาณการสะสมคาร์บอนในสายต้นที่ $5 > 3 > 19 > 18$ ส่วนปริมาณการสะสมไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในสายต้นที่ $3 > 5 > 18 > 19$ โดยคาร์บอน ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในขณะที่โพแทสเซียมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสายต้นที่ 18 และ 19 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 3 ส่วนสายต้นที่ 5 ไม่มีความแตกต่างกับสายต้นอื่นๆ ขณะที่ปริมาณการสะสมแคลเซียมในสายต้นที่ $5 > 18 > 3 > 19$ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสายต้นที่ 5 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 3, 18 และ 19 ส่วนปริมาณการสะสมแมกนีเซียมในสายต้นที่ $5 > 3 > 18 > 19$ และมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 34)

ตารางที่ 34 ปริมาณการสะสมสารอาหาร (กิโลกรัม/ไร่) ในส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และใบ ของไม้โตเร็วสกุลอะเคเชีย ในพื้นที่สวนปามัญจาศิริ จังหวัดขอนแก่น

Parts	Clone No.	C	N	P	K	Ca	Mg
Stem	3	1,538.53	12.86	1.57	4.39	76.85	1.26
	5	1,969.61	10.82	1.60	4.41	22.84	1.20
	18	1,493.55	9.41	2.73	4.55	56.13	1.52
	19	1,790.56	14.63	3.29	6.22	70.96	1.10
	%CV	39.08	44.44	57.37	45.07	58.19	38.30
	F-value	0.51 ^{ns}	0.81 ^{ns}	2.59 ^{ns}	0.73 ^{ns}	3.19 ^{ns}	0.59 ^{ns}
branch	3	1,064.70	17.30	3.33 ^a	10.20	99.15	3.11 ^a
	5	971.26	18.87	2.05 ^{ab}	8.00	97.21	1.85 ^b
	18	558.91	11.54	1.41 ^b	4.71	49.34	1.18 ^b
	19	922.41	20.19	1.75 ^b	5.83	75.53	1.55 ^b
	%CV	44.99	44.72	51.55	48.90	46.95	54.20
	F-value	1.80 ^{ns}	1.49 ^{ns}	3.94*	3.00 ^{ns}	2.29 ^{ns}	4.77*
Leaf	3	492.64	27.64	1.41	7.71 ^a	19.36 ^b	2.73
	5	494.04	26.49	1.23	5.87 ^{ab}	34.72 ^a	3.12
	18	321.81	17.48	1.04	4.34 ^b	20.90 ^b	1.89
	19	348.41	17.40	0.80	3.65 ^b	19.12 ^b	1.79
	%CV		34.69	36.10	34.67	40.50	42.45
	F-value	2.46 ^{ns}	3.08 ^{ns}	2.81 ^{ns}	5.40*	4.64*	3.42 ^{ns}

หมายเหตุ :

%CV = สัมประสิทธิ์ของความผันแปร

อักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยวิธี DMRT

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$)

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{ns} แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

5.2.3 สวนป่าลาดกระทิง

1) ส่วนของลำต้น

ปริมาณการสะสมสารอาหารในส่วนที่เป็นลำต้นของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้นเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ $C > Ca > N > K > P > Mg$ แต่เมื่อพิจารณาถึงการสะสมสารอาหารในแต่ละสายต้น พบว่า ปริมาณการสะสมคาร์บอนและแมกนีเซียมในสายต้นที่ $18 > 3 > 5 > 19$ โดยคาร์บอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ซึ่งสายต้นที่ 18 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 19 ส่วนสายต้นที่ 3 และ 5 ไม่มีความแตกต่างกับสายต้นอื่นๆ ในขณะที่แมกนีเซียมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) ซึ่งสายต้นที่ 3, 18 และ 19 มีความแตกต่างกัน ส่วนสายต้นที่ 5 ไม่มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 3 และ 19 ปริมาณการสะสมไนโตรเจน โพแทสเซียม และแคลเซียมในสายต้นที่ $3 > 18 > 5 > 19$ โดยไนโตรเจนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) ซึ่งสายต้นที่ 3 และ 18 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 5 และมีความแตกต่างกับสายต้นที่ 19 โพแทสเซียมและแคลเซียม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสายต้นที่ 19 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 3, 5 และ 18 ส่วนปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสในสายต้นที่ $5 > 18 > 3 > 19$ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยสายต้นที่ 5 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 19 ส่วนสายต้นที่ 3 และ 18 ไม่มีความแตกต่างกับสายต้นอื่นๆ (ตารางที่ 35)

2) ส่วนของกิ่ง

ปริมาณการสะสมสารอาหารในส่วนที่เป็นกิ่งของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้นเป็นไปในทำนองเดียวกันกับส่วนของลำต้น กล่าวคือ การสะสมสารอาหารเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ $C > Ca > N > K > P > Mg$ แต่เมื่อพิจารณาถึงการสะสมสารอาหารในแต่ละสายต้น พบว่า ปริมาณการสะสมคาร์บอนและโพแทสเซียมในสายต้นที่ $18 > 19 > 5 > 3$ ปริมาณการสะสมไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และแมกนีเซียมในสายต้นที่ $18 > 19 > 5 > 3$ ปริมาณการสะสมแคลเซียมในสายต้นที่ $18 > 5 > 19 > 3$ โดยทั้ง 6 ธาตุในทั้ง 4 สายต้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) ซึ่งสายต้นที่ 18 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 3, 5 และ 19 (ตารางที่ 35)

3) ส่วนของใบ

ปริมาณการสะสมสารอาหารในส่วนที่เป็นใบของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย สายต้นที่ 3, 5 และ 18 เป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ $C > N > Ca > K > Mg > P$ ขณะที่สายต้นที่ 19 มีการสะสมสารอาหาร $C > N > Ca > K > P = Mg$ แต่เมื่อพิจารณาถึงการสะสมสารอาหารในแต่ละสายต้น พบว่า ปริมาณการสะสมคาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียมและแมกนีเซียม ในสายต้นที่ $18 > 5 > 19 > 3$ โดยคาร์บอน ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในไม้ทั้ง 4 สายต้นมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในขณะที่แคลเซียมและแมกนีเซียม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสายต้นที่ 5 และ 18 แตกต่างกับสายต้นที่ 3 และ 19 ส่วนปริมาณการสะสมโพแทสเซียมในสายต้นที่ $18 > 19 > 5 > 3$ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสายต้นที่ 3 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 18 ส่วนสายต้นที่ 5 และ 19 ไม่มีความแตกต่างกับสายต้นอื่นๆ (ตารางที่ 35)

ตารางที่ 35 ปริมาณการสะสมสารอาหาร (กิโลกรัม/ไร่) ในส่วนลำต้น กิ่ง และใบ ของไม้โตเร็วสกุลอะเคเชีย ในพื้นที่สวนป่าลาดกระทิง จังหวัดฉะเชิงเทรา

Parts	Clone No.	C	N	P	K	Ca	Mg
stem	3	1,709.19 ^{bc}	17.48 ^a	2.80 ^{bc}	6.99 ^a	42.64 ^a	1.05 ^b
	5	2,049.31 ^{ab}	10.99 ^b	4.23 ^a	6.34 ^a	39.73 ^a	0.85 ^{bc}
	18	2,307.98 ^a	16.05 ^a	3.30 ^{ab}	6.61 ^a	41.06 ^a	1.42 ^a
	19	1,373.33 ^c	7.29 ^c	2.24 ^c	3.64 ^b	24.94 ^b	0.56 ^c
	%CV	25.25	35.66	29.03	27.68	24.84	37.08
	F-value	5.66*	16.90**	8.13**	8.44**	6.22*	15.52**
branch	3	420.01 ^b	8.39 ^b	0.87 ^b	3.32 ^b	26.74 ^b	0.70 ^b
	5	571.34 ^b	12.72 ^b	1.33 ^b	4.12 ^b	60.08 ^b	0.97 ^b
	18	1,190.80 ^a	23.78 ^a	3.54 ^a	8.85 ^a	127.73 ^a	2.28 ^a
	19	788.64 ^b	13.56 ^b	1.82 ^b	4.96 ^b	55.56 ^b	0.99 ^b
	%CV	47.83	47.10	61.16	48.34	62.39	57.25
	F-value	8.63**	8.96**	15.69**	9.45**	17.61**	14.61**
leaf	3	207.53	11.86	0.63	3.68 ^b	6.64 ^b	0.83 ^b
	5	330.00	16.68	0.94	4.87 ^{ab}	11.24 ^a	1.37 ^a
	18	344.89	18.85	1.00	6.53 ^a	12.79 ^a	1.27 ^a
	19	281.71	15.70	0.86	5.07 ^{ab}	7.18 ^b	0.86 ^b
	%CV	26.62	24.86	24.86	28.16	34.83	29.69
	F-value	3.80 ^{ns}	2.87 ^{ns}	2.96 ^{ns}	4.31*	7.84**	5.41*

หมายเหตุ : %CV = สัมประสิทธิ์ของความผันแปร

อักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยวิธี DMRT

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$)

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{ns} แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

5.2.4 ส่วนปาดอนสแลบ-เลาขวัญ

1) ส่วนของลำต้น

ปริมาณการสะสมสารอาหารในส่วนที่เป็นลำต้นของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้นเป็นในทิศทางเดียวกัน คือ $C > Ca > N > K > P > Mg$ แต่เมื่อพิจารณาถึงการสะสมสารอาหารในแต่ละสายต้นพบว่า ปริมาณการสะสมคาร์บอนในสายต้นที่ $18 > 5 > 3 > 19$ และมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนปริมาณการสะสมไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ในสายต้นที่ $3 > 5 > 18 > 19$ โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) ซึ่งสายต้นที่ 3 มีปริมาณการสะสมไนโตรเจนแตกต่างกับสายต้นที่ 19 ส่วนสายต้นที่ 5 และ 18 ไม่มีแตกต่างของปริมาณการสะสมไนโตรเจนกับสายต้นอื่นๆ และสายต้นที่ 3 และ 5 มีปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสแตกต่างกับสายต้นที่ 18 และ 19 ปริมาณการสะสมโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ในสายต้นที่ $3 > 18 > 5 > 19$ โดยโพแทสเซียมและแคลเซียม มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในขณะที่แมกนีเซียมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสายต้นที่ 5 และ 19 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 3 ส่วนสายต้นที่ 18 ไม่มีความแตกต่างกับสายต้นอื่นๆ (ตารางที่ 36)

2) ส่วนของกิ่ง

ปริมาณการสะสมสารอาหารในส่วนที่เป็นกิ่งของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้นเป็นไปในทำนองเดียวกันกับส่วนของลำต้น กล่าวคือ การสะสมสารอาหารเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ $C > Ca > N > K > P > Mg$ แต่เมื่อพิจารณาถึงการสะสมสารอาหารในแต่ละสายต้น พบว่า ปริมาณการสะสมคาร์บอนไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในสายต้นที่ $3 > 5 > 18 > 19$ และคาร์บอน ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) ส่วนโพแทสเซียม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่ปริมาณการสะสมแคลเซียมในสายต้นที่ $3 > 5 > 19 > 18$ และมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนปริมาณการสะสมแมกนีเซียมในสายต้นที่ $3 > 18 > 5 > 19$ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยสายต้นที่ 3 มีปริมาณการสะสมคาร์บอน โพแทสเซียม และแมกนีเซียม แตกต่างกับสายต้นที่ 5, 18 และ 19 ในขณะที่สายต้นที่ 3 มีปริมาณการสะสมไนโตรเจนแตกต่างกับสายต้นที่ 19 ส่วนสายต้นที่ 5 และ 18 ไม่มีความแตกต่างในด้านปริมาณการสะสมไนโตรเจนกับสายต้นอื่นๆ ส่วนสายต้นที่ 18 และ 19 มีปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสแตกต่างกับสายต้นที่ 3 และแตกต่างกับสายต้นที่ 5 (ตารางที่ 36)

3) ส่วนของใบ

ปริมาณการสะสมสารอาหารในส่วนที่เป็นใบของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้นเป็นไปในทำนองเดียวกัน กล่าวคือ การสะสมสารอาหารเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ $C > Ca > N > K > Mg > P$ แต่เมื่อพิจารณาถึงการสะสมสารอาหารในแต่ละสายต้น พบว่า ปริมาณการสะสมคาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ในสายต้นที่ $3 > 5 > 18 > 19$ โดยทั้ง 6 ธาตุในไม้ทั้ง 4 สายต้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) ซึ่งสายต้นที่ 3 มีความแตกต่างทั้ง 6 ธาตุกับสายต้นที่ 5, 18 และ 19 (ตารางที่ 36)

ตารางที่ 36 ปริมาณการสะสมสารอาหาร (กิโลกรัม/ไร่) ในส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และใบ ของไม้โตเร็วสกุลอะเคเชีย ในพื้นที่สวนป่าดอนแสลบ-เลาขวัญจังหวัดกาญจนบุรี

Parts	Clone No.	C	N	P	K	Ca	Mg
Stem	3	1,341.99	17.60 ^a	6.43 ^a	8.94	76.28	2.52 ^a
	5	1,411.74	12.86 ^{ab}	5.26 ^a	6.43	68.40	1.75 ^b
	18	1,590.53	12.06 ^{bc}	3.26 ^b	6.84	73.32	1.96 ^{ab}
	19	936.65	7.53 ^c	2.32 ^b	5.21	44.78	1.35 ^b
	%CV	34.54	41.04	49.69	34.24	34.62	35.71
	F-value	2.50 ^{ns}	6.84*	9.62**	3.57 ^{ns}	2.89 ^{ns}	4.56*
Branch	3	845.79 ^a	13.61 ^a	3.54 ^a	6.54 ^a	55.87	2.12 ^a
	5	459.71 ^b	10.56 ^{ab}	2.35 ^b	4.30 ^b	52.89	1.08 ^b
	18	378.73 ^b	7.91 ^{bc}	1.29 ^c	3.71 ^b	43.96	1.13 ^b
	19	300.01 ^b	5.45 ^c	1.04 ^c	3.18 ^b	49.99	0.97 ^b
	%CV	51.08	42.88	56.04	40.06	28.69	45.14
	F-value	15.03**	8.56**	21.54**	6.82*	0.58 ^{ns}	9.50**
Leaf	3	957.01 ^a	51.34 ^a	4.35 ^a	12.88 ^a	98.69 ^a	5.08 ^a
	5	373.91 ^b	19.55 ^b	1.78 ^b	3.91 ^b	35.19 ^b	1.85 ^b
	18	323.79 ^b	16.73 ^b	1.47 ^b	3.48 ^b	23.69 ^b	1.83 ^b
	19	280.35 ^b	14.08 ^b	0.79 ^b	3.32 ^b	19.57 ^b	1.69 ^b
	%CV	66.18	68.61	73.72	77.68	81.43	63.89
	F-value	12.83**	13.66**	15.43**	16.76**	17.75**	12.16**

หมายเหตุ :

%CV = สัมประสิทธิ์ของความผันแปร

อักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยวิธี DMRT

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$)

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{ns} แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

5.2.5 ส่วนป่าของบริษัท สโตร์่า เอ็นโซ่ (ประเทศไทย) จำกัด

1) ส่วนของลำต้น

ปริมาณการสะสมสารอาหารในส่วนที่เป็นลำต้นของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ในสายต้นที่ 3, 18 และ 19 มีการสะสมสารอาหารเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ $C > Ca > N > K > P > Mg$ ขณะที่สายต้นที่ 5 มีการสะสมสารอาหาร $C > Ca > N > K > P = Mg$ แต่เมื่อพิจารณาถึงการสะสมสารอาหารในแต่ละสายต้นพบว่า ปริมาณการสะสมคาร์บอนและโพแทสเซียมในสายต้นที่ $5 > 3 > 19 > 18$ ขณะที่ปริมาณการสะสมไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในสายต้นที่ $3 > 5 > 19 > 18$ และปริมาณการสะสมแคลเซียมและแมกนีเซียมในสายต้นที่ $5 > 19 > 3 > 18$ โดยทั้ง 6 ธาตุในไม้ทั้ง 4 สายต้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ยกเว้น ฟอสฟอรัสที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งสายต้นที่ 3, 5 และ 18 มีปริมาณการสะสมคาร์บอนแตกต่างกัน ส่วนสายต้นที่ 19 ไม่มีความแตกต่างของปริมาณการสะสมคาร์บอนกับสายต้นที่ 3 และ 18 ส่วนสายต้นที่ 3 และ 5 มีปริมาณการสะสมไนโตรเจนแตกต่างกับสายต้นที่ 18 และแตกต่างกับสายต้นที่ 19 ในขณะที่สายต้นที่ 3 มีปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสแตกต่างกับสายต้นที่ 18 ส่วนสายต้นที่ 5 และ 19 ไม่มีความแตกต่างด้านปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสกับสายต้นอื่นๆ สายต้นที่ 5, 18 และ 19 มีปริมาณการสะสมโพแทสเซียมแตกต่างกัน ส่วนสายต้นที่ 3 ไม่มีความแตกต่างในปริมาณการสะสมโพแทสเซียมกับสายต้นที่ 5 และ 19 และสายต้นที่ 3 และ 19 มีปริมาณการสะสมแคลเซียมและแมกนีเซียมแตกต่างกับสายต้นที่ 5 และแตกต่างกับสายต้นที่ 18 (ตารางที่ 37)

2) ส่วนของกิ่ง

ปริมาณการสะสมสารอาหารในส่วนที่เป็นกิ่งของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ในสายต้นที่ 3, 18 และ 19 มีการสะสมสารอาหารเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ $C > Ca > N > K > P > Mg$ ขณะที่สายต้นที่ 5 มีการสะสมสารอาหาร $C > Ca > N > K > Mg > P$ แต่เมื่อพิจารณาถึงการสะสมสารอาหารในแต่ละสายต้นพบว่า ปริมาณการสะสมคาร์บอน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในสายต้นที่ $19 > 5 > 3 > 18$ ส่วนปริมาณการสะสมไนโตรเจนและแคลเซียมในสายต้นที่ $5 > 3 > 19 > 18$ ขณะที่ปริมาณการสะสมแมกนีเซียมในสายต้นที่ $5 > 19 > 3 > 18$ โดยทั้ง 6 ธาตุในไม้ทั้ง 4 สายต้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ซึ่งสายต้นที่ 18 มีปริมาณการสะสมคาร์บอน ไนโตรเจน และแคลเซียม แตกต่างกับสายต้นที่ 3, 5 และ 19 ในขณะที่สายต้นที่ 3 และ 5 มีปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมแตกต่างกับสายต้นที่ 18 และแตกต่างกับสายต้นที่ 19 ส่วนสายต้นที่ 5 และ 19 มีปริมาณการสะสมแมกนีเซียมแตกต่างกับสายต้นที่ 3 และแตกต่างกับสายต้นที่ 18 (ตารางที่ 37)

3) ส่วนของใบ

ปริมาณการสะสมสารอาหารในส่วนที่เป็นใบของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ในสายต้นที่ 3 และ 5 มีการสะสมสารอาหาร $C > Ca > N > K > Mg > P$ ขณะที่สายต้นที่ 18 และ 19 มีการสะสมอาหาร $C > N > Ca > K > Mg > P$ แต่เมื่อพิจารณาถึงการสะสมสารอาหารในแต่ละสายต้นพบว่า ปริมาณการสะสมคาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียม และแมกนีเซียมในสายต้นที่ $3 > 5 > 19 > 18$ ส่วนปริมาณการสะสมโพแทสเซียมในสายต้นที่ $19 > 5 > 3 > 18$ โดยทั้ง 6 ธาตุในไม้ทั้ง 4 สายต้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ซึ่งสายต้นที่ 5 และ 19 มีปริมาณการสะสมคาร์บอนและไนโตรเจน แตกต่างกับสายต้นที่ 3 และแตกต่างกับสายต้นที่ 18 สายต้นที่ 3, 18 และ 19 มีฟอสฟอรัสแตกต่างกัน ส่วนสายต้นที่ 5 ไม่มีความแตกต่างในปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสกับสายต้นที่ 3 และ 19 ในขณะที่สายต้นที่ 3 และ 5 มีปริมาณการสะสมโพแทสเซียมและแคลเซียมแตกต่างกับสายต้นที่ 18 และแตกต่างกับสายต้นที่ 19 ส่วนปริมาณการสะสมแมกนีเซียมในแต่ละสายต้นมีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 37)

ตารางที่ 37 ปริมาณการสะสมสารอาหาร (กิโลกรัม/ไร่) ในส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และใบ ของไม้โตเร็วสกุลอะเคเชีย ในพื้นที่สวนป่าของบริษัท สโตร์รา เอ็นโซ (ประเทศไทย) จำกัด จังหวัดสระแก้ว

Parts	Clone No.	C	N	P	K	Ca	Mg
Stem	3	1,993.40 ^b	27.54 ^a	3.29 ^a	7.40 ^{ab}	37.40 ^b	1.64 ^b
	5	2,514.70 ^a	25.31 ^a	3.10 ^{ab}	8.78 ^a	87.80 ^a	3.10 ^a
	18	1,180.70 ^c	9.92 ^c	2.18 ^c	3.39 ^c	18.14 ^c	0.97 ^c
	19	1,600.05 ^{bc}	15.41 ^b	2.62 ^{bc}	6.56 ^b	44.26 ^b	1.97 ^b
	%CV	30.53	39.99	19.54	33.58	58.03	43.53
	F-value	16.71**	29.80**	6.31*	22.28**	52.67**	34.65**
Branch	3	756.50 ^a	17.44 ^a	1.60 ^b	3.84 ^b	68.66 ^a	1.44 ^b
	5	905.50 ^a	18.54 ^a	1.74 ^b	4.83 ^b	69.70 ^a	2.32 ^a
	18	252.50 ^b	5.90 ^b	0.74 ^c	1.54 ^c	17.75 ^b	0.53 ^c
	19	947.90 ^a	16.60 ^a	2.37 ^a	6.12 ^a	66.58 ^a	2.17 ^a
	%CV	42.33	38.58	39.60	44.63	43.14	47.44
	F-value	28.27**	21.55**	25.33**	33.41**	26.99**	38.33**
Leaf	3	403.98 ^a	20.60 ^a	1.01 ^a	3.18 ^b	34.62 ^a	3.10 ^a
	5	312.22 ^b	16.36 ^b	0.92 ^{ab}	3.31 ^b	33.58 ^a	2.39 ^b
	18	132.69 ^c	6.59 ^c	0.40 ^c	1.42 ^c	6.44 ^c	0.75 ^d
	19	290.28 ^b	15.39 ^b	0.82 ^b	4.00 ^a	13.25 ^b	1.37 ^c
	%CV	36.33	36.61	31.64	33.94	58.77	49.90
	F-value	70.29**	71.88**	53.49**	63.97**	160.33**	123.08**

หมายเหตุ : %CV = สัมประสิทธิ์ของความผันแปร
 อักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยวิธี DMRT
 ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$)
 * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
^{ns} แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการศึกษาการกระจายสารอาหารในต้นไม้ พบว่า ใบเป็นส่วนที่มีความเข้มข้นของสารอาหารมากที่สุด (ธำรง, 2527; สุชาติพิย์, 2539; Curlin, 1970; Kawanabe, 1977; Petmak, 1983; Tsutsumi *et al.*, 1983; Harmand *et al.*, 2004) แต่สารอาหารส่วนใหญ่กลับสะสมอยู่ในลำต้นมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากลำต้นเป็นส่วนที่มีปริมาณมวลชีวภาพมากที่สุดแม้ว่าความเข้มข้นของสารอาหารน้อยกว่าใบก็ตาม (Ovington and Madgwick, 1959; Toky and Singh, 1995; Harmand *et al.*, 2004)

อย่างไรก็ตามความแตกต่างระหว่างชนิดพันธุ์ ลักษณะทางกายวิภาค และกระบวนการทางสรีรวิทยาที่ต่างกันย่อมทำให้การสะสมสารอาหารต่างกันด้วย (Attiwill, 1966; Deans *et al.*, 2003) ซึ่ง Harmand *et al.* (2004) ได้ศึกษาการกระจายสารอาหารในส่วนต่างๆ ของไม้อะเคเซีย ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส และซีเหล็ก พบว่า ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแมกนีเซียมมีมากที่สุดในใบ รองลงมาคือ เปลือกหรือกิ่งสด และเนื้อไม้ในลำต้น ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ Curlin (1970) ขณะที่แคลเซียมเข้มข้นมากที่สุดในเปลือก รองลงมาคือ ใบ กิ่งสด และเนื้อไม้ ตามลำดับ และส่วนเหนือพื้นดินของไม้อะเคเซีย มีความเข้มข้นของไนโตรเจนและแมกนีเซียมมากที่สุดเมื่อเทียบกับยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส และซีเหล็ก ทั้งนี้แม้ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ทั้งสามชนิดไม่ต่างกันนัก แต่ไม้อะเคเซีย มีปริมาณการสะสมไนโตรเจนและแมกนีเซียมในส่วนเหนือพื้นดินมากที่สุดและสะสมฟอสฟอรัสน้อยที่สุด โดยในยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส และไม้อะเคเซีย มีการสะสมแคลเซียมและแมกนีเซียมในเปลือกมากที่สุด นอกจากนี้การศึกษานี้ได้แสดงให้เห็นว่าแม้ปริมาณมวลชีวภาพของใบมีอยู่น้อยกว่าร้อยละ 10 เมื่อเทียบกับมวลชีวภาพเหนือพื้นดินแต่กลับมีการสะสมสารอาหารต่างๆ อยู่กว่าร้อยละ 10-20 ของปริมาณสารอาหารที่สะสมอยู่ในมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินทั้งหมด และแสดงให้เห็นว่า ใบ และกิ่งสด สามารถกักเก็บสารอาหารได้มากกว่าส่วนอื่น อีกทั้งความเข้มข้นของสารอาหารจะเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นและกิ่งลดลง ทั้งนี้พบว่าไม้สกุลอะเคเซีย เป็นชนิดไม้ที่เหมาะสมสำหรับปลูกในพื้นที่ที่ดินขาดไนโตรเจน เนื่องจากมีการสะสมไนโตรเจนในส่วนรากสูง

บทที่ 6

คุณสมบัติของดิน

6.1 สมบัติทางด้านกายภาพของดิน

จากผลการศึกษาสมบัติทางด้านกายภาพของดินในแปลงปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ในพื้นที่ต่างกัน 5 พื้นที่ ได้แก่ ศูนย์วนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร จังหวัดกำแพงเพชร สวนปามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น สวนป่าลาดกระบัง จังหวัดฉะเชิงเทรา สวนป่าดอนแสลบ-เลาขวัญ จังหวัดกาญจนบุรี และสวนป่าของบริษัท สโตร์รา เอ็นโซ (ประเทศไทย) จำกัด จังหวัดสระแก้ว ได้ผลการศึกษาดังรายละเอียดต่อไปนี้

6.1.1 ศูนย์วนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร

1) ความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density)

ความหนาแน่นรวมของดินในแปลงปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้น ในแต่ละระดับความลึกมีค่าใกล้เคียงกัน โดยที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีค่าน้อยกว่าในดินที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร โดยพบว่า ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร สายต้นที่ 5 มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 18, 19 และสายต้นที่ 3 มีค่าน้อยที่สุด และที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร สายต้นที่ 19 มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 5, 3 และสายต้นที่ 18 มีค่าน้อยที่สุด โดยในแต่ละระดับความลึกมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 38)

2) ความหนาแน่นอนุภาค (particle density)

ความหนาแน่นอนุภาคของดินในแปลงปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้น พบว่า ดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร สายต้นที่ 3 มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 18, 5 และสายต้นที่ 19 มีค่าน้อยที่สุด ขณะที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร สายต้นที่ 3 มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 19, 18 และสายต้นที่ 5 มีค่าน้อยที่สุด โดยดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งสายต้นที่ 3 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 19 ในขณะที่สายต้นที่ 5 และ 18 ไม่มีความแตกต่างกับสายต้นอื่นๆ ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 38)

3) ความพรุน (porosity)

ความพรุนของดินในแปลงปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้น ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีค่ามากกว่าที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร โดยดินในแปลงปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร และที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร พบว่า สายต้น 3 มีค่าความพรุนสูงที่สุด รองลงมาคือ สายต้น 18, 19 และสายต้น 5 มีค่าความพรุนต่ำที่สุด โดยในแต่ละระดับความลึกมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 38)

4) การกระจายอนุภาคและเนื้อดิน (soil particle distribution and soil texture)

เนื้อดินในพื้นที่ศึกษาเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam) ซึ่งอนุภาคทราย มีปริมาณมากกว่าร้อยละ 71 อนุภาคทรายแป้ง ไม่เกินร้อยละ 20 และอนุภาคดินเหนียว ไม่เกินร้อยละ 12 โดยในแต่ละระดับความลึกมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ยกเว้น อนุภาคดินเหนียวที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งสายต้นที่ 3 และ 5 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 18 และ 19 (ตารางที่ 38)

6.1.2 สวนปามัญจาศรี

1) ความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density)

ความหนาแน่นรวมของดินในแปลงปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้น เป็นไปในทิศทางเดียวกับในแปลงปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเซียในพื้นที่ศูนย์วนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร ดังกล่าวมาแล้วข้างต้น คือ ในดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีค่าน้อยกว่าที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 1.59-1.64 และ 1.69-1.75 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร พบว่าสายต้นที่ 3 และ 18 มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 19 และสายต้นที่ 5 มีค่าน้อยที่สุด และที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร พบว่า สายต้นที่ 3 มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 18, 5 และสายต้นที่ 19 มีค่าน้อยที่สุด โดยในแต่ละระดับความลึกมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 39)

2) ความหนาแน่นอนุภาค (particle density)

ความหนาแน่นอนุภาคของดินในแปลงปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้น ในแต่ละระดับความลึกมีค่าใกล้เคียงกัน โดยที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีค่ามากกว่าที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตรเล็กน้อย ซึ่งดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร สายต้นที่ 3 และ 19 มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือสายต้นที่ 18 และสายต้นที่ 5 มีค่าน้อยที่สุด ขณะที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร สายต้นที่ 3 มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 19, 5 และสายต้นที่ 18 มีค่าน้อยที่สุด โดยในแต่ละระดับความลึกมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 39)

3) ความพรุน (porosity)

ความพรุนของดินในแปลงปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้นที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีค่ามากกว่าที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร โดยดินในแปลงปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเซียที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร สายต้นที่ 19 มีค่าความพรุนสูงที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 5, 3 และสายต้นที่ 18 มีค่าความพรุนต่ำที่สุด ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร พบว่า สายต้นที่ 19 มีค่าความพรุนสูงที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 3, 5 และสายต้นที่ 18 มีค่าความพรุนต่ำที่สุด โดยในแต่ละระดับความลึกมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 39)

ตารางที่ 38 สมบัติทางกายภาพของดินที่ปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเชีย ในพื้นที่ศูนย์วนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร จังหวัดกำแพงเพชร

Soil Depth (cm)	Clone No.	Bulk Density (g/cm ³)	Particle Density (g/cm ³)	Porosity (%)	% Particle Percentage			Texture
					Sand	Silt	Clay	
0-15	3	1.42±0.15	2.63±0.05 ^a	46.07±4.86	73±3.38	15±1.71	12±2.02	Sandy loam
	5	1.57±0.03	2.55±0.05 ^{ab}	38.61±1.97	73±2.23	17±2.44	10±2.07	Sandy loam
	18	1.52±0.07	2.57±0.05 ^{ab}	40.86±2.59	73±1.53	18±1.31	9±0.96	Sandy loam
	19	1.51±0.12	2.50±0.03 ^b	39.85±4.88	71±5.89	20±6.20	9±0.71	Sandy loam
	%CV	7.19	2.41	10.88	4.67	21.10	18.46	
	F-value	1.17 ^{ns}	4.31*	2.30 ^{ns}	0.43 ^{ns}	1.62 ^{ns}	3.21 ^{ns}	
15-30	3	1.59±0.11	2.64±0.08	39.44±5.67	76±4.83	12±3.05	12±1.81 ^a	Sandy loam
	5	1.65±0.05	2.54±0.05	34.54±3.02	74±1.16	14±1.66	12±1.54 ^a	Sandy loam
	18	1.58±0.08	2.55±0.06	38.08±2.02	75±1.71	16±1.42	9±1.25 ^b	Sandy loam
	19	1.67±0.08	2.58±0.06	35.02±2.85	74±1.24	16±0.86	10±1.21 ^b	Sandy loam
	%CV	5.16	2.71	10.61	3.42	16.94	17.14	
	F-value	1.11 ^{ns}	2.17 ^{ns}	1.86 ^{ns}	0.52 ^{ns}	3.78 ^{ns}	4.50*	

หมายเหตุ : %CV = สัมประสิทธิ์ของความผันแปร
 อักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) โดยวิธี DMRT
 ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.01)
 * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)
^{ns} แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

4) การกระจายอนุภาคและเนื้อดิน (soil particle distribution and soil texture)

การกระจายอนุภาคและเนื้อดินในแปลงปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้น พบว่า อนุภาคทราย มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 71-78 โดยที่สายต้นที่ 3 มีอนุภาคทรายที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร น้อยกว่าที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร แต่สายต้นที่ 5, 18 และ 19 มีอนุภาคทรายที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มากกว่าที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร ส่วนอนุภาคทรายแป้ง มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 14-21 โดยที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีค่ามากกว่าที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร ในสายต้นที่ 3, 5 และ 18 ส่วนสายต้นที่ 19 กลับมีอนุภาคทรายแป้งที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร น้อยกว่าที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร และอนุภาคดินเหนียว มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 7-10 โดยที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีค่าน้อยกว่าที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร ขณะที่เนื้อดินของสายต้นที่ 3 และ 5 มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam) ในทั้ง 2 ระดับความลึก ส่วนสายต้นที่ 18 และ 19 ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีเนื้อดินเป็นดินทรายร่วน (loamy sand) แต่ที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam) โดยในแต่ละระดับความลึก อนุภาคทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 39)

7.1.3 สวนปาลาตกระหิง

1) ความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density)

ความหนาแน่นรวมของดินในแปลงปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้น พบว่า ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร สายต้นที่ 18 มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 5, 19 และสายต้นที่ 3 มีค่าน้อยที่สุด โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งสายต้นที่ 3 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 18 ส่วนสายต้นที่ 5 และ 19 ไม่มีความแตกต่างกับสายต้นอื่นๆ และที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร สายต้นที่ 3 และ 5 มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 18 และสายต้นที่ 19 มีค่าน้อยที่สุด โดยมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 40)

2) ความหนาแน่นอนุภาค (particle density)

ความหนาแน่นอนุภาคของดินในแปลงปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้น ในดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร พบว่า สายต้นที่ 19 มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 5, 18 และสายต้นที่ 3 มีค่าน้อยที่สุด ขณะที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร พบว่า สายต้นที่ 3 มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 19, 5 และสายต้นที่ 18 มีค่าน้อยที่สุด โดยในแต่ละระดับความลึกมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 40)

3) ความพรุน (porosity)

ความพรุนของดินในแปลงปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้นที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีค่ามากกว่าที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร โดยดินในแปลงปลูกไม้สกุลอะเคเซียที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร พบว่า สายต้นที่ 19 มีค่าความพรุนสูงที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 3, 5 และสายต้นที่ 18 มีค่าความพรุนต่ำที่สุด ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร พบว่า สายต้นที่ 19 มีค่าความพรุนสูงที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 3, 18 และสายต้นที่ 5 มีค่าความพรุนต่ำที่สุด โดยในแต่ละระดับความลึกมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 40)

ตารางที่ 39 สมบัติทางกายภาพของดินที่ปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเชีย ในพื้นที่สวนป่ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น

Soil Depth (cm)	Clone No.	Bulk Density (g/cm ³)	Particle Density (g/cm ³)	Porosity (%)	% Particle Percentage			Texture
					Sand	Silt	Clay	
0-15	3	1.64±0.11	2.66±0.06	38.36±4.80	71±0.82	21±3.46	8±2.71	Sandy loam
	5	1.59±0.11	2.60±0.10	38.81±5.89	72±9.48	20±7.77	8±2.20	Sandy loam
	18	1.64±0.04	2.65±0.11	37.80±3.30	78±8.45	15±7.68	7±1.88	Loamy sand
	19	1.60±0.08	2.66±0.05	39.99±3.07	78±2.62	16±1.03	6±2.50	Loamy sand
	%CV	5.11	3.08	10.42	8.82	32.54	28.99	
	F-value	0.63 ^{ns}	0.49 ^{ns}	0.23 ^{ns}	1.57 ^{ns}	1.17 ^{ns}	0.55 ^{ns}	
15-30	3	1.75±0.11	2.66±0.03	34.18±4.19	76±10.07	14±3.79	10±6.44	Sandy loam
	5	1.73±0.09	2.57±0.09	32.75±4.69	70±8.13	20±4.39	10±4.28	Sandy loam
	18	1.74±0.08	2.55±0.07	31.79±4.70	76±7.73	14±6.49	10±1.82	Sandy loam
	19	1.69±0.08	2.62±0.06	35.58±3.45	73±2.56	17±2.13	10±2.99	Sandy loam
	%CV	4.89	2.79	12.25	9.95	29.31	37.09	
	F-value	0.31 ^{ns}	2.56 ^{ns}	0.60 ^{ns}	1.01 ^{ns}	2.19 ^{ns}	0.00 ^{ns}	

หมายเหตุ : %CV = สัมประสิทธิ์ของความผันแปร
 อักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยวิธี DMRT
 ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$)
 * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
^{ns} แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

4) การกระจายอนุภาคและเนื้อดิน (soil particle distribution and soil texture)

เนื้อดินในพื้นที่ทำการศึกษากันไปในทิศทางเดียวกัน คือ มีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) ซึ่งอนุภาคทราย (sand) มีปริมาณมากกว่าร้อยละ 56 อนุภาคทรายแป้ง (silt) ไม่เกินร้อยละ 18 และอนุภาคดินเหนียว (clay) ไม่เกินร้อยละ 29 โดยในแต่ละระดับความลึก อนุภาคทรายและทรายแป้งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนอนุภาคดินเหนียวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร สายต้นที่ 3 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 5 และ 18 ส่วนสายต้นที่ 19 ไม่มีความแตกต่างกับสายต้นอื่นๆ ในขณะที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร สายต้นที่ 5 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 3, 18 และ 19 (ตารางที่ 40)

7.1.4 สวนป่าดอนแสลบ-เลาขวัญ

1) ความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density)

ความหนาแน่นรวมของดินในแปลงปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้น พบว่า ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีค่าน้อยกว่าที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร ซึ่งมีค่าระหว่าง 1.57-1.65 และ 1.63-1.68 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร สายต้นที่ 18 มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 5, 3 และสายต้นที่ 19 มีค่าน้อยที่สุด และที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร สายต้นที่ 18 มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 3, 19 และสายต้นที่ 5 มีค่าน้อยที่สุด โดยในแต่ละระดับความลึกมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 41)

2) ความหนาแน่นอนุภาค (particle density)

ความหนาแน่นอนุภาคของดินในแปลงปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้น ในแต่ละระดับความลึกมีค่าใกล้เคียงกัน โดยที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีค่าอยู่ระหว่าง 2.66-2.73 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ระหว่าง 2.66-2.74 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร พบว่า สายต้นที่ 19 มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 18, 5 และสายต้นที่ 3 มีค่าน้อยที่สุด ขณะที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร พบว่า สายต้นที่ 18 มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 3, 19 และสายต้นที่ 5 มีค่าน้อยที่สุด โดยในแต่ละระดับความลึกมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 41)

3) ความพรุน (porosity)

ความพรุนของดินในแปลงปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้น ในแต่ละระดับความลึกมีค่าใกล้เคียงกัน โดยที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีค่ามากกว่าที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตรเล็กน้อย ซึ่งดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร สายต้นที่ 19 มีค่าความพรุนสูงที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 3, 5 และสายต้นที่ 18 มีค่าความพรุนต่ำที่สุด ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร พบว่า สายต้นที่ 19 มีค่าความพรุนสูงที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 3, 18 และสายต้นที่ 5 มีค่าความพรุนต่ำที่สุด โดยในแต่ละระดับความลึกมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 41)

ตารางที่ 40 สมบัติทางกายภาพของดินที่ปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเชีย ในพื้นที่สวนป่าลาดกระทิง จังหวัดฉะเชิงเทรา

Soil Depth (cm)	Clone	Bulk Density (g/cm ³)	Particle Density (g/cm ³)	Porosity (%)	% Particle Percentage			Texture
					Sand	Silt	Clay	
0-15	3	1.30±0.05 ^c	2.53±0.09	48.69±3.36	58±1.96	15±0.39	27±1.95 ^a	Sandy clay loam
	5	1.41±0.04 ^{ab}	2.57±0.09	44.93±2.41	60±1.24	17±2.52	23±2.81 ^b	Sandy clay loam
	18	1.43±0.03 ^a	2.57±0.08	44.22±0.77	58±2.99	18±1.76	24±1.95 ^b	Sandy clay loam
	19	1.32±0.10 ^{bc}	2.58±0.11	48.88±5.26	59±1.63	16±1.05	25±2.18 ^{ab}	Sandy clay loam
	%CV	5.91	3.28	7.98	3.57	11.02	10.76	
	F-value	4.66*	0.24 ^{ns}	2.08 ^{ns}	2.00 ^{ns}	2.51 ^{ns}	5.90*	
15-30	3	1.58±0.12	2.63±0.10	40.03±6.64	58±2.44	13±1.02	29±2.10 ^a	Sandy clay loam
	5	1.58±0.04	2.59±0.08	38.75±3.03	59±1.42	16±1.08	25±2.49 ^b	Sandy clay loam
	18	1.53±0.09	2.56±0.07	39.96±5.37	56±0.62	16±1.34	28±1.22 ^a	Sandy clay loam
	19	1.51±0.03	2.61±0.10	42.08±2.93	57±2.35	15±3.06	28±3.22 ^a	Sandy clay loam
	%CV	5.03	3.31	11.03	3.65	13.54	9.10	
	F-value	0.52 ^{ns}	0.74 ^{ns}	0.33 ^{ns}	3.22 ^{ns}	2.52 ^{ns}	5.59*	

หมายเหตุ : %CV = สัมประสิทธิ์ของความผันแปร
 อักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยวิธี DMRT
 ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$)
 * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
^{ns} แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

4) การกระจายอนุภาคและเนื้อดิน (soil particle distribution and soil texture)

การกระจายอนุภาคและเนื้อดินในแปลงปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้น พบว่า อนุภาคทราย มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 84-91 โดยที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร และที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร ของสายต้นที่ 3 และ 5 มีอนุภาคทรายเท่ากัน คือ ร้อยละ 90 และ 84 ตามลำดับ ส่วนสายต้นที่ 18 และ 19 มีค่าอนุภาคทรายอยู่ระหว่างร้อยละ 88-89 และ 89-91 ตามลำดับ ขณะที่อนุภาคทรายแป้ง มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 3-7 โดยที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร และที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร ของสายต้นที่ 3, 5 และ 18 มีอนุภาคทรายแป้งใกล้เคียงกันมาก อยู่ระหว่างร้อยละ 6-7 ส่วนสายต้นที่ 19 มีค่าอนุภาคทรายแป้งทั้ง 2 ระดับความลึกอยู่ระหว่างร้อยละ 3-4 และอนุภาคดินเหนียว มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 4-10 โดยที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร และที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร ของสายต้นที่ 3 และ 5 มีอนุภาคดินเหนียวเท่ากัน คือ ร้อยละ 4 และ 10 ตามลำดับ ส่วนสายต้นที่ 18 และ 19 มีค่าอนุภาคดินเหนียวอยู่ระหว่างร้อยละ 4-5 และ 6-7 ตามลำดับ ขณะที่เนื้อดินของทั้ง 2 ระดับความลึกในสายต้นที่ 3, 18 และ 19 มีเนื้อดินเป็นดินทราย (sand) ส่วนเนื้อดินของสายต้นที่ 5 มีเนื้อดินเป็นดินทรายร่วน (loamy sand) โดยอนุภาคทรายในแต่ละระดับความลึกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ซึ่งสายต้นที่ 5 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 3, 18 และ 19 ส่วนอนุภาคทรายแป้งในดินระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ซึ่งสายต้นที่ 19 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 3, 5 และ 18 ส่วนระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และอนุภาคดินเหนียวมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ทั้งสองระดับความลึก โดยที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร สายต้นที่ 3, 5 และ 19 มีความแตกต่างกัน ขณะที่สายต้นที่ 18 ไม่มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 3 และ 19 ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร สายต้นที่ 3 และ 18 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 5 และแตกต่างกับสายต้นที่ 19 (ตารางที่ 41)

ตารางที่ 41 สมบัติทางกายภาพของดินที่ปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเชีย ในพื้นที่สวนป่าดอนแสลบ-เลาขวัญ จังหวัดกาญจนบุรี

Soil Depth (cm)	Clone No.	Bulk Density (g/cm ³)	Particle Density (g/cm ³)	Porosity (%)	% Particle Percentage			Texture
					Sand	Silt	Clay	
0-15	3	1.58±0.08	2.66±0.13	40.62±0.91	90±2.63 ^a	6±1.53 ^a	4±1.30 ^c	Sand
	5	1.63±0.09	2.69±0.03	39.27±3.54	84±1.48 ^b	6±0.71 ^a	10±1.43 ^a	Loamy sand
	18	1.65±0.09	2.71±0.10	38.61±5.61	88±1.69 ^a	7±1.09 ^a	5±0.71 ^{bc}	Sand
	19	1.57±0.12	2.73±0.09	42.56±5.75	91±0.82 ^a	3±0.85 ^b	6±0.63 ^b	Sand
	%CV	5.79	3.29	10.54	3.66	31.84	43.24	
	F-value	0.91 ^{ns}	0.50 ^{ns}	0.65 ^{ns}	10.83**	8.44**	22.17**	
15-30	3	1.67±0.04	2.73±0.06	38.78±2.38	90±1.16 ^a	6±1.10	4±0.88 ^c	Sand
	5	1.63±0.10	2.66±0.05	38.55±4.22	84±2.60 ^b	6±1.49	10±2.53 ^a	Loamy sand
	18	1.68±0.09	2.74±0.06	38.56±3.58	89±1.36 ^a	7±1.13	4±0.25 ^c	Sand
	19	1.64±0.10	2.69±0.06	39.12±3.28	89±1.11 ^a	4±0.95	7±0.48 ^b	Sand
	%CV	4.84	2.30	7.95	3.49	24.85	47.29	
	F-value	0.24 ^{ns}	2.81 ^{ns}	0.02 ^{ns}	10.53**	3.76 ^{ns}	17.55**	

หมายเหตุ : %CV = สัมประสิทธิ์ของความผันแปร
 อักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยวิธี DMRT
 ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$)
 * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
^{ns} แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

7.1.5 ส่วนป่าของบริษัท สโตร์ เอ็นโซ (ประเทศไทย) จำกัด

1) ความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density)

ความหนาแน่นรวมของดินในแปลงปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้น พบว่า ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีค่าน้อยกว่าที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร ซึ่งมีค่าระหว่าง 1.40-1.49 และ 1.63-1.69 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ โดยที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร สายต้นที่ 19 มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 5 และ 18 ส่วนสายต้นที่ 3 มีค่าน้อยที่สุด และที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร สายต้นที่ 19 มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 3 ขณะที่สายต้นที่ 5 และ 18 มีค่าน้อยที่สุด โดยในแต่ละระดับความลึกมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 42)

2) ความหนาแน่นอนุภาค (particle density)

ความหนาแน่นอนุภาคของดินในแปลงปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้น ในแต่ละระดับความลึกมีค่าใกล้เคียงกัน โดยที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร และที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ระหว่าง 2.52-2.56 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร สายต้นที่ 3 มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 19, 5 และสายต้นที่ 18 มีค่าน้อยที่สุด ขณะที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร พบว่า สายต้นที่ 3 มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 19, 18 และสายต้นที่ 5 มีค่าน้อยที่สุด โดยในแต่ละระดับความลึกมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 42)

3) ความพรุน (porosity)

ความพรุนของดินในแปลงปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้น ในแต่ละระดับความลึกมีค่าใกล้เคียงกัน โดยที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีค่ามากกว่าที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตรเล็กน้อย ซึ่งดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร สายต้นที่ 3 มีค่าความพรุนสูงที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 5 และ 18 ส่วนสายต้นที่ 19 มีค่าความพรุนต่ำที่สุด ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร สายต้นที่ 3 มีค่าความพรุนสูงที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 18, 5 และสายต้นที่ 19 มีค่าความพรุนต่ำที่สุด โดยในแต่ละระดับความลึกมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 42)

ตารางที่ 42 สมบัติทางกายภาพของดินที่ปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเชีย ในพื้นที่สวนป่าของบริษัท สโตร่า เอ็นโซ่ (ประเทศไทย) จำกัด จังหวัดสระแก้ว

Soil Depth (cm)	Clone No.	Bulk Density (g/cm ³)	Particle Density (g/cm ³)	Porosity (%)	% Particle Percentage			Texture
					Sand	Silt	Clay	
0-15	3	1.40±0.07	2.56±0.02	45.48±2.70	83±1.70 ^a	6±0.84 ^b	11±1.25	Loamy sand
	5	1.43±0.06	2.53±0.05	43.33±1.74	76±2.91 ^b	13±3.22 ^a	11±0.93	Sandy loam
	18	1.43±0.16	2.52±0.08	43.33±4.67	77±3.44 ^b	11±1.18 ^a	12±2.25	Sandy loam
	19	1.49±0.10	2.55±0.03	41.86±3.93	80±2.62 ^{ab}	9±2.12 ^a	11±0.61	Sandy loam
	%CV	6.91	1.90	7.72	4.85	31.86	13.41	
	F-value	0.49 ^{ns}	0.75 ^{ns}	0.76 ^{ns}	4.87*	6.68*	1.28 ^{ns}	
15-30	3	1.65±0.07	2.56±0.02	35.82±2.15	81±1.75	8±2.44	11±1.93	Loamy sand
	5	1.63±0.01	2.52±0.01	35.34±0.50	77±0.79	9±1.84	14±1.34	Sandy loam
	18	1.63±0.05	2.54±0.06	35.63±1.58	76±2.61	10±1.23	14±1.69	Sandy loam
	19	1.69±0.09	2.55±0.06	34.07±3.71	78±3.63	8±1.63	14±2.74	Sandy loam
	%CV	3.61	1.37	6.17	3.64	22.21	15.52	
	F-value	0.58 ^{ns}	0.86 ^{ns}	0.38 ^{ns}	2.34 ^{ns}	1.27 ^{ns}	1.13 ^{ns}	

หมายเหตุ : %CV = สัมประสิทธิ์ของความผันแปร
 อักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) โดยวิธี DMRT
 ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.01)
 * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)
^{ns} แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

4) การกระจายอนุภาคและเนื้อดิน (soil particle distribution and soil texture)

การกระจายอนุภาคและเนื้อดินในแปลงปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้น พบว่า อนุภาคทราย มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 76-83 โดยที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร สายต้นที่ 3 มีอนุภาคทรายมากที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 19, 18 และสายต้นที่ 5 มีอนุภาคทรายน้อยที่สุด ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร สายต้นที่ 3 มีอนุภาคทรายมากที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 19, 5 และสายต้นที่ 18 มีอนุภาคทรายน้อยที่สุด โดยที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งสายต้นที่ 5 และ 19 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 3 ในขณะที่สายต้นที่ 19 ไม่มีความแตกต่างกับสายต้นอื่นๆ ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ขณะที่อนุภาคทรายแป้ง มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 6-13 โดยที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร สายต้นที่ 5 มีอนุภาคทรายแป้งมากที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 18, 19 และสายต้นที่ 3 มีอนุภาคทรายแป้งน้อยที่สุด ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร สายต้นที่ 18 มีอนุภาคทรายแป้งมากที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 5 ขณะที่สายต้นที่ 3 และ 19 มีอนุภาคทรายแป้งน้อยที่สุด โดยที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งสายต้นที่ 5 และ 18 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 3 และ 19 ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในขณะที่อนุภาคดินเหนียว มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 11-14 โดยที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร สายต้นที่ 18 มีอนุภาคดินเหนียวมากที่สุด ส่วนสายต้นที่ 3, 5 และ 19 มีอนุภาคดินเหนียวน้อยที่สุด ขณะที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร สายต้นที่ 5, 18 และ 19 มีอนุภาคดินเหนียวมากที่สุด และสายต้นที่ 3 มีอนุภาคดินเหนียวน้อยที่สุด โดยในแต่ละระดับความลึกอนุภาคดินเหนียวมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 42)

จากการศึกษาสมบัติทางด้านกายภาพของดินในแปลงปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้น จำนวน 5 พื้นที่ พบว่า ในแต่ละพื้นที่ที่มีสมบัติทางด้านกายภาพของดินที่ไม่แตกต่างกันมากนัก โดยความหนาแน่นรวมในแต่ละระดับชั้นความลึกมีค่าใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เนื่องมาจากการจัดเรียงตัวของโครงสร้างในแต่ละชั้น ลักษณะเนื้อดิน และปริมาณอินทรีย์วัตถุที่คล้ายคลึงกัน (Hassett and Wayne, 1992) นั่นเอง นอกจากนี้ความหนาแน่นอนุภาคของดินทั้งสองระดับความลึกก็มีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากความหนาแน่นอนุภาคเป็นสมบัติที่เปลี่ยนแปลงได้ยากและขึ้นอยู่กับส่วนที่เป็นของแข็งในดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2549) ดังนั้นจึงทำให้ดินมีความหนาแน่นอนุภาคค่อนข้างคงที่ ไม่ค่อยเปลี่ยนแปลง และที่สำคัญคือ ดินชั้นบนส่วนใหญ่ในเกือบทุกพื้นที่ที่ศึกษามีความพรุนมากกว่าดินชั้นล่าง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ อุทัย (2533) ที่กล่าวไว้ว่า ความพรุนของดินเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นอยู่กับปริมาณการสะสมอินทรีย์วัตถุในดิน และความแตกต่างของร้อยละอนุภาคทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว นอกจากนี้ สราญ (2506) ยังได้กล่าวไว้ว่า การที่ดินบนมีปริมาณช่องว่างมากกว่าดินล่างเป็นเพราะดินบนมีอินทรีย์วัตถุมากจึงทำให้ดินโปร่ง แต่อย่างไรก็ตามการที่ความพรุนที่พบในแต่ละระดับความลึกมีค่าใกล้เคียงกันนั้น เนื่องจากชนิดพืชในแต่ละแปลงปลูกนั้นต่างก็เป็นพืชใบเลี้ยงคู่ ซึ่งมีระบบรากแก้วที่ยังลึกลงไปดินและมีรากแขนงมากมายทำให้เกิดรอยแยกและรูพรุน (โสฬส, 2546) ที่ใกล้เคียงกัน

ซึ่งผลจากการปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเซียทั้ง 4 สายต้น ในพื้นที่เสื่อมโทรมโดยเฉพาะพื้นที่ดินทรายเมื่อเวลาผ่านไป 3 ปีนั้น ส่งผลให้สมบัติทางด้านกายภาพของดินดีขึ้น สังเกตได้จากความหนาแน่นรวมและความพรุนของดินที่ดีขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการซบซึ้งของรากและปริมาณอินทรีย์วัตถุที่เพิ่มมากขึ้นจากการทิ้งใบของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซียนั่นเอง

6.2 สมบัติทางด้านเคมีของดิน

จากผลการศึกษาสมบัติทางด้านเคมีของดินในแปลงปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเชียสายต้นต่างๆ ที่ทำการศึกษาในพื้นที่ต่างกัน ได้ผลการศึกษาดังรายละเอียดต่อไปนี้

6.2.1 ศูนย์วนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร

1) พีเอช (pH)

ในดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีค่าพีเอชน้อยกว่าที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร โดยที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 5.09-5.51 ซึ่งสายต้นที่ 3 มีค่าพีเอชสูงที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 5, 19 และสายต้นที่ 18 มีค่าต่ำที่สุด ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 5.31-5.74 โดยสายต้นที่ 3 มีค่าพีเอชสูงที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 19, 5 และสายต้นที่ 18 มีค่าต่ำที่สุด (ตารางที่ 43) จัดว่าดินเป็นกรดแก่ถึงกรดปานกลาง โดยดินในแต่ละระดับความลึกมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

2) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (organic matter; OM)

ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินในพื้นที่ทำการศึกษาในแปลงปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเชีย ทั้ง 4 สายต้น มีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึกภายในหน้าตัดดิน โดยที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร พบว่า สายต้นที่ 3 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 5, 19 และสายต้นที่ 18 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำที่สุด เท่ากับร้อยละ 4.38, 2.45, 2.38 และ 1.81 ตามลำดับ จัดว่ามีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับสูงถึงปานกลาง ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร พบว่า สายต้นที่ 3 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 19, 5 และสายต้นที่ 18 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำที่สุด เท่ากับร้อยละ 3.78, 2.47, 1.46 และ 1.32 ตามลำดับ (ตารางที่ 43) จัดว่ามีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับสูงถึงค่อนข้างต่ำ โดยดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งสายต้นที่ 3 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 5, 18 และ 19 ในขณะที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

3) ไนโตรเจนรวม (total N; N)

ปริมาณไนโตรเจนรวมในดินในแปลงปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเชีย ทั้ง 4 สายต้น มีค่าใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 1.04-1.13 กรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งในดินระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีปริมาณมากกว่าในดินระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร ที่มีปริมาณไนโตรเจนรวมระหว่าง 0.65-0.66 กรัมต่อกิโลกรัม โดยที่ดินระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร พบว่า สายต้นที่ 3 และ 19 มีปริมาณไนโตรเจนรวมมากที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 5 และ 18 มีปริมาณไนโตรเจนรวมน้อยที่สุด คือ 1.13, 1.09 และ 1.04 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จัดว่ามีปริมาณไนโตรเจนรวมอยู่ในระดับปานกลาง สำหรับดินที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร พบว่า สายต้นที่ 5 มีปริมาณไนโตรเจนรวมมากที่สุด และน้อยที่สุดในสายต้นที่ 3, 18 และสายต้นที่ 19 มีปริมาณเท่ากับ 0.66 และ 0.65 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 43) จัดว่ามีปริมาณไนโตรเจนรวมอยู่ในระดับต่ำ โดยดินในแต่ละระดับความลึกมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 43 สมบัติทางเคมีของดินที่ปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเชีย ในพื้นที่ศูนย์วนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร จังหวัดกำแพงเพชร

Soil Depth (cm)	Clone No.	pH	OM (%)	N (g/kg)	P (mg/kg)	Exchangeable Cations (mg/kg)		
						K	Ca	Mg
0-15	3	5.51±0.39	4.38±1.27 ^a	1.13±0.66	5.02±3.38	58.89±37.36	848.00±247.73	83.12±45.02
	5	5.20±0.08	2.45±0.58 ^b	1.09±0.30	4.77±3.82	55.43±20.43	841.40±111.52	103.17±16.78
	18	5.09±0.16	1.81±0.36 ^b	1.04±0.14	2.22±0.51	53.99±8.64	678.78±225.55	81.52±27.90
	19	5.15±0.18	2.38±0.66 ^b	1.13±0.13	9.05±12.33	46.53±11.79	694.43±242.52	85.08±17.68
	%CV	5.09	44.63	30.73	123.14	38.48	27.21	31.27
	F-value	2.70 ^{ns}	6.84*	0.05 ^{ns}	0.78 ^{ns}	0.31 ^{ns}	0.76 ^{ns}	0.93 ^{ns}
15-30	3	5.74±0.31	3.78±2.62	0.65±0.54	2.00±0.94	35.75±22.10	634.93±228.79	47.73±27.07
	5	5.41±0.02	1.46±0.50	0.66±0.15	1.65±0.48	48.84±21.97	632.23±184.03	81.72±27.64
	18	5.31±0.16	1.32±0.32	0.65±0.07	1.26±0.28	38.72±7.76	494.48±204.77	64.28±43.66
	19	5.48±0.28	2.47±1.50	0.65±0.00	4.18±5.55	31.18±16.64	578.20±248.92	68.19±17.13
	%CV	4.72	75.86	38.68	122.55	45.33	34.82	45.72
	F-value	2.14 ^{ns}	3.15 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.85 ^{ns}	1.30 ^{ns}	0.51 ^{ns}	1.40 ^{ns}

หมายเหตุ : %CV = สัมประสิทธิ์ของความผันแปร
 อักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยวิธี DMRT
 ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$)
 * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
^{ns} แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

4) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P; P)

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในแปลงปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้น โดยที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร และที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร พบว่า สายต้นที่ 19 มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 3, 5 และสายต้นที่ 18 มีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำที่สุด ซึ่งที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีปริมาณฟอสฟอรัสระหว่าง 2.22-9.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีปริมาณฟอสฟอรัสระหว่าง 1.26-4.18 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 43) จัดว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมากถึงค่อนข้างต่ำทั้ง 2 ระดับความลึก โดยดินในแต่ละระดับความลึกมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

5) โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K, Ca and Mg; K, Ca, Mg)

ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ส่วนมากมีปริมาณมากกว่าที่ดินระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร ขณะที่ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีทิศทางการเปลี่ยนแปลงที่ไม่แน่นอน ส่วนปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีปริมาณน้อยกว่าดินที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร โดยปริมาณสารอาหารทั้งสามเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน และปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมีมากที่สุด รองลงมาคือ แมกนีเซียม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ตามลำดับ ซึ่งปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีค่าระหว่าง 46.53-58.89, 678.78-848.00 และ 81.52-103.17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ทั้งนี้ปริมาณโพแทสเซียมมีมากที่สุดสายต้นที่ 3 และน้อยที่สุดในสายต้นที่ 19 ขณะที่ปริมาณแคลเซียมมีมากที่สุดสายต้นที่ 3 และน้อยที่สุดในสายต้นที่ 18 ส่วนปริมาณแมกนีเซียมมีมากที่สุดสายต้นที่ 5 และน้อยที่สุดในสายต้นที่ 18

สำหรับปริมาณสารอาหารทั้งสามในดินที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ระหว่าง 31.18-48.84, 494.48-634.93 และ 47.73-81.72 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนใหญ่มีปริมาณน้อยและมากที่สุดเช่นเดียวกันกับที่พบที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร คือ ปริมาณโพแทสเซียมพบมากที่สุดสายต้นที่ 5 และน้อยที่สุดยังพบในสายต้นที่ 19 ส่วนปริมาณแคลเซียมยังพบมากที่สุดสายต้นที่ 3 และน้อยที่สุดพบในสายต้นที่ 18 ขณะที่ปริมาณแมกนีเซียมยังพบมากที่สุดสายต้นที่ 5 แต่น้อยที่สุดในสายต้นที่ 3 (ตารางที่ 43) จัดว่ามีปริมาณสารอาหารทั้งสามอยู่ในระดับต่ำทั้ง 2 ระดับความลึก โดยดินในแต่ละระดับความลึก ปริมาณสารอาหารทั้งสามมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

6.2.2 สวนป้ามัญจาคีรี

1) พีเอช (pH)

ในดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 4.18-4.70 สายต้นที่ 3 มีค่าพีเอชสูงที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 18, 5 และสายต้นที่ 19 มีค่าต่ำที่สุด ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 4.33-4.76 สายต้นที่ 3 มีค่าพีเอชสูงที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 5, 18 และสายต้นที่ 19 มีค่าต่ำที่สุด (ตารางที่ 44) จัดว่าดินเป็นกรดจัดมากถึงกรดจัด โดยดินในแต่ละระดับความลึกมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 44 สมบัติทางเคมีของดินที่ปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเชีย ในพื้นที่สวนป่ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น

Soil Depth (cm)	Clone No.	pH	OM (%)	N (g/kg)	P (mg/kg)	Exchangeable Cations (mg/kg)		
						K	Ca	Mg
0-15	3	4.70±0.45	0.86±0.44	0.31±0.05	3.25±1.03	15.85±3.30	117.04±26.38	32.70±13.98
	5	4.40±0.30	0.82±0.13	0.34±0.09	3.83±1.51	14.91±1.21	165.73±122.59	41.15±27.49
	18	4.49±0.33	0.69±0.36	0.38±0.05	3.72±1.30	14.00±5.44	136.91±51.40	29.77±7.70
	19	4.18±0.08	0.57±0.22	0.33±0.09	3.17±1.45	13.73±1.73	106.39±27.21	30.57±10.88
	%CV	7.76	41.29	20.60	35.24	21.32	50.24	46.90
	F-value	1.74 ^{ns}	0.79 ^{ns}	0.91 ^{ns}	0.34 ^{ns}	0.38 ^{ns}	0.58 ^{ns}	0.55 ^{ns}
15-30	3	4.76±0.40	0.51±0.12	0.23±0.06	1.71±0.69	12.46±1.80	99.84±9.92	45.83±44.94
	5	4.73±0.49	0.88±0.25	0.26±0.05	2.36±0.65	11.22±0.79	189.63±113.08	54.66±58.99
	18	4.66±0.31	0.42±0.11	0.30±0.08	1.79±0.18	10.30±4.05	138.48±92.58	39.81±3.01
	19	4.33±0.09	0.86±0.64	0.31±0.08	2.31±0.87	9.98±1.63	146.75±83.68	42.03±18.18
	%CV	7.84	56.80	25.71	31.97	21.50	57.30	76.06
	F-value	1.11 ^{ns}	1.92 ^{ns}	1.29 ^{ns}	1.24 ^{ns}	1.10 ^{ns}	0.66 ^{ns}	0.22 ^{ns}

หมายเหตุ : %CV = สัมประสิทธิ์ของความผันแปร
 อักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยวิธี DMRT
 ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$)
 * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
^{ns} แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

2) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (organic matter; OM)

ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินในพื้นที่ทำการศึกษานี้ในแปลงปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้น มีอยู่ในปริมาณน้อยมาก (น้อยกว่าร้อยละ 1) และมีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึกภายในหน้าตัดดินในสายต้นที่ 3 และ 18 แต่สายต้นที่ 5 และ 19 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินชั้นล่างสูงกว่าดินชั้นผิวดิน โดยที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร พบว่า สายต้นที่ 3 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 5, 18 และสายต้นที่ 19 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำที่สุด เท่ากับร้อยละ 0.86, 0.82, 0.69 และ 0.57 ตามลำดับ จัดว่ามีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับต่ำ ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร พบว่า สายต้นที่ 5 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 19, 3 และสายต้นที่ 18 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำที่สุด เท่ากับร้อยละ 0.88, 0.86, 0.51 และ 0.42 ตามลำดับ (ตารางที่ 44) จัดว่ามีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับต่ำถึงต่ำมาก โดยดินในแต่ละระดับความลึกมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

3) ไนโตรเจนรวม (total N; N)

ปริมาณไนโตรเจนรวมในดินในแปลงปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้น มีค่าใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 0.31-0.33 กรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งในดินระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีปริมาณมากกว่าในดินระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร ที่มีปริมาณไนโตรเจนรวมระหว่าง 0.23-0.31 กรัมต่อกิโลกรัม โดยที่ดินระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร พบว่า สายต้นที่ 18 มีปริมาณไนโตรเจนรวมมากที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 5, 19 และสายต้นที่ 3 มีปริมาณไนโตรเจนรวมน้อยที่สุด คือ 0.38, 0.34, 0.33 และ 0.31 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สำหรับดินที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร พบว่า สายต้นที่ 19 มีปริมาณไนโตรเจนรวมมากที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 18, 5 และสายต้นที่ 3 มีปริมาณไนโตรเจนรวมน้อยที่สุด เท่ากับ 0.31, 0.30, 0.26 และ 0.23 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 44) จัดว่ามีปริมาณไนโตรเจนรวมอยู่ในระดับต่ำมากทั้ง 2 ระดับความลึก โดยดินในแต่ละระดับความลึกมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

4) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P; P)

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในแปลงปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้น ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร พบว่า สายต้นที่ 5 มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 18, 3 และสายต้นที่ 19 มีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำที่สุด เท่ากับ 3.83, 3.72, 3.25 และ 3.17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จัดว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำ สำหรับในดินระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร พบว่า สายต้นที่ 5 มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 19, 18 และสายต้นที่ 3 มีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำที่สุด เท่ากับ 2.36, 2.31, 1.79 และ 1.71 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 44) จัดว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมาก โดยดินในแต่ละระดับความลึกมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

5) โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K, Ca and Mg; K, Ca, Mg)

ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ส่วนมากมีปริมาณมากกว่าดินที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร ขณะที่ปริมาณแคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีทิศทางการเปลี่ยนแปลงที่ไม่แน่นอน และปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมีมากที่สุด โดยปริมาณสารอาหารทั้งสามเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน และปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมีมากที่สุด รองลงมาคือ แมกนีเซียม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ตามลำดับ ซึ่งปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีค่าระหว่าง 13.73-15.85, 106.39-165.73

และ 29.77-41.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ทั้งนี้ปริมาณโพแทสเซียมมีมากที่สุดในสายต้นที่ 3 และน้อยที่สุดในสายต้นที่ 19 ขณะที่ปริมาณแคลเซียมมีมากที่สุดในสายต้นที่ 5 และน้อยที่สุดในสายต้นที่ 19 ส่วนปริมาณแมกนีเซียมมีมากที่สุดในสายต้นที่ 5 และน้อยที่สุดในสายต้นที่ 18

สำหรับปริมาณสารอาหารทั้งสามในดินที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ระหว่าง 9.98-12.46, 99.84-189.63 และ 39.81-54.66 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนใหญ่มีปริมาณน้อยและมากที่สุดเช่นเดียวกันกับที่พบที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร คือ ปริมาณโพแทสเซียมยังพบมากที่สุดที่สุดในสายต้นที่ 3 และน้อยที่สุดในสายต้นที่ 19 ส่วนปริมาณแคลเซียมยังพบมากที่สุดที่สุดในสายต้นที่ 5 แต่น้อยที่สุดพบในสายต้นที่ 3 ขณะที่ปริมาณแมกนีเซียมยังพบมากที่สุดที่สุดในสายต้นที่ 5 และน้อยที่สุดในสายต้นที่ 18 (ตารางที่ 44) จัดว่ามีปริมาณสารอาหารทั้งสามอยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำทั้ง 2 ระดับความลึก โดยดินในแต่ละระดับความลึก ปริมาณสารอาหารทั้งสามมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

6.2.3 สวนปาลาดกระทิง

1) พีเอช (pH)

ในดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร และที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร ในแปลงปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเชีย สายต้นที่ 19 มีค่าพีเอชสูงที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 5, 18 และสายต้นที่ 3 มีค่าพีเอชต่ำที่สุด โดยค่าพีเอชที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีค่าอยู่ระหว่าง 4.13-4.55 ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ระหว่าง 4.23-4.46 (ตารางที่ 45) จัดว่าเป็นกรดจัดมากถึงกรดจัด โดยดินในแต่ละระดับความลึกมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

2) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (organic matter; OM)

ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินในพื้นที่ทำการศึกษานี้แปลงปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเชีย ทั้ง 4 สายต้น ส่วนใหญ่มีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึกภายในหน้าตัดดิน โดยที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร พบว่า สายต้นที่ 18 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 5, 19 และสายต้นที่ 3 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำที่สุด เท่ากับร้อยละ 2.48, 2.32, 2.20 และ 2.17 ตามลำดับ จัดว่ามีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร พบว่า สายต้นที่ 19 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 5, 18 และสายต้นที่ 3 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำที่สุด เท่ากับร้อยละ 1.88, 1.87, 1.48 และ 1.31 ตามลำดับ (ตารางที่ 45) จัดว่ามีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับปานกลางถึงค่อนข้างต่ำ โดยดินในแต่ละระดับความลึกมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 45 สมบัติทางเคมีของดินที่ปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเชีย ในพื้นที่สวนป่าลาดกระทิง จังหวัดฉะเชิงเทรา

Soil Depth (cm)	Clone No.	pH	OM (%)	N (g/kg)	P (mg/kg)	Exchangeable Cations (mg/kg)		
						K	Ca	Mg
0-15	3	4.13±0.32	2.17±0.35	1.80±0.23	3.26±0.80	36.51±16.59	91.80±67.28	26.67±14.77
	5	4.44±0.39	2.32±0.58	2.00±0.23	5.35±3.95	33.11±12.95	146.90±101.29	33.38±14.54
	18	4.28±0.14	2.48±0.33	2.01±0.33	4.63±1.06	35.64±8.61	166.67±131.01	33.97±14.43
	19	4.55±0.25	2.20±0.37	2.26±0.43	6.24±1.69	38.35±7.34	156.86±61.82	37.25±11.26
	%CV	7.05	17.21	16.33	47.35	30.25	63.84	39.58
	F-value	1.22 ^{ns}	0.36 ^{ns}	1.10 ^{ns}	1.28 ^{ns}	0.21 ^{ns}	0.58 ^{ns}	0.43 ^{ns}
15-30	3	4.23±0.29	1.31±0.18	1.64±0.13	4.19±4.96	29.08±16.84	60.45±41.36	18.05±9.37
	5	4.39±0.34	1.87±0.69	1.41±0.11	2.88±1.44	24.32±9.24	141.26±136.04	27.55±19.00
	18	4.38±0.18	1.48±0.18	1.65±0.19	2.51±0.88	27.45±8.20	133.04±93.83	30.52±14.04
	19	4.46±0.14	1.88±0.67	1.65±0.14	4.60±2.34	33.51±23.49	84.07±31.43	21.62±8.85
	%CV	5.49	31.42	10.53	76.77	50.61	81.09	51.42
	F-value	0.70 ^{ns}	2.07 ^{ns}	2.18 ^{ns}	0.40 ^{ns}	0.62 ^{ns}	0.76 ^{ns}	0.64 ^{ns}

หมายเหตุ : %CV = สัมประสิทธิ์ของความผันแปร
 อักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยวิธี DMRT
 ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$)
 * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
^{ns} แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

3) ไนโตรเจนรวม (total N; N)

ปริมาณไนโตรเจนรวมในดินในแปลงปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้น มีค่าระหว่าง 1.80-2.26 กรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งในดินระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีปริมาณมากกว่าในดินระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร ที่มีปริมาณไนโตรเจนรวมระหว่าง 1.41-1.65 กรัมต่อกิโลกรัม โดยที่ดินระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร พบว่า สายต้นที่ 19 มีปริมาณไนโตรเจนรวมมากที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 18, 5 และสายต้นที่ 3 มีปริมาณไนโตรเจนรวมน้อยที่สุด คือ 2.26, 2.01, 2.00 และ 1.80 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จัดว่ามีปริมาณไนโตรเจนรวมอยู่ในระดับสูงมาก สำหรับดินที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร พบว่า สายต้นที่ 19 และ 18 มีปริมาณไนโตรเจนรวมมากที่สุด เท่ากับ 1.65 กรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาคือ สายต้นที่ 3 และ 5 มีปริมาณเท่ากับ 1.64 และ 1.41 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 45) จัดว่ามีปริมาณไนโตรเจนรวมอยู่ในระดับสูง โดยดินในแต่ละระดับความลึกมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

4) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P; P)

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในแปลงปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้น ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร พบว่า สายต้นที่ 19 มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 5, 18 และสายต้นที่ 3 มีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำที่สุด เท่ากับ 6.24, 5.35, 4.63 และ 3.26 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จัดว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำ สำหรับในดินระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร พบว่า สายต้นที่ 19 มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 3, 5 และสายต้นที่ 18 มีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำที่สุด เท่ากับ 4.60, 4.19, 2.88 และ 2.51 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 45) จัดว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำถึงต่ำมาก โดยดินในแต่ละระดับความลึกมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

5) โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K, Ca and Mg; K, Ca, Mg)

ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ส่วนมากมีปริมาณมากกว่าที่ดินระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร โดยปริมาณสารอาหารทั้งสามเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน และปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมีมากที่สุด ซึ่งในแปลงปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้น ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ระหว่าง 33.11-38.35, 91.80-166.67 และ 26.67-37.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ทั้งนี้ปริมาณโพแทสเซียมมีมากที่สุดในสายต้นที่ 19 และน้อยที่สุดในสายต้นที่ 5 ขณะที่ปริมาณแคลเซียมมีมากที่สุดในสายต้นที่ 18 และน้อยที่สุดในสายต้นที่ 3 ส่วนปริมาณแมกนีเซียมมีมากที่สุดในสายต้นที่ 19 และน้อยที่สุดในสายต้นที่ 3

สำหรับปริมาณสารอาหารทั้งสามในดินที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ระหว่าง 24.32-33.51, 60.45-141.26 และ 18.05-30.52 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนใหญ่มีปริมาณน้อยและมากที่สุดเช่นเดียวกันกับที่พบในดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร คือ ปริมาณโพแทสเซียมยังมีมากที่สุดในสายต้นที่ 19 และน้อยที่สุดในสายต้นที่ 5 แต่มีปริมาณแคลเซียมมีมากที่สุดในสายต้นที่ 5 และน้อยที่สุดยังพบในสายต้นที่ 3 ส่วนปริมาณแมกนีเซียมมีมากที่สุดในสายต้นที่ 18 และน้อยที่สุดยังพบในสายต้นที่ 3 (ตารางที่ 45) จัดว่ามีปริมาณสารอาหารทั้งสามอยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำทั้ง 2 ระดับความลึก โดยดินในแต่ละระดับความลึก ปริมาณสารอาหารทั้งสามมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

6.2.4 สวนป่าดอนแสลบ-เลาขวัญ

1) พีเอช (pH)

ในดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร และที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร ในแปลงปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย พบว่า สายต้นที่ 3 มีค่าพีเอชสูงที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 5, 18 และสายต้นที่ 19 มีค่าพีเอชต่ำที่สุด โดยค่าพีเอชที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีค่าอยู่ระหว่าง 5.10-5.82 ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ระหว่าง 5.15-5.87 (ตารางที่ 46) จัดว่าดินเป็นกรดแก่ถึงกรดปานกลาง โดยดินแต่ละระดับความลึกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ซึ่งสายต้นที่ 18 และ 19 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 3 และแตกต่างกับสายต้นที่ 5 เหมือนกันทั้ง 2 ระดับความลึก

2) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (organic matter; OM)

ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินในพื้นที่ทำการศึกษานี้ในแปลงปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้น มีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึกภายในหน้าตัดดิน โดยที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร พบว่า สายต้นที่ 5 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 19, 18 และสายต้นที่ 3 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำที่สุด เท่ากับร้อยละ 1.49, 1.09, 1.03 และ 0.90 ตามลำดับ ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร พบว่า สายต้นที่ 5 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 19, 3 และสายต้นที่ 18 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำที่สุด เท่ากับร้อยละ 1.29, 1.02, 0.77 และ 0.67 ตามลำดับ (ตารางที่ 46) จัดว่ามีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำถึงต่ำทั้ง 2 ระดับความลึก โดยดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งสายต้นที่ 5 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 3, 18 และ 19 ในขณะที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

3) ไนโตรเจนรวม (total N; N)

ปริมาณไนโตรเจนรวมในดินในแปลงปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้น มีค่าใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 0.59-0.96 กรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งในดินระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีปริมาณมากกว่าในดินระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร ที่มีปริมาณไนโตรเจนรวมระหว่าง 0.35-0.60 กรัมต่อกิโลกรัม โดยที่ดินระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร พบว่า สายต้นที่ 3 มีปริมาณไนโตรเจนรวมมากที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 5, 18 และสายต้นที่ 19 มีปริมาณไนโตรเจนรวมน้อยที่สุด คือ 0.96, 0.79, 0.60 และ 0.59 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จัดว่ามีปริมาณไนโตรเจนรวมอยู่ในระดับปานกลางถึงต่ำ สำหรับดินที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร พบว่า สายต้นที่ 5 มีปริมาณไนโตรเจนรวมมากที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 3, 19 และสายต้นที่ 18 มีปริมาณไนโตรเจนรวมน้อยที่สุด คือ 0.60, 0.50, 0.44 และ 0.35 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 46) จัดว่ามีปริมาณไนโตรเจนรวมอยู่ในระดับต่ำถึงต่ำมาก โดยดินในแต่ละระดับความลึกมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 46 สมบัติทางเคมีของดินที่ปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเชีย ในพื้นที่สวนป่าดอนแสลบ-เลาขวัญ จังหวัดกาญจนบุรี

Soil Depth (cm)	Clone No.	pH	OM (%)	N (g/kg)	P (mg/kg)	Exchangeable Cations (mg/kg)		
						K	Ca	Mg
0-15	3	5.82±0.07 ^a	0.90±0.30 ^b	0.96±0.36	36.98±33.34	41.77±17.08 ^a	682.06±463.37	49.34±29.03
	5	5.54±0.29 ^b	1.49±0.23 ^a	0.79±0.11	17.40±9.64	23.93±5.14 ^b	485.73±134.90	36.30±2.96
	18	5.24±0.17 ^c	1.03±0.10 ^b	0.60±0.04	16.13±12.34	22.96±4.71 ^b	299.91±170.74	35.64±7.64
	19	5.10±0.20 ^c	1.09±0.27 ^b	0.59±0.14	20.56±18.84	20.64±6.90 ^b	280.05±196.68	31.55±10.62
	%CV	6.21	27.55	32.58	89.69	45.31	68.04	41.56
	F-value	13.92**	4.58*	2.68 ^{ns}	1.80 ^{ns}	6.00*	2.24 ^{ns}	1.08 ^{ns}
15-30	3	5.87±0.07 ^a	0.77±0.25	0.50±0.11	40.71±28.88	34.12±20.67	473.74±399.34	42.79±28.28
	5	5.59±0.30 ^b	1.29±0.62	0.60±0.16	19.83±12.54	19.70±10.51	423.32±197.90	46.31±13.99
	18	5.33±0.06 ^c	0.67±0.12	0.35±0.08	14.25±11.42	17.75±3.16	169.95±166.57	30.19±3.44
	19	5.15±0.18 ^c	1.02±0.51	0.44±0.12	19.45±18.74	18.14±5.00	207.48±157.98	31.87±10.20
	%CV	5.90	48.38	30.21	85.34	57.06	82.32	43.72
	F-value	17.22**	1.47 ^{ns}	2.45 ^{ns}	1.54 ^{ns}	2.23 ^{ns}	1.61 ^{ns}	0.84 ^{ns}

หมายเหตุ : %CV = สัมประสิทธิ์ของความผันแปร
 อักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยวิธี DMRT
 ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$)
 * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
^{ns} แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

4) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P; P)

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในแปลงปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเชีย ทั้ง 4 สายต้น ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร พบว่า สายต้นที่ 3 มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 19, 5 และสายต้นที่ 18 มีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำที่สุด เท่ากับ 36.98, 20.56, 17.40 และ 16.13 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จัดว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูงถึงค่อนข้างสูง สำหรับในดินระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร พบว่า สายต้นที่ 3 มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 5, 19 และสายต้นที่ 18 มีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำที่สุด เท่ากับ 40.71, 19.83, 19.45 และ 14.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 46) จัดว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูงถึงปานกลาง โดยดินในแต่ละระดับความลึกมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

5) โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K, Ca and Mg; K, Ca, Mg)

ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ส่วนมากมีปริมาณมากกว่าที่ดินระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร ขณะที่ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีทิศทางการเปลี่ยนแปลงที่ไม่แน่นอน และปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมีมากที่สุด รองลงมาคือ แมกนีเซียม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ตามลำดับ ซึ่งปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีค่าระหว่าง 20.64-41.77, 280.05-682.06 และ 31.55-49.34 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ทั้งนี้ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมมีมากที่สุดในสายต้นที่ 3 และน้อยที่สุดในสายต้นที่ 19

สำหรับปริมาณสารอาหารทั้งสามในดินที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ระหว่าง 17.75-34.12, 169.95-473.74 และ 30.19-46.31 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนใหญ่มีปริมาณน้อยและมากที่สุดเช่นเดียวกันกับที่พบที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร คือ ปริมาณโพแทสเซียมพบมากที่สุดในสายต้นที่ 5 และน้อยที่สุดพบในสายต้นที่ 18 ส่วนปริมาณแคลเซียมยังพบมากที่สุดในสายต้นที่ 3 และน้อยที่สุดพบในสายต้นที่ 18 ขณะที่ปริมาณแมกนีเซียมมีมากที่สุดในสายต้นที่ 5 และน้อยที่สุดในสายต้นที่ 18 (ตารางที่ 46) จัดว่ามีปริมาณสารอาหารทั้งสามอยู่ในระดับต่ำถึงต่ำมากทั้ง 2 ระดับความลึก โดยดินในแต่ละระดับความลึก ปริมาณสารอาหารทั้งสามมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ยกเว้น ปริมาณโพแทสเซียมที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งสายต้นที่ 3 แตกต่างกับสายต้นที่ 5, 18 และ 19

6.2.5 ส่วนป่าของบริษัท สโตร์่า เอ็นโซ (ประเทศไทย) จำกัด

1) พีเอช (pH)

ในดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 4.38-4.81 พบว่า สายต้นที่ 18 มีค่าพีเอชสูงที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 5, 19 และสายต้นที่ 3 มีค่าต่ำที่สุด ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 4.34-4.93 พบว่า สายต้นที่ 18 มีค่าพีเอชสูงที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 19, 5 และสายต้นที่ 3 มีค่าต่ำที่สุด (ตารางที่ 47) จัดว่าดินเป็นกรดจัดมากถึงกรดจัด โดยดินในแต่ละระดับความลึกมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 47 สมบัติทางเคมีของดินที่ปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ในพื้นที่สวนป่าของบริษัท สโตร่า เอ็นโซ่ (ประเทศไทย) จำกัด จังหวัดสระแก้ว

Soil Depth (cm)	Clone No.	pH	OM (%)	N (g/kg)	P (mg/kg)	Exchangeable Cations (mg/kg)		
						K	Ca	Mg
0-15	3	4.38±0.10	1.44±0.48	0.86±0.19	4.63±1.12	14.10±2.23	96.14±39.75	29.14±14.43
	5	4.62±0.27	1.23±0.28	0.88±0.12	5.48±1.55	14.98±5.25	141.66±57.63	39.15±6.55
	18	4.81±0.84	1.59±0.73	1.19±0.15	7.19±5.20	14.44±5.60	357.82±458.12	54.09±35.40
	19	4.54±0.09	1.20±0.29	1.18±0.21	4.74±1.50	11.94±3.38	165.48±93.21	35.58±13.56
	%CV	9.38	33.65	21.74	50.38	29.29	123.63	52.34
	F-value	0.53 ^{ns}	0.48 ^{ns}	3.61 ^{ns}	0.56 ^{ns}	0.29 ^{ns}	0.81 ^{ns}	0.83 ^{ns}
15-30	3	4.35±0.10	0.62±0.33	0.54±0.25 ^b	3.12±0.43	7.74±1.21	52.44±23.76	21.59±11.07
	5	4.50±0.24	0.72±0.20	0.79±0.05 ^a	3.46±0.70	7.87±0.86	150.83±83.04	51.58±18.60
	18	4.93±0.75	0.90±0.24	0.93±0.10 ^a	10.59±13.84	8.97±3.43	226.26±237.83	36.58±18.85
	19	4.60±0.14	0.55±0.10	0.98±0.12 ^a	2.45±0.60	6.50±0.74	117.59±73.12	32.08±19.29
	%CV	9.12	35.66	27.16	144.47	24.82	98.24	53.75
	F-value	1.28 ^{ns}	1.48 ^{ns}	7.98**	1.20 ^{ns}	1.02 ^{ns}	1.00 ^{ns}	2.11 ^{ns}

หมายเหตุ : %CV = สัมประสิทธิ์ของความผันแปร
 อักษรที่เหมือนกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยวิธี DMRT
 ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$)
 * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
^{ns} แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

2) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (organic matter; OM)

ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินในพื้นที่ทำการศึกษานี้ในแปลงปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้น มีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึกภายในหน้าตัดดิน โดยที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร พบว่า สายต้นที่ 18 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 3, 5 และสายต้นที่ 19 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำที่สุด เท่ากับร้อยละ 1.59, 1.44, 1.23 และ 1.20 ตามลำดับ จัดว่ามีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับปานกลางถึงค่อนข้างต่ำ ส่วนที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร พบว่า สายต้นที่ 18 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 5, 3 และสายต้นที่ 19 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำที่สุด เท่ากับร้อยละ 0.90, 0.72, 0.62 และ 0.55 ตามลำดับ (ตารางที่ 47) จัดว่ามีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับต่ำ โดยดินในแต่ละระดับความลึกมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

3) ไนโตรเจนรวม (total N; N)

ปริมาณไนโตรเจนรวมในดินในแปลงปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้น มีค่าใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 0.86-1.19 กรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งในดินระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีปริมาณมากกว่าในดินระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร ที่มีปริมาณไนโตรเจนรวมระหว่าง 0.54-0.98 กรัมต่อกิโลกรัม โดยที่ดินระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร พบว่า สายต้นที่ 18 มีปริมาณไนโตรเจนรวมมากที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 19, 5 และสายต้นที่ 3 มีปริมาณไนโตรเจนรวมน้อยที่สุด คือ 1.19, 1.18, 0.88 และ 0.86 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จัดว่ามีปริมาณไนโตรเจนรวมอยู่ในระดับปานกลาง สำหรับดินที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร พบว่า สายต้นที่ 19 มีปริมาณไนโตรเจนรวมมากที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 18, 5 และสายต้นที่ 3 มีปริมาณไนโตรเจนรวมน้อยที่สุด คือ 0.98, 0.93, 0.79 และ 0.54 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 47) จัดว่ามีปริมาณไนโตรเจนรวมอยู่ในระดับปานกลางถึงต่ำ โดยดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในขณะที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) ซึ่งสายต้นที่ 3 มีความแตกต่างกับสายต้นที่ 5, 18 และ 19

4) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P; P)

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในแปลงปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้น ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร พบว่า สายต้นที่ 18 มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 5, 19 และสายต้นที่ 3 มีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำที่สุด เท่ากับ 7.19, 5.48, 4.74 และ 4.63 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จัดว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับค่อนข้างต่ำถึงต่ำ สำหรับในดินระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร พบว่า สายต้นที่ 18 มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงที่สุด รองลงมาคือ สายต้นที่ 5, 3 และสายต้นที่ 19 มีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำที่สุด เท่ากับ 10.59, 3.46, 3.12 และ 2.45 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 47) จัดว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับค่อนข้างต่ำถึงต่ำมาก โดยดินในแต่ละระดับความลึกมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

5) โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K, Ca and Mg; K, Ca, Mg)

ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ส่วนมากมีปริมาณมากกว่าที่ดินระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร ขณะที่ปริมาณแคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีทิศทางการเปลี่ยนแปลงที่ไม่แน่นอน ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมีมากที่สุด รองลงมาคือ แมกนีเซียม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ตามลำดับ ซึ่งปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีค่าระหว่าง 11.94-14.98, 96.14-357.82 และ 29.14-54.58 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ทั้งนี้ปริมาณโพแทสเซียมมีมากที่สุดในสายต้นที่ 5 และน้อย

ที่สุดในสายต้นที่ 19 ขณะที่ปริมาณแคลเซียมมีมากที่สุดสายต้นที่ 18 และน้อยที่สุดในสายต้นที่ 3 ส่วนปริมาณแมกนีเซียมมีมากที่สุดสายต้นที่ 18 และน้อยที่สุดในสายต้นที่ 3

สำหรับปริมาณสารอาหารทั้งสามในดินที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร มีปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ระหว่าง 6.50-8.97, 52.44-226.26 และ 21.59-51.58 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนใหญ่มีปริมาณน้อยและมากที่สุดเช่นเดียวกันกับที่พบที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร คือ ปริมาณโพแทสเซียมพบมากที่สุดสายต้นที่ 18 และน้อยที่สุดยังพบในสายต้นที่ 19 ส่วนมีปริมาณแคลเซียมยังพบมากที่สุดสายต้นที่ 18 และน้อยที่สุดพบในสายต้นที่ 3 ขณะที่ปริมาณแมกนีเซียมพบมากที่สุดสายต้นที่ 5 แต่น้อยที่สุดยังพบในสายต้นที่ 3 (ตารางที่ 47) จัดว่ามีปริมาณสารอาหารทั้งสามอยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำทั้ง 2 ระดับความลึก โดยดินในแต่ละระดับความลึก ปริมาณสารอาหารทั้งสามมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

จากผลการศึกษาสมบัติทางด้านเคมีของดิน พบว่า ดินมีสมบัติเป็นกรดจัดมากจนถึงกรดปานกลาง คือ มีค่าพีเอชตั้งแต่ 4.5-6.0 อีกทั้งค่าที่ได้มีค่าที่ใกล้เคียงกัน ซึ่ง คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2541) กล่าวว่า เมื่อดินเป็นกรดสมบัติทางเคมีและชีวภาพจะถูกเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ไม่เหมาะสมกับการเติบโตของพืชมากกว่า ดังนั้นความเป็นกรดของดินจึงมีอิทธิพลในการควบคุมการเติบโตของพืชในทางอ้อมมากกว่าทางตรง การที่ดินมีสมบัติเป็นกรดนั้น อาจเนื่องมาจากว่าบริเวณผิวดินมีซากพืชที่ร่วงหล่นสะสมอยู่เป็นปริมาณมาก เมื่อซากพืชเหล่านี้ย่อยสลายกลายเป็นอินทรีย์วัตถุ ก็ส่งผลทางอ้อมให้ดินมีสมบัติเป็นกรดได้ แต่อย่างไรก็ตาม ในพื้นที่ศึกษาทั้ง 5 พื้นที่พบปริมาณอินทรีย์วัตถุในปริมาณมาก ซึ่ง คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2544) กล่าวว่า ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณอินทรีย์วัตถุมีอยู่มากมายหลายประการ เช่น ชนิดและปริมาณของพรรณพืชที่ปกคลุมดิน ซึ่งพืชแต่ละชนิดให้ผลผลิตมวลชีวภาพไม่เท่ากัน สภาพภูมิอากาศ โดยที่สภาพอากาศแบบร้อนชื้นจะมีการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุที่รวดเร็วกว่าสภาพอากาศแบบหนาวเย็น และคุณสมบัติต่างๆ ของดิน เช่น เนื้อดิน โครงสร้างดิน ปฏิกริยาของดิน เป็นต้น ซึ่งมีอิทธิพลต่อการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุ ซึ่งผลจากการที่ดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุเพิ่มมากขึ้น ทำให้ดินชั้นบนมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินมากกว่าดินชั้นล่าง ซึ่งสอดคล้องกับ เจษฎา (2544) ที่พบว่า ปริมาณสารอาหารที่กักเก็บในดินชั้นบนจะมากกว่าดินชั้นรองลงมา เนื่องจากดินชั้นบนมีการสลายตัวของซากพืช และเมื่อมีการสลายของซากพืชจึงทำให้ดินที่อยู่ชั้นต่อจากซากพืชมีปริมาณสารอาหารที่มากกว่าดินในชั้นถัดลงไป สคร (2540) ยังพบว่า ปริมาณไนโตรเจนในดินชั้นผิวหน้ามีความแปรผันตามปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน

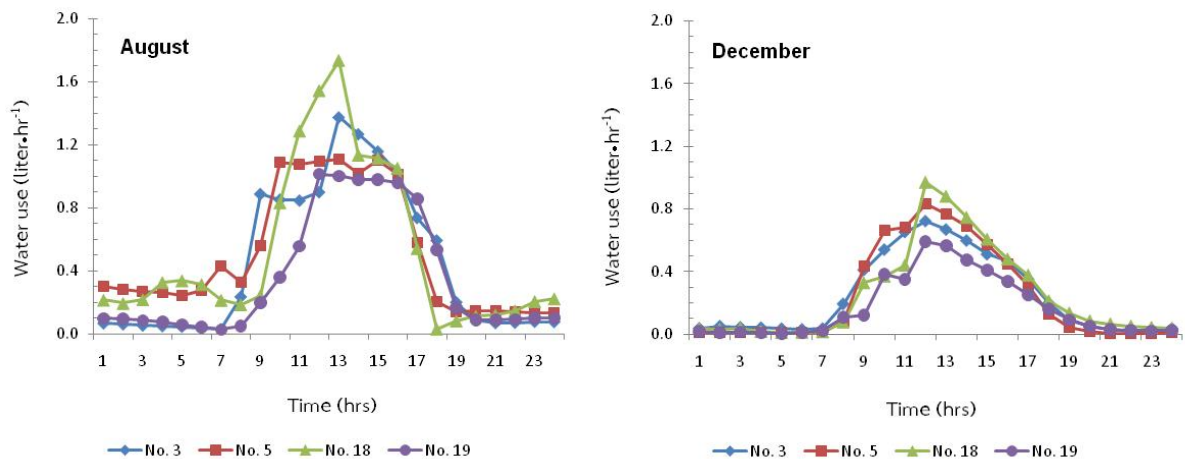
นอกจากนี้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ส่วนใหญ่มีค่าลดลงตามระดับความลึกของดิน ซึ่งโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชจะอยู่ในระดับสูงมากในดินชั้นบนและลดลงตามความลึกของชั้นดิน (FAO Project Staff and Land Classification Division, 1973) อันเป็นผลมาจากอินทรีย์วัตถุในดินที่สะสมในดินชั้นบนมากกว่าดินชั้นล่าง เนื่องจากอินทรีย์วัตถุมีความสามารถในการดูดซับแคตไอออนได้สูงและจะสลายตัวให้โพแทสเซียมบางส่วน (Kheoruenromne *et al.*, 1991) ในกรณีของแคลเซียมนั้น พื้นที่ทั้ง 5 พื้นที่ที่มีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในปริมาณมาก แต่มีความแปรผันในแต่ละพื้นที่ ซึ่งเป็นผลดีต่อการเติบโตของต้นไม้ เนื่องจากต้นไม้มีการดูดแคลเซียมไปใช้ในกระบวนการทางสรีรวิทยา และช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับโครงสร้างของต้นไม้อีกด้วย แต่อย่างไรก็ตาม Rickerk (1971) ได้รายงานว่า แคลเซียมสามารถถูกชะละลายได้ง่ายกว่าโพแทสเซียมและฟอสฟอรัส และปริมาณแคลเซียมในดินบางส่วนถูกจุลินทรีย์ในดินนำไปใช้ การที่แคลเซียมในแต่ละพื้นที่มีค่าต่างกันมากเนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของพื้นที่ที่ศึกษา ซึ่งอาจจะเกิดจากในแต่ละบริเวณมีการสลายตัวของวัตถุต้นกำเนิดดินและการชะละลายในบริเวณนี้ต่างกันนั่นเอง

บทที่ 7

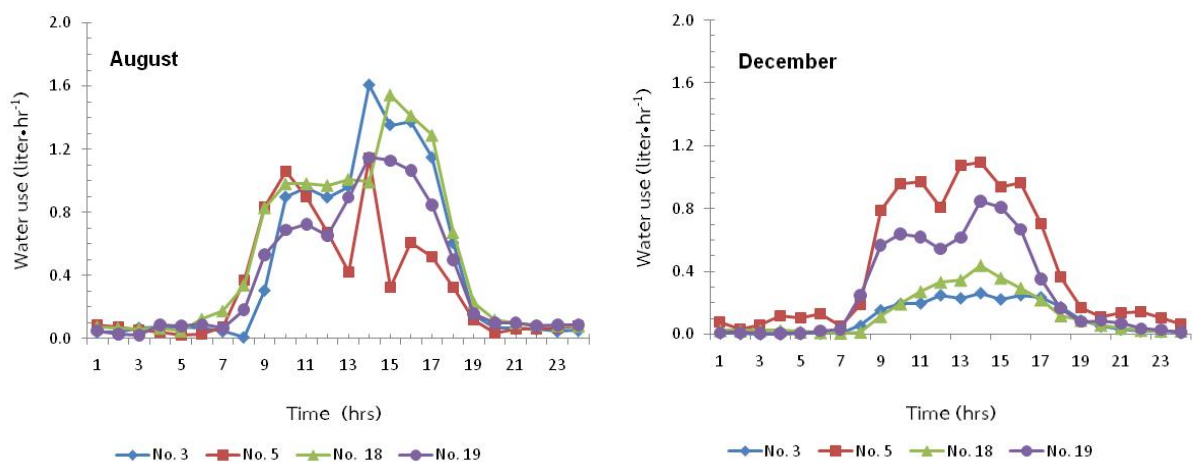
การใช้น้ำและประสิทธิภาพการใช้น้ำของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย

7.1 การใช้น้ำของไม้สกุลอะเคเซียในพื้นที่

จากการศึกษาการใช้น้ำในรอบวันของไม้สกุลอะเคเซีย จำนวน 4 สายต้นที่ปลูกในพื้นที่สวนป่าลาดกระทิง จังหวัดฉะเชิงเทรา และสวนป่าดอนแสลบ-เลาขวัญ จังหวัดกาญจนบุรี พบว่า การใช้น้ำในรอบวันของไม้สกุลอะเคเซียมีรูปแบบที่คล้ายคลึงกับไม้ในเขตร้อนทั่วไป (เจษฎา และคณะ, 2538; คมสัน, 2543; ณัฐวุฒิ, 2548; เจษฎา, 2552) คือ มีการใช้น้ำมากในช่วงเวลากลางวันและค่อนข้างน้อยในช่วงกลางคืน โดยการใช้ของไม้สกุลอะเคเซียจะเพิ่มสูงขึ้นหลังเวลา 7.00 น. และมีอัตราการใช้น้ำสูงสุดในช่วงเวลา 12.00-13.00 น. หลังจากนั้นอัตราการใช้น้ำจะเริ่มลดลง จนถึงเวลาประมาณ 19.00 น. และมีอัตราการใช้น้ำที่ค่อนข้างต่ำและคงที่ตลอดช่วงเวลากลางคืน (ภาพที่ 14 และ 15)

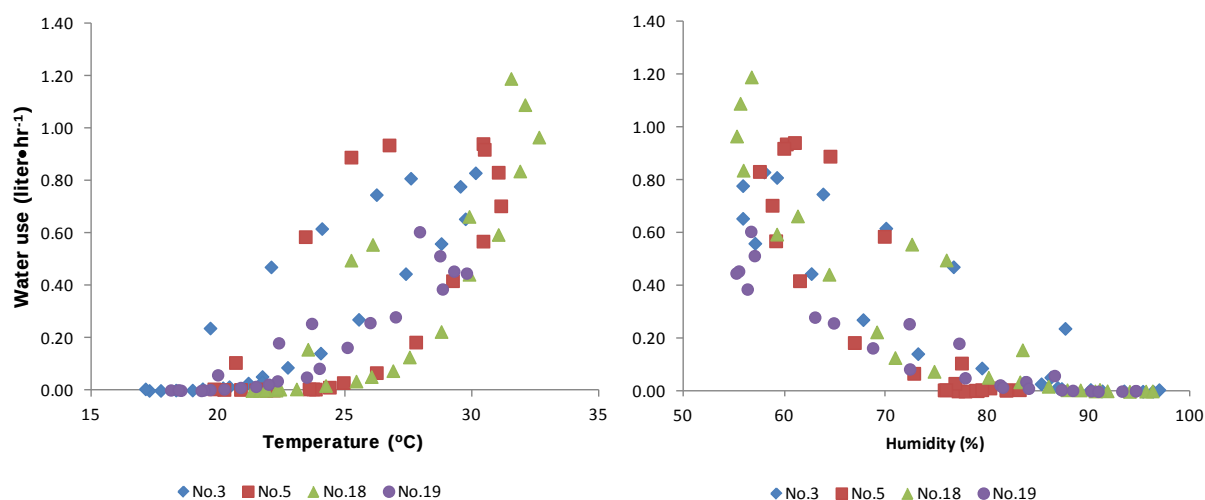


ภาพที่ 14 ความแปรผันของอัตราการใช้น้ำในรอบวันของไม้สกุลอะเคเซีย สายต้นที่ 3, 5, 18 และ 19 ที่สวนป่าลาดกระทิง จังหวัดฉะเชิงเทรา วัดในเดือนสิงหาคม และธันวาคม พ.ศ. 2554



ภาพที่ 15 ความแปรผันของอัตราการใช้น้ำในรอบวันของไม้สกุลอะเคเซีย สายต้นที่ 3, 5, 18 และ 19 ที่สวนป่าเลาขวัญ จังหวัดกาญจนบุรี วัดในเดือนสิงหาคม และธันวาคม พ.ศ. 2554

ความแปรผันของอัตราการใช้น้ำในรอบวันเป็นผลเนื่องมาจากความแปรผันของปัจจัยแวดล้อมในรอบวัน เช่น ความเข้มแสง อุณหภูมิอากาศ ความชื้นอากาศ และความเร็วลม เป็นต้น (นิพล และคณะ, 2545; Chang *et al.*, 2006; Kume *et al.*, 2007) สำหรับการศึกษาการใช้น้ำของไม้สกุลอะเคเซียในครั้งนี้ ได้เห็นแนวโน้มของความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศ และความชื้น โดยอุณหภูมิอากาศที่เพิ่มสูงขึ้นมีแนวโน้มทำให้การใช้น้ำของไม้สกุลอะเคเซียเพิ่มสูงขึ้นในทุกสายต้น ในขณะที่ความชื้นในอากาศที่เพิ่มขึ้น มีแนวโน้มทำให้อัตราการใช้น้ำของไม้สกุลอะเคเซียลดลง (ภาพที่ 16) ส่วนความเร็วลมนั้น ไม่เห็นแนวโน้มของความสัมพันธ์ที่ชัดเจน อย่างไรก็ตามเนื่องจากจำนวนตัวอย่างในการศึกษาแต่ละสายต้นมีน้อย และปัจจัยแวดล้อมมีความสัมพันธ์ระหว่างกัน ทำให้ไม่สามารถหาความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างการใช้น้ำ และปัจจัยแวดล้อมอื่นได้แก่ อุณหภูมิอากาศ และความชื้นอากาศได้



ภาพที่ 16 แนวโน้มความสัมพันธ์ของอัตราการใช้น้ำของไม้สกุลอะเคเซีย สายต้นที่ 3, 5, 18 และ 19 กับ อุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ที่สวนปาลาตกระทิง จังหวัดฉะเชิงเทรา วัดในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2554

อัตราการใช้น้ำในเดือนสิงหาคมซึ่งเป็นช่วงหน้าฝนมีค่ามากกว่าอัตราการใช้น้ำในเดือนธันวาคมซึ่งเป็นช่วงหน้าแล้ง โดยมีค่าใกล้เคียงกันทั้งที่สวนปาลาตกระทิงและสวนป่าดอนแสลบ-เลาขวัญ (ตารางที่ 48) อัตราการใช้น้ำสูงสุดที่พบในการศึกษานี้ คือ ในช่วงเดือนสิงหาคมมีค่าเท่ากับ 1.73 ลิตรต่อชั่วโมง ซึ่งมีค่ามากกว่าอัตราการใช้น้ำของสักที่มีขนาดเท่ากัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.24 และ 0.54 ลิตรต่อชั่วโมง ในแปลงที่ไม่การตัดขยายระยะและมีการตัดขยายระยะ ตามลำดับ (คมสัน, 2543) แต่มีค่าใกล้เคียงกับยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสอายุ 2 ปี ที่ปลูกบนคันนา (เจษฎา, 2552) เมื่อคิดเป็นปริมาณการใช้น้ำรวมรายวัน พบว่า ไม้สกุลอะเคเซียมีการใช้น้ำเฉลี่ย 9.66-9.76 และ 5.50-5.79 ลิตรต่อต้นต่อวันในเดือนสิงหาคม และเดือนธันวาคม ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าปริมาณการใช้น้ำรวมรายวันของสักอายุ 19 ปี ที่สวนป่าทองผาภูมิ ซึ่งมีค่าระหว่าง 2.76-7.68 ลิตรต่อต้นต่อวัน ในแปลงที่มีการตัดขยายระยะและไม่มีการตัดขยายระยะเมื่อพิจารณาเฉพาะต้นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 10 เซนติเมตร (คมสัน, 2543) ซึ่งเป็นขนาดที่ใกล้เคียงกับไม้สกุลอะเคเซีย อายุ 3 ปี ในการศึกษานี้ ณัฐวุฒิ (2548) ศึกษาปริมาณการใช้น้ำของยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส พบว่า ไม้ขนาดใหญ่ที่สุดที่มีพื้นที่กระพี้ 196.82 ตารางเซนติเมตร มีปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย 8.55 ลิตรต่อต้นต่อวัน ในขณะที่ไม้ขนาดเล็กที่สุดมีพื้นที่กระพี้ 12.92 ตารางเซนติเมตร มีปริมาณการใช้น้ำ 1.01 ลิตรต่อต้นต่อวัน ส่วน เจษฎา

และคณะ (2538) ซึ่งศึกษาการใช้น้ำของยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก 4.2-9.7 เซนติเมตร ที่ปลูกบนพื้นที่ดินเค็มจัด พบว่า มีการใช้น้ำอยู่ระหว่าง 2.5-37.7 ลิตรต่อต้นต่อวัน โดยการใช้ น้ำของยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิสที่ปลูกบนพื้นที่ดินเค็มจัดมีค่าสูงกว่าบนพื้นที่ดินเค็มปานกลาง

ตารางที่ 48 อัตราการใช้น้ำของไม้สกุลอะเคเซีย อายุ 3 ปี จำนวน 4 สายต้นที่ปลูกบริเวณสวนป่าลาดกระทิง จังหวัดฉะเชิงเทรา และสวนป่าดอนแสลบ-เลาขวัญ จังหวัดกาญจนบุรี วัดในเดือนสิงหาคม และธันวาคม พ.ศ. 2554

Clone no.	Water use (liter/tree/day)				Water use (mm/day)			
	Lad Krating Plantation		Donsalep-lao khwan Plantation		Lad Krating Plantation		Donsalep-lao khwan Plantation	
	August	December	August	December	August	December	August	December
3	10.27±2.93	6.43±1.87	10.94±0.08	2.93±2.12	0.141±0.014	0.080±0.006	0.121±0.025	0.065±0.008
5	8.76±1.69	5.80±2.06	7.95±4.01	8.46±0.73	0.106±0.018	0.053±0.014	0.104±0.027	0.125±0.049
18	10.16±0.83	6.09±1.28	12.32±1.11	3.44±1.09	0.136±0.020	0.069±0.020	0.185±0.045	0.060±0.028
19	9.44±0.62	4.85±2.73	7.82±2.52	6.49±3.85	0.145±0.036	0.058±0.016	0.140±0.018	0.102±0.050
Mean	9.66±0.70	5.79±0.68	9.76±2.23	5.50±2.42	0.132±0.018	0.065±0.012	0.137±0.035	0.088±0.031

เนื่องจากอัตราการใช้น้ำของต้นไม้มีความผันแปรตามขนาดของกระพี้ซึ่งมีความสัมพันธ์กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ (คมสัน, 2543; เจษฎา, 2552; Chang *et al.*, 2006; Liu *et al.*, 2012) เนื่องจากกระพี้เป็นบริเวณที่ประกอบด้วยท่อน้ำเป็นจำนวนมากที่คอยทำหน้าที่ลำเลียงน้ำ และสารละลาย เนื่องจากไม้ในสกุลอะเคเซียแต่ละสายต้นมีการเติบโตที่แตกต่างกัน จึงมีพื้นที่กระพี้ที่แตกต่างกัน และเนื่องจากต้นไม้ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ยังมีอายุน้อย คือ มีอายุเพียง 3 ปี เนื้อไม้ทั้งหมดจึงยังคงมีลักษณะเป็นกระพี้ (ตารางที่ 49) ดังนั้น ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของอัตราการใช้น้ำของไม้สกุลอะเคเซียต่างสายต้น จึงใช้ค่าการไหลของน้ำในลำต้น ซึ่งเป็นค่าที่ประเมินต่อหน่วยพื้นที่กระพี้ที่เท่ากันมาใช้เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติ ผลจากการทดสอบทางสถิติ พบว่า ความแตกต่างของการไหลของน้ำในลำต้นของไม้สกุลอะเคเซียแต่ละสายต้น ที่ปลูกในพื้นที่สวนป่าลาดกระทิง จังหวัดฉะเชิงเทรา และสวนป่าดอนแสลบ-เลาขวัญ จังหวัดกาญจนบุรี รวมถึงฤดูกาลในการวัดที่แตกต่างกันนั้น ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่า ไม้สกุลอะเคเซียต่างสายต้นมีอัตราการใช้น้ำที่ไม่แตกต่างกัน ซึ่งแตกต่างจากยูคาลิปตัสที่มีรายงานว่ายางสายต้นที่แตกต่างกันมีอัตราการใช้น้ำที่แตกต่างกัน (เจษฎา, 2552; Marshall *et al.*, 1997)

ตารางที่ 49 พื้นที่กระพี้ของต้นไม้ที่ใช้วัดการใช้น้ำของไม้สกุลอะเคเซีย อายุ 3 ปี จำนวน 4 สายต้นที่ปลูกบริเวณสวนป่าลาดกระทิง จังหวัดฉะเชิงเทรา และสวนป่าดอนแสลบ-เลาขวัญ จังหวัดกาญจนบุรี

Clone no.	Sapwood area (cm ²)			
	Lad Krating Plantation		Donsalep-lao khwan Plantation	
	August	December	August	December
3	72.18±13.63	80.48±22.45	92.74±19.54	48.70±3.18
5	82.48±1.84	106.99±11.13	72.65±24.28	90.30±16.01
18	73.80±11.08	89.00±6.54	69.93±20.22	60.08±8.64
19	65.56±8.48	80.34±22.66	55.21±10.43	61.26±9.15
Mean	73.51±6.97	89.20±12.53	72.63±15.44	65.08±17.74

ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (water use efficiency) เป็นอีกค่าหนึ่งที่นิยมใช้ในการบอกถึงประสิทธิภาพในการใช้น้ำของต้นไม้ เนื่องจากต้นไม้ที่มีการใช้น้ำมาก แต่หากมีการสร้างผลผลิตได้มาก ย่อมแสดงว่ามีการใช้น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าต้นไม้ที่มีการสร้างผลผลิตได้น้อยกว่า ค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำมักแสดงเป็นค่าสัดส่วนของผลผลิตรายปีที่ต้นไม้สร้างขึ้นในรูปน้ำหนักแห้งและปริมาณน้ำที่ต้นไม้ใช้ทั้งหมดต่อปี หรืออาจเป็นค่าสัดส่วนระหว่างอัตราการสังเคราะห์แสงและอัตราการคายน้ำของต้นไม้ก็ได้

ค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำของไม้สกุลอะเคเซียในการศึกษาครั้งนี้ ใช้ค่าความเพิ่มพูนผลผลิตมวลชีวภาพเฉพาะส่วนของลำต้นรายปีต่อปริมาณการใช้น้ำรายปีของต้นไม้แต่ละต้น โดยใช้ค่าเฉลี่ยการใช้น้ำในเดือนสิงหาคมและเดือนธันวาคมเป็นตัวแทนในการประเมินปริมาณการใช้น้ำรายปีของต้นไม้ เนื่องจากการทดสอบทางสถิติ พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางฤดูกาลของอัตราการใช้น้ำของไม้สกุลอะเคเซียอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในการศึกษาครั้งนี้ จากการศึกษาค้นคว้าพบว่า ประสิทธิภาพการใช้น้ำของไม้สกุลอะเคเซีย มีค่าอยู่ระหว่าง 4.03-16.57 กรัมต่อลิตร โดยประสิทธิภาพการใช้น้ำที่วัดในเดือนธันวาคมซึ่งเป็นช่วงหน้าแล้งมีค่าสูงกว่าประสิทธิภาพการใช้น้ำในช่วงเดือนสิงหาคมซึ่งเป็นช่วงหน้าฝน (ตารางที่ 50) ประสิทธิภาพของการใช้น้ำของไม้สกุลอะเคเซียที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้มีค่าสูงกว่าประสิทธิภาพการใช้น้ำของยูคาลิปตัส ความลาดชันของพื้นที่ปลูกต่างๆ ที่รายงานโดย เกษภู (2552)

ตารางที่ 50 ประสิทธิภาพการใช้น้ำของไม้สกุลอะเคเซีย อายุ 3 ปี จำนวน 4 สายต้นที่ปลูกบริเวณสวนป่าลาดกระทิง จังหวัดฉะเชิงเทรา และสวนป่าดอนแสลบ-เลาขวัญ จังหวัดกาญจนบุรี วัดในเดือนสิงหาคม และธันวาคม พ.ศ. 2554

Clone no.	Water use efficiency (g/L)			
	Lad Krating Plantation		Donsalep-lao khwan Plantation	
	August	December	August	December
3	4.20±0.40	7.38±0.54	4.64±0.73	14.94±5.85
5	8.22±1.52	16.57±4.19	6.95±2.25	4.65±1.99
18	7.21±1.19	6.89±0.31	4.08±0.85	14.95±2.68
19	4.08±1.02	9.86±3.17	4.03±0.53	7.01±4.64
Mean	5.93±2.10	10.18±4.46	4.92±1.38	10.39±5.35

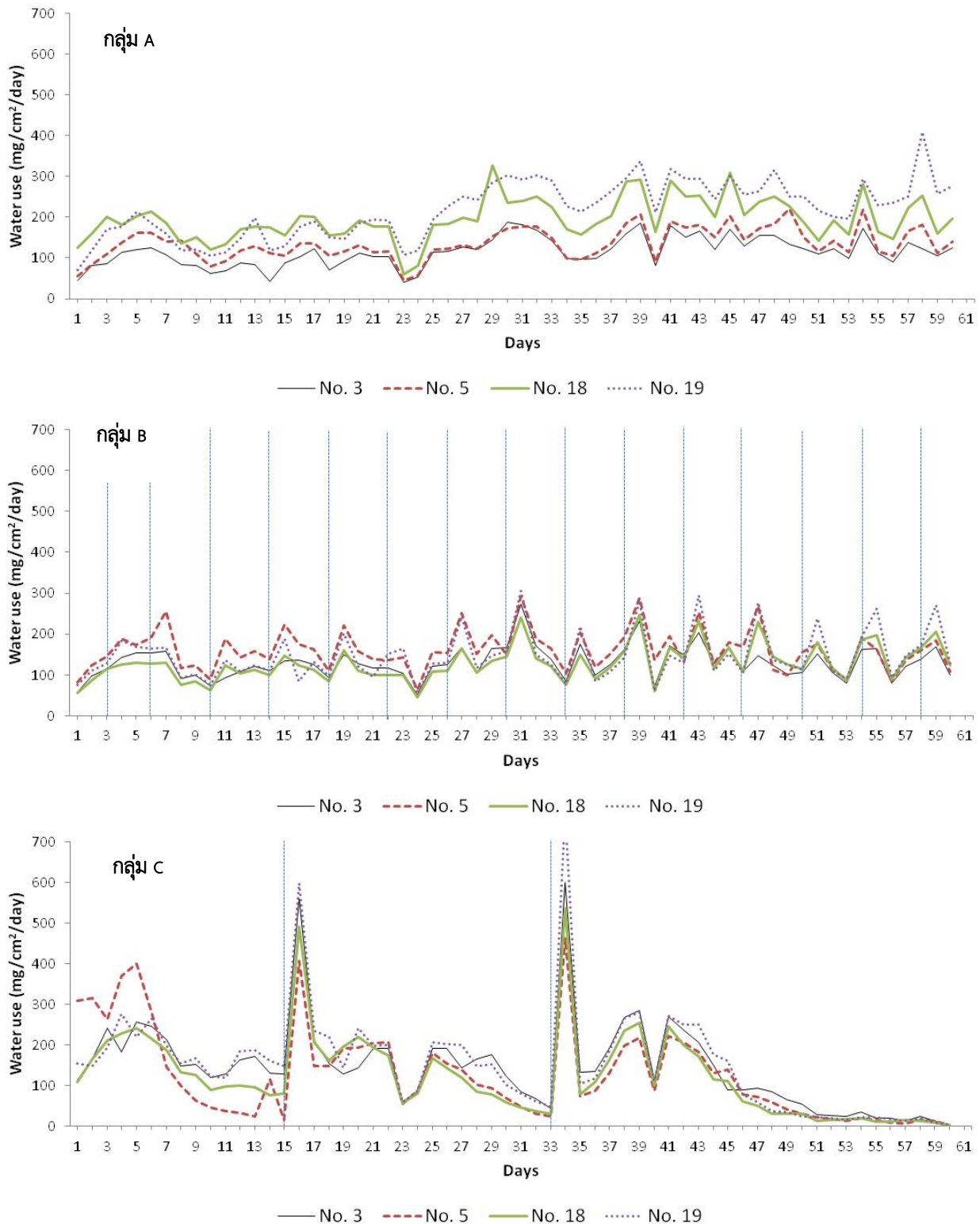
7.2 การศึกษาการใช้น้ำของกล้าไม้สกุลอะเคเซียในกระถาง

จากการศึกษาการใช้น้ำของกล้าไม้สกุลอะเคเซียทั้ง 4 สายต้น พบว่า การใช้น้ำของกล้าไม้มีความแปรผันระหว่างวันขึ้นอยู่กับปัจจัยแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วลม เป็นต้น โดยมีค่าเฉลี่ยอัตราการใช้น้ำระหว่าง 70.79-281.49 มก./ชม²/วัน หรือ 7.88-31.52 กก./วัน ในสภาพที่กล้าไม้ได้รับน้ำเต็มที่ คือ มีการให้น้ำแก่กล้าไม้ทุกวัน โดยไม่พบความแตกต่างทางสถิติของอัตราการใช้น้ำระหว่างสายต้น ($p>0.05$) กล้าไม้สกุลอะเคเซียทุกสายต้น มีความสามารถทนต่อความแล้งได้ดี ดังจะเห็นได้ว่า อัตราการใช้น้ำของกล้าไม้ในกลุ่ม A คือ มีการให้น้ำทุกวัน และกลุ่ม B ซึ่งมีการให้น้ำทุก 3 วัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างทั้ง 2 กลุ่ม ($p>0.05$) และ ไม่มีความแตกต่างระหว่างสายต้น ($p>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยอัตราการใช้น้ำระหว่าง 53.59-279.59 มก./ชม²/วัน หรือ 5.77-29.39 กก./วัน

ในกลุ่ม C ซึ่งเป็นกลุ่มที่ไม่มีการให้น้ำแก่กล้าไม้ จนกล้าไม้แสดงอาการเหี่ยวเฉา พบว่า กล้าไม้สกุลอะเคเซีย เริ่มแสดงอาการเหี่ยว หลังจากที่ไม่ได้น้ำติดต่อกันเป็นเวลาประมาณ 2 สัปดาห์ หรือมีความชื้นในดินน้อยกว่าร้อยละ 10 โดยมีค่าเฉลี่ยอัตราการใช้น้ำของกล้าไม้ลดลงเหลือเพียง 93.82 และ 34.83 มก./ชม²/วัน หรือ 9.44 และ 3.61 กก./วัน เมื่อกล้าไม้เริ่มแสดงอาการเหี่ยวก่อนการให้น้ำรอบที่ 1 (วันที่ 15 หลังเริ่มการทดลอง) และ รอบที่ 2 (วันที่ 33 หลังเริ่มการทดลอง) ตามลำดับ แต่เมื่อมีการให้น้ำแก่กล้าไม้จนดินมีความชื้นเท่ากับที่ระดับเริ่มต้นอีกครั้ง พบว่า กล้าไม้ทุกสายต้นมีอัตราการใช้น้ำสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยมีอัตราการใช้น้ำมากกว่ากล้าไม้ที่ได้รับน้ำทุกวัน (ภาพที่ 17) ลักษณะดังกล่าวพบในกล้าไม้กลุ่มที่มีการให้น้ำทุกรอบ 3 วันเช่นเดียวกัน แต่ความแตกต่างจะน้อยกว่าอัตราการใช้น้ำของกล้าไม้ในกลุ่ม A กลุ่ม B และกลุ่ม C มีความแตกต่างทางสถิติหลังจากที่กล้าไม้ในกลุ่ม C ไม่ได้น้ำติดต่อกันเป็นเวลา 10 วัน หรือเมื่อความชื้นในดินมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 10 ($p<0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างสายต้น ($p>0.05$) ตารางที่ 51 แสดงอัตราการใช้น้ำของกล้าไม้ทั้ง 4 สายต้น ภายใต้การให้น้ำที่แตกต่างกัน 3 กลุ่ม ในการวัดวันที่ 2, 15, 33 และ 60 หลังเริ่มต้นการทดลองตามลำดับ

กล้าไม้ในกลุ่ม C เมื่อมีการให้น้ำแก่กล้าไม้หลังจากที่กล้าไม้เริ่มแสดงอาการเหี่ยว พบว่า กล้าไม้สามารถกลับมาใช้น้ำได้ตามปกติ หลังจากการให้น้ำแก่กล้าไม้ในรอบที่ 2 แล้ว กล้าไม้ยังคงมีอัตราการใช้น้ำเป็นปกติในช่วงแรก แต่หลังจาก 2 สัปดาห์ เมื่อกล้าไม้เริ่มแสดงอาการเหี่ยวและความชื้นในดินมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 10

แล้ว อัตราการใช้น้ำของกล้าไม้ลดลงอย่างต่อเนื่อง แต่อัตราการใช้น้ำของกล้าไม้้น้อยมากจนไม่มีผลต่อความชื้นในดิน เนื่องจากที่ระดับความชื้นในดินที่น้อยกว่าร้อยละ 10 รากของกล้าไม้ไม่สามารถดูดน้ำเหล่านั้นออกมาใช้ได้ กล้าไม้บางต้นเริ่มตายหลังจากนั้นประมาณ 2 สัปดาห์ รวมเวลาที่กล้าไม้ไม่ได้รับน้ำต่อเนื่องเป็นเวลาประมาณ 1 เดือน จึงจัดได้ว่าไม้สกุลอะเคเชียมีความสามารถทนต่อสภาพการขาดน้ำได้ค่อนข้างดี และภายใต้ภาวะการขาดน้ำนี้ ยังไม่ส่งผลต่อการเติบโตของกล้าไม้สกุลอะเคเชียทุกสายต้น (ตารางที่ 51, 52 และ 53)



ภาพที่ 17 ความแปรผันของอัตราการใช้น้ำของกล้าไม้สกุลอะเคเชีย 4 สายต้น ภายใต้การให้น้ำที่แตกต่างกัน 3 กลุ่ม คือ กลุ่ม A ให้น้ำทุกวัน กลุ่ม B ให้น้ำทุก 3 วัน และกลุ่ม C ไม่ให้น้ำจนต้นไม้เริ่มเหี่ยว เส้นประในแนวตั้งแสดงวันที่มีการให้น้ำแก่กล้าไม้ในกลุ่ม B และ C

ตารางที่ 51 ค่าเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการใช้น้ำของกล้าไม้สกุลอะเคเซีย 4 สายต้น ภายใต้การให้น้ำที่แตกต่างกัน 3 กลุ่ม คือ กลุ่ม A ให้น้ำทุกวัน กลุ่ม B ให้น้ำทุก 3 วัน และ กลุ่ม C ไม่ให้น้ำจนต้นไม้เริ่มเหี่ยว

Clone no.	Watering treatment (mg/cm ² /day)			
	A	B	C	Mean
Day 2				
3	81.47±35.27	97.64±17.91	165.01±33.27	114.71±44.31
5	83.26±23.43	123.91±13.18	315.67±51.28	174.28±124.12
18	159.93±103.28	86.51±9.38	166.33±31.98	137.59±44.35
19	118.96±41.04	110.78±31.13	147.28±54.35	125.67±19.15
Mean	110.91±36.96	104.71±16.19	198.57±78.55	138.06
Day 15				
3	87.07±10.20	134.53±39.80	129.41±24.10	117.00±26.05
5	106.35±29.02	222.87±29.23	16.80±10.80	115.34±103.33
18	155.52±91.46	147.74±56.09	81.33±42.51	128.20±40.77
19	128.39±22.57	187.36±48.62	147.76±46.99	154.51±30.55
Mean	119.33±29.45	104.71±16.19	198.57±78.55	128.76
Day 33				
3	142.35±28.48	138.09±9.46	44.64±14.63	108.36±55.22
5	147.88±39.91	165.23±12.89	24.70±12.74	112.60±76.62
18	223.93±133.27	121.54±27.87	31.13±16.98	125.53±96.46
19	290.27±65.43	125.49±46.33	48.65±6.79	154.80±123.45
Mean	201.11±70.13	137.59±19.73	37.28±11.25	125.33
Day 48				
3	154.64±31.43	122.91±50.05	85.71±90.16	121.09±34.50
5	183.40±13.31	112.84±87.35	58.86±55.40	118.37±62.45
18	251.14±131.47	144.35±23.16	31.26±7.74	87.81±79.97
19	316.15±58.39	136.95±14.32	37.41±8.59	163.50±141.25
Mean	218.06±86.15	129.26±14.10	53.31±24.63	122.69
Day 60				
3	125.48±39.39	99.21±5.54	1.81±3.13	75.50±65.16
5	139.00±8.05	107.27±31.21	3.71±3.33	83.33±70.75
18	195.68±122.28	123.05±5.96	2.00±3.46	106.91±97.84
19	276.04±54.43	126.84±6.96	4.35±3.78	135.74±136.06
Mean	184.05±68.45	114.09±13.05	2.97±1.26	100.37

ตารางที่ 52 ค่าเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐานของการเพิ่มพูนทางเส้นผ่าศูนย์กลางแบบสัมบูรณ์ (absolute) และแบบสัมพัทธ์ (relative) ของกล้าไม้สกุลอะเคเซีย 4 สายต้น ภายใต้การให้น้ำที่แตกต่างกัน 3 กลุ่ม คือ กลุ่ม A ให้น้ำทุกวัน กลุ่ม B ให้น้ำทุก 3 วัน และกลุ่ม C ไม่ให้น้ำ จนต้นไม้เริ่มเหี่ยว

Clone no.	การเพิ่มพูนสัมบูรณ์ (ม.ม./เดือน)			การเพิ่มพูนสัมพัทธ์(ม.ม./ม.ม./เดือน)		
	A	B	C	A	B	C
3	0.900±0.397	0.858±0.176	0.508±0.144	0.178±0.057	0.178±0.072	0.101±0.041
5	1.242±0.645	0.783±0.238	0.483±0.194	0.169±0.077	0.129±0.037	0.094±0.041
18	0.908±0.350	0.883±0.218	0.583±0.364	0.174±0.041	0.174±0.883	0.131±0.058
19	0.575±0.164	0.700±0.766	0.858±0.194	0.150±0.164	0.147±0.146	0.222±0.058
Mean	0.906±0.272	0.806±0.083	0.608±0.172	0.168±0.016	0.157±0.050	0.137±0.010

ตารางที่ 53 ค่าเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐานของการเพิ่มพูนทางความสูงแบบสัมบูรณ์ (absolute) และแบบสัมพัทธ์ (relative) ของกล้าไม้สกุลอะเคเซีย 4 สายต้น ภายใต้การให้น้ำที่แตกต่างกัน 3 กลุ่ม คือ กลุ่ม A ให้น้ำทุกวัน กลุ่ม B ให้น้ำทุก 3 วัน และกลุ่ม C ไม่ให้น้ำจนต้นไม้เริ่มเหี่ยว

Clone no.	การเพิ่มพูนสัมบูรณ์ (ม.ม./เดือน)			การเพิ่มพูนสัมพัทธ์(ม.ม./ม.ม./เดือน)		
	A	B	C	A	B	C
3	11.77±2.71	11.80±1.91	8.82±1.00	0.198±0.012	0.202±0.027	0.160±0.003
5	7.48±3.59	3.30±2.79	6.20±2.34	0.072±0.035	0.032±0.023	0.069±0.027
18	1.23±0.33	3.13±2.60	1.77±2.35	0.017±0.006	0.050±0.051	0.025±0.032
19	5.35±2.92	8.15±0.93	6.93±0.73	0.140±0.089	0.199±0.040	0.161±0.010
Mean	6.46±4.39	6.60±4.18	5.93±2.99	0.107±0.079	0.121±0.093	0.104±0.068

บทที่ 8

โรคของไม้สกุลอะเคเซีย

จากการสำรวจโรคของไม้สกุลอะเคเซียต่างๆ พบว่า พบโรคเกิดขึ้นในระยะต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นในกล้าไม้ และแปลงปลูก โดยพบโรคในกระถินเทพา (*A. mangium*) มากที่สุด ได้แก่ โรคราแป้ง โรคใบไหม้ โรคราสาหร่าย และโรคราดำ เป็นต้น ซึ่งมีเชื้อราเป็นเชื้อสาเหตุโรค ส่วนในไม้อะเคเซียลูกผสม (*A. mangium* x *A. auriculiformis*) พบโรคที่เกิดกับต้นกล้าและโรคราสาหร่าย ส่วนกระถินณรงค์ (*A. auriculiformis*) นั้นยังไม่พบจากการสำรวจโรค นอกจากนี้ยังสำรวจพบอาการผิดปกติต่างๆ ที่เกิดขึ้น โดยโรคต่างๆ และอาการผิดปกติของไม้สกุลอะเคเซียต่างๆ ที่สำรวจพบมีดังนี้

9.1 อะเคเซียลูกผสม (*A. mangium* x *A. auriculiformis*)

9.1.1 โรคกล้าเน่าตาย

เชื้อสาเหตุ : *Lasiodiplodia theobromae*



คำอธิบาย : 1) และ 2) ภาพอาการต้นกล้าเน่าตาย 3) ภาพขยายอาการของโรค 4) ลักษณะเส้นใยบนอาหาร PDA 5) กลุ่มของ conidia 6) : ภาพขยาย conidia

ลักษณะอาการ : ต้นกล้ามีอาการเน่าดำ จากบริเวณโคนต้นลามขึ้นไปสู่ยอด

ลักษณะสำคัญเชื้อของสาเหตุ : เชื้อราสร้างส่วนขยายพันธุ์ (pycnidium) เป็นตุ่มดำและสร้างสปอร์ (conidium) รูปไข่ ลักษณะ 2 เซลล์ สีเข้ม

9.1.2 โรคใบจุดสาหร่าย (Algal Spot)

เชื้อสาเหตุ : *Cephaleuros virescens*



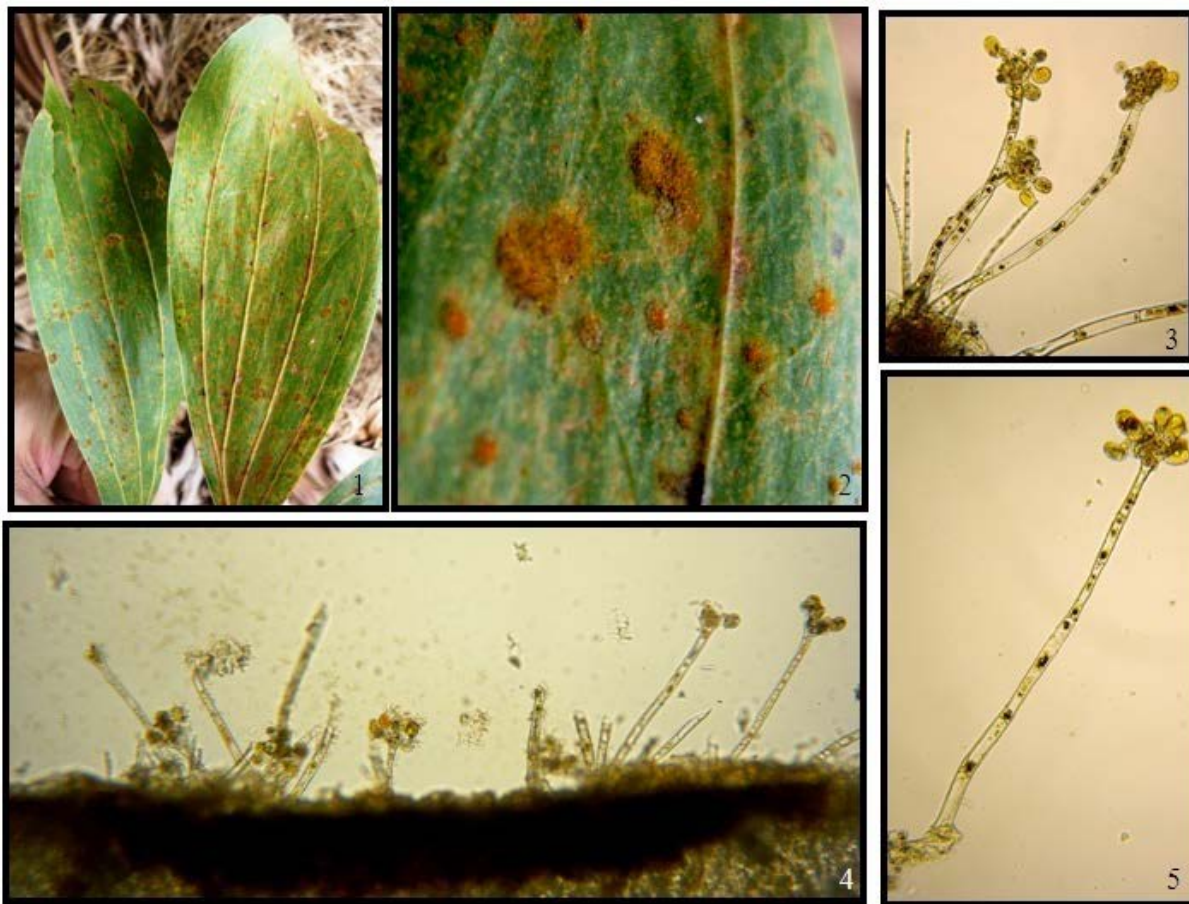
คำอธิบาย : 1) ภาพอาการที่ใบ 2) ภาพขยายอาการที่ใบ 3) ภาพอาการบนกิ่ง 4) กลุ่มsporangiophore และ sporangia 5) ภาพขยาย sporangiophore และ sporangium

ลักษณะอาการ : พบโรคจุดสาหร่ายทั้งที่ใบและกิ่ง อาการบนใบจะเป็นจุดเล็กๆ นูนขึ้นจากผิวใบ และกิ่ง ขอบของจุดมีลักษณะเป็นแฉกๆ ไม่เรียบ สีดำ จุดเล็กๆ นี้ จะขยายใหญ่ขึ้นในสภาพความชื้นสูง และได้รับแสงแดดเพียงพอ อาการจุดบนใบนี้ไม่ค่อยทำความเสียหายให้มากนัก นอกจากบดบังการสังเคราะห์แสงและทำให้ใบสกปรก

9.2 กระถินเทพา (*Acacia mangium*)

9.2.1 โรคใบจุดสาหร่าย (Algal spot)

เชื้อสาเหตุ : *Cephaleuros virescens*



คำอธิบาย : 1) ภาพอาการที่ใบ 2) ภาพขยายอาการที่ใบ 3) ภาพตัดตามขวางของใบเป็นโรคที่มีกลุ่มของ sporangiophore และ sporangium 4) และ 5) ภาพขยาย sporangiophore และ sporangium

ลักษณะอาการ : ใบกระถินเทพามีกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมเหลืองเจริญพบนใบ ต่อมาสาหร่ายสร้างสปอร์มีสีส้มใช้ในการแพร่ขยายพันธุ์ จุดสาหร่ายพุดเกิดกระจุกกระจายบนใบเป็นวงสีส้ม ในสภาพที่มีอุณหภูมิสูงและความชื้นสูงสาหร่ายบนกิ่งจะไม่เห็นเด่นชัดแต่จะแทรกเนื้อเยื่อกิ่งทำให้มองเห็นกิ่งเป็นสีแดงและทำให้กิ่งแตก

9.2.2 โรคราแป้ง (Powdery mildew)

เชื้อสาเหตุ : *Oidium* sp.



9.2.3 โรค Phyllode

เชื้อสาเหตุ : Phytoplasma



9.2.4 โรคราดำ (Black mildew)

เชื้อสาเหตุ : *Meliola* sp.



9.2.6 โรคใบไหม้ (Leaf blight)

เชื้อสาเหตุ : *Mycosphaerella* sp.



9.2.7 อาการผิดปกติเนื่องจากน้ำท่วมขัง



9.2.8 อาการผิดปกติจากการเข้าทำลายของปลวก



บทที่ 9

ค่าความร้อนและองค์ประกอบต่างๆ ของไม้อะเคเซียจากพื้นที่ต่างๆ และการจัดการโลจิสติกส์

9.1 ค่าความร้อน (heating value)

ค่าความร้อน คือ ความร้อนของการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่สภาวะมาตรฐาน เชื้อเพลิงชีวมวลไม่ใช่สารประกอบบริสุทธิ์ ไม่สามารถคำนวณจากความร้อนของปฏิกิริยาได้ จำเป็นต้องทำการทดลองในเครื่องมือเฉพาะที่เรียกว่า บอมบ์ แคลอริมิเตอร์ (bomb calorimeter) การแสดงค่าความร้อนมี 2 แบบ ดังนี้

1. ค่าความร้อนทั้งหมด (gross calorific value, GCV) หรือ ค่าความร้อนสูง (higher heating value, HHV) หมายถึง ปริมาณความร้อนที่ได้หลังจากการเผาไหม้สมบูรณ์ โดยน้ำที่มีอยู่ในเชื้อเพลิงและที่เกิดเป็นผลผลิตจากการเผาไหม้อยู่ในรูปของเหลว

2. ค่าความร้อนสุทธิ (net calorific value, NCV) หรือ ค่าความร้อนต่ำ (lower heating value, LHV) หมายถึง ปริมาณความร้อนที่ได้หลังจากการเผาไหม้สมบูรณ์ แต่น้ำที่มีอยู่ในเชื้อเพลิงและที่เกิดเป็นผลผลิตจากการเผาไหม้เปลี่ยนรูปจากของเหลวกลายเป็นไอน้ำ

ดังนั้นความแตกต่างระหว่างค่าความร้อนทั้งหมดและค่าความร้อนสุทธิ จึงมีค่าเท่ากับความร้อนของการระเหยน้ำทั้งที่เกิดขึ้นขณะเผาไหม้และที่มีอยู่ในเชื้อเพลิงเริ่มต้น (จากของเหลวกลายเป็นไอ)

จากการเก็บตัวอย่างไม้สกุลอะเคเซีย จำนวน 4 สายต้น อายุประมาณ 3 ปี ระยะปลูก 3x3 เมตร ที่มีการปลูกครบในทุกพื้นที่ แล้วนำไปวิเคราะห์ค่าความร้อน ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้ (ตารางที่ 54) ค่าความร้อนทั้งหมดของไม้สกุลอะเคเซียทั้ง 5 พื้นที่ มีค่าไม่ต่างกันมากนัก มีค่าอยู่ระหว่าง 19,473-19,898 กิโลจูลต่อกิโลกรัม แต่เมื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติของค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กล่าวคือ ค่าความร้อนทั้งหมดของไม้สกุลอะเคเซียในพื้นที่สวนป่าดอนแสลบ-เลาขวัญ (19,473 กิโลจูลต่อกิโลกรัม) มีค่าต่ำที่สุด และมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเทียบกับค่าความร้อนทั้งหมดของไม้สกุลอะเคเซียในพื้นที่ที่เหลือ สำหรับผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าความร้อนสุทธิ ให้ผลการวิเคราะห์ในทำนองเดียวกัน โดยมีค่าความร้อนสุทธิ ระหว่าง 18,168-18,657 กิโลจูลต่อกิโลกรัม และเมื่อเปรียบเทียบค่าความร้อนสุทธิของไม้สกุลอะเคเซียในพื้นที่ต่างๆ กับเชื้อเพลิงชีวมวลที่มีศักยภาพในปัจจุบัน (ตารางที่ 55) จะเห็นว่า ค่าพลังงานของไม้สกุลอะเคเซียมีค่าไม่น้อยกว่าค่าพลังงานของชีวมวลชนิดอื่นๆ โดยเฉพาะเมื่อเทียบกับยูคาลิปตัสและกระถินยักษ์ ที่ปัจจุบันนิยมปลูกเป็นไม้พลังงาน

ตารางที่ 54 ค่าความร้อนของไม้สกุลอะเคเซีย อายุ 3 ปี ในพื้นที่ต่างๆ (สภาวะอบแห้ง, dry basis)

พื้นที่ปลูกไม้สกุลอะเคเซีย	ค่าความร้อนทั้งหมด ¹ (kJ/kg)	ค่าความร้อนสุทธิ ¹ (kJ/kg)
ศูนย์วนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร (KP)	19,707 ^b	18,553 ^b
สวนป่ามัญจาคีรี (MK)	19,898 ^b	18,639 ^b
สวนป่าลาดกระทิง (CS)	19,718 ^b	18,522 ^b
สวนป่าดอนแสลบ-เลาขวัญ (KB)	19,473 ^a	18,168 ^a
สวนป่าของ บ.สโตร์รา เอ็นโซ่ (ประเทศไทย) จำกัด (SK)	19,789 ^b	18,657 ^b

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติของค่าเฉลี่ยที่ระดับ

9.2 องค์ประกอบของไม้อะเคเซีย โดยการวิเคราะห์แบบประมาณ (proximate analysis)

เนื่องจากเชื้อเพลิงแข็งมีองค์ประกอบทางเคมีที่ค่อนข้างซับซ้อน มีทั้งส่วนที่เป็นสารอินทรีย์ (ส่วนที่เป็นเชื้อเพลิง) และสารอนินทรีย์ (ส่วนที่เป็นแร่ธาตุและความชื้น) ทำให้การวิเคราะห์แบบละเอียดค่อนข้างยุ่งยากและบางครั้งไม่มีความจำเป็น จึงมักนิยมใช้การวิเคราะห์แบบประมาณแทน ซึ่งการวิเคราะห์แบบประมาณแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ส่วนที่เผาไหม้ได้ ได้แก่ สารที่ระเหยได้ และคาร์บอนคงตัว และส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้ หรือ ส่วนเฉื่อย ได้แก่ ความชื้น และ เถ้า

ความชื้นร้อยละ 95 ที่วิเคราะห์ด้วยวิธี DMRT จากการนำตัวอย่างไม้สกุลอะเคเซีย จำนวน 4 สายต้น ในพื้นที่ต่างๆ ไปวิเคราะห์แบบประมาณ ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 56 จะเห็นว่า ค่าสารที่ระเหยได้ของไม้สกุลอะเคเซียทั้ง 5 พื้นที่ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของค่าเฉลี่ยที่ระดับความชื้นร้อยละ 95 อยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 79.0-80.4 ส่วนคาร์บอนคงตัวของไม้สกุลอะเคเซียในพื้นที่สวนป่าดอนแสลบ-เลาขวัญ (ร้อยละ 17.6) มีค่าต่ำที่สุด และมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเทียบกับคาร์บอนคงตัวของไม้สกุลอะเคเซียในพื้นที่ที่เหลือ

ปริมาณเถ้าของไม้สกุลอะเคเซียในพื้นที่ศูนย์วนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร และสวนป่าดอนแสลบ-เลาขวัญ มีค่ามากที่สุด คือ ร้อยละ 2 และมีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเทียบกับไม้สกุลอะเคเซียในพื้นที่ที่เหลือ จากที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นว่า เถ้าเป็นส่วนเฉื่อยไม่ให้พลังงานความร้อน จึงส่งผลให้เชื้อเพลิงแข็งที่มีปริมาณเถ้าสูง มักจะมีค่าความร้อนน้อยกว่า สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ค่าความร้อนของไม้สกุลอะเคเซียในพื้นที่ทั้งสองมีค่าน้อยกว่าไม้สกุลอะเคเซียในพื้นที่ที่เหลือ นอกจากนี้เถ้ายังเป็นของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการเผาไหม้เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ดังนั้นเชื้อเพลิงที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า จึงควรมีเถ้าในปริมาณที่น้อย เพราะนอกจากจะได้พลังงานความร้อนที่เพิ่มแล้ว ยังช่วยลดภาระในการกำจัดของเสียที่เกิดขึ้นด้วย

ปัจจุบันเชื้อเพลิงชีวมวลที่มีศักยภาพ แบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ เศษเหลือทางการเกษตร โดยเฉพาะพืชไร่ ได้แก่ แกลบ ชานอ้อย เหม้ามันสำปะหลัง และซังข้าวโพด เป็นต้น และอีกประเภทหนึ่ง ได้แก่ พืชยืนต้นที่ปลูกเพื่อใช้เนื้อไม้เป็นพลังงานหรือวัตถุประสงค์อื่นๆ โดยเฉพาะพวกไม้โตเร็ว เช่น ยูคาลิปตัส และกระถินยักษ์ จากตารางที่ 55 จะเห็นว่า ปริมาณเถ้าของไม้สกุลอะเคเซียมีค่าไม่แตกต่างกับเชื้อเพลิงชีวมวลประเภทไม้โตเร็วอื่นๆ โดยเฉพาะยูคาลิปตัสและกระถินยักษ์ แต่จะมีค่าต่างกันมากเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงชีวมวลประเภทเศษเหลือทางการเกษตร เนื่องจากเศษเหลือทางการเกษตรส่วนใหญ่เป็นพวกพืชไร่ ต้องการปุ๋ยในการเติบโตและเพิ่มผลผลิต ดังนั้นเชื้อเพลิงชีวมวลประเภทนี้จึงมีปริมาณเถ้าค่อนข้างสูง ส่งผลให้มีค่าพลังงานต่ำกว่าเชื้อเพลิงประเภทไม้โตเร็ว ส่วนปริมาณสารที่ระเหยได้และคาร์บอนคงตัวไม่ค่อยมีผลกระทบต่อการใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าในระบบหม้อต้มไอน้ำมากนัก แต่อาจจะมีผลกระทบกับการผลิตกระแสไฟฟ้าในระบบแก๊สซิฟิเคชันมากกว่า

ตารางที่ 55 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงชีวมวลที่มีศักยภาพในปัจจุบัน (สภาวะอบแห้ง, dry basis)

คุณสมบัติของเชื้อเพลิง	แกลบ ¹	ชานอ้อย ¹	เห้งน้ำมันส่าปะหลัง ¹	ซังข้าวโพด ¹	เปลือกยูคาลิปตัส ¹	ไม้ยางพารา ¹	ไม้ยูคาลิปตัส ²	ไม้กระถินยักษ์ ²
ค่าความร้อนทั้งหมด (kJ/kg)	16,767	18,760	18,352	18,830	17,028	18,845	19,238	19,447
ค่าความร้อนสุทธิ (kJ/kg)	15,736	17,480	17,095	17,678	15,939	17,651	17,929	18,207
การวิเคราะห์แบบประมาณ								
เถ้า (ร้อยละ)	14.4	2.9	3.7	1.5	6.1	2.9	1.6	1.1
สารที่ระเหยได้ (ร้อยละ)	64.2	85.2	76.4	75.7	70.0	83.1	80.0	80.7
คาร์บอนคงตัว (ร้อยละ)	21.5	11.9	20.0	22.8	23.9	14.0	18.4	18.2
การวิเคราะห์แบบแยกธาตุ								
คาร์บอน (ร้อยละ)	42.54	43.30	46.15	46.93	46.37	46.49	55.78	57.46
ไฮโดรเจน (ร้อยละ)	5.01	6.21	6.10	5.59	5.29	5.80	6.36	6.02
ไนโตรเจน (ร้อยละ)	0.19	0.24	0.79	0.20	0.37	0.25	0.19	0.40
ออกซิเจน (ร้อยละ)	37.76	47.28	43.05	45.65	41.59	44.49	35.94	34.88
กำมะถัน (ร้อยละ)	0.05	0.06	0.1	0.05	0.05	0.04	0.05	0.06
คลอรีน (ร้อยละ)	0.10	NA ³	0.12	0.08	0.25	0.02	0.16	0.11

หมายเหตุ : 1. มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม (2549)
 2. สถาบันคั่นคว่ำและพัฒนาผลผลิตทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร (2553)
 3. ไม่มีข้อมูล

ตารางที่ 56 องค์ประกอบแบบประมาณของไม้สกุล *Acacia* ในพื้นที่ต่างๆ (สภาวะอบแห้ง, dry basis)

พื้นที่ปลูกไม้สกุลอะเคเซีย	เถา ¹ (ร้อยละ)	สารที่ระเหยได้ ² (ร้อยละ)	คาร์บอนคงตัว ¹ (ร้อยละ)
ศูนย์วนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร (KP)	2.0 ^b	79.0	19.0 ^b
สวนป่าดอนแสลบ-เลาขวัญ (KB)	2.0 ^b	80.4	17.6 ^a
สวนป่าลาดกระทิง (CS)	1.4 ^a	79.8	18.8 ^b
สวนป่ามัญจาคีรี (KK)	1.4 ^a	79.5	19.1 ^b
สวนป่าของ บ.สโตร์รา เอ็นโซ่ (ประเทศไทย) จำกัด (SK)	1.6 ^a	79.5	18.9 ^b

หมายเหตุ : 1. ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถวแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ที่วิเคราะห์ด้วยวิธี DMRT
2. ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

9.3 องค์ประกอบของไม้อะเคเซีย โดยการวิเคราะห์แบบแยกธาตุ (ultimate analysis)

เป็นการวิเคราะห์ธาตุต่างๆ ที่สำคัญ ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน และกำมะถัน ซึ่งธาตุที่ทำให้ปฏิกิริยาแล้วให้พลังงานความร้อน คือ คาร์บอน ไฮโดรเจน และกำมะถัน บางครั้งอาจจะวิเคราะห์ฟอสฟอรัสและคลอรีนด้วย เพื่อใช้ในการออกแบบวัสดุที่จะใช้ในระบบท่อส่ง เนื่องจากฟอสฟอรัสและคลอรีนมีความสามารถในการกัดกร่อนสูง ส่วนออกซิเจนเป็นผลต่างระหว่าง 100 กับผลรวมของธาตุต่างๆ ความชื้นและเถา โดยคิดเป็นร้อยละ

จากการนำตัวอย่างไม้สกุลอะเคเซีย จำนวน 4 สายต้น ในพื้นที่ต่างๆ ไปวิเคราะห์แบบแยกธาตุ ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 57 จะเห็นว่า ค่าคาร์บอนและไฮโดรเจนของไม้สกุลอะเคเซียทั้ง 5 พื้นที่ มีค่าไม่ต่างกันมากนัก โดยมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 53.25-54.33 และ 5.49-6.34 ตามลำดับ แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติของค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนค่ากำมะถันของไม้สกุลอะเคเซียทั้ง 5 พื้นที่ มีความแตกต่างกันทางสถิติของค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กล่าวคือ ค่ากำมะถันของไม้สกุลอะเคเซียในพื้นที่ศูนย์วนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร และสวนป่าของ บริษัท สโตร์รา เอ็นโซ่ (ประเทศไทย) จำกัด มีค่าเท่ากับร้อยละ 0.06 และ 0.05 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าค่ากำมะถันของไม้สกุลอะเคเซียในพื้นที่ส่วนที่เหลือ โดยมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 0.02-0.03 ปริมาณกำมะถันในเชื้อเพลิงนอกจากจะส่งผลต่อค่าพลังงานความร้อนแล้ว ยังอาจจะส่งผลต่อปริมาณสารเจือปนในอากาศ (ซัลเฟอร์ไดออกไซด์) ที่เกิดขึ้นในกระบวนการเผาไหม้เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งกฎหมายได้กำหนดไว้ว่า โรงไฟฟ้าใหม่ทุกขนาด ที่ใช้เชื้อเพลิงชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงต้องมีค่าซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศไม่เกิน 60 ส่วนในล้านส่วน (ppm)

ตารางที่ 57 องค์ประกอบแบบแยกธาตุของไม้สกุลอะเคเซียในพื้นที่ต่างๆ (สภาวะอบแห้ง, dry basis)

พื้นที่ปลูกไม้สกุลอะเคเซีย	C ¹ (%)	H ¹ (%)	N ² (%)	O ¹ (%)	S ¹ (%)	Cl ¹ (%)
ศูนย์วนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร (KP)	53.99 ^b	5.61 ^{ab}	0.38	37.89 ^a	0.06 ^b	0.04 ^a
สวนป่าดอนแสลบ-เลาขวัญ (KB)	53.41 ^a	6.34 ^c	0.47	37.66 ^a	0.03 ^a	0.04 ^a
สวนป่าลาดกระทิง (CS)	54.13 ^b	5.81 ^b	0.48	38.07 ^a	0.03 ^a	0.09 ^b
สวนป้ามัญจาคีรี (KK)	54.33 ^b	6.11 ^c	0.34	37.76 ^a	0.02 ^a	0.06 ^a
สวนป่าของ บ.สโตร์รา เอ็นโซ่ (ประเทศไทย) จำกัด (SK)	53.25 ^a	5.49 ^a	0.50	39.08 ^b	0.05 ^b	0.11 ^b

หมายเหตุ : 1. ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ที่วิเคราะห์ด้วยวิธี DMRT
2. ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ค่าคลอรีนของไม้สกุลอะเคเซียทั้ง 5 พื้นที่ มีความแตกต่างกันทางสถิติของค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กล่าวคือ ค่าคลอรีนของไม้สกุลอะเคเซียในพื้นที่สวนป่าของ บริษัท สโตร์รา เอ็นโซ่ (ประเทศไทย) จำกัด และสวนป่าลาดกระทิง มีค่าเท่ากับร้อยละ 0.11 และ 0.09 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าค่าคลอรีนของไม้สกุลอะเคเซียในพื้นที่ส่วนที่เหลือ มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 0.04-0.06 โดยปริมาณคลอรีนในเชื้อเพลิงจะส่งผลต่อการออกแบบวัสดุที่จะใช้ในระบบท่อส่งต่างๆ เนื่องจากคลอรีนมีความสามารถในการกัดกร่อนสูง ดังที่กล่าวมาข้างต้น

สำหรับไนโตรเจนและออกซิเจนของไม้สกุลอะเคเซียทั้ง 5 พื้นที่ มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 0.34-0.48 และ 37.66-38.07 ตามลำดับ ซึ่งเป็นส่วนน้อย ไม่ค่อยมีผลกระทบต่อกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้ามากนัก

องค์ประกอบแบบแยกธาตุของไม้สกุลอะเคเซียที่ศึกษานี้ เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงชีวมวลชนิดอื่นๆ จะเห็นว่า องค์ประกอบแบบแยกธาตุของไม้สกุลอะเคเซียมีค่าไม่แตกต่างกับเชื้อเพลิงชีวมวลประเภทไม้โตเร็ว โดยเฉพาะยูคาลิปตัสและกระถินยักษ์มากนัก ยกเว้น ปริมาณไนโตรเจน เนื่องจากไม้สกุลอะเคเซียและกระถินยักษ์เป็นพืชตระกูลถั่วสามารถสร้างไนโตรเจนได้เอง ดังนั้นจึงมีปริมาณไนโตรเจนมากกว่ายูคาลิปตัส แต่จะมีค่าต่างกันพอสมควรเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงชีวมวลประเภทเศษเหลือทางการเกษตร โดยเฉพาะปริมาณคาร์บอนและไฮโดรเจน โดยในไม้สกุลอะเคเซียจะมีมากกว่า ส่งผลให้ค่าพลังงานของเชื้อเพลิงชีวมวลประเภทไม้โตเร็วมีสูงกว่าเชื้อเพลิงชีวมวลประเภทเศษเหลือทางการเกษตร นอกจากนี้การที่เชื้อเพลิงชีวมวลประเภทไม้โตเร็วเป็นไม้ยืนต้นซึ่งมีการเติบโตที่เน้นในการสร้างลำต้นเป็นหลัก โดยองค์ประกอบของลำต้นของไม้ส่วนใหญ่จะเป็นพวกเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส ซึ่งมีธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนเป็นองค์ประกอบหลัก แต่เชื้อเพลิงชีวมวลประเภทเศษเหลือทางการเกษตรส่วนใหญ่เน้นการเติบโตทางด้านผลผลิตที่ไม่ใช่ลำต้น เช่น ข้าวเปลือก หัวมันสำปะหลัง และเมล็ดข้าวโพด เป็นต้น ก็ส่งผลให้ค่าพลังงานของเชื้อเพลิงชีวมวลประเภทไม้โตเร็วมีสูงกว่าเชื้อเพลิงชีวมวลประเภทเศษเหลือทางการเกษตรเช่นเดียวกัน ไม้โตเร็วสกุลอะเคเซียจากงานวิจัยนี้ มีศักยภาพ

สูงในการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าในแง่ของคุณสมบัติของเชื้อเพลิง (ค่าความร้อนและองค์ประกอบต่างๆ) เมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงชีวมวลชนิดอื่นๆ ที่ใช้กันในปัจจุบัน โดยเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงชีวมวลประเภทเดียวกันและมีการปลูกอย่างแพร่หลายในทุกพื้นที่อย่างยูคาลิปตัส เนื่องจากมีทั้งค่าพลังงานและองค์ประกอบต่างๆ ไม่แตกต่างกัน

9.4 การจัดการโลจิสติกส์

9.4.1 รูปแบบการเก็บเกี่ยวไม้โตเร็ว

จากการศึกษารูปแบบการเก็บเกี่ยวไม้โตเร็วในประเทศไทย พบว่า ส่วนใหญ่จะเก็บเกี่ยวหรือตัดฟันด้วยแรงงานคน ส่วนการเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องมือกลยังไม่มีการพัฒนาและใช้มากนัก การตัดด้วยแรงงานคนนั้นเหมาะสมกับสภาพของพื้นที่ที่มีขนาดเล็ก และในพื้นที่ไม่สามารถนำเครื่องมือจักรกลที่มีขนาดใหญ่เข้าไปได้ โดยในพื้นที่ 1 ไร่ ต้องใช้แรงงานในการตัดไม้จำนวน 6 คน และการตัดไม้ด้วยวิธีนี้หลังจากตัดใหม่ๆ ไม้จะมีความชื้นสูงร้อยละ 40-60 แต่เกษตรกรสามารถนำไม้สดส่งโรงงานได้เลย โดยทางโรงงานจะนำไม้ที่ได้มาตัดเป็นท่อนๆ หรือเข้าเครื่องสับเป็นชิ้นไม้สับแล้วนำไปยังลานตากเพื่อลดความชื้นให้เหลือประมาณร้อยละ 25 ก่อนนำไม้เข้าสู่เครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานชีวมวล

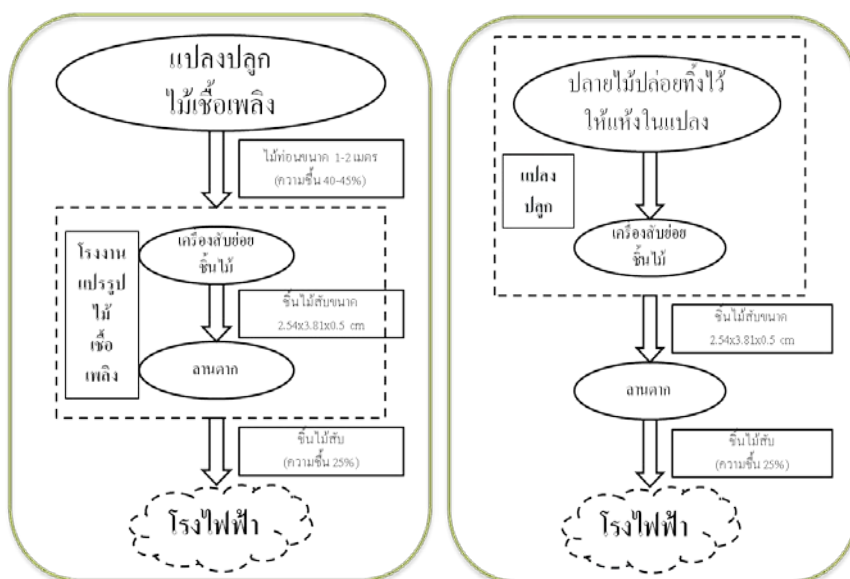
รูปแบบการเก็บเกี่ยวไม้เชื้อเพลิงในปัจจุบันมักจะมีรูปแบบการเก็บเกี่ยวไม้เชื้อเพลิงจากแปลงปลูกซึ่งจะอยู่ภายในรัศมีไม่เกิน 50-100 กิโลเมตรจากโรงไฟฟ้า มายังโรงงานแปรรูปไม้เชื้อเพลิงอยู่ 2 รูปแบบดังนี้

1) เก็บเกี่ยวและขนส่งท่อนไม้สดเข้าโรงงานแปรรูปไม้เชื้อเพลิง

ในส่วนของการขั้นตอนการเก็บเกี่ยวไม้เชื้อเพลิง เกษตรกรหรือผู้รับเหมาตัดไม้ จะทำการตัดต้นไม้ด้วยเลื่อยยนต์ หลังจากนั้นจะทำการตัดท่อนในส่วนของไม้ที่มีกิ่งหรือง่ามยื่นออกมาจากลำต้นให้หมด เมื่อตัดท่อนกิ่งเรียบร้อยแล้วจะตัดไม้เป็นท่อนขนาดความยาวไม่ต่ำกว่า 1 เมตร แต่ต้องไม่เกิน 2 เมตร และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 10 นิ้ว หากไม้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเกิน 10 นิ้ว จะต้องทำการผ่าแบ่งส่วนออกเป็น 4 ซีก หลังจากนั้นจะทำการลำเลียงไม้ที่เตรียมไว้ขึ้นรถบรรทุก เพื่อขนส่งไปยังโรงงานแปรรูปไม้เชื้อเพลิง ดังแสดงในภาพที่ 18 ก) การรวบรวมไม้เชื้อเพลิงรูปแบบนี้ส่วนใหญ่จะเป็นกรณีของไม้ที่เกษตรกรและพ่อค้าคนกลางนำมาขาย และกรณีของไม้เชื้อเพลิงที่โรงงานแปรรูปไม้เชื้อเพลิงส่งเสริมให้ปลูกบางส่วน

2) เก็บเกี่ยวและแปรรูปเป็นชิ้นไม้สับที่แปลงปลูก

การเก็บเกี่ยวไม้เชื้อเพลิงรูปแบบนี้ มีขั้นตอนการเก็บเกี่ยวเช่นเดียวกับการเก็บเกี่ยวแบบท่อนไม้สด แต่แตกต่างกันตรงที่การเก็บเกี่ยวไม้รูปแบบนี้จะทำการแปรรูปเป็นชิ้นไม้สับที่แปลงปลูก โดยใช้เครื่องสับย่อยไม้แบบเคลื่อนที่ แทนการนำไม้เชื้อเพลิงไปแปรรูปที่โรงงานแปรรูปไม้เชื้อเพลิง ดังแสดงในภาพที่ 18 ข) โดยไม้ที่นำมาใช้ในการแปรรูปมี 2 แบบ คือ ปลายไม้ และไม้ที่มีลักษณะลำต้นโค้งงอที่ปล่อยทิ้งไว้ให้แห้งในแปลงเป็นระยะเวลาประมาณ 1-2 เดือน ภายหลังจากการสับย่อยไม้เสร็จสิ้นก็จะลำเลียงชิ้นไม้สับขึ้นรถบรรทุกเพื่อขนส่งไปยังโรงงานแปรรูปไม้เชื้อเพลิง



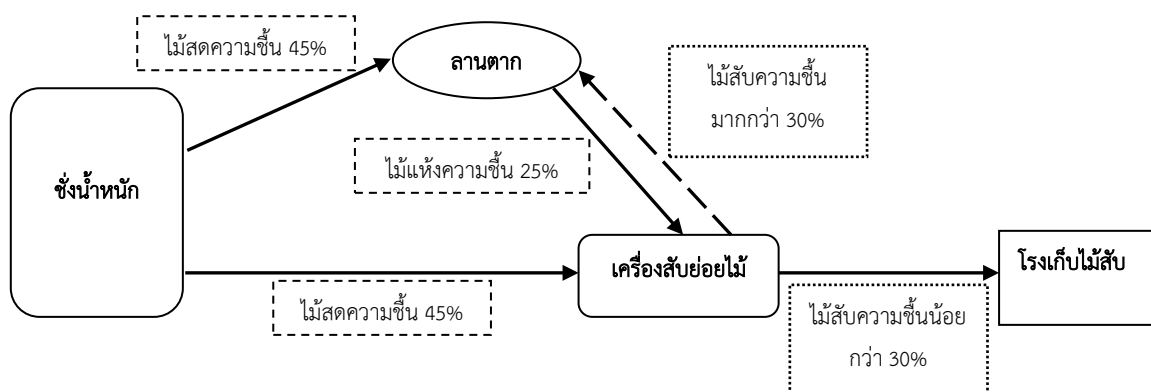
ก) เก็บเกี่ยวและขนส่งท่อนไม้สดเข้าโรงงานแปรรูป ข) เก็บเกี่ยวและแปรรูปเป็นชิ้นไม้สับที่แปลง

ภาพที่ 18 รูปแบบการเก็บเกี่ยวและแปรรูปไม้เชื้อเพลิง

9.4.2 รูปแบบการบริหารไม้ของโรงไฟฟ้าชีวมวล

คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาถึงรูปแบบการบริหารไม้เพื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวลแห่งหนึ่ง โดยโรงไฟฟ้าชีวมวลดังกล่าวจะมีโรงงานแปรรูปไม้อยู่แยกส่วนกันกับโรงไฟฟ้า

จากการศึกษารูปแบบการบริหารไม้ภายในโรงงานแปรรูปไม้ พบว่า ขั้นตอนการบริหารไม้ภายในโรงงานแปรรูปไม้ จะมีอยู่ด้วยกัน 2 ขั้นตอน คือ 1) การขนถ่ายไม้ลงจากรถบรรทุก และ 2) การแปรรูปไม้เชื้อเพลิง ก่อนที่จะทำการขนส่งไปยังโรงงานผลิตไฟฟ้าชีวมวลต่อไป (ภาพที่ 19)



ภาพที่ 19 กระบวนการบริหารไม้ภายในลานแปรรูปก่อนนำไม้สับส่งไปยังโรงผลิตไฟฟ้าชีวมวล

กรณีตัวอย่าง การรวบรวมไม้ชีวมวลที่โรงงานแปรรูปไม้เชื้อเพลิงส่งเสริมให้ปลูก

การรวบรวมไม้ชีวมวลที่โรงงานฯ ส่งเสริมให้ปลูก จะสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ การรวบรวมโดยโรงงานแปรรูปไม้เชื้อเพลิง และการรวบรวมโดยเกษตรกร หมายความว่า การรวบรวมไม้แบบแรกทางโรงงานฯ จะรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการรวบรวมไม้ด้วยการจ้างผู้ประกอบการรับตัดไม้ดำเนินการในขั้นตอนการเก็บเกี่ยว รวบรวม และขนส่งไม้มายังโรงงานแปรรูปไม้เชื้อเพลิง ส่วนการรวบรวมแบบที่สองทางเกษตรกรก็จะเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายในทุกขั้นตอนของการดำเนินงาน ซึ่งรายละเอียดเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายในการดำเนินการดังกล่าวได้แสดงไว้ในตารางที่ 58 และราคารับซื้อไม้ของโรงงานฯ ในตารางที่ 59

ตารางที่ 58 ค่าใช้จ่ายในขั้นตอนการเก็บเกี่ยว และแปรรูปไม้เชื้อเพลิง

รายการ	รูปแบบ	ค่าจ้าง
โรงงานจ่ายให้กับผู้รับเหมา (เก็บเกี่ยว+ขนส่ง)	จ้างเหมา	600 บาท/ตัน
เกษตรกรจ่ายให้ผู้รับจ้างตัดไม้	รายวัน	250 บาท/ตัน
เกษตรกรจ่ายให้กับผู้รับเหมา (เก็บเกี่ยว+สับย่อย+ขนส่ง)	จ้างเหมา	700 บาท/ตัน
โรงงานจ่ายให้กับผู้รับเหมา (จัดการกอง+ขนถ่ายไม้)	จ้างเหมา	4,500 บาท/วัน

ตารางที่ 59 ราคารับซื้อไม้ของโรงงานแปรรูปไม้เชื้อเพลิง

ประเภท	ชนิด	ราคา (บาทต่อตัน)	หมายเหตุ
ไม้ที่โรงงานแปรรูปชีวมวลส่งเสริมให้ปลูก	ยูคาลิปตัส	600	ราคาประกัน (กรณีที่มีการเซ็นสัญญาร่วมกันระหว่างโรงงานและเกษตรกร)
	กระถินยักษ์	600	
ไม้ที่เกษตรกร, พ่อค้าคนกลางนำมาขาย	จามจุรี	700	
	ไม้มะขาม	700	
	ไม้มะม่วง	700	
	กระถินยักษ์	700	
	ขึ้นไม้สับ	1,000	
เศษเหลือทิ้งจากโรงงานไม้แปรรูป	ปีกไม้	700	
	ขี้เลื่อย	600	

ขั้นตอนการแปรรูปไม้

ในขั้นตอนการแปรรูปไม้จะทำการแปรรูปไม้ด้วยเครื่องสับย่อยไม้ โดยแบ่งวิธีการแปรรูปไม้ออกเป็น 2 วิธี คือ การสับย่อยไม้สด (ความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 40) และการสับย่อยไม้แห้ง (ความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 25) จากวิธีการแปรรูปไม้ดังกล่าว ทำให้กระบวนการแปรรูปไม้ในแต่ละวิธีมีความแตกต่างกัน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การพัฒนาไม้โตเร็วสกุล *Acacia* เพื่อปลูกเป็นพื้นที่เสื่อมโทรมสำหรับเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า

1) การสับย่อยไม้สด

จากการศึกษาการดำเนินงานของกระบวนการแปรรูปไม้ด้วยวิธีการสับย่อยไม้สดในขั้นตอนนี้พบว่า รูปร่างและขนาดของชิ้นไม้มีผลต่อการทำงานของเครื่องสับย่อยไม้ 1) กรณีชิ้นไม้เป็นประเภทไม้ปีกที่มีรูปร่างบางเกินไป เมื่อป้อนเข้าไปในเครื่อง ใบมีดในเครื่องจะไม่สามารถสับชิ้นไม้ได้หมด ทำให้ชิ้นไม้สับที่ได้จะมีขนาดใหญ่เกินไป 2) ในกรณีที่ชิ้นไม้เป็นประเภทไม้ท่อนเมื่อทำการป้อนชิ้นไม้เข้าสู่เครื่องสับย่อย หากชิ้นไม้มีขนาดพอดีกับช่องสำหรับป้อนชิ้นไม้ ก็จะทำให้การสับไม้ของเครื่องสับย่อยไม้ไม่สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องจากปัญหาดังกล่าวจึงต้องมีแรงงานคอยจัดเรียงชิ้นไม้และทำการคัดเลือกชิ้นไม้ที่มีขนาดใหญ่และบางเกินไปออกจากสายพานลำเลียงไม่ให้เข้าสู่เครื่องสับย่อย

โดยเครื่องสับย่อยชิ้นไม้สามารถสับชิ้นไม้ได้เฉลี่ย 150 ต้นต่อวัน โดยชิ้นไม้สับที่ได้จะถูกขนย้ายออกรูปแบบการดำเนินงานของกระบวนการแปรรูปไม้ด้วยวิธีการสับย่อยไม้สด เครื่องสับย่อยไม้จะใช้เวลาในการดำเนินงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน โดยในแต่ละวันจะทำการเปลี่ยนชุดใบมีดวันละ 2 ครั้ง การเปลี่ยนใบมีดในแต่ละครั้งใช้เวลา 20 นาที โดยจะทำการเปลี่ยนใบมีดในช่วงพักกลางวัน และหลังเลิกงาน ในส่วนของขั้นตอนการลำเลียงไม้เข้าสู่เครื่องสับย่อยไม้นั้นจะใช้แรงงานคนในการขนถ่ายไม้สด (ความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 45) ลงจากรถบรรทุก โดยขนชิ้นไม้ลงในรางสายพาน ในรางก็จะลำเลียงชิ้นไม้ป้อนเข้าสู่เครื่องสับย่อยไม้เพื่อทำการสับชิ้นไม้ต่อไป หลังจากนั้นเครื่องสับย่อยไม้ก็จะทำการสับไม้ให้มีขนาด 1x1 นิ้ว โดยชิ้นไม้สับที่ได้จะถูกขนย้ายจากบริเวณลานสับไม้ไปยังลานตาก (ดังแสดงในภาพที่ 20) เพื่อลดความชื้นให้มีความชื้นเฉลี่ยน้อยกว่าร้อยละ 30 และเมื่อชิ้นไม้มีความชื้นที่เหมาะสมชิ้นไม้สับเหล่านั้นจะถูกขนมายังโรงเก็บเพื่อรอการขนส่งไปยังโรงไฟฟ้าชีวมวลต่อไป



ภาพที่ 20 ขั้นตอนการสับย่อยไม้สด (ความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 45)

2) การสับย่อยไม้แห้ง

รูปแบบการดำเนินงานของกระบวนการแปรรูปไม้ด้วยวิธีการสับย่อยไม้แห้ง จะมีรูปแบบในการดำเนินงานที่แตกต่างจากวิธีการสับย่อยไม้สด โดยในการสับย่อยไม้แห้ง ชั่วโมงการทำงานของเครื่องสับย่อยไม้จะมากกว่าวิธีการสับย่อยไม้สด เครื่องสับย่อยไม้จะใช้เวลาในการดำเนินงาน 9 ชั่วโมงต่อวัน โดยในแต่ละวันจะทำการเปลี่ยนใบมีดเฉลี่ยวันละ 5 ครั้ง ในการเปลี่ยนใบมีดในแต่ละครั้งจะดูที่ขนาดและรูปร่างของชิ้นไม้ โดยขนาดของชิ้นไม้สับที่ผ่านการสับย่อยจะมีขนาด 1x1 นิ้ว หากชิ้นไม้ที่ได้มีขนาดไม่ได้ตามขนาดที่กำหนดไว้ก็จะทำการเปลี่ยนใบมีดในทันที

ในส่วนของขั้นตอนการลำเลียงไม้แห้งเข้าสู่เครื่องสับย่อยไม้ ทางโรงงานจะใช้รถบรรทุกสับล้อขนชิ้นไม้แห้งจากลานตากมาเทกองไว้บริเวณลานสับย่อยไม้ หลังจากนั้นจะใช้รถสับในการขนชิ้นไม้แห้ง (ความชื้นเฉลี่ยน้อยกว่าร้อยละ 30) จากกองในลานสับย่อยไม้ป้อนเข้าสู่สายพานลำเลียงเพื่อนำชิ้นไม้เข้าสู่

เครื่องสับย่อยต่อไป ในขั้นตอนนี้จะพบปัญหาคล้ายคลึงกับวิธีการสับย่อยไม้สดในเรื่องชิ้นไม้ที่ไม่ได้ขนาด นอกจากนี้ยังพบว่ามีปัญหาของเศษหินและดินที่ปนมากับชิ้นไม้ ทำให้ใบมีดของเครื่องสับสึกเร็วจึงต้องมีการเปลี่ยนใบมีดบ่อยกว่าวิธีการสับย่อยไม้สด ในส่วนของประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องสับย่อยชิ้นไม้ พบว่าสามารถสับชิ้นไม้แห้งได้เฉลี่ย 160 ตันต่อวัน (ที่ความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 30) โดยชิ้นไม้สับที่ได้จะถูกขนย้ายจากบริเวณลานสับไม้ไปยังโรงเก็บไม้สับ (ภาพที่ 21) เมื่อชิ้นไม้สับมีความชื้นร้อยละ 25 ชิ้นไม้สับเหล่านั้นจะถูกขนส่งไปยังโรงไฟฟ้าชีวมวลต่อไป



ภาพที่ 21 แสดงขั้นตอนการสับย่อยไม้แห้ง (ความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 25)

บทที่ 10

การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินและผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์

10.1 ผลตอบแทนทางการเงิน

จากการเก็บข้อมูลต้นทุนการปลูก การจัดการ และข้อมูลผลผลิตชีวมวลของไม้อะเคเซียในแปลงทดลองปลูก 5 พื้นที่ดังกล่าวแล้วข้างต้น นำมาหาค่าเฉลี่ยและตั้งสมมติฐานในการปลูกไม้ดังกล่าวเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนขนาด 9.9 เมกะวัตต์ โดยกำหนดให้สวนป่าไม้อะเคเซีย ที่ปลูกด้วยระยะปลูก 3x3 เมตร มีรอบตัดฟันครั้งแรกเมื่ออายุ 3 ปี จากนั้นตัดฟันหน่อที่เติบโตขึ้นมาใหม่ทุก 2 ปี สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ทั้งหมดจำนวน 5 ครั้งต่อหนึ่งรอบการปลูก จำนวนโครงการทั้งหมด 11 ปี

ในปีแรกต้นทุนการปลูกโดยกำหนดให้ปลูกในพื้นที่ของเกษตรกรสมาชิกโครงการส่งเสริมของโรงไฟฟ้า ประกอบด้วย 1) ค่าเตรียมพื้นที่ 2) ค่าปลูก ได้แก่ ค่าจ้างเหมาชุดหลุมปลูกค่าปลูก และปลูกซ่อม 3) ค่าบำรุงรักษา ได้แก่ ค่าจ้างกำจัดวัชพืช ค่าปุ๋ยอินทรีย์ ค่าจ้างใส่ปุ๋ย ค่าจ้างทำแนวกันไฟ รวมเป็นเงินทั้งสิ้น 5,034 บาท ปีที่ 2 มีต้นทุนเฉพาะค่าบำรุงรักษาเป็นเงิน 800 บาท ปีที่ 3 สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ จะมีค่าเก็บเกี่ยวผลผลิต ได้แก่ ค่าจ้างตัดฟัน ขนส่งผลผลิตมายังจุดรับซื้อ และค่าจ้างตัดแต่งหน่อเพิ่มขึ้นจากค่าบำรุงรักษา รวมเป็นเงิน 6,935 บาท ในปีถัดไปตั้งแต่ปีที่ 4-11 จะมีต้นทุนการบำรุงรักษาและต้นทุนการเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อหน่อที่แตกขึ้นมาใหม่อายุครบ 2 ปี รายละเอียดดังตารางที่ 60

สำหรับรายได้คำนวณจากข้อมูลเฉลี่ยของผลผลิตลำต้นของไม้อะเคเซียทั้ง 5 พื้นที่ เท่ากับ 12 ต้นต่อไร่ (ความชื้นไม้ประมาณร้อยละ 50) ที่อายุ 3 ปี จากนั้นในรอบตัดฟันต่อไปกำหนดให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 20 และให้คงผลผลิตสูงสุดไว้ที่ 16 ต้นต่อไร่ เนื่องจากไม่มีข้อมูลอ้างอิงเกี่ยวกับการปลูกระบบนี้ของไม้อะเคเซีย ในส่วนราคารับซื้อไม้เชื้อเพลิง ราคาตลาดปัจจุบันมีราคาประมาณ 600-750 บาทต่อตัน ขึ้นอยู่กับฤดูกาลและพื้นที่ จึงกำหนดราคารับซื้อเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผลตอบแทนนี้ในราคา 700 บาทต่อตัน ที่ความชื้นไม้ร้อยละ 50

จะเห็นว่า กระแสเงินสดสุทธิตามตารางที่ 60 มีทั้งที่ติดลบและเป็นบวก โดยกระแสเงินสดจะติดลบในปีที่ไม่มีการตัดฟันไม้ จึงไม่มีรายได้เข้ามามีแต่รายจ่ายจากต้นทุนการปลูกและบำรุงรักษา ในปีที่มีการตัดฟันก็จะมีกระแสเงินสดเป็นบวกโดยในปีที่ 3, 5, 7, 9 และ 11 มีกระแสเงินสดสุทธิเป็นบวกเท่ากับ 1,465, 1,865, 2,265, 2,265 และ 2,265 บาทต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนกระแสเงินสดสะสมทั้งโครงการเท่ากับ 1,092 บาทต่อไร่

เมื่อนำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์หาผลตอบแทนทางการเงิน โดยกำหนดอัตราคิดลดเท่ากับร้อยละ 7.25 พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (net present value, NPV) ของโครงการติดลบหรือเท่ากับ -1,229 บาทต่อไร่ ค่าอัตราผลตอบแทนภายใน (internal rate of return, IRR) ของโครงการเท่ากับร้อยละ 2.75 ต่ำกว่าอัตราคิดลดที่กำหนดไว้ แสดงให้เห็นว่า ผลตอบแทนทางการเงินไม่คุ้มค่ากับการลงทุน

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับค่าปลูกพืชไร่ที่สามารถปลูกได้ในสภาพพื้นที่ใกล้เคียงกัน ได้แก่ มันสำปะหลัง ซึ่งข้อมูลจากมูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย ปี 2554/55 พบว่า การปลูกมันสำปะหลังจะสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรโดยเฉลี่ยเท่ากับ 7,566 บาทต่อไร่ เมื่อหักต้นทุนเท่ากับ 5,500 บาท จะเหลือผลตอบแทนสุทธิต่อไร่เท่ากับ 2,066 บาท (ตารางที่ 61) ดังนั้น ราคารับซื้อไม้ขั้นต่ำควรเป็นคือ 800

บาทต่อตัน จึงจะมีผลตอบแทนที่จูงใจให้ลงทุน แต่ถ้าเทียบกับผลตอบแทนการปลูกมันสำปะหลังตามข้อมูลข้างต้น ต้องมีราคารับซื้อไม้ถึง 1,000 บาทต่อตัน จึงจะได้ผลตอบแทนที่ใกล้เคียงกัน

อย่างไรก็ตามผลตอบแทนทางการเงินของการปลูกไม้อะเคเซีย เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าอาจมีค่าเพิ่มขึ้นในกรณีที่การปลูกไม้อะเคเซีย ใช้ต้นพันธุ์ที่เหมาะสมกับพื้นที่ มีระยะปลูกที่เหมาะสม เนื่องจากระยะในแปลงทดลองทั้ง 5 พื้นที่เป็นระยะที่กว้างออกแบบไว้สำหรับการปลูกเพื่อใช้ไม้อายุมากในการผลิตไม้แปรรูปหรือใช้ในการก่อสร้าง และมีการจัดการบำรุงรักษาแปลงที่ดีเพื่อให้อายุโครงการยาวนานขึ้นมากกว่า 11 ปี นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์ต้นทุน จะเห็นว่าต้นทุนที่มีสัดส่วนมากที่สุด ได้แก่ ต้นทุนการเก็บเกี่ยว คิดเป็นร้อยละ 73 ของต้นทุนรวม เนื่องจากยังอาศัยแรงงานคนเป็นหลักเกือบทุกขั้นตอนทำให้มีประสิทธิภาพต่ำ ในการขนส่งก็เป็นการขนไม้ท่อนซึ่งยังมีความชื้นถึงร้อยละ 50 ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานในการขนส่งอีก ดังนั้นควรมีการพัฒนาการเก็บเกี่ยว การรวบรวมขนส่งที่มีประสิทธิภาพ โดยพัฒนาเครื่องจักรในการเก็บเกี่ยวและแปรรูปเบื้องต้นในพื้นที่ได้จะทำให้ต้นทุนลดลง และงานมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นได้

10.2 ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์

ในการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ ได้นำผลตอบแทนที่ได้จากการนำสารอาหารคืนกลับสู่ดินของซากพืชที่ร่วงหล่นสะสมของไม้อะเคเซีย โดยคิดเปรียบเทียบกับมูลค่าของปุ๋ยไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และ โพแทสเซียม (K) โดย เอกพงษ์ และคณะ (2554) ได้รายงานไว้ในสวนป่าไม้โตเร็วที่ปลูกเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าของบริษัท สหโคเจน กรีน จำกัด ในส่วนของไม้อะเคเซียลูกผสม อายุ 2 ปี มีปริมาณสารอาหารจากซากที่ร่วงหล่นสะสมคิดเป็นปริมาณธาตุ N, P และ K เท่ากับ 58.4, 1.9 และ 7.4 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ คิดเป็นมูลค่าของแม่ปุ๋ย N, P และ K เท่ากับ 992.4, 70.2 และ 148.2 บาทต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ คิดเป็นมูลค่าของปุ๋ยโดยรวมเท่ากับ 1,210.8 บาทต่อไร่ต่อปี นอกจากนี้ยังคิดค่าเสียโอกาสจากพื้นที่เสื่อมโทรมที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ โดยเทียบกับผลตอบแทนสุทธิจากการปลูกมันสำปะหลังเท่ากับ 2,066 บาทต่อไร่ต่อปี เพิ่มรวมเป็นผลได้ในการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์กรณีนี้ด้วย

ตารางที่ 60 ผลตอบแทนทางการเงินของการปลูกไม้อะเคเซีย เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า

รายการ	หน่วย	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 4	ปีที่ 5	ปีที่ 6	ปีที่ 7	ปีที่ 8	ปีที่ 9	ปีที่ 10	ปีที่ 11
สมมติฐานสำคัญ (Key Assumption)												
ผลผลิต	ตันต่อไร่	0	0	12	0	14	0	16	0	16	0	16
ราคาไม้	บาทต่อตัน	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700
รายได้ (Revenue)												
รายได้จากการขาย (Sales Revenue)	51,800 บาท	0	0	8,400	0	9,800	0	11,200	0	11,200	0	11,200
รายได้อื่น (Other Income)	บาท	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ต้นทุน (Cost)												
1. ค่าเช่าและจัดหาพื้นที่	บาท	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2. ค่าเตรียมพื้นที่	บาท	800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3. ค่าปลูก	บาท	2,384	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4. ค่าบำรุงรักษา	บาท	1,850	800	935	800	935	800	935	800	935	800	935
5. ค่าเก็บเกี่ยวผลผลิต	บาท	0	0	6,000	0	7,000	0	8,000	0	8,000	0	8,000
6. ค่าใช้จ่ายบริหารและอื่นๆ	บาท	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
รวมต้นทุน	50,709 บาท	5,034	800	6,935	800	7,935	800	8,935	800	8,935	800	8,935
กระแสเงินสดสุทธิ	บาท	-5,034	-800	1,465	-800	1,865	-800	2,265	-800	2,265	-800	2,265
กระแสเงินสดสุทธิสะสม	บาท	-5,034	-5,834	-4,369	-5,169	-3,304	-4,104	-1,839	-2,639	-374	-1,174	1,092
อัตราคิดลด (Discount Rate)	7.25%											
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	-1,229 บาท											
อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)	2.75%											

การพัฒนาไม้โตเร็วสกุล *Acacia* เพื่อปลูกเป็นพื้นที่เสื่อมโทรมสำหรับเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า

จากผลได้ที่กล่าวข้างต้นเมื่อรวมกับผลได้จากการปลูกไม้อะเคเซีย สามารถคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิของผลได้ (NPV) รวมของโครงการเท่ากับ 55,995 บาทต่อไร่ ดังตารางที่ 61 ส่วนมูลค่าปัจจุบันสุทธิของต้นทุนของโครงการที่อัตราคิดลดร้อยละ 7.25 เท่ากับ 32,957 บาทต่อไร่ ดังนั้นมูลค่าปัจจุบันสุทธิทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการจึงมีค่าเท่ากับ 23,038 บาทต่อไร่ อัตราผลตอบแทนภายใน (EIRR) ของโครงการเท่ากับร้อยละ 176.12 และอัตราส่วนผลได้ต่อต้นทุนของโครงการ (BCR) เท่ากับ 1.7

ในส่วนผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์เมื่อเทียบกับผลตอบแทนทางการเงินจะสูงกว่ามาก เนื่องจากรวมค่าเสียโอกาสของที่ดินและสารอาหารที่คืนสู่ดินเข้าไปด้วย ซึ่งในทางปฏิบัติเกษตรกรไม่ได้คิดถึงประโยชน์นี้ให้ความสำคัญแต่ราคาซื้อขาย ดังนั้นรัฐจึงสมควรปรับเพิ่มส่วนเพิ่มค่าไฟฟ้า (adder) เพื่อให้โครงการปลูกไม้โตเร็วบนพื้นที่เสื่อมโทรมเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้ามีความเป็นไปได้ในการลงทุน และถ้าเปรียบเทียบกับ การปลูกมันสำปะหลังแล้ว ควรจะให้ไม้โตเร็วดังกล่าวสามารถรับซื้อได้ถึง 1,000 บาทต่อตัน ซึ่งเกษตรกรจะได้ผลตอบแทนทางการเงินใกล้เคียงกับการปลูกมันสำปะหลัง แต่ในแง่เศรษฐศาสตร์จะดีกว่าเนื่องจากมีสารอาหารกลับคืนสู่พื้นดินด้วย ซึ่งเทียบเคียงได้กับกรณีที่ไม่คิดค่าเสียโอกาสของพื้นที่เสื่อมโทรม จะได้อัตราผลตอบแทนภายในทางเศรษฐศาสตร์ (EIRR) ของโครงการเท่ากับร้อยละ 71.30 และอัตราส่วนผลได้ต่อต้นทุนของโครงการ (BCR) เท่ากับ 1.65 (ตารางที่ 62) โดย adder ที่เพิ่ม เป็นการช่วยส่งเสริมการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างคุ้มค่ามีประสิทธิภาพ และสามารถปรับปรุงดินให้ดีขึ้นในระยะยาว อีกทั้งเพิ่มพื้นที่สีเขียวทำให้สิ่งแวดล้อมดีขึ้นเป็นลำดับ

ตารางที่ 61 ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ของการปลูกไม้อะเคเซีย เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า

รายการ	หน่วย	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 4	ปีที่ 5	ปีที่ 6	ปีที่ 7	ปีที่ 8	ปีที่ 9	ปีที่ 10	ปีที่ 11
สมมติฐานสำคัญ (Key Assumption)												
ผลผลิต	ตันต่อไร่	0	0	12	0	14	0	16	0	16	0	16
ราคาไม้	บาทต่อตัน	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700
ผลได้ (Benefit)												
รายได้	บาท	0	0	8,400	0	9,800	0	11,200	0	11,200	0	11,200
ค่าเสียโอกาสของพื้นที่เสื่อมโทรม (กรณีปลูกมันสำปะหลัง)	บาท	2,066	2,066	2,066	2,066	2,066	2,066	2,066	2,066	2,066	2,066	2,066
ค่าผลตอบแทนที่ได้จากการคืนกล้าธำมรงค์สุริน (N, P, K)	บาท	1,211	1,211	1,211	1,211	1,211	1,211	1,211	1,211	1,211	1,211	1,211
รวมผลได้	บาท	3,277	3,277	11,677	3,277	13,077	3,277	14,477	3,277	14,477	3,277	14,477
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ของผลได้	55,995 บาท											
ต้นทุน (Cost)												
1. ค่าเตรียมพื้นที่	บาท	800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2. ค่าปลูก	บาท	2,384	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3. ค่าบำรุงรักษา	บาท	1,850	800	935	800	935	800	935	800	935	800	935
4. ค่าเก็บเกี่ยวผลผลิต	บาท	0	0	6,000	0	7,000	0	8,000	0	8,000	0	8,000
รวมต้นทุน	บาท	5,034	800	6,935	800	7,935	800	8,935	800	8,935	800	8,935
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ของต้นทุน	32,957 บาท											
ต้นทุนสุทธิ	บาท	-1,757	2,477	4,742	2,477	5,142	2,477	5,542	2,477	5,542	2,477	5,542
ต้นทุนสุทธิสะสม	บาท	-1,757	720	5,461	7,938	13,079	15,556	21,097	23,574	29,115	31,592	37,133
อัตราคิดลด (Discount Rate)	7.25%											
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	23,038 บาท											
อัตราผลตอบแทนภายใน (EIRR)	176.12%											
อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR)	1.70											

การพัฒนาไม้โตเร็วสกุล *Acacia* เพื่อปลูกเป็นพื้นที่เสื่อมโทรมสำหรับเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า

ตารางที่ 62 การเปรียบเทียบอัตราผลตอบแทนทางการเงินและผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ของการปลูกไม้สกุลอะเคเชียบนพื้นที่เสื่อมโทรมเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า

สมมติฐานสำคัญ (Key Assumption)		-			
ราคาไม้ ที่ความชื้น 45 – 50 %	บาทต่อตัน	700	800	900	1000
ผลตอบแทนการปลูกไม้โตเร็ว					
อัตราผลตอบแทนทางการเงิน (FIRR)		3%	17%	28%	38%
อัตราผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ (EIRR)		176%	192%	207%	222%
อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR)		1.7	1.8	2.0	2.1
ในกรณีไม่รวมค่าเสียโอกาสของพื้นที่เสื่อมโทรม					
อัตราผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ (EIRR)		37.4%	50.0%	61.1%	71.3%
อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR)		1.23	1.37	1.51	1.65

10.3 การคำนวณส่วนเพิ่มค่าไฟฟ้า (adder)

จากตารางที่ 63 กำหนดสมมติฐานที่สำคัญเกี่ยวกับราคาไม้ เพื่อให้ได้ราคาส่วนเพิ่มค่าไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับให้เกิดการจูงใจในใช้พื้นที่เสื่อมโทรมเพื่อปลูกไม้โตเร็วเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยกำหนดให้ราคาไม้เท่ากับ 700, 800, 900 และ 1,000 บาท จากนั้นวิเคราะห์การลงทุนและผลตอบแทนของกรณีการปลูกไม้เพื่อเป็นเชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้าพลังความร้อน (thermal power plant) ในโครงการรับซื้อไฟฟ้าจากผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (very small power producer: VSPP) ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 9.9 เมกะวัตต์ ขยายไฟฟ้าเข้าระบบของการไฟฟ้าสุทธี 8 เมกะวัตต์ โดยในการลงทุนควรได้อัตราผลตอบแทนไม่น้อยกว่าร้อยละ 15 หรือ คืนทุนในระยะเวลาประมาณ 7 ปี หลังเริ่มขายไฟฟ้าได้ ดังนั้นจึงสมมติค่า adder ใหม่สำหรับโครงการโรงไฟฟ้าที่มีการปลูกไม้โตเร็วเป็นเชื้อเพลิง ให้เป็นระยะเวลา 7 ปี ตามเดิม โดยกำหนดเงื่อนไขของการลงทุนต่างๆ ดังรายละเอียดในตารางที่ 63 จากการวิเคราะห์ พบว่า ค่า adder ควรเพิ่มเป็นอย่างต่ำ 1.90 บาทต่อหน่วย จึงจะทำให้มีค่าผลตอบแทนทางการเงินที่คุ้มค่า และสามารถเพิ่มราคารับซื้อไม้ได้เป็นต้นละ 800 บาท ซึ่งจะทำให้การปลูกไม้โตเร็วมีอัตราผลตอบแทนทางการเงิน (FIRR) เท่ากับร้อยละ 17 อัตราผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ (EIRR) เท่ากับร้อยละ 192 อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) เท่ากับ 1.8 อย่างไรก็ตามถ้าจะส่งเสริมให้เกิดการปลูกไม้โตเร็วบนพื้นที่เสื่อมโทรมเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าอย่างแพร่หลายและให้ผลตอบแทนใกล้เคียงกับมันสำปะหลังควรปรับเพิ่มค่า adder เป็น 2.50 บาทต่อหน่วย จะทำให้สามารถเพิ่มราคารับซื้อไม้ให้แก่เกษตรกรถึงต้นละ 1,000 บาท

ตารางที่ 63 การวิเคราะห์หาส่วนเพิ่มค่าไฟฟ้า กรณีการปลูกไม้เพื่อเป็นเชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้าพลังความร้อน VSPP (9.9 MW)

สมมติฐานสำคัญ (Key Assumption)						
ราคาไม้ ที่ความชื้น 45 – 50 %	บาทต่อตัน	700	800	900	1000	
อัตราค่าแปรรูปและขนส่งจากจุดรับซื้อเข้าโรงไฟฟ้า	บาทต่อตัน	350	350	350	350	
ราคาไม้สับสำหรับเป็นเชื้อเพลิง	บาทต่อตัน	1,050	1,150	1,250	1,350	
ระบบการผลิต						
โรงไฟฟ้าพลังความร้อน (Steam Turbine Generator)						
อัตราการใช้ไม้ในการผลิตไฟฟ้า	1.8	กิโลกรัมต่อหน่วย				
ค่าไฟฟ้า (ปีแรก)						
ราคาค่าไฟฟ้าขายส่งเฉลี่ย รวม FT	3.0	บาทต่อหน่วย				
สัดส่วนค่าใช้จ่ายในการผลิต (ปีแรก)						
ค่าเดินเครื่องและบำรุงรักษา (ไม่รวมค่าเชื้อเพลิง)	15%	ของต้นทุนรวม				
ค่าเสื่อมราคา	14%	ของต้นทุนรวม				
ค่าใช้จ่ายในการบริหาร	5%	ของต้นทุนรวม				
ค่าใช้จ่ายทางการเงิน	16%	ของต้นทุนรวม				
การลงทุนและผลตอบแทนทางการเงิน						
เงินลงทุนโครงการ (ต่อกำลังการผลิตสุทธิ)	100,000	บาทต่อกิโลวัตต์				
สัดส่วนหนี้ต่อทุน (D/E Ratio)	70%:30%					
อัตราผลตอบแทนของโครงการ	15%					
ระยะเวลาคืนทุน	7.00	ปี				
ผลการวิเคราะห์ส่วนเพิ่มค่าไฟฟ้า						
ส่วนเพิ่มราคาค่าไฟฟ้า (7 ปี)	บาทต่อหน่วย	1.6	1.9	2.2	2.5	
รวมค่าไฟฟ้า	บาทต่อหน่วย	4.6	4.9	5.2	5.5	

การพัฒนาไม้โตเร็วสกุล *Acacia* เพื่อปลูกเป็นพื้นที่เสื่อมโทรมสำหรับเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า

10.4 การจัดสัมมนาเผยแพร่ผลการดำเนินโครงการ

ดำเนินการจัดประชุมให้ความรู้กลุ่มเป้าหมายเฉพาะ เรื่อง ศักยภาพการปลูกไม้สกุลอะเคเชียบนพื้นที่เสื่อมโทรมเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า ในวันที่ 31 กรกฎาคม พ.ศ.2555 เวลา 13.30-16.30 น. ณ ห้องประชุมชั้น 9 อาคารปฏิบัติการวิจัยกลาง สถาบันคั่นคว่ำและพัฒนาผลผลิตทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพื่อเผยแพร่ผลการดำเนินโครงการให้กับกลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ เกษตรกรผู้ปลูกไม้โตเร็วจากจังหวัดต่างๆ เอกชนผู้ใช้ไม้ในด้านพลังงาน เช่น ลานแปรรูปไม้ โรงไฟฟ้าชีวมวล โรงงานผลิตเชื้อเพลิงอัดเม็ด โรงงานผลิตน้ำมันไบโอดีเซล รวมถึงภาครัฐ ได้แก่ ผู้แทนจากกรมป่าไม้ กรมพัฒนาที่ดิน สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ เพื่อให้กลุ่มเป้าหมายรับทราบถึงข้อมูลที่เป็นประโยชน์ที่จะผลักดันการพัฒนาพลังงานทางเลือกโดยเฉพาะพลังงานชีวมวลของชาติอย่างเป็นรูปธรรม และได้ร่วมแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับผลการวิจัยและข้อเสนอแนะในการหาแนวทางการส่งเสริมการพัฒนาพลังงานชีวมวลจากการปลูกไม้โตเร็ว โดยเฉพาะไม้อะเคเชียอย่างเป็นรูปธรรมในอนาคต สำหรับผู้เข้าร่วมการสัมมนาครั้งนี้มีจำนวน 50 คน รายละเอียดดังภาคผนวก

ซึ่งหลังจากมีการนำเสนอผลการดำเนินโครงการแล้วได้ให้เวลาผู้เข้าร่วมสัมมนาได้แสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่างๆ สรุปประเด็นได้ดังนี้

1. ควรมีการต่อยอดในแง่ของการพัฒนาปรับปรุงพันธุ์ไม้อะเคเชียเพื่อใช้ในด้านพลังงานโดยเฉพาะและประสานงานหาเจ้าภาพในการต่อยอดการผลิตต้นกล้าไม้อะเคเชียสายต้นที่กรมป่าไม้ปรับปรุงแล้วให้สามารถปลูกได้อย่างแพร่หลาย เนื่องจากปัจจุบันกรมป่าไม้ผลิตกล้าไม้จำนวนจำกัด และไม่สามารถผลิตเพื่อจำหน่ายได้ ซึ่งไม่ตอบสนองต่อความต้องการของเกษตรกรและภาคเอกชน

2. เกษตรกรได้ให้ความเห็นว่า ในบางพื้นที่มีการส่งเสริมการปลูกไม้โตเร็วมาเป็นเวลานาน แต่ไม่มีการส่งเสริมให้แปรรูป สร้างมูลค่าเพิ่มและต่อยอดการใช้ประโยชน์ เกษตรกรจึงต้องขายในราคาถูกทำให้ไม่ยอมปลูกอีก และเปลี่ยนไปปลูกพืชตามราคาตลาด เป็นปัญหาต่อเนื่องไปเรื่อยๆ ดังนั้นจึงอยากให้มีการสำรวจ และต่อยอดการวิจัยเกี่ยวกับการจัดการรวบรวม และการใช้ประโยชน์วัตถุดิบไม้โตเร็วที่มีในพื้นที่โดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งมีจำนวนมาก

3. ในส่วนของภาคเอกชนผู้ใช้ประโยชน์ อยากให้เน้นการวิจัยเพิ่มเติมเรื่องการจัดการโลจิสติกส์ เพื่อให้มีการบริหารจัดการวัตถุดิบ เนื่องจากเป็นข้อจำกัดเกี่ยวกับต้นทุนที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในพื้นที่ห่างไกลจากการใช้ประโยชน์ นอกจากนี้ยังอยากให้มีการตั้งเครือข่ายเพื่อติดตามแลกเปลี่ยนข่าวสาร ทั้งในส่วนของผู้ผลิตวัตถุดิบ และผู้ใช้ประโยชน์เพื่อให้เกิดการพัฒนาในเชิงธุรกิจ และเกษตรกรได้รับประโยชน์โดยตรง

4. ในส่วนของภาครัฐ อยากให้มีการเผยแพร่ข้อมูลจากงานวิจัยต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ เนื่องจากเจ้าหน้าที่ภาครัฐต้องเป็นผู้ปฏิบัติโดยตรง ถ้ามีข้อมูลที่เป็นประโยชน์จะได้ปฏิบัติได้อย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ อย่างเช่น เจ้าหน้าที่จากกรมพัฒนาที่ดิน จ.ร้อยเอ็ด ร่วมให้ข้อมูลว่า ต้องปฏิบัติงานในพื้นที่ดินเสื่อมโทรม และดินเค็ม แต่รู้จักชนิดพืชไม่กี่ชนิด ซึ่งก็นำมาใช้ในการส่งเสริมปลูกในพื้นที่ แต่ส่วนใหญ่เป็นชนิดที่ไม่ค่อยมีมูลค่าทางเศรษฐกิจ แต่จากนี้จะได้ประสานขอต้นกล้าไม้สกุลอะเคเชียพันธุ์ดีจากกรมป่าไม้ไปให้เกษตรกรในพื้นที่ปลูกมากขึ้น และการปลูกก็จะคำนึงถึงการส่งเสริมการใช้ประโยชน์ในอนาคตด้วย

5. มีข้อเสนอแนะให้มีการคิดผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์และการวิเคราะห์ส่วนเพิ่มค่าไฟฟ้าในกรณีที่เป็นโรงไฟฟ้าชุมชนขนาดไม่เกิน 1 เมกะวัตต์ จะเป็นประโยชน์มาก

บทที่ 11

สรุปและข้อเสนอแนะ

11.1 สรุป

ไม้สกุลอะเคเซีย เป็นพันธุ์ไม้เอนกประสงค์ที่มีการปลูกและการใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง ตั้งแต่เป็นไม้ใช้สอยในครัวเรือนและชุมชน ประเทศไทยได้มีการนำไม้สกุลอะเคเซียมาปลูกทดลองในท้องที่ต่างๆ ของประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2528 โดยมีชนิดไม้อะเคเซีย จำนวน 23 ชนิด ซึ่งผลการทดลองพบว่า ชนิดไม้อะเคเซียที่มีการเติบโตดีที่สุด คือ *A. crassicaarpa*, *A. auriculiformic* และ *A. aulococarpa* (จากถิ่นกำเนิดปาปัวนิวกินี) ซึ่งกรมป่าไม้ได้มีการพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์ไม้อะเคเซียดังกล่าว สามารถพัฒนาได้สายพันธุ์ที่โตเร็วและลำต้นเปลาตรง รวมทั้งสามารถเติบโตในสภาพพื้นที่เสื่อมโทรมหรือแห้งแล้งได้ดี และนอกจากนี้ยังมีการผสมพันธุ์ลูกผสมระหว่างกระถินณรงค์และกระถินเทพาเป็นอะเคเซียลูกผสม (*Acacia hybrids*) เติบโตเร็วขึ้นอีกด้วย ปัจจุบันได้มีการคัดเลือกสายต้นกระถินณรงค์พันธุ์ใหม่และอะเคเซียลูกผสม ทดลองปลูกในที่ต่างๆ ทั่วประเทศ

จากข้อมูลพื้นที่ดินเสื่อมโทรมและพื้นที่ดินทิ้งร้างที่มีเป็นจำนวนมากในประเทศ และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นจากการใช้ประโยชน์ที่ดินเกินกำลัง และผิดวิธีมาเป็นเวลานาน จำเป็นต้องมีการหาแนวทางการพัฒนาฟื้นฟูพื้นที่ดินเสื่อมโทรมดังกล่าวให้สร้างผลผลิตไม่ว่าจะเป็นผลผลิตที่ให้ผลตอบแทนเป็นตัวเงินหรือผลตอบแทนด้านสิ่งแวดล้อม จากข้อมูลพื้นที่เสื่อมโทรม ทิ้งร้างของประเทศไทย พบว่า พื้นที่ที่ควรมีการพัฒนาฟื้นฟูอย่างเร่งด่วน ได้แก่ พื้นที่ในเขตลุ่มน้ำน่านตอนบน และลุ่มน้ำโขงตอนบน ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวบางส่วนอยู่ในเขต ส.ป.ก. การดำเนินงานฟื้นฟูและแก้ปัญหาการใช้ที่ดินในพื้นที่ดังกล่าว ควรมีการบูรณาการของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อให้เกิดผลที่เป็นรูปธรรม อาทิเช่น ส.ป.ก. กรมพัฒนาที่ดิน กรมป่าไม้ กรมส่งเสริมสหกรณ์ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ในกรณีที่ต้องการพัฒนาให้พื้นที่ดังกล่าวเป็นแหล่งผลิตพลังงานชีวมวลให้ได้ตามเป้าหมายของแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก (พ.ศ. 2555-2564) ของกระทรวงพลังงานที่กำหนดเป้าหมายการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลเป็นจำนวนสะสมถึง 3,630 เมกะวัตต์ในปี พ.ศ. 2564 ดังนั้นจึงต้องมีนโยบาย แผนและแนวทางปฏิบัติที่ชัดเจนที่จะทำให้บรรลุเป้าหมายดังกล่าว โดยเฉพาะแนวทางการจัดหาวัตถุดิบชีวมวลที่จะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงไฟฟ้า การพัฒนาพื้นที่เสื่อมโทรมและพื้นที่ดินมีปัญหาด้วยการปลูกไม้โตเร็วโดยเฉพาะไม้สกุลอะเคเซีย เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้

เมื่อพิจารณาพื้นที่ตามทิวเขาระหว่างพื้นที่เสื่อมโทรมที่มีศักยภาพและมีความจำเป็นเร่งด่วนที่จะต้องฟื้นฟูให้สามารถสร้างผลผลิตได้ ได้แก่ พื้นที่เสื่อมโทรมระดับวิกฤติและระดับรุนแรงในลุ่มน้ำน่าน (รวมตอนบนและตอนล่าง) และลุ่มน้ำโขง ซึ่งมีพื้นที่เสื่อมโทรมรวมทั้งสองระดับเท่ากับ 7,595,408 ไร่ และ 3,340,411 ไร่ ตามลำดับ พื้นที่ดังกล่าวถ้านำมาปลูกไม้โตเร็ว เช่น ยูคาลิปตัส และไม้สกุลอะเคเซีย จะสามารถให้ผลผลิตเฉลี่ยต่อปีต่ำสุดเท่ากับ 7,595,408-22,786,224 ตัน ในพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน และมีผลผลิตเฉลี่ยต่อปีต่ำสุดเท่ากับ 3,340,411-10,021,233 ตัน ในพื้นที่ลุ่มน้ำโขง ผลผลิตดังกล่าวคิดเป็นกำลังไฟฟ้าที่จะสามารถผลิตได้เท่ากับ 523.5-1,570.5 เมกะวัตต์ ในพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน และ 230.2-690.7 เมกะวัตต์ ในพื้นที่ลุ่มน้ำโขง สำหรับพื้นที่ดินมีปัญหาโดยเฉพาะพื้นที่ดินเค็มซึ่งพบเป็นพื้นที่กว้างใหญ่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งมีพื้นที่ดินเค็มระดับเค็มปานกลางถึงระดับเค็มมากถึง 4,168,593 ไร่ มีศักยภาพสามารถนำมาปลูกไม้โตเร็วเพื่อเป็นเชื้อเพลิง

ในการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ผลผลิตเฉลี่ยต่อปีเท่ากับ 4,168,593-12,505,779 ตัน ปริมาณดังกล่าวสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้เท่ากับ 287.3-862 เมกะวัตต์

ผลผลิตมวลชีวภาพของไม้อะเคเซียที่ปลูกในแปลงทดลองของกรมป่าไม้ องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ และภาคเอกชนรวม 5 พื้นที่ โดยคัดเลือกศึกษา 4 สายต้น ซึ่งเป็นพันธุ์ไม้อะเคเซียที่ปรับปรุงพันธุ์แล้ว อายุของไม้ในสวนป่าดังกล่าวมีอายุ 3-4 ปี ปลูกโดยใช้ระยะปลูก 3x3 เมตร พบว่า ปริมาณมวลชีวภาพในส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และใบ ทั้ง 4 สายต้น มีปริมาณเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ ปริมาณของส่วนที่เป็นลำต้นมีมากที่สุด รองลงมาคือ ส่วนที่เป็นกิ่ง และน้อยที่สุดในส่วนที่เป็นใบ ขณะที่เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละพื้นที่ของแต่ละสายต้น พบว่า สายต้นที่ 3 และ 5 มีปริมาณผลผลิตมวลชีวภาพมากที่สุดในบรรดา 4 สายต้น โดยเฉพาะในพื้นที่สวนป่าของบริษัท สโตรรา เอ็นโซ (ประเทศไทย) จำกัด จังหวัดสระแก้ว มีค่าผลผลิตมวลชีวภาพของส่วนที่เป็นลำต้นซึ่งจะนำไปเป็นเชื้อเพลิง (น้ำหนักแห้ง) เท่ากับ 5.17 ตันต่อไร่ หรือ ประมาณ 10.3 ตันสดต่อไร่

เมื่อพิจารณาปริมาณสารอาหารในส่วนต่างๆ พบว่า ในส่วนใบมีปริมาณความเข้มข้นของสารอาหารมากที่สุด รองลงมาเป็นส่วนกิ่ง และลำต้น ในพื้นที่แห่งแล้ง พบว่า ความเข้มข้นของสารอาหารในใบและผลมีมากกว่าส่วนที่เป็นเนื้อไม้ และความเข้มข้นนี้จะลดลงเมื่อเนื้อไม้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ขึ้น ทั้งนี้ใบของไม้สกุลอะเคเซีย มีปริมาณไนโตรเจนมากกว่าไม้ชนิดอื่นๆ ขณะที่ใบของสะเดา และยูคาลิปตัส คามาลดูลูเลนซิส มีปริมาณโพแทสเซียมมากกว่าไม้สกุลอะเคเซีย จากการศึกษาการกระจายสารอาหารในต้นไม้ พบว่า แม้ใบเป็นส่วนที่มีความเข้มข้นของสารอาหารมากที่สุด แต่สารอาหารส่วนใหญ่กลับสะสมอยู่ในลำต้นมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากลำต้นเป็นส่วนที่มีปริมาณมวลชีวภาพมากที่สุดแม้ว่าความเข้มข้นของสารอาหารน้อยกว่าใบก็ตาม

ปริมาณการสะสมไนโตรเจนและแมกนีเซียมในไม้อะเคเซียพบในส่วนเหนือพื้นดินมากที่สุด และในส่วนเดียวกันนี้มีการสะสมฟอสฟอรัสน้อยที่สุด การสะสมแคลเซียมและแมกนีเซียมพบในเปลือกมากที่สุด การศึกษานี้ได้แสดงให้เห็นว่า แม้ปริมาณมวลชีวภาพของใบมีอยู่น้อยกว่าร้อยละ 10 เมื่อเทียบกับมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน แต่กลับมีการสะสมสารอาหารต่างๆ อยู่กว่าร้อยละ 10-20 ของปริมาณสารอาหารที่สะสมอยู่ในมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินทั้งหมด และแสดงให้เห็นว่า ใบ และกิ่งสด สามารถกักเก็บสารอาหารได้มากกว่าส่วนอื่น ทั้งนี้พบว่าไม้อะเคเซีย เป็นชนิดไม้ที่เหมาะสมสำหรับปลูกในพื้นที่ที่ดินขาดไนโตรเจน เนื่องจากมีการสะสมไนโตรเจนในส่วนรากสูง

จากการศึกษาสมบัติทางด้านกายภาพของดินในแปลงปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้น จำนวน 5 พื้นที่ พบว่า ในแต่ละพื้นที่ที่มีสมบัติทางด้านกายภาพของดินที่ไม่แตกต่างกันมากนัก โดยความหนาแน่นรวมในแต่ละระดับชั้นความลึกมีค่าใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เนื่องมาจากการจัดเรียงตัวของโครงสร้างในแต่ละชั้น ลักษณะเนื้อดิน และปริมาณอินทรีย์วัตถุที่คล้ายคลึงกัน ซึ่งผลจากการปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเซีย ทั้ง 4 สายต้น ในพื้นที่เสื่อมโทรมโดยเฉพาะพื้นที่ดินทรายเมื่อเวลาผ่านไป 3 ปีนั้น ส่งผลให้สมบัติทางกายภาพของดินดีขึ้น สังเกตได้จากความหนาแน่นรวมและความพรุนของดินที่ดีขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการซอกไชของรากและปริมาณอินทรีย์วัตถุที่เพิ่มมากขึ้นจากการทิ้งใบของไม้โตเร็วสกุลอะเคเซียนั่นเอง

จากผลการศึกษาสมบัติทางด้านเคมีของดิน พบว่า ดินมีสมบัติเป็นกรดจัดมากจนถึงกรดปานกลาง คือ มีค่าพีเอชตั้งแต่ 4.5-6.0 การที่ดินมีสมบัติเป็นกรดนั้น อาจเนื่องมาจากว่าบริเวณผิวดินมีซากพืชที่ร่วงหล่นสะสมอยู่เป็นปริมาณมาก เมื่อซากพืชเหล่านี้ย่อยสลายกลายเป็นอินทรีย์วัตถุ ก็ส่งผลทางอ้อมให้ดินมีสมบัติเป็นกรดได้ ในพื้นที่ศึกษาทั้ง 5 พื้นที่ พบปริมาณอินทรีย์วัตถุในปริมาณมาก ซึ่งผลจากการที่ดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุเพิ่มมากขึ้น ทำให้ดินชั้นบนมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินมากกว่าดินชั้นล่าง ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ส่วนใหญ่มีค่าลดลงตามระดับความลึกของดิน ในกรณีของแคลเซียมนั้น พื้นที่ทั้ง 5 พื้นที่ มีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในปริมาณมาก แต่มีความแปรผันในแต่ละพื้นที่ ซึ่งเป็นผลต่อการ

เติบโตของต้นไม้ เนื่องจากต้นไม้มีการดูแลเชื่อมโยงไปในกระบวนการทางสรีรวิทยา และช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับโครงสร้างของต้นไม้อีกด้วย

การใช้น้ำของไม้สกุลอะเคเซียต่างสายต้นไม่มีความแตกต่างกัน ทั้งไม้ต้นในพื้นที่ และกล้าไม้ในกระถาง ทั้งนี้จากการศึกษาพบว่า เนื่องจากมีความแปรผันระหว่างต้นในอัตราการใช้น้ำมากกว่าระหว่างสายพันธุ์ และอาจเนื่องมาจากว่าสายต้นไม้สกุลอะเคเซียที่นำมาศึกษาครั้งนี้ เป็นสายต้นที่ได้รับการคัดเลือกมาแล้วว่ามีการเติบโตดี จึงไม่มีความแตกต่างทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการใช้น้ำ ไม้สกุลอะเคเซียทุกสายต้นมีความสามารถทนต่อการทนแล้งได้สูง สอดคล้องกันทั้งในการศึกษากับไม้ต้นในพื้นที่และกล้าไม้ในกระถาง โดยไม้ต้นในพื้นที่ไม่แสดงความแตกต่างในอัตราการใช้น้ำ ระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้ง และความแตกต่างระหว่างพื้นที่ ในขณะที่กล้าไม้ในกระถางสามารถทนต่อความชื้นในดินที่ลดลงต่ำกว่าร้อยละ 10 โดยยังคงมีอัตราการใช้น้ำกลับสู่ปกติเมื่อได้รับน้ำอีกครั้ง การศึกษากับกล้าไม้ในกระถาง ไม่สามารถใช้เวลาาน เนื่องจากเมื่อกล้าไม้โตขึ้น จะมีผลต่อการคำนวณอัตราการใช้น้ำ จึงทำได้เฉพาะในระยะเวลานั้นๆ ควรมีการศึกษาลักษณะทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการสร้างผลผลิต เพื่อให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับการสร้างผลผลิตของไม้สกุลอะเคเซีย และปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนของความเสี่ยงในการเกิดความเสียหายจากโรคและแมลงศัตรูพืช พบว่า เชื้อราเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดโรค อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานความเสียหายรุนแรงจากโรคและแมลงศัตรูไม้สกุลอะเคเซีย

ไม้โตเร็วสกุลอะเคเซียจากงานวิจัยนี้ มีศักยภาพสูงในการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า ในแง่ของคุณสมบัติของเชื้อเพลิง (ค่าความร้อนและองค์ประกอบต่างๆ) โดยมีค่าความร้อนสุทธิ (NCV หรือ LHV) ระหว่าง 18,168-18,657 กิโลจูลต่อกิโลกรัม มีปริมาณเถ้าต่ำระหว่างร้อยละ 1.4-2.0 เมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงชีวมวลชนิดอื่นๆ ที่ใช้กันในปัจจุบัน โดยเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงชีวมวลประเภทเดียวกัน และมีการปลูกอย่างแพร่หลายในทุกพื้นที่อย่างยูคาลิปตัส เนื่องจากมีทั้งค่าพลังงานและองค์ประกอบต่างๆ ไม่แตกต่างกัน

สำหรับการจัดการเก็บเกี่ยวและขนส่งไม้โตเร็วเพื่อเป็นเชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้าในปัจจุบันยังต้องอาศัยแรงงานคนเกือบทุกขั้นตอนทำให้มีประสิทธิผลต่ำ บางฤดูกาลมีปัญหาการขาดแคลนแรงงานเกิดผลกระทบกับธุรกิจโดยรวม ดังนั้นการพัฒนาเครื่องจักรที่เหมาะสมและนำมาใช้ในขั้นตอนการเก็บเกี่ยว แปรรูปเบื้องต้น และขนส่ง จะทำให้การดำเนินงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้การบริหารจัดการเชื้อเพลิงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญที่มีผลต่อต้นทุนและประสิทธิภาพของการดำเนินธุรกิจโรงไฟฟ้าชีวมวล

จากการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินของการปลูกไม้อะเคเซียตามรูปแบบที่ปลูกจากแปลงที่เก็บข้อมูล โดยจำลองให้มีการเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ 5 ครั้ง เป็นเวลา 11 ปี พบว่า ผลตอบแทนทางการเงินไม่คุ้มค่ากับการลงทุนปลูกตามรูปแบบดังกล่าว อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ โดยนำค่าเสียโอกาสจากการทิ้งพื้นที่ให้ว่างเปล่าเทียบกับรายได้จากจากปลูกมันสำปะหลัง และผลตอบแทนจากการคืนกลับของสารอาหาร มาคิดรวมเป็นผลได้ของระบบการปลูกนี้ทำให้การปลูกไม้อะเคเซียดังกล่าวมีผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์สูง ดังนั้นรัฐจึงควรมีแนวทางการส่งเสริมและมาตรการสนับสนุนเพื่อให้โครงการปลูกไม้โตเร็วบนพื้นที่เสื่อมโทรมเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้ามีความเป็นไปได้ เนื่องจากเป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างคุ้มค่ามีประสิทธิภาพ และสามารถปรับปรุงพื้นที่ดินเสื่อมโทรมให้ดีขึ้นในระยะยาวสามารถสร้างผลผลิตและรายได้ อีกทั้งเพิ่มพื้นที่สีเขียวทำให้สิ่งแวดล้อมดีขึ้นเป็นลำดับ

ในส่วนผลตอบแทนทางการเงินของการปลูกไม้อะเคเซียเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าอาจมีค่าเพิ่มขึ้นได้ถ้าใช้ต้นพันธุ์หรือสายต้นที่เหมาะสมกับพื้นที่ มีระยะปลูกที่เหมาะสม เนื่องจากระยะในแปลง

ทดลองทั้ง 5 พื้นที่เป็นระยะที่กว้าง ออกแบบไว้สำหรับการปลูกเพื่อใช้ไม้อายุมากในการผลิตไม้แปรรูปหรือใช้ในการก่อสร้าง และมีการจัดการบำรุงรักษาแปลงที่ดีเพื่อให้อายุโครงการยาวนานขึ้นมากกว่า 11 ปี นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์ต้นทุนจะเห็นว่าต้นทุนที่มีสัดส่วนมากที่สุด ได้แก่ ต้นทุนการเก็บเกี่ยว ซึ่งยังอาศัยแรงงานคนเป็นหลักเกือบทุกขั้นตอนทำให้มีประสิทธิภาพต่ำ ในการขนส่งก็เป็นการขนไม้ท่อนซึ่งยังมีความชื้นถึงร้อยละ 50 ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานในการขนส่งอีก ดังนั้นถ้ามีการพัฒนาระบบการจัดการด้านโลจิสติกส์เพื่อการบริหารจัดการกระบวนการเก็บเกี่ยว การรวบรวมขนส่งให้มีประสิทธิภาพ รวมทั้งพัฒนาเครื่องจักรในการเก็บเกี่ยวและแปรรูปเบื้องต้นที่เหมาะสมกับสภาพการผลิตของประเทศ ก็จะเป็นแนวทางหนึ่งในการลดต้นทุนการเก็บเกี่ยวและปรับปรุงประสิทธิภาพของการเก็บเกี่ยวได้

สำหรับส่วนเพิ่มค่าไฟฟ้าของการปลูกไม้เพื่อเป็นเชื้อเพลิงสำหรับโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม VSPP (9.9 MW) ขายไฟฟ้าเข้าระบบของการไฟฟ้าสุทธี 8 เมกะวัตต์ ที่ได้อัตราผลตอบแทนไม่น้อยกว่าร้อยละ 15 หรือ คืนทุนในระยะเวลาประมาณ 7 ปี หลังเริ่มขายไฟฟ้าได้ ควรเพิ่มค่า adder เป็นอย่างต่ำ 1.90 บาทต่อหน่วย จึงจะทำให้มีค่าผลตอบแทนทางการเงินที่คุ้มค่า โดยมีอัตราผลตอบแทนทางการเงิน (FIRR) เท่ากับร้อยละ 17 อัตราผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ (EIRR) เท่ากับร้อยละ 192 อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) เท่ากับ 1.8 และที่ค่า adder เท่ากับ 1.90 บาทต่อหน่วยนี้ ทำให้สามารถเพิ่มราคารับซื้อไม้ได้เป็นต้นละ 800 บาท อย่างไรก็ตามถ้าจะส่งเสริมให้เกิดการปลูกไม้โตเร็วบนพื้นที่เสื่อมโทรมเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าอย่างแพร่หลายและให้ผลตอบแทนใกล้เคียงกับมันสำปะหลังควรปรับเพิ่มค่า adder เป็น 2.50 บาทต่อหน่วย จะทำให้สามารถเพิ่มราคารับซื้อไม้ให้แก่เกษตรกรถึงต้นละ 1,000 บาท

11.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการศึกษาการพัฒนาไม้โตเร็วสกุลอะเคเซียเพื่อปลูกบนพื้นที่เสื่อมโทรมเพื่อใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าในครั้งนี้เป็นเพียงการวิจัยศักยภาพที่ใช้เวลาเพียง 1 ปี ซึ่งในแง่การศึกษาผลกระทบของการปลูกไม้โตเร็วต่อสิ่งแวดล้อมนับว่าเป็นเวลาที่น้อยมาก เนื่องจากกระบวนการพัฒนาของต้นไม้ต้องใช้ระยะเวลา และปัจจัยทั้งทางด้านสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิตมาช่วยในการเติบโตของต้นไม้ ตลอดจนการใช้ทรัพยากรทางธรรมชาติต่างๆ เช่น ดิน สารอาหาร น้ำ เป็นต้น ดังนั้นเพื่อให้เกิดการศึกษามีความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น **ควรดำเนินการต่อเนื่องอีกอย่างน้อย 3-5 ปี** ดังต่อไปนี้

1. ควรมีการทดลองปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเซียสายต้นที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์แล้ว ซึ่งในปัจจุบันได้มีการพัฒนาต่อยอดออกมาเป็นจำนวนหลายสายต้น เพื่อเพิ่มความหลากหลายและจำนวนสายต้นที่เหมาะสมกับการปลูกบนพื้นที่เสื่อมโทรมต่างๆ ซึ่งมีอยู่จำนวนมากในประเทศไทย อาจสร้างเป็นแปลงสาธิตการปลูกไม้สกุลอะเคเซียบนพื้นที่เสื่อมโทรมและพื้นที่ดินมีปัญหา สร้างเป็นต้นแบบของการปลูกทั้งเชิงเดี่ยวและแบบผสมผสานเพื่อการใช้อย่างประโยชน์อย่างยั่งยืน ในพื้นที่เสื่อมโทรมที่อยู่ในเขตลุ่มน้ำน่านและลุ่มน้ำโขง หรือในพื้นที่ดินมีปัญหาต่างๆ โดยบูรณาการความร่วมมือกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ส.ป.ก. กรมพัฒนาที่ดิน กรมป่าไม้ และ พพ. โดยเน้นสร้างแปลงวิจัยเชิงสาธิตแบบมีส่วนร่วมจากเกษตรกรเจ้าของพื้นที่ เพื่อให้เกิดผลของการพัฒนาพื้นที่ที่เป็นรูปธรรมและมีความยั่งยืน

2. ควรมีการเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่องจริงจังในทุกด้าน ตั้งแต่เริ่มปลูกใหม่ จนกระทั่งการให้ผลผลิตการบำรุงรักษา และเก็บเกี่ยว เพื่อให้เห็นถึงผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ไม่ว่าจะเป็นสารอาหารในดิน การใช้น้ำ ความอุดมสมบูรณ์ของดินที่เพิ่มขึ้น เป็นต้น เนื่องจากการศึกษาในครั้งนี้เป็นการเก็บข้อมูลที่ได้จากการปลูก

ต้นไม้มาแล้วเป็นเวลา 3-4 ปี ทำให้ไม่สามารถคำนวณหรือประมาณหาผลกระทบที่ได้รับจากการใช้ประโยชน์ทรัพยากรต่างๆ ของต้นไม้ ตลอดจนผลดีที่เกิดจากการปลูกไม้โตเร็วสกุลอะเคเซียได้อย่างชัดเจน เพราะเป็นที่ทราบดีอยู่แล้วว่าไม้สกุลนี้มีศักยภาพในการช่วยปรับปรุงดิน นอกจากนี้เพื่อให้ได้ข้อมูลของการปลูกไม้โตเร็วในรูปแบบของสวนป่าพลังงานอย่างครบถ้วน สามารถนำไปต่อยอดให้เกิดการพัฒนาปรับปรุงผลผลิตต่อไปให้สูงขึ้นต่อไป

3. ควรใช้ผลการวิจัยนี้เพื่อเริ่มต้นการบูรณาการพัฒนาพื้นที่เสื่อมโทรมและดินมีปัญหาทั่วประเทศอย่างจริงจัง ปัจจุบันการที่แต่ละหน่วยงานที่เกี่ยวข้องแยกการทำงานทำให้เกิดปัญหาและอุปสรรคขัดขวางการพัฒนา เนื่องจากการทำงานที่ซ้ำซ้อน ขาดประสิทธิภาพ การพัฒนาที่กระต่อนกระแท่นไม่ได้ให้ความสำคัญของภาพรวมตั้งแต่ต้นน้ำถึงปลายน้ำ ด้วยเหตุผลที่ไม่ใช่ภารกิจของหน่วยงานของตัวเอง จึงทำเฉพาะงานพัฒนาที่อยู่ในกรอบความรับผิดชอบ เช่น ส่งเสริมการปลูก การผลิต แต่ไม่ช่วยเรื่องการตลาด การแปรรูป ส่งเสริมให้มีการพัฒนาการผลิต ส่งเสริมการตั้งกลุ่ม SME โดยไม่ได้ดูว่าวัตถุดิบมีเพียงพอหรือไม่ ความยั่งยืนของธุรกิจจะอยู่ได้อย่างไร แม้กระทั่งการส่งเสริมเป็นเรื่องๆ ตามกระแสโดยไม่ได้มองถึงศักยภาพของพื้นที่และเกษตรกร ทำให้เกษตรกรมีความเบื่อหน่าย ขาดความเชื่อถือต่อการพัฒนาและโครงการต่างๆ ของภาครัฐ หันไปพึ่งภาคเอกชนก็มักจะถูกหลอกและโดนเอาเปรียบ ทำให้ท้อแท้และผิดหวังกับอาชีพเกษตรกรที่เป็นฐานสำคัญของประเทศ เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นลูกค้ำ ธกส. ในฐานะลูกหนี้ถาวร บางส่วนขายที่ไปเป็นแรงงานรับจ้าง ซึ่งไม่มีความมั่นคงในชีวิต ทำให้ยากจนซ้ำซาก ไม่มีทางแก้ไขได้ถ้าไม่แก้อย่างบูรณาการเป็นระบบ ซึ่งงานวิจัยนี้มีฐานข้อมูลเกี่ยวกับพื้นที่ค่อนข้างสมบูรณ์จากการสนับสนุนของเครือข่ายนักวิจัยจากกรมพัฒนาที่ดิน และ ส.ป.ก. อีกทั้งมีนักวิจัยที่เป็นนักปรับปรุงพันธุ์จากกรมป่าไม้ ซึ่งมีฐานพันธุ์กรรมไม้โตเร็วพันธุ์ดีที่สามารถนำไปใช้ในการขยายผลปลูกในพื้นที่เสื่อมโทรมและพื้นที่ดินมีปัญหา นอกจากนี้ยังมีตัวแทนของผู้ใช้ประโยชน์จากภาคเอกชนที่พร้อมที่จะสนับสนุนให้เกิดการพัฒนาพื้นที่และการพัฒนาพลังงานทดแทนโดยเฉพาะพลังงานชีวมวลจากไม้โตเร็วให้เกิดขึ้นได้อย่างเป็นรูปธรรม ซึ่งโครงการนี้หากได้มีการนำไปต่อยอดดังกล่าว จะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรเป็นอย่างมาก ในการที่จะมีแนวทางเลือกอีกแนวทางหนึ่งในการปรับปรุงพื้นที่เสื่อมโทรมทั้งร้างที่ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ ให้สามารถสร้างผลผลิต สร้างงาน สร้างรายได้บนพื้นที่ของตน โดยเฉพาะถ้ามีการสนับสนุนจนถึงปลายน้ำจากทั้งภาครัฐและเอกชนที่เกี่ยวข้องให้มีการรวมกลุ่มสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชนที่เกษตรกรผู้ปลูกวัตถุดิบได้มีโอกาสมีส่วนร่วมเป็นเจ้าของ จะทำให้เกิดการพัฒนาอีกรูปแบบหนึ่งที่น่าจะเกิดผลกระทบทางบวกให้กับเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมของประเทศได้อย่างแท้จริง

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กฤษณา พงษ์พานิช. 2535. โรคของไม้กระถินณรงค์ (Disease of *Acacia auriculiformis*). **วนสาร** 50(1): 48-51.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2552. **สรุปประเภทการใช้ที่ดิน ประเทศไทย ปี พ.ศ. 2551/52**. แหล่งที่มา: http://olp101.ldd.go.th/luse1/luse_product51-52.htm, 10 เมษายน 2555.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 8 ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- _____. 2544. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 9 ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- _____. 2549. **คู่มือปฏิบัติการปฐพีวิทยาเบื้องต้น และวิทยาศาสตร์ทางดิน**. พิมพ์ครั้งที่ 11 ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- คมสัน เรืองฤทธิ์สารกุล. 2543. **ความผันแปรตามฤดูกาลของดัชนีพื้นที่ผิวใบ ความเข้มแสงสัมพัทธ์ และ sap flow ของไม้สักในสวนป่าอายุ 19 ปี ที่ผ่านการตัดสางขยายระยะด้วยวิธีการต่างๆ ณ สวนป่าทองผาภูมิ อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จรงค์ จันทน์เจริญสุข. 2541. **การวิเคราะห์ดินและพืชทางเคมี**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- จิระพงษ์ คูหากาญจน์. 2538. **ลักษณะทางสถาปัตยกรรมและการเจริญเติบโตของต้นไม้สกุลอะคาเซีย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เจษฎา พันธสตา. 2544. **การหมุนเวียนของธาตุอาหารในสวนป่าไม้สะเดา ที่ปลูกด้วยระดับความหนาแน่นต่างกัน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เจษฎา วงศ์พรหม. 2552. **การใช้น้ำและประสิทธิภาพการใช้น้ำของไม้ยูคาลิปตัส 4 สายต้น ที่ปลูกบนคันนา จังหวัดฉะเชิงเทรา**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เจษฎา เหลืองแจ่ม, มานพ ตันตะเทมีย์ และ รุ่งเรือง เลิศศิริวรกุล. 2538. **การใช้น้ำของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ในพื้นที่ดินเค็ม บ้านดงบัง อำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์, น. 33-47. ใน รายงานการประชุมป่าไม้แห่งชาติ ประจำปี 2538**. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- ณัฐวุฒิ ม่วงทอง. 2548. **การเติบโต ผลผลิต การใช้น้ำ และคุณสมบัติดินของสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ทัศนีย์ อุตตะนันท์ และ จงรัก จันทน์เจริญสุข. 2542. **แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการ การวิเคราะห์ดินและพืช**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ธงชัย คัมภีร์. 2518. **การรวบรวมสายพันธุ์และจัดหมวดหมู่แบคทีเรียสกุล *Rhizobium* ในปมรากพืชพื้นเมือง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อึ้ง ชินสุขใจประเสริฐ. 2527. **การหมุนเวียนธาตุอาหารของป่าดิบแล้งสะแกราช**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นีลวรรณ พงศ์ศิลป์. 2540. **การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความจำเพาะของไรโซเบียมต่อการเจริญของกระถินเทพา, คุณสมบัติทางเอนไซม์ และ *nif* Gene**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- บพิตร เกียรติวุฒินนท์. 2528. **ผลของความหนาแน่นต่อผลผลิตของสวนป่าไม้กระถินณรงค์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พินดา จิวราวัฒน์ และ วิฑูรย์ เหลืองวิริยะแสง. 2541. รายงานเบื้องต้นผลการพัฒนาเทคนิคผสมเกสรไม้ตระกูล *Acacias* ในประเทศไทย. น. 264-275. ใน **รายงานการสัมมนาทางวนวัฒนวิทยา ครั้งที่ 6 “วนวัฒนวิทยาเพื่อพัฒนาสิ่งแวดล้อม 100 ปี กรมป่าไม้”**. 21-14 พฤษภาคม 2539, โรงแรมเจริญโอเต็ล. จังหวัดอุดรธานี.
- มะลิวัลย์ หลุทัยธนาสันต์, เกษม หลุทัยธนาสันต์, เอกพงษ์ ธนะวัติ, ศักดา พรหมเลิศ และ เอกชัย บ่ายแสงจันทร์. 2553. ศักยภาพของกระถินยักษ์ ยูคาลิปตัส กระถินเทพา และกระถินเทพณรงค์ ในการปลูกเป็นสวนป่าพืชพลังงาน, น. 579-586. ใน **รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48: สาขาพืช**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม. 2549. **ชีวมวล**. ครั้งที่ 1 บริษัท คิว พรินท์ แมเนจเม้นท์ จำกัด, กรุงเทพฯ.
- วิฑูรย์ เหลืองวิริยะแสง. 2536. รายงานความก้าวหน้าของโครงการปรับปรุงพันธุ์ไม้กระถินณรงค์. ใน **รายงานการประชุมวิชาการป่าไม้ ประจำปี 2536 “ป่าไม้เพื่อชีวิต”**. 20-24 ธันวาคม 2536 ณ โรงแรมมารวยการ์เด็น, กรุงเทพฯ.
- _____. 2545. การปรับปรุงพันธุ์ไม้โอคาเซียเพื่อการปลูกป่าเศรษฐกิจ, น. 1-12. ใน **รายงานการสัมมนาทางวนวัฒนวิทยา ครั้งที่ 7 : วนวัฒนวิทยาเพื่อพัฒนาสวนป่าเศรษฐกิจ**. 12-14 ธันวาคม 2545, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- _____, สุรัชย์ ปราณศิลป์, พรศักดิ์ มีแก้ว และ คงศักดิ์ ภิญโญภูษากุญช์. 2543. ลักษณะสายพันธุ์รุ่นที่สองของการปรับปรุงพันธุ์ไม้กระถินณรงค์. **วารสารวิชาการป่าไม้** 2(1): 1-15.
- _____, คงศักดิ์ ภิญโญภูษากุญช์, เกียรติศักดิ์ พิตรปรีชา, อภิสิทธิ์ สิมศิริ และ บพิตร เกียรติวุฒินนท์. 2538. ผลเบื้องต้นของการทดสอบสายพันธุ์ไม้กระถินณรงค์. **วารสารวนศาสตร์** 14: 81-93.
- วิลาศ ว่องเพิ่มผล. 2537. ไม้กระถินณรงค์ (*Acacia auriculiformis* Cunn. ex. Benth), น. 17-24. ใน **นิสิตภาควิชาวนวัฒนวิทยา, ผู้เรียบเรียง. ไม้โตเร็วต่างถิ่น (Exotic Fast Growth Trees)**. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา. 2529. จุลชีววิทยาดินเพื่อผลิตผลทางการเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 335 หน้า.
- ศูนย์บริการร่วมกรมส่งเสริมการเกษตร. 2555. **กระถินเทพา**. แหล่งที่มา <http://www.service.link.doae.go.th/webpage/book%20PDF/crop/c001.pdf>, 9 เมษายน 2555.
- สภาร ที่จันทก. 2540. **สมบัติของดินชั้นผิวหน้าและการเจริญเติบโตของพรรณไม้ที่ปลูกแบบผสม ในสวนป่าทองผาภูมิ กาญจนบุรี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สรานู สมบัติพานิช. 2506. **การศึกษาคุณสมบัติดินทางเคมีและทางฟิสิกส์ของดินเหนียวลพบุรี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุชาติ เจริญทอง และ ดวงใจ วัยเจริญ. 2550. **การประยุกต์ใช้แบบจำลองเชิงพื้นที่เพื่อประเมินความเสี่ยงโทรมของที่ดินในประเทศไทย**. สำนักบริหารและพัฒนาการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.
- สุทธาทิพย์ จุติศักดิ์เดชา. 2539. **การหมุนเวียนของธาตุอาหารในสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส ที่ปลูกด้วยระดับความหนาแน่นต่างกัน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- โสฬส แซ่ลิ้ม. 2546. **อิทธิพลของหญ้าและถั่วร่วมกับการใช้หินฟอสเฟตต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของชุดดินท่ายาง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อนันต์ สอนง่าย, บุญชู บุญทวี และ ทินกร วุฒิวิจารณ์. 2530. ผลผลิตไม้เตพา กระถินยักษ์ กระถินณรงค์ และยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส ในสวนป่าอายุ 4 ปี. **เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ เล่มที่ 7**. โครงการวิจัยและฝึกอบรมการปลูกสร้างสวนป่า กองบำรุง กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- อุทัย ชาญสุข. 2533. **ผลของความถี่ไฟต่อสมบัติของดินในป่าเต็งรังสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Eldoma, A. and K. Awang. 1999. Site adaptability of *Acacia mangium*, *Acacia auriculiformis*, *Acacia crassicaarpa* and *Acacia aulacocarpa*. **APAFRI Publication Series No.3**. Kuala Lumpur.
- Arentz, F. 1990. Diseases of forest plantation trees in Papua New Guinea, pp. 151-155. *In* **Proceedings of the 3rd International Conference on Plant Protection in the Tropics Vol. IV. Genting Highlands**. Malaysian Plant Protection.
- Attiwill, P.M. 1966. The chemical composition of rain water in relation to cycling of nutrients in nature eucalyptus forest. **Plant Soil** 24: 390-405.
- Ausubel, F.M. 1984. Developmental Genetics of *Rhizobium*/legume symbiosis. Pp. 275-298. *In* R. Losick and Shopiro (eds.). Microbial Development. Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor. New York.
- Baker, D.D. 1990. Actinomyorrhizal plants: trees and shrubs for forestry and agroforestry, pp. 328-334. *In* J. Burley, ed. **Proceeding of XIX World Congress of IUFRO, Division 2**. 5-11 August 1990. The Canadian IUFRO World Congress Organizing Committee, Montreal.
- Bray, R.H. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available form of phosphorus in soil. **Soil Sci.** 59: 39-45.
- Brockwell, J., S.D. Searle, A.C. Jeavons and M. Waayers. 2005. **Nitrogen Fixation in Acacias: An Untapped Resource for Sustainable Plantation, Farm Forestry and Land Reclamation**. ACIAR Monograph No. 115. Canberra.
- Browne, F.G. 1968. **Pest and Diseases of Forest Plantation Trees: An Annotated List of the Principal Species Occurring in the British Commonwealth**. Clarendon Press, Oxford.
- Carlson, R.W. 1982. Surface Chemistry, pp. 199-234. *In* W.J. Broughton (ed.). Nitrogen Fixation: *Rhizobium*. Clarendon Press, Oxford.
- Chang, X., W. Zhao, Z. Zhang and Y. Su. 2006. Sap flow and tree conductance of shelter-belt in arid region of China. **Agri. For. Meteorol.** 138: 132-141.
- Chin, F.H. 1986. **Meloidogyne spp.: Cause of Root-knot of *Acacia mangium* Willd. Seedlings**. Forest Research Report No. FP4. Pathology Research Unit, Forest Department, Kuching, Sarawak, Malaysia.

- Chittachumnonk, P. and S. Sirilak. 1991. Performance of *Acacia* species in Thailand, pp. 153-158. /n J. Turnbull, ed. **Advances in Tropical Acacia Research**. 11-15 February 1991, Bangkok, Thailand. ACIAR Proceedings No. 35. Canberra.
- Curlin, J.W. 1970. Nutrient as a factor in site productivity and forest fertilization. /n C.T. Yangberg and C.B. Davey, eds. **Tree Growth and Forest Soils**. Proc. of the Third North Amer. For. Soil Conference. Oregon State University Press, Oregon.
- Deans, J.D., O. Diagne, J. Nizinski, D.K. Lindley, M. Seck, K. Ingleby and R.C. Munro. 2003. Comparative growth, biomass production, nutrient use and soil amelioration by nitrogen-fixing tree species in semi-arid Senegal. **For. Ecol. Manage.** 176: 253-264.
- De La Cruz, R.E., M.Q. Manalo, N.S. Aggangan and J.D. Tambalo. 1988. Growth of three legume trees inoculated with VA mycorrhizal fungi and Rhizobium. **Plant Soil** 108: 111-115.
- Doran, J.C. and J.W. Turnbull. 1997. **Australian Trees and Shrubs: Species for Land Rehabilitation and Farm Planting in the Tropics**. ACIAR Monograph No. 24. Canberra.
- Dreyfus, B. and Y. Dommergues. 1981. Nitrogen fixing nodules induced by *Rhizobium* on the stems of the tropical legume *Sesbania rostrata*. **FEMS Microbiol. Letters** 10: 313-317.
- Elkan, G.H. and C.R. Bunn, 1992. The rhizobia, pp. 2197-2213. /n A. Balows, H.G. Truper, M. Dworkin, W. Harder and K.H. Schleifer (eds.) *The prokaryotes: a handbook on the biology of bacteria: physiology, identification, applications*. Vol. III. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, New York.
- FAO Project Staff and Land Classification Division. 1973. **Soil Interpretation Handbook for Thailand**. Dept. of Land Development, Min. of Agri. and Coop., Bangkok.
- Ford, C.R., M.A. McGuire, R.J. Mitchell and R.O. Teskey. 2004. Assessing variation in the radial profile of sap flux density in *Pinus* species and its effect on daily water use. **Tree Physiol.** 24(3): 241-249.
- Galiana, A., J. Chaumont, H.G. Diem and Y.R. Dommergues. 1990. Nitrogen-fixing potential of *Acacia mangium* and *Acacia auriculiformis* seedlings inoculated with *Bradyrhizobium* and *Rhizobium* spp. **Biol. Fertil. Soils** 9(3): 261-267.
- Granier, A. 1987. Evaluation of transpiration in a Douglas-fir stand by means of sap flow measurements. **Tree Physiol.** 3: 309-320.
- Harmand, J.M., C.F. Njiti, F. Bernhard-Reversat and H. Puig. 2004. Aboveground and belowground biomass, productivity and nutrient accumulation in tree improved fallows in the dry tropics of Cameroon. **For. Ecol. Manage.** 188: 249-265.
- Hassett, J.J. and L.B. Wayne. 1992. **Soil and Their Environment**. Prentice-Hall Inc., A Simon & Schuster Company, Englewood Cliffs, New Jersey.
- House, A.P.N. and C.E. Harwood. 1992. **Australian dry-zone acacias for human food**. CSIRO Publications, Melbourne.

- Ivory, M.H. 1991. Fungus collections from West Asia, the East Indies and some Pacific islands, pp. 528-539. *In* S. Ali Abod, P. Tahir, M.T. Lim, N.A.A. Shukor, A.S. Sajap and D. Manikam, eds. **Proceeding of a Regional Symposium Recent Developments in Tree Plantations of Humid/Subhumid Tropics of Asia**. Universiti Pertanian Malaysia, Serdang.
- Jackson, M.L. 1958. **Soil Chemical Analysis**. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- _____. 1965. **Soil Chemical Analysis-Advance Course**. Department of Soils, University of Wisconsin, USA.
- Kawanabe, S. 1977. A subtropical broad-leaved forest at Yona, Okinawa, pp. 203-271. *In* **Primary Productivity of Japanese Forests**. JIBP Synthesis Volume 16. Univ. of Tokyo Press, Tokyo.
- Khamis, S. 1982. Pests and diseases of forest plantation trees with special reference to SAFODA, pp. 512-524. *In* **Proc. 8th Malaysian Forestry Conference**. Kota, Kinabalu.
- Khasa, P.D. 1990. Nitrogen fixing of *Acacia mangium* and *Acacia auriculiformis* seedling inoculated with *Bradyrhizobium* and *Rhizobium* species. **Biol. Fer. Soils** 9: 261-267.
- Kheoruenromne, I., S. Ratanasopon and N. Singhabootra. 1991. **Description of Soil on Kha Kho Denuded Forest Lands, Petchabun Province, Thailand**. Dept. of Soil Science, Kasetsart Univ., Bangkok.
- Konderosi, E.Z., Banfalvi and A. Konderosi. 1984. Physical and genetic analysis of symbiotic region of *Rhizobium meliloti*: Identification of nodulation genes. **Mol. Gen. Genet.** 193: 445-452.
- Kume, T., H. Takizawa, N. Yoshifuji, K. Tanaka, C. Tantasirin, N. Tanaka and M. Suzuki. 2007. Impact of soil drought on sap flow and water status of evergreen trees in a tropical monsoon forest in northern Thailand. **For. Ecol. Manage.** 238: 220-230.
- Le Roux, C., D. Tentchev, Y. Prin, D. Goh, Y. Japarudin, M.M. Perrineau, R. Duponnois, O. Domergue, P. de Lajudie and A. Galiana. 2009. *Bradyrhizobia* nodulating the *Acacia mangium* × *A. auriculiformis* interspecific hybrid are specific and differ from those associated with both parental species. **Appl. Environ. Microbiol.** 75(24): 7752-7759.
- Lee, S.S. 1985. **Tree diseases and wood deterioration problems in Peninsular Malaysia**. Occasional Paper No. 5. Faculty of Forestry, Universiti Pertanian Malaysia, Serdang.
- Lee, S.S. and M. Zakaria. 1993. Fungi associated with heart rot of *Acacia mangium* Willd. in Peninsular Malaysia. **J. Trop. For. Sci.** 5(4): 479-484.
- Lesueur, D., H.G. Diem and J.M. Meyer. 1993. Iron requirement and siderophore production in *Bradyrhizobium* strains isolated from *Acacia mangium*. **J. Appl. Microbiol.** 74: 675-682.

- Liu, C., T. Du, F. Li, S. Kang, S. Li and L. Tong. 2012. Trunk sap flow characteristics during two growth stages of apple tree and its relationships with affecting factors in an arid region of northwest China. **Agri. Water Manage.** 104: 193-202.
- Ljunggren, H., 1969. Mechanism and pattern of Rhizobium invasion into leguminous root hairs. *Physiol. Pl. Suppl.* V.
- Luangviriyasaeng, V. 2010. **Tree Improvement of Fast Growing Species.** Royal Forest Department, Bangkok. (in press)
- Luangviriyasaeng, V and K. Pinyopusarker. 2002. Genetic variation in a second-generation progeny trial of *Acacia auriculiformis* in Thailand. **J Trop. For. Sci.** 14: 131-144.
- Marcar, N.E., P. Dart and C. Sweeney. 1991. Effect of root-zone salinity on growth and chemical composition of *Acacia ampliceps* B.R. Maslin, *A. auriculiformis* A. Cunn. ex Benth. and *A. mangium* Willd. at two nitrogen levels. **New Phytologist** 119: 567-573.
- Marshall, J.K., A.L. Morgan, K. Akilan, R.C. Farrell and D.T. Bell. 1997. Water uptake by two river red gum (*Eucalyptus camaldulensis*) clones in a discharge site plantation in the Western Australian wheatbelt. **J. Hydrol.** 200(1-4): 136-148.
- Midgley, S.J., J.W. Turnbull and K. Pinyopusarker. 2003. Industrial acacias in Asia: small brother or big competitor?, pp. 19-36. /in R.-P. Wei and D. Xu, eds. **Proceedings of an International Symposium on "Eucalyptus Plantations: Research, Management and Development"**. 1-6 September 2002. Research Institute of Tropical Forestry, Guangdong, People's Republic of China.
- Nakos, G. 1977. Acetylene reduction (N_2 -fixation) by nodules of *Acacia cyanophylla*. **Soil Biol. Biochem.** 9: 131-133.
- National Soil Survey Center. 1996. **Soil Survey Laboratory Method Manual.** Soil Survey Investigation. Report No. 42. Version 3.0. National Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture.
- Ovington, J.D. and H.A.I. Madgwick. 1959. Distribution of organic matter and plant nutrients in plantation of Scots pine. **For. Sci.** 15: 344-355.
- Petmak, P. 1983. **Primary Productivity, Nutrient Cycling and Organic Matter Turnover of Tree Plantations after Agricultural Intercropping Practices in Northeast Thailand.** Ph.D. Dissertation, Univ. of the Philippines at Los Baños.
- Pongpanich, K. 1997. Diseases of *Acacia* species in Thailand, pp 62-69. /in K.M. Old, S.S. Lee and J.K. Sharma, eds. **Proceedings of an International Workshop on Diseases of Tropical Acacias.** 28 April-3 May 1996. CIFOR, Indonesia.
- Pratt, P.F. 1965. Potassium, pp. 1022-1030. /in C.A. Black, ed. **Method of Soil Analysis.** Part II. Agronomy No. 9. American Society of Agronomy Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Rickerk, H. 1971. The molality of phosphorus, potassium and calcium in a forest soil. **Proc. Soil Sci. Soc. Am.** 35(2): 350-356.

- Toky, O.P. and V. Singh. 1995. Nutrient dynamics in *Leucaena*, *Acacia* and *Eucalyptus*, short rotation, high density ('energy') plantations in arid India. **J. Arid Environ.** 31: 401-413.
- Tsutsumi T., K. Yoda, P. Sahunalu, P. Dhammanonda and B. Prachaiyo. 1983. Forest: Felling burning and regeneration, pp. 13-62. /n K. Kyuma and C. Pairintra, eds. **Shifting Cultivation: A report of cooperative research between Thai-Japanese Universities.**
- Turk, D. and H.H. Keyser. 1992. Rhizobia that nodulate tree legumes: specificity of the host for nodulation and effectiveness. **Can. J. Microbiol.** 38: 451-460.
- Turnbull, J. 2004. A name change for *Acacias*? **NFT News: Improvement and culture of nitrogen fixing trees** 7(1): 7.
- Turnbull, J.W., S.J. Midgley and C. Cossalter. 1998. Tropical acacias planted in Asia: an overview, pp. 14-28. /n J.W. Turnbull, H.R. Crompton and K. Pinyopusarerk, eds. **Recent developments in acacia planting.** 27-30 October 1998, Hanoi, Vietnam. ACIAR Proceedings No. 82. Canberra.
- UNCCD (United Nations Convention to Combat Desertification). 1994. **United Nations Convention to Combat Desertification in Those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification Particularly in Africa.** Available Source: <http://cil.nus.edu.sg/1994/1994-united-nations-convention-to-combat-desertification-in-those-countries-experiencing-serious-drought-andor-desertification-particularly-in-africaunccd/>, March, 25, 2012.
- Walkley, A. 1935. An examination of methods for determining organic carbon and nitrogen in soils. **J. Agri. Sci.** 25: 598-609.
- _____ and C.A. Black. 1934. An examination of degtjureff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chroma acid titration method. **Soil Sci.** 37: 29-35.
- Williams, E., C. Matheson and C. Harwood. 2002. **Experimental Design and Analysis for Tree Improvement.** 2 ed. CSIRO Publishing, Melbourne.

ภาคผนวก

การจัดสัมมนา

“ศักยภาพการปลูกไม้สกุล *Acacia* บนพื้นที่เสื่อมโทรมเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า”
วันที่ 31 กรกฎาคม พ.ศ. 2555 เวลา 13.30 – 14.30 น.

กำหนดการสัมมนา
“ศักยภาพการปลูกไม้สกุล Acacia บนพื้นที่เสื่อมโทรมเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า”
วันที่ 31 กรกฎาคม พ.ศ. 2555 เวลา 13.30 – 14.30 น.
ณ ห้องประชุมชั้น 9 สถาบันผลิตผลเกษตรฯ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

13.30 – 14.00 น. ลงทะเบียน และรับประทานอาหารว่าง

14.00 – 15.30 น. นำเสนอผลการวิจัย

รายละเอียดโครงการ

โดย ดร.มะลิวัลย์ หฤทัยธนาสันต์ หัวหน้าโครงการ

ศักยภาพพื้นที่เสื่อมโทรมของประเทศในการผลิตไม้พลังงาน

โดย ดร.มะลิวัลย์ หฤทัยธนาสันต์

การพัฒนาพันธุ์ไม้สกุล Acacia ในประเทศไทย

โดย นายวิฑูรย์ เหลือวิริยะแสง กรมป่าไม้

ศักยภาพผลผลิตและผลกระทบต่อดินและประสิทธิภาพการใช้น้ำของไม้สกุล

Acacia

โดย ผศ.ดร.รุ่งเรือง พูลศิริ และ ผศ.ดร.ลดาวัลย์ พวงจิตร คณะวนศาสตร์

ศักยภาพการเป็นเชื้อเพลิงของไม้สกุล Acacia

โดย ดร.มะลิวัลย์ หฤทัยธนาสันต์

ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์และการวิเคราะห์ส่วนต่างค่าไฟฟ้าจากโครงการ

โดย นายอภิพงษ์ วิชชุเวสคามินทร์

15.30 – 16.30 น. ชักถาม อภิปราย และสรุปแนวทางการใช้ประโยชน์และต่อยอดโครงการ

รายชื่อผู้เข้าร่วมสัมมนา

“ศักยภาพการปลูกไม้สกุล *Acacia* บนพื้นที่เสื่อมโทรมเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า”

วันที่ 31 กรกฎาคม พ.ศ. 2555 เวลา 13.30 – 14.30 น.

ณ ห้องประชุมชั้น 9 สถาบันผลิตผลเกษตรฯ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลำดับ ที่	หน่วยงาน	รายชื่อ	เบอร์ติดต่อ	e-mail address
1	คณะผู้ดำเนินการวิจัย	ดร.มะลิวัลย์ หฤทัยธนาสันต์	086-5552816	
2	คณะผู้ดำเนินการวิจัย	นายวิฑูรย์ เหลืองวิริยะแสง		
3	คณะผู้ดำเนินการวิจัย	ผศ.ดร.รุ่งเรือง พูลศิริ		
4	คณะผู้ดำเนินการวิจัย	ผศ.ดร.ลดาวัลย์ พวงจิตร		
5	คณะผู้ดำเนินการวิจัย	ดร.อุดมศักดิ์ เลิศสุชาตวณิช		
6	คณะผู้ดำเนินการวิจัย	นายอภิพงษ์ วิชชุเวชคามิ นทร์		
7	คณะผู้ดำเนินการวิจัย	นายเกษม หฤทัยธนาสันต์	081-3437549	
8	คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ผศ.ดร.นิคม แหลมสีก	081-8336162	-
9	คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ดร.พงษ์ศักดิ์ เองนิรันดร์	087-3663013	fforps@ku.ac.th
10	บริษัท ซูพรีม รีนิวเอเบิล เอ็น เนอร์ยี จำกัด	คุณสำเลียง คลุ้มสิน	0804313242	SAMLERNGLA@hotmail.com
11	บริษัท ซูพรีม รีนิวเอเบิล เอ็น เนอร์ยี จำกัด	คุณขวัญใจ โชติสุวรรณ	082-0520984	K_chotsuwan@hotmail.com
12	บริษัท ดิจิตอลพลาซ่า จำกัด (สงวนพจนทรัพย์อุดชิป)	คุณสุระสิทธิ์ ธานินพิทักษ์	081-5473535	-
13	บริษัท ทิพวัฒน์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด	คุณวัฒนพงศ์ ทองสร้อย	081-8224390	wattanapong@tipawat.com
14	บริษัท ทิพวัฒน์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด	นางสาวอรทิพย์ เทียง ยุติธรรม	-	oratip@tipawat.com
15	บริษัท ปิ่นทองเอ็นจิเนียริ่ง จำกัด	คุณกษณท์ ปิยพิมุข	081-4252266	KASARN@PINTHONG.CO.TH
16	บริษัท ปิ่นทองเอ็นจิเนียริ่ง จำกัด	คุณรุ่งกานต์ รุจิรวงกุล	089-4538410	RUNGKARN@PINTHONG.CO.TH
17	บริษัท ปิ่นทองเอ็นจิเนียริ่ง จำกัด	ปรางศิริ ศิริมงคลา	083-0382340	pangsiri@pinthong.co.t
18	บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน)	ดร.กันย์ กังวานสายชล	081-9042166	Kunn.k@pttplc.com

การพัฒนาไม้โตเร็วสกุล *Acacia* เพื่อปลูกเป็นพื้นที่เสื่อมโทรมสำหรับเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า

19	บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน)	นางสาวอรุณรัตน์ วุฒิมงคลชัย	081-1748607	Arunratt.w@pttplc.com
20	บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน)	ดร.สุชาดา บุตรนาค	089-8952841	Suchada.b@pttplc.com
21	บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน)	ดร.อนรรักษ์ วินิตสร	081-6124261	Anurak.wi@pttplc.com
22	บริษัท เอ็นโซล จำกัด	นายสมเกียรติ สุทธิรัตน์	081-6598224	Somkiat.sut@gmail.com
23	บริษัท เอ็นโซล จำกัด	นางสาววันวิสา หลักหนองบุ	084-0417199	Wanwisa_le@ensol.co.th
24	สถาบันผลิตผลเกษตรฯ	นายสิทธิโชค วัลลภาพิทย์	086-5503558	sittichoke@biotec.or.th
25	สถาบันผลิตผลเกษตรฯ	ดร.สุธีรา วิทยาภาณูจน์	081-9297006	-
26	สถาบันผลิตผลเกษตรฯ	นายยุทธนา บรรจง	089-980-1102	aapynb@ku.ac.th
27	สถาบันผลิตผลเกษตรฯ	นางสาววนิดา อางกล้า	081-814-9911	
28	สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม (ส.ป.ก.)	นายสุรียา สมสมัย	081-8572300	Tui4710@gmail.com
29	สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม (ส.ป.ก.)	นายสมโภชน์ พิศาภาคย์	084-0081961	-
30	สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ	นายเฉลิมพงษ์ กล้าขยัน	02-6446000	chalermpong@nia.or.th
31	สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ	คุณนิมิต นิพัทธธรรมกุล	089-4147411	niti@nia.or.th
32	สำนักพัฒนาที่ดินเขต 5	ปราณี สีพันธ์	-	-
33	สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้	ดร.นฤมล ภาณุภา	081-9135044	maleepanu@gmail.com
34	สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน	คุณสมปอง นิลพันธุ์	084-4399249	nilpunt@gmail.com
35	หอการค้าไทย	ดร.ธีริน วาณิชเสนี	089-8128843	-
36	หอการค้าไทย	คุณมนตรี โยธารักษ์	081-8401168	-
37	องค์การความร่วมมือระหว่างประเทศของเยอรมัน	นางสาวนิภาพร อัศวภัทร	086-7711226	Nipaporn.asawaphat@giz.dlc
38	องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้	จรีพร สิริชัยธรรม	085-1324132	-
39	องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้	ประสิทธิ์ เกิดโต	0816665994	-
40	สถานีพัฒนาที่ดิน จ.ร้อยเอ็ด กรมพัฒนาที่ดิน	คุณอภิวัฒน์ สิทธิภิญญาวัฒน์	080-4919431	atiwatsit@hotmail.com
41	เกษตรกร	นายทองดี มงคลแสน	089-0689785	-
42	เกษตรกร	นายบุญเพ็ง อุดรพรหม	087-8604937	-
43	เกษตรกร	นายประดิษฐ์ แก้วมาตร	0883182117	-
44	เกษตรกร	นายสมบุรณ์ เต็มชัยภูมิ	082-8543690	-
45	เกษตรกร	นายสำราญ จันทะประเทศ	087-8613557	-
46	เกษตรกร	นายสุพจน์ เจริญธรรม	087-8678471	-
47	เกษตรกร	นายสุพล แก้วกึ่ง	0872236249	-

การพัฒนาไม้โตเร็วสกุล *Acacia* เพื่อปลูกเป็นพื้นที่เสื่อมโทรมสำหรับเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า

48	เกษตรกร	นายสุรชาติ คุณเมือง	080-0130797	Surachat1999@hotmail.com
49	เกษตรกร	นายสุรัตน์ เคลือพองศรี	085-7539938	-
50	เกษตรกร	นายอัคราพล จันทะประทัก	086-2375099	-

สรุปจำนวนผู้เข้าร่วมประชุมทั้งหมด 50 คน รายละเอียดดังนี้

กลุ่มผู้เข้าร่วมสัมมนา	จำนวน (คน)
คณะผู้ดำเนินงานวิจัย	7
เจ้าหน้าที่สถาบันผลิตผลเกษตร	4
หน่วยงานภาครัฐและรัฐวิสาหกิจ	11
บริษัทเอกชน	15
อาจารย์และบุคลากรสถาบันการศึกษา	3
เกษตรกร	10
รวม	50

ภาพบรรยากาศการสัมมนา
 “ศักยภาพการปลูกไม้สกุล *Acacia* บนพื้นที่เสื่อมโทรมเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า”
 วันที่ 31 กรกฎาคม พ.ศ. 2555 เวลา 13.30 – 14.30 น.



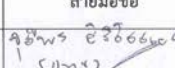
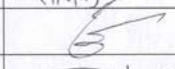
ภาพบรรยากาศการสัมมนา
“ศักยภาพการปลูกไม้สกุล *Acacia* บนพื้นที่เสื่อมโทรมเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า”
วันที่ 31 กรกฎาคม พ.ศ. 2555 เวลา 13.30 – 14.30 น.



รายชื่อภาครัฐและรัฐวิสาหกิจผู้เข้าร่วมสัมมนา
โครงการวิจัยศักยภาพการปลูกไม้สกุลอะคาเซียบนพื้นที่เสื่อมโทรมเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า
วัน อังคาร ที่ 31 กรกฎาคม 2555 เวลา 13.30 - 16.30 น.
ณ ห้องประชุมสถาบันผลิตผลเกษตรฯ ชั้น 9 (K 902)

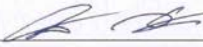
ลำดับ ที่	หน่วยงาน	ชื่อ-สกุล	ลายมือชื่อ	เบอร์ติดต่อ	ที่อยู่ / e-mail address
1	กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน	นายทวารัฐ สูตะบุตร			
2	กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน	คุณเรืองเดช บันด้าง			
3	สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม (ส.ป.ก.)	นายสุริยา สมสมัย		0818572300	Tui4710@gmail.com
4	สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม (ส.ป.ก.)	นายสมโภชน์ พิศาภักย์		084-0081961	

รายชื่อภาครัฐและรัฐวิสาหกิจผู้เข้าร่วมสัมมนา
โครงการวิจัยศักยภาพการปลูกไม้สกุลอะคาเซียบนพื้นที่เสื่อมโทรมเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า
วัน อังคาร ที่ 31 กรกฎาคม 2555 เวลา 13.30 - 16.30 น.
ณ ห้องประชุมสถาบันผลิตผลเกษตรฯ ชั้น 9 (K 902)

ลำดับ ที่	หน่วยงาน	ชื่อ-สกุล	ลายมือชื่อ	เบอร์ติดต่อ	ที่อยู่ / e-mail address
13	องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้	คุณชัยรัตน์ อร่ามศรี		0-51324133	
14	องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้	นายประสิทธิ์ เกิดโต		081 6665994	
15	สำนักงานโครงการพัฒนาป่าไม้	นายพิชิต นิมิตรมงคล		0894147411	nimit@nia.or.th
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					

การพัฒนาไม้โตเร็วสกุล *Acacia* เพื่อปลูกเป็นพื้นที่เสื่อมโทรมสำหรับเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า

รายชื่อผู้เข้าร่วมสัมมนา
โครงการวิจัยศักยภาพการปลูกไม้สกุลอะคาเซียบนพื้นที่เสื่อมโทรมเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า
วันที่ 31 กรกฎาคม 2555 เวลา 13.30-16.30 น.
ณ ห้องประชุมสถาบันผลิตผลเกษตรฯ ชั้น 9 (K 902)

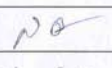
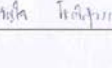
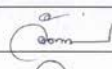
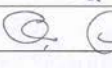
ลำดับ ที่	ชื่อ-สกุล	ลายมือชื่อ	เบอร์ติดต่อ	ที่อยู่ / e-mail address
1	นางยุพา ปานแก้ว			
2	นางสาววรารณ์ อภิวัฒน์ภักดิ์			
3	ดร.พิลาณี ไกลนอมสัดย			
4	สิทธิโชค วัลลาภิตย		0865503558	sittichoke@biotec.or.th
5	ดร.สุธีรา วิทยาภาณุจน์	สุธีรา	0819297006	
6	นายเกษม หุตัยธนาสันต์	เกษม หุตัยธนาสันต์	0813432549	
7	นางยุพนา บพจ	ยุพนา	0899801102	supyubekun.ac.th
8	น.ส.ฉนิษฐา อภิลัก	ฉนิษฐา อภิลัก	081-8149411	dadida-2@hotmail.com
9				
10				
11				

รายชื่อผู้เข้าร่วมสัมมนา
โครงการวิจัยศักยภาพการปลูกไม้สกุลอะคาเซียบนพื้นที่เสื่อมโทรมเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า
วันที่ 31 กรกฎาคม 2555 เวลา 13.30-16.30 น.
ณ ห้องประชุมสถาบันผลิตผลเกษตรฯ ชั้น 9 (K 902)

ลำดับ ที่	ชื่อ-สกุล	ลายมือชื่อ	เบอร์ติดต่อ	ที่อยู่ / e-mail address
1	ดร.มะลิวัลย์ หุตัยธนาสันต์			
2	ผศ.ดร.รุ่งเรือง พูลศิริ			
3	ผศ.ดร.ลดาวัลย์ พวงจิตร			
4	นายวิฑูรย์ เหลืองวิริยะแสง			
5	นายอภิพงศ์ วิชชุเวสคามินทร์			
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				

การพัฒนาไม้โตเร็วสกุล *Acacia* เพื่อปลูกเป็นพื้นที่เสื่อมโทรมสำหรับเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า

รายชื่อบริษัทเอกชนผู้เข้าร่วมสัมมนา
โครงการวิจัยศักยภาพการปลูกไม้สกุลอะคาเซียบนพื้นที่เสื่อมโทรมเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า
วัน อังคาร ที่ 31 กรกฎาคม 2555 เวลา 13.30 - 16.30 น.
ณ ห้องประชุมสถาบันผลิตผลเกษตรฯ ชั้น 9 (K 902)

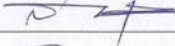
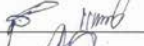
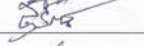
ลำดับ ที่	หน่วยงาน	ชื่อ-สกุล	ลายมือชื่อ	เบอร์ติดต่อ	e-mail address
1	บริษัท ซูพรีม รีนิวเอเบิล เอ็นเนอร์ยี จำกัด	คุณสำเริง คลุ่มสิน		0804913292	Samrang.kl@kcpn.com
2	บริษัท ซูพรีม รีนิวเอเบิล เอ็นเนอร์ยี จำกัด	คุณขวัญใจ โชติสุวรรณ		0820520984	k.chotsuwan@hotmail.com
3	บริษัท ดิจิตอลฟลาซ่า จำกัด (สงวนทุนทรัพย์วัดชิบ)	นางมนัสนันท์ ธาณินพิทักษ์			
4	บริษัท เตชา ไบโอ กรีน จำกัด	คุณเตชา พรบำรุง			
5	บริษัท ทิพวัฒน์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด	คุณวัฒนพงศ์ ทองสร้อย		08-1822-4390	wattapong@tipwat.com
6	บริษัท ทิพวัฒน์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด	นางสาวרותทิพย์ เทียงยุติธรรม		056520828	oratip@tipwat.com
7	บริษัท ทิพวัฒน์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด	นายประยูร เทียงยุติธรรม			
8	บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน)	ดร.กันย์ กังวานสายชล		0819042166	kunn.k@pttplc.com
9	บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน)	น.ส.อรุณรัตน์ วุฒิมงคลชัย		081-174-8607	arunrat.w@pttplc.com
10	บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน)	ดร. สุชาดา บุตรนาค		0898952841	Suchada.b@pttplc.com
11	บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน)	ดร. อนุรักษ์ วินิตสร		081-612-4261	Anurak.w@pttplc.com

รายชื่อผู้เข้าร่วมสัมมนา
โครงการวิจัยศักยภาพการปลูกไม้สกุลอะคาเซียบนพื้นที่เสื่อมโทรมเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า
วันที่ 31 กรกฎาคม 2555 เวลา 13.30-16.30 น.
ณ ห้องประชุมสถาบันผลิตผลเกษตรฯ ชั้น 9 (K 902)

ลำดับ ที่	ชื่อ-สกุล	ลายมือชื่อ	เบอร์ติดต่อ	ที่อยู่ / e-mail address
1	อริสทิพย์ อริสทิพย์		081-8443535	-
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				

การพัฒนาไม้โตเร็วสกุล *Acacia* เพื่อปลูกเป็นพื้นที่เสื่อมโทรมสำหรับเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า

รายชื่อเกษตรกรผู้เข้าร่วมสัมมนา
โครงการวิจัยศักยภาพการปลูกไม้สกุลอะคาเซียบนพื้นที่เสื่อมโทรมเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า
วันที่ 31 กรกฎาคม 2555 เวลา 13.30-16.30 น.
ณ ห้องประชุมสถาบันผลิตผลเกษตรฯ ชั้น 9 (K 902)

ลำดับ ที่	ชื่อ-สกุล	ลายมือชื่อ	เบอร์ติดต่อ	ที่อยู่ / e-mail address
1	นายทองดี มงคลแสน		0890689785	
2	นายบุญเพ็ง อุดรพรม		082-8604932	
3	นายประสิทธิ์ แก้วมาตร		0943192117	
4	นายสมบูรณ์ เต็มชัยภูมิ		0828543690	
5	นายสำราญ จันทะประเทศ		0848613552	
6	นายสุพจน์ เรียงธรรม เกียงคำ		0479678471	
7	นายสุพล แก้วกึ่ง		0872276249	
8	นายสุรชาติ คุณเมือง		080-0130792	SURACHAT 1999@hotmail.com
9	นายสุรัตน์ เคลือบทองศรี		0857539938	
10	นายอัศราพล จันทะประทัก		08620750094	
11				
12				

รายชื่อผู้ตรวจสอบทางวิชาการ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ผู้เข้าร่วมสัมมนา
โครงการวิจัยศักยภาพการปลูกไม้สกุลอะคาเซียบนพื้นที่เสื่อมโทรมเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า
วัน อังคาร ที่ 31 กรกฎาคม 2555 เวลา 13.30 - 16.30 น.
ณ ห้องประชุมสถาบันผลิตผลเกษตรฯ ชั้น 9 (K 902)

ลำดับ ที่	ชื่อ-สกุล	ลายมือชื่อ	เบอร์ติดต่อ	ที่อยู่ / e-mail address
1	ศาสตราจารย์ปรีดา วิบูลย์สวัสดิ์			
2	ศาสตราจารย์สมชาติ โสภณธนฤทธิ์			
3	รองศาสตราจารย์ถนัดกร ศรีรอด			
4	ผศ.ดร.พัชรินทร์ ตัญญา			
5	นายสมศักดิ์ หมวกทอง			
6	นางสาวพิศมัย เจนวนิชปัญญกุล			
7	นางสาวพรพิมล นันทะวงศ์			
8	นางสุภาพร จินดา			
9	นายสุวัฒน์ วัฒนศิริ		080-4919491	Atiwatsit@hotmail.com
10				
11				

รายชื่อสถาบันการศึกษาผู้เข้าร่วมสัมมนา
โครงการวิจัยศักยภาพการปลูกไม้สกุลอะคาเซียบนพื้นที่เสื่อมโทรมเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า
วันที่ 31 กรกฎาคม 2555 เวลา 13.30-16.30 น.
ณ ห้องประชุมสถาบันผลิตผลเกษตรฯ ชั้น 9 (K 902)

ลำดับ ที่	สังกัด	ชื่อ-สกุล	ลายมือชื่อ	เบอร์ติดต่อ	ที่อยู่ / e-mail address
1	คณะเกษตร ม.เกษตรศาสตร์	ศ.ดร.สายันท์ หัตถศรี			
2	คณะวนศาสตร์ ม.เกษตรศาสตร์	ผศ.ดร.นิคม แหลมสัก		081-833-6162	
3	คณะวนศาสตร์ ม.เกษตรศาสตร์	ดร.สาพิศ ดิลกสัมพันธ์			
4	คณะวนศาสตร์ ม.เกษตรศาสตร์	อาจารย์บุญวงศ์ ไทยอุดสาห์			
5	คณะวนศาสตร์ ม.เกษตรศาสตร์	ดร.พงษ์ศักดิ์ เองนิรันดร์		027463013	ssongphs@ku.ac.th
6	คณะวนศาสตร์ ม.เกษตรศาสตร์	ดร.ไตรรัตน์ เนียมสุวรรณ			
7	คณะวิศวกรรมศาสตร์ ม.เกษตรศาสตร์	ผศ.ดร.วิชัย ศิวะโกศิษฐ์			
8	ม.หอการค้าไทย	ดร.ธีรณ วานิชเสนี		0898125843	
9	คณะวนศาสตร์ ม.เกษตรศาสตร์	อ.ร.ดร.กมลวิทย์ เลิศสุลลภกิจ			
10					
11					
12					

รายชื่อบริษัทเอกชนผู้เข้าร่วมสัมมนา
โครงการวิจัยศักยภาพการปลูกไม้สกุลอะคาเซียบนพื้นที่เสื่อมโทรมเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า
วัน อังคาร ที่ 31 กรกฎาคม 2555 เวลา 13.30 - 16.30 น.
ณ ห้องประชุมสถาบันผลิตผลเกษตรฯ ชั้น 9 (K 902)

ลำดับ ที่	ชื่อ-สกุล	หน่วยงาน	ลายมือชื่อ	เบอร์ติดต่อ	ที่อยู่ / e-mail address
12	บริษัท ปัญญา คอนซัลแตนท์ จำกัด	คุณสินีบุษ ศิริวัฒนานนท์			
13	บริษัท เอ็นจีเนียริง โซลูชั่นส์ ไซเบอร์เวย์ จำกัด	คุณพงศ์กานต์ เปี่ยมสุทธิธรรม			
14	บริษัท เอ็นโซล จำกัด	นายสมเกียรติ สุทธิรัตน์		0816598224	sohkiat.sut@gmail.com
15	บริษัท เอ็นโซล จำกัด	นางสาววันวิสา หลักทองบุญ		0540417199	wansira_leesol.com
16	อ.ส.ม.ท. (A.M. 1143) ม.ก. (A.M. 1107)	คุณอุกฤษ กาละยี่			
17	อ.ส.ม.ท. (A.M. 1143) ม.ก. (A.M. 1107)	นางสาวสิริมา กาละยี่			
18		คุณอภิวัฒน์ สิทธิบุญวัฒน์			
19	ม. ปิณฑองอินจิษฐ์ จำกัด	ภราดร ปิณฑองอินจิษฐ์		0816252266	KASARN@PINTHONG.CO.TH
20		ผู้แทนที่ จักรวรรดิ		0894538410	PUNAKARN@PINTHONG.CO.TH
21		นางสาวศิริ ศิริพงษ์		083-0382340	prangsiri@pinthong.co.th
22					