บทที่ 1
ความสำคัญและที่มาของการศึกษา

1.1 ความสำคัญและที่มาของการศึกษา

ในการจัดการป่าไม้ เพื่อให้เกิดผลผลิตที่ยั่งยืนและตอบสนองต่อความต้องการของประชาชนทั้งทางตรงและทางอ้อมที่ยาวนาน (sustained yield) นั้น ปัจจุบันรัฐบาลได้ดำเนินในหลายๆ รูปแบบ ทั้งการป้องกันรักษาป่า การฟื้นฟูสภาพป่า และการปลูกสร้างสวนป่า โดยเฉพาะในด้านการปลูกป่าประเทศไทยได้ดำเนินการปลูกป่าทั้งเพื่อเป็นการป้องกันต้นน้ำลำธาร และเพื่อเป็นป่าเศรษฐกิจ โดยในปัจจุบันประเทศไทยได้นำเข้าไม้และผลิตภัณฑ์จากไม้ ถึงปีละมาก กว่า 50,000 ล้านบาท (สถิติการป่าไม้, 2543) ซึ่งเป็นสินค้าเกษตรในอันดับต้นๆ ที่ประเทศต้องนำเข้าจากต่างประเทศ สมควรที่รัฐจะต้องรีบส่งเสริมการปลูกสร้างสวนป่าเพื่อเศรษฐกิจ ในปัจจุบันรัฐมีโครงการมากมายที่เกี่ยวข้องกับการปลูกป่า เช่น โครงการปลูกป่าถาวรเฉลิมพระเกียรติ โครงการส่งเสริมเกษตรกรปลูกป่า โครงการฟื้นฟูสภาพป่าในพื้นที่ต้นน้ำลำธาร ตลอดจน พื้นที่ป่าปลูกต่างๆ ที่อยู่ในความควบคุมของรัฐบาล ได้แก่ สวนป่าสังกัดกรมป่าไม้ สังกัดองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ สวนป่าบริษัทไม้อัดไทย นอกจากนี้ในภาคเอกชน ก็ได้ดำเนินการ ปลูกป่าอย่างกว้างขวาง ทั้งในรูปขององค์กรขนาดใหญ่และเกษตรกรรายย่อย ซึ่งส่วนใหญ่ได้ดำเนินการปลูกป่าเพื่อการค้าและการลงทุนทางเศรษฐกิจ โดยในปัจจุบันรัฐได้ส่งเสริมให้มีการปลูกป่า โดยได้กำหนดชนิดไม้มากกว่า 50 ชนิด ซึ่งส่วนใหญ่เป็นไม้พื้นเมือง แต่ไม้เหล่านี้ก็ไม่ได้รับความสนใจเท่าที่ควรทั้งนี้ไม่มีตลาดรองรับ บางชนิดเป็นไม้ที่โตค่อนช้างช้า ทำให้ได้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจไม่คุ้มค่ากับการลงทุน โดยไม้ที่มีการปลูกมากที่สุด ได้แก่ ไม้สัก นอกจากนี้ยังมีไม้ชนิดหนึ่งซึ่งปัจจุบันเป็นไม้ที่มีการปลูกอย่างแพร่หลาย แม้ว่าจะไม่ได้รับการส่งเสริมจากภาครัฐเท่าที่ควร ไม้ดังกล่าวก็คือ ไม้ยูคาลิปตัส ซึ่งไม้ชนิดนี้เป็นไม้ที่มีการปลูกในเชิงพาณิชย์อย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะภาคตะวันออก ทั้งนี้เนื่องจากมีตลาดรองรับอย่างชัดเจน จัดเป็นไม้โตเร็ว และมีการใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง ทั้งการทำเยื่อกระดาษ แผ่นชิ้นไม้อัด แผ่นใยไม้อัด เสาเข็ม ไม้ค้ำยัน รวมทั้งเป็นไม้ทำฟืนและถ่าน ประกอบกับไม้ชนิดนี้สามารถเติบโตได้อย่างกว้างขวางทั้งในฟื้นที่ค่อนข้างแห้งแล้ง โดยประเทศออสเตรเลียซึ่งเป็นถิ่นกำเนิดที่พบไม้ชนิดนี้สามารถพบได้ตั้งแต่ปริมาณน้ำฝน 200-1,250 มิลลิเมตรต่อปี และยังสามารถขึ้นได้ในดินเกือบทุกประเภท ทั้งดินเหนียว ดินทราย และดินเค็ม และยังสามารถทนต่อสภาพน้ำท่วมขังได้เป็นครั้งคราว จึงทำให้ไม้ยูคาลิปตัสได้รับความนิยมอย่างมาก

แม้ว่าในอดีตมีหลายฝ่ายยังมีข้อโต้แย้งอย่างมากมายเกี่ยวกับการปลูกไม้ยูคาลิปตัส โดยเฉพาะปัญหาในเรื่องผลกระทบสิ่งแวดล้อม แต่เนื่องจากผลผลิตเนื้อไม้ยูคาลิปตัสเป็นที่ต้องการสูงและมีการตลาดที่ค่อนข้างชัดเจน ทำให้พื้นที่ปลูกไม้ยูคาลิปตัสในภาคตะวันออกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตามเกี่ยวกับความคุ้มทุนของการปลูกไม้ยูคาลิปตัสนั้นค่อนข้างต่ำแม้ว่าจะมีความพยายามปรับปรุงสายพันธุ์เพื่อให้ได้ผลผลิตในรูปของเนื้อไม้ที่สูงขึ้น ทำให้มีเกษตรกรเป็นจำนวนมากที่ตัดฟันไม้แล้ว ไม่สนใจที่จะปลูกต่อไป ดังนั้นการศึกษาถึงความคุ้มทุนเพื่อให้เกษตรกรผู้ปลูกป่าได้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่สูงขึ้นและคุ้มค่ากับการลงทุนจึงเป็นเรื่องที่จำเป็นที่ต้องเร่งดำเนินการ อย่างไรก็ตามในภาพรวมแล้วการปลูกสร้างสวนป่า ก็เป็นวิธีหนึ่ง ซึ่งนอกจากจะได้ไม้เพื่อการใช้สอยในประเทศและลดการตัดไม้ทำลายป่าธรรมชาติ ยังเป็นการสร้างงานให้แก่เกษตรกร ซึ่งจะเป็นผลดีแก่ประเทศชาติ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องใส่ใจในปัญหาเหล่านี้

สำหรับในเรื่องสิ่งแวดล้อม แม้ว่าจะมีผลถกเถียงกันมายาวนานถึงผลดี ผลเสียของการปลูกยูคาลิปตัสในเรื่องของผลกระทบต่อดิน และการใช้น้ำของพืชชนิดนี้ แต่ส่วนใหญ่จะอ้างอิงผลการศึกษาจากต่างประเทศในขณะที่ประเทศไทยยังขาดงานวิจัยทางด้านนี้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาผลกระทบต่อดินทั้งคุณสมบัติทางฟิสิกส์และทางเคมีของการปลูกไม้ยูคาลิปตัสให้ชัดเจนยิ่งขึ้น เพื่อยืนยันผลกระทบที่ชัดเจนของการปลูกไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส อย่างไรก็ตามได้มีการศึกษามาบ้างเกี่ยวกับผลกระทบต่อดินและน้ำของการปลูกไมยูคาลิปตัสในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แต่ส่วนใหญ่แล้ว มองในรูปของการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารในดิน ซึ่งโดยแท้จริงแล้ว การเปลี่ยนแปลงของแร่ธาตุอาหารในดินจะเปลี่ยนแปลงน้อยมาก เนื่องจากปริมาณที่พืชใช้นั้นมีอยู่น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณธาตุอาหารในดินประกอบผลการศึกษาส่วนใหญ่จะทำในพื้นทีที่ยังมิได้ตัดไม้ยูคาลิปตัสออก ธาตุอาหารจึงยังคงอยู่ในระบบมิได้ถูกนำออกจากพื้นที่ ดังนั้นความเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจึงต้องพิจารณาอย่างละเอียดรอบครอบ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีการตัดไม้ยูคาลิปตัส ออกหลายครั้ง สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งก็คือผลกระทบของการปลูกไม้ชนิดนี้ต่อความชื้นในดิน นอกจากนี้ในเรื่องของการใช้น้ำของไม้ชนิดนี้ก็เป็นเรื่องสำคัญอีกประการหนึ่ง ซึ่งมีข้อถกเถียงกันเป็นอย่างมากเกี่ยวกับการใช้น้ำของไม้ยูคาลิปตัส

นอกจากนี้ ต้นไม้ในสวนป่ายังมีบทบาทที่สำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ ช่วยลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ ซึ่งมีปริมาณมากขึ้นจากการดำเนินกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การใช้เชื้อเพลิงจากฟอสซิล (fossil) การทำลายป่าเขตร้อน เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้คาร์บอนถูกปลดปล่อยออกสู่บรรยากาศในรูปคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณเพิ่มขึ้นอันเป็นสาเหตุสำคัญ

ดังนั้นในสถานการณ์ปัจจุบันจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องให้ความสำคัญกับการปลูกสร้างสวนป่าเพราะต้นไม้ในสวนป่าสามารถเปลี่ยนก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศโดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthesis) ให้อยู่ในรูปของสารประกอบต่างๆ สะสมอยู่ในส่วนต่างๆ ของต้นไม้ได้ คาร์บอนเป็นธาตุหลักในองค์ประกอบของอินทรียวัตถุทุกรูปแบบ การหมุนเวียนเริ่มจากการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชโดยดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศมาทำปฏิกิริยากับน้ำเกิดเป็นคาร์โบไฮเดรตขึ้นมาโดยมีแสง คลอโรฟิลล์และเอนไซม์เป็นตัวทำปฏิกิริยา ได้ผลผลิตคือ คาร์โบไฮเดรตซึ่งอยู่ในรูปของน้ำตาล ส่วนหนึ่งจะใช้เป็นพลังงานในการดำรงชีวิต อีกส่วนหนึ่งพืชสะสมไว้ในรูปของแป้ง หรืออาจนำไปใช้ในการสร้างโปรตีนหรือไขมันและเก็บสะสมไว้ในส่วนต่างๆ ของพืช คาร์บอนจะถูกส่งผ่านไปยังสัตว์โดยการเป็นอาหาร สัตว์ที่กินพืชนำคาร์บอนในสารต่างๆ ที่พืชสะสมไว้ไปเปลี่ยนรูปเพื่อใช้ประโยชน์และสะสมไว้ในสัตว์ที่กินพืชนั้น คาร์บอนในสัตว์กินพืชถ่ายทอดไปยังสัตว์กินเนื้อ คาร์บอนในเนื้อเยื่อของพืช สัตว์กินพืช สัตว์กินเนื้อ ถูกนำมาใช้ในการหายใจและปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศส่วนหนึ่งและส่วนที่เหลือถูกใช้ไปในการเจริญเติบโตและตกเป็นซากพืชเมื่อตายลง ซากพืชและสัตว์จะถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียและเชื้อราและมีการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศดังเดิม ดังนั้นการปลูกสร้างสวนป่า โดยเฉพาะสวนป่าไม้โตเร็ว เช่นไม้ยูคาลิปตัส จึงมีบทบาทสำคัญในการเก็บกักคาร์บอนไดออกไซด์ ช่วยลดปัญหาในเรื่องของสิ่งแวดล้อม ตลอดจนทำให้ผู้คนที่ไม่เห็นด้วยกับการปลูกป่าไม้ยูคาลิปตัส ได้เห็นผลทางอ้อมของการปลูกไม้ชนิดนี้

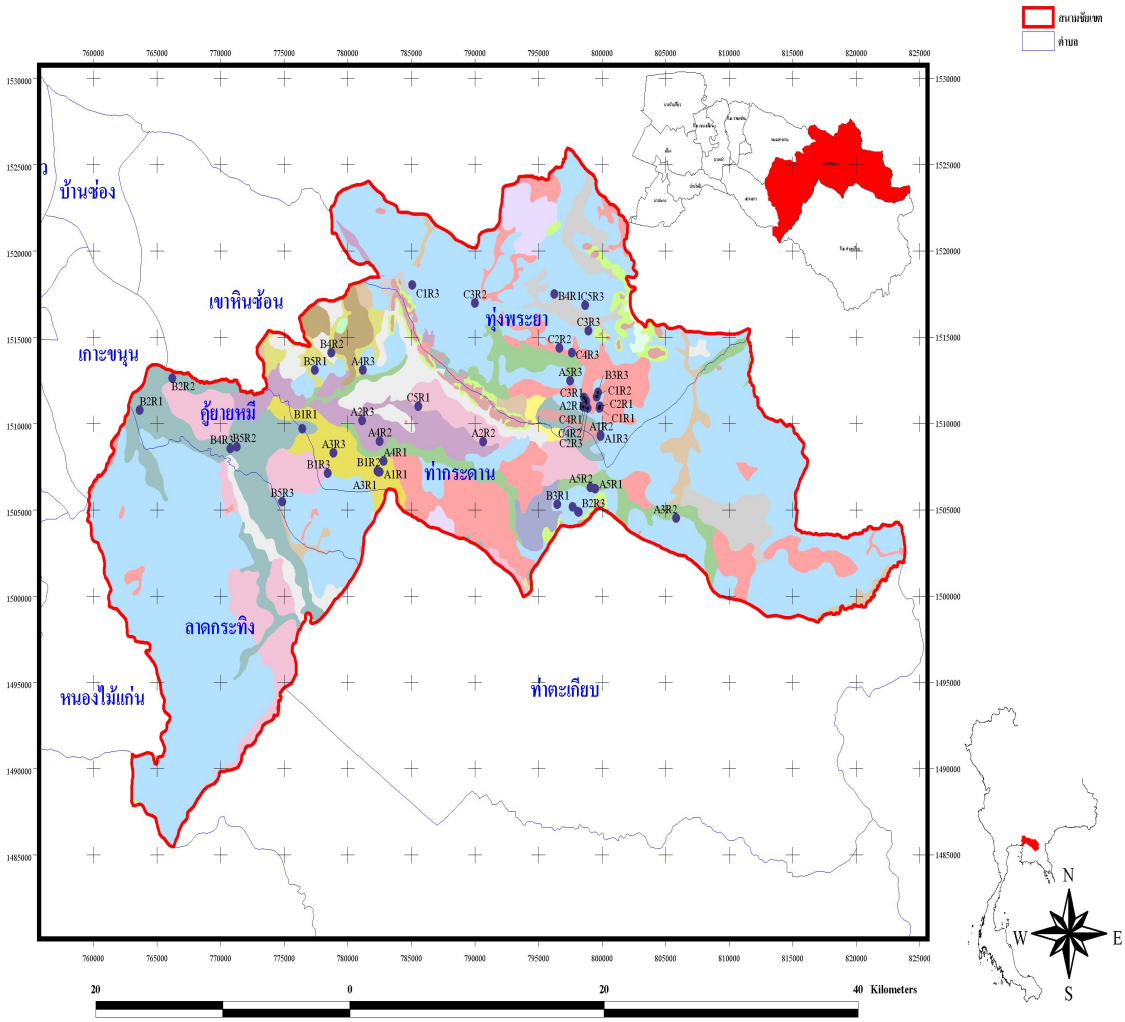
บทที่ 2
ระเบียบวิธีวิจัย

2.1. ที่ตั้งพื้นที่ศึกษา

แปลงปลูกไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ของเกษตรกรที่เป็นสมาชิกบริษัทอะโกรไลท์จำกัด อำเภอสนามชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา มีรายละเอียดดังตารางที่ 1

2.1.1 แปลงศึกษาการเติบโตและผลผลิตได้เลือกพื้นที่ในสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส ของเกษตรกรซึ่งเป็นสมาชิกบริษัทอะโกรไลท์ซึ่งมีชั้นอายุ 1-5 ปี ภายใต้กระบวนการสืบพันธุ์ที่ต่างกัน ได้แก่ แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส (Af-plantation) แปลงที่ปลูกด้วยกล้าในพื้นที่ที่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส (Re-plantation) ระยะปลูก 2 x 3 เมตร และแปลงใช้วิธีตัดแตกหน่อ (Coppice-plantation)ระยะปลูก 3 x 3 เมตร ขนาดแปลง 40 x 40 เมตร ในแต่ละชั้นอายุทำการวางแปลง 3 ซ้ำ รวมทั้งหมด 45 แปลง

2.1.2. แปลงศึกษาการใช้น้ำได้เลือกพื้นที่ปลูกไม้ยูคาลิปตัส อายุ 3 ปี ปลูกด้วยกล้าที่ได้มาจากการปักชำ ระยะปลูก 2 x 3 เมตร เลือกต้นไม้ตัวอย่างโดยที่มีการกระจายของเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก จำนวน 9 ต้น เป็นตัวแทนในการวัดการใช้น้ำ



ภาพที่ 1 แผนที่แสดงตำแหน่งแปลงทดลองที่เก็บข้อมูลไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส

ตารางที่ 1 ตำแหน่งแปลงทดลองที่เก็บข้อมูลไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส

ลำดับ	อายุไม้	ระบบปลูกด้วยกล้า						ระบบตัดแตกหน่อ		
		พื้นที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส			พื้นที่ไม่เคยผ่านการปลูกไม้ยูคาลิปตัส			รหัสแปลง	Latitude	Longitude
		รหัสแปลง	Latitude	Longitude	รหัสแปลง	Latitude	Longitude			
1	1 ปี	A1R1	13° 38' 32.9"	101° 46' 20.7"	B1R1	13° 38' 55.6"	101° 33' 18.8"	C1R1	13° 39' 30.6"	101° 46' 16.9"
2	1 ปี	A1R2	13° 37' 24.0"	101° 36' 36.3"	B1R2	13° 37' 24.0"	101° 36' 36.3"	C1R2	13° 39' 54.5"	101° 46' 10.8"
3	1 ปี	A1R3	13° 38' 32.9"	101° 46' 20.7"	B1R3	13° 37' 22.7"	101° 34' 24.3"	C1R3	13° 45' 57.4"	101° 38' 11.6"
4	2 ปี	A2R1	13° 39' 48.6"	101° 45' 43.9"	B2R1	13° 39' 40.1"	101° 26' 14.5"	C2R2	-	-
5	2 ปี	A2R2	13° 38' 25.2"	101° 41' 13.0"	B2R2	13° 40' 46.7"	101° 27' 39.7"	C2R3	13° 39' 34.7"	101° 45' 45.2"
6	2 ปี	A2R3	13° 39' 13.1"	101° 35' 57.3"	B2R3	13° 35' 52.2"	101° 45' 22.0"	C2R1	13° 39' 35.6"	101° 46' 16.2"
7	3 ปี	A3R1	13° 37' 24.0"	101° 36' 36.3"	B3R1	13° 36' 09.3"	101° 44' 23.8"	C3R1	13° 39' 56.1"	101° 44' 36.7"
8	3 ปี	A3R3	13° 38' 05.0"	101° 34' 39.9"	B3R2	13° 36' 02.5"	101° 45' 05.2"	C3R2	13° 41' 37.9"	101° 44' 34.2"
9	3 ปี	A3R2	13° 35' 35.6"	101° 49' 35.7"	B3R3	13° 40' 03.5"	101° 46' 13.8"	C3R3	13° 42' 14.8"	101° 45' 54.5"
10	4 ปี	A4R1	13° 37' 44.4"	101° 36' 51.4"	B4R1	13° 43' 34.1"	101° 44' 24.3"	C4R2	13° 39' 44.4"	101° 45' 43.6"
11	4 ปี	A4R3	13° 41' 00.9"	101° 36' 01.6"	B4R2	13° 41' 37.7"	101° 34' 34.5"	C4R1	13° 39' 34.5"	101° 45' 36.1"
12	4 ปี	A4R2	13° 38' 26.4"	101° 36' 47.0"	B4R3	13° 38' 15.5"	101° 30' 11.7"	C4R3	13° 41' 29.7"	101° 45' 07.4"
13	5 ปี	A5R1	13° 36' 40.6"	101° 46' 04.7"	B5R1	13° 41' 00.3"	101° 33' 55.4"	C5R1	-	-
14	5 ปี	A5R2	13° 36' 43.3"	101° 45' 52.6"	B5R2	13° 38' 18.8"	101° 30' 28.2"	C5R2	13° 35' 52.5"	101° 45' 19.0"
15	5 ปี	A5R3	13° 40' 30.7"	101° 45' 01.1"	B5R3	13° 36' 20.8"	101° 52' 23.4"	C5R3	13° 43' 09.7"	101° 45' 43.5"

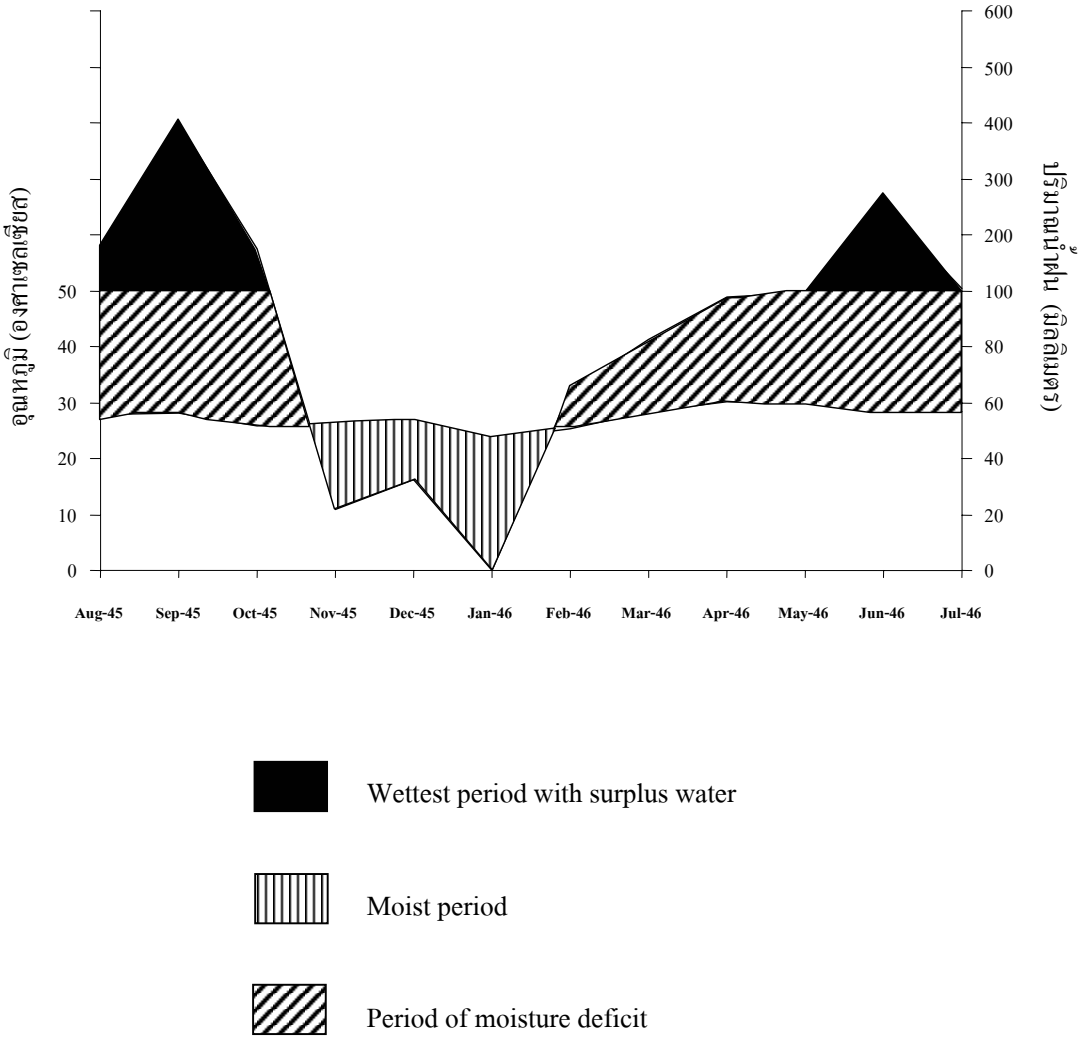
2.2. ลักษณะภูมิอากาศของพื้นที่ศึกษา

ลักษณะภูมิอากาศของพื้นที่ศึกษาโดยพิจารณาจากข้อมูลลักษณะภูมิอากาศในช่วงระหว่างการศึกษาพบว่าเป็นภูมิอากาศแบบร้อนชื้น โดยมีมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด 32.49 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด 22.78 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี เท่ากับ 27.36 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนรวมตลอดทั้งปีเท่ากับ 1,508.1 มิลลิเมตร ดังรายละเอียดแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ลักษณะภูมิอากาศในช่วงที่กำลังศึกษาบริเวณตำบลเขาหินซ้อน อำเภอพนมสารคาม จังหวัด ฉะเชิงเทรา ระหว่างเดือน สิงหาคม 2545 - กันยายน 2546

เดือน	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)	อุณหภูมิเฉลี่ย		
		สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย
สิงหาคม 2545	179.7	30.92	24.06	27.75
กันยายน 2545	400.7	30.53	23.63	28.00
ตุลาคม 2545	174.7	32.39	22.65	25.75
พฤศจิกายน 2545	21.7	32.02	21.90	26.25
ธันวาคม 2545	32.5	32.58	21.21	26.80
มกราคม 2546	0.0	32.26	18.26	23.50
กุมภาพันธ์ 2546	64.3	33.32	21.13	25.25
มีนาคม 2546	82.4	33.27	22.89	28.25
เมษายน 2546	97.7	35.50	24.03	30.25
พฤษภาคม 2546	99.1	33.74	24.94	30.00
มิถุนายน 2546	251.6	32.13	24.50	28.31
กรกฎาคม 2546	103.7	31.24	24.15	28.25
เฉลี่ย		32.49	22.78	27.36
รวม	1,508.1			

ที่มา: ศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลเขาหินซ้อน อำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา



<u>ภาพที่ 2</u> ลักษณะภูมิอากาศในช่วงที่ศึกษาบริเวณตำบลเขาหินซ้อน อำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา ระหว่างเดือน สิงหาคม 2545-กันยายน 2546 (Walter, 1979)

2.3. ระยะเวลาในการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้เวลาในการศึกษา 1 ปี โดยเริ่มศึกษาในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2545- และเสร็จสิ้นเดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2546

2.4 การศึกษาการเติบโต

2.4.1 การเก็บข้อมูลการเติบโตของต้นไม้ภายในแปลง ได้ทำการเก็บข้อมูลเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (DBH) และความสูงทั้งหมด (H) ของต้นไม้ทุกต้นในแปลงตัวอย่างที่ทำการศึกษาโดยทำการเก็บข้อมูลทุก ๆ 2 เดือนจนครบ 1 ปี

2.4.2 วิเคราะห์หาอัตราการเติบโตแบบสัมพัทธ์ (Relative Growth Rate, RGR) ของเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (DBH) และความสูงทั้งหมด (H) โดยมีสมการดังนี้

$$RGR_{\bar{D}} = \frac{\ln \bar{D}t_1 - \ln \bar{D}t_0}{t_1 - t_0}$$

$$RGR_{\bar{H}} = \frac{\ln \bar{H}t_1 - \ln \bar{H}t_0}{t_1 - t_0}$$

เมื่อ $\bar{D}$ คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอกเฉลี่ย (เซนติเมตร)

$\bar{H}$ คือ ความสูงทั้งหมดเฉลี่ย (เมตร)

t_0 และ t_1 คือ ช่วงระยะเวลาที่ทำการวัดครั้งแรก (t_0) และช่วงระยะเวลาที่วัดครั้งสุดท้าย (t_1)

ln คือ ล๊อกกาลิทึมฐานธรรมชาติ

2.5 ผลผลิตมวลชีวภาพ

ศึกษาปริมาณผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้น (W_S) กิ่ง (W_B) ใบ (W_L) และผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินโดยรวม (W_T) โดยทำการตัดไม้ขอบแปลงที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกตามชั้นขนาดความโตที่กำหนด (5 ชั้นขนาดความโต) โดยตัดไม้ในแต่ละชั้นความโตชั้นละ 1 ต้น จำนวนทั้งหมด 5 ต้น และดำเนินการดังนี้

2.5.1 วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับต่าง ๆ ของไม้ตัวอย่างที่ตัดคือ ที่ระดับชิดดิน (D_0) ที่ระดับความสูง 0.30 เมตร (D_{30}) ที่ระดับความสูง 1.30 เมตร ($D_{1.30}$) และยาวขึ้นไปทุก 2 เมตร จนถึงปลายยอด ที่ระดับใต้กิ่งสดกิ่งแรก (D_B) ความสูงทั้งหมด (H) ความสูงถึงระดับกิ่งสดกิ่งแรก (H_B)

2.5.2 ตัดทอนลำต้นออกเป็นท่อน ๆ จากโคนต้นจนถึงปลายยอด และทำการแยกส่วนที่เป็นใบ กิ่ง และลำต้น ออกจากกัน

2.5.3 ชั่งน้ำหนักสดของ ลำต้น กิ่ง และใบ ของไม้ตัวอย่าง

2.5.4 สุ่มเก็บตัวอย่าง ลำต้น กิ่ง และใบ ชั่งน้ำหนักสดเพื่อนำไปอบหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น และคำนวณเป็นน้ำหนักแห้ง

2.5.5 หาปริมาณความชื้นโดยการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นจากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักสด} - \text{น้ำหนักแห้ง}}{\text{น้ำหนักแห้ง}} \text{x} 100$$

2.5.6 นำเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ได้ไปใช้เปลี่ยนน้ำหนักสดของส่วนต่าง ๆ ในแต่ละท่อนให้เป็นน้ำหนักแห้ง จากสูตร

$$\text{น้ำหนักแห้ง} = \frac{100 \text{ x น้ำหนักสด}}{\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} + 100}$$

2.5.7 ประมาณหาผลผลิตมวลชีวภาพของส่วนต่าง ๆ ของลำต้น โดยใช้สมการความสัมพันธ์ในรูป Allometric Relation ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว คือ ขนาดของ ส่วนต่าง ๆ ที่วัดได้จากต้นไม้เป็นตัวแปรอิสระ (x) และ ปริมาณมวลชีวภาพของส่วนต่างๆ ของต้นไม้เป็นตัวแปรตาม (y)โดยมีความสัมพันธ์ คือ $y = ax^h$ หรือ $\log y = \log a + h \log x$โดยที่ y คือ ปริมาณผลผลิตมวลชีวภาพของส่วนต่าง ๆ หรือปริมาตรของลำต้น x คือ ค่าตัวแปรอิสระ (D^2H) ซึ่งใช้ในการประมาณหาปริมาณมวลชีวภาพและปริมาตรของลำต้น a และ h คือค่าคงที่ของสมการ

2.5.8 วิเคราะห์หาอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ (Relative Growth Rate, RGR) ของผลผลิตมวลชีวภาพส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินในแต่ละส่วนเฉลี่ย (กิโลกรัม)โดยมีสมการดังนี้

$$RGR_{\overline{W}} = \frac{\ln \overline{W}t_1 - \ln \overline{W}t_0}{t_1 - t_0}$$

เมื่อ $\overline{W}$ คือ ผลผลิตมวลชีวภาพของส่วนที่อยู่เหนือพื้นดิน ในแต่ละส่วนเฉลี่ย (กิโลกรัม)
t_0 และ t_1 คือ ช่วงระยะเวลาที่ทำการวัดครั้งแรก (t_0) และช่วงระยะเวลาที่วัดครั้งสุดท้าย (t_1)
ln คือ ล๊อกกาลิทึมฐานธรรมชาติ

2.5.9 วิเคราะห์หาอัตราการเติบโตสัมบูรณ์(Absolute Growth Rate, AGR) ของผลผลิตมวลชีวภาพส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินในแต่ละส่วนเฉลี่ย (กิโลกรัม) โดยมีสมการดังนี้

$$AGR_{\overline{W}} = \frac{\overline{W}t_1 - \overline{W}t_0}{t_1 - t_0}$$

เมื่อ $\overline{W}$ คือ ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินในแต่ละส่วนเฉลี่ย (กิโลกรัม)
t_0 และ t_1 คือ ช่วงระยะเวลาที่ทำการวัดครั้งแรก (t_0) และช่วงระยะเวลาที่วัดครั้งสุดท้าย (t_1)

2.5.10 ประมาณหาผลผลิตมวลชีวภาพส่วนที่เป็นลำต้น และผลผลิตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมดโดยหาความสัมพันธ์ระหว่างชั้นอายุ และผลผลิตที่ได้รับในแต่ละชั้นอายุ ในรูป Logistic Growth Curve โดยมีรูปสมการดังนี้

$$y_i = \frac{a}{1 + be^{-cx}}$$

เมื่อ y_i คือ ผลผลิตมวลชีวภาพส่วนที่เป็นลำต้น (W_S) และผลผลิตมวลชีวภาพของส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมด

x คือ ชั้นอายุ

a, b และ c คือ ค่าคงที่

ภาพที่ 3 การวัดการเติบโต การตัดฟันไม้ตัวอย่างเพื่อประเมินผลผลิตมวลชีวภาพ

2.6 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน

เก็บตัวอย่างดินจากแปลงที่ทำการศึกษา ในทุกๆแปลง โดยสุ่มเก็บดินตัวอย่างดินบริเวณกลางแปลงตัวอย่าง ละ 1 หลุม ขนาด 50 x 50 ตารางเซนติเมตร ลึกประมาณ 100 เซนติเมตร เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0 – 10, 10 – 20, 20-30 และ 50-100 เซนติเมตร โดยทำการเก็บตัวอย่างดิน 2 รูปแบบคือ

2.6.1 เก็บตัวอย่างดินแบบ Undisturbed Sample เป็นวิธีการเก็บตัวอย่างดินที่ไม่ทำให้ดินเสียโครงสร้าง ซึ่งจะเก็บด้วยวิธี Core Method ตัวอย่างดินที่ได้จากการเก็บโดยวิธีนี้จะนำไปหาค่าความหนาแน่นรวม ความหนาแน่นของอนุภาค เปอร์เซ็นต์ความพรุน เปอร์เซ็นต์ความชื้นในห้องปฏิบัติการ

2.6.2 เก็บตัวอย่างดินแบบ Disturbed Sample ซึ่งตัวอย่างดินที่ได้จากการเก็บโดยวิธีนี้จะนำไปวิเคราะห์หาเนื้อดิน และสมบัติทางเคมีของดิน

2.6.3 วิเคราะห์หาเนื้อดิน (Soil Texture) โดยวิธี Hydrometer Method ซึ่งเป็นวิธีการศึกษาเนื้อดินโดยอาศัยความถ่วงจำเพาะของสารละลาย ซึ่งเนื้อดินเป็นสมบัติที่บ่งบอกความละเอียดหรือความหยาบของดิน โดยอยู่ในรูปของสัดส่วนสัมพัทธ์ของกลุ่มอนุภาคที่เป็นทราย (sand) ทรายแป้ง (silt) และดินเหนียว (clay)

2.6.4 ความหนาแน่นรวม (Bulk Density, Db) ความหนาแน่นอนุภาค (Particle Density, Dp) และความพรุนของดิน (Soil Porosity) วิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือ Three Phase Meter (Daiki Rika Kokyo Co. Ltd., 1990) โดยมีการคำนวณข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

$$D_b = \frac{W_{ods}}{V_t}$$

$$D_p = \frac{W_{ods}}{V_s}$$

$$P_t = \frac{V_p}{V_t} \times 100$$

เมื่อ D_b คือ ความหนาแน่นรวมของดิน (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

D_p คือ ความหนาแน่นอนุภาคของดิน (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

P_t คือ ความพรุนรวมของดิน (เปอร์เซ็นต์)

W_{ods} คือ น้ำหนักอบแห้งของดิน (กรัม)

V_t คือ ปริมาตรรวมทั้งหมดของดิน (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

V_S คือ ปริมาตรของดิน (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

V_p คือ ปริมาตรของช่องว่างในดิน (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

2.6.5 ปฏิกิริยาดิน (Soil Reaction, pH) วัดโดยใช้ pH meter ซึ่งใช้อัตราส่วนของดินน้ำเท่ากับ 1 : 1 โดยน้ำหนัก

2.6.6 ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (Soil Organic Matter, OM) วิเคราะห์โดยวิธี Rapid Titration Method ของ Walkley และ Black ซึ่งใช้ Reducing Agent ($FeSO_4.7H_2O$) ทำปฏิกิริยากับ $K_2Cr_2O_7$ ที่เหลือจากการทำปฏิกิริยากับอินทรีย์คาร์บอนในดิน

2.6.7 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avaiiable P) ที่เป็นประโยชน์ วิเคราะห์โดยใช้วิธี ใช้น้ำยาสกัด Bray II (0.1N HCl + 0.03 N NH_4F) เขย่าเป็นเวลา 60 วินาที จะได้สารละลายที่มีฟอสฟอรัสละลายปนอยู่ด้วยนำสารละลายที่สกัดได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัส โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น เท่ากับ 882 nm.

2.6.8 ปริมาณโพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และโซเดียม (Na) ที่แลกเปลี่ยนได้ โดยใช้ Ammonium Acetate (NH_4OAc) 1 N pH 7.0 สกัดจากดินตัวอย่าง จากนั้นนำสารละลายที่สกัดได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณของ exchangeable K Ca Mg และ Na ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer

ภาพที่ 4 การเก็บดินตัวอย่างในแปลงปลูกไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส

2.7 การใช้น้ำและประสิทธิภาพการใช้น้ำ

ศึกษาการใช้น้ำของไม้ยูคาลิปตัสจำนวน 9 ต้น ตามชั้นเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (DBH) วัดการใช้น้ำตามวิธีของ Granier (1987) ด้วยเครื่องมือ Thermal Dissipation Probe (TDP) รุ่น TDP-30 ผลิตโดย Dynamax Inc, USA ติดตั้งเข็มสัญญาณ (Probe) เข้าไปในบริเวณที่เป็นส่วนของกระพี้ที่ระดับความสูง 1.30 เมตรจากพื้นดิน โดยเครื่องมือ Thermal Dissipation Probe ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ DC 10 โวลต์ และติดตั้งเครื่องมือบันทึกค่าของ Sap Flow ทุก ๆ 10 นาที เป็นระยะเวลาติดต่อ กัน 24 ชั่วโมง และทำการวัดทุก ๆ 2 เดือน เป็นจำนวน 6 ครั้ง ในหนึ่งปี และทำการวิเคราะห์การใช้น้ำ

2.7.1 ปริมาณการใช้น้ำของต้นไม้ในรอบวันสามารถหาได้โดยนำค่าของพื้นที่ของกระพี้ (Sapwood area) หน่วยเป็นตารางเซนติเมตร คูณกับอัตราการไหลของน้ำที่พืชใช้ (Sap flux) หน่วยเป็นเซนติเมตรต่อหน่วยเวลา ซึ่งจะได้ปริมาณน้ำที่พืชใช้ไป (Sap flow) หน่วยเป็นลิตรต่อต้นต่อหน่วยของเวลาจากสมการ

$$WU_d = \frac{\sum A \times S_{ti}}{1000}$$

เมื่อ WUd คือ ปริมาณการใช้น้ำในรอบวัน (ลิตรต่อวัน)

A คือ พื้นที่ของกระพี้ของต้นไม้ (ตารางเซนติเมตร)

Sti คือ อัตราการไหลของน้ำที่พืชใช้ในเวลา t ที่ i เมื่อ i = 1, 2, 3…, 24 นาฬิกา (เซนติเมตรต่อชั่วโมง)

2.7.2 นำค่าการใช้น้ำในรอบวันของไม้ในแต่ละต้นมาหาความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างพื้นที่หน้าตัดส่วนที่เป็นเนื้อไม้ผิวอ่อนจะได้สมการการใช้น้ำของต้นไม้ในแต่ละช่วงเวลาที่ทำการศึกษา

2.7.3 นำสมการที่ได้จากการศึกษาในแต่ละช่วงเวลาไปประเมินหาการใช้น้ำในแต่ละช่วงเวลา

2.7.4 คำนวณหาปริมาณการใช้น้ำในรอบปีของต้นไม้คำนวณได้จากพื้นที่ใต้เส้นกราฟของความสัมพันธ์ระหว่างเวลา (วัน) กับการใช้น้ำ (ลิตรต่อวัน) ซึ่งเป็นการถดถอยแบบโพลีโนเมียล รีเกรสชัน (Polynomial Regression, y = a+bx+cx^2…) โดยคำนวณจากสมการ

$$WUy = \int_{1}^{365} (a + b_1 X_i + b_2 X^2{}_i + b_3 X^3{}_i + b_4 X^4{}_i) dx$$

เมื่อ WUy คือ ปริมาณการใช้น้ำในรอบปี (ลิตรต่อปี)

Xi คือ วันที่ i เมื่อ i = 1,2,3,…,365 วัน (วัน)

a, b_1, b_2, b_3, และ b_4 คือ ค่าคงที่ของสมการ

2.7.5 นำค่าการใช้น้ำในรอบปีของไม้ในแต่ละต้นมาหาความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (DBH) กับการใช้น้ำในรอบปี นำความสัมพันธ์ที่ได้ไปประมาณหาการใช้น้ำรายต้นในรอบปีของต้นไม้ในพื้นที่ศึกษา

2.7.6 การประมาณหาปริมาณการใช้น้ำของหมู่ไม้ คือผลรวมของปริมาณการใช้น้ำของหมู่ไม้ที่ทำการศึกษาหาได้จาก

$$WU_{y_st} = \sum WU_y \times N$$

เมื่อ WU y _ st คือ ปริมาณการใช้น้ำของหมู่ไม้ (ลิตรต่อเฮกแตร์)

WUy_ni คือ ปริมาณการใช้น้ำของไม้แต่ละต้นในพื้นที่ทำการศึกษา (ลิตรต่อต้น)

N คือ จำนวนของต้นไม้ทั้งหมดในแต่ละชั้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (ต้น)

2.7.7 คำนวณหาประสิทธิภาพการใช้น้ำ (Water Use Efficiency, WUE) โดยเทียบกับปริมาณผลผลิตมวลชีวภาพของส่วนที่เป็นลำต้นของหมู่ไม้ (W_S) และผลผลิตมวลชีวภาพของส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมดของหมู่ไม้ (W_T) ที่เพิ่มพูนขึ้นในรอบปีดังสมการต่อไปนี้

$$WUES_{WS} = \frac{\Delta Ws}{WUy_st} \times 1000$$

$$WUES_{WT} = \frac{\Delta Ws}{WUy_st} \times 1000$$

เมื่อ $WUES_{WS}$ คือ ประสิทธิภาพการใช้น้ำทางเศรษฐกิจของต้นไม้ (กรัมต่อลิตร)

$WUES_{WT}$ คือ ประสิทธิภาพการใช้น้ำทางชีววิทยาของต้นไม้ (กรัมต่อลิตร)

Ws คือ ปริมาณผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้นที่เปลี่ยนแปลงในช่วงเวลา 1 ปี (กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ต่อปี)

Wt คือ ปริมาณผลผลิตมวลชีวภาพของส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมดที่เปลี่ยนแปลงในช่วงเวลา 1 ปี (กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ต่อปี)

WU y_st คือ ปริมาณการใช้น้ำของต้นไม้ทั้งหมดในช่วงเวลา 1 ปี (ลิตรต่อเฮกแตร์ต่อปี)

ภาพที่ 5 กล่องบันทึกข้อมูล DL 2e และการเจาะลำต้นเพื่อติดตั้งเข็มนำสัญญาณ

2.8 การวิเคราะห์ทางการเงินของการลงทุนปลูกไม้ยูคาลิปตัส

การจัดสรรทรัพยากรการผลิตจำเป็นที่จะต้องใช้หลักเศรษฐศาสตร์เข้ามาช่วยตัดสินใจว่าควรจะใช้ทรัพยากรแต่ละอย่างในจำนวนเท่าใดจึงจะได้กำไรหรือผลตอบแทนสูงสุด โดยทำการประเมินหรือการวิเคราะห์โครงการ จุดที่สำคัญในการประเมินโครงการก็คือ การเปลี่ยนแปลงในต้นทุน หรือค่าใช้จ่ายในการลงทุนและผลได้หรือผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ ซึ่งจะเกิดขึ้นในแต่ละปีตลอดอายุของโครงการ

วัตถุประสงค์ของการประเมินโครงการก็เพื่อให้ทราบถึงความเป็นไปได้ของโครงการ ถ้าเป็นการวิเคราะห์ทางเศรษฐกิจ (Economic Analysis) ก็เพื่อให้ทราบถึงผลตอบแทนต่อส่วนรวมของโครงการ และในที่นี้จะเป็นการวิเคราะห์ทางการเงิน (Financial Analysis) เพื่อพิจารณาว่าโครงการไหนจะก่อให้เกิดผลตอบแทนมากกว่าการลงทุน แล้วถือว่าโครงการนั้นมีความเป็นไปได้ ในการพิจารณาเปรียบเทียบการประเมินโครงการ ผู้ผลิตจะตัดสินใจเลือกโครงการที่ให้ผลตอบแทนจากการลงทุนสูงสุดเป็นสำคัญ ซึ่งในการประเมินโครงการจะประกอบด้วยการพิจารณาทางด้านต้นทุนและผลได้หรือผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ

2.8.1 ผลได้ (Benefits) หมายถึง ผลตอบแทนที่ได้จากการลงทุน ผลได้ที่ได้รับจะแตกต่างกันไปแล้วแต่ประเภทของโครงการ ผลได้ทั่วๆ ไป ได้แก่ ผลได้ที่เป็นรายได้ หรือผลได้ที่ได้รับเป็นตัวเงินและผลได้ที่ได้รับในรูปของการลดต้นทุน ผลได้ประกอบด้วย

1) ผลได้ทางตรง (Direct Benefits) หรือผลได้ขั้นต้น (Primary Benefits) หมายถึง มูลค่าของสินค้าหรือบริการที่ผลิตได้โดยตรงจากโครงการ ซึ่งในกรณีของการปลูกสร้างสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส ได้แก่ รายได้จากการขายไม้

2) ผลได้ทางอ้อม (Indirect Benefits) หรือผลได้ขั้นรอง (Secondary Benefits) หมายถึง มูลค่าของสินค้าหรือบริการที่ได้เพิ่มขึ้นจากกิจกรรมส่วนควบอื่นๆ หรือเป็นผลได้ที่เกิดขึ้นภายนอกโครงการ ซึ่งเช่น รายได้ของอุตสาหกรรมต่อเนื่องจากการใช้ไม้ยูคาลิปตัสเป็นวัตถุดิบ

นอกจากนี้ ผลได้ยังจำแนกได้เป็น ผลได้ที่วัดเป็นตัวเงิน (Tangible Benefits) เช่น มูลค่าของผลผลิต และผลได้ที่วัดเป็นตัวเงินไม่ได้ เช่น ผลได้ทางด้านการฟื้นฟูสภาพป่าไม้ในด้านการอนุรักษ์ การกระจายรายได้และชีวิตความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นของชาวชนบท

2.8.2 ต้นทุน (Costs) หมายถึง ค่าใช้จ่ายในการลงทุนดำเนินโครงการ รวมทั้งค่าเสียโอกาส ประเภทของต้นทุน ประกอบด้วย

1) ต้นทุนทางตรง (Direct Costs) หรือ ต้นทุนขั้นต้น (Primary Costs) หมายถึง มูลค่าของการใช้สิ่งที่ใส่เข้าไปเพื่อการติดตั้ง ดำเนินการ และการบำรุงรักษาโครงการ ค่าใช้จ่ายประเภทนี้จึงเป็นค่าใช้จ่ายโดยตรงของโครงการ ไม่ว่าจะเป็นค่าใช้จ่ายทางด้านลงทุนและการดำเนินงาน ซึ่งในกรณีของการปลูกสร้างสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส ได้แก่ ค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ตั้งแต่เริ่มเตรียมการเพาะปลูก การดูแลรักษาสวนป่าจนครบกำหนดตัดฟันไม้ขาย

2) ต้นทุนทางอ้อม (Indirect Costs) หรือ ต้นทุนขั้นรอง (Secondary Costs) หมายถึงค่าใช้จ่ายอื่นๆ ที่เกิดขึ้นจากการมีโครงการ ค่าใช้จ่ายประเภทนี้มักจะเกิดขึ้นกับบุคคลหรือกลุ่มบุคคลที่อยู่ภายนอกโครงการซึ่งได้แก่ ผลเสียภายนอก

นอกจากนี้ ต้นทุนยังจำแนกได้เป็น ต้นทุนที่วัดเป็นตัวเงินได้ (Tangible Costs) และต้นทุนที่วัดเป็นตัวเงินไม่ได้ (Intangible Costs)

2.8.3 การประเมินโครงการ ได้ดำเนินการกำหนดและคำนวณค่าต่าง ๆ ดังนี้

1) คำนวณหาผลประโยชน์ หรือผลได้ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการและต้นทุนที่คาดว่าจะเกิดขึ้น โดยพิจารณาตลอดอายุของโครงการ

2) กำหนดอัตราดอกเบี้ยที่เหมาะสมให้เป็นอัตราส่วนลด (Discount Rate) เพื่อเปลี่ยนค่าในอนาคตของต้นทุนและผลประโยชน์หรือผลได้ให้เป็นมูลค่าในปัจจุบัน ผู้วิเคราะห์จะต้องตัดสินใจเลือกใช้อัตราใดอัตราหนึ่งใน 3 อัตรา ได้แก่

ก) ค่าเสียโอกาสของทุน (Opportunity Cost of Capital)

ข) อัตรากู้ยืม(Borrowing Rate)

ค) อัตราผลตอบแทนของสังคม (Social Rate of Return)

ทั้งนี้ในการเลือกอัตราส่วนลดที่เหมาะสมจะต้องใช้อัตรากู้ยืมในการวิเคราะห์ทางการเงินสำหรับโครงการที่ต้องกู้เงินมาลงทุน ส่วนในการวิเคราะห์ทางเศรษฐกิจ กำหนดให้ใช้ค่าเสียโอกาสของทุนในประเทศกำลังพัฒนาทั้งหลายจะมีค่าระหว่างร้อยละ 8 – 15 หรือเฉลี่ยประมาณร้อยละ 12

3) เครื่องชี้คุณค่าทางเศรษฐกิจ ของโครงการที่ใช้ในการตัดสินใจดำเนินการว่าโครงการมีความเหมาะสมกับการลงทุนหรือไม่นั้น มีวิธีการประเมินอยู่หลายวิธี ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้ 3 วิธีเพื่อพิจารณาถึงผลิตภาพของโครงการ ขนาดของโครงการ และผลิตภาพของการลงทุน อันจะทำให้เกิดการพิจารณาคัดเลือกโครงการในการลงทุนเป็นไปได้ด้วยความเหมาะสมยิ่งขึ้น ได้แก่

ก) <u>Benefit – Cost Ratio (B/C ratio)</u> หรืออัตราส่วนผลได้ต่อต้นทุน เป็นการเปรียบเทียบระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลได้แลต้นทุนที่เกิดขึ้น โดยมีสูตรคำนวณ ดังนี้

$$B/C = \sum_{t=1}^{n} B(1+i)^{-t} - \sum_{t=1}^{n} C(1+i)^{-t}$$

B_t = ผลได้ในปีที่ t

C_t = ต้นทุนในปีที่ t

i = อัตราส่วนลด

t = ปีที่ 1, 2, ..., n โดย n คือ ระยะเวลาสิ้นสุดโครงการ

เกณฑ์ใช้ในการตัดสินใจในการลงทุน คือ $B/C > 1$ การวิเคราะห์โครงการโดยทั่วไป นิยมใช้อัตราส่วนของผลได้ต่อต้นทุนเป็นดัชนีเพื่อแสดงให้เห็นถึงผลิตภาพของโครงการ (Project Productivity)

ข) <u>Net Present Value (NPV)</u> หรือมูลค่าปัจจุบันสุทธิ เป็นการหามูลค่าปัจจุบันของโครงการว่า ผลกำไรจากการลงทุนมีมูลค่าในปัจจุบันเป็นเท่าไหร่โดยใช้อัตราดอกเบี้ยอัตราใดอัตราหนึ่งเป็นตัวหักลด มูลค่าปัจจุบันสุทธิหาได้จากสูตรการคำนวณ ดังนี้

$$B/C = \sum_{t=1}^{n} B/(1+i)^{-t} - \sum_{t=1}^{n} C/(1+i)^{-t}$$

หรือ

$$B/C = \sum_{t=1}^{n} (B_t - C_t)/(1+i)^{t}$$

B_t = ผลได้ในปีที่ t

C_t = ต้นทุนในปีที่ t

i = อัตราส่วนลด

t = ปีที่ 1, 2, ..., n โดย n คือ ระยะเวลาสิ้นสุดโครงการ

เกณฑ์ใช้ในการตัดสินใจในการลงทุน คือ NPV > 0 หรือมีค่าเป็นบวก

ค) <u>Internal Rate of Return (IRR)</u> หรืออัตราผลตอบแทนของโครงการเป็นผลตอบแทนซึ่งอยู่ในรูปของร้อยละที่เกิดจากการลงทุนในโครงการ ซึ่งอัตราผลตอบแทนดังกล่าวก็คือ อัตราส่วนลดที่จะทำให้มูลค่าปัจจุบันของผลได้มีค่าเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของต้นทุน หรือมูลค่าปัจจุบันสุทธิของกระแสเงินสดมีค่าเป็นศูนย์พอดี ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\sum_{t=1}^{n} (B_t - C_t)/(1+R)^{t} = 0$$

B_t = ผลได้ในปีที่ t

C_t = ต้นทุนในปีที่ t

R = อัตราผลตอบแทนของโครงการ

t = ปีที่ 1, 2, ..., n โดย n คือ ระยะเวลาสิ้นสุดโครงการ

สำหรับค่า IRR คำนวณได้จากสูตร ดังนี้

$$IRR = L.D.R. + (H.D.R. - L.D.R. - \frac{P.W.at\ L.D.R.}{P.W.at\ L.D.R. - P.W.\ at\ H.D.R.})$$

IRR = อัตราผลตอบแทนของโครงการ

L.D.R. = Lower Discount Rate เป็นอัตราส่วนลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวก

H.D.R. = Higher Discount Rate เป็นอัตราส่วนลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นลบ

P.W. at L.R.D. = มูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวก

P.W. at H.D.R. = มูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นลบ

เกณฑ์ที่ใช้พิจารณาในการยอมรับโครงการ คือ เมื่อ IRR > ค่าเสียโอกาสของทุน หรือ IRR > อัตราดอกเบี้ยเงินกู้

การใช้อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ เป็นวิธีการวัดผลของโครงการอีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันมาก ซึ่งสามารถชี้ให้เห็นถึงผลิตภาพของทุน (Cost Productivity) โครงการใดที่มีอัตราผลตอบแทนภายในโครงการสูงก็จัดไว้ในอันดับต้น ส่วนโครงการใดที่มีอัตราผลตอบแทนภายในโครงการต่ำกว่าก็จัดไว้ในอันดับถัดไป

2.8.4 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (Sensitivity Analysis)

ความอ่อนไหวของโครงการ หมายถึง ความแปรปรวนหรือความไม่แน่นอนของโครงการที่อาจจะเกิดขึ้นได้จากความผิดพลาดในการประเมินต้นทุนและหรือความผิดพลาดจากการคาดคะเนผลได้ โดยวิธีการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ เป็นการกำหนดล่วงหน้าว่าจะเกิดอะไรขึ้นในอนาคต ซึ่งย่อมมีโอกาสผันผวนได้มาก ดังนั้นในการวิเคราะห์ที่ทำขึ้นอย่างระมัดระวังนั้นจะสามารถบอกได้ว่า ถ้ามีบางสิ่งบางอย่างเปลี่ยนไปจากที่กำหนดไว้เดิม เช่น ต้นทุนเพิ่มหรือราคาผลผลิตลดต่ำลงกว่าที่คาดไว้ ผลได้หรือผลตอบแทนของโครงการจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการนี้ เพื่อให้ผู้มีหน้าที่ตัดสินใจเลือกโครงการได้

พิจารณาถึงความเสี่ยงภัยอันเนื่องมาจากความผันแปรของตัวแปรต่าง ๆ เพื่อใช้ประกอบการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการ

2.9 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของการเติบโต อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ และ อัตราการเติบโตสัมบูรณ์ ทางด้านเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก ความสูงทั้งหมด ผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้น ผลผลิตมวลชีวภาพของกิ่ง ผลผลิตมวลชีวภาพของใบ และผลผลิตมวลชีวภาพของส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมด ของผลผลิตมวลชีวภาพของลำต้น ผลผลิตมวลชีวภาพของกิ่ง ผลผลิตมวลชีวภาพของใบ และผลผลิตมวลชีวภาพของส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมด ปริมาณการใช้น้ำในรอบวัน ปริมาณการใช้น้ำในรอบปี และคุณสมบัติของดิน โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test