บทที่ 2
วิธีการวิจัย

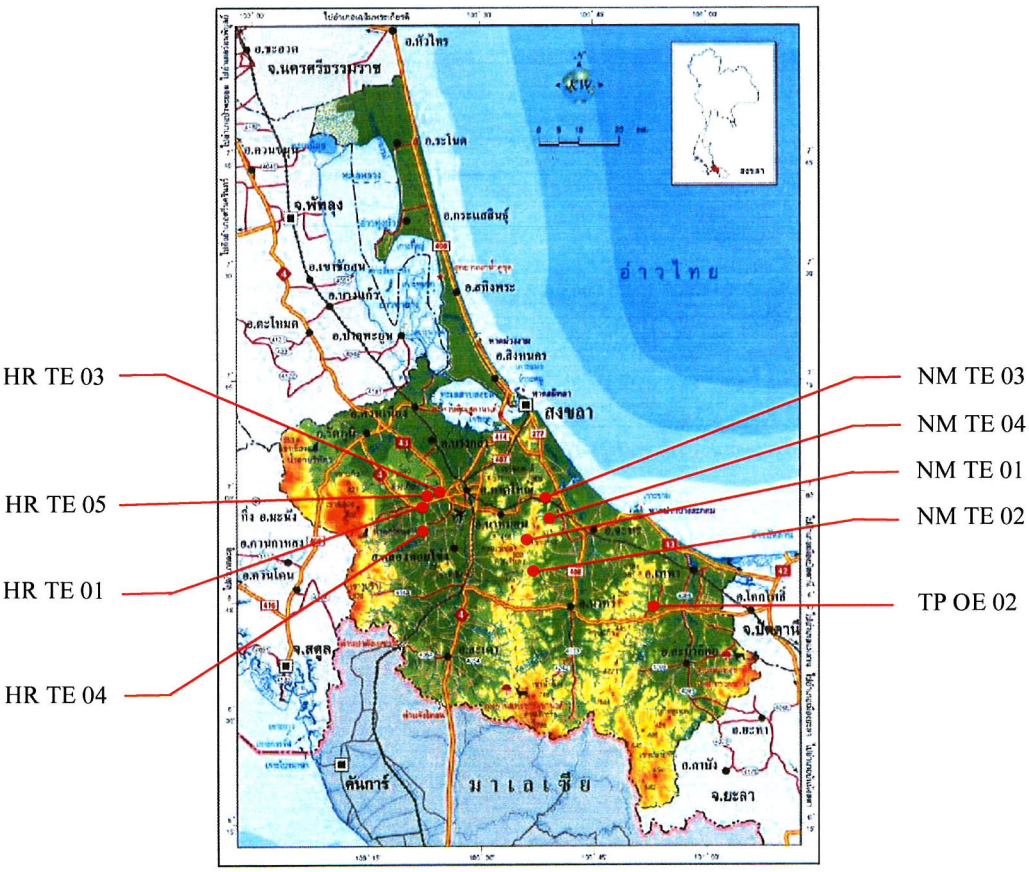
2.1. วิธีการวิจัยทางด้านกายภาพ

2.1.1 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

2.1.1.1 วิธีการเปิดกรีด

ระบบกรีดแบบรอยกรีดเดียวเปิดกรีดที่ระดับ150 เซนติเมตรจากพื้นดิน โดยกรีดซ้ำหน้าเดิมทุกครั้งที่มีการกรีด (ภาพที่ 4ก, ค)

ระบบกรีดแบบสองรอยกรีดเป็นการเปิดกรีดหน้ายางสองรอยพร้อมกันในยางพาราหนึ่งต้น โดยทำการกรีดสลับระหว่างรอยกรีดที่เปิดกรีดในหน้าตรงกันข้าม รอยกรีดแรกเปิดกรีดที่ระดับความสูง 80 เซนติเมตรจากพื้นดิน รอยกรีดที่ 2 เปิดกรีดที่ระดับความสูง 150 เซนติเมตร จากระดับพื้นดิน เมื่อหมดหน้ากรีดแรกก็ทำการสลับรอยกรีดในปีถัดไป ดังภาพที่ ภาพที่ 4ข และ ง



ภาพที่ 5 พื้นที่ทดลองระบบกรีดแบบสองรอยกรีดในอำเภอเทพา อำเภอหาดใหญ่ และอำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา

2.1.2 วิธีการทดลอง

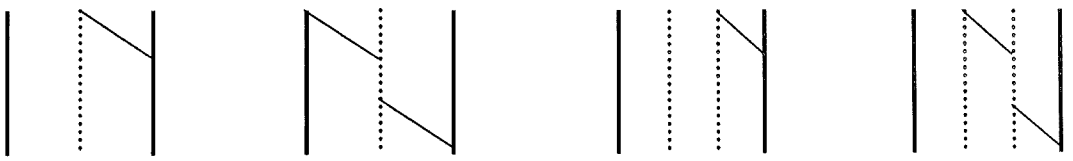
ทำการศึกษาผลของระบบกรีดแบบสองรอยกรีดใน 2 ระดับ คือ

2.1.2.1 ระดับสถานีวิจัย (On-station trail)

2.1.2.1.1 ยางพาราพันธุ์ RRIM 600 ทำการทดลอง ณ สถานีวิจัยและฝึกงานภาคสนามเทพา คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอเทพา จังหวัดสงขลา (TP OE 02) (ภาพที่ 5) เริ่มทดลองเดือนพฤษภาคม 2550 และสิ้นสุดการทดลองเดือนมีนาคม 2553 ยางพารามีอายุ 8 ปี เปิดกรีดในปีแรก และมีระยะปลูก 7×3 เมตร โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomized Design: CRD) จำนวน 4 สิ่งทดลอง ซ้ำละ 1 ต้น จำนวน 20 ซ้ำ โดยเก็บข้อมูลแบบ One tree plot design (ภาพที่ 6) ซึ่งสามารถแบ่งสิ่งทดลองได้ ดังนี้

สิ่งทดลองที่ 1: ระบบกรีดครึ่งลำต้น กรีดวันเว้นวัน (1/2S d/2)
สิ่งทดลองที่ 2: ระบบกรีดแบบสองรอยกรีด (2×1/2S 3d/4)
สิ่งทดลองที่ 3: ระบบกรีดหนึ่งในสามของลำต้น กรีดสามวันเว้นหนึ่งวัน (1/3S 3d/4)
สิ่งทดลองที่ 4: ระบบกรีดแบบสองรอยกรีด (2×1/3S d/2.d/3)

โดยลำดับการกรีดยางของทั้ง 4 ระบบกรีดได้แสดงในตารางที่ 2



T1 T2 T3 T4

T1 = 1/2S d/2 T2 = DCA : 2×1/2S d/4

T3 = 1/3S 3d/4 T4 = DCA : 2×1/3S d/2.d/3

ภาพที่ 6 แผนภาพแสดงการเปิดหน้ากรีดในแต่ละสิ่งทดลอง

ที่มา: Vaysse และคณะ (2006)

ตารางที่ 2 แสดงลำดับการกรีดในแต่ละระบบกรีดของสวนหมายเลข TP OE 02 ในอำเภอเทพา จังหวัดสงขลา

สิ่งทดลอง	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์
1/2S d/2	กรีด	หยุด	กรีด	หยุด	กรีด	หยุด	กรีด
2×1/2S 3d/4 (DCA)	กรีด (ล่าง)	หยุด	กรีด (บน)	หยุด	กรีด (ล่าง)	หยุด	กรีด (บน)
1/3S 3d/4	กรีด	กรีด	กรีด	หยุด	กรีด	กรีด	กรีด
2×1/3S d/2.d/3 (DCA)	กรีด (ล่าง)	กรีด (บน)	กรีด (ล่าง)	หยุด	กรีด (บน)	กรีด (ล่าง)	กรีด (บน)

2.1.2.2 ระดับสวน (On-farm trail) ทำการทดลองระบบกรีดแบบสองรอยกรีดใน 2 พื้นที่ของจังหวัดสงขลา (ภาพที่ 5) คือ

2.1.2.2.1 อำเภอหาดใหญ่ โดยสวนที่ 1 (HR TE 01) มีการเปิดกรีดครั้งแรกในเดือนพฤษภาคม 2550 ขณะที่สวนที่ 2 (HR TE 03), สวนที่ 3 (HR TE 04) และสวนที่ 4 (HR TE 05) เปิดกรีดครั้งแรกในเดือนพฤษภาคม 2551 โดยทั้ง 4 สวนสิ้นสุดการทดลองในเดือนกันยายน 2553 ซึ่งแต่ละสวนมีทดลองเป็น 2 สิ่งทดลองต่อ ดังนี้

สวนที่ 1 สิ่งทดลองที่ 1: ระบบกรีดรอยกรีดเดียว (1/3S 2d/3) จำนวน 67 ต้น
สิ่งทดลองที่ 2: ระบบกรีดสองรอยกรีด (2×1/3S d/3) จำนวน 64 ต้น

สวนที่ 2 สิ่งทดลองที่ 1: ระบบกรีดรอยกรีดเดียว (1/3S 2d/3) จำนวน 124 ต้น
สิ่งทดลองที่ 2: ระบบกรีดสองรอยกรีด (2×1/3S d/3) จำนวน 123 ต้น

สวนที่ 3 สิ่งทดลองที่ 1: ระบบกรีดรอยกรีดเดียว (1/3S 2d/3) จำนวน 267 ต้น
สิ่งทดลองที่ 2: ระบบกรีดสองรอยกรีด (2×1/3S d/3) จำนวน 244 ต้น

สวนที่ 4 สิ่งทดลองที่ 1: ระบบกรีดรอยกรีดเดียว (1/3S 2d/3) จำนวน 116 ต้น
สิ่งทดลองที่ 2: ระบบกรีดสองรอยกรีด (2×1/3S d/3) จำนวน 99 ต้น

สำหรับลำดับการกรีดยางของทั้ง 2 ระบบกรีดได้แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงลำดับการกรีดของแต่ละระบบกรีดในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

สิ่งทดลอง	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์
1/3S 2d/3	กรีด	กรีด	หยุด	กรีด	กรีด	หยุด	กรีด
2×1/3S d/3 (DCA)	กรีด (ล่าง)	กรีด (บน)	หยุด	กรีด (ล่าง)	กรีด (บน)	หยุด	กรีด (ล่าง)

2.1.2.2.2 อำเภอนาหม่อม โดยสวนที่ 5 (NM TE 01) ทำการเปิดกรีดครั้งแรกในเดือนเดือนสิงหาคม 2550 และสิ้นสุดการทดลองในเดือนกุมภาพันธ์ 2552 ส่วนสวนที่ 6 (NM TE 02), สวนที่ 7 (NM TE 03), และสวนที่ 8 (NM TE 04) ได้ทำการเปิดกรีดครั้งแรกในเดือนเดือนพฤษภาคม 2551 และสิ้นสุดการทดลองในเดือนกันยายน 2553 โดยแต่ละสวนจัดสิ่งทดลองเป็น 2 สิ่งทดลองต่อ 1 สวน ดังนี้

สวนที่ 1 สิ่งทดลองที่ 1: ระบบกรีดรอยกรีดเดียว (1/3S 3d/4) จำนวน 83 ต้น
สิ่งทดลองที่ 2: ระบบกรีดสองรอยกรีด (2×1/3S d/2.d/3) จำนวน 85 ต้น

สวนที่ 2 สิ่งทดลองที่ 1: ระบบกรีดรอยกรีดเดียว (1/3S 3d/4) จำนวน 120 ต้น
สิ่งทดลองที่ 2: ระบบกรีดสองรอยกรีด (2×1/3S d/2.d/3) จำนวน 124 ต้น

สวนที่ 3 สิ่งทดลองที่ 1: ระบบกรีดรอยกรีดเดียว (1/3S 2d/3) จำนวน 68 ต้น
สิ่งทดลองที่ 2: ระบบกรีดสองรอยกรีด (2×1/3S d/2.d/3) จำนวน 168 ต้น

สวนที่ 4 สิ่งทดลองที่ 1: ระบบกรีดรอยกรีดเดียว (1/3S 2d/3) จำนวน 78 ต้น
สิ่งทดลองที่ 2: ระบบกรีดรอยหน้ากรีด (2×1/3S d/2.d/3) จำนวน 71 ต้น

สำหรับลำดับการกรีดยางทั้ง 2 ระบบกรีด ได้แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงลำดับการกรีดของแต่ละระบบกรีดในอำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา

สิ่งทดลอง	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์	อาทิตย์
1/3S 3d/4	กรีด	กรีด	กรีด	หยุด	กรีด	กรีด	กรีด
2×1/3S d/2.d/3 (DCA)	กรีด (ล่าง)	กรีด (บน)	กรีด (ล่าง)	หยุด	กรีด (บน)	กรีด (ล่าง)	กรีด (บน)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

2.1.3 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

2.1.3.1 สภาพพื้นที่ทดลอง

เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 15 เซนติเมตรจากผิวดินตามวิธีการของ จำเป็น (2547) จำนวน 20 หลุมต่อแปลง ส่งวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ค่าความเป็นกรดด่างของดิน และลักษณะเนื้อดิน ณ ศูนย์ปฏิบัติการวิเคราะห์กลาง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

2.1.3.2 ปริมาณน้ำฝน

เก็บข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน ช่วงทำการทดลองในอำเภอเทพา จังหวัดสงขลาจากสถานีตรวจอากาศ อำเภอหนองจิก จังหวัดปัตตานี ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2550 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2553 สำหรับการทดลองในเขตพื้นที่อำเภอหาดใหญ่และอำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา เก็บข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีตรวจอากาศเกษตรคอหงส์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ตั้งแต่เดือนเมษายน 2550 ถึงเดือนกันยายน 2553

2.1.3.3 ผลผลิตยาง

ทำการบันทึกข้อมูลน้ำหนักน้ำยางสด เปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้งจากการวัดด้วยเมโทร-แลกซ์ น้ำหนักเนื้อยางแห้ง ราคาผลผลิตยางและรายได้ที่เกษตรกรได้รับจากการขายน้ำยางทุกครั้งที่มีการกรีด โดยทำการบันทึกแยกตามสิ่งทดลองที่ทำการศึกษา

2.1.3.4 ความสิ้นเปลืองเปลือก

สำหรับการวัดความสิ้นเปลืองเปลือกของรอยกรีด ทำการวัดค่าดังกล่าวโดยใช้สายวัด ทำมุมตั้งฉากกับรอยกรีด ดังภาพที่ 7 นำค่าที่ได้มาหารด้วยจำนวนวันกรีดในรอบปีกรีด และคูณด้วย 10 เพื่อแปลงหน่วยเซนติเมตรเป็นหน่วยมิลลิเมตร จะได้ค่าความสิ้นเปลืองเปลือกเฉลี่ยต่อครั้งกรีดในหน่วยมิลลิเมตร โดยทำการวัดความสิ้นเปลืองเปลือกทุก 3 เดือน

ภาพที่ 7 วิธีการวัดค่าความสิ้นเปลืองเปลือกของรอยกรีด

2.1.3.5 การเจริญเติบโตของลำต้นยางพารา

วัดการเจริญเติบโตของลำต้นครั้งแรกในช่วงก่อนการเปิดกรีดที่ระดับความสูง 170 เซนติเมตรจากผิวดิน และหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเส้นรอบวงลำต้นของต้นยางพารา เพื่อทำการคัดเลือกต้น จำนวน 10 ต้นต่อสิ่งทดลอง เพื่อเป็นตัวแทน หลังจากเปิดกรีดแล้วทำการวัดเส้นรอบวงลำต้นยางพาราทุก 3 เดือน

2.1.3.6 องค์ประกอบทางชีวเคมีของน้ำยาง

ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางชีวเคมีของน้ำยางตามวิธีการของศูนย์วิจัยยางฉะเชิงเทรา (Gohet and Chantuma, 1999) ดังนี้

2.1.3.6.1 การเก็บตัวอย่างน้ำยาง

เติมสารละลาย Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) ความเข้มข้น 0.01 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ในหลอดทดลองฝาเกลียวที่ทราบน้ำหนักหลอดเปล่า โดยสารละลายดังกล่าวช่วยป้องกันการจับตัวของน้ำยาง จากนั้นชั่งน้ำหนักของหลอดเปล่า + น้ำหนักสารละลาย EDTA ความเข้มข้น 0.01 เปอร์เซ็นต์ ทำการเก็บตัวอย่างน้ำยางแบบหนึ่งต้นต่อหนึ่งตัวอย่าง (เวลาประมาณ 06:00 น. หรือก่อนการกรีดยาง 1 วัน) โดยใช้แท่งเหล็กสำหรับเจาะเปลือกยางบริเวณใต้รอยกรีด 5 เซนติเมตร จนถึงชั้นเนื้อไม้ แทงหลอดลำเลียงน้ำยางเข้าไปในบริเวณรอยเจาะ ทิ้งน้ำยาง 2-3 หยดแรก เพื่อลดการปนเปื้อน และเก็บน้ำยางจำนวน 10 หยดต่อหนึ่งหลอดทดลองที่มีสารละลาย EDTA ความเข้มข้น 0.01 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำหลอดทดลองดังกล่าวมาชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณค่า

น้ำหนักสดของน้ำยาง เติมสารละลาย Trichloroacetic acid (TCA) ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตรหลอดละ 715 ไมโครลิตร เพื่อให้ยางจับตัวเป็นก้อน หลังจากนั้นนำหลอดทดลองทั้งหมดเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนกระทั่งทำการวิเคราะห์น้ำยาง (สามารถเก็บไว้ได้ 48 ชั่วโมง) เมื่อมาถึงห้องปฏิบัติการนำหลอดตัวอย่างน้ำยางมาเขย่าด้วยเครื่องเขย่าเพื่อแยกส่วนของเนื้อยาง และส่วนของสารละลายในน้ำยาง สำหรับส่วนของเนื้อยางนำไปหาค่าปริมาณเนื้อยางแห้ง ส่วนสารละลายตัวอย่างในน้ำยาง นำไปวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลซูโครส ปริมาณอนินทรีย์ฟอสฟอรัส และปริมาณไธออลต่อไป

2.1.3.6.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางชีวเคมี

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางชีวเคมีของน้ำยางแต่ละครั้งจะต้องทำ Standard curve ของตัวแปรแต่ละตัว เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสง (K) ของสารละลาย โดยกำหนดยอมรับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงของสารละลายจากการทำ Standard curve ดังนี้

$K_{Suc\ ต่ำ}$ = ใกล้เคียง 0.9

$K_{Suc\ ปกติ}$ = 1.90 - 2.00

$K_{Suc\ สูง}$ = ใกล้เคียง 4.0

K_{Pi} = 4.00 - 4.20

$K_{R\text{-}SH}$ = 0.12 - 0.14

ปริมาณน้ำตาลซูโครส อาศัยหลักการปฏิกิริยา Colormetric reation โดยให้กรดที่มีความเข้มข้นสูงๆ ทำให้น้ำตาลเฮกโซสแตกตัวให้อนุพันธ์ที่เรียกว่า Furfural derivative ซึ่งจะทำปฏิกิริยาได้ดีกับ Anthrone โดยน้ำตาลฟรุกโตสจะทำปฏิกิริยาอย่างรวดเร็ว แม้ขณะที่ยังคงเป็นส่วนหนึ่งของโมเลกุลซูโครส ส่วนน้ำตาลกลูโครสต้องนำไปอุ่นที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสก่อน จึงจะเข้าทำปฏิกิริยา สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลซูโครส มีขั้นตอนดังนี้ เติมสารละลาย TCA ความเข้มข้น 2.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 400 ไมโครลิตร ในหลอดแก้วที่มีฝาปิดแต่ละหลอด หลังจากนั้นเติมสารละลายตัวอย่างในน้ำยาง ปริมาตร 100 ไมโครลิตร และ Anthrone reactive ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ปิดฝาหลอด นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่า อุ่นที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียล เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำไปแช่ในอ่างน้ำเพื่อทำให้สารละลายเย็น อ่านค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง รุ่น Uitrospec 3000 ความยาวคลื่น 627 นาโนเมตร หากวัดค่าการดูดกลืนแสงได้ต่ำกว่า 0.2 ให้ปรับปริมาตรสารละลาย TCA ความเข้มข้น 2.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นปริมาตร 250 ไมโครลิตร สารละลาย

ตัวอย่างในน้ำยางเป็นปริมาตร 250 ไมโครลิตร และ Anthrone reactive ปริมาตร 3 มิลลิลิตร หากวัดค่าการดูดกลืนแสงได้สูงกว่า 0.8 ให้ปรับปริมาตรสารละลาย TCA ความเข้มข้น 2.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นปริมาตร 450 ไมโครลิตร สารละลายตัวอย่างในน้ำยางเป็นปริมาตร 50 ไมโครลิตร และ Anthrone reactive ปริมาตร 3 มิลลิลิตร และคำนวณความเข้มข้นของซูโครสในหน่วย มิลลิโมล/น้ำยาง 1 ลิตร ($mM\ l^{-1}$) ตามสูตร

$$[Suc]\ mM = OD_{627} \times K \times [(Fw + W1 + W2)/ Fw]$$

เมื่อ

K = ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงของน้ำตาลซูโครสจาก Standard curve

Fw = น้ำหนักน้ำยางสดในหน่วยของกรัม

W1 = น้ำหนักน้ำกลั่นต่อหลอดในหน่วยกรัม (standard CRRC = 5 กรัม)

W2 = น้ำหนักของสารละลาย TCA ความเข้มข้น 20 % ซึ่งใช้ในการชักนำให้น้ำยางเกิดการตกตะกอน (standard CRRC = 0.715 กรัม)

ปริมาณอนินทรีย์ฟอสฟอรัส อาศัยหลักการปฏิกิริยา Colormetric reation ของอนินทรีย์ฟอสฟอรัส คือ สร้างพันธะกับโมลิบเดต และนาวาเดต เกิดเป็นสารประกอบซึ่งดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณอนินทรีย์ฟอสฟอรัส มีขั้นตอนดังนี้ เติมสารละลาย TCA ความเข้มข้น 2.5 % ปริมาตร 1 มิลลิลิตรในหลอดแก้วที่มีฝาปิด เติมสารละลายตัวอย่างในน้ำยาง ปริมาตร 500 ไมโครลิตร และ IN reactive ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ปิดฝาหลอด นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่า ทิ้งไว้ 5 นาที หลังจากนั้นอ่านค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง รุ่น Uitrospec 3000 ความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร และคำนวณความเข้มข้นของอนินทรีย์ฟอสฟอรัสในหน่วย มิลลิโมล/น้ำยาง 1 ลิตร ($mM\ l^{-1}$) ตามสูตร

$$[Pi]\ mM = OD_{410} \times K \times [(Fw + W1 + W2)/ Fw]$$

เมื่อ K = ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงของอนิน-ทรีย์ฟอสฟอรัสจาก Standard curve

Fw = น้ำหนักน้ำยางสดในหน่วยของกรัม

W1 = น้ำหนักน้ำกลั่นต่อหลอดในหน่วยกรัม (standard CRRC = 5 กรัม)

W2 = น้ำหนักของสารละลาย TCA ความเข้มข้น 20 % ซึ่งใช้ในการชักนำให้น้ำยางเกิดการตกตะกอน (standard CRRC = 0.715 กรัม)

ปริมาณไธออล อาศัยหลักการปฏิกิริยา Colormetric reation ของไธออล โดยทำปฏิกิริยากับ Dithio bisnitrobenzoic acid (DTNB) เกิดเป็นสารประกอบ TNB ซึ่งดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 412 นาโนเมตร สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณไธออล มีขั้นตอนดังนี้ เติมสารละลาย Tris ความเข้มข้น 0.5 โมล ปริมาตร 1 มิลลิลิตรในหลอดแก้วที่มีฝาปิด เติมสารละลายตัวอย่างในน้ำยาง ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร และ DTNB ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ปิดฝาหลอด นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่า ทิ้งไว้ 5 นาที หลังจากนั้นอ่านค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง รุ่น Uitrospec 3000 ความยาวคลื่น 412 นาโนเมตร และคำนวณความเข้มข้นของไธออลในหน่วย มิลลิโมล/น้ำยาง 1 ลิตร (mM l^{-1}) ตามสูตร

$$[\text{R-SH}]\ \text{mM} = OD_{412} \times K \times [(Fw + W1 + W2)/ Fw]$$

เมื่อ K = ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงของไธออลจาก Standard curve

Fw = น้ำหนักน้ำยางสดในหน่วยของกรัม

W1 = น้ำหนักน้ำกลั่นต่อหลอดในหน่วยกรัม (standard CRRC = 5 กรัม)

W2 = น้ำหนักของสารละลาย TCA ความเข้มข้น 20 % ซึ่งใช้ในการชักนำให้น้ำยางเกิดการตกตะกอน (standard CRRC = 0.715 กรัม

ปริมาณเนื้อยางแห้ง เก็บน้ำยางสด 10 หยดต่อต้น (ใช้น้ำยางจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางชีวเคมีข้างต้น) เริ่มจากการชั่งน้ำหนักหลอดเปล่าทุกหลอด (T) เติมสารละลาย EDTA ความเข้มข้น 0.01 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ในหลอด (T+E) เมื่อเก็บตัวอย่างน้ำยางสดแล้ว นำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้ง (T+E+L) โดยน้ำหนักของน้ำยางสดเท่ากับ (T+E+L)-(T+E) หลังจากนั้นนำไปตกตะกอนด้วยสารละลาย TCA ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 0.715 มิลลิลิตร และนำส่วนที่เป็นเนื้อยางอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำยางแห้งที่ผ่านการอบแต่ละก้อน (Dw) คำนวณปริมาณเนื้อยางแห้ง ตามสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้ง (DRC)} = (Dw / Fw) \times 100$$

2.1.3.7 การประเมินอาการเปลือกแห้ง

ทำการประเมินระดับการเกิดอาการเปลือกแห้งของต้นยางพารา 2 ครั้ง คือ เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2551 และเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2552 ซึ่งสามารถแบ่งระดับการเกิดอาการเปลือกแห้งของต้นยางพาราตามความยาวรอยกรีด โดยแบ่งการประเมินออกเป็น 7 ระดับ ซึ่งดัดแปลงจากวิธีการของ พเยาว์ และคณะ (2542) ดังนี้

ระดับ 0 = ต้นปกติ (N_0)

ระดับ 1 = ต้นมีอาการเปลือกแห้ง 1-20 เปอร์เซ็นต์ของความยาวรอยกรีด (N_1)

ระดับ 2 = ต้นมีอาการเปลือกแห้ง 21-40 เปอร์เซ็นต์ของความยาวรอกรีด (N_2)

ระดับ 3 = ต้นมีอาการเปลือกแห้ง 41-60 เปอร์เซ็นต์ของความยาวรอยกรีด (N_3)

ระดับ 4 = ต้นมีอาการเปลือกแห้ง 61-80 เปอร์เซ็นต์ของความยาวรอยกรีด (N_4)

ระดับ 5 = ต้นมีอาการเปลือกแห้ง 81-99 เปอร์เซ็นต์ของความยาวรอยกรีด (N_5)

ระดับ 6 = ต้นมีอาการเปลือกแห้ง 100 เปอร์เซ็นต์ของความยาวรอยกรีด (N_6)

จากนั้นคำนวณเปอร์เซ็นต์อาการเปลือกแห้งของต้นยางพาราตามความยาวรอยกรีด (% Dry Cut Length: %DCL) โดยคำนวณจากสูตร

$$\%\ DCL = \frac{(N_1\times0.1) + (N_2\times0.3) + (N_3\times0.5) + (N_4\times0.7 + (N_5\times0.9) + (N_6)}{N_0+N_1+N_2+N_3+N_4+N_5+N_6} \times 100$$

2.2. วิธีการวิจัยทางด้านเศรษฐกิจและสังคม

2.2.1 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

เพื่อให้การดำเนินการวิจัยที่ตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ของการวิจัยผู้ศึกษาสามารถแบ่งขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยได้ดังนี้

2.2.1.1 ขั้นตอนที่ 1: ศึกษาเศรษฐกิจและสังคม และระบบการผลิตของระบบการทำฟาร์มสวนยาง

1.1 วิเคราะห์ระบบการผลิต ปัญหา อุปสรรคและผลสำเร็จของฟาร์มภายใต้ระบบกรีดแต่ละประเภทของเกษตรกรกับ DCA ของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการ

1.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการใช้ระบบกรีดประเภทต่างๆของเกษตรกรกับระบบกรีด DCA ของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการและเกษตรกรทั่วไป

1.3 วิเคราะห์เศรษฐศาสตร์การจัดการฟาร์มเช่น ประสิทธิภาพ ความสามารถความคุ้มทุนของระบบกรีดแต่ละประเภทของเกษตรกรเปรียบเทียบกับ DCA ของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการ

2.2.1.2 ขั้นตอนที่ 2: การสร้างแบบจำลองทางเศรษฐกิจและสังคมของระบบการทำฟาร์มสวนยางพารา

2.1 ศึกษาแบบจำลองเพื่อเปรียบเทียบผลสำเร็จของฟาร์มคือ รายได้ กับรายจ่ายของระบบกรีดแต่ละประเภทของเกษตรกรกับ DCA ของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการ

2.2 ศึกษาแบบจำลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพทางกายภาพและการเงินของระบบกรีดแต่ละประเภทของเกษตรกรกับ DCA ของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการ

2.3 ศึกษาแบบจำลองเพื่อเปรียบเทียบผลผลิตของระบบกรีดแต่ละประเภทของเกษตรกรกับ DCA ของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการ

2.4 ศึกษาเปรียบเทียบแบบจำลองความคุ้มทุนในการลงทุน (Investment Appraisal Analysis) ของระบบกรีดแต่ละประเภทของเกษตรกรกับ DCA ของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการ

2.2.1.3 ขั้นตอนที่ 3: วิเคราะห์และสังเคราะห์สรุป

3.1 ผลกระทบทางเศรษฐกิจ-สังคม กายภาพ ชีวภาพของการใช้ ระบบกรีดแต่ละประเภทของเกษตรกรกับ DCA ของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการ

3.2 สังเคราะห์รูปแบบการจัดทำฟาร์มที่เหมาะสมภายใต้ระบบกรีดแต่ละประเภทของเกษตรกรกับ DCA ของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการ

2.2.1.4 ขั้นตอนที่ 4: การส่งเสริมและพัฒนางานวิจัยทางเศรษฐกิจ-สังคม

4.1 จัดฝึกอบรมเกษตรกรและจัดทำคู่มือสำหรับการปฏิบัติงานของเกษตรกรที่เกี่ยวกับ DCA

4.2 การเพิ่มพูนความรู้ให้กับนักวิจัยทางเศรษฐกิจ-สังคมเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองเพื่อการทำนาย

4.3 การส่งเสริมและการพัฒนาระบบกรีดยางที่เหมาะสมและระบบกรีด DCA ให้กับหน่วยงานและเกษตรกรโดยการจัดฝึกอบรมให้มีการดูงานในแปลงสาธิต รวมถึงการจัดนิทรรศการ

2.2.2 วิธีวิเคราะห์ข้อมูล

2.2.2.1 การวิเคราะห์เชิงพรรณนา (Descriptive Analysis)

การบรรยาย อธิบายเหตุและผลของข้อมูลอย่างครบถ้วนด้วยสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เช่น ร้อยละ (Percentage) การแจกแจงความถี่ (Frequency) และค่าเฉลี่ย (Mean) เพื่อวิเคราะห์ในประเด็นดังนี้

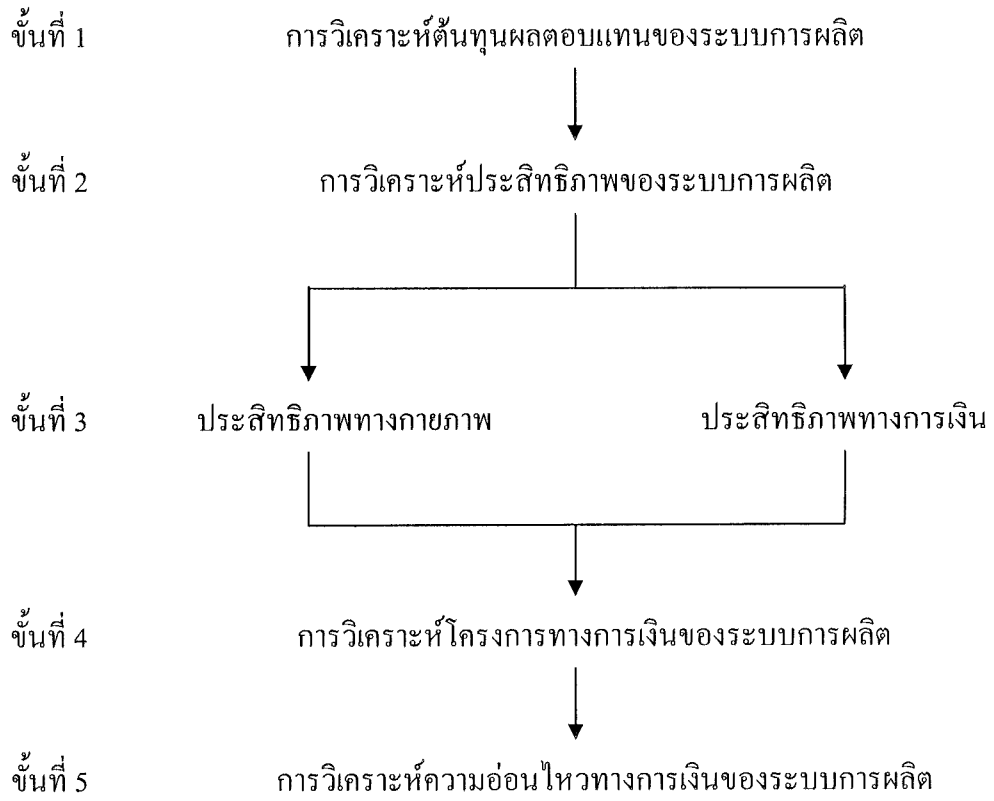
1) วิเคราะห์ระบบการทำสวนยางขนาดเล็ก ประกอบด้วย การจำแนกระบบนิเวศการทำสวนยางพาราขนาดเล็ก ลักษณะกายภาพ ชีวภาพ เศรษฐกิจ สังคม และการวิเคราะห์ระบบการผลิตจำแนกตามระบบนิเวศการทำสวนยางพาราขนาดเล็ก

2) วิเคราะห์ระบบกรีดยางพาราในสวนยางขนาดเล็ก ประกอบด้วย พัฒนาการการใช้ระบบกรีด ประเภทและระบบกรีดในปัจจุบัน ระบบกรีดภายใต้ระบบนิเวศเกษตร การวิเคราะห์ระบบการผลิตจำแนกตามระบบกรีด ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับระบบกรีดและปัญหาและข้อจำกัดการใช้ระบบกรีด

3) วิเคราะห์การแบ่งสรรผลประโยชน์ รูปแบบผลผลิตและปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกรูปแบบผลผลิต

2.2.2.2 การวิเคราะห์เชิงปริมาณ (Quantitative Analysis)

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์การจัดการระบบการผลิต ทำการศึกษาตามแนวทางการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์การจัดการฟาร์ม (ภาพที่ 8) ได้แก่ 1) การวิเคราะห์ต้นทุน ผลตอบแทนของระบบการผลิต 2) การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบการผลิต 3) การวิเคราะห์โครงการทางการเงิน และ 4) การวิเคราะห์ความอ่อนไหวทางการเงิน มีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 8 ขั้นตอนการวิเคราะห์เชิงปริมาณ

การวิเคราะห์ต้นทุนผลตอบแทนของระบบการผลิตจำแนกตามระบบกรีด

- การวิเคราะห์รายได้สุทธิของฟาร์ม ประกอบด้วยการวิเคราะห์ทางด้านต้นทุนและผลตอบแทนของฟาร์ม

- *การวิเคราะห์ต้นทุน* ในทางเศรษฐศาสตร์ได้แบ่งต้นทุนการผลิตออกเป็น 2 ชนิด คือ ต้นทุนผันแปรทั้งหมด (Total Variable Cost หรือ TVC) หมายถึง ค่าใช้จ่ายในการผลิต เนื่องจากการใช้ปัจจัยผันแปร ซึ่งแบ่งเป็น 2 ส่วน คือต้นทุนก่อนให้ผลและต้นทุนเมื่อให้ผลผลิตแล้ว ซึ่งต้นทุนก่อนให้ผล ได้แก่ ค่าเตรียมดิน ค่าขุดหลุม ค่าต้นพันธุ์ ค่าปุ๋ย ค่าสารกำจัดวัชพืช ค่าแรงปลูก ค่าแรงใส่ปุ๋ย ค่าแรงตัดหญ้า ค่าแรงอื่น ๆ ค่าน้ำ ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง และอื่น ๆ ต้นทุนเมื่อให้ผลผลิตแล้ว ได้แก่ ค่าปุ๋ย ค่าสารกำจัดวัชพืช ค่ากรดน้ำส้ม ค่าแรงใส่ปุ๋ย ค่าแรงกรีด/เก็บเกี่ยว ค่าแรงตัดหญ้า และค่าแรงอื่นๆ รวมทั้งค่าเสียโอกาสเงินลงทุนต้นทุนผันแปร โดยในการคิดต้นทุนจะคิดทั้งต้นทุนที่เป็นเงินสดและต้นทุนไม่เป็นเงินสด ต้นทุนคงที่ทั้งหมด (Total Fixed Cost หรือ TFC) หมายถึง ค่าใช้จ่ายในการผลิตที่เกิดจากการใช้ปัจจัยการผลิตคงที่ เช่น ภาษีที่ดิน ค่าเสื่อมอุปกรณ์การผลิต และค่าเสียโอกาสเงินลงทุนต้นทุนคงที่ อัตราดอกเบี้ยที่ใช้ในการคำนวณ ค่าเสียโอกาสเงินลงทุนต้นทุนผันแปรคิดอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ระยะสั้น ร้อยละ 8 ต่อปี ส่วนค่าเสียโอกาสเงินลงทุนต้นทุนคงที่คิดอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ระยะยาว ร้อยละ 8 ต่อปี

- *การวิเคราะห์รายได้หรือผลตอบแทน* การวิเคราะห์ด้านรายได้เป็นการคำนวณรายได้สุทธิ (Net Return) และกำไรสุทธิ (Net Profit) รายได้สุทธิหมายถึง ส่วนต่างระหว่างรายได้รวมจากการขายผลผลิต (Total Revenue หรือ TR) กับต้นทุนผันแปรทั้งหมด ส่วนกำไรสุทธิหมายถึงส่วนต่างระหว่างรายได้รวมจากการขายผลผลิตกับต้นทุนทั้งหมดในการผลิต

- การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบการผลิต ประกอบด้วย ประสิทธิภาพทางกายภาพของฟาร์มและประสิทธิภาพการเงินของฟาร์มของระบบการผลิตจำแนกตามระบบกรีด เพื่อนำผลการวิเคราะห์มาเปรียบเทียบระหว่างระกรีดที่ใช้ในพื้นที่และระบบกรีด DCA ซึ่งในการวัดประสิทธิภาพของฟาร์มจะพิจารณาประสิทธิภาพของปัจจัยทางกายภาพ และปัจจัยทาง การเงิน คือ

- *ปัจจัยทางกายภาพของฟาร์ม (Physical Factors)* การวัดประสิทธิภาพทางกายภาพเป็นการวัดประสิทธิภาพโดยรวมประกอบด้วยพื้นที่ทั้งหมด (ไร่/ครัวเรือน) พื้นที่ทางการเกษตร (ไร่/ครัวเรือน) พื้นที่สวนยางกรีด (ไร่/ครัวเรือน) และการวัดอัตราส่วนทางกายภาพ ดังนี้ (Parinya *et al.*, 2002)

$$\text{Production efficiency (PE)} = \frac{\text{production per rai of farm x 100}}{\text{production per rai of farm in community}}$$

$$\text{Crop yield index (CY)} = \frac{\text{yield of crop in farm x 100}}{\text{average yield of all farm in community}}$$

$$\text{Cropping intensity (CI)} = \frac{\text{area croped x 100}}{\text{total cultivated area}}$$

$$\text{Cropping intensity (CI)} = \frac{\text{total man - equivalent}}{\text{total cultivated area}}$$

- *ปัจจัยทางการเงินของฟาร์ม (Financial Factors)* การวัดประสิทธิภาพทางการเงินประกอบด้วย การวัดประสิทธิภาพโดยรวมทางการเงินประกอบด้วย ต้นทุนทั้งหมด (บาท/ไร่/ปี) ต้นทุนผันแปรทั้งหมด (บาท/ไร่/ปี) ต้นทุนคงที่ทั้งหมด (บาท/ไร่/ปี) รายได้ทั้งหมด (บาท/ไร่/ปี) รายได้สุทธิ (บาท/ไร่/ปี) และการวัดอัตราส่วนทางการเงิน ดังนี้

$$\text{Gross output per gross input} = \frac{\text{total gross output}}{\text{total gross input}}$$

Cost ratio

$$\text{Operation cost ratio} = \frac{\text{total operation cost}}{\text{total profit}}$$

$$\text{Fixed cost ratio} = \frac{\text{total fixed cost per year}}{\text{gross profit}}$$

$$\text{Gross cost ratio} = \frac{\text{total expense}}{\text{gross profit}}$$

$$\text{Cost per area} = \frac{\text{total expense}}{\text{unit of area}}$$

Income ratio

$$\text{Net income per area} = \frac{\text{total net income}}{\text{total area}}$$

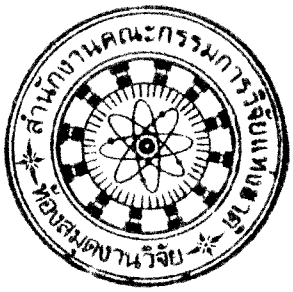
$$\text{Net farm income per farm labor} = \frac{\text{total net income}}{\text{man - eqivalent}}$$

- **การวิเคราะห์โครงสร้างทางการเงินของแต่ละระบบการผลิตจำแนกตามระบบกรีด**

ในการวิเคราะห์จะมองถึงกระแสเงินสดรับ และกระแสเงินสดจ่ายของระบบการผลิต ซึ่งกระแสเงินสดรับของแต่ละระบบการผลิตจะประกอบด้วย รายได้จากผลผลิตของพืชนั้น ๆ เช่น รายได้จากการขายน้ำยาง ยางแผ่นหรือยางก้อน นอกจากนี้ในส่วนของผลผลิตจากยางยังมีรายได้จากการขายไม้ยางพาราในปีที่ตัดโค่น ซึ่งในการวิเคราะห์ใช้ระยะเวลาการตัดโค่นเมื่อยางพารามีอายุ 25 ปี และคิดราคาไม้ยางพารา 60,000 บาทต่อไร่ กระแสเงินสดจ่ายของแต่ละระบบการผลิต ได้แก่ ค่าเตรียมดิน ค่าขุดหลุม ค่าปลูก ค่าต้นค่าพันธุ์ ค่าปุ๋ย ค่าสารเคมี ค่ากรดน้ำส้ม ค่าแรงใส่ปุ๋ย ค่าแรงตัดหญ้า ค่าแรงเก็บเกี่ยว ค่าแรงงานอื่น ๆ เช่น ค่าจ้างฉีดสารเคมี ค่าน้ำ ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ภาษีที่ดิน ค่าเสื่อมอุปกรณ์การผลิต ค่าเสียโอกาสเงินลงทุนต้นทุนผันแปร ค่าเสียโอกาสเงินลงทุนต้นทุนคงที่ โดยในการวิเคราะห์จะสมมุติให้ต้นทุนที่เพิ่มขึ้นเพิ่มในอัตราที่เท่ากับรายได้ที่เพิ่มขึ้น เพื่อง่ายในการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลการลงทุน จึงใช้หลักเกณฑ์การตัดสินใจแบบปรับค่าเวลามาวิเคราะห์ ซึ่งมี 3 วิธี ดังนี้

- *มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value : NPV)* คือ ผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ตลอดอายุโครงการ กับมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนตลอดอายุโครงการ ซึ่งหลักเกณฑ์ในการพิจารณาเลือกโครงการ คือ จะเลือกโครงการลงทุนที่ให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิมากกว่าศูนย์หรือเป็นบวก (NPV $>$ 0) ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิของผลประโยชน์มากกว่ามูลค่าปัจจุบันของต้นทุน มีสูตรที่ใช้ในการคำนวณ ดังนี้

$$\text{NPV} = \sum_{t=0}^{n} \frac{(B_t - C_t)}{(1+r)^t}$$



ในที่นี้

NPV	หมายถึง	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ
B_t	หมายถึง	มูลค่าผลประโยชน์ในปีที่ t
C_t	หมายถึง	มูลค่าต้นทุนในปีที่ t
r	หมายถึง	อัตราคิดลดหรืออัตราดอกเบี้ยที่เหมาะสม
t	หมายถึง	ระยะเวลาโครงการตั้งแต่ปีที่ 0, 1, 2 ,..,n
n	หมายถึง	อายุโครงการ (ปี)

- อัตราส่วนต้นทุนผลตอบแทน (Benefit Cost Ratio หรือ BCR)

คือ อัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทน ต่อมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนตลอดอายุของโครงการ ซึ่งมีเกณฑ์ในการตัดสินใจที่จะเลือกพิจารณาโครงการ คือ จะเลือกโครงการที่ BCR มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโครงการลงทุนนี้ให้ผลตอบแทนมากกว่าต้นทุนที่เกิดขึ้นกับโครงการ มีสูตรที่ใช้ในการคำนวณ ดังนี้

$$BCR = \frac{\sum_{t=0}^{n} \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t}}$$

ในที่นี้

B_t	หมายถึง	ผลตอบแทนในปีที่ t
C_t	หมายถึง	ค่าใช้จ่ายในปีที่ t
r	หมายถึง	อัตราคิดลดหรืออัตราดอกเบี้ยที่เหมาะสม
t	หมายถึง	ระยะเวลาโครงการตั้งแต่ปีที่ 0, 1, 2 ,..,n
n	หมายถึง	อายุโครงการ (ปี)

- อัตราผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return หรือ IRR)

คือ อัตราผลตอบแทนที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของต้นทุน กับมูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่ายโครงการลงทุนเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของรายจ่ายโครงการลงทุน ซึ่งจะเป็นอัตราผลตอบแทนที่ทำให้คุ้มทุนพอดี ซึ่งมีหลักเกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกโครงการ คือ จะเลือกโครงการที่ IRR มากกว่าค่าเสียโอกาสทางการเงิน มีสูตรที่ใช้ในการคำนวณ ดังนี้

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

ในที่นี้

B_t	หมายถึง	ผลตอบแทนในปีที่ t
C_t	หมายถึง	ค่าใช้จ่ายในปีที่ t
r	หมายถึง	อัตราคิดลดหรืออัตราดอกเบี้ยที่เหมาะสม
t	หมายถึง	ระยะเวลาโครงการตั้งแต่ปีที่ 0, 1, 2 ,..,n
n	หมายถึง	อายุโครงการ (ปี)

- **การวิเคราะห์ความอ่อนไหวทางการเงิน ของแต่ละระบบการผลิตจำแนกตามระบบกรีด**

เป็นการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบว่า หากต้นทุนและผลตอบแทนที่ใช้วิเคราะห์เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมจะทำให้ดัชนีชี้วัดต่างๆ เช่น มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) และอัตราผลตอบแทนภายในการลงทุน (IRR) ในการลงทุนทำสวนยางพาราร่วมกับการทำนานั้น มีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร ซึ่งมีผลต่อการตัดสินใจเลือกลงทุนในโครงการนั้น ๆ เพราะการลงทุนในการทำสวนยางพารา เป็นการลงทุนในระยะยาว ดังนั้นการลงทุนในบางครั้งเกษตรกรต้องเผชิญกับความเสี่ยงและความไม่แน่นอน (Risk and Uncertainly) ซึ่งการวิเคราะห์ความอ่อนไหวจะอยู่ภายใต้ข้อสมมุติให้ต้นทุนและผลตอบแทนเปลี่ยนแปลงดังนี้

- ต้นทุนเพิ่มขึ้นร้อยละ 5, 10 และ 15 โดยกำหนดให้ผลตอบแทนคงที่
- ผลได้ลดลงร้อยละ 5, 10 และ 15 โดยกำหนดให้ต้นทุนคงที่