บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การทดลองภาคสนาม

1.1 พื้นที่ศึกษา

ทำการทดลองในฤดูนาปรัง ระหว่างเดือนมกราคม-พฤษภาคม พ.ศ. 2548 บนพื้นที่นาเกษตรกรบ้านโกทา หมู่ 9 ตำบลศิลา อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น ในเขตชลประทานหนองหวาย จำนวน 2 แปลง แปลงที่ 1พิกัด 16° 28′ 09.4″ N, 102° 52′ 17.0″E ความสูงจากระดับน้ำทะเล 152 เมตร ชุดดินคล้ายดินพิมาย (Phi mai soil variance, กองสำรวจและจำแนกดิน, 2543) จัดอยู่ในอนุกรมวิธานดินเป็น Tropaquepts (Soil Survey staff, 2000) พื้นที่ทดลองมีเนื้อดินเป็นดินร่วน (loam) ประกอบด้วย sand, silt และ clay 48.4 38.8 และ 12.8 % ตามลำดับ (ความลึก 0 ถึง 20 ซม.) ทั้งนี้พื้นที่ทดลองได้รับตะกอนทรายที่พัดพามากับน้ำชลประทานและถูกไถพลิกหน้าดินอย่างต่อเนื่องทุกปี แปลงที่ 2 พิกัด 16° 28′ 11.9″ N, 102° 52′ 54.1″E ความสูงจากระดับน้ำทะเล 155 เมตร ชุดดินราชบุรี (Ratchaburi soil, กองสำรวจและจำแนกดิน, 2543) จัดอยู่ในอนุกรมวิธานดินเป็น Tropaquepts (Soil Survey staff, 2000) พื้นที่ทดลองมีเนื้อดินเป็นดินเหนียวปนซิลท์ (silty clay) ประกอบด้วย sand, silt และ clay 12.9 41.1 และ 46.0 % ตามลำดับ (ความลึก 0 ถึง 20 ซม.) คุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของดินได้แสดงไว้ในตารางภาคผนวกที่ 1

1.2 ตำรับทดลอง กำหนดให้มี 6 ตำรับทดลองดังนี้

F1) ไถกลบตอซัง + พด.1** และทำนาน้ำขังตลอดฤดูปลูก (ใช้เป็นฐานคำนวณการเพิ่มผลผลิตข้าว)

F2) ไถกลบตอซัง + ฟางข้าว* 800 กก/ไร่ + พด.1** ทำนาน้ำขังตลอดฤดูปลูก (ใช้เป็นฐานคำนวณการลดก๊าซมีเทน)

F3) ไถกลบตอซัง + ฟางข้าว* 800 กก/ไร่ + พด.1** จัดการน้ำเพื่อลดปริมาณน้ำชลประทาน

F4) ไถกลบตอซัง + ฟางข้าว* 400 กก/ไร่ + แกลบดำ* 1,600 กก/ไร่ + พด.1** จัดการน้ำเพื่อลดปริมาณน้ำชลประทาน

F5) ไถกลบตอซัง + มูลวัว* 290 กก/ไร่ + พด.1** จัดการน้ำเพื่อลดปริมาณน้ำชลประทาน

F6) ไถกลบตอซัง + ปุ๋ยมูลไก่อัดเม็ด* 230 กก/ไร่ + พด.1** จัดการน้ำเพื่อลดปริมาณน้ำชลประทาน

* ในตำรับที่ใส่ฟางข้าว,แกลบดำ,มูลวัวและปุ๋ยมูลไก่อัดเม็ด มีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับปุ๋ยสูตร 16-16-8 อัตรา 20 กก/ไร่ (3.2 กก.N/ไร่) ซึ่งเป็นอัตราทั่วไปที่เกษตรกรนิยมใช้ คุณสมบัติ

ของวัสดุอินทรีย์ต่างๆ แสดงไว้ในตารางภาคผนวกที่ 2 ปริมาณคาร์บอน, ไนโตรเจน และสัดส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจนในตำรับทดลองต่างๆ แสดงไว้ในตารางภาคผนวกที่ 3

** พด. 1 คือ เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีความสามารถย่อยสลายวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร เพื่อผลิตปุ๋ยหมักในช่วงระยะเวลาอันสั้น ประกอบด้วยเชื้อแบคทีเรีย แอคติโนไมซีสและเชื้อรา

สุ่มวางแผนการทดลองแบบ factorial in randomized complete block design (factorial in RCBD) มี 2 ปัจจัย โดยปัจจัยที่ 1 (factor A) คือ ชุดดินคล้ายพิมาย และชุดดินราชบุรี ส่วนปัจจัยที่ 2 (factor B) คือ วัสดุอินทรีย์ 6 ตำรับ ทำตำรับละ 3 ซ้ำ โดยสุ่มลงในแปลงย่อยทั้งหมด 18 แปลง ทุกแปลงทำการวางฐานกล่องเก็บตัวอย่างก๊าซ (gas chamber) จำนวน 1 จุด (3 ซ้ำต่อตำรับทดลอง)

1.3 การเตรียมแปลงทดลอง

เตรียมดินโดยทำการไถกลบตอซังและวัสดุอินทรีย์ก่อนปลูกข้าว 2 สัปดาห์ หลังจากนั้นทำการคราดทำเทือกและปลูกข้าวโดยวิธีการหว่านน้ำตม โดยทำคันดินขึ้นเป็นแปลงทดลองขนาด 5 X 5 เมตร แล้วไถแปร คราดและทำเทือก ทำสะพานไม้ยื่นเข้าไปในแปลงนายาว 1.5 เมตร สำหรับเข้าไปเก็บตัวอย่างก๊าซโดยไม่รบกวนต้นข้าว

1.4 การเพาะปลูก ใส่ปุ๋ย และดูแลรักษา

1.4.1 การเตรียมเมล็ดพันธุ์และการปลูก นำเมล็ดข้าวเปลือกพันธุ์ชัยนาท 1 เปอร์เซ็นต์ความงอก 90 เปอร์เซ็นต์ ใส่ถุงผ้าดิบนำไปแช่ในน้ำสะอาด 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปหุ้มเมล็ดโดยใช้กระสอบป่านชุบน้ำจนชุ่มคลุมและวางไว้กลางแจ้งที่มีการถ่ายเทอากาศดีและน้ำไม่ขัง รดน้ำเช้าเย็นเพื่อรักษาความชื้น หุ้มเมล็ดพันธุ์ประมาณ 36 ชั่วโมง เมล็ดข้าวจะงอก มีลักษณะเป็นปุยสีขาวเกิดขึ้นที่ปลายด้านที่ติดกับก้านดอกเรียกว่า คัพภะ (embryo) จากนั้นรากและยอดอ่อน (coleoptile) จะโผล่ตามออกมา (ประพาส, 2531) แล้วนำไปปลูกด้วยวิธีหว่านน้ำตม โดยหว่านเมล็ดพันธุ์ในอัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่

1.4.2 การจัดการน้ำ โดยช่วงแรกไม่มีการขังน้ำในแปลงนาแต่ดินยังอิ่มตัวด้วยน้ำเพื่อให้ข้าวตั้งตัว จนกระทั่งข้าวอายุได้ 14 วันหลังหว่าน (day after broadcasting, DAB) ซึ่งต้นข้าวงอกสูงประมาณ 15 เซนติเมตร จึงทดน้ำเข้าแปลงนาที่ระดับ 10 ซม. แล้วปล่อยให้น้ำแห้งโดยการคายระเหย (evapotranspiration) ไม่เกิน 2 วัน จึงทดน้ำเข้าแปลงนา 10 ซม. ทุกตำรับที่ได้รับการจัดการน้ำจะถูกปล่อยให้ดินแห้งบางช่วงแล้วจึงขังน้ำ (intermittent soil aerating and reflooding)

1.4.3 การใส่ปุ๋ย ทำการใส่วัสดุอินทรีย์พร้อมไถกลบก่อนหว่านข้าวนาน 2 สัปดาห์

1.4.4 การควบคุมและกำจัดวัชพืช ฉีดพ่นพด.5 เพื่อกำจัดวัชพืช

1.5 การเก็บข้อมูล

1.5.1 การเก็บตัวอย่างดิน

ครั้งที่ 1 เก็บตัวอย่างดินก่อนการไถกลบตอซังและวัชพืชสำหรับวิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐานทางฟิสิกส์และเคมี ครั้งที่ 2 หลังจากไถกลบตอซัง 2 สัปดาห์ ทำเทือก (ก่อนหว่านข้าว 1 วัน) ครั้งที่ 3 หลังหว่านข้าว 7 วัน ครั้งที่ 4 เมื่อดินแห้ง และครั้งที่ 5 หลังเก็บเกี่ยว ตัวอย่างดินที่เก็บทุกครั้งนำมาวิเคราะห์หา ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total N), ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P), โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K),แคลเซียมแลกเปลี่ยนได้ (exchangeable Ca), แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable Mg), อินทรียวัตถุ (organic matter), สัดส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจน (C/N), แอมโมเนียมที่เป็นประโยชน์ (NH_4^+), ไนเตรท (NO_3^-), มวลชีวภาพคาร์บอน (microbial biomass-C), ปริมาณกรดฮิวมิก (humic acid), ปริมาณกรดฟัลวิก (fulvic acid), ปฏิกิริยาดิน (pH), ความชื้นในดินและความหนาแน่นรวม สำหรับตัวอย่างดินที่เก็บครั้งที่ 2 วิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนที่แปรรูปง่าย (readily mineralizable carbon, RMC), ปริมาณเหล็ก (Fe^{2+}), ปริมาณแมงกานีส (Mn^{2+}) เพิ่มเติม

1.5.2 การเก็บตัวอย่างก๊าซ

เก็บตัวอย่างก๊าซด้วยวิธี closed chamber โดยใช้กล่องเก็บตัวอย่างก๊าซ (gas chamber) ที่ทำด้วยแผ่นอะคลีลิก (acrylic) ใส มีความหนาประมาณ 0.5 ซม. ปิดฝาไม่มีอากาศภายนอกผ่านเข้าไปภายในกล่อง นอกจากก๊าซที่เคลื่อนที่จากดินและจากต้นข้าวเท่านั้น ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ **ส่วนฐาน** (base module) เป็นส่วนที่ติดตั้งไว้ในแปลงทดลอง ลักษณะกล่องไม่มีฝาปิดทั้งด้านบนและล่าง ขอบด้านบนของกล่องเป็นรางน้ำป้องกันการรั่วของก๊าซ **ส่วนบน** (cover module) เป็นส่วนที่ครอบเมื่อทำการเก็บตัวอย่างก๊าซ ลักษณะกล่องมีฝาปิดด้านบน ซึ่งมีช่องสำหรับเสียบเทอร์โมมิเตอร์เพื่อวัดอุณหภูมิและ septum สำหรับเสียบเข็มฉีดยา(syringe)เพื่อดูดตัวอย่างก๊าซ พร้อมทั้งติดตั้งพัดลมขนาด 3.5 นิ้ว ใช้แบตเตอรี่ 12 โวลต์ เพื่อปรับความเข้มข้นของก๊าซในกล่องให้สม่ำเสมอ **ส่วนขยายความสูง** (extension module) เป็นกล่องที่ใช้ต่อระหว่างส่วนฐานกับส่วนบนเพื่อขยายความสูงของกล่องเมื่อต้นข้าวสูงกว่า 2 ส่วนแรก ลักษณะไม่มีฝาปิดด้านบนและล่าง ขอบบนเป็นรางน้ำป้องกันการรั่วของก๊าซ กล่องที่ใช้ในการทดลองนี้มี 2ขนาด กล่องที่ใช้กับแปลงที่ 1 ส่วนฐานมีขนาด 56×56×40 ซม. ส่วนขยายมีขนาด 58×58×42.5 ซม. และส่วนบนมีขนาด 60×60×45.5 ซม. สำหรับกล่องที่ใช้กับแปลงที่ 2 ส่วนฐานมีขนาด 60×60×50 ซม. ส่วนกลางมีขนาด 60×60×50 ซม. และส่วนบนมีขนาด 60×60×40 ซม. ด้านข้างฐานกล่องสองข้างเจาะช่องวงกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 ซม. ตรงกึ่งกลางสูงจากฐานกล่อง 10 ซม. เพื่อเป็นทางเข้าออกของน้ำจากกล่อง (ภาพภาคผนวกที่ 1 และ 2)

ทำการเก็บตัวอย่างก๊าซสัปดาห์ละ 2 ถึง 3 ครั้ง ในช่วงเวลา 09.00 ถึง 11.00 นาฬิกา หลังจากครอบ gas chamber ส่วนบนลงบนส่วนฐานอย่างระมัดระวัง โดยไม่กระตุ้นให้ก๊าซออก ทำการเก็บตัวอย่างปริมาตร 10 มล. โดยใช้กระบอกฉีดยา (syringe) ดูดก๊าซจากกล่องทุก 10 นาที (0, 10 และ 20 นาที) ขณะเดียวกันทำการวัดอุณหภูมิภายในและภายนอก gas chamber และวัดระดับความสูงของน้ำในแปลงนา (พัชรี และคณะ, 2545)

1.5.3 การเก็บข้อมูลการเขตกรรม

จดบันทึกวัน เดือน ปี การเตรียมดิน วันปลูก ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ การดูแลรักษาโรคและแมลง การจัดการน้ำในแปลงนา ความสูงของน้ำในแปลงนาตลอดฤดูปลูก วันที่ข้าวแตกกอสูงสุด วันออกดอกของข้าว และวันเก็บเกี่ยว (ตารางภาคผนวกที่ 4)

1.5.4 การเก็บข้อมูลพืช

1.5.4.1 วัดความสูงของต้นข้าว (เซนติเมตร) โดยสุ่มวัดความสูงของต้นข้าวจากระดับผิวดินถึงปลายสุดของรวงในระยะข้าวออกดอกแล้ว จำนวน 10 ต้นต่อแปลงย่อย

1.5.4.2 องค์ประกอบผลผลิต ได้แก่

(ก) จำนวนรวงต่อตารางเมตร ทำการนับในระยะเก็บเกี่ยว

(ข) จำนวนเมล็ดดีต่อรวง สุ่มนับรวงจากต้นแม่จำนวน 10 รวงต่อแปลงย่อยในระยะเก็บเกี่ยว

(ค) น้ำหนัก 1,000 เมล็ด สุ่มนับเมล็ดดีที่ผ่านการทำความสะอาดแล้วมานับจำนวน 1,000 เมล็ด จำนวน 2 ซ้ำต่อแปลงย่อย ชั่งน้ำหนักที่ระดับความชื้น 14 % แล้วหาค่าเฉลี่ย

(ง) ดัชนีเก็บเกี่ยว (HI) สุ่มเก็บเกี่ยวตัวอย่างข้าวจากพื้นที่เก็บเกี่ยว 0.09 ตารางเมตร (0.3 × 0.3 เมตร) ในระยะสุกแก่ โดยการตัดต้นข้าวชิดระดับผิวดิน แล้วนำมาแยกเมล็ดและส่วนของลำต้นออกจากกัน นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 ^{o}C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปชั่งน้ำหนักแห้ง คำนวณค่าดัชนีเก็บเกี่ยว (HI) ดังนี้

$$\text{ดัชนีเก็บเกี่ยว (HI)} = \frac{\text{น้ำหนักผลผลิตเมล็ด}}{\text{น้ำหนักผลผลิตเมล็ด + น้ำหนักฟาง}}$$

1.5.4.3 ผลผลิตข้าว สุ่มเก็บตัวอย่างข้าวในพื้นที่เก็บเกี่ยว 1 ตารางเมตร (1×1 เมตร) จำนวน 2 ซ้ำต่อแปลง หลังข้าวออกดอก 100 % 30 วัน นำมาตากแดดให้แห้งเป็นเวลา 7 วัน จากนั้นนำมานวดเพื่อเอาเมล็ดข้าวออกจากรวง ทำความสะอาด ชั่งน้ำหนักผลผลิตและวัดความชื้นโดยใช้เครื่องวัดความชื้นภาคสนาม (Standard moisture test)

ยี่ห้อ Kett Riceter-P รุ่น PR-2107 แล้วคำนวณผลผลิตข้าวเป็น กก/ไร่ ที่ระดับความชื้น 14 % จากสูตร

$$\text{ผลผลิต} = \frac{(100 - \text{ความชื้นที่วัดได้}) \times (\text{น้ำหนักเมล็ดที่ชั่งได้ที่ความชื้น 14 \%} \times 1{,}600)}{(100 - 14) \times 1{,}000 \times \text{พื้นที่เก็บเกี่ยว}}$$

ดังแสดงข้อมูลความสูงต้นข้าวและองค์ประกอบผลผลิตในตารางภาคผนวกที่ 5

1.5.5 เก็บข้อมูลภูมิอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิภายในกล่องเก็บก๊าซ อุณหภูมิอากาศ และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อวัน ดังแสดงในตารางภาคผนวกที่ 6 - 9

2. วิธีวิเคราะห์

2.1 การวิเคราะห์ตัวอย่างดิน รายละเอียดและวิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างดินพื้นที่ทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของดิน

คุณสมบัติของดิน	วิธีวิเคราะห์
เนื้อดิน (ปริมาณ sand silt clay)	วิธีปิเปต (pipette method)
ความหนาแน่น (bulk density)	โดยการชั่งน้ำหนักก่อนและหลังอบที่ อุณหภูมิ 70°C นาน 24 ชั่วโมง
ปริมาณความชื้นในดิน (moisture content)	Gravimetric method โดยใช้กระป๋องอลูมินั่ม
ปฏิกิริยาดิน (pH) (ดิน : น้ำ = 1 : 5)	pH meter ใช้glass electrode และ reference electrode
ปริมาณอินทรียวัตถุ (organic matter)	วิธี Walkley-Black (Walkley and Black, 1934)
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen)	วิธี Kjeldahl method (Bremner, 1960)
ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P)	วิธี Bray II & Murphy Riley (Bray and Kurtz, 1945)
ปริมาณโพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) ที่แลกเปลี่ยนได้	สกัดด้วย 1 N NH_4Oac pH 7.00 แล้ววิเคราะห์ด้วย atomic absorption spectophotometer (AAS) (Issac and Kerber, 1971)
ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (cation exchange capacity, CEC)	วิธี Ammonium acetate saturation, Distillation (Schollenberger and Simon, 1945)
ปริมาณมวลชีวภาพคาร์บอน (microbial biomass C)	วิธีรมด้วย chloroform และสกัดด้วย K_2SO_4 (Vance et al.,1987)

ตารางที่ 3.1 วิธีวิเคราะห์คุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของดิน (ต่อ)

คุณสมบัติของดิน	วิธีวิเคราะห์
ปริมาณคาร์บอนที่แปรรูปง่าย (readily mineralizable carbon, RMC)	วิเคราะห์ปริมาณ CO_2 ด้วยวิธีไทเทรท และ CH_4 วิเคราะห์ด้วยเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟ หลังการบ่มดินนาน 28 วัน (Yagi and Minami, 1990)
ปริมาณ Mn^{2+} และ Fe^{2+}	สกัดด้วย acetic acid buffer pH 2.8 วิเคราะห์ด้วย AAS หลังจากบ่มดินนาน 28 วัน (Black, 1965)
ปริมาณ NH^{4+} ที่เป็นประโยชน์และ NO^{3-}	สกัดด้วย 2 M KCL แล้วกลั่นโดยวิธีของ Bremner (Bremner, 1965)
ปริมาณกรด humic และ fulvic	ใช้ 0.1 M NaOH สกัด humus sol ออกจากดิน และใช้ 1.5 M H_2SO_4 ละลายเอากรด fulvic ออกจากกรด humic (Watanabe et al., 2001) และวิธีเคราะห์หาปริมาณกรด humic และ fulvic ด้วยวิธีไทเทรท (Walkley and Black, 1934)

ผลการวิเคราะห์ดินนาทดลองพบว่า แปลงที่ 1 ดินเป็นกรดเล็กน้อย ส่วนแปลงที่ 2 ดินเป็นกรดปานกลาง และทั้ง 2 แปลงมีปริมาณอินทรียวัตถุ ไนโตรเจนทั้งหมดต่ำ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูง ซึ่งคุณสมบัติทางเคมีของดินนาทดลองแสดงในตารางภาคผนวกที่ 1

2.2 การวิเคราะห์ความเข้มข้นของก๊าซมีเทน, ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซไนตรัสออกไซด์

วิเคราะห์ความเข้มข้นของก๊าซมีเทนด้วย Gas Chromatograph (GC 14 B) ที่ติดตั้งด้วย Flame Ionization Detector (FID) (Saenjan et al., 2000) วิเคราะห์ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ด้วย GC 7A ที่ติดตั้งด้วย Thermal Conductivity Detector (TCD) และวิเคราะห์ความเข้มข้นของก๊าซไนตรัสออกไซด์โดยใช้เครื่อง GC 7A ที่ติดตั้งด้วย Electron Capture Detector (ECD) (Inubushi et al., 2003)

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลก๊าซมีเทน, ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซไนตรัสออกไซด์

ใช้โปรแกรม Microsoft Excel และ Sigma plot ในการคำนวณอัตราการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4 emission rate) ตลอดฤดูปลูก (มก.CH_4/ตร.ม./วัน) โดยใช้ค่าเฉลี่ย (average)

ของ 3 ซ้ำและคำนวณช่วงความเชื่อมั่น (confidence interval) ที่ 95 % สร้างกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงอัตราการปล่อยก๊าซมีเทน ตลอดอายุข้าวของทุกแปลง และคำนวณผลรวมของปริมาณก๊าซมีเทนที่ปล่อยตลอดฤดูปลูก (total methane emission, TME , กรัม CH_4 /ตร.ม.) โดยรวมพื้นที่ใต้กราฟของทุกแปลงข้างต้น ทำการคำนวณอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (กรัมC/ตร.ม./วัน) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (มก.N/ตร.ม./วัน) โดยใช้วิธีเดียวกันกับการคำนวณก๊าซมีเทน

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลผลผลิตข้าว

คำนวณผลผลิตข้าวต่อหน่วยพื้นที่ (กก/ไร่) และปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนต่อหน่วยผลผลิตข้าว (methane emission per unit grain : MPG, กรัมCH_4/กก ข้าว)

ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองในส่วนของข้อมูลก๊าซมีเทนและผลผลิตข้าวทางสถิติโดยใช้โปรแกรม MSTAT เปรียบเทียบผลการทดลองโดยวิธี DMRT

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น

โดยการศึกษาต้นทุนในส่วนของต้นทุนผันแปร (variable cost) ที่เป็นเงินสด กำไร (benefit) จากผลผลิตที่ได้จากแต่ละตำรับ และผลตอบแทนการลงทุน (economic return) (พัชรีและคณะ , 2547 ; พัชรีและชนะ, 2547; พัชรีและสิริธร , อยู่ระหว่างการตีพิมพ์)