บทที่ 3
วิธีการศึกษา

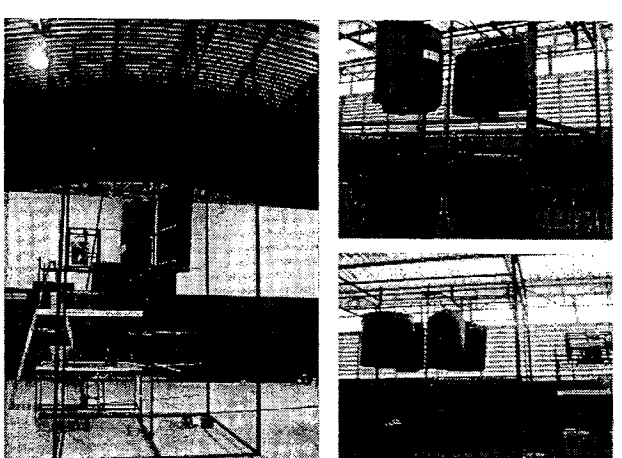
3.1 การประเมินศักยภาพของกังหันลมแกนตั้งซึ่งทำจากเศษวัสดุเหลือทิ้ง

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเพื่อประเมินศักยภาพของกังหันลมแกนตั้งซึ่งทำจากเศษวัสดุเหลือทิ้งหรือถังพลาสติก โดยเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของใบกังหันลมกับอัตราการสูบน้ำจากบ่อน้ำตื้นหรือถังเก็บน้ำ และเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับอัตราการสูบน้ำ

3.1.1 เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษา 2 ช่วงเวลาของปีตามทิศทางลมประจำฤดูในจังหวัดนครราชสีมา ทิศทางลมในจังหวัดอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุม 2 ชนิดได้แก่ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ จะพัดระหว่างช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ จะพัดระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม

ชนิดของกังหันลมที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือกังหันลมชนิดแกนตั้ง และถูกสร้างประกอบและติดตั้งดังภาพประกอบ 3.1 กังหันลมแกนตั้งทำจากถังพลาสติกที่ถูกทิ้ง โดยจะทำการผ่าครึ่งถังพลาสติกออกเป็นสองซีกเพื่อนำมาประกอบเป็นใบของกังหันลม ส่วนท่อดูดที่ใช้ในการสูบน้ำจะเป็น PVC และคันชักน้ำเป็นเหล็กโดยสามารถปรับระยะดูดที่ระดับต่างๆได้ แกนของกังหันลมและก้านคันชักน้ำจะถูกเชื่อมต่อกันด้วยเครื่องสูบน้ำเก่าชนิดคันชักเพื่อการสูบน้ำ



ภาพประกอบ 3.1 กังหันลมแกนตั้งและการปรับขนาดจำนวนใบพัด

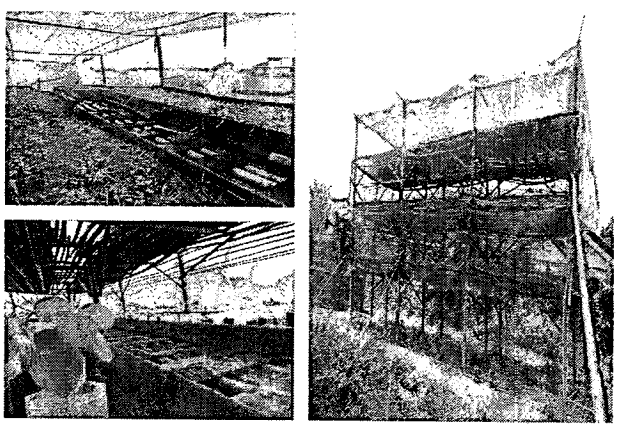
งานวิจัยนี้เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของใบกังหันกับอัตราการสูบน้ำจากบ่อน้ำตื้นหรือถังเก็บน้ำ โดยการเปลี่ยนจำนวนใบกังหัน ซึ่งขนาดพื้นที่ของใบกังหันจะถูกปรับเปลี่ยน 4 ขนาดจาก A1 = 0.895 m^2, A2 = 1.790 m^2, A3 = 2.685 m^2, และ A4 = 3.580 m^2 ตามลำดับ และเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับอัตราการสูบน้ำ โดยการวัดความเร็วลมด้วยเครื่องมือวัดความเร็วลม (Anemometer) นอกจากนี้ยังทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระยะดูดกับอัตราการสูบน้ำ ซึ่งมีการปรับระยะดูดจาก h4 = 0.85 m., h3 = 0.60 m., h2 = 0.45 m., h1 = 0.20 m. ตามลำดับ ส่วนขนาดของพื้นที่ทำการปลูกพืชในงานวิจัยนี้จะถูกคำนวณจากความต้องการอาหารของหนึ่งครอบครัวที่มีสมาชิก 3-5 คน และอัตราการผลิตพืชและรอบของการปลูกพืชแต่ละชนิดในงานนี้ (Cavana, *et al.*, 2001, Yamane, 1973 และ Center for Agricultural Information, 2004). จำนวนตัวอย่างที่ทำการศึกษาคือพื้นที่ปลูกข้าว 192 ตารางเมตร และพื้นที่ในการปลูกผัก 41 ตารางเมตร ในขณะที่ขนาดของระบบวิศวกรรมที่รองรับการปลูกพืชจะสำรองน้ำเสียผ่านระบบบำบัดที่ขนาด 1,880 ลิตรต่อวัน โดยใช้น้ำเสียจากการเลี้ยงปลามาเดินระบบเพื่อเชื่อมต่อไปยังแปลงปลูกผัก (Prayong, 2012). อัตราการสูบน้ำด้วยกังหันลมแกนตั้งเพื่อเชื่อมต่อเข้ากับระบบชลประทาน ทั้งระบบชลประทานน้ำหยดและระบบชลประทานพ่นน้ำฝอยจะอยู่ที่ 0.5 ลิตรต่อวินาที

3.2 การดำเนินงานวิจัย

ชาวชนบทบางพื้นที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย มีรายได้ต่อครัวเรือนต่อปีต่ำหรือที่นิยมเรียกกันให้เข้าใจง่ายๆว่า "จน" อีกทั้งยังมีการศึกษาน้อย ทำให้ไม่มีทางเลือกมากมายในการประกอบอาชีพ ถ้าต้องการผลิตทางการเกษตรเพื่อยังชีพ เหลือจึงค่อยขาย จะมีความต้องการระบบส่งน้ำที่มีราคาถูกมาก ค่าใช้จ่ายต่ำ ในขณะเดียวกันเกษตรกรเหล่านี้มักมีของเหลือทิ้งในฟาร์มอยู่มากมายหลายชนิดหลายประเภท ถ้าสามารถนำมาสร้างกังหันลมแกนตั้ง ใช้สูบน้ำ น้ำต้องพอให้พืชใช้ และไม่เกิดก๊าซเรือนกระจก จากการใช้งาน(ซึ่งเป็นทฤษฎีที่ง่าย ใช้มากว่า 2000 ปีแล้ว ใครก็เข้าใจได้) กังหันลมสูบน้ำที่ผลิตจากวัสดุทิ้งและต้นทุนต่ำ ต้องเป็นแบบผลิตได้ในประเทศ เพราะราคาถูก แต่ต้องหยุดได้และเริ่มใหม่ได้เมื่อลมหยุดพัดหรือลมพัดใหม่ ต้องหยุดได้ถ้าเกิดพายุ ซึ่งระบบการสูบน้ำแบบหมุนได้ จะใช้ไม่ได้ต้องใช้แบบระบบสูบชัก ขับด้วยกังหันลม ซึ่งไม่ต้องจ่ายค่าพลังงาน

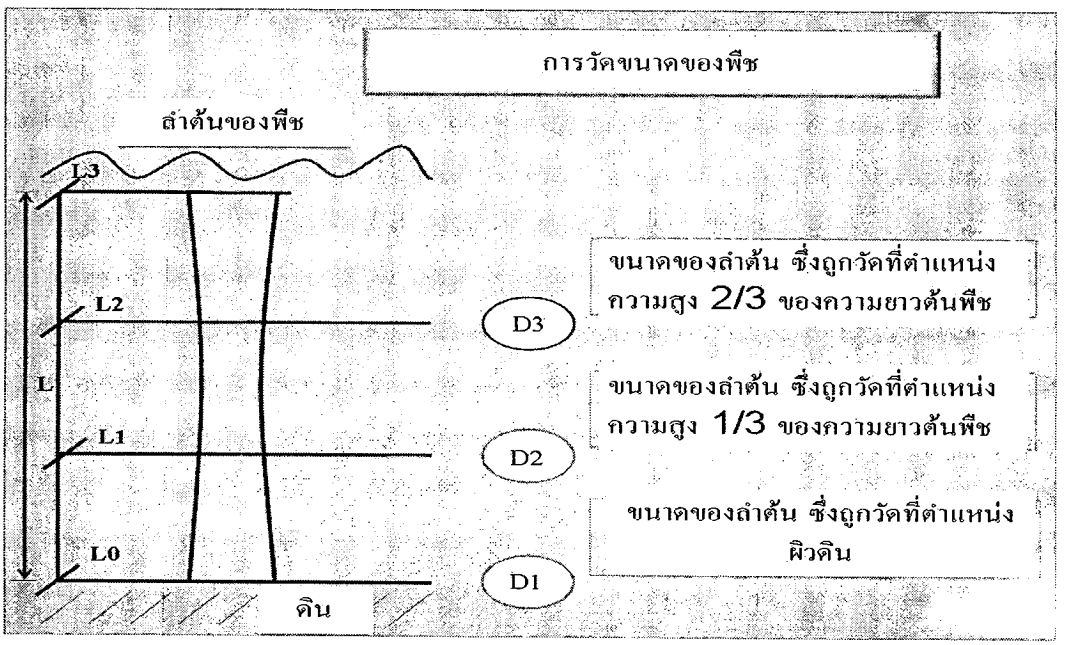
งานวิจัยจะคำนวณพื้นที่ในการปลูกพืชให้เพียงพอกับความต้องการอาหารของหนึ่งครอบครัวที่มีสมาชิก 3-5 คนและเลือกชนิดของพืชที่จะทำการปลูกจากการพิจารณาชนิดพืชตามความต้องการสารอาหารให้ครบ 5 หมู่ในการบริโภคในหนึ่งมื้อได้แก่ คาร์โบไฮเดรท, โปรตีน,

ไขมัน, วิตามินและเกลือแร่ พื้นที่ที่ทำการปลูกพืชจะสร้างในลักษณะคอนโดสูง 4 ชั้นเพื่อการประหยัดพื้นที่ ซึ่งในแต่ละชั้นจะสามารถเพาะปลูกพืชได้ 10 ตารางเมตรโดยแบ่งเป็น 2 ส่วนเพื่อใช้ในการปลูกพืชชนิดเดียวกันแต่คนละระบบชลประทานในการให้น้ำได้แก่ระบบชลประทานน้ำหยดและระบบชลประทานแบบพ่นฝอย การศึกษานี้ได้ทำการเพาะปลูกพืชชนิดต่างๆในแต่ละชั้นดังนี้ ชั้นที่ 1 ปลูกพืชตระกูลถั่ว 3 ชนิดคือ ถั่วเขียว, ถั่วเหลือง และถั่วลิสง, ชั้นที่ 2 ปลูกผักกาดหอม, ชั้นที่ 3 ปลูกผักกวางตุ้ง และชั้นบนสุดปลูกผักคะน้า และทำการเปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำในการปลูกพืชแต่ละระบบของพืชแต่ละชนิด ดังภาพประกอบ 3.2



ภาพประกอบ 3.2 คอนโดปลูกพืชผักและการเดินระบบชลประทานทั้งสองระบบ

ระบบชลประทานน้ำแบบพ่นฝอยมีการใช้น้ำตามโปรแกรมของความต้องการน้ำของพืชแต่ละชนิด ในขณะที่ระบบชลประทานน้ำหยดจะลดปริมาณน้ำลงครึ่งหนึ่งของปริมาณน้ำที่ใช้กับระบบชลประทานน้ำแบบพ่นฝอย การประเมินประสิทธิภาพของระบบการให้น้ำ จะดำเนินการด้วยการวัดการเจริญเติบโตของพืช ความสูง ขนาดของลำต้น และน้ำหนักผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้ดังแสดงการวัดการเจริญเติบโตของพืชดังภาพประกอบ 3.3 และทำการเก็บข้อมูลต้นทุนรวมทั้งหมด ต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปรต่อหน่วย รวมทั้งรายได้จากการขายผลิตผลทางการเกษตรทั้งหมดที่ปลูก แก่ประชาชนในชุมชนและที่ตลาดนัดใกล้แหล่งชุมชนที่โครงการวิจัยตั้งอยู่ ทำการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เพื่อประเมินความเป็นไปได้ของการขยายผลงานวิจัยนี้ให้กับชุมชนด้วยดัชนีทางเศรษฐศาสตร์คือ ระยะเวลาคืนทุน, อัตราผลตอบแทน (IRR) และผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (PI).

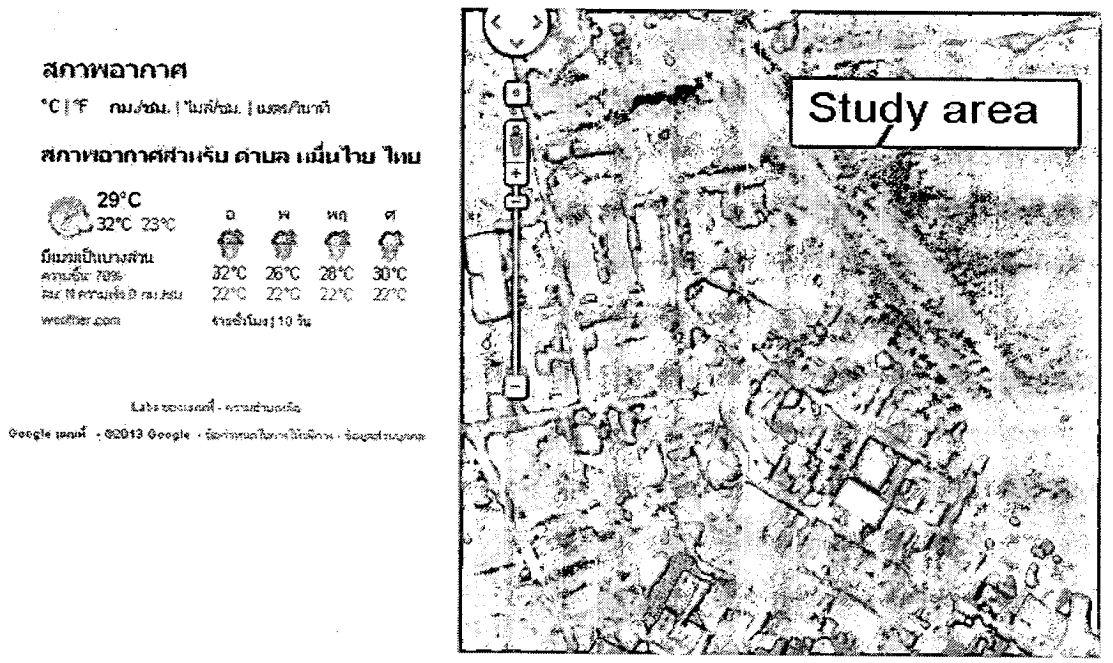


ภาพประกอบ 3.3 ตำแหน่งที่ใช้ในการวัดอัตราการเจริญเติบโตของพืช (Prayong, et al., 2012)

3.2.1 พื้นที่ที่ทำการศึกษา

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาที่ชุมชนกึ่งเมืองกึ่งเกษตรกรรม ตั้งอยู่บนเนื้อที่ประมาณ 400 m^2 อยู่ติดกับคลองในซอย 30 กันยา ตำบลบ้านเกาะ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ประเทศไทย ดังภาพประกอบ 3.4 ตำบลบ้านเกาะมีเนื้อที่ทั้งหมด 6, 254 ไร่ เนื้อที่ที่เป็นที่อยู่อาศัย 2, 562 ไร่, ทำนา 2,056 ไร่,ประกอบการธุรกิจและทำการค้า 870 ไร่, สถาบันการศึกษา 82 ไร่, สถานที่ประกอบศาสนกิจ 40 ไร่, สถานที่ราชการ 12 ไร่, สถานที่สาธารณะ 23 ไร่, แหล่งน้ำ 45 ไร่ และอื่นๆ 564 ไร่ นอกจากนั้นยังมีประชาชนอยู่ 9, 865 ครัวเรือนและมีประชาชนรวมทั้งสิ้น 21, 148 คน

ดินที่ใช้ในการเพาะปลูกเป็นดินเหนียวปนทราย อากาศในแต่ละวันเป็นปัจจัยซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช พื้นที่ที่ทำการศึกษาของงานวิจัยนี้มีความชื้น 68.78$\pm$4.90(%), ความกดอากาศ 1012.79$\pm$1.63(NPA), อุณหภูมิสูงสุด 34.82$\pm$3.44(°C), อุณหภูมิต่ำสุด 24.06$\pm$2.53(°C), เวลาที่มีแสงแดดในแต่ละวัน 4.71$\pm$0.02 ชั่วโมง, ปริมาณฝนตกสะสม 2.85$\pm$0.77(mm.) และความเร็วลม 24.71$\pm$6.97 กิโลเมตรต่อชั่วโมง



ภาพประกอบ 3.4 พื้นที่ทำการศึกษาตั้งอยู่ที่อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ประเทศไทย

แหล่งที่มา: https://maps.google.co.th/maps

3.3 ประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียจากการปลูกพืช

น้ำเสียถูกบำบัดโดยการใช้เทคโนโลยีเติมอากาศลงไปในน้ำเสีย ที่ระยะเวลาเก็บกัก (HRTs) 1, 3, 5 และ 7 วัน น้ำจากบ่อเลี้ยงปลาจะถูกกังหันลมสูบไปรดพืช และน้ำล้นจากการบำบัดจะหมุนเวียนกลับคืนสู่บ่อเลี้ยงปลาเหมือนเดิม ซึ่งเป็นการประหยัดน้ำและประเมินการใช้ประโยชน์จากสารอาหารที่อยู่ในน้ำเสียของพืช

ระบบเข้าสู่สภาวะคงที่โดยพิจารณาจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการกำจัด COD ตลอดระยะเวลา 10 วันติดต่อมีค่าน้อยกว่า 10% ของค่าเฉลี่ย เมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงที่จึงทำการเก็บตัวอย่างน้ำที่ทางน้ำเข้าและทางน้ำออกของระบบ เพื่อนำไปวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆในห้องปฏิบัติการตามวิธีมาตรฐาน พารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ อุณหภูมิ, ค่าความเป็นกรด-เบส (pH), ค่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO), ปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมด (TKN), ปริมาณฟอสฟอรัสรวมทั้งหมด (TP), ปริมาณโปรแตสเซียมรวมทั้งหมด (TK), ปริมาณของแข็งรวมทั้งหมด (TS), ปริมาณสารแขวนลอย (SS), ปริมาณของแข็งละลาย (TDS) และค่าซีโอดี (COD) พารามิเตอร์ทั้งหลายถูกนำมาใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียด้วยการปลูกพืช

ข้อมูลถูกวิเคราะห์ด้วยหลักการทางสถิติเพื่ออธิบายลักษณะของน้ำเสียและประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียด้วยค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งเปอร์เซ็นต์ของประสิทธิภาพในการ

กำจัดสารต่างๆวัดจากค่าพารามิเตอร์ทั้งก่อนเข้าและออกจากระบบ ที่ค่าระดับความเชื่อมั่น 95% ดังสมการ

$$\%\ \text{ประสิทธิภาพของการกำจัด} = \frac{(in - out)}{in} \times 100 \tag{3.1}$$

3.4 ศึกษาความคุ้มค่าด้วยดัชนีทางเศรษฐศาสตร์ ได้แก่ NPV , IRR , PB และ B/C

3.4.1 มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ (Net presentvalue,NPV)

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{B_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=1}^{n} \frac{C_t}{(1+i)^t} + C_0 \tag{3.2}$$

โดยกำหนดให้ : B_t = ผลตอบแทนของโครงการที่เกิดขึ้นในปีที่ t

C_t = ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและค่าบำรุงรักษาสินค้าทุนของโครงการที่เกิดขึ้นในปีที่ n

C_0 = ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก

i = อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ธนาคารหรืออัตราส่วนลด

t = ปีการดำเนินงานโครงการ คือ ตั้งแต่ปีที่ 1 , 2 , 3 ,.....n

n = อายุของโครงการ

3.4.2 อัตราผลตอบแทนภายในของการลงทุนโครงการ (Internal rate of return, IRR)

$$IRR = \sum_{t=1}^{n} \frac{B_t}{(1+r)^t} - \left[\sum_{t=1}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t} + C_0 \right] = 0 \tag{3.3}$$

3.4.3 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน

(Benefit Cost ratio หรือ B/C ratio)

$$B/C(ratio) = \frac{\sum_{t=1}^{n} \frac{B_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^{n} \frac{C_t}{(1+i)^t} + C_0} \tag{3.4}$$

3.4.4 ระยะเวลาคืนทุนของโครงการ (Payback period)

PB = ค่าใช้จ่ายในการลงทุน/ผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยต่อปี (3.5)