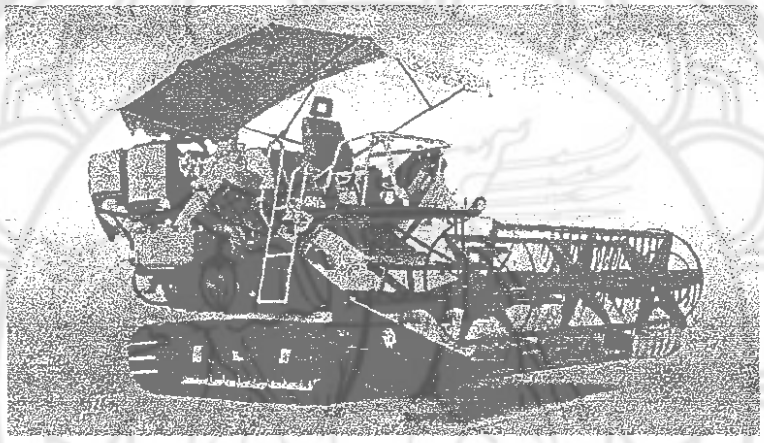
บทที่ 2
สมมุติฐานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 เครื่องเกี่ยวนวด (Combine harvester machine)

ปัจจุบันการเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องจักรหรือเครื่องเกี่ยวนวด (Combine harvester) อาจใช้เกี่ยวพืชในแปลงโดยตรงหรือใช้เก็บเกี่ยวพืชวางรายก็ได้ ชาวนาในหลายจังหวัดโดยเฉพาะในเขตพื้นที่ภาคกลางและภาคเหนือ มีการใช้เครื่องเก็บเกี่ยวข้าวแบบนวดเสร็จในตัวที่เรียกว่า "รถเกี่ยวนวด" กันมากขึ้น ดังรูป 2.1 เป็นการทดแทนการขาดแคลนแรงงานได้เป็นอย่างดี ในปี พ.ศ. 2540 คาดว่ามีการใช้เครื่องเกี่ยวนวดทั่วประเทศประมาณ 3,000 คัน[3]



รูป 2.1 แสดงภาพรถเกี่ยวนวดข้าวที่มีใช้ในประเทศไทย
ที่มา : ภาพรถเกี่ยวนวดเกษตรพัฒนา จากเว็บไซต์ www.thaicombine.com

2.1.1 **ประเภทของเครื่องจักรในการเก็บเกี่ยว** อาจแบ่งได้เป็นหลายระบบ คือ

2.1.1.1 Direct Combining หมายถึงการตัดและนวดเมล็ด โดยเครื่องจักรเครื่องเดียวกันและในคราวเดียวกัน ซึ่งเป็นแบบที่ใช้ทำการทดสอบในโครงงานนี้

2.1.1.2 Windrowing and Combine เป็นการตัดต้นพืชตากทิ้งเอาไว้ก่อนเป็นแถวในทุ่ง แล้วใช้เครื่อง Combine มาเก็บขึ้นและนวดต่อในเครื่องนั้น หรืออาจจะเก็บแล้วนำไปนวดกับเครื่องนวดที่อยู่กับที่ ในการทำงานของระบบนี้ต้องทำงานมากกว่าแบบแรก แต่จะมีข้อดีคือจะใช้ได้ดีกับพืชที่แก่ไม่พร้อมกัน การที่จะรอให้พืชแก่พร้อมกันแล้วจึงเก็บจะมีผลเสียตรงที่เมล็ดที่แก่ก่อน จะร่วงหล่นมาก

2.1.1.3 Binding or Heading and Stacking วิธีนี้เป็นการตัดต้นพืช และรวมไว้เป็นมัด ๆ นำไปตากให้แห้ง แล้วจึงนำไปนวดด้วยเครื่องนวดที่อยู่กับที่ ข้อดีคือจะช่วยลดการสูญเสียของพืชผล เนื่องจากดินฟ้า อากาศ การตัดทิ้งไว้นาน และช่วยให้พืชแห้งสนิทเวลานำไปนวดแต่ต้องการแรงงานมาก

2.1.1.4 Windrow – Field – Chopper Method เป็นระบบที่ได้รับการคิดค้นขึ้นมาเมื่อไม่นานมานี้ในรัฐวิสคอนซิล ในประเทศสหรัฐอเมริกา ระบบนี้เก็บเกี่ยวโดยการตัดต้นพืชด้วยเครื่องตัดหญ้า (Mower) ทิ้งไว้เป็นแถว ๆ ในทุ่งแล้วใช้ Field Chopper เก็บขึ้นมาพร้อมกับตัดฟางให้สั้นลง แล้วส่งไปเก็บในรถลาก (Wason) ซึ่งสามารถป้อน เอาฟางนี้เข้าไปสู่เครื่องนวดชนิดอยู่กับที่ ระบบนี้ควรใช้ในสภาพการณ์ต่อไปนี้ คือ

(1) ต้นพืชถูกตัดทิ้งไว้เป็นแถว เพราะแก่ไม่พร้อมกัน และต้นยังเขียวอยู่

(2) สภาพพื้นที่ขรุขระเป็นหลุมเป็นบ่อ ไม่เหมาะกับการใช้เครื่องเกี่ยวนวด

(3) มีเครื่องเก็บเกี่ยวหญ้าอาหารสัตว์และรถลาก ซึ่งใช้กับงานอื่น ๆ ว่างอยู่

(4) เกษตรกรต้องการเก็บฟางไว้เพื่อประโยชน์อย่างอื่น

2.1.2 **ชนิดของเครื่องเกี่ยวนวดเมล็ดพืช** (Combine)

เครื่องเกี่ยวนวดสามารถแบ่งได้เป็น 3 พวก คือ

2.1.2.1 **พวกที่ขับเคลื่อนด้วยตนเองไม่ได้** ต้องอาศัยพลังงานจากแทรกเตอร์ลูด และอาศัยพลังงานจากเพลา พี.ที.โอ ในการทำงานของส่วนต่าง ๆ เครื่องเกี่ยวนวดประเภทนี้มีชื่อว่า "Trailed Combine" มักมีขนาดเล็ก และความกว้างของการตัดน้อยกว่า 12 ฟุต

2.1.2.2 **เครื่องนวดที่มีเครื่องยนต์ขับเคลื่อนตัวเอง** (Self – propelled Combine) ซึ่งประเภทนี้จะนิยมกันมาก ความกว้างของการตัดของเครื่องมีตั้งแต่ 9 – 16 ฟุต ส่วนที่ทำหน้าที่ตัดต้นพืช จะวางขนานอยู่หน้าเครื่อง เครื่องเกี่ยวนวดแบบนี้มีข้อดีกว่าแบบ Trailed คือ

1. ใช้งานได้หลายอย่าง (Flexible) กว่าและสะดวกในการทำงาน
2. คนขับมองเห็นและบังคับเครื่องได้ดีกว่า
3. ไม่ต้องใช้แทรกเตอร์ลากจูง และไม่ต้องติดตั้งหรือประกอบเครื่องก่อนใช้งาน
4. สามารถปรับความเร็วในการขับเคลื่อนให้สามารถเก็บเกี่ยวพืชได้หลายชนิด
5. **สามารถหลบหลีกหรือหลีกเลี่ยงการเก็บเกี่ยวนวดพืชในพื้นที่ที่ชื้นแฉะหรือที่ไม่เหมาะสม หรือเว้นหย่อมพืชที่ยังไม่ต้องการเก็บเกี่ยวได้**

<u>ข้อเสีย</u>

1. ราคาสูงกว่ามากเมื่อเทียบกับรถแบบเคลื่อนที่เองไม่ได้
2. การซ่อมแซมลำบาก เพราะเครื่องสลับซับซ้อนจนยากแก่การเข้าใจได้โดยง่าย

2.1.2.3 **เครื่องเกี่ยวนวดแบบ** Hillside Combine เป็นชนิดพิเศษ สำหรับใช้งาน แถบเนินเขา สามารถใช้งานบนพื้นที่ลาดเอียง ซึ่งเครื่องจักรชนิดนี้มีทั้งแบบ Trailed และ Self – Propelled

2.1.3 ข้อควรคำนึงในการออกแบบของเครื่องเกี่ยวนวด (Combine harvester)

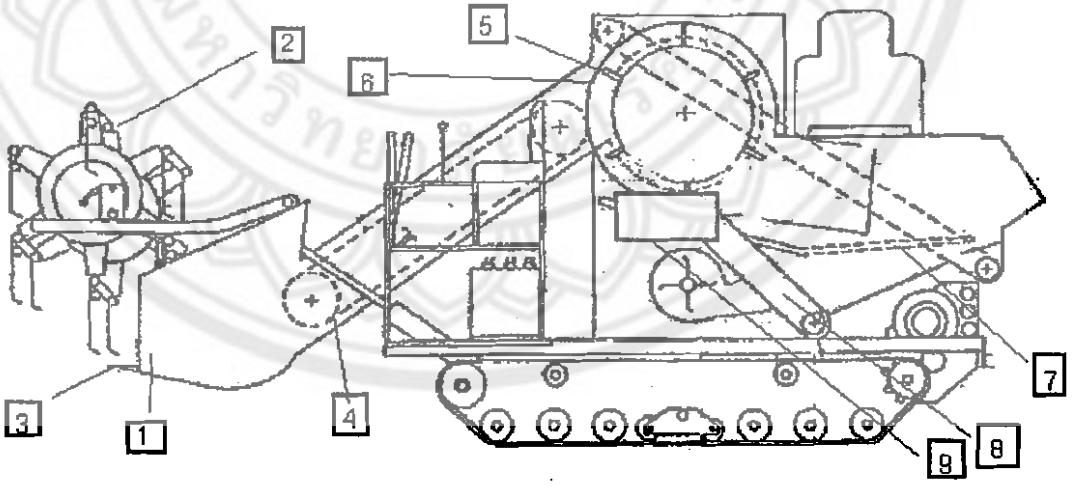
ในการเก็บเกี่ยวและแยกเมล็ดจากฟาง ส่วนประกอบของเครื่องจักรจะต้องได้รับการออกแบบโดยคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

- จะต้องมีการเก็บเกี่ยวที่สูญเสียเมล็ดน้อยที่สุด
- ความเสียหายภายนอกของเมล็ดจะต้องมีน้อยที่สุด
- ถ้าเมล็ดนั้นต้องการนำไปทำเมล็ดพันธุ์ จะต้องมีการเสียหายภายในน้อยที่สุด

2.1.4 หน้าที่หลัก ๆ ของส่วนประกอบเครื่องเก็บเกี่ยวนวด สามารถแบ่งออกได้เป็น

- การตัด หรือการเก็บพืชขึ้นมาจากแถวที่ตัดไว้ก่อนแล้ว
- การลำเลียงพืชที่ตัดแล้วไปหากลไกนวด
- การนวดเมล็ดออกจากรวงหรือฝัก
- การแยกเมล็ดให้หลุดออกจากกิ่งก้าน ลำต้น
- การทำความสะอาดเมล็ดโดยแยกเอาเศษผงและฟางออก

2.1.5 ส่วนประกอบและการทำงานของเครื่องเกี่ยวนวด



รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของรถเกี่ยวนวดข้าวที่มีใช้อยู่ในประเทศไทย

ที่มา : ภาพเครื่องเกี่ยวนวดข้าวต้นแบบ จากวิศวกรรมสาร (น.58 เล่มที่ 23 ปี 2537)

1. **ตัวแยกต้นข้าว** (Divider) ที่ริมสุดทั้งสองข้างของชุดใบมีดตัด จะมีส่วนแหลมยาวยื่นไปข้างหน้าเพื่อทำหน้าที่แหวกและแบ่งต้นพืชที่จะเก็บเกี่ยวให้แยกเข้ามาสู่ชุดใบมีดตัด

2. **ล้อโม้มข้าว** (Reel) ทำหน้าที่ปัดต้นพืชให้เอนเข้าหาชุดใบมีดตัด ความเร็วของการหมุนสามารถปรับให้สัมพันธ์กับความเร็วเดินหน้าของล้อโม้มข้าว มีอยู่ 2 แบบ คือ (1) แบบที่ใช้กับพืชยืนต้นไม่ล้ม (2) Pick up Reel ซึ่งจะใช้กับพืชที่ตัดไว้ก่อนหรือพืชที่ต้นล้ม กลไกของ Pick up จะมีลักษณะเป็นกระบอกยาวตลอดหน้ากว้างของ ชุดใบมีดตัดและจะมีซี่สปริงอยู่รอบ ๆ กระบอกนี้ เวลาหมุนซี่สปริงก็จะเขี่ยหรือตักต้นพืช ข้าวที่เอนราบลงไปให้ตั้งขึ้นมา เพื่อชุดใบมีดตัด จะตัดได้อย่างสะดวก

3. **ชุดใบมีดตัด** (Cutter bar) ทำหน้าที่ตัดโคนต้นข้าวที่เอนเข้ามาโดยการป้อนของล้อโม้มข้าว ใบมีดของชุดใบมีดตัด อาจเป็นฟันเลื่อย หรือแบบใบเรียบ ซึ่งส่วนมากเป็น Hight out Cutter bar โดยมีความกว้างในการตัดเท่ากับหน้ากว้างของเครื่องเกี่ยวนวด

4. **เกลียวลำเลียงและโซ่ลำเลียง** (Auger and Elevator) ต้นพืชที่ถูกตัดขาดแล้ว จะล้มลงสู่เกลียวลำเลียง แล้วจะถูกส่งให้ขึ้นไปสู่โซ่ลำเลียง ซึ่งจะทำหน้าที่พาพืชขึ้นไปหาเครื่องนวด

5. **ชุดลูกนวด** (Threshing Mechanism) รูปร่างเหมือนเครื่องนวดชนิดที่อยู่กับที่ทั่ว ๆ ไป แต่จะมี Beater เป็นตัวป้อนพืชเข้าหาลูกนวด (Drum) และอาจจะมี Beater อยู่หลังลูกนวดด้วยเพื่อช่วยส่งฟางที่นวดแล้วไปหาเครื่องเขย่า (shaker)

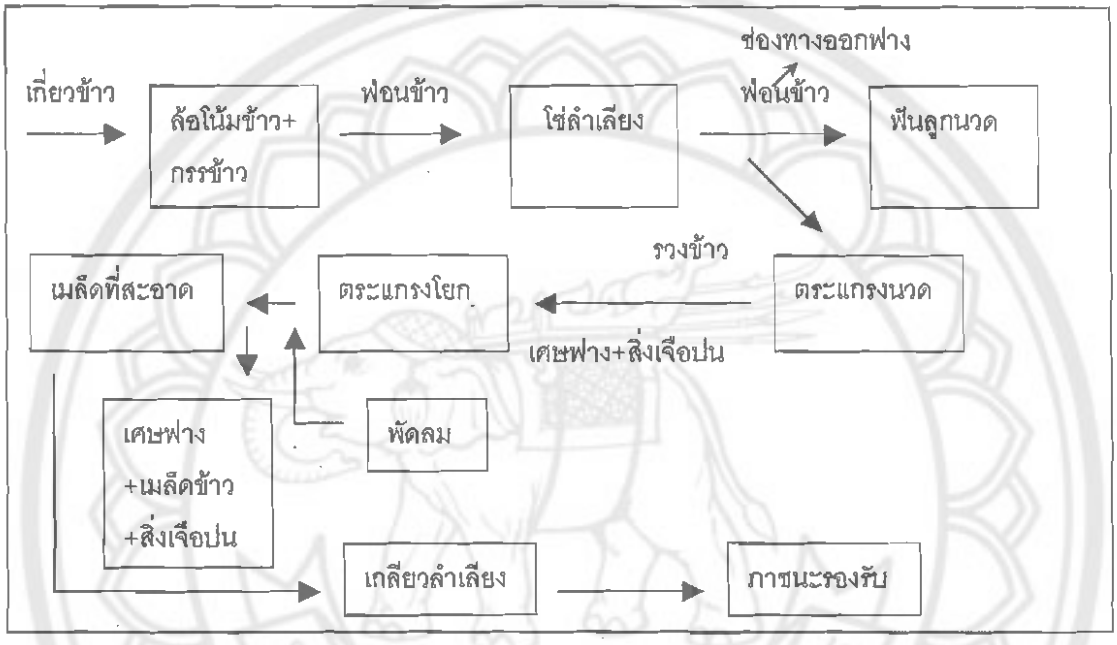
6. **ตะแกรงโค้ง** (Concave) เมล็ดที่ถูกแยกออกจากฟางแล้วจะร่วงผ่านรูในตะแกรงนี้ลงสู่ถาดข้างล่าง เมล็ดพืชจะถูกแยกออกจากฟาง โดยการทำงานของลูกนวดกับตะแกรงโค้ง และการแยกออกจากกันจะดีหรือไม่ดีขึ้นอยู่กับความเร็ว (Speed) และระยะห่าง (Clearance) ระหว่างลูกนวดกับตะแกรงโค้ง ปกติความห่างของตะแกรงโค้งกับลูกนวด ทางด้านหน้าและด้านหลังและด้านล่างจะไม่เท่ากัน อัตราส่วนโดยทั่ว ๆ ไป จะเป็น 2 : 5 : 1 และด้านหน้าสามารถปรับระยะได้ประมาณ 1/16 – 1.25 นิ้ว ความเร็วในการหมุนปกติประมาณ 600 – 400 รอบ/ นาที

7. **ชุดเขย่า** (Shaker) จะอยู่ถัดจากชุดนวดไปทางด้านหลังคอยรับฟางที่ถูกนวดแล้วเอาไว้ และชุดเขย่าจะเขย่าให้เมล็ดที่อาจยังติดอยู่บนฟางหล่นลงสู่ถาดข้างล่าง ในเครื่องเกี่ยวนวดขนาดใหญ่จะมีชุดเขย่าหลายอัน ในเครื่องเล็ก ๆ โดยมากจะมีชุดเดียว ตะแกรงอาจทำเป็นช่องยาวหรือเป็นรูกลมก็ได้ ระหว่างที่เมล็ดร่วงผ่านตะแกรงจะมีลมเป่า (Air Blast) จากพัดลม (Fanning mill) เป่าเอาเศษฟางทิ้งไป

8. **ตัวส่งเมล็ดขึ้นถังเก็บ** (Grain Elevator) เมื่อเมล็ดที่ผ่านตะแกรงลงมา ถึงข้างล่างแล้วจากนั้น จะไหลไปสู่ตัวส่งเมล็ดขึ้นถังซึ่งจะลำเลียงเมล็ดต่อไปยังถังใส่เมล็ด (Grain Tank) ส่วนที่ยังมีเศษฟางติดขั้วอยู่และผ่านตะแกรงลงมาไม่ได้ จะถูกส่งไปยังชุดลูกนวด เพื่อนวดซ้ำอีกครั้ง การนวดครั้งที่สองนี้ในบางเครื่องจะมีกลไกลแยกต่างหากเรียกว่า “Rethreshing Drum”

9. **ถังเก็บเมล็ด** (Grain Tank) ทำหน้าที่เก็บเมล็ดซึ่งได้รับจากการนวดและทำความสะอาดเรียบร้อยแล้วเอาไว้ จากถังเก็บจะมีท่อลำเลียงเมล็ดออก (Grain Unloader) สำหรับส่งเมล็ดข้าวนี้ไปยังรถที่มาทำการขนถ่าย ในปัจจุบันเครื่องเกี่ยวนวดทำงานได้เร็วมาก และถ้าการขนถ่ายไม่เร็วพออาจเกิดปัญหาในการทำงาน เนื่องจากถังเก็บเมล็ดเต็ม เพื่อไม่ให้เครื่องเก็บเกี่ยวนวดต้องหยุดคอย ได้แก้ปัญหาตรงนี้โดย ใช้การบรรจุใส่กรเมล็ดใส่กระสอบตรงท่อส่งเมล็ดแทนการใส่ลงถัง แต่จะมีปัญหาจำนวนกระสอบที่ใส่ไม่เพียงพอ

2.1.6 ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวข้าวโดยรถเกี่ยวนวดข้าว



รูป 2.3 ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวข้าวโดยใช้รถเกี่ยวนวด

2.2 วิธีการทดสอบรถเกี่ยวนวดข้าว

การทดสอบรถเกี่ยวนวดข้าวในโครงงานนี้ ใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐานญี่ปุ่น ตามที่รายงานไว้โดย วิชา หมั่นทำการ และคณะ[2] โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 การทดสอบเพื่อหาการสูญเสียเมล็ดข้าวกระทำในระยะ 10 เมตร

2.2.2 ปริมาณเมล็ดข้าวเปลือก (Grain thoughput) ที่วัดได้จากการทดสอบเกี่ยวข้าวในช่วงระยะความยาว 10 เมตร จะคำนวณเป็นอัตราการเก็บเกี่ยวข้าวเป็นกิโลกรัมต่อชั่วโมง ปริมาณเมล็ดข้าวเปลือกที่วัดได้นี้ ส่วนหนึ่งจะถูกคัดแยกเพื่อหาคุณภาพเมล็ดข้าวเปลือก

2.2.3 การสูญเสียที่หน้าหัวเกี่ยว (Head loss) เมล็ดข้าวเปลือกที่ร่วงหน้าหัวเกี่ยวจะถูกเก็บ และชั่งน้ำหนักเมล็ดข้าวในพื้นที่ตัวอย่าง ขนาดกว้าง 50 ซ.ม และยาวเท่ากับความกว้างของการเก็บเกี่ยวของเครื่องเกี่ยวนวด จำนวน 2 ตัวอย่าง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

2.2.4 การสูญเสียที่เครื่องนวด (Threshing loss) การสูญเสียของเมล็ดข้าวเปลือกจากเครื่องนวดจะถูกเก็บที่ 2 ช่องทางคือ ช่องฟางหลัก (Straw outlet) และช่องฝุ่น (Chaff outlet) วิธีการเก็บจะใช้พลาสติกรองที่หน้าช่องทางออกทั้ง 2 ช่อง

2.2.5 การวิเคราะห์คุณภาพข้าวเปลือกโดยนำข้าวเปลือกประมาณ 100 กรัม มาคัด แยกหาข้าวเปลือกเต็มเมล็ด (Whole grain) ข้าวเปลือกที่มีระแง้ติด (Tailings grain) ข้าวเปลือกหัก (Damage grain)และสิ่งเจือปน (Impurity)

2.2.6 การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียเมล็ดข้าวเปลือก

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

น้ำหนักข้าวที่ตกหน้าหัวเกี่ยว (kg/ft^2) = (น้ำหนักข้าวที่ตกหน้าหัวเกี่ยว –น้ำหนักข้าวที่ร่วงก่อนการเกี่ยว) ———— (2.1)

พื้นที่ทดสอบ = กว้าง x ยาว (m^2) ———— (2.2)

$$\text{น้ำหนักข้าวที่ตกหน้าหัวเกี่ยว } (kg/m^2) = \frac{\text{น้ำหนักข้าวที่ตกหน้าหัวเกี่ยว } (kg/ft^2)}{9.2903 \times 10^{-2} \quad (m^2/ft^2)} \qquad (2.3)$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสูญเสียหน้าหัวเกี่ยว} = \frac{Gh*100\%}{Gt} \qquad (2.4)$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสูญเสียที่ช่องฟางออก} = \frac{Gs*100\%}{Gt - Gh} \qquad (2.5)$$

$$\text{อัตราการป้อน } (kg/hr) = \frac{(Gt - Gh) * 3600}{T} \qquad (2.6)$$

น้ำหนักเมล็ดรวม (Gt) (kg) = Gh + Gg + Gs ———— (2.7)

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียเมล็ดรวม (%Gt) = (%Gh) + (%Gs) ———— (2.8)

เมื่อ

Gh = น้ำหนักข้าวที่ตกหน้าหัวเกี่ยว (kg)

Gg = น้ำหนักข้าวที่ได้จากการเก็บเกี่ยว (kg)

Gs = น้ำหนักข้าวที่สูญเสียที่ช่องฟางออก (kg)

t = เวลาที่ใช้ในการทดสอบ (s)