

บทที่ 2

วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ถั่วเหลืองมีถิ่นกำเนิดในเขตอบอุ่นแถบภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศจีน มีประวัติยาวนานกว่า 5,000 ปี ไม่มีหลักฐานปรากฏแน่ชัดว่ามีการแพร่เข้ามาสู่ประเทศไทยในสมัยใด ได้มีผู้สันนิษฐานว่าชาวจีนอพยพเป็นผู้ที่นำเข้ามาในสมัยกรุงรัตนโกสินทร์ (อาวุธ ฅ ลำปาง, 2523) ปัจจุบันถั่วเหลืองจัดเป็นพืชน้ำมันและเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ซึ่งมีการเพาะปลูกอยู่เกือบทุกภาคของประเทศแต่ปริมาณการผลิตยังไม่เพียงพอต่อความต้องการบริโภคภายในประเทศ

2.1 พฤกษศาสตร์ และพันธุ์ถั่วเหลืองที่นิยมปลูกในประเทศไทย

2.1.1 พฤกษศาสตร์ของถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองเป็นพืชล้มลุกที่ผสมตัวเอง จัดเป็นพืชในตระกูล Leguminosae มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Glycine max* (L.) Merril (อาวุธ ฅ ลำปาง, 2523 ; กรมส่งเสริมการเกษตร, 2530) ส่วนชื่อสามัญเรียกแตกต่างกันไปแต่ที่ยอมรับกันมากที่สุดคือ Soybean (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2530) เป็นพืชที่มีระบบรากแก้ว และมีรากแขนงกระจายอยู่ในระดับความลึกไม่เกิน 15 เซนติเมตร โดยรากอาจมีปมปมซึ่งเป็นที่อยู่อาศัยของแบคทีเรียไรโซเบียมที่สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศมาเป็นสารประกอบที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองได้ ลำต้นมีลักษณะตั้งตรงเป็นพุ่ม มีความสูงประมาณ 50-70 เซนติเมตร มีขนสีน้ำตาลหรือเทาปกคลุมอยู่ทั่วไปยกเว้นใบเลี้ยงและกลีบดอก ใบเป็นใบประกอบมี 3 ใบย่อย แต่ใบจริงคู่แรกจะเป็นใบเดี่ยว และจะเริ่มเปลี่ยนเป็นสี่เหลี่ยมแล้วร่วงเมื่อแก่ แต่มีบางพันธุ์ที่ใบร่วงไม่มากนักแม้ฝักถั่วเหลืองจะแก่ ดอกเป็นดอกสมบูรณ์เพศ มีช่อดอกแบบ raceme ช่อละ 3-5 ดอก สีขาวหรือม่วงทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์ และมีเพียง 25 เปอร์เซ็นต์ ของดอกเท่านั้นที่จะเจริญเติบโตไปเป็นฝัก ฝักมีลักษณะตรงหรือโค้งเล็กน้อยยาว 2-7 เซนติเมตร เกิดเป็นกลุ่ม โดยแต่ละฝักจะมี 1-5 เมล็ด เมื่อแก่ฝักจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เหลืองฟาง หรือดำ โดยที่ฝักจะแก่จากโคนต้นสู่ปลายยอด และอาจจะแตกตามรอยแยกของฝักทำให้เมล็ดร่วงหล่น และจะแตกมากขึ้นถ้าถั่วเหลืองแก่และแห้งจัด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์และฤดูกาลเก็บเกี่ยว เมล็ดมีรูปร่างกลมรีสีเหลือง ขนาด น้ำหนักและสีของตาแตกต่างกันไปตามพันธุ์ (อาวุธ ฅ ลำปาง, 2523 ; กรมส่งเสริมการเกษตร, 2530)

2.1.2 พันธุ์ถั่วเหลืองที่นิยมปลูกในประเทศไทย

เนื่องจากถั่วเหลืองมีถิ่นกำเนิดอยู่ในเขตอบอุ่น การนำถั่วเหลืองเข้ามาปลูกในประเทศไทย ซึ่งเป็นเขตร้อน มีอุณหภูมิและความชื้นสูงซึ่งเหมาะแก่การเจริญเติบโตของโรคและแมลง นอกจากนั้นพันธุ์ถั่วเหลืองแต่ละพันธุ์ยังเหมาะสมกับแต่ละท้องถิ่น ถูกรุกและมีความต้านทานต่อโรคที่แตกต่างกัน (อาวูธ ณ ลำปาง, 2523) กรมการเกษตร (กรมวิชาการเกษตรปัจจุบัน) ได้ทำการปรับปรุงพันธุ์มาอย่างต่อเนื่องในทุกด้าน เพื่อให้ได้พันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกในประเทศไทยในแต่ละท้องถิ่น และถูกรุกเพาะปลูก จนได้พันธุ์มาตรฐานและส่งเสริมให้เกษตรกรทำการเพาะปลูกอย่างแพร่หลายในปัจจุบันมีดังนี้คือ

1. พันธุ์ สจ.1 มีลักษณะโคนต้นสีม่วงอ่อน ใบจริงมีลักษณะบาง โคนใบกว้าง ปลายใบแหลมเล็ก การแตกกิ่งน้อย ขนที่ลำต้นและฝักมีสีน้ำตาล เมล็ดค่อนข้างกลมสีเหลืองมีตาสีดำ ฝักจะแตกง่ายเมื่อแก่ เหมาะสมสำหรับการปลูกต้นฤดูฝน (เมษายน-มิถุนายน) อายุการเก็บเกี่ยว 94 วัน ผลผลิต 250-300 กิโลกรัมต่อไร่ ไม่ต้านทานต่อโรคราสนิม ปัจจุบันไม่นิยมปลูก (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2530)

2. พันธุ์ สจ.2 มีลักษณะใบสีเขียวเข้มและหนา ปลายใบมน ดอกสีม่วง การออกดอกเกือบพร้อมกันทั้งต้น ขนที่ลำต้นและฝักมีสีน้ำตาล ลำต้นสูงประมาณ 75 เซนติเมตร เมล็ดกลมสีเหลืองมีตาใหญ่สีน้ำตาล ฝักจะไม่แตกง่ายเมื่อแก่ เหมาะสมสำหรับการปลูกในฤดูแล้ง (พฤศจิกายน-มกราคม) อายุการเก็บเกี่ยว 94 วัน ผลผลิต 200-300 กิโลกรัมต่อไร่ ไม่ต้านทานต่อโรคราสนิม เมล็ดมีปริมาณน้ำมันและโปรตีนประมาณ 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2530)

3. พันธุ์ สจ.4 ต้นอ่อนสีม่วง ใบจริงรูปร่างกลมรีค่อนข้างสีเขียว ความสูงลำต้นประมาณ 70 เซนติเมตร ดอกสีม่วง เมล็ดกลมสีเหลือง มีตาค่อนข้างเล็กสีน้ำตาลอ่อน ฝักเมื่อแก่และแห้งจะไม่แตกง่าย อายุการเก็บเกี่ยว 85-90 วัน ผลผลิตเฉลี่ย 280 กิโลกรัมต่อไร่ ต้านทานต่อโรคราสนิมดีมาก เมล็ดมีน้ำมันและโปรตีนประมาณ 22.2 และ 38.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2530)

4. พันธุ์ สจ.5 ลำต้นสีม่วง ใบสีเขียวเข้มค่อนข้างหนา ขนที่ใบ ฝักและลำต้นสีน้ำตาลอ่อน ความสูงลำต้นประมาณ 57 เซนติเมตร เมล็ดกลมสีเหลืองขนาดโตใกล้เคียงกับพันธุ์ สจ.4 ตาสีน้ำตาลอ่อนจางๆ เหมาะสำหรับการปลูกในฤดูฝน ฝักเมื่อแก่และแห้งไม่แตกง่าย อายุการเก็บเกี่ยว 92 วัน ผลผลิตเฉลี่ย 236 กิโลกรัมต่อไร่ ต้านทานต่อโรคราสนิม โรคใบไหม้ และโรคใบด่างดีพอสมควร เมล็ดมีน้ำมันและโปรตีนประมาณ 18.74 และ 41.88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2530)

5. พันธุ์สุโขทัย 1 เกษตรกรให้ชื่อว่าพันธุ์ผักบุ้ง ลักษณะใบแคบเรียวยาวเหมือนใบผักบุ้ง ลำต้นมีลักษณะกิ่งทอดยอด ขนที่ปกคลุมลำต้น ใบและฝักมีสีเทาขาว เมล็ดสีเหลืองมีตาสีฟางขาว เหมาะสำหรับการปลูกในเขตเขตร้อนน้ำฝนทางภาคกลางตอนบน ฝักเมื่อแก่และแห้งจะแตก อายุการเก็บเกี่ยว 96 วัน ผลผลิต 108-343 กิโลกรัมต่อไร่ อ่อนแอต่อโรคเมล็ดสีม่วง เมล็ดมีน้ำมันและโปรตีนประมาณ 25.2 และ 37.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2530)

6. พันธุ์นครสวรรค์ 1 เป็นพันธุ์ถั่วเหลืองที่อายุการเก็บเกี่ยวสั้นประมาณ 77 วัน เหมาะสำหรับปลูกก่อนหรือปลูกตามพืชไร่อื่น ๆ โดยเฉพาะเขตเขตร้อนน้ำฝนภาคกลาง ลำต้นมีลักษณะไม่ทอดยอด ความสูงประมาณ 50 เซนติเมตร ดอกสีม่วง เมล็ดมีขนาดโตค่อนข้างแบนสีเหลืองนวล ตาสีน้ำตาลอ่อน ฝักเมื่อแก่จัดมีสีน้ำตาล จะแตกเมื่อแก่และแห้งจัด ผลผลิต 172-320 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าพันธุ์ สจ.5 อ่อนแอต่อโรคราสนิม โรคราน้ำค้าง และโรคแอนแทรกคโนส เมล็ดมีปริมาณน้ำมันและโปรตีนประมาณ 21.3 และ 39.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2530)

7. พันธุ์เชียงใหม่ 60 ใบมีลักษณะกว้างหนา ขนที่ปกคลุมลำต้น ใบและฝักมีสีน้ำตาล ความสูงลำต้นเฉลี่ย 61 เซนติเมตร ดอกสีขาว ลักษณะเมล็ดกลมสีเหลือง ตาสีน้ำตาล ฝักเมื่อแก่จัดสีน้ำตาลเข้มไม่ค่อยแตก เหมาะสำหรับปลูกในฤดูฝนและฤดูแล้ง อายุการเก็บเกี่ยว 97 วัน ผลผลิต 236-252 กิโลกรัมต่อไร่ ทนทานต่อโรคแอนแทรกคโนส และโรคราน้ำค้างดีกว่าพันธุ์ สจ.4 และพันธุ์ สจ.5 เมล็ดมีน้ำมันและโปรตีนประมาณ 20 และ 43.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2530)

2.2 การปลูก การเก็บเกี่ยวและการนวดถั่วเหลือง

2.2.1 การปลูกถั่วเหลือง

การปลูกถั่วเหลืองของประเทศไทยแบ่งตามฤดูปลูกได้ 3 ฤดู คือ ต้นฤดูฝน ปลายฤดูฝน และฤดูแล้ง ซึ่งเกษตรกรในท้องถิ่นต่าง ๆ นิยมปลูกแตกต่างกันไปในแต่ละฤดูกาลดังนี้

1. ต้นฤดูฝน การปลูกจะเริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายน และจะทำการเก็บเกี่ยวในเดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายน ท้องถิ่นที่นิยมปลูกในช่วงเวลาดังกล่าวคือ จังหวัดสุโขทัย พันธุ์ที่นิยมปลูกคือ สจ.4 สจ.5 และพันธุ์นครสวรรค์ 1 (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2530)

2. ปลายฤดูฝน การปลูกจะเริ่มประมาณปลายเดือนกรกฎาคมถึงต้นเดือนสิงหาคม และจะทำการเก็บเกี่ยวประมาณปลายเดือนตุลาคม ท้องถิ่นที่นิยมปลูกในช่วงนี้คือแถบภาคเหนือตอนล่าง และภาคกลางตอนบนเช่นจังหวัดเพชรบูรณ์ อุทัยธานี นครสวรรค์ สระบุรีและลพบุรี โดยพันธุ์ที่นิยมปลูกได้แก่ พันธุ์ สจ.4 และพันธุ์ สจ.5 (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2530)

3. **ฤดูแล้ง** เป็นการปลูกถั่วเหลืองในเขตชลประทาน และปลูกในนาภายหลังจากเก็บเกี่ยวข้าวเสร็จ โดยการปลูกในช่วงวันที่ 15 ธันวาคม ถึงวันที่ 15 มกราคม จะเป็นระยะเวลาปลูกที่เหมาะสมและให้ผลผลิตสูงสุด ส่วนมากนิยมปลูกในแถบภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ บางจังหวัด (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2530)

ในส่วนของการเตรียมดินเพื่อปลูกในฤดูฝนจะเตรียมดินเหมือนพืชไร่ทั่วไปคือไถตะ 1 ครั้ง แล้วไถพรวน 1-2 ครั้ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับดินและปริมาณวัชพืชในแปลงของแต่ละท้องที่ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2530) โดยในเขตจังหวัดเลยและจังหวัดสุโขทัยซึ่งเป็นการปลูกโดยอาศัยน้ำฝน จะใช้รถแทรกเตอร์ในการไถเตรียมดินประมาณ 88.4 และ 94.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และในกรณีที่ปลูกถั่วเหลืองทั้งต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝน พบว่าในเขตจังหวัดเลยและจังหวัดสุโขทัย จะทำการเตรียมดินทั้งสองครั้ง 97.9 และ 85.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนที่ไม่เตรียมดินในการปลูกฤดูฝน เนื่องจากข้อจำกัดด้านโครงสร้างของเนื้อดิน และระบบการปลูกพืช (Chinsuwan et al., 1990)

สำหรับการเตรียมดินในฤดูแล้งซึ่งเป็นการปลูกในนาหลังจากเก็บเกี่ยวข้าวเสร็จ สามารถทำได้ทั้งที่มีการเตรียมดินและไม่มีการเตรียมดิน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพของดิน โดยการทำไม่เตรียมดินเหมาะสมกับพื้นที่ที่มีสภาพเป็นดินร่วนถึงดินร่วนปนทราย และการเตรียมดินจะเหมาะสมกับสภาพดินที่เป็นดินเหนียว (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2530) โดยในเขตชลประทานจังหวัดขอนแก่น ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ และจังหวัดเชียงใหม่ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ ไม่นิยมทำการเตรียมดิน ซึ่งจะปฏิบัติโดยการตัดหรือเผาตอซังก่อนหยอดเมล็ดแล้วใช้ฟางหรือปุ๋ยคอกกลบ และมีการชะร่อนในแปลงเพื่อการให้น้ำและระบายน้ำ (Chinsuwan et al., 1990)

วิธีการปลูกถั่วเหลืองในประเทศไทยพบทั้งวิธีการหว่าน การหยอดโดยคน การหยอดโดยเครื่องปลูก ซึ่งเกษตรกรผู้ปลูกถั่วเหลืองโดยอาศัยน้ำฝนในเขตจังหวัดขอนแก่น และจังหวัดเชียงใหม่ มักนิยมหยอดเป็นหลุมโดยคน ในจังหวัดเลยประมาณ 56 เปอร์เซ็นต์ ใช้วิธีการหว่าน ส่วนในเขตจังหวัดสุโขทัยมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ นิยมใช้เครื่องปลูกซึ่งพบทั้งเครื่องปลูกแบบติดรถไถเดินตาม และแบบติดท้ายรถแทรกเตอร์ (Chinsuwan et al., 1990) ซึ่งระยะปลูกที่แนะนำคือระยะระหว่างแถว 50 เซนติเมตร ระยะระหว่างหลุม 20 เซนติเมตร ปลูกหลุมละ 3-4 เมล็ด และปลูกลึก 2-3 เซนติเมตร จะให้ผลผลิตสูงสุด (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2530)

2.2.2 การเก็บเกี่ยวถั่วเหลือง

1. หลักพิจารณาการเก็บเกี่ยวถั่วเหลือง

โดยธรรมชาติลักษณะการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองจะสุกแก่พร้อม ๆ กันทำให้ง่ายต่อการเก็บเกี่ยวเพื่อเอาเมล็ด (Piper and Morse, 1943) การเก็บเกี่ยวที่ล่าช้าจะเกิดการแตกของฝัก ทำให้

เมล็ดร่วงหล่นเป็นการสูญเสียผลผลิต ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์และฤดูเก็บเกี่ยว ดังนั้นสภาพของถั่วเหลืองที่เหมาะสมแก่การเก็บเกี่ยวมีหลักในการพิจารณาดังนี้

ก) อายุการเก็บเกี่ยว โดยทั่วไปถั่วเหลืองพันธุ์สจ.1 สจ.2 สจ.4 สจ.5 และพันธุ์เชียงใหม่ 60 มีอายุการเก็บเกี่ยวเฉลี่ย 90 วัน ส่วนพันธุ์นครสวรรค์ 1 จะเก็บเกี่ยวเมื่ออายุประมาณ 77 วัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศและความชื้นของดิน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2530)

ข) การร่วงของใบและสีของฝัก ถั่วเหลืองเมื่อใกล้แก่ใบจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองและร่วงหมดก่อนที่จะฝักถั่วเหลืองจะแก่เต็มที่ (Piper and Morse, 1943 ; Hinson and Hartwig, 1982) ฝักจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลหรือเทา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์ และลักษณะการแก่จะเริ่มจากบริเวณโคนต้นสู่ปลายยอด โดยทั่วไปจะทำการเก็บเกี่ยวเมื่อฝักแก่ 1 ใน 3 ของลำต้น หรือบางครั้งอาจปล่อยให้แห้งและใบร่วงหมดในแปลง (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2530) จากการสำรวจในเขตจังหวัดเชียงใหม่ สุโขทัย เลย และขอนแก่น พบว่าโดยทั่วไปเกษตรกรจะทำการเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองเมื่อใบเหลืองมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้นเกษตรกรในจังหวัดสุโขทัยประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ จะทำการเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองค่อนข้างสด (Chinsuwan et al., 1990) ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ Piper and Morse (1943) ว่าช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเก็บเกี่ยวคือใบเหลืองและร่วงเกือบหมด และฝักเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล โดยปกติจะทำการเก็บเกี่ยวเมื่อถั่วเหลืองมีความชื้นอยู่ในช่วง 12-14 เปอร์เซ็นต์ (Mckie and Anderson, 1967)

2. วิธีการเก็บเกี่ยวถั่วเหลือง

ก) การเก็บเกี่ยวโดยคน การเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองของประเทศไทยจะใช้แรงงานคนเป็นหลัก ด้วยการใช้เคียวเกี่ยวที่โคนต้น มีเพียงประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ของเกษตรกรผู้ปลูกถั่วเหลือง ในเขตจังหวัดเลยที่ใช้วิธีการถอน ซึ่งสามารถทำการเก็บเกี่ยวได้ 0.30-0.47 ไร่/คน-วัน หลังจากการเกี่ยวเกษตรกรจะตากถั่วเหลืองทิ้งไว้ในแปลงประมาณ 2-5 วัน ก่อนที่จะทำการมัดฟ่อนแล้วขนย้ายรวมกองในแปลงปลูกและทำการนวดต่อไป โดยการตากนั้นเกษตรกรในจังหวัดขอนแก่น เชียงใหม่และเลยจะตากในลักษณะกองแผ่ ส่วนในเขตจังหวัดสุโขทัยจะตากในลักษณะเป็นกระโจมเล็ก ๆ และพบว่าในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จะรีบทำการเก็บเกี่ยวให้แล้วเสร็จใน 1 สัปดาห์ ส่วนในภาคเหนือจะทำการเกี่ยวให้แล้วเสร็จใน 2-3 วัน ดังนั้นจากความสามารถในการเกี่ยว ด้วยแรงงานคนที่ต่ำจึงจำเป็นต้องใช้แรงงานคนเป็นจำนวนมาก (Chinsuwan et al., 1990)

ข) การเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองด้วยเครื่องเก็บเกี่ยว ประเทศไทยยังไม่มีการใช้เครื่องเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองอย่างแพร่หลาย แต่พบว่าได้มีการนำเข้าเครื่องเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองจากต่างประเทศเข้ามาศึกษาและทดสอบการทำงาน โดยในปี พ.ศ.2533 สุรเวทย์ ฤกษ์ระเศรณี และคณะ ได้ทำการทดสอบเกี่ยวถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.5 ด้วยเครื่องเกี่ยวถั่วเหลืองแบบวางรายที่นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่น

(ภาพที่ 2.1) ในแปลงปลูกของเกษตรกรในเขตจังหวัดเชียงใหม่ ที่มีความสูงฝักแรกเฉลี่ย 9.35 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นบริเวณรอยตัดเฉลี่ย 5.09 มิลลิเมตร และมีเมล็ดร่วงหล่นก่อนการเก็บเกี่ยว 0.29 เปอร์เซ็นต์ของผลผลิตรวม พบว่าเกิดความสูญเสียเนื่องจากการทำงานของเครื่องเกี่ยว 18.79 เปอร์เซ็นต์ของผลผลิตรวม ในลักษณะเมล็ดร่วงหล่น ไม่พบการสูญเสียในลักษณะฝักร่วงหล่น และฝักเหลือติดค้างกับโคนต้น โดยสามารถทำการเก็บเกี่ยวได้ 2.37 ไร่/วัน ทั้งได้เสนอแนะให้มีการพัฒนาโดยให้มีจำนวนแถวที่เกี่ยวข้องได้มากกว่า 2 แถว เพื่อให้มีจุดคุ้มทุนเร็วยิ่งขึ้น แต่เครื่องนี้ยังไม่มีให้นำไปใช้ในทางปฏิบัติ อาจเนื่องมาจากเกิดความสูญเสียผลผลิตเนื่องจากการทำงานสูง ความสามารถในการทำงานค่อนข้างต่ำ และระบบการปฏิบัติคล้ายการเก็บเกี่ยวด้วยคน และในปี พ.ศ.2536 ฐานิสร นาคเกื้อ และคณะได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องเกี่ยวขนาดถั่วเหลืองพวงดอกรดแทรกเตอร์ (ภาพที่ 2.2) ที่มีหน้ากว้างการทำงาน 1.40 เมตร ชุดนวดใช้เครื่องนวดแบบไหลตามแกนลูกนวดชนิดซี่เหล็กกลม ผลการทดสอบเกี่ยวขนาดถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่ดัชนีลือโน้มเท่ากับ 1 จะเกิดความสูญเสียผลผลิตต่าง ๆ น้อยที่สุด เกิดความสูญเสียรวม 18.98 เปอร์เซ็นต์ของผลผลิตรวม โดยเป็นการสูญเสียเนื่องจากการทำงานของหัวเกี่ยว 15.43 เปอร์เซ็นต์ (81.30% ของความสูญเสียรวม) และเป็นการสูญเสียเนื่องจากการนวด 3.55 เปอร์เซ็นต์ ของผลผลิตรวม (18.70% ของความสูญเสียรวม) มีความสามารถในการทำงาน 4.71 ไร่ต่อวัน ที่ความเร็วการเคลื่อนที่ 1.49 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และได้กล่าวว่าเครื่องเกี่ยวขนาดที่ออกแบบนี้ยังมีข้อบกพร่องอีกหลายด้าน ซึ่งจะต้องมีการปรับปรุงพัฒนาอีกมาก จึงยังไม่มีให้นำไปใช้ในทางปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาการเกี่ยวถั่วเหลือง เช่นเดียวกันกับเครื่องเกี่ยวถั่วเหลืองแบบวางรายดังกล่าวข้างต้น

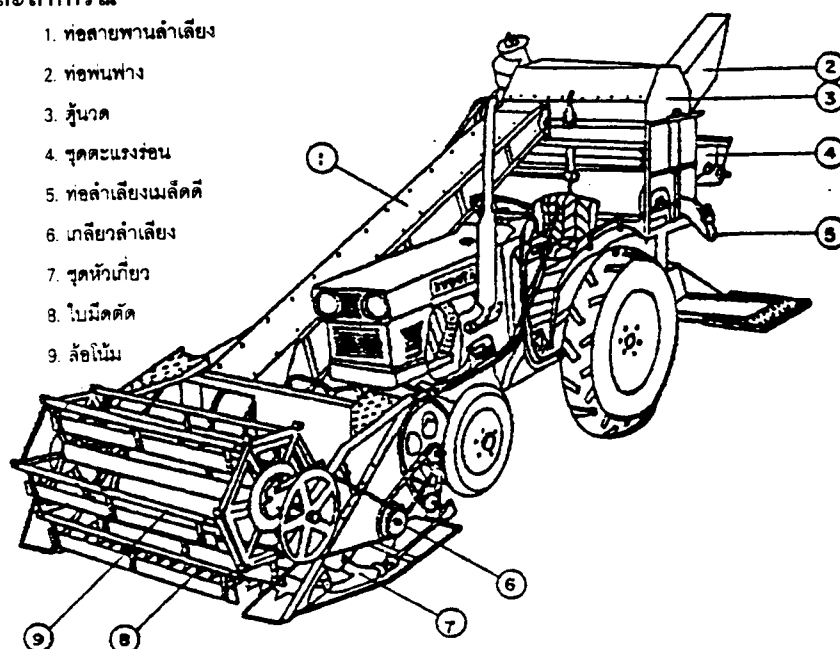
2.2.3 การนวดถั่วเหลือง

การนวดถั่วเหลืองจะดำเนินการภายหลังการเกี่ยว และผึ่งแดดทิ้งไว้ให้แห้ง 2-5 วัน ซึ่งเกษตรกรผู้ปลูกถั่วเหลืองเกือบทั้งหมดจะทำการนวดถั่วเหลืองด้วยเครื่องนวดข้าวแบบไหลตามแกนลูกนวด (จักร จิกกะปาก และคณะ, 2533 ; Chinsuwan et al., 1990) โดยที่เครื่องนวดขนาด 5 ฟุต เป็นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในการรับจ้างนวดข้าวและถั่วเหลือง ซึ่งจากการสำรวจในปี พ.ศ. 2532 พบว่าสมรรถนะอยู่ในช่วง 500-1,200 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และจากการทดสอบนวดถั่วเหลืองพันธุ์ สว.4 ที่มีความชื้น 11.47 เปอร์เซ็นต์ อัตราการนวดได้เมล็ดถั่วเหลือง 810-1,170 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เกิดความสูญเสียและเมล็ดแตกหักน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ความสะอาดมากกว่า 99 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์ความงอกไม่แตกต่างจากการนวดด้วยมือ เครื่องที่ทดสอบนี้ได้แก้ปัญหาเศษลำต้นติดบนตะแกรงโยก และการอุดตันในท่อเกลียวลำเลียงส่งลำต้นและฝักที่ยังไม่ถูกนวดกลับเข้าสู่ลูกนวดด้วยการเปลี่ยนแผ่นตะแกรงเจาะรูของตะแกรงโยก เป็นแผ่นบานเกล็ดทำมุม



ภาพที่ 2.1 เครื่องเกี่ยวหัวเลื่องแบบวางราย

ที่มา : กองเกษตรวิศวกรรม. 2536. เครื่องจักรกลเกษตร 2536. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์



ภาพที่ 2.2 เครื่องเกี่ยวนวดหัวเลื่องพ่วงต่อรถแทรกเตอร์

ที่มา : ฐานิสร์ นาคเกื้อ, สุกรี นันตะสุคนธ์ และชัยฤๅ เกียรติวัฒน์. การออกแบบและพัฒนาเครื่องเกี่ยวนวดหัวเลื่องพ่วงต่อรถแทรกเตอร์. ทะเบียนวิจัยเลขที่ 34 08 001 009 กลุ่มงานวิจัยวิศวกรรมผลิตพืช กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

ประมาณ 30-45 องศา (จักร จักกะพาก และคณะ, 2533) และจากรายงานของ Chinsuwan et al. (1992) ที่ทำการศึกษาผลของชนิดลูกนวด อัตราการป้อนถั่วเหลือง ความชื้นถั่วเหลือง และความเร็วเชิงเส้นปลายขึ้นวดของเครื่องนวดแบบไหลตามแกนขนาด 6 ฟุต พบว่า

1. ลูกนวดชนิดซี่เหล็กกลม และลูกนวดชนิดแถบเหล็กลูกฟูก ให้ผลต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดถั่วเหลืองภายหลังการนวดไม่แตกต่างกัน
2. ช่วงความยาวลูกนวดมีผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดถั่วเหลืองน้อยมาก โดยเฉพาะการนวดที่ระดับความชื้นเมล็ดประมาณ 15% wb
3. ความชื้นถั่วเหลืองขณะทำการนวด มีผลกระทบเป็นอย่างมากต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ด โดยที่ระดับความชื้นเมล็ด 15% wb จะให้เปอร์เซ็นต์ความงอกเมล็ดมากกว่าที่ระดับความชื้นที่สูงหรือต่ำกว่า
4. ความเร็วเชิงเส้นปลายขึ้นวดมีผลกระทบโดยตรงต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ด คือเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดจะลดลงเมื่อความเร็วเชิงเส้นปลายขึ้นวดเพิ่มขึ้น และอนุสรณ์เวชสิทธิ์ (2534) ได้เสนอแนะการใช้ความเร็วเชิงเส้นปลายขึ้นวดในการนวดถั่วเหลืองที่มีความชื้นเมล็ดช่วง 9-11.90% wb และประมาณ 15.27% wb ควรใช้ความเร็วเชิงเส้นในช่วง 10.7-14.7 และ 10.7-16.7 เมตร/วินาที ตามลำดับ

2.3 เครื่องเกี่ยวนวด (Combine Harvester)

เครื่องเกี่ยวนวดเป็นเครื่องจักรกลเกษตรที่ทำงาน 4 ขั้นตอนได้แก่ การตัดและป้อน การนวด การคัดแยก และการทำความสะอาด อย่างต่อเนื่องกันจนเบ็ดเสร็จรวมอยู่ในเครื่องเดียวกัน (Kepner, Bainer and Bager, 1975) โดยหัวเกี่ยวจะทำการโน้มและตัดต้นพืชแล้วลำเลียงส่งต่อเข้าระบบการนวด เพื่อนวดหรือปลิดเมล็ดออกจากฝัก รวง หรือลำต้น จากนั้นจะทำการคัดแยก และทำความสะอาดเมล็ดออกจากส่วนที่ไม่ใช่เมล็ดหรือสิ่งเจือปนต่าง ๆ แล้วส่งเมล็ดที่สะอาดสู่กระสอบหรือภาชนะบรรจุอื่น ๆ ในขณะที่เดียวกันจะขับส่วนที่ไม่ใช่เมล็ดออกทิ้งบริเวณส่วนท้ายของเครื่องเกี่ยวนวด ซึ่งเป็นการทำงานอย่างรวดเร็วและประหยัดแรงงาน ทำให้ลดระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวได้ทันฤดูกาล ลดค่าใช้จ่ายด้านแรงงาน ตลอดจนลดการสูญเสียผลผลิตเนื่องจากการเก็บเกี่ยวและนวดลงได้มาก (สุรเวทย์ กฤษณะเศรษฐี, 2536)

2.3.1 ชนิดของเครื่องเกี่ยวนวด

ปัจจุบันเครื่องเกี่ยวนวดมีใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะในแถบประเทศตะวันตกที่มีพื้นที่เพาะปลูกขนาดใหญ่ ประสบปัญหาการขาดแคลนแรงงานและค่าจ้างแรงงานสูง ซึ่งสามารถแบ่งชนิดของเครื่องเกี่ยวนวดได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ (John Deere, 1981) คือ

1. เครื่องเกี่ยวนวดชนิดขับเคลื่อนด้วยตัวเอง (Self-propelled Combine) เป็นเครื่องเกี่ยวนวดที่มีต้นกำลังสำหรับการขับเคลื่อน และขับเคลื่อนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องให้ทำงานโดยไม่ต้องอาศัยต้นกำลังจากเครื่องจักรอื่น (John Deere, 1981) และเป็นชนิดที่นิยมใช้กันมากที่สุด (ฐานิสร นาคเกื้อ และคณะ, 2536) โดยตำแหน่งคนขับจะอยู่เหนือระดับของหัวเกี่ยวที่อยู่ด้านหน้า ซึ่งสามารถมองเห็นได้ชัด จึงสะดวกในการทำงานและควบคุมการเกี่ยว โดยเครื่องเกี่ยวนวดแบบนี้สามารถแบ่งตามสภาพพื้นที่การทำงานได้เป็นดังนี้

ก) เครื่องเกี่ยวนวดสำหรับพื้นที่ราบ (Level-Land Combine) เหมาะสำหรับพื้นที่ราบหรือลาดเอียงไม่มากนัก (ภาพที่ 2.3) ทั้งนี้เนื่องจากระดับอุปกรณ์คัดแยกและตัวเครื่องเกี่ยวนวดจะเอียงไปตามระดับของพื้นที่ ทำให้ระบบการคัดแยกไม่ดีเนื่องจากเกิดการไหลรวมกองของเมล็ดบนตะแกรงคัดแยกด้านที่อยู่ในระดับต่ำ (John Deere, 1981)

ข) เครื่องเกี่ยวนวดสำหรับพื้นที่แถบเนินเขา (Hillside Combine) เป็นเครื่องเกี่ยวนวดที่มีระบบควบคุมระดับอุปกรณ์คัดแยกและตัวเครื่องเกี่ยวนวด ให้อยู่ในแนวระดับตลอดเวลาอย่างอัตโนมัติ (ภาพที่ 2.4) ทำให้การทำงานของอุปกรณ์คัดแยกเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ แม้เป็นการเกี่ยวเกี่ยวในสภาพพื้นที่ซึ่งมีความลาดเอียงมากก็ตาม โดยเครื่องเกี่ยวนวดแบบนี้สามารถทำงานได้แม้สภาพพื้นที่มีความลาดเอียง 30-45 เปอร์เซ็นต์ (Kepner et al., 1975)

ค) เครื่องเกี่ยวนวดแบบพิเศษ (Special Combine) เป็นเครื่องเกี่ยวนวดสำหรับพืชที่มีลักษณะเฉพาะเช่น เครื่องเกี่ยวเกี่ยวถั่วลิสง และเครื่องเกี่ยวเกี่ยวฝ้าย เป็นต้น

2. เครื่องเกี่ยวนวดแบบลากจูง (Pull Type Combine) เป็นเครื่องเกี่ยวนวดที่ขับเคลื่อนด้วยตัวเองไม่ได้ ต้องอาศัยต้นกำลังจากรถแทรกเตอร์ในการลากจูง (ภาพที่ 2.5) และอาศัยกำลังจากเพลอาวนวยกำลังในการขับเคลื่อนอื่น ๆ หรืออาจมีเครื่องต้นกำลังสำหรับขับเคลื่อนอื่น ๆ ซึ่งเครื่องเกี่ยวนวดแบบนี้ส่วนใหญ่จะเป็นเครื่องเกี่ยวนวดขนาดใหญ่ มีหน้ากว้างในการทำงานมาก และมักพบในเครื่องเกี่ยวนวดรุ่นเก่า (Kepner et al., 1975) โดยที่ตำแหน่งของหัวเกี่ยวจะติดตั้งเอียงไปทางด้านซ้ายหรือขวา เพื่อหลีกเลี่ยงตำแหน่งในการลากจูง (Jacobs and Harell, 1983)

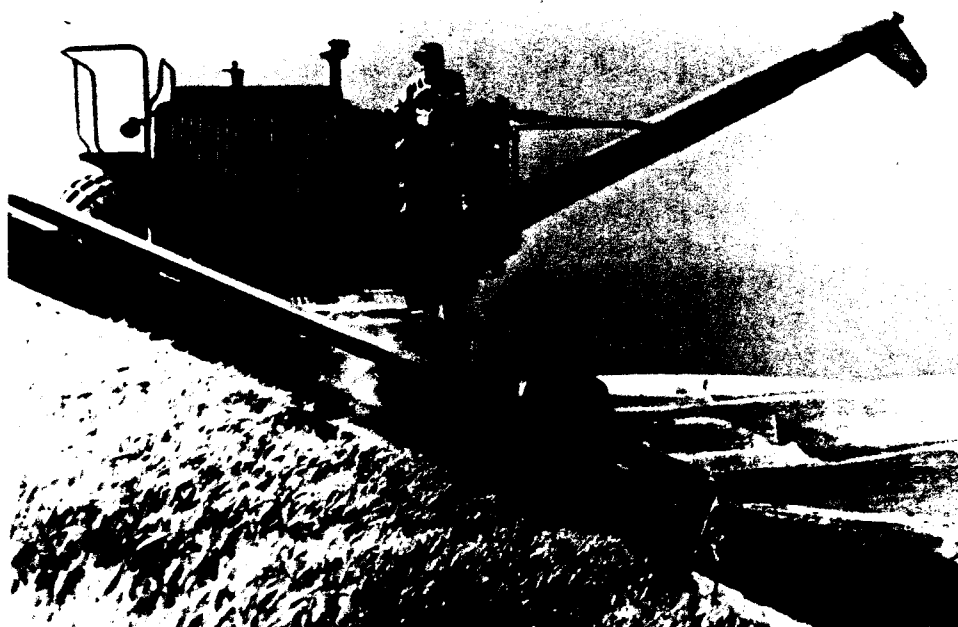
2.3.2 เครื่องเกี่ยวนวดที่พัฒนาในประเทศไทย

เครื่องเกี่ยวนวดที่พัฒนาในประเทศไทย เป็นเครื่องเกี่ยวนวดข้าวชนิดขับเคลื่อนด้วยตัวเอง โดยมีการศึกษาและพัฒนาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี พ.ศ.2500 แต่เริ่มมีการพัฒนาอย่างจริงจัง และมีการผลิตในเชิงพาณิชย์ประมาณปี พ.ศ.2528 ในลักษณะการลอกเลียนแบบเครื่องเกี่ยวนวดของประเทศตะวันตก โดยเฉพาะส่วนของหัวเกี่ยวและระบบลำเลียง แล้วใช้ชิ้นส่วนประกอบของรถยนต์ รถแทรกเตอร์ต่าง ๆ และเครื่องนวดข้าวแบบไหลตามแกนที่พัฒนาในประเทศไทยที่มีใช้กันอย่างแพร่หลาย มาประกอบประสมประสานเข้าด้วยกันกลายเป็นเครื่องเกี่ยวนวดข้าวที่พัฒนาใน



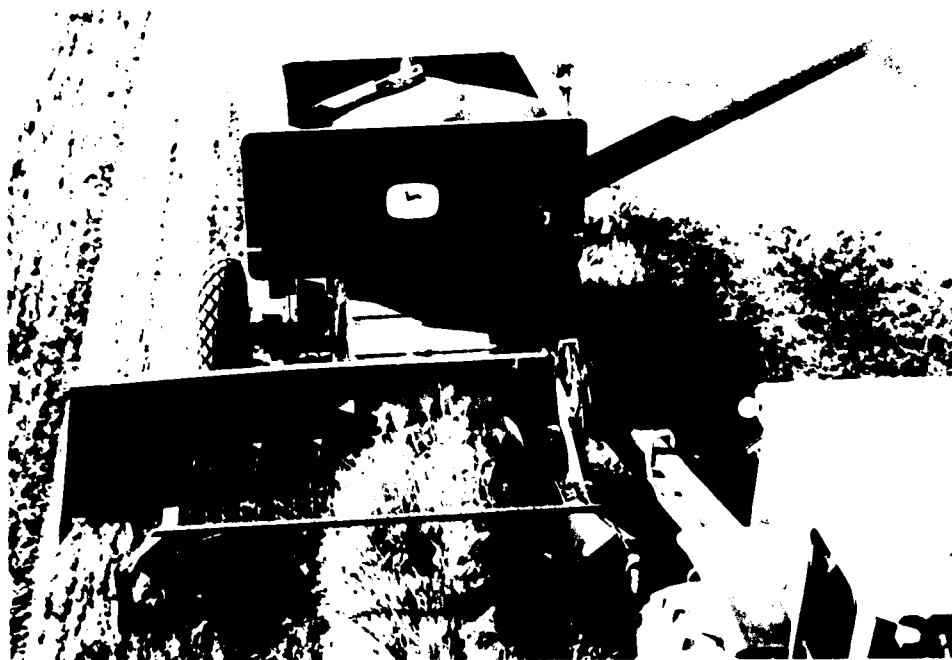
ภาพที่ 2.3 เครื่องเกี่ยวนวดแบบขับเคลื่อนด้วยตัวเองสำหรับพื้นที่ราบ

ที่มา : Culpin, Claud. 1982. Farm Machinery. 10th ed. Canada Publishing, Great Britain.



ภาพที่ 2.4 เครื่องเกี่ยวนวดแบบขับเคลื่อนด้วยตัวเองสำหรับพื้นที่แถบเนินเขา

ที่มา : John Deere Publication. 1978. Fundamental of Machine Operation : Combine Harvesting. Deere and Company, Moline, Illinois.



ภาพที่ 2.5 เครื่องเกี่ยวนวดแบบลากจูง

ที่มา : John Deere Publication. 1978. Fundamental of Machine Operation : Combine Harvesting. Deere and Company, Moline, Illinois.



ภาพที่ 2.6 เครื่องเกี่ยวนวดข้าวที่พัฒนาในประเทศไทย

ประเทศไทย (ภาพที่ 2.6) ใช้กันอย่างแพร่หลาย (สุรเวทย์ กฤษณะเศรษฐี, 2536) ปัจจุบันคาดว่าจะมีการผลิตและมีการนำไปใช้ในระดับไร่นามากกว่า 2,000 เครื่อง (สันธาร์ นาควัฒนานุกูล และคณะ, 2536) เครื่องเกี่ยวนวดดังกล่าวมีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้ (ภาพที่ 2.7)

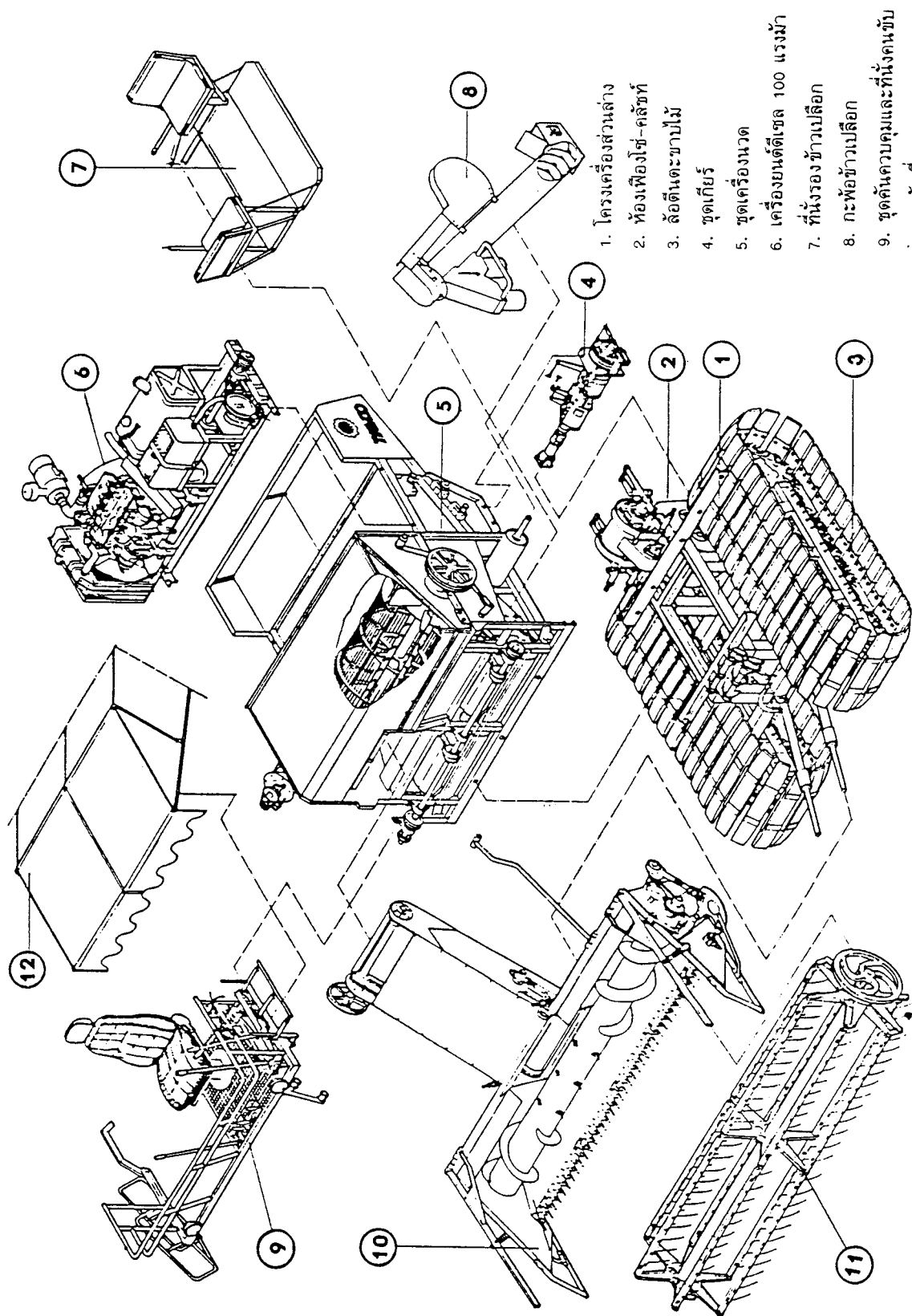
1. **ต้นกำลัง** ใช้เครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้กับรถบรรทุกขนาด 75-110 แรงม้า ส่วนใหญ่เป็นเครื่องยนต์ใช้แล้วจากต่างประเทศ สภาพประมาณ 70 เพอร์เซ็นต์ (สุรเวทย์ กฤษณะเศรษฐี, 2536 ; สันธาร์ นาควัฒนานุกูล, 2536)

2. **ระบบเครื่องล่าง** หมายถึงส่วนที่อยู่ต่ำกว่าตัวรถลงไปถึงจุดที่สัมผัสกับดิน ทำหน้าที่รองรับระบบต่าง ๆ ของเครื่องเกี่ยวนวดทั้งหมดมีลักษณะเหมือนรถแทรกเตอร์ดินตะขาบ ซึ่งประกอบไปด้วย โช้ชับ เฟืองขับ ล้อนำ ลูกรอกบน ลูกรอกล่าง และดินตะขาบที่ทำด้วยไม้ (สุรเวทย์ กฤษณะเศรษฐี, 2536 ; สันธาร์ นาควัฒนานุกูล, 2536) เดิมทีชิ้นส่วนต่าง ๆ ดังกล่าวโรงงานผู้ผลิตเครื่องเกี่ยวนวดทำขึ้นเอง แต่ด้วยเทคนิคการผลิตและวัสดุที่ไม่ดีจึงชำรุดสึกหรองง่าย ในระยะหลังจึงเป็นการนำเข้าชิ้นส่วนสำเร็จรูปจากต่างประเทศ (สันธาร์ นาควัฒนานุกูล, 2536) ยกเว้นส่วนเสริมของดินตะขาบที่เป็นไม้

3. **ระบบถ่ายทอดกำลังและบังคับเลี้ยว** จะเป็นตัวกลางระหว่างเครื่องยนต์ต้นกำลังกับระบบขับเคลื่อนและการบังคับเลี้ยว ระบบถ่ายทอดกำลังและบังคับเลี้ยวในปัจจุบันมี 2 ระบบ คือ (ธัญญะ เกียรติวัฒน์ และคณะ, 2536)

ก) **ระบบขับเคลื่อน** เป็นการถ่ายทอดกำลังที่มีการตัดต่อกำลังผ่านคลัชและห้องเกียร์ด้วยการเลื่อนคันโยกบังคับโดยตรง ซึ่งคลัชจะมี 2 ชุดคือ คลัชสำหรับตัดต่อกำลังระหว่างเครื่องยนต์ต้นกำลังกับระบบขับเคลื่อน และคลัชเลี้ยวสำหรับตัดต่อกำลังทางด้านซ้ายและขวาให้เกิดการเลี้ยวเป็นระบบที่มีราคาถูก การซ่อมบำรุงรักษาง่าย แต่ข้อเสียคือการทำงานไม่คล่องตัว ชำรุดง่ายและความเร็วรอบของส่วนต่างๆ จะสัมพันธ์กัน เป็นผลให้ความเร็วลูกนวด ความเร็วใบมีด และความเร็วล้อไถบางขณะช้าหรือเร็วเกินไป (ธัญญะ เกียรติวัฒน์และคณะ, 2536 ; สันธาร์ นาควัฒนานุกูล, 2536)

ข) **ระบบไฮดรอลิก** เป็นระบบที่ใช้ น้ำมันไฮดรอลิกเป็นตัวกลางในการถ่ายทอดกำลัง โดยการเปลี่ยนกำลังจากเครื่องยนต์ไปเป็นกำลังไฮดรอลิก แล้วเปลี่ยนกลับเป็นกำลังกลผ่านมอเตอร์ไฮดรอลิกไปหมุนขับเคลื่อนส่วนต่าง ๆ สามารถควบคุมความเร็วขึ้นส่วนต่าง ๆ ได้เป็นอิสระต่อกัน ความคล่องตัวในการบังคับเลี้ยวสูงกว่าระบบขับเคลื่อน แต่มีข้อจำกัดในด้านราคาของปั๊มและมอเตอร์ไฮดรอลิกมีราคาแพง โรงงานผลิตเครื่องเกี่ยวนวดบางโรงงานจะใช้ปั๊มและมอเตอร์ไฮดรอลิกเก่าทำให้เกิดการชำรุดเสียหายง่าย และค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมสูงซึ่งอาจจำเป็นต้องเปลี่ยนใหม่ทั้งชุด (ธัญญะ เกียรติวัฒน์ และคณะ; 2536 สันธาร์ นาควัฒนานุกูล และคณะ, 2536) ปัจจุบันระบบนี้ มี 2



ภาพที่ 2.7 ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องเกี่ยวข้าวที่พัฒนาในประเทศไทย
 ที่มา : กองเกษตรวิศวกรรม. 2536. เครื่องจักรกลเกษตร 2536. กรมวิชาการเกษตร
 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

แบบคือ แบบเพาเวอร์เดี่ยว และแบบเพาเวอร์คู่ โดยแบบเพาเวอร์เดี่ยวจะใช้ระบบไฮดรอลิกเพียงชุดเดียวควบคุมทั้งความเร็วล้อย้าย ล้อขวา ความเร็วเดินหน้า และความเร็วถอยหลัง แต่แบบเพาเวอร์คู่จะใช้ระบบไฮดรอลิก 2 ชุด สำหรับควบคุมความเร็วเดินหน้า ถอยหลังของล้อซ้าย และล้อขวาแยกเป็นอิสระต่อกัน โดยทั้ง 2 แบบดังกล่าวสามารถปรับเปลี่ยนความเร็วในการเคลื่อนที่ได้ 0-6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แต่ความเร็วที่เหมาะสมสำหรับการเกี่ยวนวดข้าวคือ 3-5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (กลุ่มโรงงานเกษตรพัฒนาฉะเชิงเทรา, ม.ป.ป.)

4. ชุดหัวเกี่ยว จะทำหน้าที่ตัดและลำเลียงต้นพืชที่ถูกตัดแล้วส่งไปยังโซ่ลำเลียงและส่งต่อไปยังระบบการนวด ซึ่งชุดหัวเกี่ยวนี้จะติดตั้งอยู่ที่ด้านหน้าของเครื่องเกี่ยวนวด (สุรเวทย์ กฤษณะเสรณี, 2536) ประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญคือ

ก) ล้อไถ้ม ทำหน้าที่จับยึดต้นพืชและไถ้ต้นพืชเข้าหาชุดใบมีดตัด จากนั้นจะหมุนพาต้นพืชส่งไปให้ชุดเกลียวลำเลียง (สันธาร นาควัฒนานุกุล และคณะ, 2536) แบบที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นแบบหวดกึ่ง (Pickup Reel) ซึ่งเหมาะสำหรับการเกี่ยวพืชที่ลำต้นล้ม

ข) ชุดใบมีด เป็นแบบใบมีดชัก (ธัญญะ เกียรติวัฒน์ และคณะ, 2536) ซึ่งประกอบไปด้วยใบมีดหลายใบยึดติดอยู่กับแถบเหล็กตลอดความยาวของหัวเกี่ยว ซึ่งยาวประมาณ 3 เมตร และชุดป้องกันใบมีด ชุดใบมีดนี้จะทำหน้าที่ตัดต้นพืชที่ล้อไถ้มจับยึดไว้และไถ้เข้ามาหาหัวเกี่ยวให้ขาดจากต้น

ค) เกลียวลำเลียง มีลักษณะคล้ายส่วนขนาดใหญ่ ติดตั้งอยู่บนชุดหัวเกี่ยว จะทำหน้าที่รีดหรือกวาดต้นพืชที่ถูกตัดขาดจากต้นแล้วให้เคลื่อนที่มารวมกัน และส่งต่อให้สายพานลำเลียงเพื่อป้อนเข้าสู่ชุดนวดต่อไป (สุรเวทย์ กฤษณะเสรณี, 2536 ; ธัญญะ เกียรติวัฒน์ และคณะ, 2536)

5. ระบบการนวด เป็นการนำชุดของเครื่องนวดข้าวแบบไหลตามแกนที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในระดับไร่นามาใช้ (สุรเวทย์ กฤษณะเสรณี, 2536) ซึ่งประกอบไปด้วยลูกนวดแบบซี่เหล็กกลมกับตะแกรงเว้า ทำหน้าที่นวดหรือตีแยกเมล็ดออกจากฝัก รวงหรือต้นพืช โดยขณะทำการนวดวัสดุที่ถูกป้อนเข้าไปจะถูกพาให้เคลื่อนที่ไปรอบ ๆ ลูกนวดในลักษณะเกลียวส่วนอันเนื่องมาจากผลของครีปพาที่ติดอยู่กับตะแกรงเว้าส่วนบน เมล็ดและเศษของวัสดุที่ไม่ใช่เมล็ดที่มีขนาดเล็กจะร่วงผ่านรูตะแกรงเว้าลงสู่ตะแกรงโยก และส่วนของฝัก รวงและลำต้นที่ถูกแยกเมล็ดออกแล้วซึ่งมีขนาดใหญ่จะถูกขับทั้งทางปล่องขับทั้งที่ด้านท้ายของเครื่องเกี่ยวนวด

6. ระบบการทำความสะอาดเมล็ด ประกอบไปด้วยตะแกรงโยกและพัดลมเป่า เป็นการทำงานที่ต่อเนื่องจากระบบการนวด ทั้งนี้เนื่องจากส่วนที่ร่วงผ่านรูตะแกรงเว้าลงมานั้น นอกจากจะเป็นเมล็ดแล้วยังมีส่วนของวัสดุที่ไม่ใช่เมล็ดปนลงมาด้วย ตะแกรงจะโยกให้เมล็ดร่วงผ่านรูตะแกรงลงไป แล้วถูกรวบรวมส่งต่อไปยังภาชนะบรรจุ และพัดลมจะเป่าส่วนของวัสดุที่ไม่ใช่เมล็ดออกทั้ง

ที่ส่วนท้ายของเครื่องเกี่ยววนวด นอกจากนั้นส่วนที่ไม่ใช่เมล็ดที่มีขนาดใหญ่ซึ่งอาจจะมีเมล็ดติดอยู่ จะถูกรวบรวมส่งกลับเข้าสู่ระบบวนวดใหม่ (สุรเวทย์ กฤษณะเสรณี, 2536 ; รัชญะ เกียรติวัฒน์ และคณะ, 2536)

2.3.3 การใช้งานเครื่องเกี่ยววนวดข้าวที่พัฒนาในประเทศไทย

จากการสำรวจของกองเกษตรวิศวกรรม ในปี พ.ศ.2534 พบว่ามีโรงงานผลิตเครื่องเกี่ยววนวดข้าวทั้งสิ้น 17 โรงงาน ปริมาณการผลิตรวมปีละ 200 เครื่อง และจากข้อมูลเพิ่มเติม ในปี พ.ศ.2536 ปริมาณเครื่องเกี่ยววนวดมีใช้กันอย่างแพร่หลายประมาณ 2,000 เครื่อง กระจายอยู่เกือบทุกภาคของประเทศไทย แต่ส่วนใหญ่จะอยู่ในแถบจังหวัดภาคกลาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตชลประทานที่มีการทำนามากกว่าปีละ 1 ครั้ง การใช้งานจะเป็นลักษณะการรับจ้างทั้งหมด ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่ถือครองในการทำนาเฉลี่ย 58 ไร่ต่อครัวเรือน และเครื่องเกี่ยววนวดราคาแพง ประมาณเครื่องละ 480,000-700,000 บาท ดังนั้นการที่เกษตรกรลงทุนเพื่อกิจการของตัวเอง จึงไม่ค่อยคุ้มกับการลงทุนจำเป็นต้องรับจ้างเกี่ยวด้วยเพื่อให้คุ้มค่าการลงทุน ผู้ลงทุนส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรประมาณ 73.3 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ อาชีพรับจ้างเกี่ยววนวด เจ้าของโรงงานผู้ผลิตเครื่องเกี่ยววนวด และข้าราชการประมาณ 14.7, 10.0 และ 2.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งในแต่ละปีเครื่องเกี่ยววนวดจะทำงานเฉลี่ย 4 เดือน ปริมาณพื้นที่เกี่ยวเกี่ยวอยู่ในช่วง 1,000-4,000 ไร่ หรือ 1,900 ไร่ โดยเฉลี่ย (สันธาร์ นาควิวัฒนากุล และคณะ, 2536) และจากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ ในการลงทุนซื้อเครื่องเกี่ยววนวดข้าวที่ราคาแรกซื้อ 550,000 บาท อายุการใช้งาน 5 ปี อัตราดอกเบี้ย 16 เปอร์เซ็นต์ต่อปี และพิจารณาเทียบกับค่าใช้จ่ายในระบบปฏิบัติเดิม ประมาณ 500 บาทต่อไร่ พบว่าจุดคุ้มทุนการใช้เครื่องเกี่ยววนวดข้าวอยู่ที่ 786 ไร่ต่อปี ดังนั้นถ้าทำการเกี่ยววนวดข้าวได้ 1,000, 1,500, 2,000, 2,500, 3,000 และ 4,000 ไร่ต่อปี จะมีระยะเวลาในการคืนทุนเท่ากับ 7.78, 5.4, 3.14, 2.2, 1.7, 1.4 และ 1 ปีตามลำดับ (ฐานิสร์ นาคเกื้อ และ รัชญะ เกียรติวัฒน์, 2536)

2.4 การสูญเสียผลผลิตข้าวเนื่องจากการเก็บเกี่ยว

สืบเนื่องจากการผลิตข้าวเหลือยังไม่เพียงพอต่อการบริโภคภายในประเทศ และได้มีการพัฒนาการผลิตทุกวิถีทางมาโดยตลอด แต่ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ที่เกษตรกรได้รับก็ยังค่อนข้างต่ำ โดยที่การสูญเสียผลผลิตก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ที่ได้รับต่ำ

2.4.1 ปัจจัยที่ทำให้เกิดการสูญเสียผลผลิต

1. พันธุ์และอายุการเก็บเกี่ยว จะทำให้เกิดการสูญเสียในลักษณะการร่วงหล่น ในแต่ละพันธุ์เมื่อแก่จะมีความยากง่ายในการร่วงหล่นของเมล็ดแตกต่างกัน ถั่วเหลืองบางพันธุ์เมื่อแก่ฝักจะแตกทำให้เกิดการสูญเสียผลผลิต ส่วนอายุการเก็บเกี่ยว หากไม่ทำการเก็บเกี่ยวตามอายุที่เหมาะสม

ปล่อยให้แก่และสุกงอมเกินไป จะทำให้เกิดการสูญเสียเนื่องจากการร่วงหล่นมากขึ้น (John Deere, 1981 ; Hinson and Hartwig, 1982)

2. ความสูงฝักแรกจากพื้นดิน เนื่องจากถั่วเหลืองเป็นพืชที่มีการติดฝักตั้งแต่โคนต้นถึงปลายยอด ซึ่งความสูงฝักแรกจากพื้นดินนี้ขึ้นอยู่กับ การดูแลรักษา ความหนาแน่นต้นถั่วเหลือง และ พันธุ์ถั่วเหลือง โดยพันธุ์ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวระดับความสูงฝักแรกจากพื้นดินจะอยู่ต่ำกว่าพันธุ์ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น (Hinson and Hartwig, 1982) และพบว่าถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.4 สุโขทัย 1 นครสวรรค์ 1 และเชียงใหม่ 60 มีความสูงฝักแรกจากพื้นดิน 7.33, 12.03, 10.82 และ 11.63 เซนติเมตร ตามลำดับ (สุรเวทย์ กฤษณะเสริม และคณะ, 2533) ซึ่งความสูงฝักแรกจากพื้นดินดังกล่าว จะเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดความสูญเสียเนื่องจากการเกี่ยว โดยเฉพาะการเกี่ยวด้วย เครื่องเกี่ยวนวด ซึ่งโดยทั่วไปสามารถเกี่ยวได้ต่ำสุดเหนือพื้นดินประมาณ 10 เซนติเมตร (Hinson and Hartwig, 1982) จึงทำให้เกิดความสูญเสียผลผลิตถั่วเหลืองในลักษณะฝักติดค้างอยู่ที่บริเวณ โคนต้น และจะเกิดความสูญเสียมากขึ้นหาพื้นที่ทำการเกี่ยวเกี่ยวไม่สม่ำเสมอ

3. วัชพืชในแปลงปลูก วัชพืชในแปลงจะมีผลกระทบต่อการทำงานของเครื่องเกี่ยวนวด โดยเฉพาะในแปลงที่มีปริมาณวัชพืชนาแน่น กล่าวคือเครื่องเกี่ยวนวดจะทำงานได้ช้าลง และยากต่อการควบคุมการเกี่ยว นอกจากนั้นหากมีวัชพืชเข้าไปในระบบการนวดจะทำให้ลูกนวดต้องทำงานหนักขึ้น เป็นผลให้ประสิทธิภาพการนวด การคัดแยก และการทำความสะอาดลดลง (Kepner et al., 1975) และความชื้นจากวัชพืชยังทำให้เมล็ดที่ได้จากการนวดมีความชื้นสูงตามไปด้วย (John Deere, 1981)

4. ความชื้นถั่วเหลือง มีผลกระทบต่อเกิดการเกิดความสูญเสียทั้งในขั้นตอนการเกี่ยวและ ขั้นตอนการนวด โดยในขั้นตอนการเกี่ยวหากถั่วเหลืองมีความชื้นต่ำ จะสูญเสียในลักษณะการแตก ของฝักและเมล็ดร่วงหล่นมากกว่าเมื่อทำการเกี่ยวเกี่ยวถั่วเหลืองความชื้นสูง ส่วนในขั้นตอนการ นวด ถั่วเหลืองความชื้นสูงอาจเกิดปัญหาการนวดไม่หมด เมล็ดมีสิ่งเจือปนมาก และถ้า ถั่วเหลืองความชื้นต่ำ จะเกิดความสูญเสียเนื่องจากการแตกหักได้ง่าย ซึ่งความชื้นถั่วเหลืองที่ เหมาะสมสำหรับการเกี่ยวด้วยเครื่องเกี่ยวนวดควรต่ำกว่า 14% wb ซึ่งความชื้นที่ 12% wb จะ เหมาะสมที่สุด โดยเวลาในการเกี่ยวที่เหมาะสมควรเป็นเช้าตรู่ซึ่งมีน้ำค้างหรือช่วงเย็น เพื่อเป็นการ ลดความสูญเสียเนื่องจากการแตกของฝักและเมล็ดร่วงหล่น (John Deere, 1981 ; Hinson and Hartwig, 1982)

5. การเอนล้มของต้นถั่วเหลือง โดยทั่วไปถั่วเหลืองเป็นพืชที่ลำต้นตั้งตรงมีเพียงบางพันธุ์ ที่ลำต้นจะเลื้อยซึ่งปัจจุบันไม่นิยมปลูก (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2530) การเอนล้มของต้นถั่วเหลือง มักจะเกิดความสูญเสียเนื่องจากศัตรูเช่น ปลวก หนู เป็นต้น ในแปลงที่มีการเอนล้มของต้น

ถั่วเหลืองมักจะเกิดความสูญเสียเมล็ดถั่วเหลืองมาก เพราะต้นที่ลึมนั้นอาจไม่ถูกเกี่ยวและถูกรวบรวมเมื่อทำการเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องเกี่ยวนวด (John Deere, 1981)

2.4.2 การสูญเสียผลผลิตในการเก็บเกี่ยวและการนวดของเกษตรกร

กองแผนงานและวิชาการ (2527) กล่าวว่าความสูญเสียผลผลิตถั่วเหลืองในจังหวัดเชียงใหม่เมื่อทำการเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองโดยใช้แรงงานคน ในระยะใบเหลือง 50 เปอร์เซ็นต์ และในระยะที่ใบร่วงหมด จะสูญเสียผลผลิตเฉลี่ย 5.2 และ 6.4 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนวิธีการใช้แรงงานในการเก็บเกี่ยวถั่วเหลือง ในกรณีที่เจ้าของทำการเก็บเกี่ยวเอง จ้างเกี่ยวเป็นรายวัน และการจ้างเกี่ยวแบบเหมา จะมีการสูญเสียผลผลิตประมาณ 4.8, 5.5 และ 7.1 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนในจังหวัดสุโขทัย เมื่อทำการเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองในระยะใบเหลือง 50 เปอร์เซ็นต์ จะเกิดความสูญเสียผลผลิตเฉลี่ย 3.4 กิโลกรัมต่อไร่ และในกรณีการใช้แรงงานเกี่ยวโดยเจ้าของทำการเกี่ยวเอง หรือเจ้าของทำการเกี่ยวพร้อมกับการจ้างเป็นรายวัน และการจ้างเกี่ยวเป็นรายวัน จะทำให้เกิดความสูญเสียผลผลิตประมาณ 1.1, 2.3 และ 12.3 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

จากการสำรวจและรายงานเฉพาะในส่วนความสูญเสียผลผลิตถั่วเหลืองคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของผลผลิตทั้งหมดของ Chinsuwan et al., (1990) พบว่าความสูญเสียก่อนการเก็บเกี่ยวที่จังหวัดเชียงใหม่สูญเสีย 0.22 เปอร์เซ็นต์ ความสูญเสียเนื่องจากการเกี่ยวในเขตจังหวัดขอนแก่น เชียงใหม่ เลย และสุโขทัย มีการสูญเสีย 1.73, 0.36, 4.32 และ 1.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยในจังหวัดขอนแก่น เลย และสุโขทัย จะมีการสูญเสียในลักษณะมีฝักติดค้างที่โคนต้นเนื่องจากการเกี่ยวสูง ส่วนในจังหวัดเชียงใหม่จะสูญเสียในลักษณะฝักร่วงหล่นและเมล็ดร่วงหล่น โดยมีความสูญเสียเนื่องจากการมัดฟ่อนเพียง 0.07 เปอร์เซ็นต์ ส่วนความสูญเสียเนื่องจากการตากถั่วเหลืองก่อนที่จะรวมเป็นกองเพื่อทำการนวดในจังหวัดสุโขทัยที่ปลูกต้นฤดูฝน และปลูกปลายฤดูฝนมีค่าเท่ากับ 1.45 และ 0.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และการขนย้ายรวมกองเพื่อทำการนวด มีความสูญเสียประมาณ 1.38 เปอร์เซ็นต์ ในจังหวัดขอนแก่น และประมาณ 0.21 เปอร์เซ็นต์ ในจังหวัดเชียงใหม่ สำหรับความสูญเสียเนื่องจากการนวดที่ระดับความชื้นถั่วเหลือง 6-22% wb พบอยู่ระหว่าง 0.37 ถึง 1.91 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งความสูญเสียเนื่องจากการนวดนี้ยังขึ้นอยู่กับพันธุ์ถั่วเหลือง และขนาดของเครื่องที่ทำการนวด

2.4.3 การสูญเสียผลผลิตในการเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องเกี่ยวนวด

ในกรณีทำการเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องเกี่ยวนวด การสูญเสียขณะทำการเก็บเกี่ยวจะเป็นค่าชี้ถึงประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องเกี่ยวนวด (John deere, 1981 ; ฐานิสร นาคเกื้อ และคณะ, 2536) ซึ่งความสูญเสียดังกล่าวได้แก่

1. ความสูญเสียก่อนการเก็บเกี่ยว เป็นการสูญเสียที่เกิดขึ้นในแปลงก่อนที่จะทำการเก็บเกี่ยว อันเป็นผลเนื่องมาจากพันธุ์และอายุการเก็บเกี่ยวแล้วเหลือทิ้งที่ฝักจะแตกและเมล็ดร่วงหล่นเมื่อแก่ การล้มของต้นพืชอันเนื่องมาจากลมและศัตรูรบกวน หรือจากสภาพของอากาศ ซึ่งความสูญเสียนี้ไม่ใช่ความสูญเสียอันเนื่องมาจากการทำงานของเครื่องเกี่ยวนวด (John Deere, 1981)

2. ความสูญเสียเนื่องมาจากการทำงานของหัวเกี่ยว (Cutting Losses or Head Losses) ซึ่งประกอบไปด้วย

ก) ความสูญเสียเนื่องจากการแตกของฝักและเมล็ดร่วงหล่น (Shattering Losses) เป็นการสูญเสียเนื่องจากฝักได้รับความกระทบกระเทือนจากการทำงานของล้อไถ้ม และชุดใบมีด ความสูญเสียนี้จะเกิดมากขึ้นหากทำการเก็บเกี่ยวในสภาพอากาศที่แห้ง ถั่วเหลืองแก่และแห้งจัด

ข) ความสูญเสียเนื่องจากฝักติดค้างที่โคนต้น (Stubble Losses) เป็นความสูญเสียเมล็ดถั่วเหลืองเนื่องจากการมีฝักเหลือติดค้างกับโคนต้นที่อยู่ต่ำกว่ารอยตัด ทั้งนี้สาเหตุเนื่องมาจากข้อจำกัดของเครื่องเกี่ยวนวดที่ไม่สามารถเกี่ยวได้ต่ำชิดผิวดิน สภาพของพื้นที่เก็บเกี่ยวไม่สม่ำเสมอ และฝักแรกของถั่วเหลืองอยู่ใกล้ผิวดินเกินไป ซึ่งอาจแก้ไขได้โดยใช้อุปกรณ์ควบคุมความสูงในการเกี่ยวอัตโนมัติ และชุดใบมีดที่ให้ตัวได้ตามระดับของพื้นที่ (John Deere, 1981 ; Jacobs and Harell, 1983)

ค) ความสูญเสียเนื่องจากต้นที่ถูกตัดแล้วแต่ตกค้างอยู่ในแปลง (Stalk Losses) เป็นความสูญเสียที่เกิดจากความเร็วล้อไถ้มไม่สัมพันธ์กับความเร็วในการเคลื่อนที่ของเครื่องเกี่ยวนวด

ง) ความสูญเสียเนื่องจากการล้มของต้น (Logged Losses) หมายถึงกรณีลำต้นถั่วเหลืองล้มเอนราบกับพื้นดินทำให้บางส่วนไม่ถูกตัด หรือไม่ถูกตัดทั้งต้น

ซึ่งความสูญเสียเนื่องมาจากการทำงานของหัวเกี่ยวดังกล่าวที่เกิดขึ้นนั้น มีสาเหตุต่าง ๆ ดังนี้ (John Deere, 1978)

- การทำงานที่ผิดพลาดของชุดใบมีด
- การแตกของฝักเนื่องจากปฏิกิริยาของใบมีด
- การปรับความเร็วล้อไถ้มไม่ถูกต้อง
- การแตกของฝักเนื่องจากความเร็วล้อไถ้มสูงเกินไป

3. ความสูญเสียจากระบบการนวด (Threshing Losses) เป็นความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการทำงานของระบบการนวด มีทั้งเมล็ดไม่ถูกนวดออกจากฝัก เมล็ดแตกหัก และการคัดแยกไม่ดีทำให้มีเมล็ดที่ถูกนวดแล้วปนออกมาทั้งที่ปล่องขับทิ้ง ช่องทางออกสิ่งเจือปน ซึ่งเป็นการสูญเสียผลผลิต สามารถจำแนกได้ดังนี้ (ฐานิสร นาคเกื้อ และคณะ, 2536)

ก) ความสูญเสียเนื่องจากการนวดไม่หมด (Unthresh Losses) เป็นความสูญเสียเนื่องจากการมีเมล็ดที่ไม่ถูกนวดออกจากฝัก หรือฝักที่ติดอยู่กับลำต้นและไม่ถูกนวดปนออกมาที่ช่องทางออกสิ่งเจือปน ช่องทางออกเมล็ด และปล่องขับทิ้ง

ข) ความสูญเสียเนื่องจากการคัดแยก (Separating Losses or Screen Losses) เป็นความสูญเสียอันเนื่องมาจากการคัดแยกไม่ดี ทำให้เมล็ดที่ถูกนวดแล้วปนกับวัสดุที่ถูกขับออกทั้งทางปล่องขับทิ้ง และช่องทางออกสิ่งเจือปน สาเหตุของความสูญเสียดังกล่าวอาจเกิดจากความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัสดุที่นวดเร็วเกินไป และการนวดฉว่เหลือความชื้นสูง (วินิต ชินสุวรรณ, 2530)

ค) ความสูญเสียเนื่องจากเมล็ดแตกหัก (Damage Losses) เป็นความเสียหายเชิงคุณภาพในลักษณะเมล็ดที่ออกมาจากช่องทางออกเมล็ดมีการแตกหัก เชื้อราเข้าทำลายได้ง่ายและจำหน่ายได้ในราคาต่ำ

ง) ความสูญเสียเนื่องจากการทำความสะอาด (Cleaning Losses) เป็นความเสียหายเนื่องจากการทำงานของพัดลมทำความสะอาดที่พัดแรงจนทำให้เมล็ดกระเด็นออกทั้งด้านท้ายเครื่องเกี่ยวนวดซึ่งเป็นความสูญเสียเชิงปริมาณ นอกจากนั้นยังเกิดความสูญเสียเชิงคุณภาพซึ่งได้แก่มูลค่าของเมล็ดที่ลดลงเนื่องจากมีสิ่งสกปรกเจือปน (วินิต ชินสุวรรณ, 2530)

ความสูญเสียรวมทั้งหมดอันเนื่องมาจากการใช้เครื่องเกี่ยวนวดอาจมีค่าสูงได้ ดังนั้นผู้ใช้เครื่องเกี่ยวนวดจำเป็นต้องเข้าใจถึงความสูญเสียต่าง ๆ และขีดความสามารถของเครื่องเกี่ยวนวดเพื่อจะได้ปรับแต่ให้เกิดความสูญเสียน้อยที่สุด (วินิต ชินสุวรรณ, 2530)