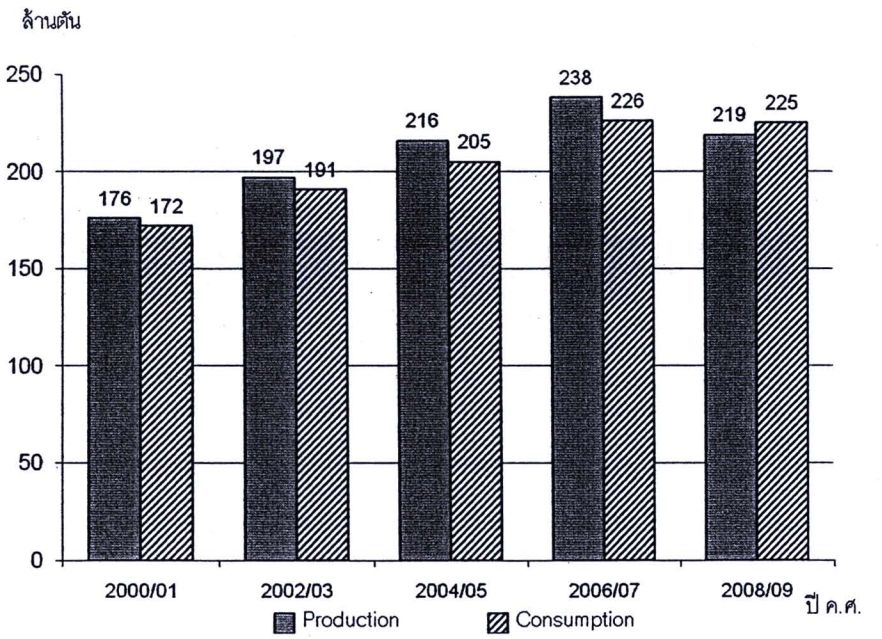
บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ถั่วเหลืองเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญชนิดหนึ่งของโลก นิยมปลูกกันในหลายพื้นที่ทั่วโลก ถั่วเหลืองเป็นพืชที่ให้ทั้งโปรตีนและน้ำมันซึ่งมนุษย์สามารถนำมาใช้ในการบริโภคในรูปแบบต่างๆกัน รวมถึงถูกนำไปใช้ในการเลี้ยงสัตว์ เกิดเป็นจุดเริ่มต้นของอุตสาหกรรมอาหารที่เกิดขึ้นหลายรูปแบบ พื้นที่การปลูกถั่วเหลืองของโลกเพิ่มขึ้นทุกๆปี ในปี พ.ศ. 2535 พื้นที่การปลูกถั่วเหลืองของโลกเท่ากับ 356 ล้านไร่ และผลผลิตที่ได้เท่ากับ 110 ล้านตันต่อปี 8 ปี ต่อมาคือในปี พ.ศ. 2543 พื้นที่การปลูกถั่วเหลืองของโลกเพิ่มเป็น 459 ล้านไร่ ผลผลิต 161 ล้านตัน โดยทวีปอเมริกาเหนือ มีพื้นที่ปลูกมากที่สุด 190 ล้านไร่ ผลผลิต 78 ล้านตัน รองมาคือทวีปอเมริกาใต้มีพื้นที่เพาะปลูก 148 ล้านไร่ผลผลิต 56 ล้านตัน ในทวีปเอเชีย มีพื้นที่เพาะปลูก 99 ล้านไร่ ผลผลิต 22 ล้านตัน (อภิพรรณ พุกภักดี, 2546) ผลผลิตของโลกในช่วงปี 2001/02 ถึง 2006/07 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอด จนถึงปี 2007/08 และ 2008/09 ที่ผลผลิตลดลง (Baize, 2009) ดังแสดงในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 การผลิตและการบริโภคถั่วเหลืองของโลก (Baize, 2009)

สำหรับในประเทศไทยพื้นที่เพาะปลูกในปี พ.ศ. 2526 มีประมาณ 1 ล้านไร่ เพิ่มเป็น 3 ล้านไร่ ในปี พ.ศ. 2532 โดยได้ผลผลิต 625,228 ตัน ความต้องการใช้เมล็ดถั่วเหลืองคาดว่ามีปีละประมาณ 1,700,000 – 1,800,000 ตันเมล็ด แยกออกเป็นกากถั่วเหลือง 1,370,000 – 1,380,000 ตัน น้ำมันถั่วเหลือง 110,000 – 120,000 ตัน บริโภคในครัวเรือนและอุตสาหกรรมอาหาร มากกว่า 200,000 ตัน และเมล็ดพันธุ์ 30,000 – 40,000 ตัน (อภิพรรณ พุกภักดี, 2546) พื้นที่เพาะปลูกของไทยอยู่ในภาคเหนือ 70% ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 17% และภาคกลาง 13% (อัจฉรา อุทโยภาศ และคณะ, 2547) มีการพยากรณ์การผลิตถั่วเหลือง ปี 2552 (ปีเพาะปลูก 2552/53) ไว้ดังนี้

เนื้อที่เพาะปลูก รวมทั้งประเทศ 803,012 ไร่ ลดลงจากปีที่แล้ว 9,672 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.19

ผลผลิต รวมทั้งประเทศ 204,581 ตัน ลดลง จากปีที่แล้ว 726 ตัน คิดเป็นร้อยละ 0.35

ผลผลิตต่อไร่ เฉลี่ยทั้งประเทศ 255 กิโลกรัม เพิ่มขึ้นจากปีที่แล้ว 2 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 0.79

เนื้อที่เพาะปลูกถั่วเหลืองลดลงจากปีที่แล้ว เพราะปรับเปลี่ยนไปปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มันสำปะหลัง และข้าว เนื่องจากต้นทุนการผลิตสูงขึ้น เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองมีราคาแพง ประกอบกับการดูแลรักษา การเก็บเกี่ยวผลผลิตมีความยุ่งยาก แม้ว่าราคาที่เกษตรกรขายได้ในช่วงปี 2551 อยู่ในเกณฑ์ดี กิโลกรัมละ 16.90 บาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2552) ผลผลิตต่อไร่เฉลี่ยของไทย ปี 2539/40 – 2543/44 225 กิโลกรัม/ไร่ ปี 2544/45 227 กิโลกรัม/ไร่ ปี 2545/46 232 กิโลกรัม/ไร่ เทียบกับ ผลผลิตต่อไร่เฉลี่ยของโลกปี 2539/40 – 2543/44 360 กิโลกรัม/ไร่ ปี 2544/45 371 กิโลกรัม/ไร่ ปี 2545/46 381 กิโลกรัม/ไร่ (สมาคมส่งเสริมผู้ใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์, 2552)

ในอดีตเกษตรกรปลูกถั่วเหลืองเป็นพืชเสริมรายได้ แต่ในปัจจุบันมีการปลูกเป็นพืชหลักชนิดหนึ่งมากขึ้น ด้านองค์ประกอบด้านโภชนาการ เมล็ดถั่วเหลืองมีองค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่ โปรตีนและน้ำมัน ตามปกติพันธุ์ถั่วเหลืองที่ให้ผลผลิตสูงจะมีโปรตีนในเมล็ดประมาณ 40-42 เปอร์เซ็นต์ และมีน้ำมันประมาณ 20-22 เปอร์เซ็นต์โดยคิดเทียบน้ำหนักแห้ง ในการนำถั่วเหลืองมาประกอบเป็นอาหารนั้น ถั่วเหลือง สามารถนำมาใช้สกัดน้ำมันพืช นำมาเลี้ยงสัตว์ และ เป็นอาหารมนุษย์ได้ ทั้งแบบรับประทานโดยตรง หรือแปรรูปโปรตีนจากถั่วเหลืองเป็นอาหารหลายๆประเภท และยิ่งมีความเชื่อทางศาสนาในการละเว้นอาหารจากเนื้อสัตว์ในบางช่วงเวลาของปี ถั่วเหลืองก็จะถูกนำมาใช้เป็นอาหารของมนุษย์มากยิ่งขึ้น ถั่วเหลืองยังเป็นพืชบำรุงดินที่สำคัญพืชหนึ่งในระบบปลูกพืช เนื่องจากถั่วเหลืองมีถิ่นกำเนิดทางภาคตะวันออกของประเทศจีนการนำถั่วเหลืองเข้ามาปลูกในประเทศไทยซึ่งอยู่ในเขตร้อนชื้น เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองจะเสื่อมความงอกเร็วกว่าปกติ ไม่สามารถเก็บเมล็ดพันธุ์ข้ามฤดูปลูกตามธรรมชาติได้ ต้องปลูกฤดูแล้งเพื่อเป็นเมล็ดพันธุ์สำหรับปลูกในฤดูฝน และปลูกในฤดูฝนเพื่อใช้เป็นเมล็ดพันธุ์สำหรับปลูกในฤดูแล้ง ในส่วนของพันธุกรรม ถั่ว

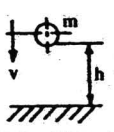
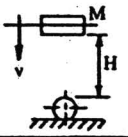
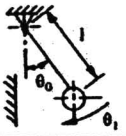
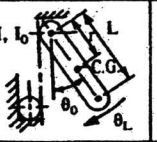
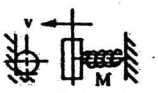
เหลืองพันธุ์ เชียงใหม่ 60 เป็นพันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูกมาก แต่มีข้อเสียเมื่อปลูกในดินแฉะเมล็ดพันธุ์ ซึ่งมีเยื่อหุ้มเมล็ดบางจะเน่าเสียหายง่าย จึงมีการปรับปรุงพันธุ์ให้มีเมล็ดพันธุ์ที่มีความงอกและ ความแข็งแรงสูง รวมถึงการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิห้องได้ไม่น้อยกว่า 3 เดือน (อภิพรรณ พุกภักดี, 2546) วิธีการนวดที่ใช้อยู่ในปัจจุบันที่ใช้เครื่องนวดเมื่อต้องการปริมาณการนวดที่รวดเร็วให้ผลทางปริมาณ แต่ผลทางคุณภาพของเมล็ดพันธุ์หลังการนวดกลับลดลง เพราะเมื่อนวดถั่วเหลืองด้วยแรงมากเกินไป เมล็ดถั่วเหลืองจะเกิดการเสียหายทั้งภายนอกที่มองเห็นได้ด้วยตา เช่น เปลือกแตก เมล็ดแตก เมล็ดเสียรูปทรง ผลเสียหายภายในเช่น ส่วนของเมล็ดที่จะเจริญเติบโตเป็น ราก ลำต้น และ ยอดมีการแตกร้าว ซึ่งไม่สามารถมองเห็นได้ถ้าเปลือกหุ้มเมล็ดไม่แตกออกให้เห็น โดยการเสียหายของเมล็ดทั้งภายนอกและภายในมีผลทำให้เมล็ดนั้นๆ ไม่สามารถทำเป็นเมล็ดพันธุ์ได้ โดยขาดความแข็งแรง (vigor) ซึ่งหมายถึงความสมบูรณ์ในการงอกเป็นลำต้น ตั้งแต่ อาจจะงอกเป็นต้นที่ไม่มีรากแก้ว หรือลำต้นแตก หรือ ยอดไม่สมบูรณ์ จนถึงไม่สามารถงอกได้ (สมศักดิ์ ศรีสมบุญ อ้างใน กรมวิชาการเกษตร, 2531-2541) เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองไม่ทนทานต่อแรงที่มากระทำ เปลือกหุ้มเมล็ดที่บางทำให้ Embryo เสียหายง่ายต่อแรงที่มากระทำ ความเสียหายจากแรงกระทำสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลาการเก็บเกี่ยว การอบแห้ง และสภาพต่างๆของเมล็ดพันธุ์ แรงที่กระทำต่อเมล็ดแต่ละเมล็ดรวมถึงการทำให้แตกร้าวของเปลือกเมล็ด การหักของ Cotyledon การเสียหายหรือแตกหักของ Hypocotyl-radicle axis และการแตกหักของเมล็ดพันธุ์อย่างสมบูรณ์ จำนวนความเสียหายจากแรงกระทำ กับเมล็ดพันธุ์ผกผันกับระดับความชื้นของเมล็ดพันธุ์ (TeKrony et al อ้างใน Wilcox, 1987)

จากการศึกษาการนวดถั่วเหลืองเพื่อเตรียมเป็นเมล็ดพันธุ์ หรือศึกษาความเสียหายของเมล็ดนั้น มีการทดลองในหลายๆรูปแบบด้วยกันทั้งในและต่างประเทศโดยเฉพาะอเมริกาที่ปลูกและมีการวิจัยเกี่ยวกับถั่วเหลืองมากที่สุดในโลก แต่เนื่องจากพันธุ์ถั่วเหลืองของต่างประเทศและในไทยนั้นมีการปรับปรุงพันธุ์เพื่อให้เหมาะกับประเทศนั้นๆ ซึ่งมีความแตกต่างกันทั้ง ขนาด น้ำหนัก รวมถึงส่วนต่างๆของเมล็ดเช่น ความหนาของเปลือก ความแข็งแรงของชิ้นส่วนต่างในเนื้อของเมล็ด ซึ่งมีคุณสมบัติทนทานต่อแรงกระแทกแตกต่างกันไปไม่มากก็น้อย สำหรับในประเทศไทยนั้นการทดลองเพื่อหาแรงที่กระทำที่มีผลต่อความเสียหายของเมล็ดถั่วเหลืองโดยตรงมีไม่มากนัก โดยการวิจัยในครั้งนี้ทำเพื่อหาค่าของแรงกระแทกจากน้ำหนักตกกระทบ ที่มีต่อความเสียหายของเมล็ดถั่วเหลืองที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งความเสียหายเหล่านี้ส่งผลต่อ การนำไปเป็นเมล็ดพันธุ์ หรือเมื่อนำไปเก็บรักษาให้ปลอดภัยจากจุลินทรีย์ที่อาจจะทำลายถั่วเหลืองได้ง่ายกว่าเมล็ดถั่วเหลืองที่ไม่มีความเสียหาย โดยทดลองกับถั่วเหลือง 3 สายพันธุ์ซึ่งเป็นพันธุ์ดีที่ราชการ

ส่งเสริมให้ปลูกทั่วประเทศโดยเฉพาะภาคเหนือ คือ พันธุ์ เชียงใหม่ 1, เชียงใหม่ 60 และ สจ.5 ในทิศทางที่แรงกระทำกับเมล็ด 3 รูปแบบ และที่ระดับความชื้นของเมล็ดถั่วเหลืองต่างๆ กัน

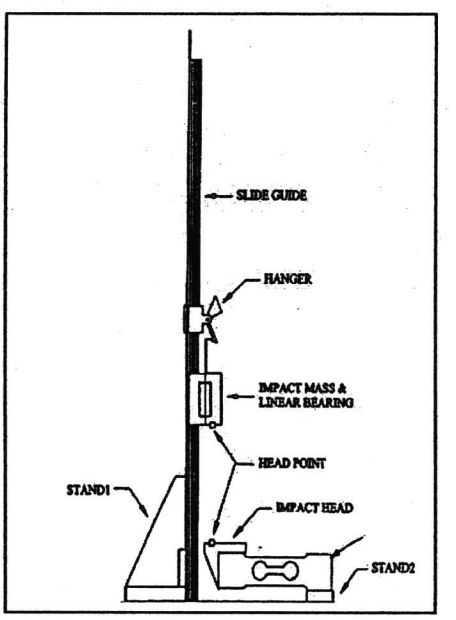
1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

มีการรวบรวมรูปแบบการทดสอบแรงกระแทกกับวัสดุการเกษตรไว้ตามรูปที่ 1.2 (Mohsenin, 1981)

	Drop Test	Falling Mass	Simple Pendulum	Compound Pendulum	Impact Ram
1. Kinematical Description.					
2. Kinetic Energy of Object at Start of Impact.	mgh	"zero"	$mgl(1-\cos\theta_0)$ [1]	"zero" [2]	"zero"
3. Initial Position for Equivalent[3] of: (a) Initial Energy, (b) Initial Velocity.	$h; E_i=mgh$ $h; v=(2gh)^{1/2}$	$H=m/M\,h$ $H=h$	[4] $\theta_0=\cos^{-1}(1-h/l)$ $\theta_0=\sin^{-1}(K\sqrt{2h/l})$	[5] $\theta_0=\cos^{-1}(1-mh/Mr)$ $\theta=\sin^{-1}(K/L\sqrt{2hR})$	$v=(2mgh/M)^{1/2}$ $v=(2gh)^{1/2}$
4. Contact Forces During Impact (FBD).	1 force	2 forces	1 major force	2 major forces	2 major forces
5. Equivalent Inertial Forces at Start of Impact.					

รูปที่ 1.2 วิธีทดสอบแรงกระแทกรูปแบบต่างๆ (Mohsenin, 1981)

สัมพันธ์ ไชยเทพ ร่วมกับ คติวัฒน์ กันธา (2547) ได้ประดิษฐ์เครื่องทดสอบแรงกระแทกแบบ Drop-Weight (Falling Mass) ดังรูปที่ 1.3 เพื่อประยุกต์ใช้กับเมล็ดข้าวและผลผลิตทางการเกษตรอื่นๆ โดยใช้โหลดเซลของ NMB ขนาด 100 kg เป็นอุปกรณ์วัดแรงกระแทกที่เกิดขึ้น ทดสอบกับเมล็ดข้าวเปลือกและข้าวสาร กข 1 ที่มีความชื้น 10.2% การทดลองจะสังเกตเห็นการลดลงของขนาดความสูงของกราฟ ที่เกิดการกระแทก และ เกิดการดูดซับแรงกระแทกของวัสดุทดสอบ โดยได้ผลว่าเมล็ดข้าวเปลือกสามารถดูดซับแรงกระแทกได้ดีกว่าเมล็ดข้าวสาร



รูปที่ 1.3 เครื่องกระแทกแบบ Drop-weight (คติวัฒน์ กันธา, 2547)

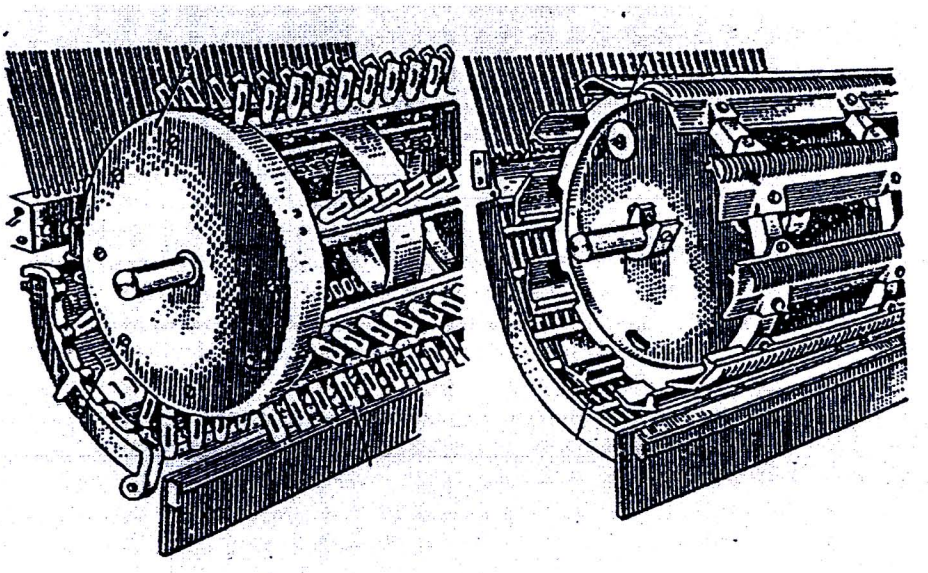
ตารางที่ 1.1 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ผู้ศึกษา	ปี	เครื่องมือทดสอบ	ธัญพืช	วิธีวิจัย	ผลการวิจัย
อนุวัตร ศรีนวล	2551	เครื่องกระแทกแบบตกกระทบ (Drop Weight)	ข้าวเปลือกข้าวพันธุ์ ขามเหนี่ยว และ ขาวดอกมะลิ 105 ข้าวเปลือกเหนียว กข 6 และสันป่าตอง ความชื้น 12-14%wb	- ปล่อยหัวกระแทกหนัก 380 กรัม ที่ความสูง 20 30 40 50 60 70 และ 80 มม. ตกกระแทกข้าว - วางนอน และ วางสันข้างข้าวเปลือกขึ้นรับแรงกระแทก	- ความแข็งของข้าวเปลือกจากมากมาน้อย คือ เหนียวสันป่าตอง เหนียว กข6 ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ ข้าวขามเหนี่ยว - การวางเมล็ดข้าวสันข้างตั้งขึ้นจะมีผลต่อความเสียหายมากกว่าวางเมล็ดข้าวในแนวนอน
อนุสร เวชสิทธิ์ (อ้างใน กรมวิชาการเกษตร: 2531-2541, p.99)	2541	เครื่องนวดข้าวและเครื่องนวดถั่วเหลือง	ถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.5 ความชื้น 22.0 15.3 และ 11.9%wb	เปรียบเทียบเครื่องนวดข้าวแบบซี่ กับเครื่องนวดถั่วเหลืองแบบแถบ ความเร็ว 10.7 12.7 14.7 และ 16.7 m/s	- ความแข็งแรง ถั่วเหลืองจากเครื่องนวดข้าวมีสูงกว่า - %แตกร้าว เครื่องนวดข้าวทำความบอบช้ำน้อยกว่า - ความงอก เมล็ดถั่วเหลืองจากเครื่องนวดข้าวโดยเฉลี่ยสูงกว่า
ณรงค์เดช สุคนธมาน และ ทวีลาภ เมฆาสุวรรณดำรง	2538	เครื่องกระแทกแบบจานหมุน	ถั่วเหลืองพันธุ์ เชียงใหม่ 60 ความชื้น 7.2 9.8 และ 13.3%wb	ดูดเมล็ดถั่วเหลืองด้วยชุดดูดสุญญากาศ และใช้แถบตีกระแทกที่ติดปลายจานหมุน เป็นระยะ หมุนตีเมล็ดถั่วเหลืองที่ความเร็ว 7.7 12.8 18 และ 23.1 m/s	ความชื้น Impact Strength 7.2%wb 118.5 MPa. 9.8%wb 84.5 MPa. 13.3%wb 50.1 MPa.

ตารางที่ 1.1 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ผู้ศึกษา	ปี	เครื่องมือทดสอบ	ธัญพืช	วิธีวิจัย	ผลการวิจัย
Bilanski (อ้างใน Reznicek,1988, p.363)	1988 (2531)	เครื่อง Instron Testing Machine (Table Model) Load cell 200 Newton	ถั่วเหลืองพันธุ์ Harosoy 63 ความชื้น 7, 17%wb	ศึกษาแรงกดจากเครื่อง Instron Testing Machine กับ Maximum Compressive strength	ความชื้น (wb) Max Compressive strength 7% 138.7 N/kernel 17% 22.3 N/kernel ความชื้น (wb) Modulus of elasticity 7% 2475 MPa 17% 290 MPa
Kustermann and Kutzbach (อ้างใน Reznicek,1988, p.527)	1988	* ไม่มีข้อมูล *	เมล็ดข้าวโพด ความชื้น 10 – 33%wb	- กระแทกด้วยความเร็ว 5 10 15 และ 20 m/s - กระแทกด้าน crown และ กระแทกด้านสันข้าง	- ระยะเวลากระแทกมากขึ้นเมื่อความชื้นมากขึ้น - กระแทกด้าน crown มีระดับความเสียหายน้อยสุดที่ 24% - กระแทกด้านสันข้าง เกือบไม่ให้ผลเสียหาย เมื่อความชื้นสูงกว่า 22%
Sosnowaki (อ้างใน Reznicek,1988, p.583)	1988	Ram Falling (Falling Mass in cylinder)	ถั่วเหลืองพันธุ์ Dunajka ความชื้น 9 – 18%wb	วัสดุรองรับแบบ steel-steel และ แบบ rubber-steel	- ถั่วเหลืองทนทานต่อการกระแทกที่ความชื้น 10 – 14% - ถั่วเหลืองทนต่อการเสียหายมากขึ้น 70 – 85% เมื่อใช้วัสดุรองรับ rubber-steel เทียบกับวัสดุ steel-steel - การรับแรงกระแทกสูงสุดของวัสดุรองรับ steel ได้ค่า 250-300 N rubber ได้ค่า 340-550 N

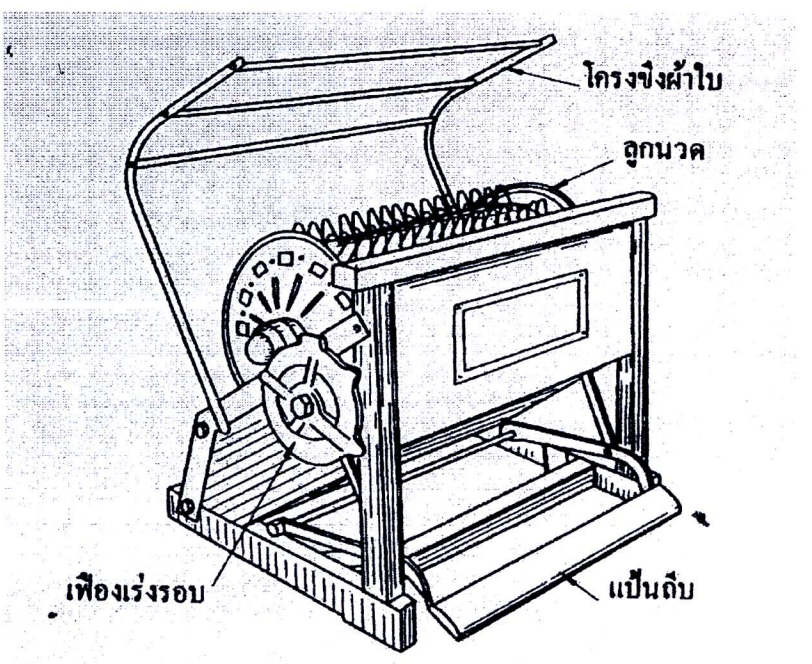
ในเครื่องนวดธัญพืชนั้น ลูกนวดมีอยู่ 2 ประเภทคือแบบติดฟันแหลม (Spike-tooth cylinders) กับลูกนวดแบบติดแถบนวด (Rasp-bar cylinders) ขนาดของลูกนวดมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 457 ถึง 559 มิลลิเมตร ความกว้างหรือส่วนยาวของลูกนวดมีตั้งแต่ 660 ถึง 1,397 มิลลิเมตร ลูกนวดแบบติดฟันแหลมจะมีตาข่ายเว้าติดฟันไว้ โดยที่ฟันของลูกนวดจะวางสลับเยื้องอยู่กึ่งกลางฟันของตาข่ายเว้า ทำให้เกิดการสางเมล็ดนอกเหนือจากการนวด โดยแรงกระทบที่เกิดจากความเร็วลูกนวด ความลึกของฟันที่ซ้อนกันของลูกนวดและฟันของตาข่ายสามารถปรับได้ จำนวนฟันหรือแท่งโลหะที่ตาข่ายเว้าจะขึ้นอยู่กับชนิดของพืชที่นำมานวดและสภาพการนวด ลูกนวดแบบติดฟันแหลมนี้จะช่วยการลำเลียงได้ดีกว่าลูกนวดแบบติดแถบนวด และเกิดการอุดตันน้อยครั้งกว่า ลูกนวดแบบติดแถบนวดจะมีตาข่ายเว้าติดแถบขวางลักษณะสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Rectangular bar) ยาวขนานตามแกนของลูกนวด ระยะช่องว่างระหว่างแถบขวางของตาข่ายแถบลูกนวดจะปรับได้ตามต้องการ ตัวอย่างความเร็วของลูกนวดและระยะห่างของลูกนวดแบบติดแถบสำหรับถั่วเหลืองใช้ความเร็ววงรอบลูกนวดแบบเชิงเส้น 15.3 – 20.4 เมตรต่อวินาที ระยะห่างสำหรับลูกนวดคือ 9.52 – 19.05 มิลลิเมตร (สมชาย ปกรโณดม, 2522) ดังรูปที่ 1.4



รูปที่ 1.4 ลูกนวดแบบติดฟันแหลม (ซ้าย) และ แบบติดแถบนวด (ขวา)
(สมชาย ปกรโณดม, 2522)

เครื่องนวดแบบนวดคอรวง ฟันนวดทำจากลวดสานเป็นตัววี ตรึงติดกับลูกนวดด้วยน็อต ระยะห่างทางขวาง 2-3 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกนวดประมาณ 36 – 46 เซนติเมตร ความยาว 45 – 60 เซนติเมตร ความเร็ว 10 – 13 เมตรต่อวินาที (ความเร็ว 500 -550 รอบต่อนาทีที่

เส้นผ่าศูนย์กลาง 42 เซนติเมตร) โดยใช้เครื่องยนต์ขนาด 2 แรงม้า นวดข้าวเปลือก 400 กิโลกรัมต่อชั่วโมงต่อ 1 แรงม้า น้ำหนักรวมของเครื่อง 100 กิโลกรัม เมื่อนำเครื่องนวดข้าวมาใช้นวดถั่วเหลือง ความเร็วรอบจะถูกลดลงร้อยละ 25 เหลือความเร็ว 9 – 10 เมตรต่อวินาที เครื่องนวดแบบใช้เท้าถีบออกแบบให้หมุนได้ 400 รอบต่อนาที ให้ความเร็วเชิงเส้น 8 เมตรต่อวินาที ของลูกนวดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 38 เซนติเมตร ความยาวลูกนวดสำหรับทำงานคนเดียวจะยาว 45 เซนติเมตร มีน้ำหนักไม่ถึง 50 กิโลกรัม (จักร จักกะพาก และ ยาซุมะสะ โคบะ, 2528) ดังรูปที่ 1.5



รูปที่ 1.5 เครื่องนวดแบบใช้เท้าถีบ (จักร จักกะพาก และ ยาซุมะสะ โคบะ, 2528)