เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2541. *สรุปรายงานผลงานวิจัยถั่วเหลืองปี 2531-2541*, กรุงเทพฯ

กรมวิชาการเกษตร. 2545ก. *เกษตรดีที่เหมาะสม ลำดับที่ 15 สำหรับถั่วเหลืองฝักสด*, โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย กรุงเทพฯ

กรมวิชาการเกษตร. 2545ข. *เกษตรดีที่เหมาะสม ลำดับที่ 16 สำหรับถั่วเหลือง*, โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย กรุงเทพฯ

คติวัฒน์ กันธา. 2547. *เครื่องทดสอบแรงกระแทกเมล็ดข้าวเปลือก*, โครงการหลักสูตรปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

จักร จักกะพาก และ ยาซุมะสะ โคบะ. 2528. *เครื่องจักรกลเกษตร*, กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว กรุงเทพฯ

จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2521. *บทปฏิบัติการวิชาเทคโนโลยีของเมล็ดพันธุ์พืชไร่*, ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2529. *การตรวจสอบและวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดพันธุ์*, กลุ่มหนังสือเกษตร กรุงเทพฯ

ชยพร แอคะรัจน์. 2546. *วิทยาการเมล็ดพันธุ์*, เทพพิทักษ์การพิมพ์ กรุงเทพฯ

ณรงค์เดช สุคนธมาน และ ทวีลาภ เมฆาสุวรรณดำรง. 2538. *การศึกษาผลจากแรงกระแทกที่มีต่อเมล็ดถั่วเหลืองด้วยเครื่องแบบจานหมุน*, โครงการหลักสูตรปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

บุรฉัตร ฉัตรวีระ. 2545. *กลศาสตร์ของวัสดุ เล่ม 2*, เพียร์สันเอ็ดดูเคชั่น กรุงเทพฯ

ปิยะเทพ วิริยะเขตต์. 2541. *สเตรนเกจเซนเซอร์อุตสาหกรรม*, เทคนิคเครื่องกลอุตสาหกรรม ฉบับที่ 157 มีนาคม หน้า 57-64 กรุงเทพฯ

ปิยะพงษ์ สิทธิคง. 2546. *ฟิสิกส์*, สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซนเตอร์ กรุงเทพฯ

ทรงเชาว์ อินสมพันธ์. 2545. *เอกสารคำสอน วิชา พืชไร่สำคัญของประเทศไทย*, ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ภัทรสินี ภัทรโกศล. 2550. *สถิติเพื่อการวิจัยทางวิทยาศาสตร์*, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ

สมชาย ปกรโณดม. 2522. *เครื่องจักรกลเกษตร:หลักการเบื้องต้น*, โรงพิมพ์รุ่งเกียรติ ขอนแก่น

สมนึก บุญพาไสว. 2545. *การวัดและเครื่องมือวัด*, สำนักพิมพ์ท็อป กรุงเทพฯ

สุรเวทย์ กฤษณะเศรณี. 2540. *เครื่องจักรกลเกษตรสำหรับถั่วเหลือง*, โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์แห่งประเทศไทย กรุงเทพฯ

ศุภชัย แก้วมีชัย. 2537. *การปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองของประเทศไทย*, ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่, กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

อาร์ เค แพนดี้ (วิชัย ปทุมชาติพัฒน์ แปล). 2532. *ความรู้เกี่ยวกับการปลูกถั่วเหลืองในนาข้าว*, สำนักพิมพ์ดวงกมล กรุงเทพฯ

อัจฉรา อุทโยภาศ, ศรีสมร พิทักษ์, ดร. ศรีสุข พูนผลกุล. 2547. *ถั่วเหลือง หนึ่งในพืชเทพเจ้า*, เพิ่มทรัพย์การพิมพ์ กรุงเทพฯ

อนุวัตร ศรีน่วล. 2551. *ผลของแรงกระแทกที่มีผลต่อความเสียหายของเมล็ดข้าวเปลือก*, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

อภิพรรณ พุกภักดี. 2546. *ถั่วเหลือง : พืชทองของไทย*, ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ

Bala B. K. 1997. *Drying and Storage of Cereal Grains*, Science Publishers, Inc., New Hampshire, USA.

Brooker Donald B., Bakker-Arkema Fred W. and Hall Carl W. 1982. *Drying cereal Grains*, AVI Publishing Company, Inc., Connecticut, USA.

Doebelin E.O. 1990. *Measurement systems application and design*, 4th ed., McGraw Hill, New York, USA.

Golob Peter, Farrell Graham and Orchard John E. 2002. *Crop Post-Harvest: Science and Technology Volume 1*, Blackwell Science Ltd., Maiden, MA, USA.

Hall Carl W. 1980. *Drying and Storage of Agricultural Crops*, Eastern Graphics, Inc., Old Saybrook, Connecticut, USA.

Juvinall Robert C. and Marshek Kurt M. 1991. *Fundamental of Machine Component Design*, 3rd Edition, John Wiley and Sons, New York, USA.

Markley Klare S. 1950. *Soybeans and Soybean Products*, Interscience Publishers, Inc., New York, USA.

Mohsenin Nuri N. 1981. *Physical Properties of Plant and Animal Materials,* Gordon and Berach Science Publishers, New York, United States of America.

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

Pabis Stanislaw, Jayas Digvir S. and Cenkowski Stefan. 1998. *Grain Drying Theory and Practice*, John Wiley & Sons, Inc., New York, United States of America.

Reznicek Rados. 1988. *Physical Properties of Agricultural Materials and Product*, Hemisphere Publishing Corporation, New York, United State of America.

Sauer D. B. 1992. *Storage of cereal grains and their products*, 4th edition, American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, Minnesota, USA.

Wilcox J. R. 1987. *Soybeans: Improvement, Production and Uses,* Second Edition, Madison, Wisconsin, USA.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2552. *"พยากรณ์การผลิตถั่วเหลือง ปี 2552"* [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา http://www2.oae.go.th/mis/forecast (31 สิงหาคม 2552)

สมาคมส่งเสริมผู้ใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์. 2552. *"สถานการณ์เมล็ดถั่วเหลืองโลก"* [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา http://www.feedusers.com (31 สิงหาคม 2552)

วัดผลจุดคอม. 2554. *"ตารางแจกแจง F"* [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา http://www.watpon.com (1 มีนาคม 2554)

Baize John. 2009. *"Overview of the Global Oilseed Markets"* [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา http://www.cottonseed.com (Sep 3, 2009)

The Engineering Toolbox. 2011. *"The equivalent diameter"* [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา http://www.engineeringtoolbox.com (Feb 24, 2011)

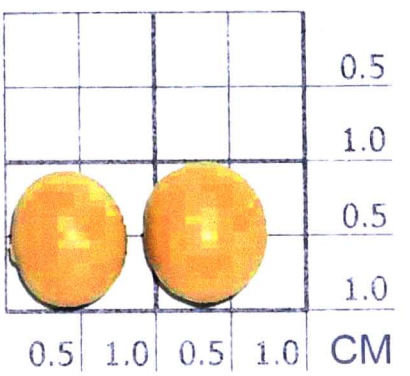
Pico Technology. 2010. *"PicoScope 3000"* [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา http://www.picotech.com/picoscope3000.html (Sep 1, 2010)

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

พันธุ์ถั่วเหลือง

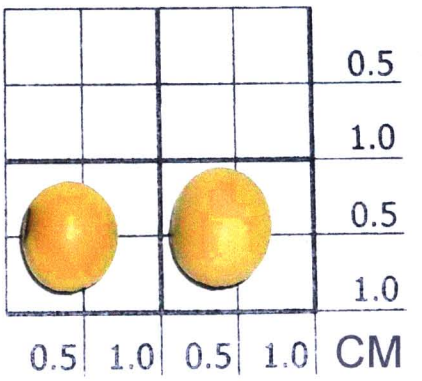
พันธุ์ เชียงใหม่ 1



ชื่อพันธุ์	เชียงใหม่ 1
ชนิด	บริโภคฝักสด
ลักษณะประจำพันธุ์	ดอกสีม่วง ขนสีขาว ฝักสดมีสีเขียวเข้ม
	อายุถึงวันออกดอก 30-40 วัน เก็บเกี่ยวฝักสด 75-78 วัน
ผลผลิต	ผลผลิตฝักสดเฉลี่ย 950 กิโลกรัม/ไร่
ข้อควรระวัง	ไม่ต้านทานต่อโรคราน้ำค้าง
พื้นที่แนะนำ	ปลูกได้ทุกภาคของประเทศ

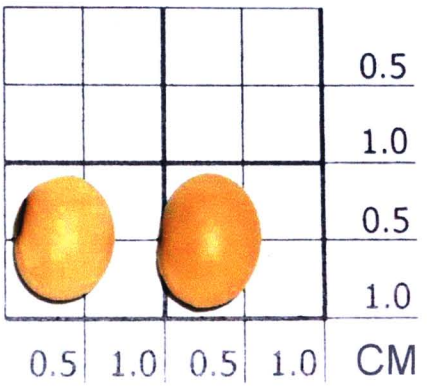
(กรมวิชาการเกษตร, 2545ก)

พันธุ์ เชียงใหม่ 60



ชื่อพันธุ์	เชียงใหม่ 60
ชนิด	พันธุ์อายุปานกลาง (อัจฉรา อุทโยภาส และ คณะ, 2547)
ประวัติพันธุ์	ผสมข้ามพันธุ์ระหว่าง พันธุ์ Williams กับ พันธุ์ สจ.4 (ทรงเชาว์ อินสมพันธ์, 2545)
การรับรองพันธุ์	ปี พ.ศ. 2530
ลักษณะประจำพันธุ์	ความสูงประมาณ 62 เซนติเมตร
	ดอกสีขาว สีโคนต้นอ่อน เขียวอ่อน
	อายุถึงเก็บเกี่ยว ฤดูฝน 87 วัน ฤดูแล้ง 109 วัน
	น้ำหนัก/100 เมล็ด 15-17 กรัม (อัจฉรา อุทโยภาส และ คณะ, 2547)
	มีน้ำมัน 20 % โปรตีน 44 % (กรมวิชาการเกษตร, 2545ข)
	ทนทานต่อโรคราสนิม
	ต้านทานปานกลางต่อโรคใบจุดนูน และราน้ำค้าง
ผลผลิต	288 กิโลกรัม/ไร่
ข้อควรระวัง	คุณภาพเมล็ดพันธุ์ต่ำ
	อ่อนแอต่อโรคแอนแทรคโนส (อัจฉรา อุทโยภาส และ คณะ, 2547)
พื้นที่แนะนำ	เหมาะสำหรับปลูกทุกภาคของประเทศ (กรมวิชาการเกษตร, 2545ข)

พันธุ์ สจ.5



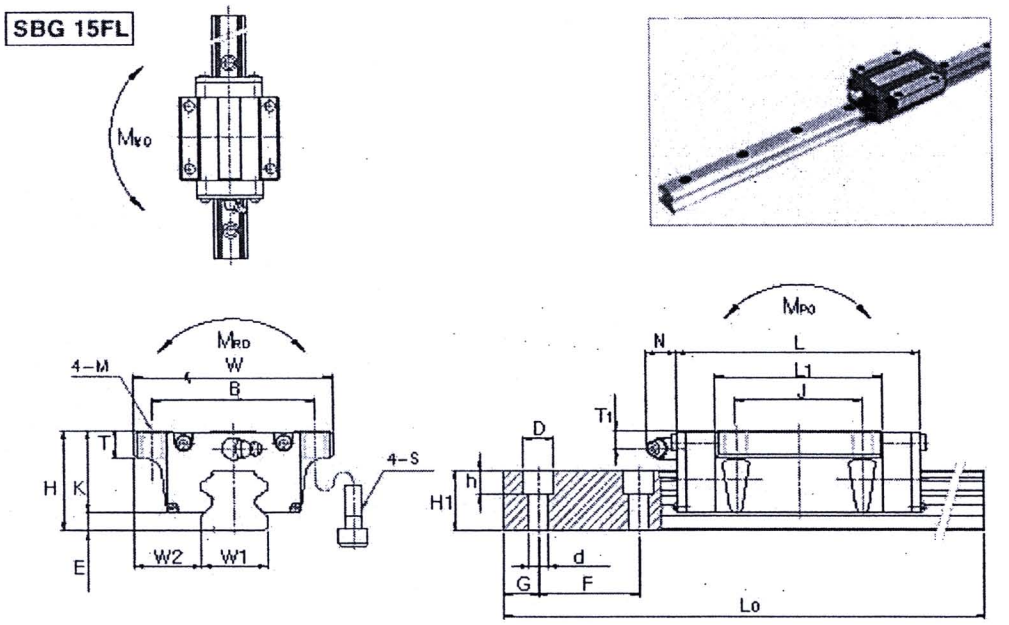
ชื่อพันธุ์	สจ.5
ชนิด	พันธุ์อายุปานกลาง
ประวัติพันธุ์	ผสมข้ามพันธุ์ระหว่าง พันธุ์ 64-104 (Tainung 4) กับ พันธุ์ สจ.2
การรับรองพันธุ์	ปี พ.ศ. 2523
ลักษณะประจำพันธุ์	ความสูงประมาณ 58 เซนติเมตร
	ดอกสีม่วง สีโคนต้นอ่อน ม่วง
	อายุถึงเก็บเกี่ยว ฤดูฝน 92 วัน ฤดูแล้ง 112 วัน
	น้ำหนัก/100 เมล็ด 13-15 กรัม (อัจฉรา อุทโยภาส และ คณะ, 2547)
	มีน้ำมัน 18 % โปรตีน 42 % (กรมวิชาการเกษตร, 2545ข)
	ความงอกค่อนข้างสูง
	ทนทานต่อโรคราสนิม
	ทนต่อดินที่สภาพความชื้นสูงกว่า พันธุ์เชียงใหม่ 60
ผลผลิต	274, 297 กิโลกรัม/ไร่ (อัจฉรา อุทโยภาส และ คณะ, 2547)
ข้อควรระวัง	อ่อนแอต่อโรคใบจุดนูนอย่างรุนแรง (อภิพรรณ พุกภักดี, 2546)
พื้นที่แนะนำ	เหมาะสำหรับปลูกในภาคเหนือตอนบนและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (อัจฉรา อุทโยภาส และ คณะ, 2547)

ภาคผนวก ข

ตลับลูกปืนหัวกระแทก และรางเลื่อน
โหลดเซลล์
อุปกรณ์ขยายสัญญาณ
ดิจิตอลออสซิลโลสโคป

ตลับลูกปืนหัวกระแทก และรางเลื่อน

SBG 15 FL



Specifications : (Dimension : mm)

Rail Size		
	Width, W1	15
	Height, H1	15
	Length, L	600
	Pitch, F	60
	Bolt Hole (d x D x h)	4.5 x 7.5 5.3
	G	20
Load Capacity		
	Dynamic, C (kgf)	850
	Stationary, C_O (kgf)	1370
	Stationary Moment (kgf.m)	
	- M_{RO}	7
	- M_{PO}	5
	- $M_{\gamma O}$	5

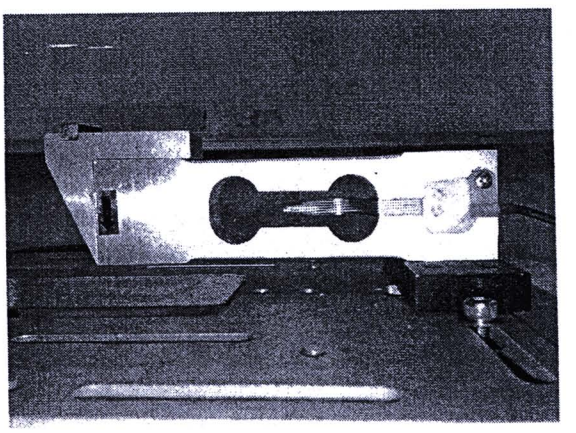
Weight		
	Bearing (kgf)	0.18
	Rail (kgf)	1.45
Mounting Dimension		
	Height, H	24
	E	2.65
	W2	16
	Width, W	47

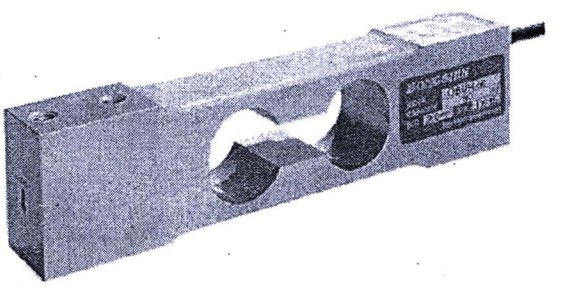
Block Dimensions		
	Length, L	58.8
	Mounting Tab Hole	
	- B x J	38 x 30
	- M	M5
	- S	M4
	L1	38.8
	K	21.35
	T	7.2
	Nipple	
	- Mounting Hole	Ø3.5
	- T1	4
	- N	5

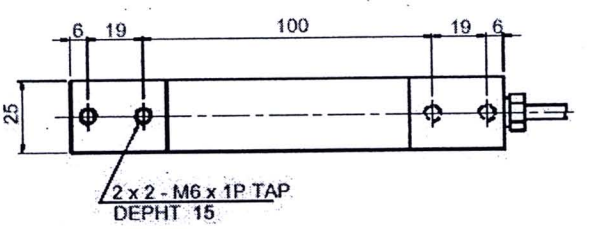
(คติวัฒน์ กันธา, 2547)

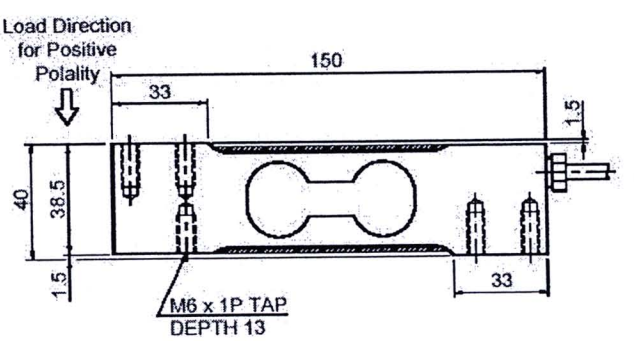
โหลดเซลล์

Bongshin OBUH Series









Dimension : mm

(คติวัฒน์ กันธา, 2547)

Specifications :

Rated capacity (R.C.)	100 kg
Rated output (R.O.)	2 mV/V ± 10%
Non-linearity	≤ 0.02% R.O.
Hysteresis	≤ 0.02% R.O.
Non-repeatability	≤ 0.02% R.O.
Creep error	≤ 0.03% in 20 min.
Zero balance	≤ 5% R.O.
Compensated temperature range	-10 ~ 70^{0}C
Operating temperature range	-20~80^{0}C
Temp. effect on rated output	≤ 0.012% Load / 10^{0}C
Temp. effect on zero balance	≤ 0.04% R.C. /10^{0}C
Terminal input resistance	420 Ohms ± 20 Ohms
Terminal output resistance	350 Ohms ± 5 Ohms
Insulation resistance (Min.)	2000 MOhms at 50 VDC
Excitation voltage	10 V (Recommended) / 15 V (Maximum)
Electrial connection	ϕ 5 mm x 1.5 m (22 AWG x 4 Core Shielded)
Protection class	Meets IP 65
Safe overload	150% R.C.
Ultimate overload	300% R.C.

Wiring information

Red : EXC. (+) White : EXC. (-)

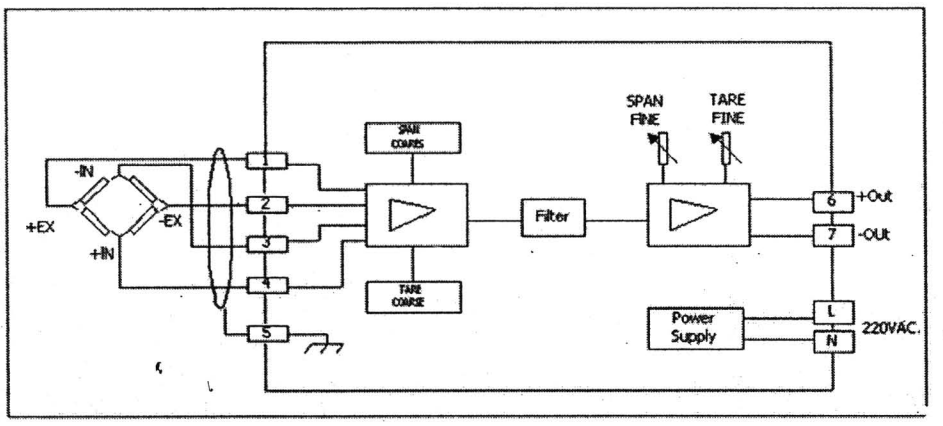
Green : SIG. (+) Blue : SIG. (-)

Bare : GND

(คติวัฒน์ กันธา, 2547)

อุปกรณ์ขยายสัญญาณ

Weight Transmitter (WT95)



Specifications :

Input	Load cell or Strain Gauge with sensitivity 0.4 – 3 mV/V
Exciting voltage	12 VDC
Output	4-20 mA, 0-10V, 1-5 V.
Linearity	<0.1% of span
Span coarse	adjustable 0.4 to 3 m V/V by means of 6 DIP switches
Span fine	adjustable + 5% by means of multitran potentiometer
Tare coarse	Selectable positive or negative, 0-500% by means of 6 DIP switches
Tare fine	adjustable + 5% by means of multitran potentiometer
Filter	Selectable rise time 0.6 sec., 1.2 sec.,2sec.
Power supply	110 VAC., 220 VAC
Ambient temperature	0 – 50 °C
Mounting	Wall mount
Protection	IP 65
Dimension	W 200 x H150 x D 80 mm.
Ordering information	Specify output, power supply
Example	WT 95 / 4-20 mA / 220 VAC.

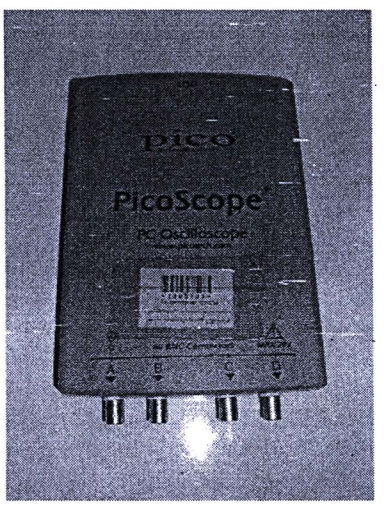
(คติวัฒน์ กันธา, 2547)

ดิจิตอลออสซิลโลสโคป

Pico Scope 3000 Series PC Oscilloscopes

The Pico Scope 3000 Series is the fourth generation of PC Oscilloscopes from Pico Technology. They offer unrivalled performance and are cost-effective replacements for traditional bench top oscilloscopes.

The Pico Scopes in the 3000 series feature a choice of high bandwidths and sampling rates or high precision previously unavailable with PC Oscilloscopes. Using the latest advances in electronics, the oscilloscopes connect to the USB port of any modern PC, making full use of the PC's processing capabilities, large screen and familiar graphical user interface. Ideal for use in either the lab or in the field, the Pico Scope 3000 PC Oscilloscope series is the perfect choice for users who demand high performance and portability in an easy-to-use, low-cost package



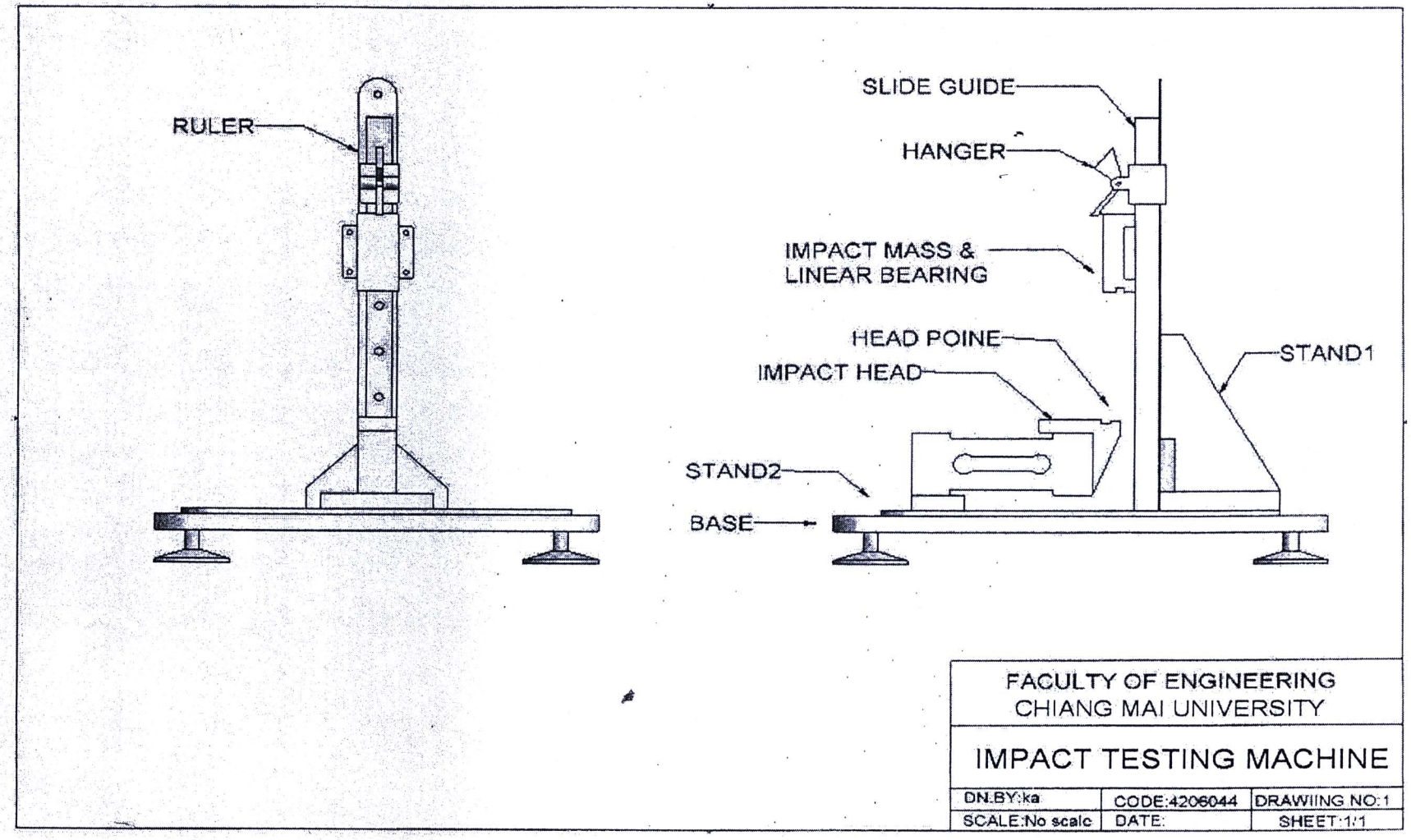
Specifications :

- Two or four channels
- 20 MS/s to 10 GS/s sampling rates
- 10 MHz to 200 MHz bandwidths
- 8-bit and 12-bit resolutions
- 256K to 1M sample buffer memories
- High-speed USB 2.0 interface
- Powered by USB port
- Advanced display & trigger modes
- Supplied with Pico Scope and Pico Log software

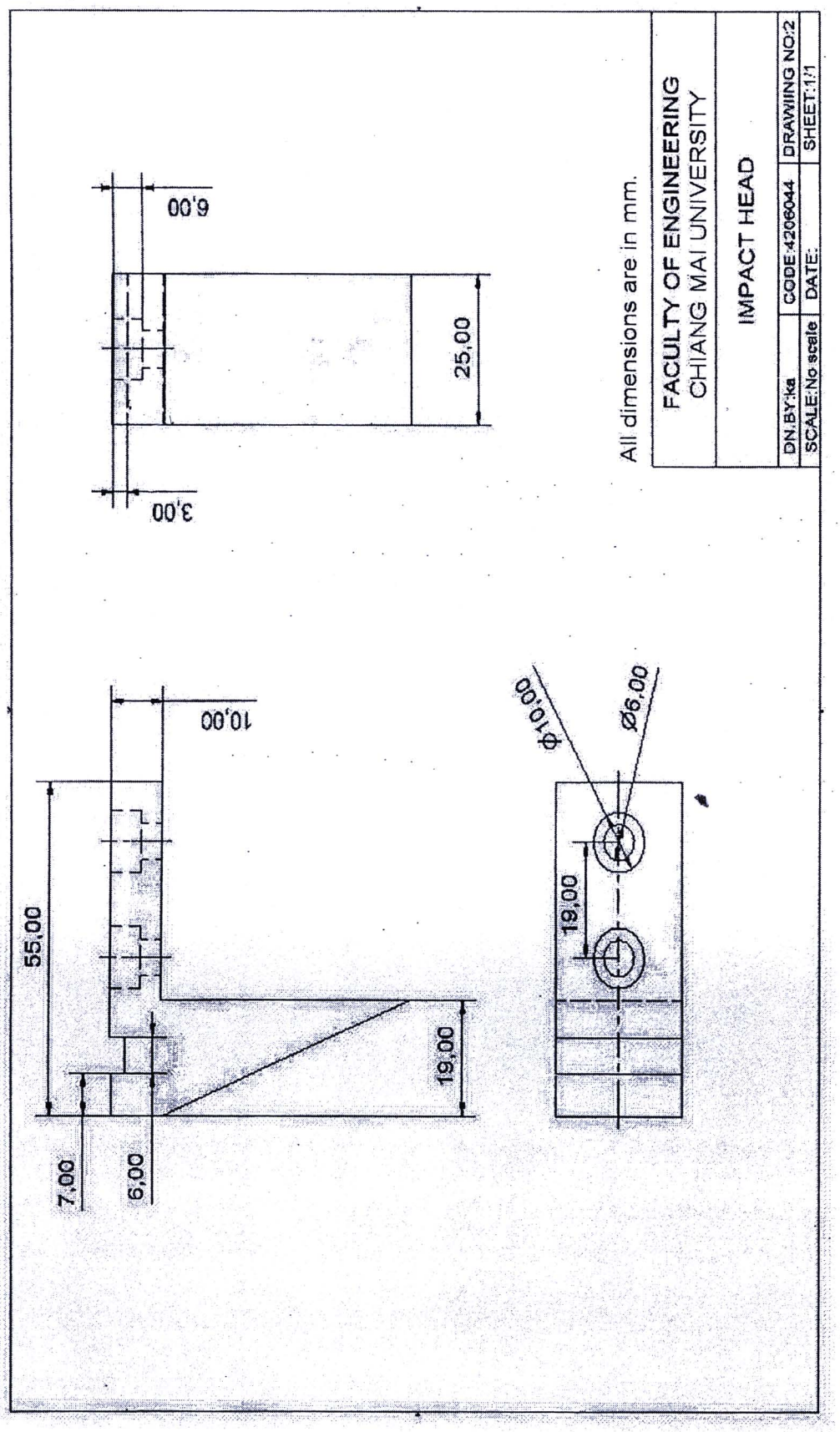
(Pico Technology, 2010)

ภาคผนวก ค

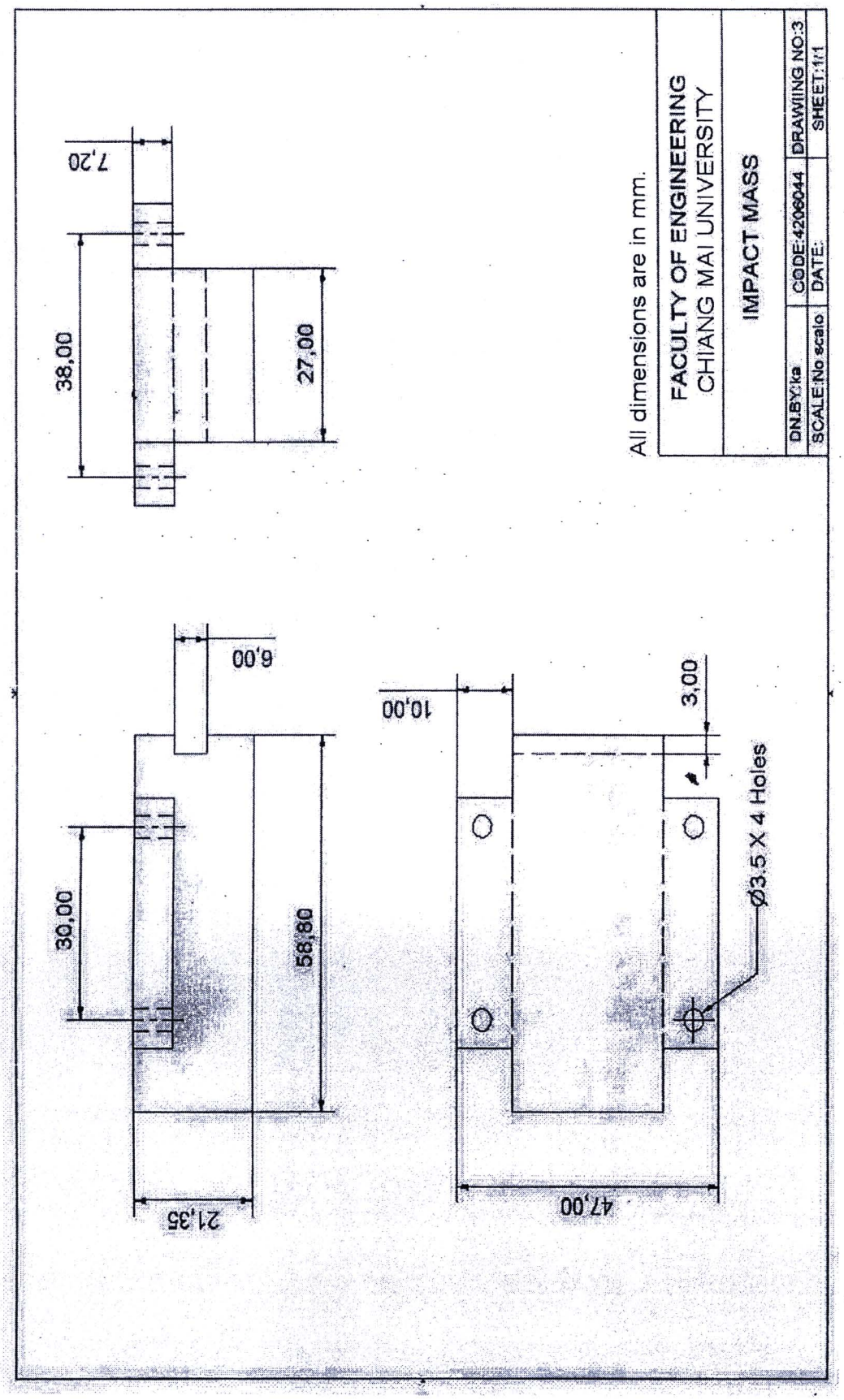
แบบเครื่องกระแทก



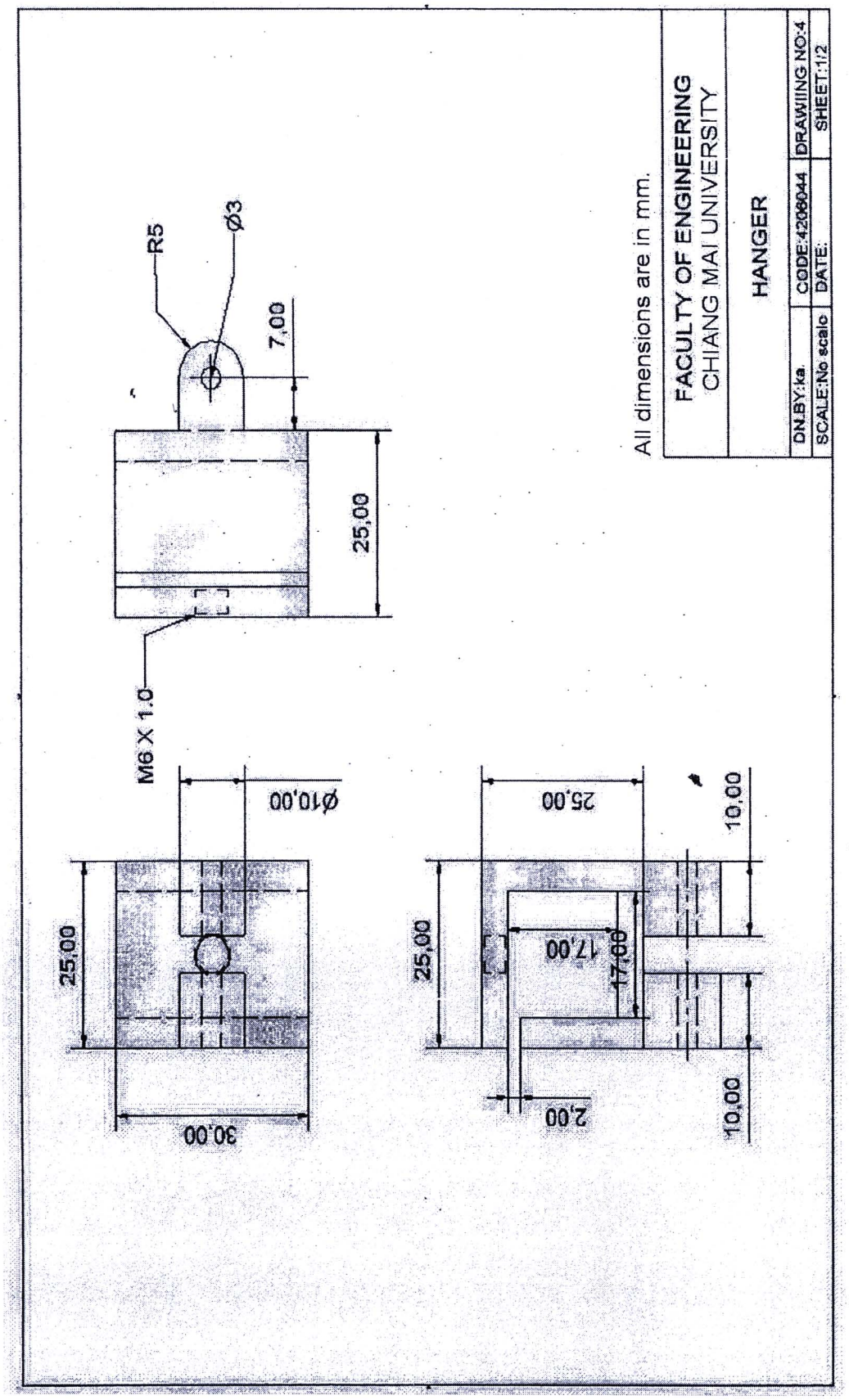
(คติวัฒน์ กันธา, 2547)



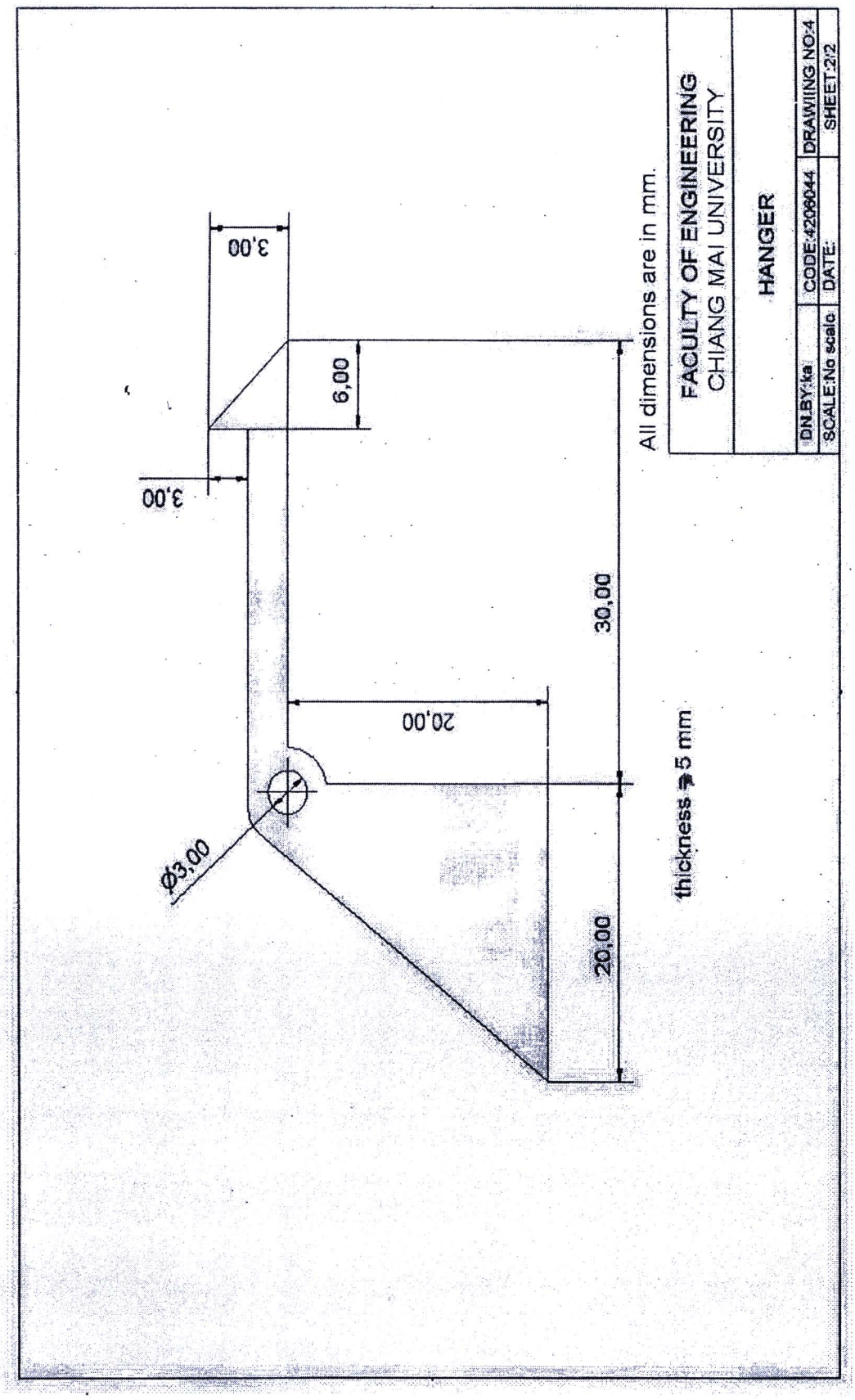
(ศิวัฒน์ ก้นธา, 2547)



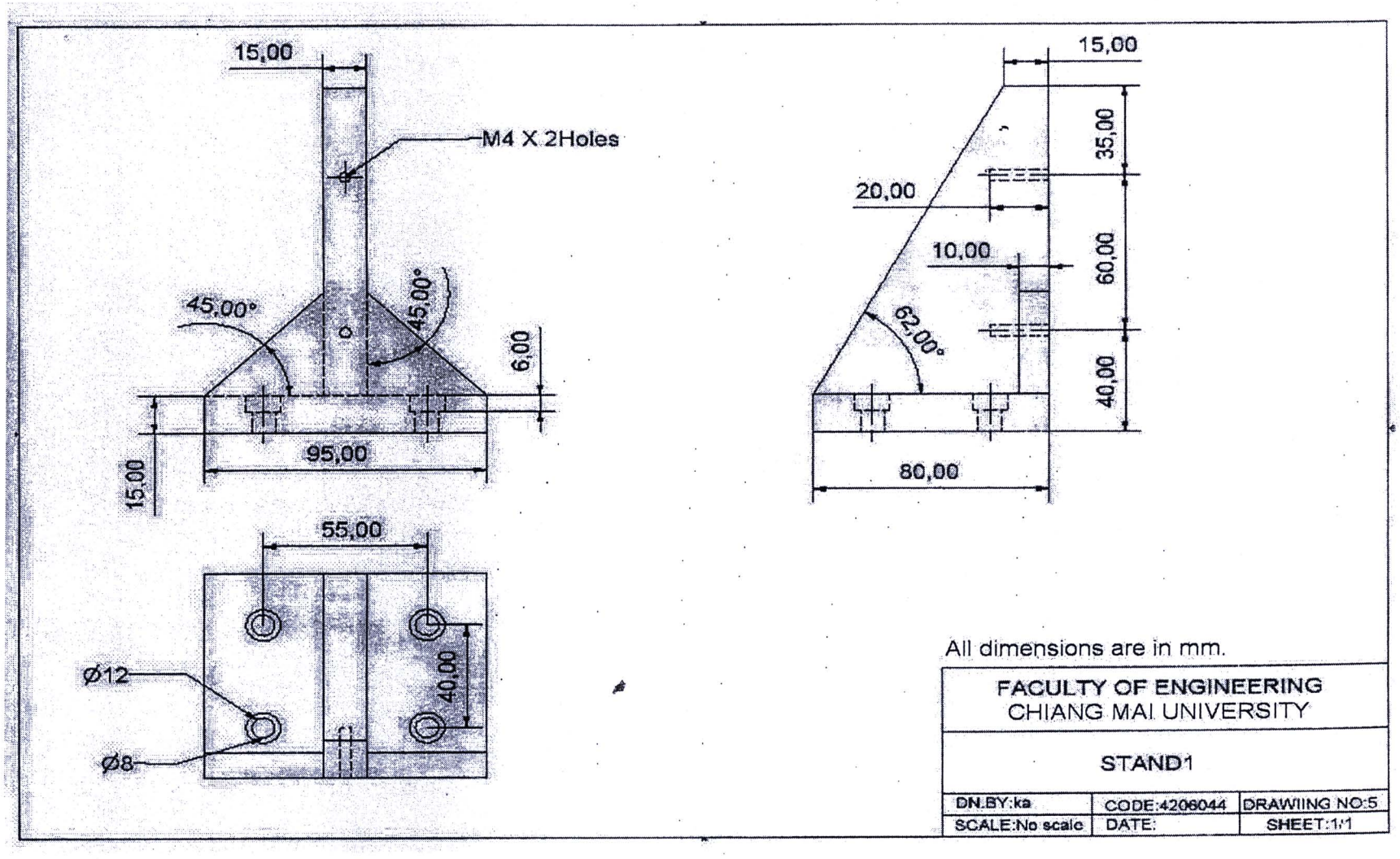
(คณิวัฒน์ ก้นธา, 2547)



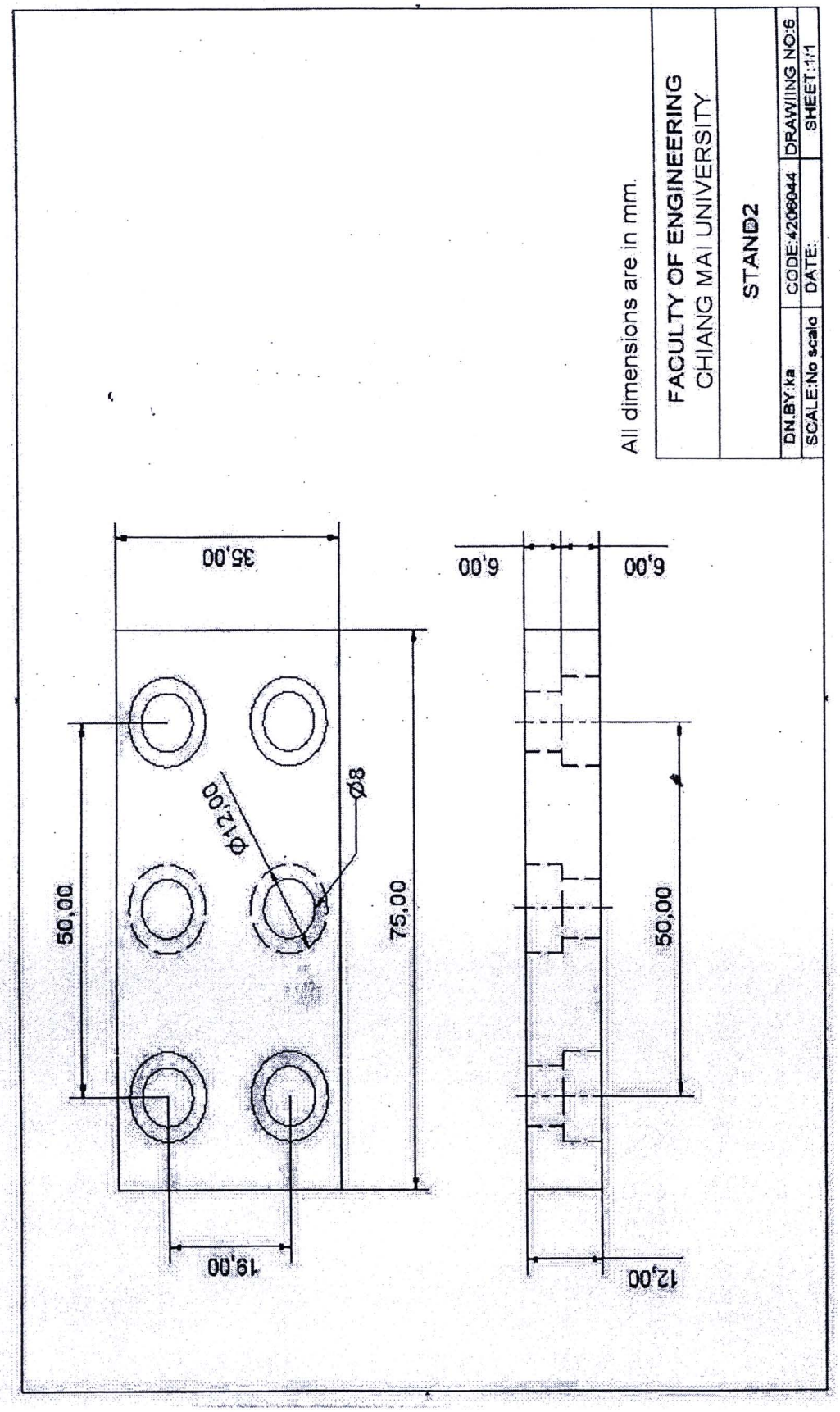
(คติวัฒน์ กันธา, 2547)



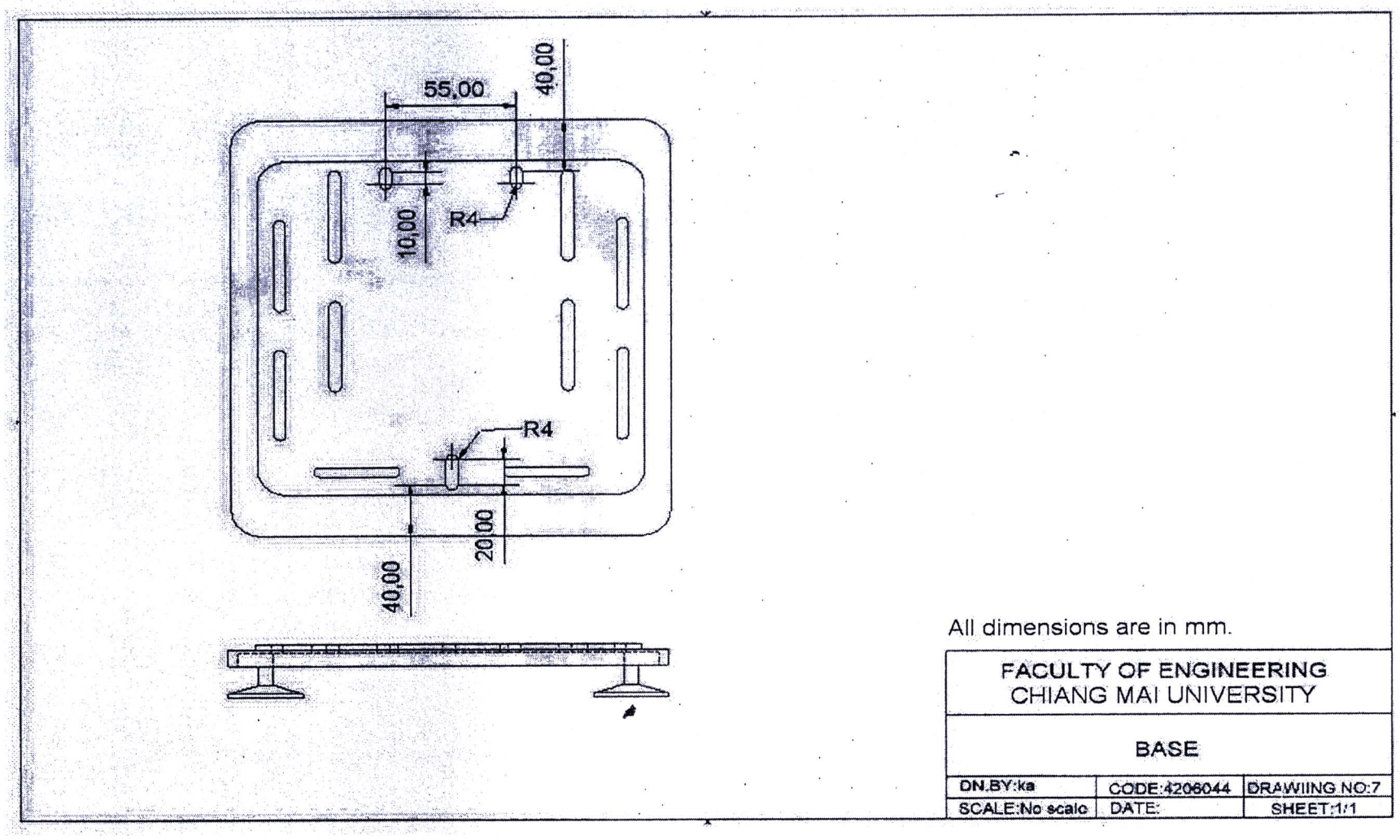
(คติวัฒน์ ก้นธา, 2547)



(คติวัฒน์ กันธา, 2547)



(คติวัฒน์ ก้นธา, 2547)



(คติวัฒน์ กันธา, 2547)

ภาคผนวก ง

ตารางผลระดับความเสียหายของถั่วเหลือง 162 รูปแบบ

ตารางผลระดับความเสียหายของถั่วเหลือง

การทดลองครั้งที่ (ระดับความเสียหาย 1 – 5)

Set	Variety	%wb	Orientation	mm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	avg
1	CM1	10	Horizontal	50	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0.70
2				100	1	2	1	1	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	2	2	1	1	2	1	1.60
3				150	1	1	2	2	2	2	2	5	2	2	2	4	2	1	1	1	1	2	1	4	2.00
4				200	2	3	2	4	2	3	2	3	2	3	4	2	2	5	2	2	5	2	2	5	2.85
5				250	3	2	2	3	2	2	2	3	3	5	2	5	4	4	3	3	2	4	3	3	3.00
6				300	3	5	5	4	3	3	2	2	3	2	2	3	3	4	3	3	4	2	5	3	3.20
7			Hilum up	50	3	3	1	1	4	3	2	3	1	3	1	1	1	3	1	1	1	1	3	2	1.95
8				100	4	2	1	4	2	3	3	1	2	1	4	3	3	4	3	2	2	1	3	1	2.45
9				150	2	3	4	1	3	4	4	3	3	2	2	4	4	4	2	3	3	4	4	2	3.05
10				200	4	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4	3.80
11				250	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	5	3.90
12				300	5	5	5	5	2	5	5	5	5	3	5	5	4	5	4	5	5	5	5	5	4.65
13			Vertical	50	1	1	3	2	3	2	3	2	1	3	3	1	1	1	1	4	3	2	3	1	2.05
14				100	2	2	1	3	2	3	3	3	2	2	4	2	2	2	1	1	3	3	4	2	2.35
15				150	4	3	3	5	3	2	3	4	3	4	3	2	3	3	2	4	3	3	4	3	3.20
16				200	2	4	4	3	3	4	3	3	3	4	3	2	3	2	2	2	2	4	3	4	3.00
17				250	3	3	4	4	3	3	3	3	3	4	4	4	3	4	3	3	3	4	3	4	3.40
18				300	4	3	4	3	4	4	4	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	3.75

ตารางผลระดับความเสียหายของถั่วเหลือง (ต่อ)

การทดลองครั้งที่ (ระดับความเสียหาย 1 – 5)

Set	Variety	%wb	Orientation	mm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	avg
19	CM60	10	Horizontal	50	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.25
20				100	0	1	2	1	1	2	1	1	0	0	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00
21				150	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2.05
22				200	3	2	2	3	2	3	2	2	3	2	2	2	2	3	3	2	3	2	3	3	2.45
23				250	3	3	3	3	2	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	2	2	2.70
24				300	3	3	3	2	3	3	2	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3	2.80
25			Hilum up	50	1	2	2	1	3	3	3	1	1	1	3	1	1	3	3	1	1	3	1	3	1.90
26				100	2	3	1	4	2	2	1	3	3	1	3	1	1	3	3	3	3	3	3	3	2.40
27				150	3	3	3	3	3	3	3	4	3	2	4	3	3	1	3	3	1	1	3	3	2.75
28				200	3	1	1	3	4	4	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	4	3	4	4	3.10
29				250	3	4	4	4	3	3	3	3	3	4	3	4	3	4	4	3	4	4	3	3	3.45
30				300	4	4	4	4	4	4	4	3	4	3	4	4	3	4	4	4	3	4	3	4	3.75
31			Vertical	50	1	3	2	1	2	3	1	1	1	1	2	1	2	1	1	3	3	1	1	1	1.60
32				100	3	3	3	2	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2.85
33				150	3	3	3	4	3	4	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3	1	4	3	3	3.15
34				200	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	5	3	3	3	3	3.20
35				250	4	4	4	4	4	3	4	3	4	3	3	3	3	3	4	4	3	4	3	3	3.50
36				300	3	4	3	4	4	3	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4	4	4	3	4	3.70

ตารางผลระดับความเสียหายของถั่วเหลือง (ต่อ)

การทดลองครั้งที่ (ระดับความเสียหาย 1 – 5)

Set	Variety	%wb	Orientation	mm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	avg
37	SJ5	10	Horizontal	50	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0.30
38				100	1	0	0	3	0	1	0	3	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0.65
39				150	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1.25
40				200	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	1.95
41				250	2	3	2	2	3	2	2	2	2	3	2	2	2	2	3	2	2	3	3	2	2.30
42				300	2	3	3	3	2	2	3	3	2	2	3	2	3	3	2	3	3	3	3	2	2.60
43			Hilum up	50	0	0	0	3	3	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	3	3	3	2	0	1.35
44				100	0	1	3	3	3	3	1	2	1	3	1	3	2	3	3	1	0	4	3	3	2.15
45				150	3	1	1	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	1	4	3	3	1	2.70
46				200	3	4	4	4	3	3	3	3	4	1	3	3	4	4	4	4	3	3	4	1	3.25
47				250	2	4	3	3	4	2	3	4	4	2	4	3	3	4	4	3	3	4	3	4	3.30
48				300	4	3	4	4	3	3	3	3	4	4	3	4	3	3	3	3	4	4	4	3	3.45
49			Vertical	50	0	1	0	1	0	2	1	1	1	1	2	1	1	3	1	1	1	1	1	2	1.10
50				100	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	1	3	3	3	4	2.80
51				150	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	2	3	2	3	4	2.75
52				200	4	4	3	3	3	3	4	4	3	4	2	3	4	3	3	3	2	3	3	5	3.30
53				250	2	4	3	3	4	2	3	4	3	4	3	3	3	3	4	3	4	4	3	4	3.30
54				300	5	3	5	5	3	4	3	4	4	3	3	4	4	4	4	3	4	4	5	3	3.85

ตารางผลระดับความเสียหายของถั่วเหลือง (ต่อ)

การทดลองครั้งที่ (ระดับความเสียหาย 1 – 5)

Set	Variety	%wb	Orientation	mm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	avg
55	CM1	14	Horizontal	50	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0.30
56				100	1	1	2	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.15
57				150	2	2	2	2	1	1	1	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1.65
58				200	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	1.95
59				250	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2.10
60				300	2	2	2	2	2	2	4	3	2	2	2	2	3	3	2	3	3	2	2	3	2.40
61			Hilum up	50	0	0	1	1	0	1	1	2	0	1	0	1	2	1	1	0	1	1	2	0	0.80
62				100	2	1	2	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1.80
63				150	2	2	3	1	1	2	3	2	2	2	1	3	2	2	3	2	2	3	2	3	2.15
64				200	3	3	3	2	1	3	3	2	3	2	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	2.65
65				250	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	2	3	3	3	2.85
66				300	4	3	3	4	3	3	3	4	4	3	4	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3.30
67			Vertical	50	2	1	1	0	0	1	0	1	2	2	1	0	1	0	1	2	1	1	1	2	1.00
68				100	2	1	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	1.75
69				150	3	3	2	3	3	3	3	3	2	3	2	3	3	1	3	2	3	2	2	3	2.60
70				200	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	2	1	3	3	3	3	3	3	2.80
71				250	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2.95
72				300	4	4	3	3	4	3	3	4	4	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3.30

ตารางผลระดับความเสียหายของถั่วเหลือง (ต่อ)

การทดลองครั้งที่ (ระดับความเสียหาย 1 – 5)

Set	Variety	%wb	Orientation	mm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	avg
73	CM60	14	Horizontal	50	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0.35
74				100	0	0	0	1	1	1	1	2	1	1	1	1	0	1	0	1	1	2	2	2	0.95
75				150	2	2	2	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	2	2	1.40
76				200	2	2	2	2	1	1	2	2	1	2	1	2	2	2	1	2	2	2	2	1	1.70
77				250	3	2	2	2	3	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2.15
78				300	3	2	3	2	2	3	2	3	2	2	2	2	2	3	2	3	3	2	3	3	2.45
79			Hilum up	50	0	2	2	1	1	2	0	3	0	2	2	2	2	2	3	3	2	0	2	0	1.55
80				100	1	1	3	2	2	2	1	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1.60
81				150	2	1	1	1	3	3	2	1	3	3	2	3	2	3	2	2	3	3	3	2	2.25
82				200	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	3	3	3	2	3	2	2.75
83				250	4	3	4	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3.25
84				300	4	3	4	3	4	4	3	3	4	3	3	4	4	3	3	4	3	4	3	3	3.45
85			Vertical	50	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1.90
86				100	2	2	3	3	3	3	1	2	1	3	2	3	2	2	3	2	2	3	3	2	2.35
87				150	2	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	3	3	2	3	3	3	2.75
88				200	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3.15
89				250	3	4	3	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3.45
90				300	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3.90

ตารางผลระดับความเสียหายของถั่วเหลือง (ต่อ)

การทดลองครั้งที่ (ระดับความเสียหาย 1 – 5)

Set	Variety	%wb	Orientation	mm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	avg
91	SJ5	14	Horizontal	50	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0.15
92				100	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	2	1	1	1	0	1	0	0.65
93				150	1	1	1	2	2	1	0	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1.10
94				200	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	2	1	1	1	2	0	1	1	1	1	1.35
95				250	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	3	2.00
96				300	2	3	2	3	3	3	2	3	1	2	3	2	2	3	2	3	3	2	2	2	2.40
97			Hilum up	50	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0.60
98				100	2	1	2	1	1	2	2	3	2	2	2	3	3	1	1	3	1	0	3	3	1.90
99				150	1	3	3	1	2	2	3	3	3	3	1	3	3	2	2	4	3	3	3	3	2.55
100				200	3	2	2	2	3	3	2	3	2	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3	3	2.60
101				250	3	3	3	3	4	3	3	3	4	3	3	3	4	3	4	3	3	3	3	3	3.20
102				300	3	2	3	4	4	3	3	3	4	4	4	3	2	4	4	4	4	4	4	4	3.50
103			Vertical	50	3	3	2	2	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	1	1	3	1.65
104				100	3	3	3	3	3	3	1	3	3	1	1	1	1	3	3	3	3	1	3	3	2.40
105				150	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	2	3	2	3	2.95
106				200	4	2	3	3	3	3	4	4	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3.15
107				250	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	4	3	4	4	3	3	3	3	3.20
108				300	4	4	3	4	4	4	4	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3	3	4	3.75

ตารางผลระดับความเสียหายของถั่วเหลือง (ต่อ)

การทดลองครั้งที่ (ระดับความเสียหาย 1 – 5)

Set	Variety	%wb	Orientation	mm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	avg
109	CM1	18	Horizontal	50	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0.20
110				100	1	0	2	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0.70
111				150	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0.80
112				200	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1.05
113				250	2	2	2	1	1	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	1.70
114				300	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	1.95
115			Hilum up	50	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	1	0	2	2	0	2	0	0.60
116				100	1	1	1	0	0	2	1	0	0	1	2	1	2	2	1	1	0	2	2	0	1.00
117				150	2	2	3	2	3	1	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2.05
118				200	2	1	3	3	1	3	2	1	2	2	2	2	2	1	2	3	2	3	2	2	2.05
119				250	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	3	2.25
120				300	3	3	1	2	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3	2	3	4	2.75
121			Vertical	50	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	2	2	0	0	1	0	0.45
122				100	1	1	1	1	2	3	2	3	3	1	1	3	1	1	3	1	2	3	3	3	1.95
123				150	2	2	3	3	3	3	3	3	3	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2.70
124				200	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2.95
125				250	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	4	3	3	3	3	4	3.15
126				300	4	4	4	3	4	3	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	3.80

ตารางผลระดับความเสียหายของถั่วเหลือง (ต่อ)

การทดลองครั้งที่ (ระดับความเสียหาย 1 – 5)

Set	Variety	%wb	Orientation	mm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	avg
127	CM60	18	Horizontal	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0.05
128				100	2	2	2	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0.65
129				150	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	0	1	1	1	1	1.20
130				200	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	2	1	2	1	1.35
131				250	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	3	2	2	2	2	2.00
132				300	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2.10
133			Hilum up	50	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0.15
134				100	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	2	2	1	1	2	2	0	0.70
135				150	2	2	2	2	2	1	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	1.90
136				200	2	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2.40
137				250	3	3	3	3	2	3	2	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3	2	2	2.70
138				300	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3.05
139			Vertical	50	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2	1	1	1.05
140				100	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	2	2	3	3	3	3	2	2.70
141				150	3	3	2	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3.00
142				200	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3.05
143				250	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3	3.95
144				300	4	4	4	4	4	5	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3.95

ตารางผลระดับความเสียหายของถั่วเหลือง (ต่อ)

การทดลองครั้งที่ (ระดับความเสียหาย 1 – 5)

Set	Variety	%wb	Orientation	mm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	avg
145	SJ5	18	Horizontal	50	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0.25
146				100	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0.75
147				150	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1.05
148				200	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1.10
149				250	2	2	1	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1.70
150				300	3	2	3	2	2	3	2	2	3	2	3	2	2	3	2	3	2	2	2	3	2.40
151			Hilum up	50	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0.35
152				100	2	3	2	2	2	1	2	2	2	1	1	1	2	1	1	2	2	1	1	1	1.60
153				150	2	1	2	3	2	2	2	2	2	1	2	1	2	2	1	2	2	2	2	2	1.85
154				200	2	2	2	2	2	2	3	1	2	3	2	2	3	2	2	2	2	2	3	2	2.15
155				250	2	3	3	3	3	3	2	3	2	2	2	3	2	2	3	3	2	3	3	3	2.60
156				300	3	2	4	2	2	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	2	3	3	4	2.95
157			Vertical	50	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.15
158				100	3	3	3	3	3	3	1	1	3	3	3	3	3	1	3	3	3	2	1	2	2.50
159				150	3	3	3	3	3	3	2	3	2	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	2.95
160				200	3	3	3	3	5	3	3	3	3	3	3	4	4	3	4	3	3	3	4	4	3.35
161				250	3	4	3	3	4	3	4	3	3	4	3	4	3	3	4	3	4	4	4	4	3.50
162				300	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3.95

ภาคผนวก จ

ตารางการแจกแจงทางสถิติแบบ F

ตารางการแจกแจงทางสถิติแบบ F ที่ระดับนัยสำคัญ .05

	df1																				
df2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	30	50	75	100	500
1	161.45	199.5	215.71	224.58	230.16	233.99	236.77	238.88	240.54	241.88	242.98	243.91	244.69	245.36	245.95	248.01	250.1	251.77	252.62	253.04	254.06
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.4	19.4	19.41	19.42	19.42	19.43	19.45	19.46	19.48	19.48	19.49	19.49
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.76	8.74	8.73	8.71	8.70	8.66	8.62	8.58	8.56	8.55	8.53
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.94	5.91	5.89	5.87	5.86	5.80	5.75	5.70	5.68	5.66	5.64
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.70	4.68	4.66	4.64	4.62	4.56	4.50	4.44	4.42	4.41	4.37
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.03	4.00	3.98	3.96	3.94	3.87	3.81	3.75	3.73	3.71	3.68
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.60	3.57	3.55	3.53	3.51	3.44	3.38	3.32	3.29	3.27	3.24
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.31	3.28	3.26	3.24	3.22	3.15	3.08	3.02	2.99	2.97	2.94
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.10	3.07	3.05	3.03	3.01	2.94	2.86	2.80	2.77	2.76	2.72
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.94	2.91	2.89	2.86	2.85	2.77	2.70	2.64	2.60	2.59	2.55
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.82	2.79	2.76	2.74	2.72	2.65	2.57	2.51	2.47	2.46	2.42
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.72	2.69	2.66	2.64	2.62	2.54	2.47	2.40	2.37	2.35	2.31
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.63	2.60	2.58	2.55	2.53	2.46	2.38	2.31	2.28	2.26	2.22
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.57	2.53	2.51	2.48	2.46	2.39	2.31	2.24	2.21	2.19	2.14
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.51	2.48	2.45	2.42	2.40	2.33	2.25	2.18	2.14	2.12	2.08
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.31	2.28	2.25	2.22	2.20	2.12	2.04	1.97	1.93	1.91	1.86

(วัดผลจุดคอม, 2554)

ตารางการแจกแจงทางสถิติแบบ F ที่ระดับนัยสำคัญ .05 (ต่อ)

	df1																				
df2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	30	50	75	100	500
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.6	2.49	2.4	2.34	2.28	2.24	2.20	2.16	2.14	2.11	2.09	2.01	1.92	1.84	1.8	1.78	1.73
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.13	2.09	2.06	2.04	2.01	1.93	1.84	1.76	1.72	1.70	1.64
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.04	2.00	1.97	1.95	1.92	1.84	1.74	1.66	1.61	1.59	1.53
50	4.03	3.18	2.79	2.56	2.40	2.29	2.20	2.13	2.07	2.03	1.99	1.95	1.92	1.89	1.87	1.78	1.69	1.60	1.55	1.52	1.46
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.95	1.92	1.89	1.86	1.84	1.75	1.65	1.56	1.51	1.48	1.41
70	3.98	3.13	2.74	2.50	2.35	2.23	2.14	2.07	2.02	1.97	1.93	1.89	1.86	1.84	1.81	1.72	1.62	1.53	1.48	1.45	1.37
80	3.96	3.11	2.72	2.49	2.33	2.21	2.13	2.06	2.00	1.95	1.91	1.88	1.84	1.82	1.79	1.70	1.60	1.51	1.45	1.43	1.35
90	3.95	3.10	2.71	2.47	2.32	2.20	2.11	2.04	1.99	1.94	1.90	1.86	1.83	1.80	1.78	1.69	1.59	1.49	1.44	1.41	1.33
100	3.94	3.09	2.70	2.46	2.31	2.19	2.10	2.03	1.97	1.93	1.89	1.85	1.82	1.79	1.77	1.68	1.57	1.48	1.42	1.39	1.31
125	3.92	3.07	2.68	2.44	2.29	2.17	2.08	2.01	1.96	1.91	1.87	1.83	1.80	1.77	1.75	1.66	1.55	1.45	1.40	1.36	1.27
150	3.90	3.06	2.66	2.43	2.27	2.16	2.07	2.00	1.94	1.89	1.85	1.82	1.79	1.76	1.73	1.64	1.54	1.44	1.38	1.34	1.25
200	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26	2.14	2.06	1.98	1.93	1.88	1.84	1.80	1.77	1.74	1.72	1.62	1.52	1.41	1.35	1.32	1.22
400	3.86	3.02	2.63	2.39	2.24	2.12	2.03	1.96	1.90	1.85	1.81	1.78	1.74	1.72	1.69	1.60	1.49	1.38	1.32	1.28	1.17
500	3.86	3.01	2.62	2.39	2.23	2.12	2.03	1.96	1.90	1.85	1.81	1.77	1.74	1.71	1.69	1.59	1.48	1.38	1.31	1.28	1.16
1000	3.85	3.00	2.61	2.38	2.22	2.11	2.02	1.95	1.89	1.84	1.80	1.76	1.73	1.70	1.68	1.58	1.47	1.36	1.30	1.26	1.13

(วัดผลจุดคอม, 2554)

ภาคผนวก ฉ

การประชุมวิชาการ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน ครั้งที่ 7
7-8 ธันวาคม 2553

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

ขอมอบเกียรติบัตรเพื่อรับรองว่าผลงานวิจัย

เรื่อง ผลของแรงกระแทกที่มีต่อความเสียหายของเมล็ดถั่วเหลือง

โดย

สมชาย รุ่งจิรกาล และสัมพันธ์ ไชยเทพ

ได้ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ สาขาวิศวกรรมศาสตร์
และได้นำเสนอในการประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ ๗
ระหว่างวันที่ ๗ – ๘ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๕๓

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนู ภิญโญภูมิมินทร์)
ประธานคณะกรรมการ
ฝ่ายจัดสัมมนาวิชาการและประชุมวิชาการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต ฮงประยูร)
รองอธิการบดีวิทยาเขตกำแพงแสน

ผลของแรงกระแทกที่มีต่อความเสียหายของเมล็ดถั่วเหลือง
Effect of Impact Force on Soybean Damage

สมชาย รุ่งจิรกาล[1] สัมพันธ์ ไชยเทพ[1]
Somchai Rungjiragan[1] Sumpun Chaithep[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ เพื่อศึกษาผลของแรงกระแทกแบบตกกระทบที่มีต่อความเสียหายของเมล็ดถั่วเหลือง โดยใช้เครื่องทดสอบแบบ Drop-Weight ที่มีหัวกระแทกโลหะน้ำหนัก 275 กรัมเลื่อนบนรางอลูมิเนียมลงแนวดิ่งตามแรงโน้มถ่วงของโลก ตกลงมาบนเมล็ดถั่วเหลืองที่วางอยู่บนโหลดเซลครั้งละเมล็ด การกระแทกจะเกิดคลื่นสัญญาณทางไฟฟ้าขึ้น คลื่นสัญญาณนี้จะถูกส่งผ่านไปยังดิจิตอลออสซิลโลสโคปและถูกบันทึกโดยคอมพิวเตอร์ ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด (mV) ที่เกิดขึ้นจากคลื่นสัญญาณนี้จะถูกนำไปคำนวณหาค่าของแรง (N) จากความสัมพันธ์ของแรงจากเครื่อง Universal testing machine ที่กระทำกับเครื่องทดสอบแบบ Drop-Weight นี้ โดยได้ ค่าสมการแรงกระแทก F(N) = 0.0464E(mV) ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) = 0.9999 ในการศึกษาใช้เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง 3 พันธุ์ คือ สจ.5, เชียงใหม่ 1 และ เชียงใหม่ 60 ที่ความชื้นของถั่วเหลือง 3 ระดับ คือ 10%wb, 14%wb และ 18%wb โดยปล่อยหัวกระแทกลงบนเมล็ดถั่วเหลืองที่วางบนโหลดเซลที่ความสูง 6 ระดับคือ 50, 100, 150, 200, 250 และ 300 มิลลิเมตร และมีการวางถั่วเหลือง 3 รูปแบบคือ 1) วางนอนตามธรรมชาติให้ด้านข้างรับแรงกระแทก 2) วางขั้วเมล็ดขึ้นให้รับแรงกระแทก และ 3) จับตั้งโดยให้ด้านแกนยาวรับแรงกระแทก ผลการทดลอง ที่ระดับความสูง 50, 100, 150, 200, 250 และ 300 มม ได้ค่าแรงกระแทก 3.94, 5.24, 6.19, 7.02, 7.70 และ 8.20 นิวตัน ตามลำดับ เมื่อทดสอบที่แรงกระแทกเท่ากัน ในกรณีการวางแตกต่างกัน การวางตั้งให้รับแรงกระแทกเกิดความเสียหายของเมล็ดถั่วเหลืองมากที่สุด รองลงมาคือเมื่อวางขั้วเมล็ดขึ้น และเมื่อวางนอนตามธรรมชาติเสียหายน้อยที่สุด สำหรับกรณีความชื้นต่างกันนั้น ที่ระดับความชื้น 10%wb เกิดความเสียหายมากที่สุด รองมาคือ ที่ระดับความชื้น 14%wb และที่ระดับความชื้น 18%wb เกิดความเสียหายน้อยที่สุด ด้านความต่างของพันธุ์ถั่วเหลืองนั้นระดับความเสียหายไม่ต่างกันมากนัก

คำสำคัญ : แรงกระแทกแบบตกกระทบ ความเสียหาย เมล็ดถั่วเหลือง

---

[1] สาขาวิศวกรรมเกษตร ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

[1] Agricultural Engineering Division, Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

Abstract

The objective of this research was to investigate the effect of drop-weight impact force on soybean damage. The drop-weight experimental apparatus consists of 275 gram metal impact head vertically dropping by gravity on a soybean grain which was laid on load cell. The generated voltage signal was sent to digital oscilloscope and was recorded by computer. The calibration between output voltage (mV) and impact force (N) was studied by the Universal testing machine. The correlation equation between output voltage (mV) and impact force (N) was F(N) = 0.0464E(mV) with the coefficiency of determination (R^2) = 0.9999. The three varieties of soybean that were selected to study were SJ5, Chiangmai1 and Chiangmai60. The 3 levels moisture content of soybean (10%wb, 14%wb and 18%wb) and 6 levels of dropping height (50, 100, 150, 200, 250 and 300 mm) were experimentally studied with 3 difference of laying (horizontally laying, crown up laying and vertically laying). The results of impact force at drop level 50, 100, 150, 200, 250 and 300 mm were 3.94, 5.24, 6.19, 7.02, 7.70 and 8.20 newton respectively. At the same impact force, in case of different laying; soybean vertically laying revealed highest damage, crown up laying revealed medium damage and horizontally laying revealed lowest damage. In case of different moisture content; 10%wb revealed highest damage, 14%wb revealed medium damage and 18%wb revealed lowest damage. In case of different varieties was a little difference in damage.

Keyword : drop-weight impact force, damage, soybean

Email : hawkcm2007@hotmail.com

คำนำ

ถั่วเหลืองเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญอย่างหนึ่งของโลก นิยมปลูกกันในหลายพื้นที่ทั่วโลก ถั่วเหลืองให้ทั้งโปรตีนและน้ำมันซึ่งมนุษย์สามารถนำมาใช้ในการบริโภคในรูปแบบต่างๆกัน รวมถึงถูกนำไปใช้ในการเลี้ยงสัตว์ เกิดเป็นจุดเริ่มต้นของอุตสาหกรรมอาหารที่เกิดขึ้นหลายรูปแบบ การปลูกถั่วเหลืองของโลกเพิ่มขึ้นทุกๆปี ในปี พ.ศ. 2552 ได้ผลผลิต 219 ล้านตัน โดยทวีปอเมริกาเหนือ มีพื้นที่ปลูกมากที่สุด รองมาคือทวีปอเมริกาใต้ และทวีปเอเชีย ผลผลิตต่อไร่เฉลี่ยของโลก 381 กิโลกรัม/ไร่ (Baize, 2009) พื้นที่เพาะปลูกของไทยส่วนใหญ่อยู่ในภาคเหนือ (70%) (อัจฉรา อุทโยภาศ และคณะ, 2547) โดยปี 2552 (ปีเพาะปลูก 2552/53) มีเนื้อที่เพาะปลูกรวมทั้งประเทศ 803,012 ไร่ ผลผลิตรวมทั้งประเทศ 204,581 ตัน ผลผลิตต่อไร่เฉลี่ยทั้งประเทศ 255 กิโลกรัม/ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2552) ความต้องการใช้เมล็ดถั่วเหลืองในไทยคาดว่ามีปีละประมาณ 1,700,000 – 1,800,000 ตันเมล็ด (อภิพรรณ พุกภักดี, 2546) วิธีการนวดถั่วเหลืองที่ใช้อยู่ในปัจจุบันที่ใช้เครื่องนวดเมื่อต้องการปริมาณการนวดที่รวดเร็วให้ผลทางปริมาณ แต่ผลทางคุณภาพหลังการนวดกลับลดลง เพราะเมื่อนวดถั่วเหลืองด้วยแรงมากเกินไปเมล็ดถั่วเหลืองจะเกิดความเสียหายซึ่งความเสียหายเหล่านี้ส่งผลต่อ การนำไปเป็นเมล็ดพันธุ์ หรือเมื่อนำไปเก็บรักษาให้ปลอดภัยจากจุลินทรีย์ที่อาจจะทำลายถั่วเหลืองได้ง่ายกว่าเมล็ดถั่วเหลืองที่ไม่มีความเสียหาย สำหรับในประเทศไทยนั้นการทดลองเพื่อหาแรงกระทำที่มีผลต่อความ

เสียหายของเมล็ดถั่วเหลืองโดยตรงมีน้อยมาก โดยการวิจัยในครั้งนี้ทำเพื่อหาค่าของแรงกระแทกจากน้ำหนักตกกระทบ ที่มีต่อความเสียหายของเมล็ดถั่วเหลืองที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานไปปรับใช้กับเครื่องนวดถั่วเหลืองหรือเครื่องจักรอื่นๆที่เกี่ยวข้องเช่น เครื่องทำความสะอาด เครื่องบด บีบ แปรรูป รวมถึงการขนถ่ายลำเลียง

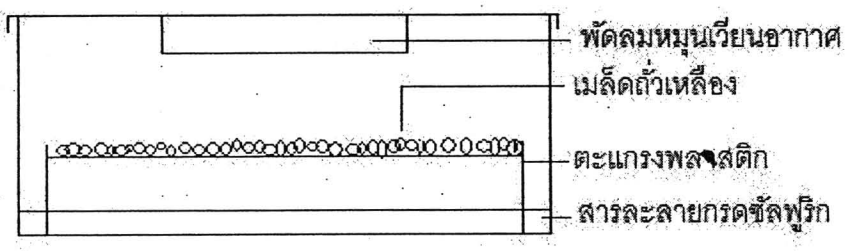
อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมถั่วเหลือง

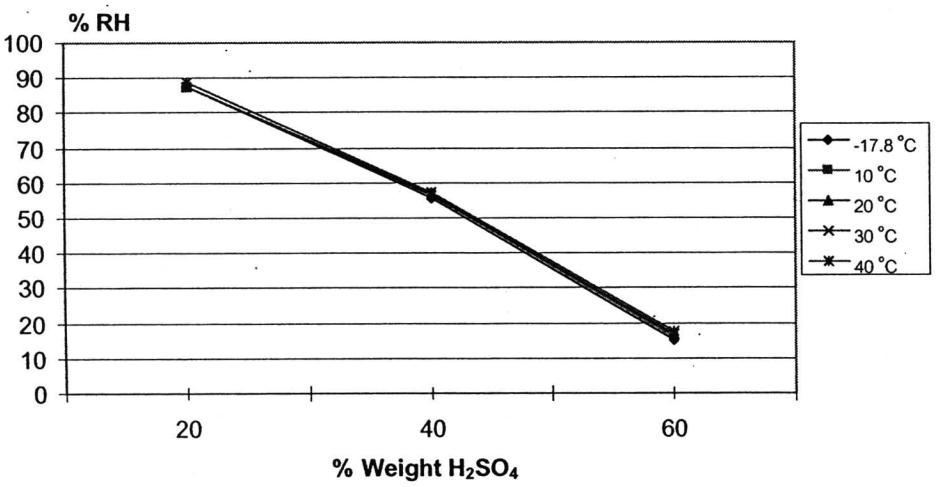
นำถั่วเหลือง 3 พันธุ์ที่ได้รับความอนุเคราะห์จากศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ อ. สันทราย มาชั่งน้ำหนักต่อ 100 เมล็ดได้ค่าตามตารางที่ 1 แล้วนำมาเก็บในชุดควบคุมการสมดุลความชื้นที่มีพัดลมหมุนเวียนอากาศภายในภาชนะปิด ดังรูปที่ 1.1 โดยได้ความชื้นสัมพัทธ์ต่างๆกันตามความเข้มข้นโดยน้ำหนักของสารละลายกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) ที่ระดับต่างๆกัน ตามรูปที่ 1.2 ในระยะเวลา ประมาณ 10 วัน จนได้ความชื้นของถั่วเหลือง 10%wb(±0.5), 14%wb(±0.5) และ 18%wb(±0.5)

ตารางที่ 1 น้ำหนักถั่วเหลือง 100 เมล็ด ของทั้ง 3 พันธุ์ ที่ความชื้น 10%wb(±0.5)

พันธุ์	สจ.5	เชียงใหม่ 1	เชียงใหม่ 60
น้ำหนักต่อ 100 เมล็ด(กรัม)	16.87	27.85	17.59



รูปที่ 1.1 ชุดควบคุมการสมดุลความชื้น



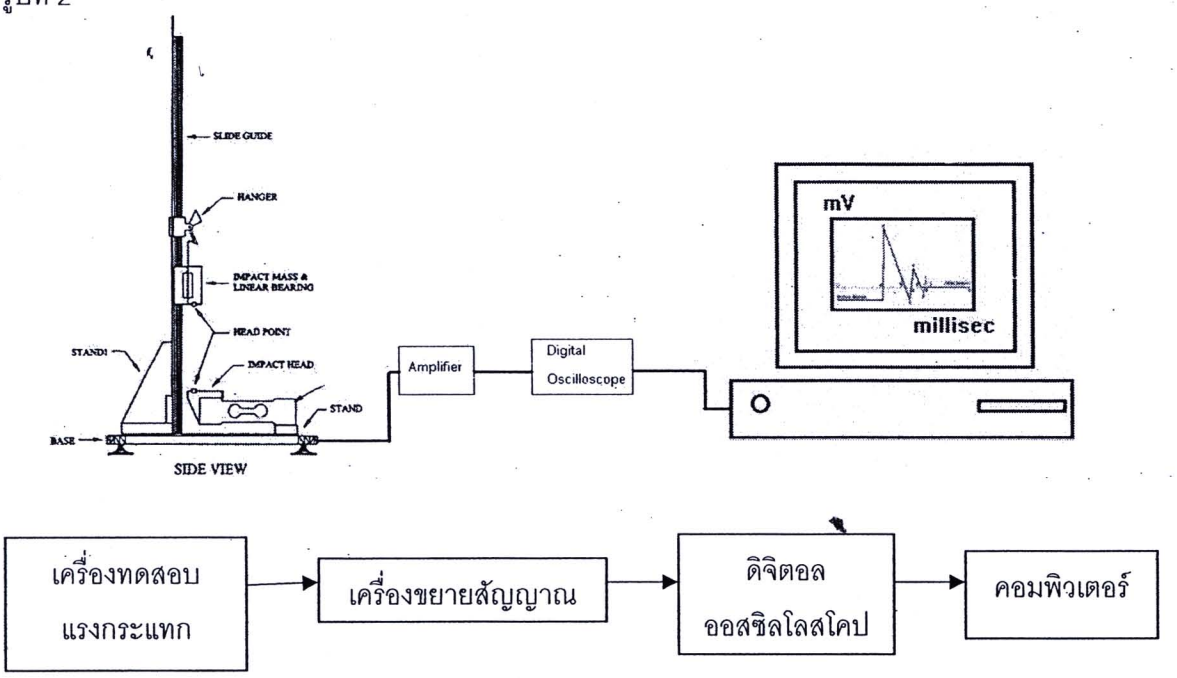
รูปที่ 1.2 ความชื้นสัมพัทธ์เหนือสารละลายกรดซัลฟูริกที่ความเข้มข้นต่างๆกัน (Hall C. W., 1980)

2. **การปรับเทียบแรงดันไฟฟ้าจากเครื่องทดสอบแรงกระแทก กับ แรงจากเครื่อง** Universal testing machine

โดยนำเครื่องทดสอบแรงกระแทก (สัมพันธ์ ไชยเทพ และ คติวัฒน์ กันธา, 2547) วางที่จุดรองรับหัวอัดของเครื่อง Universal testing machine ตั้งให้หัวอัดสัมผัสกับโหลดเซลล์ของเครื่องทดสอบแรงกระแทกที่ต่อกับชุดเก็บข้อมูลไว้ แล้วตั้งค่าเครื่อง Universal testing machine ให้อัดหัวอัดลงด้วยความเร็ว 0.1 mm/min นำกราฟเวลาเป็นวินาทีและแรงอัดของเครื่อง Universal testing machine มาหาความสัมพันธ์กับ กราฟเวลาเป็นวินาทีและค่าแรงดันไฟฟ้าของชุดทดสอบแรงกระแทก

3. **วิธีการทดลอง**

ต่อเครื่องทดสอบแรงกระแทก เครื่องขยายสัญญาณ ดิจิตอลออสซิลโลสโคปและคอมพิวเตอร์ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การต่อเครื่องมือทดสอบการกระแทก

นำเมล็ดถั่วเหลืองที่ได้ปรับระดับความชื้นจากชุดควบคุมการสมดุลความชื้นให้ได้ 10%wb(±0.5) หรือ14%wb(±0.5) หรือ 18%wb(±0.5) มาวางที่เครื่องทดสอบครั้งละเมล็ด โดยมีรูปแบบการวางรับแรงกระแทก 3 รูปแบบ (อนุวัตร ศรีนวล, 2551) ดังรูปที่ 3

วางนอนธรรมชาติ วางขั้วเมล็ดขึ้น วางตั้ง

รูปที่ 3 การวางเมล็ดถั่วเหลืองเพื่อทดสอบการรับแรงกระแทก 3 รูปแบบ
(รูปแบบวางขั้วเมล็ดขึ้น และ วางตั้ง ใช้กาวแห้งเร็วช่วยยึดติด)

ปรับระดับหัวกระแทกที่ความสูง 6 ระดับตั้งแต่ 50 มิลลิเมตร ถึง 300 มิลลิเมตร โดยเพิ่มความสูงครั้งละ 50 มิลลิเมตร (50, 100, 150, 200, 250, 300 มิลลิเมตร) แล้วปล่อยหัวกระแทกให้ตกลงมาที่ถั่วเหลือง

จำนวนการทดลอง

1) ถั่วเหลือง 3 พันธุ์ 3 ระดับความชื้น 3 รูปแบบการรับแรงกระแทก = 27 รูปแบบ

2) ความสูงการกระแทก 6 ระดับ = 162 รูปแบบ

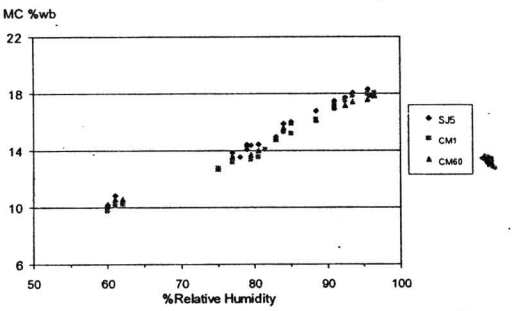
3) ทดลองรูปแบบละ 20 ซ้ำ (Mohsenin, 1981) = 3240 ครั้ง

นำถั่วเหลืองแต่ละเมล็ดหลังรับแรงกระแทก มาสังเกตการเสียหายของเมล็ดและบันทึกผล โดยแจกแจงระดับความเสียหาย เป็น 5 รูปแบบ คือ 1) บุบหรือมีรอยร้าวเล็กน้อย 2) ร้าวทั้งเมล็ด 3) เมล็ดแตกแยกเป็น 2 ส่วน หรือเสียรูปทรงปานกลาง 4) เมล็ดแตกแยกมากกว่า 2 ส่วน หรือเสียรูปทรงมาก 5) เมล็ดแตกประลัย หรือเสียรูปทรงโดยสิ้นเชิง

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การเตรียมถั่วเหลือง

หลังจากนำถั่วเหลืองทั้ง 3 พันธุ์มาเก็บในชุดควบคุมการสมดุลความชื้นในระยะเวลาประมาณ 10 วัน จนได้ความชื้นของถั่วเหลืองตามที่ต้องการทดสอบ คือ 10%wb(±0.5), 14%wb(±0.5) และ 18%wb(±0.5) ได้ผลดังกราฟรูปที่ 4

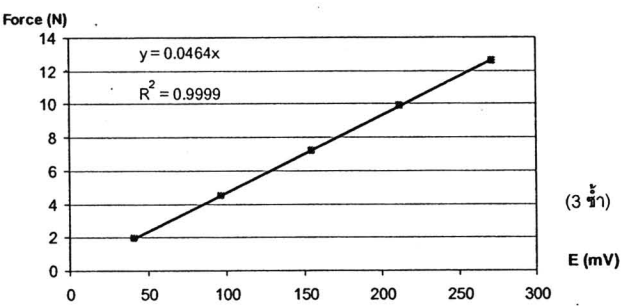


รูปที่ 4 การสมดุลความชื้นของถั่วเหลือง 3 พันธุ์ ที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ต่างๆกัน

2. การปรับเทียบแรงดันไฟฟ้าจากเครื่องทดสอบแรงกระแทก กับ แรงจากเครื่อง Universal testing machine

ได้สมการค่าแรงกระแทก F(N) = 0.0464E(mV)

ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) = 0.9999 ดังรูปที่ 5

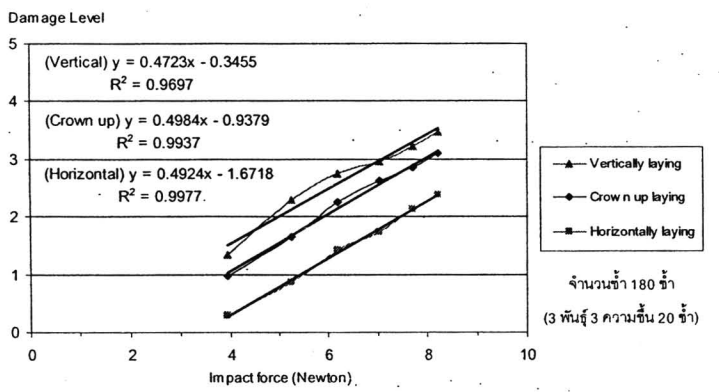


รูปที่ 5 แรงจากเครื่อง Universal testing machine (N) กับ แรงดันไฟฟ้า (mV) จากเครื่องทดสอบแรงกระแทก

ผลการทดสอบค่าแรงดันไฟฟ้า (mV) จากเครื่องทดสอบแรงกระแทก ที่ระดับความสูงหัวกระแทก 50, 100, 150, 200, 250 และ 300 มม ได้ค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้า 84.85, 113.03, 133.40, 151.33, 166.03 และ 176.78 mV ตามลำดับ และคำนวณได้ค่าแรงกระแทก 3.94, 5.24, 6.19, 7.02, 7.70 และ 8.20 นิวตัน ตามลำดับ

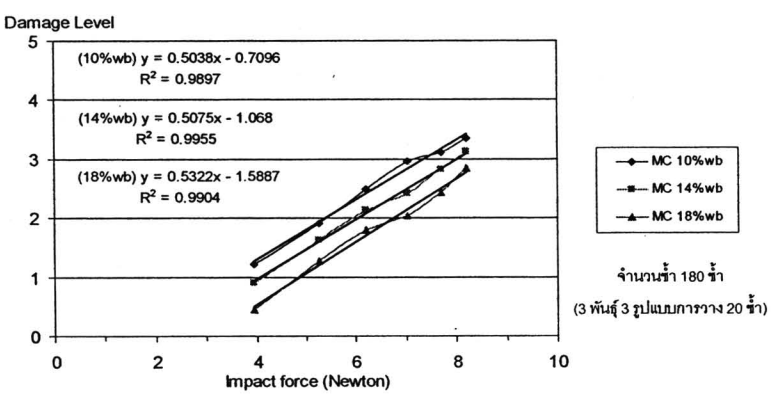
3. ผลความเสียหายของถั่วเหลืองจากแรงกระแทก

3.1) กรณีการวางถั่วเหลืองให้รับแรงกระแทกต่างรูปแบบกัน เมื่อทดสอบที่แรงกระแทกเท่ากัน การวางตั้งให้รับแรงกระแทกเกิดความเสียหายของเมล็ดถั่วเหลืองมากที่สุดเพราะพื้นที่หน้าตัดรับแรงกระแทกน้อยที่สุดและเปลือกเมล็ดทำหน้าที่ยึดรูปทรงเมล็ดเป็นหลัก ซีกทั้งสองของเมล็ดทำหน้าที่ยึดติดรักษารูปทรงได้น้อย รองลงมาคือเมื่อวางขั้วเมล็ดขึ้นซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดรับแรงกระแทกรองลงมา และเมื่อวางนอนตามธรรมชาติเสียหายน้อยที่สุดเพราะพื้นที่หน้าตัดรับแรงกระแทกมากที่สุด ดังกราฟรูปที่ 6.1



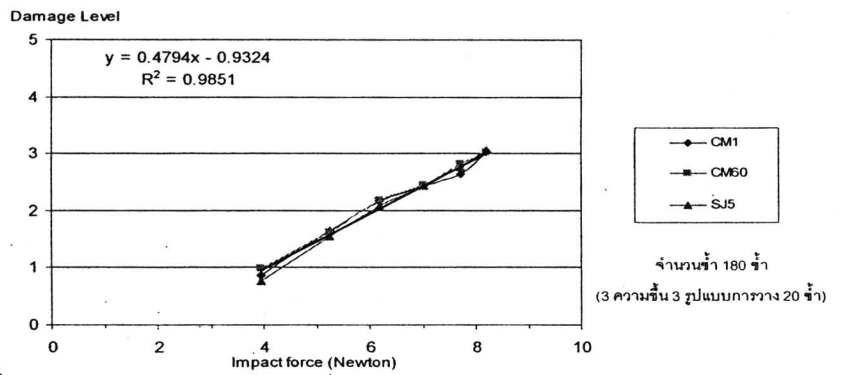
รูปที่ 6.1 กราฟแรงกระแทกกับค่าเฉลี่ยระดับความเสียหายเมื่อวางเมล็ดถั่วเหลืองต่างกัน

3.2) กรณีความชื้นต่างกัน ที่ระดับความชื้น 10%wb เกิดความเสียหายมากที่สุดเพราะมีน้ำซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการยืดหยุ่นและการยึดเกาะของเมล็ดไว้น้อยที่สุด รองมาคือ ที่ระดับความชื้น 14%wb และที่ระดับความชื้น 18%wb เกิดความเสียหายน้อยที่สุด ที่ระดับความชื้น 10%wb มีการแตกมากที่สุด รองมาคือระดับความชื้น 14%wb และ 18%wb ตามลำดับ โดยที่ระดับความชื้น 18%wb เกิดการยุบตัวเสียรูปทรงมากที่สุด รองลงมาคือระดับความชื้น 14%wb และ 10%wb ตามลำดับ ดังกราฟรูปที่ 6.2



รูปที่ 6.2 กราฟแรงกระแทกกับค่าเฉลี่ยระดับความเสียหายเมื่อความชื้นเมล็ดถั่วเหลืองต่างกัน

3.3) กรณีเมล็ดพันธุ์ต่างชนิดกัน เกิดความเสียหายใกล้เคียงกัน แม้ถั่วเหลืองพันธุ์ เชียงใหม่ 1 จะมีขนาดและน้ำหนักมากกว่า ถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.5 และ เชียงใหม่ 60 ก็ตาม โดยได้ค่าระดับความเสียหายดังกราฟรูปที่ 6.3



รูปที่ 6.3 กราฟแรงกระแทกกับค่าเฉลี่ยระดับความเสียหายเมื่อเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองต่างกัน

สรุปผลและเสนอแนะ

เมื่อทดสอบที่แรงกระแทกเท่ากัน การวางตั้งให้รับแรงกระแทกเกิดความเสียหายของเมล็ดถั่วเหลืองมากที่สุดเพราะพื้นที่หน้าตัดรับแรงกระแทกน้อยที่สุด และเปลือกเมล็ดทำหน้าที่ยึดรูปทรงเมล็ดเป็นหลัก ซีกทั้งสองของเมล็ดทำหน้าที่ยึดติดรักษารูปทรงได้น้อย รองลงมาคือเมื่อวางขั้วเมล็ดขึ้นซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดรับแรงกระแทกรองลงมา และเมื่อวางนอนตามธรรมชาติเสียหายน้อยที่สุดเพราะพื้นที่หน้าตัดรับแรงกระแทกมากที่สุด สำหรับกรณีความชื้นต่างๆกันนั้น ที่ระดับความชื้น 10%wb เกิดความเสียหายมากที่สุดเพราะมีน้ำซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการยืดหยุ่นและการยึดเกาะของเมล็ดไว้น้อยที่สุด รองมาคือ ที่ระดับความชื้น 14%wb และที่ระดับความชื้น 18%wb เกิดความเสียหายน้อยที่สุด ด้านความต่างของพันธุ์ถั่วเหลืองนั้นระดับความเสียหายไม่ต่างกันมากนักแม้เมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์ เชียงใหม่ 1 จะมีเมล็ดใหญ่กว่า พันธุ์ สจ.5 และ เชียงใหม่ 60 ก็ตาม แนวโน้มการเสียหาย จนแตกประลัยหรือเสียรูปทรงโดยสิ้นเชิงอยู่ที่ช่วงแรงกระแทก 12 – 14 นิวตัน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับความอนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองจากศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ และได้รับการสนับสนุนให้ใช้เครื่องมือทดลองและงบสนับสนุน จากภาควิชาเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ รวมถึงได้รับการสนันสนุนให้มีการเผยแพร่ผลงานวิจัยจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

สัมพันธ์ ไชยเทพ และ คติวัฒน์ กันธา. 2547. *เครื่องทดสอบแรงกระแทกเมล็ดข้าวเปลือก*, โครงการหลักสูตรปริญญาตรี, สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อนุวัตร ศรีนวล. 2551. *ผลของแรงกระแทกที่มีผลต่อความเสียหายของเมล็ดข้าวเปลือก*, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อัจฉรา อุทโยภาศ, ศรีสมร พิทักษ์ และ ดร. ศรีสุข พูนผลกุล. 2547. *ถั่วเหลือง หนึ่งในพืชเทพเจ้า*, เพิ่มทรัพย์การพิมพ์ กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2552. *"พยากรณ์การผลิตถั่วเหลือง ปี 2552"* [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา www2.oae.go.th/mis/forecast (31 สิงหาคม 2552).

อภิพรรณ พุกภักดี. 2546. *ถั่วเหลือง : พืชทองของไทย*, ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Baize John. 2009. *"Overview of the Global Oilseed Markets"* [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา http://www.cottonseed.com (Sep 3, 2009).

Hall Carl W., P.E. 1980. *Drying and Storage of Agricultural Crops*, Eastern Graphics, Inc. Old Saybrook, Connecticut, USA.

Mohsenin Nuri N. 1981. *Physical Properties of Plant and Animal Materials*, Gordon and Berach Science Publishers, New York, United States of America.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – สกุล นาย สมชาย รุ่งจิรกาล

วัน เดือน ปี เกิด 18 พฤศจิกายน พ.ศ. 2509

ประวัติการศึกษา

สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลาย โรงเรียนพนัสพิทยาคาร
อ. พนัสนิคม จ. ชลบุรี ปีการศึกษา 2526

สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
สาขาวิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
กรุงเทพมหานคร ปีการศึกษา 2533

ประวัติการทำงาน

หัวหน้าแผนกระบบคอมพิวเตอร์ และระบบสื่อสาร
บริษัท ไทย-ยาซากิ คอร์ปอเรชั่น จำกัด
กรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2534 - 2540

นักวิเคราะห์ระบบงานบนคอมพิวเตอร์
บริษัท ไบเออร์ดอร์ฟ (ประเทศไทย) จำกัด
กรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2540 - 2546