รายงานโครงการวิจัย

การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตถั่วเหลือง เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ

Research and Development on Soybean Production Technology for Nutritional Enhancement

หัวหน้าโครงการวิจัย
นางสาวละอองดาว แสงหล้า
(MS. LAONGDOWN SANGLA)

ปี พ.ศ. 2558

รายงานโครงการวิจัย

การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตถั่วเหลือง เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ

Research and Development on Soybean Production Technology for Nutritional Enhancement

หัวหน้าโครงการวิจัย
นางสาวละอองดาว แสงหล้า
(MS. LAONGDOWN SANGLA)

ปี พ.ศ. 2558

คำปรารภ

โครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตถั่วเหลืองเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ มุ่งเน้นการวิจัยทางด้านโภชนาการของถั่วเหลือง ที่มีการวิจัยในประเทศไทยอยู่น้อยมาก ถือเป็นแนวทางหนึ่งในการรักษาพื้นที่การผลิตถั่วเหลืองโดยการเพิ่มมูลค่าถั่วเหลือง ซึ่งเป็นทางเลือกให้กับเกษตรกรในการเป็นแรงจูงใจในการกลับมาปลูกถั่วเหลืองอีกครั้ง หลังจากที่พื้นที่การผลิตลดลงอย่างต่อเนื่อง จากพื้นที่ ประมาณ 1,000,000 ไร่ในปี 2535 ลดลงเหลือประมาณ 300,000 ไร่ ในปัจจุบัน ซึ่งผลงานวิจัยที่ได้จากการดำเนินงานตั้งแต่ปี 2554-2558 ทางผู้เขียนและคณะวิจัยของโครงการฯ หวังว่าจะเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการแนะนำแก้เกษตรกรและเป็นแนวทางวิจัยต่อยอดต่อไป

นางสาวละอองดาว แสงหล้า
หัวหน้าโครงการวิจัย
วันที่ 31 มีนาคม 2559

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
ผู้วิจัย	ข
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ค
บทนำ	1
บทคัดย่อ	2
กิจกรรมวิจัยที่ 1	5
กิจกรรมวิจัยที่ 2	55
กิจกรรมวิจัยที่ 3	66
บทสรุปและข้อเสนอแนะ	78
บรรณานุกรม	79
ภาคผนวก	88

กิตติกรรมประกาศ

รายงานโครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตถั่วเหลืองเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่าน ข้าพเจ้าขอขอบคุณคณะผู้วิจัยของโครงการฯ อันประกอบไปด้วย นางสาวละอองดาว แสงหล้า นางสาวจารุวรรณ บางแวก นางสาวกัลยา วิธี นางสาวฉัตรสุดา เชิงอักษร นางสาวอรวรรณ จิตต์ธรรม นางจงรักษ์ พันธ์ไชยศรี นางภัควิไล ยอดทอง นางสาวโสพิศ ใจปาละ นางสาวพิมพ์นภา ขุนพิลึก นางนภาพร คำนวณทิพย์ และนายนพพร ทองเปลว และขอขอบพระคุณกองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลผลิตการเกษตร ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณสารไอโซฟลาโวน และท้ายที่สุดขอขอบพระคุณกรมวิชาการเกษตรที่ได้สนับสนุนงบประมาณในการวิจัยครั้งนี้

ผู้วิจัย

1.นางสาวละอองดาว แสงหล้า (MS. Laongdown Sangla)	หัวหน้าโครงการ
2.นางสาวจารุวรรณ บางแวก (MS. Charuwan Bangwaek)	หัวหน้าการทดลอง
3. นางสาวกัลยา วิธี (MS. Kallaya Wi-thee)	หัวหน้าการทดลอง
4. นางสาวฉัตรสุดา เชิงอักษร (MS. Chatsuda Choengaksorn)	หัวหน้าการทดลอง
5.นางสาวอรวรรณ จิตต์ธรรม (MS. Orawan Jittham)	หัวหน้าการทดลอง
6.นางจงรักษ์ พันธ์ไชยศรี (MRS. Jongrak Phunchaisri)	ผู้ร่วมวิจัย
7.นางภัควิไล ยอดทอง (MRS. Phakwilai Yodthong)	ผู้ร่วมวิจัย
8.นางสาวโสพิศ ใจปาละ (MS. Sopit Jaipala)	ผู้ร่วมวิจัย
9.นางสาวพิมพ์นภา ขุนพิลึก (MS. Pimnapa Khunpilueg)	ผู้ร่วมวิจัย
10.นางนภาพร คำนวณทิพย์ (MRS. Napaporn Cumnuantip)	ผู้ร่วมวิจัย
11.นายนพพร ทองเปลว (MR. Nopporn Tongplew)	ผู้ร่วมวิจัย

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

คำย่อภาษาไทย

ก./1,000 ก	กรัม/1,000 กรัม
กก./ไร่	กิโลกรัม/ไร่
มก./1,000 ก	มิลลิกรัม/1,000 กรัม
มคก./ก	ไมโครกรัม/กรัม

คำย่อภาษาอังกฤษ

AOAC	Association of Analytical chemists Manual
AV	Acid Value
^{o}C	Celcius
CHR	Chalcone Reductase
CHS	Chalcone Synthase
CMFCRC	Chiang Mai Field Crops Research Center
DMRT	Duncan's Multiple Range Test
g ai /rai	gram active ingredient/rai
gI_2 /100 g	gram of I_2 /gram of soybean oil (Wijs)
HPLC	High Performance Liquid Chromatography method
IFS	Isoflavone Synthase
IMT	Isoflavone Methy-Transferase
IV	Iodine Value
meq /Kg	milliequivalent / kilogram of soybean oil
mg KOH / goil	milligram of KOH/ gram of soybean oil
PV	Peroxide Valur
RHav	average Relative Humidity
RT	Room Temperature
SDW	Seed Dry Weight
Tmax	maximum Temperatur
Tmin	minimum Temperature
µg/ g	microgram /gram
UGT	Glycosyl-transferase

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของโครงการวิจัย

ถั่วเหลืองจัดอยู่ในกลุ่มพืชที่ผลิตเพื่อทดแทนการนำเข้า มีความต้องการใช้ที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ถั่วเหลืองถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการสกัดน้ำมัน ปีละ 1,234,622 ตัน หรือร้อยละ 70.6 ของปริมาณการใช้เมล็ดถั่วเหลืองของประเทศ ใช้แปรรูปผลิตภัณฑ์อื่น ๆ และบริโภคโดยตรง จำนวน 461,664 ตัน หรือร้อยละ 26.4 ใช้แปรรูปอาหาร ปีละ 36,229 ตัน คิดเป็นร้อยละ 2.12 ใช้เป็นเมล็ดพันธุ์ ประมาณ 15,828 ตัน คิดเป็นร้อยละ 0.6 และใช้ประโยชน์ด้านอื่น ๆ จำนวน 1,000 ตัน คิดเป็นร้อยละ 0.28 จึงต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศคิดเป็นร้อยละ 90 ของปริมาณการใช้ทั้งหมด (กรมการค้าภายใน, 2553) แม้ว่าหลายฝ่ายทั้งภาครัฐและเอกชนได้ร่วมมือกันในการส่งเสริมผลิตถั่วเหลืองมาโดยตลอด และมีความพยายามในการศึกษาและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตที่เหมาะสมเพื่อให้ถั่วเหลืองแสดงศักยภาพต่อพื้นที่เพิ่มขึ้นก็ตาม แต่ผลผลิตถั่วเหลืองยังไม่เพียงพอกับความต้องการใช้ที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะความต้องการใช้ถั่วเหลืองคุณภาพดี เพื่อการบริโภคและอุตสาหกรรมอาหารสัตว์

ประเด็นปัญหาเกี่ยวกับการผลิตถั่วเหลืองของไทย นอกจากจะมีผลผลิตต่อไร่ต่ำ ยังประสบปัญหาต้นทุนการผลิตสูง ปัญหาราคาตกต่ำและความเสี่ยงของความไม่แน่นอนของราคาในแต่ละ ฤดูกาล ทำให้เกษตรกรเปลี่ยนไปผลิตพืชอื่นๆ ที่ให้ผลตอบแทนที่ดีกว่า เช่น ข้าว ข้าวโพด ผัก เป็นต้น อย่างไรก็ตาม เกษตรกรยังคงปรับเปลี่ยนการปลูกพืชตามความต้องการของตลาดและ/หรือราคาที่ให้ผลตอบแทนสูง การปลูกพืชเหล่านั้นจะให้ผลดีในระยะเวลาหนึ่งเท่านั้น ท้ายที่สุดก็จะประสบปัญหาต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นปัญหาราคา การระบาดของศัตรูพืช ปัญหาความเสื่อมโทรมของพื้นที่ ปัญหาสิ่งแวดล้อมและความไม่ยั่งยืนในระบบปลูกพืช เกษตรกรก็จะกลับมาปลูกถั่วเหลืองอีกครั้ง เป็นวัฐจักรหมุนเวียนอย่างไม่มีที่สิ้นสุด เนื่องจากถั่วเหลืองยังมีความสำคัญในระบบการปลูกพืช เนื่องจากเป็นพืชบำรุงดิน และมีความเกี่ยวข้องกับวิถีชุมชนในวัฒนธรรมอาหารที่มีโปรตีนสูง จากการพัฒนางานศึกษาและวิจัยการผลิตถั่วเหลืองเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวได้ดำเนินงานมาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสามารถแก้ปัญหาได้ในระดับหนึ่งเท่านั้น ดังนั้นการหาวิธีการอื่นๆมาช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่สมควรนำมาพิจารณา

แนวทางการเพิ่มคุณค่าให้กับถั่วเหลือง จากกระแสการบริโภคอาหารสุขภาพ ทำให้ถั่วเหลืองถูกจัดอยู่ในกลุ่มดังกล่าว เนื่องจากเป็นพืชที่เป็นแหล่งโปรตีนที่มีคุณภาพและราคาถูก มีปริมาณสูงกว่าพืชตระกูลถั่วชนิดอื่น ๆ ทั้งหมด และประกอบกับมีสารพฤกษเคมีและสารแอนตี้อ๊อกซิแด้นซ์ที่สำคัญได้แก่ ไอโซฟลาโวน กาบ้า เลซิทิน แอนโธไซยานิน โฟเลต และอุดมไปด้วยแร่ธาตุและวิตามินที่สำคัญต่อร่างกาย เช่น เหล็ก แคลเซียม สังกะสี ฟอสฟอรัส คอปเปอร์ แมกนีเซียม แมงกานีส และไฟเบอร์ รวมไปถึงวิตามินดี วิตามินบี วิตามินอี (Aboultkids Health, 2007) นอกจากนี้ยังพบกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงถึงร้อยละ 86-88 โดยเป็นกรดโอลิอิก ร้อยละ 30-35 (โอเมก้า 3) กรดลิโนเลอิกร้อยละ 45-55 (โอเมก้า 6) และกรดลิโนเลนิกร้อยละ 5-10 (โอเมก้า 9) (เพิ่มศักดิ์และสมศักดิ์, 2550) ถั่วเหลืองจึงถูกนำมาใช้ในการผลิตน้ำมัน อาหารและอาหารเสริมต่างๆ เพื่อทดแทนอาหารโปรตีนจากสัตว์ที่มีราคาแพงและมักปนเปื้อนสารเคมีในระหว่างขบวนการ ผลิต ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคต่าง ๆ ทั้งในคนและสัตว์ ปริมาณความต้องการใช้ภายในประเทศจึงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว อาหารที่มาจากถั่วเหลืองถูกนำมาใช้ป้องกันและบำบัดโรคต่างๆ ที่สำคัญ เช่น โรคหัวใจ โรคหลอดเลือดหัวใจตีบ มะเร็งต่าง ๆ อาการวัยทอง และภาวะกระดูก

เสื่อม (Wang *et al*., 1996) ทำให้ถั่วเหลืองได้รับความสนใจจากผู้บริโภค เนื่องจากมีคุณสมบัติเป็น functional food รวมทั้งนำมาผลิตเป็นอาหารเสริมทั้งในรูปของ school lunch medical food และ supplementary food อย่างไรก็ตาม วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตมีการนำเข้าในรูปเมล็ดถึงร้อยละ 90 (กรมการค้าภายใน, 2553) และร้อยละ 100 ในรูปสารสกัดและอาหารเสริม โดยประเทศไทยมีการนำเข้าสารสำคัญที่สกัดได้จากถั่วเหลือง อันได้แก่ สารไอโซฟลาโวน สารกาบ้า และแอนโธไซยานิน ปีละไม่ต่ำกว่าหลายร้อยล้านบาท โดยสารไอโซฟลาโวน มีมูลค่า การซื้อขายในตลาดโลกประมาณ 118 ล้านเหรียญสหรัฐ(4,248 ล้านบาท) (ผ่องศรี และคณะ, 2550) ซึ่งสารดังกล่าวมีราคาสูง ที่ความเข้มข้นร้อยละ 40 มีราคาซื้อขายอยู่ที่กิโลกรัมละ 30,000 บาท สารกาบ้ามีราคาซื้อขายกิโลกรัมละ 7,500-10,000 บาท และสารแอนโธไซยานินมีมูลค่าการซื้อขายในตลาดโลกอยู่ที่ 99 ล้านเหรียญสหรัฐ (3,564 ล้านบาท) รวมไปถึงยังไม่มีการผลิตในเชิงพาณิชย์ในประเทศไทย ทั้งนี้เนื่องจากขาดข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับปริมาณสารดังกล่าวในถั่วเหลืองของไทย และเทคโนโลยีในการผลิตสารดังกล่าวให้มีปริมาณสูงในถั่วเหลือง วิธีการเก็บรักษาที่เหมาะสมเพื่อชะลอการเสื่อมสภาพของน้ำมัน และสารต่างๆที่อยู่ในน้ำมันโดยเฉพาะสารไอโซฟลาโวน รวมทั้งการขาดการศึกษาปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง และผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยเฉพาะการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่มีผลกระทบต่อผลผลิต และการผลิตสารสำคัญดังกล่าวในถั่วเหลือง และนอกจากนี้ ธาตุอาหารต่างๆในถั่วเหลือง โดยเฉพาะธาตุเหล็ก แม้ว่าในถั่วเหลืองจะมีอยู่ในปริมาณ (1.39-2.3 กรัม/ถั่วเหลือง 100 กรัม) ที่สูงกว่าธัญพืช เช่นข้าว แต่ร่างกายสามารถนำมาใช้ได้ประมาณร้อยละ 10 เท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากถั่วเหลืองมีกรดไฟติกหรือไฟเตท ซึ่งเป็นสารต้านการดูดซึมสารอาหาร ที่มีมากถึง 2-10 เท่าของข้าวและข้าวสาลี ทำให้เกิดขบวนการจับและการสูญเสียธาตุอาหารได้มากกว่าธัญพืช ซึ่งทำให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุต่างๆดังกล่าวต่อร่างกาย (bioavailability) ลดลง ผลที่ตามมาคือ ทำให้เกิดภาวะการขาดสารอาหารหรือภาวะทุพโภชนาการในร่างกายของคนและสัตว์ เช่น ภาวะการเกิดโรคโลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็ก(iron deficiency anemia) ที่เกิดขึ้นกับประชากรมากกว่าครึ่งหนึ่งของประชากรทั้งหมดในโลก (กรมอนามัย, 2552) นอกจากนี้มีการพยายามศึกษากลไกลการทำงานของกรดไฟติกหรือสารไฟเตทในพืชบางชนิด เช่น ข้าว พบว่าพันธุ์ที่มีธาตุเหล็กต่ำ จะมีปริมาณไฟเตทสูง ส่วนในถั่วเหลืองยังไม่มีการศึกษาวิจัยในเรื่องดังกล่าว ทั้งในส่วนของปริมาณและปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อปริมาณธาตุเหล็กและสารไฟเตท และแนวทางการลดสารไฟเตทใน ถั่วเหลืองพันธุ์ของไทย เพื่อให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุเหล็กที่มีต่อร่างกายเพิ่มขึ้น ดังนั้นการเพิ่มคุณค่าในตัวถั่วเหลืองในรูปของสารสำคัญต่าง ๆ จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาการผลิตถั่วเหลืองของไทย เป็นการรองรับการผลิตถั่วเหลือง เพื่อเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมการแปรรูปที่ต้องการลักษณะเฉพาะต่อไป ซึ่งจะเป็นแรงจูงใจให้กับเกษตรกรในการเลือกปลูกถั่วเหลือง เนื่องจากเกษตรกรได้รับผลตอบแทนที่สูงกว่าการปลูกถั่วเหลืองเพื่อการผลิตน้ำมัน

2.วัตถุประสงค์

2.1 ศึกษาปริมาณสารไอโซฟลาโวนในถั่วเหลืองพันธุ์ต่างๆ และเทคโนโลยีการผลิตถั่วเหลืองให้มีสาร ไอโซฟลาโวนปริมาณสูง

2.2 ศึกษาปริมาณธาตุเหล็กและไฟเตทในถั่วเหลืองพันธุ์ต่างๆ และเทคโนโลยีการผลิตถั่วเหลืองให้มีปริมาณธาตุเหล็กสูงหรือ/ไฟเตทต่ำ

2.3 ศึกษาปริมาณสารกาบ้าและสารแอนโธไซยานินในถั่วเหลืองพันธุ์ต่างๆ

2.4 ศึกษาเทคโนโลยีการพัฒนาปริมาณและคุณภาพน้ำมัน

3.วิธีวิจัย

การวิจัย เป็นการศึกษาประเมินผลเบื้องต้นในการจัดกลุ่มถั่วเหลืองในพันธุ์/สายพันธุ์ต่างๆ โดยอาศัยข้อมูลทางด้าน ปริมาณสารไอโซฟลาโวน ธาตุเหล็ก สารไฟเตท สารกาบ้า และสารแอนโธไซยานินในเมล็ด ปริมาณสารไอโซฟลาโวนในระหว่างการเก็บรักษาในรูปของน้ำมันถั่วเหลือง และปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตสารไอโซฟลาโวน อันได้แก่ ช่วงปลูก เป็นการศึกษาช่วงปลูกที่เหมาะสม เมื่ออุณหภูมิโลกสูงขึ้น และการกระตุ้นการสร้างสารไอโซฟลาโวนโดยการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืช นอกจากนี้มีการศึกษาเทคโนโลยีการจัดการธาตุอาหาร ในส่วนของปุ๋ยฟอสฟอรัสที่เหมาะสมต่อการลดปริมาณไฟเตท เพื่อให้ธาตุเหล็กมีความเป็นประโยชน์ต่อการร่างกายเพิ่มขึ้น และการวิจัยคุณภาพน้ำมันถั่วเหลืองในเมล็ดและหลังจากการสกัดน้ำมันที่ต้องเก็บรักษาเป็นเวลานาน สามารถนำไปเป็นข้อมูลเบื้องต้นและ/หรือขยายผลต่อในเชิงของการผลิตถั่วเหลืองเพื่อให้มีลักษณะเฉพาะ อันได้แก่ การผลิตถั่วเหลืองให้มีสารไอโซฟลาโวนสูง หรือการผลิตเพื่อให้มีธาตุเหล็กสูงและ/หรือมีสารไฟเตทต่ำ โดยเกษตรกรสามารถเลือกการใช้พันธุ์และเทคโนโลยีที่เหมาะสม เป็นการรองรับการผลิตถั่วเหลืองเพื่อเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมการแปรรูปที่ต้องการลักษณะเฉพาะต่อไป ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับถั่วเหลือง และเป็นแรงจูงใจให้กับเกษตรกรในการเลือกปลูกถั่วเหลือง เนื่องจากเกษตรกรได้รับผลตอบแทนที่สูงกว่าการปลูกถั่วเหลืองเพื่อการผลิตน้ำมัน นอกจากนี้ เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการเตรียมความพร้อมสำหรับการผลิตถั่วเหลืองภายใต้สิ่งแวดล้อมที่มีภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะการที่โลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น ในอนาคตเมื่อมีการต่อยอดงานวิจัยจะมีการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างสารดังกล่าว เช่น ศึกษากลไกการควบคุมการผลิตสารต่างๆ ในระดับเอ็นไซม์ เทคนิคการปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีการฉายรังสี การตัดแต่งพันธุกรรม การลดการสร้างสารต่อต้านการดูดซึม(ไฟเตท)ของสารเหล่านั้น การตอบสนองของถั่วเหลืองในการผลิตสารสำคัญภายใต้สภาพความเครียดของภูมิอากาศ

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตถั่วเหลืองเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ เน้นศึกษาปริมาณสารไอโวฟลาโวน เหล็ก กาบ้า แอนโธไซยานินในถั่วเหลือง เทคโนโลยีการผลิตเพื่อเพิ่มปริมาณสารไอโซฟลาโวน ธาตุเหล็กและ/หรือลดสารต่อต้านการดูดซึม (ไฟเตท) และการพัฒนาคุณภาพน้ำมันถั่วเหลือง ดำเนินวิจัยตั้งแต่ ปี 2554-2558 ผลการทดลอง พบว่า ถั่วเหลือง 12 พันธุ์/สายพันธุ์ สามารถจัดกลุ่มออกเป็น 3 กลุ่มตามปริมาณสารสำคัญ คือ สูง ปานกลาง และต่ำ การปลูกถั่วเหลืองให้มีสารไอโซฟลาโวนสูง มีช่วงปลูกที่เหมาะสมในฤดูแล้ง เมื่อสภาพอากาศมีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยไม่เกิน 35 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 60-76 เปอร์เซ็นต์ ส่วนฤดูฝนมีปริมาณน้ำฝนสะสมเพิ่มขึ้นและมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 60-76 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ การใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชประเภทหลังงอก ชื่อ โฟมีซาเฟน อัตรา 30 กรัม สารออกฤทธิ์/ไร่ ที่ระยะ R_1 หรือ R_5 ทำให้ถั่วเหลืองผลิตสารไอโซฟลาโวนเพิ่มขึ้นจากการไม่พ่น 51.8-65.2 และ 29.6-35.9 เปอร์เซ็นต์ ในฤดูแล้งและฤดูฝน ตามลำดับ โดยไม่มีผลกระทบต่อการให้ผลผลิตถั่วเหลืองและมีต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้น 0.30 บาท/กิโลกรัม และเมื่อนำถั่วเหลือง พันธุ์ เชียงใหม่ 60 ไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง จะทำให้สารไอโซฟลาโวนรวมและสารไอโซฟลาโวนแต่ละชนิดในน้ำมันถั่วเหลืองสูงขึ้นกว่าการเก็บรักษาที่ 25 และ 10 องศาเซลเซียส ในขณะที่การเก็บรักษาน้ำมันถั่วเหลืองในทุกระดับอุณหภูมิ สารไอโซฟลาโวนจะลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาและสลายหมด เมื่อเก็บรักษานาน 8 เดือน

ส่วนการเก็บรักษาถั่วเหลือง พันธุ์เชียงใหม่ 2 และ ศรีสำโรง 1 เก็บรักษาไว้ไม่เกิน 3 เดือน จะทำให้น้ำมันถั่วเหลืองที่สกัดได้มีคุณภาพดี ไม่มีกลิ่นหืน โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง (อุณหภูมิห้อง) คุณภาพน้ำมันถั่วเหลืองลดลงเร็วกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (25 และ 10 องศาเซลเซียส) ส่วนอายุการเก็บรักษาน้ำมันถั่วเหลืองที่อุณหภูมิต่ำ 10 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้นาน (12 เดือน) กว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง(4 เดือน) (อุณหภูมิห้อง) สำหรับการปลูกถั่วเหลืองให้มีสารไฟเตทต่ำและ/หรือธาตุเหล็กสูง โดยการใช่ปุ๋ยฟอสเฟต ในรูปของ N-P_2O5-K_2O อัตรา 3-9-6 กิโลกรัม/ไร่ ทำให้มีปริมาณไฟเตทต่ำสุดและการใช้ไม่มีผลกระทบต่อการให้ผลผลิตถั่วเหลือง สามารถนำไปใช้ในสภาพดินร่วนปนทราย ที่มีสภาพดินเป็นกรดอ่อนถึงกรด

ABSTRACTS

Project research and development on soybean production technology for nutritional enhancement was first to evaluate the quantity of isoflavone, iron, GABA, and anthocyanin content, and to study technology for increasing isoflavone concentration, iron and/or reducing phytate (phytic acid: absorption preventer) include to develop technology for maintain soybean oil quality. The experiment was conducted during 2011-2015. Results revealed that 12 soybean varieties were arranged into 3 groups (high, medium, and low) according to the nutritional level. An increase of isoflavone content in soybean could be provided by growing in the proper planting date with favorable temperature and relative humidity (RH) which were not more than 35 ^{o}C and 60-76 %, respectively in dry season and higher accumulative rainfall and proper RH in rainy season. Also, application of fomesafen, post-emergence herbicide, at the R_1 or R_5 stage of development with the rates, of 30 g.ai/rai enhanced isoflavone concentration 51.8-65.2 and 29.6-35.9 % when compared with untreated control in dry and rain season, respectively. The use of fomesafen did not impact soybean yield and production cost gently increased (0.30 baht/kg) from usual. Whereas, a decerase of total isoflavone and each individual isoflavone content of soybean oil extracted from soybean seed stored with high temperature (Room temperature : RT) was lower than those stored with low temperature (25 ^{o}C and 10 ^{o}C). Anyway, isoflavone concentration of soybean oil stored with all temperature level declined in response to storage time and then ran out in the 8th month of storage. Moreover, optimum storage condition for soybean cultivars CM 2 and SR 1 before oil extraction were not more than 3 months with low temperature (25 ^{o}C and 10 ^{o}C). In addition, soybean oil storage duration depended on temperature level, lower temperature (10 ^{o}C) showing the longer storage period (12 months) than higher temperature (RT) (4 months). In any case, Phytate reduction technology in soybean variety CM 6 by applying appropriate P-fertilizer in order to upward bio-viability of iron was found that, phytate content was dropped to the lowest point when applied P-fertilizer (N-P_2O_5-K_2O) rate of 3-9-6 kg/rai with no effect on soybean yield. This study can only yield recommendation for sandy loam with pH less than 7 (acid soil)

กิจกรรมวิจัยที่ 1
วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตถั่วเหลืองเพื่อเพิ่มปริมาณสารไอโซฟลาโวน
Research and Development Soybean Technology for Isoflavone Enhancement

ชื่อผู้วิจัย

นางสาวละอองดาว แสงหล้า (MS. Laongdown Sangla)
นางสาวจารุวรรณ บางแวก (MS. Charuwan Bangwaek)
นางสาวกัลยา วิธี (MS. Kallaya Wi-thee)
นางจงรักษ์ พันธ์ไชยศรี (MRS. Jongrak Phunchaisri)
นางภัควิไล ยอดทอง (MRS. Phakwilai Yodthong)
นางสาวฉัตรสุดา เชิงอักษร (MS. Chatsuda Choengaksorn)
นางสาวโสพิศ ใจปาละ (MS. Sopit Jaipala)
นางสาวพิมพ์นภา ขุนพิลึก (MS. Pimnapa Khunpilueg)
นางนภาพร คำนวณทิพย์ (MRS. Napaporn Cumnuantip)
นายนพพร ทองเปลว (MR. Nopporn Tongplew)

คำสำคัญ :

ถั่วเหลือง สารไอโซฟลาโวน กาบ้า ธาตุเหล็ก แอนโธไซยานิน สารกำจัดวัชพืชประเภทหลังงอก

Key words:

Soybean, isoflavone, GABA, iron, anthocyanin, post-emergence herbicide

บทคัดย่อ

กิจกรรมวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตถั่วเหลืองเพื่อเพิ่มปริมาณสารไอโซฟลาโวน มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาปัจจัยต่างๆที่เหมาะสมในการผลิตถั่วเหลืองให้มีสารดังกล่าวเพิ่มขึ้น ดำเนินการวิจัยที่กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลผลิตการเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ และศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างปี 2554-2558 ผลการทดลอง พบว่า สามารถจัดกลุ่มถั่วเหลืองตามปริมาณสาระสำคัญออกเป็น 3 กลุ่ม ; สูง ปานกลาง และต่ำ โดยเฉพาะกลุ่มที่มีปริมาณสาระสำคัญสูง ได้แก่ กลุ่มที่มีสารไอโซฟลาโวนสูง : CM9513-3 CM9928-1-3 (แล้ง) และ เชียงใหม่ 2 เชียงใหม่ 60 (ฝน) กลุ่มที่มีธาตุเหล็กสูง :MJ9518-2 (เชียงใหม่ 6) เชียงใหม่ 60 เชียงใหม่ 2 (แล้ง-ฝน) และ TG145 ผาบ่อง 13 CM9513-3 (ฝน) พันธุ์ที่มีไฟเตทต่ำ : CM9928-1-3 เชียงใหม่ 6 (แล้ง) และทุกพันธุ์ (ฝน) กลุ่มที่มีสารกาบ้าสูง : เชียงใหม่ 2(แล้ง-ฝน) และ CM9513-3 (แล้ง) และกลุ่มที่มีสารแอนโธไซยานินสูง: ยอดสน (แล้ง) และดำเตี้ย 1(ฝน) สำหรับช่วงปลูกที่เหมาะสมต่อการปลูกถั่วเหลือง พันธุ์ เชียงใหม่ 60 เชียงใหม่ 2 และ CM9513-3 ให้สารไอโซฟลาโวนสูง ในฤดูแล้งเมื่อสภาพอากาศมีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยไม่เกิน 35 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 60-76 เปอร์เซ็นต์ ส่วนฤดูฝนมีปริมาณน้ำฝนสะสมเพิ่มขึ้นและมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 60-76 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ การใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชประเภทหลังงอก ชื่อโฟมีซาเฟน อัตรา 30 กรัม สารออกฤทธิ์/ไร่ ที่ระยะ R_1 หรือ R_5 ทำให้ถั่วเหลืองผลิตสารไอโซฟลาโวน

เพิ่มขึ้นจากการไม่พ่น 51.8-65.2 และ 29.6-35.9 เปอร์เซ็นต์ ในฤดูแล้งและฤดูฝน ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่พ่นสาร และทำให้สารไอโซฟลาโวนในกลุ่มกลูโคไซน์ (เดดซิน เจนิสทิน และไกลซิทิน) และกลุ่อไกลโคน (เดดซิอิน เจนิสทิอินและไกลซิทิอิน) เพิ่มขึ้นสูงสุดในฤดูแล้ง ส่วนฤดูฝนมีความแปรปรวนของกลุ่มอไกลโคน(พบน้อยและมีการเปลี่ยนรูปง่าย)และเจนิสทิน การใช้สารโฟมีซาเฟนไม่มีผลกระทบต่อการให้ผลผลิตถั่วเหลืองและมีต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้น 0.30 บาท/กิโลกรัม นอกจากนี้ เมื่อนำถั่วเหลือง พันธุ์เชียงใหม่ 60 ไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง จะทำให้สารไอโซฟลาโวนรวมและสารไอโซฟลาโวนแต่ละชนิดในน้ำมันถั่วเหลือง สูงขึ้นกว่าการเก็บรักษาที่ 25 และ 10 องศาเซลเซียส ในขณะที่การเก็บรักษาในรูปน้ำมันถั่วเหลืองในทุกระดับอุณหภูมิ สารไอโซฟลาโวนจะลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาและสลายหมดเมื่อเก็บรักษานาน 8 เดือน

Abstracts

Research and development soybean technology for isoflavone enhancement was to investigate optimum factors for higher concentration of isoflavone. This resesrch was conducted to the Post-harvest and Products Processing Research and Development Division (DRP) and Chiang Mai Field Crops Research Center (CMFCRC) during 2011-2015. Results revealed that 12 cultivars were arranged into 3 groups; high, medium, and low levels according to nutritional content, particularly high level groups. High isoflavone group was consisted of CM 9513-3 , CM9928-1-3 (dry), and CM 2 and CM 60 (rainy). High iron content group were CM6, CM 60 CM 2 (dry), CM 2 TG145, Paboung13 and CM9513-3 (rainy).While low phytate level group were CM9928-1-3 and CM 6 (dry) , and all varieties (rainy). High GABA concentration group were consisted of CM 2 (dry-rainy) and CM9513-3 (rainy). And high anthocyanin content group were yodson (dry), and Damtear1 (rainy). Appropriate planting date for higher isoflavone concentration was the planting time with favorable temperature ($\leq$ 35 $^{\circ}$C) and RH in dry season and higher accumulative rainfall and optimum RH (60-76 %). Moreover, application of 30 g ai/rai of post-emergence herbicide, namely fomesafen at the R_1 or R_5 stage of development gave an increase of isoflavone concentration 51.8-65.2 % and 29.6-35.9 % when compared with untreated control in dry and rainy seasons, respectively. In addition, in dry season, the data expressed the highest point of each individual isoflavone in both groups of glucoside and aglycone whereas the variation of aglycone group and genistin illustrated in rainy season due to unstable form and found in a few content. Nevertheless, the use of fomesafen did not impact on soybean yield and production cost gently rose (0.30 baht/rai) from usual. The reduction of total isoflavone and each individual isoflavone level of soybean oil variety CM 60 extracted from soybean stored with high temperature (RT) was lower than those stored with low temperature (25 and 10 $^{\circ}$C). Anyway, isoflavone content of soybean oil kept with all levels of temperature dropped with reference to storage duration and ran out in the 8th month of storage.

บทนำ

ประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก กำลังให้ความสนใจอาหารที่มาจากพืช โดยเฉพาะถั่วเหลืองที่นับว่าเป็นพืชที่มีศักยภาพในการผลิตเป็นอาหาร เนื่องจากเป็นแหล่งโปรตีนคุณภาพดี ราคาถูก มีปริมาณสูงกว่าพืชตระกูลถั่วทั้งหมดและสูงกว่าเนื้อสัตว์ นอกจากนี้ ยังประกอบไปด้วยสารพฤกษเคมีต่าง ๆ ที่พบได้ในโปรตีนถั่วเหลืองซึ่งมีประโยชน์ต่อร่างกาย ดังนี้

ไอโซฟลาโวน (Isoflavone)

ไอโซฟลาโวน จัดอยู่ในกลุ่มของสารไฟโตเอสโตรเจน ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ ไอโซฟลาโวน (Isoflavone) คูมิสแตน (Coumestans) และลิกแนน (Lignan) โดยไอโซฟลาโวนซึ่งมีฤทธิ์เหมือนเอสโตรเจนมีในถั่วหลายชนิด พบได้ในถั่วเหลืองซึ่งเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของคนและสัตว์ ส่วนลิกแนนนั้นพบในธัญพืช ผักและผลไม้ ปัจจุบันการวิจัยมากมุ่งเน้นความสนใจมาที่ ไอโซฟลาโวน (Isoflavone) ซาโปนิน (Saponin) และ เลซิทิน (Lecithine) โดยเฉพาะไอโซฟลาโวน ซึ่งโครงสร้างทางเคมีของสารไอโซฟลาโวนเรียกว่า กลัยโคไซด์ (glycoside) แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีโมเลกุลของน้ำตาล เรียกว่า กลัยโคน (glycone) และกลุ่มที่ไม่มีโมเลกุลน้ำตาลเป็นองค์ประกอบ (non-glycoside) เรียกว่า อะกลัยโคน (aglycone) (ผ่องศรี และคณะ, 2550) ไอโซฟลาโวนแบ่งได้เป็น 12 ชนิด ได้แก่ เดดซิน เจนิสทิน ไกลซิทิน เดดซิอิน เจนิสทิอิน ไกลซิทิอิน และอนุพันธุ์ของทั้ง 6 ชนิด อะซิทิลเดดซิน อะซิทิลเจนิสทิน อะซิทิลไกลซิทิน มาโลนิลเดดซิน มาโลนิลเจนิสทิน และมาโลนิลไกลซิทิน (Table.A) แต่ที่พบมากในถั่วเหลือง คือ เจนีสทิอิน (genistein) แดดซิอิน (diadzein) และ กลัยซิทิอิน (glycitein) โดยเรียกรวมว่า ไอโซฟลาโว น คอนจุเกท ซึ่งจะมีฟังก์ชันนอล R_1 R_2 และ R_3 แตกต่างกัน (Anon, 2001)

Table A Category and type of each individual isoflavone.

Category	Isoflavones	R_1	R_3	R_4
Glucoside	Daidzin	H	H	$C_6O_5H_{11}$
	Genistin	H	OH	$C_6O_5H_{11}$
	Glycithin	OCH_3	H	$C_6O_5H_{11}$
Aglycone form	Daidzein	H	H	H
	Genistein	H	OH	H
	Glycitein	OCH_3	H	H
Acetyl form	Acetyldaidzin	H	H	$C_6O_5H_{11}$+OCH_3
	Acetylgenistin	H	OH	$C_6O_5H_{11}$+OCH_3
	Acetylglycitin	OCH_3	H	$C_6O_5H_{11}$+OCH_3
Malonyl form	Malonyldaidzin	H	H	$C_6O_5H_{11}$+$COCH_2COOH$
	Malgenistin	H	OH	$C_6O_5H_{11}$+$COCH_2COOH$
	Malonylglycitin	OCH_3	H	$C_6O_5H_{11}$+$COCH_2COOH$

สารไอโซฟลาโวน สังเคราะห์ขึ้นมาจาก ฟีนิลอลานิน (phenylalanine) ซึ่งมีอยู่ในพืชทั่วไป (Graham, 1991) (fig.1a) ในการสังเคราะห์เดดซิน จะเกิดจากขบวนการ chalcone synthase catalyzed reaction ซึ่งมีเอนไซม์ chalcone reductase(CHR) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เอนไซม์ชนิดนี้พบเฉพาะในถั่วเหลือง (Yu *et al.*, 2003) ส่วนการสังเคราะห์เจนิสทิน เกิดจากการใช้สารนาริงจินิน (Naringenin) ซึ่งเป็นสาร intermediate ทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ isoflavone synthase (IFS) (Akashi *et al.*,1999) สำหรับ การสังเคราะห์ไกลซิทิอิน นั้นยังไม่ทราบแน่ชัด

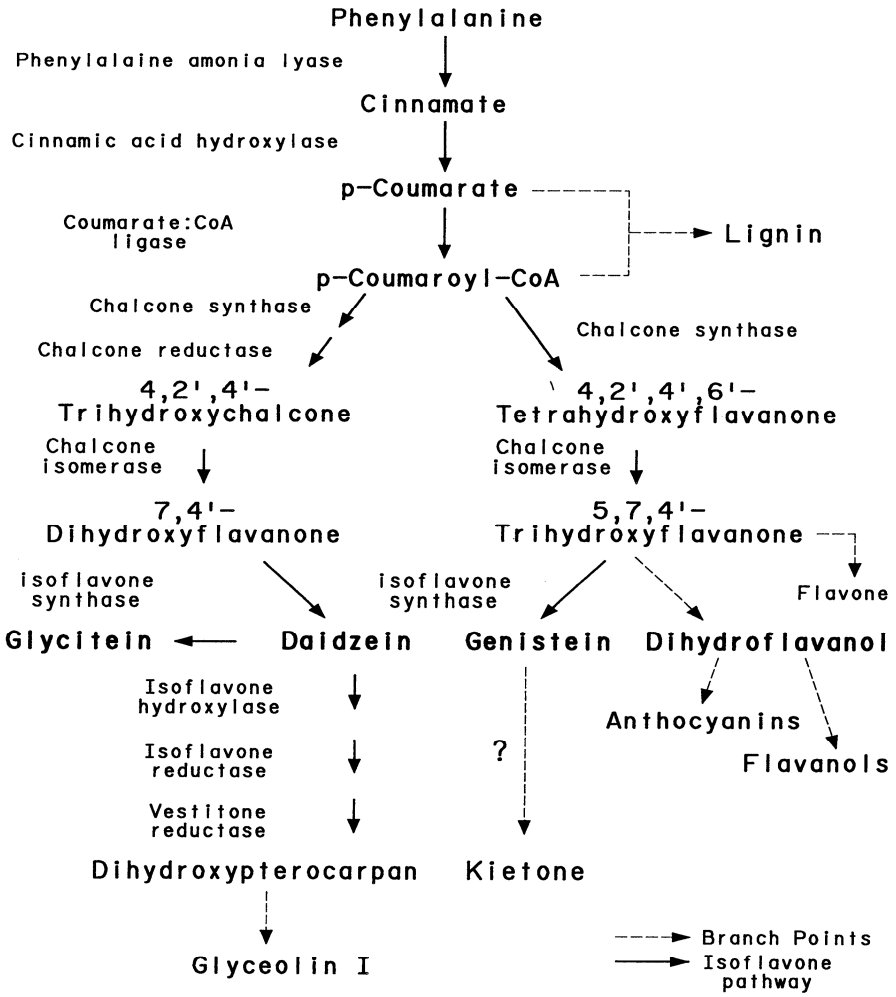


FIG.1

Fig.1a Mechanism of isoflavone synthesis pathway

นอกจากนี้ สุปรียา(2551) ได้ศึกษาการสกัดสารไอโซฟลาโวนส์จากถั่วเหลืองโดยวิธี High Performance Liquid Chromatography (HPLC) พบว่าสารสกัดจากถั่วเหลืองและกากถั่วเหลืองมีสารไอโซฟลาโวน 4 ชนิด คือ เดดซิน 7.00 มิลลิกรัม/ลิตร เดดซิอิน 4.60 มิลลิกรัม/ลิตร เจนิสทิน 36.00 มิลลิกรัม/ลิตร และ เจนิสทิอิน 7.45 มิลลิกรัม/ลิตร กากถั่วเหลืองมีเดดซิน 23.65 มิลลิกรัม/ลิตร เดดซิอิน 6.35 มิลลิกรัม/ลิตร เจนิสทิน 39.25 มิลลิกรัม/ลิตร และ เจนิสทิอิน 18.10 มิลลิกรัม/ลิตร ไอโซฟลาโวนสามารถนำไปใช้เป็นอาหารเสริม เนื่องจากสามารถลดระดับคลอเลสเตอรอล (Setchell

and McLachlan, 1985) จากการศึกษาของ Wang *et al* (1996) พบว่าการบริโภคโปรตีนถั่วเหลือง 47 กรัม/วัน สามารถลดระดับคลอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์อย่างชัดเจน และลดอัตราเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจตีบตันและโรคหัวใจ (Tetra Pak, 2007) ลดอัตราเสี่ยงการเกิดมะเร็งในอวัยวะต่าง ๆ ยับยั้งการเสื่อมของกระดูก(osteoporosis)และช่วยรักษาอาการวัยทองของผู้ที่อยู่ในวัยหมดประจำเดือน (menopausal symptoms) (DeMan, 1990; Messina, 2007) นอกจากนี้ยังเพิ่มกล้ามเนื้อในหมู ซึ่งทำให้ปริมาณสัดส่วนเนื้อแดงสูงขึ้น

สายพิน (2546) ได้กล่าวถึงคุณสมบัติของไอโซฟลาโวนและแหล่งของไฟโตเอสโตรเจน (Phytoestrogen) ไว้ ดังนี้

คุณสมบัติของไอโซฟลาโวน ไอโซฟลาโวนหรือ ไฟโตเอสโตรเจน คือ สารธรรมชาติที่ได้มาจากพืชมีโครงสร้าง และการออกฤทธิ์ที่คล้ายเอสโตรเจน การที่ได้รับสารอาหารธรรมชาติชนิดนี้ จึงน่าจะมีบทบาทในการรักษาอาการที่เกิดขึ้นในช่วงวัยหมดระดู รวมถึงการปกป้องการเกิดโรคหัวใจ และหลอดเลือดรวมถึงโรคกระดูก ไฟโตเอสโตรเจนพบในพืช 2 ประเภท ดังนี้

1.Legume: พืชชนิดที่เป็นฝัก เช่น ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วลันเตา ถั่วลิสง ทองหลาง กระถิน

2.Grasses: พืชจำพวกหญ้า

แหล่งและโครงสร้างของไอโซฟลาโวน จากการศึกษาของ Smith (1978) พบว่าส่วนที่มีปริมาณไอโซฟลาโวนสูงสุดในถั่วเหลืองคือส่วนที่เรียกว่า เจิร์มถั่วเหลือง (hypocotyl)

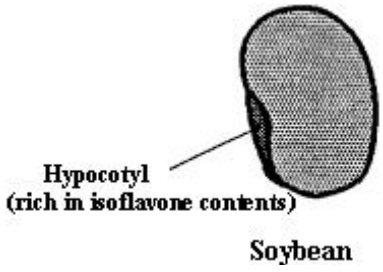


Fig 1b Germ of soybean containing high content of isoflavone (Smith, 1978)

Smith (1978) กล่าวว่าไอโซฟลาโวน หรือที่เรียกว่าไฟโตเอสโตรเจนมีโครงสร้างทางเคมีที่ใกล้เคียงกับฮอร์โมนเพศหญิงที่เรียกว่าเอสโตรเจนนั้น มีโครงสร้าง ตาม Fig.1b

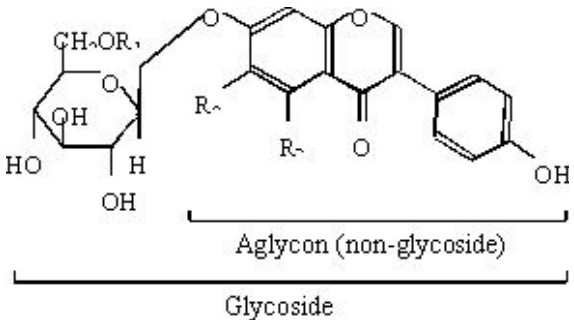


Fig.1c Structure of isoflavone (Smith, 1978)

แหล่งที่พบไอโซฟลาโวนได้แก่ ในถั่วเขียว ถั่วลันเตา แต่ที่พบอุดมสมบูรณ์ที่สุด คือ ถั่วเหลือง สารหลักที่ได้จากไอโซฟลาโวน คือ จีเนสทีน (genistein) และไดอะซีน (daidzein) ไอโซฟลาโวนจะไม่ละลายในเฮกเซ็นแต่จะละลายได้ดีในสารละลายน้ำ และละลายได้ในน้ำ มีรสขม ทนร้อนที่อุณหภูมิไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส และมี ค่า pH อยู่ระหว่าง 6 ถึง 8 แต่การใช้วิธีการสกัดในแต่ละขั้นตอนที่แตกต่างกันจะยิ่งทำให้ ไอโซฟลาโวนมีปริมาณลดลงจากวัตถุดิบเริ่มต้น (สายพิน, 2546)

โดยทั่วไปในถั่วเหลือง 1 กรัม จะพบปริมาณไอโซฟลาโวนตั้งแต่ 0.4-2.4 มิลลิกรัม โดยมีค่าเฉลี่ย 1 มิลลิกรัม แต่ทั้งนี้ปริมาณจะแปรเปลี่ยนไปตามปัจจัยต่าง ได้แก่ พันธุ์ถั่วเหลือง Tetsufumi *et al* (2005) สรุปว่า ปริมาณไอโซฟลาโวน มีค่าตั้งแต่ 23.5-848.5 มิลลิกรัม/น้ำหนัก 100 กรัม ส่วน Kim and Chung (2006) กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารไอโซฟลาโวนในถั่วเหลือง พบว่าจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงระยะ R_5-R_7 โดยถั่วเหลืองพันธุ์อายุสั้น จะมีปริมาณสารดังกล่าวต่ำกว่าในพันธุ์อายุปานกลาง และอายุยาว นอกจากนี้พบว่า ความแตกต่างใน กลุ่มพันธุ์อายุสั้น จะมีค่าน้อยกว่าในกลุ่มพันธุ์อายุปานกลางและอายุยาวตามลำดับ และมีรายงานว่าปริมาณไอโซฟลาโวนจะแปรเปลี่ยนตามพื้นที่การเพาะปลูก (ผ่องศรี และคณะ, 2550) ปัจจัยสิ่งแวดล้อมมีผลต่อปริมาณของสารไอโซฟลาโวน Murphy *et al* (2009) กล่าวว่า พบปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างยีนกับสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอุณหภูมิและความชื้นในดินในช่วงการพัฒนาเมล็ด พบว่า ในสภาพอุณหภูมิต่ำและความชื้นในดินสูง ทำให้ถั่วเหลืองผลิตสารไอโซฟลาโวนในปริมาณสูงกว่า 2-3 เท่าในสภาพอุณหภูมิสูงและความชื้นในดินต่ำ นอกจากนี้ Caldwell *et al.,* (2005) รายงานว่า การเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ จาก 400 ppm. เป็น 700 ppm. สภาพอุณหภูมิสูงขึ้นจาก 18°C เป็น 23°C ในช่วงการพัฒนาเมล็ด ทำให้ปริมาณสารไอโซฟลาโวนสูงขึ้นได้ และอุณหภูมิที่สูงขึ้นในช่วง 23-30°C ที่ระยะ R_6-R_7 ทำให้ปริมาณโปรตีน น้ำมัน และไอโซฟลาโวนสูงขึ้นเช่นกัน (Khan *et al.,* 2011) ซึ่งการตอบสนองของแต่ละพันธุ์ต่อสภาพแวดล้อม ดังกล่าวจะต่างกัน (Lozovaya *et al*., 2005) ในช่วงการปลูกถั่วเหลือง มีรายงานว่า อุณหภูมิในช่วงการพัฒนาเมล็ด 25°C ในตอนกลางวัน และ 10°C ในตอนกลางคืน (Tsukamoto *et al*., 1995) ทำให้ปริมาณสารไอโซฟลาโวนสูง คือ 1,667 ppm. นอกจากวันปลูกแล้ว ระบบการให้น้ำ มีผลต่อปริมาณสารไอโซฟลาโวน คือการปลูกถั่วเหลืองโดยอาศัยระบบน้ำชลประทาน ทำให้ปริมาณสารดังกล่าวมีค่าสูงถึง 7,550 ppm. ในขณะที่การปลูกโดยอาศัยน้ำฝน สามารถเพิ่มได้เพียง 4,500 ppm. (Dayde and Lacombe, 2002)

มีการศึกษาการใช้สารเคมีฉีดพ่นต้นถั่วเหลืองในช่วงการเจริญพันธุ์ เพื่อเพิ่มปริมาณสารดังกล่าว พบว่า การพ่นด้วยสารเคมี เอทิลอะซิเตต (ethyl acetate) ความเข้มข้น 10^{-3}M ที่ระยะ R_1 สามารถเพิ่มปริมาณสารไอโซฟลาโวนในเมล็ดถั่วเหลืองได้ (Zhang *et al*., 2006) ในการศึกษาต่อมามีการนำสารเคมีกำจัดวัชพืชมาใช้กับถั่วเหลือง คือ สารเคมีแลคโทเฟ็น (Lactofen: $C_{19}H_{15}ClF_3NO_7$) ซึ่งเป็นสารกำจัดวัชพืชประเภทหลังงอก (postemergence) จัดอยู่ในกลุ่ม diphenyl เป็นสารกำจัดวัชพืชใบกว้าง นิยมนำมาใช้ในพืชตระกูลถั่ว ข้าว ข้าวโพด ฝ้ายและมันฝรั่ง ซึ่งเป็นที่รู้จักดีในต่างประเทศ โดยการนำมาใช้เพื่อเพิ่มปริมาณสารประกอบฟีโนลิค (phenolic compounds) โดยเฉพาะสารไอโซฟลาโวนในถั่วเหลือง พบว่าการใช้สารดังกล่าวในอัตรา 70 กรัมสารออกฤทธิ์/เฮกตาร์ กับถั่วเหลืองในระยะ R_5 สามารถเพิ่มปริมาณสารไอโซฟลาโวนในเมล็ด โดยเฉพาะในพันธุ์ถั่วเหลืองที่ให้โปรตีนสูง (Nelson *et al*., 2007) ปริมาณสารไอโซฟลาโวนในเมล็ดถั่วเหลืองแห้งที่สุกแก่เต็มที่มีปริมาณมากกว่า (Naim *et al*., 1974) และปริมาณลดลงเมื่อนำเมล็ดถั่วเหลืองไปทำผลิตภัณฑ์ที่ผ่านขบวนการแปรรูปที่ใช้ความร้อน ความดัน หรือการสกัด เช่น น้ำมัน เนย น้ำนมถั่วเหลือง ซอส เป็นต้น โดยเฉพาะ น้ำมันถั่วเหลืองขึ้นอยู่กับ ปัจจัยหลายชนิด เช่น สภาพการเก็บรักษาและอายุการเก็บรักษา ดังนั้น การศึกษาเพื่อหาวิธีการเก็บรักษาที่เหมาะสม สามารถ

ชะลอการเสื่อมสภาพของสารไอโซฟลาโวน และเพื่อให้ได้น้ำมันที่มีคุณภาพดีเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ควรนาพิจารณา

ธาตุเหล็ก (Iron)

เป็นธาตุที่ร่างกายนำไปใช้เพื่อสร้างเม็ดเลือดแดงที่ไขกระดูก เพื่อนำไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย หากร่างกายมีธาตุเหล็กน้อย การสร้างเม็ดเลือดแดงจะลดลง ซึ่งนำไปสู่ภาวะโลหิตจาง ปัญหาโรคโลหิตจางเนื่องจากการขาดธาตุเหล็ก (Iron deficiency anemia) เป็นภาวะที่ร่างกายมีจำนวนเม็ดเลือดในกระแสโลหิตต่ำกว่าปกติ เกิดขึ้นกับประชากรมากกว่าครึ่งหนึ่งของประชากรทั้งหมดในโลก ทั้งในประเทศที่พัฒนาแล้วและกำลังพัฒนา จากรายงานของกรมอนามัย (2552) กล่าวว่า ประเทศไทย พบอัตราความชุกของภาวะโลหิตจางเพิ่มขึ้นในทุกกลุ่มอายุ โดยร้อยละ 50 เป็นกลุ่มทารกอายุ 6-11 เดือน และยังพบได้กับผู้หญิงวัยรุ่น หญิงตั้งครรภ์ ผู้สูงอายุ รวมไปถึงผู้ที่บริโภคอาหารมังสวิรัติ จากปัญหาดังกล่าวทำให้มีการศึกษาหาแหล่งธาตุเหล็กเพื่อเสริมให้แก่ร่างกาย โดยปกติธาตุเหล็กสามารถพบได้ทั่วไปในอาหาร เช่น เนื้อ ตับ เลือด และหอยต่าง ๆ ส่วนในพืชพบในพวกถั่วต่าง ๆ ผักกาด ผักโขม และ งาดำ หรือการรับประทานธาตุเหล็กชนิดเม็ด ซึ่งร่างกายของคนปกติที่ไม่ใช่หญิงตั้งครรภ์ต้องการธาตุเหล็ก 15 มิลลิกรัม/วัน โดยขึ้นอยู่กับน้ำหนักและเพศ (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2552) ทำให้เกิดการศึกษาหาพืชที่มีปริมาณธาตุเหล็กสูง มีการศึกษายีนที่ควบคุมการสังเคราะห์ธาตุเหล็กในพืชอื่น ๆ เช่น ข้าว ข้าวโพด ถั่วเขียว และ Arabidopsis พบว่า ยีนที่ควบคุมการสังเคราะห์ธาตุเหล็ก คือ เฟอร์ริทีน (Ferritin) ที่มีบทบาทเกี่ยวกับการสะสมธาตุเหล็ก

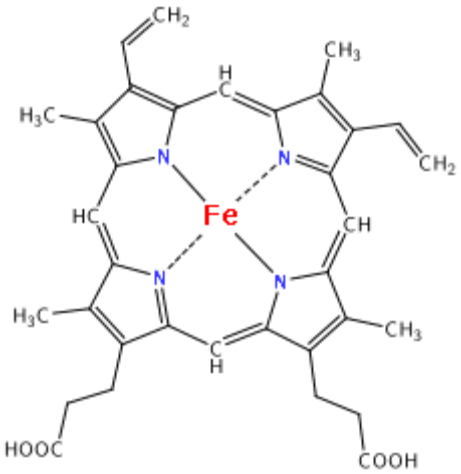


Fig. 1d Structure of iron element (www.scientificpsychic.com, 2015)

ซึ่งได้มีการศึกษาหาลำดับเบสของยีนในพืชดังกล่าวเพื่อใช้ในการพัฒนา molecular marker ที่มีความจำเพาะเจาะจงกับยีนต่อไป (ศูนย์พันธุวิศวกรรมและไบโอเทคโนโลยี, 2552) การสะสมธาตุเหล็กในพืช มีรายงานในข้าว ซึ่งจะแตกต่างกันในแต่ละพันธุ์ โดยอยู่ในช่วง 5-11 มิลลิกรัม/ข้าว 1 กิโลกรัม สำหรับถั่วเหลืองเป็นพืชตระกูลถั่วที่มีปริมาณธาตุเหล็กสูงกว่าพืชตระกูลถั่วชนิดอื่นๆทั้งหมด โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.39-2.3 กรัม/ถั่วเหลือง 100 กรัม (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2552; อาณดี, 2551) หากบริโภคเฉพาะถั่วเหลืองก็น่าจะเพียงพอต่อความต้องการของร่างกายในแต่ละวัน อย่างไรก็ตาม ธาตุ

เหล็กดังกล่าวที่ร่างกายได้รับเข้าไปจากการบริโภคไม่สามารถนำไปใช้ได้ทั้งหมด ร่างกายสามารถดูดซึมได้ประมาณร้อยละ 10 เท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากถั่วเหลือง ประกอบไปด้วยสารแทนนิน (tannin) และกรดไฟติกหรือไฟเตท (Phytic acid or phytate) โดยเฉพาะไฟเตท ที่มีมากถึง 2-10 เท่าของข้าวและข้าวสาลี ไฟเตทมีความสามารถจับกับธาตุเหล็กและธาตุอื่นๆได้ดี ขบวนการจับและสูญเสียธาตุอาหารจึงเกิดขึ้นมากในถั่วเหลือง ทำให้ร่างกายไม่สามารถนำไปใช้ได้เต็มที่ ทำให้ความเป็นประโยชน์ (bioavaitibility) ลดลง (ศูนย์พันธุวิศวกรรมและไบโอเทคโนโลยี, 2552) มีราย งาน การวิจัยในถั่วเหลืองในการลดปริมาณไฟเตทลงจากหลายประเทศ ที่ได้รับการสนับสนุนโดยทบวงการ พลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ(IAEA) ซึ่งประสบความสำเร็จในการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองสายพันธุ์กลายที่มีไฟเตทต่ำ กว่าพันธุ์ปกติถึงร้อยละ 81 (Meis *et al*., 2003)

ไฟเตท (Phytate compound/Phytic acid)

ไฟเตท คือ เกลือของกรดไฟติกหรือเรียกว่า เกลือไฟเตท มีชื่อทางเคมีว่า inositol hexakis phosphate acid ($C_6H_{18}O_{24}P_6$: IP6) กรดไฟติกส่วนใหญ่อยู่ในรูปไฟเตท ถูกสร้างและสะสมในขณะที่พืชเริ่มแก่ เพื่อใช้เป็นแหล่งฟอสฟอรัสในการสร้างพลังงานระหว่างการงอก ซึ่งจะมีการสร้างเอ็นไซม์ไฟเตสเพิ่มขึ้น ไฟเตทสามารถจับตัวกับโปรตีนและแร่ธาตุหลายชนิด โดยเฉพาะเหล็กและสังกะสี ซึ่งไฟเตทถือเป็นสารที่ขัดขวางการดูดซึมของแร่ธาตุต่าง ๆ และโปรตีน ทำให้การย่อยและการดูดซึมลดลง

การสะสมไฟเตทเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงการพัฒนาเมล็ดและมีค่าสูงสุดที่ระยะสุกแก่ (Lott, 1984) โดยยังไม่พบรายงานการศึกษาไฟเตทในถั่วเหลือง แต่อย่างไรก็ตาม มีรายงานว่า ปริมาณธาตุเหล็กจะแปรผกผันกับปริมาณไฟเตท โดยมีการศึกษาในข้าว พบว่า พันธุ์ที่มีไฟเตทสูงจะมีปริมาณของธาตุเหล็กต่ำ (ศูนย์พันธุวิศวกรรมและไบโอเทคโนโลยี, 2552) ซึ่งได้มีการพยายามศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับไฟเตทเพื่อลดปริมาณการสร้างสารนี้ เช่น Ishiguro *et al* (2005) และ Bassiri and Nahapetian (1977) กล่าวว่า ถั่วเหลืองจำนวน 12 พันธุ์ ที่ปลูกหลังการปลูกข้าวที่อาศัยน้ำชลประทาน พบว่ามีปริมาณไฟเตทสูงกว่าการปลูกถั่วเหลืองในที่ดอน (Reddy *et al*., 1989) นอกจากนั้น Miller *et al* (1980) และ Simwemba *et al* (1984) กล่าวว่าปริมาณไฟเตทในพืชกลุ่มธัญพืชมีความแตกต่างกันเมื่อปลูกในแต่ละสถานที่และแต่ละปี และ Proctor and Watts (1987) พบว่า navy bean จะพบความแตกต่างของปริมาณไฟเตท เมื่อใช้พันธุ์ต่างกันและปลูกในแต่ละสถานที่ นอกจากนี้ Khan *et al* (2007) ได้ทำการศึกษาในข้าวกล้องและข้าวขาวและข้าวสาลี พบว่า ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเมล็ดมีผลต่อปริมาณธาตุเหล็ก โดยเมล็ดข้าวที่มีขนาดสั้นและหนาจะมีปริมาณธาตุเหล็กมากกว่าเมล็ดข้าวที่มีลักษณะผอมยาว หลังจากที่ทำการขัดสีแล้ว Mebrahut *et al* (1997) กล่าวว่า ปริมาณไฟเตทในถั่วเหลืองฝักสด จำนวน 17 พันธุ์ ที่ระยะเก็บเกี่ยว R_6 R_7 และ R_8 จะมีปริมาณที่แตกต่างกัน โดยมีค่าสูงสุดที่ระยะ R_6 การใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัส มีผลต่อปริมาณไฟเตทในเมล็ด ซึ่งมีรายงานว่า เมื่อใช้ปริมาณปุ๋ยฟอสฟอรัสลดลง ทำให้ปริมาณไฟเตทลดลงเช่นกัน (Raboy *et al*., 1984) ส่วน Buerkert *et al* (1998) ได้ศึกษา ผลการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อปริมาณสารอาหารในลูกเดือย โดยใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ระดับ 0 และ 13 กิโลกรัม ฟอสฟอรัส/เฮกตาร์ ร่วมกับการใส่เศษวัสดุทางการเกษตรระดับ 500 2,000 และ 2,000(รูปผง) กิโลกรัม ฟอสฟอรัส/เฮกตาร์ พบว่า การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสที่เพิ่มขึ้นในระดับ 13 กิโลกรัม ฟอสฟอรัส/เฮกตาร์ มีผลทำให้เมล็ดมีไฟเตทสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยเพิ่มขึ้นร้อยละ 25-29 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับการทดลองของ Mollers *et al* (2011) ได้ศึกษาผลกระทบของฟอสฟอรัสใน *Brassica napus* L. โดยใช้ปริมาณฟอสฟอรัสในระดับ 0.6, 2.1, 3.5 and 11 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส/100 กรัมดิน ในรูปสารละลาย KH_2PO_4 พบว่า ระดับฟอสฟอรัสและไฟเตทในเมล็ดสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ จาก 0.24 ถึง 0.72 เปอร์เซ็นต์ และ 0.06 ถึง 0.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

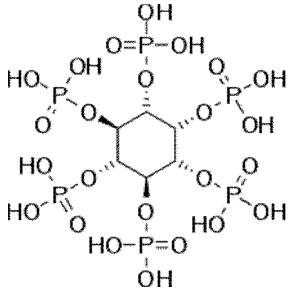


Fig.1e Structure of phytate (en.wikipedia.org ,2010)

สารกาบ้า (γ-aminobutyric acid)

สารกาบ้า หรือสาร γ-aminobutyric acid (GABA) รู้จักดีในรูปของ non-protein amino acid ซึ่งมีรายงานว่าพบการสะสมในพืช สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม แบคทีเรีย และยีสต์ (Wang *et al*., 2006; Komatsuzuki *et al*., 2007) ปัจจุบันจึงมีความสนใจการใช้ประโยชนสารกาบ้าที่ได้จากอาหาร สารนี้มีความเกี่ยวข้องการส่งผ่านของระบบประสาทและโรคเกี่ยวกับ เส้นประสาทบกพร่อง เช่น Seizures, Parkison, Stiff-man syndrom โดยเมื่อมีการให้สากาบ้าเพิ่มในสมอง สามารถเพิ่มฮอร์โมนการเจริญเติบโตให้แก่ร่างกาย ที่ปกตอฮอร์โมนนี้จะมีการสร้างลดลงตามอายุที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ สามารถลดอาการเครียดและทำให้นอนหลับง่าย ส่วนการรักษาโรครายงานว่า กาบ้าสามารถลดอาการโรคความดันโลหิตสูง ทั้งในหนูทดลองและในคน (Stanton, 1963; Lacerda *et al*., 2003; Elliot and Mobbiger, 1959) ปกติร่ายกายต้องการประมาณ 2,000-3,000 มิลลิกรัม/วัน การผลิตสารกาบ้าในต้นพืชนั้น สามารถเกิดขึ้นได้เมื่อมีการเติมไนโตรเจน ในรูปแอมโมเนีย เช่น NH_4NO_3 ลงไป ซึ่งทำให้สารกลูตามินซึ่งเป็นสารตั้งต้นของกาบ้าเพิ่มขึ้น (Kishinami and Ojima, 1980; Wen *et al*., 2004)

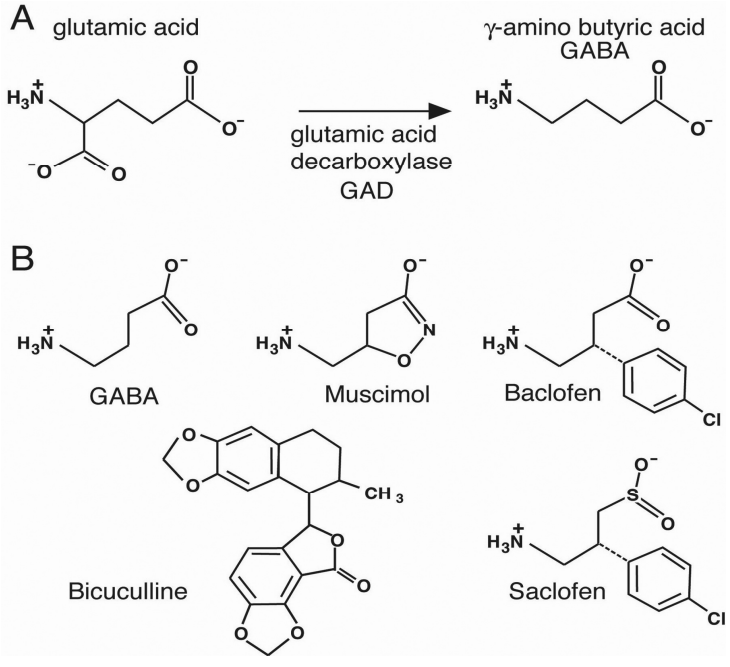


Fig.1 GABA synthesis pathway and its structure (Wen *et al*., 2004)

มีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง คือ ในสภาวะเครียด ได้แก่ อุณหภูมิต่ำและสูง(temperature shock) การใช้รังสีแกมม่า การอยู่ในสภาวะเครียดจากน้ำ การใช้ฮอร์โมนจากพืชและการยักย้ายถ่ายเท (mechnical manipulation) (Bown and Shelp, 1989, 1997; Satya Narayan and Nair, 1990; Snedden *et al*.,1995) นอกจากนี้ Wallace (1984) กล่าวว่า ปริมาณสารกาบ้าในถั่วเหลือง จะเพิ่มปริมาณมากเป็น 23 เท่าเมื่อนำเอาถั่วเหลืองไปไว้ที่อุณหภูมิสูง 35°C สลับกับ อุณหภูมิ 22°C และ 6°C โดยปริมาณสารกาบ้าที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับการลดลงของกลูตาเมท นอกจากนี้ มีการศึกษาในต่างประเทศ พบว่า การใช้รังสีแกมมาในถั่วเหลืองจะไปกระตุ้นให้เกิดการสังเคราะห์สารกาบ้าเพิ่มขึ้น (Bown and Shelp, 1989, 1997; Satya Narayan and Nair, 1990)

แอนโธไซยานิน (Anthocyanin compound)

สารแอนโธไซยานินในถั่วเหลือง เป็นสารต้านอนุมูลอิสระและช่วยชะลอการเสื่อมของเซลล์ รวมไปถึงการยับยั้งการเกิดออกซิเดชั่น พบในถั่วเหลืองที่มีเปลือกหุ้มสีดำ มีรายงานว่า มีค่า1.58-20.18 มิลลิกรัม/กรัม สารแอนโธไซยานิน ประกอบไปด้วย delphinidin-3-glucoside, cyaniding-3-glucoside, และ petunidin-3-glucoside ปริมาณ 0-3.71, 0.94-15.98 และ 0-1.41 มิลลิกรัม/กรัม ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าถั่วเหลืองที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดสีดำเป็นแหล่งของ cyaniding-3-glucoside และ delphinidin-3-glucoside ที่ดี และปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณสารประกอบฟีนอล (Chong *et al.*, 2001)

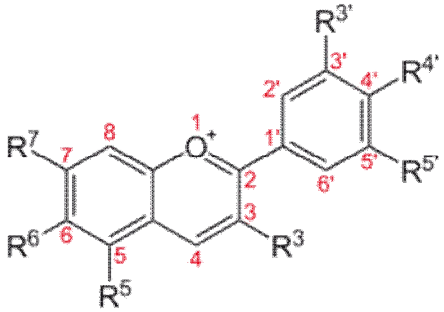


Fig.1f Structure of anthocyanin (en.wikipedia.org, 2012)

อย่างไรก็ตาม ประเทศไทยมีการนำเข้าถั่วเหลืองในรูปเมล็ดและกากถั่วเหลือง ปีละไม่ต่ำกว่า 4 ล้านตันและสารไอโซฟลาโวน ปีละไม่ต่ำกว่าหลายร้อยล้านบาท มีมูลค่าการซื้อขายในตลาดโลกประมาณ 1 18 ล้านเหรียญสหรัฐ (ผ่องศรี และคณะ, 2550) ซึ่งสารดังกล่าวมีราคาสูง คือ มีราคากิโลกรัมละ 30,000 บาทที่ความเข้มข้น ร้อยละ 40 และยังไม่มีการผลิตในเชิงพาณิชย์ในประเทศไทย ทั้งนี้เนื่องจากขาดข้อมูลและเทคโนโลยีในการผลิตสารดังกล่าวให้มีปริมาณสูง ดังนั้น การศึกษาเทคโนโลยีการผลิตถั่วเหลืองให้มีปริมาณของสารไอโซฟลาโวนสูง รวมไปถึงการศึกษาข้อมูลพื้นฐาน และการชะลอการเสื่อมสภาพของสารไอโซฟลาโวนในน้ำมันถั่วเหลืองจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มปริมาณของสารไอโซฟลาโวนในถั่วเหลืองของไทย และเพิ่มทางเลือกในการบริโภคอาหารสุขภาพให้แก่ผู้บริโภค เป็นแรงจูงใจให้กับเกษตรกรในการเลือกปลูกถั่วเหลือง เนื่องจากเกษตรกรได้รับผลตอบแทนที่สูงขึ้น และเพิ่มทางเลือกในการบริโภคอาหารสุขภาพให้แก่ผู้บริโภค

วัตถุประสงค์งานวิจัย

1.เพื่อศึกษาปริมาณสารสำคัญ ได้แก่ ไอโซฟลาโวน กาบ้า ธาตุเหล็ก และแอนโธไซยานิน ในถั่วเหลืองพันธุ์ต่างๆ

2.เพื่อศึกษาเทคโนโลยีการผลิตถั่วเหลืองให้มีปริมาณสารไอโซฟลาโวนสูง

ขอบเขตการวิจัย

เป็นการศึกษาการประเมินผลเบื้องต้นในการจัดกลุ่มถั่วเหลืองในพันธุ์/สายพันธุ์ต่างๆ โดยอาศัยข้อมูลทางด้าน ปริมาณสารไอโซฟลาโวน ธาตุเหล็ก สารไฟเตท กาบ้า และแอนโธไซยานินในเมล็ดปริมาณสารไอโซฟลาโวนในระหว่างการเก็บรักษาในรูปของน้ำมันถั่วเหลือง และปัจจัยอื่นที่มีผลต่อการผลิตสารไอโซฟลาโวน อันได้แก่ ช่วงปลูก เป็นการศึกษาช่วงปลูกที่เหมาะสม เมื่อสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงโดยเฉพาะ อุณหภูมิโลกที่สูงขึ้น และฝน การใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชหลังงอก การกระตุ้นการสร้างสารไอโซฟลาโวน เพื่อเป็นข้อมูลด้านการเลือกใช้พันธุ์ถั่วเหลืองที่เหมาะสม และเทคโนโลยีเบื้องต้นในการเพิ่มปริมาณสารไอโซฟลาโวนในถั่วเหลือง และเป็นข้อมูลในการเตรียมความพร้อม สำหรับการผลิตถั่วเหลืองภายใต้สิ่งแวดล้อมที่สภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งสามารถเป็นประโยชน์ให้แก่เกษตรกร ผู้ประกอบการ และหน่วยงานอื่นๆที่เกี่ยวข้อง ในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปทั้งในเชิงการผลิตถั่วเหลืองเพื่อเป็นวัตถุดิบ และเป็นข้อมูลสำหรับการแปรรูปเป็นอาหารสุขภาพและอาหารเสริม ในอนาคตเมื่อมีการต่อยอดงานวิจัยจะมีการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างสารดังกล่าว เช่น ศึกษากลไกการควบคุมการผลิตสารต่างๆ ในระดับเอ็นไซม์ เทคนิคการปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีการฉายรังสี การตัดแต่งพันธุกรรม การตอบสนองของถั่วเหลืองในการผลิตสาระสำคัญภายใต้สภาพความ เครียดของภูมิอากาศ

สมมติฐานการวิจัย

การพัฒนาถั่วเหลืองไทยนอกจากจะคำนึงถึงการให้ผลผลิตสูง สามารถปลูกได้ในสภาพที่แห้งแล้ง ทนต่อโรคและศัตรูที่สำคัญอื่นๆ และมีต้นทุนการผลิตต่ำ ยังต้องคำนึงถึงคุณภาพที่ได้ ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยการปรับปรุงพันธุ์ให้มีลักษณะตามวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้และเลือกใช้เทคโนโลยีเพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะ ในปัจจุบันจากสถานการณ์ในเรื่องของการรณรงค์การบริโภคอาหารสุขภาพ และการบำบัดโรคโดยการควบคุมโรคด้วยการบริโภคอาหารที่มาจากพืช ทำให้ผู้บริโภคพยายามบริโภคอาหารที่มีความปลอดภัยและมีสารสำคัญต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ดังเช่นโปรตีนที่ได้จากพืชเพื่อทดแทนจากสัตว์ รวมไปถึงสารพฤกษเคมีและสารแอนตี้อ๊อกซิแด้นซ์ ที่มีฤทธิ์ในการบำบัดโรคและทำให้สุขภาพแข็งแรง ถั่วเหลืองเป็นพืชตระกูลถั่วชนิดหนึ่งที่มีสารสำคัญต่างๆ ในปริมาณที่สูงกว่าพืชตระกูลถั่วชนิดอื่นๆทั้งหมด โดยเฉพาะสารไอโซฟลาโวน ซึ่งสามารถลดอัตราเสี่ยงของโรคหัวใจและมะเร็ง รวมไปถึงลดอาการวัยทอง ผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมการบริโภคในรูปอาหารเสริม โดยประเทศไทยในขณะนี้ได้มีการนำเข้าอาหารเสริมไอโซฟลาโวนจากต่างประเทศมีมูลค่าไม่ต่ำกว่าหลายร้อยล้านบาทต่อปี นอกจากนี้ ถั่วเหลืองยังมีสารสำคัญคือ สารกาบ้า เกี่ยวข้องกับการส่งผ่านของระบบประสาทและโรคเกี่ยวกับเส้นประสาทบกพร่อง ฮอร์โมนการเจริญเติบโต ช่วยลดความเครียด และสารแอนโธไซยานิน เป็นสารต้านอนุมูลอิสระและช่วยชะลอการเสื่อมของเซลล์ รวมไปถึงการยับยั้งการเกิดออกซิเดชั่น นอกจากนี้ ถั่วเหลืองประกอบด้วยแร่ธาตุต่างๆที่จำเป็น โดยเฉพาะธาตุเหล็กซึ่งเกี่ยวข้องกับระบบเม็ดเลือดในร่างกาย โดยร่างกายยังไม่สามารถนำไปใช้

ประโยชน์ได้เต็มที่ เนื่องจากมีสารไฟเตทซึ่งไปยับยั้งการดูดซึมธาตุเหล็ก และธาตุอื่นๆ รวมทั้งโปรตีนเข้าสู่ร่างกาย ทำให้ความเป็นประโยชน์ต่อร่างกายลดลง

ทั้งนี้ประเทศไทยยังไม่มีข้อมูลเทคโนโลยีการผลิตถั่วเหลืองให้มีปริมารสาระสำคัญสูง โดยเฉพาะสารไอโซฟลาโวนและธาตุเหล็กและแนวทางการลดปริมาณกรดไฟติกหรือสารไฟเตทลง อีกทั้งยังขาดข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับสารสำคัญดังกล่าว รวมไปถึงเทคโนโลยีการเก็บรักษาเพื่อชะลอการเสื่อมสภาพของสารไอโซฟลาโวนในผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง โดยเฉพาะน้ำมันถั่วเหลือง ซึ่งการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตถั่วเหลืองให้มีคุณค่าทางโภชนาการสูง จึงน่าจะเป็นหนทางหนึ่งที่จะช่วยแก้ปัญหาการผลิตถั่วเหลืองของไทยทางหนึ่ง โดยการเพิ่มคุณค่าในตัวถั่วเหลืองในรูปของสารไอโซฟลาโวน หรือปริมาณธาตุเหล็กและความเป็นประโยชน์ที่เพิ่มขึ้นต่อผู้บริโภค เป็นการรองรับการผลิตถั่วเหลืองเพื่อเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมการแปรรูปที่ต้องการลักษณะเฉพาะต่อไป และเป็นแรงจูงใจให้กับเกษตรกรในการเลือกปลูกถั่วเหลือง เนื่องจากเกษตรกรได้รับผลตอบแทนที่สูงกว่าการปลูกถั่วเหลืองเพื่อการผลิตน้ำมัน ซึ่งเพิ่มทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภคที่สามารถซื้อหาได้ในราคาที่ถูกลง และเป็นการลดมูลค่าการนำเข้าของสารดังกล่าวจากต่างประเทศ

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

การทดลองที่ 1 การประเมินปริมาณสารไอโซฟลาโวน ธาตุเหล็ก กาบ้า และแอนโธไซยานินในถั่วเหลืองพันธุ์/สายพันธุ์ต่างๆ
(Evaluation Isoflavone, Iron, GABA, and Anthocyan Content of Soybean Varieties/Lines)

ประเด็นวิจัย

พันธุ์และฤดูปลูก มีผลต่อปริมาณสารสำคัญในถั่วเหลือง ได้แก่ ไอโซฟลาโวน กาบ้า เหล็กและสารแอนโธไซยานิน

สถานที่ทำการวิจัยและระยะเวลาดำเนินงาน

ดำเนินงานวิจัยที่ ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ เริ่มดำเนินงานวิจัย ในฤดูแล้ง (พฤศจิกายน) และฤดูฝน (ปลายกรกฎาคม) ตั้งแต่ ตุลาคม 2553 ถึง ธันวาคม 2555

วิธีดำเนินการ

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Completed Block Design จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 การทดลองย่อย คือ

การทดลองย่อยที่ 1 การประเมินปริมาณสารไอโซฟลาโวน ธาตุเหล็ก กาบ้า โดยใช้พันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ที่มีเปลือกสีเหลืองจำนวน 7 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์เชียงใหม่ 60 เชียงใหม่ 2 พันธุ์พื้นเมือง ได้แก่ ผาบ่อง 13 TG145 และสายพันธุ์ก้าวหน้า ได้แก่ MJ9518-2 CM9928-1-3 และ CM9513-3

การทดลองย่อยที่ 2 การประเมินปริมาณสารแอนโธไซยานิน ในพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ที่มีเปลือกสีดำ ได้แก่ สุโขทัย 3 ดำเตี้ย 1 ดำเตี้ย 6 ยอดสน และ ณ ลำปาง

วิธีดำเนินการวิจัย

วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดินก่อนปลูก จากนั้นเตรียมแปลงโดยไถดะและไถพรวน ทิ้งไว้ 2 สัปดาห์ แล้วแบ่งพื้นที่ออกเป็นแปลงย่อย ขนาด 4x6 เมตร ก่อนปลูกคลุกเมล็ดด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม

อัตรา 200 กรัม/เมล็ดพันธุ์ 10-12 กิโลกรัม และสารเมทาแลกซิลป้องกันโรคราน้ำค้าง ปลูกถั่วเหลืองตามกรรมวิธี โดยหยอด 5-6 เมล็ด/หลุม ระยะปลูก 50x 20 เซนติเมตร หลังปลูกให้น้ำทันทีเมื่อถั่วเหลืองงอกแล้วถอนแยกให้เหลือ 3 ต้น/หลุม ดูแลรักษาแปลงโดยพ่นสารเคมีไตรอะโซฟอส 40%EC อัตรา 50 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร เมื่อถั่วเหลืองอายุได้ 7-10 วันและพ่นซ้ำทุก 7 วัน ป้องกำจัดแมลงวันหนอนเจาะลำต้น เมื่อถั่วเหลืองอายุ 14 วัน ใส่ปุ๋ยเกรด 12-24-12 อัตรา 25 กิโลกรัม/ไร่ ข้างแถวพร้อมกำจัดวัชพืชและพูนโคน ป้องกันโรคราสนิมด้วยสารเคมีไตรอะดิมิฟอน 25%WP อัตรา 10 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร ที่ระยะก่อนออกดอกและติดฝักอ่อน ส่วนแมลงหวี่ขาวใช้สารเคมีไตรอะโซฟอส 40%EC อัตรา 50 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร และพ่นสารเคมีคาร์เบนดาซิมเพื่อป้องกันโรคแอนแทรคโนส อัตรา 50 กรัม/น้ำ 20 ลิตร ที่ระยะดอกบานและติดฝักอ่อน ฤดูแล้งให้น้ำทุกๆ 7 วันหรือเมื่อดินแห้ง ฤดูฝนให้น้ำชลประทานเมื่อฝนทิ้งช่วงนาน บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตและเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองที่ระยะสุกแก่ (R8) พื้นที่เก็บเกี่ยว 3x4 เมตร เพื่อวิเคราะห์ผลผลิตถั่วเหลือง ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ ความสูง องค์ประกอบผลผลิต ตามวิธีของเฉลิมพล (2542)

การบันทึกข้อมูล

1.บันทึก วันปลูก วันงอก วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์และวันเก็บเกี่ยว

2.คุณภาพดินก่อนและหลังการทดลอง

3.ข้อมูลการระบาดของศัตรูพืช

4.ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ประกอบด้วย อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และปริมาณน้ำฝน ระหว่างดำเนินการทดลองตั้งแต่ปลูกถึงเสร็จสิ้นการการทดลอง

5.ผลผลิตต่อไร่ ความสูงและองค์ประกอบผลผลิต จำนวนต้นเก็บเกี่ยวต่อไร่ (ความชื้น 13 %) (เฉลิมพล, 2542)

6.วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการในถั่วเหลืองแต่ละพันธุ์ ตามวิธีการของ Association of Analytical Chemists (AOAC) Manaul (AOAC, 1995) ดังนี้

6.1 สารไอโซฟลาโวนรวม โดยวิธี HPLC method (Lee *et al*., 2010)

6.2 ปริมาณปริมาณธาตุเหล็ก กรดไฟติก (สารไฟเตท) ปริมาณสารกาบ้า และสารแอนโธไซยานิน (AOAC, 1995)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลผลิตถั่วเหลือง ปริมาณไอโซฟลาโวน ธาตุเหล็ก สารไฟเตท และสารกาบ้า ในถั่วเหลือง ฤดูแล้งปี 2554-2555

ผลผลิตต่อไร่

Table 2.1 แสดงผลผลิตถั่วเหลืองในพันธุ์ต่าง ๆ ปริมาณสารไอโซฟลาโวน ธาตุเหล็ก สารยับยั้งการดูดซึมธาตุเหล็ก (สารไฟเตท) และสารกาบ้า พบว่า ในปี 2554 ผลผลิตถั่วเหลือง มีความแตกต่างกันทางสถิติ พันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงสุด คือ CM9928-1-3 รองลงมา คือ MJ9518-2 (เชียงใหม่ 6) CM9513-3 ผาบ่อง 13 TG145 เชียงใหม่ 60 และ เชียงใหม่ 2 โดยมีค่าดังนี้ 428 399 372 316 295 272 และ 264 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ และปี 2555 พันธุ์เชียงใหม่ 60 ให้ค่าสูงสุด คือ 291 กิโลกรัม/ไร่ ส่วนพันธุ์อื่นๆให้ผลผลิตดังนี้ พันธุ์ MJ9518-2 CM9928-1-3 เชียงใหม่ 2 CM9513-3 ผาบ่อง 13 และ TG145 ดังนี้ 283 264 236 219 196 และ 194 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ

ปริมาณสารไอโซฟลาโวน

ปี 2554 ปริมาณสารไอโซฟลาโวนรวม มีความแตกต่างกันในแต่ละพันธุ์ โดยพันธุ์ CM9928-1-3 มีค่าสูงสุด รองลงมา คือ CM9513-3 MJ9518-2 เชียงใหม่ 2 เชียงใหม่ 60 ผาบ่อง 13 และ TG145 ซึ่งมีค่าดังนี้ 51.6 50.4 48.9 36.4 35.5 35.1 และ 34.8 ไมโครกรัม/กรัมถั่วเหลือง ตามลำดับ สำหรับปี 2555 พันธุ์ CM9513-3 มีสารไอโซฟลาโวนสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ คือ 53.7 8 ไมโครกรัม/กรัม ส่วนพันธุ์อื่นๆมีปริมาณสารไอโซฟลาโวน ดังนี้ 47.8 44.9 38.2 36.5 38.3 และ 37. 8 ไมโครกรัม/กรัมในพันธุ์ CM9928-1-3 เชียงใหม่ 2 TG145 MJ9518-2 เชียงใหม่ 60 และ ผาบ่อง 13 ตามลำดับ

ปริมาณธาตุเหล็กและสารไฟเตท

ปริมาณธาตุเหล็ก มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยปี 2554 พันธุ์ MJ9518-2 มีธาตุเหล็กสูงสุด คือ 183.8 มิลลิกรัม/1000 กรัม รองลงมาคือ เชียงใหม่ 60 เชียงใหม่ 2 TG145 CM9513-3 ผาบ่อง 13 และ CM9928-1-3 โดยมีค่า ตามลำดับ คือ 166.8 157.3 141.1 132.6 126.3 และ 122.5 มิลลิกรัม/1000 กรัม ตามลำดับ ส่วน ปี 2555 พบว่า พันธุ์ ผาบ่อง13 มีค่าสูงสุด รองลงมา คือ เชียงใหม่ 60 TG145 MJ9518-2 เชียงใหม่ 2 CM9513-3 และ CM9928-1-3 ซึ่งมีค่าดังนี้ 127.5 121.7 109.9 104.7 92.6 76.6 และ 65.7 มิลลิกรัม/1000 กรัม ตามลำดับ

สำหรับสารต้านทานการดูดซึมธาตุเหล็ก (สารไฟเตท) มีความแตกต่างกัน โดยปี 2554 พันธุ์ที่มีค่าต่ำสุด คือ พันธุ์ MJ9518-2 รองลงมาคือ CM9928-1-3 CM9513-3 เชียงใหม่ 60 ผาบ่อง 13 เชียงใหม่ 2 และ TG145 มีค่าตามลำดับ ดังนี้ 18.3 19.3 19.3 19.7 20.7 23.3 และ 23.7 กรัม/1000 กรัม สำหรับปี 2555 พันธุ์ที่มีค่าต่ำสุด คือ พันธุ์ CM9928-1-3 โดยมีค่าดังนี้ คือ 21.7 22.9 24.4 25.4 26.3 26.7 และ 27.5 มิลลิกรัม/1000 กรัม สำหรับพันธุ์ CM9928-1-3 MJ9518-2 ผาบ่อง 13 เชียงใหม่ 60 CM9513-3 TG145 และ เชียงใหม่ 2 ตามลำดับ

ปริมาณสารกาบ้า

สารกาบ้า มีความแตกต่างกันทางสถิติในแต่ละพันธุ์ ทั้งปี 2554 และ 2555 พันธุ์ที่มีค่าสูงสุด ในปี 2554 คือ เชียงใหม่ 2 รองลงมา คือ CM9928-1-3 เชียงใหม่ 60 MJ9518-2 CM9513-3 ผาบ่อง 13 TG145 มีค่าดังนี้ 62.9 55.9 43.3 42.1 41.8 38.5 และ 34.1 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ ส่วนปี 2555 พันธุ์ที่มีค่าสูงสุด คือ CM9513-3 โดยมีค่าคือ 146.5 109.9 88.1 82.1 78.7 72.5 และ 57.6 มิลลิกรัม/1000 กรัม ในพันธุ์ CM9513-3 เชียงใหม่ 2 ผาบ่อง 13 TG145 เชียงใหม่ 60 CM9928-1-3 และ MJ9518-2 ตามลำดับ

ฤดูฝน ปี 2554-2555

ผลผลิตต่อไร่

ผลผลิตถั่วเหลืองในพันธุ์ต่างๆ ปริมาณสารไอโซฟลาโวน ธาตุเหล็ก สารไฟเตท และสารกาบ้า พบว่า ในปี 2554 ผลผลิตถั่วเหลือง ไม่มีความแตกต่างกัน ผลผลิตมีค่าอยู่ระหว่าง 203-300 กิโลกรัม/ไร่ ส่วนปี 2555 ผลผลิตถั่วเหลืองมีความแตกต่างกัน โดยพันธุ์ CM9928-1-3 ให้ค่าสูงสุด คือ 386 กิโลกรัม/ไร่ ส่วนพันธุ์อื่นๆให้ผลผลิตดังนี้ พันธุ์ เชียงใหม่ 60 เชียงใหม่ 2 MJ9518-2 TG145 ผาบ่อง 13 และ CM9513-3 ดังนี้ 347 287 267 253 131 และ 113 กิโลกรัม/ไร่ตามลำดับ (Table 2.1)

ปริมาณสารไอโซฟลาโวน

ปี 2554 ปริมาณสารไอโซฟลาโวนรวม ไม่มีความแตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 30.2-31.8 ไมโครกรัม/กรัม สำหรับปี 2555 พันธุ์ เชียงใหม่ 2 มีสารไอโซฟลาโวนสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ คือ 51.7 ไมโครกรัม/กรัม ส่วนพันธุ์อื่นๆมีปริมาณสารไอโซฟลาโวน ดังนี้ 51.3 45.0 38.4 32.3 30.4 และ 26.8 ไมโครกรัม/กรัม ในพันธุ์ เชียงใหม่ 60 CM9513-3 ผาบ่อง 13 CM9928-1-3 TG145 และ MJ9518-2 ตามลำดับ

ปริมาณธาตุเหล็กและสารไฟเตท

ปริมาณธาตุเหล็ก มีความแตกต่างกันสถิติ ปี 2554 พันธุ์ เชียงใหม่ 60 มีธาตุเหล็กสูงสุด คือ 183.8 มิลลิกรัม/1000 กรัม รองลงมาคือ CM9928-1-3 ผาบ่อง 13 TG145 เชียงใหม่ 2 CM9513-3 และ MJ9518-2 โดยมีค่า ตามลำดับ คือ 196.1 192.8 140.7 123.5 123.2 121.4 และ 98.3 มก/ 1000 ก. ส่วน ปี 2555 พบว่า พันธุ์ เชียงใหม่ 2 มีค่าสูงสุด รองลงมา คือ TG145 ผาบ่อง 13 CM9513-3 CM9928-1-3 เชียงใหม่ 60 และ MJ9518-2 มีค่าดังนี้ 111.5 98.2 95.1 92.8 89.5 82.9 และ 76.5 มิลลิกรัม/1000 กรัม ตามลำดับ

ส่วนสารต้านทานการดูดซึมธาตุเหล็ก(ไฟเตท) มีความแตกต่างกันทางสถิติเช่นเดียวกัน โดยปี 2554 พันธุ์ที่มีค่าต่ำสุด คือ พันธุ์ CM9928-1-3 รองลงมาคือ TG145 ผาบ่อง 13 MJ9518-2 CM9513-3 เชียงใหม่ 60 และ เชียงใหม่ 2 มีค่าตามลำดับ ดังนี้ 18.3 19.3 19.3 19.7 20.7 23.3 และ 23.7 มิลลิกรัม/1000 กรัม สำหรับปี 2555 พันธุ์ที่มีค่าต่ำสุด คือ พันธุ์เชียงใหม่ 60 (11.6 มิลลิกรัม/1000 กรัม) ส่วนพันธุ์อื่นๆ มีค่า ดังนี้ คือ 18.2 18.4 18.5 18.6 19.1 และ 20.5 มิลลิกรัม/1000 กรัม ในพันธุ์ เชียงใหม่ 2 CM9928-1-3 ผาบ่อง 13 MJ9518-2 CM9513-3 TG145 ตามลำดับ

ปริมาณสารกาบ้า

สารกาบ้า พบความแตกต่างกันทางสถิติ ทั้งปี 2554 และ 2555 พันธุ์ที่มีค่าสูงสุด ในปี 2554 คือ เชียงใหม่ 2 รองลงมา คือ เชียงใหม่ 60 TG145 MJ9518-2 CM9513-3 ผาบ่อง 13 และ CM9928-1-3 มีค่าดังนี้ 115.6 105.3 92.4 98.4 84.1 80.3. และ 79.5 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ ส่วนปี 2555 พันธุ์ที่มีค่าสูงสุด คือ เชียงใหม่ 2 (285.2 ไมโครกรัม/กรัม) ส่วนพันธุ์ CM9513-3 MJ9518-2 TG145 เชียงใหม่ 60 CM9928-1-3 และ ผาบ่อง13 มีค่าดังนี้ 244.3 226.3 196.2 194.6 191.8 และ 175.5 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ

ผลผลิตถั่วเหลือง และปริมาณสารแอนโธไซยานินในถั่วเหลือง
ฤดูแล้งปี 2554-2555

ผลผลิตต่อไร่

Table 2.2 แสดงผลผลิตถั่วเหลืองพันธุ์ที่มีเปลือกสีดำและปริมาณแอนโธไซยานิน พบว่า ปี 2554 ผลผลิตถั่วเหลือง มีความแตกต่างกัน พันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงสุด คือ ดำเตี้ย 6 รองลงมา คือ ณ ลำปาง สุโขทัย 3 ยอดสน และ ดำเตี้ย 1 โดยมีค่าดังนี้ 312 310 303 238 และ 218 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ส่วนปี 2555 พันธุ์สุโขทัย 3 ให้ค่าสูงสุด คือ 321 กิโลกรัม/ไร่ ส่วนพันธุ์อื่นๆให้ผลผลิตดังนี้ พันธุ์ ยอดสน ณ ลำปาง ดำเตี้ย 1 และดำเตี้ย 6 ดังนี้ 305 258 195 และ 191 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ

ปริมาณสารแอนโธไซยานิน

ปี 2554 ปริมาณแอนโธไซยานินในถั่วเหลืองที่มีเปลือกสีดำมีความแตกต่างกัน พันธุ์ที่มีสารแอนโธไซยานินสูงสุด คือ ยอดสน รองลงมา คือ ณ ลำปาง สุโขทัย 3 ดำเตี้ย 1 และดำเตี้ย 6 โดยมีค่าดังนี้

82.5 72.3 68.3 53.5 และ 38.5 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ ส่วนปี 2555 พบว่า ยอดสนให้ค่าสูงสุด คือ 40.8 มิลลิกรัม/100 กรัม รองลงมา คือ ดำเตี้ย 1 ดำเตี้ย 6 ณ ลำปาง และ สุโขทัย 3 ดังนี้ 30.6 20.5 15.1 และ 12.2 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ

ฤดูฝน ปี 2554-2555

ผลผลิตต่อไร่

ผลผลิตถั่วเหลืองพันธุ์ที่มีเปลือกสีดำ ในปี 2554 มีความแตกต่างกัน พันธุ์ดำเตี้ย 1 ให้ค่าสูงสุด คือ 272 กิโลกรัม/ไร่ ส่วนพันธุ์อื่นๆให้ผลผลิตดังนี้ พันธุ์ สุโขทัย 3 ณ ลำปาง ดำเตี้ย 6 และ ยอดสน ดังนี้ 247 157 128 และ 103 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ส่วนปี 2555 พันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงสุด คือ สุโขทัย 3 และ ณ ลำปาง รองลงมา คือ ดำเตี้ย 1 ดำเตี้ย 6 ยอดสน และ ดำเตี้ย 6 โดยมีค่าดังนี้ 118 118 104 98 และ 93 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ

ปริมาณสารแอนโธไซยานิน

ปี 2554 พันธุ์ที่มีสารแอนโธไซยานินสูงสุด คือ ดำเตี้ย 1 รองลงมา คือ ยอดสน ดำเตี้ย 6 ณ ลำปาง และ สุโขทัย 3 โดยมีค่าดังนี้ 20.0 16.8 15.0 11.5 และ 8.5 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ ส่วนปี 2555 พบว่า ดำเตี้ย 1 มีค่าสูงสุด คือ 22.6 มิลลิกรัม/100 กรัม รองลงมา คือ ดำเตี้ย 6 ยอดสน ณ ลำปาง และ สุโขทัย 3 ดังนี้ 16.6 15.5 11.6 และ 9.9 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ

สรุปรวมผลการทดลอง

ถั่วเหลืองพันธุ์ที่มีสารไอโซฟลาโวนสูงในฤดูแล้ง คือ CM9513-3 CM9928-1-3 ส่วนฤดูฝน ได้แก่ เชียงใหม่ 2 เชียงใหม่ 60 พันธุ์ที่มีธาตุเหล็กสูง คือ MJ9518-2 (เชียงใหม่ 6) เชียงใหม่ 60 เชียงใหม่ 2 สำหรับฤดูแล้ง และ เชียงใหม่ 2 TG145 ผาบ่อง 13 CM9513-3 สำหรับฤดูฝน สำหรับพันธุ์ที่มีสารไฟเตทต่ำในฤดูแล้ง คือ CM9928-1-3 MJ9518-2 (เชียงใหม่ 6) ในฤดูฝนทุกพันธุ์มีไฟเตท อยู่ในระดับปานกลาง นอกจากนี้ พันธุ์ที่มีสารกาบ้าสูง คือ เชียงใหม่ 2 CM9513-3 ในฤดูแล้งและ เชียงใหม่ 2 ในฤดูฝน และพันธุ์ที่มีสารแอนโธไซยานินสูง คือ ยอดสน ในฤดูแล้ง และ ดำเตี้ย 1 ในฤดูฝน (Table 1)

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การประเมินปริมาณสารไอโซฟลาโวน เหล็ก ไฟเตท กาบ้าและแอนโธไซยานินในพันธุ์ถั่วเหลือง สามารถจัดกลุ่มพันธุ์ที่มีสารสำคัญ ตามระดับสารที่มีอยู่ออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มพันธุ์ที่มีสารสำคัญในระดับสูง ปานกลาง และต่ำ อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในพันธุ์พื้นเมืองอื่นๆ/พันธุ์ใหม่ๆ รวมถึงพื้นที่ที่มีลักษณะของดินและสิ่งแวดล้อมที่ต่างไปจากการทดลองนี้ และปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณสารดังกล่าว เช่น วันปลูก การจัดการธาตุอาหาร สภาวะเครียด การเก็บรักษา เป็นต้น ผลการทดลองที่ได้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ สำหรับเป็นข้อมูลพื้นฐานประกอบการขอรับรองพันธุ์ถั่วเหลืองในอนาคต และพัฒนาต่อในส่วนของเทคโนโลยีการผลิตถั่วเหลืองให้มีสารต่างๆเพิ่มขึ้น

Table 1 Group of soybean as classified by nutritional level during dry and rainy seasons, 2011-2012 at CMFCRC.

Level	Isoflavone	Iron	Phytate	GABA	Anthocyanin
	Dry season				
High	CM9928-1-3 CM9513-3	MJ9518-2 CM 60 CM 2	CM 2 CM9513-3 TG145	CM 2 CM9513-3	Yodson
Middle	CM 2 CM 60 MJ9518-2	Paboung13 TG145 CM9513-3	Paboung13 CM 60	CM9928-1-3 CM 60 Paboung13 TG145	Damtear 1 Na-Lampang Sukhothai 3
Low	Paboung13 TG145	CM9928-1-3	CM9928-1-3 MJ9518-2	MJ9518-2	Damtear 6
	Rainy season				
High	CM 60 CM 2	เชียงใหม่ 2 CM9513-3 TG145 Paboung13	CM9513-3	CM 2	Damtear 1
Middle	CM9513-3 Paboung13	CM9928-1-3 CM 60	TG145 CM 60 CM 2 MJ9518-2 Paboung13 CM9928-1-3	CM 60 TG145 MJ9518-2 CM9513-3	Damtear 6 Yodson
Low	CM9928-1-3 TG145 MJ9518-2	MJ9518-2	-	CM9928-1-3 Paboung13	Na-Lampang Sukhothai 3

Table 2.1 Yield, isoflavone, iron, phytate, GABA content of soybean in both dry and rainy seasons during 2011-2012 at CMFCRC.

	2011					2012				
					Dry season					
Var.	Yield (kg/rai)	Isoflavone (µg/g)	Iron (mg/1000 g)	Phytate (g/1000 g)	GABA (µg/g)	Yield (kg/rai)	Isoflavone (µg/g)	Iron (mg/1000 g)	Phytate (g/1000 g)	GABA (µg/g)
CM60	272d	35.5b	166.8ab	19.7bc	43.3b	291a	38.3bc	121.7a	25.4abc	72.5bc
CM2	264d	36.4b	157.3bc	23.3a	62.9a	236abc	44.9abc	92.6abc	27.5a	109.9ab
Paboung13	316bcd	35.1b	126.3d	20.7b	38.5bc	196c	37.1c	127.5a	24.4abc	88.1b
TG145	29.5cd	34.8b	141.1cd	23.7a	34.1c	194c	38.2bc	109.9ab	26.7ab	78.7b
MJ9518-2	399ab	48.9a	183.8a	18.3d	42.1bc	283a	36.9bc	104.7abc	22.9bc	57.6b
CM9513-3	372abc	50.4a	132.6d	19.3cd	41.8bc	219bc	53.7a	76.6bc	26.3ab	146.5a
CM9928-1-3	428a	51.6a	122.5d	19.3cd	55.9a	264ab	47.8ab	65.7c	21.7c	82.1b
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
%CV	14.1	4.9	8.4	3.4	10.2	13.4	9.6	17.5	7.0	9.6
					Rainy season					
CM60	300	30.7	196.1a	17.7ab	105.3ab	347 ab	51.3a	82.9bc	11.6c	194.6d
CM2	225	30.8	123.2ab	19.3a	115.6a	287 b	51.7a	111.5a	18.2b	285.2a
Paboung13	282	31.6	140.7ab	17.0b	80.3c	131 c	38.4c	95.1abc	18.5b	175.5e
TG145	229	31.8	123.5ab	16.7b	92.4bc	253 b	30.4e	98.2ab	20.5a	196.2d
MJ9518-2	203	30.2	98.3b	17.0b	89.4bc	267 b	26.8f	76.5c	18.6b	226.3c
CM9513-3	206	30.1	121.4ab	17.3ab	84.1c	113 c	45.0b	92.8abc	19.1ab	244.3b
CM9928-1-3	267	31.2	192.8a	15.7b	79.5c	386 a	32.3d	89.5bc	18.4b	191.8d
F-test	NS	NS	*	*	**	**	**	**	**	**
%CV	20.0	8.0	29.6	6.3	10.0	15.3	0.8	9.3	3.5	1.6

Table 2.2 Yield and anthocyanin content of soybean in both dry and rainy seasons during 2011-2012 at CMFCRC.

Var.	Yield (kg/rai)		แอนโธไซยานิน (มก/100 ก)	
	2011	2012	2011	2012
			Dry season	
ST3	303a	321a	68.3b	12.2e
Damtear1	218b	195c	53.5c	30.6b
Damtear6	312a	191c	35.5d	20.5c
Yodson	238b	305ab	82.5a	40.8a
Na. Lampang	310a	258b	72.3b	15.1d
F-Test	**	**	**	**
%CV	4.7	9.9	9.3	1.9
			Rainy season	
ST3	247a	118a	8.5c	9.9c
Damtear1	272a	104b	20.0a	22.6a
Damtear6	128c	93b	15.0b	16.6b
Yodson	103c	98b	16.8ab	15.5b
Na. Lampang	157b	118a	11.5c	11.6c
F-Test	**	**	**	**
%CV	4.4	5.3	15.6	9.4

** In column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5 % level by DMRT

การทดลองที่ 2 ผลของวิธีการเก็บรักษาน้ำมันถั่วเหลืองต่อปริมาณสารไอโซฟลาโวน (Effects of Soybean Oil Storage Managements Affecting on the Isoflavones Content)

ประเด็นวิจัย

อุณหภูมิและอายุการเก็บรักษา มีผลต่อคุณภาพน้ำมันถั่วเหลืองและปริมาณสารไอโซฟลาโวน

สถานที่ทำการวิจัยและระยะเวลาดำเนินงาน

ดำเนินงานวิจัยที่ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลผลิตการเกษตร กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ เริ่มดำเนินงานวิจัย ตั้งแต่ ตุลาคม 2555 ถึง ธันวาคม 2557

วิธีดำเนินการ

วางแผนการทดลองแบบ Split plot design จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 การทดลองย่อย คือ

การทดลองย่อยที่ 1 การศึกษาปริมาณสารไอโซฟลาโวนในเมล็ดถั่วเหลือง พันธุ์เชียงใหม่ 60 ปัจจัยหลัก คือ อุณหภูมิเก็บรักษา ได้แก่ 25°C 10°C และ อุณหภูมิห้อง ปัจจัยรอง คือ ที่อายุการเก็บรักษา 0-6 เดือน

การทดลองย่อยที่ 2 การศึกษาปริมาณสารไอโซฟลาโวน ในน้ำมันถั่วเหลือง พันธุ์เชียงใหม่ 60 ปัจจัยหลัก คือ อุณหภูมิเก็บรักษา ได้แก่ 25°C 10°C และ อุณหภูมิห้อง ปัจจัยรอง คือ ที่อายุการเก็บรักษา 0-12 เดือน

วิธีดำเนินการวิจัย

การทดลองย่อยที่ 1 นำเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 แบ่งเป็น 2 ส่วนๆที่ 1 จำนวน 4 ซ้ำๆละ 1,000 กรัม วิเคราะห์สารไอโซฟลาโวน ส่วนที่ 2 จำนวน 15 กิโลกรัม/ซ้ำ นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 ระดับ คือ ที่อุณหภูมิห้อง 25°C และ 10°C และสุ่มเมล็ดนำไปวิเคราะห์สารไอโซฟลาโวน ทุกเดือนเป็นเวลา 6 เดือน

การทดลองย่อยที่ 2 นำถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 มาสกัดน้ำมันด้วยเฮ็กเซ็น แบ่งออกเป็น 2 ส่วนๆ ที่ 1 นำไปวิเคราะห์หาสารไอโซฟลาโวน ส่วนที่ 2 นำไปเก็บรักษาไว้ในขวด PET ที่อุณหภูมิ 25°C 10°C และ อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 เดือน ทุกเดือนนำน้ำมันถั่วเหลืองมาวิเคราะห์สารไอโซฟลาโวน

การบันทึกข้อมูล

1.วิเคราะห์ปริมาณสารไอโซฟลาโวนรวมและไอไซฟลาโวนทั้ง 6 ชนิด ได้แก่ เดดซิน ไกลซิทิน เจนิสทิน เดดซิอิน ไกลซิทิอิน เจนิสทิอิน ตามวิธีการของ Association of Analytical Chemists (AOAC) Manaul (Lee *et al*, 2010)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการทดลอง ปี 2556-2557 พบว่า เมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 มีปริมาณสารไอโซฟลาโวนชนิดต่างๆ ในปริมาณที่แตกต่างกัน พบสารไอโซฟลาโวนชนิดเดดซิน มากที่สุด รองลงมาคือชนิด เจนิสทิน เดดซิอิน เจนิสทิอิน ไกลซิทิน และ ไกลซิทิอิน ตามลำดับ (Table 3)

ปริมาณสารไอโซฟลาโวนชนิดต่าง ๆ ในเมล็ดถั่วเหลือง

เดดซิน

ปริมาณสารไอโซฟลาโวนชนิดเดดซิน ในเมล็ดถั่วเหลืองจะมีปริมาณสูงกว่าในน้ำมัน เนื่องจากสารไอโซฟลาโวนจะพบในส่วนของเจิร์มมากกว่าในส่วนอื่นของเมล็ด น้ำมันถั่วเหลืองเมื่อสกัดออกจากเมล็ดและผ่านกระบวนการต่างๆ ทำให้เกิดการสูญเสียสารไอโซฟลาโวนได้

ผลการวิเคราะห์สารไอโซฟลาโวนชนิดเดดซิน พบว่า ระดับอุณหภูมิ และระยะเวลาการเก็บรักษาเมล็ดและน้ำมันถั่วเหลืองมีผลต่อปริมาณสารในกลุ่มดังกล่าว เห็นได้จากเมื่อเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลืองที่อุณหภูมิทั้ง 3 ระดับ ปริมาณสารไอโซฟลาโวนชนิดเดดซิน จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา โดยปริมาณสารที่วิเคราะห์ได้มีค่าแตกต่างจากค่าเริ่มต้นจาก 27.98 27.24 และ 27.95 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร เป็น 36.96 43.24 และ 51.44 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 10°C 25°C และอุณหภูมิห้อง ตามลำดับ (Table 4)

ไกลซิทิน

จากผลการวิเคราะห์สารไอโซฟลาโวนชนิดไกลซิทิน พบว่า ระดับอุณหภูมิ และระยะเวลาการเก็บรักษาเมล็ดและน้ำมันถั่วเหลือง มีผลต่อปริมาณสารไอโซฟลาโวนชนิดไกลซิทิน เห็นได้จากเมื่อเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลืองที่อุณหภูมิทั้ง 3 ระดับ ปริมาณสารไอโซฟลาโวนชนิดดังกล่าว จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา โดยปริมาณสารที่วิเคราะห์ได้มีค่าแตกต่างจากค่าเริ่มต้นจาก 3.75 3.70 และ 3.42 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร เป็น 4.87 5.38 และ 7.20 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร (Table 5)

เจนิสทิน

จากผลการวิเคราะห์สารไอโซฟลาโวนชนิดเจนิสทิน พบว่า ระดับอุณหภูมิ และระยะเวลาการเก็บรักษาเมล็ดและน้ำมันถั่วเหลือง มีผลต่อปริมาณสารไอโซฟลาโวนชนิดเจนิสทิน เห็นได้จากเมื่อเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลืองที่อุณหภูมิทั้ง 3 ระดับ ปริมาณสารไอโซฟลาโวนชนิดเจนิสทิน จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา โดย

ปริมาณสารที่วิเคราะห์ได้มีค่าแตกต่างจากค่าเริ่มต้นจาก 9.82 9.71 และ 10.50 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร เป็น 18.13 18.13 และ 28.04 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร (Table 6)

เดดซิอิน

จากผลการวิเคราะห์สารไอโซฟลาโวนชนิดเดดซิอิน พบว่า ระดับอุณหภูมิ และระยะเวลาการเก็บรักษาเมล็ดและน้ำมันถั่วเหลือง มีผลต่อปริมาณสารไอโซฟลาโวนชนิดเดดซิอิน เห็นได้จากเมื่อเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 10 และ 25°C ปริมาณสารไอโซฟลาโวนชนิดเดดซิอิน ลดลงจาก 4.87 และ 4.61 เป็น 3.50 และ 3.63 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ในขณะที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องปริมาณสารไอโซฟลาโวชนิดดังกล่าว เพิ่มขึ้นจาก 4.83 เป็น 6.87 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ส่วนการเก็บรักษาน้ำมันถั่วเหลืองที่อุณหภูมิทั้ง 3 ระดับ ปริมาณสารไอโซฟลาโวนชนิดดังกล่าว จะลดลงตามระยะเวลา โดยเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 12 เดือน ไม่พบสารไอโซฟลาโวนชนิดดังกล่าว ในทั้ง 3 สภาพการเก็บรักษา (Table 7)

ไกลซิทิอิน

จากผลการวิเคราะห์สารไอโซฟลาโวนชนิดไกลซิทิอิน พบว่า ระดับอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาเมล็ดมีผลต่อปริมาณสารไอโซฟลาโวนชนิดไกลซิทิอิน เห็นได้จากเมื่อเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลืองที่อุณหภูมิทั้ง 3 ระดับ ปริมาณสารไอโซฟลาโวนชนิดดังกล่าว จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา โดยปริมาณสารที่วิเคราะห์พบมีปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 0.24 0.24 และ 0.23 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร เป็น 0.58 0.47 และ 0.69 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร (Table 8)

เจนิสทิอิน

จากผลการวิเคราะห์สารไอโซฟลาโวนชนิดเจนิสทิอิน พบว่า ระดับอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาเมล็ดและน้ำมันถั่วเหลืองมีผลต่อปริมาณสารไอโซฟลาโวนชนิดเจนิสทิอิน เห็นได้จากเมื่อเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ปริมาณสารไอโซฟลาโวนชนิดเจนิสทิอินจะลดลงเล็กน้อยจาก 3.50 เป็น 3.23 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ส่วนที่อุณหภูมิ 25°C ปริมาณสารไอโซฟลาโวนชนิดเจนิสทิอินไม่มีการเปลี่ยนแปลง และที่อุณหภูมิห้องปริมาณสารไอโซฟลาโวนชนิดดังกล่าว โดยเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ปริมาณสารที่วิเคราะห์ได้มีค่าเพิ่มขึ้นจากค่าเริ่มต้น 3.57 เป็น 7.51 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร (Table 9)

ไอโซฟลาโวนรวม

จากผลการวิเคราะห์สารไอโซฟลาโวนทั้งหมดที่ทำการวิเคราะห์ พบว่า ระดับอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาเมล็ดและน้ำมันถั่วเหลืองมีผลต่อปริมาณสารไอโซฟลาโวนทั้งหมดที่ทำการวิเคราะห์ เห็นได้จากเมื่อเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลืองที่อุณหภูมิทั้ง 3 ระดับ ปริมาณสารไอโซฟลาโวนทั้งหมดที่ทำการวิเคราะห์จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา โดยปริมาณที่วิเคราะห์ได้มีค่าแตกต่างจากค่าเริ่มต้นจาก 50.07 48.85 และ 50.50 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร เป็น 67.26 78.41 และ 101.14 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร (Table 10)

เมื่อเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลืองเป็นเวลานาน สารไอโซฟลาโวนจะเพิ่มขึ้นและจะพบมากในเมล็ดที่เก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิสูง ซึ่งสูงกว่า 25°C และ 10°C อาจเป็นเพราะอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้ปฏิกิริยาในส่วนของต้นอ่อนเกิดขึ้น มีผลทำให้โครงสร้างของสารไอโซฟลาโวนเปลี่ยนเป็นสารชนิดต่าง ๆ ตามโครงสร้าง (Fig. 1a และ 1b) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Sun *et al* (2004) ที่ทำการศึกษาเรื่องผลอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อปริมาณสารไอโซฟลาโวนในเมล็ดถั่วเหลือง พบว่า เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องปริมาณสารไอโซฟลาโวนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

ปริมาณสารไอโซฟลาโวนชนิดต่าง ๆ ในน้ำมันถั่วเหลือง

วิเคราะห์น้ำมันถั่วเหลืองพบสารไอโซฟลาโวนกลุ่มต่างๆ ในปริมาณที่แตกต่างกัน พบ ชนิดเจนิสทิอิน มากที่สุดรองลงมาคือ เจนิสทิน เดดซิน เดดซิอิน ไกลซิทิน และ ไกลซิทิอิน ตามลำดับ โดยพบในปริมาณ 0.90 0.41 0.37 0.36 0.22 0.18 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร จากการทดลองเก็บรักษาน้ำมันถั่วเหลืองพบว่าที่อุณหภูมิทั้ง 3 ระดับ ปริมาณสารไอโซฟลาโวนทุกชนิดจะลดลงตามระยะเวลาและไม่สามารถวิเคราะห์พบได้หลังจากเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 8 เดือน ยกเว้นไกลซิทิอิน ที่จะสามารถพบได้ถึงเดือนที่ 11 (Table 11)

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

ในถั่วเหลืองจะพบปริมาณสารไอโซฟลาโวนในเมล็ดมากกว่าในน้ำมันประมาณ 30 เท่า การเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลืองเป็นระยะเวลานาน พบว่าที่อุณหภูมิสูงขึ้น จะทำให้ปริมาณสาร ไอโซฟลาโวนเพิ่มขึ้นทุกชนิดมากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ตรงกันข้ามกับการเก็บรักษาน้ำมันถั่วเหลืองเมื่อเก็บรักษานานขึ้นในทุกสภาพปริมาณสารไอโซฟลาโวนทุกชนิดที่ทำการวิเคราะห์มีปริมาณลดลง และสลายหมดไปหลังจากเก็บไว้นาน 8 เดือน เพราะฉะนั้นควรรับประทานถั่วเหลืองในรูปของเมล็ดจะทำให้ได้รับสารไอโซฟลาโวนมากกว่าการรับประทานในรูปของน้ำมัน และสามารถเก็บไว้ได้เป็นเวลานานในสภาพอุณหภูมิห้อง หรือเมื่อต้องการเก็บรักษาเมล็ดให้คงคุณภาพควรเก็บในอุณหภูมิต่ำ แต่เมื่อต้องการให้ปริมาณสารไอโซฟลาโวนเพิ่มขึ้นให้เก็บรักษาเมล็ดไว้ที่อุณหภูมิสูง ผลการทดลองที่ได้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ คือนำไปใช้เป็นข้อมูลแก่นักวิชาการ ผู้ประกอบการ และผู้ที่สนใจต่อไป

Table 3 Isoflavones content (µg/ml) in soybean grain

Isoflavones	soybean grain (µg/ml)
Daidzin	27.95
Glycitin	3.42
Genistin	10.50
Daidzein	4.83
Glycitein	0.23
Genistein	3.56

Table 4 Daidzin content (µg/ml) in soybean grain and soybean oil kept at different temperatures (10, 25℃ and Room Temperature)

Month	Temperature (˚C)		
	10	25	RT (29-31)
		Soybean grain	
0	27.98 c	27.24 de	27.95 d
1	29.56 bc	26.06 e	27.48 d
2	28.18 c	29.28 cde	27.50 d
3	32.47 b	30.13 cd	27.24 d
4	28.62 bc	32.08 bc	34.86 c
5	32.07 bc	34.62 b	38.96 b
6	36.96 a	43.24 a	51.44 a
	cv (a) = 9.5% , cv (b) = 7.0%		
		soybean oil	
0	0.37 b	0.37 a	0.37 a
1	0.62 a	0.44 a	0.24 b
2	0.23 c	0.11 c	0.11 c
3	0.23 c	0.21 b	0.19 bc
4	0.200 c	0.14 bc	0.14 c
5	0.208 c	0.14 bc	0.15 c
6	0.04 d	0.00 d	0.00 d
7	0.00 d	0.00 d	0.00 d
8	0.00 d	0.00 d	0.00 d
9	0.00 d	0.00 d	0.00 d
10	0.00 d	0.00 d	0.00 d
11	0.00 d	0.00 d	0.00 d
12	0.00 d	0.00 d	0.00 d
	cv (a) = 71.1% , cv (b) = 50.0%		
	$LSD_{0.05}$ = 0.0879		

In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

Table 5 Glycitin content (µg/ml) in soybean grain and soybean oil kept at different temperatures (10, 25°C and Room Temperature)

Month	Temperature (˚C)		
	10	**25**	**RT (29-31)**
		Soybean grain	
0	3.75 b	3.70 b	3.42 c
1	1.24 c	0.77 c	0.73 d
2	3.85 b	3.92 b	3.92 bc
3	4.85 a	4.52 ab	3.83 c
4	3.59 b	4.02 b	4.87 b
5	4.07 ab	4.55 ab	4.43 bc
6	4.87 a	5.38 a	7.20 a
	cv (a) = 17.6% , cv (b) = 14.6%		
		soybean oil	
0	0.22 b	0.22 a	0.22 a
1	0.12 d	0.09 c	0.08 c
2	0.09 e	0.07 d	0.08 c
3	0.23 a	0.23 a	0.23 a
4	0.21 b	0.17 b	0.17 b
5	0.17 c	0.16 b	0.17 b
6	0.18 c	0.17 b	0.16 b
7	0.02 f	0.00 e	0.01 d
8	0.01 fg	0.01 e	0.00 d
9	0.02 f	0.01 e	0.00 d
10	0.00 g	0.00 e	0.00 d
11	0.00 g	0.00 e	0.00 d
12	0.00 g	0.00 e	0.00 d
	cv (a) = 29.8% , cv (b) = 14.3%		
	$LSD_{0.05}$ = 0.0215		

In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

Table 6 Genistin content (µg/ml) in soybean grain and soybean oil kept at different temperatures (10, 25°C and Room Tempperature)

Month	Temperature (˚C)		
	10	**25**	**RT (29-31)**
		Soybean grain	
0	9.82 c	9.71 c	10.50 c
1	5.64 e	5.64 e	4.93 e
2	5.95 e	5.95 e	7.46 d
3	16.74 a	16.74 a	11.58 c
4	7.45 d	7.45 d	11.04 c
5	12.88 b	12.88 b	20.97 a
6	18.13 a	18.13 a	28.04 a
	cv (a) = 5.2% , cv (b) = 7.6%		
		soybean oil	
0	0.41 a	0.41 a	0.41 a
1	0.36 b	0.21 b	0.14 cd
2	0.19 e	0.09 c	0.09 d
3	0.25 cd	0.23 b	0.24 b
4	0.25 cd	0.19 b	0.19 bc
5	0.27 c	0.19 b	0.19 bc
6	0.21 de	0.19 b	0.23 b
7	0.00 f	0.00 f	0.00 f
8	0.00 f	0.00 f	0.00 f
9	0.00 f	0.00 f	0.00 f
10	0.00 f	0.00 f	0.00 f
11	0.00 f	0.00 f	0.00 f
12	0.00 f	0.00 f	0.00 f
	cv (a) = 62.1% , cv (b) = 25.3%		
	$LSD_{0.05}$ = 0.0572		

In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

Table 7 Daidzein content (µg/ml) in soybean grain and soybean oil kept at different temperatures (10, 25°C and Room Temprature)

Month	Temperature (˚C)		
	10	**25**	**RT (29-31)**
		Soybean grain	
0	4.87 a	4.61 ab	4.83 c
1	5.24 a	4.83 a	5.08 c
2	3.817 b	4.16 bc	4.51 c
3	4.66 a	4.41 ab	4.48 c
4	4.66 a	4.840 a	6.29 b
5	3.03 c	2.80 d	4.91 c
6	3.50 bc	3.64 c	6.87 a
	cv (a) = 6.9% , cv (b) = 7.4%		
		soybean oil	
0	0.36 a	0.36 a	0.36 a
1	0.35 ab	0.32 a	0.26 bc
2	0.29 bc	0.11 d	0.11 e
3	0.35 ab	0.31 ab	0.34 a
4	0.36 ab	0.24 bc	0.24 bc
5	0.42 a	0.24 bc	0.23 bcd
6	0.29 bc	0.24 bc	0.30 ab
7	0.27 c	0.19 c	0.20 cd
8	0.24 cd	0.19 c	0.16 de
9	0.00 e	0.00 e	0.00 f
10	0.00 e	0.00 e	0.00 f
11	0.00 e	0.00 e	0.00 f
12	0.00 e	0.00 e	0.00 f
	cv (a) = 63.0% , cv (b) = 24.2%		
	$LSD_{0.05}$ = 0.0875		

In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

Table 8 Glycitein content (µg/ml) in soybean grain kept at different temperatures (10, 25°C and Room Temperature)

Month	Temperature (˚C)		
	10	25	RT (29-31)
0	0.24 c	0.24 b	0.23 d
1	0.27 c	0.23 b	0.30 d
2	0.40 b	0.41 a	0.44 c
3	0.49 ab	0.46 a	0.44 c
4	0.47 b	0.39 a	0.63 ab
5	0.45 b	0.44 a	0.55 bc
6	0.58 a	0.47 a	0.69 a
	cv (a) = 15.5% , cv (b) = 15.2%		

In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

Table 9 Glycitein content (µg/ml) in soybean oil kept at different temperatures (10, 25°C and Room Temperature)

Month	Temperature (˚C)			Mean
	10	25	RT (29-31)	
0	0.18	0.18	0.18	0.18 d
1	0.10	0.09	0.07	0.09 e
2	0.35	0.35	0.32	0.34 cd
3	0.43	0.46	0.44	0.44 abc
4	0.38	0.36	0.35	0.36 bcd
5	0.39	0.35	0.29	0.34 cd
6	0.38	0.36	0.37	0.37 bcd
7	0.54	0.49	0.48	0.51 a
8	0.51	0.46	0.47	0.48 ab
9	0.27	0.17	0.14	0.20 d
10	0.11	0.06	0.06	0.08 e
11	0.09	0.08	0.05	0.07 e
12	0.00	0.00	0.00	0.00 e
	cv (a) = 42.4% , cv (b) = 48.3%			

In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

Table 10 Genistein content (µg/ml) in soybean grain and soybean oil kept at different temperatures (10, 25°C and Room Temperature)

Month	Temperature (˚C)		
	10	**25**	**RT (29-31)**
		Soybean grain	
0	3.50 abc	3.35 a	3.56 de
1	4.17 a	3.78 a	3.94de
2	3.07 c	3.23 a	3.42 e
3	3.89 ab	3.89 a	4.14 d
4	3.65 abc	3.51 a	5.29 c
5	3.68 abc	3.59 a	6.67 b
6	3.23 bc	3.42 a	7.51 a
	cv (a) = 8.9% , cv (b) = 9.6%		
		soybean oil	
0	0.90 b	0.90 b	0.90 b
1	0.43 de	0.41 d	0.34 e
2	1.76 a	1.59 a	1.56 a
3	0.51 c	0.52 c	0.50 c
4	0.45 cd	0.45 d	0.43 d
5	0.49 cd	0.43 d	0.35 e
6	0.48 cd	0.46 d	0.45 cd
7	0.39 ef	0.33 e	0.31 e
8	0.36 f	0.30 e	0.30 e
9	0.00 g	0.00 f	0.00 f
10	0.00 g	0.00 f	0.00 f
11	0.00 g	0.00 f	0.00 f
12	0.00 g	0.00 f	0.00 f
	cv (a) = 19.4% , cv (b) = 10.8%		
	$LSD_{0.05}$ = 0.0719		

In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

Table 11 Total Isoflavones content (µg/ml) in soybean grain and soybean oil kept at different temperatures (10, 25°C and Room Temperature)

Month	Temperature (˚C)		
	10	**25**	**RT (29-31)**
		soybean	
0	50.07 bc	48.85 c	50.50 d
1	46.13 c	40.61 d	42.45 e
2	45.34 c	47.43 cd	47.25 de
3	63.78 a	56.40 b	51.62 d
4	48.43 c	53.93 bc	62.97 c
5	56.17 b	60.59 b	76.83 b
6	67.26 a	78.41 a	101.74 a
	cv (a) = 9.6% , cv (b) = 7.4%		
		soybean oil	
0	2.43 b	2.43 a	2.43 a
1	1.97 c	1.56 c	1.14 d
2	2.91 a	2.32 a	2.27 a
3	1.99 c	1.96 b	1.94 b
4	1.87 c	1.56 c	1.52 c
5	1.97 c	1.52 c	1.37 c
6	1.57 d	1.41 c	1.53 c
7	0.97 e	0.68 d	0.68 e
8	0.84 e	0.62 d	0.57 e
9	0.00 f	0.00 e	0.00 f
10	0.00 f	0.00 e	0.00 f
11	0.00 f	0.00 e	0.00 f
12	0.00 f	0.00 e	0.00 f
	cv (a) = 38.2% , cv (b) = 14.1%		
	$LSD_{0.05}$ = 0.2980		

In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

การทดลองที่ 3 ผลกระทบจาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ต่อปริมาณสารไอโซฟลาโวนในถั่วเหลือง
(Effect of Climate Change on Isoflavone Content in Soybean)

ประเด็นวิจัย

วันปลูก และสภาพภูมิอากาศในช่วงการพัฒนาเมล็ดถั่วเหลือง มีผลต่อการผลิตไอโซฟลาโวน

สถานที่ทำการวิจัยและระยะเวลาดำเนินงาน

ดำเนินงานวิจัยที่ ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ เริ่มดำเนินงานวิจัย ในฤดูแล้ง (พฤศจิกายน) และฤดูฝน (ปลายกรกฎาคม) ตั้งแต่ ตุลาคม 2555 ถึง ธันวาคม 2558

วิธีดำเนินการ

วางแผนการทดลองแบบ Split plot design จำนวน 4 ซ้ำ ปัจจัยหลัก คือ ช่วงปลูกที่ห่างกันทุกๆ 30 วัน มีจำนวน 4 ช่วงปลูก ในฤดูแล้งเริ่มปลูกเดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์ ส่วนฤดูฝนเริ่มปลูกเดือนมิถุนายนถึงกันยายน ปัจจัยรอง คือ พันธุ์ถั่วเหลือง มีจำนวน 3 พันธุ์ ได้แก่ เชียงใหม่ 60 เชียงใหม่ 2 และ CM9513-3

วิธีดำเนินการวิจัย

วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดินก่อนปลูก จากนั้นเตรียมแปลงโดยไถดะและไถพรวน ทิ้งไว้ 2 สัปดาห์ แล้วแบ่งพื้นที่ออกเป็นแปลงย่อย ขนาด 4x6 เมตร ก่อนปลูกคลุกเมล็ดด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมอัตรา 200 กรัม/เมล็ดพันธุ์ 10-12 กิโลกรัม และสารเมทาแลกซิลป้องกันโรครานำ้ค้าง ปลูกถั่วเหลืองตามกรรมวิธี โดยหยอด 5-6 เมล็ด/หลุม ระยะปลูก 50x20 เซนติเมตร หลังปลูกให้น้ำทันทีเมื่อถั่วเหลืองงอกแล้วถอนแยกให้เหลือ 3 ต้น/หลุม ดูแลรักษาแปลงโดยพ่นสารเคมีไตรอะโซฟอส 40%EC อัตรา 50 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร เมื่อถั่วเหลืองอายุได้ 7-10 วันและพ่นซ้ำทุก 7 วัน ป้องกำจัดแมลงวันหนอนเจาะลำต้น เมื่อถั่วเหลืองอายุ 14 วัน ใส่ปุ๋ยเกรด 12-24-12 อัตรา 25 กิโลกรัม/ไร่ ข้างแถวพร้อมกำจัดวัชพืชและพูนโคน ป้องกันโรคราสนิมด้วยสารเคมีไตรอะดิมิฟอน 25%WP อัตรา 10 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร ที่ระยะก่อนออกดอกและติดฝักอ่อน ส่วนแมลงหวี่ขาวใช้สารเคมีไตรอะโซฟอส 40%EC อัตรา 50 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร และพ่นสารเคมีคาร์เบนดาซิมเพื่อป้องกันโรคแอนแทรคโนส อัตรา 50 กรัม/น้ำ 20 ลิตร ที่ระยะดอกบานและติดฝักอ่อน ฤดูแล้งให้น้ำทุกๆ 7 วันหรือเมื่อดินแห้ง ฤดูฝนให้น้ำชลประทานเมื่อฝนทิ้งช่วงนาน บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตและเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองที่ระยะสุกแก่ (R8) พื้นที่เก็บเกี่ยว 3x4 เมตร เพื่อวิเคราะห์ผลผลิตถั่วเหลืองและองค์ประกอบผลผลิตตามวิธีของเฉลิมพล (2542) และวิเคราะห์สารไอโซฟลาโวนในถั่วเหลือง ตามวิธีการของ Association of Analytical Chemists (AOAC) Manaul (AOAC, 1992)

การบันทึกข้อมูล

1.บันทึก วันปลูก วันงอก วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์และวันเก็บเกี่ยว

2.คุณภาพดินก่อนและหลังการทดลอง

3.ข้อมูลการระบาดของศัตรูพืช

4.ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา

5.ผลผลิตต่อไร่ และองค์ประกอบผลผลิต จำนวนต้นเก็บเกี่ยวต่อไร่ (ความชื้น 13 เปอร์เซ็นต์) (เฉลิมพล, 2542)

6.วิเคราะห์สารไอโซฟลาโวนในถั่วเหลืองแต่ละพันธุ์ (Lee *et al*., 2010)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

สภาพภูมิอากาศฤดูแล้ง (ปี 2556-2558)

พบว่า ในฤดูแล้ง สภาพภูมิอากาศในแต่ละช่วงปลูก (Table 12) พบว่า อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยทั้ง 3 ปี ไม่แตกต่างกัน โดยมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 31.8-36.7°C ในปี 2556และ 2557 ช่วงปลูกที่ 4 (กุมภาพันธ์) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 36.2 และ 35.6 ส่วน ในปี 2558 อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นมากในช่วงปลูกที่ 3 และ 4 เป็น 36.8 และ36.7 อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยตลอดช่วงปลูก พบว่า ในปี 2556 มีค่าต่ำมากอยู่ในช่วง 12.0-15.0 ในขณะที่ปี 2557 มีค่าต่ำอยู่ในช่วง 14.0-19.8 และปี 2558 อยู่ในช่วง 18.0-23.6 ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยในปี 2556-2558 มีค่าสูงในช่วงปลูกที่1 (ธันวาคม) แล้วลดลงในช่วงปลูกถัดมา ปริมาณน้ำฝนสะสม พบว่า ปี 2558 มีปริมาณน้ำฝนสะสมสูงในช่วงที่ 2-4 ซึ่งต่างมากจากปี 2556 และ 2557

ผลผลิตถั่วเหลือง

ฤดูแล้ง 2556

ผลผลิตถั่วเหลือง ในแต่ละช่วงปลูกมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 13 และ Fig.2A) ช่วงปลูกธันวาคม ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด 350 กิโลกรัม/ไร่ รองลงมาได้แก่ ช่วงปลูกเดือนพฤศจิกายน (242 กิโลกรัม/ไร่) ช่วงปลูกมกราคม (184 กิโลกรัม/ไร่) และช่วงปลูกกุมภาพันธ์ ไม่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ เนื่องจากไม่ติดฝัก ส่วนปัจจัยของช่วงปลูกและพันธุ์มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน โดยแต่ละพันธุ์ให้ผลผลิตสูงสุดเมื่อปลูกในช่วงธันวาคม พันธุ์เชียงใหม่ 60 ให้ผลผลิต 440 กิโลกรัม/ไร่ พันธุ์เชียงใหม่ 2 ให้ผลผลิต 310 กิโลกรัม/ไร่ และ CM9513-3 ให้ผลผลิต 301 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ

ปริมาณสารไอโซฟลาโวนของถั่วเหลืองในแต่ละช่วงปลูกมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ถั่วเหลืองที่ปลูกช่วงปลูกพฤศจิกายน มีปริมาณสารไอโซฟลาโวนของถั่วเหลืองสูงสุด (46.15 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) รองลงมาได้แก่ ถั่วเหลืองที่ช่วงปลูกธันวาคม (31.42 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) ปริมาณสารไอโซฟลาโวนของถั่วเหลืองในแต่พันธุ์มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง พันธุ์เชียงใหม่ 2 มีปริมาณสารไอโซฟลาโวนเฉลี่ยจากสี่ช่วงปลูกสูงที่สุด (29.80 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) ส่วนปัจจัยของช่วงปลูกและพันธุ์มีปฏิสัมพันธ์กัน โดย พันธุ์เชียงใหม่ 60 พันธุ์เชียงใหม่ 2 และ CM 9513-3 มีปริมาณสารไอโซฟลาโวนสูงสุดเมื่อปลูกในช่วง พฤศจิกายน โดยมีค่า ตามลำดับ ดังนี้ 45.19 52.15 และ 40.83 ไมโครกรัมต่อ/มิลลิลิตร (Table 13 และ Fig..3A)

ฤดูแล้ง 2557

เริ่มปลูกช่วงปลูกที่ 1 เมื่อ 15 พฤศจิกายน 2556 จนถึงช่วงปลูกที่ 4 วันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2557 ผลผลิตเฉลี่ยในแต่ละช่วงปลูกมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 13 และ Fig..2B) ช่วงปลูกมกราคม ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด (355 กิโลกรัม/ไร่) รองลงมาได้แก่ ช่วงปลูก ธันวาคม (255 กิโลกรัม/ไร่) ช่วงปลูกพฤศจิกายน (219 กิโลกรัม/ไร่) และช่วงปลูกกุมภาพันธ์ (203 กิโลกรัม/ไร่) ผลผลิตเฉลี่ยในแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยพันธุ์ CM9513-3 มีผลผลิตเฉลี่ยทั้งสี่ช่วงปลูกสูงสุด เท่ากับ 292 กิโลกรัม/ไร่ ในขณะที่พันธุ์เชียงใหม่ 60 และเชียงใหม่ 2 มีผลผลิตเท่ากับ 251 และ 231 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ส่วนปัจจัยของช่วงปลูกและพันธุ์มีปฏิสัมพันธ์กัน โดยแต่ละพันธุ์ให้ผลผลิตสูงสุดเมื่อปลูกในช่วงมกราคม คือ พันธุ์เชียงใหม่ 60 เชียงใหม่ 2 และ CM9513-3 ให้ผลผลิต 346 279 และ 439 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ

ปริมาณสารไอโซฟลาโวนของถั่วเหลืองในแต่ละช่วงปลูกมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 13 และFig. 3B) ถั่วเหลืองที่ปลูกช่วงธันวาคม มีปริมาณสารไอโซฟลาโวสูงสุด 49.01 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร รองลงมาได้แก่ ถั่วเหลืองที่ช่วงปลูกพฤศจิกายน มีจำนวน 38.67 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ปริมาณสารไอโซฟลาโวนของถั่วเหลืองในแต่พันธุ์มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง พันธุ์เชียงใหม่ 2 มีปริมาณสารไอโซฟลาโวนเฉลี่ยจากสี่ช่วงปลูกสูงสุด (47.27 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) ส่วนปัจจัยของช่วงปลูกและพันธุ์มีปฏิสัมพันธ์กัน โดยพันธุ์เชียงใหม่ 60 มีปริมาณสารไอโซฟลาโวนสูงสุด (45.20 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) เมื่อปลูกในช่วงพฤศจิกายน พันธุ์เชียงใหม่ 2 มีค่าสูงสุด(67.16 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) เมื่อปลูกในช่วงธันวาคม และ CM9513-3 มีค่าสูงสุดเมื่อปลูกในช่วงปลูกธันวาคม โดยมีปริมาณสารไอโซ-ฟลาโวน 52.90 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

ฤดูแล้ง 2558

เริ่มปลูกช่วงปลูกที่ 1 เมื่อ 6 พฤศจิกายน 2557 ถึงช่วงปลูกที่ 4 วันที่ 3 กุมภาพันธ์ 2558 ผลผลิตถั่วเหลือง พบว่า มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันปัจจัยของช่วงปลูกและพันธุ์ (Table 13 และ Fig. 2C) โดย พันธุ์เชียงใหม่ 60 ให้ผลผลิตสูงสุดเมื่อปลูกช่วงธันวาคมและกุมภาพันธ์ 2558 มีผลผลิตเท่ากับ 405 และ 394 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ พันธุ์เชียงใหม่ 2 ให้ผลผลิตสูงสุดเมื่อปลูกช่วงธันวาคมและมกราคม มีผลผลิตเท่ากับ 373 และ 342 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ CM9513-3 ให้ผลผลิตสูงสุดเมื่อปลูกช่วง ธันวาคม มกราคม และกุมภาพันธ์ มีผลผลิตเท่ากับ 348 357 และ 338 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ

ปริมาณสารไอโซฟลาโวนของถั่วเหลืองในแต่ละช่วงปลูกมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง(Table 13 และ Fig.3C) ถั่วเหลืองที่ปลูกช่วงปลูกพฤศจิกายน และธันวาคม มีปริมาณสารไอโซฟลาโวสูงสุด คือ 46.32 และ 42.00 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ รองลงมาได้แก่ ถั่วเหลืองที่ปลูกช่วงมกราคม (38.51 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) ปริมาณสารไอโซฟลาโวนของถั่วเหลืองในแต่พันธุ์มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยพันธุ์ เชียงใหม่ 2 มีปริมาณสารไอโซฟลาโวนเฉลี่ยจากสี่ช่วงปลูกสูงสุด (43.99 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) ส่วนปัจจัยของช่วงปลูกและพันธุ์มีปฏิสัมพันธ์กัน โดยพันธุ์เชียงใหม่ 60 มีปริมาณสารไอโซฟลาโวนสูงสุดเมื่อปลูกในช่วงพฤศจิกายน (48.38 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) พันธุ์เชียงใหม่ 2 มีค่าสูงสุดเมื่อปลูกในช่วงพฤศจิกายนและธันวาคม มีปริมาณสารไอโซฟลาโวน 52.16 และ 51.00 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ และ CM9513-3 มีปริมาณสารไอโซฟลาโวนสูงสุดเมื่อปลูกในช่วงมกราคม โดยมีปริมาณสารไอโซฟลาโวน 43.07 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

เมื่อนำปริมาณสารไอโซฟลาโวนของถั่วเหลืองในแต่ละช่วงปลูกในฤดูแล้งปี 2556-2558 มาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน กับ ผลผลิต ค่าอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย ค่าอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย ความชื้นเฉลี่ย และปริมาณน้ำฝนสะสม พบว่า ปริมาณสารไอโซฟลาโวนของถั่วเหลืองมีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลผลิต (r^2=0.5377) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Yin and Vyn (2005) และ Vyn *et al.* (2002) มีรายงานว่า ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองจะมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับปริมาณสารไอโซฟลาโวน และไม่ทำให้ปริมาณโปรตีนและน้ำมันลดลง การทดลองนี้ ปริมาณไอโซฟลาโวนมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับผลผลิตถั่วเหลือง และความชื้นเฉลี่ย(r^2=0.5462) โดยความชื้นเฉลี่ยในแต่ละช่วงปลูก มีค่าระหว่าง 60.9–75.9 เปอร์เซ็นต์ แต่ปริมาณสารไอโซฟลาโวนของถั่วเหลืองมีความสัมพันธ์ทางลบกับค่าอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย (r^2=0.4522) โดยถั่วเหลืองผลิตปริมาณสารไอโซฟลาโวนลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ Murphy *et al*. (2009) ที่กล่าวว่า ถั่วเหลืองผลิตสารไอโซฟลาโวนในปริมาณสูงขึ้น 2-3 เท่า เมื่ออุณหภูมิต่ำและความชื้นในดินสูงในช่วงการพัฒนาเมล็ด

สภาพภูมิอากาศฤดูฝน (ปี2556-2558)

ฤดูฝน สภาพภูมิอากาศในแต่ละช่วงปลูก (Table 14) พบว่า มีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 31.1-33.5°C อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยตลอดช่วงปลูก พบว่า ในปี 2556 มีค่าต่ำมากอยู่ในช่วง 13.3-15.9 ในขณะที่ปี 2557 และปี 2558 มีค่าสูงกว่า อยู่ในช่วง 21.4-23.7 ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยในปี 2556-2558 มีค่าสูงทุกช่วงปลูกอยู่ในช่วง 76.1-80.0 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณน้ำฝนสะสม พบว่า ปี 2556 และ 2558 มีปริมาณน้ำฝนสะสมสูงในช่วงที่ 1-3 ซึ่งต่างมากจากปี 2557 มีปริมาณน้ำฝนสะสมทั้งสี่ช่วงใกล้เคียงกัน

ฤดูฝน 2556

พบว่า ผลผลิตเฉลี่ยของแต่ละช่วงปลูกมีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 15 และ Fig. 4A) โดยช่วงปลูกมิถุนายน ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด คือ 356 กิโลกรัม/ไร่ ช่วงปลูกกันยายน ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 90 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ผลผลิตเฉลี่ยในแต่ละพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ปัจจัยของช่วงปลูกและพันธุ์มีปฏิสัมพันธ์กัน โดยถั่วเหลืองทั้งสามพันธุ์ให้ผลผลิตสูงสุดในช่วงปลูกมิถุนายน โดย พันธุ์เชียงใหม่ 60 เชียงใหม่ 2 และ CM9513-3 ให้ผลผลิตเฉลี่ย 391 337 และ 339 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ

ปริมาณสารไอโซฟลาโวนของถั่วเหลืองในแต่ละช่วงปลูกมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 15 และ Fig.5A) ถั่วเหลืองที่ปลูกช่วงมิถุนายน มีปริมาณสารไอโซฟลาโวสูงสุด (48.91 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) รองลงมาได้แก่ ถั่วเหลืองที่ช่วงปลูกกรกฎาคม (26.37 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) ปริมาณสารไอโซฟลาโวนของถั่วเหลืองในแต่พันธุ์มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดย พันธุ์เชียงใหม่ 2 มีปริมาณสารไอโซฟลาโวนเฉลี่ยจากสี่ช่วงปลูกสูงสุด (40.30 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) ส่วนปัจจัยของช่วงปลูกและพันธุ์มีปฏิสัมพันธ์กัน โดย พันธุ์เชียงใหม่ 60 มีปริมาณสารไอโซฟลาโวนสูงสุดเมื่อปลูกในช่วงมิถุนายน (46.59 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) พันธุ์เชียงใหม่ 2 มีค่าสูงสุดเมื่อปลูกในช่วง มิถุนายน (63.83 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) และ CM9513-3 มีปริมาณสารไอโซฟลาโวนสูงสุดเมื่อปลูกในช่วง มิถุนายน (336.31 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร)

ฤดูฝน 2557

เริ่มปลูกช่วงปลูกที่ 1 เมื่อ 16 มิถุนายน 2557 จนช่วงปลูกที่ 4 ปลูกวันที่ 15 กันยายน 2557 ผลผลิตเฉลี่ยในแต่ละช่วงปลูกมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง(Table 15 และ Fig. 4B) ช่วงปลูกมิถุนายน ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด (384 กิโลกรัม/ไร่) รองลงมาได้แก่ ช่วงปลูกกรกฎาคม (290 กิโลกรัม/ไร่) ผลผลิตเฉลี่ยในแต่ละพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนปัจจัยของช่วงปลูกและพันธุ์มีปฏิสัมพันธ์โดยแต่ละพันธุ์ให้ผลผลิตสูงสุดเมื่อปลูกในช่วงปลูกมิถุนายน ดังนี้ 359 402 และ 394กิโลกรัม/ไร่ พันธุ์เชียงใหม่ เชียงใหม่ 2 และ CM9513-3 ตามลำดับ

ปริมาณสารไอโซฟลาโวนของถั่วเหลืองในแต่ละช่วงปลูกมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง(Table 15 และ Fig.5B) ถั่วเหลืองที่ปลูกช่วงมิถุนายน มีปริมาณสารไอโซฟลาโวนสูงสุด (28.65 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) รองลงมาได้แก่ ถั่วเหลืองที่ช่วงปลูกสิงหาคมและกันยายน มีจำนวน 23.27และ 23.86 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ ปริมาณสารไอโซฟลาโวนของถั่วเหลืองในแต่พันธุ์มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดย พันธุ์ เชียงใหม่ 2 มีปริมาณสารไอโซฟลาโวนเฉลี่ยจากสี่ช่วงปลูกสูงสุด (31.17 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) ส่วนปัจจัยของช่วงปลูกและพันธุ์มีปฏิสัมพันธ์กัน โดยพันธุ์เชียงใหม่ 60 มีปริมาณสารไอโซฟลาโวนสูงสุด (14.88 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) เมื่อปลูกในช่วงปลูกกันยายน พันธุ์เชียงใหม่ 2 มีปริมาณสารไอโซฟลาโวนสูงสุด (43.95 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) เมื่อปลูกในช่วงปลูกมิถุนายน และ CM9513-3 มีปริมาณสารไอโซฟลาโวนสูงสุด (31.56 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) เมื่อปลูกในช่วงปลูกมิถุนายน 2557

ฤดูฝน 2558

เริ่มปลูกช่วงปลูกที่ 1 เมื่อ 10 มิถุนายน 2558 จนช่วงปลูกที่ 4 ปลูกวันที่ 10 กันยายน 2558 ผลผลิตเฉลี่ยในแต่ละช่วงปลูกมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 15 และ Fig. 4C) ช่วงปลูกมิถุนายน ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด 302 กิโลกรัม/ไร่ รองลงมาได้แก่ ช่วงปลูกกรกฎาคม จำนวน 275 กิโลกรัม/ไร่ ผลผลิตเฉลี่ยในแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยพันธุ์ CM9513-3 ให้ผลผลิตต่ำสุด ส่วนปัจจัยของช่วงปลูกและพันธุ์มีปฏิสัมพันธ์กัน โดยพันธุ์เชียงใหม่ 60 และเชียงใหม่ 2 ให้ผลผลิตสูงสุดเมื่อปลูกในช่วงปลูกมิถุนายน มีผลผลิต 346 และ 335 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ส่วน CM9513-3 ให้ผลผลิตสูงสุดเมื่อปลูกในช่วงปลูกกรกฎาคม (292 กิโลกรัม/ไร่) ส่วนปริมาณสารไอโซฟลาโวอยู่ระหว่างวิเคราะห์

เมื่อนำปริมาณสารไอโซฟลาโวนของถั่วเหลืองในแต่ละช่วงปลูกในฤดูฝนปี 2556-2558 มาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันกับผลผลิต ค่าอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย ค่าอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย ความชื้นเฉลี่ย และปริมาณน้ำฝนสะสม พบว่า ปริมาณสารไอโซฟลาโวนของถั่วเหลืองมีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลผลิต (r^2=0.5928) และปริมาณน้ำฝนสะสม (r^2=0.6101) และมีความสัมพันธ์ทางลบกับค่าความชื้นเฉลี่ย (r^2=0.5664) โดยความชื้นเฉลี่ยในแต่ละช่วงปลูก มีค่าระหว่าง 76.1–80.0 เปอร์เซ็นต์ ถั่วเหลืองผลิตสารไอโซฟลาโวนลดลงเมื่อความชื้นเฉลี่ยเพิ่มขึ้นมากว่า 76.1 เปอร์เซ็นต์

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สภาพภูมิอากาศในแต่ละช่วงปลูกมีความแตกต่างกันในฤดูแล้ง อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 31.8-36.8°C มีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงปลูกมกราคมและกุมภาพันธ์ อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยต่ำ (12.0-23.6°C) ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 60.9–75.9 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณน้ำฝนสะสม 5.1-192.3 มิลลิเมตร ในฤดูฝน อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 31.1-33.5°C ไม่ต่างกันในแต่ละช่วงปลูก ส่วนอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยสูงกว่าฤดูแล้ง (12.0-24.2°C) ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 76.1-80.0 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณน้ำฝนสะสม 189-664.6 มิลลิเมตร เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยเพิ่มมากขึ้นมากกว่า 35°C ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงกว่า 76.0 เปอร์เซ็นต์ ถั่วเหลืองจะผลิตสารไอโซฟลาโวนลดลง ทั้งนี้ปริมาณสารไอโซฟลาโวนมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับผลผลิตถั่วเหลือง ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 2 มีปริมาณสารไอโซฟลาโวนสูงสุดทั้งฤดูแล้งและฤดูฝน ผลการทดลองที่ได้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ สำหรับเป็นข้อมูลแนะนำเบื้องต้นในการเลือกช่วงปลูกที่เหมาะสมในการผลิตถั่วเหลืองให้มีสารไอโซฟลาโวนสูง (Table 11.1 11.2 และ 11.3) และวิจัยต่อยอดในระบบปลูกพืชอื่นๆที่ถั่วเหลืองเป็นพืชไร่ร่วมระบบ รวมทั้งการวิจัยในระยะยาวและปัจจัยอื่นๆ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น

Table 11.1 General recommendation : optimum planting date (PD) for enhancing soybean isoflavone content in dry season.

Rice PD /rice harvesting time	Calendar of soybean cultivation			PD-recommendation
	PD	Variety	Irrigation schedule	
Jul./ early Nov.	✓	✓	✓	PD: mid Nov.-late Nov. variety : CM 2
	✓	X	✓	PD: mid Nov.-late Nov. variety : CM 2 > CM 60 > CM9513-3
Aug/ early Dec	✓	✓	✓	PD: mid Dec. – late Dec. variety : CM 2
	✓	X	✓	PD: mid Dec. – late Dec. variety : CM 2 > CM9513-3 > CM 60 Optimum harvesting time must be planned for medium variety ; CM 60 in order to reduce the impact from unfavorable climate at harvesting time.

Table 11.2 General recommendation : optimum planting date for enhancing soybean isoflavone content in dry season.

Month	Calendar of soybean cultivation			PD-recommendation
	PD	Variety	Irrigation schedule	
Jan.	✓	✓	✓	PD: early Jan.-late Jan. variety : CM 2 > CM9513-3 Optimum harvesting time must be planned for medium variety ; CM 60 in order to reduce the impact from unfavorable climate at harvesting time.
Feb	X	X	X	Improper planting time for soybean due to the unfavorable climate (temperature, rainfall, and RH) resulting in the decline of soybean yield and isoflavone concentration.

Table 11.3 General recommendation : optimum planting date for enhancing soybean isoflavone content in rainy season.

Rainfall pattern (1st time of Raining)	Calendar of soybean cultivation		PD-recommendation
	PD	Variety	
Jun.	✓	✓	PD: mid Jun.-late Jun. variety : CM 2, CM 60, CM9513-
Jul.	✓	✓	PD: mid Jul.-late Jul. variety : CM9513-3 Short variety can avoid from unfavorable climate
	✓	X	PD: mid Jul.-late Jul. variety : CM9513-3> CM 60 Harvesting and post-harvesting management should be provided for CM 60 in order to reduce from unfavorable climate
Aug.	✓	✓	PD: mid Aug.- late Aug. variety : CM9513-3
	✓	X	PD: mid Aug.- late Aug. variety : CM9513-3> CM 60 Harvesting and post-harvesting management should be provided for CM 60 in order to reduce from unfavorable climate
Sep.	✓	✓	Improper planting time for soybean due to the unfavorable climate (temperature, rainfall, and RH) resulting in the decline of soybean yield and isoflavone concentration. If farmer need to plant grow both varieties must provided good Harvesting and post-harvesting management to reduce the risk from unfavorable climate.

Table 12 The average maximum temperature, average minimum temperature, average relative humidity and cumulative rainfall during planting in dry season 2013 -2015.

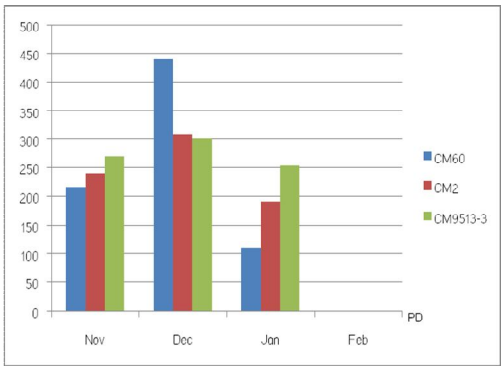
Planting Date Planting Date	Harvesting Date	Maturity	Tmax	Tmin		RHav	Total Rain
2013							
12-Nov	19-Feb	94	34.2	13.8	24.0	75.9	85.3
11-Dec	17-Mar	97	32.7	12.0	22.4	65.4	84.7
10-Jan	10-Apr	90	34.3	12.9	23.6	63.6	80.6
9-Feb	29-Apr	80	36.2	15.0	25.6	60.9	48.4
2014							
15-Nov	17-Feb	95	29.3	14.0	21.7	71.1	48.8
16-Dec	31-Mar	106	31.8	14.9	23.4	64.2	5.1
14-Jan	23-Apr	100	33.9	17.0	25.5	63.0	40.8
12-Feb	20-May	98	35.6	19.8	27.7	64.0	144.4
2015							
6-Nov	30-Jan	86	33.0	18.0	25.5	68.0	24.3
4-Dec	6-Mar	93	34.8	19.3	27.1	64.3	112.9
5-Jan	16-Apr	102	36.8	22.2	29.5	64.2	191.2
3-Feb	6-May	85	36.7	23.6	30.2	66.7	192.3

Table 13 Yield and isoflavone content of soybean as affected by planting dates and varieties at Chiang Mai Field crops Research Center in dry season 2013 -2015.

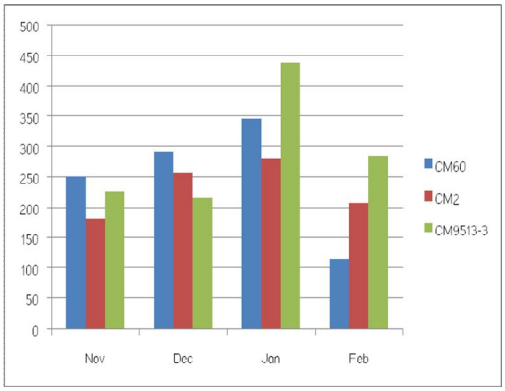
Treatment	2013		2014		2015	
	Yield	Isoflavone content	Yield	Isoflavone content	Yield	Isoflavone content
Planting Date(a)						
PD1	242 B	46.15A	219B	38.67B	243B	46.32A
PD2	350 A	31.42B	255B	49.01A	365A	42.00A
PD3	184 C	13.01C	355A	29.64C	358A	38.51AB
PD4	-	4.80D	203B	28.11C	338A	22.99B
F-test		**	**	**	**	**
CV (%) a	16.6	15.2	23.9	6.7	11.4	16.7
Varieties (b)						
CM 60	254	20.25B	251B	28.54C	345A	32.39B
CM 2	247	29.80A	231B	47.27A	297B	43.99A
CM 9513-3	275	21.50B	291A	33.26B	335A	35.95B
F-test	ns	*	**	**	**	*
CV (%) b	20.2	20.7	13.9	13.8	14.3	13.6
F-test S x C						

Mean different letter(s) in each trait are significantly at $P<0.05$ by LSD.

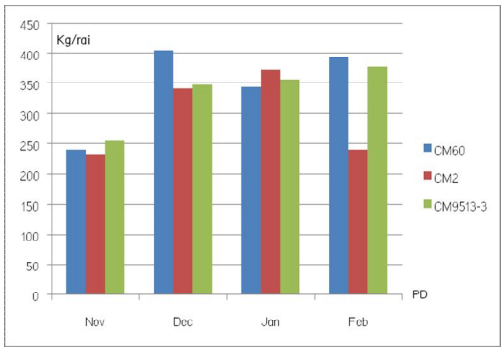
ns, * ,**= non significant ,significant at $P<0.05$ and significant at $P<0.01$, respectively.



A

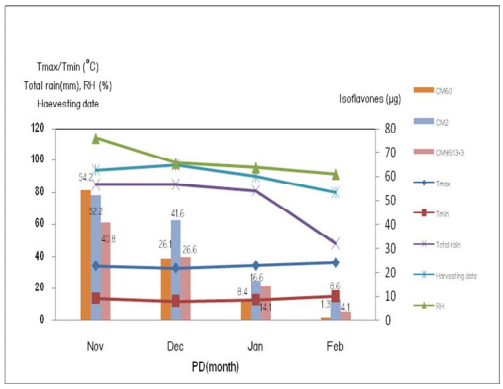


B

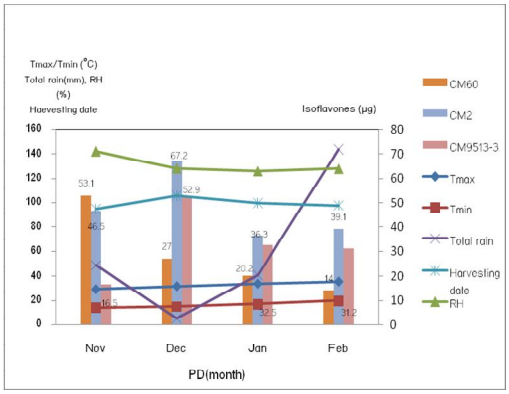


C

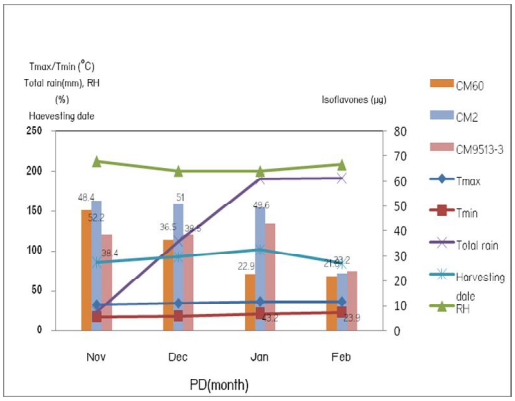
Fig. 2 Soybean yield as affected by planting dates and varieties at Chiang Mai Field crops Research Center in dry season 2013 (a), 2014 (b) and 2015 (c).



A



B



C

Fig 3 Isoflavone content of soybean as affected by planting dates and varieties at Chiang Mai Field crops Research Center in dry season 2013 (a), 2014 (b) and 2015 (c).

Table 14 The average maximum temperature, average minimum temperature, average relative humidity and cumulative rainfall during planting in rainy season 2013 -2015.

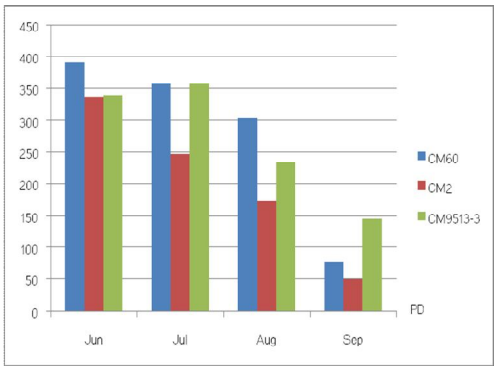
Planting Date Planting Date	Harvesting Date	Maturity	Tmax	Tmin	RHav	Total Rain
2013						
12 June	1-Sep	105	32.9	15.9	76.3	664.6
15-July	7-Oct	82	32.0	15.4	79.0	606.3
18-Aug	8 Nov	87	31.7	14.1	78.6	482.8
18-Sep	4-Dec	78	31.1	13.3	77.5	223.4
2014						
16 June	22-Sep	98	33.5	24.2	78.9	439
15-July	7-Oct	84	33.4	23.9	80.0	438
18-Aug	18 Nov	92	33.2	22.9	79.3	414
15-Sep	8-Dec	84	32.9	21.4	77.0	189
2015						
10 June	14 Sep	97	33.7	23.7	76.1	410.2
10-July	23 Sep	76	32.9	23.5	78.9	367.4
17-Aug	9 Nov	85	33.3	23.6	76.1	410.2
10-Sep	25 Nov	77	32.9	23.5	78.9	367.4

Table 15 Yield and isoflavone content of soybean as affected by planting dates and varieties at Chiang Mai Field crops Research Center in rainy season 2013-2015.

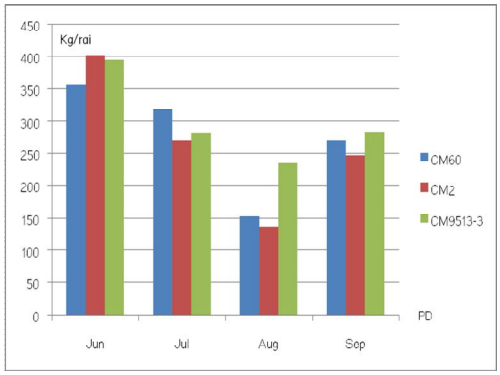
Treatment	2013		2014		2015	
	Yield	Isoflavone content	Yield	Isoflavone content	Yield	Isoflavone content
Planting Date(a)						
PD1	356 A	48.91A	384A	28.65A	302A	-
PD2	320 B	26.37B	290B	15.20B	275B	-
PD3	237 C	13.01C	174C	23.27A	197C	-
PD4	90 D	15.40C	266BC	23.86A	60D	-
F-test	**	**	**	**	**	-
CV (%) a	9.7	9.9	23.8	24.0	10.4	-
Varieties (b)						-
CM 60	282A	22.90B	274B	10.52C	233A	-
CM 2	202B	40.30A	264B	31.17A	213A	-
CM 9513-3	268A	27.50B	298A	27.50B	179B	-
F-test	**	**	**	**	*	-
CV (%) b	17.1	10.0	10.9	16.8	17.6	-
F-test S x C	**	**	**	**	**	-

Mean different letter(s) in each trait are significantly at $P<0.05$ by LSD.

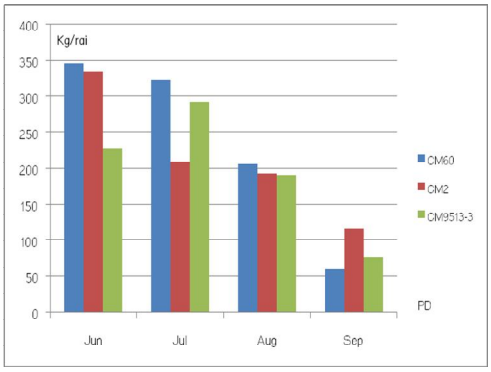
ns, * ,**= non significant ,significant at $P<0.05$ and significant at $P<0.01$, respectively.



A

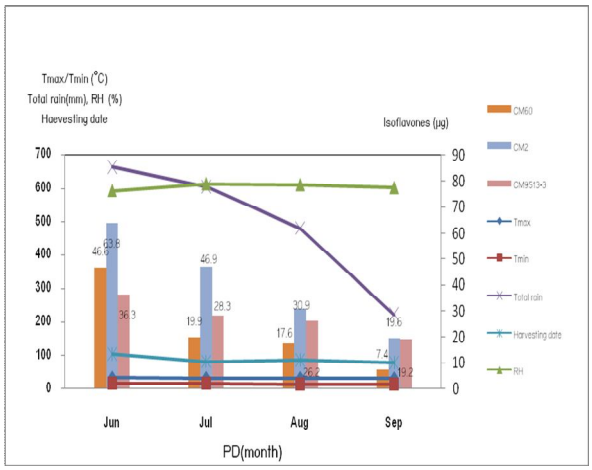


B

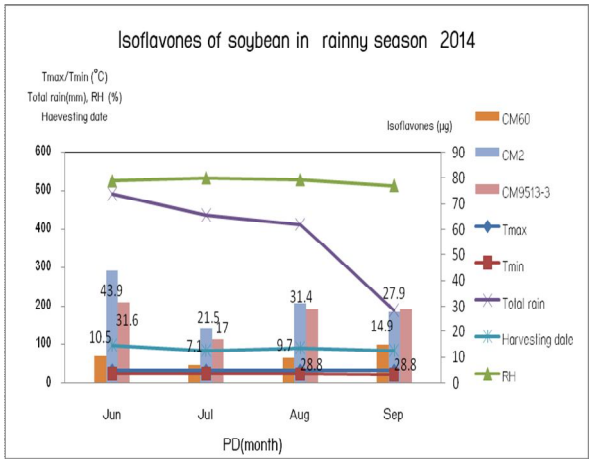


C

Fig. 4 Soybean yield as affected by planting dates and varieties at Chiang Mai Field crops Research Center in rainy season 2013 (a), 2014 (b) and 2015 (c).



A



B

Fig 5 Isoflavone content of soybean as affected by planting dates and varieties at Chiang Mai Field crops Research Center in rainy season 2013 (a) and 2014 (b)

การทดลองที่ 4 ผลของการใช้สารกำจัดวัชพืชประเภทหลังงอกต่อผลผลิต และปริมาณสารไอโซฟลาโวนในถั่วเหลือง
(Effect of Post-emergence Herbicide on Soybean Yield and Isoflavone Content)

ประเด็นวิจัย

การใช้สารกำจัดวัชพืชประเภทหลังงอก สามารถกระตุ้นให้ถั่วเหลืองผลิตสารไอโซฟลาโวนเพิ่มขึ้น

สถานที่ทำการวิจัยและระยะเวลาดำเนินงาน

ดำเนินงานวิจัยที่ ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ เริ่มดำเนินงานวิจัย ในฤดูแล้ง (พฤศจิกายน) และฤดูฝน (ปลายกรกฎาคม) ตั้งแต่ ตุลาคม 2555 ถึง ธันวาคม 2557

วิธีดำเนินการ

วางแผนการทดลองแบบ Split plot design in RCB จำนวน 3 ซ้ำ มีปัจจัยหลัก คือ ระยะเวลาการพ่นสารกำจัดวัชพืช คือ ฟีซาเฟน (fomesafen) มี 2 ระยะ คือ R1 และ R5 เปรียบเทียบกับการไม่พ่น ปัจจัยรองคือ อัตราการพ่นสาร มี 3 อัตรา คือ 10 20 และ 30 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ ใช้พันธุ์ เชียงใหม่ 60

วิธีดำเนินการวิจัย

ก่อนปลูกเก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดิน จากนั้นเตรียมแปลงและแบ่งแปลงออกเป็นแปลงย่อย ขนาด 4x6 เมตร ก่อนปลูกคลุกเมล็ดถั่วเหลืองด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมใช้ อัตรา 1 ถุง (200 กรัม)ต่อเมล็ดพันธุ์ 10-12 กิโลกรัม และสารเมทาแลกซิลป้องกันโรคเพื่อป้องกันโรคราน้ำค้าง ทำการปลูกถั่วเหลืองโดยหยอด 4-5 เมล็ดต่อหลุม ระยะปลูก 50x20 เซนติเมตร หลังปลูกให้น้ำทันที เมื่อถั่วเหลืองงอกแล้วถอนแยกให้เหลือ 3 ต้นต่อหลุม พ่นสารเคมีไตรอะโซฟอส 40%EC อัตรา 50 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร เมื่อถั่วเหลืองอายุได้ 7-10 วัน ป้องกำจัดแมลงวันหนอนเจาะลำต้นและพ่นซ้ำทุกๆ 7 วัน เมื่อถั่วเหลืองอายุ 14 วัน ใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 25-50 กิโลกรัมต่อไร่ ข้างแถวพร้อมกำจัดวัชพืชและพูนโคน นอกจากนี้ป้องกันโรคราสนิมด้วยสารเคมีไตรอะดิมิฟอน 25%WP อัตรา 10 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร ที่ระยะก่อนออกดอกและระยะฝักอ่อน ส่วนแมลงหวี่ขาวใช้สารเคมีไตรอะโซฟอส 40%EC อัตรา 50 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร และพ่นสารเคมีคาร์เบนดาซิมเพื่อป้องกันโรคแอนแทรคโนส อัตรา 50 กรัมน้ำ 20 ลิตร หรือสารเคมีเบโนมิล 50%WP อัตรา 30 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ที่ระยะดอกบานและระยะฝักอ่อน ส่วนการให้น้ำฤดูแล้งจะให้ทุกๆ 7 วันหรือเมื่อดินแห้ง ในฤดูฝนถ้าฝนทิ้งช่วงนานต้องให้น้ำชลประทาน ทำการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดวัชพืช fomesafen ตามกรรมวิธีที่กำหนด เมื่อถั่วเหลืองถึงระยะสุกแก่ (R8) ทำการสุ่มตัวอย่างผลผลิตในพื้นที่เก็บเกี่ยว 3x4 เมตร หลังจากนั้นทำการเจาะดินเพื่อตรวจสอบคุณภาพ สุ่มเมล็ดไปวิเคราะห์ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต ตามวิธีของเฉลิมพล (2542) และปริมาณสารไอโซฟลาโวนในเมล็ดตามวิธีการของ Association of Analytical Chemists (AOAC) Manaul (AOAC, 1992)

การบันทึกข้อมูล

1.วันปลูก วันงอก วันออกดอก 50 % วันเก็บเกี่ยว

2.วิเคราะห์ดินก่อนและหลังการทดลอง

3.ผลผลิต(ความชื้น 13 เปอร์เซ็นต์) ความสูง องค์ประกอบผลผลิตและจำนวนต้นเก็บเกี่ยว/ไร่ (เฉลิมพล, 2542)

4.จำนวนต้นเก็บเกี่ยวต่อไร่

5.ปริมาณสารไอโซฟลาโวนในเมล็ด (AOAC, 1992)

6.ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝนตลอดฤดูปลูก

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ปริมาณสารไอโซฟลาโวนในเมล็ดถั่วเหลือง

ฤดูแล้ง

การพ่นสารเคมีโฟมีซาเฟน ที่ระยะ R1 และ R5 เปรียบเทียบกับการไม่พ่น ในอัตราที่ต่างกันได้แก่ 10 20 และ 30 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ ในถั่วเหลืองพันธุ์ เชียงใหม่ 60 ปี 2556 พบว่า การพ่นที่ระยะ R1 และ R5 ไม่ทำให้ปริมาณสารไอโซฟลาโวนรวมในเมล็ดถั่วเหลืองและสารไอโซฟลาโวนทั้งสองกลุ่ม คือ กลูโคไซด์ ได้แก่ เดดซีน เจนิสทิน และไกลซิทิน และกลุ่มอไกลโคน ได้แก่ เดดซิอีน เจนิสทิอิน และไกลซิทิอิน แตกต่างกัน โดยมีค่า 26.83-34.26 7.42-9.39 4.57-5.35 3.88-4.73 4.66-6.91 4.63-6.06 และ 1.21-1.76 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ ในขณะที่การพ่นสารในอัตราที่ต่างกัน พบว่าการใช้อัตรา 30 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ ทำให้ปริมาณสารไอโซฟลาโวนรวมและสารทั้งสองกลุ่มเพิ่มขึ้นสูงกว่าอัตรา 10 และ 20 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ และการไม่พ่นสาร โดยมีปริมาณและสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการไม่พ่นสาร ดังนี้ ปริมาณสารไอโซฟลาโวนรวมมีค่า 52.00 (51.78%) ไมโครกรัม/กรัม และสารไอโซฟลาโวนทั้งในกลุ่มกลูโคไซด์และอไกลโคน มีค่า 13.46 (43.34%) 8.35 (56.07%) 6.77 (43.13%) 10.90 (57.74%) 9.87 (62.87%) และ 2.64 (50.00%) ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ สำหรับฤดูแล้ง ปี 2557 พบว่า ให้ผลเช่นเดียวกับ ปี 2556 สอดคล้องกับการทดลองของ Nelson *et al*., (2007) ที่กล่าวว่า การใช้สารกำจัดวัชพืชประเภทหลังงอกที่ระยะ R5 จะไปเพิ่มปริมาณสารในกลุ่มฟีโนลิก โดยเฉพาะสารไอโซฟลาโวนรวมในเมล็ดถั่วเหลืองให้เพิ่มขึ้นเป็น 169 ไมโครกรัม/กรัม นอกจากนี้ จารุวรรณและภัควิไล (2557) รายงานว่า ปริมาณสารไอโซฟลาโวนในถั่วเหลือง พันธุ์เชียงใหม่ 60 ก่อนการเก็บรักษามีค่า 49.18-51.93 ไมโครกรัม/กรัม โดยพบ สารไอโซฟลาโวนชนิดเดดซิน เจนิสทิน เดดซิอิน เจนิสทิอิน ไกลซิทิน และไกลซิทิอิน ตามลำดับ (Fig.6A และ 6B)

ฤดูฝน

ปี 2556 พบว่า การพ่นสารโฟมีซาเฟน ที่ระยะ R1 และ R5 ไม่ทำให้ปริมาณสารไอโซฟลาโวนรวมในเมล็ดถั่วเหลืองและสารไอโซฟลาโวนทั้งสองกลุ่มต่างกัน เช่นเดียวกับฤดูแล้ง ปี 2556-2557 การใช้อัตรา 30 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ ยังคงทำให้ปริมาณสารไอโซฟลาโวนรวมและสารไอโซฟลาโวนในกลุ่มกลูโคไซด์ มีค่าเพิ่มขึ้นสูงกว่าอัตราอื่นๆ และการไม่พ่นสาร โดยมีปริมาณและสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการไม่พ่นสาร ดังนี้ 32.97 (35.85%) 9.98 (20.97%) 9.58 (21.73%) 4.67 (13.90%) ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม สารเคมีโฟมีซาเฟนไม่มีผลต่อสารในกลุ่มอไกลโคน โดยมีค่าของ เดดซิอิน เจนิสทีอิน และ ไกลซิทิอิน อยู่ในช่วง 1.26-2.32 1.81-1.96 และ 0.54-0.57 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ (Fig.7C) ความแปรปรวนของสารไอโวฟลาโวนกลุ่มอไกลโคนนั้น มีรายงานว่าเป็นกลุ่มที่พบในสัดส่วนปริมาณน้อยกว่ากลุ่มกลูโคไซด์ในถั่วเหลืองและในขบวนการสังเคราะห์มักมีการเปลี่ยน รูปไปเป็นสารในกลุ่มกลูโคไซด์และมาโลนิลกลูโคไซด์ (Kudou *et al*., 1991) โดยกลไกการทำงานของยีนส์ที่ควบ คุมเอ็นไซม์ในขบวนการสังเคราะห์ยังไม่ทราบแน่ชัด แต่มีข้อสันนิษฐานว่าเอ็นไซม์ที่เกี่ยวข้อง คือ chalcone Synthase (CHS) Chalcone Reductase (CHR) Isoflavone Synthase (IFS) และ Isoflavone

Methyl-Transferase (IMT) ถูกกระตุ้นให้มีกิจกรรมมากขึ้น (Dhaubhadel, 2011) ซึ่งควรมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป รวมไปถึงปัจจัยที่มีผลกระทบ เช่น พันธุ์ (Lozovaya *et al*.,2002) ฤดูปลูกและสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะในช่วงการพัฒนาเมล็ด(Tsukamoto *et al*., 1995) ส่วนปี 2557 ให้ผลการทดลองเช่นเดียวกับฤดูแล้ง ปี 2556-2557 (Fig.7D) โดยระยะเวลาการพ่นสารไม่ทำให้ปริมาณสารไอโซฟลาโวนรวมและไอโซฟลาโวนทั้งสองกลุ่มต่างกัน และการใช้อัตรา 30 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ ยังคงให้ปริมาณสารไอโซฟลาโวนรวมและสารไอโซฟลาโวนทั้งสองกลุ่มเพิ่มขึ้นสูงกว่าอัตราอื่นๆและการไม่พ่นสาร ยกเว้นเจนิสทิน โดยมีปริมาณและสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการไม่พ่นสาร ดังนี้ 34.98 (29.56%) 15.77 (40.05%) 7.14 (25.04%) 1.31 (52.33%) 0.70 (79.49%) และ 0.20 (100%) ไมโครกรัม/กรัม สำหรับ ไอโซฟลาโวนรวม เดดซิน ไกลซิทิน เดดซิอิน เจนิสทิอิน และไกลซิทิอิน ตามลำดับ ส่วนเจนิสทินมีค่า 7.53-10.11 ไมโครกรัม/กรัม ความแปรปรวนของเจนิสทิน มีข้อสันนิษฐานที่เกิดจากยีนส์ที่ควบคุมเอ็นไซม์ที่เกี่ยวข้อง คือ glycosyl-transferase (UGT) ซึ่งควรมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป รวมไปถึงปัจจัยที่มีผลกระทบเช่นเดียวกับ ปี 2556 แม้ว่า จะพบความแปรปรวนในฤดูฝนทั้งสองปีของสารในกลุ่มอไกลโคน (2556) และเจนิสทิน (2557) ก็ตาม แต่เห็นได้ว่าการใช้อัตรา 30 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ ทำให้สารไอโซฟลาโวนรวมในเมล็ดถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นสูงสุด

ผลผลิตถั่วเหลืองและองค์ประกอบผลผลิต

ฤดูแล้ง

ปี 2556 การพ่นสารเคมีโฟมีซาเฟน ที่ระยะต่างๆ ไม่มีผลกระทบต่อการให้ผลผลิตถั่วเหลืองและองค์ประกอบผลผลิต ยกเว้น จำนวนข้อ/ต้น ที่ลดลงเล็กน้อยเมื่อพ่นสารที่ระยะ R5 ถั่วเหลืองให้ผลผลิต 479-501 กิโลกรัม/ไร่ องค์ประกอบผลผลิต มีค่า 0.0-0.1 34.8-40.6 2.0-2.1 และ 17.2-17.9 สำหรับ จำนวนกิ่ง/ต้น ฝัก/ต้น เมล็ด/ฝัก และน้ำหนักเมล็ด ตามลำดับ และเมื่อใช้อัตราต่างๆกัน คือ 10 20 และ 30 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ ถั่วเหลืองให้ผลผลิต 487-500 กิโลกรัม/ไร่ ส่วนจำนวนกิ่ง/ต้น ข้อ/ต้น ฝัก/ต้น เมล็ด/ฝัก และน้ำหนักเมล็ด มีค่าดังนี้ 0.0-0.1 10.5-10.6 37.6-38.8 2.0-2.1 และ 17.5-17.8 ตามลำดับ สำหรับปี 2557 พบว่า ไม่มีผลกระทบต่อการให้ผลผลิตถั่วเหลืองและองค์ประกอบผลผลิตเช่นเดียวกับ ปี 2556 (Table 16)

ฤดูฝน

ปี 2556 มีผลการทดลองเช่นเดียวกับฤดูแล้ง ปี 2556-2557 โดยการพ่นสารเคมีโฟมีซาเฟน ที่ระยะ R1 และ R5 และการไม่พ่นสารเคมี ถั่วเหลืองมีผลผลิต 498-519 กิโลกรัม/ไร่ ส่วนองค์ประกอบผลผลิต มีค่า 1.2-1.4 14.9-15.3 49.6-56.7 2.0-2.1 และ 18.4-19.7 สำหรับ จำนวนกิ่ง/ต้น ข้อ/ต้น ฝัก/ต้น เมล็ด/ฝัก และน้ำหนักเมล็ด ตามลำดับ และเมื่อใช้ในอัตราต่างๆกัน ผลผลิตถั่วเหลืองมีค่า 497-520 กิโลกรัม/ไร่ ส่วนจำนวนกิ่ง/ต้น ข้อ/ต้น ฝัก/ต้น เมล็ด/ฝัก และน้ำหนักเมล็ด มีค่าดังนี้ 1.2-1.4 15.0-15.2 52.1-55.6 2.0-2.1 และ 18.8-19.4 ตามลำดับ สำหรับ ปี 2557 พบว่า ให้ผลเช่นเดียวฤดูแล้งปี 2556 ยกเว้นน้ำหนักเมล็ด มีค่าลดลงเล็กน้อย เมื่อพ่นสารในอัตรา 30 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ (Table 17) การใช้สารเคมีโฟมีซาเฟนไม่มีผลกระทบต่อการให้ผลผลิตถั่วเหลือง ส่วนองค์ประกอบผลผลิตได้รับผลกระทบเล็กน้อย ได้แก่ จำนวนข้อ และขนาดเมล็ดในบางฤดู โดย Vyn *et al*., (2002) ละอองดาวและคณะ (2554) กล่าวว่าปริมาณไอโซฟลาโวนจะมีสัมพันธ์ในทางบวกกับผลผลิตถั่วเหลือง นอกจากนี้ มีรายงานว่า ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองมีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณสารไอโซฟลาโวน (Yin and Vyn,2005) มีรายงานการศึกษาในพันธุ์ต่างประเทศ โดย Nelson *et al*., (2007) พบว่าการใช้สารในกลุ่มเดียวกันซื่อแล็คโตเฟนทำให้ผลผลิตถั่วเหลืองลดลง เป็นการศึกษากับพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดมีการใช้ร่วมกับ

สารเคมีแอมโมเนียมไนเตรท ซึ่งการตอบสนองอาจแตกต่างกันและมีผลต่อการสังเคราะห์ไอโซฟลาโวน การศึกษาครั้งนี้จะเห็นได้ว่า การใช้อัตรา 30 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ ทำให้ปริมาณสารไอโซฟลาโวนรวมสูงสุด และไม่ทำให้ผลผลิตถั่วเหลืองลดลง มีต้นทุนผันแปรจากการใช้สารโฟมีซาเฟน 0.30 บาท/กิโลกรัม (คิดจากค่าเฉลี่ยผลผลิตถั่วเหลืองภาคเหนือ 300 กิโลกรัม/ไร่) อย่างไรก็ตาม การใช้เกินกว่าคำแนะนำรวมถึงในถั่วเหลืองพันธุ์อื่นๆ อาจให้ผลที่แตกต่างไปจากการทดลองนี้และยังไม่มีการยืนยันข้อมูลการใช้เกินกว่าอัตราดังกล่าว

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การใช้สารกำจัดวัชพืชโฟมีซาเฟนพ่นต้นถั่วเหลืองพันธุ์ เชียงใหม่ 60 ที่ระยะ R1 ให้ผลเช่นเดียวกับการใช้ที่ระยะ R5 ซึ่งการใช้อัตรา 30 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ ทำให้ถั่วเหลืองมีการสังเคราะห์สารไอโซฟลาโวนรวมในเมล็ดสูงกว่าการใช้ที่อัตรา 10 และ 20 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ โดยมีปริมาณเพิ่มขึ้น 51.8-65.2 เปอร์เซ็นต์ (ฤดูแล้ง) และ 29.6-35.9 เปอร์เซ็นต์ (ฤดูฝน) เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่พ่นสารและในฤดูแล้งทำให้สารไอโซฟลาโวนกลุ่มกลูโคไซน์และกลุ่มอไกลโคนเพิ่มขึ้นสูงสุดแต่พบความแปรปรวนของกลุ่มอไกลโคนและเจนิสทินในฤดูฝน การใช้สารเคมีโฟมีซาเฟนไม่มีกระทบต่อผลผลิตถั่วเหลือง ยกเว้น องค์ประกอบผลผลิต คือ จำนวนข้อ (ฤดูแล้ง ปี 2556) และขนาดเมล็ด(ฤดูฝนปี 2557) ที่ลดลงเล็กน้อย มีต้นทุนการผลิตถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น 0.30 บาท/กิโลกรัม การใช้ในอัตราดังกล่าวอยู่ในระดับต่ำสุดจากคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร การนำไปใช้ประโยชน์ โดยนำเทคโนโลยีไปขยายผลในแปลงเกษตรกร เพื่อเป็นทางเลือกในการเพิ่มมูลค่าถั่วเหลือง และควรมีการใช้เทคโนโลยีอื่นๆ เช่น พันธุ์ สถานที่ วันปลูก สภาพการให้น้ำ การใช้ปุ๋ยไนโตรเจน ก็จะทำให้เกิดประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

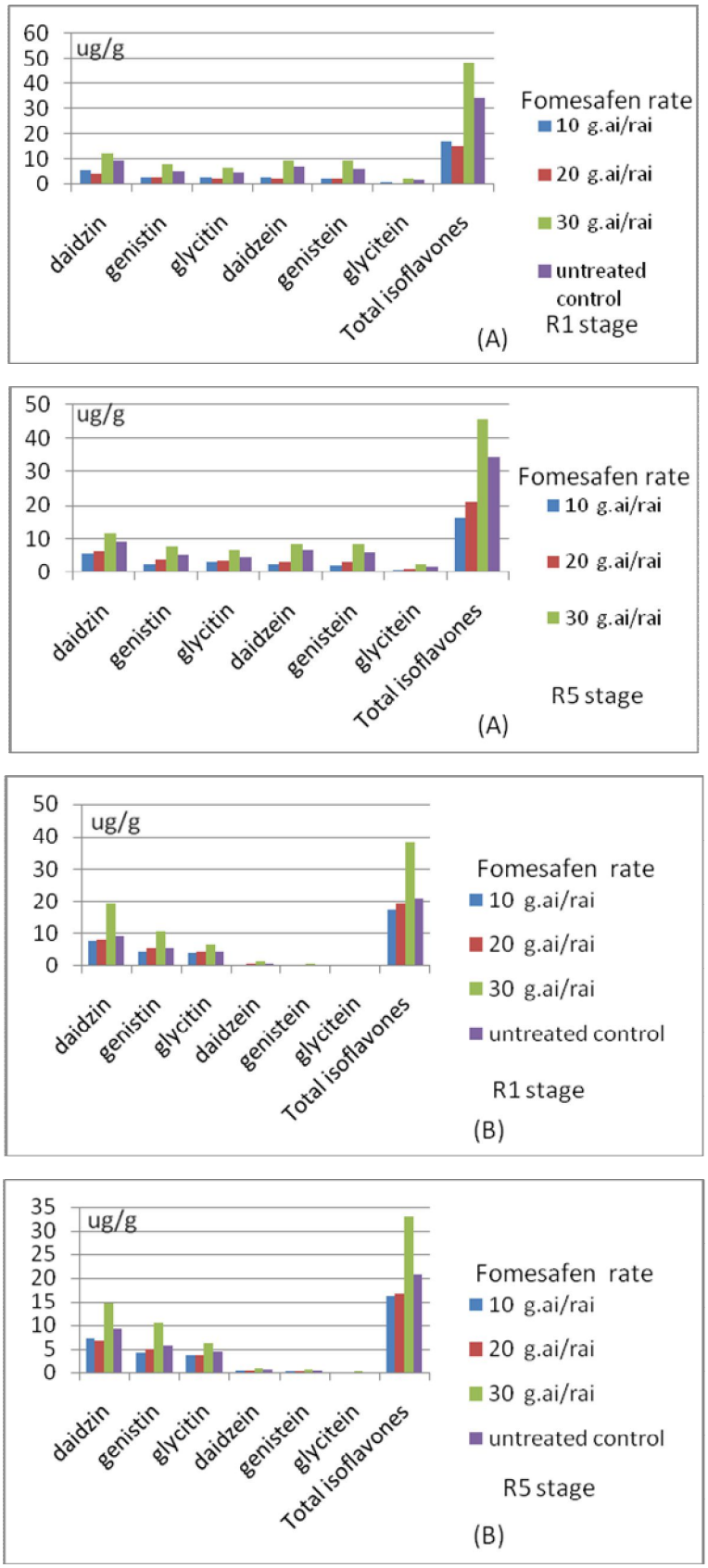


Fig.6 Concentration of total isoflavones, glucoside and aglycone groups of soybean variety CM 60 treated by fomesafen in (A) dry season-2013, and (B) dry season-2014

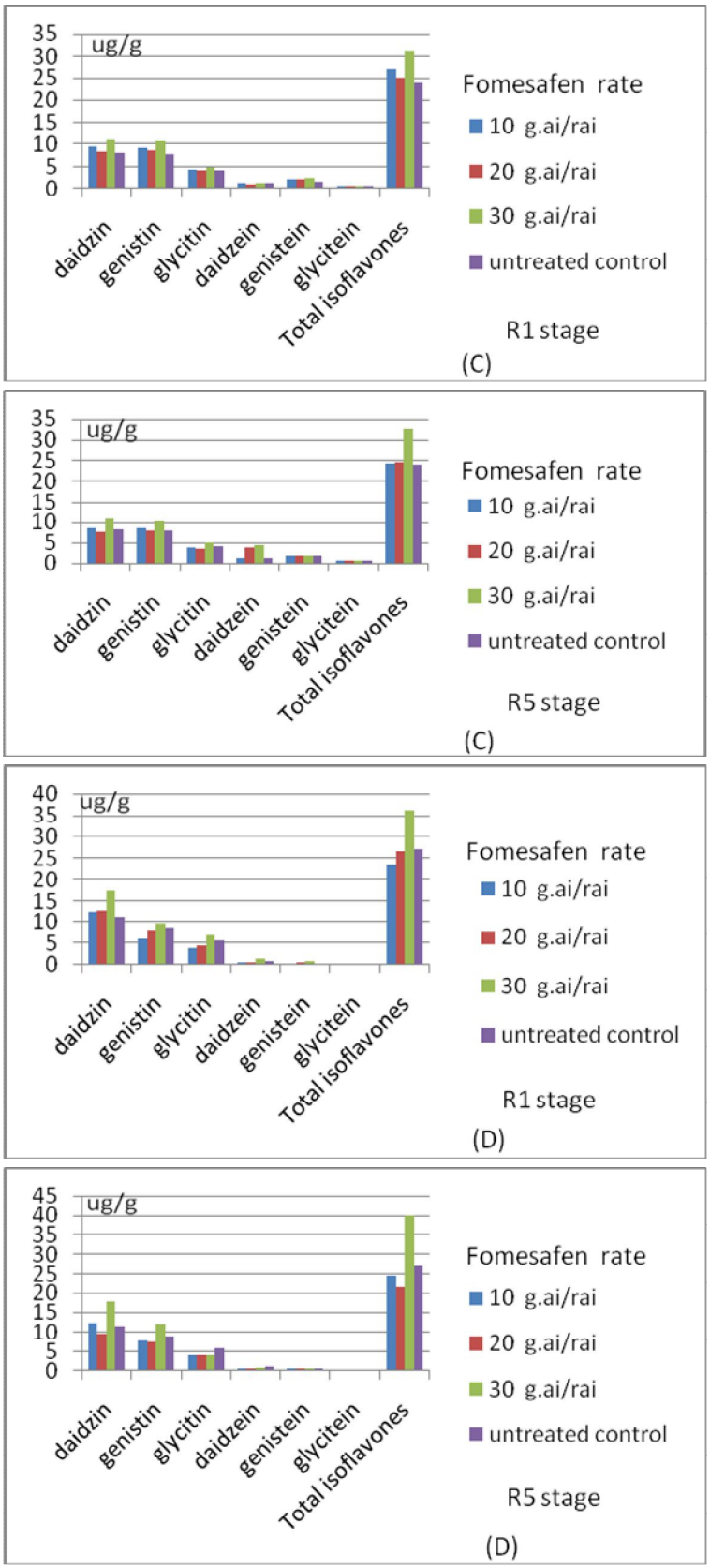


Fig. 7 The concentration of total isoflavones, glucoside and aglycone groups of soybean variety CM 60 treated with fomesafen in (C) rainy season-2013 and (D) rainy season-2014

Table 16 Yield and yield components of soybean variety CM 60 treated with fomesafen at different application times and rates in dry seasons at CMFCRC, 2013-2014.

Treatment	2013						2014					
	Yield (kg/rai)	node	branch	pod/ plant	seed/ pod	SDW (g/100 seed)	Yield (kg/rai)	node	branch	pod/ plant	seed/ pod	SDW (g/100 seed)
Application time (Stage)												
Control	479	10.9 a	0.1	40.6	2.0	17.2	512	10.9	0.3	34.3	2.2	15.5
R1	500	10.8 a	0.1	39.0	2.1	17.9	576	11.7	0.3	31.7	2.2	15.9
R5	501	9.9 b	0.0	34.8	2.1	17.8	543	11.1	0.3	34.0	2.2	16.4
Application rate (g ai/rai)												
10	487	10.6	0.1	38.8	2.0	17.5	537	11.0	0.3	33.8	2.2	16.1
20	500	10.6	0.1	38.0	2.1	17.8	537	11.6	0.3	32.7	2.2	15.9
30	493	10.5	0.0	37.6	2.1	17.7	558	11.1	0.3	33.6	2.3	15.9
F(a)	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
F(b)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
F(ab)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CVa(%)	7.9	3.3	12.1	5.9	4.9	8.9	7.9	9.2	7.3	12.0	4.0	5.7
CVb(%)	3.8	4.2	19.4	10.3	5.0	3.1	6.7	7.9	3.2	5.3	5.2	2.4

Mean in the same column and row followed by a common letter are not significantly different at the 5 level by DMRT

Table 17 Yield and yield components of soybean variety CM 60 treated with fomesafen at different application times and rates in rainy seasons at CMFCRC, 2013-2014.

Treatment	2013						2014					
	Yield (kg/rai)	node	branch	pod/ plant	seed/ pod	SDW (g/100 seed)	Yield (kg/rai)	node	branch	pod/ plant	seed/ pod	SDW (g/100 seed)
Application time (Stage)												
Control	515	15.2	1.4	55.5	2.0	19.4	577	16.5	1.1	52.8	2.3	16.0
R1	519	15.3	1.4	56.7	2.1	19.7	545	17.3	0.7	56.0	2.4	17.2
R5	498	14.9	1.2	49.6	2.1	18.4	542.	17.8	1.1	55.7	2.2	16.8
Application rate (g ai/rai)												
10	497	15.0	1.4	55.6	2.0	18.8	537	17.1	1.1	57.5	2.2	16.7 ab
20	515	15.2	1.4	54.1	2.1	19.2	569	17.7	0.9	55.1	2.3	17.1 a
30	520	15.1	1.2	52.1	2.1	19.4	557	16.8	0.8	51.9	2.4	16.3 b
F(a)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
F(b)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*
F(ab)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CVa(%)	6.4	3.3	6.3	18.9	8.0	10.6	4.9	6.8	4.9	22.0	12.6	6.5
CVb(%)	9.1	3.6	5.8	8.2	8.1	9.3	8.5	7.9	5.0	15.5	10.6	7.3

Mean in the same column and row followed by a common letter are not significantly different at the 5 level by DMRT

กิจกรรมวิจัยที่ 2

วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตถั่วเหลืองเพื่อเพิ่มปริมาณธาตุเหล็ก
Research and Development Soybean Technology for Iron Enhancement

ชื่อผู้วิจัย

นางสาวฉัตรสุดา เชิงอักษร(MS. Chatsuda Choengaksorn)
นางสาวละอองดาว แสงหล้า (MS. Laongdown Sangla)
นางสาวกัลยา วิธี (MS. Kallaya Wi-thee)

คำสำคัญ:

ถั่วเหลือง ธาตุเหล็ก สารไฟเตท กรดไฟติก ปุ๋ยฟอสเฟต

Key words:

Soybean, iron, phytate, phytic acid, phosphate fertilizer

บทคัดย่อ

กิจกรรมวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตถั่วเหลืองเพื่อเพิ่มปริมาณธาตุเหล็ก **เน้น**การศึกษาปุ๋ยฟอสเฟสที่เหมาะสมต่อการลดปริมาณไฟเตท เพื่อผลิตถั่วเหลืองให้มีธาตุเหล็กสูงและหรือมีสารไฟเตทต่ำเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุเหล็กที่มีต่อร่างกายเพิ่มขึ้น ดำเนินการวิจัยระหว่างปี 2556-2558 ในสภาพกระถางที่สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1 และในสภาพไร่ของเกษตรกร อำเภอแม่แตงและเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ผลการทดลอง พบว่า ในสภาพดินด่าง การใส่ปุ๋ย N-P_2O_5-K_2O ระดับ P_2O_5 ตั้งแต่ 0 3 6 9 12 และ 15 กิโลกรัมต่อไร่ ไม่ทำให้การสะสมไฟเตสในเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 6 แตกต่างกัน ในขณะที่ดินที่มีความเป็นกรด การใส่ปุ๋ย N-P_2O_5-K_2O ที่ระดับฟอสฟอรัสต่างกันทำให้มีการสะสมไฟเตสในเมล็ดแตกต่างกันทางสถิติ และการไม่ใส่ปุ๋ยฟอสเฟสทำให้มีการสะสมไฟเตทต่ำสุดที่ 0.55 กรัมต่อน้ำหนักเมล็ด 100 กรัม ในดินของเกษตรกรซึ่งมีสภาพความเป็นกรดอ่อน พบว่า การไม่ใส่ปุ๋ยฟอสเฟส ทำให้การสะสมไฟเตสต่ำสุดที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยฟอสเฟส คือ 0.73 กรัมต่อน้ำหนักเมล็ด 100 กรัม และเมื่อใส่ปุ๋ยฟอสเฟสเพิ่มขึ้นจะทำให้มีการสะสมไฟเตทเพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยสะสมไฟเตทในเมล็ดสูงสุดเมื่อใส่ปุ๋ยสูงสุดที่ระดับ 15 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ มีไฟเตท 1.20 กรัมต่อน้ำหนักเมล็ด 100 กรัม ในสภาพไร่ของเกษตรกรฤดูแล้งปี 2558 พบว่า ผลผลิตถั่วเหลืองอยู่ระหว่าง 260–299 กิโลกรัมต่อไร่ และฤดูฝนปี 2558 ในสภาพไร่ของเกษตรกร พบว่า ถั่วเหลืองมีผลผลิต 211–280 กิโลกรัมต่อไร่ การใส่ปุ๋ยฟอสเฟสที่ระดับต่างกันไม่ทำให้การสะสมไฟเตสในเมล็ดมีความแตกต่างทางสถิติในทั้งสองฤดูปลูก พบว่าการใส่ปุ๋ยฟอสเฟสที่สูงขึ้นมีแนวโน้มที่จะทำให้การสะสมไฟเตทในเมล็ดมีการสะสมสูงขึ้นในทั้งสองฤดูปลูก

Abstracts

Research and development soybean technology for Iron enhancement was to study the optimum P-fertilizer rate to reduce phytate content for enhancing bio-viability

for human consumption. It was conducted in pot experiment at the Office of Agricultural Region #1 (OARD#1) and farmer trials at Maeteang and Chiangdao district, Chiangmai during 2013-2015. RCB design was set and CM.6 soybean was grown in both acid and alkaline soils with different 6 P-fertilizer rates. The results illustrated all treatments in pot condition were no differences in phytate accumulation in alkaline soil, showing the lowest level at 1.23 g/100 g seeds. Whereas, a rise of P-fertilizer rate from 6-12 kg/rai gave phytate content leveled off and then reached to the maximum level(1.06 g/100 g seed^{1}) at 15 kg/rai. Also, there was the same results in the farmer trail and all treatments were no effect in soybean yield, 100 seed weight and seed phytate content. However, seed phytate content could be upward by increasing P-fertilizer content.

บทนำ

ธาตุเหล็ก เป็นธาตุที่ร่างกายนำไปใช้เพื่อสร้างเม็ดเลือดแดงที่ไขกระดูก เพื่อนำไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย หากร่างกายมีธาตุเหล็กน้อย การสร้างเม็ดเลือดแดงจะลดลง ซึ่งนำไปสู่ภาวะโลหิตจาง ปัญหาโรคโลหิตจางเนื่องจากการขาดธาตุเหล็ก (Iron deficiency anemia) ซึ่งเป็นภาวะที่ร่างกายมีจำนวนเม็ดเลือดในกระแสโลหิตต่ำกว่าปกติ เกิดขึ้นกับประชากรมากกว่าครึ่งหนึ่งของประชากรทั้งหมด ในโลก ทั้งในประเทศที่พัฒนาแล้วและกำลังพัฒนา จากรายงานของกรมอนามัย (2552) กล่าวว่า ประเทศไทย พบอัตราความชุกของภาวะโลหิตจางเพิ่มขึ้นในทุกกลุ่มอายุ โดยจำนวน 50 เปอร์เซ็นต์ พบเป็นกลุ่มทารกอายุ 6-11 เดือน และยังพบได้กับผู้หญิงวัยรุ่น หญิงตั้งครรภ์ ผู้สูงอายุ รวมไปถึงผู้ที่บริโภคมังสวิรัติ จากปัญหาดังกล่าวทำให้มีการศึกษาหาแหล่งธาตุเหล็กเพื่อเสริมให้แก่ร่างกาย โดยปกติธาตุเหล็กสามารถพบได้ทั่วไปในอาหาร เช่น เนื้อ ตับ เลือด และหอยต่าง ๆ ส่วนในพืชพบในพวกถั่วต่าง ๆ ผักกาด ผักโขม และ งาดำ หรือการรับประทานธาตุเหล็กชนิดเม็ด ซึ่งร่างกายของคนปกติที่ไม่ใช่หญิงตั้งครรภ์ต้องการธาตุเหล็ก 15 มิลลิกรัม/วัน โดยขึ้นอยู่กับน้ำหนักและเพศ (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2552) ทำให้เกิดการศึกษาหาพืชที่มีปริมาณธาตุเหล็กสูง มีการศึกษายีนที่ควบคุมการสังเคราะห์ธาตุเหล็กในพืชอื่น ๆ เช่น ข้าว ข้าวโพด ถั่วเขียว และ Arabidopsis พบว่า ยีนที่ควบคุมการสังเคราะห์ธาตุเหล็ก คือ เฟอร์ริทีน (Ferritin) ที่มีบทบาทเกี่ยวกับการสะสมธาตุเหล็ก ซึ่งได้มีการศึกษาหาลำดับเบสของยีนในพืชดังกล่าวเพื่อใช้ในการพัฒนา molecular marker ที่มีความจำเพาะเจาะจงกับยีนต่อไป (ศูนย์พันธุวิศวกรรมและไบโอเทคโนโลยี, 2552) การสะสมธาตุเหล็กในพืช มีรายงานในข้าว ซึ่งจะแตกต่างกันในแต่ละพันธุ์ โดยอยู่ในช่วง 5-11 มิลลิกรัม/ข้าว 1 กิโลกรัม สำหรับถั่วเหลืองเป็นพืชตระกูลถั่วที่มีปริมาณธาตุเหล็กสูงกว่าพืชตระกูลถั่วชนิดอื่นๆทั้งหมด โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.39-2.3 กรัม/ถั่วเหลือง 100 กรัม (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2552; อาณดี, 2551) หากบริโภคเฉพาะถั่วเหลืองก็น่าจะเพียงพอต่อความต้องการของร่างกายในแต่ละวัน แต่อย่างไรก็ตาม ธาตุเหล็กดังกล่าวที่ร่างกายได้รับเข้าไปจากการบริโภคไม่สามารถนำไปใช้ได้ทั้งหมด ร่างกายสามารถดูดซึมได้ประมาณร้อยละ 10 เท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากถั่วเหลืองประกอบไปด้วยสารแทนนิน (tannin) และกรดไฟติกหรือไฟเตท (Phytic acid or phytate) โดยเฉพาะไฟเตท ที่มีมากถึง 2-10 เท่าของข้าวและข้าวสาลี ไฟเตทมีความสามารถจับกับธาตุเหล็กและธาตุอื่นๆ สำหรับขบวนการจับและสูญเสียธาตุอาหารจึงเกิดขึ้นมากในถั่วเหลือง ทำให้ร่างกายไม่สามารถนำไปใช้ได้เต็มที่ ทำให้ความเป็นประโยชน์ (bioavaitibility) ลดลง (ศูนย์พันธุวิศวกรรมและไบโอเทคโนโลยี, 2552)

มีรายงานการวิจัยในถั่วเหลืองในการลดปริมาณไฟเตทลงจากหลายประเทศ ที่ได้รับการสนับสนุนโดยทบวงการ พลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ(IAEA) ซึ่งประสบความสำเร็จในการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองสายพันธุ์กลายที่มีไฟเตทต่ำ กว่าพันธุ์ปกติถึงร้อยละ 81 (Meis *et al*., 2003)

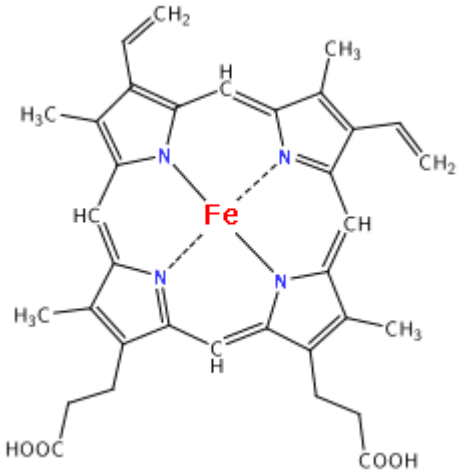


Fig. A Structure of iron element (www.scientificpsychic.com, 2015)

ไฟเตท (Phytate compound/Phytic acid)

ไฟเตท คือ เกลือของกรดไฟติกหรือเรียกว่า เกลือไฟเตท มีชื่อทางเคมีว่า inositol hexakis phosphate acid ($C_6H_{18}O_{24}P_6$: IP6) กรดไฟติกส่วนใหญ่อยู่ในรูปไฟเตท ถูกสร้างและสะสมในขณะที่พืชเริ่มแก่ เพื่อใช้เป็นแหล่งฟอสฟอรัสในการสร้างพลังงานระหว่างการงอก ซึ่งจะมีการสร้างเอ็นไซม์ไฟเตสเพิ่มขึ้น ไฟเตทสามารถจับตัวกับโปรตีนและแร่ธาตุหลายชนิด โดยเฉพาะเหล็กและสังกะสี ซึ่งไฟเตทถือเป็นสารที่ขัดขวางการดูดซึมของแร่ธาตุต่าง ๆ และโปรตีน ทำให้การย่อยและการดูดซึมลดลง การสะสมสารไฟเตทเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงการพัฒนาเมล็ดและมีค่าสูงสุดที่ระยะสุกแก่ (Lott, 1984) ซึ่งยังไม่พบรายงานการศึกษาไฟเตทในถั่วเหลือง แต่อย่างไรก็ตาม มีรายงานว่า ปริมาณธาตุเหล็กจะแปรผกผันกับปริมาณไฟเตท โดยมีการศึกษาในข้าว พบว่า พันธุ์ที่มีไฟเตทสูงจะมีปริมาณของธาตุเหล็กต่ำ (ศูนย์พันธุวิศวกรรมและไบโอเทคโนโลยี, 2552) ซึ่งได้มีการพยายามศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับไฟเตทเพื่อลดปริมาณการสร้างสารนี้ เช่น Ishiguro *et al* (2005) และ Bassiri and Nahapetian (1977) กล่าวว่า ถั่วเหลืองจำนวน 12 พันธุ์ ที่ปลูกหลังการปลูกข้าวที่อาศัยน้ำชลประทาน พบว่ามีปริมาณไฟเตทสูง กว่า การปลูกในที่ดอน (Reddy *et al*., 1989) ส่วน Miller *et al* (1980) และ Simwemba *et al* (1984) กล่าวว่าปริมาณไฟเตทในพืชกลุ่มธัญพืชมีความแตกต่างกันเมื่อปลูกในแต่ละสถานที่และแต่ละปี และ Proctor and Watts (1987) พบว่า navy bean จะพบความแตกต่างของปริมาณไฟเตท เมื่อใช้พันธุ์ต่างกันและปลูกในแต่ละสถานที่ นอกจากนี้ Khan *et al* (2007) ได้ทำการศึกษาในข้าวกล้อง ข้าวขาวและข้าวสาลี พบว่า ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเมล็ดมีผลต่อปริมาณธาตุเหล็ก โดยเมล็ดข้าวที่มีขนาดสั้นและหนาจะมีปริมาณธาตุเหล็กมากกว่าเมล็ดข้าวที่มีลักษณะผอมยาว หลังจากที่ทำการขัดสีแล้ว Mebrahut *et al* (1997) กล่าวว่า ปริมาณไฟเตทในถั่วเหลืองฝักสด จำนวน 17 พันธุ์ พบว่า ปริมาณไฟเตทที่ระยะเก็บเกี่ยว R_6 R_7 และ R_8 จะมีปริมาณที่แตกต่างกัน โดยมีค่าสูงสุดที่ระยะ R_6 นอกจากนี้ การใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัส พบว่ามีผลต่อปริมาณไฟเตทในเมล็ด ซึ่งมีรายงานว่าเมื่อใช้ปริมาณปุ๋ยฟอสฟอรัสลดลง ทำให้ปริมาณไฟเตท

ลดลงเช่นกัน (Raboy *et al*., 1984) Buerkert *et al*.,(1998) ได้ศึกษาผลการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อปริมาณสารอาหารในลูกเดือย โดยการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ระดับ 0 และ 13 กิโลกรัม ฟอสฟอรัส/เฮกตาร์ ร่วมกับการใส่เศษวัสดุทางการเกษตรระดับ 500 2000 และ2000(รูปผง) ฟอสฟอรัส/เฮกตาร์ พบว่าการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นในระดับ 13 ฟอสฟอรัส/เฮกตาร์ มีผลทำให้เมล็ดมีไฟเตทสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ คือเพิ่มปริมาณกรดไฟติกสูงขึ้นร้อยละ 25-29 สอดคล้องกับการทดลองของ Millers *et al* (1980)ได้ศึกษาผลกระทบของฟอสฟอรัสใน *Brassica napus* L. โดยให้ปริมาณฟอสฟอรัสในระดับ 0.6, 2.1, 3.5 and 11 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส/100 กรัมของดิน ในรูปสารละลาย KH_2PO_4 พบว่า ระดับฟอสฟอรัสและไฟเตทในเมล็ดสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ในระดับจาก 0.24 ถึง 0.72 เปอร์เซ็นต์ และ 0.06 ถึง 0.6 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

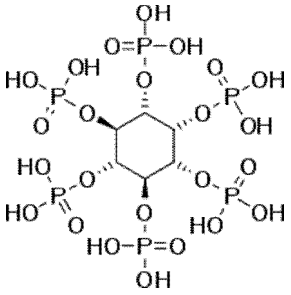


Fig.B Structure of phytate (en.wikipedia.org ,2010)

อย่างไรก็ตาม ในประเทศไทย ยังไม่มีการศึกษาวิจัยในเรื่องดังกล่าวในถั่วเหลืองฝักแห้ง ทั้งในส่วนของปริมาณธาตุเหล็กและสารไฟเตท และปัจจัยต่างๆ ที่มีผล และแนวทางการลดสารไฟเตทในถั่วเหลืองพันธุ์ของไทย เพื่อให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุเหล็กที่มีต่อร่างกายเพิ่มขึ้น

วัตถุประสงค์งานวิจัย

1.เพื่อศึกษาผลของปุ๋ยฟอสเฟตที่มีต่อสารไฟเตทและธาตุเหล็กในถั่วเหลือง และปริมาณที่เหมาะสมเพื่อให้ถั่วเหลืองมีผลผลิตและธาตุเหล็กสูงและหรือไฟเตทต่ำ

ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตการวิจัยครั้งนี้ครอบคลุมตามวัตถุประสงค์ของกิจกรรม เน้นการวิจัยการศึกษาเทคโนโลยีการจัดการธาตุอาหาร ในส่วนของปุ๋ยฟอสฟอรัสที่เหมาะสมต่อการลดปริมาณไฟเตท เพื่อให้ธาตุเหล็กมีความเป็นประโยชน์ต่อการร่างกายเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถเป็นข้อมูลเบื้องต้นให้แก่เกษตรกร ผู้ประกอบการและหน่วยงานอื่นๆที่เกี่ยวข้อง ทั้งในระดับชุมชนและระดับอุตสาหกรรม ในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปทั้งในเชิงการผลิตถั่วเหลืองเพื่อเป็นวัตถุดิบในการแปรรูปเป็นอาหาร และในเชิงอุตสาหกรรมอาหารสุขภาพและอาหารเสริม ในอนาคตเมื่อมีการต่อยอดงานวิจัยจะมีการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างสารดังกล่าว เช่น การศึกษาปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการเพิ่มปริมาณธาตุเหล็ก ศึกษากลไกการควบคุมการผลิตสารไฟเตทในระดับเอ็นไซม์ เทคนิคการปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีการฉายรังสี การตัดแต่งพันธุกรรม การลดการสร้างสารไฟเตท การตอบสนองของถั่วเหลืองในการผลิตสาระสำคัญภายใต้สภาพความเครียดของภูมิอากาศ

สมมติฐานการวิจัย

การพัฒนาถั่วเหลืองไทยในด้านคุณภาพ เป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าถั่วเหลือง ในด้านอาหารสุขภาพที่มีความปลอดภัยและมีสารสำคัญต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ถั่วเหลืองประกอบด้วยแร่ธาตุต่างๆที่จำเป็น โดยเฉพาะธาตุเหล็กซึ่งเกี่ยวข้องกับระบบเม็ดเลือดในร่างกาย โดยร่างกายยังไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เต็มที่ เนื่องจากมีสารไฟเตทซึ่งไปยับยั้งการดูดซึมธาตุเหล็ก และธาตุอื่นๆ รวมทั้งโปรตีนเข้าสู่ร่างกาย ทำให้ความเป็นประโยชน์ต่อร่างกายลดลง ทั้งนี้ประเทศไทยยังไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับเทคโนโลยีการผลิตถั่วเหลืองให้มีปริมาณธาตุเหล็กสูงและแนวทางการลดปริมาณกรดไฟติกหรือสารไฟเตทลง ซึ่งการวิจัยดังกล่าว น่าจะเป็นหนทางหนึ่งที่จะช่วยแก้ปัญหาการผลิตถั่วเหลืองของไทยทางหนึ่ง โดยการเพิ่มปริมาณธาตุเหล็กและความเป็นประโยชน์ที่เพิ่มขึ้นต่อผู้บริโภค ซึ่งเพิ่มทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภค

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

การทดลองที่ 1 ผลของปุ๋ยฟอสเฟสต่อการสะสมไฟเตทในถั่วเหลือง
(Influence of P-fertilizer on Phytates content in Soybean)

ประเด็นวิจัย

ปุ๋ยฟอสเฟตมีผลต่อการผลิตสารไฟเตทในถั่วเหลือง การใช้ในอัตราที่เหมาะสมสามารถลดปริมาณไฟเตทและ/หรือเพิ่มธาตุเหล็ก

สถานที่ทำการวิจัยและระยะเวลาดำเนินงาน

ดำเนินงานวิจัยที่ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 ตำบลเหียะ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ และแปลงเกษตรกร อำเภอแม่แตง และอำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ เริ่มดำเนินงานวิจัยในฤดูแล้ง (พฤศจิกายน) และฤดูฝน (ปลายกรกฎาคม) ตั้งแต่ ตุลาคม 2555 ถึง ธันวาคม 2558

วิธีดำเนินการ

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Completed Block Design จำนวน 4 ซ้ำ กรรมวิธี คือ อัตราปุ๋ยฟอสเฟต (กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O /ไร่) มีจำนวน 6 กรรมวิธี คือ 3–0–6 3–3–6 3–6–4 3–9–6: (อัตราปุ๋ยแนะนำถั่วเหลือง) 3–12–และ 3–15–6 (กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O /ไร่)

วิธีดำเนินการวิจัย

ดำเนินการในกระถาง

วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดินที่ใช้ก่อนปลูก ปลูกถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 6 ในสภาพกระถาง โดยเลือกดินที่มีความเป็นกรดอ่อนและด่างอ่อน และดินที่ใช้ปลูกถั่วเหลืองตามปกติ ในปี 2556 จากนั้นในปี 2557 ปลูกถั่วเหลืองในแปลง โดยการปลูกในสภาพกระถางและในแปลง มีวิธีดังนี้ เตรียมแปลงโดยไถดะและไถพรวน ทิ้งไว้ 2 สัปดาห์ แล้วแบ่งพื้นที่ออกเป็นแปลงย่อย ขนาด 4x6 เมตร ก่อนปลูกคลุกเมล็ดด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม อัตรา 200 กรัม/เมล็ดพันธุ์ 10-12 กิโลกรัม และสารเมทาแลกซิลป้องกันโรคราน้ำค้าง ปลูกถั่วเหลืองตามกรรมวิธี โดยหยอด 5-6 เมล็ด/หลุม ระยะปลูก 50x20 เซนติเมตร หลังปลูกให้น้ำทันทีเมื่อถั่วเหลืองงอกแล้วถอนแยกให้เหลือ 3 ต้น/หลุม ดูแลรักษาแปลงโดยพ่นสารเคมีไตรอะโซฟอส 40%EC อัตรา 50 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร เมื่อถั่วเหลืองอายุได้ 7-10 วันและพ่นซ้ำทุก 7 วัน ป้องกำจัด

แมลงวันหนอนเจาะลำต้น เมื่อถั่วเหลืองอายุ 14 วัน ใส่ปุ๋ยเกรด 12-24-12 อัตรา 25 กิโลกรัม/ไร่ ข้างแถว พร้อมกำจัดวัชพืชและพูนโคนและป้องกันโรคราสนิมด้วยสารเคมีไตรอะดิมิฟอน 25%WP อัตรา 10 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร ที่ระยะก่อนออกดอกและติดฝักอ่อน ส่วนแมลงหวี่ขาวใช้สารเคมีไตรอะโซฟอส 40%EC อัตรา 50 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร และพ่นสารเคมีคาร์เบนดาซิมเพื่อป้องกันโรคแอนแทรคโนส อัตรา 50 กรัม/น้ำ 20 ลิตร ที่ระยะดอกบานและติดฝักอ่อน ฤดูแล้งให้น้ำทุกๆ 7 วันหรือเมื่อดินแห้ง ฤดูฝนให้น้ำชลประทานเมื่อฝนทิ้งช่วงนาน บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตและเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองที่ระยะสุกแก่ (R8) พื้นที่เก็บเกี่ยว 3x4 เมตร เพื่อวิเคราะห์ผลผลิตถั่วเหลือง ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ ความสูง องค์ประกอบผลผลิต ตามวิธีของเฉลิมพล (2542) ส่วน ปี 2558 ดำเนินการในแปลงเกษตรกร โดยมีวิธีการเช่นเดียวกับการปลูกในกระถางและในแปลงทดลอง

การบันทึกข้อมูล

1.บันทึก วันปลูก วันงอก วันออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์และวันเก็บเกี่ยว

2.คุณภาพดินก่อนและหลังการทดลอง

3.ข้อมูลการระบาดของศัตรูพืช

4.ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ประกอบด้วย อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และปริมาณน้ำฝน ระหว่างดำเนินการทดลองตั้งแต่ปลูกถึงเสร็จสิ้นการการทดลอง

5.ผลผลิตต่อไร่ ความสูงและองค์ประกอบผลผลิต จำนวนต้นเก็บเกี่ยวต่อไร่ (ความชื้น 13 %) (เฉลิมพล, 2542)

6.วิเคราะห์ปริมาณปริมาณธาตุเหล็ก กรดไฟติก (สารไฟเตท) ในถั่วเหลือง ตามวิธีการของ Association of Analytical Chemists (AOAC) Manaul (AOAC, 1992)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย(Results and Discussion)

ในสภาพกระถาง

ศึกษาผลของปุ๋ยฟอสเฟสที่มีต่อการสะสมไฟเตทในถั่วเหลือง เพื่อให้ได้เทคโนโลยีการผลิตถั่วเหลืองให้มีปริมาณธาตุเหล็กสูงโดยใช้พันธุ์เชียงใหม่ 6 ในกระถางสภาพดินด่าง (pH>7) และดินกรด (pH<7) (Table 18) ใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราต่างๆ ทดลองในสภาพกระถาง ณ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 ดำเนินการปลูกวันที่ 5 กันยายน 2557 เก็บเกี่ยวผลผลิตวันที่ 27 ธันวาคม 2557 พบว่า ในสภาพดินด่าง การใส่ปุ๋ย N-P_2O_5-K_2O ที่ระดับ ของ P_2O_5ที่แตกต่างกันไม่ทำให้การสะสมไฟเตสในเมล็ดถั่วเหลืองแตกต่างกัน โดยมีการสะสมไฟเตสต่ำสุด ที่ 1.23 กรัม/เมล็ด 100 กรัม ในขณะที่ดินที่มีความเป็นกรด การใส่ปุ๋ย N-P_2O_5-K_2O ที่ระดับ P ต่างกันทำให้มีการสะสมไฟเตสในเมล็ดแตกต่างกันทางสถิติ คือ การไม่ใส่ปุ๋ยฟอสเฟสทำให้มีการสะสมไฟเตทต่ำสุดที่ 0.55 กรัม/น้ำหนักเมล็ด 100 กรัม การใส่ปุ๋ย N-P_2O_5-K_2O ที่ระดับ 3-3-6 มีการสะสมไฟเตท 0.67 กรัม/น้ำหนักเมล็ด 100 กรัม ในกลุ่มการใส่ปุ๋ย P_2O_5 ระดับ 6 9 และ 12 กิโลกรัม/ไร่ ไม่ทำให้ไฟเตทในเมล็ดถั่วเหลืองแตกต่างกันทางสถิติ คือ 0.78 0.82 และ 0.78 กรัม/น้ำหนักเมล็ด 100 กรัมแต่หากเพิ่มระดับ P_2O_5 ระดับ 15 กิโลกรัม/ไร่ จะมีการสะสมสูงสุดที่ 1.06 กรัม/น้ำหนักเมล็ด 100 กรัม (Fig.8)

เมื่อทดสอบในดินของเกษตรกรที่มีการปลูกถั่วเหลืองโดยทั่วไป ซึ่งมีสภาพความเป็นกรดอ่อน ทดสอบในฤดูฝนปี 2557 พบว่า การไม่ใส่ปุ๋ยฟอสเฟส ทำให้มีการสะสมไฟเตทในเมล็ดต่ำสุด คือ 0.73 กรัม/น้ำหนักเมล็ด 100 กรัม และเมื่อใส่ปุ๋ยฟอสเฟสเพิ่มขึ้นจะทำให้มีการสะสมไฟเตทเพิ่มขึ้นตามลำดับ

โดยมีการสะสมไฟเตทในเมล็ดสูงสุดเมื่อใส่ปุ๋ยสูงสุดที่ระดับ 15 กิโลกรัม P_2O_5 /ไร่ (1.20 กรัม/น้ำหนักเมล็ด 100 กรัม) (Table 19 และ Fig.9)

ในสภาพไร่เกษตรกร

ฤดูแล้งปี 2558 ปลูกถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 6 ในสภาพไร่ของเกษตรกร อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ ทดสอบระดับปุ๋ยฟอสเฟส 5 ระดับ เก็บเกี่ยวผลผลิต เมื่อวันที่ 15 พฤษภาคม 2558 พบว่า การใส่ปุ๋ยฟอสเฟสที่ระดับตั้งแต่ 0-15 กิโลกรัม/ไร่ไม่ทำให้ ผลผลิตถั่วเหลือง น้ำหนัก 100 เมล็ด และการสะสมไฟเตสในเมล็ดมีความแตกต่างทางสถิติ (Table 20 21 และ Fig.9) ผลผลิตถั่วเหลืองมีค่าอยู่ในช่วง 260–299 กิโลกรัม/ไร่ ที่ระดับความชื้น 10.4-11.2 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักเมล็ด 100 เมล็ด อยู่ระหว่าง 12.41–13.02 กรัม ซึ่งการใส่ปุ๋ยฟอสเฟสที่สูงขึ้นมีแนวโน้มที่จะทำให้การสะสมไฟเตทในเมล็ดมีการสะสมสูงขึ้น

ฤดูฝนปี 2558 ปลูกถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 6 ในสภาพไร่ของเกษตรกร อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ทดสอบระดับปุ๋ยฟอสเฟส 5 ระดับ เก็บเกี่ยวผลผลิต เมื่อวันที่ 31 สิงหาคม 2558 พบว่า ผลผลิตถั่วเหลืองไม่แตกต่างกัน โดยมีค่า 211–280 กิโลกรัม/ไร่ ที่ระดับความชื้น 11.0–12.4 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักเมล็ด 100 เมล็ด อยู่ระหว่าง 12.75–14.63 กรัม โดยน้ำหนักเมล็ดสูงสุด คือ 14.63 กรัมเมื่อใส่ปุ๋ย N-P_2O_5-K_2O ที่ระดับ 3-12-6 กิโลกรัม/ไร่ การใส่ปุ๋ยฟอสเฟสที่ระดับต่างกันไม่ทำให้การสะสมไฟเตสในเมล็ดมีความแตกต่างทางสถิติ (Table 22) แต่การใส่ปุ๋ยฟอสเฟสที่สูงขึ้นมีแนวโน้มที่จะทำให้การสะสมไฟเตทในเมล็ดมีการสะสมสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาปริมาณไฟเตทในถั่วเหลืองฝักสด จำนวน 17 พันธุ์ พบว่า ปริมาณไฟเตทที่ระยะเก็บเกี่ยว R_6 R_7 และ R_8 จะมีปริมาณที่แตกต่างกัน โดยมีค่าสูงสุดที่ระยะ R_6 การใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัส พบว่า มีผลต่อปริมาณไฟเตทในเมล็ด โดยมีรายงานที่สอดคล้องกับการทดลองนี้ ว่า เมื่อใช้ปริมาณปุ๋ยฟอสฟอรัสลดลง ทำให้ปริมาณไฟเตทลดลงเช่นกัน (Raboy*et al*., 1984) นอกจากนี้ ผลการทดลองในสภาพไร่ของเกษตรกรแสดงให้เห็นว่า การปลูกถั่วเหลืองในฤดูฝนจะทำให้มีการสะสมไฟเตสในเมล็ดสูงกว่าผลผลิตถั่วเหลืองในฤดูแล้ง เช่นเดียวกับการศึกษาของ Ishiguro *et al* (2005) และ Bassiri and Nahapetian (1977) ที่กล่าวว่า ถั่วเหลืองจำนวน 12 พันธุ์ ที่ปลูกหลังการปลูกข้าวที่อาศัยน้ำชลประทาน พบว่า มีปริมาณไฟเตทสูงกว่าการปลูกถั่วเหลืองในที่ดอน (Reddy *et al*., 1989) (Table 20 และ Fig.9)

สรุปผลการวิจัย ปี 2556-2558

การศึกษาผลของปุ๋ยฟอสเฟสที่มีต่อการสะสมไฟเตทในถั่วเหลือง พันธุ์เชียงใหม่ 6 ในกระถางสภาพดินด่าง (pH>7) และดินกรด (pH<7) ใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราต่างๆ ในสภาพดินด่าง การใส่ปุ๋ย N-P_2O_5-K_2O ที่ระดับ ของ P_2O_5 0-15 กิโลกรัม/ไร่ ไม่ทำให้การสะสมไฟเตสในเมล็ดถั่วเหลืองแตกต่างกัน โดยมีการสะสมไฟเตสต่ำสุด ที่ 1.23 กรัม/เมล็ด 100 กรัม ในขณะที่ดินที่มีความเป็นกรด การใส่ปุ๋ย N-P_2O_5-K_2O ที่ระดับฟอสฟอรัสต่างกันทำให้มีการสะสมไฟเตสในเมล็ดแตกต่างกัน คือ การไม่ใส่ปุ๋ยฟอสเฟสทำให้มีการสะสมไฟเตทต่ำสุด (0.55 กรัม/น้ำหนักเมล็ด 100 กรัม) การใส่ปุ๋ย N-P_2O_5-K_2O ที่ระดับ 3-3-6 มีการสะสมไฟเตท 0.67 กรัม/น้ำหนักเมล็ด 100 กรัม การใส่ปุ๋ย P_2O_5 ระดับ 6 9 และ 12 กิโลกรัม/ไร่ ไม่ทำให้ไฟเตทในเมล็ดถั่วเหลืองแตกต่างกัน คือ 0.78 0.82 และ 0.78 กรัม/น้ำหนักเมล็ด 100 กรัม แต่หากเพิ่มระดับ P_2O_5 15 กิโลกรัม/ไร่ จะมีการสะสมสูงสุด (1.06 กรัม/น้ำหนักเมล็ด 100 กรัม) ในดินของเกษตรกรซึ่งมีสภาพความเป็นกรดอ่อน การไม่ใส่ปุ๋ยฟอสเฟส ทำให้การสะสมไฟเตสต่ำสุด (0.73 กรัม/

น้ำหนักเมล็ด 100 กรัม) และเมื่อใส่ปุ๋ยฟอสเฟสเพิ่มขึ้นจะทำให้มีการสะสมไฟเตทเพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยการสะสมในระดับสูงสุด(1.20 กรัม/น้ำหนักเมล็ด 100 กรัม) เมื่อใส่ปุ๋ยอัตราสูงสุด 15 กิโลกรัม P_2O_5 /ไร่

ในสภาพไร่ของเกษตรกร อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ ฤดูแล้งปี 2558 การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตทุกระดับ ไม่มีผลต่อผลผลิตถั่วเหลือง น้ำหนักเมล็ดและการสะสมไฟเตท โดยีผลผลิตถั่วเหลืองอยู่ระหว่าง 260–299 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งการใส่ปุ๋ยฟอสเฟสที่สูงขึ้นมีแนวโน้มที่จะทำให้การสะสมไฟเตทในเมล็ดมีการสะสมสูงขึ้น

ฤดูฝนปี 2558 ในสภาพไร่ของเกษตรกร อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตทุกระดับ ไม่มีผลต่อผลผลิตถั่วเหลือง น้ำหนักเมล็ดและการสะสมไฟเตท โดยมีผลผลิตถั่วเหลืองอยู่ระหว่าง 211–280 กิโลกรัม/ไร่ ที่ระดับความชื้น 11.0–12.4 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักเมล็ด 100 เมล็ด อยู่ระหว่าง 12.75–14.63 กรัม โดยน้ำหนักเมล็ดสูงสุด(14.63 กรัม) เมื่อใส่ปุ๋ย N-P_2O_5-K_2O ที่ระดับ 3-12-6 กิโลกรัม/ไร่ น้ำหนักเมล็ดถั่วเหลือง 100 เมล็ด และการใส่ปุ๋ยฟอสเฟสที่สูงขึ้นมีแนวโน้มที่จะทำให้การสะสมไฟเตทในเมล็ดมีการสะสมสูงขึ้น เช่นเดียวกับการดำเนินการทดสอบในฤดูแล้ง

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

ในสภาพดินด่าง การใส่ปุ๋ย N-P_2O_5-K_2O ระดับ P_2O_5 ในทุกระดับ ไม่ทำให้การสะสมไฟเตสในเมล็ดถั่วเหลืองแตกต่างกัน แต่ในสภาพดินที่กรด การใส่ปุ๋ย N-P_2O_5-K_2O ที่ระดับฟอสฟอรัสต่างกันทำให้มีการสะสมไฟเตสในเมล็ดแตกต่างกัน และการไม่ใส่ปุ๋ยฟอสเฟสทำให้มีการสะสมไฟเตทต่ำสุด ในดินของเกษตรกรซึ่งมีสภาพความเป็นกรดอ่อน การไม่ใส่ปุ๋ยฟอสเฟส ทำให้การสะสมไฟเตสต่ำสุดและเมื่อใส่ปุ๋ยฟอสเฟสเพิ่มขึ้นจะทำให้มีการสะสมไฟเตทเพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยสะสมไฟเตทในเมล็ดสูงสุดเมื่อใส่ปุ๋ยสูงสุดที่ระดับ 15 กิโลกรัม P_2O_5 /ไร่ ในสภาพไร่ของเกษตรกรฤดูแล้งปี 2558 และฤดูฝนปี 2558 การใช้ปุ๋ยฟอสเฟตในทุกระดับ ไม่มีผลต่อการให้ผลผลิตถั่วเหลือง และน้ำหนักเมล็ด การใส่ปุ๋ยฟอสเฟสที่ระดับต่างกันไม่ทำให้การสะสมไฟเตสในเมล็ดมีความแตกต่างทางสถิติในทั้งสองฤดูปลูก พบว่าการใส่ปริมาณที่สูงขึ้นมีแนวโน้มทำให้การสะสมไฟเตทในเมล็ดมีสูงขึ้นในทั้งสองฤดูปลูก การวิจัยนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดย ได้ข้อมูลเบื้องต้นเทคโนโลยีการลดสารไฟเตทและ/หรือเพิ่มธาตุเหล็ก แนะนำเกษตรกรและพัฒนาต่อยอดงานวิจัยในปัจจัยอื่นๆที่มีผลกระทบ

Table 18 Properties of soil for pot experiment at OARD-1, Chiangmai, 2013.

Properties of soil	Alkaline soil	Acid soil	Farmer's soil
Soil texture	Sandy loam	Sandy loam	Sandy loam
pH	7.2	4.7	6.5
Organic matter (%)	1.29	0.77	2.28
Avail. P (mg kg^{-1})	62	7	11
Exchn. K (mg kg^{-1})	152	200	310
Ca (mg kg^{-1})	569	89	1157
Mg (mg kg^{-1})	234	138	224
Fe (mg kg^{-1})	7.10	26.29	13.92
B (mg kg^{-1})	0.28	0.36	0.69

Table 19 Phytate accumulate in soybean in dry season 2014 and rainy season 2015.

Treatment (N-P_2O_5-K_2O kg/rai)	Phytate (g/100 g seed)		
	Dry season		Rainy season
	Alkaline soil	Acid soil	Farmer's soil
1. Non fertilizer[a]/3-0-6[b]	1.29	0.55d	0.73d
2. 3-3-6	1.27	0.67c	0.84c
3. 3-6-6	1.29	0.78b	0.83c
4. 3-9-6	1.40	0.82b	0.99b
5. 3-12-6	1.23	0.78b	1.05b
6. 3-15-6	1.38	1.06a	1.20a
Mean	1.31	0.78	0.94
F-test	ns	**	**
CV(%)	4.23	5.71	3.69

In the same column, means followed by the same letter are not significantly different P<0.01 by DMRT

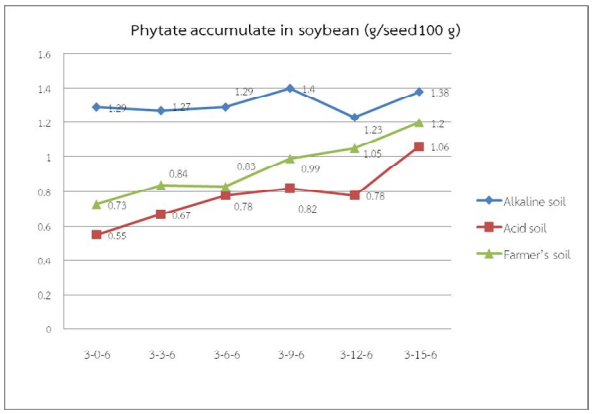


Figure 8 Phytate content accumulation of soybean (g/seed100 g) in pot experiment at OARD-1, Chiangmai, 2013.

Table 20 Properties of soil in farm trail at Maetang and Chiangdoa districts, Chiangmai, 2015

Properties of soil	Dry season (Meatang District)	Rainy season (Chaingdoa District)
Soil texture	Sandy loam	Sandy loam
pH	6.1	5.4
Organic matter (%)	2.01	1.07
Avail. P (mg kg^{-1})	8	30
Exchn. K (mg kg^{-1})	132	150
Ca (mg kg^{-1})	1170	408
Mg (mg kg^{-1})	324	146
Fe (mg kg^{-1})	35.95	151
B (mg kg^{-1})	0.27	0.34

Table 21 Soybean yield in dry season 2014 at Meateang District, Chaing Mai, 2014.

treatment	Yield (kg/rai)	100seed (g)	Moister (%)	%phytate
1. 3-0-6	265	12.41	10.6	1.14
2. 3-3-6	261	12.59	11.2	1.22
3. 3-6-6	260	12.67	11.0	1.27
4. 3-9-6	295	13.02	10.9	1.22
5. 3-12-6	299	12.74	10.9	1.28
6. 3-15-6	275	12.58	10.4	1.29
Mean	276	12.67	10.8	1.23
F-test	ns	ns	ns	ns
CV(%)	12.02	4.06	3.83	6.02

Table 22 Soybean yield in rainy season 2015 at Chaingdoa District, Chaing Mai

treatment	Yield (kg/rai)	100seed (g)	Moister (%)	%phytate
1. 3-0-6	221	14.48ab	11.7	1.31
2. 3-3-6	279	14.48ab	11.9	1.33
3. 3-6-6	231	14.48ab	11.0	1.33
4. 3-9-6	211	13.40bc	12.4	1.33
5. 3-12-6	280	14.63a	12.0	1.34
6. 3-15-6	266	12.75c	11.5	1.35
Mean	248	14.04	11.7	1.33
F-test	ns	*	ns	ns
CV(%)	24.71	5.26	7.86	3.96

In the same column, means followed by the same letter are not significantly different P<0.05 by DMRT

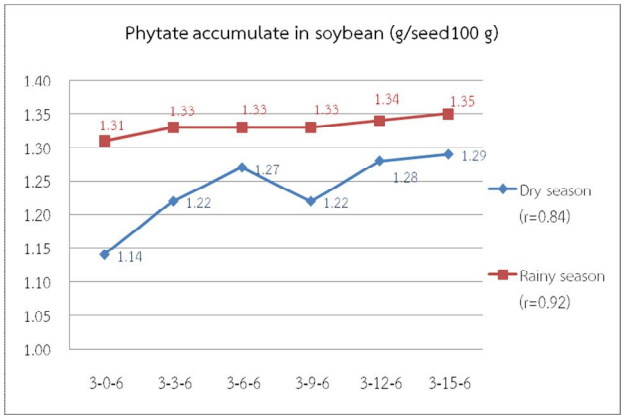


Figure 9 Phytate accumulate in soybean (g/seed100 g) on farm trial both dry and rainy seasons, 2014-2015.

กิจกรรมวิจัยที่ 3
วิจัยและพัฒนาปริมาณและคุณภาพน้ำมันถั่วเหลือง
Research and Development Quantity and Quality of Soybean Oil

ชื่อผู้วิจัย

นางสาวจารุวรรณ บางแวก (MS. Charuwan Bangwaek)
นางสาวอรวรรณ จิตต์ธรรม (MS. Orawan Jittham)
นางภัควิไล ยอดทอง (MRS. Phakwilai Yodthong)

คำสำคัญ:

ถั่วเหลือง น้ำมันถั่วเหลือง คุณภาพน้ำมันถั่วเหลือง วิธีการเก็บรักษา

Key words:

Soybean, soybean oil, soybean oil quality, storage method

บทคัดย่อ

กิจกรรมวิจัยและพัฒนาปริมาณและคุณภาพน้ำมันถั่วเหลือง เน้นศึ กษาการเก็บรักษาถั่วเหลืองและน้ำมันถั่วเหลืองในสภาพที่เหมาะสม เพื่อชะลอการเสื่อมคุณภาพของนั้นถั่วเหลือง ดำเนินการวิจัยตั้งแต่ปี 2554-2555 ที่กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ ผลการทดลอง พบว่า การเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลืองก่อนการสกัดน้ำมัน ในพันธุ์เชียงใหม่ 2 และศรีสำโรง 1 สามารถเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลืองได้ไม่เกิน 3 เดือน จะทำให้น้ำมันถั่วเหลืองที่สกัดได้มีคุณภาพดี ไม่มีกลิ่นหืน และการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิสูง (อุณหภูมิห้อง) จะทำให้คุณภาพน้ำมันที่สกัดได้ลดลงเร็วกว่าการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า คือ 25 และ 10 องศาเซลเซียส โดยมีค่าความเป็นกรด (Acid Value: AV) สูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาการย่อยของไขมัน และเกิดกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นมากกว่า นอกจากนี้ การเก็บรักษาในรูปน้ำมันถั่วเหลืองที่อุณหภูมิสูง (อุณหภูมิห้อง) สามารถเก็บรักษาได้นาน 4 เดือน ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า (25 และ 10 องศาเซลเซียส) สามารถเก็บไว้ไดนานกว่า คือ 12 เดือน

Abstracts

Research and development on soybean oil quantity and quality aimed to study appropriate storage condition for soybean and soybean oil in order to retard the deterioration of soybean oil quality. It was conducted at ARP during 2011-2012. The results illustrated that, optimum storage duration for soybean varieties CM 2 and SR 1 before oil extraction were not more than 3 months. However, high temperature (RT) storage caused in lower quality of soybean oil than those from lower temperature (25 and 10 ^{o}C) due to faster in auto-oxidation reaction of free fatty acid (FFA). Storing in high temperature also showed the highest point of Acid Value (AV) in soybean oil. In addition,

the storage duration of soybean oil depended on temperature scale, higher temperature (RT) expressed the shorter storage time than lower temperature (25 and 10 ^{o}C).

บทนำ

ถั่วเหลือง (Soybean) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Glycine max (L.) Merrill* เป็นพืชเศรษฐกิจที่เหมาะสำหรับปลูกสลับกับการปลูกข้าว การนำมาใช้ประโยชน์ที่สำคัญอย่างหนึ่ง คือ การสกัดน้ำมันเพื่อใช้ปรุงอาหาร พีระศักดิ์ (2542) รายงานว่า ถั่วเหลืองเป็นพืชน้ำมันที่สำคัญของโลก เนื่องจากสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งการบริโภคเมล็ดและน้ำมัน แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร และใช้กากเป็นอาหารสัตว์ ใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น สีทาบ้าน ปลาทูน่ากระป๋อง พลาสติก และกาว โดยเมล็ดถั่วเหลืองประกอบด้วยโปรตีน (30-50 %) คาร์โบไฮเดรท (12-24 %) และน้ำมัน (13-24 %) ซึ่งเป็นน้ำมันคุณภาพดี สามารถละลายสารคอเลสเตอรอลที่เกาะผนังเส้นเลือดได้ นอกจากนี้มีวิตามินบี ซี อี และเลซิติน รวมอยู่ด้วย ในเมล็ดถั่วเหลืองมีสารพิษบางชนิด ที่ระงับการย่อยของโปรตีน ซึ่งสามารถขจัดให้หมดได้ โดยการนำไปผ่านความร้อน ก่อนนำไปแปรรูป (นิรนาม, 2538) น้ำมันถั่วเหลือง คือ น้ำมันพืช ที่ใช้ปรุงอาหาร ซึ่งสกัดจากเมล็ดถั่วเหลือง น้ำมันถั่วเหลือง เป็นไตรกลีเซอไรด์ ที่ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว ได้แก่กรดโอลิอิก และกรดไขมันซึ่งพันธะคู่มากกว่า 1 ตำแหน่ง โดยเฉพาะ กรดไขมันโอเมก้า 6 ได้แก่ กรดลิโนเลอิก ซึ่งเป็นกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย น้ำมันถั่วเหลืองเป็นน้ำมันที่ได้รับความนิยมในการบริโภคสูงชนิดหนึ่ง และความต้องการในการบริโภคน้ำมันถั่วเหลืองเพิ่มสูงขึ้นกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่น โดยมีรายงานว่าความต้องการในการบริโภคน้ำมันถั่วเหลืองทั่วโลกเพิ่มขึ้นจาก 13.1 ล้านเมตริกตัน เป็น 16.8 ล้านเมตริกตัน อาจเป็นเพราะน้ำมันถั่วเหลืองประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว ที่จำเป็นต่อร่างกายในปริมาณค่อนข้างสูง (สมพร และคณะ, 2538) น้ำมันถั่วเหลืองหลังจากทำให้บริสุทธิ์แล้ว ใช้แปรรูป เพื่อประกอบอาหารได้หลายชนิด เช่น ทำน้ำมันสลัด เนยเทียม และเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรม เช่น น้ำมันผสมสี หล่อลื่น ยารักษาโรค ส่วนกากถั่วเหลืองยังใช้เป็นแหล่งโปรตีนสำหรับอุตสาหกรรมอาหารสัตว์

คุณภาพของน้ำมันถั่วเหลืองขึ้นอยู่กับสาเหตุหลายประการ เช่น คุณภาพเมล็ดถั่วเหลืองที่ใช้ในการสกัดน้ำมัน ซึ่งเกี่ยวข้องกับ การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว เช่น อายุสุกแก่ที่ไม่เหมาะสม ความชื้นในผลิตผลเกษตร วิธีการลดความชื้น ระยะเวลาการเก็บรักษา และสภาพการเก็บรักษาเมล็ด รวมถึงสภาพการเก็บรักษานำมันถั่วเหลือง เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และระยะเวลาในการเก็บรักษา เป็นต้น มีรายงานของ Alencar *et al*. (2006, 2010) ได้ทำการศึกษาคุณภาพน้ำมันถั่วเหลืองจากการเก็บรักษาเมล็ดภายใต้สภาวะที่ต่างกันในระยะเวลาต่างๆ พบว่า ค่า Iodine Value ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ส่วนค่า Peroxide Value มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างที่เก็บรักษาไว้ คุณภาพน้ำมันที่อยู่ในเมล็ดถั่วเหลืองเมื่อทำการเก็บรักษามีบทบาทสำคัญต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ คุณภาพที่คำนึงถึงในการเก็บรักษา คือ

Peroxide Value (PV) เป็นค่าที่บอกถึงการเสื่อมของน้ำมันที่เกิดจากปฏิกิริยา lipid oxidation ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดกลิ่นหืน โดยจะบอกถึงปริมาณของสารเพอร์ออกไซด์ออกซิเจน ที่มีในน้ำมัน 1 กก. คำนวณจากจำนวนมิลลิลิตรของสารโซเดียมไธโอซัลเฟต ที่ความเข้มข้น 0.002 นอร์มัล ที่ใช้ในการไตเตรด

Acid Value (AV) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงคุณภาพน้ำมัน น้ำมันจะเกิดปฏิกิริยา hydrolysis ทำให้เอนไซม์ไลเปส ทำงานย่อยสารไตรกลีเซอไรด์ โดยมีความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำได้เกิดสารกลีเซอรอล และ กรดไขมันอิสระ ทำให้น้ำมันมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น

Iodine Value (IV) เป็นตัวชี้ว่า น้ำมันมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว เป็นส่วนประกอบอยู่ในโมเลกุลมากน้อยเพียงใด ถ้าค่า IV สูง แสดงว่าน้ำมันมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวมาก และจะเกิดการหืนแบบ lipid oxidation ได้ง่าย ซึ่งบ่งบอกถึงความหืนและคุณภาพน้ำมันที่ได้

ดังนั้น การศึกษาวิธีการเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลือง และน้ำมันถั่วเหลืองที่เหมาะสม จึงเป็นวิธีการลดการสูญเสียปริมาณและคุณภาพของน้ำมันถั่วเหลือง

การทดลองที่ 1 ศึกษาวิธีการเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลืองที่เหมาะสมเพื่อลดการสูญเสียปริมาณและคุณภาพน้ำมัน
(Study on suitable grain storage conditions for maintaining the quantity and quality of soybean oil)

ประเด็นวิจัย

วิธีการเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลือง มีผลต่อปริมาณและคุณภาพน้ำมันถั่วเหลือง การเก็บในสภาพที่เหมาะสมสามารถชะลอการเสื่อมคุณภาพน้ำมันถั่วเหลือง

สถานที่ทำการวิจัยและระยะเวลาดำเนินงาน

ดำเนินงานวิจัย ที่กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ ดำเนินการทดลองเป็นระยะเวลา 1 ปี (ตุลาคม 2553–กันยายน 2554)

วิธีดำเนินการ

วางแผนการทดลองแบบ Split plot design จำนวน 4 ซ้ำ ปัจจัยหลัก คือ ระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา มี 3 ระดับ ได้แก่ 25 °C 10 °C และอุณหภูมิห้อง ปัจจัยรอง คือ อายุการเก็บรักษา ได้แก่ที่ 0 1 2 3 4 5 และ 6 เดือน ดำเนินการในพันธุ์ถั่วเหลือง จำนวน 2 พันธุ์ คือ เชียงใหม่ 2 และ ศรีสำโรง 1

วิธีดำเนินการวิจัย

นำเมล็ดถั่วเหลืองที่เก็บเกี่ยวใหม่ พันธุ์ เชียงใหม่ 2 และ ศรีสำโรง 1 แบ่งเป็น 2 ส่วนๆ ที่ 1 นำมาบรรจุกระสอบๆ ละ 10 กิโลกรัม/ซ้ำ จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิระดับต่างๆ 3 ระดับ คือ 25 °C 10 °C และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน ทุกเดือนสุ่มนำเมล็ดถั่วเหลือง มาวิเคราะห์ ความชื้นเมล็ด และนำไปสกัดปริมาณน้ำมัน และวิเคราะห์คุณภาพน้ำมัน ส่วนที่ 2 นำเมล็ดถั่วเหลืองทั้ง 2 พันธุ์ ไปสกัดน้ำมันและวิเคราะห์คุณภาพน้ำมัน

การบันทึกข้อมูล

1.วัดปริมาณน้ำมันถั่วเหลืองที่สกัดได้

2.วิเคราะห์คุณภาพน้ำมัน จากค่า Peroxide Value (PV), Acid Value (AV) Iodine Value (IV) ตามวิธีของ Association of Analytical Chemists (AOAC) Manaul (AOAC, 1995)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ความชื้นเมล็ดถั่วเหลือง

ความชื้นเมล็ดถั่วเหลืองเริ่มต้นเก็บรักษา มีค่าเฉลี่ย 10.8 เปอร์เซ็นต์เมื่อเก็บรักษาเมล็ดในภาชนะแล้ววางไว้ในห้องที่สภาพอุณหภูมิห้อง 25 และ 10 °C นาน 4 เดือน พบว่า ความชื้นเมล็ดไม่เปลี่ยนแปลง

มากนัก ในทุกสภาพการเก็บรักษา แต่เมื่อเก็บรักษานาน 5 - 6 เดือน ความชื้นเมล็ดลดลงเล็กน้อยในทุกสภาพการเก็บรักษา ทั้ง 2 พันธุ์ โดยมีค่าความชื้นเมล็ดเฉลี่ยร้อยละ 10.5 และ 9.9 ในพันธุ์เชียงใหม่ 2 และศรีสำโรง 1 ตามลำดับ (Table 23 และ 24)

ปริมาณน้ำมันถั่วเหลือง

ปริมาณน้ำมันถั่วเหลืองที่สกัดได้ พบว่า มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างสภาพอุณหภูมิที่เก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลืองและระยะเวลาการเก็บรักษา ในพันธุ์เชียงใหม่ 2 การเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลืองไว้นานขึ้น ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้จะมากขึ้น โดยการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิห้อง จะให้ปริมาณน้ำมันสูงสุด คือ 11.9 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บรักษาเมล็ดไว้นาน 3 เดือน ส่วนการเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 10°C จะให้ปริมาณน้ำมันสุด (ร้อยละ 10.5) เมื่อเก็บรักษาเมล็ดไว้นาน 3 เดือนขึ้นไป ในขณะที่การเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25°C จะให้ปริมาณน้ำมันสูง (ร้อยละ 11.1) เมื่อเก็บรักษาเมล็ดไว้นาน 2 เดือน โดยเฉลี่ยน้ำมันถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 2 มีค่าร้อยละ 9.9 (Table 25)

ส่วนพันธุ์ศรีสำโรง 1 พบว่า เมล็ดถั่วเหลืองที่เก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิต่ำ 25 °C และ 10°C จะสกัดน้ำมันได้ในปริมาณสูงกว่าการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิห้อง โดยมีค่า ดังนี้ ร้อยละ13.5 12.4 และ 10.9 ตามลำดับ เมื่อเก็บไว้นาน 4 3 และ 4 เดือน ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันในพันธุ์ศรีสำโรง1 คือ ร้อยละ 10.1 (Table 26)

คุณภาพน้ำมันถั่วเหลือง

ค่าไอโอดีน (Iodine value : IV)

พบว่า ค่าไอโอดีนมีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างสภาพอุณหภูมิที่เก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลืองและระยะเวลาการเก็บรักษา น้ำมันที่สกัดจากเมล็ดถั่วเหลืองที่เก็บรักษาในทุกสภาพการเก็บรักษา จะมีค่าไอโอดีนสูงขึ้น เมื่อเก็บรักษาไว้นานกว่า 2 เดือน มีค่าเฉลี่ยที่เดือนที่ 3-6 คือ 122.73 122.108 118.823 และ 113.69 กรัม I_2/100 กรัมน้ำมัน (g I_2/100 g) ตามลำดับ ในพันธุ์เชียงใหม่ 2 (Table 27) เช่นเดียวกัน ในพันธุ์ศรีสำโรง 1 น้ำมันถั่วเหลืองที่เก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิห้องจะมีค่าไอโอดีน สูงสุด คือ 127.853 กรัม I_2/100 กรัม น้ำมัน เมื่อเก็บไว้นาน 2-4 เดือน และจะมีค่าลดลง ในเดือนที่ 5-6 ส่วนน้ำมันจากเมล็ดถั่วเหลืองที่เก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิ 25 และ 10°C จะมีค่าไอโอดีนสูงสุดเมื่อเก็บไว้นาน 4 เดือน โดยมีค่า 123.99 และ 128.863 กรัม I_2/100 กรัม น้ำมัน ตามลำดับ และจะลดลงในเดือนที่ 5 และ 6 อาจเนื่องจากปริมาณน้ำมันไม่อิ่มตัวมีปริมาณลดลง (Table 28)

ค่าความเป็นกรด (Acid value : AV)

ค่าความเป็นกรด มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างสภาพอุณหภูมิที่เก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลืองและระยะเวลาการเก็บรักษา น้ำมันถั่วเหลืองที่สกัดจากเมล็ดถั่วเหลืองที่เก็บรักษาในทุกสภาพการเก็บรักษา จะมีค่าความเป็นกรดสูงขึ้น เมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น เนื่องจากจะเกิดการย่อยไขมันโดยขบวนการออกซิเดชัน (oxidation) ทำให้เกิดกรดไขมันอิสระ (free fatty acid) แต่ที่อุณหภูมิต่ำความเป็นกรดจะเกิดช้ากว่า ที่สภาพอุณหภูมิสูง โดยพบว่า ค่าความเป็นกรดของน้ำมันถั่วเหลืองที่สกัดจากเมล็ดถั่วเหลืองที่เก็บที่อุณหภูมิห้องจะสูงเร็วกว่าที่อุณหภูมิต่ำ โดยมีค่าสูงขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน ส่วนน้ำมันจากเมล็ดที่เก็บที่อุณหภูมิต่ำ 25 °C และ 10 °C ค่าความเป็นกรดสูงขึ้น มีค่า 0.96 มิลลิกรัม KOH/ กรัมน้ำมัน (mg KOH/g oil) เมื่อเก็บไว้เป็นเวลานานขึ้น 4 เดือนเป็นต้นไป และจะสูงสุดในเดือนที่ 6 ซึ่งไม่ต่างกันในทุกสภาพการเก็บรักษา มีค่าเฉลี่ย 1.289 มิลลิกรัม KOH/ กรัมน้ำมัน ในพันธุ์เชียงใหม่ 2 (Table 29) ในพันธุ์ศรีสำโรง 1 มีผลการทดลองเช่นเดียวกัน แต่ค่าความเป็นกรด จะเพิ่มขึ้นช้ากว่า โดยมีค่าเพิ่มขึ้นในเดือนที่ 4 ในทุกสภาพการเก็บรักษา (Table 30)

ค่าความหืน (Peroxide value: PV)

ค่าความหืน มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างสภาพอุณหภูมิที่เก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลืองและระยะเวลาการเก็บรักษา น้ำมันถั่วเหลืองที่สกัดจากเมล็ดถั่วเหลืองที่เก็บรักษาในทุกสภาพการเก็บรักษา มีค่าความหืนสูงขึ้น จากเมล็ดถั่วเหลืองเริ่มต้นเก็บรักษามีค่าความหืน 0.958 มิลลิลิตรสมบูรณ์/น้ำมัน 1 กิโลกรัม (meq/kg oil) โดยน้ำมันถั่วเหลืองที่สกัดจากเมล็ดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เมื่อเก็บรักษานาน 3 เดือน มีค่าความหืน 2.255 มิลลิลิตรสมบูรณ์/น้ำมัน 1 กิโลกรัม และเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเก็บไว้นาน 6 เดือน (2.130 มิลลิลิตรสมบูรณ์/น้ำมัน 1 กิโลกรัม) ส่วนน้ำมันถั่วเหลืองที่สกัดจากเมล็ดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ กว่าค่าความหืนไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก โดยมีค่าเฉลี่ย 2.263 และ 2.285 มิลลิลิตรสมบูรณ์/น้ำมัน 1 กิโลกรัม ที่สภาพการเก็บรักษา 25 °C และ 10 °C จากค่าความหืนเริ่มต้น คือ 1.82 และ 3.153 มิลลิลิตรสมบูรณ์/น้ำมัน 1 กิโลกรัม ตามลำดับ (Table 31)

ส่วนพันธุ์ศรีสำโรง1 ค่าความหืนไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก โดยมีแนวโน้มที่จะลดลง เห็นชัดในเดือนที่ 6 ในทุกสภาพการเก็บรักษา (Table 32) ซึ่งน่าจะเกิดจากพันธุ์ศรีสำโรงมีความต้านทานต่อปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ทำให้ไม่เกิดความหืนมากนักในสภาพการเก็บรักษา ต่างๆ

ปริมาณสารไอโซฟลาโวน

ปริมาณสารไอโซฟลาโวนรวมและชนิดต่างๆ ในพันธุ์เชียงใหม่2 มีค่าสูงกว่า พันธุ์ศรีสำโรง1 โดยมีปริมาณเดดซินสูงกว่า เจนิสทิน เดดซิอิน เจนิสทิอิน ไกลซิทิน และ ไกลซิทิอิน ตามลำดับ (Table 33) สภาพการเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลืองที่อุณหภูมิต่างกัน มีผลต่อปริมาณไอโซฟลาโวนรวมและแต่ละชนิดในถั่วเหลืองทั้ง 2 พันธุ์ โดยสารไอโซฟลาโวนรวมและทุกชนิดมีค่าลดลง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

พันธุ์และสภาพการเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลือง เช่น อุณหภูมิ ระยะเวลาการเก็บรักษา จะมีผลต่อคุณภาพน้ำมันถั่วเหลือง พันธุ์เชียงใหม่ 2 และศรีสำโรง 1 การเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลือง ที่มีความชื้นประมาณร้อยละ 10 ควรเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิ 25 °C และ 10 °C โดยเก็บรักษาได้ไม่เกิน 3 เดือน จะทำให้น้ำมันถั่วเหลืองที่สกัดได้มีคุณภาพดีไม่มีกลิ่นหืน แต่การเก็บรักษาเมล็ดถั่วเหลืองที่อุณหภูมิสูงทำให้สารไอโซฟลาโวนลดลงน้อยกว่าที่อุณหภูมิต่ำ

Table 23 Moisture content of soybean variety CM 2 as affected by temperature level and storage time

Storage time (month)	Storage condition			
	RT	25°C	10°C	Mean
0	11.113 ab	10.758 a	10.468 bc	10.779
1	10.985 bc	10.393 b	10.573 b	10.650
2	10.958 bc	10.373 b	11.223 a	10851
3	10.980 bc	10.370 b	10.665 b	10.672
4	11.290 a	10.665 a	11.218 a	11.058
5	9.233 d	8.272 d	9.075 d	8.860
6	10.733 c	9.695 c	10.303 c	10.243
Mean	10.756	10.075	10.503	10.445

CV(a) = 1.6% CV(b) = 1.6% LSD 5% = 0.243

Table 24 Moisture content of soybean variety SR 1 as affected by temperature level and storage time.

Storage time (month)	Storage condition			
	RT	25°C	10°C	Mean
0	10.225 b	10.275 a	10.768 a	10.423
1	10.170 b	10.283 a	9.783 c	10.078
2	10.395 b	9.968 bc	10.198 b	10.187
3	10.368 b	9.760 c	9.913 c	10.013
4	11.778 a	10.208 a	10.458 b	10.481
5	9.025 c	7.943 c	9.128 d	8.698
6	10.173 b	8.865 d	9.738 c	9.592
Mean	10.162	9.614	9.998	9.925

CV(a) = 2.4% CV(b) = 2.0% LSD 5% = 0.302

Table 25 soybean oil extracted from variety CM 2 as affected by temperature level and storage time.

Storage time (month)	Storage condition			
	RT	25°C	10°C	Mean
0	8.950 e	9.395 c	8.948 b	9.098
1	9.840 cd	11.058 a	8.750 b	9.883
2	10.245 c	9.353 c	8.570 b	9.389
3	11.920 a	10.793 a	10.553 a	11.088
4	11.225 b	10.145 b	7.910 c	9.760
5	9.540 de	10.090 b	10.945 a	10.192
6	10.043 cd	9.120 c	10.648 a	9.937
Mean	10.252	9.993	9.475	9.907

CV(a) = 6.7% CV(b) = 4.6% LSD 5% = 0.731

Table 26 soybean oil extracted from variety SR 1 as affected by temperature level and storage time.

Storage time (month)	Storage condition			
	RT	25°C	10°C	Mean
0	8.670 c	8.905 cd	8.725 d	8.767
1	9.420 bc	8.668 cd	10.253 c	9.447
2	9.775 abc	10.368 b	11.435 ab	10.526
3	9.823 abc	9.515 bc	12.365 a	10.568
4	10.953 a	13.523 a	10.158 c	11.544
5	10.203 ab	8.080 d	8.845 d	9.042
6	10.485 ab	10.405 b	10.705 bc	10.532
Mean	9.904	9.923	10.355	10.061

CV(a) = 7.9% CV(b) = 7.4% LSD 5% = 1.109

Table 27 Iodine value (IV) of soybean variety CM 2 as affected by temperature level and storage time.

Storage time (month)	Storage condition			
	RT	25°C	10°C	Mean
0	107.515 c	115.023 cd	117.558 b	113.365
1	109.993 bc	108.825 d	107.073 c	108.630
2	127.853 a	116.768 c	114.630 b	119.750
3	115.810 b	118.060 bc	118.560 b	117.477
4	126.550 a	123.990 ab	128.853 a	126.464
5	115.173 b	114.460 cd	112.808 bc	114.147
6	113.873 b	124.683 a	115.058 b	117.871
Mean	116.681	117.401	116.363	116.815

CV(a) = 4.4% CV(b) = 3.6% LSD 5% = 6.452

Table 28 Iodine value (IV) of soybean variety SR 1 as affected by temperature level and storage time.

Storage time (month)	Storage condition			
	RT	25°C	10°C	Mean
0	112.775 b	118.373 ab	120.653 a	117.267
1	114.350 b	109.070 c	107.750 b	110.390
2	114.680 b	113.233 bc	111.963 b	113.292
3	124.218 a	124.315 a	119.658 a	122.730
4	122.158 a	123.233 a	120.933 a	122.108
5	121.378 a	114.390 bc	120.703 a	118.823
6	115.050 b	115.365 bc	110.655 b	113.690
Mean	117.801	116.854	116.045	116.900

CV(a) = 6.1% CV(b) = 3.7% LSD 5% = 7.284

Table 29 Acid value (AV) of soybean variety CM 2 as affected by temperature level and storage time.

Storage time (month)	Storage condition			
	RT	25°C	10°C	Mean
0	0.665 c	0.773 c	0.925 b	0.788
1	0.663 c	0.638 d	0.815 b	0.705
2	0.585 c	0.613 d	0.613 c	0.603
3	0.585 c	0.585 d	0.640 c	0.603
4	0.958 b	0.960 b	0.475 d	0.798
5	0.933 b	0.960 b	0.800 b	0.898
6	1.363 a	1.193 a	1.283 a	1.279
Mean	0.821	0.817	0.793	0.810

CV(a) = 14.4% CV(b) = 11.5% LSD 5% = 0.144

Table 30 Acid value (AV) of soybean variety SR 1 as affected by temperature level and storage time.

Storage time (month)	Storage condition			
	RT	25°C	10°C	Mean
0	0.605 d	0.640 d	0.663 c	0.636
1	0.605 d	0.585 d	0.613 c	0.601
2	0.743 c	0.595 d	0.570 c	0.636
3	0.828 bc	0.615 d	0.670 c	0.704
4	0.528 d	0.960 b	0.960 b	0.816
5	0.903 b	0.778 c	0.962 b	0.881
6	1.333 a	1.365 a	1.170 a	1.289
Mean	0.792	0.791	0.801	0.795

CV(a) = 6.3% CV(b) = 11.8% LSD 5% = 0.128

Table 31 Peroxide value (AV) of soybean variety CM 2 as affected by temperature level and storage time

Storage time (month)	Storage condition			
	RT	25°C	10°C	Mean
0	2.543 ab	3.212 a	2.943 a	2.899
1	1.920 cd	1.945 bcd	1.760 c	1.875
2	2.693 a	2.123 bc	2.388 b	2.401
3	2.190 bc	1.555 d	2.270 b	2.005
4	1.640 d	1.695 cd	1.675 c	1.670
5	2.073 cd	2.290 b	2.220 b	2.194
6	1.780 cd	1.560 d	1.373 c	1.571
Mean	2.120	2.054	2.090	2.088

CV(a) = 11.8% CV(b) = 14.2% LSD 5% = 0.419

Table 32 Peroxide value (AV) of soybean variety SR 1 as affected by temperature level and storage time

Storage time (month)	Storage condition			
	RT	25°C	10°C	Mean
0	0.958 c	1.820 c	3.153 a	1.977
1	2.543 ab	3.212 a	2.920 a	2.892
2	1.840 cd	2.993 a	1.355 c	2.063
3	1.685 d	1.460 c	1.390 c	1.512
4	2.255 abc	2.365 b	2.323 b	2.314
5	2.625 a	2.460 b	2.415 b	2.500
6	2.130 bcd	1.530 c	2.440 b	2.033
Mean	2.005	2.263	2.285	2.184

CV(a) = 12.2% CV(b) = 13.8% LSD 5% = 0.43

Table 33 Total isoflavones and each individual isoflavone of soyben varieties CM2 and SR 1 as affected by temperature level and storage time.

Var.	Temp. (°C)	Daidzin	Glycitin	Genistin	Daidzein	Glycitein	Genistein	Total isoflavone
CM 2	RT	53.413	ND	31.45563	11.31399	1.502654	10.59062	108.2759
	25	44.3181	ND	63.17927	8.733935	1.246385	7.973683	125.4514
	10	33.2781	ND	14.21843	4.39082	0.986761	3.633894	56.50801
SR 1	RT	26.1782	11.80073	34.32061	10.8702	1.776947	8.002184	92.94885
	25	23.4535	10.62311	11.34381	3.634887	0.965065	2.108164	52.12852
	10	16.5669	8.752269	20.75413	3.685166	0.886147	2.484307	53.12897

ND = non detect

การทดลองที่ 2 ศึกษาวิธีการเก็บรักษาน้ำมันถั่วเหลืองที่มีผลต่อปริมาณและคุณภาพน้ำมัน (Study on Storage Managements Affecting on the Quantity and Quality of Soybean Oil)

ประเด็นวิจัย

วิธีการเก็บรักษาน้ำมันถั่วเหลือง มีผลต่อปริมาณและคุณภาพน้ำมันถั่วเหลือง การเก็บในสภาพที่เหมาะสมสามารถชะลอการเสื่อมคุณภาพน้ำมันถั่วเหลือง

สถานที่ทำการวิจัยและระยะเวลาดำเนินงาน

ดำเนินงานวิจัย ที่กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ ดำเนินการทดลองเป็นระยะเวลา 2 ปี (ตุลาคม 25574–กันยายน 2556)

วิธีดำเนินการ

วางแผนการทดลองแบบ Split plot design จำนวน 4 ซ้ำ ปัจจัยหลัก คือ ระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา มี 3 ระดับ ได้แก่ 25 °C 10 °C และอุณหภูมิห้อง ปัจจัยรอง คือ อายุการเก็บรักษา ได้แก่ ที่ 0 -12 เดือน ดำเนินการโดยนำน้ำมันถั่วเหลืองที่สกัดได้ (Crude oil) พันธุ์เชียงใหม่ 2

วิธีดำเนินการวิจัย

นำเมล็ดถั่วเหลืองที่เก็บเกี่ยวใหม่ พันธุ์ เชียงใหม่ 2 มาสกัดน้ำมัน (Crude oil) จากนั้นมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ 3 ระดับ คือ 25 °C 10 °C และอุณหภูมิห้อง ในสภาพทึบแสงเป็นเวลา 12 เดือน ทุกเดือนนำน้ำมันมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำมัน

การบันทึกข้อมูล

1.ปริมาณน้ำมันถั่วเหลืองที่สกัดได้

2.วิเคราะห์คุณภาพน้ำมัน จากค่า Peroxide Value (PV), Acid Value (AV) Iodine Value (IV) ตามวิธีของ Association of Analytical Chemists (AOAC) Manaul (AOAC, 1995)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ค่าความเป็นกรด (Acid value :AV)

จากผลการทดลองพบว่า มีปฏิกิริยาร่วมกันระหว่างอุณหภูมิ และระยะเวลาในการเก็บรักษา มีผลต่อความเป็นกรดจากกรดไขมันอิสระ (free fatty acid) จากการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ด้วยเอนไซม์ไลเปส ทำให้ค่าความเป็นกรดสูงขึ้น ถ้าสภาพเหมาะสมต่อการเกิดปฏิกิริยา (Table 34)

เมื่อเก็บรักษาน้ำมันถั่วเหลืองในสภาพอุณหภูมิสูง ที่อุณหภูมิห้อง และ 25 °C เป็นเวลานาน 3 เดือน ค่าความเป็นกรดจะสูงขึ้นและมีความแตกต่างทางสถิติ คือ 1.08 และ 1.07 มิลลิกรัม KOH/ กรัมน้ำมัน (mg KOH/g oil) ตามลำดับ และค่าก็จะสูงขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น โดยเมื่อเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิห้อง และ 25 °C เป็นเวลา 12 เดือน ค่าความเป็นกรดจะเท่ากับ 1.13 และ 1.12 มิลลิกรัม KOH/ กรัมน้ำมัน ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาน้ำมันถั่วเหลืองในสภาพอุณหภูมิต่ำ 10 °C ค่าความเป็นกรดจะสูงขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น แต่จะช้ากว่าการเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิสูงกว่า โดยการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน ค่าความเป็นกรดจะแตกต่างทางสถิติกับการเก็บรักษาเมล็ดระยะเริ่มต้น (1.32 มิลลิกรัม KOH/ กรัมน้ำมัน) และเมื่อเก็บไว้นาน 12 เดือน ค่าความเป็นกรด จะมีค่าต่ำกว่าที่สภาพอุณหภูมิสูงกว่า (0.94 มิลลิกรัม KOH/ กรัมน้ำมัน)

ค่าความหืน (Peroxide value :PV)

ค่าความหืน มีปฏิกิริยาร่วมระหว่างอุณหภูมิ และระยะเวลาในการเก็บรักษา ทำให้น้ำมันถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 2 เกิดกลิ่นหืนเมื่อเก็บรักษาน้ำมันถั่วเหลือง ที่อุณหภูมิห้อง (มากกว่า 30 °C) และที่ 25 °C น้ำมันถั่วเหลืองจะมีค่าความหืนสูงและมีความแตกต่างทางสถิติกับค่าความหืนที่ระยะเริ่มต้น และเมื่อเก็บรักษาน้ำมันถั่วเหลืองนาน 5 เดือนขึ้นไป ค่าความหืนจะสูงขึ้นเรื่อยๆ และมีค่าสูงสุดเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 12 เดือน (12.345 มิลลิลิตรสมบูรณ์/น้ำมัน 1 กิโลกรัม :meq/kg oil) แต่การเก็บรักษาน้ำมันถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 25 °C จะมีค่าสูงขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น แต่อัตราการเพิ่มจะต่ำกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง น้ำมันถั่วเหลืองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C นาน 12 เดือน มีค่าความหืน 8.135 มิลลิลิตรสมบูรณ์/น้ำมัน 1 กิโลกรัม . เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิทั้ง 3 ระดับ การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °C จะทำให้น้ำมันมีค่าความหืนต่ำสุด เมื่อเก็บรักษานาน 12 เดือน ซึ่งค่าความหืนมีค่าไม่แตกต่างทางสถิติกับค่าความหืนเริ่มต้น โดยมีค่า 8.135 มิลลิลิตรสมบูรณ์/น้ำมัน 1 กิโลกรัม (Table 35)

ค่าไอโอดีน (Iodine value :IV)

ค่าไอโอดีน มีปฏิกิริยาร่วมกันระหว่างอุณหภูมิ และระยะเวลาในการเก็บรักษา แต่มีค่าไม่ต่างกันมากที่อุณหภูมิต่างกัน ค่าไอโอดีนจะสูงขึ้นและมีความแตกต่างทางสถิติกับค่าที่ระยะเริ่มต้น เมื่อเก็บรักษาน้ำมันถั่วเหลืองนาน 7 เดือน มีค่าไอโอดีน 171.99 160.69 และ 177.11 วิชร์ (Wijs) ที่อุณหภูมิห้อง 25 °C และ 10 °C ตามลำดับ แต่ไม่ต่างจากค่าที่ระยะเริ่มต้น ลีค่าสูงขึ้นเมื่อเก็บรักษาน้ำมันถั่วเหลืองนานขึ้น แสดงว่าอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากนัก (Table 36)

จากผลการทดลอง พบว่าในสภาพการเก็บรักษาและอุณหภูมิในการเก็บรักษาจะมีผลต่อคุณภาพน้ำมัน โดยเฉพาะค่าความเป็นกรดและค่าความหืน ที่แสดงถึงการเกิดกลิ่นหืนของน้ำมัน และสรุปได้ว่าการเก็บน้ำมันถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่2 ให้คงคุณภาพได้นาน 12 เดือน โดยคุณภาพไม่ต่างจากเริ่มต้นมากนัก โดยใช้ดัชนีของค่าความเป็นกรดและค่าความหืนเป็นตัวกำหนด ดังนั้น ควรเก็บรักษาน้ำมันถั่วเหลือง (crude extract) ที่อุณหภูมิต่ำ หรือ 10 °C จะสามารถเก็บรักษาน้ำมันถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 2 ได้นานกว่าขึ้นและนานกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่สูงกว่า สอดคล้องกับผลการทดลองของ Yang *et al.* (2005) และ de Alencar *et all*. (2006, 2010) ที่ได้ทำการศึกษาผลกระทบของสภาพการเก็บรักษาต่อเสถียรภาพออกซิเดชันของน้ำมันดิบถั่วเหลือง พบว่า ค่าความหืนจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษา

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

สภาพการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ หรือ 10 °C จะสามารถเก็บรักษาน้ำมันถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 2 ได้นานถึง 12 เดือนโดยน้ำมันไม่มีกลิ่นหืน และมีความเป็นกรดต่ำกว่าการเก็บที่อุณหภูมิที่สูง

Table 34 Acid Value (AV) (mg KOH/ g oil) in oil from soybean as function of time of storage for each temperature

month	temperature		
	room	10 ℃	25 ℃
0	0.66750 efA	0.80000 cA	0.66750 efA
1	0.82000 defAB	0.90500 bcA	0.68250 efB
2	0.92843 cdeA	0.95978 bcA	0.93488 deA
3	1.07750 a-dA	0.84000 cA	1.07250 bcdA
4	1.34500 aA	1.34000 aA	1.28750 abcA
5	0.96750 cdA	0.96750 bcA	1.06000 cdA
6	1.25250 abA	1.18500 abA	1.32000 abcA
7	1.30250 abA	1.35500 aA	1.35000 abA
8	1.03033 bcdB	1.31023 aA	1.43068 aA
9	0.63250 fBA	0.89500 cA	0.74750 efA
10	0.10000 gC	0.95250 bcA	0.59750 fB
11	0.88000 c-fA	0.79500 cA	0.92750 deA
12	1.12750 abcA	0.94250 bcA	1.12250 bcdA

cv(a) = 20.2%; cv(b) = 18.1% LSD 5% = 0.25866

In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

Table 35 Peroxide Value (PV) (meq/kg oil) in oil from soybean as function of time of storage for each temperature

month	temperature		
	room	10 ℃	25 ℃
0	1.30000 hA	1.3425 fA	1.3900 eA
1	2.4850 ghA	2.2800 efA	2.0650 efA
2	2.3583 ghA	1.8852 efA	3.0735 eA
3	3.7150 fgA	1.9450 efB	2.9250 eBA
4	4.7525 efA	2.4350 efB	4.6775 dA
5	5.6925 deA	5.8875 bA	6.0975 cA
6	6.1675 cdA	5.1075 bcA	5.9250 cdA
7	9.2000 bA	4.7950 bcB	8.6275 abBA
8	10.0692 bA	4.1569 cdC	7.9609 abB
9	9.9575 bA	2.7925 defB	8.9600 aA
10	7.4450 cB	8.7925 aA	3.3275 eC
11	10.0925 bA	3.2625 deC	7.4800 bB
12	12.3450 aA	3.3675 deC	8.1350 abB

cv (a) = 16.1%; cv (b) = 17.9% LSD 5% = 1.3281

Table 36 Iodine value (IV) (Wijs) in oil from soybean as function of time of storage for each temperature

month	temperature		
	room	10 ℃	25 ℃
0	122.97bcdA	122.668b-eA	123.19bcdA
1	115.12c-fA	107.91eA	112.53eA
2	116.98b-fA	122.16b-eA	125.85bcA
3	127.21bA	124.89bcdA	121.75bcdA
4	126.53bcA	119.28cdeA	126.05bcA
5	107.50fB	129.49bcA	125.58bcA
6	110.81efA	115.00deA	115.14cdeA
7	171.99aA	177.11aA	169.69aA
8	122.04b-eA	123.74b-edA	120.58bcdA
9	126.70bcA	125.49bcdA	127.67bA
10	176.08aA	176.68aA	175.87aA
11	111.54defA	113.86deA	112.11deA
12	118.44b-fB	131.66bA	116.78b-eB

cv (a) = 6.0%; cv (b) = 5.6% LSD 5% = 10.362

In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

บทสรุปโครงการวิจัยและข้อเสนอแนะ

โครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตถั่วเหลืองเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ สามารถจัดกลุ่มถั่วเหลือง ออกเป็น 3 กลุ่ม (สูง ปานกลาง และต่ำ) ตามปริมาณสารสำคัญ คือ สารไอโซฟลาโวน ธาตุเหล็ก ไฟเตท กาบ้า และแอนโธไซยานิน สำหรับการปลูกถั่วเหลืองให้มีสารไอโซฟลาโวนสูง มีช่วงปลูกที่เหมาะสมในฤดูแล้ง เมื่อสภาพอากาศมีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยไม่เกิน 35 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 60-76 เปอร์เซ็นต์ ส่วนฤดูฝนมีปริมาณน้ำฝนสะสมเพิ่มขึ้นและมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 60-76 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ ที่ระยะ R_1 หรือ R_5 การพ่นด้วยสารเคมีโฟมีซาเฟน ซึ่งเป็นสารกำจัดวัชพืชประเภทหลังงอก อัตรา 30 กรัม สารออกฤทธิ์/ไร่ ทำให้ถั่วเหลืองผลิตสารไอโซฟลาโวนเพิ่มขึ้นจากการไม่พ่น 51.8-65.2 และ 29.6-35.9 เปอร์เซ็นต์ ในฤดูแล้งและฤดูฝน ตามลำดับ โดยไม่มีผลกระทบต่อการให้ผลผลิตถั่วเหลืองและมีต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้น 0.30 บาท/กิโลกรัม การนำถั่วเหลือง พันธุ์ เชียงใหม่ 60 ไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง จะทำให้สารไอโซฟลาโวนรวมและสารไอโซฟลาโวนแต่ละชนิดในน้ำมันถั่วเหลืองสูงขึ้นกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า (25 และ 10 องศาเซลเซียส) ในขณะที่การเก็บรักษาน้ำมันถั่วเหลืองในทุกระดับอุณหภูมิ สารไอโซฟลาโวนจะลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาและสลายหมดเมื่อเก็บรักษานาน 8 เดือน ส่วนเมล็ดถั่วเหลือง พันธุ์เชียงใหม่ 2 และ ศรีสำโรง 1 สามารถเก็บรักษาได้ไม่เกิน 3 เดือน จะทำให้น้ำมันถั่วเหลืองที่สกัดได้มีคุณภาพดี ไม่มีกลิ่นหืน และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง (อุณหภูมิห้อง) คุณภาพน้ำมันถั่วเหลืองลดลงเร็วกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (25 และ 10 องศาเซลเซียส) ในขณะที่การเก็บรักษาในรูปน้ำมันถั่วเหลืองที่อุณหภูมิต่ำ (10 องศาเซลเซียส) สามารถเก็บรักษาได้นาน (12 เดือน) กว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง(4 เดือน) (อุณหภูมิห้อง) สำหรับการปลูกถั่วเหลืองให้มีสารไฟเตทต่ำ (สารต่อต้านการดูดซึมธาตุเหล็ก) และ/หรือมีธาตุเหล็กสูง โดยใช้ปุ๋ยฟอสเฟต ในรูปของ N-P_2O5-K_2O อัตรา 3-9-6 กิโลกรัม/ไร่ ทำให้ถั่วเหลืองมีปริมาณไฟเตทต่ำสุดและการใช้ไม่มีผลกระทบต่อการให้ผลผลิตถั่วเหลือง สามารถนำไปใช้ในสภาพดินร่วนปนทราย ที่มีสภาพดินเป็นกรดอ่อนถึงกรด แต่ไม่แนะนำให้ปลูกในสภาพดินด่า เนื่องจากทำให้มีการสะสมไฟเตทในปริมาณสูง

บรรณานุกรม

บทนำ

กรมการค้าภายใน. 2553. นโยบายและมาตรการถั่วเหลืองปี 2553. สำนักส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตร. 30 หน้า.

กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2552. (31 สิงหาคม 2552). โลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็ก. สาระสุขภาพ-อโรคยาโรคไม่ติดต่อ. (Online) Available URL http://www.publichealth.go.th.

ผ่องศรี ศิวราศักดิ์ วัฒนา วิริวุฒิกร อมร ไชยสัตย์ (25 พฤษภาคม 2550). การสกัดไอโซฟลาโวนจากกากถั่วเหลืองด้วยเอทานอล. สืบค้นจาก http://library.ura.ac.th

เพิ่มศักดิ์ สุภาพรเหมินทร์ และ สมศักดิ์ ศรีสมบุญ. (25 กันยายน 2550.) ความสำคัญของถั่วเหลือง สืบค้นจาก www.doa.go.th/fieldcrops/soy/oth/002.HTM

AboutKids Health (September 28,2007). Soy what? สืบค้นจาก www.aboutkidshealth.Ca/News/Soy-what.aspx?

Wang., C., Q. Ma. and M. Self. 1996. Second International Symposium on the role of soy in preventing and treating chronic disease. Department of Nutrition and Food Science, South Dakota State University. (Poster abstracts).

บทที่ 1 (กิจกรรมวิจัยที่ 1)

กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2552. (31 สิงหาคม 2552). โลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็ก. สาระสุขภาพ-อโรคยาโรคไม่ติดต่อ. (Online) Available URL http://www.publichealth.go.th.

เฉลิมพล แซมเพชร. 2542. ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตถั่วเหลือง. สรีรวิทยาพืชไร่. พิมพ์ครั้งที่ 1 ที่โรงพิมพ์นพบุรีการพิมพ์ จังหวัดเชียงใหม่. 179-187.

ผ่องศรี ศิวราศักดิ์ วัฒนา วิริวุฒิกร อมร ไชยสัตย์ (25 พฤษภาคม 2550). การสกัดไอโซฟลาโวนจากกากถั่วเหลืองด้วยเอทานอล. สืบค้นจาก http://library.ura.ac.th

ละอองดาว แสงหล้า สุทัด ปินตาเสน อเนก โชติญาณวงษ์ สิทธิ์ แดงประดับ และนพพร ทองเปลว.2554. ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิต โปตีน และปริมาณสารไอโซฟลาโวนในถั่วเหลือง.วารสารแก่นเกษตร ปีที่ 39 ฉบับพิเศษ 3(39): 169-173.

ศูนย์พันธุวิศวกรรมและไบโอเทคโนโลยีแห่งชาติ. 2552. (31 สิงหาคม 2552). ร่วมฉลองปีข้าวโลก : ข้าวอุดมไปด้วยธาตุเหล็ก. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. สืบค้นจาก http://www.sininrice.com.

สายพิณ พงษ์ธา. 2546. ไฟโตเอสโตรเจน (Phytoestrogen). ภาควิชาเภสัชกรรม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. แหล่งที่มา: http://www.med.cmu.ac.th

สุปรียา ศุขเกษม. 2551. วิจัยและพัฒนาการสกัดสารไอโซฟลาโวนส์จากถั่วเหลือง. กลุ่มวิจัยและพัฒนาการแปรรูปผลิตผลเกษตร สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร.

สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย. 2552. (31 สิงหาคม 2552). ธาตุเหล็กในพันธุ์ข้าวไทย. สืบค้นจาก http://www.trf.or.th.

อาณดี นิติธรรมยง.2551. (31 สิงหาคม 2552).ถั่วเหลืองกับสุขภาพ. สถาบันวิจัยโภชานาการ.มหาวิทยาลัยมหิดล. สืบค้นจาก http://www.mahidol.ac.th

Akashi, T., T. Aoki, and S. Ayabe. 1999. Cloning and functional expression of a cytochrome P450 cDNA encoding 2-hydroxyisoflavone synrhase involved in biosynthesis of the isoflavonoid skeleton in licorice. Plant Physiol 121,821-828.

Anon., J. (January 2, 2001). Soybean isoflavone. Tokiwa Phytochemical Co., Ltd from http://www.tokiwaph.co.jp/produc02/soy-bean/soy-bean-htm

AOAC.1995. Official Method of Analysis. 16th Ed. Vol II Washigton D.C.: Food Composition; Additives; Natural Contaminants. Chapter 49, 8-10 p.

Bassiri., A. and A. Nahapetian. 1977. Differences in concentrations and interrelationships of phytate phosphorus, magnesium, calcium, zinc and iron in wheat varieties during two years. J. Agric. Food. Chem. 25, 1118.

Bown, A., B. Shelp. 1989. The metabolism and physiological roles of 4-aminobutyric acid. Biochem Life Sci. Adv 8: 21.25.

Buerkert A., C., Hake. M., Ruckwied and H. Marchner. (1998) Phosphorus Application Affects the Nutritional Quality of Millet Grain in the Sahel. Field Crops Research 57 : 223-235.

Caldwell, C. R., S. J., Britz. and R. M. Mirecki. 2005. Effect of temperature, elevated carbon dioxide, and drought during seed development on the isoflavone content of dwarf soybean grown incontrolled environments. J. Agric. Food Chem. 53(4):1125-1129.

Chong., M.G., I. Y:, Baek, S. T., Kang, W. Y., Han, D. C., Shin, H. P., Moon, K. H Kang. 2001. J-Agric-Food-Chem. 2001 Dec; 49(12):5848-51.

Dayde., J., and S. Lacombe. 2002. Effect of Irrigation System to Isoflavones content of Soybean.

DeMan., J.M. 1990. Principles of Food Chemistry. 2nd ed. Van Nostrand Reinhold, New York 468 pp.

Dhaubhadel, S.2011.Regulation of isoflavonoid biosynthesis in soybean seed.Soybean-Biochemistry, Chemistry and Physiology,Prof.Tzi-Bun Ng(Ed.).Southern Crop Protection and Food Research Center, Agriculture and Agri-Food Canada, London, Ontario, N5V 4T3,Canada, 243-258.

Elliott., K. A. and C. F. Hobbiger. (1959) GABA circulatory and respiratory effects in different species. J Physiol 146: 70-84.

Graham. T.L. 1991. Flavonoid and isoflavonoid distribution in developing soybean seedling tissues and in seed and root exudates. Plant Physiol.95,594-603.

Ishiguro., T., T., Ono, T., Wada, C., Tsukamoto, and Y. Kono. 2005. Changes in soybean phytate content as a result of field growing conditions and influence on Tofu texture. Bioscience, Biotechnology and Biochemistry. Vol. 70 No.4 : 874-880.

Khan., A.J., A., Ali, F-I., Azam, and A. Zeb. 2007. Identification and isolation of low phytic acid wheat (*Triticum aestivum* L.) inbred lines/mutants. Pak.J. Bot. 39(6) : 2051-2058.

Khan, A. Z., P., Shan. H., Khan. S., Nigar., S. Perveen. M. K., Shan, Amanullah, S. K., Khalil. S., Munir and M. Zubair. 2011. Seed quality and vigor of soybean cultivars as influenced by canopy temperature. Pak. J. Bot., 43(1): 643-648.

Kim., J. A., and I. M. Chung. 2006. Change in Isoflavone concentration of soybean seeds at different growth stages. O. of the Science of Food and Agriculture. 88(3) : 496-503.

Kishinami., I., and K. Ojima. 1980. Accumulation of γ-aminobutyric acid due to adding ammonium or glutamine to cultured rice cells. Plant and Cell Physiology. Vol. 21(4) : 581-589.

Komatsuzaki., N, K, Tsukahara, H, Toyoshima, T, Susuki, N, Shimizu. and T. Kimura. (2007) Effect of soaking and gaseous treatment on GABA content in germinated brown rice, *J Food Eng* 78(2): 556-560.

Kudou, S., Y. Fleury, D. Welt, D. Maone.gnolato, T. Uchida, and K. Kitamura.1991. Malonyl isoflavone glycosides in soybean seed.Agricultural and Biological Chemistry, 55,2227-2233.

Lacerda., J. E, R. R, Campos, G. C, Araujo, S, Andreatta-Van Leyen, O. U, Lopes. and P.G. Guertzenstein. (2003) Cardiovascular responses to microinjections of GABA or anesthetics into rostral ventrolateral medulla of conscious and anesthetized rats. *Braz J Med Biol Res* 36(9): 1269-1277.

Lee, S.J., P. Seguin, J.J., Kim,H.I. Moon, H.M. Ro, E.H. Kim, S.H. Seo, E.Y. Kang, J.K. Ahn, I.M. Chung. 2010. Isoflavones in Korean soybeans different in seed coat and cotyledon color. J. of Food Composition and Analysis. 23, 160-165.

Lott., J. N. A. 1984. Accumulation of seed reserves of phosphorus and other minerals. In Murray D.R.(Ed.) Seed Phyriology. Academic Press, New York, 126-166.

Lozovaya., V. V., A. V., Lygin, A. V., Ulanov, R. L., Nelson, J., Dayde. and J. M. Widholm. 2005. Effect of Temperature and Soil Moisture Status during Seed Development on Soybean Seed Isoflavone Concentration and composition. Crop. Sci. J. 45 : 1934-1945.

Mebrahut., T., A., Mohamed. and A. Elmi. 1997. Accumulation of phytate in vegetable type soybean genotypes harvested at four development stages. Plant foods for human nutrition vol. 50 No.3 : 179-187.

Meis., S. J., W.R., Fehr, and S.R. Schnebly. 2003. Seed source effect on field emergence of soybean lines with reduced phytate and raffinose saccharides. Crop Sci 43: 1336–1339

Messina., M. (June 21, 2007). An Overview of the Health Effects of Soybeans and Soybean Isoflavones. from http://www.avrdc.org/pdf/soybean/health/20effect.pdf

Miller., G. A., Y. L., Youngs and E. S. Oplinger, 1980. Effect of available soil phosphorus and environment on the phytic acid concentration. Cereal Chem. 57, 189.

Möllers, C., T. Lickfett, B. Matthäus and L. Velasco. (June 5, 2011.) Influence of p-fertilizer on phytic acid content in seeds of *brassica napus* l. and development of a NIRS calibration. from www.regional.org.au/au/gcirc/1/357.htm

Murphy, S. E., E. A. Lee, L, Woodrow, P, Seguim, J, Kumar, I. Rajcan. and G. R. Ablett. (2009). Genotype X Environment interaction and stability for isoflavone content in soybean. Crop Sci. J. 49, 1313-1321.

Naim, M., B. Gestetner, S. Zilkah, Y. Birk, A. Bondi. 1974. A soybean isoflavones: characterization, determination, and antifungal activity. J. of Agri. And Food chem. v. 22, n. 5, p. 806-810.

Nelson., K.A., G.E., Rotting haus. and I. E. Nelson 2007. Effect of Lactofen Applications Timing on Yield and Isoflavone Concentration in Soybean Seed. Agron. J. 99 : 645-649.

Proctor., J.P. and B.M. Watts. 1987. Effect of cultivar, growing location, moisture and phytate content on the cooking times of fresh harvested navy beans. Can. J. Plant. Sci. 67, 923.

Raboy., V., S.J., Hudson. and D.B. Dickson. 1984. Reduced phytic acid content does not have and averse effect on germination of soybean seeds. Plant Physiol. 79: 323.

Reddy., N.R., M.D., Pierson, S.K., Sathe. and D.K. Salunkhe. 1989. Phytates in cereals and legumes. CRC. Press, Lnc., Boca Raton, Florida. 85 p.

Satyanarayan, V, and P. M. Nair.1989. Metabolism, enzymology and possible roles of 4-aminobutyrate in higher plant. Phy-tochem 29: 367-375.

Setchell., J. and J. A. McLachlam. 1985. Estrogen in the Environment II : 69-85.

Simwemba., C.G., R.C, Hosency, F., Variano- Marston. and K. Zeleznak. 1984. Certain B-vitamin and phytic acid contents of pearl millets (*Pennisetum americanum* (L.) Lecke) J. Agric. Food. Chem. 32, 31.

Smith, A.K., and J. Circle. 1978. Soybean : Chemistry and Technology. Connecticut : The AVI Publishing Co, Inc., New York. 470 pp.

Snedden, W. A., T., Arazi. H., Fromm. and B. J., Shelp. 1995. Calcium/Calmodulin activation of soybean glutamate decarboxylase. Plant Physiol.108:543-549.

Stanton., H. C. (1963) Mode of action gamma aminobutyric acid on the cardiovascular system. *Arch Int Pharmacodyn Ther* 143: 195-204

Sun, J., B. Sun, F. Han, S. Yan, H. and A. Kikuchi. 2011. Rapid HPLC method for determination of 12 isoflavone components in soybean seeds. Agricultural Sciences in China, 10 (2011), pp. 101-105.

Tetra Pak. 2007. Soya Benefits & Case Study. Tetra Pak and Soya & Grain-Based Beverages. 15 pp.

Tetsufumi., S., K., Akio, S., Hisanori, T., Yoshitake, K., Yuni. and S. Shinji. 2005. Evaluation of Isoflavone Contents and Composition of Soybean seed and Its Relation. Japanese J. of Crop Science. 74 (2) : 156-164.

Tsukamoto., C., S., Shimada, K., Igita, S., Kudou, M., Kokubun, K., Okubo. and K. Kitamara. 1995. Factors affecting Isoflavone content in soybean seed : Changes in Isoflavones, saponins and composition of fatty acid of different temperature during seed development. J. of agric. Food. Chem.. 43 : 1184-1192.

Vyn., T. J., X., Yin, I.W., Bruulsema, C.C., Jackson, I., Rajcan. and S.M. Brondert. 2002. Potassium Fertilization Effects on Isoflavones Concentrations in Soybean. J. agric. Food.chem. 50(12) : 3501-3506.

Wallace, W., J. Secor and L. E. Schrader. 1984. Rapid accumulation of γ-aminobutyric acid and alanine in soybean leaves in response to an abrupt transfer to lower temperature, darkness, mechanical stress. Plant Physiol 170-175.

Wang., C., Q. Ma. and M. Self. 1996. Second International Symposium on the role of soy in preventing and treating chronic disease. Department of Nutrition and Food Science, South Dakota State University. (Poster abstracts).

Wang., H. F, Y. S, Tsai, M. L, Lin. and AS-M. Ou. (2006) Comparison of bioactive components in GABA tea and green tea produced in Taiwan. *Food Chem* 96(4): 648-653

Wen., S, T, Zhang, and T. Tan (2004). Utilization of amino acids to enhance glutathione production in *Saccharomyces cerevisiae. Enzyme Microb Tech* 35(6-7): 501-507.

Yin., X., and T.J. Vyn. 2005. Relationships of Isoflavones, Oil, Protein in seed with yield of soybean. Agron. J. 97 : 1314-1321.

Yu, O., J. Shi, A. O. Hession, C.A. Maxwell, B. McGonigle, and J.T. Odell. 2003. Metabolic engineering to increase isoflavone biosynthesis in soybean seed. Phytochem. 63,753-763.

Zhang., B., N., HeHiarachchy. P., Chen. R., Horax. B., Cornclious. and D. Zhus. 2006. Influence of the Application of three Different Elicitors on Soybean Plants on the Concentrations of Several Isoflavones in Soybean seed. J. agric. Food. Chem.. 54 (5) : 5548-5554.

บทที่ 2 (กิจกรรมวิจัยที่ 2)

กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2552. (31 สิงหาคม 2552). โลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็ก. สาระสุขภาพ-อโรคยาโรคไม่ติดต่อ. (Online) Available URL http://www.publichealth.go.th.

เฉลิมพล แซมเพชร. 2542. ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตถั่วเหลือง. สรีรวิทยาพืชไร่. พิมพ์ครั้งที่ 1 ที่โรงพิมพ์นพบุรีการพิมพ์ จังหวัดเชียงใหม่. 179-187.

ศูนย์พันธุวิศวกรรมและไบโอเทคโนโลยีแห่งชาติ. 2552. (31 สิงหาคม 2552). ร่วมฉลองปีข้าวโลก : ข้าวอุดมไปด้วยธาตุเหล็ก. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. สืบค้นจาก http://www.sininrice.com.

สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย. 2552. (31 สิงหาคม 2552). ธาตุเหล็กในพันธุ์ข้าวไทย. สืบค้นจาก http://www.trf.or.th.

อาณดี นิติธรรมยง.2551. (31 สิงหาคม 2552).ถั่วเหลืองกับสุขภาพ. สถาบันวิจัยโภชานาการ.มหาวิทยาลัยมหิดล. สืบค้นจาก http://www.mahidol.ac.th

AOAC. 1995. Official Method of Analysis. 16th Ed. Vol II Washigton D.C.: Food Composition; Additives; Natural Contaminants. Chapter 49, 8-10 p.

Bassiri., A. and A. Nahapetian. 1977. Differences in concentrations and interrelationships of phytate phosphorus, magnesium, calcium, zinc and iron in wheat varieties during two years. J. Agric. Food. Chem. 25, 1118.

Buerkert A., C., Hake. M., Ruckwied and H. Marchner. (1998) Phosphorus Application Affects the Nutritional Quality of Millet Grain in the Sahel. Field Crops Research 57 : 223-235.

Ishiguro., T., T., Ono, T., Wada, C., Tsukamoto, and Y. Kono. 2005. Changes in soybean phytate content as a result of field growing conditions and influence on Tofu texture. Bioscience, Biotechnology and Biochemistry. Vol. 70 No.4 : 874-880.

Khan., A.J., A., Ali, F-I., Azam, and A. Zeb. 2007. Identification and isolation of low phytic acid wheat (*Triticum aestivum* L.) inbred lines/mutants. Pak.J. Bot. 39(6) : 2051-2058.

Lott., J. N. A. 1984. Accumulation of seed reserves of phosphorus and other minerals. In Murray D.R.(Ed.) Seed Phyriology. Academic Press, New York, 126-166.

Mebrahut., T., A., Mohamed. and A. Elmi. 1997. Accumulation of phytate in vegetable type soybean genotypes harvested at four development stages. Plant foods for human nutrition vol. 50 No.3 : 179-187.

Meis., S. J., W.R., Fehr, and S.R. Schnebly. 2003. Seed source effect on field emergence of soybean lines with reduced phytate and raffinose saccharides. Crop Sci 43: 1336–1339

Möllers, C., T. Lickfett, B. Matthäus and L. Velasco. (June 5, 2011.) Influence of p-fertilizer on phytic acid content in seeds of *brassica napus* l. and development of

a NIRS calibration. from www.regional.org.au/au/gcirc/1/357.htm

Proctor., J.P. and B.M. Watts. 1987. Effect of cultivar, growing location, moisture and phytate content on the cooking times of fresh harvested navy beans. Can. J. Plant. Sci. 67, 923.

Raboy., V., S.J., Hudson. and D.B. Dickson. 1984. Reduced phytic acid content does not have and averse effect on germination of soybean seeds. Plant Physiol. 79: 323.

Reddy., N.R., M.D., Pierson, S.K., Sathe. and D.K. Salunkhe. 1989. Phytates in cereals and legumes. CRC. Press, Lnc., Boca Raton, Florida. 85 p.

Simwemba., C.G., R.C, Hosency, F., Variano- Marston. and K. Zeleznak. 1984. Certain B-vitamin and phytic acid contents of pearl millets (*Pennisetum americanum* (L.) Lecke) J. Agric. Food. Chem. 32, 31.

บทที่ 3 (กิจกรรมวิจัยที่ 3)

พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์. 2542. พืชเศรษฐกิจ. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 471 หน้า

สมพร คุ้มชาติ นฤมล จียโชค และคณิต กฤษณังกูร. 2538. การคัดเลือกเอนไซม์ฟอสโฟไลเปสเพื่อใช้ขจัดยางเหนียวในน้ำมันถั่วเหลือง. วารสารวิจัยและพัฒนา สจธ. 18:32-40.

นิรนาม. 2538. สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน เล่มที่ 19 เรื่องที่ 2 พืชน้ำมัน : ถั่วเหลือง. สืบค้นจาก http://kanchanapisek.or.th วันที่ 10 พฤษภาคม 2556

AOAC. 1995. Official Method of Analysis. 16th Ed. Vol II Washigton D.C.: Food Composition; Additives; Natural Contaminants. Chapter 49, 8-10 p.

de Alencar., ,E.R. L.R.D'A, Faroni L.A, Peternelli, M.T.C, da Silva, S.I. Moreira. 2006. Soybean oil quality from grains stored under different condition. Page 38-44 9th International Working Conference on Stored Product Protection. Oct.15-18, 2006. Brazil.

de Alencar., ,E.R. L.R. D. Faroni, A. Luiz T. Peternelli Marco, C, da Silva. and R. Costa. 2010. Revista Brasileira de Engenharia Agr ADcola e Ambiental : Influence of soybean storage conditions on crude oil quality. *On-line version* ISSN 1807-1929.

Yang., T-S, Y-H., Chu. and T.T. Liu. 2005. Effect of storage conditions on oxidative stability of soybean oil. Journal of the Science of Food and Agriculture 85: 1587–1595.

ภาคผนวก

บทที่ 1 (กิจกรรมที่ 1)

CM 60

CM 2

CM 6 (MJ9518-2)

Sukothai 3

CM 9513-3

Fig.10 some soybean varities , plant type, and their seed.(CMFCRC, 2015)

Post-emergence herbicide :Fomesafen

Fomesafen is post-emergence herbicide is arranged in diphenyl either group. It consisted of 5-(2-choloro-a,a,a,-trifluoro-p-tolyloxy)-N- methylsulphonyl nitrobenzamide. Fomesafen is used to control wild-leaves weed in soybean and mungbean.

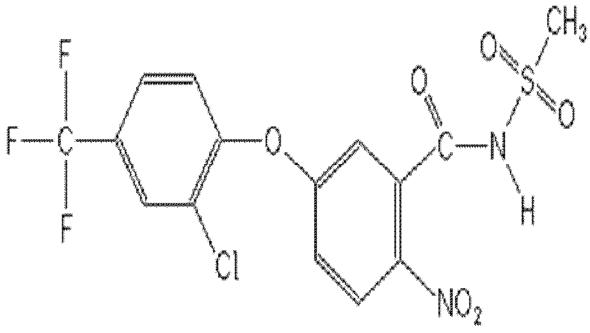


Fig.11 Chemical strucutre of Fomesafen

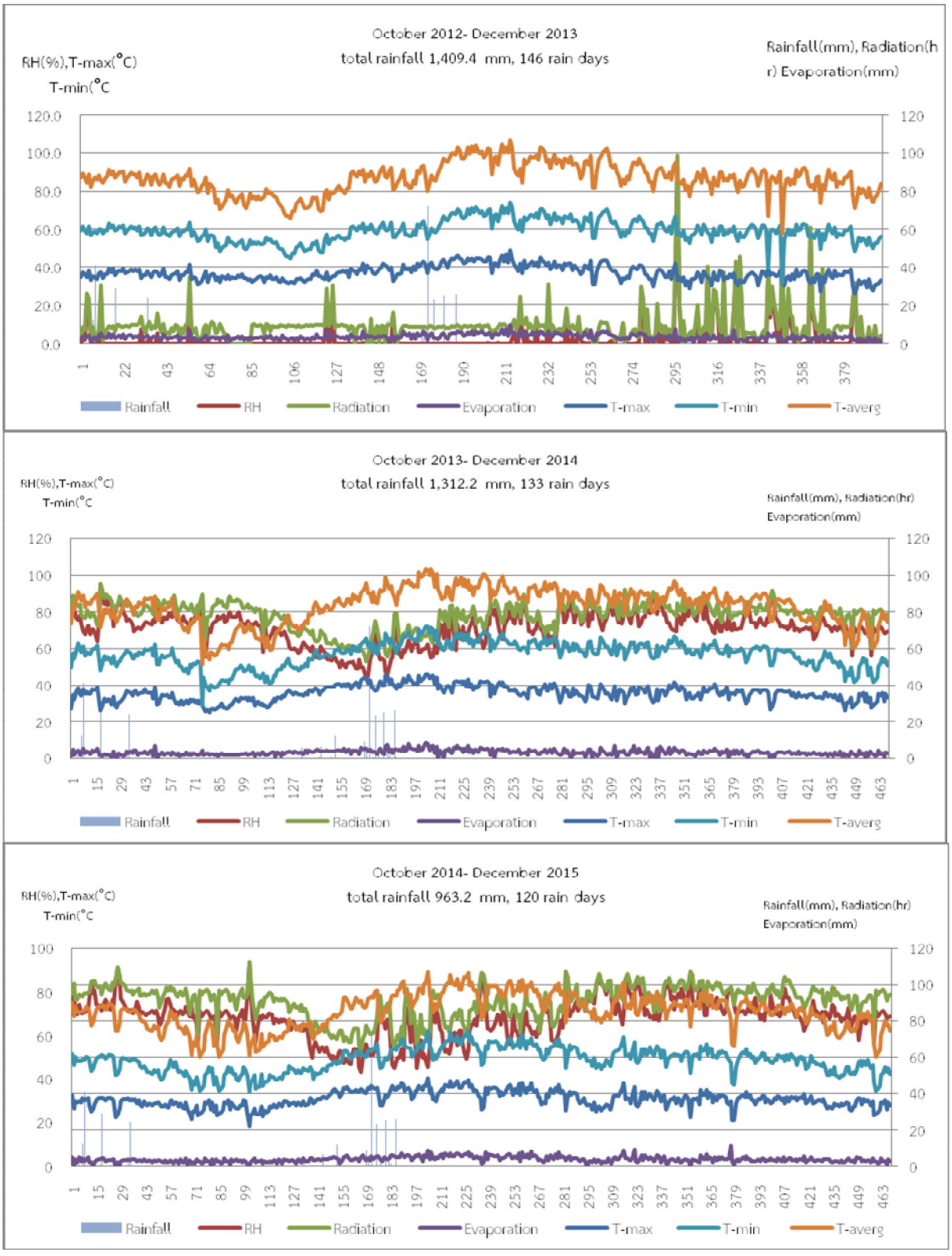


Fig 12 Daily meteorological data at Maejo, Sansai, Chiangmai during, October, 2012 – December, 2013, October, 2013 – December, 2014 and October, 2014 – December, 2015

บทที่ 2 (กิจกรรมที่ 2)

Fig. 13 Pot experiment at Office of Agricultural Research and Development Region #1

Fig. 14 Farm Trail in dry season 2014 at Meateang District, Chaing Mai province.

Fig. 15 Farm Trail in rainy season 2015 at Chaingdoa District, Chaing Mai province.