

Abstract

Experiments conducted at Chiang Mai Field crop Research Center, Nong Han district Sai, Chiang Mai. In the dry season and the rainy season of 2013 and 2015 experimental design Split plot design 3 over Main plot is planted every 30 days four times since early November and early June rains and Sub plot is 3 soybean varieties include Chiang Mai 2 and Chiang Mai 60 CM9513-3. The climate in each planting date is different in the dry season. The average maximum temperature 31.8 - 36.8 °C increase in the planting of the third and fourth. Lowest average low temperature (12.0 to 23.6), the average relative humidity of 60.9 to 75.9 5.1 to 192.3 mm of accumulated rainfall in the rainy season, the average maximum temperature is 31.1. -33.5 °C, no difference in the average minimum temperature above the growing season (12.0 to 24.2 °C) and high relative humidity values from 76.1 to 80.0 percent, from 189 to 664.6 mm of rainfall accumulated. When there are high changes in the world climate. the average maximum temperature rise more than 35 °C, relative humidity less than 60.0 percent and 76.0 percent higher than soybean production volume of isoflavones decreased. The amount of isoflavones correlates positively with soybean production. Chiangmai 2 had volume isoflavones highest dry season and rainy season.

Key word: climate change, isoflavone in soybean

6. คำนำ

ถั่วเหลืองถือว่าเป็นแหล่งโปรตีนราคาถูก มีปริมาณสูงกว่าพืชตระกูลถั่วทั้งหมด ซึ่งมีการนำไป ทดแทนโปรตีนจากสัตว์ที่มีราคาแพง และมักปนเปื้อนสารเคมีในระหว่างขบวนการผลิต ในโปรตีนของ ถั่วเหลืองจะมีสารพิษทุกชนิดที่สำคัญ และมีประโยชน์ต่อร่างกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สารไอโซฟลาโวน หรือที่เรียกว่าเป็น ไฟโตเอสโตรเจน ที่มีคุณสมบัติคล้ายฮอร์โมนเพศหญิง สามารถป้องกันโรคหัวใจ โรคหลอดเลือดหัวใจตีบ มะเร็งต่าง ๆ อาการวัยทอง และภาวะกระดูกเสื่อม ปัจจัยสิ่งแวดล้อมมีผลต่อปริมาณของสารไอโซฟลาโวน โดยเฉพาะอุณหภูมิและความชื้นในดินในช่วงการพัฒนาเมล็ด พบว่า ในสภาพอุณหภูมิต่ำและความชื้นในดินสูง ทำให้ถั่วเหลืองผลิตสารไอโซฟลาโวนในปริมาณสูงกว่า 2-3 เท่าในสภาพอุณหภูมิสูง และความชื้นในดินต่ำ ซึ่งการตอบสนองของแต่ละพันธุ์ต่อสภาพแวดล้อมดังกล่าวจะต่างกัน (Lozovaya *et al.*, 2002)ในช่วงการปลูกถั่วเหลืองมีรายงานว่า อุณหภูมิในช่วงการพัฒนาเมล็ด 25 °C ในตอนกลางวัน และ 10 °C ในตอนกลางคืน (Tsukamoto *et al.*, 1995) โดยที่อุณหภูมิต่ำทำให้ปริมาณสารไอโซฟลาโวนสูง คือ 1,667 ppm. นอกจากวันปลูกแล้ว ระบบการให้น้ำ

ในช่วงขณะเพาะปลูก มีผลต่อปริมาณสารไอโซพลาโวน การศึกษาไอโซพลาโวนในถั่วเหลืองของไทยรวมไปถึงปัจจัยที่เข้ามาเกี่ยวข้องยังมีอยู่ไม่มากนัก โดยเฉพาะปัจจัยเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่มีผลกระทบต่อปริมาณสารไอโซพลาโวนในถั่วเหลืองพันธุ์ต่างๆ

7.วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

ถั่วเหลือง 3 พันธุ์ ได้แก่ เชียงใหม่ 60 เชียงใหม่ 2 และ CM9513-3
ปุ๋ยเคมีสูตร 12 - 24 - 12

วิธีการทดลอง

การทดลองดำเนินการที่ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ ต.หนองหาร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ ในฤดูแล้งและฤดูฝน ปี 2556 และ 2558 วางแผนการทดลองแบบ Split plot design 3 ซ้ำ Main plot เป็นวันปลูกทุก 30 วันรวม 4 ครั้ง ตั้งแต่ต้นเดือนพฤศจิกายน และต้นเดือนมิถุนายนในฤดูฝน และ Sub plot เป็น ถั่วเหลือง 3 พันธุ์ ได้แก่ เชียงใหม่ 60 เชียงใหม่ 2 และ CM9513-3 การปลูกถั่วเหลืองตามวันปลูกที่กำหนดโดยปรับวันปลูกตามความจำเป็น ในพื้นที่แปลงย่อย 3x5 เมตรด้วยระยะปลูก 20x50 เซนติเมตร หลุมละ 4-5 เมล็ด แล้วถอนแยกให้เหลือ 3 ต้นต่อหลุมหลังออก 10-15 วัน ดูแลรักษาตามคำแนะนำการปลูกถั่วเหลืองของกรมวิชาการเกษตร (2545) และเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองสุกแก่เต็มที่ฝักมีสีน้ำตาลร้อยละ 95 (ระยะ R8) ในพื้นที่เก็บเกี่ยว 2 x 4 เมตรและบันทึก ข้อมูลอนุกรมวิธาน ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต และวิเคราะห์ปริมาณสารไอโซพลาโวนในเมล็ดถั่วเหลือง
เวลาและสถานที่ 2556 -2558 และสถานที่ทำการทดลอง ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่

8.ผลการทดลองและวิจารณ์

พบว่า ในฤดูแล้ง สภาพภูมิอากาศในแต่ละช่วงปลูก (Table 1) 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 และ 36.7 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

ผลผลิตเฉลี่ยฤดูแล้ง 2556 ในแต่ละช่วงปลูกมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 2) ช่วงปลูกที่ 2 (11 ธันวาคม 2555) ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด 350 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาได้แก่ ช่วงปลูกที่ 1 (12 พฤศจิกายน 2555) จำนวน 242 กิโลกรัมต่อไร่ ช่วงปลูกที่ 3 (10 มกราคม 2556) จำนวน 184 กิโลกรัมต่อไร่ และช่วงปลูกที่ 4 (12 กุมภาพันธ์ 2556) ไม่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้เนื่องจากไม่ติดฝัก ส่วนปัจจัยของช่วงปลูกและพันธุ์มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน (Table 3)โดยแต่ละพันธุ์ให้ผลผลิตสูงสุดเมื่อปลูกในช่วงปลูกที่2 (11 ธันวาคม 2555)

พันธุ์เชียงใหม่ 60 ให้ผลผลิต 440 กิโลกรัมต่อไร่ พันธุ์เชียงใหม่ 2 ให้ผลผลิต 310 กิโลกรัมต่อไร่และ MJ 9513-3 ให้ผลผลิต 301 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

ปริมาณสารไอโซฟลาโวนของถั่วเหลืองในแต่ละช่วงปลูกมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 2) ถั่วเหลืองที่ปลูกช่วงปลูกที่ 1 (12 พฤศจิกายน 2555) มีปริมาณสารไอโซฟลาโวนของถั่วเหลืองสูงสุด 46.15 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม รongลงมาได้แก่ ถั่วเหลืองที่ช่วงปลูกที่ 2 (11 ธันวาคม 2555) มีจำนวน 31.42 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม ปริมาณสารไอโซฟลาโวนของถั่วเหลืองในแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง พันธุ์เชียงใหม่ 2 มีปริมาณสารไอโซฟลาโวนเฉลี่ยจากสี่ช่วงปลูกสูงสุด (29.80 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม) ส่วนปัจจัยของช่วงปลูกและพันธุ์มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน (Table 4) โดยแต่ละพันธุ์ พันธุ์เชียงใหม่ 60 มีปริมาณสารไอโซฟลาโวน สูงสุดเมื่อปลูกในช่วงปลูกที่ 1 (12 พฤศจิกายน 2555) มีปริมาณสารไอโซฟลาโวน 45.19 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม พันธุ์เชียงใหม่ 2 มีปริมาณสารไอโซฟลาโวน สูงสุดเมื่อปลูกในช่วงปลูกที่ 1 (12 พฤศจิกายน 2555) มีปริมาณสารไอโซฟลาโวน 52.15 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม และ MJ 9513-3 มีปริมาณสารไอโซฟลาโวน สูงสุดเมื่อปลูกในช่วงปลูกที่ 1 (12 พฤศจิกายน 2555) มีปริมาณสารไอโซฟลาโวน 40.83 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม

ฤดูแล้ง 2557 เริ่มปลูกช่วงปลูกที่ 1 เมื่อ 15 พฤศจิกายน 2556 จนถึงช่วงปลูกที่ 4 วันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2557 ผลผลิตเฉลี่ยในแต่ละช่วงปลูกมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 2) ช่วงปลูกที่ 3 (14 มกราคม 2557) ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด 355 กิโลกรัมต่อไร่ รongลงมาได้แก่ ช่วงปลูกที่ 2 (16 ธันวาคม 2556) จำนวน 255 กิโลกรัมต่อไร่ ช่วงปลูกที่ 1 (15 พฤศจิกายน 2556) จำนวน 219 กิโลกรัมต่อไร่ และช่วงปลูกที่ 4 (12 กุมภาพันธ์ 2557) จำนวน 203 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตเฉลี่ยในแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยพันธุ์ MJ 9513-3 มีผลผลิตเฉลี่ยทั้งสี่ช่วงปลูกสูงสุด เท่ากับ 292 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่พันธุ์เชียงใหม่ 60 และเชียงใหม่ 2 มีผลผลิตเท่ากับ 251 และ 231 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนปัจจัยของช่วงปลูกและพันธุ์มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน (Table 3) โดยแต่ละพันธุ์ให้ผลผลิตสูงสุดเมื่อปลูกในช่วงปลูกที่ 3 (14 มกราคม 2557) พันธุ์เชียงใหม่ 60 ให้ผลผลิต 346 กิโลกรัมต่อไร่ พันธุ์เชียงใหม่ 2 ให้ผลผลิต 279 กิโลกรัมต่อไร่และ MJ 9513-3 ให้ผลผลิต 439 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

ปริมาณสารไอโซฟลาโวนของถั่วเหลืองในแต่ละช่วงปลูกมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 2) ถั่วเหลืองที่ปลูกช่วงปลูกที่ 2 (16 ธันวาคม 2556) มีปริมาณสารไอโซฟลาโวนของถั่วเหลืองสูงสุด 49.01 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม รongลงมาได้แก่ ถั่วเหลืองที่ช่วงปลูกที่ 1 (15 พฤศจิกายน 2556) มีจำนวน 38.67 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม ปริมาณสารไอโซฟลาโวนของถั่วเหลืองในแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง พันธุ์เชียงใหม่ 2 มีปริมาณสารไอโซฟลาโวนเฉลี่ยจากสี่ช่วงปลูกสูงสุด (47.27 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม) ส่วนปัจจัยของช่วงปลูกและพันธุ์มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน (Table 3) โดยพันธุ์เชียงใหม่ 60 มีปริมาณสารไอโซฟลาโวน สูงสุดเมื่อปลูกในช่วงปลูกที่ 1 (15 พฤศจิกายน 2556) มีปริมาณสารไอโซฟลาโวน 45.20 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม พันธุ์เชียงใหม่ 2 มีปริมาณสารไอโซฟลาโวน สูงสุดเมื่อปลูกในช่วงปลูกที่ 2 (16 ธันวาคม 2556) มีปริมาณสารไอโซฟลาโวน 67.16 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม และ MJ 9513-3 มีปริมาณสารไอโซฟลาโวน สูงสุดเมื่อปลูกในช่วงปลูกที่ 2 (16 ธันวาคม 2556) มีปริมาณสารไอโซฟลาโวน 52.90 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม

ฤดูแล้ง 2558 เริ่มปลูกช่วงปลูกที่ 1 เมื่อ 6 พฤศจิกายน 2557 ถึงช่วงปลูกที่ 4 วันที่ 3 กุมภาพันธ์ 2558 ผลผลิตเฉลี่ยพบว่า มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันปัจจัยของช่วงปลูกและพันธุ์ (Table 2) โดยพันธุ์ พันธุ์เชียงใหม่ 60 ให้ผลผลิตสูงสุดเมื่อปลูกที่ 4 ธันวาคม 2557 และ 3 กุมภาพันธ์ 2558 ได้ผลผลิตเท่ากับ 405 และ 394 กิโลกรัม ต่อไร่ พันธุ์เชียงใหม่ 2 ให้ผลผลิตสูงสุดเมื่อปลูกที่ 4 ธันวาคม 2557 และ 5 มกราคม 2558 ได้ผลผลิตเท่ากับ 373 และ 342 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนพันธุ์ MJ 9513-3 ให้ผลผลิตสูงสุดเมื่อปลูกที่ 4 ธันวาคม 2557 ถึง 3 กุมภาพันธ์ 2558 ได้ผลผลิตเท่ากับ 348 357 และ 338 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

ปริมาณสารไอโซพลาโวนของถั่วเหลืองในแต่ละช่วงปลูกมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 2) ถั่วเหลืองที่ปลูกช่วงปลูกที่ 1 และ 2 (6 พฤศจิกายน 2557 และ 4 ธันวาคม 2557) มีปริมาณสารไอโซพลาโวนของถั่วเหลืองสูงสุด 46.32 และ 42.00 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม ร่องลงมาได้แก่ ถั่วเหลืองที่ช่วงปลูกที่ 3 (5 มกราคม 2558) มีจำนวน 38.51 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม ปริมาณสารไอโซพลาโวนของถั่วเหลืองในแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง พันธุ์ เชียงใหม่ 2 มีปริมาณสารไอโซพลาโวนเฉลี่ยจากสี่ช่วงปลูกสูงสุด (43.99 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม ส่วนปัจจัยของช่วงปลูกและพันธุ์มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันโดยแต่ละพันธุ์ พันธุ์เชียงใหม่ 60 มีปริมาณสารไอโซพลาโวนสูงสุดเมื่อปลูกในช่วงปลูกที่ 1 (6 พฤศจิกายน 2557) มีปริมาณสารไอโซพลาโวน 48.38 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม พันธุ์เชียงใหม่ 2 มีปริมาณสารไอโซพลาโวน สูงสุดเมื่อปลูกในช่วงปลูกที่ 1 และ 2 (6 พฤศจิกายน 2557 และ 4 ธันวาคม 2557) มีปริมาณสารไอโซพลาโวน 52.16 และ 51.00 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม และ MJ 9513-3 มีปริมาณสารไอโซพลาโวน สูงสุดเมื่อปลูกในช่วงปลูกที่ 3 (5 มกราคม 2558) มีปริมาณสารไอโซพลาโวน 43.07 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม

เมื่อนำปริมาณสารไอโซพลาโวนของถั่วเหลืองในแต่ละช่วงปลูกในฤดูแล้งปี 2556-2558 มาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน กับ ผลผลิต ค่าอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย ค่าอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย ความชื้นเฉลี่ย และ ปริมาณน้ำฝนสะสม พบว่า ปริมาณสารไอโซพลาโวนของถั่วเหลืองมีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลผลิต ($r^2 = 0.5377$) ซึ่งสอดคล้องกับ Yin and Vyn (2005) และ Vyn *et al.* (2002) มีรายงานว่า ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองจะมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับปริมาณสารไอโซพลาโวน และไม่ทำให้ปริมาณโปรตีนและน้ำมันลดลง ปริมาณไอโซพลาโวน มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับผลผลิตถั่วเหลือง ปริมาณสารไอโซพลาโวนของถั่วเหลืองในแต่ละช่วงปลูกมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความชื้นเฉลี่ย ($r^2 = 0.5462$) ความชื้นเฉลี่ยในแต่ละช่วงปลูก มีค่าระหว่าง 60.9 – 75.9 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณสารไอโซพลาโวนของถั่วเหลืองมีความสัมพันธ์ทางลบกับค่าอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย ($r^2 = 0.4522$) ถั่วเหลืองผลิตปริมาณสารไอโซพลาโวนลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับ Murphy *et al.* (2009) ว่า พบถั่วเหลืองผลิตสารไอโซพลาโวนในปริมาณสูงกว่า 2-3 เมื่ออุณหภูมิต่ำและความชื้นในดินสูงในช่วงการพัฒนาเมล็ด

ฤดูฝน สภาพภูมิอากาศในแต่ละช่วงปลูก (Table 5) 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 ปริมาณน้ำฝนสะสม พบว่า ปี 2556 และ 2558 มีปริมาณน้ำฝนสะสมสูงในช่วงที่ 1-3 ซึ่งต่างจากปี 2557 มีปริมาณน้ำฝนสะสมทั้งสี่ช่วงใกล้เคียงกัน

การทดลองในฤดูฝน 2556 พบว่า ผลผลิตเฉลี่ยของแต่ละช่วงปลูกมีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 6) โดยช่วงปลูกที่ 1 (12 มิถุนายน 2556) ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงที่สุด จำนวน 356 กิโลกรัมต่อไร่ ช่วงปลูกที่ 4 (18 กันยายน 2556) ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำที่สุด จำนวน 90 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ผลผลิตเฉลี่ยในแต่ละพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ปัจจัยของช่วงปลูกและพันธุ์มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน (Table 7) โดยถั่วเหลืองทั้งสามพันธุ์ได้ผลผลิตสูงที่สุดในช่วงปลูกที่ 1 (12 มิถุนายน 2556) โดยพันธุ์ เชียงใหม่ 60 เชียงใหม่ 2 และ MJ 9513-3 ให้ผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 391 337 และ 339 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

ปริมาณสารไอโซฟลาโวนของถั่วเหลืองในแต่ละช่วงปลูกมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 6) ถั่วเหลืองที่ปลูกช่วงปลูกที่ 1 (12 มิถุนายน 2556) มีปริมาณสารไอโซฟลาโวนของถั่วเหลืองสูงสุด 48.91 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม ร่องลงมาได้แก่ ถั่วเหลืองที่ช่วงปลูกที่ 2 (15 กรกฎาคม 2556) มีจำนวน 26.37 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม ปริมาณสารไอโซฟลาโวนของถั่วเหลืองในแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง พันธุ์ เชียงใหม่ 2 มีปริมาณสารไอโซฟลาโวนเฉลี่ยจากสี่ช่วงปลูกสูงที่สุด (40.30 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม) ส่วนปัจจัยของช่วงปลูกและพันธุ์มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน (Table 8) โดยแต่ละพันธุ์ พันธุ์ เชียงใหม่ 60 มีปริมาณสารไอโซฟลาโวน สูงสุดเมื่อปลูกในช่วงปลูกที่ 1 (12 มิถุนายน 2556) มีปริมาณสารไอโซฟลาโวน 46.59 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม พันธุ์ เชียงใหม่ 2 มีปริมาณสารไอโซฟลาโวน สูงสุดเมื่อปลูกในช่วงปลูกที่ 1 (12 มิถุนายน 2556) มีปริมาณสารไอโซฟลาโวน 63.83 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม และ MJ 9513-3 มีปริมาณสารไอโซฟลาโวน สูงสุดเมื่อปลูกในช่วงปลูกที่ 1 (12 มิถุนายน 2556) มีปริมาณสารไอโซฟลาโวน 336.31 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม

การทดลองในฤดูฝน 2557 เริ่มปลูกช่วงปลูกที่ 1 เมื่อ 16 มิถุนายน 2557 จนช่วงปลูกที่ 4 ปลูกวันที่ 15 กันยายน 2557 ผลผลิตเฉลี่ยในแต่ละช่วงปลูกมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 6) ช่วงปลูกที่ 1 (16 มิถุนายน 2557) ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด 384 กิโลกรัมต่อไร่ ร่องลงมาได้แก่ ช่วงปลูกที่ 2 (15 กรกฎาคม 2557) จำนวน 290 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตเฉลี่ยในแต่ละพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนปัจจัยของช่วงปลูกและพันธุ์มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน (Table 7) โดยแต่ละพันธุ์ให้ผลผลิตสูงที่สุดเมื่อปลูกในช่วงปลูกที่ 1 (16 มิถุนายน 2557) พันธุ์ เชียงใหม่ 60 ให้ผลผลิต 359 กิโลกรัมต่อไร่ พันธุ์ เชียงใหม่ 2 ให้ผลผลิต 402 กิโลกรัมต่อไร่ และ MJ 9513-3 ให้ผลผลิต 394 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

ปริมาณสารไอโซฟลาโวนของถั่วเหลืองในแต่ละช่วงปลูกมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 6) ถั่วเหลืองที่ปลูกช่วงปลูกที่ 1 (16 มิถุนายน 2557) มีปริมาณสารไอโซฟลาโวนของถั่วเหลืองสูงสุด 28.65 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม ร่องลงมาได้แก่ ถั่วเหลืองที่ช่วงปลูกที่ 3 และ 4 (18 สิงหาคม และ 15 กันยายน 2557) มีจำนวน 23.27 และ 23.86 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม ปริมาณสารไอโซฟลาโวนของถั่วเหลืองในแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง พันธุ์ เชียงใหม่ 2 มีปริมาณสารไอโซฟลาโวนเฉลี่ยจากสี่ช่วงปลูกสูงที่สุด (31.17 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม) ส่วนปัจจัยของช่วงปลูกและพันธุ์มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน (Table 8) โดยแต่ละพันธุ์ พันธุ์ เชียงใหม่ 60 มีปริมาณสารไอโซฟลาโวน สูงสุดเมื่อปลูกในช่วงปลูกที่ 4 (15 กันยายน 2557) มีปริมาณสารไอโซฟลาโวน 14.88 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม พันธุ์ เชียงใหม่ 2 มีปริมาณสารไอโซฟลาโวน สูงสุดเมื่อปลูก

ในช่วงปลูกที่ 1 (16 มิถุนายน 2557) มีปริมาณสารไอโซฟลาโวน 43.95 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และ MJ 9513-3 มีปริมาณสารไอโซฟลาโวน สูงสุดเมื่อปลูกในช่วงปลูกที่ 1 (16 มิถุนายน 2557) มีปริมาณสารไอโซฟลาโวน 31.56 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

การทดลองในฤดูฝน 2558 เริ่มปลูกช่วงปลูกที่ 1 เมื่อ 10 มิถุนายน 2558 จนช่วงปลูกที่ 4 ปลูกวันที่ 10 กันยายน 2558 ผลผลิตเฉลี่ยในแต่ละช่วงปลูกมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 6) ช่วงปลูกที่ 1 (10 มิถุนายน 2558) ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด 302 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาได้แก่ ช่วงปลูกที่ 2 (10 กรกฎาคม 2558) จำนวน 275 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตเฉลี่ยในแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญโดยพันธุ์ MJ 9513-3 ให้ผลผลิตต่ำสุด ส่วนปัจจัยของช่วงปลูกและพันธุ์มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน (Table 7) โดยพันธุ์พันธุ์เชียงใหม่ 60 และพันธุ์เชียงใหม่ 2 ให้ผลผลิตสูงสุดเมื่อปลูกในช่วงปลูกที่ 1 (10 มิถุนายน 2558) ให้ผลผลิต 346 และ 335 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วน MJ 9513-3 ให้ผลผลิตสูงสุดเมื่อปลูกในช่วงปลูกที่ 2 ให้ผลผลิต 292 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ปริมาณสารไอโซฟลาโวนของถั่วเหลืองในฤดูฝน 2558 นั้นอยู่ระหว่างวิเคราะห์

เมื่อนำปริมาณสารไอโซฟลาโวนของถั่วเหลืองในแต่ละช่วงปลูกในฤดูฝนปี 2556-2558 มาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันกับผลผลิต ค่าอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย ค่าอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย ความชื้นเฉลี่ย และปริมาณน้ำฝนสะสม พบว่า ปริมาณสารไอโซฟลาโวนของถั่วเหลืองมีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลผลิต ($r^2 = 0.5928$) ซึ่งสอดคล้องกับ Yin and Vyn (2005) และ Vyn *et al.* (2002) มีรายงานว่า ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองจะมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับปริมาณสารไอโซฟลาโวน และไม่ทำให้ปริมาณโปรตีนและน้ำมันลดลง ปริมาณไอโซฟลาโวนมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับผลผลิตถั่วเหลือง ปริมาณสารไอโซฟลาโวนของถั่วเหลืองในแต่ละช่วงปลูกมีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณน้ำฝนสะสม ($r^2 = 0.6101$) ปริมาณสารไอโซฟลาโวนของถั่วเหลืองมีความสัมพันธ์ทางลบกับค่าความชื้นเฉลี่ย ($r^2 = 0.5664$) ความชื้นเฉลี่ยในแต่ละช่วงปลูก มีค่าระหว่าง 76.1 – 80.0 เปอร์เซ็นต์ ถั่วเหลืองผลิตปริมาณสารไอโซฟลาโวนลดลงเมื่อความชื้นเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นมากกว่า 76.1 เปอร์เซ็นต์

9.สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ :

สภาพภูมิอากาศในแต่ละช่วงปลูกมีความแตกต่างกันในฤดูแล้ง อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 31.8-36.8 °C เพิ่มขึ้นมากในช่วงปลูกที่ 3 และ 4 อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยต่ำ (12.0-23.6) ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 60.9 – 75.9 ปริมาณน้ำฝนสะสม 5.1-192.3 มิลลิเมตร ในฤดูฝน อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 31.1-33.5 °C ไม่ต่างกันในแต่ละช่วงปลูก อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยสูงกว่าฤดูแล้ง (12.0-24.2) ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูง 76.1-80.0 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณน้ำฝนสะสมสูง 189-664.6 มิลลิเมตร เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยเพิ่มมากขึ้นมากกว่า 35 °C ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงกว่า 76.0 เปอร์เซ็นต์ ถั่วเหลืองผลิตปริมาณสารไอโซฟลาโวนลดลง ทั้งนี้ ปริมาณสารไอโซฟลาโวนมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับผลผลิตถั่วเหลือง ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 2 มีปริมาณสารไอโซฟลาโวนสูงสุดทั้งฤดูแล้งและฤดูฝน

10.การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ : เผยแพร่

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2545. เกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับถั่วเหลือง. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด กรุงเทพฯ. 26 หน้า.
- Lozovaya, V.V., Lygin, A.V., Ulanov, A.V., Nelson, R.L., Dayde, J. and Widholm, J.M. 2005. Effect of Temperature and Soil Moisture Status during Seed Development on Soybean Seed Isoflavone Concentration and composition. J. of *Crop Science*. 45: 1934-1945.
- Murphy, S.E., Lee, E.A., Seguin, P. 2009. Genotype x environment interaction and stability for isoflavone content in soybean. J. of *Crop Science*. 49(4): 1313-1321.
- Tsukamoto, C., Shimada, S., Igita, K., Kudou, S., Kokubun, M., Okubo, K., and Kitamara, K. 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., Yin, X., Bruulsema, I.W., Jackson, C.C., Rajcan, I. and Brondert, S.M. 2002. Potassium Fertilization Effects on Isoflavones Concentrations in Soybean. J. *Agric. Food. Chem*. 50(12): 3501-3506.
- Yin, X., and Vyn, T.J. 2005. Relationships of Isoflavones, Oil, Protein in seed with yield of soybean. *Agron. J*. 97: 1314-1321.

Table 1 The average maximum temperature, average minimum temperature, average relative humidity and cumulative rainfall during planting in dry season 2013 -2015.

Planting Date		Maturity	Tmax	Tmin	RHav	Total Rain	
Planting Date	Harvesting Date						
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 2 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.

Table 3 Interaction between planting dates and varieties on yield in dry season 2013 - 2015.

Planting Date	Varieties			Mean
	CM 60	CM 2	CM9513-3	
2013				
12-Nov	215 b	240 b	271 b	242
11-Dec	440 a	310 a	301 a	350
10-Jan	109 c	191 c	253 b	184
9-Feb	-	-	-	-
Mean	254	247	275	
CV (a) = 16.6	CV (b) = 20.2			
2014				
15-Nov	251b	180c	225b	219
16-Dec	292b	257b	216b	255
14-Jan	346a	279a	439a	355
12-Feb	115c	207c	285b	203
Mean	251	231	292	
CV (a) = 23.9	CV (b) = 13.9			
2015				
6-Nov	240b	233b	256b	243
4-Dec	405a	342a	348a	365
5-Jan	344ab	373a	357a	358
3-Feb	394a	241b	378a	338
Mean	345	297	335	
CV (a) = 11.4	CV (b) = 14.3			

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

Table 4 Interaction between planting dates and varieties on isoflavone content in dry season 2013 - 2015.

Planting Date	Varieties			Mean
	CM 60	CM 2	CM9513-3	
2013				
12-Nov	45.19a	52.15a	40.83a	46.15
11-Dec	26.12b	41.55a	26.61b	31.42
10-Jan	8.36c	16.61b	14.06c	13.01
9-Feb	1.34c	8.64c	4.42d	4.80
Mean	20.25	29.80	21.50	
CV (a) = 15.2 CV (b) = 20.7				
2014				
15-Nov	53.05a	46.52b	16.50c	38.67
16-Dec	27.00b	67.16a	52.90a	49.01
14-Jan	20.16b	36.25c	32.49b	29.64
12-Feb	14.00c	39.14c	31.23b	28.11
Mean	28.54	47.27	33.26	
CV (a) = 6.7 CV (b) = 13.8				

2015

6-Nov	48.38a	52.16a	38.41b	46.32
4-Dec	36.47b	51.00a	38.54b	42.00
5-Jan	22.88c	49.59a	43.07a	38.51
3-Feb	21.82c	23.23b	23.90c	22.99
Mean	32.39	43.99	35.98	

CV (a) = 16.7 CV (b) = 13.6

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

Table 5 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 6 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.

Table 7 Interaction between planting dates and varieties on yield in rainy season 2013 - 2015.

Planting Date	Varieties			Mean
	CM 60	CM 2	CM9513-3	
2013				

12 June	391 a	337 a	339 s	356
15-July	357 ab	247 b	357 a	320
18-Aug	304 b	173 c	233 b	237
18-Sep	77 c	49 d	145 c	90
Mean	282	202	268	
CV (a) = 9.7	CV (b) = 17.1			

2014

16 June	356a	402a	394a	384
15-July	319a	270b	282b	290
18-Aug	152c	136c	235c	174
15-Sep	270b	247b	283b	266
Mean	274	264	298	
CV (a) = 23.8	CV (b) = 10.9			

2015

10 June	346a	335a	227b	302
10-July	324a	210b	292a	275
17-Aug	206b	193b	191c	197
10-Sep	59c	115c	7.6d	60
Mean	233	213	179	
CV (a) = 10.4	CV (b) = 17.6			

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

Table 8 Interaction between planting dates and varieties on isoflavone content in rainy season 2013 - 2014.

Planting Date	Varieties			Mean
	CM 60	CM 2	CM9513-3	
2013				
12 June	46.59a	63.83a	36.31a	48.91
15-July	19.90b	46.85b	28.25b	26.37
18-Aug	17.61b	30.93c	26.22b	13.01
18-Sep	7.35c	19.60d	19.22c	15.40
Mean	22.87	40.30	27.50	
CV (a) = 9.9 CV (b) = 10.0				
2014				
16 June	10.45ab	43.95a	31.56a	28.65
15-July	7.11b	21.49c	17.00b	15.20
18-Aug	9.67ab	31.37b	28.78a	23.27
15-Sep	14.88a	27.88c	28.83a	23.86
Mean	10.52	31.17	27.50	
CV (a) = 24.0 CV (b) = 16.8				

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