การใช้สารบราสสิโนสเตียรอยด์ต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวในสภาวะแห้งแล้ง

Applications of Brassinosteroids on Yield and Quality of Mungbean Seed under Drought Stress

กัณทิมา ทองศรี[1] ภภัสสร วัฒนกุลภาคิน[1] ศุภลักษ์ สัตยสมิทสถิต[1] และ ฉันทนา คงนคร[1]

Kantima Thongsri[1], Papassorn Wattanakulpakin[1], Supalak Sattayasamitsathit[1] and Chuntana Kongnakhon[1]

บทคัดย่อ: การผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวในช่วงฤดูแล้งหลังการทำนาจะประสบปัญหาสภาวะแห้งแล้ง ทำให้ถั่วเขียวผลผลิตลดลงและมีเมล็ดลีบเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากขาดน้ำ สารกลุ่มบราสสิโนสเตียรอยด์ (Brassinosteroids; EBL) เป็นสารกระตุ้นการเจริญเติบโตทั้งยอดและราก ส่งเสริมการงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์และช่วยให้พืชทนทานต่อสภาวะแห้งแล้ง การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสาร EBL และระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ ถั่วเขียวภายใต้สภาวะแห้งแล้ง โดยนำเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 84-1 เป็นพืชทดสอบ ในสภาพโรงเรือนและสภาพไร่ โดยใช้สาร 24 -epibrassinolide (EBL) พ่นที่ต้นถั่วเขียวระยะออกดอก (R1) และระยะติดเมล็ด (R3) ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน 11 ระดับ คือ 0.01 0.025 0.05 0.075 0.10 0.25 0.50 0.75 1.00 และ 2.00 มิลลิกรัมต่อลิตร และใช้น้ำกลั่นเป็นชุดควบคุม พบว่า การพ่นสาร EBL กับต้นถั่วเขียวที่ความเข้มข้น 0.50 และ 2.00 ppm มีผลต่อจำนวนฝักต่อต้น น้ำหนักฝักแห้งและน้ำหนักเมล็ดถั่วเขียวต่อกระถางสูงที่สุด และการพ่นสาร EBL กับต้นถั่วเขียวที่ความเข้มข้น 0.10, 0.50 และ 1.00 ppm ทำให้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวสูงที่สุด โดยเฉพาะสาร EBL ที่ความเข้มข้น 1.00 ppm มีผลให้เมล็ดเสียน้อยที่สุดและความยาวรากอ่อนสูงที่สุด ส่วนคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ที่ได้จากถั่วเขียวที่ปลูกในสภาพโรงเรือนและสภาพไร่ภายใต้สภาวะแห้งแล้ง มีความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์โดยวิธีเร่งอายุไม่แตกต่างกัน ภายหลังการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ ถั่วเขียวระยะเวลา 4 เดือน ในสภาพอุณหภูมิปกติความงอกของเมล็ดพันธุ์ลดลงเล็กน้อย แต่ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์โดยวิธีเร่งอายุไม่แตกต่างกับเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวก่อนเก็บรักษา ซึ่งคุณภาพเมล็ดพันธุ์อยู่ในมาตรฐานชั้นพันธุ์จำหน่าย มีความงอกมากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น สาร EBL 0.50 และ 1.00 ppm เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวในสภาวะแห้งแล้ง

คำสำคัญ: บราสสิโนสเตียรอยด์ ถั่วเขียว สภาวะแห้งแล้ง ความงอกและความแข็งแรง

---

[1]ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชพิษณุโลก ตำบลวังทอง อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก 65130

[1]Phitsanulok Seed Research and Development Center, Wangthong, Phitsanulok, 65130

* Corresponding author kantima_3816@hotmail.com

ABSTRACT: Mungbean seed production after rice in dry season had problems from drought. Drought conditions decreased seed yield and increased undeveloped seeds due to dehydration. Brassinosteroids (EBL) stimulates shoot and root growth rate, germination and vigor of seed, and also induces drought stress tolerance. The objectives of this study were to evaluate effects and suitable concentrations of EBL on plant growth, yield and quality of mungbean seed under drought conditions. Mungbean seeds (CN84-1) were treated and foliar EBL on flowering begins (R1) and seed produced begins (R3) in pot and field experiments including, EBL at eleven concentrations of 0.01, 0.025, 0.05, 0.075, 0.10, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00 and 2.00 ppm and distilled water treated was use as the control. The results were found that mungbean seeds treated with EBL 0.50 and 2.00 ppm gave higher number pods per plant, pods dry weight per pot and seeds weight per pot of mungbean than non-treated seeds. Moreover, mungbean seeds treated with 0.10, 0.50 and 1.00 ppm had the highest of seed yield of mungbean. Especially, seeds treated with EBL 1.00 ppm had lowest undeveloped seeds and highest root growth rate. There were no differences in standard germination and seed vigor by AA test between seeds from mungbean planted under drought conditions in the greenhouse and experimental fields. After 4 months of storage under room temperature, it was found that germination of mungbean seed slightly decreased but higher than 75 percentage which is the minimum of germination percentage for certified mungbean seed. Additionally, there were no differences in seed vigor by AA test between before and after storage. Therefore, mungbean seeds treated with EBL 0.50 and 1.00 ppm were suitable concentrations of EBL to increase the efficiency of mungbean seed production under drought conditions.

Key words: Brassinosteroids, mungbean, drought conditions, seed germination and vigor

1. บทนำ

การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศส่งผลให้ประเทศไทยประสบปัญหาภัยแล้งอย่างกว้างขวางในหลายพื้นที่เห็นได้จากปริมาณน้ำฝนช่วงฤดูแล้งในพื้นที่ปลูกถั่วเขียวทางตอนบนประเทศไทยประมาณเดือนธันวาคม 2561 ถึง เดือนมีนาคม 2562 มีปริมาณฝนสะสมต่ำกว่า 100 มิลลิเมตร (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2562) และพรพรรณ (2558) รายงานว่า สภาวะแห้งแล้งและสภาพอากาศที่ร้อนขึ้น มีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชที่ผิดปกติไปจากเดิม และมีผลโดยอ้อมทำให้น้ำใช้ในการเกษตรไม่เพียงพอ ทำให้เกษตรกรบางพื้นที่มีการปรับเปลี่ยนมาปลูกพืชชนิดอื่นแทนการทำนาปรังอย่างเช่น ถั่วเขียว ซึ่งเป็นพืชทางเลือก อายุสั้น

ใช้น้ำน้อย สามารถนำไปใช้ในระบบปลูกข้าวได้ดี โดยใช้ความชื้นที่เหลืออยู่ในดินภายหลังเก็บเกี่ยวพืชหลักได้โดยไม่กระทบต่อผลผลิตมากนัก (อ้อยทิน และคณะ, 2558; สุวิมล และคณะ, 2558) แต่การผลิตเมล็ดพันธุ์ที่มีเป้าหมายหลักให้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์สูงและคุณภาพดีในฤดูแล้งหลังการทำนาเพื่อให้เมล็ดพันธุ์เพียงพอต่อความต้องการของเกษตรกรแต่ยังคงประสบปัญหาสภาพแห้งแล้งและภาวะฝนทิ้งช่วงอยู่ในขั้นวิกฤตทำให้พืชขาดน้ำไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตส่งผลให้ผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ลดลง สภาวะเครียดของพืชดังกล่าวในการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวทำให้ผลผลิตลดลงร้อยละ 12 - 24 และมีเมล็ดลีบร้อยละ 7.9 (วันชัย และคณะ, 2538) ดังนั้น เกษตรกรมีความต้องการให้พืชทนต่อสภาวะแห้งแล้ง มีอายุเก็บเกี่ยวสั้นและเมล็ดพันธุ์มีคุณภาพดีตรงตามความต้องการของตลาด ปัจจุบันด้วยเทคโนโลยีทางการเกษตรที่มีการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งในการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลผลิตภายใต้สภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม สารควบคุมการเจริญเติบโตสามารถส่งเสริมการเจริญเติบของพืชได้ (Davies, 1995) โดยเฉพาะสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชกลุ่มบราสสิโนสเตียรอยด์ (Brassinosteroids; BRs) ที่สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตได้ทั้งยอดและราก เร่งการสุกแก่ของพืช ส่งเสริมการงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ และช่วยให้พืชทนทานต่อสภาวะแห้งแล้งได้ Divi and Krishna (2009) และ Krishna (2003) พบว่า บราสสิโนสเตียรอยด์มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพในพืชหลายชนิด และเมื่อพ่นบราสสิโนสเตียรอยด์ทางใบทำให้พืชทนทานต่อความเครียดจากความร้อนได้มากขึ้น โดยเพิ่มอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง กระตุ้นการสร้างเอนไซม์ Ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase (Rubisco) ในปฏิกิริยา Calvin Cycle อีกทั้งสามารถรักษาค่าศักย์ของน้ำในใบ (Leaf Water Potential) รักษาความเต่งของเซลล์ ลดการเกิด Reactive Oxygen Species (ROS) และปฏิกิริยา lipid peroxidation คือลดการเสื่อมสภาพของเซลล์ และไม่ทำให้เซลล์ตายภายใต้สภาวะแห้งแล้ง (Yu *et al.*, 2004; Janeczko *et al.*, 2011; Zhang *et al.*, 2008) ในถั่วเขียว Hayat *et al.* (2010) ศึกษาการใช้สารบราสสิโนสเตียรอยด์ ชนิด 28-homobrassinolide (HBL) ต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยาของพืชภายใต้ภาวะเครียดจากอุณหภูมิสูง พบว่า การใช้ 0.01 µM HBL กับต้นกล้าอายุ 10 วันหลังปลูก ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ส่งผลให้ต้นถั่วเขียวมีการสังเคราะห์แสง ประสิทธิภาพการใช้แสง ดัชนีความเสถียรของเมมเบรน และค่าศักย์ของน้ำในใบเพิ่มขึ้น ลดการเกิด lipid peroxidation ภายใต้สภาวะเครียดโดยมีปริมาณเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระและโพรลีนในระดับที่เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับ Fariduddin *et al.* (2007) แช่เมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวด้วยสาร 1.0 µM HBL ก่อนปลูก และพ่นสาร 0.01 µM HBL ที่ต้นถั่วเขียวอายุ 30 และ 50 วันหลังปลูก พบว่า กิจกรรมของเอนไซม์ carbonic anhydrase และ nitrate reductase ปริมาณคลอโรฟิลล์ อัตราสังเคราะห์แสงสุทธิ ประสิทธิภาพการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำหนักต้นแห้ง จำนวนฝักต่อต้น และผลผลิตเมล็ดพันธุ์เพิ่มขึ้น ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้เป็นการนำสารควบคุมการเจริญเติบโตของ

พืชกลุ่ม บราสสิโนสเตียรอยด์ ชนิด 24-epibrassinolide (EBL) มาทดสอบซึ่งจะสามารถช่วยให้พืชทนทานต่อสภาวะแห้งแล้ง โดยหาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมที่มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวในสภาพโรงเรือนและสภาพไร่ภายใต้สภาวะแห้งแล้ง

2. วิธีการศึกษา

2.1 การศึกษาระดับความเข้มข้นของบราสสิโนสเตียรอยด์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตถั่วเขียวภายใต้สภาวะแห้งแล้ง

เก็บตัวอย่างดินที่ใช้เป็นตัวแทนในการปลูกถั่วเขียวที่ระดับความลึก 0 - 15 เซนติเมตร จากแปลงศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชพิษณุโลก ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของดินเบื้องต้น เช่น ค่า pH ปริมาณอินทรียวัตถุ ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และเหล็กที่สกัดได้ นำตัวอย่างดินที่เตรียมไว้ใส่กระถางละ 8 กิโลกรัม ผสมดินกับปุ๋ยเคมีโดยใส่ปุ๋ยยูเรีย อัตรา 0.271 กรัมยูเรียต่อกระถาง (250 มิลลิกรัม N ต่อดิน 1 กิโลกรัม) ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต อัตรา 0.163 กรัม TSP/กระถาง (150 มิลลิกรัม P_2O_5 ต่อดิน 1 กิโลกรัม) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ อัตรา 0.083 กรัม KCl (100 มิลลิกรัม K_2O ต่อดิน 1 กิโลกรัม) บ่มดินไว้ภายใต้สภาพความจุความชื้นภาคสนาม 80 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 1 สัปดาห์ โดยเติมน้ำปริมาณ 2.6 ลิตรต่อกระถาง ชั่งน้ำหนักเพื่อใช้คำนวณการให้น้ำระหว่างการทดลอง เมื่อครบ 1 สัปดาห์ ทำการปลูกพืชในกระถางสภาพโรงเรือนโดยใช้ถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 84-1 เป็นพืชทดสอบ วางแผนการทดลองแบบ Randomized compete block designs จำนวน 4 ซ้ำ ทดสอบสารบราสสิโนสเตียรอยด์ชนิด 24-epibrassinolide (EBL) โดยพ่นสารที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน จำนวน 11 กรรมวิธี ประกอบด้วย 0.01 0.025 0.05 0.075 0.10 0.25 0.50 0.75 1.00 และ 2.00 มิลลิกรัมต่อลิตร เปรียบเทียบกับการไม่พ่นสาร EBL เป็นชุดควบคุม โดยพ่นด้วยน้ำกลั่นเพียงอย่างเดียวและใช้ปริมาณสารละลาย 30 มิลลิลิตรต่อกระถาง ปลูกถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 84-1 จำนวน 5 เมล็ดต่อกระถาง เมื่อต้นกล้าอายุประมาณ 7 วัน ถอนต้นกล้าออกให้เหลือ 3 ต้นต่อกระถาง ให้น้ำถั่วเขียวทุก ๆ 3 วัน จนถึงระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาโดยชั่งน้ำหนักกระถางเพื่อคำนวณหาปริมาณน้ำที่ให้ถั่วเขียว ก่อนทดสอบพ่นสาร EBL ควบคุมความชื้นของดินให้อยู่ในสภาพความจุความชื้นภาคสนาม 35 เปอร์เซ็นต์ ประมาณ 3 วัน พ่นสาร EBL ที่ผสมสารจับใบลดแรงตึงผิวตามระดับความเข้มข้นที่กำหนดในแต่ละกรรมวิธี พ่นสารเมื่อถั่วเขียวเจริญเติบโตที่ระยะเริ่มออกดอก (R1) และเริ่มติดเมล็ด (R3) ซึ่งเป็นช่วงวิกฤติในการขาดน้ำของพืชที่มีผลต่อผลผลิต และให้น้ำอีกครั้งภายหลังพ่นสาร 1 อาทิตย์ เมื่ออายุถั่วเขียวถึงระยะเก็บเกี่ยวฝักเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลหรือสีดำ ดำเนินการเก็บเกี่ยวด้วยการปลิดฝักแต่ละรุ่นและเก็บตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ บันทึกข้อมูลวันสุกแก่ทางสรีรวิทยา (physiological maturity; PM) ภายหลังเก็บเกี่ยวทำการเก็บตัวอย่างต้นถั่วเขียวบันทึกข้อมูลองค์ประกอบ

ผลผลิต ได้แก่ ความสูง จำนวนข้อต่อต้น จำนวนกิ่งต่อต้น จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก น้ำหนักแห้งต้น เป็นต้น ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ และตรวจสอบความงอกมาตรฐานตามวิธีการของ ISTA (2019)

2.2 การศึกษาผลของบราสสิโนสเตียรอยด์ต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวภายใต้สภาวะแห้งแล้ง

ทดสอบพืชภายในแปลงที่เก็บตัวอย่างดินภายในศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชพิษณุโลก ในฤดูแล้ง ปี 2560/61 ช่วงปลายเดือนธันวาคม 2560 ถึงต้นเดือนมีนาคม 2561 โดยเตรียมพื้นที่ปลูกมีขนาดแปลงย่อย 4 x 6 ตารางเมตร พื้นที่เก็บเกี่ยว 3 x 5 ตารางเมตร ระยะปลูก 50 x 10 เซนติเมตร ให้น้ำภายในแปลงหลังเตรียมดินเสร็จและปลูกถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 84-1 คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมก่อนปลูก พ่นสารป้องกันกำจัดวัชพืชเมื่อปลูกเสร็จ เมื่อถั่วเขียวอายุ 2 สัปดาห์ ใส่ปุ๋ยเคมี 12 – 24 - 12 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ พร้อมถอนแยกให้ได้จำนวน 3 ต้นต่อหลุม หลังจากนั้นให้น้ำทุก 15 วัน และหยุดให้น้ำก่อนถึงระยะเริ่มออกดอก (R1) และเริ่มติดเมล็ด (R3) ประมาณ 1 อาทิตย์ เพื่อให้ถั่วเขียวอยู่ในสภาวะแห้งแล้ง พ่นสารป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืช และดูแลรักษาตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (กรมวิชาการเกษตร, 2547) วางแผนการทดลองแบบ Randomized compete block designs จำนวน 4 ซ้ำ ทดสอบสาร EBL โดยพ่นสารที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน จำนวน 6 กรรมวิธี ประกอบด้วยระดับความเข้มข้นของสาร EBL ที่เหมาะสมในการทดลองที่ 2.1 มาทดสอบ 6 กรรมวิธี คือ 0.10 0.25 0.50 0.75 และ 1.00 ppm เปรียบเทียบกับการไม่พ่นสารเป็นชุดควบคุมโดยพ่นด้วยน้ำกลั่นเพียงอย่างเดียว และใช้ปริมาณสารละลาย 600 มิลลิลิตรต่อแปลงย่อย พ่นสาร EBL ที่ผสมสารจับใบลดแรงตึงผิวตามระดับความเข้มข้นที่กำหนดในแต่ละกรรมวิธี พ่นเมื่อถั่วเขียวเจริญเติบโตที่ระยะเริ่มออกดอก (R1) และเริ่มติดเมล็ด (R3) เป็นช่วงวิกฤติในการขาดน้ำของพืชที่มีผลต่อผลผลิต เมื่ออายุถั่วเขียวถึงระยะเก็บเกี่ยวฝักเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลหรือสีดำ ภายหลังเก็บเกี่ยวทำการเก็บตัวอย่างต้นถั่วเขียวบันทึกข้อมูลองค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ ความสูง จำนวนข้อต่อต้น จำนวนกิ่งต่อต้น จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก น้ำหนักแห้งต้น เป็นต้น ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ และตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวก่อนและหลังการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในสภาพอุณหภูมิปกติ วัดอัตราการเจริญเติบโตของยอดอ่อนและรากอ่อน (Shoot and root growth rate) ตามวิธีการของ AOSA (1983) ตรวจสอบความงอกมาตรฐานและความงอกภายหลังเร่งอายุด้วยวิธี Accelerated aging test (AA test) ตามวิธีการของ ISTA (2019) ทุกเดือนเป็นระยะเวลา 4 เดือน

วิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพเมล็ดพันธุ์ที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) เพื่อหาค่า F-test วิเคราะห์ความแปรปรวนรวมและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของลักษณะต่าง ๆ ด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรม statistical software DSAASTAT (Onofri and Pannacci, 2014)

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 การศึกษาสมบัติบางประการของดินที่ใช้ในการศึกษา

เตรียมตัวอย่างดินที่เป็นตัวแทนปลูกถั่วเขียวในกระถางสภาพโรงเรือนและสภาพไร่ วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารและคุณสมบัติของดิน ซึ่งจากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดสอบสาร EBL (Table 1) พบว่า ดินที่ใช้ทดสอบปลูกถั่วเขียวมีความอุดมสมบูรณ์ของดินระดับปานกลาง ลักษณะเนื้อดินเป็นดินเหนียวปนทรายแป้ง ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดมาก (pH 4.7) ปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ (%OM เท่ากับ 0.41%) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ระดับสูง (Avail. P เท่ากับ 48.1 mg P/kg) ปริมาณโพแทสเซียมอยู่ระดับต่ำ (K เท่ากับ 36.0 mg K/kg) ปริมาณแคลเซียมปานกลาง (Ca เท่ากับ 254.0 mg Ca/kg) ปริมาณแมกนีเซียมอยู่ระดับต่ำ (Mg เท่ากับ 19.0 mg Mg/kg) และปริมาณเหล็กอยู่ระดับสูง (Fe เท่ากับ 119.0 mg Fe/kg)

Table 1 Some physical and chemical properties of soils used in the study

Soil properties	Soil
Texture[1/]	Silty clay
pH[2/]	4.69
OM (%)[3/]	3.12
Avail. P (mg/kg)[4/]	25.40
K (mg/kg)[5/]	36.00
Ca (mg/kg)[5/]	254.0
Mg (mg/kg)[5/]	19.00
Fe (mg/kg)[6/]	119.0

Remark

[1/] pipette method (Blake, 1980)
[2/] pH meter (Soil : water; 1 : 1)
[3/] Walkley and Black method (Walkley and Black,
[4/] Bray II method (Bray II and Kurtz, 1945)
[5/] Ammonium Acetate 1 N pH 7 extraction (Pratt, 1965)
[6/] DTPA

3.2 ระดับความเข้มข้นของบราสสิโนสเตียรอยด์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตถั่วเขียวภายใต้สภาวะแห้งแล้ง

จากการศึกษาหาระดับความเข้มข้นของสาร EBL ต่อการเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตถั่วเขียวภายใต้สภาวะแห้งแล้งในกระถางสภาพโรงเรือน พบว่า การพ่นสาร EBL กับต้นถั่วเขียวที่ระดับความเข้มข้น 0.50 และ 2.00 ppm ทำให้จำนวนฝักต่อต้นสูงที่สุดเท่ากับ 8 ฝักต่อต้น แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่พ่นสาร (ชุดควบคุม) รองลงมาที่ระดับความเข้มข้นของ EBL 0.10 และ 0.75 ppm มีจำนวนฝัก 8 และ 7 ฝักต่อต้น ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับการไม่พ่นสาร นอกจากนี้ การพ่นสาร EBL กับต้นถั่วเขียวทำให้ความสูง จำนวนข้อต่อต้น จำนวนกิ่งต่อต้น และน้ำหนักต้นแห้งต่อกระถางของถั่วเขียวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิต ซึ่งต้นถั่วเขียวหลังจากพ่นสาร EBL มีความสูงอยู่

ระหว่าง 22.4 - 27.9 เซนติเมตร จำนวนข้อ 7 - 8 ข้อต่อต้น จำนวนกิ่ง 0 - 1 กิ่งต่อต้น และน้ำหนักต้นแห้งอยู่ระหว่าง 12.74 - 19.75 กรัมต่อกระถาง โดยที่จำนวนวันถึงระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเช่นเดียวกันอยู่ในช่วง 74 - 75 วัน นับจากวันปลูก (Table 2)

แต่เมื่อพิจารณาน้ำหนักฝักแห้งและน้ำหนักเมล็ดถั่วเขียวต่อกระถางผลการทดลองที่ได้มีทิศทางเดียวกับจำนวนฝักต่อต้น โดยที่การพ่นสาร EBL กับต้นถั่วเขียวที่ระดับความเข้มข้น 0.50 และ 2.00 ppm ทำให้น้ำหนักฝักแห้งสูงที่สุดเท่ากับ 18.55 และ 18.81 กรัมต่อกระถาง ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่พ่นสาร รองลงมาที่ระดับความเข้มข้นของ EBL 0.75 ppm มีน้ำหนักฝักแห้งเท่ากับ 16.98 กรัมต่อกระถาง แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับการไม่พ่นสาร ส่วนน้ำหนักเมล็ดถั่วเขียวในกระถาง พบว่า การพ่นสาร EBL กับต้นถั่วเขียวที่ระดับความเข้มข้น 0.50 และ 2.00 ppm ทำให้น้ำหนักเมล็ดถั่วเขียวสูงที่สุดเท่ากับ 14.01 และ 13.41 กรัมต่อกระถาง ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่พ่นสาร รองลงมาที่ระดับความเข้มข้นของ EBL 0.75, 0.10, 1.00 และ 0.25 ppm มีน้ำหนักเมล็ดถั่วเขียวเท่ากับ 12.56, 12.25, 10.46 และ 9.70 กรัมต่อกระถาง แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับการไม่พ่นสาร นอกจากนี้ การพ่นสาร EBL กับต้นถั่วเขียวทำให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และคุณภาพด้านความงอกไม่มีความแตกต่างกันทางสถิต ซึ่งต้นถั่วเขียวหลังจากพ่นสาร EBL มีน้ำหนัก 1,000 เมล็ดเฉลี่ย เท่ากับ 74.4 กรัม และหลังการเก็บเกี่ยวเมล็ดถั่วเขียวมีความงอกมาตรฐานเฉลี่ย 96 เปอร์เซ็นต์ (Table 3) ผลการทดลองที่ได้ชี้ให้เห็นว่า การพ่นสาร EBL กับต้นถั่วเขียวที่ระดับความเข้มข้น 0.50 และ 2.00 ppm เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสม รองลงมาที่ระดับความเข้มข้น 0.10, 0.25, 0.75 และ 1.00 ppm ที่มีผลต่อน้ำหนักเมล็ดถั่วเขียวภายใต้สภาวะแห้งแล้งในสภาพโรงเรือน ดังนั้น เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าต่อการลงทุนในการนำสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชไปใช้ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวภายใต้สภาวะแห้งแล้งในสภาพไร่ควรใช้สาร EBL ที่ระดับความเข้มข้น 0.10 - 1.00 ppm

Table 2 Effects of Epibrassinolide (EBL) in different treatments on physiological maturity (PM) and yield components of mungbean in the pot (means of 4 replications) under drought condition

Treatment	PM after sown (day) [1/]	Stem length (cm)[1/]	Number of nodes/plant	Number of branches/plant	Number of pods/plant [1/]	Dry weights of stem/pot (g)[1/]
EBL 0 ppm	75	24.3	7	0	5 bcd	17.89
EBL 0.010 ppm	75	22.5	7	0	6 abcd	12.74
EBL 0.025 ppm	74	24.3	7	1	7 abcd	18.72
EBL 0.050 ppm	75	22.4	7	0	4 d	16.52
EBL 0.075 ppm	75	24.7	7	1	4 d	19.21
EBL 0.100 ppm	75	27.0	8	1	8 ab	19.75
EBL 0.250 ppm	75	26.3	8	0	7 abc	15.17
EBL 0.500 ppm	74	27.2	7	0	8 a	16.18
EBL 0.750 ppm	75	27.9	7	0	7 ab	19.39
EBL 1.000 ppm	75	25.3	7	0	6 abcd	17.33
EBL 2.000 ppm	75	26.7	8	0	8 a	17.70
Mean	75	25.3	7	0	6	17.33
F-test	ns	ns	ns	ns	**	ns
C.V. (%)	0.67	14.04	8.90	11.07	32.43	25.97

[1/] In a column, values followed by a common letter are not significantly different by Duncan's Multiple Rang Test ($p \leq 0.05$)

Table 3 Effects of Epibrassinolide (EBL) in different treatments on yield and standard germination (%) of mungbean in the pot (means of 4 replications) under drought condition

Treatment	Dry weights of pod/pot (g)[1/]	Seeds weights (g/pot)[1/]	1,000 seed weights (g)[1/]	Germination (%)[1/]
EBL 0 ppm	11.87 bc	8.83 b	81.4	97
EBL 0.010 ppm	11.36 bc	8.38 b	77.3	97
EBL 0.025 ppm	13.69 abc	10.1a b	74.1	94
EBL 0.050 ppm	10.69 c	8.17 b	73.3	93
EBL 0.075 ppm	10.70 c	8.11 b	77.4	96
EBL 0.100 ppm	16.42 abc	12.25 ab	70.8	98
EBL 0.250 ppm	13.21 abc	9.70 ab	70.4	95
EBL 0.500 ppm	18.55 a	14.01 a	73.9	96
EBL 0.750 ppm	16.98 ab	12.56 ab	75.8	96
EBL 1.000 ppm	14.48 abc	10.46 ab	74.7	97
EBL 2.000 ppm	18.81 a	13.41 a	68.9	94
Mean	14.25	10.53	74.4	96
F-test	**	**	ns	ns
C.V. (%)	22.71	28.19	9.00	3.88

[1/] In a column, values followed by a common letter are not significantly different by Duncan's Multiple Rang Test ($p \leq 0.05$)

3.3 ผลของบราสสิโนสเตียรอยด์ต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวภายใต้สภาวะแห้งแล้ง

จากการศึกษาผลของบราสสิโนสเตียรอยด์ต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวภายใต้สภาวะแห้งแล้งในสภาพไร่ พบว่า การพ่นสาร EBL กับต้นถั่วเขียวที่ระดับความเข้มข้น 0.25 และ 0.50 ppm ทำให้จำนวนข้อต่อต้นสูงที่สุด จำนวน 10 ข้อต่อต้น แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่พ่นสาร (ชุดควบคุม) และผลการทดลองแสดงให้เห็นได้ชัดหลังปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ซึ่งผลผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวให้น้ำหนักแตกต่างกันตามระดับความเข้มข้นของสาร EBL ที่พ่นต้นถั่วเขียว โดยที่ระดับความเข้มข้นของ EBL ที่ 0.50, 1.00 และ 0.10 ppm ให้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวสูงที่สุด เท่ากับ 323.2, 304.3 และ 302.1 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่พ่นสาร และการพ่นสาร EBL กับต้นถั่วเขียวในสภาพไร่ทำให้ความสูง จำนวนกิ่งต่อต้น จำนวนฝักต่อต้น และจำนวนเมล็ดต่อฝักของถั่วเขียวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิต ซึ่งต้นถั่วเขียวหลังจากพ่นสาร EBL มีความสูงอยู่ระหว่าง 56.1 เซนติเมตร จำนวนกิ่ง 1 - 2 กิ่งต่อต้น จำนวนฝัก 18 - 25 ฝักต่อต้น และจำนวนเมล็ดอยู่ระหว่าง 11 - 12 เมล็ดต่อฝัก (Table 4)

คุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวภายหลังการปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ที่ทำการทดสอบการใช้สาร EBL ที่ระดับความเข้มข้นต่างกันพ่นในสภาพไร่ พบว่า การพ่นสาร EBL ที่ระดับความเข้มข้น 0 - 1.00 ppm มีผลให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์เมล็ดเสียที่มีลักษณะเมล็ดลีบเล็กและเหี่ยวย่นในต้นถั่วเขียวที่พ่นสาร EBL ระดับความเข้มข้น 1.00 ppm มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดเสียน้อยที่สุดร้อยละ 0.4 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่พ่นสาร ส่วนคุณภาพทางด้านความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวมีความงอกมาตรฐานเฉลี่ย 86 เปอร์เซ็นต์ ความงอกภายหลังเร่งอายุด้วยวิธี AA test เฉลี่ย 89 เปอร์เซ็นต์ และอัตราการเจริญเติบโตของยอดอ่อนมีความยาวอยู่ระหว่าง 7.24-8.74 เซนติเมตร แต่ความยาวรากของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่พ่นสาร EBL ระดับความเข้มข้น 0.10 และ 1.00 ppm มีความยาวรากสูงที่สุด เท่ากับ 8.02 และ 7.75 เซนติเมตร ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่พ่นสาร รองลงมาที่ระดับความเข้มข้น 0.50 และ 0.25 ppm มีความยาวเท่ากับ 7.65 และ 7.57 เซนติเมตร ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่พ่นสาร

ในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวในสภาพอุณหภูมิปกติ ซึ่งก่อนการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวมีความงอกมาตรฐานสูงอยู่ระหว่าง 85 - 87 เปอร์เซ็นต์ ความงอกภายหลังเร่งอายุด้วยวิธี AA test อยู่ระหว่าง 88 - 90 เปอร์เซ็นต์ คุณภาพเมล็ดพันธุ์ตรงตามมาตรฐานชั้นพันธุ์ขยาย (ความงอก ≥85%)แต่ภายหลังเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่อุณหภูมิปกติ พบว่า ความงอกลดลงเล็กน้อยแสดงให้เห็นในเดือนที่ 4 มีความงอกมาตรฐานอยู่ระหว่าง 78 - 80 เปอร์เซ็นต์ ส่วนความแข็งแรงอยู่ในระดับเดียวกันกับความงอกภายหลังเร่งอายุ

ด้วยวิธี AA test ก่อนการเก็บรักษาอยู่ระหว่าง 88 - 90 เปอร์เซ็นต์ คุณภาพเมล็ดพันธุ์เป็นไปตามมาตรฐานชั้นพันธุ์จำหน่าย (ความงอก ≥75%) (Table 5 และ Figure 1)

Table 4 Effects of Epibrassinolide (EBL) in different treatments on yield components and seed yield of mungbean in the field (means of 4 replications) under drought condition, dry season 2017

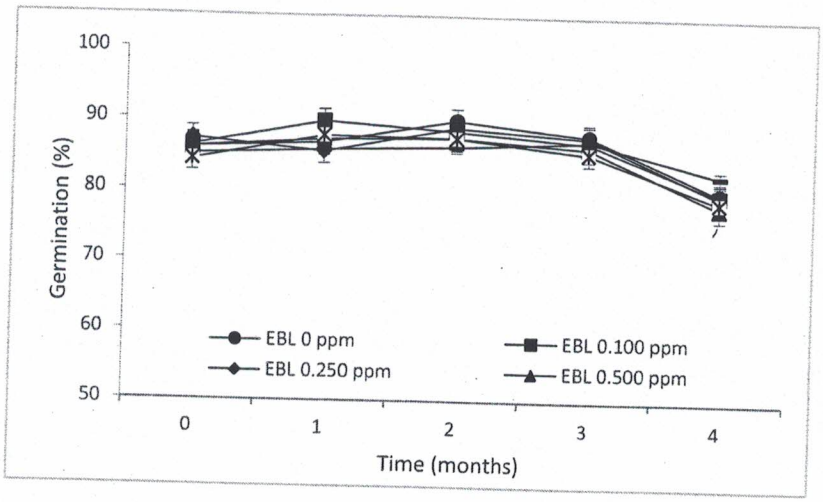
Treatment	Stem length (cm)[1/]	Number of nodes/plant [1/]	Number of branches/plant [1/]	Number of pods/plant [1/]	Number of seeds/pods [1/]	seeds weights (kg/rai)[1/]
EBL 0 ppm	56.1	10 ab	2	18	12	274.1 b
EBL 0.100 ppm	57.5	9 b	2	22	12	302.1 a
EBL 0.250 ppm	59.9	10 a	2	25	12	296.5 ab
EBL 0.500 ppm	60.2	10 a	2	22	11	323.2 a
EBL 0.750 ppm	59.8	10 ab	2	23	12	287.2 b
EBL 1.000 ppm	56.9	10 b	1	26	12	304.3 a
Mean	58.4	10	2	23	12	297.9
F-test	ns	*	ns	ns	ns	**
C.V. (%)	6.13	4.62	30.34	22.75	5.44	6.76

[1/] In a column, values followed by a common letter are not significantly different by Duncan's Multiple Rang Test ($p \leq 0.05$)

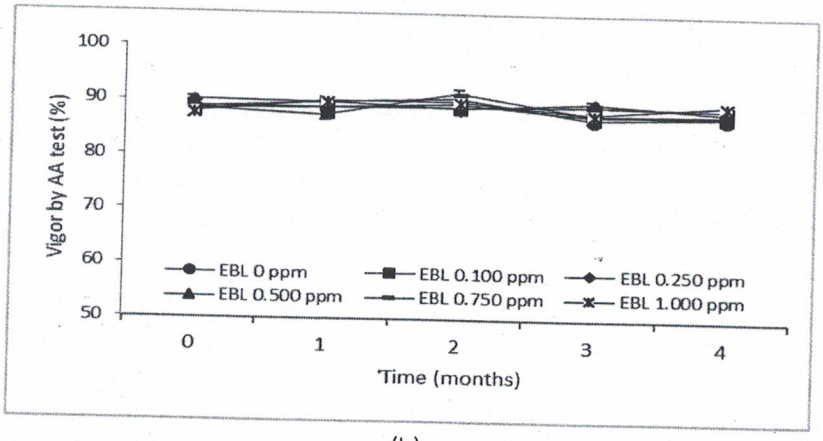
Table 5 Effects of Epibrassinolide (EBL) in different treatments on seed quality of mungbean in the field (means of 4 replications) under drought condition, dry season 2017

Treatment	Good seed (%)[1/]	Damaged seed (%)[1/]	Germination (%)[1/]	Seed vigor by AA test (%)[1/]	Shoot growth rates (cm)[1/]	Root growth rates (cm)[1/]
EBL 0 ppm	98.7	1.3 b	86	89	7.24	6.15 c
EBL 0.100 ppm	99.2	0.8 ab	86	89	8.74	8.02 a
EBL 0.250 ppm	99.3	0.7 ab	87	90	8.46	7.57 ab
EBL 0.500 ppm	99.3	0.7 ab	86	89	8.17	7.65 ab
EBL 0.750 ppm	98.4	0.6 ab	85	89	7.99	7.15 b
EBL 1.000 ppm	99.6	0.4 a	85	88	8.08	7.75 a
Mean	99.1	0.8	86	89	8.11	7.38
F-test	ns	**	ns	ns	ns	**
C.V. (%)	0.88	18.10	2.34	7.48	8.73	5.93

[1/] In a column, values followed by a common letter are not significantly different by Duncan's Multiple Rang Test ($p \leq 0.05$)



(a)



(b)

Figure 1 Seed germination (a) and vigor by AA test (b) after stored room temperature for four months of different treatments EBL, dry season 2017

จากผลการทดลองในกระถางและสภาพไร่ การใช้สาร EBL พ่นต้นถั่วเขียวก่อนระยะออกดอก(R1) และระยะติดเมล็ด (R3) สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวโดยสารบราสสิโนสเตียรอยด์ชนิด EBL ส่งเสริมการเจริญเติบโตของยอดและรากของพืชและการงอกของเมล็ด เช่นเดียวกับ Clouse *et al.* (1992) ให้สารบราสสิโนสเตียรอยด์ที่ฐานของกิ่งถั่วเขียวที่ตัดออกมาปักชำ สามารถส่งเสริมการยืดยาวของ epicotyls และสามารถกระตุ้นการยืดยาวของ epicotyls ของถั่วเหลือง และสอดคล้องกับ Zhang *et al.* (2008) ได้ศึกษาการให้บราสสิโนสเตียรอยด์เพื่อเพิ่มความทนทานต่อการขาดน้ำและผลผลิตในถั่วเหลือง พบว่า การพ่นบราสสิโนสเตียรอยด์ที่ระยะ R1 และ R3 เริ่มติดฝักที่ระดับความเข้มข้น 0.10 ppm สามารถใช้เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชเพื่อเพิ่มความทนแล้งและลดการสูญเสียผลผลิตของถั่วเหลืองที่เกิดจากการขาดน้ำได้ เช่นเดียวกับ Marade *et al.* (2013) ได้ศึกษาการให้บราสสิโนสเตียรอยด์ชนิด Spirostanic analogue of brassinosteroid (SAB) ที่ระดับ 0.10 ppm กับมะละกอที่ปลูกภายใต้สภาวะ

แห้งแล้ง พบว่า SAB มีส่วนร่วมในการเร่งอัตราการเสื่อมสภาพของใบแก่ที่สุด และมีอัตราการสังเคราะห์แสงและสารประกอบอื่น ๆ เพิ่มขึ้นในใบที่อายุน้อยที่สุด ซึ่งจะเห็นได้ว่า สารบราสสิโนสเตอรอยด์มีผลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชอันจะนำไปสู่การประยุกต์ใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชทางการเกษตร

ส่วนคุณภาพเมล็ดพันธุ์ สอดคล้องกับ Mitchell and Gregory (1972) กล่าวว่า Brassins สามารถเพิ่มผลผลิตได้ในธัญพืชโดยเพิ่มประสิทธิภาพของการให้ผลผลิตพืชและทำให้เมล็ดมีคุณภาพดีขึ้นโดยเฉพาะความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ (seed vigor) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Kshitij *et al.* (2011) ได้หาระดับความเข้มข้นของบราสสิโนสเตียรอยด์ในระดับ 0.10 - 1.00 ppm ที่มีผลต่อ Germination parameter ในห้องปฏิบัติการ พบว่า บราสสิโนสเตียรอยด์ชนิด EBL ที่ความเข้มข้น 0.40 ppm มีผลทำให้ความงอก ดัชนีความงอก ดัชนีความแข็งแรง และความยาวรากสูงสุดของถั่วเขียวชนิด moogbean แตกต่างจากระดับความเข้มข้นอื่น ๆ และสอดคล้องกับ Wei and Li (2016) รายงานว่า สาร EBL มีบทบาทส่งเสริมการงอก การเจริญเติบโตของยอดและรากของพืชทำให้เมล็ดมีความแข็งแรงมากขึ้น โดยเฉพาะการเพิ่มขนาดของ meristem และการยืดขยายของรากตั้งแต่เริ่มแรกของการงอก

4. สรุป

การศึกษาระดับความเข้มข้นของสาร EBL ที่ใช้พ่นต้นถั่วเขียวที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตถั่วเขียวในสภาพโรงเรือนและสภาพไร่ภายใต้สภาวะแห้งแล้ง พบว่า EBL 0.50 และ 2.00 ppm มีผลต่อจำนวนฝักต่อต้น น้ำหนักฝักแห้ง และน้ำหนักเมล็ดถั่วเขียวต่อกระถางสูงที่สุด และการพ่นสาร EBL กับต้นถั่วเขียวที่ความเข้มข้น 0.10, 0.50 และ 1.00 ppm ทำให้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวสูงที่สุด โดยเฉพาะสาร EBL ความเข้มข้น 1.00 ppm มีผลให้เมล็ดเสียน้อยที่สุดและความยาวรากอ่อนสูงที่สุด แต่คุณภาพด้านความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์โดยวิธีเร่งอายุไม่แตกต่างกันทั้งในกระถางสภาพโรงเรือนและสภาพไร่ภายใต้สภาวะแห้งแล้ง และภายหลังการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวระยะเวลา 4 เดือน ในสภาพอุณหภูมิปกติ ความงอกของเมล็ดพันธุ์ลดลงเล็กน้อยแต่ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์โดยวิธีเร่งอายุไม่แตกต่างกับเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวก่อนเก็บรักษา ซึ่งคุณภาพเมล็ดพันธุ์อยู่ในมาตรฐานชั้นพันธุ์จำหน่าย (ความงอก ≥75%) ดังนั้น ควรใช้สาร EBL 0.50 และ 1.00 ppm เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวในสภาวะแห้งแล้ง

6. เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2547. **เอกสารวิชาการการปลูกพืชไร่**. สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2562. **อุตุนิยมวิทยาเพื่อการเกษตร.** แหล่งที่มา: https://www.tmd.go.th/agromet.php, 15 พฤษภาคม 2562.

พรพรรณ สุทธิแย้ม. 2558. สถานการณ์และภาพรวมงานวิจัยและพัฒนาด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ, น. 87-91. *ใน* **รายงานการประชุมวิชาการ ประจำปี 2558 สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน**. 13-15 กรกฎาคม 2558. ณ โรงแรมอิมพีเรียล ภูแก้ว รีสอร์ท, เพชรบูรณ์.

วันชัย ถนอมทรัพย์, กนกพร เมาลานนท์ และ สมชาย บุญประดับ. 2538. การตอบสนองของถั่วเขียวต่อการจัดระยะปลูกและปริมาณการให้น้ำ, น. 102-115. *ใน* **รายงานผลงานวิจัยถั่วเขียวและพืชไร่ในเขตชลประทาน**. ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร.

สุวิมล ถนอมทรัพย์, สุมนา งามผ่องใส, จิราลักษณ์ ภูมิไธสง, อารดา มาสริ และ ชูชาติ บุญศักดิ์. 2558. ถั่วเขียว, น. 55-61. *ใน* **รายงานการประชุมวิชาการ ประจำปี 2558 สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน**. 13-15 กรกฎาคม 2558. ณ โรงแรมอิมพีเรียล ภูแก้ว รีสอร์ท, เพชรบูรณ์.

อ้อยทิน ผลพานิช, รัชนี โสภา และ สุพรรณี เป็งคำ. 2558. ถั่วเหลือง, น. 48-54. *ใน* **รายงานการประชุมวิชาการ ประจำปี 2558 สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน**. วันที่ 13-15 กรกฎาคม 2558. ณ โรงแรมอิมพีเรียล ภูแก้ว รีสอร์ท, เพชรบูรณ์.

AOSA. 1983. **Seed vigor testing handbook.** Contribution no. 32. Association of Official Seed Analysts. Lincon, NE., U.S.A.

Clouse, S.D., D.M. Zurek, T.C. McMorris and M.E. Baker. 1992. Effect of brassinolide on gene expression in elongating soybean epicotyls. **Plant Physiol.** 100: 1377-1383.

Davies, P.J. 1995. The plant hormone concept: concentration, sensitivity and transport, pp. 13-38. *In* P.J. Davies, eds. **Plant hormones physiology, biochemistry and molecular biology.** Section of plant biology, Division of biological sciences, Cornell University, Ithaca, USA.

Divi, U.K. and P. Krishna. 2009. Brassinosteroid: a biotechnological target for enhancing crop yield and stress tolerance. **New Biotechnol** 26: 131-136.

Fariduddin, Q., S.A. Hasan, B. Alis, S. Hayat and A. Ahmad. 2008. Effect of modes of application of 28-homobrassinolide on mungbean. **Turk. J. Biol.** 32: 17-21.

Hayat, S., S.A. Hasan, M. Yusuf, Q. Hayat and A. Ahmad. 2010. Effect of 28-homobrassinolide on photosynthesis, fluorescence and antioxidant system in the presence or absence of salinity and temperature in *Vigna radiata*. **Environ. Exp. Bot.** 69: 105-112.

ISTA. 2019. **International rules for seed testing 2019.** International Seed Testing Association, Bassesdorf, Switzerland.

Janeczko, A., J. Biesaga-Kościelniak, J. Oklešťková, M. Filek, M. Dziurka, G. Szarek-Łukaszewska and J. Kościelniak. 2010. Role of 24-epibrassinolide in wheat production: physiological effects and uptake. **J. Agron. Crop Sci.** 196: 311-321.

Kshitij, S., N. Raghava, S. Shagun and R.P. Raghava. 2011. Brassinosteroids stimulate seed germination parameters and chlorophyll content moogbean. **Indian J. Sci. Res.** 2 (3): 89-92.

Marade, M.A.G., T.N. Alena, C. Eliemar, B.S. Ricardo, A.T.Z. Marco, M.F. Tiago, N.S. Luciane do, R.L. Nilton and N.V. Miriam. 2013. Brassinosteroid analogue affects the senescence in two papaya genotypes submitted to drought stress. **Theor. Exp. Plant Physiol.** 25 (3): 186-195.

Mitchell, J.W. and L.E. Gregory. 1972. Enhancement of overall plant growth, a new response to brassins. **Nature (London) New Biol.** 239: 253 - 254.

Onofri, A. and E. Pannacci. 2014. Spreadsheet tools for biometry classes in crop science programmes. **Comm. Biometry Crop Sci.** 9 (2): 43-53.

Wei, Z. and J. Li. 2016. Brassinosteroids regulate root growth, development, and symbiosis. **Mol. Plant.** 9: 86-100.

Yu, J.Q., L.F. Huang, W.H. Hu, Y.H. Zhou, W.H. Mao, S.F. Ye and S. Nogués. 2004. A role for brassinosteroids in the regulation of photosynthesis in *Cucumis sativus*. **J. Exp. Bot.** 55: 1135-1143.

Zhang, M.C., Z.X. Zhai, X.L. Tian, L.S. Duan and Z.H. Li. 2008. Brassinolide alleviated the adverse effect of water deficits on photosynthesis and the antioxidant of soybean (*Glycine max* L.). **Plant Growth Regul.** 56: 257-264.