ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ภายใต้สภาวะอุณหภูมิต่ำ

Effects of Plant Growth Regulators on Soybean Seed Quality under Low Temperature

กัณทิมา ทองศรี[1] จุฑามาศ ร่มแก้ว[1*] จวงจันทร์ ดวงพัตรา[2] และ กนกวรรณ เที่ยงธรรม[1]

Kantima Thongsri[1], Jutamas Romkaew[1*], Juangjun Duangpatra[2] and Kanokwan Teingtham[1]

บทคัดย่อ: ปัญหาของถั่วเหลืองที่ปลูกช่วงฤดูแล้งหลังการทำนาคือ เมล็ดพันธุ์ที่ปลูกถูกกระทบจากสภาพอากาศหนาว จัดทำให้เมล็ดงอกช้าและต้นกล้าชะงักการเจริญเติบโต สารกลุ่มบราสสิโนสเตียรอยด์ (EBL) และกรดจิบเบอเรลลิก (GA_3) เป็นสารกระตุ้นการเจริญเติบโตทั้งยอดและราก ส่งเสริมการงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์และยังช่วยให้พืชทนทานต่อสภาวะอุณหภูมิต่ำ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของ EBL และ GA_3 ต่อการดูดน้ำของเมล็ดและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองภายใต้สภาวะอุณหภูมิต่ำ ศึกษารูปแบบการดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 โดยแช่สาร EBL ความเข้มข้น 0 0.05 0.075 0.10 0.25 และ 0.50 ppm และ GA_3 ความเข้มข้น 0 10 50 100 150 และ 200 ppm ที่อุณหภูมิ 10 15 20 และ 25 องศาเซลเซียส พบว่า รูปแบบการดูดน้ำของเมล็ดพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเมล็ดที่แช่ด้วยสาร EBL GA_3 และน้ำกลั่น มีรูปแบบเหมือนกันโดยการแช่สาร EBL และ GA_3 ที่อุณหภูมิต่ำ (10 และ 15°C) ทำให้การดูดน้ำของเมล็ดถั่วเหลืองใช้เวลายาวนานถึงจุดสิ้นสุดของระยะที่ 1 และ 2 เมื่อเทียบกับอุณหภูมิสูง (20 และ 25°C) เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นความงอกอัตราการเจริญเติบโตของยอดอ่อนและรากอ่อน และดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้าเพิ่มขึ้น ขณะที่เวลาเฉลี่ยในการงอกลดลง พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างการคลุกเมล็ดด้วยสาร EBL และ GA_3 ภายใต้อุณหภูมิที่แตกต่างกันต่อความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง อย่างไรก็ตาม สาร GA_3 มีประสิทธิภาพมากกว่าสาร EBL ในการยกระดับความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ แสดงให้เห็นว่า เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่คลุกด้วยสาร GA_3 100 ppm และ EBL 0.50 ppm เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ที่ส่งผลต่อความแข็งแรงของเมล็ดเพิ่มขึ้นภายใต้สภาวะอุณหภูมิต่ำ

คำสำคัญ: บราสสิโนสเตียรอยด์ กรดจิบเบอเรลลิก ถั่วเหลือง อุณหภูมิต่ำ ความงอกและความแข็งแรง

[1] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

[1] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

[2] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

[2] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

* Corresponding author agrjur@ku.ac.th

ABSTRACT: The problems of soybean crop are mainly physical stress, growth retard, poor germination and vigor due to low temperature in dry season. Brassinosteroids (EBL) and gibberellic acid (GA_3) stimulate shoot and root growth rate, germination and vigor of seed, and also induces low temperature stress tolerance. The objectives of this study were to evaluate effects of EBL and GA_3 on seed imbibition and quality of soybean seed under low temperature. The pattern of seed moisture content of soybean cv. Chiang Mai 60 (CM60) was investigated using different levels of EBL (0, 0.05, 0.075, 0.10, 0.25 and 0.50 ppm) and GA_3 (0, 10, 50, 100, 150 and 200 ppm) at 10, 15, 20 and 25°C. The results showed that the patterns of seed moisture content using EBL, GA_3 and distilled water of CM60 were similar trend. All concentrations of EBL and GA_3 at low temperature (10 and 15°C) delayed water uptake of CM60 seed and took a longer time to reach the end of phases 1 and 2 compared to high temperature (20 and 25°C). As temperature increased germination, shoot and root growth rate, seedling vigor index increased, while mean germination time (MGT) decreased. All concentrations of EBL and GA_3 had interaction under different temperature in seed vigor. However, GA_3 was more effective than EBL for improved seed vigor by AA, shoot and root growth rate, seedling vigor index whereas decreased MGT. It is indicated that CM60 seed treated with GA_3 100 ppm and EBL 0.50 ppm were the most effective treatment which resulted in increased seed vigor under low temperature.

Key words: Brassinosteroids, Gibberellic acid, Soybean, Low temperature, Seed germination and vigor

1. บทนำ

ถั่วเหลืองเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญเหมาะสำหรับเป็นพืชหมุนเวียนในระบบการปลูกข้าว เนื่องจากเป็นพืชอายุสั้น ใช้น้ำน้อย สามารถนำไปใช้ปลูกช่วงฤดูแล้งหลังการทำนาได้ดี โดยใช้ความชื้นที่เหลืออยู่ภายในดินหลังการเก็บเกี่ยวพืชหลักได้โดยไม่กระทบต่อผลผลิตมากนัก (อ้อยทิน และคณะ, 2558) สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2561) รายงาน สภาวะเศรษฐกิจการเกษตรแหล่งปลูกถั่วเหลืองของประเทศไทยส่วนใหญ่อยู่ในเขตพื้นที่ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในปี 2561/62 พื้นที่ปลูกรวมทั้งหมด 0.132 ล้านไร่ พื้นที่ปลูกถั่วเหลืองฤดูแล้งมากที่สุด ร้อยละ 77 ของพื้นที่ปลูกทั้งหมด ซึ่งเกษตรกรนิยมปลูกหลังการทำนาตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคม ช่วงฤดูกาลดังกล่าวเหมาะสมในการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองทำให้ได้ผลผลิตและคุณภาพสูง (รัตนา, 2540) แต่ช่วงฤดูแล้งหลังการทำนา เกษตรกรจะประสบปัญหาการปลูกถั่วเหลืองตั้งแต่ระยะเริ่มแรกของการปลูก ซึ่งได้รับผลกระทบจากสภาพอากาศหนาวเย็นจัด เมล็ดถั่วเหลืองที่เริ่มงอกอยู่ภายใต้สภาวะอุณหภูมิต่ำในดิน กรมอุตุนิยมวิทยา (2561) รายงานสภาพอากาศในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคมของประเทศไทย พบว่า อุณหภูมิต่ำเฉลี่ยตามสถิติภูมิอากาศ คาบ 30 ปี พ.ศ. 2542 - 2553 ของพื้นที่ปลูกถั่วเหลืองบริเวณภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย มีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 13-19 องศาเซลเซียส และ 15 - 25 องศาเซลเซียส ตามลำดับ มีผลต่อการเจริญเติบโตและขบวนการสรีระวิทยาของพืช ทำให้เมล็ดไม่งอกหรือเมล็ดพันธุ์งอกช้ากว่าปกติ และต้นถั่วเหลืองชะงัก

การเจริญเติบโต (Jomol *et al.*, 2000) และจะมีผลกระทบต่อการดูดน้ำ กิจกรรมของเอนไซม์และเมทาบอลิซึมของเมล็ดพันธุ์ลดลง (Herner, 1990) และยังส่งผลถึงระยะติดดอกของถั่วเหลืองช้าออกไปอีกประมาณ 5 วัน การงอกที่ล่าช้าจะยืดระยะเวลาในการเก็บเกี่ยว อายุเก็บเกี่ยวจะล่าช้าออกไปอีกประมาณ 5 - 10 วัน ผลผลิตถั่วเหลืองเสียหายโดนฝนขณะเก็บเกี่ยวทำให้ผลผลิตพันธุ์เสียหายลดลงถึงร้อยละ 60 และเมล็ดพันธุ์มีคุณภาพต่ำ (นรีลักษณ์ และคณะ, 2553)

ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ซึ่งมีเป้าหมายหลักให้ได้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์สูงและคุณภาพดีเพื่อตอบสนองความต้องการของเกษตรกร การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตเป็นทางเลือกหนึ่งในการช่วยเพิ่มผลผลิตภายใต้สภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมและสามารถส่งเสริมการเจริญเติบของพืชได้ดี (Davies, 1995) โดยเฉพาะสารควบคุมการเจริญเติบโตกลุ่มบราสสิโนสเตียรอยด์และกลุ่มจิบเบอเรลลิน ซึ่งเป็นสารที่สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตได้ทั้งยอดและราก ส่งเสริมการงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ และช่วยให้พืชทนทานต่ออุณหภูมิต่ำได้ (FuJii and Saka, 2002; Li *et al.*, 2013) ในถั่วเหลือง Wang *et al.* (1996) ได้ใช้สาร GA_3 0.10 mM สามารถเพิ่มความงอก อัตราการงอกในสภาพไร่ และการเจริญเติบโตของต้นอ่อนถั่วเหลืองได้ดีในสภาพอุณหภูมิต่ำในดิน และการพ่นสาร 10 µM EBL ที่ต้นกล้าถั่วเขียวอายุ 5 วัน มีผลให้ epicotyls ของต้นกล้าถั่วเขียวยาวสูงสุดภายใต้อุณหภูมิต่ำ (Huang *et al.*, 2006) แต่ปัจจุบันงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและคำแนะนำการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตในการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในประเทศไทยยังมีน้อย ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้ได้นำสารบราสสิโนสเตียรอยด์ (Epibrassinolide; EBL) และกรดจิบเบอเรลลิก (Gibberellic acid; GA_3) มาทดสอบกระบวนการดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์และการคลุกเมล็ดพันธุ์ก่อนปลูกในห้องปฏิบัติการภายใต้สภาวะอุณหภูมิต่ำ เพื่อเป็นข้อมูลการยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ และแนวทางในการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองให้ได้ผลผลิตและคุณภาพสูงภายใต้สภาวะอุณหภูมิต่ำในฤดูแล้งหลังการทำนา

2. วิธีการศึกษา

2.1 ผลของการแช่สารบราสสิโนสเตียรอยด์ (EBL) และกรดจิบเบอเรลลิก (GA_3) ต่อการดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองภายใต้อุณหภูมิที่แตกต่างกัน

เตรียมเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 จากศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชพิษณุโลก ช่วงปลายฤดูฝน ปี 2561 มีคุณภาพเมล็ดพันธุ์ตามมาตรฐานชั้นพันธุ์ขยายของกรมวิชาการเกษตร (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2537) คุณภาพเมล็ดพันธุ์เบื้องต้นมีความชื้นเมล็ดพันธุ์ 8.6 เปอร์เซ็นต์ ความงอกมาตรฐาน 93 เปอร์เซ็นต์ และความงอกภายหลังการเร่งอายุด้วยวิธี AA test 73 เปอร์เซ็นต์ นำเมล็ดถั่วเหลือง 5 กรัม เพาะในกระดาษเพาะความงอกที่แช่ด้วยสารละลายบราสสิโนสเตียรอยด์ ชนิด EBL ความเข้มข้น 0.05 0.075 0.10 0.25 และ 0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร กรดจิบเบอเรลลิก GA_3 ความเข้มข้น 10 50 100 150 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำกลั่น ตามกรรมวิธีที่กำหนด และควบคุมอุณหภูมิขณะแช่เมล็ดในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 10 15 20 และ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 ชั่วโมง เมื่อเวลาครบทุก 6 ชั่วโมง นำตัวอย่างเมล็ดถั่วเหลืองชั่งน้ำหนักบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูล หาความสัมพันธ์ระหว่างการ

เปลี่ยนแปลงความชื้นภายในเมล็ดถั่วเหลืองกับระยะเวลาการดูดน้ำของเมล็ดถั่วเหลือง ดัดแปลงตามวิธีการของ Cheng *et al.* (2010)

2.2 ผลของการคลุกเมล็ดด้วยสารบราสสิโนสเตียรอยด์ (EBL) และกรดจิบเบอเรลลิก (GA_3) ต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองภายใต้อุณหภูมิที่แตกต่างกัน

ศึกษาคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองภายหลังการคลุกเมล็ดด้วยสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช โดยเตรียมเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ตามการทดลองที่ 2.1 วางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล 4 x 12 Factorial in CRD จำนวน 4 ซ้ำ มี 2 ปัจจัย คือ 1) ระดับอุณหภูมิคงที่ใช้ในการทดสอบ 4 ระดับ คือ อุณหภูมิ 10, 15, 20 และ 25 องศาเซลเซียส และ 2) ระดับความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโต 12 ระดับ คือ สารบราสสิโนสเตียรอยด์ชนิด EBL 0.05 0.075 0.10 0.25 และ 0.50 มิลลิกรัมต่อลิตร กรดจิบเบอเรลลิก GA_3 10 50 100 150 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำกลั่น และไม่คลุกสาร เป็นชุดควบคุม นำเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองมาคลุกด้วยสาร EBL GA_3 และน้ำกลั่น ตามกรรมวิธีที่กำหนด และเกลี่ยเมล็ดให้กระจายอย่างสม่ำเสมอปล่อยให้ดูดสารละลายได้อย่างทั่วถึงเป็นเวลา 15 นาที และตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองดังนี้

2.2.1 ความงอกมาตรฐาน (Standard germination, SG) เพาะเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองด้วยทราย (Sand method) ตัวอย่างละ 100 เมล็ดต่อซ้ำ จำนวน 4 ซ้ำ และนำไปไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 10 15 20 และ 25 องศาเซลเซียส ประเมินความงอกที่ 5 และ 8 วันหลังเพาะความงอก ตามวิธีการของ ISTA (2019)

2.2.2 ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ ทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์โดยวิธีการเร่งอายุ (Accelerated aging test, AA Test) โดยนำเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองตัวอย่างละ 100 เมล็ด จำนวน 4 ซ้ำ บ่มเร่งอายุในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 41 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ตามวิธีการของ ISTA (2019) นำเมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านการเร่งอายุคลุกเมล็ดด้วยสาร EBL GA_3 และน้ำกลั่น ตามกรรมวิธีที่กำหนดเพาะความงอกมาตรฐาน และภายหลังเพาะความงอกตามวิธีการที่ 2.2.1 เมื่อครบ 5 วัน วัดอัตราการเจริญเติบโตของยอดอ่อนและรากอ่อน (Shoot and root growth rate) ตามวิธีการของ AOSA (1983) เมื่อเพาะความงอกครบ 8 วัน วัดความยาวยอดและความยาวรากเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้า (Seedling vigor index, SVI) ตามวิธีการของ Abdul Baki and Anderson (1973) และประเมินนับจำนวนต้นอ่อนปกติทุกวัน เป็นเวลา 8 วัน เพื่อวิเคราะห์เวลาเฉลี่ยในการงอก (Mean germination time, MGT) ตามวิธีการของ Ellis and Roberts (1981)

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

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 ผลของการแช่สารบราสสิโนสเตียรอยด์ (EBL) และกรดจิบเบอเรลลิก (GA_3) ต่อการดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองภายใต้อุณหภูมิที่แตกต่างกัน

การแช่เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองด้วยสาร EBL GA_3 และน้ำกลั่น ที่อุณหภูมิ 10 15 20 และ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 ชั่วโมง พบรูปแบบการดูดน้ำของเมล็ดไม่แตกต่างกัน สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ระยะ (Triphasic) ตามรูปแบบของ Bewley and Black (1978) คือ ระยะที่ 1 เป็นระยะการดูดน้ำ (imbibition phase) เมล็ดจะดูดน้ำอย่างรวดเร็วและมีการจัดเรียงตัวของเยื่อเมมเบรน ระยะที่ 2 หรือ ระยะงัน (lag phase) เมล็ดมีการดูดน้ำช้าลง เกิดกระบวนการเมแทบอลิซึมและการสังเคราะห์กรดนิวคลีอิค เอนไซม์ต่าง ๆ ย่อยสลายสารโมเลกุลให้เล็กลงเพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารให้ต้นอ่อนเจริญเติบโต และระยะที่ 3 เป็นระยะการเจริญเติบโตของต้นอ่อน (embryo growth) มีการแบ่งและยืดตัวของเซลล์รากแรกเกิด (radicle) รากจะแทงทะลุเปลือกหุ้มเมล็ดออกมาและเมล็ดมีการดูดน้ำเพิ่มมากขึ้น เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของเมล็ดกับระยะเวลาในการดูดน้ำของเมล็ดถั่วเหลืองภายใต้อุณหภูมิที่แตกต่างกันด้วยสมการถดถอยเชิงเส้น (R^2) สามารถกำหนดจุดสิ้นสุดของระยะที่ 1 และ 2 ตามความลาดเอียงของเส้นสมการทั้ง 2 ระยะ ตามรูปภาพที่แสดงใน Figure 1 และ 2 โดยจุดสิ้นสุดของระยะที่ 2 พิจารณาจากรากแรกเกิดยาว 2 มิลลิเมตร ออกจากเปลือกหุ้มเมล็ดร้อยละ 50 ซึ่งอุณหภูมิมีผลต่อการดูดน้ำของเมล็ดถั่วเหลือง โดยอุณหภูมิต่ำ 10 และ 15 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 30 ชั่วโมง ในการดูดน้ำถึงจุดสิ้นสุดระยะที่ 1 และใช้เวลา 108 และ 72 ชั่วโมง ในการดูดน้ำถึงจุดสิ้นสุดระยะที่ 2 ตามลำดับ ใช้เวลายาวนานกว่าเมล็ดที่ดูดน้ำที่อุณหภูมิสูง 20 และ 25 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 12 ชั่วโมง ในการดูดน้ำถึงจุดสิ้นสุดระยะที่ 1 และใช้เวลา 30 และ 24 ชั่วโมง ในการดูดน้ำถึงจุดสิ้นสุดระยะที่ 2 ตามลำดับ โดยที่อุณหภูมิต่ำ 10 และ 15 องศาเซลเซียส มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเมล็ดถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นร้อยละ 6.5 และเพิ่มขึ้นร้อยละ 6.9 - 7.1 ตามลำดับ จากจุดสิ้นสุดของระยะที่ 1 และ 2 ส่วนอุณหภูมิสูง 20 และ 25 องศาเซลเซียส เปอร์เซ็นต์ความชื้นของเมล็ดถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.8-4.1 และเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.3 - 2.8 ตามลำดับ จากจุดสิ้นสุดของระยะที่ 1 และ 2 (Figure 1 และ 2 และ Table 1) สอดคล้องกับสมมติฐานการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเยื่อเมมเบรนของ Simon (1974) โดยเมล็ดแห้งมีการจัดเรียงตัวของโปรตีนและฟอสโฟไลปิดแต่ละโมเลกุลเรียงตัวกันอย่างไม่เป็นระเบียบในภาวะ hexagonal phase เมื่อเมล็ดมีการดูดน้ำภายใต้สภาวะอุณหภูมิต่ำ เนื้อเยื่อภายในเซลล์มีการจัดเรียงตัวเพื่อเข้าสู่สภาพปกติเป็น lipid bilayer หรือ bilamellar phase ได้ช้าลง เนื่องจากการเคลื่อนที่ไปมาของโปรตีนและฟอสโฟไลปิดและการดูดน้ำของเมล็ดลดลง

Table 1 Seed moisture content, SMC (%) of soybean seed cv. Chiang Mai 60 at the end phases 1 and 2 under different concentrations of EBL and GA_3 at 10, 15, 20 and 25 °C

Temperatures (°C)	End of phase I			End of phase II			Increase of SMC (%)	
	Time (h)	EBL	GA_3	Time (h)	EBL	GA_3	EBL	GA_3
10	30	58.8	58.6	108	62.9	62.7	6.5	6.5
15	30	56.7	56.6	72	60.9	60.9	6.9	7.1
20	12	61.1	60.6	30	63.5	63.2	3.8	4.1
25	12	59.5	59.2	24	60.9	60.9	2.3	2.8

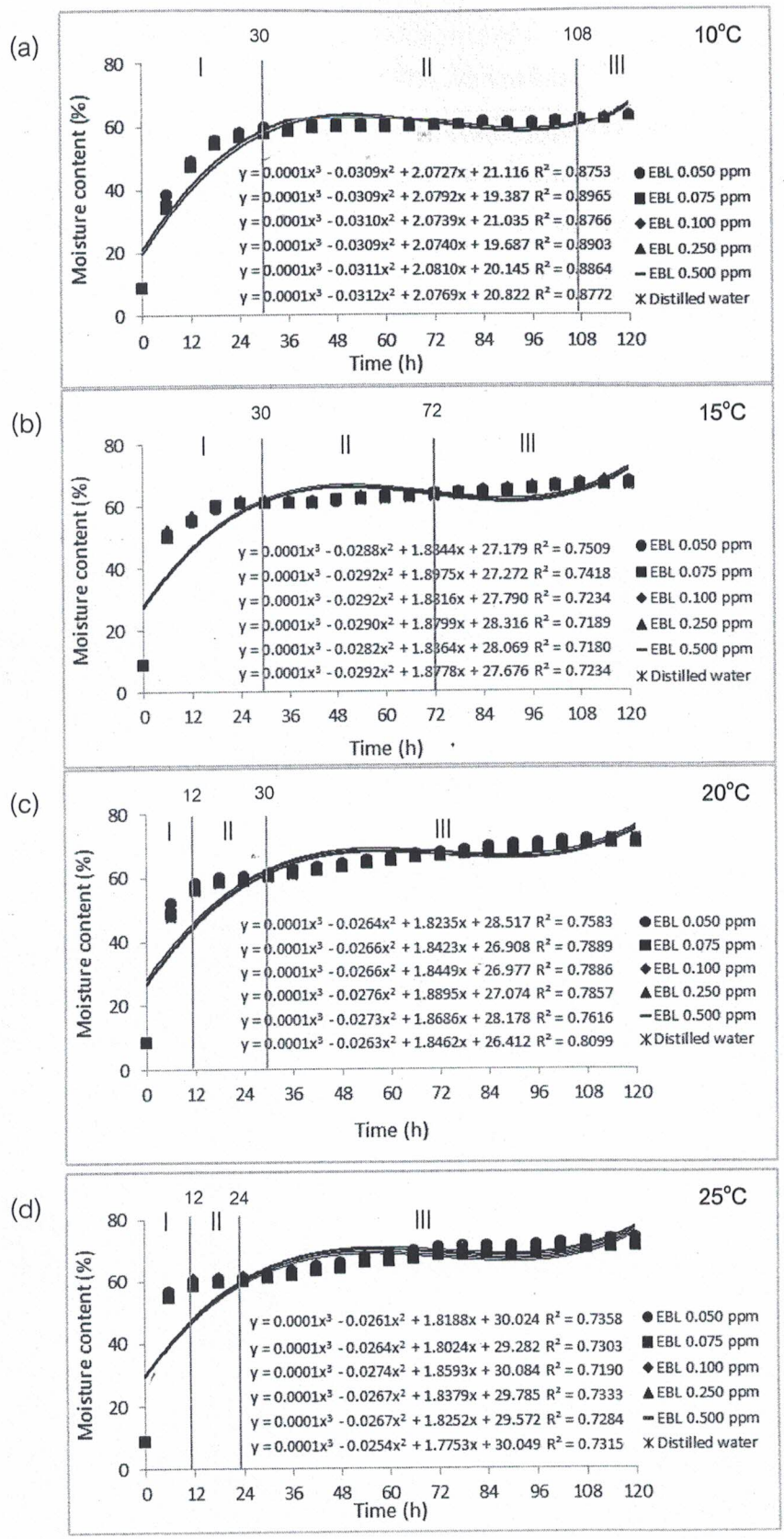

Figure 1 Moisture content (%) of soybean seed cv. CM60 under different concentrations of EBL at 10 (a), 15 (b), .20 (c) and 25 (d) °C

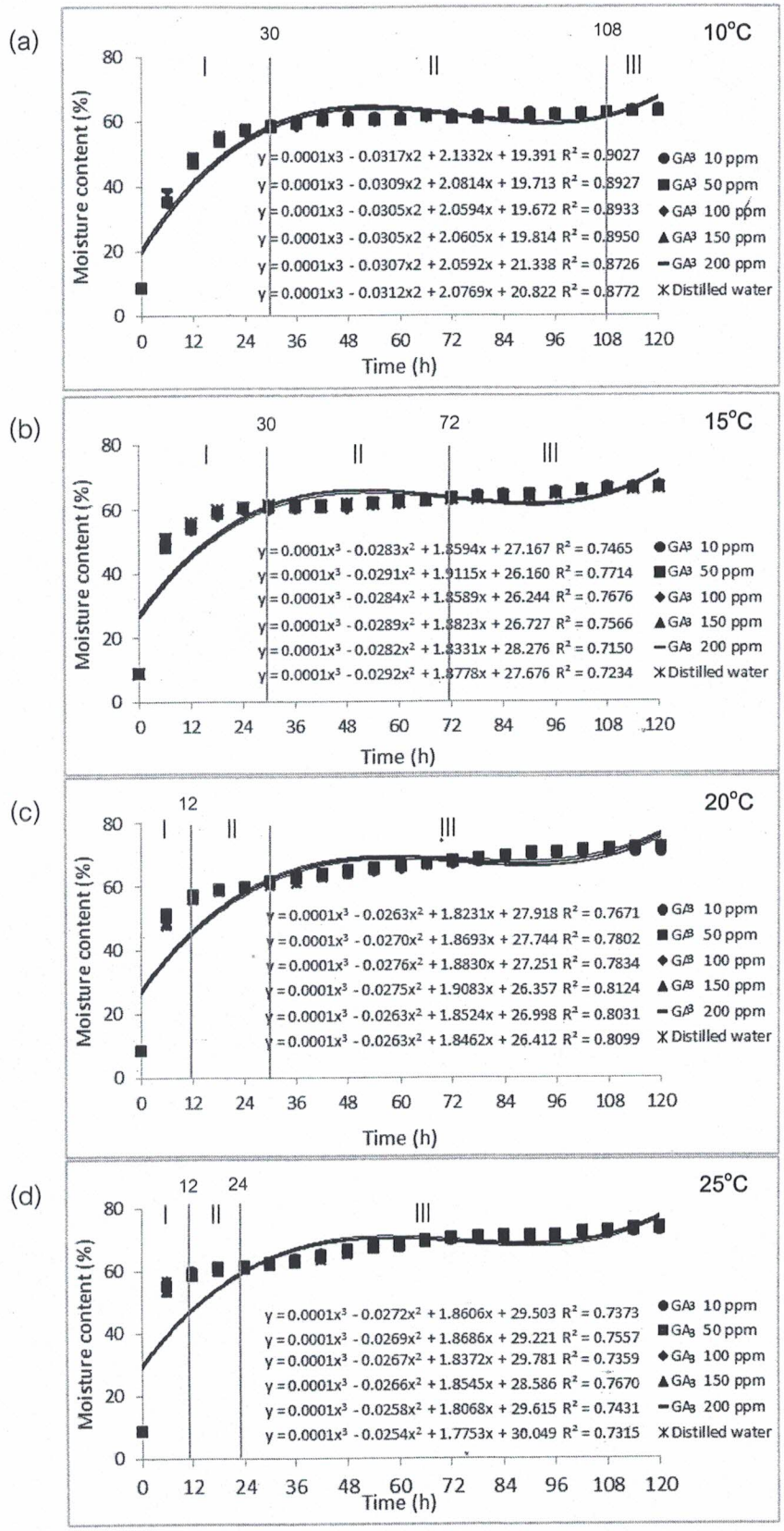

Figure 2 Moisture content (%) of soybean seed cv. CM60 under different concentrations of GA_3 at 10 (a), 15 (b), 20 (c) and 25 (d) °C

3. 2 ผลของการคลุกเมล็ดด้วยสารบราสสิโนสเตียรอยด์ (EBL) และกรดจิบเบอเรลลิก (GA_3) ต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองภายใต้สภาวะอุณหภูมิต่ำ

เปอร์เซ็นต์ความงอกมาตรฐานที่อุณหภูมิ 25 °C มีความงอกเฉลี่ยสูงสุดที่ 94 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับอุณหภูมิที่ 10 และ 15 องศาเซลเซียส และการคลุกเมล็ดถั่วเหลืองด้วยสาร EBL และ GA_3 ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน ความงอกไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดถั่วเหลืองที่คลุกน้ำกลั่นและไม่คลุกสาร (เมล็ดพันธุ์ชุดควบคุม) เนื่องจากเมล็ดถั่วเหลืองที่นำมาทดสอบมีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงเมื่อนำมาทดสอบสารจึงไม่มีผลให้ความงอกแตกต่างกัน นอกจากนี้ การคลุกเมล็ดถั่วเหลืองด้วยสาร GA_3 100 ppm ที่อุณหภูมิ 15 และ 20 องศาเซลเซียส ทำให้ความงอกมาตรฐานสูงสุดเท่ากับ 91 และ 94 เปอร์เซ็นต์ (Table 2) เช่นเดียวกับ Agawane and Parhe (2015) ได้ทำ Seed priming เมล็ดถั่วเหลืองด้วยสาร GA_3 100 ppm เป็นเวลา 12 ชั่วโมง มีผลให้ความงอกมาตรฐานในห้องปฏิบัติการและความงอกในสภาพไร่สูงกว่าวิธีการที่ไม่มีการใช้สาร

การประเมินความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่คลุกสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช พบว่า ความแข็งแรงของเมล็ดถั่วเหลืองที่ทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์โดยวิธีการเร่งอายุที่อุณหภูมิ 10 และ 15 องศาเซลเซียส มีผลให้ความงอกภายหลังการเร่งอายุเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 80 และ 78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับอุณหภูมิที่ 20 และ 25 องศาเซลเซียส และการคลุกเมล็ดด้วยสาร GA_3 10 ppm มีผลให้ความงอกภายหลังการเร่งอายุเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 80 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ชุดควบคุม และพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างที่เมล็ดถั่วเหลืองที่คลุกสาร EBL และ GA_3 ที่ระดับความเข้มข้นและอุณหภูมิแตกต่างกัน โดยการคลุกเมล็ดด้วยสาร EBL 0.50 ppm ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส และ EBL 0.075 ppm ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ทำให้ความงอกภายหลังการเร่งอายุสูงสุดเท่ากับ 84 และ 75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ชุดควบคุม และการคลุกเมล็ดด้วยสาร GA_3 10 ppm ที่อุณหภูมิ 10 และ 25 องศาเซลเซียส และ GA_3 100 ppm ที่อุณหภูมิ 10 และ 15 องศาเซลเซียส มีผลให้ความงอกภายหลังการเร่งอายุสูงสุดเท่ากับ 85, 77, 87 และ 84 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ชุดควบคุม (Table 3) การวัดอัตราการเจริญเติบโตของยอดอ่อนและรากอ่อน พบว่า การคลุกเมล็ดด้วยสาร EBL 0.50 ppm ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีผลให้ความยาวยอดและรากสูงสุดเท่ากับ 6.27 และ 4.31 เซนติเมตร ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ชุดควบคุม และเมื่อพิจารณาผลการประเมินภายใต้สภาวะอุณหภูมิต่ำ การคลุกเมล็ดด้วยสาร GA_3 10, 50, 100, 150 และ 200 ppm ที่อุณหภูมิ 10 และ15 องศาเซลเซียส มีผลให้ความยาวยอดสูงสุดอยู่ระหว่าง 7.46 - 8.51 เซนติเมตร และ 6.44-7.41 เซนติเมตร ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ชุดควบคุม เช่นเดียวกับความยาวรากที่คลุกเมล็ดด้วยสาร GA_3 10 50 และ100 ppm ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีผลให้ความยาวรากสูงสุดเท่ากับ 3.95 4.10 และ 3.69 เซนติเมตร ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ชุดควบคุม (Table 4 และ 5) นอกจากนี้ ดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้าถั่วเหลืองสูงสุดที่อุณหภูมิต่ำ 10 และ15 องศาเซลเซียส พบว่า การคลุกเมล็ดด้วยสาร GA_3 10, 50, 100, 150 และ 200 ppm ทำให้ดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้าสูงสุดอยู่ระหว่าง 984.3-1,105.6 และ 807.3 - 958.9 ตามลำดับ และการคลุกเมล็ดด้วยสาร EBL 0.50 ppm ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ทำให้ดัชนีความแข็งแรงของต้น

กล้าสูงสุดเท่ากับ 965.8 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ชุดควบคุม (Table 6) ซึ่ง Wei and Li (2016) รายงานว่า สาร EBL มีบทบาทส่งเสริมการงอกการเจริญเติบโตของยอดและรากของพืชทำให้เมล็ดมีความแข็งแรงมากขึ้น โดยเฉพาะการเพิ่มขนาดของ meristem และการยืดขยายของรากตั้งแต่เริ่มแรกของการงอก สอดคล้องกับ Kshitij *et al.* (2011) พบว่า EBL 0.40 ppm มีผลให้ความงอก ดัชนีความงอก ดัชนีความแข็งแรง และความยาวรากของถั่วเขียวสูงสุดแตกต่างจากความเข้มข้นอื่น ๆ เช่นเดียวกับ Singh *et al.* (2012) พบว่า การใช้สาร 1.0 μM EBL สามารถทำให้ต้นอ่อนข้าวโพดทนทานต่อสภาวะเครียดจากอุณหภูมิต่ำ เพิ่มการเจริญเติบโตและยืดขยายของต้นกล้าได้ดี Gupta and Chakrabarty (2013) รายงานว่า GA_3 มีอิทธิพลต่อการงอกและการชักนำให้เซลล์พืชยืดยาว โดยเฉพาะทางลำต้นทำให้เมล็ดที่เริ่มงอกมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Agawane and Parhe (2015) ได้ทำ seed priming ยกระดับความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองด้วยสาร GA_3 100 ppm เป็นเวลา 12 ชั่วโมง มีผลให้ความงอกในสภาพไร่ ความยาวของยอดและราก น้ำหนักแห้งของต้นอ่อน และดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้าสูงที่สุด เช่นเดียวกับ Wang *et al.* (1996) พบว่า การใช้สาร GA_3 0.10 mM สามารถเพิ่มความงอก อัตราการงอกในสภาพไร่และการเจริญเติบโตของต้นอ่อนถั่วเหลืองได้ดีในสภาพอุณหภูมิต่ำในดิน นอกจากนี้ การคลุกเมล็ดด้วยสาร GA_3 100, 150 และ 200 ppm ที่อุณหภูมิ 10, 15 และ 20 องศาเซลเซียส พบว่า มีความเร็วในการงอกน้อยที่สุดเท่ากับ 10, 7 และ 5 วัน ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ชุดควบคุม (Table 7) สอดคล้องกับ Leubner-Metzger (2001) รายงานผลของ GA_3 ต่อการงอกในเมล็ดยาสูบว่า GA_3 สามารถกระตุ้นการขยายตัวของเซลล์โดยเพิ่มความยืดหยุ่นของผนังเซลล์ทำให้เซลล์มีรูปร่างยืดยาวขึ้น เมล็ดเริ่มงอกจะถูกกระตุ้นการเจริญของรากและทำให้ hypocotyl ยืดยาวได้ในสภาพมีแสงหรือที่ไม่มีแสง รากต้องการ GA_3 ในปริมาณที่น้อยกว่าลำต้น โดยรากต้องการ GA_3 ในระดับนาโนโมลาร์ แต่ยอดต้องการในระดับไมโครโมลาร์ ทำให้การใช้สาร GA_3 คลุกเมล็ดในความเข้มข้นที่สูงมีผลให้รากชะลอการเจริญเติบโตได้ (Eiichi, 2005)

4. สรุป

การศึกษาช่วงระยะเวลาการดูดน้ำของเมล็ดถั่วเหลืองที่แช่ด้วยสาร EBL GA_3 และน้ำกลั่น ที่อุณหภูมิแตกต่างกันพบรูปแบบการดูดน้ำของเมล็ดที่เหมือนกัน แต่ที่อุณหภูมิ 20 และ 25 องศาเซลเซียส มีการดูดน้ำเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วระหว่างจุดสิ้นสุดของระยะที่ 1 และ 2 ของการดูดน้ำของเมล็ดถั่วเหลือง ส่วนคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีเปอร์เซ็นต์ความงอก ความยาวยอดอ่อนและรากอ่อน ดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้าของถั่วเหลืองสูงสุด และเวลาเฉลี่ยในการงอกของถั่วเหลืองต่ำสุด แต่ความงอกภายหลังการเร่งอายุสูงสุดที่อุณหภูมิ 10 และ 15 องศาเซลเซียส และการคลุกเมล็ดด้วยสาร EBL และ GA_3 ไม่มีผลให้ความงอกแตกต่างกัน แต่เห็นได้ชัดในการประเมินความแข็งแรงของเมล็ดถั่วเหลืองที่คลุกด้วยสาร EBL 0.05 ppm และ GA_3 100 ppm ทำให้ความงอกภายหลังการเร่งอายุ ความยาวยอดอ่อนและรากอ่อน ดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้าเพิ่มขึ้นภายใต้สภาพอุณหภูมิต่ำ และ GA_3 มีผลให้เวลาเฉลี่ยในการงอกน้อยลง จากผลการทดลองสามารถนำสาร EBL และ GA_3 ที่ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมนำไปใช้ประยุกต์ใช้ในการปลูกและการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในสภาพไร่ต่อไป

Table 2 Effect of temperature and chemical concentration on germination (%) of soybean seed

Concentrations (C)	Temperatures (T)								C-MEAN[1/]
	10 °C[1/]		15 °C[1/]		20 °C[1/]		25 °C[1/]		
EBL 0.050 ppm[2/]	86 a	B	85 bc	B	91 ab	A	93	A	89
EBL 0.075 ppm[2/]	87 a	BC	84 c	C	89 ab	B	96	A	89
EBL 0.100 ppm[2/]	86 a	B	89 ab	AB	93 ab	A	93	A	90
EBL 0.250 ppm[2/]	88 a	B	89 abc	B	91 ab	AB	94	A	90
EBL 0.500 ppm[2/]	87 a	B	88 abc	B	89 ab	B	93	A	89
GA_3 10 ppm[2/]	86 a	B	88 abc	B	90 ab	AB	93	A	89
GA_3 50 ppm[2/]	88 a	B	91 a	AB	90 ab	B	95	A	91
GA_3 100 ppm[2/]	89 a	B	91 a	AB	94 a	AB	94	A	92
GA_3 150 ppm[2/]	91 a	AB	88 abc	B	88 b	B	95	A	90
GA_3 200 ppm[2/]	87 a	B	88 abc	B	91 ab	AB	95	A	90
Distilled water[2/]	81 b	C	89 abc	B	90 ab	B	95	A	88
Non-treated[2/]	86 a	C	88 abc	BC	92 ab	AB	93	A	90
T-MEAN[2/]	87 B		88 B		90 AB		94 A		90
F-test (T)	**								
F-test (C)	ns								
F-test (TxC)	ns								
CV (%)	3.41								

** significant at $p \leq 0.01$

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

[2/] In a row, values followed by a capital letter are not significantly different by Duncan's Multiple Range test ($p \leq 0.05$)

Table 3 Effect of temperature and chemical concentration on AA test (%) of soybean seed

Concentrations (C)	Temperatures (T)								C-MEAN[1/]
	10 °C[1/]		15 °C[1/]		20 °C[1/]		25 °C[1/]		
EBL 0.050 ppm[2/]	81 bcd	A	74 c	B	71 ab	B	71 bc	B	74 bc
EBL 0.075 ppm[2/]	76 d	AB	79 b	A	73 a	B	75 ab	B	76 abc
EBL 0.100 ppm[2/]	77 d	AB	79 b	A	74 a	B	69 cd	C	75 bc
EBL 0.250 ppm[2/]	76 d	AB	77 bc	A	73 a	B	65 d	C	72 c
EBL 0.500 ppm[2/]	84 ab	A	76 bc	B	62 c	C	74 abc	B	74 bc
GA_3 10 ppm[2/]	85 ab	A	78 bc	B	72 a	C	77 a	B	78 ab
GA_3 50 ppm[2/]	84 abc	A	79 b	B	73 a	C	74 abc	C	77 abc
GA_3 100 ppm[2/]	87 a	A	84 a	A	75 a	B	74 ab	B	80 a
GA_3 150 ppm[2/]	77 d	A	78 bc	A	72 a	B	70 bc	B	74 bc
GA_3 200 ppm[2/]	81 bcd	A	77 bc	A	67 b	B	69 cd	B	74 bc
Distilled water[2/]	81 bcd	A	75 bc	B	74 a	B	71 bc	B	75 bc
Non-treated[2/]	79 cd	A	76 bc	AB	71 ab	C	73 abc	BC	75 bc
T-MEAN[2/]	80 A		78 A		71 B		72 B		75
F-test (T)	**								
F-test (C)	**								
F-test (TxC)	**								
CV (%)	3.99								

** significant at $p \leq 0.01$

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

[2/] In a row, values followed by a capital letter are not significantly different by Duncan's Multiple Range test ($p \leq 0.05$)

Table 4 Effect of temperature and chemical concentration on shoot growth rate (cm) of soybean seed

Concentrations (C)	Temperatures (T)								C-MEAN[1/]
	10 °C[1/]		15 °C[1/]		20 °C[1/]		25 °C[1/]		
EBL 0.050 ppm[2/]	2.44 d	D	4.65 b	C	7.63 c	B	10.91 de	A	6.41 bc
EBL 0.075 ppm[2/]	3.24 cd	C	4.01 b	C	6.88 cd	B	10.32 e	A	6.11 c
EBL 0.100 ppm[2/]	3.65 c	C	4.39 b	C	7.51 c	B	10.36 e	A	6.48 bc
EBL 0.250 ppm[2/]	3.67 c	C	3.69 b	C	7.66 c	B	11.46 cde	A	6.62 bc
EBL 0.500 ppm[2/]	6.27 b	C	4.58 b	D	7.40 cd	B	11.52 cde	A	7.44 b
GA_3 10 ppm[2/]	7.46 a	C	6.58 a	C	9.12 b	B	11.97 bcd	A	8.78 a
GA_3 50 ppm[2/]	8.51 a	C	6.86 a	D	10.91 a	B	12.48 abc	A	9.69 a
GA_3 100 ppm[2/]	8.13 a	C	7.41 a	C	9.91 ab	B	13.00 ab	A	9.61 a
GA_3 150 ppm[2/]	7.46 a	C	6.53 a	C	9.45 b	B	13.06 ab	A	9.12 a
GA_3 200 ppm[2/]	7.57 a	C	6.44 a	C	9.76 b	B	13.48 a	A	9.31 a
Distilled water[2/]	2.87 cd	C	3.80 b	C	6.20 d	B	11.44 cde	A	6.08 c
Non-treated[2/]	0.63 e	D	3.56 b	C	6.58 cd	B	12.59 abc	A	5.84 c
T-MEAN[2/]	5.16 C		5.21 C		8.25 B		11.88 A		7.62
F-test (T)	**								
F-test (C)	**								
F-test (TxC)	**								
CV (%)	10.01								

** significant at $p \leq 0.01$

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

[2/] In a row, values followed by a capital letter are not significantly different by Duncan's Multiple Range test ($p \leq 0.05$)

Table 5 Effect of temperature and chemical concentration on root growth rate (cm) of soybean seed

Concentrations (C)	Temperatures (T)								C-MEAN[1/]
	10 °C[1/]		15 °C[1/]		20 °C[1/]		25 °C[1/]		
EBL 0.050 ppm[2/]	2.48 f	C	2.67	C	6.09 a	B	10.61 b	A	5.46 a
EBL 0.075 ppm[2/]	2.83 ef	C	2.71	C	5.79 ab	B	11.16 ab	A	5.62 a
EBL 0.100 ppm[2/]	3.14 def	C	3.05	C	5.39 abc	B	10.97 ab	A	5.64 a
EBL 0.250 ppm[2/]	3.00 def	C	2.96	C	5.70 ab	B	10.80 ab	A	5.62 a
EBL 0.500 ppm[2/]	4.31 a	C	2.73	D	6.09 a	B	10.51 b	A	5.91 a
GA_3 10 ppm[2/]	3.95 abc	C	2.91	D	5.06 bc	B	11.48 a	A	5.85 a
GA_3 50 ppm[2/]	4.10 ab	C	2.91	D	4.88 cd	B	9.63 c	A	5.38 ab
GA_3 100 ppm[2/]	3.69 a-d	C	2.85	D	4.66 cde	B	9.61 c	A	5.20 ab
GA_3 150 ppm[2/]	3.42 b-e	C	2.64	D	4.31 de	B	8.36 d	A	4.68 b
GA_3 200 ppm[2/]	3.31 cde	C	3.07	C	4.07 e	B	8.14 d	A	4.65 b
Distilled water[2/]	2.49 f	D	3.22	C	5.3 bc	B	11.39 a	A	5.60 a
Non-treated[2/]	2.83 ef	C	3.08	C	5.24 bc	B	11.16 ab	A	5.58 a
T-MEAN[2/]	3.30 C		2.9 C		5.22 B		10.61 A		5.43
F-test (T)	**								
F-test (C)	**								
F-test (TxC)	**								
CV (%)	8.61								

** significant at $p \leq 0.01$

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

[2/] In a row, values followed by a capital letter are not significantly different by Duncan's Multiple Range test ($p \leq 0.05$)

Table 6 Effect of temperature and chemical concentration on seedling vigor index of soybean seed

Concentrations (C)	Temperatures (T)								C-MEAN[1/]
	10 °C[1/]		15 °C[1/]		20 °C[1/]		25 °C[1/]		
EBL 0.050 ppm[2/]	423.3 cd	D	665.8 bc	C	1,166.0 bcd	B	2,001.8 bc	A	1,064.2 e
EBL 0.075 ppm[2/]	526.1 bc	C	594.0 c	C	1,058.3 cd	B	2,053.8 bc	A	1,058.0 e
EBL 0.100 ppm[2/]	584.8 bc	C	690.6 bc	C	1,145.5 bcd	B	1,978.0 c	A	1,099.7 de
EBL 0.250 ppm[2/]	647.4 b	C	605.0 c	C	1,182.9 bcd	B	2,096.5 abc	A	1,133.0 cde
EBL 0.500 ppm[2/]	965.8 a	C	678.0 bc	D	1,184.4 bcd	B	2,054.5 bc	A	1,220.7 b-e
GA_3 10 ppm[2/]	984.3 a	C	855.4 a	D	1,287.8 b	B	2,175.0 ab	A	1,325.6 ab
GA_3 50 ppm[2/]	1,105.6 a	C	875.6 a	D	1,494.3 a	B	2,101.1 abc	A	1,394.1 a
GA_3 100 ppm[2/]	1,005.1 a	C	958.9 a	C	1,318.4 b	B	2,124.7 abc	A	1,351.8 ab
GA_3 150 ppm[2/]	993.6 a	C	807.3 ab	D	1,207.5 bc	B	2,025.2 bc	A	1,258.4 a-d
GA_3 200 ppm[2/]	988.1 a	C	863.2 a	C	1,212.9 bc	B	2,055.0 bc	A	1,279.8 abc
Distilled water[2/]	433.5 cd	D	628.9 c	C	1,018.8 d	B	2,174.2 ab	A	1,063.9 e
Non-treated[2/]	296.7 d	D	652.8 bc	C	1,039.9 cd	B	2,233.3 a	A	1,055.7 e
T-MEAN[2/]	746.2 C		739.6 C		1193.1 B		2089.4 A		1,192.1
F-test (T)	**								
F-test (C)	**								
F-test (TxC)	**								
CV (%)	8.96								

** significant at $p \leq 0.01$

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

[2/] In a row, values followed by a capital letter are not significantly different by Duncan's Multiple Range test ($p \leq 0.05$)

Table 7 Effect of temperature and chemical concentration on MGT (day) of soybean seed

Concentrations (C)	Temperatures (T)								C-MEAN[1/]
	10 °C[1/]		15 °C[1/]		20 °C[1/]		25 °C[1/]		
EBL 0.050 ppm[2/]	13.91 a	D	7.69 abcd	C	5.68 abc	B	3.16	A	7.61 a
EBL 0.075 ppm[2/]	13.72 a	D	7.79 ab	C	5.60 bc	B	3.17	A	7.57 a
EBL 0.100 ppm[2/]	12.95 bc	D	7.73 abc	C	5.89 ab	B	3.15	A	7.43 ab
EBL 0.250 ppm[2/]	13.00 b	D	7.93 a	C	5.89 ab	B	3.14	A	7.49 ab
EBL 0.500 ppm[2/]	12.53 cd	D	7.94 a	C	5.95 ab	B	3.12	A	7.39 ab
GA_3 10 ppm[2/]	12.37 d	D	7.37 bcd	C	5.49 bc	B	3.11	A	7.08 bc
GA_3 50 ppm[2/]	12.34 d	D	7.32 bcd	C	5.31 c	B	3.14	A	7.03 bc
GA_3 100 ppm[2/]	10.34 f	D	7.25 cd	C	5.30 c	B	3.11	A	6.50 d
GA_3 150 ppm[2/]	10.63 ef	D	7.24 d	C	5.30 c	B	3.11	A	6.57 d
GA_3 200 ppm[2/]	10.96 e	D	7.22 d	C	5.41 c	B	3.16	A	6.69 cd
Distilled water[2/]	13.74 a	D	7.43 bcd	C	6.08 a	B	3.12	A	7.59 a
Non-treated[2/]	13.50 a	D	7.67 abcd	C	5.94 ab	B	3.11	A	7.55 a
T-MEAN[2/]	12.50 D		7.55 C		5.65 B		3.13 A		7.21
F-test (T)	**								
F-test (C)	**								
F-test (TxC)	**								
CV (%)	8.96								

** significant at $p \leq 0.01$

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

[2/] In a row, values followed by a capital letter are not significantly different by Duncan's Multiple Range test ($p \leq 0.05$)

5. เอกสารอ้างอิง

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2561. **สถิติภูมิอากาศคาบ 30 ปี พ.ศ. 2524-2553.** แหล่งที่มา: http://climate.tmd.go.th/statistic/stat30y. 1 พฤศจิกายน 2561.

นรีลักษณ์ วรรณสาย, วิระศักดิ์ เทพจันทร์, นิรันดร์ สุขจันทร์, กัลยา เนตรกัลยามิตร, จิดาภา แดงประดับ, จิติมา ยถาภูธานนท์, จุลศักดิ์ บุญญรัตน์ และ วีรวรรณ ศรีถาวร. 2553. **การปรับเปลี่ยนช่วงเวลาการปลูกถั่วเหลืองหลังนาให้เหมาะสมกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ.** แหล่งที่มา: http://www.doa.go.th/research/showthread.php?tid=1041, 1 พฤษภาคม 2559.

รัตนา เศวตาสัย. 2540. **การปลูกถั่วเหลืองในฤดูแล้งหลังการทำนา.** สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สถาบันวิจัยพืชไร่. 2537. **การผลิตเมล็ดพันธุ์หลักพืชไร่.** โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2561. **รายละเอียดภาวะเศรษฐกิจการเกษตร.**แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th/view/1/ รายละเอียดภาวะเศรษฐกิจการเกษตร/28654/TH-TH, 15 พฤษภาคม 2561.

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

Abdul Baki, A.A. and J.D. Anderson. 1973. Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. **Crop Sci.** 13: 630-633.

Agawane, R.B. and S.D. Parhe. 2015. Effect of seed priming on crop growth and seed yield of soybean (*Glycine max* (L) Merill). **The Bioscan.** 10: 265-270.

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

Bewley, J.D. and M. Black. 1978. **Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination.** New York: Springer-Verlag.

Cheng, L., G. Xuan, L. Shuyan, S. Mengjun, J. Hussain, J. Xinming, Y. Guangxiao and H. Guangyuan. 2010. Proteomic analysis of soybean [*Glycine max* (L.) Meer.] seeds during imbibition at chilling temperature. **Mol. Breed.** 26 (1): 1-17.

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.

Eiichi, T. 2005. Regulation of root growth by plant hormones roles for auxin and gibberellin. **Crit. Rev. Plant Sci.** 24 (4): 249-265.

Ellis, R.H. and E.H. Roberts. 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. **Seed Sci. Technol.** 9: 373-409.

FuJii, S. and H. Saka. 2002. The promotive effect of brassinolide on lamina joint-cell elongation, germination and seedling growth under low-temperature stress in rice (*Oryza sativa* L.). **Plant Prod. Sci.** 4: 210-214.

Gupta, R. and S.K. Chakrabarty. 2013. Gibberellic acid in plant. **Plant Signal Behav.** 8 (9): e25504.

Herner, R.C. 1990. The effects of chilling temperatures during seed germination and early seedling growth, pp. 51-69. *In* C.Y. Wang (eds.). **Chilling injury of horticultural crops.** CRC Press.

Huang, B., C.H. Chu, S.L. Chen, H. F. Juan and Y.M. Chen. 2006. A proteomics study of the mung bean epicotyl regulated by brassinosteroids under conditions of chilling stress. **Cell. Mol. Biol. Lett.** 11 (2): 264-278.

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

Jomol, P.M., S.J. Herbert, S.Z. Andreas, A.F. Rautenkranz and G.V. Litchfield. 2000. Differential response of soybean yield components to the timing of light enrichment. **Agron. J.** 92: 1156-1161.

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.

Leubner-Metzger G. 2001. Brassinosteroids and gibberellins promote tobacco seed germination by distinct pathways. **Planta.** 213 (5): 758-763.

Li, X., J. Cai, D. Jiang, H. Jiang, T. Dai, F. Liu and W. Cao. 2013. Induction of chilling tolerance in wheat during germination by pre-soaking seed with nitric oxide and gibberellin. **Plant Growth Regul.** 71 (1): 31-40.

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

Singh, L., K. Upendra, S.K. Singh, G. Charu, S. Madhulika and S.R. Kushwaha. 2012. Physiological and biochemical effect of 24-epibrassinoslide on cold tolerance in maize seedlings. **Physiol Mol. Biol. Plants** 18 (3): 229-236.

Simon, E.W. 1974. Phopholipids and plant membren permeability. **New Phytol.** 73: 377-420.

Wang, Q., Z. Feng and D.L. Smith. 1996. Application of GA_3 and kinetin to improve corn and soybean seedling emergence at low temperature. **Environ. Exp. Bot.** 36 (4): 377-383.

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