ผลของการพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับธาตุอาหารพืชต่อความงอกและการเจริญเติบโตต้นกล้าของมะเขือเทศลูกผสม

Effects of seed pelleting with plant nutrients on seed quality and seedling growth of hybrid tomato seed

วัชลาวลี ทองจันทร์[1], นิวัต เหลืองชัยศรี[1] และ บุญมี ศิริ[1*]

Wutchalawalee Thongjan[1], Niwat Luangchaisri[1] and Boonmee Siri[1*]

บทคัดย่อ: เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสมมีความสำคัญทางเศรษฐกิจไทย แต่ลักษณะเมล็ดมีขนาดเล็กทำให้เป็นอุปสรรคต่อการเพาะปลูกและส่งผลให้ต้นกล้างอกไม่สม่ำเสมอ การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธีการพอกเมล็ดให้มีขนาดและน้ำหนักเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังพอกร่วมกับธาตุอาหารพืชเพื่อเพิ่มคุณภาพเมล็ดพันธุ์และการเจริญเติบโตของต้นกล้า โดยทำการทดลอง ณ โรงงานปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 4 ซ้ำ พอกร่วมกับธาตุอาหารพืชชนิดต่างๆ คือ NH_4NO_3, $NaH_2PO_4.2H_2O$, KNO_3, $ZnSO_4$, $MgSO_4.7H_2O$ และ $CaCl_2.2H_2O$ ในอัตราที่แตกต่างกัน ใช้เครื่องพอกเมล็ดพันธุ์รุ่น SKK 11 มี Hydroxylpropyl methylcellulose (HPMC) ความเข้มข้น 0.6% (W/V) เป็นวัสดุประสาน และ Calcium sulfate เป็นวัสดุพอก จากการทดลองพบว่า การพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับ $ZnSO_4$ และ $CaCl_2.2H_2O$ ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกสูงกว่าทุกกรรมวิธีเมื่อทดสอบทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการและเรือนทดลอง ด้านการเจริญเติบโตของต้นกล้าที่อายุ 14 วันหลังเพาะในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่าความยาวต้นกล้าเพิ่มขึ้น 1% เมื่อพอกร่วมกับ $CaCl_2.2H_2O$ นอกจากนี้ยังพบว่า ความยาวรากของต้นกล้าที่พอกด้วย $MgSO_4.7H_2O$ เพิ่มขึ้น 22.2% ตามลำดับ สำหรับการเพาะทดสอบในสภาพเรือนทดลองพบว่า การเจริญเติบโตของต้นกล้าที่พอกเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชทุกกรรมวิธีมีความยาวต้นกล้าเพิ่มขึ้น 15% เมื่อทำการวัดที่อายุ 30 วันและส่งผลให้ต้นกล้ามีน้ำหนักแห้งมากกว่าเมล็ดพันธุ์ที่พอกโดยปราศจากธาตุอาหารพืชและเมล็ดพันธุ์ที่ไม่พอก โดยสรุปการพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับ $CaCl_2.2H_2O$ ทำให้คุณภาพเมล็ดพันธุ์และการเจริญเติบโตของต้นกล้ามะเขือเทศมากที่สุดและมีน้ำหนักแห้งต้นกล้าเพิ่มขึ้นมากกว่า 37% เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดไม่พอก

คำสำคัญ: คุณภาพเมล็ดพันธุ์, การพอกเมล็ดพันธุ์, การเจริญเติบโตของต้นกล้า, ธาตุอาหารพืช

ABSTRACT: Hybrid tomato seeds are of economic importance in Thailand. But the seed size is small, flat, and thin, it is a hindrance to cultivate and the seedlings germinate irregularly. The objective of this experiment was to hybrid tomato seeds enhancement by pelleting seed that can change their size and add weight. It is also pelleting seeds with plant nutrients to enhance seed quality and seedling growth. This experiment was conducted at the Seed Processing Plant, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University. This experimental design was CRD with 4 replications. The hybrid tomato seeds with different rates, plant nutrients NH_4NO_3, $NaH_2PO_4.2H_2O$,

[1] ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002
Department of Plant Science and Agricultural Resource, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University.

* Corresponding author: boonmee@kku.ac.th

KNO_3, $ZnSO_4$, $MgSO_4.7H_2O$ and $CaCl_2.2H_2O$ by seed coater model SKK 11 Hydroxylpropyl methylcellulose (HPMC) 0.6% W/V was used as binder material and Calcium sulfate used as filler material. The results showed that pelleted seed with $ZnSO_4$ and $CaCl_2.2H_2O$ had higher germination than other treatments tested under laboratory and greenhouse conditions. The pelleted seed with $CaCl_2.2H_2O$ had increase shoot length about 1% compared to. Furthermore the pelleted seed with $MgSO_4.7H_2O$ had increase root length 22.2% under laboratory conditions. For tested under greenhouse conditions the result showed that the pelleted seed in all plant nutrient method had shoot length increased than 15% when measured at 30 days and as a result, the seedlings dry weights were better than the pelleted seed without plant nutrients and non-pelleted seed. In summary, the pelleted seed with $CaCl_2.2H_2O$ had highest the germination, vigor and seedlings growth. In addition, it was found that the seedling dry weight increased more than 37% when compared with non-pelleted seed.

Keywords: seed quality, seed pelleting, seedling growth, plant nutrients

บทนำ

เมล็ดพันธุ์เป็นปัจจัยการผลิตที่มีความสำคัญต่อการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรและมีส่วนในการกำหนดคุณภาพของวัตถุดิบและสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเศรษฐกิจเป็นจำนวนมาก ในกระบวนการเพาะปลูกเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสมของเกษตรกรมักประสบปัญหาเนื่องจากเมล็ดพันธุ์มีขนาดเล็กลักษณะรูปไข่ แบน บางเบา ทำให้การเพาะปลูกยุ่งยากและล่าช้า ซึ่งส่วนใหญ่มีการใช้แรงงานคน อีกทั้งปริมาณธาตุอาหารในเมล็ดน้อยส่งผลต่อคุณภาพด้านการงอก ทำให้ต้นกล้างอกไม่สม่ำเสมอ ปัจจุบันอุตสาหกรรมเมล็ดพันธุ์ในหลายประเทศได้มีการนำเทคโนโลยีการยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์เข้ามาเพื่อเสริมสร้างคุณภาพเมล็ดพันธุ์ให้ดีขึ้น (บุญมี, 2558; Mandal et al., 2015) ได้เมล็ดพันธุ์ดีตรงตามมาตรฐานหรือมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับแก่เกษตรกรผู้ใช้ (วิทูล, 2555)

การพอกเมล็ดพันธุ์ (seed pelleting) คือหนึ่งในวิธีการที่ได้รับความนิยมสูงสุดเพื่อนำมาใช้ปรับปรุงคุณภาพเมล็ดพันธุ์ โดยสามารถปรับเปลี่ยนรูปร่างเมล็ดที่มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา ให้มีรูปร่างสม่ำเสมอ ขนาดและน้ำหนักเพิ่มมากขึ้น จึงสะดวกสบายและง่ายมากขึ้นเมื่อใช้ร่วมกับเครื่องเพาะปลูกพืช (Zenk, 2004) โดยวิธีการพอกเมล็ดพันธุ์ได้นำมาใช้ร่วมกับเมล็ดพันธุ์หลายชนิดทั้งเมล็ดที่มีขนาดเล็ก ได้แก่ เมล็ดพันธุ์ยาสูบ (จักรพงษ์ และบุญมี, 2557; สุริยา และคณะ, 2559; Guan et al., 2013) งา (Prakash et al., 2015) พริก (Jerlin et al., 2008) มะเขือเทศ (Soulange and Levantard, 2008; Gaunt, 2012) มะเขือยาว (Satishkumar et al., 2014) เมล็ดพันธุ์ขนาดปานกลางและเมล็ดพันธุ์ขนาดใหญ่ ได้แก่ เมล็ดข้าว (Prakash et al., 2013) เมล็ดถั่วอัลฟาฟ่า (Awad and Ihsanullah, 2015) เมล็ดสบู่ดำและเมล็ดหยีน้ำ (Srimathi et al., 2013) เป็นต้น

นอกจากการเพิ่มขนาดเมล็ดพันธุ์แล้วยังสามารถเพิ่มสารออกฤทธิ์ที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชให้ติดร่วมไปกับวัสดุพอกได้ ทำให้การใช้เมล็ดพันธุ์เพื่อการเพาะปลูกมีประสิทธิภาพสูงสุด อีกทั้งเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเมล็ดพันธุ์ โดยสารออกฤทธิ์ยกตัวอย่างเช่น สารเคมีป้องกันโรคแมลง ฮอร์โมนพืช และธาตุอาหารพืช เป็นต้น จากการศึกษาที่ผ่านมา Suma et al. (2010) พบว่าการพอกเมล็ดพันธุ์ยาสูบร่วมกับ $MnSO_4$ มีผลช่วยส่งเสริมการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้า ต่อมา Shashibhaskar et al. (2011) พบว่า การพอกเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศร่วมกับ $ZnSO_4$ ช่วยให้ต้นกล้าเจริญเติบโตได้ดีและมีผลผลิตสูงกว่าเมล็ดที่ไม่พอกร่วมกับ

ธาตุอาหารพืช นอกจากนี้ Satishkumar et al. (2014) ยังพบว่า การพอกเมล็ดพันธุ์มะเขือยาวร่วมกับ $ZnSO_4$ และ $MnSO_4$ มีผลต่อความงอก ความเร็วในการงอก ความยาวต้น ความยาวราก และน้ำหนักแห้งดีมากกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการพอกร่วมกับธาตุอาหาร ดังนั้นในการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการพอกเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศร่วมกับธาตุอาหารพืชต่างชนิดกัน และติดตามการเปลี่ยนแปลงด้านความงอก และการเจริญเติบโตของต้นกล้ามะเขือเทศลูกผสม

วิธีการศึกษา

ทำการทดลองการพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับธาตุอาหารพืชต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์และการเจริญเติบโตของต้นกล้ามะเขือเทศลูกผสม ณ ห้องปฏิบัติการวิทยาการเมล็ดพันธุ์ โรงงานปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ และเรือนทดลองคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2559 ถึงเดือนพฤษภาคม 2560 โดยมีวิธีการดำเนินการทดลองดังนี้

1. การพอกเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสม

การทดลองใช้เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสมพันธุ์ SPP 059 ที่ได้รับการสนับสนุนจากบริษัท เอจี ยูนิเวอร์แซล จำกัด โดยใช้ Calcium sulfate อัตรา 100 กรัม เป็นวัสดุพอก และ Hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) ความเข้มข้น 0.6 เปอร์เซ็นต์ (W/V) ปริมาตร 60 มิลลิลิตร เป็นวัสดุประสาน ต่อน้ำหนักเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ 15 กรัม โดยมีวิธีการศึกษาจำนวน 7 กรรมวิธีๆ ละ 4 ซ้ำ ได้แก่ เมล็ดพันธุ์ไม่พอก (T0), เมล็ดพันธุ์ที่พอกด้วย Calcium Sulfate (Cs) (T1), เมล็ดพันธุ์ที่พอกด้วย Calcium Sulfate (Cs) ร่วมกับ NH_4NO_3, $NaH_2PO_4.2H_2O$, KNO_3, $ZnSO_4$, $MgSO_4.7H_2O$ และ $CaCl_2.2H_2O$ อัตรา 0.031, 0.047, 0.023, 0.060, 0.720, 0.720 กรัม (T2, T3, T4, T5, T6 และ T7 ตามลำดับ) โดยพอกเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศด้วยเครื่องพอกแบบถังหมุน (rotary drum) รุ่น SKK12 แล้วนำเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกแต่ละวิธีการมาลดความชื้นด้วยเครื่องลดความชื้นแบบลมแห้ง รุ่น SKK09 ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง

2. ศึกษาผลของการพอกเมล็ดพันธุ์ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสม

สุ่มเมล็ดพันธุ์ทั้งที่ไม่พอกและผ่านการพอกร่วมกับธาตุอาหารพืชแต่ละชนิดมาตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในลักษณะต่างๆ แต่ละกรรมวิธีทำ 4 ซ้ำๆ ละ 100 เมล็ด ดังนี้

2.1 การตรวจสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ในสภาพห้องปฏิบัติการ ทดสอบโดยวิธี Top of Paper (TP) แล้วนำไปไว้ในตู้เพาะความงอกที่อุณหภูมิ 20-30 องศาเซลเซียส นับความงอกครั้งแรก (First count) หลังเพาะ 5 วัน และวันสุดท้ายของการนับความงอก (Final count) ที่ 14 วัน จากนั้นนำมาประเมินผลความงอกตามวิธีของ ISTA (2010)

2.2 การตรวจสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ในสภาพเรือนทดลอง โดยเพาะตรวจสอบในถาดหลุมใช้พีทมอสเป็นวัสดุเพาะ โดยนับความงอกครั้งแรก (First count) และวันสุดท้าย (Final count) เช่นเดียวกับในสภาพห้องปฏิบัติการ ประเมินผลความงอกตามหลักสากล (ISTA, 2010)

2.3 การตรวจสอบความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ ตรวจนับจำนวนต้นกล้าปกติทุกวันตั้งแต่วันนับความงอกครั้งแรก (First count) จนถึงวันสุดท้าย (Final count) ทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพเรือนทดลอง โดยคำนวณจากสูตร (ISTA, 2010)

$$\text{ความเร็วในการงอก} = \text{ผลรวม}\left(\frac{\text{จำนวนต้นกล้าปกติที่นับครั้งแรก}}{\text{จำนวนวันหลังเพาะที่นับครั้งแรก}} + \ldots + \frac{\text{จำนวนต้นกล้าปกติที่นับครั้งสุดท้าย}}{\text{จำนวนวันหลังเพาะที่นับครั้งสุดท้าย}}\right)$$

2.4 การตรวจสอบความยาวราก โดยสุ่มต้นกล้ามะเขือเทศปกติที่อายุ 14 วันหลังเพาะทดสอบในสภาพห้องปฏิบัติการจำนวน 4 ซ้ำๆ ละ 10 ต้น มาวัดความยาวรากโดยวัดจากโคนต้นจนถึงปลายรากของต้นกล้า มีหน่วยเป็นเซนติเมตร ส่วนการตรวจสอบความยาวต้นกล้า นำต้นกล้ามะเขือเทศปกติที่อายุ 14 วันหลังเพาะ ทดสอบในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพเรือนทดลองที่อายุ 14 และ 30 วัน จำนวน 4 ซ้ำๆ ละ 10 ต้น มาตรวจวัดความยาวต้นตั้งแต่บริเวณรอยต่อกับส่วนรากขึ้นมาจนถึงปลายยอด

2.5 การตรวจสอบน้ำหนักแห้งต้นกล้า เมื่อต้นกล้ามะเขือเทศอายุ 30 วันหลังเพาะในสภาพเรือนทดลอง จึงสุ่มต้นกล้าปกติจำนวน 4 ซ้ำๆ ละ 100 ต้น มาประเมินน้ำหนักแห้ง ใช้กรรไกรตัดต้นกล้าตั้งแต่บริเวณรอยต่อกับส่วนราก แล้วนำต้นกล้าใส่ในถุงกระดาษ จากนั้นนำไปอบในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 48 ชั่วโมง แล้วนำมาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 3 ตำแหน่ง (อัญชลี, 2554)

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) ข้อมูลความงอกของเมล็ดพันธุ์นำมาแปลงค่าก่อนการวิเคราะห์โดยวิธี arcsine และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละกรรมวิธีโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ส่วนการเปรียบเทียบความงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าหลังการพอกเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืช ทำการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบกลุ่มด้วยวิธี orthogonal contrast comparison โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ผลการศึกษาและวิจารณ์

1. ผลของการพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับธาตุอาหารพืชต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสม

การศึกษาการพอกเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสมร่วมกับธาตุอาหารพืชชนิดต่างๆ เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่าความงอกมีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยการพอกเมล็ดพันธุ์ด้วย $NaH_2PO_4.2H_2O$ (T3) มีเปอร์เซ็นต์ความงอกต่ำที่สุด คือ 77% (Table 1) อย่างไรก็ตาม การพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับธาตุอาหารพืชชนิดอื่น ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับการพอกเมล็ดโดยปราศจากธาตุอาหาร (T1) และเมล็ดพันธุ์ไม่พอก (T0) โดยการพอกเมล็ดพันธุ์ด้วย $ZnSO_4$ (T5) ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด คือ 88% และการพอกเมล็ดพันธุ์ด้วย $CaCl_2.2H_2O$ (T7) ก็มีแนวโน้มทำให้เมล็ดมีความงอกสูงเช่นเดียวกัน คือ 87% สำหรับในสภาพเรือนทดลองยังคงพบว่า เมล็ดพันธุ์ที่พอกด้วย $CaCl_2.2H_2O$ (T7) มีความงอกสูงกว่าทุกกรรมวิธี คือ 96% รองลงมาคือการพอกเมล็ดด้วย KNO_3 (T4), $MgSO_4.7H_2O$ (T6), $ZnSO_4$ (T5), เมล็ดที่พอกโดยปราศจากธาตุอาหาร (T1) และเมล็ดพันธุ์ไม่พอก (T0) ส่งผลต่อความงอกสูงเช่นกัน คือ 90-95% เมื่อตรวจสอบความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ไม่พอก และการพอกเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชทุกกรรมวิธีพบว่า มีความแตกต่างกันในทางสถิติทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพเรือนทดลอง โดยเมล็ดพันธุ์ไม่พอก (T0) มีความเร็วในการงอกดีมากกว่าเมล็ดพันธุ์ที่พอกทุกกรรมวิธี อย่างไรก็ตาม ในสภาพเรือนทดลองการพอกเมล็ดโดยปราศจากธาตุอาหาร (T1), $ZnSO_4$ (T5) และ $CaCl_2.2H_2O$ (T7) มีความเร็วในการงอกไม่แตกต่างกันกับเมล็ดพันธุ์ไม่พอก (T0)

Table 1 Germination percentage and speed of germination of hybrid tomato seeds pelleted with different plant nutrients tested under laboratory and greenhouse conditions.

Treatments[1/]	Germination (%)[2/3/]		Speed of germination (plants/day)	
	Laboratory	Greenhouse	Laboratory[2/]	Greenhouse
T_0	84^{ab}	90^{bcd}	13.45^{a}	17.82^{a}
T_1	85^{ab}	92^{abc}	11.10^{bc}	17.11^{ab}
T_2	82^{ab}	86^{d}	11.26^{bc}	15.85^{cd}
T_3	77^{b}	87^{cd}	9.79^{c}	15.16^{d}
T_4	83^{ab}	90^{bcd}	11.25^{bc}	15.93^{cd}
T_5	88^{a}	95^{ab}	11.27^{bc}	17.36^{ab}
T_6	84^{ab}	92^{bcd}	11.53^{b}	16.48^{bc}
T_7	87^{ab}	96^{a}	11.51^{b}	16.85^{abc}
F-test	*	**	**	**
C.V. (%)	5.99	3.35	7.12	3.77

*: ** = significantly different at P< 0.05 and P< 0.01 respectively.

[1/]T_0 = non-pelleting (control), T_1= pelleting with Calcium sulfate (CS), T_2= Pelleting with Cs + NH_4NO_3, T_3= Pelleting with Cs + $NaH_2PO_4.2H_2O$, T_4= Pelleting with Cs + KNO_3, T_5= Pelleting with Cs + $ZnSO_4$, T_6= Pelleting with Cs + $MgSO_4.7H_2O$ and T_7= Pelleting with Cs + $CaCl_2.2H_2O$

[2/]Means within the same column followed by different letters are significantly different by DMRT.

[3/]Data are transformed by the arcsine before statistical analysis.

เปรียบเทียบแบบกลุ่มของเมล็ดไม่พอกและเมล็ดที่พอกทุกกรรมวิธีพบว่า ความงอก ความยาวต้น และความยาวรากไม่แตกต่างกันในทางสถิติเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ แต่จะพบความแตกต่างกันด้านความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ โดยเมล็ดพันธุ์ไม่พอกจะสามารถงอกได้เร็วมากกว่าการพอกเมล็ดทุกกรรมวิธี ส่วนการเปรียบเทียบเมล็ดไม่พอกและวิธีการพอกเมล็ดโดยปราศจากธาตุอาหารพืชพบว่า ความงอกและความยาวรากไม่แตกต่างกัน และยังคงพบว่าเมล็ดไม่พอกมีความเร็วในการงอกดีมากกว่าการพอกเมล็ดทุกกรรมวิธี แต่การเปลี่ยนแปลงด้านความยาวต้น การพอกเมล็ดโดยปราศจากธาตุอาหารพืชมีการเจริญเติบโตที่ดีมากกว่าเมล็ดไม่พอกและแตกต่างกันในทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบกลุ่มของการพอกเมล็ดโดยปราศจากธาตุอาหารพืชและการพอกเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชทุกกรรมวิธีพบว่า กลุ่มการพอกเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชทุกชนิดมีแนวโน้มของความเร็วในการงอกดีมากกว่าเมล็ดไม่พอกและแตกต่างกันในทางสถิติกับการพอกเมล็ดเพียงอย่างเดียว ยกเว้นการพอกเมล็ดด้วย $NaH_2PO_4.2H_2O$ (T3) นอกจากนี้พบว่า การพอกเมล็ดร่วมกับ $MgSO_4.7H_2O$ (T6) มีความยาวรากดีที่สุดและแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดไม่พอก **(Table 2)**

Table 2 Comparison by orthogonal contrast of seed quality after pelleted seeds with plant nutrients tested under laboratory conditions.

Treatments[1/]	Germination (%)	Speed of germination (plants/day)	Shoot length 14 DAP[2/] (cm)	Root length 14 DAP[2/] (cm)
T_0 VS T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_6, T_7	ns	**	ns	ns
T_0 VS T_1	ns	**	**	ns
T_1 VS T_2, T_3, T_4, T_5, T_6, T_7	ns	**	ns	**
T_2 VS T_3 VS T_4 VS T_5 VS T_6 VS T_7	ns	ns	ns	*
C.V. (%)	5.99	7.12	4.58	10.21

ns, *, ** = non-significantly different, significantly different at P<0.05 and P<0.01 respectively.

[1/]T_0 = non-pelleting (control), T_1= pelleting with Calcium sulfate (CS), T_2= Pelleting with Cs + NH_4NO_3, T_3= Pelleting with Cs + $NaH_2PO_4.2H_2O$, T_4= Pelleting with Cs + KNO_3, T_5= Pelleting with Cs + $ZnSO_4$, T_6= Pelleting with Cs + $MgSO_4.7H_2O$ and T_7= Pelleting with Cs + $CaCl_2.2H_2O$

[2/]DAP= Day after planting.

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า วิธีการพอกเมล็ดพันธุ์โดยปราศจากธาตุอาหารพืช (T1) และการพอกเมล็ดร่วมกับ KNO_3 (T4), $ZnSO_4$ (T5), $MgSO_4.7H_2O$ (T6) และ $CaCl_2.2H_2O$ (T7) ไม่มีผลต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพเรือนทดลอง โดยเฉพาะการพอกเมล็ดร่วมกับ $ZnSO_4$ (T5) และ $CaCl_2.2H_2O$ (T7) มีแนวโน้มช่วยส่งเสริมการงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศได้ดีมากกว่าการพอกเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารชนิดอื่นๆ จากอิทธิพลของธาตุสังกะสี (Zn) จะช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ในปฏิกิริยาทางชีวเคมี คือ การสังเคราะห์แสง การสร้างน้ำตาล การสังเคราะห์โปรตีน (Aravind and Prasad, 2004) และส่งเสริมการงอกและเจริญเติบโตของต้นกล้า (Kaya and Higgs, 2002) นอกจากนี้ยังมีบทบาทในกระบวนการสังเคราะห์ทริพโตเฟน ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่สำคัญในกระบวนการสร้างออกซิน (Caldelas and Weiss, 2017) ซึ่งมีส่วนช่วยกระตุ้นการงอกของเมล็ดและการเร่งการเจริญเติบโตของพืชทั้งในส่วนที่เป็นลำต้นและราก (Santos, 1981) ในปัจจุบัน Kangsopa and Siri (2017) รายงานว่าวิธีการพอกเมล็ดผักกาดหอมร่วมกับ $ZnSO_4$ มีผลทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกเพิ่มขึ้นแต่ก็ไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งหลังการเร่งอายุยังคงพบว่าการพอกเมล็ดด้วย $ZnSO_4$ มีเปอร์เซ็นต์ความงอกดีมากกว่าเมล็ดไม่พอกเมื่อตรวจสอบทั้งในห้องปฏิบัติการและสภาพเรือนทดลอง

สำหรับการพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับ $CaCl_2.2H_2O$ (T7) พบว่า มีความงอกดีที่สุดเมื่อตรวจสอบในสภาพเรือนทดลอง โดยธาตุแคลเซียม (Ca) มีบทบาทสำคัญต่อการงอกของเมล็ดโดยเป็นโคแฟกเตอร์ที่ช่วยให้เอนไซม์มีกิจกรรมได้ คือเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส ซึ่งทำหน้าที่ย่อยแป้งให้สั้นลงเป็นเดกซ์ทริน (dextrin) (ยงยุทธ, 2553) ซึ่งมีบทบาทในการเคลื่อนย้ายแป้งไปยังส่วนอื่นๆ ของพืชและยังช่วยย่อยแป้งในเอนโดสเปิร์มของเมล็ดให้มีโมเลกุลเล็กลงสำหรับใช้ในกระบวนการงอก อีกทั้งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการงอกของเมล็ดได้ดียิ่งขึ้นเมื่อแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) ที่ถูกพืชดูดซึมและเข้าไปทำงานร่วมกับฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน (GA) ในการกระบวนการทางชีวเคมีของพืช (Bush, 1995; Anil and Rao, 2001) อย่างไรก็ตาม จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการพอกเมล็ดทุกกรรมวิธีมีความเร็วในการงอกช้าเพียงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดไม่พอก โดยปกติแล้วเมล็ดพันธุ์จะถูกห่อหุ้มด้วยสารพอกเมล็ด ทำให้เมล็ดพันธุ์พืชบางชนิดไม่สามารถงอกได้ทันทีหรืองอกได้ช้า (Soulange and Levantard, 2006) เช่นเดียวกันกับการทดลองนี้จะพบว่า เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศหลังการพอกจะสามารถงอกได้ช้า แต่ไม่มีผลขัดขวางต่อกระบวนการงอกของเมล็ด ตลอดจนพัฒนาไปเป็นต้นกล้าปกติ เช่น การรายงานในการพอกเมล็ดพันธุ์แครอท (Halsey and White, 1980; Petch, 1991) และซูการ์บีท (Durant and Loads, 1986) นอกจากนี้ยังพบว่า การพอกเมล็ดร่วมกับ $NaH_2PO_4.2H_2O$ (T3)

อัตรา 0.047 กรัม มีผลต่อความเร็วในการงอกมากกว่ากรรมวิธีการอื่นๆ โดยธาตุฟอสฟอรัสมีผลต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของรากพืช ทั้งรากแก้ว รากฝอย และรากแขนง (Smith and Read, 1997; Liu et al., 2011) จึงมีผลต่อกระบวนการงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศเมื่อได้รับธาตุอาหารในปริมาณมากเกินไป

2. ผลของการพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับธาตุอาหารพืชต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้ามะเขือเทศลูกผสม

การตรวจสอบการเจริญเติบโตของต้นกล้าเมื่อเพาะทดสอบในสภาพห้องปฏิบัติการพบว่าต้นกล้าปกติที่อายุ 14 วันหลังเพาะ การพอกเมล็ดด้วย $CaCl_2.2H_2O$ (T7) และการพอกโดยปราศจากธาตุอาหารพืช (T1) มีความยาวต้นมากกว่าเมล็ดพันธุ์ไม่พอก (T0) การตรวจสอบความยาวรากที่อายุ 14 วันหลังเพาะ พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยเมล็ดพันธุ์ที่พอกด้วย $MgSO_4.7H_2O$ (T6) มีความยาวรากดีที่สุด เมื่อตรวจสอบความยาวต้นที่อายุ 14 และ 30 วันหลังเพาะ ในสภาพเรือนทดลองมีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยเมล็ดพันธุ์ที่พอกร่วมกับธาตุอาหารพืชทุกกรรมวิธีมีความยาวต้นดีมากกว่าเมล็ดพันธุ์ไม่พอก 4-15% ส่วนการประเมินน้ำหนักแห้งของต้นกล้าที่อายุ 30 วันหลังการเพาะทดสอบในสภาพเรือนทดลองพบว่าเมล็ดพันธุ์ที่พอกร่วมกับธาตุอาหารพืชมีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่พอกโดยปราศจากธาตุอาหารพืช (T1) และเมล็ดไม่พอก (T0) **(Table 3)**

เมื่อเปรียบเทียบกลุ่มของเมล็ดไม่พอกและวิธีการพอกเมล็ดทุกกรรมวิธีที่เพาะทดสอบในสภาพเรือนทดลอง อีกทั้งเปรียบเทียบเมล็ดไม่พอกและวิธีการพอกเมล็ดโดยปราศจากธาตุอาหารพืชพบว่าความงอก ความเร็วในการงอก และความยาวต้น ที่อายุ 14 และ 30 วันหลังเพาะ ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยจะเห็นความแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกลุ่มของเมล็ดพอกโดยปราศจากธาตุอาหารพืชและวิธีการพอกเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชพบว่าความงอกของเมล็ดมีความแตกต่างกัน ซึ่งการพอกเมล็ดร่วมกับ $CaCl_2.2H_2O$ (T7) มีความงอกดีที่สุดและสูงมากกว่าวิธีการพอกเมล็ดเพียงอย่างเดียว 4% แต่ไม่มีความแตกต่างจากเมล็ดพันธุ์ที่พอกร่วมกับ $ZnSO_4$ (T5) และเมล็ดพันธุ์ที่พอกโดยปราศจากธาตุอาหารพืช (T1) ส่วนความเร็วในการงอกและความยาวต้นที่อายุ 14 และ 30 วันหลังเพาะไม่พบความแตกต่างกันในทางสถิติ **(Table 4)**

Table 3 Shoot and root length and seedling dry weight of hybrid tomato seeds pelleted with different plant nutrients tested under laboratory and greenhouse conditions.

Treatments[1/]	Laboratory		Greenhouse		
	Shoot length 14 DAP (cm)[2/]	Root length 14 DAP (cm)	Shoot length 14 DAP (cm)	Shoot length 30 DAP (cm)	Seedling dry weight 30 DAP (g)
T_0	7.96[ab3/]	6.94[bc]	10.95[c]	18.35[c]	8.84[b]
T_1	8.04[a] (+1.0)[4/]	6.06[cd] (-12.6)	11.57[b] (+5.6)	17.77[c] (-3.1)	7.99[b] (-9.6)
T_2	7.80[ab] (-2.0)	6.89[bcd] (-0.7)	11.73[ab] (+7.1)	20.67[a] (+12.6)	9.53[b] (+7.8)
T_3	7.71[ab] (-3.1)	6.39[bcd] (-7.9)	10.70[c] (-2.2)	18.37[c] (+0.1)	8.83[b] (0)
T_4	7.82[ab] (-1.7)	7.42[ab] (+6.9)	12.10[ab] (+10.5)	18.63[bc] (+1.5)	8.93[b] (+1.1)
T_5	7.32[b] (-8.0)	6.23[bcd] (-10.2)	11.91[ab] (+8.8)	19.16[bc] (+4.4)	9.04[b] (+2.5)
T_6	7.90[ab] (-0.7)	8.48[a] (+22.2)	11.50[b] (+5.0)	20.00[ab] (+9)	9.53[b] (+7.9)
T_7	8.04[a] (+1.0)	5.60[d] (-19.3)	12.30[a] (+12.3)	21.18[a] (+15.4)	12.11[a] (+37)
F-test	*	**	**	**	**
C.V. (%)	4.58	10.21	2.74	4.14	8.52

*: ** = significantly different at P<0.05 and P<0.01 respectively.

[1/] T_0 = non-pelleting (control), T_1= pelleting with Calcium sulfate (CS), T_2= Pelleting with Cs + NH_4NO_3, T_3= Pelleting with Cs + $NaH_2PO_4.2H_2O$, T_4= Pelleting with Cs + KNO_3, T_5= Pelleting with Cs + $ZnSO_4$, T_6= Pelleting with Cs + $MgSO_4.7H_2O$ and T_7= Pelleting with Cs + $CaCl_2.2H_2O$

[2/] DAP= Day after planting.

[3/] Means within the same column followed by different letters are significantly different by DMRT.

[4/] The numbers in parentheses are percentage increase (+) or decrease (-) of change in relative to control.

Table 4 Comparison by orthogonal contrast of seed quality after pelleted seeds with plant nutrients tested under greenhouse conditions.

Treatments[1/]	Germination (%)	Speed of germination (plants/day)	Shoot length 14 DAP[2/] (cm)	Shoot length 30 DAP[2/] (cm)
T_0 VS T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 T_6, T_7	ns	ns	ns	ns
T_0 VS T_1	ns	ns	ns	ns
T_1 VS T_2, T_3, T_4, T_5 T_6, T_7	*	ns	ns	ns
T_2 VS T_3 VS T_4 VS T_5 VS T_6 VS T_7	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	3.35	3.77	2.74	4.14

ns, * = non-significantly different, significantly different at P<0.05 respectively.

[1/]T_0 = non-pelleting (control), T_1= pelleting with Calcium sulfate (CS), T_2= Pelleting with Cs + NH_4NO_3, T_3= Pelleting with Cs + NaH_2PO_4.$2H_2O$, T_4= Pelleting with Cs + KNO_3, T_5= Pelleting with Cs + $ZnSO_4$, T_6= Pelleting with Cs + $MgSO_4$.$7H_2O$ and T_7= Pelleting with Cs + $CaCl_2$.$2H_2O$

[2/]DAP= Day after planting.

สรุป

1. ด้านความงอกของเมล็ดพันธุ์ พบว่า เมล็ดพันธุ์ที่พอกร่วมกับ $ZnSO_4$ อัตรา 0.060 กรัม ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงถึง 88% เมื่อเพาะทดสอบในห้องปฏิบัติการและในสภาพเรือนทดลองการพอกเมล็ดด้วย $CaCl_2$.$2H_2O$ อัตรา 0.720 กรัม มีแนวโน้มส่งเสริมให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกสูงกว่า 96%

2. ด้านการเจริญเติบโตของต้นกล้าพบว่า เมล็ดพันธุ์ที่พอกร่วมกับ $CaCl_2$.$2H_2O$ อัตรา 0.720 กรัม ทำให้ต้นกล้ามีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นสูงกว่ากรรมวิธีอื่น เมื่อต้นกล้าปกติที่ 14 วัน และการพอกเมล็ดด้วย KNO_3 อัตรา 0.023 กรัม กับ $MgSO_4$.$7H_2O$ อัตรา 0.720 กรัม มีแนวโน้มทำให้ความยาวรากต้นกล้าสูงที่สุด

3. เมื่อประเมินผลน้ำหนักแห้งของต้นกล้าเมล็ดพันธุ์ที่พอกร่วมกับ $CaCl_2$.$2H_2O$ อัตรา 0.720 กรัม ทำให้ต้นกล้าเจริญเติบโตได้ดีที่สุด คือ มีน้ำหนักแห้งสูงถึง 12.11 โดยเพิ่มขึ้นมาจากเมล็ดพันธุ์ที่ไม่พอกถึง 37%

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณโครงการพัฒนาศักยภาพบุคลากรเพื่อการวิจัยและพัฒนาสำหรับภาคอุตสาหกรรม (NUI-RC) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ บริษัท เอ จี ยูนิเวอร์แซล จำกัด สำหรับเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสมที่ใช้ในการทดลอง ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น โรงงานปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ ห้องปฏิบัติการวิทยาการเมล็ดพันธุ์ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และวัสดุอุปกรณ์ในการทำงานทดลองในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

จักรพงษ์ กางโสภา และ บุญมี ศิริ. 2557. อิทธิพลของวัสดุประสานที่ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับการพอกเมล็ดต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ยาสูบพันธุ์เวอร์จิเนีย. แก่นเกษตร. 42: 201-210.

บุญมี ศิริ. 2558. การปรับปรุงสภาพและยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์. ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

บุญมี ศิริ. 2558. การปรับปรุงสภาพและยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์. ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2553. ธาตุอาหารพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วัชลาวลี ทองจันทร์ และ บุญมี ศิริ. 2560. การเพิ่มคุณภาพเมล็ดพันธุ์และการเจริญเติบโตของต้นกล้ามะเขือเทศลูกผสมด้วยการพอกร่วมกับธาตุอาหารพืช. น. 14-23. ใน: การประชุมทางวิชาการเมล็ดพันธุ์พืชแห่งชาติ ครั้งที่ 14. ระหว่างวันที่ 30 พฤษภาคม - 2 มิถุนายน 2560. ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์, ชุมพร.

วิทูล ปิยะวงศ์ลาวัลย์. 2555. หลักการใช้เครื่องจักรปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์. เอกสารประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการการลดความชื้นและการปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด. วันที่ 15-17 ตุลาคม 2555.โรงงานปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

สุริยา ตราชู, นิวัติ เหลืองชัยศรี และบุญมี ศิริ. 2559. การพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับธาตุอาหารพืชต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ การเจริญเติบโตของต้นกล้าและอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ยาสูบ. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 34: 100-108.

อัญชลี ใจดี. 2554. การวัดการเจริญเติบโตของพืช. แหล่งข้อมูล: http://www.phukhieo.ac.th. ค้นเมื่อ 25 เมษายน 2560.

Anil, V.S., and K.S. Rao. 2001. Calcium-mediated signal transduction in plants: a perspective on the role of Ca^{2+} and CDPKs during early plant development. Plant Physiol. J. 158: 1237-1256.

Aravind, P., and M.N.V. Prasad. 2004. Zinc protects chloroplasts and associated photochemical functions in cadmium exposed *Ceratophyllum demersum* L., a freshwater macrophyte. Plant Sci. J. 166: 1321-1327.

Awad, O.A., and D. Ihsanullah. 2015. Effect of seed pelletting with organic manures and Rhizobia on the performance of two alfalfa cultivars grown in saline environment. Agri. Res. Commu. Cen. J. 38: 513-518.

Bibikova, T., and S. Gilroy. 2008. Calcium in Root Hair Growth. Springer, Verlag Berlin Heidelberg.

Burstrom, H.G. 1968. Calcium and plant growth. Biol. Rev. (Camb.). 43: 287-316.

Bush, D.S. 1995. Calcium regulation in plant cells and its role in signaling. Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol. 46: 95-122.

Caldelas, C., and D.J. Weiss. 2017. Zinc Homeostasis and isotopic fractionation in plants. Plant Soil. 411: 17-46.

Durant, M.J., and A. Loads. 1986. The effect of pellet structure in the germination and emergence of sugar beet seed. Seed Sci. and Technol. 14: 343-353.

Gaunt, R.E. 2012. Inoculation of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on onion and tomato seeds. New Zealand Journal of Botany. 16: 69-71.

Govenden-Soulange, J., and L. Melissa. 2008. Comparative studies of seed priming and pelleting on percentage and meantime to germination of seeds of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) African J. of Agri. Research. 3: 725-731.

Gregory, P.J. 2006. Plant Roots: Growth, Activity and Interaction with Soils. Blackwell Publishing, Iowa.

Guan, Y.J., J.C. Wang, J. Hu, Y.X. Tian, W.M. Hu, and S.J. Zhu. 2013. A novel fluorescent dual-labeling method for anti-counterfeiting pelleted tobacco seeds. Seed Sci. and Technol. 41: 158-163.

Halsey, L.H., and J.M. White. 1980. Influence of raw and coated seed on production of carrot in relation to seeder device. Hort. Sci. 15: 142-144.

Hepler, P.K. 2005. Calcium: a central regulator of plant growth and development. Plant Cell. 17: 2142-2155.

ISTA. 2010. International Rules for Seed testing. Seed Science and technology. Glattbrugg, Switzerland.

Jerlin, R.A., S. Ponnuswamy, K. Prabakar, and M.R. Srinivasan. 2008. Seed pelletization for enhancing seed vigour and storability of chillies Cv.K1. Madras Agri. J. 95: 486-490.

Jones, J.B., and D.M. Huber. 2007. Magnesium and plant disease. pp. 95-100. In: Datnoff LE, Elmer WH, Huber DM (eds.) Mineral nutrition and plant disease. APS Press, St. Paul.

Kangsopa, J., and B. Siri. 2017. Seed germination and seedling growth of lettuce after seed pelleting with zinc. Khon Kaen Agri. J. 45: 553-560.

Kaya, C., and D.E.B. Higgs. 2002. Response of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) cultivars to foliar application of zinc when grown in sand culture at low zinc. Sci. Hort. 93: 53-64.

Kumar, S., B. Gowada, and S. Kumare. 2014. Effect of seed pelleting chemicals and storage containers on storability of brinjal (*Solanum melongena* L.) International Journal of Plant Sci. 9: 173-179.

Liu, T.W., F.H. Wu, W.H. Wang, J. Chen, Z.J. Li, X.J. Dong, and H.L. Zheng. 2011. Effects of calcium on seed germination, seedling growth and photosynthesis of six forest tree species under simulated acid rain. Tree physiol. 31: 402-413.

Mandal, A.B., R. Mondal, and P.M.S. Dutta. 2015. Seed enhancement through priming, coating and pelleting for uniform crop stand and increased productivity. J. of the Andaman Sci. Association. 20: 26-33.

Marschner, P. 2012. Marschner's mineral nutrition of higher plants, 3rd edn. Elsevier, Academic Press, USA.

Mengel, K, and E.A. Kirkby. 1978. Principles of plant nutrition. International Potash Institute, Worbhavefen-Bern, Switzerland.

Petch, G. M., R.B. Maude, and J.G. White. 1991. Effect of film-coat layering of metalaxyl on the germination of carrot seeds, their emergence and the control of cavity spot. Crop Protection. 10: 117-120.

Portis, A.R.J. 1992. Regulation of ribulose 15-bisphosphate carboxylase/oxygenase activity. Annu Rev Plant Physiol. 43: 415-437.

Prakash, M., G.S. Narayanan, S. Padmavathi, and B.S. Kumar. 2015. Standardization of flyash for seed pelleting in sesame. Agric. Sci. Digest. 35: 187-190.

Prakash, M., G.S. Narayanan, S.B. Kumar, and A. Kamaraj. 2013. Effect of seed hardening and pelleting on seed quality and physiology of rice in aerobic condition. Agric. Sci. Digest. 33: 172-177.

Rogan, G.J., J.T. Bookout, D.R. Duncan, R.L. Fuchs, P.B. Lavrik, S.L. Love, M. Mueth, T. Olson, E.D. Owens, P.J. Raymond, and J. Zalewski. 2000. Compositional analysis of tubers from insect and virus resistant potato plants. J. Agric Food Chem. 48: 5936-5945.

Santos, O.S. 1981. O zinco na nutrição de plantas leguminosas. Lavoura Arrozeira. 34: 26-32.

Shashibhaskar, M.S., S.N. Vasudevan, N. Bhushan, and V. Ramanjinappa. 2011. Effect of seed pelleting treatment on growth, seed yield and quality of tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill.) cv.PKM-1. Plant Archives. 11: 443-445.

Smith, S.E., and D.J. Read. 1997. Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press, San Diego, CA.

Srimathi, P., N. Mariappan, L. Sundaramoorthy, and M. Paramathma. 2013. Effect of organic seed pelleting on seed storability and quality seedling production in biofuel tree species. J. of Hort. and Forestry. 5: 68-73.

Sugawara, K., U.P. Singh, K. Kobayashi, and A. Ogoshi. 1998. Scanning electron microscopical observation and X-ray microanalysis of Erysiphe pisi infected leaves of pea (*Pisum sativum* L.). Phytopathol Z. 146: 223-229.

Suma, N., P. Srimathi, and S. Sumathi. 2010. Influence of Nutrient Pelleting on Seed Quality of Sesame (*Sesamum indicum* L.). Madras Agric. J. 97: 23-24.

Wedding, R.T., and M.K. Black. 1988. Role of magnesium in the binding of substrate and effectors to phosphoenolpyruvate carboxylase from a CAM plant. Plant Physiol. 87: 443-446.

Wyn Jones, R.G., and O.R. Lunt. 1967. The function of calcium in plants. Bot. Rev. 33: 407-426.

Zenk, P. 2004. Seed coatings get serious. Available: http://farmindustrynews.com/mag. Accessed Feb. 1, 2004.