

การเพิ่มความแข็งแรงของต้นกล้าข้าว ข้าวโพด และมันสำปะหลัง โดยวิธีการแช่เมล็ดและท่อนพันธุ์ในสารละลายแคลเซียม โบรอน และสังกะสี INCREASING SEEDLING VIGOR OF RICE, MAIZE AND CASSAVA BY SOAKING SEEDS AND STEM CUTTINGS IN Ca B and Zn SOLUTION

เจนจิรา หม่องอัน* สุกนธมาส เปรมปรุงวิทย์ สยมพร นากกลาง วาสนา เสนาพล อารมย์ จันทะสอน
Jenjira Mongon, Sukonthamas Premprungwit, Sayomphorn Naklang, Wassana Senaphol,
Arom Jantasorn*

วิทยาลัยโพธิวิชชาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
Bodhivijjalaya College, Srinakharinwirot University.

*Corresponding author, E-mail: jenjira@g.swu.ac.th

บทคัดย่อ

ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตลดลง ต้นพืชอ่อนแอ และมีผลผลิตต่ำ การแช่เมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำเป็นวิธีการที่เกษตรกรใช้เพื่อกระตุ้นให้เมล็ดพันธุ์มีการงอกที่สม่ำเสมอ การปรับใช้วิธีการแช่เมล็ดหรือท่อนพันธุ์ในสารละลายที่เพิ่มธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าจึงอาจช่วยให้ต้นกล้ามีการเจริญเติบโตและความแข็งแรงเพิ่มขึ้นได้ จึงได้ดำเนินการวิจัยโดยแบ่งเป็น 2 การทดลอง การทดลองที่ 1 ได้ทดสอบอัตราการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าว ข้าวโพด และมันสำปะหลังที่งอกจากเมล็ด (ข้าวและข้าวโพด) และท่อนพันธุ์ (มันสำปะหลัง) ภายหลังจากแช่ในสารละลายแคลเซียม โบรอน และสังกะสีที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ พบว่าข้าวมีอัตราการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าดีที่สุดเมื่อแช่เมล็ดในสารละลายแคลเซียม (Ca) เข้มข้น 5 mM โบรอน (B) เข้มข้น 150 μ M และสังกะสี (Zn) เข้มข้น 15 mM มีผลการทดลองในทำนองเดียวกันเมื่อแช่เมล็ดข้าวโพดในสารละลายที่มี 15 mM Ca, 25 μ M B และ 15 mM Zn และแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังในสารละลายที่มี 10 mM Ca, 100 μ M B และ 5 mM Zn การทดลองที่ 2 ได้นำเมล็ดข้าวและข้าวโพด และท่อนพันธุ์มันสำปะหลังมาแช่ในน้ำ สารละลายแคลเซียม โบรอน และสังกะสี และสารละลายผสมทั้ง 3 ธาตุ เปรียบเทียบกับการไม่แช่ปลูกลงในแปลงซึ่งดินมีลักษณะเป็นดินทราย ต้นกล้าที่งอกจากเมล็ดและท่อนพันธุ์ แสดงความแตกต่างทางลำต้นอย่างชัดเจนที่อายุ 30 วัน โดยข้าวมีน้ำหนักแห้งต้นสูงมากเมื่อแช่เมล็ดในสารละลายโบรอนหรือสังกะสี และโบรอนยังช่วยให้ข้าวมีสมรรถภาพการดูดธาตุอาหารสูงสุดอีกด้วย โดยมีสัดส่วนน้ำหนักแห้งต้นต่อรากสูงถึง 5.8 ต้นกล้าข้าวโพดและมันสำปะหลังมีน้ำหนักแห้งต้น และมีสัดส่วนน้ำหนักแห้งต้นต่อรากสูงที่สุดเมื่อแช่ด้วยสารละลายสังกะสี การเจริญเติบโตของพืชทั้ง 3 ชนิดเมื่อแช่เมล็ดและท่อนพันธุ์ในสารละลายผสม 3 ธาตุจะน้อยกว่าการแช่ด้วยสารละลายโบรอนหรือสังกะสีเพียงอย่างเดียว สำหรับการไม่แช่ แช่น้ำหรือแช่ในสารละลายแคลเซียมพบว่าต้นกล้ามีน้ำหนักแห้งต้นและรากไม่แตกต่างกัน ดังนั้นการแช่เมล็ดและท่อนพันธุ์ด้วยสารละลายโบรอนและสังกะสีสามารถเพิ่มความแข็งแรงและสมรรถภาพการดูดธาตุอาหารให้แก่พืชที่ปลูกในดินทรายได้

คำสำคัญ: ความแข็งแรงของต้นกล้า การแช่ เมล็ด ท่อนพันธุ์ สารละลายธาตุอาหาร

Abstract

Low fertility of soil is a major cause of growth retarding, plant weakness and low yield. Water soaking of seeds was used by farmer for inducing uniformly germination. Soaking of seeds and stem cuttings were adjusted by adding some nutrient elements that are necessary for germination and growth. This method might promote growth and seedling vigor of the seedlings. Experiment 1 was conducted to determine germination rate and seedling growth of rice, maize and cassava derived from seeds (rice and maize) and stem cuttings (cassava) after soaking in Ca, B and Zn solution. Germination rate and seedling growth of rice was highest when soaking seeds in solution with 5 mM Ca, 150 μ M B and 15 mM Zn. Similar results were found when soaking maize seeds in solution with 15 mM Ca, 25 μ M B and 15 mM Zn and soaking stem cuttings of cassava in solution with 10 mM Ca, 100 μ M B and 5 mM Zn. In the experiment 2, seeds of rice and maize and stem cuttings of cassava were soaked in water, Ca, B, Zn solution and Ca+B+Zn-mixed solution compared with no soaking. The seeds and stem cuttings were grown in sandy soil field. Seedlings of rice maize and cassava showed markedly shoot growth at the age of 30 days. Rice shoot dry mass was highest when soaking the seeds in B and Zn solution. Nutrient uptake efficiency of rice seedlings was promoted when soaking seeds in B solution. Shoot root ratio of rice seedlings was highest to 5.8. Seedlings of maize and cassava had the most shoot dry mass and shoot root ratio when soaking seeds and stem cuttings in Zn solution. Growth of seedlings of the three plant species that soaking seeds and stem cuttings in Ca+B+Zn-mixed solution was lesser than soaking in B or Zn solution. No soaking, soaking in water and Ca solution had no markedly difference of shoot and root dry mass. Therefore, soaking seeds and stem cuttings in B and Zn solution could increase seedling vigor and nutrient uptake efficiency of rice maize and cassava in sandy soil.

Keywords: Seedling Vigor, Soaking, Seed, Stem Cutting, Nutrient Solution

บทนำ

พืชไร่ที่สำคัญของประเทศไทยที่มีพื้นที่เพาะปลูกมากที่สุด 4 อันดับ ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด เลี้ยงสัตว์ อ้อย และมันสำปะหลัง โดยมีพื้นที่รวมกันมากกว่า 100 ล้านไร่ [1] พืชดังกล่าวมีการเพาะปลูกนอกเขตชลประทานเป็นส่วนใหญ่จึงต้องพึ่งพาน้ำฝนเป็นหลัก ทำให้มีผลผลิตต่อไร่ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศที่ผลิตเพื่อส่งออกและอุตสาหกรรม เช่น จีน สหรัฐอเมริกา และไนจีเรีย [2] สำหรับข้าว ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

และมันสำปะหลัง ถึงแม้จะเป็นพืชที่มีการส่งออกในปริมาณมากแต่ก็มีราคาในแต่ละปีค่อนข้างผันผวน ทำให้เกษตรกรต้องเพิ่มผลผลิตเพื่อลดความเสี่ยงของราคาที่ตกต่ำ การใส่ปุ๋ยเคมีจึงเป็นวิธีที่เกษตรกรใช้เพิ่มผลผลิต แต่ในทางกลับกันก็เป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิตแก่เกษตรกร การใส่ปุ๋ยเคมีเป็นประจำส่งผลเสียต่อคุณภาพดินและความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารอื่น การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตราสูงเป็นสาเหตุให้รากพืชดูดแคลเซียมได้น้อยลง [3] การใส่ปุ๋ย

แอมโมเนียมซัลเฟตหรือปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยซุเปอร์ฟอสเฟตประเภทต่างๆ เป็นระยะเวลาติดต่อกันเพียง 2 ปี ก็ทำให้ดินมีค่าความเป็นกรดต่างลดลงจาก 6.5 เป็น 5.5 [4] ซึ่งดินที่มีความเป็นกรดสูงก็มีผลให้ธาตุอาหารรองและจุลธาตุบางชนิดในดินอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชและพืชจะแสดงอาการขาดธาตุอาหารรุนแรงขึ้นในดินทรายหรือดินที่มีการชะล้างสูง พืชที่ขาดธาตุอาหารจะแสดงอาการแคระแกร็น เจริญเติบโตช้า ส่งผลให้มีผลผลิตต่ำ [3, 5]

แคลเซียมเป็น ธาตุที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการทางสรีระของพืชหลายด้าน เช่น บทบาทด้านเสถียรภาพของผนังเซลล์ เนื่องจากแคลเซียมไอออนมีคุณสมบัติในการจับเกาะกับโปรตีน ทำให้โปรตีนมีเสถียรภาพไม่ถูกทำลายจากความร้อนหรือถูกย่อยด้วยเอนไซม์โดยง่าย ขนาดของอะตอมของแคลเซียมนั้นพอดีกับร่องบนผิวของโมเลกุลขนาดใหญ่จึงทำหน้าที่เชื่อมโยงภายในเนื้อเยื่อได้ดี ทำให้ผนังเซลล์เนื้อเยื่อ และต้นพืชมีความแข็งแรง แคลเซียมยังเป็นโคแฟกเตอร์ของเอนไซม์โปรตีนไคเนสและแอลฟาอะไมเลสที่มีบทบาทสำคัญในการเคลื่อนย้ายแป้งจากแหล่งสะสมไปยังส่วนอื่นของพืช และช่วยย่อยแป้งในเอนโดสเปิร์มของเมล็ดให้มีโมเลกุลเล็กลงสำหรับใช้ในกระบวนการงอก [3] ส่วนโบรอนนั้นทำหน้าที่ร่วมกับแคลเซียมโดยธาตุทั้งสองต่างเป็นองค์ประกอบในโครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์โบรอนทำหน้าที่เป็นที่ยึดเกาะเฉพาะให้กับแคลเซียม หากพืชขาดโบรอนจะทำให้แคลเซียมที่ยึดอยู่กับเยื่อหุ้มเซลล์มีปริมาณลดลงซึ่งส่งผลให้บุรณภาพของเยื่อหุ้มเซลล์สูญเสียไป [3] สังกะสีก็มีบทบาทในการควบคุมและดำรงบุรณภาพของเยื่อหุ้มเซลล์เช่นกัน [6] เมื่อพืชขาดสังกะสีจะพบการรั่วของฟอสเฟตและคลอไรด์ไอออน และส่งผลต่อเยื่อหุ้มเซลล์ให้มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว ฟอสฟอลิปิด และหมู่ซัลฟิตรีลลดลง

ทั้งนี้สังกะสียังเป็นโคแฟกเตอร์ของเอนไซม์ 6 กลุ่มโดยเฉพาะกลุ่มซูเปอร์ออกไซด์ดีสมิวเทสที่มีทองแดงและสังกะสีเป็นองค์ประกอบ (Cu-Zn-SOD) ซึ่งมีบทบาทในการลดความเป็นพิษจากอนุมูลอิสระที่เกิดจากความเครียดต่างๆ อีกด้วย [3, 6] มีรายงานว่า การขาดสังกะสีในข้าวสาลีทำให้พืชแสดงอาการใบซีดเหลืองระหว่างเส้นใบหลังจากหว่านเมล็ดไปเพียง 8 วัน และยังลดการทำงานของเอนไซม์ Cu-Zn-SOD ที่กระตุ้นความแข็งแรงของต้นกล้าด้วย [7] การเพิ่มธาตุอาหารที่ช่วยส่งเสริมความแข็งแรงให้แก่ต้นกล้าทั้งในแง่ของความแข็งแรงของผนังเซลล์และเอนไซม์ที่เป็นประโยชน์จึงอาจทำให้พืชมีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้นได้

อัตราการงอก ความสามารถในการตั้งตัวของต้นกล้า และน้ำหนักของต้นกล้า สามารถใช้เป็นตัวชี้วัดความแข็งแรงของต้นกล้าได้ การแช่เมล็ดพันธุ์หรือท่อนพันธุ์ก่อนปลูกเป็นการส่งเสริมการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้า ซึ่งส่งผลให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น การแช่เมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำเป็นเวลา 12 - 24 ชั่วโมงแล้วจึงทำให้เมล็ดแห้งก่อนนำไปปลูกซึ่งเรียกว่าวิธีการ Priming ทำให้ข้าวมีความสามารถในการตั้งตัวที่เร็วขึ้น [8-10] การแช่เมล็ดข้าวโพดด้วยน้ำเป็นเวลา 18 ชั่วโมง หรือ แช่ Polyethylene Glycol 8000 ด้วยวิธี Osmopriming ก็พบว่าช่วยเพิ่มความเร็วและความสม่ำเสมอของการงอกได้ [11, 14] และการแช่เมล็ดด้วยน้ำยังมีบทบาทในการเพิ่มผลผลิตข้าวสาลี [12] ข้าวโพด [13-14] และข้าว [15] ส่วนการแช่เมล็ดพันธุ์หรือท่อนพันธุ์ด้วยสารละลายธาตุอาหารนั้นยังช่วยเพิ่มอัตราเร็วในการงอกและความแข็งแรงให้แก่ต้นกล้าอีกด้วย มีรายงานว่า การแช่เมล็ดข้าวด้วยสารละลายสังกะสีความเข้มข้น 2.5 mM นั้นมีอัตราการงอกและความแข็งแรงของต้นกล้าสูงกว่าไม่แช่สารละลายสังกะสีอย่างชัดเจน [16] ส่วนการแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังด้วยสารละลายธาตุอาหาร

เต็มสูตรสามารถเพิ่มจำนวนหัวมัน น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของหัวมันสูงถึง 2 เท่า [17] การแช่เมล็ดพันธุ์และท่อนพันธุ์ด้วยสารละลายธาตุอาหารนั้นนอกจากเป็นการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารให้แก่พืชโดยตรงแล้วยังเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายมากกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีอีกด้วยเนื่องจากใช้ในปริมาณที่น้อยมาก อย่างไรก็ตามการแช่ด้วยสารละลายธาตุอาหารนั้นต้องใช้ในความเข้มข้นที่เหมาะสมและไม่เกิดผลเสียต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งพืชแต่ละชนิดก็มีการตอบสนองต่อความเข้มข้นธาตุอาหารที่แตกต่างกัน และเมื่อปลูกในสภาพแปลงปลูกจริงพืชอาจต้องมีการปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไปอีกด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลายแคลเซียม โบรอน และสังกะสีที่ทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าว และข้าวโพด และท่อนพันธุ์มันสำปะหลังมีอัตราการงอกและการเจริญเติบโตที่ดีที่สุด และศึกษาผลการแช่เมล็ดและท่อนพันธุ์ด้วยสารละลายธาตุอาหารที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าในแปลงปลูก

วิธีดำเนินการวิจัย

การทดลองที่ 1 การประเมินความเข้มข้นของธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อพืช

ล้างทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์สุวรรณ 4452 และท่อนพันธุ์มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 ด้วยน้ำกรอง 3 ครั้ง จากนั้นแช่ในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ความเข้มข้น 0.1% เป็นเวลา 30 นาที แล้วล้างทำความสะอาดด้วยน้ำกรองอีก 3 ครั้ง ชับน้ำที่ติดมาให้แห้งด้วยกระดาษทิชชู นำเมล็ดและท่อนพันธุ์แช่ในสารละลายแคลเซียม ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

ความเข้มข้น 0, 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 mM สารละลายโบรอน (H_3BO_3) ความเข้มข้น 0, 25, 50, 75, 100, 125 และ 150 μM และสารละลายสังกะสี ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) ความเข้มข้น 0, 2.5, 5, 7.5, 10, 12.5 และ 15 mM เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นทำให้แห้งด้วยการชับน้ำด้วยกระดาษทิชชู แล้วจึงเพาะเมล็ดข้าวและข้าวโพดในถุงอกในภาชนะปิดเพื่อรักษาความชุ่มชื้นเป็นเวลา 7 วันและปักท่อนพันธุ์มันสำปะหลังในฟางข้าวหนา 10 เซนติเมตร ซึ่งจัดทำภายในโรงเรือนเป็นเวลา 14 วัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ทำซ้ำ 4 ครั้ง โดยแยกปัจจัยของชนิดพืชและปัจจัยชนิดสารละลายธาตุอาหารออกจากกัน จากนั้นเก็บข้อมูลโดยบันทึกอัตราการงอก ความสูงต้นและความยาวราก และประเมินความเข้มข้นของแต่ละธาตุอาหารที่ทำให้เมล็ดและท่อนพันธุ์มีอัตราการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าดีที่สุด

การทดลองที่ 2 การประเมินการเจริญเติบโตของต้นกล้าในแปลงปลูก

ปลูกข้าว ข้าวโพด และมันสำปะหลังในแปลงที่มีการไถพรวน แปลงย่อยของแต่ละหน่วยการทดลองมีขนาด 4 x 4 เมตร ระยะห่างระหว่างแปลงมีการขุดร่องระบายน้ำกว้าง 20 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างต้นและแถวของข้าว ข้าวโพด และมันสำปะหลังเป็น 25 x 25, 25 x 75 และ 80 x 120 เซนติเมตร ตามลำดับ ปัจจัยในการทดลอง มี 6 ระดับ ได้แก่ ไม่แช่ (No Soaking), แช่น้ำ (Water), แช่สารละลายแคลเซียม (Ca), โบรอน (B), หรือสังกะสี (Zn) ตามความเข้มข้นในตารางที่ 1 และแช่สารละลายรวมแคลเซียม โบรอน และสังกะสี (Ca+B+Zn) ตามความเข้มข้นของพืชแต่ละชนิดในตารางที่ 1 โดยมีกรรมวิธีการแช่เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกในสมบูรณ์ (RCBD) ทำซ้ำ 4 ครั้ง

โดยแยกปัจจัยของชนิดพืชออกจากกัน จากนั้น น้ำหนักแห้งต้นและราก และสัดส่วนระหว่าง น้ำหนักแห้งของต้นและรากจะถูกวัดเมื่อต้นกล้า มีอายุ 15 และ 30 วัน ความอุดมสมบูรณ์ ของดินในแปลงก่อนปลูกวัดด้วยชุดตรวจดิน ภาคสนาม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พบว่า มีความเป็นกรดต่างที่ 5.0 - 5.5 มีค่าไนเตรต และแอมโมเนียมต่ำมาก และมีค่าฟอสฟอรัส ปานกลาง ดินมีลักษณะเป็นดินทราย

ดำเนินการทดลองที่วิทยาลัยโพธิวิชชาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จังหวัดสระแก้ว ข้อมูลจากการทดลองจะถูกนำมาเปรียบเทียบ โดยใช้วิธีวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance) ของแต่ละปัจจัยการทดลอง และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference โดยโปรแกรม Statistix8 (Analysis Software, SXW, Tallahassee, FL, USA) ที่ระดับ ความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 1 ความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียม (Ca) โบรอน (B) และสังกะสี (Zn) ที่ใช้กับข้าว ข้าวโพด และมันสำปะหลังในแปลงปลูก

	Ca concentration (mM)	B concentration (μM)	Zn concentration (mM)
Rice	5	150	15
Maize	15	25	15
Cassava	10	100	5

ผลการวิจัย

การตอบสนองของพืชต่อระดับความเข้มข้นของธาตุอาหาร

เมล็ดข้าวที่แช่ในสารละลายแคลเซียมที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ มีอัตราการงอกไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยของทุกระดับความเข้มข้นเป็น 81% (ตารางที่ 2) และต้นกล้าที่งอกออกมาจากเมล็ดที่แช่ในสารละลายแคลเซียมที่ระดับความเข้มข้น 5 10 15 20 25 และ 30 mM มีการเจริญเติบโตลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้น 0 mM โดยเฉลี่ยมีความสูงต้น ความยาวราก และน้ำหนักรากลดลง 46, 37 และ 30% ตามลำดับ (ภาพที่ 1 และ 2) ที่ระดับแคลเซียม 5 mM มีน้ำหนักต้นและอัตราการงอกไม่แตกต่างทางสถิติจากระดับ 0 mM และมีการเจริญเติบโตในด้านความสูงต้นดีที่สุดในกลุ่มความเข้มข้น 5 - 30 mM สำหรับอัตราการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวที่แช่ในสารละลายโบรอนนั้นพบว่าที่ระดับความเข้มข้น 75

และ 150 μM ข้าวมีอัตราการงอกมากที่สุดถึง 95 และ 99% ตามลำดับ (ตารางที่ 2) และที่ระดับความเข้มข้น 150 μM ก็มีความยาวรากมากที่สุดซึ่งมากกว่าความเข้มข้น 0 μM ถึง 11% (ภาพที่ 1) แม้ว่าความสูงต้นกล้าข้าวในแต่ละระดับความเข้มข้นโบรอนจะไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ที่ระดับ 150 μM ก็มีแนวโน้มให้ความสูงต้นมากกว่าในระดับความเข้มข้นอื่นๆ (ภาพที่ 1) ส่วนการตอบสนองต่อการแช่สารละลายสังกะสีนั้นแม้จะมีอัตราการงอกที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติซึ่งมีค่าเฉลี่ยที่ 88% (ตารางที่ 2) แต่มีน้ำหนักแห้งมากที่สุดที่ระดับความเข้มข้น 15 mM ซึ่งมากกว่าที่ระดับ 0 mM ถึง 8% สำหรับต้น และ 115% สำหรับราก (ภาพที่ 2) ดังนั้นความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียม โบรอน และสังกะสีที่เหมาะสมสำหรับการแช่เมล็ดข้าวจึงเท่ากับ 5 mM, 150 μM และ 15 mM ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 2 อัตราการงอก (%) ของข้าว ข้าวโพด และมันสำปะหลัง หลังจากแช่ในสารละลายแคลเซียม (Ca) โบรอน (B) และสังกะสี (Zn) ที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 1 ชั่วโมงจากนั้นเพาะเมล็ดข้าวและข้าวโพดให้งอกเป็นเวลา 7 วัน และปลูกท่อนพันธุ์มันสำปะหลังให้งอกเป็นเวลา 14 วัน

	Ca concentration (mM)							Mean	F-test
	0	5	10	15	20	25	30		
Rice	95	79	77	77	82	79	77	81	NS
Maize	71 b	63 b	92 a	93 a	90 a	93 a	73 b	82	*
Cassava	97	93	100	90	87	95	92	93	NS
	B concentration (µM)							Mean	F-test
	0	25	50	75	100	125	150		
Rice	75 c	83 bc	89 ab	95 a	91 ab	84 bc	99 a	88	*
Maize	93 ab	98 a	98 a	79 d	88 bc	86 c	95 a	91	*
Cassava	93	92	100	87	100	100	92	95	NS
	Zn concentration (mM)							Mean	F-test
	0	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0		
Rice	89	93	93	81	93	85	85	88	NS
Maize	93	96	86	93	94	96	92	93	NS
Cassava	95	98	100	100	95	98	97	98	NS

หมายเหตุ NS คือ ค่าเฉลี่ยภายในแถวเดียวกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$

* คือ ค่าเฉลี่ยภายในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Least Significant Difference

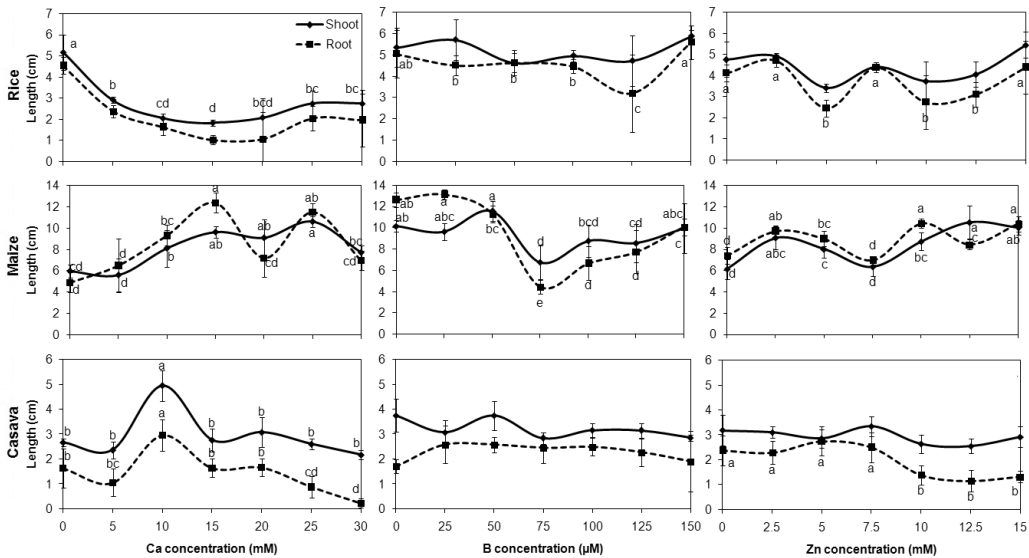
เมล็ดข้าวโพดที่แช่ในสารละลายแคลเซียมที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มีอัตราการงอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยอัตราการงอกสูงถึง 90 - 93% เมื่อแช่เมล็ดในสารละลายแคลเซียมเข้มข้น 10 - 25 mM (ตารางที่ 2) ความสูงต้นและความยาวรากของต้นกล้าที่งอกจากเมล็ดเพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นของแคลเซียมที่เพิ่มขึ้นจนถึงที่ระดับความเข้มข้น 30 mM ความสูงต้นและความยาวรากจะลดลง ต้นกล้าข้าวโพดมีความสูงมากที่สุดที่ความเข้มข้น 15 - 25 mM ซึ่งสูงกว่าที่ 0 mM ถึง 52 - 78% และมีความยาวรากมากที่สุดที่ความเข้มข้น 15 และ 25 mM ซึ่งมากกว่าที่ 0 mM ถึง 153 และ 135% ตามลำดับ (ภาพที่ 1)

นอกจากนี้ที่ความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียม 15 mM ต้นกล้ายังมีน้ำหนักรากสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอีกด้วย (ภาพที่ 2) การแช่เมล็ดด้วยสารละลายโบรอนก็มีผลทำให้อัตราการงอกของเมล็ดข้าวโพดให้สูงขึ้นได้ โดยที่ความเข้มข้น 25 - 50 µM มีอัตราการงอกมากที่สุดถึง 98% แต่เมื่อความเข้มข้นของสารละลายโบรอนเพิ่มขึ้นอัตราการงอกของข้าวโพดกลับลดลง (ตารางที่ 2) เช่นเดียวกับการเจริญเติบโตด้านความสูงต้นและความยาวรากของต้นกล้าที่ความเข้มข้น 25 - 50 µM นั้นสูงที่สุดเฉลี่ย 10.4 และ 12.4 เซนติเมตรตามลำดับ (ภาพที่ 1) และมีน้ำหนักต้นและรากมากที่สุดที่ความเข้มข้น 25 µM อีกด้วย

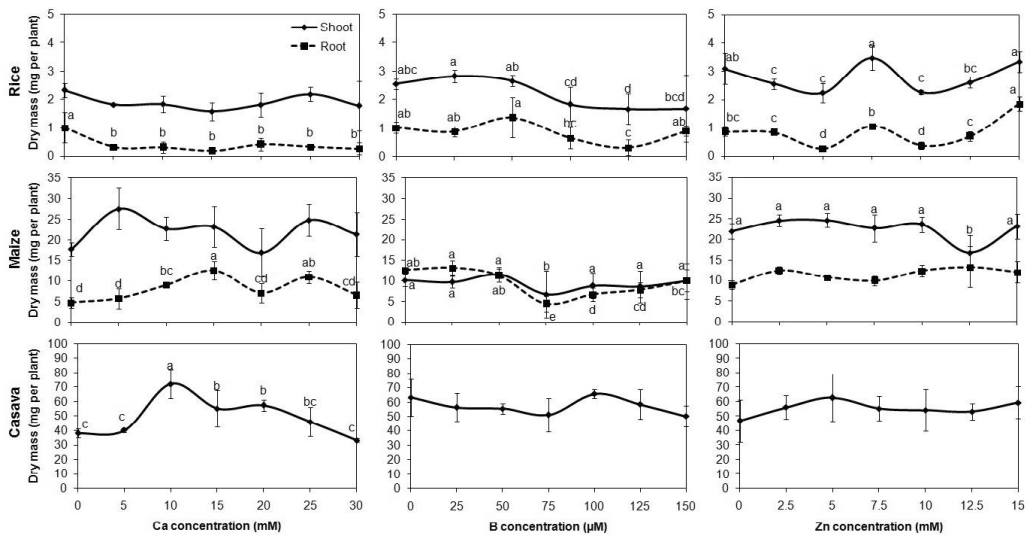
(ภาพที่ 2) แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นเป็น $75 \mu\text{M}$ ขึ้นไปกลับส่งผลให้ความสูงต้นและความยาวรากลดลงอย่างชัดเจนถึง 82% และ 65% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้น $25 \mu\text{M}$ (ภาพที่ 1) สำหรับการแช่เมล็ดในสารละลายสังกะสีนั้นพบว่ามียัตรการงอกไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 93% (ตารางที่ 2) น้ำหนักแห้งของต้นเฉลี่ย 22.5 มิลลิกรัมต่อต้น และรากเฉลี่ย 11.4 มิลลิกรัมต่อต้น (ภาพที่ 2) แต่มีความสูงต้นและความยาวรากเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสังกะสีเพิ่มขึ้น โดยมีอัตราการเพิ่มสูงที่สุดถึง 64% ในต้นและ 40% ในรากที่ความเข้มข้น 15 mM เมื่อเปรียบเทียบกับที่ความเข้มข้น 0 mM (ภาพที่ 1) ดังนั้นความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียม โบรอน และสังกะสีที่เหมาะสมสำหรับการแช่เมล็ดข้าวโพดจึงเป็น 15 mM, $25 \mu\text{M}$ และ 15 mM ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ก่อนพันธุ้มน้ำสะอาดหลังที่แช่ในสารละลายแคลเซียมที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ มียัตรการงอกที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 93% แต่ที่ความเข้มข้น 10 mM ท่อนพันธุ์มีอัตราการงอกมากที่สุดถึง 100% (ตารางที่ 2) และที่ระดับความเข้มข้น 10 mM นี้ ต้นกล้าที่งอกจากท่อนพันธุ์ยังมีความสูงต้นและความยาวรากเพิ่มขึ้นจากที่ความเข้มข้น 0 mM ถึง 85 และ 81% ตามลำดับ (ภาพที่ 1) และมีน้ำหนักต้นเพิ่มขึ้น 90% (ภาพที่ 2) เมื่อความเข้มข้นของแคลเซียมเพิ่มขึ้นเป็น 15 - 30 mM กลับมีผลทำให้ความสูงต้น ความยาวราก และน้ำหนักแห้งลดลงโดยลำดับ (ภาพที่ 1 และ 2) ส่วนการแช่ท่อนพันธุ์ในสารละลายโบรอนนั้นพบว่าท่อนพันธุ์มีอัตราการงอกที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 95% แต่ที่ความเข้มข้น 50, 100 และ $125 \mu\text{M}$ มียัตรการงอกสูงสุดถึง 100% (ตารางที่ 1) ความสูงต้นและความยาวรากที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ก็ไม่แตกต่างกันทางสถิติคือมีความสูงต้น

และความยาวรากเฉลี่ย 3.2 และ 2.3 เซนติเมตรตามลำดับ (ภาพที่ 1) ส่วนน้ำหนักแห้งต้นแม่ไม่มีความแตกต่างกันในแต่ระดับความเข้มข้น แต่ที่ความเข้มข้น $100 \mu\text{M}$ ก็มีแนวโน้มให้น้ำหนักแห้งมากที่สุด (ภาพที่ 2) ส่วนอัตราการงอกของมน้ำสะอาดหลังที่แช่ในสารละลายสังกะสีความเข้มข้นระดับต่างๆ นั้นก็ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 98% และมีอัตราการงอก 100% ที่ระดับความเข้มข้น 5 และ 7.5 mM (ตารางที่ 2) ความสูงต้นของมน้ำสะอาดหลังก็ไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 3 เซนติเมตร ความยาวรากที่ระดับความเข้มข้น 0 - 7.5 mM นั้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ที่ระดับความเข้มข้น 5 mM นั้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 16% เมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้น 0 mM ทั้งนี้ความยาวรากจะลดลงเมื่อความเข้มข้นสังกะสีเพิ่มขึ้นมากกว่า 7.5 mM เป็นต้นไป (ภาพที่ 1) ส่วนน้ำหนักต้นแม่ไม่แตกต่างกันในทางสถิติแต่มีแนวโน้มสูงที่สุดที่ความเข้มข้น 5 mM (ภาพที่ 2) เนื่องจากรากของมน้ำสะอาดหลังมีลักษณะอวบน้ำและมีปริมาณน้อยเมื่อผ่านการอบแล้วไม่สามารถวัดค่าได้โดยใช้เครื่องชั่งความละเอียดทศนิยม 3 ตำแหน่ง จึงไม่นำค่าน้ำหนักแห้งมารายงานในการทดลองครั้งนี้ โดยสรุปความเข้มข้นของธาตุแคลเซียม โบรอน และสังกะสีที่เหมาะสมต่อการแช่ท่อนพันธุ์มน้ำสะอาดหลังจึงเป็น 10 mM, $100 \mu\text{M}$ และ 5 mM ตามลำดับ (ตารางที่ 1)



ภาพที่ 1 ความสูงต้นและความยาวรากของต้นกล้าข้าว ข้าวโพด และมันสำปะหลังที่งอกจากเมล็ด และท่อนพันธุ์ซึ่งแช่ในสารละลายแคลเซียม (Ca) โบรอน (B) และสังกะสี (Zn) ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ภายหลังการเพาะเป็นเวลา 7 วันสำหรับเมล็ด และ 14 วัน สำหรับท่อนพันธุ์ (ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Least Significant Difference)



ภาพที่ 2 น้ำหนักแห้งต้นและรากของต้นกล้าข้าว ข้าวโพด และมันสำปะหลังที่งอกจากเมล็ดและท่อนพันธุ์ซึ่งแช่ในสารละลายแคลเซียม (Ca) โบรอน (B) และสังกะสี (Zn) ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ภายหลังการเพาะเป็นเวลา 7 วันสำหรับเมล็ด และ 14 วัน สำหรับท่อนพันธุ์ (ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Least Significant Difference)

ความแข็งแรงของต้นกล้าในแปลงปลูก

การแช่เมล็ดข้าวด้วยสารละลายแคลเซียมโบรอน และสังกะสีก่อนหว่านช่วยให้ต้นกล้าข้าวอายุ 15 วันมีน้ำหนักต้นเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน โดยมีน้ำหนักต้นมากกว่าการไม่แช่ 90% และมากกว่าการแช่ด้วยน้ำเปล่า 135% แต่มีน้ำหนักรากที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 3) การแช่เมล็ดด้วยสารละลายธาตุอาหารช่วยเพิ่มสมรรถภาพการดูดธาตุอาหารของรากมากขึ้น ธาตุที่ส่งเสริมสมรรถภาพของรากข้าวได้ดีที่สุดคือโบรอนเนื่องจากมีสัดส่วนน้ำหนักแห้งต้นต่อรากสูงถึง 5.8 ซึ่งหมายความว่ารากช่วยต้นให้มีการเจริญเติบโตได้มากถึง 5.8 เท่าของน้ำหนักราก ส่วนการแช่ด้วยสารละลายแคลเซียมและสังกะสีนั้นก็มีสัดส่วนต้นต่อรากที่ค่อนข้างสูงคือ 4.0 และ 4.6 ตามลำดับ (ตารางที่ 3) เมื่อข้าวเจริญเติบโตเป็นระยะเวลา 30 วันพบว่าต้นกล้าข้าวที่เมล็ดแช่ในสารละลายโบรอนและสังกะสียังคงมีน้ำหนักต้นมากที่สุดซึ่งสูงกว่าการไม่แช่หรือแช่ด้วยน้ำเปล่าถึง 97% (ภาพที่ 3) แม้จะมีน้ำหนักและสัดส่วนน้ำหนักแห้งต้นต่อรากที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ข้าวที่แช่ในสารละลายโบรอนนั้นมีน้ำหนักต้นเป็น 3.7 เท่าของน้ำหนักรากซึ่งนับว่าสูงมากเช่นกัน (ตารางที่ 3) ดังนั้นการแช่เมล็ดข้าวด้วยสารละลายโบรอนจึงสามารถเพิ่มความแข็งแรงและสมรรถนะการดูดธาตุอาหารของต้นกล้าข้าวได้มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสารละลายธาตุอาหารอื่น

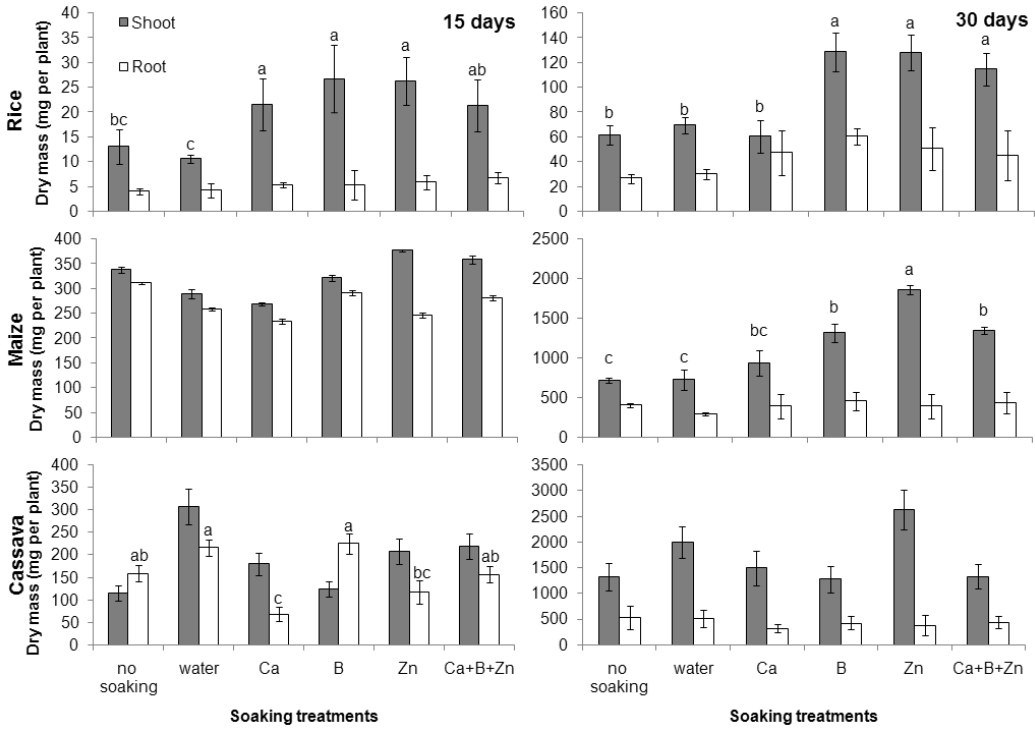
การแช่เมล็ดข้าวโพดในน้ำและสารละลายธาตุอาหารต่างๆ ไม่ทำให้ต้นกล้าที่งอกจากเมล็ดที่มีอายุ 15 วันมีน้ำหนักต้นแตกต่างทางสถิติกับต้นกล้าที่งอกจากเมล็ดที่ไม่แช่ แต่การแช่เมล็ดด้วยสารละลายสังกะสีนั้นมีแนวโน้มให้ต้นกล้ามีน้ำหนักต้นมากที่สุด (ภาพที่ 3) และมีสัดส่วนน้ำหนักแห้งต้นต่อรากที่สูงถึง 1.6 (ตารางที่ 3) อย่างไรก็ตามผลของการแช่เมล็ดในสารละลายต่างๆ นั้นเริ่มเห็นความแตกต่างที่ชัดเจนขึ้นเมื่อต้นกล้าข้าวโพดมีอายุ 30 วัน โดยพบว่าเมล็ดแช่ด้วย

สารละลายสังกะสีให้น้ำหนักต้นมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและมากกว่าการไม่แช่เมล็ดหรือแช่เมล็ดด้วยน้ำเปล่าถึง 160% ขณะที่การแช่เมล็ดด้วยสารละลายโบรอนนั้นให้น้ำหนักแห้งต้นเพิ่มขึ้น 80% ส่วนการแช่เมล็ดด้วยสารละลายแคลเซียมนั้นช่วยเพิ่มน้ำหนักต้นเพียงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่แช่เมล็ดหรือแช่เมล็ดด้วยน้ำเปล่า ส่วนน้ำหนักรากของต้นกล้าไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกกรณีวิธีการแช่ (ภาพที่ 3) อย่างไรก็ตามการแช่เมล็ดด้วยสารละลายสังกะสีพบว่าช่วยเพิ่มสมรรถนะการดูดธาตุอาหารของต้นกล้าข้าวโพดได้ดีที่สุด โดยมีสัดส่วนน้ำหนักแห้งต้นต่อรากสูงถึง 5.4 เท่า (ตารางที่ 3)

การแช่ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังในน้ำและสารละลายธาตุอาหารมีผลทำให้ต้นกล้าที่งอกออกมาจากท่อนพันธุ์ที่มีอายุ 15 วัน มีน้ำหนักรากแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับท่อนพันธุ์ที่ไม่แช่ น้ำ โดยท่อนพันธุ์ที่แช่ในน้ำและในสารละลายโบรอนให้น้ำหนักรากมากที่สุด (ภาพที่ 3) ส่วนต้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกกรณีวิธีการแช่อย่างไรก็ตามต้นกล้าที่งอกออกมา มีน้ำหนักต้นมากกว่าน้ำหนักรากเมื่อแช่ท่อนพันธุ์ด้วยน้ำ สารละลายแคลเซียมสังกะสี และสารละลายผสม 3 ธาตุ ส่วนการไม่แช่และแช่ท่อนพันธุ์ด้วยสารละลายโบรอนกลับมีน้ำหนักรากมากกว่าต้น แต่น้ำหนักมวลต้นและรากของต้นกล้าที่งอกจากท่อนพันธุ์ที่แช่ในน้ำกลับมีน้ำหนักมากที่สุด และเป็นที่น่าสังเกตว่าการแช่ท่อนพันธุ์ด้วยสารละลายแคลเซียมกลับทำให้ต้นกล้ามีน้ำหนักรากต่ำที่สุด ความแปรปรวนของข้อมูลอาจเนื่องมาจากต้นกล้ามันสำปะหลังยังมีอายุน้อยเกินไป เมื่อพิจารณาต้นกล้าที่อายุ 30 วันจึงเห็นแนวโน้มในการตอบสนองต่อกรรมวิธีการแช่ที่ชัดเจนขึ้น แม้มีน้ำหนักแห้งต้นและรากของต้นกล้าจะไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติในทุกกรณีวิธีการแช่ (ภาพที่ 3) แต่พบว่าการแช่ท่อนพันธุ์ใน

สารละลายสังกะสีช่วยให้ต้นกล้ามีน้ำหนักต้นสูงที่สุด และมีสัดส่วนน้ำหนักแห้งต้นต่อรากสูงที่สุดถึง 5.3 (ตารางที่ 3) แม้ผลผลิตของมันสำปะหลังจะเป็นส่วนของรากแต่ในการเจริญเติบโตเบื้องต้นจำเป็นต้องมีการเจริญเติบโตของส่วนเหนือดิน

ที่ดีก่อนจึงจะสามารถส่งสารสังเคราะห์ไปสะสมไว้ที่รากได้ ดังนั้นการแช่ท่อนพันธุ์ด้วยสารละลายสังกะสีจึงสามารถช่วยให้ต้นกล้าของมันสำปะหลังมีการเจริญเติบโตที่ดีได้



ภาพที่ 3 น้ำหนักแห้งต้นและรากของข้าว ข้าวโพด และมันสำปะหลังที่เพาะจากเมล็ดและท่อนพันธุ์ซึ่งไม่ได้แช่สารละลาย (no soaking), แช่น้ำ (water), แช่ในสารละลายแคลเซียม (Ca), โบรอน (B), สังกะสี (Zn) และแช่ในสารละลายผสม 3 ธาตุ (Ca+B+Zn) และปลูกในแปลงเป็นเวลา 15 และ 30 วัน (ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัันมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Least Significant Difference)

ตารางที่ 3 สัดส่วนน้ำหนักแห้งต้นต่อรากของต้นกล้าข้าว ข้าวโพด และมันสำปะหลังที่งอกจากเมล็ด และท่อนพันธุ์ซึ่งไม่ได้แช่สารละลาย (not soaking), แช่น้ำ (water), แช่ในสารละลาย แคลเซียม (Ca), โบรอน (B), สังกะสี (Zn) และแช่ในสารละลายผสม 3 ธาตุ (Ca+B+Zn) และปลูกในแปลงเป็นเวลา 15 และ 30 วัน

15 days after planting								
	no soaking	water	Ca	B	Zn	Ca+B+Zn	Mean	F-test
Rice	3.3 b	2.7 b	4.0 ab	5.8 a	4.6 ab	3.2 b	3.9	*
Maize	1.1	1.2	1.2	1.1	1.6	1.3	1.2	NS
Cassava	1.1 b	1.5 b	3.2 a	0.7 b	1.7 b	1.9 ab	1.7	*
30 days after planting								
	no soaking	water	Ca	B	Zn	Ca+B+Zn	Mean	F-test
Rice	2.4	2.3	1.4	3.7	2.8	3.0	2.6	NS
Maize	1.9 b	2.5 b	2.5 b	3.1 b	5.4 a	3.2 b	3.1	*
Cassava	2.4 c	3.9 ab	4.7 ab	3.0 bc	5.3 a	3.3 bc	3.8	*

หมายเหตุ NS คือ ค่าเฉลี่ยภายในแถวเดียวกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$

* คือ ค่าเฉลี่ยภายในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี Least Significant Difference

สรุปและอภิปรายผล

เมื่อพืชเจริญเติบโตในสิ่งแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น สภาพแห้งแล้ง ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ มักจะกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งระยะต้นกล้า ซึ่งเป็นระยะที่พืชมีความอ่อนแอมากที่สุด เมื่อแช่เมล็ดและท่อนพันธุ์พืชในสารละลายแคลเซียม โบรอน และสังกะสี พบว่าต้นกล้าที่งอกออกมาส่วนใหญ่มีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น แสดงว่าธาตุดังกล่าวสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ อย่างไรก็ตามพืชต่างชนิดกันมีการตอบสนองต่อธาตุอาหารที่แตกต่างกัน โดยข้าวจะตอบสนองต่อโบรอนและสังกะสีในด้านการเพิ่มน้ำหนักแห้งต้นและโบรอนยังช่วยเพิ่มอัตราการงอกให้แก่เมล็ดข้าวอีกด้วย ซึ่งสอดคล้องกับ Farooq *et al.* [18] ที่พบว่าการแช่เมล็ดข้าวด้วยสารละลายโบรอนเป็นการเพิ่มพลังงานในการงอกและความแข็งแรงให้แก่ต้นกล้าโดยไม่ก่อให้เกิดความเป็นพิษหากใช้ในอัตรา

ความเข้มข้นต่ำ และสังกะสีก็มีบทบาทอย่างมากต่อการงอกและการเจริญเติบโตของข้าว [16, 19] ขณะที่ข้าวโพดนั้นมีการตอบสนองต่อธาตุสังกะสีมากกว่าธาตุชนิดอื่น การที่ข้าวโพดตอบสนองต่อสังกะสีมากกว่าธาตุชนิดอื่นนั้นเนื่องจากข้าวโพดเป็นพืชที่ไวต่อดินที่ขาดสังกะสีโดยเฉพาะดินเหนียว [6, 20] และในการทดลองนี้พบว่า การแช่เมล็ดข้าวโพดด้วยสารละลายสังกะสียังช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของข้าวโพดในดินเนื้อทรายอีกด้วย เช่นเดียวกับมันสำปะหลังที่มีการเจริญเติบโตของต้นที่สูงเมื่อแช่ในสารละลายสังกะสี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่เสนอว่าธาตุสังกะสีมีความสำคัญต่อการงอกและการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง [17, 21] แม้จะใช้สารละลายสังกะสีที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน เช่น 2.5 mM [17], 5 mM (การทดลองนี้) หรือ 1% [21] ต่างก็ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตให้กับมันสำปะหลังเช่นกัน แสดงว่ามันสำปะหลังมีความต้องการสังกะสีปริมาณมากเช่นเดียวกับข้าวโพด การที่พืชตอบสนองต่อโบรอนและ

สังกะสีมากกว่าแคลเซียมอาจเกิดจากโบรอนและสังกะสีเป็นธาตุที่มีอยู่ในดินน้อยเนื่องจากดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำหรือมีการใช้ปุ๋ยกลุ่มซูเปอร์ฟอสเฟตมากเกินไปซึ่งมีผลให้พืชดูดสังกะสีได้น้อยลง [3] หรือพืชเองอาจมีปริมาณธาตุอาหารไนเมิลด์ต่ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มธาตุพืชที่มีการสะสมธาตุสังกะสีเมิลด์น้อย [6, 16, 22, 23] อีกทั้งโบรอนยังเป็นธาตุที่จำเป็นต่อการยืดขยายตัวและการแบ่งเซลล์ [24] เมื่อมีการเติมธาตุเหล่านี้เข้าไปจึงทำให้พืชมีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้นต้นกล้าจึงมีความแข็งแรงขึ้น และมีสมรรถภาพการดูดธาตุอาหารที่สูงขึ้น

แม้ว่าแคลเซียมมีบทบาทในการทำหน้าที่เกี่ยวกับการยึดตัวของรากและบูรณภาพของเซลล์ [24] แต่สำหรับพืชทั้งสามชนิดกลับไม่ค่อยตอบสนองต่อแคลเซียมและยังมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของรากมันสำปะหลังด้วย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากดินที่ใช้ในการปลูกพืชมีปริมาณแคลเซียมในดินน้อยเพียงพอ การเติมแคลเซียมเข้าไปจึงเป็นการเพิ่มความเข้มข้นแคลเซียมแก่ดินมากขึ้น จึงอาจเกิดความเป็นพิษต่อมันสำปะหลัง

ได้ ดังมีรายงานว่าแม่พืชจะมีความต้องการแคลเซียมอยู่ในช่วง 0.1 - >5% แต่พืชก็มีความไวต่อปริมาณแคลเซียมที่แตกต่างกัน ปริมาณแคลเซียมที่สูงเกินไปจนมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชได้ [3, 25] ทั้งนี้การแช่ในสารละลายผสมแคลเซียมร่วมกับโบรอนและสังกะสีกลับทำให้การเจริญเติบโตของพืชลดลงกว่าการแช่ด้วยสารละลายโบรอนหรือสังกะสีเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้อาจเกิดจากแคลเซียมมีความเข้มข้นที่สูงเกินไปจนมีผลยับยั้งการสะสมของธาตุอื่นๆ เช่น ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม สังกะสี ทองแดง แมงกานีส เหล็ก และโบรอน [3] ดังนั้นการแช่เมิลด์หรือท่อนพันธุ์ด้วยสารละลายผสมแคลเซียม โบรอน และสังกะสีจึงไม่ได้ช่วยให้พืชมีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินรายได้วิทยาลัยโพธิวิชชาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประจำปีงบประมาณ 2558 สัญญาเลขที่ 292/2558

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2557). *รายงานประจำปี 2557*. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- [2] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2015). *Food outlook: Biannual report on global food markets October 2015*. Retrieved February 1, 2015, from <http://www.fao.org/3/a-i4136e.pdf>
- [3] ยงยุทธ โอสถสภา. (2558). *ธาตุอาหารพืช*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [4] ไพบุลย์ วิวัฒน์วงศ์วนา. (2546). *เคมีดิน*. พิมพ์ครั้งที่ 1. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [5] ศุภลักษณ์ สิงหนุต. (2549). *โรคขาดธาตุอาหารของพืช*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- [6] Alloway, B.J. (2008). *Zinc in Soils and Crop Nutrition*. 2nd ed. International zinc association.
- [7] Yu, Q.; Worth, C.; & Rengel, Z. (1999). Using Capillary Electrophoresis to Measure Cu/Zn Superoxide Dismutase Concentration in Leaves of Wheat Genotypes Differing in Tolerance to Zinc Deficiency. *Plant Science*. 143: 231-239.
- [8] Ajouri, A.; Asgedom, H.; & Becker, M. (2004). Seed Priming Enhances Germination and Seedling Growth of Barley Under Conditions of P and Zn Deficiency. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 167: 630-636.

- [9] Basra, S.M.A.; Farooq, M.; Tabassam, R.; & Ahmad, N. (2005). Physiological and Biochemical Aspects of Pre-sowing Seed Treatments in Fine Rice (*Oryza sativa* L.). *Seed Science and Technology*. 33: 623-628.
- [10] Slaton, N.A.; Wilson, C.E.; Ntamatungiro, S.; Norman, R.J.; & Boothe, D.L. (2001). Evaluation of Zinc Seed Treatments for Rice. *Agronomy Journal*. 93: 152-157.
- [11] Ghiyasi, M.; Myandoab, M.P.; Tajbakhsh, M.; Salehzade, H.; & Meshkat, M.V. (2008). Influence of Different Osmopriming Treatment on Emergency and Yield of Maize (*Zea mays* L.). *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*. 3: 1452-1455.
- [12] Harris, D.; Rashid, A.; Miraj, G.; Arif, M.; & Yunas, M. (2008). 'On-farm' Seed Priming with Zinc in Chickpea and Wheat in Pakistan. *Plant and Soil*. 306: 3-10.
- [13] Harris, D.; Rashid, A.; Miraj, G.; Arif, M.; & Shah, H. (2007). 'On-farm' Seed Priming with Zinc Sulphate Solution - A Cost-effective Way to Increase the Maize Yields of Resource-poor Farmers. *Field Crops Research*. 102: 119-127.
- [14] Hossein, S. (2013). Effect of Seed Priming on Germination and Yield of Corn. *International Journal of Agriculture and Crop Science*. 5: 366-369.
- [15] Slaton, N.A.; Norman, R.J.; & Wilson, C.E. Jr. (2005). Effect of Zinc Source and Application Time on Zinc Uptake and Grain Yield of Flood-irrigated Rice. *Agronomy Journal*. 97: 272-278.
- [16] Prom-u-thai, C.; Rerkasem, B.; Yazici, A.; & Cakmak, I. (2012). Zinc Priming Promotes Seed Germination and Seedling Vigor of Rice. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 175: 482- 488.
- [17] Khanthavong, P. (2011). *Effects of Nutrient Priming of Cassava Stakes on Germination, Growth and Yield*. Master's Thesis, Division of Agronomy, Department of Plant Science and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University.
- [18] Farooq, M.; Rehman, A.; Aziz, T.; & Habib, M. (2011). Boron Nutripriming Improves the Germination and Early Seedling Growth of Rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Plant Nutrition*. 34: 1507-1515.
- [19] เจนจิรา หม่องอัน. (2557). ผลของวิธีการแช่เมล็ดข้าวด้วยสารละลายสังกะสีต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้า ในสภาวะเหล็กเป็นพิษ. ใน *บทความวิชาการประชุมวิชาการระดับชาติ มศว วิจัย ครั้งที่ 8*. หน้า 120. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- [20] Mohsin, A.U.; Ahmad, A.U.H.; Farooq, M.; & Ullah, S. (2014). Influence of Zinc Application through Seed Treatment and Foliar Spray on Growth, Productivity and Grain Quality of Hybrid Maize. *The Journal of Animal & Plant Sciences*. 24(5): 1494-1503.
- [21] Wargiono, J.; & Ispandi, A. (2007). Cassava Agronomy Research and Its Contribution to Asecure Food System in Indonesia. In *Proceeding of the Seventh Regional Workshop: Cassava Research and Development in Asia: Exploring New Opportunity for an Ancient Crop*. Howeler, R.H. (Ed.). pp. 174-182. Bangkok, Thailand.

- [22] Cakmak, I. (2008). Enrichment of Cereal Grains with Zinc: Agronomic or Genetic Biofortification?. *Plant Soil*. 302: 1-17.
- [23] Phattarakul, N.; Rerkasem, B; Li, L.J.; Wu, L.H.; Zou, C.Q.; Ram, H.; Sohu, V.S.; Kang, B.S.; Surek, H.; Kalayci, M.; Yazici, A.; Zhang, F.S.; & Cakmak, I. (2012). Biofortification of Rice Grain with Zinc through Zinc Fertilization in Different Countries. *Plant Soil*. 361: 131-141.
- [24] Marschner, H. (1995). *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2nd ed. London. Academic Press.
- [25] Hepler, P.K. (2005). Calcium: A Central Regulator of Plant Growth and Development. *The Plant Cell*. 17: 2142-2155.