

การเขย่าต่อการเจริญเติบโตของต้นถั่วเขียว

จุลดิศ จันดา และ ปภพ จวนสว่าง
โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาราชวิทยาลัย เพชรบุรี
427 หมู่ 8 ต.เขาใหญ่ อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี 76120
อีเมล: Jooladit@gmail.com

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมีงานวิจัยที่ศึกษาถึงผลกระทบของการแกว่งในแนวแกนต่างๆ ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชที่โตเต็มวัยเป็นจำนวนมาก¹ แต่ยังไม่มียงานวิจัยที่ศึกษาในช่วงแรกหลังการงอก ในงานวิจัยนี้ถั่วเขียวได้ถูกปลูกในความเร็รรอบของการหมุนที่ต่างกันตั้งแต่ 0 ถึง 200 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลา 10 วัน จากการทดลองพบว่า การเขย่าให้เคลื่อนที่เป็นวงกลมในแนวระนาบส่งผลต่อการเจริญเติบโตของลำต้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยความยาวต้นจะลดลงเมื่อปลูกภายใต้ความเร็รรอบที่มากขึ้น นอกจากนี้ยังส่งผลเช่นเดียวกันในการเจริญเติบโตของรากและทำให้รากเกิดการบิดเกลียว แต่ไม่ส่งผลกระทบต่อขนาดของใบไม้

คำสำคัญ: การเจริญเติบโต การเขย่า เคลื่อนที่เป็นวงกลม

1. บทนำ

จากการสังเกตต้นไม้บริเวณชายหาดที่มีลมพัดแรงพบว่าต้นไม้ที่ถูกลมพัดเขย่า มีความสูงของลำต้นที่น้อยกว่าพืชชนิดเดียวกันในพื้นที่ที่มีลมน้อย และจากการศึกษาปัญหาการปลูกพืชในโรงเรือนเพาะปลูกระบบปิดทางภาคเหนือ พบว่าพืชมีความสูงของลำต้นมากแต่ลำต้นไม่แข็งแรง¹ เนื่องจากไม่เคยได้รับแรงลมจากภายนอกขณะเจริญเติบโต ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการเขย่าส่งผลต่อความสูง ความแข็งแรงของลำต้น

จากงานวิจัยการปลูกพืชภายใต้สภาวะไร้ทิศทางพบว่าเมื่อปลูกมะเขือเทศภายใต้สภาวะนี้โดยไร้แสงจะเกิดการโค้งงอของลำต้น และการบิดเกลียวของรากแต่เมื่อปลูกโดยมีแสง การโค้งงอและการบิดเกลียวกลับลดลง ส่วนถั่วเขียวที่ปลูกในสภาวะไร้แสงพบว่าลำต้นและรากจะเกิดการโค้งงอแต่ไม่บิดเกลียว²

นักวิจัยหลายท่านได้ศึกษาถึงผลกระทบของการเขย่าให้เคลื่อนที่เป็นวงกลมในแนวระนาบที่มีต่อต้นไม้ Beyl และ Mitchell พบว่าการเขย่าต้นเบญจมาศเป็นเวลาสั้นๆ ตอนเช้าทำให้ลำต้นสั้นลงกว่าปกติ³ Akers และ Mitchell พบว่าการเขย่าถั่ว

ลันเตา (*Pisum sativum* L.) ทุกวันเป็นเวลาสั้นๆ ส่งผลให้ออกผลน้อยลง⁴

โครงการนี้จึงศึกษาผลของการเขย่าเป็นวงกลมในแนวระนาบอย่างต่อเนื่อง ด้วยความเร็วของการเขย่าที่แตกต่างกันจะส่งผลถึงการเจริญเติบโตของถั่วเขียวอย่างไร โดยวัดความยาวของลำต้น ขนาดของใบ ความยาวของราก และการศึกษาลักษณะทางกายภาพของลำต้นจากภาพตัดขวาง

2. วิธีการทดลอง

การปลูกเมล็ดถั่วเขียว

นำผงวุ้น AGAR มาผสมกับน้ำโดยมีความเข้มข้นเป็น 1% W/V และนำไปต้มจนเดือดเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำส่วนผสมที่ได้ใส่ในโหลแก้วปากกว้าง 5 เซนติเมตร โหลละ 300 มิลลิลิตร แล้วนำไปแช่เย็นให้แข็งตัวเป็นเวลา 1 คืน แช่ถั่วเขียวลงในน้ำอุ่นเป็นเวลา 10 นาที เพื่อช่วยเร่งให้เพาะถั่วงอกได้เร็วขึ้น⁵ หลังจากนั้นจึงนำไปปลูกลงในโหลแก้วที่เตรียมไว้ข้างต้น โหลละ 10 เมล็ด จำนวน 32 โหล โดยปลูกให้จมลงไปในวัน 1 เซนติเมตร



รูปที่ 1 การบรรจุโหลลงบนเครื่องเขย่าสาร

การกำหนดค่าความเร็วรอบการคำนวณค่าแรงเหวี่ยงและการกำหนดสถานะในการปลูก

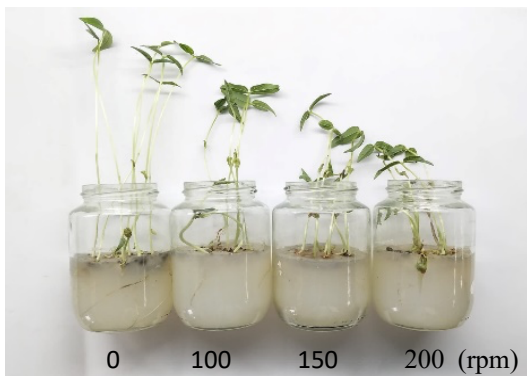
โหลทั้งหมดถูกแบ่งเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 8 โหล กลุ่มหนึ่งถูกปลูกแบบปกติเป็นกลุ่มควบคุม และอีก 3 กลุ่มที่เหลือถูกนำไปบรรจุลงบนเครื่องเขย่าสาร (Orbital Shaker) 3 เครื่อง เครื่องละ 1 กลุ่ม ดังแสดงในรูปที่ 1.

แต่ละเครื่องถูกตั้งค่าความเร็วหมุนต่อรอบต่างกัน คือ 100 150 และ 200 RPM การคำนวณค่าแรงเหวี่ยง (RCF)⁶ ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งใช้สูตรคือ

$$RCF = 1.12 \times \text{Radius} \times (\text{rpm}/1000)^2 \quad (1)$$

การวัดค่าและบันทึกผลการทดลอง

ถัวยาวถูกบันทึกผลการทดลองเป็นเวลา 8 วัน เริ่มวัดค่าตั้งแต่วันที่ 3 หลังการปลูก โดยสุ่มมาแยกออกจากอาหารแข็งแล้วนำไปวัดค่าต่างๆ วันละ 1 โหล



รูปที่ 3 การเจริญเติบโตของถัวยาวเมื่อครบ 10 วัน

ความเร็วรอบของการเขย่า (RPM)	แรงเหวี่ยง (G-FORCE)
0	0
100	1
150	2
200	3

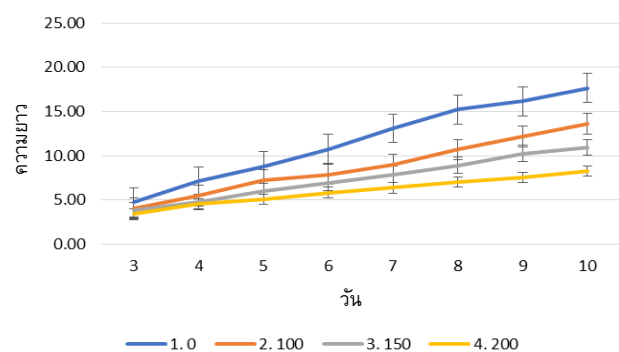
รูปที่ 2 แสดงค่าแรงเหวี่ยงในการเขย่าด้วยความเร็วต่างๆ

ดังนั้น วัดความยาวของลำต้นโดยวัดทั้งไฮโปคอตทิล (hypocotyl) และเอพิคอตทิล (epicotyl) ความยาวและความกว้างของใบ ความยาวของรากในแนวดิ่ง โดยวัดตั้งแต่จุดสิ้นสุดของ hypocotyl และลักษณะของรากที่ปรากฏ นอกจากนั้นยังทำการสุ่มถัวยาวที่ปลูกภายใต้ความเร็วรอบแตกต่างกัน ในวันที่ 10 มา 1-2 ต้น นำมาตัดตามขวาง (cross section) ที่บริเวณกึ่งกลางของความยาวลำต้น ด้วยเทคนิค freehand section เพื่อสังเกตลักษณะกายวิภาคและเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสัณฐานภายในลำต้นอีกด้วย

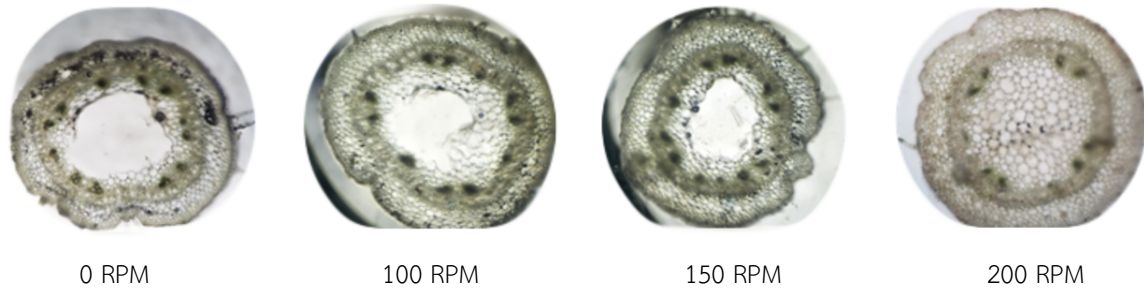
3. ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

ผลการทดลองปลูกถัวยาวในสภาวะเขย่าเป็นวงกลมในแนวระนาบด้วยความเร็วรอบที่แตกต่างกันเป็นเวลา 10 วัน จะเห็นว่าถัวยาวที่ปลูกภายใต้แรงเหวี่ยงมากกว่ามีความยาวของลำต้นน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญดังแสดงในรูปที่ 3 แต่ลักษณะภายนอกของใบไม้ยังไม่มีแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ การเอนของลำต้นที่สังเกตได้อาจเกิดจากแสงที่ส่องเข้ามาในห้องมีทิศทางเดียวตลอดการทดลอง

จากรูปที่ 4 เห็นได้ว่าถัวยาวที่ปลูกภายใต้แรงเหวี่ยงที่มากขึ้นจะมีแนวโน้มของความยาวลำต้นลดลง โดย



รูปที่ 4 ความยาวของลำต้นที่ปลูกภายใต้แรงเหวี่ยงต่างกัน



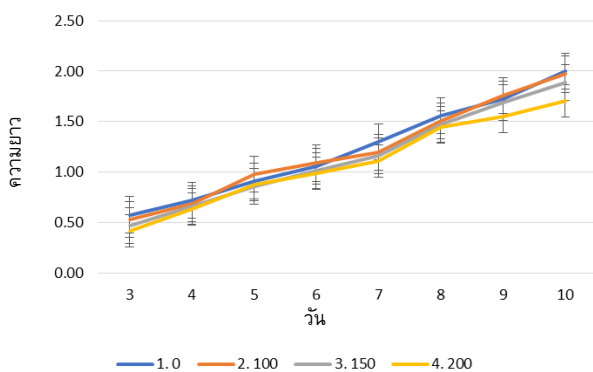
รูปที่ 5 ภาพตัดขวางของลำต้นแก้วเขียวที่ปลูกภายใต้ความเร็วรอบแตกต่างกัน ณ วันที่ 10 หลังการปลูก

เมื่อครบ 10 วัน ต้นที่ปลูกในสภาวะปกติมีความสูงประมาณ 18 ซม. และเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น 50 RPM จะทำให้ความสูงลดลงประมาณ 2 ซม. เมื่อนำไปวิเคราะห์ความแตกต่างของค่ากลางสองประชากรไม่อิสระ (Paired Sample t-test) ระหว่างความยาวของลำต้นที่ปลูกในสภาวะปกติกับความยาวของลำต้นที่ปลูกภายใต้แรงเหวี่ยง 200 RPM ในวันที่ 10 หลังการปลูก ปรากฏว่าค่าสถิติทดสอบ $t(2) = 40.6$, $p < 0.01$ แสดงว่าความยาวของลำต้นปลูกภายใต้แรงเหวี่ยง 200 RPM ($M = 8.3$, $SD = 0.3$) ลดลงจากความยาวของลำต้นที่ปลูกในสภาวะปกติ ($M = 17.50$, $SD = 0.16$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.01 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Mitchell ที่พบว่า การเขย่าจะทำให้พืชเกิดความเครียด ส่งผลให้ลำต้นของพืชมีความสูงลดลงกว่าปกติ³ จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น ระดับความเครียดจะมากขึ้น มีผลทำให้ความยาวของลำต้นลดลง จากการศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพจากภาพตัดขวางตัวอย่างลำต้นแก้วเขียวในวันที่ 10 (รูปที่ 5) พบว่าพืชที่ปลูกในสภาวะปกติมีช่องว่างในลำต้นมาก แต่เมื่อปลูกในความเร็วรอบ

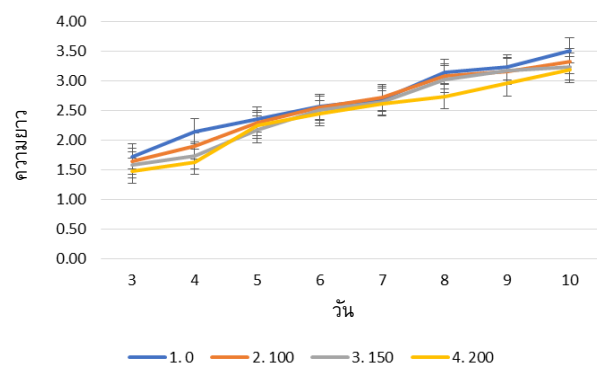
ที่มากขึ้น ช่องว่างจะมีแนวโน้มลดน้อยลง คือที่ 0 RPM มีพื้นที่ว่าง 17% 100 RPM มีพื้นที่ว่าง 15% ภายใต้แรงเหวี่ยง 150 RPM มีพื้นที่ว่าง 13% และที่ 200 RPM มีพื้นที่ว่าง 0% ตามลำดับ เห็นได้ว่าความเครียดส่งผลให้การผลิตเซลล์ลอสในลำต้นพืชเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้พืชต้องลดพลังงานในการเจริญเติบโตของลำต้น ดังนั้นความยาวของลำต้นพืชจึงลดลง

จากรูปที่ 6 และ 7 เห็นได้ว่าการเพิ่มความเร็วรอบไม่ส่งผลกระทบต่อขนาดของใบในช่วงแรกของการเจริญเติบโต แต่จากงานวิจัยของ Hammer พบว่าการเขย่าทำให้ปริมาณใบไม้ในต้นไม้ที่โตเต็มวัยลดลง⁷ จึงเป็นไปได้ว่าเมื่อแก้วเขียวเจริญเติบโตมากขึ้น การเขย่าอาจมีผลกระทบต่อใบไม้

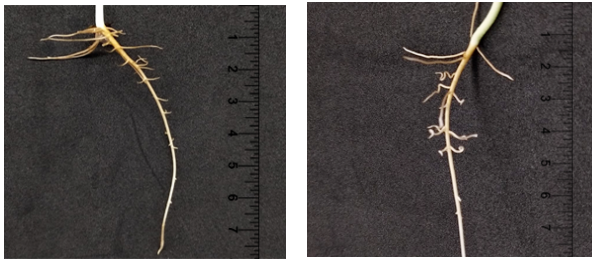
จากรูปที่ 8 เห็นได้ว่าแก้วที่ปลูกภายใต้แรงเหวี่ยงที่มากขึ้นจะทำให้รากแขนงเกิดการบิดเกลียว ซึ่งไม่พบในงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการเขย่าพืช แต่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Swandjaja พบว่ารากจะเกิดการบิดเกลียวขึ้นเมื่อปลูกพืชในสภาวะไร้น้ำหนัก² นอกจากนี้การทดลองยังพบว่าความยาวของรากมีแนวโน้มเช่น



รูปที่ 6 ความกว้างของใบที่ปลูกภายใต้แรงเหวี่ยงต่างกัน



รูปที่ 7 ความยาวของใบที่ปลูกภายใต้แรงเหวี่ยงต่างกัน



รูปที่ 8 รากของพืชที่ปลูกในสภาวะปกติ (ซ้าย) และรากของพืชที่ปลูกในความเร็รรอบ 200 RPM (ขวา) เป็นเวลา 10 วัน

เดียวกับลำต้นคือยิ่งความเร็รรอบเพิ่มขึ้นจะทำให้ความยาวของรากลดลงดังรูปที่ 9

การทดลองนี้เป็นการศึกษาเฉพาะช่วงระยะเวลา 10 วันหลังการงอกเท่านั้น ดังนั้นผลที่ได้ อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงหากทดลองด้วยระยะเวลาที่มากขึ้น จึงควรทำการทดลองเป็นระยะเวลานานกว่านี้ นอกจากนี้การทดลองยังใช้พืชเพียงชนิดเดียว

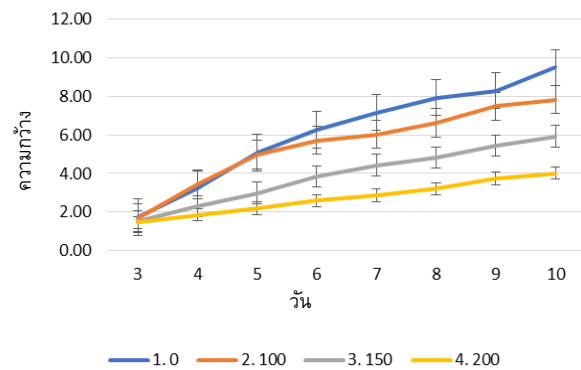
ผลที่ได้ อาจแตกต่างกันในพืชชนิดอื่น จึงควรเพิ่มชนิดของพืชในการทดลองให้หลากหลายชนิด และการทดลองนี้ความเร็รรอบต่ำที่สุดที่เปรียบเทียบคือ 100 RPM ดังนั้นจึงไม่อาจทราบถึงผลการทดลองที่ใช้แรงน้อยกว่านี้

4. สรุปผลการทดลอง

เราได้พบว่าการปลูกถั่วเขียวภายใต้การเขย่าทำให้ลำต้นมีการเจริญเติบโตที่ช้าลงคือมีความยาวของลำต้นและช่องว่างในลำต้นน้อยลง แต่ไม่มีผลต่อขนาดของใบไม้ นอกจากนี้ยังส่งผลให้รากแขนงเกิดการบิดเกลียวและความยาวของรากในแนวตั้งน้อยลง

5. เอกสารอ้างอิง

1. Mitchell, C. (1996). Recent Advances in Plant Response to Mechanical Stress: Theory and Application. Horticultural Science 31 (1), 31-35.
2. Swandjaja, L., Esyanti, R., Khairurrijal, R., Dwivany, F., Latief, C. (2014). The Effect of Clinorotation to the Growth of Tomato (*Lycopersicon esculentum*) and Mung Bean (*Vigna radiata*) Seedlings. Transactions of the Japan Soc. For Aeronaut. And Space Sciences 12, (ists29), 5-10. doi: 10.2322/ tastj.12.Th_5.



รูปที่ 9 ความยาวของรากที่ปลูกภายใต้แรงเหวี่ยงต่างกันเป็นเวลา 10 วัน

3. Beyl, C. and Mitchell, C. (1977). Characterization of mechanical stress dwarfing in chrysanthemum. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102, 591-594.
4. Akers, S., and Mitchell, C. (1984). Seismic stress effects on vegetative and reproductive development of 'Alaska' pea. Canadian Journal of Botany 62, (10) 2011-2015.
5. Rhoades, Heather. (2018, May 18) How To Soak Seeds Before Planting And The Reasons For Soaking Seeds. Gardening Know How. www.gardeningknowhow.com/garden-how-to/propagation/seeds/soaking-seeds.htm.
6. Gleason, Kelly. (2012, July 15). How to convert Centrifuge RPM to RCF or G-force? Clinfield. <https://clinfield.com/how-to-convert-centrifuge-rpm-to-rcf-or-g-force/>
7. Hammer, P., Mitchell, C., and Weiler, T. (1974). Height control in greenhouse chrysanthemum by mechanical stress. HortScience 9, 474-475.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้ภายใต้การดูแลของนายณัฐพล กลิ่นพุ่ม ครูที่ปรึกษาโครงการ และได้รับทุนการศึกษาจากโรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย เพชรบุรี