

คุณสมบัติของน้ำคั่วที่มีผลทางชีวภาพต่อเมล็ดมะเขือเทศ

ธนธรณ์ จิระจิตต์มีชัย¹ พิจิตรา แก้วสอน¹ และจุติภรณ์ ทัสสกุลพนิช^{1,*}

¹ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

*email: jutiporn.thu@ku.th

บทคัดย่อ

น้ำคั่วถูกผลิตขึ้นเพื่อเป็นแหล่งของ karrikinolide (KAR₁) ซึ่งเป็นสารที่ออกฤทธิ์ดีที่สุดในกลุ่มคาร์ริคินส์ (KARs) คาร์ริคินส์เป็นสารกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชชนิดหนึ่งที่ได้จากการเผาไหม้ของเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำคั่วที่ผลิตจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรชนิดต่าง ๆ และเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของน้ำคั่วแต่ละชนิดต่อคุณภาพของเมล็ดมะเขือเทศ น้ำคั่วถูกผลิตจากฟางข้าว ชานอ้อย และขุยมะพร้าว ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และ D-xylose เป็นหน่วยย่อยของเฮมิเซลลูโลส ในการทดลองที่ 1 การทดสอบคุณสมบัติน้ำคั่วพบว่า น้ำคั่วมีลักษณะเป็นกรดและน้ำคั่วความเข้มข้น 100% มีค่าการนำไฟฟ้า (EC) สูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้นอื่น ในการทดลองที่ 2 การทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำคั่วที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (0%, 0.1%, 1%, 10% และ 100%) และใช้ KAR₁ 10 µM เป็นชุดควบคุมเชิงบวก โดยการสังเกตการงอกของเมล็ดและการเกิดโพโตมอร์โฟเจเนซิส ผลการทดลองพบว่าน้ำคั่วเกือบทุกชนิดและทุกความเข้มข้นยกเว้นความเข้มข้น 100% จากฟางข้าวมีเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดสูงเท่ากับ KAR₁ จากนั้นการเกิดโพโตมอร์โฟเจเนซิสซึ่งพิจารณาจากการทำให้ส่วนใต้ใบเลี้ยวสั้นลง โดยการใช้ น้ำคั่วความเข้มข้น 10% จากชานอ้อย ขุยมะพร้าวและ D-xylose และความเข้มข้น 1% จากฟางข้าวทำให้มะเขือเทศมีความยาวของส่วนใต้ใบเลี้ยวสั้นใกล้เคียงกับ KAR₁ ความเข้มข้นเหล่านี้ถูกนำมาใช้ในการทดลองต่อไป ในการทดลองที่ 3 ทดสอบคุณภาพของเมล็ดมะเขือเทศโดยใช้วิธีการเพาะเมล็ดบนกระดาษ พบว่าน้ำคั่วทุกชนิดมีเวลาในการงอกเฉลี่ยใกล้เคียงกับ KAR₁ ยิ่งไปกว่านั้นน้ำคั่วจากชานอ้อย 10% มีจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก (days to emergence) น้อยที่สุด (3.17 วัน) ดังนั้นน้ำคั่วที่ 100% ไม่เหมาะสำหรับการใช้งานที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช แต่ความเข้มข้นอื่นสามารถใช้ในการศึกษาในอนาคตได้

คำสำคัญ: น้ำคั่ว, ส่วนใต้ใบเลี้ยว, การงอก, คุณภาพของเมล็ดพันธุ์, ผัก

The Properties of Smoke Waters Containing Biological Effects on Tomato Seed

Tanathorn Jirajitmeechai¹ Pichitra Kaewsorn¹ and Jutiporn Thussagunpanitand^{1,*}

¹Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University

*email: jutiporn.thu@ku.th

Abstract

Smoke water was produced as a source of karrikinolide (KAR_1) which was the most active compound of karrikins (KARs). KARs are the plant growth stimulant derived from the burning of cellulose and hemicellulose. The objectives of this study are to compare the biological activities of smoke water produced from various types of agricultural wastes and to compare the efficiency of different types of smoke water on germination and seed quality of tomato. Smoke water was derived from rice straw, sugarcane bagasse and coconut husk which were an agricultural waste as well as D-xylose as a small unit of hemicellulose. In experiment 1, different types of smoke water were checked for their properties. The result showed that smoke waters had acidic nature and 100% of smoke waters had the highest electrical conductivity (EC) comparing to other concentrations. In experiment 2, biological activity test of smoke water at different concentrations (0%, 0.1%, 1%, 10% and 100%) and 10 μM KAR_1 as the positive control were used to study biological activities by observing seed germination and photomorphogenesis in tomato. The results showed that almost all types and concentrations of smoke water excepted 100% smoke water from rice straw had the percentage of seed germination as high as KAR_1 . Then, the induction of photomorphogenesis was considered by the hypocotyl shortening. Smoke water at 10% from sugarcane bagasse, coconut husk and D-xylose and at 1% from rice straw exhibited hypocotyl length as short as KAR_1 . So, they were used in the next for further experiment. In experiment 3, tomato seed qualities were tested by top of paper method. The result showed that all types of smoke water had the same mean germination time as KAR_1 . Moreover, 10% smoke water from sugarcane showed the least days to emergence (3.17 days). Smoke waters at 100% were unsuitable for plant growth-promoting applications but, other concentrations could use in future studies.

Keywords: smoke-water, hypocotyl, germination, seed quality, vegetable

บทนำ

การเจริญเติบโตของพืชสามารถกระตุ้นได้ด้วยฮอร์โมนพืช (Depuydt & Hardtke, 2011) ด้วยเหตุนี้จึงมีการใช้ฮอร์โมนพืชสังเคราะห์ที่เรียกว่าสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในการเกษตรเพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตของพืช ในปัจจุบันมีการรายงานการค้นพบฮอร์โมนพืชแล้วอย่างน้อย 9 กลุ่ม ประกอบด้วย ออกซิน (auxins) จิบเบอเรลลิน (gibberellins) ไซโตไคนิน (cytokinins) เอทิลีน (ethylene) กรดแอบไซซิก (abscisic acid, ABA) บราสซิโนสเตียรอยด์ (brassinosteroids, BRs) กรดจัสโมนิก (jasmonic acid, JA) กรดซาลิไซลิก (salicylic acid, SA) และสตริกโกลแลคโตน (strigolactones, SLs) (Santner, Calderon-Villalobos, & Estelle, 2009) ในฮอร์โมนพืชทั้ง 9 กลุ่มนี้ สตริกโกลแลคโตนเป็นกลุ่มสารที่ได้รับการรายงานว่าเป็นฮอร์โมนพืชกลุ่มล่าสุด สตริกโกลแลคโตนมีฤทธิ์ช่วยกระตุ้นการงอกของเมล็ด และควบคุมการแตกกิ่งข้างของพืช (Al-Babili & Bouwmeester, 2015) โครงสร้างของสตริกโกลแลคโตนประกอบด้วยหน่วยย่อย methyl-butenolide ซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้สตริกโกลแลคโตนที่ฤทธิ์กระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช (Al-Babili & Bouwmeester, 2015) โดยหน่วยย่อย methyl-butenolide นี้ยังมีรายงานการพบในคาร์ริคินส์ (karrikins, KARs) ซึ่งเป็นสารที่เป็นผลพลอยได้จากควันไฟที่เกิดจากการเผาไหม้ของเซลลูโลส (cellulose) และเฮมิเซลลูโลส (hemi cellulose) เมื่อเกิดไฟป่า (Flematti et al., 2013) คาร์ริคินส์มีรายงานว่ามียุทธศาสตร์กระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชและกลไกการทำงานเช่นเดียวกับสตริกโกลแลคโตน (Morffy, Faure, & Nelson, 2016)

เนื่องจากคาร์ริคินส์เกิดจากการเผาของเศษวัสดุจากพืชจึงสามารถเตรียมคาร์ริคินส์ได้จากการเผาเศษวัสดุจากพืช เช่น ฟางข้าว แล้วนำควันที่เกิดขึ้นผ่านลงน้ำ น้ำที่เกิดจากการผ่านของควันนี้ เรียกว่า น้ำควัน (smoke-water) (Staden, Brown, Jäger, & Johnson, 2000) จากการตรวจสอบเอกสารพบว่าน้ำควันสามารถกระตุ้นการงอกของเมล็ดและเพิ่มความแข็งแรงของต้นกล้าในพืชหลายชนิด เช่น ผักกาดหอม (Light, Burger, Staerk, Kohout, & Van Staden, 2010) แตงกวา มะเขือเทศ แกลดิโอลัส และดาวเรือง (Elsadek & Yousef, 2019) แม้ว่าตามทฤษฎีเศษวัสดุจากพืชทุกชนิดจะสามารถนำมาผลิตน้ำควันได้ แต่เศษวัสดุจากพืชที่แตกต่างกันจะมีปริมาณคาร์ริคินส์ ซึ่งเป็นสารออกฤทธิ์ที่ต้องการนำมาใช้ประโยชน์แตกต่างกัน (Elsadek & Yousef, 2019) ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบในเศษวัสดุจากพืชแต่ละชนิดแตกต่างกัน

นอกจากคาร์ริคินส์สามารถช่วยส่งเสริมการงอกของเมล็ดแล้ว ยังมีรายงานว่าคาร์ริคินส์สามารถช่วยกระตุ้นให้พืชมีการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาเมื่อพืชได้รับแสงหรือกระบวนการโฟโตมอร์โฟเจเนซิส (photomorphogenesis) ส่งเสริมการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาของใบ กระตุ้นการเจริญเติบโตของราก ควบคุมการแตกกิ่งข้าง เพิ่มปริมาณรงควัตถุในใบ เช่น แอนโธไซยานิน และคลอโรฟิลล์ (Nelson et al., 2010; Thussagunpanit et al., 2017; Waters & Smith, 2013)

น้ำควันที่ใช้ในงานวิจัยนี้เตรียมจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ได้แก่ ฟางข้าว ชานอ้อย และกาบมะพร้าว โดยเศษวัสดุทางการเกษตรทั้ง 3 ชนิดนี้เป็นเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่หาได้ง่ายในประเทศไทย จากรายงานในปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ทางการเกษตรเป็นจำนวนมากกว่า 149 ล้านไร่ พื้นที่สำหรับใช้เป็นแปลงนาข้าวหรือพืชไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) หลังฤดูการเก็บเกี่ยวจะพบวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร โดยเกษตรกรส่วนใหญ่จะจัดการพื้นที่ทางการเกษตรของตนเองด้วยการจุดไฟเผา ซึ่งเป็นการทำลายหน้าดิน และก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศ เช่น ปัญหา PM2.5 (Pongpiachan, 2015) เป็นต้น ดังนั้นคณะวิจัยจึงเล็งเห็นว่าการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาผลิตน้ำควัน เพื่อใช้เป็นแหล่งของคาร์ริคินส์ แล้วจึงนำน้ำควันนี้มาใช้เพิ่มประสิทธิภาพการงอก และคุณภาพของเมล็ดมะเขือเทศ เนื่องจากมะเขือเทศเป็นพืชผักสำคัญของไทย ในปัจจุบันมีการเพิ่มมูลค่ามะเขือเทศโดยการแปรรูปมากขึ้น เช่น น้ำมะเขือเทศ มะเขือเทศอบแห้ง ซอสมะเขือเทศ ชูครีมมะเขือเทศเข้มข้น และครีม

บำรุงผิวที่มีส่วนผสมมะเขือเทศ เป็นต้น นอกจากนี้ผลมะเขือเทศยังมีไลโคปีน (lycopene) สูง โดยในผลมะเขือเทศสดพบไลโคปีน 2.6 mg/100 gFW (USDA Nutrient Database, 2019) ซึ่งไลโคปีนมีส่วนช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งที่อวัยวะต่าง ๆ (วิมล, 2553)

ในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำคั้นที่เตรียมจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่หาได้ง่ายในประเทศไทย ได้แก่ ฟางข้าว ชานอ้อย และกาบมะพร้าว เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของน้ำคั้นในการเพิ่มการเจริญเติบโตและคุณภาพของเมล็ดมะเขือเทศ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของน้ำคั้นที่ผลิตจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรชนิดต่าง ๆ
2. เพื่อเปรียบเทียบฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำคั้นแต่ละชนิดต่อเมล็ดมะเขือเทศ

ระเบียบวิธีวิจัย

1. การผลิตน้ำคั้น

น้ำคั้นถูกผลิตจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร 3 ชนิด ได้แก่ 1) ฟางข้าว (*Oryza sativa*) 2) ชานอ้อย (*Saccharum officinarum*) และ 3) กาบมะพร้าว (*Cocos nucifera*) ทำการเผาแยกเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร 80 กรัม ตามคำอธิบายของ Elsadek, & Yousef (2019) ด้วยเครื่อง bee smoker (Model 15239, Glory Bee Foods, Oregon, USA) จุดไฟเผาเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นเวลา 30 ถึง 60 วินาทีก่อนปิดฝา จากนั้นปล่อยควันที่เกิดขึ้นผ่านท่อทนความร้อนที่ต่อไปยังขวดรูปชมพู่ที่ภายในบรรจุน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร ใช้เวลาในการเผาประมาณ 1 ชั่วโมงหรือจนกว่าเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจะไหม้จนหมด น้ำคั้นที่ได้คือน้ำคั้นความเข้มข้น 100% v/v ภาพการผลิตน้ำคั้นแสดงในภาพที่ 1 นอกจากนี้ D-xylose จะถูกใช้เป็นชุดควบคุมในการผลิตเนื่องจากเป็นหน่วยที่เล็กที่สุดของเฮมิเซลลูโลส (Keeley & Pizzorno, 1986) ทำการเผา D-xylose ผสมกับ L-glycine ตามวิธีของ Flematti, Scaffidi, Dixon, Smith, and Ghisalberti (2011) โดยเผาใน bee smoker ด้วยวิธีการเดียวกันกับการเผาเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร กรองน้ำคั้นความเข้มข้น 100% v/v ด้วยกระดาษกรอง Whatman® หมายเลข 1 และเก็บไว้ในช่องแช่แข็ง



ภาพที่ 1 ภาพการผลิตน้ำคั้น

ที่มา : ภาพถ่ายโดย ธนธรณ์ จิระจิตต์มีชัย เมื่อวันที่ 11 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2563

2. การทดสอบคุณสมบัติน้ำคั้น

ศึกษาคุณสมบัติน้ำคั้น โดยนำน้ำคั้นความเข้มข้น 100% v/v ชนิดต่าง ๆ มาเจือจางเป็นน้ำคั้นความเข้มข้น 0.1% 1% และ 10% v/v ตามลำดับ เพื่อนำมาทดสอบคุณสมบัติน้ำคั้น ดังนี้

2.1. ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ด้วยเครื่อง pH Meter (รุ่น LAQUAtwin-pH-33, บริษัท Horiba, ญี่ปุ่น)

2.2. ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity, EC) ด้วยเครื่อง EC METER (รุ่น LAQUAtwin EC 22, บริษัท Horiba, ญี่ปุ่น)

3. การทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำคั้น

น้ำคั้นชนิดต่าง ๆ จะถูกตรวจสอบฤทธิ์ทางชีวภาพโดยเปรียบเทียบกับ KAR₁ ซึ่งเป็นสารในกลุ่มคาร์ริคินส์ที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพดีที่สุด ทำการทดสอบ 2 วิธี คือ การงอกของเมล็ด และการชักนำให้เกิดกระบวนการเกิดโฟโตมอร์โฟเจเนซิส (photomorphogenesis) (Flematti, Dixon, & Smith, 2015) พืชที่ใช้ในการทดสอบคือ มะเขือเทศเชอร์รี่ (*Solanum lycopersicum* L.) พันธุ์ CH154 จากศูนย์วิจัยพืชเขตร้อน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน นครปฐม ทริตเมนต์ประกอบด้วย น้ำกลั่น KAR₁ 10 μ M น้ำคั้นจากฟางข้าว น้ำคั้นจากขานอ้อย น้ำคั้นจากาบมะพร้าว และน้ำคั้นจาก D-xylose โดยน้ำคั้นแต่ละชนิดมีความเข้มข้นที่ 0.1% 1% 10% และ 100% v/v

3.1 การทดสอบการงอกของเมล็ด

นำเมล็ดมะเขือเทศเพาะบน Cell Culture plates (24 Well plate) ที่รองด้วยกระดาษเพาะที่แช่ด้วย KAR₁ หรือน้ำคั้นความเข้มข้นต่าง ๆ จนชุ่ม ทำการทดลองจำนวน 5 ซ้ำ ซ้ำละ 10 เมล็ด วางกล่องเพาะเมล็ดไว้ในตู้อุณหภูมิ 25 - 30 องศาเซลเซียส โดยทำการนับจำนวนเมล็ดมะเขือเทศที่งอกหลังผ่านไป 24 ชั่วโมง ทุกวันนาน 7 วัน

3.2 การทดสอบการเกิดโฟโตมอร์โฟเจเนซิส

นำเมล็ดมะเขือเทศเพาะบน Cell Culture plates (24 Well plate) ที่รองด้วยกระดาษเพาะที่แช่ด้วย KAR₁ หรือน้ำคั้นความเข้มข้นต่าง ๆ จนชุ่ม ทำการทดลองจำนวน 5 ซ้ำ 10 เมล็ดต่อซ้ำ วางกล่องเพาะเมล็ดไว้ในตู้อุณหภูมิ 25 - 30 องศาเซลเซียส หลังจากผ่านไป 3 วัน จัดให้อยู่ในสภาพมีแสงที่ความเข้มแสง 2-10 $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ เป็นเวลา 4 วัน จากนั้นบันทึกผลด้วยการวัดความยาวของส่วนใต้ใบเลี้ยง (hypocotyl)

ความเข้มข้นของน้ำคั้นแต่ละชนิดที่ทำให้มะเขือเทศมีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงที่สุด และเกิดกระบวนการโฟโตมอร์โฟเจเนซิส ซึ่งสังเกตจากความยาวของส่วนใต้ใบเลี้ยงที่สั้นใกล้เคียงกับ KAR₁ จะถูกนำมาใช้ในการทดลองต่อไป

4. การทดสอบการงอกและคุณภาพของเมล็ด

ทำการคัดเลือกความเข้มข้นของน้ำคั้นชนิดละ 1 ความเข้มข้น จากข้อมูลในการทดลองในข้อ 2 โดยใช้ น้ำกลั่น และ KAR₁ 10 μ M เป็นชุดควบคุมที่ให้ผลลบและผลบวกตามลำดับ ทำการทดลองโดยนำเมล็ดมะเขือเทศทดสอบการงอกมาตรฐาน (standard germination test) ในห้องปฏิบัติการ ด้วยวิธีการเพาะบนกระดาษขึ้นแบบ top of paper (TP) โดยกระดาษเพาะทำการแช่ด้วย KAR₁ และน้ำคั้นที่ความเข้มข้นต่าง ๆ จนชุ่ม ทำการทดลองจำนวน 5 ซ้ำ 50 เมล็ดต่อซ้ำ วางกล่องเพาะเมล็ดไว้ในตู้เพาะเมล็ด (germinator) ที่มีอุณหภูมิ 25 - 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ในสภาพมีแสง และ 16 ชั่วโมง ในสภาพไม่มีแสง ประเมินการงอกตามกฎของสมาคมทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์นานาชาติ (International Seed Testing Association) (ISTA, 2014) นับครั้งแรก (first count) ที่ 5 วันหลังเพาะเมล็ด โดยนับเฉพาะต้นอ่อนปกติ และนับครั้งสุดท้าย (final count) ที่ 14 วันหลังเพาะเมล็ด โดยนับจำนวนต้นอ่อนปกติ (normal seedling) ต้นอ่อนผิดปกติ (abnormal seedling) เมล็ดสดไม่งอก (fresh

ungerminated seed) เมล็ดแข็ง (hard seed) และเมล็ดตาย (dead seed) จากนั้นนำข้อมูลมาคำนวณการงอกของเมล็ดพันธุ์จากสูตร

$$\text{การงอกของเมล็ดพันธุ์ (\%)} = \frac{\text{จำนวนต้นอ่อนปกติ}}{\text{จำนวนเมล็ดทั้งหมด}} \times 100$$

นอกจากนี้ทำการบันทึกจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก (days to emergence; DTE) และเวลาเฉลี่ยในการงอก (mean germination time; MGT) เพาะเมล็ดมะเขือเทศโดยใช้วิธีการเดียวกันกับการทดสอบการงอก นับจำนวนเมล็ดที่มีรากงอกยาวประมาณ 2 มิลลิเมตร และนับจำนวนต้นอ่อนปกติทุกวัน เป็นเวลา 14 วันหลังเพาะเมล็ด จากนั้นนำข้อมูลมาคำนวณจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก และเวลาเฉลี่ยในการงอกจากสูตร

$$\text{DTE (วัน)} = \frac{(N_1 \times D_1) + (N_2 \times D_2) + \dots + (N_n \times D_n)}{T}$$

โดย T คือ จำนวนเมล็ดทั้งหมดที่มีการแทงราก
 $N_{1, 2, \dots, n}$ คือ จำนวนเมล็ดที่มีรากแทงในวันที่ 1, 2, ..., n (n = 14)
 $D_{1, 2, \dots, n}$ คือ จำนวนวันที่นับหลังจากเพาะเมล็ด 1, 2, ..., n (n = 14)

$$\text{MGT (วัน)} = \frac{(G_1 \times D_1) + (G_2 \times D_2) + \dots + (G_n \times D_n)}{\text{Total germination}}$$

โดย $G_{1, 2, \dots, n}$ คือ จำนวนต้นอ่อนปกติที่งอกในวันที่ 1, 2, ..., n (n = 14)
 $D_{1, 2, \dots, n}$ คือ จำนวนวันที่นับหลังจากเพาะเมล็ด 1, 2, ..., n (n = 14)

5. การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ด้วย One-way factorial ANOVA (analysis of variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างทรีตเมนต์ด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ผลการวิจัย

1. การทดสอบคุณสมบัติน้ำคั้น

ผลการทดสอบคุณสมบัติน้ำคั้น ได้แก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) พบว่า KAR₁ มีความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ที่ 9.75 ซึ่งมีความเป็นด่าง แต่น้ำคั้นจากกาบมะพร้าว ฟางข้าว ชานอ้อย และ D-xylose มีความเป็นกรด เมื่อความเข้มข้นลดลงความเป็นกรดจะลดลงไปด้วย น้ำคั้นชนิดต่าง ๆ ที่ความเข้มข้น 100% v/v มี pH ระหว่าง 4.06 - 5.26 สำหรับค่าการนำไฟฟ้าพบว่า KAR₁ และน้ำคั้นทุกชนิดที่ความเข้มข้น 0.1% - 10% มี EC ใกล้เคียงกัน คือมีค่าระหว่าง 0.01 - 0.03 mS/cm แต่น้ำคั้นทุกชนิดที่ความเข้มข้น 100% v/v มี EC สูงที่สุดเมื่อเทียบกับความเข้มข้นอื่น คือ มีค่าระหว่าง 0.09 - 0.21 mS/cm ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

2. การทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ

จากการทดสอบการงอกของเมล็ดมะเขือเทศเชอร์รี่ พันธุ์ CH154 พบว่าทุกทรีตเมนต์ยกเว้นน้ำคั้นจากฟางข้าวที่ความเข้มข้น 100% v/v มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงระหว่าง 96-100% อย่างไรก็ตามน้ำคั้นจากฟางข้าวที่ความเข้มข้น 100% v/v มีเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดต่ำที่สุด คือ 92% (ตารางที่ 2) สำหรับการชักนำให้เกิดกระบวนการเกิดโฟโตมอร์โฟเจนซิสพบว่า น้ำคั้นแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับ KAR₁ และน้ำกลั่น (ภาพที่ 3) โดยความเข้มข้น 100% v/v ของแต่ละน้ำคั้นมีความยาวส่วนใต้ใบเลี้ยงสั้นที่สุด ซึ่งน้ำคั้นจากฟางข้าวมีความยาวส่วนใต้ใบเลี้ยง คือ 0.27 cm (ภาพที่ 3ก) น้ำคั้นจากขานอ้อยมีความยาวส่วนใต้ใบเลี้ยง คือ 1.94 cm (ภาพที่ 3ข) น้ำคั้นจากกาบมะพร้าวมีความยาวส่วนใต้ใบเลี้ยง คือ 1.58 cm (ภาพที่ 3ค) และน้ำคั้นจาก D-xylose มีความยาวส่วนใต้ใบเลี้ยง คือ 1.89 cm (ภาพที่ 3ง) เนื่องจากเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดในแต่ละความเข้มข้นของน้ำคั้นไม่แตกต่างกัน การทดสอบนี้จึงคัดเลือกความเข้มข้นของน้ำคั้นแต่ละชนิดที่มีความยาวของส่วนใต้ใบเลี้ยงที่สั้นใกล้เคียงกับ KAR₁ ที่มีความยาวส่วนใต้ใบเลี้ยง 2.02 cm (ภาพที่ 3) เพื่อใช้ในการทดลองถัดไป ซึ่งก็คือ น้ำคั้นจากฟางข้าวที่ความเข้มข้น 1% v/v มีความยาวส่วนใต้ใบเลี้ยง 2.12 cm (ภาพที่ 3ก) น้ำคั้นจากขานอ้อยความเข้มข้น 10% v/v มีความยาวส่วนใต้ใบเลี้ยง 2.10 cm (ภาพที่ 3ข) น้ำคั้นจากกาบมะพร้าวความเข้มข้น 10% v/v มีความยาวส่วนใต้ใบเลี้ยง 2.07 cm (ภาพที่ 3ค) และน้ำคั้นจาก D-xylose ความเข้มข้น 10% v/v มีความยาวส่วนใต้ใบเลี้ยง 2.00 cm (ภาพที่ 3ง)

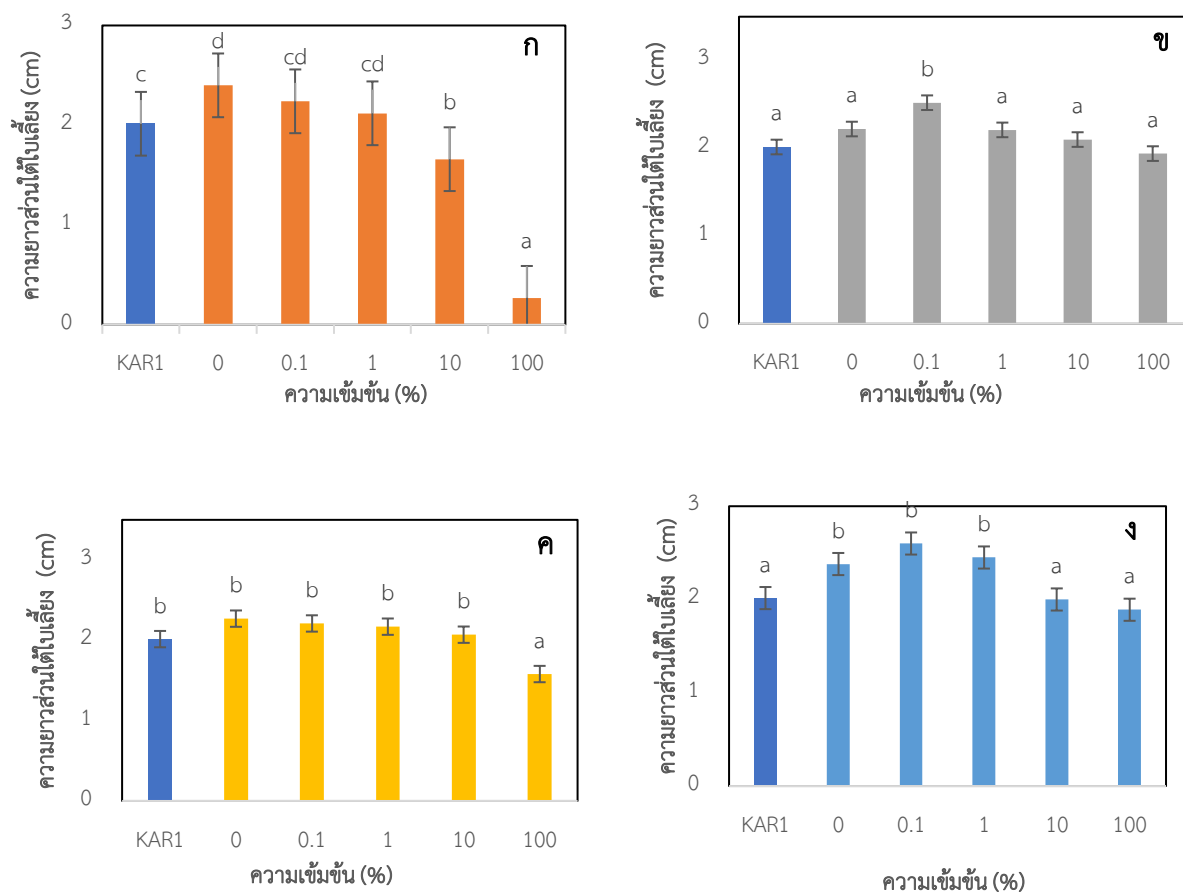
ตารางที่ 1 ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ใน KAR₁ น้ำกลั่น และน้ำควนชนิดต่าง ๆ

พรีติเมนต์	ความเข้มข้น	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง	ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm)
KAR ₁	10 µM	9.75	0.03
น้ำกลั่น	-	7.56	0.01
น้ำควนจากฟางข้าว	0.1% v/v	5.76	0.01
	1% v/v	5.7	0.01
	10% v/v	4.67	0.03
	100% v/v	4.14	0.19
น้ำควนจากชานอ้อย	0.1% v/v	5.74	0.02
	1% v/v	5.69	0.02
	10% v/v	4.75	0.02
	100% v/v	4.19	0.12
น้ำควนจากกากมะพร้าว	0.1% v/v	6.65	0.03
	1% v/v	6.51	0.02
	10% v/v	4.96	0.01
	100% v/v	4.06	0.21
น้ำควนจาก D-xylose	0.1% v/v	7.46	0.02
	1% v/v	7.33	0.02
	10% v/v	6.98	0.02
	100% v/v	5.26	0.09

ตารางที่ 2 ผลของน้ำควินชนิดต่าง ๆ ต่อการงอกของเมล็ดมะเขือเทศพันธุ์ CH154

ทรีตเมนต์	ความเข้มข้น	การงอก (%)
KAR ₁	10 µM	100±0.00 b
น้ำควินจากฟางข้าว	0 %	100±0.00 b
	0.1%	100±0.00 b
	1%	100±0.00 b
	10%	100±0.00 b
	100%	92±4.47 a
น้ำควินจากชานอ้อย	0 %	98±4.47 b
	0.1%	100±0.00 b
	1%	100±0.00 b
	10%	100±0.00 b
	100%	100±0.00 b
น้ำควินจากกาบมะพร้าว	0 %	100±0.00 b
	0.1%	100±0.00 b
	1%	100±0.00 b
	10%	100±0.00 b
	100%	100±0.00 b
น้ำควินจาก D-xylose	0 %	98±4.47 b
	0.1%	100±0.00 b
	1%	96±8.94 b
	10%	100±0.00 b
	100%	100±0.00 b
F-test	-	**

** ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรเดียวกันหมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อใช้วิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ความเชื่อมั่น 99%



ภาพที่ 2 ผลของน้ำคั้นจากฟางข้าว (ก) ชานอ้อย (ข) กาบมะพร้าว (ค) และ D-xylose (ง) ต่อความยาวของส่วนใต้ใบเลี้ยงของ เมล็ดมะเขือเทศพันธุ์ CH154 ภายใต้สภาพความเข้มแสงต่ำ ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรเดียวกันหมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อใช้วิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. การทดสอบการงอกและคุณภาพของเมล็ด

จากผลการทดลองการการทดลองที่ 2 น้ำคั้นจากฟางข้าวที่ความเข้มข้น 1% v/v และน้ำคั้นจากชานอ้อย น้ำคั้นจาก กาบมะพร้าว และน้ำคั้นจาก D-xylose ที่ความเข้มข้น 10% v/v ถูกนำมาใช้ทดสอบการงอกและคุณภาพของเมล็ดมะเขือเทศ โดยเปรียบเทียบกับน้ำกลั่นและ KAR₁ ผลการทดสอบพบว่า การงอก (germination) ต้นอ่อนผิดปกติ (abnormal seedling) เมล็ดสดไม่ออก (fresh ungerminated seed) เมล็ดตาย (dead seed) และจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก (days to emergence; DTE) ในแต่ละทรีตเมนต์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอกพบว่า น้ำคั้นจากชานอ้อยมีจำนวนวันที่ เมล็ดมีรากงอกน้อยที่สุด คือ 3.17 วัน รองลงมา คือ น้ำกลั่น 3.23 วัน และน้ำคั้นจากฟางข้าว 3.27 วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 3) สำหรับเวลาเฉลี่ยในการงอกพบว่าน้ำคั้นแต่ละชนิดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกที่ใกล้เคียงกับ KAR₁ โดย KAR₁ มีเวลาเฉลี่ยในการงอกอยู่ที่ 7.75 วัน รองลงมาคือน้ำคั้นจากฟางข้าว 7.85 วัน และน้ำคั้นจาก D-xylose 7.86 วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

สรุปและอภิปรายผล

จากการทดสอบคุณสมบัติที่น้ำคั้นพบว่า ทุกความเข้มข้นของน้ำคั้นสามารถนำไปใช้ในการทดลองได้ แต่น้ำคั้นที่มีความเข้มข้นสูงหรือที่ความเข้มข้น 100% v/v จะมีความเป็นกรด และมีค่าการนำไฟฟ้าสูงเมื่อเทียบกับความเข้มข้นอื่น ๆ (ตารางที่ 1) ซึ่งงานวิจัยของ Brown and van Staden (1997) กล่าวว่าประสิทธิภาพของน้ำคั้นไม่ได้ขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดต่าง แต่เมื่อนำน้ำคั้นมาทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพด้วยการงอกของเมล็ดและการชักนำให้เกิดกระบวนการโฟโตมอร์โฟเจเนซิสพบว่า ผลการชักนำให้เกิดกระบวนการโฟโตมอร์โฟเจเนซิส น้ำคั้นจากขานอ้อย น้ำคั้นจากบมะพร้าว และน้ำคั้นจาก D-xylose ที่ความเข้มข้น 10% v/v และน้ำคั้นฟางข้าวที่ความเข้มข้น 1% v/v มีความยาวของส่วนใต้ใบเลี้ยงใกล้เคียงกับ KAR₁ 10 μ M เมื่ออยู่ในสภาพความเข้มข้นแสงต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Flematti et al. (2015) ที่พบว่าเมล็ด *Arabidopsis thaliana* ที่เพาะในสภาพความเข้มข้นแสงต่ำ โดยเฉพาะในอาหารเพาะเมล็ดชนิด water-agar ที่ไม่มี KAR₁ จะมีความยาวของส่วนใต้ใบเลี้ยงที่ยาวกว่า *Arabidopsis thaliana* ที่เพาะในอาหารที่มี KAR₁ การที่มะเขือเทศมีความยาวของส่วนใต้ใบเลี้ยงที่สั้นนั้นทำให้ทราบว่าในน้ำคั้นที่ความเข้มข้นดังกล่าวอาจมีสารในกลุ่มคาร์ริคินส์หรือ KAR₁ สำหรับน้ำคั้นจากฟางข้าวที่ความเข้มข้น 100% v/v ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดมะเขือเทศลดลงมากที่สุด (ตารางที่ 2) อาจเนื่องมาจากในฟางข้าวมีสารอัลลีโลพาธี (allelopathy) ซึ่งมีฤทธิ์ยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืช (Tilley, 2021) โดยอัลลีโลพาธีในข้าวสามารถพบได้เกือบทุกส่วนของข้าวไม่ว่าจะเป็นราก ใบ และลำต้น (ธนัชสิทธิ์, 2018) ดังนั้นน้ำคั้นจากฟางข้าวจึงอาจมีสารอัลลีโลพาธีเจือปนอยู่ น้ำคั้นจากฟางข้าวที่ความเข้มข้น 100% v/v จึงมีฤทธิ์ยับยั้งการงอกของมะเขือเทศ และส่งผลให้ความยาวของส่วนใต้ใบเลี้ยงของมะเขือเทศลดลง (ภาพที่ 2ก) นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำคั้นจากขานอ้อยที่ความเข้มข้น 10% v/v ทำให้เมล็ดมะเขือเทศมีจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอกน้อยที่สุด แสดงว่าเมล็ดงอกได้เร็วขึ้น (ตารางที่ 3) อย่างไรก็ตามเวลาเฉลี่ยในการงอกของทุกชนิดเมล็ดใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 3) อาจเป็นเพราะเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่ใช้เป็นเมล็ดใหม่ที่ผลิตมาเพียง 4 เดือนก่อนทำการทดลองจึงทำให้เมล็ดยังคุณภาพสูงเมื่อนำมาทดลองส่งผลให้ไม่เห็นความแตกต่างที่ชัดเจน

การใช้น้ำคั้นจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เพื่อส่งเสริมการงอกและคุณภาพของเมล็ดพบว่า น้ำคั้นจากขานอ้อย น้ำคั้นจากบมะพร้าว และน้ำคั้นจาก D-xylose ที่ความเข้มข้น 10% v/v และน้ำคั้นจากฟางข้าวที่ความเข้มข้น 1% v/v สามารถทำให้ความยาวของส่วนใต้ใบเลี้ยงสั้นลงใกล้เคียงกับ KAR₁ 10 μ M อย่างไรก็ตามน้ำคั้นทุกชนิดไม่สามารถเพิ่มคุณภาพเมล็ดมะเขือเทศได้

ข้อเสนอแนะ

ขั้นตอนการผลิตน้ำคั้นเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรควรนำไปอบด้วยเครื่อง hot air oven ก่อน เพื่อให้เศษวัสดุเหลือใช้แห้งสนิท การผลิตน้ำคั้นอาจผลิตน้ำคั้นด้วยเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรรวมกันหลาย ๆ ชนิดได้ เนื่องจากผลที่ใกล้เคียงกันในทางปฏิบัติ อาจไม่จำเป็นต้องแยกวัสดุก่อนผลิตน้ำคั้น และเมื่อน้ำคั้นจะไม่มีผลต่อคุณภาพเมล็ดแต่อาจมีผลในการเพิ่มการเจริญเติบโตของมะเขือเทศได้ ซึ่งได้ทดสอบในการทดลองถัดไป

ตารางที่ 3 ผลของน้ำคั้นชนิดต่าง ๆ ต่อการทดสอบคุณภาพเมล็ดของเมล็ดมะเขือเทศ

ทรีตเมนต์	การงอก (%)	เมล็ดที่ผิดปกติ (%)	เมล็ดสดไม่งอก (%)	เมล็ดที่ตาย (%)	จำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก (days)	เวลาเฉลี่ยในการงอก (days)
น้ำกลั่น	98.00±1.63	2.50±1.91	1.50±1.00	0.50±1.00	3.23±0.15	7.15±0.19 a
KAR ₁ 10 µM	98.50±1.91	5.50±1.91	0.00±0.00	1.50±1.91	3.29±0.08	7.75±0.25 b
น้ำคั้นจากฟางข้าว 1% v/v	97.00±1.15	6.00±2.83	1.50±1.91	1.50±1.91	3.27±0.19	7.85±0.41 b
น้ำคั้นจากขานอ้อย 10% v/v	98.50±1.00	5.50±1.91	1.00±1.15	0.50±1.00	3.17±0.16	8.13±0.55 b
น้ำคั้นจากกาบมะพร้าว 10% v/v	99.00±2.00	6.00±1.91	0.50±1.00	0.50±1.00	3.59±0.23	8.02±0.26 b
น้ำคั้นจาก D-xylose 10% v/v	98.50±1.00	8.50±4.12	1.00±1.15	0.50±1.00	3.39±0.22	7.86±0.29 b
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	*

* ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรเดียวกันหมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อใช้วิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns หมายถึงค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อใช้วิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารอ้างอิง

- Al-Babili, S., & Bouwmeester, H. J. (2015). **Strigolactones, a novel carotenoid-derived plant hormone**. Annual Review of Plant Biology, 66, 161-186.
- Brown, N. A. C., & van Staden, J. (1997). **Smoke as a germination cue: a review**. Plant Growth Regulation, 22, 115-124.
- Coons, J., Coutant, N., Lawrence, B., Finn, D., & Finn, S. (2014). **An effective system to produce smoke solutions from dried plant tissue for seed germination studies**. Applications in Plant Sciences, 2(3).
- Depuydt, S., & Hardtke, C. S. (2011). **Hormone signalling crosstalk in plant growth regulation**. Current Biology, 21(9), R365-373.
- Elsadek, M. A., & Yousef, E. A. A. (2019). **Smoke-Water Enhances Germination and Seedling Growth of Four Horticultural Crops**. Plants (Basel), 8(4).
- Flematti, G. R., Dixon, K. W., & Smith, S. M. (2015). **What are karrikins and how were they 'discovered' by plants?** BMC Biology, 13, 108.
- Flematti, G. R., Scaffidi, A., Dixon, K. W., Smith, S. M., & Ghisalberti, E. L. (2011). **Production of the seed germination stimulant karrikinolide from combustion of simple carbohydrates**. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 59(4), 1195-1198.
- Flematti, G. R., Waters, M. T., Scaffidi, A., Merritt, D. J., Ghisalberti, E. L., Dixon, K. W., & Smith, S. M. (2013). **Karrikin and cyanohydrin smoke signals provide clues to new endogenous plant signaling compounds**. Molecular Plant, 6(1), 29-37.
- ISTA. (2014). **International Rules for Seed Testing**. Bassersdorf, Switzerland International Seed Testing Association.
- Keeley, S. C., & Pizzorno, M. (1986). **Charred Wood Stimulated Germination of Two Fire-Following Herbs of the California Chaparral and the Role of Hemicellulose**. American Journal of Botany, 73(9), 1289-1297.
- Light, M. E., Burger, B. V., Staerk, D., Kohout, L., & Van Staden, J. (2010). **Butenolides from plant-derived smoke: natural plant-growth regulators with antagonistic actions on seed germination**. Journal of Natural Products, 73(2), 267-269.
- Morffy, N., Faure, L., & Nelson, D. C. (2016). **Smoke and Hormone Mirrors: Action and Evolution of Karrikin and Strigolactone Signaling**. Trends in Genetics, 32(3), 176-188.
- Nelson, D. C., Flematti, G. R., Riseborough, J. A., Ghisalberti, E. L., Dixon, K. W., & Smith, S. M. (2010). **Karrikins enhance light responses during germination and seedling development in Arabidopsis thaliana**. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 107(15), 7095-7100.
- Pongpiachan, S. (2015). **Impacts of agricultural waste burning on the enhancement of PM2.5-bound polycyclic aromatic hydrocarbons in northern Thailand**. Paper presented at the Air Pollution XXIII.
- Santner, A., Calderon-Villalobos, L. I., & Estelle, M. (2009). **Plant hormones are versatile chemical regulators of plant growth**. Nature Chemical Biology, 5(5), 301-307.

- Staden, J. V., Brown, N. A., Jäger, A. K., & Johnson, T. A. (2000). **Smoke as a germination cue**. *Plant Species Biology*, 15(2), 167-178.
- Thussagunpanit, J., Nagai, Y., Nagae, M., Mashiguchi, K., Mitsuda, N., Ohme-Takagi, M., . . . Asami, T. (2017). **Involvement of STH7 in light-adapted development in Arabidopsis thaliana promoted by both strigolactone and karrikin**. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 81(2), 292-301.
- Tilley, N. (2021). **Allelopathy In Plants: What Plants Suppress Other Plants**. Retrieved 12 May, 2021, from Gardening Know How : <https://www.gardeningknowhow.com/garden-how-to/info/allelopathic-plants.htm>
- USDA Nutrient Database. (2019). **Tomatoes, red, ripe, raw, year-round average**. Retrieved 14 May, 2020, from U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE : <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/170457/nutrients>
- Waters, M. T., & Smith, S. M. (2013). **KAI2- and MAX2-mediated responses to karrikins and strigolactones are largely independent of HY5 in Arabidopsis seedlings**. *Molecular Plant*, 6(1), 63-75.
- ธนัชสิทธิ์ พูนไพบูลย์พัฒน์. (2018). **บทบาทของอัลลีโลพาธีต่อการจัดการวัชพืชในการผลิตข้าว**. *Thai Rice Research Journal*, 9(2), 100-113.
- วิมล ศรีสุข. (2553). **กินมะเขือเทศอย่างไรได้ไลโคปีน (lycopene) สูง**. สืบค้นเมื่อ 14 พฤษภาคม, 2563, จาก มหาวิทยาลัยมหิดล คณะเภสัชศาสตร์ : shorturl.asia/ZhRfl
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2562). **เนื้อที่ใช้ประโยชน์ทางการเกษตร รายจังหวัด ปีพ.ศ. 2562**. สถานที่พิมพ์: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.