วารสารแก่นเกษตร THAIJO

Content List Available at ThaiJo

Khon Kaen Agriculture Journal

Journal Home Page : https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj

ผลของระดับความชื้นในวัสดุปลูกที่ส่งผลการเจริญเติบโต และผลผลิตหน่อกระวานในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

Effects of substrate moisture content on growth and yield of cardamom rhizome in soilless culture

นภาพร จิตต์ศรัทธา[1]*, พิกุล นุชนวลรัตน์[1] และ พรชัย เหลืองวารี[1]

Napaporn Jitsatta[1]*, Phikun Nuchnuanrat[1] and Pornchai Luangvaree[1]

[1] สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี อ.เมือง จ.จันทบุรี 2200
[1] Department of Agriculture, Faculty of Agricultural Technology, Rambhai Barni Rajabhat University, Muang, Chanthaburi, 22000

บทคัดย่อ: กระวาน (*Amomum testaceum* Ridl.) จัดเป็นเครื่องเทศหรือสมุนไพรที่สำคัญทางเศรษฐกิจ เป็นที่นิยมทั้งในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งในจังหวัดจันทบุรีนิยมปลูกกระวานจันท์ เพื่อใช้ในการประกอบอาหารโดยใช้ส่วนของหน่ออ่อน การที่ต้นกระวานจะเจริญเติบโตได้ดีนั้น จำเป็นจะต้องมีการให้น้ำที่มีความชื้นของวัสดุปลูกที่เหมาะสมต่อการปลูกกระวาน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับความชื้นในวัสดุปลูกที่ควบคุมโดยการติดตั้งเซ็นเซอร์ต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตหน่อกระวานที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน โดยทำการปลูกกระวานภายในโรงเรือนตาข่ายหลังคาพลาสติกใช้วัสดุปลูก คือ ขุยมะพร้าว+กาบมะพร้าวสับ (1:1 โดยปริมาตร) การวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด completely randomized design (CRD) แบ่งเป็น 3 กรรมวิธี จำนวน 5 ซ้ำ ซ้ำละ 2 กระถาง ประกอบด้วย ให้น้ำที่ระดับความชื้นต่ำกว่า 70%, 60% และ 50% v/v (หยุดให้น้ำเมื่อความชื้นเกินระดับที่กำหนดตามกรรมวิธี) จากการทดลองพบว่า ระดับความชื้นในวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตสูงที่สุด คือกระวานที่มีการให้น้ำที่ระดับความชื้นของวัสดุปลูกต่ำกว่า 60% v/v หยุดให้น้ำเมื่อความชื้นเกิน 60% v/v ส่งผลให้ความสูงต้น (77.59 cm) ขนาดลำต้น (8.27 mm) จำนวนหน่อ (13.80 หน่อ/กระถาง) และน้ำหนักต้น (3.56 kg/กระถาง) มีค่าสูงที่สุด และลดเปอร์เซ็นต์การเน่าของหน่อใหม่ได้น้อยกว่าที่ระดับการให้น้ำ 70% v/v

คำสำคัญ: กระวาน; ความชื้นของวัสดุปลูก; ระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

ABSTRACT: Cardamom (*Amomum testaceum* Ridl.) is considered an economically important spice or herb, popular both domestically and internationally. In Chanthaburi province, Cardamom is commonly cultivated for culinary purposes using young shoots. To ensure optimal growth, it is crucial to provide suitable moisture levels in the planting material. This research aims to study the moisture levels in the planting material controlled by installing sensors on the growth and yield of cardamom rhizome cultivated in a soilless cultivation system. The cardamom was grown in a net house in a mixture of coir dust and coconut husk chips (1:1 v/v). The experiment was conducted using a completely randomized design (CRD) with 3 watering methods, each repeated 5 times. The moisture levels were maintained at below 70%, 60%, and 50% v/v (with watering stopped when exceeding these treated levels). The results showed that the cardamom with moisture levels below 60% v/v, ceasing watering when exceeding 60% v/v, exhibited the highest growth and yield. This led to the highest plant height (77.59 cm), stem diameter (8.27 mm), number of shoots (13.80 shoots/pot), and plant weight (3.56 kg/pot). and reduced the percentage of rotting shoot less than at the moisture levels below 70% v/v.

Keywords: cardamom; substrate moisture content; soilless culture

* Corresponding author: napaporn.j@rbru.ac.th
Received: date; September 27, 2023 Revised date; June 18, 2024
Accepted: date; June 21, 2024 Published: date;

บทนำ

กระวาน เป็นพืชที่จัดอยู่ในวงศ์ขิงข่า Zingiberaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Amomum testaceum* Ridl. (จตุพร, 2563) เป็นพืชล้มลุก มีลำต้นอยู่ใต้ดินเรียกว่า “เหง้า” (นฤพนธ์ และคณะ, 2555) ชอบขึ้นอยู่ตามป่าที่มีความชื้นสูงและมีไม้ใหญ่ปกคลุม ชอบขึ้นในที่ร่มหรือใต้ต้นไม้ในประเทศไทยพบกระวานมากในภาคใต้ แถบจังหวัดสุราษฎร์ธานี ตรัง ยะลา นราธิวาส และประจวบคีรีขันธ์ และภาคตะวันออก แถบเขาสอยดาว และเขาสระบาป จังหวัดจันทบุรี พื้นที่ทำสวนกระวานนั้นจะเป็นพื้นที่เขา มีความสูงประมาณ 1,675 เมตร จากระดับน้ำทะเล เขตตำบลดงจิก ตำบลทับไทร อำเภอโป่งน้ำร้อน และตำบลทรายขาว อำเภอสอยดาวเหนือ ซึ่งในจังหวัดจันทบุรี มีชื่อเรียกว่า “กระวานจันท์” เป็นกระวานที่มีคุณภาพดีที่สุด ผลมีขนาดใหญ่ มีน้ำหนักมาก เมล็ดมีรสเผ็ดร้อน และมีกลิ่นหอมแรง นิยมใช้เป็นเครื่องเทศประกอบอาหาร หรือใช้ในรูปน้ำมันหอมระเหยแต่งกลิ่นอาหาร และเครื่องดื่มต่าง ๆ รวมถึงใช้เป็นส่วนผสมของเครื่องสำอาง และผลิตน้ำหอม นิยมส่งออกไปประเทศจีน และฮ่องกง (เฉลิมชล, 2562) มีราคาค่อนข้างแพง เป็นพืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจของจังหวัดจันทบุรี ชาวสวนจะนิยมปลูกแซมตามร่องสวนผลไม้ ซึ่งการปลูกกระวานไม่สามารถควบคุมการให้น้ำได้อย่างเหมาะสมกับระดับความชื้นในดินได้ซึ่งในช่วงฤดูฝน หรือช่วงที่ต้นกระวานได้รับน้ำปริมาณมากเกินไป ส่งผลให้หน่อกระวานเน่าเสียหาย หรือในช่วงฤดูหนาว และฤดูร้อนเป็นช่วงที่ต้นกระวานขาดน้ำหรือมีการให้น้ำน้อยทำให้กระวานแตกหน่อได้น้อยมีการเจริญเติบโตช้า ซึ่งทำให้ผลิตหน่อกระวานได้ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค (เฉลิมชล, 2562) ซึ่งการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถช่วยในการผลิตหน่อกระวานได้ เนื่องจากสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมของรากพืช ปริมาณธาตุอาหารให้มีสภาพและปริมาณตามที่พืชต้องการ (อิทธิสุนทร, 2554) ระบบปลูกในวัสดุปลูก (substrate culture) เป็นการปลูกที่คล้ายกับการปลูกในดินมากที่สุด วัสดุปลูกจะทำหน้าที่ให้รากยึดเกาะพยุงลำต้นรวมถึงการเก็บความชื้น และธาตุอาหารเพื่อให้รากดูดใช้ การเลือกวัสดุปลูกต้องคำนึงถึงคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพด้วย (นภาพร, 2561) โดยวัสดุที่นำมาใช้ควรมีคุณสมบัติที่ไม่อัดตัวและยุบตัวเมื่อเปียกน้ำรากพืชสามารถกระจายตัวได้ทั่วในวัสดุปลูก ไม่มีสารที่เป็นพิษต่อพืช ไม่ทำปฏิกิริยากับสารละลายธาตุอาหาร และภาชนะที่ใช้ปลูกไม่เป็นแหล่งสะสมของเชื้อโรคและแมลง และยังสามารถกำจัดโรคและแมลงได้ง่าย (อภิสิทธิ์ และคณะ, 2563) วัสดุปลูกที่นิยมใช้คือ ขุยมะพร้าวและกาบมะพร้าวสับ ซึ่งมีสารแทนนินอยู่จำนวนมาก เมื่อละลายน้ำจะกลายเป็นกรดแทนนิกสีน้ำตาลดำ เมื่อทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไอออนกลายเป็นเกลือที่ไม่ละลาย ดังนั้น เมื่อใช้วัสดุขุยมะพร้าวและกาบมะพร้าวสับปลูกพืช จะต้องทำการแช่น้ำก่อนใช้เพื่อทำให้พืชไม่เกิดอาการขาดธาตุแคลเซียม และเกิดอาการใบไหม้ (อิทธิสุนทร, 2560) ในระบบการปลูกในวัสดุปลูกจะเป็นระบบที่มีการให้น้ำแบบน้ำหยด เป็นการให้น้ำที่ประหยัดมีประสิทธิภาพ (Warsaw et al., 2009) ส่งผลให้อัตราการใช้น้ำของพืชเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ และลดความเสี่ยงต่อการขาดน้ำของพืช (Atdinsakir et al., 2023) น้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผลผลิต ซึ่งพืชจะดูดไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง กระบวนการเมแทบอลิซึม การขยายขนาดและกระบวนการทางสรีรวิทยาต่าง ๆ (ธัญสินี และคณะ, 2564) ความชื้นของวัสดุปลูก และช่วงเวลาการให้น้ำมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช มีรายงานว่าความชื้นของวัสดุปลูกและช่วงในการให้น้ำมีความสัมพันธ์ต่อการดูดน้ำของพืช (Shin and Son, 2015) ปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการให้น้ำพืช ระบบการให้น้ำอัตโนมัติตามความชื้นในดิน ส่วนใหญ่แล้วจะมีการติดตั้งกล่องควบคุมที่มีไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมด้วย เนื่องจากการให้น้ำแบบดังกล่าวมีระบบการตรวจประเมินสภาพแวดล้อมก่อนให้น้ำกับพืช ซึ่งการตรวจประเมินสภาพแวดล้อมสามารถทำได้โดยการติดตั้งเซ็นเซอร์ต่างๆ ตัวอย่างเช่น เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดินโดยอาจจะฝังที่ระดับความลึกต่างๆ กัน หรือเซ็นเซอร์ตรวจวัดปริมาณน้ำฝน โดยการทำงานของระบบนั้นจะมีกล่องควบคุมที่อ่านค่าจากเซ็นเซอร์ต่างๆ และนำค่าเหล่านั้นมาประมวลผลร่วมกัน ประกอบการออกแบบวาล์วปิด-เปิดวาล์วน้ำ เพื่อให้สัมพันธ์กับปริมาณความชื้นในดิน (เสกสรรค์ และเกสร, 2565) เทคโนโลยีเซ็นเซอร์ตรวจวัดความชื้นในดินนี้ส่งผลให้เกิดประสิทธิภาพการใช้น้ำและธาตุอาหารดีขึ้น นำไปสู่การลดต้นทุนการผลิต และสามารถควบคุมคุณภาพผลผลิตได้

ดังนั้นการทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับความชื้นของวัสดุปลูกที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของหน่อกระวานในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน เพื่อเป็นแนวทางใหม่ให้กับเกษตรกรในจังหวัดจันทบุรีได้นำความรู้ที่ได้ไปผลิตกระวานเป็นการค้า

วิธีการศึกษา

การวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด CRD (completely randomized design) 3 กรรมวิธี จำนวน 5 ซ้ำ ซ้ำละ 2 กระถาง โดยมีระดับความชื้นในวัสดุปลูก ประกอบด้วย กรรมวิธีที่ 1 ให้น้ำที่ระดับความชื้นต่ำกว่า 70% v/v, กรรมวิธีที่ 2 ให้น้ำเมื่อระดับความชื้นต่ำกว่า 60% v/v และกรรมวิธีที่ 3 ให้น้ำเมื่อระดับความชื้นต่ำกว่า 50% v/v (ทุกระดับของการให้น้ำจะมีการหยุดการให้เมื่อความชื้นในดินมีค่าสูงกว่าระดับที่กำหนดตามกรรมวิธีนั้นๆ) ดำเนินการทดลองที่คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2565 ถึงกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2566 ภายในโรงเรือนพลาสติกขนาด 6x12 m^2

โดยการหาค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของวัสดุปลูก (โดยนำวัสดุปลูกไปแช่น้ำทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง จนอิ่มตัว และปล่อยให้น้ำส่วนเกินหยุดไหลออกจากก้นกระถาง ซึ่งเป็นระดับความชื้นสูงสุดที่วัสดุปลูกสามารถอุ้มน้ำไว้ได้ (Container capacity) ทำการชั่งน้ำหนักวัสดุปลูก และอบแห้งอุณหภูมิ 105˚C จนแห้ง แล้วทำการชั่งน้ำหนักแห้ง แล้วนำมาคำนวณค่าความชื้นในวัสดุเพื่อหาความสามารถในการอุ้มน้ำของวัสดุ) พบว่าวัสดุปลูกขุยมะพร้าวผสมกาบมะพร้าวสับมีความสามารถในการอุ้มน้ำของวัสดุ 87.83% จึงได้ทำการทดสอบปลูกกระวานที่ระดับความชื้น 80% พบว่ามีการเน่าของหน่อใหม่มาก ซึ่งในการทดลองครั้งนี้จึงใช้ความชื้นในวัสดุที่ 70, 60 และ 50% ซึ่งต่ำกว่าค่าดังกล่าวเพื่อไม่ให้ความชื้นสูงเกินไป จนเกิดปัญหาการเน่าของต้น

การเตรียมวัสดุปลูก

ทำการเตรียมวัสดุปลูกโดยการนำวัสดุปลูกขุยมะพร้าวผสมกาบมะพร้าวสับอัตราส่วน (1:1) มีบรรจุใส่กระถางพลาสติกขนาด 22” นำมาแช่น้ำทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง จากนั้นเทน้ำทิ้ง โดยทำซ้ำแบบเดิมทั้งหมด 3 ครั้ง ตรวจค่า EC ไม่เกิน 0.2 mS/cm และปรับค่า pH อยู่ในช่วง 5.5-6.5 (ปรับค่า pH ด้วยกรดไนตริก 1%) ก่อนนำวัสดุมาใช้เพื่อให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต

การเตรียมต้นกระวาน

การเตรียมต้นกระวานโดยแยกเหง้าจากกอต้นแม่กระวานที่มีอายุ 1.5-2 ปี ทำการตัดต้นโดยมีหน่อติดมาด้วย 1-2 หน่อ มีความสูงหน่อ 30-60 cm และนำมาชำในวัสดุปลูกขุยมะพร้าว 4 สัปดาห์ ก่อนลงปลูกในกระถางพลาสติกขนาด 22” ก้นตันเจาะรูด้านข้างเพื่อเป็นรูระบายน้ำส่วนเกินออกจากกระถางและบางส่วนกักเก็บน้ำในกระถาง

การเตรียมโรงเรือนสำหรับการปลูกกระวาน

ทำการปลูกกระวานในโรงเรือนพลาสติกขนาด 6x12 m^2 หลังคามุงด้วยพลาสติกคลุมโรงเรือนมีความหนา 200 ไมครอน ด้านข้างจะมีมุ้งกันแมลงทำหน้าที่ในการป้องกันแมลงศัตรูพืชที่จะเข้าทำลายพืช ขนาดตาข่าย 32 ตา โดยภายในโรงเรือนจะขึงด้วยสแลนสีดำพรางแสง 60% ซึ่งทำให้พืชได้รับแสงอย่างสม่ำเสมอ และมีสเปรย์พ่นหมอก เพื่อควบคุมความชื้นในอากาศให้พืชอย่างสม่ำเสมอตลอดการทดลอง

การเตรียมระบบรูปแบบการให้น้ำอัตโนมัติ

ทำการติดตั้งระบบจ่ายสารละลายธาตุอาหารไปยังรากพืชอัตโนมัติ แบบการปลูกโดยใช้วัสดุปลูกร่วมกับเครื่องวัดความชื้นของวัสดุปลูก (Soil moisture sensors) โดยใช้เครื่องควบคุมระบบอัตโนมัติตั้งค่าระดับความชื้น 3 ระดับคือ จะให้น้ำเมื่อระดับความชื้นต่ำกว่า 70, 60 และ 50% v/v และหยุดให้น้ำเมื่อความชื้นเกินกว่าค่าที่กำหนด (ตามแผนการทดลอง) ระบบจะปล่อยสารละลายธาตุอาหารไปยังรากพืชอัตโนมัติ โดยใช้เซ็นเซอร์ความชื้นในวัสดุปลูกเป็นตัวควบคุมค่าการวัดความชื้นของวัสดุปลูก เนื่องจากเป็นระบบที่ให้สารละลายธาตุอาหารอย่างมีประสิทธิภาพ จึงไม่มีสารละลายธาตุอาหารส่วนเกินระบายออกจากก้นกระถาง หลังการปลูกทำการตรวจเช็คการสะสมของ EC ถ้าพบมีการสะสม EC สูงเกิน 2 mS/cm จะทำการชะน้ำเปล่าเพื่อให้ค่า EC ลดลงเหลือ 1 mS/cm ดังนั้น เซ็นเซอร์วัดความชื้นในวัสดุปลูกจึงมีทั้งหมด 3 ชุด ในการควบคุมความชื่นในวัสดุปลูก เมื่อระดับความชื้นที่ตั้งไว้ประตูน้ำไฟฟ้าจะเปิดเพื่อให้น้ำกับพืช และปิดเมื่อหยุดให้น้ำแก่พืช การให้สารละลายธาตุอาหารพืชจะให้ไปพร้อมกับน้ำด้วยระบบน้ำแบบหยด ตามแผนการทดลอง

วิธีการทดลอง

เมื่อต้นกระวานที่ชำได้ 4 สัปดาห์ เริ่มทำการย้ายปลูกในวัสดุปลูกขุยมะพร้าวผสมกับกาบมะพร้าวสับในอัตราส่วน 1:1 และนำกระถางไปวางให้มีระยะปลูกระหว่างแถว 100 cm ระยะระหว่างต้น 50 cm จากนั้นปักหัวน้ำหยด โดยต้นกระวานจะได้รับสารละลายธาตุอาหารสูตร Zingiberaceae Netherlands จากโปรแกรม NutriCal V1.7T (อิทธิสุนทร, 2557) ที่มีค่า EC = 1.0 mS/cm และ pH 5.5-6.5 ต้นกระวานจะได้รับน้ำและธาตุอาหารตามระดับความชื้น 3 ระดับ คือ จะให้น้ำเมื่อระดับความชื้นต่ำกว่า 70, 60 และ 50% v/v ระบบจะปล่อยสารละลายธาตุอาหารไปยังรากพืชอัตโนมัติ และหยุดการให้น้ำเมื่อความชื้นเกินกว่าค่าที่กำหนด ตามแผนการทดลอง ทำการบันทึกข้อมูลทุก ๆ สัปดาห์ เมื่ออายุ 16 สัปดาห์จะทำการเก็บเกี่ยว โดยการขุดหน่อพร้อมลำต้น

การเตรียมสารละลายธาตุอาหาร

ทำการเตรียมสารละลายธาตุอาหารสูตร Zingiberaceae Netherlands (จากโปรแกรม NutriCal V1.7T) (อิทธิสุนทร, 2557) ที่มีความเข้มข้น 200 เท่า ปริมาตร 20 L ถัง A ประกอบด้วย $Ca(NO_3)_2$ = 3.767 Kg และ Fe-EDTA = 78 g ส่วนถัง B ประกอบด้วย KNO_3 = 1.796 kg, KH_2PO_4 = 0.653 kg, $MgSO_4$ = 1.037 kg, $ZnSO_4$ = 4.756 g, $CuSO_4$ = 0.508 g, $MnSO_4$ = 5.323 g, H_3BO_3 = 5.082 g และ $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$ = 0.343 g หลังจากนั้นนำสารละลายจากถัง A และ B มาผสมกันในถังที่มีน้ำอยู่ 1,000 L เพื่อเจือจางสารละลายก่อนนำไปใช้ให้ความเข้มข้นตามที่กำหนดไว้ โดยปริมาตรของสารละลายทั้งสองต้องเท่ากัน จนได้ระดับค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของสารละลายธาตุอาหาร EC= 1.0 mS/cm (ปุ๋ยถัง A และ B อย่างละ 4,000 ml/น้ำ 1,000 L ตามลำดับ) โดยใช้เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า และปรับค่า pH 5.5-6.5 โดยใช้กรดไนตริกความเข้มข้น 10% ในการปรับค่า pH ของสารละลายธาตุอาหาร ใช้เครื่องวัดค่า pH Meter เป็นเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ดังนั้น ระบบควบคุมการให้น้ำจึงมีทั้งหมด 3 ชุด ซึ่งแต่ละวิธีการทดลองจะทำการสุ่มให้แก่ต้นกระวานด้วย การให้สารละลายไปพร้อมกับน้ำด้วยระบบน้ำแบบหยด ตามแผนการทดลอง

การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากการย้ายปลูกต้นกระวานได้ 1 สัปดาห์ บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิต ดังนี้ วัดความสูงต้น (วัดลำต้นเทียมจากส่วนที่อยู่เหนือวัสดุปลูกถึงปลายยอด) ความกว้างใบ ความยาวใบ (cm) (วัดจากใบที่ 3 วัดจากส่วนที่กว้างที่สุดของใบ และความยาวใบ วัดจากส่วนโคนใบถึงปลายใบ) ขนาดลำต้น (mm) (วัดขนาดลำต้นที่อยู่เหนือวัสดุปลูก 10 cm) ความเขียวใบ (SPAD) (วัดจากใบที่ 3 โดยวัด 3 จุดของใบและเฉลี่ยค่าเป็นความเขียวใบ) จำนวนใบ (ใบ/ต้น) (นับจำนวนใบทั้งหมดของต้น) จะวัดจากหน่อแรกที่แทงต้นขึ้นมาที่ได้จากการปักชำ นับจำนวนหน่อ (หน่อ/กระถาง) จะนับจำนวนหน่อที่แทงขึ้นใหม่ทุกต้นในกระถาง และบันทึกหน่อเกิดการเน่าเสีย และโดยจะเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตและวัสดุปลูกทุก ๆ 7 วัน เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ และชั่งน้ำหนักต้นรวม (kg/กระถาง) โดยจะชั่งจากหน่อถึงปลายยอดต้นทุกต้นในกระถาง วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance; ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธี Duncan' new multiple range test (DMRT) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป (Sirichai Statistics ver.7.0)

และวัดคุณสมบัติทางกายภาพ คือ ความหนาแน่นรวม (g/cm^3) ความหนาแน่นอนุภาค (g/cm^3) ความพรุนรวม (%) ปริมาณความชื้นในวัสดุ (%) และคุณสมบัติทางเคมี คือ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm) ของวัสดุปลูกในแต่ละระดับการให้น้ำตามกรรมวิธี

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ด้านการเจริญเติบโตของกระวาน

จากผลการทดลองระดับความชื้นในวัสดุปลูกที่แตกต่างกันส่งผลต่อการเจริญเติบโตของกระวานในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าการให้น้ำที่ระดับความชื้นของวัสดุปลูกต่ำกว่า 60 และ 70% v/v มีผลต่อความสูงต้นของกระวานมากที่สุด เท่ากับ 77.59 และ 76.42 cm ตามลำดับ และการให้น้ำที่ระดับความชื้นของวัสดุปลูกต่ำกว่า 50% v/v มีความสูงต้นน้อยที่สุด เท่ากับ 61.48 cm เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) **(Table 1)** ด้านขนาดลำต้นกระวาน พบว่ากระวานที่มีการให้น้ำที่ระดับความชื้นของวัสดุปลูกต่ำกว่า 60 และ 70% v/v มีผลต่อขนาดลำต้นมากที่สุด เท่ากับ 8.27 และ 8.01 mm ตามลำดับ และการให้น้ำที่ระดับความชื้นของวัสดุปลูกต่ำกว่า 50% v/v มีขนาดลำต้นน้อยที่สุด เท่ากับ 6.43 mm

เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) **(Table 1)** และการให้น้ำที่ระดับความชื้นในวัสดุปลูกที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อความกว้างใบ ความยาวใบ ความเขียวใบ และจำนวนใบของกระวานที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) **(Table 2)** ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการที่ต้นกระวานได้รับน้ำอย่างสม่ำเสมอที่ระดับความชื้นของวัสดุปลูกที่เหมาะสม การให้น้ำที่ระดับความชื้นของวัสดุปลูกต่ำกว่า 60% v/v และ 70% v/v ส่งผลให้มีการเจริญเติบโต (ความสูงต้น และขนาดลำต้น) ที่เพิ่มขึ้นมากกว่าการให้น้ำที่ระดับความชื้นของวัสดุปลูกต่ำกว่า 50% v/v ซึ่งสอดคล้องกับ ธัญสินี และคณะ (2564) ได้กล่าวว่าการให้น้ำเกินความชื้นของวัสดุปลูก โดยในสภาพที่ระดับความชื้นในวัสดุปลูกสูงทำให้การเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น และความชื้นในวัสดุปลูกต่ำเกินไปจะส่งผลให้การเจริญเติบโตของพืชลดลง เนื่องจากในสภาวะที่พืชขาดน้ำจะยับยั้งการขยายขนาดของเซลล์ทำให้เซลล์มีขนาดเล็กลง พบว่าเมื่อพืชได้รับน้ำปริมาณน้อย และขาดน้ำเป็นเวลานาน มีผลทำให้ความเต่งของใบลดลงปากใบของพืชจะปิดเพื่อลดการคายน้ำของพืช ทำให้การแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างพืชกับอากาศยุติลง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเกิดขึ้นได้น้อยการสร้างอาหารน้อย มีผลทำให้การเจริญเติบโตทางลำต้นลดลง (สมยศ และคณะ, 2551) เมื่อเปรียบเทียบกับพืชที่ไม่มีการขาดน้ำ สอดคล้องกับ Germchi et al. (2010) การขาดน้ำต่อความเครียดของพืชจะส่งผลต่อการเติบโตและผลผลิต พบว่าถ้าพืชขาดน้ำไม่ว่าระยะการเจริญเติบโตใดๆ ทำให้ผลผลิต พื้นที่ใบ น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งลดลง ธิยารัตน์ และคณะ (2562) รายงานว่าพืชเมื่อได้รับน้ำในระดับความถี่ และปริมาณที่ลดลงจะมีผลต่อขบวนการสังเคราะห์แสงของพืชลดลง ซึ่งมีผลต่อเนื่องไปถึงการเจริญเติบโตทางลำต้น และการสร้างผลผลิตให้มีค่าลดลง ซึ่งสอดคล้องกับ Widaryanto et al. (2017) ที่รายงานว่าเมื่อลดปริมาณน้ำลงจะส่งผลต่อจำนวนใบและความยาวเถาลดลง โดยที่ความจุความชื้นสนาม 100% ให้จำนวนใบและความยาวเถาสูงที่สุด

Table 1 Effect of substrate moisture content on plant height and plant diameter of cardamom in soilless culture for 16 weeks

Treatments	Plant height (cm)	Plant diameter (mm)
Moisture levels below 70% v/v	76.42[a]	8.01[a]
Moisture levels below 60% v/v	77.59[a]	8.27[a]
Moisture levels below 50% v/v	61.48[b]	6.43[b]
F-test	*	*
C.V.%	11.95	6.16

X Different letters within a column indicate significant difference at (P<0.05) by Duncan' s new multiple range test

* Significant at (*P*<0.05)

Table 2 Effect of substrate moisture content on leaf width, leaf length, leaf greenness and number of leaves of cardamom in soilless culture for 16 weeks

Treatments	Leaf width (cm)	Leaf length (cm)	Leaf greenness (SPAD unit)	Number of leaves (leaves/plant)
Moisture levels below 70% v/v	6.88	21.00	52.98	6.80
Moisture levels below 60% v/v	6.48	19.55	51.60	6.60
Moisture levels below 50% v/v	5.66	19.36	48.99	6.30
F-test	Ns	ns	ns	Ns
C.V.%	18.15	9.76	11.28	24.39

X Different letters within a column indicate significant difference at (P<0.05) by Duncan' s new multiple range test

ns Non –significant

ด้านผลผลิตหน่อกระวาน

จากผลการทดลองต้นกระวานที่มีการให้ที่ระดับความชื้นในวัสดุปลูกที่แตกต่างกันส่งผลต่อผลผลิตหน่อกระวานในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่ากระวานที่มีการให้น้ำที่ระดับความชื้นของวัสดุปลูกต่ำกว่า 60% v/v มีผลต่อจำนวนหน่อกระวานที่เกิดใหม่ในช่วยระยะเวลาของทำการทดลองมากที่สุด เท่ากับ 13.80 หน่อ/กระถาง รองลงมา คือ การให้น้ำที่ระดับความชื้นของวัสดุปลูกต่ำกว่า 70 และ 50% v/v เท่ากับ 8.50 และ 7.40 หน่อ/กระถาง ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (Table 3) **(Figure 1)** พบว่ากระวานที่มีการให้น้ำที่ระดับความชื้นของวัสดุปลูกต่ำกว่า 60% v/v มีผลต่อน้ำหนักต้นมากที่สุด เท่ากับ 3.56 kg/กระถาง รองลงมา คือ มีการให้น้ำที่ระดับความชื้นต่ำว่า 70 และ 50% v/v เท่ากับ 2.46 และ 2.10 kg/กระถาง ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) **(Table 3)** และพบว่ากระวานที่ให้น้ำระดับความชื้นในวัสดุปลูกต่ำกว่า 70% v/v มีจำนวนหน่อกระวานเน่า 2.800 หน่อ/กระถาง (33.22%) มากกว่า กระวานที่มีการให้น้ำที่ระดับความชื้นของวัสดุปลูกต่ำกว่า 60 และ 50% v/v เท่ากับ 0.100 และ 0.050 หน่อ/กระถาง (1.00% และ 0.71%) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) **(Table 3)** สอดคล้องกับ Li et al. (2012) ได้ทดลองในเมล่อนพบว่าการพัฒนาผลผลิตและคุณภาพของเมล่อนได้รับผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญในการให้น้ำที่แตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องมาจากเมล่อนมีความไวต่อความเครียดน้ำ ซึ่งการขาดน้ำสามารถทำให้ผลผลิตลดลง และในทางกลับกันการได้น้ำมากเกินไปก็สามารถทำให้เกิดความเสียหายในด้านคุณภาพของผล (Sensoy et al., 2007; Zeng et al., 2009) อย่างไรก็ตามระดับความชื้นที่เพิ่มมีผลต่อการเจริญเติบโตทางลำต้น และผลผลิตของเมล่อนดีที่สุด (ดารารัตน์, 2557) สมยศ และคณะ (2551) ได้ศึกษาความถี่ของการใหน้ำและปริมาณน้ำมีผลตอการเจริญเติบโตและผลผลิตของขมิ้นชันพบว่า การให้น้ำน้อยที่มีความถี่และปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นมีผลต่อความสูง, ดัชนีพื้นที่ใบ, น้ำหนักใบ ต้น และเหง่าแห่ง, อัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตเหง่าแห่งมากที่สุด Atdinsakir et al. (2023) พบว่าขิงที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินที่วัสดุปลูกซีโอไลท์ 25%+พีทมอส 75% ที่มีการให้น้ำที่ระดับความชื้น 100% มีความสูงต้น จำนวนต้น และน้ำหนักสดเหง้าขิงดีที่สุด และพบว่าผลผลิตน้ำมันหอมระเหยของขิงลดลงขึ้นอยู่กับระดับความเครียดของการให้น้ำที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการเลือกวัสดุปลูกในการปลูกกระวานมีผลต่อในการดูดน้ำ อัตราการซึมน้ำ ช่องว่างอากาศ ก็มีผลต่อระดับความชื้นของวัสดุปลูก (กัญธนา และ บุษบา, 2565) การให้น้ำที่ระดับความชื้นของวัสดุปลูกต่ำกว่า 60% เป็นค่าที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและยังมีอากาศในช่องว่างระหว่างอนุภาคของวัสดุปลูก (ขุยมะพร้าวและกาบมะพร้าวสับ (1:1) เพียงพอสำหรับต้นกระวาน (อิทธิสุนทร, 2560) เนื่องจากขุยมะพร้าวและกาบมะพร้าวสับเป็นวัสดุที่อุ้มน้ำได้ปานกลาง กาบมะพร้าวจะช่วยเพิ่มความพรุนให้กับวัสดุทำให้ระบายอากาศได้ดี มีการแลกเปลี่ยนประจุสูง ซึ่งลักษณะการเจริญเติบโตของกระวานเป็นพืชที่ชอบวัสดุปลูกที่มีความชื้นสูง แต่ไม่แฉะจนเกินไป (สุภาภรณ์, 2558) ต้นกระวานอาจเน่าหรือชะงักการเจริญเติบโต ผลผลิตลดลง แต่ให้น้ำกับต้นกระวานน้อยจนเกินไปก็ส่งผลทำให้ต้นขาดน้ำและเจริญเติบโตได้ช้ากว่าปกติ

Table 3 Effect of substrate moisture content on number shoots, total plant weight and number of rotting shoots of cardamom in soilless culture for 16 weeks

Treatments	Number shoots	Total plant weight	Number of rotting shoots	
	(shoots/pot)	(kg/pot)	(shoots/pot)	(%)
Moisture levels below 70% v/v	8.50^{b}	2.46^{b}	2.800^{a}	33.22^{a}
Moisture levels below 60% v/v	13.80^{a}	3.56^{a}	0.100^{b}	1.00^{b}
Moisture levels below 50% v/v	7.40^{b}	2.10^{b}	0.050^{b}	0.71^{b}
F-test	*	*	*	*
C.V.%	15.01	10.57	21.77	25.61

X Different letters within a column indicate significant difference at ($P<0.05$) by Duncan' s new multiple range test

* Significant at ($P<0.05$)

คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของวัสดุปลูก

พบว่าคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุปลูกขุยมะพร้าวและกาบมะพร้าวสับที่ให้น้ำระดับความชื้นในวัสดุปลูกต่ำกว่า 70 และ 60% v/v มีความหนาแน่นรวม เท่ากับ 0.11 และ 0.11 g/cm^3 ตามลำดับ รองลงมา คือ มีการให้น้ำที่ระดับความชื้นต่ำว่า 50% v/v เท่ากับ 0.08 g/cm^3 เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) **(Table 4)** ส่วนพบว่าให้น้ำระดับความชื้นในวัสดุปลูกต่ำกว่า 50% v/v ความพรุนรวมของวัสดุปลูก เท่ากับ 74.31% รองลงมา คือ การให้น้ำที่ระดับความชื้นต่ำว่า 70 และ 60% v/v เท่ากับ 72.67 และ 72.05% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) **(Table 4)** เนื่องจากวัสดุปลูกที่มีขนาดชิ้นวัสดุในแต่ละกระถางไม่แตกต่างกัน พีรพงษ์ และคณะ (2556) ได้กล่าวว่าวัสดุปลูกที่มีความหนาแน่นรวมต่ำแสดงถึงการที่วัสดุมีช่องว่างหรือความพรุนมาก ซึ่งสอดคล้องกับ ศศินิภา และคณะ (2563) ได้กล่าวว่าขุยมพร้าวเป็นวัสดุที่มีความเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นวัสดุปลูกพืช เนื่องจากมีการยุบตัวน้อย ดูดซับน้ำและระบายอากาศได้ดี และไม่เป็นพิษต่อพืช ซึ่งมีความหนาแน่นรวมของวัสดุปลูกที่เหมาะสมต่อการปลูกพืชไม่ควรเกิน 1.20 g/cm^3 และพบว่าวัสดุปลูกที่การให้น้ำระดับความชื้นต่ำว่า 70% v/v มีปริมาณความชื้นในวัสดุ เท่ากับ 70.91% รองลงมา คือ การให้น้ำระดับความชื้นต่ำว่า 60 และ 50% v/v เท่ากับ 61.25 และ 51.41% เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) **(Table 4)** การให้น้ำที่มีความชื้นของวัสดุปลูกมากเกินมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช (ธัญสินี และคณะ, 2564) ซึ่งมีผลทำให้วัสดุปลูกที่การให้น้ำระดับความชื้นต่ำว่า 70% v/v มีเปอร์เซ็นต์การเน่าของหน่อใหม่สูงมากกว่า (33.22%) การให้น้ำระดับความชื้นต่ำว่า 60 และ 50% v/v (1.00 และ 0.71% ตามลำดับ) จึงทำให้หน่อกระวานที่ปลูกให้น้ำระดับความชื้นต่ำว่า 60% v/v มีจำนวนหน่อมากที่สุด และพบว่าความหนาแน่นอนุภาค ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) **(Table 4)** และคุณสมบัติทางเคมีของวัสดุปลูก พบว่ามีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) **(Table 4)** ซึ่งค่าความเป็นกรด-ด่าง จะอยู่ในช่วงที่เหมาะสม 5.5-6.5 และค่าการนำไฟฟ้าจะอยู่ในที่ 1.29-1.33 mS/cm เนื่องจากวัสดุปลูกมีการสะสมค่าการนำไฟฟ้าทำให้มีค่าสูงกว่าสารละลายธาตุอาหารที่ให้กับต้นกระวาน

Table 4 The physical and chemical properties of the media after planting in this experiment

Treatments	Physical properties				Chemical properties	
	Bulk density (g/cm^3)	Particle density (g/cm^3)	Total porosity (%)	Moisture content (%)	pH	EC (mS/cm)
Moisture levels below 70% v/v	0.11^a	1.22	72.67^b	70.91^a	5.60	1.29
Moisture levels below 60% v/v	0.11^a	1.22	72.05^b	61.25^b	5.68	1.32
Moisture levels below 50% v/v	0.08^b	1.23	74.31^a	51.41^c	5.58	1.33
F-test	*	ns	*	*	ns	ns
C.V.%	8.09	1.46	0.99	1.69	4.28	5.93

X Different letters within a column indicate significant difference at (P<0.05) by Duncan' s new multiple range test

Figure 1 Comparison of substrate moisture content on yield of cardamom rhizome in soilless culture for 16 weeks. (70%) Moisture levels below 70% v/v, (60%) Moisture levels below 60% v/v and (50%) Moisture levels below 50% v/v

สรุป

การควบคุมความชื้นของวัสดุปลูกได้ด้วยการใช้เซ็นเซอร์เข้ามาช่วยตรวจวัดระดับความชื้นในวัสดุปลูกเพื่อเปิด-ปิดการให้น้ำได้ เกษตรกรสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการให้น้ำกับการผลผลิตหน่อกระวานในเชิงการค้าได้ และลดต้นทุนการผลิต โดยต้นกระวานที่ปลูกในกระถางพลาสติกที่มีการให้น้ำที่ระดับความชื้นของวัสดุปลูกต่ำกว่า 60% v/v หยุดให้น้ำเมื่อความชื้นเกินกว่าค่าที่กำหนด ส่งผลทำให้จำนวนหน่อที่เกิดใหม่ และผลผลิตน้ำหนักต้นต่อกระถางมากที่สุด (13.80 หน่อ/กระถาง และ 3.56 kg/กระถาง ตามลำดับ) และมีเปอร์เซ็นต์การเน่าหน่อใหม่ 0.71% น้อยกว่าการให้น้ำที่ระดับความชื้นในวัสดุปลูกที่ไม่ต่ำกว่า 70% v/v เท่ากับ 33.22%

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ ดร. อิทธิสุนทร นันทกิจ ที่กรุณาให้คำปรึกษาความรู้ แนะนำ และข้อชี้แนะในการทดลอง และขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ในการสนับสนุนทุนวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2565

เอกสารอ้างอิง

กัญธนา หาญกล้า และบุษบา บัวคำ. 2565. ผลของความในชั้นดินที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของบัวบก (*Centella asiatica* (L.) Urb.). น. 46-53. ใน: การประชุมวิชาการระดับชาติ มอบ. วิจัย ครั้งที่ 16. 11-12 กรกฎาคม 2565 มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

จตุพร พุทธิศา. 2563. ต้นกระวานจันทบูรณ์. แหล่งข้อมูล: http://www.eculture.rbru.ac.th/. ค้นเมื่อ 15 ธันวาคม 2563.

เฉลิมชล ช่างถม. 2562. ตำราภูมิปัญญาการผลิตกระวานในจันทบุรี. พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัท ทีเอ็มเอส 2559 จำกัด, จันทบุรี.

เฉลิมชล ช่างถม. 2562. เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตร การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตกระวานและกระบวนการผลิตกระวานคุณภาพ. สำนักงานเกษตรจังหวัดจันทบุรี กรมส่งเสริมการเกษตร, จันทบุรี.

ดารารัตน์ ทิมทอง. 2557. ผลของวัสดุปลูกและวิธีการใส่ปุ๋ยต่อผลผลิตของมะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum* Mill) และเมล่อน (*Cucumis melo* L.) ที่ปลูกในระบบไม่ใช้ดิน. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

ธิยารัตน์ ไตรรงค์กอบศิริ, ปุญญิศา ตระกูลยิ่งเจริญ และกุมุท สังขศิลา. 2562. ผลของการขาดน้ำที่ช่วงอายุต่างๆ ต่อการเจริญเติบโตและปริมาณเบต้าแคโรทีนในคะน้าฮ่องกง. แก่นเกษตร. 47(1): 15-20.

ธัญสินี สมงามทรัพย์, ปริยานุช จุลกะ และพิจิตรา แก้วสอน. 2564. ผลของการจัดการการให้น้ำต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของเมล่อนที่ปลูกในโรงเรือน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 29(5): 838-849.

นภาพร จิตต์ศรัทธา. 2561. เอกสารประกอบการสอนวิชาการปลูกพืชไร้ดิน. สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี, จันทบุรี.

นฤพนธ์ พันธุ์หวยพงษ์, เบญจพร ตั้งนอบน้อม, เบญจมาศ เหมวิบูลย์ และวสันต์ อินทร์ตา. 2555. ผลของความชื้นต่อคุณสมบัติทางกายภาพของลูกกระวาน. แหล่งข้อมูล : http://www.foodnetworksolution.com/news_and_articles/article/0267/. ค้นเมื่อ 15 ธันวาคม 2563.

ศศินิภา องอาจ, พรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง และศุภชัย อำคา. 2563. ชนิดของวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของแตงเทศ. แก่นเกษตร. 48(ฉบับพิเศษ 1): 63-68.

สมยศ เดชภิรัตนมงคล, สมมารถ อยู่สุขยิ่งสถาพร และสัจจา ธรรมาวิสุทธิผล. 2551. ผลการใหน้ำชลประทานที่มีผลตอการเจริญเติบโตและผลผลตขมิ้นชัน. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 26(1): 29-38.

สุภาภรณ์ สาชาติ. 2558. โครงการวิจัยและพัฒนาพืชสมุนไพรและเครื่องเทศที่มีศักยภาพ. งานวิจัยฉบับสมบูรณ์, กรมวิชาการเกษตร.

เสกสรรค์ ศาสตร์สถิต และเกสร กาลจิตร์. 2565. ระบบการให้น้ำพืชอัตโนมัติ. แหล่งข้อมูล : https://www.nectec.or.th/news/news-public-document/automatic-watering-system.html. ค้นเมื่อ 15 ธันวาคม 2565.

อภิสิทธิ์ ชิตวณิช, ปราโมทย์ พรสุริยา และธนาวัฒน์ เยมอ. 2563. วัสดุปลูกสำหรับการปลูกผักสลัด Red oak. แก่นเกษตร. 48(ฉบับพิเศษ 1): 1093-1100.

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2554. เอกสารประกอบการอบรมหลักสูตรการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินรุ่นที่ 12. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2557. โปรแกรมคำนวณการเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืช NutriCal V1.7T. *ใน*เอกสารประกอบการอบรมหลักสูตรการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินรุ่นที่ 16. คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2560. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

Atdinsakir, k., F.U. Bayar, and O. Çinara. 2023. Response of different substrates and irrigation water levels on yield and oil quality of ginger grown in greenhouse. Journal of Agricultural Sciences (Tarim Bilimleri Dergisi). 29(4): 990-1002.

Germchi, S., F. Shekari, M.B. Hassanpooraghdam, M.B. Khorshidi Benam, and F. Shekari. 2010. Water deficit stress affects growth and some biochemical characteristics of rapeseed (*Brassica napus* L.). Journal of Food, Agriculture and Environment. 8: 1126-1129.

Li, Y.J., B.Z. Yuan, Z.L. Bie, and Y. Kang. 2012. Effect of drip irrigation criteria on yield and quality of muskmelon grown in greenhouse conditions. Agricultural Water Management. 109: 30-35.

Pereira, J.S., and T.T. Kozlowsky. 1976. Leaf anatomy and water relations of *Eucalyptus camaldulensis* and *E. globules seedlings*. Canadian Journal of Botany. 54(24): 2868-2880.

Sensoy, S., A. Ertek, I. Gedik, and C. Kucukyumuk. 2007. Irrigation frequency and amount affect yield and quality of field-grown melon (*Cucumis melo* L.). Agricultural Water Management. 88 (1-3): 269-274.

Shin, J. H., and J. E. Son. 2015. Changes in electrical conductivity and moisture content of substrate and their subsequent effects on transpiration rate, water use efficiency, and plant growth in the soilless culture of paprika (*Capsicum annuum* L.). Horticulture, Environment and Biotechnology. 56(2): 178-185.

Warsaw, A.L., R.T. Fernandez, B.M. Cregg, and J.A. Andresen. 2009. Water conservation, growth, and water use efficiency of container-grown woody ornamentals irrigated based on daily water use. HortScience. 44(5): 1308-1318.

Widaryanto, E., K.P. Wicaksono, and H. Najiyah. 2017. Drought effect simulation on the growth and yield quality of melon (*Cucumis melo* L.). Journal of Agronomy. 16(4): 147-153.

Zeng, C.Z., Z.L. Bie, and B.Z. Yuan. 2009. Determination of optimum irrigation water amount for drip-irrigated muskmelon (*Cucumis melo* L.) in plastic greenhouse. Agricultural Water Management. 96(4): 595-602.