ผลของปริมาณการให้น้ำต่อผลผลิต ปริมาณแคปไซซิน และผลผลิตแคปไซซิน ในพริกกะเหรี่ยงพันธุ์กำแพงแสน สกว 135

Effects of Watering Regimes on Yield, Capsaicin Content and Capsaicin Yield of Karen Chili Kamphaeng Saen TRF 135

จิรภิญญา คนวอง[1] กิตติมาภรณ์ สินประเสริฐ[1] นงลักษณ์ คำภา[1] และแหวนพลอย จินากูล[1*]

Jirapinya Konwong[1], Kittimaporn Sinprasert[1], Nongluck Khampa[1] and Wanploy Jinagool[1*]

Received: October 17, 2022

Revised: November 9, 2022

Accepted: November 10, 2022

Abstract: Water levels given to plants affect their yield in various ways. This study compared the effects of 4 different irrigation regimes during the anthesis to fruit development: 100 (control), 80, 60, and 40% MWHC (maximum water holding capacity) on yield, capsaicin content and capsaicin yield of Karen chili TRF 135. The findings demonstrated that, in comparison to the control, reduced irrigation regimes resulted in a decrease in midday leaf water potential (LWP_{md}). For the 80% MWHC, this significant drop in LWP_{md} was found two weeks after the irrigation regime was applied, whereas for the 40% and 60% MWHC, the reduction was discovered after the first week. The yield and capsaicin content of the 80% MWHC were comparable to the control, however, the yield of the 40 and 60% MWHC was significantly lower. In comparison to the control, the 40 and 60% MWHC increased capsaicin content by 181.73 and 116.65%, respectively. The studied irrigation regimes did not, however, significantly alter the capsaicin yield.

Keywords: deficit irrigation, yield, capsaicin yield, *Capsicum frutescens*

บทคัดย่อ: ปริมาณน้ำที่พืชได้รับส่งผลกระทบต่อต้นพืชได้หลายประการ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของระดับการให้น้ำในช่วงการติดดอกถึงการพัฒนาของผลที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 100 (ควบคุม) 80 60 และ 40% MWHC (maximum water holding capacity) ต่อผลผลิต ปริมาณสารแคปไซซิน และผลผลิตแคปไซซินของพริกกะเหรี่ยงพันธุ์กำแพงแสน สกว 135 โดยพบว่า การลดระดับการให้น้ำทำให้ศักย์ของน้ำในใบพริก ณ เที่ยงวัน (LWP_{md}) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยพบการลดลงที่ 2 สัปดาห์หลังการจำกัดการให้น้ำสำหรับการให้น้ำที่ระดับ 80% MWHC ในขณะที่การให้น้ำที่ระดับ 40 และ 60% MWHC พบการลดลงของ LWP_{md} ในสัปดาห์แรกหลังการจำกัดการให้น้ำ การให้น้ำที่ระดับ 80% MWHC ให้ผลผลิตและปริมาณแคปไซซินไม่แตกต่างกันกับชุดควบคุม ในขณะที่การให้น้ำในระดับที่ระดับ 40 และ 60% MWHC ทำให้ผลผลิตพริกลดลง หากสามารถเพิ่มปริมาณแคปไซซินได้ถึง 181.73 และ 116.65% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม อย่างไรก็ตามระดับการให้น้ำที่ศึกษาไม่ทำให้ผลผลิตแคปไซซินที่ได้รับแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: การจำกัดการให้น้ำ ผลผลิต ผลผลิตแคปไซซิน *Capsicum frutescens*

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ. นครราชสีมา 30000

[1] School of Crop Production Technology, Institute of Agricultural Technology, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima Province, 30000.

* Corresponding author: wanploy.jinagool@sut.ac.th

คำนำ

พริก (*Capsicum* spp.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย ถูกนำมาใช้ในการประกอบอาหาร แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ รวมถึงสกัดเอาสารสำคัญที่ให้ความเผ็ดไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรม เช่น ใช้เป็นส่วนประกอบในยาบรรเทาอาการปวด (นันทิยา, 2561) และนำไปเป็นสารเจือปนในอาหารสัตว์ (feed additive) เพื่อกระตุ้นการเจริญอาหาร และเร่งการเจริญเติบโตของปศุสัตว์ (วิโรจน์, 2556; ตวงสิทธิ์ และคณะ, 2559) ซึ่งอุตสาหกรรมเหล่านี้มีแนวโน้มที่จะเติบโตขึ้นในอนาคต (Hernández-Pérez *et al*., 2020) สารสำคัญในพริกที่อุตสาหกรรมเหล่านี้ต้องการ คือ แคปไซซินอยด์ (capsaicinoids) มีคุณสมบัติทำให้พริกมีความเผ็ดร้อน ประกอบด้วยสารหลายชนิด ได้แก่ แคปไซซิน (capsaicin) มีสัดส่วนสูงที่สุดในกลุ่ม คือ 61% ไดไฮโดรแคปไซซิน (dihydrocapsaicin) 22% นอร์ไดไฮโดรแคปไซซิน (nordihydrocapsaicin) 1% โฮโมแคปไซซิน (homocapsicin) 1% และโฮโมไดไฮโดรแคปไซซิน (homodihydrocapsaicin) 1% (Cisneros-Pineda *et al*., 2007) สารเหล่านี้พบมากที่ผนังชั้นใน (inner wall) ของผล ผนังกั้นระหว่างเซลล์ และรกของพริก โดยมีการสะสมมากที่สุดในส่วนเนื้อเยื่อชั้นในที่ติดกับรกและรกของพริก (Balbaa *et al*., 1968)

ความเผ็ดของพริกแสดงด้วยค่า SHU (Scoville Heat Unit) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณแคปไซซินอยด์ในตัวอย่างแห้งของพริก (Chanthai *et al*., 2012) โดยระดับความเผ็ดขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น พันธุ์ (วีรศิลป์ และคณะ, 2555; Jeeatid *et al*., 2018) ระยะการสุกแก่ (Vázquez-Espinosa *et al*., 2020) และปัจจัยการผลิต เช่น แสง (Jeeatid *et al*., 2018) อุณหภูมิ (Gurung, 2011) ปริมาณธาตุอาหาร (สถาพร และคณะ, 2551; ธรรมศักดิ์, 2559) และปริมาณน้ำที่พืชได้รับ (Phimchan *et al*., 2012; Jeeatid *et al*., 2018) พันธุ์พริกที่มีความเผ็ดสูงในลำดับต้นๆ ของโลก เช่น พริกพิโรธ (Bhut Jolokia) เป็นพริกชนิด *C. chinensis* มีปริมาณแคปไซซินอยด์สูง โดยมีความเผ็ดในระดับ 800,000-1,200,000 SHU พบได้ในแถบอเมริกาใต้ หากการปลูกเพื่อการค้าในประเทศไทยยังมีข้อจำกัด คือ พริกพันธุ์นี้มีความอ่อนแอต่อโรคและแมลงศัตรูพืช และต้องปลูกเลี้ยงภายในโรงเรือนเพื่อควบคุมสภาพแวดล้อม (จริยา และคณะ, 2554) จึงทำให้ต้นทุนในการผลิตสูง และอาจไม่คุ้มค่าสำหรับการผลิตเพื่อการสกัดสารแคปไซซินอยด์ ส่วนพริกที่มีการผลิตเพื่อการค้าอย่างแพร่หลายในประเทศไทยมีอยู่ 2 ชนิด คือ *C. annuum* ได้แก่ พริกหวาน พริกหยวก และพริกชี้ฟ้า เป็นต้น และ *C. frutescense* ได้แก่ พริกขี้หนู และพริกกะเหรี่ยง เป็นต้น พริกทั้งสองกลุ่มนี้มีค่าเฉลี่ยความเผ็ดน้อยกว่า *C. chinensis* โดยพริกในกลุ่ม *C. frutescense* เป็นพริกที่มีความเผ็ดสูงกว่า *C. annuum* (เจนจิรา และคณะ 2556) การศึกษาโดยวีรศิลป์ และคณะ (2555) พบว่าพริกกะเหรี่ยงนั้นมีความเผ็ดสูงกว่าพริกขี้หนูสวน สำหรับพริกกะเหรี่ยง พันธุ์กำแพงแสน สกว 135 เป็นพันธุ์พริกที่มีการผลิตและจัดจำหน่ายโดยศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ การศึกษาของ อรรัตน์ (2561) พบว่าเป็นพริกที่มีความสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อม ให้ผลผลิตสูง มีความสามารถในการต้านทานโรค รวมถึงมีความเผ็ดอยู่ในระดับสูง (120,353 SHU) (ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน, 2562) จึงเป็นพันธุ์พริกที่น่าสนใจและนำมาศึกษาในครั้งนี้

น้ำเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช การขาดน้ำสามารถส่งผลกระทบต่อกระบวนการทางสรีรวิทยา เช่น กระตุ้นให้พืชปิดปากใบ ทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง ทำให้พืชสูญเสียคลอโรฟิลล์ และกระบวนการสร้างและสะสมสารในพืชเปลี่ยนแปลงไป การเปลี่ยนแปลงของกระบวนการที่กล่าวมานี้ส่งผลต่อการเจริญเติบโต การพัฒนาของดอก ตลอดจนปริมาณและคุณภาพผลผลิตของพืช (Farooq *et al*., 2012) พริกต้องการน้ำประมาณ 700 – 800 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ ตลอดช่วงการเจริญเติบโต (Brouwer and Heibloem, 1986)

หากพริกได้รับน้ำในปริมาณที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการ สามารถทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงและประสิทธิภาพของการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง (Delfine *et al*., 2001; Saheed, 2011) การเจริญเติบโตชะงัก และให้ผลผลิตได้ลดลง (Kramer, 1963; Shao *et al*., 2008) อย่างไรก็ตาม มีการศึกษาพบว่าความเครียดจากการขาดน้ำที่เหมาะสมสามารถกระตุ้นให้พริกมีปริมาณแคปไซซินอยด์สูงขึ้นในพริกบางพันธุ์ ในการศึกษาของ Phimchan *et al.* (2012) ซึ่งทดสอบในพริก 9 พันธุ์ ที่แบ่งเป็นกลุ่มตามระดับความเผ็ดเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ 1) กลุ่มที่มีความเผ็ดต่ำ (< 50,000 SHU) ประกอบด้วย พริกขี้หนูสกลนคร (*C. chinensis*) พริกหนุ่มเขียวตอง 80 (*C. annuum*) และยู่ยี่ (*C. annuum*) 2) กลุ่มที่มีความเผ็ดปานกลาง (50,000-100,000 SHU) ประกอบด้วย C 04872 (*C. annuum*) Takanotsume (*C. annuum*) พริกขี้หนูพม่า (*C. annuum*) และห้วยสีทน (*C. annuum*) และ 3) กลุ่มที่มีความเผ็ดสูง (>100,000 SHU) ประกอบด้วย พริก *C. annuum* ประเภทยืนต้น และ BGH 1719 (*C. chinense*) นักวิจัยลดการให้น้ำแก่ต้นพริกลงจากเป็นลำดับหลังจากพริกเจริญเติบโตจนถึงระยะดอกบาน โดยที่อายุ 30 วันหลังดอกบาน พริกจะได้รับน้ำเพียง 25% ผลการศึกษาพบว่าศักย์ของน้ำในใบพืช ณ เที่ยงวัน (LWP_{md}) ของพริกกลุ่มนี้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (-1.4 ถึง -0.8 MPa และ -0.3 ถึง -0.2 MPa ตามลำดับ) ทำให้สัดส่วนของการเจริญเติบโตของต้น/ราก (shoot-to-root ratio) และผลผลิตลดลง นอกจากนี้ยังทำให้ปริมาณสารแคปไซซิน ไดไฮโดรแคปไซซิน และระดับความเผ็ดของพริกในกลุ่มที่มีความเผ็ดต่ำถึงปานกลางเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามในพริกบางพันธุ์ (ยู่ยี่ C 04872 และห้วยสีทน) แม้จะมีปริมาณสารแคปไซซินเพิ่มสูงขึ้น แต่กลับพบว่าผลผลิตแคปไซซินที่ได้กลับลดลง ซึ่งเกิดจากจำนวนและน้ำหนักของผลผลิตพริกเหล่านี้ลดลงอย่างมากเมื่อมีการจำกัดการให้น้ำ ในขณะที่การศึกษาของ Jeeatid *et al*. (2018) ในพริก *C. chinense* 4 พันธุ์ ได้แก่ Bhut Jolokia, Orange Habanero, BGH1719 และอัคนีพิโรธ ให้น้ำแก่พริกที่ความถี่แตกต่างกัน ตั้งแต่ให้น้ำทุกวันไปจนถึงทุก 4 วัน ในพริก Bhut Jolokia, Orange Habanero และ BGH1719 พบว่าการลดความถี่การให้น้ำทำให้ผลผลิตแคปไซซินอยด์ลดลงกว่าการได้รับน้ำทุกวัน ในขณะที่พริกอัคนีพิโรธสามารถให้ผลผลิตแคปไซซินอยด์เพิ่มขึ้นด้วยการให้น้ำวันเว้นวัน ซึ่งเป็นผลจากปริมาณแคปไซซินอยด์ในผลเพิ่มขึ้น ร่วมกับการลดลงของน้ำหนักแห้งผลผลิต

ข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการคัดเลือกพันธุ์พริกที่มีความเผ็ดสูงร่วมกับการจัดการน้ำที่เหมาะสมเป็นหนึ่งในวิธีที่มีศักยภาพสำหรับผลิตพริกให้มีปริมาณสารแคปไซซินอยด์สูงขึ้นได้ อีกทั้งยังเป็นการจัดการที่เกษตรกรผู้ผลิตสามารถปฏิบัติได้สะดวก และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำในการผลิตพริกได้ อย่างไรก็ตาม จำเป็นต้องพิจารณาผลผลิตแคปไซซิน (capsaicin yield) ซึ่งเป็นปริมาณแคปไซซินที่ได้จากผลผลิตแห้งทั้งหมดที่พริกสามารถผลิตได้ (เจนจิรา และคณะ, 2556) เป็นสำคัญ การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบทเทียบอิทธิพลของปริมาณน้ำที่พริกได้รับต่อปริมาณผลผลิต ปริมาณแคปไซซิน และผลผลิตแคปไซซินของพริกกะเหรี่ยงพันธุ์กำแพงแสน สกว 135

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษานี้ใช้พริกกะเหรี่ยงพันธุ์กำแพงแสน สกว 135 จากศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นำมาเพาะในถาดหลุมขนาด 104 หลุม โดยใช้พีทมอสเป็นวัสดุปลูก เมื่อต้นพริกมีอายุ 4 สัปดาห์หลังการเพาะเมล็ด ย้ายปลูกลงในกระถางพลาสติกขนาด 10 x 7.5 นิ้ว ที่ใช้วัสดุปลูกผสม ได้แก่ ดินปลูก มทส. กาบมะพร้าวสับ และทรายในอัตราส่วน 1:1:1 ปลูกในโรงเรือน ณ ฟาร์ม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ. นครราชสีมา โดยโรงเรือนมีหลังคาพลาสติกกันฝนและมุ้งคลุมเพื่อป้องกันแมลง ต้นพริกได้รับน้ำจนถึงระดับ maximum water holding capacity (100% MWHC)

ตั้งแต่การย้ายปลูกจนถึงช่วงที่ต้นพริกให้ดอก (7 สัปดาห์หลังการย้ายปลูก) ที่อายุนี้ สุ่มต้นพริกที่มีลักษณะใกล้เคียงกันที่สุดจำนวน 40 กระถางเพื่อจัดการให้น้ำ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 10 ซ้ำ ประกอบไปด้วย 4 กรรมวิธี คือ ระดับการให้น้ำ ได้แก่ การให้น้ำ 100 (ควบคุม) 80 60 และ 40% MWHC และรักษาการให้น้ำในระดับนี้ไว้จนถึงระยะที่ผลพริกสุกและเปลี่ยนเป็นสีแดง (11 WAT) ระหว่างการเก็บเกี่ยวผลผลิต (12-14 WAT) งดให้น้ำต้นพริก

ก่อนการปรับระดับการให้น้ำตามกรรมวิธี ตรวจวัดศักย์ของน้ำในใบพืช ณ เวลาเที่ยงวัน (midday leaf water potentinal, LWP_{md}) ด้วย pressure chamber 3005 (Soilmoisture) และความเขียวใบของพืช (SPAD) ด้วย chlorophyll meter SPAD-502Plus (Konica Minolta) โดยสุ่มวัดจากใบพืช 3 ใบบริเวณกึ่งกลางความสูงของต้น และสุ่มวัดในพืช 3 ต้น/กรรมวิธี และที่ 8 9 10 และ 11 สัปดาห์หลังย้ายปลูก (WAT) วัดค่า LWPmd และ SPAD ซ้ำในพืชต้นเดิมเพื่อตรวจสอบอิทธิพลของปริมาณน้ำที่ให้ต่อการก่อความเครียดในพืช

ระหว่างการเจริญเติบโตของพืช ให้ปุ๋ย 4 ครั้ง ได้แก่ ที่อายุ 1 WAT โดยใช้ปุ๋ยสูตร 21-0-0 ในอัตรา 8 กรัมต่อต้น ที่อายุ 3 WAT ให้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตรา 8 กรัมต่อต้น เมื่อพริกมีอายุ 5 และ 8 WAT ให้ปุ๋ยสูตร 13-13-21 ในอัตรา 8 กรัมต่อต้น นอกจากนั้นดูแลกำจัดโรคและแมลงตามคำแนะนำการปลูกพริก (ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน, 2556)

ที่ 11 WAT ทยอยเก็บเกี่ยวผลพริกที่สุกและเปลี่ยนเป็นสีแดง โดยเก็บเกี่ยวสัปดาห์ละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 4 สัปดาห์ หลังเก็บเกี่ยวนำผลผลิตทั้งหมดไปชั่งน้ำหนักสด แล้วสุ่มพริกจำนวน 10 ผลเพื่อวัดความกว้างผล ความยาวผล แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-5 วัน บันทึกน้ำหนักแห้ง ผลผลิตแห้งที่ได้นำไปบดและเก็บไว้ในถุงซิปล็อกที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการสกัดและวัดปริมาณสารแคปไซซินด้วยเครื่อง high-performance liquid chromatography (HPLC, Agilent) ตามวิธีของ Collins *et. al*. (1995) แล้วคำนวณหาระดับความเผ็ดจากปริมาณแคปไซซิน (capsaicin pungency, SHUcap) (Othman *et al*., 2011) หลังจากนั้นคำนวณผลผลิตแคปไซซิน (capsaicin yield, mg/plant) จากผลคูณระหว่างปริมาณแคปไซซินและน้ำหนักผลผลิตแห้ง

การวิเคราะห์ทางสถิติ ได้แก่ การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ SPSS ver. 16

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลของระดับน้ำต่อลักษณะทางสรีรวิทยาของพริกกะเหรี่ยงพันธุ์กำแพงแสน สกว 135

การให้น้ำแก่ต้นพริกกะเหรี่ยงกำแพงแสน สกว 135 ที่ระดับ 100% MWHC พบว่าทำให้ LWP_{md} ของต้นพริกอายุ 7 WAT มีค่าเฉลี่ย -1.24 MPa ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างต้นพริกในแต่ละกรรมวิธี ซึ่งแสดงว่าก่อนการจัดการระดับน้ำ พืชทุกต้นมีการเจริญเติบโตอยู่ในสภาวะที่ได้รับน้ำในระดับเดียวกัน เมื่อลดระดับการให้น้ำตามกรรมวิธีหลังการตรวจวัด LWP_{md} ที่ 7 WAT พบว่า การให้น้ำที่ 100% MWHC รักษา LWP_{md} ของต้นพริกไว้ในช่วงระหว่าง -1.35 ถึง -1.12 MPa ในขณะที่การลดปริมาณการให้น้ำทำให้ LWP_{md} ของต้นพริกลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในภาพรวมพบว่า LWP_{md} ระหว่าง 8-10 WAT มีค่าลดลงในทุกระดับการให้น้ำและกลับเพิ่มขึ้นอีกครั้งที่ 11 WAT การให้น้ำที่ 40 และ 60% MWHC พบการลดลงของ LWP_{md} ที่ 8 WAT หรือ 1 สัปดาห์หลังการปรับลดการให้น้ำ ในขณะที่การให้น้ำที่ 80% MWHC พบการเปลี่ยนแปลงของ LWP_{md} ช้ากว่า คือ LWP_{md} ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับ 100% MWHC ที่ 9 WAT (Table 1)

สำหรับความเขียวใบ (SPAD, Table 1) พบว่าที่ 7 WAT หรือก่อนการปรับระดับน้ำ ต้นพริกมีความเขียวใบสูงที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 53.84 และไม่พบความแตกต่างของความเขียวใบระหว่างต้นพริก

ในแต่ละระดับการให้น้ำ และเมื่อพืชมีอายุมากขึ้น พบว่าความเขียวใบของต้นพริกค่อยๆ ลดลงจนต่ำที่สุดที่อายุ 11 WAT โดยมีค่าเฉลี่ยความเขียวใบเท่ากับ 31.11 ระหว่าง 8-11 WAT พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ยความเขียวใบในแต่ละระดับการให้น้ำ การให้น้ำที่ 40% MWHC มีผลอย่างมากต่อความเขียวใบ โดยที่ 8 WAT มีค่าต่ำที่สุด ซึ่งคาดว่าเป็นผลสำหรับการเปลี่ยนแปลงของความเขียวใบที่ 9-11 WAT พบว่าการให้น้ำในระดับ 40% MWHC กลับมีแนวโน้มที่จะทำให้พริกมีความเขียวใบสูงที่สุด ความเขียวใบมีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางตรงกันข้ามกับ LWP_{md} โดยค่าความเขียวใบในพืชที่ได้รับน้ำในปริมาณที่ลดลงที่สูงกว่าพืชที่ได้รับน้ำอย่างเพียงพอนี้ ยังพบในการศึกษาของ Arom and Jinagool (2021) และ Goto *et al*. (2021) โดยสาเหตุของความเขียวใบที่เป็นส่วนหนึ่งของการพยายามปรับตัวของพืชเพื่อรักษาประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงเอาไว้ด้วยการชะลอการเสื่อมสภาพของคลอโรฟิลล์ (Borrell *et al*., 2000)

Table 1 Midday leaf water potential (LWP_{md}, MPa) and leaf greenness (SPAD) of Karen chili at the age of 7-11 weeks after transplanting (WAT). At 7 WAT all plant received watering at 100% MWHC while from 8-11 WAT, watering regimes were applied.

Treatment (% MWHC)	LWPmd (MPa)				
	7 WAT	8 WAT	9 WAT	10 WAT	11 WAT
100 (control)	-1.17	-1.21^{a}	-1.12^{a}	-1.35^{a}	-1.25^{a}
80	-1.28	-1.33^{ab}	-1.72^{b}	-1.87^{b}	-1.63^{b}
60	-1.21	-1.88^{b}	-2.53^{c}	-2.23^{c}	-2.13^{c}
40	-1.31	-2.01^{c}	-2.79^{d}	-3.60^{d}	-2.67^{d}
F-test	ns	**	**	**	**
CV (%)	5.15	24.66	37.45	42.52	32.10
Treatment (% MWHC)			SPAD		
	7 WAT	8 WAT	9 WAT	10 WAT	11 WAT
100 (control)	53.56	51.68^{ab}	44.16^{b}	36.48^{ab}	27.77^{b}
80	51.73	49.93^{bc}	44.44^{b}	42.68^{a}	28.72^{b}
60	55.50	55.34^{a}	46.82^{ab}	37.95^{b}	30.46^{b}
40	54.56	47.30^{c}	49.44^{a}	40.48^{ab}	37.47^{a}
F-test	ns	**	*	*	**
CV (%)	3.00	6.60	5.32	6.96	14.10

Values are means with coefficient of variation (CV). Means denoted by a different letter indicate significant differences between treatments ($p < 0.05$).

2. ผลของระดับน้ำต่อผลผลิตและลักษณะของผลผลิตของพริกกะเหรี่ยงพันธุ์กำแพงแสน สกว 135

เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักสดผลผลิตสดและแห้งที่ได้รับต่อต้นพริกพบว่า ผลผลิตที่ได้รับจากการให้น้ำที่ระดับ 80 และ 100% MWHC ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่การให้น้ำที่ 40 และ 60% MWHC ทำให้ผลผลิตพริกสดและแห้งลดลงจากการได้รับน้ำ 100% MWHC

ประมาณ 1 และ 3 เท่า ตามลำดับ ซึ่งเป็นการลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) การลดลงของผลผลิตนี้เป็นอิทธิพลของ LWP_{md} ของต้นพริกที่เปลี่ยนแปลงไป การที่ต้นพริกได้รับน้ำที่ระดับ 40% MWHC ซึ่งทำให้ LWP_{md} ลดลงอย่างมากตั้งแต่ช่วงแรกของการพัฒนาของดอกสามารถทำให้เกิดความเครียดเนื่องจากการขาดน้ำ ซึ่งนอกจากจะทำให้การพัฒนาของต้นพืชหยุดชะงักแล้ว ยังสามารถทำให้เกิดการหลุดร่วงของดอกและผลพริกได้อีกด้วย (Chatterjee and Solankey, 2015; Mahmood *et al*., 2021) สำหรับลักษณะของผลนั้นพบว่าระดับการให้น้ำที่ลดลงมีแนวโน้มให้ความยาวของผลพริกลดลง อย่างไรก็ตามไม่พบอิทธิพลของระดับการให้น้ำต่อความกว้างของผลพริก (Table 2) การลดลงของความยาวผลพริกเกิดจากการที่เซลล์ของผลมีแรงดันเต่งในระดับต่ำทำให้การขยายขนาดของเซลล์เกิดขึ้นได้ลดลง โดยผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการวิจัยของ Phimchan *et al*., (2012) ซึ่งพบว่าความยาวของผลพริกอาจลดลงได้ในพริกบางพันธุ์ (Takanotsume (*C. annuum*) และ BGH 1719 (*C. chinensis*)) เมื่อได้รับความเครียดจากการขาดน้ำในขณะที่ความกว้างของผลพริก 9 พันธุ์ที่ผู้วิจัยทำการศึกษาซึ่งเป็นชนิด *C. annuum* และ *C. chinensis* ไม่มีการเปลี่ยนแปลงไป

Table 2 Yield, fruit characteristics, capsaicin content and capsaicin yield of Karen chili received different watering regimes during the flowering to fruit ripening stages.

Treatment (% MWHC)	Yield (g/plant)	Fruit dry weight (g/plant)	Fruit length (cm)	Fruit width (cm)	Capsaicin content (µg/g)	Capsaicin pungency (SHU_{cap})	Capsaicin yield (mg/plant)
100 (control)	119.20^{a}	28.73^{a}	4.19^{a}	0.82	471.91^{c}	7,550.60^{c}	13.79
80	103.70^{ab}	24.47^{ab}	3.86^{b}	0.75	382.71^{c}	6,123.44^{bc}	9.35
60	86.02^{b}	20.49^{b}	4.20^{a}	0.77	550.46^{b}	8,807.45^{b}	11.38
40	37.81^{c}	9.17^{c}	3.86^{b}	0.76	857.60^{a}	13,721.75^{a}	7.86
F-test	**	**	**	ns	**	**	ns
CV (%)	10.73	26.63	9.07	2.17	12.64	12.64	28.41

Values are means with coefficient of variation (CV). Means denoted by a different letter indicate significant differences between treatments ($p < 0.05$).

3. ผลของระดับน้ำต่อปริมาณแคปไซซิน ระดับความเผ็ด และผลผลิตแคปไซซินของพริกกะเหรี่ยงพันธุ์กำแพงแสน สกว 135

การลดระดับการให้น้ำแก่ต้นพริกกะเหรี่ยงพันธุ์กำแพงแสน สกว 135 ทำให้ปริมาณแคปไซซินเพิ่มขึ้นได้ตามปริมาณน้ำที่ลดลง Table 2 แสดงให้เห็นว่าการให้น้ำที่ระดับ 40 และ 60% MWHC สามารถเพิ่มปริมาณแคปไซซินในผลพริกและเพิ่มระดับความเผ็ด (SHU_{cap}) ได้ 181.73 และ 116.65% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณแคปไซซินที่ได้จากระดับน้ำ 100% MWHC อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาถึงผลผลิตแคปไซซินกลับพบว่าทุกระดับการให้น้ำได้ปริมาณผลผลิตแคปไซซินที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การศึกษาของ Phimchan *et al*. (2012) แสดงให้เห็นว่าการได้รับความเครียดเนื่องจากการขาดน้ำสามารถเพิ่มปริมาณแคปไซซินในพริก *C. annuum* และ *C. chinensis* กลุ่มที่มีระดับความเผ็ดต่ำ (2,850-55,350 SHU) ถึงปานกลาง (54,900 - 81,000 SHU) ได้ โดยทำให้ปริมาณแคปไซซินอยด์เพิ่มขึ้นได้ 170-721% และ 113-141% ตามลำดับ หากแต่ไม่สามารถส่งเสริมการสร้างแคปไซซินในพริกกลุ่มที่มีความเผ็ดสูงได้

การเพิ่มขึ้นของปริมาณแคปไซซินในพริกที่ได้รับความเครียดเนื่องจากการขาดน้ำเกิดจากการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมเอนไซม์ phenylalanine ammonia-lyase (PAL) ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์แคปไซซินอยด์ผ่าน phenylpropanoid pathway เป็นหลัก (Phimchan *et al*., 2014) สำหรับพริกกะเหรี่ยงพันธุ์กำแพงแสน สกว 135 ที่ทำการศึกษานี้พบว่าอยู่ในกลุ่มพริกที่มีความเผ็ดต่ำ แม้จะเป็นการคำนวณระดับความเผ็ดจากปริมาณแคปไซซินเพียงชนิดเดียว ผลที่ได้ขัดแย้งกับข้อมูลของสายพันธุ์ที่แสดงไว้ว่าพริกพันธุ์นี้มีความเผ็ดสูง (ศูนย์วิจัยพืชผักเขตร้อน, 2562) ซึ่งความแตกต่างอาจเป็นอิทธิพลของปัจจัยอื่น ๆ เช่น การจัดการธาตุอาหาร และสภาพแวดล้อมที่ปลูกพริก (สถาพร และคณะ, 2551; ธรรมศักดิ์, 2559; Gurung, 2011; Jeeatid *et al*., 2018) ผลการศึกษาเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าการจัดการน้ำให้เกิดความเครียดเนื่องจากการขาดน้ำในระดับ และช่วงเวลาที่เหมาะสมมีศักยภาพที่จะนำมาใช้ในการเพิ่มปริมาณสารแคปไซซินในพริกได้

การให้น้ำที่ระดับ 60% MWHC มีศักยภาพที่จะนำมาใช้เพื่อการผลิตพริกที่มีแคปไซซินอยด์สูง หากยังจำเป็นที่จะต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม เนื่องจากผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าผลผลิตแคปไซซินที่ได้รับไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบการให้น้ำที่ระดับต่างๆ ซึ่งสาเหตุของการได้รับผลผลิตแคปไซซินที่พบนี้เกิดจากปริมาณผลผลิตของพริกที่ได้รับน้ำที่ระดับ 40 และ 60% MWHC ลดลงเป็นอย่างมากจากผลของความเครียดเนื่องจากการขาดน้ำที่ทำให้เกิดการหลุดร่วงของดอกและผลพริก (Chatterjee and Solankey, 2015; Mahmood *et al*., 2021) ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Phimchan *et al*. (2012) ที่พบว่าผลผลิตแคปไซซินได้จากพันธุ์พริก *C. annuum* และ *C. chinensis* ทั้ง 9 พันธุ์ ส่วนใหญ่มีปริมาณลดลงจากสาเหตุเดียวกัน มีเพียงพริกหนุ่มเขียวตอง 80 ซึ่งเป็นพริกที่มีความเผ็ดต่ำเท่านั้นที่ได้รับผลผลิตแคปไซซินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ดังนั้นเพื่อ ส่งเสริมการให้ดอก และการป้องกันการหลุดร่วงของดอก อาจพิจารณาศึกษาการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชในกลุ่มสารกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช เช่น ออกซิน จิบเบอเรลลิน และไซโตไคนิน รวมถึงบราสซิโนสเตียรอยด์ ซึ่งมีคุณสมบัติในการกระตุ้นการพัฒนาของดอก ป้องกันการหลุดร่วงของดอก และส่งเสริมการปรับตัวเมื่อตกอยู่ภายใต้สภาวะเครียดเนื่องจากการขาดน้ำมาใช้ร่วมกับการจัดการน้ำ (Taiz *et al*., 2015) นอกจากนี้อาจพิจารณาการจัดการธาตุอาหาร ซึ่งการศึกษาของธรรมศักดิ์ (2559) พบว่าการให้ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 330 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับโพแทสเซียม 400 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถเพิ่มปริมาณแคปไซซินอยด์ในพริกได้

สรุป

ระดับน้ำที่พริกกะเหรี่ยงพันธุ์กำแพงแสน สกว 135 ได้รับในช่วงดอกบานจนถึงการสุกแก่ของผลพริกส่งผลต่อผลผลิต ปริมาณแคปไซซิน และผลผลิตแคปไซซิน โดยผลผลิตแคปไซซินมีความสัมพันธ์โดยตรงกับผลผลิตแห้งของพริกที่ผลิตได้และปริมาณแคปไซซินในผลพริก การให้น้ำที่ระดับ 60% MWHC มีศักยภาพในการเพิ่มปริมาณแคปไซซิน ในขณะที่ควรหลีกเลี่ยงการการให้น้ำในระดับที่ต่ำกว่า 60% MWHC เนื่องจากมีผลทำให้ปริมาณผลผลิตลดลงอย่างมาก ทั้งนี้ หากต้องการนำเอาการจัดการน้ำมาใช้ส่งเสริมการสร้างและสะสมแคปไซซินอยด์ในพริกจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทดสอบควบคู่ไปกับกระตุ้นให้เกิดการติดดอกและป้องกันการหลุดร่วงของดอกและผล เช่น การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช หรือการจัดการธาตุอาหารร่วมด้วย

เอกสารอ้างอิง

จริยา วิสิทธิ์พานิช เกวลิน คุณาศักดากุล อิทธิสุนทร นันทกิจ วนิดา ดวงก้งแสน กรุง สีตะธนี สิริกุล วะสี อัญชัน ชมพูพวง และ ประนอม ใจอ้าย. 2554. พัฒนาระบบการปลูกพริกพิโรธเชิงการค้าในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน. สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย, กรุงเทพฯ. 260 หน้า.

เจนจิรา แก้วมาลัย ขนิษฐา กำคำมูล และกรุงสีตะธนี. 2556. การพัฒนาพันธุ์พริกสารเผ็ดสูงเชิงการค้า. หน้า 191-197. *ใน*: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 51: สาขาพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ตวงสิทธิ์ ยะนิล นิรันดร์ พลธี กฤดา ชูเกียรติศิริ และจุฬากร ปานะถึก. 2559. การเสริมพริกป่น (*Capsicum frutescens* Linn.) ในอาหารต่อสมรรถนะในการให้ผลผลิตและคุณภาพซากของไก่พื้นเมืองพันธุ์ประดู่หางดำ. แก่นเกษตร 44(1) (พิเศษ): 459-464.

ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ. 2559. อิทธิพลของธาตุอาหารหลักเพื่อควบคุมความเผ็ดในพริก. (ออนไลน์). แหล่งข้อมูล https://www3.rdi.ku.ac.th/?p=28737 (25 กันยายน 2565).

นันทิยา ฤทธิ์เดช. 2561. มารู้จักกับตัวยา “แคปไซซิน” บรรเทาอาการปวดเมื่อย. (ออนไลน์). แหล่งข้อมูล https://www.rama.mahidol.ac.th/ramachannel/infographic/มารู้จักกับตัวยา-แคปไซ/ (25 กันยายน 2565).

วิโรจน์ ภัทรจินดา. 2556. แนวทางการใช้สมุนไพรในปศุสัตว์ประเทศไทย. แก่นเกษตร 41(4): 377-382.

วีรศิลป์ สอนจรูญ สุมน มาสุธน พรพรรณ พรศิลปทิพย์ และเสาวณี สาธรวิริยะพงศ์. 2555. กายวิภาคศาสตร์เปรียบเทียบของใบและปริมาณแคปไซซินของพริกขี้หนูสวนและพริกกะเหรี่ยง (*Capsicum frutescens* L.). วารสารพฤกษศาสตร์ไทย 4 (ฉบับพิเศษ): 57-67.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน. 2556. คู่มือการปลูกพริก. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 19 หน้า.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน. 2562. พริกกะเหรี่ยง กำแพงแสน. (ออนไลน์). แหล่งข้อมูล https://www.facebook.com/profile.php?id=100008595977953 (29 มิถุนายน 2563).

สถาพร เงินหลาบ สังคม เตชะวงค์เสถียร และสุชีลา เตชะวงค์เสถียร. 2551. อิทธิพลของไนโตรเจนและโพแทสเซียมต่อผลผลิต และปริมาณสารแคปไซซินในพริก. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 39(3) (พิเศษ): 305-308.

อรรัตน์ มงคลพร. 2561. การคัดเลือกและพัฒนาพันธุ์พริกกะเหรี่ยงสำหรับเขตภาคกลาง. (ออนไลน์). แหล่งข้อมูล https://tarr.arda.or.th/preview/item/-JW-IW14xUmzBfaGD-jyp (25 กันยายน 2565).

Arom, P. and W. Jinagool. 2021. Water deficit and its impacts on physiological traits, growth, and yield of chili (*Capsicum frutescens* L.). pp. 477-483. *In*: Proceedings of SUT International Virtual Conference on Science and Technology (SUT-IVCST 2021), Nakhon Ratchasima.

Balbaa, S. I., M. S. Karawya and A.N. Girgis. 1968. The capsaicin content of *Capsicum* fruits at different stages of maturity. Loloydia 31(3): 272-274.

Borrell, A. K., G. L. Hammer and R.G. Henzell. 2000. Does maintaining green leaf area in sorghum improve yield under drought? II. dry matter production and yield. Crop Science 40: 1,037-1,048.

Brouwer, C. and M. Heibloem.1986. Irrigation water management: Irrigation water needs. (Online). Available Source: https://www.fao.org/3/s2022e/s2022e08.htm (October 1, 2022).

Cisneros-Pineda, O., L. W. Torres-Tapia, L. C. Gutierrez-Pacheco, F. Contreras-Martın, T. Gonzalez-Estrada and S. R. Peraza-Sanchez. 2007. Capsaicinoids quantification in chili peppers cultivated in the state of Yucatan, Mexico. Food Chemistry 104: 1, 755-1,760.

Chanthai, S., J. Juangsamoot, C. Ruangviriyachai and S. Techawongstien. 2012. Determination of capsaicin and dihydrocapsaicin in some chilli varieties using accelerated solvent extraction associated with solid-phase extraction methods and RP-HPLC-fluorescence. Journal of Chemistry 9(3): 1,550-1,561.

Chatterjee, A. and S. S. Solankey. 2015. Functional physiology in drought tolerance of vegetable crops-an approach to mitigate climate change impact. pp. 150-171. *In*: M. L. Choudhary, V. B. Patel, M. W. Siddiqui and S. Sheraz Mahdl (Eds.). Climate Dynamics in Horticultural Science – Volume 1. Apple Academy Press, Canada.

Collins, M. D., L. Mayer-Wasmund and P. W. Bosland. 1995. Improved method for quantifying capsaicinoids in *Capsicum* using high performance liquid chromatography. HortScience 30: 137-139.

Delfine, S., F. Loreto and A. Alvino. 2001. Drought-stress effects on physiology, growth and biomass production of rainfed and irrigated bell pepper plants in the mediterranean region. Journal of the American Society for Horticultural Science 126(3): 297-304.

Farooq, M., M. Hussain, A. Wahid and K. Siddique. 2012. Drought stress in plants: an overview. pp. 1–33. *In* R. Aroca (Ed.), Plant Responses to Drought Stress. Springer, Heidelberg.

Goto, K., S. Yabuta, P. Ssenyonga, S. Tamaru and J. Sakagami. 2021. Response of leaf water potential, stomatal conductance and chlorophyll content under different levels of soil water, air vapor pressure deficit and solar radiation in chili pepper (*Capsicum chinense*). Scientia Horticulturae 281, doi: 109943. 10.1016/j.scienta.2021.109943.

Gurung, T., S. Techawongstien, K. Suriharn and S. Techawongstien. 2011. Impact of environments on the accumulation of capsaicinoids in *Capsicum* spp. HortScience 46: 1,576-1,581.

Hernández-Pérez, T., M. R. Gómez-García, M. E. Valverde and O. Paredes-López. 2020. Capsicum annuum (hot pepper): An ancient Latin-American crop with outstanding bioactive compounds and nutraceutical potential. A review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety 19(6): 2, 972-2,993.

Jeeatid, N., S. Techawongstien, B. Suriharn, S. Chanthai, P. W. Bosland and S. Techawongstien. 2018. Influence of water stresses on capsaicinoid production in hot pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) cultivars with different pungency levels. Food Chemistry 245: 792-797.

Kramer, P. J. 1963. Water stress and plant growth. Agronomy Journal 55(1): 31-66.

Mahmood, T., R. M. Rana, S. Ahmar, S. Saeed, A. Gulzar, M. A. Khan, F. M. Wattoo, X. Wang, F. Branca, F. Mora-Poblete, G. S. Mafra and X. Du. 2021. Effect of drought stress on capsaicin and antioxidant contents in pepper genotypes at reproductive stage. Plants (Basel) 10(7): 1,286.

Othman, Z. A. A., Y. B. H. Ahmed, M. A. Habila and A. A. Ghafar. 2011. Determination

of capsaicin and dihydrocapsaicin in *Capsicum* fruit samples using high performance liquid chromatography. Molecules 16 (10): 8,919–8,929.

Phimchan, P., S. Techawongstien, S. Chanthai and P. Bosland. 2012. Impact of drought stress on the accumulation of capsaicinoids in *Capsicum* cultivars with different initial capsaicinoid levels. HortScience 47(9): 1,204-1,209.

Phimchan, P., S. Chanthai, P. W. Bosland and S. Techawongstien. 2014. Enzymatic changes in phenylalanine ammonia-lyase, cinnamic-4-hydroxylase, capsaicin synthase, and peroxidase activities in *Capsicum* under drought stress. Journal of Agricultural and Food Chemistry 62 (29): 7,057-7,062.

Saheed, M. 2011. Growth and Yield of Hot Pepper (*Capsicum frutescens* L.) as Influenced by the Time of Sowing Jute Mallow (*Corchorus Olitorius*). Department of Horticulture. University of Agriculture Abeokuta, Ogun State, Nigeria. 34 p.

Shao, H. B., L. Y. Chu, C. Abdul-Jaleel and C. X. Zhao. 2008. Water deficit stress induced anatomical changes in higher plants. Comptes Rendus Biologies 331: 215-225.

Taiz, L., E. Zeiger, I. M. Møller and Murphy, A. 2015. Plant physiology and Development. 6th ed. Sinauer Associates Incorporated, USA. 761 pp.

Vázquez-Espinosa, M., O. V. Fayos, A. González-de-Peredo, E. Espada-Bellido, M. Ferreiro-González, M. Palma, A. Garcés-Claver, and G. F. Barbero. 2020. Changes in capsiate content in four chili pepper genotypes (*Capsicum* spp.) at different ripening stages. Agronomy 10(9): 1337.