

ผลการเพิ่มแอมโมเนียมไนเตรตในสารละลายธาตุอาหาร KMITL 2 ต่อการเจริญเติบโต
และสารสำคัญของพรรณไม้น้ำพรมมิ (*Bacopa monnieri*) ในระบบปลูกพืชไร้ดิน
Effects of Adding Ammonium Nitrate in KMITL 2 Nutrient Solution on Growth
and Phytochemicals of Brahmi (*Bacopa monnieri*) in Hydroponics

วรารัตน์ น้าผึ้ง¹ นงนุช เลหาะวิสุทธิ^{1*} และสมเกียรติ สีสนอง²

Wararat Namphung¹, Nongnuch Laohavisuti^{1*} and Somkiat Seesanong²

¹สาขาเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และการจัดการทรัพยากรทางน้ำ คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

²สหวิทยาการเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

¹Department Aquacultural Technology and Aquatic Resource Management, Faculty of Agricultural Technology

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand 10520

²Office of Administrative Interdisciplinary Program on Agricultural Technology, Faculty of Agricultural Technology

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand 10520

*Corresponding author: nongnuch.la@kmitl.ac.th

Received: January 05, 2024

Revised: July 9, 2024

Accepted: July 26, 2024

Abstract

Brahmi (*Bacopa monnieri*) is a medicinal herb that plays a crucial role in human health. Its Pharmacological properties include disease treatment, brain tonic enhancement memory improvement and antioxidant effects. The purpose of this research was to investigate the effects of adding ammonium nitrate (NH_4NO_3) to the KMITL 2 nutrient solution on growth and the enhancement of important phytochemicals content for medicinal use in hydroponics systems. The experiment involved different NH_4NO_3 concentrations (0 (control), 0.5, 1 and 2 mEq/L) over 8 weeks. The results indicated that concentrations of 1 and 2 mEq/L significantly affected plant length, number of branches, fresh weight and dry weight ($p < 0.05$). In contrast NH_4NO_3 did not affect root length ($p > 0.05$). The highest average amounts of phytochemicals were found in Brahmi extracted with 95% ethanol at concentration of 0.5, 1 and 2 mEq/L, including total phenols, total flavonoids, total saponins, and antioxidant activity measured by DPPH assays, with statistical significance ($p < 0.05$). However, it did not affect antioxidant activity measured by the ABTS assays ($p > 0.05$). Therefore, adding NH_4NO_3 at concentrations of 1 and 2 mEq/L to the KMITL 2 nutrient solution effectively stimulates the growth and phytochemicals content of Brahmi in hydroponic systems.

Keywords: *Bacopa monnieri*, ammonium nitrate, growth, antioxidant, hydroponics

บทคัดย่อ

พรรณไม้น้ำพรมมิ (*Bacopa monnieri*) ถือเป็นพืชสมุนไพรที่มีบทบาทในด้านสุขภาพของมนุษย์ โดยมีสรรพคุณทางเภสัชวิทยาในการรักษาโรค บำรุงสมอง ความทรงจำ และต้านอนุมูลอิสระ โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียมไนเตรด (NH_4NO_3) ในสูตรสารละลายธาตุอาหาร KMITL 2 ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต และปริมาณสารสำคัญทางการแพทย์ของพรมมิในระบบปลูกพืชไร้ดิน จากการเพิ่มแอมโมเนียมไนเตรดที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน 4 ระดับ ๆ ละ 3 ชั่วโมง ได้แก่ 0 (ชุดควบคุม), 0.5, 1 และ 2 mEq/L เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่า การเพิ่มแอมโมเนียมไนเตรดที่มีความเข้มข้น 1 และ 2 mEq/L สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของพรมมิได้แก่ ความยาวลำต้น จำนวนกิ่ง น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ไม่ส่งผลต่อความยาวรากทางสถิติ ($p > 0.05$) ผลของสารฟลักซ์เคมีพบว่า การเพิ่มแอมโมเนียมไนเตรดที่มีความเข้มข้น 0.5, 1 และ 2 mEq/L ปริมาณเฉลี่ยมากที่สุดจากการสกัดพรมมิด้วย 95% เอทานอล ได้แก่ ปริมาณฟีนอลทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ปริมาณซาโปนินทั้งหมด และปฏิกิริยาในการต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ไม่ส่งผลต่อปฏิกิริยาในการต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี ABTS ทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังนั้น การเพิ่มแอมโมเนียมไนเตรดที่ระดับความเข้มข้น 1 และ 2 mEq/L ลงในสูตรสารละลายธาตุอาหาร KMITL 2 มีประสิทธิภาพกระตุ้นการเจริญเติบโต และการสร้างสารสำคัญของพรมมิในระบบปลูกพืชไร้ดิน

คำสำคัญ: พรมมิ แอมโมเนียมไนเตรด
การเจริญเติบโต สารต้านอนุมูลอิสระ
ระบบปลูกพืชไร้ดิน

คำนำ

พรรณไม้น้ำพรมมิ (*Bacopa monnieri* (L.) Wettst.) จัดอยู่ในวงศ์ Plantaginaceae สามารถพบได้ทั่วไปในเขตร้อน และเขตกึ่งร้อน (Saran *et al.*, 2022) ในประเทศไทยสามารถพบทั่วทุกภูมิภาค เป็นพืชชาน้ำ ชอบขึ้นในที่ชื้นแฉะ มีลักษณะลำต้นเลื้อยทอดไปตามพื้นดินที่ชุ่มชื้น รากออกตามข้อ ใบเดี่ยวออกแบบตรงข้าม ปลายใบมน ดอกมีสีขาว หรือสีม่วงอ่อน (Figure 1) สามารถขยายพันธุ์ได้ง่าย พรมมิจัดเป็นพืชสมุนไพรที่นิยมเป็นอย่างมากในการแพทย์อายุรเวทของอินเดีย พบรายงานฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาที่บ่งชี้ว่าพรมมิสามารถผลิตสารฟลักซ์เคมีที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้หลายกลุ่ม เช่น ไกลโคไซด์ (Glycoside) อัลคาลอยด์ (Alkaloid) ซาโปนิน (Saponin) และฟีนอล (Phenols) (Subashri and Koilpillai, 2012) อีกทั้งยังพบสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพชนิด Bacoside A (Naik *et al.*, 2017) ซึ่งเป็นองค์ประกอบในการป้องกันระบบประสาทที่สำคัญ รวมถึงมีฤทธิ์เพิ่มความทรงจำของมนุษย์ โดยสารฟลักซ์เคมีของพรมมิได้รับการยอมรับว่าเป็นพืชสมุนไพรบำรุงสมองฟื้นฟูความทรงจำ สามารถนำมารักษาหรือบรรเทาอาการโรคที่เกิดจากการเสื่อม จึงเหมาะสมที่จะนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ ซึ่งความผิดปกติทางระบบประสาทของมนุษย์เป็นหนึ่งในสาเหตุสำคัญที่ทำให้การเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศต่าง ๆ ลดลง ตามรายงานขององค์การอนามัยโลก (WHO) คาดการณ์ถึงเรื่องความผิดปกติทางระบบประสาทจะเพิ่มขึ้นเป็น 12% ภายในปี ค.ศ. 2030 ด้วยโรคอัลไซเมอร์ และสภาวะสมองเสื่อมอื่น ๆ (Bhardwaj *et al.*, 2016)

ระบบปลูกพืชไร้ดินเป็นเทคโนโลยีทางการเกษตรที่สามารถควบคุมคุณภาพของพืชได้ดี ทำให้พืชมีคุณภาพสูงเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมยาและอาหารเสริม โดยสามารถลดความเสี่ยงของการ

ปนเปื้อนสารพิษจากดิน ยาฆ่าแมลง และโลหะหนัก อีกทั้งยังเพิ่มผลผลิต รวมถึงลดระยะเวลาในการเพาะปลูก เนื่องจากพืชใช้รากดูดซึมแร่ธาตุที่จำเป็นได้โดยตรงจากสารละลายธาตุอาหารทำให้สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้เร็วกว่า (Jomthaisong *et al.*, 2015) เก็บเกี่ยวผลผลิตได้มากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ การปลูกพืชในดิน (Maneepley *et al.*, 2018) สามารถกระตุ้นการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสารพฤกษเคมีได้ โดยการปรับเปลี่ยนองค์ประกอบของสารละลายธาตุอาหาร (Kiferle *et al.*, 2013) ซึ่งในการเพาะปลูกพืชด้วยระบบปลูกพืชไร้ดินมีปัจจัยหลักที่ทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดีจากการได้รับธาตุอาหารตามปริมาณความต้องการของพืชแต่ละชนิด (Jomthaisong *et al.*, 2015) โดยธาตุอาหารไนโตรเจน (N) เป็นองค์ประกอบอินทรีย์ที่สำคัญหลายชนิด เช่น กรดอะมิโน โปรตีน เอนไซม์ และกรดนิวคลีอิก (Chrysargyris *et al.*, 2016) ถือเป็นธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการปริมาณมากในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและการสังเคราะห์สารพฤกษเคมี ซึ่งพืชสามารถได้รับในรูปของแอมโมเนียไอออน (NH_4^+) และไนเตรตไอออน

(NO_3^-) (Khammar *et al.*, 2021) ทั้งสองรูปแบบนี้จะมีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของพืช ในกรณีที่พืชได้รับไนโตรเจนไม่เพียงพอจะแสดงอาการใบมีสีเหลือง การแตกใบอ่อนไม่ดี แต่ในกรณีที่พืชได้รับไนโตรเจนมากเกินไปจะทำให้ใบของพืชมีการเจริญเติบโตมาก ใบมีสีเขียวเข้ม ออกดอกยาก และไม่ต้านทานต่อโรคหรือแมลง

การเลือกใช้ระดับไนโตรเจนที่เหมาะสมสามารถช่วยเพิ่มทั้งการเจริญเติบโต ขนาดของใบ และปริมาณผลผลิตใบเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก (Chrysargyris *et al.*, 2016) อีกทั้งยังส่งผลต่อการผลิตสารพฤกษเคมีของพืชสมุนไพรได้ (Chrysargyris *et al.*, 2017) ดังนั้นการศึกษการเพิ่มแอมโมเนียมไนเตรดลงในสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL 2 ต่อการเจริญเติบโต และสารสำคัญของพรมมิในระบบปลูกพืชไร้ดินจะส่งเสริมด้านผลผลิตให้สูงขึ้นทั้งปริมาณ และคุณภาพ ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจของพืชสมุนไพรต่อการนำไปใช้ในภาคอุตสาหกรรมการผลิตยา และอาหารเสริมตอบสนองความต้องการของตลาดในอนาคต



Figure 1 Brahmi (*Bacopa monnieri* (L.) Wettst.)

อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีการวิจัย

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) โดยศึกษาการเพิ่มระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียมไนเตรต (NH_4NO_3) ในสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL 2 (Table 1) ต่อการเจริญเติบโต และสารสำคัญของพรมมิในระบบปลูกพืชไร้ดิน แบบ Deep Flow Techniques (DFT) แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลอง ตามระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียมไนเตรตที่เพิ่มลงในสารละลาย ดังนี้ 0 (ชุดควบคุม), 0.5, 1 และ 2 mEq/L ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 12 ถ้วยปลูก รวมทั้งหมด 144 ถ้วยปลูก

ระบบการปลูก

นำต้นพรมมิมาคัดเลือกเอาเฉพาะส่วนยอดความยาวประมาณ 6-7 ซม. ตัดรากและกิ่งออก จากนั้นปลูกพรมมิ 3 กิ่ง/ถ้วยปลูก พยุงลำต้นด้วยฟองน้ำ และนำไปแช่น้ำในกล่องระบบปิด วางไว้ใต้โต๊ะปลูกภายในโรงเรือนอนุบาลประมาณ 7 วัน หลังจากนั้นย้ายลงปลูกบนรางในระบบปลูกพืชไร้ดินในแต่ละชุดการทดลอง โดย

ปรับสารละลายธาตุอาหารให้มีค่า pH 6.5-7.0 และค่าการนำไฟฟ้า (EC) 1.50 mS/cm ควบคุมแอมโมเนียมไนเตรตในสูตรสารละลายธาตุอาหารให้มีความเข้มข้นคงที่ โดยการวัดค่า pH และ EC ทุก 2 วัน เมื่อครบ 1 สัปดาห์จะถ่ายเปลี่ยนสารละลายธาตุอาหารใหม่เข้าไปทดแทน 2 ใน 3 ของความจุของถังใส่สารละลาย ตลอดระยะเวลา 8 สัปดาห์ของการทดลอง

การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโต

บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตทุกสัปดาห์เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ของการทดลอง ดังนี้

- 1) ความยาวลำต้น โดยใช้ไม้บรรทัดวัดจากส่วนของลำต้นที่เหนือจากวัสดุปลูกไปจนถึงยอดสุดของต้นหลักพรมมิ
- 2) จำนวนกิ่ง นับจำนวนกิ่งทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากต้นหลักพรมมิ
- 3) ความยาวราก โดยใช้ไม้บรรทัดวัดความยาวรากจากโคนรากถึงปลายรากของต้นหลักพรมมิ
- 4) เก็บพรมมิทั้งต้นนำมาชั่งน้ำหนักสด และนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C. เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักแห้ง

Table 1 Chemical composition of the experimental nutrient solutions in KMITL 2 formula

Chemical composition	NH_4NO_3 (mEq/L)			
	0*	0.5	1	2
Stock solution A				
($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) (kg)	3.767	3.767	3.767	3.767
Fe-EDDHA (kg)	0.303	0.303	0.303	0.303
NH_4NO_3 (g)	0	40	80	160

Table 1 (Continued)

Chemical composition	NH ₄ NO ₃ (mEq/L)			
	0*	0.5	1	2
Stock solution B				
KNO ₃ (kg)	1.796	1.796	1.796	1.796
KH ₂ PO ₄ (kg)	0.653	0.653	0.653	0.653
MgSO ₄ • 7H ₂ O (kg)	1.037	1.037	1.037	1.037
ZnSO ₄ (g)	4.756	4.756	4.756	4.756
CuSO ₄ • 5H ₂ O (g)	1.016	1.016	1.016	1.016
MnSO ₄ • H ₂ O (g)	14.194	14.194	14.194	14.194
H ₃ BO ₃ (g)	8.894	8.894	8.894	8.894
(NH ₄) ₂ MoO ₄ (g)	0.343	0.343	0.343	0.343
NH ₄ NO ₃ (g)	0	40	80	160
Total N (mg/L)	170	190	210	250

*Using KMITL 2 formulae as control treatment

สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant)

1) ขั้นตอนการสกัด นำพรมที่อบแห้งจากการเก็บในสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 8 มาปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นสแตนเลส เพื่อใช้เป็นตัวอย่างในการวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระ โดยนำปริมาณ 0.20 กรัม สกัดด้วยตัวทำละลาย 2 ชนิด ได้แก่ น้ำกลั่น และ 95% Ethanol ปริมาณ 20 มล. แช่เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ตั้งทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้อง เมื่อครบระยะเวลานำมากรองผ่านกระดาษกรอง Whatman No.1 ปรับปริมาตรให้ครบ 20 มล. เก็บรักษาสารสกัดในขวดสีชาที่อุณหภูมิ 4°C. (ดัดแปลงจาก Chang *et al.*, 2002)

2) การหาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ

2.1) ปริมาณฟีนอลทั้งหมด นำสารสกัดพรม 100 µL ผสมกับน้ำกลั่น 500 µL เติม Folin-ciocalteu reagent 100 µL เขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ 6 นาที จากนั้นเติม 7% NaCO₃ 1 มล. และน้ำกลั่น 500 µL เขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ 90 นาที วัดค่าดูดกลืนแสง

ที่ 760 nm โดย Spectrophotometer ค่าที่ได้เทียบกับสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก (Shirazi *et al.*, 2014)

2.2) ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด นำสารสกัดพรม 50 µL เติม 10% AlCl₃ 100 µL เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นเติม 1M Potassium acetate 1 มล. และน้ำกลั่น 2.8 มล. เขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ 30 นาที วัดค่าดูดกลืนแสงที่ 415 nm โดย Spectrophotometer ค่าที่ได้เทียบกับสารละลายมาตรฐานเคอเวอซิทิน (Karimi *et al.*, 2022)

2.3) ปริมาณซาโปนินทั้งหมด นำสารสกัดพรม 500 µL เติม 0.5% Anisaldehyde reagent 500 µL เขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ 10 นาที จากนั้นเติม 50% Sulphuric acid reagent 2 มล. เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นนำหลอดทดลองไปต้มใน Water bath ที่อุณหภูมิ 60°C. ทิ้งไว้นาน 10 นาที จากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้เย็น วัดค่าดูดกลืนแสงที่ 435 nm โดย Spectrophotometer ค่าที่ได้เทียบกับสารละลายมาตรฐานซาโปนิน (Vador *et al.*, 2012)

(3) การวิเคราะห์ปฏิกิริยาในการต้านอนุมูลอิสระ

3.1) DPPH โดยวิธีของ Shirazi *et al.* (2014) เตรียม 0.002% DPPH ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดนาน 15 นาที หลังจากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสง (ค่าควบคุม) จากนั้นนำสารสกัดพรมมี 50 μL เติม 0.002% DPPH 3 มล. เขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 15 นาที วัดค่าดูดกลืนแสงที่ 515 nm โดย Spectrophotometer นำค่าที่ได้มาคำนวณตามสูตร

$$\text{DPPH (\%)} = [\text{Abs}_{\text{control}} - \text{Abs}_{\text{sample}} / \text{Abs}_{\text{control}}] \times 100$$

3.2) ABTS โดยวิธีของ Leite *et al.* (2018) เตรียม 7 mM ABTS 5 mL ร่วมกับ 140 mM $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 88 μL ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดนาน 16 ชั่วโมง เมื่อครบเวลานำสาร ABTS 2 มล. มาเจือจางด้วย 99% Ethanol 150 mL หลังจากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสง (ค่าควบคุม) นำสารสกัดพรมมี 300 μL เติมสารที่เจือจางแล้ว 2.7 มล. เขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 20 นาที วัดค่าดูดกลืนแสงที่ 734 nm โดย Spectrophotometer นำค่าที่ได้มาคำนวณตามสูตร

$$\text{ABTS (\%)} = [\text{Abs}_{\text{control}} - \text{Abs}_{\text{sample}} / \text{Abs}_{\text{control}}] \times 100$$

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี

Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

ผลการวิจัย

การเจริญเติบโต (Growth)

จากการทดลองเพิ่มแอมโมเนียมไนเตรดที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกันในสารละลายธาตุอาหาร KMITL 2 ของการเลี้ยงพรมมีในระบบปลูกพืชไร้ดินเมื่อสิ้นสุดการทดลอง 8 สัปดาห์ พบว่าความยาวลำต้น จำนวนกิ่ง น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 2) โดยความเข้มข้น 2 mEq/L ส่งผลต่อความยาวลำต้นเฉลี่ยของพรมมีมากที่สุด คือ 44.36 ± 4.27 ซม. ขณะที่ในความเข้มข้น 2 และ 1 mEq/L พบพรมมีมีจำนวนกิ่งเฉลี่ยมากที่สุด คือ 18.25 ± 4.96 และ 18.02 ± 3.86 กิ่ง/ต้น ตามลำดับ ในปริมาณความเข้มข้น 1 และ 2 mEq/L ยังส่งผลต่อน้ำหนักสดเฉลี่ยมากที่สุด คือ 7.88 ± 1.92 และ 6.81 ± 0.94 กรัม ตามลำดับ เช่นเดียวกับน้ำหนักแห้งเฉลี่ยมากที่สุด คือ 0.58 ± 0.11 และ 0.50 ± 0.07 กรัม ตามลำดับ ขณะที่ความเข้มข้น 2 mEq/L ส่งผลต่อความยาวรากเฉลี่ยมากที่สุด คือ 9.44 ± 1.72 ซม. แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

Table 2 Effect of different levels NH_4NO_3 on *B. monnieri* plants grown in hydroponic

NH_4NO_3 (mEq/L)	Plant length (cm)	Number of branches (per plant)	Root length (cm)	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)
0	35.93 ± 2.55^c	9.97 ± 0.77^b	8.48 ± 0.16	3.93 ± 0.69^b	0.31 ± 0.05^b
0.5	37.43 ± 3.92^{bc}	11.61 ± 2.50^{ab}	8.11 ± 0.92	4.13 ± 0.69^b	0.33 ± 0.07^b
1	42.82 ± 1.70^{ab}	18.02 ± 3.86^a	9.19 ± 0.89	7.88 ± 1.92^a	0.58 ± 0.11^a
2	44.36 ± 4.27^a	18.25 ± 4.96^a	9.44 ± 1.72	6.81 ± 0.94^a	0.50 ± 0.07^a
P-value	0.037	0.034	ns	0.008	0.011

mean $\pm$ standard deviation, ns = not statistically significant ($p > 0.05$)

สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant)

ปริมาณฟีนอลทั้งหมด พบว่าตัวทำละลาย 95% เอทานอล ในสัปดาห์ที่ 8 ความเข้มข้น 0.5 mEq/L พบปริมาณเฉลี่ยมากที่สุด คือ 80.55 ± 2.89 $\mu\text{gGAE/mL}$

มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ตัวทำละลายน้ำกลั่นไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ทั้งในสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 8 (Table 3)

Table 3 Effect of different levels NH_4NO_3 on TPC ($\mu\text{gGAE/mL}$) of *B. monnieri* in hydroponic

NH_4NO_3 (mEq/L)	Solvents			
	Distilled water		95% Ethanol	
	4 weeks	8 weeks	4 weeks	8 weeks
0	50.17 ± 6.36	54.94 ± 4.36	73.88 ± 6.70	72.14 ± 4.22^b
0.5	57.14 ± 7.45	62.06 ± 3.65	83.35 ± 2.49	80.55 ± 2.89^a
1	46.99 ± 2.80	57.37 ± 1.90	82.52 ± 3.98	77.75 ± 2.62^{ab}
2	47.06 ± 1.59	56.15 ± 4.52	80.13 ± 5.30	76.15 ± 0.90^{ab}
<i>P</i> -value	ns	ns	ns	0.043

mean $\pm$ standard deviation, ns = not statistically significant ($p > 0.05$)

ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด พบว่าตัวทำละลาย 95% เอทานอล ในสัปดาห์ที่ 4 ความเข้มข้น 0.5 mEq/L มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) พบปริมาณเฉลี่ยมากที่สุด คือ 189.71 ± 3.64 $\mu\text{gQE/mL}$

เช่นเดียวกับตัวทำละลายน้ำกลั่น ในสัปดาห์ที่ 8 คือ 72.76 ± 3.29 $\mu\text{gQE/mL}$ และสัปดาห์ที่ 4 คือ 67.09 ± 6.99 $\mu\text{gQE/mL}$ (Table 4)

Table 4 Effect of different levels NH_4NO_3 on TFC ($\mu\text{gQE/mL}$) of *B. monnieri* in hydroponic

NH_4NO_3 (mEq/L)	Solvents			
	Distilled water		95% Ethanol	
	4 weeks	8 weeks	4 weeks	8 weeks
0	54.52 ± 0.73^b	66.09 ± 2.97^b	173.95 ± 3.00^c	165.61 ± 5.94
0.5	67.09 ± 6.99^a	72.76 ± 3.29^a	189.71 ± 3.64^a	168.00 ± 3.77
1	67.04 ± 2.97^a	67.95 ± 1.43^b	180.71 ± 2.60^b	175.61 ± 4.36
2	65.61 ± 2.18^a	68.57 ± 0.75^{ab}	181.80 ± 3.29^b	170.85 ± 6.54
<i>P</i> -value	0.013	0.045	0.002	ns

mean $\pm$ standard deviation, ns = not statistically significant ($p > 0.05$)

ปริมาณซาโปนินทั้งหมด พบว่าตัวทำละลาย 95% เอทานอล ในสัปดาห์ที่ 8 ความเข้มข้น 0.5 mEq/L พบปริมาณเฉลี่ยมากที่สุด คือ 76.19 ± 3.25 mgSaponin/mL ในส่วนของสัปดาห์ที่ 4 ความเข้มข้น 1 mEq/L พบปริมาณเฉลี่ยมากที่สุด คือ 61.51 ± 4.34

mgSaponin/mL รองลงมาตัวทำละลายน้ำกลั่น ในสัปดาห์ที่ 8 ความเข้มข้น 0.5 mEq/L พบปริมาณเฉลี่ยมากที่สุด คือ 9.12 ± 0.22 mgSaponin/mL และในสัปดาห์ที่ 4 ความเข้มข้น 1 mEq/L พบปริมาณเฉลี่ยมากที่สุด คือ 7.83 ± 0.71 mgSaponin/mL (Table 5)

Table 5 Effect of different levels NH_4NO_3 on TSC (mgSaponin/mL) of *B. monnieri* in hydroponic

NH_4NO_3 (mEq/L)	Solvents			
	Distilled water		95% Ethanol	
	4 weeks	8 weeks	4 weeks	8 weeks
0	6.31 ± 0.09^b	7.46 ± 0.68^b	54.39 ± 3.04^b	65.62 ± 3.29^b
0.5	7.72 ± 0.02^a	9.12 ± 0.22^a	60.65 ± 1.23^a	76.19 ± 3.25^a
1	7.83 ± 0.71^a	7.71 ± 0.54^b	61.51 ± 4.34^a	72.14 ± 1.41^a
2	7.22 ± 0.28^a	7.64 ± 0.92^b	56.61 ± 1.24^{ab}	72.52 ± 2.83^a
P-value	0.005	0.046	0.043	0.011

mean $\pm$ standard deviation, ns = not statistically significant ($p > 0.05$)

ปฏิกิริยาในการต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH พบว่าตัวทำละลาย 95% เอทานอล ในสัปดาห์ที่ 4 ความเข้มข้น 1 mEq/L พบปริมาณเฉลี่ยมากที่สุด คือ $14.45 \pm 1.43\%$ และในสัปดาห์ที่ 8 ความเข้มข้น 0.5 mEq/L พบปริมาณเฉลี่ยมากที่สุด คือ $8.17 \pm 0.62\%$

รองลงมาตัวทำละลายน้ำกลั่น ในสัปดาห์ที่ 4 ความเข้มข้น 0.5 mEq/L พบปริมาณเฉลี่ยมากที่สุด คือ $5.67 \pm 0.55\%$ ในขณะที่สัปดาห์ที่ 8 พบปริมาณเฉลี่ยมากที่สุดในช่วงควบคุม คือ $5.19 \pm 0.55\%$ (Table 6)

Table 6 Effect of different levels NH_4NO_3 on DPPH (%) of *B. monnieri* in hydroponic

NH_4NO_3 (mEq/L)	Solvents			
	Distilled water		95% Ethanol	
	4 weeks	8 weeks	4 weeks	8 weeks
0	4.87 ± 0.60^{ab}	5.19 ± 0.55^a	11.95 ± 0.24^c	7.97 ± 0.48^a
0.5	5.67 ± 0.55^a	4.14 ± 0.38^b	13.93 ± 0.42^{ab}	8.17 ± 0.62^a
1	4.99 ± 0.18^{ab}	3.82 ± 0.30^b	14.45 ± 1.43^a	6.68 ± 0.13^b
2	4.47 ± 0.12^b	3.74 ± 0.24^b	12.52 ± 0.86^{bc}	7.41 ± 0.27^{ab}
P-value	0.047	0.007	0.025	0.10

mean $\pm$ standard deviation, ns = not statistically significant ($p > 0.05$)

ปฏิกิริยาในการต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี ABTS พบว่าตัวทำละลายน้ำกลั่น ในสัปดาห์ที่ 8 ความเข้มข้น 1 mEq/L พบปริมาณเฉลี่ยลดลงที่ดี คือ $96.89 \pm 0.49\%$

มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ตัวทำละลาย 95% เอทานอล ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) ทั้งในสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 8 (Table 7)

Table 7 Effect of different levels NH_4NO_3 on ABTS (%) of *B. monnieri* in hydroponic

NH_4NO_3 (mEq/L)	Solvents			
	Distilled water		95% Ethanol	
	4 weeks	8 weeks	4 weeks	8 weeks
0	96.52 ± 0.53	94.92 ± 0.48^b	98.68 ± 0.90	99.24 ± 0.57
0.5	96.80 ± 0.93	94.97 ± 0.90^b	99.66 ± 0.57	99.57 ± 0.14
1	97.31 ± 0.64	96.89 ± 0.49^a	98.91 ± 0.08	99.47 ± 0.29
2	96.24 ± 0.58	96.80 ± 0.57^a	99.09 ± 0.16	99.19 ± 0.35
P-value	ns	0.006	ns	ns

mean $\pm$ standard deviation, ns = not statistically significant ($p > 0.05$)

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการทดลองการเจริญเติบโต และสารสำคัญของพรรณไม้ น้ำพรมมี ที่เพิ่มระดับความเข้มข้นแอมโมเนียมไนเตรตพบว่า ความยาวลำต้น จำนวนกิ่ง น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ที่ระดับความเข้มข้น 1 และ 2 mEq/L ซึ่งมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 210 และ 250 มก./ล. ไม่สอดคล้องกับ Ruangdej and Laohavisuti (2012) ศึกษาความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL 2 ต่อการเจริญเติบโตของพรมมีในระบบปลูกพืชไร้ดิน พบว่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 57-170 มก./ล. มีการเจริญเติบโตดีที่สุด ซึ่งการใช้ไนโตรเจนในปริมาณที่เหมาะสมเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืชชนิดต่าง ๆ มีส่วนช่วยในการสังเคราะห์สารประกอบอินทรีย์หลายชนิด เช่น กรดอะมิโน โปรตีน เอนไซม์ และกรดนิวคลีอิก (Chrysargyris *et al.*, 2016) การเจริญเติบโตของพืชที่แตกต่างกันต้องใช้ความเข้มข้นของไนโตรเจนในระดับที่เหมาะสม ตัวอย่างเช่น ในการศึกษา

การเจริญเติบโตของต้นสเปียร์มินต์ โดยระดับความเข้มข้นของไนเตรต 200 มก./ล. สามารถเพิ่มความสูงของพืชได้อย่างเหมาะสม (Chrysargyris *et al.*, 2017) และการเจริญเติบโตของต้นเสจ พบว่า ระดับความเข้มข้นของไนเตรต 14.6 mM สามารถเพิ่มความสูง รวมถึงน้ำหนักใบ (Khammar *et al.*, 2021) นอกจากนี้การเจริญเติบโตของต้นโหระพา พบว่าระดับความเข้มข้นของไนเตรต 5 mol m^{-3} ยังส่งผลให้เกิดการสร้างใบ (Kiferle *et al.*, 2013) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษานี้ เนื่องจากการเพิ่มระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียมไนเตรตเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตพรมมีสูงขึ้น ดังนั้นจากผลการกระตุ้นของแอมโมเนียมไนเตรตอาจเกี่ยวข้องกับบทบาทธาตุอาหารไนโตรเจนที่สำคัญต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง หรือกระบวนการเผาผลาญของสารประกอบอินทรีย์ในพืชที่ส่งเสริมการเจริญเติบโต (Khammar *et al.*, 2021)

การสกัดพรมมีด้วย 95% Ethanol พบปริมาณสารฟอกษเคมีสูง ได้แก่ ปริมาณฟีนอลทั้งหมด ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ปริมาณซาโปนินทั้งหมด และปฏิกิริยา

ในการต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ที่ระดับความเข้มข้น 0.5, 1 และ 2 mEq/L มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 190, 210 และ 250 มก./ล. ซึ่งไม่สอดคล้องกับ Ruangdej and Laohavisuti (2012) ศึกษาความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL 2 ต่อการต้านอนุมูลอิสระของพรมมิในระบบปลูกพืชไร้ดิน พบว่าการปลูกพรมมิให้มีคุณภาพสารต้านอนุมูลอิสระสูงควรใช้ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารสูตร KMITL 2 ลดลงโดยปริมาณไนโตรเจน 57 มก./ล. ส่งผลดีต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด เช่นเดียวกับปฏิกิริยาในการต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH เนื่องจากการขาดสารอาหารมีผลให้พืชเกิดความเครียด และปรับตัวเพื่อรักษาสมดุลของเมตาโบไลต์ ซึ่งฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของพืชชนิดต่าง ๆ อธิบายถึงการมีอยู่ของส่วนประกอบที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และฟลาโวนอยด์ (Khammar *et al.*, 2021) พืชที่มีปริมาณฟีนอลสูงสามารถป้องกันการเกิดออกซิเดชันของเนื้อเยื่อ จากการกำจัดอนุมูลอิสระ และยับยั้งลิพิดเปอร์ออกซิเดชัน (Chrysargyris *et al.*, 2017) ตัวอย่างเช่น ปริมาณฟีนอลสามารถเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับความเข้มข้นของไนเตรต 14.6 mM ในต้นเสจ (Khammar *et al.*, 2021) และความเข้มข้นของไนเตรต 200 มก./ล. ในต้นลาเวนเดอร์ (Chrysargyris *et al.*, 2016) โดยผลของไนโตรเจนสามารถกระตุ้นการสังเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้เช่นเดียวกับการศึกษานี้ ซึ่งการประยุกต์ใช้ธาตุอาหารไนโตรเจนในระบบปลูกพืชไร้ดินไม่เพียงแต่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต แต่ยังสามารเพิ่มอัตราการสังเคราะห์แสง และการสะสมคาร์โบไฮเดรต ทำให้เกิดการสังเคราะห์ทางชีวภาพของสารทุติยภูมิที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งเป็นสารประกอบของการต้านอนุมูลอิสระ (Barzegar *et al.*, 2020)

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของแอมโมเนียมไนเตรตต่อการเจริญเติบโต และสารสำคัญของพรมมิในน้ำพรมมิในระบบปลูกพืชไร้ดิน พบว่าการเพิ่มแอมโมเนียมไนเตรตสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโต อีกทั้งส่งผลต่อคุณภาพของพรมมิซึ่งมีปริมาณสารฟลาโวนอยด์สูง ดังนั้น การเพิ่มแอมโมเนียมไนเตรตที่ระดับความเข้มข้น 1 และ 2 mEq/L ลงในสูตรสารละลายธาตุอาหาร KMITL 2 สามารถส่งเสริมด้านผลผลิตให้สูงขึ้นทั้งปริมาณและคุณภาพของพรมมิในระบบปลูกพืชไร้ดิน โดยพืชสมุนไพรที่ปลูกแบบไร้ดินจะให้ฤทธิ์ทางชีวภาพที่เสถียร และสามารถควบคุมได้โดยการจัดการธาตุอาหาร ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นในการสร้างสมดุลระหว่างการเจริญเติบโตของพืช และการผลิตสารสำคัญของพืช เพื่อประโยชน์สูงสุดในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุนบุ ุปผา จงพัฒน์ สำหรับคำแนะนำในการทำวิจัยให้ถูกต้อง รวมถึงคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์ และพื้นที่ดำเนินการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Barzegar, T., S. Mohammadi and Z. Ghahremani. 2020. Effect of nitrogen and potassium fertilizer on growth, yield and chemical composition of sweet fennel. **Journal of Plant Nutrition** 43(8): 1189-1204.

- Bhardwaj, P., C.K. Jain and A. Mathur. 2016. Comparative qualitative and quantitative analysis of phytochemicals in five different herbal formulations of *Bacopa monnieri*. **International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research** 8(4): 675-682.
- Chang, C.C., M.H. Yang, H.M. Wen and J.C. Chern. 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. **Journal of Food and Drug Analysis** 10(3): 178-182.
- Chrysargyris, A., C. Panayiotou and N. Tzortzakis. 2016. Nitrogen and phosphorus levels affected plant growth, essential oil composition and antioxidant status of lavender plant (*Lavandula angustifolia* Mill.). **Industrial Crops and Products** 83: 577-586.
- Chrysargyris, A., E. Nikolaidou, A. Stamatakis and N. Tzortzakis. 2017. Vegetative, physiological, nutritional and antioxidant behavior of spearmint (*Mentha spicata* L.) in response to different nitrogen supply in hydroponics. **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants** 6: 52-61.
- Jomthaisong, J., A. Lhakchaiyagul and R. Bowichean. 2015. **Hydroponics**. Bangkok: The Agricultural Co-operative Federation of Thailand., Limited. 36 p. [in Thai]
- Karimi, M., N. Ahmadi and M. Ebrahimi. 2022. Red LED light promotes biomass, flowering and secondary metabolites accumulation in hydroponically grown *Hypericum perforatum* L. (cv. Topas). **Industrial Crops and Products** 175: 114239.
- Khammar, A.A., M. Moghaddam, A. Asgharzade and M.M. Sourestani. 2021. Nutritive composition, growth, biochemical traits, essential oil content and compositions of *Salvia officinalis* L. grown in different nitrogen levels in soilless culture. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition** 21: 3320-3332.
- Kiferle, C., R. Maggini and A. Pardossi. 2013. Influence of nitrogen nutrition on growth and accumulation of rosmarinic acid in sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) grown in hydroponic Culture. **Australian Journal of Crop Science** 7(3): 321-327.
- Leite, K.C.D.S., L.F. Garcia, G.S. Lobón, D.V. Thomaz, E.K.G. Moreno, M.F.D. Carvalho and E.D.S. Gil. 2018. Antioxidant activity evaluation of dried herbal extracts: an electroanalytical approach. **Revista Brasileira de Farmacognosia** 28: 325-332.

Maneepley, C., K. Sujipuli and N. Kunpratun.

2018. Growth of Brahmi *Bacopa monnieri* (L.) Wettst. by NFT and DFT hydroponic systems and their accumulation of saponin bacosides. **NU. International Journal of Science** 15(2): 114-124.

Naik, P.M., M. Godbole, P. Nagella and

H.N. Murthy. 2017. Influence of different media, medium strength and carbon sources on adventitious shoot cultures and production of bacoside A in *Bacopa monnieri* (L.). **Ceylon Journal of Science** 46(4): 97-104.

Ruangdej U. and N. Laohavisuti. 2012. Effect of Nutrient Concentrations on Growth and Antioxidant Activities of Aquatic Plant, *Bacopa monnieri* in Hydroponics. pp.182-189. **In Naresuan Agricultural 10th**. Phitsanulok: Naresuan University. [in Thai]

Saran, P.L., H.I. Damor, D.H. Lodaya,

M.K. Suthar, K.A. Kalariya and S. Roy. 2022. Identification of potential accessions of *Bacopa monnieri* L. for herbage yield and bacosides A content. **Industrial Crops and Products** 176: 114348.

Shirazi, O.U., M.M.A.K. Khattak and

N.A.M. Shukri. 2014. Determination of total phenolic, flavonoid content and free radical scavenging activities of common herbs and spices. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry** 3(3): 104-108.

Subashri, B. and Y.J. Koilpillai. 2012.

Phytochemical analysis and *In Vitro* antioxidant activity from the extract of *Bacopa monnieri* (L.) Pennel—a multipurpose medicinal plant. **International Journal of Pharmacy and Biological Sciences** 3(2): 698-702.

Vador, N., B. Vador and R. Hole. 2012. Simple spectrophotometric methods for standardizing ayurvedic formulation. **Indian Journal of Pharmaceutical Sciences** 74(2): 161-163.