ผลของการพ่นกรดแอมิโนทางใบร่วมกับการจัดการปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักโขม (*Amaranthus* spp.)

Effects of Foliar Amino Acid Sprays Combined with Fertilizer Management on Growth and Development, and Yield of Amaranth (*Amaranthus* spp.)

พงษ์เพชร พงษ์ศิวาภัย[1*] ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย[1] ธรรมธวัช แสงงาม[2] ดนชิดา วาทินพุฒิพร[3] วิทยา เศรษฐวิทยา[4] และ ชัยสิทธิ์ ทองจู[1]

Pongpet Pongsivapai[1*], Tawatchai Inboonchuay[1], Thamtawat Saengngam[2], Donchida Wathinputthiporn[3] Wittaya Setthawittaya[4] and Chaisit Thongjoo[1]

[1]ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

[1]Department of Soil Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand

[2]ศูนย์วิจัย และบริการวิชาการ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

[2]Research and Academic Service Center, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand

[3]ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

[3]Department of Agricultural Extension and Communication, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand

[4]ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

[4]Tropical Vegetable Research Center, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand

**Corresponding author: Email: fagrppp@ku.ac.th*

(Received: 19 August 2024; Accepted: 23 September 2024)

Abstract: Amino acids (AMN) are a type of biostimulants which can promote plant growth, enhance resistance to both biotic and abiotic stress and potentially reduce the need of chemical fertilizer (CF) for crop production. This study aimed to investigate the effects of foliar AMN application combined with CF management on growth and yield of amaranth (*Amaranthus* spp.) . This experiment established in greenhouse and arranged in completely randomized design (CRD) with 5 replications and 4 treatments as follows: 1) control, no CF and AMN application (T1), 2) applied CF at the recommended rate, CF100% (T2), 3) applied 75% of the recommended CF combined with foliar spray of AMN type 1 (T3) and 4) applied 75% of the recommended CF combined with foliar spray of AMN type 2 (T4). The results revealed that foliar with AMN significantly influenced on growth of amaranth including plant height, stem diameter, leaf width,

Copyright @ Journal of Agriculture, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University. All rights reserved.

leaf length and leaf number) at 4 weeks after transplanted (WAT). T3 treatment showed the highest value and was not significantly different with T2 and T4, while leaf greenness (SPAD) showed the significant differences among treatments at 2, 3 and 4 WAT. Moreover, applied CF and foliar with AMN affected on yield parameters (dry and fresh above ground biomass and leaf area) and concentration of nutrients in above ground biomass of plant (total nitrogen, phosphorus and potassium) in the similar way, that T3 treatment gave the highest value and not significant differences with T2 and T4, but showed the significant differences with T1. Overall, it was found that spraying amino acids combined with fertilizer management influenced growth and yield of amaranth, which can reduce the use of chemical fertilizers by up to 25%.

Keywords: Foliar spray, amino acid, growth, yield, amaranth

บทคัดย่อ: กรดอะมิโน เป็นสารเร่งเชิงชีวภาพชนิดหนึ่ง ซึ่งสามารถเร่งการเจริญเติบโตของพืช ต้านทานต่อสภาพความเครียดที่เกิดจากสิ่งมีชีวิต และสิ่งไม่มีชีวิต และอาจรวมถึงการลดใช้ปุ๋ยเคมีในการเพาะปลูก ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการพ่นกรดอะมิโนร่วมกับการจัดการปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักโขม โดยทำการทดลองในโรงเรือน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 5 ซ้ำ ประกอบด้วย 4 ตำรับการทดลอง ดังนี้ 1) ตำรับควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและพ่นกรดอะมิโน, T1) 2) ใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ 100 เปอร์เซ็นต์ (T2) 3) ใส่ปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับพ่น กรดอะมิโน สูตร 1 (T3) และ 4) ใส่ปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับพ่นกรดอะมิโน สูตร 2 (T4) ผลการทดลองพบว่า การพ่นกรดอะมิโนส่งผลต่อการเจริญเติบโตของผักโขมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ความสูง ขนาดลำต้น ความกว้างใบ ความยาวใบ และจำนวนใบ) ที่อายุ 4 สัปดาห์หลังย้ายปลูก โดย T3 ให้ค่ามากที่สุด ไม่แตกต่างกับ T2 และ T4 ในขณะที่ส่งผลให้ความเขียวใบแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตั้งแต่ที่อายุ 2, 3 และ 4 สัปดาห์หลังย้ายปลูก นอกจากนี้การพ่นกรดอะมิโนร่วมกับการจัดการปุ๋ยเคมียังส่งผลต่อผลผลิต (น้ำหนักแห้ง น้ำหนักสดส่วนเหนือดิน และพื้นที่ใบ) และความเข้มข้นธาตุอาหารในส่วนเหนือดินของพืช (N, P และ K ทั้งหมด) ให้ผลสอดคล้องกัน คือ T3 มีค่ามากที่สุด ไม่แตกต่างทางสถิติกับ T2 และ T4 แต่มีความแตกต่างทางสถิติกับ T1 โดยภาพรวม พบว่า การพ่นกรดอะมิโนร่วมกับการจัดการปุ๋ยมีผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของผักโขม และยังสามารถลดการใช้ปุ๋ยเคมีได้ถึง 25 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: พ่นทางใบ กรดอะมิโน การเจริญเติบโต ผลผลิต ผักโขม

คำนำ

กรดอะมิโน (amino acid; AMN) คือ สารประกอบอินทรีย์ซึ่งมีหมู่ฟังก์ชันทำหน้าที่ 2 แบบ คือ หมู่อะมิโน (amino group) และหมู่คาร์บอกซิลิก (carboxylic group) มีมากกว่า 250 ชนิด ที่ทำหน้าที่ต่าง ๆ ในพืช ไม่ว่าจะเป็นการช่วยให้รากพืชดูดธาตุอาหารได้มากขึ้น ทนต่ออุณหภูมิที่สูง หรือต่ำเกินไป ทนต่อความเค็ม ทนต่อการขาดน้ำ ฯลฯ (Osotsapar, 2014) ดังนั้น กรดอะมิโนจึงถือเป็นสารเร่งเชิงชีวภาพ (biostimulants) สำหรับพืช ชนิดหนึ่ง นอกเหนือจากสารสกัดจากวัชพืช ทะเล กรดฮิวมิก ไคโตซาน ฯลฯ ซึ่งคำนิยามของสารเร่งเชิงชีวภาพโดยภาพรวม หมายถึงสารใด ๆ ก็ตาม ที่ไม่ใช่สารปรับปรุงดิน ปุ๋ย หรือสารกำจัดศัตรูพืช ที่ใส่ให้พืช ไม่ว่าจะเป็นทางดิน ทางใบ หรือคลุกเมล็ด แล้วสามารถปรับปรุงกระบวนการทางสรีระของพืช ทำให้พืชสามารถเจริญเติบโต หรือทนต่อสภาพความเครียดมากขึ้น (du Jardin, 2015; Osotsapar, 2014) นอกจากนี้ยังมีความคุ้มค่าในการใช้เนื่องจากใช้ในปริมาณที่น้อย แต่ให้ผลผลิตหรือผลตอบแทนที่มาก (du Jardin, 2015;

Popko *et al*., 2018) กรดอะมิโนที่ถูกนำมาใช้เป็นสารเร่งเชิงชีวภาพไม่ได้มีเพียงแค่ชนิดใดชนิดหนึ่งที่บริสุทธิ์ หากแต่ประกอบไปด้วยกรดอะมิโนหลากหลายชนิด ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบซึ่งเป็นที่มาของโปรตีนที่ถูกย่อยด้วยปฏิกิริยาแยกสลายด้วยน้ำ (hydrolysis) (Osotsapar, 2014) ดังนั้น การใช้ประโยชน์ของกรดอะมิโนจึงสามารถนำมาใช้กับพืชได้ในหลายกรณี ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับว่าชนิดของกรดอะมิโนที่สกัดมาได้ ซึ่งในหลาย ๆ ประเทศในยุโรป ได้มีการนำกรดอะมิโนมาใช้ทางการเกษตรกันอย่างแพร่หลายและพบว่ามีผลในด้านของการส่งเสริมการดูดธาตุอาหารและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ธาตุอาหารทั้งธาตุหลักและจุลธาตุ (Maini, 2006) ทำปฏิกิริยาคีเลชันกับไอออนของโลหะได้คีเลตอันเป็นรูปที่เซลล์พืชดูดไปใช้ประโยชน์ได้ง่ายทั้งทางรากและเซลล์ใบ (Jie *et al*., 2008) เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของผลผลิต (Curie *et al*., 2009) เพิ่มกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน (Garcia-Martinez *et al*., 2010) นอกจากนี้ ยังพบว่า สามารถลดการใช้ปุ๋ยเคมีในการเพาะปลูกพืชบางชนิดได้อีกด้วย (Maini, 2006; Popko *et al*., 2018) โดยภาพรวมจึงถือได้ว่าการใช้กรดอะมิโนอาจจะเป็นทางเลือกใหม่ให้กับเกษตรกรในการทำเกษตรยุคใหม่ที่มุ่งเน้นการลดสารเคมี เพื่อการทำเกษตรแบบยั่งยืน

ปุ๋ยเคมี (chemical fertilizer; CF) เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่สำคัญในการเพาะปลูก เพื่อให้พืชได้เจริญเติบโตและสามารถให้ผลผลิตได้อย่างสมบูรณ์ และเพียงพอต่อความต้องการของตลาดทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ อย่างไรก็ตามปุ๋ยเคมีเป็นปัจจัยการผลิตอย่างหนึ่งที่มีราคาทุนสูง ดังนั้น จึงควรมีการจัดการเพื่อให้ใช้ประโยชน์จากปุ๋ยเคมีได้มากที่สุด และใช้ต้นทุนน้อยที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง จากปัญหาวิกฤตทางด้านเศรษฐกิจต่าง ๆ ทำให้ราคาปุ๋ยเคมีในตลาดโลกเริ่มสูงขึ้น ตั้งแต่ประมาณเดือนตุลาคม พ.ศ. 2564 เนื่องจากประเทศจีนจำกัดการส่งออกเพื่อความมั่นคงทางอาหาร (Office of Agricultural Economics, 2022) และจากสถานการณ์สงครามระหว่างประเทศรัสเซียและประเทศยูเครน รวมถึงประเทศรัสเซียได้มีการจำกัดการส่งออกปุ๋ยเคมี (Chojnacka *et al*., 2023) ทำให้ราคาวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยเคมีอย่างน้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติพุ่งสูงขึ้นอย่างมากส่งผลให้ราคาปุ๋ยเคมีสูงตาม รวมถึงผู้นำเข้าเร่งนำเข้า ทำให้ราคาปุ๋ยในตลาดโลกยิ่งเพิ่มสูงขึ้นอีก (Office of Agricultural Economics, 2022) ประเทศไทยเป็นประเทศที่นำเข้าปุ๋ยเคมีเกือบทั้งหมด โดยเฉลี่ยนำเข้าปีละมากกว่า 5 ล้านตัน เป็นมูลค่ามากกว่า 1,800 ล้านดอลลาร์สหรัฐฯ โดยปี พ.ศ. 2563 ประเทศไทยมีการนำเข้าปุ๋ยเคมีประมาณ 5.1 ล้านตัน ราคาตันละประมาณ 9,000 บาท แต่ในปี พ.ศ. 2564 ประเทศไทยนำเข้าปุ๋ยเคมีประมาณ 5.5 ล้านตัน ราคาประมาณ 13,000 บาทต่อตัน โดยเฉพาะราคาแม่ปุ๋ยซึ่งเพิ่มจากปี พ.ศ. 2563 ถึงประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ (Office of Agricultural Economics, 2022) จึงมีความจำเป็นต้องหาธาตุอาหารจากแหล่งที่มาอื่น ๆ เพื่อทดแทนแหล่งที่มาของธาตุอาหารจากปุ๋ยเคมี (Chojnacka *et al*., 2023) นอกจากนี้การใช้ปุ๋ยเคมีในการผลิตพืชผักของเกษตรกรไทยยังมีข้อจำกัดโดยเฉพาะในเรื่องของการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพโดยเฉพาะในการปลูกผัก ซึ่งเป็นพืชอายุสั้น จึงมีการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างต่อเนื่อง ขึ้นอยู่กับรอบการผลิต ซึ่งในบางพื้นที่มีการปลูกอย่างต่อเนื่อง หรือบางพื้นที่มีการปลูกพืชหมุนเวียน ดังนั้นการใช้ปุ๋ยเคมีจึงมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดผักที่ปลูก และความถี่ในการใช้ที่ดิน ส่งผลให้อาจประสบปัญหาเช่น ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ เพราะใส่ปุ๋ยไม่เพียงพอ หรือมีธาตุอาหารบางธาตุสะสมเยอะเกินไปเนื่องจากการใส่ปุ๋ยอย่างต่อเนื่องจนเกิดการตรึงธาตุอาหารอื่น (Department of Agriculture, 2005)

จากสถานการณ์ที่ปุ๋ยเคมีมีราคาที่ผันผวนในตลาด กรดอะมิโนจึงมีแนวโน้มที่จะเป็นทางเลือกหนึ่งในการลดการใช้ปุ๋ยเคมีของเกษรกรไทย เนื่องจากมีการศึกษาการใช้กรดอะมิโนอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ ไม่ว่าจะเป็นเพื่อการปลูกพืชภายใต้สภาวะเครียด หรือเพื่อลดการใช้ปุ๋ยเคมี (Osotsapar, 2014) โดยมีการทดลองกับพืชผักหลายชนิด เช่น ผักกาดหอม (Noroozlo *et al*., 2019b) กะหล่ำปลี (Haghighi *et al*., 2022) แตงกวา มะเขือเทศ ถั่วแขก (Souri *et al*., 2017) และ ผักโขม (Ramesh *et al*., 2020) แต่การศึกษาในประเทศไทยที่มีความแตกต่างทางด้านสภาพแวดล้อมต่าง ๆ เช่น ความหลากหลายทางชีวภาพ อุณหภูมิ

ศัตรูพืช ฯลฯ ยังค่อนข้างมีจำกัด ดังนั้นการทดลองนี้จึงจัดทำขึ้นโดยมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของการพ่นกรดอะมิโนทางใบร่วมกับการจัดการปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช โดยพืชที่นำมาทดสอบในการทดลองนี้คือผักโขม ซึ่งเป็นพืชที่องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก (Li and Siddique, 2018) อีกทั้งยังเป็นที่นิยมบริโภคของผู้คนโดยเฉพาะในทวีปยุโรป เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ส่วนในประเทศไทยมีผู้นิยมปลูกมากขึ้นเพื่อใช้ในการค้าขายและรับประทานไม่ว่าจะเป็นใบ หรือต้นอ่อน แต่ในการเพาะปลูกเพื่อให้ได้การเจริญเติบโตและผลผลิตที่ดียังขาดการศึกษาที่เพียงพอ (Benjawan *et al.,* 2019) โดยเบื้องต้นผักโขมเป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ดีในทุกพื้นที่ของประเทศไทย ปลูกง่าย มีความทนทานต่อโรคและแมลง และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง (Benjawan *et al.,* 2019; Puangmanee *et al.,* 2014) ดังนั้นการใช้กรดอะมิโนกับพืชที่มีการเจริญเติบโตที่ดีอยู่แล้วแม้กระทั่งในสภาพธรรมชาติเช่นผักโขม จะแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของกรดอะมิโนในเชิงสารเร่งเชิงชีวภาพ นอกจากนี้ยังอาจส่งผลดีก่อเกษตรกรผู้ปลูกผักโขมในการลดต้นทุนการผลิตจากปุ๋ยเคมี ผักโขมจึงมีความเหมาะสมต่อการนำมาศึกษาถึงผลของการใช้กรดอะมิโนร่วมกับการจัดการปุ๋ยเคมีที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักโขมในสภาพโรงเรือนเพื่อประเมินศักยภาพและความเป็นไปได้ก่อนนำไปทดสอบในระดับไร่นา และส่งเสริมให้เกษตรกรผู้สนใจต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองนี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD) โดยทำการทดลองในโรงเรือนของศูนย์วิจัยพืชผักเขตร้อน (Tropical Vegetation Research Center; TVRC) ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ประกอบไปด้วย 4 ตำรับการทดลอง จำนวน 5 ซ้ำ ๆ ละ 1 กระถาง โดยมีรายละเอียดแต่ละตำรับการทดลองดัง Table 1

วิธีการปลูก และการดูแลรักษา: ทำการเพาะเมล็ดกล้าผักโขมในพีทมอส โดยผักโขมที่ใช้ในการทดลองนี้คือ ผักโขมจีน หรือ green amaranth (*Amaranthus dubius* L.) หลังจากต้นกล้ามีอายุได้ 7 วัน จึงทำการย้ายมาปลูกในกระถางขนาด 12 นิ้ว โดยปลูกลงในดินร่วนจากชุดดินกำแพงแสน; Ks (fine-silty, mixed, semiactive, isohyperthermic Typic Haplustalfs) (Land Development Department, 2023) น้ำหนักดิน 15 กิโลกรัมต่อกระถาง ซึ่งมีสมบัติดินดัง Table 2 ทำการรดน้ำโดยใช้น้ำประปา ปริมาณ 200 มิลลิลิตรต่อกระถาง ทุกวันในเวลาเช้า การใส่ปุ๋ยเคมี ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 สำหรับตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราต่าง ๆ ดัง Table 1 โดยใส่ทุก 5 วันหลังทำการย้ายปลูก จำนวน 4 ครั้ง การพ่นกรดอะมิโนที่นำมาใช้ประกอบด้วยผลิตภัณฑ์กรดอะมิโน 2 ชนิด ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่ต่างกัน (บริษัท เกษตรสมิทธ์ จำกัด) ซึ่งมีสมบัติแตกต่างกัน ในด้านธาตุอาหารดังที่แสดงใน

Table 1. The details of each treatment

Treatment	Description	CF (15-15-15) rate (g/time)	Symbol
T1	Control (no CF and AMN application)	0.000	Control
T2	Applied CF 100%	1.500	CF100
T3	Applied CF 75% with foliar AMN1	1.125	CF75+AMN1
T4	Applied CF 75% with foliar AMN2	1.125	CF75+AMN2

CF = Chemical fertilizer

AMN = Amino acid

Table 2. Some of soil properties before amaranth cultivation

Parameters	Values	Interpretation
pH (soil:water = 1:1)	6.90	Neutral
Electrical conductivity; EC_e (dS/m)	0.53	Non-saline
Organic matter (%)[1/]	1.62	Medium
Available P (mg/kg)[2/]	56.22	Very high
Exchangeable K (mg/kg)[3/]	109.91	High

[1/] = Walkley and Black method (Walkley and Black, 1934)

[2/] = Bray II method (Bray and Kurtz, 1945)

[3/] = Extracted with NH_4OAc pH 7.0 (Pratt, 1965)

กระถาง ทุกวันในเวลาเช้า การใส่ปุ๋ยเคมี ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 สำหรับตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราต่าง ๆ ดัง Table 1 โดยใส่ทุก 5 วันหลังทำการย้ายปลูก จำนวน 4 ครั้ง การพ่นกรดอะมิโนที่นำมาใช้ประกอบด้วยผลิตภัณฑ์กรดอะมิโน 2 ชนิด ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่ต่างกัน (บริษัท เกษตรสมิทธ์ จำกัด) ซึ่งมีสมบัติแตกต่างกัน ในด้านธาตุอาหารดังที่แสดงใน Table 3 โดยใช้อัตราส่วน กรดอะมิโน:น้ำประปา เท่ากับ 20 มิลลิลิตร : 20 ลิตร ตามคำแนะนำของผลิตภัณฑ์ โดยทำการพ่นในอัตรา 10 มิลลิลิตรต่อ 1 ต้น (หรือจนกระทั่งกรดอะมิโนสัมผัสกับผิวสัมผัสของใบทั้งหมด) พร้อมกับการใส่ปุ๋ยเคมี (พ่นทุก 5 วันหลังทำการย้ายปลูก จำนวน 4 ครั้ง)

การเก็บบันทึกข้อมูล: ประกอบด้วยข้อมูลการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต โดยเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตทุก ๆ 7 วัน (1 สัปดาห์) เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ประกอบไปด้วย ความสูง ขนาดลำต้น ความเขียวใบ (leaf greenness ในหน่วยของ SPAD) ด้วยเครื่อง chlorophyll meter (Minolta Co.,Ltd, JAPAN, SPAD-502 model) ความยาว ความกว้าง และจำนวนใบ ในขณะที่ข้อมูลผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต เก็บเมื่อทำการเก็บเกี่ยว (4 สัปดาห์หลังปลูก) ประกอบด้วยน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดิน พื้นที่ใบด้วยวิธี leaf weight method (Phraprasert, 2007) ความเข้มข้นของ N, P และ K ทั้งหมดที่สะสมในพืชส่วนเหนือดิน (Attanandana and Chanchareonsook, 1999)

การวิเคราะห์ทางสถิติ: วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance: ANOVA) ของผลการเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตตามแผนการทดลองที่กำหนดและเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (principal component analysis: PCA) มีการนำมาใช้เพื่อศึกษาความแตกต่างระหว่างแต่ละตำรับการทดลอง โดยวิเคราะห์องค์ประกอบหลักจากความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตต่างๆ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Rstudio ดำเนินการวิเคราะห์ทางสถิติทั้งหมด

Table 3. Some of chemical properties of amino acids applied in this experiment

Parameters	AMN1	AMN2
pH 1:2	6.18	5.83
Electrical conductivity 1:10 (dS/m)	76.14	82.67
Na (%)	0.004	0.083
Organic matter (%)	10.56	10.26
Total N (%)	8.68	7.83
Total P_2O_5 (%)	0.03	0.02
Total K_2O (%)	2.95	3.49
Total Ca (%)	1.94	1.05
Total Mg (%)	0.84	0.65
Total S (%)	0.01	0.01
Total Fe (mg/kg)	149.65	157.44
Total Mn (mg/kg)	136.54	124.86
Total Cu (mg/kg)	46.24	40.35
Total Zn (mg/kg)	57.37	849.42

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การเจริญเติบโตของผักโขม

ผลการทดลอง พบว่าการพ่นกรดอะมิโนทางใบร่วมกับการจัดการปุ๋ยเคมีส่งผลต่อการเจริญเติบโตทั้งในด้านความสูงต้น ขนาดลำต้น จำนวนใบ ความว้างและความยาวใบของผักโขมในแต่ละตำรับทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเฉพาะที่เวลา 4 สัปดาห์หลังปลูก (Figure 1) ในขณะที่ระยะเวลา 1, 2 และ 3 สัปดาห์หลังปลูก ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นความเขียวใบ (SPAD) ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติตั้งแต่อายุ 2, 3 และ 4 สัปดาห์หลังปลูก โดยภาพรวม การเจริญเติบโตทั้งหมดของผักโขม (ความสูงต้น ขนาดลำต้น จำนวนใบ ความเขียวใบ ความว้างและความยาวใบ) ของ T3 มีค่ามากที่สุด และไม่แตกต่างทางสถิติกับ T4 และ T2 แต่มีความแตกต่างทางสถิติกับ T1 ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า ในเบื้องต้น ถึงแม้ผักโขมจะเป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ง่าย แต่เมื่อมีการจัดการปุ๋ยทั้ง 100 และ 75 เปอร์เซ็นต์ส่งผลให้การเจริญเติบโตดีกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยเคมี และสามารถบ่งบอกได้ว่าดินอาจมีธาตุอาหารไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช นอกจากนี้การพ่นกรดอะมิโนร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ (T3 และ T4) ให้ผลการเจริญเติบโตไม่ต่างจากการให้ปุ๋ยเคมี 100 เปอร์เซ็นต์ (T2) ซึ่งเห็นผลชัดเจนในระยะเก็บเกี่ยว (4 สัปดาห์หลังปลูก) ในขณะที่ช่วงเวลาก่อนหน้านั้น (1-3 สัปดาห์หลังปลูก) การเจริญเติบโตของผักโขม (ยกเว้นความเขียว) ของแต่ละตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติถึงแม้จะมีตำรับการทดลองที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยและพ่น AMN ก็ตาม เนื่องจากว่าดินที่นำมาปลูกเป็นชุดดินกำแพงแสนซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์สูง (Land Development Department, 2023) ซึ่งสอดคล้องกับผลวิเคราะห์ดินก่อนปลูก (Table 2) ประกอบกับผักโขมเป็นพืชชนิดที่เจริญเติบโตได้ง่าย ทนต่อโรคและแมลง (Benjawan *et al.,* 2019; Puangmanee *et al.,* 2014) จึงทำให้ช่วงระยะเวลา 1-3 สัปดาห์หลังปลูก มีผลการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามความเขียวเป็นค่าที่บ่งบอกถึงผลกระทบจากการขาดธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของผักโขมได้ชัดเจนที่สุด เนื่องจากไม่มีการพ่น AMN และไม่ใส่ปุ๋ยเคมี จึงทำให้ความเขียวของ T1 มีความแตกต่างทางสถิติกับ T2,

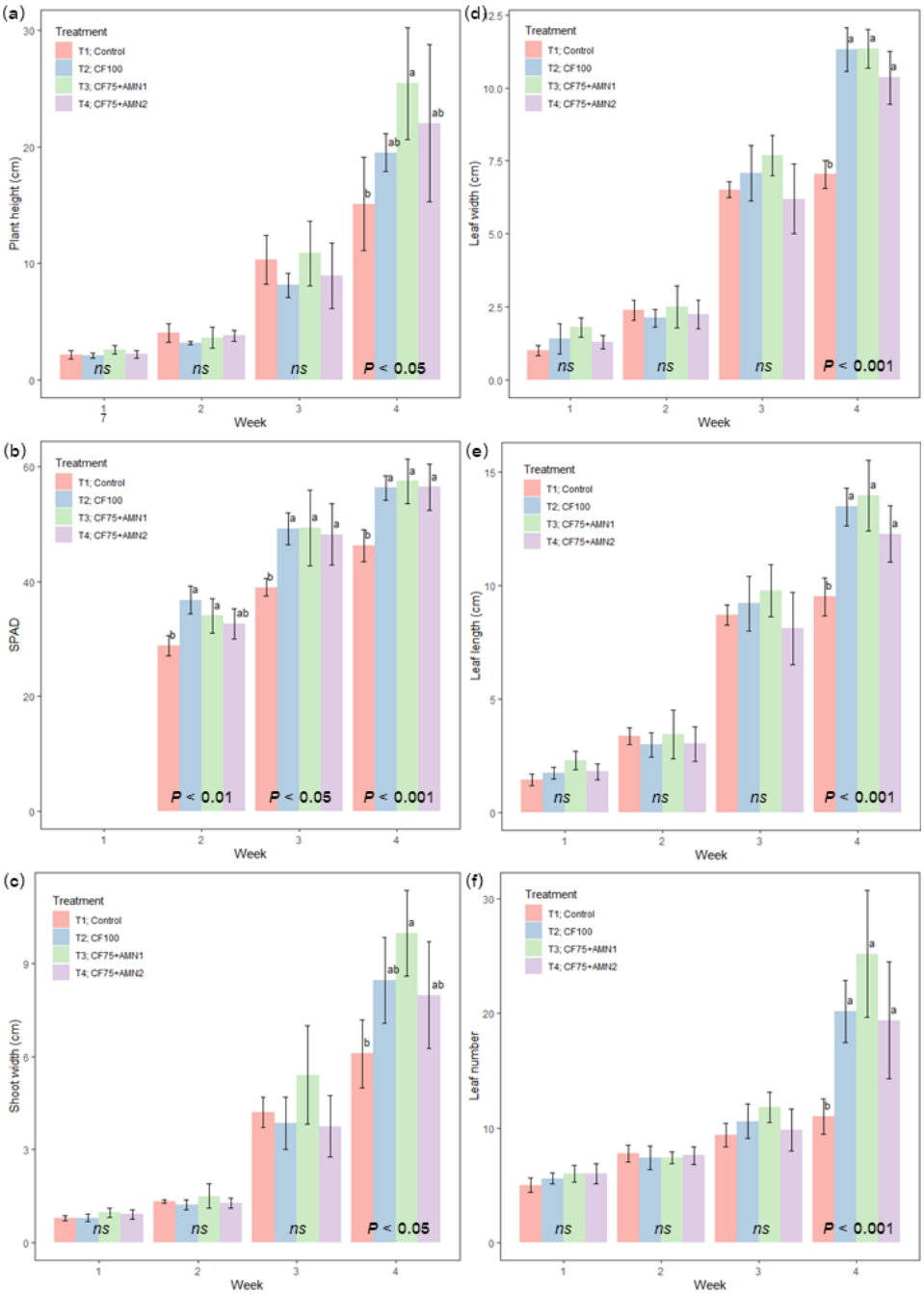


Figure 1. Growth data of amaranth of all treatments, including plant height (a), SPAD (b), shoot width (c), leaf width (d), leaf length (e) and leaf number (f). Different letters above the bar chart indicate statistically significant differences according to DMRT within each week, while "ns" indicates not significant ($P > 0.05$). The error bars indicate standard deviation (SD) of the mean

T3 และ T4 ในทุกช่วงอายุ ในขณะที่ความเขียวของ T3 และ T4 ไม่แตกต่างกับ T2 จึงบ่งชี้ได้ว่าการพ่นกรดอะมิโนมีผลต่อการเจริญเติบโตของผักโขมในเชิงของสารเร่งเชิงชีวภาพถึงแม้ว่าจะมีการลดการใช้ปุ๋ยเคมีลงถึง 25 เปอร์เซ็นต์ โดย AMN1 และ และ AMN2 มี N เป็นองค์ประกอบมากถึง 8.68 เปอร์เซ็นต์ และ 7.83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 3) สอดคล้องกับรายงานของ Osotsapar (2014) ซึ่ง N ที่ทำหน้าที่เสริมสร้างการเจริญเติบโตทั้งด้านลำต้นและใบ รวมถึงสร้างคลอโรฟิลล์ (Department of Soil Science, 1998; Sun *et al*., 2023; Ullah *et al*., 2018; Zeng *et al*., 2020) นอกจากนี้ ยังมีรายงานว่ากรดอะมิโนส่งผลทางสรีรวิทยาของพืชทั้งโดยตรงและโดยอ้อม (Awad *et al*., 2007) พบว่า มะเขือเทศที่ได้รับการพ่นกรดอะมิโนมีความสูงแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (Phayungtham *et al*., 2012) เนื่องจากมีกรดอะมิโนบางชนิดเช่น กรดกลูตามิก และไทโรซีน ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช (Popko *et al*., 2018) และมีกรดอะมิโนบางชนิดเช่น ไกลซีน ไลซีน อะลานีน ซีรีน ที่มีผลต่อการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ (Popko *et al*., 2018) ซึ่งส่งผลต่อค่าความเขียวของใบ ดังนั้นการพ่นกรดอะมิโนจึงมีส่วนช่วยให้การเจริญเติบโตของพืชไม่ต่างกับตำรับที่ใส่ปุ๋ยเคมี 100 เปอร์เซ็นต์ ถึงแม้จะได้รับปุ๋ยเคมีเพียงแค่ 75 เปอร์เซ็นต์ ก็ตาม

ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของผักโขม

โดยภาพรวมพบว่า การพ่นกรดอะมิโนทางใบร่วมกับการจัดการปุ๋ยเคมีส่งผลให้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตในแต่ละตำรับทดลอง (Figure 2) ซึ่ง T3 ส่งผลให้น้ำหนักสดมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน น้ำหนักแห้งมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน และพื้นที่ใบมีค่ามากที่สุด ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับ T2 และ T4 แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ T1 ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับการเจริญเติบโตของผักโขม (Figure 1) ตามที่วิจารณ์ไว้ก่อนหน้านี้ กล่าวคือตำรับการทดลองที่มีการพ่นกรดอะมิโน (T3 และ T4) ให้ผลผลิต และคุณภาพผลผลิตไม่แตกต่างกับตำรับทดลองที่ได้ปุ๋ยเคมี 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสืบเนื่องจากการที่กรดอะมิโนมีส่วนช่วยในเรื่องของการเจริญเติบโต ดังนั้นเมื่อพืชมีการเจริญเติบโตที่ดี ย่อมส่งผลให้มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับผลผลิต สอดคล้องกับรายงานของ Sarutayophat (2012) ที่พบความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโต และผลผลิตของถั่วเหลือง เนื่องจากพืชสามารถดูดน้ำและธาตุอาหาร และการสังเคราะห์แสงเพื่อนำไปพัฒนาองค์ประกอบของเซลล์พืชต่าง ๆ ได้มากขึ้น (Department of Soil Science, 1998; Maqueira-López *et al*., 2019) จึงส่งผลให้มีผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตที่ดีขึ้นไปด้วย มีข้อสังเกตว่า ถึงแม้ว่าตำรับทดลองที่มีการพ่น

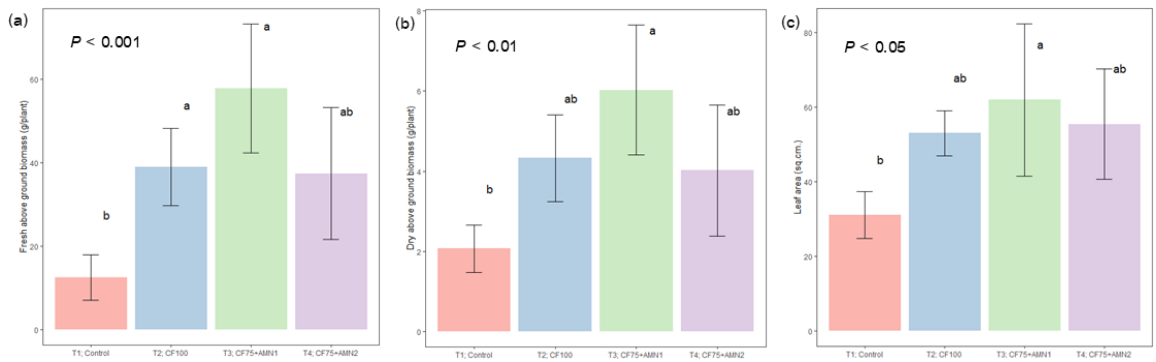


Figure 2. Yield and yield components data of amaranth of all treatments, including fresh above ground biomass (a), dry above ground biomass (b) and leaf area (c) Different letters above the bar chart indicate statistically significant differences according to DMRT. The error bars indicate standard deviation (SD) of the mean

กรดอะมิโนและได้รับ N ในปริมาณน้อยกว่า ตำรับที่ได้รับ N จากการใช้ปุ๋ยเคมี 100 เปอร์เซ็นต์ แต่ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ทั้งนี้อาจมีความเป็นไปได้จาก 2 ด้านดังนี้ 1) ปริมาณปุ๋ย 100 เปอร์เซ็นต์นั้นอาจมากเกินพอต่อความต้องการของพืชแล้ว เนื่องจากข้อมูลผลผลิตของผักโขมที่ได้รับปุ๋ยเคมี 100 และ 75 เปอร์เซ็นต์มีความใกล้เคียงกับรายงานโดย Benjawan *et al.* (2019) ดังนั้น การได้รับปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ยังอาจเพียงพอต่อความต้องการของพืช และในการทดลองนี้ไม่สามารถแยกอิทธิพลของกรดอะมิโนได้อย่างชัดเจนเนื่องจากไม่มีผลการใส่ปุ๋ย 75 เปอร์เซ็นต์โดยไม่มีการพ่นกรดอะมิโน และ 2) ผลจากการส่งเสริมของกรดอะมิโน เนื่องจากว่ากรดอะมิโนที่พืชได้รับ เป็นกรดอะมิโนสำเร็จรูปซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เลย โดยไม่จำเป็นต้องสังเคราะห์จาก N ในรูปอนินทรีย์เป็นอินทรีย์ ทำให้พืชสามารถประหยัดพลังงานในการสังเคราะห์ (Osotsapar, 2014; Popko *et al.*, 2018) จึงคาดว่าจะเป็นสาเหตุให้ผักโขมที่ปลูกในสภาพแวดล้อมเดียวกัน แต่ได้รับธาตุอาหารในรูปที่เป็นประโยชน์น้อยกว่าเนื่องจากได้รับปุ๋ยเคมีในอัตราไม่เท่ากัน กลับให้ผลผลิตไม่แตกต่างกัน โดยตำรับทดลองที่มีการลดปุ๋ยเคมีลง 25 เปอร์เซ็นต์ ทำให้พืชอาจได้รับธาตุอาหารในรูปที่เป็นประโยชน์น้อยกว่าโดยเฉพาะ T3 ซึ่งมีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงที่สุดเนื่องจากมีความเข้มข้นของ N สูงกว่าสูตรที่ 2 (Table 3)

ความเข้มข้นของธาตุอาหารที่สะสมในผักโขม

การพ่นกรดอะมิโนทางใบร่วมกับการจัดการปุ๋ยเคมีส่งผลให้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของความเข้มข้นธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) ที่สะสมในส่วนเหนือดินของพืช (Figure 3) และผลของธาตุอาหาร หลักทั้ง 3 ธาตุ มีลักษณะใกล้เคียงกัน คือ T3 มีค่าความเข้มข้นของ N, P และ K ในส่วนเหนือดินของพืชสูงที่สุด และไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับ T2 และ T4 ในขณะที่ T1 มีความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักน้อยกว่าตำรับการทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยภาพรวมพบว่า ความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักในส่วนเหนือดินของพืช สอดคล้องกับผลการเจริญเติบโต และผลผลิต ซึ่ง T3 มีค่ามากที่สุด และไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับ T2 และ T4 เช่นกัน แต่เมื่อเทียบกับค่าความเขียว พบว่ามีผลใกล้เคียงกันมากกว่าค่าอื่น ๆ โดยเพาะช่วงเวลา 3 และ 4 สัปดาห์หลังปลูก (Figure 1b) จากที่กล่าวไว้ก่อนหน้านี้ ว่ากรดอะมิโนมี N เป็นส่วนประกอบหลักทำหน้าที่ในการสร้างการเจริญเติบโตของพืช และผลิตคลอโรฟิลล์ (Department of Soil Science, 1998; Ullah *et al.*, 2018; Xeng *et al.*, 2020; Sun *et al.*, 2023) จึงทำให้ส่งผลต่อความเขียว

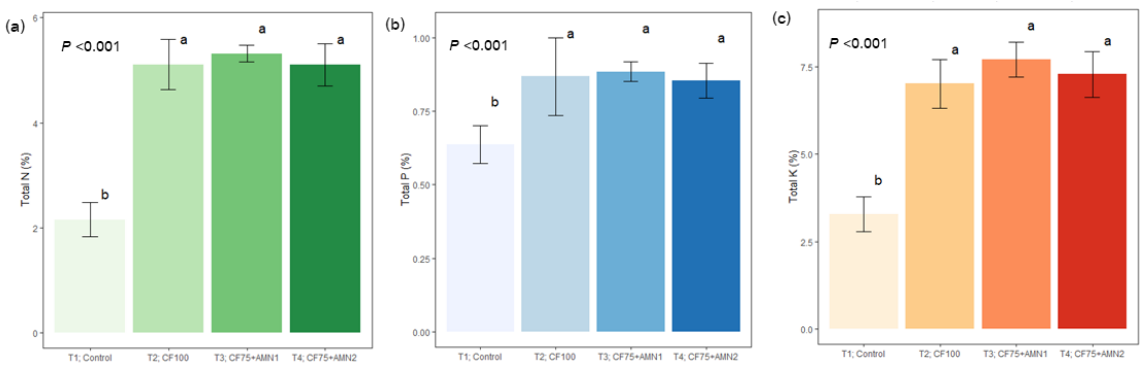


Figure 3. The concentration of primary nutrients in above ground biomass of amaranth of all treatments, including total N (a), total P (b) and total K (c). Different letters above the bar chart indicate statistically significant differences according to DMRT. The error bars indicate standard deviation (SD) of the mean

และอาจทำให้มีความเข้มข้นของ N ในส่วนเหนือดินของพืชมากขึ้นไปด้วย อย่างไรก็ตาม พบว่าไม่ใช่มีแค่ความเข้มข้นของ N ในส่วนเหนือดินของพืชมากเพียงธาตุเดียว แต่ตำรับทดลองที่ได้รับปุ๋ยเคมีเพียงแค่ 75 เปอร์เซ็นต์ ก็มีความเข้มข้นของ P และ K ทั้งหมดไม่แตกต่างกับตำรับการทดลองที่ได้ปุ๋ยเคมี 100 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากในกรดอะมิโนทั้ง 2 ชนิดมี P และ K เป็นองค์ประกอบเช่นกัน ถึงแม้ว่าจะมีน้อยกว่า N ก็ตาม (Table 3) ซึ่งเป็นลักษณะเดียวกับกรดอะมิโนที่รายงานโดย Popko *et al*. (2018) ซึ่งมี P และ K น้อยกว่า N ดังนั้นการพ่นกรดอะมิโนทั้ง 2 ชนิดจึงทำให้พืชได้รับ P และ K ด้วย นอกจากนี้ การที่มีธาตุอาหารหลักสะสมอยู่พืชอาจจะไม่ได้รับมาจากธาตุอาหารหลักที่เป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโนที่ทำการพ่นและปุ๋ยเคมีที่ให้ทางดินเพียงอย่างเดียว แต่กรดอะมิโนอาจจะช่วยในเรื่องของการส่งเสริมการดูดธาตุอาหารของพืช ทำให้พืชได้สามารถดูดธาตุอาหารทางดินไปใช้ได้มากขึ้นดังที่มีการรายงานโดย Maini (2006) รวมถึงส่งเสริมทางสรีรวิทยาของรากพืช (Osotsapar, 2014) นอกจากนี้ ความเข้มข้นธาตุอาหารในพืช อาจส่งผลต่อคุณภาพผลผลิตในด้านของคุณค่าทางโภชนาการ สอดคล้องกับรายงานที่พบว่าการพ่นกรดอะมิโนสามารถส่งเสริมคุณค่าทางโภชนาการของผักกาดหอม (Al-Karaki and Othman, 2023) โหระพา (Noroozlo *et al*., 2019a) และปวยเล้ง (Shafeek *et al*., 2020)

ความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโต ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และความเข้มข้นของธาตุอาหารในส่วนเหนือดินของผักโขม

ผลการวิเคราะห์โดย principal component analysis (PCA) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ พบว่าโดยรวมทั้ง PC1 และ PC2 สามารถอธิบายข้อมูลทั้งหมดได้มากถึง 89.4 เปอร์เซ็นต์ โดยแบ่งเป็น 77.0 และ 12.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Figure 4) โดยพบว่า ข้อมูลการเจริญเติบโตส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์กันมากโดยเฉพาะ ความยาวใบ ขนาดลำต้น มวลสดและมวลแห้งส่วนเหนือดิน ความสูงต้น จำนวนใบ พื้นที่ใบ แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของธาตุอาหารในส่วนเหนือดินของพืช โดยความเข้มข้นของธาตุอาหารในส่วนเหนือดินของพืชมีความสัมพันธ์อย่างมากกับความกว้างใบ และความเขียวใบ ซึ่งโดยภาพรวม ถือว่าการพ่นกรดอะมิโนร่วมกับการใช้ปุ๋ย 75 เปอร์เซ็นต์ หรือไม่พ่นกรดอะมิโน (ปุ๋ย 100 เปอร์เซ็นต์) ไม่ส่งผลให้การเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของผักโขมแตกต่างกัน และสอดคล้องกับการวิเคราะห์ความแปรปรวนตามดังที่ก่อนหน้านี้ โดยพบว่าการกระจายตัวของข้อมูล T2, T3 และ T4 อยู่บริเวณใกล้เคียงกัน

จากการทดลองนี้ พบว่าการใช้กรดอะมิโนในเชิงของสารเร่งเชิงชีวภาพ มีแนวโน้มกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชที่นำมาทดลองได้ แต่ยังมีข้อจำกัดก็คือ การทดลองนี้ ไม่มีผลการใส่ปุ๋ย 75 เปอร์เซ็นต์โดย

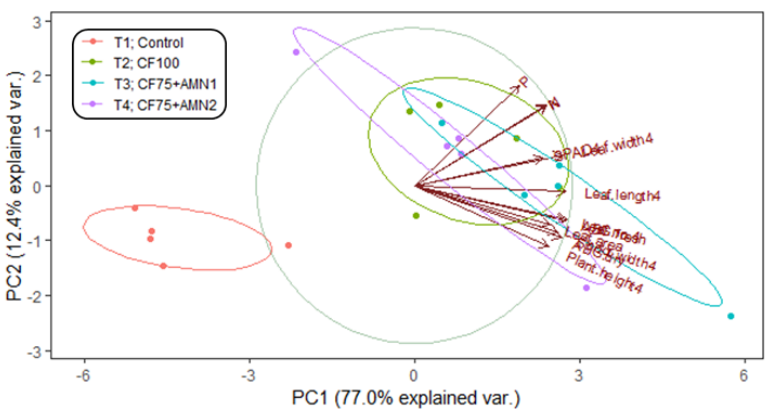


Figure 4. Principal component analysis among growth, yield, yield components and concentration of primary nutrients in above ground biomass of amaranth among various treatments

ไม่มีการพ่นกรดอะมิโน จึงทำให้ไม่สามารถแยกอิทธิพลของกรดอะมิโนได้อย่างชัดเจน จึงควรมีการทดสอบเพิ่มเติมเพื่อยืนยันอิทธิพลของกรดอะมิโนเป็นหลัก และการทดลองนี้ทำในสภาพโรงเรือน จึงทำให้ยังไม่ได้รับอิทธิพลของความเครียดในสภาพแปลงทดลองจริง ไม่ว่าจะมาจากทั้งปัจจัยทางสิ่งมีชีวิต หรือปัจจัยทางธรรมชาติ ดังนั้น จึงควรมีการศึกษาในสภาพแปลงต่อไป นอกจากนี้ควรมีการทำการทดลองในพืชชนิดอื่น ๆ เนื่องจากในการทดลองนี้ทำการทดลองกับผักโขมซึ่งเป็นพืชชนิดรับประทานใบ ผลการทดลองพบว่า AMN1 ร่วมกับการลดปุ๋ย 25 เปอร์เซ็นต์ (T3) มีแนวโน้มให้ผลผลิตดีกว่า AMN2 ร่วมกับการลดปุ๋ย 25 เปอร์เซ็นต์ (T4) เนื่องจาก AMN1 มีองค์ประกอบของ N สูงกว่า AMN2 (Table 3) จึงอาจมีความเหมาะสมต่อพืชชนิดที่เน้นการเจริญเติบโตทางต้นและใบ ในขณะที่ AMN2 มี Zn สูงกว่า AMN1 อย่างเห็นได้ชัดเจน (Table 3) ดังนั้นเมื่อนำไปทดสอบกับพืชรับประทานผล AMN2 อาจให้ผลผลิตดีกว่าก็ได้เนื่องจากมีจุลธาตุสูงกว่าซึ่งส่งผลต่อผล และองค์ประกอบผลผลิต ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาในพืชชนิดอื่นด้วย เพื่อเพิ่มความหลากหลายในการนำไปใช้ และควรศึกษาถึงอัตรา ความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด รวมถึงทดสอบความสามารถในการทดแทนปุ๋ยเคมีในอัตราอื่น ๆ พร้อมทั้งศึกษาผลตอบแทนทางเศรษฐกิจควบคู่ไปด้วย เพื่อดูแนวโน้มที่จะนำมาใช้งานจริงเพื่อเป็นทางเลือกในการลดการใช้ปุ๋ยเคมี ลดต้นทุนการผลิต หรืออาจมีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมในเรื่องของราคากรดอะมิโนที่ซื้อมาใช้เพิ่มเติม รวมถึงค่าแรงที่เพิ่มขึ้นในการพ่นกรดอะมิโน ซึ่งต้นทุนและรายจ่ายอาจแปรเปลี่ยนไปตามปัจจัยต่าง ๆ เช่น ชนิดพืชที่ปลูก ชนิดปุ๋ยที่ใช้ อัตราปุ๋ยที่ใช้ ขนาดพื้นที่ปลูก คุณภาพผลผลิต ฯลฯ จึงจะเป็นประโยชน์และเป็นแนวทางในการเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรไทยในอนาคต

สรุป

จากผลการทดลองการพ่นกรดอะมิโนทางใบร่วมกับการจัดการปุ๋ยเคมี พบว่าส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักโขมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าการพ่นกรดอะมิโนทั้ง 2 ชนิด ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีเพียง 75 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลการเจริญเติบโต ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต ความเข้มข้นธาตุอาหารหลักในส่วนเหนือดินของพืช ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับตำรับการทดลองที่ใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (100 เปอร์เซ็นต์) ในขณะที่ตำรับควบคุมให้ผลการเจริญเติบโต ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และความเข้มข้นธาตุอาหารต่ำที่สุด จึงสามารถสรุปได้ว่าการพ่นกรดอะมิโนร่วมกับการจัดการปุ๋ยมีผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของผักโขม และยังสามารถลดการใช้ปุ๋ยเคมีไปได้ถึง 25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นประโยชน์แก่เกษตรกรในแง่ของทางเลือกในการลดต้นทุนการผลิตที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยเคมี นอกจากนี้ ยังควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในสภาพพื้นที่แปลงทดลอง พืชชนิดอื่น ๆ อัตราความเข้มข้นที่เหมาะสม ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ เพื่อที่จะสามารถใช้ประโยชน์จากกรดอะมิโนในการปลูกพืชได้อย่างคุ้มค่า และครอบคลุมถึงชนิดพืชอื่น ๆ และได้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่ดีมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนายอัครชัย โสมกุล และเจ้าหน้าที่จากศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน ที่ช่วยอนุเคราะห์สถานที่ อุปกรณ์ แรงงาน รวมถึงทรัพยากรต่าง ๆ เพื่อช่วยให้การทดลองนี้ผ่านไปได้ด้วยดี รวมถึงบุคลากรของทางภาควิชาปฐพีวิทยาที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการวิเคราะห์ทางเคมี เจ้าหน้าที่ผู้ช่วยดูแลโรงเรือนทุกท่านที่ช่วยดูแลผักโขมตลอดจนการทดลองเสร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

Al-Karaki, G.N. and Y. Othman. 2023. Effect of foliar application of amino acid biostimulants on growth, macronutrient, total phenol contents and antioxidant activity of soilless grown lettuce cultivars. South African Journal of Botany 154: 225-231, doi: 10.1016/j.sajb.2023.01.034.

Attanandana, T. and J. Chanchareonsook.1999. Practice and handbook of soil and plant laboratory analysis. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok. 108 p. (in Thai)

Awad, El-M.M., A.M. Abd El-Hameed and Z.S. El-Shall, 2007. Effect of glycine, lysine and nitrogen fertilizer rates on growth, yield and chemical composition of potato. Journal of Agricultural Science Mansoura University 32(10): 8541-8551.

Benjawan, L., S. Promdang, S. Sukkhaeng and U. Doung-ngern. 2019. Growth characteristics, protein, fiber and chlorophyll contents of eight amaranth cultivars. Agricultural Science and Management Journal 2(3): 84-93. (in Thai)

Bray, R.H. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soil. Soil Science 59(1): 39-46.

Chojnacka, K., D. Skrzypczak, D. Szopa, G. Izydorczyk, K. Moustakas and A. Witek-Krowiak. 2023. Management of biological sewage sludge: Fertilizer nitrogen recovery as the solution to fertilizer crisis. Journal of Environmental Management 326 (Part A): 116602, doi: 10.1016/j.jenvman.2022.116602.

Curie, C., G. Cassin, D. Couch, F. Divol, K. Higuchi, M. Le Jean, J. Misson, A. Schikora, P. Czernic and S. Mari. 2009. Metal movement within the plant: contribution of nicotianamine and yellow stripe 1-like transporters. Annals of Botany 103(1): 1-11.

Department of Agriculture. 2005. The recommendations of fertilizers application for economic plants. Department of Agriculture, Bangkok. 121 p. (in Thai)

Department of Soil Science. 1998. Basic of Soil Science. Kasetsart University Press, Bangkok. 547 p. (in Thai)

du Jardin, P. 2015. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. Scientia Horticulturae 196: 3-14.

García-Martínez, A.M., A. Díaz, M. Tejada, J. Bautista, B. Rodríguez, C. Santa María, E. Revilla and J. Parrado. 2010. Enzymatic production of an organic soil biostimulant from wheat-condensed distiller solubles: Effects on soil biochemistry and biodiversity. Process Biochemistry 45(7): 1127-1133.

Haghighi, M., A.B. Sadeghabad and R. Abolghasemi. 2022. Effect of exogenous amino acids application on the biochemical, antioxidant, and nutritional value of some leafy cabbage cultivars. Scientific Reports 12: 17720, doi: 10.1038/s41598-022-21273-6.

Jie, M., W. Raza, Y.C. Xu and Q.R. Shen. 2008. Preparation and optimization of amino acid chelated micronutrient fertilizer by hydrolyzation of chicken waste feathers and the effects on growth of rice. Journal of Plant Nutrition 31(3): 571-582.

Land Development Department. 2023. Kamphaeng Saen Series: Ks. (Online). Available: http://oss101.ldd.go.th/web_thaisoils/pf_desc/central/Ks.htm (January 10, 2023). (in Thai)

Li, X. and K.H.M. Siddique. 2018. Future Smart Food: Rediscovering hidden treasures of neglected and underutilized species for zero hunger in Asia, FAO of the United Nations, Bangkok. 242 p.

Maini, P. 2006. The experience of the first biostimulant, based on amino acids and peptides: A short retrospective review on the laboratory researches and the practical results. Fertilitas Agrorum 1: 29-43.

Maqueira-López, L.A., R. Morejón-Rivera, O. Roján-Herrera and W. Torres-de-la-Noval. 2019. Relationship between growth traits and yield formation in Indica-type rice crop. Agronomía Mesoamericana 30(1): 79-100.

Noroozlo, Y.A., M.K. Souri and M. Delshad. 2019a. Effects of foliar application of glycine and glutamine amino acids on growth and quality of sweet basil. Advances in Horticultural Science 33(4): 495-501.

Noroozlo, Y.A., M.K. Souri and M. Delshad. 2019b. Stimulation effects of foliar applied glycine and glutamine amino acids on lettuce growth. Open Agriculture 4: 164-172.

Office of Agricultural Economics. 2022. Quantity and value of imported chemical fertilizers. (Online). Available: https://www.oae.go.th/view/1/%E0%B8%9B%E0%B8%B1%E0%B8%88%E0%B8%88%E0%B8%B1%E0%B8%A2%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%9C%E0%B8%A5%E0%B8%B4%E0%B8%95/TH-TH (December 17, 2022). (in Thai)

Osotsapar, Y. 2014. The application of biostimulants to promote plant growth. Journal of Soil and Fertilizer 36(1-4): 27-54. (in Thai)

Phayungtham, A., W. Kaewpradit and B. Siri. 2012. Influences of amino acid chelate foliar fertilizer on growth and seed quality of hybrid tomato seeds. Khon Kaen Agriculture Journal 40: 167-178. (in Thai)

Phraprasert, P. 2007. Plant Physiology. Odeonstore Publisher, Bangkok. 174 p. (in Thai)

Popko, M., I. Michalak, R. Wilk, M. Gramza, K. Chojnacka and H. Górecki. 2018. Effect of the new plant growth biostimulants based on amino acids on yield and grain quality of winter wheat. Molecules 23(2): 470, doi: 10.3390/molecules23020470.

Pratt, P.E. 1965. Potassium. pp. 1022-1030. *In*: C.A. Black (ed.). Method of Soil Analysis. Part II. Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy Inc., Soil Science Society of America Inc., Madison, WI.

Puangmanee, J., K. Utasuk, T. Panyasai and C. Tiyayon. 2014. The study of amaranth seedling production. Khon Kaen Agriculture Journal 42(Suppl. 4): 840-845. (in Thai)

Ramesh, T., S. Rathika, A. Murugan, R.R. Soniya, K.K. Mohanta and B. Prabharani. 2020. Foliar spray of fish amino acid as liquid organic manure on the growth and yield of Amaranthus. Chemical Science Review and Letters 9(34): 511-515.

Sarutayophat, T. 2012. Correlation and path coefficient analysis for yield and its components in vegetable soybean. Songklanakarin Journal of Science and Technology 34(3): 273-277.

Shafeek M.R., A.R. Mahmoud, Y.I. Helmy, N.M. Omar and H.M.A. Khater. 2020. Effect of nitrogen fertilization and foliar application of amino acid on growth, yield and nutritional value of spinach plants. Current Science International 9(4): 641-648.

Souri, M.K., F.Y. Sooraki and M. Moghadamyar. 2017. Growth and quality of cucumber, tomato, and green bean under foliar and soil applications of an aminochelate fertilizer. Horticulture, Environment, and Biotechnology 58(6): 530-536.

Sun, J., W. Li, C. Li, W. Chang, S. Zhang, Y. Zeng, C. Zeng and M. Peng. 2020. Effect of different rates of nitrogen fertilization on crop yield, soil properties and leaf physiological attributes in banana under subtropical regions of China. Frontier in Plant Science 11: 613760, doi: 10.3389/fpls.2020.613760.

Ullah, I., N. Ali, S. Durrani, M.A. Shabaz, A. Hafeez, H. Ameer, M. Ishfaq, M.R. Fayyaz, A. Rehman and A. Waheed. 2018. Effect of different nitrogen levels on growth, yield and yield contributing attributes of wheat. International Journal of Scientific & Engineering Research 9(9): 595-602.

Walkley, A. and I.A. Black. 1947. Chromic acid titration method for determination of soil organic matter. Soil Science 37(1): 29-38.

Zeng, X., K. Zhu, J. Lu, Y. Jiang, L. Yang, Y. Xing and Y. Li. 2020. Long-term effects of different nitrogen levels on growth, yield, and quality in sugarcane. Agronomy 10(3): 353, doi: 10.3390/agronomy10030353.