ผลของกรดอะมิโนชนิดพ่นทางใบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช[1/]

Effects of Foliar-Applied Amino Acids on Plant Growth and Yield[1/]

ผู้ทำสัมมนา **นายตรีวิทย์ แก้วคำ**[2/]
อาจารย์ที่ปรึกษา

บทคัดย่อ

การใช้กรดอะมิโนเป็นสารกระตุ้นทางชีวภาพ ถือเป็นแนวทางที่ช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพการเจริญเติบโต เพิ่มผลผลิตของพืช และช่วยเสริมสร้างกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืช สำหรับการศึกษากรดอะมิโนชนิดพ่นทางใบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโอ๊ต โดยเฉพาะการฉีดพ่นทางใบด้วยกรดอะมิโน L-Tryptophan ที่ระดับ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ในข้าวโอ๊ตพันธุ์ Shafa ส่งผลให้ความสูงต้น พื้นที่ใบ และปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้นสูงที่สุด สำหรับการใช้กรดอะมิโนในการแช่เมล็ดพืช พบว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวสังข์หยดที่แช่ด้วยกรดอะมิโนปลาทะเลที่ความเข้มข้น 0.10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการฉีดพ่นทางใบ ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การงอกสูงถึง 98 เปอร์เซ็นต์ ความยาวราก น้ำหนักสด และปริมาณคลอโรฟิลล์ในต้นกล้าเพิ่มสูงขึ้น และการประยุกต์ใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับ Amino acid (AMN1 และ AMN2) ที่ฉีดพ่นในผักโขม ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของผักโขม ด้านความสูงต้น ขนาดลำต้น จำนวนใบ ความกว้างใบ และความยาวใบสูงที่สุด ซึ่งเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถลดการใช้ปุ๋ยเคมีได้ 25 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ ยังช่วยลดต้นทุนการผลิตและสนับสนุนระบบการเกษตรที่ยั่งยืน สามารถสรุปได้ว่าการใช้กรดอะมิโนชนิดพ่นทางใบและแช่เมล็ดเป็นเทคนิคที่มีศักยภาพในการเพิ่มผลผลิต ลดการใช้ปุ๋ยเคมี และตอบสนองต่อการทำเกษตรยุคใหม่

คำสำคัญ: กรดอะมิโน; ปุ๋ยทางใบ; คลอโรฟิลล์; การเจริญเติบโต

[1/]เอกสารประกอบรายวิชา 1201 480 สัมมนาพืชไร่

[2/]นักศึกษาชั้นปีที่ 4 ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทนำ

กรดอะมิโน (amino acid; AMN) คือ สารประกอบอินทรีย์ซึ่งมีหมู่ฟังก์ชันทำหน้าที่ 2 แบบ คือ หมู่อะมิโน (amino group) และหมู่คาร์บอกซิลิก (carboxylic group) ซึ่งมีมากกว่า 250 ชนิด กรดอะมิโนจึงถือเป็นสารเร่งเชิงชีวภาพ (biostimulants) สำหรับพืชชนิดหนึ่ง ที่สามารถใช้กับพืชได้ทั้งทางดิน ทางใบ หรือคลุกเมล็ด กรดอะมิโนนั้นมีบทบาทพื้นฐานในกระบวนการเมตาบอลิซึมของพืช โดยทำหน้าที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของโปรตีนและเป็นสารตั้งต้นในการสร้างสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลายชนิด รวมถึงวิตามิน นิวคลีโอไทด์ และฮอร์โมนพืช (Shiade *et al*., 2024) นอกจากนี้ กรดอะมิโนยังมีความสำคัญต่อการทำงานของเอนไซม์ ความทนทานต่อสภาวะเครียด การช่วยให้รากพืชดูดธาตุอาหารได้มากขึ้น ช่วยให้การสังเคราะห์แสงดีขึ้น เป็นแหล่งของไนโตรเจน เพิ่มการดูดซึมแคลเซียม ปรับปรุงกิจกรรมของจุลินทรีย์ ทนต่ออุณหภูมิที่สูงหรือต่ำเกินไป ทนต่อความเค็ม ทนต่อการขาดน้ำ และการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชโดยรวม (Khan *et al*., 2020) กรดอะมิโนยังมีความสำคัญในฐานะเป็นสารตั้งต้นของ indole-3-acetic acid (IAA) ซึ่งเป็นฮอร์โมนพืชหลักที่เกี่ยวข้องกับการยืดตัวของเซลล์ การสร้างความแตกต่าง และการแบ่งเซลล์ (Zhang *et al*., 2022) โดยการกระตุ้นการปลดปล่อย IAA อย่างต่อเนื่องและการเพิ่มประสิทธิภาพของหน้าที่ทางสรีรวิทยาต่าง ๆ เช่น การควบคุมสมดุลของแรงดันออสโมติก การขนส่งไอออน และการทำงานของปากใบ การใช้กรดอะมิโนจึงสามารถช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชได้ (Al-Turki *et al*., 2023) กรดอะมิโนที่ถูกนำมาใช้เป็นสารเร่งเชิงชีวภาพประกอบด้วยกรดอะมิโนหลายชนิดขึ้นอยู่กับวัตถุดิบซึ่งเป็นที่มาของโปรตีนที่ถูกย่อยด้วยปฏิกิริยาแยกสลายด้วยน้ำ ดังนั้น การใช้ประโยชน์ของกรดอะมิโนจึงสามารถนำมาใช้กับพืชได้และชนิดของกรดอะมิโนที่สกัดมาได้ ปัจจุบันประเทศในยุโรปได้มีการนำกรดอะมิโนมาใช้ทางการเกษตรกันอย่างแพร่หลาย และพบว่ากรดอะมิโนมีผลในด้านของการส่งเสริม การดูดธาตุอาหารและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ธาตุอาหารทั้งธาตุหลักและจุลธาตุ (Maini, 2006) สามารถทำปฏิกิริยา Chelation ส่งผลทำให้เซลล์พืชดูดไปใช้ประโยชน์ได้ง่ายทั้งทางรากและเซลล์ใบ (Jie *et al*., 2008) เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของผลผลิต (Curie *et al*., 2009) และเพิ่มกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินอีกด้วย

ชนิดของกรดอะมิโน

กรดอะมิโนนั้นมีหลายชนิดที่มีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช ทั้งในด้านส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิต ต้านทานความเครียดจากสิ่งแวดล้อม การสังเคราะห์คลอโรฟิลล์และฮอร์โมนพืช การปรับปรุงคุณภาพทางโภชนาการของพืช และกรดอะมิโนที่สำคัญและมีบทบาทเด่น เช่น

ไอโซลิวซีน (Isoleucine) เป็นกรดอะมิโนสายกิ่ง (branched-chain amino acid) ที่มีบทบาทสำคัญในสรีรวิทยาของพืช โดยเฉพาะในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนและการส่งสัญญาณความเครียด การมีส่วนร่วมของไอโซลิวซีนในการสังเคราะห์กรดจัสโมนิก (Jasmonic acid, JA) โดยเฉพาะการจับคู่กับไอโซลิวซีน (JA-Ile) นั้น มีความสำคัญต่อการตอบสนองด้านการป้องกันของพืช

เมไทโอนีน (Methionine) มีบทบาทที่หลากหลายในการทำงานทางชีววิทยาของพืช โดยเป็นสารตั้งต้นของ S-adenosylmethionine (SAM) ซึ่งมีความสำคัญในการสร้างเอทิลีน (ethylene) ฮอร์โมนที่ควบคุมกระบวนการทางสรีรวิทยาหลายอย่าง เช่น การออกดอก และการแก่ของใบ นอกจากนี้เมไทโอนีนยังช่วยเสริมสร้างความทนทานต่อความเครียด มีส่วนในการป้องกันอนุมูลอิสระ และช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ

กลูตามีน (Glutamine) เป็นกรดอะมิโนที่พบมากในพืช มีบทบาทสำคัญในกระบวนการเมแทบอลิซึมของไนโตรเจน และเป็นตัวพาไนโตรเจนที่จำเป็นต่อการสร้างกรดอะมิโนและโปรตีน กลูตามีนยังช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตและส่งเสริมสุขภาพโดยรวมของพืช การใช้กลูตามีนสามารถเพิ่มการขยายตัวของใบและปริมาณคลอโรฟิลล์ได้

ทริปโตเฟน (Tryptophan) ทำหน้าที่เป็นสารตั้งต้นที่สำคัญในการสังเคราะห์ อินโดล-3-อะซีติกแอซิด (Indole-3-acetic acid, IAA) ซึ่งเป็นหนึ่งในฮอร์โมนหลักของพืชที่เรียกว่า ออกซิน (auxin) ฮอร์โมนนี้ควบคุมการเจริญเติบโตของพืช การยืดตัวของเซลล์ การแยกแยะหน้าที่ การพัฒนาราก และการเจริญของยอด

ฟีนิลอะลานีน (Phenylalanine) เป็นกรดอะมิโนที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในพืช โดยเป็นสารตั้งต้นของการสังเคราะห์ลิกนิน ฟลาโวนอยด์ และกรดซาลิไซลิก สารเหล่านี้มีความจำเป็นในการเสริมสร้างโครงสร้างทางกายภาพของพืชและเพิ่มความแข็งแรงของระบบภูมิคุ้มกันของพืช อีกทั้งการมีบทบาทในกระบวนการสร้างฟลาโวนอยด์และกรดซาลิไซลิกยังช่วยปกป้องพืชจากความเครียดสิ่งแวดล้อมและการรุกรานของเชื้อโรค (Justina *et al*., 2025)

บทบาทและความสำคัญของกรดอะมิโนต่อพืช

กรดอะมิโนมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อสรีรวิทยาของพืช โดยไม่ได้จำกัดอยู่เพียงแค่หน้าที่ดั้งเดิมในการเป็นหน่วยโครงสร้างของโปรตีนเท่านั้น แต่ยังมีบทบาทหลักในการช่วยการเจริญเติบโต การพัฒนา การปรับตัวต่อความเครียดจากสิ่งแวดล้อม และสุขภาพโดยรวมของพืช โดยทำหน้าที่เป็นโมเลกุลส่งสัญญาณ ตัวควบคุมการเผาผลาญ และเป็นสารตั้งต้นของฮอร์โมนพืช (Heidarzadeh, 2025) ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตที่ดี มีคุณภาพทางโภชนาการที่สูง และกรดอะมิโนยังสามารถช่วยลดการใช้ปุ๋ยเคมีได้ ซึ่งเป็นประโยชน์แก่เกษตรกรในแง่ของทางเลือกในการลดต้นทุนการผลิตที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยเคมี

ลักษณะการใช้กรดอะมิโน

การพ่นทางใบ

การฉีดพนกรดอะมิโนทางใบพืช (Foliar application) เปนวิธีการที่สามารถ เพิ่มการดูดซึมไดสูงสุดและลดปญหาการไหลบาหรือการชะลางธาตุอาหารทางดิน ทำใหมีปริมาณไนโตรเจนเพียงพอตอพืชสำหรับการ ผลิตคลอโรฟลลเพื่อการเจริญเติบโต (Weinert *et al*., 2014) เพิ่มประสิทธิภาพการใชธาตุอาหารและความเปนประโยชนแกพืชไดสูงสุด 70-80% ใชในปริมาณที่นอยสามารถลดคาใชจายและลดการสูญเสียปริมาณธาตุอาหารของพืช (Aung and Flick, 1980)

การแช่เมล็ด

การแชเมล็ดดวยกรดอะมิโนกอนการเพาะสงผลใหเมล็ดพืชมีเปอรเซ็นตการงอก ความแข็งแรงของเมล็ด พื้นที่ใบ และปริมาณคลอโรฟลลรวมเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากกรดอะมิโนเปนสารเรงทางชีวภาพสามารถดูดซึมไดงายทางรากพืช และทางใบ (Nacry *et al*., 2013; Stiegler *et al*., 2013) มีความสามารถในการเพิ่มประสิทธิภาพการใชไนโตรเจนของพืช และกระตุนการสังเคราะหดวยแสงและการเจริญเติบโตของพืช (Parrado *et al*., 2008) ซึ่งสงผลตอเมตาบอลิซึมของคารบอนและไนโตรเจน กิจกรรมที่คลายฮอรโมนออกซิน และจิบเบอเรลลินซึ่งมาจากกรดอะมิโน และเปปไทด (Schiavon *et al*., 2008) โดยกรดอะมิโนและเปปไทด รวมอยูในโปรตีนไฮโดรไลเสตซึ่งมีตนกำเนิดจากพืชหรือสัตว เกิดขึ้นจากการผลิตโดยสารเคมีหรือการยอยสลายดวยเอนไซมของซากพืช หรือสัตว (Ertani *et al*., 2009; Ertani *et al*., 2013)

การประยุกต์ใช้กรดอะมิโน

การใช้กรดอะมิโนร่วมกับปุ๋ยเคมีเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่สำคัญในการเพาะปลูก เพื่อให้พืชได้เจริญเติบโตและสามารถให้ผลผลิตได้อย่างสมบูรณ์ และเพียงพอต่อความต้องการของตลาดทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ อย่างไรก็ตามปุ๋ยเคมีเป็นปัจจัยการผลิตอย่างหนึ่งที่มีราคาทุนสูง ดังนั้นจึงควรมีการจัดการเพื่อให้ใช้ประโยชน์จากปุ๋ยเคมีได้มากที่สุด และใช้ต้นทุนน้อยที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากปัญหาวิกฤตทางด้านเศรษฐกิจต่าง ๆ ทำให้ราคาปุ๋ยเคมีในตลาดโลกเริ่มสูงขึ้น นอกจากนี้การใช้ปุ๋ยเคมีในการผลิตพืชผักของเกษตรกรไทยยังมีข้อจำกัด โดยเฉพาะในเรื่องของการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพ และต้นทุนน้อย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องหาธาตุอาหารจากแหล่งที่มาอื่น ๆ เพื่อทดแทนแหล่งที่มาของธาตุอาหารจากปุ๋ยเคมี (Chojnacka *et al*., 2023) และจากสถานการณ์ที่

ปุ๋ยเคมีมีราคาที่ผันผวนในตลาด กรดอะมิโนจึงมีแนวโน้มที่จะเป็นทางเลือกหนึ่งในการลดการใช้ปุ๋ยเคมีของเกษตรกร โดยพบว่ากรดอะมิโนมีผลในด้านของการส่งเสริมการดูดธาตุอาหาร และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ธาตุอาหารในพืชได้ โดยรวมจึงถือได้ว่าการใช้กรดอะมิโนอาจจะเป็นทางเลือกใหม่ให้กับเกษตรกรในการทำเกษตรยุคใหม่ ที่มุ่งเน้นการลดสารเคมี เพื่อการทำเกษตรแบบยั่งยืน

Alshadiwi and Alrubaiee (2022) ศึกษาผลของกรดอะมิโนที่ฉีดพ่นทางใบต่อลักษณะการเจริญเติบโตของข้าวโอ๊ต 2 สายพันธุ์ โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design included a split-plot arrangement จำนวน 3 ซ้ำ 7 กรรมวิธี ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 ไม่มีพ่นกรดอะมิโน (Control) กรรมวิธีที่ 2 พ่นกรดอะมิโน L - Tryptophan 50 มิลลิกรัมต่อลิตร กรรมวิธีที่ 3 พ่นกรดอะมิโน L - Tryptophan 100 มิลลิกรัมต่อลิตร กรรมวิธีที่ 4 พ่นกรดอะมิโน L - Glycine 50มิลลิกรัมต่อลิตร กรรมวิธีที่ 5 พ่นกรดอะมิโน L - Glycine 100 มิลลิกรัมต่อลิตร กรรมวิธีที่ 6 พ่นกรดอะมิโน L - Lysine 50 มิลลิกรัมต่อลิตร และกรรมวิธีที่ 7 พ่นกรดอะมิโน L - Lysine 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำการฉีดพ่นข้าวโอ๊ต 3 ระยะการเจริญเติบโต ได้แก่ ก) ระยะที่มีใบสามใบ ข) ระยะที่มีสองข้อบนลำต้นหลัก และ ค) ระยะออกดอก โดยทำการบันทึกผล ดังนี้ ความสูงต้น พื้นที่ใบ ผลผลิตน้ำหนักสด ผลผลิตน้ำหนักแห้ง ปริมาณคลอโรฟิลล์ และอัตราการเจริญเติบโต ผลการทดลองพบว่า ค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างข้าวโอ๊ตทั้ง 2 สายพันธุ์ และการฉีดพ่นกรดอะมิโนต่อความสูงต้นข้าวโอ๊ตไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าการใช้กรดอะมิโนมีแนวโน้มต่อความสูงต้นมากกว่าการไม่ฉีดพ่นกรดอะมิโน (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ผลของการใช้กรดอะมิโนทางใบต่อความสูงของต้นข้าวโอ๊ต (เซนติเมตร)

Amino acids	Cultivars		Means
	Shafa	Genzania	
No spray of amino acid	92.48	97.33	94.91
L - Tryptophan 50 mg L^{-1}	100.87	104.27	102.57
L - Tryptophan 100 mg L^{-1}	98.87	101.20	101.37
L - Glycine 50 mg L^{-1}	99.53	104.93	101.32
L - Glycine 100 mg L^{-1}	90.60	100.27	98.60
L - Lysine 50 mg L^{-1}	97.87	95.53	99.03
L - Lysine 100 mg L^{-1}	100.07	104.47	102.10
Means	98.71	101.26	
LSD0.05 Cultivars (C) = 1.70, Amino acids (AA) = 2.29, Interaction C × AA = NS			

ที่มา: Alshadiwi and Alrubaiee (2022)

การศึกษาผลของการใช้กรดอะมิโนทางใบต่อพื้นที่ใบของข้าวโอ๊ต พบว่าค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างข้าวโอ๊ตทั้ง 2 สายพันธุ์ และการฉีดพ่นกรดอะมิโนต่อพื้นที่ใบของข้าวโอ๊ต ความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยยสำคัญ คือ การฉีดพ่นอะมิโน L - Tryptophan (50 มิลลิกรัม/ลิตร) กับข้าวโอ๊ตสายพันธุ์ Genzania (53.28 ตารางเซนติเมตร) และ สายพันธุ์ Shafa (52.95 ตารางเซนติเมตร) มีพื้นที่ใบมากที่สุด (ตารางที่ 2) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสายพันธุ์ของข้าวโอ๊ตพบว่า ข้าวโอ๊ตสายพันธุ์ Shafa มีพื้นที่ใบ 50.23 ตารางเซนติเมตร ซึ่งมากกว่าสายพันธุ์ Genzania และ ชนิดและการฉีดพ่นกรดอะมิโน L - Tryptophan อัตรา 50 มิลลิกรัม/ลิตร ส่งผลต่อพื้นที่ใบมากที่สุด 53.11 ตารางเซนติเมตร (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ผลของการใช้กรดอะมิโนทางใบต่อพื้นที่ใบธงของข้าวโอ๊ต (ตารางเซนติเมตร)

Amino acids	Cultivars		Means
	Shafa	Genzania	
No spray of amino acid	44.64	44.70	44.67
L - Tryptophan 50 mg L^{-1}	52.95	53.28	53.11
L - Tryptophan 100 mg L^{-1}	51.55	45.50	48.52
L - Glycine 50 mg L^{-1}	49.00	44.24	46.62
L - Glycine 100 mg L^{-1}	51.52	45.74	48.63
L - Lysine 50 mg L^{-1}	51.67	43.94	47.81
L - Lysine 100 mg L^{-1}	50.27	50.74	50.50
Means	50.23	46.88	
LSD0.05 Cultivars (C) = 0.59, Amino acids (AA) = 2.07, Interaction C × AA = 2.72			

ที่มา: Alshadiwi and Alrubaiee (2022)

การศึกษาผลของการใช้กรดอะมิโนทางใบต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบธงในข้าวโอ๊ต พบว่า ค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างข้าวโอ๊ตทั้ง 2 สายพันธุ์ และการฉีดพ่นกรดอะมิโนต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบข้าวโอ๊ตมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ คือ ข้าวโอ๊ตสายพันธุ์ Shafa ที่มีการฉีดพ่น L-Tryptophan อัตรา 50 มิลลิกรัม/ลิตร มีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงที่สุด 220.5 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร รองลงมาคือ ข้าวโอ๊ตสายพันธุ์ Shafa ที่มีการฉีดพ่น L- Lysine อัตรา 50 มิลลิกรัม/ลิตร การฉีดพ่น L-Glycine อัตรา 100 มิลลิกรัม/ลิตร และการฉีดพ่น L-Tryptophan อัตรา 100 มิลลิกรัม/ลิตร มีปริมาณคลอโรฟิลล์ 201.8, 199.1 และ198.2 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ผลของการใช้กรดอะมิโนทางใบต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบธงของข้าวโอ๊ต (ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)

Amino acids	Cultivars		Means
	Shafa	Genzania	
No spray of amino acid	148.7	136.7	142.7
L - Tryptophan 50 mg L^{-1}	220.5	181.2	200.9
L - Tryptophan 100 mg L^{-1}	198.2	186.8	192.5
L - Glycine 50 mg L^{-1}	154.7	180.1	167.4
L - Glycine 100 mg L^{-1}	199.1	169.4	184.2
L - Lysine 50 mg L^{-1}	201.8	188.1	195.0
L - Lysine 100 mg L^{-1}	193.2	175.2	184.2
Means	188.0	173.9	
LSD0.05 Cultivars (C) = 7.63, Amino acids (AA) = 9.67, Interaction C × AA = 13.13			

ที่มา: Alshadiwi and Alrubaiee (2022)

การศึกษาผลของการใช้กรดอะมิโนทางใบต่ออัตราการเจริญเติบโตของพืช พบว่า ค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างข้าวโอ๊ตทั้ง 2 สายพันธุ์ และการฉีดพ่นกรดอะมิโนต่ออัตราการเจริญเติบโตของข้าวโอ๊ตไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มของข้าวโอ๊ตพันธุ์ Shafa ที่มีการฉีดพ่นอะมิโน L-Tryptophan อัตรา 50 มก./ลิตร มีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด คือ 11.20 กรัม/ตารางเมตร/วัน และการไม่ฉีดพ่นอะมิโนในข้าวโอ๊ตทั้ง 2 สายพันธุ์ส่งผลทำให้มีการเจริญเติบโตน้อยที่สุด (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ผลของการใช้กรดอะมิโนทางใบต่ออัตราการเจริญเติบโตของพืช (กรัม/ตารางเมตร/วัน)

Amino acids	Cultivars		Means
	Shafa	Genzania	
No spray of amino acid	6.24	6.45	6.34
L - Tryptophan 50 mg L^{-1}	11.20	9.50	10.35
L - Tryptophan 100 mg L^{-1}	10.26	9.21	9.73
L - Glycine 50 mg L^{-1}	10.45	9.41	9.93
L - Glycine 100 mg L^{-1}	10.10	9.42	9.76
L - Lysine 50 mg L^{-1}	10.19	9.18	9.68
L - Lysine 100 mg L^{-1}	10.11	9.35	9.73
Means	9.79	8.97	
LSD0.05 Cultivars (C) = 0.40, Amino acids (AA) = 0.90, Interaction C × AA = NS			

ที่มา: Alshadiwi and Alrubaiee (2022)

นันทิยา และจุรีภรณ์ (2023) ศึกษาผลของการกระตุ้นการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวโดยการแช่เมล็ดและฉีดพ่นทางใบด้วยกรดอะมิโนปลาทะเล ในข้าวพันธุ์สังข์หยด วางแผนการทดลองแบบ Split-plot in Completely Randomized Design ทำจำนวน 3 ซ้ำ กำหนดให้ปัจจัยหลัก (Main plot) คือ การฉีดพนทางใบ (Foliar spray) โดยกำหนดอัตราการใช้กรดอะมิโนปลาทะเล (Fish amino acid; FAA) จำนวน 4 อัตราความเข้มข้น ได้แก 0, 1.0 (0.10% FAA), 1.5 (0.15% FAA) และ 2.0 (0.20% FAA) มิลลิลิตร FAA ตอน้ำ 1 ลิตร โดยอัตราที่บริษัทแนะนำให้ใช้คือ 1.5 มิลลิลิตรตอน้ำ 1 ลิตร (0.15% FAA) ปัจจัยรอง (subplots) คือ การแช่เมล็ดพันธุ (Seed soaking) จำนวน 5 กรรมวิธี ได้แก 1) ไม่แช่เมล็ด (ควบคุม) (Non-primed; control) 2) แช่เมล็ดในน้ำกลั่น (Hydropriming) 3) แช่เมล็ดในกรดอะมิโนเข้มข่น0.10% (Biostimulant priming 0.10% FAA) 4) แช่เมล็ดในกรดอะมิโนเข้มข้น 0.15% (Biostimulant priming 0.15% FAA) และ 5) แช่เมล็ดในกรดอะมิโนเข่มข่น 0.20% FAA (Biostimulant priming 0.20% FAA) และฉีดพ่นทุกสัปดาห์เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ การบันทึกผล ความงอกของเมล็ดพันธุ ด้วยวิธีการเพาะเมล็ดแบบ Between of Paper (BP) โดยการเพาะเมล็ดซ้ำละ 100 เมล็ด ตรวจนับต่นกล่าปกติครั้งแรกที่ 5 วันหลังเพาะ และตรวจนับต่นกล่าปกติครั้งที่สองที่ 14 วันหลังเพาะ ดัชนีความเร็วในการงอก (Seed of germination index) ใช่เมล็ดพันธุจำนวน 50 เมล็ดตอม้วน จำนวน 4 ซ้ำ ประเมินความงอกทุกวันจากวันประเมินผลความงอกครั้งแรกเมื่ออายุ 5 วัน จนถึงครั้งสุดท่ายเมื่ออายุ 10 วัน นับจำนวนต่นกล้าปกติที่งอกในแตละวัน นำไปคำนวณดัชนีความเร็วในการงอก (Speed of germination index; SGI) ตามวิธีการของ ISTA (2011) โดยใช่สูตร ดัชนีความเร็วในการงอก (SGI) = ผลรวมของ [จำนวนต้นกล่าปกติแตละวันที่ตรวจนับ/จำนวนวันหลังเพาะที่ตรวจนับ] เวลาเฉลี่ยของการงอกของต้นกล้าข้าว (Mean germination time; MGT) (Ellis and Roberts, 1980) ความยาวของยอดและราก ดัชนีพื้นที่ใบ พื้นที่ใบทำการวัดพื้นที่ใบต่นข่าวด่วยเครื่องวัดพื้นที่ใบแบบไมทำลายใบ (Leaf area meter, Licor 3100A, Lincoln, NE, USA) วัดทุกต่น ๆ ละ 3 ใบ คือ ใบที่ 1, 2 และ 3 ใบละ 3 จุด และวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ผลการศึกษา พบวา การแชเมล็ดพันธุกอนการเพาะ สงผลใหเปอรเซ็นตการงอกของเมล็ดพันธุข้าวสูงกวาการไมแชเมล็ดซึ่งมีความแตกตางกันทางสถิติอยางมีนัยสำคัญ การแชเมล็ดข่าวด่วยกรดอะมิโนที่ระดับ 0.10% กับการแช่ด้วยน้ำเปล่า พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่การแช่การแชเมล็ดข่าวด่วยกรดอะมิโนที่ระดับ 0.10% มีแนวโน้มที่ส่งผลให้ดัชนีความงอกและความแข็งแรงของต้นกล้าเพิ่มสูงขึ้น (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ผลของการเตรียมกรดอะมิโนปลา (FAA) ด้วยสารกระตุ้นชีวภาพต่อการงอกของเมล็ด ดัชนีความเร็วการงอก และเวลาเฉลี่ยของการงอกของต้นกล้าข้าว

Treatment	Germination (%)	Speed of germination index	Mean germination time (day)
Non-primed (control)	56 [c]	46	4
Hydropriming	99 [a]	80	3
0.10% FAA	98 [a]	85	3
0.15% FAA	88 [b]	88	4
0.20% FAA	85 [b]	71	4
Mean	85	74	4
CV (%)	22.96	41.47	52.68
$LSD_{0.05}$	10.33	42.35	2.79

[1/] ตัวอักษรที่ต่างกันบ่งบอกถึงความแตกต่างที่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยใช้การทดสอบ Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับ $P < 0.05$

ที่มา: นันทิยา และจุรีภรณ์ (2023)

ผลของการศึกษาวิธีการเตรียมเมล็ดและอัตราการฉีดพ่นกดอะมิโนทางใบต่อความยาวของยอดและราก ดัชนีพื้นที่ใบ และปริมาณคลอโรฟิลล์ พบว่า เมล็ดข้าวที่ผ่านการแช่ระยะเพาะกล้าร่วมกับการฉีดพ่นกรดอะมิโนอัตราต่างๆ ในระยะต้นกล้าเข้า 14 วัน หลังเพาะงอกส่งผลให้ความยาวยอดความยาวรากและปริมาณคลอโรฟิลล์รวม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยอัตราการฉีดพ่นกรดอะมิโนทางใบที่ ที่ความเข้มข้น 0.20% ส่งผลให้ต้นกล้ามีความยาวยอด ความยาวราก และปริมาณคลอโรฟิลล์รวมสูงสุด และอัตราการฉีดพ่นกรดอะมิโนทางใบที่แตกต่างกันในต้นกล้าข้าวไม่ส่งผลให้ต้นกล้าข้าวมีพื้นที่ใบแตกต่างกันแต่อย่างใด (ตารางที่ 6)

นอกจากนี้ยังพบว่าการแช่เมล็ดระยะเพาะกล้าส่งผลให้การเจริญเติบโตด้านน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของยอดและรากต้นกล้าข้าวแตกต่างกันโดยการแช่กรดอะมิโนที่อัตราความเข้มข้น 0.15% ส่งผลให้น้ำหนักสดรากน้ำหนักสดยอดและน้ำหนักแห้งรากสูงสุด (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 6 ผลของวิธีการเตรียมเมล็ดและอัตราการพ่นกรดอะมิโนปลาทางใบ (FAA) ต่อความยาวของยอดและราก ดัชนีพื้นที่ใบ และปริมาณคลอโรฟิลล์

Treatment	Length (cm)		Leaf area index (cm^2)	Total chlorophyll content (mg/g)
	Shoot	Root		
Foliar FAA Rate; FFR				
0 % FAA	20.07 ± 3.93 [b 1/]	9.61 ± 1.77 [ab]	14.97 ± 2.59	5.78 ± 7.64 [b]
0.10 % FAA	19.04 ± 3.13 [b]	8.12 ± 1.28 [b]	14.65 ± 1.86	9.96 ± 7.68 [ab]
0.15 % FAA	21.07 ± 3.79 [ab]	9.40 ± 1.94 [ab]	13.84 ± 2.46	15.20 ± 8.34 [a]
0.20 % FAA	22.00 ± 2.80 [a]	10.46 ± 1.40 [a]	13.87 ± 3.13	13.98 ± 11.02 [a]
Seed Priming; SP				
Non-primed (control)	19.66 ± 3.23	9.13 ± 1.78 [ab]	13.46 ± 2.13 [b]	7.91 ± 9.49 [b]
Hydropriming	20.53 ± 4.89	8.39 ± 1.74 [b]	13.28 ± 1.74 [b]	8.67 ± 7.92 [b]
0.10% FAA	20.86 ± 3.82 9	9.61 ± 1.93 [ab]	13.23 ± 1.90 [b]	11.41 ± 7.30 [ab]
0.15% FAA	20.72 ± 2.79	9.68 ± 1.80 [a]	15.82 ± 2.83 [a]	17.89 ± 12.54 [a]
0.20% FAA	20.94 ± 3.04	10.18 ± 1.44 [a]	15.87 ± 2.61 [a]	10.28 ± 5.92 [b]
Mean	20.55 ± 3.49	9.40 ± 1.68	14.32 ± 2.36	11.23 ± 8.65
$LSD_{0.05}$ FFR	2.07	1.75	2.51	6.30
$LSD_{0.05}$ SP	3.03	1.25	1.66	7.58
$LSD_{0.05}$ FFR*SP	6.06	2.07	3.31	15.16

[1/] ตัวอักษรที่ต่างกันบ่งบอกถึงความแตกต่างที่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยใช้การทดสอบ Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับ $P < 0.05$

ที่มา: นันทิยา และจุรีภรณ์ (2023)

ตารางที่ 7 ผลของวิธีการเตรียมเมล็ดและอัตราการพ่นกรดอะมิโนปลาทางใบ (FAA) ต่อน้ำหนักสดของรากและลำต้น น้ำหนักแห้งของรากและลำต้น

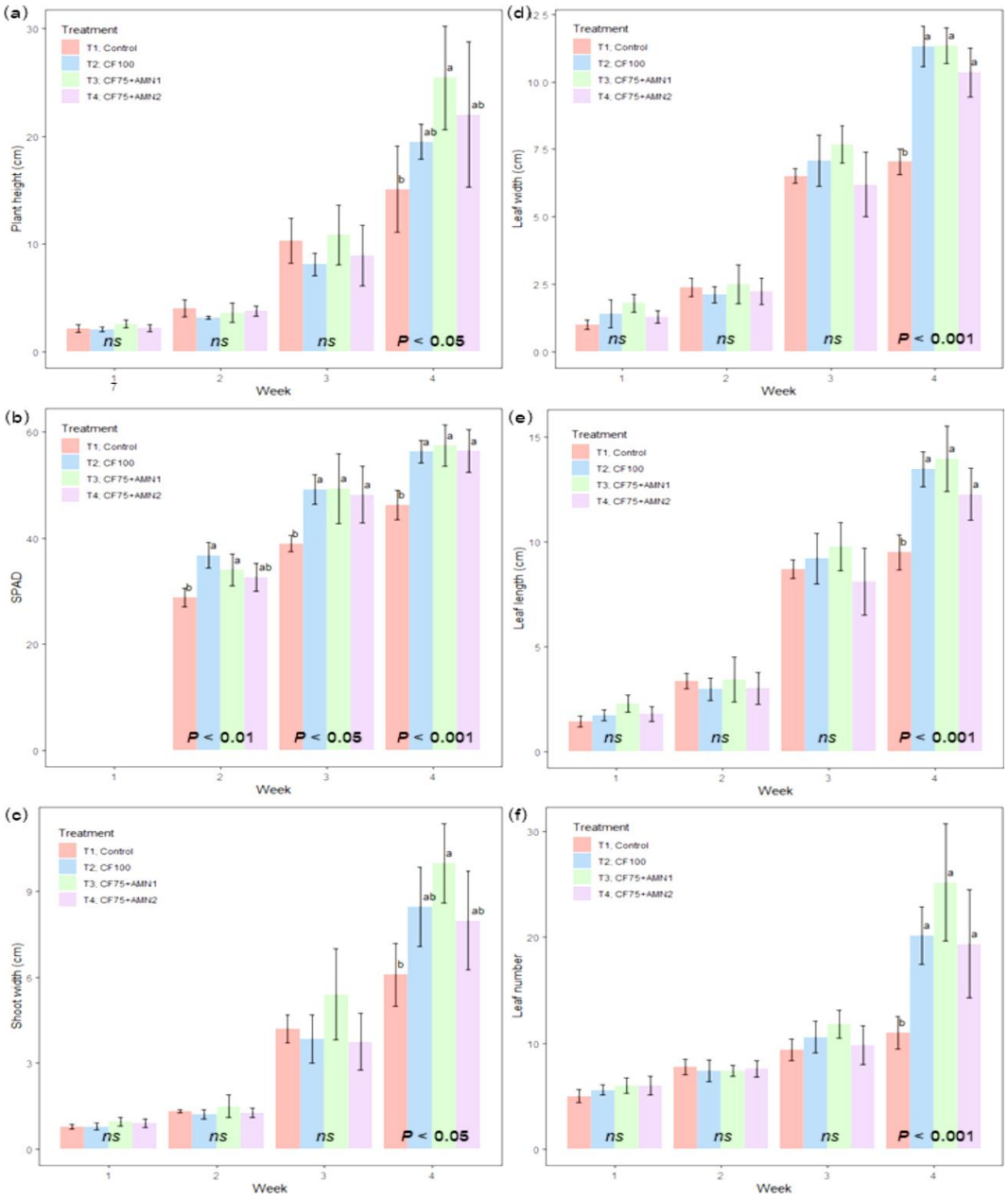
Treatment	Fresh Weight (mg)		Dry Weight (mg)	
	Root	Shoot	Root	Shoot
Foliar FAA Rate; FFR				
0 % FAA	27.47 ± 9.22	17.93 ± 6.05	1.13 ± 0.52	6.47 ± 1.77
0.10 % FAA	25.20 ± 8.95	20.73 ± 7.61	1.20 ± 0.41	6.53 ± 2.90
0.15 % FAA	26.07 ± 12.40	21.40 ± 11.20	1.20 ± 0.41	7.13 ± 2.10
0.20 % FAA	28.93 ± 15.42	23.80 ± 11.68	1.33 ± 0.72	5.87 ± 2.72
Seed Priming; SP				
Non-primed (control)	22.42 ± 8.44 [b]	14.25 ± 5.36 [c]	1.00 ± 0.00 [b]	5.42 ± 3.18
Hydropriming	25.42 ± 13.41 [ab]	17.75 ± 6.48 [bc]	1.08 ± 0.19 [b]	6.42 ± 1.98
0.10% FAA	27.58 ± 10.27 [ab]	23.25 ± 9.54 [ab]	1.38 ± 0.28 [ab]	7.33 ± 2.27
0.15% FAA	31.83 ± 15.15 [a]	25.08 ± 12.54 [a]	1.58 ± 0.79 [a]	6.00 ± 2.23
0.20% FAA	27.33 ± 9.03 [ab]	24.50 ± 7.74 [a]	1.33 ± 0.65 [ab]	7.33 ± 1.83
Mean	26.92 ± 11.26	20.97 ± 8.33	1.22 ± 0.38	6.50 ± 2.30
$LSD_{0.05}$ FFR	9.47	8.06	3.71	2.02
$LSD_{0.05}$ SS	8.49	6.49	4.52	2.03
$LSD_{0.05}$ FFR*SS	16.99	12.99	9.05	4.05

[1/] ตัวอักษรที่ต่างกันบ่งบอกถึงความแตกต่างที่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยใช้การทดสอบ Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับ $P < 0.05$

ที่มา: นันทิยา และจุรีภรณ์ (2023)

พงษ์เพชร และคณะ (2022) ศึกษาผลของการพ่นกรดแอมิโนทางใบร่วมกับการจัดการปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตและ ผลผลิตของผักโขม โดยทำการทดลองในโรงเรือน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 5 ซ้ำ ประกอบด้วย 4 ตำรับการทดลอง ดังนี้ 1) ตำรับควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและพ่นกรดอะมิโน, T1) 2) ใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ 100 เปอร์เซ็นต์ (T2) 3) ใส่ปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับพ่นกรดอะมิโน สูตร 1 (T3) และ 4) ใส่ปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับพ่นกรดอะมิโน สูตร 2 (T4) ผลการศึกษาพบว่า ความสูงของลำต้น สัปดาห์ที่ 1-3 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างกรรมวิธีแต่พบว่าสัปดาห์ที่ 4 กรรมวิธีที่พ่นกดอะมิโนมีความสูงต้นมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 1a) ค่าความเขียวของใบ พบว่าตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2, 3 และ 4 กรรมวิธีที่มีการฉีดพ่นกดอะมิโนมีความเขียวของใบสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต (ภาพที่ 1b) ความยาวลำต้น สัปดาห์ที่ 1-3 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติแต่พบว่าสัปดาห์ที่ 4 กรรมวิธีที่ 3 และ 4 มีความยาวลำต้นมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 1c) ความกว้างใบ สัปดาห์ที่ 1-3 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าสัปดาห์ที่ 4 กรรมวิธีที่ 3 และ 4 มีความแตกต่างอย่างมี

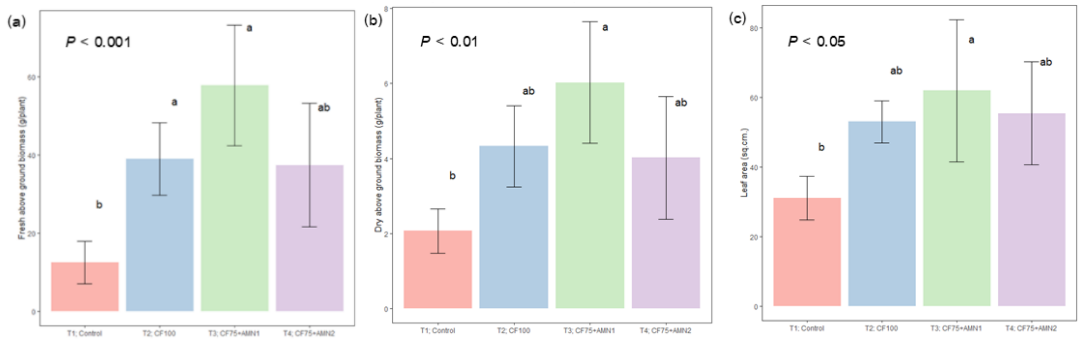
นัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม(ภาพที่ 1d) ความยาวใบ ในสัปดาห์ที่ 1-3 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่สัปดาห์ที่ 4 พบว่ากรรมวิธีที่ฉีดพ่นกดอะมิโนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม(ภาพที่ 1e) จำนวนใบ พบว่าตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 กรรมวิธีที่ 3 และ 4 มีจำนวนใบมากกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ภาพที่ 1f)



ที่มา: พงษ์เพชร และคณะ (2022)

ภาพที่ 1 ข้อมูลการเจริญเติบโตของผักโขมจากทุกการทดลอง ได้แก่ ความสูงของต้น (ภาพที่ 1a), SPAD (ภาพที่ 1b), ความกว้างของยอด (ภาพที่ 1c), ความกว้างของใบ (ภาพที่ 1d), ความยาวใบ (ภาพที่ 1e) และจำนวนใบ (ภาพที่ 1f) ตัวอักษรที่แตกต่างกันเหนือแผนภูมิแท่งแสดงถึงความแตกต่างที่มีนัยสำคัญทางสถิติตาม DMRT ภายในแต่ละสัปดาห์ ขณะที่ "ns" บ่งชี้ว่าไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) แถบความคลาดเคลื่อนแสดงถึงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าเฉลี่ย

ผลของการศึกษาการฉีดพ่นกดอะมิโนต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของผักโขม พบว่าน้ำหนักสดของส่วนเนื้อดิน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่ 3 มีค่าน้ำหนักส่วนสูงที่สุด รองลงมาคือกรรมวิธีที่ 2 และ 4 ตามลำดับ และชุดควบคุมต่ำที่สุด (ภาพที่ 2a) น้ำหนักแห้งของส่วนเนื้อดิน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่ 3 มีน้ำหนักแห้งสูงสุด รองลงมาคือกรรมวิธีที่ 2 และ 4 ตามลำดับ และชุดควบคุมต่ำที่สุด (ภาพที่ 2b) พื้นที่ใบ พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่ 3 มีพื้นที่ใบมากที่สุด รองลงมาคือกรรมวิธีที่ 2 และกรรมวิธีที่ 4 ตามลำดับ และชุดควบคุมต่ำที่สุด (ภาพที่ 2c)



ที่มา: พงษ์เพชร และคณะ (2022)

ภาพที่ 2 ข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของผักโขมจากทุกการทดลอง ซึ่งประกอบด้วยชีวมวลสดเหนือพื้นดิน (a) ชีวมวลแห้งเหนือพื้นดิน (b) และพื้นที่ใบ (c) ตัวอักษรที่ต่างกันเหนือแผนภูมิแท่งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตาม DMRT แถบความคลาดเคลื่อนแสดงถึงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าเฉลี่ย

สรุป

1. การฉีดพ่นทางใบด้วยกรดอะมิโน L-Tryptophan อัตรา 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลต่อความสูง พื้นที่ใบ ปริมาณคลอโรฟิลล์ และอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุดในข้าวโอ๊ตสายพันธุ์ Shafa

2. การแชเมล็ดดวยกรดอะมิโนด้วยความเข้มข้น 0.10 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการฉีดพ่นทางใบส่งผลต่อเปอรเซ็นตการงอกของเมล็ดข้าวพันธุ์สังข์หยดมากถึง 98 เปอร์เซ็นต์ และชวยให้ความยาวราก น้ำหนักสดราก พื้นที่ใบ และปริมาณคลอโรฟลลในตนกลาขาวเพิ่มขึ้นสูงที่สุด

3. การพ่นกรดอะมิโนทั้ง 2 ชนิด คือ AMN1 และ AMN2 ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของผักโขม ด้านความสูงต้น ขนาดลำต้น จำนวนใบ ความว้าง และความยาวใบ สูงที่สุดในช่วงสัปดาห์ที่ 4 หลังปลูก

เอกสารอ้างอิง

นันทิยา พนมจันทร์ และ จุรีภรณ์ สุขแก้ว. 2566. การกระตุ้นการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวโดยการแช่เมล็ดและฉีดพ่นทางใบด้วยกรดอะมิโนปลาทะเล. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์, 10(1): 25–34.

พงษ์เพชร พงษ์ศิวาภัย, ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย, ธรรมธวัช แสงงาม, ดนชิดา วาทินพุฒิพร, วิทยา เศรษฐวิทยา และ ชัยสิทธิ์ ทองจู. 2567. ผลของการพ่นกรดแอมิโนทางใบร่วมกับการจัดการปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตและ ผลผลิตของผักโขม (*Amaranthus* spp.). วารสารเกษตร, 40(3): 471- 484.

Ali Heidarzadeh. 2025.Role of amino acids in plant growth, development, and stress responses: a comprehensive review. Heidarzadeh Discover Plants, 2: 1-31 doi.org/10.1007/s44372-025-003.

Al-Turki A, Murali M, Omar AF, Rehan M and Sayyed R. 2023. Recent advances in PGPR-mediated resilience toward interactive effects of drought and salt stress in plants. Frontiers in Microbiology 14: 1-20. Doi: 10.3389/fmicb.2023.1214845.

Aung, L.H. and Flick, G.J. 1980. The influence of fish solubles on growth and fruiting of tomato. Horticultural Science 15: 32-33.

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.

Ertani, A., Cavani, L., Pizzeghello, D., Brandellero, E., Altissimo, A., Ciavatta, C. and Nardi., S. 2009. Biostimulant activity of two protein hydrolyzates in the growth and nitrogen metabolism of maize seedlings. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 172: 237-244.

Ertani, A., Pizzeghelio, D., Altissimo, A. and Nardi, S. 2013. Use of meat hydrolyzate derived from tanning residues as plant biostimulant for hydroponically grown maize. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 176: 287-296.

Haowen Luoa, Muhammad Imrana, Xiangbin Yaoa, Simin Zhang, Wentao Yia, Pipeng Xinga, and Xiangru Tang. 2023. Foliar application of glutamate and phenylalanine induced regulation in yield, protein components, aroma, and metabolites in fragrant rice. European Journal of Agronomy, 149. Doi.org/10.1016/j.eja.2023.126899.

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.

Justina Deveikyte, Ausra Blinstrubiene and Natalija Burbulis. 2025. Amino Acids as Biostimulants: Effects on Growth, Chlorophyll Content, and Antioxidant Activity in (*Ocimum basilicum* L.). Agriculture, 15(14):1-13. Doi.org/10.3390/agriculture15141496.

Khan, N., Ali, S., Zandi, P., et al., 2020. Role of sugars, amino acids and organic acids in improving plant abiotic stress tolerance. Pakistan Journal of Botany. 52: 355–363.

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.

Mohamed Ebaid , Mohamed E El-Temsah , Mohamed A Abd El-Hady , Amirah S Alahmari , Ahmed S M El-Kholy , Diaa Abd El-Moneim and Ahmed M Saad. 2025. Impact of foliar application using amino acids, yeast extract, and algae extract in different concentrations on growth parameters, yield traits, grain quality, and nitrogen-related parameters of wheat in arid environments. PeerJ, 13: 1-20. Doi: 10.7717/peerj.19802.

Nacry, P., Bouguyon, E. and Gojon, A. 2013. Nitrogen acquisition by roots: physiological and developmental mechanisms ensuring plant adaptation to a fluctuating resource. Plant and Soil 370: 1-29.

Parrado, J., Bautista, J., Romero, E.F., Garcı´a-Martı´nez, A.M., Friaza, V. and Tejada, M. 2008. Production of a carob enzymatic extract: Potential use as a biofertilizer. Bioresource Technology 99: 2312-2318.

S.M.A. Alshadiwi and S.H.A. Alrubaiee. 2022. Effect of foliar applied amino acids on growth characteristics of oat (*Avena sativa* L.). SABRAO Journal of Breeding and Genetics, 54(5), 1183–1190.

Schiavon, M., Ertani, A. and Nardi, S. 2008. Effects of an alfalfa protein hydrolysate on the gene expression and activity of enzymes of the tricarboxylic acid (TCA) cycle and nitrogen metabolism in Zea mays L. Journal of Agricultural and Food Chemistry 56: 11800-11808.

Seyede Roghie Ghadirnezhad Shiade, Arameh Zand-Silakhoor, Amin Fathi, Reza Rahimi, Tatiana Minkina, Vishnu D. Rajput, Usman Zulfiqarf, and Tlaha Chaudhary. 2024. Plant metabolites and signaling pathways in response to biotic and abiotic stresses: Exploring bio stimulant applications. Plant Stress, 12: 1-12.

Stiegler, J.C., Richardson, M.D., Karcher, D.E., Roberts, T.L. and Norman, R.J. 2013. Foliar absorption of various inorganic and organic nitrogen sources by creeping bentgrass. Crop Science 52: 1148-1152.

Weinert, E.J., Miller, S.A., Ikeda, D.M., Chang, K.S., McGinn, J.M. and DuPonte, M.W. 2014. Natural Farming: Fish Amino Acid. Sustainable Agriculture, SA-12. Hawai'i: University of Hawai'i, College of Tropical Agriculture and Human Resources.

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.