

## 상용 아미노산 종류별 처리에 따른 '청상추'의 생육 및 수확후 품질 변화: 유공 PE 필름 포장 하 4°C 저장 조건 특성 평가

박기영<sup>1</sup> · 이정수<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>공주교육대학교 실과교육과

<sup>2</sup>농촌진흥청 국립원예특작과학원

## Influence of Different Commercial Amino Acid Treatments on the Growth and Postharvest Quality of 'Cheongchima' Leaf Lettuce: Characterization under Perforated Polyethylene (PE) Film Packaging and 4°C Storage Conditions

Ki Young Park<sup>1</sup> and Jung-Soo Lee<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Practical Art Education, Gongju National University of Education, Gongju 32578, Korea

<sup>2</sup>National Institute of Horticultural & Herbal Science, Rural Development Administration, Muan 58545, Korea

**Abstract** This study investigated the effects of different amino acid-based fertilizers on the growth and postharvest quality of leaf lettuce (*Lactuca sativa* L. cv. 'Cheongchima'). Three formulations were evaluated: a monosodium glutamate (MSG)-based amino acid solution prepared from food-grade crystals, a fermentation by-product-derived commercial liquid fertilizer, and a collagen hydrolysate-based liquid fertilizer containing supplementary nutrients such as nitrogen, potassium, and calcium. Lettuce plants were cultivated under rooftop conditions, and growth characteristics and postharvest parameters were assessed under 4°C refrigerated storage in perforated polyethylene (PE) film packaging for 14 days. Results indicated that the MSG-based amino acid solution slightly delayed leaf yellowing and maintained chlorophyll content (SPAD values) during storage under perforated PE film packaging, although its effect on fresh weight accumulation was limited. The fertilizer derived from fermentation by-products exhibited the lowest growth and chlorophyll levels, likely due to residual salts or organic acids that inhibited early growth. In contrast, the collagen hydrolysate-based fertilizer promoted vigorous vegetative development and produced the highest fresh weight and SPAD values during both cultivation and storage. Across all treatments, the effectiveness of amino acid fertilizers varied depending on raw material composition and processing methods. The MSG-derived formulation showed potential for practical use in leafy vegetable production, but yield enhancement may require combined application with mineral nutrients. Meanwhile, complex nutrient formulations such as the collagen hydrolysate fertilizer were more effective in improving both growth performance and postharvest quality. These findings demonstrate that amino acid fertilizers can serve as promising biostimulant resources for sustainable and resource-circulating agriculture, while also highlighting the potential of food-grade MSG as an alternative agricultural input.

**Keywords** Amino acid fertilizer, *Lactuca sativa*, Packaging, Perforated polyethylene film, Postharvest quality, Sustainable agriculture, Visual quality

## 서 론

\*Corresponding Author: Jung-Soo Lee  
National institute of Horticultural & Herbal Science, Rural Development Administration, Muan 58545, Korea  
Tel: +061-450-7405  
E-mail: ljs808@korea.kr

아미노산은 단백질을 구성하는 기본 단위로, 식물 성장과 대사 조절에 핵심적인 역할을 하는 물질이다<sup>1,2,3</sup>. 근래 농업 분야에서는 아미노산 기반 액상비료(liquid amino acid

fertilizers)가 새로운 biostimulant로 주목받고 있다<sup>4,5)</sup>. 아미노산 제제는 동·식물 유래 자원을 가수분해하거나 발효 과정을 통해 얻은 아미노산 및 펩타이드 성분을 포함하며, 작물에 직접 공급될 경우 광합성 촉진, 양분 흡수 증진, 생리적 스트레스 완화, 항산화 물질 증가, 품질 향상 등에 기여할 수 있다고 알려져 있다<sup>6,7,8)</sup>. 아미노산 제제의 비료는 질소(N) 및 칼슘(Ca)과 같은 요소를 함께 함유하는 경우가 많아, 생육 증진뿐만 아니라 저장성과 품질 안정성에도 긍정적 효과를 미칠 수 있다<sup>9,10)</sup>. 일부 연구에서는 아미노산 제제 처리 시 작물의 엽록소 함량, 항산화 활성, 무기 영양소 축적이 유의적으로 증가한다고 보고하였다<sup>7,11)</sup>. 그러나 아미노산 제제의 효과는 원료의 종류와 제조 공정에 따라 상이할 수 있으며, 발효 부산물을 활용한 액비의 경우 정제가 불충분하면 엽류나 유기산 등 불순물이 잔존하여 초기 생육을 저해할 가능성도 지적된 바 있다<sup>11)</sup>. 정제 과정을 거치지 않은 발효 액비를 사용할 경우 초기 생장이 억제된다고 보고가 있으나, 불순물을 제거한 발효 부산물 내 잠재적 유해 성분이 제거될 경우 아미노산 제제로 생육이 개선된다고 하였다<sup>12,13)</sup>. 아미노산 계열 제제는 질소 비료의 대안으로서도 관심을 받고 있는데, 발효 아미노산 용액을 옥수수에 처리했을 때, 식물의 키, 줄기 직경, 엽수 및 생체중이 대조구 대비 2.5~3배 이상 증가했다고 보고되었다<sup>14)</sup>. 아미노산 제제는 저비용·고효율의 녹색 비료 자원으로 활용 가능성이 제기되고 있으며, 쌀, 밀 등 주요 식량작물뿐 아니라 원예작물에서도 응용 가능성이 보고되고 있다<sup>8,16)</sup>. 상추는 재배 기간이 짧고 수확후 품질 저하가 빠른 대표적 엽채류로서<sup>16)</sup>, 농림축산식품부에 따르면 엽채류의 재배면적 47,403 ha 중에 상추는 4번째인 4,096 ha를 점유하고 있다<sup>18)</sup>. 한국농촌경제연구원의 식품소비 형태와 농소모 보고에 따르면, 상추와 같은 원예작물의 신선 채소류는 자급 소비 증가<sup>19)</sup>와 도시농업으로 텃밭 생산이 확산<sup>19,20)</sup>이 되고 있으며, 소비 형태는 친환경 또는 유기농업 채소에 대한 관심이 급증<sup>21)</sup>하고 있어, 화학비료의 소비를 줄일 수 있는 아미노산 제제의 효과를 검증하기에 적합한 작물이다. ‘청상추’는 국내 상추 중에서 이용이 많은 품종으로, 생육량뿐 아니라 잎의 색택과 수확후 저장성 유지가 상품성 확보에 중요한 요인으로 작용한다<sup>22)</sup>. 아미노산 제제가 상추(*Lactuca sativa* L.)의 생육 및 수확후 품질 유지에 어떠한 영향을 미치는지 확인을 통해 원예작물의 처리 가능성을 탐색할 수 있을 것이다. 본 연구에서는 ‘청상추’를 대상으로 시판 아미노산 제제를 이용하여 생육 촉진 효과와 저장 중 품질 유지 효과를 객관적으로 평가하고자 하였다. Lee 등<sup>16)</sup>과 Lee 등<sup>22)</sup>은 상추같이 저장 온도에 민감한 엽채류는 20°C 저장 시 품질 저하가 급격히 진행되어 포장 처리 간 차이가 거의 나타나지 않는다고 하였으나, 저온 저장에서 포장을 하면, 저장 기간이 연장되면서 수확전 요인에 따른 처리 효과를 명확

하게 구분할 수 있다고 하였다. 본 연구를 통하여 원예작물 재배에서의 아미노산 처리의 실용화 가능성을 검증하고, 나아가서 재배 중 아미노산 처리가 수확후 저온 포장 조건에서도 작물의 품질 개선과 저장성 개선에 효과적인지를 검증하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 공시 재료 및 재배 조건

본 실험은 2025년 3월부터 5월까지 수행되었으며, 공시 재료로 상추(*Lactuca sativa* L.) 품종인 ‘청상추(Kwonong Seed Co., Ltd., Chungju, Korea)’를 사용하였다. 실험에 사용된 ‘청상추’ 육묘는 인근 종묘상에서 구입하였고 3월 24일에 최종 옥상 텃밭 상자에 정식하였다. 재배 용기는 가로 589 mm × 세로 395 mm × 높이 205 mm 크기의 플라스틱 상자(채소재배상자 2호, ㈜남영플라스틱, 서울, 한국)를 사용하였고, 각 상자에 동일 품종 ‘청상추’ 3주씩 식재하여 하나의 상자를 하나의 처리 반복구로 간주하였다. 재배 기질은 상업용 원예용 상토(넘버원상토, ㈜참그로, 홍성, 한국)를 사용하였으며, 주요 성분은 코코피트 60%, 피트모스 14%, 버미큘라이트 5%, 펄라이트 13%, 제오라이트 2.8%, 펄프 5% 등의 혼합 토양이다. 해당 상토에는 초기 기비로 완효성 비료 성분(질소·인·칼륨 등)이 소량 포함되어 있어 정식 초반 생육을 보조하였으며, 이후 생육 기간 동안 추가 비료는 시비하지 않았다. 재배는 비가림 시설이 설치된 옥상 텃밭 환경에서 이루어졌고 광 조건은 자연광에 따랐다. 관수는 토양 표층이 마를 때 수돗물로 충분히 주어 수분 스트레스를 최소화하였다. 실험 기간(3~5월) 동안 옥외 평균 기온은 약 15~20°C 범위였으며 상추 생육에 비교적 적합한 온도가 유지되었다.

### 2. 실험 처리 및 방법

본 연구에서는 상추의 아미노산 제제의 4개의 처리로 생육 특성을 비교하였다(Table 1). 대조구(Control)는 증류수를 엽면 살포한 처리로, 외부 영양물질을 공급하지 않은 조건에서의 생육을 파악하기 위한 기준으로 삼았다. Treatment A의 MSG 기반 아미노산 처리는 대상(주)의 식품용 미원(L-글루탐산나트륨 97.3%, 5'-리보뉴클레오티드나트륨 2.7%; Daesang Co., Seoul, Korea)을 증류수에 용해하여 사용하였다. Treatment A 제품의 주요 유효성분은 L-glutamic acid (C<sub>5</sub>H<sub>9</sub>NO<sub>4</sub>, 99% 이상 순도)이며, 총 질소 함량은 약 8.2%에 달하는 것이었다. Treatment B는 곡물 발효 부산물 유래한 아미노산 액상비료(메가에너지G, ㈜대유, 서울, 한국)로 총 질소 8%, 유리 아미노산 12% 이상, 총 유기탄소 20%, pH 6.5 수준이며, 주요 아미노산은 alanine, leucine, aspartic acid, glycine 등으로 해당 제품은 곡물 발효 부산

**Table 1.** Composition and characteristics of amino-acid-based fertilizer treatments

Treatment	Treatment description	Major components and characteristics
Control	Distilled water, foliar spray	No nutrient supplementation; baseline control
Treatment A	MSG-based solution (L-glutamic acid), applied by foliar spray and drench	L-glutamic acid-based single amino-acid formulation; approx. 8.2% total nitrogen
Treatment B	Amino-acid liquid fertilizer derived from cereal-based fermentation by-products	≥12% free amino acids; 20% total organic carbon; may contain residual salts and organic acids
Treatment C	Collagen hydrolysate-based liquid fertilizer	Rich in proline, hydroxyproline, and glycine; contains 9% N, 2% water-soluble K, and 9% water-soluble Ca

물(맥아, 옥수수 글루텐 등)을 원료로 제조되었다. Treatment C는 국내 제조 콜라겐 가수분해물 기반 아미노산 액상비료(면역력, ㈜조비, 서울, 한국)는 질소 9%, 수용성 칼륨 2%, 수용성 칼슘 9%를 포함하며, 주요 아미노산은 proline, hydroxyproline, glycine으로 구성되어 있으며, 동물성 콜라겐 단백질을 효소 가수분해하여 제조된 액상 복합비료로서, 아미노산 질소 외에도 미량 무기양분(Ca, K, Mg 등)을 함유하고 있다. 아미노산 제제의 처리는 제조사의 권장 희석 배율을 고려하여 유효성분 기준 1,000 ppm 농도의 수용액으로 조제하였다. 모든 처리는 동일한 농도, 처리 시기, 처리 횟수 및 방법을 적용하였으며, 차이는 사용된 아미노산 제제의 종류에 한하였다. 처리 방법은 엽면 살포와 관주를 병행하여 실시하였으며, 분무기를 이용해 식물체 지상부(잎과 성장점)에 고르게 분사하고, 1주당 약 5 mL의 용액이 잎에 충분히 묻도록 처리하였다. 처리는 정식 후 활착이 완료된 시점부터 7일 간격으로 총 3회(1차: 3월 31일, 2차: 4월 7일, 3차: 4월 15일) 실시하였다. 처리 기간 동안 모든 처리구는 동일한 관수량과 생육 환경을 유지하였으며, 처리 용액 외 별도의 추가 시비는 실시하지 않았다.

### 3. 조사 항목 및 방법

생육 조사는 아미노산 처리 4주차에 해당하는 수확기인 5월 13일에 조사를 실시하였다. 생육조사 시에는 각 처리구 ‘청상추’에 대하여 엽수(주당 엽수), 엽장(가장 큰 엽의 길이, cm), 엽폭(가장 큰 엽의 폭, cm), 초폭(지상부 관목 직경, cm), 초고(지상부 높이, cm)를 농촌진흥청 농사시험연구조사기준<sup>23)</sup>에 따라 측정하였다. SPAD값(상대적인 엽록소 농도)은 휴대용 엽록소 측정기(SPAD-502, Konica Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 중심부 어린잎을 측정하였고, 색차계(Chroma Meter CR-400, Konica Minolta, Tokyo, Japan)를 통해 일부 시료의 엽 색깔 Lab(명도와 색상) 값을 측정하였다. 수확 시 생육조사에서는 생육조사 항목들(엽수, 엽장, 엽폭, 초폭, 초고 등)에 더해 지상부 전체 생체중을 측정하였다. 생체중은 뿌리를 제외한 지상부 전체를 수확하여 전자저울로 계량하였다.

저장성 조사는 수확된 상추는 처리구별로 3반복으로 육공의 폴리에틸렌(Perforated polyethylene (PE) film, thickness:

0.03 mm, perforation: 4 holes;  $\Phi=0.5$  cm) 봉투에 밀봉하여 냉장 조건(4°C)에서 14일간 저장하였다. 포장 후 저장 단계에서 품질 유지와 중량감소 등의 품질 변화를 관찰하기 위해 포장 후 저장 7일째와 14일째에 각각 봉투를 개봉하여 시료를 조사하였다. 생체중량 감소율은 포장 후 각 시료의 0일차(수확 직후)를 기준으로 하여, 저장 7일 및 14일 경과 후 개체의 중량을 동일 저울로 측정하여 초기 대비 백분율을 계산하였다. 저장 기간 중 ‘청상추’의 외관의 품질 평가는 5점 척도를 사용하였는데, 기준은 5점(우수), 4점(양호), 3점(보통), 2점(불량), 1점(매우 불량)으로 구분하였으며, 포장 상태에서 저장 중 외관의 품질 평가는 부패 발생 여부, 엽의 위조(wilting) 및 변색 등 외관 품질 변화를 육안으로 RDA 조사기준<sup>23)</sup>에 따라 관찰하였다. SPAD값은 저장 기간 동안 같은 개체의 엽을 완전히 전개된 바깥쪽 잎을 선정하여 잎의 중앙에 위치한 중륵을 제외하고, 광합성 활성이 가장 높은 녹색의 엽신(Lamina) 부분만을 반복 측정하여 경과일에 따라 감소 정도를 측정하였다.

### 4. 데이터 분석

실험 설계와 분석은 처리구별 3반복의 완전임의배치법으로 하였다. 하나의 재배상자를 한 반복구로 보고, 상자 간 배치는 무작위로 배열하여 주변 환경 영향을 균일화하였다. 통계분석 시 생육 및 저장성 데이터의 기본 단위는 상자당 3개 개체의 평균값을 사용하였다. 생육 및 저장성 관련 측정 데이터 처리구 간 차이를 검정하기 위해 SAS 통계 소프트웨어(Version 9.2, SAS Inc., Cary, USA)를 활용하였다. 처리구를 고정효과로 한 일원배치 분산분석(ANOVA)을 수행하고, 처리 효과가 유의한 경우 5% 유의수준에서 Duncan의 다중범위검정으로 처리구 간 평균을 비교하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 생육

시판 아미노산 처리는 제제의 종류에 따라 ‘청상추’ 생육 및 엽색 등의 반응이 달리 보였다. Table 2에 ‘청상추’ 생육에서 아미노산에 따라 초장·초폭·생체중 등 생육 지표가 향상 또는 저하되는 경향을 보였다. 시판 아미노산 제제의

**Table 2.** Growth and leaf color characteristics of lettuce as affected by different amino acid treatments

	Plant height (cm)	Plant width (cm)	Fresh weight (g)	Number of leaves (ea/plant)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Lab			Hue angle (O)	SPAD
							L	*a	*b		
Control	13.9±0.9a <sup>z</sup>	20.8±2.7a	31.7±3.2a	11.3±1.5a	15.7±1.2a	8.3±1.3a	45.0±1.9ab	-18.5±0.3a	26.8±0.3b	124.7±0.4a	32.0±1.7a
Treatment A	14.3±0.8a	18.4±3.2a	26.2±3.9ab	10.0±1.0a	14.7±1.5a	8.6±0.1a	45.5±1.3ab	-19.7±1.0a	29.9±2.0b	123.4±0.7ab	32.5±2.9a
Treatment B	11.4±0.9b	15.2±2.8b	16.3±4.4b	9.7±0.6a	11.3±0.8b	5.9±1.3b	47.4±1.6a	-20.6±1.1a	35.4±2.5a	122.8±0.8ab	26.0±0.9b
Treatment C	13.6±1.0a	20.0±2.4a	33.1±9.9a	11.3±2.3a	14.9±1.1a	8.6±0.8a	42.5±2.0b	-18.4±2.2a	28.7±3.7b	120.2±3.4b	32.0±2.0a

<sup>z</sup>Means with the same letter(s) within a column in each treatment are not significantly different at  $p \leq 0.05$  according to Duncan's multiple range test.

조성 및 원료 특성에 따라 작물의 생리적 반응이 다르게 발현될 수 있는 것을 확인 할 수 있었다. Table 2에서 ‘청상추’에 대한 아미노산 종류에 따른 처리 효과를 보면, 초장은 처리 간에 유의적인 차이를 보여서 Control, Treatment A 및 Treatment C는 서로 유사한 수준을 나타내는 반면에, Treatment B는 이들 처리에 비해 초장이 유의적으로 낮은 값을 보였다. 초장에서 Treatment A가 14.3 cm, Control이 13.9 cm, Treatment C가 13.6 cm이었으며, Treatment B가 11.4 cm로 나타나서 Treatment A에서 다소 큰 경향을 보였고 Treatment B는 짧았다. 초폭은 Control에 비해 Treatment C와 Treatment A는 큰 차이를 보이지 않은 유의 수준을 보인 반면에 Treatment B는 Control에 비해 초폭이 감소하여 생육이 부진하게 나타났다. 초폭은 Control이 20.8 cm, Treatment C가 20.0 cm, Treatment A가 18.4 cm, Treatment B가 15.2 cm으로 나타나, Control에서 가장 넓었으며 Treatment B에서 좁았다. 생체중은 각 처리 간 작물의 생체중이 유의차이를 나타내서( $p < 0.05$ ), Treatment C는 Control과 더불어 높은 수준의 생체중을 보였으며, Treatment A의 생체중은 중간 수준으로 Control 처리와 비교했을 때 유의적인 차이를 보이지는 않았으나 Treatment B는 모든 다른 처리와 비교하여 유의적으로 낮은 생체중을 나타냈다. 생체중을 처리 간 비교 했을 때 Treatment C가 33.1 g, Control이 31.7 g, Treatment A가 26.2 g, Treatment B가 16.3 g으로 Treatment C > Control > Treatment A > Treatment B 순이었다. 아미노산 처리는 초장·초폭과 생체중에서 Control에 비해 Treatment C나 Treatment A가 비슷하거나 더 좋은 것으로 나타났으나, Treatment B는 상대적으로 생육이 낮은 경향을 보였다. Table 2에서 아미노산 처리는 모든 처리에서 동일한 효과를 보이지 않았지만, ‘청상추’의 엽폭 확대와 생체중 증가에 Treatment C 처리가 유리한 영향을 미쳐서, 성장 활성화에 효과적인 것으로 보였다. Treatment A는 비슷한 수준, Treatment B는 상대적으로 낮은 생육을 보여 처리의 효과가 아미노산의 종류에 따라 상이하게 나타날 수 있는 것을 확인 할 수 있었다. Khan 등<sup>25)</sup>는 아미노산 별로 상추에 처리했을 때, 뿌리의 성장에 영향을 주어 생육과 생산량을 늘린다고 하였는데, Henderson 등<sup>4)</sup>이 아미노산 제제는 엽록소 합성을 촉진시켜

나 광합성 II의 전자 전달을 개선해서 광합성 효율을 높이고, 항산화 물질 합성을 늘려 산화 스트레스로부터 식물을 보호하기 때문이라 하였다. Khan 등<sup>25)</sup>는 아미노산 종류에 따라 생체 자극 촉진과 생육 증가 효과를 높이며, 작물 재배 효율을 높이는데 기여할 수 있다고 하였다. Treatment A에 이용한 L-글루탐산은 식물의 필수 아미노산 생합성에 관여하는 전구체로서 식물 성장과 발달에 중요한 역할을 하며, 스트레스 완화 효과를 지닌 생물자극제(biostimulant)로 알려져 있으며, 글루탐산의 처리는 비생물적 스트레스 조건에서 배추의 성장과 수확량을 유지하기 위한 재배적으로 적용 가능한 화학적 처리 방법으로, 저온 스트레스 시 광합성 조절과 항산화효소 활성을 증가시켜 저온으로 인한 생리학적 손상을 완화시킬 수 있다고 알려져 있다<sup>26)</sup>. 발효 유래 아미노산 제제는 다양한 아미노산을 공급함으로써 식물에 이용 가능한 유기 질소원을 제공하고, 작물의 효소 활성과 물질대사를 촉진하여 광합성 색소 합성에도 기여할 수 있어서<sup>27,28)</sup>, Treatment A에서 글루탐산 공급을 통해 상추의 성장 촉진과 생리 활성 증진 효과를 확인할 수 있었다. 발효 유래 아미노산 제제는 다양한 아미노산을 공급함으로써 식물에 이용 가능한 유기 질소원을 제공하고, 작물의 효소 활성과 물질대사를 촉진하여 광합성 색소 합성에도 기여할 수 있다고 알려져 있는데<sup>28)</sup>, 글리신과 글루탐산 계열 아미노산은 미네랄을 킬레이트화하여 미량원소의 흡수를 촉진하고 식물 세포 내로의 이동을 용이하게 만드는 것으로 회자되고 있다<sup>29)</sup>. Treatment B는 작물의 영양소 이용 효율을 높이고 생육 활력을 증진시킬 수 있어서, 다종 아미노산 혼합 공급을 통한 상추의 성장 촉진 효과와 양분 이용 개선 효과를 파악할 수 있었다. Treatment C와 같은 콜라겐 유래 아미노산인 프롤린과 하이드록시프롤린은 식물 세포 내에서 삼투조절과 막 안정화에 기여하는 것으로, 외부 공급 시 가뭄이나 염류 등의 스트레스 하에서 성장을 유지하고 광합성 효율 저하를 방지하는 효과가 보고되었다<sup>29)</sup>. 글리신은 엽록소 생합성 경로에 관여하는 아미노산으로 충분한 공급 시 엽록소 함량 및 광합성 능력 향상에 도움을 줄 수 있으며<sup>28)</sup>, Treatment C 비료에 함유된 칼슘(Ca)은 식물 세포벽을 강화하여 잎의 조직 강도를 높이고 저장성을 향상시키는 한편, 식물의 병해 저항성과 연관된 2차 신호전달 물질

로 작용하여 작물의 면역 반응을 증진시킬 수 있을 것으로 보인다<sup>29)</sup>. 아미노산과 결합된 형태로 칼슘을 공급하면 칼슘이 다른 이온들과의 침전을 방지하면서 흡수율을 높일 수 있고, 흡수된 칼슘은 식물체 내에서 세포벽 구성과 방어반응에 적극 활용되어 작물의 내병성과 생육 활력을 높이는 데 기여할 수 있을 것으로 판단하였다<sup>29)</sup>. 아미노산 처리가 ‘청상추’ 생육에 긍정적 영향을 줄 수 있으나, 효과는 아미노산 종류에 따라 달라짐을 확인할 수 있었다. Treatment C는 생육 촉진 효과가 있었던 반면에 Treatment B는 오히려 억제 효과를 보여 아미노산의 선택적 적용이 필요함을 시사하는 것으로 나타났다. Treatment B는 모든 생육 지표가 가장 저조하게 나타나는 원인을 밝혀야 할 과제로 남았다. 해당 액비는 발효 공정의 부산물을 원료로 만든 비료로서 유기산이나 염류 함량이 높고, 질소 형태도 아미노산태 외에 암모니아태 또는 질산태 질소가 상당 비율 포함되었을 가능성이 있다. 따라서 본 연구에서 1,000 ppm 희석액으로 엽면 살포한 농도 자체가 어린 상추에는 약한 염해 (salt injury) 또는 약해(藥害)를 유발하여 초기 생장이 위축되었을 수 있을 것으로 보여서<sup>8,17)</sup>, 작물의 생육단계에 따른 농도에 대한 고려가 필요 할 것으로 보였다. 발효 부산물 액비에는 식물이 곧바로 흡수하기 어려운 고분자 유기물이 다량 포함되어 있을 수 있는데, 단기간 재배에서는 이들이 토양 미생물에 의해 분해되는 과정에서 일시적으로 질소 이용을 지연시키거나 토양 산소를 소모하여 뿌리 활력을 저해했을 가능성도 고려된다<sup>15)</sup>. Pasković 등<sup>13)</sup>와 López-Rubio 등<sup>12)</sup>의 연구에서도 여과 등 정제를 거치지 않은 발효 액비를 작물에 사용하면 초기 생장이 억제되지만, 불순물을 제거하여 처리하면 생육이 개선된다고 보고하였다. 이러한 문헌을 참고할 때, 본 실험의 Treatment B 액비도 희석 배수를 더 높이거나 시비 방법을 달리하면 부정적 영향을 완화할 여지가 있다. 추후 토양 관주 활용이나 보다 낮은 농도 처리 등의 보완 실험을 통해 해당 액비의 적정 활용 조건을 규명할 필요가 있다. 이와는 상반되게 Treatment C는 생육 지표상 전반적으로 양호한 효과를 보였다. 비록 일부 측정 항목에서 Control과 대비하여 통계적으로 유의한 증가는 아니었으나, 엽수와 생체중이 증가하는 경향을 보였다. 사용한 시판 아미노산 제제인 Treatment C는 아미노산 제제 외에도 질소, 칼슘(Ca), 칼륨(K) 등 상추 생장에 필요한 다량 양분이 함께 함유되어 있어서, 보다 종합적인 영양 공급 효과를 발휘한 것으로 판단된다<sup>30)</sup>. 칼슘은 상추에서 팁번(tipburn)과 같은 생리장해를 억제하고 세포 구조를 강화하여 결과적으로 수량과 품질을 높일 수 있는 중요한 요소로 알려져 있다. 수확전 칼슘 시비가 저장 중 상추 품질 유지에 긍정적 효과를 준다는 선행 연구도 보고된 바 있다<sup>9)</sup>. 아울러 Treatment B 액비의 원료인 콜라겐 가수분해물에는 프롤린, 하이드록시프롤린, 글리신 등 식물 세포벽 구성과

조직 발달에 관여하는 아미노산들이 풍부하여 세포분열과 신장 생장에 기여할 가능성이 있을 것으로 기대하였다. 그러나 Treatment B 처리는 초장이나 초폭과 같은 생육지표가 낮아 발효 부산물의 특성에 따른 부정적 영향으로 판단된다. 그러나 상추에 아미노산 복합제를 엽면 살포했을 때 식물체 내 항산화물질 함량이 증가하고 품질이 개선되었다는 선행 연구도 보고된 바 있으며<sup>5,7,11)</sup>, NFT 수경재배 상추에 아미노산 엽면시비제를 처리했을 때 신선중량이 25-39%, 엽수가 19-23% 증대되었고<sup>11)</sup>, 엽 내의 질소·칼륨 등 무기영양소 함량과 총 페놀 및 항산화 활성까지 유의하게 향상되었다고 보고되었다<sup>7)</sup>. 원예작물은 생육기에 양질의 영양 공급을 받은 아미노산 처리를 통해 저장 중 품질 안정성 측면에서도 이점을 가질 수 있을 것으로 보였다.

엽수를 비롯한 엽 특징에서 아미노산 처리에 따른 처리간의 유의차가 없었는데, 아미노산 처리에 따른 엽수는 Treatment C와 Control이 11.3매로 많았으며 Treatment A가 10.0매, Treatment B가 9.7매이었다. 엽장은 처리 간에 유의한 차이가 나타내서, Control, Treatment A, Treatment C는 비슷한 수준을 보였으나, Treatment B는 이들보다 짧아서, Control이 15.7 cm로 가장 길었고 Treatment A가 14.7 cm, Treatment C가 14.9 cm로 비슷한 수준을 보였으며, Treatment B는 11.3 cm로 짧았다. 엽폭은 Control, Treatment A, Treatment C가 비슷한 수준을 보인 반면에 Treatment B는 이들보다 유의적으로 작았다. 엽폭은 Treatment A와 Treatment C가 8.6 cm으로 넓었고, Control이 8.3 cm였으며, Treatment B는 5.9 cm로 가장 좁았다. 엽수, 엽장 및 엽폭은 처리에 따른 다른 경향을 보여서, Table 2에서 엽수·엽장·엽폭에서 Control, Treatment A, Treatment C가 유사한 수준을 유지하였으나, Treatment B는 다른 처리구보다 엽 생육 특성이 저하되는 양상을 나타냈다. 아미노산 처리 조건에 따라 상추의 엽장과 엽폭에서 차이를 유발할 수 있으며, Treatment B처리는 생육이 더딘 것으로 나타났다. 아미노산 처리는 엽과 관계된 생육에 뚜렷한 증진 효과를 확인 할 수는 없었지만, Control과 비교했을 때 안정적인 생육을 유지하는 수준을 보였다. Hebe 등<sup>31)</sup>과 Salinas 등<sup>32)</sup>은 아미노산의 처리가 생장과 품질에 긍정적인 영향을 주어서, 엽수, 엽장 및 엽폭의 증가를 가져온다고 하였다. 아미노산 처리는 ‘청상추’의 엽수·엽장·엽폭에 긍정적 영향을 줄 수 있으나, 효과는 아미노산 종류에 따라 다른 것으로 나타났다.

농산물에서 색상 측정은 소비자 선호 및 품질 판단의 지표로 농산물의 외관, 특히 색은 소비자가 품질을 직관적으로 평가하는 가장 중요한 요인 중 하나로, 상품성에 직접적으로 영향을 주는 것으로 농식품을 비롯한 식품에서 CIE L\*a\*b\*와 같은 표준화된 색 공간을 활용하면 실험 간, 연구 간 비교가 가능하고 국제적으로 통용될 수 있다<sup>33)</sup>. 엽장

의 색상에서 L값은 처리 간에 유의한 차이가 나타나 Treatment B가 가장 높았으며, Treatment C는 낮은 경향을 보였고, Control과 Treatment A는 이들 중간 수준을 보였다. 엽색의 L\*값에서 Treatment B가 47.4이고, Control은 45.0, Treatment A는 45.5, Treatment C는 42.5이었다. a\* 값은 유의차이가 없었는데, Treatment B가 -20.6이었고, Treatment A가 -19.7, Control이 -18.5, Treatment C가 -18.4로 나타났다. b\* 값은 Treatment B에서 가장 높았으며, Control, Treatment A, Treatment C는 이보다 낮아서, Treatment B가 35.4이고, Treatment A가 29.9, Treatment C가 28.7, Control이 26.8이었다. ‘청상추’의 아미노산 처리에 의해 Hue angle 값에 유의적인 영향을 주었고, Control과 Treatment C 사이에서 뚜렷한 차이가 확인할 수 있었으나, 다른 아미노산 처리는 Control과의 유의적 차이를 확인할 수 없었다. Hue angle은 Control이 124.7로 높았으며, Treatment A가 123.4, Treatment B가 122.8, Treatment C가 120.2 순으로 나타났다. SPAD는 Control, Treatment A, Treatment C가 비슷한 수준을 보였으며, Treatment B는 이들보다 유의적으로 낮았다. SPAD 수치는 Control이 32.0, Treatment A가 32.5, Treatment C가 32.0로 비슷한 수준을 보였으며, Treatment B는 26.0이었다. 엽색 특성 중 L\*, a\*, b\* 값 및 SPAD는 처리에 따른 다른 경향을 보여, Table 2에서 Treatment B는 L\* 값과 b\* 값에서 다른 처리구보다 높은 경향을 보였으며, SPAD에서는 값이 낮은 경향을 나타냈다. 아미노산 처리에 따른 엽의 SPAD 값에서 Control, Treatment A, Treatment C가 유사한 수준을 보인 반면에 Hue angle은 Control, Treatment A, Treatment B가 유사한 수준을 유지하였다. ‘청상추’의 아미노산 처리는 엽색(L\*, a\*, b\*)과 SPAD, Hue angle에서 다소 영향을 주었으며, 대부분 처리에서는 비슷한 수준을 보였으나 Treatment B는 색상 측면에서 다소 다른 경향을 나타냈다.

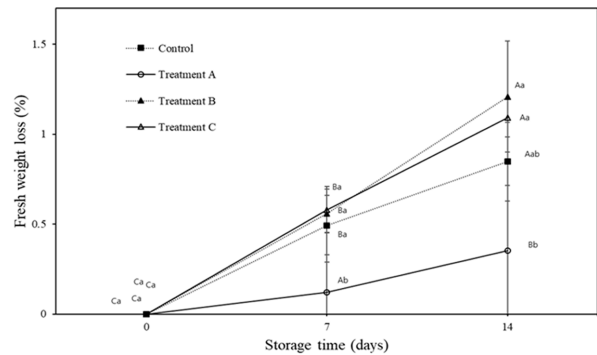
Won 등<sup>34)</sup>이나 Kraboun 등<sup>8)</sup>은 아미노산 효과는 언급되지 않았지만, 비료 성분 처리에 따라 생리 대사 및 엽록소 합성과 밀접히 관련하여, 본 연구 결과는 아미노산 처리에 따른 엽색 변화와 생육 반응을 간접적으로 뒷받침할 수 있을 것으로 판단되었다. 본 연구의 Treatment C 처리에서 수확 시 엽록소 함량(SPAD 값)이 높았고 저장 중 엽의 녹색도 유지율이 가장 높았던 것 역시 수확 후 저장에도 이점을 가질 것으로 보였다<sup>36)</sup>. 본 연구 결과는 아미노산 처리는 ‘청상추’의 생육과 색상 특성에 영향을 주어서, Treatment C는 생체중 증가와 안정적 생육에 유리하여 Treatment A는 Control과 유사한 반면에 Treatment B는 초장·초폭·생체중·SPAD 등 대부분의 지표에서 낮은 경향을 나타냈다. 아미노산 처리는 ‘청상추’ 생육과 품질 개선에 유효할 수 있겠지만, 효과는 아미노산의 종류별 특성에 크게 의존하는 것으로 나타났다. 소비자가 원하는 상추를 비롯한 엽채류의

친환경적인 생산성과 품질을 동시에 높이는 효과적 재배 기술이 요구되고 있어<sup>21)</sup>, 효율적인 아미노산 제재를 선정한다면, 활용가치가 높을 것으로 기대된다.

## 2. 포장 후 저장 중 특성

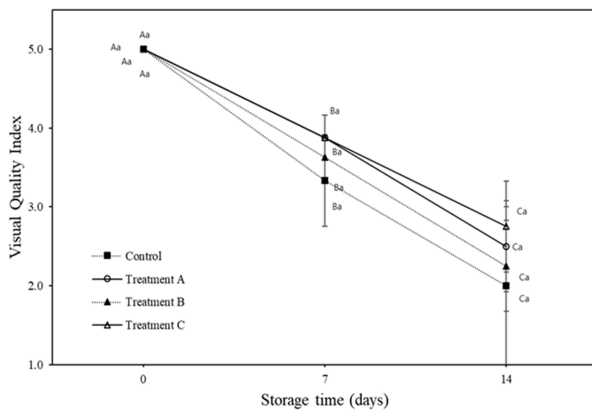
### 2.1. 생체중량 감소

‘청상추’ 수확 후 포장해서 4°C 내 냉장 저장기간 동안 생체중량 감소율(Fig. 1)과 외관 등 품질 변화를 비교한 결과(Fig. 2), 수확 전 처리에 따른 다소 차이를 보였다. 천공된 PE 포장재 내의 생체중량은 처리 기간이 경과함에 따라 처리한 시판 아미노산 종류에 의해 차이가 발생하였으며, 저장 기간 동안 조사일별로 차이를 보였다(Fig. 1). 천공된 PE 포장재 수확 후 포장 조건 하에서 저장된 상추의 생체중량



**Fig. 1.** Effect of different amino acid treatments on fresh weight loss of leaf lettuce cultivar ‘Cheongchima’ during storage at 4°C. Mean values with different capital letters across storage times indicate statistically significant changes during storage according to Duncan’s multiple range test ( $P \leq 0.05$ ). Mean values with different small letters within the same storage day indicate statistically significant differences among amino acid treatments according to Duncan’s multiple range test ( $P \leq 0.05$ ).

변화는 저장 7일부터 차이가 나타나기 시작하여, Treatment A는 낮은 생체중량 감소 정도를 보였으며, Control과 Treatment B, Treatment C는 이보다 높은 생체중량 감소 정도가 높았다. 저장 14일차에도 유사하여, Treatment A는 낮은 생체중량 감소 정도를 보인 반면에, Treatment B와 Treatment C가 Control보다 높은 수준의 생체중량 감소 정도를 보였다. 상추 저장 동안의 생체중량 감소 정도를 보면, 수확 후(0일차)를 0%로 두고 7일 및 14일 저장 후 생체중량 감소 정도를 측정된 결과, 중량감소 정도가 0.4~1.2%로 모든 처리구에서 14일 후에도 초기 대비 98~99% 수준의 생체중량이 유지되어서, 저장 동안 생체중량 감소 정도가 크지 않은 차이를 보였다. 천공된 PE 포장재 수확 후 포장 조건 하에서 저장된 상추의 생체중량은 저장 기간 중 통계적으로 유의한 차이가 있었으나, 그 변화 폭이 2% 이하로 크지 않았으며, 이는 본 실험에서 폴리백 밀봉과 저온



**Fig. 2.** Effect of different amino acid treatments on visual quality index of leaf lettuce cultivar ‘Cheongchima’ during storage at 4°C. Grade from visual quality index: 5 (excellent), 3 (fair), and 1 (very poor). Mean values with different capital letters across storage times indicate statistically significant changes during storage according to Duncan’s multiple range test ( $P \leq 0.05$ ). Mean values with different small letters within the same storage day indicate statistically significant differences among amino acid treatments according to Duncan’s multiple range test ( $P \leq 0.05$ ).

보관으로 수분 손실을 효과적으로 억제한 결과로 판단된다. 처리별 중량 감소율을 보면, 14일 후 Treatment A는 약 0.3% 감소로 가장 낮았으며, Control은 약 0.8% 감소하였고, Treatment B와 Treatment C는 각각 1.2%, 1.1% 감소하였다. 본 연구 결과 생체중량 감소는 Treatment A는 전 기간에서 가장 낮은 감소율을 유지하였는데, 다소 차이는 보이지만 소량의 MSG 또는 아미노산 성분 처리가 조직 내 수분 보유력에는 주는 영향이 크지 않음을 알 수 있었다. 본 연구에서 상추 저장 동안의 생체중량 감소가 2% 이하로 미비하였는데, 이는 Lee 등<sup>36)</sup>과 Lee 등<sup>37)</sup>이 언급한 바와 같이 perforated PE 포장은 상추의 호흡을 완전히 차단하지 않으면서 수분 손실을 최소화하는 형태의 수동 MA(modified atmosphere) 저장 환경을 형성해서, 포장에 의해서 외부의 영향을 감소시켜 생체중량 감소 정도를 현격히 낮추었으며, 수확후 조건에 의한 생체중량에 미치는 영향보다는 수확전 요인에 의한 생체중량 감소를 확인할 수 있었다. 본 연구에서 사용된 유공 PE 포장 조건은 국내의

신선 채소 유통에서 가장 널리 적용되는 포장 형태로<sup>36)</sup>, 본 연구 결과에서 재배 중 아미노산 처리를 이용한 상추의 상용화 시에 포장을 통해 상추 생체중 유지와 같은 품질 보존 효과를 가질수 있었다.

## 2.2. 외관지수

상추의 저장 기간에 따른 외관지수 변화를 조사한 결과, 모든 처리에서 시간이 경과함에 따라 저장 동안에 외관지수가 감소하는 경향을 보였다(Fig. 2). Fig. 3는 수확후 외관모습이 처리 간에 뚜렷한 차이를 보이지 못하였으나, Fig. 2의 수확후 포장 조건 하에서 저장 동안의 외관지수 변화는 수확전 아미노산 처리 종류에 따라 변화 정도에 차이를 보였는데, 저장 동안에 지수가 감소 추세이지만, 아미노산 처리가 Control보다 7일과 14일에서 다소 높게 유지되는 경향을 나타냈다. Fig. 2에서 외관지수는 0일차에는 모든 처리구가 5.0으로 동일하였으나, 수확후 포장 조건 하에서 저장 7일차에 Control의 외관지수가 3.3으로 가장 낮았으며, Treatment B는 3.6, Treatment A와 Treatment C는 각각 3.9의 값을 유지하였다. 저장 14일에는 Control이 2.0으로 가장 낮은 외관 품질을 나타냈으며, Treatment B는 2.3, Treatment A는 2.5, Treatment C는 2.8의 외관지수를 보이며 품질을 유지하는 것으로 나타났다. 저장 동안 외관에 영향을 주는 부패 등의 상품성 저하를 관찰한 결과, 수확후 포장 조건 하에서 냉장 보관한 모든 처리 시료에서 심각한 부패나 병해는 발생하지 않았지만, Control의 경우 일부 엽 가장자리에 갈변과 시듦 현상이 나타나는 반면에, Treatment A와 아미노산 처리구는 조직이 비교적 단단하고 색이 유지되는 경향을 보였다. 아미노산 처리 상추는 대조구 보다 엽 조직이 두꺼웠으며, 저장 중 수분 손실과 변색에 대한 변화 속도가 다소 느린 것으로 관찰되었는데, 이러한 현상은 아미노산 처리가 칼슘 공급 효과와 관련된 가능성이 있을 것으로 추측되었다. 엽채류에서 칼슘은 세포막 안정화와 세포벽 강화에 관여하여 채소의 저장성을 향상시키는 원소로 잘 알려져 있으며, 실제 선행 연구들에서도 수확전 칼슘 처리가 상추 저장 중 품질 유지에 도움이 된다고 보고된 바 있다<sup>9,10)</sup>. Treatment A의 경우에 외관 지수가 다소 높은 것은 아미노산에 함유된 MSG 내 이온이 일부 세포벽에 축

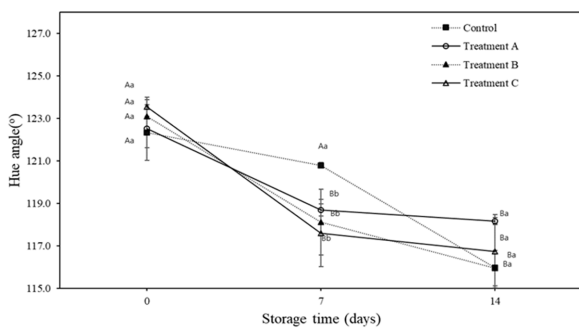


**Fig. 3.** Morphological appearance of leaf lettuce cultivars ‘Cheongchima’ at harvest under different amino acid treatments.

적되어 조직 연화를 억제했을 가능성이 있어서, 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다. 본 연구 결과, 상추의 외관 품질 측면에서는 Treatment C > Treatment A > Treatment B > Control 순으로 유지 되는 경향을 보였다. 이는 아미노산 처리가 엽의 수분 보전, 변색 억제, 조직 유지력에 다소 영향을 주는 것으로 판단되며, 향후 품질 변화와 관련된 세포 조직학적·생리학적 기작 분석이 필요할 것으로 보인다. 본 연구 결과는 본 연구에서 사용된 perforated PE 포장 조건 하에서 검증된 결과로써 다른 MA 포장재에서는 포장 종류 및 가스교환 조건 변경으로 저장 특성이 달라질 수 있으므로 포장 적용성과 통합하여 향후에 검토가 필요할 것으로 보인다.

### 2.3. Hue angle

상추의 재배 중 아미노산 처리 후 저장 기간에 따른 Hue angle 변화를 조사한 결과, 시간이 경과함에 따라 Hue angle 값이 전반적으로 감소하는 경향을 보였으나, 수확 후 포장 조건 하에서 아미노산 처리에 따른 효과는 불분명하였다(Fig. 4). Hue angle의 변화 경향을 보면, 초기(0일)에는 처리 간 차이가 없었으나 7일차에서 Control과 다른 처리구 간 유의적인 차이가 발생하였으나, 14일차에는 다시 처리 간 차이가 사라지는 양상을 보였다. 이는 수확 전 처리 효과가 일시적으로 발휘되었으나 장기적으로는 차이가 유지되지 않았음을 시사하는 것으로 보인다. 상추의 저장 중 Hue angle 값의 감소는 저장 기간이 길어짐에 따라 Lee 등<sup>22)</sup>의 보고와 같이 엽의 엽록소가 분해되고 황화(yellowing) 현상이 가속화되어 나타나는 것으로 보인다. 아미노산 처리에 따른 저장 7일차에 Hue angle 값이 Control에서 120.8로 다른 처리구보다 높은 경향을 보였으

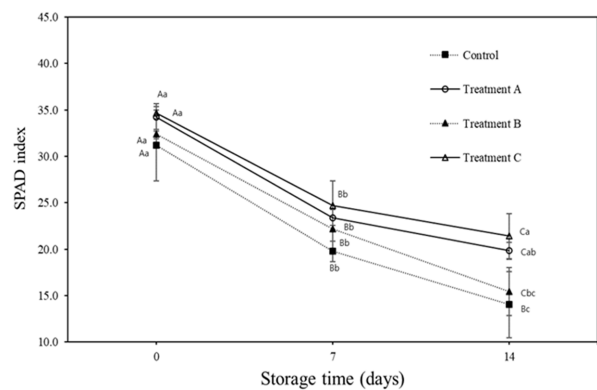


**Fig. 4.** Effect of different amino acid treatments on Hue angle of leaf lettuce cultivar 'Cheongchima' during storage at 4°C. Mean values with different capital letters across storage times indicate statistically significant changes during storage according to Duncan's multiple range test ( $P \leq 0.05$ ). Mean values with different small letters within the same storage day indicate statistically significant differences among amino acid treatments according to Duncan's multiple range test ( $P \leq 0.05$ ).

나, 저장 14일에 Treatment A와 Treatment C가 각각 118.2와 116.7로 유지되어, Control 및 Treatment B보다 황화가 지연되는 효과를 보였다. 이는 Control에 비해 Treatment A 및 Treatment C 처리의 엽색 변화를 늦추고, 황화진행이 지연되어 외관 품질을 유지하는 데 다소 효과적임을 시사한다. 저장 중 상추의 색도 변화를 최소화하기 위해서는 Treatment A 및 Treatment C와 같은 아미노산 처리가 유효할 것으로 판단되며, 포장을 통해 소비자 선호도가 높은 녹색 유지에 기여할 수 있을 것으로 보인다. 향후에는 색소 조성 분석을 통해 Hue angle 변화와 관련된 실제 엽록소 및 카로티노이드와 같은 색소 함량 변화를 규명하는 연구가 필요할 것으로 보인다.

### 2.4. SPAD

상추의 저장 기간에 따른 SPAD 값 변화는 저장 동안 감소할 뿐만 아니라, 저장 후기에는 아미노산 종류와 처리 여부에 따라 달라지는 경향을 보였다(Fig. 5). SPAD는 초기(0일)에 Control을 비롯하여 모든 처리에서 동일 집단으로 유의적인 차이가 없었으며, 수확 후 포장 조건 하에서 저장 7일차에 수확 직후보다 SPAD 값이 유의적으로 감소하였지만 처리 간 차이는 나타나지 않았다. 그러나 저장 14일차에는 Treatment C와 Treatment A가 상대적으로 높은 수준을 유지하여 유의적 차이를 보였다. 저장 중 엽 색갈 변화에서는 처리에 따라 다소 차이가 나타났다. 수확 직후 엽의 SPAD 값(엽록소 함량 지수)은 Treatment A와 Treatment C가 34 내외로 가장 높았고, Control은 약 31로 가장 낮았다. 저장 14일 후에는 모든 처리에서 SPAD 값이 감소하였는데, Control의 SPAD는 평균 14까지 크게



**Fig. 5.** Effect of different amino acid treatments on SPAD of leaf lettuce cultivar 'Cheongchima' during storage at 4°C. Mean values with different capital letters across storage times indicate statistically significant changes during storage according to Duncan's multiple range test ( $P \leq 0.05$ ). Mean values with different small letters within the same storage day indicate statistically significant differences among amino acid treatments according to Duncan's multiple range test ( $P \leq 0.05$ ).

떨어진 반면, Treatment C는 21으로 비교적 높은 값을 유지했으며, Treatment A와 Treatment B의 SPAD는 각각 20 및 15로 측정되어, 아미노산 처리 여부가 Control보다 엽의 황화 진행이 덜한 것을 확인할 수 있었다. 저장 14일 후에는 모든 처리에서 엽이 상당히 황변되고 SPAD 값이 0일차 대비 30~50% 감소하였으나, 포장 조건하의 저장 동안 처리 간에 SPAD도 순위는 유사하게 유지되는 것으로 나타났다(Treatment A  $\approx$  Treatment C > Treatment B > Control). 본 연구에서 분석 결과, 아미노산 처리에 따른 저장 중 SPAD 감소폭 차이는 10% 유의수준에서 저장 후기에 유의성이 있는 것으로 나타났으며, 전반적으로 Treatment A와 Treatment C가 Control보다 다소 높은 SPAD 값을 유지하는 경향을 보였다. Treatment A 및 특정 아미노산 성분이 저장 중 엽록소 분해를 지연시키거나 엽의 항산화물질 함량을 높여 색택 유지에 기여했을 가능성을 시사한다. 시판 아미노산인 Treatment C는 수확 시 엽록소 함량이 가장 높았을 뿐 아니라, 포장 후 저장 7일 후 SPAD 유지 정도(약 71%)도 가장 높아, 엽의 녹색 유지 측면에서 가장 효과적인 처리로 판단된다. 반면 Treatment B도 Control보다는 저장 중 엽록소 감소폭이 적었지만, Treatment B 처리는 수확 직후 엽색 자체가 진하지 않았던 점을 고려하면 저장 중 엽색 유지에서 두드러진 이점을 보였다고는 할 수 없었다. 저장 동안 외관에 영향을 주는 부패 등의 상품성 저하를 관찰한 결과, 포장 후 냉장으로 보관한 모든 처리에서 심각한 부패나 병해는 발생하지 않았지만, Control의 경우 일부 엽 가장자리에 갈변과 시듦 현상이 나타난 반면에 Treatment A, Treatment B, Treatment C는 엽의 녹색이 유지되는 경향을 보였다. 본 연구에서 ‘청상추’의 수확후 변화 요인을 제한하기 위해 수확후 천공된 PE 필름으로 포장하여 저장성을 평가한 결과, 저장 기간 동안 SPAD 값과 Hue angle 변화 등에서 처리 간 차이가 관찰되었다. 전반적으로 모든 처리에서 시간 경과에 따라 품질과 관련된 지표가 감소하는 경향을 보였으나, 아미노산 처리는 Control에 비해 감소 폭이 완화되는 양상을 나타냈다. Treatment A는 저장 기간 동안에 가장 낮은 생체중량 감소율을 유지하였고, Treatment C는 외관지수와 SPAD 유지 측면에서 우수하여 품질 유지 효과가 뚜렷했다. 또한 Hue angle 분석에서도 Treatment A와 Treatment C가 Control보다 황화 진행이 지연되는 결과를 보였다. 이러한 결과는 아미노산 처리가 저장 중 수분 손실 억제와 엽록소 분해 지연에 기여하여, ‘청상추’의 외관 품질과 녹색 유지에 긍정적인 영향을 줄 수 있음을 시사한다. 따라서 수확후 저장 과정에서 아미노산 처리는 상추의 신선도 유지에 보조적 수단으로 활용될 가능성이 있으며, 향후 관련 성분의 작용 기작에 대한 세포 조직 및 생리적 연구가 필요할 것으로 판단된다.

## 요 약

본 연구는 ‘청상추’를 대상으로 발효 아미노산 제제 (Treatment A) 및 상업용 아미노산 액상비료(Treatment B, Treatment C)가 생육과 저장성을 유공 PE 필름 포장 하 4 °C 저장 조건에서 저장성을 조사하여 수확후 차이를 평가하였다. 본 결과에서 Control과 비교할 때 Treatment A는 엽록소 함량(SPAD) 유지 및 저장 중 포장 하에서 황화 지연에 일부 긍정적인 효과를 나타냈으나, 생체중 증대와 같은 양적 생육 증가 효과가 제한적이었다. 일부 아미노산 제제는 재배 후 생체중은 Control보다 낮게 나타나 Treatment B에서 일부 아미노산 제제의 한계가 확인되었다. Treatment B는 발효 부산물 유래 액비로서 모든 생육 지표에서 가장 저조한 결과를 보였으며, 염류나 유기산 등 불순물의 영향으로 초기 생육이 억제된 것으로 해석된다. 반면, 콜라겐 가수분해물 기반의 Treatment C는 엽수와 생체중에서 양호한 경향을 보였으며, 수확후 유공 PE 포장 상태에서 저장 평가를 수행한 결과, 저장 중 외관지수와 SPAD 유지에서도 가장 우수하여 ‘청상추’ 품질 안정성 측면에서 유리하게 작용하였다. 본 연구에서 아미노산 제제의 효과가 원료 성분과 제조 공정에 따라 크게 달라질 수 있음을 보여준다. 단일 성분의 Treatment A는 생육 개선에 잠재적 활용 가치가 있는 것으로 보이며, Treatment C와 같이 복합 영양소를 함유한 제제는 생육 및 저장성 개선에 보다 효과적임을 확인하였다. 따라서 아미노산 제제는 엽채류의 생산성과 저장성을 동시에 향상시킬 수 있는 유망한 관리 기술이 될 수 있으며, 향후 작물별 최적 처리 농도와 병용 전략에 대한 추가 연구가 필요하다. 본 연구는 다양한 원료 기반의 아미노산 제제가 상추 생육 및 저장성에 미치는 차별적 효과를 비교함으로써, 아미노산 기반 제제의 활용성을 평가하고 향후 자원순환형 농업 기술 개발을 위한 기초 자료를 제공한다는 점에서 의의가 있다.

## 참고문헌

1. Atero-Calvo, S., Navarro-León, E., Polo, J., and Ruiz, J.M. 2025. Physiological efficacy of amino acid-based biostimulants Pepton 85/16, Pepton origin, and Nutriterra in lettuce grown under optimal and reduced synthetic nitrogen fertilization. *Plant Sci.* 16:1645768.
2. Colla, G., Roupahel, Y., Canaguier, R., Svecova, E., and Cardarelli, M. 2014. Biostimulant action of a plant-derived protein hydrolysate produced through enzymatic hydrolysis. *Front. Plant Sci.* 5:448.
3. Ra, S.B. 2013. Effects of liquid by-products of amino acids on chemical and biological properties of upland soil. Ph.D. Dissertation, Kongju National University, Gongju, Korea.
4. Henderson, B.C.R., Sanderson, J.M., and Fowles, A. 2025. A review of the foliar application of individual amino acids as biostimulants in plants. *Discover Agriculture* 3:69.
5. Yakhin, O.I., Lubyantsev, A.A., Yakhin, I.A., and Brown, P.H.

2017. Biostimulants in plant science: a global perspective. *Front. Plant Sci.* 7:2049.
6. Bulgari, R., Franzoni, A., and Ferrante, A. 2019. Biostimulants application in horticultural crops under abiotic stress conditions. *Agriculture* 9:252.
  7. Bi, X., Zhang, Y., Li, J., Wang, M., Liu, H., and Yu, S. 2022. Effects of plant-derived protein hydrolysates on yield, quality, and nutrient uptake of lettuce and tomato. *Agronomy* 12:1791.
  8. Kraboun, K., Tochampa, W., Chatdamrong, W., and Kongbangkerd, T. 2013. Effect of monosodium glutamate and peptone on antioxidant activity of Monascol waxy corn. *Int. Food Res. J.* 20:623-628.
  9. León, K.A., García, G.O., Mendieta, M., and Rodríguez, E.M. 2010. Calcium chloride treatments to maintain postharvest quality of lettuce. *J. Sci. Food Agric.* 90:2267-2274.
  10. Zhou, J., Li, X., Huang, R., Zheng, S., Wei, X., He, H., and Yu, J. 2021. Foliar application of pig blood-derived protein hydrolysates improves antioxidant activity in lettuce. *Sci. Hortic.* 291:110602.
  11. Abdelhamid, M.T., El-Bassiouny, H.T., Ghoname, A.A., Asaad, A., and El-Sawy, A.A. 2023. Effect of amino acid biostimulant (Perfectose) on lettuce yield and quality in NFT system. *J. Plant Nutr.* 46:4373-4387.
  12. Lopez-Rubio, J.F., Cebrian-Tarancon, C., Alonso, G.L., Salinas, M.R., and Sanchez-Gomez, R. 2025. Preparation and characterization of liquid fertilizers produced by anaerobic fermentation. *Agriculture* 15:1225.
  13. Pasković, I., Popović, L., Pongrac, P., Pasković, M.P., Kos, T., Jovanov, P., and Franić, M. 2024. Protein hydrolysates—production and use in agriculture. *Horticulturae* 10:1041.
  14. Ahmad-Faris Seman-Kamarulzaman, A.F., and Mohamad, M.A. 2019. The effects of monosodium glutamate as an alternative fertilizer towards the growth of *Zea mays*. *Gading J. Sci. Tech.* 2:1-7.
  15. Lin, D. 2010. Study on chicken manure and MSG promoting soil microbes. *China Agric. Sci.* 43:2498-2504.
  16. Lee, J.S., Chun, C.H., Choi, J.W., Chung, D.S., Lim, C.I., Seo, T.C., and Do, G.L. 2005. Effects of lettuce cultivars and cultivation methods on growth, quality, and shelf-life. *Korean J. Hortic. Sci. Technol.* 23:12-18.
  17. Li, J., Li, B., Xu, S., Liu, X., Sun, W., and Pan, G. 2022. Recycling of monosodium glutamate waste liquid as a fertilizer for rice cultivation. *J. Clean. Prod.* 333:130164.
  18. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA). 2024. Status of greenhouse vegetables and production performance of vegetable crops. MAFRA, Sejong, Korea, pp. 1-161.
  19. Korea Rural Economic Institute (KREI). 2014. Activity report of the food consumption trend monitor (NongSoMo). KREI, Naju, Korea, pp. 1-113.
  20. Korea Rural Economic Institute (KREI). 2013. Activity report of the food consumption trend monitor (NongSoMo). KREI, Naju, Korea, pp. 1-177.
  21. Korea Rural Economic Institute (KREI). 2024. Food consumption behavior survey statistical report. KREI, Naju, Korea, pp. 1-1171.
  22. Lee, J.S., Chung, D.S., Lee, J.U., Lim, B.S., Lee, Y., and Chun, C. 2007. Effects of cultivars and storage temperatures on shelf-life of leaf lettuces. *Korean J. Food Preserv.* 14:345-350.
  23. Rural Development Administration (RDA). 2012. Manual for agricultural investigation. RDA, Suwon, Korea.
  24. Rural Development Administration (RDA). 2021. Research data standards manual for vegetables: Lettuce. National institute of horticultural and herbal science, RDA, Wanju, Korea.
  25. Khan, S., Yu, H., Li, Q., Gao, Y., Sallam, B.N., Wang, H., Liu, P., and Jiang, W. 2019. Exogenous application of amino acids improves the growth and yield of lettuce. *Agronomy* 9:266.
  26. Sim, H.S., Cho, J.S., Woo, U.H., Moon, Y.H., Lee, T.Y., Lee, H.J., Wi, S.H., and Kim, S.G. 2022. Effects of foliar application of glutamic acid on ABA, carbohydrate, and glucosinolate metabolites in Chinese cabbage under low-temperature conditions. *J. Bio-Environ. Control* 31(3): 170-179.
  27. ICL Growing Solutions. 2023. Enhancing crop performance with amino-acid-based biostimulants. ICL Agricultural Knowledge Hub, Tel Aviv, Israel. (Technical Report).
  28. Grower's Secret Inc. 2023. Stronger plants with amino acids: Effects of amino-acid-based biostimulants on crop performance. Grower's Secret Technical Bulletin, California, USA. (Technical Report).
  29. Inayat, H., Mehmood, H., Danish, S., Alharbi, S.A., Ansari, M.J., and Datta, R. 2024. Impact of cobalt and proline foliar application for alleviation of salinity stress in radish. *BMC Plant Biol.* 24(1): 287.
  30. Yaseen, T., Spinelli, A., Khalid, F., Piccinotti, M., and Celano, G. 2022. Effect of plant biostimulants on macronutrient content of lettuce cultivars. *S. Afr. J. Bot.* 147:223-232.
  31. Hebe, S., El-Batran, H.S., and Mohammed, M.H. 2019. Response of lettuce plants to foliar application of amino acids under different rates of vermicompost. *Res. J. Agric. Biol. Sci.* 14:10-16.
  32. Salinas, M., Gandolfo, E., Hakim, G., and Di Benedetto, A. 2019. Foliar amino acids sprays on lettuce biomass accumulation. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.* 8:2183-2196.
  33. Choi, H.W., Park, S.E., and Son, H.S. 2023. Color image expression through CIE Lab\* system in foods. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 52:223-229.
  34. Won, H.S., Lee, E., Lee, S., Nam, J.H., Jung, J., Cho, Y., Evert, T., Kan, N., Kim, S., and Kim, D.S. 2025. Image analysis using smartphones for lettuce leaf color and weight evaluation. *Front. Plant Sci.* 10:3389.
  35. Tsouvaltzis, P., Siomos, I., and Gerasopoulos, D. 2020. Effect of reduced nitrogen and amino acids on nutritional quality of lettuce. *Agronomy* 10:922.
  36. Lee, J.S., Chung, D.S., Choi, J.W., Cho, M.A., Lee, Y.S., and Chun, C.H. 2006. Effects of storage temperature and packaging treatment on the quality of leaf lettuce. *Korean J. Food Preserv.* 13: 8-12.
  37. Lee, J.S., Lee, H.E., Lee, Y.S., and Chun, C.H. 2008. Effect of packaging methods on the quality of leaf lettuce. *Korean J. Food Preserv.* 15: 630-634.