

Weed & Turfgrass Science was renamed from both formerly Korean Journal of Weed Science from Volume 32 (3), 2012, and formerly Korean Journal of Turfgrass Science from Volume 25 (1), 2011 and Asian Journal of Turfgrass Science from Volume 26 (2), 2012 which were launched by The Korean Society of Weed Science and The Turfgrass Society of Korea founded in 1981 and 1987, respectively.

## 케라틴 아미노산 비료 시비에 따른 크리핑 벤트그래스의 생육과 품질 변화

조기웅<sup>1</sup> · 김영선<sup>2,5\*</sup> · 함선규<sup>3</sup> · 이재필<sup>1</sup> · 김두환<sup>1</sup> · 김우성<sup>4</sup> · 이금주<sup>5\*</sup>

<sup>1</sup>건국대학교 농축대학원, <sup>2</sup>효성오앤비(주), <sup>3</sup>대정골프엔지니어링, <sup>4</sup>장유산업, <sup>5</sup>충남대학교 원예학과

### Growth and Quality Changes of Creeping Bentgrass by Application of Keratin Amino Acid Fertilizer

Gi-Woong Jo<sup>1</sup>, Young-Sun Kim<sup>2,5\*</sup>, Soun-Kyu Ham<sup>3</sup>, Jae-Pil Lee<sup>1</sup>, Doo-Hwan Kim<sup>1</sup>, Woo-Sung Kim<sup>4</sup>, and Geung-Joo Lee<sup>5\*</sup>

<sup>1</sup>Major in Golf Course and Turfgrass, Graduate School of Agriculture and Animal Science, Konkuk University, Seoul 05029, Korea

<sup>2</sup>Hyosung O&B Co. Ltd., Daejeon 34054, Korea

<sup>3</sup>Daejung-golf Engineering Co. Ltd., Yongin 17124, Korea

<sup>4</sup>Jahngryu Industries, Ltd, Cheongwon 34134, Korea

<sup>5</sup>Department of Horticultural Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

**ABSTRACT.** Amino acids in the plant were intermediate metabolites which produced by uptake and assimilation of nitrogen and these extracts which gained by bio-chemical digestion from protein of plant or animal were a source of functional fertilizer. This study was conducted to evaluate effects of keratin amino acid fertilizer (KAF) gained from animal hair or hoof on changes of turfgrass quality and growth by investigating turf color index, chlorophyll index, shoot number, clipping yield, and nutrient content in the turfgrass tissue. Treatments were designed as follows; non-fertilizer (NF), compound fertilizer (CF), keratin amino acid fertilizer treatments [CF + KAF 0.26 ml m<sup>-2</sup> (CKF), CF + KAF 0.52 ml m<sup>-2</sup> (2CKF)], and only keratin amino acid fertilizer treatment (KF). Shoot number, clipping yield, and nitrogen uptake of KF were higher than those of CF. As compared with CF, soil chemical properties, turf color index, chlorophyll index and clipping yield of keratin amino acid fertilizer were not significant, but shoot number and uptake of N and K were increased significantly. These results show that the application of keratin amino acid fertilizer increased shoot number and growth by increased uptake of nitrogen and potassium.

**Key words:** Creeping bentgrass, Growth and quality of turfgrass, Keratin amino acid fertilizer, Shoot number

Received on November 7, 2016; Revised on December 6, 2016; Accepted on December 9, 2016

\*Corresponding author: <sup>2</sup>Phone) +82-42-821-5734, Fax) +82-42-821-8888; E-mail) zeroline75@empas.com

<sup>5</sup>Phone) +82-42-821-5734, Fax) +82-42-821-8888; E-mail) gjlee@cnu.ac.kr

© 2016 The Korean Society of Weed Science and The Turfgrass Society of Korea

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 서 론

식물은 토양으로부터 뿌리를 통해 질소를 흡수하여 동화 과정을 거쳐 아미노산을 생성하고, 아미노산은 아미드, 펩타이드 및 단백질 등으로 생합성된다(Taiz and Zeiger, 2009). 일반적으로 질소는 질산태 질소나 암모니아태 질소와 같은 무기태 질소의 형태로 식물에 흡수되는 것으로 알려져 있으나, 아미노산과 같은 유기태 질소의 형태로 흡수되기

도 한다(Persson and Näsholm, 2002). 식물체 중에서 질소 동화산물인 아미노산은 식물체의 체관을 통해 이동하며, 식물의 종류와 생육환경에 따라 체관액 중 아미노산 조성은 다르게 나타난다(Raitio and Sarjala, 2000).

식물체 중 질소 동화의 중간물질인 아미노산에 대한 연구는 질소의 흡수 및 동화 메커니즘에 대해 식물생리학적 방법과 분자생물학적 방법으로 진행되었다(Muller and Touraine, 1992; Vidmar et al., 2000; Aslam et al., 2001;

Glass et al., 2001; Liu et al., 2005). 아미노산공급은 식물이 질소 동화에 필요한 에너지를 줄일 수 있어 식물생육이 증대되었고, 미생물을 이용한 생명공학 기술이 발달하면서 아미노산을 포함하는 부산물을 작물재배에 이용할 수 있게 되었다(Lee and Woo, 1992; Han et al., 2011).

식물재배에 이용하는 아미노산 발효액은 단백질의 화학적 혹은 생물학적 분해과정을 통해 얻어지며(Han et al., 2011), 단백질 원료의 종류에 따라 아미노산 함량 및 조성이 다르게 나타난다(Yang et al., 1998; Kim et al., 2003). 식물성 아미노산 발효액은 주로 사탕수수를 발효하는 과정에서 얻어지고, 동물성 아미노산 발효액은 혈분, 털, 발톱 및 어분 등과 같은 동물성 단백질을 발효하여 얻어진다(Kim et al., 2003; Han et al., 2011). 아미노산 발효액을 포함하는 기능성 비료를 이용하여 식물을 재배하였을 때, 작물의 생육과 생산량, 화분발아, 양분 흡수 및 엽록소 함량이 증가되었다(Kim et al., 2003; Cheon et al., 2006; Han et al., 2011; Moon et al., 2012). 또한, 아미노산 발효액을 포함하는 비료를 잔디에 시비하는 경우 잔디 생육 및 품질이 증가하였다(Kim et al., 2003; Chang et al., 2010; Kim et al., 2012).

식물성 아미노산 발효액은 잔디의 뿌리생육 및 양분 흡수를 촉진시키고(Chang et al., 2010; Kim et al., 2012), 축산 동물의 도축율을 이용한 동물성 아미노산 발효액은 잔디의 지하부 및 지상부의 생육과 양분 흡수를 증가함으로써 잔디 품질을 양호하게 하였다(Kim et al., 2003). 케라틴 아미노산 발효액은 혈분 아미노산 발효액과 더불어 비료 원료로 사용되는 대표적인 동물성 아미노산 발효액으로 작물에 대한 시비연구는 일부 이뤄졌으나 잔디 생육에 대한 연구는 거의 이루어지지 않았다.

따라서 본 연구에서는 케라틴 아미노산 발효액을 포함하는 비료(케라틴 아미노산 비료)를 골프장 그린 크리핑 벤트그래스에 시비하였을 때, 잔디의 생육과 품질의 변화에 대하여 알아보고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 공시재료

본 연구는 2010년 5월부터 2010년 9월까지 5개월 동안 인천광역시 소재의 SKY72 골프클럽 증식포장에서 수행되었다. 공시잔디로는 2006년 파종되어 약 5년간 관리된 크리핑 벤트그래스 (*Agrostis palustris* H.) 'Pennlinks' 품종을 이용하였다. 시험포장의 토양은 USGA규격에 적합한 모래와 코코피트가 각각 95%와 5%씩 부피로 혼합된 모래로 구성되어 있었고, 상토층의 깊이는 약 15 cm였다. 잔디 생육에 필요한 양분을 공급하기 위해 공시비료는 복합비료(compound fertilizer: N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=21-17-17, (주)남해화학, 서울, 한국)와

케라틴 아미노산 비료(keratin amino acid fertilizer: N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Mo=0.0-0.0-0.0-0.05-0.0005, FMT Korea Co., LTD., 의정부, 한국)를 사용하였다. 케라틴 아미노산 비료(keratin amino acid fertilizer; KAF)는 케라틴 아미노산 원료가 10% 함유되어 있었고, 아올리 수용성 붕소(0.05%)와 수용성 폴리브덴(0.0005%)이 보정되어 있는 미량요소복합 비료였다.

### 처리구 설정

처리구는 비료의 종류 및 시비량에 따라 무처리구(non-fertilizer; NF), 복합비료 대조구(compound fertilizer; CF), 케라틴 아미노산 비료 추천량처리구(CKF; CF + KAF 0.26 ml m<sup>-2</sup>)와 배량처리구(2CKF; CF + KAF 0.52 ml m<sup>-2</sup>) 및 케라틴 아미노산 비료 단독처리구(KAF only; KF)로 구분하였다.

실험 포장의 실험구 단위는 3 m<sup>2</sup> (1 m × 3 m) 크기로 전체포장은 45 m<sup>2</sup>였고, 실험구 배치는 난괴법(3반복)으로 배치하였다. 공시비료 중 복합비료는 2010년 4월 29일, 5월 27일, 6월 30일, 8월 5일에 3.0 gN m<sup>-2</sup>씩 총 4회 시비하였고, 케라틴 아미노산 비료는 2010년 4월 29일, 5월 13일, 5월 27일, 6월 10일, 6월 24일, 7월 8일, 7월 22일, 8월 5일, 8월 19일, 9월 2일에 추천량(0.26 g m<sup>-2</sup>)과 배량(0.52 g m<sup>-2</sup>)을 200 ml의 수돗물에 희석하여 총 10회 엽면시비(희석액 200 ml m<sup>-2</sup>)하였다. 시험기간 중 예초 관리는 자주식 그린모어(GM262B-AC9, SIBAURA, Tokyo, Japan)로 주 2~3회 5.5 mm 높이로 실시하였다. 시험 기간 중 통기 작업과 배토는 수행하지 않았으며, 병충해 방제를 위해 이프로디온 수화제(5월 19일, 6월 22일)와 테부코나졸 유제(8월 19일, 9월 4일)를 각각 2회씩 살포하였다.

### 생육 조사 및 분석 방법

잔디 생육 조사는 처리구별 엽색지수, 엽록소지수, 예지물량 및 잔디 줄기 밀도를 조사하였다. 엽색지수와 엽록소지수는 각각 Turf color meter (TCM 500, Spectrum Technologies, Inc., Plainfield, IL, USA)와 Chlorophyll meter (CM 1000, Spectrum Technologies, Inc., Plainfield, IL, USA)를 이용하여 측정하였고, 2010년 5월 6일부터 9월 14일까지 7~10일 간격으로 총 18회 측정하였으며, 조사 결과는 월별 평균을 통해 잔디의 시각적 품질 변화를 조사하였다. 잔디 예지물은 5월 26일, 6월 29일, 8월 4일, 9월 13일에 총 4회 채취한 후 드라이오븐[VS-1203PJ-300, (주)비전과학, 부천, 한국]에서 70°C로 24시간동안 건조시켜 건물중을 측정하였다. 잔디 줄기 밀도는 제작한 밀도측정용 코어(1 cm × 1 cm)를 이용하여 시험종료일인 2010년 10월 14일에 조사하였고, 시험기간 중 대기온도(평균기온, 최저기온, 최고기온), 강수량 및 일조시간은 기상청의 인천지역 기상자료를 이용하였다.

포장시험에서 공시비료 처리에 의한 토양의 변화를 조사하기 위해 시험 전(2010년 4월 25일)과 시험 종료 후(2010년 9월 15일) 총 2회 실시하였다. 토양시료는 자체 제작된 토양시료 채취용 코어(지름 2 cm, 깊이 10 cm)를 이용하여 각 처리구별 4개씩 토양시료를 채취하였고, 분석을 위해 음지에서 풍건하였다. 분석 항목은 토양산도(pH), 전기전도도(electrical conductivity; EC), 유기물(organic matter; OM) 함량, 전질소(total nitrogen; T-N), 유효인산(available phosphate; Av-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 치환성 양이온(exchangeable cation; K, Ca, Mg, Na) 및 양이온 치환용량(cation exchangeable capacity; CEC) 등 이었고, 분석방법은 토양 화학 분석법(NIAST, 1998)에 준하여 실시하였으며, pH와 EC는 1:5법으로, OM은 Tyurin법으로, T-N은 Kjeldahl 증류법으로, Av-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>는 Bray No1법으로, 치환성 양이온과 CEC는 1N-NH<sub>4</sub>OAc침출법으로 각각 분석하였다.

식물체 분석은 시험 종료시기인 9월 13일 채취된 잔디 예지물을 건조하여 분석시료로 이용하였다. 분석 영양소는 잔디 생육의 주요 구성성분인 질소, 인, 칼륨, 칼슘, 마그네슘 및 나트륨 등을 포함하였다. 잔디 식물체 분석은 식물체 분석법에 준하여 실시하였고, 질소는 Kjeldahl 증류법으로, 인은 UV-spectrophotometer (U-2800, Hitachi, Tokyo, Japan)를 이용하여 바나도몰리브덴산법으로, 칼륨, 칼슘, 마그네슘 및 나트륨은 질산 분해 후 유도 결합 플라즈마[inductively coupled plasma (ICP); Integra XL, GBC, Victoria, Australia]를 이용하여 각각 분석하였다(NIAST, 1998). 양분 흡수는 건물중과 잔디 조직 분석 결과를 이용하여 아래 식과 같이 조사하였다(Kim et al., 2001).

양분 흡수량(g m<sup>-2</sup>) = 건물중(g m<sup>-2</sup>) × 잔디 중 양분 함량(%)  
통계처리는 SPSS 12.1.1을 이용하여 Duncan 다중검정을 통해 전처리구간 평균값의 유의차를 검정하였고, t-검정을 통해 무처리구와 케라틴 아미노산 비료 단독 처리구나 대조구와 케라틴 아미노산 처리구간 유의차를 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 토양의 무기 성분 함량

시험 전 토양은 pH와 EC가 각각 7.19과 0.26 dS m<sup>-1</sup>로 잔디재배가 가능한 토양이었다. 시험 전과 후의 토양화학성 지표들의 차이는 없었고, 시험 종료 후 처리구별 토양 화학성의 변화 또한 차이를 보이지 않았다(Table 1). 무처리구(NF)와 케라틴 아미노산 비료 단독처리구(KF)의 유의차를 분석한 결과, 처리구별 차이가 없었고, 대조구(CF)와 케라틴 아미노산 비료 추천량처리구(CKF)를 비교에서도 처리구별 유의차를 확인할 수 없었다. 또한, 케라틴 아미노산 비료의 시비량에 따른 CKF와 추천배량(2CKF)의 비교에서도 비슷한 토양 특성을 나타내었다. 이들 결과를 종합해 볼 때, 케라틴 아미노산 비료의 관주시비는 골프코스의 토양 이화학성 변화는 미미한 것으로 나타났다.

### 잔디 품질 조사

케라틴 아미노산 비료의 처리에 따른 크리핑 벤트그래스의 품질변화를 확인하기 위하여 엽색지수, 엽록소지수 및 잔디 줄기 밀도 등을 조사하였다.

케라틴 아미노산 비료 시비 후 잔디의 엽색지수(turf color

Table 1. Soil chemical properties before and after treatment in the experiment.

Treatment <sup>y</sup>	pH (1:5)	EC (dS m <sup>-1</sup> )	OM (%)	T-N (%)	Av-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	Ex-Cation (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )				CEC (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )
						K	Ca	Mg	Na	
Before	7.19a <sup>z</sup>	0.26a	0.64a	0.04a	43.87a	0.10a	1.16a	0.29a	0.09a	2.47a
NF	6.61a	0.15a	0.45a	0.04a	22.30b	0.05a	1.29a	0.31a	0.10a	2.27a
CF	6.54a	0.14a	0.61a	0.05a	38.54a	0.06a	1.20a	0.31a	0.10a	2.50a
CKF	6.53a	0.16a	0.62a	0.04a	48.28a	0.05a	1.20a	0.28a	0.11a	2.70a
2CKF	6.71a	0.18a	0.63a	0.04a	41.79a	0.03a	1.41a	0.27a	0.14a	2.53a
KF	6.77a	0.17a	0.50a	0.04a	35.55a	0.04a	1.28a	0.25a	0.12a	2.60a
t-test										
NF vs KF	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CF vs CKF	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

<sup>y</sup>Treatments were follows. NF: non-fertilizer; CF: compound fertilizer; CKF: CF + recommendation dose of keratin amino acid fertilizer (KAF); 2CKF: CF + double dose of KAF; KF: applied only KAF. CF was applied at 3.0 gN m<sup>-2</sup> rate on April 30, May 27, June 30, and August 5 and CKF and 2CKF at 0.26 g m<sup>-2</sup> and 0.52 g m<sup>-2</sup> rate, respectively, on April 29, May 13, May 27, June 10, June 24, July 8, July 22, August 5, August 19, and September 2.

<sup>z</sup>Means with same letters within column are not significantly different by Duncan's multiple range test  $p=0.05$  level.

'ns' represents not significant by t-test.

**Table 2.** The change of turf color index and chlorophyll index of creeping bentgrass in the experiment.

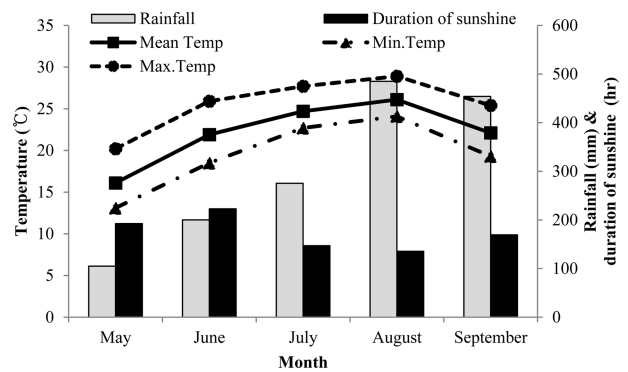
Treatment <sup>y</sup>	May	June	July	August	September
Turf color index (TCI)					
NF	6.36b <sup>z</sup>	7.07ab	6.58a	6.60a	6.72a
CF	6.69a	7.13a	6.73a	6.65a	6.76a
CKF	6.74a	7.12a	6.66a	6.50a	6.77a
2CKF	6.68a	7.12a	6.67a	6.68a	6.74a
KF	6.37b	6.99b	6.56a	6.56a	6.77a
t-test					
NF vs KF	ns	ns	ns	ns	ns
CF vs CKF	ns	ns	ns	ns	ns
Chlorophyll index (ChI)					
NF	167b	298a	213a	195a	236a
CF	220a	324a	234a	196a	250a
CKF	226a	320a	225a	200a	251a
2CKF	226a	323a	226a	196a	253a
KF	167b	294a	211a	203a	245a
t-test					
NF vs KF	ns	ns	ns	ns	ns
CF vs CKF	ns	ns	ns	ns	ns

<sup>y</sup>Treatments refer to table 1.

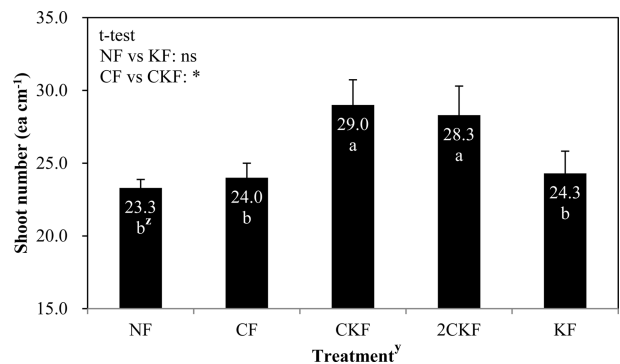
<sup>z</sup>Means with same letters within column are not significantly different by Duncan's multiple range test  $p=0.05$  level.

'ns' represents not significant by t-test.

index; TCI)와 엽록소지수(chlorophyll index; ChI)의 변화는 6월까지의 증가하였고, 7월과 8월에는 감소하였으며, 9월에 다시 증가하는 경향을 나타내었다(Table 2). 이는 한지형 잔디가 15.5~24.0°C 정도의 생육적온을 나타내고, 한랭습윤한 지역에서 생육이 왕성하나(Ahn et al., 1992) 시험기간 중 기상조건은 7월과 8월의 평균기온이 24.7~26.1°C로 생육적온을 초과하였고, 강우에 의해 5월, 6월 및 9월에 비해 일조시간이 부족하였기 때문에 판단되었다(Fig. 1). 처리구별 TCI와 ChI의 처리구별 변화는 5월과 6월 조사에서 NF와 KF는 다른 처리구보다 낮게 조사되었고, 7~9월 조사에서는 모든 처리구에서 비슷한 결과를 보였다. 이는 5월과 6월에는 대기온도가 생육적온에 포함되고, 일조량이 높아 잔디의 광합성 및 생육이 왕성했으나 7~9월은 평균온도가 높고, 강우량이 많으며, 일조량이 상대적으로 낮아 잔디생육에 적합하지 않았기 때문에 판단되었다. 또한, 강우량이 많고, 일조량이 적어 시험포장에 조류가 다량으로 발생한 것도 잔디 품질감소에 영향을 준 것으로 판단된다. 케라틴 아미노산 비료의 시비에 따른 잔디 품질의 변화를 확인하기 위해 TCI와 ChI의 t-검정을 수행한 결과, 처리



**Fig. 1.** Climate conditions at the experimental plot site from May to September.



**Fig. 2.** The shoot number of creeping bentgrass in the experiment. Shoot number of creeping bentgrass was measured on September 14, 2010. <sup>y</sup>Treatments refer to table 1. <sup>z</sup>Error bars indicated standard deviation and different letters indicated significant different at  $p=0.05$  level according to Duncan's multiple range test 5% level. ns and \*represent not significant and significant at the 0.05 probability level by t-test, respectively.

간에 엽색 또는 엽록소 지수에 있어서는 차이가 없었다. 아미노산비료의 시비는 잔디 생육과 품질을 향상시키기도 하나 잔디의 엽색지수나 엽록소지수의 차이를 나타내지 않는다는 Kim et al. (2012)의 보고와 일치한다. 이는 6~9월에는 비료처리구에서 잔디 생육과 양분 흡수량이 증가하였기 때문에 판단된다(Ham et al., 2010).

케라틴 아미노산 비료의 시비 후 잔디 줄기 밀도를 조사한 결과는 Fig 2와 같다. NF와 CF는 23.3 ea cm<sup>-2</sup>와 24.0 ea cm<sup>-2</sup>였고, CKF, 2CKF 및 KF의 잔디 줄기 밀도는 29 ea cm<sup>-2</sup>, 28.3 ea cm<sup>-2</sup> 및 24.3 ea cm<sup>-2</sup>로 조사되어 CKF와 2CKF 처리구에서 잔디의 줄기 밀도가 증가하였다. 케라틴 아미노산 비료의 시비에 의한 잔디 줄기 밀도의 변화를 비교하기 위해 CF와 CKF의 t-검정을 수행한 결과, 케라틴 아미노산 비료를 처리 시 잔디 줄기 밀도가 증가하는 결과를 확인하였다.

#### 잔디 예지물 조사

케라틴 아미노산 비료 시비에 따른 잔디 총 예지물량은

**Table 3.** The dry weight of clipping yield of creeping bentgrass in the nursery experiment.

Treatment <sup>y</sup>	Dry weight (g m <sup>-2</sup> )				
	May 26	June 29	October 4	September 13	Total
NF	9.69b <sup>z</sup>	14.12b	43.94b	19.54a	87.28b
CF	20.66a	17.86a	51.48a	18.96a	108.95a
CKF	20.39a	16.73a	56.80a	19.26a	113.18a
2CKF	19.02a	16.98a	57.71a	16.93a	110.63a
KF	9.92b	16.49a	52.98a	16.67a	96.06ab
t-test					
NF vs KF	ns	ns	*	ns	*
CF vs CKF	ns	ns	**	ns	ns

<sup>y</sup>Treatments refer to table 1.

<sup>z</sup>Means with same letters within column are not significantly different by Duncan's multiple range test  $p=0.05$  level.

'ns', \*and \*\*represent not significant, significant at the 0.05 and 0.01 probability level by t-test, respectively.

87.28~113.18 g m<sup>-2</sup>의 범위로 조사되었다(Table 3). NF와 KF의 t-검정을 수행한 결과, 케라틴 아미노산 비료의 시비에 의해 잔디 생육이 증가하는 것을 알 수 있었으나 CF와 CKF를 비교한 결과, 케라틴 아미노산 비료의 시비에 의한 잔디 생육의 차이는 확인할 수 없었다. NF와 KF의 t-검정결과, KF에서 약 10%정도의 잔디 예지물 증가를 나타내어 케라틴 아미노산 비료의 처리는 잔디의 생육 증가 효과를 나타내어 Kim et al. (2003)의 결과와 유사하였다. 이는 아미노산 비료의 시비가 잔디의 질소 흡수 및 동화를 촉진함으로써(Liu et al., 2005) 잔디의 생육(예지물)과 줄기 밀도를 증가시키기 때문으로 판단된다(Kim et al., 2012; Lee et al., 2015).

#### 잔디 조직의 무기 성분 함량 및 흡수량

잔디 중 함유된 무기 성분 함량 조사결과, 질소, 인 및 칼륨은 각각 4.46~4.57%, 0.48~0.55%, 2.25~2.43%의 범위를 나타내었고, 처리구별 차이는 나타나지 않았다(Table 4). NF와 KF를 비교할 때, 잔디 조직 중 함유된 모든 양분은 차이를 나타내지 않았고, CF와 CKF의 비교에서도 처리구별 차이를 나타내지 않았다.

잔디가 흡수한 처리구별 양분 함량을 조사한 결과, 질소와 칼륨의 흡수량은 각각 3.89~5.09 g m<sup>-2</sup>와 2.05~2.75 g m<sup>-2</sup>으로 CKF 처리구에서 가장 높았고, 인의 흡수량은 0.43~0.61 g m<sup>-2</sup>로 2CKF 처리구에서 가장 높아 케라틴 아미노산 비료를 처리할 때 잔디 중 질소, 인 및 칼륨의 함량이 증가하는 것을 알 수 있다(Table 5). NF와 KF를 비교할 때, 질소는 케라틴 아미노산 비료를 시비한 KF 처리구에서 NF보다 12.6% 증가하였고, CF와 CKF를 비교할 때, 칼륨은 케

**Table 4.** The content and uptake of nutrient of creeping bentgrass in the nursery experiment.

Treatment <sup>x</sup>	Nutrient content (%)					
	N	P	K	Ca	Mg	Na
NF	4.46a <sup>y</sup>	0.49a	2.35a	0.45a	0.23a	ND <sup>z</sup> a
CF	4.47a	0.53a	2.26a	0.42a	0.21a	ND a
CKF	4.50a	0.51a	2.43a	0.44a	0.21a	ND a
2CKF	4.48a	0.55a	2.35a	0.45a	0.22a	ND a
KF	4.57a	0.48a	2.25a	0.43a	0.20a	ND a
t-test						
NF vs KF	ns	ns	ns	ns	*	ns
CF vs CKF	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Nutrient uptake (g m <sup>-2</sup> )						
NF	3.89c	0.43c	2.05c	0.40b	0.20b	ND a
CF	4.87ab	0.57b	2.46b	0.46a	0.23a	ND a
CKF	5.09a	0.57a	2.75a	0.50a	0.24a	ND a
2CKF	4.96ab	0.61ab	2.59ab	0.49a	0.24a	ND a
KF	4.38bc	0.46c	2.16c	0.41b	0.19b	ND a
t-test						
NF vs KF	*	ns	ns	ns	ns	ns
CF vs CKF	ns	ns	*	ns	ns	ns

<sup>x</sup>Treatments refer to table 1.

<sup>y</sup>Means with same letters within column are not significantly different by Duncan's multiple range test  $p=0.05$  level.

<sup>z</sup>'ND' means 'not detected'.

'ns' and \*represent not significant and significant at the 0.05 probability level by t-test, respectively.

라틴 아미노산 비료를 시비한 CKF 처리구에서 11.9% 증가하였다. 이 결과들을 통해 케라틴 아미노산 비료의 시비는 잔디의 질소와 칼륨의 흡수가 증가함을 알 수 있었다. Kim et al. (2012)은 아미노산 비료를 시비 시 잔디의 질소와 칼륨의 흡수가 증가함으로써 잔디생육, 잔디 줄기 밀도 및 잔디 품질이 향상된다는 보고와 같이 본 연구에서도 케라틴 아미노산 비료를 시비할 때, 잔디의 질소와 칼륨의 흡수가 증가하여 잔디의 줄기 밀도와 생산량이 증가하는 결과를 확인할 수 있었다.

#### 고찰

일반적으로 아미노산은 분해되어 무기태질소로 흡수되어 동화되는 것으로 알려져 있지만 Persson and Näsholm (2002)는 탄소와 질소가 동위원소로 결합된 아미노산을 이용하여 아미노산이 분해되지 않고 식물의 뿌리로 흡수된다는 것을 보고하였다. 또한 외부에서 공급된 아미노산은 아미노산의 종류에 따라 식물의 nitrate 흡수를 촉진하기도

하고, 억제하기도 한다(Muller and Touraine, 1992). 대두에서는 arginine, alanine,  $\beta$ -alanine, asparagine, glutamine, methionine, aspartic acid, isoleucine 등이 nitrate 흡수를 억제하는 아미노산으로 분류되었고(Muller and Touraine, 1992), 밀에서는 이들 아미노산 중에서 glutamine은 nitrate 흡수를 증가시키나 대부분의 아미노산이 nitrate 흡수에 영향을 주지 않았으며(Rodgers and Barneix, 1993), 밀에서 아미노산의 처리는 ammonium의 흡수는 억제하는 것으로 나타났다(Causin and Barneix, 1993). 이로써 모든 아미노산이 식물의 질소 흡수에서 동일한 역할을 하는 것은 아니며, 아미노산의 종류, 식물의 종류 및 질소의 형태에 따라 식물의 질소 흡수가 다르다는 것을 확인할 수 있다. 또한 Lui et al. (2005)는 Muller and Touraine (1992)의 시험에서 nitrate 흡수를 억제하는 아미노산들을 혼합하여 nitrate와 함께 공급하였을 때, 아미노산 처리농도가 증가할수록 nitrate의 흡수가 증가하여 외부에서 처리된 아미노산의 종류뿐 아니라 아미노산의 처리농도가 nitrate 흡수에 영향을 주고 있음을 알 수 있다.

Copper and Clackson (1989)은 이러한 현상에 대해 식물은 amino-N pool을 갖고 있어 아미노산형태의 질소가 식물의 질소상과 질소 흡수를 조절하는 전달자 역할을 한다고 보고하였다. 이후 Glass et al. (2001)와 Vidmar et al. (2000)은 식물체 중에 있는 아미노산인 glutamine 함량에 따라 식물의 nitrate와 ammonium의 흡수를 조절하는 유전자를 발현한다고 보고하였다. Lui et al. (2005)는 아미노산 처리농도에 따라 nitrate 흡수와 nitrate 동화수인 nitrate reductase activity (NRA)가 증가하여 식물체 즙액 중 nitrate의 함량은 일정범위 내에서 유지된다고 보고하였다.

식물체 중으로 흡수된 nitrate는 뿌리에서 동화되어 glutamine과 asparagine의 농도가 증가하였고(Aslam et al., 2001), nitrate 흡수량이 증가할수록 식물체 내의 glutamate, glutamine, aspartate 및 asparagine의 함량이 증가한다(Geneger et al., 2003). 식물의 종류나 질소의 형태에 따라 차이는 있으나 식물체 중에서 glutamate와 glutamine이 높게 나타난 것은 이들 아미노산들이 식물의 질소 동화 과정에서 첫 번째로 생산되는 아미노산이기 때문이다(Taiz and Zeiger, 2009). 식물체 내에서 아미노산은 관다발 조직 중 체관을 통해 이동하며, 체관의 즙액 중 아미노산의 함량과 조성은 식물의 종류(Muller and Touraine, 1992; Rodgers and Barneix, 1993), 지역 및 환경 조건에 따라 그 조성이 다르게 나타난다(Raitio and Sarjala, 2000).

식물체 중에서 존재하는 아미노산을 이용하기 위해서는 즙액 중 아미노산을 추출하여 이용하는 것보다 단백질을 분해하거나 발효하여 아미노산을 생산한다(Lee and Woo, 1992). 아미노산 발효에 대한 연구는 주로 식품 중 단백질

을 발효하는 과정에서 항산화성 역할을 하는 기능성 성분인 핵산이나 유리 아미노산의 생성과 이를 정량하고자 하는 노력이 주를 이루었다(Lee and Woo, 1992; Lee et al., 1987; Ryu et al., 1988). Kai et al. (1990)은 발효 과정에서 발생한 아미노산 부산물의 시비에 의해 작물 생육 효과가 인정되어 아미노산비료의 원료로 이용이 가능하다고 보고하였다. 최근에는 아미노산 발효액은 친환경 농업에서 작물생육을 위한 유기농업자재로 사용되고 있다(An et al., 2012). 발효액의 아미노산의 조성과 함량은 단백질 원료의 종류에 따라 다르며, 동물성 단백질 원료는 주로 산성 아미노산이, 식물성 단백질 원료는 염기성 아미노산 함량이 높은 것으로 조사되었다(Han et al., 2011; Yang et al., 1998). 아미노산 비료는 작물과 잔디의 생육과 품질을 향상시키거나 아미노산 원료의 종류에 따라 약간의 차이를 나타낸다(Han et al., 2011; Kim et al., 2003; Kim et al., 2012; Kim et al., 2014). Kim et al. (2003)은 도축혈분에서 유래된 아미노산 비료를 시비하였을 때, 잔디의 뿌리 길이, 예지물량 및 질소 흡수가 증가한다고 보고하였고, Kim et al. (2012)은 식물성 아미노산 비료를 시비하였을 때, 질소 흡수는 증가하나 뿌리 길이나 예지물량은 증가하지 않는다고 보고하여 아미노산비료의 원료 종류에 따라 차이를 나타내었다. 이외에도 아미노산비료의 시비 시 식물생육에 관여하는 미생물의 생육을 촉진하여 근권에서 군집을 이루고 있었다(Kim and Kim, 2006).

아미노산비료의 시비는 작물의 질소, 칼륨 및 마그네슘의 흡수가 증가되어 식물의 엽록소 함량이 증가되었고, 잔디의 엽색과 생육이 증가되었다(Han et al., 2011; Kim et al., 2003; Moon et al., 2012). 특히, 기온이 낮은 초봄에 엽색이 증가하여 그린업(green up)이 증가하였고, 이는 아미노산에 의해 질소 동화속도가 증가하여 잔디의 생육이 증가하기 때문이다(Chang et al., 2010; Kim et al., 2003; Lui et al., 2005). 본 연구에서도 케라틴 아미노산 비료 처리구에서 잔디의 질소 흡수가 증가하였고(Kim et al., 2003), 그 결과 잔디 줄기 밀도가 증가한 것으로 판단된다(Lee et al., 2015). 비록 케라틴 아미노산 비료 처리에 의해 질소 흡수 증가로 잔디 품질 중 잔디의 엽색지수나 엽록소지수의 변화는 나타나지 않았으나 Lee et al. (2015)은 잔디 줄기 밀도의 증가는 잔디의 엽록소나 엽색에 기인한다고 보고하여 케라틴 아미노산 비료의 시비는 잔디 중 엽록소함량을 증가시켜 잔디의 생육과 시각적 품질이 향상되는 것으로 생각된다.

## 요 약

아미노산은 식물에서 질소 동화 과정에서 생성되는 대사 물질이며, 단백질을 발효하여 얻어진 부산물은 아미노산비

료의 원료로 사용되고 있다. 본 연구는 케라틴 아미노산 비료의 시비에 따른 잔디의 생육과 품질의 변화를 확인하기 위해 엽색지수, 엽록소지수, 잔디 줄기 밀도, 잔디 예지물, 잔디 중 양분 함량 및 양분 흡수량을 조사하였다. 처리구는 무처리구(NF), 대조구(CF), 케라틴 아미노산 비료 추천량처리구(CKF)와 배량처리구(2CKF) 및 케라틴 아미노산 비료 단독 처리구(KF)로 구분되었다. 케라틴 아미노산 비료 처리에 후 처리구별 토양화학성, 잔디의 엽색지수 및 엽록소지수의 변화는 나타나지 않았다. 반면에 잔디 줄기 밀도와 잔디 예지물은 케라틴 아미노산비료를 시비한 케라틴 아미노산 비료 단독처리구나 복합비료와 함께 처리한 처리구에서 각각 25~35%와 11% 정도씩 증가하였다. 잔디 중 양분 함량은 처리구별로 비슷하였으나 잔디의 양분 흡수량은 질소와 칼륨이 CKF 처리구에서 증가하였다. 이 결과들을 종합해 볼 때, 크리핑 벤트그래스에서 케라틴 아미노산 비료의 시비는 잔디의 질소와 칼륨의 흡수를 촉진함으로써 잔디 줄기 밀도와 생육을 증가시키는 효과가 있음을 확인 할 수 있었다.

**주요어:** 크리핑 벤트그래스, 케라틴 아미노산 비료, 잔디 줄기 밀도, 잔디 품질 및 생육

## Acknowledgments

This research was supported by Bio-industry Technology Development Program (No. 312033-5), IPET (Korean Institute of Planning and Evaluation for Technology in Agriculture Food and Rural Affairs).

## References

- Ahn, Y.T., Kim, S.T., Kim, I.S., Kim, J.W., Kim, H.J., et al. 1992. Standard and practice for management in golf course. KTRI. Seongnam, Korea. (In Korean)
- An, N.H., Jo, Y.S., Jo, J.R., Kim, Y.K., Lee, Y.J., et al. 2012. The survey of actual using conditions of farm-made liquid fertilizers for cultivating environment-friendly agricultural products. J. Kor. Org. Agr. 20(3):345-356. (In Korean)
- Aslam, M., Travis, R.L. and Rains, D.W. 2001. Differential effect of amino acids on nitrate uptake and reduction systems in barley roots. Plant Science 160(2):219-228.
- Causin, H.F. and Barneix, A.J. 1993. Regulation of  $\text{NH}_4^{++}$  uptake in wheat plants: Effect of root ammonium concentration and amino acids. Plant and Soil 151:211-218.
- Chang, T.H., Gang, J.Y., Park, S.Y., Chang, S.W. and Lee, Y.S. 2010. Application of liquid amino-fertilizer for greenup promotion during spring season. Kor. J. Turfgrass Sci. 24(1):36-44. (In Korean)
- Cheon, B.D., Choi, I.S. and Kang, J.S. 2006. Effect of amino acid, polyamine, and flavonoid on the pollen germination of peach (*Prunus Persia* SIEB.) under low temperature condition. J. Life Sci. 16(5):711-715. (In Korean)
- Copper, H.D. and Clarkson, D.T. 1989. Cycling of amino-nitrogen and other nutrients between shoots and roots in cereals-A possible mechanism integrating shoot and root in the regulation of nutrient uptake. J. Exp. Bot. 216(40):753-762.
- Geneger, M., Jaeggi, M., Siegwolf, R., Chalot, M., Frossard, E., et al. 2003. Rapid  $^{15}\text{N}$  uptake and metabolism in fine roots Norway spruce. Trees. 17:144-152.
- Glass, A.D.M., Britto, D.T., Kaiser, B.N., Kronzucker, H.J., Kumar, A., et al. 2001. Nitrogen transport in plants, with emphasis on the regulation of uxes to match plant demand. Zeitschrift für Pflanzenernährung Bodenkunde 164(2):199-207.
- Ham, S.K., Kim, Y.S. and Park, C.H. 2010. The growth effects of creeping bentgrass by SCB (Slurry composting and Biofiltration) liquid fertilizer application. Kor. Turfgrass Sci. 24(1):56-61. (In Korean)
- Han, S.G., Cho, C.H. and Jeon, H.K. 2011. Effect of the hydrolysate of pigs hoof on plant growth and physico-chemical properties. Korean J. Soil Sci. Fert. 44(2):200-205. (In Korean)
- Kai, H., Ueda, T. and Sakaguchi, M. 1990. Antimicrobial activity of bark-compost extracts. Soil Biol. Biochem. 22:983-986.
- Kim, D.I. and Kim, D.H. 2006. Bacterial community structure and diversity of the *Zoysia japonica* soil treated with liquid fertilizer containing amino acids. Kor. J. Microbiol. 42(2):103-110. (In Korean)
- Kim, J.W., Kim, C.H., Baek, J.H., Lee, D.J., Choi, Y.S., et al. 2001. An introduction to soil and fertilizer. Sunjin Press, Goyang, Korea. pp. 240-258. (In Korean)
- Kim, Y.S., Ham, S.K., Lee, J.P. and Hwang, Y.S. 2012. The growth effects of creeping bentgrass by application of liquid fertilizer with saponin and liquid fertilizer with amino acid. Asian J. Turfgrass Sci. 26(1):54-59. (In Korean)
- Kim, Y.S., Ham, S.K., Lee, J.P., Hwang, Y.S. and Lee, K.S. 2014. Effects of two amino acid fertilizers on growth of creeping bentgrass and nitrogen uptake. Weed Turf. Sci. 3(3):246-252. (In Korean)
- Kim, Y.S., Lee, K.S. and Ham, S.K. 2003. The effect of liquid fertilizer contained amino acids on the growth of bentgrass (*Agrostis palustris* Huds) and the chemical characteristics of soil. Kor. Turfgrass Sci. 17(4):147-154. (In Korean)
- Lee, J.J., Kim, Y.S., Ham, S.K., Lee, C.E. and Lee, G.J. 2015. Growth and quality improvement of creeping bentgrass by two fertilizers containing *Trichoderma* species. Weed Turf. Sci. 4(3):249-255. (In Korean)
- Lee, M.S., Kim, K.H. and Lee, G.J. 1987. Microbiological studies

- and biochemical changes in fermenting soybean curd residue during fermentation. Korean J. Food Sci. Technol. 19(6):520-527. (In Korean)
- Lee, S.C. and Woo, K.L. 1992. A study on development of effective utilization method of skipjack tuna viscera. Korean J. Food Sci. Technol. 24(1):86-91. (In Korean)
- Liu, X.Q., Kim, Y.S. and Lee, K.S. 2005. The effect of mixed amino acids on nitrate uptake and nitrate assimilation in leafy radish. Kor. J. Environ. Agri. 24(3):245-252.
- Moon, Y.H., Ahn, B.K., Cheong, S.S. and Lee, J.H. 2012. Foliar fertilization effect of environment-friendly organic agricultural materials for grape cultivation. Korean J. Soil Sci. Fert. 45(5):760-763. (In Korean)
- Muller, B. and Touraine, B. 1992. Inhibition of  $\text{NO}_3^-$  uptake by various phloem-translocated amino acids in soybean seedling. J. Exp. Bot. 43:617-623.
- NIAST (National Institute of Agricultural Science and Technology). 1998. The analysis of soil and plant. NIAST. Iksan, Korea. (In Korean)
- Persson, J. and Näsholm, T. 2002. Regulation of amino acid uptake in conifers by exogenous and endogenous nitrogen. Planta 215:639-644.
- Raitio, H. and Sarjala, T. 2000. Effect of provenance on free amino acid and chemical composition of Scots pine needles. Plant and Soil 221:231-238.
- Rodgers, C.O. and Barneix, A.J. 1993. The effect of amino acids on the regulation of nitrate uptake by wheat seedlings. J. Plant Nutri. 16(2):337-348.
- Ryu, H.S., Moon, J.H. and Lee, K.H. 1988. Conditions of quantitative analysis for free amino acid in fermented proteins. J. Korean Soc. Food Nutr. 17(2):136-143. (In Korean)
- Taiz, L. and Zeiger, E. 2009. Plant physiology. Life Science Seoul, Korea. pp. 295-302. (In Korean)
- Vidmar, J.J., Zhuo, D., Siddiqi, M.Y., Schjoerring, J.K., Touraine, B., et al. 2000. Regulation of HvNRT2 expression and high-affinity nitrate influx in roots of *Hordeum vulgare* by ammonium and amino acids. Plant Physiology 123:307-318.
- Yang, J.E., Kim, J.J., Shin, M.K. and Park, Y.H. 1998. Amino acids in humic acids extracted from organic by product fertilizers. Korean J. Soil Sci. Fert. 31(2):128-136. (In Korean)