

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.

## 규산 함유 액상비료 시비에 따른 크리핑 벼트그래스의 생육과 품질 변화

김영선<sup>1,3</sup> · 이창은<sup>2</sup> · 이금주<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>호성오앤비(주), <sup>2</sup>씨앤엘케미컬, <sup>3</sup>충남대학교 원예학과

### Growth and Quality Changes of Creeping Bentgrass by Application of Liquid Fertilizer Containing Silicate

Young-Sun Kim<sup>1,3</sup>, Chang-Eun Lee<sup>2</sup>, and Geung-Joo Lee<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Hyosung O&B Co. Ltd., Daejeon 34054, Korea

<sup>2</sup>C&L Chemical Co. Ltd., Seoul 03938, Korea

<sup>3</sup>Department of Horticultural Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

**ABSTRACT.** Superintendents have used a silicate fertilizer to improve a resistance of turfgrass against several diseases, drought damage and wear stress. This study was conducted to evaluate the effect of liquid fertilizer containing silicate (LFSi) on changes of turfgrass quality and growth by investigating visual quality, chlorophyll content-chlorophyll a, chlorophyll b, and total chlorophyll, root length, shoot length, dry weight of clipping, and nutrient content in leaves tissue. Treatments were designed as follows; control fertilizer (CF), SiF-1 (CF + 1 ml m<sup>-2</sup> LFSi), SiF-2 (CF + 2 ml m<sup>-2</sup> LFSi), and SiF-3 (CF + 4 ml m<sup>-2</sup> LFSi). As compared with CF, soil chemical properties, visual turfgrass quality, chlorophyll content, and dry weight of clipping of LFSi treatments were not significantly. Contrastingly, shoot density, root length, and the content of nitrogen or potassium were increased by application of LFSi. The content of Si in the tissue was positively correlated with potassium content or shoot length, and similarly shoot density positively with chlorophyll content or visual quality, respectively. These results suggested that the application of LFSi improved the turfgrass quality by increasing shoot density or K content in leaf tissue of creeping bentgrass.

**Key words:** Chlorophyll content, Creeping bentgrass, Growth and quality of turfgrass, Liquid fertilizer containing silicate (LFSi), Shoot density

Received on August 29, 2016; Revised on September 12, 2016; Accepted on September 13, 2016

\*Corresponding author: Phone) +82-42-821-5734, Fax) +82-42-823-1382; 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

잔디는 골프장에서 가장 많이 식재된 지피식물로서 골프장의 디자인과 경기품질을 결정하는 매우 중요한 요소이다(Ahn et al., 1992). 한국골프경영협회의 자료에 따르면 2012년 홀 당 내장객 수는 3,425명으로 2006년에 2,627명보다 약 30% 증가하였고, 내장객 증가로 인한 잔디의 답압 증가는 토양의 물리성 악화와 잔디의 스트레스 증가로 품질을 저하시키는 주된 요인이다(Lee et al., 2007; Seo et al., 2015). 잔디는 다년생 식물이기 때문에 한번 식재되면 한 장소에서 계속하여 재배되므로 잔디의 품질과 생육을 유지하기 위해서는 지속적인 관리가 필요하다(Carrow, 1980).

잔디는 수분관리, 시비관리, 토양관리 및 병해충관리 등을 통해 관리되고 있으며(Kato, 2005; Kweon et al., 2005; Kim et al., 2009; Lee, 2012), 그 중에서도 잔디의 생육과 품질을 향상시키고, 유지하기 위해서는 적절한 시비관리가 필요하다(Ahn et al., 1992). 잔디관리에서 속효성 비료보다는 완효성 비료를 이용하고, 기능성 비료나 미생물 비료 등을 시비할 때, 잔디 품질이 향상된다고 알려져 있다(Kim et al., 2009, 2010, 2012). 이와 더불어 규산 비료의 시비는 생리장해나 병해충에 대한 저항성을 증가시켜 잔디 품질을 향상되는 것으로 알려져 있다(Schmidt et al., 1999).

규산 비료는 화분과 작물인 수도에서 표피에 규산층을 형성하여 물리적 강도를 높이고, 병해충 저항성이 증가하

며, 잎의 수광태세를 양호하게 하여 등숙률이 향상되는 것으로 알려져 있다(Kim and Choi, 2002). 잔디는 수도와 같은 화본과 식물로서 비슷한 생리적 특성을 갖고 있어(Ahn et al., 1992) 규산 비료의 시비 시 항산화제인 superoxide dismutase, 엽록소 함량 및 광합성량 등의 증가로 잔디 뿌리 생육이 증가하고(Schmidt et al., 1999), 질소 이용률이 증가하여 잔디 생육 및 밀도가 증가하며(Han et al., 2014), 고온기에 한지형잔디의 에틸렌 발생이 감소하여 하고현상을 경감시키는 효과가 있다(Kang et al., 1986). 흡수된 규소는 모용(trichome), 후막세포 및 아포플라스트 층에 분포하고(Sangster et al., 2001), 모용기부에서 실리카겔 중합체 형태로 축적되는 것으로 알려져 있다(Jones and Handreck, 1967; Samuels et al., 1991). 이렇게 축적된 규소는 세포를 규질화함으로써 균의 침입을 억제하고, 침입한 균의 체내 증식을 억제하여 식물의 병해충 방제에 효과 있는 것으로 보고되었다(Sherwood and Vance, 1980; Jeong et al., 2012).

규산 비료는 규산염의 형태나 시비 방법에 따라 식물의 생육이 다르며(Sivanesan et al., 2013), 입상 규산 비료는 시간의 경과에 따라 토양 중 유효 규산 함량이 감소하므로 필요한 시기에 수용성 규산을 엽면 시비하는 것이 효과적이다(Joo and Lee, 2011). Han et al. (2014)은 규산 비료와 복합비료를 함께 시비할 때, 잔디의 생육과 품질이 증가되었다고 보고하여 수용성 규산 비료는 수용성 복합비료와 함께 시비하는 것이 효과적인 것으로 기대된다. 그러나 현재의 시비 방법은 수용성 규산 비료와 수용성 복합비료를 별도로 희석하여 살포하고 있어 사용이 번거롭고, 혼합 시 화학 반응에 의해 침전이 발생하기도 하여 수용성 규산 비료와 복합비료를 제형화하는 기술 개발이 필요하다.

따라서 본 연구는 규산과 복합비료가 혼합하여 액상으로 제형화된 규산 함유 액비를 크리핑 벤트그래스에 시비하였을 때, 잔디의 생육과 품질에 미치는 영향에 대해 조사하고자 수행되었다.

## 재료 및 방법

### 시험기간 및 공시재료

본 연구는 2014년 7월부터 2014년 11월까지 5개월 동안 대전광역시 소재의 사이언스대덕 골프클럽 퍼팅그린에서 수행되었다. 공시잔디는 1997년 파종되어 약 17년간 관리된 크리핑 벤트그래스(*Agrostis palustris* H.) 'Penncross' 품종을 이용하였다. 시험 포장의 토양은 USGA 규격에 적합한 모래와 코코피트가 각각 95%와 5%씩 부피로 혼합된 모래로 조성되어 있었고, 상토층의 깊이는 약 30 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=18-2-18, (주)솔그린, 대

진, 한국)와 규산 함유 액비(liquid fertilizer containing silicate (LFSi): N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Mo=5-3-7-0.05-0.0005, C&L Chemical Co., LTD., 서울, 한국)를 사용하였다. 규산 함유 액비(LFSi)는 규산(silicate, SiO<sub>3</sub>)이 10% 함유되어 있었고, 비료의 종류는 제4종 복합비료였다.

### 처리구 설정

처리구는 비료의 종류 및 시비량에 따라 대조구(control fertilizer (CF); N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=18-2-18), LFSi를 1,000배 희석한 처리구1 (SiF-1; CF + LFSi), 500배 희석한 처리구2 (SiF-2; CF + 2LFSi) 및 250배 희석한 처리구3 (SiF-3; CF + 4LFSi)으로 구분하였다.

실험 포장의 실험구 단위는 1 m<sup>2</sup> (1 m × 1 m)크기로 전체 포장은 12 m<sup>2</sup>였고, 실험구 배치는 난괴법(3반복)으로 배치하였다. 공시비료 중 복합비료는 2014년 7월 4일과 8월 4일에 질소순성분량 기준으로 2.0 g N ai. m<sup>-2</sup>씩, 9월 4일과 10월 7일 및 11월 4일에 3.0 g N ai. m<sup>-2</sup>씩 각각 2회와 3회씩 총 5회 시비하였다. LFSi는 2014년 7월 4일, 7월 16일, 7월 25일, 8월 11일, 8월 26일, 9월 10일, 9월 25일, 10월 7일, 10월 22일, 11월 16일에 SiF-1 (1.0 ml m<sup>-2</sup> LFSi), SiF-2 (2.0 ml m<sup>-2</sup> LFSi) 및 SiF-3 (4.0 ml m<sup>-2</sup> LFSi)를 1,000 ml의 수돗물에 희석하여 총 10회 관주시비(희석액 1,000 ml m<sup>-2</sup>)하였다. 시험기간 중 예초 관리는 자주식 그린모어(GM262B-AC9, SIBAURA, Tokyo, Japan)로 주 2~3회 4.0 mm 높이로 실시하였다. 시험 기간 중 통기 작업은 9월 4일과 10월 6일 2회 실시하였고, 배토는 7월 30일, 8월 11일, 9월 4일, 10월 6일에 2~3 mm 두께로 총 4회 수행하였다. 병충해 방제를 위해 살균제인 프로피코나졸(propiconazole) 유제(2회, 8월 20일, 9월 20일)와 테부코나졸(tebuconazole) 유제(1회, 9월 30일)를, 살충제인 페니트로치온(fenitrothion) 유제(1회, 9월 10일)와 클로르피리포스메틸(chlorpyrifos-methyl) 유제(1회, 9월 30일)를 각각 살포하였다.

### 생육 조사 및 분석 방법

잔디 생육 조사는 처리구별 잔디의 가지적 품질, 엽록소 함량, 뿌리 길이 및 예지물을 조사하였다. 잔디의 가지적 품질은 National Turfgrass Evaluation Program (NTEP)에서 제시한 방법에 준하여 7월 4일, 7월 16일, 7월 25일, 8월 11일, 8월 26일, 9월 10일, 9월 25일, 10월 7일, 10월 22일, 10월 30일, 11월 16일, 11월 27일에 총 12회 조사하였다(1=worst, 9=best and 6=acceptable). 잔디의 생육을 평가하기 위해 7월 25일, 8월 29일, 9월 30일, 10월 31일에 잔디 예지물을 총 4회 조사하였고, 이 때 채취된 시료를 이용하여 엽록소 함량을 분석하였다. 잔디 예지물은 4 mm로 셋팅된 자주식 그린모어를 이용하여 채취한 시료를 이물질은 제

거한 후 70°C 드라이오븐(JSON-150, JSR, 공주, 한국)에서 24 시간 건조하여 건물중을 측정하였다. 잔디의 엽록소 함량의 측정은 일정량의 잔디시료를 DMSO (dimethylsulfoxide)를 추출용매로 냉암소에서 48시간 추출하여 UV-spectrophotometer (X-MA 1200, Human, 서울, 한국)를 사용하여 645 nm와 663 nm 에서 흡광도를 측정하고, 아래와 같은 식으로 엽록소 a와 b 및 총 엽록소 함량을 계산하였다(Arnon, 1949).

$$\text{Chlorophyll a} = 12.7 A_{663} - 2.69 A_{645}$$

$$\text{Chlorophyll b} = 22.9 A_{645} - 4.68 A_{663}$$

$$\text{Total Chlorophyll (a+b)} = 20.21 A_{645} + 8.02 A_{663}$$

잔디의 뿌리 길이는 제작한 코어(지름 4 cm, 깊이 15 cm)를 이용하여 8월 11일과 10월 22일 2회 조사하였고, 잔디 줄기 밀도는 제작한 밀도측정용 코어(1 cm × 1 cm)를 이용하여 9월 10일과 11월 27일 2회 조사하였다.

포장시험에서 공시비료 처리에 의한 토양의 변화를 조사하기 위해 시험 전(7월 4일)과 시험 종료 후(11월 27일) 총 2회 실시하였다. 토양시료는 자체 제작된 토양시료채취용 코어(지름 2 cm, 깊이 10 cm)를 이용하여 각 처리구별 4개씩 토양시료를 채취하였고, 분석을 위해 음지에서 풍건하였다. 분석 항목은 pH, 전기전도도(electrical conductivity; EC), 유기물(organic matter; O.M) 함량, 전질소(total nitrogen; T-N), 유효 인산(available phosphate; Av-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 및 치환성 칼륨(exchangeable potassium; K) 등 이었고, 분석 방법은 토양 화학 분석법(NIAST, 1998)에 준하여 실시하였다. pH와 EC는 1:5법으로, O.M은 Tyurin법으로, T-N은 Kjeldahl 증류법으로, Av-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>는 Bray No.1법으로, 치환성 칼륨은 1N-NH<sub>4</sub>OAc 침출법으로 각각 분석하였다.

식물체 분석은 시험 종료시기인 10월 31일 채취된 잔디

예지물을 건조하여 분석시료로 이용하였다. 분석 영양소는 잔디 생육의 주요 구성성분인 질소, 인 및 칼륨 등을 포함하였다. 잔디 식물체 분석은 식물체 분석법(NIAST, 1998)에 준하여 실시하였고, 질소는 Kjeldahl 증류법으로, 인은 UV-spectrophotometer (X-MA 1200, Human, 서울, 한국)를 이용하여 바나도몰리브덴산법으로, 칼륨은 염광광도계(flame photometer; PFP7, JENWAY, Staffordshire, UK)를 이용하여 각각 분석하였다.

통계처리는 SPSS 12.1.1을 이용하여 Duncan 다중검정을 통해 처리구간 평균값의 유의차를 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 토양의 무기 성분 함량

시험 전 토양은 pH와 EC가 각각 7.4와 0.15 dS m<sup>-1</sup>로 잔디재배가 가능한 토양이었다. 시험 전과 후의 토양은 EC, 질소 및 유기물은 시험 전보다 증가하였고, pH와 유효 인산은 감소하였으며, 치환성 칼륨은 시험 전과 후의 차이는 나타나지 않았다. 시험 종료 후 처리구별 토양화학성의 변화는 통계적으로 유의차를 보이지 않아 구산 함유 액비(liquid fertilizer containing silicate; LFSi)의 시비에 따른 토양의 변화는 나타나지 않았다(Table 1). Han et al. (2014)의 결과에서도 구산 및 복합비료의 시비 시 토양의 이화학적 변화에 영향을 미치지 않았다고 보고된 바와 같이 본 연구의 결과와 유사하였다. 이들 결과를 종합할 때, LFSi의 관주시비는 골프코스의 토양 이화학적 변화에 미치는 영향은 미미한 것으로 나타났다.

### 잔디 품질 및 생육 조사

LFSi 시비 후 잔디의 가시적 품질은 8월에는 감소하였고,

**Table 1.** Chemical properties of soil in the experimental plot.

Treatments <sup>z</sup>	pH (1:5)	EC dS m <sup>-1</sup>	O.M. g kg <sup>-1</sup>	T-N	Av-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg kg <sup>-1</sup>	Ex-K cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>
Before						
	7.4a <sup>y</sup>	0.15b	2.51b	0.23b	40.7a	0.17a
After						
CF	7.2b	0.20a	9.21a	0.31a	22.2b	0.18a
SiF-1	7.2b	0.20a	8.85a	0.32a	24.5b	0.17a
SiF-2	7.1b	0.21a	8.92.a	0.34a	29.1b	0.19a
SiF-3	7.2b	0.20a	9.18a	0.34a	22.2b	0.21a

<sup>z</sup>Treatments were follows. CF: control fertilizer; SiF-1: CF + 1 ml m<sup>-2</sup> liquid fertilizer containing silicate (LFSi); SiF-2: CF + 2 ml m<sup>-2</sup> LFSi; SiF-3: CF + 4 ml m<sup>-2</sup> LFSi. CF was applied at 2.0 g N ai m<sup>-2</sup> rate on July 4 and August 4, and at 3.0 g N ai m<sup>-2</sup> rate on September 4 and October 7, respectively. Three LFSi treatments were implemented on July 4, July 16, July 25, August 11, August 26, September 10, September 25, October 7, October 22, and November 16.

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

잔디생육이 왕성한 9월과 10월에 증가하였으며, 휴면을 준비하는 11월에는 감소하는 경향을 보였다(Table 2). 7월, 10월 및 11월에는 LFSi 처리구에서 대조구(CF)보다 잔디의 가시적 품질이 증가하였고, 8월과 9월에는 LFSi 처리구와 CF가 비슷한 결과를 나타내었다. 이는 규산이 식물 중에서 수분의 손실을 막고 팽압을 유지하는 효과가 있고(Lim et al., 2012), 고온이나 저온 시 식물의 엽록소 함량이나 뿌리 생육을 증가시키므로(Sivanesan et al., 2014) 상대적으로 건조하고, 기온이 낮았던 10월과 11월에 잔디 품질이 향상된 것으로 판단된다.

LFSi 시비 후 잔디의 줄기 밀도 및 뿌리 길이의 변화는 Table 3과 같다. 9월 10일과 11월 27일 조사에서 잔디의 줄기 밀도는 19.0~22.7 ea cm<sup>-2</sup>와 19.5~23.0 ea cm<sup>-2</sup>의 범위로

**Table 2.** Visual quality of creeping bentgrass by application of liquid fertilizer containing silicate.

Treatments <sup>z</sup>	Visual quality (1: low-9: high)				
	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.
CF	7.0b <sup>y</sup>	6.8a	6.8a	7.1b	6.7b
SiF-1	7.1a	6.7a	7.0a	7.2a	6.9a
SiF-2	7.2a	6.9a	7.0a	7.2a	6.9a
SiF-3	7.2a	6.8a	7.0a	7.2a	6.9a

<sup>z</sup>Treatments were follows. CF: control fertilizer; SiF-1: CF + 1 ml m<sup>-2</sup> liquid fertilizer containing silicate (LFSi); SiF-2: CF + 2 ml m<sup>-2</sup> LFSi; SiF-3: CF + 4 ml m<sup>-2</sup> LFSi. CF was applied at 2.0 g N ai m<sup>-2</sup> rate on July 4 and August 4, and at 3.0 g N ai m<sup>-2</sup> rate on September 4 and October 7, respectively. Three LFSi treatments were implemented on July 4, July 16, July 25, August 11, August 26, September 10, September 25, October 7, October 22, and November 16.

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

**Table 3.** The shoot density and root length of creeping bentgrass by application of liquid fertilizer containing silicate.

Treatments <sup>z</sup>	Shoot density (ea cm <sup>-2</sup> )		Root length (cm)	
	Sep. 10	Nov. 27	Aug. 11	Oct. 22
CF	19.0b <sup>y</sup>	19.5b	5.1a	6.9b
SiF-1	22.7a	23.0a	5.2a	7.5a
SiF-2	21.7ab	21.4a	4.9a	7.3ab
SiF-3	19.0b	23.0a	5.1a	7.3ab

<sup>z</sup>Treatments were follows. CF: control fertilizer; SiF-1: CF + 1 ml m<sup>-2</sup> liquid fertilizer containing silicate (LFSi); SiF-2: CF + 2 ml m<sup>-2</sup> LFSi; SiF-3: CF + 4 ml m<sup>-2</sup> LFSi. CF was applied at 2.0 g N ai m<sup>-2</sup> rate on July 4 and August 4, and at 3.0 g N ai m<sup>-2</sup> rate on September 4 and October 7, respectively. Three LFSi treatments were implemented on July 4, July 16, July 25, August 11, August 26, September 10, September 25, October 7, October 22, and November 16.

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

**Table 4.** Chlorophyll content in leaves of creeping bentgrass by application of liquid fertilizer containing silicate.

Treatments <sup>z</sup>	Chlorophyll a (µg g <sup>-1</sup> )			
	Jul. 25	Aug. 29	Sep. 30	Oct. 31
CF	1,378a <sup>y</sup>	1,901a	1,822a	0,856b
SiF-1	1,377a	1,988a	1,985a	1,198a
SiF-2	1,511a	1,871a	1,964a	1,048ab
SiF-3	1,439a	2,023a	1,849a	1,030ab
Chlorophyll b (µg g <sup>-1</sup> )				
CF	0,886a	0,588a	0,490a	0,216b
SiF-1	0,921a	0,641a	0,525a	0,279a
SiF-2	0,806a	0,582a	0,518a	0,254ab
SiF-3	0,841a	0,641a	0,495a	0,242ab
Total chlorophyll (µg g <sup>-1</sup> )				
CF	2,265a	2,488a	2,312a	1,072b
SiF-1	2,298a	2,629a	2,510a	1,477a
SiF-2	2,316a	2,452a	2,482a	1,302ab
SiF-3	2,280a	2,664a	2,344a	1,271ab

<sup>z</sup>Treatments were follows. CF: control fertilizer; SiF-1: CF + 1 ml m<sup>-2</sup> liquid fertilizer containing silicate (LFSi); SiF-2: CF + 2 ml m<sup>-2</sup> LFSi; SiF-3: CF + 4 ml m<sup>-2</sup> LFSi. CF was applied at 2.0 g N ai m<sup>-2</sup> rate on July 4 and August 4, and at 3.0 g N ai m<sup>-2</sup> rate on September 4 and October 7, respectively. Three LFSi treatments were implemented on July 4, July 16, July 25, August 11, August 26, September 10, September 25, October 7, October 22, and November 16.

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

LFSi 처리구에서 증가하였고, LFSi 처리구 중에서 SiF-1와 SiF-2는 두 번의 조사에서 모두 CF보다 높았다. Lee et al. (2008)은 규산염의 시비가 잔디의 줄기 밀도를 약 0.4~2.1 ea cm<sup>-2</sup>정도 증가시킨다고 보고하여 본 시험의 결과와 유사한 결과를 보였다. Han et al. (2014)은 규산 시비가 잔디의 질소 이용을 증가시켜 잔디 생육 및 줄기 밀도가 증가한다고 보고하였다.

잔디 뿌리 길이의 변화는 8월 11일과 10월 22일에 각각 4.9~5.2 cm와 6.9~7.5 cm의 범위로 조사되었다(Table 3). 8월 11일 조사에서 LFSi 처리구의 잔디 뿌리 길이는 CF와 비슷하였고, 10월 22일 조사에서는 LFSi 처리구에서 CF보다 5.6~8.7% 정도 증가하였으며, 뿌리 길이가 가장 길었던 처리구는 SiF-1으로 조사되었다. 이는 규산 처리에 의해 수분과 질소 이용율이 증가하여 잔디의 지하부 생육 및 잔디의 뿌리 길이가 증가하는 것으로 판단된다(Lee et al., 2008; Lim et al., 2012; Choi et al., 2013; Sivanesan et al., 2014).

LFSi 처리에 따른 잔디의 엽록소 a, 엽록소 b 및 총 엽록소 함량을 조사하였다(Table 4). 7월 25일, 8월 29일 및 9월 30일 조사에서는 엽록소 a, 엽록소 b 및 총 엽록소 함량 모

**Table 5.** Dry weight of clipping of creeping betgrass by application of liquid fertilizer containing silicate.

Treatments <sup>z</sup>	Dry weight of clipping (g m <sup>-2</sup> )				
	Jul. 25	Aug. 29	Sep. 30	Oct. 31	Total
CF	0.40a <sup>y</sup>	0.41a	0.46a	0.33a	1.61b
SiF-1	0.34a	0.48a	0.58a	0.27a	1.67b
SiF-2	0.42a	0.44a	0.57a	0.41a	1.83ab
SiF-3	0.46a	0.50a	0.70a	0.44a	2.10a

<sup>z</sup>Treatments were follows. CF: control fertilizer; SiF-1: CF + 1 ml m<sup>-2</sup> liquid fertilizer containing silicate (LFSi); SiF-2: CF + 2 ml m<sup>-2</sup> LFSi; SiF-3: CF + 4 ml m<sup>-2</sup> LFSi. CF was applied at 2.0 g N ai m<sup>-2</sup> rate on July 4 and August 4, and at 3.0 g N ai m<sup>-2</sup> rate on September 4 and October 7, respectively. Three LFSi treatments were implemented on July 4, July 16, July 25, August 11, August 26, September 10, September 25, October 7, October 22, and November 16.

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

**Table 6.** The nutrient content in creeping bentgrass leaf tissue after application of liquid fertilizer containing silicate.

Treatments <sup>z</sup>	N	P	K	Si
	(% )			(mg kg <sup>-1</sup> )
CF	2.36b <sup>y</sup>	0.13a	2.28b	6.0a
SiF-1	2.56a	0.13a	2.58ab	15.8a
SiF-2	2.57a	0.16a	2.95a	3.4a
SiF-3	2.59a	0.14a	2.79ab	4.9a

<sup>z</sup>Treatments were follows. CF: control fertilizer; SiF-1: CF + 1 ml m<sup>-2</sup> liquid fertilizer containing silicate (LFSi); SiF-2: CF + 2 ml m<sup>-2</sup> LFSi; SiF-3: CF + 4 ml m<sup>-2</sup> LFSi. CF was applied at 2.0 g N ai m<sup>-2</sup> rate on July 4 and August 4, and at 3.0 g N ai m<sup>-2</sup> rate on September 4 and October 7, respectively. Three LFSi treatments were implemented on July 4, July 16, July 25, August 11, August 26, September 10, September 25, October 7, October 22, and November 16.

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

두 처리구별 차이를 나타내지 않았다. 10월 31일 조사에서 LFSi 처리 시 엽록소 a, 엽록소 b 및 총 엽록소 함량은 각각 20.3~40.0%, 12.0~29.2%, 18.6~37.8% 증가하였고, SiF-1 처리구에서 엽록소 함량이 가장 높았다. 이는 LFSi의 시비에 의해 규산과 질소가 공급되어 잔디의 질소이용이 증가하여 엽록소 함량이 증가되었기 때문이다(Lim et al., 2012; Choi et al., 2013; Han et al., 2014). 또한 엽록소 함량이 증가함으로써 광 이용률, 광합성량 및 항산화효소의 활성이 증가되었고, 건조에 대한 저항성이 증가하여 잔디 생육 및 품질이 증가한 것으로 판단된다(Schmidt et al., 1999; Kim et al., 2012; Son et al., 2015). 반면에 7~9월에는 잔디 중 엽록소 함량이 처리구별 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았기 때문에 잔디의 가시적 품질에 영향을 미치지 않은 것으로 판단된다(Table 2, Table 4). 골프장의 퍼팅 그린은 7~8월에 잦은 강우와 고온다습한 환경으로 한지형

잔디인 크리핑 벤틀그래스의 생육이 불량하고, 9월에는 예고가 낮아지며, 통기작업이나 배토와 같은 잔디관리에 의해 스트레스가 발생하여 액비의 처리에 의한 차이가 나타나지 않는 것으로 판단된다(Ahn et al., 1992; Kim et al., 2012).

LFSi 처리에 따른 잔디 생육량을 조사하기 위해 잔디 예지물량을 조사한 결과, 1.61~2.10 g m<sup>-2</sup>으로 조사되었다(Table 5). 잔디 예지물의 각 시기별 조사에서는 처리구별 차이를 나타내지 않았으나 총 예지물량으로 비교할 때, SiF-2와 SiF-3에서 예지물량이 증가하였다. 규산 비료의 시비는 잔디의 뿌리 생육이 증가함으로써 질소의 흡수 및 이용이 증가되고, 엽록소 함량 및 광합성이 증가하여 잔디의 생육이 증가한 것으로 판단된다(Schmidt et al., 1999; Choi et al., 2013; Han et al., 2014; Lee et al., 2015).

LFSi 처리 후 잔디 중 함유된 무기 성분 함량 조사 결과,

**Table 7.** The relationship among growth factors in creeping bentgrass by application of liquid fertilizer containing silicate.

Growth factors <sup>z</sup>	VQ	SD	RL	TCh	DWc	N	K	Si
VQ	1.0000	0.6249*	0.2860	0.2809	0.1359	0.3883	0.3312	0.5350
SD		1.0000	0.0060	0.6965*	0.0320	0.5533	0.4432	0.5900*
RL			1.0000	-0.0784	-0.1656	-0.5388	-0.2486	0.0339
TCh				1.0000	-0.1258	0.7550**	0.4175	0.3578
DWc					1.0000	0.0277	0.6399*	0.2342
N						1.0000	0.4314	0.3703
K							1.0000	0.6213*
Si								1.0000

<sup>z</sup>Growth factors were follows. VQ: Visual quality; SD (ea cm<sup>-2</sup>): shoot density; RL (cm): root length; TCh (μg<sup>1</sup> g<sup>-1</sup>): total chlorophyll content; DWc (g m<sup>-2</sup>): dry weight of clipping; N (%): N content in leaves tissue; K (%): K content in leaves tissue; Si (mg g<sup>-1</sup>): Si content in leaves tissue.

\*and \*\*represent a significance at the 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

질소, 인, 칼륨 및 규소는 각각 2.36~2.59%, 0.13~0.16%, 2.28~2.95% 및 3.4~15.4 mg kg<sup>-1</sup>의 범위를 나타내었다 (Table 6). 질소와 칼륨은 CF보다 LFSi 처리구에서 증가하였으나 인과 규소는 처리구별 차이를 나타내지 않았다. 이는 규산 비료의 시비에 의해 양분 흡수가 증가하여 질소와 칼륨 함량이 증가한다는 이전의 결과들과 일치하였다(Choi et al., 2013; Sivanesan et al., 2014; Han et al., 2014).

LFSi 처리에 의한 잔디의 생육과 품질에 미치는 영향을 평가하기 위해 조사 항목 별 상관성을 조사하였다(Table 7). 줄기 밀도는 잔디의 가시적 품질이나 엽록소 함량과 정의 상관성( $P<0.05$ )을, 질소 함량은 엽록소 함량과 정의 상관성( $P<0.01$ )을, 칼륨 함량은 예지물과 정의 상관성( $P<0.05$ )을, 규소 함량은 밀도나 칼륨 함량과 정의 상관성( $P<0.05$ )을 나타내었다. 규산의 처리는 잔디 중 규소 함량이 증가하고, 규소 함량은 칼륨 함량과 줄기 밀도가 증가하여 Han et al. (2015)의 결과와 유사한 결과를 보였으나 규소 함량과 질소 함량 사이의 유의성을 확인할 수 없었다. 이는 잔디의 종류, 규산 액비의 형태나 처리량 및 잔디관리에 따른 차이로 판단된다(Kim et al., 2016). 이를 통해 LFSi의 시비가 잔디 잎 조직 내 칼륨 함량과 줄기 밀도를 증가시키고, 줄기 밀도의 증가는 가시적 품질이나 엽록소 함량의 증가에 영향을 주는 것이 확인되었다.

## 요 약

본 연구는 규산 함유 액비(LFSi)의 시비에 따른 잔디의 생육과 품질의 변화를 확인하기 위해 잔디의 가시적 품질, 줄기 밀도, 뿌리 길이, 엽록소 함량, 예지물 및 양분 함량을 조사하였다. 처리구는 대조구(CF), LFSi 1,000배 처리구(SiF-1), LFSi 500배 처리구(SiF-2) 및 LFSi 250배 처리구(SiF-3)로 구분되었다. LFSi 처리 전후에 토양화학성은 차이를 나타내지 않았다. LFSi 처리구와 대조구를 비교하였을 때, 잔디 품질은 7월, 10월 및 11월 조사에서 높았으며, 엽록소 함량과 잔디 예지물은 10월 27일 조사에서 증가하였다. 줄기 밀도, 뿌리 길이, 잎조직 내 질소 함량 및 칼륨 함량은 LFSi 처리구에서 증가하였다. 잔디 잎 조직 중 규소 함량은 칼리 함량이나 줄기 밀도와 정의 상관성을 보였고, 줄기 밀도는 잔디 품질이나 엽록소 함량과 각각 정의 상관성을 나타내었다. 이 결과들을 종합해 볼 때, 크리핑 벤프그래스에서 규산 함유 액비의 시비는 잔디의 잎 조직 중 칼륨 함량이나 줄기 밀도가 증가되어 가시적 품질이 향상되는 것을 확인할 수 있었다.

**주요어:** 엽록소 함량, 잔디의 생육 및 품질, 규산 함유 액비, 줄기 밀도

## Acknowledgements

This research was supported by Bio-industry Technology Development Program (No. 312033-5), iPET (Korea 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)
- Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiol. 24(1):1-15.
- Carrow, R.N. 1980. Influence of soil compaction on three turfgrass species. Agron. J. 72(6):464-465.
- Choi, K.J., Lee, J.I., Chung, N.J., Yang, W.H., Lee, C.K., et al. 2013. Comparison of water, nitrogen uptake and use efficiency treated with silica and N application forms. Kor. J. Crop Sci. 58(3):220-225. (In Korean)
- Han, J.J., Lee, K.S., Park, Y.B. and Bae, E.J. 2014. Effect of growth and nitrogen use efficiency by application of mixed silicate and nitrogen fertilizer on zoysiagrass cultivation. Weed Turf. Sci. 3(2):137-142. (In Korean)
- Han, J.J., Lee, K.S., Park, Y.B., Choi, S.M., Yang, G.M., et al. 2015. Effect of water soluble silicate on zoysiagrass growth. Weed Turf. Sci. 4(2):144-150. (In Korean)
- Jeong, K.J., Chon, Y.S., Ha, S.H., Kang, H.K. and Yun, J.G. 2012. Silicon application on standard chrysanthemum alleviates damages induced by disease and aphid insect. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 30(1):21-26.
- Jones, L.H.P. and Handreck, K.A. 1967. Silica in soil, plant and animal. Adv. Agron. 19:107-149.
- Joo, J.H. and Lee, S.B. 2011. Assessment of silicate fertilizers application affecting soil properties in paddy field. Kor. J. Soil Sci. Fert. 44(6):1016-1022. (In Korean)
- Kang, Y.S., Jung, Y.T. and Chung, G.S. 1986. Effect of silicate application on the reduction of summer drought phenomenon of orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) Kor. J. Crop Sci. 31(2):238-241. (In Korean)
- Kato, M. 2005. Integral turf management for reducing pesticide usage in Japanese golf course. Kor. Turfgrass Sci. 19(2):161-175.
- Kim, C.B. and Choi, J. 2002. Changes in rice yield, nutrient's use efficiency and soil chemical properties as affected by annual application of slag silicate fertilizer. Kor. J. Soil Sci. Fert. 35:280-289. (In Korean)
- Kim, Y.S., Ham, S.K. and Lee, S.J. 2010. Effect of liquid fertilizer

- contained medium of *Lactobacillus* sp. and *Saccharomyces* sp. on growth of creeping bentgrass. Kor. Turfgrass Sci. 24(2):138-144. (In Korean)
- Kim, Y.S., Kim, T.S., Ham, S.K., Bang, S.W. and Lee, C.E. 2009. The effect of compound fertilizer contained slow release nitrogen on turfgrass growth in creeping bentgrass and on change in soil nitrogen. Kor. Turfgrass Sci. 23(1):111-122. (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., Lee, C.E., Ham, S.K. and Lee, G.J. 2016. Growth of creeping bentgrass by application of compound fertilizer containing microbes. Weed Turf. Sci. 5(1):42-50. (In Korean)
- Kweon, D.Y., Lee, J.H., Lee, D.I. and Joo, Y.K. 2005. Turfgrass establishment of USGA putting greens related with soil physical properties. Kor. Turfgrass Sci. 19(2):95-102. (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 fertilizer containing *Trichoderma* species. Weed turf. Sci. 4(3):249-255. (In Korean)
- Lee, J.P., Yoo, T.Y., Moon, S.J., Ham, S.K. and Kim, D.H. 2008. Effect of silicate on creeping bentgrass growth of green at the golf course during summer in Korea. Kor. Turfgrass Sci. 22(2):217-224. (In Korean)
- Lee, S.K. 2012. Irrigation frequency for Kentucky bluegrass (*Poa pratensis*) growth. Asian J. Turfgrass Sci. 26(2):123-128. (In Korean)
- Lee, S.W., Lee, J.P. and Kim, D.H. 2007. Effect of fertilizer component on turfgrass growth and quality of golf putting greens under traffic stress. Kor. Turfgrass Sci. 21(2):138-146. (In Korean)
- Lim, M.Y., Lee, E.J., Jana, S., Sivanesan, I. and Jeong, B.R. 2012. Effect of potassium silicate on growth and leaf epidermal characteristics of begonia and pansy grown *in vitro*. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 30(5):579-585.
- NIAST (National Institute of Agricultural Science and Technology). 1998. Methods of soil chemical analysis. NIAST, RDA, Suwon, Korea. (In Korean)
- Sangster, A.G., Hodson, M.J. and Tubb, H.J. 2001. Silicon deposition in higher plants, pp. 85-114. In: Danoff et al. (Eds.). Silicon in agriculture. Elsevier Science, New York. USA.
- Samuels, A.L., Glass, A.D.M., Ehret, D.L. and Menzies, J.G. 1991. Distribution of silicon in cucumber leaves during infection by powdery mildew fungi (*Sphaerotheca fuliginea*). Bot. 69:140-146.
- Schmidt, R.E., Zhang, X. and Chalmers, D.R. 1999. Response of photosynthesis and superoxide dismutase to silica applied to creeping bentgrass grown under two fertility levels. J. Plant Nurt. 22(11):1763-1773.
- Seo, J.Y., Chung, J.I., Kim, M.C., Chung, J.S., Shi, D.B., et al. 2015. Effects of trampling on growth and development in *Zoysia japonica*. Weed Turf. Sci. 4(3):256-261. (In Korean)
- Sherwood, R.T. and Vance, C.P. 1980. Resistance to fungal penetration in Gramineae. Phytopathology 70:273-279.
- Sivanesan, I., Son, M.S., Soundarajan, P. and Jeong, B.R. 2014. Effect of silicon on growth and temperature stress tolerance of *Nephrolepis exaltat* 'Corditas'. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 32(2):142-148.
- Sivanesan, I., Son, M.S., Soundararajang, P. and Jeong, B.R. 2013. Growth of chrysanthemum cultivars as affected by silicon source and application method. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 31(5):544-551.
- Son, M.S., Park, Y.K., Sivanesan, I., Ko, C.H. and Jeong, B.R. 2015. Silicon supply through subirrigation system alleviates high temperature stress in poinsettia by enhancing photosynthetic rate. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 33(6):860-868. (In Korean)