

Research Article

토양개량제 ‘프로파일’의 혼합에 따른 토양의 물리화학적 성 및 한지형 잔디의 생육 개선

김영선^{1,4}, 임혜정², 함선규³, 이금주^{4*}

¹효성오앤비(주), ²태준아그로텍, ³대정골프엔지니어링, ⁴충남대학교 원예학과

Improvement of Physicochemical Properties and Turfgrass Growth by Root Zone Mixture of Soil Amendment ‘Profile’

Young-Sun Kim^{1,4}, Hye-Jung Lim², Soun-Kyu Ham³ and Geung-Joo Lee^{4*}

¹Hyosung O&B Co. Ltd., Daejeon 34054, Korea

²Taejun Agrotech Co. Ltd., Seoungnam, Kyunggi-Do 13206, Korea

³Daejung-golf Engineering Co. Ltd., Yongin 17124, Korea

⁴Department of Horticultural Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

Abstract

This study was conducted to evaluate incorporation ratio of soil amendment ‘Profile’ to improve soil physicochemical properties and turfgrass growth. The soil amendment was added 0 (sand only), 3, 5, 7, and 10% to USGA Green-spec green sand soil. As incorporated with more ‘Profile’ amendment, soil electrical conductivity (EC), cation exchangeable capacity (CEC), capillary porosity and total porosity of root zone were increased than those of control, while bulk density and hydraulic conductivity decreased. Turfgrass index and clipping yield of creeping bentgrass grown in sand soil incorporated with 7% ‘Profile’ were improved than those of control. Correlation coefficient of turf color index and incorporation ratio of the soil amendment ‘Profile’ was found to show significantly positive correlation. These results indicated that application of the soil amendment ‘Profile’ to sand soil in golf course green improved turfgrass growth and quality by increasing CEC and porosity of root zone.

Keywords: Hydraulic conductivity, Porosity of root zone, Soil amendment, Soil physicochemical properties, Turfgrass quality



OPEN ACCESS

*Corresponding author:

Phone. +82-42-867-8838

Fax. +82-42-624-4068

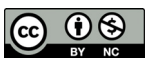
E-mail. gjlee@cnu.ac.kr

Received: September 20, 2017

Revised: September 25, 2017

Accepted: September 26, 2017

© 2017 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/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

한국골프장경영협회 자료에 따르면 2014년 골프장과 내장객수는 각각 473개와 3,314만명

으로 5년전보다 28.8%와 23.2%씩 증가하였다(KGBA, 2014). 2014년 홀 당 내장객수는 3,738명으로 한국인 평균 몸무게를 고려할 때, 골퍼에 의한 그린의 답압 정도는 약 240 kg m^{-2} 이상으로 예상되며(Lee et al., 2006), 여기에 코스 관리장비에 의한 답압을 고려한다면 그 정도는 더 심할 것으로 생각된다.

골프코스에서 답압이 진행되면 토양의 경도와 용적밀도가 증가하고, 공극과 수리전도도가 감소하여 토양의 물리성이 악화되어 잔디 생육과 품질이 불량해 진다(Kim et al., 2002). 골프장에서는 답압으로 악화된 토양을 개선하기 위해 통기작업, 스파이킹, 버티컬 모잉 등 다양한 갱신작업으로 토양을 관리하고 있다(Ahn et al., 1992). 하지만 골프장의 잔디는 한번 식재가 되면 오랫동안 같은 자리에서 생육하기 때문에, 고품질의 잔디를 유지하기 위해서는 잔디밭 조성 후 토양을 관리하는 것보다 조성 시 잔디 생육에 적합한 토양 조건을 갖는 모래 상토를 선정하는 것이 더 중요하다(Lee et al., 2002).

USGA에서는 골프장 조성에 적합한 모래조건을 제시하고 있으며, 이를 준수하여 건설된 골프장의 그린은 그렇지 않은 그린보다 잔디의 품질과 생육이 우수하였다(Kweon et al., 2005). 골프장의 그린 조성 사용되는 모래는 답압을 해결할 수는 있으나 보수성과 보비력이 부족하기 때문에 이를 보완하는 토양개량제를 사용하게 된다(Kim et al., 2009). 토양개량제 중에서 코코피트나 피트모스는 토양의 보수력을 개선하는 효과가 있고, 피트, 제오라이트 및 부식산 등은 보비력을 개선하는 효과가 있다(Kim et al., 2010; Park et al., 1991). 하지만 토양개량제는 종류에 따라 다른 특성을 갖고 있어 토양의 특성에 맞도록 토양개량제를 혼합하는 경우 개량제의 단점을 보완할 수 있다(Kim et al., 2014). 토양개량제는 종류와 혼합비율에 따라 토양의 물리화학적 특성에 영향을 미치게 되고(Kim et al., 2010; Kim et al., 2009; Park et al., 1991), 식재된 잔디의 생육과 품질에도 영향을 미치게 된다(Lee et al., 2013; Kim et al., 2011; Park et al., 1992). 이처럼 토양개량제는 토양의 이화학적 특성을 개선하여 잔디 생육에 영향을 미치게 되므로 모래 상토의 적절한 토양개량제 종류 및 배합비율을 결정하기 위해서는 모래 상토의 특성 변화뿐만 아니라 잔디 생육 및 품질의 변화에 대한 연구가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 골프장 조성 및 관리에 널리 사용되는 토양개량제인 '프로파일'의 적정 사용량을 평가하기 위하여 토양의 물리화학적 특성과 잔디의 생육 변화를 확인하고자 한다.

재료 및 방법

토양개량제 '프로파일' 혼합비율에 따른 토양이화학적 특성

본 연구는 인천광역시 소재의 에이엠잔디연구소에서 2010년 7월부터 9월까지 3개월 동안 수행하였고, 시험에 사용된 모래는 산도와 전기전도도(electrical conductivity; EC)가 각각 pH 6.38과 0.20 dS m^{-1} 로 잔디 생육에 적합한 모래로 입경분포는 미국골프협회(United States Golf Association; USGA)에서 제시한 그린규격에 적합하였다(Table 1). 토양개량제는 '프로파일'(TMPropile, 프라임하이인터네셔널, 서울, 한국)을 이용하였고, 이화학적 특성은 Table 2와 같다.

Table 1. The soil chemical and physical properties of sand used in this experiment.

pH (1:5)	EC (dS m^{-1})	Particle size distribution (%)							
		-4.00 mm	4.00- 2.00 mm	2.00- 1.00 mm	1.00- 0.50 mm	0.50- 0.25 mm	0.25- 0.15 mm	0.15- 0.053 mm	0.053 mm-
6.38	0.20	N.D.	0.8	4.0	25.7	57.0	11.4	1.2	N.D.

Table 2. The physicochemical properties of soil amendment 'Profile'.

pH (1:5)	EC ^z (dS m ⁻¹)	CEC (cmol _c kg ⁻¹)	Bulk density (g cm ⁻³)
5.73	1.96	13.6	0.53

^zEC and CEC represent electrical conductivity and cation exchangeable capacity, respectively.

시험용 상토를 만들기 위해 105°C로 건조된 시험용 모래에 '프로파일'을 0%, 5%, 7% 및 10%를 부피비로 균일하게 혼합하여 USGA 측정방식에 의거하여 코어(직경 7.5 cm, 높이 10 cm인 원통)에 혼합된 상토를 넣고 다짐장치를 사용하여 현장 상태와 유사한 답압 상태의 물리성을 갖도록 조제하였다(Joo, 1993). '프로파일'의 혼합에 따른 모래 상토의 이화학적 변화를 측정하기 위해 pH, 전기전도도(electrical conductivity; EC), 양이온치환용량(cation exchangeable capacity; CEC) 용적밀도, 공극률 및 수리전도도를 측정하였고, 측정방법은 상토의 표준분석법(NIAST, 2002)과 토양화학분석법(NIAST, 1998)에 준하여 각각 분석하였다. pH와 EC는 증류수를 이용하여 1:5법으로 추출한 용액을 pH meter (Orion 720, Thermo, USA)와 EC meter (Orion 3 star, Thermo, USA)를 이용하여 측정하였고, CEC는 1N-NH₄OAc법으로 분석하였으며, 수리전도도는 정수위법(constant water head method)으로 분석하였다.

토양개량제 '프로파일'의 혼합에 따른 잔디 생육시험

본 연구는 인천광역시 소재의 SKY72 골프클럽에서 2010년 9월부터 6개월 동안 수행하였고, 공시잔디는 2006년 파종하여 약 6년간 관리한 크리핑 벤트그래스 (*Agrostis palustis* H.) 'Penn A-1' 품종을 이용하였다. 시험에 사용한 토양은 USGA 규격에 적합한 입경분포를 갖는 모래에 토양개량제 '프로파일'을 3%, 5%, 7%, 10% 씩 부피비로 혼합한 모래 상토를 이용하였다. 잔디 생육을 위해 사용된 비료는 복합비료(N-P₂O₅-K₂O=21-17-17, 남해화학, 전남, 한국)를 이용하였다.

처리구는 토양개량제의 혼합비율에 따라 개량제를 혼합하지 않고 모래만을 상토로 이용한 모래 상토 처리구(0%), 3% '프로파일' 처리구(3%), 5% '프로파일' 처리구(5%), 7% '프로파일' 처리구(7%), 10% '프로파일' 처리구(10%)로 설정하였다. 크리핑 벤트그래스를 이용한 상토별 재배 시험은 와그너포트(1/2,000a)를 이용하였으며, 시험구 배치는 3반복 완전임의배치법으로 수행하였다.

상토의 조성은 와그너포트에 파쇄자갈을 이용하여 2 cm 정도 배수층을 조성하고, 상토는 30 cm 정도 상토층을 조성하여 72시간 동안 물다짐 후 사용하였다. SKY72 골프클럽 증식포장에서 홀커터(직경 10.8 cm)를 이용하여 채취된 크리핑 벤트그래스를 5 cm 깊이로 절단 후 와그너포트에 이식하였다. 시비는 포트조성 시 복합비료 23.8 g m⁻²을 1회 전층시비하였고, 시험기간 중에는 10월 29일부터 30일간격으로 14.3 g m⁻²씩 총 4회 시비하였다. 재배기간 중 포트의 예초 관리는 수행하지 않았고, 배토는 잔디 이식 시 1회 실시하였다. 한지형 잔디의 생육이 가능한 9-11월은 SKY 72 증식포장에서, 겨울철인 12-2월에는 시험용 비닐하우스(대기온도 10-25°C)에서 시험을 수행하였다.

잔디 생육조사는 처리구별 엽색 지수, 엽록소 지수 및 잔디 예지물량을 조사하였다. 엽색 지수와 엽록소 지수는 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 9월 29일부터 7-10일 간격으로 총 17회 측정하였고, 월별 평균을 통해 잔디의 시각적 품질변화를 조사하였다. 잔디 예지물은 11월 16일, 12월 13일 및 2월 23일에 총 3회 수확하였고, 수확된 잔디를 70°C 드라이오븐[VS-1203PJ-300, (주)비전과학, 부천, 한국]에서 24시간 건조한 후 건물중을 측정하였다.

포트시험에 사용된 모래 상토의 적합성 및 잔디재배 후 토양의 이화학적 변화를 조사하기 위해 시험 전과 시험 종료 후 토양분석을 총 2회 실시하였다. 채취된 토양시료는 음지에서 풍건 하였고, 2 mm 체로 체질 후 분석에 이용

하였다. 분석 항목은 pH, 전기전도도(EC), 유기물(organic matter; O.M) 함량, 전질소(total nitrogen; T-N), 유효인산(available phosphate; Av-P₂O₅) 및 치환성 양이온(exchangeable cation; K, Ca, Mg, Na) 등 이었고, 분석 방법은 토양 화학 분석법(NIAST, 1998)에 준하여 실시하였으며, pH와 EC는 1:5법으로, O.M은 Tyurin법으로, T-N은 Kjeldahl 증류법으로, Av-P₂O₅는 Bray No1법으로, 치환성 양이온은 1N-NH₄OAc침출법으로 각각 분석하였다.

식물체 분석은 시험 종료시기에 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 분석법(NIAST, 1998)에 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. 양분 흡수는 건물중과 잔디 조직 분석 결과를 이용하여 아래 식과 같이 조사하였다(Kim et al., 2001).

$$\text{양분 흡수량(g m}^{-2}\text{)} = \text{건물중(g m}^{-2}\text{)} \times \text{잔디 중 양분 함량(\%)}$$

통계분석

통계처리는 SPSS 12.1.1 (IBM, USA)을 이용하여 Duncan 다중검정을 통해 처리구간 평균값의 유의차와 단순상관분석을 통해 토양개량제 배합비율별 항목간 상관성을 조사하였다.

결과 및 고찰

토양개량제 '프로파일'의 혼합에 따른 토양의 이화학적 특성 변화

토양개량제 '프로파일'의 혼합에 따른 모래 상토의 이화학적 특성 변화는 Table 3과 같다. 토양산도(pH)는 6.34-6.40 정도였고, 전기전도도(EC)는 모래보다는 '프로파일' 처리구에서 증가하였으며, 양이온치환용량(CEC)은 '프로파일' 7% 이상의 처리구에서 증가하였다. 토양 중 모세관공극은 25.7-30.6%의 범위였고, '프로파일' 10% 처리구에서 가장 높았다. 비모세관공극과 용적밀도는 각각17.7-19.5%와 1.37-1.45 g cm⁻³를 보였고, 모래처리구에서 가장 높았으며, '프로파일' 처리구에서 감소하였다. 총공극은 45.2-48.3%의 범위로 '프로파일' 7-10% 처리구에서 증가하였고, 수리전도도는 971-1,404 mm hr⁻¹의 수준으로 '프로파일' 처리에 의해 감소하였고, '프로파일' 7% 처리구에서 가장 낮았다.

토양개량제의 혼합비율에 따른 모래 상토의 이화학적 요인과의 상관성을 조사하였다(Table 3). pH와 비모세관공극은 토양개량제의 혼합비율과 상관성을 나타내지 않았고, EC와 CEC, 모세관공극 및 총공극은 정의 상관성($P < 0.01$)을 보였으며, 수리전도도는 부의 상관성($P < 0.01$)을 나타내었다. Kim et al. (2009)은 본 연구에 사용된 무기성 토양개량제가 EC, CEC, 모세관공극 및 총공극과 정의 상관성을 나타내고, 수리전도도와 부의 상관성을 나타낸다고 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다. 모래 상토의 CEC는 토양개량제의 종류와 혼합비율에 따라 다르게 나타나며(Kim et al., 2009), 이는 토양개량제의 종류에 따라 CEC가 차이를 나타내기 때문으로 CEC가 높은 토양개량제는 적은 양으로도 CEC개량효과가 높은 것으로 알려져 있다 (Carrow et al., 2002). 그 외에도 토양개량제의 종류, 형태 및 특성에 따라 토양의 공극이나 수리전도도 등과 같은 토양물리성에 영향을 미친다(Kim et al., 2012; Kim et al., 2011; Kim et al., 2009). 본 연구에서 '프로파일'의 혼합량에 따라 모래 상토의 물리화학적 특성이 변함을 나타내었고, 모래 상토 중에서 '프로파일'의 혼합량이 많을수록 '프로파일'의 특성이 더 드러났다(Kim et al., 2012; Kim et al., 2011; Kim et al., 2009 ; Carrow et al., 2002).

Table 3. Physicochemical changes in root zone soil after different ratio of 'Profile' incorporation.

Treatments ^x	pH (1:5)	EC (dS m ⁻¹)	CEC (cmol _c kg ⁻¹)	Capillary porosity (%)	Air-filled porosity (%)	Total porosity (%)	Bulk density (g cm ⁻³)	Hydraulic conductivity (mm hr ⁻¹)
0%	6.38a ^y	0.20b	2.13b	25.7d	19.5a	45.2b	1.45a	1,404a
3%	6.36a	0.25a	2.12b	28.2c	17.8b	45.9b	1.43b	1,064b
5%	6.36a	0.25a	2.22ab	28.8b	17.8b	46.7ab	1.41b	1,057b
7%	6.34a	0.28a	2.28a	28.7b	18.9ab	47.6a	1.39bc	971c
10%	6.40a	0.27a	2.30a	30.6a	17.7b	48.3a	1.37c	995bc
Correlation coefficient ^z	0.0841	0.7405*	0.6967**	0.9424**	-0.4503	0.8421**	-0.8421**	-0.8153**

^xTreatments were follows. 0%: sand 100%; 3%: sand 97% + profile (P) 3%; 5%: sand 95% + P 5%; 7%: sand 93% + P 7%; 10%: sand 90% + P 10%.

^yMeans with same letters within column are not significantly different by Duncan's multiple range test $p = 0.05$ level.

^zThe correlation coefficient between investigated blending ratio of soil amendment and each physicochemical factor of root zone ($n = 14$).

* and ** represent significant at the 0.05 and 0.01 probability level by correlation coefficient, respectively. EC and CEC represent electrical conductivity and cation exchangeable capacity, respectively.

토양개량제 '프로파일'의 처리에 따른 잔디 생육 및 품질 변화

토양개량제 '프로파일'의 처리량에 따른 잔디 생육에 사용된 모래는 pH와 EC는 각각 7.27과 0.18 dS m⁻¹로 잔디 생육에 적합한 모래였다(Table 4). 시험 종료 후 각 처리구별 토양의 이화학적 특성은 '프로파일' 처리구에서 pH, 유효인산, 칼륨 및 칼슘 등이 모래 처리구보다 높았고, 다른 항목들은 처리구별 차이를 보이지 않았다(Table 4). 잔디 재배 시험 종료 후 '프로파일'의 pH와 EC는 잔디 식재 전 모래 상토의 물리화학적 시험과 다소 차이를 보였고, 이는 잔디 재배 후 시비나 잔디 생육에 의해 나타난 결과로 추론된다. 동애등에 분변토를 토양개량제로 이용하여 모래 상토별 이화학적 결과 토양개량제의 혼합비율에 따라 화학성의 변화가 상관성을 나타냈으나 재배 시험 결과

Table 4. The physicochemical properties of soil in the experimental pot.

Treatments ^x	pH (1:5)	EC (dS m ⁻¹)	O.M ^y (%)	T-N (%)	Av-P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ex-Cation (cmol _c kg ⁻¹)			
						K	Ca	Mg	Na
Before	7.27	0.18	0.12	0.01	21	0.03	0.84	0.15	0.14
After									
0%	8.14a ^z	0.48a	0.07a	0.01a	55b	0.24c	1.40b	0.48a	0.20b
3%	7.59ab	0.69a	0.06a	0.01a	71ab	0.34b	1.78a	0.45a	0.18b
5%	7.33b	0.64a	0.05a	0.01a	87ab	0.35b	1.87a	0.45a	0.18b
7%	7.30b	0.63a	0.11a	0.02a	125a	0.37b	2.07a	0.51a	0.17b
10%	7.41ab	0.56a	0.09a	0.01a	87ab	0.82a	1.76a	0.44a	0.29a

^xTreatments were follows. 0%: sand 100%; 3%: sand 97% + profile (P) 3%; 5%: sand 95% + P 5%; 7%: sand 93% + P 7%; 10%: sand 90% + P 10%.

^yO.M., T-N, Av-P₂O₅ and Ex-Cation represent organic matter, total nitrogen, available phosphate and exchangeable cations, respectively.

^zMeans with same letters within column are not significantly different by Duncan's multiple range test $p = 0.05$ level.

에서는 모래 상토의 조건과 다르게 조사된 바 있어 토양화학성은 잔디재배 조건에 영향을 받는 것으로 판단된다 (Lee et al., 2013, Kim et al., 2011).

시험 중 '프로파일' 처리구별 잔디의 엽색 지수와 엽록소 지수의 변화는 Table 5와 같다. 처리구별로 약간의 차이는 있으나 엽색 지수와 엽록소 지수는 시험기간 중 기온의 변화에 따라 변화하였으나 시험 기간 중 측정된 평균값으로 엽색지수와 엽록소지수를 평가할 때, 엽색 지수는 '프로파일' 7% 처리구에서 모래 상토 처리구(대조구)보다 증가하였고, 엽록소지수는 처리구별 차이를 보이지 않았고, '프로파일' 3% 처리구는 엽색지수와 엽록소지수 모두 대조구보다 감소하였다.

Table 5. The turf color and chlorophyll indices of creeping bentgrass after different ratio of 'Profile' incorporation.

Treatments ^x	Turf color index						
	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mean
0%	7.24a ^y	7.01a	7.05a	6.71abc	6.08cd	6.64ab	6.72b
3%	7.20a	7.06a	6.90b	6.51c	5.89d	6.38b	6.59c
5%	6.94a	7.09a	6.93ab	6.64bc	6.25bc	6.54ab	6.71bc
7%	7.20a	7.01a	6.96ab	6.88a	6.60a	6.78a	6.87a
10%	6.90a	7.08a	6.89b	6.78ab	6.47ab	6.78a	6.79ab
Correlation coefficient ^z	-0.4960*	0.2629	-0.5178*	0.4126	0.6901**	0.4206	0.5027*
Chlorophyll index							
0%	150ab	233b	229a	195a	146b	154ab	193a
3%	140ab	237b	200bc	175b	134b	120c	177b
5%	131b	248ab	209b	193a	147b	142bc	189a
7%	154a	247ab	201bc	205a	166a	176a	198a
10%	141ab	256a	186c	195a	169a	177a	193a
Correlation coefficient	-0.0946	0.7423**	-0.8014**	0.2950	0.7005**	0.5368*	0.3020

^xTreatments were follows. 0%: sand 100%; 3%: sand 97% + profile (P) 3%; 5%: sand 95% + P 5%; 7%: sand 93% + P 7%; 10%: sand 90% + P 10%.

^yMeans with same letters within column are not significantly different by Duncan's multiple range test $p = 0.05$ level.

^zThe correlation coefficient between investigated blending ratio of soil amendment and turf color index or chlorophyll index ($n = 14$).

* and ** represent significant at the 0.05 and 0.01 probability level by correlation coefficient, respectively.

시험 기간 중 수거된 잔디 예지물 함량은 412.4-548.3 g m⁻²로 대조구와 비교할 때 '프로파일' 처리구는 유의차를 나타내지 않았으나 '프로파일' 3%와 5% 처리구보다는 '프로파일' 7% 처리구에서 건물중이 증가하였다(Table 6).

시험 종료 후 잔디 엽분석 결과는 Table 7과 같다. 질소, 인 및 칼륨의 함량은 각각 3.47-3.82%, 0.35-0.39%, 1.77-1.94%를 나타내었고, 토양개량제 '프로파일' 처리에 따른 질소, 인산, 칼륨의 함량 차이를 보이지 않았다. 시험 종료 후 잔디의 질소, 인 및 칼륨의 흡수량은 각각 15.22-19.21 g m⁻², 1.51-1.91 g m⁻², 7.55-10.27 g m⁻²로 대조구와 비교할 때, 처리구별 차이를 나타내지 않았으나 '프로파일' 처리구 중에서는 '프로파일' 5% 처리구에서 질소와 칼륨 흡수량이 낮았고, '프로파일' 7% 처리구에서 질소와 칼슘 흡수량이 높았다.

Table 6. Dry weight of clipping yield of creeping bentgrass after different ratio of 'Profile' incorporation.

Treatment ^x	Dry weight (g m ⁻²)			
	Nov. 16	Dec. 13	Feb. 23	Total
0%	64.8b ^y	181.3a	219.2bc	465.3ab
3%	88.8b	148.9bc	174.7c	412.4b
5%	87.0b	169.7ab	171.8c	428.5b
7%	116.5a	148.2bc	283.6a	548.3a
10%	85.6b	140.2c	239.6ab	465.4ab
Correlation coefficient ^z	0.4714	-0.6379	0.3754	0.2686

^xTreatments were follows. 0%: sand 100%; 3%: sand 97% + profile (P) 3%; 5%: sand 95% + P 5%; 7%: sand 93% + P 7%; 10%: sand 90% + P 10%.

^yMeans with same letters within column are not significantly different by Duncan's multiple range test $p = 0.05$ level.

^zThe correlation coefficient between investigated blending ratio of soil amendment and each dry weight ($n = 14$).

* and ** represent significant at the 0.05 and 0.01 probability level by correlation coefficient, respectively.

Table 7. The nutrient content and uptake in the leaf tissue of creeping bentgrass grown after soil amendment 'Profile' addition.

Treatments ^x	Nutrient content (%)					
	N	P	K	Ca	Mg	Na
0%	3.51a ^y	0.38ab	1.94a	0.52b	0.23a	0.27a
3%	3.82a	0.39a	1.91a	0.58ab	0.22a	0.21bc
5%	3.56a	0.35ab	1.77a	0.63a	0.21a	0.19c
7%	3.49a	0.35b	1.87a	0.55b	0.20a	0.17c
10%	3.47a	0.37ab	1.93a	0.53b	0.22a	0.23b
Correlation coefficient ^z	-0.2149	-0.3302	-0.0381	0.0193	-0.2262	-0.4701
Nutrient uptake (g m ⁻²)						
0%	16.24ab	1.75a	8.98ab	2.40b	1.05a	1.27a
3%	15.73ab	1.62a	7.96ab	2.41b	0.91a	0.87bc
5%	15.22b	1.51a	7.55b	2.72ab	0.91a	0.81c
7%	19.21a	1.91a	10.27a	2.99a	1.10a	0.91bc
10%	16.07ab	1.72a	8.95ab	2.48b	1.03a	1.04b
Correlation coefficient	0.1759	0.1005	0.1857	0.2986	0.0997	-0.3145

^xTreatments were follows. 0%: sand 100%; 3%: sand 97% + profile (P) 3%; 5%: sand 95% + P 5%; 7%: sand 93% + P 7%; 10%: sand 90% + P 10%.

^yMeans with same letters within column are not significantly different by Duncan's multiple range test $p = 0.05$ level.

^zThe correlation coefficient between investigated blending ratio of soil amendment and nutrient content or nutrient uptake ($n = 14$).

* and ** represent significant at the 0.05 and 0.01 probability level by correlation coefficient, respectively.

토양개량제 '프로파일' 처리량별 작물 생육 요인의 상관관계는 엽색 지수는 정의 상관성을 보였으나 엽록소 지수와 잔디 예지물은 유의성을 나타내지 않았다. 이는 엽록소 지수와 잔디 예지물량과 같은 잔디 생육 지수는 토양

개량제 처리에 따른 토양이화학성의 변화보다는 잔디에 흡수된 질소 함량이나(Kim et al., 2012) 질소 흡수량에 영향을 주는 토양비옥도(Kussow et al., 2012)와 시비량(Bae et al., 2015)에 의해 영향을 받기 때문으로 판단된다. 다만 토양개량제가 토양개량 효과 외에 양분을 함유하는 경우에는 잔디 식재 후 생육에 필요한 양분을 공급하여 잔디 생육이 향상될 수도 있다(Lee et al., 2013).

토양개량제 '프로파일'의 혼합에 따른 모래 상토의 토양물리화학적 요인들과 잔디 생육 인자들 사이의 상관관계를 조사하였다(Table 8). '프로파일'과 혼합 후 측정된 전기전도도는 CEC, 모세관공극, 총공극 및 수리전도도와는 상관성을 나타냈으나 잔디 생육이나 품질에는 영향을 미치지 않았고, 모래 상토의 수리전도도에서도 토양공극과 상관성을 나타냈으나 CEC나 잔디 생육 및 품질에는 영향을 미치지 않았다. 그러나 CEC는 잔디의 생육과 품질에 정의 상관성을 나타내었다. CEC는 토양 중 양분유효도와 보비력을 나타내는 지표로 양분유효도가 높은 토양에서 자란 잔디는 생육과 품질이 향상되기 때문이다(Kussow et al., 2012; Kim et al., 2012). 토양물리성 인자 중 비모세관공극과 총공극은 각각 잔디 예지물과 엽색 지수에서 정의 상관성($P < 0.05$)을 나타내었다. 이를 통해 토양개량제 '프로파일'이 혼합된 모래 상토의 CEC나 공극은 잔디의 생육이나 품질 변화에 영향을 주는 것으로 확인할 수 있었다.

Table 8. The correlation coefficient among investigated parameters explaining soil physicochemical property and turfgrass growth.

Parameters ^z	pH	EC	CEC	CP	AP	TP	H.C.	TCI	ChI	CY
pH	1.0000**	-0.2678	-0.0273	0.0919	-0.1213	0.0266	0.1461	-0.1034	-0.0523	-0.2145
EC		1.0000**	0.5642*	0.7428**	-0.3082	0.6973**	-0.8656**	0.3965	0.1747	0.2484
CEC			1.0000**	0.5958*	-0.0548	0.6974**	-0.4748	0.6779**	0.5722*	0.6032*
CP				1.0000**	-0.5882*	0.8143**	-0.8546**	0.2713	0.0839	0.0777
AP					1.0000**	-0.0096	0.5419*	0.2629	0.4319	0.5428*
TP						1.0000**	-0.6678**	0.5241*	0.4137	0.4856
H.C.							1.0000**	-0.2720	0.0092	-0.1581
TCI								1.0000**	0.8900**	0.7510**
ChI									1.0000**	0.6821**
CY										1.0000**

^zParameters were follow. CP: capillary porosity (%); AP: air-filled porosity (%); TP: total porosity (%); H.C.: hydraulic conductivity (mm hr^{-1}); TCI: turf color index; ChI: chlorophyll index; CY: clipping yield.

* and ** represent significant at the 0.05 and 0.01 probability level by correlation coefficient, respectively.

요약

본 연구는 토양개량제 '프로파일'의 처리에 의한 토양의 물리화학적 및 잔디의 생육에 미치는 영향에 대해 조사하였다. 토양개량제 비율별 처리구는 토양개량제 '프로파일'을 처리하지 않은 대조구(0%), 3% 처리구(3%), 5% 처리구(5%), 7% 처리구(7%), 그리고 10% 처리구(10%)로 설정하였다. 토양개량제 '프로파일'의 혼합비율 증가에 따라 전기전도도, 양이온치환용량, 모세관공극 및 공극은 증가하였고, 용적밀도와 수리전도도는 감소하였다. 잔디의 엽색 지수와 잔디 예지물이 7% 처리구에서 가장 높았고, '프로파일'의 처리량과 엽색 지수는 정의 상관성을 보였다. 토양의 이화학적 특성과 잔디 생육 지수별 상관관계 조사에서 양이온치환용량은 엽색 지수, 엽록소 지수 및

잔디 예지물에 대해 정의 상관성, 토양공극은 엽색 지수에 대해 정의 상관성을 나타내었다. 이들 결과를 종합할 때, 토양개량제 '프로파일'은 토양의 양이온치환용량과 토양공극을 개선하여 잔디의 품질과 생육이 개선되는 것을 확인할 수 있었다.

주요어 : 수리전도도, 토양공극, 토양개량제, 토양이화학적성, 잔디 품질

ACKNOWLEDGEMENTS

This research was supported by the academic research fund of Chungnam National University.

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)
- Bae, E.J., Han, J.J., Lee, K.S., Park, Y.B and Choi, S.M. 2015. Growth response of zoysiagrass (*Zoysia japonica* Steud.) as affected by nitrogen fertilizer application rate. Weed Turf. Sci. 4(4):397-404. (In Korean)
- Carrow, R.N., Waddington, D.V. and Rieke, P.E. 2002. Turfgrass soil fertility and chemical problems: assessment and management. John Wiley & Sons. NJ. USA.
- Joo, Y.K. 1993. The measurement of soil conditioning effects of organic materials. Kor. Turfgrass Sci. 7(1):13-18. (In Korean)
- KGBA (Korea Golf Course Business Association). 2014. <http://www.kgba.co.kr/Data/Guestinfo.asp> (Accessed Dec. 31. 2014)
- Kim, J.W., Kim, C.H., Baeck, 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, I.C., Joo, Y.K. and Lee, J.H. 2002. Correlation of soil physical properties and growth of turfgrass on the ground of Olympic-main stadium. Kor. Turfgrass Sci. 16(1):31-40. (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. and Lim, H.J. 2010. Change of soil physicochemical properties by mixed ratio of 4 types of soil amendments used in golf course. Kor. Turfgrass Sci. 24(2):205-210. (In Korean)
- Kim, Y.S., Kim, T.S. and Ham, S.K. 2009. The change of soil physicochemical properties by mixture ratio of inorganic soil amendments. Kor. Turfgrass Sci. 23(2):271-278. (In Korean)
- Kim, Y.S., Lee, S.B., Ham, S.K., Lim, H.J. and Choi, Y.C. 2011. Soil physicochemical properties by applied with mixed ratio soldier fly (*Hermetia illucens*) casts. Asian J. Turfgrass Sci. 25(1):106-111. (In Korean)
- Kim, Y.S., Lee, S.B., Ham, S.K., Lim, H.J., Choi, Y.C. et al. 2014. Effects of soil amendment blended with soldier fly casts and cocopeat on physicochemical properties of sand soil. Weed turf. Sci. 3(2):143-149. (In Korean)
- Kussow, W.R., Soldat, D.J. Kreuser, W.C. and Houlihan, S.M. 2012. Evidence, regulation, and consequences of nitrogen-driven nutrient demand by turfgrass. Inter. Sch. Res. Net. Agron. 10:1-9.
- Kweon, D.Y., Lee, J.H., Lee, D.I. and Joo, Y.K. 2005. Turfgrass establishment of USGA green related with soil physical properties. Kor. Turfgrass Sci. 19(2):95-102. (In Korean)

- Lee, S.B., Kim, Y.S., Ham, S.K. Lim, H.J., Choi, Y.C. et al. 2013. Effect of soldier fly casts mixed soil on change of soil properties in root zone and growth of zoysiagrass. *Weed Turf. Sci.* 2(3):298-305. (In Korean)
- Lee, S.J., Kim, Y.J., Ahn, S.J. and Kim, T.W. 2006. New evaluation chart of stature and weight for Koreans. *Kor. J. Orthod.* 36(2):153-160. (In Korean)
- Lee, S.K., Lee, J.H. and Joo, Y.K. 2002. Comparison of construction methods with zoysiagrass at the new Incheon international airport. *Kor. Turfgrass Sci.* 16(2):75-83.
- NIAST (National Institute of Agricultural Science and Technology). 1998. The analysis of soil chemical analysis. NIAST, RDA. Suwon. Korea. (In Korean)
- NIAST (National Institute of Agricultural Science and Technology). 2002. The standard analysis of substrate. NIAST, RDA. Suwon. Korea. (In Korean)
- Park, C.B., Han, D.W., Hwang, K.S. and Lee, Y.B. 1991. Effects of source and mixing ratio of topsoil on physico-chemical properties of green. *Kor. Turfgrass Sci.* 5(2):59-68. (In Korean)
- Park, C.B., Hwang, K.S. and Lee, Y.B. 1992. Effects of source and mixing ratio of green topsoil on growth-quality of creeping bentgrass. *Kor. Turfgrass Sci.* 6(1):1-10. (In Korean)