

무기성 토양개량제들의 혼합비율에 따른 토양이화학성의 변화

김영선* · 김택수 · 함선규

에이엠잔디연구소

The Change of Soil Physicochemical Properties by Mixture Ratio of Inorganic Soil Amendments

Young-Sun Kim*, Tack-Soo Kim and Suon-Kyu Ham

Turfgrass Research Institute, AMENC Co. Ltd, Inchoen, Rep. of Korea

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effect of the mixture ratio of the inorganic soil amendments on the soil physicochemical properties. In this experiment, three kinds of soil amendments which had similar pH, EC and particle size, the A, B and C, were tested. The mixture ratio of soil amendment were 0%, 3%, 5%, 7% and 10% (V/V) incorporated with sand which met to the USGA(United State of Golf Association) particle standard. To analyze the effects of amendment on chemical soil properties, pH, EC(electrical conductivity) and CEC(cation exchangeable capacity) were measured. The porosity, bulk density and hydraulic conductivity also measured to analyze the changes of physical properties.

In the chemical properties, pH was significantly related to the mixture ratios of amendments, A and C($P<0.05$), CEC and EC also related to the ratios of C($P<0.01$). When the results were applied to the USGA standard of the soil physical properties, the optimum mixture ratios of each amendment were 3% in A and B, and 7~10% in C. To analyze the correlation of mixture ratio versus to physical character, volume of porosity was significantly related to the ratio of B ($P<0.05$), and showed similar correlation in porosity and hydraulic conductivity with ratio of C($P<0.05$). These results indicate that types and mixture ratio of inorganic soil amendments should affect on soil physio-chemical properties of root zone on USGA sand green.

Key words : inorganic soil amendment, porosity, hydraulic conductivity

*Corresponding author. Tel : +82-32-741-8516

E-mail : zeroline75@empas.com

Received : Aug., 20, 2008, Revised : Sep., 15, 2009, Accepted : Sep., 30, 2009

서론

골프장의 상토는 모래로 구성되어 있기 때문에 배수성은 좋은 반면에 보수력과 보비력이 부족한 특징을 갖고 있다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해 유기물이나 무기물로 구성된 토양개량제를 사용하여 모래가 갖고 있는 배수성을 보완하면서 보수력과 보비력을 보강하고 있다.

국내 골프장 그린의 상토층은 USGA 규격과 지침서에 준하여 건설되고 있다. 실제로 이러한 규격대로 조성되지 않은 골프장의 경우 그린의 수분, 대취층, 이산화탄소 함량의 증가와 수리전도도, 산소 함량의 감소 등의 문제를 발생시켜 잔디 생육 불량률의 원인이 되고 있다(안 등, 1992). 따라서 이러한 상토층의 문제를 해결하기 위해서는 그린 상토 조성 시 적절한 토양개량제를 혼합하여 USGA 공법에 적합하도록 조성하는 것이 필요하지만(권 등, 2005), 대취의 축적과 각 종 답압에 의해 토양의 물리화학적 특성을 악화시키므로 USGA 공법을 개량하기 위한 노력이 진행되고 있고(Ok 등, 2004; Chong과 Ok, 2006), 실제 골프코스에서는 시기에 적합한 토양 갱신작업을 진행하고 있다(안 등, 1992).

토양개량제는 배토사와 혼합하여 사용할 경우 토양의 용적밀도, 공극율, 수리전도도 및 양이온치환용량에 개선효과가 있고(박 등, 1991), 잔디의 생육과 품질을 향상시킨다(박 등 1992). 특히, 잔디의 생육을 큰 영향을 미치는 토양 수분과 공기를 나타내는 공극은 경도, pH 및 양이온치환용량의 변화와 같은 토

양 특성(안 등, 1992; 박 등, 1991)과 잔디의 색상 및 가시적 품질과 밀접한 관계가 있다(박 등, 1991).

현재 다양한 종류의 토양개량제들이 사용되고 있으나 크게 피트나 피트모스와 같이 유기물을 주원료로 하는 유기성 토양개량제들과 제오라이트와 같이 유기물을 포함하지 않는 광석을 주원료로 하는 무기성 토양개량제들로 구분할 수 있다.

본 연구는 골프장에 사용되는 토양개량제의 적절한 활용과 적합한 상토층을 개발하기 위해 국내에서 사용되고 있는 무기성 토양개량제의 물리화학적 특성을 파악하여 그린 상토 조성 시 토양개량제의 종류 및 혼합비율에 따른 상토의 물리·화학적 특성 변화에 미치는 영향을 조사하고자 한다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 모래는 pH와 전기전도도가 각각 6.18과 0.95로서 잔디생육에 적합한 모래였고, 입경분포가 USGA 기준에 적합하였다(Table 1).

토양개량제는 골프장 조성이나 배토 시에서 사용되었거나 사용되고 있는 제품을 수집하여 토양개량제의 특성을 비교하고, 비슷한 특성을 갖는 상품을 선별하여 본 연구에 이용하였다. 본 연구에 사용된 토양개량제는 유기물을 함유하지 않은 토양개량제 중에서 입경과 양이온치환용량이 비슷한 3개의 제품을 선정하였다. 토양개량제의 특성은 pH는 4.71~6.26이

Table 1. The particle size and properties of sand used in this study.

pH (1:5)	EC (dS · m ⁻¹)	Particle size(%)					
		4.00~ 2.00	2.00~ 1.00	1.00~ 0.5	0.5~ 0.25	0.25~ 0.15	0.15~ 0.053
6.18	0.95	0.4	1.4	30.0	59.4	6.6	1.5

Table 2. The properties of soil amendment.

Soil amendment	pH (1:5)	EC	CEC
		$\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$	$\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$
A	5.83	1.81	6.8
B	6.26	1.51	2.3
C	4.71	3.71	13.4

고, 전기전도도는 $1.51\sim 3.71 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 이었으며, 양이온치환용량은 $2.3\sim 13.4 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 토양개량제별로 약간의 차이는 있었다.

시험용 상토를 만들기 위해 105°C 건조된 시험용 모래에 토양개량제를 부피비율로 0%, 3%, 5%, 7%, 10%를 균일하게 혼합하였다 (Table 3). 시료는 USGA 측정방식에 의거하여 코어(직경 7.5cm, 높이 10cm인 원통)에 혼합된 상토를 넣고 다짐장치를 사용하여 현장상태와 유사한 답압상태의 물리성을 갖도록 조제하였다(주, 1993).

혼합 상토의 물리화학성 변화를 확인하기 위해 pH, 전기전도도(electric conductivity: EC), 양이온치환용량(cation exchangeable capacity: CEC), 용적밀도, 공극률 및 수리전도도를 측정하였고, 분석방법은 상토의 표준 분석법(농업과학기술원, 2000)과 토양 및 식물체 분석법(농업과학기술원, 2000)에 준하여 분석하였다. pH와 전기전도도는 풍건된 시료 10g에 증류수 50ml을 가하여 진탕 후 pH meter(Orion 720 A+; Thermo)와 EC meter(Orion 3STAR; Thermo)를 사용하여 측정하였고, CEC는 1N-NH₄OAc 침출법을 이용하였으며, 수리전도도는 정수위법(constant

water head method)으로 분석하였다.

결과 및 고찰

토양개량제 혼합에 따른 토양의 화학적 특성 변화

토양개량제의 혼합비율에 따른 토양의 pH, EC 및 CEC의 변화는 조사하였다(Table 4). pH는 $5.31\sim 6.95$ 로 나타났고, EC는 $0.92\sim 1.03\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 조사되어 골프코스의 이상적인 이화학성과 비교할 때 대부분 기준에 적합하였다. CEC는 $2.10\sim 2.90 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ 으로 조사되어 골프코스의 이상적인 범위보다 낮았고, A와 C는 토양개량제의 혼합비가 증가할수록 CEC가 4.2~20.8% 증가하였으나 모래와 비슷한 CEC를 갖고 있는 B는 CEC의 변화에 영향을 미치지 않았다.

토양개량제의 혼합비율과 상토의 pH, EC 및 CEC의 상관관계를 조사하였다(Table 5). A는 pH와 99%수준에서 정의 상관성을 나타내었고, B는 모든 항목에서 상관성을 나타내지 않았으며, C는 pH는 95% 수준에서 부의 상관성을 나타내었고, EC와 CEC는 99% 수준에서 정의 상관성을 나타내었다. 토양개량제

Table 3. The mixture of sand and soil amendments.

Mixture Ratio	Sand	Soil amendment		
		A	B	C
0%	100%	0%	0%	0%
3%	97%	3%	3%	3%
5%	95%	5%	5%	5%
7%	93%	7%	7%	7%
10%	90%	10%	10%	10%

Table 4. The change of pH, EC and CEC by mixed content of soil amendments.

Soil Amendment	Mixture ratio	pH (1:5)	EC	CEC
			$\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$	$\text{cmol}_e \cdot \text{kg}^{-1}$
A	0%	6.18	0.95	2.40
	3%	6.24	1.02	2.50
	5%	6.32	0.98	2.60
	7%	6.35	0.98	2.60
	10%	6.33	0.99	2.50
B	0%	6.18	0.95	2.40
	3%	6.65	1.03	2.20
	5%	6.95	1.05	2.30
	7%	6.37	0.95	2.10
	10%	6.38	0.93	2.20
C	0%	6.18	0.95	2.40
	3%	6.31	0.94	2.20
	5%	6.24	1.04	2.90
	7%	6.20	0.98	2.90
	10%	6.12	1.02	2.90

Table 5. The corelation coefficient between mixture ratio of soil amendment and pH, EC and CEC in soil(n=18).

Item	A	B	C
pH	0.8891**	0.0965	-0.4828*
EC	0.3218	-0.3121	0.6236**
CEC	0.4113	-0.2623	0.6992**

*, ** Significant at $P < 0.05$ or 0.01 , respectively.

A와 B는 토양과 혼합되었을 때 영향을 미치지 않았고, 토양개량제 C는 pH, EC 및 CEC에 영향을 미쳤다(박 등, 1991). 이는 A와 B가 C에 비해 토양과 비슷한 화학성을 갖고 있기 때문에 토양개량제의 화학적 특성이 혼합 상토의 화학적 특성에 영향을 미치는 것을 알 수 있다(Table 2, Table 4).

토양개량제 혼합에 따른 토양의 물리적 특성 변화

토양개량제의 혼합비율에 따른 토양의 총공극, 용적밀도 및 수리전도도의 변화는 Table 6과 같다. 모세관 공극과 비모세관공극은 각각 13.7~20.5%와 23.7~32.1%를 보여 토양개량제의 종류와 혼합비율에 따라 약간의 차이를 보였고, 총공극량과 용적밀도는 각각 43.1~47.6%와 1.39~1.51g/ml로 조사되어 모

든 처리구에서 비슷하였으며, 이는 USGA 기준에 적합한 것으로 조사되었다. 토양개량제 종류별 혼합비율에 따른 토양물리적 특성 중 투수계수는 646~1,296mm/hr로 나타났다. 대부분의 처리구에서 개량제의 혼합비율이 증가할수록 투수계수가 감소하는 경향을 나타내었으나, A와 B 처리구는 3~7% 까지 점차 증가하고 10%에서 감소하는 경향을 보였고, C는 토양개량제의 혼합비율이 증가할수록 투수계수는 점차 감소하였다. 토양개량제별 상토조성시 USGA 기준과 비슷한 가장 효율적인 물리성을 갖는 혼합비율은 A와 B는 약 3~5%이고, C는 7~10% 정도였다.

토양개량제의 혼합에 따른 토양물리성의 변화의 요인을 파악하기 위해 각 토양개량제별 물리성 항목의 상관관계를 조사하였다(Table

Table 6. The change of porosity, bulk density and hydraulic conductivity by mixed content of soil amendments.

Soil Amendment	mixture ratio	air-filled porosity	capillary porosity	total porosity	bulk density	hydraulic conductivity
		%			$\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$	$\text{mm} \cdot \text{hr}^{-1}$
A	0%	25.6	19.7	45.3	1.45	1,020
	3%	26.7	17.7	44.4	1.47	741
	5%	24.5	19.0	43.6	1.50	808
	7%	26.5	20.5	47.0	1.40	1,011
	10%	24.2	19.5	43.7	1.49	748
B	0%	25.6	19.7	45.3	1.45	1,020
	3%	23.7	20.0	43.7	1.49	689
	5%	25.1	18.1	43.2	1.51	848
	7%	28.0	18.8	46.8	1.41	1,296
	10%	32.6	13.7	46.3	1.42	756
C	0%	25.6	19.7	45.3	1.45	1,020
	3%	25.1	18.0	43.1	1.42	824
	5%	26.2	20.1	46.3	1.39	801
	7%	27.4	20.2	47.6	1.40	780
	10%	27.2	19.8	47.0	1.49	646
UGSA standard		15-30	15-25	35-55	-	300-600*

* Applied by infiltration rate of accelerated range(USGA green specification).

Table 7. The correlation coefficient among respective physical factors in root zone mixed soil amendments(n=18).

Soil Amendment	item	air-filled porosity	capillary porosity	total porosity	hydraulic conductivity
A	air-filled porosity	1.0000**			
	capillary porosity	-0.3050	1.0000**		
	total porosity	0.6442**	0.5319*	1.0000**	
	hydraulic conductivity	0.2939	0.4335	0.6095**	1.0000**
B	air-filled porosity	1.0000**			
	capillary porosity	-0.9468**	1.0000**		
	total porosity	-0.2724	0.5675**	1.0000**	
	hydraulic conductivity	0.1731	0.0284	0.5279*	1.0000**
C	air-filled porosity	1.0000**			
	capillary porosity	0.5810**	1.0000**		
	total porosity	0.9231**	0.8493**	1.0000**	
	hydraulic conductivity	0.1591	-0.3636	-0.0686	1.0000**

*, ** Significant at $P < 0.05$ or 0.01 , respectively.

7). 토양개량제 A는 총공극이 모세관공극($P < 0.05$)과 비모세관공극($P < 0.01$) 및 수리전도도($P < 0.01$)와 고도의 상관성을 보였다. 토양개량제 B는 총공극이 모세관공극($P < 0.01$)과 수리전도도($P < 0.05$)에서 높은 정의 상관성을 보였고, 모세관공극은 비모세관공극과 부의 상

관성($P < 0.01$)을 보였다. 토양개량제 C는 총공극이 모세관공극과 비모세관공극과 정의 상관성($P < 0.01$)을 보였다. 이 결과를 통해 A와 B의 총공극량이 토양의 수리전도도의 변화에 가장 큰 영향을 미치는 요인임을 알게 되었다. 토양개량제의 첨가량에 따른 물리성 변화여

Table 8. The corelation coefficient between mixture ratio of soil amendment and soil physical factors(n=18).

Item	A	B	C
Air-filled porosity	0.1747	-0.4897*	0.2083
Capillary porosity	-0.3290	0.5587*	0.7558**
Total porosity	-0.1089	0.4175	0.4922*
Bulk density	0.1089	-0.4175	-0.4922*
Hydraulic conductivity	-0.3431	-0.0256	-0.8497**

*, ** Significant at $P < 0.05$ or 0.01 , respectively.

부를 조사하기 위해 토양개량제 별 혼합비율과 토양의 총공극, 용적밀도 및 수리전도도의 상관관계를 조사하였다(Table 8). A는 모든 항목에서 통계적 유의성을 나타내지 않았고, B는 모세관공극과 비모세관공극에서 95% 수준에서 상관성을 나타내었으며, C는 모세관공극과 총공극은 95% 수준에서 정의 상관성을 보였고, 수리전도도는 부의 상관성을 나타내었다. 이 결과를 통해 B는 토양공극(모세관공극, 비모세관공극)의 개량능력을 갖고 있으며, C는 공극(모세관공극, 총공극)과 수리전도도 개량능력이 있음을 알 수 있다.

3%였고, C는 7~10% 였다. 각 토양개량제들의 혼합에 따른 토양물리성변화에 가장 큰 영향을 미치는 물리적 요인은 총공극량이었다. 토양개량제의 혼합비율에 따른 토양개선효과를 비교할 때, B는 모세관공극과 비모세관공극에서, C는 모세관공극, 총공극 및 수리전도도에서 고도의 상관성을 나타내었다($P < 0.05$). 이들 결과를 통해 골프코스의 상토조성에 사용되는 무기성 토양개량제는 그 종류와 혼합비율이 USGA 상토의 뿌리층 개량의 토양 이화학성에 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다.

주요어 : 토양개량제, 토양공극, 수리전도도

요 약

본 연구는 골프장의 상토조성 시 사용되는 토양개량제의 적절한 활용과 이해를 위해 입경과 화학적 특성이 비슷한 무기성 토양개량제의 3종의 혼합비율에 따른 모래상토의 물리·화학적 특성변화를 조사하였다.

토양개량제의 혼합비율에 따라 상토의 물리·화학적 특성을 조사한 결과는 다음과 같다. A와 C가 pH가 95% 수준에서 상관성을 나타내었고, C의 양이온치환용량이 95% 수준에서 상관성을 보여 토양개량제의 특성에 따라 상토의 토양화학성에 영향을 주었다. 상토의 토양물리성 결과를 통해 USGA 기준으로 평가할 때, 최적의 혼합비율은 토양개량제 A와 B에서는

참고문헌

1. 권동영, 이정호, 이동익, 주영규. 2005. USGA 공법으로 조성된 그린의 토양물리성과 Bentgrass의 생육. 한잔지 19(2):95-102.
2. 농업과학기술원. 2000. 토양 및 식물체분석법. 농촌진흥청.
3. 박찬무, 한동식, 황규석, 이용범. 1991. 이용범토양개량제 혼합비율이 Green Topsoil의 물리 화학성에 미치는 영향. 한국잔디학회지 5(2) : 59-68.
4. 박찬빈, 황규석, 이용범. 1992. 토양개량제 혼합비율이 잔디의 생육및 품질에 미치는 영향. 한국잔디학회지 6(1) : 1-10.

5. 안용태, 김성태, 김인섭, 김진원, 김호준, 심규열, 양승원, 이정재, 함선규. 1992. 개정 Golf장 관리의 기본과 실제. 한국잔디연구소.
6. 주영규. 1993. 유기물의 토양 개량 효과 측정. 한국잔디학회지 7(1) : 13-18.
7. Chong, S.K. and C.H. Ok. 2006. Effect of rootzone mixes amended with crumb rubber on the physical properties. Kor. Turgrass Sci, 20(1):83-91.
8. Ok, C.H., S.H. Anderson, And E.H. Ervin. 2004. Amendments and construction systems ofr improving the performance of sand-based putting greens. Kor. Turgrass Sci, 18(3):149-163.
9. <http://www.usga.org>, 미국골프협회(USGA).

