

# 토양 개량재로서 사문석이 잔디의 생육에 미치는 영향

태현숙 · 고석구 · 김용선

삼성에버랜드 잔디 · 환경연구소

## Effect of Serpentine as Soil Conditioner on Growth of Turfgrass

Tae, Hyun-Sook · Koh, Seuk-Koo · Kim, Yong-Seon

Turfgrass & Environment Research Institute, Samsung Everland Inc.

### ABSTRACT

The objectives of this research were to investigate the effect of serpentine as a new soil conditioner for growth of turfgrass. To achieve the goal, pure sand or mixtures of sand and serpentine with various ratios were tested for soil physical properties and the growth effects of perennial ryegrass and zoysiagrass growth were compared.

Major results of this research are summarized as follows;

1) Hydraulic conductivity of 10~30% serpentine mixtures were observed within the range of 1010~901 mm/h, which is good for USGA recommendation. Experimental results of pH and EC for various mixtures indicated that the 10% serpentine mixture was the most suitable for turfgrass growth.

2) Perennial ryegrass treated with 10% serpentine mixture showed the highest visual quality( $p < 0.01$ ) among all treatments. And serpentine treatment was more effective to improve visual quality of perennial ryegrass than that of zoysiagrass. The treatment of 10% serpentine had better visual qualities than that of 20% in both of zoysiagrass and perennial ryegrass. Treatment with the right amount of serpentine extends green period for one to two weeks during early winter in both zoysiagrass and perennial ryegrass.

3) In perennial ryegrass, the treatment of 10% serpentine resulted in an increase of total dry weight compare with those of zeolite or barley stone, and also dramatically promoted the dry weight by 15% compared with sand 100%(control). Total dry weight of zoysiagrass treated with 10% serpentine was 9% higher than that of sand. These results indicated that serpentine can be a good soil conditioner for both zoysiagrass and perennial ryegrass when it is blended with sand within a range of 10 to 20% by volume.

*Key Words : Serpentine, Zoysiagrass, Perennial Rryegrass, Soil Conditioner*

## I. 서론

잔디가 건전하게 생육하기 위해 특히 근권부의 물리적 환경은 매우 중요하며 투수성, 보수성, 통기성 그리고 토양경도 등이 이에 속한다. 이들은 모두 토양의 입경 조성 및 밀접한 관계가 있는데 입경 조성은 토양의 골격이라고 할만한 중요한 성질로 토양의 물리적, 화학적 성질을 파악하는데도 중요한 자료이다. 예를 들면, 입경이 큰 조립질에서는 투수성과 토양 고결 속도와 같은 특성은 양호하지만 보수성은 나쁜 경우가 많으며, 점토함량이 높을 수록 토양의 양이온 교환량이나 양분공급 능력도 높아진다(Beard, 1982; Turgeon, 1980). 따라서, 처음 조성할 때 잔디밭의 환경조건을 파악하고 토양 재료를 선정하는 일은 매우 중요하다(Baker, 1991; Baker and Richards, 1993).

골프장과 같이 답압이 심한 지역에 잔디밭을 조성할 때는 흙과 함께 토양 개량재를 혼합하여 지반을 조성하기도 한다. 토양 개량재의 종류에 따라 기능에는 조금씩 차이가 있으나 보통 유기질 개량재를 사용해 식물의 발근을 촉진시키고 그리고 표토의 수분증발을 억제하거나 혹은 배수를 개량하기도 하는 것으로 알려져 있다(조인상과 조성진, 1983). 하지만, 농토와 달리 골프장과 같이 지속적인 답압이 심하고 조성 후 전면적인 토양 개량이 불가능한 곳에서는 일정 기간이 지나면 대부분 분해되어 토양의 공극을 메우게 되는 유기질보다는 토양의 공극을 지속적으로 유지하는 무기질 개량재를 적절히 활용하는 접근방법이 필요하다. 모래와 혼합하여 사용할 만한 잔디밭 물리성 개량용 토양 개량재는 제오라이트나 맥반석 정도이나, 가격이 비싸 대량으로 사용하기 어려운 실정이다. 일반적으로 골프장에서는 처음부터 그린과 페어웨이 조성시 일정한 규격의 모래를 사용함으로써 토양 고결로 인한 답압 문제나 배수불량과 같은 문제가 발생하지 않도록 매우 신중하게 선택하지만, 모래만으로 잔디 지반을 조성한 경우 모래 자체에 특정한 양분 공급 능력이 없으므로 식물의 양분과 수분의 용탈이 매우 심하다.

잔디 생장을 위한 필수 영양분 중에서 식물 광합성의 핵심 요소로서 잔디의 생육을 돕고 녹색을 향상시킬 수 있는 다량 원소로 마그네슘은 대표적인 필수 양분이며

(한국 잔디 연구소, 1988), 흑운모, 휘문암, 사문석 등은 대표적인 마그네슘 광물이다. 이 중 사문석(serpentine)은 함수 마그네슘 규산염 광물로서 색깔은 암흑색, 암적색, 녹황색을 띠는데 원래 건축의 재료로 사용되는 소재로 쉽게 변형이 되지 않는 소재이며 지금까지는 마그네슘의 함유량 때문에 용성인비의 원료로써 일부 사용되어 왔다(토양사전, 2000). 좋은 토양 개량 소재가 갖추어야 할 조건은 모래에 혼합하여 잔디용 지반을 조성할 경우 화학적인 면에서 잔디의 생육을 저해하지 않으면서 물리적인 측면에서 토양의 고결을 유발하지 않아야 한다. 동시에 모래에는 없는 무기 영양분을 함유하는 천연 재료의 조건을 갖추어야 잔디밭 토양 개량 소재로 적합하다고 볼 수 있다.

본 연구의 목적은 사문석을 일정한 규격의 입자로 가공하여 잔디 재배용 토양 개량재로 활용될 가능성이 있는지 검증하는 것이다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 실험 재료

#### 1) 식물 재료

연구에 사용된 잔디는 한국잔디(*Zoysia japonica* "Zenith")와 한지형 잔디인 perennial ryegrass(*Lolium perenne* L. "Advent")의 종자를 종묘회사에서 직접 구입하여 사용하였다.

#### 2) 토양 재료

공시 재료는 모래와 사문석, 제오라이트와 맥반석을 사용하였다. 주재료인 모래는 문막을 원산지로서 하는 일반 골프장 배토 및 그린 지반 조성용 모래를 구입하여 실험 재료로 이용하였으며(Table 1 참조), 제오라이트와 맥반석은 시판되고 있는 제품을 사용하였으며, 끝으로 사문석은 안동에서 직접 구입하여 사용하였다. 본 시험에 사용된 사문석의 화학적 성분을 토양 화학 분석법(농업기술연구소, 1988)에 따라 분석한 결과, 주성분은 규소와 마그네슘(Table 2 참조)이며, 색깔은 검회색을 띠는 광물로 본 연구를 위해 입자는 2.0mm 이하로 인

위적으로 파쇄하여 사용하였다(Figure 1 참조).

Table 1. Particle size distribution of serpentine and used in the experiment

Particle size	>2 mm	2-1 mm	1-0.5 mm	0.5-0.25 mm	0.25-0.15 mm	0.15mm<
Sand(%)	0	4.0	42.0	41.0	10	1
Serpentine(%)	0	73.0	27.0	0	0	0

Table 2. Chemical characteristics of serpentine

Serpentine	pH	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
		%				
data	8.9	39.0	3.3	38.0	11.0	1.5

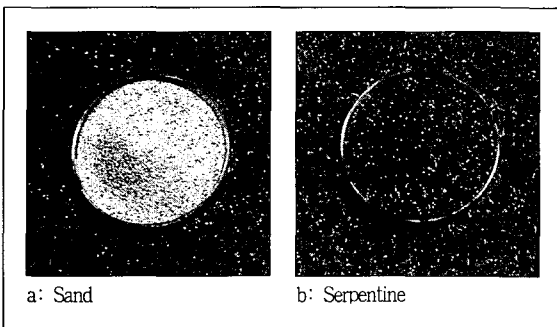


Figure 1. Sand and serpentine

## 2. 연구 방법

### 1) 공시 토양의 이화학적 특성

사문석이 잔디 지반용 개량제로 적합한지 알아보고자 모래에 사문석 분쇄토, 맥반석, 제올라이트를 용적비로 각각 10%, 20%, 30%(사문석만) 혼합한 다음 pH, EC, 용적밀도, 보수성, 투수성을 조사하였다. 사문석, 모래 그리고 토양 개량제 혼합토의 pH와 EC는 토양 화학 분석법(농업기술연구소, 1988)에 따라 측정하였다. 토양 기초물성 측정시 방법은 다음과 같이 하였다(東京大學 出版會, 1995). 포화된 토양의 투수속도는 Darcy's law에 의해 계산하여 구하였다.

$$K_s = \frac{QL}{A\Delta H} \quad (\text{식 1})$$

여기서, Q=유량;  $\Delta H$ =수두차; L=시료길이  
A=단면적; t=시간

보수성은 100ml의 채토관에 토양을 충전하여 사주법으로 10kPa의 부압을 가하여 토양수분과 부압과의 평형상태를 확인한 다음 토양 수분량을 측정하였고, 토양의 건조밀도는 100ml의 채토관에 토양을 다져가며 완전히 충전한 다음 105℃로 조절된 건조기에서 24시간 수분을 증발시킨 후 질량을 측정하여 건조밀도를 계산하였다. 마지막으로 토양의 고상율과 기상율은 용적밀도와 진비율을 측정한 후 계산에 의해 산출하였다. 잔디밭 토양 개량제는 입도가 매우 중요하므로 사문석의 입도는 2mm이하의 입도를 가지도록 파쇄한 다음 모든 시험에 이용하였다(Table 2 참조).

### 2) 잔디 생육 실험

골프장이나 경기장과 같은 잔디 지반 조성시 사문석이 토양 개량제로 활용될 가능성이 있는지 알아보고자 온실 내 포트에서 사문석과 모래를 일정비율로 혼합한 다음 한국잔디와 한지형 잔디의 생육에 미치는 영향을 조사하였다. 이를 위하여 기존 골프장 개량제인 맥반석과 제올라이트를 비교구로 하였으며, 시료는 개량제와 모래를 용적비로 10 : 90, 20 : 80(%, V/V)씩 혼합하였다. 와그너 포트에 혼합 시료를 채운 다음 한국잔디와 한지형 잔디 종자를 파종하고(2000년 6월), 데이터는 파종 1개월 후부터 6개월(2000년 12월)까지 1개월 간격으로 잔디의 품질을 가지적으로 판단하고 2개월 간격으로 건물중을 조사하였다. 모든 시험구는 완전임의 배치하였으며 각 처리는 3반복으로 하였다.

### 3) 분석 방법

잔디의 시각적 품질을 분석 방법은 잔디 전문가 2인이 1개월 간격으로 한국잔디와 한지형 잔디의 엽색, 밀도와 잔디의 피복면적을 시각적으로 판단하여 1에서 9까지 평가하였다.

시각적 품질 1은 엽색이 황색이며, 밀도가 매우 낮으며 잔디의 피복이 거의 없는 상태이며, 이에 비해 9는 엽색이 진한 녹색이고 밀도가 매우 높으며 잔디가 95%이상 피복된 상태를 표시한다. 건물중량 조사를 위해서는 포트의 잔디를 채취한 다음 흙을 털어내고 물로 깨끗이 세척하였다. 세척된 잔디는 드라이 오븐에서 약 70℃의 온도로 72시간 건조시킨 다음 건물중

량을 측정하였다. 실험 결과에 대한 통계 분석은 SAS Ver. 6.12(SAS Institute Inc., 1996)를 이용하여 실시되었으며 통계분석은 Duncan's multiple range test로 하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 공시 토양의 이화학적 특성

실내에서 공시재료의 토양 pH와 EC를 조사한 결과, 모래에 사문석을 혼합할 경우 pH가 높아졌으며 사문석의 혼합량이 20%이상 되면 약알칼리성(7.5~8.0)을 띠었다(藤原俊六郎 등, 1996). 제오라이트와 맥반석을 혼합할 경우에도 pH는 상승하였으나 사문석보다는 개량제 혼합 량에 따른 pH변화가 적었다. EC는 모든 재료에서 모두 한국잔디와 한지형 잔디의 적정 생육 범위인 0.3mS/m 이하로 분석되었다. 물리성 분석 결과, 입경 1.0~0.25mm가 80%이상인 모래의 투수속도가 1,063mm/h, 용적밀도는 1.40g/cm<sup>3</sup> 이었으나, 사문석의 경우 입자가 모래에 비해 매우 굵고 고르게 분포함에 따라 사문석 100%의 투수 계수는 13,500mm/h로 모래 1063mm/h에 비해 10배 이상으로 높게 나타났다. 하지만, 모래에 대한 사문석의 혼합율이 증가할수록 오히려 투수속도는 10~15% 감소하여 1010~901mm/h, 용적밀도는 2~5% 증가하여 1.41~1.45g/cm<sup>3</sup> 범위에 포함되었다(Table 3 참조). 미국 골프 협회(USGA) 기준에 따르면 그린에서 일반적인 배토사로 추천되는 모래의 투수속도가 30

0~600mm/h 사이에 있으면 잔디밭 토양의 투수성에 있어 심각한 문제가 없는 것으로 추천하고 있다(USGA Green Section Staff, 1993).

본 연구 결과를 고려할 때 너무 높은 투수계수 때문에 사문석 자체로는 잔디지반에 적합하지 않지만 모래에 사문석을 10~30% 혼합할 경우 투수계수가 1010~901mm/h 사이에 분포하므로 잔디의 생육토양으로 큰 문제가 없을 것으로 예상되었다. 모래에 제오라이트를 혼합할 경우 혼합량이 증가함에 따라 보수성이 증가하였으며 이와 달리 모래에 맥반석을 혼합할 경우 오히려 보수성이 조금 낮아 졌다. USGA 기준에 따르면 투수 속도 외에도 토양의 공극율은 35~55%가 좋은 것으로 제시하고 있는데 본 시험에서 조사된 공시 재료의 물리성은 모두 이 조건을 만족시키는 것으로 나타났다.

#### 2. 잔디 생육 실험

##### 1) 잔디품질

##### (1) 한국잔디

파종 후 1개월의 양생 기간을 거친 다음 7월~12월까지 데이터 조사가 실시되었으며, 전체 자료의 평균값으로 한국잔디의 시각적 품질을 조사한 결과, 제오라이트 10% 처리구의 잔디품질(turf visual quality)이 가장 우수하였고 사문석 10%, 맥반석 10% 처리구의 순으로 저하되었다. 모든 처리구에서 대조구의 잔디품질이 가장 낮은 것으로 조사되었으며 이는 사문석을 비롯한 다른 개량제 처리와 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 전반적으로는 개량제 10%를 혼합한 처리구의 한국 잔

Table 3. Physical and chemical characteristics of different top soils

Treatments		pH	EC(mS/m)	Hydraulic Conductivity(mm/h)	Water content(%)	Bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	Solid phase(%)	Gas phase(%)
Serpentine 0%	Sand 100%	6.7	0.01	1063	12.3	1.40	54	46
Serpentine 10%	Sand 90%	7.3	0.07	1010	11.8	1.41	55	45
Serpentine 20%	Sand 80%	7.7	0.10	940	11.4	1.43	56	44
Serpentine 30%	Sand 70%	8.0	0.11	901	11.2	1.45	57	43
Serpentine 100%	Sand 0%	8.9	0.21	13500	5.0	1.46	56	44
Zeolite 10%	Sand 90%	7.1	0.17	1025	14.5	1.50	58	42
Zeolite 20%	Sand 80%	7.3	0.21	995	16.9	1.46	56	44
Barely stone 10%	Sand 90%	7.2	0.20	1032	10.9	1.51	58	42
Barely stone 20%	Sand 80%	7.4	0.25	1051	10.5	1.47	56	44

디품질이 20%처리구보다 우수한 것으로 조사되었다 (Figure 2 참조). 사문석 처리구의 경우 피복이 완료된 후 생육은 매우 왕성한 특징을 보였는데, 특히 한국 잔디가 휴면에 접어드는 11월 하순경 사문석 처리구에서만 잔디 엽색이 그대로 유지되는 것이 특이하게 관찰되었다(Figure 3 참조). 이 시기 다른 개량재 처리구의 한국잔디에서는 광합성이 끝나 엽색의 황변이 시작되었으

나 사문석 처리구의 잔디는 여전히 뚜렷한 녹색이 유지되었으며 이는 최소 1주일에서 2주까지 연장되는 것으로 나타났다.

(2) 한지형 잔디

7월부터 12월까지 4주 간격으로 잔디의 품질을 조사하여 그래프로 나타낸 경우(Figure 4 참조), 전 실험 기간 동안 사문석 10%가 혼합된 처리에서 생육이 가장 우수였으며 맥반석 혼합 처리구와 무처리에 비해 유의성이 인정되었다. 다음으로는 사문석 20%, 제올라이트 20%, 맥반석 10%가 혼합된 순으로 생육이 저하되었다.

조사 기간 동안 하기 고온과 건조에 매우 약한 한지형 잔디의 특성 때문에 전반적인 잔디품질은 불량하였으나 사문석 혼합 처리구의 잔디 생육이 가장 좋았으며 이와 같은 경향은 잔디가 휴면에 들어가는 12월까지 유지되었다(Figure 4 참조). 특히, 휴면기 잔디의 생육에는 큰 차이가 있었는데, 무처리구의 잔디가 휴면에 들어가 엽색이 황화 된 후에도 사문석 10% 처리구의 잔디 엽색은 여전히 녹색을 유지하였으며 이 기간은 2주 이상 지속되었다(Figure 5 참조).

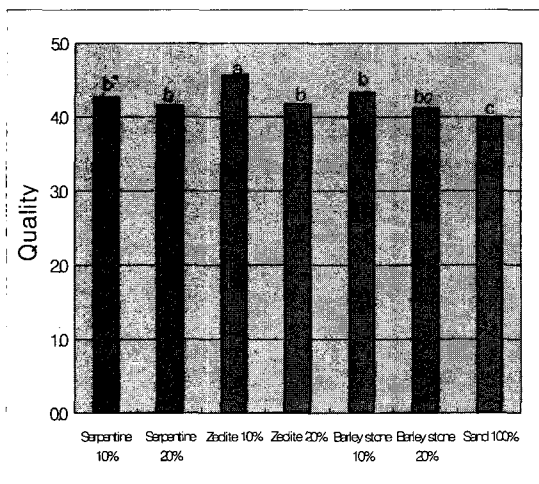


Figure 2. Effects of various blending ratio of serpentine, zeolite or barley stone to sand on visual grading of zoysiagrass.

a-c: mean of 3 replications on visual quality

\*: Not significant at 1% using Duncan's multiple range test

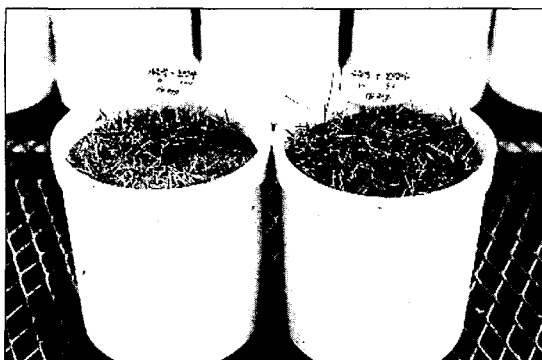


Figure 3. Zoysiagrass at 5 months after seeding : Control treatment of 100% sand(Left), Mixture of 90% sand and 10% serpentine(Right)

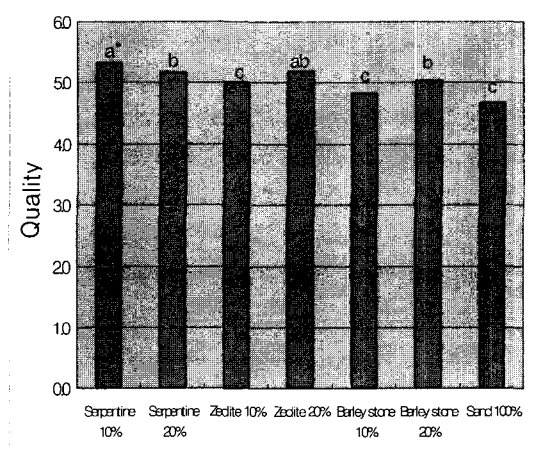


Figure 4. Effects of various blending ratio of serpentine, zeolite or barley stone to sand on visual grading of perennial ryegrass.

a-c: mean of 3 replications on visual quality

\*: Not significant at 1% using Duncan's multiple range test



Figure 5. Perennial ryegrass at 5 months after seeding: Control treatment of 100% sand(Left), Mixture of 90% sand and 10% serpentine(Right)

2) 건물중량

(1) 한국잔디

모래에 토양 개량제를 혼합한 후 6개월간 한국 잔디의 평균 건물중량(dry weight) 변화를 조사한 결과, 제오라이트 20%처리에서 건물중량이 가장 높았고, 다음 사문석10%, 맥반석 10%, 제오라이트 10% 혼합 처리 순으로 건물중량이 낮게 나타났으나 각 처리간 차이는 크지 않았다. 그러나, 사문석을 10% 혼합한 처리구에서 무처리구에 비해 평균 건물중량이 9%이상 증가하여 유의 차가 인정되었으나 사문석 20% 처리구의 건물중량은 무처리구와 큰 차이가 없었다(Figure 6 참조).

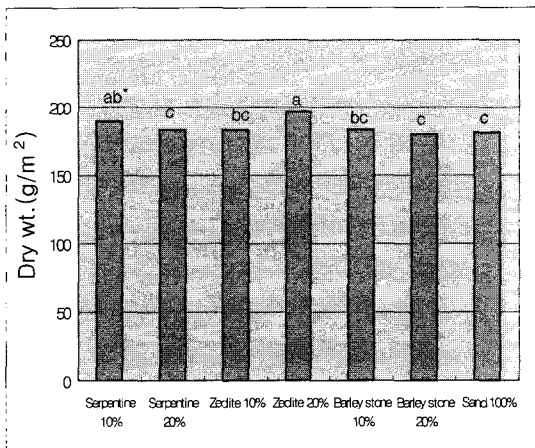


Figure 6. Effects of various blending ratio of serpentine, zeolite or barley stone to sand on dry weight of zoysiagrass.

a-c: mean of 3 replications on visual quality  
\*: Not significant at 1% using Duncan's multiple range test

(2) 한지형 잔디

토양 개량제를 혼합한 후 6개월(2000년 7월~12월)간 한지형 잔디의 건물중량을 조사한 결과, 사문석 10%를 혼합한 처리구의 평균 건물중량이 가장 높았고 그 다음이 맥반석 10%, 20%이었다. 특히, 사문석 10% 처리구는 맥반석 10% 처리구에 비해 7%이상, 무처리구에 비해서는 무려 15%이상 평균 건물중량이 증가하여 1% 수준에서 통계적으로 유의한 차이가 인정되었다(Figure 7 참조). 그러나, 사문석 20%처리구는 다른 토양 개량제와 차이가 거의 없는 것으로 나타남에 따라 한지형 잔디에는 사문석 개량제를 혼합하는 토양이 좋으며 혼합비는 10% 내외가 바람직할 것으로 판단되었다.

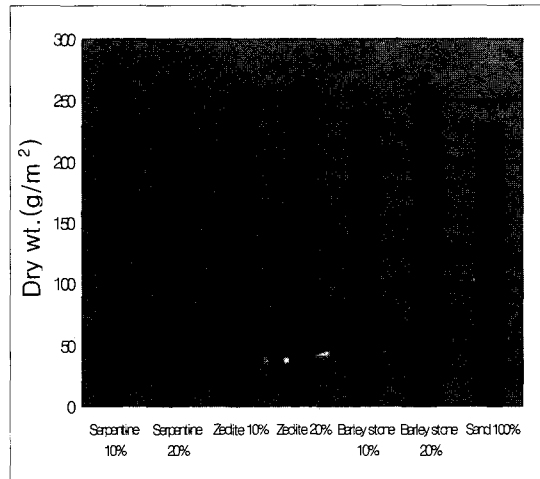


Figure 7. Effects of various blending ratio of serpentine, zeolite or barley stone to sand on dry weight of perennial ryegrass.

a-c: mean of 3 replications on visual quality  
\*: Not significant at 1% using Duncan's multiple range test

N. 결론

본 연구는 사문석이라는 천연광물 소재가 토양 개량제로서 가능성이 있는지를 판단하기 위해 수행되었으며 그 결과는 다음과 같다.

1. 토양의 물리성을 측정된 결과 모래에 사문석 혼합 비율을 10~30%까지 증가시킬 경우 투수계수는 1010~

901mm/h로 측정되어 USGA(미국 골프 협회)의 투수성 기준(300~600mm/h)에 포함되었으므로 잔디 생육에 적합한 투수조건으로 판단되었다. pH와 EC조사 결과에서도 모래에 사문석이 10% 혼합될 경우 잔디 생육에 적정할 것으로 예상되었다.

2. 온실 내 한국잔디의 시각적 품질을 조사한 결과, 제오라이트 10% 혼합 처리구가 가장 우수하였으며 그 다음으로 사문석 10%, 맥반석 10% 순이었다. Perennial ryegrass에서는 사문석 혼합 처리구의 잔디품질이 가장 우수한 것으로 조사되었으며 다른 처리구와 유의한 차이가 인정되었다. 한국잔디와 perennial ryegrass에서 모두 사문석 20% 혼합 처리구보다 10%처리구에서 잔디 생육이 더 좋은 것으로 나타났다. 휴면 시기에는 사문석이 혼합된 처리구에서 zoysiagrass와 perennial ryegrass가 휴면상태에 들어가기 전의 녹색기간이 일반 다른 처리구보다 1~2주 이상 더 지속되었다.

3. 한지형 잔디인 perennial ryegrass에서는 사문석을 10% 혼합한 처리구의 건물중량이 가장 무거웠고 그 다음이 맥반석, 제오라이트였다. 특히, 사문석 10% 처리구는 맥반석 10% 처리구에 비해 7%, 무처리구에 비해서는 무려 15%이상 한지형 잔디인 perennial ryegrass 건물중량이 증가하였다. 한국 잔디에서는 사문석 10% 혼합 처리구에서 무처리구에 비해 평균 건물중량이 9% 이상 증가하여 유의차가 인정되었다.

본 실험 결과에 따르면 한국잔디보다 한지형 잔디인 perennial ryegrass에서 사문석(serpentine) 처리구의 생육이 우수하였으며 모래에 사문석을 혼합할 경우 혼합 비율은 10%가 적합한 비율로 나타났다.

이와 같은 결과에는 여러 가지 원인이 추측되나 일반적인 잔디 생육의 적정 pH 범위(6~7)와 부분적으로 관계가 있는 것으로 판단되었다. 모래에 사문석을 혼합하였을 때 pH는 7이상의 알칼리성이었는데 보통 한국 잔디보다는 한지형 잔디인 perennial ryegrass가 알칼리에 대한 적응성이 높기 때문에 이와 같은 결과가 나타난 것으로 분석되었다. 기초 조사에서 모래에 사문석을 20% 혼합할 경우 pH는 7.7로 나타났으며, 일반적으로

토양 pH가 적정 범위에서 멀어지게 되면 식물이 이용할 수 있는 토양 내 일부 양분의 유효도는 그만큼 감소하게 되는데서 부분적인 원인을 찾을 수 있을 것으로 사료되었다. 그러나, 토양 pH가 너무 높을 경우 발생하는 문제는, 지반조성 시 사문석과 함께 피트모스와 같은 유기물을 혼합하여 사용하게 되면 해결될 것으로 예상되며 장기적으로는 실제 필드 시험을 거친 다음 정확한 토양분석과 잔디 초종에 따른 적정 혼합비에 관한 보완 연구가 필요할 것으로 사료되었다.

한국 잔디와 한지형 잔디인 perennial ryegrass의 사문석 혼합 처리구에서 생장이 좋아지고, 녹색유지 기간이 길어졌는데 가장 큰 원인으로는 사문석의 성분에서 광합성과 식물의 녹색유지에 필수 요소인 Mg의 함량이 매우 높아 식물의 성장을 촉진하였기 때문에 나타난 것으로 추측되었다. 보통 광물에 포함되어 있는 Mg를 식물이 직접 이용할 수 있는 양은 적지만 느리게 방출되며 이것은 매우 유효하게 이용되는 것으로 알려져 있다. 그러나, 이 개량재가 답압이 지속되는 잔디 지반에서 토양 고결과 지반에 미치는 영향이나 식물에 미치는 영향에 대한 장기적인 연구는 반드시 필요할 것으로 예상되며 본 실험 결과에 따르면 사문석을 잔디 지반 개량재로 혼합하여 사용할 경우 Si, Mg 성분이 많고 유해 중금속이 포함되어 있지 않으므로 연간 잔디밭 비료의 사용량을 경감시켜 친환경적인 소재로 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다

## 인용문헌

1. 농업 기술 연구소(1988) 토양 화학 분석법.
2. 서울 대학교 출판부(2000) 토양 사전.
3. 조인상, 조성진(1983) 토양개량제 Uresol 및 Bitumen 처리가 토양의 수분이동과 유실에 미치는 영향 I. 토양입단의 안정성과 보수력 변화. 한국토양비료학회지 16(4): 294-300.
4. 한국 잔디 연구소(1988) 잔디 관리의 이론과 실제. pp. 306-307.
5. 東京大學 出版會(1995) 土壤 物理 環境 測定法.
6. 藤原俊六郎, 安西徹郎, 加藤哲郎(1996) 土壤診斷의 方法과 活用. pp. 87-90.
7. Baker, S. W.(1991) Root-zone composition and the performance of golf greens I. Sward characteristics before and after the first year of simulated wear. Journal of the Sports Turf Research Institute. Vol. 67, pp. 14-23.

8. Baker, S. W. and Richards, C. W.(1993) Root-zone composition and the performance of golf greens III. Soil physical properties. Journal of the Sports Turf Research Institute Vol. 69, pp. 38-48.
9. Beard, J. B.(1982) Turf management for golf course. pp. 100-119.
10. Turgeon, A. J.(1980) Turfgrass management, pp. 128-138.
11. USGA Green Section Staff(1993) USGA recommendations for a method of putting green construction. USGA Green Section Record.

---

원고접수: 2002년 4월 26일

최종수정본 접수: 2002년 6월 4일

3인익명 심사필