

부산물 석고를 이용한 잔디 품질 개선*

김계훈¹⁾ · 홍숙진¹⁾

¹⁾ 서울시립대학교 환경원예학과

Turf(*Zoysia japonica* L.) Quality Enhancement with By-product Gypsum

Kim, Kye-Hoon¹⁾ and Hong, Sook-Jin¹⁾

¹⁾ Dept. of Environmental Horticulture, The University of Seoul.

ABSTRACT

This study was carried out to find out the effect of by-product gypsum(phosphogypsum, PG) application on enhancement of turf quality. For the first experiment, 10 ton ha⁻¹ PG was applied to 1m×10m (width×length) plots with 4 replicates on a sloping area of fairway where turf(*Zoysia japonica* L.) was grown. Both top- and sub-soil samples were collected before and after treatment and were analyzed for pH, EC(electrical conductivity), Ca and Mg contents. At the same time when soil samples were collected, specific color difference sensor value(SCDSV) that represented chlorophyll contents, fresh and dry weight of the turf were determined to find out the effect of PG treatment on turf growth. SCDSV of turf from PG treated plots measured at 98 and 147 days after treatment were significantly higher than those from control. Considering higher fresh and dry weight of leaf per unit area from PG treated plots than that from control, it was concluded that the elevated Ca and S level of the PG treated plots resulted in vigorous leaf growth of turf. For the second experiment 2, 5 and 10 ton ha⁻¹ PG were applied to 1m×10m(width×length) plots with 3 replicates at a closer location as was used for the first experiment to find out the appropriate PG application rate. Before and after treatment soil and plant samples were collected and were analyzed by the same way as the first experiment. The pH of all the soil samples collected from PG treated plots at 38 days after treatment was lower than that from control. This trend changed as time passed. However, the pH of the soil from 10 ton ha⁻¹ PG treated plot was lower than that from control during the whole period of the second experiment. SCDSV, fresh and dry weight of leaf from PG treated plots at all 3 rates were higher than those from control for the second experiment. PG application to turf will be beneficial for both mass consumption of by-product gypsum and enhancement of turf quality.

Key Words : *Gypsum, Turf, Ca, S, Specific color difference sensor value(SCDSV).*

* 본 연구는 2002년도 서울시립대학교 교내 학술연구비 지원으로 수행하였음.

I. 서 론

석고(gypsum, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)는 바닷물이 증발하여 농축된 후 침전됨으로써 오랜 시간에 걸쳐 생성되어 거의 모든 대륙에서 발견되는 천연석고와 몇몇 주요 공정의 부산물로 생산되는 부산물 석고로 대별된다. 이 중 부산물 석고는 비료공장 등에서 인산비료 생산시 생산되는 인산석고(phosphogypsum, PG), 석탄을 사용하는 화력발전소에서 연소기체로부터 SO_2 를 제거하는 과정에서 생산되는 탈황석고(flue gas desulfurization gypsum, FDG) 및 석회를 이용하여 폐기물이나 폐황산 용액을 중화시키는 과정에서 생산되는 산중화석고로 크게 구분할 수 있다. 이중 PG는 다음 식에 따라 인산 1톤당 약 3톤의 비율로 생성된다(Ritchey 등, 2000; Shainberg 등, 1989). 따라서 기존의 재고를 제외하고도 우리나라에서는 2000년 이후에도 연간 520,000톤 이상의 석고 잉여분이 발생되고 있으므로 석고의 대규모 소비 방안을 찾는 것은 매우 시급한 일이다(Kim과 Jung, 2000).



다행히 최근 비료공정규격에 석고비료가 포함됨으로써 그동안 일반폐기물로 분류되어 농업적 이용이 불가능했던 PG가 폐기물이 아닌 다양한 용도를 가지는 중요한 자원으로 활용될 수 있는 길이 열렸다.

현재 석고는 세계적으로 산업과 농업의 여러 분야에 걸쳐 널리 이용되고 있다. 산업분야에서는 석고보드 및 plaster 제조, 시멘트 제조시 첨가제로 이용되고 있다. 석고는 칼슘(Ca)과 황(S)을 토양에 공급하고 토양의 물리적 성질을 개선하는 것으로 오랫동안 알려져 왔고, 농업적으로 산성 심토를 개량하는 수단으로 사용되고 있다(Ritchey, 2000). 또한, 석고는 빗물의 침투를 증가시키고 유거를 감소시킴으로써 경사지에서 토양유실을 감소시키는데 상당한 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Flanagan 등, 1997; Kim과 Jung, 2000; Shainberg 등, 1989; Zhang과 Miller, 1996).

잔디중 Ca은 효소 amylase의 구성분이며 세포벽 middle lamella의 주요 구성분으로 조직의 기계적 강도 유지에 매우 큰 역할을 한다. 또한 Ca는 세포의 분열활동에도 크게 기여하고 있다. 현재까지 잔디에 대한 Ca의 처리 효과를 연구한 논문은 거의 없는 상태이다. 물론 적지 않은 연구자들이 잔디에 대한 Ca 처리효과를 이야기 하지만 이는 Ca 자체의 효과이기 보다는 Ca 시용에 따라 토양 pH가 변하고 이로 인하여 잔디에 효과가 나타났다고 보는 것이 옳을 것이다. Ca는 잔디의 병발생과 관련이 있는 것으로 보인다. Moore 등(1961)은 colonial bentgrass의 pythium blight에 대한 감수성이 Ca 결핍구에서 컸다고 보고하였다. 계속된 연구에서 Moore와 Couch(1968)는 Ca 결핍구에서 pythium에 의한 blight에 관여한다고 알려진 bentgrass 잎의 pectolytic 효소 작용이 더욱 활발한 것을 밝혔다.

식물체 중 S은 시스틴, 시스테인, 메티오닌 등 아미노산의 구성성분이므로 수많은 단백질의 구성성분이다. 또한 S는 조효소 티아민, 비오틴

및 조효소A의 구성성이므로 일부 효소를 활성화하는 작용을 하기도 한다. Goss 등(1979)은 토양 중 N 농도가 높을 때 S를 처리한 시험구에서의 bentgrass 생육이 S 무처리구에 비하여 71%나 증가했음을 보고하였다. S시용은 잔디의 품질을 나타내는 지표 중 하나인 색깔을 좋게 하는 효과를 나타내기도 한다. Brauen 등(1975)은 N을 많이 시용한 처리구 중 S를 처리하지 않은 구의 잔디에 비하여 S를 처리한 구의 잔디 색깔이 현저하게 개선되었다고 하였다. 동일한 연구에서 Brauen 등(1975)은 bentgrass fusarium patch 발생이 S 처리량이 증가함에 따라 감소하며 S 처리가 가장 많은 구에서는 전혀 발생하지 않음을 보고하면서 S의 잔디병 발생 억제효과를 설명하였다. 또한 bentgrass의 take-all patch 방제에 S를 포함한 물질의 시용이 효과적이라는 연구결과도 있었다(Davidson과 Goss, 1972). S 시용은 골프장에서 해마다 bluegrass가 bentgrass를 심은 putting

green으로 침입하는 것을 감소시키는 효과도 있는 것으로 알려져 있다(Goss 등, 1975). 동일한 연구에서 S 처리구에서는 black algae가 전혀 발생하지 않았으나 S 무처리구의 bentgrass에서는 algae가 발생하였다.

이와 같이 비료공장에서 다량으로 발생하는 부산물 석고는 농업적으로 활용가치가 있는 훌륭한 자원이며 이를 이용하여 Ca와 S를 필요로 하는 잔디의 품질을 개선하는 것은 자원 재활용 및 식물영양학적 측면에서 매우 유의한 결과를 나타낼 것으로 보인다. 따라서 이단계로 구성된 본 연구는 일단계로 들잔디가 포설된 곳에 PG를 사용하여 PG 사용이 잔디의 생육에 영향을 미치는가 여부를 측정하고, 이단계에서는 잔디생육에 가장 적합한 PG 사용량을 결정할 목적으로 수행하였다.

II. 재료 및 방법

본 연구는 경기도 양주군 소재 로얄칸트리클럽의 한국잔디(들잔디, *Zoysia japonica* L.)가 포설된 지역에서 2001년 4월 6일부터 2003년 4월 30일까지 수행하였다.

1. 부산물 석고 사용이 잔디 생육에 미치는 영향

1) 시험구 설치 및 처리

2001년 4월 6일 연구지역의 한국잔디(들잔디, *Zoysia japonica* L.)가 포설된 fairway 중 관행으로 시비하는 곳에서 경사면을 따라 가로×세로(1m×10m)인 시험구를 2m 간격, 4반복으로 설정하고 PG를 10 ton ha⁻¹ 표면에 살포하였다.

2) 토양 및 식물 생육 분석

석고 처리 전 토양의 성질을 파악하기 위하여 토양시료채취기로 0~20cm 깊이에서 토양을 채취하여 풍건시키고 2mm 체를 통과시킨 후 분석용 시료로 사용하였다. 또한 시험구에서는 7월 13일(석고사용 98일 후)과 8월 31일(석고사용 147일 후) 총 2회에 걸쳐 직경 10.5cm 시료채취기를 이용하여 식물체 시료를 채취하였다. 식물체 시료를 채취한 동일한 지점에서 토양시료채취기를 이용하여 표토(0~20cm)와 심토(20~

40cm) 시료를 각각 채취하였다. 채취한 식물체 시료는 지상부와 지하부로 나누어 생체중을 측정하고 지상부의 엽록소는 SCDSV를 엽록소측정기(SPAD-502, Minolta)로 측정된 후 60°C 건조기에서 건조하여 건물중을 측정하였다. 토양시료는 처리 전 토양과 같은 요령으로 풍건시키고 2mm 체를 통과시킨 후 분석에 사용하였다. 토양시료의 pH(1:5)와 전기전도도(EC, electrical conductivity, 1:5)는 유리전극법(Thomas, 1996), 입경분석은 micro-pipette법(Miller와 Miller, 1987), 유기물함량은 Walkley-Black법(Nelson과 Sommers, 1996), 양이온치환용량은 1 N 초산암모니아법(Summer와 Miller, 1996), 치환성양이온인 Ca, Mg, K 함량은 1 N 초산암모니아법(Helmke와 Sparks, 1996), 유효인산은 Bray No. 1법(Kuo, 1996)으로 각각 분석하였다.

2. 부산물 석고의 적정 시용량

1) 시험구 설치 및 처리

2002년 4월 15일 2001년 연구지역 인근의 경사면을 따라 가로×세로(1m×10m)인 시험구를 2m 간격으로 9개 설정하고 PG를 2 ton ha⁻¹, 5 ton ha⁻¹ 및 10 ton ha⁻¹가 되도록 3반복으로 표면에 살포하였다.

2) 토양 및 식물 생육 분석

석고 처리 전 토양의 성질을 파악하기 위하여 1차년도와 동일한 요령으로 0~20cm 깊이에서 토양을 채취하여 풍건시키고 2mm 체를 통과시킨 후 분석용 시료로 사용하였다. 시험구에서는 5월 23일, 8월 30일 및 10월 21일 총 3회에 걸쳐 1차년도와 동일한 요령으로 식물체 및 토양시료를 채취하였다. 채취한 식물체 시료는 1차년도와 같은 방법으로 분석하였고 토양시료는 전처리 후 pH, EC, Ca 및 Mg 농도를 1차년도와 동일한 방법으로 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 부산물 석고 사용이 잔디 생육에 미치는 영향

Table 1은 석고처리전 fairway 토양의 이화학

Table 1. Physicochemical properties of the soil used for this study.

	pH*	EC* μS cm ⁻¹	OM %	Avail-P mg kg ⁻¹	CEC**	Ca	Mg	K	Na	Texture
					-----		cmol kg ⁻¹	-----		
Soil	4.8	105.9	3.0	21.9	11.4	2.6	1.7	1.2	0.05	Loam
Upland soil***	5.8	-	1.9	216	-	4.6	1.4	0.59	-	-

*Soil : distilled water=1 : 5(w/v).

**Cation exchange capacity.

***Average of upland soil in Korea.

Table 2. Chemical properties of the phosphogypsum (PG) used in the study.

(Dry wt. basis)

pH	CaSO ₄ ·2H ₂ O	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	SO ₃	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	H ₂ O
			%							mg kg ⁻¹			%
1.8-5.5	>93	2.3-4.5	0.7-1.6	0.1-1.6	29-30	43-44	1-18	<2	<5	<5	<1	10-40	19

적 특성을 나타낸 것이다. 이 토양의 pH는 4.8로 우리나라 밭토양의 평균인 5.8 보다 낮으며 미경작 산지와 비슷한 수준이다. 유기물함량은 우리나라 밭토양 유기물 함량 평균인 1.9%를 상회하는 수준으로 적당하나, 유효인산의 함량은 우리나라 밭토양 평균값과 비교할 때 매우 낮았다.

사용한 석고는 남해화학에서 인산제조시 부산물로 생산된 것으로 화학성분을 Table 2에 나타내었다.

Table 3은 골프장 잔디에 석고를 처리한 후 잔디 엽록소함량의 지표인 SCDSV, 지상부의 생체중 및 건물중을 나타낸 것이다. SCDSV는 처리 98일 후 및 147일 후 모두 처리구에서 높게 나타났으며 고도의 유의차를 보였다. 이는 엽색이 짙어지는 것에 대한 설명으로 토양내 질소 함량이 높을 때 황이 첨가되면 엽색이 짙어진다는 Turner와 Hummel(1992)의 연구결과와 일치하였다. 단위면적당 지상부의 생체중과 건물중도 석고처리구에서 높게 나타난 것으로 보아 토양중 Ca와 S의 농도증가가 잔디의 지상부 생육에 효과적인 것으로 판단된다.

지상부에서와 마찬가지로 석고처리 후 잔디의 지하부 생육도 처리구에서 높은 수치를 보였으나 처리 후 147일의 생체중과 처리 후 98일의 건물중에서는 그 유의차가 인정되지 않았

Table 3. Effect of PG application on leaf growth of turf.

Treatment	Chlorophyll		Fresh wt.		Dry wt.	
	---SCDSV---	-----	(g/unit)		-----	
Days after treatment	98	147	98	147	98	147
Control	23.8b**	22.4b	3.2b	4.5b	1.1b	2.2b
Gypsum treatment	30.7a	25.9a	7.0a	7.6a	2.3a	3.5a

*Specific color difference sensor value.

**Mean separation within columns by Duncan's Multiple Range Test at 5% level.

Table 4. Effect of PG application on root growth of turf.

Treatment	Fresh wt.		Dry wt.	
	-----	(g/unit)	-----	-----
Days after treatment	98	147	98	147
Control	15.9b*	15.2a	5.6a	4.7b
Gypsum treatment	18.0a	16.0a	6.5a	5.1a

*Mean separation within columns by Duncan's Multiple Range Test at 5% level.

다(Table 4). 일반적으로 석고처리하는 토양의 물리성 및 화학성을 개량하여 식물의 뿌리 생육을 증진시키는 것으로 알려져 있다. 이에 따라

Table 5. Effect of PG application on pH of soil.

Period	Soil	pH*					
		2 ton ha ⁻¹		5 ton ha ⁻¹		10 ton ha ⁻¹	
		Control	Treatment	Control	Treatment	Control	Treatment
Initial	Topsoil	4.94	4.94	4.94	4.94	4.94	4.94
	Subsoil	5.10	5.10	5.10	5.10	5.10	5.10
May	Topsoil	5.85	5.28	5.95	5.76	6.09	5.76
	Subsoil	5.68	5.57	6.02	5.93	6.10	5.93
August	Topsoil	5.55	5.66	5.84	6.16	6.28	6.10
	Subsoil	5.76	5.84	6.16	6.36	6.38	6.25
October	Topsoil	5.61	5.27	5.41	5.22	5.70	5.36
	Subsoil	5.59	5.30	5.59	5.16	5.51	5.12

*Soil : distilled water=1 : 5(w/v).

본 실험에서도 석고 처리로 뿌리의 생육증가를 예상했으나 예상만큼 뿌리생육에서 큰 차이를 보이지 않았던 이유는 석고처리구에서 석고가 토양의 물리성을 개량할 만큼 충분한 시간이 경과하지 않았기 때문인 것으로 판단된다.

2. 부산물 석고의 적정 시용량

실험대상지 토양의 pH는 표토가 심토보다 낮았다(Table 5). pH가 낮은 석고의 시용에 따라 석고처리구의 토양 pH는 대조구에 비하여 모든 처리구(2 ton ha⁻¹, 5 ton ha⁻¹, 10 ton ha⁻¹)에서 1차 시료(5월 23일 채취)에는 모두 낮았다. 이 경향은 시간이 경과함에 따라(2차 시료, 3차 시료) 변화를 보이기도 하였으나 석고를 10 ton ha⁻¹ 처

리한 구에서는 실험 전 기간에 걸쳐 석고처리구의 토양 pH가 대조구보다 낮았다. 따라서 이 처리구에서는 잔디 생육을 고려하여 필요시 석회 사용을 고려해야 할 것으로 보인다.

Table 6에서 보는 바와 같이 토양의 전기전도도(electrical conductivity, EC)는 모든 처리구에서 3차 시료까지 석고처리구의 EC가 대조구보다 높았다. 이는 처리한 석고가 실험기간중 심토까지 무난히 이동하여 식물에 Ca 및 S가 양분이 되며 토양개량 효과도 기대할 수 있음을 나타내는 것이다.

Table 7에 석고를 처리한 토양의 Ca와 Mg 함량 변화를 나타내었다. 석고를 2 ton ha⁻¹ 처리한 구에서는 8월 이후 표토와 심토에서 공통적으로

Table 6. Effect of PG application on EC of soil.

Period	Soil	EC*					
		(μS cm ⁻¹)					
		2 ton ha ⁻¹		5 ton ha ⁻¹		10 ton ha ⁻¹	
		Control	Treatment	Control	Treatment	Control	Treatment
Initial	Topsoil	41.05	41.05	41.05	41.05	41.05	41.05
	Subsoil	29.60	29.60	29.60	29.60	29.60	29.60
May	Topsoil	29.50	101.10	65.10	182.30	53.90	362.00
	Subsoil	53.90	86.70	39.10	89.30	31.80	279.00
August	Topsoil	23.60	35.20	18.60	18.80	21.00	95.70
	Subsoil	18.60	28.90	13.38	12.01	18.60	120.60
October	Topsoil	29.20	64.90	28.20	45.20	36.10	45.30
	Subsoil	23.10	36.80	21.90	44.00	31.20	40.00

*Soil : distilled water=1 : 5(w/v).

Table 7. Effect of PG application on Ca & Mg contents of soil.(Unit : cmol kg⁻¹)

Period	Soil	Ca					
		2 ton ha ⁻¹		5 ton ha ⁻¹		10 ton ha ⁻¹	
		Control	Treatment	Control	Treatment	Control	Treatment
Initial	Topsoil	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11
	Subsoil	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12
May	Topsoil	3.27	5.89	6.14	8.26	4.85	10.25
	Subsoil	4.39	5.38	4.93	5.49	3.39	6.71
August	Topsoil	2.89	2.92	2.67	3.03	4.52	5.95
	Subsoil	2.37	2.30	3.28	2.71	2.80	7.76
October	Topsoil	3.59	3.30	3.16	3.30	3.51	4.78
	Subsoil	2.68	3.42	3.14	2.73	2.30	3.58

Period	Soil	Mg					
		2 ton ha ⁻¹		5 ton ha ⁻¹		10 ton ha ⁻¹	
		Control	Treatment	Control	Treatment	Control	Treatment
Initial	Topsoil	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76
	Subsoil	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68
May	Topsoil	1.99	1.58	1.93	1.48	1.55	1.71
	Subsoil	2.19	2.28	2.36	1.31	1.62	1.63
August	Topsoil	1.63	1.97	0.99	0.77	1.48	0.39
	Subsoil	1.38	1.80	2.32	1.84	1.85	0.85
October	Topsoil	1.69	1.74	0.97	0.52	1.28	0.32
	Subsoil	1.46	1.73	1.89	1.13	2.21	0.49

비교구와 처리구간 Ca 함량의 차이가 없었다. 석고 5 ton ha⁻¹ 처리구에서는 8월까지는 처리구 Ca 함량이 대조구보다 높았으나 그 이후에는 차이가 없었고, 10 ton ha⁻¹ 처리구에서는 실험 전 기간 동안 처리구의 Ca 함량이 대조구보다 높았다. Ca의 증가에 따르는 Mg의 감소는 토양 내에서 Mg가 Ca의 농도 증가로 인해 Ca로 치환되어 용탈되었기 때문일 것으로 보인다. 본 실험 결과는 이러한 가능성을 잘 나타내고 있다. 즉, 석고 2 ton ha⁻¹ 처리구를 제외한 처리에서 모든 토양 시료 중 Mg 함량은 처리구에서 대조구보다 낮았

다. 따라서 석고를 5 ton ha⁻¹ 이상 처리할 경우에는 Mg 결핍 가능성에 대비해야 한다.

Table 8에 석고처리구와 대조구 잔디의 SCDSV 변화 양상을 나타내었다. 엽록소 함량의 지표인 SCDSV는 모든 처리구에서 실험 전 기간에 걸쳐 처리구가 대조구에 비하여 높은 수준을 유지하였음을 알 수 있다. 이는 Brauen 등(1975) 및 Goss 등(1979)이 S 시용이 잔디의 품질을 나타내는 지표 중 하나인 색깔을 좋게 하였다고 보고한 결과와 일치하는 것으로 석고를 이용하여 잔디 품질을 개선할 수 있는 높은 가능성을 나타내는 결과

Table 8. Effect of PG application on chlorophyll of turf.

Period	Chlorophyll (SCDSV*)					
	2 ton ha ⁻¹		5 ton ha ⁻¹		10 ton ha ⁻¹	
	Control	Treatment	Control	Treatment	Control	Treatment
Initial	24.4	24.4	27.4	27.4	28.2	28.2
May	20.4	21.3	24.3	23.6	24.4	23.7
August	18.2	20.4	18.7	19.6	18.6	20.3
October	6.6	7.0	6.2	6.8	6.0	6.6

*Specific color difference sensor value.

Table 9. Effect of PG application on growth of turf.

(Unit : g)

Period	Fresh weight (leaf)						Fresh weight (root)					
	2 ton ha ⁻¹		5 ton ha ⁻¹		10 ton ha ⁻¹		2 ton ha ⁻¹		5 ton ha ⁻¹		10 ton ha ⁻¹	
	Control	Tr*	Control	Tr*	Control	Tr*	Control	Tr*	Control	Tr*	Control	Tr*
Initial	3.03	3.03	4.22	4.22	3.91	3.91	7.64	7.64	8.45	8.45	8.09	8.09
May	3.17	3.39	2.74	4.76	3.72	7.29	7.36	8.16	11.37	10.16	9.02	10.85
August	1.97	1.84	2.38	2.58	2.83	3.77	8.47	7.52	10.54	8.39	10.42	13.63
October	0.52	0.49	0.73	0.96	1.08	1.19	1.64	2.21	5.15	3.50	3.71	4.82

Period	Dry weight (leaf)						Dry weight (root)					
	2 ton ha ⁻¹		5 ton ha ⁻¹		10 ton ha ⁻¹		2 ton ha ⁻¹		5 ton ha ⁻¹		10 ton ha ⁻¹	
	Control	Tr*	Control	Tr*	Control	Tr*	Control	Tr*	Control	Tr*	Control	Tr*
Initial	0.72	0.72	0.94	0.94	1.12	1.12	3.82	3.82	3.90	3.90	4.59	4.59
May	1.07	1.31	0.86	1.76	1.18	1.93	3.34	4.21	3.09	4.58	3.56	3.53
August	1.07	1.24	0.98	1.73	0.85	1.79	3.45	4.43	3.54	4.03	2.54	3.85
October	0.19	0.20	0.26	0.34	0.38	0.40	0.85	1.18	1.49	1.40	1.49	1.77

*Treatment.

이다. 10월에 측정된 SCDSV가 처리구, 대조구에서 공통적으로 급격히 감소한 것은 실험 대상지의 잔디가 한국잔디이기 때문에 황화현상이 일어났기 때문이다.

석고 사용은 모든 석고 처리수준에서 잔디의 생육을 증진시켰으며(Table 9) 이러한 경향은 석고 처리수준이 증가함에 따라 더욱 커졌다. 잔디의 지상부 생육은 지하부 생육보다 석고 처리 효과가 뚜렷했는데 이는 실험 1(Table 4)에 나타난 경향과 동일하였다. 다시 말하면 석고 처리는 잔디의 생육, 특히 지상부 생육에 탁월한 효과를 보였다.

IV. 결 론

부산물 석고를 이용한 잔디의 품질 개선효과 구명을 위하여 부산물 석고 사용이 잔디생육에 미치는 영향과 적정 사용량을 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 인산비료 제조시 부산물로 생성되는 부산물석고(인산석고)는 잔디의 생육을 증진시키며 잔디 품질의 척도인 식물체중 염록소 함량을 증진시키는 등 잔디의 품질 개선을 위하여 이용할 수 있는 가능성이 많다고 볼 수 있다.

2. 본 연구에서 확립된 부산물 석고의 적정 시

용량은 석고사용량에 따른 pH, EC, Ca 및 Mg 함량 변화와 잔디생육을 고려할 때 5 ton ha⁻¹ 수준인 것으로 보인다.

이와 같이 석고 처리는 잔디의 품질을 향상시키고 생육을 증진시키나 본 실험의 대상지인 골프장에서 잔디에 석고를 사용할 때는 생육 증진에 대한 충분한 고려가 수반되어야 한다. 만약 골프장에서 잔디가 지나치게 잘 자라면서 자주 깎아주어야 하는데 이에 따른 인건비, 연료비, 비료 및 농약 사용량의 증가는 바로 골프장 관리비용의 증가로 이어지기 때문이다. 본 실험으로 입증된 부산물 석고를 이용한 잔디의 품질 개선 효과를 잘 활용하면 다량의 부산물 석고를 소비하고 골프장, 조경 등에 많이 이용되는 잔디의 품질을 향상시키는 일석이조의 효과를 충분히 거둘 수 있을 것으로 본다.

인 용 문 헌

Brauen, S. E., R. L. Goss., C. J. Gould and S. P. Orton. 1975. The effects of sulphur in combinations with nitrogen, phosphorus, and potassium on color and Fusarium patch disease of *Agrostis putting green turf*. J. Sports Turf Res. Inst. 51 : 83-91.

- Davidson, R. M., Jr. and R. L. Goss. 1972. Effects of P, S, N, lime, chlordane, and fungicides on ophiobolus patch disease of turf. *Plant Dis. Rep.* 56(7) : 565-567.
- Flanagan, D. C., L. D. Norton and I. Shainberg. 1997. Effects of water chemistry and soil amendments on a silt loam soil-part 1 : Infiltration and Runoff. *Trans. of the ASAE*, 40(6) : 1549-1554.
- Goss, R. L., S. E. Brauen and S. P. Orton. 1975. The effects of N, P, K, and S on *Poa annua* L. in bentgrass putting green turf. *J. Sports Turf Res. Inst.* 51 : 74-82.
- Goss, R. L., S. E. Brauen and S. P. Orton. 1979. Uptake of sulfur by bentgrass putting green turf. *Agron. J.* 71 : 909-913.
- Helmke, P. A. and D. L. Sparks. 1996. Lithium, sodium, potassium, rubidium, and cesium. p.551-574. In : D.L. Sparks et al.(ed.) *Methods of soil analysis Part 3 : chemical methods.* SSSA book series 5. SSSA, Madison, WI.
- Kim, K. H. and C. W. Jung. 2000. Effect of by-product gypsum on soil erosion at burned forest land. *J. Kor. Soc. Env. Restoration & Reveg. Tech.* 3(4) : 52-59.
- Kuo, S. 1996. Phosphorus. p.870-919. In : D.L. Sparks et al. (ed.) *Methods of soil analysis Part 3 : chemical methods.* SSSA book series 5. SSSA, Madison, WI.
- Miller, W. P. and D. M. Miller. 1987. A micro pipette method for soil mechanical analysis. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 18 : 1-15.
- Moore, L. D. and H. B. Couch. 1968. Influence of calcium nutrition on pectolytic and cellulolytic enzyme activity of extracts of Highland bentgrass foliage blighted by *Pythium ultimum*. *Phytopathology* 58 : 833-838.
- Moore, L. D., H. B. Couch. and J. R. Bloom. 1961. Influence of nutrition, pH, soil temperature, and soil moisture on pythium blight of Highland bentgrass. *Phytopathology* 51 : 578.
- Nelson, D. W. and L. E. Sommers. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. p.961-1110. In : D.L. Sparks et al. (ed.) *Methods of soil analysis Part 3 : chemical methods.* SSSA book series 5. SSSA, Madison, WI.
- Ritchey, K. D., R. B. Clark., Moustafa A. Elrashidi and V. C. Baligar. 2000. Properties and examples of beneficial use of gypsumlike by-products. p.537-567. In : J.M. Bartels et al. (ed.) *Land Application of Agricultural, Industrial, and Municipal By-products.* SSSA book series 6. SSSA, Madison, WI.
- Shainberg, I., M. E. Sumner., W. P. Miller., M. P. W. Farina., M. A. Pavan and M. V. Fey. 1989. Use of gypsum on soils : A Review. *Advances in Soil Science* 9 : 1-111.
- Sumner, M. E. and W. P. Miller. 1996. Cation exchange capacity and exchange coefficients. p.1201-1230. In : D.L. Sparks et al. (ed.) *Methods of soil analysis Part 3 : chemical methods.* SSSA book series 5. SSSA, Madison, WI.
- Thomas, G. W. 1996. Soil pH and soil acidity. p.475-90. In : D.L. Sparks et al. (ed.) *Methods of soil analysis Part 3 : chemical methods.* SSSA book series 5. SSSA, Madison, WI.
- Turner, T. R. and N. W. Hummel. 1992. Nutritional requirements and fertilization. p. 385-439. In : D. V. Waddington, R. N. Carrow, and R. C. Shearman(eds.) *Turfgrass.* Agronomy No. 32. ASA, CSSA and SSSA, Madison, WI.
- Zhang, X. C. and W. P. Miller. 1996. Physical and Chemical crusting processes affecting runoff and erosion in furrows. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60 : 860-865.