

정수장 슬러지 퇴비가 韓國잔디(*Zoysia japonica* Steud.)의 생육에 미치는 影響

咸宣圭 · 李禎載 · 張基運* · 林栽信*

韓國잔디研究所 · *忠南大學校 農化學科

Effect of Alum Sludge Compost of Water Treatment Plant on the Growth of Korean Lawnggrass (*Zoysia japonica* Steud.)

Ham, Suon-Gyu, Jyung-Jae Lee, Ki-Woon Chang* and Jae-Shin Lim*

Korea Turfgrass Research Institute · *Department of Agricultural Chemistry,

College of Agriculture, Chungnam National University

ABSTRACT

This experiment was carried out in order to study effect of alum sludge compost of water treatment plant on the growth of Korean lawnggrass (*Zoysia japonica* Steud.) and on the change of soil chemical properties. Alum sludge compost was made out of chicken feces, sawdust and alum sludge.

The results obtained are summarized as follows :

1. Alum sludge compost was appropriate for organic fertilizer of turfgrass management in golf course.
2. Application of alum sludge compost improved the chemical properties of soil such as pH, available phosphorous and exchangeable calcium. Also the growth of Korean lawnggrass grown by the mixed application of alum and compost was more effective than that in single application of compost.
3. Chlorophyll content of Korean lawnggrass had no differences in several treatments.
4. Alum promoted the uptake of potassium, calcium and the yield of dry weight but the yield of dry weight was not affected by chemical fertilizer.
5. Aluminum toxicity was decreased by the mixed application of alum and compost but increased by single application of alum.

서 론

글프코스 토양은 답답에 의한 고결화^{2, 3, 7, 8)}, 화학비료 위주의 관행적 시비방법에 따른 영양분

* 본 연구는 1993년 한국수자원공사의 연구지원금으로 이루어진 연구의 일부임.

공급상의 균형상실^{5, 13, 16)}, 인산의 과잉축적 및 토양 산성화¹²⁾, 빈번한 관수에 의한 염기의 용탈¹⁾과 유용미생물의 감소 뿐만 아니라 대취와 매트의 축적^{4, 6, 14)} 등이 문제시 되고 있다. 이러한 문제점을 경종적인 관리에 의한 개선책으로 유기물을 토양에 시용하는 것이다.

유기물의 시용은 영양분의 균형공급, 유용 미생물의 증대, 토양반응의 교정 및 입단화 촉진, 유효인산의 고정억제 등으로 토양의 이화학성을 개량할 수 있는 좋은 관리방법⁹⁾의 하나로 알려지고 있다.

유기물과 규산물질의 원료는 매우 다양하지만 산업 부산물을 이용하는 것이 자원의 재활용적인 측면^{11, 12, 15)}에서 중요한 의의를 갖는다. 산업부산물을 잔디밭에 시용할 경우 잔디는 비식용식물이기 때문에 유해성분이 다소 함유된다 하더라도 먹이 사슬을 통한 위해성은 농경지의 환원에 비하여 감소된다. Alum슬러지는 농업토양에 약호한 pH, 높은 치환성 염기를 포함하고 있으나 높은 aluminum을 함유하고 있어 직접 토양에 시용할 경우 토양의 물리화학성을 악변시킬 우려가 있다. Aluminum은 유기물과 결합을 잘 하는 원소이며 Al-organic matter complex를 이루었을 때 Al에 의한 식물독성을 감소시킬 수 있다. 한편, 도시하수 슬러지는 유기물 함량이 많고 질소, 인산 등의 식물영양원을 다량으로 함유하고 있으므로 alum슬러지와 도시하수슬러지를 혼합하여 퇴비화 과정을 통하여 aluminum sludge중의 Al활성을 저하시키고 식물영양의 균형을 이루어 잔디용 비료로 활용이 가능한지를 평가하고 잔디의 생육과 잔디밭 토양의 이화학성에 미치는 영향을 구명하고자 한다.

재료 및 방법

본 시험은 1993년 1월부터 1993년 12월 까지 경기도 용인군 소재 88컨트리크럽 한국잔디 묘포장에서 공시잔디를 한국잔디(*Zoysia japonica* Steud.)로 하여 추비(웃거름) 시비방법으로 시험하였다.

시비전 공시잔디의 토양과 잔디의 영양흡수 상태를 조사한 결과(Table 1 및 Table 2)는 표토에 함유된 비료성분이 코스에 비하여 적었으며 잔디밀도는 매우 높고 균일하여 시험상 문제는 없었다.

시험토양은 미산성이고 치환성 염기함량이 적은 우리나라 골프장 토양의 평균적인 화학성과 유사하였으며¹³⁾, 시험용 잔디의 생육상태도 전전하였다. 또한 시험전 잔디의 건물중을 측정한 결과는 8.32 kg / 10a이었다.

이와 같은 잔디와 토양조건에서 비효시험을 하기 위한 퇴비 제조용 재료는 대덕 정수장에서 생산된 alum sludge와 대전직할시 하수 종말처리장에서 제공된 하수 슬러지 및 대적직할시 유성 소재 목재소에서 구입한 육송 텁밥을 부원료로 사용하였으며, 각 원료와 제조된 퇴비의 이화학적 성질은 Table 3과 같다.

Alum sludge 퇴비의 제조는 도시하수슬러지와 텁밥을 2:1의 비율(v/v)로 혼합하고, Alum sludge 를 25%(w/w)로 혼합하여 1m³의 호기발효조에서 강제송풍방식(Aerated static pile

Table 1. Chemical properties of the soil before the experiment

pH (1:5)	T-N (%)	Ava. -P ₂ O ₅ ----- (ppm) -----	Exch. - Al ----- (ppm) -----	K -----	Ca ----- (me /100g) -----	Mg -----	Na -----
5.90	0.08	165	24.4	0.48	1.04	0.75	0.05

Table 2. The amount of nutrient uptake by the zoysiagrass plant before the experiment

T-N (%)	P ₂ O ₅	K	Ca	Mg	Na (ppm)	Al	Fe	Mn	Zn
0.85	135	3,277	115	845	182	1,757	1,591	252	20

Table 3. Chemical properties of the raw material and compost

Materials	pH (1:5)	T-N (%)	Ava. P ₂ O ₅ (ppm)	T-C	C / N ratio	Exch. Al (%)	K	Ca	Mg (me / 100g)	Na	CEC
Alum sl.*	6.95	0.79	158	6.98	8.8	2.2	0.7	11.6	0.8	0.6	44.17
Sewage sl.	6.68	3.38	2,550	22.86	6.8	0.2	3.4	10.0	5.6	1.5	78.59
Sawdust	5.56	0.05	241	40.01	800.2	nd	1.3	2.1	1.3	1.6	37.98
Compost	6.70	1.29	1,650	30.10	23.3	1.4	2.4	4.5	4.7	1.4	71.40

* sludge

process)으로 50일간 호기 발효시켰다.

시비기준은 Table 4와 같이 공시비료와 복합비료는 통상 골프장에서 사용하는 시비량과 시비시기를 기준으로 설정하였으며, 시비, 예초, 살수 등 시험포 관리는 일반 골프장의 코스관리와 동일하게 실시하였다⁹⁾.

조사항목으로는 토양의 화학성 분석과 잔디 엽록소 및 건물중을 측정하였다. 토양분석 항목은 전질소(N), 유효인산(P₂O₅), 치환성 양이온(K, Ca, Mg, Na), pH (1:5), 유기물(O.M), 유효규산 및 수용성 알루미늄을 분석하였으며, 토양시료는 1993년 9월 8일, 1993년 11월 8일에 각각 채취하여 농업기술연구소 토양분석시험법에 준하여 실시하였다¹⁰⁾.

잔디의 건물중은 토양시료 채취시 잔디를 채취하여 토양을 분리하고 물로 세척한 후 건조기에서 70°C 상태로 24시간 건조시켜 냉각한 후 무게를 측정하였다. 엽록소 함량은 Minolta 사 (SPAD-502) 제품을 사용하여 각 처리당 제3엽 10개를 택하여 3반복으로 주기적으로 측정하고 그 평균치를 각 처리구의 엽록소 함량으로 하였다.

Table 4. The amount of alum sludge, sewage sludge, complex fertilizer and compost applied to field experiment
(Unit : kg /10a)

Treatments	NPK*	Alum sludge	Compost	Sewage sludge
G - C	0	0	0	0
G - A	0	1,000	0	0
G - ANPK	6	1,000	0	0
G - NPK	6	0	0	0
G - OG	0	0	1,000	0
G - OGNPK	6	0	1,000	0
A - 2	—	2,000	—	—
A - 4	—	4,000	—	—
A - 8	—	8,000	—	—
S - 2	—	—	—	2,000
S - 4	—	—	—	4,000

* NPK : complex fertilizer (18-18-18)

결과 및 고찰

정수장 슬러지인 Alum을 주원료로 하여 개발한 잔디전용 유기질비료의 토양개량효과를 조사하기 위하여 시험기간 중과 시험종료 후의 토양화성을 조사한 결과는 Table 5, 6과 같다.

토양반응은 Alum, 하수슬러지, 부숙퇴비 처리구에서 약간의 증가를 보였고 NPK처리구는 오히려 산성화되는 경향이었으나 5% 이내의 유의차는 인정되지 않았다. 이는 Alum 중에 존재하는 규산의 산도교정효과와 하수슬러지 및 부식퇴비 중에 존재하는 부식물질의 완충작용에 의한 것으로 사료된다. 또한 NPK처리구의 토양산성화는 화학적, 생리적으로 산성을 나타내는 화학비료의 사용결과로 여겨진다.

Alum, 하수슬러지, 부숙퇴비 처리구 모두 토양중 유효인산 함량을 증가시켰다. 이는 Alum의

Table 5. Changes in physico-chemical properties of the soil during growing season

(1993. 9. 8)

Treatments	pH (1:5)	T-N (%)	Ava. - P ₂ O ₅ (ppm)	Exch. - Al	K	Ca (me /100g)	Mg	Na
G - C	5.93	0.08	257	27.2	0.43	1.29	0.87	0.05
G - A	5.93	0.09	394	34.9	0.34	1.23	0.84	0.04
G - ANPK	5.93	0.11	353	30.2	0.41	1.69	0.94	0.07
G - NPK	5.87	0.15	316	26.6	0.37	1.21	0.85	0.06
G - OG	5.96	0.13	514	31.4	0.38	1.42	0.91	0.05
G - OGNPK	5.76	0.14	628	31.7	0.43	1.42	0.97	0.05
A - 2	6.30	0.20	398	30.2	0.44	1.61	0.96	0.06
A - 4	6.10	0.14	303	34.8	0.32	1.66	0.99	0.06
A - 8	6.10	0.15	324	40.3	0.30	1.68	1.00	0.05
S - 2	6.30	0.13	403	28.4	0.22	1.55	1.04	0.07
S - 4	6.00	0.14	269	27.8	0.25	1.54	1.0	0.07

Table 6. Changes in chemical properties of the soil during growing season

(1993. 11. 8)

Treatments	pH (1:5)	T-N (%)	Ava. - P ₂ O ₅ (ppm)	Exch. - Al	K	Ca (me /100g)	Mg	Na
G - C	5.91	0.09	315	28.1	0.22	3.28	0.59	t
G - A	6.24	0.09	336	34.2	0.28	2.54	0.67	t
G - ANPK	6.08	0.17	410	33.7	0.39	3.12	0.71	t
G - NPK	6.04	0.14	379	29.3	0.27	3.40	0.73	t
G - OG	6.10	0.15	429	33.5	0.30	3.64	0.62	0.01
G - OGNPK	6.15	0.19	539	28.2	0.42	5.51	0.85	t
A - 2	6.37	0.11	151	34.2	0.35	3.12	0.71	t
A - 4	6.42	0.15	281	38.2	0.23	2.61	0.79	0.01
A - 8	6.40	0.22	387	34.0	0.11	2.93	0.75	0.01
S - 2	6.37	0.27	284	26.8	0.20	3.17	0.81	0.04
S - 4	6.11	0.14	327	26.7	0.21	4.07	0.77	0.03

산도교정 효과와 유기물질의 인산고정 억제작용에 의한 것으로 사료된다. 또 유효인산함량의 증가 정도는 OGNPK > OG > ANPK > A 순서로 Alum이나 부숙퇴비를 단독처리할 때보다는 이들을 상호 혼합하여 처리하는 것이 더욱 효과적인 것으로 나타났다. 그러므로 Alum을 부숙퇴비와 혼합숙성 시킨다면 잔디밭 토양의 산도개량은 물론 토양인산의 유효화로 골프코스 잔디밭의 인산시용량 절감 및 인산의 과잉축적에 상당한 기여를 할 것으로 판단된다.

토양중 치환성 알루미늄의 함량이 Alum, 부숙퇴비, 하수슬러지의 처리로 감소되었다. 이는 Alum과 유기물로 인한 pH의 상승에 의하여 Al의 용출량이 감소되었거나 토양중 유효인산의 증가에 따른 Al의 활성감소로 사료된다.

토양중 치환성 칼슘의 함량도 Alum, 하수 sludge, 부숙퇴비 처리구 모두 증가되었으나 Alum에 부숙퇴비와 화학비료를 혼합숙성시킨 OGNPK 처리구에서 가장 높게 나타났다. 이러한 결과로 미루어 보아 잔디밭 토양의 개량제로 Alum을 사용할 경우는 유기물과 혼합숙성후 사용하는 것이 보다 바람직할 것으로 판단된다.

엽록소 함량을 측정한 결과 시용초기에는 화학비료 처리구에서 가장 높게 나타났다. 그러나 생육후기에는 Alum과 화학비료의 혼합처리구에서 가장 높게 나타났다. 이는 화학비료가 비료발현 축면에서 Alum보다 속효성이 있고 엽록소의 구성성분이 되는 토양중 치환성 마그네슘의 함

Table 7. Changes in chlorophyll contents during growing season(Unit : mg /100cm²)

Treatments	Date (Mon. /day)			Treatments	Date (Mon. /day)		
	6/24	8/11	9/24		6/24	8/11	9/24
G - C	2.47	2.29	2.36	A - 2	2.48	2.28	2.34
G - A	2.42	2.39	2.35	A - 4	2.34	2.16	2.46
G - ANPK	2.73	2.47	2.53	A - 8	2.64	2.16	2.66
G - NPK	2.74	2.37	2.39	S - 2	2.58	2.40	2.70
G - OG	2.59	2.33	2.43	S - 4	2.48	2.50	2.66
G - OGNPK	2.74	2.34	2.29				

Table 8. The amount of nutrient uptake by the zoysiagrass plant during growing season

(1993. 9. 8)

Treatments	N (%)	P ₂ O ₅	K	Ca	Mg (ppm)	Na	Al	Fe	Mn	Zn
G - C	0.91	162	4,025	204	731	112	1,485	971	236	36
G - A	1.27	142	3,617	254	763	345	1,493	1,583	242	24
G - ANPK	1.05	114	3,918	361	732	205	607	335	239	35
G - NPK	1.22	174	4,195	264	730	423	986	902	241	65
G - OG	0.83	155	3,789	267	630	137	654	1,003	184	31
G - OGNPK	1.01	170	4,315	223	747	220	1,189	1,384	252	95
A - 2	1.10	157	4,208	264	783	202	1,178	1,802	246	33
A - 4	1.29	115	3,799	265	745	115	1,202	438	197	24
A - 8	0.96	152	3,957	385	730	218	915	1,397	222	78
S - 2	1.01	156	3,528	212	631	120	777	509	160	25
S - 4	0.89	121	3,871	250	598	283	2,085	3,334	346	48

Table 9. The amount of nutrient uptake by the zoysiagrass plant during growing season

(1993. 11. 8)

Treatments	N (%)	P ₂ O ₅	K	Ca	Mg	Na (ppm)	Al	Fe	Mn	Zn
G - C	0.95	122	3,262	250	657	459	752	483	188	23
G - A	1.02	139	3,689	303	705	174	820	542	233	28
G - ANPK	0.95	136	3,326	149	650	115	1,269	893	218	13
G - NPK	1.06	168	3,337	174	690	133	505	1,242	185	28
G - OG	0.88	140	3,649	215	613	151	387	883	174	33
G - OGNPK	0.81	144	2,916	418	635	141	707	1,373	178	25
A - 2	0.77	127	3,629	199	613	101	705	385	157	13
A - 4	0.73	96	3,187	212	657	184	1,215	730	169	24
A - 8	0.98	96	2,845	168	675	101	2,101	1,629	256	37
S - 2	0.76	76	3,420	71	765	103	1,038	849	207	8
S - 4	0.74	137	2,228	57	572	82	1,402	1,324	135	12

Table 10. Changes in dry weight of zoysiagrass during growing season

(Unit : kg /10a)

Treatments	Date(month /day)		Treatments	Date(month /day)	
	9 / 8	11 / 8		9 / 8	11 / 8
G - C	1075 b ^a	1017 f	A - 2	915 c	1330 a
G - A	1033 d	1182 b	A - 4	1043 b	1267 b
G - ANPK	1020 e	1144 c	A - 8	1162 a	1165 c
G - NPK	1026 e	1191 a	S - 2	1157	946
G - OG	1087 c	1080 e	S - 4	1140	956
G - OGNPK	1050 a	1088 d			

@ Mean separation in columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

량이 Alum과 화학비료처리구에서 높았기 때문인 것으로 판단된다.

잔디의 화학성분을 분석한 결과 Alum 단독처리구에서는 칼리와 칼슘의 함량이 증가하였고 Alum, 부숙퇴비, 화학비료 처리구 모두 철분함량이 증가되었으나 부숙퇴비 단독처리구에서 AI 함량이 현저히 감소되었다. Alum의 처리량을 증가시키거나 화학비료와의 혼합시용은 잔디체내의 AI함량을 증가시키는 결과를 초래하므로 잔디에 Alum 슬러지를 사용할 경우에 잔디에 대한 AI의 해작용을 감소시키기 위해서는 반드시 부숙퇴비와 같은 유기물을 혼합시용해야 할 것으로 사료된다. 또한 Alum의 처리로 잔디체내의 칼리와 칼슘함량이 증가되는 것으로 보아 잔디의 뿌리나 포복경, 지하경의 발육이나 내병성 및 내답압성의 증대에 상당한 기여를 할 것으로 사료된다.

잔디의 건물중을 측정한 결과는 Table 10과 같으며 생육 초기에 비하여 생육 후기로 갈수록 점차 증가하는 경향이었다. 이는 잔디의 저장영양분의 축적과 밀도의 증가에 의한 것으로 판단된다. 각 처리구별로 잔디의 건물중을 비교해 보면 Alum이나 화학비료의 단독처리구 및 이들의 혼합처리구에서 모두 5% 유의차가 인정되었으며, Alum 단독으로 처리할 경우 A-2 처리구가 건물중이 가장 높으며 시용량을 증가할수록 건물중은 떨어져 알루미늄에 의한 생육저해로 판단된다.

적 요

정수장 슬러지로 생산되는 Alum sludge와 도시하수 슬러지를 주 원료로 하여 호기발효 방법에 의해 개발한 부숙퇴비가 잔디생육과 잔디밭 토양의 이화학성 함량에 미치는 영향을 조사한 결과 잔디전용비료로 활용하는 데 적합함이 판명되었다.

Alum퇴비의 처리로 토양반응이 교정되고 토양중 유효인산과 치환성 칼슘의 함량이 증가되었으며 Alum과 유기물을 혼합처리할 경우 alum sludge만 처리할 때보다 더 효과적이었다. 그러나 잔디의 시각적 품질평가 기본요소가 되는 엽록소의 함량에는 별다른 효과를 나타내지 않았다.

잔디에 대한 Alum의 효과로는 K, Ca 함량의 증대와 기능적 품질평가의 근본이 되는 건물중을 증가시켰으며 화학비료는 뚜렷한 효과를 보이지 않았다. 또한 Alum과 퇴비를 혼합처리할 경우 잔디체내의 AI함량을 감소시키므로 Alum처리시 퇴비의 혼합시용은 AI의 해작용을 감소시키는 데 효과적이었다. 그러므로 잔디밭에 Alum을 활용코자 할 경우 유기물과 혼합부숙시켜 사용하는 것이 산업부산물의 재순환과 자원화의 효율을 극대화 할 수 있을 것으로 사료된다.

인용문헌

1. Brown, K. W., J. C. Thomas, and R. L. Duble. 1982. Nitrogen source effect on nitrate and ammonium leaching and run off losses from greens. *Agron. J.* 74:947-950.
2. Carrow, R. N. and G. Wiecko. 1989. Soil compaction and wear stress on turfgrass: Future research directions. Proceedings of the 6th International Turfgrass Research Conferences. pp. 37-42.
3. Carrow, R. N. 1980. Influence of soil compaction on three turfgrass species. *Agron. J.* 72:1038-1042.
4. Dunn, J. H., K. M. Sheffer, and P. M. Halisky. 1981. Thatch and quality of Meyer zoysia in relation to management. *Agron. J.* 73:949-952.
5. Fry, J. O., and P. H. Dernoeden. 1987. Growth of zoysiagrass from vegetative plugs in response to fertilizers. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 112:286-289.
6. Gibeault, V. A., R. Baldwin, J. Bivins, and D. Hanson. 1976. Evaluation of biological dethatch materials. *Calf. Turf. Cult.* 26:29-30.
7. O'Neil, K. J. and R. N. Carrow. 1983. Perennial ryegrass growth, water use, and soil aeration status under soil compaction. *Agron. J.* 75:177-180.
8. Wieco, G., R. N. Carrow, K. J. Karnok. 1993. Turfgrass cultivation method : Influence on soil physical, root /shoot, and water relationship. *International Turfgrass Society Research Journal* 7:451-457.
9. 김성태, 김인섭, 김진원, 김호준, 심규열, 양승원, 이정재, 함선규. 1992. 개정 골프장 관리의 기본과 실제. 한국잔디연구소.
10. 농촌진흥청 농업기술연구소. 1988. 토양화학분석법.
11. 주영규. 1991. 산업폐기물의 잔디용 유기질 비료화에 관한 연구. *한국잔디학회지*. 5(2) :81-86.

12. 심재성, 정원일. 1990. 발효계분비료 사용이 들잔디의 추계생장 양상에 미치는 영향. 한국잔디학회지. 4(2):77-83.
13. 이정재, 함선규, 김인섭. 1993. 우리나라 골프코스 토양의 화학적 특성. 한국잔디학회지. 7(1):35.
14. 이주삼, 윤용범. 1991. 예초고가 *Zoysia japonica* 의 생육과 thatch 축적에 미치는 영향. 한국잔디학회지. 5(2):75-80.
15. 함선규, 이정재, 김인섭. 1993. 유기질비료의 사용이 한국잔디의 생육에 미치는 영향. 한국잔디학회지. 7(2·3):61-66.
16. 황규석, 이용범, 한동욱. 1991. 들잔디의 생육 및 품질에 미치는 영향. 한국잔디학회지. 5(1):1-10.