

골프장 관리조건에서 施肥와 土深에 따른 土壤酸度の 經時的 변화

남상용* · 김경남¹ · 김용선²

삼육대학교 원예학과, ¹삼성에버랜드(주) 환경개발사업부, ²삼성에버랜드(주) 잔디·환경연구소

Time series Changes of Soil pH according to Fertilizers and Soil Depth under Golf Course Conditions

Sang-Yong Nam* · Kyoung-Nam Kim¹ · Yong-Seon Kim²

Turfgrass & Environment Research Institute, Samsung Everland Inc.

¹*Environmental Development Division, Samsung Everland Inc.*

²*Dept. of Horticulture, Sahmyook University, Seoul, Korea*

ABSTRACT

This research was designed to know optimize soil sampling time, soil sampling depth and fertilizers according to season and soil condition in the golf course. One of the results was revealed that sampling point and depth have to be consistent for much fluctuation by sampling. Especially, Soil pH is decreased by soil depth remarkably. Top soil (0-5 cm depth) pH is higher than the sub soils (5-10 cm, 10-15 cm depth). It was confirmed that soil pH would increase when the state of soil is appropriate to H⁺ ion concentration. Therefore, Soil pH modification is always not determined by lime content rather than soil conditions, i.e., Organic matter content, moisture content, and soil air content. More effective fertilizing time according to soil pH correction is the middle of october, and it's quantity is 100 g/m² silicate and 200 g/m² lime (Pel-Lime Mini) in this experiment. Recommended soil sampling method for acidity measurement is dividing by soil depth into each 5 cm, respectively, rather than mixing 15 cm total soil.

Key words: Soil pH, Acidity measurement, Seasonal fertilizing, Sampling time, Soil depth, Golf course

서 론

잔디관리시 토양환경은 잔디가 뿌리를 내려 호흡, 영양분과 수분을 흡수하는 만큼 잔디의 기 후 적응성 및 재배관리환경 못지 않게 중요하다

고 할 수 있다(Acams, 1984. 高遠 宏 1988). 특히 토양 pH는 양분의 유효성에 크게 영향을 미치므로 식물이 뿌리를 통해 이용할 수 있는 영양분 상태도 토양산도에 따라 크게 달라진다. 잔디종류에 따른 최적 토양산도 조건은 다르고 (Beard, 1973) 일반적으로 토양이 강산성화 될 수록 주 영양성분의 유효성 저하 및 Al, Mn 등

*corresponding author. Tel : 011-9878-5650

E-mail : namsoy@syu.ac.kr

의 용해도 증가에 따른 잔디 생육장애가 일어날 수 있다. 또한 산성토양에서는 대취축적이 증가하고(Sartain, 1985) 라지패취, 브라운패취 등의 토양에 잔존하는 병원균으로 인한 발병이 증가되며(Sartain, 1985) 바랭이, 클로버 등의 잡초발생도 증가되므로(Waddington, 1992) 토양 pH 교정은 필수적이라 할 수 있다. 밭토양에서 ammonium thiosulfate(ATS)의 urease 활성 저해효과와 이에 미치는 온도와 pH의 영향에 관한 논문에서 ATS 처리 후 72시간 후에 urease 활성저해율은 pH와 상관관계가 없었으며(임선욱 등, 1993) 또, 토양수분조건에 따른 깊이별 토양 pH 변화와 양분이동과의 관계를 보고(유관식, 1994)하였다.

유기물 비료는 토양산성화를 완화한다는 보고(오왕근 등, 1991)와 Centipedegrass의 생육에 있어 시비량과 토양 pH의 영향에 대해 적정 시비프로그램은 $10-4.4-8.3\text{g/m}^2$ (N-P-K)이었으며(Johnson, 1992), 토양 pH는 큰 영향을 미치지 않았다고 보고하였다. 석회비료 시용이 식물체내 중금속 함량의 축적을 최소화한다고(Hooda 등, 1996) 하였으며, 알팔파의 생육 및 수확량에 있어 석회의 시용수준 50g/m^2 이 10g, 100g, 300g 보다 효과가 있다고(최원석 등, 1995) 하였고 토양의 석회요구량 결정방법에 대해 보고(주진호 등, 1988)하였다. 규산질 비료는 우리나라 논에서 94%가 시비해야 하는 낮은 수준(129ppm 이하)이고 벼농사의 경우 규산이 질소보다 8배나 많이 필요하다고 되어 있는 데(비료연감 1989) 벼와 비슷한 화분과 작물인 한국 잔디도 초형의 개선과 pH의 조절 등 생육에서 유리할 것으로 사료되고 경우에 따라서는 알칼리화 장애가 일어날 수 있다는 보고도 있다(남이 등, 1999). 현재 토양산도 교정은 상당부분 관행에 의존하여 실시되고 있지만, 토양 pH는 계절별·토심별·비료 종류별로 다르게 나타날 수 있으므로 이에 대한 요인 파악을 통한 합리적 시비와 정밀농업에 입

각하여 환경문제를 최소화할 수 있는 과학적인 접근이 필요하다. 따라서 본 연구는 실제 골프장 토양환경에서 비료종류에 따른 계절별·토심별 토양 pH 변화를 규명함으로써 토양산도 교정시 합리적 기준과 방법을 제시하고자 실시하였다.

재료 및 방법

본 연구는 안양 베네스트 골프클럽 내 들잔디 '中芝'(Zoyzia japonica Steud.)로 조성된 포장에서 실시하였다. 供試材料는 골프장에서 산도 교정용으로 많이 이용하는 규산질비료(SiO_2 사상규산질 비료, 규산 28~30%, 알칼리분 45% 이상, 한국협화화학공업주식회사, 서울) 및 석회석(CaCO_3 95%, Pel-Lime Mini, AMPEL American Fertilizing Co., USA) 2종류를 사용하였다. 시험구는 무처리구를 포함해서 규산질 비료 3수준, 석회석 비료 3수준으로 전체 7처리구를 난괴법 3반복으로 배치하였다. 처리는 난지형 잔디 생육이 시작되기 전인 1995년 3월 29일 table 1과 같이 적용하였다. 시험구 규모는 $2\text{m} \times 1.5\text{m}$ 였으며 토양 pH 측정을 위한 샘플은 2주간격으로 4월 중순부터 11월 하순까지 채취하였다. 토양샘플 채취는 Soil Probe(Oakfield Dia. 20mm, Forestry Suppliers, Inc., Jackson, Mississippi, USA)로 각 실험구에서 2점씩 채취하였고, 각 샘플은 Thatch 제거 후 표토로부터 0~5cm, 5~10cm, 10~15cm 3등분으로 절단하여 따로따로 건조시켰다. 산도 측정은 풍건시킨 후 실험실에서 1:5 증류수(盧載昇, 1988)로 희석하여 pH Meter(Horiba M-12)로 측정하였다. 통계분석은 각 토심별 경시적(經時的)으로 17회의 조사치를 PC-SAS를 이용하여 분산분석과 회귀분석을 하였고 그림은 MS Excel을 사용하였다.

Table 1. Application rate of fertilizers treated on Teeing Ground in this experiment

No.	Treatment	Rate (kg/10a)	Remarks
1	Control	0	
2	Silicate fertilizer	50	Si 28~30%, Alkali 45%
3	Silicate fertilizer	100	Si 28~30%, Alkali 45%
4	Silicate fertilizer	200	Si 28~30%, Alkali 45%
5	Pelletized high Ca limestone	50	CaO 50%, CaCO ₃ 95%
6	Pelletized high Ca limestone	100	CaO 50%, CaCO ₃ 95%
7	Pelletized high Ca limestone	200	CaO 50%, CaCO ₃ 95%

결과 및 고찰

본 실험에서 규산질과 석회질 비료를 시비한 결과 토양산도는 경시적(經時的)으로 볼 때 유의한 상승을 나타내었다. 이를 토심별로 분석한 결과 유의한 차이가 0~5cm 토심에서 $Y=6.43+0.013X(R^2=0.37^{**})$ 로 나타났고 5~10cm 토심에서 $Y=5.35+0.051X(R^2=0.82^{***})$ 로 나타났다. 그러나 10~15cm 토심에서는 $Y=4.90+0.016X(R^2=0.20^{ns})$ 로 유의성이 인정되지 않았으나 2차 회귀분석에서는 $Y=6.42+0.0136X-0.000026X^2(R^2=0.36^{**})$ 으로 나타났다.

이는 10cm 이상의 골프장 심층토양에서는 표층시비나 전층시비한 비료의 영향이 거의 작용하지 않았던 것으로 보이나 여름철 장마의 영향으

로 약간의 비료가 용탈되면서 나타난 현상으로 보인다(Fig. 1). 반면 0~5cm 토심에서 유의성이 낮았던 것은 본 실험을 수행한 안양 베네스트 골프장의 경우 빈번하게 살수(撒水)가 행해지고 복합비료를 15g/m²씩 5회에 걸쳐 주기적으로 살포하는 등의 일반 관리조치의 영향에 의해 0~5cm층의 토양 pH는 기대이하의 토양산도 상승이 나타난 것으로 사료된다. 토층별 전체 pH 평균을 보면 0~5cm가 6.54, 5~10cm가 5.80, 10~15cm가 5.04였다(Fig. 1).

Table 2는 이들 비료의 종류와 사용량에 대한 1차 회귀분석을 3월부터 11월까지를 X축으로 하여 분석한 결과이다. 위에서 언급한 내용과 유사한 결과를 각 처리에 따른 분석 내용을 볼 수 있다(Table 2).

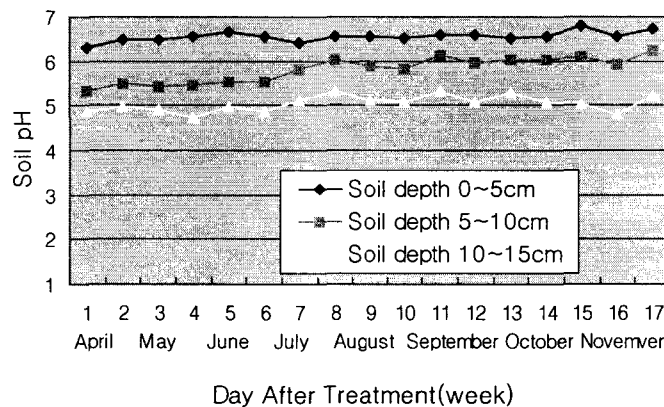


Fig. 1. Changes of mean soil pH variation affected by soil depth, from April 12 (first week) to November 27 (last week) in 1995.

Table 2. Regression coefficient of soil pH according to seasonal time series on soil sampling depth and fertilizers treatment under golf course condition

Sampling depth	N	Treatment	Rate (kg/10a)	Regression coefficient
0~5cm	1	Control	0	$Y=6.37+0.0112X$ (R=0.297 ^{ns})
	2	Silicate fertilizer	50	$Y=6.36+0.0110X$ (R=0.362 ^{ns})
	3	Silicate fertilizer	100	$Y=6.38+0.0140X$ (R=0.426 ^{ns})
	4	Silicate fertilizer	200	$Y=6.45+0.0102X$ (R=0.448 ^{ns})
	5	Calcium fertilizer	50	$Y=6.43+0.0134X$ (R=0.423 ^{ns})
	6	Calcium fertilizer	100	$Y=6.51+0.0170X$ (R=0.547*)
	7	Calcium fertilizer	200	$Y=6.47+0.0131X$ (R=0.652 ^{***})
	8	Total mean		$Y=6.42+0.0131X$ (R=0.607 ^{***})
5~10cm	1	Control	0	$Y=5.07+0.0557X$ (R=0.850 ^{***})
	2	Silicate fertilizer	50	$Y=5.19+0.0622X$ (R=0.899 ^{***})
	3	Silicate fertilizer	100	$Y=5.29+0.0548X$ (R=0.789 ^{***})
	4	Silicate fertilizer	200	$Y=5.62+0.0306X$ (R=0.790 ^{***})
	5	Calcium fertilizer	50	$Y=5.32+0.0530X$ (R=0.779 ^{***})
	6	Calcium fertilizer	100	$Y=5.42+0.0473X$ (R=0.889 ^{***})
	7	Calcium fertilizer	200	$Y=5.51+0.0428X$ (R=0.719 ^{**})
	8	Total mean		$Y=5.35+0.0505X$ (R=0.906 ^{***})
10~15cm	1	Control	0	$Y=4.83+0.0107X$ (R=0.360 ^{ns})
	2	Silicate fertilizer	50	$Y=4.87+0.0179X$ (R=0.415 ^{ns})
	3	Silicate fertilizer	100	$Y=4.83+0.0222X$ (R=0.529 ^{**})
	4	Silicate fertilizer	200	$Y=4.86+0.0267X$ (R=0.619 ^{***})
	5	Calcium fertilizer	50	$Y=4.86+0.0168X$ (R=0.314 ^{ns})
	6	Calcium fertilizer	100	$Y=5.03+0.0027X$ (R=0.093 ^{ns})
	7	Calcium fertilizer	200	$Y=5.00+0.0152X$ (R=0.320 ^{ns})
	8	Total mean		$Y=4.90+0.0161X$ (R=0.448 ^{ns})

Table 3. Changes of pH in different soil depth by alkali fertilizers application amount and kinds on Teeing Ground in this experiment

No.	Treatment	Rate (kg/10a)	Soil depth		
			0~5 cm	10 cm	0~15 cm
1	Control	0	6.47 cd ^a	5.57 d	4.92 d
2	Silicate fertilizer	50	6.46 d	5.75 c	5.03 bc
3	Silicate fertilizer	100	6.55 bc	5.79 bc	5.03 bc
4	Silicate fertilizer	200	6.51 bcd	5.97 a	5.10 ab
5	Pelletized high Ca limestone	50	6.55 bc	5.86 bc	5.01 c
6	Pelletized high Ca limestone	100	6.59 b	5.85 bc	5.06 abc
7	Pelletized high Ca limestone	200	6.67 a	5.89 ab	5.14 a

^aValues within a column followed by different letters were significantly different (p<0.05).

비료 종류별 처리효과는 Duncan의 다중검정에 의해 분석한 결과(Table 3) 3개의 모든 층에서 1% 유의수준에서 고도의 유의성이 있는 것으로 나타났다. 비료종류별 효과를 보면 table 2, fig. 1에서 보는 것처럼 0~5cm 층에서 규산질 비료는 모두 유의한 증가를 보이지 않은 반면 석

회질 비료구가 50kg/10a, 100kg/10a에서 유의적으로 증가하였으나 10~15cm 층에서는 규산질 비료 시비구가 100kg/10a, 200kg/10a에서 효과가 있었으나 석회질은 유의한 증가가 인정되지 않았다. 그러나 5~10cm 층에서는 두 비종 모두 유의한 증가를 나타내어 토심과 비종에 따른 차이가 있음을 알 수 있었다.

위의 결과에서 규산과 석회 2종류의 肥種과 土深別 酸度の 상승효과가 인정되었다. 그러나 토양 pH는 단기간에 상승되는 것이 아니고 2~3년간 장기간에 걸쳐 서서히 상승효과를 나타냄으로 적정 pH로 교정하기 위해선 매년 지속적으로 조사와 함께 규산질 비료나 석회를 시용해야 함을 추론할 수 있었다.

Fig. 1의 실험결과 經時的인 계절별로 토양산도 차이가 인정되고 토층별로도 유의한 차이가 나타나므로 토양 샘플 채취시 샘플시기 및 샘플 깊이를 일정하게 주의해야 함을 알 수 있었다. 그러나 강우나 경운 등의 기후와 재배관리적 요소 때문에 많은 영향을 받았기 때문에 보다 정밀한 추가 실험이 요망된다. 특히 표토(0~5cm)층의 토양산도가 지하층인(5~10cm, 10~15cm)에서 보다 높은 것은 토양산도가 석회 함량에 의해서만 결정되는 것이 아니고 토양 母岩의 상태나 유기물함량, 강수량 등의 수분함량, 온도 등 H⁺ 이온농도에 영향을 미치는 제반여건이 영향을 미치

는 것으로 이를 종합적으로 활용하여 토양산도를 조정해야 한다. 특히 골프장 관리시 터 및 페어웨이의 토양산도 교정은 본 실험에서는 나타난 회귀 분석치와 골프장의 제반 여건을 고려하여 시용할 필요가 있다. 또한 토양 pH의 측정시 채취 시료의 깊이는 토층이 깊어질수록 토양 pH가 현저하게 감소되므로 기존에 15cm까지 혼합하여 측정하는 것보다 토층이나 깊이별로 분리하여 측정하는 것이 토양산도를 정확하게 파악할 수 있을 것으로 사료되었다.

요 약

실제 골프장 토양환경에서 비료종류에 따른 계절별·토심별 토양 pH 변화를 규명하고자 안양 베네스트 골프클럽 내 들잔디 '中芝'(Zoyisia japonica Steud.)로 조성된 포장에서 산도 교정으로 많이 이용하는 규산질비료(SiO₂) 및 석회석(CaCO₃) 2종류를 사용하여 규산질 비료 3수준, 석회석 비료 3수준으로 처리하여 실험한 결과 토층별로 현저한 차이가 관찰되었는데 전체 pH 평균을 보면 0~5cm의 표토가 6.54, 5~10cm가 5.80, 10~15cm의 심토에서는 5.04로 나타났다. 비료종류별 처리효과는 3개의 모든 층에서 1% 유의수준에서 고도의 유의성이 있는 것으로 나타났다. 표토인 0-5cm 층에서 규산질 비

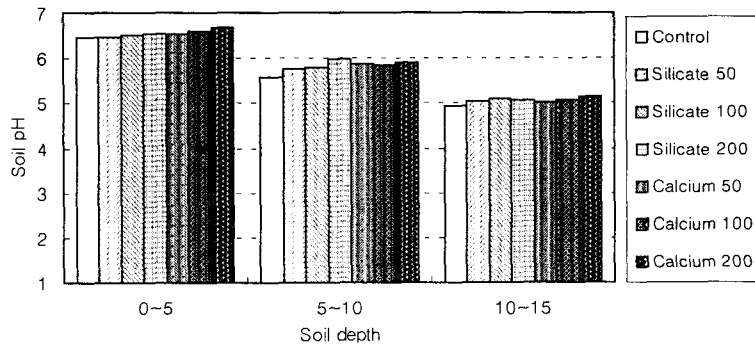


Fig. 2. Changes of pH measurement according to soil depth and fertilizer application in golf course.

료는 모두 유의한 증가를 보이지 않은 반면 석회질 비료구가 50kg/10a, 100kg/10a에서 유의적으로 증가하였으나 10~15cm 층에서는 규산질 비료 시비구가 100kg/10a, 200kg/10a에서 효과가 있었으나 석회질 비료는 유의한 증가가 인정되지 않았다. 그러나 5~10cm 층에서는 두 가지 肥種 모두 유의한 증가를 나타내어 토심에 따른 차이가 있음을 알 수 있었다. 그리고 계절에 따른 經時的 토양산도 차이가 인정되고 이는 土深별로 차이가 인정되므로 토양 샘플 채취시 샘플시기를 고려해야 함을 알 수 있었다. 특히 표토(0~5cm)층의 토양산도가 지하층인(5~10cm, 10~15cm)에서보다 높은 것은 토양산도가 규소나 석회 같은 비료 함량에 의해서만 결정되는 것이 아니고 토양 모암의 상태나 유기물 함량, 강수량 등의 수분 함량, 온도, 토양의 통기성이나 호흡 등 H^+ 이온농도에 영향을 미치는 제반여건이 영향을 미치는 것으로 이를 종합적으로 활용하여 토양산도를 조정해야 함을 알 수 있다.

참고문헌

- 高瑞逢(1992) 제주 화산석회토양에 석회 및 인산시용이 목초의 무기성분함량에 미치는 영향. 한국초지학회지. 12(3):138-144.
- 高遠 宏(1988) 新訂 芝生と緑化. 日本芝草學會. pp. 104-108.
- 남이·민일식(1999) 토양진단 방법과 활용. 삼부문화. pp. 109-110.
- 노재승(1988) 토양화학분석법. 농업기술연구소. pp. 26-29.
- 오왕근, 허지희, 김재영(1991) 요소의 암모니아화 및 질산화와 토양반응에 미친 수중 유기물의 영향. 한국잔디학회지. 5(1):47-53.
- 柳寬植(1994) 토양수분 조건에 따른 pH 변화와 무관수 나지구에서의 양분이동. 한국토양비료학회지. Vol. 27(4):263-268.
- 林善旭, 徐暎昊(1993) 밭 토양에서 Annonium Thiosulfate의 Urease 활성 저해효과와 이에 미치는 온도와 pH의 영향. 한국토양비료학회지. Vol. 26(4):225-229.
- 全宇福, 崔基春, 金正喆, 金東厚, 金光鉉(1993) 산성토양에서 석회와 인산시용이 Alfalfa의 생장 및 질소고정에 미치는 영향. 한국초지학회지. 13(4):274-277.
- 鄭連圭, 李赫浩(1991) 초지관리용 복합비료(14-10-12-3-0.2)의 비효시험. I. 토양의 화학성 및 무기염기의 상호균형에 미치는 영향. 한국초지학회지. 11(4):244-251.
- 鄭連圭, 李赫浩(1991) 초지관리용 복합비료(14-10-12-3-0.2)의 비효시험. II. 총건물수량, 수량구성요소 및 목초의 영양성분에 미치는 영향. 한국초지학회지. 11(4):252-257.
- 鄭鎬哲, 陸完芳, 方孝範(1993) 액상기비 및 요소의 시용수준이 Orchardgrass 초지의 생산성과 토양중 NO_3-N 함량에 미치는 영향. 한국초지학회지. 13(4):278-285.
- 朱進豪, 河相健, 嚴明鎬, 林炯植(1988) 토양 석회요구량 결정방법의 실험적 고찰. 한국토양비료학회지. Vol. 21(3):280-288.
- 최기춘, 진우복(1994) 약산성 토양에서 석회와 인산시용이 Alfalfa의 생장 및 질소고정에 미치는 영향. 한국초지학회지. 14(2):88-92.
- 최원석, 김무성(1995) 석회시용이 Alfalfa (*Medicago sativa* L.) 생육에 미치는 영향. 한국토양비료학회지. Vol. 28(2):145-153.
- Acams Fred (1984) Soil Acidity and Liming. Agronomy J. No. 12. 2nd Edition. Madison, WI. p.75.
- Beard, J.B. (1973) Turfgrass: Science and culture. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.

17. Hooda P.S. and B.J. Alloway (1996) The effect of liming on heavy metal concentrations in wheat, carrots and spinach grown on previously sludge-applied soils. *J. of agricultural science.* 127:289-294.
18. Johnson, B.J. and R.N. Carrow (1992) Influence of soil pH and fertility programs on centipedegrass. *Agron. J.* 84: 21-26.
19. Kuo, S., S.E. Brauen, and E.J. Jellum (1992) Phosphorus availability in some acid soils influences bentgrass and annual bluegrass growth. *HortScience.* 27(4):370.
20. Lee, Sang-Eun and U.N. Heins (1992) Kinetics of silica and desorption in soil as affected by pH and temperature. *Journal of Korean Society of Soil Science and Fertilizer.* 25(4):342-356.
21. Sartain, J.B. (1985) Effects of acidity and N source on the growth and thatch accumulation of 'Tifgreen' bermudagrass and on soil nutrient retention. *Agron. J.* 77:33-36.
22. Waddington, D.V., R.N. Carrow, and R.C. Shearman (1992) Turfgrass. *Agromony No. 32.* Madison, WI.