

# 골프장에 사용되는 4가지 토양개량제들의 혼합비율에 따른 토양이화학성의 변화

김영선\* · 함선규 · 임혜정  
에이엠잔디연구소

## Change of Soil Physicochemical Properties by Mixed Ratio of 4 Types of Soil Amendments Used in Golf Course

Young-Sun Kim\*, Suon-Kyu Ham, and Hye-Jung Lim  
Turfgrass Research Institute, AMENC Co. Ltd, Inchoen, Rep. of Korea

**ABSTRACT.** This study was conducted to investigate the effect of the mixed ratio of the soil amendments, peat, humate, peatmoss and zeolite, on the soil physicochemical properties. The mixed ratios of soil amendments were 0%, 3%, 5%, 7% and 10% (v/v) incorporated with sand which met to the USGA (United State of Golf Association) recommendation. It was measured pH, EC and CEC as a chemical properties. Porosity, capillary porosity, air-filled porosity, bulk density and hydraulic conductivity were also measured to analyze the changes of physical properties. Chemical properties were significantly different by mixture ratios of peat, humate, peatmoss and zeolite. When the results were applied to the USGA standard of the soil physical properties, the optimum mixture ratios of peat, humate and peatmoss were 5%, 3% and 7%, respectively. Air-filled porosity was factor involved in soil physical properties by blending with soil amendments and it was affected on volume of porosity and hydraulic conductivity. To analyze the correlation of mixture ratio versus to physical characters, the ratio of peat and peatmoss was significantly related to capillary porosity and hydraulic conductivity ( $P<0.05$ ), that of humate hydraulic conductivity ( $P<0.01$ ), and that of zeolite air-filled porosity and volume of porosity ( $P<0.05$ ). These results could be used as a basic data for construction USGA sand green.

**Key words:** Air-filled porosity, Hydraulic conductivity, Soil amendment

### 서 론

축산농업과정에서 발생하는 가축분뇨는 농업활동에서 발생하는 큰 오염원으로 주변 토양과 수계에 영향을 미친다(박, 2000; 이 등, 2004; 이 등, 2010). 이러한 가축분뇨는 다양한 영양원을 함유하고 있어 퇴액비화과정과 부숙도 평가를 거쳐 농업에 활용할 수 있고(정 등, 1998; 강 등, 1999; 이 등, 2006; 장 등 2008), 최근에는 메탄발효를 통해 바이오가스 생산과 산업화에 이용되고 있다(이 등, 2000; Skerman, 2010; Rasmussen, 2010).

자연순환형농업은 자연생태계의 연속적인 물질순환기능을 활용하여 작물과 가축이 건강하게 자라게 하고 농축산물의 안전성과 품질을 높이고자 하는 농업으로(김과 이, 2008) 가축의 사육과정에서 생성된 가축분뇨액비와 바이오

가스 생산과정에서 생성된 발효액비를 식물재배에 활용하려는 다양한 노력이 이루어지고 있다(조, 2010).

일반적으로 골프장 토양은 보수력과 보비력이 약한 모래로 구성되어 있어 다양한 토양개량제를 혼합하여 USGA 규격에 적합한 토양으로 조성하고 관리할 때 좋은 잔디생육과 품질을 유지하게 된다(안 등, 1992; 박 등, 1991; 박 등 1992; 권 등, 2005; Chong과 Ok, 2006; Ok 등, 2004). 경사, 지형 및 배수 등과 토양의 물리성은 식물의 생육에 영향을 미치게 되는데(현 등, 2010), 식물의 재배기간이 길수록 용적밀도와 유기물의 함량이 증가하여 경도가 악화되고, 수리전도도는 점차 감소한다(한 등b, 2010; 박 등a, 2010; 박 등b, 2010; 조 등, 2010; 유 등, 2010).

가축분뇨액비의 시비는 화학비료의 질소와 칼리를 대체할 수 있고(박 등a, 2010), 화학비료와 비슷한 잔디의 품질과 생육이 유지되며(함 등, 2009), 화학비료와 혼합하여 살포할 경우 잔디의 품질과 생육이 향상되어 골프장의 잔디관리에서도 활용이 가능하였으나(함 등, 2010) 화학비료보다 지표 배출수와 유거수에 의해 주변 수계오염에 영

\*Corresponding author; Tel: +82-32-741-8516  
E-mail : zeroline75@empas.com  
Received : July 16, 2010, Revised : July 30, 2010, Accepted : Aug. 16, 2010

**Table 1.** pH, EC and particle size distribution of sand used in this study.

pH (1:5)	EC (dS·m <sup>-1</sup> )	Particle size distribution (%)					
		4.00~2.00 mm	2.00~1.00 mm	1.00~0.5 mm	0.5~0.25 mm	0.25~0.15 mm	0.15~0.053 mm
6.18	0.95	0.4	1.4	33.0	55.4	7.6	1.5

**Table 2.** Chemical properties of 4 soil amendments used in this study.

Soil amendments	pH (1:5)	EC	Bulk density	CEC
		dS·m <sup>-1</sup>	g·ml <sup>-1</sup>	cmol <sub>c</sub> ·kg <sup>-1</sup>
Peat	4.41	3.80	0.44	30.8
Humate	4.57	2.20	0.81	74.4
Peatmoss	4.32	0.67	0.10	80.0
Zeolite	5.90	1.05	0.90	22.4

향을 미쳐 양분을 유지효율 증대와 환경부하 절감을 위한 관리방안이 필요하였다(김 등, 2010). 골프코스는 강수량, 관수량 및 시비량 등이 연못물의 오염에 영향을 미치므로 토양의 적절한 양분관리를 위해서는 토양양분상태와 골프장 토양특성에 대한 지식이 필요하다(김과 함, 2009; 김 등, 2009; 이 등, 2010). 골프코스의 토양은 모래와 다양한 개량제를 혼합하여 조성되어 있어 그 특성을 이해하는데 많은 어려움이 있다.

따라서 본 연구는 코스조성에 주로 사용되는 4종의 토양개량제의 혼합비율에 따른 모래상토의 물리화학적 특성 변화를 조사하였다.

## 재료 및 방법

본 연구에 사용된 모래는 pH 6.18, 전기전도도 0.95 dS·m<sup>-1</sup> 이고 USGA 입경기준에 적합한 모래를 사용하였다(Table 1). 토양개량제는 골프장 조성이나 배토 시에서 모래와 혼합하여 사용되었거나 사용되고 있는 제품을 수집하여 토양개량제의 특성을 비교하였다. 토양개량제의 pH는 4.41~5.90 범위이고, 전기전도도는 0.67~3.80 dS·m<sup>-1</sup>이었으며, 양이온치환용량은 22.4~80.0 cmol<sub>c</sub>·kg<sup>-1</sup>로 토양개량제별로 차이가 있었다.

시험용 상토를 만들기 위해 105°C에서 6시간동안 건조된 시험용 모래에 토양개량제를 부피비율로 0%, 3%, 5%, 7%, 10%를 균일하게 혼합하였다(Table 3). 시료는 USGA 측정방식에 의거하여 코어(직경 7.5 cm, 높이 10 cm인 원통)에 혼합된 상토를 넣고 다짐장치를 사용하여 현장상태와 유사한 답압상태의 물리성을 갖도록 조제되었다(주, 1993).

혼합 상토의 pH, 전기전도도(electric conductivity: EC), 양이온치환용량(cation exchangeable capacity: CEC), 용적

밀도, 공극률 및 수리전도도를 측정하였으며, 측정방법은 상토의 표준분석법(농업과학기술원, 2000)과 토양 및 식물체분석법(농업과학기술원, 2000)에 준하여 각각 분석하였다. pH와 전기전도도는 풍건된 시료 10 g에 증류수 50 ml

**Table 3.** pH, EC and CEC of mixing soil between sand and soil amendments.

Soil Amendments	Mixed ratio (%)	pH	EC	CEC
		(1:5)	dS·m <sup>-1</sup>	cmol <sub>c</sub> ·kg <sup>-1</sup>
Peat	0 (sand only)	6.18	0.95	2.4
	3	5.87	0.98	2.6
	5	5.82	1.02	2.8
	7	5.68	1.04	3.2
	10	5.81	1.03	3.6
Humate	0	6.18	0.95	2.4
	3	5.69	0.94	4.7
	5	5.57	0.93	5.3
	7	5.55	0.92	6.3
	10	5.38	0.89	7.7
Peatmoss	0	6.18	0.95	2.4
	3	6.02	0.95	2.5
	5	6.00	0.97	2.6
	7	5.82	0.98	2.8
	10	5.64	0.99	3.4
Zeolite	0	6.18	0.95	2.4
	3	6.38	0.95	2.6
	5	6.43	0.92	3.2
	7	6.48	0.92	3.7
	10	6.45	0.92	4.4

**Table 4.** The corelation coefficient between mixed ratio of soil amendment and pH, EC and CEC in soil (n=18).

Item	Peat	Humate	Peatmoss	Zeolite
pH	-0.6060**	-0.7246**	-0.9878**	0.9090**
EC	0.4809*	-0.6735**	-0.8904**	0.0014
CEC	0.8703**	0.9843**	0.8796**	0.9327**

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

을 가하여 진탕 후 pH meter(Orion 720 A+; Thermo)와 EC meter(Orion 3STAR; Thermo)를 사용하여 측정되었고, CEC는 1N-NH<sub>4</sub>OAc 침출법을 이용하였으며, 수리전도도는 정수위법(constant water head method)으로 분석되었다.

### 결과 및 고찰

#### 토양개량제 혼합에 따른 토양의 화학적 특성 변화

pH는 5.38~6.48로 나타났고, EC는 0.89~1.04 dS·m<sup>-1</sup>로 조

사되어 골프코스의 이상적인 이화학성과 비교할 때 대부분 기준에 적합하였다(안 등, 1992). CEC는 2.4~7.7 cmol·kg<sup>-1</sup>로 조사되어 토양개량제에 따라 차이는 있으나 4.0~220.8% 증가하였고, 토양개량제의 혼합비가 증가할수록 CEC가 증가하였으며, 개량효과는 humate > zeolite ≥ peat = peatmoss 순으로 나타났다(Table 3). Peatmoss 원재료의 CEC가 80 cmol·kg<sup>-1</sup>으로 humate 74.4 cmol·kg<sup>-1</sup>와 비슷하였음에도 혼합비율에 따른 증가 정도가 peat와 비슷한 것은 원재료의 비중에서 차이가 있기 때문이다(Table 2).

토양개량제의 혼합비율별 토양의 pH, EC 및 CEC의 상관관계를 조사하였다(Table 4). Peat, humate 및 peatmoss는 pH와 99%수준에서 부의 상관성을 나타내었고, zeolite는 95% 수준에서 정의 상관성을 나타내었다. Peat는 EC와 95% 수준에서 정의상관성을 보였고, humate와 peatmoss는 99% 수준에서 부의 상관성을 보였다. 모든 토양개량제의 CEC는 99% 수준에서 정의 상관성을 나타내었다. 모든 토양개량제는 토양의 pH와 CEC에 영향을 미쳤고, 이는 Table 2와 Table 4에서 제시한 바와 같이 토양개량제

**Table 5.** Porosity, bulk density and hydraulic conductivity by mixed ratio of soil amendments.

Soil Amendments	Mixed ratio	Capillary porosity	Air-filled porosity	Total porosity	Bulk density	Hydraulic conductivity
		%			g·ml <sup>-1</sup>	mm·hr <sup>-1</sup>
Peat	0%	25.6	19.5	45.0	1.46	739
	3%	24.4	18.8	43.2	1.50	622
	5%	23.9	20.1	44.0	1.48	474
	7%	22.4	20.7	43.0	1.51	333
	10%	23.0	20.7	43.7	1.49	160
Humate	0%	25.6	19.5	45.0	1.46	739
	3%	24.0	19.1	43.1	1.51	499
	5%	26.4	17.8	44.2	1.48	562
	7%	25.6	20.0	45.6	1.44	409
	10%	25.8	19.7	45.6	1.44	267
Peatmoss	0%	25.6	19.5	45.0	1.46	739
	3%	25.7	23.1	43.4	1.49	742
	5%	27.9	21.4	43.7	1.48	637
	7%	29.8	22.0	45.9	1.44	617
	10%	29.9	23.4	47.3	1.40	667
Zeolite	0%	25.6	19.5	45.0	1.46	739
	3%	24.7	19.9	44.6	1.47	943
	5%	25.2	20.8	46.0	1.43	721
	7%	24.7	20.7	45.4	1.45	668
	10%	25.3	21.5	46.8	1.41	812
UGSA recommendation		15-30	15-25	35-55	-	150-300 300-600 <sup>Z</sup>

<sup>Z</sup> Applied by infiltration rate of accelerated range (USGA golf green specification).

**Table 6.** Correlation coefficient among respective physical factors in root zone mixed soil amendments (n=18).

Soil Amendment	Item	Capillary porosity	Air-filled porosity	Total porosity	Hydraulic conductivity
Peat	Capillary porosity	1.0000**			
	Air-filled porosity	-0.5524*	1.0000**		
	Total porosity	0.4935*	0.4524*	1.0000**	
	Hydraulic conductivity	0.8712**	-0.5413*	0.3672	1.0000**
Humate	Capillary porosity	1.0000**			
	Air-filled porosity	-0.1301	1.0000**		
	Total porosity	0.4913*	0.7997**	1.0000**	
	Hydraulic conductivity	0.0379	-0.1938	-0.1473	1.0000**
Peatmoss	Capillary porosity	1.0000**			
	Air-filled porosity	-0.3731	1.0000**		
	Total porosity	0.3068	0.7667**	1.0000**	
	Hydraulic conductivity	-0.7368**	0.5737**	0.0767	1.0000**
Zeolite	Capillary porosity	1.0000**			
	Air-filled porosity	-0.0193	1.0000**		
	Total porosity	0.3918	0.9123**	1.0000**	
	Hydraulic conductivity	0.2521	-0.0581	0.0498	1.0000**

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

의 화학적 특성이 혼합토양의 화학적 특성에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다(박 등, 1991; 김 등, 2009).

#### 토양개량제 혼합에 따른 토양의 물리적 특성 변화

토양개량제의 혼합비율에 따른 토양의 총공극, 용적밀도 및 수리전도도의 변화는 Table 5와 같다. 모세관공극과 비모세관공극은 각각 22.4~29.9%와 17.8~23.4%를 보여 토양개량제의 종류와 혼합비율에 따라 약간의 차이를 보였고, 총공극량과 용적밀도는 각각 43.1~47.3%와 1.40~1.51 g·mL<sup>-1</sup>로 조사되어 모든 처리에서 비슷하였으며, 이는 USGA 기준에 적합한 것으로 조사되었다. 토양개량제 종류별 혼합비율에 따른 토양물리적 특성 중 수리전도도는 160~943 mm·hr<sup>-1</sup>로 나타났다. Peat, humate, peatmoss 처리에서는 개량제의

혼합비율이 증가할수록 수리전도도가 감소하는 경향을 나타내었으나, zeolite는 경향을 찾기 어려웠다. 공시토양에서 토양개량제별 상토조성 시 USGA 기준에 적합한 효율적인 물리성을 갖는 혼합비율은 peat, humate 및 peatmoss는 각각 5%, 3%, 7%로 조사되었고, zeolite에서는 적합한 비율을 찾을 수 없었다. Zeolite가 유기성 개량제(peat, humate, peatmoss)의 결과와 다른 것은 무기성개량제이기 때문으로 추정된다(김 등, 2009).

토양개량제의 혼합에 따른 토양물리성의 변화의 요인을 파악하기 위해 각 토양개량제별 물리성 항목의 상관관계를 조사하였다(Table 7). Peat는 총공극이 모세관공극( $P < 0.05$ )과 비모세관공극( $P < 0.05$ )와 정의 상관성을 나타내었고, 수리전도도는 모세관공극( $P < 0.01$ )과 비모세관공극( $P < 0.05$ )고

**Table 7.** The correlation coefficient between mixture ratio of soil amendment and soil physical factors (n=18).

Item	Peat	Humate	Peatmoss	Zeolite
Capillary porosity	-0.8612**	0.2943	0.8523**	-0.1821
Air-filled porosity	0.5142*	0.1454	-0.2019	0.6483**
Total porosity	-0.3848	0.3059	0.3861	0.5220*
Bulk density	0.3848	-0.3059	-0.3661	-0.5220*
Hydraulic conductivity	-0.9758**	-0.9418**	-0.4600*	-0.0939

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

도의 상관성을 보였으나 공극과 수리전도도사이에는 상관성을 찾을 수 없었다. Humate는 총공극이 모세관공극( $P<0.05$ )과 비모세관공극( $P<0.01$ )와 정의 상관성을 나타내었다. Peatmoss는 총공극이 비모세관공극( $P<0.01$ )와 정의 상관성을 나타내었고, 수리전도도는 모세관공극( $P<0.01$ )과 비모세관공극( $P<0.05$ )고도의 상관성을 보였으나 공극과 수리전도도사이에는 상관성을 찾을 수 없었다. Zeolite는 총공극이 비모세관공극( $P<0.05$ )와 정의 상관성을 나타내었다(김 등, 2009).

이 결과를 통해 재료로 사용된 토양개량제는 혼합상토의 비모세관공극의 변화에 관련이 있으며, 특히 peat와 peatmoss는 토양의 수리전도도를 개선함에 있어 총공극량 보다는 모세관공극과 비모세관공극의 변화에 영향을 받으며, 특히 통기성에 영향을 미치는 비모세관공극에 영향을 많이 받을 수 있었다(안 등, 1992; 김 등, 2009; 한 등b, 2010).

토양개량제의 혼합비율에 따른 물리성 변화여부를 조사하기 위해 토양개량제 별 혼합비율과 토양의 총공극, 용적 밀도 및 수리전도도의 상관관계를 조사하였다(Table 7). Peat는 모세관공극( $P<0.01$ ), 비모세관공극( $P<0.05$ ) 및 수리전도도( $P<0.01$ )에서 통계적 유의성을 보였고, humate는 수리전도도( $P<0.01$ )에서, peatmoss는 모세관공극( $P<0.01$ )과 수리전도도( $P<0.05$ )에서, zeolite는 비모세관공극( $P<0.01$ )과 총공극( $P<0.05$ )에서 통계적 유의성을 나타내었다(한 등a, 2010; 유 등, 2010). 이 결과를 통해 peat와 peatmoss는 토양 모세관공극 및 수리전도도에서, humate는 수리전도도에서, zeolite는 비모세관공극 및 공극에서 개선효과가 있었다.

### 감사의 말씀

이 논문은 농촌진흥청 어젠다 연구과제의 연구비 지원에 의해 연구되었으며, 지원에 감사드립니다.

### 요 약

본 연구는 코스조성에 주로 사용되는 4종의 토양개량제의 혼합비율에 따른 모래상토의 물리화학적 특성변화를 조사한 결과이다. 토양개량제의 혼합비율에 따라 상토의 물리화학을 조사한 결과 peat, humate, peatmoss 및 zeolite는 pH와 CEC에서 고도의 상관성( $P<0.01$ )을 나타내어 토양개량제의 특성에 따라 상토의 토양이화학성에 영향을 주었다. 상토의 토양물리성 결과를 통해 USGA 기준으로 평가할 때, 최적의 혼합비율은 토양개량제 peat, humate 및 peatmoss는 각각 5%, 3%, 7%이고, zeolite에서는 적합한 비율을 찾을 수 없었다. 각 토양개량제들의 혼합에 따른 토양물리성 변화에서 가장 중요한 요인은 비모세관공극은

로 총공극과 수리전도도의 변화에 영향을 미쳤다. 토양개량제의 혼합비율에 따른 토양개선효과를 비교할 때, peat와 peatmoss는 토양 모세관공극 및 수리전도도에서, humate는 수리전도도에서, zeolite는 비모세관공극과 총공극에서 고도의 상관성을 나타내었다( $P<0.05$ ). 이들 결과를 통해 골프코스의 상토조성에 사용되는 토양개량제의 종류와 특성 및 혼합비율이 USGA 상토의 근권층 개량과 토양이화학성에 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다.

**주요어:** 토양개량제, 비모세관공극, 수리전도도

### 참고문헌

1. 강향원, 이인구, 박향미, 고지연, 최정. 1999. 축분 퇴비화시 공기유출율이 암모니아 배출에 미치는 영향. 한토비지 32(3):304-311.
2. 권동영, 이정호, 이동익, 주영규. 2005. USGA 공법으로 조성된 그린의 토양물리성과 Bentgrass의 생육. 한국잔디학회지 19(2):95-102.
3. 김영신, 김택수, 함선규. 2009. 무기성 토양개량제들의 혼합비율에 따른 토양이화학성의 변화. 한국잔디학회지 23(2):271-278.
4. 김계훈, 이승현. 2008. 친환경 자연순환형 농업의 이해와 현실. 한국토양비료학회 2008년도 추계학술 발표회 논문집. p. 39-49.
5. 김민경, 권순익, 정구복, 강성수, 고병구, 이종식, 이택배. 2010. 농업 소유역에서 가축분뇨 액비 시용에 따른 영농형태별 수질환경평가. 2010년 한국토양비료학회 추계학술발표회 논문초록집. p. 97-98.
6. 농업과학기술원. 2000. 토양 및 식물체분석법. 농촌진흥청.
7. 농업과학기술원. 2000. 상토의 표준 분석법. 농촌진흥청.
8. 박백균. 2000. 가축분뇨 자원화와 환경. 토양과 비료 1:32-40.
9. 박준홍, 서영진, 권태영, 최성용, 박소득. 2010a. 작약 연작재배지의 토양 이화학성 및 미생물분포특성. 2010년 한국토양비료학회 추계학술발표회 논문초록집. p. 110.
10. 박진면, 임태준, 강석범, 이인복, 강윤임. 2010b. 둔분 액비관비가 토마토의 수량 및 토양이화학성에 미치는 영향. 한국토양비료학회지 43(5):488-493.
11. 박찬무, 한동식, 황규석, 이용범. 1991. 이용범토양개량제 혼합비율이 Green Topsoil의 물리 화학성에 미치는 영향. 한국잔디학회지 5(2):59-68.
12. 박찬빈, 황규석, 이용범. 1992. 토양개량제 혼합비율이 잔디의 생육 및 품질에 미치는 영향. 한국잔디학회지 6(1):1-10.
13. 안용태, 김성태, 김인섭, 김진원, 김호준, 심규열, 양승원, 이정재, 함선규. 1992. 개정 Golf장 관리의 기본과 실제. 한국잔디연구소.
14. 유진희, 정덕영, 황선용, 이경도, 이상복, 최원영, 하상건, 김

- 시주. 2010. 석고 혼합량에 따른 간척지 토양의 양이온 용탈 및 분포. 한국토양비료학회지 43(5):474-479.
15. 이덕배, 김종구, 이경보, 이상복, 김재직. 2000. 인공제올라이트 처리가 가축분 퇴비의 발효 및 암모니아, 메탄가스 발생에 미치는 영향. 한국토양비료학회지 33(5):361-368.
  16. 이상수, 김성철, 양재의, 옥용식. 2010. 우분 퇴비공장 주변 농경지 및 수계의 계절별 잔류항생물질 모니터링. 한국토양비료학회지 43(5):612-618.
  17. 이영한, 이성태, 김은석, 송원두, 노치웅. 2010. 시설원예작물의 토양관리 및 연작장애 방지대책. 2010년 한국토양비료학회 추계학술발표회 논문초록집. p. 69-86.
  18. 이용환, 이상민, 성좌경, 임영철. 2008. 유기조사료로 이용되고 있는 볏짚의 유기물을 가축분뇨로 대체하자. 토양과비료 34:23-28.
  19. 이종식, 정구복, 김진호, 윤순강, 김원일, 신중두. 2004. 만경강 및 동진강 수계의 BOD에 의한 수질 평가. 한국환경농학회지 23(2):81-84.
  20. 이창호, 옥용식, 윤영만, 김대연, 임우길, 엄기철, 김정규. 2006. 가축분뇨를 원료로 하는 부산물 비료의 부숙화에 따른 물리화학적 특성변화. 한국토양비료학회지 39(4):224-229.
  21. 장기운, 홍주화, 이종진, 한기필, 김남천. 2008. 축분 퇴비의 이화학적 특성과 발아지수를 이용한 부숙도 평가. 한국토양비료학회지 41(2):137-142.
  22. 정광용, 조남준, 정이근. 1998. 가축분뇨 슬러리아엑비 부숙조건별 특성비교. 환경농학회지 17(4):301-305.
  23. 조승희. 2010. 가축분뇨를 이용한 바이오에너지생산 및 자연순환농업활성화 방안. 농촌진흥청 국립축산과학원. p. 147-168.
  24. 조희래, 조현준, 정기열, 유진희, 하상진, 한경화, 전상호, 전형정, 노안성, 임수정, 이진일, 안병구, 김병호, 서영진, 박준홍. 2010. 농경지 토지이용별 토양의 물리적 특성. 2010년 한국토양비료학회 추계학술발표회 논문초록집. p. 139-140.
  25. 주영규. 1993. 유기물의 토양 개량 효과 측정. 한국잔디학회지 7(1):13-18.
  26. 한경화, 하상진, 조희래, 전상호, 전형정. 2010a. 발토양 포화결림에서 입단화도에 따른 유기탄소 및 인 유출 평가. 2010년 한국토양비료학회 추계학술발표회 논문초록집. p. 160.
  27. 한경화, 하상진, 조희래, 전상호, 전형정. 2010b. 왕겨숯 사용에 따른 토양물리성 및 옥수수 생육평가. 2010년 한국토양비료학회 추계학술발표회 논문초록집. p. 158-159.
  28. 함선규, 김영선, 김택수, 김기선, 박치호. 2009. 저농도 SCB 액비의 사용이 크리핑벤트그래스의 생육에 미치는 영향. 한국잔디학회지 23(1):91-100.
  29. 함선규, 김영선, 박치호. 2010. SCB 저농도액비의 사용이 크리핑벤트그래스의 생육에 미치는 영향. 한국잔디학회지 23(1):91-100.
  30. 현병근, 정석재, 손연구, 박찬원, 장용선, 송관철, 김이현, 최은영, 홍석영, 권순익, 장병춘. 2010. 산채류 재배적지 기준설정 방법 간의 비교분석. 한국토양비료학회지 43(5):574-582.
  31. Skerman, A. 2010. 호주의 축산 온실가스 저감 및 에너지 생산연구. 농촌진흥청 국립축산과학원. p. 63-120.
  32. 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.
  33. Ok, C.H., S.H. Anderson, And E.H. Ervin. 2004. Amendments and construction systems for improving the performance of sand-based putting greens. Kor. Turgrass Sci. 18(3):149-163.
  34. Rasmussen, P.E. 2010. 최근 덴마크의 바이오가스 산업발전: 기초연구에서 바이오리파이너리까지. 농촌진흥청 국립축산과학원. p. 123-145.
  35. <http://www.usga.org>, 미국골프협회(USGA).