

동애등애 분변토의 혼합비율에 따른 토양이화학적 특성

김영선¹ · 이상범^{2*} · 함선규¹ · 임혜정¹ · 최영철²

¹에이엠잔디연구소, ²국립농업과학원

Soil Physicochemical Properties by applied with Mixed Ratio Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Casts

Young-sun Kim¹, Sang-beom Lee^{2*}, Suon-kyu Ham¹, Hye-jung Lim¹, and Young-cheol Choi²

¹Turfgrass Research Institute, AMENC Co. Ltd, Incheon, Korea

²National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon, Korea

ABSTRACT. This study was conducted to investigate the effect of the mixture ratio of a soldier fly casts (SFC), compost and cocopeat on the soil physicochemical properties. The mixture ratios of soil amendment were 0%, 3%, 5%, 7% and 10% (V/V) incorporated with sand which met to the USGA particle standard. To analyze the effects of amendments on soil chemical properties, pH and EC were measured. The porosity, capillary porosity, air-filled porosity, bulk density and hydraulic conductivity also measured to analyze the physical properties. Chemical properties were significantly different by mixture ratios of a SFC, compost and cocopeat. Capillary porosity was a factor involved in soil physical properties by blending with a SFC and compost. It was affected on the volume of porosity or hydraulic conductivity. To analyze the correlation of mixture ratio versus to physical characters, the ratios of SFC were significantly different in capillary porosity, air-filled porosity, and hydraulic conductivity. These results indicated that mixing ratios of SFC were affected on soil physicochemical properties such as porosity and hydraulic conductivity of the root zone on the USGA sand green.

Key words: Capillary porosity, Hydraulic conductivity, Soldier fly casts (SFC)

서 론

일반폐기물 중에서 약 13%정도를 차지하는 음식물쓰레기는 약 80%의 수분을 함유하고 있어 부패하기 쉽고, 부패되었을 때 심한 악취가 발생한다(Min et al., 2010; Kim, 2010). 음식물쓰레기의 하루발생량은 2000년 11.4천톤에서 2008년 15.1천톤으로 약 32.5% 증가하여 매년 약 3.6%의 증가를 보였다(Kim, 2010). 이렇게 버려지는 음식물쓰레기의 경제적 가치는 약 18조원이며, 온실가스배출과 악취발생 및 환경오염의 원인이 된다(Kim, 2010).

음식물쓰레기는 2005년 이후 매립이 금지되면서 주로 자원화 사업을 통해 처리되고 있다. Shin et al. (1998)은 음식물쓰레기를 자원화하는 기술로서 사료화, 퇴비화, 메탄화 및 기타 등의 순으로 이뤄지고 있으나 구제역 발생이나 기술력의 부족으로 사료화나 메탄화보다는 퇴비화에 의한 자원화 기술이 필요하다고 하였다. 우리나라의 음식

물쓰레기는 한국인의 음식문화 특성상 소금, 간장 및 된장 등을 많이 사용하여 평균 염분농도가 3.45%로 다른 퇴비원료 들보다 염류가 높아(Jung, 1987) 작물의 생육을 불량하게 하거나 토양염류집적의 원인이 될 수 있으므로(Kim and Kim, 2007; Kim and Jang, 2004), 음식물쓰레기의 퇴비화과정에서 염분 저감을 위한 다양한 방법들이 모색되었으나(Kang et al., 2003; Kim and Jang, 2004) 가장 좋은 처리방법은 음식물쓰레기를 줄이는 방법이다.

음식물쓰레기의 감량화를 위해 가정에 “음식물쓰레기 분리배출제”를 실시하였고, 음식점에 “주문식단체”, “좋은 식단체” 등을 실시하였으나 감량효과는 기대보다 미흡하였고, 최근에는 발생원별 맞춤형 대책과 쓰레기종량제 등의 방안이 검토되고 있다(Kim, 2010; Hong, 2010). 특히, 음식물쓰레기의 감량화에 많이 이용하고 있는 생물은 지렁이로 지렁이를 이용하여 감량화를 조사한 결과, 지렁이에 의한 음식물쓰레기의 처리율은 약 60%정도를 보였다(Hong, 2010).

2012년 이후에는 가축분뇨와 음식물 등과 같은 유기성 폐기물들은 해양투기가 금지되므로 재활용하는 가장 안전하고 보편적인 방법이 퇴비화이다. 최근에는 환경곤충인

*Corresponding author; Tel: +82-31-290-8564

E-mail: lsb3238@korea.kr

Received: April 23, 2011, Revised: May 7, 2011, Accepted: May 20, 2011

아메리카동애등에를 이용하여 음식물쓰레기의 친환경적 처리와 자원재활용(Sheppard et al., 1998; Tingle et al., 1975; Sheppard and Newton, 2000) 및 변태기 사료화(Hale, 1973; Bondari and Sheppard, 1987) 등에 관한 연구가 진행되고 있다. 아메리카 동애등에를 사육과정에서 생성된 분변토는 음식물 퇴비와 동애등에변태기가 혼합된 퇴비이다.

퇴비는 낙엽이나 짚류 등의 재료를 거름으로 사용할 수 있도록 부숙시킨 부산물비료로서(Soil Science Society of America, 1997; Korean Society of Soil Science and Fertilizer, 2001) 토양에 시비되어 통기성, 보수성 및 보비력과 같은 토양의 물리화학적 특성을 변화시킨다(Kim, 1999; Park, 2000). 이렇게 토양의 물리화학적 개량에 효과가 있는 퇴비도 지나치게 남용할 경우 염류집적이 발생하여 작물과 토양에 악영향을 미치게 되므로(Park, 1999) 퇴비의 종류와 작물에 따른 적절한 시비량이 필요하다(Kim and Jung, 2000).

골프장 토양은 모래를 기반으로 하고 있어 보수력과 보비력이 약하므로 다양한 토양개량제를 혼합하여 USGA 규격에 적합한 토양으로 조성하여 관리할 때 좋은 잔디생육과 품질을 유지하게 된다(An et al., 1992; Park et al., 1991; Park et al., 1992; Kwon et al., 2005; Chong and Ok, 2006; Ok et al., 2004). 일반적으로 골프장 토양은 다양한 토양개량제들과 모래를 혼합하여 조성하고 있으며, 토양개량제의 종류와 혼합에 따른 상토의 물리화학적 특성 변화에 대한 연구는 진행된 바 있으나(Kim et al, 2009; Kim et al, 2010) 농가에서 토양의 물리화학적 개량제로 이용하는 부산물비료와 모래를 혼합에 따른 골프장상토의 물리화학적 특성 변화에 대한 연구는 이뤄진 바 없다. 따라서 본 연구는 아메리카 동애등에 사육과정에서 발생한 분변토가 골프장의 토양개량제로서 사용가능성을 평가하기 위해 모래와 혼합비율별 물리화학적 특성을 조사하고자 한다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 모래는 pH 8.5, 전기전도도(Electrical conductivity; EC) 0.1 dS · m⁻¹로 pH는 알칼리성을 나타내었고, 모래의 입경은 1.0~4.0 mm의 입경 분포가 USGA 기준보다 약 3% 정도 높았으나 대부분의 입경분포가 USGA 규격에 적합하여 시험용 모래로 이용하였다(Table 1).

동애등에 분변토(soldier fly cast; SFC)는 4 mm 체를 통과한 것을 이용하였고, 농업적으로 이용이 비슷한 부산물비료를 가지고 비교하였으며, 골프장에서 사용하는 토양개량제는 최근 이용이 증가하고 있는 코코피트를 선정하여 각각의 토양개량제의 특성을 비교하였다(Table 2). 토양개량제의 특성은 pH는 6.2~8.1이고, 전기전도도는 5.5~38.1 dS · m⁻¹이었으며, 유기물함량은 54.8~92.9%로 토양개량제의 종류에 따라 차이를 나타내었다.

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

혼합 상토의 pH, 전기전도도, 용적밀도, 공극률 및 수리전도도를 측정하였으며, 측정방법은 상토의 표준분석법(NIAST, 2000)과 토양 및 식물체분석법(NIAST, 2000)에 준하여 각각 분석하였다. pH와 전기전도도는 풍건된 시료 10 g에 증류수 50 ml을 가하여 진탕 후 pH meter (Orion 720 A+; Thermo)와 EC meter (Orion 3STAR; Thermo)를 사용하여 측정하였고, 수리전도도는 정수위법(constant water head method)으로 분석하였다. 분석된 결과는 Duncan 다중검정을 실시하였고, 토양개량제 혼합에 따른 토양의 물리화학적 특성변화를 확인하기 위해 상관관계를 조사하였다.

Table 1. The particle size distribution and chemical properties of sand.

pH (1:5)	EC (dS · m ⁻¹)	Particle size (%)					
		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
8.5	0.1	0.4	12.8	37.8	40.6	7.3	1.1

Table 2. The properties of soil amendments.

Soil amendment	pH	EC dS/m	W.C ^z	O.M ^y (%)	NaCl	
						O.M/N
SFC	6.5	38.1	17.2	63.0	1.48	18.1
Compost	8.1	5.5	52.9	54.8	0.17	34.7
Cocopeat	6.2	7.4	70.0	92.9	0.15	110.3

^zW.C: Water Content

^yO.M: Organic Matter

Table 3. The mixture of sand and soil amendments.

Sand	Soil amendment (V/V)		
	SFC ^z	Compost	Cocopeat
100%	0%	0%	0%
97%	3%	3%	3%
95%	5%	5%	5%
93%	7%	7%	7%
90%	10%	10%	10%

^zSFC: Soldier fly casts

결과 및 고찰

토양 화학적 특성 변화

토양개량제의 혼합비율별 토양의 pH와 EC를 조사하였다(Table 4). pH는 7.29~8.54로 나타났고, EC는 0.11~1.60 dS·m⁻¹로 조사되어 토양개량제의 혼합비율이 증가할수록 EC는 증가하는 경향을 보였다. 골프코스의 이상적인 이화학적 특성과 비교할 때 대부분 기준에 적합하였으나 SFC를 7% 이상 혼합할 경우에는 높은 전기전도도를 나타내었다(An et al., 1992).

토양개량제의 혼합비율별 토양의 pH와 EC의 상관관계를 조사하였다(Table 5). SFC와 부산물비료는 pH와 95% 수준에서 고도의 상관성을 나타내었고, cocopeat는 유의성을 나타지 않았다. SFC, compost 및 cocopeat는 EC와 99% 수준에서 정의상관성을 보여 토양개량제의 혼합에 따라 EC도 증가하였다. 모든 토양개량제는 토양 pH와 EC의 변화에 영향을 미치고, 이는 Table 2와 Table 5에서 제시한 바와 같이 토양개량제의 화학적 특성이 혼합토양의 화학적 특성에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다(Park et al., 1991; Kim et al., 2009; Kim et al., 2010).

토양 물리적 특성 변화

토양개량제의 혼합비율에 따른 토양의 총공극, 용적밀도 및 수리전도도의 변화는 Table 6과 같다. 모세관공극과 비모세관공극은 각각 20.0~26.8%와 17.1~22.7%를 보여 토양개량제의 종류와 혼합비율에 따라 약간의 차이를 보였고, 총공극량과 용적밀도는 각각 40.5~45.3%와 1.5~1.6 g·mL⁻¹로 조사되어 모든 처리에서 비슷하였으며, 이는 USGA 기준에 적합한 것으로 조사되었다. 토양개량제 종류별 혼합비율에 따른 토양물리적 특성 중 투수계수는 873~1,589 mm·hr⁻¹로 나타났다. Compost와 cocopeat는 개량제의 혼합비율이 증가할수록 투수계수가 감소하는 경향을 나타내었으나, SFC는 증가하는 경향을 보였으며, 모든 처리구에서 모래보다 낮은 수리전도도를 보였다(Kim et al., 2010). 공시토양에서 토양개량제별 상토조성 시 USGA 기준에 적

Table 4. The change of pH and EC by applied with mixed content of soil amendments.

Soil Amendment	Mixture ratio	pH (1:5)	EC (dS·m ⁻¹)
SFC	0%	8.54a ^z	0.11e
	3%	7.86b	0.41d
	5%	7.58bc	1.07b
	7%	7.55bc	0.91c
	10%	7.29c	1.60a
Compost	0%	8.54a	0.11d
	3%	7.61c	0.27c
	5%	8.10b	0.26c
	7%	8.12b	0.40b
	10%	8.36ab	0.61a
Cocopeat	0%	8.54a	0.11e
	3%	8.26b	0.26d
	5%	8.29b	0.29c
	7%	8.11bc	0.40b
	10%	7.94c	0.44a

^zMean by Duncan's multiple range test 5% level.

Table 5. The correlation coefficient between mixture ratio of soil amendment and pH and EC in soil (n=18).

Item	SFC	Compost	Cocopeat
pH	-0.5197*	0.8526**	0.4625
EC	0.9545**	0.9679**	0.9845**

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

합한 효율적인 물리성을 갖는 혼합비율은 찾을 수 없었다.

토양개량제의 혼합에 따른 토양물리성의 변화의 요인을 파악하기 위해 각 토양개량제별 물리성 항목의 상관관계를 조사하였다(Table 7). SFC는 모세관공극이 비모세관공극($P < 0.01$)과 총공극($P < 0.05$) 및 수리전도도($P < 0.01$)에서 고도의 상관성을 나타내어 분변토가 혼합된 상토의 수리전도도가 모세관공극($P < 0.01$)과 총공극공극($P < 0.01$)에 영향을 받고 있음을 확인하였다. Compost는 비모세관공극이 총공극($P < 0.05$), 모세관공극($P < 0.01$) 및 수리전도도($P < 0.05$)와 고도의 상관성을 나타내어 공극의 개선효과가 있었고, SFC와는 달리 비모세관공극이 수리전도도($P < 0.01$)의 변화에 영향을 미쳤다. Cocopeat는 모세관공극이 비모세관공극($P < 0.01$)과 부의 상관성을 나타내었고, 수리전도도는 다른 항목들 사이에는 상관성을 찾을 수 없었다.

이 결과를 통해 재료로 사용된 토양개량제는 혼합상토의 모세관공극은 비모세관공극과 부의 상관성을 나타내었고, 토양의 수리전도도를 개선함에 있어 SFC는 각각 모

Table 6. Mean physical properties of soil treated by three soil amendments and five different ratio mixture.

Soil amendment	Mixture ratio	Capillary porosity	Air-filled porosity	Total porosity	Bulk density	Hydraulic conductivity
		%			g · ml ⁻¹	mm · hr ⁻¹
SFC	0%	23.3a ^z	18.3a	41.6a	1.55a	1,589a
	3%	20.6a	20.0a	40.7a	1.57a	1,156d
	5%	22.0a	18.6a	40.6a	1.58a	1,210cd
	7%	23.2a	19.7a	42.9a	1.51a	1,483ab
	10%	22.6a	19.4a	42.0a	1.54a	1,334bc
Compost	0%	23.3a	18.3b	41.6cd	1.55ab	1,589a
	3%	20.0a	20.6ab	40.5d	1.58a	1,460ab
	5%	21.9a	21.1ab	43.0bc	1.51bc	1,411ab
	7%	23.9a	21.3ab	45.1ab	1.45cd	1,521a
	10%	22.7a	22.7a	45.3a	1.45d	1,127b
Cocopeat	0%	23.3ab	18.3ab	41.6b	1.55a	1,589a
	3%	22.3b	21.0a	43.4a	1.50b	1,372b
	5%	23.4ab	20.5ab	43.9a	1.49b	1,284b
	7%	24.1ab	19.6ab	43.6a	1.49b	1,376b
	10%	26.8a	17.1b	43.9a	1.49b	874b
UGSA standard		15-30	15-25	35-55	-	150-300 300-600 ^y

^zMean by Duncan's multiple range test 5% level.

^yApplied by hydraulic conductivity of accelerated range (USGA green specification)

Table 7. The correlation coefficient among physical factors in root zone mixed soil amendments (n=18).

Soil Amendment	Item	Capillary porosity (%)	Air-filled porosity (%)	Total porosity (%)	Hydraulic conductivity (mm · hr ⁻¹)
SFC	Capillary porosity (%)	1.0000**			
	Air-filled porosity (%)	-0.7209**	1.0000**		
	Total porosity (%)	0.4734*	0.2691	1.0000**	
	Hydraulic conductivity (mm · hr ⁻¹)	0.7551**	-0.3826	0.5632**	1.0000**
Compost	Capillary porosity (%)	1.0000**			
	Air-filled porosity (%)	-0.5342*	1.0000**		
	Total porosity (%)	0.5105*	0.4542*	1.0000**	
	Hydraulic conductivity (mm · hr ⁻¹)	0.3590	-0.6643**	-0.2973	1.0000**
Cocopeat	Capillary porosity (%)	1.0000**			
	Air-filled porosity (%)	-0.8945**	1.0000**		
	Total porosity (%)	0.4026	0.0492	1.0000**	
	Hydraulic conductivity (mm · hr ⁻¹)	0.2303	-0.3514	-0.2051	1.0000**

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

세관공극에 의해 compost는 비모세관공극에 의해 영향을 많이 받음을 확인할 수 있었다(An et al., 1992; Kim et al., 2009).

토양개량제의 혼합비율에 따른 물리성 변화여부를 조사

하기위해 토양개량제 별 혼합비율과 토양의 총공극, 용적 밀도 및 수리전도도의 상관관계를 조사하였다(Table 8). SFC는 모세관공극($P < 0.01$), 총공극($P < 0.05$) 및 용적밀도 ($P < 0.05$)에서, compost는 모세관공극($P < 0.01$), 모세관공극

Table 8. The corelation coefficient between mixture ratio of soil amendment and soil physical factors (n=18).

Item	SFC	Compost	Cocopeat
Capillary porosity	0.7640**	0.6213**	0.8995**
Air-filled porosity	-0.0649	0.5985*	-0.8744**
Total porosity	0.4829*	0.8567**	0.2459
Bulk density	-0.4829*	-0.8567**	-0.2459
Hydraulic conductivity	0.5574*	-0.6029**	-0.0953

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

($P < 0.05$), 총공극($P < 0.01$), 용적밀도($P < 0.01$) 및 수리전도도($P < 0.01$)에서, cocopeat는 모세관공극($P < 0.01$)과 모세관공극($P < 0.01$)에서 통계적 유의성을 나타내었다(Yoo et al., 2010). 이 결과를 통해 SFC, compost 및 cocopeat는 모세관공극에서 개선효과가 있었고, SFC는 총공극과 수리전도도의 개선을 보였다.

요 약

본 연구는 아메리카동애등에 사육과정에서 발생한 분변토(SFC)가 골프장의 토양개량제로서 사용가능성을 평가하기 위해 모래와 혼합비율별 물리화학적 성을 조사하고자 한다. 토양개량제의 혼합비율에 따라 상토의 물리화학적 성을 조사한 결과는 다음과 같다. SFC, compost 및 cocopeat는 pH와 EC에서 고도의 정의 상관성($P < 0.01$)을 나타내어 토양개량제의 특성에 따라 상토의 토양화학적 성에 영향을 주었다. SFC와 compost의 혼합에 따른 토양물리성 변화에서 가장 중요한 요인은 모세관공극으로 총공극이나 수리전도도의 변화에 영향을 미쳤다. 토양개량제의 혼합비율에 따른 토양개선효과를 비교할 때, SFC는 모세관공극, 총공극 및 수리전도도에서, compost는 모세관공극, 비모세관공극, 총공극 및 수리전도도에서, cocopeat는 모세관공극과 비모세관공극에서 고도의 상관성을 나타내었다($P < 0.05$). 이들 결과를 통해 토양개량제의 종류와 특성 및 혼합비율이 USGA 상토의 근권층 개량과 토양 이화학성에 영향을 미치고 있음을 알 수 있으며, 본 실험조건에서는 SFC는 상토의 공극과 수리전도도의 개선효과를 보였다.

주요어: 모세관공극, 수리전도도, 아메리카동애등에 분변토

감사의 말

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ0068932011)의 “동애등에 유래 변환산물 이용기술 개발”(PJ006893022011)과제의 지원에 의

해 이루어졌습니다.

참고문헌

An, Y.T., S.T. Kim, I.S. Kim, J.W. Kim, H.J. Kim, K.Y. Shim, S.W. Yang, J.J. Lee, S.K. Ham. 1992. Standard and practice for management in golf course. KTRI.

Bondari, K. and D.C. Sheppard. 1987. Soldier fly, *Hermetia illucens* L., larvae as feed for channel catfish, *Ictalurus punctatus* Rafinesque, and blue tilapia, *Oreochromis aureus* (Steindachner). Aquaculture and Fisheries Mgt. 18:209-220.

Chong, S.K. and C.H. Ok. 2006. Effect of rootzone mixes amended with crumb rubber on the physical properties. Kor. Turfgrass Sci, 20(1):83-91.

Hong, S.Y. 2010. The measured rate system of food residuals and resources evaluation. J. of KORRA. 18(4):20-29.

Hale, O.M. 1973. Dried *Hermetia illucens* larvae (Diptera: Stratiomyidae) as feed additive for poultry. J. Ga. Entomol. 8:16-20.

Joo, Y.K. 1993. The measurement of soil conditioning effects of organic materials. Kor. Turfgrass Sci. 7(1):13-18.

Jung, K.R. 1987. A survey on the sodium chloride content of common restaurant meal in Seoul area. Korean J. Food Sci. Technol. 19(6):475-479.

Kang, C.M., B.M. Kim., and I.H. Jung. 2003. The study of efficient treatment conditions on the composting of foodwaste. J. of KORRA. 11(2):117-124.

Kim, J.G., K.B. Lee, S.B. Lee, D.B. Lee, and S.J. Kim. 1999. The effect of long-term application of different organic material sources on chemical properties of upland soil. Korean J. Soil Sci. Fert. 32(3):239-253.

Kim, J.G. and K.Y. Jung. 2000. Amount of maximum compost application on the long-term application with different organic material sources in upland soil. Korean J. Soil Sci. Fert. 33(3):182-192.

Kim, N.C. and B.M. Jang. 2004. Sodium chloride decomposing method in food waste compost using triple salt. J. of KORRA. 12(3):86-94.

Kim, S.H. 2010. Recently policy and progress for decreasing food wastes. J. of KORRA. 18(4):13-19.

Kim, Y.S., and B.T. Kim. 2007. Effect of food-waste and poultry manure compost on the growth of young radish and change of soil properties. J. of KORRA. 15(1):159-168.

Kim, Y.S., T.S. Kim, and S.K. Ham. 2009. The change of soil physicochemical properties by mixture ratio of inorganic soil amendments. Kor. Turfgrass Sci. 23(2):271-278.

Kim, Y.S., S.K. Ham, and H.J. Lim. 2010. Change of soil

- physicochemical properties by mixed ratio of 4 types of soil amendments used in golf course. *Kor. Turfgrass Sci.* 24(2):205-210.
- Korean Society of Soil Science and Fertilizer. 2001. Glossary of soil science and fertilizer terms. Korean Society of Soil Science and Fertilizer.
- Kwon, D.Y., J.H. Lee, D.I. Lee, and Y.K. Joo. 2005. Turfgrass establishment of USGA putting greens related with soil physical properties. *Kor. Turfgrass Sci.* 19(2):95-102.
- Min, B.H., C.K. Jung, J.M. Kim, D.L. Min, S.H. Lim, C.Y. Lee, and H.J. Kim. 2010. A study on the new MBT management system with variations of MSW's seasonal emission characteristics. *J. of KORRA.* 18(4):54-63.
- NIAST. 2000. The analysis of soil and plant. NIAST.
- NIAST. 2000. The analysis of soil. NIAST.
- Ok, C.H., S.H. Anderson, And E.H. Ervin. 2004. Amendments and construction systems ofr improving the performance of sand-based putting greens. *Kor. Turgrass Sci.* 18(3):149-163.
- Park C.B., K.S. Hwang, and Y.B. Lee. 1992. Effects of source and mixing ratio of green topsoil on growth-quality of creeping bentgrass. *Kor. Turfgrass Sci.* 6(1):1-10.
- Park, C.M., D.S. Han, K.S. Hwang, and Y.B. Lee. 1991. Effects of source and mixing ratio of topsoil on physico-chemical properties of green. *Kor. Turfgrass Sci.* 5(2):59-68.
- Park, C.S. 1999. The compost believed as the tonic medicine of the agricultural soil may also the hemlock if used excessively. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 32(1):90-94.
- Park, C.Y., J. Choi, K.D. Park, W.T. Jeon, H.Y. Kwon, and U.G. Kang. 2000. Change of physical properties on long - term fertilization of compost and silicate in paddy soils. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 33(3):175-181.
- Ryu, J.H., D.Y. Jung, S.W. Hwang, K.D. Lee, S.B. Lee, W.Y. Choi, S.K. Ha, and S.J. Kim. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 43(5):474-479.
- Sheppard, D.C., G.L. Newton, S. Thompson, J. Davis, G. Gascho and K. Bramwe.. 1998. Using soldier flies and a manure management tool fore volume deduction, house fly control and reduction, house fly control and feed stuff production, In G-wen roland (de.), Sustainable Agriculture Resear ch and Education, Southern Region, 1998.
- Sheppard, D.C. and G.L. Newton. 2000. Valuable by products of a manure management system using the black soldier fly-a literature review with some current results. Proceedings, 8th International Symposium-Animal, Agricultural and Rood Processing Wasteds, 9-11 October 2000. Des Monies, IA, American Soociety of Agricultural engineering, St. Joseph, MI.
- Sin, H.S. E.J. Hwang, and C.S. Gee. 1998. Food residuals management in Korea. *J. of KORRA.* 6(2):1-6.
- Soil Science Society of America. 1997. Glossary of soil science terms. Soil Science Society of America.
- Tingle, F.C., E.R. Mitchell and W.W. Copeland. 1975. The soldier fly, *Hermetia illucens* in poultry housed in north central Florida. *J. Ga. Entomol. Soc.* 10:179-183.