

Weed & Turfgrass Science was renamed from both formerly Korean Journal of Weed Science from Volume 32(3), 2012, and formerly Korean Journal of Turfgrass Science from Volume 25(1), 2011 and Asian Journal of Turfgrass Science from Volume 26(2), 2012 which were launched by The Korean Society of Weed Science and The Turfgrass Society of Korea found in 1981 and 1987, respectively.

## 동애등에분변토와 코코피트가 혼합된 토양개량제가 모래의 이화학적성에 미치는 영향

김영선<sup>1</sup> · 이상범<sup>2\*</sup> · 함선규<sup>3</sup> · 임혜정<sup>4</sup> · 최영철<sup>2</sup> · 박관호<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>효성오앤비(주), <sup>2</sup>국립농업과학원, <sup>3</sup>대정골프엔지니어링, <sup>4</sup>대준아그로텍

### Effects of Soil Amendment Blended with Soldier Fly Casts and Coco Peat on Physicochemical Properties of Sand Soil

Young-sun Kim<sup>1</sup>, Sang-beom Lee<sup>2\*</sup>, Suon-kyu Ham<sup>3</sup>, Hye-jung Lim<sup>4</sup>, Young-cheol Choi<sup>2</sup>, and Kwan-ho Park<sup>2</sup>

<sup>1</sup>HyosungO&B Co. Ltd, Daejeon 305-811, Korea

<sup>2</sup>National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-707, Korea

<sup>3</sup>Daejung-golf Engineering Co. Ltd, Hwasung 449-881, Korea

<sup>4</sup>Taejun Agrotech Co., Ltd, Seongnam-Si 462-120, Korea

**ABSTRACT.** This study was conducted to evaluate the effects of the mixture ratio of soil amendments blended with coco peat (Coco) and American soldier fly cast (SFC) on the physicochemical properties on the sand green. pH and EC of soil were significantly related to mixture ratio of SFC, Mix1, Mix2 and Mix3. Capillary porosity, air-capillary porosity and total porosity of root zone mixed SFC, Coco, Mix1, Mix2 and Mix3 were met to the USGA green specification. The mixture ratios of Mix1 and Mix2 in root zone were positively related capillary porosity and total porosity, and air-capillary porosity was negatively related capillary porosity and hydraulic conductivity. Capillary porosity of Mix1, Mix2 and Mix3 blended SFC and Coco was affected by SFC and Coco, and total porosity by Coco. These results showed that soil amendments blended SFC and Coco was developed capillary porosity and hydraulic conductivity on the USGA sand green than these of SFC.

**Key words:** American soldier fly cast, capillary porosity, total porosity

Received on February 20, 2014; Revised on March 25, 2014; Accepted on June 16, 2014

\*Corresponding author: Phone) +82-31-290-0294, Fax) +31-290-8543; E-mail) lsb3238@korea.kr

© 2014 The Korean Society of Weed Science and The Turfgrass Society of Korea

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License & #160; (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, & #160; and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 서 론

지속가능하고 환경을 보호하기 위한 농업에서 시작되었던 친환경의 개념은 이제 농업을 넘어 산업의 전반에 사용되고 있다. 삶의 질이 향상되고, 골프가 대중화되면서 골퍼들은 고품질의 잔디와 안전한 잔디관리를 요구하고 있고, 지역사회와 소통하며 환경을 보호하는 골프장운영을 요구하고 있다. 최근 이러한 사회적 요구들을 반영하듯 친환경적인 골프장 설계 및 시공, 골프코스 관리 및 자원의 재활용, 그리고 지역사회와의 소통 및 교류에 대한 관심이 증가하고 있다(Nick, 2005; Joo, 2006).

골프장에서 주로 발생하는 유기자원으로는 잔디예취물과 식당에서 발생하는 음식물 등이 있다. 잔디예취물은 녹비나 퇴비의 원료로 사용이 가능하며, 퇴비화하여 사용하는 경우 식물생육에도 안전하다(Ha et al., 2005). 골프장의 음식물쓰레기는 식당에서 조리과정이나 먹고 남은 음식물이 약 87%로 대부분을 차지한다(Kim, 2010). 음식물의 재활용방법은 사료화, 메탄화 및 퇴비화 등이 제안되었으나 가장 안전한 방법은 퇴비화하여 토양에 환원하는 방법이다(Shin et al., 1998). 그러나 한국의 음식에는 조리과정에서 염분을 많이 사용하기 때문에 다른 퇴비원료보다 염분이 높은 편이므로(Jung, 1987) 지나치게 연용하는

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

pH (1:5)	EC dS m <sup>-1</sup>	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
7.42	0.46	-	-	3.6	25.3	66.2	5.0

경우 염류집적으로 작물생육이 악화될 수 있다(Kim and Jung, 2004; Kim and Kim, 2007).

음식물쓰레기를 친환경적으로 처리하여 재활용하는데 가장 많이 이용되는 동물은 지렁이이며, 약 65%의 처리율을 나타낸다(Hong, 2010). 최근에는 환경근충인 아메리카 동애등애(*Hermetia illucens*)를 이용하여 음식물쓰레기처리와 재활용 및 사료화 등에 이용되고 있다(Hale, 1973; Tingle et al., 1975; Bondari and Sheppard, 1987; Sheppard et al., 1998; Sheppard and Newton, 2000). 특히, 아메리카동애등을 통해 음식물쓰레기를 처리하는 과정에서 생성되는 부산물인 분변토(이하 동애등애분변토, soldier fly casts (SFC))는 음식물발효물질과 동애등애번데기가 혼합된 퇴비이다.

일반적으로 부산물비료인 퇴비는 토양의 물리화학적 특성을 개선하거나 양분을 공급하는 역할을 한다(Kim et al., 1999; Park et al., 2000). 이러한 특성을 가진 동애등애분변토를 골프장의 잔디관리에 이용하고자 하는 연구가 진행되어왔다. 농업에서 토양의 물리화학적 개량제로 이용하는 부산물비료와 아메리카동애등애 사육과정에서 발생한 분변토를 모래와 혼합하여 물리화학적 변화를 조사하여 아메리카 동애등애 분변토가 골프장상토의 토양개량제로서의 가능성을 확인하였다(Kim et al., 2011). 동애등애분변토를 토양개량제로서 모래와 혼합한 모래상토에 한국잔디를 식재하여 재배하였을 때, 토양의 보비력과 양분 유효도가 증가하여 잔디의 지상부와 지하부의 생육과 품질이 향상되는 결과를 보였다(Lee et al., 2013).

골프장 토양은 한번 조성하면 농경지토양처럼 쉽게 개간을 하거나 경운을 할 수 없으므로 오랫동안 토양개량제가 가지고 있는 특성을 조성초기와 같이 유지하는 것이 매우 중요하다. 비록 동애등애분변토가 토양물리성과 잔디품질향상에 효과가 있으나 발효원료물질이 토양 중에서 쉽게 분해되거나 부서지는 음식물과 곤충번데기라는 점을 고려할 때, 조성 후 시간이 경과하면 토양 중에서 쉽게 분해되거나 담압 등에 의해 조성초기에 갖고 있던 토양개량제의 특성을 잃어버리게 되어 모래상토의 특성이 사라지게 될 수 있다. 그러므로 동애등애분변토를 모래상토의 토양개량제로 사용하기 위해서는 토양 중에서 쉽게 분해되지 않는 토양개량제와 혼합하여 토양개량제로서의 단점을 보완할 필요가 있다.

따라서 본 연구는 동애등애분변토의 단점을 보완하기

위해 골프장에서 많이 사용되는 코코피트와 동애등애분변토를 혼합하여 생산한 세 종류의 혼합동애등애분변토 (soldier fly casts mixed with cocopeat; Mix)를 모래와 혼합하여 모래상토의 물리화학적 특성을 조사하고, 토양개량제로서의 가능성을 평가하였다.

## 재료 및 방법

### 공시재료

본 연구에 사용된 모래는 pH 7.42, 전기전도도(Electrical conductivity: EC) 0.46 dS m<sup>-1</sup>로 pH는 알카리성을 나타내었고, 공시모래의 입경 분포는 USGA 규격에 적합하여 시험용 모래로 이용하였다(Table 1).

동애등애분변토(SFC; soldier fly cast)는 국립농업과학원에서 음식물을 이용하여 아메리카동애등애를 사육하여 얻어진 분변토를 공여받아 이용하였고, 균일한 입자크기를 갖도록 4 mm 체를 통과한 것을 이용하였으며, 코코피트는 골프장의 상토조성에 이용되는 것 중에서 입자가 균일한 것을 이용하였다(Table 2). 토양개량제의 특성은 동애등애분변토와 코코피트의 pH는 각각 8.1과 5.97이고, 전기전도도는 5.5와 3.5 dS m<sup>-1</sup>이었으며, 유기물함량은 54.8%와 88.4%로 토양개량제의 종류에 따라 차이를 나타내었다.

**Table 2.** The properties of soil amendments.

Soil amendment <sup>a</sup>	pH (1:5)	EC dS m <sup>-1</sup>	W.C <sup>a</sup> (%)	O.M <sup>c</sup>	Bulk density (g cm <sup>-3</sup> )
SFC	6.5	38.1	17.2	63.0	0.32
Coco peat	5.5	3.5	31.0	88.4	0.19
Mix1 (25% SFC + 75% Coco)	5.6	5.3	24.8	59.0	0.21
Mix2 (50% SFC + 50% Coco)	5.4	7.8	20.3	45.9	0.24
Mix3 (75% SFC + 25% Coco)	5.7	9.4	14.8	78.9	0.27

<sup>a</sup>Soil amendments were used 5 type. Coco: coco peat; SFC: soldier fly cast; Mix1: SFC 75% + Coco 25%; Mix2: SFC 50% + Coco 50%; SFC 25% + Coco 75%.

<sup>b</sup>W.C: Water Content

<sup>c</sup>O.M: Organic Matter

**Table 3.** The composition of sand and soil amendments for experiment.

Sand	Soil amendment <sup>a</sup> (V/V)				
	SFC <sup>z</sup>	Coco	Mix1	Mix2	Mix3
100%	0%	0%	0%	0%	0%
97%	3%	3%	3%	3%	3%
95%	5%	5%	5%	5%	5%
93%	7%	7%	7%	7%	7%
90%	10%	10%	10%	10%	10%

<sup>a</sup>Soil amendments were used 5 type. Coco: cocopeat; SFC: soldier fly cast; Mix1: SFC 75% + Coco 25%; Mix2: SFC 50% + Coco 50%; Mix3: SFC 25% + Coco 75%.

**시험방법**

시험용 상토를 만들기 위해 105°C에서 6시간 동안 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 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, 1998)과 토양 및 식물체분석법(NIAST, 1998)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. 각각의 분석된 결과는 SPSS 12.1.1을 이용하여 Duncan 다중검정을 실시하였고, 토양개량제 혼합에 따른 토양의 물리화학적 특성변화를 확인하기 위해 Excel 2003 (MS office 2003, Microsoft)을 이용하여 상관관계를 조사하였다.

**결과 및 고찰**

**토양개량제 혼합에 따른 토양의 화학적 특성 변화**

토양개량제의 혼합비율별 토양의 pH와 EC를 조사하였다(Table 4). pH는 6.83~8.07이었고, EC는 0.44~1.16 dS m<sup>-1</sup>로 조사되어 토양개량제의 종류와 혼합비율에 따라 다르게 나타났다. 골프코스의 이상적인 이화학적성과 비교할 때, pH는 기준보다 다소 높고, EC는 대체적으로 기준에 적합하였으며, 혼합비율이 증가할수록 pH는 감소하였으나 EC는 증가하는 경향을 보였다(An et al., 1992).

토양개량제의 혼합량에 따른 토양화학성의 변화를 확인하기 위해 토양개량제 혼합량과 토양화학성(pH, EC)의 상

**Table 4.** The change of pH and EC by the various amendments types and their mixture ratio in the sand.

Soil amendment <sup>a</sup>	Mixture ratio with sand	pH (1:5)	EC (dS m <sup>-1</sup> )
SFC	0%	7.42 d <sup>b</sup>	0.46 e
	3%	8.04 a	0.54 d
	5%	7.81 b	0.78 c
	7%	7.66 c	0.94 b
	10%	7.60 c	0.98 a
Coco	0%	7.42 d	0.46 ab
	3%	7.71 c	0.44 b
	5%	7.89 b	0.49 a
	7%	8.07 a	0.49 ab
	10%	7.73 c	0.45 ab
Mix1	0%	7.42 b	0.46 d
	3%	7.65 a	0.46 d
	5%	7.49 b	0.49 c
	7%	7.14 c	0.54 b
	10%	6.90 d	0.68 a
Mix2	0%	7.42 a	0.46 e
	3%	7.42 a	0.58 d
	5%	7.37 a	0.67 c
	7%	7.03 b	0.71 b
	10%	6.83 c	0.78 a
Mix3	0%	7.42 a	0.46 e
	3%	7.19 b	0.82 d
	5%	7.43 a	1.02 b
	7%	7.28 ab	0.93 c
	10%	7.28 ab	1.16 a

<sup>a</sup>Soil amendments were used 5 type. Coco: cocopeat; SFC: soldier fly cast; Mix1: SFC 75% + Coco 25%; Mix2: SFC 50% + Coco 50%; Mix3: SFC 25% + Coco 75%.

<sup>b</sup>Mean by Duncan's multiple range test 5% level.

관계를 조사하였다(Table 4). SFC, Mix1 및 Mix2에서 토양과의 혼합량에 따라 pH는 99%수준에서 부의 상관성을 나타내었고, SFC, Mix1, Mix2 및 Mix3는 EC와 99% 수준에서 정의 상관성을 보여 토양개량제의 혼합에 따라 pH는 알칼리화 되었고, EC는 증가하였다. 동애등에분변토는 음식물원료를 포함하고 있어 염류가 높기 때문에 혼합되는 비율에 따라 모래상토의 EC가 증가하는 것으로 보이며(Kim et al., 2011), Mix1, Mix2 및 Mix3 동애등에분변토가 혼합되어 있어 토양의 염류변화에 영향을 주는 것으로 판단된다. Coco는 Kim et al.(2011)의 보고와 같이 pH는 혼합비율에 영향을 미치지 않았으나 EC는 이전과의

**Table 5.** The correlation between the ratios blended five soil amendments and soil chemical parameters such as pH and EC in sand soil.

Item	Soil amendment <sup>a</sup>				
	SFC <sup>a</sup>	Coco	Mix1	Mix2	Mix3
pH	-0.8112**	-0.0523	-0.9606**	-0.9380**	0.0520
EC	0.8607**	-0.0247	0.9863**	0.9685**	0.8587**

<sup>a</sup>Soil amendments were used 5 type. Coco: coco peat; SFC: soldier fly cast; Mix1: SFC 75% + Coco 25%; Mix2: SFC 50% + Coco 50%; Mix 3: SFC 25% + Coco 75%.

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

결과와 다른 결과를 보였다. 이러한 결과들은 토양개량제에서 동애등에분변토가 혼합된 양에 따라 토양개량제의 pH와 EC 변화에 영향을 미치고(Table 2), 토양개량제의 화학적 특성이 토양개량제의 종류와 혼합비율에 따라 모래상토의 화학적 특성변화에 영향을 미치기 때문이다(Park et al., 1991; Kim et al., 2009; Kim et al., 2010).

#### 토양개량제 혼합에 따른 토양의 물리적 특성 변화

토양개량제의 혼합비율에 따른 토양의 총공극, 용적밀도 및 수리전도도의 변화는 Table 6과 같다. 모세관공극과 비모세관공극은 각각 21.6~29.2%와 18.3~22.0%를 보여 토양개량제의 종류와 혼합비율에 따라 약간의 차이를 보였고, 총공극량과 용적밀도는 각각 43.6~48.1%와 1.37~1.50 g ml<sup>-1</sup>로 조사되어 모든 처리에서 비슷하였으며, USGA 기준에 적합하였다. 수리전도도는 698~1,876 mm hr<sup>-1</sup>로 조사되었고, SFC는 혼합비율이 증가할수록 수리전도도도 증가하는 경향을 보였고, Coco와 Mix2는 혼합비율이 증가할수록 수리전도도는 감소하는 경향을 보였으며, Mix1와 Mix3은 경향을 보이지 않았다. SFC와 Coco는 모래보다 높은 수리전도도를 보여 Kim et al. (2011)과 동일한 결과를 보였고, Mix1, Mix2 및 Mix3은 모래보다 낮은 수리전도도를 나타내었다. 공시토양에서 토양개량제별 상토 조성 시 USGA 기준을 모두 만족하는 혼합비율은 찾을 수 없었다. SFC와 Coco의 혼합에 의해 모세관공극, 비모세관공극 및 총공극은 차이는 있으나 비슷한 결과를 보여 공극의 변화에 미치는 영향은 적었다. 그러나 SFC와 Coco를 단독으로 조성한 토양의 수리전도도보다 SFC와 Coco를 혼합하여 Mix1~3로 조성한 모래상토의 수리전도도가 감소하여 SFC와 Coco의 혼합으로 토양의 배수성을 개선되었다(Table 6).

토양개량제의 혼합량에 따라 각각의 토양개량제가 모래상토의 토양물리성 변화에 미치는 영향을 평가하기 위해 토양개량제 혼합비율과 토양물리적 요인들 사이의 상관관

**Table 6.** The change of physical properties by the various amendments types and their mixture ratio in the sand.

Soil Amendment <sup>a</sup>	Mixture ratio with sand	Capillary porosity	Air-filled porosity	Total porosity	Bulk density	Hydraulic conductivity
		%			g ml <sup>-1</sup>	mm hr <sup>-1</sup>
SFC	0%	21.6 d <sup>b</sup>	22.0 a	43.6 c	1.50 a	1,417 b
	3%	23.9 c	21.1 b	45.0 bc	1.46 ab	1,567 b
	5%	25.3 b	21.5 c	46.8 ab	1.41 cd	1,777 a
	7%	26.1 ab	22.0 a	48.1 a	1.38 d	1,854 a
	10%	27.0 a	19.5 d	46.5 ab	1.42 cd	1,876 a
Coco-peat	0%	21.6 d	22.0 a	43.6 c	1.50 a	1,417 d
	3%	25.8 c	20.2 b	46.0 b	1.43 ab	1,727 c
	5%	25.9 c	20.7 b	46.6 ab	1.41 b	1,642 c
	7%	28.1 b	19.2 c	47.3 ab	1.40 bc	1,909 a
	10%	29.2 a	18.9 d	48.1 a	1.37 c	1,824 ab
Mix1	0%	21.6 d	22.0 a	43.6 b	1.50 a	1,417 b
	3%	25.0 c	20.5 b	45.4 ab	1.45 ab	1,654 a
	5%	25.0 c	19.1 c	44.1 b	1.48 ab	1,470 b
	7%	26.0 b	18.3 d	44.3 b	1.48 ab	1,137 c
	10%	27.8 a	19.1 c	46.9 a	1.41 b	1,283 bc
Mix2	0%	21.6 d	22.0 a	43.6 b	1.50 a	1,417 a
	3%	23.6 c	21.4 c	45.0 ab	1.46 ab	1,080 b
	5%	25.5 a	19.7 d	45.2 ab	1.45 b	1,277 a
	7%	25.3 a	21.2 c	46.5 a	1.42 b	944 b
	10%	24.5 b	21.8 b	46.3 a	1.42 b	698 c
Mix3	0%	21.6 c	22.0 a	43.6 d	1.50 a	1,417 a
	3%	21.8 c	22.4 a	44.3 cd	1.48 ab	869 c
	5%	24.2 b	21.0 a	45.2 bc	1.45 bc	1,134 b
	7%	24.0 b	22.4 a	46.5 ab	1.42 cd	845 c
	10%	26.2 a	21.0 a	47.2 a	1.40 d	1,003 bc
UGSA standard		15-30	15-25	35-55	-	150-300 300-600 <sup>c</sup>

<sup>a</sup>Soil amendments were used 5 type. Coco: cocopeat; SFC: soldier fly cast; Mix1: SFC 75% + Coco 25%; Mix2: SFC 50% + Coco 50%; Mix3: SFC 25% + Coco 75%.

<sup>b</sup>Mean by Duncan's multiple range test 5% level.

<sup>c</sup>Applied by hydraulic conductivity of accelerated range (USGA green specification).

계를 조사하였다(Table 7). SFC는 모세관공극( $P < 0.01$ ), 비모세관공극( $P < 0.05$ ) 및 수리전도도( $P < 0.05$ )에서, Coco는 모세관공극( $P < 0.01$ ), 비모세관공극( $P < 0.01$ ), 총공극( $P < 0.01$ ) 및 용적밀도( $P < 0.01$ )에서, Mix1은 모세관공극( $P < 0.01$ )과 총공극( $P < 0.05$ ), 용적밀도( $P < 0.05$ ) 및 수리전도도( $P < 0.05$ )에서, Mix2는 총공극( $P < 0.05$ )과 용적밀도( $P < 0.05$ ) 수리전도도( $P < 0.01$ )에서, Mix3는 모세관공극( $P < 0.01$ )과 총공극

**Table 7.** The correlation between the ratios blended five soil amendments and soil five physical parameters in sand soil.

Soil amendment <sup>a</sup> Item	SFC	Coco	Mix1	Mix2	Mix3
Capillary porosity	0.8471**	0.9210**	0.9532**	0.1651	0.9003**
Air-filled porosity	-0.5308*	-0.6769**	-0.3601	0.3651	-0.4150
Total porosity	0.2587	0.8837**	0.5420*	0.6067*	0.8921**
Bulk density	-0.2587	-0.8837**	-0.5420*	-0.6067*	-0.8921**
Hydraulic conductivity	0.6459*	0.4646	-0.6111*	-0.7854**	0.1233

<sup>a</sup>Soil amendments were used 5 type. Coco: cocopeat; SFC: soldier fly cast; Mix1: SaFC 75% + Coco 25%; Mix2: SFC 50% + Coco 50%; Mix3: SFC 25% + Coco 75%.

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

( $P < 0.01$ ) 및 용적밀도( $P < 0.01$ )에서 통계적 유의성을 나타내었다. SFC는 혼합비율이 증가할수록 모세관공극이 증가하고, 비모세관공극이 감소하여 토양의 수리전도도를 증가되었으며, 코코피트는 혼합비율이 증가할수록 모세관공극과 토양공극이 증가하였다(Kim et al., 2011). 이를 통해 SFC를 단독으로 사용하였을 때, 토양의 총공극을 개선하는 효과보다 SFC와 Coco가 혼합된 Mix1, Mix2 및 Mix3에서 총공극의 개선효과가 나타났고, 이는 총공극의 개선

효과가 있는 Coco가 SFC에 혼합되어 Mix1~3처리구에서 토양개량효과를 나타낸 것을 알 수 있었다(Table 7).

토양개량제의 혼합에 따른 토양물리성의 변화의 요인 및 상호작용을 확인하기 위해 각 토양개량제처리구별 모래상토의 물리성 항목들 사이의 상관관계를 조사하였다(Table 8). SFC는 모세관공극이 총공극( $P < 0.05$ ) 및 수리전도도( $P < 0.01$ )에서 상관성을 나타내어 SFC가 혼합된 상토의 수리전도도는 모세관공극( $P < 0.01$ )과 총공극공극( $P < 0.01$ )

**Table 8.** The correlation among physical factors in sand soil blended respective soil amendments (n=13).

Soil Amendment <sup>a</sup>	Item	Capillary porosity	Air-filled porosity	Total porosity	Hydraulic conductivity
SFC	Capillary porosity	1.0000**	-0.2228	0.6278*	0.9345**
	Air-filled porosity		1.0000**	0.6189*	0.0667
	Total porosity			1.0000**	0.8062**
	Hydraulic conductivity				1.0000**
Coco	Capillary porosity	1.0000**	-0.8481**	0.8453**	0.7632**
	Air-filled porosity		1.0000**	-0.4339	-0.7783**
	Total porosity			1.0000**	0.5130
	Hydraulic conductivity				1.0000**
Mix1	Capillary porosity	1.0000**	-0.3095	0.6246*	0.5068
	Air-filled porosity		1.0000**	0.5492*	0.4464
	Total porosity			1.0000**	-0.0789
	Hydraulic conductivity				1.0000**
Mix2	Capillary porosity	1.0000**	-0.6057**	0.2256	0.3220
	Air-filled porosity		1.0000**	0.6385**	-0.8042**
	Total porosity			1.0000**	-0.6732**
	Hydraulic conductivity				1.0000**
Mix3	Capillary porosity	1.0000**	-0.6834**	0.8138**	0.5050
	Air-filled porosity		1.0000**	-0.1319	-0.8749**
	Total porosity			1.0000**	-0.0108
	Hydraulic conductivity				1.0000**

<sup>a</sup>Soil amendments were used 5 type. Coco: cocopeat; SFC: soldier fly cast; Mix1: SaFC 75% + Coco 25%; Mix2: SFC 50% + Coco 50%; Mix3: SFC 25% + Coco 75%.

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

에 영향을 받고 있음을 확인하였다. Coco는 모세관공극이 비모세관공극( $P<0.01$ ), 총공극( $P<0.01$ ) 및 수리전도도( $P<0.01$ )와 고도의 상관성을 나타내어 수리전도도가 토양의 모세관공극에 영향을 받고 있었다. Mix1은 모세관공극이 총공극( $P<0.01$ )에서 상관성을 나타내었고, Mix2는 총공극이 모세관공극과 비모세관공극( $P<0.01$ )에서 높은 상관성을 나타내었고, Mix3은 모세관공극이 비모세관공극( $P<0.01$ )과 총공극( $P<0.01$ )에서 고도의 상관성을 나타내었다. 모세관공극은 비모세관공극과 부의 상관성을 보였고(KIm et al., 2009; Kim et al., 2010, Kim et al., 2011), 토양공극은 모세관공극과 정의 상관성을 보였으며, 수리전도도는 모세관공극과 정의 상관성을 보였다(Table 8).

Coco와 SFC가 혼합된 개량된 동애등에분변토 (Mix1~3)는 SFC함량이 많을수록 SFC의 특성을 나타내고, Coco함량이 많을수록 Coco의 특성을 나타내었으며, Mix1, Mix2 및 Mix3의 토양공극이 모세관공극과 높은 상관성을 나타내는 것은 Coco와 SFC의 모세관공극이 토양공극과 고도의 상관성을 보이기 때문으로 판단된다. 특히, Mix2와 Mix3에서 수리전도도가 비모세관공극과 부의 상관성을 나타내는 것으로 보아 비모세관공극과 상관성을 보이지 않는 SFC보다 비모세관공극과 부의 상관성을 보이는 Coco가 영향을 미치는 것으로 판단된다(Table 8). 이를 통해 SFC만을 토양개량제로 사용하는 경우 비모세관공극량과 수리전도도의 개선효과가 적었으나 SFC와 Coco가 혼합되어 비모세관공극량의 증가로 통기성이 확보되고, 수리전도도가 개선되어 모세관공극이 확보되는 것을 알 수 있다. 이는 peat를 포함하는 토양개량제를 토양과 혼합할 때, 모래상토의 토양공극이 모세관공극과 비모세관공극에 의해 영향을 받아 수리전도도가 변화되기 때문이다(Kim et al., 2010).

동애등에분변토는 선행연구를 통해 토양의 물리화학적 개선에 이용할 수 있는 가능성을 확인하였고(Kim et al., 2011), 모래와 혼합하여 한국잔디를 재배하였을 때 잔디의 지상부와 지하부 생육이 향상되는 것을 확인할 수 있었다(Kim et al., 2013). 골프장은 일단 조성되면 쉽게 토양개량할 수 없기 때문에 코코피트와 혼합하여 토양개량제로서 동애등에분변토의 단점을 보완하기 위한 연구를 진행한 결과, 코코피트와 동애등에분변토를 혼합하여 토양개량제로 이용할 때 모세관공극과 수리전도도의 변화에 긍정적인 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다. 동애등에분변토의 단점을 개선하기 위해 코코피트와 동애등에분변토를 혼합한 토양개량제를 골프장에서 활용하기 위해서는 이들 토양개량제를 혼합하여 조성된 모래상토에서 잔디를 재배하였을 때, 잔디의 생육과 품질에 미치는 영향에 대한 연구가 필요하였다.

## 요 약

본 연구는 아메리카동애등에분변토(soldier fly casts; SFC)의 단점을 개량하기 위해 코코피트(cocopeat; Coco)와 혼합된 토양개량제의 골프장 토양개량제로서의 사용가능성을 평가하기 위해 모래와 혼합비율 별 물리화학적 성을 조사하였다. 토양개량제는 SFC, Coco, 25% SFC+75% Coco (Mix1), 50% SFC+50% Coco (Mix2) 및 75% SFC+25% Coco (Mix3)이었고, 각각 3%, 5%, 7% 및 10% 씩 혼합되어 모래상토를 조성하였다. SFC, Mix1, Mix2 및 Mix3는 토양 pH와 EC에서 고도의 상관성( $P<0.01$ )을 나타내어 토양개량제의 혼합에 의해 모래상토의 토양화학적 성에 영향을 주었다. SFC, Coco, Mix1, Mix2 및 Mix3은 모세관공극, 비모세관공극 및 공극이 USGA기준에 적합하였고, 혼합비율이 증가할수록 모세관공극과 총공극이 증가하였으며( $P<0.05$ ), Mix1과 Mix3의 비모세관공극은 모세관공극과 수리전도도에서 부의 상관성을 보였다( $P<0.01$ ). Mix1, Mix2 및 Mix3에서 SFC는 상토의 모세관공극의 변화에 영향을 주었고, Coco는 모세관공극과 총공극의 변화에 영향을 주었다. 이들 결과를 종합할 때, SFC와 Coco가 혼합된 토양개량제(Mix1~3)는 SFC보다 모래상토의 모세관공극과 수리전도도를 개선하여 SFC의 단점을 보완한 것으로 평가되었다.

**주요어:** 아메리카동애등에분변토, 모세관공극, 총공극

## Acknowledgement

This study was carried out with the support of research project (PJ010067) in National Academy of Agricultural Science of Rural Development Administration, Republic of Korea 2014.

## Reference

- An, Y.T., Kim, S.T., Kim, I.S., Kim, J.W., Kim, H.J., et al. 1992. Standard and practice for management in golf course. KTRI. (In Korean)
- Bondari, K. and Sheppard, D.C. 1987. Soldier fly, *Hermetia illucens* L., larvae as feed for channel catfish, *Ictalurus punctatus* Rafinesque, and blue tilapia, *Oreochromis aureus* (Steindachner). Aquaculture. Fish. Mgt. 18:209-220.
- Ha, S.M., Jang, G.W., Han, K.P., Hong, J.H. and Lee, J.J. 2005. Changes of physico-chemical properties and maturity assessment during composting of turfgrass clipping types from the golf courses. J. KORRA. 13(4):89-99. (In Korean)

- Hale, O.M. 1973. Dried *Hermetia illucens* larvae (Diptera: Stratiomyidae) as feed additive for poultry. J. Ga. Entomol. 8:16-20.
- Hong, S.Y. 2010. The measured rate system of food residuals and resources evaluation. J. of KORRA. 18(4):20-29. (In Korean)
- Joo, Y.K. 1993. The measurement of soil conditioning effects of organic materials. Kor. Turfgrass Sci. 7(1):13-18. (In Korean)
- Joo, Y.K., Lee, W.H. and Lee, M.C. 2006. Application of geographical information system on golf course design for reduction of environmental impacts. Kor. Turfgrass Sci. 20(1):93-105. (In Korean)
- Kim, J.G., Lee, K.B., Lee, S.B., Lee, D.B. and Kim, S.J. 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. (In Korean)
- Kim, J.G. and Jung, K.Y. 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. (In Korean)
- Kim, S.H. 2010. Recently policy and progress for decreasing food wastes. J. of KORRA. 18(4):13-19. (In Korean)
- Kim, Y.S., Ham, S.K. and Lim, H.J. 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. (In Korean)
- Kim, Y.S., Kim, T.S. and Ham, S.K. 2009. The change of soil physicochemical properties by mixture ratio of inorganic soil amendments. Kor. Turfgrass Sci. 23(2):271-278. (In Korean)
- Kim, Y.S., Lee, S.B., Ham, S.K., Lim, H.J. and Choi, Y.C. 2011. Soil physicochemical properties by applied with mixed ratio soldier fly (*Hermetia illucens*) Casts. Asian J. Turfgass Sci. 25(1):106-111. (In Korean)
- Kim, Y.S. and Kim, B.T. 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. (In Korean)
- Lee, S.B., Kim, Y.S., Ham, S.K., Lim, H.J., Choi, Y.C. et al. 2013. Effect of soldier fly casts mixed soil on change of soil properties in root zone and growth of zoysiagrass. Weed Turf. Sci. 2(3):298-305. (In Korean)
- NIAST. 1998. The analysis of soil and plant. NIAST. Suwon. Korea. (In Korean)
- NIAST. 1998. The analysis of soil. Suwon. Korea. NIAST. (In Korean)
- Nick, C. 2005. Environmentally sound turfgrass management. Kor. Turfgrass Sci. 19(2):177-183.
- Park, C.M., Han, D.S., Hwang, K.S. and Lee, Y.B. 1991. Effects of source and mixing ratio of topsoil on physico-chemical properties of green. Kor. Turfgrass Sci. 5(2):59-68. (In Korean)
- Park, C.Y., Choi, J., Park, K.D., Jeon, W.T., Kwon, H.Y., et al. 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. (In Korean)
- Sheppard, D.C., Newton, G.L., Thompson, S., Davis, J., Gascho, G., et al. 1998. Using soldier flies and a manure management tool for volume deduction, house fly control and reduction, house fly control and feed stuff production, In G-wen roland (de.), Sustainable Agriculture Research and Education, Southern Region, 1998.
- Sheppard, D.C. and Newton, G.L. 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 Society of Agricultural engineering, St. Joseph, MI. USA.
- Shin, H.S., Hwang, E.J. and Gee, C.S. 1998. Food residuals management in Korea. J. KORRA. 6(2):1-6. (In Korean)
- Tingle, F.C., Mitchell, E.R. and Copeland, W.W. 1975. The soldier fly, *Hermetia illucens* in poultry housed in north central Florida. J. Ga. Entomol. Soc. 10:179-183.