

# 양액재배용 석탄회-점토계 배지 개발

## Development of Fly Ash and Clay System Medium for Hydroponic Culture

강 위수<sup>1</sup> · 신 대용<sup>2</sup> · 류 근창\* · 김 일섭

<sup>1</sup>강원대학교 농업기계공학전공, 원예학전공,

<sup>2</sup>강원대학교 석재복합신소재제품연구센터

Kang, W.S<sup>1</sup> · Shin, D.Y<sup>2</sup> · Yoo, K.C\* · Kim, I.S

<sup>1</sup>Dep. of Agriculture Engin., Dep. of Horticulture, Kangwon National Uni.

<sup>2</sup>Research Center for Advanced Mineral Aggregate Composite Products,

### 서 론

농업·원예분야에서 다공질(多孔質)재료를 인공배지로 이용하기 위하여는 수분관리의 용이성, 우수한 양분의 유지, 통기성 및 보수성이 요구된다. 이들 성질을 만족시키는 재료로는 점토, 벤토나이트, 질석(vermiculite), 펄라이트(perlite) 및 락-울(rock-wool) 등이 이용된다. 인공배지 재료로 널리 사용되는 펄라이트와 락-울의 원료는 중국 및 호주 등지로부터 수입에 의존하고 있어 양액재배 농가에 커다란 부담이 되며 건설조절이 곤란하여 배지 내 수분함량의 조절이 용이하고 양액사용이 간편한 배지 및 폐기처리시 환경문제를 야기하지 않는 반영구적이며 자연친화형의 배지의 개발이 절실히 요구되고 있다.

화력발전소에서 석탄의 연소시 발생하는 석탄회는 일반 폐기물로 분류되어 그 처리가 어렵고 부적절한 처리로 인하여 환경보호 차원에서 많은 문제가 된다. 현재 석탄회는 선진국에서는 “제3의 자원”으로 고려되어 60% 이상이 재활용되고 있으나, 국내의 경우 석탄회의 재활용율은 10% 정도로서 일부 공업적인 이용과 토양개량제로서 이용한 예를 제외하고는 농업·원예분야에서의 이용은 극히 미진한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 수입에 의존하고 있는 양액재배용 인공배지의 국산화를 위하여 산업폐기물인 석탄회를 이용하여 저가이며 환경친화적인 인공배지를 제조하고자 하였으며, 저급점토, 생석회와 소석고 및 톱밥 등의 혼합물의 첨가에 따른 인공배지의 물리·화학적 성질을 조사하였다.

### 재료 및 방법

석탄회를 이용한 인공배지를 제조를 위하여 영동화력발전소의 석탄회, 정선점토, 공업용 생석회(Ca(OH)<sub>2</sub>)와 소석고(Ca(SO)<sub>4</sub> · 1/2H<sub>2</sub>O) 및 톱밥을 이용하였다. 인공배지를 제조하기 위하여 Table 2와 같이 석탄회에 5~20wt%의 점토(FAJC), 10wt%의 톱밥(FAJCSD), 10~30wt%의 생석회와 5~15wt% 소석회(FACaCS)와 물(물/혼합분말 비=0.4)을 첨가하여

10~15 mm의 구형으로 성형한 후, 건조과정 없이 내경 60mm, 길이 1,000mm의 rotary kiln을 이용하여 1,000~1,200℃에서 10~30분간 급속가열하여 인공배지를 제조하였다. 석탄회와 점토의 결정상의 변화와 미세구조를 XRD와 SEM을 이용하여 관찰하였으며 시편의 부피비중과 흡수율 및 압축강도를 측정하였다.

## 결과 및 고찰

Fig. 2에 석탄회의 전자현미경사진을 보인다. 석탄회에는 크기가 매우 작은 cenosphere 형태로부터 큰 graphite형태가 관찰되며, 이와 같은 입자 형태는 화력발전소에서 사용하는 탄의 종류, 연소조건, 공기압 및 분쇄정도 등에 의하여 결정되나 화학성분은 동일하다.

Fig. 3에 석탄회와 점토의 XRD분석을 보인다. 석탄회는 mullite( $3Al_2O_3 \cdot SiO_2$ )와 quartz( $SiO_2$ )의 주결정상 이외에 calcite( $CaCO_3$ )가 소량 함유되어 있으며(a), 점토에는 quartz, nacrite, dickite, halloysite 및 illite의 피크가 관찰되었다(b). 석탄회에 함유되어 있는 광물들은 토양의 광물과 유사하여 인공배지용 원료로서 석탄회의 사용이 가능함을 알 수 있다.

Fig. 4에 FAJC시료의 XRD분석을 보인다. Mullite, quartz외에 anorthite의 상이 관찰되었으나 점토의 첨가량이 증가함에 따라 quartz, 석탄회의 양이 증가할수록 anorthite의 피크가 증가하였다.

Table 2에 인공배지의 물리적 성질을 보인다. 점토의 첨가량, 열처리온도 및 유지시간이 증가함에 따라 부피비중과 압축강도가 증가하였으나 흡수율과 기공율은 감소하였다. 95FA5JC를 1,150℃에서 20분간 열처리한 시편은 부피비중  $1.08g/cm^3$ , 흡수율 46.6%, 기공률 50.7%, 압축강도  $125.6kgf/cm^2$ 의 값을 나타내었으나 점토의 첨가량이 작아 시편의 성형이 곤란하여 10wt%의 점토를 첨가하여야만 FAJC계 인공배지의 제조가 가능하였다. FACaCS시편의 경우, 생석회와 소석고의 첨가량이 증가할수록 흡수율과 기공율은 감소하였으나 부피비중과 압축강도는 증가하여 부피비중  $0.86g/cm^3$ , 흡수율 71.3% 및 기공률 61.9%의 값을 나타내었다. 90FA10JC 시편에 10wt%의 톱밥을 첨가한 시편(90FA10JC10SD)시편은 석탄회의 미연탄소분과 첨가한 톱밥이 가연성 발포제로 작용하여 부피비중  $1.14g/cm^3$ , 흡수율 45.4%, 기공률 52.6% 및 압축강도  $134.3kgf/cm^2$ 의 값을 나타내어 FAJC시편에 톱밥을 첨가한 시편의 물리적 성질이 향상되었음을 알 수 있다.

Fig. 5에 90FA10JC, 90FA10JC10SD와 90FA10Ca5CS시편의 침적시간에 따른 pH 변화(배지:중류수=1:5 volume ratio)를 보인다. 90FA10JC와 90FA10JC10SD시편의 초기 pH는 6.6이었으나 반응시간이 증가함에 따라 시편 내 알칼리성분이 미량 용출되어 240시간 경과 후에 pH 7.1을 나타내었다. 그러나, 1,100℃에서 20분간 열처리한 90FA10Ca5CS 시편의 초기 pH는 10으로 시편 내 미반응 알칼리성분의 다량용출로 인하여 pH 10.9의 값을 나타내어 양액재배용 인공배지로서 우수한 물리적 성질을 가짐에도 불구하고 pH를 낮추기 위한 전처리공정 없이 사용하기는 곤란하였다.

Fig. 6에 90FA10JC 및 90FA10JC10SD시편의 미세구조를 보인다. 90FA10JC시편의 내부의 미세조직에 비하여 90FA10JC10SD시편의 내부에 보다 큰 기공이 관찰되었으며, 이들 기공으로 인하여 인공배지의 흡수율과 기공율이 증가하였다

## 인용문헌

1. 송 종택, 윤 성대, 류 동우, 한 경섭. 1996. 석탄회-점토계 소지의 제조 및 물성. 한국요업학회지. 33(7) : 771-778.
2. 신 대용, 한 상목, 강상규. 1998. 저급점토를 이용한 다공성 세라믹스 제조. 한국요업학회지. 35(6) : 575-582.
3. 신 재성. 1995. 석탄회의 특성과 농업적 이용. 광물과 산업. 8(1) : 10-14.
4. C. Black, D. Brockway, S. Hodges and A. Milner. 1992. Utilization of Latrobe Valley Brown Coal Fly-Ash. Gippsland Basin Symposium. Melbourne. 22-23 : 149-152.
5. E.J.D. Smith and L.I. Ceram. 1956. The Sintering of Fly-Ash. Journal of the Institute of Fuel. 2 : 253-260.
6. 岩間 秀矩. 1999. p. 1001-1026. In: 竹内 雅(eds.) 多孔質体の性質とその應用技術. フジ・テクノシステム.
7. 小泉公志郎, 羽田野 眞, 露木尙光. 1988. 石炭灰を利用した多孔質セラミックスの合成とその特性. Journal of the Ceramic Society of Japan. 106(9) : 899-903.

Table 1. The experimental composition of starting materials of artificial culture medium.

(unit : wt%)

Comp. Sample	Fly ash	Clay	Sawdust	Ca(OH) <sub>2</sub>	CaSO <sub>4</sub> · 1/2H <sub>2</sub> O
FAJC	80~95	5~20			
FAJCSD	90	10	10		
FACaCS	70~90	10~30		10~30	5~15

FA : Fly Ash, JC : Jungsun Clay, Ca : Ca(OH)<sub>2</sub>, CS : Ca(SO)<sub>4</sub> · 1/2H<sub>2</sub>O

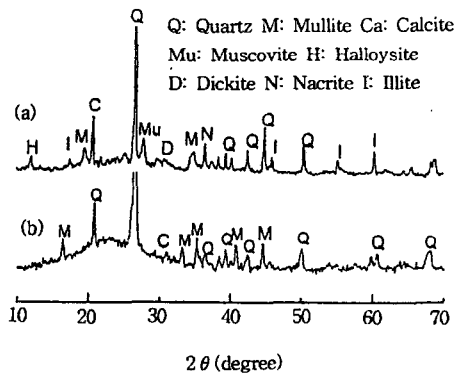


Fig. 2. SEM photograph of fly ash.

Fig. 3. XRD patterns of fly ash and Jungsun clay.

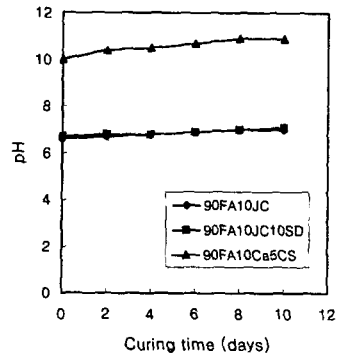
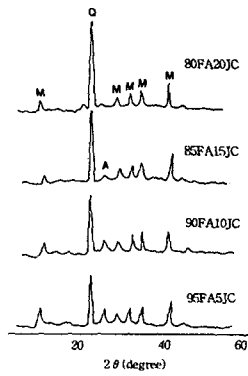
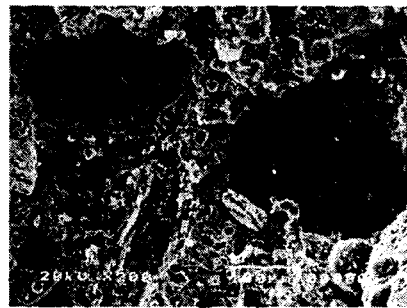
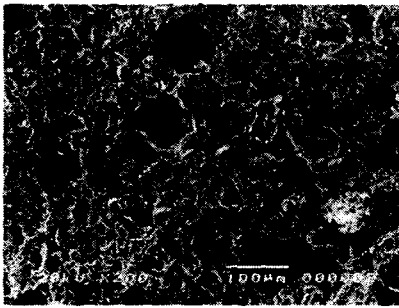


Fig. 4. XRD analysis of FAJC systems heated at 1,150°C for 20 min. Fig. 5. pH changes of artificial culture mediums with curing time.



(a)

(b)

Fig. 6. SEM photographs of (a) 90FA10JC and (b) 90FA10JC10SD heated at 1,150°C for 20 min.

Table 2. The comparisons of physical properties of artificial culture medium.

Sample	Prop.	Bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	Absorption (%)	Porosity (%)	Compressive strength (kgf/cm <sup>2</sup> )	Heating temp (°C)	Heating time (min)
95FA5JC		1.08	46.6	50.7	125.6	1,150	20
90FA10JC		1.13	43.5	48.9	147.0	1,150	20
90FA10JC10SD		1.14	45.4	52.6	117.5	1,150	20
90FA10Ca5CS		0.86	71.1	62.4	83.2	1,150	20