

# 탄화왕겨 제조용 중화처리장치 부착 사이클론 연소기 개발 Development of Cyclone Combustor with Neutralization Rig for Producing Carbonized Rice husk

김 원 태 1)

노 수 영 2)

정회원

정회원

W. T. Kim

S. Y. No

## 1. 서론

국민소득의 증대와 더불어 향상된 우리의 식생활 문화는 양보다 품질을 선호하게 되어 청정 농산물의 수요가 증대하였는데 이로인하여 농작물의 유해성을 감소시킬수 있으며 기후의 영향을 덜 받아 연중재배 및 생산이 가능한 수경재배 및 양액재배 기술이 등장하였으며, 이를 위한 첨단 시설하우스의 설립도 매우 많이 증가하였다. 또한 점점 더 확산되는 집단육묘 체계에서 살균처리하여 사용되고 있는 관행 상토를 대체할 수 있는 무균의 배양토 재료의 개발이 관심 대상으로 떠올랐다. 토양 및 광물질, 유기물류가 혼합된 대부분의 상토재료(피트모스, 나무껍질)와 양액재배 지주물질은 매우 많은 양이 수입에 의존하고 있는 실정이다. 이러한 고가의 수입자재를 대체하기 위한 일환으로 우리 농촌에서 농업부산물로 생겨나는 왕겨를 탄화시켜 상토재료 및 양액재배용 지주물질로 사용하려는 연구가 다수 시행되었다.

이 등(1991)<sup>1)</sup>은 연초용 상토재료로서 질산중화처리한 왕겨혼탄을 이용한 연구를 하였는데 왕겨의 원형 유지에 필요한 탄화도 조사 및 질산의 중화효과에 대해 조사하였다. 그에 따르면 혼탄을 질산용액으로 소화(消火) 및 중화할 경우 혼탄에 함유되어 있는 무기원소들이 매우 많이 가용화(可溶化)되어 묘의 양분 흡수량이 증대하여 생육발달에 큰 도움을 주고, 질산태질소(窒酸態窒素,  $\text{HNO}_3\text{-N}$ )의 시비효과도 준다고 보고하였다.

홍(1992)<sup>2)</sup>은 회석질산으로 중화처리한 왕겨혼탄의 pH조건이 몇가지 채소작물의 생장에 미치는 영향을 조사하였는데 혼탄이 가지고 있는 우수한 통기성, 수분보존율, 질산태질소, 가용성 가리( $\text{K}_2\text{O}$ )로 인해 각 pH 조건에서 높은 생육을 보인다고 발표하였다.

고 와 노(1998)<sup>3)</sup> 및 Kim 과 No(1998)<sup>4)</sup>는 이러한 혼탄을 제조함에 있어 제조시 오랜시간과 수고가 필요한 재래식 혼탄제조를 농가에서 손쉽고 연속·대량생산이 가능한 연소

1) 충북대학교 대학원

2) 충북대학교 농업기계공학과

기 개발에 관한 연구를 진행하였다. 하지만 이렇게 제조된 혼탄은 탄화가 진행됨으로 인해 강한 알칼리성을 나타내어 작물생육에 필요한 약산성 및 중성으로 산도를 맞추어 줄 필요가 생긴다.

따라서 이 연구에서는 기존에 제작된 탄화왕겨 제조용 사이클론 연소기에 중화처리 장치를 부착하여 제조후 남아있는 화염을 소화(消火)하고 아울러 작물생육조건에 일맞는 pH를 조절해 주기 위한 희석질산 분무에 관한 실험적인 연구를 실시하였다.

## 2. 실험장치 및 방법

기존의 실험장치<sup>4)</sup>에서 크게 달라진 점은 연속 제조되어 수거함에 쌓이는 탄화왕겨를 연소기 외부로 배출시키기 위해 그림 1에서 보는 것과 같이 연소기 하단 부분이 테이퍼

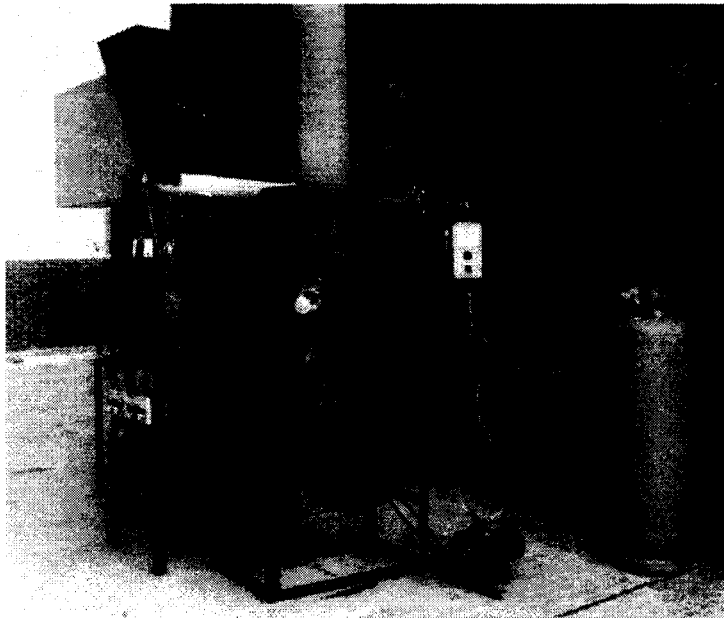


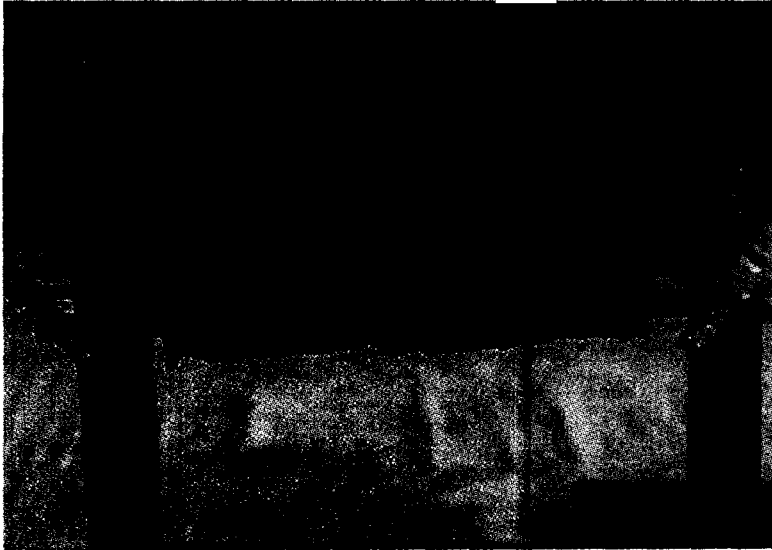
Fig. 1 Photograph of experimental apparatus

진 형태에 로타리 휘더(rotary feeder)가 부착 되었다. 또한 탄화왕겨 제조시 발생하는 잔류화염을 소화(消火)하고 탄화로 인해 발생하는 알칼리 성질을 중화조건 또는 적당한 작물 생육조건으로 조절해 주기 위해서 희석질산 분무장치를 따로 설치하였다.

### 1) 탄화왕겨 배출장치

적정 연소조건에서 연소되어 연소기 하단부에 퇴적되는 탄화왕겨를 연소기 밖으로 배

출하기 위해서 그림 2 처럼 로타리 휘더를 이용한 배출장치를 덧붙였다.



**Fig. 2 Photograph of discharger and spray installation  
(rotary feeder & nozzle)**

당량비  $\phi=1.67 \sim 2.17$  조건에서 제조되는 탄화왕겨량을 적절히 배출하기 위해서 50 : 1의 워엄 감속기와 VS모터를 사용하였다. 이때 적절한 VS모터의 회전속도는 200~400rpm 이었다.

## 2) 회석질산 분무장치

화염이 남아있는 탄화왕겨를 소화(消火)시키고 작물 생육조건에 필요한 pH를 조절해 주기 위해서는 적정량의 회석질산을 분무해 주어야 한다. 다른 강산들 중에서 질산을 사용한 이유는 질산의 성분속에 N성분이 포함되어 있어 중화처리 후 작물에 시비효과를 줄 수 있기 때문이다. <sup>(1,2,5,6)</sup>

따라서 기존에 발표된 몇몇 논문들에서처럼 0.01N~0.05N 농도의 회석질산을 제조하고 이것을 분무장치를 통해 분무시켜 요구되는 pH에 알맞는 회석질산 N농도와 분무량을 조사하였다. 분무장치로는 질산의 부식성을 고려해 대부분의 재료를 SUS와 고무 등을 사용하였다. 여기에 소요된 재료로는 노즐(HM 1/8 RR3.6SQ, (주)한미노즐), 분무용고압호스, 약액통(40리터), 3-Way 플린저 펌프( Y30, 영일), 유량계(Nitto, 10~600 l/h) 등이다. 전체적인 실험방법은 다음과 같다.

탄화왕겨가 제조되기 위해서는 적절한 연소기 내부의 온도가 필요하다. 연소기를 예열시키기 위해서 요구되는 연소기 내부온도는 1273~1373K, 공기유량  $70 \text{ m}^3/\text{h}$ , 연소열을

유지하기 위해 필요한 최소한의 보조가스 유량은 3.22~6.43 l/min, 그리고 당량비는 1.68~2.17 등이다. 이 조건하에서 스크류 컨베이어를 통해 왕겨를 공급하면 적정연소 조건에서 강한 선회를 이루며 아래로 떨어지게 되는데 이 때 탄화된 왕겨는 로타리 휘더를 통해 연소기 외부로 나오게 된다. 하지만 밖으로 배출된 탄화왕겨는 여전히 화염이 남아 있고 알칼리성을 나타내므로 이를 소화하고 pH를 조절하기 위하여 배출구 근처에서 적정량의 희석질산을 분무하게 된다. 각 조건에서 만들어진 탄화왕겨는 일정량의 표본을 채취하여 열풍식 건조기(WFO-600ND, Tokyo-rikakikai)로 24시간 동안 건조시켰다. 이렇게 건조된 탄화왕겨는 탄화왕겨 2.5g + 증류수 50 ml 를 혼합 후 진탕기(multi-shaker, Tokyo-rikakikai)로 30분간 흔들어 준 뒤 이온분석기(EA940, ATI orion)로 pH를 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

그림 3 은 펌프의 분무압력 변화에 대한 희석질산의 유량변화의 관계를 나타낸 것으로 각각의 분사압력에서 5번씩 측정하여 산술평균한 값이다.

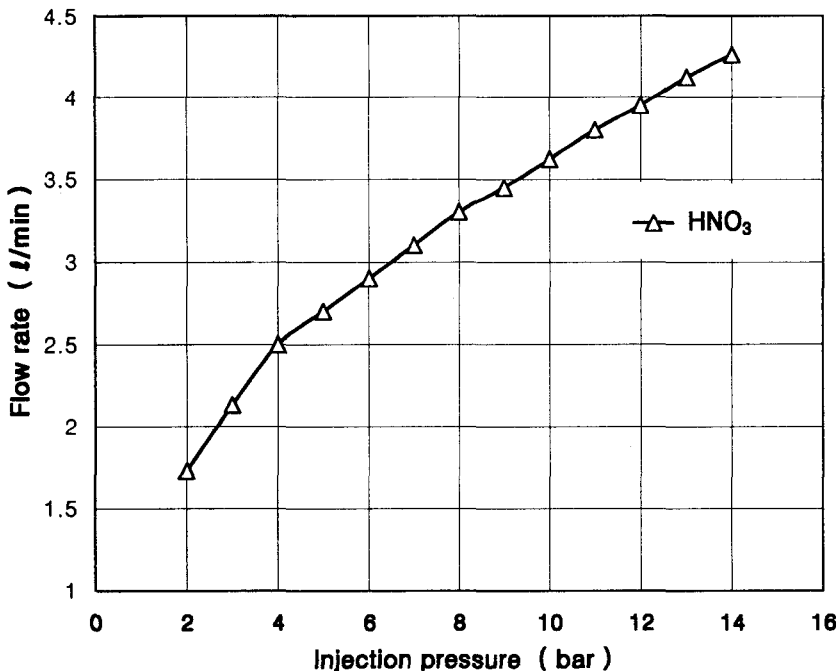


Fig. 3 The relation between injection pressure and flow rate.

그림 4 와 그림 5는 예열온도 1373K, 보조가스유량 6.43 l/min 일 때 희석질산 유량의 증가에 따른 각 조건별 pH 값을 나타낸 것이다. 희석질산으로 중화처리

(neutralization process)하지 않은 시료의 pH는 각각 8.13과 8.02로서 작물 생육 조건보다 다소 높은 알칼리 성질을 나타내고 있다. 하지만 그래프에서와 같이 일정 회석질산 농도에서 유량의 증가, 즉 회석질산을 많이 분무해 줄 경우 pH는 약산성 쪽으로 감소하

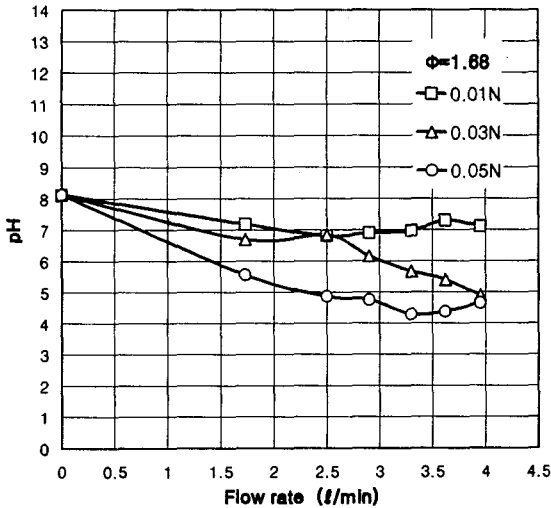


Fig. 4 Effect of dilute HNO<sub>3</sub> flow rate on pH of carbonized rice husk( $\phi=1.66$ )

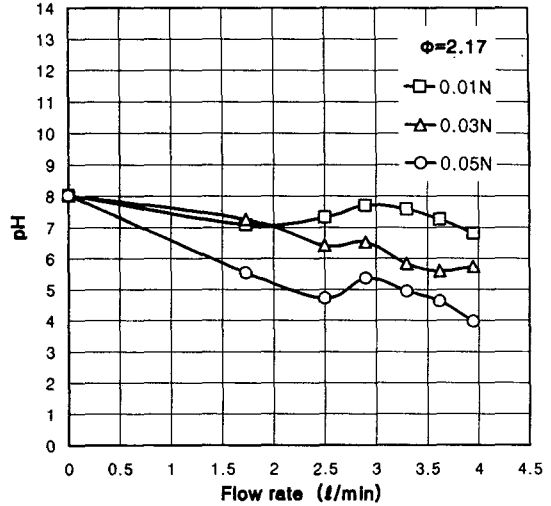


Fig. 5 Effect of dilute HNO<sub>3</sub> flow rate on pH of carbonized rice husk( $\phi=2.17$ )

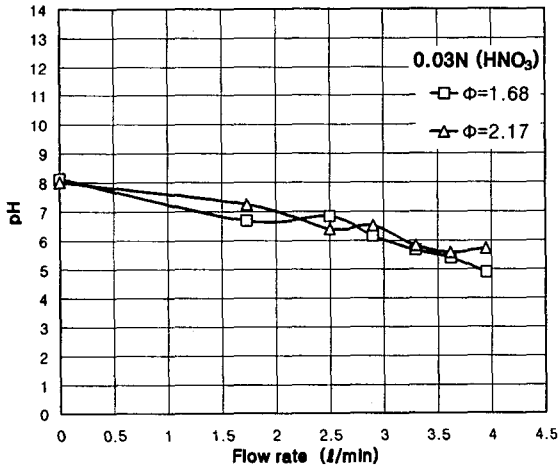


Fig. 6 Comparison of neutralization process for equivalence ratio at 0.03N(HNO<sub>3</sub>)

고 거의 비슷함을 알 수 있다. 이 세가지 그래프를 통해서 볼 때 0.01N 농도인 경우에는 대부분 중성(pH 6.8근처)에 가깝고 0.03~0.05N 로 농도가 농후해 질수록 산성쪽으로 치우침을 알 수 있다. 그러므로 대부분의 작물이 pH=5~6.5 사이의 환경에서 성장하고 있음을 감안할 때 이 연소기로 탄화왕겨를 제조할 때는 0.03N의 회석질산을 분무해 주는

나, 회석질산 유량의 증가가 pH 변화에 그다지 많은 영향은 주지 않고 있음을 볼 수 있다. 이것은 분무시 어느 압력이상이 되면 탄화왕겨에 부착되는 회석질산 보다 접촉하기 전에 고압으로 인해 뿜겨 나가는 입자가 많기 때문인 것 같다. 그러나 질산의 회석농도 변화는 탄화왕겨의 pH에 두드러진 영향을 미침을 알 수 있다. 그림 6 은 회석질산농도 0.03N 일 경우 유량 변화에 따른 탄화왕겨의 pH를 나타내고 있다. 그림에서 볼 수 있는 것처럼 당량비의 변화는 탄화왕겨의 pH 변화에 그다지 영향을 주지 않

것이 가장 적절함을 알 수 있었다.

#### 4. 결론

탄화왕겨의 중화처리를 위해 회석질산을 분사시키는 방법으로 식물생장 조건에 적합한 탄화왕겨를 생산하는 것이 가능하였다. 상토재료 및 양액재배 지주물질로 사용할 중화처리된 탄화왕겨를 연속적으로 제조하기 위해 연소기 예열온도1373K, 보조가스유량 6.43 l/min의 조건에서 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

당량비 1.68과 2.17의 조건에서 중화처리한 결과 식물생장조건에 맞는 탄화왕겨는 회석질산 농도 0.03N, 유량 3 l/min 이상의 조건에서 가장 잘 얻을 수 있었다.

#### 5. 참고문헌

1. 이운환, 홍순달, 김용연, 정훈채, 강서규, 1981, 연초용 상토 재료로서의 왕겨숯(훈탄)의 질산중화효과, 한국토양비료학회지 14(3):130-136.
2. 홍순달, 1992, 채소작물의 시설재배 상토재료로서 왕겨훈탄의 활용방안에 관한 연구, 충북대학교 농업과학연구소 논문집 10(1):125-132.
3. 고길표, 노수영, 1998, 사이클론 연소기를 이용한 탄화왕겨의 제조(1), 한국농업기계학회지 23(1):13-20.
4. Kim, W. T. and S. Y. No., 1998, Development of cyclone combustor for producing carbonized rice husk, Proc. of Sustainable Energy and Environmental Technology-Challenges and Opportunities 14-17 June 1998 Gold Coast, Australia pp.437-444.
5. 이운환, 홍순달, 1985, 煙草加工副産物の 炭化程度에 따른 窒酸中和能力과 肥效, 한국토양비료학회지 18(1):89-93.
6. 임재하, 윤재탁, 김입수, 최부술, 권영석, 1995, 양액재배용 재료로서 왕겨의 양이 토마토의 생육 및 수량에 미치는 영향, 농업논문집 37(1):363-366.