

과 제 구 분	기관고유	과 제 번 호	LP004581	
과 학 기 술 분 류	LB0508	품 목 표 준 코 드	SF-01-SF12	
주 관 과 제 명	지속가능한 농업환경 보전을 위한 현장실용화 연구			
과 제 책 임 자	성명	직급	소속기관 및 부서	
	홍수영	농업연구사	농업기술원 농업환경연구과	
연 구 기 간	2023 ~ 계속	참여연구기관	-	
세부과제명		부서	세부책임자	연구기간
1) 바이오차 제조원료별 특성평가		농업환경연구과	홍수영	'23~'24
키 워 드	바이오차, 탄소중립, 저탄소, 부산물, 토양개량			

## ABSTRACT

As the carbon sequestration effect of biochar has been widely recognized by the international community, including the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), applied research is also being actively conducted. The manufacturing market for biochar has also expanded, and in addition to well-known agricultural by-products such as chaff and chili peppers, various by-products such as wood pellets, bone meal, compost, and other organic wastes are being utilized in the production of biochar, and the public interest function of renewable energy that is recycled back into nature is also being emphasized. In this study, we aimed to characterize the properties of biochar made from livestock manure and agricultural and forestry by-products and examine the effects of applying it to crops. The total carbon content of biochar for livestock was 38.9 for poultry and 36.1% for cattle, and the total carbon content of biochar for agricultural and forestry products was 86.5%, peach 76.2, pepper 67.2, asparagus 64.8, and melon 53.9. The N, P, and K contents by raw material were the highest for nitrogen, phosphoric acid, and cali of poultry biochar at 5.4, 6.3 6.7%, and eight types of heavy metals were below the allowable standard for all raw materials. In the cultivation test of biochar for livestock, poultry 400 kg/10a had the highest quantity, and cow meal biochar had the highest quantity of 1,000 kg/10a. Pot cultivation tests of agricultural and fishery products showed that the amount of red pepper biochar 500 kg/10a was the highest, and it tended to decrease as the mixing amount of 1,000 kg/10a or more increased in all treatments. The density of *Xanthomonas* and *Fusarium* in poultry and powdered milk mixed soil cultures at 1,000 kg/10a decreased with the specific capacity of each raw material, but there was no significant difference in pathogen density in all agricultural and fishery biochar raw materials. As the raw materials for biochar are gradually diversified, such as bone meal, compost, and maternity waste, there are differences in particle size, physical properties, nutrient retention capacity, and ineffective components of each raw material, so it is considered that various manuals should be established by identifying the characteristics of each for.

## 1 연구목표

바이오차는 바이오매스를 혐기조건에서 열분해시킨 물질로 안정된 방향족 구조로 이루어져 있으며 토양 탄소를 격리하는 능력이 있다. 농업분야에서 탄소중립 및 온실가스 저감에 있어 효과적인 물질로 알려져 있으며 기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC)에서 이산화탄소 감축 수단으로 인정되었다. 기존 비료 공정규격에서는 바이오차를 “보통비료”로 천연목재를 1,000℃ 이상에서 탄화하고 남은 잔재물 “숯”만을 가능원료로 한정하였으나 2024년 4월 비료 공정규격 설정이 일부 개정됨에 따라 “보통비료”에서 “부산물비료”로 변경되었으며 원료범위도 “농림부산물”과 “가축분퇴비”로 확대되었다. 제조 조건은 “350℃ 이상의 온도에서 제조한 것”으로 대폭 변경되어 기존에 알려진 왕겨, 고춧대 같은 농산부산물 외에도 목재펠릿, 골분, 퇴비 등 다양한 부산물, 기타 유기성 폐기물 등이 바이오차 제조에 활용되고 있다. 제조원료가 점차 다양해짐에 따라 입자크기, 물리적 특성, 양분 보유능, 비효성분 등 원료별로 다양한 차이를 보이고있어 농업현장의 효율적 적용을 위하여 제조 원료별 특성을 파악한 맞춤형 매뉴얼을 구축해 나가야할 것이라 사료된다. 본 연구에서는 바이오차의 제조원료에 따른 특징을 비교, 분석하고 재배현장에 적용하였을 때 미치는 영향을 검토함으로써 저탄소농업 및 토양건정성을 유지할 수 있는 방안으로 활용하고자 한다.

## 2 재료 및 방법

### 〈Q. 제1세부과제 : 바이오차 제조원료별 특성평가〉

#### (시험 1) 바이오차 원료 별 특성비교

바이오차 원료는 “가축분퇴비”, “농림부산물” 두 그룹으로 구분하여 진행하였다. 가축분퇴비 바이오차는 계분, 우분 100%를 사용하였고 경북 의성군 소재의 탄화로 시설에서 제조하였으며 500℃에서 60분 동안 열분해한 것을 사용하였다. 부산물 바이오차는 복숭아, 포도, 멜론, 고추, 아스파라거스를 원료로 하였으며 농업기술원 내 시험포장에서 발생하는 부산물을 수집하여 사용하였다. 복숭아, 포도는 전정작업 후 발생하는 잔 가지를 사용하였고 고추는 재배 완료 후의 고춧대를 원료로 하였으며, 멜론은 수확 후 줄기 및 잎을, 아스파라거스는 가식부위 절단 후 발생하는 줄기를 수집하여 사용하였다. 각 부산물은 60일 이상 자연건조 후 춘천시 신북읍 소재의 바이오차 제조용 탄화로를 이용하여 500℃에서 60분 동안 열분해하였으며 제조된 가축분 및 농림부산물 바이오차 원료별 형태는 그림 1과 같다. 바이오차의 성분 함량을 비교하고자 비료공정규격에서 제시하는 주성분 및 유해성분을 분석하였으며, 비효성분 N, P, K를 추가로 분석하였다.

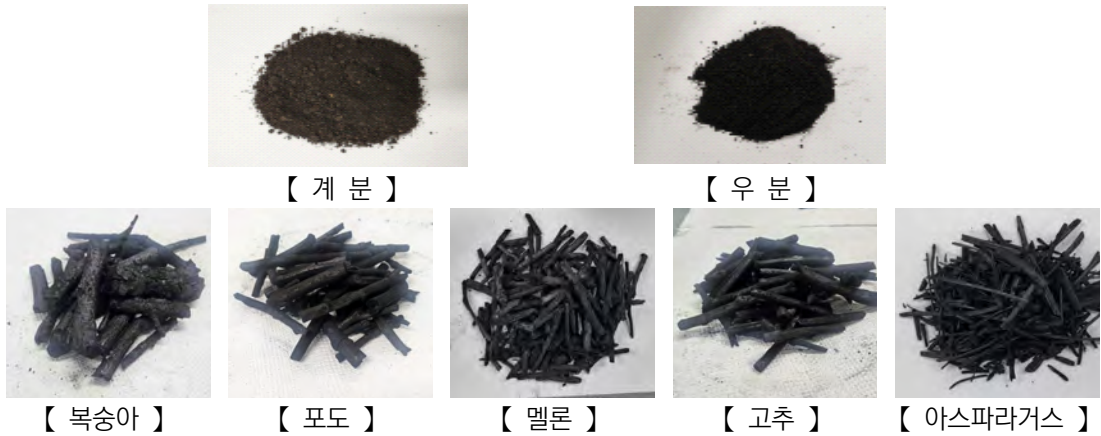


그림 1. 바이오차 원료별 형태

### (시험 2) 가축분 바이오차 작물생육 영향 조사

가축분 바이오차의 처리가 작물생육에 미치는 영향을 조사하기 위하여 포트시험을 수행하였다. 1/5,000a 포트에서 뿌리 생육에 영향을 받지 않고 처리구별 생육비교가 용이한 쪽파를 대상으로 하였고 가축분 바이오차의 제조 시점에 맞추어 계분 바이오차 재배시험은 4월 상순, 우분 바이오차 재배시험은 8월 하순 각각 파종하였다. 가축분 바이오차를 0, 100, 200, 400, 1,000 kg/10a 수준으로 토양에 혼합처리 하였으며 7일 뒤 쪽파를 파종하였다. 재배시험에 사용한 토양은 농업기술원 농업환경연구과 노지포장의 토양을 사용하였으며 pH는 적정수준 이었으나 유기물 및 양이온이 적정범위 이하로 양분함량이 부족하였다(표1). 바이오차 혼합처리구 별 토양화학성 및 수확기 쪽파 생육특성을 비교하였다.

표 1. 가축분 바이오차 재배시험 토양특성

구 분	pH (1:5)	EC (dS/m)	유기물 (g/kg)	Ca	K	Mg	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
				cmol <sup>(+)</sup> /kg			
시험토양	6.5	0.43	14	5.1	0.15	1.12	213
적정범위	6.0-6.5	0.0-2.0	20-30	5.0-6.0	0.4-0.6	1.5-2.0	300-400

### (시험 3) 농림부산물 바이오차 작물생육 영향 조사

농림부산물 바이오차 재배시험은 2024년 가을배추를 대상으로 수행하였으며 배추 정식 7일 전 토양에 바이오차를 혼합처리하였고 대조구는 시판 가축분 혼합퇴비를 표준시비량 처리한 것으로 하였다. 시험구는 가축분 혼합퇴비를 표준시비량 처리한 뒤에 바이오차를 0, 200, 500, 1,000, 5,000, 10,000 kg/10a 수준으로 토양에 혼합처리하였다. 토양 재배환경 및 작물 재배 시의 한계점을 구명하고자

가축분 바이오차 혼합처리량 1,000kg/10a의 10배량인 10,000 kg/10a를 최고농도로 설정하였으며, 시험에 사용한 토양 특성은 표 3과 같으며 pH, 유기물은 적정범위였고 전기전도도, 칼슘, 칼륨, 유효 인산은 적정범위를 초과하였으나 일반적으로 발토양에서 분석되는 수치로 작물재배에 해 작용이 없을 것으로 판단되어 본 시험에 사용하였다(표 2).

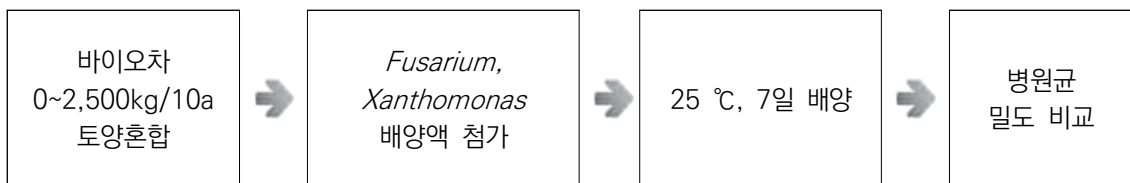
표 2. 농림부산물 바이오차 재배시험 토양 특성

구 분	pH (1:5)	EC (dS/m)	유기물 (g/kg)	Ca	K	Mg	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
				cmol <sup>(+)</sup> /kg			
시험토양	6.3	2.2	20	6.8	0.80	1.2	443
적정범위	6.0-6.5	0.0-2.0	20-30	5.0-6.0	0.4-0.6	1.5-2.0	300-400

#### (시험 4) 바이오차 원료 및 처리량에 따른 토양 병원균 밀도 조사

바이오차 처리가 토양 내 병원균 밀도에 미치는 영향을 조사해 보고자 본 시험을 수행하였다. 시험 균주는 검은썩음병, 시들음병 원인균인 *Xanthomonas*, *Fusarium*로 하였으며 국립농업과학원 농업미생물은행(KACC)에 의뢰하여 분양받았다. 가축분 바이오차를 0, 100, 200, 400, 1,000 kg/10a 수준으로 혼합한 토양 30 g 에 균주 배양액 300 ml를 첨가하고 25 °C에서 7일간 배양한 후 바이오차 혼합토양 배양액의 병원균 밀도를 비교하였다. 농림부산물 바이오차는 0, 200, 500, 1,000, 2,500 kg/10a 로 토양에 혼합하였다(표 3).

표 3. 바이오차 토양병원균 밀도 시험



### 3 결과 및 고찰

#### 〈Q. 제1세부과제 : 바이오차 제조원료별 특성평가〉

##### (시험 1) 바이오차 원료 별 특성비교

바이오차 제조원료 별 전탄소 함량은 가축분 바이오차는 계분 38.9, 우분 36.1%로 가축분 바이오차 공정규격 기준인 함유하여야할 주성분의 최소량인 건물중에 대한 탄소전량 최소함량 30% 이상이었다. 농림부산물 바이오차의 전탄소 함량은 포도가 76.5%로 가장 높았고 복숭아 76.2, 고추 67.2, 아스파라거스 64.8, 멜론 53.9 순으로 분석되어 농림부산물 바이오차 비료공정규격기준의 함유하여야 할 주성분의 최소량인 건물중에 대하여 탄소전량 40% 기준을 만족하였다(그림 2).

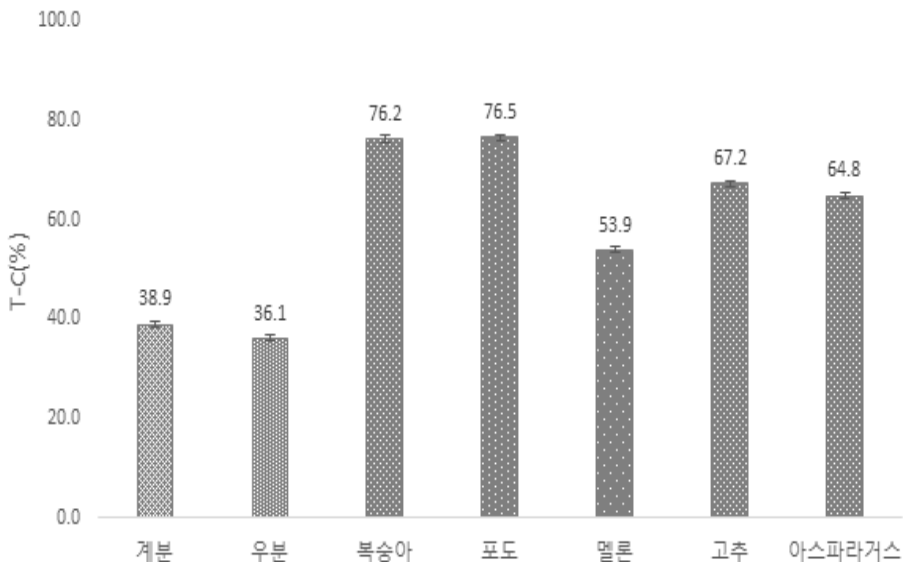


그림 2. 바이오차 원료 별 전탄소 함량(%)

원료별 N, P, K 함량을 분석한 결과 계분 바이오차의 질소, 인산, 칼리가 5.4, 6.3 6.7%로 가장 높았다. 농림부산물 바이오차에서는 아스파라거스의 질소, 칼리가 3.0, 4.4%로 가장 높았고 멜론의 인산 함량이 3.5%로 나타났으나 가축분 바이오차의 양분함량이 농림부산물 바이오차 보다 전반적으로 높은 경향을 보였다. 칼슘과 마그네슘 분석결과 계분, 우분의 칼슘함량은 19.5, 13.7%로 나타났으며, 농림부산물 바이오차는 0.35~3.83%로 분석되었다. 마그네슘 함량에서도 계분 2.17, 우분 1.75% 이었으며, 농림부산물은 1% 미만으로 전탄소 함량과는 반대의 패턴을 보였다(그림 3, 4).

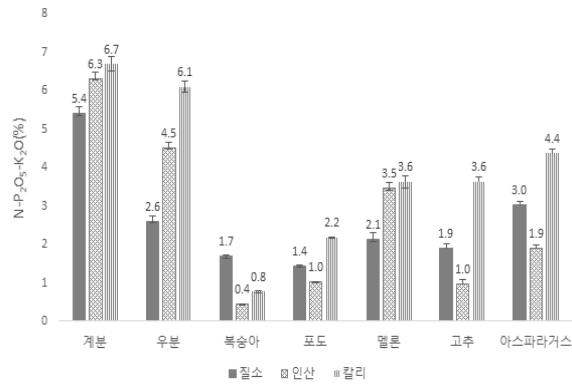


그림 3. 바이오차 원료 별 N-P-K 함량(%)

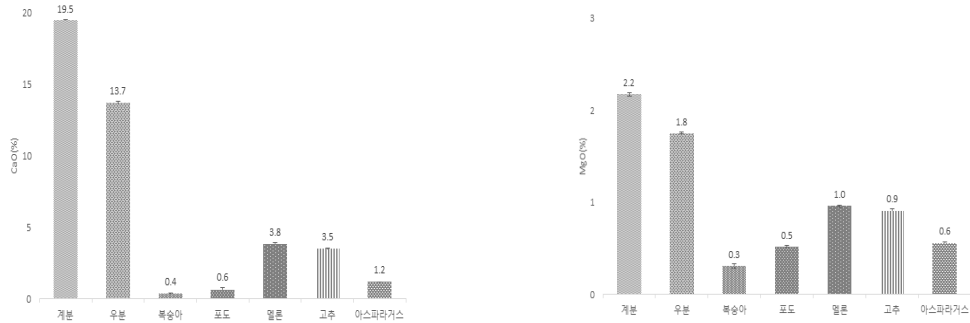


그림 4. 부산물 바이오차 Ca, Mg 함량(%)

탄화안정도는 모든 원료에서 허용기준 미만이었다. 탄소고정도와 잔류수소량을 측정한 값으로 안정도가 높을수록 C 함량이 높아지고 불완전 탄화의 경우 H, O 함량이 높아지며 제조 온도 및 열분해 시간에 따라 다르게 나타나는 경향이 있다. 염분은 멜론에서 가장 높았으며 과수전정목에서 염분이 낮았다(표 4).

표 4. 부산물 바이오차 pH, 탄화안정도, 수분, 염분 함량

바이오차 원료	pH	H/C	수분	
			%	
계분	9.6	0.69	21.2	1.90
우분	10.1	0.65	13.3	1.90
복숭아	8.5	0.65	4.3	0.06
포도	9.0	0.65	5.8	0.04
멜론	9.0	0.52	2.5	1.98
고추	9.1	0.55	5.6	1.90
아스파라거스	8.9	0.49	3.6	0.56
허용기준	-	H/C < 0.7	≤30(%)	≤2(%)

유해성분 중금속 8종은 모든 원료에서 허용기준치 미만이었다. 수은, 비소, 납, 카드뮴은 검출되지 않았으며 구리와 아연은 계분 바이오차에서, 니켈, 크롬은 우분 바이오차에서 가장 높게 검출되었다. 가축 성장촉진을 위하여 사료에 첨가되는 황산구리, 산화아연의 영향으로 가축분 바이오차의 구리, 아연 함량이 농림부산물 바이오차 대비 높게 검출되었을 것으로 판단된다(표 5).

표 5. 부산물 바이오차 중금속 함량

바이오차 원료	Cu	Zn	Ni	Cr	Hg,As,Pb,Cd
	mg/kg				
계분	134.5	747.1	5.2	2.4	
우분	97.2	571.1	12.1	21.8	
복숭아	10.3	34.1	6.7	불검출	
포도	17.4	60.8	불검출	불검출	불검출
멜론	63.7	108.2	불검출	불검출	
고추	9.1	107.0	불검출	3.3	
아스파라거스	16.0	92.8	불검출	불검출	
허용기준	≤360	≤900	≤45	≤200	

**(시험 2) 가축분 바이오차 작물생육 영향 조사**

계분 바이오차를 쪽파 재배시험에 적용한 결과 400kg/10a 의 수량이 가장 높았다. 토양화학성 분석에서는 400kg/10a 수준까지는 모든 항목에서 변화가 없었으나 1,000ka/10a 처리구에서 전기전도도와 양이온, 유효인산의 함량이 증가하였다.(표 6, 7).

표 6. 계분 바이오차 시용량 별 토양 화학성

바이오차 시용량 (kg/10a)	pH	EC	유기물	Ca	K	Mg	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
	(1:5)	(dS/m)	(g/kg)	cmol <sup>(+)</sup> /kg		mg/kg	
0	6.7	0.43	14	5.2	0.16	1.18	206
100	6.8	0.43	15	5.5	0.16	1.18	237
200	6.9	0.43	15	5.5	0.15	1.18	231
400	7.0	0.48	17	5.5	0.15	1.27	277
1,000	7.3	0.67	17	6.0	0.24	1.44	307
적정범위	6.5~7.0	≤2.0	20~30	6.0~7.0	0.4~0.6	2.0~2.5	250~400

표 7. 계분 바이오차 시용량 별 쪽파 생육특성

바이오차 시용량 (kg/10a)	주고(cm)	주중(g)
0	35.1	31.6 <sup>a*</sup>
100	34.4	32.6 <sup>a</sup>
200	34.3	34.3 <sup>ab</sup>
400	35.5	35.5 <sup>ab</sup>
1,000	35.1	35.3 <sup>ab</sup>



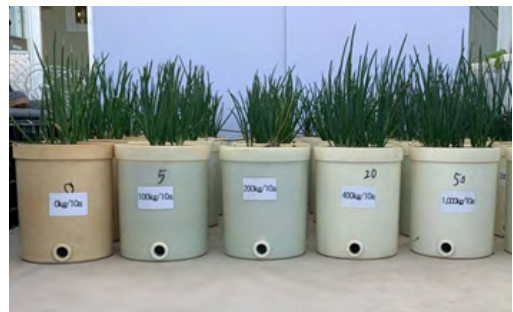
우분 바이오차를 쪽파 재배시험에 적용한 결과 1,000kg/10a에서 주중이 가장 높았다. 토양화학성 분석에서는 1,000kg/10a 수준에서 pH를 포함한 모든 항목에서 무처리 대비 증가하는 경향을 보였다(표 8, 9).

표 8. 우분 바이오차 시용량별 토양 화학성

바이오차 시용량 (kg/10a)	pH (1:5)	EC (dS/m)	유기물 (g/kg)	Ca	K	Mg	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
				cmol <sup>(+)</sup> /kg			mg/kg
0	6.52	0.53	16	5.2	0.15	1.08	217
100	6.51	0.55	17	5.2	0.15	1.06	219
200	6.71	1.42	18	5.6	0.16	1.21	214
400	7.02	1.51	21	5.8	0.16	1.28	334
1,000	7.11	1.97	25	6.2	0.20	1.32	339
적정범위	6.5~7.0	≤2.0	20~30	6.0~7.0	0.4~0.6	2.0~2.5	250~400

표 9. 우분 바이오차 시용량 별 쪽파 수량

바이오차 시용량 (kg/10a)	주고(cm)	주중(g)
0	19.7	30.7
100	22.4	33.3
200	20.7	31.9
400	23.7	38.0
1,000	28.5	38.6



추천하는 시용량인 200~400 kg/10a 보다 높은 1,000kg/10a를 처리하였음에도 작물에 해 작용이 일어나지 않은 것으로 판단되나, 양이온 및 EC가 과다인 시설토양에 적용할 경우 1,000 kg/10a 수준의 처리는 작물 및 토양에 해작용을 일으킬 가능성이 있어 적정 시비량은 토성, 토양화학성에 따라 다르게 적용되어야 할 것이다.

### (시험 3) 농림부산물 바이오차 작물생육 영향 조사

농림부산물 바이오차를 배추 포트재배에 적용한 결과 고추 바이오차 500kg/10a의 수량이 가장 높았다. 멜론, 아스파라거스 바이오차는 1,000kg/10a부터 무처리 대비 수량성이 감소하는 것으로 나타났으며 1,000kg/10a 처리량부터 혼합량이 증가함에 따라 수량은 점차 감소하는 경향을 보였다(그림 5).

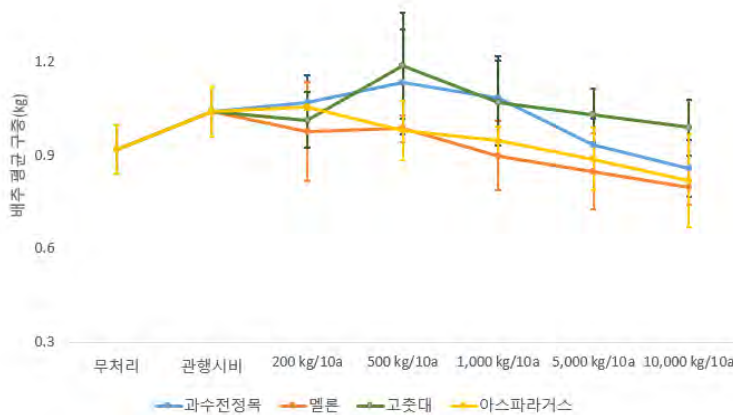


그림 5. 부산물 바이오차 처리량에 따른 배추 수량 변화

시험토양에 부산물 바이오차를 혼합한 일주일 뒤 재배포트에서 용출된 용액의 EC를 측정하였다(그림 6). 관행퇴비 처리구, 부산물 바이오차 200~500kg/10a는 차이가 없었으나 5,000kg/10a 부터 급격히 증가하는 경향을 보였다. 바이오차 처리량에 따른 토양의 흡수와 용출되는 정도를 파악하기 위해서는 처리경과에 따른 EC의 주기적 측정이 필요할 것으로 판단되며, 고농도의 처리로 갈수록 급격하게 용출되는 양분함량이 증가할 것이라 추측되어 바이오차의 적정효율적 연구가 추가적으로 필요하다고 판단된다.

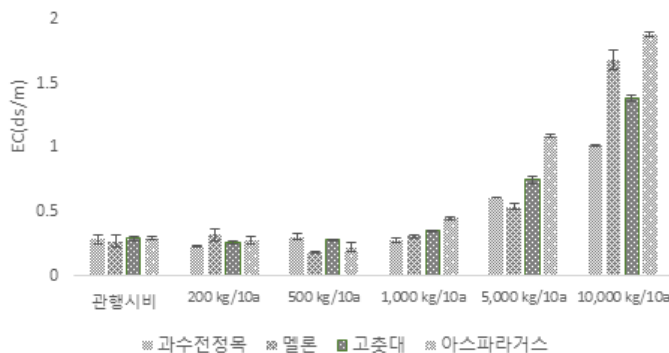


그림 6. 부산물 바이오차 처리농도별 재배포트 용출액 EC

**(시험 4) 바이오차 원료 및 처리량에 따른 토양 병원균 밀도 조사**

바이오차의 처리가 고랭지에 주로 발생하는 검은썩음병, 시들음병 원인 균주에 미치는 영향을 알아보기 위하여 바이오차 원료 별 사용량에 따른 토양 병원균 밀도를 비교하였다. 계분 및 우분 바이오차 1,000 kg/10a 수준의 혼합토양 배양액 에서 *Xanthomonas* 와 *Fusarium*의 밀도가 감소하는 것을 확인하였으며 두 균주 모두 100kg/10a 처리구에서는 무처리 대비 증가하는 현상을 보였으며 400 kg/10a 처리구에서도 감소하는 경향을 보이지 않았으나, 1,000 kg/10a 처리구에서 감소하는 경향을 보였다. 농림부산물 바이오차는 모든 원료에서 병원균 밀도에 유의적인 차이가 없었다(그림 7, 8).

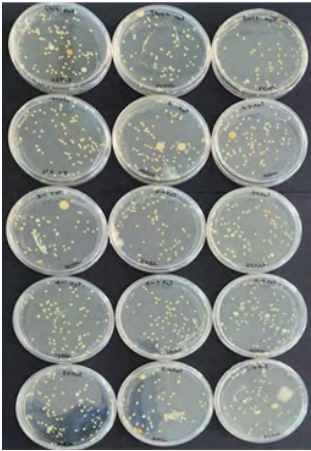
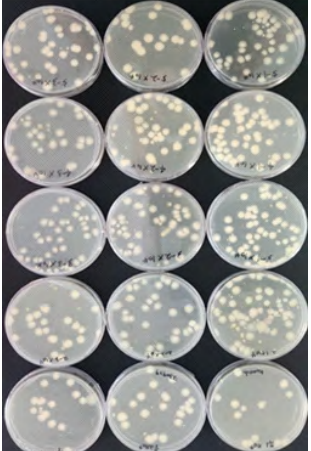
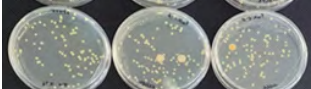

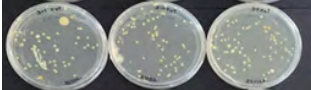

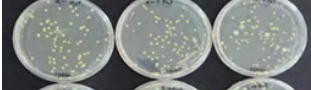
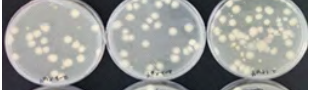
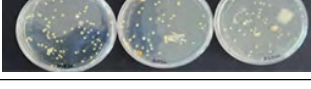

바이오차 처리농도 (kg/10a)	<i>Xanthomonas</i>		<i>Fusarium</i>	
	병원균 생균수 (CFU/mL)	배양 밀도	병원균 생균수 (CFU/mL)	배양 밀도
0	$6.67 \times 10^9$		$4.17 \times 10^6$	
100	$8.43 \times 10^9$		$4.93 \times 10^6$	
200	$6.37 \times 10^9$		$3.80 \times 10^6$	
400	$7.23 \times 10^9$		$3.61 \times 10^6$	
1000	$5.05 \times 10^9$		$1.93 \times 10^6$	

그림 7. 계분 바이오차 토양 혼합비율 별 병원균 밀도비교

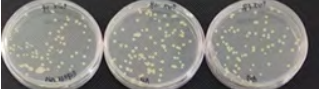

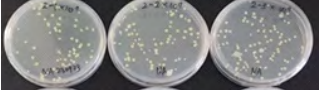

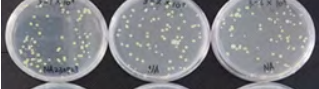

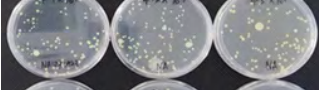
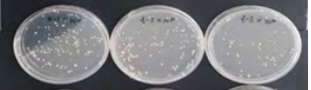
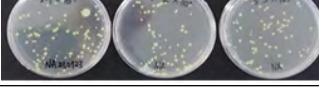
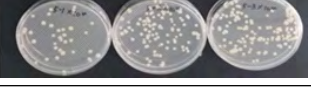
바이오차 처리농도 (kg/10a)	<i>Xanthomonas</i>		<i>Fusarium</i>	
	병원균 생균수 (CFU/mL)	배양 밀도	병원균 생균수 (CFU/mL)	배양 밀도
0	$6.67 \times 10^9$		$6.67 \times 10^9$	
100	$6.60 \times 10^9$		$1.06 \times 10^9$	
200	$6.33 \times 10^9$		$9.80 \times 10^7$	
400	$5.90 \times 10^9$		$8.67 \times 10^6$	
1000	$5.73 \times 10^9$		$9.40 \times 10^7$	

그림 8. 우분 바이오차 토양 혼합비율 별 병원균 밀도비교

## 〈Q 제1세부과제 : 바이오차 제조원료별 특성평가〉

### (시험 1) 바이오차 원료 별 특성비교

- 가. 가축분 바이오차의 전탄소 함량은 계분 38.9, 우분 36.1%였으며 농림부산물 바이오차의 전탄소 함량은 포도 86.5, 복숭아 76.2, 고추 67.2, 아스파라거스 64.8, 멜론 53.9%이었다.
- 나. 원료별 N, P, K 함량을 분석한 결과 계분 바이오차의 질소, 인산, 칼리가 5.4, 6.3 6.7%로 가장 높았으며 농림부산물 바이오차에서는 아스파라거스의 질소, 칼리가 3.0, 4.4%, 멜론 인산 함량 3.5%로 높았다.
- 다. 유해성분 중금속 8종은 모든 원료에서 허용기준치 미만이었다.

### (시험 2) 가축분 바이오차 작물생육 영향 조사

- 가. 계분 바이오차를 쪽파 재배시험에 적용한 결과 400kg/10a 처리구의 수량이 가장 높았으며 토양화학적성은 400kg/10a 처리구 까지는 변화가 없었으나 1,000kg/10a 처리구에서 전기전도도와 양이온, 유효인산의 함량이 증가하였다.
- 나. 우분 바이오차를 쪽파 재배시험에 적용한 결과 1,000kg/10a 처리구에서 주중이 가장 높았으며 토양화학적성은 1,000kg/10a 처리구의 모든 항목이 무처리 대비 증가하였다.

### (시험 3) 농림부산물 바이오차 작물생육 영향 조사

- 가. 농림부산물 바이오차 포트재배 시험결과, 고추 바이오차 500kg/10a 처리구의 수량이 가장 높았으며 모든 처리구에서 1,000kg/10a 이상 혼합량이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다.
- 나. 농림부산물 바이오차의 재배포트에서 용출된 용액의 EC를 측정한 결과 200~500kg/10a 처리구는 차이가 없었으나, 5,000kg/10a 처리구부터 급격히 증가하는 경향을 보였다.

### (시험 4) 바이오차 원료 및 처리량에 따른 토양 병원균 밀도 조사

- 가. 원료 별 처리량에 따른 토양 병원균 밀도를 비교한 시험에서 계분 및 우분 바이오차 1,000 kg/10a 처리구의 혼합토양 배양액 *Xanthomonas* 와 *Fusarium*의 밀도가 감소하였다.
- 나. 농림부산물 바이오차는 모든 원료 처리구에서 병원균 밀도에 유의적인 차이가 없었다.

- 박도균, 이종문, 최은정, 권효숙, 이형석, 박혜란, 오택근, 이선일. 2022. 토양 종류별 보릿짚 및 가축분 바이오차 투입이 토양 탄소 무기화에 미치는 영향. 유기성자원학회. 30(4). pp.67-83.
- 조한나, 박재혁, 윤진주, 이승규, 김소희, 조주식, 강세원. 2023. 리그닌 바이오차가 배추 재배에 미치는 효과. 한국환경농학회. 42(4). pp.353-357.
- 이슬린 이재훈, 노준석, 박유진, 이정목, 박종환, 서동열. 2024. 목질계 농림부산물 바이오차의 과량 투입과 처리방법이 상추 생육 및 탄소 격리 효과에 미치는 영향. 2024. 한국환경농학회. 43. pp.251-260.
- 김은혜, 윤건식, 정금재, 이규희, 전유민, 윤철구, 김주형, 이상민. 2024. 바이오차 시용이 시설재배 멜론의 환경 및 생육에 미치는 영향. 2024. 32(1),pp.75-90.
- Park, D.G., S.G. Hong, E. S. Jang, and J. D. Shin. 2019. Assessment of an Optimum Biochar Application Rate for Tomato(*Solanum lycopersicum* L.) Cultivation. *Journal of the Korea Organic Resources Recycling Association*, 27(1), pp.39-48.
- Jang, J. E., G. J. Lim, J. S. Park, J. M. Shim, C. S. Kang, and Hong. S. S. 2018. Application Effects of Biochar Derived from Pruned Stems of Pear Tree on Growth of Crops and Soil Physico-chemical Properties. *Journal of the Korea Organic Resources Recycling Association*, 26(4), pp.11-19.
- Kim, H. S., S. E. Jang, and Shin. J. D. 2019. Investigation of an Optimum Application Rate of Blended Biochar Pellet as Slow Release Fertilizer during Cabbage Cultivation. *Journal of the Korea Organic Resources Recycling Association*, 27(1), pp.49-56.
- Lee, C. G., Lee, S. L., Joo, S. Y., Cho, L. H., Park, S. Y., Lee, S. H., Oh, K. C., and Kim, D., 2017. A Study on Agricultural by-products for Biomass-to-energy Conversion and Korean Collecting Model, *New & Renewable Energy*, 13(1), pp.27-35.

## 6 연구결과 활용

연도(연차)	활용방안	제 목
2023(1년)	학술발표	계분 바이오차의 작물 생육촉진 효과
2024(2년)	영농활용	가축분 바이오차 비효성분 및 처리효과
	영농활용	부산물 원료별 바이오차 성분 함량 비교
	학술발표	우분 바이오차의 특성 분석 및 작물 재배효과

성과지표		연도	1년차(2023)		2년차(2024)		계	
			목표	실적	목표	실적	목표	실적
학술 발표	국제							
	국내	1	1	1	1	2	2	
영농 활용	기술							
	정보			2	2	2	2	
계		1	1	3	3	4	4	

## 7 연구원 편성

구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도	
					'23	'24
과제책임자	농업환경연구과	농업연구사	홍수영	과제 총괄	○	○
세부책임자	농업환경연구과	농업연구사	홍수영	세부주관 수행	○	○
공동연구자	농업환경연구과	농업연구사	김보민	시험수행 및 평가	○	○
	농업환경연구과	농업연구사	김동민	품질조사 지원	○	○
	농업환경연구과	농업연구사	홍성유	품질조사 지원	-	○
	농업환경연구과	농업연구관	서영호	평가분석 지원	○	○
	농업환경연구과	공업주사보	박기진	현장조사 지원	○	○
	농업환경연구과	공무직	남현수	품질조사 지원	○	○